韓國地形空間情報學會誌 第18卷 第3號 2010年 9月 pp. 105-114

연구논문

지적좌표계의 세계좌표 변환 연구

A Study on Converting Cadastral Coordinate System into Global Coordinate System

박춘수* · 홍성언** · 박종오*** · 정택승**** · 성백영*****

Park, Chun Soo · Hong, Sung Eon · Park, Jong Oh · Jeong, Taek Seung · Sung, Baek Young

要 旨

본 연구에서는 지적좌표체계의 세계좌표체계로의 변환 실험연구를 통하여 위치 및 면적의 변화량과 이로 파생되는 문제점들을 검토·분석하였다. 그리고 이를 기초로 개선점을 모색하여 보고자 하였다. 연구지역의 좌표변환 결과, 모든 필지경계점(총 478점)에 대한 좌표변환의 표준편차가 X=0.0079m, Y=0.0153m로 나타나 매우 양호하게 산출되었다. 면적의 차이량을 분석한 결과, 평균적으로 0.062㎡정도의 차이를 보여, 이는 현행 법률에서 규정하고 있는 면적허용오차 이내인 것으로 나타났다. 따라서 연구대상지역에 한정하여 본다면 위치나 면적부분에서 많은 차이를 보이지 않아 세계좌표계로의 전환이 가능한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 지적좌표체계, 세계좌표체계, 좌표변환, 필지경계점

Abstract

This study considers and analyzes the position and area errors and the related problems through the experimental study of the converting process from the cadastral coordinate system to the global coordinate system. Also, based on the result, the points of improvement have been considered. According to the conversion of the coordinates in the study area, the standard deviations for the conversion of coordinates in regard to every parcel boundary point (478 points in total) have been calculated as X=0.0079m and Y=0.0153m respectively. It can be considered that such values are extremely excellent. Also, after analyzing the area errors, it has been found that there is a difference of 0.062㎡ on average. Such a difference stays within the range of the allowable error tolerance specified by the current laws. Therefore, in regard to the limited area which is subject to the study, it can be concluded that the difference is not great in differences of the position or the area. As a result, the converting process into the global coordinate system is possible.

Keywords : cadastral coordinate system, global coordinate system, conversion of coordinates, parcel boundary point

1. 서 론

현재 우리나라 지적측량분야에서 사용하고 있는 좌표계는 1910년 토지조사사업 당시 설정된 것으로 동경원점계인 베셀(bessel)타원체를 기준으로 하는 지역좌표계이다. 그러나 이미 지적삼각기준점(지적삼각점, 지적삼각보조점)의 측량에서는 지구중심을 원점으로 하는 세계좌표계 기준의 GPS 측량 방법이 도입되어 이용되고 있다. 이로 인하여 GPS측량에 의해 얻어진 성과는 다시 지적좌표체계로 변환하여 이용해야 하는 불편함이 있다. 이는 단순 불편함의 문제가 아니라 좌표변환에 따른 오차가 발생되는 문제도 내포하고 있다.

일반측량 분야에서는 2003년 1월 1일부터 측량법을 개정하여 세계좌표계를 도입하였다. 법 개정 초기에는

2010년 8월 14일 접수, 2010년 9월 12일 채택

* 대한지적공사 충청북도본부(cspark@kcsc.co.kr)

** 교신저자 · 정회원 · 청주대학교 행정도시지적학부 지적학전공 전임강사(hongsu2005@cju.ac.kr)

*** 경일대학교 대학원 박사과정(pjong5@kcsc.co.kr)

**** 경일대학교 대학원 박사과정(tsjung@kcsc.co.kr)

***** 경일대학교 대학원 박사과정(sbyhome@naver.com)

세계좌표계와 종전의 지역좌표계를 2006년 12월까지 병행하여 사용토록하고, 2007년 1월 1일부터 세계측지좌표계로 완전히 전환 · 적용을 예정하였었다. 그러나 일부기관의 준비 미흡으로 전면 사용이 어려워 전면 적용시점을 3년 연장하여 2010년부터 시행토록 측량법을 개정하였다(법률 제8071호, 2006.12.20)(김옥두, 2008). 이로 인하여 현재 공간정보산업에서 이용되고 있는 도면데이터들은 이미 세계좌표체계로 전환되었다.

최근 공간정보산업의 발달에 힘입어 GIS(Geographic Information System), CNS(Car Navigation System), LBS(Location Based Service), ITS(Intelligent Transport Systems), Telematics 등 다양한 분야에서 지적도면 데이터들의 제공을 요구하고 있다. 그러나 서로 다른 좌표체계로 인하여 실시간적인 데이터의 제공에 한계가 있을뿐더러 좌표변환에 따른 오류 발생의 가능성도 내재되어 있다.

무엇보다도 한 국가에서 좌표체계가 이원화되어 있어 운영된다는 것은 동일한 지점에 대해서 이중 삼중의 서로 다른 성과가 고시되어야 하기 때문에 전산화된 공간데이터들의 공동 활용의 문제가 발생할 수 있고, 기준점 성과 활용의 효율화 문제가 발생할 수 있으며, 이러한 이원 · 다원적인 관리로 인하여 국가의 예산낭비 가능성도 있을 수 있다.

세계좌표의 전환은 세계적인 조류이다. 현재 전 세계 대략 50여 개국이 전환을 하였거나 추진 중에 있다(대한지적공사, 2005). 따라서 지적의 세계화는 물론 다양한 공간정보산업에의 지적도면 정보 제공, 한 국가의 통일된 좌표체계 확립을 위해서 지적 분야에서도 세계좌표계의 도입이 요구되고 있다.

