

동해 지역의 완전부우계 이상 계산 Computation of Complete Bouguer Anomalies in East Sea

김용현¹⁾ · 윤홍식²⁾ · 이동하³⁾ · 황학⁴⁾

Kim, Young Hyun · Yun, Hong Sik · Lee, Dong Ha · Huang, He

¹⁾ 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정(E-mail:kimyh@geo.skku.ac.kr)

²⁾ 정회원 · 성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수(E-mail:yoonhs@skku.edu)

³⁾ 정회원 · 성균관대학교 공과대학 겸임교수(E-mail:dhlee@geo.skku.ac.kr)

⁴⁾ 정회원 · 성균관대학교 건설환경연구소 연구원(E-mail:duejihh@gmail.com)

Abstract

This paper describes the results of complete Bouguer anomalies computed from the Free-air anomalies that derived from Sandwell and DNSC08 marine gravity models. Complete bouguer corrections consist of three parts: the bouguer correction (Bullard A), the curvature correction (Bullard B) and the terrain correction (Bullard C). These all corrections have been computed over the East Sea on a 1'×1' elevation data (topography and bathymetry) derived from ETOPO1 global relief model. In addition, a constant topographic (sea-water) density of 2,670kg/m³ (1,030kg/m³) has been used for all correction terms. The distribution of complete bouguer anomalies computed from DNSC08 are -34.390 ~ 267.925 mGal, and those from Sandwell are -32.446 ~ 266.967 mGal in East Sea. The mean and RMSE value of the difference between DNSC08 and Sandwell is 0.036 ± 2.373 mGal. The highest value of complete bouguer anomaly are found around the region of 42 ~ 43°N and 137 ~ 139°E (has the lowest bathymetry) in both models. These values show that the gravity distribution of both models, DNSC08 and Sandwell, are very similar. They indicate that satellite-based marine gravity model can be effectively used to analyze the geophysical, geological and geodetic characteristics in East Sea.

▶ Keywords : Free-air anomaly, Complete bouguer anomaly, Complete bouguer correction, DNSC08 model, Sandwell model

