

세계측지계 전환에 따른 우리나라 행정구역도상 면적 변화 Area Changes in the Administrative Boundary Map of Korea by National Geodetic Reference Frames

배태석¹⁾ · 김정희²⁾ · 윤종성³⁾ · 정재준⁴⁾

Bae, Tae-Suk · Kim, Jeong-Hee · Yoon, Jong-Seong · Jeong, Jae-Joon

Abstract

The national geodetic reference frame of Korea switched to the International Terrestrial Reference Frame (ITRF) in 2003. In order to study the land area changes, we calculated the entire land area of Korea using the administrative boundaries of census data provided by Statistics Korea. The standard transformation procedure by the National Geographic Information Institute (NGII) was followed. The Transverse Mercator (TM) projected coordinates were transformed into the GRS80-based world geodetic reference frame, and the ellipsoidal and the projected areas were calculated. The provinces that range over two projection origins were divided into two polygons and projected using appropriate origins. After the transformation, all boundaries were shifted in the northwestern direction, resulting in a decreased area of 1.36km² (about 0.0013%) on the projected plane. Moving the boundaries into a high latitude area cancels out the effect of the enlarged ellipsoid. In addition, the rate of change shows that a higher-latitude province is more sensitive to the shift of the boundaries. The data by Statistics Korea is significantly different from those of the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM), thus it is urgently recommended that the data are integrated and unified.

Keywords : World Geodetic Reference Frame, GRS80, TM Projection, Land Area

초 록

우리나라에서는 2003년부터 세계측지계로 전환하였으며, 이에 따른 우리나라의 행정구역도상의 면적 변화를 살펴보기 위해 통계청에서 제공하는 센서스용 행정구역경계 자료를 이용하여 전국토를 대상으로 면적의 변화량을 계산하였다. 면적 계산 과정에서는 국토지리정보원에서 제시하는 표준절차를 이용하였으며, 전국 단일 원점 TM좌표를 세계측지계로 변환한 후 타원체면 및 투영평면상에서 면적을 대상으로 하였다. 광역시도 행정경계가 우리나라 직각좌표의 두 개 이상의 원점에 해당하는 경우에는 각 좌표계의 경계선을 기준으로 행정경계를 개별 폴리곤으로 분할한 후 별도의 원점을 기준으로 투영하였다. 세계측지계 변환 후 모든 행정경계가 북서방향으로 이동함으로써 결과적으로 우리나라 전체 면적이 투영평면 기준으로 1.36km²(약 0.0013%) 감소하는 것으로 나타났다. 이는 타원체의 장반경이 확대됨으로 인한 면적증가보다 행정경계의 경위도 좌표가 고위도로 변경됨으로 인한 면적감소가 크기 때문으로 판단된다. 각 행정구역별 면적변화율은 고위도에 위치한 광역시도가 더 민감하게 반영되었다. 이와는 별도로 통계청에서 제공하는 행정구역경계 자료로부터 계산된 면적은 국토해양부의 국토해양통계 자료와 상당한 차이를 보이고 있으며 이에 대한 일원화가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

핵심어 : 세계측지계, GRS80, TM투영, 국토면적

1) 정회원 · 세종대학교 공간정보공학과 교수(E-mail:baezae@sejong.ac.kr)
2) 정회원 · 새한향업고문 해외사업본부장(E-mail:geodesy711@hotmail.com)
3) 정회원 · 대한측량협회 수석연구원(E-mail:yjs353@chol.com)
4) 교신저자 · 정회원 · 성신여자대학교 지리학과 교수(E-mail:jeongjj@sungshin.ac.kr)

