

천문측지지오이드에 의한 Bessel1841과 GRS80의 우리나라에의 타원체 적합성 분석 Ellipsoidal Agreement Analysis between Bessel 1841 and GRS80 in Korea by Astrogeodetic Geoid

이석배¹⁾ · 심정민²⁾

Lee, Suk Bae · Sim, Jung Min

¹⁾ 국립진주산업대학교 토목공학과 조교수(E-mail:sblee@jinju.ac.kr)

²⁾ 전주비전대학 지적부동산과 조교수(E-mail:jmsim@jvision.ac.kr)

Abstract

Many countries have changed her geodetic reference system from local system to global system because of the global network's necessity. And, also Korean geodetic reference system changed from Tokyo datum to Global geodetic reference system since 2003 as the revision of Survey Law and Korean reference ellipsoid changed from Bessel 1841 ellipsoid to GRS80. Astronomic surveying has been regarded as an important method for absolute positioning of geodetic datum in each countries under the local geodetic reference system. This paper aims to analyses distribution of geoidal heights and ellipsoidal agreement between Bessel 1841 and GRS80 ellipsoid in Korea through comparing both astrogeotic geoidal heights referred to GRS80 and Bessel 1841 ellipsoid by astronomic surveying data which have been surveyed after 1970 in Korea.

1. 서 론

천문측량이란 지구자전축과 연직선을 기준으로 태양, 북극성, 별 등과의 상대적인 위치를 관측함으로써 미지점의 경위도와 방위각을 결정하는 측량방법으로서, 주로 지역측지계를 설정함에 있어서 경위도 원점의 결정과 도서지역에 독립된 원점위치를 결정할 때 사용되어 왔으며 아울러 천문측량과 측지측량의 결과를 바탕으로 연직선편차와 천문측지지오이드의 계산에 이용되어 왔다. 본 연구에서는 우리나라의 그동안의 천문측량 데이터를 통해 우리나라 지역측지계의 기준타원체인 베셀타원체를 기준으로 하는 천문측지지오이드를 계산하였다. 아울러 천문측량점에서의 GPS측량결과를 바탕으로 세계측지계인 GRS80 타원체를 기준으로 하는 천문측지지오이드를 계산하였으며 이 두 타원체를 기준으로 하는 지오이드고를 이용하여 우리나라의 지역측지계와 세계측지계의 기준타원체인 베셀타원체와 GRS80 타원체중 어느 것이 우리나라에 더욱 적합한 타원체인가를 분석하고자 하였다. 또한 우리나라가 세계측지계로의 변환을 공표한 가운데 지역측지계에서 원점위치 결정의 주요수단이었던 천문측량과 세계측지계상에서 측지계 설정·관리의 주요수단이 되는 우주측지기술과의 효용성도 비교해 보고자 하였다.

2. 천문측지지오이드의 계산

우리나라의 천문측량은 1970년에 국립지리원 기본측량 사업으로 시작되어 1971년부터 1년간 3점씩 꾸준히 관측되어 왔으나 1980년대 이후 연간 1점씩 관측되다가 1997년 이후로는 관측이 제대로 이루어지지 않고 있다. 남산에서 천문관측을 실시한 이래 중복된 점을 제외한다면 2004년까지 총 43점에서 관

측이 이루어졌다.

2.1 베셀타원체 기준의 지오이드고 계산결과

천문지오이드 계산은 Vanicek와 Merry에 의해 제안된 최소자승 곡면다항식기법(Least square surface fitting technique)을 이용하였으며 수원경위도 원점을 천문지오이드 계산의 원점으로 채택하여, 원점에서의 지오이드값에 따라 상대적인 지오이드고를 구한 것이다. 따라서 베셀지오이드고의 계산에는 수원경위도 원점에서의 관측값을 제외한 42점의 데이터가 사용되었다.

