

KRISS-92-070-IR

VDT Workstation의 인간공학적 설계 및  
평가기술에 관한 연구  
(제2차년도)

A Study on the Ergonomic Design and Evaluation  
of VDT Workstation

연구기관  
재단법인 한국표준과학연구원

贈  
一九九二年十月十五日  
과학기술처  
寄贈本

과학기술처

BIBLIOGRAPHIC DATA SHEET	1. 관리번호	2. 수행부서 인간공학연구실	3. 발행일 1992. 5
4. 제목/부제 VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한연구 (2차년도)			7. 주제분야 0505
5. 저자 (공저자) 김철중, 이남식, 김진호, 조현모, 박재희 이회운		8. 수행기관 보고서번호 KRISS-92-070-IR	
6. 수행기관(KRISS 이외의 공동 혹은 위촉연구기관) 한국표준과학연구원		9. 계약번호	
		10. 자료내역 2차년도 보고서	
11. 위탁기관    과학기술처			
12. 보충사항			
13. 초록 (주요 참고문헌이나 관련문헌이 있을 경우 여기에 명시한다)  VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 2차년도의 연구로 다음과 같은 연구가 수행되었다.  <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Display 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- VDT 화질 측정방법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 시각 피로 측정 및 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시각피로 측정방법 개발</li> <li>- VDT 작업에 따른 시각피로 측정</li> </ul> </li> <li>○ 전자파 측정 및 보안경 성능평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자파 측정 probe 및 TEM Cell 개발</li> <li>- 자기장 측정방법 개발</li> </ul> </li> </ul>			
14. 키워드 (6-12개)  VDT, 화질, 시각피로, 전자파 측정, 보안경			
15. 배포구분  01	16. 해제기간		17. 면수
			18. 가격

BIBLIOGRAPHIC DATA SHEET	1. REPORT NO.	2. PERFORMING LAB. Ergonomics Lab.	3. REPORT DATE 1992. 5
4. TITLE / SUBTITLE A study on the Ergonomic Design and Evaluation of VDT Workstation		7. SUBJECT CATEGORY 0505	
5. AUTHOR (S) Chul Jung Kim, Nahm Sik Lee, Jin Ho Kim, Hyun Mo Cho, Jai Hee Park, Hoe Yoon Lee		8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO. KRISS - 92 - 070 - IR	
6. PERFORMING ORGANIZATION NAME Korea Research Institute of Standards and Science		9. CONTRACT OR GRANT NO.	
		10. TYPE OF REPORT 2nd year	
11. SPONSORING ORGANIZATION      Ministry of Science and Technology			
12. SUPPLEMENTARY NOTES			
13. ABSTRACT  As the 2nd year portion of the 3 year research project, "A Study on the Ergonomic Design and Evaluation of VDT workstation", research was carried out in the following areas.  <ul style="list-style-type: none"> <li>o Development of evaluating methods of display <ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of measuring methods of image quality</li> </ul> </li> <li>o Development of measuring and evaluation methods of visual fatigue <ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of measuring methods of visual fatigue</li> <li>- Measurements of visual fatigue during VDT work</li> </ul> </li> <li>o Measurement of electro-magnetic field and development of evaluating methods of VDT filter . <ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of TEM cell and probe for measurements of electric field</li> <li>- Development of measurement methods of magnetic field</li> </ul> </li> </ul>			
14. KEYWORDS VDT, Image quality, Visual fatigue, Electro-magnetic field measurements, VDT filter			
15. CLASSIFICATION  01	16. SCHEDULE OF DECLASSIFICATION	17. NO. OF PAGES	
		18. PRICE	

# 제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 “ VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (2차년도)” 연구사업의 최종보고서로 제출합니다.

1992. 5.

주관연구기관 : 한국표준과학연구원

연구책임자 : 김 철 중

참여연구원 : 이 남 식

김 진 호

조 현 모

박 재 희

이 회 운

# 요 약 문

## I. 제 목

VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가 기술에 관한 연구

## II. 연구의 목적 및 중요성

최근 사무실이나 공장 등에서 Computer, Control Panel 등의 Visual Display Terminal (VDT)의 사용이 급증함에 따라, VDT 사용자들이 급증하고 있으며 이에 따라 VDT 사용자들의 작업능률 향상 및 시력장애, 근육통 등 건강보호 문제 (VDT Syndrome)가 크게 대두되고 있다. 따라서 인간의 기능과 특성을 바탕으로 VDT Workstation 설계에 대한 기준 및 평가기술을 개발하여 VDT 사용자의 건강을 보호하고 업무 생산성을 향상시키는 것은 매우 시급한 과제라 할 수 있다.

## III. 연구내용 및 범위

본 연구는 VDT Workstation의 인간공학적인 설계기준을 제시하고 평가기술을 개발하기 위한 연구로서 2차년도에는 다음과 같은 내용에 중점을 두어 연구를 수행하였다.

- Display 평가기술개발
  - VDT 화질(Image Quality) 측정방법개발
  - 각 모니터별, 화면의 위치에 따른 화질 비교, 평가
  
- 시각피로 측정 및 평가기술개발
  - 시각피로 측정방법개발
  - VDT 작업에 따른 시각피로 측정
  
- 전자파 측정 및 보안경 성능 평가기술개발
  - 전자파 측정 probe 및 TEM cell 개발
  - 자기장 측정 방법 개발
  - 각 VDT 거리별 자기장 측정

#### IV. 연구결과 활용방안에 대한 건의

- VDT Workstation의 국가표준 설정 자료로 활용
- VDT 작업환경개선의 기준자료로 활용
- VDT Workstation의 제작시 설계기준으로 활용
- 국가기간전산망 설계기준자료로 활용
- 기타 산업설계시 기술자료로 활용

# SUMMARY

## I. Title

A Study on the Ergonomic Design and Evaluation of VDT workstation.

## II. Objectives and Importance of the study

As the use of visual display terminals (computer monitors, control panels, etc) in offices and factories is rapidly increasing, VDT operators, work efficiency and occupational health hazards such as visual fatigue, eye strains, headaches, muscular pains, etc. have been closed up as an important social matters. Therefore, the development of design guidelines and evaluation methods of VDT workstation is important and essential for the work safety and work efficiency of VDT users.

The aim of this study is to present the design criteria and evaluation methods of VDT workstation.

## III. Contents

In order to present design criteria and evaluation methods of VDT workstation, research projects have been conducted in the following subjects

during the 2nd year.

- o Evaluation of VDT image quality based on MTF theory
  - Overview on image quality metrics
  - Evaluation of image quality on selected VDTs
  
- o Identification of the relationship between VDT task characteristics and visual fatigue
  - Ergonomic experiment based on Taguchi design
  - Factors affect to visual fatigue during VDT working
  
- o Measurement of Electro-magnetic from VDTs
  - Development of measuring prove of electric field and TEM cell
  - Measurement of magnetic field using Helmholtz coil
  - Measurement of magnetic field
  - Evaluation of VDT filter

#### IV. Suggested Applications of the Results

The results of this study is suggested to be applied in the followings.

- o To provide criteria or guidelines for establishing the national standards of VDT workstations
  
- o To provide criteria for the improvement of VDT working environment



- o To utilize it as design criteria in manufacturing VDT workstations
- o To utilize as design guidelines for criteria establishing the nation-wide governmental computer networks

# CONTENTS

<b>Chapter 1. General Overview</b> .....	<b>1</b>
Section 1. Background.....	1
Section 2. Importance.....	2
Section 3. Objectives.....	3
Section 4. Research scope.....	3
<b>Chapter 2. Evaluation of VDT image quality based upon MTF theory</b> ...	<b>6</b>
Section 1. Introduction.....	6
Section 2. Theoretical consideration on evaluation methods for image quality.....	7
Section 3. Measurements and evaluation of image quality.....	14
Section 4. Conclusions.....	26
<b>Chapter3. VDT task characteristics and visual fatigue</b> .....	<b>27</b>
Section 1. Introduction.....	27
Section 2. Relationship between VDT work and visual fatigue.....	29
Section 3. Measurement and evaluation of visual fatigue.....	31
Section 4. Conclusions.....	53
<b>Chapter 4. Measurement of Electro-magnetic emission from VDTs</b> .....	<b>54</b>
Section 1. Introduction.....	54

Section 2. Measuring methods of electric field .....	56
Section 3. Measuring methods of magnetic field.....	61
Chapter 5. Conclusions.....	76
Chapter 6. Suggested application of research results.....	78
Reference.....	79
Appendixes.....	87

# 여 백

# 목 차

제 1 장 서론.....	1
제 1 절 연구의 배경.....	1
제 2 절 연구개발의 필요성.....	2
제 3 절 연구개발의 목표.....	3
제 4 절 연구개발의 내용 및 범위.....	3
제 2 장 Display 평가방법에 관한 연구.....	6
제 1 절 서론.....	6
제 2 절 Display 평가방법에 대한 이론적인 고찰.....	7
제 3 절 화질측정 및 평가.....	14
제 4 절 결론.....	26
제 3 장 시각피로 측정 및 평가 기술개발.....	27
제 1 절 서론.....	27
제 2 절 VDT작업과 시각피로.....	29
제 3 절 시각피로 측정 및 평가.....	31
제 4 절 결론.....	53
제 4 장 전자파측정 및 보안경 성능평가 .....	54
제 1 절 서론.....	54
제 2 절 전기장 측정방법에 관한 연구.....	56
제 3 절 자기장 측정방법에 관한 연구.....	61

제 5 장 결론.....	76
제 6 장 연구결과 활용에 대한 건의.....	78
참고문헌.....	79
부 록.....	87

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경

개인용 컴퓨터 (PC) 포함한 컴퓨터의 사용이 보편화됨에 따라 이미 백만대가 넘는 컴퓨터 단말기 (VDT : Visual Display Terminal)가 국내에 보급되고 있으며 국가기관 전산망의 추진과 더불어 정부기관, 교육기관, 금융기관 등과 공중통신망을 통한 각종 자료서비스가 가능해짐으로써 각 가정에서도 컴퓨터의 보급속도나 사용자의 수가 급격히 증가 될 것으로 예상된다.

그러나 VDT작업의 특성 때문에 기존의 사무형태와는 작업형태나 내용, 작업부하 (workload) 등이 상당히 다르며, VDT작업자에 대한 작업지침이나 표준이 시행되지 않아 소위 VDT증후군 ( VDT Syndrome)이 새로운 사회문제로 대두되고 있다.

우리나라에서는 VDT작업자들의 안전보건에 대한 관심이 높아짐에 따라 한국산업안전공단에서 “VDT작업관리지침”(1989), 보건사회부에서 “VDT작업과 눈의 보호” (1990), 한국전산원에서 “VDT작업환경 지침연구”(1990) 등을 발간하였다. 그러나 아직 우리나라 VDT작업자들에 대한 체계적이고 과학적인 연구가 부족하였다.

특히 본 연구과제중 1차년도 연구에서

- 우리나라 VDT작업환경을 조사하여 그 사용실태를 파악하고
- 컴퓨터 사용자들에 대하여 VDT로 인한 건강상의 호소를 설문조사한 결과 시력장애와 근.골격장애가 가장 큰 문제로 나타났으며 전자파에 대한 우려도 매우 높게 나타났다. 그러므로 우리나라 사람의 특성에 맞는 VDT Workstation은 어떠한 것인가에 대한 구체적인 연구가 요구된다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

ILO보고에 따르면 경제협력개발기구 가입국에서는 1975년 현재 경제활동인구의 1/3이 VDT를 사용하고 있었다. 이들 비율은 매 5년마다 최소한 3%이상 증가되는 경향이 있었다. [ILO, 1990] 서독에서는 VDT숫자가 1977년과 1978년 사이에 약 30-40% 증가하였고, 1980년에는 1백만대에 도달하였다. 영국에서도 이와 유사한 경향이 있었는데 1978년에 800만명 이상이 정보산업분야에 고용되었다. 또 프랑스에서는 1백만명 이상이 1978년까지 VDT를 사용하고 있었으며, 특히 일본은 1984년 전기업의 90%가 전자장비를 갖추고 있었으며, 이들중 70%가 VDT를 사용하고 있었다.

이들 선진국에서는 컴퓨터의 도입이 모든 경제활동분야에서 증가되었으며, VDT작업과 관계된 안전과 건강에 대한 관심 더욱 높아졌다. 따라서 이들 나라에서는 이미 70년대말에서 80년대 초반에 걸쳐 VDT작업이라는 새로운 작업환경 때문에 발생할지 모르는 건강상의 위험으로 부터 VDT사용자들을 보호하기 위하여 법령과 규제, 표준, 사용지침 등을 마련하였다. [Stellman 1989]

우리나라에서도 최근에 노동부에서 관계법령의 제정을 추진하고 있으나, 우리 실정에 맞는 연구개발이 우선 필요하다고 할수 있다. 특히 VDT 작업에 관련된 설계기준 또는 작업기준은 외국의 연구결과를 그대로적용할 수 없으며 단지 참고자료로 이용될수 밖에 없다. 따라서 이에 대한 연구는 반드시 필요하며 국가적인 차원에서 주도 하여야 할 것이다.

그중 1차년도 연구결과에서 나타났듯이

- (1) 시각피로에 대한 구체적인 원인분석
- (2) 전자파 측정방법에 대한 연구
- (3) Display image quality의 정량적인 분석

연구가 최우선 된다고 할 수 있다.



### 제 3 절 연구개발의 목표

본 연구에서는 1차년도 연구중 설문조사에서 가장 큰 관심과 건강호소를 나타낸 시각피로, 전자파 문제에 그 초점을 맞추었다. (1) VDT 화면에 display되는 화질 (image quality)을 계량적으로 분석하는 방법을 연구하고 화질평가 metrics으로 MTF와 MTFA를 측정하는 장치를 setup하여, 대상 monitor를 측정하여 분석하였다. 이러한 연구는 화질의 객관적인 측정표준을 마련하는데 도움을 줄 수 있다. (2) VDT중후군의 핵심이 되는 시각피로에 대하여 구체적인 원인을 분석하고 또 시각피로를 물리적으로 측정방법을 연구하였다. VDT 작업을 하였을때 나타나는 시각피로를 주관적, 객관적으로 측정하여 분석하였는데 이는 궁극적으로 VDT 작업환경 개선에 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다. (3) 또 본 연구에서는 최근 컴퓨터 사용의 급증으로 인하여 특히 사회문제로 대두되는 전자파에 대하여, VDT에서 발생하는 전기장, 자기장을 측정하는 방법을 연구하였는데, 이는 앞으로 누설전자파 기준 마련에 그 목적이 있다.

### 제 4 절 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 크게 세부분으로 나뉘어 수행되었는데,

- (1) Display 평가 기술 개발
- (2) 시각피로 측정 및 평가 기술 개발
- (3) 전자파 측정 및 보안경 성능평가 기술 개발

분야이다.

Display 평가기술은 본 연구원 광학실에서 자체 개발한 칼날 주사형 OTF 측정기를 이용하여 화질(image quality)을 계량적으로 측정하는 방법을 연구하였다. 화질평가 metrics으로 가장 많이 사용하고 있는 MTF(Modulation Transfer Function) 및 MTFA (Modulation Transfer Function Area) 를 측정을 토대로 제조 회사가 서로 다른 4대의 모니터에 대하여, 화면위치별로 MTF 와 MTFA를 구하여 서로 비교하였으며, ANSI/HFS 100-1988 의 resolution 기준치와도 비교하여 검토하였다.

시각피로 측정 및 평가기술개발은 VDT작업에 시각적인 영향을 주는 인자(factor)로서, (1) 시거리 (viewing distance), (2) 글자색/배경색, (3) 한글글씨체로 하였으며, 각 인자별은 3수준으로 하여 실험을 계획하였다. 이 실험계획에 따라 VDT작업을 설정하였는데 피실험자 5명에 대하여 VDT 작업을 한뒤 나타나는 시각피로를 측정하였다. 본 연구에서는 시각피로를 측정하는 방법을 크게 주관적인 시각피로 측정와 객관적인 시각피로 측정으로 나누어 측정하였는데, 주관적인 평가는 피실험자가 주관적으로 느끼는 피로의 정도를 6개 문항으로 질문하여 측정하였다. 객관적인 평가는 CFF, 일안근점(accomodation), 이안근점 (convergence), 시력을 측정하였다. 측정을 토대로 시각피로에 가장 영향을 주는 인자가 무엇인가를 분석하였다.

전자파 측정 및 보안경 성능 평가기술개발은 전자파 측정에 대한 국제적인 표준이 마련되지 않았기 때문에, 스웨덴에서 제시한 측정방법을 토대로 전기장 측정 probe 를 제작하였으며, 전자파 측정에 필수적인 측정장비 교정에 필요한 TEM cell 을 설계 제작 하였다. 자기장에 대해서는 VDT의 거리별로 발생하는 강도를 각 방향에서 측정하였다. 보안경 성능 평가는 보안경을 부착하였을때와 부착하지 않았을때, 자기장 강도의 변화를 비교하여 분석하였다.

Table 1-1. 연구의 내용 및 범위

연구 내용	범 위	결 과
Display 평가기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 화질평가기술개발</li> <li>- MTF, MTFA 측정방법 개발</li> <li>○ 화질측정</li> </ul>	Display의 화질 평가방법기술제시
시각피로측정 및 평가기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피로측정 기술개발</li> <li>- 주관적인 평가기술개발</li> <li>- 객관적인 평가기술개발</li> <li>○ VDT작업에 따른 시각피로평가</li> <li>- 시거리, 글씨체, 색깔의 조합에 따른 시각피로 평가</li> </ul>	시각피로측정방법 기술제시
전자파측정 및 보안경 성능 평가기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기장 측정장비 probe 개발</li> <li>○ TEM cell 교정장비 제작</li> <li>○ 자기장 측정</li> <li>○ 보안경에 따른 자기장 강도 비교</li> </ul>	전자기파 측정방법 제시

## 제2장 Display 평가방법에 관한 연구

### 제1절 서론

컴퓨터 시스템이 다방면으로 사회전반에 적용됨에 따라 우리 주변에서 컴퓨터에 기초한 word processing, DTP(desk top publishing), 회계처리, 공장에서의 공정제어용 terminal 등을 쉽게 볼수 있다.

특히 컴퓨터의 출력이 시각표시장치(visual display)를 통하여 전달되므로 해상도, 대비 등 화질이 사용자의 안전, 생산성 또는 만족도에 지대한 영향을 미치게 된다. 본 장에서는 display의 image quality(화질)를 평가하는 방법에 대하여 연구 하였다.

화질(image quality)에 관한 연구는 1920년 - 1930년대에 시작되었으며 주로 사진 영상 평가에 관한 것이었다. 그당시에 화질평가에 대한 많은 개념들이 연구되었으며, 필름의 특징을 측정하기 위한 장비들도 많이 개발되었다. Eastman Kodak 회사가 이 분야의 선봉이었으며 화질측정기술과 평가방법을 많이 개발하였다.

TV가 출현됨에 따라, TV형태의 화질을 평가하는 연구가 많아졌다. 오늘날 TV에서 볼수 있는 수평주사선수(the number of horizontal scanning (raster) lines)도 이런 연구의 결과로 결정되었다. 그러나 초창기 컴퓨터 시스템을 TV 표준치에 그대로 응용함에 따라 여러가지 문제점 발생 되었다. 예를들어 초창기 TV 시스템은 화면 높이(화면의 세로 폭)의 약 4배의 거리에서 볼수 있도록 설계되었다. 그러나 오늘의 사무환경은 단지 2배의 시거리를 유지할수 있기 때문에 TV에 적합한 영상의 구조를 컴퓨터와 같은작업 환경에 응용하는 것은 적절하지

않다. 즉, 화면 높이의 4배 시거리에서 보이지 않던 미세한 영상이 2배의 시거리에서는 잘 보이면서 시각을 방해할수 있다. 최근에는 컴퓨터 제조업자들도 이런 문제점을 인식하게 되었고 컴퓨터 영상에 대한 연구의 필요성을 공감하게 되었다.

본 장에서는 화질을 평가하는 이론적인 연구 방법을 조사하고, 구체적으로 MTF를 측정하는 방법을 연구하였다. 또 다른 image quality 평가 metrics으로 MTF를 측정하는 방법을 연구하고, 측정장비를 구축하였다. 또 국내/외에서 생산되는 모니터를 직접 측정하여 ① 모니터 종류별 ② 화면 위치별 MTF의 차이를 분석하였고, ANSI/HFS 1000-1988에서 제안한 MTF 기준치와도 비교하였다.

## 제 2 절 Display 평가방법에 대한 이론적인 고찰

### 2-1 서 론

인간의 시각은 매우 경이로운 생물학적인 구조를 가지고 있다. 주로 정보를 획득하는데 이용되는데, 몸의 다른 구조에서는 찾아볼수 없는 넓은 제한범위(넓은 시각범위), 동적 관측기능, 자동조절기능, 유연성 등을 갖추고 있다. 밝은 낮에 밝은 물체로 부터 어두운 밤에 어두운 문체까지 구별할수 있다. 또 뚜렷하지 않은 물체라도 주시하는 시간을 종합하여 상의 noise를 최소화 시킨다.

이와 같은 특성과 조절 능력으로 인하여, 시각 display 디자인과 선택에는 어느 정도 여유(허용범위)가 있다. 그러나 일정하지 않은 불규칙적인 화질로부터 정보를 획득할수 있다고 하더라도 항상 같은 효율을 가지고 있지 않으며, 다른

신체구조가 눈과 같이 잘 적응할 수는 없다. 따라서 디자인이 나쁘거나 잘못 선택된 컴퓨터 시각장치(모니터)는 시각피로, 충혈, 불만족 등을 야기할수 있으며, 또는 사물에 초점을 강제로 맞추려는 부적당한 자세로 인하여 나쁜 작업자세가 허리. 어깨. 다리 질병의 원인이 되기도 한다.

시각시스템으로서의 우리의 눈은 공간적(spatial), 시각적(temporal), 또는 색채(chromatic) 등 세가지 성능으로 구분할수 있으며 일반적으로 컴퓨터의 디스플레이 시스템도 이런 세가지 성능면에서 우리가 실물을 눈으로 보는 것과 같은 영상을 표현할수 있도록 되는 것이 바람직 하다. 즉 이상적인 화면은 매우 세밀한 영상 구조를 갖으며, 깜박거림(flicker)이 없고, 무한하게 색깔을 표현할수 있어야 한다. 그러나 그것은 현실적으로 불가능하기 때문에 제조업자는 항상 비용과 컴퓨터 사양을 고려하여 제품을 만들게 된다. 많은 경우에 고해상도(high information density "resolution")나 색상이 많이 필요하지 않을 때도 있다.

본 연구에서는 눈의 세가지 성능 중 주로 공간적인 성능에 중심을 두어 화질 평가 방법을 연구하였다. 화질평가의 이론적인 근거는 계량적으로 시스템을 선형 분석(the quantitative framework of linear systems analysis)한 것인데 화질 평가를 계량화할수 있는 화질평가 metrics를 조사 연구하였다.

## 2-2 기본원리 : 선형시스템 분석(Linear System Analysis)

많은 기술/과학 분야에서 표시장치 시스템(display system)의 영상 전송 능력에 관하여 연구가 계속되어 왔다. 그것은 상업 TV나 정찰 시스템에서의 광학/사진계 뿐만아니라 공업적 표시장치나 산업감시시스템(industrial monitoring system)에 까지 다양하다 (Jones and Higgins, 1947; Rose, 1946; Selwyn, 1948;

Sehade, 1948; Snyder, 1973, 1976, 1988). 이러한 광학계가 나름대로의 특징을 가지고 있기는 하나 화질의 특성을 선형시스템분석 이론의 개념으로 표현하는 것이 가능하다.

계량적인 선형시스템 이론은 복잡하지만, 수리적인 원리에 입각하여 화면장치의 영상전송 능력을 평가하는데 매우 유용하다. 영상전송 능력은 단순하게 화면 장치에 의해 영상이 전송되는 동안에 야기되어지는 신호의 변화의 정도라고 할수 있다. 예를들어, A 크기의 신호가 1/2 영상전송 능력을 가진 시스템에 의해 A/2 크기로 화면에 나타난다.

영상전송능력을 계량화하기 위하여 Fourier 변환(Fourier transformation)을 통하여 (Brigham, 1974) 영상신호를 공간주파수 대역(the spatial frequency domain)으로 바꾼다. Fourier 변환은 영상신호를 서로 다른 크기와 위상을 갖는 sine파 들의 합성으로 보고 영상신호 주파수 성분의 크기(spectrum)를 보여준다. 공간 주파수 스펙트럼은 어떤 영상신호에서도 유일하게 존재하며, 따라서 영상정보는 Fourier 변환에도 불구하고 변하지 않고 그대로 보존된다. 일단 Fourier 영역(Fourier domain)으로 전환시킨뒤에, 입력 신호 스펙트럼과 전송된 영상 스펙트럼을 비교하여 영상전송능력을 분석하게 된다. 공간 주파수 대역별로 계산되어진 입력:출력 비(ratio)는 영상시스템으로 인한 출력신호의 상대적인 감소 또는 증가(attenuation or gain)을 나타낸다.

Display에 의한 영상전송은 위상값(phase values)에는 영향을 받지 않지만 크기에는 큰 영향을 받는다. 크기는 휘도비의 단위(units of luminance modulation)로도 표현된다. 즉, 크기는 공간주파수 대역별로 휘도비에 대한 입력대비 출력 비율(the output-to-input ratios for luminance modulation)로 나타나는데 이때 입력 대비 출력변조 비율함수를 MTF (Modulation Transfer Function)라고 부른다(Snyder, 1973, 1988). MTF는 선형시스템이론에서의 전달

함수에 해당하는 것으로 display 시스템을 통하여 영상신호가 얼마나 잘 전송되어질수 있는가를 표현하는 것이다.

이상의 표현을 수리적으로 나타낼수 있다(DeFatta, Lucas, and Hodgkiss, 1988; Gaskill, 1978). 1차원 공간에서  $l(x)$ 를  $x$ ,  $x=(0,1,2,\dots,N-1)$ 에서 영상신호의 강도(intensity i.e, luminance)라고 하자. 이 신호를 Fourier 전환하면

$$L(w)=\sum l(x) \exp [-j2\pi xw/N] \dots\dots\dots (2.1)$$

여기서  $L(w)$ 는 공간주파수  $w=k/(\Delta xN)$ ,  $k=(0,1,\dots,N/2)$ 에서의 복소수 Fourier 계수(the complexed valued Fourier coefficient)이고  $j=\sqrt{-1}$ 이다.

각 sine-wave component의 진폭은

$$A(w)=\|L(w)\| = \sqrt{L_{Re}(w)^2 + L_{Im}(w)^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

여기서  $\|.\|$ 은 복소수의 절대값이고  $L_{Re}(w)$ 와  $L_{Im}(w)$ 는 각각 Fourier 계수의 실수, 허수 부분이다.

으로 주어진다.

진폭의 단위는 영상신호의 평균 강도(the average intensity of the image signal)에 의해 표준화될수 있는데 그 값을 modulation이라고 부르고 식(2.3)과 같이 주어진다.

$$M(w) = \frac{A(w)}{A(o)} \dots\dots\dots (2.3)$$



따라서 식(2.3)은 AC에 대한 DC의 sine-wave 크기의 비로 표현되어지고 MTF를 유도할수 있다.

$$MTF(w) = \frac{Mout(w)}{Min(w)} \dots\dots\dots (2.4)$$

여기서 Mout과 Min은 sine-wave 형태의 휘도 중 최대값과 최소 값을 나타낸 것이다.

선형시스템 분석 (linear systems analysis)의 특징은 인간의 시각 시스템을 비롯한 다양한 영상시스템을 일반화하는데 있다. 즉, 선형시스템 분석의 원리는 시각 인식의 초기단계를 규명하는 데 유용하다.(Braddick, 1981; Campbell and Robson, 1968; Kelly, 1977; Maffei, 1978; Regan, 1982; Sachs, Nachmias, and Robson, 1971). 시력감도(the sensitivities of the visual channel)는 인식전달 인자(perceptual transfer factor)로 표현되어지고 공간주파수 대역별로 감도를 plotting 한 것을 CSF(Contrast Sensitivity Function)이라고 부른다(Consweet, 1970; Schade, 1956; Westheimer, 1960). CSF는 작업 환경(viewing condition), 특히 주위밝기, 시거리에 따라 변하지만 실험적으로 얻어진 CSF는 대략적으로 다음과 같다.

$$CSF(w) = b_0 \exp [b_1w + b_2w^2 + b_3w^4] \dots (2.5)$$

여기서  $b_0 = 1.7062E-03$ ,  $b_1 = 201.6188E-03$ ,  
 $b_2 = -2.3161E-03$ ,  $b_3 = 0.2000E-06$  이다.

## 2-3 다른 영상화질의 평가척도 (Image Quality Metrics)

MTF뿐만아니라 영상화질을 평가하는 척도가 여러가지 있다. 그런 척도들은 대부분의 경우에 있어서 의미있는 단위들로 MTF를 가중시키거나 전환시켜 유도하고 있는데 본 절에서는 이들 척도의 정의와 특징을 살펴보기로 하였다.

### 1) Modulation Transfer Function Area (MTFA)

MTFA는 널리 알려진 영상화질 평가척도로써, 처음 광학 시스템에 대한 영상전송능력을 평가하기 위하여 Charman과 Olin (1965; Brock, 1967) 처음으로 제안하였다. 그후 Snyder가 전기.전자 디스플레이 산업에 적용하였다(Snyder, 1973, 1976, 1988). MTFA는 display system의 MTF와 인간의 시각 시스템의 CSF 사이에서 나타나는 총면적을 나타낸 것으로 (Fig. 2-1), 식(2.6)으로 표현된다.

$$MTFA = \sum_{w=0}^{wc} MTF(w) - CSF(w) \dots\dots\dots (2.6)$$

여기서  $w = (\pi Dk) / (180 \Delta \alpha N)$ ,  $k = \{0, 1, \dots, N/2\}$ 은 시각도당 cycles 수인 공간주파수 (spatial frequency in cycles per degree of visual angle)이다. 또 D는 시거리(viewing distance), wc는 MTF와 CTF의 진폭이 동일한 공간주파수를 나타낸 것이다.

### 2) Integrated Contrast Sensitivity Metric

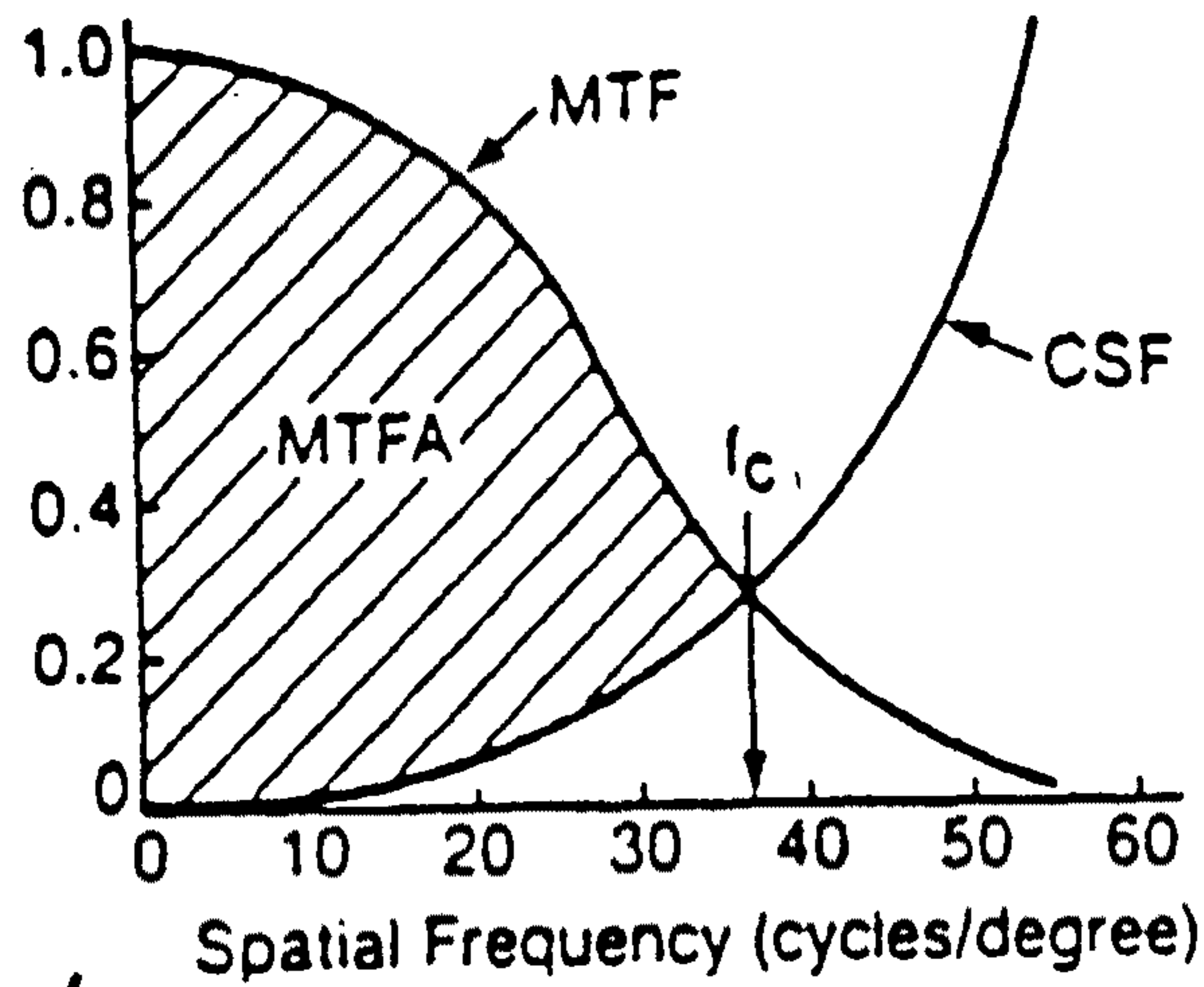
Van Meeteren(1973)이 제안한 것으로 식(2.7)과 같이 주어진다.

$$ICS = \sum_{w=0}^{wNy} \frac{MTF(w)}{CSF(w)} \dots\dots\dots (2.7)$$

여기서  $wNy$ 는 Nyquist 한계 (the Nyquist limit of the spatial frequency passband)이다.

그외 Carlson과 Cohen(1978)이 제안한 DDD(Discriminable Difference Diagrams)이 있다. 또 Overington(1976, 1982)은 VE(Visual Efficiency)를 제안하였다.

## MTFA metric



$$\blacksquare \text{ MTFA} = \sum_0^{f_c} \text{MTF}(f) - \text{CSF}(f)$$

Fig. 2-1. MTFA의 개념

## 제 3 절 화질측정 및 평가

### 3-1 서 론

본 연구에서는 영상화질 평가의 가장 기초가 되는 MTF 측정에 관하여 연구하였다. MTF를 측정하는 방법은 여러가지가 있으나 본 연구원 광학실에서 자체 개발한 칼날주사형 OTF (Optical Transfer Function) 측정 장비를 이용하였다.

본 실험에서는 4대의 모니터에 대하여 pixel의 화면위치별로 MTF를 구하여 MTF 특성을 비교 연구하였고 다른 화질평가 metrics으로 MTF를 구하여 ANSI/HFS 100-1988의 기준치와 비교하였다..

### 3-2 실험계획

#### 1) 연구측정 장비

OTF 측정 방법은 간섭과 광학계에 의해 맺혀진 상을 이용하는 측정 방법(E. Ingelstam, E. Djurle and B. Sjogren, 1956; L.R. Baker, 1955)과 주사해석하는 방법 (G.Kuwabara, 1955; L.R. Baker, 1965)으로 대별될수 있으며 주사방법 중에서 주기적인 격자를 사용하는 광학적 Fourier 해석 방법이 각국에서 계속 발전하여 왔다. 현재 세계 각국이 다양한 형태의 OTF 측정 장치를 보유하고 있으며, OTF의 정확도를 비교.검토하는 연구가 활발하여져, OTF의 국가 표준을 확립하고 OTF의 국제적인 표준안이 마련되고 있다.

본 연구에서는 본 연구원 광학연구실에서 자체 개발한 주사형 OTF 장비를 이용하였다. 그 장비는 주사방법 중 점, 슬릿 등을 물체로 사용하고 상의 강도분

포를 스텝핑모터에 부착된 칼날로 주사한 다음 컴퓨터로 Fourier 변환하여 OTF를 구하는 측정장치이다(이윤우, 조현모, 이인원, 홍경희, 1987; K.H. Hong, I.W. Lee, H.M. Cho and Y.W. Lee, 1987). 특히 최근에 이미 개발된 렌즈형 시준장치와 카메라형 광학대를 이용한 OTF 측정 장치를 개선하여 비축사에서 OTF 측정 정확도를 향상시켰다(조현모, 이윤우, 이회윤, 이인원, 1991).

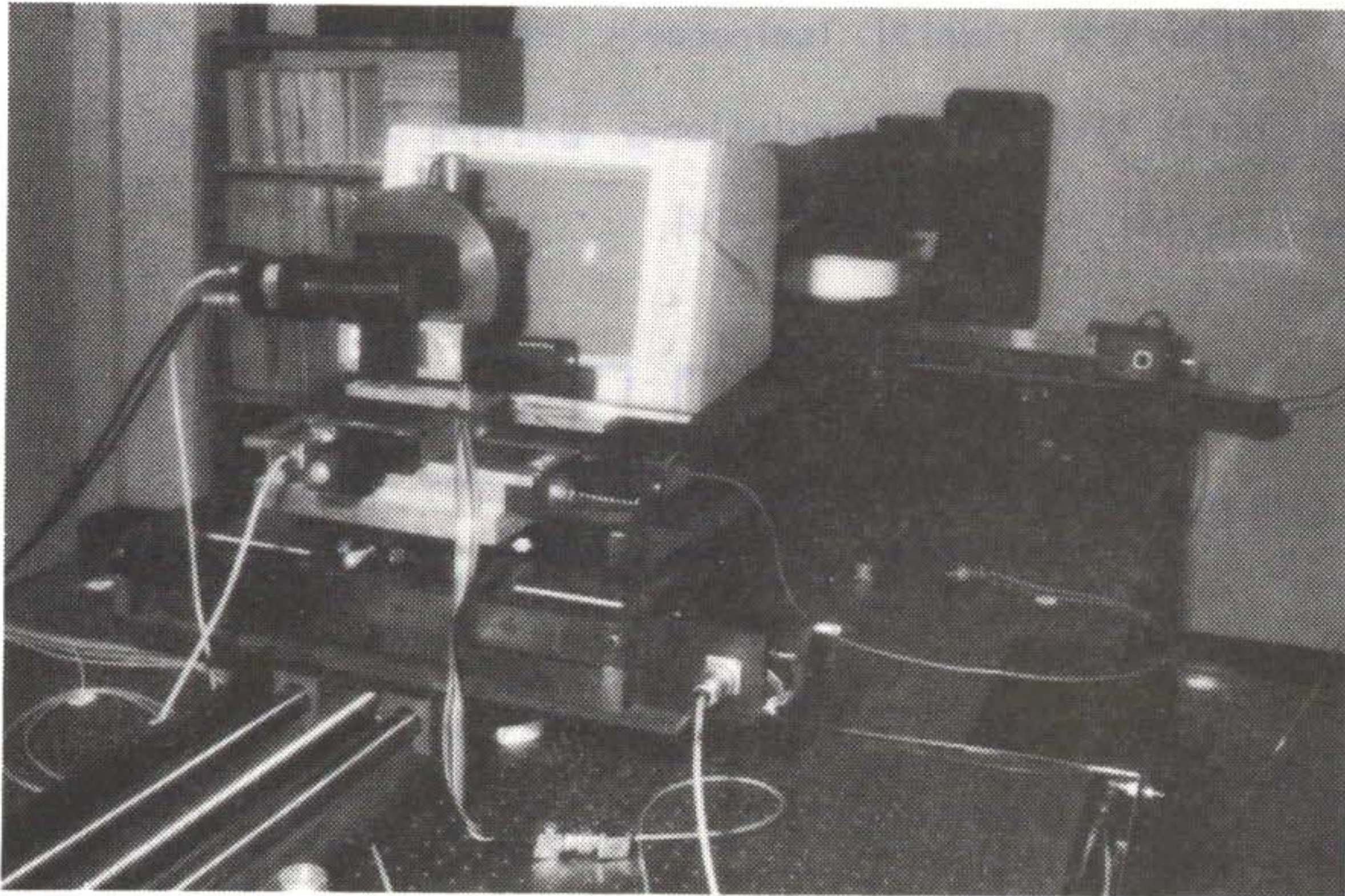


Fig. 2-2. Developed camera bench type OTF measuring equipment

이 장비의 성능은  $f/8$ , 축상의 최적상평면과 측정상평면에서 측정된 MTF값과  $F/4$ ,  $F/5,6$ ,  $F/11$  축상과 비축사의 측정상평면에서 측정한 결과, 극소수의 공간 주파수 영역을 제외하고  $\pm 0.03$  이하로 SIRA(영국, SIRA연구팀) 측정값과 일치하였다.  $F/8$  phase stop을 렌즈 앞에 장치하고  $3^\circ, 4^\circ$  비축사에서 측정하였을 때 PTF값이  $\pm 5^\circ$  이하로 SIRA 측정값과 일치하였다.

## 2) MTF 측정 방법

### Method 1

한 point(pixel)을 display하게 하는 입력 영상신호는 Fig. 2-3의 윗쪽 그래프와 같은 형태가 된다. 그러나 영상 system 즉, monitor에서는 그와 같은 신호가 전달과정에서 Fig. 2-3의 아래쪽과 같은 형태로 나타난다. 즉, 화면상에 한 pixel을 display할때 pixel의 luminance는 Gaussian spot을 가진다. 이때 Gaussian spot의 형태에 따라 resolution을 평가하게 되는데, Fig. 2-4는 MTF와 pixel profile과의 관계를 나타낸 것이다.

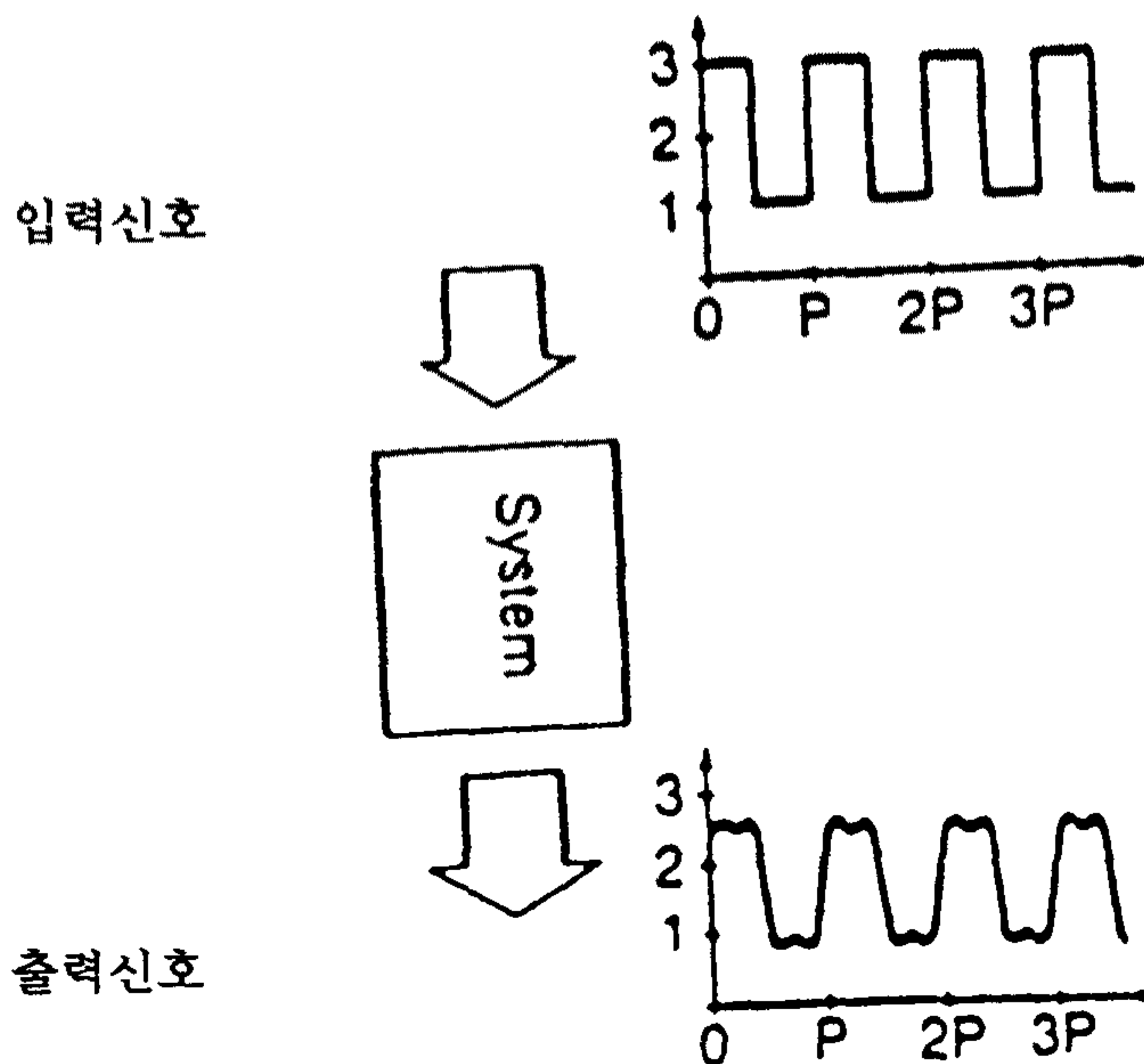


Fig. 2-3. 입출력 영상 신호

또 이 pixel의 Gaussian spot을 분석하여 50% 폭을 구하면 MTF와의 관계식을 유도할수 있는데 식(2.7)과 (2.8)과 같다. [Beaton, 1991]

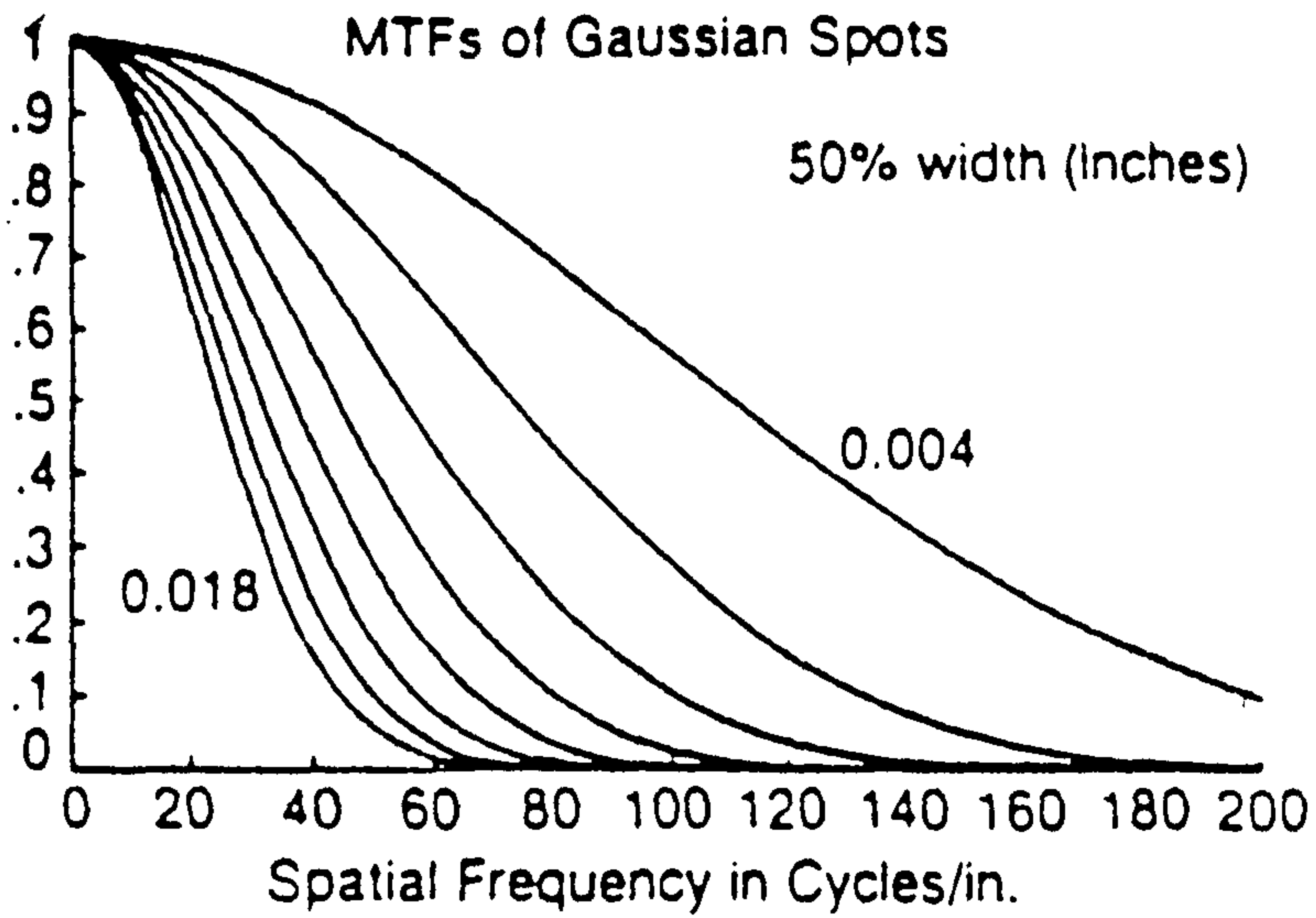


Fig. 2-4. MTF와 pixel profile와의 관계

Gaussian pixel:

$$L(x) = L_{\max} \exp \left[ - \frac{4 \ln 2 x^2}{S_{50\%}^2} \right] \dots (2.7)$$

$$\text{MTF}(f) = \exp \left[ - \frac{\pi^2 S_{50\%}^2 f^2}{4 \ln 2} \right] \dots (2.8)$$

예를 들어  $S_{50\%}$ 가 10 mils 일때 MTF를 유도하면

Gaussian pixel:

$$f = \sqrt{ - \frac{4 \ln 2 \ln (\text{MTF})}{\pi^2 S_{50\%}^2} } \quad \text{에서}$$

MTF	f
0.9	17.2
0.5	44.1
0.1	80.4

가 된다. 각 frequency 마다 modulation을 구하면 MTF의 Graph가 유도된다.

이와같은 방법은 MTF와 pixel profile과의 관계를 이용하여, 즉 pixel의 Gaussian spot으로 MTF를 측정.유도한 것이다.

### Method 2

또 다른 방법으로는 OTF장비로 pixel의 거리별 빛의 강도분포를 display하면 Fig 2-5의 왼쪽그림과 같은데 이것을 Fourier transform 하면 Fig 2-5의 오른쪽 그림과 같은 MTF가 구하여 진다.[이인원 외, 1989]

본 연구에서는 Method 2 와 같이 간접적으로 구하는 방법을 이용하여 MTF를 구하였다.(Fig. 2-6)

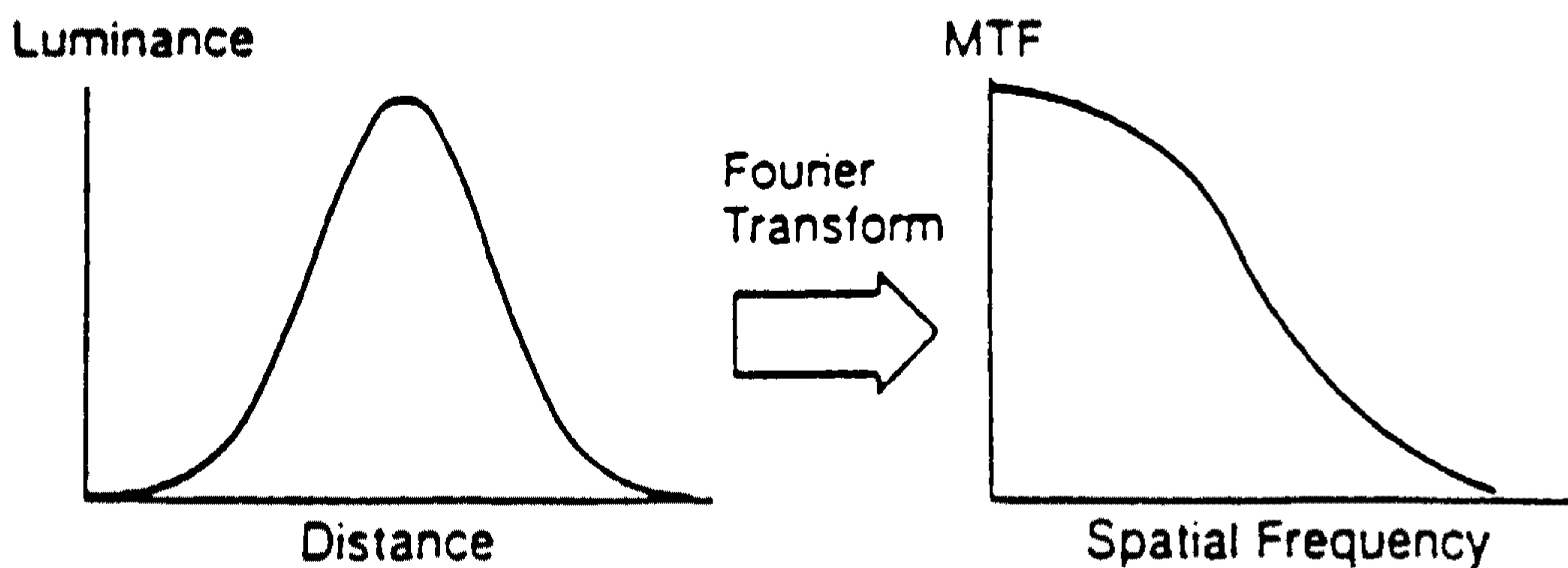


Fig 2-5 MTF를 간접적으로 구하는 방법



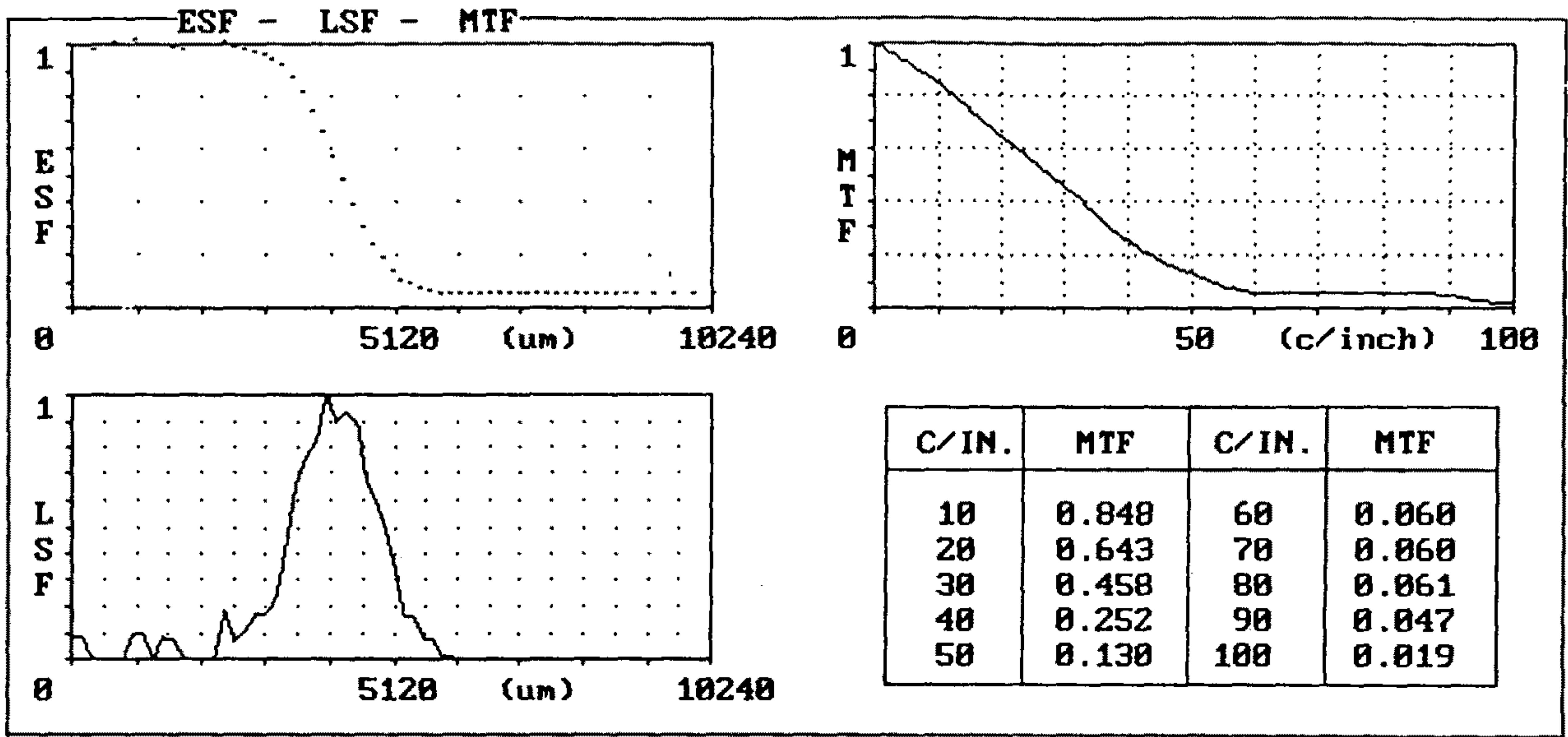


Fig 2-6 OTF 장비로 구한 MTF

### 3-3 연구결과

본 연구에서는 4개의 monitor에 대하여 화질을 평가하였는데 monitor의 특성은 아래와 같다.

- . Monitor A ...A사 국내산 14" 흑백 모니터, resolution 640 x 480
- . Monitor B ...B사 국외산 14" 흑백 모니터, resolution 640 x 480
- . Monitor C ...C사 국내산 14" 흑백 모니터, resolution 640 x 480
- . Monitor D ...D사 국내산 14" 흑백 모니터, resolution 640 x 480

또 화질을 평가한 pixel의 화면위치는 아래와 같다.

- . 왼쪽지점 ... 측정자가 화면을 바라보았을때 화면의 왼쪽에 위치하고, 화면 중심점 (화면의 가로축, 세로축을 이등분하였을때 만나는 점)을 지나고 가로축과 평행한 선에 위치하면서, 중심점에서 (가로축 x 2/3 )만큼 떨어진 지점
- . 중심지점 ... 화면 중심점
- . 오른쪽 지점 ... 중심점을 지나고 가로축과 평행선인 직선상에 위치하면서 화면상 왼쪽지점과 정반대지역에 위치한 지점

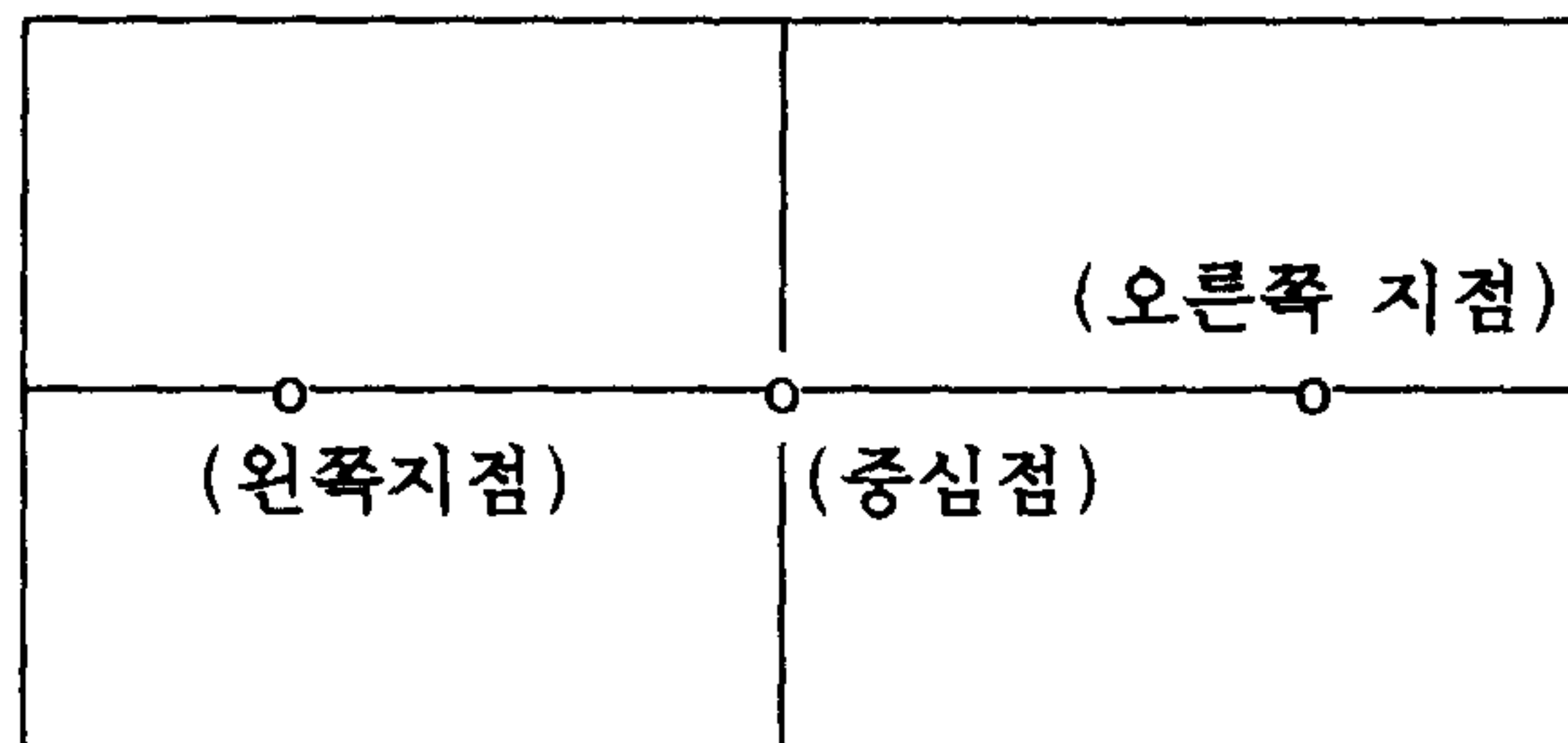
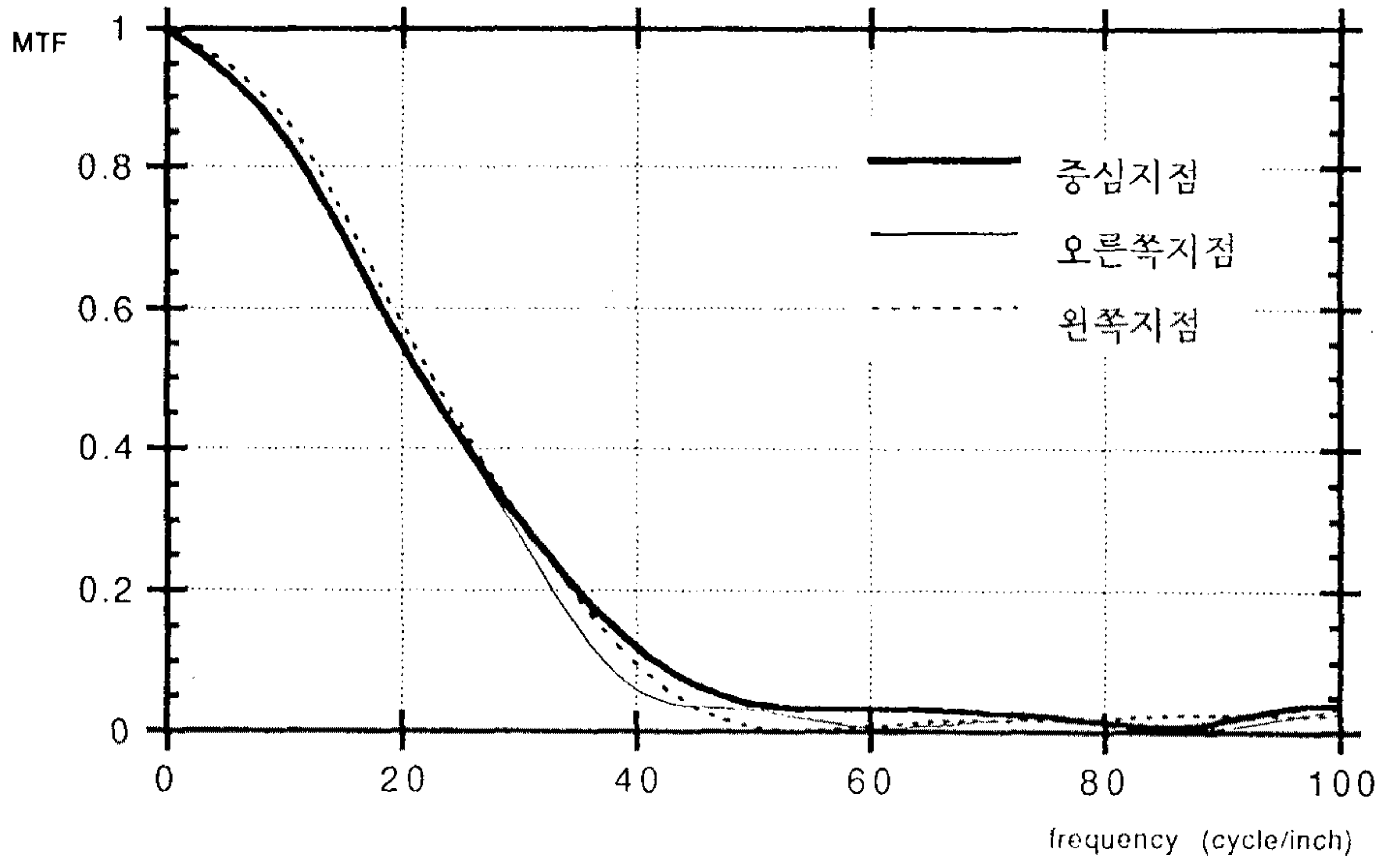
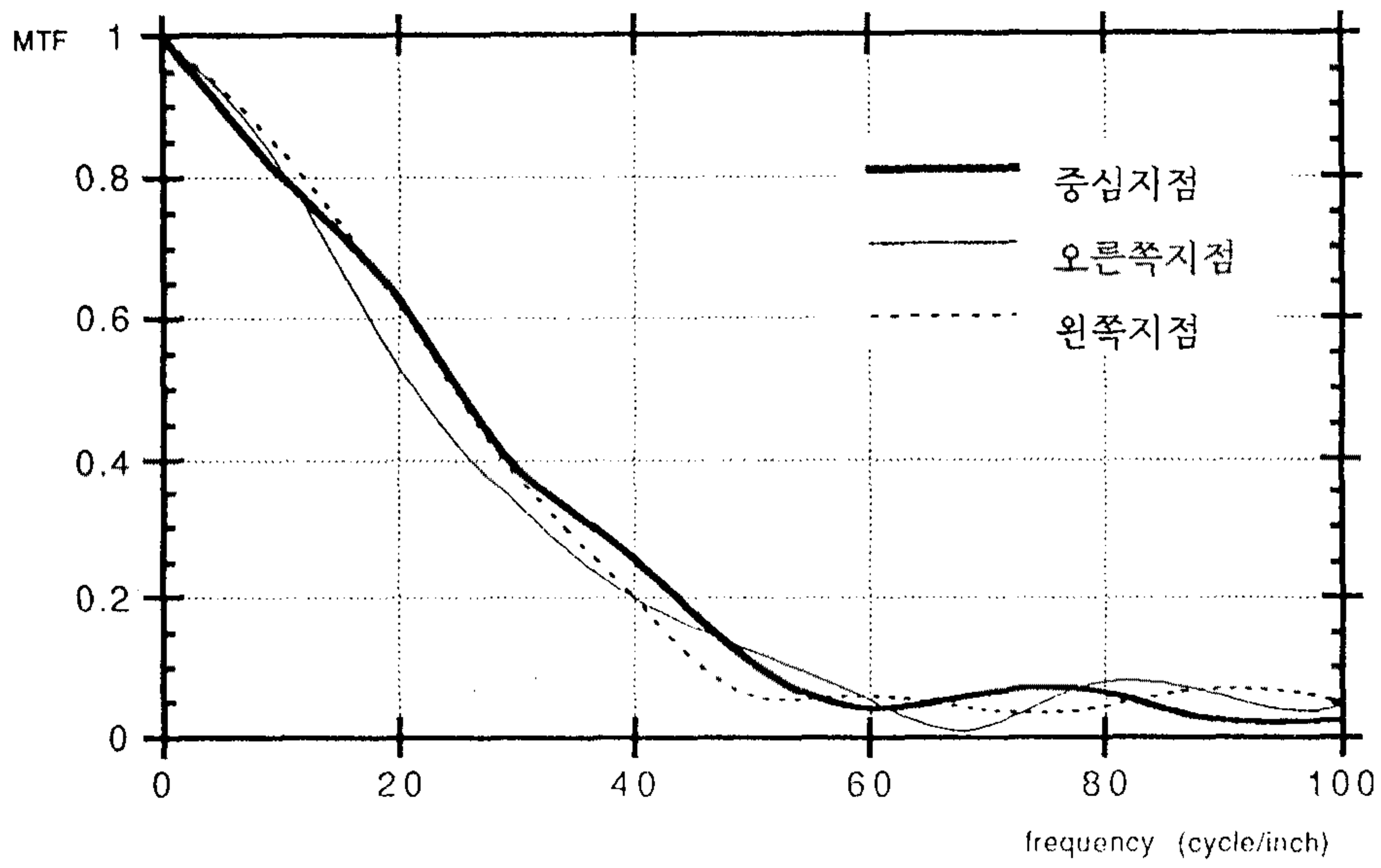


Fig 2-7 monitor별 화면위치

Fig 2-8은 각 monitor에 대하여 3개의 pixel 화면위치별로 MTF의 값을 비교한 그림이다. monitor A, B, C는 화면위치별로 MTF가 큰 차이 없었으나, monitor B는 화면위치로별 MTF가 다르게 나타났다. 즉, 중심점에서는 MTF가 가장 좋았으며 중심점에서 벗어난 지점에서는 MTF값이 상대적으로 나쁘게 나타났다.

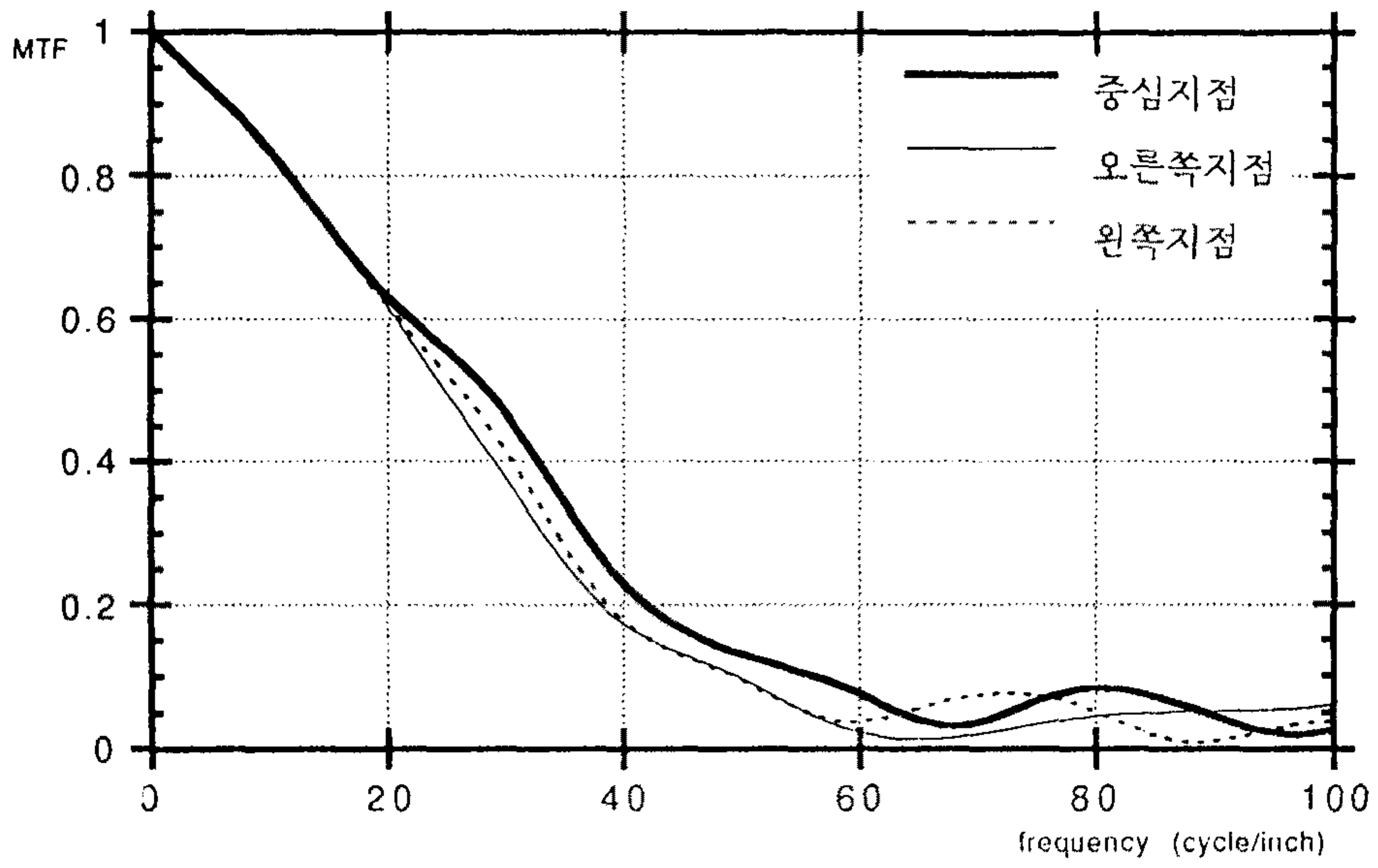


(a) monitor A

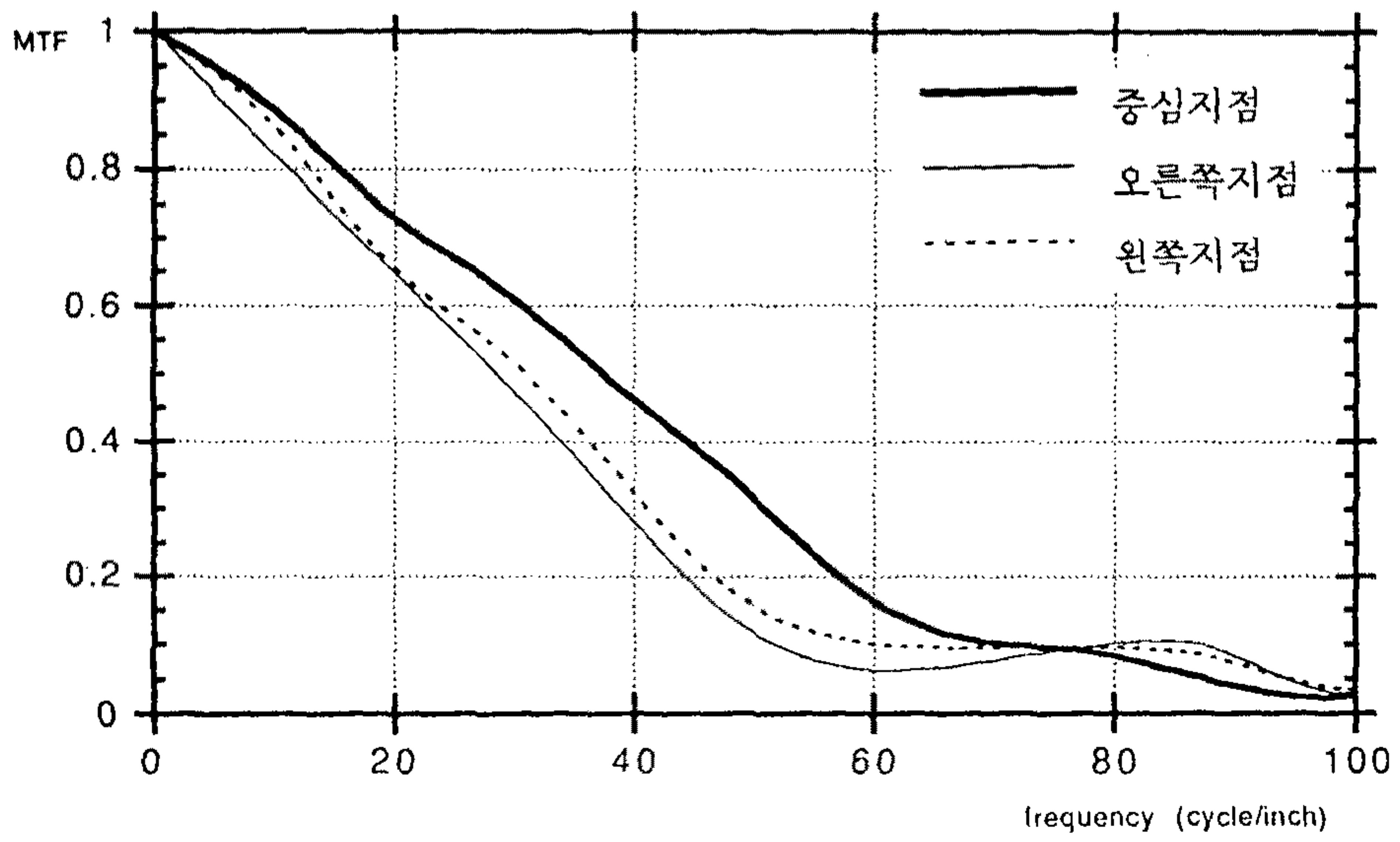


(b) monitor B

Fig 2-8 화면위치별 MTF 비교 (I)



(c) monitor C

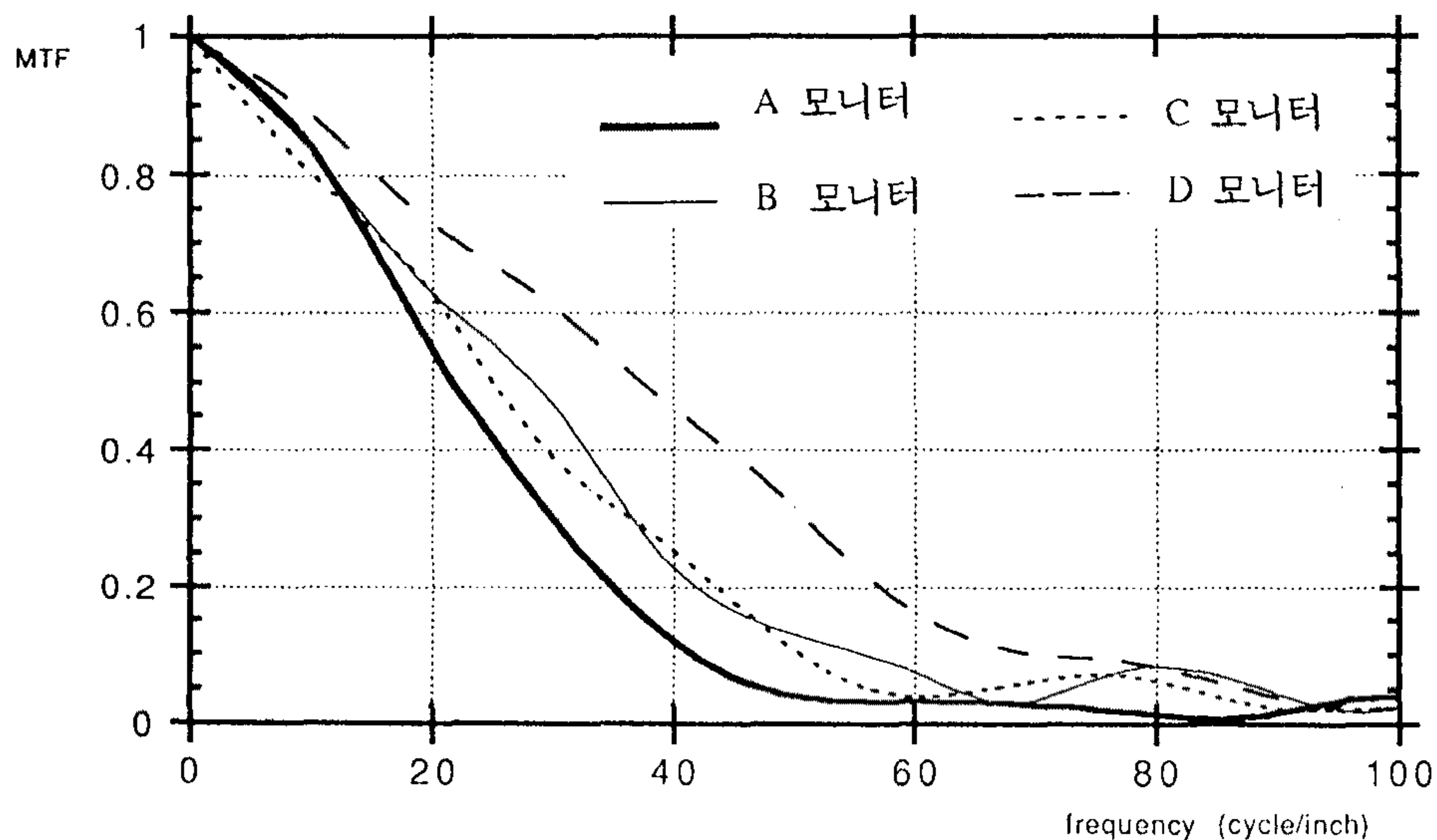


(d) monitor D

Fig 2-8 화면위치별 MTF 비교 (II)

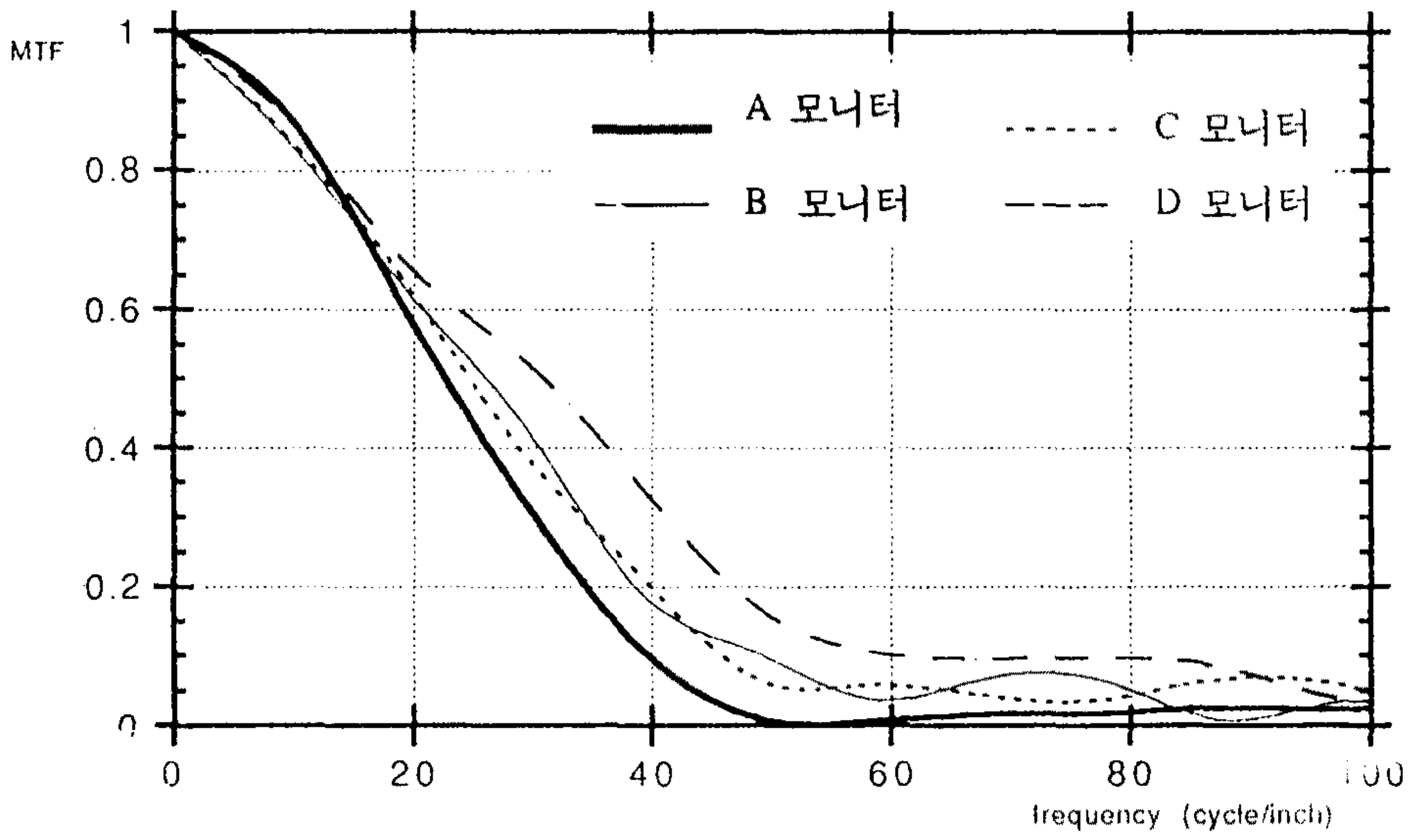
Fig 2-9는 monitor사이의 MTF를 비교한 그림이다. 각 monitor 사이에 MTF가 매우 다르게 나와있는데 monitor D가 가장 좋은 MTF를 가지고 있었다. 모니터 사이의 화질이 다르게 나타나기 때문에 화질에 대한 평가와 기준설정이 시급하며, 궁극적으로 화질에 대한 표준규격이 제정되어야 할 것이다. 그리고 나쁜 화질이 시각피로에 얼마나 영향을 주는지에 대해서도 차후에 연구되어야 할 과제이다.

앞에서 살펴보았듯이 화질 평가 척도로써 가장 많이 사용되고 있는 것이 MTF이다. 미국 ANSI/HFS 100-1988에서는 표준치로써는 display resolution(해상도)를 MTF가 5보다 크게 될 것을 요구하고 있다. 본 연구에서 식 (2.6)을 이용하여 구한 12개 위치별(4 monitor x 3개 화면 위치) MTF는 Table 2-1과 같다(측정 방법 부록 I).

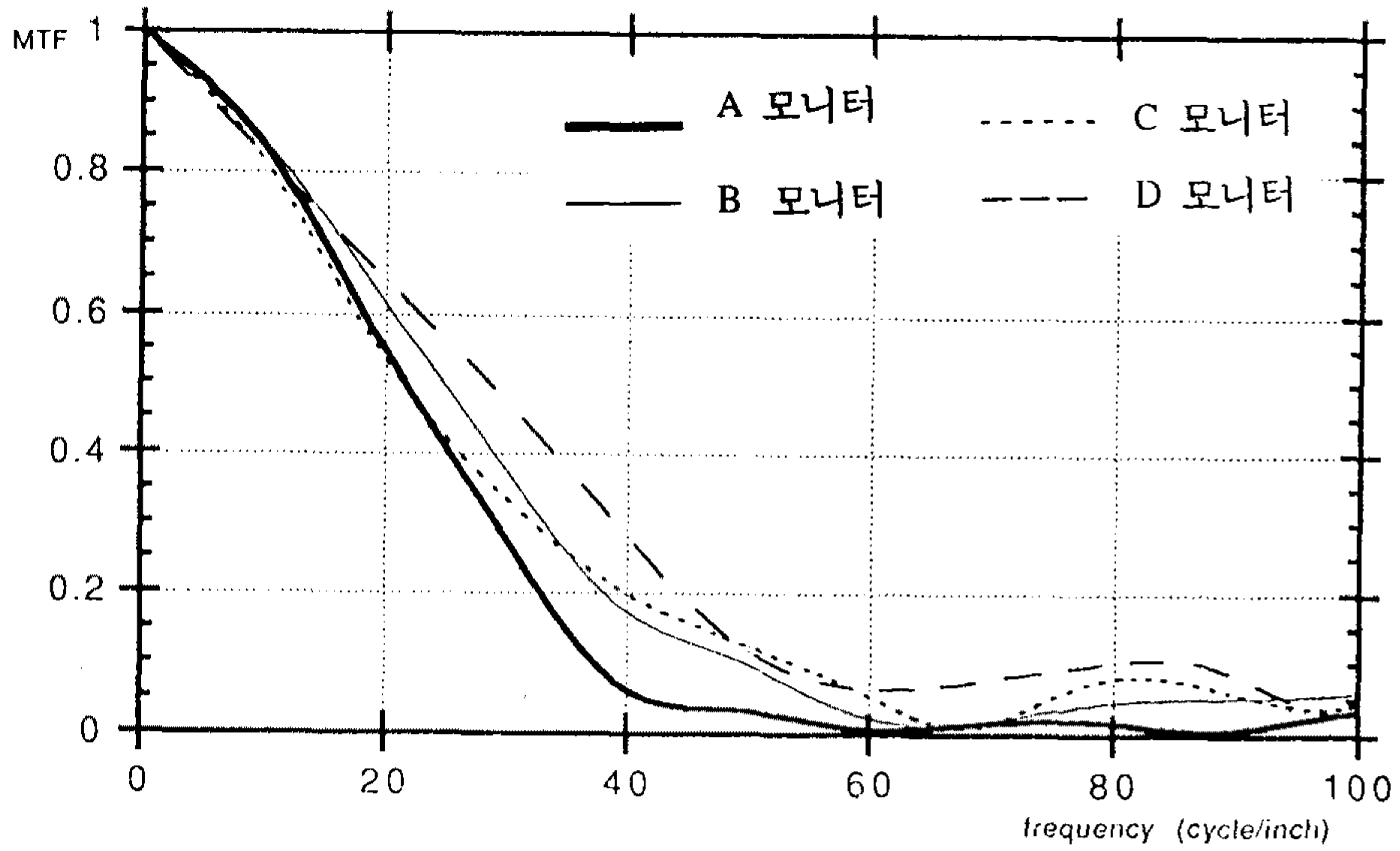


(a) 화면위치 : 중심지점

Fig 2-9 monitor사이의 MTF비교 (I)



(b) 화면위치 : 오른쪽 지점



(c) 화면위치 : 왼쪽지점

Fig 2-9 monitor사이의 MTF비교 (II)

Table 2-1 monitor별, pixel 위치별 MTFA

		M T F A	평균(표준편차)
monitor A	중심 지점	10.1	10.13 (0.25) 변동계수: 0.025
	오른쪽 지점	10.4	
	왼쪽 지점	9.9	
monitor B	중심 지점	10.9	10.63 (0.46) 변동계수: 0.043
	오른쪽 지점	10.9	
	왼쪽 지점	10.1	
monitor C	중심 지점	11.4	11.07 (0.31) 변동계수: 0.028
	오른쪽 지점	11.0	
	왼쪽 지점	10.8	
monitor D	중심지점	13.9	12.63 (1.14) 변동계수: 0.090
	오른쪽 지점	12.3	
	왼쪽 지점	11.7	

모니터 D가 화질이 가장 좋은 것으로 나타났으나 변동계수가 가장 높기 때문에 화질의 균질도는 가장 떨어졌다. 4개 모니터의 MTFA는 ANSI/HFS 100-1988 의 기준치는 모두 만족하고 있었다. 그러나 본 연구에서 사용한 식 (2.5)는 한국인을 대상으로 조사한 CSF 가 아니기 때문에 미국 기준치와 비교하는 것은 다소 의미가 떨어진다. 차후 연구에서는 한국인의 CSF를 조사하고, 우리실정에 맞는 MTFA 기준치를 설정하여야 할 것이다.

## 제 4 절 결 론

본 연구에서는 화질평가 방법을 연구하고 4대의 monitor에 대하여 3가지 화면위치별로 MTF 와 MTFA를 구하였는데 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 같은 모니터에서도 화면위치에 따라 화질이 조금씩 다르게 나타났다.
- 각 모니터 마다 화질이 다르게 나타났으나 ANSI/HFS 100-1988 의 기준치는 모두 만족하고 있었다.

앞으로의 연구에서는 다음과 같은 과제가 수행되어야 할 것이다.

- 화질의 차이에 따른 시각피로의 정도를 파악하여 기준치를 설정하여야 할 것이다.
- 아직까지 한국인에 대한 CSF가 조사되지 않았는데 이에 대한 조사가 이루어져야 하며 이를 바탕으로 우리실정에 맞는 MTFA 기준치를 설정하여야 할 것이다.
- 지금까지 칼라모니터에 대한 화질평가 기준이 마련되지 않았는데 이에 대한 이론적인 연구가 반드시 수행되어야 할 것이다.



# 제3장 시각피로측정 및 평가기술 개발

## 제1절 서론

일반적인 사무실에서 이루어지는 작업은 대부분 서류를 작성하거나 계산을 하는 것으로서 사무작업의 주된 시각적 대상물은 서류이다. 이에 비해 VDT를 이용하는 작업은 기존의 시각적 대상물보다 VDT화면, 키보드, 입력용 서류 등의 시각적 대상물이 증가되었다. 즉, 일반적인 사무작업을 하는 작업자는 책상위에 놓여진 서류에 시선을 둘 경우 작업자의 시야의 범위는 주로 책상과 그 주변의 수평면이며, 책상 위의 서류를 자신의 자세에 맞추어 작업하기 쉬운 위치에 자유롭게 옮길수가 있으며, 작업이 일시 중단되거나 피로가 느껴질때는 서류에서 시선을 옮겨 주위를 둘러보거나 옆사람과 대화를 나눔으로써 시선을 이동시켜 시거리를 바꿈으로써 눈의 피로를 감소시킬수 있어 비교적 자유로운 상태에서 작업을 한다[Cakir et al, 1980].

그러나 VDT작업은 VDT화면, 키보드, 입력용 서류 등으로 부터 위치를 자유롭게 이동시키는 것이 어렵고, 일반 사무작업의 경우와는 반대로 작업자가 이러한 시각적 대상위치에 자신의 자세를 맞춰서 작업을 해야 한다. 따라서, 만약 VDT 화면 위에 고휘도의 조명기구가 반사되거나, 낮에 창이 화면에 반사되면 보기가 어렵게 된다. 또한, VDT를 일반 사무작업용 기기처럼 생각하여 작업의 부적당한 장소에 VDT를 놓으면 부자연스러운 자세로 작업을 할수 밖에 없다. 또 작업자는 하나의 시각적 대상물을 주시하는 것이 아니고 키보드에서 서류, 다시 VDT화면으로 시선을 이동하면서 작업해야 하므로 이를 시각적 대상물의 사이에 큰 휘도차가 있으면 눈은 그때마다 각각의 시각적 대상물에 적응하기 위하여 눈이 피로해지고 정신적인 피로가 생기기 쉽다[Rupp and Taylor, 1986].

VDT 작업자의 시각상 호소나 증상에 관한 연구에서는 '안정피로'나 '시각피로' 라는 말이 사용되고 있으나 그 개념이 애매한 경우가 많다. 안정피로란 '시작업을 지속함으로써 쉽게 피로해지고 몽롱, 눈통증, 눈물, 안지, 안부와 비근부의 압박감, 두통, 이중시, 기분나쁨, 현기증 등의 증상을 호소하여 마침내 졸도하게 된다'고 정의할수 있다[한국공업표준협회, 1990]. 안정피로와 시각피로에 대해서는 막연한 눈피로의 자막 증상을 지니며 일정한 휴식을 취할때 회복되는 것을 시각피로 (visual fatigue)라 부르고, 불가역적으로 회복을 기대할수 없는 경우에 안정피로 (asthenopia, eye-strain)를 설명한다는 설이 있다. 원래 관념상의 문제이므로 두가지를 명확히 구별하는 경계는 아무것도 없다. 따라서 시각피로와 안정피로는 넓은 의미로는 같은 것으로 생각할 수 있기 때문에 본 연구에서는 시각피로라는 용어를 사용하였다.

VDT작업자에 대한 조사에서 시각계의 불편감이나 이상등의 호소는 매우 일반적이다. 호소에는 눈의 가려움, 건조, 이물감, 통증이나 눈 전체의 통증, 피로감 및 시각장애(상의 떨림, 이중상, 시야의 번짐) 등이 있다. VDT작업에서 시각에 관련이 깊은 항목 즉, 시각기능의 스트레스 유발요인을 파악하면 다음과 같다.

- (1) CRT display의 밝기 (Luminance characteristics of the CRT display)
- (2) 표시문자와 배경과의 밝기 비율 (Luminance contrast between displayed character and background)
- (3) 화면의 표시형태 (Display forms on the CRT display)
- (4) CRT의 색깔 조화 (Color displayed by the CRT)
- (5) 화면의 번쩍거림 (Flicker)
- (7) 화면까지의 시거리 (Viewing distance to CRT)

본 연구에서는 문자의 활자체, CRT의 문자/배경의 색깔, 화면까지의 시거리가 시각피로에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 제2절에서는 VDT작업과 시각피로의 관련성을 외국의 연구결과를 통해 알아보았다. 제3절에서는 시각피로에 미치는 영향에 관하여 연구하였는데 문자의 활자체는 한글 글씨체... 고딕체, 명조체, 필기체... 가 시각피로에 미치는 영향을 분석하였고, CRT의 색깔의 조화는 호박색/흑색, 흰색/흑색, 흰색/푸른색 (표시문자색/배경색)로 구분하여 연구하였다. 또 시거리는 45 cm, 61 cm, 107 cm로 세 등분하였는데, 각 거리별 글자의 크기를 달리하여 시각도(viewing angle)는 항상 일정하게 하였다.

## 제 2 절 VDT 작업과 시각피로

시각피로의 원인은 크게 5가지로 분류할수 있는데 ①조절성 안정피로 ②근육성 안정피로 ③중후성 안정피로 ④부등상시성 안정피로 ⑤신경성 안정피로 이다. 이들 대부분은 분명한 이질적 이상으로 발생하는 중후성 안정 피로를 제외하고, 기능적인 면에서 저하되는 이상이 시각피로의 원인에 어떤 형태로든 관여를 하고 있다.

시각피로는 고정(fixation)과 convergence(이안근점)에 관련이 있는 시근력(ocular muscles)과 모양체근(ciliary muscles)의 과다한 운동의 결과이다. 이는 작업특징, 집중력, 작업환경에 영향이 있는데 아직까지 그 원인은 완전하게 규명되지 않았다.

VDT작업에 의한 시각피로 연구는 1970년대 초 스웨덴에서 최초로 이루어졌다. 그 연구에서는 화면에서 나타난 반사휘광(glare)과 적절하지 않은 조명(light-

ing)이 시력 혼란을 야기함을 보여주었다. 이후 계속된 연구에서도 이와 유사한 결과가 나왔는데 작업자의 약 76%가 시력장애를 호소하고 있음이 보고되었다.

70년대 중반부터 시각피로에 관한 연구가 본격적으로 이루어졌다. 오스트리아에서는 휴식이 없이 오랫동안 VDT작업을 계속하면 시각기능장애가 발생한다고 발표하였다. 또 독일에서는 작업자의 68-85%가 시각피로를 호소하였다고 보고하였는데 그 연구에서는 VDT작업의 종류에 따라 시각피로 호소율이 다르게 나타났다.

스위스에서는 시각피로에 관하여 좀더 구체적인 연구가 수행되었다. 특히, 화면에서 표시된 문자의 질(화질, image quality)이 시각피로와 관련이 있음을 밝혔다. 또 이탈리아에서는 작업자의 신체적, 정신적 증상(well-being)에 관한 특별한 효과를 실험하여 보고하였다.

프랑스에서도 이와 유사한 연구가 있었다. 81명의 대화형 작업자와 89명의 off-line data acquisition operator를 비교하였을때 off-line 작업자가 더 높은 시력장애를 호소함을 밝혔다. 이에 대한 구체적인 연구에서 VDT 작업자의 눈 운동(eye movement)을 분석하였는데, off-line 작업자가 더 많이 눈 운동을 하고 있었다. 즉, 그들이 화면을 바라보는 빈도가 더 많기 때문에 시각피로를 더 유발한다고 생각되었다.

일본에서도 유사한 연구가 있었는데 Social & Labour Bulletin [2/84, p 346]에 보고된 바와같이, VDT 작업자가 일반인보다 더 많은 시력장애, 근시를 겪고 있었다.

..... 이상 참고문헌 [ILO, 1990]

우리나라에서는 1990년 김재찬 등이 "VDT 작업자의 작업조건에 따른 안기능 변화와 안증상에 대한 연구"라는 제목의 연구결과를 발표하였다. 이 연구는 VDT

작업자와 비작업자 간의 자각 증상에 관한 설문조사를 하고 기본적인 안과검사를 시행하여 VDT 작업이 시기능 및 자각증상에 미치는 영향과 VDT 작업환경에 따른 시기능의 변화에 대하여 연구하였다. 그외 VDT 작업과 시각피로에 관한 연구결과가 발표된 예가 드물다.

## 제 3 절 시각피로 측정 및 평가

### 3-1 실험방법

#### 1) VDT 작업환경

시각피로 측정은 한국표준과학연구원 인간공학연구실 실험실에서 이루어졌다. VDT 작업대는 키보드 높이, 화면 높이를 자유롭게 조절할수 있었으며, 시거리(화면-눈 거리)도 조절가능 하였다. 피실험자가 사용하는 의자도 높이를 자유롭게 조절할수 있었다. 작업환경의 차이에서 야기할수 있는 요인을 제거하기 위하여 온, 습도, 소음 등을 일정하게 유지하였다. 본 연구에서 사용된 컴퓨터는 90년도 산 16 bit PC로서 14" Color 모니터를 사용하였으며 모니터의 resolution은 1024 x 768 이었다.

#### 2) 피실험자

이 실험에서는 본 연구에 자발적으로 참여한 남자 3명, 여자 2명을 피실험자로 하였다. 이들의 연령은 20세-25세 이었으며 컴퓨터 사용 경험이 6개월 이상 이었다. 이들은 교정시력이 1.0 diopter 이상 이었다. 실험에서 나타날수 있는 측정일간 오차와 VDT 작업 learning에 의한 요인, 측정 장비 미숙에 의한 오차

등을 제거하기 위하여 5일간 예비 실험을 실시하였다.

### 3) 시각피로 측정장비

#### (1) 주관적인 시각피로 평가

시각피로를 주관적으로 평가할수 있는 질문 내용은 아직 표준화되지 않았다. 그러나 Heuer 등은(1981) 질문 내용을 개발하여, 실험실에서 VDT 작업을 하였을 때 개발된 시각피로에 관한 6개 문항이 다른 문항들 보다 눈의 간지러움이나 자세 불안, 시력 장애 등을 판단하는데 좋은 판단 기준임을 연구하였다. 그러므로 본 조사에서도 그와 같은 문항을 가지고 시각피로를 주관적으로 평가하였는데 각 문항과 응답 등급 표시 방법은 Fig.4-1 에 있다.

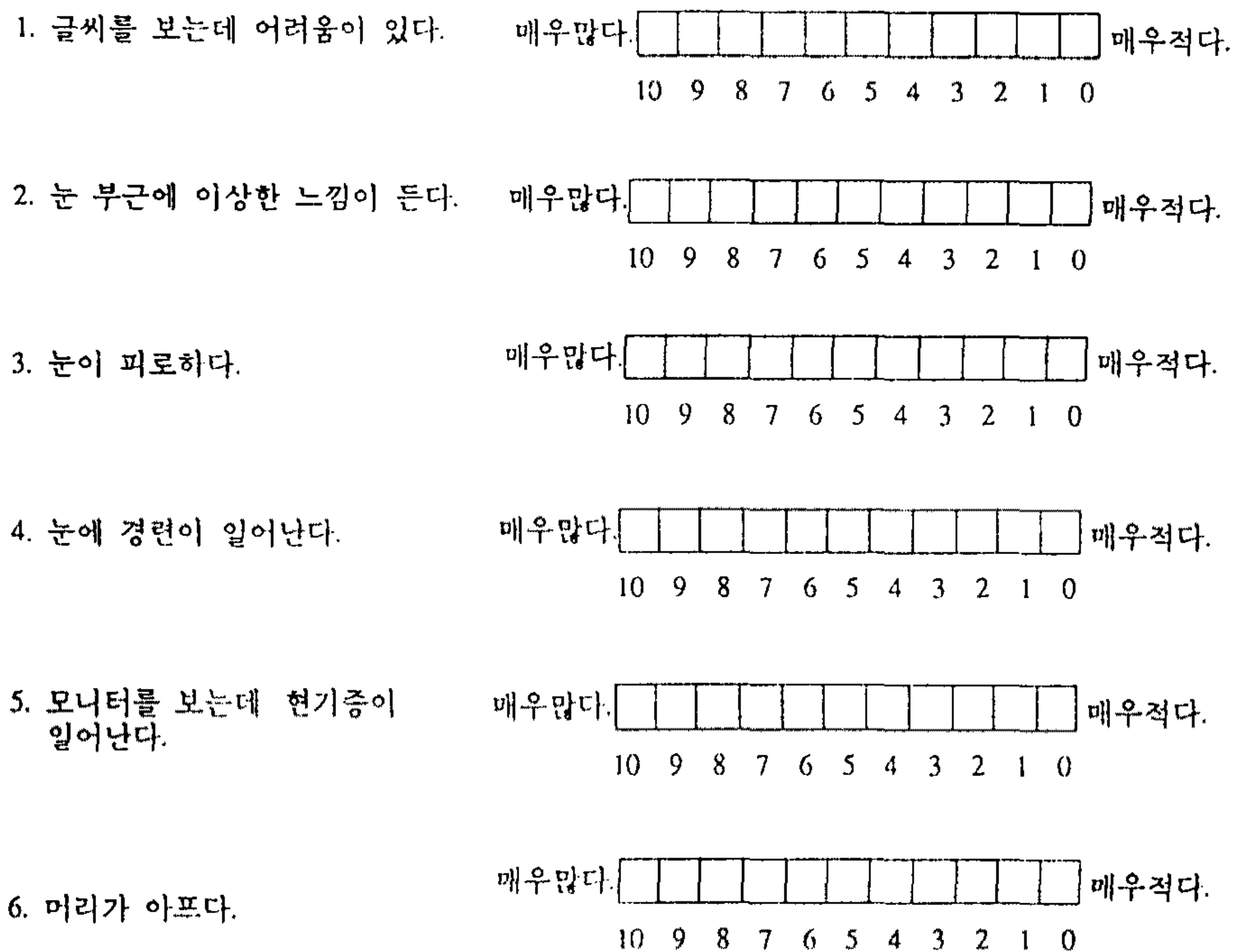


Fig.3-1 주관적인 평가를 위한 질문문항과 응답등급 표시방법

이들 6개 문항별로 응답한 숫자를 합한 것이 피실험자가 주관적으로 느끼는 시각피로의 정도를 나타낸 값이다.

