

소지역에서 GPS좌표변환에 관한 연구 Transformation of GPS Coordinates in a Small Area

조규전* · 전재홍** · 차득기** · 어수창***

Cho, Kuy-Jon · Jon, Jae-Hong · Tcha, Dek-Kie · Ahu, Su-Chang

요 旨

일반적으로 GPS 좌표변환은 3~10개의 변환요소에 의하여 3차원좌표로 이루어진다. 기존의 우리나라 삼각점의 성과는 수평위치결정과 수직위치의 측정이 각각 독립적(2D+1D)으로 관측 및 조정되었을 뿐만 아니라 이들에 대한 경중률도 정확하게 결정되어 있지 않다. 본 연구에서는 3차원(3D)방식의 결정방법과 수평위치와 연직위치의 분리(2D+1D)형태의 독립변환변수에 의한 변환방법을 서울의 강남지역과 용인의 구소삼각지역에 대하여 분석하였다. 연구결과 전통적인 3D변환방법보다는 2D+1D의 독립변환방식이 현재의 성과와 비교 분석한 결과 더 효율적이었다.

ABSTRACT

In general, the transformation of coordinates in GPS is carried out by 3 dimensional transformation method with 3~10 parameter. In Korea, the coordinates of transformation points were determined are adjusted independently by planimetry and the height, and also the weight of observations were not properly applied to the adjustment. In this study, two different transformation methods are tested and analysed by the field test, and it is finally found that 2 dimensional method is more efficient way than 3 dimensional classical transformation method.

1. 서 론

GPS에 의한 위치결정은 지심 타원체인 WGS84 타원체상에서 이루어지며 3차원 좌표계에 의하여 X, Y, H가 동시에 결정된다.¹⁾ 따라서, WGS84타원체를 기준타원체로 하여 계산된 3차원 좌표는 Datum 변환, 즉 GPS타원체인 WGS84 타원체로부터 현재 우리나라의 기준타원체인 Bessel 타원체 좌표로 변환되어야만 실용적으로 사용할 수 있다.^{4,5)}

Datum변환에 의하여 얻어진 Bessel 타원체상의 좌표 X, Y, H는 다시 측지좌표인 (ϕ, λ, h)로 변환되며, 다시 TM투영 등 투영과정을 거쳐 평면 직각좌표인 x, y와 높이 h로 변환된다. GPS의 좌표변환 방법에는 일반적으로 7매개변수에 의한 3차원 변환을 주로 사용하고

있으나 x, y좌표만을 독립적으로 사용하는 2차원 변환과 평면과 높이를 각각 독립적으로 취급하는 2D+1D 변환 등 여러 가지 방법이 있다. 7매개변수에 의한 3D 변환방법은 x, y, h를 동시에 고려하는 비선형변환으로서 높이의 변화에 따라 평면위치에 큰 영향을 주게 된다.^{6,10)}

한편, GPS에 의한 위치결정에서 얻어지는 높이는 WGS84 타원체로부터의 높이 이므로 우리나라에서 사용하는 Bessel타원체 상으로부터의 높이(또는 지오이드고)와 차이가 있으며, 이에 의한 영향이 x, y에 크게 영향을 준다.¹⁾ 더욱이 현재 우리가 사용하고 있는 국가 삼각점의 높이는 직접수준측량에 의하여 얻어진 것이 아니라 간접수준측량 방법에 의한 것이기 때문에 높이에 대한 오차가 커서 이것이 x, y에 미치는 영향도 크다.

본 연구에서는 구소삼각점 지역인 용인 부근의 삼각점들을 선정하여 GPS관측을 실시하고, 관측결과를 사

*경기대학교 토목공학과 교수

**경기대학교 토목공학과 대학원 박사과정

***경기대학교 토목공학과 대학원 석사과정

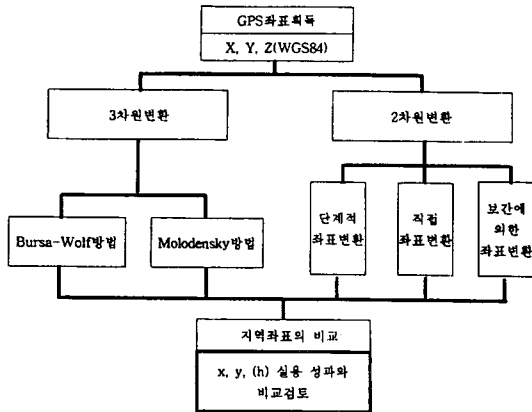


그림 1. GPS 좌표변환 기법들

용하여 3D 변환과 2D+1D 분리변환에 대한 여러가지의 2차원 변환을 실시하여, 이들 중 어느 방법이 기준 좌표계와 근사한가를 연구하고자 한다.

