

일점측위에 의한 GPS측량

이 용 희* · 문 두 열**

GPS Surveying by A Point Positioning

Y. H. Lee · D. Y. Mun

Key Words : GPS측량(Global Positioning System Surveying), 삼차원위치(three dimensional position), 위도편차(latitude deviation), 경도편차(longitude deviation), 정확도 (accuracy), 위성위치시스템(satellite positioning system), 항해용 GPS의 수평위치 (horizontal position for navigation)

Abstract

As a satellite positioning system, GPS is designed to provide the information on three dimensional position, velocity, and time all over the world. The purpose of this paper is to obtain what day has the best accuracy and what time has the best accuracy of measuring of fourteen-twenty minutes for effective using of MAGELLAN G.P.S NAV DLX-10 system. The result of measurement maximum deviation value from November, 1997 to March, 1998 that latitude deviation is 3" .75 and longitude deviation is 2" .1 And the result of measurement maximum deviation value during fourteen minutes of April 29, 1998 that latitude deviation is 3" .75 and longitude deviation is 1" .9. The result of measurement maximum deviation value during twenty minutes of May 6, 1998 that latitude deviation is 4" .75 and longitude deviation is 2" .1 and that is provid 3" .25, 4" .1 to May 13, 1998. So, we expect efficient use of horizontal position for navigation.

* 정희원, 양산대학 토목과 조교수

** 정희원, 동의대학교 토목공학과 교수

1. 서 론

1.1 연구목적

현재의 측지와 측량은 신장비의 도입과 새로운 기술의 발전 즉, 항공사진이나 인공위성에 의한 측량 등의 도입으로 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 종래의 지상 기준점 측량과는 달리 최근 들어 새로운 측위시스템으로 주목받고 있는 GPS(Global Positioning System)측량은 미국에서 개발된 위치결정 시스템으로 24개의 인공위성의 전파를 수신하여 자신의 위치를 정확하게 구하는 것으로 NNSS의 개량발전형이다. GPS측량은 측정기기가 소형이고 경량일 뿐만 아니라, 작업이 간편하고 장거리 측량이 가능하므로 정도가 높고, 관측지점이 상호 장애물에 가려 보이지 않아도 장거리 측량과 짧은 측정 시간에도 3차원의 위치결정이 동시에 가능하다. 한편, 국내에서도 GPS측량을 측지, 측량분야에 많이 활용하기 위하여 장비의 도입과 더불어 높은 정확도를 위한 실험이 계속 진행되고 있다.

본 연구에서는 항해용 GPS의 수평(경·위도)위치의 변화를 규명하고자 하는데 먼저, 실험의 기준값이 되는 한점의 정확한 경위도 좌표를 주변 삼각점을 이용하여 구하였으며 실측을 위한 GPS실험장비로는 MAGELLAN G.P.S NAV. DLX-10(미국)로서 수평위치의 변화(경·위도편차)를 12일간 측정하였으며 그리고 3일간은 시간별로 측정하여 정확도를 분석하기로 한다.

1.2 연구연혁

인류 최초의 인공위성인 "Sputnik" 위성이 1957년 소련에 의해 발사되면서 인류는 "우주시대"의 막을 열었다.¹⁾ 위성장비로는 미국해군에서만 군사목적으로 사용해 오던 지형정보관측위성을 일반인에게 공개하므로써 1967년 일반인들이 NNSS를 이용할 수 있게 되었고, 기준점 측량에서 그 유용성은 입증되었으나 수신기의 작동과 자료처리가 복잡하고 부피가 크다는 단점을 가지고 있으며, 정확도는

절대위치에서 0.5-1.0m, 상대위치에서 15-30cm 정도 이었다.²⁾³⁾⁴⁾ 그후 NNSS체계를 사용해 오던 미국방성은 절대위치결정의 정확도 및 기타 몇가지 도출된 기존의 항해 시스템의 문제점을 보완하여 새로운 위성체계를 수립하고, 1973년 NAVSTAR가 개발되어 위성의 신호를 이용하는 위치측정 항법 체계에 관한 연구가 수행되었다.⁵⁾⁶⁾⁷⁾