이상과 같은 여러 다양한 요인들을 고려하여 지적 분야에서는 수치지역(경계점좌표등록부 시행지역)부터 세계좌표체계 도입을 검토하고 있으며, 또한 향후 시행을 예정하고 있는 지적재조사사업 역시 세계좌표체계를 기반으로 시행을 계획하고 있다. 그러나 중요한 것은 올바른 방법론의 정립이다. 단순하게는 현재 공간정보산업에서 이용하고 있는 광역파라메터를 이용한 좌표변환 방법을 이용할 수 있으나 이는 일반측량과 지적측량의 상호 다른 특성이 고려되지 못하여, 많은 혼란을 야기할 가능성이 있어 좌표변환을 하지 않는 것 보다 오히려 좋지 않은 결과를 초래할 수 있을 것이다. 따라서 일반측량과 다른 지적측량의 특성을 최대한 반영하여, 정확하게 좌표계 변환이 이루어질 수 있는 방법론의 우선적인 정립이 요구된다.

지적측량분야에서 세계좌표도입의 필요성이 공감대를 형성하면서 이와 관련된 다양한 연구들이 이루어졌다(이권한 외, 2003; 임현석 외, 2008; 신동빈 · 유선철, 2008; 성승원, 2009; 곽인선, 2009). 이를 통하여 다양한 전환 및 세계좌표체계로의 통합 방안들이 제시되었다. 그러나 공간적으로 국지적 · 지역적으로 그간 지적측량이 이루어졌다는 특성상 지역별 다양한 지역에 대한 실험 연구가 필요시 되고, 또한 기존 연구에서는 기준점, 일필지 경계점을 대상으로 세계좌표 변환 방법별 정확도의 분석이 주류를 이루고 있기 때문에 세계좌표 변환으로 파생되는 문제점의 검토와 이에 대한 개선점에 대한 논의가 미흡하였다는 한계성이 있다.

본 연구에서는 지적좌표체계를 세계좌표체계로 변환함에 있어 발생되는 문제점과 이를 기초로 개선점을 고찰하여 보고자 한다. 구체적으로는 실제 좌표변환에 대한 실험연구를 통하여 분석된 연구내용을 기초로 위치 및 면적의 변화량과 이로 파생되는 문제점을 검토한 후 이에 대한 개선점을 고찰하여 보고자 한다.

2. 좌표체계와 좌표변환

2.1 좌표체계

2.1.1 지적좌표체계

현재 지적 분야에서 사용하고 있는 측지기준계는 1910년대 토지조사사업의 일환으로 도입된 '동경측지계(Tokyo datum)'에 기준을 두고 있다. 동경측지계는 베셀(bessel)1841 타원체를 채택하고, 원점을 동경의 구 동경천문대 내에 설치하고, 천문관측에 의하여 결정된 경위도 원점의 값과 원방위각을 기준으로 구축되었다(국립지리원, 2002). 베셀타원체는 1841년 독일인이 발표한 타원체로 우리나라를 비롯하여 일본, 독일, 인도네시아 등에서 사용한 바 있다. 베셀타원체의 표면의 일부를 최대한 변형 없이 평면으로 변환하기 위해 지적도면의 투영법으로는 가우스상사이중투영을 사용하였다. 가우스상사이중투영은 회전타원체를 구체에 등각투영하고 이를 다시 평면에 등각 횡원통투영하는 방법으로 2회 투영을 하기 때문에 가우스상사이중투영이라고 한다. 원점에서는 축척계수(m)가 1 이므로 투영면과 평균해수면이 일치하지만 원점에서 멀어 질수록 정확도가 떨어진다(최승환, 2007).

좌표계는 평면직각좌표계(TM)를 채택하고 있다. TM 좌표는 임의의 지역에 대한 기준 지점을 좌표의 원점으로 정하고, 원점을 중심으로 TM투영한 평면상에서 원점을 지나는 자오선을 X축, 동서방향의 위도선을 Y축으로 하여 각 지점의 위치를 m단위의 평면직각좌표계로 표시한다. 원점체계는 서부원점(125° E, 38° N), 중부원점(127° E, 38° N), 동부원점(129° E, 38° N), 동

해원점(131° E, 38° N)의 4개 원점을 사용한다. 이러한 통일 원점과 더불어 토지조사사업 이전 경기도, 서울특별시의 일부지역과 경상북도의 대구지방에 설치된 구소삼각원점, 1912년 시가지세 징수 목적으로 시행된 특별소삼각측량의 원점인 특별소삼각원점으로 구성되어 있다(강태석, 2000).

2.1.2 세계좌표체계

세계측지계는 세계 공통이 되는 측지기준계를 말하며, 지구중심계(Geocentric Datum)와 동의어로 사용된다. 세계측지계라고 하는 말은 세계 공통의 것에 중점을 둔 표기인데 반해 지구중심계라고 하는 말은 좌표계의 원점이 지구중심인 것에 중점을 둔 표현이다(국립지리원, 2002; 곽호선, 2008). 이렇게 세계측지계란 세계에서 공통으로 이용할 수 있는 위치의 기준을 말한다.

위치결정용 인공위성이 증가하고 위성측지학이 발달함에 따라 정밀한 위성측위를 위해 전 세계가 하나의 측지기준계 위에서 표현되는 범지구적인 위치결정시스템이 필요하게 되었다. 이를 위해 범지구적인 최적타원체의 제원과 지구중심을 기준으로 고정하는 좌표계가 필요하게 되었다(김의석, 2007).

세계측지계는 현재 군사 및 민간부문에서 활발하게 이용되고 있는 GPS의 측지기준계가 되는 WGS84 측지계와 혼용되어 사용되고 있으나, 타원체가 거의 유사(단반경 0.1mm 차이)하고 좌표계 또한 몇 번의 개정을 거쳐 ITRF 좌표계와 거의 유사하여 동일한 것으로 취급하고 있다. 개념적으로 볼 때 세계측지계는 세계유일의 것이지만, 국가마다 채용하는 시기(epoch)와 구축기법 및 구현정확도에 따라 다르므로 구축된 지역과 기준시점마다 다른 명칭이 붙여져 있으며, 우리나라의 경우 한국측지계2002라 한다(서울시정개발연구원, 2004).

