

중력자료를 이용한 한반도 중부 대륙-해양 지역의 지각구조 연구

유상훈 · 민경덕¹⁾

1. 서론

중력이상을 이용한 한반도에서의 국지적인 심부 지각구조에 관한 연구는 1970년대 이후 지금까지 꾸준히 이루어지고 있으나, 한반도 및 그 주변해역을 모두 포함한 연구결과는 아직 미진한 실정이다. 특히, 지형적인 특징과 성인에 관한 논란으로 말미암아 한반도 중부 대륙에서 동쪽 해양지역으로 이어지는 대륙연변부에서의 심부지각구조에 관한 지구물리학적 연구는 많이 이루어지지 못하였다.

본 연구에서는 북위 $37^{\circ} \sim 38^{\circ}$, 동경 $128^{\circ} \sim 132^{\circ}$ 의 연구지역을 설정하고, 육·해양 및 위성 중력자료와 수심자료 등 다양한 자료들을 사용하여 한반도 중부 대륙에서 동해로 이어지는 지역에서의 지구조적 특징을 연구하였다.

육상지역의 부계 중력이상과 해양지역에서의 WCA(Wavenumber Correlation Analysis) 보정된 free-air 중력이상을 결합하고, 일정한 간격으로 재 추출하여 분포도를 작성하고, 지질 구조적 특징들을 해석하였다. 대륙연변부에서의 광역적인 심부지각구조에 초점을 맞추었으며 보다 정량적 해석을 위하여 지하 밀도 구조 모델링도 실시하였다.

2. 자료

육상지역의 중력자료로는 한국지질자원연구원에서 공개한 한반도 남부의 중력이상(Kang, 1996)을 사용하였고, 해양지역의 중력자료로는 선상에서 측정된 국립해양조사원의 동해 중부 free-air 중력이상(국립해양조사원, 1998)과 Geosat과 ERS-1 등의 인공위성 고도레이더 관측 값을 주로 사용하여 계산된 $1' \times 1'$ 의 free-air 중력(Sandwell & Smith, 1997)을 이용, WCA 보정 후, 해양지역의 중력자료로 사용하였다.

3. 연구방법

3.1. 해상중력자료의 WCA보정

WCA는 두 개 이상의 디지털자료를 파수영역에서 효과적으로 대비하기 위해 개발된 방법으로서, 자료들의 공통된 성분의 추출과 성분의 분석이 가능하다(von Frese et al., 1997). 본 연구에서의 선상중력자료에서 나타나는 고주파 잡음 성분을 제거하고, 선상중력자료의 공간해상도를 높이기 위하여 위성중력자료와의 WCA보정을 이용하였다.

선상중력자료, 위성중력자료와 보정된 선상중력자료의 표준편차는 각각 20.726, 20.728, 20.531로 나타났으며, 두 자료의 상호간 RMS 오차는 7.8에서 보정 후에는 6.6으로 감소하였고, 선상중력자료와 위성중력자료와의 상관계수는 0.003에서 보정 후 0.015로 증가하였다. 이는 선상중력이 갖는 높은 해상도의 단주기 성분을 손실하지 않고서, 연속적이고 균질한 자료분포의 장점을 갖는 위성중력의 성향을 반영한 것으로 판단된다. WCA보정을 통하여 얻어진 free-air 중력이상은 기존의 선상중력에서 보이던 왜곡된 모습은 나타나지 않고 안정된

주요어: 중력이상, WCA보정, 파워스펙트럼, 2차원모델링

1) 연세대학교 지구시스템과학과(ysh@geophy.yonsei.ac.kr)

분포를 보여준다(Fig 1.)

3.2. 육·해상 중력자료의 병합

육지에서 중력을 측정하는 측정위치 또는 측정고도와 해수면에서 측정하는 해상 중력측정과는 같은 측정기준면을 가지고 있다고 할 수 없다. 기기보정, 조석보정, 위도보정, free-air보정, 부계보정, 지형보정을 마친 육상 부계중력이상과 기기보정, Eötvös보정, free-air보정을 마친 해상 중력이상을 해안선을 따라 병합하였다.

4. 중력이상 해석

4.1. 파워스펙트럼 분석

병합된 중력이상을 네 개 영역으로 나누고, 각각의 파워스펙트럼 분석을 통하여 연구지역 내 지하밀도 불연속면의 평균심도를 구하였다. 파워스펙트럼분석으로 얻어진 A, B, C, D 지역의 31.39km, 25.01km, 19.10km와 17.59km의 심도는 지각과 맨틀의 경계인 모호면으로 판단된다. A, B지역의 12.03km와 8.13km는 대륙지각 내 밀도 경계인 콘라드 불연속면으로 판단된다(Fig 2).