1980년에는 Janiczek에 의해 위성의 신호구조와 항해 목적에 대한 이용도 검토가 이루어지고, 국가기관과 단체 등에 의해 데이터 처리 알고리즘의 개발과 GPS 수신기의 수정보완이 수행되었다.⁸⁾⁹⁾ 이를 바탕으로 정밀도 검증과 응용에 대한 연구가 진행되고 GPS가 기대정밀도를 얻을 수 있는 절대 및 상대위치의 측정수단으로 유용하다는 것이 입증되었다.¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾ 또한, Ruland와 Leick는 기선길이가 10km이하인 소규모 측지망에서 수 mm 정도의 3차원 위치정확도를 GPS측량 방법으로 얻을 수 있었다.¹³⁾ 1988년 S.G.Bervoets는 재래식 관측 및 위성관측에서 경·위도 및 높이를 간단하고 효과적인 방법으로 유도하고 실제로 응용할 수 있는 논리를 소개하는 측지관측방정식을 발표하였고,¹⁴⁾ M.Z.Zhao와 R.J.Hintz 등은 항공사진측량에 GPS를 도입하여 실용화를 검토하는 등 GPS의 연구와 활용이 급속하게 이뤄지고 있다.¹⁵⁾¹⁶⁾ 1988년 Makoto Murakami는 일본에서의 GPS정밀도에 관한 연구를 통하여 100m에서 1,000km에 이르는 기선측량을 실시하여 수 cm까지의 결과를 얻었다.¹⁷⁾ 토콘상양은 1990년 정밀기선으로부터 일본 상공의 GPS위성궤도를 결정한바 있으며, 그 결과에 따라 일본국내의 기준점의 오차해석을 실시하였고, 북미대륙의 추적 데이터를 사용하여 GPS위성궤도를 결정하였다.¹⁸⁾ 관구섭차는 일본의 VLBI, SLR관측점을 기준으로 하여 GPS관측을 동시에 실시하여 기선장의 정밀도를 점점 하였고, 일본측지계를 검정하였다.¹⁹⁾ 같은해 목전정추는 GPS관측을 실시하여 위성궤도의 결정에 관한 실험을 하였다.²⁰⁾ 1989년 국내에 GPS기준점설정과 GPS의 장거리측정 정밀도를 고찰할 목적으로 일본의 1개

기지점에서 GPS를 동시에 관측하는 실험을 Park 등이 실시 한바 있다.²¹⁾ 1992년 Kang등은 GPS 장비의 실용화에 대한 연구를 하였으며, 같은 해에 GPS에 의한 측지학적 위치결정 및 좌표변환에 대하여 발표하였다.²²⁾²³⁾²⁴⁾ 1992년 Jeung은 GPS에 의한 계절 및 시각에 따른 Point Position의 정도에 관한 연구를 해양을 중심으로 실시하였으며²⁵⁾, 1993년 Park등은 측지계좌표변환에 관한 연구와 GPS실용성에 대한 연구를 발표한바 있다.²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾

1.3 연구방법 및 범위

해상용 GPS의 수평위치의 정확도를 구하기 위하여 본 연구에서는 먼저 동의대학교 공과대학의 한점에 경위도 좌표를 주변 삼각점을 이용하여 정확하게 구한 값을 본 실험의 기준값으로 하였다. 측정장비로는 미국 MAGELLAN G.P.S NAV DLX-10이며 최소 4개 이상의 GPS위성을 수신하여 나타난 경위도 좌표와 위성의 고도가 및 방위각을 구한다. 즉, 앞에서 구한 경위도 좌표의 기준값과 측정 경위도에 대한 위도(N)와 경도(E)의 편차의 값을 일, 시간별로 계속 수신하여 구하므로써 해상용 GPS의 수평위치에 대한 정확도를 구하여 본다.