2. 좌표계 변환이론

2.1 3차원 좌표변환방법

일반적인 3차원 좌표변환방법이란 2개의 좌표시스템에 의한 각 축점의 3차원 성과로부터 2좌표계간의 이동, 회전, 축척요소를 구하고 이를 다른 점에 적용시키는 것으로 사용공식에 따라서 Bursa-Wolf와 Molodensky-Badekas식이 사용된다.^{1,4,6)}

Bursa-Wolf의 변환모델은

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + (1+\lambda) \begin{bmatrix} 0 & \kappa & -\phi \\ -\kappa & 0 & \omega \\ \phi & -\omega & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = 0 \quad (2-1)$$

여기서,

(x, y, z): 우리나라의 지리직각좌표

(X, Y, Z): WGS84의 지심직각좌표

(Δx, Δy, Δz): 좌표계 중심간의 이동벡터

Bursa-Wolf모델은 지구전체로 볼 때 극히 부분적인 지역에만 국한되므로 변환요소간의 상관계수가 커지게 된다. 이러한 문제점을 개선하여 축점들의 무게중심 또는 축지원점에서 회전토록 하는 Molodensky-Badekas 모델이 고안되었다.^{2,4,6)}

Molodensky-Badekas변환모델은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + (1+\lambda) \begin{bmatrix} 0 & \kappa & -\phi \\ -\kappa & 0 & \omega \\ \phi & -\omega & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = 0 \quad (2-2)$$

이동벡터(Δx, Δy, Δz)는 좌표계 기준원점간의 이동을 의미하며 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{X}_0 \\ \bar{Y}_0 \\ \bar{Z}_0 \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

윗식에서 x₀, y₀, z₀는 우리나라 지리좌표계에 대한 원점좌표이며 $\bar{X}_0, \bar{Y}_0, \bar{Z}_0$ 는 WGS84에 대한 기준원점의 좌표 x₀, y₀, z₀를 x, y, z로 회전하여 얻을 수 있다. 이모델은 이동량 매개변수를 기준원점에 대해 적용하므로 매개변수들 간에 높은 상관관계를 가지는 Bursa-Wolf방법의 문제를 해결할 수 있다.^{2,4,5)}

식 (2-1)과 식 (2-2)에서 회전 3요소와 축력 (1+λ)를 무시하면 이동3요소만 남게 되는데 이는 가장 단순한 3변수식이 된다.

2.2 2차원 좌표변환방법

Affine변환은 비직교변환으로 좌표축 회전, 비직교성 변화, 각 축의 축척변환에 따른 선형관계의 상변형 오차를 소거하게 된다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \beta \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 \\ 0 & \lambda_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (4-4)$$

여기서 X, Y: 평면좌표

x, y: 지역좌표

λ_x, λ_y: 방향의 축척계수

θ: 회전각

x₀, y₀: 선형이동

β: 전단각(lack of orthogonality)

이러한 식을 간단히 하여 일반식으로 표시하면,

$$\begin{aligned} X &= b_1 x + b_2 y + x_0 \\ Y &= b_3 x + b_4 y + x_0 \end{aligned} \quad (2-5)$$

Helmert의 경우에는 2차원의 회전, 원점의평행이동,

측척을 조정하는 변환으로 다음의 식으로 표시되며

$$\begin{aligned} X &= ax - by + x_0 \\ Y &= bx + ay + y_0 \end{aligned} \quad (2-6)$$

이식에서 미지계수는 a, b, x₀, y₀ 4개이다. 이것들을 결정하기 위해서는 최소 두점이상의 좌표를 알고있어야 하며 측척 m 및 회전량 θ는 다음에서 구해진다.

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ \tan \theta &= \frac{a}{b} \end{aligned} \quad (2-7)$$

측척이 1인 경우에는 윗식을 다음과 같은 회전행렬을 사용하여 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (2-8)$$

2.2.1 단계적 변환

단계적인 변환방법은 우선 WGS지심좌표를 측지원자를 고려하여 측지좌표로 변환하고 이를 투영변환후에 다시 2차원 및 1차원으로 분리하여 변환변수를 적

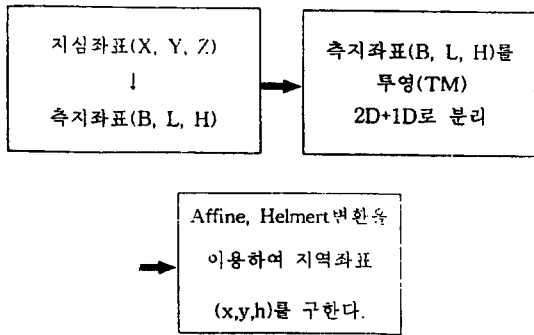


그림 2. 단계적변환의 순서

용하는 것으로 평면의 경우 대표적으로 Affine변환이나 Helmert변환을 실시하고 1차원은 각 수준점에 대한 산술적 평균으로 계산하는 방식이다.^{7,8)}