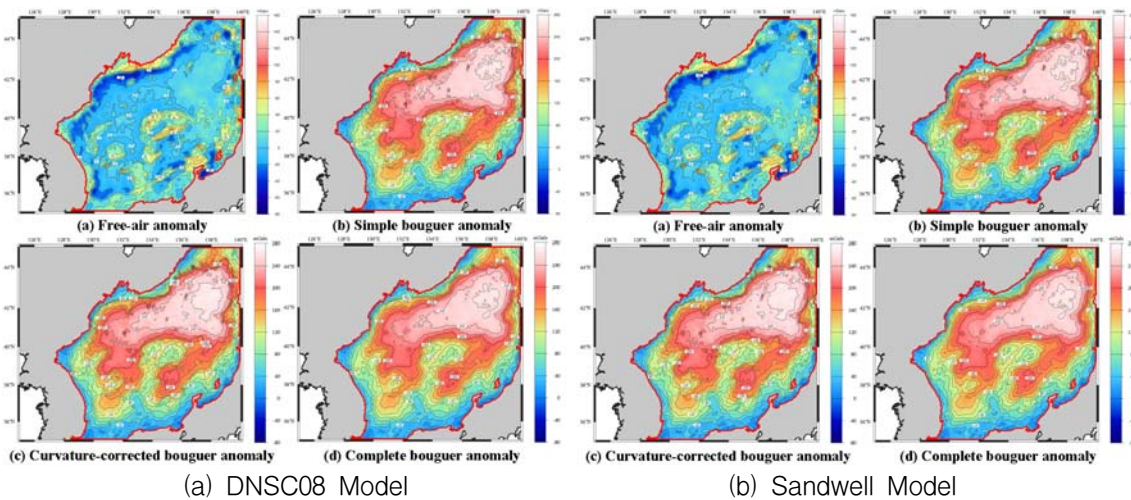
1. 서 론

위성데이터를 이용하여 개발된 해상중력모델의 대부분은 중력이상값으로 부우계 이상이 아닌 프리에어 이상을 제공하고 있으며, 대표적인 해상중력모델로 DNSC(Danish National Space Center)에서 개발한 DNSC08(Andersen 등, 2010) 모델과 Sandwell 등(2009)이 개발한 Sandwell 해상중력모델 등이 있다. 따라서 이러한 모델들을 이용하여 해양 지역의 정밀한 지구물리학적 특성을 연구하고, 이를 측지학적으로 적용하기 위해서는 모델들의 프리에어 이상을 완전부우계 보정을 실시하여 완전부우계 이상으로 변환하여야 한다. 본 연구에서는 DNSC08과 Sandwell 모델에서 획득된 동해지역의 프리에어 이상에 Bullard 방법(Bullard, 1936)에 의한 완전부우계 보정을 적용하여 완전부우계 이상을 계산하고, 두 모델 간 완전부우계 이상의 분포와 차이를 분석하여 동해지역의 정밀한 지구물리, 지질 및 측지

학적 해석을 위한 해상중력이상 모델의 활용성을 제시하고자 하였다.

2. 연구의 방법 및 내용

관측점에서 지형의 중력학적 인력에 의한 영향은 3부분으로 구성되며, 프리에어 이상으로부터 완전부우계 이상을 구하기 위해서는 이러한 영향을 각각 보정하여야 한다(Nowell, 1999). Bullard(1936)는 각 영향에 대한 보정을 위해 Bullard A, B, C로 구분되는 보정방법을 제시하였는데, 이러한 3가지 보정을 모두 포함한 것을 완전부우계 보정(complete bouguer correction)이라 부르고 있다. 이 중 Bullard A(B.A) 보정은 부우계 보정이라고도 불리며, 관측점 주변의 지형(또는 해면지형)의 영향을 관측점의 표고(H_p)와 동일한 두께를 일정한 밀도의 무한한 축방향 범위를 가지는 환(slab)으로 근사화하여 계산한다. 이러한 B.A 보정만 적용된 중력 이상을 단순부우계 이상이라고 한다. Bullard B(B.B) 보정은 곡률보정이라 하며, 단순부우계 보정에 적용되는 부우계환을 일정한 범위(R_d)를 가지는 동일한 두께의 구면 환으로 대체하여 지형의 영향을 계산한다(LaFehr, 1991). Bullard C(B.C) 보정은 지형보정을 의미하며, 관측점의 표고 상·하에 위치하는 실제 주변 지형에 의한 효과로서 DEM과 같은 실제 지형의 형태를 이용하여 계산된다(Nowell, 1999).



[그림 1] 동해 지역의 중력이상 분포(단위 : mGal)

상기의 개념을 토대로 해양에서의 완전부우계 이상을 결정하기 위한 다양한 연구들이 수행되었는데, 최근에는 Fulla 등(2008)에 의해 육지와 해상에서 정확한 B.A, B.B, B.C 보정을 수행하여 완전부우계 이상을 계산하는 FA2BOUG 포트란 프로그램이 개발되었다. FA2BOUG는 지역적으로 격자화된 지형데이터를 이용한 지형해석을 통해 완전부우계 이상을 계산할 수 있도록 개발되었는데, 입력파일의 포맷으로 격자형태의 프리에어 이상과 표고 데이터를 이용하고 있다. 본 연구에서는 Fulla 등(2008)의 방법을 토대로 DNSC08과 Sandwell 모델에서 획득된 동해지역의 프리에어 이상에 Bullard 방법에 의한 완전부우계 보정을 적용하여 완전부우계 이상을 계산하였다. 이를 위해 ETOPO1 모델의 1분 간격의 지형 데이터(표고 및 수심)를 이용하여 B.A·B.B·B.C의 3부분으로 구성되는 완전부우계 보정량을 각각 계산하였으며, 각 보정량 계산을 위한 파라미터로 지형과 해수의 표준밀도값 $2,670 \text{ kg/m}^3 (\rho_c)$ 와 $1,030 \text{ kg/m}^3 (\rho_w)$, 167km의 외부준 범위, 20km의 중간준 범위, 4km(외부)·2km(중간)·1km(내부)의 준별 격자크기를 설정하였다.

