

물리탐사자료 해석기술의 자동전산화 개발연구(I)

**A Study on the Computerized Geophysical
Data Interpretation(I)**

연 구 기 관

재단법인 한국동력자원연구소

과 학 기 술 처

제 출 문
과 학 기 술 처 장 관 귀하

본 보고서를 “물리탐사자료 해석기술의 자동전산화 개발연구” 과제의
일차년도 최종보고서로 제출합니다.

1990. 5. 24.

주 관 연구 기관 명 : 한국동력자원연구소
연 구 책 임 자 : 이 태 섭
연 구 원 : 서 상 용
 김 광 은
 박 영 수
 정 부 홍

요 약 문

1. 제 목

물리탐사자료 해석기술의 자동전산화 개발연구(I)

2. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라와 같이 부존자원이 적은 나라일수록 자원보유국 보다 우월한 자원탐사기술 개발로 자원부족을 극복할 필요가 있다. 예를들면, 일본이나 구라파 선진국들은 최첨단의 자원탐사기술로 국내외에서 활발히 자원탐사 활동을 하므로써 자국내의 자원부족을 극복할 뿐만 아니라 사용자 위주의 자원화로 유도하고 있다. 한국동력자원연구소는 핵심자원탐사기술인 항공 물리탐사장비를 1981년에 도입하여 자료획득 및 자료전산처리 기술을 개발하였다. 특히 1981년 부터 현재에 이르기까지 전 국토의 약 30%에 대한 항공탐사(자력 및 방사능) 자료가 획득되었으며, 이들 자료에 대한 전산처리 프로그램을 자체적으로 개발하여 자원탐사뿐만 아니라 국토이용 계획의 기초 자료로서 활용되는 각종 물리탐사도면을 제작출판하고 있다.

본 연구는 이들 자료를 효율적으로 활용하기 위하여 마이크로 컴퓨터를 이용한 자료해석기술을 개발하는 것이다. 최근 선진국의 자료해석기술 개발 동향은 고정도 그래픽 기능을 가진 워크스테이션을 이용하여 각종 해석용 프로그램을 종합 패키지화 하는 것이다. 이는 물리탐사를 전공하지 않은 사람도 쉽사리 이용할 수 있을 뿐만 아니라 색채도(color map)나 영상 처리기법을 이용한 음영도(shaded relief map)로 표현하므로써 이상대나

지질구조를 쉽사리 추출할 수 있다.

3. 연구 개발 및 범위

본 연구과제 1차년도에는 당 연구소 보유 주 컴퓨터인 TEMPUS 시스템에 의하여 전산처리된 항공물리탐사 격자망 자료를 PC용 자료로 변환하여 칼라 그래픽 기능을 가진 PC를 이용, 각종 해석용 프로그램 개발과 이를 도면으로 표현시키기 위한 색채도 작성(color map) 및 영상처리기법에 의한 음영도 작성용 프로그램을 개발하였다.

본 연구를 통하여 작성된 프로그램은 다음과 같다.

- 탐사자료의 PC용 자료로의 포맷변환 프로그램
- 색채도 작성 프로그램.
- 음영도 작성 프로그램.
- FFT를 이용한 해석용 프로그램.
 - 상향 및 하향연속(upward/downward continuation)
 - 자극화 변환(reduction to the magnetic pole)
 - 이차미분도(second vertical derivative)
 - 고역 통과/절단 필터(high pass/cut filter)
 - 저역 통과/절단 필터(low pass/cut filter)
 - 대역통과 필터(band pass filter)
 - 방향필터(directional filter)

4. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구보고서는 국내 항공물리탐사의 자료해석기술을 국제수준으로 확립하기 위한 2년간의 연구중, 제1차년도의 연구결과를 정리한 것으로 중

간보고의 성격을 띄고 있다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 주컴퓨터에서 전산처리되어 자기테이프에 수록된 항공물리탐사 격자망자료를 PC용 디스켓 자료로 변환시킴으로서 누구나 손쉽게 항공물리탐사자료에 접근하여 이용할 수 있게 되었다. PC나 워크스테이션을 이용한 자료표현 및 자료해석은 선진국의 연구개발 동향이다.
- 2) 칼라그래픽 기능을 갖는 PC나 워크스테이션에 적합하게 작성된 각종 자료해석용 프로그램들은 그간 10여년에 걸쳐 한국동력자원연구소에서 취득한 방대한 양의 항공물리탐사자료를 재해석하는데 이용될 것이다.
- 3) 본 연구과제를 통하여 국내 항공물리탐사기술 수준은 기존의 자료획득기술, 전산처리기술에 자료해석기술을 추가하므로써 선진국수준에 근접하게 되었으며 본 기술은 향후 해외자원개발시 핵심탐사기술로 활용될 수 있다. 또한 1990년 11월 초에 우리나라 주최로 개최될 예정인 아시아천해저광물자원탐사조정위원회 년례총회에 본 연구결과를 소개할 계획이다.
- 4) 1차년도에 개발된 소프트웨어는 2차년도에 menu-driven 소프트웨어 시스템으로 재편하여 패키지화할 예정이다.

SUMMARY

1. Title

A Study on the Computerized Geophysical Data Interpretation(I)

2. Purpose and importance of the study

The nations which have little mineral resources, like Korea, are forced to develop superior mineral exploration techniques in order to overcome the shortage of mineral resources. For instance, Japan and western European countries are actively engaged in exploring mineral resources home and overseas using their superior techniques not only to meet their domestic demand but also to control the world mineral market.

Airborne geophysics has been known as one of the most powerful techniques for mineral exploration. Korea Institute of Energy and Resources(KIER) purchased airborne magnetic and gamma-ray spectrometric field data acquisition system in 1981 and developed its own data processing software package. Since then, about 30 percent of the country has been covered by producing magnetic and gamma-ray spectrometric data. KIER annually published airborne geophysical contour maps to be used for mineral exploration and land utilization.

The purpose of the study is to develop the microcomputer-based interpretation software in order to maximize the utility of airborne data. The leading edge of airborne data interpretation technology in the developed countries is a computer-assisted interpretation skill which use a workstation with a high resolution color graphic function.

3. Content and scope of the study

In the first year of the project airborne geophysical data interpretation softwares are developed utilizing a microcomputer with a high resolution color graphic function. They include grid format conversion file for data transfer between the TEMPUS computer and microcomputer, color display, shadow display, and a two-dimensional frequency domain filtering techniques.

The following FORTRAN programs are developed :

GRDFMT is a program to convert the grid data file format for data transfer between the TEMPUS computer and microcomputer.

CMAP is a program for color display.

SHADE is a program to perform shaded relief transformation.

CNTN is a program which provide a two-dimensional frequency domain filtering such as an upward/downward continuation, a second vertical derivative, high and low pass filters, a band pass filter, and a directional filter.

RTPOL is a program to implement the reduction to the pole.

4. Results and suggestion

The report has the characteristics of an interim report which consists of the results of the first year work of two-year project. The results are summarized as follows :

- 1) Airbone geophysical data can be easily accessed for further data treatment by developing data file format conversion program between the TEMPUS computer and microcomputer.
- 2) Microcomputer-based interpretation softwares developed can be useful for re-interpreting the enomorous airborne data accumulated for past ten years.
- 3) The state of the art of Korean airborne geophysics will be close to the technical level of the developed countries by developing computerized airborne data interpretation techniques. The results of the study will be introduced in the 27th annual sessions of CCOP (Co-ordinationg Committee for Offshore Prospecting) in Seoul in the first week of November, 1990.
- 4) The software developed in the first year of two-year project will be re-edited in order to make a menu-driven software system during the second year.

CONTENTS

Summary	7
Chapter 1. Introduction	15
Chapter 2. Grid file format conversion	16
2 - 1. Input of grid data using the VAX computer	
2 - 2. Standardization of grid data	
Chapter 3. Color map presentation	23
Chapter 4. Shadow map presentation	27
Chapter 5. Filtering techniques using a two-dimensional Fourier transformation	34
5 - 1. Upward/downward continuation	
5 - 2. Reduction to the magnetic pole	
5 - 3. Second vertical derivatives	
5 - 4. Filtering	
Chapter 6. Conclusion	59
References	60
Appendix (Program List)	61

목 차

요 약 문	3
제 1 장 서 론	15
제 2 장 항공탐사자료의 포맷 변환	16
제1절 VAX 컴퓨터를 이용한 격자망자료의 입력	
제2절 격자망자료의 표준화	
제 3 장 색채도 작성	23
제 4 장 음영처리	27
제 5 장 푸리에 변환(Fourier transformation)을 이용한 자료처리	34
제1절 상향 및 하향연속	
제2절 자극화 변환	
제3절 2차 미분도	
제4절 필터링	
제 6 장 결 론	59
참 고 문 헌	60
부 록	61

1. 서 론

여타 자원탐사기술에서와 마찬가지로 항공물리탐사기술은 자료획득기술, 자료전산처리기술, 자료해석기술의 3박자가 완성되어야만 자원탐사에 효율적으로 이용될 수 있다. 항공물리탐사는 지형조건과는 상관없이 넓은 지역을 신속하게 탐사함으로써 대규모 탐사자료를 획득하게 되어 이들 방대한 자료의 처리 및 해석을 위한 각종 소프트웨어 개발이 뒤따라야 한다. 이들 자료는 자원탐사나 도로건설, 핵발전소 부지선정등의 국토활용을 위한 기초 자료로 이용될 수 있기 때문에 세계적으로도 자원보유국과 선진국에서는 이 방법을 활발하게 적용시키고 있다. 우리나라와 같이 국내자원부존에 제한을 갖는 경우는 본 기술을 개발보유하여 해외에서 자원탐사를 함으로서 국내수요자원을 충당할 필요가 있다. 이에 한국동력자원연구소는 핵심자원탐사기술인 항공물리탐사 장비를 1981년도에 도입한 이래로 현재 전국토의 약 1/3에 대한 항공탐사(자력 및 방사능) 자료를 획득하였다. 이들 야외탐사자료는 자체적으로 개발한 자료전산처리 소프트웨어 패키지인 KADIPS (KIER Airborne Data Interactive Processing System) version 2에 의하여 전산처리된 후 자원탐사에 이용되는 각종 항공물리탐사도면을 매년 제작출판하고 있다.

본 연구는 기존 국내 항공물리탐사자료 전산처리 시스템의 기술수준인 탐사도면 제작 단계에서 탐사자료의 해석단계로 발전시키는데 그 목적이 있다. 따라서 본 연구과제 제1차년도에는 당 연구소 보유 주 컴퓨터인 TEMPUS시스템에 의하여 전산처리된 1:50,000 축척도폭의 격자망자료(grid data)로 부터 누구나 손쉽게 사용할 수 있는 PC용 자료로 변환하여 PC를 이용하여 각종 자료해석용 소프트웨어 개발과 영상처리기법에 의한

자료 enhancement를 이루고자 한다. 본 연구과제 2차년도에는 1차년도에 개발한 각종 해석용 소프트웨어를 종합 패키지화하여 고정도(高精度) 위크스태이션에 알맞는 시스템으로 재편하고 아울러 기존의 16비트 TEMPUS 컴퓨터용 항공탐사자료 전산처리 소프트웨어 시스템(KADIPS version 2)을 수정보완하여 VAX등 범용 컴퓨터에 적합한 최신 소프트웨어 시스템으로 개발하고자 한다.

PC에서의 자료처리용 소프트웨어를 개발하기 위하여 TEMPUS 컴퓨터에서 전산처리된 1:50,000 축척 충주도폭 항공자력탐사자료를 입력자료로 활용하였다.

본 연구보고서는 제 2장에 주컴퓨터에서 전산처리된 탐사자료의 PC로의 포맷 변환에 대하여 기술하고 제 3장에는 등고선도(contour map) 표현 대신에 이상대선정을 쉽게 할 수 있는 색채도 (color map) 작성에 관하여, 제4장에는 지질구조(단층, 구조선, dyke, 지질경계부등)를 가시적으로 나타내 주는 영상처리기법에 의한 음영처리에 대하여, 제 5장에서는 고속푸리에변환(FFT)을 이용하여 각종 해석용 프로그램에 대하여, 마지막으로 제 6장에는 결론을 기술하였다. 부록에는 본 연구수행중 작성한 각종 프로그램의 원문을 수록하였다.

2. 항공탐사자료의 포맷 변환

한국동력자원연구소(동자연)는 매년 5-7,000 Line Km씩의 항공자력탐사와 항공방사능탐사를 실시하고 있으며 이를 전산처리하여 전자력도, 잔여자력도 및 각종 방사능도를 제작하여 출판하고 있다. 동 전산처리에 사용하는 컴퓨터는 미국 Geosource사로부터 도입한 TEMPUS 시스템이다. 본 컴퓨터는 원래 탄성파탐사자료의 전산처리를 목적으로 개발된 것이었으나

항공탐사자료 전산처리를 각종 소프트웨어를 국내 연구진에 의해 작성
추가시킴으로써 탄성파탐사자료 뿐만 아니라 항공물리탐사자료까지 전산처
리케 되었다. 한편 효과적인 자료해석을 위해서는 컴퓨터의 칼라그래픽
기능을 활용하여야 한다. 불행히도 당 연구소 보유 주컴퓨터인 TEMPUS
컴퓨터는 적절한 칼라그래픽 장치가 미비되어 본 연구의 수행을 위해서는
새로운 컴퓨터의 사용이 불가피하게 되었다. 현재 손쉽게 구할 수 있는
칼라그래픽 장치는 PC와 각종 워크스테이션이다. 즉, 항공물리탐사자료의
전산처리에 있어서 도면제작은 기존 TEMPUS 컴퓨터를 이용하고, 자료
해석은 PC 또는 워크스테이션을 이용하여야 한다.

이상의 항공물리탐사자료 전산처리 환경을 고려할 때 본 연구의 추진에
필요한 기본 자료는 TEMPUS 컴퓨터로부터 공급됨을 알 수 있다. TEM-
PUS 컴퓨터가 취급하고 있는 항공물리탐사자료는 야외탐사 자기테이프
부터 등고선 제작용 라스터(raster) 테이프까지 매우 다양하다. 한편 탐
사자료 해석연구는 등고선 제작 직전의 격자망 자료를 이용함이 효과적
이다. 여기에서는 TEMPUS 컴퓨터로 출력된 격자망 자료를 PC등 여타
컴퓨터로 전산처리 가능토록 포맷 변환을 실시코자 한다.

2 - 1. VAX컴퓨터를 이용한 격자망자료의 입력

동자연 보유 TEMPUS 컴퓨터는 이종 컴퓨터간의 자료 교환을 위한
출력 매체로서 자기테이프만을 이용한다. 따라서 자기테이프 입력기가 미
비된 PC나 워크스테이션에 직접 자료공급이 불가능하다. 다행히 동자연에
가동하고 있는 새로운 시스템인 VAX컴퓨터는 다수의 터미널 포트를 보
유하고 있어 PC 또는 워크스테이션과의 자료 교환이 가능하다. 따라서
TEMPUS 컴퓨터의 자료는 자기테이프로 출력시키고 이를 VAX컴퓨터의
자기테이프 입력기로 읽은 후 PC등에 공급하는 순서를 거쳐야 한다.

TEMPUS 컴퓨터의 격자망 자료는 하나의 헤더기록과 다수의 자료기

록으로 이루어진다. 헤더기록은 격자망 크기를 나타내는 두 변수 NX와 NY 및 최대 76자 까지의 코멘트(comment)로 이루어진다. 여기에서 NX는 X축의 격자 수를, NY는 Y축의 격자수를 의미한다. NX와 NY는 16비트 정수로 표시된다. VAX컴퓨터를 이용하여 헤더기록의 NX와 NY를 읽을때는 VAX컴퓨터의 정수 표시법이 TEMPUS컴퓨터의 그것과 다름을 유의하여야 한다. 즉 TEMPUS 컴퓨터는 제1바이트에 높은자리비트(most significant bits)가, 제2바이트에 낮은 자리비트(least significant bits)가 기록된다. 반면에 VAX컴퓨터의 16비트정수는 제1바이트에 낮은자리비트가 존재하고 제2바이트에 높은자리비트가 존재한다(Fig.2.1). 따라서 Tempus 포맷의 16비트 정수를 VAX컴퓨터의 정수로 바꾸려면 두 바이트의 위치를 서로 교환시킴으로써 가능하다. 부록에 표시한 GRDFMT 프로그램은 TEMPUS 컴퓨터의 격자망자료를 VAX 컴퓨터를 이용하여 변환시키는 Fortran 프로그램 원본이며, 문장순번 A088과 A089에서 참조하는 부속프로그램 VEC-SWAPWD를 이용하여 읽혀진 16비트 정수의 제1바이트와 제2바이트를 서로 교대시키고 있다.

Byte No. 1	Byte No. 2
S Most Significant Bits	Least Significant Bits

(a) TEMPUS 16-bit integer format

Byte No. 2	Byte No. 1
S Most Significant Bits	Least Significant Bits

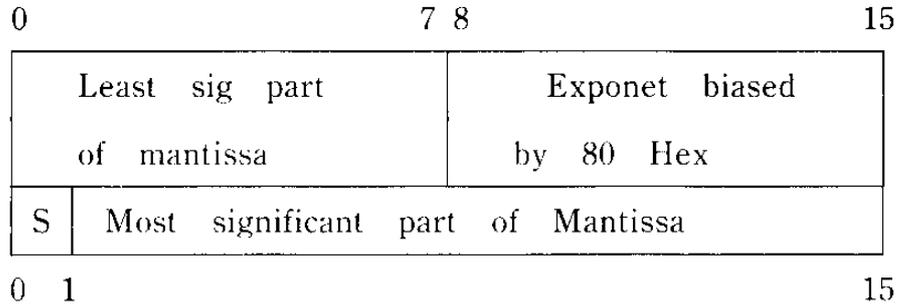
(b) VAX 16-bit integer format

Fig.2.1 Internal representation of a 16-bit integer

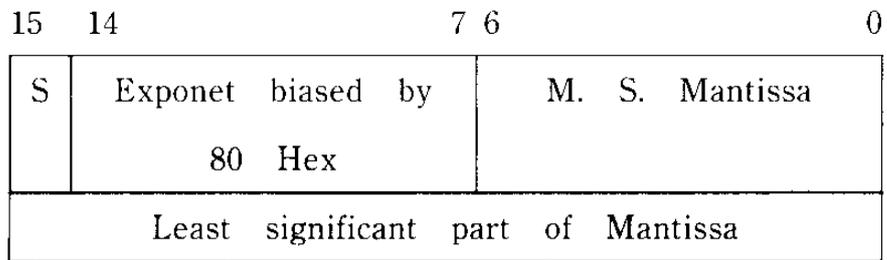
(a) by TEMPUS and (b) by VAX.