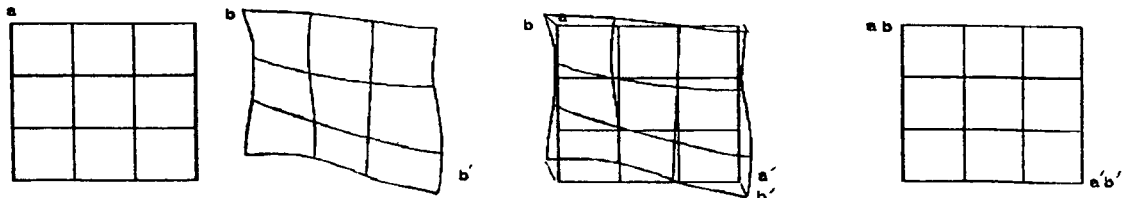
2.2.2 직접변환

이 변환방법은 고도좌표와 평면좌표를 개별적으로, WGS84좌표를 일시적으로 좌표계간의 타원체에 따른 변환을 적용하지 않고서 임의평면계에 TM투영하여 실제 투영좌표에서 구한 후에 이를 2차적으로 평면회전과 측척변환변수를 찾아서 다른 점들을 좌표변환하여 구한다.⁸⁾ 높이의 경우에는 고정평면으로 부터 1차원 근사고도로 바꾸며, 이 변환방법은 변환변수에 따라 결정된다. 따라서 어떠한 매개변수를 사용하느냐가 정밀도를 좌우한다. 또한 이 방법은 함수적 해석좌표 변환방법과 유사하며 지역타원체나 지역 투영면에 관한 지식이 없이도 사용할 수 있는 변환방법이다. 단계적 변환이나 함수적 변환처럼 고도와 좌표의 변환은 분리되고, 고도와 좌표 각각의 오차는 서로 영향을 주지 않는다.

고도변환에 사용되는 변수에서 평균값에 의한 방법은 매우 적은 점에 대한 변환을 할 수 있으며, 지역타원체나 투영면에 관한 지식을 필요로 하지 않고 매개변수는 단지 1~2개의 최소한의 변환좌표 근처의 유효한 지역 좌표만을가지고 매개변수의 계산이 가능하다. 이 방법은 변환이 쉽고 기지점의 수가 적어도 가능하다는 장점이 있으나 다른 변환법에 비하여 정밀도가 낮으며 이는 지구곡면을 평면으로 가정하는 한계값의 범위(예: 10 km²) 지역에서만 사용가능하게 된다.⁹⁾

2.2.3 보간법 변환

이 변환법은 삼차원 Affine변환을 기초로하여 정밀한 변환식을 명치시켜 매개변수를 구한다. 다시설명하면 고정된 지역좌표에 대하여 GPS에 의해 계산된 WGS84좌표를 축소하거나 확장하여 일치시키는 방법



a) 지역좌표계 b) 관측된 WGS84좌표 c) 지역좌표계와 WGS84좌표일치 d) 일치된좌표

그림 3. 보간법에 의한 좌표변환과정

이다. 좌표와 고도는 상호 독립적, 개별적으로 처리된다.⁸⁾ 이것은 직접 좌표변환과 마찬가지로 좌표점과 고도점이 일치할 필요가 없으며 고도점과 좌표점이 함께 조합된 좌표변환은 지역고도 오차의 증가가 있을시에만 필요하다. 함수적 변환방법은 삼차원 Helmert변환을 기본으로 하는 일반적 좌표변환에 관해서는 지역 타원체와 투영 면에 대한 지식없이도 계산이 가능하며, 고도와 좌표의 변환이 독립적으로 부정확한 지역 고도들이 고도변환에 영향이 적으며 지역좌표들이 고도에 관한 정보를 포함하지 않아도 된다. 고도정보는 다른점에서 얻어도 된다. 또한 수평과 수직을 구분하여 각기 다른 경중률을 적용할 수가 있다.⁹⁾

3. GPS 관측

실험대상지역은 서울지역과 구소삼각점지역인 용인시지역을 선정하였으며 GPS측량기법중 정지관측(Static)모드에서 측정하여 최대한 관측상의 오차를 줄여서 좌표변환상의 오차문제를 찾고자 하였다. 구소삼각지역을 독립적인 원점(0,0)으로 사용하여 직각좌표계에 의하여 개략적인 방위각을 설정하고 각과 거리관측에 의한 국부적인 지역좌표계(Local Grid System)로 GPS관측을 실시하였다.

본 시험의 사용한 구소삼각점은 11개 특수 원점중

표 1. 용인지역(구소삼각점)의 실용성과

삼각점명	위도(도 분 초)	경도(도 분 초)	표고(m)
22(부아산)	37 13 27.946 N	127 9 33.141 E	403.59
301(6등촌)	37 13 56.108 N	127 16 7.496 E	256.85
305(5무주)	37 14 47.926 N	127 12 22.133 E	234.82
306(7삼삼)	37 12 12.492 N	127 13 21.679 E	218.07

고초특수원점(위도 : 37°09' 03.530", 경도 : 127°14' 41.585", 높이 : 514.9, 용인도열 경기도 용인군 동면 화신리소재)을 사용하였다. 1997년 10월 15일에 Leica GPS System 300모델 8대를 동시에 사용하여 Static Mode관측방법으로 관측하였다.