한국측지계2002(Korea Geodetic Datum 2002: KGD2002)란 우리나라가 그동안 사용하여 왔던 동경원점계를 근간으로 하는 지역측지계를 버리고 지구의 질량중심을 원점으로 고정한 세계측지계를 채택하여 우리나라의 측지기준을 새롭게 구축한 기준계를 말하며, IERS에서 발표한 ITRF2000좌표계와 IUGG에서 채택한 GRS80 타원체를 기준으로 하고 있다. 동경측지계를 기반으로 하는 우리나라의 지역측지계와 세계측지계를 기반으로 하는 한국측지계2002의 좌표 간에는 지역에 따라 다르지만 약 365m의 차이가 발생하게 되며, 북방향으로 약+300m, 동방향으로 약-200m 변경되게 된다(김의석, 2007).

2.2 좌표변환

지역좌표계를 세계좌표계로 변환하는 방법들은 매우 다양하다. 연구에서는 현재 지적분야에서 많이 이용하고 있는 방법들을 중심으로 고찰하여 보고자 한다. 현재 지적분야에서 주로 이용하고 있는 방법은 2차원 등각(Helmert) 변환, Affine 변환 등이다. 이 방법들에 대하여 자세히 알아보면 다음과 같다.

2.2.1 2차원 등각(Helmert) 변환

4변수 상사변환인 2차원 등각변환(conformal transformation)에 대하여 특징과 계수(변수), 변환방식에 대하여 알아보면 다음과 같다(대한지적공사, 2008). 2차원 등각변환의 특징은 한 좌표계에서 다른 좌표계로 변환 후에도 도형의 모양이 유지되는데 있다. 2차원등각변환에서는 축척계수 1, 축회전량 1, 원점 이동량 X, Y축 방향으로 각 1로 총 4개의 변환계수가 필요하다. 따라서 변수 4개의 값을 구하려면 최소한 2개의 기준점과 2개의 좌표계상의 위치를 공통적으로 알고 있는 점이 필요하다. 즉, 2점에 대한 X, Y좌표가 필요하다. 그러나 2점 이상의 좌표가 주어진다면 최소제곱법으로 조정하여 보다 정확한 변환계수의 값을 산출할 수 있다. 이 방법은 측량분야에서 많이 사용하고 있으며 변환 과정은 3단계로 구성된다. 먼저 두 좌표계의 축척계수에 따라서 식(1)과 같이 축척비율을 정한다.

$$x'=Sx$$
$$y'=Sy \quad (1)$$

다음은 두 좌표계의 기준축이 평행이 되도록 회전량을 식(2)와 같이 결정한다.

$$X'=x'\cos\theta-y'\sin\theta$$
$$Y'=x'\sin\theta+y'\cos\theta \quad (2)$$

마지막으로 두 좌표계의 원점을 일치시키기 위해 식(3)에 의해 원점의 이동량을 결정한다.

$$X=X'+Tx$$
$$Y=Y'+Ty \quad (3)$$

최종적인 변환좌표는 식(4)와 같다.

$$X=(S\cos\theta)x-(S\sin\theta)y+Tx$$
$$Y=(S\sin\theta)y+(S\cos\theta)y+Ty \quad (4)$$

2.2.2 Affine 변환

등각 또는 헬머트변환은 하나의 좌표계가 다른 좌표

계로 변환되는 과정에서 X, Y축에 따라 축척의 변화율(S)과 각 축을 중심으로 회전한 각(R)이 동일하다고 가정하고 변환계수를 구하는 방법인데 반하여 Affine 변환은 x축에 따른 축척변화율(Sx)과 y축 축척변화율(Sy)이 다르고 x축을 중심으로 회전한 각(Rx)과 y축 회전각(Ry)이 각각 달라서 변환하기 전의 좌표계와 변환후 좌표계가 등각을 유지하지 않는 방법이다. 따라서 원점이동량 Tx,Ty를 더하여 6개의 변환계수를 고려하여야 한다. Affine 좌표변환 식은 식(5)와 같다(대한지적공사, 2008; Danial, 1983; 김정호, 1998).

$$\begin{aligned} X &= ax+by+c \\ Y &= bx+ey+f \end{aligned} \tag{5}$$

식을 다시 풀어쓰면 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned} F(x,\ y,\ X,\ Y) &= ax+by+c-X=0 \\ G(x,\ y,\ X,\ Y) &= dx+ey+f-Y=0 \end{aligned} \tag{6}$$

식(6)은 x, y 관측값과 X, Y 좌표로 구성되며, 최소제곱법을 이용하기에 보다 적합하며 이 방정식을 정리하면 식(7)과 같다.

$$\begin{aligned} F(x,y,X,Y) &= a(x+v_x)+b(y+v_y) \\ &\quad +c-(X+v_x)=0 \\ G(x,y,X,Y) &= d(x+v_x)+e(y+v_y) \\ &\quad +f-(Y+v_y)=0 \end{aligned} \tag{7}$$

위의 식을 행렬형태의 선형방정식으로 정리하면 식(8)과 같다.

$$\begin{bmatrix} a_0 b_0 -1 & 0 \\ d_0 e_0 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_X \\ v_Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_a \\ D_b \\ D_c \\ D_d \\ D_e \\ D_f \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} X-(a_0 x+b_0 y+c_0) \\ Y-(d_0 x+e_0 y+f_0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{8}$$

위의 두 관측방정식은 각 기준점에 의하여 결정된다. 6 변환계수가 미지수이기 때문에 방정식을 풀기 위해서는 3개의 기준점과 3개의 방정식이 필요하며 최소제곱법에 의하여 구할 수 있다.

3. 좌표변환 실험 및 분석

3.1 연구대상지역 선정 및 이용데이터

좌표변환의 실험연구를 위해 연구지역으로 충북 청원군 강외면 오송생명과학단지 일부지역을 선정하였다(그림 1). 연구지역을 선정함에 있어 고려되어야 하는 점은 우선 수치지역이어야 한다는 것이다. 이는 현재 지적 분야에서는 수치지역에 대하여 우선적으로 세계좌표체계 도입을 검토하고 있기 때문이다. 따라서 연구지역을 선정함에 있어 이러한 사항들이 고려되어야 한다. 본 연구에서 선정한 실험지역은 2007년 중반부터 2008년 말까지 GPS 측량에 의한 기준점 측량과 이성과를 이용한 일필지 경계점이 지적좌표계 수치로 확정된 지역이다. 그리고 기존 성과가 수치로 등록되어 있어 본 연구에서 지적좌표를 세계좌표로 변환한 후 위치 및 면적에 대한 정확한 비교 · 분석 실험이 이루어질 수 있어 연구지역으로 선정하였다.