## (2) 객관적인 평가

### o CFF측정 (Critical Flicker Frequency: 임계점멸주파수)

광자극에서 강약의 위상이 주기적으로 교대하는 경우, 그 교대 속도가 조금 낮으면 명멸하는 현상(flicker)이 생기나, 속도가 빠르면 명멸하는 것이 융합한 연속광으로 지각된다. 이러한 명멸에서 연속광으로 바뀌는 교대빈도를 임계점멸주파수(Critical Flicker Frequency : CFF 혹은 Flicker Fusion Frequency : FFF)라고 한다.

본 조사에서는 T.K.K. 502 Digital flicker를 사용하여 CFF를 측정하였다. 본 실험에서는 flicker field의 조명수준(illumination level)을 500 lux, 주변 field의 조명수준을 100 lux로 고정하였다.

CFF 측정방법에는 극한법(상승계열, 하강계열), 조정법, 항상법 등의 방식이 있는데, 결과는 방법에 따라 다르다. 또한 상승계열과 하강계열 등에서는 변화율을 일정하게 하지 않으면 이에 따른 CFF는 영향을 받는다. 하강계열이 상승계열보다 다소 안정성이 있다는 사실을 神谷.山本 (1952)가 연구보고 하였다. 따라서 본 연구에서는 하강계열 방법을 이용하여 CFF를 측정하였으며, 변화율은 항상 일정하게 하였다. 또 CFF는 매일 달라지기 때문에 VDT 작업을 하기전에 측정 한 결과를 100으로 하고, VDT 작업시 시간 경과에 따른 직무형태별 CFF의 강화 정도를 비교분석 하였다. 특히 CFF는 측정 할때마다 조금씩 오차가 발생할수 있으므로 5회 반복하여 최소값과 최대값을 제외시킨 수치를 평균하여 그 값을 CFF 측정치로 하였다. (Fig 3-2)

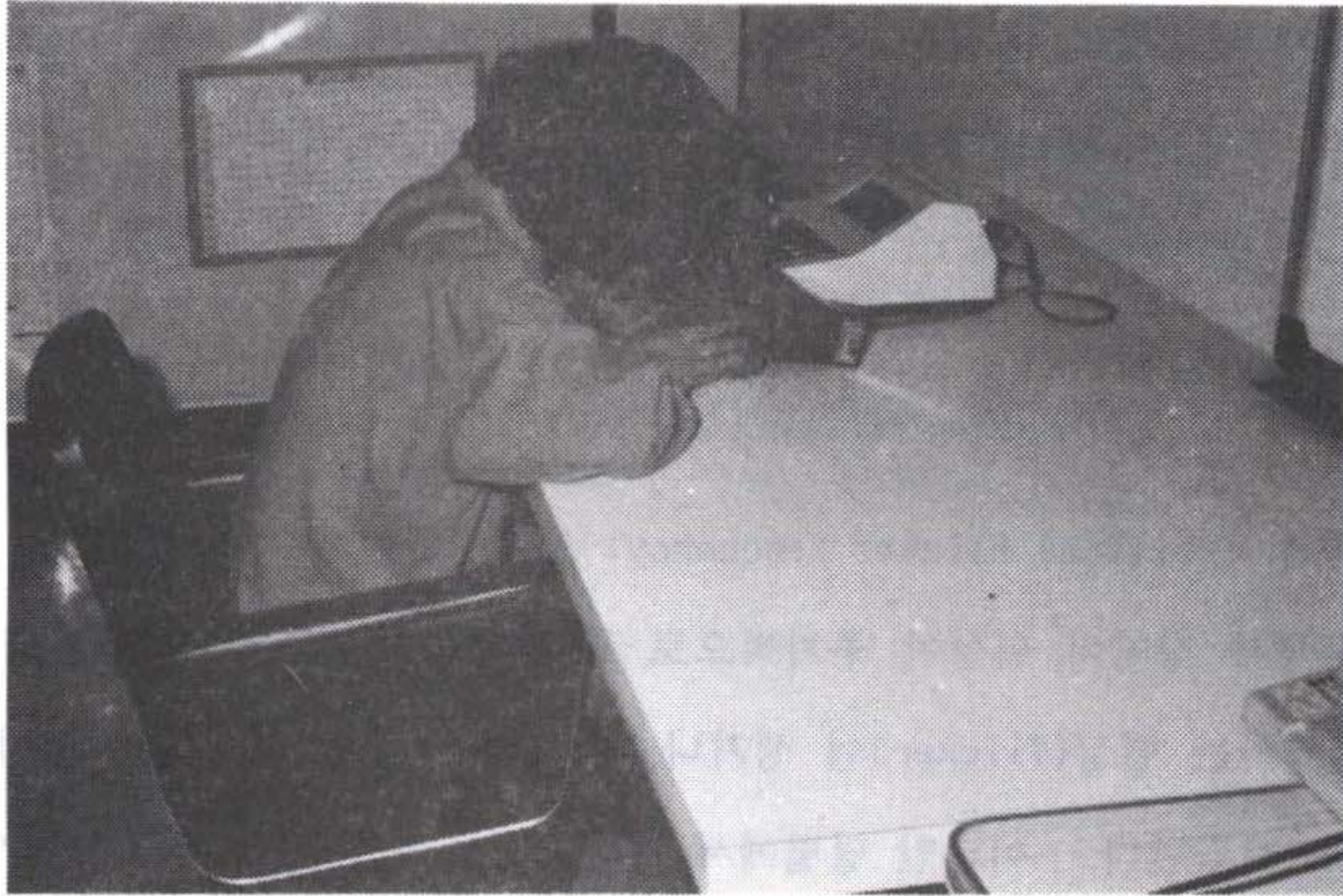


Fig 3-2 CFF 측정장면

o 일안근점 (accomodation, 조절근점)

본 연구에서 측정한 일안근점은 조절(accomodation)이라고도 표현한다. 일안근점은 눈의 모양체근의 수축과 이단에 따라, 수정체의 두께를 변화시켜 망막에 명확한 상을 형성하는 기능이다. 본 연구에서는 일안근점(조절근점)을 측정기기로서 T.K.K 50412 OphPhalmodynamometer-I을 사용하였다. 이 실험에서는 왼쪽 눈에 대해서만 측정하였는데, 세로 1.5mm, 가로 1.3mm, 두께 0.2mm로 표시된 “니”란 글씨가 나타났을때 피실험자가 거리의 원근을 조절하면서 희미하게 보이는 지점과 뚜렷하게 보이는 지점의 접점을 찾게 하였다. 측정시에 오차를 줄이기 위하여 5회 반복하여 최대값, 최소값을 제외시키고 평균을 구하여 일안근점으로 하였다.(Fig.3-3)

o 이안근점 (Convergence, 폭주근점)

본 연구에서 측정한 이안근점은 폭주(convergence)라고도 표현한다. 폭주기능은 눈 앞의 한 점에 두눈을 집중시켜 두눈이 단일시하는 기능 또는 상태를 말하는데 본 연구에서는 일안근점과 같은 측정장비를 사용하였다. 두께 0.3mm인



두 직선을 사이가 0.4mm 되게 세로로 표시하였다. 피실험자는 측정장비를 멀리서 부터 가깝게 조절하면서 두선이 한개의 선으로 보이는 지점과 두개의 선으로 보이는 지점의 접점을 찾게하였다. 측정시의 오차를 줄이기 위하여 5회 반복하여 최대값, 최소값을 제외시키고 평균을 구하여 이안근점(Convergence)으로 하였다.(Fig.3-3)



Fig.3-3 일안근점과 이안근점 측정장면

o 시력 (Visual acuity)

정보의 공간적 미세분포를 검출하는 능력을 총칭하여 시력(visual acuity)이라 부르는데 자극의 상태에 따라, 최소인식력(minimum visibility), 최소분리력(minimum separability), 최소식별력(minimum distinguishability), 최소인식력(minimum perceptibility) 등으로 나눌수 있다. 본 연구에서는 최소인식력을 측정한 것으로 한찬석 3 m용 시력표를 사용하였다.



Table 3-1. 다투치 방법에 의한 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 실험계획

실험번호	열 번호			실험조건 (시거리, 글씨체, 색깔 순서임)
	1	2	3	
1	0	0	0	45 cm, 고딕체, 호박색/검은색 (A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> C <sub>0</sub> )
2	1	1	1	61 cm, 명조체, 흰색/검은색 (A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> )
3	2	2	2	107 cm, 필기체, 흰색/푸른색 (A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> )
4	0	1	2	45 cm, 명조체, 흰색/푸른색 (A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> )
5	1	2	0	61 cm, 필기체, 호박색/검은색 (A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>0</sub> )
6	2	0	1	107 cm, 고딕체, 흰색/검은색 (A <sub>2</sub> B <sub>0</sub> C <sub>1</sub> )
7	0	2	1	45 cm, 필기체, 흰색/검은색 (A <sub>0</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> )
8	1	0	2	61 cm, 고딕체, 흰색/푸른색 (A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> C <sub>2</sub> )
9	2	1	0	107 cm, 명조체, 호박색/검은색 (A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>0</sub> )
배치	A	B	C	

2) VDT 작업

사전에 가장 많은 빈도로 쓰이고 있는 글자 20개는 Table 3-2와 같다. 이들

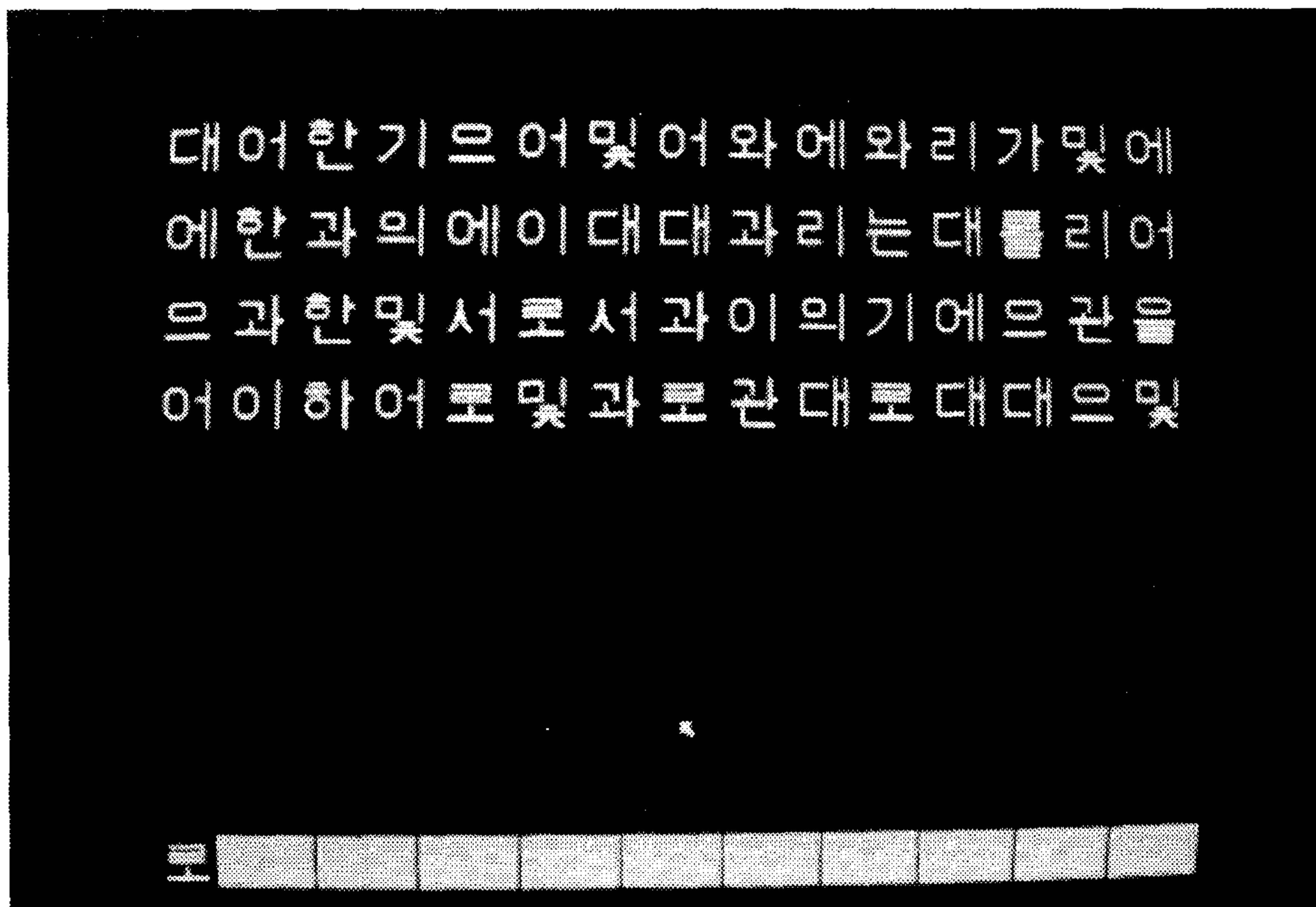


Fig. 3-4 VDT 작업내용

글자를 random number generator 하여 임의로 가로 20자, 세로 4줄로 총 80자를 화면에 나타나게 한다. (글자의 크기는 앞절의 '실험계획'에서 설명한것과 같음) 이 작업내용은 화면의 5군데에 (왼쪽-윗쪽, 오른쪽-윗쪽, 왼쪽-아랫쪽, 오른쪽-아랫쪽, 한 가운데) 임의로 나타난다. 이때 피실험자는 화면의 아랫쪽에 표시된 글자와 같은 글자의 갯수를 작업내용에서 찾는다.

Table 3-2 사전에서 가장 많은 빈도로 나오는 글자 20자

글자	빈도수	글자	빈도수
가	4300	외	8734
과	17157	으	4188
관	5245	을	6770
는	5199	의	30228
대	4034	하	3927
로	7198	한	18785
리	4993	지	3411
서	5983	및	3548
이	4321	기	3948
에	23379	를	3974

\* 위 자료는 우리말 표준회에서 조사한 결과임

### 3) 실험절차 (Procedure)

- (a) 피실험자는 Table 3-1의 실험번호중 하나를 선정하게 한다.
- (b) 피실험자는 컴퓨터 화면앞에 앉고, 의자높이를 가장 적당한 높이로 조절하여 앉은뒤, 화면높이를 가장 선호하는 지점으로 설치한다. 그 다음 시거리가 실험번호에 맞도록 화면의 위치를 조절한다.
- (c) 실험번호에 맞는 VDT 작업 내용이 피실험자에게 주어지는데 시각피로 실험 절차는 아래와 같이 수행된다.
- (d) 화면에는 "예비실험"이라 메시지와 ↑가 나타난다.

- (e) 피실험자가 mouse로 ↑의 위치를 “예비실험”라는 표시위로 움직여서 mouse의 왼쪽보턴을 누르면(clicking)“시작”이라는 명령어가 나타난다.
- (f) “시작”이라는 명령어를 누르면 80자의 VDT 작업내용이 나타나고 화면의 가장 아랫 부분에는

#	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

라는 표시가 나타난다. 이때 피실험자는 # 와 같은 글자의 갯수를 작업내용에서 세어 화면 아랫부분에 나타난 0-9중 하나를 선택하여 그 숫자를 clicking한다.

- (g) 다시 “실험”이라는 표시가 나타난다. 실험에 앞서 CFF, 이안근점, 일안근점, 시력을 측정한다.

- (h) “실험”을 clicking하면 “시작”이라는 명령어가 나오고 “시작”을 clicking하면 예비실험과 마찬가지로인 VDT 작업이 나타난다. 피실험자가 어떤 글자를 세어 clicking하면 또 다른 작업이 나타나고, 이와같은 작업이 20분 동안 반복된다. 이때 한 글자에 대하여 화면의 5곳에서 5회 반복하여 찾도록 하였으며, 5회 반복이 끝나면 다른 글자를 찾도록 하였다..

- (i) 20분간 글자를 찾는 작업이 끝나면 다시 “실험”이라는 메시지가 나타나는데, 이때 작업을 중단하고 주관적인 시각피로 측정, CFF, 이안근점, 일안근점, 시력을 측정한다.

- (j) (h)와 (i)를 2회 반복한다.

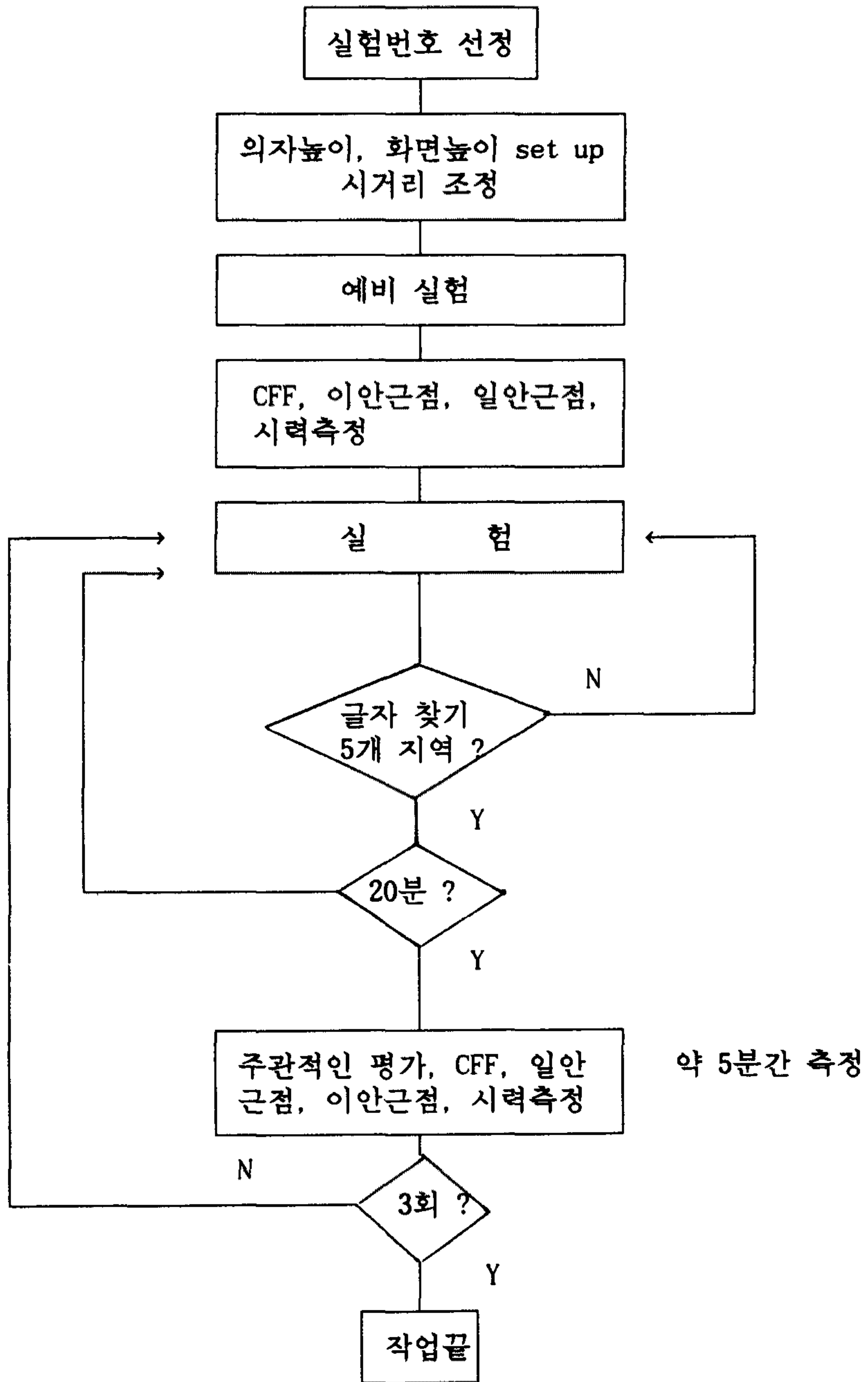


Fig. 3-5 시각피로 실험절차

### 3-3 실험결과

#### 시각피로측도 사이의 상관관계분석

시각피로를 분석하기에 앞서 본 실험에서 측정한 물리적인 측정치로서 CFF, 일안근점, 이안근점, 시력검사 중 어떤 것이 시각피로의 정도를 잘 나타내는지 분석할 필요가 있다. 이들 모두 시각피로 측정을 위한 도구로써 사용할수 있지만 작업환경이나 실험방법에 따라 영향을 많아 받기 때문에 본 실험에서의 최적 실험도구를 찾아야 한다.

Fig. 3-6, Fig. 3-7, Fig. 3-8, Fig. 3-9 는 주관적으로 느끼는 시각피로의 정도와 물리적으로 측정한 측정치와의 관계를 나타낸 것이다. 이때 측정치의 단위는 다음과 같이 구한 값이다.

- 주관적인 측정치 : 10등급으로 응답한 6개 문항의 합
- CFF : 실험전 측정치를 100으로 하여 VDT 작업에 따른 CFF 변동률
- 일안근점 : 실험전 측정치를 100으로 하여 VDT 작업에 따른 일안근점의 변동률
- 이안근점 : 실험전 측정치를 100으로 하여 VDT 작업에 따른 이안근점의 변동률
- 시력 : 실험전 측정치와 VDT 작업에 따른 시력의 차이

시각피로와 관련성이 많은 항목을 Kendall의 타우 (Kendall's tau)와 Spearman의 로오 (Spearman's  $\rho$ )를 구하여 통계적으로 상관관계를 검정한 결과가 Table 3-3 이다. (켄달의 타우는 한 순위를 다른 순위와 비교할때 반전의 갯수에 기초를 둔 순위상관계수이다. 1938년에 Kendall에 의해 제안된 분포무관한 순위상관계수이다. 또 Spearman의 로오는 1906년 Spearman이 제안한 순위상관계수이다.)

Table 3-3 주관적인 시각피로와 측정항목간의 상관관계

측정항목	Kendall의 타우	Spearman의 로오
CFF	-0.2 (0.0001)	-0.2 (0.0004)
일안근점	-0.04 (0.42)	-0.02 (0.78)
이안근점	-0.03 (0.48)	-0.01 (0.93)
시력	-0.1 (0.03)	-0.1 (0.01)

( ) 안은 유의수준임

유의수준 5%에서 피실험자가 주관적으로 느끼는 시각피로와 상관관계가 있는 측도는 CFF와 시력의 측정치이고 다른 항목들은 관련성이 적은 것으로 나타났다.



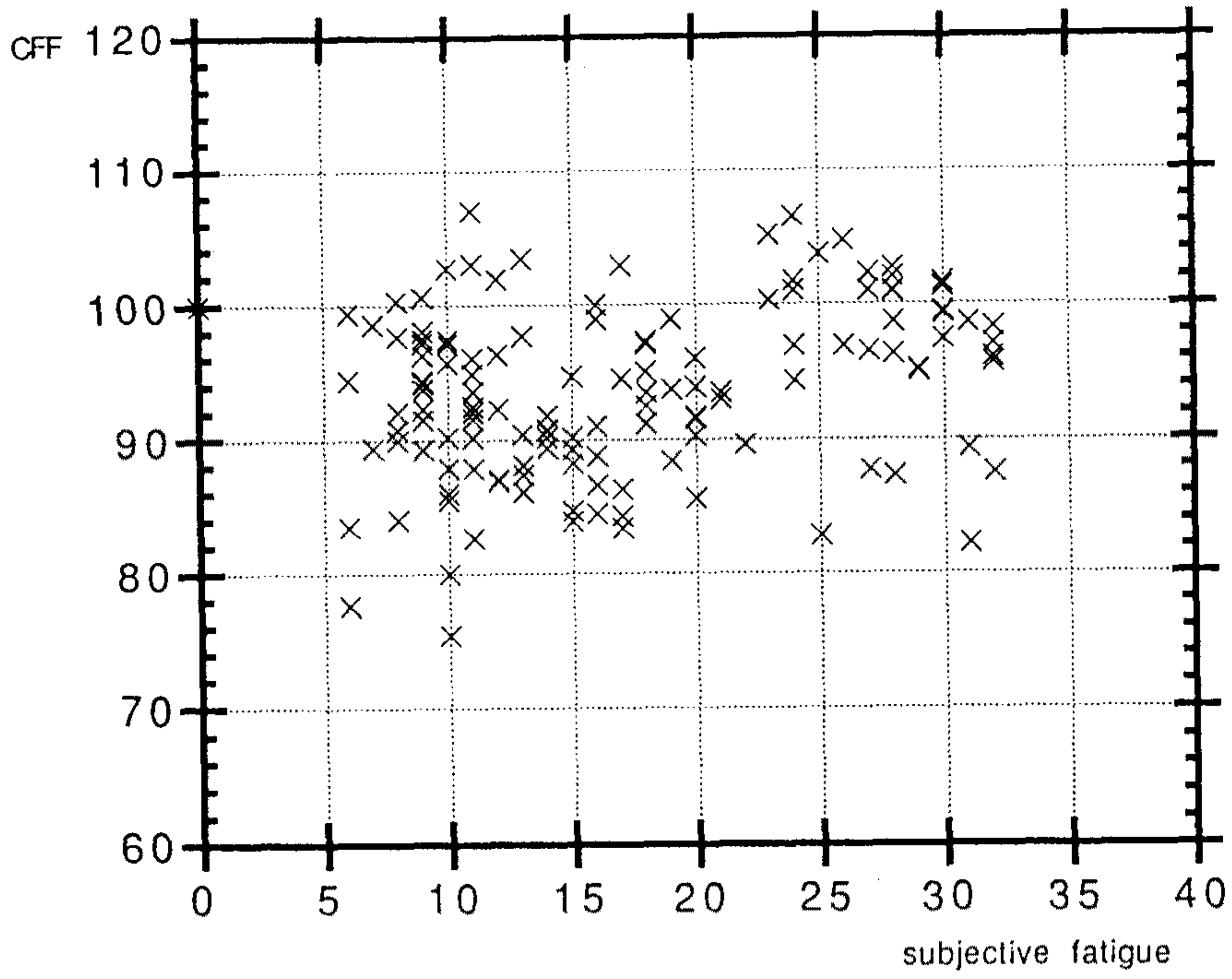


Fig. 3-6 주관적인 시각피로와 CFF의 관계

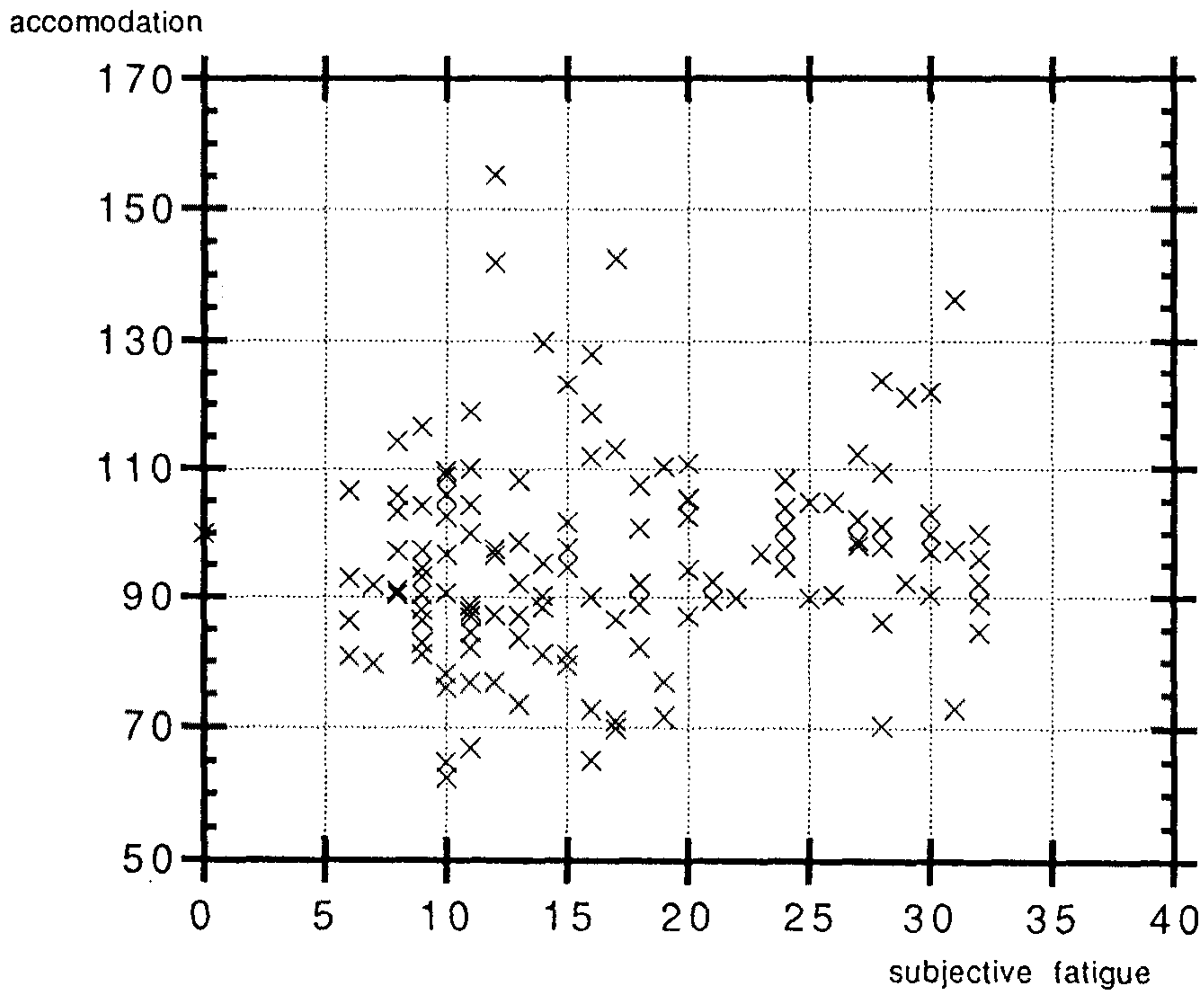


Fig. 3-7 주관적인 시각피로와 일안근점과의 관계

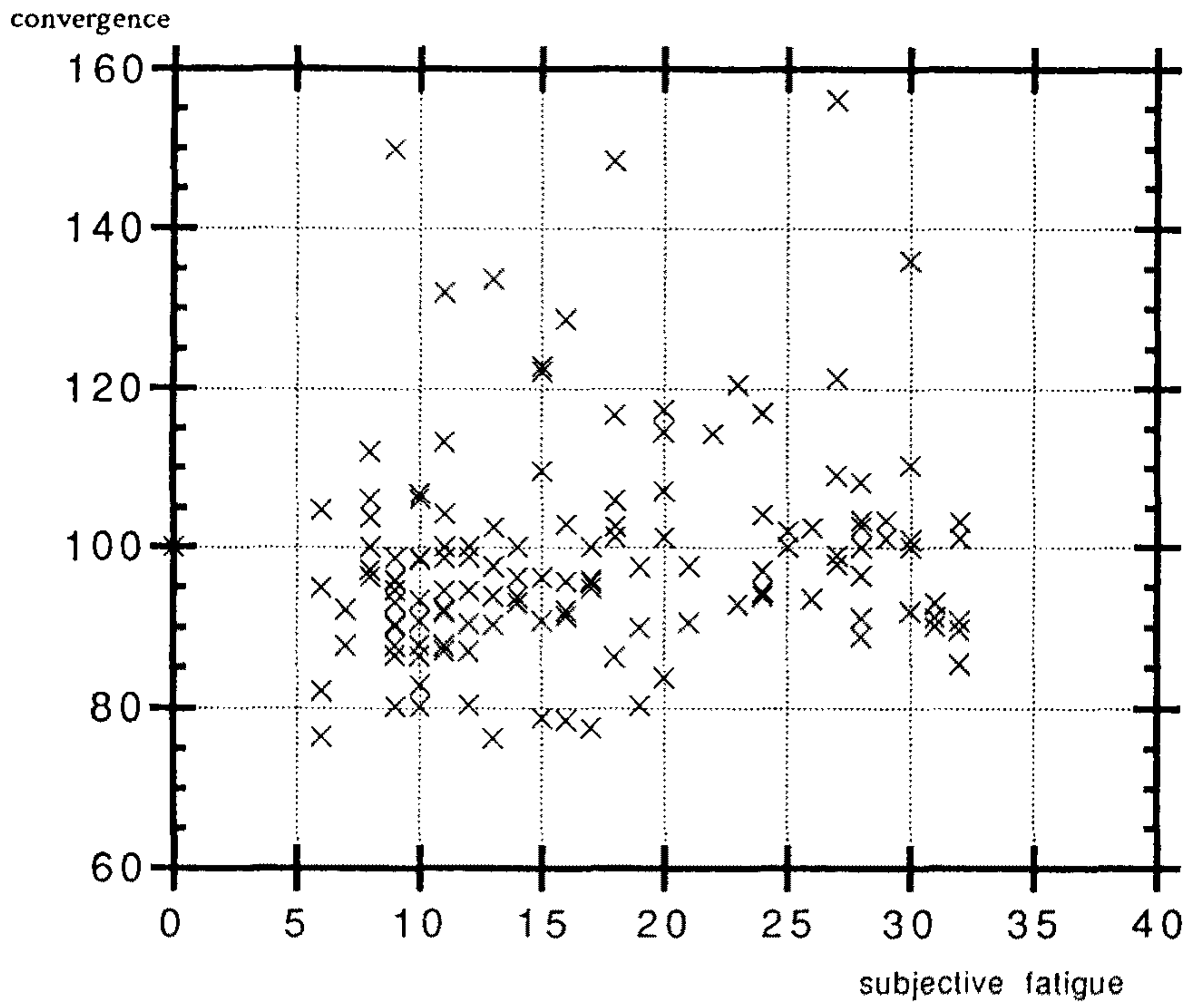


Fig. 3-8 주관적인 시각피로와 이안근점과의 관계

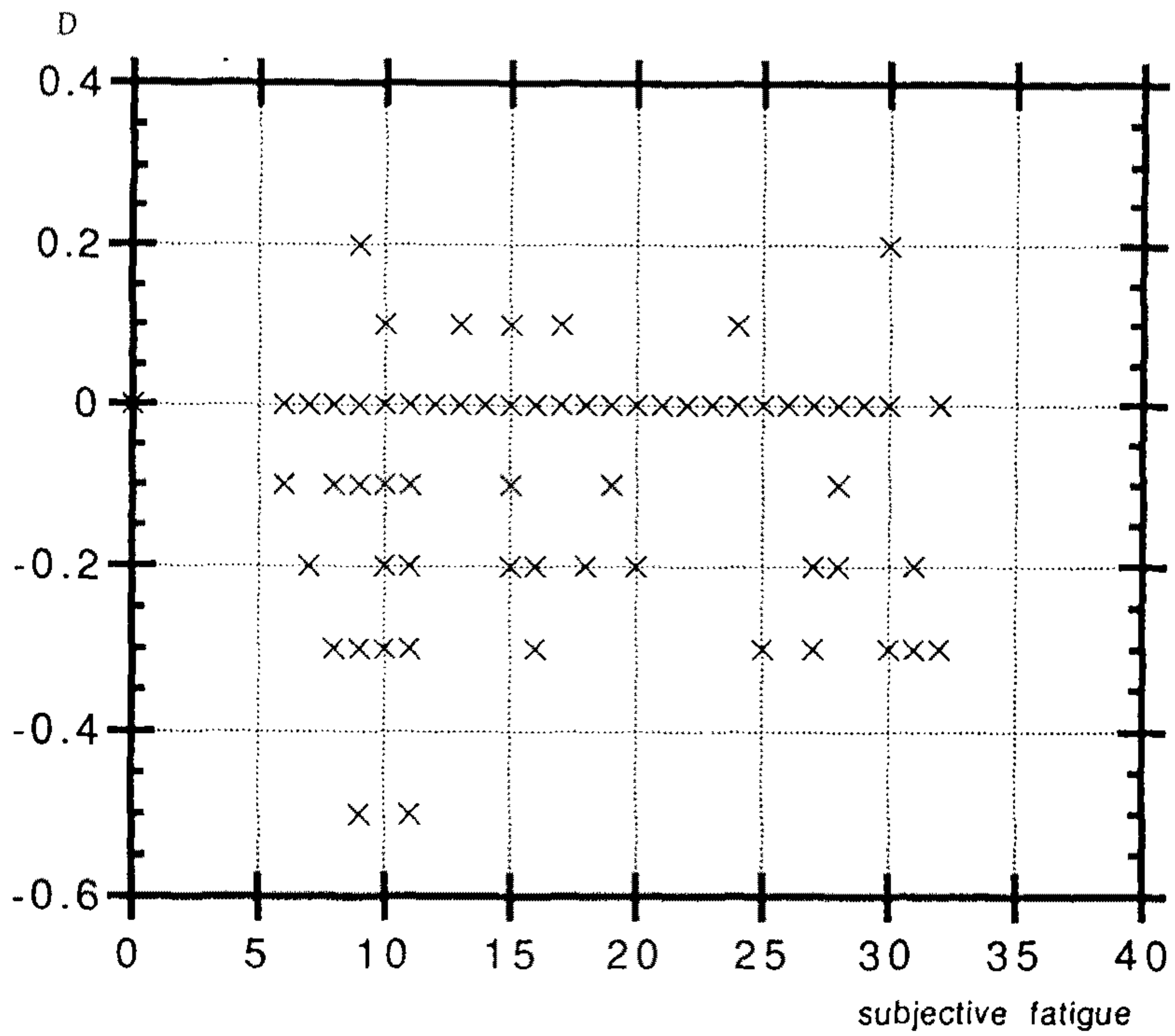


Fig. 3-9 주관적인 시각피로와 시력과의 관계

### 작업요인별 시각피로

Fig. 3-10 에서 Fig. 3-12 는 VDT 작업을 한뒤 시거리(viewing distance)별로 시각피로의 정도를 나타낸 것이다. x축에서(hours) 1은 VDT 작업을 하기전, 2는 20분간 VDT 작업을 한뒤, 3은 40분간 VDT 작업을 한뒤, 4는 60분간 VDT 작업을 한뒤 시각피로를 측정된 것이다.(Fig. 3-5 참조) 또 대조작업으로는 동일한 피 실험자를 대상으로 VDT 작업과 똑같은 시간동안에 신문이나 잡지를 읽게 한뒤 시각피로를 측정된 결과이다. 주관적으로 느끼는 시각피로의 정도는 시거리에는 큰 영향이 없으나 대조작업 보다는 시각피로가 높게 나타났다. CFF는 시거리에 큰 영향이 없으나, 시력검사에서는 시거리 107cm가 가장 나쁘게 나타났다.

Fig. 3-13 에서 Fig.3-15 는 글씨체가 시각피로에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 주관적으로 느끼는 피로의 정도는 글씨체에는 큰 영향이 없으나, 필기체가 다른 글씨체 보다 CFF 측정과 시력측정에서 시각피로가 높게 나타났다.

Fig. 3-16 에서 Fig.3-18은 색깔이 시각피로에 미치는 영향을 나타낸 것으로 앞에서와 같이 VDT 작업이 대조작업 보다 시각피로가 높게 나타났다. 흰색/검은 색이 다른 것 보다 시각피로에 영향을 적게 주는 것으로 나타났다.

본 실험에서 실험요인이 3개이고, 시각피로를 측정하는 측도도 많기 때문에 아래와 같이 통계적 분석을 통하여 최적작업조건을 구하였다.

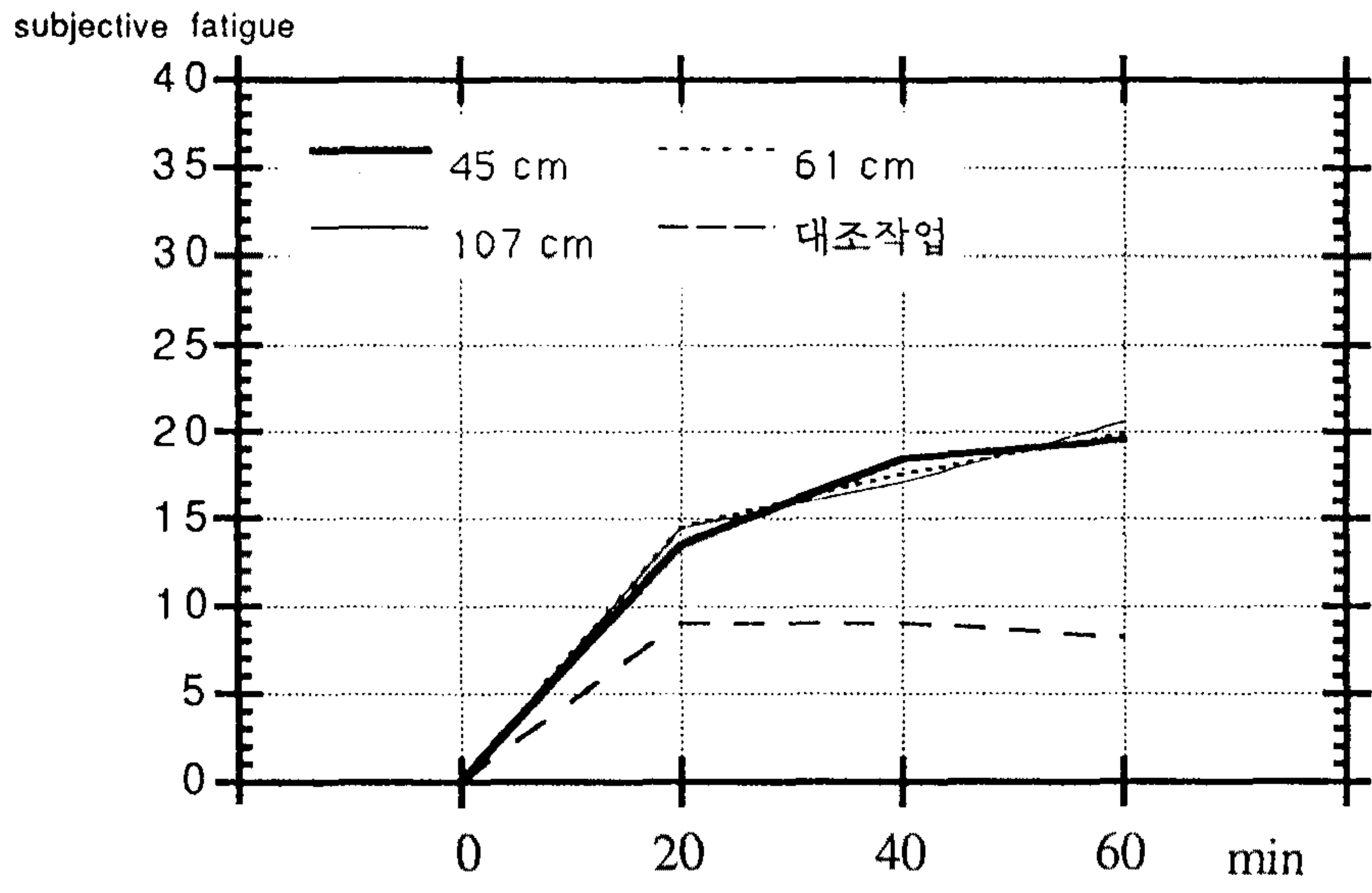


Fig. 3-10 시거리별 주관적인 시각피로

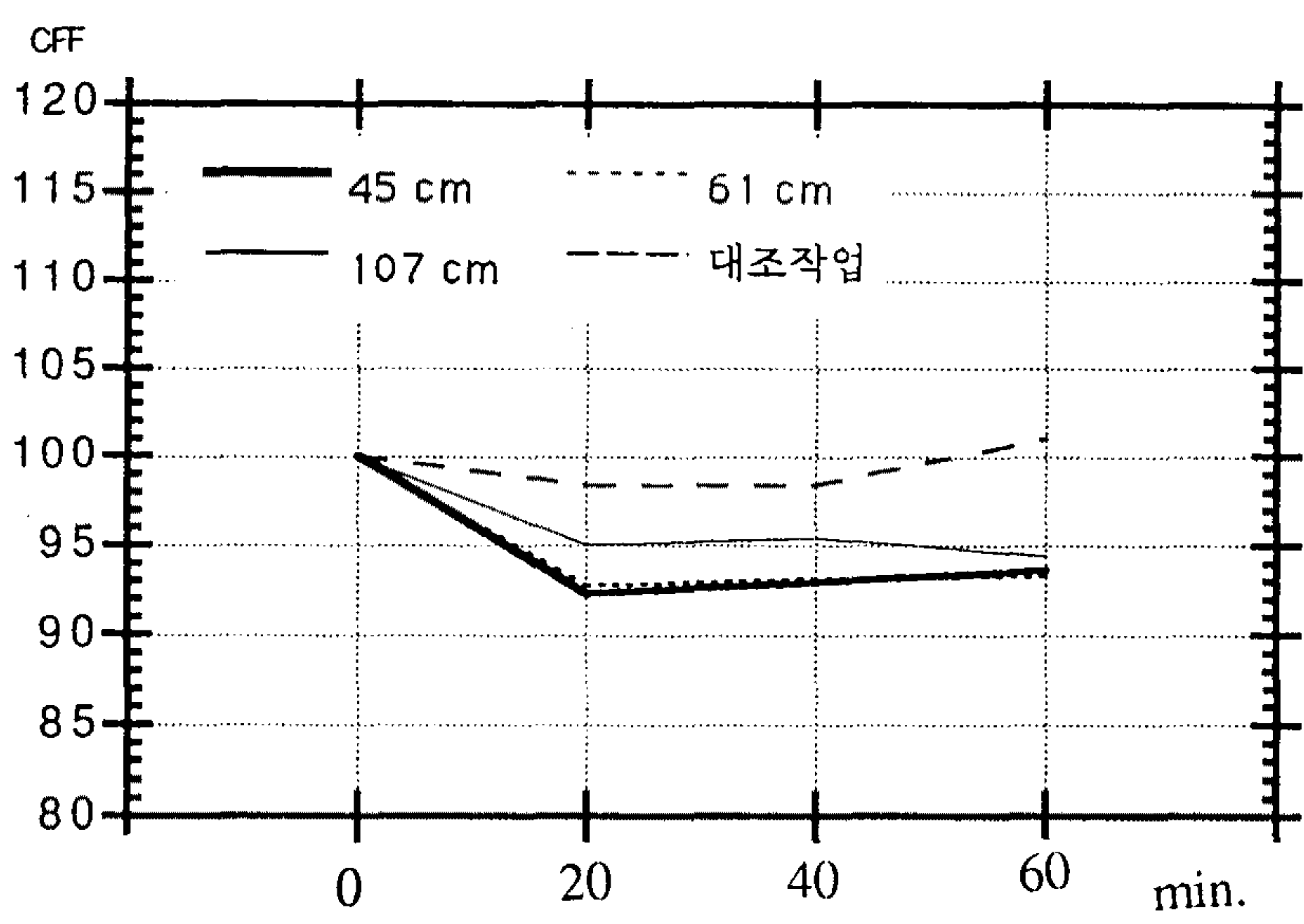


Fig. 3-11 시거리별 CFF 측정결과

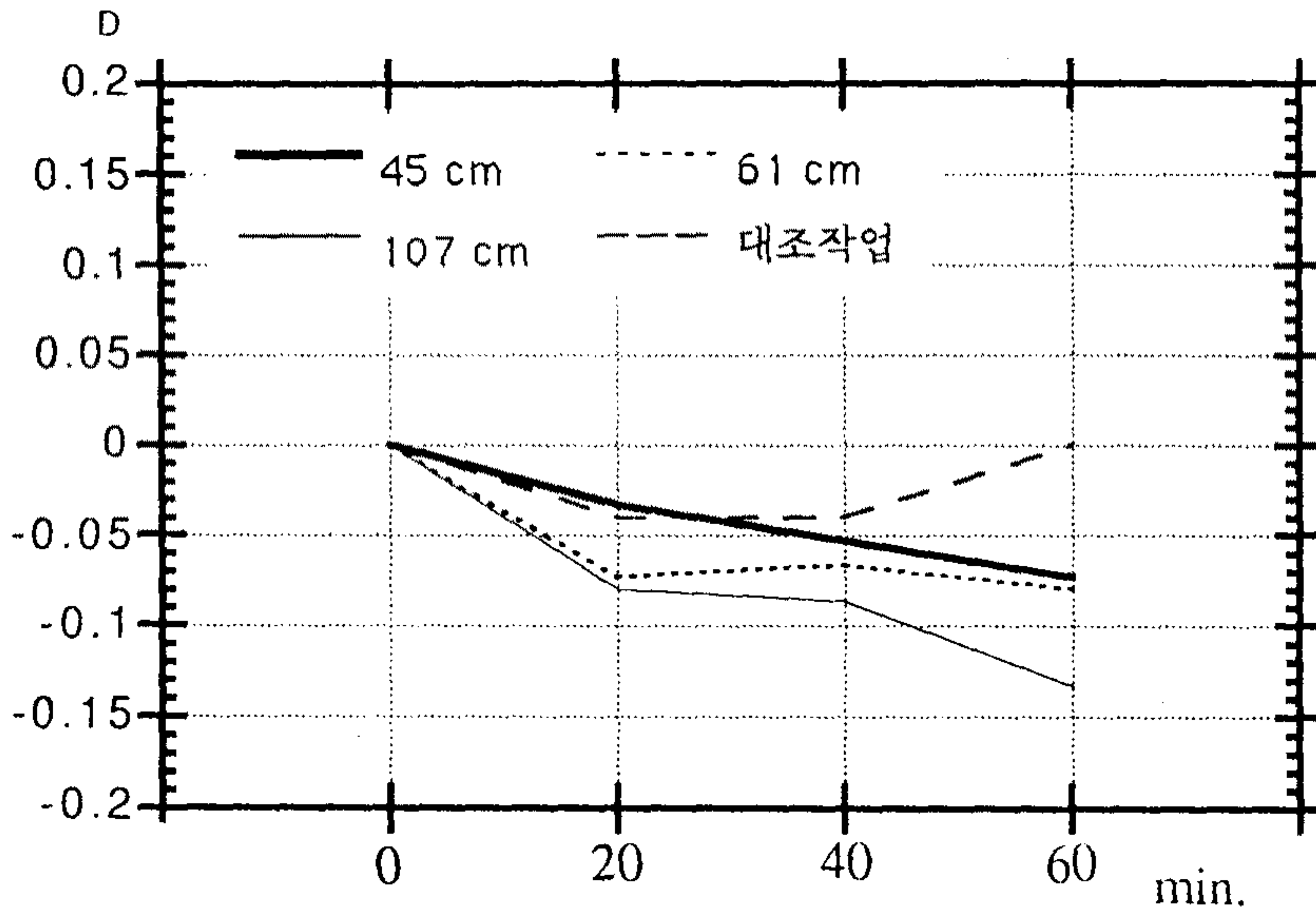


Fig. 3-12 시거리별 시력 측정결과

subjective fatigue

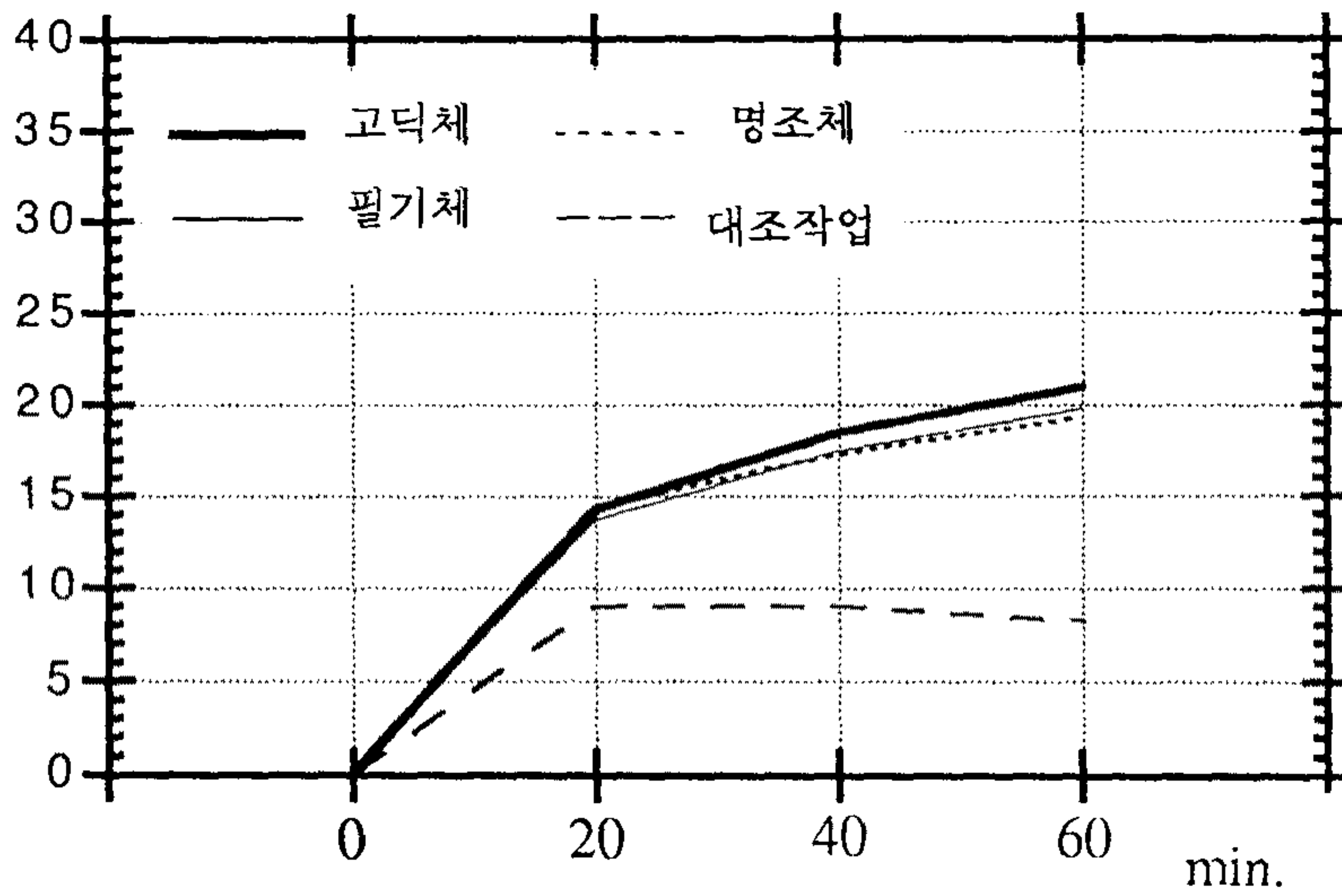


Fig. 3-13 글씨체별 주관적인 시각피로

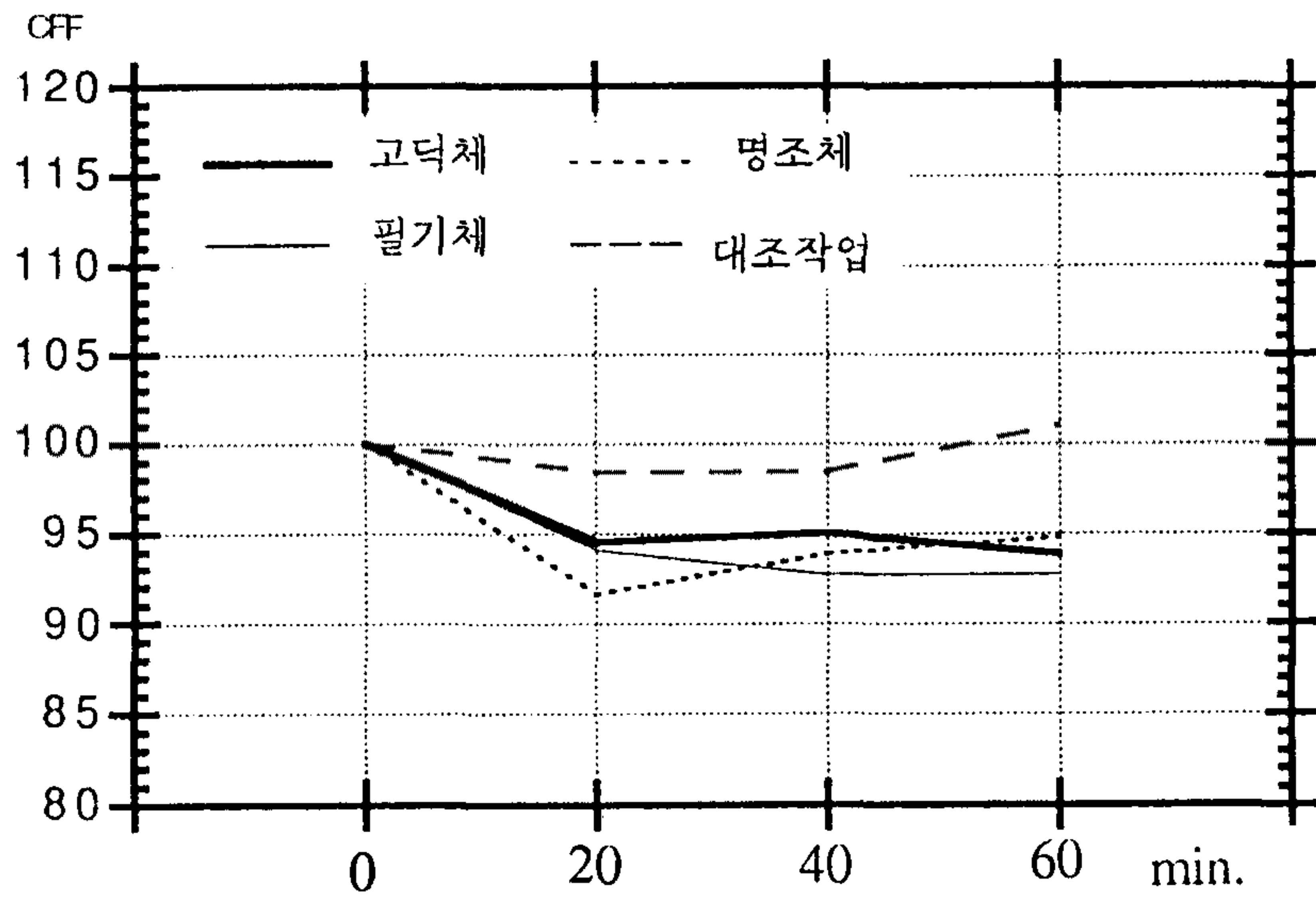


Fig. 3-14 글씨체별 CFF 측정결과

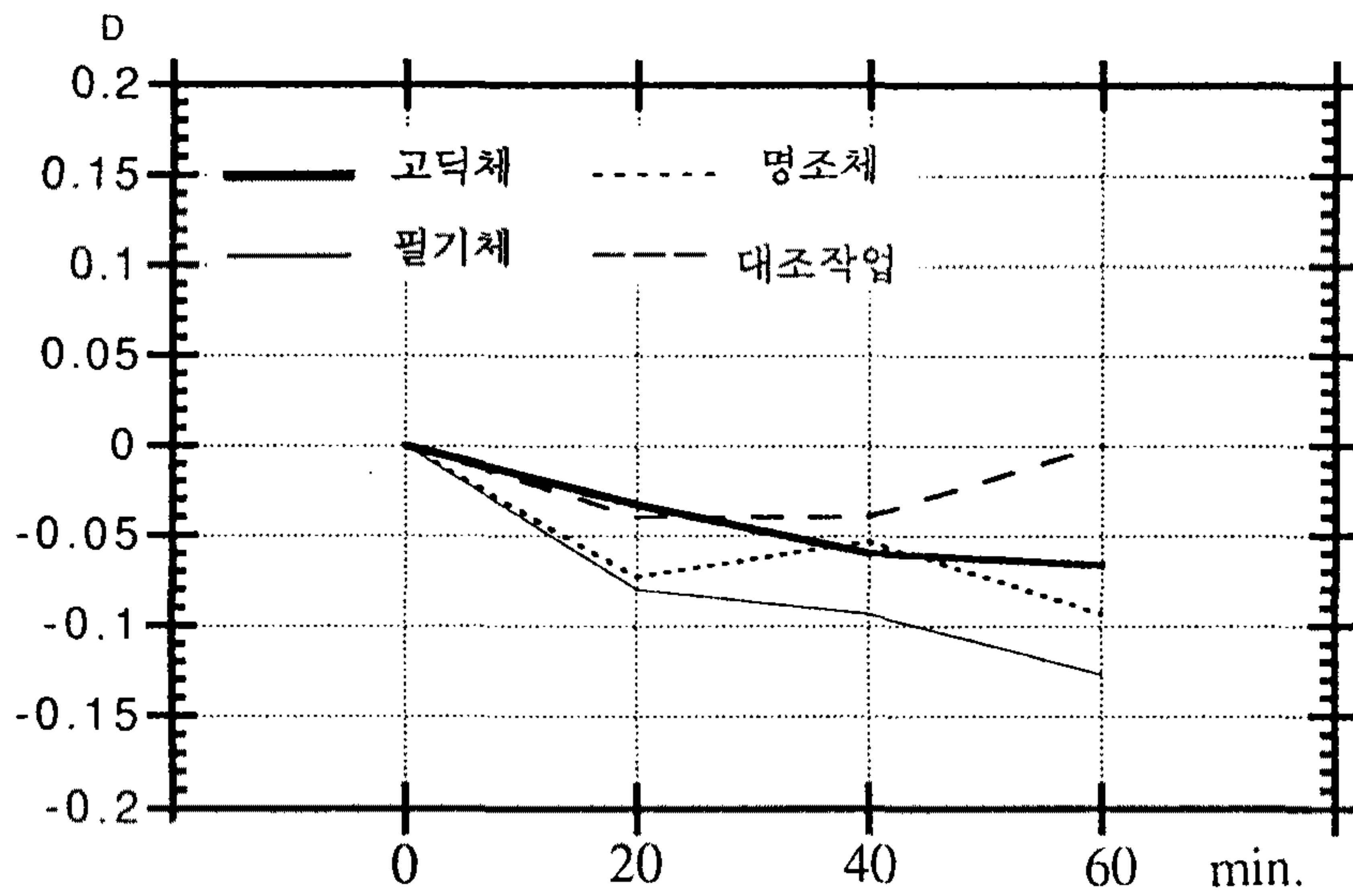


Fig. 3-15 글씨체별 시력 측정결과

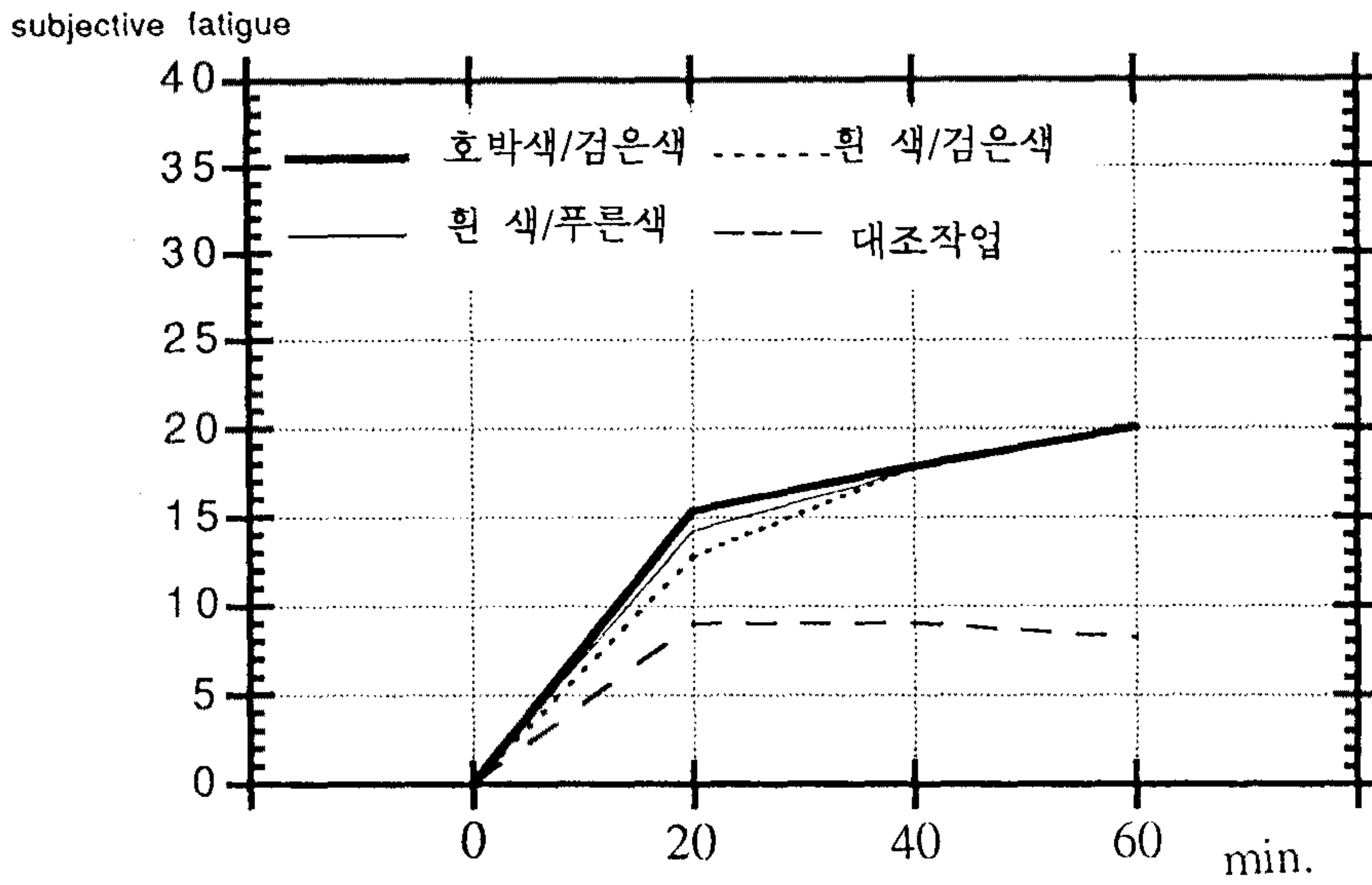


Fig. 3-16 색깔조화별 주관적인 시각피로

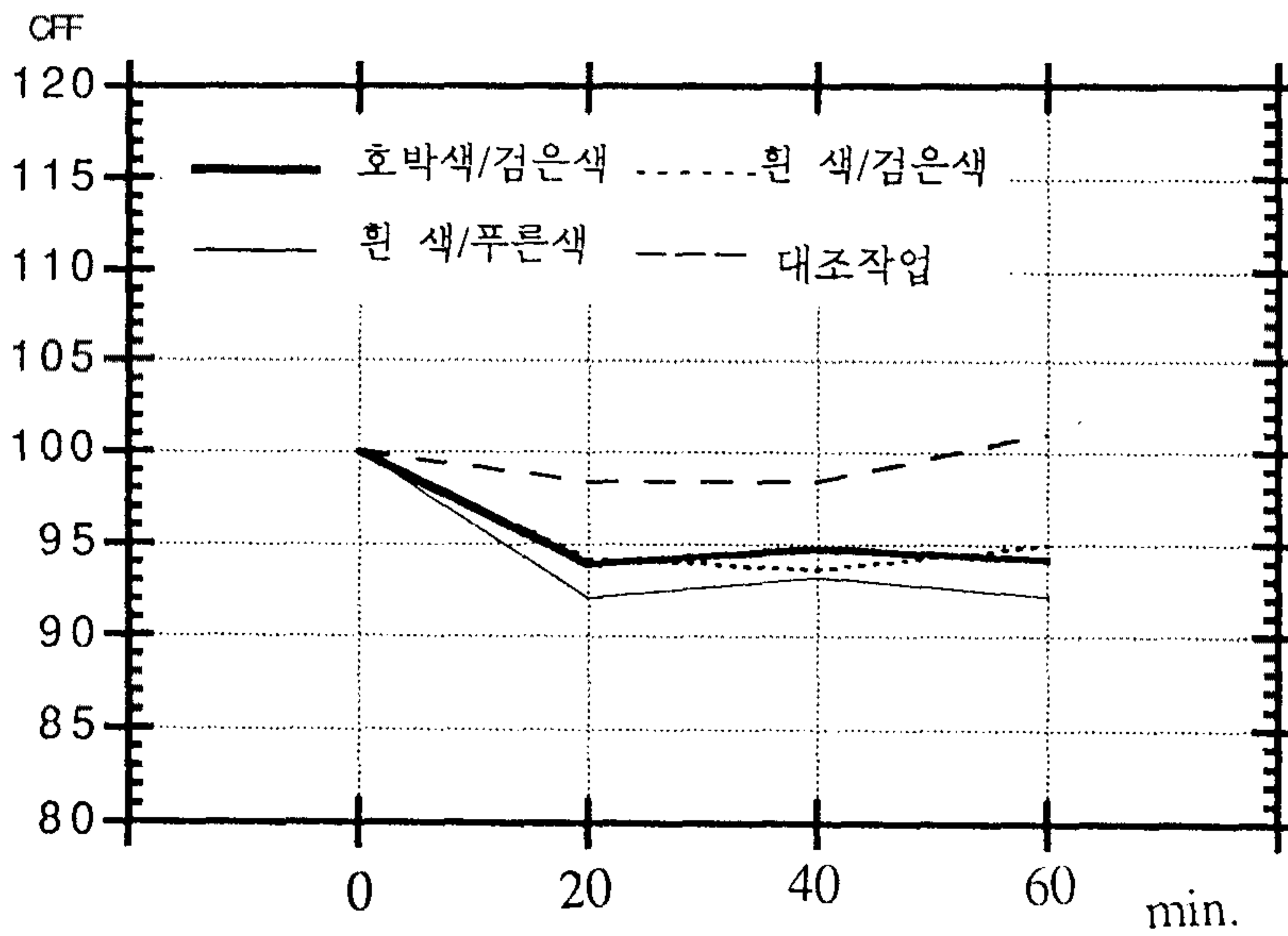


Fig. 3-17 색깔조화별 CFF 측정결과

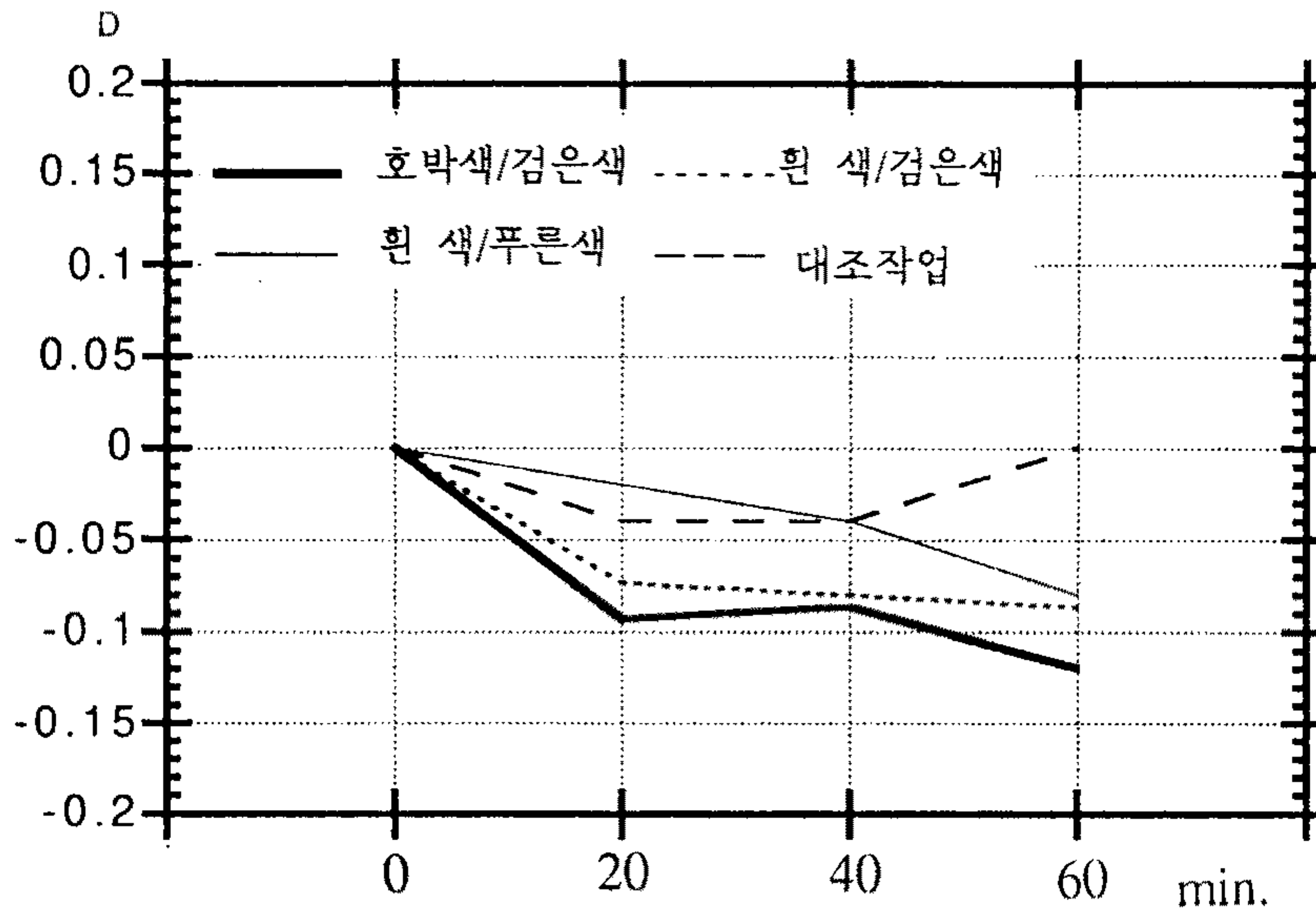


Fig. 3-18 색깔조화별 시력 측정결과

최적작업조건

앞에서 시각피로를 측정할수 있는 측정치로 (1)주관적인 시각피로 측정치 (2)CFF 변동률 (3)시력감소 정도가 서로간에 상관관계가 유의적 존재함을 알았다. 그러므로 최적작업조건 분석에서는 세가지 측정치가 동등한 크기의 값을 가지도록 가중치를 주어 데이터를 변환한 값을 가지고 분석하였다.

$$y = x_1 + x_2 + x_3 \dots\dots\dots (3.1)$$

여기서 y는 변환된 시각피로 측정치,

x<sub>1</sub>은 실험을 끝낸뒤 주관적인 시각피로 측정치,

x<sub>2</sub>는 (100-실험을 끝낸뒤 CFF변동률) 또는

$$\frac{(\text{실험전 CFF측정치} - \text{실험을 끝낸뒤 CFF측정치}) * 100}{\text{실험전 CFF측정치}}$$



$x_3$ 는 (실험전 시력 - 실험을 끝낸뒤 시력)이다.

이들 데이터로 다꾸치실험계획에 따라 분석하면 다음과 같다. [박성현, 1990]  
 $y$ 는 시각피로의 정도를 나타내는 수치이므로 적을수록 좋은 경우 (망소특성: smaller-is-better characteristics)이다. 망소특성에서는 SN비를 최대화 하는 것이 산포도를 작게 하면서 평균치를 작게 하여 주는 최적수준이다.

Table 3-4는 각 실험수준에 대하여 SN비를 구한 결과이다. 각요인이 통계적으로 어느 정도 유의한지는 분산분석 (ANOVA)을 통하여 필정하였다. SN비를 데이터로 하여 변동을 계산하면 다음과 같다. 분산분석을 실시하기 위하여 A, B, C인자의 각 수준에서 3개의 SN비의 합을 구하면 Table 3-5을 얻게 된다.

Table. 3-4 시각피로 실험 데이터

구분	내측배열 ( $L_9(3^4)$ )				데이터								
요인배치	A	B	C	e	$y_i = \sum_{j=1}^8 y_{ij} / 8$ $MSD_i = \sum_{j=1}^8 y_{ij}^2 / 8$					$SN_i = -10 \log MSD_i$			
인자이름	시거리	서체	색깔										
수준	0	1	2	3	4	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$\bar{y}_i$	$MSD_i$	$SN_i = SN_i + 30$
0	45cm	고딕	호박/검은										
1	61cm	명조	흰색/검은										
2	107cm	필기	흰색/푸른										
1	0	0	0	0	89	18	35	48	21	42.2	2443	-3.9	
2	1	1	1	0	54	35	28	50	24	38.2	1600	-2.0	
3	2	2	2	0	87	25	42	80	39	54.5	3576	-5.5	
4	0	1	2	1	11	68	27	26	55	37.5	1835	-2.6	
5	1	2	0	1	87	72	32	6	40	47.3	3083	-4.9	
6	2	0	1	1	54	46	22	47	26	39.1	1680	-2.3	
7	0	2	1	2	43	31	32	26	65	39.3	1747	-2.4	
8	1	0	2	2	72	19	28	47	27	38.5	1853	-2.7	
9	2	1	0	2	82	69	43	-3	17	41.5	2726	-4.4	

Table 3-5 각 인자의 1원표

인자 수준	A	B	C
0	-8.9	-8.9	-13.2
1	-9.6	-9.0	-6.7
2	-12.2	-12.8	-10.8
합	-30.7	-30.7	-30.7

Table 3-5로 부터 인자의 변동과 교호작용의 변동은 다음과 같이 계산된다.

$$S_A = [(-8.9)^2 + (-9.6)^2 + (-12.2)^2]/3 - (-30.7)^2/9 = 2.02,$$

$$S_B = [(-8.9)^2 + (-9.0)^2 + (-12.8)^2]/3 - (-30.7)^2/9 = 3.30,$$

$$S_C = [(-13.2)^2 + (-6.7)^2 + (-10.8)^2]/3 - (-30.7)^2/9 = 7.20,$$

$$S_T = (-3.9)^2 + (-2.0)^2 + \dots + (-4.4)^2 - (-30.7)^2/9 = 13.21,$$

$$S_e = S_T - (S_A + S_B + S_C) = 0.69$$

Table 3-6. 시각피로의 분산분석표

요인	S	자유도	V	F <sub>0</sub>	F(2, 2; 0.1)=9.0
A	2.02	2	1.01	2.97	
B	3.30	2	1.65	4.85	
C	7.20	2	3.60	10.59 *	
오차	0.69	2	0.34		
T	13.21	8			

따라서 C가 유의한 요인으로 볼 수 있다. 또 Table 3-5에서 C의 최적조건을 1수준으로 하고 나머지 인자도 SN비를 최대로 하는 수준을 잡으면 본 실험에서의 최적조건은  $A_1B_0C_1$  또는  $A_0B_1C_1$  (혹은  $A_1B_0C_1$  또는  $A_1B_1C_1$ )이었다. 즉 최적조건은 시거리는 45cm-61cm, 글씨체는 고딕체 또는 명조체, 배경색에 대한 글자색은 검은 바탕에 흰글씨이었다.

## 제 4 절 결 론

본 연구에서는 문자의 해독 용이성, CRT의 색깔조화, 화면까지의 시거리가 시각피로에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 문자의 해독성은 한글 글씨체... 고딕체, 명조체, 필기체... 가 시각피로에 미치는 영향을 분석하였고, CRT의 색깔의 조화는 호박색/흑색, 흰색/흑색, 흰색/푸른색 (표시문자색/배경색)로 구분하여 연구하였다. 또 시거리는 45 cm, 61 cm, 107 cm로 세 등분하였는데, 각 거리별 글자의 크기를 달리하여 시각도(viewing angle)는 항상 일정하게 하였다.

- VDT 작업이 대조작업 보다 시각피로가 훨씬 높게 나타났다.
- 주관적으로 느끼는 시각피로의 정도는 시거리에는 큰 영향이 없으나 대조작업 보다는 시각피로가 높게 나타났다. CFF는 시거리에는 큰 영향이 없으나, 시력검사에서는 시거리 107cm가 가장 나쁘게 나타났다.
- 주관적으로 느끼는 피로의 정도는 글씨체에는 큰 영향이 없으나, 필기체가 다른 글씨체 보다 CFF 측정과 시력측정에서 시각피로가 높게 나타났다.

## 제4장 전자파측정 및 보안경 성능평가

### 제 1 절 서 론

1차년도 연구 중 VDT작업자들에 대한 설문조사 결과, 컴퓨터에서 발생한 전자파의 인체유해 정도에 관한 설문조사에서 응답자의 51.9%가 '인체에 매우 해로울 것이다', 34.6%가 '건강을 해칠 것이다'라고 응답하여 응답자 중 86.5%이상이 전자파에 대한 건강상의 우려를 나타내었다. 또 설문지 응답자 중 67.8%가 보안경을 설치하고 컴퓨터 작업을 하는 것으로 나타났는데, 보안경 사용 이유로는 유해 전자파를 차단할 목적으로 사용하는 것이 가장 크게 나타났다. 특히 사용자 중 43.3%는 단지 유해전자파 차단을 위하여 보안경을 설치하고 있는 것으로 나타났다. 이상과 같이 우리나라 VDT 작업자의 다수는 전자파에 대하여 높은 관심을 나타내고 있었다. 그러나 아직까지 VDT 에서 발생하는 전자파를 측정하거나 기준 법령이 마련되지 않았다.

유럽에서는 80년대초 VDT의 영향을 둘러싸고 좋지않은 소문이 나돌고 노동쟁의나 소송을 일으키는 경우가 종종 있었다. 그래서 1984년 10월 국제노동기구인 ILO의 국제노동조합의회에서는 중심의제로 VDT를 둘러싼 건강장해의 문제가 대두되었던 적이 있었다. 현재에는 세계 각국에서는 전자파에 대한 조사(照射)한계치를 정하였다. 그 한계치는 크게 2가지의 부류가 있는데, 하나는 미국의 기준치에 따르는 서유럽권과 미국 제한치의 1/1000이하로 제한하는 소련과 동유럽으로 구분된다. 미국은 인체의 유전체 가열효과와 열교환 특성에 근거하여 만들어진 반면, 소련은 동물에 대한 전자파 조사실험에 근거를 두고 건강에 대한 명확한 장해 뿐만아니라 생물학적 영향 모두를 고려하여 이의 피해 방지를 목적으로 제정되었다. 따라서 제한치를 두고 전자파의 비열적 효과에 대한 논쟁과 연구가

거듭되고 있다. 기타 나라들도 접촉전류의 규정과 시간의 의존성을 고려한 기준치를 설정하고 있으나, 현재의 추세는 제한치가 시간이 흐를수록 낮아지는 특색이 있다.

전자파 조사량의 한계치에 대한 국제기구로서는 ITU, WHO, IRPA(국제방사선보호협회), IEC(국제전기표준협회), URSI(국제전파과학연합) 등이 있다. 이중에 IRPA와 WHO가 함께 “무선주파수 및 마이크로파에 관한 환경보건기준 16”을 권고하고 있다. 일본의 경우 1988년 6월 27일 “전자파 이용에 있어서 인체의 방호지침”을 마련하여 권고하고 있으며, 미국에서도 1990년에 ANSI-CP5.1을 개정하였다. [민경환, 1991]

그러나 VDT에 발생하는 전자파가 인체에 미치는 영향에 대해서는 아직까지도 논란이 계속되고 있다. 최근 IEE(Institution of Electrical Engineers)조사에서는 CRT로부터 발생하는 전자파가 건강에 유해하다는 우려는 잘못되었다고 보고하였다. 그것은 전자기장의 안전성에 관하여 논란을 야기할 것으로 보이는데, 저주파 전자기장과 건강과는 아무런 관계가 없다고 단정하였다. 지금까지는 CRT뿐 아니라 전선, 회로, 전자기구들이 신체에 어떤 형태로든 영향을 미친다고 생각되어 왔다. IEE 조사에서는 1년동안 전세계로 부터 조사된 실험결과와 임상적 조사를 분석하였다. 그 조사에서는 전기분야에서 종사하는 작업자들이 타분야보다 조금 높은 빈도로 뇌암이나 백혈병을 가지고 있었다. 그러나 그 이유가 전기사용이 원인이라는 증거는 전혀 없으며, 다른 원인(예, 화학성분)일 가능성도 많았다. 특히 IEE는 아직까지 전자기장을 측정하는 장비나, 측정방법이 세계적으로 표준화되지 않은 문제점을 제기하고 있다. 따라서 이 보고서는 전자기장에 관한 여러 문제들, 특히 측정장비나 측정방법의 표준화가 해결되지 않는한, 저주파 전자기장이 인체에 나쁜 영향을 줄 것이라는 가정은 영원히 풀리지 않을 문제하고 결론을 내렸다.

본 연구에서는 전자장과 자기장을 측정하는 방법을 연구하였다. 전자장에 대해서는 전자장을 측정하는 Probe를 제작하였으며, Probe의 calibration을 위하여 TEM cell을 제작·구축하였다. 앞서서도 언급하였듯이 국제적으로 VDT에서 발생하는 전자기장측정에 대한 표준화가 마련되지 않았기 때문에 3차년도에서 측정 accuracy향상하여 측정방법을 정립시킬 예정이다. 자기장은 3대의 모니터를 0.3m, 0.5m, 0.7m 거리별로, 모니터의 방향 (앞면, 측면, 뒷면)에 따라 측정하였다. 특히 보안경의 성능을 평가하기 위하여 보안경을 부착하였을때 자기장의 변화를 살펴보았다.

## 제 2 절 전기장 측정방법에 관한 연구

### 2-1 서론

VDT에서 사용되고 있는 Display장치는 대부분 Fig.4-1과 같이 CRT(음극선관)이다. CRT의 후방의 전자총에서 전자빔을 발사하고, 이것을 가속하는 것과 더불어, 편향계(偏向器)로 제어하면서 전방의 스크린 형광면에 영상화면을 비추어내는 것으로, VDT의 누설전자파는 이 CRT본체와 고압전원부, 그 외의 전자회로가 발생원이 될 수 있다.

전기장은 probe에서 측정된 전기장 강도를 나타내는데, 그 단위는 V/m (미터당 볼트량)로서 전기장 강도 크기의 RMS값 (the true root-mean-square value of the amplitude of the electric field strength)이다. V/m는 어떤 전계내에 1m의 루트안테나에 1V가 유기될 때의 전기장을 말한다.

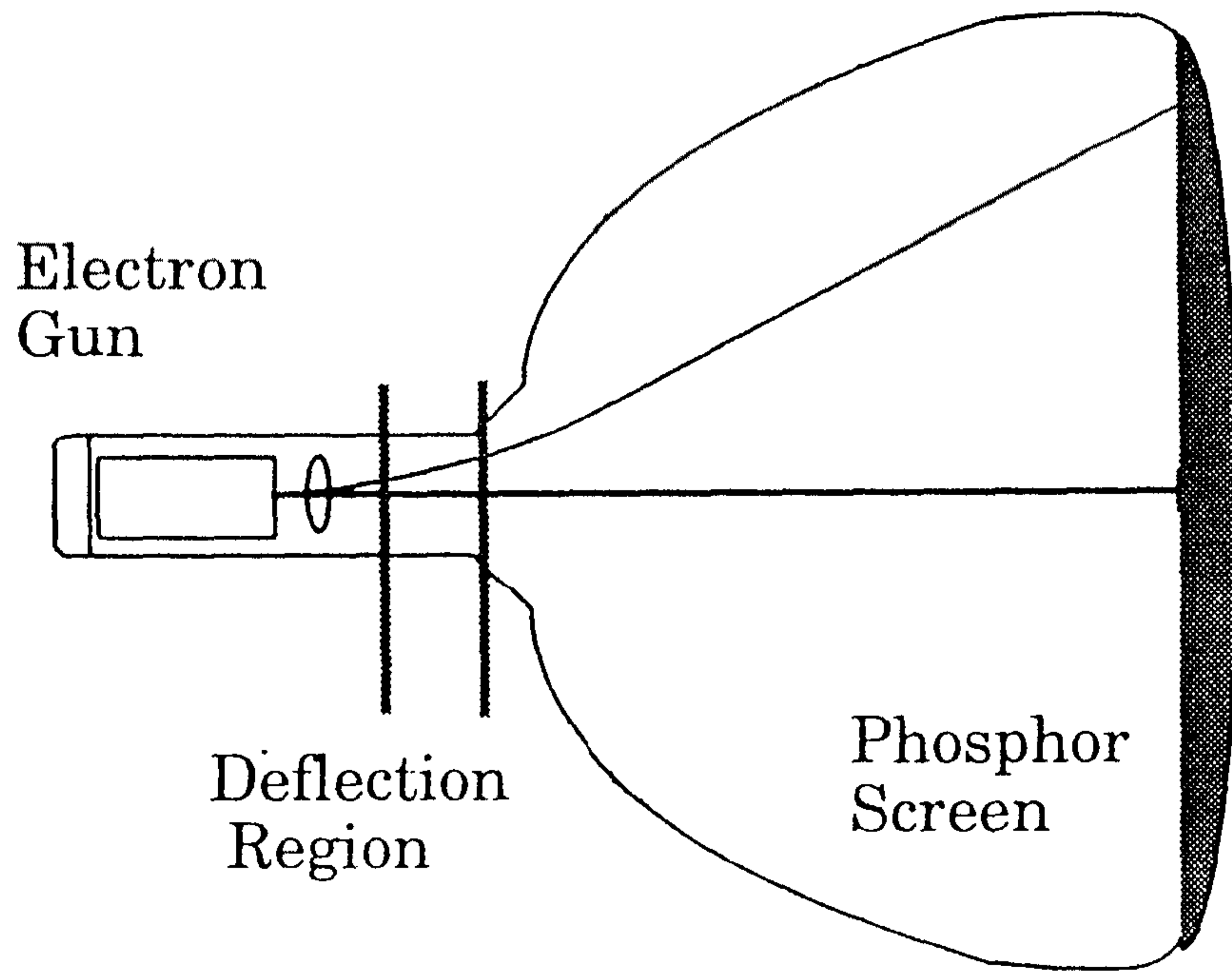


Fig. 4-1 CRT 구조

## 2-2 측정장비 제작

### 1) 측정 probe

VDT에서 발생하는 교류전기장 (alternating electric field emission from the VDT)은 일정한 크기를 가진 측정probe (measuring probe)에 흐르는 전류를 측정함으로써 그 양을 알 수 있다. 본 연구에서 제작한 probe는 반경이 300mm인데 양면에 박판을 입힌 원반형이다. 박판의 재질은 구리이며, 전면은 반경 50mm-52mm에서 고리형태로 박판을 제거하였다. 고리형태로 제거된 부분의 안쪽 (즉, 직경 100mm 동박)이 실제 측정면 (active measuring probe)이다.

증폭기 (amplifier)의 한쪽선은 안테나 (measuring probe)과 연결되어 있고 또, 다른 선은 측정면 바깥에 있는 구리링과 연결되어 있다. 이때 probe에 부하되는 전압(U)은 다음과 같이 유도된다.

$$U = e * E * A / C \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

여기서 U는 부하전압 (output voltage)

A는 안테나 면적 (active measuring surface)

E는 투사전기장 (incident electric field)

C는 증폭기에 귀환되는 커패시턴트( capacitance)

e는 투과율이다.

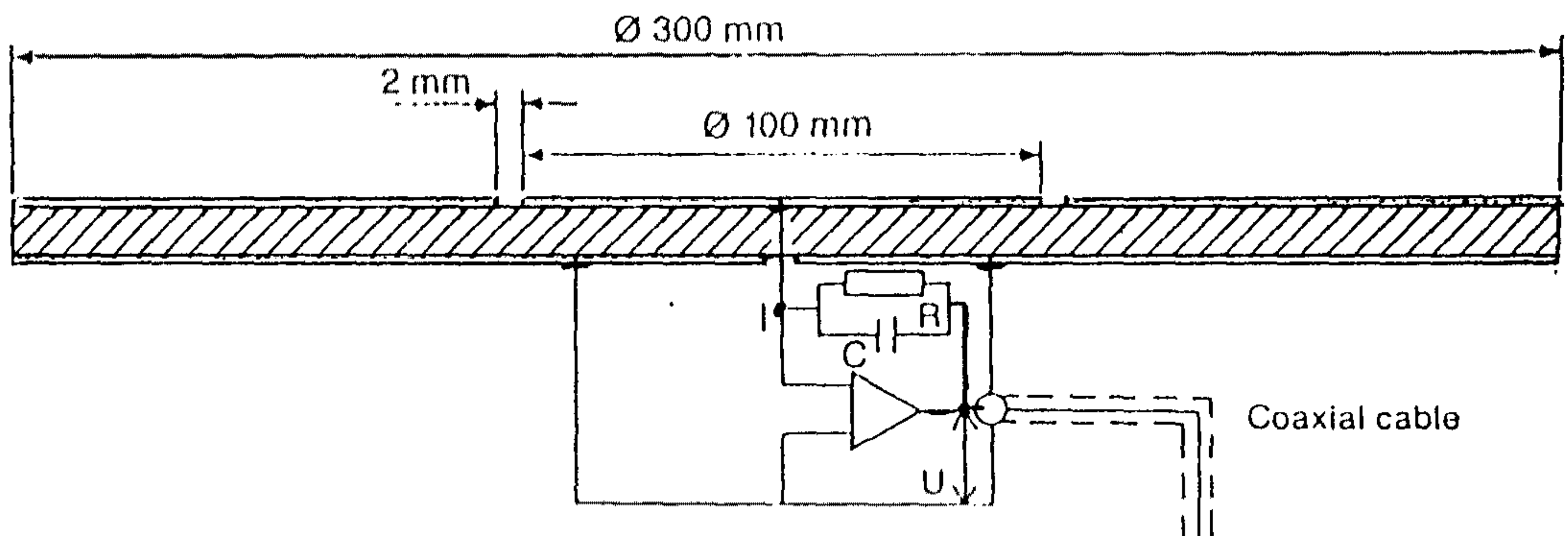


Fig. 4-2 제작된 측정 probe (measuring probe)의 도면

2) 교정장비 (Calibration measurement)

이상의 구조를 가진 측정 probe (measuring probe)의 정확한 성질과 특성을 파악하기 위하여, 이에 대한 교정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 probe교정에 필요한 TEM cell를 제작하였다. TEM cell은 밀폐된 공간내에서 직류(DC)부터 최초의 고차모드의 차단주파수까지 TEM파를 발생하는 장치이다. [Crawford, 1974 ; Kanda, 1988 ; Spiegel, 1987 ; Larsen, 1978 ; NBS, 1978]

TEM cell (Transverse Electro - Magnetic cell)은 전자파 간섭 (EMI/EMC, Electro Magnetic Interface / Electro Magnetic Compatability) 현상측정과 전기

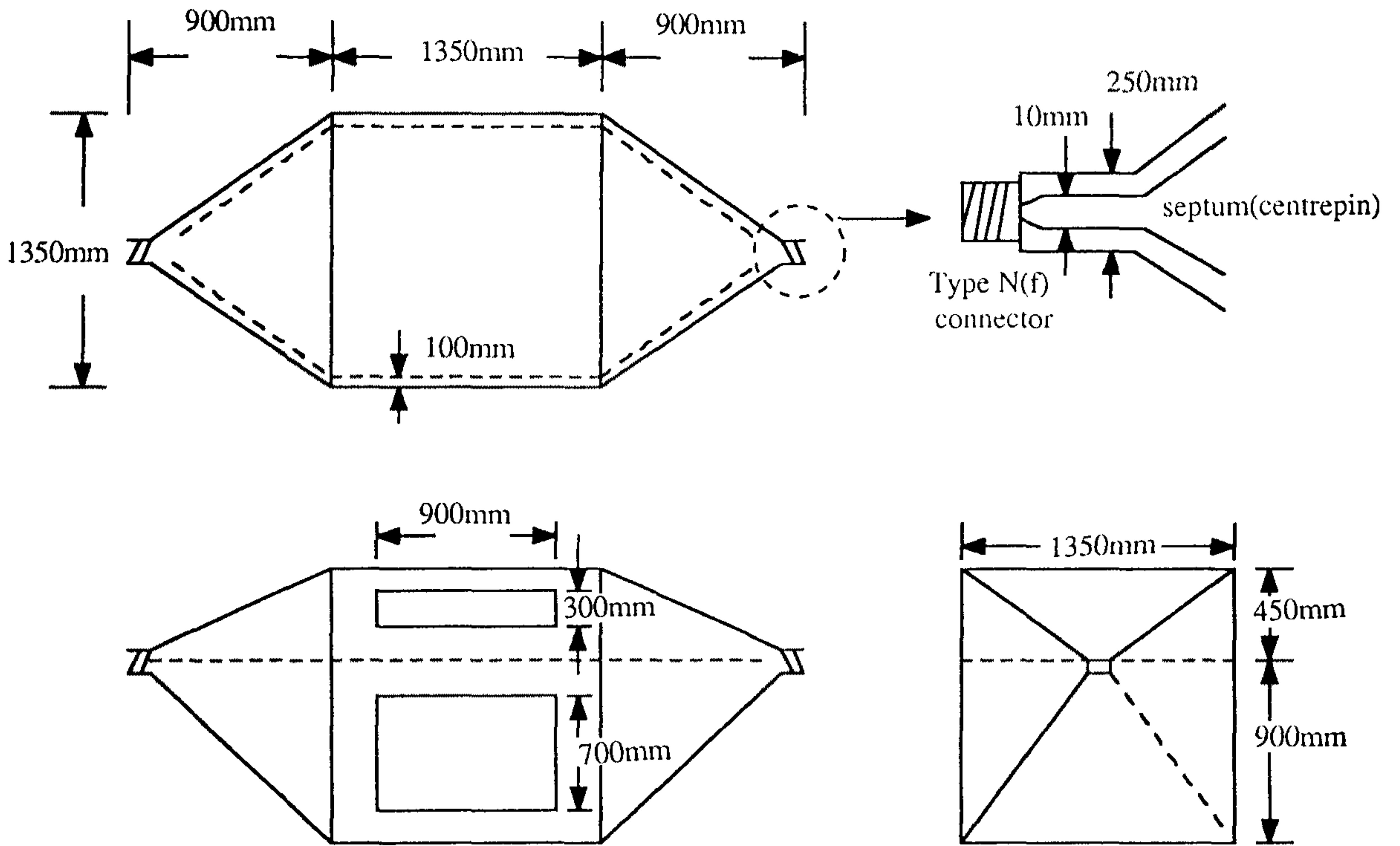


장의 세기를 측정하는 측정기기의 교정에 사용되는 장치이다.

전자기장의 세기측정기 등의 교정에는 이미 알고있는 크기의 전자기장을 발생 시켜 놓고 균일한 전자기장 속에서의 측정기기의 교정이 필수적인데, TEM cell을 사용하면 매우 높은 정확도 ( $\leq 3$  dB)를 얻을 수 있다 [NBS, 1978]

본 연구에서는 Fig. 4-3과 같은 구조를 가지고 있는 TEM cell을 제작하였다. 그 구조는 장방형 동축 전송선 (Rectangular Coaxial Transmission Line) 형태로 된 가운데 부분과 양쪽 끝으로 가늘어져 연결기 (Connector)에 이르는 부분, 그리고 장방형 내부의 격벽 (Septum)으로 구성되어 있다.

본 연구에서 설계한 TEM cell은 다음과 같은 원리를 가지고 있다. TEM cell은 동축선을 크게 부풀린 것같은 형태를 하고 있으며 이러한 장방형의 도파관 (wave guide) 내에는 사용주파수와 cell의 크기에 따른  $TE_{10}$  모우드 (mode)가 존재하게 되며 어느 일정한 크기에서는  $TE_{10}$  모우드가 전파 (propagation)하지 못하는 cut-off frequency 영역이 존재한다. 이러한 cut-off frequency 이하에서의 전파는 TEM모우드가 전파되는데, ( TEM cell은 주파수가 높아져 감에 따라 생기는  $TE_{10}$  모우드 같은 High order mode가 존재하게 되면 내부에 생기는 field의 분포가 고르게 분포되지 못함.) 이러한 주파수영역에서 전자기장의 세기측정기를 교정 할수 가있다. 우리가 사용하는 상용의 RF신호원과 검출장치가  $50\Omega$  특성임피던스를 갖게되므로 이러한 장치의 특성임피던스 역시  $50\Omega$  으로 선택된다. Fig. 4-3에서 보듯이 이러한 전송선은 양쪽끝으로 가늘어지면서  $50\Omega$  연결기에 연결되는데 비록 특성임피던스가  $50\Omega$  이하 일지라도 TEM cell 내부에서의 공간의 파동임피던스  $\eta_0$  는 자유공간과 같은  $377\Omega$  의 특성을 갖게 되어 평면 전자기장을 구성하게 된다. 또한 TEM cell은 충분히 낮은 주파수 (DC)영역에서부터 resonance가 일어나지 않는 주파수 영역에까지 사용할 수 있다.



재질 : t=3인 알루미늄

Fig. 4-3 제작된 TEM cell의 도면

## 2-3 앞으로의 계획

VDT에서 발생하는 관심이 있는 전기장 대역은 5Hz~400KHz이다. 5Hz-2KHz은 전원과 refresh controller (vertical refresh unit of the VDT)에서 야기되며, 15KHz-80KHz는 스위치 모드의 전원과 deflection unit에서 야기된다. 그러므로 측정probe는 낮은 주파수와 높은 주파수를 filtering하여 관심있는 대역만을 측정하여야 한다. 3차년도에서는 High-pass filter와 Low-pass filter를 제

작하여 측정probe에 연결하여 관심있는 대역 만을 선택하여 측정하여야 한다..

또 측정 probe도 TEM cell로 교정하여 정확도가 5%이하로 유지하여야 하고, 특히 전원선이나 기타 작업환경에 대한 noise를 최소화하기 위하여 측정 chamber도 구축하여야 한다.

## 제 3 절 자기장 측정방법에 관한 연구

### 3-1 서론

#### 1) 자기장의 성질

현대 문명사회는 전기 에너지에 의존하고 있다고 해도 과언이 아니며, 전력소비는 계속 늘어나는 추세에 있다. 이렇듯 우리의 생활과 밀접한 관계에 있는 전기 에너지는 발전, 송전, 배전 그리고 최종 소비인 전기기구의 사용단계에서 필연적으로 전자기장에의 노출을 수반하게 된다.

50-60 Hz 주파수의 AC 전원에 의해 발생하는 전자기장은 3-3000 Hz 영역에 해당하는 초저주파(ELF:Electro Low Frequency)로서 전원으로부터의 거리에 반비례해 급속히 세기가 감소하는 전자기장을 형성하게 된다. 이때 초저주파에서의 전자기파는 전기장과 자기장의 비례관계가 성립하지 않기 때문에 각각 다루게 된다.

특히 최근에는 자기장에 의한 세포막의 손상 등 인체에 대한 영향 때문에 관심이 고조되고 있는 형편이다. VDT 작업 역시 자기장을 수반하게 되는데 이때 자기장에 대한 안전한 노출의 정도와 인체에의 영향에 대한 연구와 논의가 선진국에서는 이미 활발하게 진행되고 있다.

## 2) 자장의 측정단위

전기장의 세기는  $V/m$  로 측정되고, 자기장의 세기는  $A/m$ , 혹은 자기장의 세기와 관계있는 단위면적을 통과하는 자속선의 수인 자속밀도로서 측정한다. 자속밀도의 단위는 가우스(G) 나 테슬라(T) 로서 측정한다. SI 단위계인 1 테슬라(T) 는 1 회 감은 회로와 쇄교하는 단위면적 당의 자속이 일정한 비율로 1 초 동안 소멸할 때 그 회로에서 1 V 의 기전력을 만드는 자속밀도로서 CGS 단위계인 가우스(G)로 환산을 하면 10,000 G 에 해당한다.

자기의 측정단위는 SI 단위계와 CGS-emu 단위계가 혼용되어 사용되어지고 있는데 본 실험에서는 CGS-emu 단위인 가우스(G)를 사용하였다. Table. 4-1 에는 자장에 대한 SI 단위계와 CGS 단위계를 요약하여 정리하였다.

Table. 4-1 자장의 단위

구 분	SI 단위계	CGS-emu단위계	단 위 환 산
자장 B (자속밀도)	$T = Wb/m^2$	G	1 T = 10,000 G
자화력 H (자장의세기)	$H = A/m$	Oe	1 H = 0.01257 Oe
자 속	Wb	Mx	1Wb = $10^8$ Mx

## 3) 자장이 인체에 미치는 영향

자기장이 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 최근 활발해지고 있다. 전기장에 있어 인체는 좋은 도체로서 인체의 표면에만 관계하고 체내에서는 그 효과가 거의 없다고 말할 수 있다. 전기장이 인체에 미치는 효과는 열적, 자극작용으로서 피부의 감각을 통한 신경계에의 전달에 그치는데 비해, 자기장의 효과는 미세세포에 영향을 끼치는 것으로 파악되고 있다. 특히 백혈병, 뇌종양 등 암의 발생과 관련한 많은 역학조사들이 이루어지며 자기장의 인체에 대한 효과에 관심이 고조되게 되었다. 이에따라 초저주파(ELF)에서의 관심도 전기장에서 자기장으로 넘어온 상태이다.

전기는 인체에 직접 닿지 않아도 인체에 대한 효과를 발생시킨다. 초저주파 (ELF) 전자기장에서는 전기장보다는 자기장 쪽이 인체에 더 작용하기 쉽다. 자기장이 인체에 작용하는 방법으로는, ① 자기장에 수직인 운동성분을 가진 하전 입자에 대해 로렌츠힘을 제공하는 것이고, ② 자기장의 시간변화율에 수직인 평면에 원형의 전기장을 유도하는 것이다. 즉, 전기장은 고전압 부분에 신체가 닿지 않으면 전류가 흐르지 않지만 자기장은 신체가 접촉하지 않아도 공간을 매개로 전류가 흐르게 된다. 그것은 자기장에는 전자기유도 작용이 있기 때문이다. 자기장이 변동할 때 그 주위에 어떤 도체가 있으면 본래의 자기장을 지속시키려고 하는 전류가 흐르게 되는데 이 전류를 맴돌이 전류라고 부르며, 이때 유도된 전기장의 세기는 자기장의 세기, 주파수, 측정점으로부터의 경로의 반경에 비례한다. 이것 때문에 인체조직의 방향과 크기 등이 유도된 전기장에 영향을 미칠 수 있다. 자기장에 의해 유도된 내부의 전기장은 외부의 전기장에 비해 더 클 수 있다는 것에 항상 유의해야 할 것이다.

#### 4) 자장의 안전기준

자기장의 인체에 대한 효과가 밝혀지면서 이에 대한 안전기준을 설정하려는 노력이 계속되어지고 있다. 참고로 인간은 최대 10,000 mG (1 mT)까지의 자기장에 노출될 수도 있으며, 일상생활에서의 노출은 보통 0.1-8mG (0.01-0.8uT) 정도를 갖게 된다.

현재 초저주파(ELF)의 안전기준은 확실히 정해져 있지 않다. 30 Hz 이하에 대한 연구는 극히 미진한 상태이며, 60 Hz 는 상용주파수이므로 연구가 어느 정도 진행되게 되었다.

