

# WGS/WGS-84기준계와 베이징-54/크라썃스끼기준계 사이의 자리표호상변환방법

정경석, 신영철

위대한 령도자 김정일 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 사회주의경제발전의 요구에 맞게 인민경제 모든 부문의 생산기술 공정과 생산방법, 경영활동을 새로운 과학적로대우에 올려세우는데서 나서는 과학기술적문제를 전망성있게 풀어나가야 하겠습니까.》《김정일선집》 증보판 제11권 138페이지)

측지학적기준계들사이의 자리표호상변환문제는 위성측지망과 지역측지망의 정향과 응용에서 필수적으로 제기되는 문제이다. 또한 이 문제는 위성측지망에 대한 연구가 활발히 진행되고 수치지도작성이 계속 진행됨에 따라 현실적인 문제로 제기된다.

베이징-54/크라썃스끼기준계에서 지구회전타원체는 우리 나라에서 리용하고있는 지구회전타원체와 같다.

본문에서는 북두위성항법체계를 리용하는데서 필수적인 전지구위성항법체계의 측지기준계들사이의 호상변환을 실현하기 위한 자리표변환방법에 대하여 서술하였다.

## 1. 7 파라미터자리표변환모형과 풀이

최근 세계적으로 가장 널리 리용되고있는 자리표변환모형으로서는 7파라미터자리표변환모형을 들수 있다.

7파라미터자리표변환모형은 측지망에 계통적오차들이 비교적 적게 포함되어있고 량이 적을 때에는 적합하지만 어느 한쪽의 측지망에 계통적오차가 포함되고 그 값이 클 때에는 자리표를 변환하기 위한 미지파라미터들에 큰 영향을 주므로 적합치 않다.[1]

이 모형은 파라미터들과 자리표사이의 상관관계가 크므로 지역적인 범위에서도 큰 편차를 가진다.(그림) 그것은 이 모형이 서로 다른 측지기준계들사이의 관계를 충분히 서술할수 있는 변환파라미터들을 포함하지 않기때문이다. 그러나 관측자료들이 정확하다면 자리표변환을 위한 변환파라미터들을 얻을수 있다.

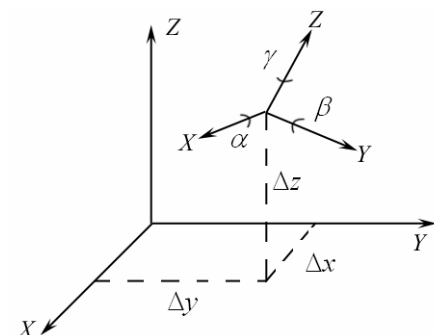


그림. 7파라미터자리표변환모형

7파라미터자리표변환모형은 다음과 같은 벡토르행렬식으로 표현된다.

$$X_G = (1 + \Delta S) R_Z(\gamma) R_Y(\beta) R_X(\alpha) X_B + T \quad (1)$$

여기서  $X_G$ ,  $X_B$ 는 측지기준계들의 3차원직각자리표,  $T$ 는 원점의 변위량,  $\Delta S$ 는 척도변위량,  $R_Z(\gamma) R_Y(\beta) R_X(\alpha)$ 는 두 측지기준계사이의 회전량을 나타내는 행렬식이다.

2개의 서로 다른 측지기준계에 토대하고있는 측지망들사이의 정각조건 즉 상사관계가 존재한다면 그것들

사이의 관계를 충분히 반영하기 위하여 7파라미터에서 척도변위량을 자리표계의 성분별로 갈라서 표시할수 있으며 또한 연구하는 지역의 측지망에서 중심으로 되는 기준점에 대하여 지상자리표계를 설정하고 지상자리표계에서 평면자리표축들사이의 방위각을 또 하나의 변환파라미터로 설정하여련립방정식을 구성할수 있다. 이렇게 하면 계통오차로 인한 외곡을 포함하고있는 두 측지기준계의 관측자료들을 가지고 지역측지망에서 자리표변환을 실현할수 있다.

7파라미터자리표변환모형은 7개의 파라미터들중에서 1개는 척도파라미터로서 두 기준계가 완전한 등각관계 즉 상사성을 가진다고 가정했을 때의 모형이라고 볼수 있다. 이 7개의 파라미터들을 결정하려면 적어도 3개의 공통점들의 자리표쌍들이 요구된다.

자리표를 변환하기 위한 7파라미터를 결정하기 위해서는 다음과 같은 공정을 거친다. 두 기준계의 공통점자리표쌍의 측지자리표들을 지심공간직각자리표로 변환한다.[1-3] 우선 출발타원체의 공통점들의 측지자리표를 변환한다.

$$\begin{cases} X_1 = (N_1 + H_1) \cos B_1 \cos L_1 \\ Y_1 = (N_1 + H_1) \cos B_1 \sin L_1 \\ Z_1 = [N_1(1 - e_1^2) + H_1] \sin B_1 \end{cases} \quad (2)$$

여기서  $X_1, Y_1, Z_1$ 은 출발타원체의 중심에 대한 공간점의 직각자리표,  $N_1$ 은 타원체의 제1법 단선곡률반경,  $H_1$ 은 타원체에 대한 점의 측지높이,  $e_1$ 은 타원체의 제1리심률,  $B_1, L_1$ 은 타원체에 대한 점의 측지위도, 측지경도이다. 첨수 1은 출발기준계를 표시한다.