서울지역의 관측은 서울특별시 강남구 일원의 삼각점 및 지적삼각점에 대하여 관측하였으며 하나의 기준점(Fixed)을 이용하여 계산하였다. 이들 점은 8일간 각 세션을 분리하여 4대를 이용하여 한점에 대하여 1시간 관측하였으며 모두 기선해석에서 Ambiguity를 구할 수 있었다. 서울 시험지구는 서울시 강남구 일원으로 관측은 Sokkia SR2000 2주파수신기(5 mm+1 PPM)를 사용하였다. 관측방법은 Static모드를 사용하였으며 1점당 평균 1시간 이상 국립지리원 1등-3등삼각점 사용관측하였다. 평균기선은 3-5 Km이며 망의구성은 복합 및 단일망으로 구성하였다. 자료처리에는 PRISM/SKI 2.11를 사용하였다.

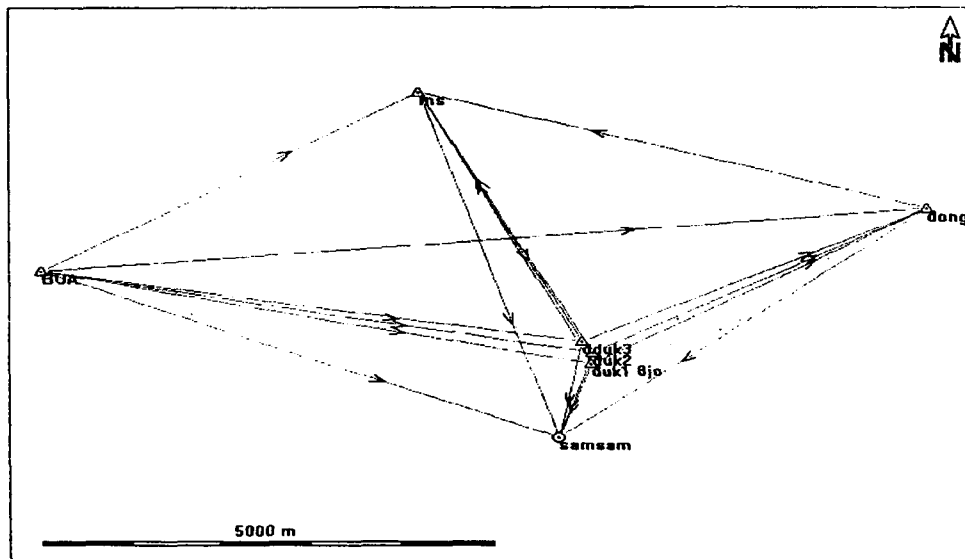


그림 4. 용인시 GPS관측망도

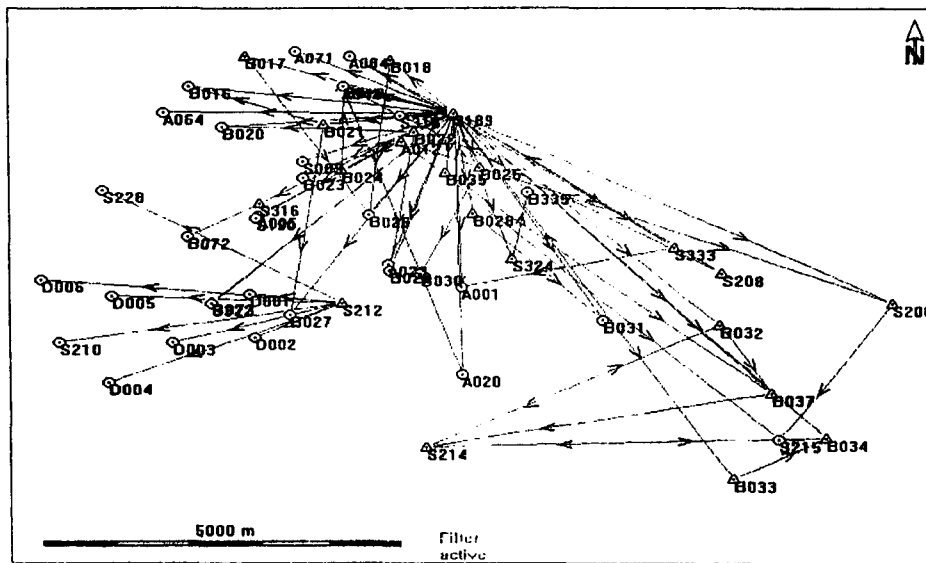


그림 5. 서울강남구 GPS관측망도

표 2. 강남지역삼각점의 실용성과

삼각점명	위도(도 분 초)	경도(도 분 초)	표고(m)
S316	37 30 10.772 N	127 1 49.765 E	102.48
S190	37 30 2.821 N	127 1 47.579 E	69.44
S333	37 29 46.817 N	127 5 44.462 E	
S208	37 29 32.942 N	127 6 9.931 E	
S206	37 29 16.655 N	127 7 45.505 E	62.71
S215	37 28 3.135 N	127 6 40.792 E	65.96
S315	37 30 58.537 N	127 3 10.749 E	89.99