TEMPUS 컴퓨터의 격자망자료중 자료기록의 수는 총 NY개이다. 각 자료기록은 y좌표가 일정한 총 NX개의 자료를 포함한다. 각 자료는 4바이트 즉 32비트의 길이를 갖으며 TEMPUS 시스템의 실수 표시법인 RDS-704포맷으로 되어 있다. 하나의 실수는 부호, 소수부 및 지수부등 세가지로 구분되며 Fig.2.2의 (a)는 RDS-704 실수 표시법을 요약하고 있다. 즉 부호비트가 0이면 양수를 나타내고, 부호비트가 1이면 음수를 나타낸다. 본 소수부는 유효숫자의 절대치를 나타내고, 소숫점의 위치는 가장 높은자리비트의 좌측에 존재한다. 유효 비트 수는 총 23개이다. 지수부는 8비트로 이루어지며 16진수 80(10진수로 128)이 항상 많게 표시한다. 본 실수표기법을 이용할때 1.0은 16진수로 00814000으로 표시되고, -1.0은 0081C000으로 표시된다.

한편 Fig.2.2의 (b)는 VAX 컴퓨터의 실수 표시법을 나타낸다. VAX 컴퓨터의 바이트배열은 정수표시법과 마찬가지로 우측에서 시작하여 좌측으로 진행한다. 부호와 지수는 바이트배열 순서를 제외하고는 TEMPUS 포맷과 동일하다. 반면 VAX 컴퓨터의 소수부는 감춤비트(hidden bit)를 포함하고 있음이 특이하다. 본 감춤비트 표시법은 실수를 정규화(normalize) 시킬때 가장 높은자리 비트가 항상 1이 되는 현상으로부터 이를 소수부에서 근본적으로 제거함으로써 소수부에 실제로 할당된 비트수보다도 1이 많은 정밀도를 갖도록 하는 기법이다. 즉 VAX 컴퓨터의 실수 표시법에서 소수부에 할당된 비트 수는 23개이나 본 감춤비트로 말미암아 실제로 정밀도는 24비트이다. 예로써 VAX 컴퓨터를 이용하여 1.0을 표시하는 경우, 처음 16비트는 16진수로 4080이며 나중 16비트는 0이다. 또 -1.0의 처음 16비트는 16진수로 C080이며 나중 16비트는 0이다. 부록에 표시한 GRDFMT 프로그램의 문장순번 A123에서 참조하는 CVT-704-VAX 부속 프로그램은 TEMPUS 컴퓨터의 RDS-704 실수를 VAX 컴퓨터의 실수로 변환시키고 있다.



(a) RDS-704 Single Precision Floating



(b) VAX Single Precision Floating

Fig.2.2 Internal representation of a floating point number (a) by TEMPUS and (b) by VAX.

2-2 격자망 자료의 표준화

TEMPUS 컴퓨터로 출력된 항공탐사자료는 여타 컴퓨터를 이용하여 쉽게 전산처리하기 곤란하다. 이러한 이유는 이종 컴퓨터간의 자료교환에 따른 문제점뿐만 아니라 자료의 구체적 설명, 즉 탐사자료명, 탐사지역, 탐사일시, 탐사장비등 기타 필요한 정보등이 미비되어 전산처리 담당자 외에는 자료의 이용이 거의 불가능하기 때문이다. 여기서는 탐사자료의 표준화 내지는 일반화를 실시하여 누구나 손쉽게 자료 열람이 가능하도록 함으로써 새로운 해석기술의 발전에 밑거름이 되고자 한다.

컴퓨터의 자료형식중 자료 검색이 가장 손쉬운 것은 문자와 숫자들을 기호로 표시한 텍스트(text)파일이다. 텍스트 파일은 TYPE등 컴퓨터 표

준명령어를 사용하여 자료열람이 가능하고 나아가서 컴퓨터 표준편집기능을 이용하여 내용의 수정이 가능하다. 물론 Fortran등 사용자 프로그램으로도 자료 조작이 가능하다. 따라서 서로다른 컴퓨터간의 자료교환을 목적으로 격자망 자료를 표준화시킴에 있어서 화일형태를 텍스트 화일로 선정함이 효과적이다.

텍스트 화일은 문자나 숫자를 기호화함에 있어서 일정한 형식의 코드를 이용한다. 통상 사용하는 기호중 ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 코드는 VAX 컴퓨터와 PC등에서 공히 사용하고 있다. 따라서 본 격자망 자료의 표준화는 TEMPUS 컴퓨터의 출력을 ASCII 코드를 이용한 텍스트 파일로 변환시키는 과정으로 요약한다.

Fig.2.3은 1986년 충청도폭 항공자력탐사자료를 ASCII 텍스트 화일로 변환시킨 결과중 일부를 나타낸다. 화일의 머리부에는 여러 행의 자료 설명이 있어서 누구나 쉽게 자료의 성격을 알 수 있다. 자료 설명행은 제1칼람에 영문자 'C'가 항상 존재한다. 또 2, 3, 4 칼람은 행의 순번을 표시한다. 자료설명행중 최종행은 'C999'를 제1칼람부터 제4칼람까지에 포함한다. 다음으로는 격자망 자료가 수록된 행이 뒤따른다. 부록에 표시한 VAX 컴퓨터용 GRDFMT 프로그램은 본 자료변환을 위하여 작성한 것이다. VAX를 이용하여 자료 변환이 실시되면 동자연 PC 터미널중 하나에서 VTkermit 통신 소프트웨어를 이용하여 자료의 PC전송이 가능하다.

```

C001    TMAG                Data set id is Total magnetic intensity
C002    CHUNGJU            Area is Chung_Ju, Korea
C003    LL                  Map origin is the Lower-Left corner
C004    LR                  Scan direction is Left to Right
C005    Apr. 1986          Survey date
C006    N036D45M00S        Latitude of the lower-left corner
C007    E127D45M00S        Longitude of the lower-left corner
C008    N037D00M00S        Latitude of the upper-right corner
C009    E128D00M00S        Longitude of the upper-right corner
C010    Y. S. Park          Name of the observer
C011    S. S. Suh           Name of the pilot
C012    G-813/G-714        Model number of the magnetometer/digital recorder
C013    HL9227             Registration number of the aircraft
C014                180                NX: Number of samples per scan
C015                223                NY: Number of scan lines
C016    (8f9.2)           Data scan format
C999
49888.01 49887.99 49888.05 49888.37 49889.11 49890.39 49892.25 49894.61
49897.37 49900.44 49903.71 49907.10 49910.52 49913.92 49917.48 49921.40
49925.69 49930.26 49934.91 49939.43 49943.73 49947.77 49951.60 49955.38
49959.13 49962.90 49966.70 49970.37 49973.84 49977.02 49979.72 49981.95
49982.25 49983.05 49983.09 49982.55 49981.59 49980.18 49978.41 49976.51
49974.63 49970.59 49970.22 49971.37 49974.25 49978.94 49985.38 49993.38
50002.58 50012.63 50021.41 50025.77 50022.27 50013.89 50004.05 49994.55
49985.64 49977.30 49969.27 49961.30 49953.90 49947.07 49941.02 49935.88
49931.52 49927.94 49924.81 49921.95 49919.71 49917.48 49915.34 49913.35
49911.20 49908.84 49906.23 49903.38 49900.30 49896.95 49893.53 49889.89
49886.22 49882.84 49880.02 49878.10 49877.38 49878.46 49881.68 49887.35
49895.34 49904.64 49912.70 49915.43 49909.36 49898.05 49886.67 49878.45
49874.04 49872.72 49873.26 49874.73 49876.20 49877.30 49877.80 49877.43
49875.92 49873.91 49871.51 49869.26 49867.21 49865.52 49863.84 49861.69
49859.12 49856.52 49853.26 49850.04 49847.02 49844.44 49842.40 49841.58
49842.77 49846.36 49851.80 49860.27 49871.28 49884.24 49897.91 49911.02
49922.75 49933.23 49943.35 49949.85 49956.81 49961.65 49964.86 49965.66
49963.51 49958.40 49951.85 49946.21 49943.63 49945.33 49951.48 49960.47
49968.64 49971.39 49963.86 49943.82 49914.03 49880.36 49849.89 49828.23
49818.19 49817.79 49822.98 49829.55 49834.89 49837.98 49838.62 49837.52
49835.74 49834.41 49834.52 49836.48 49839.34 49841.88 49843.28 49844.11
49845.33 49847.68 49851.04 49853.19 49845.76 49837.23 49830.02 49824.72
49821.66 49821.15 49823.35 49827.68
49889.56 49889.77 49890.08 49890.63 49891.56 49892.97 49894.88 49897.25
(Omitted...)

```

Fig.2.3. An example list of reformatted grid data.

3. 색채도 (Color Map) 작성

기존의 등고선도 표현에서 자력이상의 고저분포의 확인을 위해서는 등고선 값을 일일이 읽어야만 하는 불편함이 있다. 이를 색채도로 표현한다면 이상대 분포를 쉽고 명료하게 파악할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 최근 급속히 발전하는 컴퓨터의 칼라 그래픽기능을 이용하여 격자망자료를 색채도로 표현하는 프로그램을 작성하였다.

ASCII화일의 형태로 기록되어 있는 총자력치(total magnetic field intensity) 격자망 자료(grid data)는 PC에서 다시 binary 화일로 바뀐다. ASCII화일은 그 도폭 자료의 지역명, 위치(위도, 경도), 측정일자, 측정자이름, 항공기 조종사이름, 사용된 측정기기, 항공기 고유번호, 자료의 라인당 갯수 및 라인 수 등 다양한 정보가 기록되어 있으나 새로이 만들어 지는 binary 화일에는 단지 자료의 갯수, 최대값, 최소값 그리고 자료값만을 기록한다. 이와 같은 형식의 binary 화일로 바꾸면 기억공간이 절약될 뿐만 아니라 다양한 처리를 위한 입출력 처리시간도 단축된다. 이 binary 화일은 처음 2 byte에는 한 스캔라인(scan line) 당 자료의 갯수가, 다음 2 byte에는 전체 스캔라인의 갯수가 기록된다. 다음에는 자료의 최대, 최소값이 각각 4 byte씩 차지하고 이후 4 byte 당 1개의 자료씩 연속적으로 기록된다. 자료순서는, 도폭상의 좌하단 자료가 첫번째로 기록되며 오른쪽으로 진행한다. 이와 같은 binary 화일 형식은 본 연구에서 색채도 작성 뿐만 아니라 다른 수치처리를 위한 입력이나 모니터에의 출력을 위한 입력의 기본형식으로 사용되었다.

본 연구에서 사용한 그래픽 시스템은, IBM Compatible AT와 VGA 그래픽보드, IBM 칼라 모니터 및 HP Paint Jet 칼라 프린터로 구성되어

있다. 이 시스템은 640×480 pixels의 해상도로서 16색을 이용하거나 혹은 320×200 pixels의 해상도로서 256색을 이용할 수 있으며, 본 연구에서는 두가지 모드를 모두 이용하여 각각 다른 종류의 색채도로 표현하여 보았다. 프로그래밍 작성을 위하여 사용된 언어는 MS-Fortran이며 그래픽 소프트웨어는 Media Cybernetics사의 HALO'88 Graphics Kernel System이 사용되었다.

Fig.3.1에는 640×480 pixels의 해상도로서 총주도폭 총자력치를 나타냈는데, 이 해상도 모드에서는 16색이 사용될 수 있으므로 흰색과 검은색을 제외한 14색으로 자력치를 표현하였다. 높은 자력치는 붉은색 계통으로, 낮은 자력치는 파란색 계통으로 나타냈고 노란색 계통은 중간값을 나타내는데 이용되었다. Fig.3.2는 320×200 pixels의 해상도 모드로 나타낸 같은 자료이며 총 256색을 이용할 수 있으나 128색만을 이용하여 표현한 것이다. 여기에서는 무지개색 분포 (rainbow spectrum)와 비슷하게 색의 순서를 정하였다. 이와 같은 색채도들을 모니터에 출력하는 프로그램은 'CMAP'의 이름으로 작성되었으며 위에서 설명한 두가지 모드의 색채도 이외에 최대 256단계의 명도차를 갖는 흑백도(gray scale map)로도 출력할 수 있도록 되어 있다.

프로그램 'CMAP'을 수행시키면, 우선 입력 자료파일의 이름을 물어오며 이후, 해상도 모드(640×480 , 320×200), 도면의 종류(칼라, 흑백), 도면의 크기를 조절하는 요소인 zoom factor, 칼라색인(color index)의 유부 등 선택사항들을 물어온다. zoom factor는 소수점 단위로 입력이 가능하며 자료의 크기와 선택된 해상도 모드를 고려하여 입력해야한다. 모든 주변조건들이 설정되고 나면 입력 자료파일로부터 읽혀진 각 자료의 모니터상에서의 위치를 zoom factor에 의거하여 결정하고, 그 값을 해당 색을 나타내는 값으로 변환한 후 모니터에 출력한다. 일단 모니터에 나타낸 도면은 프린터로 출력할 수도 있고 영상파일(image file)로 재저장할 수도

있다. 재저장된 영상화일은 모니터로의 출력시 위치계산이나 색변화과정이 필요없으므로 자료화일을 도면으로 출력하는 경우에 비해 훨씬 빠르다. 따라서 완성된 도면이나 자주 출력할 필요가 있는 자료에 대해서는 영상화일을 만들어 두는것이 효과적이다. 본 보고서에 수록되어 있는 모든 도면들은 여기에서 설명한 'CMAP' 프로그램을 이용하여 만들어진 것이며 프로그램 원문은 부록에 첨부하였다.

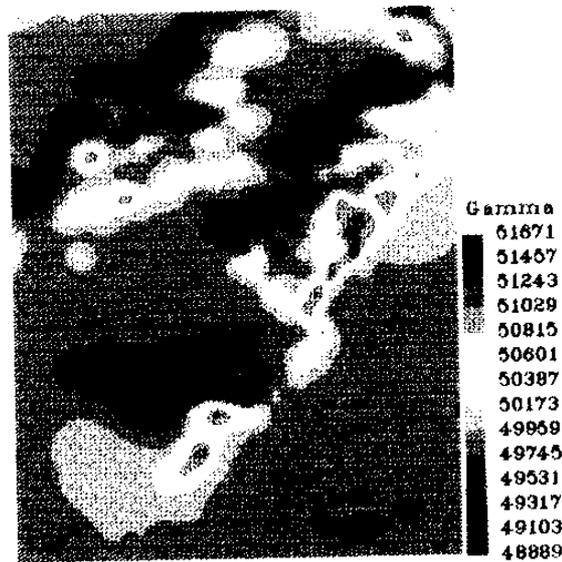


Fig.3.1. Total magnetic field intensity map of Chungju.
resolution mode 640×480.

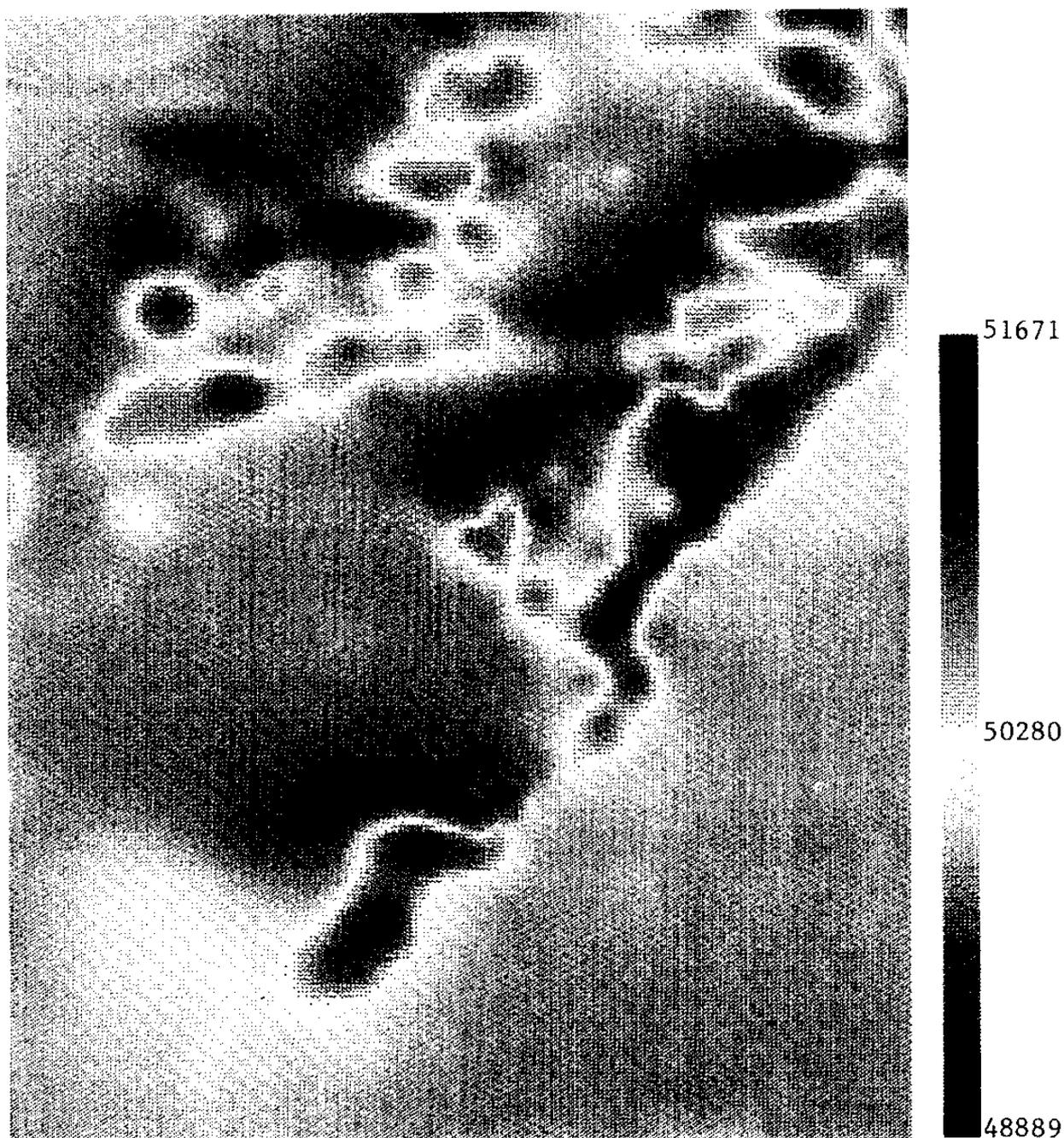
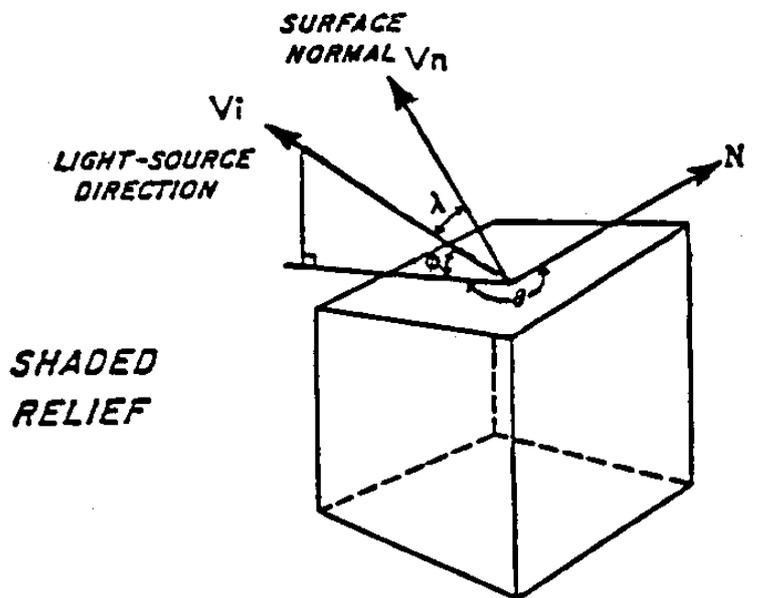


Fig.3.2. Total magnetic field intensity map of Chungju, resolution mode 320×200 .