인체는 1cm<sup>2</sup> 당 약 1-10mA 의 전류가 흘러도 아무 일도 일어나지 않는다. 이 전류를 발생시키는 자기장은 60 Hz 에서 0.5-5mT 이다. 만일 외부 자기장이 5-50 mT 가 되면 몸속 1 cm<sup>2</sup> 당 10-100 mA 의 전류가 흘러 시각신경계에 영향이

나타난다고 한다. 이러한 기준과 역학조사 등을 통해 자기장에 대한 기준을 설정하는데 최근 자기장의 안전기준으로 발표된 것들로는 Table. 4-2, table.4-3 과 같은 것이 있다. 자기장의 효과는 자기장의 강도에 대한 시간의 적분으로서 나타낼 수 있다. 전기담요를 계속 사용할 경우는 장시간 자기장에 노출되며 매일 쓰는 헤어드라이어, 전기면도기 등도 신체 가까이서 쓰기에 강한 자장을 유발시킨다고 할 수 있다. 따라서 이런 기준을 설정할 경우는 노출시간과 노출거리 등도 항상 염두에 두어야 할 것이다.

Table. 4-2 50-60 Hz 자기장의 안전기준(1)

구 분	자 기 장		전 기 장	
	종 일	일 부	종 일	일 부
일 반 (전신 노출)	0.2 mT	-	5 KV/m	10 KV/m (2시간이내)
관련직업종사자 (전신노출)	5 mT	10 mT (2시간이내)	10 KV/m	20-30KV/m (2시간이내)

(자료: 徳丸仁, 전파는 위험하지 않은가, 1991)

일 반 노 출 한 계		송 전 선 노 출 한 계	
IRPA <sup>1</sup> 일반	0.5 mT	미, 뉴욕주	2.0 mT
IRPA 직업	0.125 mT	미, 플로리다 <sup>2</sup>	0.020 mT
구 소련직업	1.8 mT	미, 플로리다 <sup>3</sup>	0.015 mT
영 국	2.0 mT		

(자료: IEEE SPECTRUM Aug., 1990)

<sup>1</sup> IRPA: International Radiation Protection Association

<sup>2</sup> Edge of Row - 500 KV line

<sup>3</sup> Edge of Row - 230 KV line

## 3-2 측정장비와 측정방법

### 1) 측정장치

자기장을 측정하는 방법은 측정하는 용도와 자장측정 범위에 따라 다양하다. Table. 4-4 는 자장측정 방법과 범위를 나타낸 것이다. 본 측정에서는 자속게이트 마그네토미터 원리를 이용한 측정장비로 측정하였다.

Table. 4-4 자장측정 방법의 측정범위와 분해능

가자장측정방법	측정 범위	분해능
핵자기공명가우스미터	$10^{-2} - 2 \text{ T}$	$10^{-8} \text{ T}$
홀효과 가우스미터	$< 2.5 \text{ T}$	$10^{-7} \text{ T}$
자기유도방법	$10^{-13} - 10^3 \text{ T}$	
자속게이트마그네토미터*	$< 10^{-3} \text{ T}$	$10^{-10} \text{ T}$
양성자마그네토미터	$< 10^{-3} \text{ T}$	$10^{-10} \text{ T}$
SQUID 마그네토미터	$< 10^{-3} \text{ T}$	$10^{-15} \text{ T}$

(자료: 자기, 공업진흥청, 1987)

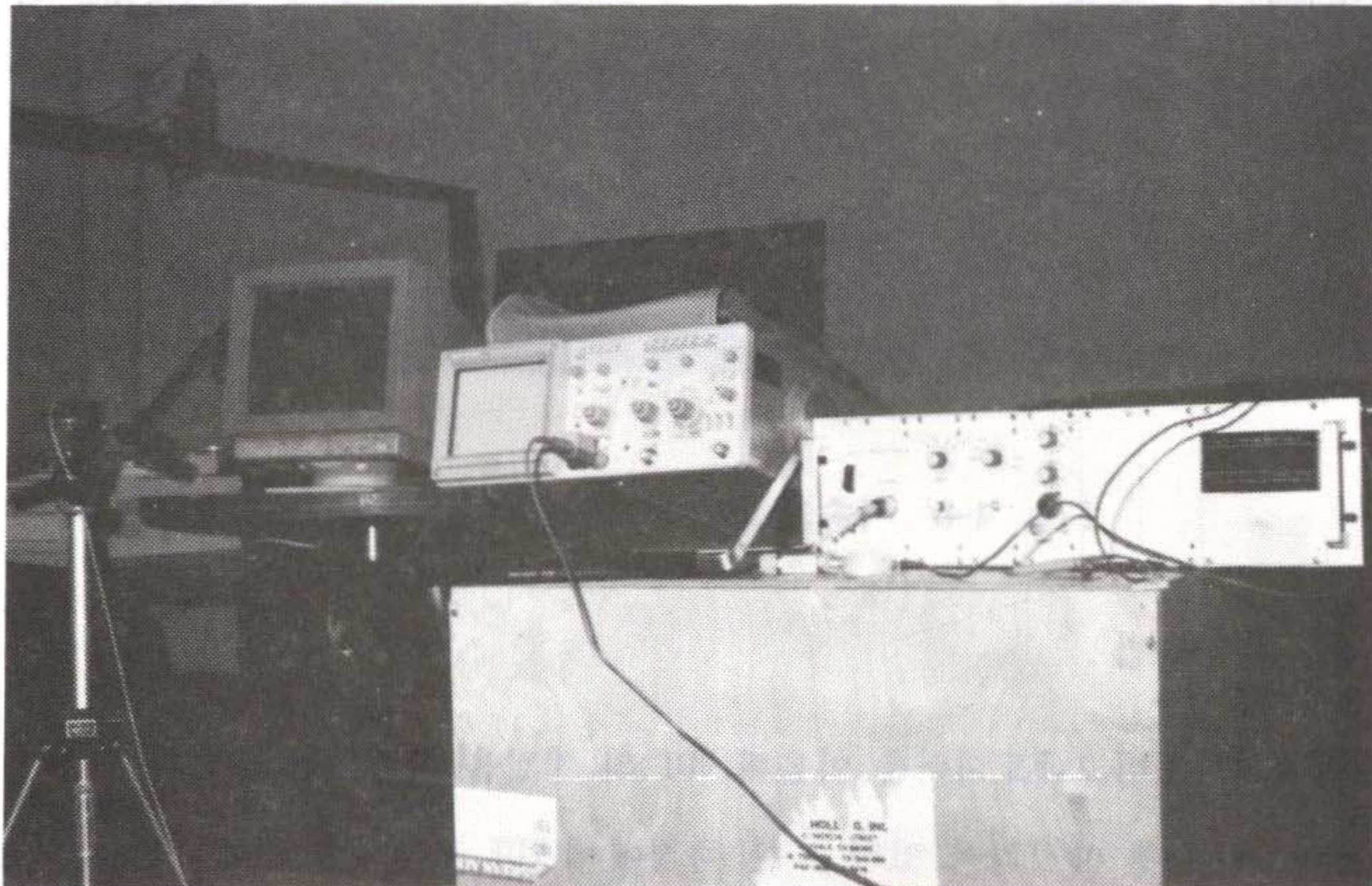


Fig. 4-4 자속게이트마그네토미터 측정장치

자기장 측정장치는 Fig. 4-4 과 같이 구성하였다.

- ① 자속게이트 마그네토미터
- ② 오실로스코우프 : 파형분석
- ③ 디지털멀티미터 : 디지털 전압측정장치
- ④ 회전원반 : 360° 회전가능한 원형측정대

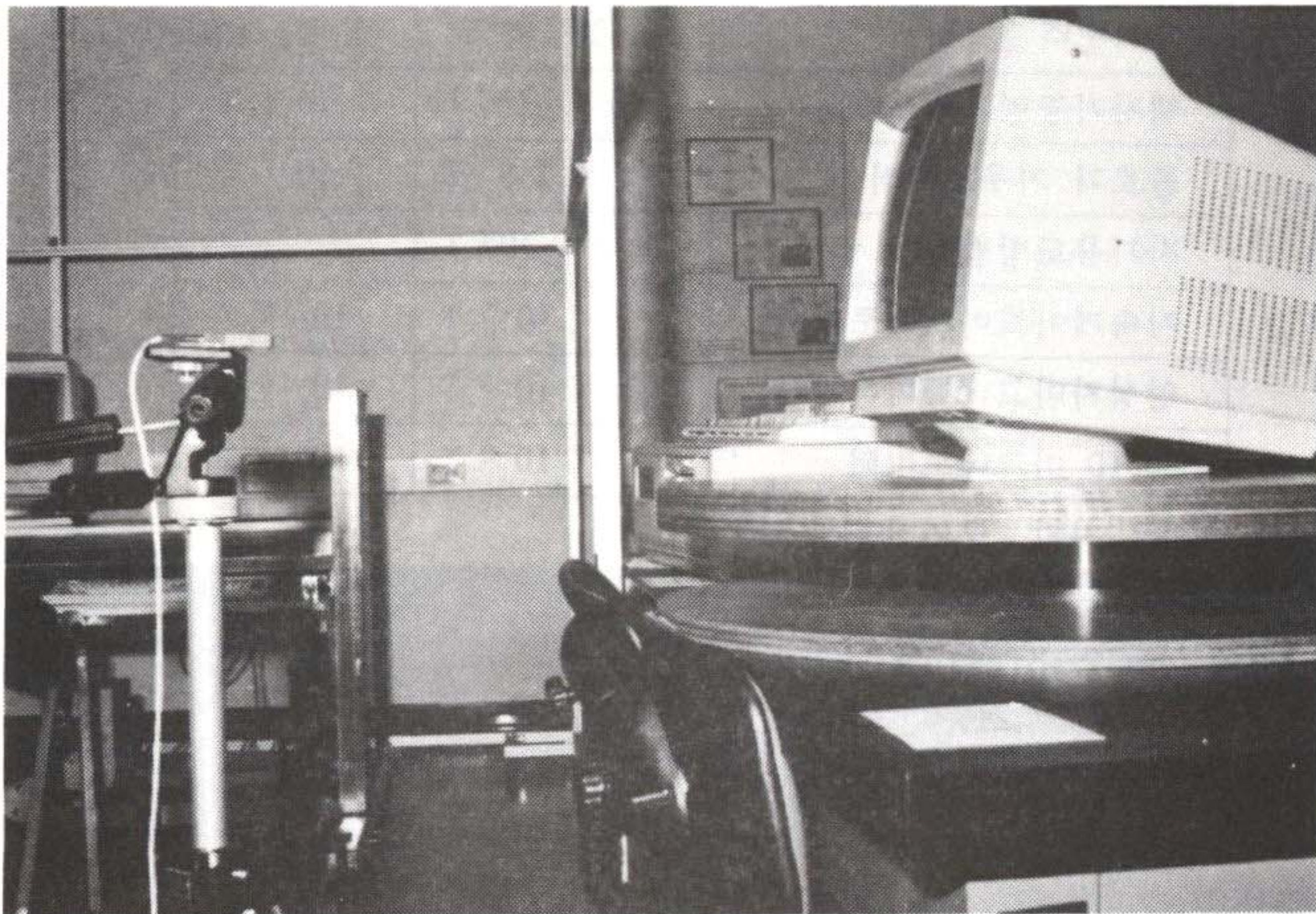


Fig. 4-5 자속게이트마그네토미터를 이용한 자장측정

## 2) 측정방법

자속게이트마그네토미터를 이용해 VDT 의 자장을 측정하는 방법의 예가 Fig. 4-5 에 예시되어 있다. 본 측정에서 VDT 자기장을 측정하는 순서는 다음과 같이 하였다.



- ① 피측정대상물체를 회전원반의 중앙에 위치시킨다.
- ② 측정거리에 맞추어 마그네토미터의 센서의 위치를 삼각대 위에 고정시킨다.
- ③ X, Y, Z 방향 가운데 측정하고자 하는 한 방향으로 센서의 위치를 맞춘 후 고정시킨다.
- ④ 회전원반의 각도를 30° 씩 회전시켜가면서 유도전압을 10 초 간격으로 10 회 측정한다.
- ⑤ 측정대상의 전원을 끈 후 지자장, 전선 등에서 발생하는 노이즈 자장에 의한 전압을 측정한다.
- ⑥ 측정된 유도전압에서 노이즈에 의한 전압을 빼준 후에 전압값을 자속밀도로 환산하여 자장의 크기를 구한다.
- ⑦ X, Y, Z 세 방향별로 구한 자속밀도 값의 벡터 합을 구해 그 위치에서의 자속밀도 값을 계산한다. 공간 속의 한점 p에서의 자속밀도는 아래와 같이 구해진다.

$$B_p = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad \text{-----(4.1)}$$

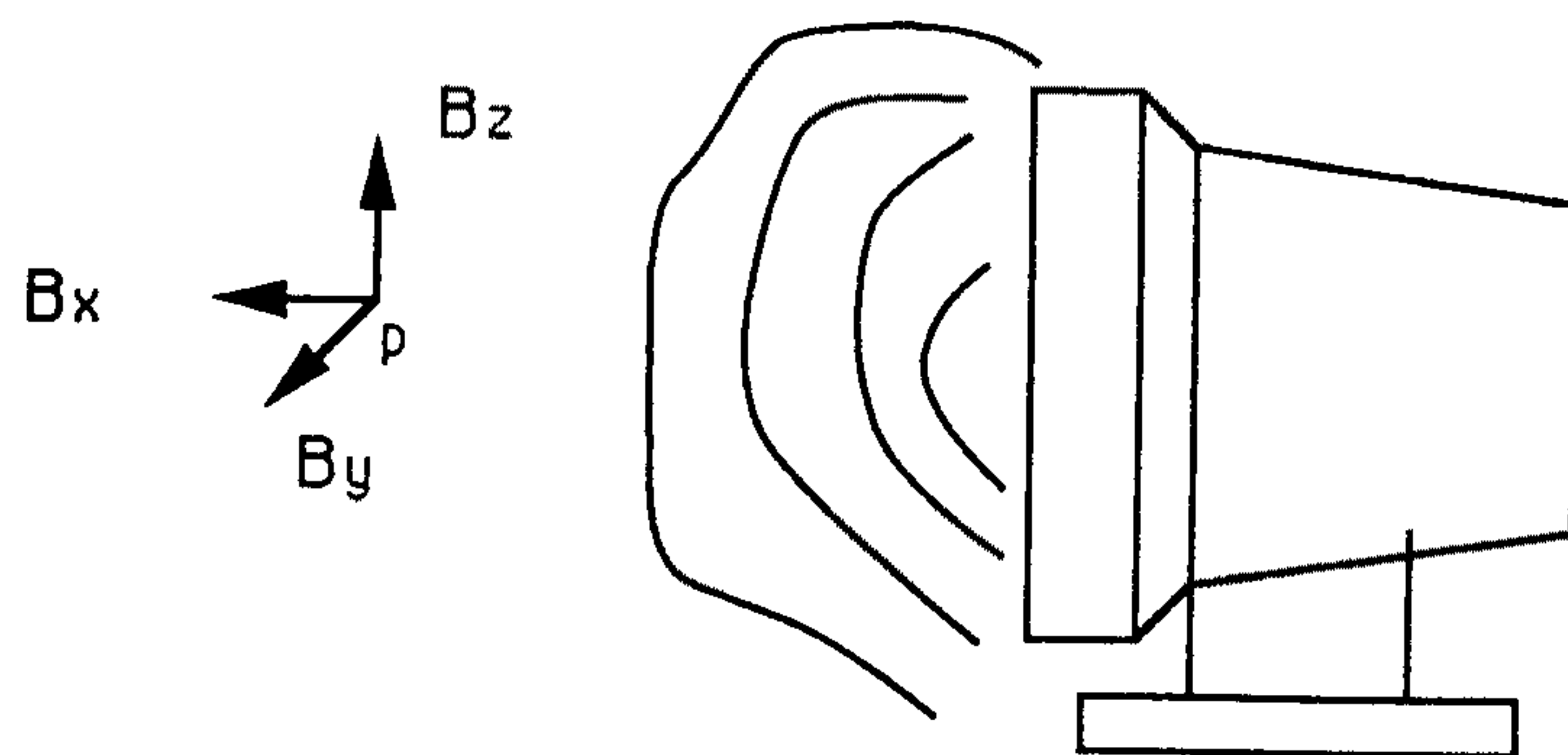


Fig. 4-6 공간상의 한점에서의 자장의 크기

### 3) 측정계획

#### ① 측정 1: 거리별 VDT 자기장 측정

VDT 중앙으로부터의 떨어진 거리별로 자기장을 측정해 자기장의 분포곡선을 알아보는 측정으로 14 inch VDT (모델 :ViewSonic TX-14H10PTK) 에 대해 30, 60, 90 Cm 거리에 대한 자기장을 측정한다.

#### ② 측정 2: VDT 및 텔레비전의 자기장 측정비교

14 inch, 20 inch VDT (모델 : NEC) 와 텔레비전의 전면 스크린으로부터 30 Cm 떨어진 곳으로부터의 자기장 측정을 통한 상호간의 비교와 기준허용치와의 비교를 한다.

#### ③ 측정 3: 보안경의 효과

VDT 14 inch 칼라모니터에 대해 보안경을 부착한 경우와 부착하지 않은 경우의 자장의 크기를 비교한다.

Table. 4-5 측정계획의 구성

구 분	측정대상	측정거리	측정방향
측정 1	14" 모니터	30, 60, 90 Cm (중앙-측정점)	30 도간격 전방향
측정 2	14" 모니터	30 Cm	30 도간격 전방향
	20" 모니터	30 Cm	
	칼라텔레비전	30 Cm, 100 Cm (스크린-측정점)	
측정 3	14" 모니터	30 Cm	30 도간격 전방향
	14" 모니터 +보안경부착	30 Cm (스크린-측정점)	

### 3-3 측정결과

#### 1) 측정 1 : 거리별 VDT 자기장 측정

14 inch 컴퓨터 모니터 중앙으로부터의 30, 60, 90 cm 떨어진 곳에서의 자기장을 측정한 결과를 Fig. 4-7 에 나타내었다.

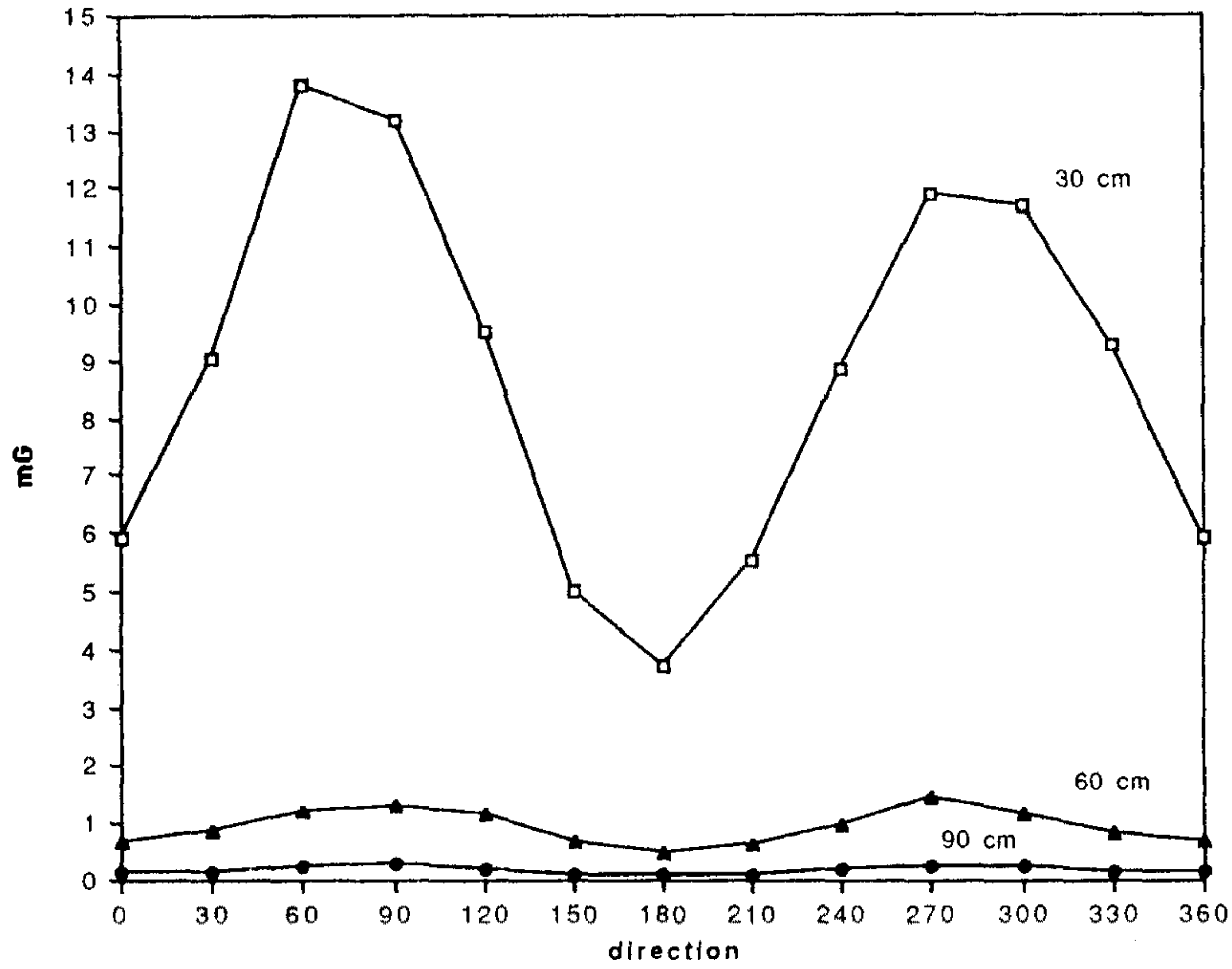


Fig. 4-7 거리별 VDT 자기장의 측정

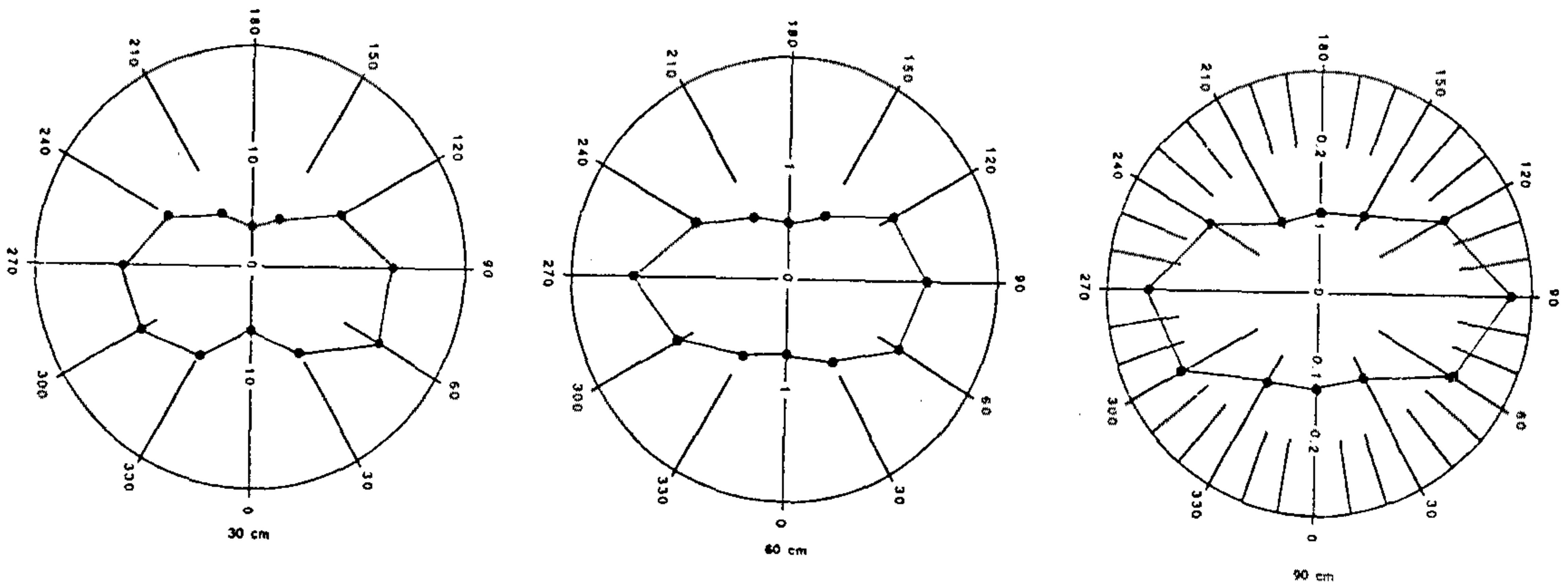


Fig. 4-8 방향별 자장의 형성형태의 예

Fig. 4-7 에서 알 수 있듯이 자장의 크기는 거리( $r^3$ ) 에 반비례해 급격히 줄어들고 있음을 알 수 있다. 자장의 크기는 VDT 의 전면부와 후면에서 적게 나타나는 반면 측면 양쪽에서 최대값을 보이고 있다 (Fig. 4-8 참조). 또한 자장의 크기는 거리가 가까울수록 방향에 따라 그 값이 크게 변하고 있는 반면, 거리가 멀어질수록 그 차이가 줄어들고 있다.

자기장의 세기는 각 X, Y, Z 방향의 벡터합으로 표시되는데 이 때의 벡터성분을 분석하면 Fig. 4-9 과 같이 X 축의 자장의 크기가 전체 자장 크기의 결정에 가장 크게 기여함을 알 수 있다.

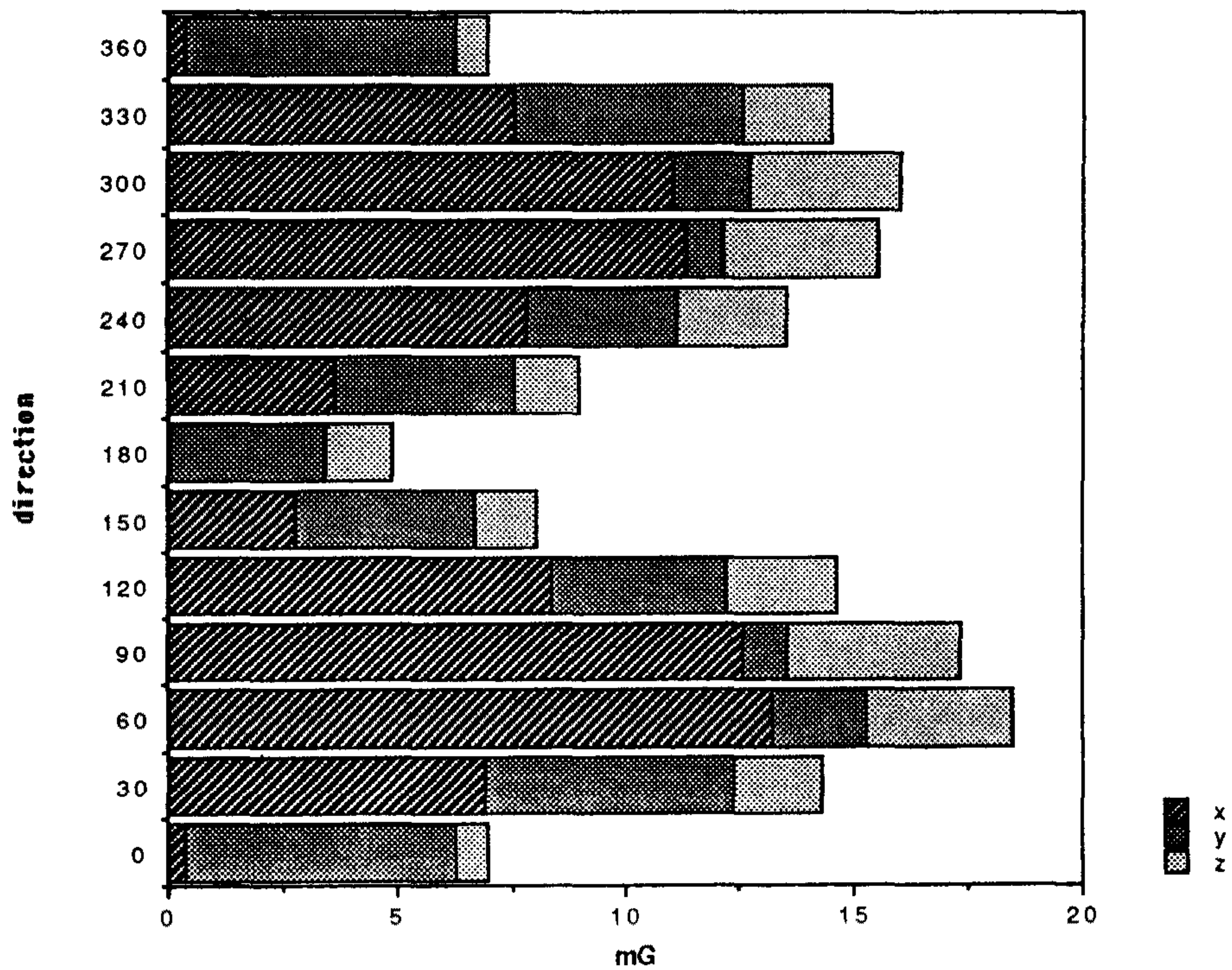


Fig. 4-9 X, Y, Z 방향별 자기장의 세기

2) 측정2 : VDT 와 칼라텔레비전의 자기장 비교

VDT 와 칼라텔레비전의 자기장을 비교 측정한 결과가 Fig. 4-10 에 표시되어 있다.

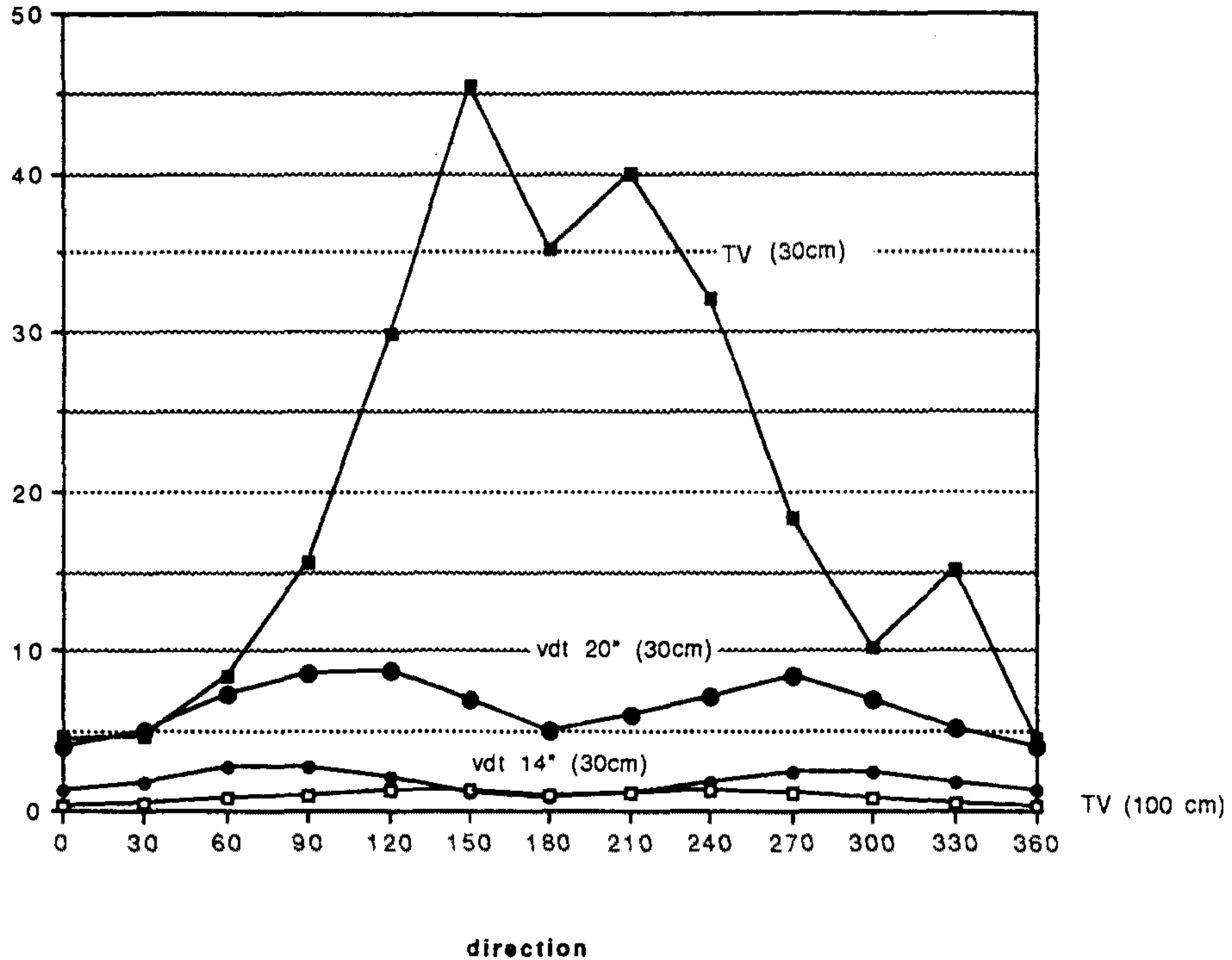


Fig. 4-10 VDT 와 칼라텔레비전의 자기장의 세기비교

VDT 14 inch 와 VDT 20 inch 사이에는 스크린으로 부터 동일한 30 cm 거리에서 측정한 결과 약 3-6 mG 정도 20 inch VDT 가 더 크게 나타났다. 작업이 이루어지는 정면방향에서는 2.77mG 정도의 차이가 났다.

칼라텔레비전을 측정한 결과는 스크린으로 부터 동일한 30 Cm 거리에서 비교 시 텔레비전이 월등히 높게 나타났다. 100 Cm 떨어져 측정한 결과는 VDT 14 inch 30cm 에서 측정한 결과보다 약간 작게 나타났다. 보통의 VDT 작업에 많이 이용되는 14 inch 모니터 작업은 1 m 떨어져 텔레비전을 시청하는 것보다는 0.8-1.4 (정면중심 좌우30도 방향) mG 정도 더 노출되고 있다고 볼 수 있다.

참고로 Table. 4-6, 4-7 은 가정에서 일상적으로 쓰이는 전기기구들의 자기장 측정치를 나타낸 것이다. 본 실험에서 실시한 30 Cm 에서의 VDT 자장측정

Table. 4-6 전기기구의 자기장세기  
(근접거리에서의 측정)

가전제품	자속밀도	가전제품	자속밀도
냉장고	0.1-1 $\mu\text{T}$	믹서	50-600 $\mu\text{T}$
전기담요	1-5 $\mu\text{T}$	진공청소기	200-1000 $\mu\text{T}$
텔레비전	5-70 $\mu\text{T}$	헤어드라이어	10-2000 $\mu\text{T}$
전자렌지	6-200 $\mu\text{T}$		

(자료: IEEE SPECTRUM Aug. 1990)

1  $\mu\text{T}$  = 10 mG

값은 0.5-1  $\mu\text{T}$ . (5-10 MG) 로 전자렌지나 헤어드라이어 등에 비해서는 낮은 수치를 보여주고 있다.

본 실험에서 측정한 VDT 나 텔레비전에서 나오는 자기장 값은 현재 선전국에서 설정해 놓고 있는 기준치에는 못미치는 수치로 나타나고 있다. (Table. 4-2, 4-3 참조) 그러나 이러한 안전 기준치에 대한 설정을 놓고도 아직 전문가들 사이에서도 이견이 좁혀지고 있지 못한 형편에 있다. 따라서 자기장의 인체에 대한 효과가 명확히 파악될 때까지는 VDT 에서 나오는 자장에 대한 노출시간을 적정

히 하며, 적정거리를 유지한 작업자세로 자기장의 영향을 최소화하도록 해야 할 것이다.

### 3) 측정3 : 보안경의 효과

VDT 14 inch 30 Cm 거리에서 보안경을 부착한 경우와 보안경을 부착하지 않은 상태를 측정한 결과 자장에 대해서는 보안경의 차폐효과가 전혀 없는 것으로 나타났다. 자장을 줄이기 위한 노력으로 회로의 재설계 등 여러가지 방법들이 강구될 수 있을 것이다. 한편 자장을 줄일수 있는 재료로는 버킹코일(Bucking Coil) 등이 알려져 있다.

Table. 4-7 전기기구의 자기장세기

가전제품	범 위	평 균	약 90 Cm
1. Toaster	2 mG to 102 mG	29 mG	17 mG
2. Microwave Oven	23 mG to 920 mG	319 mG	70 mG
3. Refrigerator	1 mG to 265 mG	33 mG	20 mG
4. Freezer	1 mG to 225 mG	44 mG	.....
5. Mixer	1 mG to 1.9 Gauss	323 mG	200 mG
6. Dishwasher	2 mG to 142 mG	55 mG	10 mG
7. Can Opener	300 mG to 8.88 Gauss	2.67 Gauss	33 mG
8. Coffee Maker	3 mG to 245 mG	77 mG	.....
9. Food Processor/Blender	22 mG to 783 mG	235 mG	.....
10. Central Air Conditioning	5 mG to 128 mG	45 mG	.....
11. Hot Water heater	2 mG to 128 mG	48 mG	.....
12. Iron	6 mG to 250 mG	58 mG	.....
13. Hair/Blow Dryer	3 mG to 252 mG	69 mG	.....
14. Electric Razor	2 mG to 4.8 Gauss	1.28 mG	.....
15. Curling Iron	1 mG to 4 mG	2.3 mG	.....
16. Fan (portable)	2 mG to 1.01 Gauss	113 mG	.....
17. Fan (ceiling)	2 mG to 570 mG	104 mG	.....
18. Clothes Washer	2 mG to 58 mG	15.3 mG	.....
19. Range Burner	9 mG to 220 mG	101 mG	13 mG
20. Clothes Dryer	2 mG to 155 mG	68 mG	.....
21. Heating Pad	3 mg to 49 mG	24 mG	.....
22. Television (color)	2 mG to 383 mG	172 mG	7 mG
23. Clock Radio	3 mG to 486 mG	97 mG	.....
24. Alarm Clock	11 mG to 5.5 Gauss	982 mG	.....
25. Circuit Breaker Box	2 mG to 265 mG	60 mG	24 mG
26. Stereo Equipment	2 mG to 20 mG	9 mG	.....
27. Aquarium Pump	44 mG to 1.76 Gauss	624 mG	.....
28. Hand Drill	485 mG to 1.53 Gauss	1.94 Gauss	.....
29. Circular Saw	1.2 Gauss to 1.5 Gauss	1.33 Gauss	.....
30. Power Line (incoming)	7 mG to 589 mG	149 mG	15 mG
31. Pool Pump	90 mG to 1.6 Gauss	1 Gauss	7 mG
32. Vacuum Cleaner	210 mG to 589 mG	400 mG	15 mG
33. Personal Computer	2 mG to 51 mG	16 mG	.....
34. Television (B&W)	2 mG to 660 mG	120 mG	.....
35. Timer	11 mG to 116 mG	52 mG	.....
36. Central Heat	2 mG to 128 mG	61 mG	.....
37. Wall/Room AC	1 mG to 29 mG	11 mG	.....
38. Electric Knife	3 mG to 436 mG	174 mG	.....
39. Carving Knife	1 mG to 322 mG	108 mG	.....
40. Toaster Oven	20 mG to 160 mG	85 mG	.....

### 3-4 결론

전기사용의 증가에 따라 인간의 생활은 각종 전자파에 노출될 확률이 점점 더 높아지고 있다. 특히 초저주파(ELF)에서의 자기장은 최근들어 인체에 미치는 영향에 대한 논란이 가중되면서 더욱 관심이 고조되고 있다. VDT 작업의 경우도 초저주파(ELF)에서 발생하는 자기장의 영향을 받고 있어 이에 대한 인과관계의 규명과 대응책등이 미리 강구되어야 할 것이다.

본 연구에서는 VDT 작업시 노출되는 자기장의 형태를 측정하고, 이를 TV의 경우와 비교하였다. 또한 보안경의 효과도 측정하였다. 이의 측정을 통해 기존의 가전제품에 대한 자장과의 비교와 몇 개 기관과 국가에서 규제하고 있는 안전기준과 비교를 하였다.

자속게이트형 마그네토미터를 이용해 VDT의 자기장을 측정한 결과, VDT의 자장은 자장의 크기는 거리( $r^3$ )에 반비례해 급격히 줄어드는 것으로 나타났다. 또한 VDT의 전면부와 후면부가 자장의 세기가 약한 반면 양쪽 측면에서는 자장의 크기가 크게 나타났다.

VDT의 모니터 크기가 큰 것일수록 자장의 세기가 컸으며, 텔레비전의 경우 일반적으로 VDT에 비해 높은 자장의 값을 나타냈으며, VDT 30 Cm에서 하는 작업은 텔레비전을 1m에서 시청하는 것과 비슷한 자장에 노출되고 있다는 것을 알 수 있었다.

보안경의 경우는 자장의 차폐를 전혀 할 수 없는 물질로 예상대로 그 효과가 없는 것으로 나타났다.

초저주파(ELF)의 자기장의 인체에 미치는 효과에 대한 연구는 비교적 최근에 시작되었기에 아직도 알려지지 않은 부분이 많고, 그 허용기준치 설정에 있어서도 아직 많은 논란이 있는 형편이다. 다만 초저주파에 의한 인체에 미치는 구체적인 메카니즘은 규명 안되어 있으나, 암을 비롯한 여러 질병과의 인과관계를 밝히려는 여러 증거가 제시되고 있는 상황이므로 가능한한 강한 자기장에의 장시간 노출은 피해야 할 것이다.



특히 현대의 많은 VDT 작업 관련 종사자들은 장시간 집중적인 작업을 해야 하므로 VDT 가 발생시키는 전자파에 대한 적절한 보호대책이 세워져야 할 것이다. 한편 VDT 뿐만 아니라 우리의 생활환경이 점점 더 전기기구에 의존하는 바, 각 전기기구에 대한 자기장의 측정과 이의 감소를 위한 노력도 시작되어야 할 것이다.

이미 IBM 에서는 적은 자기장 값을 갖는 PC 모델을 개발중이며, APPLE 사도 스웨덴의 VDT 표준에 맞는 VDT 를 개발중에 있으며, 미국 내 한 전기담요회사는 전기담요의 자장 값을 줄인 신모델을 개발한 바도 있다. 이렇듯 선진제국의 각 전기제품 관련 회사들은 이런 규제에 앞선 연구개발을 서두르고 있다. 따라서 국내에서도 VDT 작업자, 관리자, 그리고 생산자들도 이러한 세계적인 흐름에 발 맞추어 VDT 발생시키는 자장에 대한 연구와 감소시키려는 노력을 기울여야 할 것이다.

## 제 5장 결 론

본 연구에서는 크게 3부분으로 나누어 연구가 진행되었는데 다음과 같은 결론과 문제점을 얻었다.

### Display 평가에 관한 연구

- 같은 모니터에서도 pixel의 화면위치에 따라 화질이 조금씩 다르게 나타났다.
- 각 모니터 마다 화질이 다르게 나타났으나 ANSI/HFS 100-1988 의 기준치는 모두 만족하고 있었다.
- 화질의 차이에 따른 시각피로의 정도를 파악하여 기준치를 설정하여야 할 것이다.
- 아직까지 한국인에 대한 CSF가 조사되지 않았는데 이에 대한 조사가 이루어져야 하며 이를 바탕으로 우리실정에 맞는 MTFA 기준치를 설정하여야 할 것이다.
- 지금까지 칼라모니터에 대한 화질평가 기준이 마련되지 않았는데 이에 대한 이론적인 연구가 반드시 수행되어야 할 것이다.

### 시각피로 측정 및 평가에 관한 연구

- VDT 작업이 대조작업 보다 시각피로가 훨씬 높게 나타났다.
- 주관적으로 느끼는 시각피로의 정도는 시거리에는 큰 영향이 없으나 대조작업 보다는 시각피로가 높게 나타났다. CFF는 시거리에는 큰 영향이 없으나, 시력검사에서는 시거리 107cm가 가장 나쁘게 나타났다.

- 주관적으로 느끼는 피로의 정도는 글씨체에는 큰 영향이 없으나, 필기체가 다른 글씨체 보다 CFF 측정과 시력측정에서 시각피로가 높게 나타났다.
- 색깔에 대한 시각피로 효과는 배경이 검은색이고 글자가 흰색으로 나타났을 때 시각피로가 가장 작게 나타났다.
- 최적작업조건은 시거리가 45-61 cm, 글씨체가 명조체 또는 필기체, 배경색에 대한 글자색은 검은바탕에 흰 글씨이었다.

#### 전자파측정 및 보안경 성능 평가에 관한 연구

- 전자장에 대해서는 전자장을 측정하는 Probe를 제작하였으며, Probe의 calibration을 위하여 TEM cell을 제작.구축하였다.
- VDT 에서 발생하는 자장의 크기는 양측면부에서 높았고, 전후면부에서는 작게 나타났다. 자장의 크기는 거리에 반비례해 급격히 감소하였으며, VDT 스크린 평면 에 수직인 X 축 방향이 전체 자장벡터 합에 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다.
- VDT 화면의 크기가 클수록 자장의 값이 컸으며, 일반적으로 TV 에 비해서는 낮게 측정되었다. 12 inch VDT 30 Cm 에서의 작업은 TV 1m 에서의 시청과 비슷한 자장에 노출되는 것으로 나타났다. VDT, TV 모두 현재 설정되어 있는 표준치는 만족시키는 것으로 나타났다.
- 자장에 대한 보안경의 차폐효과는 전혀 없는 것으로 나타났다.

## 제 6 장 연구결과 활용에 대한 건의

본 연구는 VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구로서 다음과 같은 활용을 기대할수 있다.

- VDT Workstation의 국가표준 설정자료로 활용
- VDT 작업환경개선의 기준자료로 활용
- VDT Workstation의 제작시 설계기준으로 활용
- 국가기관 전산망 설계기준 자료로 활용
- 기타 산업설계시 기술자료로 활용

# 참 고 문 헌

1. Janes, L. A and Higgins, G. C, Photographic granularity and graininess III. Some characteristics of the visual system of importance in the evaluation of graininess and granularity, Journal of the Optical Society of America, 1947, 37, 317-363

2. Rose, A., A unified approach to the performance of photographic film, television pick up tubes and the human visual system, Journal of the Society of Motion Picture Engineers, 1946, 47, 273

3. Selwtn, E. W. H., The photographic and visual resolving power, Photographic Journal, 1948, 88, 6-46

4. Snyder, H. L., Image quality and observer performance. In, L.M. Biberman (ed), Perception of Displayed Information, New York : Plenum Press, PP. 37-118, 1973.

5. Snyder, H. L., Visual search and image quality : Final Report Wright - Patterson AFB. Ohio : AMRL - TR - 76 - 89 (AD - 0336263)Dec., 1976

6. Snyder, H. L., Human visual performance and flat panel display image quality, Virginia Polytechnic Institute and State University, VA : Human Factors Laboratory, HFL-80-1/ONR-80-1. July, 1980.

7. Synder, H. L., Toward the determination of electronic display image quality, In. Advances in Man-Machine System Research, Vol.4, New York : JAI Press,1988.

8.Brigham, E.O., The Fast Fourier Transform, Englewood Clifts, New Jersey : Pretice-Hall, 1974.

9. Defatta, D. J., Lucas, J. G. , and Hodgkiss, W. S. Digital signal processing : S System design approach, New York : Wiley, 1988.

10. Gaskill, J. D., Linear system, Fourier Transforms, optics, New York : John wiley, 1978.

11. Braddick, O. Spatial frequency analysis of vision, Nature, 1981, 291, 9-11

12. Campbell, F. W. and Robson, J. G., Application of Fourier analysis to the visibility of gratings, Journal of physiology, 1968, 197, 551-556

13. Kelly, D. H., Visual contrast sensitivity, Optica Acta, 1977, 24, 107-129.

14. Regan, D. visual imformation channeling in normal and disordered vision, Psychological Review, 1982, 89, 407-444

15. Sachs, M. B., Nachmias, J., and Robson, J. G., Spatial frequency channels in human vision, Jour. of the Optial Society of Americana, 1971, 61, 1176-1186
16. Corusweet, T., Visual perception, New York : Academic press, 1970.
17. Schade, O., Optical and photelectric analog of the eye, Jour. of the Optical Society of America, 1956, 46, 721-739
18. Charman, W. N., and Obin, A., Tutorial : Image quality criteria for acrial camera system, Photographic Science and Engineering, 1965, 9, 385-387.
19. Brock, G. C., A study of image evalution technigue, Report No.4, Itek, 9048-4, 1963.
20. van Mecteren, A., Visual aspects of image intensification, Soesterberg, The Netherlands : Institute for Perception TNO, 1973
21. Carlson, C. R. and Cohen, R. W., Visibility of displayed information : Image descriptors for display, Arlington, VA : Office of Naval Research Technical Report ONR-CR2B-120-4F, 1978.
22. Overington, I. Some considerations of the role of the eye as a component of an imaging system, Option Acta, 1975, 22, 365-374

23. E. Ingelstam, E. Djurle and B. Sjogren, J. Opt. Soc. Am., 46, 707 (1956)
24. L. R. Baker, Proc. Phys. Soc. B., 68, 871 (1955)
25. G. Kuwabara, J. Opt. Soc. Am., 45, 309 (1955)
26. L. R. Baker, J. Appl. Phys. Japan. 4, Supplement 1, 146 (1965)
27. 이윤우 외, 새문리, 27, 95 (1987)
28. K. H. Hong, I. W. Lee, H. M. Cho and Y. W. Lee, Appl. Opt. 26, 4423 (1987)
29. 조 현모 외, 비추상 OTF의 정밀측정, 한국광학회지, vol.2 No.3 Sep. 1991.
30. Cakir. A, Hart, D. J. and Stewart, T. F. M., Visual Display Terminal, John wiley and Sons, 1980.
31. Rupp, B. A. and Taylor, S. E., Retinal Adaptation to Non-uniform Fields : Average Lummance, Behaviour and Information Technology 5-4, 1986.



32. Heur, H., etc, The resting position of eyes and the effect on viewing distance and visual fatigue at VDT work, Zeitschrift fur Experimentelle and Angewandte Psychologie, 36, 538-566

33. Crawford, M. L., Generation of standard EM fields using TEM Transmission cells, IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. EMC-16, No.4, 189-195, Nov. 1974.

34. M. Kanda and R. D. Orr, Generation of standard electric magnetic fields in a TEM cell, NBS Tech. Note 1319, Aug. 1988.

35. Spiegel R. J., Joines W. T., Blackman C. F. and Wood A. W., A method for calculating EM fields in TEM cells at ELF, IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. EMC.29, No.4, 265-272, Nov. 1987.

36. Larsen E. B., Techniques for producing standard EM fields from 10 KHz to 10 GHz for evaluating radiation monitors, EM Field in Biological Systems Symposium, Jun. 1978.

37. ANSI/HFS 100-1988, American national standard for human factors engineering of VDT workstations, the Human Factors Society, Inc. 1988.

38. ILO, Working with Visual Display Units, Occupational Safety and Health Series, No. 61, 1990.

39. 한국전산원, VDT작업환경 지침 연구, NCA-RE-9032, 1990.
40. Robert J. Beaton Introduction to Human Factors Engineering for Visual Displays, SPIE/SPSE Electronic Imaging 1991.
42. 한국표준연구소, VDT workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (1차년도), KSRI-91-69-IR
43. 민경찬, VDT 증후군의 전자기적 분석과 대책, 한국기술연구소, 1991.
44. 이순요, 미래지향적 인간공학, 박영사, 1992.
45. T. Iwasaki and S. Kurimoto, Eye-strain and changes in accommodation of the eye and in visual evoked potential following quantified visual load, Ergonomics, 1988, Vol.31, No. 12, 1743-1751.
46. K. D. Garcia and W. W. Walter, Effect of glare on performance of a VDT reading-comprehension Task, Human Factors, 1985, 27(2), 163-173
47. Min K. Chung and Yoji Ogino, The Effect of glare upon text editing with a color display, Trends in Ergonomics/Human Factors IV (North-Holland), 1987
48. S. M. Luria, D. F. Neri and C. Schlichting, Performance and

preference with various VDT phosphors, Applied Ergonomics 1989, 20. 1, 33-38

49. R. A. Tyrell and H. W. Leibowitz, The relation of vergence effort to reports of visual fatigue following prolonged near work, Human Factors, 1990, 32(3), 341-357

50. W. J. Kruza, Eyestrain in VDU users : Viewing distance and the resting position of ocular muscles, Human Factors, 1991, 33(1), 69-83

52. R. A. Matula, Efforts of visual display units on the eyes : A bibliography (1972-1980), Human Factors, 1981, 23(5), 581-586

53. K. Fitzgerald, Electromagnetic fields: the jury's still out, IEEE Spectrum, 1990, Aug., 22-35

54. D. Son, A new type of fluxgate magnetometer using apparent coercive field strength measurement, IEEE Tr. on Magnetics, 1989, 25(5), 3420-3422

55. E. F. Walborg, Jr., Extremely Low Frequency Electromagnetics Fields and Cancer: Focus on Tumor Initiation , Promotion, and Progression, NEIVIA, 1991,

56. 박성현, 다꾸치 방법을 중심으로한 응용실험계획법, 영지문화사, 1990.

57. 김기채 , 전파는 위험하지 않은가, 전파과학사, 1991

58. 공업진흥청, 자기: 정밀측정교재 87-013, 1987

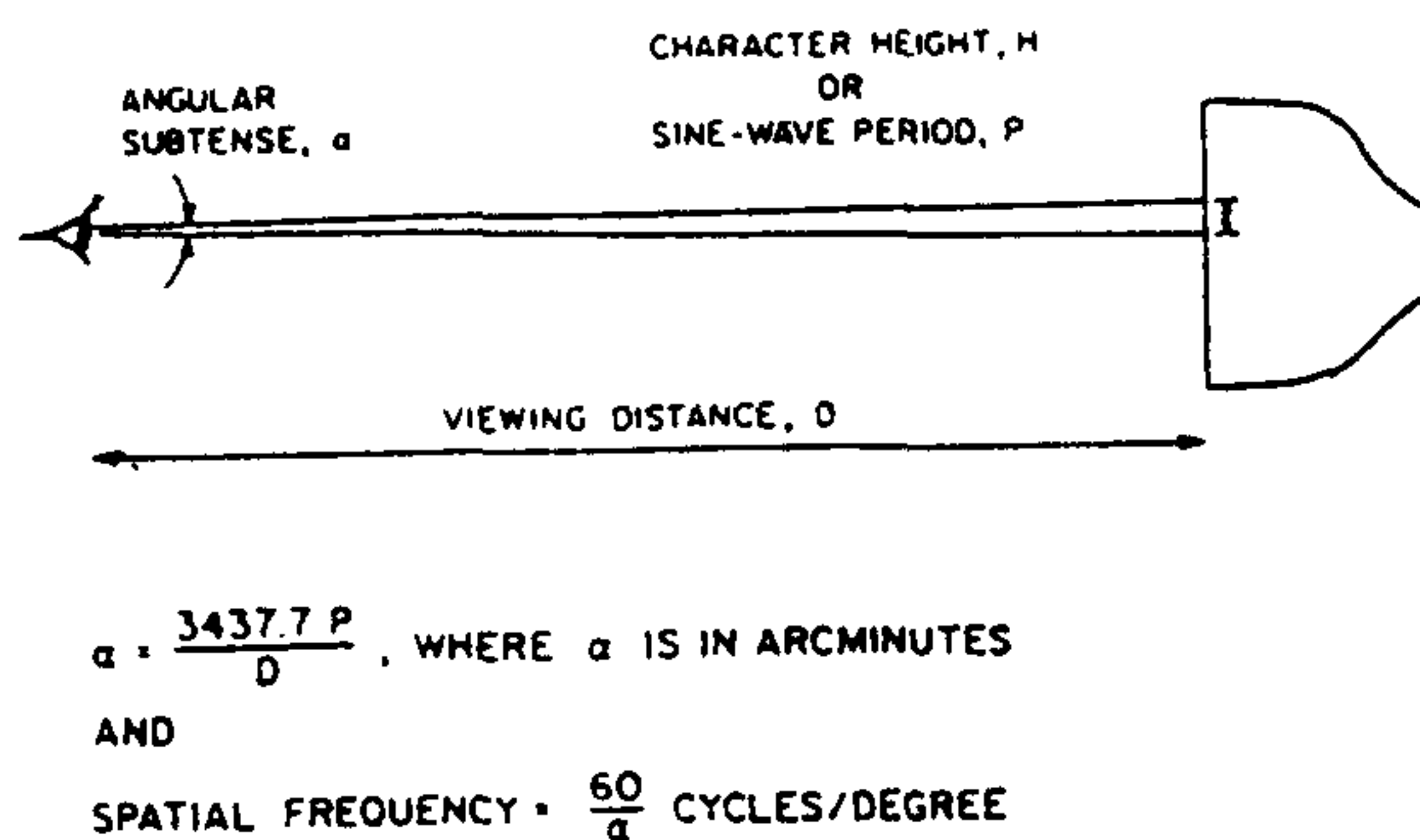
여 백

# 부 록 I

여 백

본 연구에서는 frequency의 단위로 cycle/inch를 사용하였는데 MTFA를 구할때는 cycle/degree 단위가 사용된다.

cycle/inch 를 cycle/degree 로 환산하면 다음과 같다.

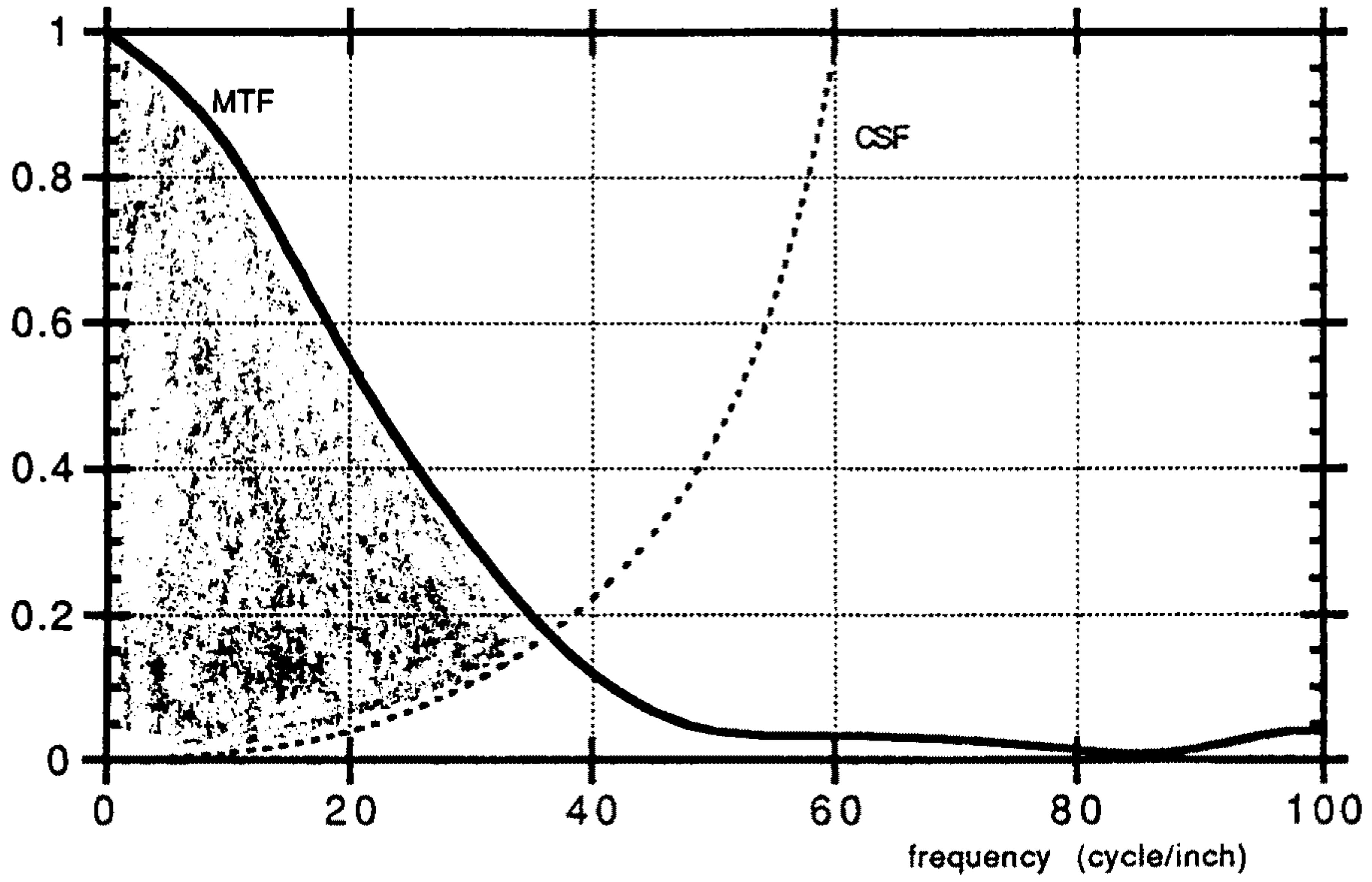


여기서 VDT의 경우 normal viewing distance 는 28 inch이므로 D 대신에 28 inch 를 대입하면

1 cycle/inch = 0.4887 cycle/degree 가 된다.

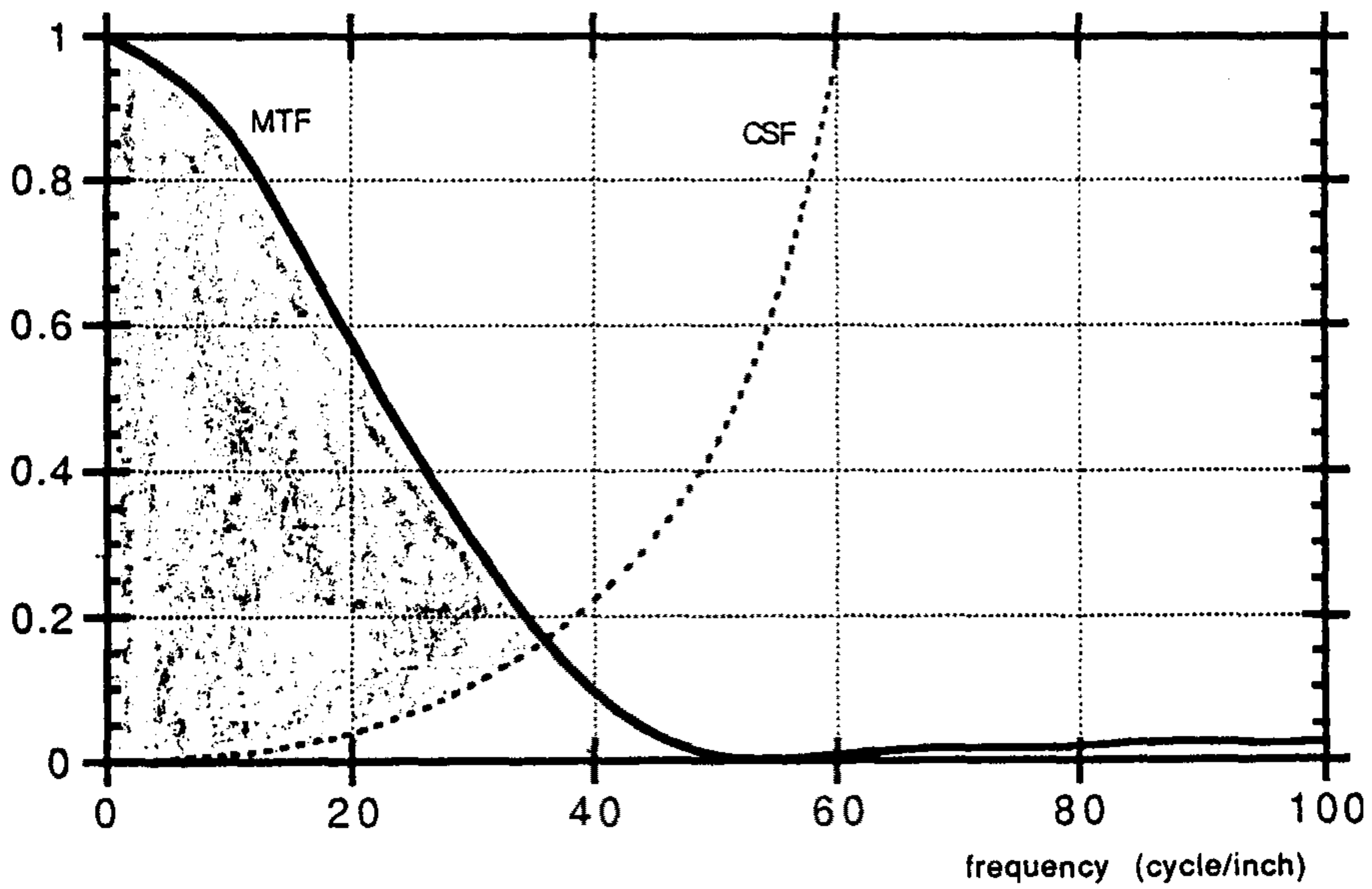
A 모니터 중심지점

MTFA = 10.079710



A 모니터 오른쪽지점

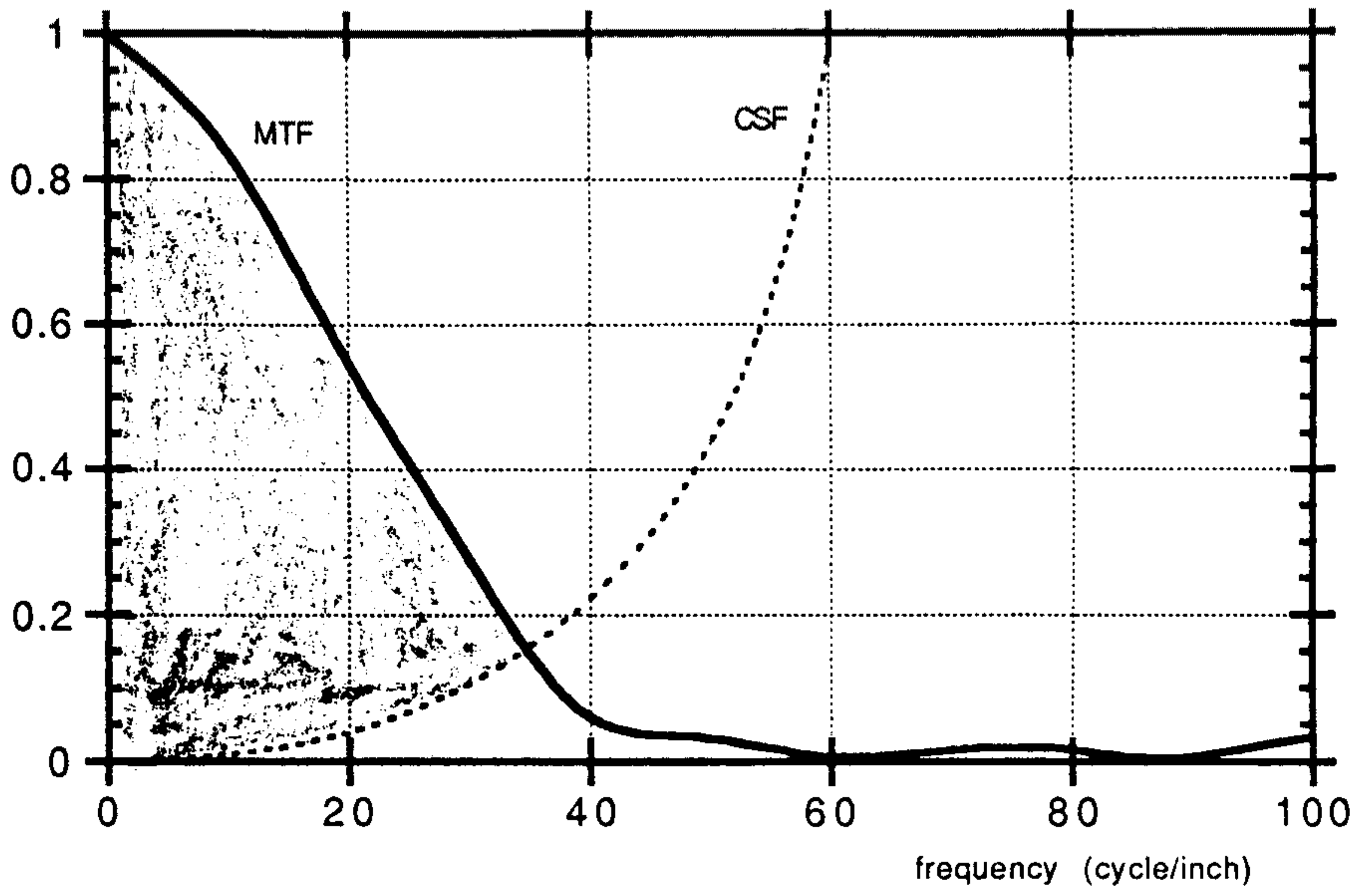
MTFA = 10.383046





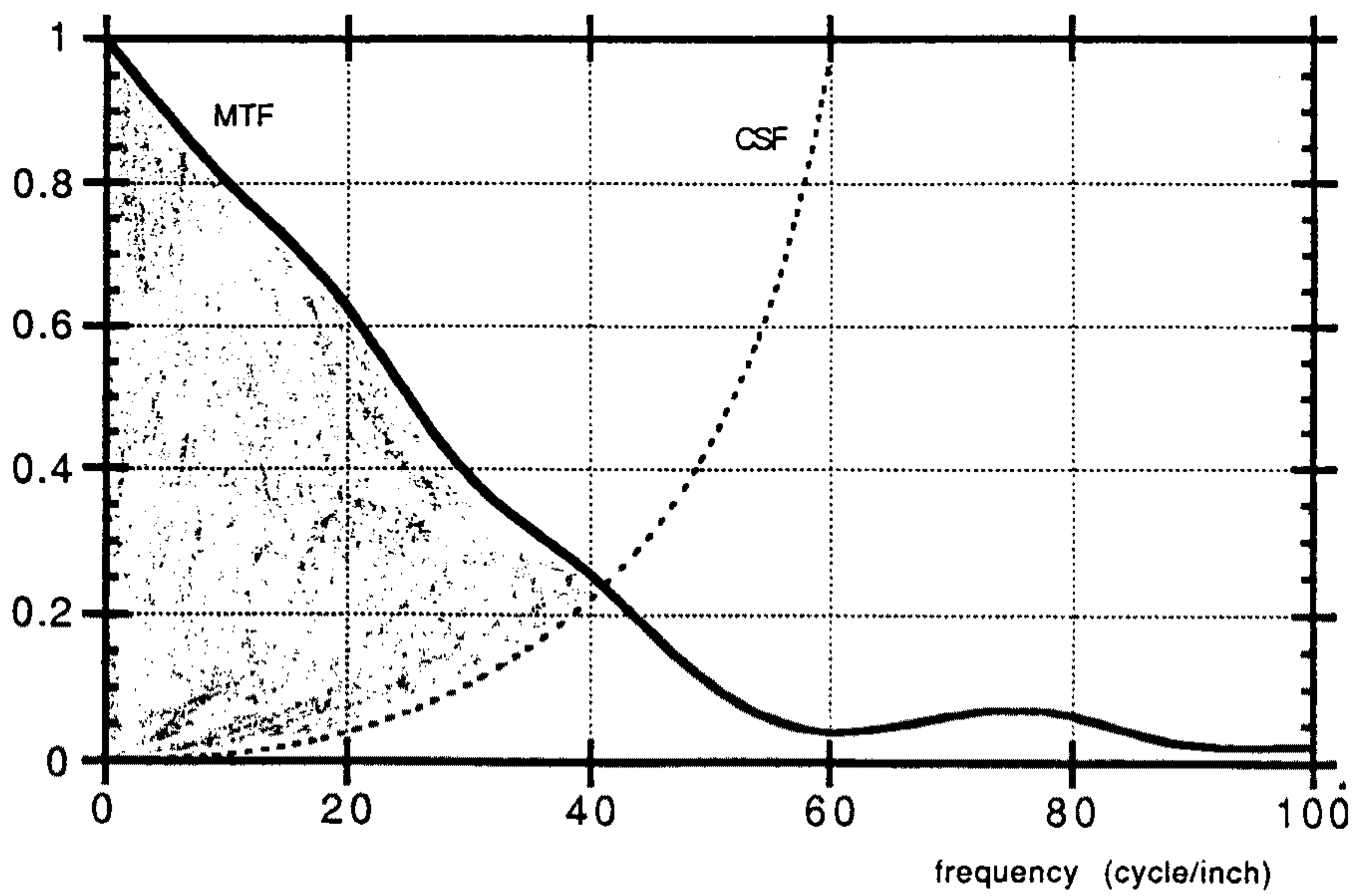
A 모니터 왼쪽지점

MTFA = 9.905098



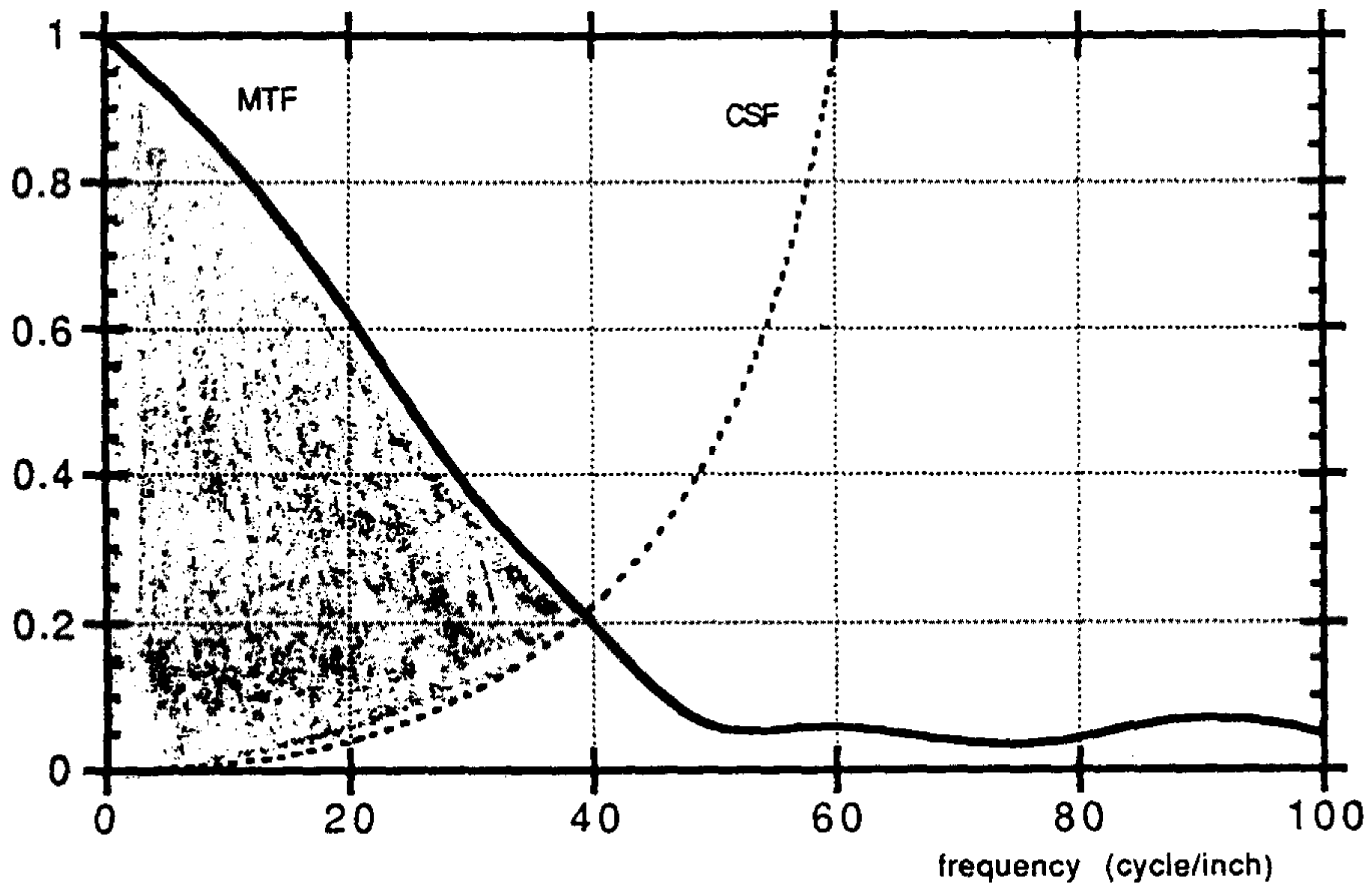
B 모니터 중심지점

MTFA = 10.930682



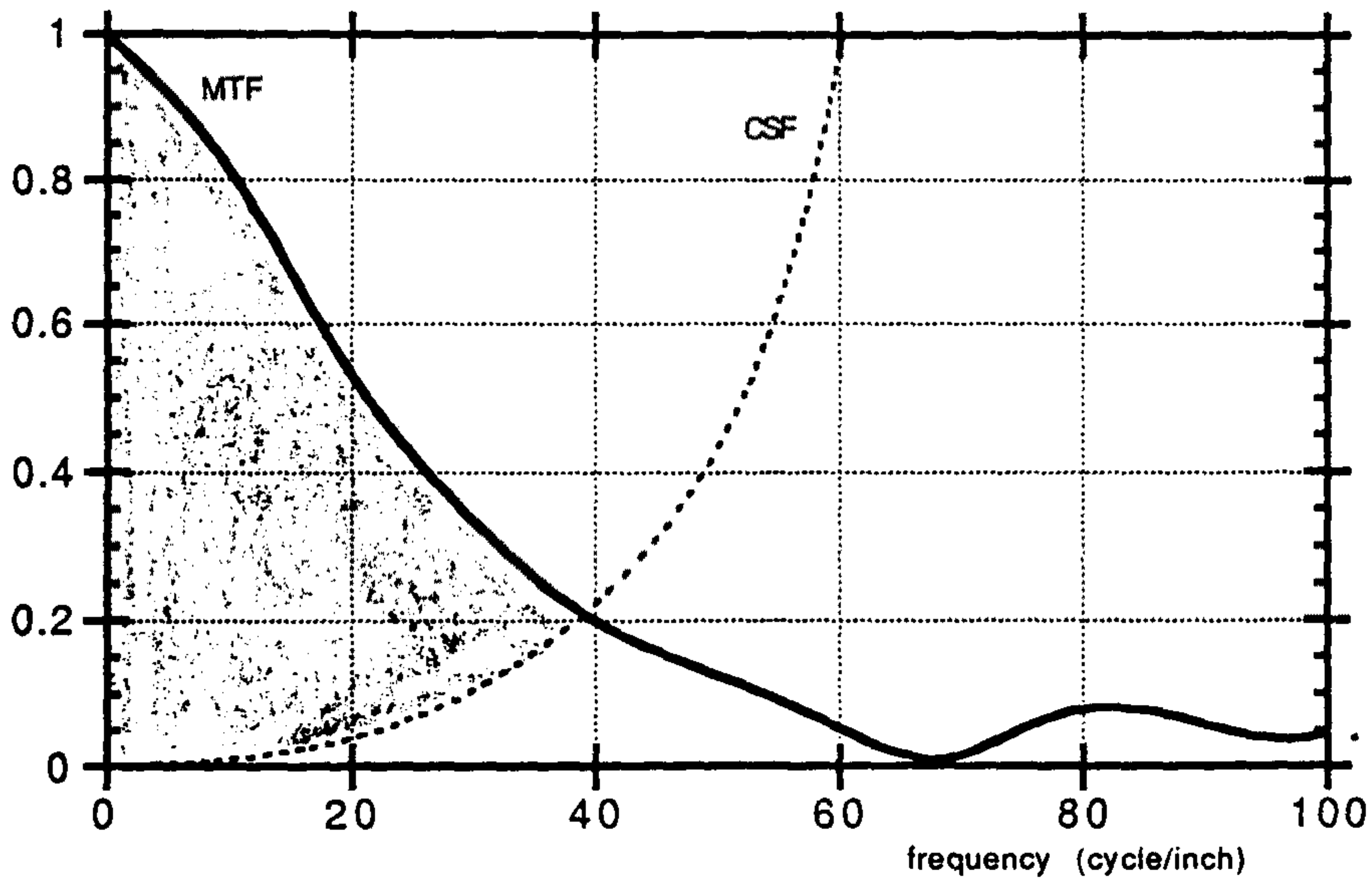
B 모니터 오른쪽지점

MTFA = 10.912991



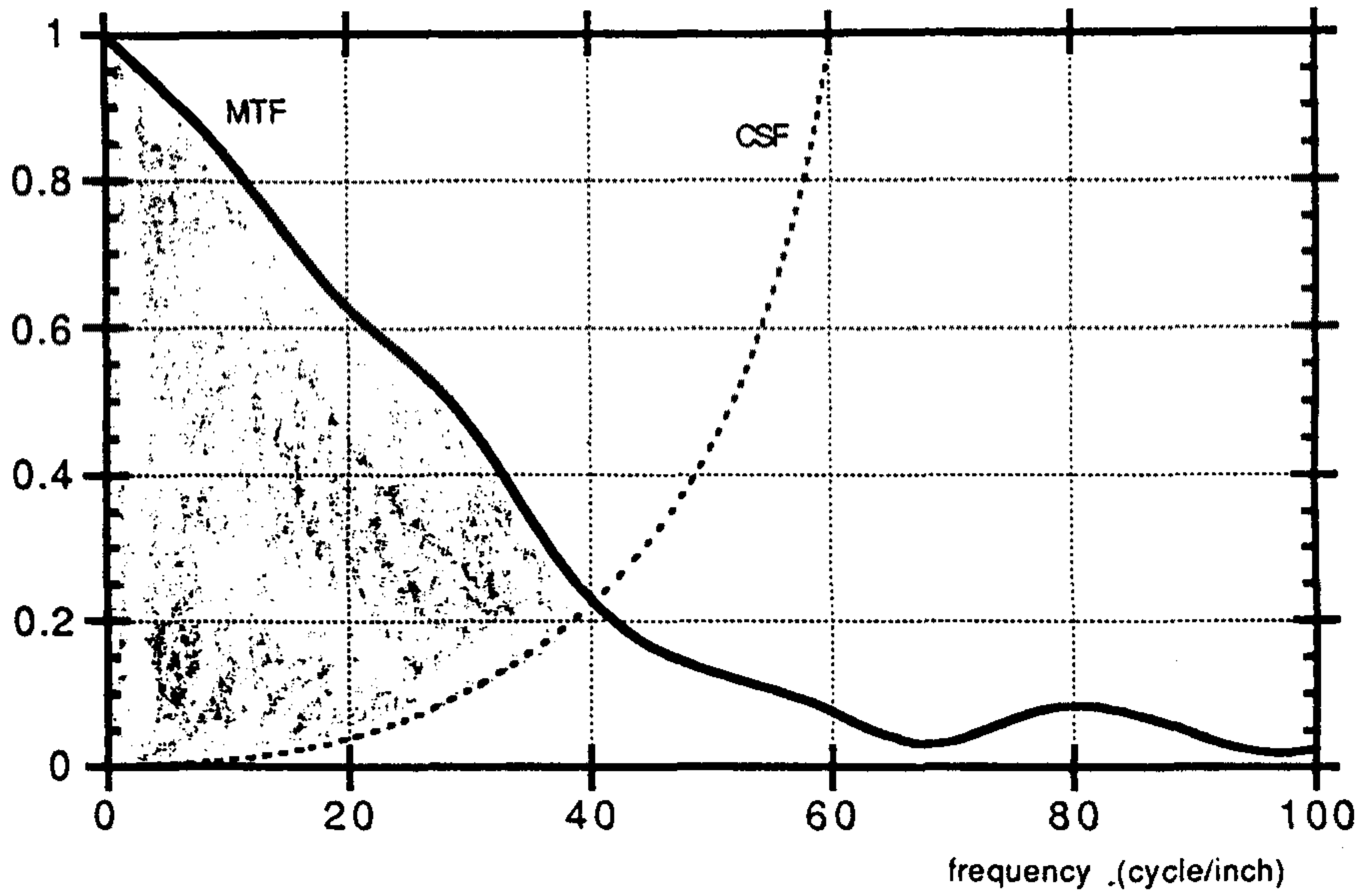
B 모니터 왼쪽지점

MTFA = 10.123888



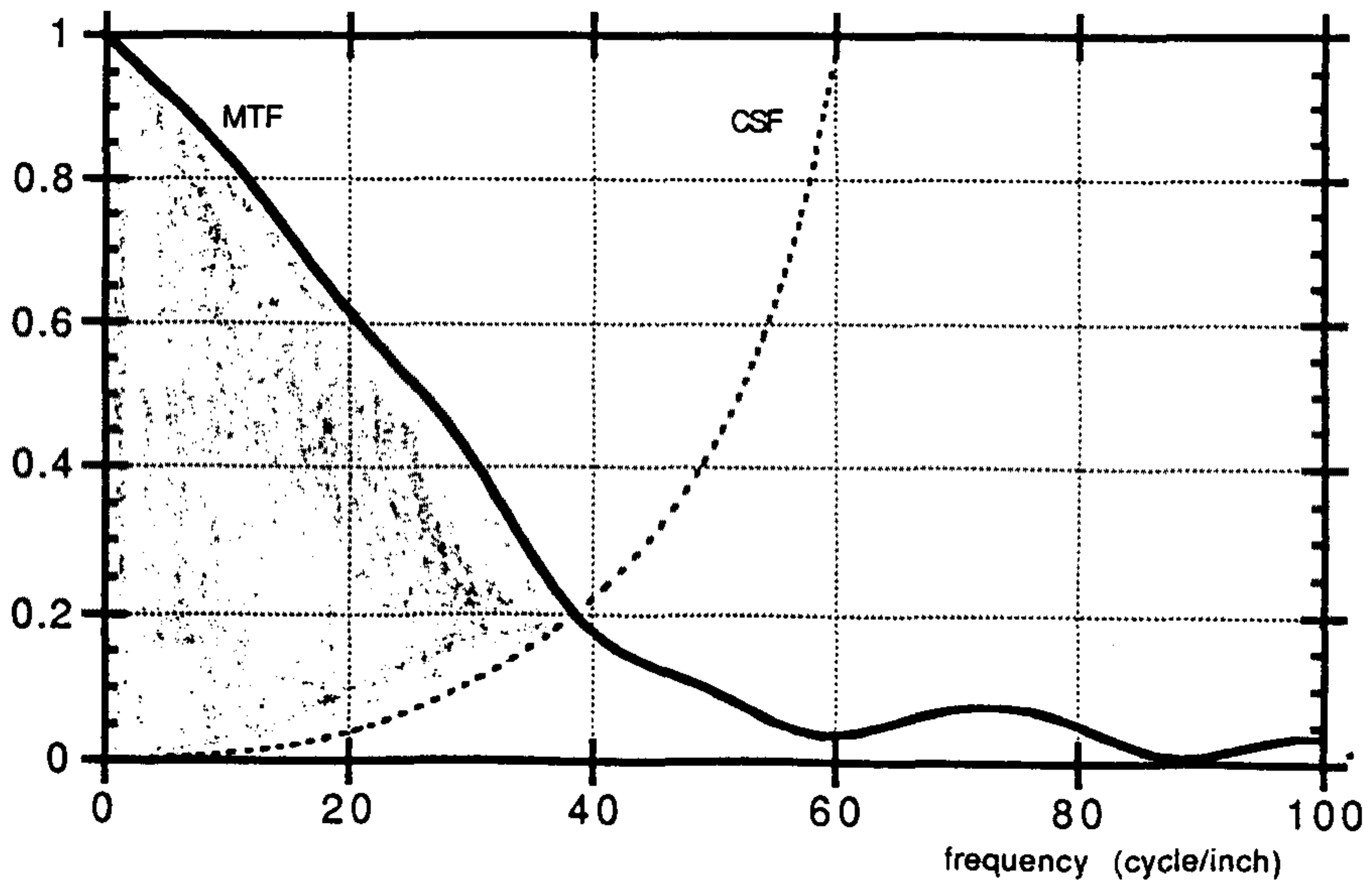
C 모니터 중심지점

$$MTF_A = 11.442447$$



C 모니터 오른쪽지점

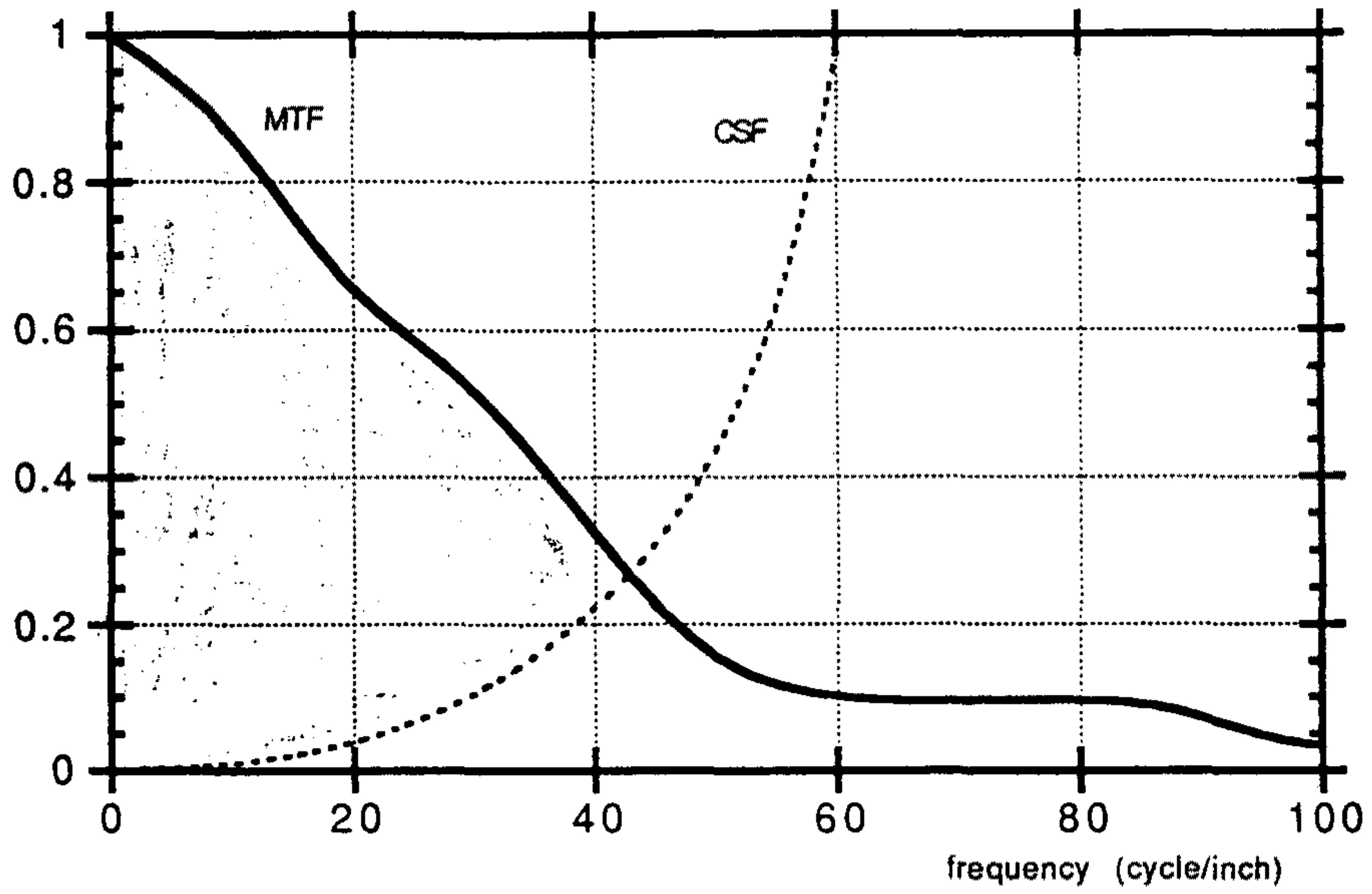
$$MTFA = 10.992209$$



여 백

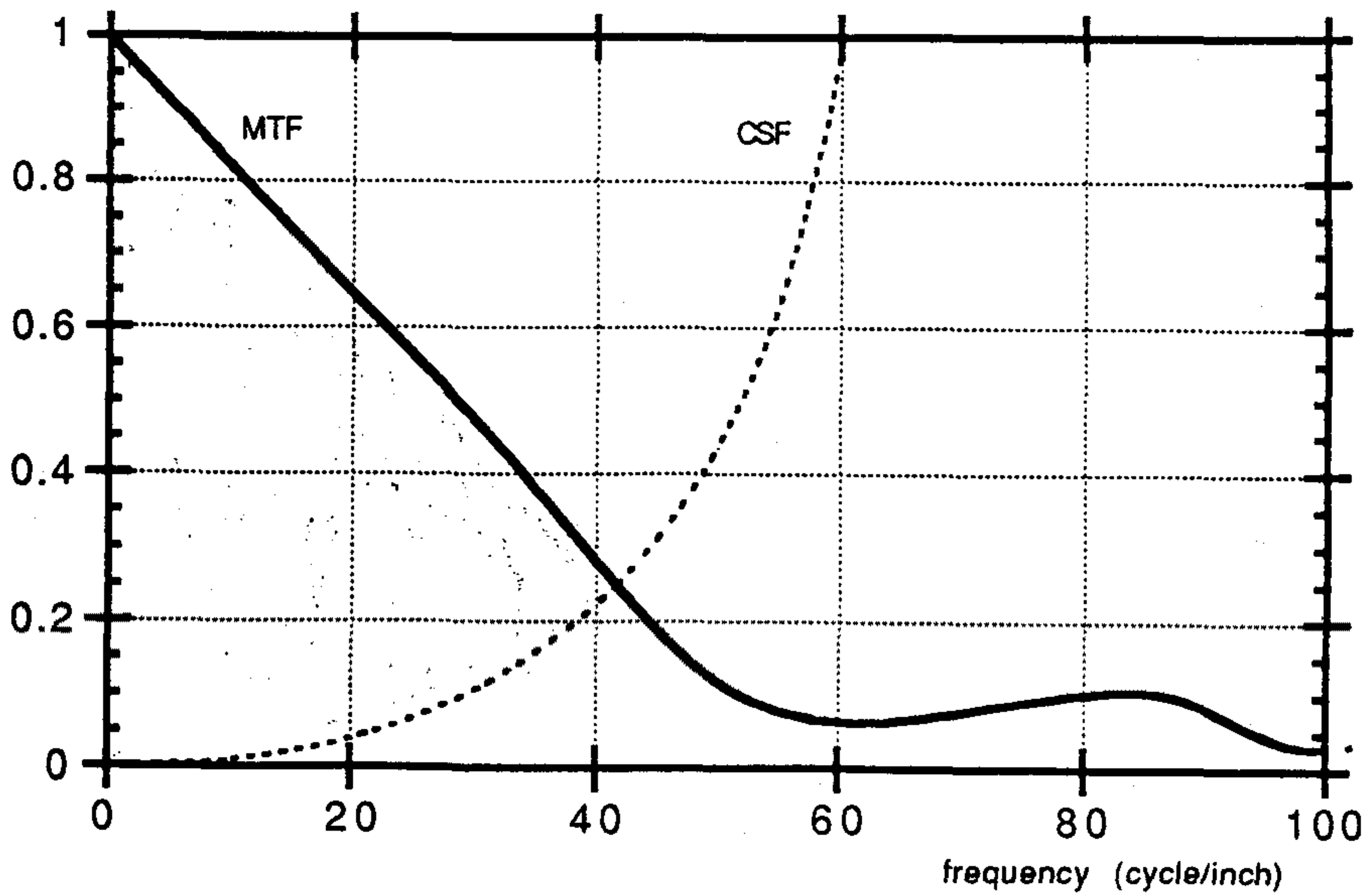
D 모니터 오른쪽지점

MTFA = 12.280028



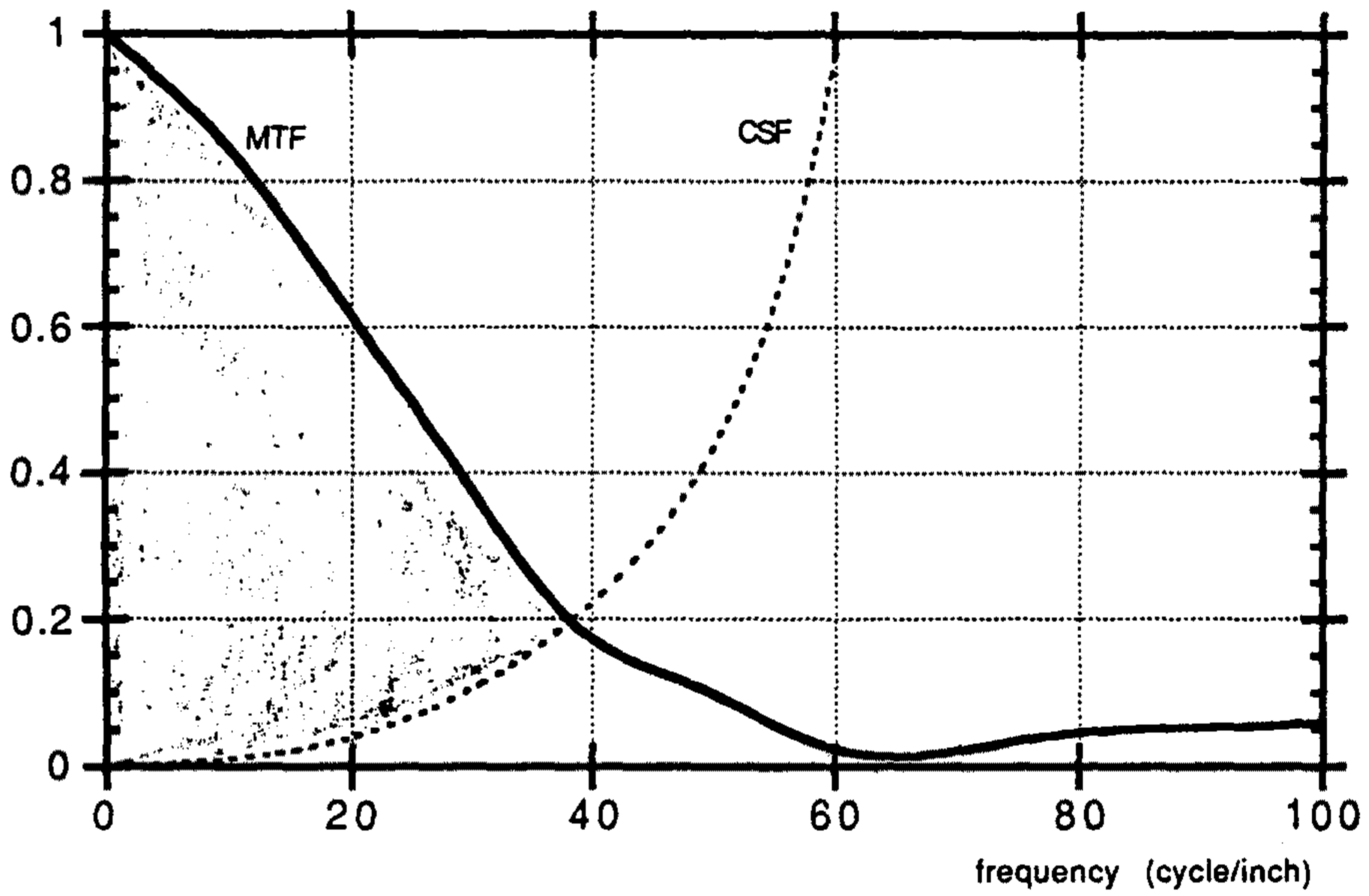
D 모니터 왼쪽지점

MTFA = 11.655667



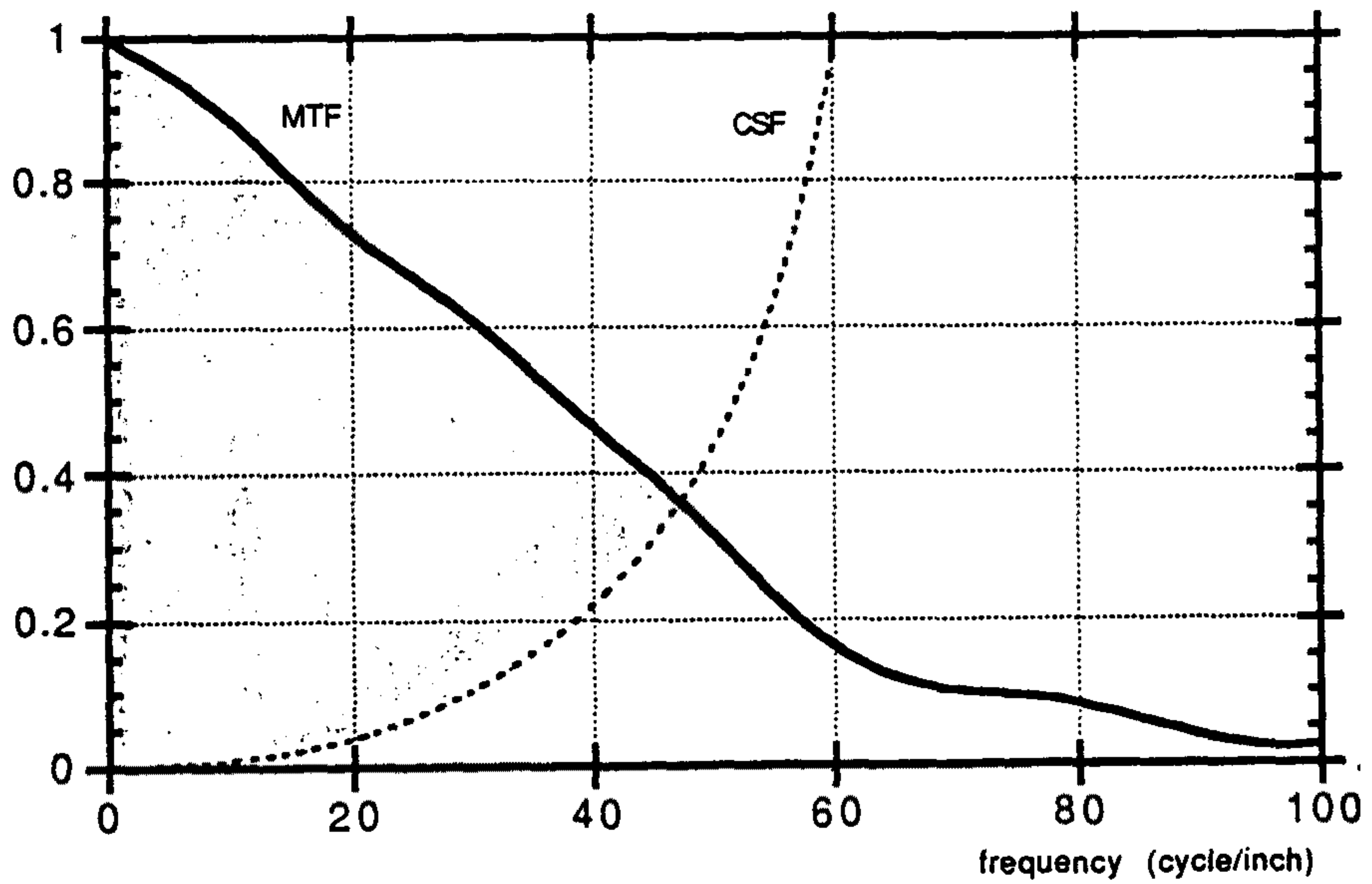
C 모니터 왼쪽지점

MTFA = 10.835923



D 모니터 중심지점

MTFA = 13.899088



# 부 록 II

여 백



실험번호 :

이름: \_\_\_\_\_

측정날짜: 92년 월 일 시

평가 방법	측정 결과						
주관적인 평가  (1) 글씨를 보는데 어려움이 있다. (2) 눈 부근에 이상한 느낌이 든다. (3) 눈이 피로하다. (4) 눈에 경련이 일어난다. (5) 모니터를 보는데 현기증이 일어난다. (6) 머리가 아프다.	10 8 6 4 2 0  -----  매우많다 ← → 매우적다						
	측정 1	측정 2	측정 3	측정 4	측정 5	평균	
객관적인 평가  (1) Flicker (2) Accomodation (3) Convergence (4) Pupil size (5) 시력 (6) Response time (7) Performance error	측정전	측정 1	측정 2	측정 3	측정 4	측정 5	평균

실험번호 : _____
측 정 : _____

이 름: \_\_\_\_\_

주관적인 평가방법

측정일자: 92년 월 일 시

* 각 문항별로 피로정도를 평가하여 보기와 같이 해당 등급에 V 하여 주십시오	
<보기>	매우많다. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 매우적다.
1. 글씨를 보는데 어려움이 있다.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

1. 글씨를 보는데 어려움이 있다. 매우많다.            매우적다.  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

2. 눈 부근에 이상한 느낌이 든다. 매우많다.            매우적다.  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

3. 눈이 피로하다. 매우많다.            매우적다.  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

4. 눈에 경련이 일어난다. 매우많다.            매우적다.  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

5. 모니터를 보는데 현기증이 일어난다. 매우많다.            매우적다.  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

6. 머리가 아프다. 매우많다.            매우적다.  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

KRISS-93-061-IR

VDT Workstation의 인간공학적 설계  
및 평가기술에 관한 연구(최종년도)

A Study on the Ergonomic Design and  
Evaluation of VDT Workstation

연 구 기 관

재단법인 한국표준과학연구원

과 학 기 술 처



BIBLIOGRAPHIC DATA SHEET		1. 관리번호	2. 수행부서 인간공학연구실	3. 발행일 1993. 5
4. 제목/부제 VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (최종보고서)				7. 주제분야 0505
5. 저자(공저자) 김철중, 이남식, 김진호, 박세진, 박수찬, 박재희 조현모, 이윤우, 이회윤.			8. 수행기관 보고서번호 KRISS-93-061-IR	
6. 수행기관(KRISS 이외의 공동 혹은 위촉연구기관) 한국표준과학연구원			9. 계약번호	
			10. 자료내역 3차년도중 최종보고서	
11. 위탁기관 과학기술처				
12. 보충사항				
13. 초록(주요 참고문헌이나 관련문헌이 있을 경우 여기에 명시한다)  VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 최종년도의 연구로 다음과 같은 연구가 수행되었다. ○ Input Device에 대한 인간공학적 평가 - 마우스(mouse)의 특성에 대한 수행능력 평가 - 마우스와 트랙볼(trackball)의 비교 및 평가 ○ 시각피로 측정 및 평가 - 칼라 효과에 따른 시각피로 측정 ○ 전자파 측정 및 보안경 성능 평가기술개발 - 일상 가전제품과 VDT의 전자장, 자기장 측정 및 비교평가 - 보안경 성능 평가 ○ VDT 작업 설계기준				
14. 키워드(6~12개) VDT, 입력장치화질, 시각피로, 전자파, 보안경, Input Device				
15. 배포구분 01		16. 해제기간		17. 면수 164
				18. 가격

<b>BIBLIOGRAPHIC DATA SHEET</b>		1. REPORT NO.	2. PERFORMING LAB. Ergonomics Lab.	3. REPORT DATE 1993. 5.
4. TITLE/SUBTITLE  A study on the Ergonomic Design and Evaluation of VDT Workstation			7. SUBJECT CATEGORY  0505	
5. AUTHOR(S) C.H. Kim, N.S. Lee, J.H. Kim, S.J. Park, H.Y. Lee S.C. Park, J.H. Park, H.M. Cho, Y.W. Lee		8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.  KRISS-93-061-IR		
6. PERFORMING ORGANIZATION NAME  Korea Research Institute of Standards and Science		9. CONTRACT OR GRANT.NO.		
		10. TYPE OF REPORT The 3rd Report of three years		
11. SPONSORING ORGANIZATION Ministry of Science and Technology				
12. SUPPLEMENTARY NOTES				
13. ABSTRACT  As the Final year portion of the 3 year research project, "A study on the Ergonomic Design and Evaluation of VDT Workstation" research was carried out in the following areas <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Evaluations of VDT Input devices <ul style="list-style-type: none"> <li>— Evaluations of task performances of mouse characteristics</li> <li>— Comparisons and Evaluations of task performances of mouse and trackball</li> </ul> </li> <li>○ Measurements and Evaluations of visual fatigue <ul style="list-style-type: none"> <li>— Evaluations of visual fatigue of color characteristics</li> </ul> </li> <li>○ Measurement of electro-magnetic from VDTs and electric products <ul style="list-style-type: none"> <li>— Measurements and evaluations of electro-magnetic for VDTs and electric products</li> <li>— Evaluations of VDT filter</li> </ul> </li> <li>○ Ergonomic guidelines about VDT Workstation design</li> </ul>				
14. KEYWORDS  VDT, Image quality, Visual fatigue, Electro-magnetic field measurements, VDT filter, Input Device.				
15. CLASSIFICATION  01		16. SCHEDULE OF DECLASSIFICATION		17. NO. OF PAGES 164
		18. PRICE		

# 제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 “ VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (최종년도)” 연구사업의 최종보고서로 제출합니다.