곡면다항식 계산결과 6차식에서의 표준오차가 가장 작게 나타나 6차다항식 결과를 활용하였으며, 6차다항식 Surface fitting에 의한 천문지오이드 계산결과 RMS Geoid의 평균값은 1.03m, RMS $\xi(\xi)$ 의 평균값은 2.17", RMS $\eta(\eta)$ 의 평균값은 2.28"로 나타났다. 베셀타원체를 기준으로 하는 6차다항식에 의한 천문지오이드 계산결과를 등고선도로 표시하면 그림 1.과 같다. 그림 1.에서 보는 바와 같이 강화도 부근의 -68m에서부터 대한해협 부근의 -43m에 이르기까지 북서에서 남동으로 높아지고 있음을 보여주고 있으며 지오이드고 차이의 분포는 약 25m에 이르고 있음을 알 수 있다.

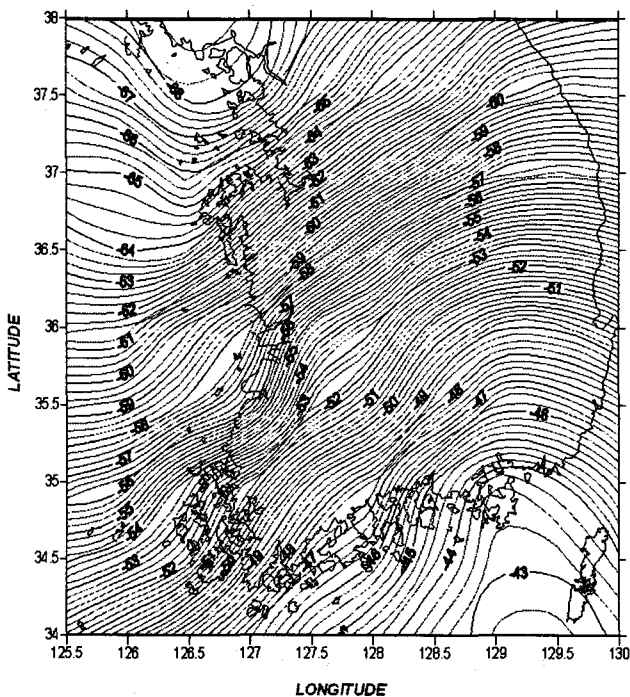


그림 1. 베셀타원체 기준의 천문지오이드고

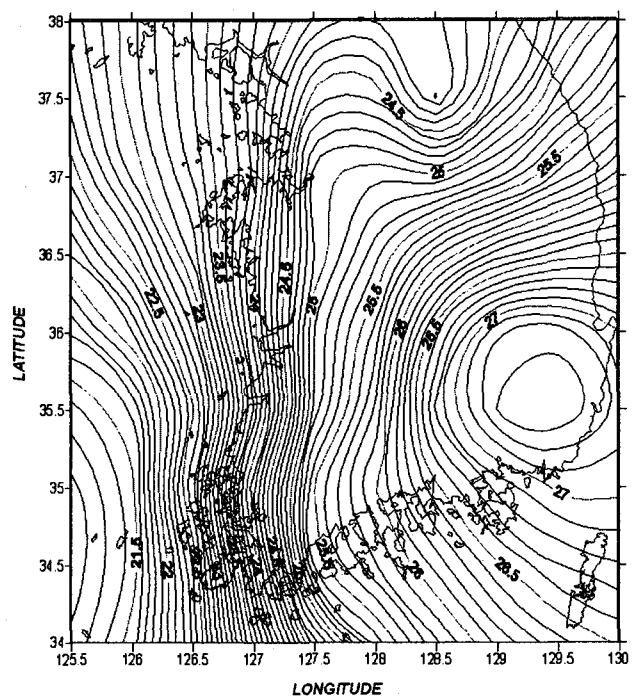


그림 2. GRS80 기준의 천문지오이드고

2.2 GRS80타원체 기준의 지오이드고 계산결과

우리나라가 채택하고자 하는 세계측지계의 준거타원체는 GRS80이며, 따라서 세계측지계상에서의 연직선편차를 계산하기 위하여는 천문측량점에서의 GPS성과를 필요로 한다. 베셀지오이드고의 계산에 사용된 천문측량 데이터중에서 GPS측량성과를 가지고 있는 점은 33점이며, GPS측량성과는 GRS80타원체를 기준으로 하고 있으므로 이 33점의 GPS측량성과와 천문측량점의 측지경위도를 바탕으로 연직선편차 성분(ξ, η)을 계산하고 또 GRS80타원체를 기준으로 하는 천문측리지오이드를 계산하였다. 그 결과는 그림 2.와 같다. 등고선 간격은 0.1m이며, 그림에서 보는 바와 같이 중서부의 23m에서부터 남동부의 27m에

이르기까지 북서에서 남동으로 높아지고 있음을 보여주고 있다. 그러나 그 변화가 완만하며, 베셀타원체에 비하여 그 변화폭이 매우 적다는 것을 알 수 있었다.