4. 음 영 처 리

자력 이상치의 크기가 비교적 작고 또한 그 이상치의 분포 폭이 좁은, 다이크(dike)와 같은 지질구조에 의한 이상대가 큰 이상대속에 존재한다고 할때, 기존의 등고선도나 색채도에서는 식별이 곤란한 경우가 많다. 이러한 경우, 자료가 이루는 평면에 특정한 방향에서 빛을 비추어 반사되는 빛의 양을 반사도로 계산하여 표현한다면, 이 반사도는 한 지점의 표면경사와 비추어지는 빛의 방향에 따라 결정된다. 따라서 크기는 작더라도 변화율이 큰 이상치는 크기가 크면서 넓은 지역에 걸쳐 분포하는 이상치보다 두드러지게 보이게 된다. 또한 비추어지는 빛의 방향을 바꾸어봄으로써 방향성을 갖는 이상대도 더욱 쉽게 확인을 할 수가 있게 된다.



**REFLECTED LIGHT AT THE SURFACE ELEMENT
IS PROPORTIONAL TO $\cos(\lambda)$**

Fig.4.1. Principle of the shaded relief technique, showing the geometry and relevant nomenclature (After S. D. Dods et al., 1985).

이러한 자료 표현기법을 음영처리(shaded relief)라 하며, 이 음영처리 기법(Horn and Bachman, 1978)은 지표지형형상을 강조하거나, 보다 최근에는 자동항법(automatic navigation), 원격탐사자료의 영상처리에 널리 이용되고 있다. Fig.4.1에 그 원리를 나타냈다.

한 지점에 비추어지는 빛의 방향을 수평각 θ 와 수직각 ϕ 로 나타낼때, 이 방향은

$$V_i = (\cos\theta \cos\phi, \sin\theta \cos\phi, \sin\phi) \dots\dots\dots (4 - 1)$$

의 벡터로 표현되며, 이 지점에서의 표면의 변화율을 각각 $p = \partial z / \partial x$, $q = \partial z / \partial y$ 로 나타낸다면 이 표면에 대한 수직방향 벡터는 다음과 같다.

$$V_n = (-p/R, -q/R, 1/R) \dots\dots\dots (4 - 2)$$

$$, \text{ 여기서 } R = \sqrt{p^2 + q^2 + 1}$$

우리가 원하는 반사도는 위의 두 방향이 이루는 각의 코사인값이며, 이는 두 벡터 V_i 와 V_n 의 내적(scalar product)이 된다.

$$\cos\lambda = \frac{-p \cos\theta \cos\phi - q \sin\theta \cos\phi + \sin\phi}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} \dots\dots (4 - 3)$$

한편 관측방향도 같은 방법으로 고려할 수 있으나 여기에서는 아주 멀리 떨어진 직상부에서 관측한다고 가정하며 또한 자료가 이루는 표면은 완전한 분산자(perfect diffuser)로 가정한다. 그러면, 이 $\cos\lambda$ 값을 비례하는 밝기로 나타내어 곧바로 음영도(shaded relief map)로 표현된다.

음영처리를 위한 입력자료로는, 탐사자료 이외에 비추어지는 빛의 방향과

스케일링 요소가 있다. 빛의 방향은 X축과 이루는 수평각 θ 와 Z축과 이루는 수직각 ϕ 로서 주어지며 스케일링(scaling) 요소란 격자망 간격을 탐사자료의 크기와 관련시키는 것으로, 표면경사의 완급을 조절한다. 입력이 완료되면 스케일링요소와 읽혀진 자료로부터 각 지점에서 표면에 수직인 방향벡터와 빛의 방향벡터와의 내적값을 계산하여 이를 각각에 해당하는 밝기로 전환, 화일에 저장한다.

Fig.4.2는 음영처리의 예로써 수직각 45° , 수평각 135° 로 빛을 비추는 경우이고, Fig.4.3은 수직각은 변경하지 않고 수평각만을 90° 로 하여 그림의 위쪽에서 비추는 음영도이다. 한편 위와 같이 반사도를 계산하여 밝기로서 표시한 음영도에 색으로서 이상치 크기를 동시에 표현하면 밝기는 변화율을 나타내고 색은 크기를 나타내게 되어 더욱 해석이 용이한 표현이 된다. Fig.4.4와 Fig.4.5는 각각 Fig.4.2와 Fig.4.3에 이상치 크기를 색으로서 동시에 표현한 칼라 음영도이다. 본 음영처리를 위하여 작성된 프로그램 'SHADE'의 원문은 부록에 수록하였다.



Fig.4.2. Shaded relief map of total magnetic field intensity ;
Azimuth angle = 130° , Polar angle = 45° .



Fig.4.3. Shaded relief map of total magnetic field intensity ;
Azimuth angle -90° , Polar angle $=45^\circ$.

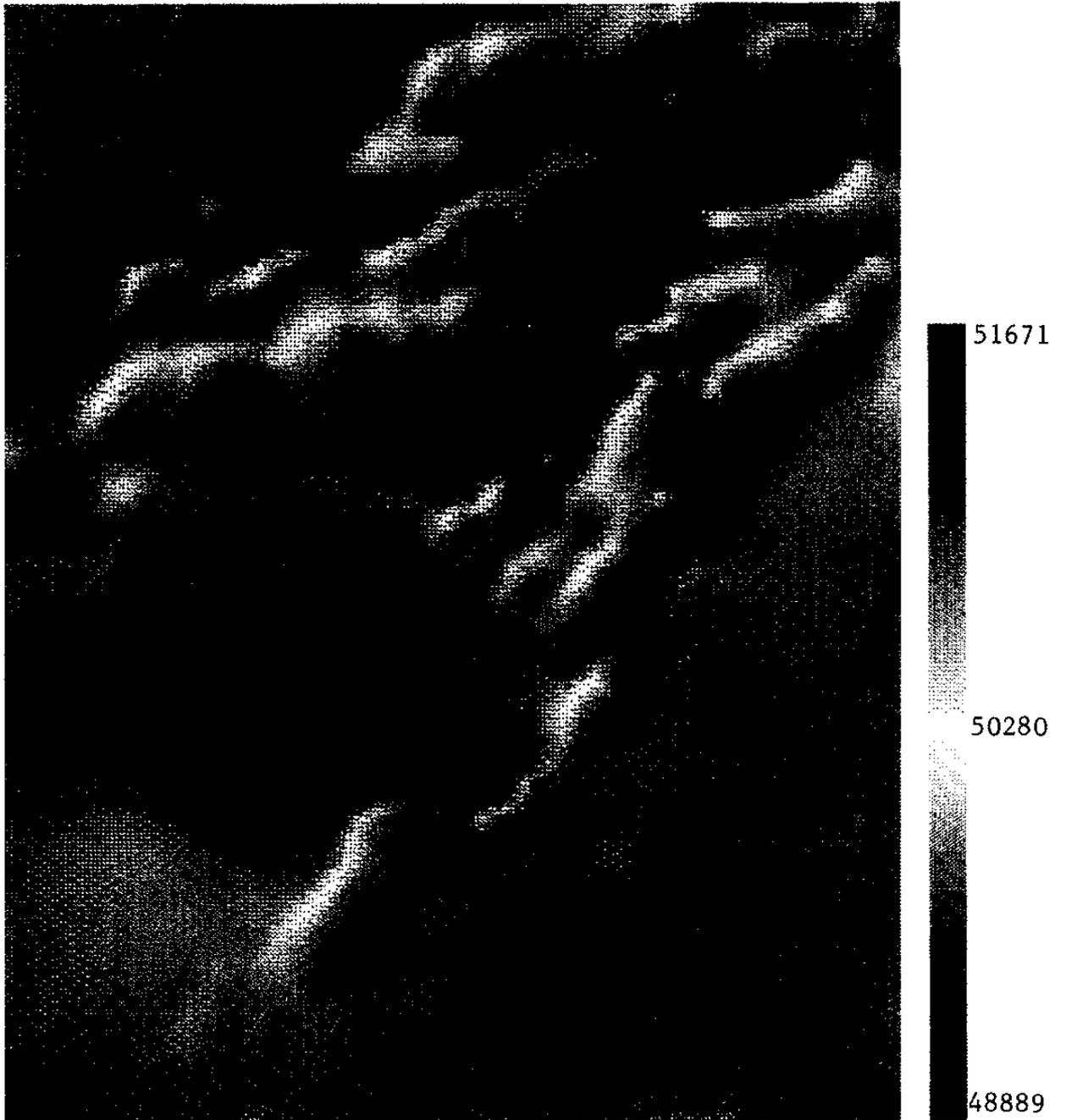


Fig.4.4. Color shaded relief map of total magnetic field intensity ;
Azimuth angle = 135° , Polar angle = 45° .

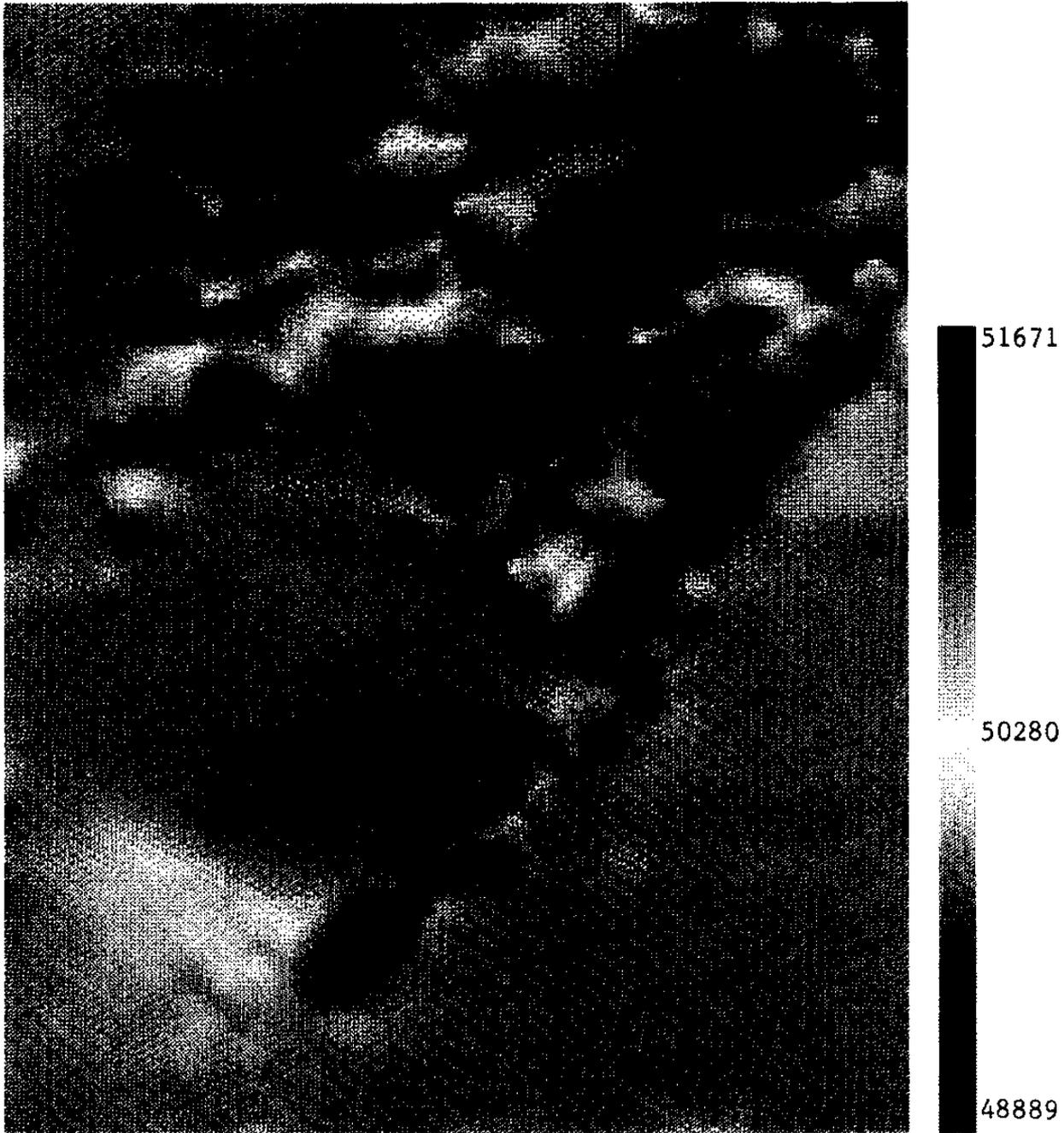


Fig.4.5. Color shaded relief map total magnetic field intensity :
Azimuth angle = 90°, Polar angle = 45°.

5. 푸리에 변환(Fourier Transformation)을 이용한 자료처리

총 자력치는 2중 푸리에 급수로 전개하면, 미분법(derivatives), 연속법(continuation), 자극화 변환(reduction to the pole)등의 수치처리기법을 적용할 수 있다.

푸리에 변환은 이론적으로 무한 적분 변환이므로 자력이상이 주파수영역에서 완전히 표현될 수 있도록 샘플링 간격이 충분히 좁아야 하며, 입력치 영역도 충분히 넓어야 한다.

본 연구에서는 PC에서의 계산의 신속 및 편의를 위하여 원래의 180×223 개의 그리드 자료를 90×112 개의 그리드로 재샘플링 하였다. 180×223 개의 그리드 자료에서의 샘플링 간격은 125m였으므로 90×112 로 재샘플링된 그리드 자료에서 샘플링 간격은 250m가 된다. 또한 입력영역이 흥미영역에 비하여 충분히 크게 되도록 외삽(extrapolation)을 시켜주어야

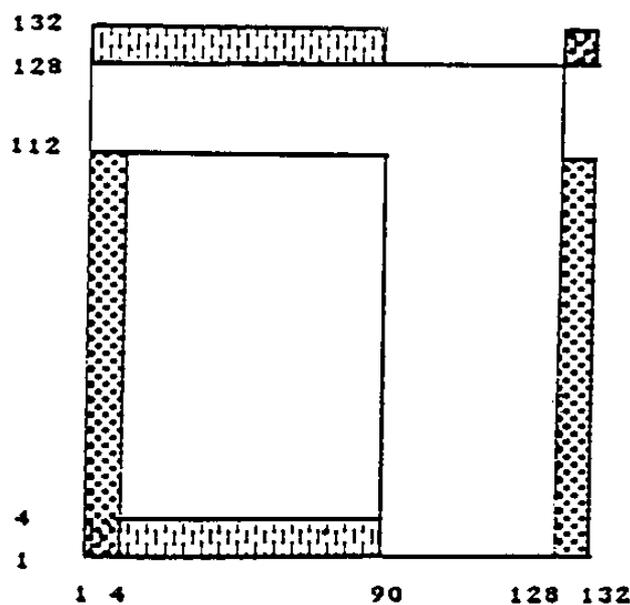


Fig.5.1. A schematic diagram for extrapolation of grid data.

하는데, 본 연구에서는 입력영역이 확장됨과 동시에 주기함수가 될 수 있도록 Fig.5.1에서와 같이 아래쪽과 왼쪽의 4줄씩의 자료를 각각 129-132행과 129-132열에 복사해두고 내삽(interpolation)을 시키는 방법을 이용하였다.

이렇게 하면 128×128개의 자료로 확장됨과 동시에 주기함수가 된다. 내삽을 위해서는 bicubic spline방정식의 유한차분해법을 이용하였다.

이렇게 하여 확장된 자료를 푸리에 변환하여 확장자 FFT를 갖는 화일에 저장하며 이 화일은 각종 수치처리를 위한 입력자료가 된다. 한편 총자력치를 T라 할 때 이를 2중 푸리에 급수로 전개하면

$$T(x, y, z) = \sum_{m=0}^{m_0} \sum_{n=0}^{n_0} (A_{mn} \cos k_m x \cos k_n y + B_{mn} \sin k_m x \cos k_n y + C_{mn} \cos k_m x \sin k_n y + D_{mn} \sin k_m x \sin k_n y) e^{\alpha_{mn} \cdot z} \dots\dots\dots (5 - 1)$$

Where, $\alpha_{mn}^2 = k_m^2 + k_n^2$
 $k_m = 2\pi m / Lx, \quad k_n = 2\pi n / Ly$
 $Lx, Ly : x, y$ 방향의 길이
 $m_0, n_0 ;$ highest harmonics

와 같이 표현된다.