1993. 5.

주관연구기관 : 한국표준과학연구원

연구책임자 : 김 철 중

참여연구원 : 이 남 식

김 진 호

박 세 진

박 수 찬

박 재 회

조 현 모

이 윤 우

이 회 윤

# 요 약 문

## I. 제 목

VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가 기술에 관한 연구

## II. 연구의 목적 및 중요성

최근 VDT(Visual Display Terminal)의 사용이 급증함에 따라, VDT 작업능률과 시각피로, 시력장애, 근육통 등과 같은 건강문제 (VDT Syndrome)가 사회문제로 크게 대두되고 있다. 그러나 아직까지 VDT 작업에 대한 연구가 부족하고, 인간공학적인 지침에 의한 작업장 설계도 매우 부족한 실정이다. 따라서 인간의 기능과 특성을 바탕으로 VDT Workstation 설계에 대한 기준 및 평가기술을 개발하여 VDT 사용자의 건강을 보호하고 업무 생산성을 향상시키는 것은 매우 시급한 과제라 할 수 있다.

## III. 연구내용 및 범위

본 연구는 VDT Workstation의 인간공학적인 설계기준을 제시하고 평



가기술을 개발하기 위한 연구로서 다음과 같은 내용에 중점을 두어 연구를 수행하였다.

- Input Device에 대한 인간공학적인 평가
  - 마우스(mouse)의 특성에 대한 수행성능 평가
  - 마우스와 트랙볼(trackball)의 수행성능 비교 및 평가
  
- 시각피로 측정 및 평가
  - 칼라 효과에 따른 시각피로 측정
  
- 전자파 측정 및 보안경 성능 평가기술개발
  - 일상 가전제품과 VDT의 전자기장 측정 및 비교 평가
  - 보안경 성능 평가
  
- VDT 작업에 대한 인간공학적인 설계기준

#### IV. 연구결과 활용방안에 대한 건의

- VDT Workstation의 국가표준 설정 자료로 활용
- VDT 작업환경개선의 기준자료로 활용
- VDT Workstation의 제작시 설계기준으로 활용
- 국가기간전산망 설계기준자료로 활용
- 기타 산업설계시 기술자료로 활용

# SUMMARY

## I. Title

A Study on the Ergonomic Design and Evaluation of VDT workstation.

## II. Objectives and Importance of the study

As the use of VDT's (visual display terminals) in offices and factories is rapidly increasing, work efficiency and occupational health hazards such as visual fatigue, eye strains, headaches, muscular pains, etc. have been closed up as an important social matters. However, only a few field studies on VDT work have been conducted, and ergonomic principles are not well applied to the VDT workstations design in Korea. Therefore, the development of design guidelines and evaluation methods of VDT workstation is important and essential for the work safety and work efficiency of VDT users.

The aim of this study is to present the design criteria and evaluation methods of VDT workstation.

### III. Contents

In order to present design criteria and evaluation methods of VDT workstation, research projects have been conducted in the following subjects during the 3rd year.

- o Evaluations of VDT Input devices
  - Evaluations of task performances of mouse characteristics
  - Comparisons and evaluation of task performances of mouse and trackball
  
- o Measurements and evaluations of visual fatigue
  - Evaluations of visual fatigue of color characteristics
  
- o Measurement of electro-magnetic from VDTs and electric products
  - Measurements and evaluations of electro-magnetic for VDTs and electric products
  - Evaluations of VDT filter
  
- o Ergonomic design guidelines about VDT workstations

## IV. Suggested Applications of the Results

The results of this study is suggested to be applied in the followings

- o To provide criteria or guidelines for establishing the national standards of VDT workstations
- o To provide criteria for the improvement of VDT working environment
- o To utilize it as design criteria in manufacturing VDT workstations
- o To utilize as design guidelines for criteria establishing the nation - wide governmental computer networks

# CONTENTS

Chapter 1. General Overview .....	1
Section 1. Background .....	1
Section 2. Importance .....	2
Section 3. Objectives .....	3
Section 4. Research scope .....	3
Chapter 2. Ergonomic Analysis and Evaluations of Input Device .....	5
Section 1. Introduction .....	5
Section 2. Evaluations of performance of mouse characteristics .....	6
Section 3. Comparisions and evaluations of mouse and trackball .....	17
Section 4. Conclusions .....	24
Chapter3. Visual Fatigues of Color Display .....	26
Section 1. Introduction .....	26
Section 2. Experiment of visual fatigue .....	28
Section 3. Results and analysis .....	33
Section 4. Conclusions .....	37
Chapter 4. Evaluations of Image Quality about Color CRT .....	38
Section 1. Introduction .....	38

Section 2.	MTF measurement device .....	40
Section 3.	MTF measurement .....	53
Section 4.	Conclusions and problems .....	59
Chapter 5.	Measurements and Evaluations of Electro-Magnetic Emission from VDTs .....	60
Section 1.	Introduction .....	60
Section 2.	Measurements and evaluations of electric emission of VDTs .....	62
Section 3.	Measurements and evaluations of magnetic emission of VDTs .....	73
Section 4.	Conclusions .....	88
Chapter 6.	Ergonomic Design Guidelines of VDT Workstations .	92
Section 1.	Introduction .....	92
Section 2.	Comparisons of ergonomic standards of VDT workstations .....	94
Section 3.	Summary of studies on ergonomic standards of VDT workstations .....	96
Chapter 7.	Suggested application of research results .....	99
Reference	.....	100
Appendixes	.....	107

# 목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구의 배경	1
제 2 절 연구개발의 필요성	2
제 3 절 연구개발의 목표	3
제 4 절 연구개발의 내용 및 범위	3
제 2 장 입력장치의 인간공학적인 분석 및 평가에 관한 연구	5
제 1 절 서론	5
제 2 절 마우스의 특성에 대한 성능 평가	6
제 3 절 마우스와 트랙볼의 성능에 대한 비교 평가	17
제 4 절 결론	24
제 3 장 칼라표시장치에서의 시각피로	26
제 1 절 서론	26
제 2 절 시각피로 실험	28
제 3 절 실험결과 및 분석	33
제 4 절 결론	37
제 4 장 칼라 CRT의 화질평가에 관한 연구	38

제 1 절 서론	38
제 2 절 MTF 측정장치	40
제 3 절 MTF 측정	53
제 4 절 결론	59
<b>제 5 장 VDT 전자파 측정 및 평가</b>	<b>60</b>
제 1 절 서론	60
제 2 절 VDT 전기장 측정 및 평가	62
제 3 절 VDT 자기장 측정 및 평가	73
제 4 절 결론	88
<b>제 6 장 VDT 작업의 인간공학적 설계지침</b>	<b>92</b>
제 1 절 서론	92
제 2 절 VDT 작업 관련 표준의 비교	94
제 3 절 VDT 작업표준 연구결과 요약	96
<b>제 7 장 연구결과 활용에 대한 건의</b>	<b>99</b>
<b>참고문헌</b>	<b>100</b>
<b>부 록</b>	<b>107</b>



# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경

1960년 초반 VDT(Visual Display Terminal)가 처음으로 이용된 이후 매우 빠른 속도로 보급되어 20세기에 가서는 북미 작업장의 60% 이상이 VDT를 사용할 것이라고 예상한다. 컴퓨터의 도입에 의한 빠른 기술 발전은 산업환경 뿐만 아니라 사무작업장도 변화시켰다.

우리나라에서도 개인용 컴퓨터 (PC)를 포함한 컴퓨터의 사용이 보편화됨에 따라 이미 백만대가 넘는 컴퓨터 단말기 (VDT : Visual Display Terminal)가 국내에 보급되고 있으며 국가기관 전산망의 추진과 더불어 정부기관, 교육기관, 금융기관 등과 공중통신망을 통한 각종 자료서비스가 가능해짐으로써 각 가정에서도 컴퓨터의 보급속도나 사용자의 수가 급격히 증가 될 것으로 예상된다.

VDT작업은 작업특성 때문에 기존의 사무형태와는 작업형태나 내용, 작업부하 (workload) 등이 상당히 다르다. 그러나 VDT작업자에 대한 작업 지침이나 표준이 시행되지 않아 소위 VDT증후군 ( VDT Syndrome)이 새로운 사회문제로 대두되고 있다. 선진국에서는 이미 70년대 말에서 80년대 초반에 걸쳐 VDT 작업이라는 새로운 작업환경 때문에 발생할지도 모르는 건강상의 위협으로 부터 작업자를 보호하기 위하여 법령과 규제, 표준, 사용지침을 마련하였다. 우리나라에서도 VDT작업자들의 안전보건에 대한 관심이 높아짐에 따라 한국산업안전공단에서 “VDT작업관리지침” (1989), 보건사회부에서 “VDT작업과 눈의 보호” (1990), 한국전산원에서

“VDT작업환경 지침연구”(1990) 등을 발간하였다.

그러나 아직 우리나라 VDT작업자들에 대한 체계적이고 과학적인 연구가 부족하였다. 또 작업안전 측면에서 시력장애와 근.골격장애가 가장 큰 문제로 나타났으며 전자파에 대한 우려도 매우 높게 나타났다. 그러므로 우리나라 사람의 특성에 맞는 VDT 작업환경에 대한 구체적인 연구가 요구된다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

VDT의 사용과 관련하여 가장 빈번하게 지적되는 직접적인 영향은 시각적인 피로(visual strain)와 근골계의 피로(musculo-skeletal strain)이며 간접적인 영향으로는 정신적인 스트레스(emotional discomfort)와 이에 대한 반응으로 아드레날린 증가와 소화불량 등을 들수 있다. 이러한 문제들은 주로 부적합한 작업환경, 작업 불만, 과도한 업무량 등으로 기인 된다. VDT 작업자에 대한 조사에서 시각계의 불쾌감이나 이상 등의 호소는 매우 일반적이다. 또 대부분의 조사에서 VDT 작업과 관련하여 목, 어깨, 팔, 손 등과 허리의 통증과 불만을 많이 호소하였다[Hunting et al., 1980]. 과도한 작업부하, 지속적인 작업, 반복적이며 단조로운 작업, 재량권이 부족한 업무 등은 정신적인 스트레스와 관련이 많은 것으로 나타났다 [Johnsson and Anderson, 1980; Smith et al., 1984]. 최근 가장 관심을 끌고 있는 것은 유해방사선이나 전자파에 대한 논란인데, VDT로 부터 방사되는 모든 종류의 전자기파가 인체에 어느 정도 유해한 것인가에 대한 것으로 아직 확실한 연구 결과는 발표되지 않았다.

을 수행하기 위해서는 VDT 작업과 작업환경에 대한 인간공학적인 설계기준이 필요하다. 미국의 경우에는 1988년에 미국인간공학회(The Human Factors Society)와 ANSI(American National Standards Institute)가 공동으로 American National Standard for Human Engineering of Visual Display Terminal을 제정하였으며, 우리나라에서도 이러한 기준에 대한 요구가 점차 커지고 있는 실정이다.

### 제 3 절 연구개발의 목표

본 연구의 목적은 우리나라 VDT 작업장에 대한 실태조사를 통하여 문제점을 파악하고 시각적 피로, 근골계의 피로, 입력장치의 평가, 전자기장 측정 등의 연구를 통하여 VDT Workstation의 인간공학적 설계기준을 제시하는데 있다.

### 제 4 절 연구개발의 내용 및 범위

본 연구개발의 목표를 달성하기 위한 구체적인 연구개발 내용 및 범위는 다음과 같다.

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1990년)	VDT 작업대 및 의자의 인간공학적 설계 및 평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ VDT 사용자 환경 실태조사</li> <li>○ 사용자의 인체치수, 동작범위 측정</li> <li>○ VDT Workstation의 최적치수 결정</li> <li>○ 연구용 Workstation 제작</li> </ul>
2차년도 (1991년)	Display의 인간공학적 평가기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Display 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 흑백모니터의 MTF 측정방법</li> </ul> </li> <li>○ 시각피로 측정평가 방법</li> <li>○ 보안경 성능 평가</li> </ul>
3차년도 (1992년)	VDT 작업 측정기술 표준화 및 VDT 작업 표준개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ VDT 전자파 측정</li> <li>○ 칼라 화질평가 방법</li> <li>○ Input Device 평가방법</li> <li>○ VDT 작업 설계기준</li> </ul>

# 제 2 장 입력장치의 인간공학적 분석 및 평가에 관한 연구

## 제 1 절 서론

컴퓨터 시스템의 사용자는 여러가지 입력장치들을 이용하여 특정한 작업을 수행하게 된다. 입력장치로는 전형적인 문자 입력장치인 키보드를 포함하여 그래픽작업을 위해 필요한 입력장치인 라이트펜(Light Pen), 마우스(Mouse), 조이스틱(Joystick), 트랙볼(Trackball), 터치스크린(Touch Screen) 등과 디지털타이저(Digitizer), 영상입력장치가 있다. 가장 일반적으로 사용되고 있는 입력장치로는 마우스와 작업공간을 최소화 할 수 있는 트랙볼이라 할 수 있다. 마우스나 트랙볼의 기본적인 작업 기능으로서는 pointing, dragging, clicking 등으로 볼수 있는데 마우스의 경우 다른 입력장치들보다 이러한 기능면에서 우수한것으로 평가 되어지고 있다[Gillan et al.,1990].

Target acquisition 작업에 대한 성능비교연구로써 Albert는 터치스크린, 라이트펜, 그래픽 타블렛, 트랙볼, 조이스틱, 커서위치키 등 7개의 입력장치를 비교분석하여 터치스크린과 라이트펜의 성능이 우수함을 밝혔다[Albert,1982]. 또한 Card 등은 Text를 선택하는 작업에 대해 마우스, 조이스틱, 텍스트키, 스텝키 등 4개의 입력장치를 비교분석하여 마우스의 성능이 우수함을 밝혔다[Card et al.,1978]. Pointing과 Dragging 작업에 대한 성능 비교 연구로는 이남식 등이 마우스와 트랙볼을 사용하여 C/D비효과와 이동방향의 효과에 대해서 성능을 비교하여 트랙볼보다는 마우스가

우수한 입력장치임을 보여주었다[이남식 등저,1991]. Gillan 등은 마우스를 사용하여 Pointing과 Dragging 작업에 대한 비교를 Fitt's Law를 적용하여 Pointing, Dragging 작업 특성을 밝혔다[Gillan et al.,1990]. MacKenzie 등의 연구에서는 마우스,트랙볼,타블렛 등 3개의 입력장치를 사용하여 pointing과 dragging 작업을 하였을때 마우스와 타블렛이 Pointing작업에서 우수한것으로 나타났으며 Dragging 작업에서는 dropping에러가 상대적으로 적은 타블렛이 마우스나 트랙볼에 비해 우수한것으로 나타났다 [MacKenzie et al.,1991].

이러한 입력장치들을 이용하여 작업내용별로 성능을 비교하는 분야는 HCI(Human Computer Interaction)의 중요한 연구과제로 다루어져왔다.

제 2장에서는 위의 연구들을 바탕으로 흔히 사용되고 있는 마우스와 트랙볼을 사용하여 마우스의 형태와 작업공간이 사용자의 성능에 미치는 영향에 관하여 조작의 기본인 pointing과 dragging 작업에 대한 성능을 비교 분석하여 평가 하고자 하였다.

## 제 2 절 마우스의 특성에 대한 성능평가

### 2.1 Parameter 설계

일반적으로 마우스의 종류에는 설계 메카니즘에따라 기계식 마우스, 광마우스, 광기계식 마우스 등으로 분류 할 수 있는데 본 연구에서 사용된 기계식 마우스의 경우 볼의 위치, 감도(sensitivity), 마우스의 모양(shape), C/D비 등이 작업에 영향을 미치게 된다. 또한, 패드의 크기, 패드의 거칠기 등도 중요한 요소중의 하나이며 작업내용에서는 이동방향(각도), 이동거리, 표적너비등은 직접조작방식을 설계하는데 필요한 파라메타(parameter)

이다. 본 실험에서는 마우스의 모양이 작업수행에 영향을 미치는지를 알아보려고 하였으며 또한, 작업공간 차이에 대한 비교를 위하여 패드의 크기가 작업 수행에 어느 정도 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 본 실험을 위해서 다구짜 실험계획을 이용하여 설계변수를 디자인 하였는데 내적 배열로는(A:마우스의 모양, B:C/D비, C:패드의 크기, D:이동거리) 4개의 변수를 주었으며 외적 배열로는(M:표적너비, N:이동방향) 2개의 변수를 주었다(표 2-1 참조). 다음은 내적 배열 변수를 나타낸 것이다.

- o A : 마우스의 모양(3개의 마우스는 3 button식 L사 제품)
  - A0 : M-CT13(그림 2-1 참조)
  - A1 : M-RB24(무선 마우스, 그림 2-1 참조)
  - A2 : M-MD15L(그림 2-1 참조)
- o B : C/D비(mickey 단위당 pixel 이동거리수)
  - B0 : C/D비 4(빠름)
  - B1 : C/D비 10(보통)
  - B2 : C/D비 16(느림)
- o C : 패드의 크기(패드는 동일한 표면조건을 갖는 패드로서 표면은 천으로 덮여진것을 사용)
  - C0 : 18cm x 14cm
  - C1 : 22cm x 17cm
  - C2 : 25.5cm x 20cm
- o D:이동거리
  - D0 : 256 pixel
  - D1 : 384 pixel
  - D2 : 512 pixel

표 2-1. 마우스 성능 평가 실험의 설계변수와 수준

배 치	설계변수	수 준		
		0	1	2
내적배열 (inner array)	A: 마우스의 모양 B: C/D비 C: 패드의 크기 D: 이동거리*	Type I 4(빠름) 18 x 14cm 256	Type II 10(보통) 22 x 17cm 384	Type III 16(느림) 25.5 x 20cm 512
외적배열 (outer array)	M: 표적너비* N: 이동방향	16 좌-우	32 좌상-우하	48 상-하

\* 이동거리, 표적너비 설계변수의 단위:pixel

## 2.2 실험방법

### 1) 피실험자

피실험자는 마우스를 사용한 경험이 있는 사람으로써 13명(남자 8명, 여자 5명)을 대상으로 하였다. 피실험자의 연령은 24세-45세였으며 실험조건 (A0,B0,C0,D0,M0,N0)에서의 예비 실험 결과 13명의 피실험자 변동은 표 2-2와 같았다.

표 2-2. 피실험자의 변동결과

작 업	평 균	표준편차	모변이계수(c)
Pointing	2.143	0.689	0.322
Dragging	2.004	0.465	0.232

신뢰수준은  $t = \sqrt{n} d/c$  의 식에 의해서 구하였다.

n=13명, d=0.1 (1초당 0.1오차)로 하였을때 pointing 작업의 신뢰수준은 t=1.120(약74%), dragging 작업의 신뢰수준은 t=1.554(약(87%)가 된다.



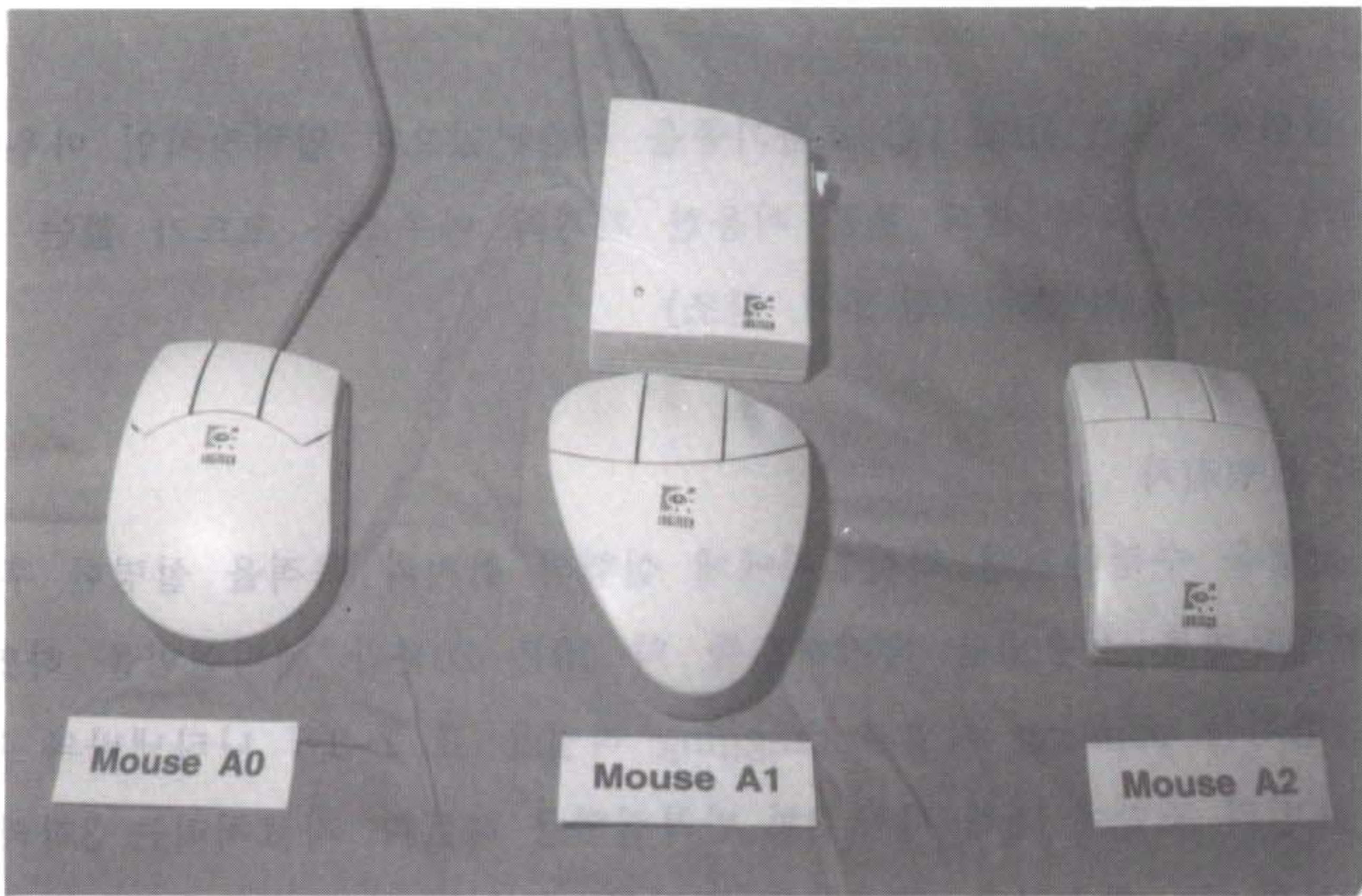


그림 2-1. 입력장치(마우스)



그림 2-2. 실험장면

## 2) 실험장비

실험장비로는 IBM PC 호환기종을 사용하였으며 입력장치인 마우스는 L사의 제품으로써 불과 톨을 이용한 기계식 마우스와 코드가 없는 무선 마우스를 사용하였다(그림 2-1. 참조)

## 3) 실험절차

실험을 수행하기전 피실험자에게 실험의 취지와 목적을 설명한 후 각 작업내용별로 사용법을 숙지하도록 약 10분-20분간 예비실험을 하였다. 피실험자는 pointing 작업과 dragging 작업을 표 2-3에 나타낸바와 같이 각 요인의 조합에 대해 각각 3회 반복실험을 하였다. 자료처리는 3회의 반복 실험 중 최소치와 최대치를 제외한 중앙값(median)을 사용하였으며 outlier check를 위해서 평균에서 3배의 표준편차 범위를 벗어나는 경우에는 재실험을 하도록 하였다. 피실험자의 작업수행시간이 약 1시간 정도 소요되므로 작업수행중 피실험자가 자유롭게 휴식을 취하도록 하였으나 5분을 초과하지 않도록 하였다.

## 2.3. 실험결과 및 설계변수의 최적수준 결정

### 1) Pointing 작업의 분산분석

분산분석을 실시하기위하여 각 Task별 설계변수(A, B, C, D)에 대한 pointing과 dragging의 SN비를 다음의 식에 의해 구하면 표 2-3 과 같다.

$$SN비 = -10 \log \sum_{i=1}^n y_i^2/n \dots\dots\dots (2.1)$$

표 2-3. 마우스 성능평가 실험 SN비(L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 사용)

요인배치	A	B	C	D	SN비 = $-10 \log(\frac{\sum_{i=1}^{117} y_i^2}{117})$	
열번호 Task	1	2	3	4	Pointing	Dragging
1	0	0	0	0	-4.244	-5.072
2	0	1	1	1	-3.874	-5.187
3	0	2	2	2	-4.717	-6.320
4	1	0	1	2	-6.347	-7.224
5	1	1	2	0	-3.665	-4.968
6	1	2	0	1	-4.348	-5.746
7	2	0	2	1	-5.972	-6.257
8	2	1	0	2	-4.437	-6.177
9	2	2	1	0	-2.987	-5.252
	합 계				-40.591	-52.203

또한, 각 수준의 3개 SN비 합을 구해 보면 표 2-4와 같으며 설계변수의 변동을 구하여 분산분석표를 작성하면 표 2-5와 같다. 여기서 V에 0표된것은 오차항에 풀링하여 오차항(e)를 만든것이며 각 변수의 변동(S)은 다음의 식에 의해 구하였다.

$$S_A = \frac{(-12.835)^2 + (-14.360)^2 + (-13.396)^2}{3} - \frac{(-40.591)^2}{9} = 0.400 \dots(2.2)$$

$$S_B = \frac{(-16.536)^2 + (-11.976)^2 + (-12.052)^2}{3} - \frac{(-40.591)^2}{9} = 4.599 \dots(2.3)$$

$$S_C = \frac{(-13.029)^2 + (-13.208)^2 + (-14.354)^2}{3} - \frac{(-40.591)^2}{9} = 0.345 \dots(2.4)$$

$$S_D = \frac{(-10.896)^2 + (-14.194)^2 + (-15.501)^2}{3} - \frac{(-40.591)^2}{9} = 3.755 \dots(2.5)$$

표 2-4. Pointing 작업의 설계변수 수준별 SN비

설계변수		A	B	C	D	합 계
수 준	0	-12.835	-16.536	-13.029	-10.896	-40.591
	1	-14.360	-11.976	-13.208	-14.194	
	2	-13.369	-12.052	-14.354	-15.501	

표 2-5. Pointing 작업의 분산분석표

요 인	S	$\phi$	V	F <sub>0</sub>
A	0.400	2	0.200 o	-
B	4.599	2	2.300	12.366*
C	0.345	2	0.173 o	-
D	3.755	2	1.878	10.097*
(e)	(0.745)	(4)	(0.186)	
T	9.097	8		

\*는 유의수준 (p<0.05)

표 2-5 에서 보면 유의한 설계변수는 C/D비(B)와 이동거리(D)로써 pointing 작업에 영향을 미치는것으로 나타났으며 마우스의 모양(A)이나 패드의 크기(C)는 변동이 적어 오차항에 풀링되었다. 마우스의 모양이나 패드의 크기는 pointing작업에 유의한 영향을 미치지 않는것으로 나타났으며 C/D비가 10(보통), 이동거리가 짧을수록 작업 수행 성능이 우수한것으로 나타났다. 유의한 영향을 미치지 않지만 마우스 Type I(A0)과 패드의 크기가 가장 큰 경우(C2)일때 작업 수행 성능이 우수한것으로 나타났다.

## 2) Dragging 작업의 분산분석

Pointing 작업에서와 같이 설계변수 (A,B,C,D)의 각 수준에 대한 3개의 SN비 합을 구하면 표 2-6과 같다. 표 2-6으로부터 설계변수의 변동을 식 (2.2)에서 식 (2.5)와 같은 방법으로 구하여 분산분석표를 작성하면 표 2-7과 같다.

표 2-6. Dragging 작업의 설계변수 수준별 SN비

설계변수	A	B	C	D	합 계	
수	0	-16.579	-18.553	-16.995	-15.292	-52.203
준	1	-17.938	-16.332	-17.663	-17.190	
	2	-17.686	-17.318	-17.545	-19.721	

표 2-7 Dragging 작업의 분산분석표

요 인	S	$\phi$	V	F <sub>0</sub>
A	0.348	2	0.174 o	-
B	0.825	2	0.413	3.824
C	0.085	2	0.043 o	-
D	3.291	2	1.646	15.241**
(e)	(0.433)	(4)	(0.108)	
T	4.549	8		

\*\* 유의수준 ( $p < 0.01$ )

표 2-7에서보면 유의한 설계변수는 이동거리(D)로서 이동거리가 짧을 수록 작업 수행 성능이 우수하다. 또한 C/D비도 3이상으로서 작업 수행에 큰 영향을 미치고 있다. pointing 작업에서와 유사하게 마우스의 모양(A), 패드의 크기(C)의 변동이 작아 오차함에 풀링되었다. 그러나 C/D비가 유의하지 않게 나타났는데 그 원인은 작업내용상 dragging 작업이

pointing 작업보다 난이도가 높기때문인 것으로 판단된다. 작업수행에 있어서 pointing과 마찬가지로 dragging 작업에서도 표 2-6에 나타난것과 같이 크게 유의한 영향을 미치는 이동거리(D)가 짧을수록 성능이 우수하며, C/D비는 10일때, 마우스는 Type I(A0)일때, 패드의 크기는 클수록 우수한 것으로 나타났다.

### 3) Task별 작업 수행 시간 비교

모든 Task에서 pointing 작업이 dragging 작업보다 우수하게 나타났다 (그림 2-8, 표 2-8 참조). 이는 앞에서도 언급하였지만 작업의 난이도 차이에서 기인되는것으로 판단된다.

표 2-8. 설계변수별 작업시간

(단위:초)

작업 설계변수		Pointing		Dragging	
		Mean	S. D	Mean	S. D
마 우 스	A0	1.567	0.479	1.798	0.608
	A1	1.687	0.523	1.914	0.628
	A2	1.603	0.582	1.857	0.679
C/D 비	B0	1.793	0.653	1.943	0.681
	B1	1.527	0.429	1.782	0.595
	B2	1.538	0.440	1.843	0.633
패 드	C0	1.585	0.457	1.829	0.602
	C1	1.621	0.536	1.876	0.677
	C2	1.652	0.593	1.864	0.639
이 동 거 리	D0	1.456	0.450	1.707	0.569
	D1	1.648	0.568	1.839	0.615
	D2	1.754	0.526	2.023	0.691
표 적 너 비	M0	2.084	0.553	2.379	0.659
	M1	1.512	0.337	1.731	0.478
	M2	1.262	0.273	1.459	0.348
이 동 방 향	N0	1.587	0.495	1.752	0.542
	N1	1.643	0.544	1.914	0.641
	N2	1.628	0.554	1.904	0.715

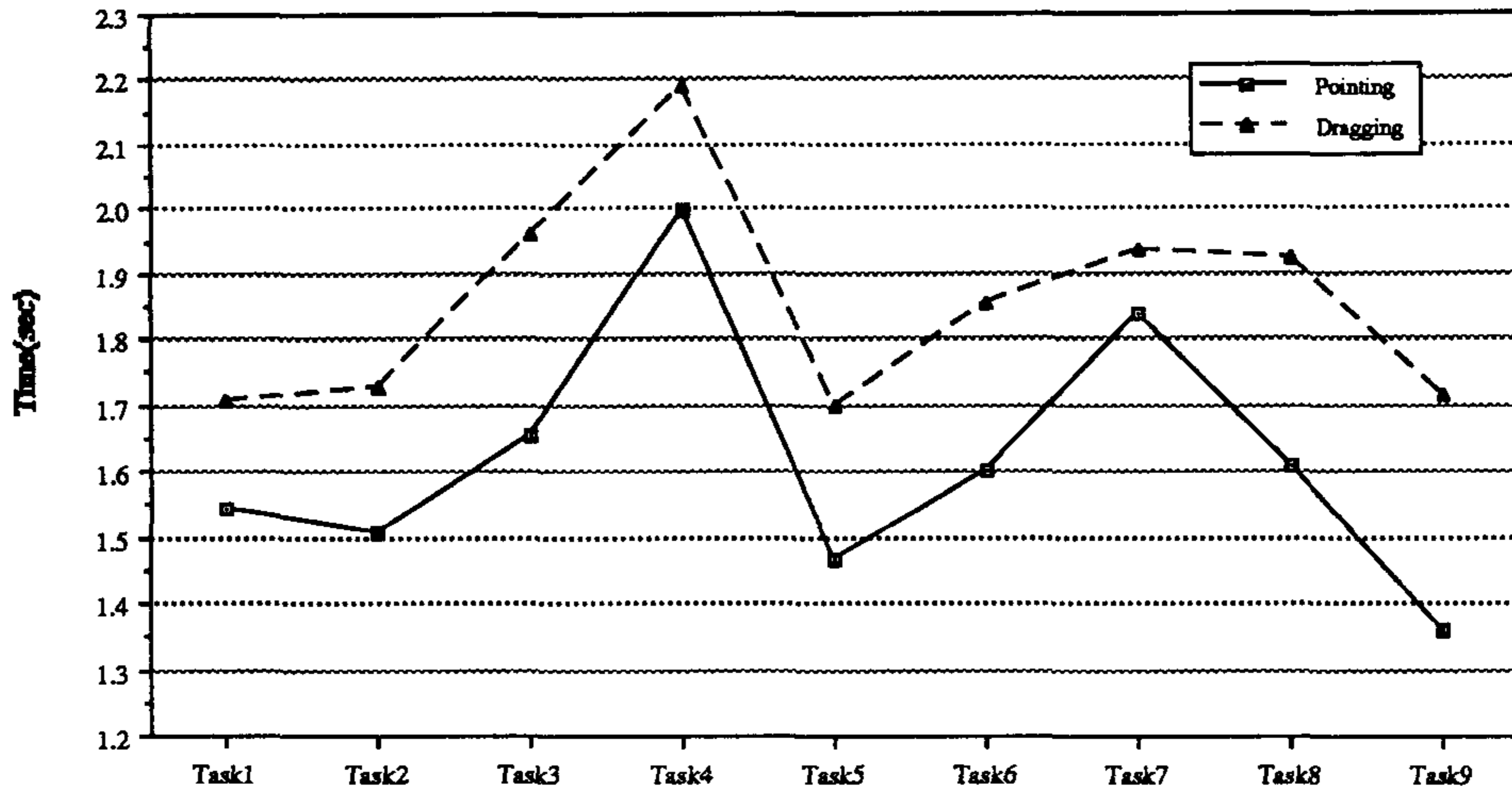


그림 2-8. Task별 작업수행 시간

그림 2-8에서 보면 pointing과 dragging 작업에서 task2와 task5, task9가 다른 task보다 상대적으로 작업 수행 성능이 좋지 않게 나타났으며 task4와 task7에서는 작업 수행이 우수하게 나타났다. 이는 작업수행에 영향을 미치는 요인으로 그 유의성이 판단된 C/D비(B)와 이동거리(D)가 그림 2-10, 그림 2-12에 나타낸바와 같이 C/D비가 4(빠름)이고 이동거리가 큰 수준(384 pixel, 512 pixel)의 작업이기 때문이다. 또한 task4가 task7 보다 작업수행 성능이 뒤지는것은 task4에서는 C/D비가 4(빠름)이고 이동거리가 가장 큰 512 pixel의 조건이기 때문인것으로 판단된다.

작업 수행에 유의하게 영향을 미치지 않는 요인으로 패드의 크기와 마우스 종류별 작업 수행 성능을 보면, 패드의 크기가 클 수록 작업수행 성능은 향상되지만 그 차이는 작다(그림 2-11). 마우스 종류별로는 코드가 없는 무선 마우스가 다른 마우스에 비해 작업수행 성능이 뒤떨어지지만 마우스간의 차이는 적다(그림 2-9).

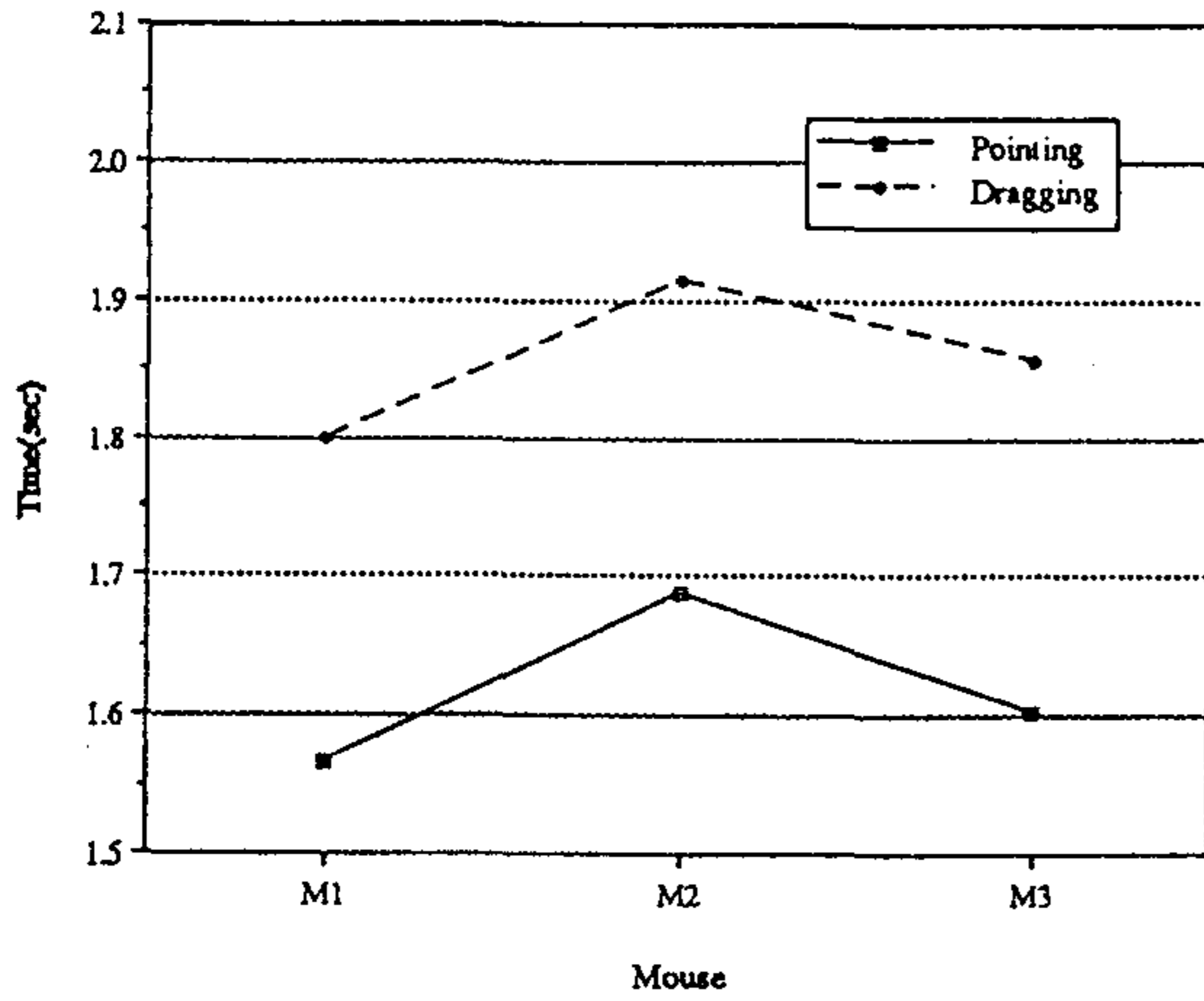


그림 2-9. 마우스별 수행 시간

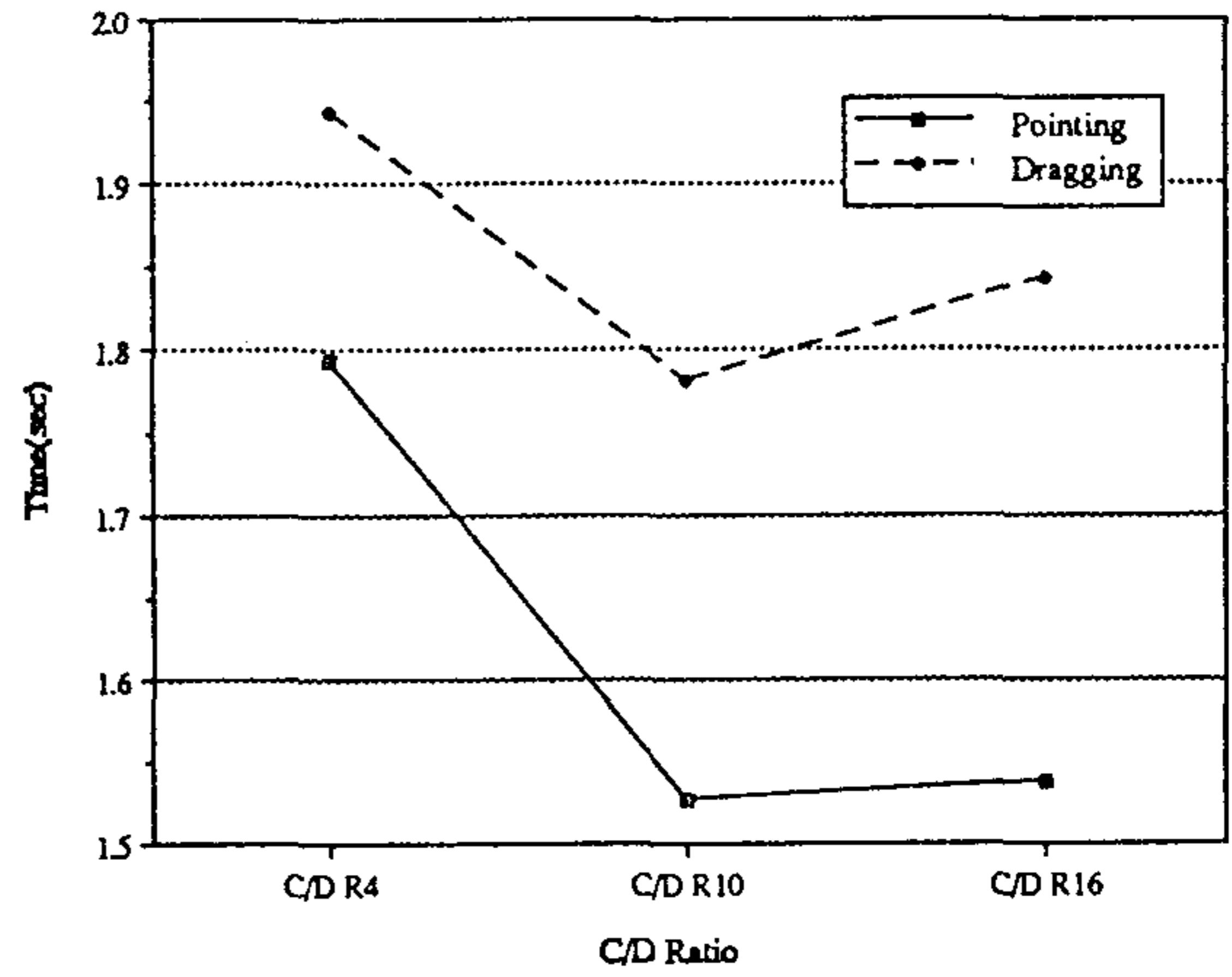


그림 2-10. C/D비별 수행시간

외적 설계변수인 표적너비와 이동방향에 대한 작업 수행 성능을보면 표적크기가 클수록 작업 수행 성능은 향상되며, 이동방향은 왼쪽에서 오른쪽으로의 이동시 작업 수행 성능이 우수한것으로 나타났다(그림 2-13, 그림 2-14). 이동방향별 성능차이가 있음을 이남식 등의 연구결과[이남식 등 저,1991]에서도 밝힌바 있다.

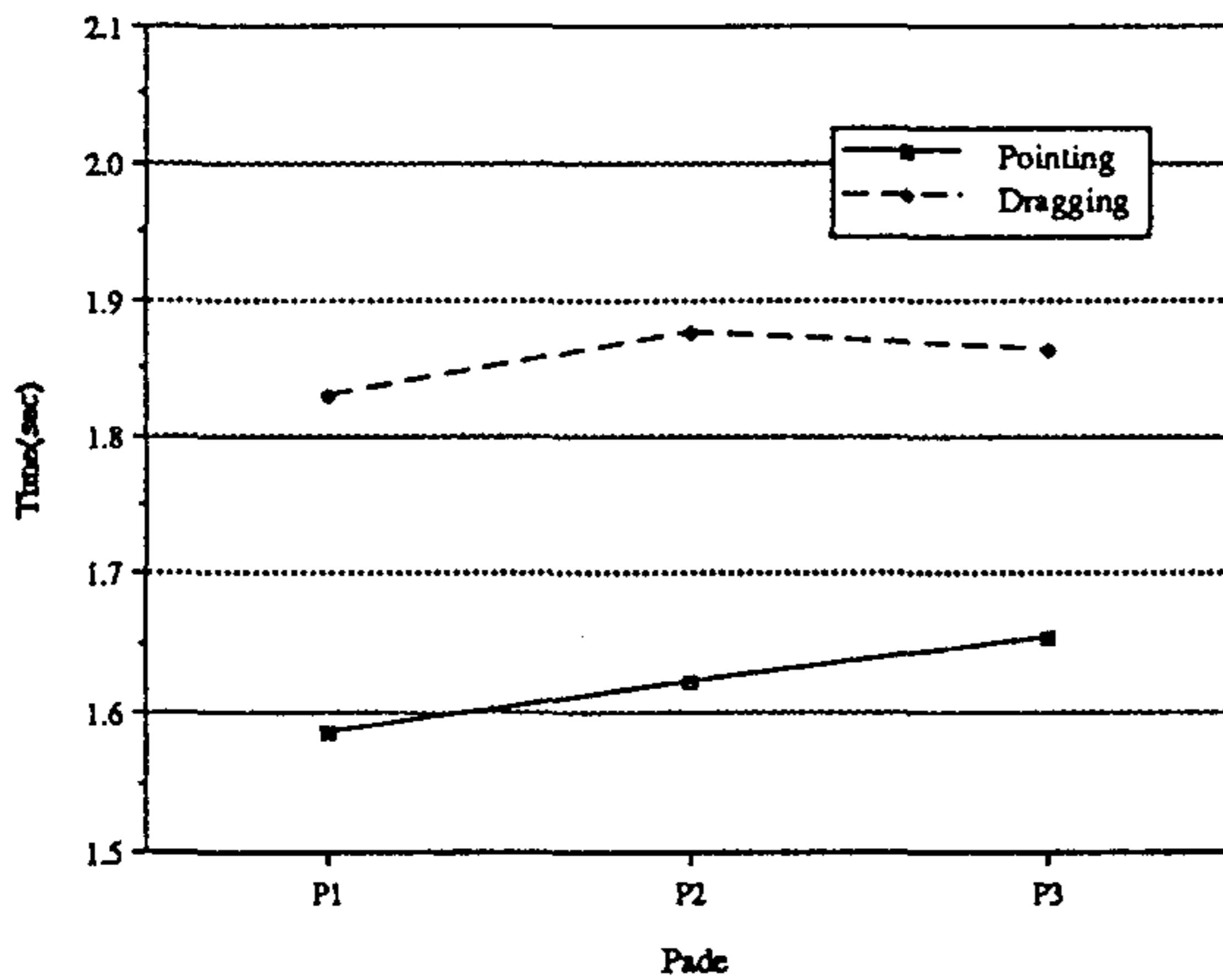


그림 2-11. 패드크기별 수행시간

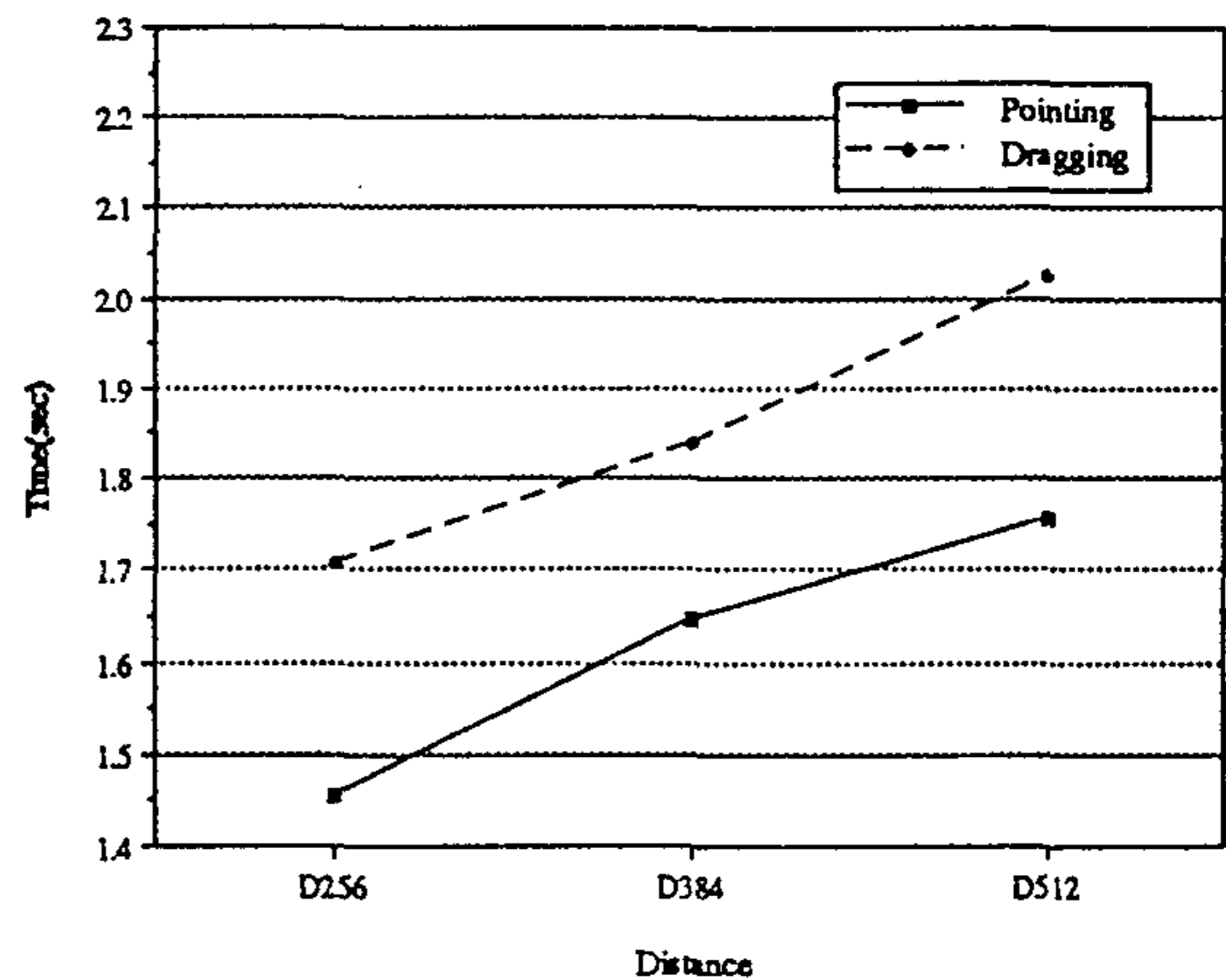


그림 2-12. 이동거리별 수행시간



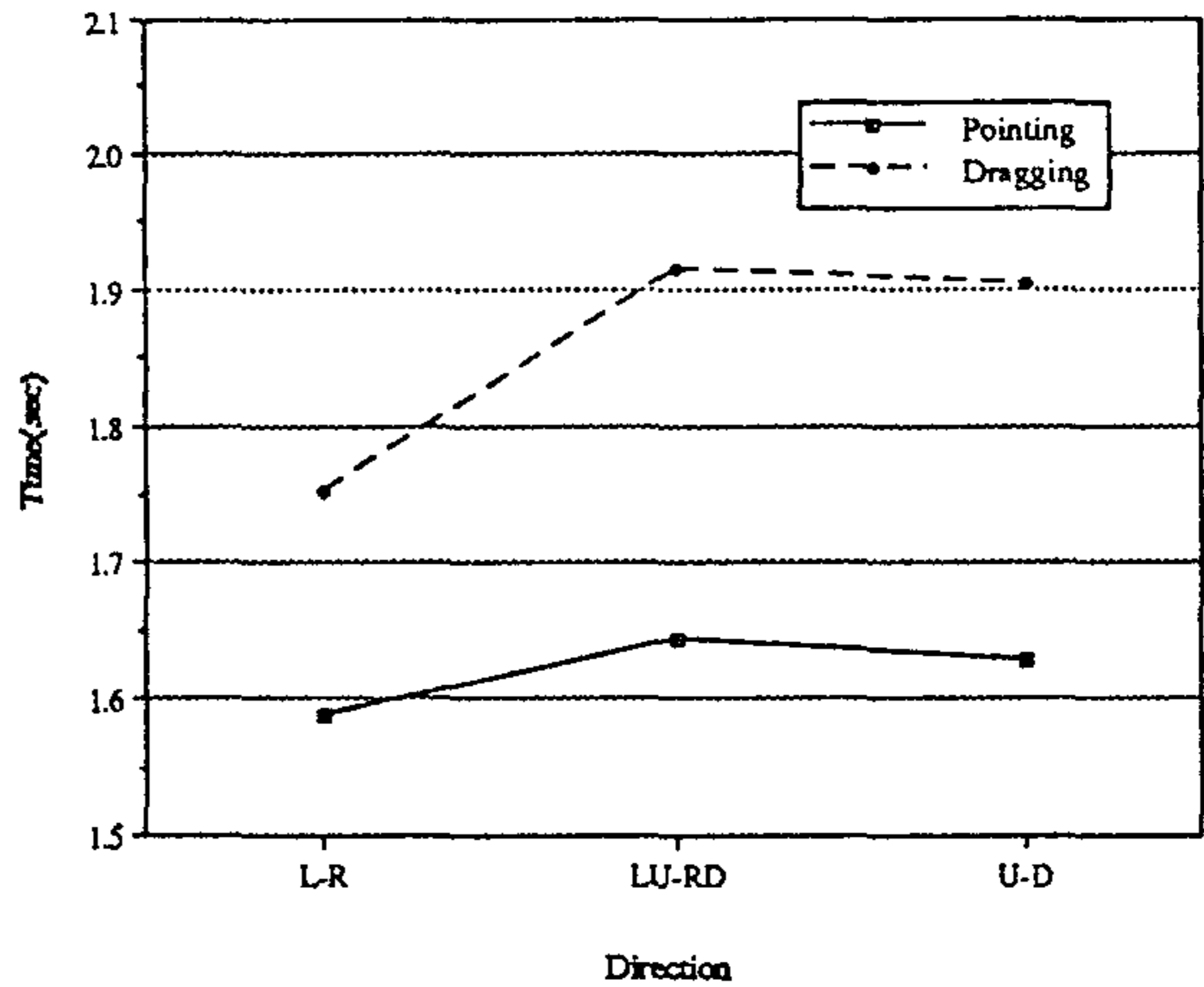
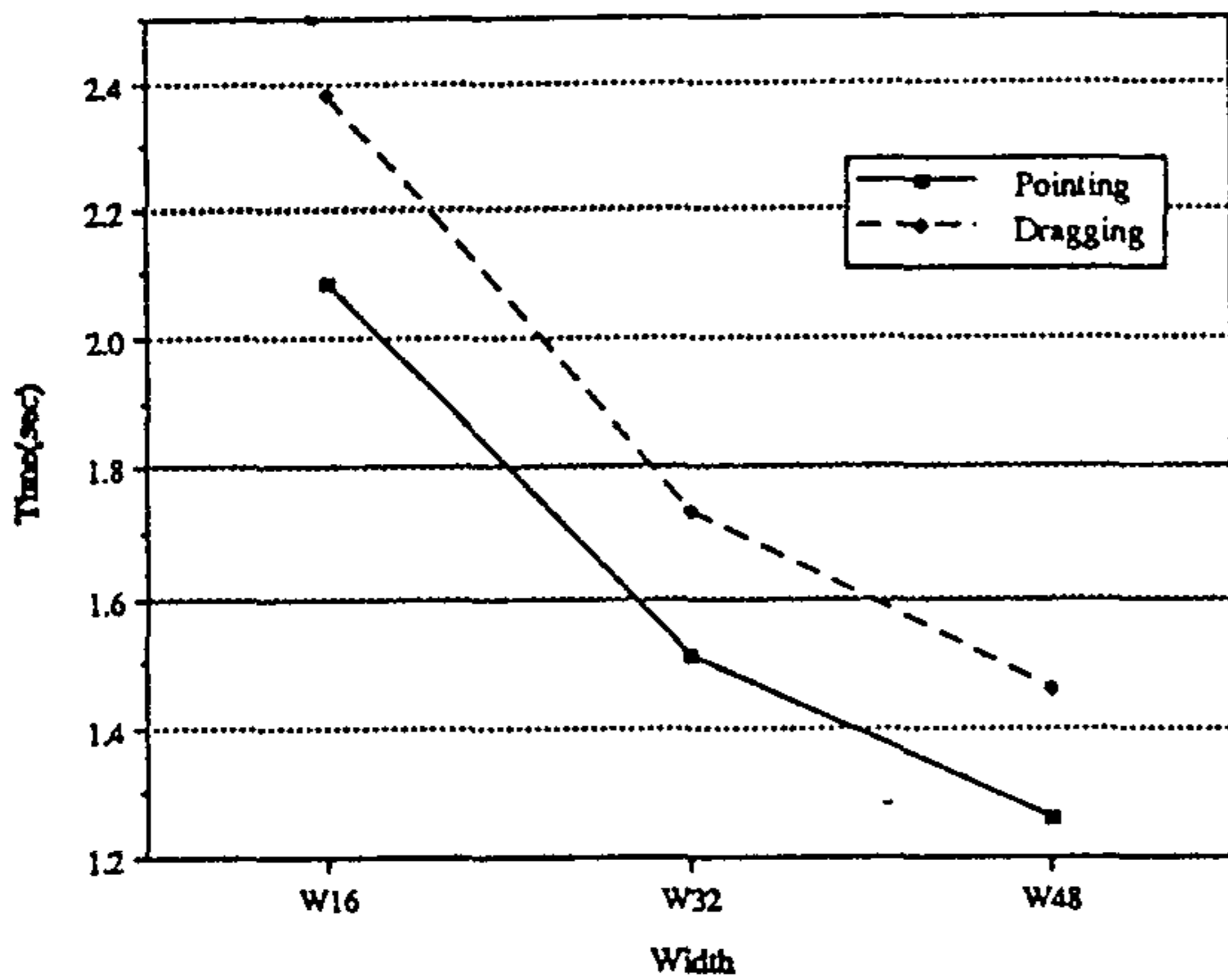


그림 2-13. 표적크기별 수행시간    그림 2-14. 이동방향별 수행시간

### 제 3 절 마우스와 트랙볼의 성능에 대한 비교 평가

#### 3.1. Parameter 설계

마우스와 트랙볼의 설계 메카니즘은 샤프트와 휠, 볼 등에 의해 작동되는 원리로서 움직임을 감지하는 방법이나 원칙은 같다. 단지 컴퓨터로 신호를 전송하는 방법과 선로 조건이 약간 다를뿐이다. 트랙볼은 작업공간을 최소화 할 수 있어 별도의 공간을 갖지 않아도 되지만 마우스는 트랙볼에 비해 더 많은 작업공간을 차지한다. 본 실험에서는 마우스의 작업공간을 트랙볼이 차지하는 공간정도로 제한하였을때 트랙볼과의 성능을 평가하고자 하였다. 실험의 parameter 설계는 제 2절에서의 마우스 성능평가 실험과 비슷하게 이루어 졌다. 다구찌 실험계획의 L9(3<sup>4</sup>) 직교배열을 이용하여 표 2-9와 같이 내적배열(A: 마우스, 트랙볼, B:C/D비, D:이동거리) 3개

와 외적배열(M:표적너비, N:이동방향) 2개의 변수로 구성하였다.  
 다음은 내적배열을 나타낸것이다.

- o A : 마우스, 트랙볼(마우스와 트랙볼은 L사 제품)
  - A0 : 마우스(M-CT13,그림3-1),패드크기(25.5cm x 20cm)
  - A1 : 마우스(M-CT13,그림3-1),패드크기(18cm x 14cm:트랙볼 크기와 비슷한 면적임.)
  - A2 : 트랙볼(T-CC2-9F, 그림 3-1)
- o B : C/D비(mickey 단위당 pixel 이동거리수)
  - B0 : C/D비 4(빠름)
  - B1 : C/D비 10(보통)
  - B2 : C/D비 16(느림)
- o D:이동거리
  - D0 : 512 pixel
  - D1 : 768 pixel
  - D2 : 1024 pixel

표 2-9. 마우스와 트랙볼의 성능 평가 실험 설계변수와 수준

배 치	설계변수	수 준		
		0	1	2
내적배열 (inner array)	A: 마우스, 트랙볼 B: C/D비 D: 이동거리*	마우스(패드1) 4(빠름) 512	마우스(패드2) 10(보통) 768	트랙볼 16(느림) 1024
외적배열 (outer array)	M: 표적너비* N: 이동방향	32 좌상-우하	48 우상-좌하	- -

\* 이동거리, 표적너비 설계변수의 단위:pixel

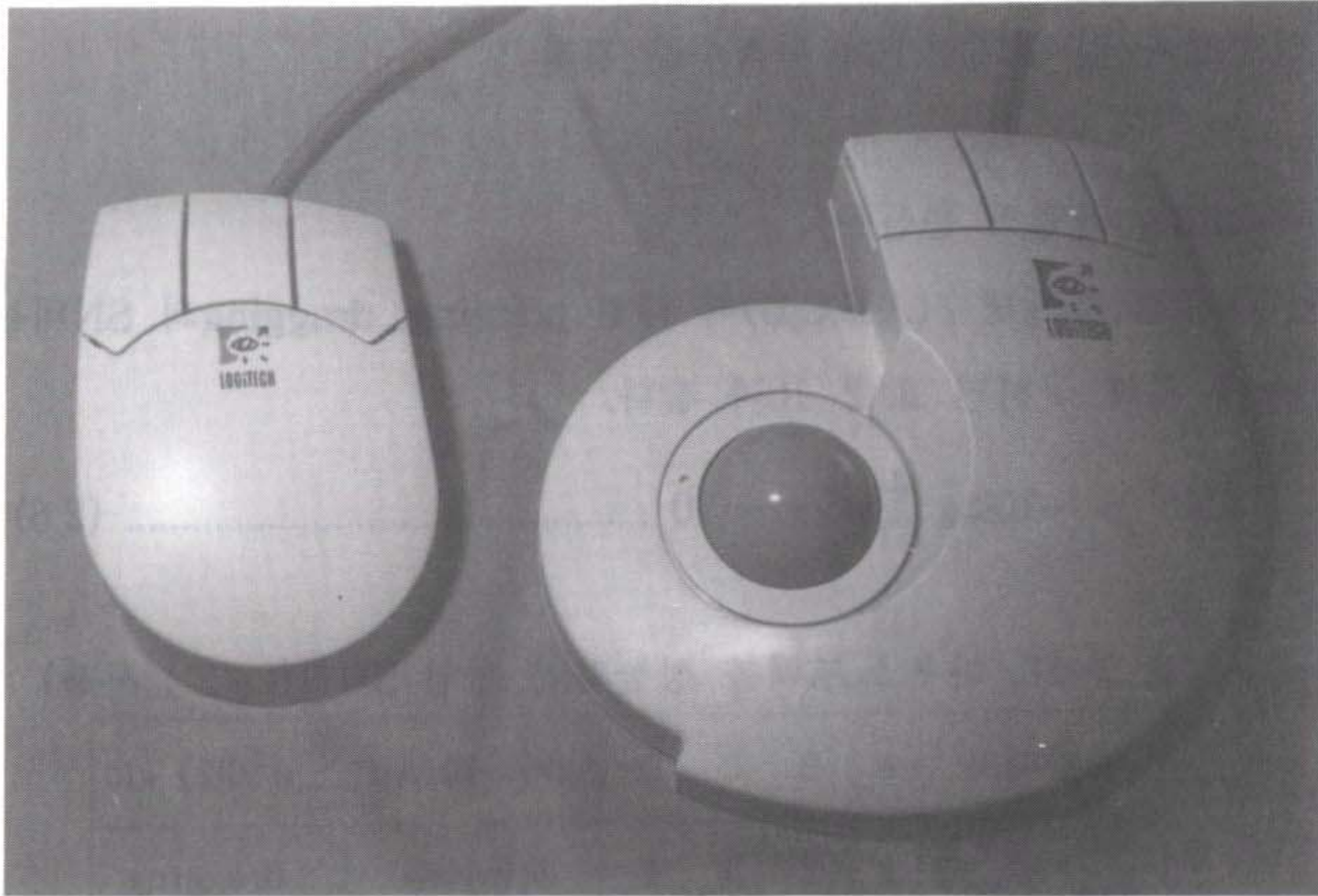


그림 2-15. 마우스와 트랙볼 입력장치

### 3.2 실험방법

피실험자는 8명(남자 5명, 여자 3명)을 대상으로 하였으며 제 2절의 마우스 성능평가 실험방법과 같은 방법으로 표 2-10에 나타낸바와 같이 각 요인의 조합에 대해 pointing과 dragging 작업을 3회 반복 실시 하였다. 대부분 피실험자들이 트랙볼 사용 경험이 적어 실험전 트랙볼의 사용법을 숙지한 후 본 실험을 실시 하였다.

실험장비로는 IBM PC 호환기종을 사용하였고 입력장치로는 그림 2-15와 같은 마우스와 트랙볼을 사용하였다. 자료처리는 3회 반복실험 중 최대치와 최소치를 제외한 중앙값(median)을 사용하였으며 outlier check는 평균에서 3배의 표준편차를 벗어나는 경우 재실험을 하였다.

### 3.3. 실험결과 및 설계변수의 최적수준 결정

#### 1) Pointing 작업의 분산분석

각 Task별 설계변수(A,B,C,D)에 대한 pointing, dragging의 SN비는 다음의 식에 의해 구하면 표 2-10과 같다.

$$SN비 = -10\log \sum_{i=1}^n y_i^2/n + 10 \dots\dots\dots (2.6)$$

표 2-10. 마우스,트랙볼 성능평가 실험 SN비(L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 사용)

요인배치	A	B	C	D	SN비=-10log( $\sum_{i=1}^{32} y_i^2/32$ ) +10	
열번호 Task	1	2	3	4	Pointing	Dragging
1	0	0	0	0	6.498	5.609
2	0	1	1	1	6.330	4.901
3	0	2	2	2	4.990	3.036
4	1	0	1	2	4.932	4.197
5	1	1	2	0	6.663	5.511
6	1	2	0	1	5.370	3.342
7	2	0	2	1	3.302	2.013
8	2	1	0	2	2.620	1.576
9	2	2	1	0	4.501	3.131
	합 계				45.206	33.316

각 수준의 3개 SN비 합을 구하면 표 2-11과 같고 설계변수의 변동을 다음의 식으로부터 구하면 표 2-12와 같다.

$$S_A = \frac{(17.818)^2 + (16.965)^2 + (10.423)^2}{3} - \frac{(45.206)^2}{9} = 10.912 \dots (2.7)$$

$$S_B = \frac{(14.732)^2 + (15.613)^2 + (14.861)^2}{3} - \frac{(45.206)^2}{9} = 0.151 \dots (2.8)$$

$$S_D = \frac{(17.662)^2 + (15.002)^2 + (12.542)^2}{3} - \frac{(45.206)^2}{9} = 4.371 \dots (2.9)$$

표 2-12에서 V에 o표 한것은 변동이 작기 때문에 오차항에 풀링하여 오차항(e)를 만든것이다. Pointing 작업에서의 유의한 설계변수로는 마우스와 트랙볼(A)과 이동거리(D)이다. 즉 마우스와 트랙볼간에 유의한 차이가 있으며 이동거리(D)에 따라서도 성능에 차이가 있음이 나타났다. 앞절에서의 실험평가에서는 C/D비가 유의하게 나타났지만 본 실험에서는 C/D비간의 차이가 유의하지 않게 나타났는데 이는 트랙볼의 영향에 기인된것으로 판단된다.

표 2-11. Pointing 작업의 설계변수 수준별 SN비

설계변수		A	B	D	합 계
수 준	0	17.818	14.732	17.662	45.206
	1	16.965	15.613	15.002	
	2	10.423	14.861	12.542	

표 2-12. Pointing 작업의 분산분석표

요 인	S	$\phi$	V	F <sub>0</sub>
A	10.912	2	5.456	47.443**
B	0.151	2	0.076 o	-
D	4.371	2	2.186	19.009**
e	0.309	2	0.155 o	-
(e)	(0.460)	(4)	(0.115)	
T	15.743	8		

\*\* 는 유의수준 (p<0.01)

표 2-11에서 보면 동일한 마우스에서도 패드의 크기가 클때 성능이 우수하며 마우스의 공간적인 제한에 무관하게 트랙볼의 작업 성능은 좋지 않

게 나타났다. Pointing 작업에서 최적조건을 찾아보면 마우스의 작업공간이 클때, C/D비는 10일때, 이동거리는 짧을수록 작업 성능이 우수하게 나타난다.

## 2) Dragging 작업의 분산분석

Pointing 작업에서와 같이 설계변수(A,B,D)의 각 수준에 대한 3개의 SN비 합을 구하면 표 2-13과 같다. 설계변수의 변동은 식(2.7), 식(2.8), 식(2.9)로부터 구하면 표 2-14와 같다.

표 2-13. Dragging 작업의 설계변수 수준별 SN비

설계변수		A	B	D	합 계
수 준	0	13.546	11.819	14.251	33.316
	1	13.050	11.988	10.256	
	2	6.720	9.509	8.809	

표 2-14. Dragging 작업의 분산분석표

요 인	S	$\phi$	V	F <sub>0</sub>
A	9.657	2	4.829	15.282*
B	1.279	2	0.640	2.025
D	5.297	2	2.649	8.383*
e	0.631	2	0.316	-
T	16.864	8		

\* 는 유의수준 ( $p < 0.05$ )

표 2-14에 나타난바와 같이 유의한 설계변수는 pointing과 마찬가지로

마우스와 트랙볼(A)간에 유의한 차이를 보이고 있으며, 이동거리(D)에 따라 유의한 차이를 보이고 있다. 여기서 C/D비가 유의하지 않게 나타났지만 2이상으로 작업 수행에 큰 영향을 미치고 있다. Dragging 작업에서도 마우스가 공간적인 제한에 무관하게 트랙볼보다 작업 수행 성능이 우수하게 나타났으며 C/D비는 10 일때, 이동거리는 짧을수록 작업 수행 성능이 우수하다.

### 3) Task별 작업수행시간 비교

그림 2-16에서 볼수있듯이 모든 작업 수행에서 pointing이 dragging 보다 우수하게 나타났다. Task5가 다른 작업에 비해 작업 수행 성능이 가장 우수하며 task8은 상대적으로 가장 좋지못한 결과를 보여주고 있다. Task 5의 경우 설계변수를 보면 입력장치는 마우스이며, C/D비(B)는 10, 이동거리(D)는 가장 짧은 수준인 512pixel 이다. 입력장치별 작업 수행 성능을 보면 그림 2-17에서와 같이 마우스가 트랙볼보다 우수하며 작업공간을 제한한 경우보다는 작업공간이 큰쪽의 작업 성능이 좋게 나타났다. 이동거리에따른 효과를 보면 그림 2-18과 같이 이동거리가 짧을수록 작업 수행 성능은 우수하다.

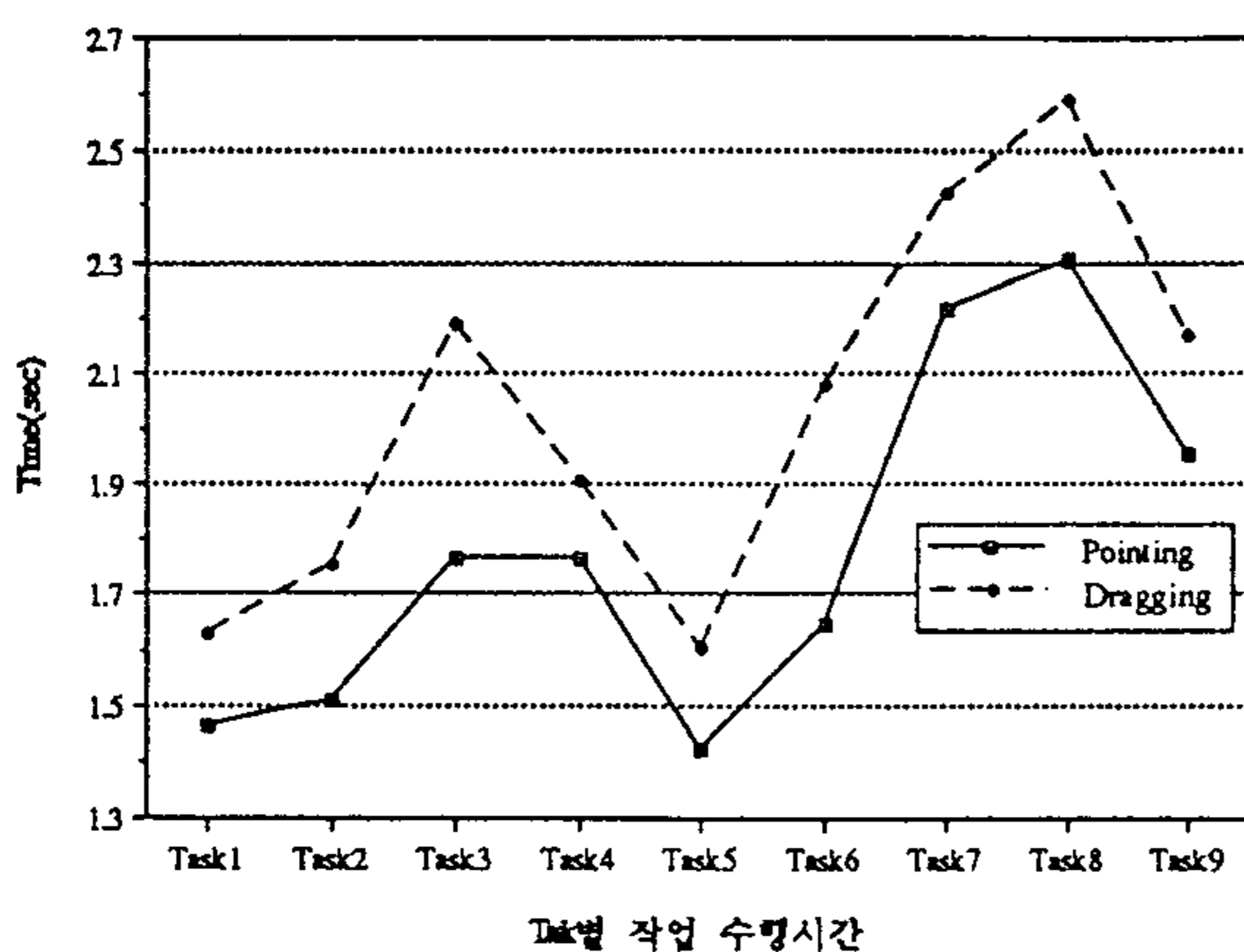


그림 2-16. Task별 수행 시간

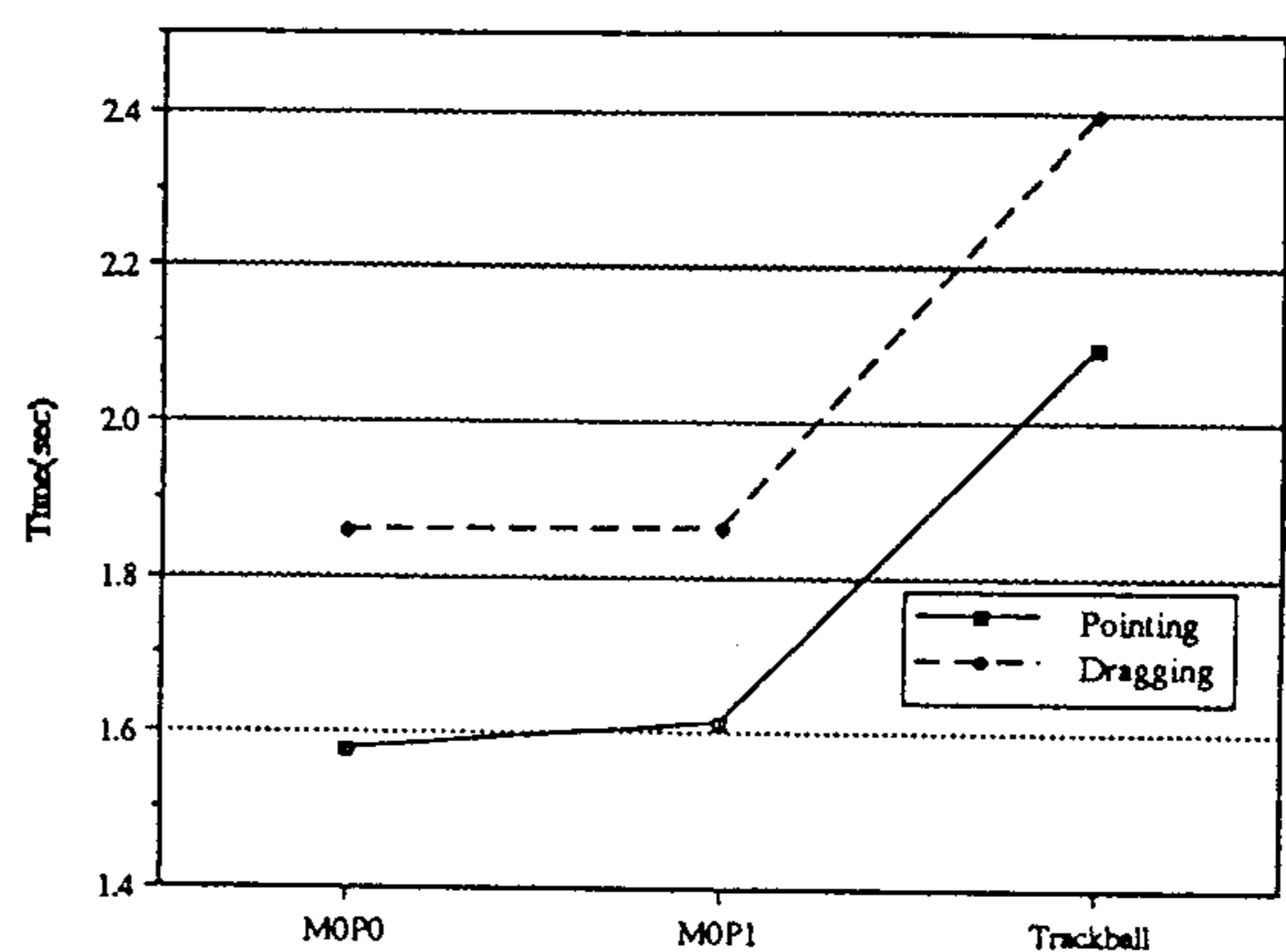


그림 2-17. 입력장치별 수행시간

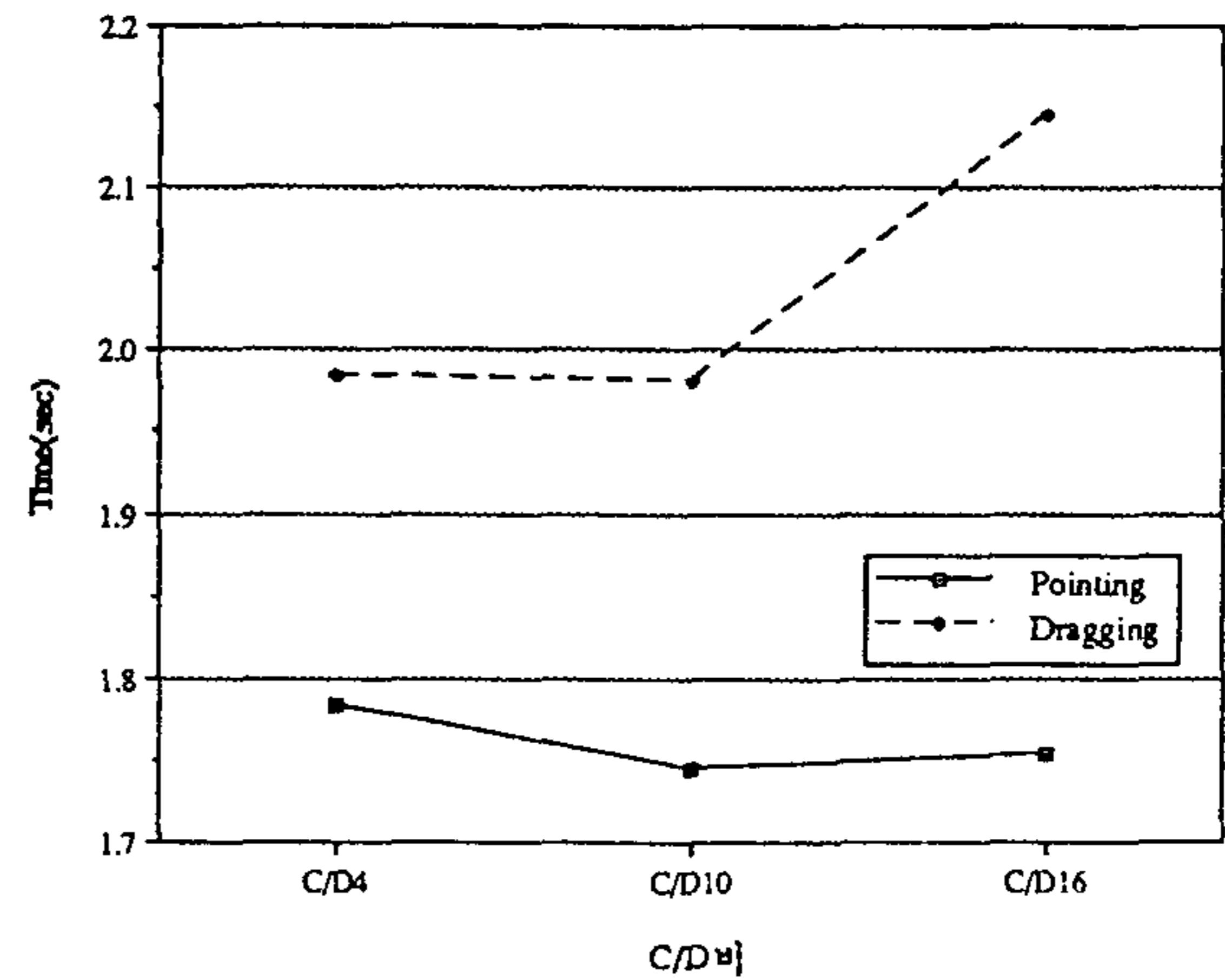
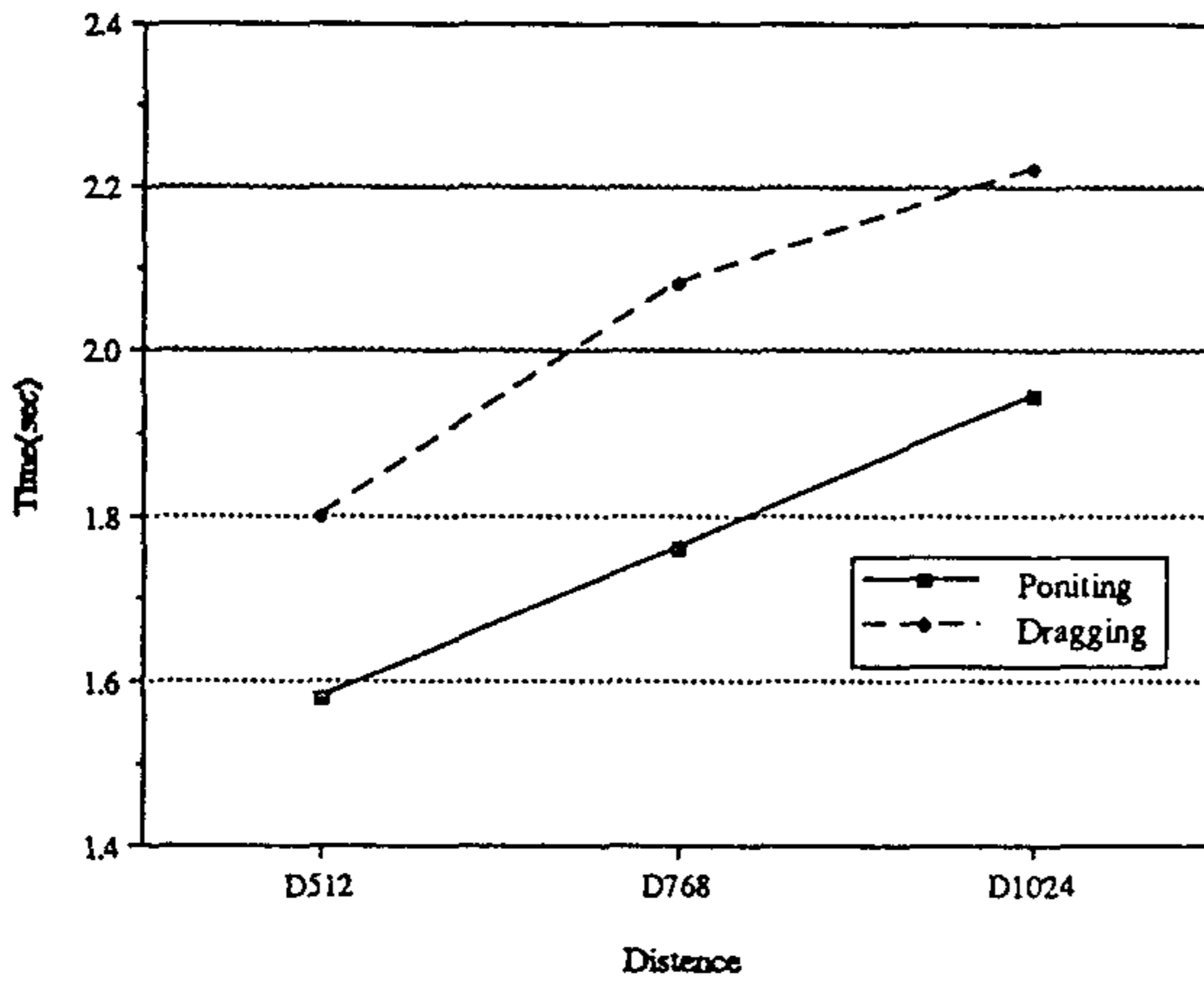


그림 2-18. 이동거리별 수행시간    그림 2-19. C/D비별 수행시간

Task 8의 경우 설계변수를 보면 입력장치는 트랙볼이고 C/D비는 10이며, 이동거리는 가장 먼 1024 pixel 이다. 그림 2-19에서 볼수있듯이 C/D비가 10일때 작업 수행 성능이 우수하게 나타났지만 C/D비는 분산분석 결과 작업 수행 성능에 유의한 영향을 주지 않고 있으므로 task8은 가장 수준이 좋지 않은 경우로서 작업 수행 성능이 낮게 나타난 경우이다.

Pointing 작업이나 dragging 작업의 최적 조건으로는 트랙볼 보다 마우스를 사용하고, C/D비는 보통 수준인 10으로 하며, 이동거리는 가깝게 설계되는것이 좋다.

## 제 4 절 결론

이번 연구에서 얻어진 마우스와 트랙볼에 대한 입력장치의 성능평가 결과를 내용별로 정리하여 보면 다음과 같다.



#### o 마우스에 대한 성능평가

- 설계변수들에 대한 분산분석을 하여본 결과 마우스의 종류와 작업공간(패드 크기)은 작업 수행 성능에 영향을 크게 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 작업공간이 클수록 작업 성능은 좋아지는 것으로 나타났다.
- 작업 수행 성능에 영향을 미치는 것은 C/D비와 이동거리로서 C/D비가 가장 적을때(4) 좋지 않으며 보통인 10일때 가장 우수하다. 이동 거리에 따른 효과는 이동거리가 가까울수록 좋은 것으로 나타났다.
- 또한 이동방향성에 대해서는 왼쪽에서 오른쪽방향으로의 이동 작업이 가장 우수하며 표적너비가 넓을 수록 우수하게 나타났다.

#### o 마우스와 트랙볼의 성능평가

- 마우스가 트랙볼 보다 작업 수행 성능이 pointing이나 dragging 작업 모두에서 우수하게 나타났다
- Pointing과 dragging 작업 모두에서 마우스의 작업공간에 무관하게 트랙볼보다 마우스의 작업 성능이 우수하게 나타났다. 그러나 작업 공간을 제한 한 경우보다 작업공간이 큰쪽의 작업 성능이 우수하게 나타났다.
- 마우스와 트랙볼 성능 평가에서는 C/D비가 유의한 차이를 보이지 않는다. 그러나 dragging 작업에서는 유의한 차이를 보이지 않지만 그 영향은 크게 나타났다.
- 이동거리의 효과를 보면 이동거리가 짧을수록 작업 수행 성능이 우수한 유의한 차이를 보이고 있다.

# 제 3 장 칼라표시장치(Color Display)에서의 시각피로

## 제 1 절 서 론

칼라란 빛(파장 380 - 780 nm의 복사 에너지)이 눈을 자극함으로써 생기는 시감각이다. 칼라에는 그 자신이 빛을 발하는 광원색과 다른 광원으로부터 빛을 받아 색을 나타내는 물체색이 있다. 물체색중에서 투과에 의해 나타나는 색을 투과색, 반사에 의해 나타나는 색을 표면색이라 부른다[이순요, 1992].

최근 VDT용 표시장치가 모노크롬에서 점차 칼라로 대체되고 있는데 칼라는 작업자의 작업능률향상 및 신속.정확한 정보처리 수단으로 이용되고 있다. 컴퓨터 표시장치에 사용되는 칼라는 중요한 의사결정을 돕기보다는 그래픽이나 공학적인 모델링에 사용되어왔다. 그러나 이제 칼라는 산업공정을 감시하고 기능적 관련성을 가시화하고 암호화하며, 신체의 의학적 상태를 평가하는데 사용되고 있다. 그리고 수학적 표현을 나타내고 사업결정에 있어 도움을 주는 등에 사용되고 있다[Thorell and Smith, 1988].

VDT용 표시장치에 사용되는 칼라에 대하여 각국이 제시하는 표준이나 지침이 표 3-1에 나타나있는데, 서로간에 어느 정도 유사성을 보이고는 있으나 아직 완전한 일치율을 보이지는 못하고 있다.

따라서 본 장에서는 본 연구의 1, 2차년도에서 수행한 시각피로연구의 연장으로 칼라 표시장치에서 문자/배경의 색깔조합이 시각피로에 미치는 영향을 조사한다.

표 3-1 VDT용 표시장치의 칼라사용에 관한 각국의 지침

국가	미 국			독 일				영 국	호 주
	ANSI/HFS	MIL STD 1472-C	NYCOSH	DIN 66234	GSS	TUB	CKR	APEX	ACTU-VTHC
지침사항	순청색, 순적색은 사용하지 않는것이 바람직함 색대비(Color contrast)는 100ΔE(CIE Yu'v')이상	녹색:첫째 선호색 황색:둘째 선호색 오렌지색:셋째 선호색 적색:네째 선호색 청색:가능한한 사용하지 않는것이 바람직함	어두운 배경에 밝은 녹색, 황색 또는 백색문자	녹색, 오렌지색 선호 짙은 적색, 청색은 사용하지 않는것이 바람직함	적색, 청색은 사용하지 않는것이 바람직함	황녹색 선호	사람마다 선호도가 다르다	어두운 녹색 배경에 밝은 녹색 문자 또는 노란색 문자	어두운 녹색 배경에 황색 또는 어두운 배경에 녹색

ANSI/HFS : American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, 1988  
MIL STD 1472-C : Military Standard, human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities, Washington DC, US Department of Defense  
NYCOSH : Health protection for operators of VDTs/CRTs. New York Committee for Occupational Safety and Health( AFL/CIO ), 1980  
DIN 66234 : Characteristic values for the adaptation of workstations with fluorescent screens to humans, Part 1 to 9. German DIN Association, 1981  
GSS : German Safety Standards, 1980  
TUB : Technical University of Berlin, 1978  
APEX : Association fo Professional, Executive, Clerical and Computer Staff(Trade Union Affiliate), 1980  
ACTU-VTHC : Austrailian Council of Trade Unions and the Victorian Trades Hall Council, 1982  
CKR : Cakir et al.,1980

2차년도 연구에서는 문자의 활자체(고딕체, 명조체, 필기체), 표시장치의 문자/배경의 색깔(호박색/흑색, 흰색/흑색, 흰색/푸른색), 화면까지의 시거리를 실험인자로하여 주관적인 시각피로 평가와 객관적인 평가인 CFF(Critical Fusion Frequency), 조절근점(accomodation), 폭주근점(convergence), 시력(visual acuity)을 측정하였다. 그 결과 주관적인 시각

피로와 상관관계가 큰 객관적 평가로는 CFF와 시력이었다. 그리고 선정된 실험인자들의 최적수준으로 시거리는 45 - 61cm, 글씨체는 고딕 또는 명조, 배경에 대한 글자색은 흰색/흑색이었다[김철중 등저, 1992].

또한 현재 국내에서 사용되고 있는 워드프로세서, 통계패키지, 그외 소프트웨어 등에서 쓰이는 칼라를 조사한 결과에 따르면 VGA그래픽 보드에서 지원되는 칼라중 가장 많이 사용되고 있는 칼라는 wight/blue이며, 다음으로 light gray/black이고 가장 적게 사용되는 칼라는 yellow/blue이었다[오현석, 1992].

따라서 본 연구에서는 흰색/파란색, 흰색/흑색, 노란색/파란색을 대상으로 주관적 시각피로 평가와 객관적 평가인 CFF와 시력을 정확히 측정할 수 있는 Refractometer를 이용하여 시각피로에 대한 연구를 수행하였다.

## 제 2 절 시각피로 실험

### 2.1 VDT 작업환경

VDT용 책상은 일반 사무용 책상을 사용하였고, 높이조절이 가능한 의자를 사용하여 피실험자들 자신이 선호하는 위치로 조절하도록 하였다. 시거리는 약 50cm를 유지하도록하였고 작업환경의 차이에서 야기될 수 있는 요인을 제거하기 위해 소음, 온.습도 등을 일정하게 유지하였다. 그리고, 기타 작업방해를 막기 위해 작업장주변에 칸막이를 설치하였다. 본 연구에 사용된 컴퓨터는 IBM 486DX급으로 칼라모니터는 14 inch를 사용하였다.

## 2.2 피실험자

피실험자는 연구소에 근무하는 남자 3명과 여자 2명으로 하였다. 이들의 연령은 25세 - 34세였으며 교정시력이 1.0이상이었다. 컴퓨터 사용경험은 1년이상이었다.

## 2.3 실험장치

### (1) 주관적 시각피로 평가

주관적 시각피로 평가는 2차년도 연구와 Heur 등[Heur et al., 1981]의 연구에 기초하여 그림 3-1과 같이 6개 문항으로 구성하였다. 6개 항목은 VDT작업시 눈의 간지러움, 자세불안, 시력 장애 등을 판단하는데 좋은 기준임이 밝혀졌다[김철중 등저, 1992].

1. 글씨를 보는데 어려움이 있다. 매우많다        매우적다
2. 눈 부근에 이상한 느낌이 든다. 매우많다        매우적다
3. 눈이 피로하다. 매우많다        매우적다
4. 눈에 경련이 일어난다. 매우많다        매우적다
5. 모니터를 보는데 현기증이 일어난다. 매우많다        매우적다
6. 머리가 아프다. 매우많다        매우적다

그림 3-1 주관적 시각피로 평가지

## (2) 객관적 시각피로 평가

객관적 시각피로 평가방법으로 2차년도 연구결과에 따라 CFF와 시력을 측정하였다.

### o. CFF(점멸융합주파수)

광원을 상당한 속도로 점멸시키면 깜박이면서 보인다. 점멸의 빈도를 거듭 높여가면 어떤 곳에서 깜박이던 것이 사라지고 일정하게 연속된 빛으로서 느낄수 있게 된다. 이 현상을 깜박이기의 融合이라고 하고, 융합을 일으키기 시작할 때의 주파수를 깜박이기의 융합주파수 또는 간단히 프리커值(Critical Flicker Fusion Frequency, CFF)라고 한다[南炳執, 1985].

CFF측정방법에는 여러 방법이 있는데[김철중 등저, 1992], 본 연구에서는 저주파수에서 시작하여 광원이 깜박이지 않고 연속적으로 보이는 시점을 측정하는 상향식을 이용하였다. CFF측정장면이 그림 3-2에 나타나있다.



그림 3-2 CFF의 측정

o. Refractive power(굴절력)

본 연구에서는 VDT작업에 따른 시력변화를 측정하기 위해 2차년도에 서 사용한 한천석 시력표 대신 정확한 눈의 굴절력측정이 가능한 Refractometer를 사용하였다. Refractometer는 NIDEK회사의 AR-820이며 그 사양은 표 3-2와 같다. Refractometer의 측정장면은 그림 3-3과 같다.

표 3-2 Refractometry 사양

	Specifications
Measuring Range	Sphere : -18.0 - +23.0 (VD=12.0mm)
Steps	Cylinder : 0 - ±8.0D Axis : 0 - 180° Refractive Power : 0.25/0.12/0.01D Axis : 1°
Measuring Times	0.3 sec. or less



그림 3-3 Refractive Power의 측정

## 2.4 실험방법

모든 피실험자는 3일간 매일 같은 시간대에 실험을 하도록하여 일간 피로에 따른 효과를 최소화하였다. 실험작업은 아래한글로 작성된 문서를 읽고 “인간”이라는 단어의 갯수를 체크하는 작업으로 하였다. 단어 갯수의 체크는 왼손에 카운터를 쥐고 단어출현시마다 카운터를 누르도록하였다. 그리고 오른손으로는 커서의 화살표방향키를 이용하여 한 줄씩 문장을 올려 읽도록하였다. 전술한 바와 같이 화면에 표시되는 문자/배경색의 조합은 흰색/흑색, 흰색/파란색, 노란색/파란색으로 하였다. 화면색 조합은 피실험자들의 실험일간에 임의순서로 배정하였다. 예비실험을 통해 30분간 A4 용지 약 20페이지 분량을 체크할 수 있다는 것을 파악하였다. 따라서 전체 문장을 약 50페이지 분량으로 작성하여 1시간 동안 집중적으로 작업을 시켰다. 실험순서는 다음과 같다.

### (1) 작업전

- o. Refractive Power 측정(2회 반복)
- o. CFF측정(3회 반복)
- o. 주관적 평가지 작성

### (2) 작업 30분후

- o. Refractive Power 측정(2회 반복)
- o. CFF측정(3회 반복)
- o. 주관적 평가지 작성
- o. 체크한 문장의 줄수 및 찾은 단어갯수 체크



### (3) 작업 1시간후

- o. Refractive Power 측정(2회 반복)
- o. CFF측정(3회 반복)
- o. 주관적 평가지 작성
- o. 체크한 문장의 줄수 및 찾은 단어갯수 체크

### (4) 3개 실험작업 종료후

- o. 화면색 조합에 대한 선호도 조사

## 제 3 절 실험결과 및 분석

### 3.1 주관적 시각피로 평가

주관적 시각피로 평가는 체크한 6개 항목의 합으로 분석하였다. 주관적 시각피로 평가결과 그림 3-4와 같이 시간 경과에 따라 현저한 증가를 보였다. 특히 작업전과 작업 30분경과사이에서 급격한 시각피로자각증상을 보였고, 그다음 1시간경과까지는 약간의 증가가 있었다. 그리고 실험작업 종료후 조사한 선호도 평가는 3개 색조합에 대해 순위를 매기도록하였다. 그 결과 표 3-3과 같이 노란색/파란색 조합이 색조합중 가장 나쁜 것으로 나타났고 흰색/흑색과 흰색/파란색은 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

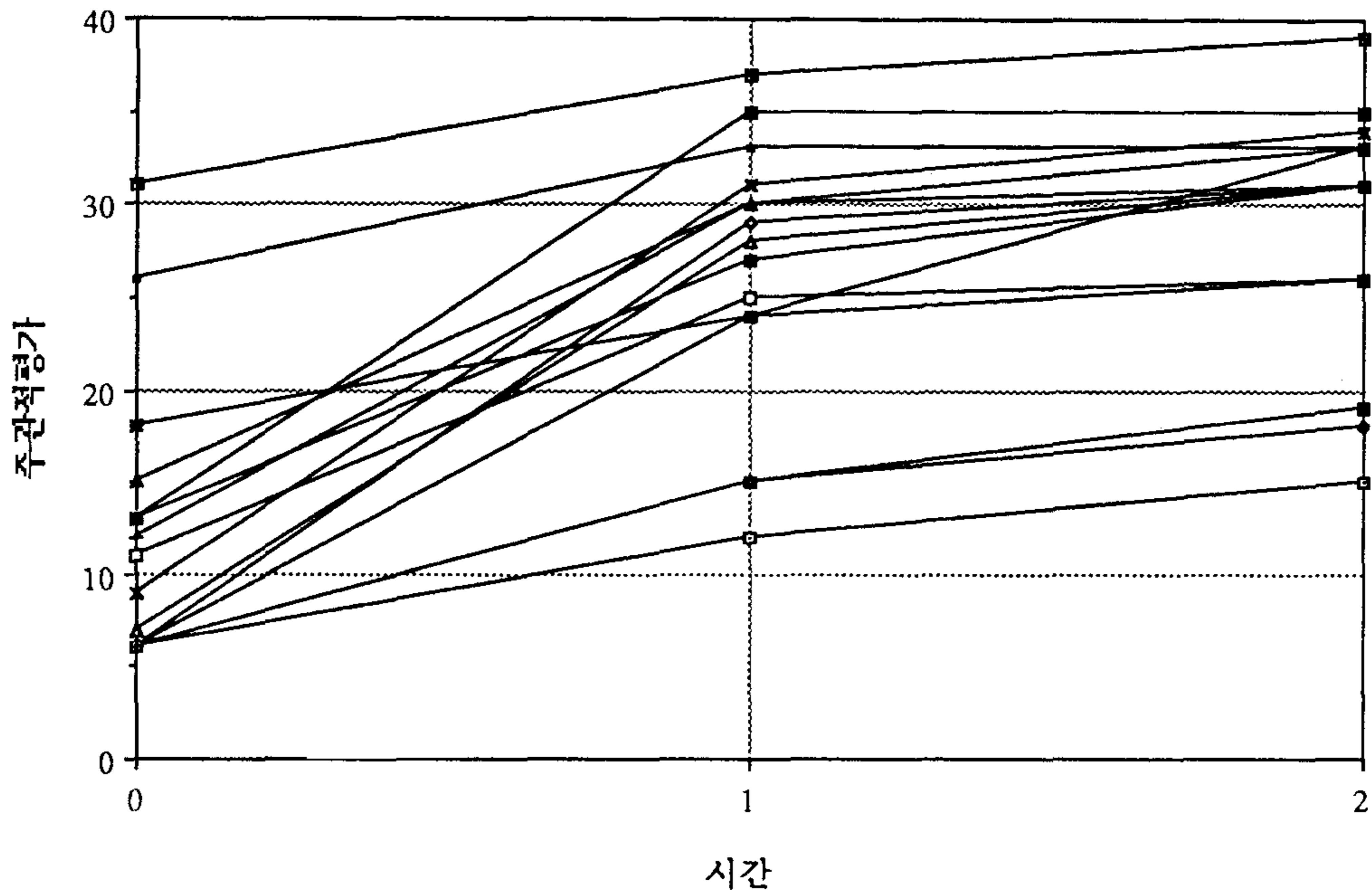


그림 3-4 시간경과에 따른 주관적 시각피로  
(0 : 작업전, 1 : 30분, 2 : 1시간)

표 3-3 화면색 조합에 대한 선호도

피실험자 \ 색조합	흰색/흑색	흰색/파란색	노란색/파란색
1	B	A	C
2	B	A	C
3	A	B	C
4	B	A	C
5	A	B	C

A : 좋음    B: 보통    C: 나쁨

### 3.2 객관적 시각피로 평가

CFF는 주관적 시각피로 평가와 상관관계가 있는 것으로 나타났으나 화면색 조합들 간에는 의미 있는 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 1시간 정도의 VDT작업으로는 CFF에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다.

Refractive Power에 대해서 그림 3-5와 그림 3-6과 같이 흰색/흑색과 흰색/파란색은 시간경과에 따라 차이가 거의 없는 것으로 나타났는데, 그림 3-7의 노란색/파란색은 모든 피실험자들에 있어 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 시력이 다소 감퇴된다는 것을 보여준다.