원과 1차원의 독립관측에 의하여 이루어져 있기 때문에 투영법을 적용하여 3차원 지심좌표계로 환산하여야

표 4. 용인지역의 3차원 오차분석

변수	모델	관측점	dx	dy
1	Bursa-Wolf	33(부아산)	-0.0644	4.2523
2		301(6등촌)	0.3076	-3.6126
3		305(5무주)	1.5685	0.1373
4		306(7삼삼)	-1.8117	-0.7772
5	3	33(부아산)	-0.0643	4.2523
6	Molodensky -Badekas	301(6등촌)	0.3077	-3.6126
7		305(5무주)	1.5686	0.1373
8		306(7삼삼)	-1.8116	-0.7772
9		33(부아산)	-0.0051	0.421
10	Bursa-Wolf	301(6등촌)	-0.0464	0.1972
11		305(5무주)	-0.1823	-0.3637
12		306(7삼삼)	0.2332	-0.2545
13	7	33(부아산)	-0.0051	0.421
14	Molodensky -Badekas	301(6등촌)	-0.0464	0.1972
15		305(5무주)	-0.1823	-0.3637
16		306(7삼삼)	0.2332	-0.2545

4. 데이터 처리

4.1 3차원변환

3차원변환은 각점의 좌표성과를 동일한 경중률의 좌표요소(X,Y,Z)로 각점에 대한 좌표를 2좌표계로 병치시켜서 변환변수를 산출하는 것으로 그 방법에 따라서 Molodensky와 Bursa-Wolf방식이 변환의 대명사처럼 사용되고 있으나 이는 기존의 우리나라 좌표성과가 2차

표 3. 용인지역(구소삼각점)의 3차원 변환계수

변수	모델	dx	dy	dz	ω	ϕ	κ	S
3변수	B-W	313.69	-288.779	-641.884				
	M-B	313.69	-288.779	-641.884				
7변수	B-W	549.94	71.645	-523.565	-82.689397	110.107816	86.023074	-25.83615
	M-B	313.69	-288.779	-641.884	-82.689397	110.107816	86.023074	-25.83615

표 5. 서울지역의 3차원 변환계수

변수	모델	dx	dy	dz	ω	ϕ	κ	S
3변수	B-W	320.863	-311.877	-656.125				
	M-B	320.863	-311.877	-656.125				
7변수	B-W	-2030.59	41236.591	-45549.36	-1734.827785	-746.059666	-605.158503	2.0611795
	M-B	320.863	-311.877	-656.125	-1734.827785	-746.059666	-605.158503	2.061795

표 6. 서울지역의 3차원변환 오차분석

		처리방법	관측점	dx	dy			처리방법	관측점	dx	dy
3변수	1	B-W	S190	0.1618	-0.1108	7변수	13	B-W	S190	0.18	0.0364
	2		S206	-0.113	0.0659		14		S206	-0.1301	-0.1015
	3		S208	-0.0954	0.0245		15		S208	0.0284	0.2346
	4		S215	0.0791	0.0616		16		S215	-0.1013	-0.1739
	5		S316	0.0783	-0.0594		17		S316	-0.0031	-0.1953
	6		S333	-0.0957	0.0222		18		S333	0.0261	0.1996
7변수	7	M-B	S190	0.1618	-0.1108	19	M-B	S190	0.18	0.0364	
	8		S206	-0.0113	0.0659	20		S206	-0.1301	-0.1015	
	9		S208	-0.0594	0.0245	21		S208	0.0284	0.2346	
	10		S215	0.0791	0.0616	22		S215	-0.1013	-0.1739	
	11		S316	0.0783	-0.0594	23		S316	-0.0031	-0.1953	
	12		S333	-0.0957	0.0222	24		S333	0.0261	0.1996	

한다. 즉 투영변환과 측지원자의 변환이 이루어져야한다. 이 경우 3차원환산에 높이의 값이 필연적으로 사용되어야하며 2D좌표만을 입력할 경우 우연오차가 발생하게 된다.

표 3은 용인(구소삼각점)지역에 대한 3차원 변환계수를 도출한 것이며 표 4는 그 결과로부터 나타난 잔차를 보여주고 있다. 또한 표 5은 서울 강남지역에 대한 3차원 변환계수이며 표 6은 잔차를 보여준다.

를 보여주고 있다. 또한 표 5은 서울 강남지역에 대한 3차원 변환계수이며 표 6은 잔차를 보여준다.