1. 서론

우리나라 측지기준계는 측량법 개정을 통해 2003년부터 세계측지계로 전환하도록 명문화 되었다(법률 제6532호, 2001년). 이후 시행시기 연장을 위한 법률 개정(법률 제8071호, 2006년)을 거쳐 2010년부터는 세계측지계만을 사용하도록 규정되어 있으며, 이와 같은 변화는 단순한 기준타원체의 크기 및 형상의 변화 뿐만 아니라 공간데이터베이스의 전면적인 수정을 요구하고 있다. GPS를 비롯한 위성측지기술의 혁신으로 측지/측량분야에서의 사용이 확대되면서 수치지형도 제작 뿐만 아니라 지적분야에서도 2006년부터 세계측지계의 사용을 공표하게 되었다(이석배 등, 2007). 또한 2009년 제정된 『측량·수로조사 및 지적에 관한 법률』(법률 제9774호) 및 그 시행령(대통령령 제21881호)에 따라 향후에는 수치지형도 및 지적도 관련 업무도 위성측지기술을 많이 활용할 것으로 예상되므로 이러한 변화가 우리나라의 행정구역도상 면적에 미치는 영향을 정확히 분석할 필요가 있다.

지난 10여년간 세계측지계 전환에 따른 우리나라 면적 변화와 관련하여 국내의 많은 관심과 연구가 진행되어 있다. 측지/측량분야에서는 송동섭 등(2007)이 국가 GIS와 연계할 위한 지적기준점의 세계측지계 변환 실험에서 다양한 원점체계를 가진 수치지적도를 국가 GIS 데이터와 연계하기 위해, 2차원 등각변환에 의한 변환 매개변수를 산출하여 GPS로 측량한 성과와 비교하는 연구를 수행하였다. 이와 동시에 통일원점 기준의 지적기준점 성과를 세계측지계 기준의 성과로 변환하기 위한 최적화 실험을 실시하였다. 반면 측지기준계 변경에 따른 도면상 면적 변화와 관련한 연구는 지적분야에서 특히 많이 수행되었다. 심정민 등(2004)은 우리나라 지역을 위도별 블록으로 나누어서 계산함으로써 타원체에 따른 면적변화량을 분석하였으며, 이석배 등(2007)은 세계측지계 변환에 의한 우리나라 면적변화량 뿐만 아니라 구면적과 투영면적의 차이를 비교함으로써 세계측지계 전환시 우리나라 투영 평면적이 11.161km² 증대되는 것으로 분석하였다. 강상구(2007)는 세계측지계 도입에 따른 지적도면의 면적 변화를 분석하기 위해 수치지역과 도해지역의 지적도면을 세계좌표계로 변환하여 우리나라 현행 지적도상의 면적 변화량을 분석함으로써 우리나라 전체 면적이 0.0014% 증가하는 것으로 결론내리고 있다. 이와 더불어 세계측지좌표계 변환에 따른 한국도지정보시스템 데이터의 변환과 관련한 다양한 실험도 실시되었다(신동빈 등, 2008).

그러나 기존 연구에서는 우리나라 지역측지계에서 GRS80 기반의 세계측지계로의 변환을 수행하면서 두 측지계간의 평행이동 등 좌표계 변환을 고려하지 않고, 동일한 경위도로 구성된 블록에 대해서 타원체에 의한 면적 변화만을 계산하였다. 따라서 세계측지계 변환으로 우리나라 면적이 증대한다는 결론을 도출하였으나, 이는 경위도 좌표 변화를 고려하지 않은 것이다. 또한 기존의 연구에서는 개별 도엽에 대한 분석만을 수행하거나 육지와 해상영역을 동시에 포함하는 블록을 구성함으로써 우리나라의 실제 육지면적에 대한 결과와 차이가 있다. 본 연구에서는 통계청에서 제공하는 전국 행정경계 수치지도 자료를 국토지리정보원에서 제시한 절차에 따라 세계측지계 변환을 수행함으로써 우리나라의 행정구역도상의 면적을 계산하고 그 변화를 분석하였다.