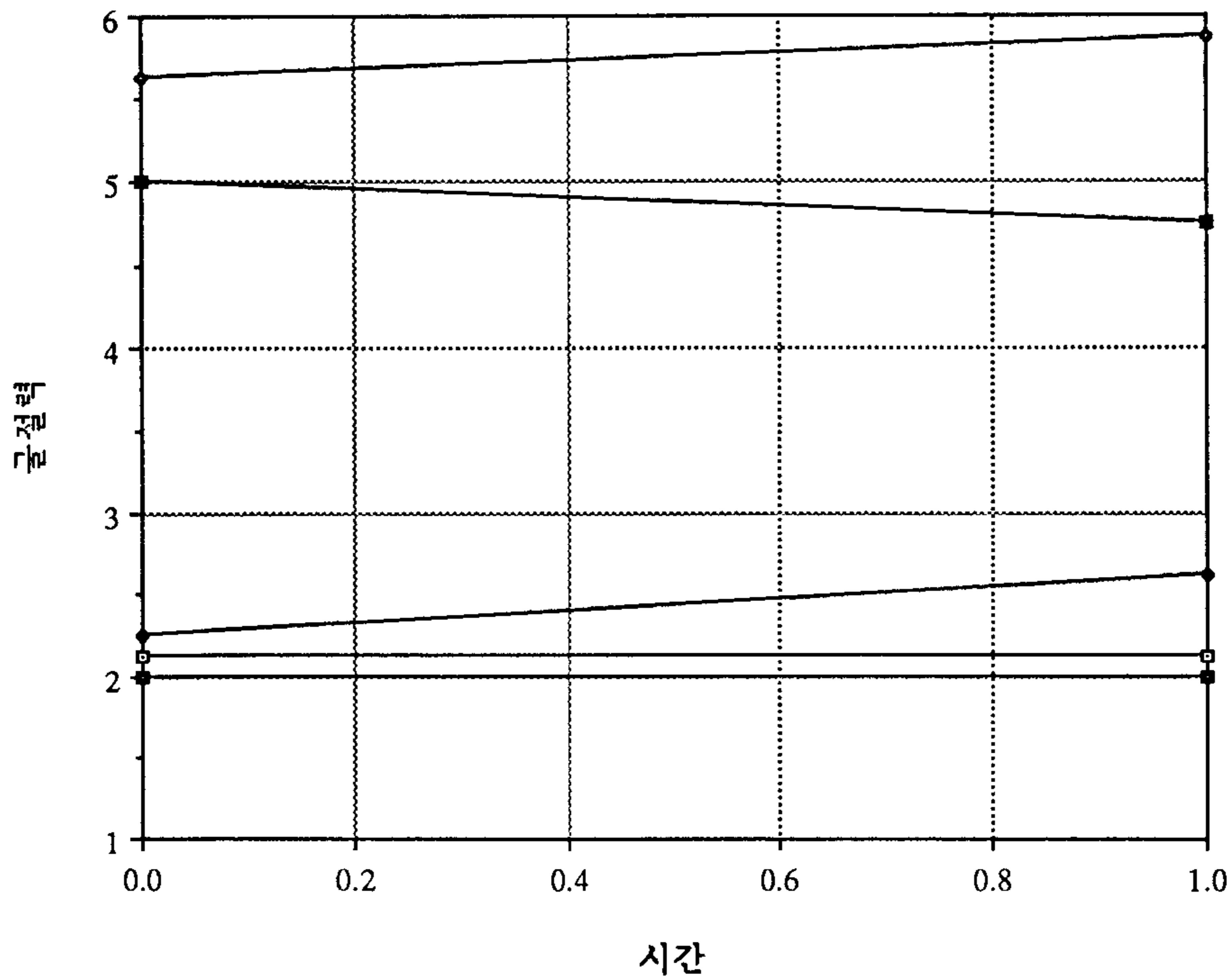


그림 3-5. 흰색/흑색화면 조합에서의 피실험자들의 refractive power 변화

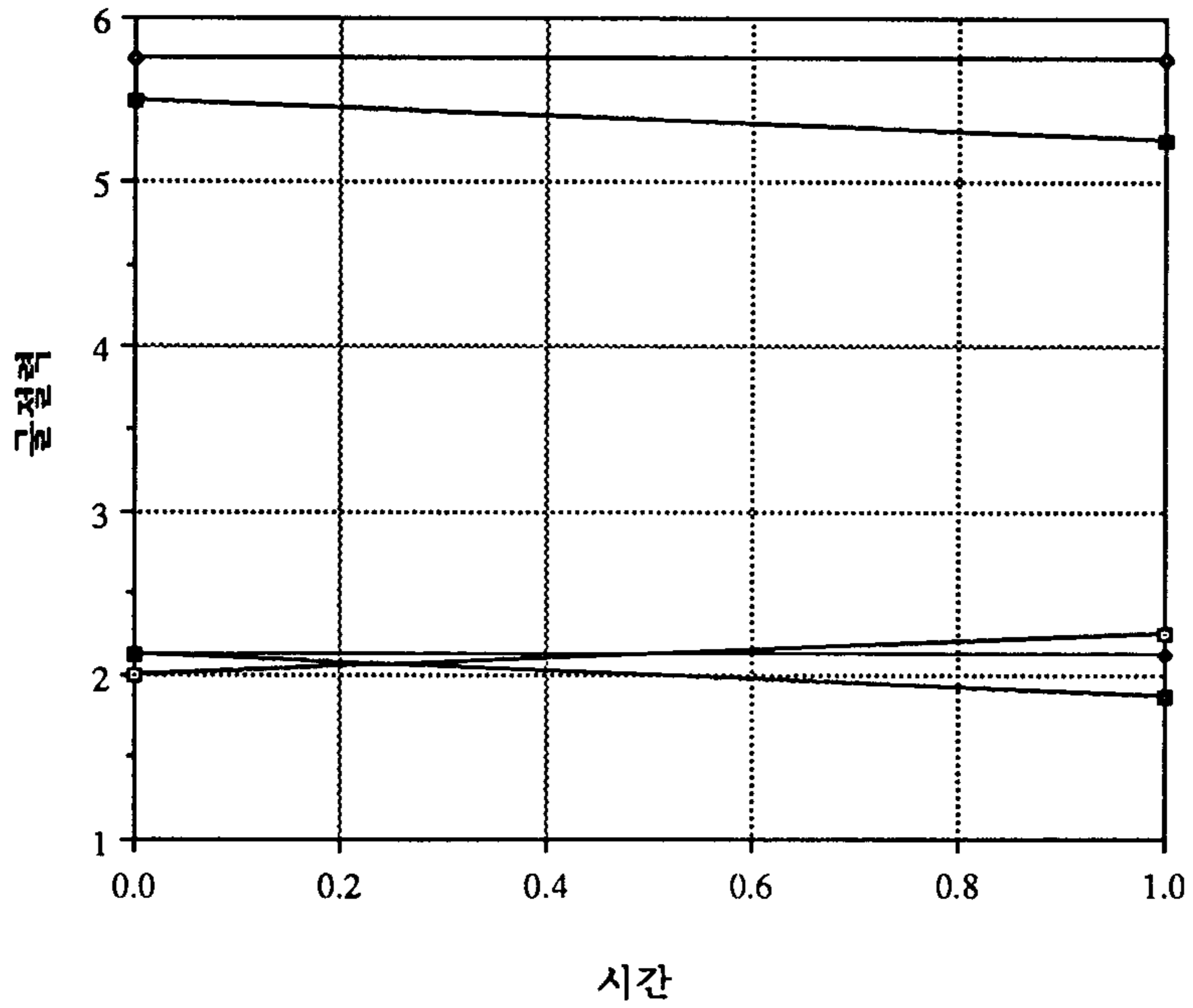


그림 3-6. 흰색/파란색에서의 refractive power 변화

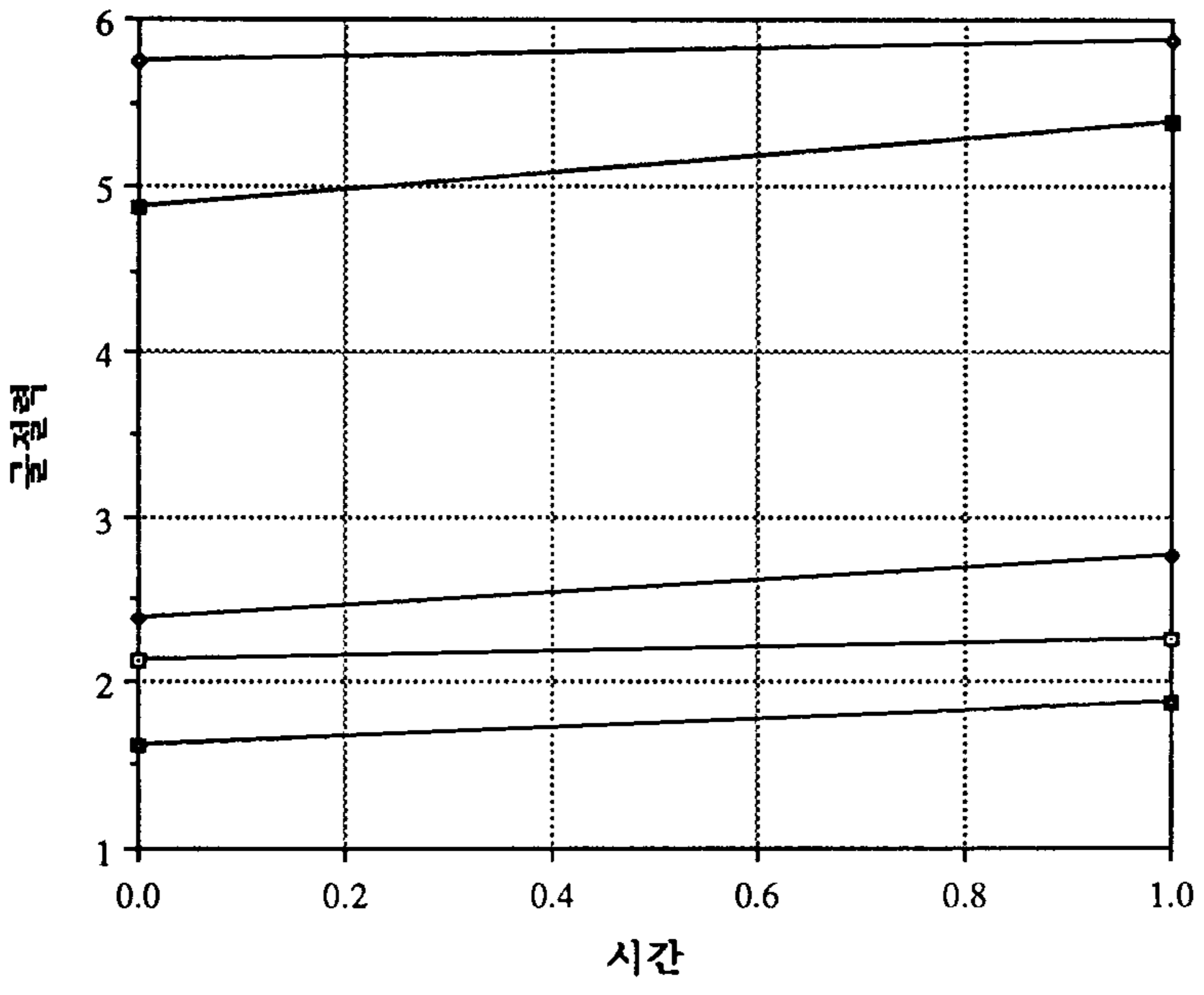


그림 3-7. 노란색/파란색에서의 refractive power 변화

## 제 4 절 결 론

기존의 VDT작업자에 대한 연구에서 시각계의 불편감이나 이상 등의 호소는 매우 일반적인 것이었다. 그 호소에는 눈의 가려움, 건조, 이물감, 통증이나 눈 전체의 통증, 피로감 및 시각장애 등이 있다. VDT작업에서 시각기능의 스트레스 유발요인을 파악하면 다음과 같다.

- o. CRT display의 밝기
- o. 표시문자와 배경과의 밝기 비율
- o. 화면의 표시형태
- o. CRT의 색깔조화
- o. 화면의 겹벽임
- o. 화면까지의 시거리

그 중에서 본연구의 2차년도에서 문자의 활자체, CRT의 문자/배경의 색, 화면까지의 시거리가 시각피로에 미치는 영향을 조사하여 주관적인 피로에 CFF와 시력이 상관관계가 있는 것을 보였다. 그 결과로서 선정된 실험요인중에서 최적조건은 시거리 45-61cm, 글씨체는 고딕 또는 명조, 색조합은 흰색/흑색이었다.

본 연구에서 CFF와 refractive power를 사용하여 화면 색조합에 대한 영향을 측정한 결과 선호도와 refractive power에서 노란색/파란색이 가장 양호한 화면색 조합인 것으로 나타났다. 2차년도의 결과와 본 연구 결과로 문서작업시의 최적 화면색 조합은 흰색/흑색과 흰색/파란색이었다.

본 연구의 결과는 주로 단시간의 VDT작업이었는데 장시간의 VDT작업에 대한 시각피로 추이를 살펴볼 필요가 있으며, 측정 척도의 객관성에 대해서도 추후연구가 수행되어야 할 것이다.

# 제 4 장 칼라 CRT의 화질평가에 관한 연구

## 제 1 절 서 론

컴퓨터 시스템이 거의 모든 분야에 활용됨에 따라 우리 주위에서는 워드프로세스, DTP(desk top publishing), 회계처리, 시뮬레이션, 통계처리, 공정제어 등 컴퓨터에 기초한 작업들을 쉽게 볼수 있다. 컴퓨터의 출력은 대부분 시각표시장치(visual display)나 프린트를 통하여 이루어진다. 따라서 해상도(resolution), 대비(contrast), raster modulation, symbol distortion, geometric stability, geometric linearity, luminance uniformity, color coding, intensity coding, blink coding 등과 같은 CRT 조건이 사용자의 안전, 생산성 또는 만족도에 많은 영향을 미치게 된다.

지금까지 흑백영상의 화질을 평가하는 방법에 대한 연구는 많이 이루어져 왔다. 가장 기본적인 척도(metric)는 Snyder(1973, 1988)가 제안한 MTF(modulation Transfer Funtion) 이다. MTF는 선형시스템이론(linear system theory)에 근거하여 유도[Robert J. Beaton, 1991] 되었다. 다른 척도로는 MTF를 가중시키거나 전환시켜 유도한 MTFA [Snyder, 1973; 1976; 1988], ICS [Van Meeteren, 1973], DDD [Carlson and Cohen, 1978], VE [Overington, 1976; 1982], SQRI [Barten, 1987] 등이 있다.

칼라 CRT 장치는 MTF 분석이 어렵다 [Oakey, 1984]. 칼라영상은 붉은색(blue), 초록색(green), 파란색(blue)의 혼합으로 이루어지는데 이 발광체를 주사하기 위하여 많은 전자총(electon guns)이 필요하게 된다. 각 전

자총의 MTF는 흑백 CRT의 MTF와 비슷하다. 그러나 다른점은 전자빔 (electron beam profile)을 샘플링하여 이산형 dot (discrete phosphor-dot)가 혼합되어 나타나는 것이다. 따라서 전자빔과 dot 구조가 MTF 분석에 매우 중요한 요인이 된다. 즉, 각각의 전자총에 의해 나타난 삼원색(R, G, B)이 서로 겹쳐져 칼라 dot를 형성하기 때문에 삼원색의 상대적인 위상 (relative phase)을 MTF로 표현할 필요가 있다.

지금까지 칼라 CRT에 대한 만족할 만한 MTF 분석이 이루어지지 않았으나 몇가지 방법이 제안되었다. 우선 칼라 CRT의 화질정도를 최소치와 최대치로 한정된 한계함수(boundary functions) 꼴로 MTF를 표현한 방법[Infante, 1984]이 있다. Infante는 이들 한계함수 중 가장 좋은 것과 가장 나쁜 것의 평균으로 평가하여야 한다고 제안하였다. 또 세도우 마스크(shadow mask)의 효과가 MTF 분석에 반영될수 있는 방법 [O'Callaghan과 Veron, 1987; 1987] 도 제안되었다. Baur (1985)와 Bortfeld, Beltz (1987)은 2차원 spot의 측정방법을 제안하였다.

MTF에 기초한 신뢰성이 있는 칼라 화질평가 방법이 채택되지는 않았지만 근사적인 해결책을 찾는 경향이 있다. 그 중 하나가 세도우 마스크의 효과를 무시하고 전자빔 형상으로 부터 MTF를 개략적이면서 단순하게 계산하는 것이다. 칼라 전자빔의 형상이 가우시안 형(Gaussian-shaped)을 하기 때문에 그 형상과 가장 유사한 가우시안 함수에 대하여 MTF를 계산 [Infante, 1984; Barten, 1984] 하는 것이다.

본 연구에서 사용한 장비는 자체 개발한 주사형 MTF 측정장치 이었다. 이 장비는 이미 본 연구소가 개발한 주사형 OTF 측정장치 개발기술 [이윤우 등, 1987; 조현모 등, 1991] 을 이용하여 CRT 등의 측정을 위하여 새롭게 개발한 것이다. 본 연구에서는 새로 개발한 장치를 이용하여 MTF 조건이 가장 나쁜 흰색 화소의 LSF를 구하고 근사적으로 MTF를

유도하는 방법을 연구하였다.

## 제 2 절 MTF 측정장치

### 2.1 서 론

현재 세계적으로 결상계의 성능평가 방법중 가장 많이 사용되며 객관성이 있는 방법은 OTF(Optical Transfer Function)를 계산하거나 측정하는 것이다. OTF를 실험적으로 측정하는 방법은 주사(scanning)에 의한 방법, autocorrelation 방법, cross correlation 방법 등이 있다. 주사방법은 sinusoidal 격자를 사용하는 푸리에 변환방법, 전기적 필터를 사용하여 nonsinusoidal 격자를 사용하는 광전자공학적 푸리에 변환방법, 점, 슬릿, 또는 칼날의 상을 electronic filter로 주사해석하는 전기적 푸리에 해석방법 순으로 발전 [Rosenbruch, 1971] 하여 왔다.

본 연구에서는 이미 본 연구원에서 개발하여 2차년 과제[김철중 등, 1992] 에서 흑백영상에 대해 MTF를 구한 주사형 OTF 측정장치를 응용한 주사형 MTF 장치를 개발하였다. LED를 사용하여 test target(화소)을 조명하였으며 linear image sensor를 사용하여 측정 시간을 매우 짧게 하였다. 그리고 시험된 화소의 intensity 곡선과 잘 적합하는 가우시안 곡선을 유도하여 MTF를 구하는 프로그램을 개발하였다.

### 2.2 측정장비 제작



그림 4-1은 CRT의 LSF (line spread function) 측정을 위하여 구성된 광학장치도이다. 물체의 상은 현미경 대물렌즈에 의하여 linear diode array (Hamamatsu S 3904) 위에 전송된다. 그리고 대안렌즈와 flip mirror는 전송된 상이 정확히 array 위에 위치하도록 정렬 시켜주는 역할을 한다. Relay 렌즈와 array detector 등은 한개의 몸체로 구성되어 있으며 분해능이  $\pm 1 \mu\text{m}$  인 마이크로 이동장치 위에 부착되어 있다. 그러므로 depth of focus 측정을 위하여 광축방향으로 미세이동 시킬수 있다.

그림 4-2는 본 연구에서 제작한 LSF 측정장치이다. 전체장치는 무진동 방진 테이블 위에 놓여 있으며 장치의 각 부분에는 마이크로미터에 의한 미세이동장치가 부착되어 있다.

그림 4-3은 마이크로 컴퓨터를 사용하여 구성된 측정장치의 개략적인 그림이다. 사용된 컴퓨터는 80486 급이며 electric controller 와 interface 되어 있으므로 두개의 모터와 diode array의 video signal을 자동으로 조종할수 있다. LED의 전원은 수동으로 조종하도록 하였으며 칼라 모니터와 칼라 프린트를 주변기기로 사용하였다.

그림 4-4는 array detector의 비디오 신호를 읽기 위하여 구성된 DMA (direct memory access) 회로를 나타낸 것이다. 메모리 칩은 SRAM 6264이며 A/D 변환기는 12 비트인 MAX 162를 사용하였다.

이 장치를 이용하여 LSF는 선광원으로 부터 relay lens에 의해 array detector 위에 형성된 상의 광세기 분포를 직접 수치화하여 읽은 다음 광원의 크기, relay 렌즈의 배율 등을 고려하여 보정함으로써 구하였다.

본 연구에서는 국산 80486 컴퓨터를 사용하여 Quick BASIC 언어로 프로그램을 개발하였으며 계산시간을 단축하기 위하여 BASIC 컴파일러를 사용하였다. 전체 프로그램을 주사함수로 부터 LSF을 구하여 그래프로 나타내었다.

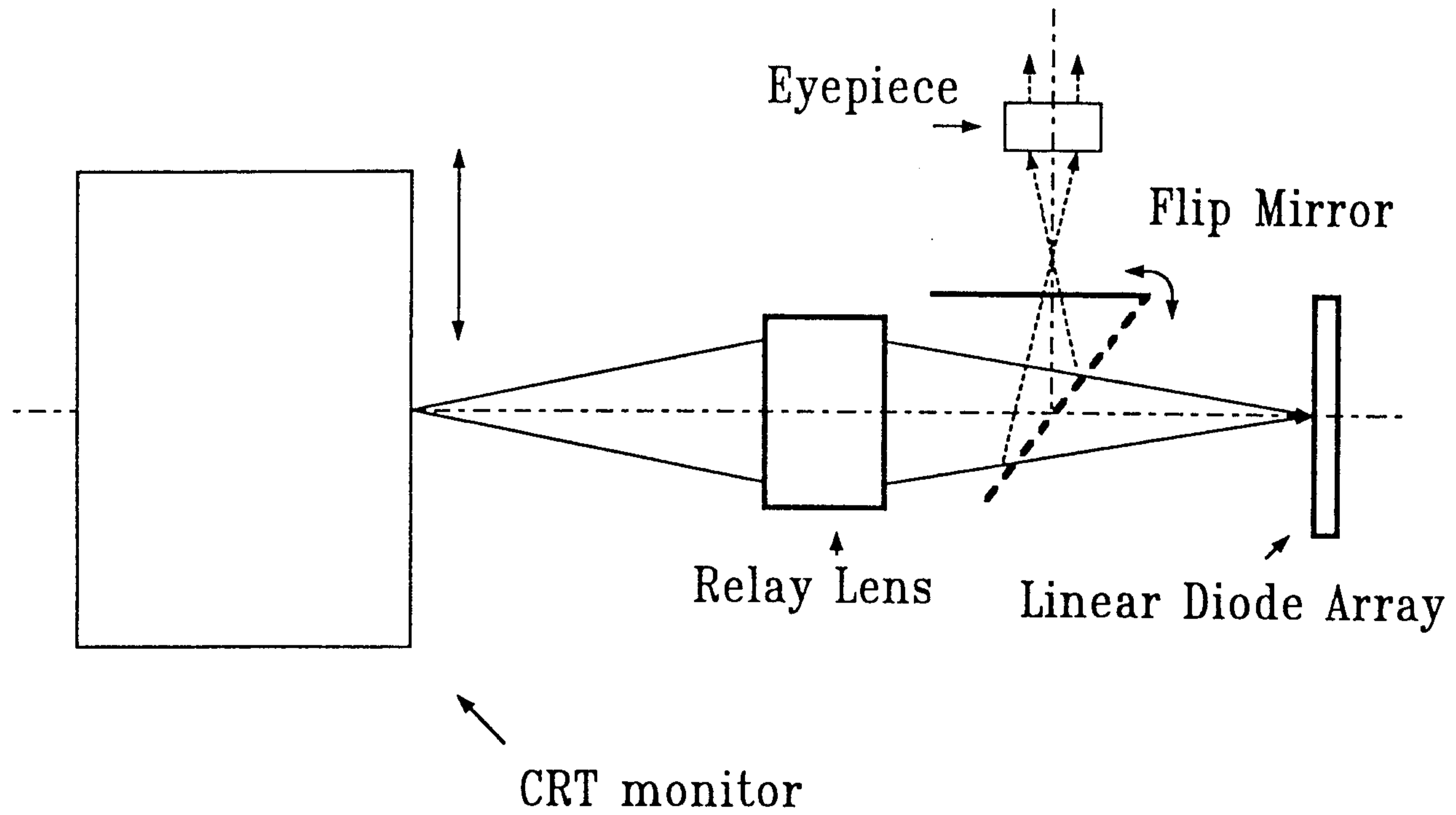


그림 4-1. CRT의 LSF 측정을 위한 광학장치도

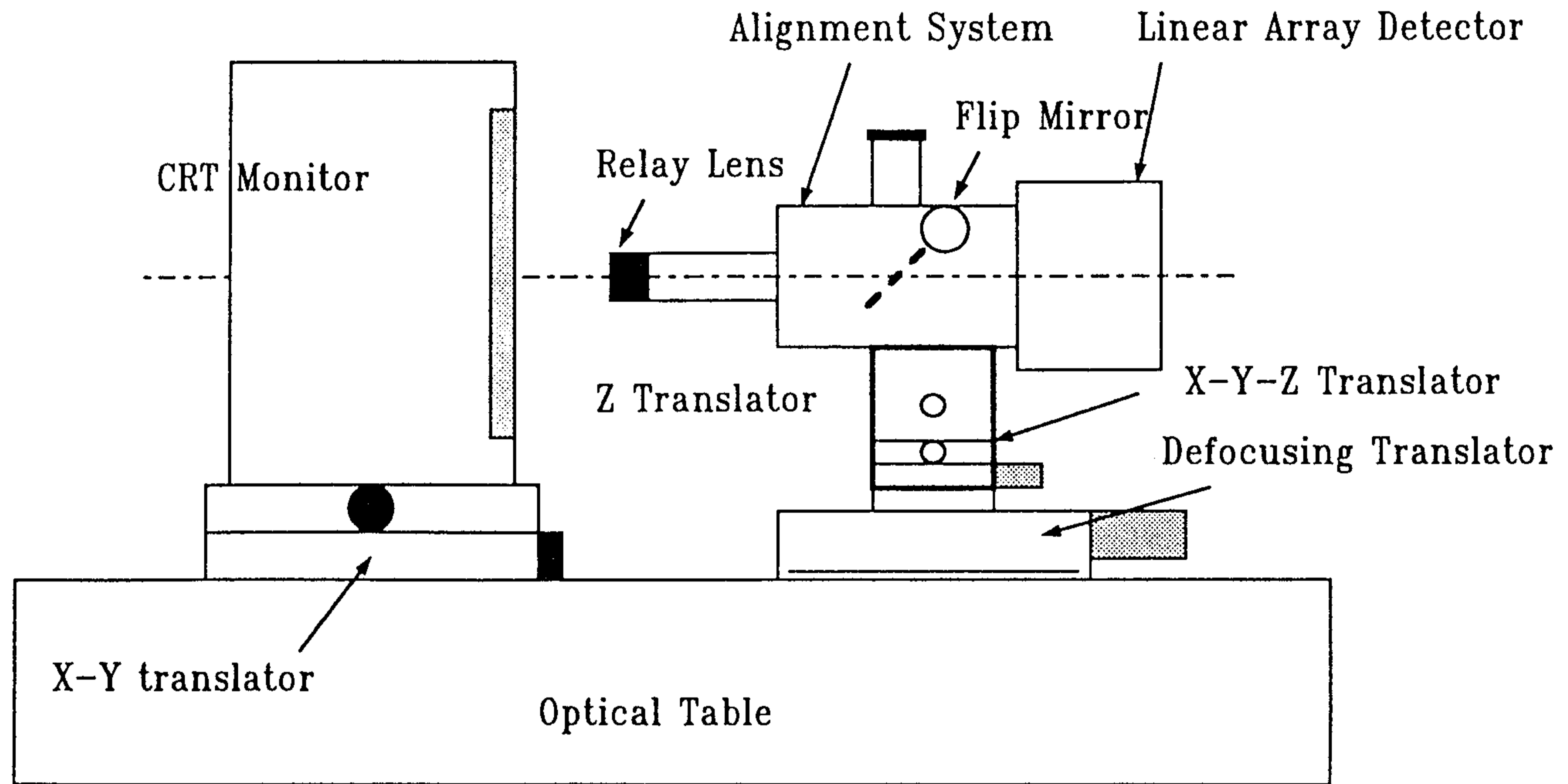


그림 4-2. LSF 측정장치의 측면도

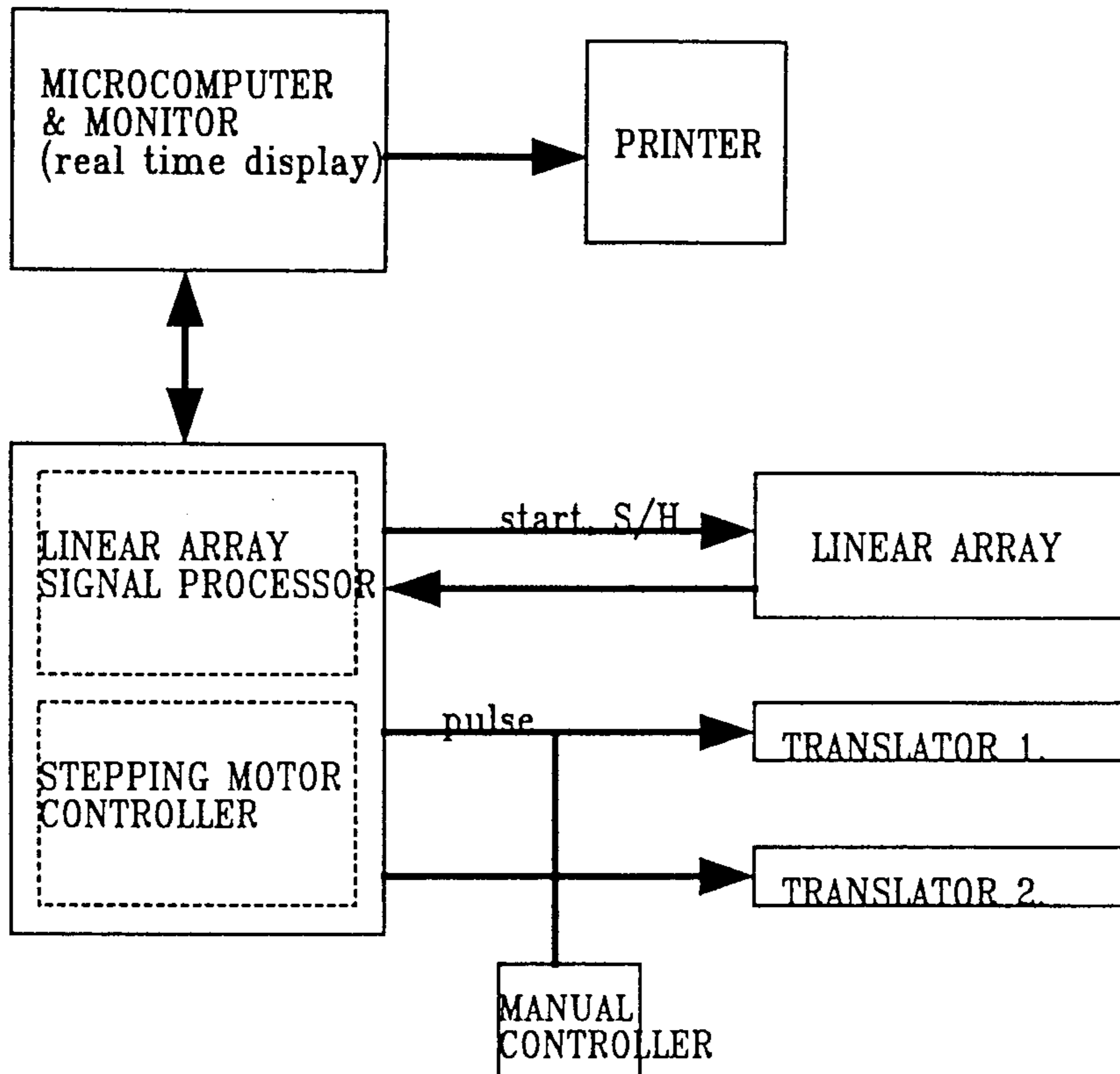
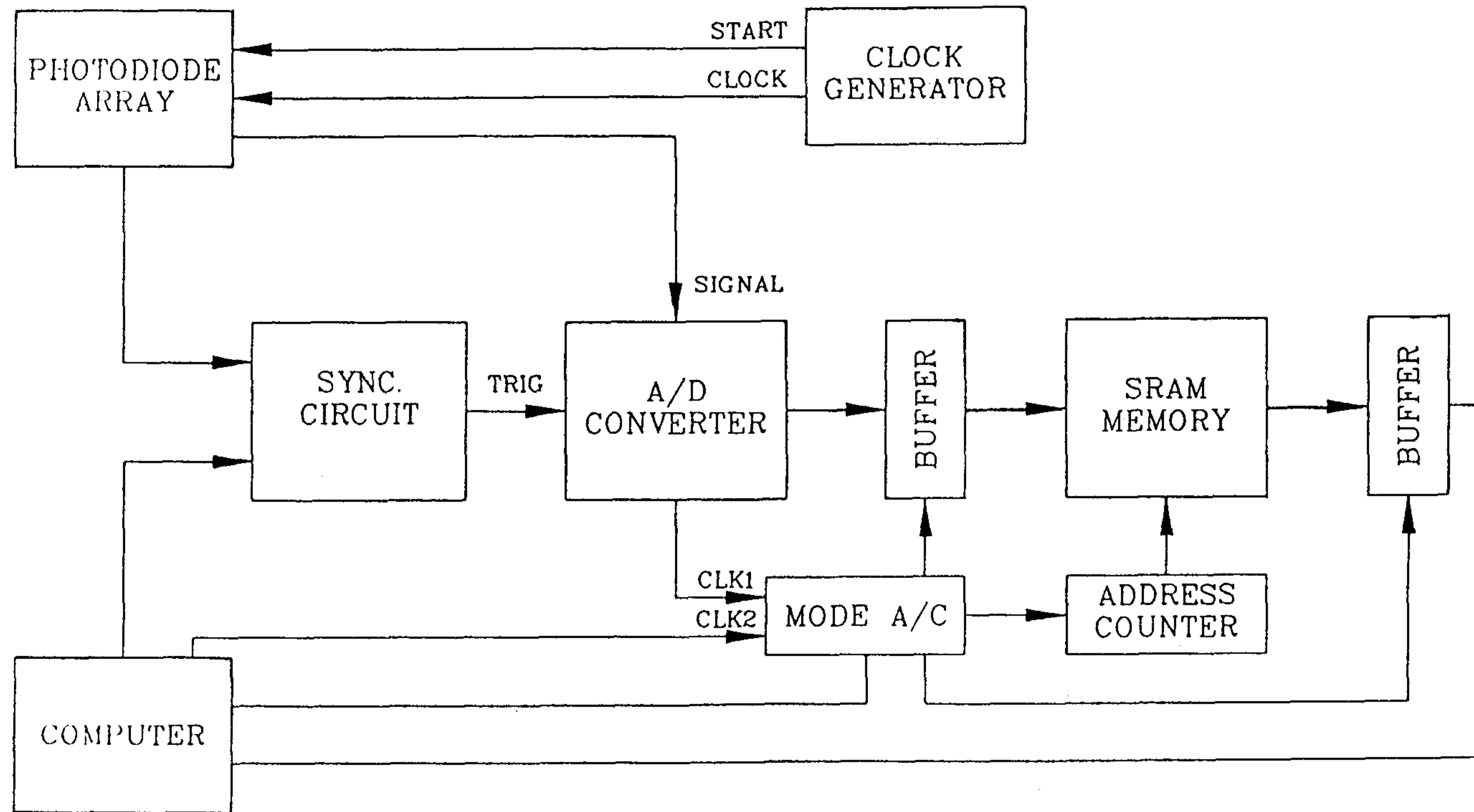


그림 4-3. 구성장치의 다이어그램



\* SRAM --> 6264 x 2  
\*\* A/D CONVERTER --> MAX162  
\*\*\* PHOTODIODE ARRAY --> HAMAMATSU C4350

그림 4-4. DMA 회로

그림 4-5 부터 그림 4-11는 개발된 LSF 측정 프로그램을 나타낸 것이다. 사용자가 모든 측정변수를 쉽게 입력할수 있도록 하였으며 거의 실시간에 측정이 이루어질수 있도록 하였다.

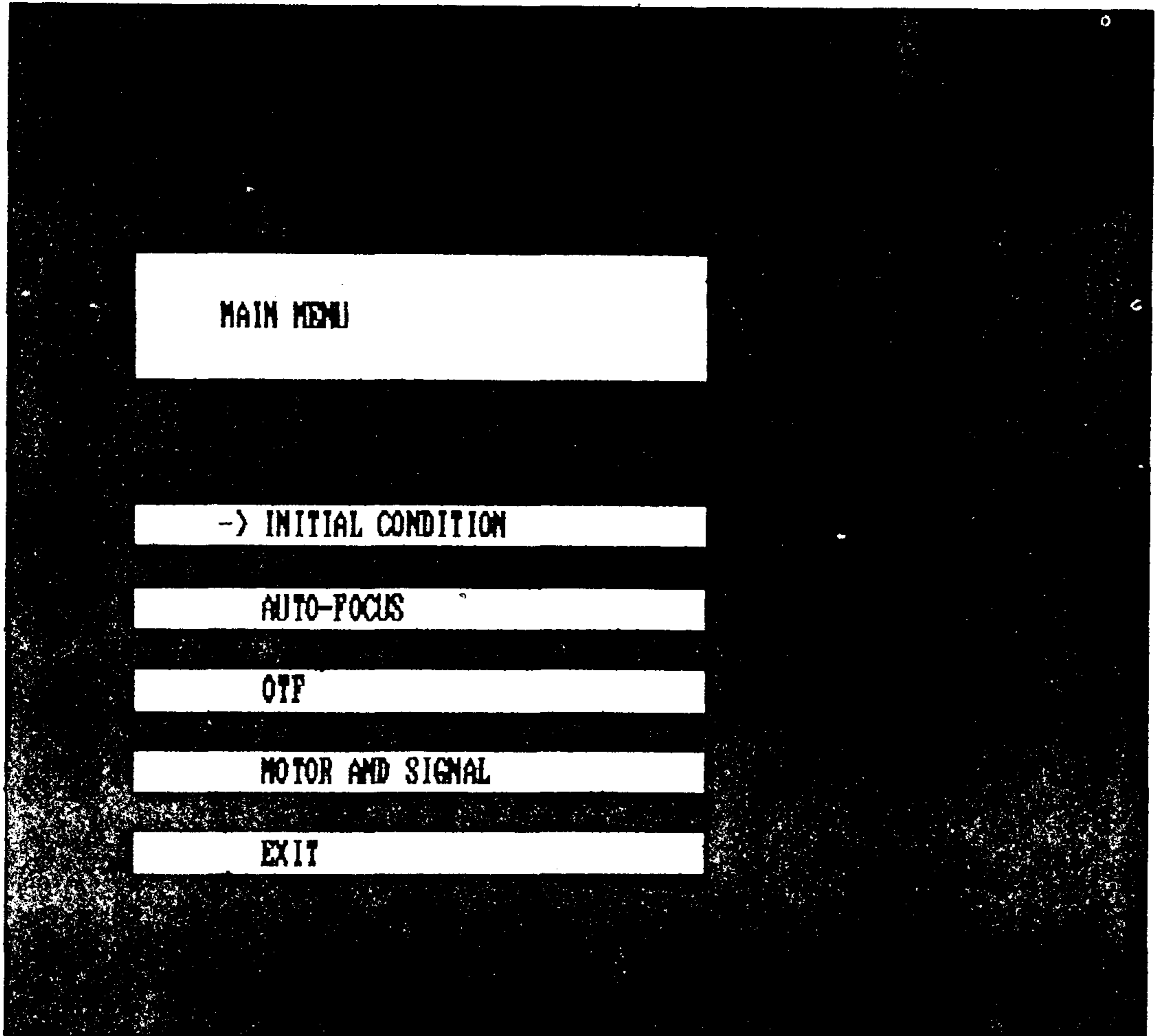


그림 4-5. LSF 측정 프로그램의 주 메뉴

INITIAL CONDITION AND LENS SPEC.

1).Laboratory	SS CORNING
2).Specimen	microlens
3).Infinite or Finite conjugate (I or F)	F
4).Slit,Pinhole,Grating object (S,P,G)	G
5).Object size(slit width or radius\um)	28.88
6).Operating wavelength(nm)	578
7).Total conjugate of tested lens(mm)	14.488
8).Object length(mm)	6.358
9).Image length(mm)	6.358
A).Relay Lens Magnification	18.8
B).Background signal(Auto or Manul correction)	A
*).Image magnification	1.88
*).Ideal image size of object(um)	28.88

which one do you want to change ? (type 1-9 or A,B)

press Esc to return MAIN MENU  
press spacebar to run AUTOFOCUS

그림 4-6. 초기상태와 렌즈 명세(specification) 프로그램

AUTOFOCUS condition

A.autofocus length(um)	3888.88
B.autofocus interval(um)	688.88
C.reference distance	8.88
D.reference frequency	4.88
*.minimum reference frequency	1.88

Scan condition

1.scan length	488	*.real scan length(um)	1888.8888
2.interval	1.8	*.real scan interval(um)	2.5888
3.# of average data	1	*.frequency interval(c/mm)	1.8888

which one do you want to change ? (type a-d or 1-3)

press Esc to return MAIN MENU  
press spacebar to run AUTOFOCUS

그림 4-7. Autofocus 상태 프로그램



OTF measurement condition	
A. azimuth(S or T)-----	T
B. maximum spatial frequency-----	28
C. Sample motor direction(F/B)-----	F
D. Interval(um)-----	78
*. Relay Lens Magnification-----	18.8

Scan condition	
1. # of fft data-----1824	*.real scan length(um)----- 2568.8888
2. interval----- 1	*.real scan interval(um)---- 2.5888
3. # of average data----- 1	*.frequency interval(c/mm)-- 8.3986

which one do you want to change ? (type a-d or 1-3)

■ press Esc to return MAIN MENU	■ press * to run Sample Motors
■ press spacebar to run MTF	

그림 4-8. LSF 측정상태 프로그램

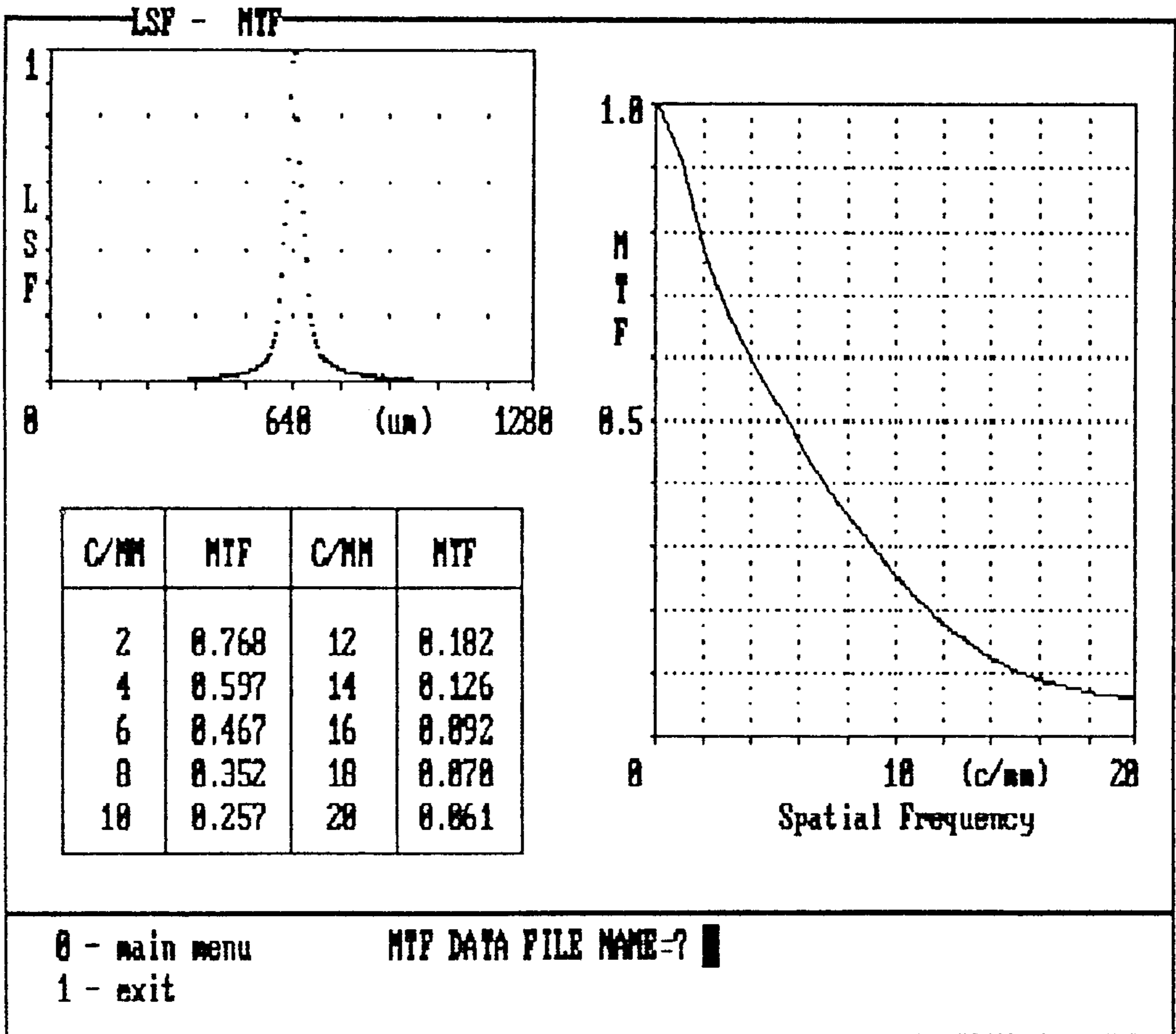


그림 4-9. LSF 그래프 표현 프로그램

AUTO-FOCUS

time: 8:26:48 AM

date: 03-31-1993

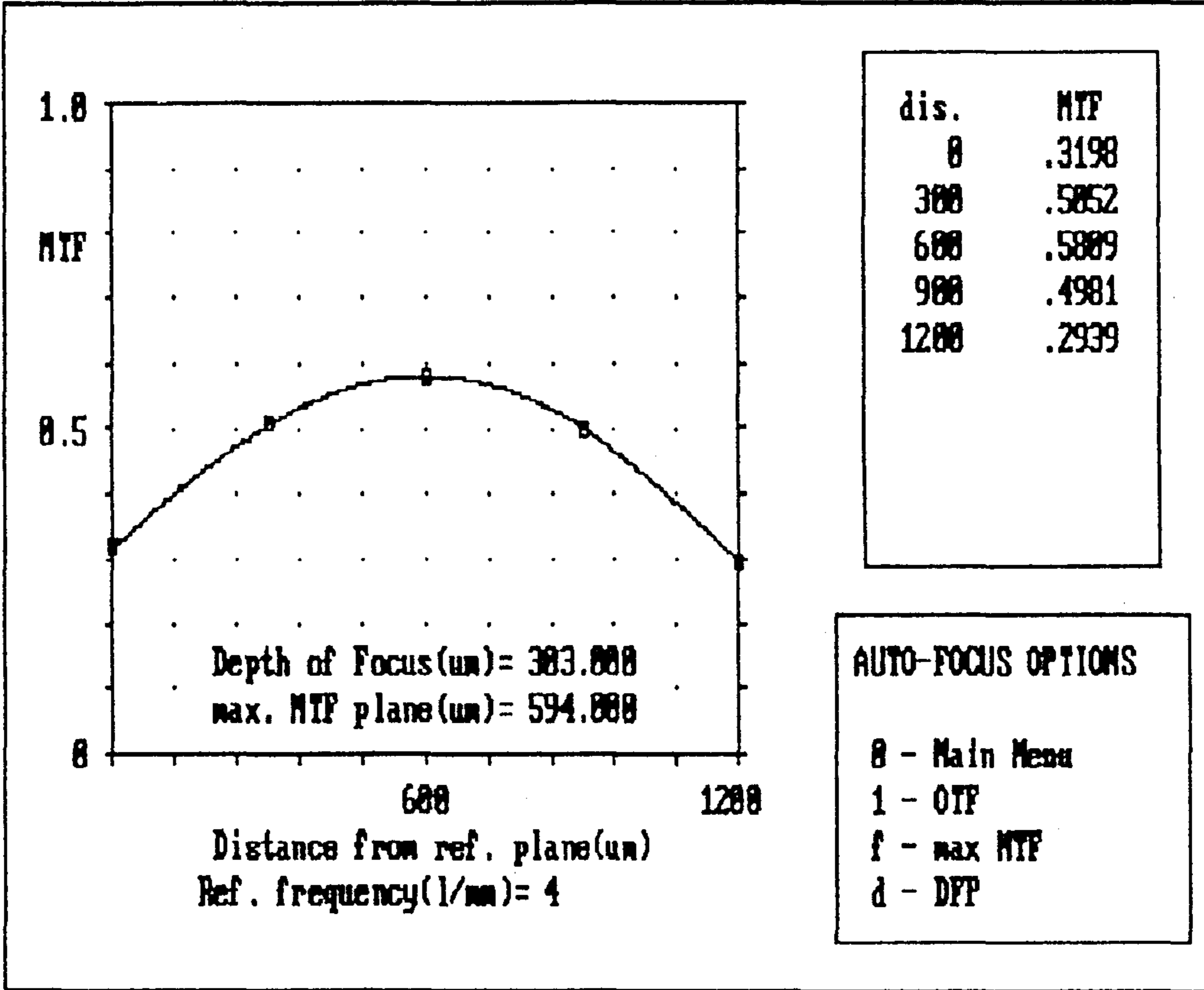


그림 4-10. Autofocus 프로그램

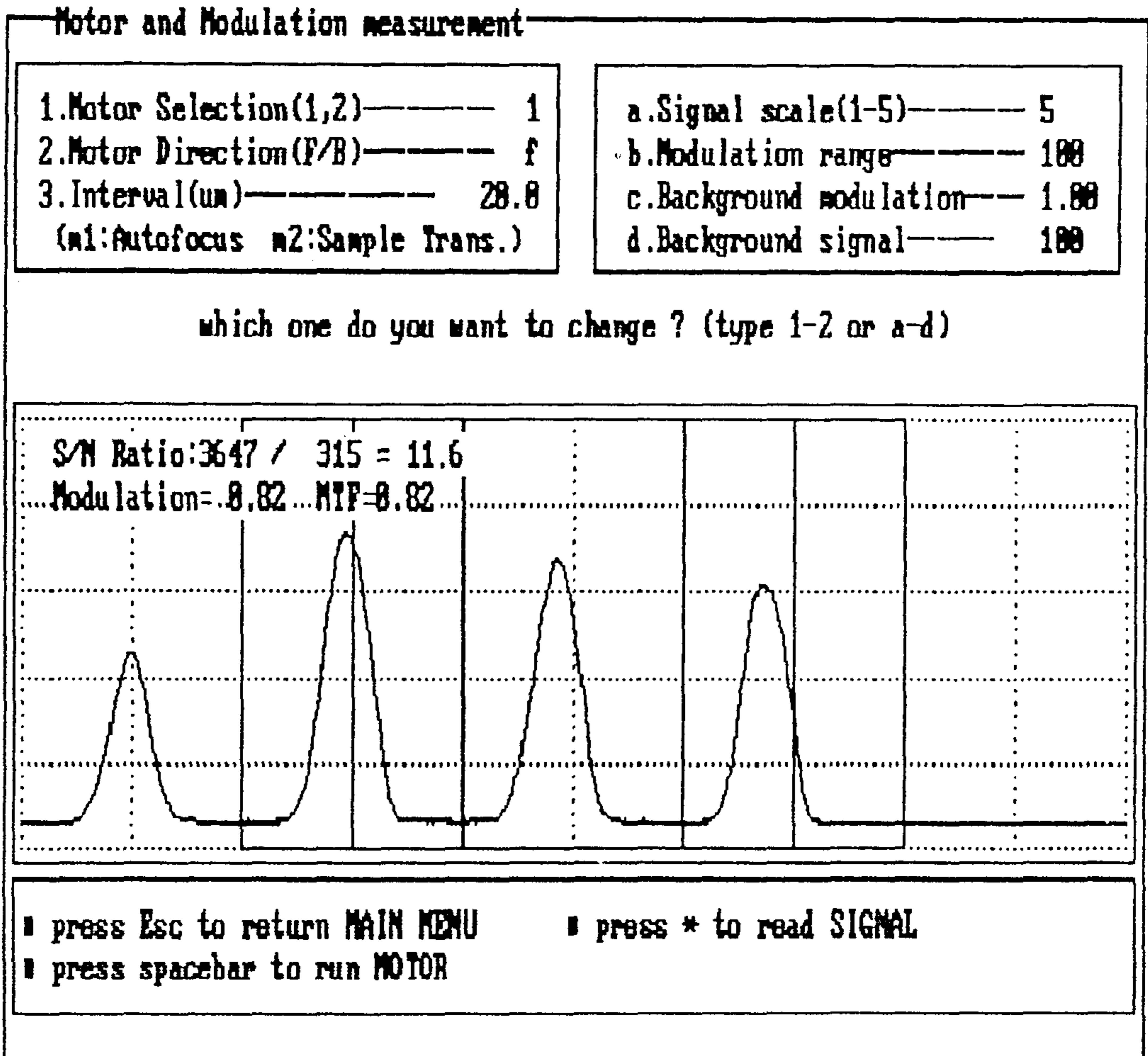


그림 4-11. 모터 조절과 모듈레이션(modulation) 측정 프로그램

### 제 3 절 MTF 측정

흰색의 화소를 표현하였을때 -- 각각의 전자총에 의해 나타난 삼원색 (R, G, B)이 서로 겹쳐져 흰색 dot를 형성하기 때문에 -- 다른색과 비교하여 가장 나쁜 MTF를 가지게 된다. 본 연구에서는 흰색을 표현하여 MTF를 평가하는 방법에 대하여 연구하였다.

MTF는 point spread function 혹은 line spread function을 Fourier 변환하여 구할수 있는데 흰색 화소는 새도우 마스크의 영향으로 그림 4-13의 LSF에서와 같이 세개의 가우시안 형 곡선이 겹친 형태를 가지게 된다. 이런 형태는 마스크가 불규칙적으로 작용하기 때문에 화소의 위치에 따라 다양한 형태로 나타나게 된다. 흰색 화소의 LSF를 직접 Fourier 변환하면 그림 4-12 와 같은 MTF가 얻어진다. 이 MTF의 형태는 화소의 위치에 따라 다양한 형태로 나타나기 때문에 해석하기가 매우 힘이 든다. 그러나 같은 CRT에서 발생하는 화소의 MTF의 근사적인 기울기는 거의 비슷하다. 또 우리의 눈은 마스크의 효과에 대한 영향을 받지 않을 만큼 해상력이 떨어진다. 즉, 눈은 LSF 곡선 보다는 단지 그 곡선의 폭(width)의 크기에 더 민감하게 된다.

따라서 불규칙적인 LSF 곡선을 직접 해석하는 것 보다 근사적인 함수 형태로 바꾸어 해석하는 것이 매우 쉽게 된다. 또 눈의 해상력은 LSF의 곡선 형태 보다는 곡선의 퍼진정도(dispersion)에 영향을 더 받기 때문에 근사적인 함수로 유도한뒤 그 형태를 해석하여도 큰 차이가 없다. 그러므로 이번 연구에서는 LSF와 동일한 평균과 분산을 갖는 가우시안 곡선으로 변환한 근사 함수(approximated function)을 구한뒤 Fourier 변환하여 MTF를 구하였다. 그림 4-13 과 그림 4-14 는 이번 연구에서 구한 LSF와 근사 가우시안 곡선, MTF를 유도하는 프로그램을 나타낸 것이다.

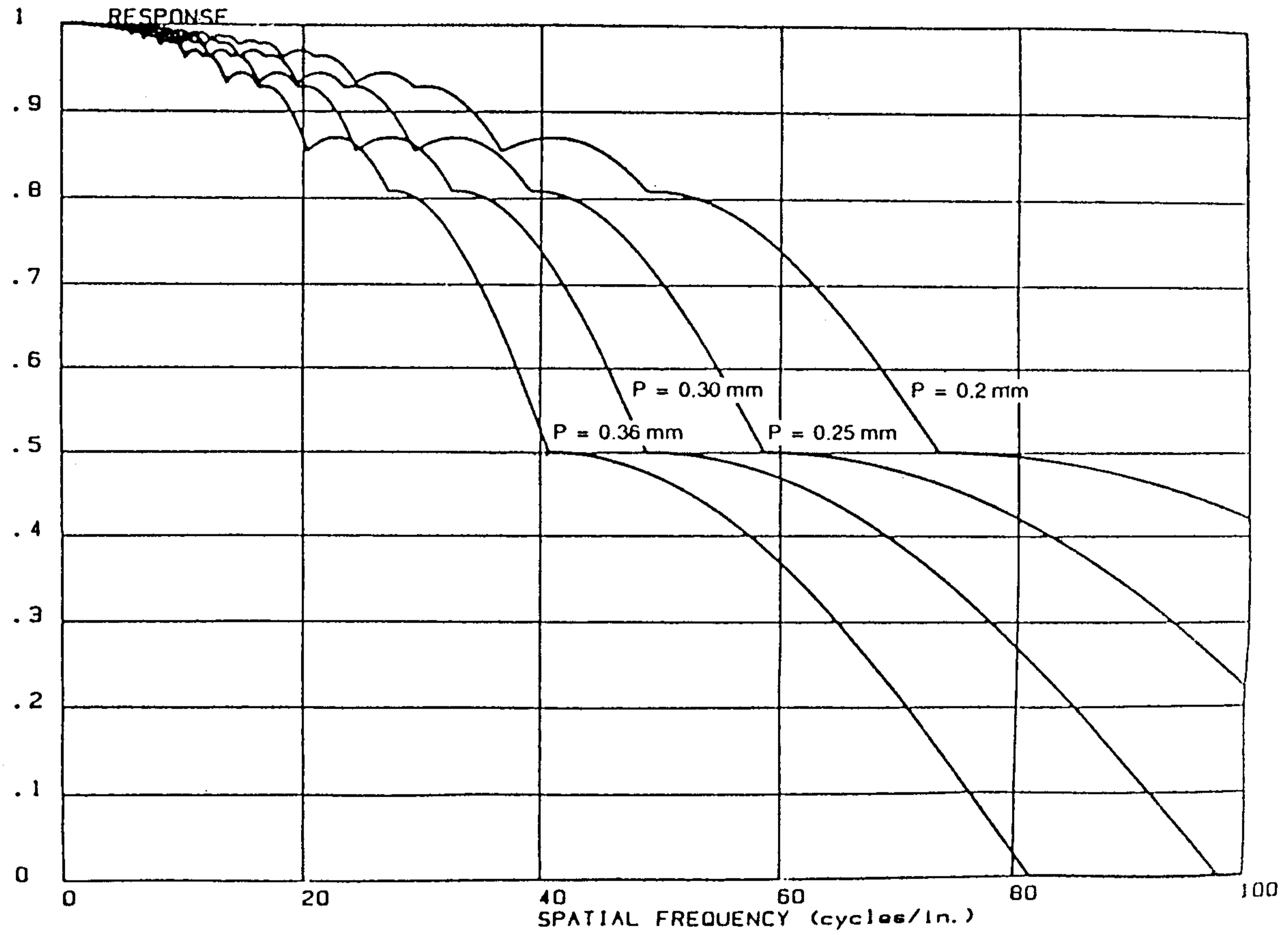


그림 4-12. 칼라 화소를 직접 Fourier 변환한 MTF

1) 그림 4-13 의 ①은 본 연구의 측정장비를 이용하여 구한 LSF 곡선이다.  $x_i$  ( $i=0, \dots, 3200\mu\text{m}$ ) 는 화소 위치이며  $f(x_i)$ 는 화소의 LSF 값이다.

2) ③ 과 ④ 는 LSF의 평균 (A)와 표준편차 (V)로써 다음과 같이 유도되었다.

$$\text{평균 } A = \frac{\sum x_i \cdot f(x_i)}{\sum f(x_i)} \quad \dots\dots\dots (4. 1)$$

$$\text{분산 } V = \frac{\sum (x_i - A)^2 \cdot f(x_i)}{\sum f(x_i)} \quad \dots\dots\dots (4. 2)$$

3) ② 는 평균 A, 분산 V의 값을 이용하여 근사적으로 구한 가우시안 곡선이다.

4) ⑤ 는 가우시안 곡선의 최고값, ⑥ 은 중간값, ⑦ 의 S는 중간값에서의 폭(width) (단위 :inch) 을 계산한 값이다.

5) ⑧ 은 S를 이용하여 MTF를 유도한 곡선으로 다음과 같이 얻어진다.

$$\text{MTF}(f_i) = \exp \left\{ - \frac{\pi^2 \cdot S^2 \cdot f_i^2}{4 \cdot \ln 2} \right\} \quad \dots\dots\dots (4. 3)$$

$f_i$  는 cycle/inch 이다.

6) ⑨ 는 MTF 값으로써 마우스로  $f_i$  를 변화시킬때 마다 자동적으로 계산되어 나타난다.

이상의 방법으로 3개의 모니터에 대하여 MTF를 구하였는데 표 4-1과 같다(부록II 참조).

표 4-1. 화소위치별 MTF 측정값

모니터의 종류	화소위치	S (inch)	MTF (cycle/inch)			
			20	30	40	50
14 " 모니터 해상도 1024 x 768	화면중간	0.0094	0.881	0.752	0.603	0.454
	화면왼쪽	0.0113	0.832	0.662	0.480	0.318
	화면오른쪽	0.0094	0.882	0.753	0.604	0.455
19 " 모니터 해상도 1024 x 768	화면중간	0.0194	0.586	0.300	0.118	0.035
	화면왼쪽	0.0196	0.578	0.291	0.111	0.032
	화면오른쪽	0.0222	0.496	0.207	0.061	0.013
14 " 모니터 해상도 640 x 480	화면중간	0.0133	0.770	0.555	0.352	0.196
	화면왼쪽	0.0124	0.803	0.611	0.416	0.254



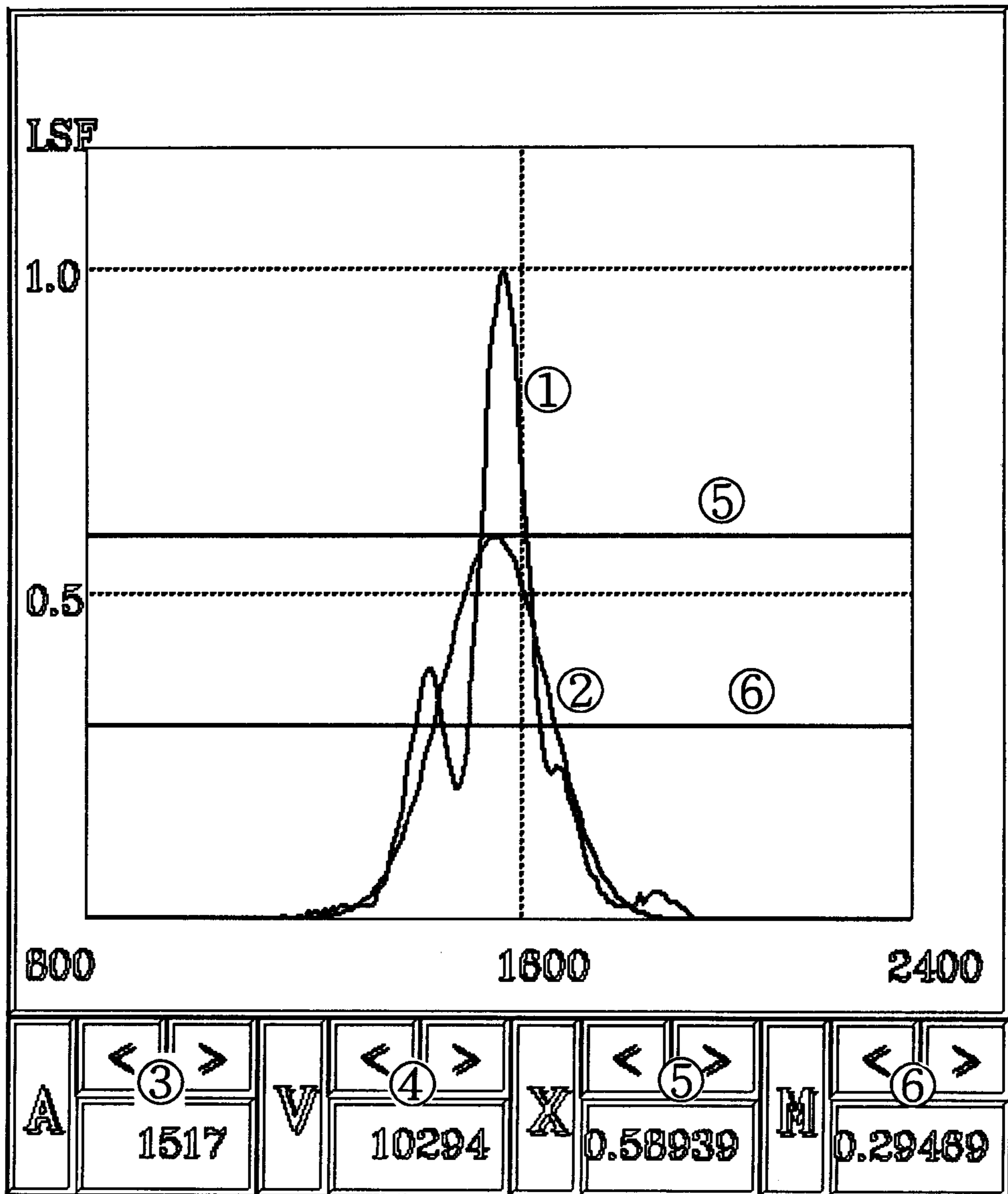


그림 4-13. LSF와 근사적으로 유도한 가우시안 곡선

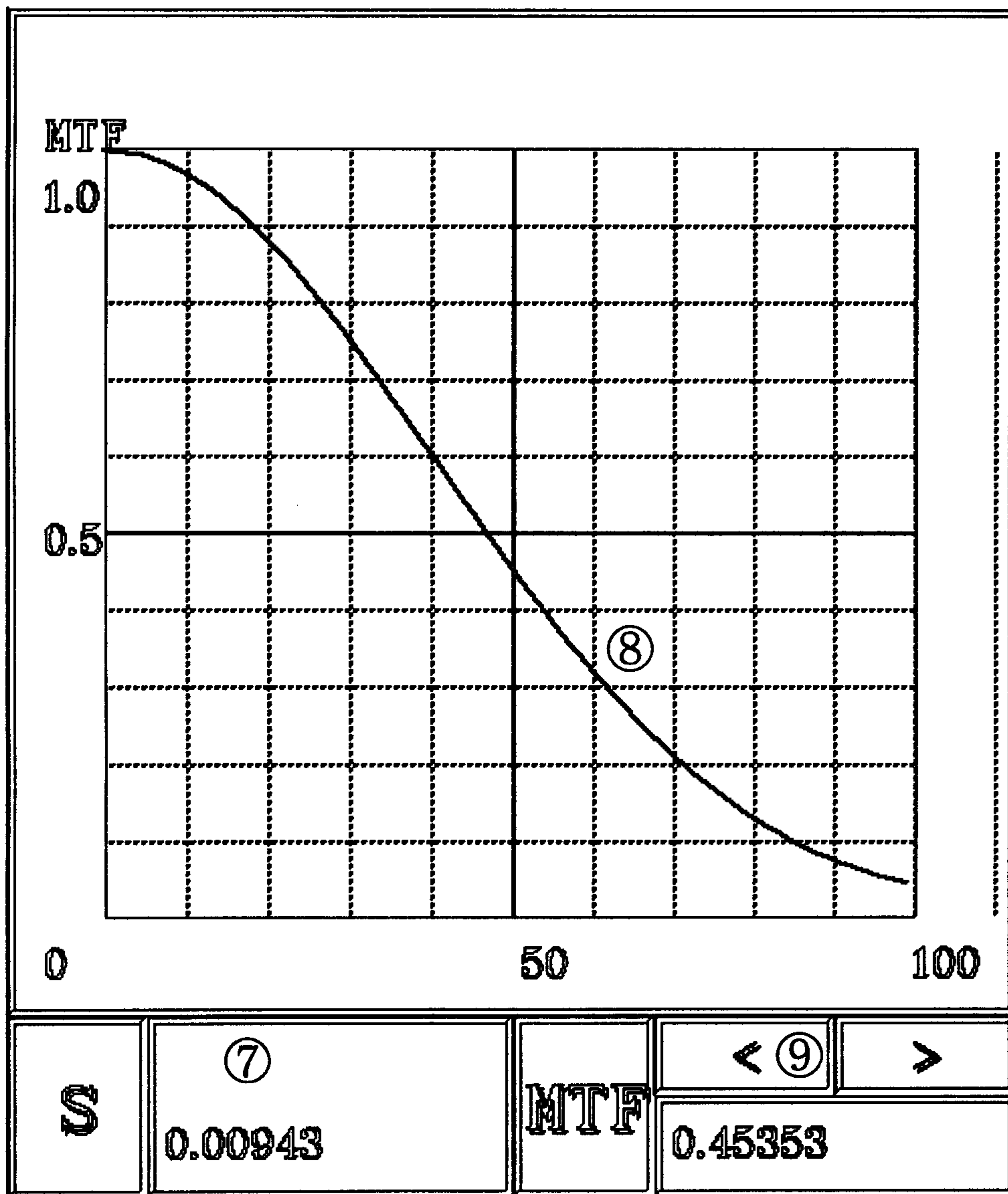


그림 4-14. 근사적으로 유도한 가우시안 곡선으로 구한 MTF

## 제 4 절 결 론

본 연구에서는 칼라 CRT의 화질을 평가하는 방법으로써 흑백 CRT와 같이 MTF를 유도하는 방법을 연구하였다. 흑백 CRT의 경우에는 화질 평가방법으로 가장 많이 사용되고 있는 것이 MTFA로써 미국 ANSI/HFS 100-1988에서는 해상도( display resolution)의 조건으로 그 값이 5 보다 클 것을 요구하고 있다. 앞으로 칼라 CRT의 경우에도 MTFA 척도가 좋은 평가기준이 될 것인지에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이때 칼라에 대한 CSF는 다르게 나타날수 있기 때문에 앞으로 칼라에 대한 CSF를 조사하여 비교하여야 할 것이다. 아울러 화질 차이에서 발생하는 시각피로를 파악하여 해상도의 조건에 대한 기준을 설정하여야 할 것이다.

# 제 5 장 VDT 전자파 측정 및 평가

## 제 1 절 서 론

일반인들은 VDT 증후군을 유발시킨다고 생각되는 많은 요인 가운데 전자파가 차지하는 비중을 가장 큰 것으로 여기고 있다. 1991 년 VDT 사용자에 대한 설문조사 결과, 85.3% 의 VDT 사용자가 전자파에 대한 건강 상의 우려를 나타낸 것으로 보고되었다[한국표준과학연구원, 1991]. 이러한 일반인들의 전자파에 대한 우려는 전자파를 감소시킬 수 있다는 보안경 등의 수요, 혹은 VDT 작업 기피 현상으로 나타나고 있으며, 문제가 심각할 경우로 전자파와 각종 질환, 출산장애 등과의 인과관계를 둘러싼 의학적, 사회적논쟁이 야기되고 있기도 하다[Walborg,1991; Fitzgerald,1990; ECMA, 1985].

VDT 를 둘러싼 이러한 사회적 관심에 비하여 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 극히 미진한 형편이다. 전자파에 노출된 특정집단과 대조집단 간의 질병유병율을 비교하는 역학조사 분야는 그런대로 많은 연구가 이루어졌으나, 그 결론이 서로 상반되는 경우가 많이 나타나고 있으며, 다른 잡음인자의 영향을 배제하기 어려워 명확한 결론을 얻어내고 있지 못하다[Walborg,1991]. 역학조사에 비해 전자파가 인체에 직접 미치는 영향을 조사하는 생물학적 연구는 거의 없었으나, 최근에서야 스웨덴 Umea 대학에서 인간의 세포조직에 전자파를 가했을 때, 조직 내부의 칼슘의 농도가 주기적으로 변화되는 것이 관찰 되었다[Lindstrom,1992].

전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 결론은 아직 명확히 안난 상태이

나, 일반적으로 전자파가 인체에 좋지는 않을 것이라는 견해가 지배적인 가운데, 선진국들로부터 VDT 를 비롯한 각종 전기전자 기기의 전자파를 규제하는 안전기준과 규격들이 채택되어 적용되고 있다[MPR,1990; Fitzgerald,1990].

전자파는 주파수대역(frequency band) 별로 그 특성이 다르므로 안전기준과 규격들도 주파수대역을 구분하여 설정되고 있는데, 크게 초저주파(ELF; Extremely Low Frequency 5Hz-2kHz), 저주파(VLF; Very Low Frequency 2kHz-400kHz), 고주파(High Frequency 400kHz-) 대역으로 나누어 연구되고 있다. 고주파대역도 인체에 영향을 주는 것으로 추측되고 있는데, 이에 대해 1980년대 초 ANSI 등 여러 기관에서 안전기준을 설정한 예가 있다[徳丸仁,1989]. 반면에 그동안 저주파, 초저주파에 대한 연구는 미진하였으나 최근 인체에 더 문제가 되는 것으로 많은 역학조사에서 밝혀져, 새로이 안전기준을 설정하기 위한 노력들이 나타나게 되었다.

대표적인 기준으로는 스웨덴에서 제정된 MPR로서 VDT에 한해 .5m 사용거리를 기준으로 제한치를 설정하고 있다[MPR,1990]. 현재 국내의 PC 업계에서도 PC를 외국에 수출하기 위해서는 이 규격에 합격해야만 하는 것으로 알려져 있다. MPR은 VDT의 광학적특성과 전자파 두 부분으로 나누어져 있는데, 전자파에서는 X-ray, 방사능, 정전기, 전기장, 자기장에 관한 내용을 규제하고 있다. 국내에는 VDT 전자파에 관한 KS 규격(KSC-5844)이 1989년에 제정되었으나, 이는 전기전자기기 간의 상호간섭(EMI; Electro Magnetic Interference)을 규제하기 위한 것으로 고주파대역에 대해서만 다루고 있지 초저주파, 저주파 대역에 관한 안전기준은 설정되어 있지 않다.

본 연구에서는 VDT 에서 나오는 전자파 가운데 ELF, VLF 대역의 전기장, 자기장의 세기를 측정해 그 특성을 파악한 후, 다른 전기전자 제품과의 상대적 세기의 비교 및 보안경의 차폐효과를 알아보는 실험을 실시하였는데 측정방식은 MPR 방법에 근거하였다.

## 제 2 절 VDT 전기장 측정 및 평가

### 2.1 서 론

다른 전기전자 제품과 마찬가지로 VDT 에서도 전기장이 발생하고 있다. 전기장은 고압에 연결된 부품으로부터 발생하게 되는데, VDT 의 CRT(Cathode Ray Tube) 로부터 정전기장과 교류에 의한 전기장이 모두 나오고 있다. 교류에 의한 전기장은 주파수에 의해 두 개의 그룹으로 나눌 수 있다. 즉, VDT 의 수직주사선과 전원으로부터 발생하는 50Hz~2kHz 의 전기장과, 수평주사선과 스위치모드 전원공급장치에서 발생하는 15kHz ~80kHz 의 전기장이 그것이다.

전기장의 세기는 전기장 발생원으로부터 일정 거리만큼 떨어진 안테나에 유기된 rms(root mean square) 값의 V/m 로 측정한다. VDT 전기장의 측정은 MPR 기준에 의해 두개의 대역 (ELF: 5Hz~2kHz, VLF: 2kHz ~400kHz) 으로 나누어 측정한다.

## 2.2 측정장비와 측정방법

### 1) 전기장 측정장비

측정에 사용된 장비는 MPR 규격에 의거 스웨덴 Combinova 사에서 제작한 EFM200 모델을 이용하였다(그림5-1. 참조). EFM200 은 ELF 대역과 VLF 대역을 동시에 측정을 할 수 있도록 고안되어 있으며, 유효측정범위는 ELF 의 경우 0.5~10000 V/m, VLF의 경우는 0.05~1000V/m 이다.



그림 5-1. 전기장측정장비 (모델명 EFM200)

## 2) 측정방법

본 연구는 MPR 식 전기장 측정방법(표5-1. 참조) 에 기초해 VDT 의 전기장을 측정하였다. MPR 방법에 의한 전기장 측정 방법은 ELF 대역의 경우 VDT 의 정면방향에서, VLF 대역의 경우는 정면, 후면, 양 측면 등 4 방향에서 스크린으로부터 0.5 m 떨어진 지점에서 측정하도록 되어 있다 (그림 5-2 참조). 본 연구에서는 전기장의 특성을 이해하기 위해, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 m 거리에 대해 22.5° 간격으로 VDT의 전방향에 대한 측정을 실시하였다.

측정시 배경의 허용 노이즈(noise) 값이 ELF 는 2V/m, VLF 는 0.2V/m 이하로 유지되어야 하는데, 이를 위하여 측정대상물 외의 다른 전기전자 기기나 전선으로부터 나오는 전기장을 차단하기 위하여, 구리망으로 둘러싸인 전기장 차폐실(shield room) 에서 측정이 이루어져야 하며, 전선 역시 전기장유출을 차폐하기 위해 만들어진 전선을 사용하여야 한다. 특히 전기장은 전선의 놓인 위치와 방향에 따라 노이즈의 변화가 심하게 나타날 수 있으므로, 측정시 전선의 위치에 신경을 써야 하며 중간중간 노이즈를 측정해 측정된 값의 신뢰성을 확보해야 한다. 측정시 화면의 조건으로는 스크린 전체에 영문자 'H' 자를 표시해주어 측정조건을 동일하도록 해주어야 한다.

EFM200 모델은 일시에 ELF 와 VLF 대역을 모두 측정할 수 있게 되어 있는데 측정거리와 높이를 맞추는 후 시계방향으로 22.5° 간격으로 회전시켜가며 측정을 수행한다.



표 5-1. MPR 식 전기장측정방법

구분대역 (f)	측정거리 (r)	측정높이 (z)	측정각도 (θ)	기준치	허용 노이즈
ELF	L/2+0.5 m	0 m	0°	25 V/m	2 V/m
VLF	L/2+0.5 m	0 m	p*90° (0≤p≤3)	2.5 V/m	0.2 V/m

주) r, z, θ 의 기준점 : VDT 의 중심점  
 L : VDT 의 길이 (정면-후면 사이의 길이)

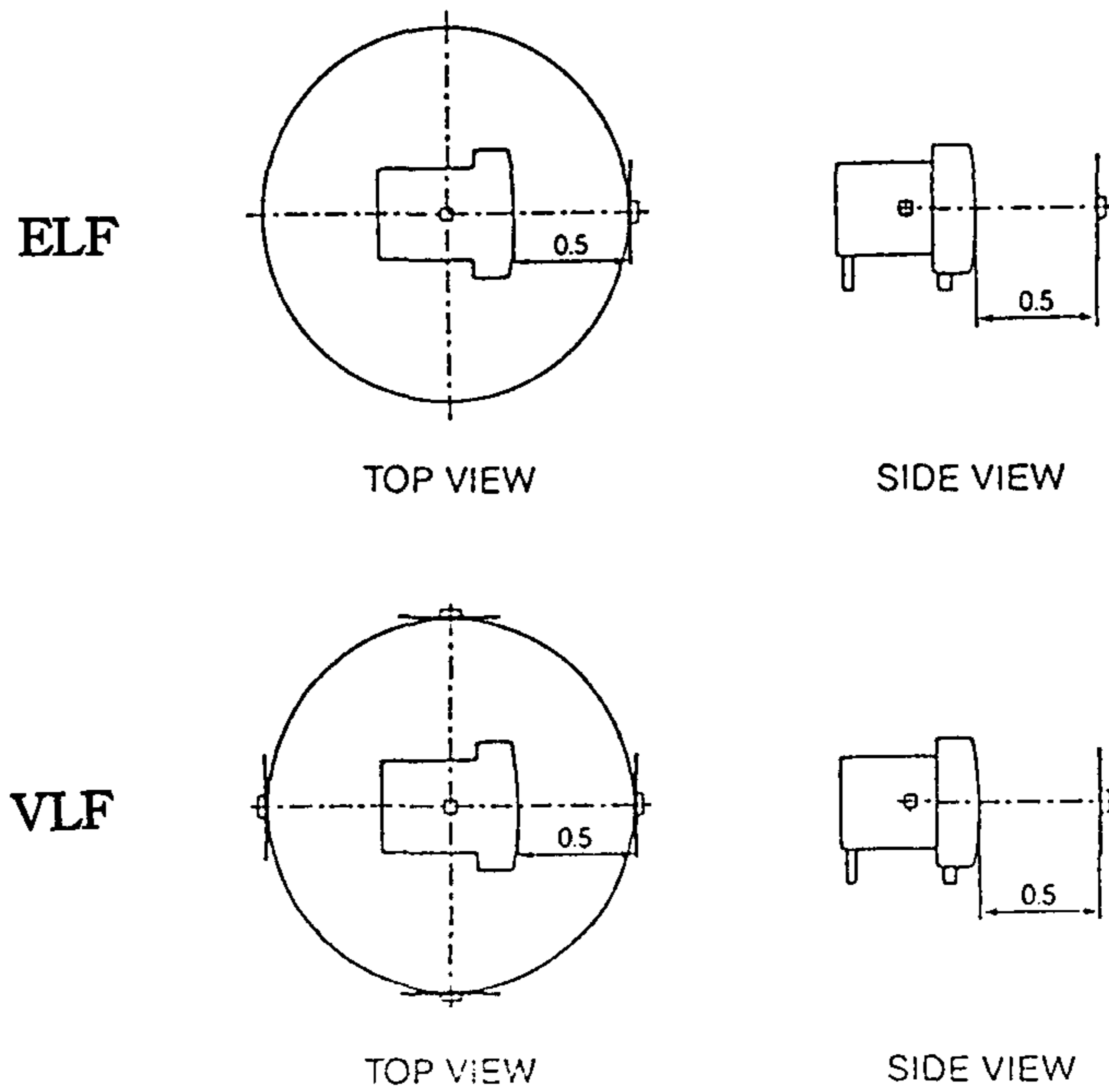


그림 5-2. MPR 식 전기장측정방법

### 3) 측정계획

#### ① 측정1: VDT 전기장의 거리별, 방향별 특성

측정1의 목적은 VDT로부터 나오는 전기장의 세기를 대역별, 거리별, 방향별로 측정하여 VDT 전기장의 특성을 알아보는 데 있다. 이를 위하여 VDT 스크린으로부터 일정거리(.3, .5, .7, .9 m)만큼 떨어진 곳에 전기장 측정 장비를 위치시키고 22.5° 간격으로 VDT의 전방향으로부터 나오는 전기장의 세기를 ELF, VLF 대역에 대해 측정한다. 측정 VDT는 14" 와 20" 크기의 칼라모니터 두 대를 대상으로 한다.

#### ② 측정2: VDT 와 다른 전기제품과의 전기장 세기비교

측정2의 목적은 일상생활에서 자주 쓰이는 다른 전기제품과의 비교를 통하여, VDT 전기장의 상대적 크기를 알아보는 데 있다. 측정은 전기담요와 헤어드라이어의 전기장의 세기를 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 m 전방 정면방향에서 ELF, VLF 대역으로 분리해 이루어졌다. 또한 Notebook 컴퓨터 등에 CRT를 대신하여 많이 사용되는 LCD(Liquid Crystal Display)에 대해서도 동일한 측정을 실시 비교하였다.

#### ③ 측정3: 보안경의 전기장 차폐효과

측정3의 목적은 전자파 감소를 위해 널리 사용되는 보안경의 전기장 차폐효과를 알아보는 데 있다. 이를 위해 현재 보안경으로 널리

쓰이는 금속매쉬 제품 2 종류, 유리편광 제품 2 종류 등 모두 4 개의 보안경에 대한 전기장 측정을 정면 0.5 m 지점에서 실시하였다. 각 종류의 보안경은 접지가 가능한 것과 불가능한 것으로 나눌 수 있는데 접지를 하는 경우와 안하는 경우의 차이도 알아보았다.

표 5-2. 전기장 측정계획

구 분	측정대상	측정대역 (f)	측정거리 (r)	측정높이 (z)	측정각도 (θ)
측정 1	VDT14" VDT20"	ELF VLF	L/2+ 0.3 + 0.5 + 0.7 + 0.9	0	p*22.5 (0≤p≤15)
측정 2	Notebook 전기담요 헤어드라이어	ELF VLF	0.1 0.3 0.5 0.7 0.9	0	0
측정 3	Mesh1 Mesh2 Glass1 Glass2 Mesh2(earth) Glass2(earth)	ELF VLF	L/2+ 0.5	0	0

## 2.3 전기장 측정결과 및 토의

### 1) VDT 전기장의 세기

14인치 VDT (VDT14") 와 20 인치 VDT (VDT20") 의 전기장의 세기를 ELF 대역과 VLF 대역으로 나누어 측정한 결과(부록1. 참조)를 그림 5-3. 에 나타내었다. VDT 의 크기에 상관없이 전기장의 세기는 전면부에서 가장 높게 측정되었으며, 거리에 반비례해 그 세기가 급격히 감소하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 MPR 측정방법에서 ELF 의 경우 전면부에서만, VLF 의 경우 전후좌우 90° 간격으로 네 면에서만 측정하도록 하는 것은 타당성이 있는 것으로 나타났다.

MPR 기준에 의거할 때 측정에 사용된 두 VDT 는 전면부에서 기준치 (ELF;25V/m, VLF;2.5V/m)를 모두 넘는 것으로 나타났다. VDT14" 를 기준으로 할 때, ELF 대역의 경우 정면을 중심으로 -80° ~ 80° 범위의 전기장 세기가 모두 기준치를 넘고 있으며, VLF 의 경우는 -50° ~ 50° 범위가 기준치를 넘고 있는 것으로 나타났다.

크기가 다른 두 개의 모니터를 비교한 결과는 오히려 스크린의 크기가 큰 VDT 가 더 적은 전기장을 내고 있는데 이를 통하여 VDT 크기에 비례해 전기장의 세기가 커진다고는 볼 수 없으며, 얼마나 차폐를 잘 해주도록 기기를 설계하느냐에 따라 그 세기가 달라진다는 것을 알 수 있다.

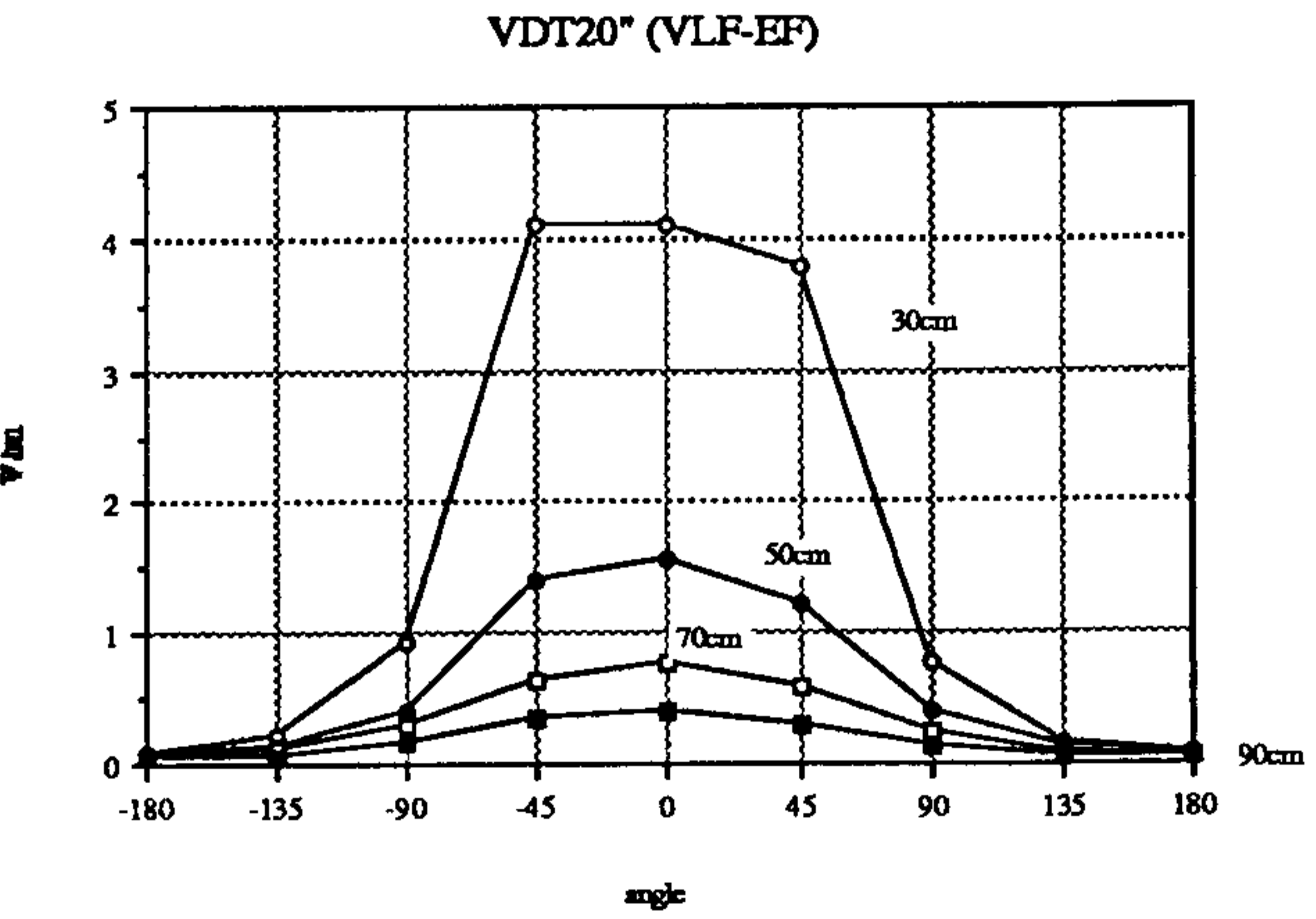
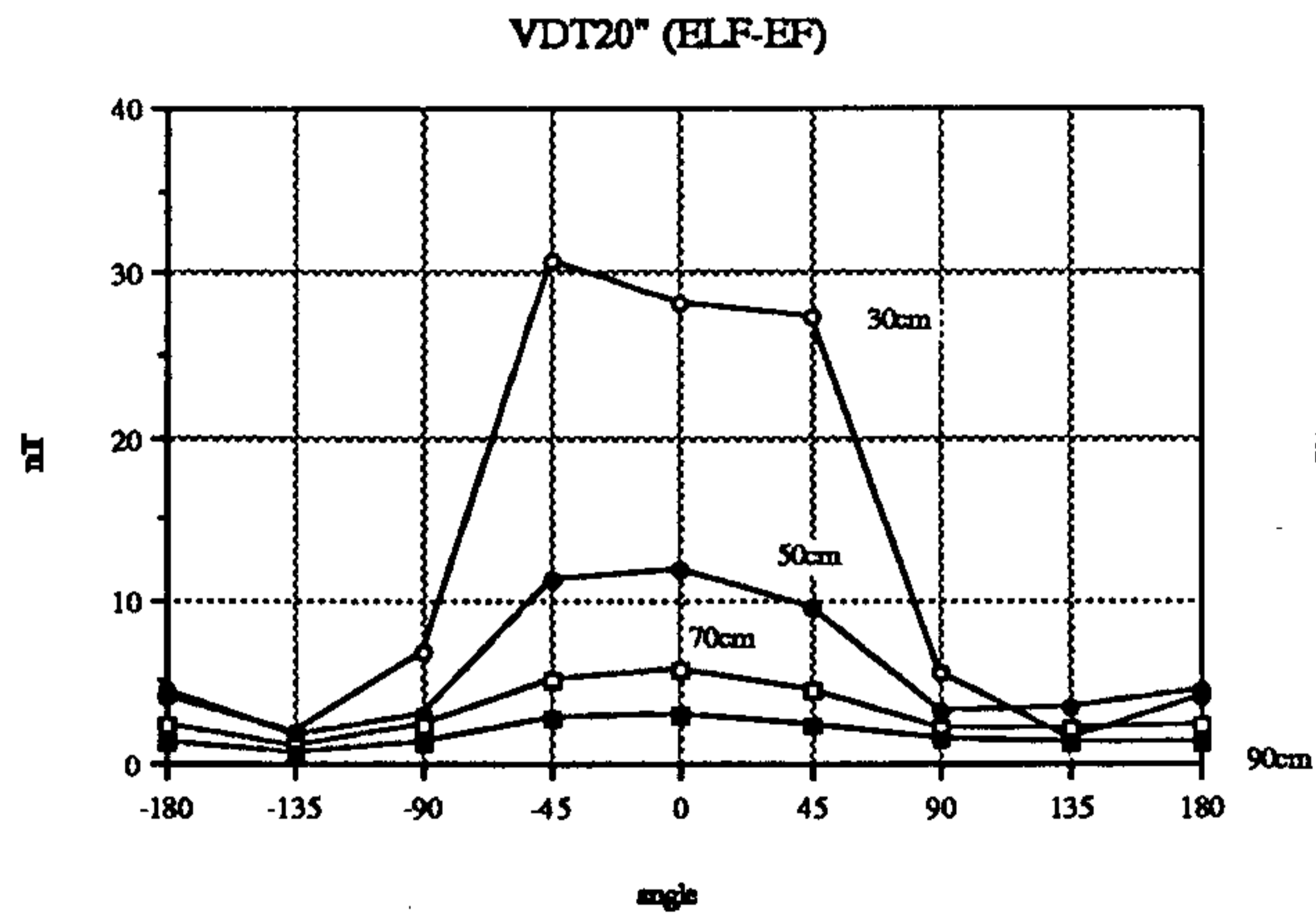
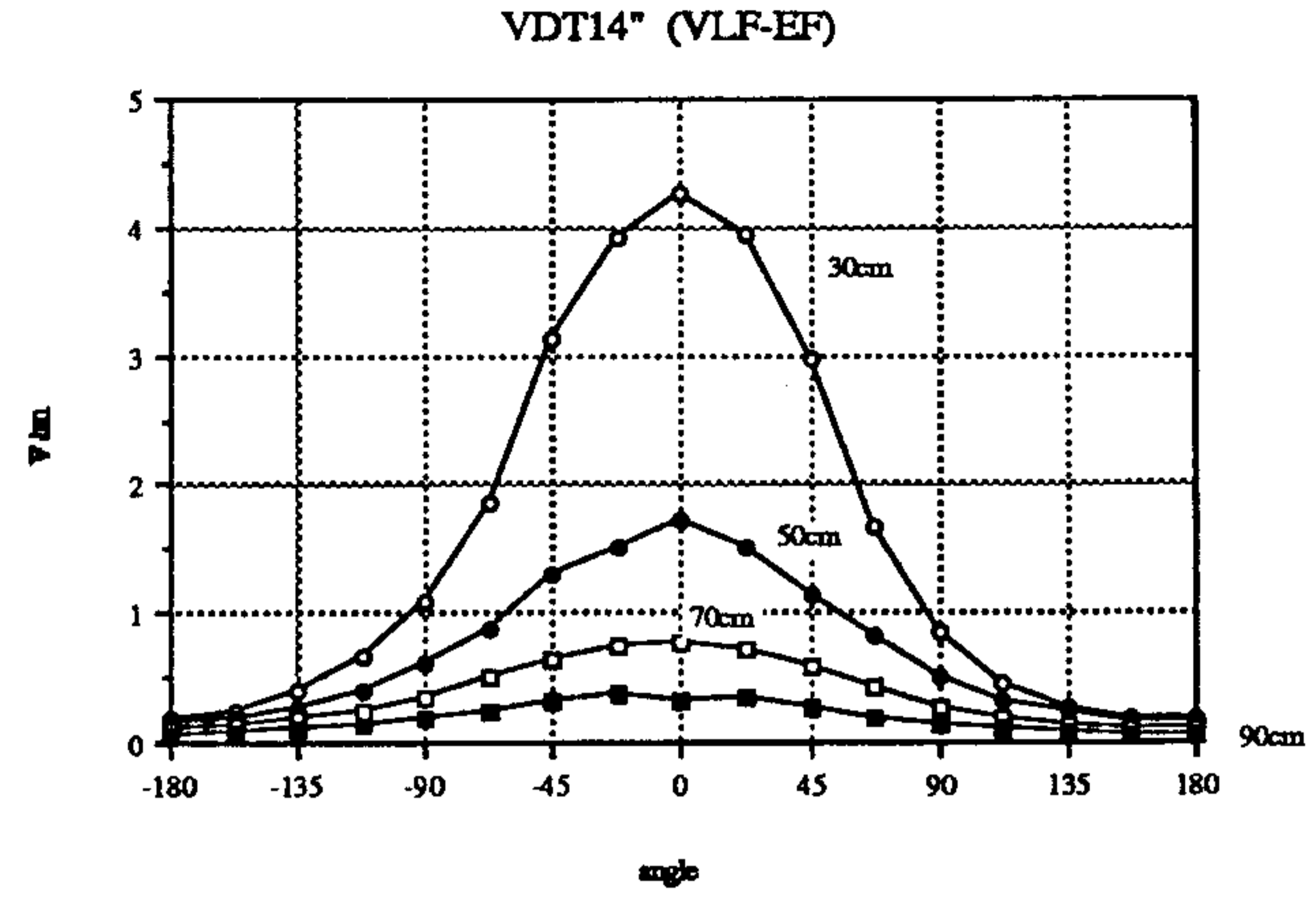
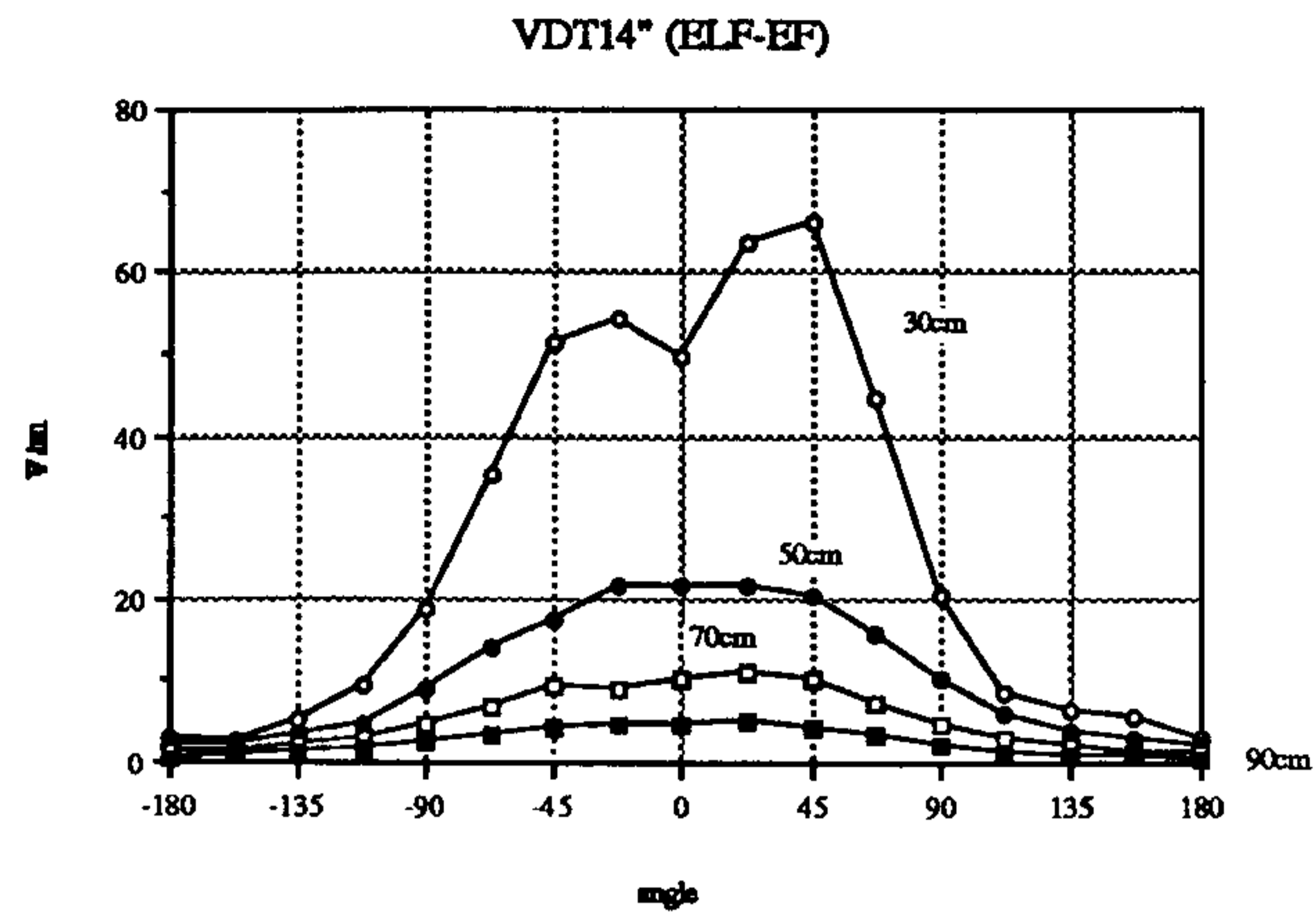


그림 5-3. VDT 전기장의 세기

## 2) 다른 전기제품과의 비교

VDT14"와 VDT20" 를 다른 전기제품 전기담요(EP), 헤어드라이어(HD)와 비교한 결과를 표5-3. 과 표5-4. 에 정리하였으며, 이 결과를 그림 5-4. 에 log 좌표로 나타내었다. VDT 작업거리인 0.5 m 를 기준으로 할 때, ELF 의 경우는 전기담요>헤어드라이어>VDT>Notebook 의 순서로 높게 나타나고 있으며, VLF의 경우는 VDT>전기담요>Notebook>헤어드라이어 순서로 높게 나타나고 있다.

측정거리 0.5m 는 VDT 의 사용거리를 기준으로 한 것이므로 실생활에서 전기장에 노출되는 것은 각 제품의 실사용거리를 기준으로 하여야 할 것이다. 전기담요와 헤어드라이어의 실사용거리를 0.1m 로 가정하고 VDT 는 실사용거리를 0.5m, Notebook 컴퓨터는 0.3 m 라고 하여 비교할 때, ELF 는 전기담요>헤어드라이어>VDT>Notebook 의 순서로 나타났으며, VLF 는 전기담요>VDT>헤어드라이어>Notebook 의 순서로 나타났다. 따라서 VDT 의 전기장 세기는 전기담요나 헤어드라이어 비해 크다고 말할 수 없을 것이다. 특히 전자파의 인체에 미치는 영향은 세기×노출시간의 영향을 받으며, 전기담요의 노출시간이 VDT 의 노출시간에 비해 결코 작지 않을 것이므로, 만일 전기장이 인체에 영향을 준다면 전기담요를 쓰는 경우가 VDT 에 비해 더 영향을 줄 것이다. 또한 CRT 방식을 대신하는 Notebook 컴퓨터의 LCD 전기장 세기는 어느 거리에서나 MPR 기준 이하로 적게 나온다는 것을 알 수 있다.