4.2 2차원 독립변환

2차원 변환의 주요특성은 수평위치변환과 수직위치의 변환을 독립적으로 수행하는 것으로 임의 투영법에

표 7. 용인지역(구소삼각점)의 2차원 변환계수

방법	구소삼각점	dE(m)	dN(m)	dH(m)
TM	33(부아산)	-0.002	0.42	0.125
	301(6등촌)	-0.041	0.197	0.121
	305(5무주)	-0.186	-0.361	-0.142
	306(7삼삼)	0.23	-0.258	-0.105
UTM	33(부아산)	0.005	0.42	0.125
	301(6등촌)	-0.038	0.199	0.121
	305(5무주)	-0.193	-0.357	-0.142
	306(7삼삼)	0.225	-0.262	-0.105
직접변환	33(부아산)	0.42	-0.022	0.129
	301(6등촌)	0.191	-0.065	0.126
	305(5무주)	-0.354	-0.169	-0.147
	306(7삼삼)	-0.258	0.256	-0.109
보간법변환	33(부아산)	-0.006	0.298	0.125
	301(6등촌)	-0.005	0.289	0.121
	305(5무주)	0.006	-0.338	-0.142
	306(7삼삼)	0.005	-0.25	-0.105

표 8. 용인지역(구소삼각점)의 2차원 오차분석

		처리방법	관측점	dx	dy
보간법변환	17	보간법변환	33(부아산)	-0.0057	0.2979
	18		301(6등촌)	-0.0056	0.2895
	19		305(5무주)	0.0062	-0.3376
	20		306(7삼삼)	0.0045	-0.2498
직접변환	21	직접변환	33(부아산)	-0.0019	0.4235
	22		301(6등촌)	-0.0419	0.1997
	23		305(5무주)	-0.188	-0.3628
	24		306(7삼삼)	0.2312	-0.2604
단계적변환(TM)	25	단계적변환(TM)	33(부아산)	-0.0024	0.4203
	26		301(6등촌)	-0.0414	0.198
	27		305(5무주)	-0.1864	-0.3606
	28		306(7삼삼)	0.2297	-0.2577
단계적변환(UTM)	29	단계적변환(UTM)	33(부아산)	0.0053	0.4202
	30		301(6등촌)	-0.0377	0.1987
	31		305(5무주)	-0.193	-0.3571
	32		306(7삼삼)	0.225	-0.262

표 9. 서울강남지역의 2차원좌표변환 계수

방법	삼각점	dE	dN	dH	방법	삼각점	dE	dN	dH
TM	S190	0.058	-0.013	-0.193	직접변환	S190	-0.013	0.058	-0.193
	S206	-0.020	-0.007	-0.017		S206	-0.006	-0.018	-0.017
	S208	-0.053	0.000			S208	-0.000	-0.054	
	S215	0.098	-0.043	0.019		S215	-0.044	0.098	0.019
	S316	-0.021	0.044	0.191		S316	0.045	-0.020	0.191
	S333	-0.062	0.018			S333	0.018	-0.063	
UTM	S190	0.057	-0.014	-0.193	보간법변환	S190	0.025	-0.027	-0.211
	S206	-0.020	-0.006	-0.017		S206	0.016	-0.003	-0.057
	S208	-0.053	0.002	0.019		S208	-0.032	-0.004	
	S215	0.097	-0.045	0.191		S215	0.024	0.002	0.055
	S316	-0.020	0.044			S316	-0.043	0.027	0.165
	S333	-0.062	0.020			S333	-0.033	0.007	

표 10. 서울강남지역의 2차원변환 오차분석

처리법	관측점	dx	dy	처리법	관측점	dx	dy		
25	S190	0.025	-0.0267	37	S190	0.0576	-0.0127		
26	S206	0.0162	-0.0031	38	S206	-0.0196	-0.0068		
27	보간법변환	S208	-0.0316	-0.0039	39	단계적 변환 (TM)	S208	-0.0529	0.0004
28		S215	0.0235	0.0018	40		S215	0.098	-0.0433
29		S316	-0.0431	0.027	41		S316	-0.0208	0.044
30		S333	-0.0334	0.0074	42		S333	-0.0622	0.0184
31	S190	0.0578	-0.0133	43	S190	0.0573	-0.014		
32	S206	-0.0183	-0.0059	44	S206	-0.0197	-0.0064		
33	직접변환	S208	-0.0536	-0.0002	45	단계적 변환 (UTM)	S208	-0.0529	0.0016
34		S215	0.0978	-0.0437	46		S215	0.0971	-0.0454
35		S316	-0.0203	0.0448	47		S316	-0.0198	0.044
36		S333	-0.0632	0.0183	48		S333	-0.0618	0.0198

의하여 평면환산하고 이를 다시 평면변환을 실시하는 방법과 평면좌표환산 과정에 지역특성에 맞는 투영법을 적용하여 이를 다시 평면변환시키는 방법이 있다. 전자의 경우 투영법에 관한 확신이 없는 지역에 바로 적용할 수 있는 장점이 된다. 하지만 이의 적용은 평면으로 정의한 범위내에서만 적용되기 때문에 광범위한 지역(반경 10 Km 이상)에서의 적용을 하여서는 안될 것이다.