[표 1] 해상중력모델별로 계산된 중력이상의 통계값

중력모델	중력이상(mGal)	Max.	Min.	Mean	std. dev.	RMSE
Sandwell	(a) 프리에어	141.770	-58.337	9.179	±22.225	±24.0459
	(b) 단순부우계 (Bullard A)	268.375	-32.988	138.277	±75.587	±158.026
	(c) 곡률보정 부우계 (Bullard B)	271.546	-32.983	139.863	±77.636	±159.966
	(d) 완전부우계 (Bullard C)	266.967	-32.446	138.831	±75.717	±158.136
DNSC08	(a) 프리에어	134.734	-56.392	9.215	±22.033	±23.883
	(b) 단순부우계 (Bullard A)	269.152	-34.870	138.263	±76.673	±158.099
	(c) 곡률보정 부우계 (Bullard B)	272.323	-34.867	139.899	±77.723	±160.040
	(d) 완전부우계 (Bullard C)	267.925	-34.390	138.867	±75.793	±158.204

계산 결과, DNSC08 모델을 이용하여 계산된 동해 지역의 완전부우계 이상은 -32.116 ~ 266.967mGal의 분포와 이상값의 변동량으로 평균 138.831 ± 75.717 mGal을 나타내었으며, Sandwell 모델의 경우도 DNSC08 모델과 유사하게 -34.390 ~ 267.925mGal의 분포와 평균 138.867 ± 75.793 mGal의 변동량을 나타내었다. 두 모델 간 완전부우계 이상의 차이는 평균 0.036 ± 2.373 mGal로 계산되어, 두 모델이 동해 지역에 대해 매우 유사한 완전부우계 이상의 분포를 보이는 것을 알 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 DNSC08과 Sandwell 모델에서 획득된 동해지역의 프리에어 이상에 Bullard 방법에 의한 완전부우계 보정을 적용하여 완전부우계 이상을 계산하고, 두 모델 간 완전부우계 이상의 분포와 차이를 분석하여 동해 지역의 정밀한 지구물리, 지질 및 측지학적 해석을 위한 해상중력이상 모델의 활용성을 제시하고자 하였다. 두 모델에서 계산된 중력이상 간의 차이와 위도 38°N, 40°N, 42°N의 세 단면을 기준으로 작성된 지형, 프리에어 이상, 단순부우계 이상, 완전부우계 이상의 단면도 등을 분석한 결과, 두 모델이 매우 유사한 분포 양상을 보이는 것으로 나타났으며, 계산된 각 중력이상이 표고(수심)와의 상관성을 잘 나타내는 것으로 분석되었다. 특히 가장 큰 부우계 이상값을 가지는 지역은 가장 낮은 수심분포를 보이는 위도 42 ~ 43°N 및 경도 137 ~ 139°E 사이의 지역으로 나타났으며(> 260mGal), 200mGal 이상의 높은 부우계 이상의 분포 형태가 연구대상지역 중 수심이 상대적으로 깊은 동해 해분의 형태와 매우 유사한 것으로 판단되었다.

그러나 단순부우계 이상의 경우는 실제적인 중력이상에 영향을 미치지 않는 좁은 지역에서의 급격한 지형변화의 영향까지도 함께 고려하는 문제가 있으므로 부우계 이상을 이용하여 해상의 중력해석을 보다 정확하게 수행하기 위해서는 실제적인 지형의 영향 및 곡률을 모두 고려하는 완전부우계 이상을 정밀하게 계산하여 활용할 필요가 있는 것으로 판단

되었다. 따라서 본 연구에서 제안된 방법을 이용하면 위성기반의 해상중력모델을 해상 지역의 지구물리학적, 지질학적, 측지학적 특성의 해석에 효율적으로 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Andersen, O. B., Knudsen, P. and Berry, P. A. M. (2010), The DNSC08GRA global marine gravity field from double retracked satellite altimetry, *Journal of Geodesy*, Vol. 84, No. 3, pp. 191-199.
- Bullard, E. C. (1936), Gravity measurements in East Africa, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, Vol. 235, pp. 445-534.
- Fullea, J., Fernandez, M. and Zeyen, H. (2008), FA2BOUG—A FORTRAN 90 code to compute Bouguer gravity anomalies from gridded free-air anomalies: Application to the Atlantic-Mediterranean transition zone, *Computers & Geosciences*, Vol. 34, pp. 1665-1681.
- LaFehr, T. R. (1991), An exact solution for the gravity curvature (Bullard B) correction, *Geophysics*, Vol. 56, No. 8, pp. 1178-1184.
- Nowell, D. A. G. (1999), Gravity terrain corrections—an overview, *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 42, pp. 117-134.
- Sandwell, D. T. and Smith, W. H. F. (2009), Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate, *J. Geophys. Res.*, Vol. 114, B01411, doi:10.1029/2008JB006008.