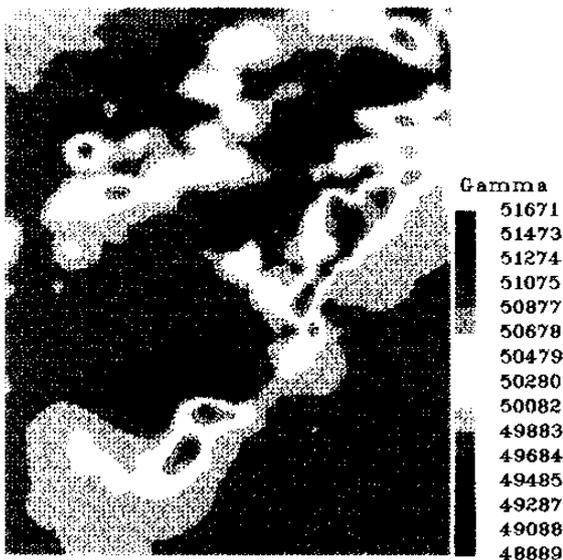
5 - 1. 상향 및 하향연속 (upward/downward continuation)

상향연속은 지표근처의 작은 구조들에 의한 영향을 감소시킴으로써 전체적인 심부지질 구조해석에 도움을 주며 반대로 하향연속은 여러 복잡한

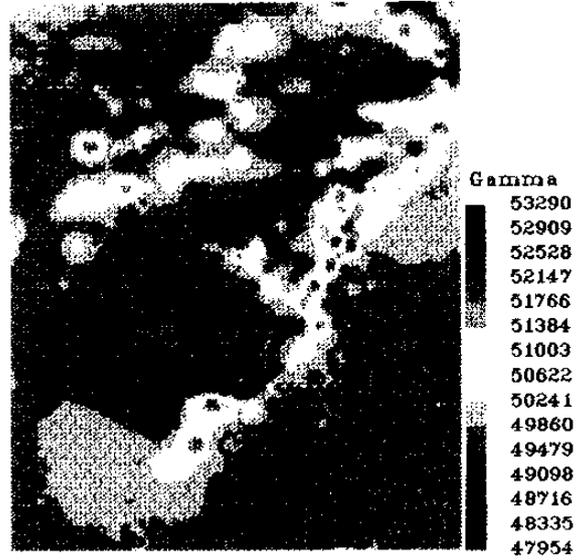
구조에 의하여 나타나는 천부 자기이상에 대한 분해능을 향상시킨다.

상향 및 하향연속을 위해서는 단지 (5-1)식에서 측정면의 심도를 나타내는 z 에 원하는 연속량을 대입하면 된다. (5-1) 식은 z 의 양의 축을 지하방향으로 나타냈으므로 하향연속일 경우에는 양의 값으로, 상향연속일 경우에는 음의 값으로 대입한다. 그러나 하향연속은 일종의 고주파증폭 필터이므로 자성체에 가까이 가거나 하향연속량이 크게되는 경우에는 고주파성분의 급격한 증폭에 의하여 진동이 발생한다. 따라서 원하는 심도까지 하향연속 시키기 위해서는 고주파 절단필터를 사용해야 하며 절단 주파수는 자료의 질에 따라 결정한다. 절단 주파수가 너무 크면 진동등에 의한 고주파잡음의 제거가 미흡하게 되고 너무 작은 경우에는 잡음이 아닌 신호까지 제거되어 하향연속의 효과가 미흡하게 된다. 일반적으로 자력탐사 자료해석을 위한 상향 및 하향연속은 자극화 변환과 병행해야 하나 여기에서는 단지 그 적용을 고찰하기 위한 것이므로 총자력치를 가지고 수행하였으며, 자극화 변환 후의 상향 및 하향연속은 5-2절에 다루었다. 본 FFT를 이용한 연구에서의 입력자료는 128×128 개이고 샘플링 간격은 250m이므로, 기본 파장(fundamental wavelength)은 32000m(즉, $250m \times 128$)가 되며 기본 주파수(fundamental frequency) f_0 는 $1/32000$ cycles/m가 되고 Nyquist 주파수 f_N 은 $64 \times f_0$ cycles/m가 된다.

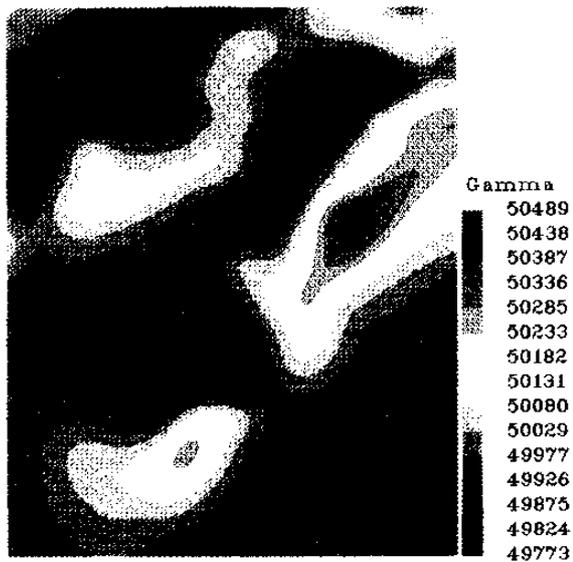
Fig.5.1.1에 상향 및 하향연속의 예를 나타냈다. 이 그림에서(a)는 총자력치 이상도이며 (b)는 250m만큼 하향연속시키고 기본 주파수의 60배 이상이 되는 고주파를 절단시킨 결과이다. (c)는 1250m만큼 (d)는 2500m만큼 상향연속시킨 결과이다. 일반적으로 하향연속은 샘플링 간격의 $2/3$ 을 넘지 않는 것이 좋으나(Dean, 1958; Bhattacharyya, 1965), 이는 자료에 따라 다를 수 있다. 본 연구에서는, (b)의 경우에서 알 수 있듯이 샘플링 간격(250m)만큼 상향연속시킨 결과도 고주파잡음이 그리 심하지 않았다.



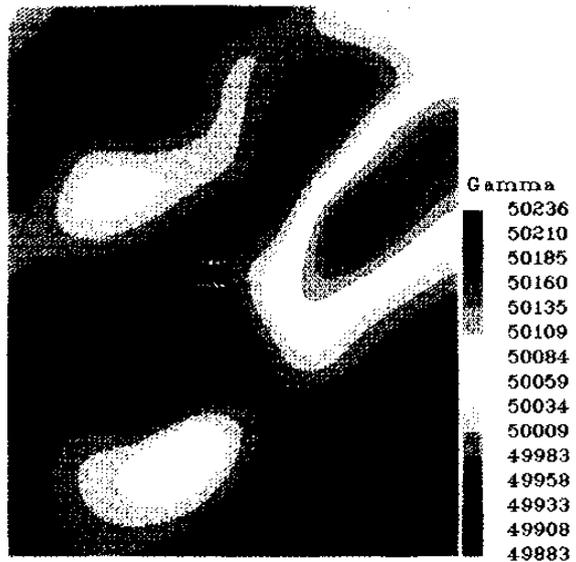
(a) Total magnetic field intensity ;



(b) 250m downward continued and high cut filtered at 60/32000 cycles/meter ;



(c) 1250m upward continued ;



(d) 2500m upward continued.

Fig.5.1.1. Examples of continuation.

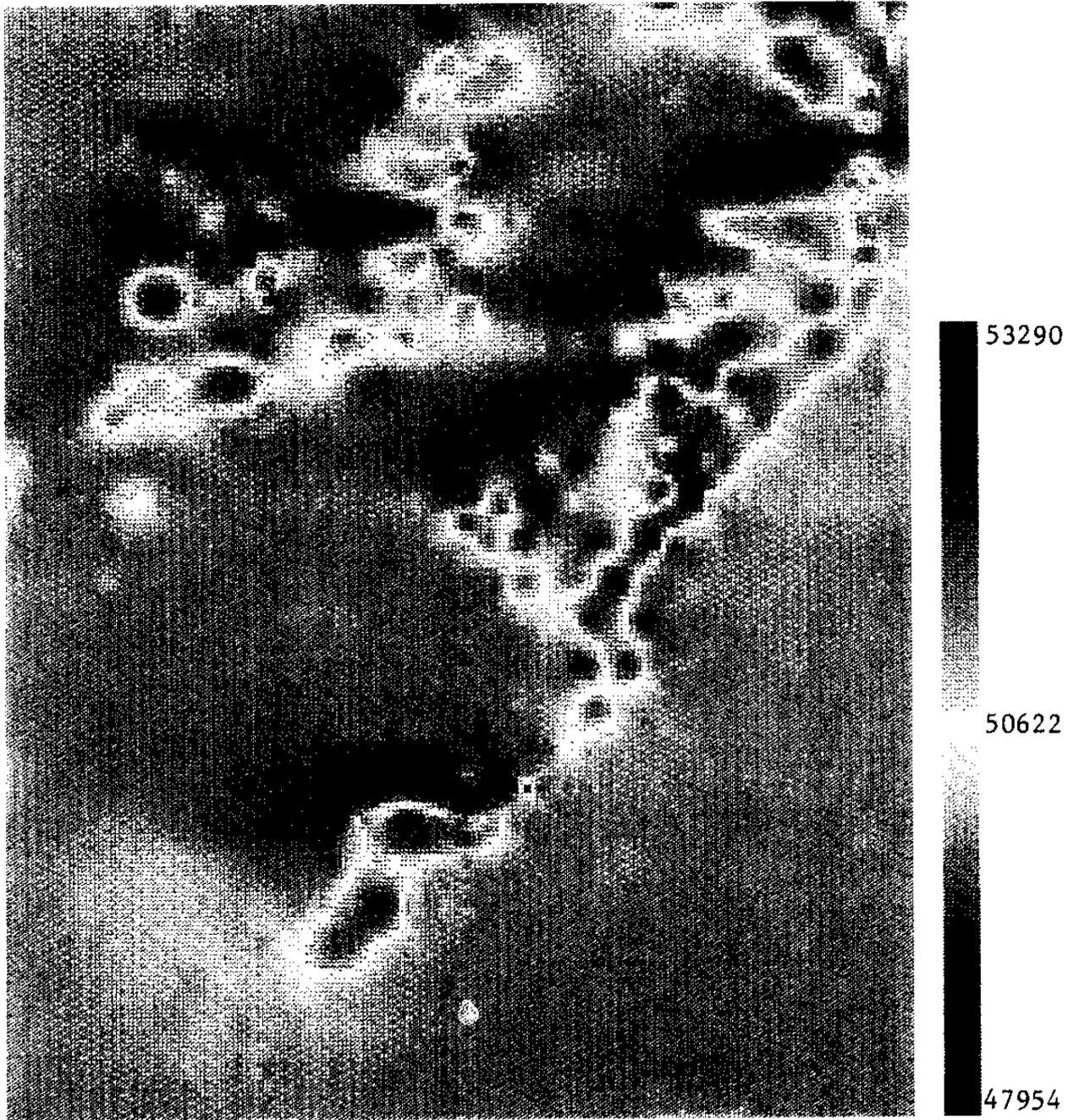


Fig.5.1.2. 250m downward continued and high cut
filtered at 60/32000 cycles/meter.

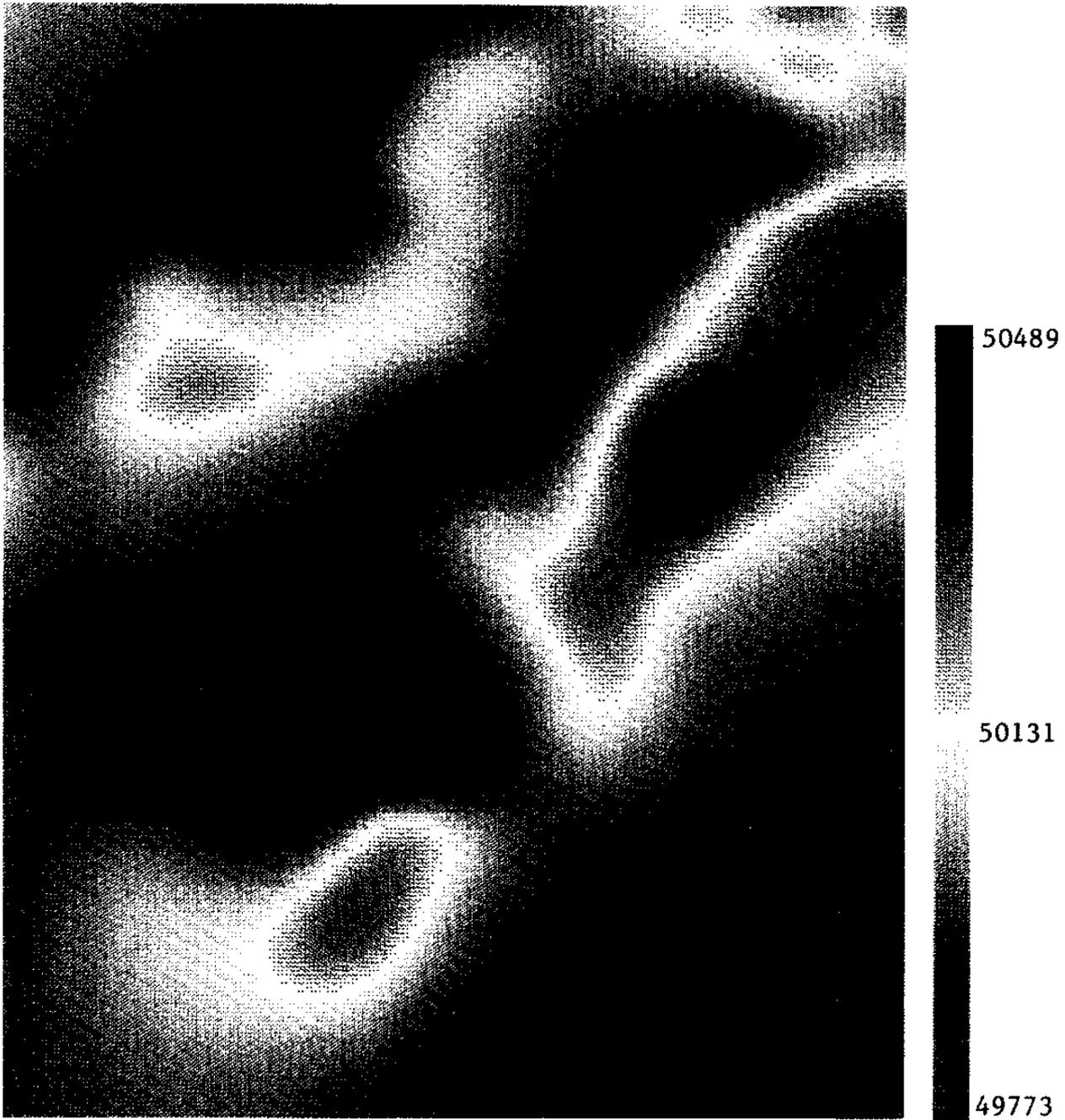


Fig.5.1.3. 1250m upward continued.

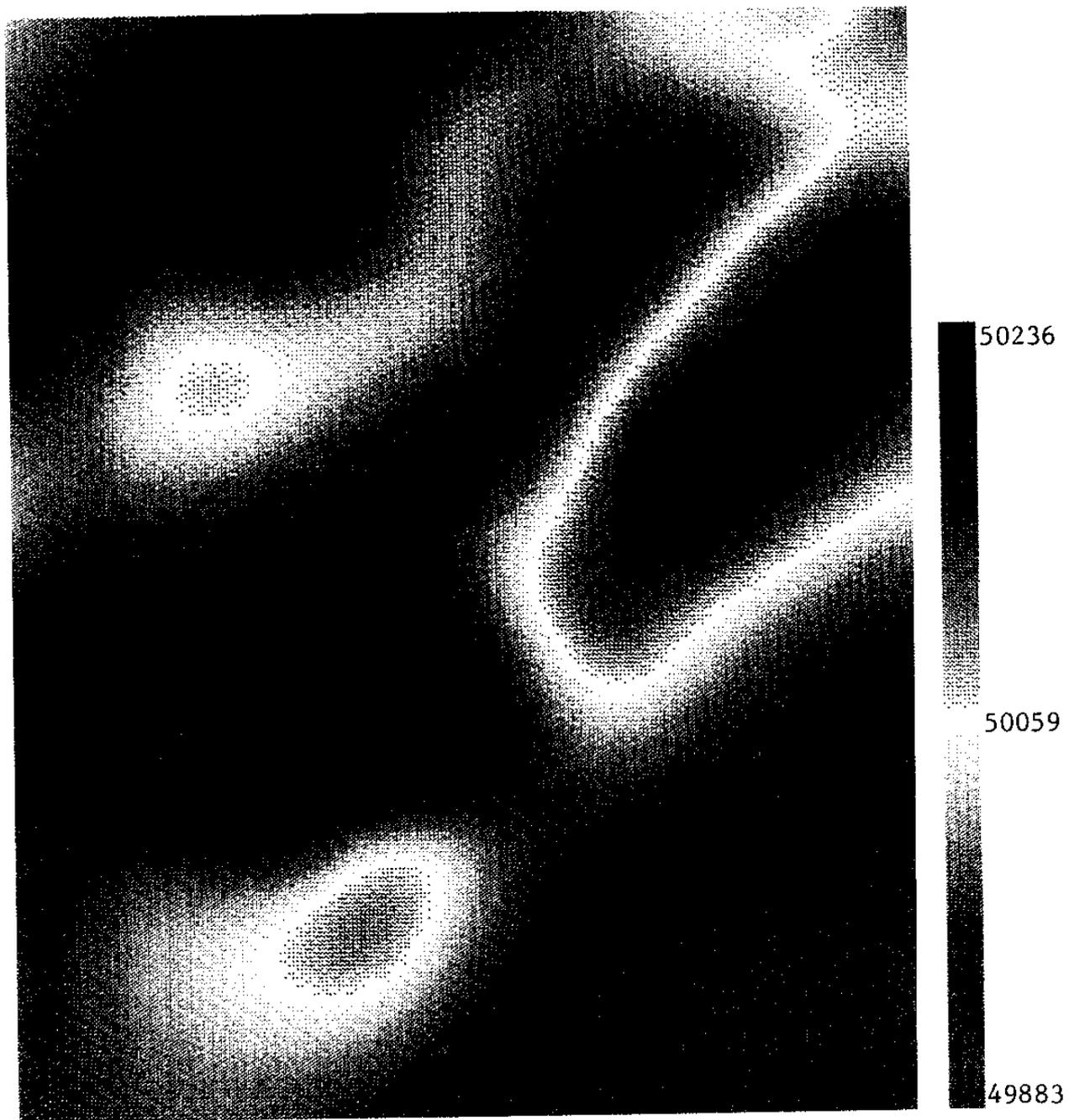


Fig.5.1.4. 2500m upward continued.