연구에서는 위와 같은 연구지역을 선정한 후 실험에 필요한 관련 데이터를 수집하였다. 실험에 필요한 관련 데이터는 대상지역에 대한 기준점의 GPS관측 데이터와 이를 기초로 관측된 경계점 좌표 산정성과, 그리고 토지대장에 등록된 등록면적 자료와 도형데이터로 제작된 수치지적도등이다. 데이터는 대한지적공사의 협조를 얻어 획득하였다.

GPS에 의한 기준점 관측데이터는 좌표변환의 파라미터 생성을 위하여 이용된다. 필지 경계점 좌표는 생성된 파라미터를 적용하여 실제 세계좌표로의 변환과 이에 따른 위치정확도 분석에 이용된다. 그리고 토지대장의 등록면적 자료는 세계좌표변환 실험을 한 후 기존 등록면적과 세계좌표변환면적을 비교 · 분석하는데 이

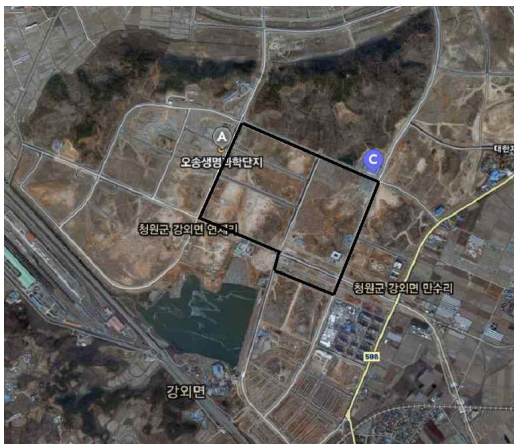

그림 1. 연구대상 지역의 항공사진

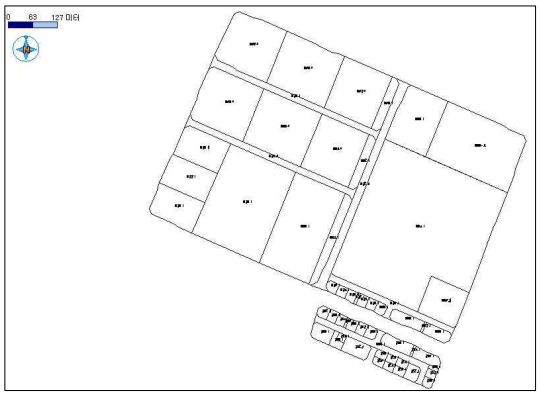

그림 2. 연구대상 지역의 수치지적도

표 1. GPS 기준점 관측 성과(단위 : m)

구 분	점 명	X좌표	Y좌표	비 고
지적 삼각 보조점	BO2	350223.781	230258.740	변환 계수 산정용
	BO7	348514.900	227679.756	
	BO51	346775.140	229171.210	
	BO2935	347305.273	228901.412	
	DO2772	349484.970	228679.360	
	DO2896	348257.160	230201.840	
도근점	2945	347211.400	229142.610	검사점
	2980	347155.830	229305.160	
	3015	346893.780	229240.580	
	3021	346891.940	229186.190	

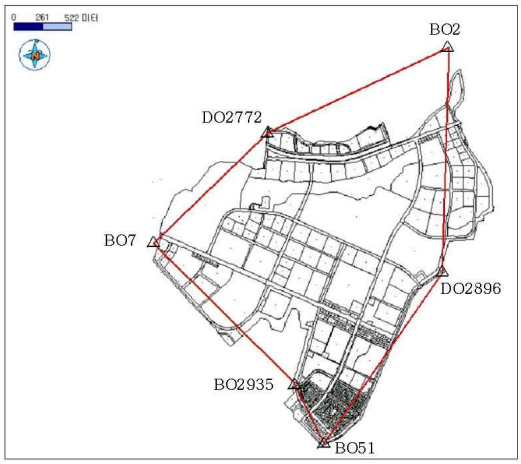

그림 3. GPS 기준점의 위치도(지적삼각보조점)

용된다. 그림 2는 연구지역의 수치지적도를 나타내는 것으로써, 대상지역의 필지는 총 57필지, 총 경계점은 478점, 총 면적은 483,574.442㎡이다.

표 1은 GPS 기준점 관측 성과를 나타내는 것으로서 이 성과는 GPS 상시관측소에서 고시하는 세계좌표 고시성과를 기초로 산출된 것이다. 이러한 GPS 기준점은 좌표변환에 있어 변환계수 산정을 위해 필요시 된다. GPS 기준점 관측성과는 주변 지적삼각보조점을 위주로 관측된 성과이고 총 6점이다. 그리고 일필지 경계점의 좌표변환에 앞서 기준점 좌표변환의 변환 정확도를 알아보고자 주변 4개의 도근점을 검사점으로 선정하였다. GPS 기준점 관측 및 검사점의 좌표는 표 1과 같고, 그림 3은 GPS기준점(지적삼각보조점)의 위치를 나타낸 것이다.

3.2 좌표변환 수행

지적좌표의 세계좌표변환의 실질적인 문제점을 검토하여 보고자 연구에서는 실제 대상지역을 선정 한 후 관련데이터를 수집·획득하여 좌표변환을 수행하였다. 좌표변환은 현행 국토해양부와 대한지적공사에서 이용하고 있는 세계좌표변환 프로그램(프로그램 명)을 이용하였다.