표 5-3. VDT와 전기제품 간의 전기장 세기비교 (ELF)

(단위: V/m)

대상 \ 거리	0.1m	0.3m	0.5m	0.7m	0.9m	사용 거리	세기 순위
VDT14"	-	49.50	21.60	9.95	4.54	21.60	3
VDT20"	-	28.25	11.75	5.75	3.00	11.75	4
Notebook	-	0.81	0.15	0.22	0.24	0.81	5
EP(전기담요)	1845.00	120.40	66.00	45.20	21.10	1845.00	1
HD(헤어드라이어)	165.85	39.65	24.65	13.98	5.22	165.85	2

표 5-4. VDT와 전기제품 간의 전기장 세기비교 (VLF)

(단위: V/m)

대상 \ 거리	0.1m	0.3m	0.5m	0.7m	0.9m	사용 거리	세기 순위
VDT14"	-	4.260	1.710	0.780	0.313	4.260	2
VDT20"	-	4.110	1.548	0.756	0.386	1.548	3
Notebook	-	0.345	0.071	0.028	0.019	0.017	5
EP(전기담요)	16.170	1.990	1.000	0.690	21.10	16.170	1
HD(헤어드라이어)	0.287	0.077	0.044	0.028	0.017	0.287	4

### 3) 보안경의 차폐효과

보안경의 전기장 차폐효과를 알아보기 위하여 표5-2. 와 같은 4 종류의 보안경을 구입하여 실험에 사용하였다. 사용된 보안경은 크기는 금속매쉬형과 편광유리형의 두 종류이며, 다시 각 종류별로 접지(earth)가 가능한 제품과 불가능한 제품 두 개를 구입하였다. 첫번째 실험에서 4 개의 보안경을 모두 접지를 안한 상태에서 측정한 결과 전자파의 차폐효과가 극히 적은 것으로 나타나고 있다. 다시 접지가 가능한 두 개의 보안경을 접지를 하여 전기장을 측정한 결과, ELF의 경우, 금속매쉬형은 21.7V/m→5.45v/m,

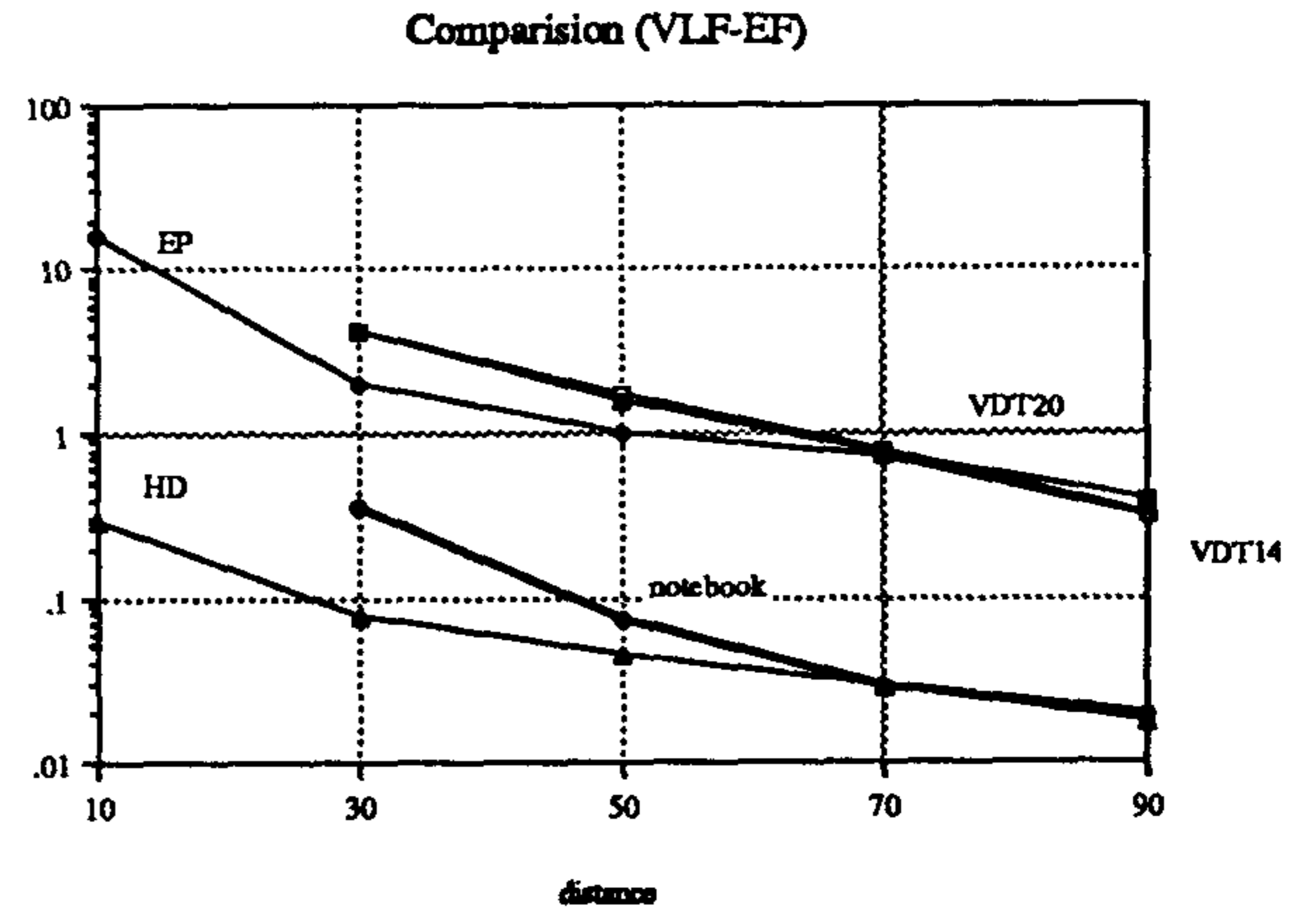
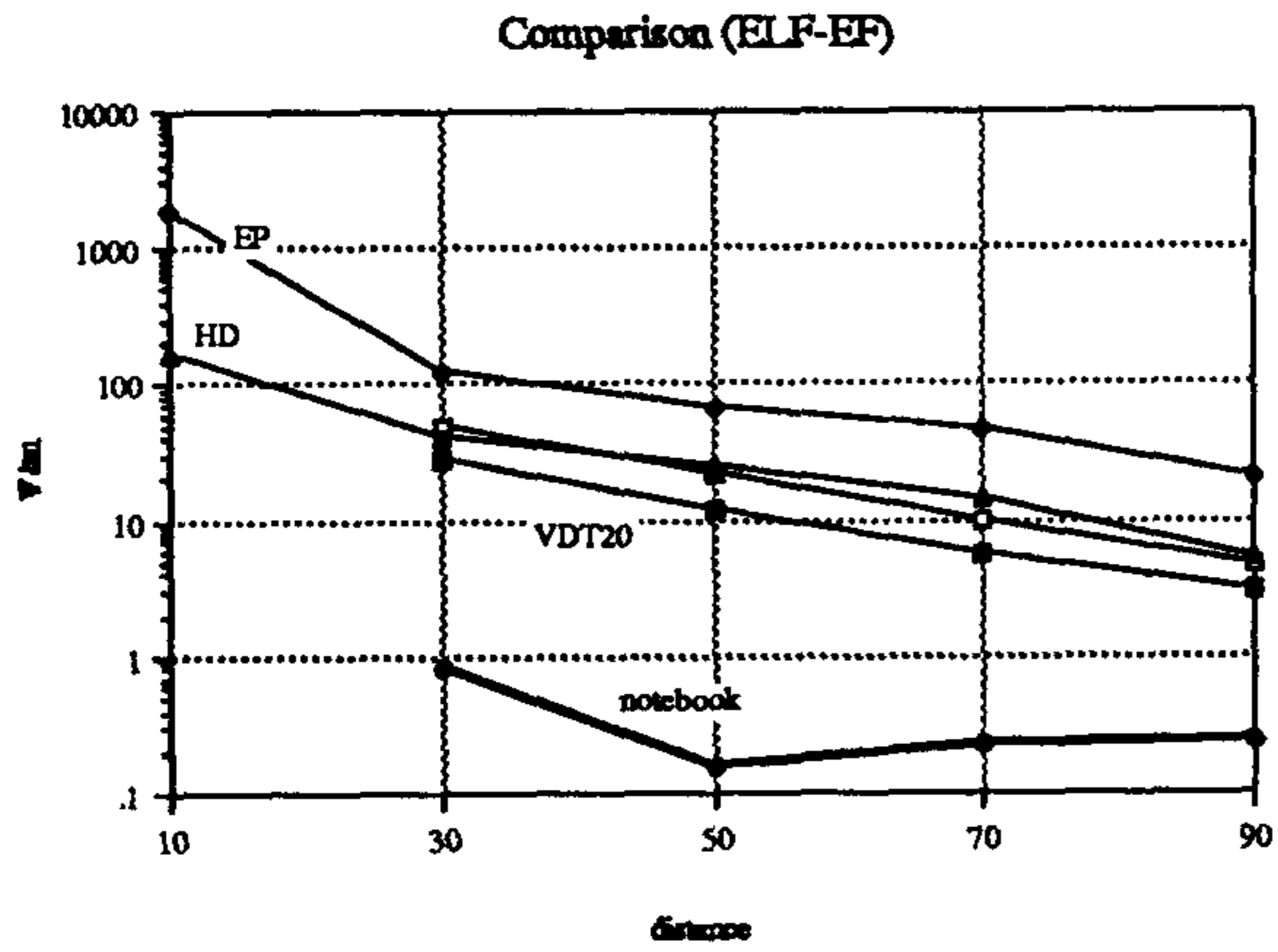


그림5-4. VDT 와 다른 전기전자제품과의 전기장 세기 비교

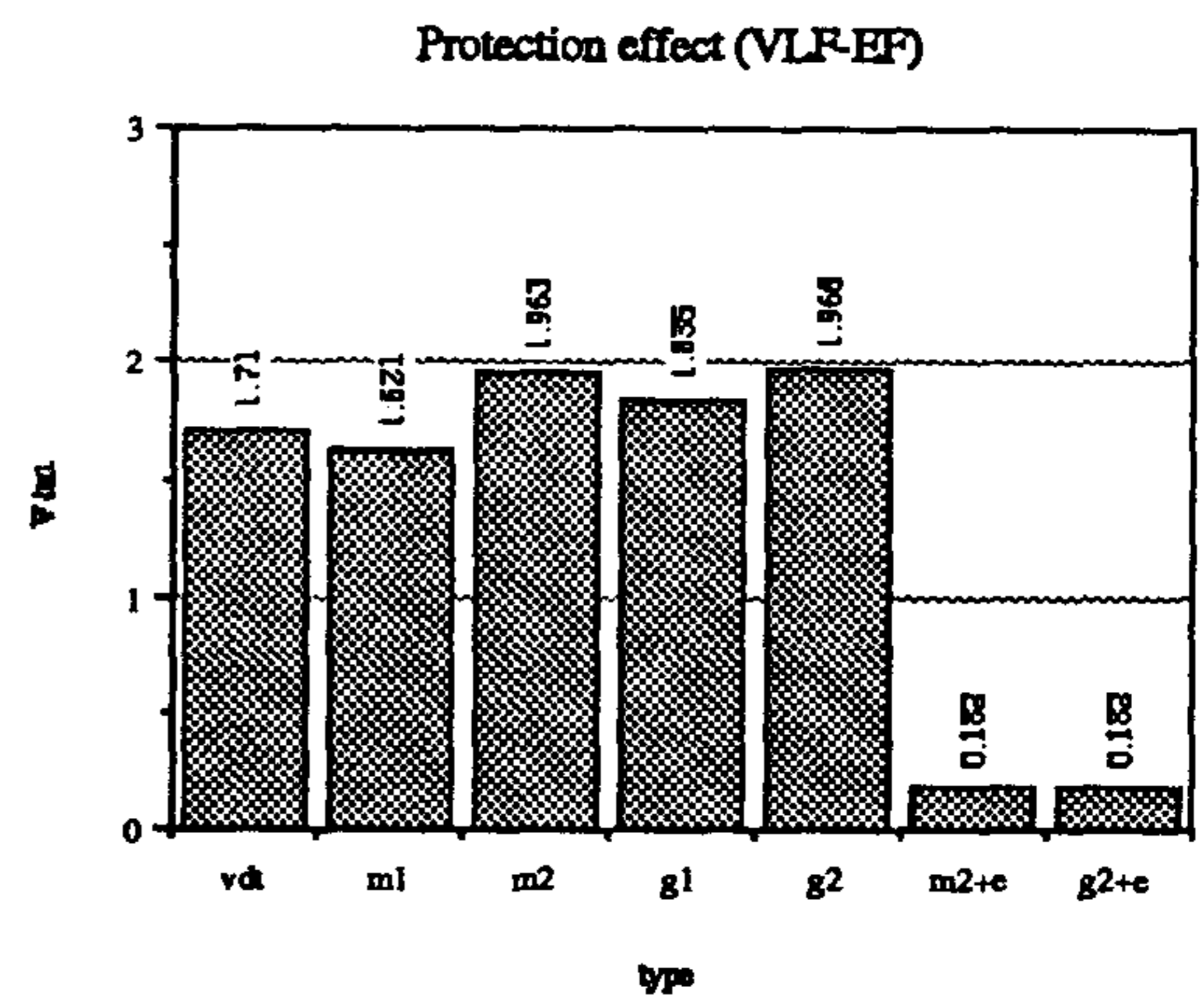
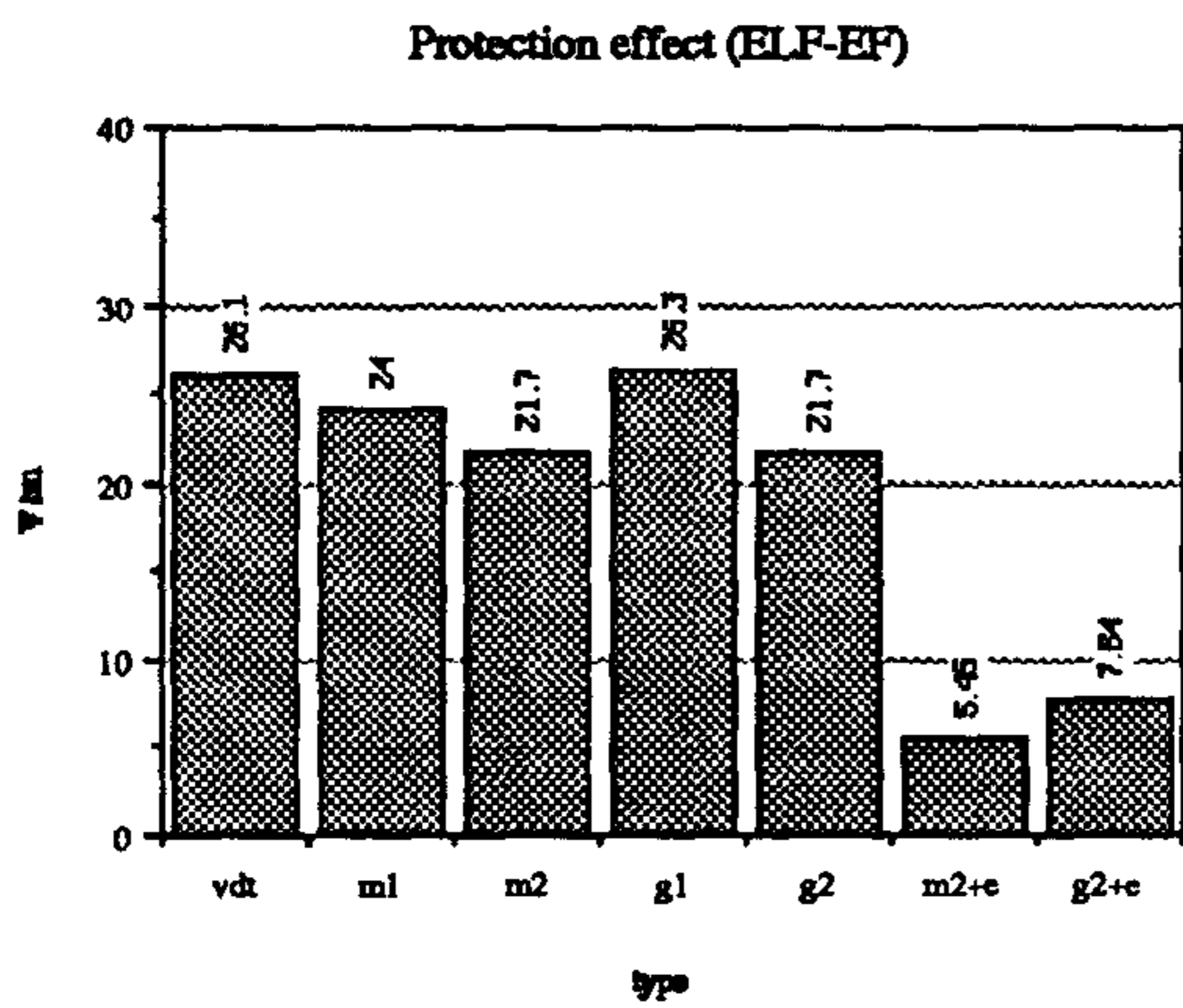


그림5-5. 보안경의 전기장 차폐효과



편광유리형은 21.7v/m → 7.64v/m 로 전기장이 접지를 안 하는 경우에 비해 크게 감소하는 것으로 나타났으며, VLF 의 경우에도 금속매쉬형은 1.963V/m → 0.182V/m, 편광유리형은 1.966V/m → 0.182V/m 로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 보안경의 사용은 접지를 안할 경우에는 전기장 감소의 효과가 전혀 없다는 것을 알 수 있다.

표 5-5. 보안경의 전기장차폐효과

(단위: V/m)

구 분	ELF		VLF	
	비접지	접지	비접지	접지
VDT14"	26.10	-	1.741	-
보안경1(M)	24.00	-	1.621	-
보안경2(ME)	21.70	5.45	1.963	0.182
보안경3(G)	26.30	-	1.835	-
보안경4(GE)	21.70	7.84	1.966	0.182

## 제 3 절 VDT 자기장 측정 및 평가

### 3.1 서 론

다른 전기전자 제품과 마찬가지로 VDT 에서도 자기장이 발생하고 있다. 자기장은 높은 전류가 흐르는 부품으로부터 발생하는데, VDT 자기장은 주로 전원공급장치, 편향(deflection)코일, 고압의 변압기, 그리고 내부 회로로부터 발생한다. 자기장 자체는 세기와 방향에 대한 시간에 따라 변하는 벡터 크기를 갖게 된다. 자기장의 크기는 정해진 측정대역과 측정시

간에 대한 자속밀도의 rms 값 Tesla(T) 로서 측정된다. 자기장 역시 전기장과 마찬가지로 두개의 대역 ELF 와 VLF 로 나누어 측정하였다.

### 3.2 측정장비와 측정방법

#### 1) 측정장비

측정에 사용된 장비는 MPR 규격에 의거 스웨덴 Combinova 사에서 제작한 MFM10 과 MFM1000 을 이용하였다(그림5-6. 참조). MFM10 은 ELF 대역 측정을 위한 것이고, MFM1000 은 VLF 대역 측정을 위한 것이다.

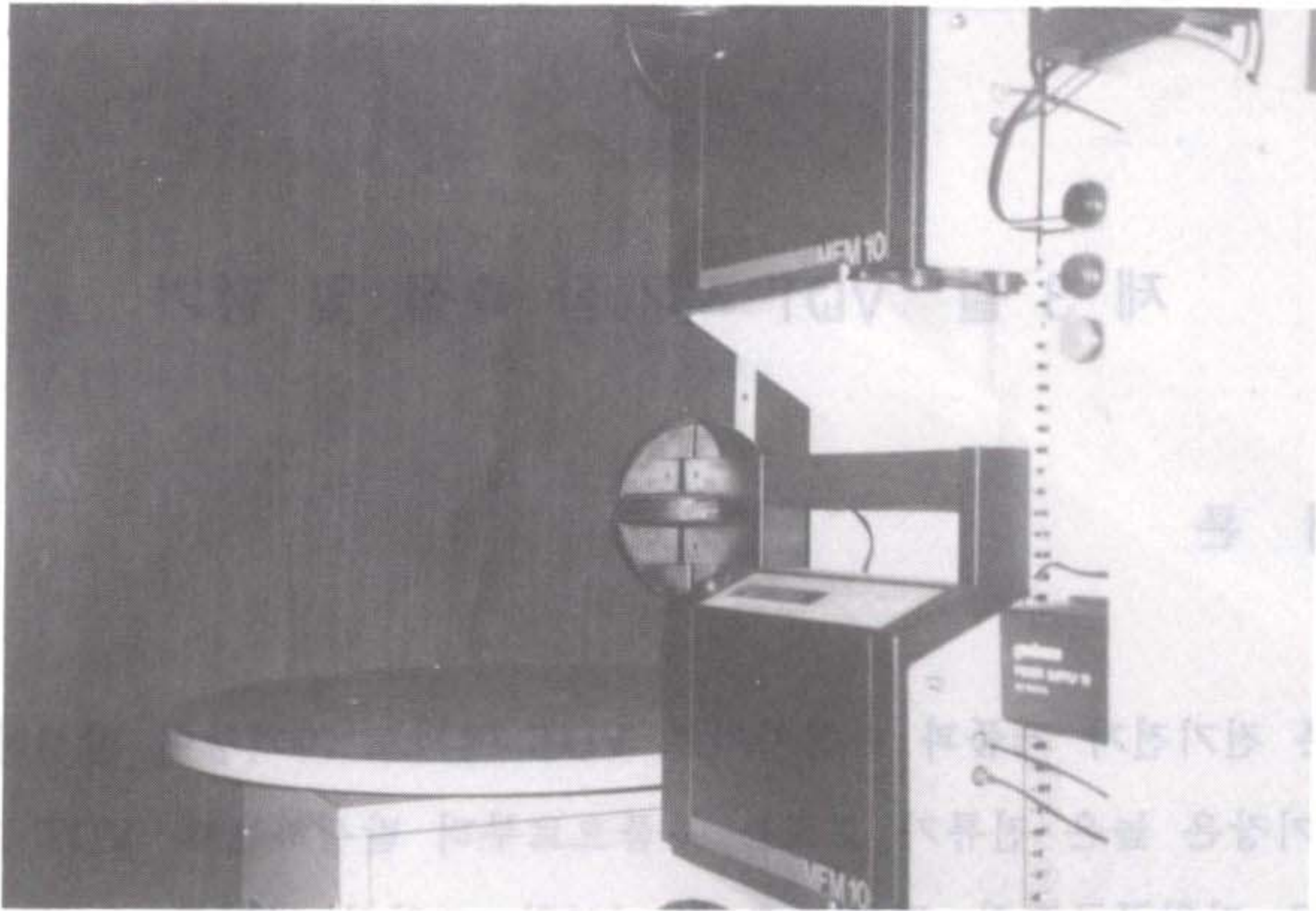


그림 5-6. 자기장 측정장비 (모델명 MFM10)

## 2) 측정방법

본 연구에서 사용한 측정방법은 MPR 에 근거하여 측정하였다. 자기장 측정방법의 MPR 규정은 다음과 같다. 측정하고자 하는 대상물 외의 기기나 지자장으로부터 발생하는 배경노이즈는 ELF 40nT, VLF 5nT 를 초과하지 않도록 한다. 이를 위해 VDT 자기장 측정은 배경노이즈의 자장을 기준에 맞도록 하는 차폐실(shield room) 안에서 측정을 해야 한다. 자기장 세기는 자속밀도 벡터의 rms 값으로 표현되는데 VDT 자기장은 360° 구면체로 방사되므로 VDT 주위 가상의 원통형 표면 48 지점(방향16×높이3)에 측정점을 갖도록 한다. 48 개 측정점에 대한 내용은 그림5-7. 과 같다. 측정을 위한 VDT 의 조건은 화면 가득히 검정색 바탕에 흰글씨의 영문자 'H'를 나타내야 하며, 화면밝기와 대비는 중립적 위치에 놓여져야 한다. VDT 자기장의 측정은 22.5° 간격으로 자동회전하는 원판에 VDT 를 올려 놓은 상태에서 이루어지며, 측정이 모두 끝나면 측정장비와 연결된 컴퓨터에서 데이터를 받아볼 수 있다.

표 5-6. MPR 식 자기장측정방법

구분대역 (f)	측정거리 (r)	측정높이 (z)	측정각도 (θ)	기준치	허용 노이즈
ELF	L/2+0.5 m	+0.3 m 0 m -0.3 m	p*22.5° (0≤p≤15)	250 nT	2 V/m
VLF	L/2+0.5 m	+0.3 m 0 m -0.3 m	p*22.5° (0≤p≤15)	25 nT	0.2 V/m

주) r, z, θ 의 기준점 : VDT 의 중심점  
L : VDT 의 길이 (정면-후면 사이의 길이)

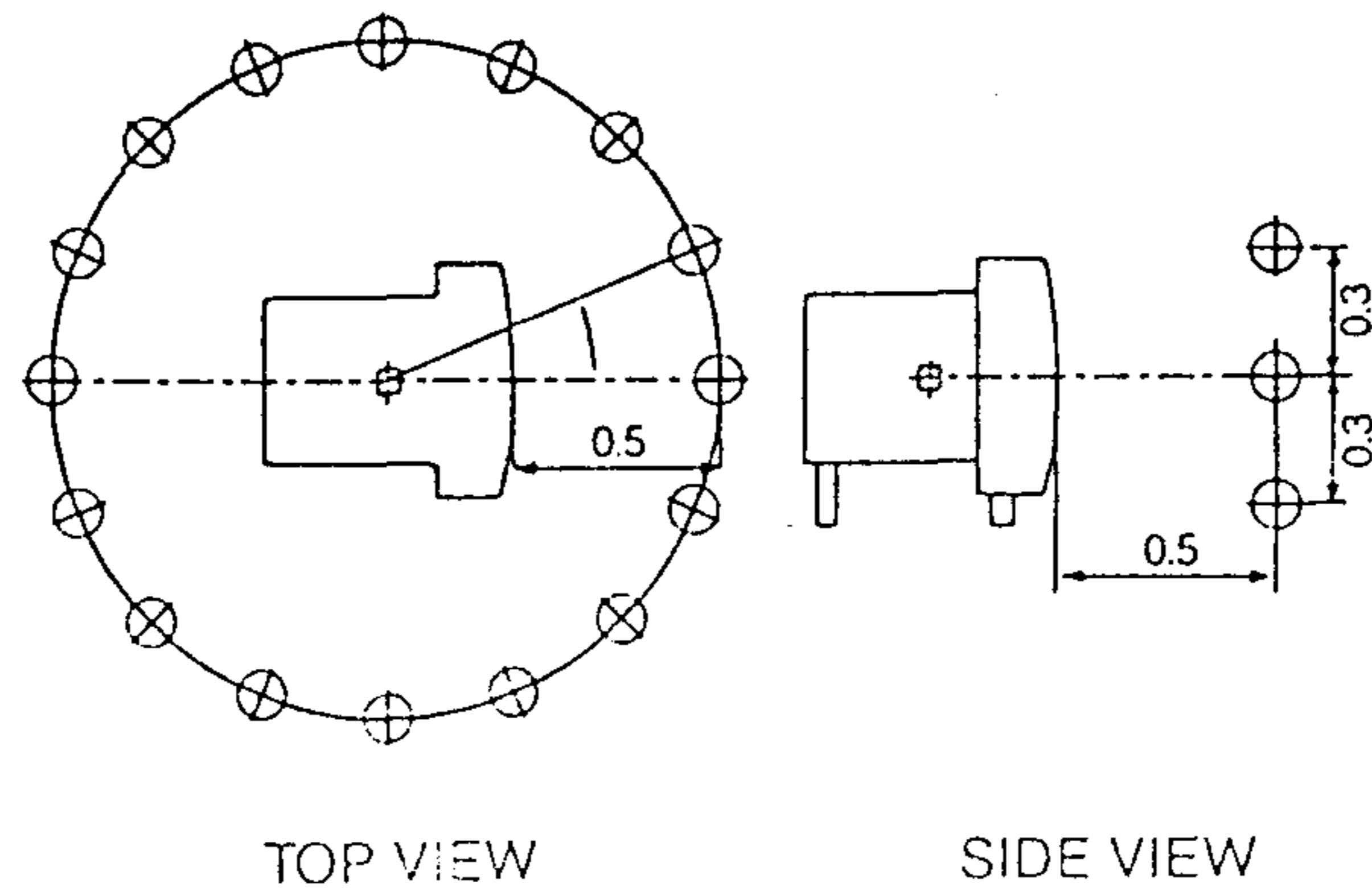


그림 5-7. MPR 식 자기장측정방법

### 3) 측정계획

#### ① 측정1: VDT 자기장의 거리별, 방향별, 높이별 특성

측정1의 목적은 VDT로부터 나오는 자기장의 세기를 대역별, 거리별, 방향별, 높이별로 측정하여 VDT 전기장의 특성을 알아보는 데 있다. 이를 위하여 VDT 스크린으로부터 일정거리(.3, .5, .7m)만큼 떨어진 곳에 3곳의 높이별 측정을 할 수 있는 3대의 자기장 측정 장비를 위치시키고 22.5° 간격으로 VDT의 전방향으로부터 나오는 자기장의 세기를, ELF, VLF 대역에 대해 측정한다. 측정대상 VDT는 14" 와 20" 크기의 칼라모니터와 칼라TV14", LCD를 채택하고 있는 Notebook 컴퓨터 등 4대를 대상으로 한다.

② 측정2: VDT 와 다른 전기제품과의 자기장 세기비교

측정2 의 목적은 일상생활에서 자주 쓰이는 다른 전기제품과의 비교를 통하여, VDT 자기장의 상대적 크기를 알아보는 데 있다. 측정 은 전기담요, 전기면도기, 헤어드라이어의 자기장의 세기를 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 m 전방 정면방향에서 ELF, VLF 대역으로 분리해 이루어졌다.

표 5-7. 자기장 측정계획

구 분	측 정 대 상	측정대역 (f)	측정거리 (r)	측정높이 (z)	측정각도 (θ)
측정 1	VDT14" VDT20" TV	ELF	L/2+ 0.3 + 0.5	+0.3 0	p*22.5 (0≤p≤15)
	Notebook	VLF	+ 0.7	-0.3	
측정 2	전기담요 전기면도기 헤어드라이어	ELF	0	0	0
			0.1		
		VLF	0.3		
			0.5		

### 3.3 측정결과 및 토의

#### 1) VDT 자기장의 세기

VDT 자기장의 세기를 측정하여 거리별(r), 방향별(θ), 높이별(z) 특성을 알아 보았다. 또한 VDT14", VDT20", TV, Notebook 컴퓨터 등 네 종류의

디스플레이에 대한 자기장의 세기를 비교 분석하였다.

VDT14" 를 기준으로 하여 중심높이 ( $z=0$ ) 에서 거리를 0.3, 0.5, 0.7 변경하면서 측정을 한 결과 ELF 의 경우 거리에 반비례해 그 세기가 급속히 감소하는 것으로 나타났다. VLF 의 경우도 비슷하게 거리에 반비례해 감소하는 것으로 나타났다(그림5-8. 참조). MPR 기준과 비교해보면, VDT14" 는 ELF 대역 양측면부에서 기준치(250nT) 를 초과하는 것으로 나타났다. 반면 VLF 대역에서는 초과하지 않는 것으로 나타났다. VDT20"(그림5-9. 참조) 와 TV(그림 5-10. 참조) 도 거리에 반비례해 급격히 감소하는 것으로 나타났으며, Notebook 컴퓨터는 ELF 의 자기장은 거의 나오지 않는 것으로 나타났으며, VLF 0.3m 에서만 자기장이 크게 나오는 것으로 나타났다(그림5-11. 참조).

VDT14" 를 기준으로 방향별 자기장의 세기를 살펴보면, ELF 의 경우는 정면을 중심으로 역 W 자 형상을 하는 것으로 나타났으며, VLF 의 경우는 역 U 자 형으로 나타나고 있다. ELF 의 경우는 정면과 후면부에서 자기장이 가장 작게 나오고, 양 측면부에서 가장 크게 나온다. 반면, VLF 의 경우는 정면부에서 가장 크게 나오고 후면부로 돌아갈수록 적게 나오는 것으로 나타났다. VDT20"와 TV도 같은 형태를 나타내는것으로 나타났다.

VDT14" 를 기준으로 하여 중심높이 ( $z=0$ ) 에서 22.5 도 간격의 방향별 차이를 볼때, 정면부(0도) 에서 최소값을 가지며, 양측면부( $\pm 90$ 도)에서 최대값을 갖는 것으로 나타났다(그림5-8 참조). 반면 VLF 의 경우는 정면부에서 최대값을 가지며 후면부에서 최소값을 갖는 것으로 나타났다(그림5-8 참조). VDT20" 경우도 동일하게 나타났다. TV 의 경우는 ELF 의 경우 VDT 와 동일하나 VLF 의 경우 -135 도 방향에서 최대값을 보이는 점이

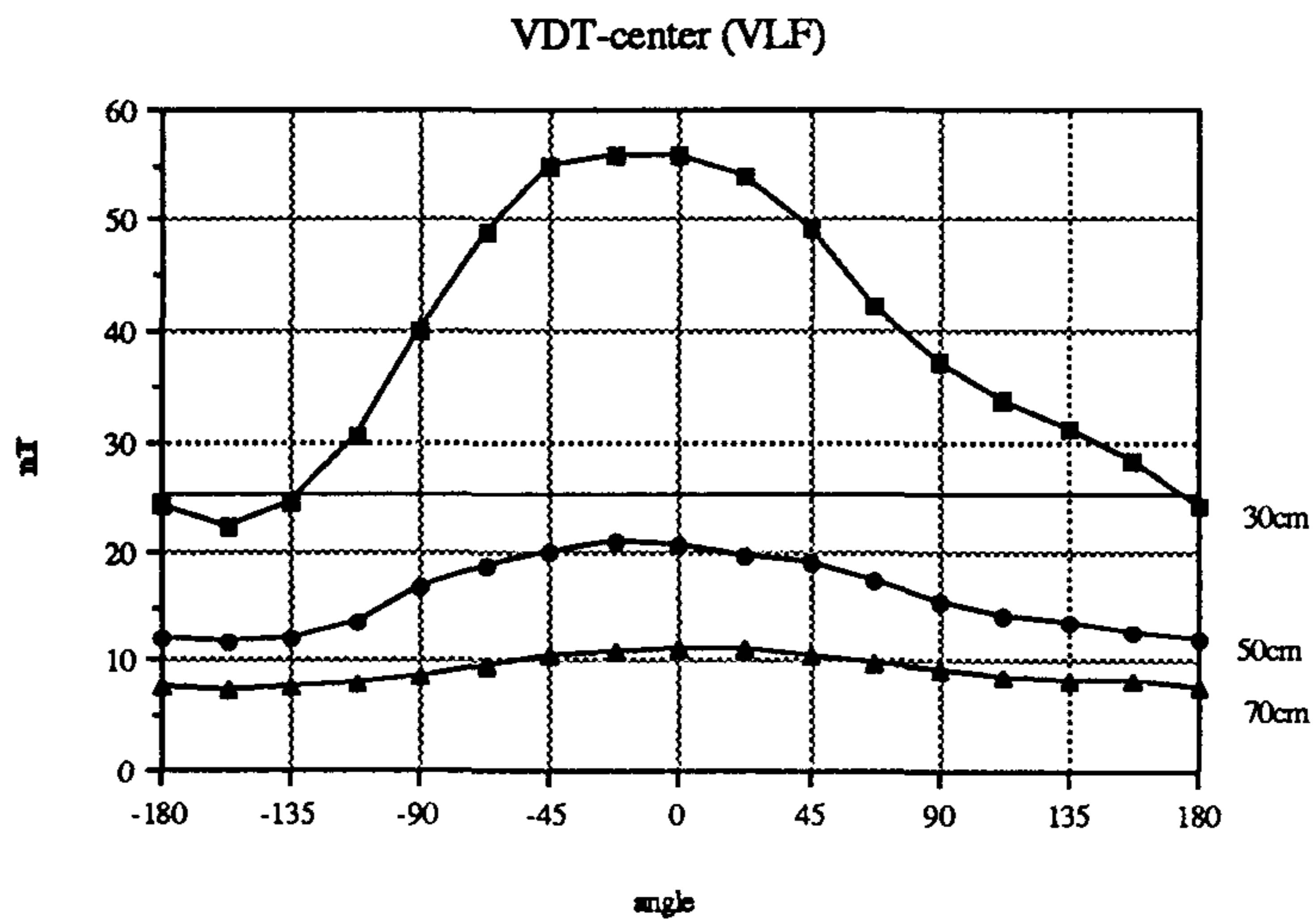
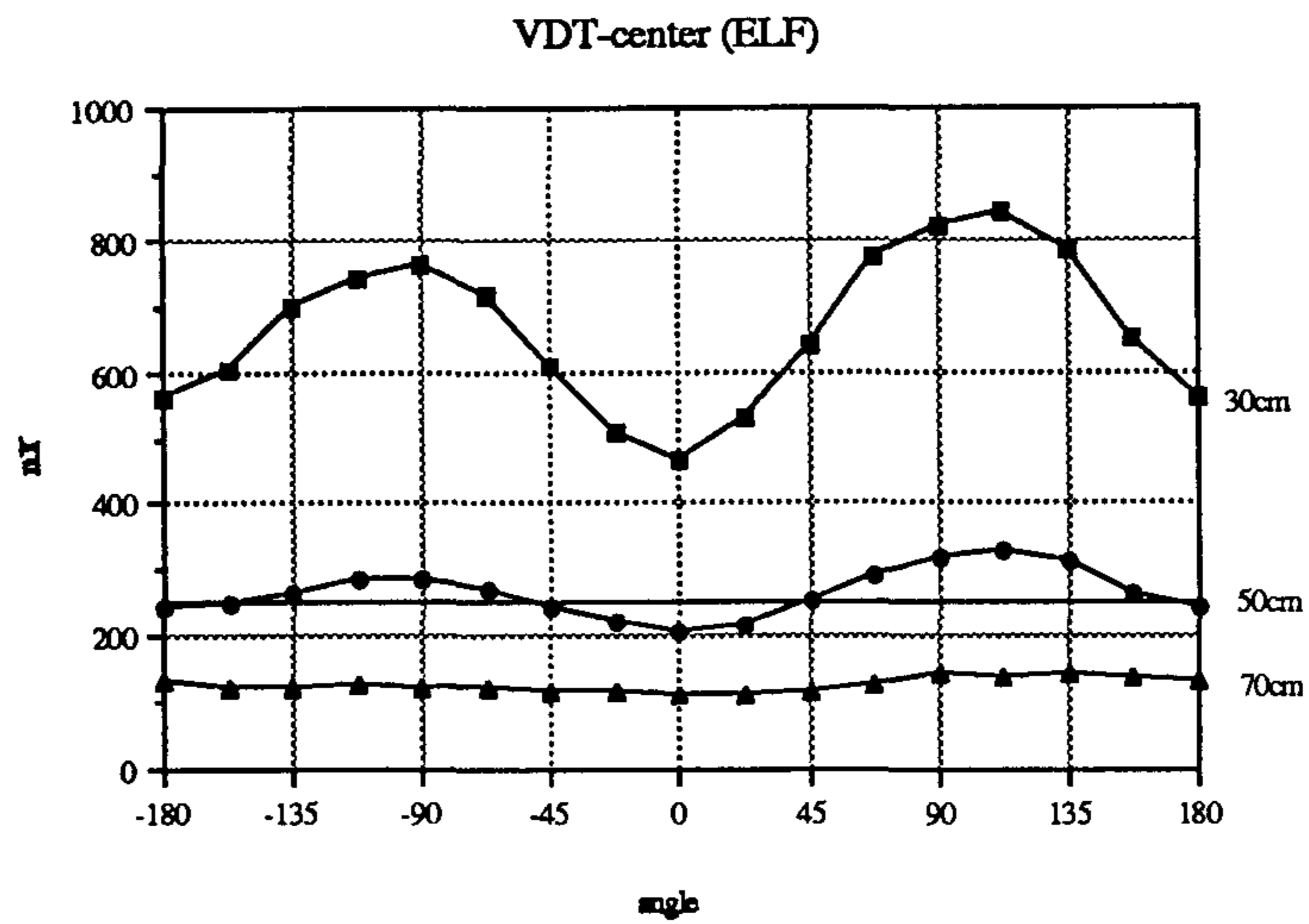


그림5-8. VDT14" 자기장 세기의 분포형태

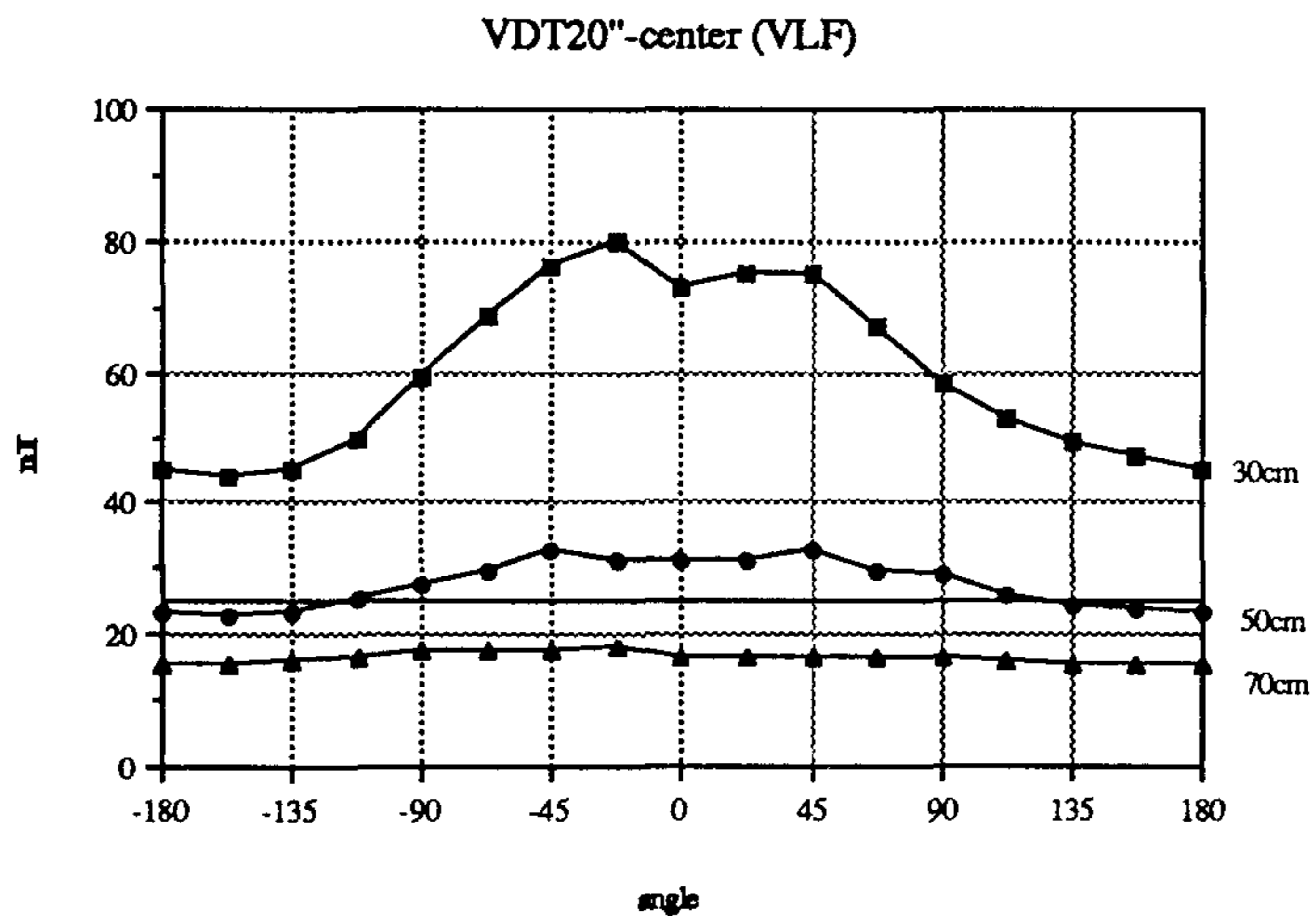
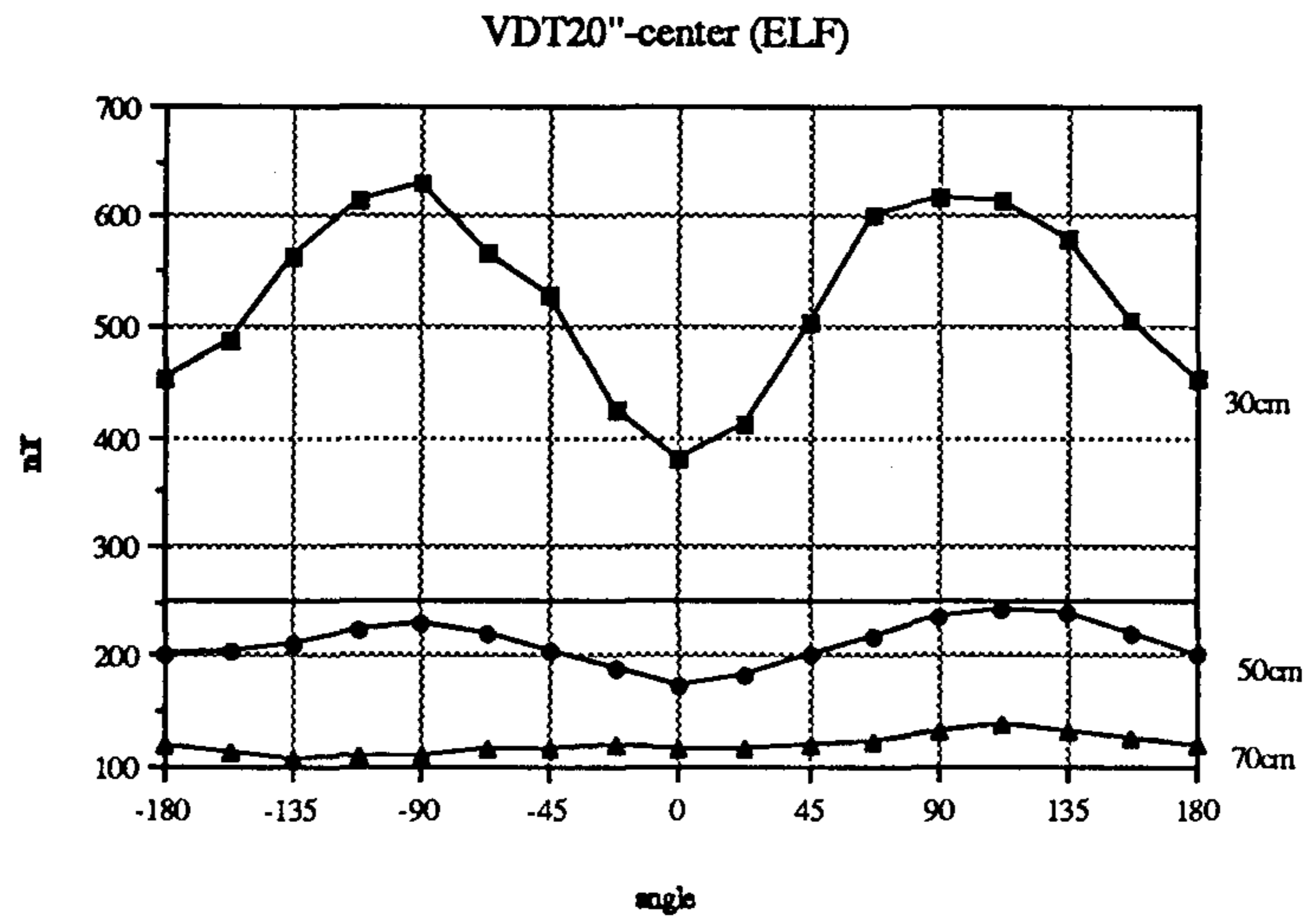


그림5-9. VDT20" 자기장 세기의 분포형태



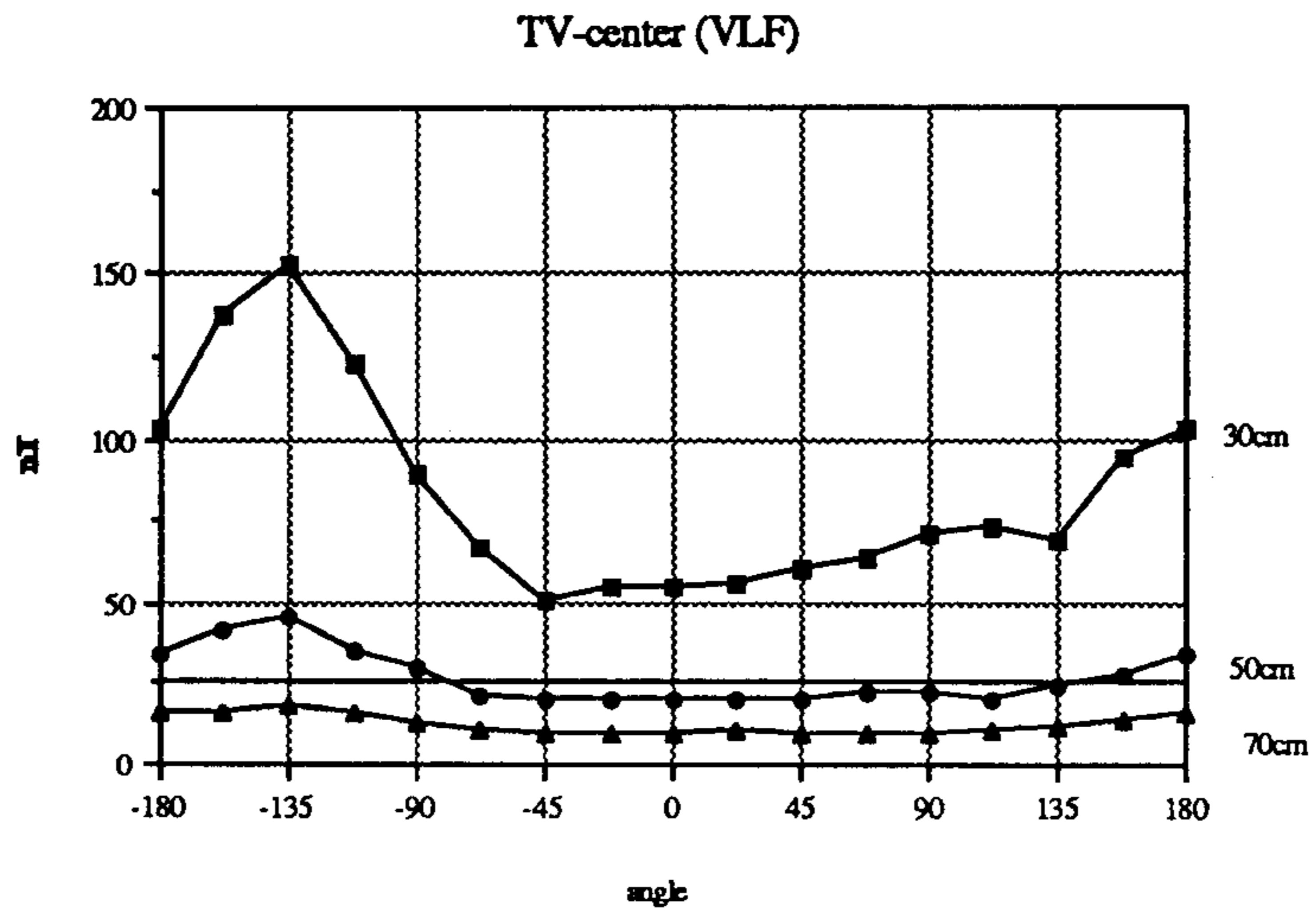
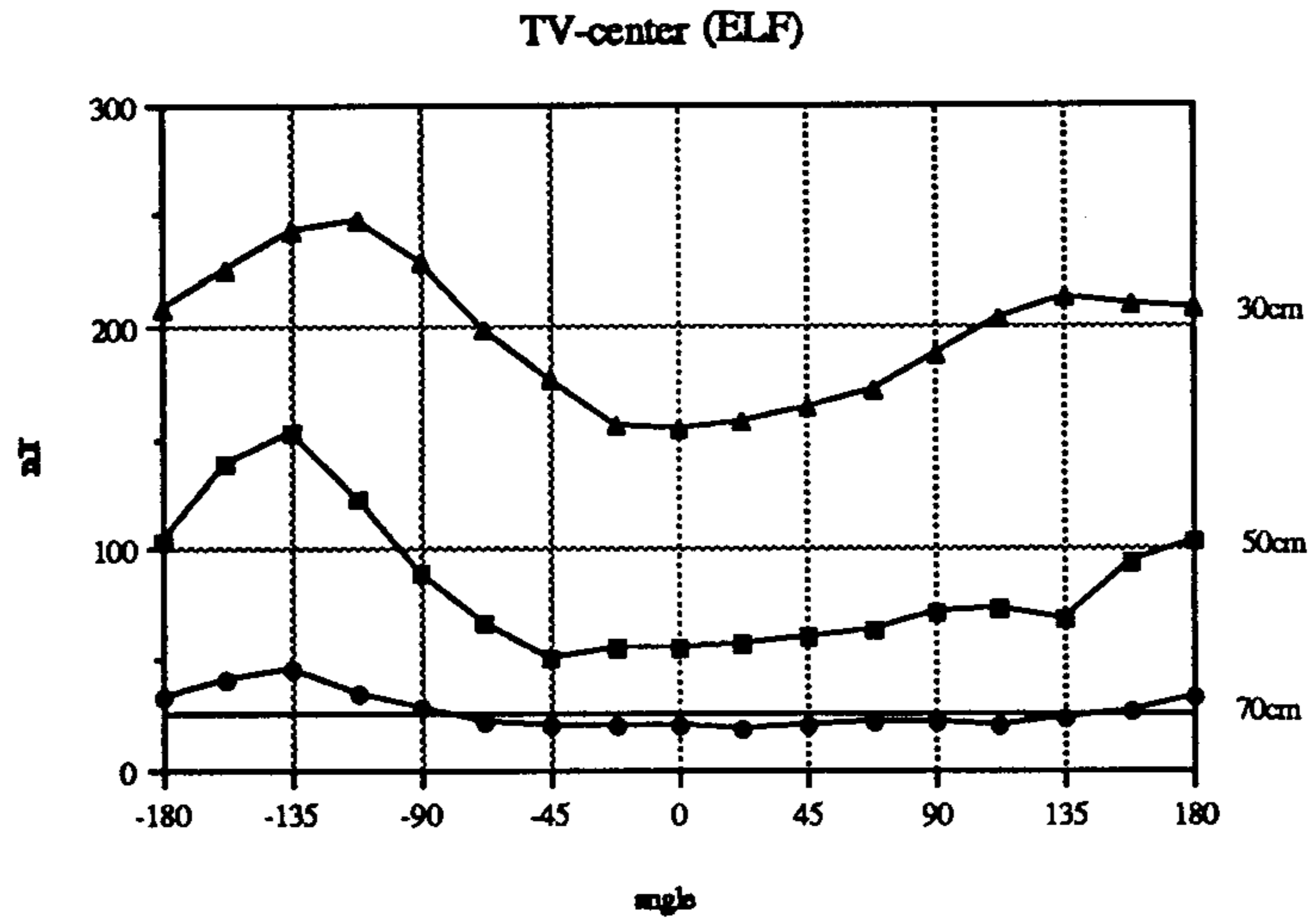


그림5-10. TV 자기장 세기의 분포형태

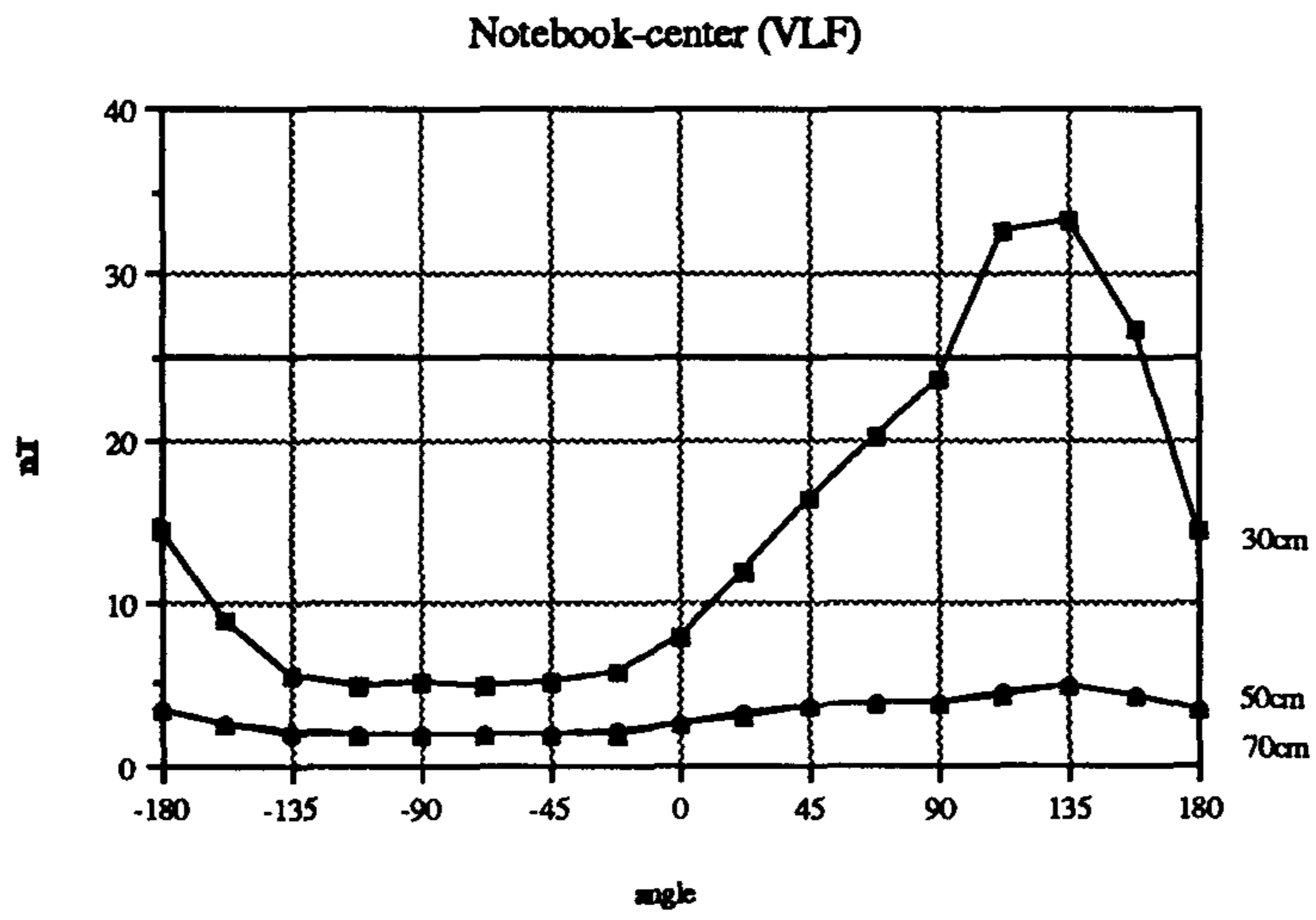
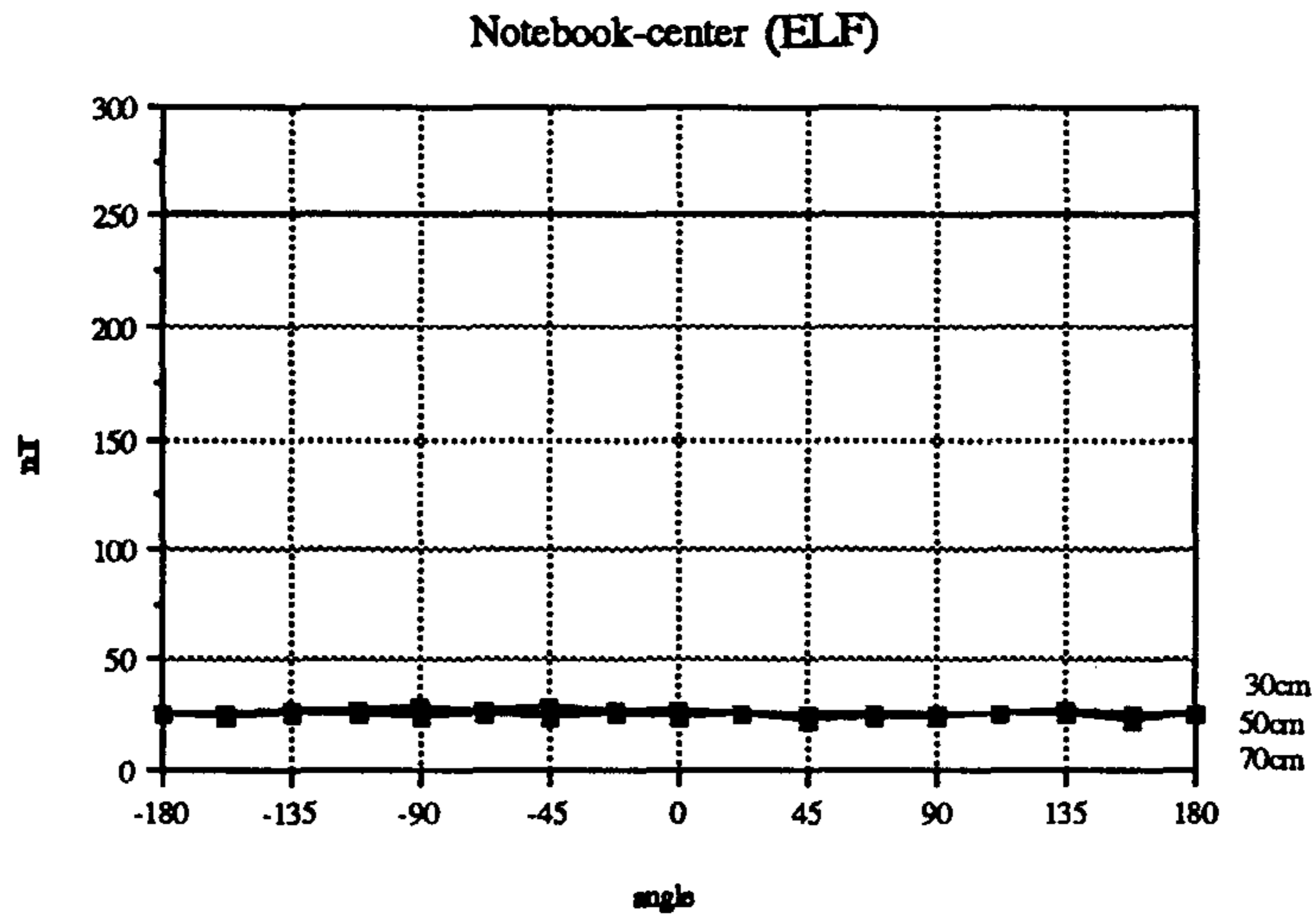


그림5-11. Notebook 컴퓨터 자기장 세기의 분포형태

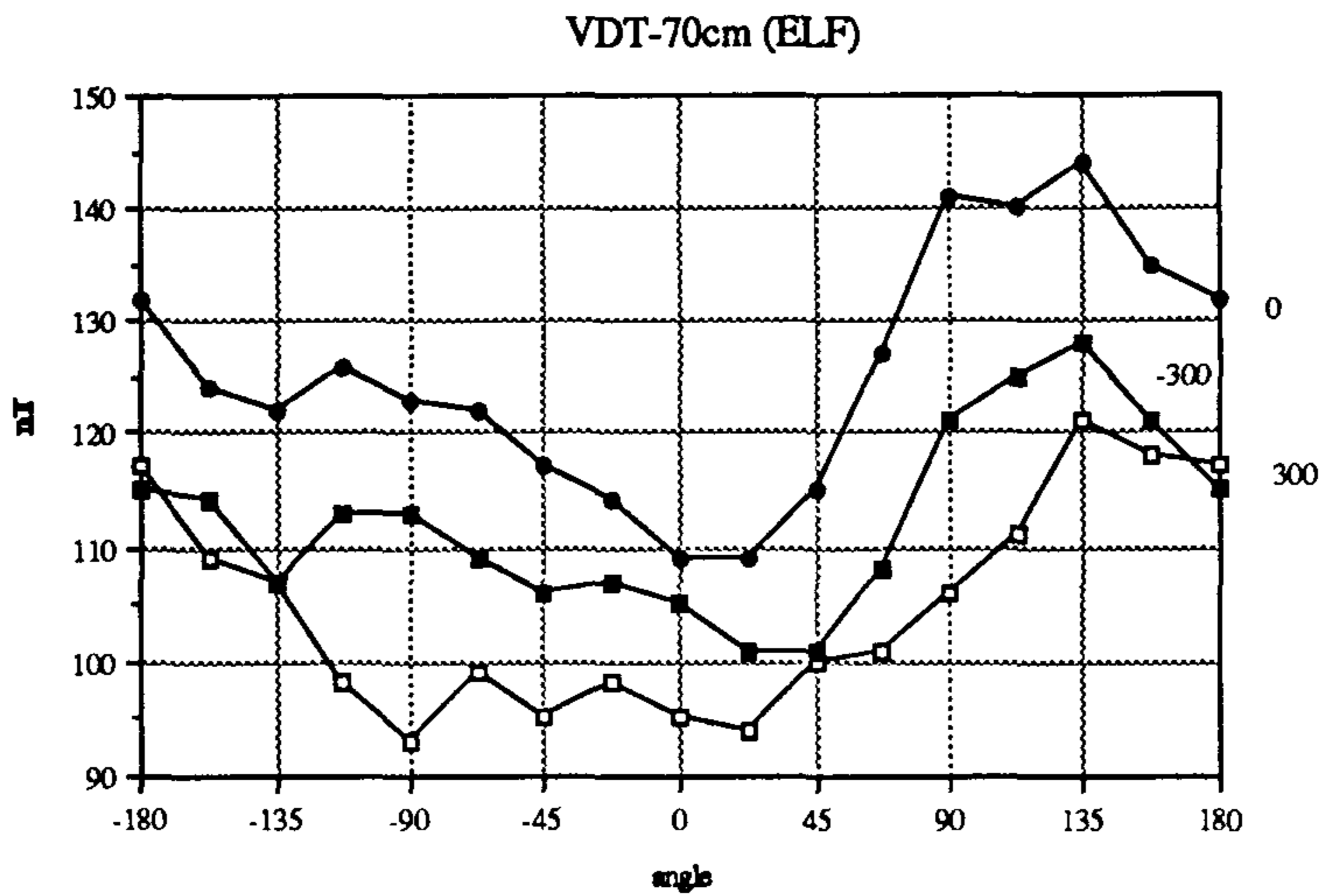
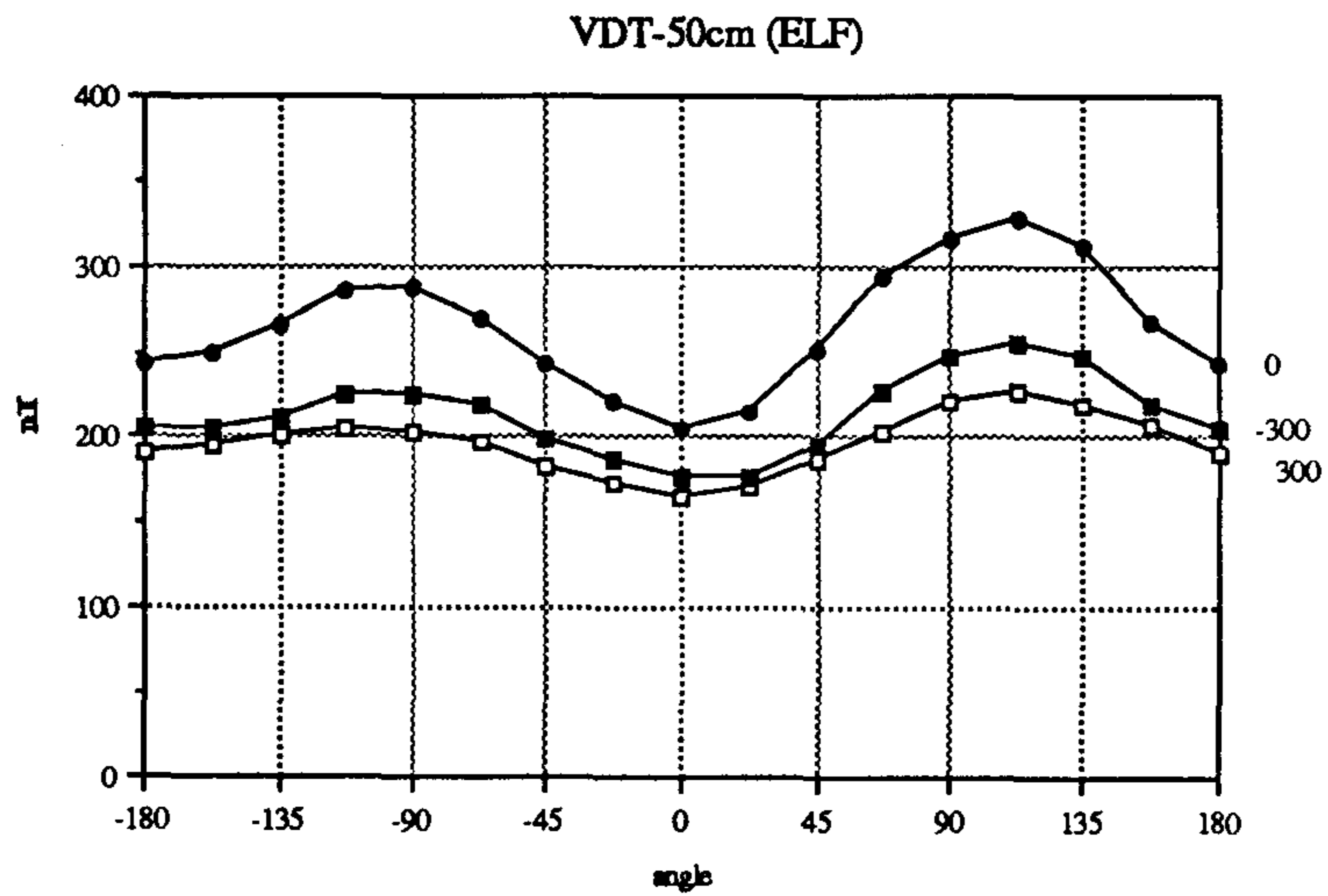
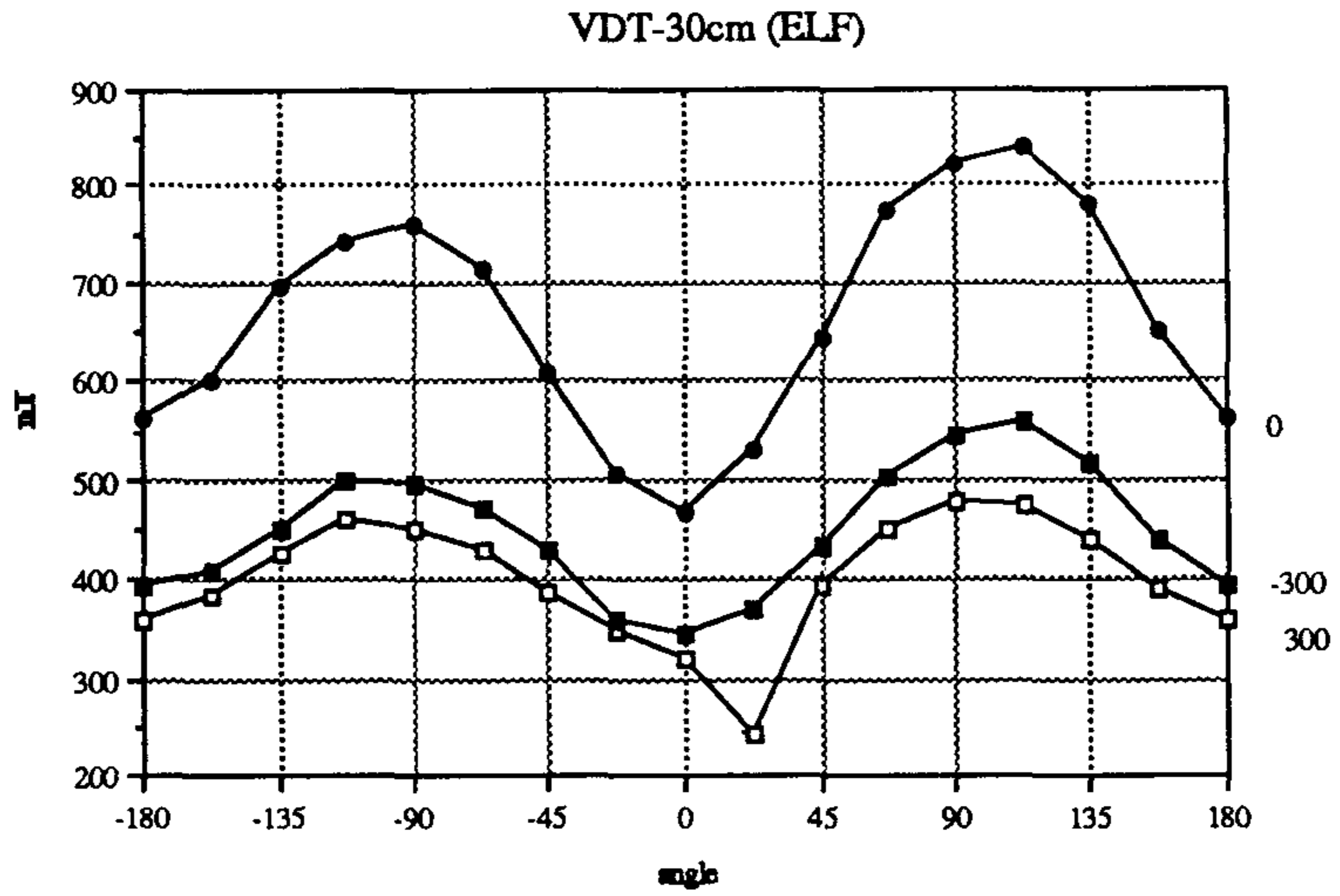


그림5-12. VDT 자기장의 측정높이별 자기장의 세기

틀리며(그림5-10 참조), Notebook 의 경우ELF 는 거의 나오지 않는 것으로 나타났으며, VLF 의 경우 0.3m 의 경우만 135 방향에서 기준치를 넘는 자기장이 나오는 것으로 나타났다(그림5-11.참조).

세 개의 측정높이( $z=-.3, 0, 3$ )에 따른 자기장의 세기는 VDT 의 중심높이인  $z=0$  에서 최대를 나타내고 있으며,  $z=-0.3$  과  $z=0.3$  간의 차이는 거의 없으나,  $z=-0.3$  의 값이 지자장의 영향으로 약간 크게 나타났다(그림5-12 참조).

### 3) VDT와 다른 전기전자제품과의 자기장 세기 비교

#### (1) VDT 간의 비교

사용거리 0.5 m 를 기준으로 하였을 때, ELF 의 경우 어느 방향에서나 TV>VDT14">VDT20">Notebook 의 순서로 자기장의 세기가 큰 것으로 나타났으며, VLF의 경우는 정면을 기준으로 할 때, VDT14">TV>VDT20">Notebook 의 순서로 자기장 세기가 크게 나타났다. 실 사용거리를 기준으로 하였을 때는 ELF 의 경우, 어느 방향에서나 VDT14"(0.5m)>VDT20"(0.5m)>TV(0.7m)>Notebook(0.3m)의 순서로 나타났으며, VLF 의 경우는 정면부를 기준으로 하였을 때, VDT14">VDT20">TV>Notebook 의 순서로 나타났다(그림5-13. 참조). MPR 기준과 비교할때 VDT14" 의 경우 모두 기준을 만족하고 있지 못함을 알 수 있다. 결론적으로 VDT 는 TV 에 비해 자기장 측면에서 더 문제가 될 수 있음을 알 수 있다.

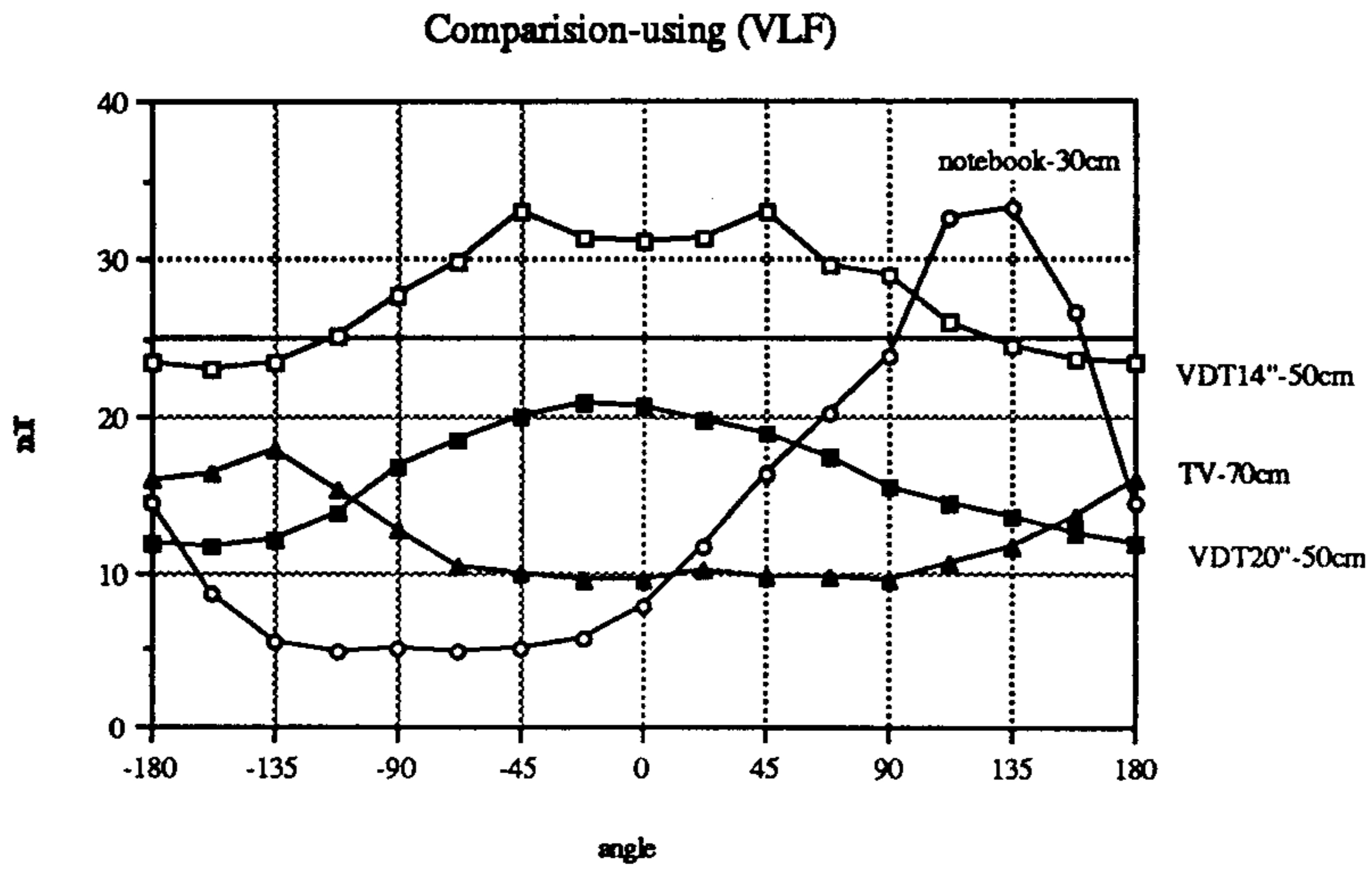
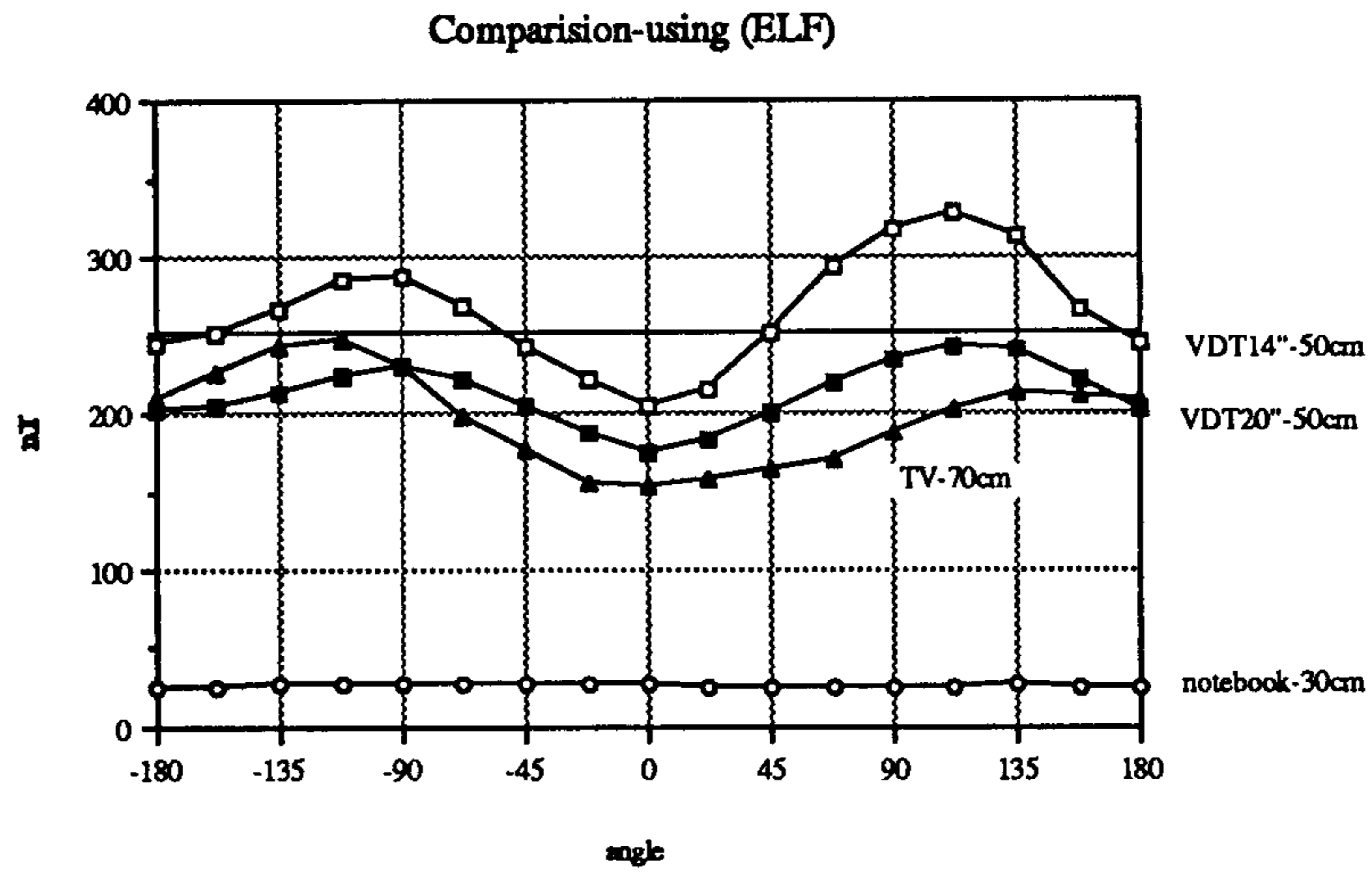


그림5-13. 실사용거리에서의 각 VDT 의 자기장 세기 비교

(2) 다른 가전제품과의 비교

네 종류의 VDT와 전기담요(EP), 전기면도기(ER), 헤어드라이어(HD)를 비교한 결과를 표5-8, 표5-9 와 그림5-14 에 나타내었다. MPR 기준의 0.5m 에서 비교한 결과로는 ELF의 경우는 TV>VDT14">EP>VDT20">HD>ER>Notebook 의 순서로 나타났으며, 실사용 거리를 비교했을 때는 EP>ER>VDT14>VDT20>HD>TV>Notebook 순서로 나타났다.

표 5-8. VDT와 전기제품 간의 자기장 세기비교 (ELF)

(단위: nT)

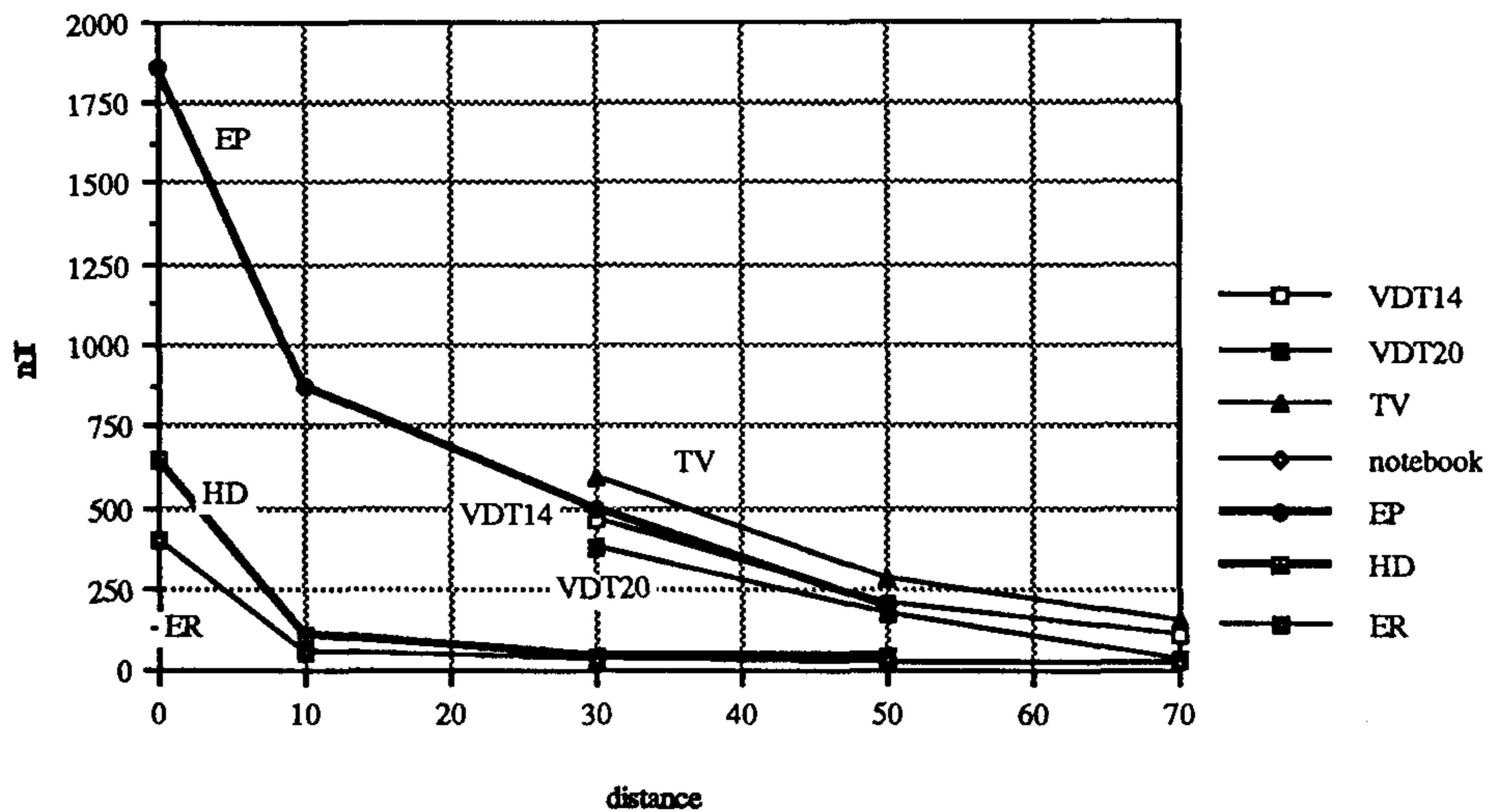
대상 \ 거리	0 m	0.1m	0.3m	0.5m	0.7m	사용 거리	세기 순위
VDT14"	-	-	467	205	109	205	3
VDT20"	-	-	378	174	27	174	4
TV	-	-	596	282	154	154	5
Notebook	-	-	27	26	24	27	7
EP(전기담요)	1857	874	500	198	-	1857	1
ER(전기면도기)	403	58	33	32	-	403	2
HD(헤어드라이어)	643	112	45	38	-	112	6

표 5-9. VDT와 전기제품 간의 자기장 세기비교 (VLF)

(단위: nT)

대상 \ 거리	0 m	0.1m	0.3m	0.5m	0.7m	사용 거리	세기 순위
VDT14	-	-	56.0	20.6	11.2	20.6	4
VDT20	-	-	73.0	31.0	16.4	31.0	3
TV	-	-	55.0	20.2	9.6	9.6	6
Notebook	-	-	7.8	2.6	2.6	7.8	7
EP(전기담요)	214.6	109.0	58.3	25.2	-	214.6	2
ER(전기면도기)	327.3	52.0	2.1	2.1	-	327.3	1
HD(헤어드라이어)	107.6	10.3	2.6	2.3	-	10.3	5

Comparison-center (ELF)



Comparison-center (VLF)

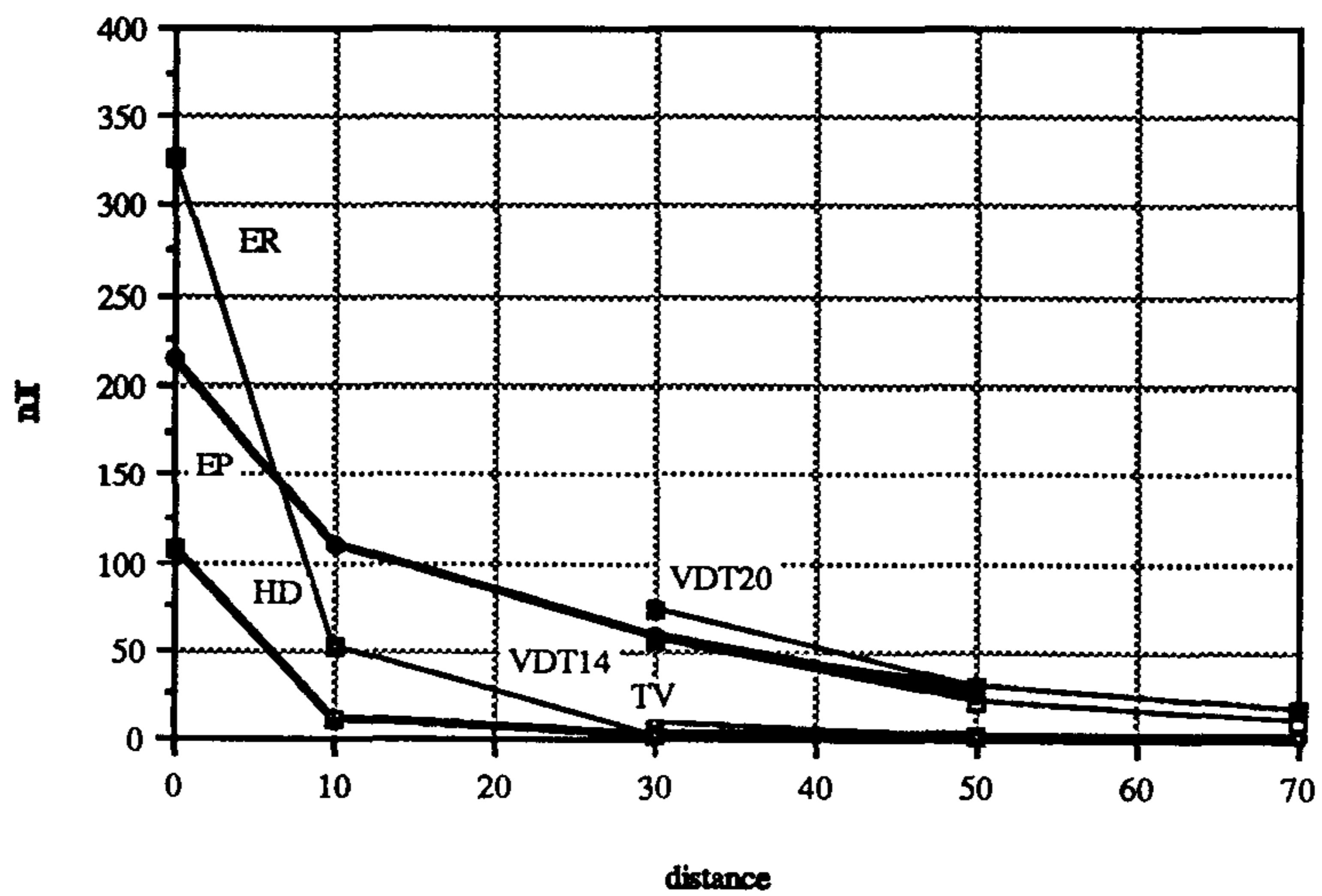


그림5-14. VDT 와 다른 전기제품과의 비교

### 3) 보안경의 차폐효과

보안경의 자기장 차폐효과를 예비실험에서 측정하였는데 보안경은 그 물리적 성질상 자기장을 차폐할 수 없는 것으로 나타났다. 이것은 한국표준과학연구원의 1992 년 보고와도 일치하는 결과[한국표준과학연구원, 1992]로서 물리적 특성에 해당하므로 측정을 다시 하지는 않았다.

## 제 4 절 결 론

VDT에서는 다양한 주파수의 전자파가 발생하는데, 최근들어 전자파의 인체에의 유해성 논란에 따라 저주파 대역에 대한 관심이 증가되고 있다. 본 연구에서는 단파를 제외한 초저주파(ELF)와 저주파(VLF) 대역에서의 전자파의 세기를 측정하였다. 저주파/초저주파 영역에서는 전기장과 자기장의 성질이 다르므로 각각 분리해 고려해야 한다. 측정은 스웨덴 규격인 MPR 에 근거하여 ELF, VLF 대역의 전기장과 자기장의 세기를 방향별, 거리별, 높이별 측정을 실시하였다. 또한 VDT 전자파의 상대적 세기를 알아보기 위하여 일상생활에서 자주 사용하는 전기전자기구에 대한 측정도 실시하여 서로 비교 하였다. 한편 보안경의 전자파 차폐 효과를 알아보기 위한 측정도 실시하였다. 측정에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

#### 1) VDT 의 전기장 과 자기장

- VDT 의 전기장, 자기장은 모두 거리에 반비례해 급격히 줄어들고 있음을 알 수 있다.



- VDT 의 자기장은 측정높이에 있어 중앙이 가장 크게 나타나며, 지자장의 영향으로 하단(-0.3m) 부분이 상단(+0.3m)보다는 약간 큰 것으로 나타났다.
- VDT 의 자기장 ELF 는 양 측면부, VLF 는 정면부에서 가장 크게 나오는 것으로 파악되었다. VDT 의 전기장은 ELF, VLF 모두 전면부에서 가장 크게 나오는 것으로 파악되었다.
- VDT 는 스크린의 크기에 비례해 전자파의 세기가 커지지 않고 회로설계 등에 따라 전자파의 세기는 다르게 나타날 수 있다.

## 2) 다른 가전제품과의 비교

- VDT 의 전자파세기는 다른 가전제품, 전기담요, 전기면도기, 헤어 드라이어와 실사용거리 상에서 비교할 때 상대적으로 크지는 않게 나타났다. 그러나 TV 와의 비교에서는 약간 높은 것으로 나타났다.
- LCD 를 사용하는 Notebook 컴퓨터는 VLF 30cm 후면부를 제외하고는 모두 기준치 이하의 작은 전기장, 자기장 세기만을 나타내고 있다. CRT 에 비해 LCD 가 전자파 측면에서는 적은 유출을 보인다고 할 수 있다.

### 3) 보안경의 효과

- 보안경은 접지를 하여 쓸 때 전기장을 감소시킬 수 있으나, 접지를 하지 않을 경우 전기장 차폐효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 보안경의 자기장에 대한 차폐효과는 전혀 없다고 할 수 있다.

표 5-10. 전자파측정결과 요약

구 분	전기장(EF)		자기장(MF)		
	ELF	VLF	ELF	VLF	
거리별(r)	반비례 감소	반비례 감소	반비례 감소	반비례 감소	
높이별(z)			0 > -0.3 > +0.3	0 > -0.3 > +0.3	
방향별(θ)	형태: n Max:정면 Min:후면	형태: n Max:정면 Min:후면	형태: ∩ Max:측면 Min:정면	형태: n Max:정면 Min:후면	
보안경	감소 (접지사용시)	감소 (접지사용시)	효과없음	효과없음	
다른 가전 비교	0.5m	EP>HD>VDT >NB	VDT>EP>NB >HD	TV>VDT>EP >HD>ER>NB	VDT>EP>TV >NB>HD>ER
	실사용 거리	EP>HD>VDT >NB	EP>VDT>HD >NB	EP>ER>VDT >TV>HD>NB	ER>EP>VDT >HD>TV>NB

이상의 측정결과와 지금까지의 연구결과를 볼 때, 아직까지 저주파영역의 전자파의 인체에 미치는 영향에 대한 명확한 증거를 제시하지 못하는 상태에서 전자파에 대한 막연한 공포를 가질 필요는 없을 것이다. 측정결과에서 나타났듯이 VDT의 전자파의 세기는 다른 가전제품에 비해 크다고 말할 수 없는 상태이며, 그 절대적 크기도 일상 생활 공간 속에서 배경 노

이즈에 비해 크다고 할 수 없다. 다만 계속적인 역학조사에서 전자파(특히 ELF 의 자기장) 가 여러 질병의 원인이 되고 있다는 연구가 계속되고 있으므로 VDT 작업시 사용자나 관리자 모두 이러한 사항들을 고려해 올바른 작업자세와 근무환경을 만들도록 해야 할 것이다. 즉, VDT 로부터의 적정거리의 유지(최소0.5m 이상), VDT 배치시 측면부에 대한 고려, 보안경의 접지 사용, VDT 작업시간과 휴식시간의 적정한 설정 등이 VDT 작업표준을 설정하는데 참조될 수 있을 것이다. 또한 이러한 문제는 선진 제국의 이익을 위한 지של장벽으로도 이용되는 경향이 있으므로 국가에서도 이에 대한 대책을 세워 국가복지나 첨단 측정기술을 자립해나가는 데 더욱 노력해야 할 것이다.

# 제 6 장 VDT작업의 인간공학적설계지침

## 제 1 절 서 론

세계 각국은 이미 VDT, VDT 작업, VDT 작업환경과 관련한 각종 법령, 표준, 지침 등 (표 6-1.참조) 을 만들어 VDT 작업시 발생할 수 있는 VDT 증후군을 예방하기 위하여 많은 노력을 기울여왔다[한국전산원, 1990]. 국내에서도 VDT 사용자의 급증과 더불어 VDT 증후군에 대한 사용자들의 관심이 늘어나게 됨에 따라 1990 년부터 노동부와 보건사회부 등에서 VDT 사용 지침 등을 제정하기에 이르렀다. 이밖에 VDT 의 인간공학 측면을 전반적으로 다룬 지침으로는 1991 년 한국전산원에서 제정한 'VDT 작업관리자를 위한 표준관리지침' 과 'VDT 사용자를 위한 표준사용지침' 이 있다.

또한 선진 각국은 VDT 작업 표준의 기초가 되는 각종 인간공학적, 물리적 측정장비 및 방법의 개발, 측정기준치의 설정 작업에도 앞서 나가고 있다. 이러한 대표적인 노력으로서 스웨덴의 MPR 규격 및 미국 ANSI 의 측정방법 표준들이 있는데[MPR,1990;ANSI,1988], 스웨덴의 MPR 규격이 가장 앞서 있다고 할 수 있다. 선진국들의 이러한 노력은 종종 자국 산업의 이익을 위한 기술장벽으로 작용하고 있기도 하다. 일례로서 국내 PC 업계는 외국에 PC 를 수출하기 위해, 측정장비의 수입 및 스웨덴 MPR 규격에 맞는 PC 를 제조하여야만 한다. 국내에서도 VDT 관련한 측정, 시험의 표준으로는 KSC5832 '업무용 CRT 표시장치 및 키보드', KSC5844 '개인용 컴퓨터 주변기기의 전자파장해', KSC5852 '개인용 컴퓨터용 키보

표 6-1. 세계 각국의 VDT 사용자를 위한 지침

국 가	제 정 기 관	명 칭	시행연도
U. S. A.	State legislation	Execcutive Order 85	1985
	ANSI and the Human Factors Society	American Std. for HE of VDT Workstations	1988
	NIOSH	The well-being of VDT users	1983
Germany	NSI	DIN 66233/2 DIN 66234	
	Bayerishes	Arbeiten mit dem Bildschirm aberrichtig	1980
Sweden	Natl. Board of Occupational Health and Safety	Reading display screens directive No. 136	1979
Austria	Min. of Social Affairs	Bundesgesstzblatt No.354 Law No. 79-1129	1979
Canada	Territory Directive	Order of May	1980
	CCOHS	Recom. concerning work with VDUs	1983
France	Ministere du Travail	Order of 29 April	1980
	INRS	Les ecrans de visulaization guide	1984
Netherland	Dutch CRT Work Study Commission	Recommendation for work at CRT	1984
Norway	labour Directorate	Draft VDT Std.	1980
Newzealand	Dept. of Labour.	Code of practice for VDU	1984
Switzerland	Cantonal Lab. Inspection and Relation Office	Recommendations concerning work with VDUs	1982
U.K.	Health and Safety Exec.	VDUs	1983
Australia	Dept. of Employment and Ind. Relations	VDUs at work	1983
	Natl. and Medical Research Council	Approved occupational health guide:VDUs	1983
Japan	Lab. Min.	VDT work and occupational health	1984
Korea	노동부	VDT 작업관리지침	1991
	보건사회부	VDT 작업의 눈과 보호	1990
	산업안전공단	VDT 작업관리 지침	1989
	한국전산원	VDT사용자를위한표준사용지침 VDT관리자를위한표준사용지침	1991

주)[한국전산원, NCA-RE-9032 pp. 3-4]

드' 등의 KS 규격이 존재하고 있다.

본 장에서는 지금까지 세계 각국에서 진행시켜온 VDT 작업의 표준 및 지침과 국내의 것을 비교한 후, 본 연구 과정에서 그동안 얻은 연구결과와 실태 가운데 표준이나 지침 등에 사용할 수 있는 항목들을 정리하여 제시하였다. 또한 이러한 VDT 관련 표준 및 지침 설정을 위하여 앞으로 노력이 더해져야 할 부분에 대해서도 제시하였다.

## 제 2 절 VDT 작업 관련 표준의 비교

VDT 작업 관련 항목 가운데서 측정 비교가 가능한 항목들 중 세계 각국의 추천치의 최대범위와 추천치의 공통범위, 국내의 노동부 지침 혹은 KS 규격의 기준치를 비교 요약한 결과를 표 6-2. 에 실었다.

항목 1~24 는 인종적, 문자적 영향을 덜 받는 항목들에 대한 추천치이며, 항목 25~39 는 인종적, 문자적 영향을 받는 항목이기 때문에 이에 대해서는 국가의 특성을 고려하여 표준이 결정되어야 할 항목 들이다 [이동하, 1992]. 따라서 인종적, 문자적 영향을 받는 항목 들에 대해서는 선진국의 표준을 그대로 사용할 수 없으므로 독자적인 연구, 조사의 수행이 필요한 부분이기도 하다.

표 6-2. 의 국내 표준치는 외국의 각종 표준 및 지침을 참고로 하여 만들어졌기 때문에 그 추천범위가 외국의 기준들에 비해 크게 벗어나지 않는다. 다만 측정항목들 가운데 전자파 관련 항목들과 같이 누락된 항목들이 아직 많은 것으로 나타나고 있다. 또한 각 측정항목에 대한 척도와 정확한 측정방법의 표준화에 대한 연구가 부족한 것이 사실이다.

표 6-2. VDT 관련 항목별 추천치와 국내기준의 비교

항 목	추천치 최대범위	추천치 공통범위	국내 추천치
1. VDT주변조도	~1076 lux	300~500 lux	300~500lux
2. 화면-눈거리	25 cm ~	50~70 cm	40 cm-
3. 화면반사율	~ 75 %	20~30 %	
4. 모니터경사도	-40~40 도	-20~20 도	10~15 도
5. 키보드반사율	30~60 %	40 %	
6. 키보드 두께	~ 50 mm	~ 30 mm	~ 30 mm
7. 키보드경사도	0~25 도	10~15 도	10~15 도
9. 키조작시 f/b방식	청각/촉각	청각/촉각	청각/촉각
10. 키보드본체분리		분리	
11. 키보드 크기	10~19 mm	12~15 mm	
12. 키누르는 힘	0.25~1.5 N	0.25~1.5 N	0.25~1.5 N
13. 키수직이동변위	0.5~8 mm	3~5 mm	0.8~4.8 mm
14. 키 중심간 거리	18~21 mm	18~20 mm	
15. 화면의 대비	1:2~1:20	1:6~1:10	1:3~
16. 문자/부호표시색	녹, 황, 백, 오렌지색	녹, 황, (적, 청 불가)	황, 녹, 백
17. 화면재생율	50 hz ~	80 hz ~	
18. 문자/부호밝기왜곡	~ 300 %	~ 50 %	
19. 화소위상왜곡	~ 10 %	~ 2 %	
19. 문자/부호 밝기	35 cd/m <sup>2</sup> ~	45 cd/m <sup>2</sup> ~	40 cd/m <sup>2</sup> ~
20. 작업/휴식시간	60분작업15분휴식	50분작업 10분휴식	50분작업 10분휴식
21. 전기장(ELF)크기		~25 V/m	
22. 전기장(VLF)크기		~2.5 V/m	
23. 자기장(ELF)크기		~250 nT	
24. 자기장(VLF)크기		~25 nT	
25. VDT작업면 높이	~900 mm	650~750 mm	600~700 mm
26. VDT작업면 폭	600 mm ~	1200 mm~	
27. VDT작업면의 깊이	400 mm ~	900 mm~	
28. 의자 좌면의 높이	35~52 cm	42~45 cm	
29. 무릎 공간의 높이	640 mm~	690mm~	300~450 mm
30. 무릎 공간의 폭	510 mm~	580 mm ~	
31. 무릎 공간의 깊이	460 mm ~	600 mm ~	
32. 흉키의 높이	~ 750 mm	~ 700 mm	
33. 문자의크기	10~25 min	16~20 min	
34. 문자구성화소행렬	5×7~	5×7~12×18	5×7~
35. 문자종횡비	1:0.5~1:1	1:0.8~1:1	
36. 문자획폭비	8~33 %	8~10%, 17%	
37. 글자간 띄우기	0.5~8 mm	3~5 mm	
38. 단어간 띄우기	18~21 mm	18~20 mm	
39. 행간 띄우기	1:2~1:20	1:6~1:10	

### 제 3 절 VDT 작업표준 연구결과 요약

그동안 한국표준과학연구원에서 수행한 연구들 가운데 VDT 작업의 인간공학적 설계와 관련된 내용들을 요약 정리하면 표 6-3.과 같다. 표는 VDT작업관련 항목들에 대한 국내 실태조사 결과와 본 연구에서 수행한 연구결과들에 기초한 추천표준치, 그리고 VDT작업관련 국내.외의 표준치로 구성되어 있다. 표에서 출력장치에 대한 추천표준치가 공란으로 되어 있는 것은 국내실정상 전기장 및 자기장에 의한 인체실험이 불가능하기 때문이다.

표의 내용들은 VDT 작업의 표준과 지침을 제정하는데 근거가 되는 기초 자료로 사용될 수 있을 것이며, 이미 1990~1992 년 사이에 이루어진 국내의 각종 표준/지침 설정 작업에 많이 반영되기도 했다.

향후 VDT 와 관련한 표준 정책은 다음과 같은 방향에서 이루어져야 할 것이다.

- 1) 우선 VDT 작업 및 작업환경 표준 설정을 위해 시각피로, 전자파의 영향, 작업환경등과 같은 분야의 인간공학적, 의학적 표준 설정 작업을 위해 기초적인 연구가 계속적으로 이루어져야 한다.
- 2) VDT 작업의 인간공학적 표준 설정을 위한 측정방법의 연구를 통하여 측정방법의 표준화 및 측정장비의 개발이 필요하며 연구결과를 VDT 설비 규격 항목에 반영하도록 한다.



- 3) 설정된 표준이나 추천치에 부합하도록 VDT 작업 환경을 개선, 관리하도록 해 VDT 사용자들의 VDT 증후군을 최소화 하도록 하여 작업자의 건강을 보호하도록 한다.

표 6-3. VDT 작업표준 관련 연구결과

구분	항목	연구결과		표준	
		실태치	추천표준치	표준치	기관
VDT작업장	VDT주변조명수준	200~670 lux		300~500lux	공통
	VDT작업면 높이	643~763 mm	595~713 mm	650~750 mm	공통
	VDT작업면 폭	450~2000 mm		1200 mm~	공통
	VDT작업면 깊이	550~1240 mm		900 mm ~	공통
	의자좌면 높이		36.9~45.5 cm	42~45 cm	공통
	흠키의높이	665~828 mm	625~748 mm	~700 mm	공통
	화면-눈 거리		54~83 cm	50~70 cm	공통
출력장치 (모니터)	모니터의 경사도		10.6 도		공통
	전기장(ELF)	11.8~21.6 V/m		25V/m	MPR
	전기장(VLF)	1.5~1.7 V/m		2.5V/m	MPR
	자기장(ELF)	174~327 nT		250 nT	MPR
	자기장(VLF)	12~33 nT		25 nT	MPR
입력장치 (마우스)	C/D 비(마우스)		10		
	마우스트랙볼선택		마우스		
	마우스 형태	영향없음			
	패드크기	영향없음			
	이동방향		좌-우, 상-하		
VDT 화질	문자/부호밝기	3~76 cd/m <sup>2</sup>		45 cd/m <sup>2</sup> ~	공통
	흑백해상도(MTFA)	9.9~13.9		5~	ANSI
	칼라해상도		측정방법제시		
	글씨체		고딕, 명조		
	문자/배경 색		백/청, 백/흑	황, 녹, 백/암	국내

## 제 7 장 연구결과 활용에 대한 건의

본 연구는 VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구로서 다음과 같은 활용을 기대할수 있다.