(a)의 총자력치의 최대값이 51,671감마이고 최소값이 48,889감마인데 반해 (b)의 하향연속도에서는 최대값이 53,290감마이고 최소값이 47,954 감마로서 원래의 입력자료보다 고주파성분이 증폭되었음을 알 수 있다. (d)의 상향연속도에서는 이와 반대로 최대값이 감소되고 최소값이 증가되어 일종의 고주파 절단필터로서 작용되고 있다. Fig.5.1.2부터 Fig.5.1.4까지는 각각 Fig.5.1.1의 (b), (c), (d)를 320×200 pixels의 해상도 모드에서 표현한 것이다. 상향 및 하향연속을 위해 본 연구에서 작성된 프로그램 'CNTN'의 원문은 부록에 수록하였다.

5 - 2. 자극화 변환

(reduction to the magnetic pole)

총자력이상의 모양은 자성체의 형태뿐 아니라 자화방향과 지자장벡터의 방향에 의하여 결정된다. 그러므로 자력이상의 중심이 자성체의 직상부에서 벗어나게 되며 대칭성도 없어 해석이 어려움이 따른다. 자극화 변환은 총자력치를 마치 북각이 90° 이어서 수직성분이 곧 총자력이상이 되는 자극(magnetic pole)에서 측정된 값과 같이 변환시키는 수치기법이다. 자극화 변환에 의하여, 자화(magnetization)와 지자장의 북각(inclination)과 편각(declination)에 의한 지그러짐 효과를 제거하면 자력이상이 마치 중력이상과 같이 그 중심이 자체성 직상부에 위치하게 되어 해석이 용이하게 된다. 자극화 변환은 Baranov(1957)에 의하여 가중력(pseudo-gravity) 개념과 더불어 처음으로 제기되었으나 이는 북각이 30° 이상인 경우에만 실용적이다. 2중 푸리에 급수에 의한 자극화 변환은 Bhattacharyya(1965)에 의하여 도입되었으며 이는 자화와 지자장의 방향이 일치하지 않아도 가능하며 북각의 크기와는 관계없이 계산된다.

Bhattacharyya(1965)에 의하면 가중력포텐셜 U 는

$$\begin{aligned}
-U = & \frac{1}{2 \sin I_w \sin I_s} \sum_m \sum_n e^{\alpha_{mn} \cdot z} (P_{mn} \cos(k_n x + k_n y) \\
& + Q_{mn} \sin(k_n x + k_n y) + R_{mn} \cos(k_n x - k_n y) \\
& + S_{mn} \sin(k_n x - k_n y)) \dots\dots\dots(5-2)
\end{aligned}$$

가 된다. (5-2)식의 계수 P, Q, R, S는

$$P_{mn} = \frac{1}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_3^2} (\alpha_{mn} E_{mn} + \Psi_3 F_{mn})$$

$$Q_{mn} = \frac{1}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_3^2} (\alpha_{mn} F_{mn} - \Psi_3 E_{mn})$$

$$R_{mn} = \frac{1}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_4^2} (\alpha_{mn} G_{mn} + \Psi_4 H_{mn})$$

$$S_{mn} = \frac{1}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_4^2} (\alpha_{mn} H_{mn} - \Psi_4 G_{mn})$$

로 표현되며, 또 E, F, G, H 및 $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4$ 는

$$E_{mn} = \frac{\alpha_{mn}}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_1^2} (A_{mn} - D_{mn}) + \frac{\Psi_1}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_1^2} (B_{mn} + C_{mn})$$

$$F_{mn} = \frac{\alpha_{mn}}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_1^2} (B_{mn} + C_{mn}) - \frac{\Psi_1}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_1^2} (A_{mn} - D_{mn})$$

$$G_{mn} = \frac{\alpha_{mn}}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_2^2} (A_{mn} + D_{mn}) + \frac{\Psi_2}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_2^2} (B_{mn} - C_{mn})$$

$$H_{mn} = \frac{\alpha_{mn}}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_2^2} (B_{mn} - C_{mn}) - \frac{\Psi_2}{\alpha_{mn}^2 + \Psi_2^2} (A_{mn} + D_{mn})$$

$$\Psi_1 = \cot I_{0s}(k_m \cos D_0 + k_n \sin D_0)$$

$$\Psi_2 = \cot I_{0s}(k_m \cos D_0 - k_n \sin D_0)$$

$$\Psi_3 = \cot I_s(k_m \cos D + k_n \sin D)$$

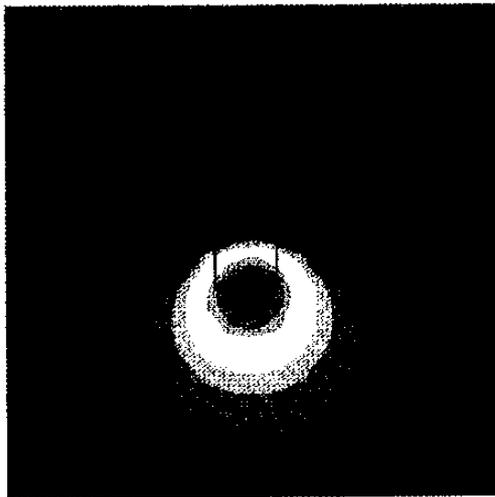
$$\Psi_4 = \cot I_s(k_m \cos D - k_n \sin D)$$

이다. 여기서 I, D 는 지자장벡터의 복각과 방위각이며, I_0, D_0 는 자회벡터의 복각과 방위각이다. 또 I_s 는 $180^\circ - I$ 이며 $I_{0s} = 180^\circ - I_0$ 이다. 따라서 자극 변환된 총자력치 T_R 은

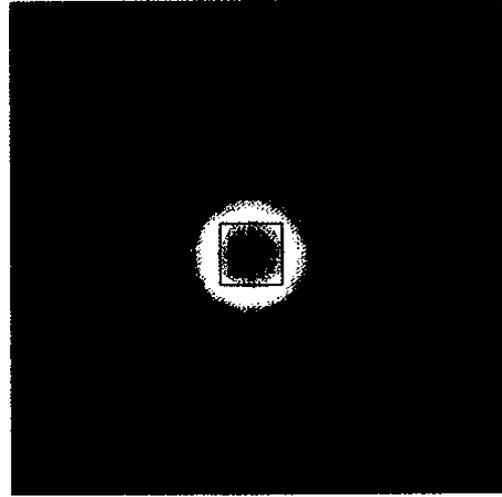
$$T_R = - \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = \frac{1}{2 \sin I_{0s} \sin I_s} \sum_m \sum_n \alpha_{mn}^2 e^{\alpha_{mn} \cdot z} \\ \{ P_{mn} \cos(k_m x + k_n y) + Q_{mn} \sin(k_m x + k_n y) \\ + R_{mn} \cos(k_m x - k_n y) + S_{mn} \sin(k_m x - k_n y) \} \\ \dots\dots\dots(5 - 3)$$

가 된다.

Fig.5.2.1에 본 연구에서 작성된 자극화 변환 프로그램 'RTPOL'에 의한 모형에 대한 자극화 변환 결과를 나타냈다. 여기에서 사용한 모형은 $4m \times 4m \times 6m$ 의 수직프리즘으로서 지표로부터 6m하부에 그 상단부가 존재한다. Fig.5.2.1의 (a)는 지자장의 복각이 52° 이고 편각이 -7° 인 경우의 자력 이상도이다. 이는 대개 우리나라에서의 지자장의 복각과 편각이다. 그림에서, 자력이상은 검은선으로 표시한 수직프리즘의 직상부를 벗어나며 대칭성 또한 없음을 알 수 있다. (b)는 복각이 90° 이고 편각이 0° 인 경우의 자력 이상으로서 자극에서 측정된 결과와 같다. 자력 이상은 정확히 프리즘의 직상부에 존재하며 대칭이 되어 해석이 용이하다. (c)는 (a)의 자력 이상에 대하여 자극화 변환을 수행한 결과로 (b)와 거의 일치함을 알 수 있다.



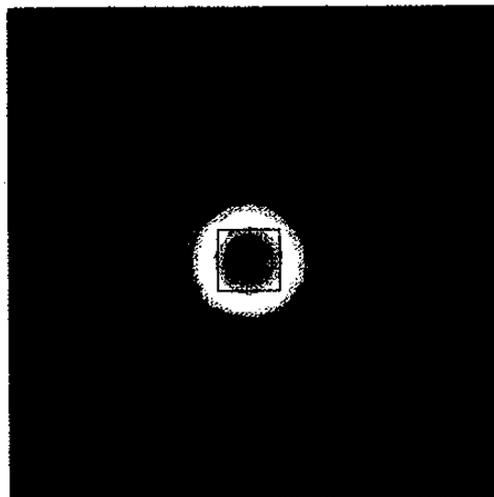
Gamma
 5410
 4905
 4400
 3895
 3390
 2885
 2380
 1875
 1371
 866
 361
 -143
 -648
 -1153
 -1658



Gamma
 7681
 7123
 6565
 6007
 5450
 4892
 4334
 3776
 3219
 2661
 2103
 1545
 988
 430
 -127

(a) Inclination and declination of magnetic field are 52° and -7° , respectively ;

(b) Inclination is 90° and declination is 0° ;



Gamma
 7493
 6916
 6339
 5761
 5184
 4607
 4030
 3452
 2875
 2298
 1720
 1143
 566
 -11
 -588

(c) Result of reduction to the pole of (a).

Fig.5.2.1. Model study of reduction to the pole.

(b)에서는 최대값이 7681 감마이고 최소값이 -127감마 이었으나 (c)에서는 최대값이 7493감마이고 최소값이 -588감마로서 전체적으로 약간 낮으나 이는 입력영역의 크기와 관계되는 것으로서, 이론적으로 입력영역이 무한하다면 정확히 같은 값이 될 것이다. 이상의 모형에 대한 적용결과는 본 프로그램 'RTPOL'의 정확성을 입증하고 있다.

Fig.5.2.2의 (a)는 본 연구에서 사용하는 입력자료인 충주도폭자료에 대한 자극화 변환 결과이다. 자극화 변환을 위한 입력 데이터는 지자장의 북각, 편각 및 지자장의 크기이며, 여기에서는 각각 52° , -7° , 50,000 감마로서 입력되었다. 총자력이상도와 비교하여 보면, 자력이상의 분포가 약간 이동하였으며, 또한 총자력치 이상도에서는 큰 값을 갖는 이상대 상부에 항상 작은 값을 갖는 이상대가 존재하고 있는데 반해 자극화 변환장에서는 전체적으로 중력이상도와 비슷하게 큰값의 이상대만 분포하고 있음을 알 수 있다. 즉, 자력이상의 분포가 좀 더 간단해졌으며 해석하기도 용이해졌다고 할 수 있다. 같은 그림의 (b)는 자극화 변환된 자료를 250m 하향연속시킨 것이고 (c), (d)는 각각 1250m와 2500m만큼 상향연속시킨 결과이다. 하향연속시 고주파 절단 주파수는 $45 \times f_0$ cycles/m였다.

Fig.5.2.3은 Fig.5.2.2의 (a)를 다른 해상도모드에서 표현한 것이다.

Fig.5.2.4는 자극화 변환된 자력이상에 대한 음영도이며 Fig.5.2.5는 칼라 음영도이다. 이와 같은 음영도를 통하여 보면 자극화 변환된 자력이상이 총자력이상도에서보다 훨씬 간단해졌음을 쉽게 알 수 있다.

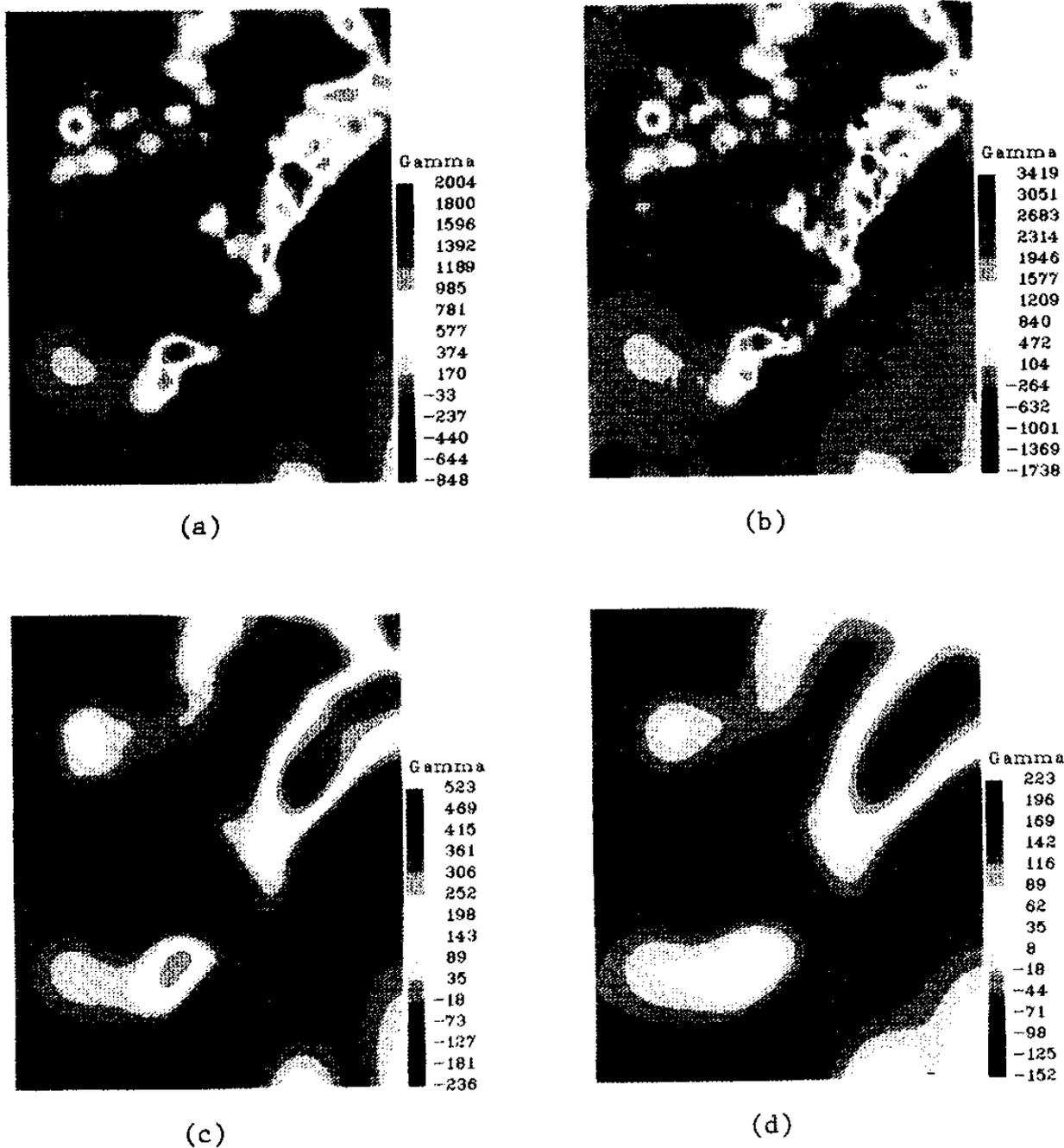


Fig.5.2.2. (a) Reduction to the magnetic pole of total magnetic field.
 (b) 250m downward continuation of (a).
 high cut filtered at 45/32000 cycles/meter.
 (c) 1250m upward continuation of (a).
 (d) 2500m upward continuation of (a).

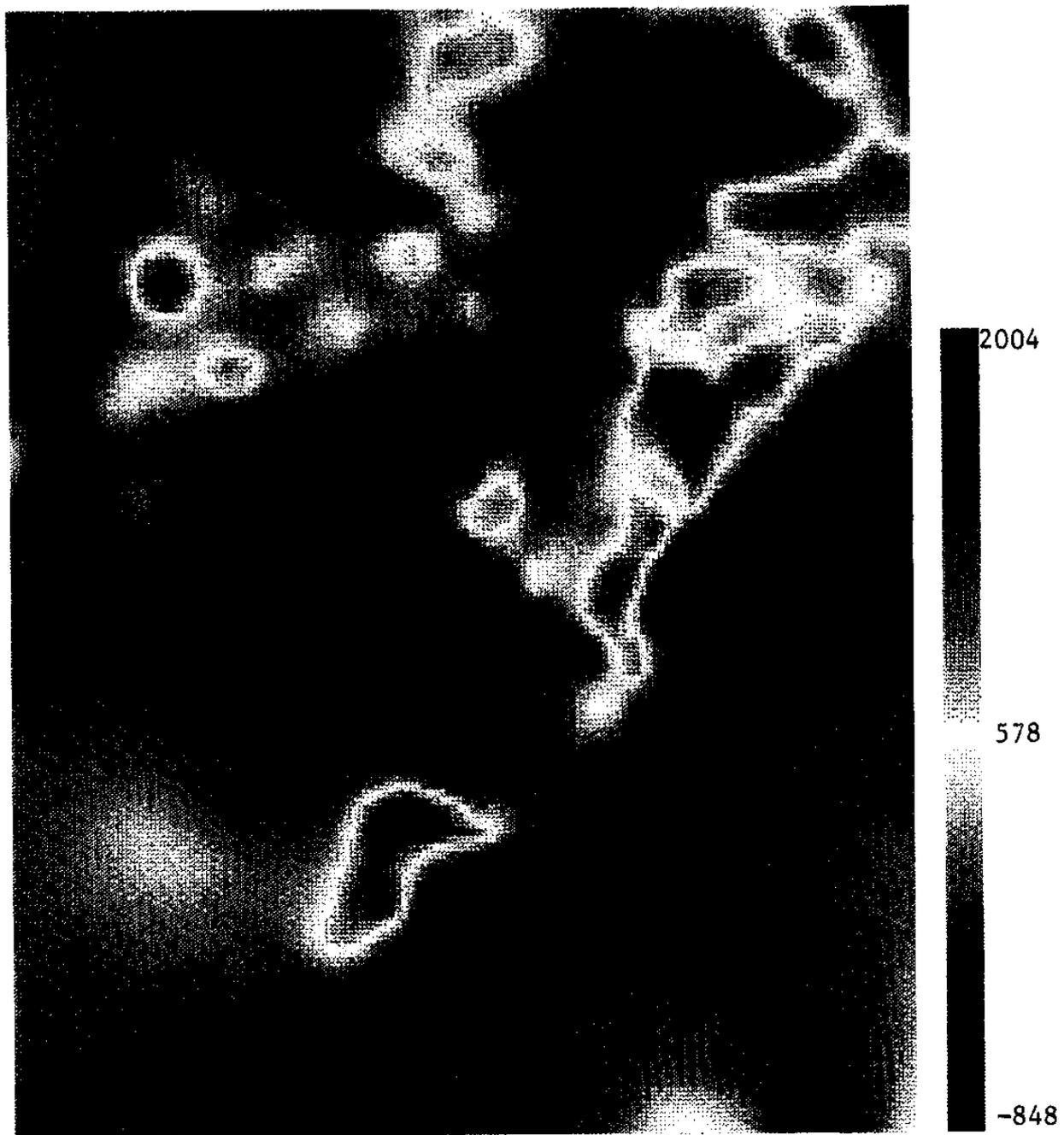


Fig.5.2.3. Reduction to the magnetic pole of total magnetic field.