2. 본론

일반적으로 지도는 3차원 지형에 대한 평면좌표를 회전타원체 상에 표시하고, 이를 미리 정의된 수학적 방법을 이용하여 2차원 평면에 투영하여 나타낸 것이다(Knippers, 1999). 2010년부터 우리나라의 측지기준점이 세계측지계로 전환함에 따라 기존의 지역좌표계로 제작된 지도 및 각종 공간정보 관련 데이터의 변환이 이루어져야 하며, 이와 더불어 우리나라의 지도상 면적변화도 수반된다. 세계측지계 변환에 따른 면적변화와 관련한 기존 연구 성과가 다수 있지만 서론에서 언급한 것처럼 경계지점의 실제 위치좌표를 이용한 면적변화를 분석한 것이 아니라 대부분 우리나라 주변의 경위도를 블록으로 구분하여 각 블록별 타원체 변환에 따른 면적차이만을 계산하였다. 그러나 우리나라의 세계측지계 변환의 경우에는 좌표계 원점에 대한 평행이동으로 인해 우리나라 전체 지역에 대한 경위도 좌표의 변화가 발생하게 되므로 단순한 타원체의 크기만을 기준으로 면적변화율을 추정할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 우리나라의 평면투영 지도를 세계측지계로 전환하는 경우의 면적변화를 계산하기 위한 전 과정에 대해서 서술하고자 한다.

2.1 연구방법

본 연구에서는 국토지리정보원에서 고시한 국가좌표 변환계수(국토지리정보원 고시 제2003-497호) 및 세계측지계 변환 표준 작업지침(국토지리정보원, 2005)에 의거하여 타원체와 2차원 지도의 투영/역투영 방법과 3차원

직각좌표계 사이의 변환계수를 이용한 우리나라 행정경계의 세계측지계 변환을 수행하였다. 그림 1은 본 연구에서 적용한 자료처리 과정으로서 베셀타원체 기반의 TM 투영 좌표를 세계측지계 기반의 좌표로 변환하기 위해서는 크게 TM 역투영(베셀), 세계측지계 변환, TM 투영(GRS80)의 과정을 거쳐야 한다. 또한 세계측지계 변환은 3차원 직각좌표계에서 이루어지므로 행정경계 폴리곤의 각 노드에 대해서 측지좌표계와 직각좌표계 사이의 변환/역변환을 수행해야 한다. 지도는 타원체면 상에서의 평면 정보만을 나타내므로 세계측지계 변환 후 GRS80 기반의 측지경위도 좌표만을 채택한다. 세계측지계 기반의 지도 투영면적을 계산하기 위해서는 우리나라 행정경계를 해당 원점(서부, 중부, 동부, 동해)에 기반하여 투영하여야 한다. 그러나 광역시도의 경우에 두 개 이상의 투영원점에 걸쳐서 나타나는 경우가 있으므로 해당 원점에 대해 투영하기 위해서는 폴리곤의 분할에 의한 별도 투영이 필요하다. 우리나라 행정경계에 대한 세계측지계 변환 전후 면적비교는 타원체 상에서의 면적과 평면투영된 면적을 별도로 계산하였다. 타원체 상에서의 면적은 Green 정리에 기반한 선적분 방식의 MATLAB 함수를 이용하여 계산하였으며, 투영된 평면상에서의 면적은 평면좌표를 이용한 면적계산 방식을 이용하였다.

본 연구에서는 통계청에서 제공하는 SHP 파일을 로드하고, 지도의 투영/역투영, 세계측지계 변환, 타원체 및 평면상에서의 면적계산 등 전체 과정을 수행하기 위한 MATLAB 프로그램을 작성하였다.