좌표변환의 개략적인 과정은 먼저 프로그램 상에서 대상지역에 대한 새 프로젝트를 만들고, 변환방법을 선택(Affine)한 후 주변 GPS 기준점의 세계좌표 변환에 따른 정확도를 검증하여 보고자 검사점을 지정·선택한다. 그리고 기준점에 의한 변환계수를 산출하고, 기준점에 대하여 세계좌표 변환좌표를 계산한다. 이 후

그림 4. 좌표변환과정

기준점에 포함된 우연오차(random error)와 좌표변환에 포함된 수학적인 한계에 의하여 발생하는 오차 등을 수행하기 위해서는 왜곡량의 보정을 위한 모델링을 수행하였다. 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 기준점과 일필지의 세계좌표변환 성과를 취득하게 된다. 그림 4는 지적좌표의 세계좌표 변환 과정을 나타낸 것이다.

구체적인 좌표변환 과정은 다음과 같다. 좌표변환은 정변환방법과 역변환 방법으로 수행할 수 있는데, 즉, 지적좌표를 세계좌표로 직접 변환하는 정변환과 세계좌표를 지적좌표로 역변환하는 방법이 있다. 연구에서는 현재 국토해양부와 대한지적공사에서 사용하고 있는 정변환 방법으로 좌표변환을 수행하였다.

연구에서는 좌표변환 모델의 이론적 검토에 있어 2차원 등각(Helmert) 변환, Affine 변환을 검토하였다. 이 방법들은 현재 국토해양부와 대한지적공사에서 사용하고 있는 변환방법들이다. 방법 간의 큰 차이는 없으나 이권한(2003)의 연구에 의하면 Affine 변환(2차원) 방법이 현행 지적측량 성과와 가장 잘 부합하는 것으로 검토되어 본 연구에서는 이러한 기존 연구 성과를 바탕으로 Affine 변환(2차원) 방법을 채택하여 세계좌표로의 변환을 시행하였다. 이 방법은 실제 국토해양부와 대한지적공사에서 사용을 계획하고 있는 방법이다.

그림 5는 정변환 방법에 의한 Affine변환(2차원) 방법으로 GPS기준점을 이용하여 세계좌표 변환 계수를 산정하는 과정을 나타낸 것이다. 표 2는 이러한 과정을

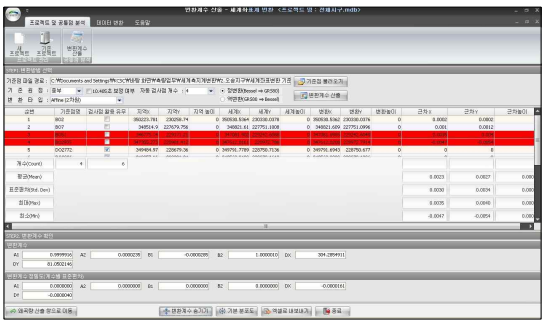

그림 5. 좌표변환프로그램에 의한 변환계수 산정 과정

표 2. 세계좌표 변환계수

구 분	변 환 계 수
X축 축척변화율	0.9999916
Y축 축척변화율	1.0000010
X축 회전각	0.0000235
Y축 회전각	-0.0000285
원점이동량(ΔX)	304.2854911
원점이동량(ΔY)	81.0502146

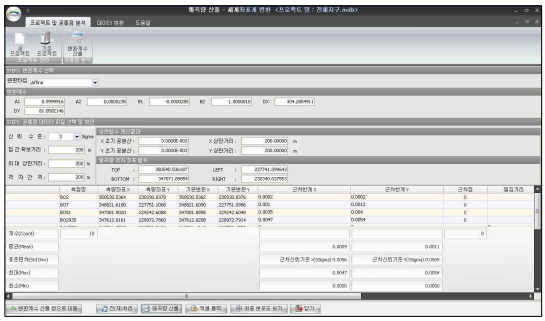

그림 6. 왜곡량 모델링 과정

거쳐 연구지역에 대하여 산출된 세계좌표 변환계수를 나타낸 것이다.

그림 6은 왜곡량에 대한 보정작업을 수행하는 과정으로 이 과정을 통하여 비상사점의 제거, 편중점의 제거, 왜곡량 경향분석, 공분산함수의 결정, 왜곡량의 격자화, 왜곡량 격자파일의 작성, 그리고 격자파일에 의거 왜곡량을 보정하는 순으로 수행된다.

3.3 결과분석 및 고찰

대상지역에 대하여 기존의 관측 · 등록된 성과를 획득하여 정변환에 의한 Affine 좌표변환 방법으로 세계좌표변환을 시행하였다. 변환된 세계좌표의 성과에 대한 분석은 기존 확정 · 등록되어 있는 일필지 경계점 성과, 면적과 세계좌표로의 변환성과를 비교 · 분석하였다. 일필지 경계점 및 면적의 세계좌표 변환성과의 분석에 앞서 GPS기준점에 대한 세계좌표 변환성과에 대한 검증을 위해 검사점(지적도근점)과 비교한 결과, 평균오차는 X좌표=0.0023m, Y좌표=0.0027m로, 표준편차는 X좌표=0.0030m, Y좌표=0.0034m로 산출되어 매우 양호한 것으로 나타났다.

표 3은 GPS기준점으로부터 만들어진 변환계수를 이용하여 대상지역 일필지경계점을 세계좌표로 변환한 결과이다. 변환결과, 평균적으로 북서방향으로 X=306.7490m, Y=71.3580m의 편위가 나타났다. 이러한 편위는 세계좌표계와 우리나라 지적좌표계의 타원체간의 차이에 의해서 발생되는 것으로, 분석에 있어 중요한 것은 대상지역이 편차 없이 일률적으로 이동되어야 한다는 것이다. 다시 말해, 세계좌표변환에 따른 각각의 경계점의 편위량이 편차가 작아야 한다는 것이다. 연구에서는 이를 분석하여 보기 위하여 경계점의 세계좌표변환 성과에 대하여 표준편차를 산출하여 보았다. 산출결과, 대상지역의 표준편차가 X=0.0079m, Y=0.0153m로 매우 양호하게 산출되었다.