Fig.5.2.4. Shaded relief map of Fig.5.2.3.

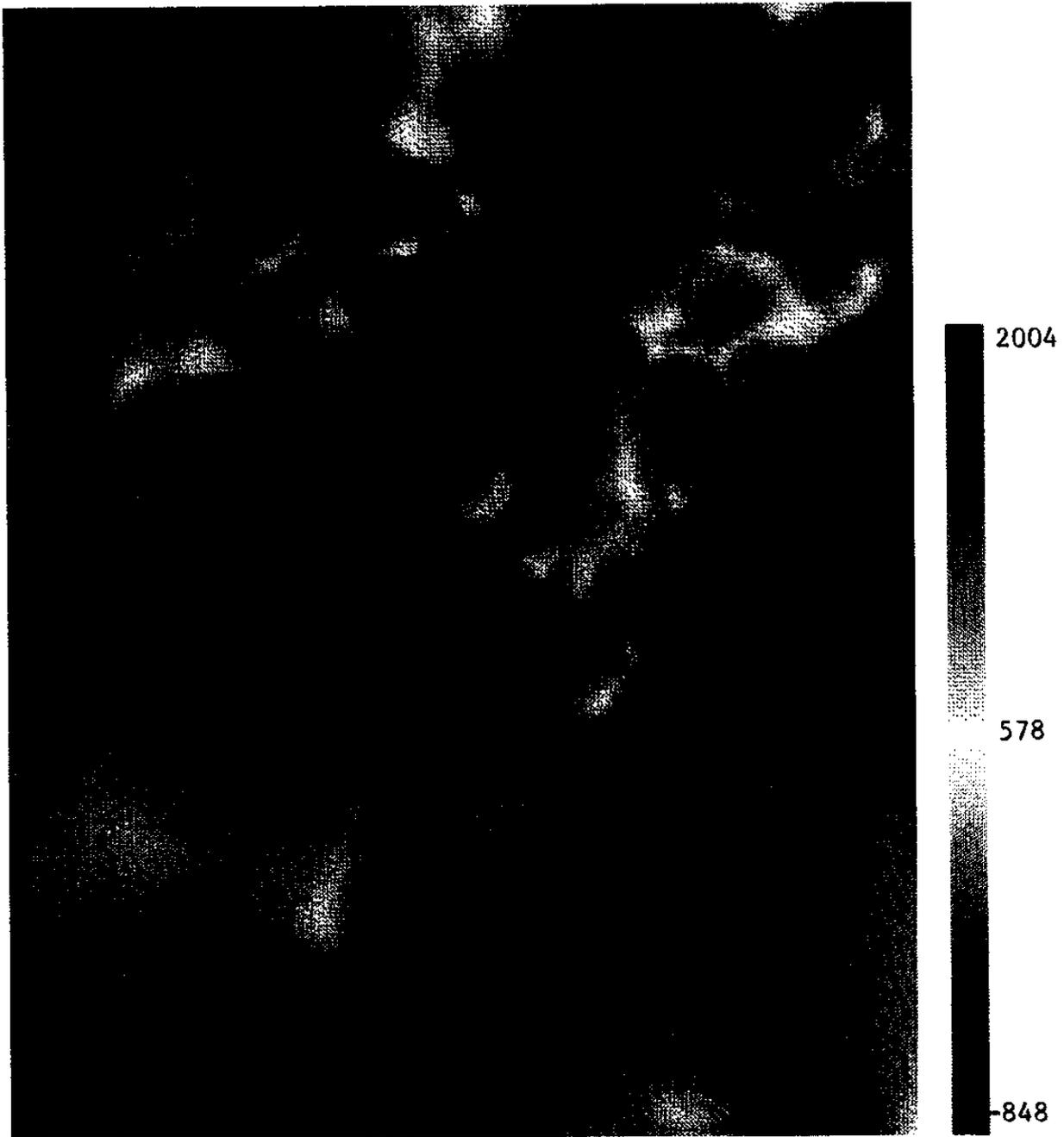


Fig.5.2.5. Color shaded relief map of Fig.5.2.3.

5 - 3. 2차 미분도(second vertical derivatives)

2차 미분도는 광역적 이상치로부터 국지적 이상체에 의한 자력이상을 분리하는데 유용하다. 2차 미분은 수학적으로 곡률을 나타내므로 Fig.5.3.1에서 알 수 있듯이 국지적 이상이 강조된다.

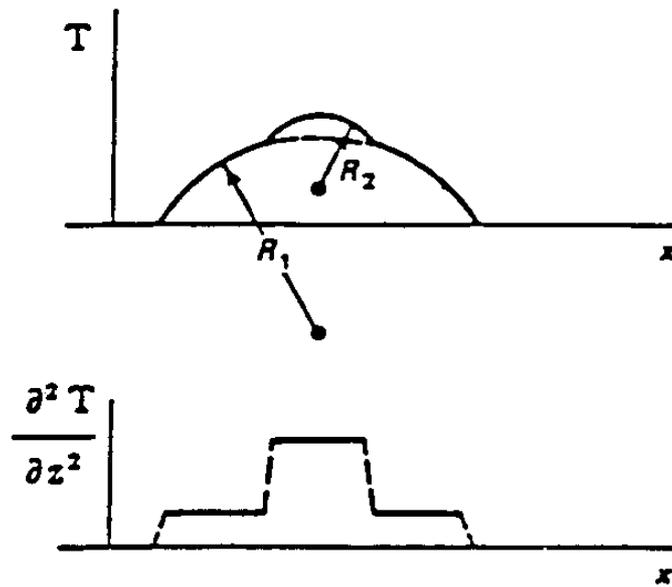


Fig.5.3.1. Second derivative and curvature.

실제 자력탐사자료의 해석에 있어서, 2차 미분도는 이상체의 경계부를 나타내는 것으로 알려져 있으며 유용한 해석도구로서 널리 이용하고 있다. 자력포텐셜은 Laplace 방정식을 만족하므로

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0 \dots\dots\dots(5 - 4)$$

$\partial T / \partial x$ 와 $\partial T / \partial y$ 를 각각 도식적으로 계산하여 수직 2차 미분치를 구할



2ND

(a)



2ND

(b)

Fig.5.3.2. (a) The second vertical derivative map without pole reduction;
(b) The second vertical derivative map with pole reduction.



Fig.5.3.3. The second vertical derivative map without pole reduction.



Fig.5.3.4. The second vertical derivative map with pole reduction.

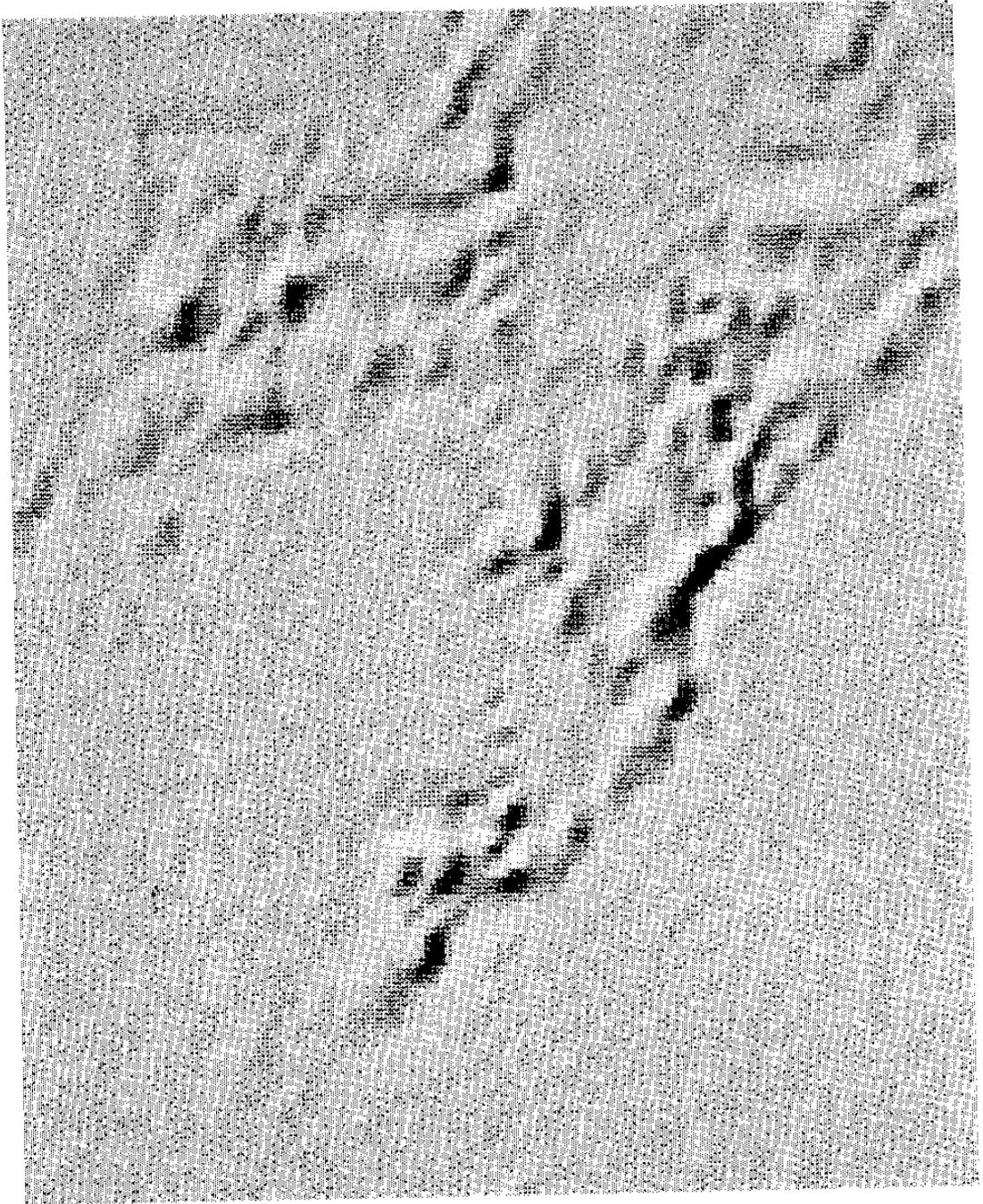


Fig.5.3.5 The shaded relief map of Fig.5.3.3.

수 있다(Elkins, 1951). 그러나 푸리에 급수 전개를 이용하면 2차 미분치 뿐아니라 어떤 차수의 미분치도 매우 간단하게 계산할 수 있다.

즉, 2중 푸리에 급수 전개식(5-1)에서 수직미분은 단지 exponential항에만 해당하며, 따라서 r차의 수직 미분을 위해서는

$$\left\{ -2\pi \left(\frac{m^2}{L_x^2} + \frac{n^2}{L_y^2} \right)^{1/2} \right\}^r \dots\dots\dots (5-5)$$

의 계수를 곱하여 주기만 하면 된다.

Fig.5.3.2의 (a)와 (b)는 각각 총자력치와 자극화 변환된 자력치에 대한 2차 미분도이다. Fig.5.3.3은 Fig.5.3.2의 (a) 그림을 다른 해상도모드(320×200)에서 표현한 것이며 Fig.5.3.4는 (b) 그림의 다른 표현이다. Fig.5.3.5는 Fig.5.3.3를 음영처리한 결과이다.

5 - 4. 필터링

광역적인 의미로 필터링이란 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)를 향상시키는 모든 작업을 뜻하나, 협의의 의미는 신호로부터 필요한 주파수 성분만을 추출하거나 제거하는 목적의 작업을 말한다. 앞에서 설명했던 연속법, 미분법, 자극화 변환등도 모두 필터링 작업에 속하나 여기에서는 협의의 필터링, 즉 고역통과필터(high pass filter), 저역통과필터(low pass filter), 대역통과필터(band pass filter)와 방향필터(directional filter)를 적용하여 보았다. 방향필터란 자력탐사자료의 해석에서 특정한 방향성을 갖는 이상대만을 추출하거나 제거하는 필터로서 앞에서 설명했던 자극화 변환도 일종의 방향필터이다. 특정한 방향의 이상대만을 추출하는 방향필터 S(fx, fy)를 도식적으로 살펴보면, Fig.5.4.1에서

$$\begin{aligned}
 S(f_x, f_y) &= 1 \quad \text{for } f_y/m_1 < f_x < f_y/m_2 \\
 &= 0 \quad \text{for any other } (f_x, f_y) \dots\dots\dots(5 - 6)
 \end{aligned}$$

와 같이 표현된다.

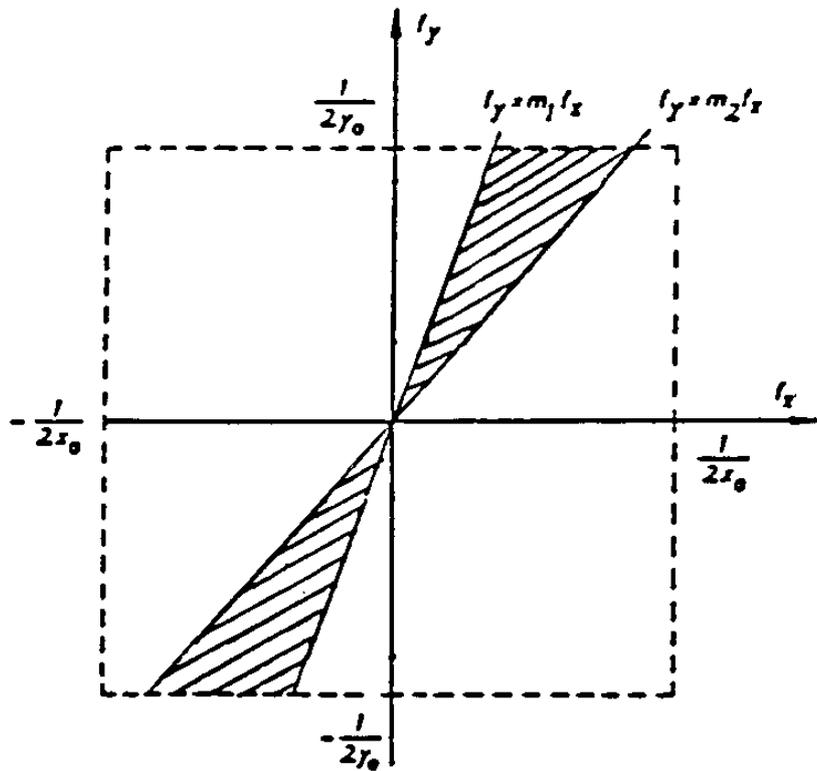


Fig.5.4.1. Transfer function of ideal directional filter.

Fig.5.4.2의 (b)는 고주파 절단필터의 적용 결과로서 기본 주파수 f_0 ($1/32,000$ cycles/m)의 30배 이상이 되는 주파수성분을 제거한 것이며 (c)는 $3 \times f_0$ cycles/m 이하의 저주파를 제거한 결과이다. (d)는 $3 \times f_0$ cycles/m와 $30 \times f_0$ cycles/m 사이의 주파수성분만을 통과시킨 결과이다.

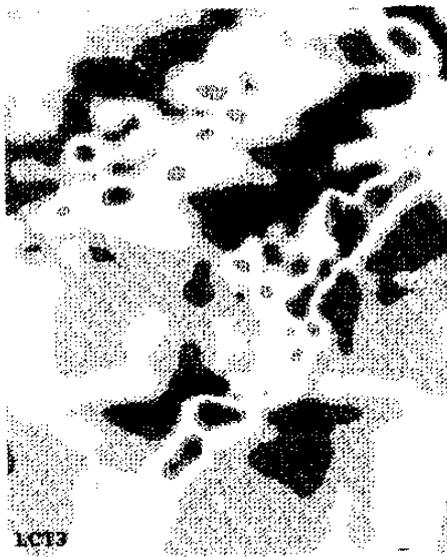
한편 방향필터의 적용예는 Fig.5.4.3에 나타냈다. (a)는 원래의 입력자료에서 주로 북서-남동 방향의 이상대만 통과시킨 방향필터링 결과이고 (b)는 주로 북동-남서 방향의 이상대만을 통과시킨 결과이다.



(a)



(b)



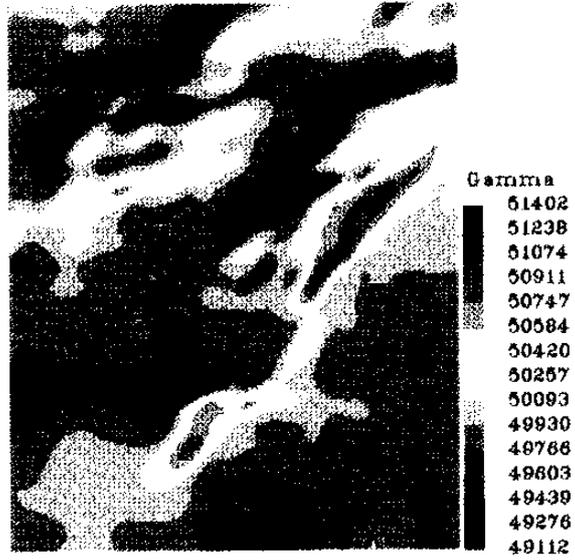
(c)



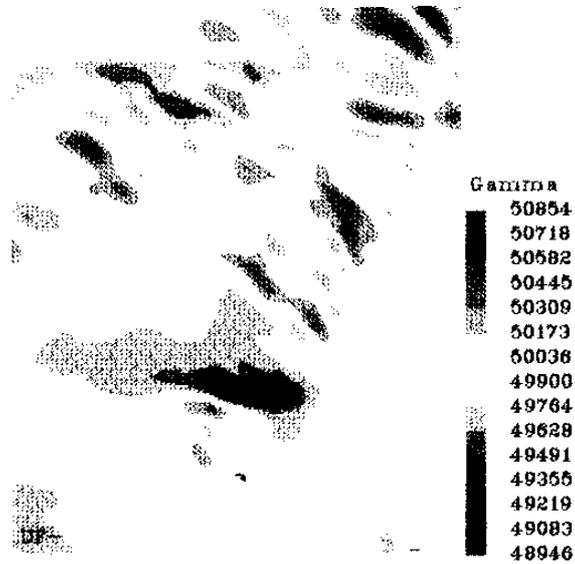
(d)

Fig.5.4.2. Example of filtering :

- (a) Total magnetic field ;
- (b) High cut filtered at $30/32000$ cycles/meter ;
- (c) Low cut filtered at $3/32000$ cycles/meter ;
- (d) Band pass filtered between $3/32000$ and $30/32000$ cycles/meter.