- VDT Workstation의 국가표준 설정자료로 활용
- VDT 작업환경개선의 기준자료로 활용
- VDT Workstation의 제작시 설계기준으로 활용
- 국가기관 전산망 설계기준 자료로 활용
- 기타 산업설계시 기술자료로 활용

## 참 고 문 헌

1. Albert, A.E., The effect of graphic input device on performance in a cursor positioning task. *In Processings of the Human Factors society 26th annual Meeting Santa Monica, CA: Human Factors Society, 54-58, 1982.*
2. ANSI/HFS 100-1988, American national standard for human factors engineering of VDT workstations, *The Human Factors Society, Inc. 1988.*
3. Barten, P.G.J. The SQRI method: A new method for the evaluation of visible resolution on a display. *Proceeding of the Society for Information Display, 28(3), 253-262, 1987.*
4. Baur, B. An advanced CRT-spot-contour measurement system, *Proceeding of the Society for Information Display, 26, 55-57, 1985.*
5. Bortfeld, D.P. and Beltz, J.P. Semi-automatic measurement of the two-dimensional intensity distribution of a color CRT electron-beam spot. *Society for Information Display Digest of Technical Papers, New Orleans, May, 225-228, 1987.*
6. Bondestam, H., Swedish standards on VDU emission testing, *ITEM, 16-22, 1991.*
7. British standard recommendations for the accommodation and operating environment of computer equipment; BS7083:1989, *British*

- standard institution*, 1-14, 1989.
8. Card, S.K., English, W.K. and Burr, B.J., Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, stepkeys and text keys for text selection on a CRT. *Ergonomics*, 21, 601-613, 1987.
  9. Carlson, C. R. and Cohen, R. W., Visibility of displayed information Image descriptors for display, Arlington, VA : *Office of Naval Research Technical Report*, ONR-CR2B-120-4F, 1978.
  10. ECMA, Visual displays health aspect, *ECMA*, 1-20, 1985.
  11. Fitzgerald, K., Electromagnetic fields: the jury's still out, *IEFF Spectrum*, August, 22-35, 1990.
  12. Gillan, D.G., Holden, K., and Adams, S., How does Fitt's law fit pointing and dragging?, *Proceedings of the CHI '90 Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York:ACM, 227-234, 1990.
  13. Heur, H., et al., The resting position of eyes and the effect on viewing distance and visual fatigue at VDT work, *Zeitschrift fur Experimentelle and Angewandte Psychologie*, 36, 538-566, 1981.
  14. ILO, Working with Visual Display Units, Occupational Safety and Health Series, No. 61, 1990.
  15. Infante, C., On the resolution of raster-scanned CRT displays, *Society for Information Display Seminar Lecture Notes*, San Francisco, CA., June, 1984.
  16. T. Iwasaki and S. Kurimoto., 'Eye-strain and changes in accommodation of the eye and in visual evoked potential following quantified visual load, *Ergonomics*, Vol.31, No. 12, 1743-1751, 1988.

17. Janes, L. A and Higgins, G. C., Photographic granularity and graininess III. Some characteristics of the visual system of importance in the evaluation of graininess and granularity, *Journal of the Optical Society of America*, Vo. 37, 317-363, 1947.
18. Jonsson, B. and Anderson, G.B.J., Functional anatomical and biomechanical aspects on sitting, in Jonsson, B., ed., *Sitting Work Postures, National Board of Occupational Safety and Health, Sweden*, 12, 1980.
19. Lindstrom, E., Biological effects of magnetic fields, in research news, *The NIOH*, No. 2.
20. Mackenzie, I.S., Sellen, A., and Buxton, W., A computer of input devices in elemental pointing and dragging tasks. *Processing of the CHI '91 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 161-166, New York:ACM, 1991.
21. M.J. Smith, B.G.F. Cohen, L.W.S., An investigation of health complaints and job stress in video display operations, *Human Factors*, Vol.23, No.4, 1981.
22. M.J. Smith, VDT strain : Psychological strain or physical based ?, *Proc. of the Human Factors Society (29th)*, 689-693, 1985.
23. MPR, Test methods for visual display units, 1990.
24. Oakey, K.R. Some consequences of the shadow-mask CRT dot structure. *Display*, 1984.
25. O'Callaghan, J.P. and Veron, H. Parametric MTF analysis for displays(III). Arlington, VA: *Office of Naval Research Technical Report*, Contract No. N00014-74-C-0184, January, 1977.

26. Overington, I. Some considerations of the role of the eye as a component of an imaging system, *Optica Acta*, 22, 365-374, 1975.
27. R. A. Tyrell and H. W. Leibowitz, The relation of vergence effort to reports of visual fatigue following prolonged near work, *Human Factors*, 32(3), 341-357, 1990.
28. Robert J. Beaton, Introduction to Human Factors Engineering for Visual Displays, *SPIE/SPSE Electronic Imaging*, 1991.
29. Rose, A., A unified approach to the performance of photographic film, television pick up tubes and the human visual system, *Journal of the Society of Motion Picture Engineers*, 47, 273, 1946.
30. Rosenbruch, K.J., *Optica Acta*, 18, 93, 1971.
31. Selwyn, E. W. H., The photographic and visual resolving power, *Photographic Journal*, 88, 6-46, 1948.
32. Snyder, H. L., Image quality and observer performance. In, L.M. Biberman (ed), *Perception of Displayed Information*, New York : Plenum Press, 37-118, 1973.
33. Snyder, H. L., Visual search and image quality : Final Report *Wright - Patterson AFB. Ohio : AMRL - TR - 76 - 89 (AD - 03 36263)Dec.*, 1976.
34. Snyder, H. L., Human visual performance and flat panel display image quality, Virginia Polytechnic Institute and State University, VA : *Human Factors Laboratory*, HFL-80-1/ONR-80-1. July,1980.
35. Snyder, H. L., Toward the determination of electronic display image quality, In. *Advances in Man-Machine System Research*, Vol.4, New York : JAI Press,1988.

36. Thorell, L.G., and Smith, W.J., *Using Computer Color Effectively*, Prentice Hall Press, 1988
37. van Meesteren, A., Visual aspects of image intensification, Soesterberg, The Netherlands : *Institute for Perception TNO*, 1973
38. Walborg, E.F., Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: focus on tumor initiation, promotion, and progression, *NEMA*, 1-29, 1991.
39. W. Hunting, E. Grandjean, and K. Maeda, Constrained posture in accounting machine operators, *Applied Ergonomics*, Vol.11, No.3, 1980.
40. 徳丸仁, 전파는 위험하지 않는가, 전파과학사, 1989.
41. 김철중 외, VDT workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (1차년도), *과학기술처*, KSRI-91-69-IR, 1991.
42. 김철중 외, VDT workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (2차년도), *과학기술처*, KSRI-92-070-IR, 1992.
43. 南炳執譯, 人間工學, 1985
44. 민경찬, VDT 중후군의 전자기적 분석과 대책, 한국기술연구소, 1991.
45. 박성현, 다루기 방법을 중심으로한 응용실험계획법, 영지문화사.
46. 오현석, VDT작업시 화면색이 시각피로에 미치는 영향에 관한 연구, 고려대학교 석사학위논문, 1992
47. 이남식(1991), 의료용 영상전송장치의 User Interface 설계에 관한 연구, *과학기술처*, KRISS-91-171-IR, 1991.
48. 이순요, 미래지향적 인간공학, 박영사, 1992.
49. 이윤우 외, *새문리*, 27, 95 (1987).
50. 정낙삼, 전자파환경의 현황과 측정기술, 측정표준, 1992.



51. 조 현모 외, 비추상 OTF의 정밀측정, 한국광학회지, vol.2 No.3 Sep. 1991.
52. 한국전산원, VDT작업환경 지침 연구, NCA-RE-9032, 1990.
53. KSc5844, 개인용 컴퓨터 및 주변기기의 전자파 장애 in 한국공업규격, 1988, 1308-1320.

여 백

## **부록 I**

### **VDT 전자기장 측정 자료**

여 백

### 1. VDT14" 전기장 측정자료

측정점	VDT14"(ELF)				VDT14"(VLF)			
	30cm	50cm	70cm	90cm	30cm	50cm	70cm	90cm
0.0	49.50	21.60	9.95	4.54	4.260	1.710	0.780	0.313
22.5	63.60	21.50	10.88	5.09	3.950	1.521	0.714	0.336
45.0	65.90	20.20	10.03	4.36	2.950	1.136	0.584	0.261
67.5	44.30	15.76	7.23	3.27	1.671	0.808	0.421	0.195
90.0	20.40	10.01	4.47	2.23	0.853	0.495	0.268	0.120
112.5	8.39	5.79	3.13	1.39	0.456	0.325	0.178	0.100
135.0	6.17	3.96	2.10	1.02	0.274	0.232	0.131	0.073
157.5	5.70	2.86	1.45	0.80	0.188	0.168	0.106	0.059
180.0	3.04	2.11	1.25	0.61	0.176	0.152	0.099	0.057
202.5	2.58	2.08	1.31	0.79	0.228	0.176	0.128	0.072
225.0	5.06	3.27	2.07	1.12	0.396	0.264	0.174	0.097
247.5	9.24	4.72	3.02	1.52	0.651	0.387	0.248	0.132
270.0	18.70	9.05	4.57	2.33	1.093	0.602	0.348	0.184
292.5	35.00	13.80	6.63	3.24	1.857	0.868	0.504	0.245
315.0	51.40	17.18	9.40	4.19	3.110	1.288	0.647	0.319
337.5	54.30	21.40	8.85	4.64	3.910	1.499	0.743	0.362

### 2. VDT20" 전기장 측정자료

측정점	VDT20"(ELF)				VDT20"(VLF)			
	30cm	50cm	70cm	90cm	30cm	50cm	70cm	90cm
0.0	28.25	11.75	5.75	3.00	4.110	1.548	0.756	0.386
22.5								
45.0	27.40	9.54	4.42	2.29	3.780	1.221	0.583	0.296
67.5								
90.0	5.60	3.13	2.10	1.41	0.768	0.409	0.238	0.144
112.5								
135.0	1.43	3.38	2.04	1.25	0.156	0.132	0.071	0.057
157.5								
180.0	3.92	4.53	2.25	1.35	0.090	0.076	0.066	0.042
202.5								
225.0	2.00	1.68	1.00	0.63	0.200	0.136	0.112	0.066
247.5								
270.0	6.75	2.98	2.28	1.29	0.915	0.410	0.291	0.171
292.5								
315.0	30.70	11.22	5.05	2.69	4.090	1.398	0.641	0.353
337.5								

### 3. VDT14" 자기장 측정자료

30Cm	VDT14(ELF)			VDT14(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	321	467	343	37.4	56.0	42.2
22.5	242	531	370	37.6	54.0	39.8
45.0	395	642	433	35.0	49.2	35.6
67.5	449	775	504	33.0	42.2	30.4
90.0	478	821	543	30.6	37.0	26.2
112.5	475	840	559	29.2	33.8	22.6
135.0	440	781	516	27.0	31.0	20.0
157.5	391	649	440	25.4	28.2	18.2
180.0	358	562	395	24.0	24.0	16.4
202.5	383	602	407	23.2	22.2	18.2
225.0	424	697	451	24.2	24.4	20.2
247.5	459	743	498	26.2	30.4	23.6
270.0	450	760	497	29.4	40.0	29.8
292.5	428	715	470	32.2	49.0	36.8
315.0	385	607	430	35.0	55.0	40.8
337.5	348	507	360	36.6	56.0	42.6

50Cm	VDT14(ELF)			VDT14(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	165	205	176	17.6	20.6	16.8
22.5	171	215	177	17.2	19.8	16.4
45.0	187	252	195	16.6	19.0	15.4
67.5	204	293	228	15.0	17.4	14.2
90.0	222	316	248	14.0	15.6	12.8
112.5	228	327	256	13.2	14.4	11.8
135.0	219	312	247	12.4	13.6	10.8
157.5	208	267	220	12.0	12.6	10.2
180.0	191	244	205	11.6	12.0	9.2
202.5	195	250	206	11.2	11.6	9.6
225.0	201	265	212	10.8	12.2	10.0
247.5	205	286	225	12.6	13.8	11.6
270.0	204	288	225	14.0	16.8	13.6
292.5	196	269	219	15.4	18.6	15.4
315.0	183	243	200	16.8	20.0	16.6
337.5	173	222	187	17.6	20.8	17.0

70Cm	VDT14(ELF)			VDT14(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	95	109	105	10.6	11.2	9.8
22.5	94	109	101	10.4	11.0	10.0
45.0	100	115	101	10.0	10.6	9.4
67.5	101	127	108	9.2	9.8	9.0
90.0	106	141	121	8.6	9.2	8.2
112.5	111	140	125	8.4	8.6	7.8
135.0	121	144	128	8.0	8.4	7.2
157.5	118	135	121	8.0	8.2	7.2
180.0	117	132	115	7.6	7.6	7.0
202.5	109	124	114	7.6	7.4	6.8
225.0	107	122	107	7.6	7.6	6.8
247.5	98	126	113	8.0	8.0	7.2
270.0	93	123	113	8.4	8.6	7.8
292.5	99	122	109	9.0	9.6	8.4
315.0	95	117	106	9.8	10.4	9.0
337.5	98	114	107	10.2	10.8	9.6

4.. VDT20" 자기장 측정자료

30Cm	vdt20(ELF)			vdt20(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	293	378	288	62.0	73.0	60.0
22.5	303	412	305	62.0	75.0	62.0
45.0	341	504	357	61.0	75.0	61.0
67.5	377	602	420	59.0	67.0	52.0
90.0	396	618	431	57.0	58.0	44.0
112.5	388	613	439	54.0	53.0	40.0
135.0	381	578	414	52.0	49.0	36.0
157.5	356	507	366	50.0	47.0	34.0
180.0	334	451	334	49.0	45.0	31.0
202.5	348	486	340	48.0	44.0	33.0
225.0	398	562	373	49.0	45.0	34.0
247.5	420	614	412	52.0	50.0	38.0
270.0	409	629	425	55.0	59.0	46.0
292.5	391	567	392	60.0	69.0	55.0
315.0	356	528	369	64.0	76.0	62.0
337.5	318	423	308	67.0	80.0	66.0

50Cm	vdt20(ELF)			vdt20(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	157	174	152	32.0	31.0	26.2
22.5	152	182	156	30.6	31.2	26.4
45.0	156	200	168	30.0	33.0	26.6
67.5	162	219	179	29.2	29.6	25.0
90.0	168	235	195	30.2	29.0	23.6
112.5	177	242	199	27.4	26.0	22.0
135.0	176	241	200	26.2	24.4	20.6
157.5	179	222	185	25.6	23.6	19.6
180.0	174	203	172	25.4	23.4	19.2
202.5	172	204	172	25.4	23.0	18.8
225.0	169	212	175	26.0	23.4	19.6
247.5	170	224	184	27.2	25.2	20.8
270.0	171	229	185	29.0	27.6	22.8
292.5	169	222	181	31.0	29.8	24.6
315.0	166	205	175	30.0	33.0	26.6
337.5	160	188	163	30.6	31.2	26.4

70Cm	vdt20(ELF)			vdt20(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	112	116	106	16.8	16.4	14.0
22.5	106	117	104	16.6	16.4	14.2
45.0	104	118	105	16.4	16.4	14.6
67.5	96	121	110	16.6	16.6	14.0
90.0	99	132	118	16.6	16.4	15.0
112.5	106	137	121	16.4	16.0	14.4
135.0	112	133	121	15.0	15.4	14.0
157.5	111	126	115	16.0	15.2	13.8
180.0	114	118	108	16.2	15.6	13.8
202.5	102	113	100	16.4	15.6	13.8
225.0	90	105	98	16.8	16.0	14.0
247.5	85	108	102	17.6	16.6	14.4
270.0	88	110	100	18.0	17.2	14.8
292.5	97	115	103	18.0	17.6	14.8
315.0	103	115	105	18.4	17.6	15.0
337.5	109	118	105	18.8	17.8	15.6

### 5. TV14" 자기장 측정자료

30Cm	TV14(ELF)			TV14(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	455	596	447	39.0	55.0	52.0
22.5	507	744	562	40.4	56.6	53.0
45.0	547	1000	701	39.4	59.8	56.4
67.5	632	1068	705	39.2	63.6	54.0
90.0	671	1075	695	38.4	71.0	52.8
112.5	713	1128	730	37.0	73.0	54.6
135.0	677	1030	655	38.8	69.0	61.0
157.5	623	882	563	43.2	94.0	70.4
180.0	602	846	550	54.0	102.4	97.0
202.5	707	1068	643	59.0	138.0	143.0
225.0	842	1319	758	64.6	152.0	160.0
247.5	890	1409	802	51.6	123.0	144.0
270.0	811	1274	749	41.4	89.0	98.0
292.5	683	1002	634	35.4	67.0	69.0
315.0	547	1000	701	36.6	51.0	58.2
337.5	466	640	468	40.0	55.0	54.2

50Cm	TV14(ELF)			TV14(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	235	282	244	16.6	20.2	17.8
22.5	247	302	258	16.8	19.6	19.6
45.0	270	353	294	16.8	20.6	19.4
67.5	292	391	309	16.2	22.0	18.6
90.0	320	421	319	16.2	22.0	19.8
112.5	343	455	342	16.4	20.0	20.6
135.0	339	445	340	17.0	24.0	24.4
157.5	317	405	312	20.6	27.6	28.0
180.0	324	385	305	23.4	33.8	34.4
202.5	352	451	333	24.8	41.2	42.4
225.0	405	542	384	27.2	45.8	45.8
247.5	414	549	393	22.0	35.0	43.2
270.0	372	503	369	17.6	29.2	32.8
292.5	317	411	312	14.8	21.6	25.0
315.0	271	323	265	14.8	20.2	22.0
337.5	239	286	245	16.8	20.6	20.2

70Cm	TV14(ELF)			TV14(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	139	154	147	9.2	9.6	10.8
22.5	133	157	150	9.0	10.2	10.0
45.0	133	163	154	9.2	9.8	9.6
67.5	141	171	153	8.4	9.8	8.6
90.0	152	188	158	7.6	9.6	9.2
112.5	168	203	166	8.0	10.6	10.6
135.0	180	213	175	8.4	11.6	12.2
157.5	181	210	177	11.8	13.6	15.0
180.0	184	208	176	12.8	16.0	16.2
202.5	185	225	187	13.6	16.4	19.0
225.0	192	243	199	13.2	17.8	18.8
247.5	197	247	202	11.0	15.4	17.6
270.0	179	229	194	9.0	12.8	14.2
292.5	169	198	172	7.8	10.4	12.8
315.0	151	176	158	8.0	10.0	11.4
337.5	142	156	150	9.4	9.6	10.4



6. Notebook 자기장 측정자료

30Cm	Notebook(ELF)			Notebook(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	27	27	39	3.6	7.8	3.6
22.5	27	26	38	4.4	11.8	4.6
45.0	26	26	38	5.0	16.4	5.4
67.5	27	26	38	5.4	20.2	6.4
90.0	26	26	37	5.6	23.8	8.2
112.5	26	26	36	5.0	32.6	10.4
135.0	26	27	38	4.8	33.2	11.8
157.5	26	26	39	4.6	26.6	10.2
180.0	27	26	39	3.8	14.4	7.6
202.5	26	26	38	3.2	8.8	5.6
225.0	27	27	38	2.8	5.6	4.4
247.5	27	27	39	2.6	4.8	3.6
270.0	27	28	38	2.6	5.0	3.2
292.5	27	27	38	2.6	4.8	3.4
315.0	27	28	39	2.8	5.0	3.0
337.5	27	27	39	3.2	5.8	3.4

50Cm	Notebook(ELF)			Notebook(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	21	26	37	1.8	2.6	2.2
22.5	24	25	34	2.0	3.2	2.4
45.0	23	25	34	2.2	3.6	2.6
67.5	24	26	35	2.4	3.8	2.8
90.0	24	25	34	2.4	3.8	3.2
112.5	24	26	34	2.4	4.4	3.4
135.0	23	25	34	2.4	4.8	3.6
157.5	24	26	34	2.2	4.2	3.4
180.0	24	25	34	2.0	3.4	3.0
202.5	24	25	33	1.8	2.6	2.6
225.0	23	25	34	1.6	2.0	2.2
247.5	23	25	34	1.6	1.8	2.2
270.0	23	26	34	1.6	1.8	2.0
292.5	23	25	34	1.6	1.8	2.0
315.0	23	25	34	1.6	1.8	2.0
337.5	23	25	34	1.6	2.2	2.0

70Cm	Notebook(ELF)			Notebook(VLF)		
	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm	z=300mm	z=0 mm	z=-300mm
0.0	20	24	37	1.8	2.6	2.2
22.5	22	25	34	2.0	3.0	2.4
45.0	22	22	30	2.2	3.6	2.8
67.5	23	24	32	2.4	3.8	2.8
90.0	24	24	34	2.4	3.8	3.0
112.5	23	26	33	2.4	4.2	3.4
135.0	23	25	34	2.4	4.8	3.6
157.5	24	23	34	2.4	4.2	3.6
180.0	24	25	34	2.0	3.4	3.0
202.5	23	24	33	1.8	2.6	2.4
225.0	21	25	33	1.6	2.2	2.2
247.5	21	25	34	1.6	1.8	2.0
270.0	22	24	32	1.6	1.8	2.0
292.5	23	25	34	1.6	1.8	2.0
315.0	21	24	32	1.6	2.0	2.0
337.5	23	25	34	1.6	2.0	2.0

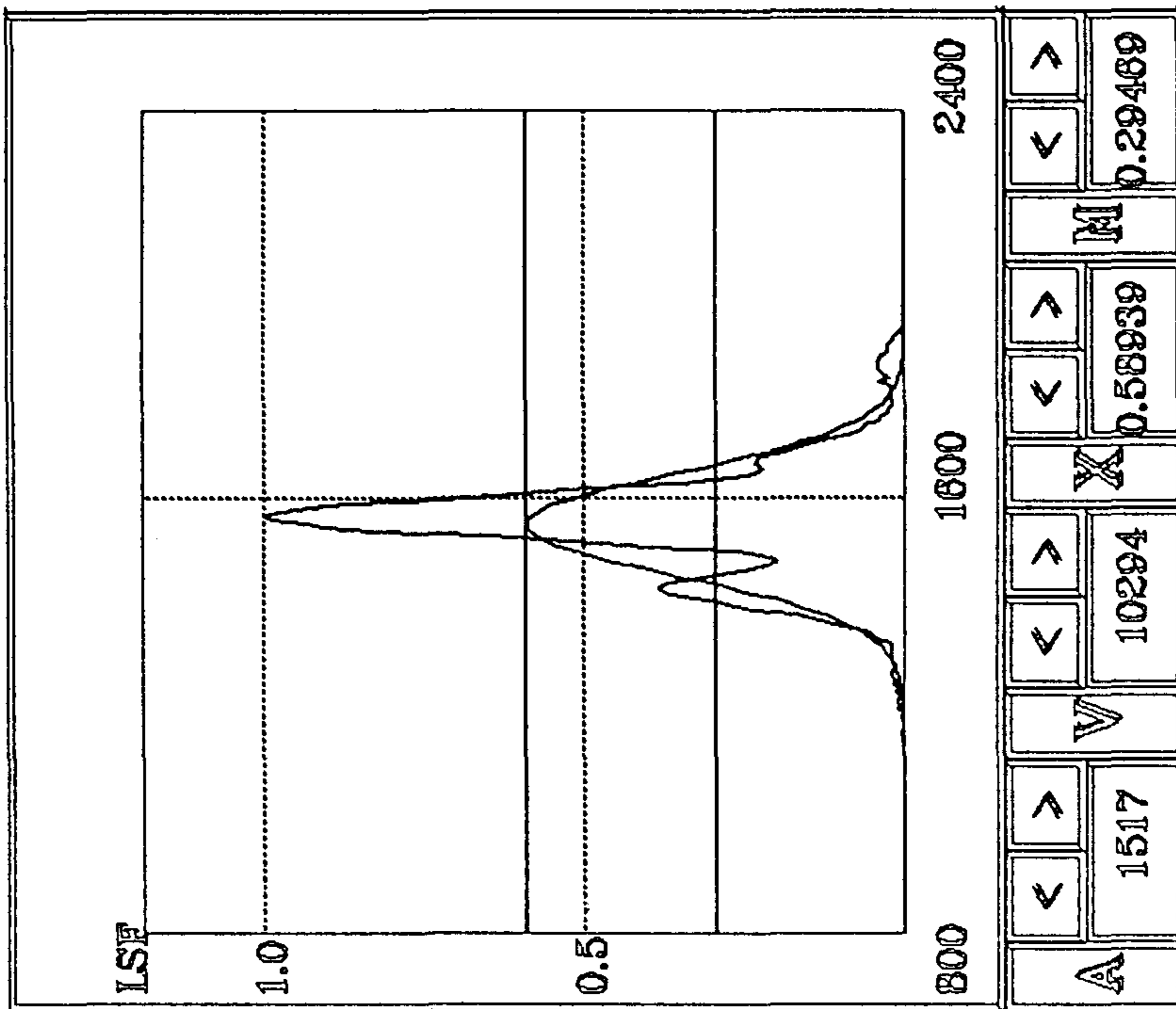
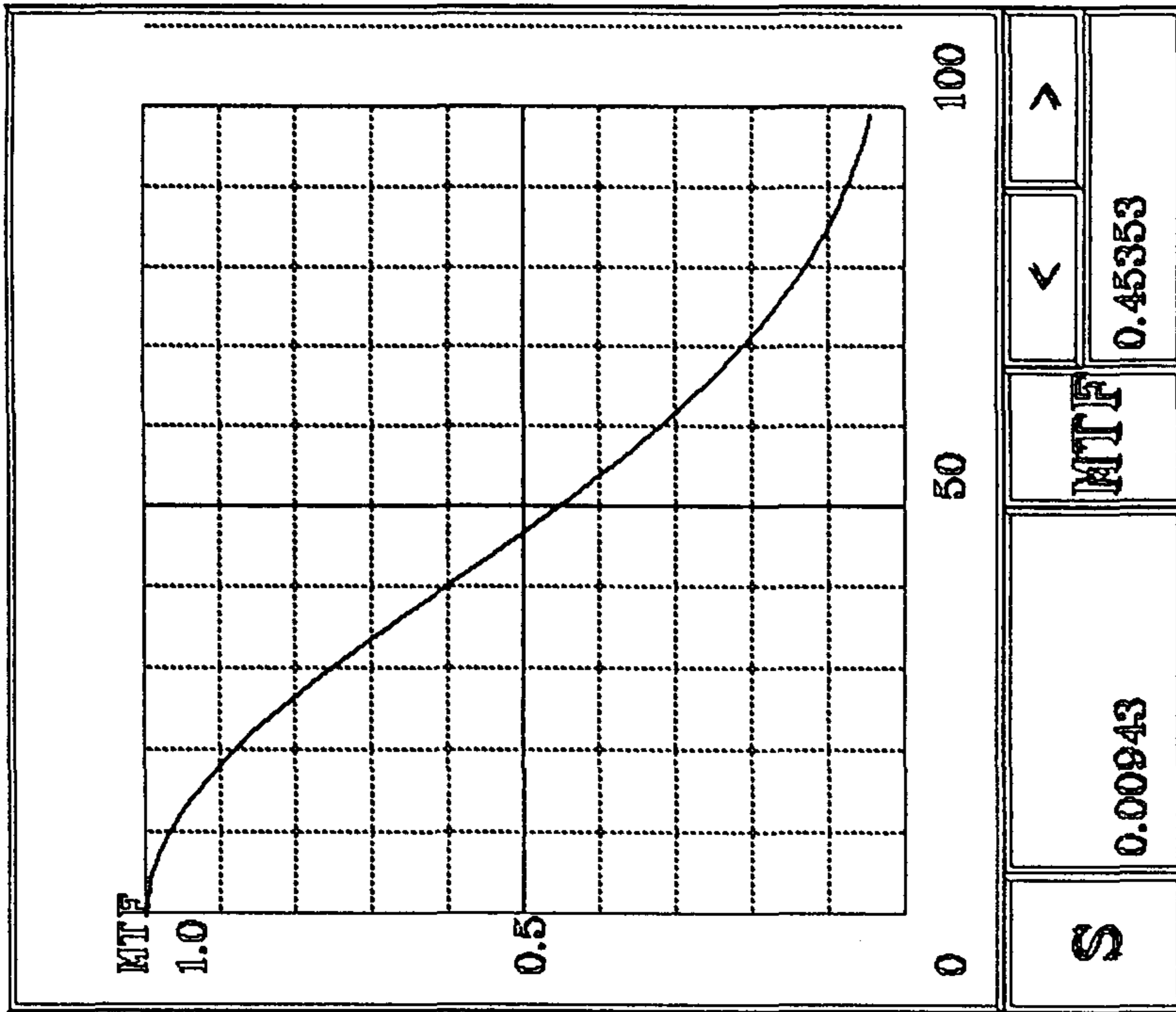
여 백

## **부 록 II**

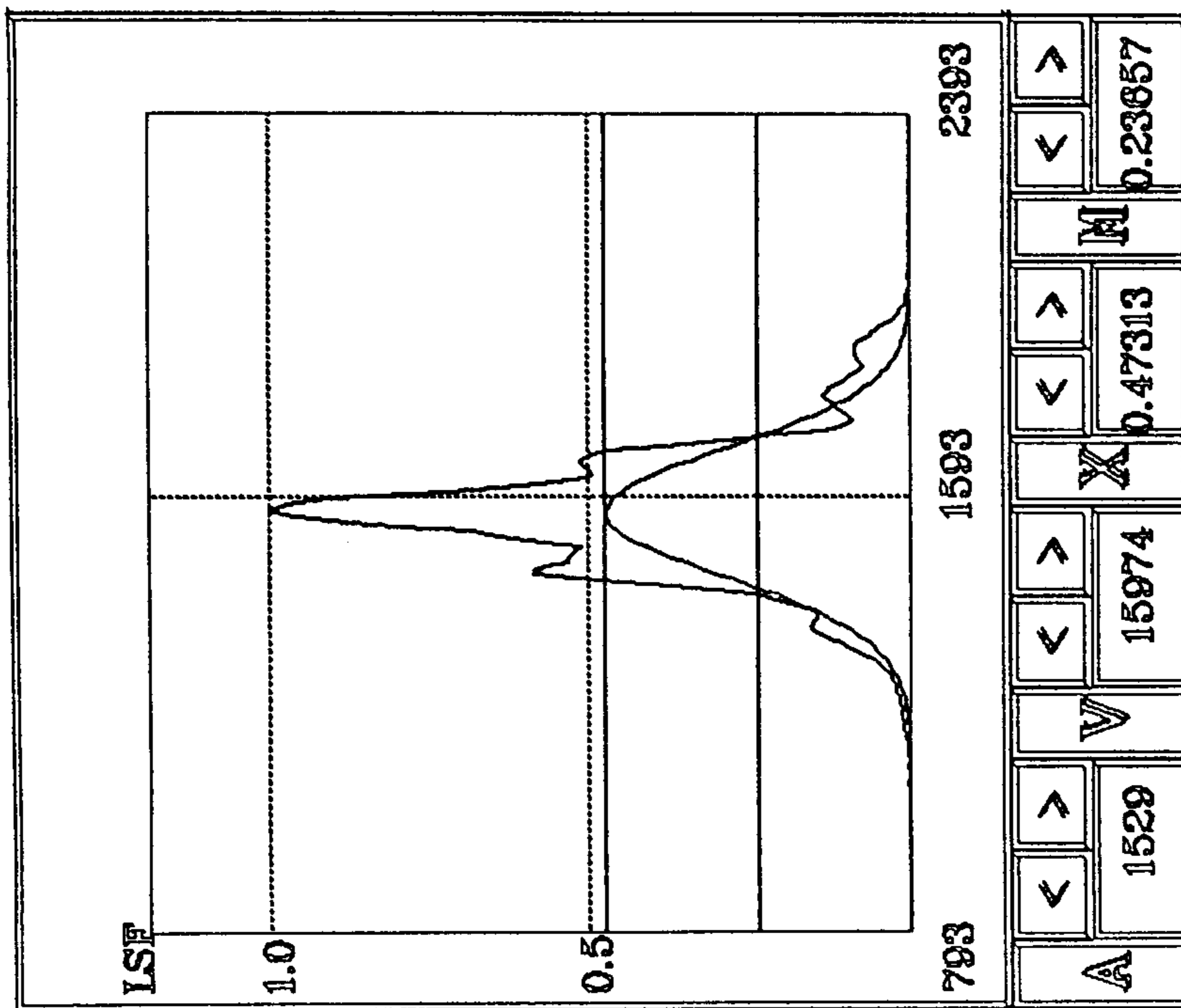
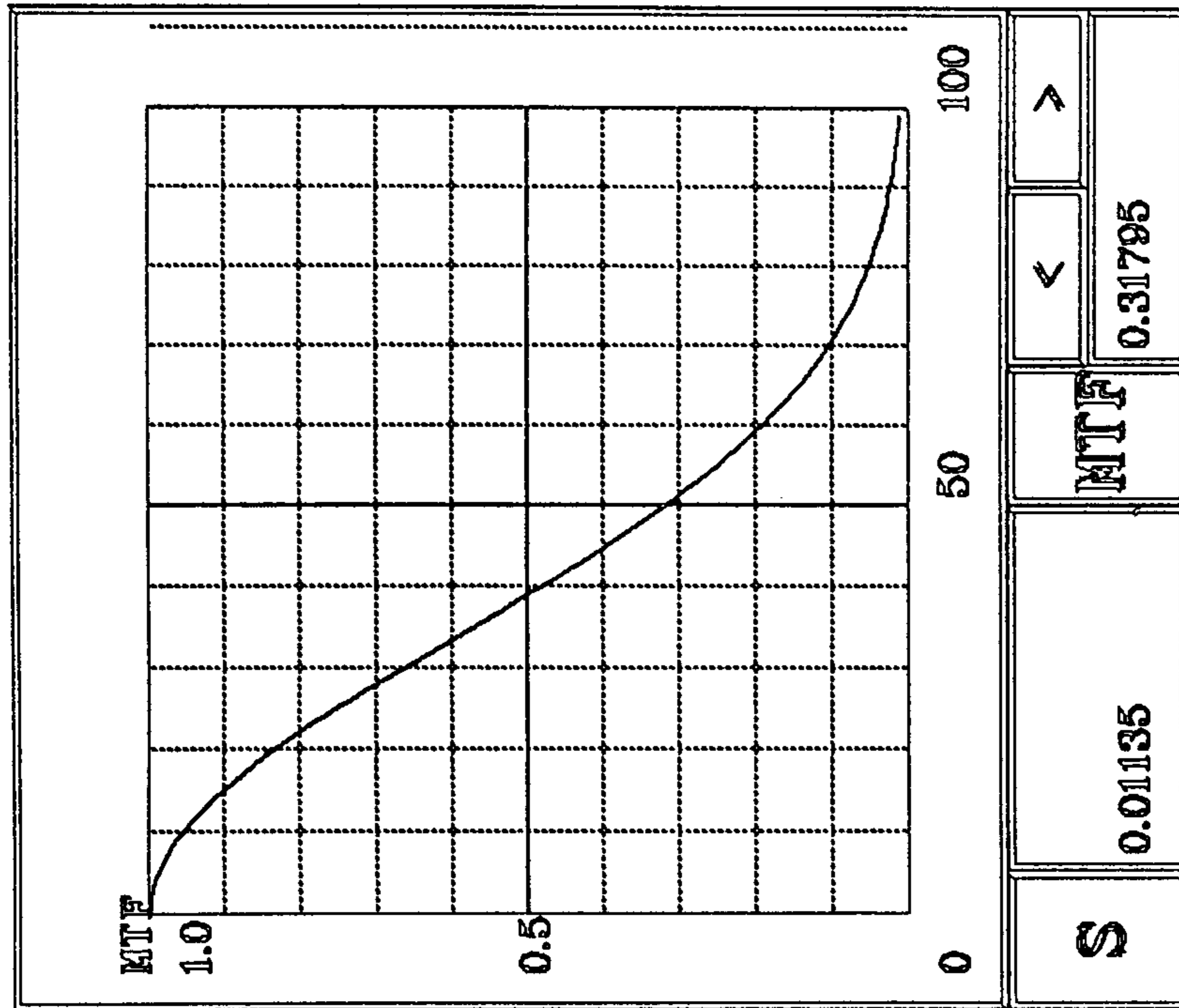
### **화소위치별 LSF, MTF 측정치**

여 백

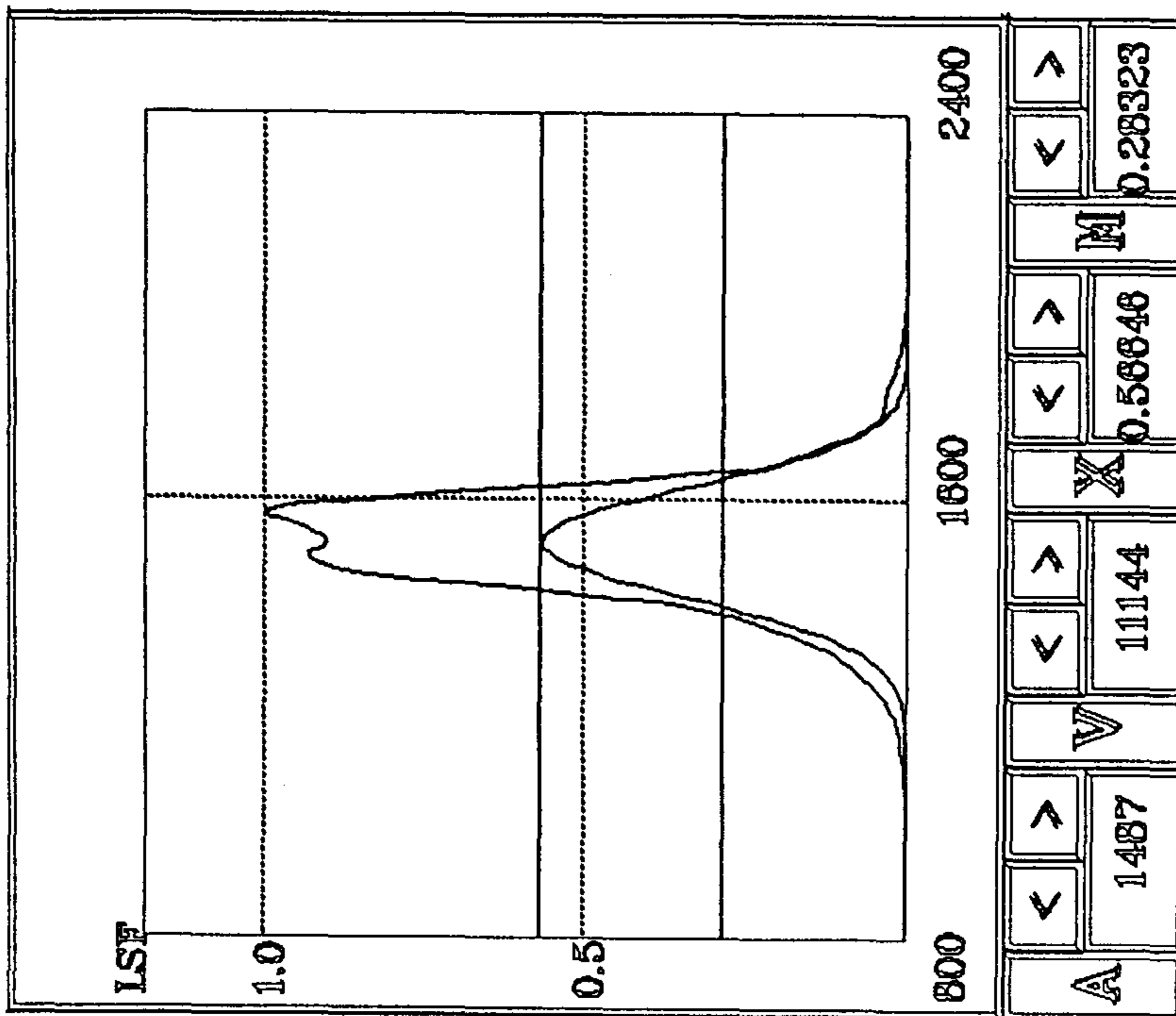
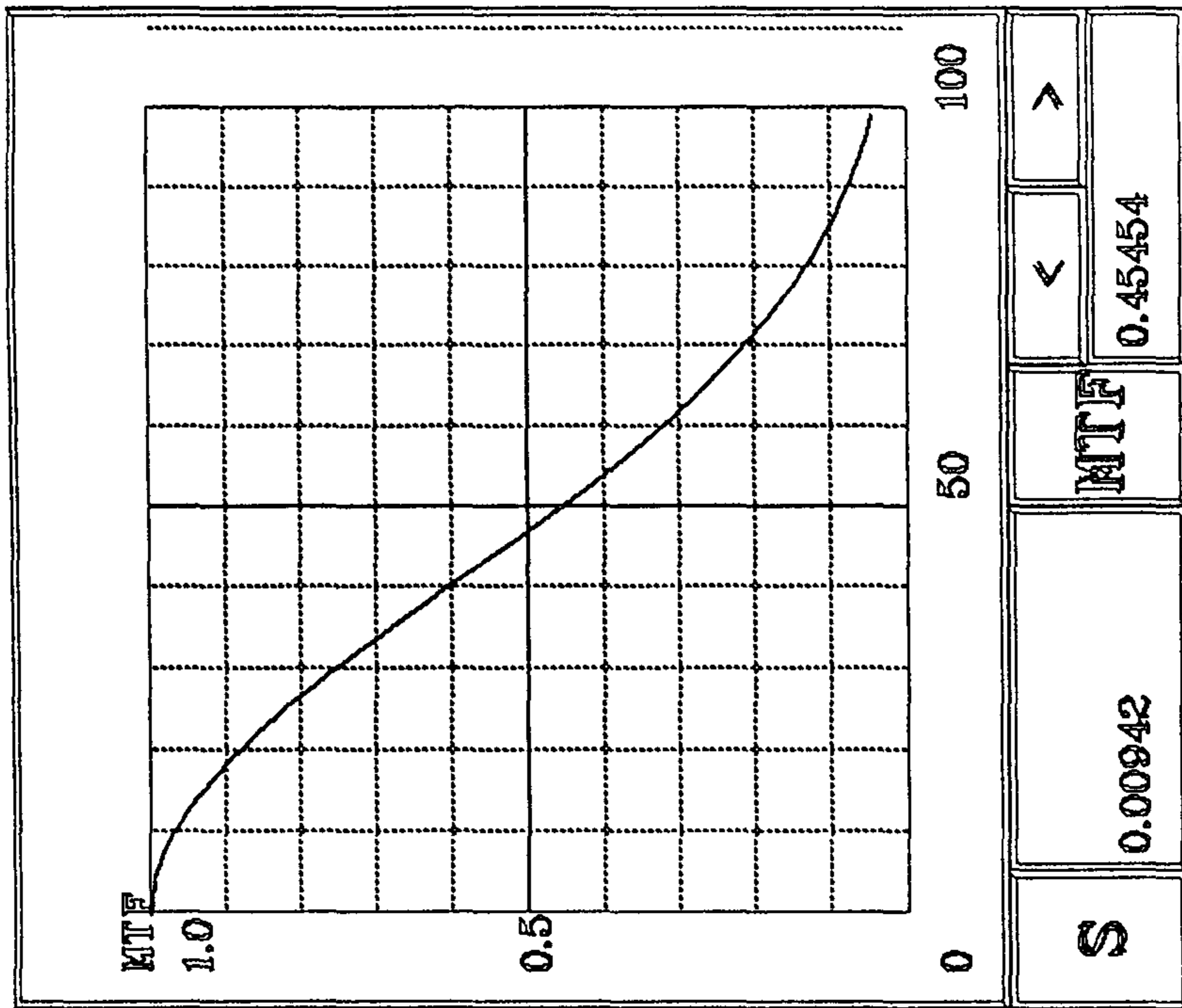
1. 14인치 모니터 (해상도 1024 x 768) -- 화면중앙



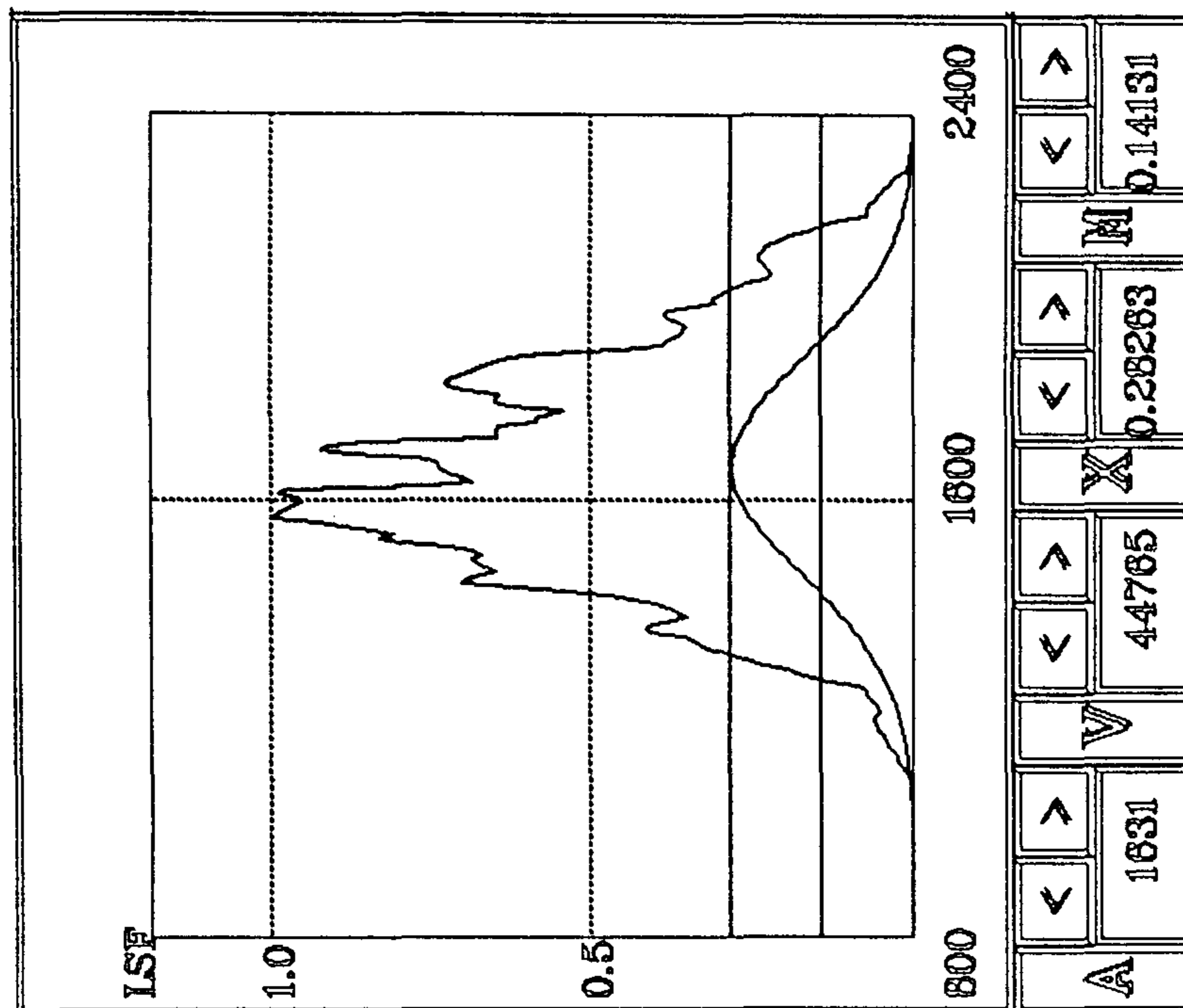
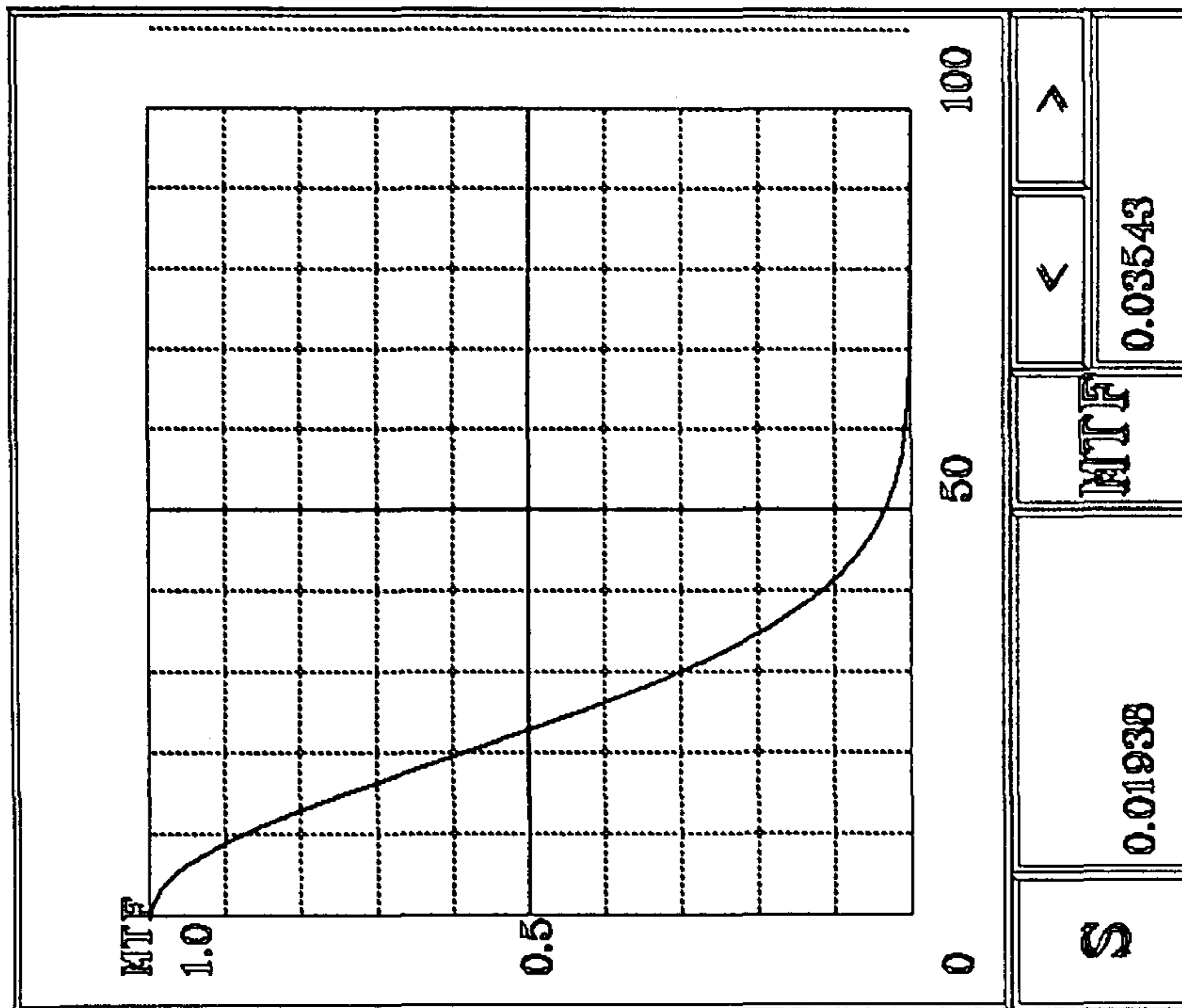
2. 14인치 모니터 (해상도 1024 x 768) -- 화면왼쪽



3. 14인치 모니터 (해상도 1024 x 768) -- 화면오른쪽

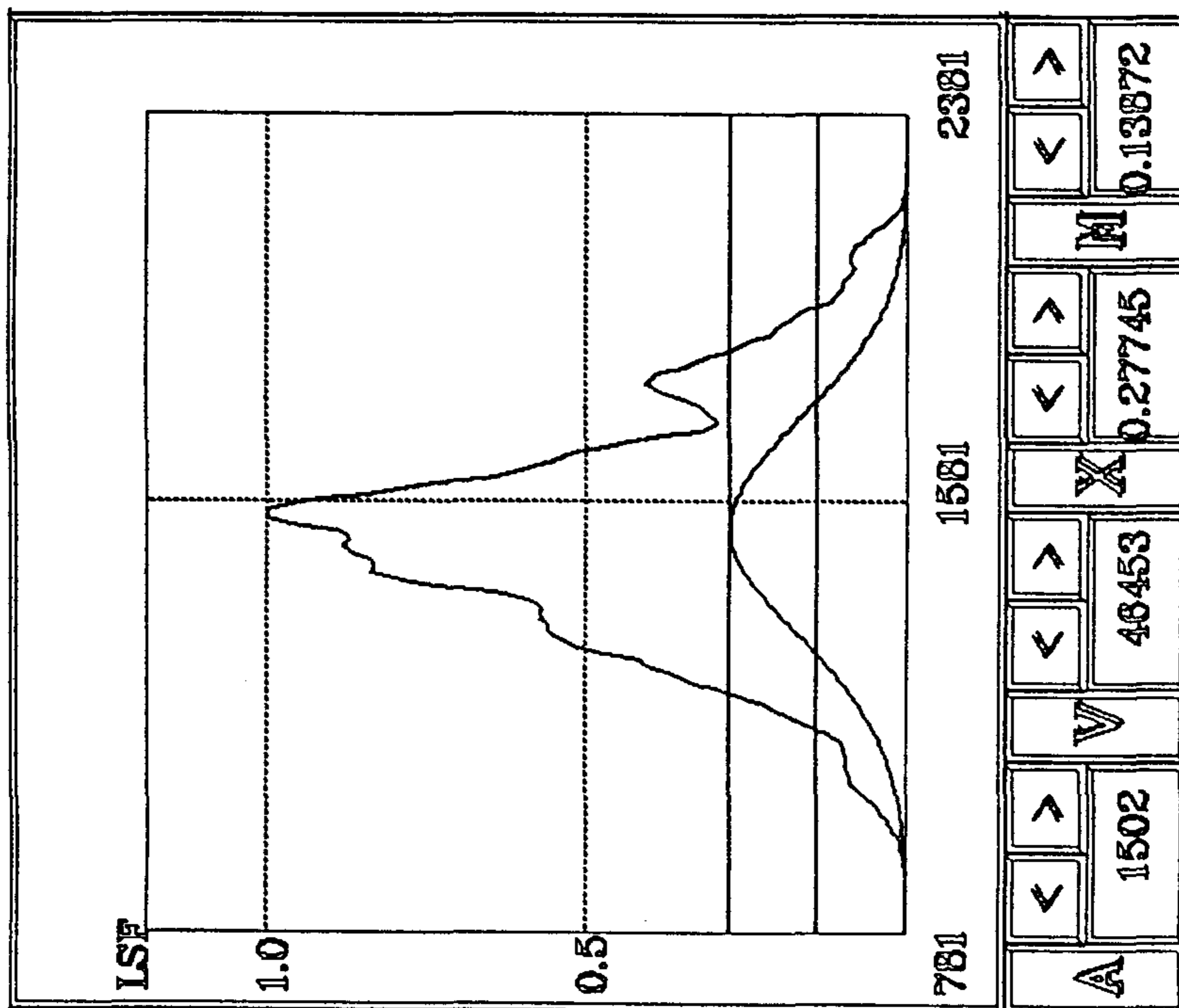
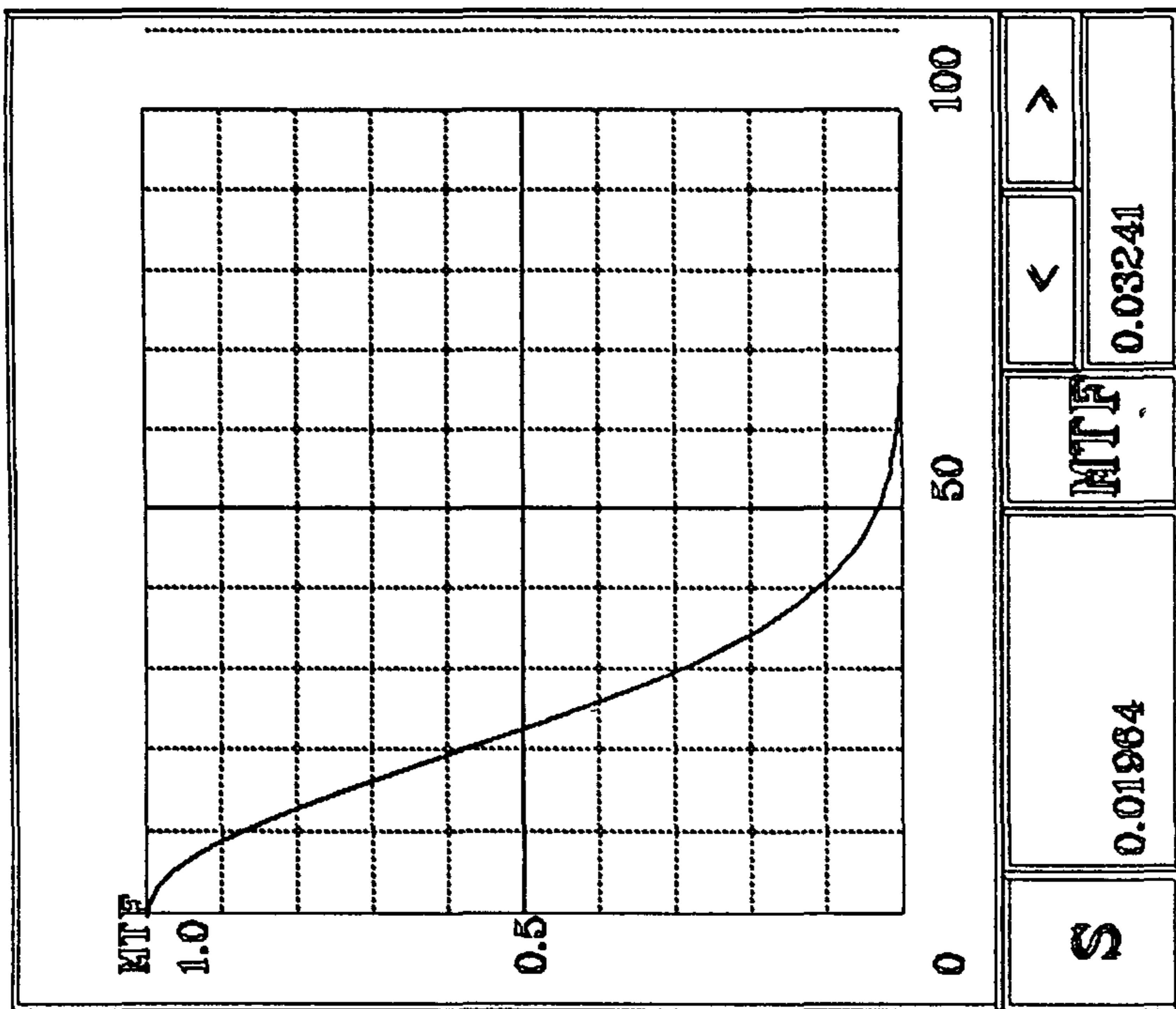


4. 19인치 모니터 (해상도 1024 x 768) -- 화면중앙

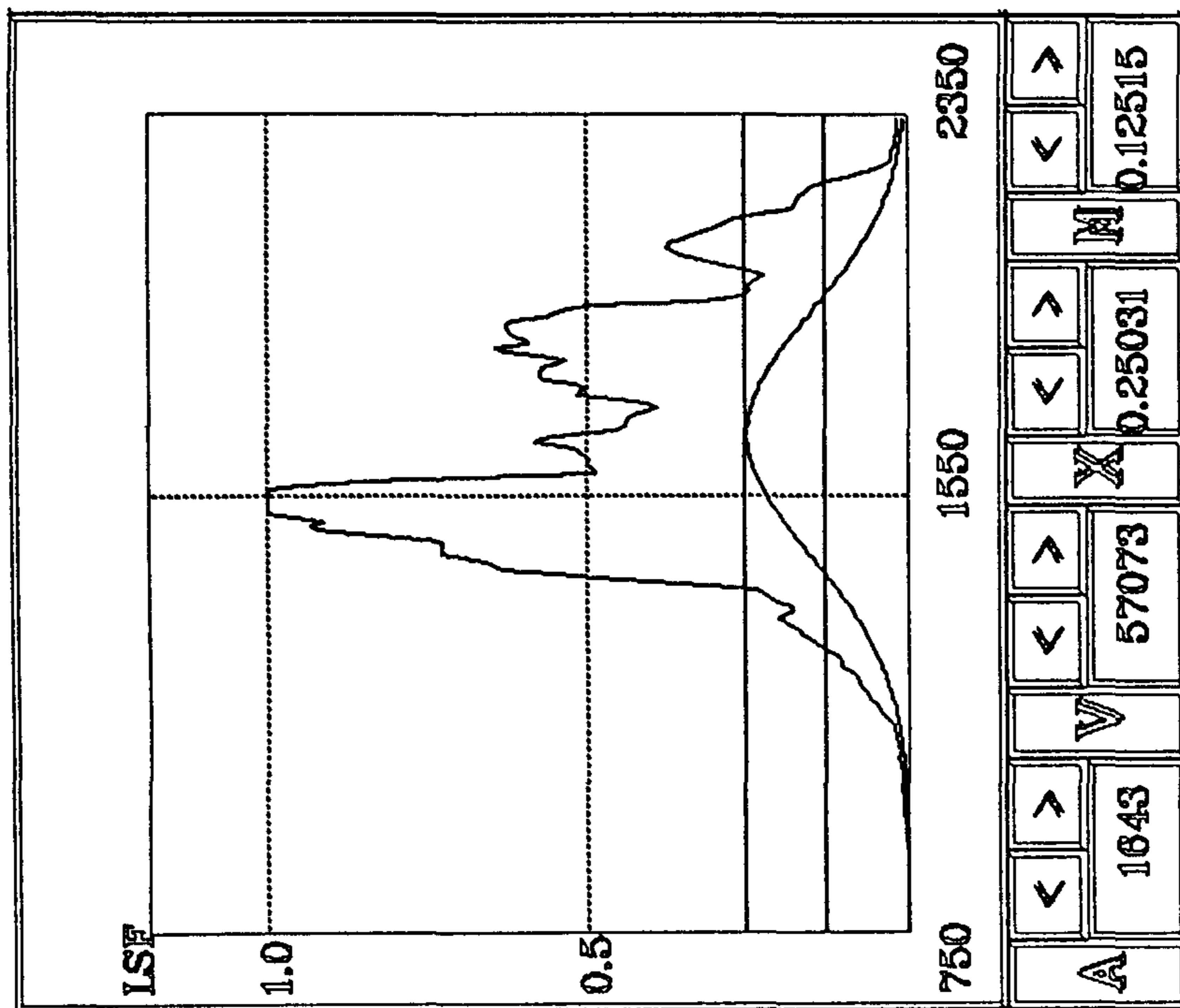
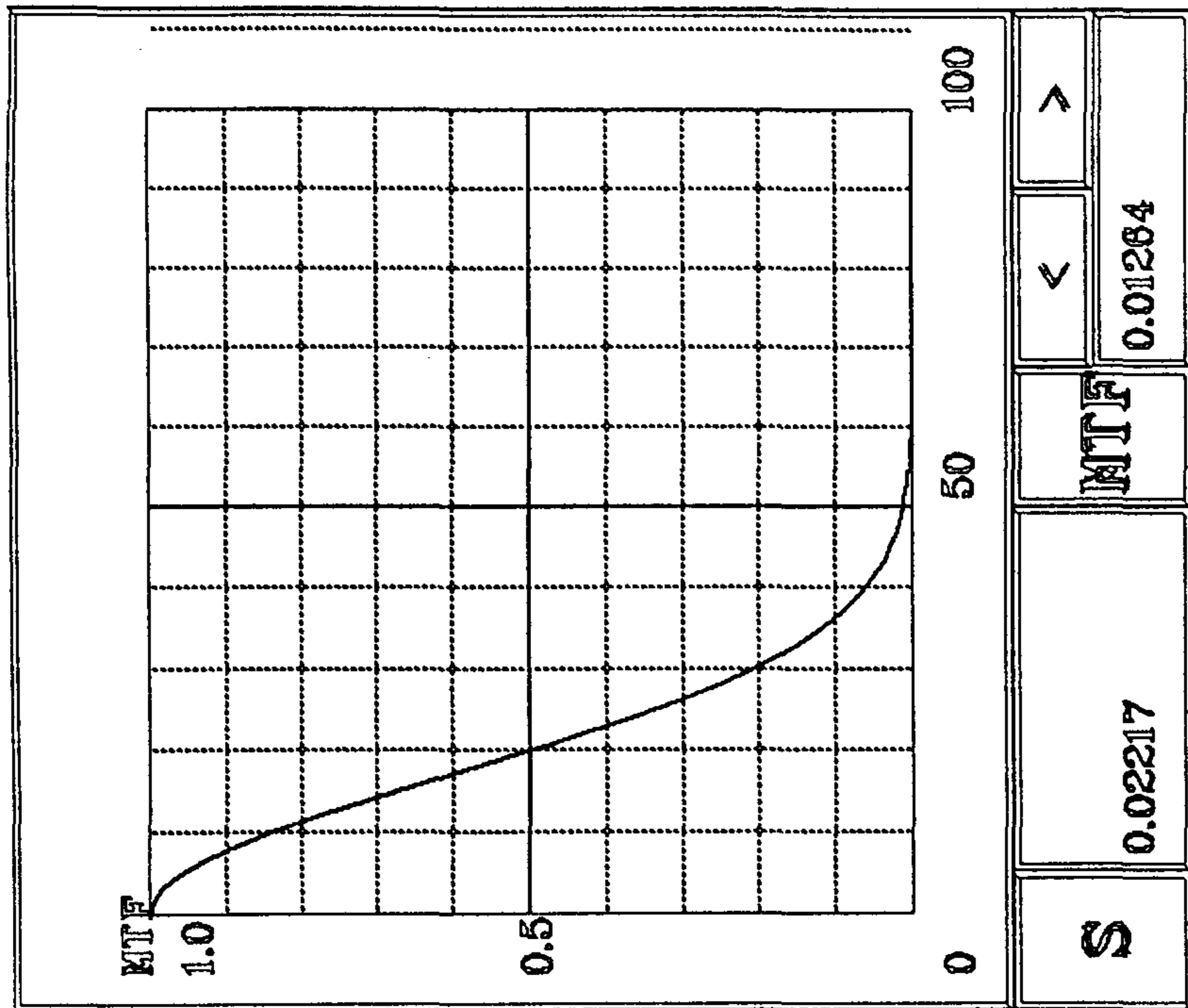




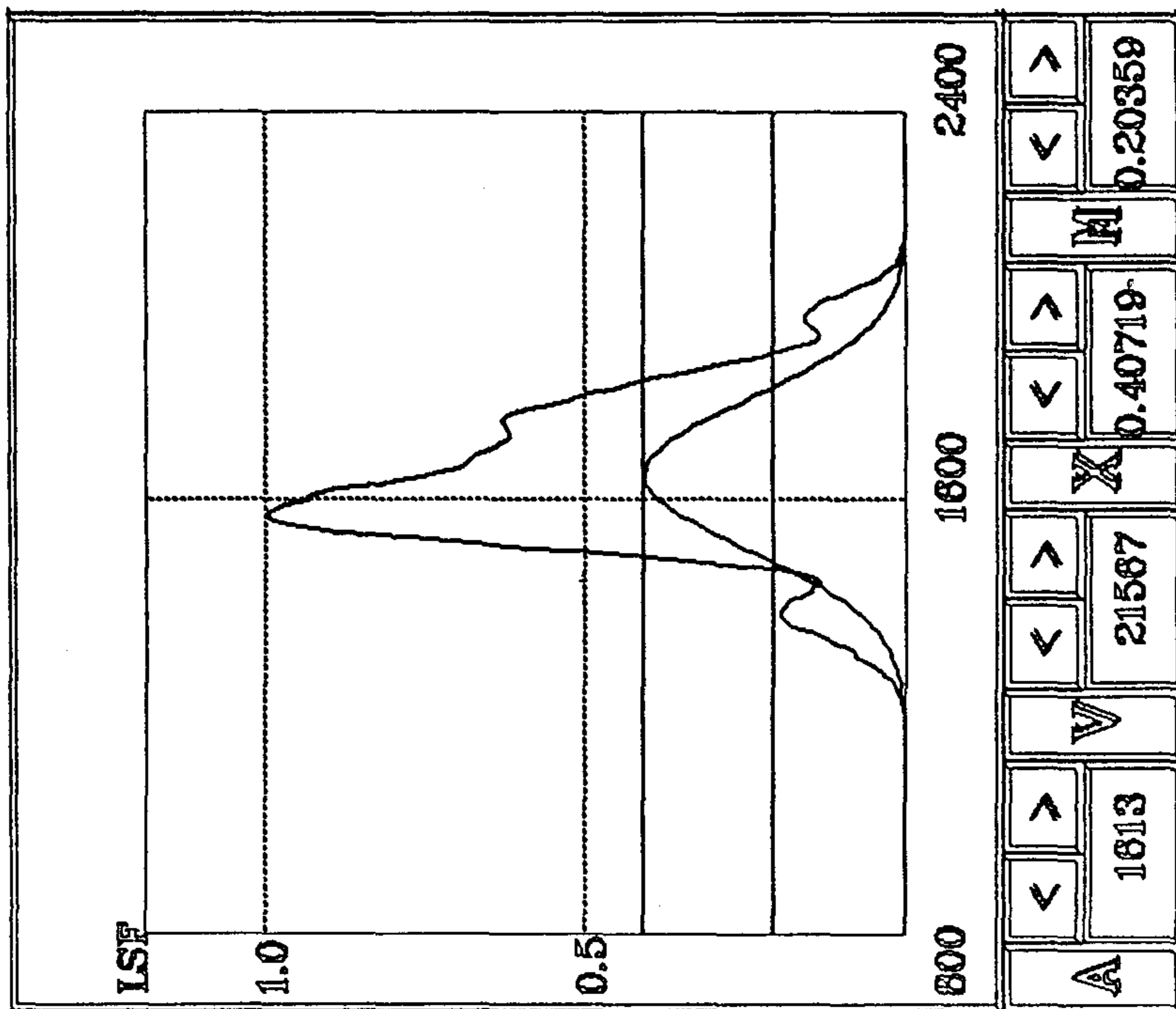
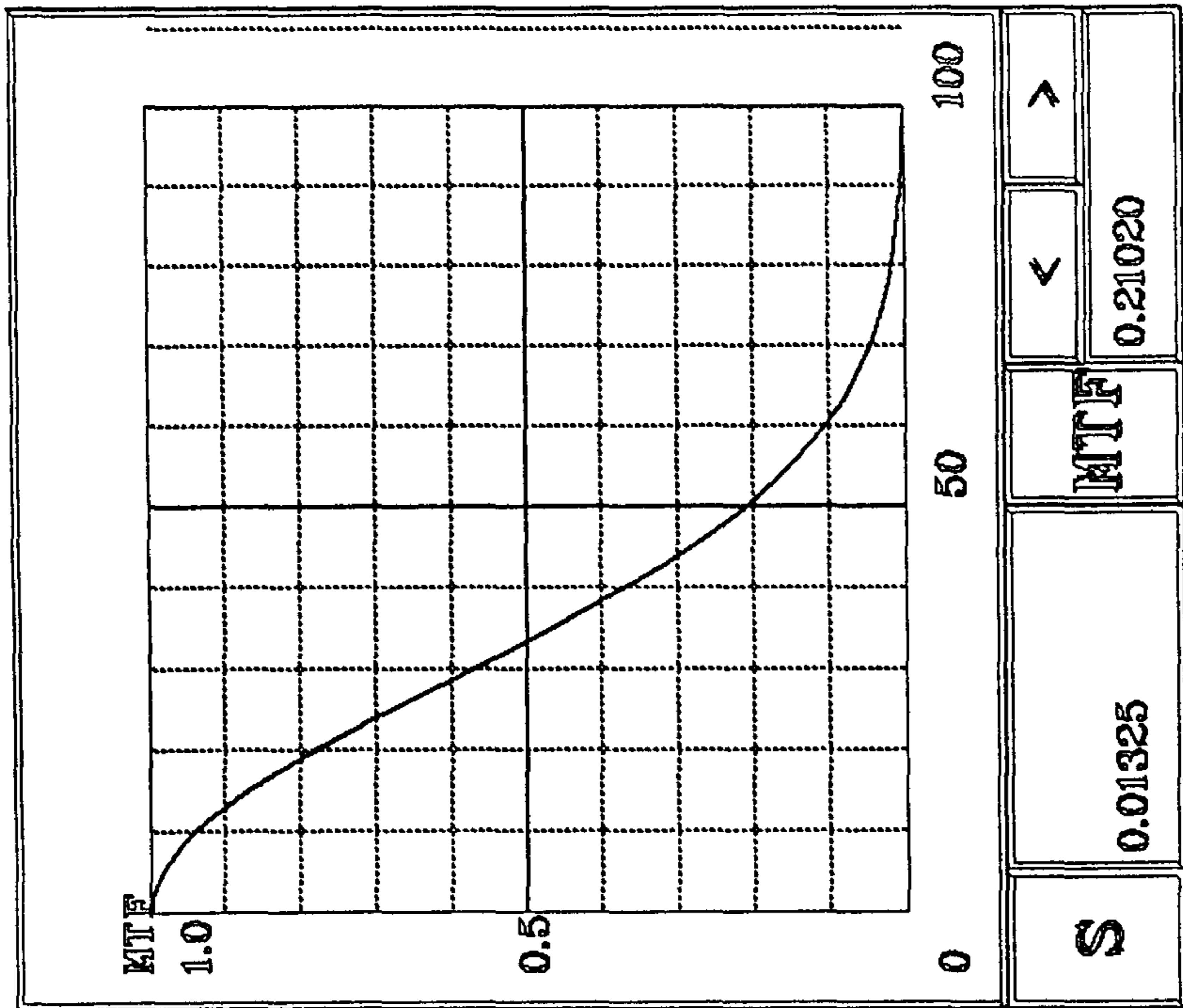
5. 19인치 모니터 (해상도 1024 x 768) -- 화면왼쪽



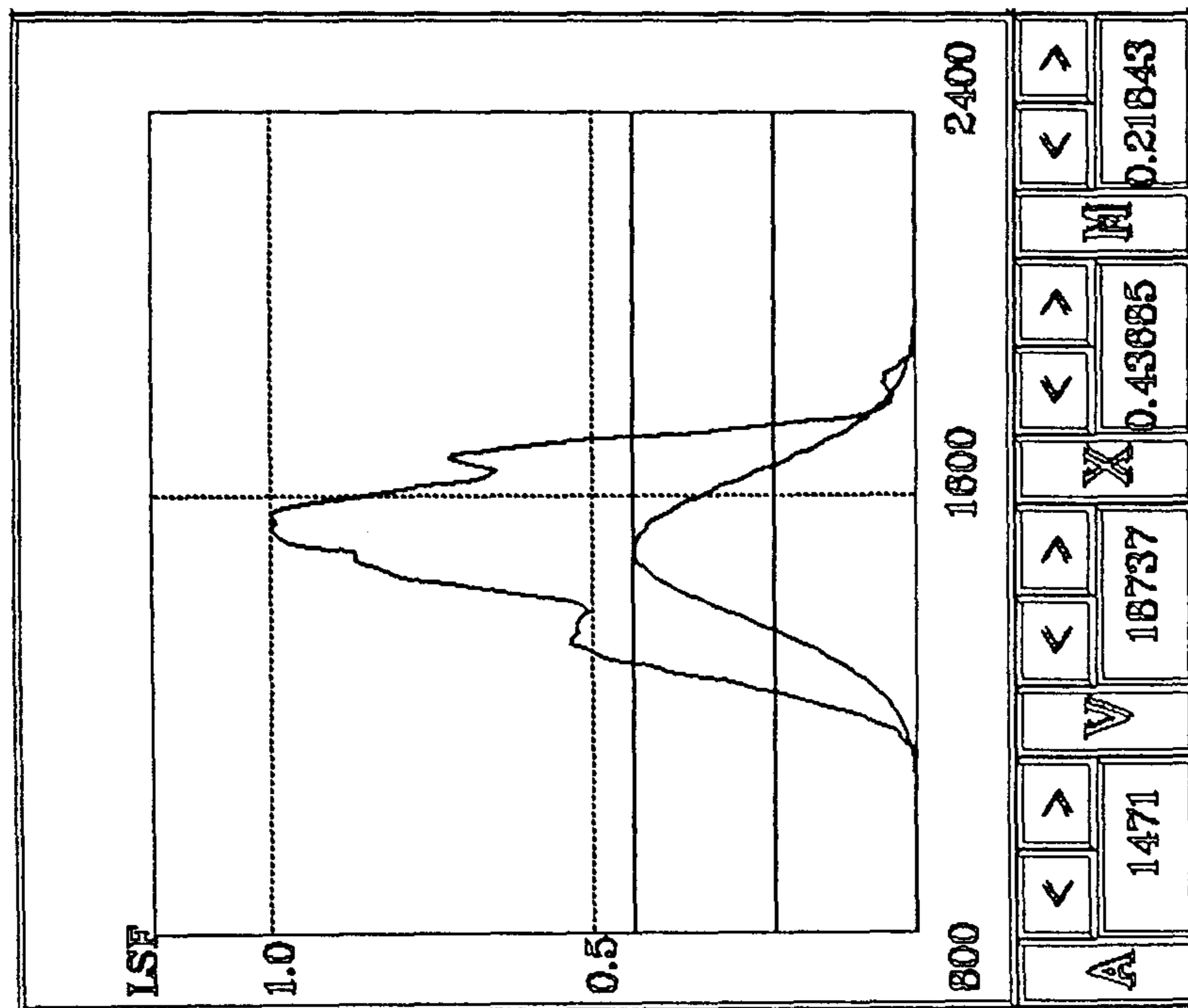
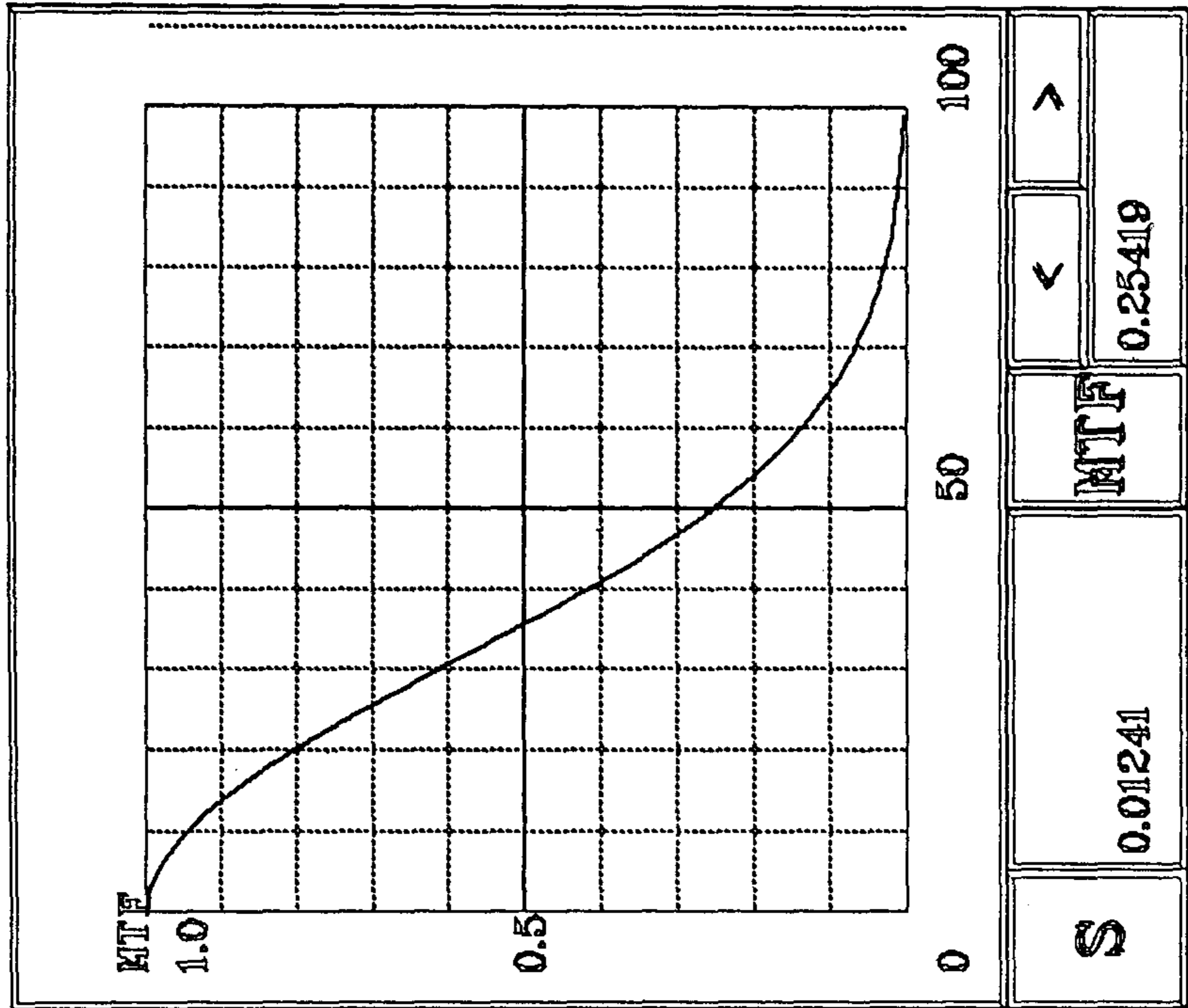
6. 19인치 모니터 (해상도 1024 x 768) -- 화면오른쪽



7. 14인치 모니터 (해상도 640 x 480) — 화면중앙



8. 14인치 모니터 (해상도 640 x 480) — 화면왼쪽



## **부 록 III**

### **발 표 연 구 논 문**

여 백

**Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV**  
**Edited by S. Kumar**  
**Taylor & Francis, 1992**

**A CROSS-SECTIONAL STUDY ON VDT WORKING ENVIRONMENT AND IDENTIFICATION OF RELATIONSHIP BETWEEN VDT WORK CHARACTERISTICS AND HEALTH HAZARDS IN KOREA**

**Jin Ho Kim , Nahm Sik Lee , and Chul Jung Kim**

**Ergonomics Lab., Korea Research Institute of Standards and Science,  
P.O.BOX 3, TAEDOK SCIENCE TOWN, Daejeon, 305-606, Korea**

In order to investigate the problems caused by the introduction of VDTs, this paper deals with results of the questionnaire and the field survey on VDT working conditions of Korea conducted during spring 1991. In the questionnaire survey on VDT working complaints, 150 VDT users and 79 non-VDT users of control group were selected. It was found that a significantly larger proportion of the VDT users reported musculo-skeletal complaints compared to the corresponding non-VDT users, particularly in neck, back, arm, wrist/hand, mid to lower back region. The survey results also showed that the rest and work break could be a more influencing factor than the total amount of VDT use as a cause of fatigue due to VDT use. No-resting group during VDT working complained more proportion of dissatisfaction. In the field survey on VDT working environment, 139 subjects were selected among the questionnaire participants of VDT users. The group with a torso-to-thigh angle of over 100 degrees reported a significant less complaints on lumbar region than the others. The group permitted the viewing angle between zero and 60 degrees below the horizontal plane passing through the eyes reported less discomforts on eye and neck regions than others. The group having viewing distance of about 63.5 cm reported the least frequent eye complaints. Moreover, the group which has viewing distance of below 47.5 cm complained the highest eye discomfort.

#### **INTRODUCTION**

Field studies have reported a high incidence of asthenopic symptoms among VDT operators (eg, Laubli et al, 1980; Dainoff, 1980; Smith et al, 1981; Ong et al, 1988; Starr et al, 1982; Starr, 1984; Nishiyama et al, 1990; Yeow et al, 1990). VDT workers reported a higher percentage as complaining of asthenopic symptoms than the corresponding non-VDT workers (Bergqvist, 1984).

The incidence of complaints by VDT users about stiffness and tenderness of the neck, shoulders, forearms, hands and fingers has been reported in many studies (ILO, 1990). However the results of cross-sectional studies are not consistent. It was reported (Frank, 1983; Komoika et al, 1981) that there were high occurrences of musculo-skeletal symptoms among VDT operators, while others (Bergqvist, 1984; Bolinder, 1981/1983; Canadian Labour Congress, 1982; Gould, 1983) failed to find such increases. In Switzerland, it has been noted (Granjean, 1982; Granjean, 1980) that 60 percent of data entry terminal operators were suffering from shoulder pain with considerable radiation of the pain, in comparison to 30 percent of the conversational operators and 25 percent of traditional office workers who did not use VDTs. These results show that musculo-skeletal disorders, particularly in the neck, shoulder and upper-limb regions, could develop depending on the type of work and how it is organised.

As the use of VDT in offices and factories is rapidly increasing in Korea, VDT work efficiency and occupational health hazards such as visual fatigue, eye strain, headache, muscular pains, etc. have been closed up as an important social matter. However, only a few field studies on VDT working have been conducted, and ergonomic principles are not well applied to the VDT workstations design in Korea. Hence, VDT workstations which have been designed unfitly for VDT working could have posed numerous asthenopic and musculo-skeletal problems for the VDT workers.

In order to investigate the problems caused by the introduction of VDTs, this paper deals with results of the questionnaire and the field survey on VDT working conditions conducted during spring of 1991 in Korea. In comparison with the corresponding non-VDT users, fatigue symptoms caused by VDT use were analyzed. It was found the differences in complaints depending on the VDT use variables (in the questionnaire survey) and the relationship between ergonomic factors and discomforts (in the field survey).

**METHOD**

**Subjects**

The cross-sectional study was designed to survey four different task groups at large scale firms where the use of VDT was very common. This study was divided into two surveys -- 1) Questionnaire survey on musculo-skeletal discomfort in work with VDTs and 2) Field survey on VDT working environment.

Demographic characteristics of each task group investigated by the questionnaire survey are presented in Table 1. As a control group, non-VDT clerical workers were selected. Each task can be characterized as follows;

*Traditional clerical task:* The tasks in this group was identical to the work at the traditional office which did not yet possess VDTs.

*Clerical VDT task:* In this group employees were occupied largely with typing work such as word processor, partly copying and printing documents. Their main activity was a data entry task but their work speed and quantity was slower and fewer than data-entry takers'.

*Professional VDT task:* In this group employees were programmers, operators, CAD/CAM designers, researchers or system operators. Their tasks are dialogue or data type inquiry tasks.

*Data-entry task:* Workers in this group were full-time numeric/Korean data-entry with a right hand. Typing speed was about 20,000-30,000 strokes/hour.

Table 1. The distribution of groups investigated by questionnaire

characteristics Job	n	Age		Women (%)	Operators Working 22 hours per week at VDT (%)
		mean	s.d		
Traditional clerical worker	79	27.7	5.1	39.2	-
Clerical VDT worker	41	25.2	3.9	53.7	51.6
Professional VDT worker	96	27.3	4.3	22.9	84.8
Data-entry tasker	13	24.5	1.6	100.0	84.6
Total	229	27.0	4.5	38.4	76.4

s.d. = standard deviation

In the field survey on VDT working environment, 139 subjects were selected among the questionnaire participants of VDT users.

**Research Measures**

*Questionnaire measures:* A questionnaire was designed to collect demographic information on the amount of VDT use, and the level of musculo-skeletal discomfort.

**Demographic variables :** (1) age(years) (2) sex (3) career

**VDT use variables :** (1) job tenure (2) hours of VDT use per week (2) work breaks (4) rest periods (5) the type of VDT work (6) degree of satisfaction at working (7) quantity of tasks (8) degree of difficulty when compared with other tasks

**Musculo-skeletal discomfort variables :** (1) eye (2) neck (3) right soulder (4) back (5) arm (6) right wrist/hand (7) mid to lower back(lumbar) (8) thigh (9) leg/foot

Subjects recorded the fequency of musculo-skeletal discomfort (pain, tenderness, stiffness, numbness or tingling) using 0-1 scale : 0=never, 1=frequently. But eye variables were divided into 14 items - eye fatigue, tear, blur, pain, double images, flicker vision, blurring of near sight, blurring of far sight, red eyes, shooting pains, flicker vision, and the eye discomfort score was made by the sum of 14 items.

*Objective ergonomic measures:* Based on the various guidelines for VDT workstation design (e.g, ANSI/HFS standard No. 100-1988 and WHO, 1987), key variables were selected and measured. These variables were measured under the ANSI/HFS standard No.100-1988 and Sauter S.T. et al, 1991 defintions. The descriptive statistics of ergonomic measures are provided in Table 2.

All angles and distances were measured between two and three hours after the beginning of the morning work. All arm and hand angles were measured with the hands on the keyboard. Torso-to-thigh angle, viewing angle, head tilt were referenced against horizontal



or vertical planes (Grandjean et al., 1983; Maeda et al., 1982) using a goniometer and distance (in cm) using a tape measure. Measurement of all angles and distances were reproducible to within one degree or one centimeter in a preliminary test.

Table 2. Descriptive Statistics for the Research Measures

	Mean	s.d	Range	
			10th	90th
-----				
Anthropometric* (n=139)				
Status (cm)	168.1	7.8	158.2	178.0
Sitting height (cm)	88.1	4.2	82.6	93.5
Eye height, sitting (cm)	77.3	3.9	72.3	82.7
Elbow rest height, sitting (cm)	25.2	2.4	22.3	28.4
Popliteal height, sitting (cm)	54.3	2.4	51.3	57.2
Buttock to popliteal length, sitting (cm)	44.4	2.2	41.4	28.4
Hip breadth, sitting(cm)	34.6	2.0	32.0	37.1
Ergonomic (n=139)				
Leg angle (deg)	97.2	20.0	70.8	121.6
Arm angle (deg)	108.6	18.7	86.0	134.0
Torso-to-thigh angle (deg)	102.3	11.4	87.8	116.0
Seat height (cm)	45.4	2.3	42.3	48.0
Seat depth (cm)	43.0	3.4	40.0	48.4
Seat width (cm)	47.0	3.5	41.0	52.1
Backrest height (cm)	66.5	4.1	61.3	71.6
Armrest height (cm)	18.0	2.6	14.9	21.5
Keyboard height (cm)	74.8	4.1	68.7	79.6
Worksurface height (cm)	72.0	3.5	66.2	75.6
Worksurface width (cm)	120.9	34.4	45.0	200.0
Worksurface depth (cm)	79.4	19.2	55.0	124.0
Screen height (cm)	101.0	7.4	90.9	110.0
Viewing angle for the display (deg)	12.0	7.3	4.0	21.2
Viewing distance to the display (cm)	60.8	10.7	48.0	76.2
Viewing distance to documents (cm)	54.0	9.4	40.8	66.0
Head tilt in viewing the display (deg)	30.1	7.6	22.0	39.0
Head tilt in viewing documents (deg)	26.4	8.2	15.0	36.2

\* Measurement definitions and methods were the same as ANSI/HFS and Sauter S.L, etc.,1991.

### Data analysis

The effects on the musculo-skeletal discomfort associated with the extent of VDT use variable were analyzed by nonparametric testing (eg: chi-square test, Kruskal-Wallis test). To identify effects of ergonomic factors on the musculo-skeletal discomfort, 139 subjects for field survey were divided into 3-6 groups according to workstation design or working posture defined in the ANSI/HFS guideline and other references. Each group was compared with the others by nonparametric tests.

## RESULTS

### Effects of VDT use variables

*The type of VDT work:* Among the VDT use variables, the effects of the type of VDT work on working complaints were analyzed and the results are given in Table 3 and Figure 1. Table 3 shows that there was no significant difference in eye discomfort between the four types of task ( $p=0.17$ ). However, VDT user groups (data entry + professional VDT + clerical VDT tasks) had more frequent eye complaints than non-VDT user group. Figure 1 shows that a significantly larger proportion of the VDT users reported musculo-skeletal complaints compared to non-VDT users, particularly in neck, back, arm, wrist/hand, mid to lower back region. In response to a group of questions with data-entry task fatigue prevailed on the most body parts except neck regions; particularly, a significantly increased frequency of complaints in arm, wrist/hand, mid to lower back, which can be easily explained by the handed operation of the keyboard.

Table 3. Discomfort of eye dependent upon the types of VDT work (scale : 0-14 points)

	Mean	s.d	Range		p
			10th	90th	
Data-entry	4.69	2.98	1.4	9.8	0.17
Professional VDT	4.12	2.64	1.0	8.6	
Clerical VDT	3.79	2.39	1.0	8.0	
Traditional clerical	3.62	2.70	1.0	7.0	

*The other variable of VDT use:* Table 4 shows the results of discomfort complaints on other VDT use variables. Significant difference ( $p < 0.05$ ) in musculo-skeletal complaints were found between groups defined by the VDT use variables such as duration of VDT use or rest period. Table 4 clearly showed that the rest period could be a more influencing factor than the total amount of VDT use to fatigue symptoms on VDT work. Therefore, work break should be kept regularly for reducing VDT related fatigue.

Effects of ergonomic variables

The relationships between the somatic complaints and the workplace design parameters was analyzed using Kruskal-Wallis tests.

*Leg angle:* No significant relationship was found between thigh and leg/foot complaints and posture groups which were classified into three ranges of leg angle met with recommendation ANSI/HFS and ranges below/above them.

*Arm angle:* No significant relationship was found between shoulder, arm, and wrist/hand complaints and size of arm angle.

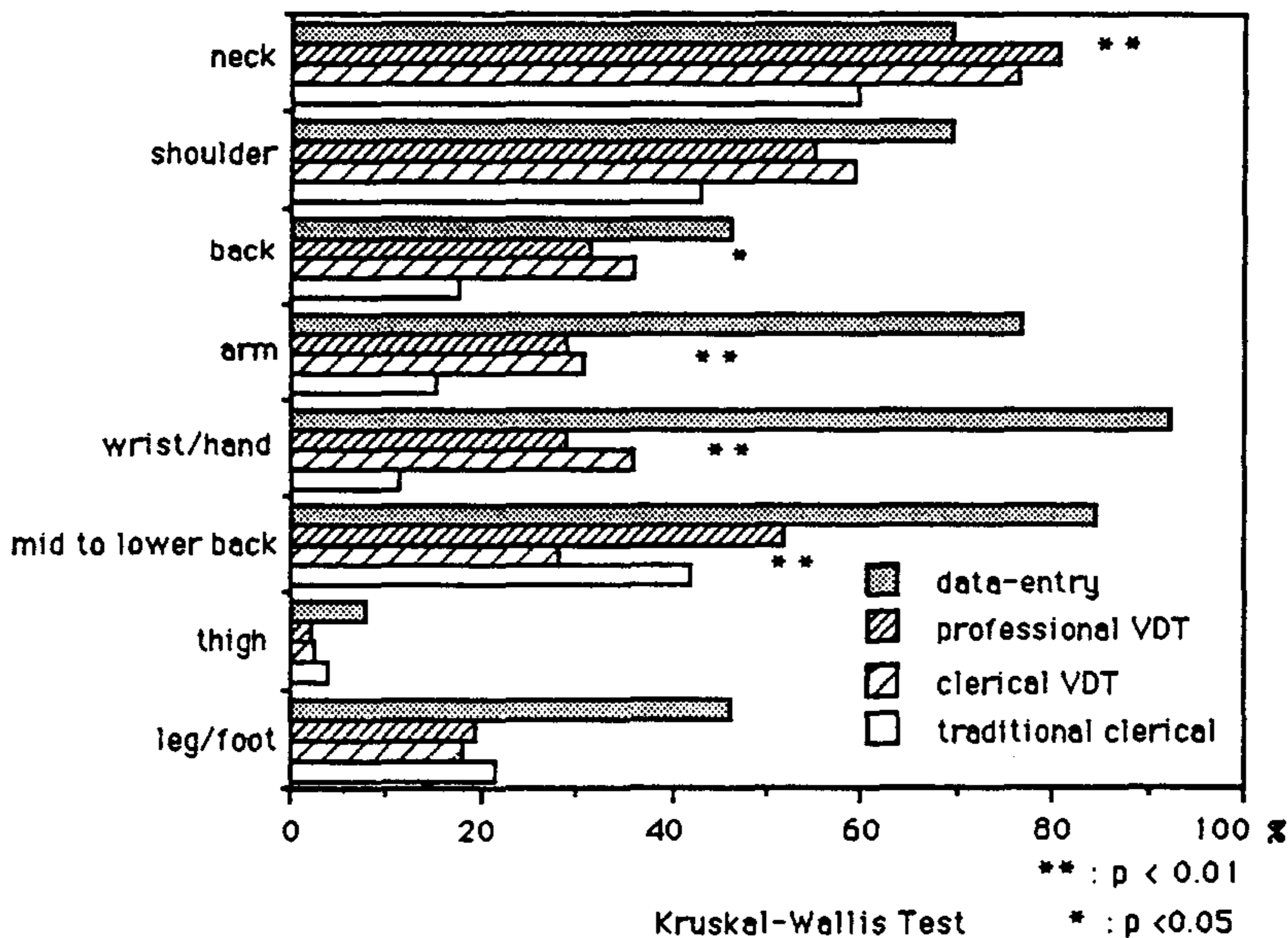


Figure 1. Musculo-skeletal discomfort due to the types of VDT work (x-axis : proportion of appeal)

Table 4. Complaints per the type of VDT use variable (n)

	Duration of VDT 1) working per week	Rest periods 2)
Eye Scale:0-14 points (mean, s.d)	1 : 4.4, 3.0 (21) 2 : 3.7, 2.1 (48) 3 : 4.1, 2.8 (53) 4 : 4.9, 2.6 (97)	1 : 3.8, 2.5 (152) 2 : 4.4, 3.1 (74) 3 : 6.1, 3.4 (17)
Shoulder (%)	no significant difference	1 : 54.6 2 : 63.5 3 : 88.2
Back (%)	"	1 : 26.3 2 : 36.5 3 : 41.2
Leg/foot (%)	"	1 : 16.4 2 : 23.0 3 : 41.2

1) Duration of VDT working per week : 1 = '0-12 hours' 2 = '12-24 hours'  
3 = '24-36 hours' 4 = 'above 36 hours'  
2) Rest periods : 1 = 'rest if necessary' 2 = 'rest every periods given' 3 = 'never rest until tasks end'

*Torso-to-thigh angle:* In testing the difference of complaints between groups -- the group with a torso-to-thigh angle of over 100 degrees (ANSI/HFS recommendations) and the other group, no significant relationship was found on back, thigh, leg/foot. But the latter group reported more complaints on lumbar region significantly than the former group: 42.5% (n=80) and 55.6% (n=54), respectively (p=0.07).

*Seat height, Seat width, and Seat depth:* A significant relationship was not found between thigh, leg/foot complaints and these dimensions.

*Backrest height, Armrest height, Keyboard height, and Worksurface height:* No significant relationship was found between musculo-skeletal discomfort and ergonomic factors.

*Worksurface width and depth:* These dimensions of VDT users were almost satisfied with ANSI/HFS recommendations.

*Viewing angle for the display:* Table 5 shows that the group permitted the viewing angle between zero and 60 degrees below the horizontal plane passing through the eyes reported less discomforts on eye and neck regions (p=0.07, 0.10, respectively).

Table 5. Relationship between viewing angle, eye, and neck complaints

Viewing angle(v) (n)	Eye complaints			Neck complaints	
	mean	s.d	p	proportion(%)	p
v < 0 deg (29)	5.2	2.7	0.07	92.3	0.10
0 < v < 60 deg* (101)	4.0	2.8		72.8	
v > 60 deg ( 0)					

\*: ANSI/HFS recommendation

*Viewing distance to the display and Relative distance to the display:* Table 6 shows relationship between viewing distance to the display between eye complaints. Though the majority of the recommendations for viewing distance rely upon the results

obtained through the observation of VDT operators, it is likely that the use of large CRT screens and the design of VDT furniture has affected the preferred eye-screen distance of about 63.5 cm (Helander, M.G. et al, 1984). The group having viewing distance of about (63.5 cm - 0.5 s.d, 63.5 cm + 0.5 s.d) reported the least frequent eye complaints(mean: 3.7). Moreover, the group which has viewing distance of below 47.5 cm complained the highest eye discomfort. The distribution of relative viewing distance (viewing distance to the documents minus viewing distance to the display) was a wide dispersion: mean -6.8 cm, s.d 10.9 cm, minimum -50 cm, and maximum 14 cm. But no significant relationship was found between eye complaints and relative viewing distance.

Table 6. Relationship between viewing distance and eye complaints

Viewing distance to the display (d:cm) (n)	Eye complaints		
	mean	s.d	p
d < (63.5 - 1.5 s.d) (11)	5.5	3.4	0.10
(63.5 - 1.5 s.d) < d < (63.5 - 0.5 s.d) (43)	4.5	2.8	
(63.5 - 0.5 s.d) < d < (63.5 + 0.5 s.d) (53)	3.7	2.3	
(63.5 + 0.5 s.d) < d < (63.5 + 1.5 s.d) (18)	4.1	2.2	
d > (63.5 + 1.5 s.d) (9)	4.5	3.0	

\* The s.d is 10.7 cm (Table 2).

*Head tilt and Relative head tilt:* There were some differences between head tilt to the display and head tilt to the documents: relative head tilt-- mean -3.1 cm and s.d 7.7 cm. But no significant relationship was found between eye or neck complaints and head tilt or relative head tilt.

## CONCLUSIONS

This paper deals with results of the questionnaire survey about VDT working complaints and the field survey on VDT working conditions of Korea. From this studies the following results were found;

### 1) Questionnaire survey on VDT working complaints:

- A significantly larger proportion of the VDT users reported musculo-skeletal complaints compared to non-VDT users, particularly in neck, back, arm, wrist/hand, mid to lower back region. In response to a group of questions with data-entry fatigue prevailed on the most body parts except neck regions ; particularly, a significantly frequent of complaints in arm, wrist/hand, mid to lower back.
- The rest and work break could be more influencing factor than the total amount of VDT use as a cause of fatigue.
- Non-resting group during VDT working complained highly proportion of dissatisfaction.

### 2) Field survey on VDT working conditions:

- In testing difference of complaints between groups -- the group with a torso-to-thigh angle of over 100 degrees (ANSI/HFS recommendations) and the other group, no significant relationship was found on back, thigh, leg/foot. But the latter group reported a significant more complaints on lumbar region than the former group.
- Group permitted the viewing angle between zero and 60 degrees below the horizontal plane passing through the eyes reported less discomforts on eye and neck regions.
- The group having viewing distance of about 63.5 cm reported the least frequent eye complaints. Moreover, the group having viewing distance of below 47.5 cm complained the highest eye discomfort.
- No significant relationships were found between the other ergonomic factors and complaints.

## REFERENCES

- ANSI/HFS Standard No. 100-1988, 1988, American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, American National Standard Institute, California, Published by the Human Factors Society.
- Bergqvist, U.O.V., 1984, VDTs and health: A technical and medical appraisal of the state of the art, Scand. J. Work Environ and Health, 10, Supp 2, 1-87.

- Bolinder, G., 1981/1983, Dataterminalarbete vid Karolinska Sjukhuset. Solna, National Board of Occupational Safety and Health, Work project FLAK II.
- Canadian Labour Congress, 1982, Towards a more humanised technology. Exploring the impact of video display terminals on the health and working conditions of Canadian office workers, Ottawa, Labour Education and Studies Centre.
- Dainoff, M.J., 1980, Visual fatigue in VDT operators. In: E. Grandjean and E. Vigliani(Eds), Ergonomic aspects of visual display terminals, Taylor and Francis, London.
- Frank, A.L., 1983, Effects on health following occupational exposure to video display terminals 40536-0084, Lexington, Kentucky, Univer. of Kentucky, Depart. of Preventive Medicine.
- Gould, J.D. and Grishkowsky, 1983, Doing the same work with hardcopy and with cathode-ray tube (CRT) computer terminal, RC 9848 (43361), Research Report (New York, IBM Research Center).
- Grandjean, E., Ergonomics related to the VDT workstation, in Proceedings of Zurich Seminar on Digital Communications (Zurich, Federal Institute of Technology, 1982); idem, E. Vigliani (eds.): Ergonomics aspects of visual display terminal (London, Taylor and Francis, 1980).
- Grandjean, E., Hunting, W., and Piderman, M., 1983, VDT workstation design : Preferred settings and their effects, Human Factors, 25, 161-176.
- Helander, M.G. and Rupp, B.A., 1984, An overview of standards and guidelines for visual display terminals, Applied Ergonomics, 15, 185-195.
- Hunting, W., Laubli, Th., and Grandjean, E., 1981, Postural and visual loads at VDT workplaces : I. Constrained postures, Ergonomics, 24(12), 917-931.
- Komoika, Y. and Horiguchi, S., 1981, Studies on job-class distinction in the results of health examination for occupational cervicobrachial disorders of female clerical workers in a trading firm, in Sumitomo Bulletin of Industrial Health, No.17, 149-161.
- Lambert, W. Stammerjohn, JR., Michael J.S., and Barbara G.F. Cohen, 1981, Evaluation of workstation design factors in VDT operations, Human Factors, 24(4), 401-412.
- Laubi, T., Hunting, W., and Grandjean, E., 1980, Visual impairments in VDT operators related to environmental conditions, In: E. Grandjean and E. Vigliani (Eds), Ergonomics aspects of visual display terminals, Taylor and Francis, London, 85-94.
- Life, M.A. and Pheasant, S.T., 1984, An integrated approach to the study of posture in keyboard operation, Applied Ergonomics, 15(2), 83-90.
- Maeda, K., Hunting, W., and Grandjean, E., 1982, Factor analysis of localized fatigue complaints of accounting machine operators, Journal of Human Ergology, 11, 37-43.
- National Research Council, Committee on Vision, 1983, Video display. Work and vision, National Academy Press, Washington, DC.
- Nishyama, K., 1990, Ergonomic aspects of the health and safety of VDT work in Japan : a review, Ergonomics, 33(6), 659-685.
- Ong, C.N., David Koh, Phoon, W.O., Amy Low, 1988, Anthropometric and display station preferences of VDU operators, Ergonomics, 31(3), 337-347.
- Sauter, S.L., Schleifer, L.M., 1991, Work posture, workstation design, and musculoskeletal discomfort in a VDT data entry task, Human Factor, 33(2), 151-167.
- Starr, S.J., 1984, Effects of video display terminala in a business office, Human Factors, 6, 347-356.
- Starr, S.T., Thompson, C.R., and Shute, S.J., 1982, Effects of video display terminals on telephone operators, Human Factors, 24, 699-711.
- Steven, L.S and Lawrence, M.S., 1991, Work posture, workstation design, and musculoskeletal discomfort in a VDT data entry task, Human Factors, 33(2), 151-167.
- Steven, L.S and Lawrence, M.S., and Sheri, J.K., 1987, Musculoskeletal discomfort and ergonomic predictors in VDT data-entry work. Trends in Ergonomics / Human Factors IV.
- Smith, M.J., Cohen, B.G.F., and Stammerjohn, L.W., 1981, An investigation of health complaints and job stresses in video display operation, Human Factors, 23, 387-400.
- WHO, 1987, Visual display terminals and workers' health, Geneva, World Health Organization.
- Yeow, P.T. and Taylor, S.P., 1990, The effects of long-term VDT usage on the nature and incidence of asthenopic symptoms, Applied Ergonomics, 21(4), 285-293.

# VDT 작업을 위한 최적치수 및 작업자세에 관한 연구

(Preferred settings of the VDT Workstation dimensions & working posture)

박수찬† 이남식† 장명현† 김철중†

## ABSTRACT

As the VDT work constrains work postures because of its work characteristics, VDT workstations should be properly designed so as to be fitted to various types of physical conditions of operators. Therefore, in this study, the preferred settings of VDT workstation dimensions and work postures were studied in order to determine the appropriate dimensions and the work postures for VDT operators which will alleviate the musculoskeletal troubles or visual fatigue. The scope of the study is as follows.