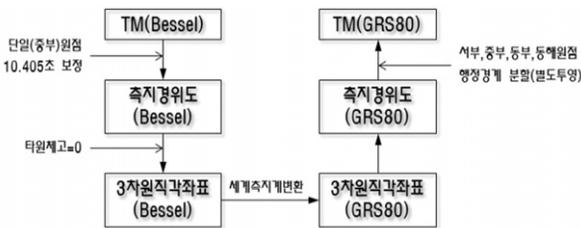


그림 1. 자료처리 흐름도

2.2 데이터

세계측지계 전환에 따른 우리나라의 면적변화를 계산하기 위해 통계청에서 운영하는 통계지리정보서비스(통계청, 2011) 중 센서스용 행정구역경계(2008년 12월 31일 기준) 자료를 요청하여 다운로드 하였다. 이 데이터는 SHP 포맷의 자료로 제공되며, 전국 시도, 시군구 및 읍면동 행정경계를 포함하고 있다. 또한 전국 행정경계를 단

일 좌표계에 표현하기 위해서 베셀타원체를 기반으로 중부원점(북위38°, 동경127°)에서 횡축메르카토르(TM) 방식으로 재투영한 좌표이다(그림 2). 제주도의 경우에도 X(N)축 성분이 양수값을 가지도록 별도의 가상원점을 사용하는 대신 전국적으로 동일한 값을 사용하였다. 본 연구에서는 세계측지계 전환에 따른 각 시도별 면적변화를 테스트하기 위해서 행정경계 중 시도 경계만을 사용하였으며, 광주광역시와 전라남도의 내부에 포함되어 별도의 폴리곤을 형성하고 있으므로 면적계산에 이를 고려하였다.

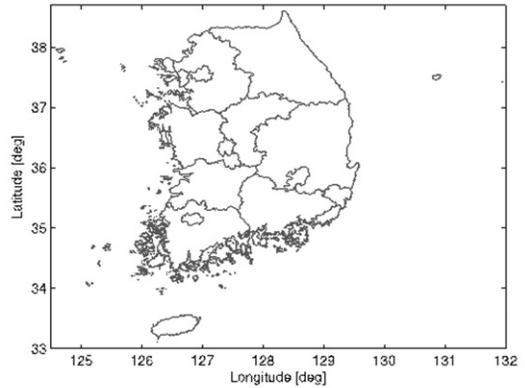


그림 2. 전국 시도 행정구역 경계

2.3 지도투영/역투영

측지경위도 좌표와 2차원 평면직각좌표계 사이의 변환식은 국토지리정보원(2005)에 다음의 식 (1)-(4)와 같이 규정되어 있다. 변환식의 각 항에 포함된 세부적인 요소에 대한 설명은 해당 문서에 상세히 기술되어 있으므로 여기서는 생략한다.

□ 타원체면상의 경위도 좌표를 평면직각좌표로 변환

$$Y(E) = \Delta Y + k_0 \cdot N \cdot \left[A + \frac{A^3}{6}(1 - T + C) + \frac{A^5}{120}(5 - 18T + T^2 + 72C - 58e^2) \right] \quad (1)$$

$$X(N) = \Delta X + k_0 \cdot \left\{ M - M_0 + M \tan \phi \cdot \left(\frac{A^2}{2} + \frac{A^4}{24}(5 - T + 9C + 4C^2) + \frac{A^6}{720}(61 - 58T + T^2 + 600C - 330e^2) \right) \right\} \quad (2)$$

□ 평면직각좌표를 타원체면상의 경위도 좌표로 변환

$$\phi = \phi_1 - \frac{N_1 \tan \phi_1}{R_1} \left[\frac{D^2}{2} - \frac{D^4}{24} (5 + 3T_1 + 10C_1 - 4C_1^2 - 9e'^2) \right. \\ \left. + \frac{D^6}{720} (61 + 90T_1 + 298C_1 + 45T_1^2 - 252e'^2 - 3C_1^2) \right] \quad (3)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{1}{\cos \phi_1} \left[D - \frac{D^3}{6} (1 + 2T_1 + C_1) + \frac{D^5}{120} (5 - 2C_1 \right. \\ \left. + 28T_1 - 3C_1^2 + 8e'^2 + 24T_1^2) \right] \quad (4)$$

기존의 지도투영에서는 투영원점에 대한 가상좌표를 한반도와 제주도 지역을 이원화하여 원점가산값을 사용하였으나, 2009년 발표된 『측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행령』에 따르면 서부, 중부, 동부 및 동해좌표계의 원점에 대한 가산값을 X(N) 600,000m, Y(E) 200,000m를 사용하도록 명시하고 있다. 지적분야에서도 2006년부터 세계측지계의 사용을 공표하였으므로, 본 연구에서는 투영 평면상에서의 면적을 계산하기 위해 베셀 및 GRS80 타원체 상의 좌표를 모두 표 1의 값을 이용하여 지도투영을 실시하였다.