아울러 33점의 연직선편차 성분을 이용하여 곡면다항식기법에 의하여 세계측지계 기준의 천문측지지오이드를 계산한 결과 5차식에서 표준오차가 5.05"로 가장 좋은 결과를 나타냈다. 5차식의 Surface fitting에 의한 천문지오이드 계산결과 RMS Geoid의 평균값은 1.29m, RMS $\xi(\zeta)$ 의 평균값은 2.44", RMS $\eta(n)$ 의 평균값은 2.77"로 나타났으며, 사용된 데이터의 수가 베셀타원체 기준에 비해 적기 때문에 RMS 값이 조금 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

3. 타원체 적합성 분석

오늘날 전세계의 상당수의 주요국가가 지역적인 측지기준계를 버리고 세계측지계를 측지기준으로 채택해 가고 있으며 우리나라 또한 마찬가지이다. 따라서 우리나라에서 지역측지계와 세계측지계으로 기준으로 각각 사용되는 두 타원체에 대하여 천문측지지오이드를 이용하여 우리나라에서의 타원체 적합성 여부를 판단하고자 하였다. 타원체의 적합성 여부는 각 나라의 지오이드면과 준거타원체와의 이격량을 가지고 판단하게 되는데, 본 연구에서는 연구대상지역을 위도 0.5°, 경도 0.5° 간격으로 격자점에서 두 타원체를 기준한 지오이드고를 추출하고 이것의 제곱의 합으로써 적합성 여부를 판단하였다. 그림 3은 타원체 적합성 여부를 판단하기 위해 지오이드고를 추출한 격자점을 보여주고 있으며, 표 1은 그 결과를 정리해 나타내고 있다.

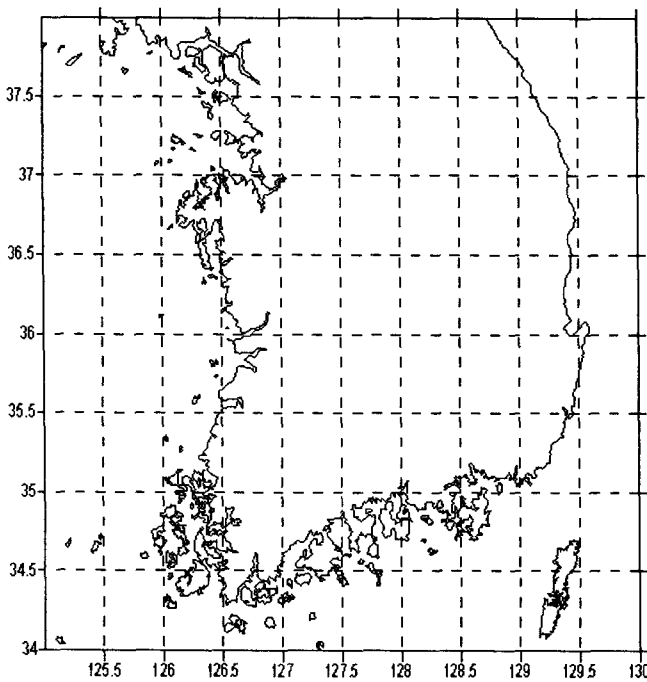


표 1. 두 타원체 기준의 천문측지지오이드

구 분	Bessel 1841 기준 천문측지지오이드	GRS80 기준 천문측지지오이드
최소값	-67.92	21.73
최대값	-43.43	27.54
평 균	-56.35	24.66
$\sum N^2$	282,210.936	54,504.170