4.2. 중력이상의 해석과 2차원 중력모델링

해상중력이상은 광역적인 경향에 있어서 해저면의 지형 변화와 유사하다(Park, 1998). 연구지역 내 중력이상은 수심이 2,000m이상으로 깊어지는 울릉분지 내부 쪽으로 낮고, 주변의 고해저지형을 따라 높게 나타난다. 해상중력이상 분포에서 대부분의 대륙붕지역과 울릉도와 독도 같은 화산섬이나 울릉도 북서쪽에 위치한 해저산에서도 뚜렷한 고 이상대가 나타난다. 또한, 울릉분지의 서측 주변부를 따라 중력이상의 급구배의 변화가 특징적으로 나타나고 있다. 이와 같이 대륙에서 해양쪽을 가로지르면서 특징적으로 나타나는 급구배의 중력변화는 Dehlinger(1978)에 의해 제안된 대로 대륙 주변부에서 알려진 전형적인 지각 가장자리 효과로 판단된다. 대륙사면의 최하부 지역에서 나타나는 낮은 중력이상은 기반 함몰대와 기반암상부의 두꺼운 퇴적층과도 관련이 있다. 이와 같은 현상들은 Kim(1994), 박찬홍(1996), 서만철(1998) 등이 기존의 연구를 통해 제안한 지각두께가 얇아지고, 모호면이 현격하게 높아지는 것과 관련이 있다.

본 연구의 목적이 한반도 동해 연안 전이지역에서의 심부지각구조를 규명하는 데 있으므로, 전이지역을 중심으로 동-서 방향의 임의의 축선을 설정하고, 파워스펙트럼 분석을 통해 얻어진 연구지역내의 평균심도와 지형의 변화 등을 참고로 하여 2차원 모델링을 실시하였다. Fig 2.는 UTM좌표 450,000E~730,000E, 4,130,000N에서의 모델링 결과이다. 모호면의 심도는 한반도 내륙지역에서는 약 33km~35km로 나타난다. 한반도 동해 연변부에서의 모호면의 심도는 18km~28km로 폭넓게 나타나고 있으며, 중력이상에서 보이는 바와 같이 이 지역에서의 중력이상은 지각 가장자리 효과로 인한 급구배의 중력변화가 보이고 있으며, 이에 따라서 모호면의 심도도 현격히 높아지고 있다. 울릉도 남부 해양에서의 모호면은 약 16km~17km로 한반도 내륙지역과 대륙주변부와는 수치상으로 많은 차이를 보인다.

5. 결 론

광역적인 중력자료를 이용하여 한반도 중부 대륙 및 해양이 접하는 지역에서의 지구조적 특징을 연구하였다.

육상중력이상과 해상중력이상을 병합하기 위한 전처리 과정으로 WCA 보정을 실시하였다. WCA보정을 통하여 보정 전 선상중력자료와 위성중력자료 상호간 RMS 오차는 감소하고, 상관관계는 증가하였다. 안정적인 장주기의 위성중력자료를 이용하여 측선간 혹은 조사단위간 나타날 수 있는 해상지역의 선상중력자료를 보정함으로써 중력분포의 해상도를 향상시킬 수 있었다.

육상 부계중력이상과 보정된 해상 free-air중력이상을 병합하고, 파워스펙트럼분석으로부터 산출한 연구지역내 모호면으로 판단되는 밀도경계면은 한반도 내륙 부에서 전이지역을 지나 동해 울릉분지 쪽으로 갈수록 심도가 점점 알아지는 양상을 보인다. 2차원 지하 밀도 구조 모델링을 통하여 계산된 모호면의 심도는 한반도 내륙지역에서는 약 33~35km로 나타나고, 대륙주변부에서의 모호면의 심도는 18~28km로 한반도 내륙지역에 비해 알아진다. 이와 같은 구조적 특성은 울릉분지의 주변부를 따라 나타나고 있는 중력변화에서 잘 설명되어진다. 울릉도 남쪽 해역에서의 모호면은 약 16~17km로 대륙 쪽의 모호면 깊이보다 훨씬 알아진다.

6. 참고문헌

- 강필중, 1996, 한반도 남부의 부계 중력 이상도 (1:1,000,000), 한국자원연구소.
- 국립해양조사원, 1999, 한국 중부 중력이상도 (1:500,000).
- 박찬홍, 김한준, 양철수, 석봉출, N. Isezaki, 1996, 중력 및 해저면지진계탐사 자료에 의한 울릉분지의 지각구조 연구, 지질학회지, v.32, p.276-290.
- 서만철, 이광훈, 손호웅, 1998, 동해울릉분지의 지구조 및 성인에 관한 지구물리학적인 연구, 바다, v.3, p.34-44.
- Dehlinger, P., 1978, Marine gravity, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Kim, H. J., H. T. Jou, C. H. Park, J. K. Hong, T. W. Chung, V. Zhigulef, and G. I. Anosov, 1994, A seismic experiment in the Ulleung Basin (Tsushima Basin), southwestern Japan Sea (East Sea of Korea), Geophysical Research Letters, v.21, p.1,975-1,978.
- Park, C. H., 1998, Crustal structure and evolution of the Ulleung Basin in the east sea of Korea(the Japan Sea) by deep penetrating seismic refraction, reflection, and potential field data: Ph. D. Dissertation, Chiba University, p.10-217.
- Sandwell, D.T. and Smith, W.H.F., 1997, Marine gravity anomalies from Geosat and ERS-1 satellite altimetry, J. Geophys. Res., 102, B5, 10,039-10,054.