베셀타원체 기반 우리나라 지역좌표계에서 측지경위도 좌표의 경우에는 경도 보정량 +10.405초가 이미 고려되어 있으나, 평면투영된 TM 좌표는 기존 성과와의 호환을 위해 반영되어 있지 않다. 따라서 베셀타원체 기반의 TM 좌표를 이용하기 위해서는 1998년 5월 1일 이후의 성과에 대해서는 +10.405초를 보정한 자오선(중부원점의 경우 127° 10' .405)를 중심으로 투영변환이 이루어져야 한다(국토지리정보원 제공 NGI_Pro Ver 2.54 참고). 그러나 세계측지계 기반의 투영/역투영에서는 모든 보정이 이루어져 있으므로 이를 고려할 필요가 없다.

본 연구에서 사용한 우리나라 전체 행정구역 경계 데이터는 단일 원점의 TM 좌표로 표시되어 있다. 따라서 중앙자오선으로부터 멀어질수록 오차가 크게 발생하므로 우리나라 지역좌표계에서 표1의 원점을 중심으로 재투영하였으며, 세계측지계 기반의 지도투영 면적 역시 세계측지계로 변환된 좌표에 대해서 동일한 원점을 이용하여 평면투영을 실시하였다. 그러나 일부 시도 경계(인천, 강원, 충북, 전남, 강원)는 두 개의 투영원점에 걸쳐 있으며, 경상북도의 경우에는 세 개의 투영원점과 관련이 있다. 따라서 본 연구에서는 해당 경도선을 중심으로 해당 시도 경계를 분할하여 서로 다른 투영원점에 의한 지도투영을 실시한 후 투영면적을 계산하였다. 그림 3은 강원도의 행정 경계를 동경 128°를 기준으로 분할한 후 서쪽 지역은 중부원점(북위38°, 동경127°)을 기준으로 사용하고, 동쪽 지역은 동부원점(북위38°, 동경129°)을 기준으로 투영하는 예를 보여준다(베셀타원체 기반의 지역측지계에서는 +10.405초를 보정한 경도선을 기준으로 투영함).

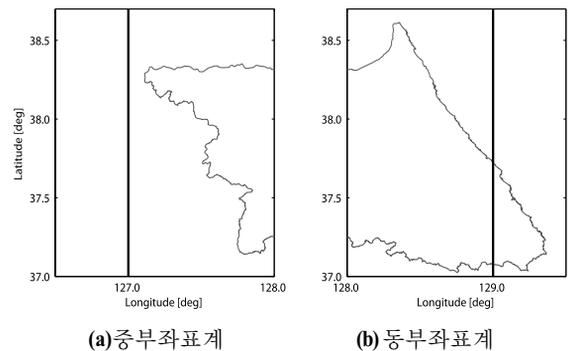


그림 3. 지도투영 원점에 따른 시도 경계 분할(예, 강원도)

표 1. 직각좌표의 기준(측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행령(2009))

명 칭	원점의 경위도	투영원점의 가산(加算)수치	원점축척계수	적용 구역
서부 좌표계	경도: 동경 125° 00' 위도: 북위 38° 00'	X(N) 600,000m Y(E) 200,000m	1.0000	동경 124° ~ 126°
중부 좌표계	경도: 동경 127° 00' 위도: 북위 38° 00'	X(N) 600,000m Y(E) 200,000m	1.0000	동경 126° ~ 128°
동부 좌표계	경도: 동경 129° 00' 위도: 북위 38° 00'	X(N) 600,000m Y(E) 200,000m	1.0000	동경 128° ~ 130°
동해 좌표계	경도: 동경 131° 00' 위도: 북위 38° 00'	X(N) 600,000m Y(E) 200,000m	1.0000	동경 130° ~ 132°