마찬가지로 목적타원체의 공통점들의 측지자리표도 공간직각자리표로 넘긴다. 목적기준계에 대해서는 첨수 2로 표시할수 있다.

7파라미터자리표변환모형을 풀이하기 위한 계산식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{i_s} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_{i_r} & 0 & -Z_{i_r} & Y_{i_r} \\ 0 & 1 & 0 & Y_{i_r} & Z_{i_r} & 0 & -X_{i_r} \\ 0 & 0 & 1 & Z_{i_r} & -Y_{i_r} & X_{i_r} & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \\ \Delta z_0 \\ m \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{i_r} \quad (3)$$

또는

$$\bar{X}_{i_s} = C_i T + \bar{X}_{i_r}$$

여기서  $\bar{X}_{i_s} = [X \ Y \ Z]^T$ ,  $\bar{X}_{i_r} = [X \ Y \ Z]^T$ 는 원천 또는 목적하는 표준타원체의 3차원 지심공간직각자리표들로서 알려진 값들이다.  $T = [\Delta x_0 \ \Delta y_0 \ \Delta z_0 \ m \ \varepsilon_x \ \varepsilon_y \ \varepsilon_z]^T$ 는 최소두 제곱법으로 풀어 구하는데 그 표현식은  $T = (C_i^T C_i)^{-1} C_i^T W$ ,  $W = \bar{X}_{i_s} - \bar{X}_{i_r}$ 이다.

## 2. 파라미터검증

우의 계산식들을 리용하여 WGS/WGS-84기준계와 베이징-54/크라썩스끼기준계으로의 자리표변환을 위한 7파라미터를 결정한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 7파라미터계산결과

파라미터지표	7파라미터값(정변환)	7파라미터값(역변환)
$\Delta X$	-21.205 1	21.250 7
$\Delta Y$	29.554 3	-29.475 3
$\Delta Z$	116.526 2	-116.680 5
$\alpha$	-0.005 9	0.034 7
$B$	0.069 4	-0.053 8
$\gamma$	-0.002 8	0.010 3
$K$	1.004 8	0.919 8

표지역에 있는 28개의 측지기준점에 관하여 WGS/WGS-84기준계와 베이징-54/크라썩스끼기준계로 자리표변환을 진행하였다. 변환결과 7파라미터는 엄청난 변환값을 가지는 특이점이 없이 풀이에서 비교적 안정하고 정확도도 높았다. 두 기준계의 서로 대응되는 측

지기준점들에 관하여 자리표변환을 계산한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 자리표변환결과

No.	검사점자리표(WGS-84)	정변환결과(베이징-54)	역변환결과(WGS-84)
1	위도(B)	39°03'22.583 6"	39°03'21.057 0"
	경도(L)	125°46'14.434 9"	125°46'12.317 5"
	높이(H)	53.826 0m	46.418 9m
2	위도(B)	39°03'22.536 3"	39°03'20.987 7"
	경도(L)	125°46'13.85"	125°46'11.715 4"
	높이(H)	54.370 0m	46.740 8m
3	위도(B)	39°03'22.632 5"	39°03'20.327 1"
	경도(L)	125°45'49.351 7"	125°45'46.599 1"
	높이(H)	63.980 0m	53.162 2m
4	위도(B)	39°03'22.157 8"	39°03'20.581 7"
	경도(L)	125°46'13.957"	125°46'11.806 6"
	높이(H)	41.762 0m	33.033 5m

정확도판정을 위한 오차분석결과는 표 3과 같다.

표 3. 오차분석결과

No.	위도편차	경도편차	두제곱평균오차
1	-0.089 7	0.041 2	0.009 743 53
2	-0.000 2	-0.002 7	0.000 007 33
3	0.295 0	-1.469 7	2.247 043 09
4	0.170 9	0.070 4	0.034 162 97
합계	0.376 0	-1.360 8	2.290 956 92

정확도를 분석한 결과 7파라미터에 의한 자리표변환에서는 위도방향에서 최대 0.295", 최소 -0.089 7"의 편차량을 나타냈으며 경도방향에서는 최대 0.070 4", 최소 -1.469 7"의 편차량을 나타냈다. 그리고 두제곱평균오차의 합계는 2.290 956 92로서 값이 작았다.

## 맺 는 말

우리는 WGS/WGS-84기준계와 베이징-54/크라썩스끼기준계들사이에 자리표변환을 실현할수 있는 7파라미터자리표변환모형을 풀이하고 자리표를 변환하는 방법을 밝히고 정확도를 검증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. Grafarend; Strip Transformation of Conformal Coordinates of Type Gauss-Krüger and UTM, University of Stuttgart, 215~344, 2012.
- [2] M. Ligas et al.; Geodesy and Cartography, 60, 2, 145, 2011.
- [3] C. Mitsakaki; Coordinate Transformations, Springer, 22~27, 2004.

주체106(2017)년 4월 5일 원고접수

### **The Method for Coordinate Conversion between WGS/WGS-84 Geodetic Datum and Beijing-54/Krasovsky Geodetic Datum**

*Jong Kyong Sok, Sin Yong Chol*

We solved 7parameters transformation model that could accomplish the coordinate translation between WGS/WGS-84 geodetic datum and Beijing-54/Krasovsky geodetic datum and illuminated the accuracy of coordinate transformation.

Key words: coordinate, geodetic datum