표 3. 일필지 경계점의 세계좌표 변환 성과(단위 : m)

연번	지번	지역좌표		세계좌표		⊿X	⊿Y
		대상좌표 X	대상좌표 Y	최종변환 X	최종변환 Y		
1	655	348684.22	228924.94	348990.9568	228996.2801	306.7368	71.3401
2	655	348689.72	228938.93	348996.4571	229010.2700	306.7371	71.3400
3	655	348673.97	228975.10	348980.7080	229046.4404	306.7380	71.3404
4	655	348668.68	228994.67	348975.4186	229066.0106	306.7386	71.3406
5	655	348640.85	229058.47	348947.5903	229129.8115	306.7403	71.3415
6	655	348510.95	229006.15	348817.6901	229077.4951	306.7401	71.3451
7	655	348541.82	228935.40	348848.5582	229006.7442	306.7382	71.3442
8	655	348552.53	228918.25	348859.2677	228989.5938	306.7377	71.3438
9	655	348568.10	228882.62	348874.8368	228953.9634	306.7368	71.3434
10	655	348582.07	228877.12	348888.8065	228948.4630	306.7365	71.343
11	655	348629.88	228897.98	348936.6166	228969.3216	306.7366	71.3416
12	655	348647.09	228908.75	348953.8267	228980.0911	306.7367	71.3411
13	655	348684.22	228924.94	348990.9568	228996.2801	306.7368	71.3401
14	656	348640.85	229058.47	348947.5903	229129.8115	306.7403	71.3415
15	656	348608.43	229132.79	348915.1723	229204.1325	306.7423	71.3425
16	656	348600.85	229142.61	348907.5926	229213.9527	306.7426	71.3427
17	656	348588.68	229170.6	348895.4233	229241.9431	306.7433	71.3431
18	656	348584.17	229188.33	348890.9138	229259.6732	306.7438	71.3432
19	656	348577.53	229203.54	348884.2742	229274.8834	306.7442	71.3434
20	656	348447.64	229151.23	348754.3841	229222.5771	306.7441	71.3471
21	656	348510.95	229006.15	348817.6901	229077.4951	306.7401	71.3451
22	656	348640.85	229058.47	348947.5903	229129.8115	306.7403	71.3415
23	657	348577.53	229203.54	348884.2742	229274.8834	306.7442	71.3434
24	657	348525.72	229322.25	348832.4674	229393.5950	306.7474	71.3450
25	657	348395.85	229269.92	348702.5973	229341.2687	306.7473	71.3487
26	657	348447.64	229151.23	348754.3841	229222.5771	306.7441	71.3471
27	657	348577.53	229203.54	348884.2742	229274.8834	306.7442	71.3434
28	658	348525.72	229322.25	348832.4674	229393.5950	306.7474	71.3450
29	658	348520.53	229334.13	348827.2778	229405.4752	306.7478	71.3452
30	658	348508.50	229338.95	348815.2480	229410.2955	306.7480	71.3455
31	658	348396.54	229293.87	348703.2878	229365.2187	306.7478	71.3487
32	658	348390.51	229282.16	348697.2576	229353.5088	306.7476	71.3488
33	658	348395.85	229269.92	348702.5973	229341.2687	306.7473	71.3487
34	658	348525.72	229322.25	348832.4674	229393.5950	306.7474	71.3450
35	659	348546.10	228861.44	348852.8365	228932.7840	306.7365	71.3440
36	659	348551.58	228875.43	348858.3167	228946.7738	306.7367	71.3438
37	659	348497.00	229000.55	348803.7401	229071.8955	306.7401	71.3455
38	659	348363.35	228946.74	348670.0900	229018.0893	306.7400	71.3493
39	659	348418.40	228820.58	348725.1366	228891.9276	306.7366	71.3476
40	659	348432.38	228815.06	348739.1163	228886.4072	306.7363	71.3472
41	659	348471.27	228832.04	348778.0064	228903.3861	306.7364	71.3461
42	659	348490.49	228837.21	348797.2264	228908.5555	306.7364	71.3455
43	659	348546.10	228861.44	348852.8365	228932.7840	306.7365	71.3440
44	660	348497.00	229000.55	348803.7401	229071.8955	306.7401	71.3455
45	660	348433.71	229145.61	348740.4541	229216.9575	306.7441	71.3475
...	...	...	...	...	...	...	...
465	886	347761.97	229384.07	348068.7253	229455.4369	306.7553	71.3669
466	886	347788.76	229394.40	348095.5153	229465.7661	306.7553	71.3661
467	886	347796.15	229391.33	348102.9052	229462.6959	306.7552	71.3659
468	886	347807.75	229364.72	348114.5044	229436.0855	306.7544	71.3655
469	886	347819.81	229337.06	348126.5637	229408.4252	306.7537	71.3652
470	886	347830.65	229312.19	348137.4030	229383.5548	306.7530	71.3648
471	886	347840.24	229290.19	348146.9924	229361.5545	306.7524	71.3645
472	886	347850.78	229266.06	348157.5318	229337.4242	306.7518	71.3642
473	886	347875.84	229208.66	348182.5902	229280.0234	306.7502	71.3634
474	886	347884.22	229189.44	348190.9697	229260.8032	306.7497	71.3632
475	886	347889.25	229177.93	348195.9994	229249.2930	306.7494	71.3630
476	886	347909.11	229132.44	348215.8581	229203.8024	306.7481	71.3624
477	886	347905.74	229125.18	348212.4880	229196.5425	306.7480	71.3625
478	886	347931.24	229132.43	348237.9880	229203.7918	306.7480	71.3618
평 균						306.7490	71.3580
표준편차						0.0079	0.0153

이러한 결과는 각각의 필지 경계점이 세계좌표로 변환함에 있어 불규칙적으로 변환되는 것이 아니라 일률적으로 양호하게 변환되었다는 것을 의미한다. 따라서 대상지역에만 한정하여 볼 경우, 지적좌표를 세계좌표로 변환하여 사용하여도 큰 무리가 없는 것으로 판단된다. 그림 7은 세계좌표변환에 따른 도면의 위치 편위를 나타낸 것이다.