표 2. 지역측지계에서 세계측지계로의 변환계수

구 분	평행이동량(m)			회전량(°)			축척변화량(ppm)
	Δx	Δy	Δz	Rx	Ry	Rz	λ
변환 계수	-145.907	505.034	685.756	-1.162	2.347	1.592	6.342

2.4 세계측지계 변환

우리나라 지역측지계에서 세계측지계로의 변환은 Molodensky-Badekas 모델에 의해 결정된 변환계수를 이용하여 계산할 수 있으며 이를 위해서는 식 (5)와 표 2를 이용하여 계산할 수 있다(국토지리정보원, 2005).

$$\begin{bmatrix} X_g \\ Y_g \\ Z_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+\lambda) \begin{bmatrix} 1 & R_x & -R_y \\ -R_x & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_b - X_o \\ Y_b - Y_o \\ Z_b - Z_o \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3,159,521.31m \\ 4,068,151.32m \\ 3,748,113.85m \end{bmatrix}$$

국토지리정보원(2005)에서는 1/1,000 수치지형도에 대한 세계측지계 변환의 표준 절차로서 3차원 직각좌표에 의한 좌표변환 후 각 도엽별 잔여 왜곡량을 보정하도록 명시하고 있다. 그러나 이러한 왜곡 모델링은 도엽별 기준점에서의 좌표변환 오차를 최소화하기 위한 것으로서 도엽내에서의 왜곡은 전체적인 바이어스가 아닌 개별 이상값(outliers)의 형태로 나타난다. 또한 세계측지계 변환계수를 이용한 변환결과에 최대 수 미터의 오차(국토지리정보원 제공 NGI_Pro Ver 2.54 참고)가 포함된다고 하더라도 세계측지계 변환에 따른 평행이동량의 1% 미만이다. 예를 들어 세계측지계 변환 후 서울 행정경계의 투영평면상에서의 평행이동량은 평균적으로 약 +311m(남북), -186m(동서) 수준이다. 따라서 세계측지계 변환에 따른 왜곡량은 본 연구의 목적인 면적변화에 미치는 영향은 매우 작으므로 별도의 왜곡 모델링은 적용하지 않았다.

3. 자료처리 결과 및 분석

그림 4는 세계측지계 변환 후 울릉도 지역의 경위도 좌표의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 지역측지계에서 세계측지계로 변환함에 따라 평행이동, 회전 및 축척변화의 결과로 우리나라의 모든 지역은 북서방향으로 이동하게 된다. 따라서 세계측지계 변환시 타원체의 크기 증가에 의한 면적 증대보다 두 좌표계 사

이의 평행이동으로 고위도 지역으로 이동에 따른 면적 감소의 영향이 크게 나타난다. 이는 기존의 논문에서의 분석과는 정반대의 결과로서 결과적으로 전국토 투영면적의 명목상 감소 효과를 가져오게 된다.

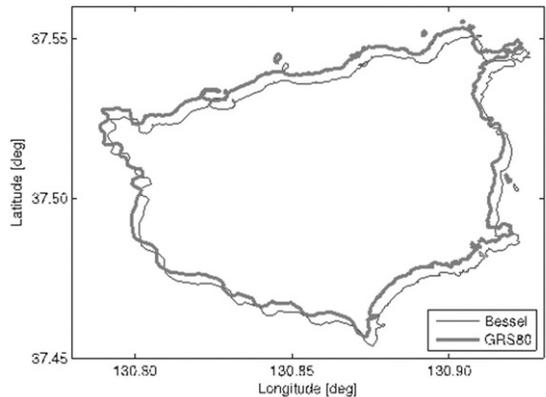


그림 4. 세계측지계 변환 후 경위도 좌표 이동(예, 울릉도)

표 3은 GRS80 타원체 기반의 전국 시도 행정경계의 면적을 나타낸 것으로서 투영평면 상에서의 면적과 타원체 면에서의 면적으로 구분되어 있다. 또한 내륙지역과 섬지역을 별도로 구분하여 면적을 계산하였으며, 각 시도에 부속되어 있는 섬의 개수를 포함하고 있다.