표 7은 용인(구소삼각점)지역에 대한 2차원 변환계수를 도출한 것이며 표 8는 그 결과로부터 나타난 잔차를 보여주고 있다. 또한 표 9은 서울 강남지역에 대한 2차원 변환계수이며 표 10은 잔차를 보여준다.

5. 분석 및 고찰

5.1 용인지역(구소삼각점)

그림 6은 표 4와 표 8의 용인지역에 대하여 좌표변환 방법에 따른 오차를 그래프로 표시한 것이다. 관측점 번호1~16는 3차원 좌표변환에 따른 오차, 관측점 번호 17~32는 2차원 변환의 경우이다. 3차원 변환의 경우 관측점 번호 1~8까지는 3매개변수의 경우이고 관측점 번호 9~16는 7매개변수의 경우이다.

첫 번째 4점은 Bursa-Wolf방법이고 나머지 4점은 Molodensky-Badekas방법에 의한 변환오차다. 2차원 변환의 경우관측점 번호 17~20는 2차원 좌표변환에서 보간에 의한 변환오차이며, 관측점 번호21~24는 2차원 좌표변환에서 직접변환에 의한 변환오차이다. 관측점 번호25~28, 29~32는 2차원 좌표변환에서 각각 TM, UTM투영법을 적용한 단계적 변환법의 변환오차이다.

그림 6을 살펴보면 매개변수 3개에 의한 3차원변환은(관측점 1~8) 7개 변수를 사용한 3차원 변환(관측점

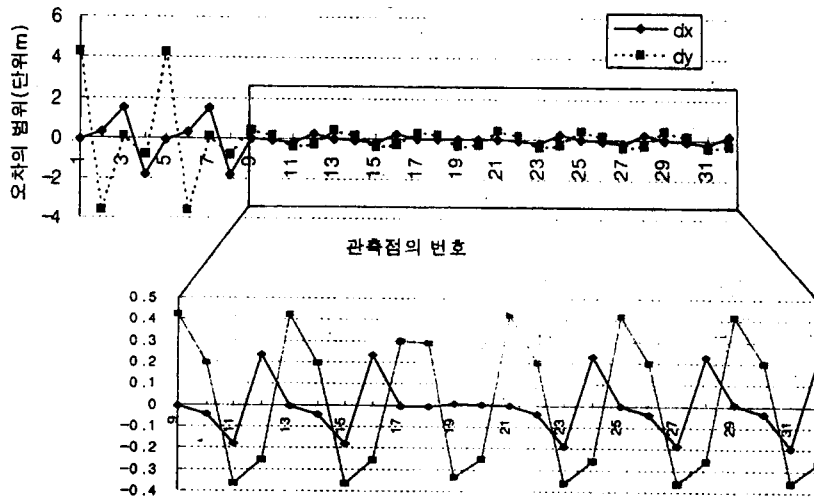


그림 6. 용인(구소삼각)지역의 dx dy의분포

9~16)이나 2차원 변환의 경우(16번이후)보다 오차가 매우 큰 것을 알 수 있다. 이것은 3차원 변환에서 회전 매개변수의 영향이 매우 크다는 것을 의미한다.

그림 6 하단에는 9~32관측점에 대하여 정확한 판독을 위해 확대한 표가 나와 있다. 이 표를 살펴보면 보간법에 의한 변환결과(관측점 번호 17~21해당) 관측점 dx가 매우 작은 것을 알 수 있다.

구소삼각점의 경우 dx, dy의 차가 약 1.4배정도 발생하여 원점의 특성에 따라 dx, dy의 오차양상이 달리 발생함을 알수있다.

5.2 서울강남지역

그림 7은 표 6과 표 10의 서울강남지역에서의 관측점에 대한 오차를 그래프로 표시한 것이다. 관측점 번호 1~24는 3차원 좌표변환에 따른 오차, 관측점 번호 25~48는 2차원 변환의 경우이다. 3차원 변환의 경우 관측점 번호 1~12까지는 3매개변수의 경우이고 관측점

번호 13~24는 7매개변수의 경우이다. 첫 번째 4점은 Bursa-Wolf방법이고 나머지 4점은 Molodensky-Badekas방법에 의한 변환오차다. 2차원 변환의 경우관측점 번호 25~30는 2차원 좌표변환에서 보간에 의한 변환오차이며, 관측점 번호31~36는 2차원 좌표변환에서 직접 변환에의한 변환오차이다.

관측점 번호37~42, 43~48는 2차원 좌표변환에서 각각 TM, UTM투영법을 적용한 단계적 변환법의 변환오차이다.