그림 3. 타원체적합성 분석을 위해 지오이드고가 추출된 격자점

지오이드고란 타원체에서 지오이드까지의 높이를 말하며 그 나라의 지오이드면에 대한 타원체의 이격량을 표시하게 된다. 베셀타원체 기준의 지오이드고가 (-)값으로 나타난 것은 타원체가 우리나라의 지오이드면보다 높게 위치하고 있으며, GRS80 타원체 기준의 지오이드고가 (+)값으로 나타난 것은 타원체가 지오이드 아래에 위치하고 있음을 말해 주는 것이다. 또한 90점의 격자점에서 추출된 지오이드고의 제곱의 합이 Bessel1841 타원체 기준일 때는 282,210.936으로, GRS80 타원체 기준일 때는 54,504.170h 나타나 GRS80 타원체가 Bessel1841 타원체에 비해 우리나라의 지오이드면에 더욱 가까운 것으로 나타났

으며, 따라서 GRS80 타원체가 Bessel1841 타원체에 비해 더욱 적합한 타원체임을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 우리나라의 1970년부터 2004년까지의 천문측량 데이터를 활용하여 베셀타원체를 기준으로 하는 천문측지오이드를 계산하였으며, 아울러 천문측량점에서의 GPS측량성과를 이용하여 GRS80타원체를 기준으로 하는 천문측지오이드고를 계산하였다. 계산결과 GRS80타원체를 기준으로 하는 천문측지오이드고의 분포는 연구대상지역 중서부의 23m에서부터 남동부의 27m에 이르기까지 북서에서 남동으로 높아지고 있음을 보여주고 있으며 그 변화가 완만하여 베셀타원체에 비하여 그 변화 폭이 매우 적다는 것을 알 수 있었다. 또한 베셀타원체를 기준으로 하는 천문측지오이드고의 분포는 강화도 부근의 -68m에서부터 대한해협 부근의 -43m에 이르기까지 북서에서 남동으로 높아지고 있음을 보여주고 있으며 지오이드고 차이의 분포는 약 25m에 이르고 있음을 알 수 있다. 따라서 이를 바탕으로 우리나라 지오이드면의 이격량을 비교한 결과 베셀타원체를 기준으로 할 때보다 GRS80타원체를 기준으로 할 때가 적게 나타나 GRS80타원체가 베셀타원체에 비하여 우리나라에 더욱 적합한 타원체임을 알 수 있었다. 아울러 천문측량이 수행하던 독립된 절대위치의 결정과 같은 기능을 오늘날에는 기존의 별이 아닌 인공적인 별(인공위성)을 이용하여 수행하게 되므로 GPS, VLBI, SLR 등과 같은 우주측지기술을 발전시켜 세계측지망과 더욱 정밀하게 연결하고 유지관리하는 전략이 필요하다고 할 수 있다.

참고문헌

- Heiskanen W.A. and Moritz H.(1996) Reprint, *Physical Geodesy*, Institute of Physical Geodesy Technical University Graz, Austria,
- Merry C. and P. Vaniček(1974) A Method for Astro-gravimetric Geoid Determination, Technical Report No.27, *Department of Surveying Engineering University of New Brunswick*,
- Torge W.(1991) *Geodesy*, Walter de Gruyter
- 西修二郎(1981) 日本の 天文ジオイドに ついて, 國土地理院 時報 No. 51,