지도투영의 특성에 의해 투영평면에서의 면적이 타원체상에서의 면적보다 크며, GRS80 타원체 기반 투영평면에서의 우리나라 총 면적은 약 101,196km²에 이른다. 면적 변화율은 베셀 타원체 기반의 투영면적을 기준으로 세계측지계 변환에 따른 변동량을 백분율로 나타낸 것으로서, 전체적으로 음의 변화율, 즉 투영면적이 축소되는 결과를 보여주고 있다. 세계측지계 변환에 의한 투영면적 변화율은 약 0.0013% 수준이며, 투영면적 기준으로는 약 1.36km² 정도로 매우 작은 양이다. 이는 기존 연구에서는 평행이동으로 인한 경위도 좌표의 변화를 고려하지 않고, 단순히 동일한 경위도에 대해서 타원체의 크기에 따른 변화율만을 고려한 데 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 그러나 동일한 경위도 간격이라고 하더라도 위도에 따른 격자간

표 3. GRS80 타원체 기준 전국 시도 면적

시 도	내 룩	섬		소계(km ²)		변화량 (km ²)	변화율(%)* (×10 ⁻³)
	면적(km ²)	개수	면적(km ²)	투영면	타원체		
서울	606.971	-	-	606.971	606.970	-0.010	-1.639
부산	739.235	7	38.669	777.904	777.901	-0.008	-1.011
대구	880.832	-	-	880.832	880.797	-0.011	-1.193
인천	380.666	165	784.173	1,164.839	1,164.777	-0.020	-1.710
광주	499.047	-	-	499.047	499.043	-0.006	-1.211
대전	539.929	-	-	539.929	539.912	-0.007	-1.371
울산	1,067.227	8	0.031	1,067.258	1,067.243	-0.011	-1.059
경기	10,231.779	45	54.918	10,286.697	10,286.471	-0.166	-1.615
강원	16,941.183	9	0.082	16,941.265	16,940.579	-0.263	-1.554
충북	7,442.538	-	-	7,442.538	7,441.833	-0.105	-1.410
충남	8,551.541	155	200.982	8,752.523	8,752.306	-0.129	-1.468
전북	7,977.715	110	43.069	8,020.784	8,020.561	-0.103	-1.282
전남	10,567.299	1,042	2,120.147	12,687.446	12,686.894	-0.146	-1.148
경북	18,967.886	44	76.005	19,043.891	19,043.034	-0.241	-1.266
경남	9,679.843	321	915.478	10,595.321	10,594.529	-0.118	-1.113
제주	1,868.069	90	20.549	1,888.618	1,888.522	-0.017	-0.893
소계	96,941.759	1,996	4,254.103	101,195.862	101,191.372	-1.360	-1.344

*면적변화율 = (TM면적(GRS80) - TM면적(Bessel)) / TM면적(Bessel) × 100 [%]

격의 차이로 인해 고위도에 위치한 지역의 면적이 더 작게 나타난다. 따라서 세계측지계 변환 과정에서 평행이동량에 의해 실제적으로는 각각의 폴리곤이 북서방향으로 이동하므로 이는 타원체의 크기 증대에 의한 효과를 상쇄하고 있다. 또한 고위도에 위치한 지방일수록 면적변화율이 크게 나타나는데(인천, 서울, 경기, 강원 등 순) 이는 동일한 위도 간격에 대해서 고위도 지역의 실제 거리가 작기 때문에 경위도 좌표의 변화에 더욱 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다.