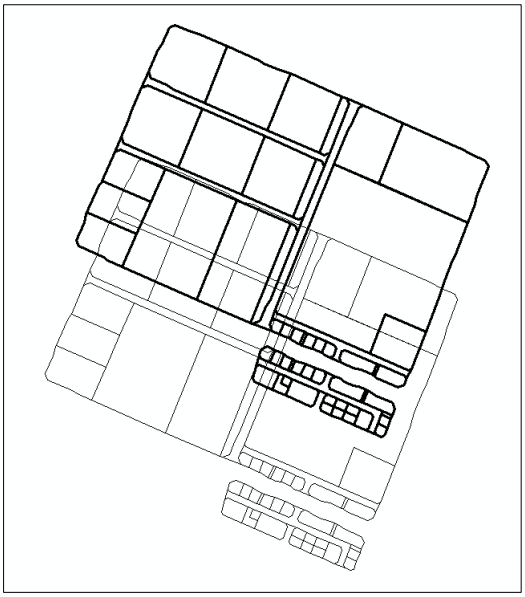

그림 7. 세계좌표변환에 따른 편위

연구에서는 위와 같은 필지경계점에 대한 세계좌표 변환성과의 위치정확도 분석과 더불어 지적 분야에서 가장 중요한 부분의 하나인 일필지의 면적 차이량을 분석하여 보았다. 면적의 차이량 분석은 기존 수치확정되어 등록되어 있는 면적과 세계좌표로 변환된 일필지 경계점을 좌표면적법으로 계산하여 비교하였다. 비교결과, 표 4와 같이 대상지역 총 57필지는 대체적으로 면적의 차이는 크지 않았다. 평균적으로 0.062㎡정도의 차이를 보여 변환성과는 매우 양호한 것으로 나타났다. 이에 대하여 실질적으로 측량・수로조사 및 지적에 관한 법률 시행령 제19조1항에서 규정하고 있는 면적허용오차 ($\sigma = 0.026^2 M\sqrt{F}$: σ는 오차허용면적, M은 도면의 축척분모, F는 대장면적)를 계산하여 적용할 경우도 대상지역의 모든 필지가 허용오차 범위이내의 차이를 보여 대상 지역에 국한하여 본다면 세계좌표로의 변환이 가능한 것으로 나타났다.

그러나 선행연구(이석배・심정민, 2007)의 결과에 따르면 세계좌표로의 변환시 우리나라 전국토의 면적이 소폭 증가하는 것으로 제시되고 있고, 타원체의 크기 변화(베셀→GRS80)를 고려하여도 현 등록면적 보다는 면적이 증가되어야 하는 것이 일반적이다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 결과, 필지의 면적이 커질수록 변환 면적이 감소하는 필지가 있고, 대상지역 전체의 총 등록 면적 역시 전체적으로 보았을 때 대략 3.551㎡ 정도가 면적이 감소하는 것으로 나타났다.

따라서 실험 결과에서도 나타났듯이 국지적으로 이루어지는 지적측량의 특성을 고려해 볼 때 어느 특정 대상지역에서 세계좌표로 변환이 이루어진다고 해서 반드시 면적의 증가를 가져온다고 단정하기는 어렵다고 판단된다. 다시 말해, 우리나라 전역에 지적불부합의 문제가 없고 전국적인 통일된 망의 성과가 안정적으로 구축되어 있다면 세계좌표로의 변환시 소폭의 면적의 증가가 있을 수 있으나 현재 여러 문제로 인하여 실제와 지적공부에 등록된 면적이 불일치하는 상황에서는 국지적으로 면적이 감소하는 지역도 발생할 수 있는 것이다.

궁극적으로 소규모 수치지역에 대해서는 주변 정확한 기준점에 의하여 세계좌표로의 변환은 가능하다고 판단되나 대상지역 전체로 폭을 넓혀 분석할 경우 일반적으로는 면적이 증가할 것으로 예상되는 결과와 반대되는 성과가 산출되는 지역도 있으므로 세계좌표로의 변환시 다양한 지역을 대상으로 한 사전 철저한 분석작업이 요구된다.

4. 결 론

본 연구에서는 지적좌표체계의 세계좌표체계로의 변환 실험연구를 통하여 위치 및 면적의 변화량과 이로 파생되는 문제점을 고찰한 후 이에 대한 개선점을 모색하여 보고자 하였다. 연구성과는 다음과 같다.

지적좌표체계의 세계좌표체계로의 변환 실험연구를 위해 연구지역으로 충북 청원군 강외면 오송생명과학단지 일부 수치지역으로 선정하고, 주변 GPS 기준점 관측데이터를 이용하여 좌표변환 파라미터 생성한 후 좌표변환을 시행하였다. 변환에 이용된 필지는 총 57필지, 총 경계점은 478점, 총 면적은 483,574.442㎡이었다.

변환결과, 모든 필지경계점(총 478점)에 대한 좌표변환의 표준편차가 X=0.0079m, Y=0.0153m로 나타나 매우 양호하게 산출되었다. 그리고 기존 수치확정되어 등록되어 있는 면적과 세계좌표로 변환된 일필지 경계점을 좌표면적법으로 계산한 면적의 차이량을 분석한 결과, 대상지역 총 57필지는 평균적으로 0.062㎡정도의 차이를 보여, 이는 현행 측량・수로조사 및 지적에

표 4. 세계좌표변환에 따른 면적 차이량 비교(단위 : ㎡)