(a)



(b)

Fig.5.4.3. Examples of directional filtering :
 (a) For the southwest-northeast trend.
 (b) For the southwest-northeast trend.

6. 결 론

본 연구는 기존의 국내 항공물리탐사 자료 획득기술과 자료전산처리기술에 칼라그래픽 기능을 가진 PC나 워크스테이션을 이용하여 자료해석기술을 개발 추가함으로써 국내항공물리탐사기술 수준을 한단계 발전시켜 선진국 수준으로 확립하는 것이다.

이를 위하여 본 연구과제 1차년도에는 동자연 보유 주컴퓨터인 TEM-PUS시스템으로 전산처리된 탐사자료를 PC용 자료로 포맷 변환하는 프로그램, 등고선도를 칼라로 표현하는 색채도 작성 프로그램, 자료 enhancement 차원으로 영상기법을 이용한 음영처리 프로그램, FFT를 이용한 미분도, 상향/하향 연속도, 자극화 변환 및 각종 필터링(고역통과/절단 필터/저역통과/절단 필터, 대역통과 필터 및 방향필터)에 관한 프로그램을 작성하였다.

본 연구과제 2차년도에는 이들 각각의 독립된 프로그램들을 종합하여 menu-driven 소프트웨어 시스템으로 재편 패키지화할 예정이다.

참 고 문 헌

- Baranov, V., 1957, A new method for interpretation of aeromagnetic maps ;
Pseudo-gravimetric anomlies : Geophysics, v.22, p.359-383.
- Bhattacharrya, B. K., 1965, Two-dimensional harmonic analysis as a tool for
magnetic interpretation : Geophysics, v.30, p.829-857.
- Dean, W. C., 1958. Frequency analysis for gravity and magnetic interpreta-
tion : Geophysics, v.23., p.97-127.
- Dods, S. D., Teskey, D.J., Hood P. J., 1985, The new series of 1 : 1000000-
scale magnetic anomaly maps of the Geological Survey of Canada
: Compilation techniques and interpretation : The utility of regional
gravity and magnetic anomaly maps edited by William J. Hinze, So-
ciety of Exploration Geophysicists, p.67-87.
- Elkins, T. A., 1951, The second derivative method of gravity interpreta-
tion : Geophysics, v.16, p.1353-1364.
- HALO'88 Graphics Kernel System Reference, Media Cybernetics, 8484 Geor-
gia Avenue.
- Horn, B. K. P., and Bachman, B, L., 1978, Using synthetic images to register
real images with surface model : Commun. Assoc. for Comput. Mach.,
v.21, p.914-924.

부 록

PROGRAM LIST


```

Program GRDFMT
c
c This program reads KADIPS Version 2 grid data from a magnetic tape
c and converts into a readable ASCII text file for data exchange
c between different computers. An application of this program is the
c processing of KADIPS data by a VAX computer itself. The other
c application is to transfer the data to an IBM PC using the VAX Kermit
c communication software.
c
c This program requires an input magnetic tape created by a RDS
c computer using KADIPS Version 2 software. The tape contains a file of
c grid data. The file consists of a header record and multiple data
c records.
c The header record contains NX,NY,COMMENT, where NX is the number of
c grid points in X-axis, NY is that in Y-axis, and COMMENT is the
c comment. NX and NY are in RDS 704 16-bit integer format. The length
c of header record is variable and ranges from four to eighty bytes.
c The length of the data record is fixed and is 4*NX bytes. There are
c NY data records in the file. The format of the data is RDS 704
c floating point format.
c
c Additionally this program requires a data description file. The file
c is read by this program and written to the output file as its header.
c The file consists of multiple card images. A line of card image
c contains information as many as 72 characters. The following shows an
c example header description file.
c
c      TMAG      Data set id is Total magnetic intensity
c      CHUNGJU   Area is Chung_Ju, Korea
c      LL        Map origin is the Lower-Left corner
c      LR        Scan direction is Left to Right
c      Apr. 1986 Survey date
c      N036D45M00S Latitude of the lower-left corner
c      E127D45M00S Longitude of the lower-left corner
c      N037D00M00S Latitude of the upper-right corner
c      E128D00M00S Longitude of the upper-right corner
c      Y. S. Park Name of the observer
c      S. S. Suh  Name of the pilot
c      G-813/G-714 Model number of magnetometer/digital recorder
c      HL9227    Registration number of the aircraft
c      End-of-header-description-file.
c
c Output file format description.
c
c The output file consists of multiple header and multiple data
c records. Both of the records are ASCII coded and readable. Both
c records consist of multiple card images. The maximum length of the
c card image is 80 bytes.
c Header records are identified by the special characters in column 1
c to 4. The first character is "C". The 2nd, 3rd, and 4th characters
c are sequential card number. The last card image of the header should
c be "C999" in column 1 thru 4.
c The grid data consists of NY scan lines. A scan line consists of NX
c samples. Each scan line corresponds a single data record. A data
c record begins on a card boundary, i.e., no card image contains
c multiple scan line.
c
c      dimension      z(4000)
c      integer*2      ibuf(40)
c      character*5     tapel
c      character*35    fname
c      character*72    h1buf, h2buf
c      character*30    fmt
c      data            version / 1.2 /

```

```

data          nx, ny / 0, 0 /                                A064
c                                                     A065
500 format(a)                                               A066
600 format(' Welcome to GRDFMT', 20x, 'Version', f5.1/     A067
+ ' Format KADIPS V.2 grid data into readable ASCII file') A068
710 format('C', i3.3, 4x, a)                                A069
711 format('C', i3.3, 4x, i8, t41, 'NX: Number of samples per scan')A070
712 format('C', i3.3, 4x, i8, t41, 'NY: Number of scan lines') A071
713 format('C', i3.3, 4x, a, t41, 'Data scan format')       A072
714 format('C999')                                          A073
write (*, 600) version                                     A074
c                                                     A075
c Open the input tape and decode NX,NY                      A076
10 continue                                               A077
call tty_geta_def (tapel, 'MSA0', 'Enter input MT name')   A078
tapel(5:5) = ':'                                          A079
call mt_open (tapel, inpt, 0, ierr)                       A080
if (ierr .ne. 0) then                                     A081
call tty_warnt ('Can not open @1', tapel(:4))             A082
go to 10                                                  A083
endif                                                     A084
call mt_read (inpt, ibuf, 80)                             A085
call mt_stat (nbyt, istat)                                A086
if (istat .ne. 0) stop 'Tape read error'                 A087
call vec_swapwd (ibuf(1), nx, 1)                         A088
call vec_swapwd (ibuf(2), ny, 1)                         A089
write (*, *) 'Nx, Ny =', nx, ny                          A090
c                                                     A091
c Open the header description file.                        A092
call tty_geta_def (fname, 'EXAMPLE.HDR',                 A093
+ 'Enter HEADER description text filename')              A094
open (1, file=fname, status='old')                       A095
c                                                     A096
c Open the output text file.                              A097
call tty_geta (fname, 'Enter output filename')           A098
open (2, file=fname, status='new', recordtype='variable', A099
+ carriagecontrol='list')                                A100
c                                                     A101
c Accept the output format.                               A102
call tty_geta_def (fmt(2:), '8f10.2', 'Enter output format') A103
fmt(1:1) = '('                                           A104
nchf = 0                                                  A105
call str$trim (fmt, fmt, nchf)                            A106
nchf = nchf + 1                                          A107
fmt(nchf:nchf) = ')'                                     A108
c                                                     A109
c Complete the user supplied header.                      A110
nch = 0                                                  A111
do 20 j = 1, 900                                         A112
read (1, 500, end=22) h1buf                               A113
call str$trim (h2buf, h1buf, nch)                         A114
write (2, 710) j, h2buf(:nch)                             A115
20 continue                                              A116
22 continue                                              A117
close (1)                                                 A118
c                                                     A119
c Output Nx, Ny, FMT and EOH cards.                       A120
write (2, 711) j, nx                                     A121
write (2, 712) j+1, ny                                   A122
write (2, 713) j+2, fmt(:nchf)                           A123
write (2, 714)                                           A124

```

c		A125
c	Copy data records. Record size = nx*4 bytes.	A126
	nx4 = nx * 4	A127
	do 30 j = 1, ny	A128
	call mt_read (inpt, z, nx4)	A129
	call mt_stat (nbyt, istat)	A130
	if (istat .ne. 0) stop 'Tape read error'	A131
	if (nbyt .ne. nx4) stop 'Data length error'	A132
	call cvt_704_vax (z, z, nx)	A133
	write (2,fmt) (z(i), i = 1, nx)	A134
30	continue	A135
		A136
c		A137
c	Close the MT and output file.	A138
	call mt_close (inpt)	A139
	close (2)	A140
	stop 'Normal completion'	A141
	end	

```

C*****C
C
C          Program    C M A P . F O R
C
C          This program makes color map with grid data
C
C
C
C*****C
SSTORAGE:2
$NOTRUNCATE
$DEBUG
$LARGE
C
C..... ARRAYS AND VARIABLES
C
      IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
      character*20 font
      character*20 strin,AA
      character*20 strin2

      CHARACTER INPUT*30,UNIT*32 ,CH*1
      CHARACTER CHT(32)*1
      DIMENSION A(256,256)
      INTEGER*1 BKSP
      EQUIVALENCE (UNIT,CHT(1))
      DATA BKSP / 8 /

C
C..... GET INPUT FILE NAME
C
      WRITE(*,111)
      READ(*,100) INPUT

C
C..... READ # OF DATA & MIN. MAX.
C
      OPEN(1,FILE=INPUT,FORM='BINARY')
      READ(1) NX,NZ
      READ(1) FMAX, FMIN
      IF(NX.LT.2.OR.NZ.LT.2) STOP 'Data Error'
      FINTER = FMAX - FMIN

C
C..... GET UNIT OF DATA
C
      WRITE(*,777)
      READ(*,100) UNIT

C
C..... GET ZOOM FACTOR
C
      WRITE(*,333)
      READ(*,*) ZOOM
      XOUT = FLOAT(NX) * ZOOM
      ZOUT = FLOAT(NZ) * ZOOM

C
C..... MAKE TEXT STRUCTURE FOR
C
      CALL MKTXT(CHT(1))
      HALO'88
C

```

```

C..... GET MAP STYLE
C                                COLOR OR BLACK/WHITE
C
C   WRITE(*,102)
C   READ(*,*) IBW
C
C..... DISPLAY MODE
C
C   IF ( IBW .EQ. 0 ) THEN
C     WRITE(*,103)
C     READ(*,*) KNDMP
C   ENDIF
C   WRITE(*,444)
C
C..... FORMATS
C
C100  FORMAT(A)
C102  FORMAT(' Color -- 0   or   B / W -- 1   :')
C103  FORMAT(' 16 color -- 0   or  256 color -- 1 :')
C111  FORMAT(' Enter input grid data file name :')
C333  FORMAT(' Enter zoom factor :')
C444  FORMAT(' Wait please. Data reading ... 00000'\)
C555  FORMAT(1X, 6A1, I5\ )
C666  FORMAT('/',I5, '/')
C777  FORMAT(' Enter UNIT of data value : ')
C888  FORMAT(//' Drawing.....')
C999  FORMAT('/',I3, '/')
C
C..... READ DATA
C
C   DO 10 I= 1, NZ
C     READ(1) ( A(J,I), J=1,NX )
C     WRITE(*,555) (BKSP, K = 1, 6), I
C10   CONTINUE
C   CLOSE(1)
C
C..... DECIDE MAP SCALE FACTOR
C
C   SCALEI=(ZOUT-1.)/FLOAT(NZ-1)
C   SCALEJ=(XOUT-1.)/FLOAT(NX-1)
C
C..... SET OUT DEVICE
C
C   CALL DEVSET ( IBW, KNDMP )
C
C..... INITIALIZE GRAPHIC DEVICE
C
C   CALL INITL ( KNDMP )
C   CALL SETIEE(1)
C   CALL SETWOR(0.,0.,640.,480.)
C
C..... SET CHARACTER STYLE
C
C   FONT = '/HALO104.FNT/'
C   CALL SETFON(FONT)
C
C..... SET COLOR
C

```

```

CALL COLSET ( IBW, KNDMP , IDELT )
C
C..... DRAW COLOR INDEX
C
IF ( IBW .EQ. 0 ) THEN
    CALL CLINDX( XOUT, IDELT, FMAX, FMIN, FINTER , UNIT )
ENDIF
C
C..... DRAW MAP
C
DO 60 I=1,INT(ZOUT)
    TEMP=(I-1)/SCALEI+1.00001
    IF( TEMP.LT.FLOAT(NZ) ) THEN
        IZ=TEMP
    ELSE
        TEMP=NZ
        IZ=NZ-1
    ENDIF
    Z=TEMP-IZ
    II=I + 110
    DO 50 J=1,INT(XOUT)
        TEMP=(J-1)/SCALEJ+1.00001
        IF( TEMP.LT.FLOAT(NX) ) THEN
            JX=TEMP
        ELSE
            TEMP=NX
            JX=NX-1
        ENDIF
        X=TEMP-JX
        F=VAL(A(JX,IZ),A(JX,IZ+1),A(JX+1,IZ),A(JX+1,IZ+1),X,Z)
        IK1=INT((F-FMIN)/FINTER * FLOAT(IDELT)) + 1
        CALL SETCOL(IDELT - IK1 + 1)
        JJ=J + 30
        CALL PTABS(FLOAT(JJ),FLOAT(II))
    50 CONTINUE
    60 CONTINUE
C
C.....SAVE MAP TO IMAGE FILE
C
CALL SAVIMG
C
C..... SET PRINTER SUBROUTINE
C
CALL SETHP
C
C..... DUMP MAP TO PRINTER
C
CALL GPRINT
C
C..... END GRAPHIC MODE &
C
CALL CLOSEG
STOP
END

```

```

0001 C*****C
0002 C                                     C
0003 C      Program   S H A D E . F O R   C
0004 C                                     C
0005 C      This program performs shade transform of a grid data. C
0006 C                                     C
0007 C*****C
0008 C                                     C
0009 C      PRINCIPAL PARAMETERS ARE   C
0010 C                                     C
0011 C          SUNX, SUNY, SUNZ : DIRECTION COSINES OF   C
0012 C                          THE SUN RAY           C
0013 C                                     C
0014 C          OBSX, OBSY, OBSZ : DIRECTION COSINES OF   C
0015 C                          THE OBSERVER'S DIRECTION C
0016 C                                     C
0017 C          EX, EY, EZ      : DIRECTION COSINES OF   C
0018 C                          THE SURFACE NORMAL VECTORS C
0019 C                                     C
0020 C          DELX, DELY      : GRID INTERVALS IN Z UNIT C
0021 C                                     C
0022 C*****C
0023 C $storage:2
0024 C
0025 C      dimension  z(1000,3)
0026 C      dimension  zx(1000), zy(1000)
0027 C      dimension  ex(1000), ey(1000), ez(1000)
0028 C      dimension  psun(1000), pobs(1000), shd(1000)
0029 C      equivalence (zx, psun), (zy, pobs, shd)
0030 C
0031 C      integer*1  bksp
0032 C      data version / 1.0 /
0033 C      data bksp / 8 /
0034 C
0035 C      write (*, 600) version
0036 C      600 format(' Welcome to SHADE', 10x, 'Version', f5.1)
0037 C      call getrpr (31, 32, nx, ny, delx, dely,
0038 C      +          sunx, suny, sunz, obsx, obsy, obsz)
0039 C
0040 C.....Transform for iy=1.
0041 C
0042 C      write (*, 691)
0043 C      691 format(' Start of tranform. line = 00001'\)
0044 C      692 format(1x, 6a1, i5\)
0045 C      dxinv = 1. / delx
0046 C      dyinv = 1. / dely
0047 C      dyinvh = .5 * dyinv
0048 C      read (31) (z(i,1), i = 1, nx)
0049 C      read (31) (z(i,2), i = 1, nx)
0050 C      call derivx (z(1,1), zx, nx, dxinv)
0051 C      call derivy (z(1,1), z(1,2), zy, nx, dyinv)
0052 C      call normv (zx, zy, ex, ey, ez, nx)
0053 C      call vdotp (ex, ey, ez, sunx, suny, sunz, psun, nx)
0054 C      call vdotp (ex, ey, ez, obsx, obsy, obsz, pobs, nx)
0055 C      call vmula (psun, pobs, shd, nx)
0056 C      write (32) (shd(i), i = 1, nx)
0057 C
0058 C.....Transform for iy=2 thru ny-1
0059 C
0060 C      nym1 = ny - 1
0061 C      dely2 = dely + dely
0062 C      jm = 1
0063 C      jj = 2