4. 결론

세계측지계 전환에 따른 우리나라 행정구역도 상의 면적변화를 분석하기 위하여 통계청에서 제공하는 우리나라 행정경계 자료를 이용하여 지도투영 및 세계측지계 변환을 수행하고 그 결과를 분석하였다. 통계청에서 제공하는 2008년말 기준 센서스용 행정구역경계 자료를 이용하였으며, 변환 과정은 국토지리정보원에서 제시하는 표준지침을 준수하였다.

세계측지계로 전환된 우리나라의 투영면적은 약

101,196km²로서 기존의 지역측지계 상에서의 투영면적에 비해 약 0.0013% 정도 감소되는 결과를 얻었다. 이는 세계측지계 변환과정에서 행정경계 폴리곤의 각 경계점에 대한 경위도 좌표의 변화, 즉 북서 방향으로 경계가 이동함에 따라 타원체 상에서 뿐만 아니라 평면투영된 면적도 감소했기 때문이다. 기존의 연구에서는 동일한 경위도에 대해서 타원체의 크기 변화만을 고려하였으나, 좌표계의 평행이동에 의한 위도변화가 타원체의 축척변화에 의한 효과를 상쇄하여 결과적으로 기존 성과와 다른 결과가 도출되었다. 또한 본 연구에 사용된 시도별 행정경계에 따른 면적변화는 고위도에 위치한 지역이 세계측지계 변환에 더욱 민감하게 반응하여 큰 변화율을 나타내었다.

본 연구에서 사용한 통계청 제공 센서스용 행정구역경계 자료는 국토해양부의 국토해양통계 자료(국토해양부, 2010)와 평면투영면적에서 상당한 차이(1,368km²)를 보이고 있다. 국토해양부 자료의 경우에는 지적공부등록지 현황자료를 바탕으로 하고 있으므로 통계청 자료에서 폴리곤으로 표현된 섬 지역 데이터 중 상당부분이 누락되어 있을 것으로 판단된다. 국토해양부에서도 매년 미등록 도서에 대한 확인작업을 진행하고 있으며, 이를 바탕으로

여러 부서에서 개별적으로 관리되고 있는 우리나라의 국토현황 수치지도에 대한 검증 및 통합작업이 시급히 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(KRF-2009-0069542).

참고문헌

강상구 (2007), 세계측지계 도입에 따른 지적도면의 면적 변화 분석, 지적, 대한지적공사, 제 37권 제 2호, pp. 73-100.

국토지리정보원 (2005), 1/1,000 수치지형도 좌표계변환 표준 작업지침(Ver 1.0), 국토지리정보원.

국토해양부 (2009), 전국 시도별 지적통계, 국토해양부, <http://www.mltm.go.kr>.

국토해양부 (2010), 자연지명현황, 국토해양부, <http://stat.mltm.go.kr>.

송동섭, 윤희식, 황진상 (2007), 국가 GIS와 연계를 위한 지적기준점의 세계측지계 변환 실험, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 25권, 제 4호, pp. 309-317.

신동빈, 유선철 (2008), 한국토지정보시스템 데이터의 세계측지좌표계 변환 실험, 한국GIS학회 공동춘계학술대회 논문집, 한국공간정보학회, pp. 405-410.

심정민, 이석배 (2004), 우리나라의 변환전후 준거타원체의 비교 및 지적분야의 대응방안, 한국지적정보학회지, 제 6권, 제 1호, pp. 15-29.

이석배, 심정민 (2007), 구면적과 투영면적의 비교 및 세계측지계 전환에 따른 면적변화량 분석, 한국지적학회지, 한국지적학회, 제 23권, 제 1호, pp. 29-43.

통계청 (2011), 통계지리정보서비스, 통계청, <http://sgis.kostat.go.kr/>.

Knippers, R.A. (1999), Geometric Aspects of Mapping, Non-published educational notes, ITC, Enschede.

(접수일 2012. 02. 22, 심사일 2012. 03. 22, 심사완료일 2012. 05. 22)