관측점 13~24에 해당하는 3차원 좌표변환(7매개변수이용)은 다른 변환방법에 비하여 오차가 큰 것을 알 수가 있다. 25~48번까지 해당하는 2차원 좌표변환은 오차가 비슷하게 발생하였다. 특히 보간법에 의한 방법

표 11. 용인지역의 오차분석

	dx(m)	dy(m)
표준편차	2.795103	3.967427

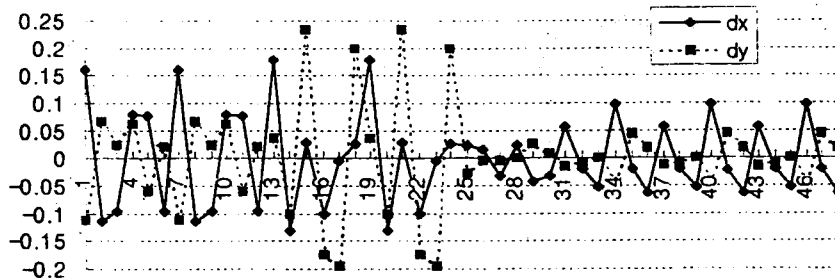


그림 7. 서울 강남지역의 dx dy의분포

표 12. 서울지역의 오차의 분석

	dx(m)	dy(m)
표준편차	0.083514	0.09395

을 제외하면 31~36번까지의 직접변환방법, 37~42번까지의 TM투영을 이용한 방법, 43~48번까지의 UTM을 이용한 방법 모두가 비슷한 오차를 보여 각 방법별 오차보다는 대상지역의 3D와 2D의 변환방법에 따른 오차정도가 크게 영향을 끼침을 알수있다.

서울지역의 표준오차는 dx, dy가 비슷하여 X, Y축좌표의 정확성이 구소삼각점과 다른 양상을 보였다.

5.3 고 찰

위의 모든결과를 종합해보면 일반적으로 구소 삼각점에 대한 3차원 좌표변환은 오차가 매우 큰 것을 알수가 있다. 특히 3개 매개변수만 사용하여 변환한 경우 Molodensky방법과 Bursa-Wolf방법 모두 오차가 컸다. 특히 높이의 경우 ± 3.5 m의 차이를 보였다.

이것은 회전 매개변수의 영향이 3차원 변환에서 영향이 매우 크다는 것을 말한다.

7매개변수 3차원변환과 직접변환, 해석적 변환등이 비슷한 정도를 보였으며 3매개변수를 제외한 좌표의 표준오차는 dx가 0.028515m, dy가 0.066191m로서 X좌표의 정확성이 Y좌표의 정확성에 2배정도임을 보였다.

서울지역의 실험에서도 3차원변환에 비하여 2차원변환 즉, 투영을 이용한 단계적방법, 직접변환법, 보간에 의한 변환법등이 높은 정도를 보였으며 자료의 수가 많을 경우 그 정도가 높았다.

서울지역의 표준오차는 dx가 0.012054 m, dy가 0.013561 m로서 비슷하여 X, Y좌표의 정확성이 구소삼각점과 다른 양상을 보였다.

6. 결 론

본 논문은 GPS 실용화를 위한 지역좌표변환에 관하여 연구하였으며 각각 다른 3개지역의 GPS관측값을 3차원과 2차원 변환하여 실용성과, 지적성과와 비교 분

석하였다. 그결과 3차원 변환변수의 결정에 있어서 높 이성과의 정의로 인하여 3차원을 2차원+1차원형태로 분리하여 매개변수를 구하여 처리하는 것이 현행시스템에 보다 부합된다.

또한 구소삼각점의 X좌표의 정확성이 Y좌표의 정확성에 2배정도임을 보였으며 이는 구소삼각점의 변환에서 지역적 특성으로 발생된 것으로 파악된다. 구소삼각지역의 GPS 적용변수에 대한 비교결과 투영법이 적용된 단계적 변환방법이 가장 정확한 변환방법이었다.

반경 11 km의 이내 지역 즉, 평면으로 간주할 수 있는 지역에 한해서는 기존의 3차원 변환 보다 2차원 변환이 현행실용성과와 비교분석한 결과 더 효율적이었다.

참고문헌

1. 조규전. "표준측량학". 보성출판사. 1996
2. 강준목, 신봉호, 이용창, 윤철규(1994). "매개변환요소에 따른 WGS84와 Bessel 타원체간의 좌표변환해석". 대한토목학회 논문집, 제14권, 제5호, pp.1209~1218.
3. 차득기. "컴퓨터 측량개산 프로그램집". 탐구문화사. 1996
4. 권대원, 윤홍식, 최재화(1995). "7매개변수 좌표변환에 의한 우리나라 측지계와 WGS84의 좌표변환". 한국측지학회지, 제13권, 제2호, pp.117~124.
5. 국립지리원. "한국측지좌표계와 지구중심좌표계의 재정립에 관한연구". 1996
6. Alfred Leick. "GPS Satellite Surveying" john Wiley & Sons, Inc, 1990
7. David Wells. "Guide to GPS Positioning" Candian GPS Associates. 1987
8. Laica Ltd. "SKI:Static Kinematic Software Guidline". Laica Ltd. 1996
9. Paul R. Wolf, Charles D. Ghilani. "Adjustment Computations" john Wiley & Sons, Inc, 1996
10. Paul R. Wolf, Russell C. Brinker. "Elementary Surveying". 9th ed 1996
11. Rapp, R.H. "Geometric Geodesy". Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus, 1989