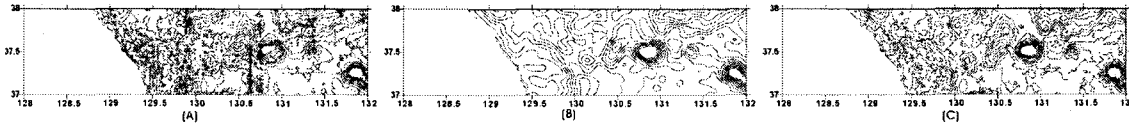


Fig 1. Free-air anomaly maps: (A) shipborne, (B) satellite, and (C) corrected shipborne gravity anomaly maps

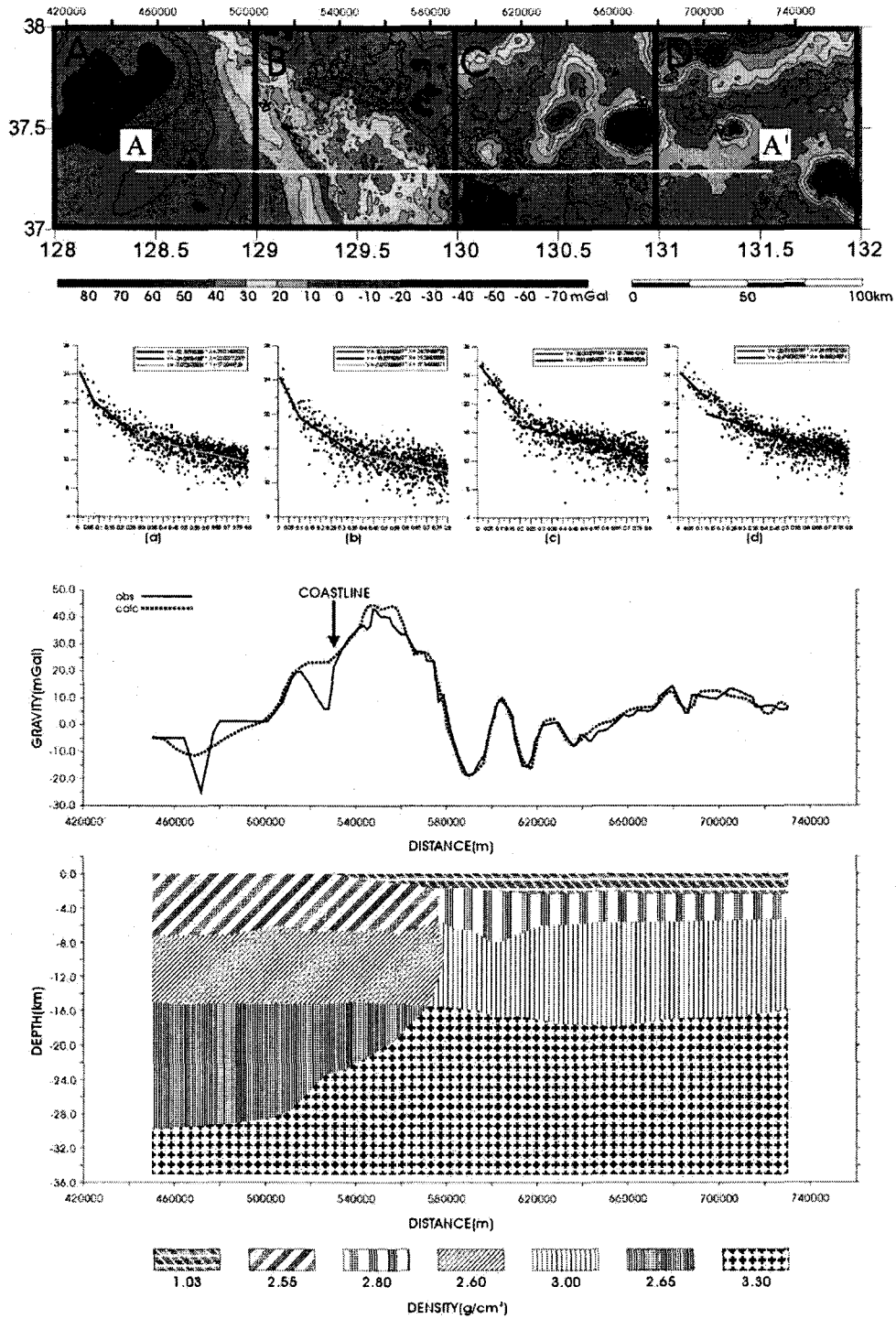


Fig. 2. Power spectrum and 2-dimensional modelling along the profile A-A'.