연번	지번	변환 전 면적	변환 후 면적	면적 차이
1	655	19,595.089	19,594.945	0.144
2	656	22,021.974	22,021.812	0.162
3	657	18,126.932	18,126.799	0.133
4	658	2,987.264	2,987.242	0.022
5	659	21,185.203	21,185.047	0.155
6	660	22,792.552	22,792.385	0.167
7	661	18,645.020	18,644.884	0.137
8	662	3,092.134	3,092.111	0.023
9	663	16,529.102	16,528.981	0.121
10	663-1	33,059.358	33,059.115	0.243
11	664	113,851.935	113,851.100	0.836
12	665	9,884.055	9,883.982	0.073
13	666	2,017.207	2,017.192	0.015
14	667	164.874	164.872	0.001
15	668	2,392.730	2,392.712	0.018
16	669	755.308	755.302	0.006
17	670	673.545	673.540	0.005
18	671	721.483	721.477	0.005
19	672	179.829	179.827	0.001
20	673	724.089	724.084	0.005
21	674	699.473	699.468	0.005
22	675	730.644	730.639	0.005
23	676	9,953.522	9,953.449	0.073
24	677	9,881.381	9,881.308	0.073
25	678	9,917.808	9,917.736	0.073
26	679	44,897.722	44,897.393	0.330
27	680	33,079.998	33,079.755	0.243
28	681	5,136.694	5,136.656	0.038
29	702	824.441	824.435	0.006
30	703	690.305	690.300	0.005
31	704	634.306	634.302	0.005
32	705	162.283	162.281	0.001
33	706	691.327	691.322	0.005
34	707	749.392	749.386	0.005
35	708	807.840	807.834	0.006
36	709	2,099.288	2,099.273	0.015
37	710	919.016	919.010	0.007
38	711	420.062	420.059	0.003
39	712	2,713.905	2,713.885	0.020
40	713	2,356.167	2,356.150	0.017
41	714	180.547	180.545	0.001
42	715	1,953.946	1,953.932	0.014
43	716	200.804	200.803	0.001
44	717	549.955	549.951	0.004
45	718	593.905	593.900	0.004
46	719	575.993	575.989	0.004
47	720	539.965	539.961	0.004
48	721	601.017	601.013	0.004
49	722	1,367.392	1,367.382	0.010
50	723	601.220	601.215	0.004
51	724	540.139	540.135	0.004
52	725	580.109	580.105	0.004
53	870	7,233.354	7,233.301	0.053
54	871	7,981.508	7,981.449	0.059
55	872	1,1746.19	11,746.104	0.086
56	873	5,701.925	5,701.883	0.042
57	886	5,861.216	5,861.173	0.043
평 균				0.062
면적 총 차이량		483,574.442	483,570.891	-3.551

관한 법률에서 규정하고 있는 면적허용오차 이내인 것으로 나타났다. 따라서 연구대상지역에 한정하여 본다면 위치나 면적부분에서 많은 차이를 보이지 않아 세계좌표계로의 전환이 가능한 것으로 나타났다.

그러나 개별필지들의 면적차이량은 모두 허용오차 범위 이내를 보였는데 개별필지의 면적이 커지면 커질수 록 변환면적이 오히려 감소하는 필지도 나타났고, 대상지역 전체 면적 역시 소폭 감소하는 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 세계좌표로의 변환시 면적이 증가되어야 하는 결과와 상충되는 결과이다.

따라서 일반적으로는 세계좌표로의 변환에 있어 면적은 증가할 것으로 예측되나 대상 지역에 국한하여 볼 경우 지적측량의 특성상 미세하나마 면적이 감소하기 때문에 세계좌표로 변환함에 있어 사전 다양한 지역을 대상으로 철저한 분석이 필요한 것으로 나타났다.

끝으로 연구에서는 국지적인 지역을 대상으로 세계좌표로의 변환 실험 연구를 통하여 문제점을 진단하고 이에 대한 개선점을 모색하여 보았으나 보다 안정적이고 정확한 세계좌표로의 전환을 위해서는 좀 더 다양한 지역을 대상으로 한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강태석, 2000, *지적측량학*, pp.95−110.
2. 곽인선, 2009, “세계측지계 도입에 따른 경계점 좌표등록부 좌표변환 방안”, *제32회 지적세미나 연구과제집*, 국토해양부・대한지적공사, pp.5−56.
3. 곽호선, 2008, 세계측지계 전환에 따른 지적확정측량 성과의 변동량 분석, 석사학위논문, 서울시립대학교, p.8.
4. 국립지리원, 2002, 세계측지계로의 전환지침 연구, p.5.
5. 김옥두, 2008, 세계측지계 기반 지적좌표 변환 방안에 관한 실증적 연구, 석사학위논문, 목포대학교, pp.1−2.
6. 김의석, 2007, 지적기준점의 세계좌표계 전환에 관한 연구−진주지역을 중심으로−, 석사학위논문, 진주산업대학교.
7. 김정호, 1998, GPS를 이용한 기준점 좌표변환에 관한 연구, 박사학위논문, 경기대학교, pp.23−24.
8. 대한지적공사 지적연구원, 2008, 세계측지계 기반 지적측량 방안 연구, pp.30−32.
9. 대한지적공사, 2005, 지식기반시대에 유용한 지적정보 활성화를 위한 한국측지좌표계 도입, p.37.
10. 서울시정개발연구원, 2004, 세계측지계 전환에 따른 서울시 지리정보 대응방안 연구, p.17.
11. 성승원, 2009, 세계측지계 변환에 따른 확정지구 필계면적 비교분석−용인시 기흥구 구성택지개발지구를 중심으로−, 석사학위논문, 서울시립대학교.
12. 신동빈・유선철, 2008, “한국토지정보시스템 데이터의 세계측지좌표계 변환 실험”, *한국지형공간정보학회 춘계학술대회논문집*, pp.405−410.
13. 이권한・서관호・정해철, 2003, “GIS 활용을 위한 기타원점 좌표계 지적자료의 좌표변환에 관한 연구−경기도 오산시를 대상으로−”, *한국GIS학회지*, 제11권 제4호, pp.481−491.
14. 이석배・심정민, 2007, 구면적과 투명면적의 비교 및 세계측지계 전환에 따른 면적변화량 분석, *한국지적학회지*, 제23권 제1호, pp.29−43.
15. 임현석・홍성언・송근필・강원효, 2008, “GPS 상시관측소에 의한 세계측지계 산출좌표의 성과 비교”, *한국지적학회지*, 제24권 제1호, pp.181−198.
16. 최승환, 2007, 디지털 지적도면의 세계측지계 좌표변환에 관한 연구, 석사학위논문, 전북대학교.
17. N.F. Danial, 1983, “Space Resection with Distance”, *ASSM, ASP*, Technical paper, pp.700−709.