```

```

0064  jp = 3
0065  do 20 iy = 2, nym1
0066  write (*, 692) (bksp, i = 1, 6), iy
0067  read (31) (z(i,jp), i = 1, nx)
0068  call derivx (z(1,jj), zx, nx, dxinv)
0069  call derivy (z(1,jm), z(1,jp), zy, nx, dyinvh)
0070  call normv (zx, zy, ex, ey, ez, nx)
0071  call vdotp (ex, ey, ez, sunx, suny, sunz, psun, nx)
0072  call vdotp (ex, ey, ez, obsx, obsy, obsz, pobs, nx)
0073  call vmula (psun, pobs, shd, nx)
0074  write (32) (shd(i), i = 1, nx)
0075  let = jm
0076  jm = jj
0077  jj = jp
0078  jp = let
0079  20 continue
0080 C
0081 C.....Transform for iy=ny.
0082 C
0083  write (*, 692) (bksp, i = 1, 6), ny
0084  call derivx (z(1,jj), zx, nx, dxinv)
0085  call derivy (z(1,jm), z(1,jj), zy, nx, dyinv)
0086  call normv (zx, zy, ex, ey, ez, nx)
0087  call vdotp (ex, ey, ez, sunx, suny, sunz, psun, nx)
0088  call vdotp (ex, ey, ez, obsx, obsy, obsz, pobs, nx)
0089  call vmula (psun, pobs, shd, nx)
0090  write (32) (shd(i), i = 1, nx)
0091 C
0092 C.....close files and stop
0093 C
0094  close (31)
0095  close (32)
0096  stop 'Normal completion'
0097  end
0098
0099
0100  subroutine getrpr (ldv1, ldv2, nx, ny, delx, dely,
0101  + sunx, suny, sunz, obsx, obsy, obsz)
0102 C
0103 C..... GET RUN TIME PARAMETERS
0104 C
0105  character*50 flname
0106  500 format(a)
0107  write (*, 600)
0108  600 format(' Please enter input filename(grid file) :'\)
0109  read (*, 500) flname
0110  open (ldv1, file=flname, form='binary')
0111  read (ldv1) nx, ny
0112  read (ldv1) fmax, fmin
0113  write (*, *) 'Input file grid size(nx, ny) =', nx, ny
0114 C
0115 C..... GET GRID INTERVAL
0116 C
0117  write (*, 610)
0118  610 format(' Enter grid intervals (dx, dy) in z unit :'\)
0119  read (*, *) delx, dely
0120 C
0121 C..... GET SUN RAY DIRECTION
0122 C
0123  write (*, 620)
0124  620 format(' Now I need direction of the sun ray.'/
0125  + ' The direction is defined by two angles, i.e.,'/
0126  + ' 1. theta ... the polar angle, and'/

```

```

0127 + ' 2. phi ... the azimuth.'/
0128 + ' The coordinate convention is as follows;'/
0129 + ' The origin is lower left corner of the map plane.'/
0130 + ' The x-axis goes to right, the y-axis goes to top, '/
0131 + ' the z-axis comes out of the map plane.'/
0132 + ' Theta is the angle between the z-axis and sun ray.'/
0133 + ' Phi is the angle between the x-axis and sun ray projection'/
0134
0135 + ' to the map plane, measured from the x-axis in counter'/
0136 + ' clockwise sense. The unit of the angles is degrees.'/
0137 + ' Please enter theta, and phi :'\)
0138 read (*, *) theta, phi
0139 if (theta .lt. 0. .or. theta .ge. 90.)
0140 + stop 'Invalid theta'
0141 dg2rad = acos(-1.) / 180.
0142 theta = dg2rad * theta
0143 phi = dg2rad * phi
0144 sunz = cos (theta)
0145 hold = sin (theta)
0146 sunx = hold * cos (phi)
0147 suny = hold * sin (phi)
0148 C
0149 C..... GET OBSERVER'S DIRECTION
0150 C
0151 write (*, 630)
0152 630 format(' I need observer''s direction. As the sun ray, '/
0153 + ' it is defined by two angles (theta, phi).'/
0154 + ' Please enter the angles (theta, phi) :'\)
0155 read (*, *) theta, phi
0156 if (theta .lt. 0 .or. theta .ge. 90.)
0157 + stop 'Invalid theta'
0158 theta = dg2rad * theta
0159 phi = dg2rad * phi
0160 obsz = cos (theta)
0161 hold = sin (theta)
0162 obsx = hold * cos (phi)
0163 obsy = hold * sin (phi)
0164 C
0165 C..... GET OUT FILE NAME & RETURN
0166 C TO MAIN PROGRAM
0167 write (*, 640)
0168 640 format(' Please enter output file name :'\)
0169 read (*, 500) flname
0170 open (ldv2, file=flname, form='binary')
0171 write (ldv2) nx, ny
0172 return
0173 end

```

```

0001 C *****C
0002 C
0003 C      Program      C N T N . F O R      C
0004 C
0005 C      This progrm performs continuation, derivative,      C
0006 C      filtering, directional filtering of potential field      C
0007 C      data.      C
0008 C
0009 C*****C
0010 C
0011 C      Principal parameters are      C
0012 C
0013 C          NOLDX   :  number of grid data per scan line      C
0014 C          NOLDY   :  number of total scan line      C
0015 C          NX      :  number of Fourier transformed data      C
0016 C                  per scan line      C
0017 C          NY      :  number of scan line of      C
0018 C                  Fourier transformed data      C
0019 C          KHCUT   :  high cut freq.      C
0020 C          KLCUT   :  low cut freq.      C
0021 C          ZCNTN   :  continuation depth      C
0022 C                  if entered 0.0 : second derivative      C
0023 C                  0.1 : filtering      C
0024 C                  -0.1 : directional filtering      C
0025 C          ANGH    :  high gradient for directional filtering C
0026 C                  in degree      C
0027 C          ANGL    :  low gradient for directional filtering C
0028 C                  in degree      C
0029 C          KNDOF   :  kind of directional filter      C
0030 C                  if entered zero ( 0 ) : reject      C
0031 C                  1 : pass      C
0032 C          FLIN    :  input file name ( .FFT )      C
0033 C                  this file made by the program FT2D      C
0034 C          FLOUT   :  output file name      C
0035 C
0036 C
0037 C      Input file must be binary file and consists of      C
0038 C
0039 C          first 2 byte :  NOLDX      C
0040 C          2 byte :  NOLDY      C
0041 C          2 byte :  NX      C
0042 C          2 byte :  NY      C
0043 C          each 8 byte :  Fourier transformed data      C
0044 C                  real compo. - 4 byte      C
0045 C                  imag. compo. - 4 byte      C
0046 C*****C
0047 $LARGE
0048 $DEBUG
0049 C
0050 C..... ARRAYS AND VARIABLES
0051 C
0052      COMPLEX R(128,128), CTEMPO(128)
0053      DIMENSION R2(2,128,128)
0054      INTEGER*2 NOLDX,NOLDY,NX,NY,MNM,MXM
0055      INTEGER*1 BKSP
0056      CHARACTER*15 FLIN,FLOUT
0057      EQUIVALENCE ( R , R2 )
0058      DATABKSP / 8 /

```

```

0059      PI = 4. * ATAN(1.)
0060 C
0061 C..... GET INPUT, FILE NAME
0062 C
0063      WRITE(*,110)
0064      READ(*,100) FLIN
0065 C
0066 C..... GET CONTINUATION DEPTH
0067 C
0068      WRITE(*,120)
0069      READ(*,*) ZCNTN
0070 C
0071 C..... GET HIGH CUT FREQ
0072 C
0073      IF ( ZCNTN .GE. 0.0 ) THEN
0074          WRITE(*,130)
0075          READ(*,*) KHCUT
0076      ENDIF
0077 C
0078 C..... GET LOW CUT FREQ
0079 C
0080      IF ( ZCNTN .EQ. 0.1 ) THEN
0081          WRITE(*,140)
0082          READ(*,*) KLCUT
0083      ENDIF
0084 C
0085 C..... GET HIGH & LOW GRADIENT
0086 C          ( FOR DIRECTIONAL FILTERING )
0087      IF ( ZCNTN .EQ. -0.1 ) THEN
0088          WRITE(*,150)
0089          READ(*,*) ANGH
0090          WRITE(*,160)
0091          READ(*,*) ANGL
0092          WRITE(*,170)
0093          READ(*,*) KNDOF
0094          RAL = -1. / TAN( PI * ANGL / 180. )
0095          RAH = -1. / TAN( PI * ANGH / 180. )
0096      ENDIF
0097 C
0098 C..... GET SAMPLING INTERVAL
0099 C
0100      WRITE(*,180)
0101      READ(*,*) DX
0102 C
0103 C..... GET OUT FILE NAME
0104 C
0105      WRITE(*,190)
0106      READ(*,100) FLOUT
0107 C
0108 C..... OPEN FILES AND READ DATA
0109 C
0110      OPEN(33,FILE=FLIN,FORM='BINARY')
0111      OPEN(35,FILE=FLOUT,FORM='BINARY')
0112      READ(33) NOLDX,NOLDY
0113      READ(33) NX,NY
0114      DO 10 IY = 1, NY
0115          DO 10 IX = 1, NX
0116          IF ( EOF(33) ) STOP 'DATA ERROR'

```

```

0117             READ(33) R(IX,IY)
0118 10          CONTINUE
0119             NNX2 = NX
0120             NNY2 = NY
0121             NOLDX2 = NOLDX/2 + 1
0122             NOLDY2 = NOLDY/2 + 1
0123 C
0124 C..... SUBROUTINE FOR
0125 C                                     DIRECTIONAL FILTERING
0126             IF ( ZCNTN .EQ. -0.1) THEN
0127                 CALL DIFLT(KNDOF,NNX2,NNY2,RAL,RAH,R)
0128 C
0129 C..... SUBROUTINE FOR FILTERING,
0130 C                                     CONTINUATION,DERIVATIVE
0131             ELSE
0132                 CALL FILTER(NNY2,NNX2,R,DX,ZCNTN,KHCUT,KLCUT)
0133             ENDIF
0134             WRITE(*,200)
0135 C
0136 C..... X - DIRECTION INVERSE FFT
0137 C
0138             DO 20 IY = 1, NY
0139                 WRITE(*,210) (BKSP,I = 1, 6), IY
0140                 CALL FORK(NNX2,R(1,IY),1.0)
0141 20          CONTINUE
0142 C
0143 C..... Y - DIRECTION INVERSE FFT
0144 C
0145             WRITE(*,220)
0146             DO 60 IX = 1, NOLDX2
0147                 WRITE(*,210) (BKSP, K = 1, 6), IX
0148                 DO 30 IY = 1, NY
0149                     CTEMPO(IY) = R(IX,IY)
0150 30          CONTINUE
0151                 DO 40 IY = NY + 1, 2 * (NY - 1)
0152                     CTEMPO(IY) = CONJG(R(IX,2*NY-I))
0153 40          CONTINUE
0154                 CALL FORK(2*NNY2-2,CTEMPO,1.0)
0155                 DO 50 IY = 1, 2 * (NY - 1)
0156                     R(IX,IY) = CTEMPO(IY)
0157 50          CONTINUE
0158 60          CONTINUE
0159 C
0160 C..... FIND MIN. AND MAX. OF DATA
0161 C
0162             CALL FMNX(R(1,1),NOLDX2,NOLDY2,FMAX,FMIN)
0163 C
0164 C..... WRITE DATA ON OUT FILE
0165 C
0166             DO 70 I=1,NOLDY2
0167                 DO 70 J = 1,NOLDX2
0168                     R2(2,J,I) = (R2(1,J,I) + R2(1,J+1,I)) / 2.0
0169 70          CONTINUE
0170             WRITE(35) INT2(NOLDX2*2),NOLDY
0171             WRITE(35) FMAX,FMIN
0172             DO 80 I = 1,NOLDY2
0173                 WRITE(35) (R(J,I), J = 1, NOLDX2)
0174                 WRITE(35) ((R(J,I) + R(J,I+1)) / 2.0, J = 1, NOLDX2)

```

```

0175 80    CONTINUE
0176 C
0177 C..... FORMATS
0178 C
0179 100    FORMAT(A)
0180 110    FORMAT(1X,' INPUT DATA FILE NAME ( .FFT ) : ')
0181 120    FORMAT(1X,' INPUT CONTINUATION DEPTH ( REAL ) : ',/
0182      &      '    positive   for DOWNWARD CONTINUATION',/
0183      &      '    negative   for  UPWARD CONTINUATION',/
0184      &      '    zero (0.0) for    SECOND DERIVATIVE',/
0185      &      '    0.1         for      FILTERING',/
0186      &      '   -0.1         for DIRECTIONAL FILTERING')
0187 130    FORMAT(1X,' INPUT HIGH CUT FREQ. ( INT ) : ')
0188 140    FORMAT(1X,' INPUT  LOW CUT FREQ. ( INT ) : ')
0189 150    FORMAT(1X,' INPUT HIGH GRADIENT ( DEG ) : ')
0190 160    FORMAT(1X,' INPUT  LOW GRADIENT ( DEG ) : ')
0191 170    FORMAT(1X,' DIRECTIONAL REJECT (0) OR PASS (1) ? ')
0192 180    FORMAT(1X,' INPUT GRID INTERVAL ( REAL ) : ')
0193 190    FORMAT(1X,' INPUT  OUT FILENAME ( .GRD ): ')
0194 200    FORMAT(///' INVERSE TRANSFORM'//,
0195      &      '    X - TRANS. LINE =    1'\)
0196 210    FORMAT(1X, 6A1, I5\)
0197 220    FORMAT('// '    Y - TRANS. LINE = 00001'\)
0198 C
0199 C..... CLOSE FILES AND STOP
0200 C
0201      CLOSE(33)
0202      CLOSE(35)
0203      STOP
0204      END
0205
0206
0207
0208

```

```

0001 C*****C
0002 C
0003 C   Program   R T P O L . F O R
0004 C
0005 C   THIS PROGRAM PERFORMS REDUCTION TO POLE ON MAGNETIC TOTAL
0006 C   INTENSITY DATA.  A SQUARE GRID IS ASSUMED WITH DATA INPUT
0007 C   STARTING IN THE SOUTHWEST CORNER AND INCREMENTING IN THE
0008 C   NORTH DIRECTION MOST RAPIDLY.  THE DATA ARE FIRST FIT WITH
0009 C   A TWO DIMENSIONAL FOURIER SERIES.  CALCULATION TIME WILL
0010 C   BE REDUCED IF THE TWO DIMENSIONS ARE EQUAL.
0011 C
0012 C
0013 C   Principal parameters are
0014 C
0015 C       DEL      :   GRID SPACING IN FEET.
0016 C       FIELD    :   EARTHS FIELD IN GAMMAS.
0017 C       DINC     :   INCLINATION OF EARTHS FIELD IN DEGREES.
0018 C       DEC      :   DECLINATION OF EARTHS FIELD IN DEGREES.
0019 C       VERTF    :   OBSERVED TOTAL FIELD VALUES IN GAMMAS.
0020 C
0021 C*****C
0022 C $LARGE
0023 C $DEBUG
0024 C
0025 C..... ARRAYS AND VARIABLES
0026 C
0027 C       DIMENSION SK(130), SL(130)
0028 C       DIMENSION VERTF(130,130), A(65,65), B(65,65)
0029 C       DIMENSION C(65,65), D(65,65)
0030 C       CHARACTER*15 FLIN, FLOUT
0031 C       INTEGER*2 NOLDX, NOLDY, NTMPX, NTMPY
0032 C       COMMON/SIZE/DELTA, FIELD, THETA, TAU
0033 C
0034 C..... GET I/O PARAMETERS
0035 C
0036 C       WRITE(*,*) '>> INPUT FILE NAME : '
0037 C       READ(*,1000) FLIN
0038 C       WRITE(*,*) '>> GRID SPACING ( IN METER ) : '
0039 C       READ(*,*) DEL
0040 C       WRITE(*,*) '>> EARTHS FIELD ( IN GAMMA ) : '
0041 C       READ(*,*) FIELD
0042 C       WRITE(*,*) '>> INCLINATION OF EARTHS FIELD ( IN DEGREE ) : '
0043 C       READ(*,*) DINC
0044 C       WRITE(*,*) '>> DECLINATION OF EARTHS FIELD ( IN DEGREE ) : '
0045 C       READ(*,*) DEC
0046 C       WRITE(*,*) '>> OUT FILE NAME : '
0047 C       READ(*,1000) FLOUT
0048 C
0049 C..... OPEN FILE AND READ DATA
0050 C
0051 C       OPEN ( UNIT = 10, FILE = FLIN, FORM = 'BINARY' )
0052 C       READ(10) NOLDX,NOLDY
0053 C       READ(10) NTMPX, NTMPY
0054 C       KXN = NTMPX
0055 C       LYE = NTMPY
0056 C
0057 C..... CONVERTS LENGTHS TO CENTIMETERS
0058 C

```

```

0059      DELTA = 100.0 * DEL
0060      THETA = (3.1415927/180.0) * DINC
0061      TAU = (3.1415927/180.0) * DEC
0062      K4 = KXN/4
0063      L4 = LYE/4
0064      READ(10) ((VERTF(J,I), I = 1,KXN), J = 1, LYE)
0065      MMM = KXN/2 + 1
0066      NNN = LYE/2 + 1
0067 C
0068 C..... COMPUTES LOOK-UP TABLE FOR TRIG TERMS
0069 C
0070      WRITE(*,*) ' ... START LOOK UP TABLE COMPUTING'
0071      CALL TRIG(SK,SL,KXN,LYE)
0072      WRITE(*,*) ' ... END LOOK UP TABLE COMPUTING'
0073 C
0074 C..... COMPUTES FOURIER SURFACE
0075 C
0076      WRITE(*,*) ' ... START FOUERIER SURFACE COMPUTING'
0077      CALL COFIT(VERTF,SK,SL,A,B,C,D,KXN,LYE,MMM,NNN,K4,L4)
0078      WRITE(*,*) ' ... END FOURIER SSURFACE COMPUTING'
0079 C
0080 C..... PERFORMS REDUCTION TO POLE
0081 C
0082      WRITE(*,*) ' ... START REDUCTION TO POLE'
0083      CALL VRTIC(VERTF,SK,SL,A,B,C,D,KXN,LYE,MMM,NNN,K4,L4)
0084      WRITE(*,*) ' ... END REDUCTION TO POLE'
0085 C
0086 C..... FIND MIN. & MAX.
0087 C
0088      CALL FMNX( VERTF(1,1), NOLDX, NOLDY, FMAX, FMIN )
0089 C
0090 C.....WRITE OUTPUT ON OUT FILE
0091 C
0092      WRITE(*,*) ' ... WRITING RESULTS ON FILE'
0093      OPEN ( UNIT = 11, FILE = FLOUT, FORM = 'BINARY' )
0094      WRITE(11) NOLDX, NOLDY
0095      WRITE(11) FMAX, FMIN
0096      DO 20 J = 1, NOLDY
0097          WRITE(11) (VERTF(J,I), I = 1, NOLDX)
0098      20 CONTINUE
0099 C
0100 C..... CLOSE FILES & STOP
0101 C
0102      CLOSE(10)
0103      CLOSE(11)
0104      1000 FORMAT (A)
0105      STOP
0106      END

```


주 의

1. 이 보고서는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.