1. Measurement and analysis of the preferred settings of the height of workstation, keyboard, seat, and screen among the experienced VDT operators.
2. Analysis of the relationship between the preferred settings of workstation height and the seat height control among the experienced VDT operators.
3. Analysis of the work postures of the experienced VDT operators.

## 1. 서론

정보화사회의 발달로 인하여 정부기관, 교육기관, 금융기관, 기업체 등에서 사용되고 있는 각종 컴퓨터뿐만 아니라 가정에서도 개인용컴퓨터(PC: Personal computer)를 이용하고 있어 국내의 컴퓨터 단말기(VDT: Visual display Terminal 또는 VDU: Visual Display Unit)의 보급이 이미 백만대를 넘었으며 계속 증가되고 있는 추세에 있다. 일반적으로 컴퓨터의 도입으로 생산성을 향상시키고 편리함을 주게 되지만 VDT의 작업특성상 일반 사무작업과는 다른 작업형태, 작업내용,

작업부하 등을 수반하게 되어 VDT 작업으로 인한 VDT증후군(VDT syndrome)이라는 새로운 용어를 발생시켜 사회문제로 야기시키기도 한다. 즉 VDT 작업자들은 제한된 작업자세와 작업량, 화질(image quality), 조명환경 등의 복합적인 작업 환경에 따른 시각적 피로(Visual discomfort)와 근골계의 불편(musculoskeletal discomfort) 등의 호소를 하게 되는데 이는 적절한 휴식으로 원상 회복이 가능하나 작업환경이 열악하고 반복적으로 이러한 문제가 장기간 누적될 경우에는 cumulative trauma disorder로 발전할 가능성이 높다. 이미 자료입력 전문직에서는 손목병(carpal

† 한국표준과학연구원 인간공학연구실

tunnel syndrome)이 직업병으로 인식되고 있으며(1)(2) 미국을 비롯한 유럽, 일본 등에서는 VDT 작업자들을 보호하기 위한 관계법령 및 사용자 지침을 마련하여 시행하고 있다(3). 국내에서도 VDT 작업환경에 대한 사회적인 인식이 높아감에 따라 VDT 사용자 지침 및 사용기준에 대한 요구가 점차 커지고 있는 실정이다.

VDT 작업에서 자세가 제약됨에 따라 작업대나 작업의자가 작업자의 신체적 특성과 맞지 않을 때 일반 사무작업보다 더욱 민감한 반응을 보이므로 VDT Workstation의 설계치수는 다양한 체격의 사용자들이 수용할 수 있도록 설계되어 최적의 작업자세를 유지할 수 있도록 하여야 한다. 어떠한 작업자세가 최적의 자세인지를 밝히는 정확한 연구는 없으나 몇몇 연구자들에 의해 밝혀진 것을 보면, 각 개인의 선호치수를 조사하는 과정에서 인간 공학적인 원칙에는 아주 벗어나도록 조절하는 피실험자도 발견되나 평균적으로 추천치에 근접하게 선호한다는 연구(4)와 VDT 작업에서 개개인이 선호하는 자세를 재현성있게 조절하는 것을 관찰할 수 있었다는 연구(5) 등이 있으며, VDT 작업대의 최적높이 연구(8), VDT 구성요소와 개인 작업자의 적합성에 관한 연구(9) 등에 근거하여 가장 선호하는 치수를 설계치수로 하는 데에는 큰 무리가 없는 것으로 가정하였다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 사람들의 체격에 맞는 VDT Workstation의 설계치수를 결정하기 위하여 사용자들이 가장 선호하는 치수(최적치수)를 찾아 최적의 자세 즉, 가장 근골계의 피로나 시각피로를 줄일 수 있는 설계치수를 제시하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 2.1 연구범위

연구의 범위는 ① VDT사용 경험집단의 선호치수 및 허용치수범위(작업대 높이, 의자높이, 화면 높이, 눈-화면간거리) ② VDT 사용 경험집단의 작업대(높이를 70cm로 고정) 및 의자높이 조절에 영향을 미치는 요인 ③ VDT 사용 경험집단의 선호치수로 조절된 Workstation에서의 작업자세로 한정하였으며 실험은 그림2와 같은 실험절차를 통하여 이루어졌다.

### 2.2 피실험자

피실험자는 VDT사용 경험이 있는 72명(남자 39명, 여자 33명)을 대상으로 하였으며 평균연령은  $28.8 \pm 5.0$ 세였다. 남자의 경우는 프로그래밍, MIS조회 등 대화식 작업에 경험이 있는 그룹이었고 여자의 경우는 워드프로세서 작업이 주를 이루었다.

### 2.3 실험장비

인체측정은 Martin식 자를 이용한 직접측정을 하였으며 VDT Workstation의 선호치수 및 수용범위는 그림1과 같이 제작된 전동식 조절 작업대를 사용하여 측정하였다. 작업대는 키보드면과 모니터면이 서로 독립적으로 피실험자가 높이를 쉽게 조절할 수 있도록 구동 스위치를 부착하였으며 모니터면은 전후로 조절할 수 있도록 제작하였다. 조절범위는 키보드면 높이: 58cm~100cm, 모니터면 높이: 75cm~100cm, 화면의 조절거리: 50cm로 하였다. 실험에 사용된 의자(보루네오가구)는 가스실린더식으로 높이를 조절할 수 있으며(36cm~50cm) 요추지지대가 있고 좌면이 회전가능하였다. 또한 키보드는 중심열까지의 높이가 3.5cm였고 1.4 inch 크기의 모니터에 VGA font로 글자를 표시하도록 하였다.



그림1. 전동식 조절 작업대

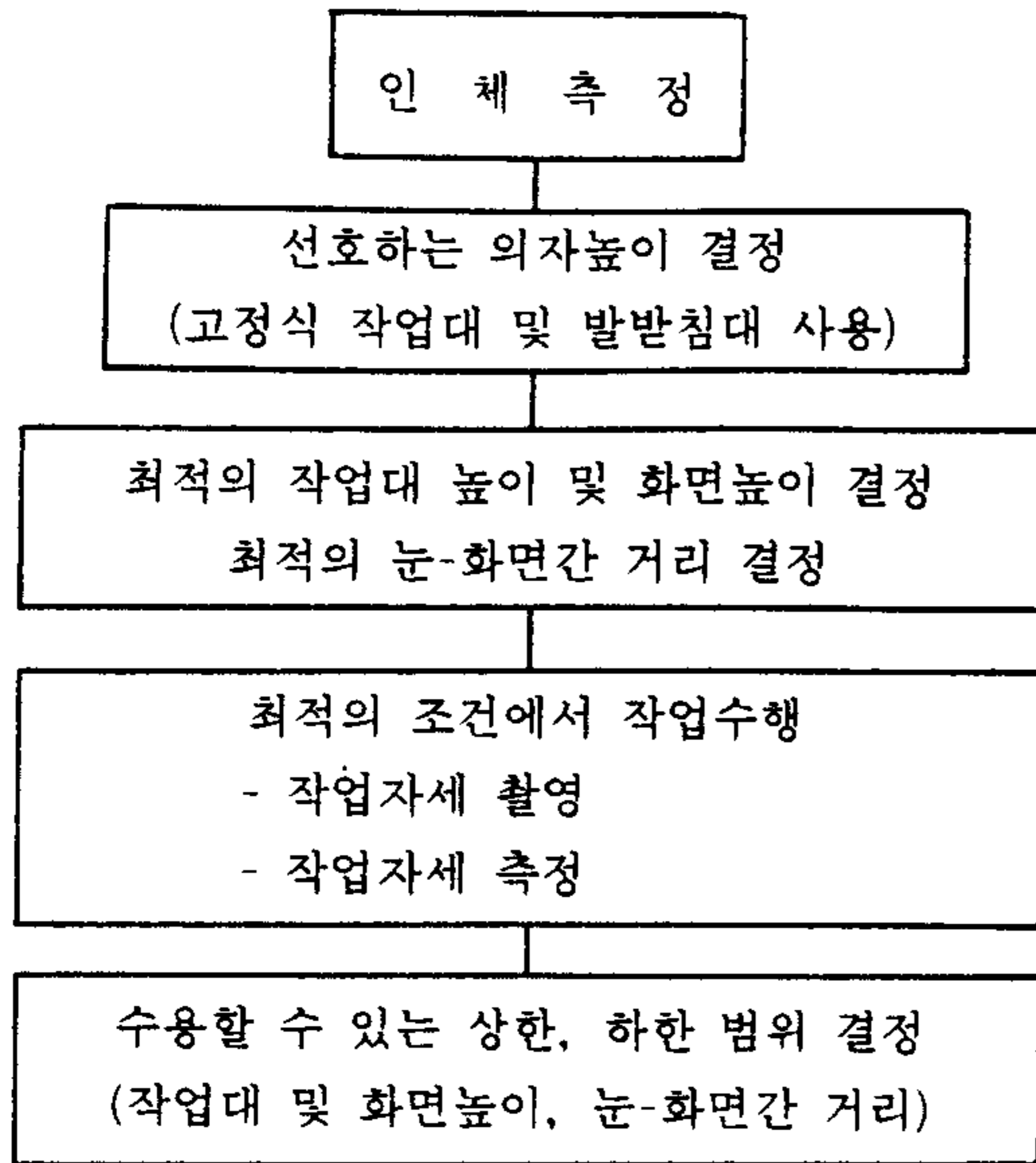


그림2. 실험절차

## 2.4 실험방법

### 2.4.1 인체측정

인체측정은 11개 기본부위를 평소 근무복 차림으로 실내에서 사용하는 신발을 신은 상태로 측정하였으며 11개 측정부위는 다음과 같다. 이때 키 항목은 신발을 벗은 상태에서 측정하였다. 키, 앉은 키, 앉은 눈높이, 앉은 팔꿈치 높이, 앉은 장단지 높이, 앉은 오금 높이, 앉은 무릎높이, 팔꿈치-손끝길이, 엉덩이-무릎길이, 엉덩이-오금길이, 신발 뒤굽 높이

### 2.4.2 작업대(키보드) 높이와 의자높이

대부분 작업대 높이를 조절할 수 있는 경우는 많지 않으므로 흔히 사무실에서 사용하고 있는 높이인 70cm로 작업대 높이를 기준으로 하고 의자높이를 조절하여 의자높이를 결정하는 실험과 의자높이  $41.5\text{cm} \pm 0.5\text{cm}$ 를 기준으로 하여 작업대(키보드) 높이를 결정하는 실험을 하였다. 이때 의자가 너무 높아져서 다리가 불편할 경우에는 발받침대를 사용토록 하였으며 의자와 높이는 작업자가 의자에 앉아서 쿠션이 눌러진 높이를 측정하였다.

### 2.4.3 선호치수와 수용범위

의자높이  $41.5\text{cm} \pm 0.5\text{cm}$ (앉은 오금 높이 평

균)를 기준으로 하여 실험자가 가장 편안한 자세를 취할 수 있는 작업대(키보드) 및 화면 중심 높이, 눈-화면사이의 거리를 조절토록 하는 것으로 선호치수를 취하였다. 수용범위는 피실험자가 작업자세의 변화로 신체부위에 부담을 느끼거나 제약을 받는 등 자신이 느끼기에 바람직하지 못한 상한선 및 하한선을 지적토록 하였다. 이때 피실험자들에게 충분한 조절시간을 주어 수용 상한선과 하한선을 찾을 수 있도록 하였으며 선호치수와 수용범위를 결정할 때에는 워드프로세서를 이용하여 약 10분 정도 입력할 수 있는 원고를 입력토록 하고 수시로 자세를 바꾸면서 최종적인 자세를 결정토록 하였다.

### 2.4.4 작업자세

작업자세의 측정은 가장 선호하는 작업대(키보드) 및 화면 중심 높이, 눈-화면간 거리를 선택한 후 편안하고 자연스런 상태에서 작업을 하도록 하여 직접측정과 2분정도 8mm 카메라로 녹화하였다. 녹화된 자료는 Grandjean 등[5]이 정의한 그림3과 같은 자세의 각도 측정을 video digitizer로 Macintosh IIx 컴퓨터에 입력한 후 Claris CAD의 각도 측정기능을 이용하였으며 직접 측정치와 간접 측정치와의 차이는 통계적으로 무시할 만하였다. 각 작업자세에 대한 측정부위의 측정정의는 다음과 같다.

① 몸통 경사각(Trunk Inclination): 어깨점(acromion)과 대퇴돌기점(trochanterion)을 이은선이 대퇴돌기점을 지나는 수평선과 이루는 각.

② 머리각도(Head Inclination): 목뒤향점(cervical)을 축으로 하여 목뒤향점을 지나는 수직선과 목뒤향점에서 이주점(tragion)을 잇는 선이 이루는 각.

③ 화면을 바라보는 각도(Viewing angle): 수평전방주시선과 눈에는 화면중심을 잇는 선이 이루는 각.

④ 팔꿈치각도(Elbow angle): 요골점(radiale)을 축으로 하여 어깨점(acromion)과 척골경상 돌기(ulna styliion)가 이루는 각.

⑤ 상완외전각(Upper arm abduction): 어깨점(acromion)을 축으로 몸통과 수직인선이 어깨점에서 요골점(radiale)을 이은선이 이루는 각.



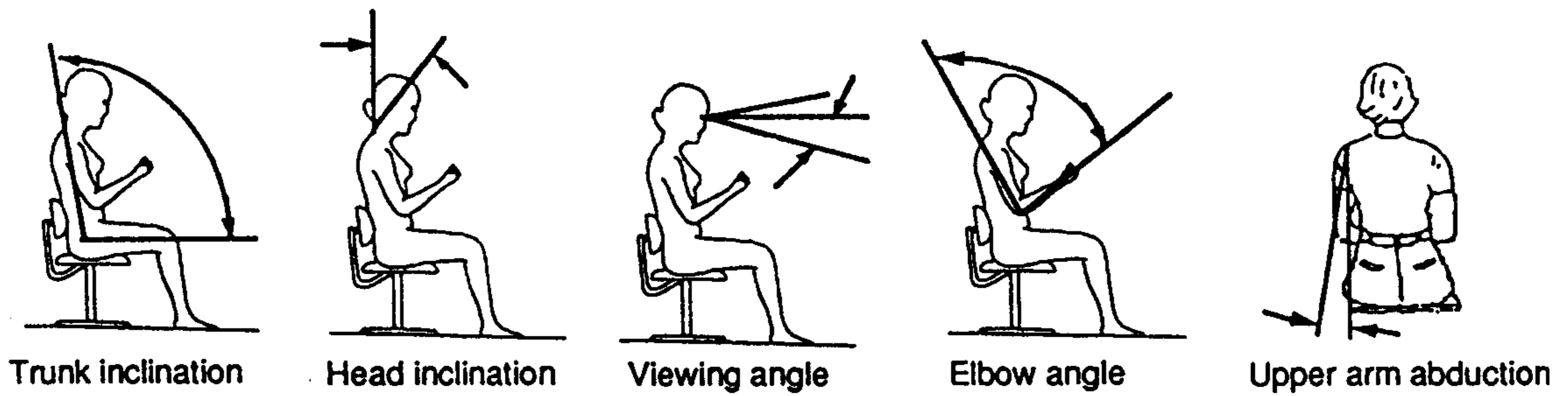


그림3. 작업자세측정을 위한 자세의 정의

### III. 결과 및 분석

72명에 대한 기본 부위의 인체치수는 표1에 나타냈으며 의자높이, 작업대 높이(키보드 높이), 화

면 중심 높이, 눈-화면간 거리에 대한 선호범위 및 수용범위의 결과와 작업자세 측정결과는 표2, 표3과 같다.

표1. 기본부위의 인체측정(단위: cm)

부 위	Mean±S.D	5th %ile	95th %ile
Stature	165.4±7.3	153.5	177.8
Sitting height	88.5±3.9	81.4	94.2
Eye height	78.2±3.9	71.5	84.0
Elbow rest height, sitting	25.6±2.4	20.8	28.9
Thigh height, sitting	53.0±2.8	48.9	57.7
Knee height, sitting	50.9±2.9	45.3	55.7
Popliteal height, sitting	41.8±2.3	36.9	45.4
Elbow-fingertip length	43.1±2.5	38.7	47.0
Buttock-Knee length, sitting	54.4±2.6	49.1	58.4
Buttock-popliteal length, sitting	44.4±2.2	40.4	48.0
Shoe height	2.7±0.7	-	-

표2. 선호범위 및 수용범위 비교표(단위: cm)

항 목	Mean±S.D	선 호 범 위		수 용 범 위	
		5th %ile	95th %ile	5th %ile	95th %ile
Seat height (Popliteal+shoe)	44.5±2.9 (41.8±2.9)	39.2 (36.9)	49.1 (45.5)	-	-
Worksurface height	65.5±3.4	59.5	71.3	56.5	73.0
Keyboard height	69.0±3.4	62.5	74.8	60.0	76.5
Screen center height	101.1±2.9	96.7	107.1	95.5	110.5
Eye-Screen distance	68.2±8.6	53.5	82.8	53.5	85.5

항 목	본 연구		실태 조사*		Grandjean**	
	Mean±S. D	Range	Mean±S. D	Range	Mean±S. D	Range
Trunk inclination	95.2±5.8	80-112	92.2±10.6	71-125	104±6.9	91-128
Head inclination	45.9±8.3	24.5-65	30.1±7.6	5-50	51±6.1	34-65
Viewing angle	8.6±2.8	3-15	12±7.3	1-45	9±4.5	2-26
Elbow angle	96.6±14.1	67-142	108.6±18.7	72-154	99±12.3	75-125
Upper arm abduction	17.2±6.3	5-35	-	-	22±7.7	11-44

\* 김철중 등의 실태조사 연구(1991)

\*\* Grandjean 등의 연구(1983)

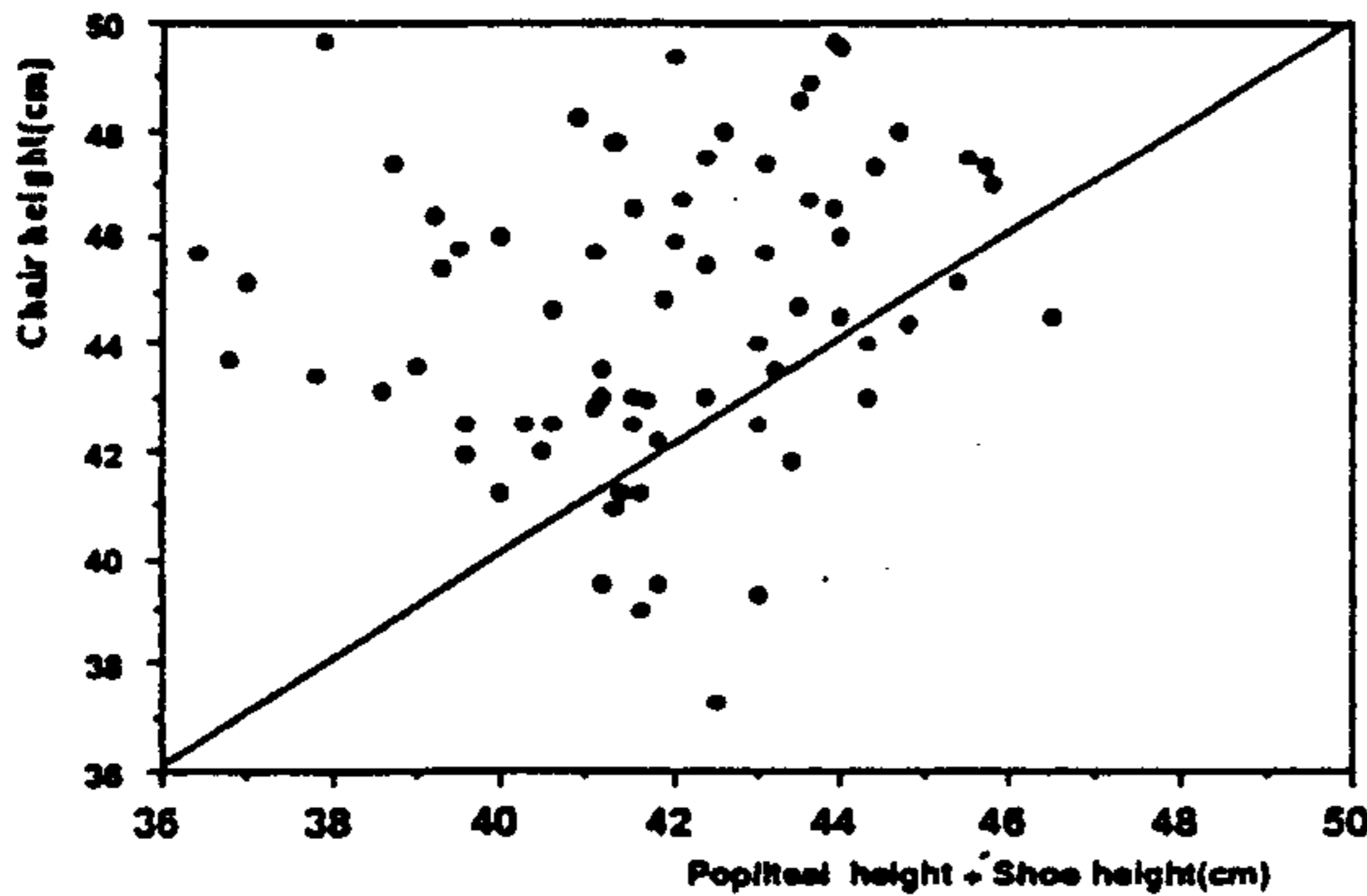


그림4. 의자의 선호 높이와 추천높이의 관계

### 3.1 선호치수 및 수용범위

#### 3.1.1 의자높이

최적의 작업자세를 유지하기 위해서는 Workstation의 setting이 잘 이루어져야 한다. 의자 높이가 신체에 미치는 영향을 보면, 의자가 지나치게 높을 경우에는 오금과 대퇴부를 압박하여 혈액순환을 나쁘게 하며 신경을 압박하고, 의자 높이가 너무 낮을 때는 무릎 각과 엉덩이 각이 줄어들어 좌골결절에 지나친 압력과 요추후만(lumbar kyphosis)이 두드러져 앉아 있기가 어렵다(6). 때문에 인간공학적인 설계원칙은 무릎각이 90° 이상 되도록 하여 척추후만을 막도록 하며 발받침대를 이용하여 적절하게 대처하도록 하고 있다(7). 본 실험에서는 작업대 높이를 70cm로 고정시켜 키보드에서 입력 작업을 하도록 하였을 때 의자쿠션이 눌러진 상태의 높이를 측정된 결과 평균은 44.5cm, 표준편차는 2.9cm, 범위는 37.3cm~49.7cm로 나타났으

며 전체의 79.2%는 발받침대 사용을 원하였다. 이를 인간공학적인 추천치(앉은 오금높이+신발두께)와 비교해 보면 표2, 그림4와 같다. 그림4에서 볼 수 있듯이 인간공학적인 추천치보다는 의자높이를 높게 조절하는 경향을 나타내고 있으며, 79.2%가 발받침대 사용을 원하는 것으로 보아 대부분의 작업자들에게 의자높이를 충분히 조절할 수 있도록 허용한다면 작업면 높이(즉 키보드작업을 편하게 할 수 있는 높이)에 의자를 맞춘다고 해석할 수 있다.

#### 3.1.2 여유간격

대부분의 작업자들은 등판(backrest)에 등을 기대어 앉은 자세에서 때때로 다리를 쭉뻗거나 다리를 꼬고 앉으므로 작업대 아래 다리를 위한 여유공간이 충분치 않으면 머리의 움직임이 제한되고 목·어깨·허리 부분의 통증호소율이 증가하게 되며(11), 또한 작업자세에 변화를 가져오기 어렵게 되어 근골격 부담을 전반적으로 증가시킨다(7). 작업대 높이를 기준으로 하여 의자높이를 조절하였을 때와 의자높이를 기준으로 하여 작업대 높이를 조절하였을 때의 여유간격에 대한 분포를 그림5에 나타냈다. 이들 값이 서로 통계적으로는 유의한 차이를 갖고자 하는 경향이 있는 것으로 판단된다. 따라서 작업면 높이의 설정에 있어 이 여유간격은 가장 중요한 설계변수(design parameter)가 된다.

Noró 등(8)이 제시한 차척(差尺: 여유간격) 공식( $1/3x$  앉은키-5)과 본 연구에서 측정된 여유간

격을 비교하여 보았을 때 그림6에 나타난 바와 같이  $\pm 6\text{cm}$ 의 차이를 보여 한국인을 대상으로 적용하기에는 적절하지 못하다고 판단된다.

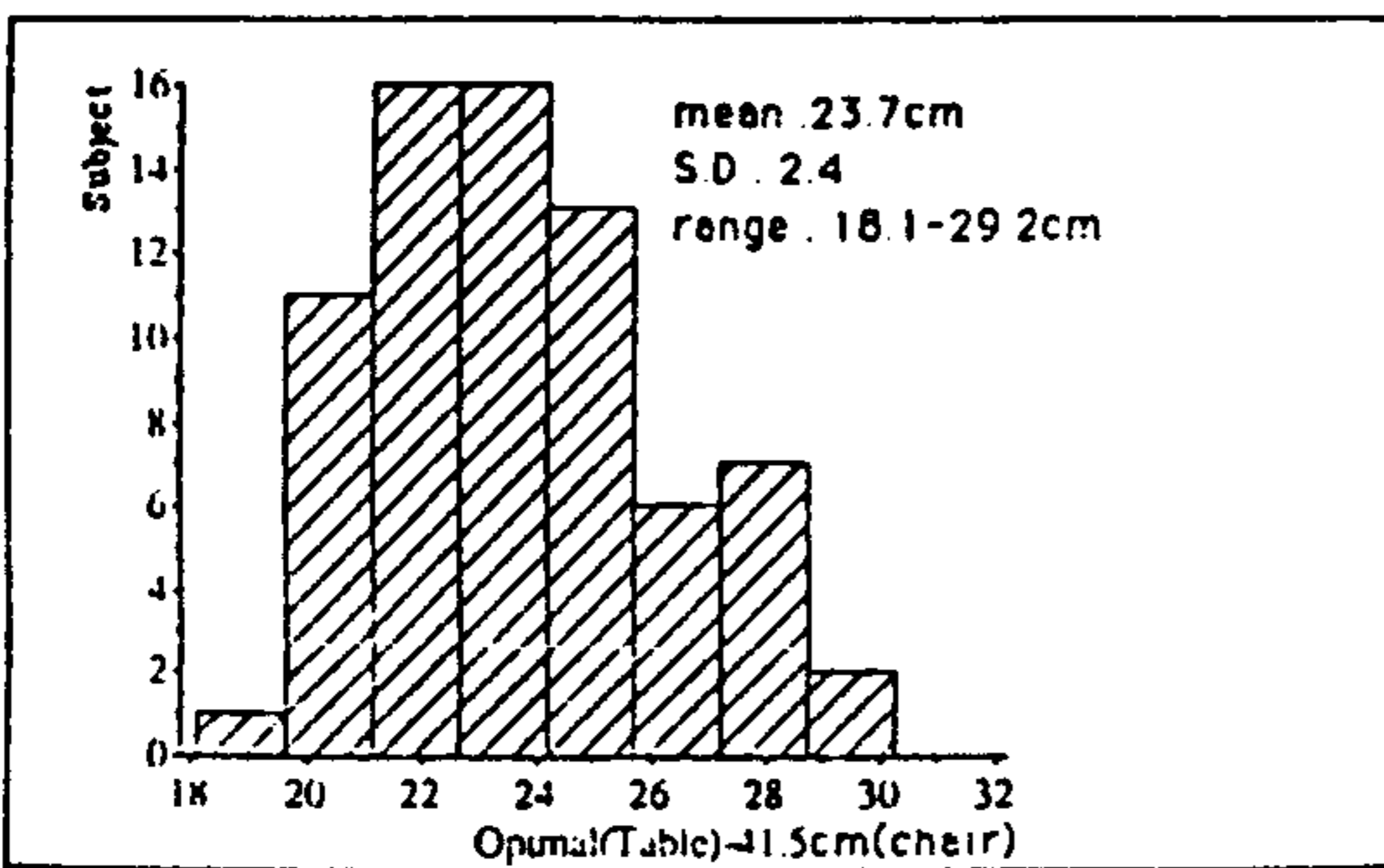
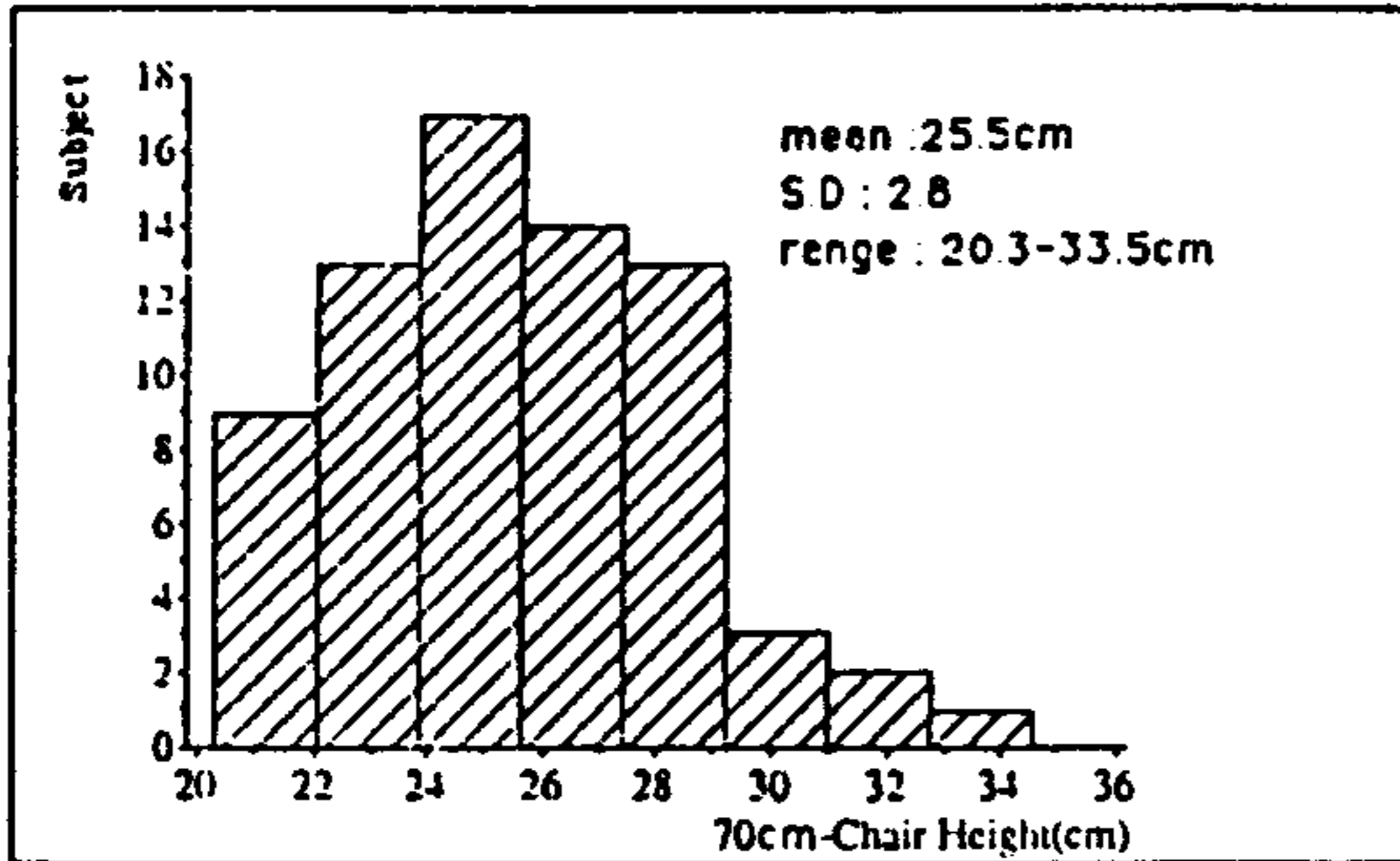


그림5. 여유간격의 분포도

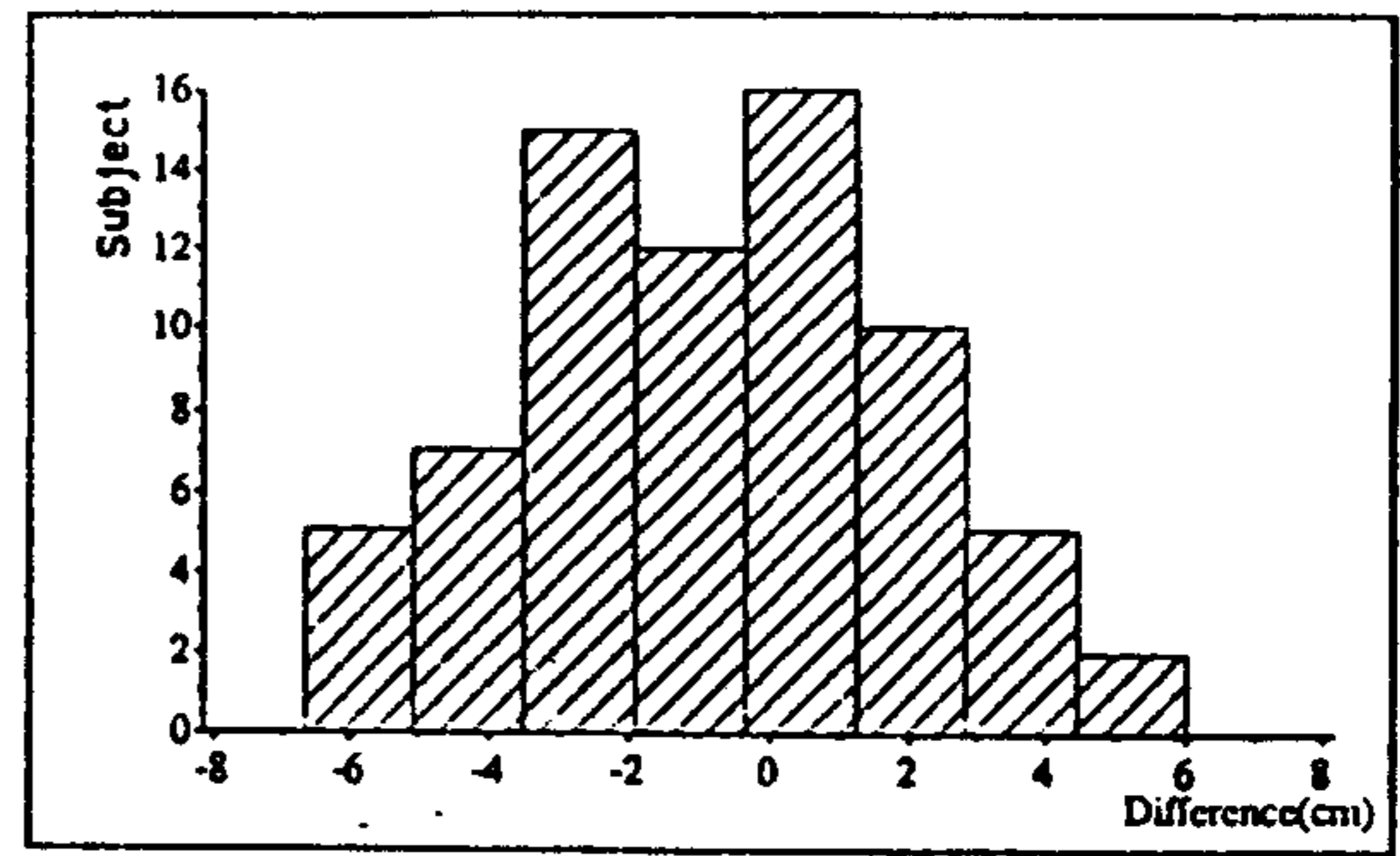


그림6. Noro 등의 차척(差尺) 공식 과의 차이

### 3.1.3 키보드 높이

키보드 높이(작업면 높이)는 Workstation 설계 치수를 결정하기 위한 중요한 요소중의 하나로서 키보드면이 너무 높으면 어깨 또는 상완이 들리게 되어 목이나 어깨부위에 통증이나 경련을 유발할 수 있으며[15][16], 상완(upper arm)의 외전(abduction)이 커져서 삼각근(deltoid)에 부담을 주거나 어깨가 위로 올라가게 되어 승모근(trapezius)이 쉽게 피로해 진다[17]. 반면에 너무 낮으면 허리를 과도하게 구부리게 되어 등이나 허리에 많은 부하를 받게 되거나[15][16] 어깨가 앞으로 동시에 아래쪽으로 쳐져서 견갑거근(levator scapulae)에 부담을 주게 된다[18]. 작업면

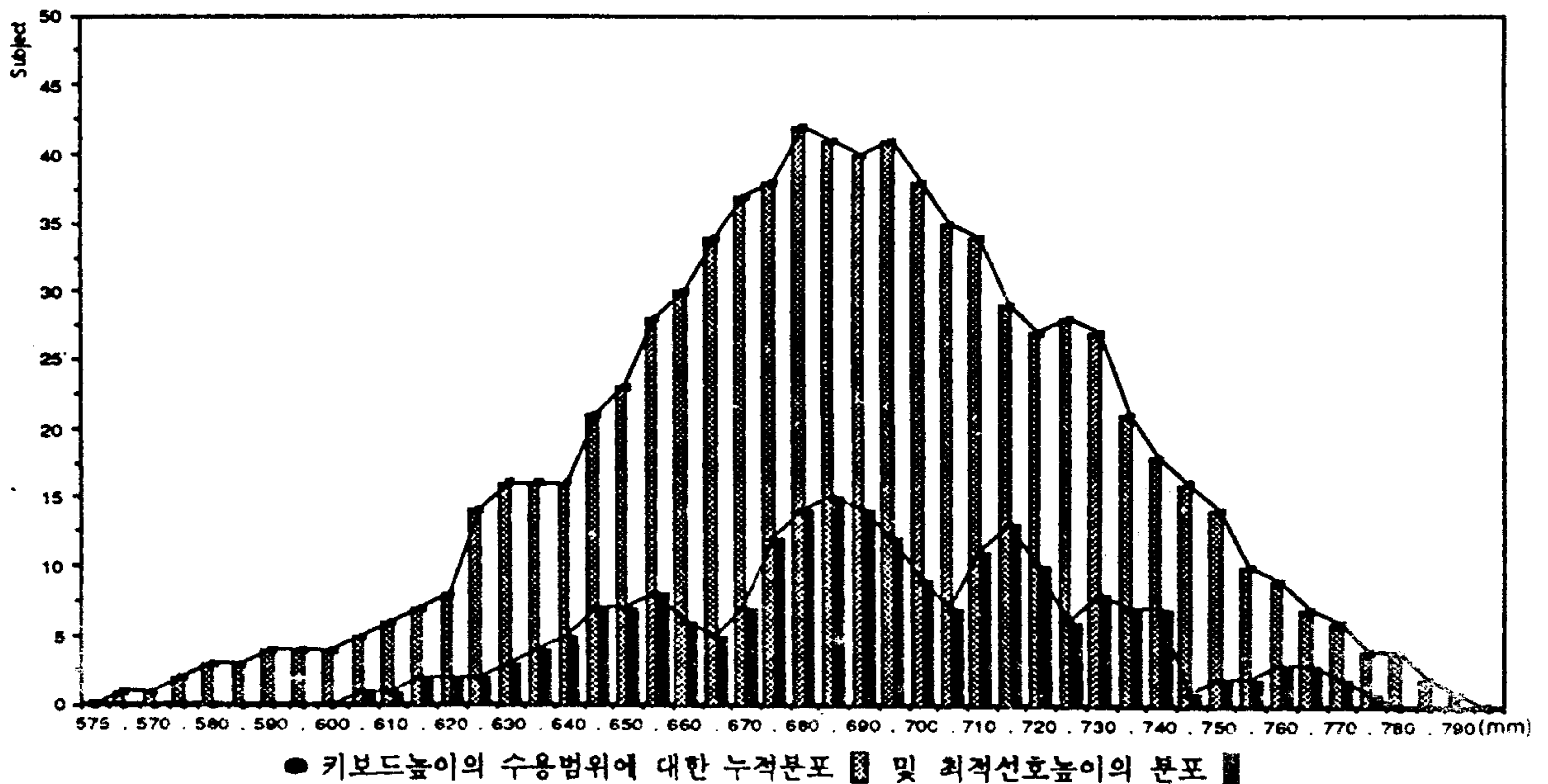


그림7. 키보드 높이의 선택범위 및 수용범위 분포도

의 적정높이 결정은 의자 높이와 키보드 높이가 서로 의존적인 관계를 갖고 있기 때문에 두변수에 모두 자유도를 부여치 않고 의자 높이를 고정하여 키보드 선호 높이(작업면 높이+3.5cm)를 결정하므로써 작업면과 대퇴부 사이의 여유공간을 결정토록 하였다. 키보드 높이의 선호범위 및 수용범위의 결정에 관한 결과는 표2에 나타낸 바와 같이 키보드 높이의 평균 및 표준편차는  $69.0\text{cm} \pm 3.4\text{cm}$ 이며 95% 신뢰구간에서 선호범위 및 수용범위는 각각  $62.5\text{cm} \sim 74.8\text{cm}$ ,  $60.0\text{cm} \sim 76.5\text{cm}$ 이다. 또한, 선호범위 및 수용범위의 누적뒀수 분포를알아보기 위해 0.5cm 간격으로 수용범위에 대한 측정치를 누적하여 나타낸 키보드 높이의 선호범위(optimal range)와 수용범위(acceptable range)에 대한 분포를 그림7에 나타내고 있다.

### 3.1.4 화면중심 높이

화면의 위치가 정상적인 시선의 범위를 벗어나 너무 높거나, 너무 낮을 경우 자세를 바꾼다든지 불편을 호소하는 율이 증가하며(12), 화면 높이의 인간공학적인 설계원칙은 화면의 상단이 VDT 사

용자의 눈의 높이를 넘지 않도록 하여야 한다(7). 화면중심 높이 결정은 키보드 높이와 마찬가지로 의자 높이와 서로 의존적이기 때문에 키보드 높이 결정과 같은 방법으로 결과를 얻을 수 있었다. 그 결과는 표2에 나타낸 바와 같이 평균 및 표준편차는  $101.0\text{cm} \pm 2.9\text{cm}$ 이며 95% 신뢰구간에서 선호범위 및 수용범위는  $96.7\text{cm} \sim 107.1\text{cm}$ ,  $95.5\text{cm} \sim 110.5\text{cm}$ 이다. 또한 화면중심 높이의 선호범위(optimal range)와 수용범위(acceptable range)의 누적뒀수 분포는 그림8과 같다.

### 3.1.5 눈-화면사이 거리

눈-화면사이의 거리는 작업자세에 따라 수시로 많은 변화를 보이므로 키보드 높이 및 화면중심 높이를 선호의 상태로 조절한 후 자세를 고정하여 측정하였다. 그 결과는 표2에 나타낸 바와 같이 평균 및 표준편차가  $68.2\text{cm} \pm 8.6\text{cm}$ 였으며 95% 신뢰구간에서 선호범위 및 수용범위는 각각  $53.5\text{cm} \sim 82.8\text{cm}$ ,  $49.3\text{cm} \sim 98.3\text{cm}$ 이다. 그림 9는 눈-화면사이의 거리에 대한 선호치수의 빈도수를 나타낸 분포도이다.

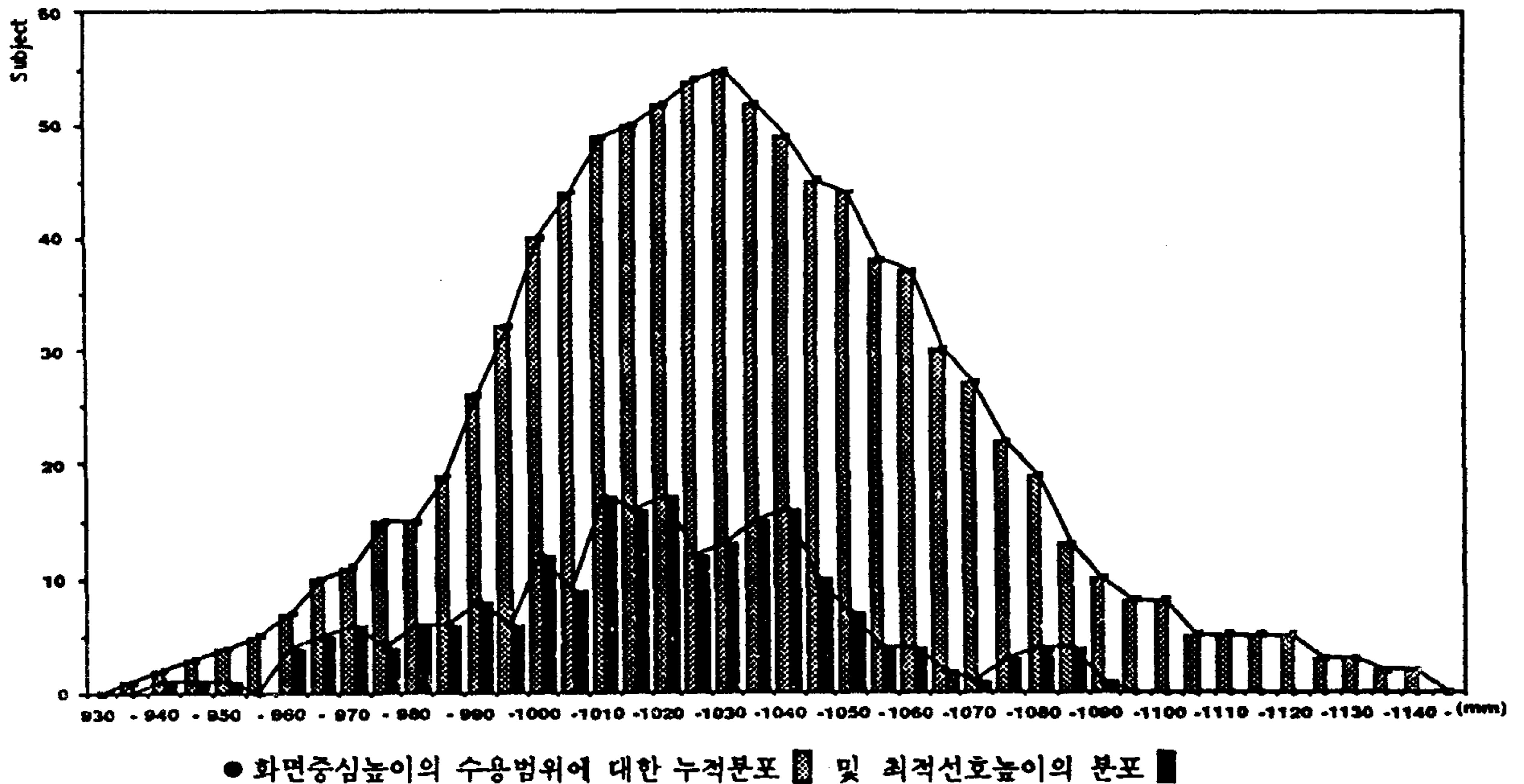


그림8. 화면중심 높이의 최적범위 및 수용범위의 분포도

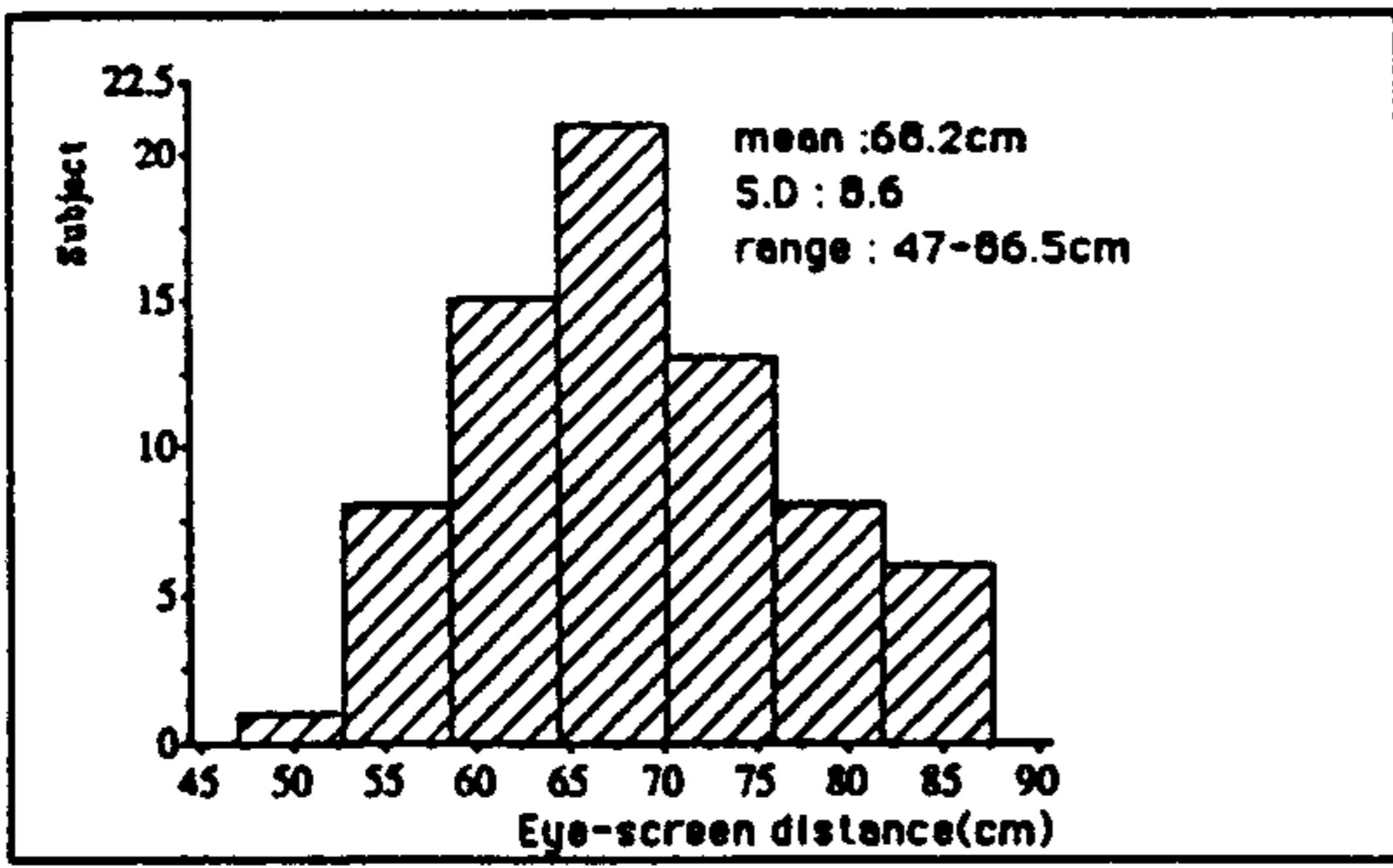


그림9. 눈-화면사이 거리에 대한 선호치수의 빈도수

### 3.2 작업자세

작업자세의 측정은 작업시 자세의 변화가 크기 때문에 피실험자가 가장 선호하는 범위로 Workstation을 조절토록 한 상태에서 측정된 결과로서 그 결과를 김철중 등의 실태조사보고(3)와 Grandjean 등(5)의 결과와 비교하였다.

#### 3.2.1 몸통 경사각(trunk Inclination)

몸통 경사각의 평균 및 표준편차는 표3에 나타낸 바와 같이  $95.2^{\circ} \pm 5.8^{\circ}$ 였으며 범위는  $80^{\circ} \sim 112^{\circ}$ 이었다. 그림10은 몸통 경사각의 분포 빈도수를 나타낸 분포도로서  $95^{\circ}$  신뢰구간에서의 범위는  $89^{\circ} \sim 103^{\circ}$ 이다. 이는 작업시 허리를 곧게 편 자세( $90^{\circ}$ ) 보다는 약간 뒤로 이완된 자세를 보였음을 알 수 있으나 김철중 등의 실태조사에서는 약 40% 이상이 몸을 앞으로 수구린 자세를 보여주고 있다고 보고 하였다. 이는 무릎 여유공간이 부족하거나 요추 지지대의 부재 혹은 키보드 높이와 의자 높이 부적합 등을 들 수 있다. Grandjean 등의 연구보고에 의하면 평균 표준편차는  $104^{\circ} \pm 6.9^{\circ}$ 이며 95% 신뢰구간에서  $97^{\circ} \sim 121^{\circ}$ 의 분포를 보이고 있

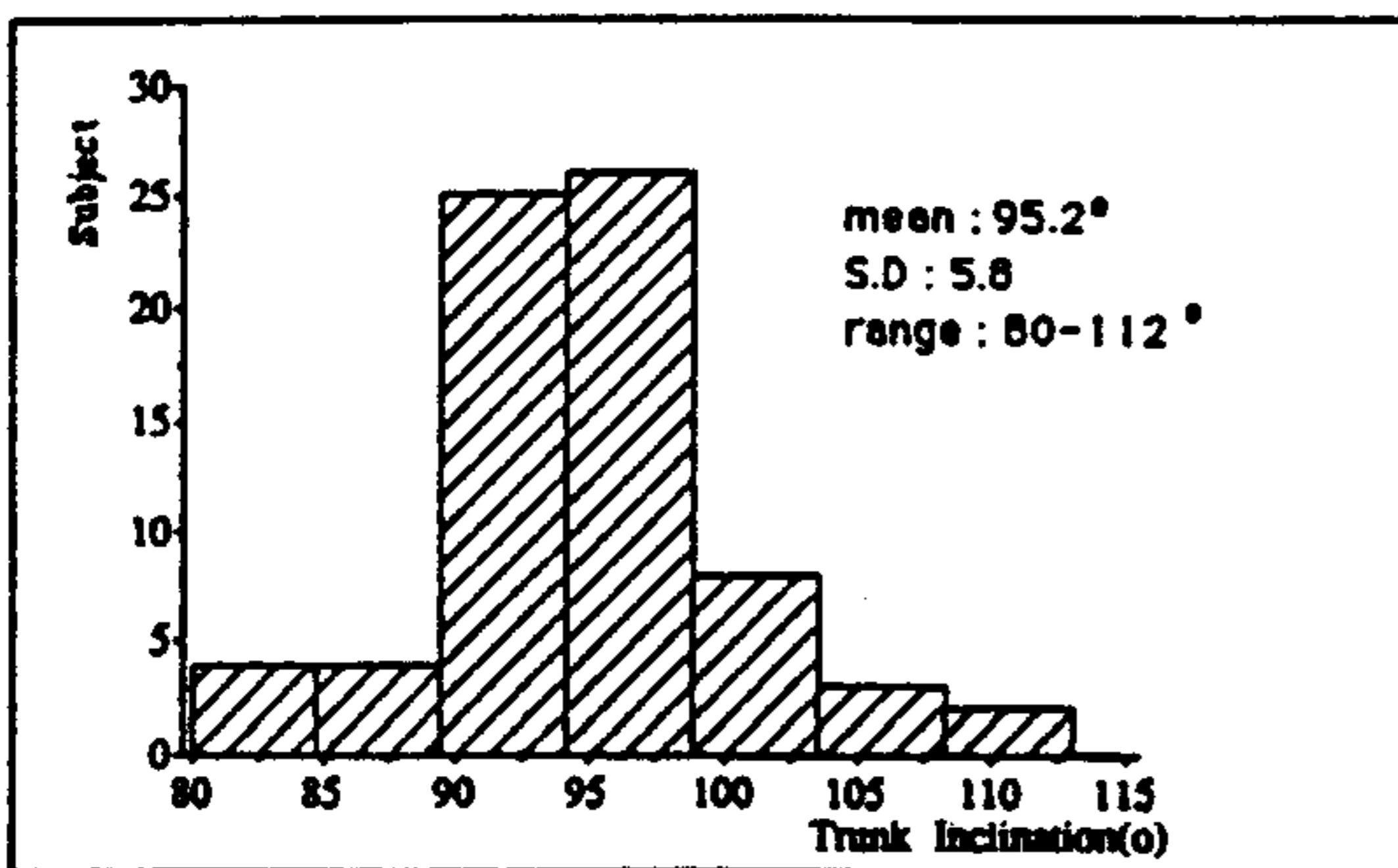


그림10. 몸통경사각의 분포

는 것으로 보아 본 조사 결과보다 자세가 뒤로 더 이완된 자세임을 알 수 있다.

#### 3.2.2 머리 각도(Head Inclination)

머리각도의 평균 및 표준편차는 표3에 나타낸 바와 같이  $45.9^{\circ}$ 였으며 범위는  $24.5^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 였다. 그림11은 머리각도의 분포 빈도수를 나타낸 분포도로서 95% 신뢰구간에서의 범위는  $30.0^{\circ} \sim 58.4^{\circ}$ 였으며 Grandjean 등의 연구보고에 의하면 평균 및 표준편차가  $51^{\circ} \pm 6.1^{\circ}$ 로써 머리각도는 본 연구 결과나 실태조사보다 더 숙여진 상태를 보이고 있는데 이는 몸통경사각이 뒤로 더 이완 자세를 취하고 있기 때문으로 판단된다. 일반적으로 앉은 자세에서 머리를 앞으로 숙이는 정도가 커질수록 머리를 지지하는 목의 근육을 쉽게 피로하게 하여(10) 목의 뼈근함과 통증에 대한 호소율이 증가한다(13)(14).

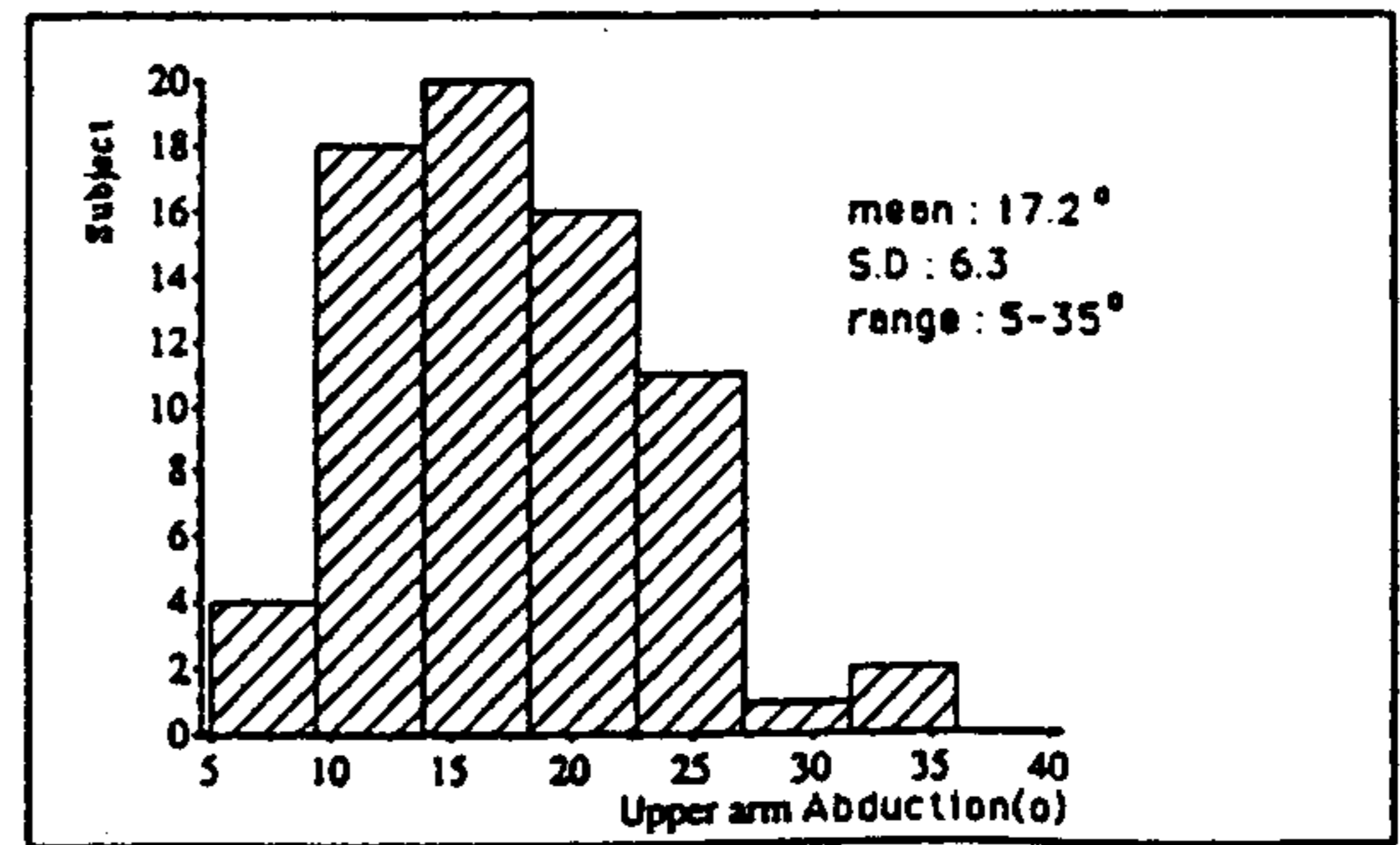


그림11. 머리각도의 분포

#### 3.2.3 화면을 바라보는 각도(Viewing angle)

화면을 바라보는 각도는 의자 등판에 기대는 일반적인 자세를 취했을 때 수평아래  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  정도가 되는데 이 경우 눈에 불편을 주지않고 주시할 수 있는 주시범위는 수평위  $5^{\circ}$ 에서 수평아래  $30^{\circ}$  정도가 된다. 표3에 나타낸 바와 같이 본 연구의 평균 및 표준편차가  $8.6^{\circ} \pm 2.8^{\circ}$ 였으며 범위는  $3^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 였다. 그림12는 화면을 바라보는 각의 분포 빈도수를 나타낸 분포도로서 95% 신뢰구간에서의 범위는  $5^{\circ} \sim 13^{\circ}$ 였으며 Grandjean 등의 연구보고에 의하면 평균 및 표준편차가  $9^{\circ} \pm 4.5^{\circ}$ 이고 신뢰구간에서의 범위는  $4^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 로써 본 연구 결과와 차이가 없음을 알 수 있었으나 Grandjean 등의 연구에서는 전방 수평 주시선위에 화면중심이 놓이는

경우가 있었지만 본 연구에서는 나타나지 않았다.

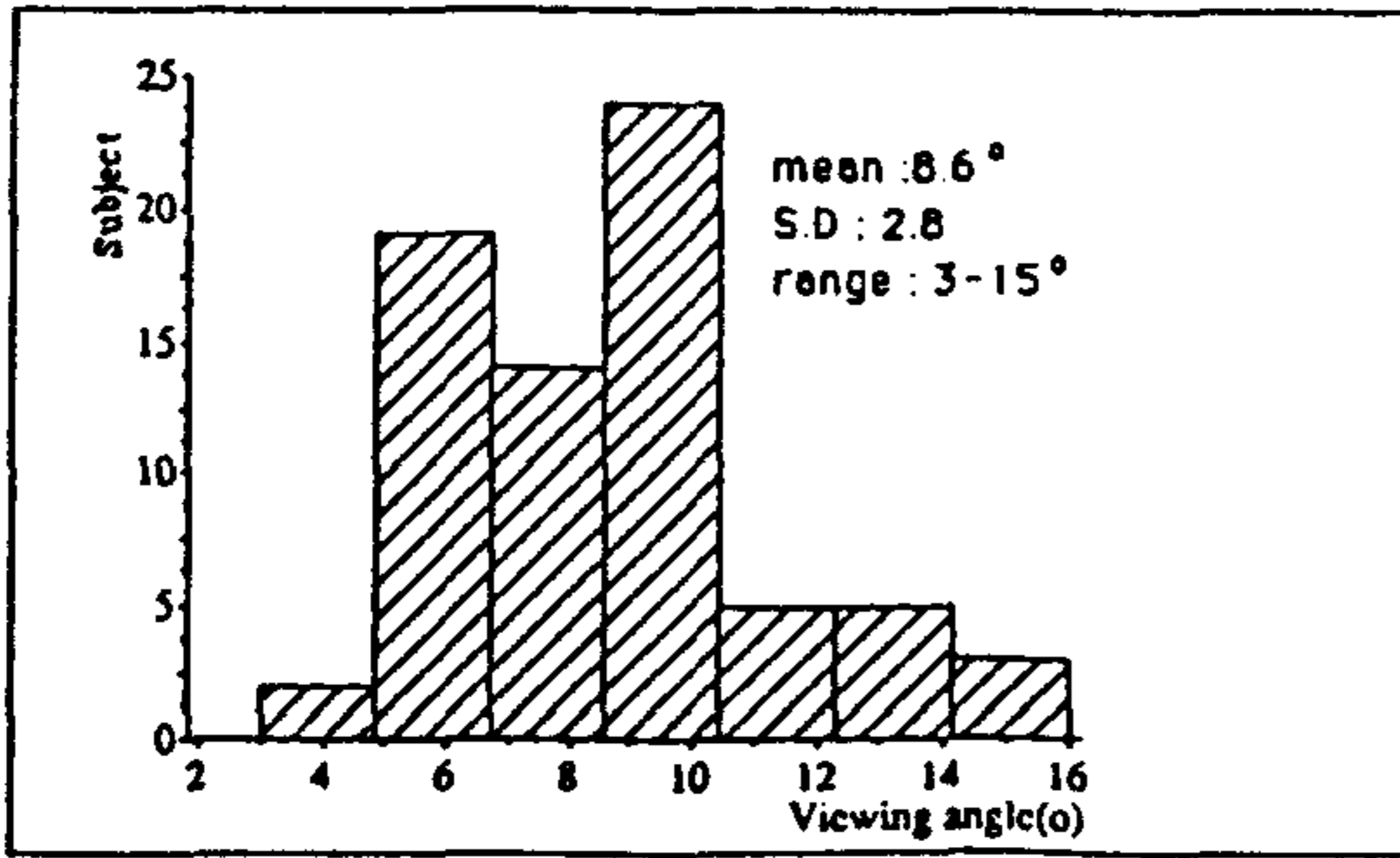


그림 12. 화면을 바라보는 각도의 분포

### 3.2.4 팔굽힘 각도(Elbow angle)

팔굽힘 각도의 평균 및 표준편차는 표3에 나타낸 바와 같이  $96.6^\circ \pm 14.1^\circ$ 였으며 범위는  $80^\circ \sim 110^\circ$ 였다. 그림 13은 팔굽힘 각도의 분포 빈도수를 나타낸 분포도로써 95% 신뢰구간에서의 범위는  $78^\circ \sim 121^\circ$ 였으며 Grandjean 등의 연구보고에 의하면 평균 및 표준편차가  $99^\circ \pm 12.3^\circ$ 이고 95% 신뢰구간에서의 범위는  $87^\circ \sim 111^\circ$ 로써 본 연구결과와는 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 김철중 등의 실태조사 보고에서는 평균 및 표준편차가  $108.6^\circ \pm 18.7^\circ$ 이고 범위는  $72^\circ \sim 154^\circ$ 로 나타나 본 연구와 Grandjean 등의 연구보다 크게 나타났다. 팔꿈치 각도가  $135^\circ$ 를 초과하였을 때는 팔을 지지하는 근육이 과다하게 사용되어 피로와 불만족의 원인이 된다는 연구결과(13)(14)로도 알 수 있듯이 실태조사시 나타난 결과는 기존 Workstation 및 작업자세의 개선이 요구되는 것으로 판단된다.

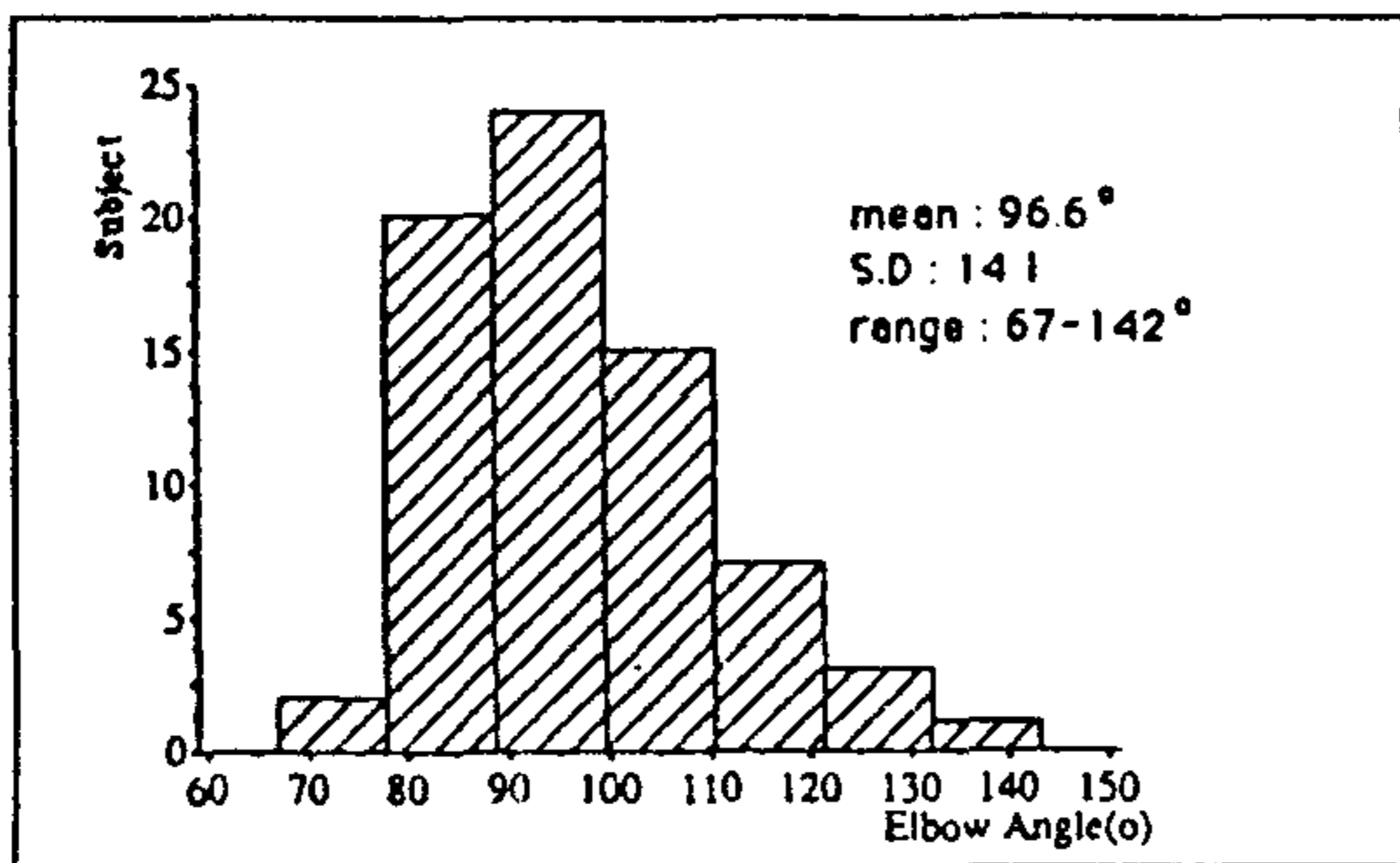


그림 13. 팔꿈치각도의 분포

### 3.2.5 상완 외전각(Upper arm abduction)

상완외전각의 평균 및 표준편차는 표3에 나타낸

바와 같이  $17.2^\circ \pm 6.3^\circ$ 이었으며 범위는  $5^\circ \sim 35^\circ$ 였다. 그림 14는 상완외전각에 대한 분포 빈도수를 나타낸 분포도이며 95% 신뢰구간에서의 범위는  $5.6^\circ \sim 26.6^\circ$ 이었다. 이는 상완의 신전이  $25^\circ$ 이내, 외전이  $15^\circ \sim 20^\circ$ 가 되도록 하는 것이 이상적으로 볼 수 있다는 연구(10)와 합치함을 알 수 있으며 이러한 자세를 위해서는 팔을 지지하기 위한 어깨 근육이 더 많은 정적인 힘이 걸리지 않게 팔꿈치의 높이보다 키보드의 면이 지나치게 높아서는 안된다(19).

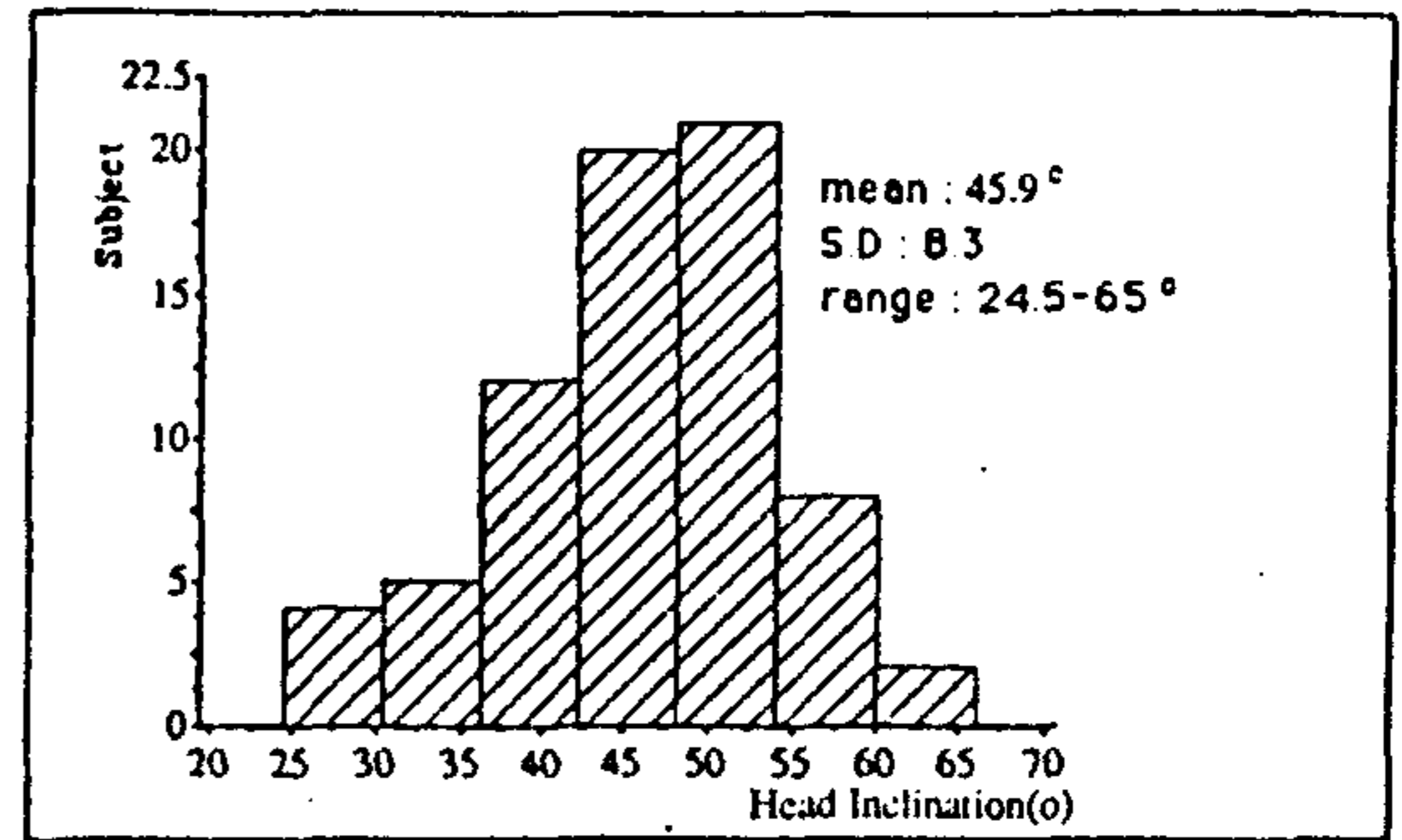


그림 14. 상완외전각의 분포

## IV. 결론

VDT 작업에 있어 올바른 작업자세는 작업자의 건강과 피로예방에 매우 중요하며 이러한 작업자세를 유지하기 위해서는 VDT Workstation의 치수 또한 쉽게 조절 가능하여야 하겠다. VDT의 올바른 사용을 위하여 본 연구를 토대로 내린 결론은 다음과 같다. 첫째, 작업면(키보드) 높이 결정에서 키보드 높이를 너무 높게 하거나, 전환(upper arm) 및 소독을 작업면에 지지할 수 없는 경우, 또는 키보드 높이를 너무 낮게 하여 작업자가 고개를 숙여야 하는 자세를 유발하였을 때 목·어깨·팔·손 부위의 불편을 유발할 수 있으므로 작업면 높이는 인체치수를 고려하여야 할 뿐만 아니라 작업자의 활동 공간을 배려하여 높이를 결정하여야 한다. 둘째, 의자 높이를 결정은 작업면과 무릎사이에 여유공간(평균 24.6cm)을 두어 다리의 움직임에 불편을 주지 말아야 한다. 대체로 작업자는 작업면 높이에 의자높이를 맞추려는 경향이 있으므로 높이 조절이 가능한 의자를 사용하여 높이가 너무 높거나, 낮지 않도록 조절하여야 하며 대퇴부에 지나친

압박이 일어나지 않도록 발 받침대의 사용을 보급하여야 한다. 셋째, 화면중심 높이는 작업자의 시선이 수평주시선 아래  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 에 머물도록 하여야 하므로 높이의 결정은 화면 상단이 눈 높이 수준에 오도록 하는 것이 바람직하다. 즉, 화면중심을 바라보는 각은 수평주시선 위로  $5^{\circ}$  수평주시선 아래로  $30^{\circ}$  범위 안에 놓이도록 하는 것이 바람직하다. 넷째, 작업자세는 작업면이나 의자높이 조절에 의존적이기 때문에 바람직한 자세유지를 위해서는 Workstation의 설치가 올바르게 이루어져야 한다. 다섯째, 몸통 경사각이 앞으로 구부러지는 정도가 클수록 목의 뼈근함과 통증 호소율이 증가되므로 몸통 경사각  $90^{\circ}$ 를 기준하여 뒤로  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$  사이로 이완되도록 자세를 취하는 것이 바람직하다. 여섯째, 팔굽힘 각이  $135^{\circ}$ 를 초과하면 팔을 지지하는 근육이 과다하게 사용되어 피로와 불만족의 원인이 되며 상완의 외전각(upper arm abduction)이  $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 가 이상적이므로 팔꿈치 높이보다 키보드 면 높이가 지나치게 높아서는 안 된다. 일곱째, 이상적인 VDT Workstation의 설계는 작업면 높이, 의자높이, 화면 높이 및 거리 등이 자유로이 조절될 수 있도록 설계되어야 하나 경제적인 측면에서 작업면 높이까지 조절토록 하는 것이 어려우므로 의자높이 및 발받침대 등으로 조절할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

본 연구를 통하여 얻은 VDT Workstation의 조절범위에 대한 추천치를 요약하면 ① 의자높이:  $36.9\text{cm} \sim 45.5\text{cm}$  ② 작업면 높이의 선호범위(optimal range) :  $59\text{cm} \sim 71.3\text{cm}$ , 수용범위(acceptable range) :  $56.5\text{cm} \sim 73\text{cm}$  ③ 키보드 높이의 선호범위(optimal range) :  $62.5\text{cm} \sim 74.8\text{cm}$ , 수용범위(acceptable range) :  $60.0\text{cm} \sim 76.5\text{cm}$  ④ 화면중심 높이의 선호범위(optimal range) :  $96.7\text{cm} \sim 107.1\text{cm}$ , 수용범위(acceptable range) :  $95.5\text{cm} \sim 110.5\text{cm}$  ⑤ 눈-화면간 거리의 선호범위(optimal range) :  $53.5\text{cm} \sim 82.8\text{cm}$ , 수용범위(acceptable range) :  $53.5\text{cm} \sim 85.5\text{cm}$ 과 같다.

#### 참 고 문 헌

[1] Vern Putz-Anderson, Ed., *Cumulative trauma disorders: A manual for*

*musculoskeletal diseases of the upper limbs*, Taylor & Francis, 1988.

- [2] K.H.E Kroemer, Cumulative trauma disorders: "Their recognition and ergonomics measures to avoid them", *Applied Ergonomics*, 20(4), pp. 274-280, 1989.
- [3] 김철중 외, VDT Workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구(1차년도), KSRI-91-69-IR, 1991.
- [4] Povlotsky, B. and Dubrosky, V., "Recomende versus preferred in design and use of computer workstations", *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meetings*, pp. 501-505, 1988.
- [5] Grandjean, E. Hünting, W. and Pidermann, M., "VDT workstation design: preferred settings and their effects", *Human Factors*, Vol. 25, No. 2, pp. 161-175, 1983.
- [6] Johsson, B and Anderson, G.B.J., "Fuctional anatomical and Biomechanical aspects on sitting," in Jonsson, B. ed., *sitting work postures*, National Board of Occupational Safety and Health, Sweden, 12, pp.6-17, 1978.
- [7] ANSI/HFS 100-1988., "American national standard for human factors engineering of VDT Workstations", *The Fuman Factors Society, Inc.* 1988.
- [8] H.Togami and K. Noro., "Optimum height of VDT Worktable", *The Japanese Journal of Ergonomics*, Vol. 23, No. 3, pp.155-162, 1987.
- [9] N.Hirasawa, K.Noro. H.Togami., "Study on adaption of VDT components to individual operators", *The Japanese Journal of Ergonomics*, Vol. 26, No.2, pp. 87-93, 1990.
- [10] Chanffin, D.B., and Anderson, G.B.

- J., *Occupational Biomechanics*, John Wiley & Sons, 1984.
- [11] Läubli, T. and Grandjean, E., "The magic of control groups in VDT field studies", in Grandjean E. ed., *Ergonomics and in modern offices*, Taylor & Francis London, 1984.
- [12] Bhatnager, V., Drury, C.G., and Schiro, S.G., "Posture, postural discomfort, and performance", *Human Factors*, 27, pp. 189-199, 1985.
- [13] Hünting, W., Grandjean, E. and Maeda, K., "Constrained postures in accounting machine operators", *Applied Ergonomics*, 11, pp. 145-149, 1980.
- [14] Maeda, K., Hünting W. and Grandjean, E., "Localized fatigue in accounting machine operators", *Journal of Occupational Medicine*, 22, pp. 810-816, 1980.
- [15] Grandjean, E. and Burandt, H.U., "Körpermasse der Belegschaft eines schweizerischen Industriebetriebes", *Industrielle Organisation*, 31, pp. 239-242, 1962.
- [16] Grandjean, E. and Burandt, H.U., "Das Sitzverhalten von Büroangestellten" *Industrielle Organisation*, 32, pp. 243-250, 1962.
- [17] Hanberg, M., "Electromyographic signs of shoulder muscular fatigue in to elevated arm position", *Amer. J. Phy. Med.*, 60(3), pp. 111-121, 1981.
- [18] Cailliet, R., *Shoulder pain*, 2nd Ed. F.A. Davis, 1981.
- [19] Life, N.A. and Pheasant, S.T., "An intergrated approach of the study of posture in keyboard operation", *Applied Ergonomics*, 15, pp. 83-90, 1984.



1992년도 대한인간공학회

# 추계학술대회 논문집

■ 주제 : “인간존중과 풍요로운 미래” ■



- 일시 : 1992년 9월 25일(금)
- 장소 : 공군사관학교
- 주관 : 공군사관학교 교수부
- 주최 : 대한인간공학회
- 후원 : 한국과학기술단체총연합회

# VDT 작업시 자기장이 인체에 미치는 영향에 관한 연구

박재희, 김철중, 이남식, 김진호  
한국표준과학연구원 인간공학연구실

## An Effect of Magnetic Field on VDT Work

Jae Hee Park, Chul Jung Kim, Nahm Sik Lee, Jin Ho Kim  
Korea Research Institute of Standards and Science

### ABSTRACT

The effect of magnetic field on VDT work has not been clarified yet, but many studies reported that magnetic field could cause of the cancers. Many developed countries have set the criteria of magnetic field and produce the VDT which has lower magnetic value.

The purpose of this study was to measure the intensity of magnetic field from VDT. For this purpose three experiments were performed. The first was designed to measure the intensity of magnetic field by distances(30,60,90 cm) and directions. The second was to compare the intensities between VDT and Color TV. The last was to evaluate the eye protection glasses.

The results showed that the intensity of magnetic field was lowered in proportion to the distance ( $r^3$ ) and both lateral sides of the VDT marked high values compared to the frontal and back sides. On the same distance (30 cm) color TV marked high value to the VDT. But on the normal work distance (TV: 100 cm, VDT: 30 cm) there was little difference, Eye protection glasses could not protect the magnetic field physically.

### 1. 서 론

현대사회는 전기에너지에 의존하고 있다고 해도 과언이 아니며, 전력소비는 계속 늘어나는 추세에 있다. 이렇듯 우리의 생활과 밀접한 관계에 있는 전기 에너지는 발전(發電), 송전(送電), 배전(配電) 그리고 최종 소비로서 전기기구의 사용단계에서 필연적으로 전자기장(electro-magnetic field)에의 노출을 수반하게 된다.

50~60 Hz 주파수의 교류전원에 의해 발생하는 전자기장은 3~3000 Hz 영역에 해당하는 초저주파 (ELF; Extremely Low Frequency)로서 전원으로부터의 거리에 반비례해 급속히 세기가 감소하게 된다. 이때 초저주파에서의 전자기파는 전기장과 자기장의 비례관계가 성립되지 않기 때문에 각각 다루어야만 한다. 특히 최근에는 자기장에 의한 세포막의 손상 등에 대한 영향 때문에, 전기기구에서 발생하는 자기장에 대한 관심이 고조되고 있다[3].

VDT 작업 역시 컴퓨터 본체와 모니터에서 자기장을 발생하게 되는데, 이때 자기장에 대한 안전한 노출의 정도와 인체에 미치는 영향에 대한 연구와 논의가 선진국에서는 이미 활발하게 진행되고 있다. 전기장이 인체에 미치는 효과는 열적 자극작용으로서 피부감각을 통한 신경계의 전달로 그치는데 반해, 자기장의 효과는 미세세포에 영향을 끼치는 것으로 파악되고 있다[3]. 특히 백혈병, 뇌종양 등 암의 발생과 관련한 많은 역학조사 들이 이루어지며 자기장의 인체에 대한 효과에 관심이 고조되었으며 이에 대한 안전기준 들이 설정되게 되었다.

## II. 측정방법과 측정계획

### 1. 측정장비

자기장을 측정하는 방법은 측정하는 용도와 자장측정 범위에 따라 다양하다. 핵자기공명가우스미터, 홀효과가우스미터, 양성자마그네토미터, 자속게이트 마그네토미터 등이 그 방법들인데[5], 여기에서는 독일 국가표준연구기관인 PTB 에서 제작되고 한국표준과학연구원 자기연구실에 보유하고 있는 자속게이트 마그네토미터 (flux gate magnetometer) 를 이용해 측정을 실시하였다[2]. 자기장 측정장비는 그림 1. 과 같이 자속게이트 마그네토미터, 오실로스코프, 디지털멀티미터 (digital multi meter), 360° 회전 가능한 목재원반으로서 구성하였다.

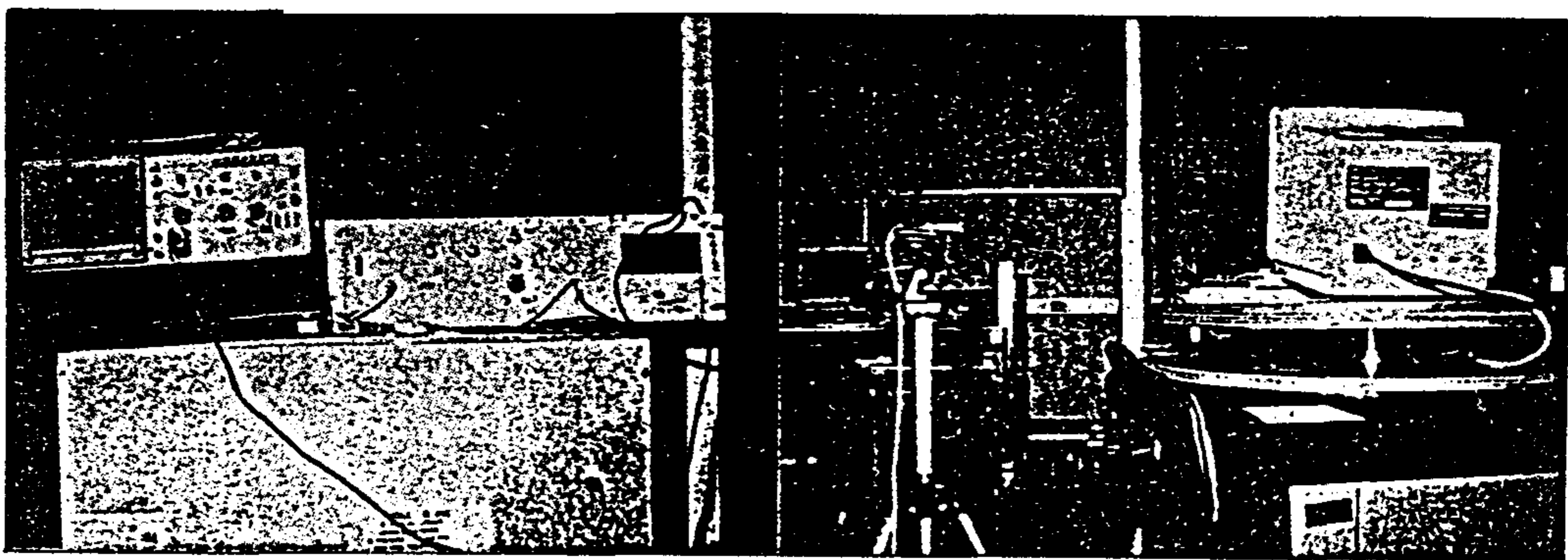


그림 1. 자속게이트 마그네토미터 측정장치의 구성과 측정방법

## 2. 측정방법

자기장의 세기는 A/m, 혹은 자속밀도(단위면적을 통과하는 자속선의 수) 단위인 가우스(G)나 테슬라(T)로서 측정한다. 국제표준단위계(SI)인 1 테슬라(T)는 CGS 단위계인 가우스(G)로 환산하면 10,000 G에 해당하게 된다[5]. 본 측정에서는 가우스를 사용하여 자기장의 세기를 측정하였다. VDT 자기장의 측정은 다음과 같은 순서로 수행하였다.

- (1) 측정대상물(VDT)을 회전원반의 중앙에 위치시킨다.
- (2) 측정거리에 맞추어 마그네토미터 센서의 위치를 삼각대 위에 고정시킨다.
- (3) X, Y, Z 세 방향 가운데 측정하고자 하는 방향에 센서의 위치를 맞춘 후 고정시킨다.
- (4) 측정대상물에 전원을 켜준 상태에서 회전원반의 각도를 30°씩 회전시켜 가면서 유도전압을 10초 간격으로 10회 측정하여 평균치를 구한다.
- (5) 측정대상물의 전원을 꺼서 지자장, 전선 등 주변 환경에서 발생하는 노이즈(Noise) 자장에 의한 유도전압을 측정한다.
- (6) 측정된 유도전압에서 노이즈에 의한 전압을 빼준 후 전압값을 자속밀도로 환산하여 자장의 크기를 구한다. (0.1 V → 1 mG)
- (7) X, Y, Z 세 방향별로 구한 자속밀도 값의 벡터 합을 구해 그 위치에서의 자속밀도 값을 계산한다. 공간 속의 한 점 P에서의 자속밀도(B)는 아래와 같이 구해진다.

$$B_p = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad \text{————— (식 1.)}$$

## 3. 측정계획

VDT에서 발생하는 자기장의 성질과, 그 세기정도, 차폐 등의 효과를 알아보기 위해 다음과 같은 세가지 실험을 수행하였다.

- (1) 측정 1: 거리별, 방향별 VDT 자기장 측정

VDT 중앙으로부터 떨어진 거리별로, 30° 간격의 전방향에 대한 자기장을 측정해 자기장 세기의 분포곡선을 알아보는 측정으로 30, 60, 90 Cm 거리에 대해 수행한다.

(2) 측정 2: VDT 와 칼라 TV 의 자기장 측정 비교

14 인치 VDT, 20인치 VDT 와 칼라TV 의 자기장 세기를 비교하기 위해 스크린에서 30 Cm 떨어진 곳에서의 자기장 측정을 통한 상호간의 비교와 기준허용치와의 비교를 수행한다.

(3) 측정 3: 보안경의 효과

14 인치 VDT 에 대해 보안경을 부착한 경우와 부착하지 않은 경우의 자장의 크기를 비교한다.

표 1. 자기장측정계획

구 분	측 정 대 상	측 정 거 리	측정방향
측정 1	14" 칼라모니터	30, 60, 90 Cm (중앙-측정점)	30도 간격 전방향
측정 2	14" 칼라모니터 20" 칼라모니터 칼라텔레비전	30 Cm (스크린-측정점) 30 Cm (스크린-측정점) 30, 100 Cm (스크린-측정점)	
측정 3	14" 칼라모니터 14" + 보안경부착	30 Cm (스크린-측정점) 30 Cm (스크린-측정점)	

### III. 측정결과

#### 1. 거리별, 방향별 VDT 자기장 측정 (측정1)

14 인치 칼라 모니터 중앙으로부터의 30, 60, 90 Cm 떨어진 곳에서의 자기장을 측정한 결과를 그림 2. 에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 자기장의 크기는 거리 ( $r^3$ )에 반비례해 급격히 줄어들고 있음을 알 수 있다. 자기장의 크기는 VDT 전면부와 후면부에 적게 나타나는 반면, 양 측면에서 최대값을 보이고 있다. 또한 자기장의 크기는 거리가 가까울수록 방향에 따라 그 값이 크게 변하고 있는 반면 거리가 멀어질수록 그 차이가 줄어들고 있다.

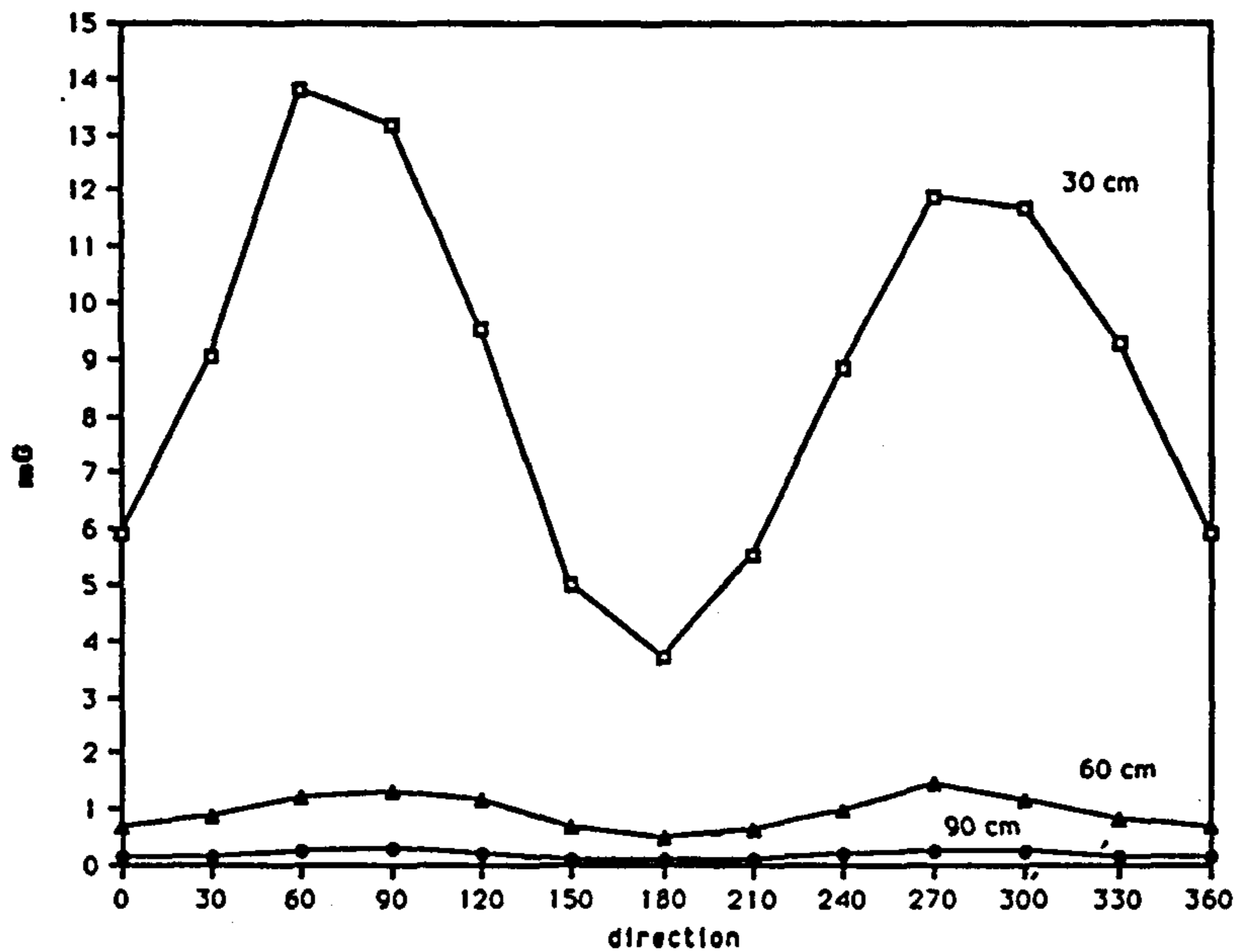


그림 2. 14" VDT 의 거리별, 방향별 자기장 측정

## 2. VDT 와 칼라 TV 의 자기장 측정 비교 (측정2)

VDT와 칼라TV와의 자기장을 비교 측정한 결과가 그림 3.에 표시되어 있다. 30cm 동일한 거리에서의 비교는 칼라텔레비전이 월등히 높게 나타났다. 100cm 떨어진 칼라텔레비전과 30cm 떨어진 VDT를 비교한 결과는 VDT가 약간 높은 것으로 나타났다. 보통의 VDT 작업에 많이 이용되는 14" 모니터 작업은 1m 떨어져 칼라텔레비전을 시청하는 것보다 0.8-1.4 mG정도 더 노출되고 있다고 볼 수 있다. 본 실험에서 측정한 VDT나 칼라텔레비전에서 나오는 자기장 값은 현재 선진제국에서 설정해 놓은 기준치에는 못미치는 수치를 나타내고 있다(표 2. 참조). 그러나 이러한 안전기준치 설정을 놓고도 아직 전문가들 사이에 이견이 좁혀지고 있지 못한 형편이므로 자기장의 인체에 대한 효과가 명확히 파악될 때 까지는 자기장에의 노출시간을 적게하며, 적정거리를 유지한 작업자세로 VDT 작업에 임해야 할 것이다.

표 2. 각국의 안전기준과 가전제품의 자기장의 세기

안전 기준	노출한계	가전제품	자기장의 세기
일본 일반	2 G	냉장고	0.001-0.01 G
일본 직업	5 G	전기담요	0.01 - 0.05 G
IRPA 일반	5 G	전자렌지	0.06 - 2 G
IRPA 직업	1.25 G	전기믹서	0.5 - 6 G
러시아 직업	18 G	진공청소기	2 - 10 G
영국	20 G	헤어드라이어	0.1 - 20 G

(자료 : IEEE Spectrum, Aug, 1990)

\* 일본 안전기준 : 徳丸仁, 전파는 위험하지 않은가, 1991

\* IRPA : International Radiation protection Association

\* 가전제품의 측정거리 : 근접거리

### 3. 보안경의 효과 (측정3)

14인치 VDT 30 Cm 거리에서 보안경을 부착한 경우와 부착하지 않은 경우의 자기장의 세기는 동일했다. 즉, 보안경은 자기장에 대해 물리적으로 차폐효과가 전혀 없는 것으로 나타났다. 자기장을 줄이기 위해서는 회로의 재설계, 자기장을 줄이는 전자재료의 개발 등이 필요할 것이다.

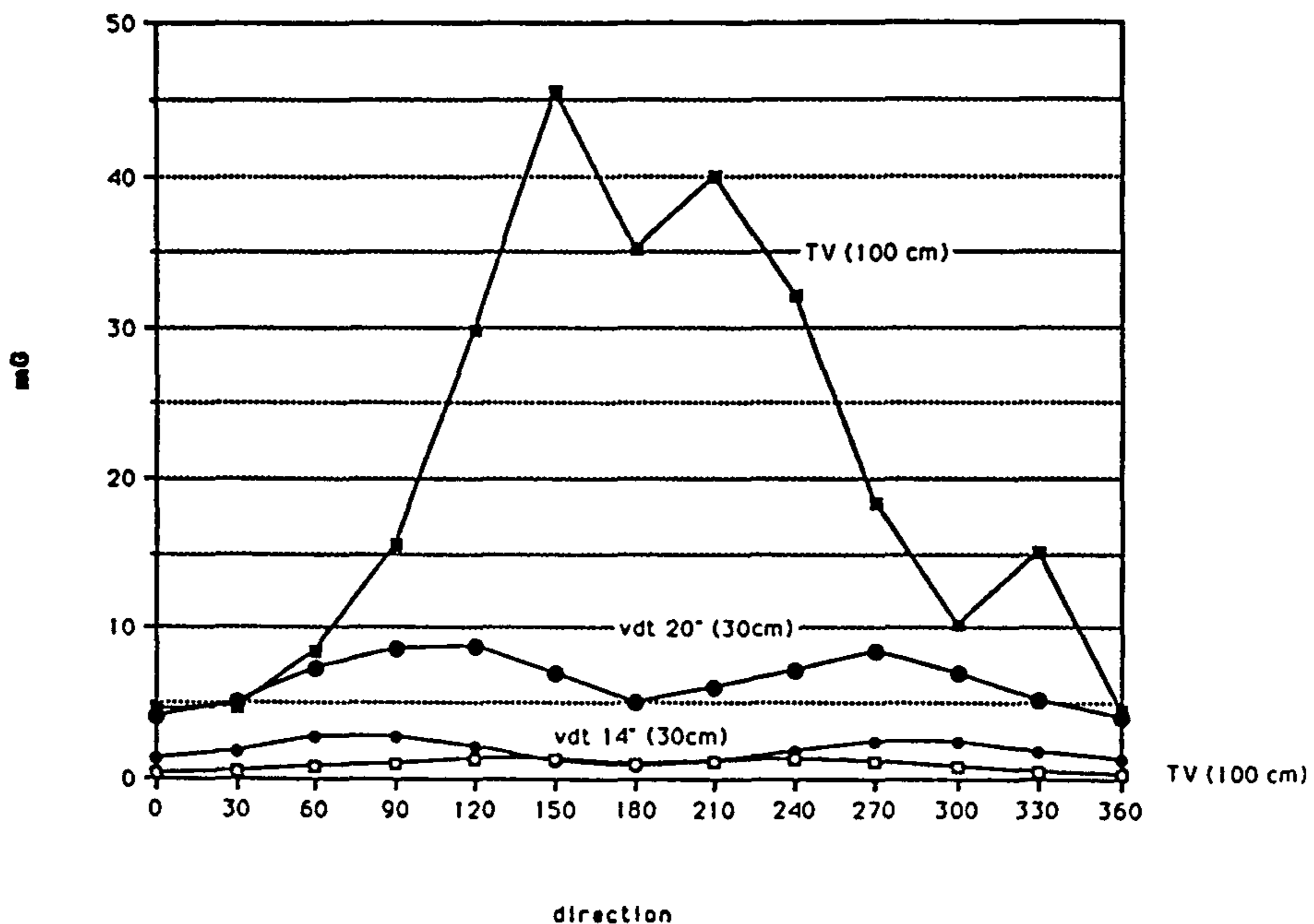


그림 3. VDT와 칼라텔레비전의 자기장 세기 비교

## IV. 결 론

VDT 작업은 현대의 많은 사무작업을 대체하면서 건강과 안전에 대한 여러 문제를 제기하고 있다. 그 가운데 하나로 최근 VDT 에서 발생하는 자기장의 인체에 대한 유해성 여부가 자주 논쟁의 대상이 되고 있다. 물론 모든 전기기구는 자기장의 발생을 수반하게 되지만, 노출시간과 사용의 광범위성으로 인해 VDT 가 우선 그 관심의 초점이 되고 있는 것이다.

본 연구에서는 VDT 작업시 노출되는 자기장의 형태를 측정하고 이를 칼라 텔레비전과 비교하였다. 또한 보안경의 효과도 측정하였다. 이러한 측정치를 다른 가전제품과 선진 몇 개 국가에서 규제하고 있는 안전기준과의 비교를 하였다. 측정결과 VDT의 자기장의 크기는 거리( $r^3$ )에 반비례해 급격히 줄어드는 것으로 나타났으며, VDT 전면부와 후면부의 세기가 약한 반면 양측면에서 강하게 나타났다. VDT 의 모니터는 크기가 클 수록 자장의 세기가 컸으며, 칼라 텔레비전의 경우 일반적으로 VDT에 비해 높은 값을 나타냈다. VDT 30cm에서 하는 작업은 텔레비전을 1 m 에서 시청하는 것보다 약간 높은 자기장에 노출되고 있다는 것을 알 수 있었다. 보안경은 그 성분상 자기장의 차폐를 전혀 할 수 없는 물질로 예상대로 그 효과는 전무하였다.

초저주파 (ELF) 영역에서의 자기장의 인체에 미치는 효과에 대한 연구는 비교적 최근에 시작되었기에 아직도 알려지지 않은 부분이 많고, 그 허용기준치 설정에 있어서도 아직 많은 논란이 있는 형편이다[1][4]. 다만 초저주파에 의한 인체에 미치는 구체적 메카니즘은 규명 안되었으나, 암을 비롯한 여러 질병과의 인과관계를 밝히려는 여러 증거가 제시되고 있는 상황이므로 가능한 한 강한 자기장에의 장시간 노출은 피해야 할 것이다. 특히 VDT 작업 종사자들은 장시간 집중적인 작업을 해야 하므로 VDT 가 발생시키는 전자파에 대해 적절한 보호를 받아야 할 것이다. 이미 IBM과 Apple 사는 VDT 자기장의 안전규제에 대비한 적 모델 개발을 시작하였다. [1]. 국내에서도 VDT 작업자, 관리자 그리고 생산자들도 이러한 세계적인 흐름에 발맞추어 VDT 가 발생시키는 자기장에 대한 연구와 이의 감소를 위한 노력을 시작하여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Fitzgerald, K., Electromagnetic fields: the jury's still out, IEEE Spectrum, 1990, Aug., 22-35
- [2] Son, D., A new type of fluxgate magnetometer using apparent corrective field strength measurement, IEEE Tr. on Magnetics, 1989, 25(5), 3420-3422
- [3] Walborg, E.F., Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: focus on tumor initiation, promotion, and progression, NEIVIA, 1991
- [4] 徳丸仁, 전파는 위험하지 않은가, 전파과학사, 1991
- [5] 공업진흥청, 자기: 정밀측정교재 87-013, 1987