2. G.P.S위성의 기본이론

2.1 위성의 특성

GPS(Global positioning System: 범지구적 위치결정시스템)는 종래의 위성항법체계이었던 NNSS(Navy Navigation Satellite System)와 교체된 새로운 항법시스템으로서 측정거리 및 시통에 무관한 전천후 3차원 위치결정 시스템이다. 미국방성의 전략장비로 개발되어 일반인들에게는 공개되지 않았으나 현재는 전세계적으로 고정밀 측지망 구성 및 지형정보의 취득에 필수적 장비인 동시에 다양한 분야에서 범용적으로 사용하고 있다. 인공위성의 도플러 관측에 의한 항법시스템인 NNSS는 도서지역의 위치결정과 지도 작성을 위한 기준점 측량 등에

유용하게 이용되어 왔다. 관측의 소요시간과 정밀도 면에서 문제점을 보완하게 위해 NNSS의 발전형으로 GPS를 개발하게 되었다. GPS는 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지 소요시간을 측정함으로써 관측점의 위치를 결정하는 것이다. NNSS는 관측시간이 수분내지 수십분 필요한데 비해, GPS에서는 임의시간 언제든지 관측이 가능하다. 관측방법에 따라서는 대략 초단위의 관측시간으로 자료를 취득할 수 있다. 따라서, NNSS는 선박과 같은 저속의 항법에만 이용되지만, GPS는 자동차, 고속선박등의 위치 측정은 물론 대형 측지방구성, 정밀지도제작, 항공측량, 위성측량, GIS(Geodetic Infomation System) 데이터베이스 구축등 측지 및 지형정보를 필요로 하는 다양한 분야에서 활용되고 있다. GPS의 목적으로 이용되는 인공위성은 미국 군사위성 이었던 NAVSTAR이다. 현재 이용 가능한 위성은 24대 이상이며 지상고도 20183km, 궤도경사각 55°, 승교점적경이 60° 인 각기 다른 6개의 타원궤도면에 주기 0.5 항성일(약 11시간 58분)의 위성을 각4대씩 등 간격으로 배치하여 그림1과 같이 전체 24대의 위성에 의해 세계 어느 곳에서나 4대 이상 위성으로부터 24시간 위치결정이 가능하도록 배치되었다.

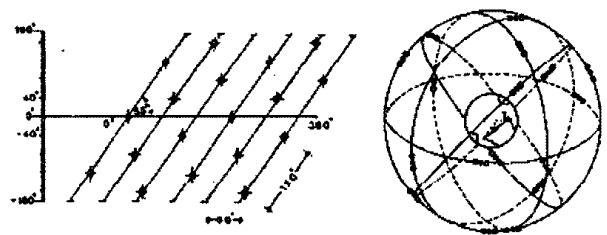


Fig. 1 The disposition of GPS satellites.

G.P.S위성으로부터 송신되는 위치결정용 신호에는 고정밀용 신호인 P코드와 C/A코드가 있는데 C/A코드만 일반인에게 공개되었고, P코드는 정부간 협정에 의해 군사용으로 한정된 범위에서 사용되어 왔다. 현재 측량분야에 널리 이용되고 있는 2점

간의 상대위치 관측에 있어서 종래 위성항법체계인 NNSS의 경우는 측정오차가 m 단위로 발생하였지만, GPS 위성을 이용하면 오차를 mm 단위로 줄일 수 있고, 수십 km 이상의 범위에서도 상대정밀도 10^{-6} 을 충분히 얻을 수 있다. 그러나, GPS를 이용하여 지각변동, 지질구조 등, 지구물리학·측지학적인 연구를 하기 위해서는 10^{-7} 의 정밀도가 요구되므로 세계 각국의 연구기관 및 대학 등에서 연구, 실험이 계속되고 있다. 이와 같이, 정밀도를 높이기 위한 하나의 방법은 전파가 위성에서 관측점에 도달할때까지 받는 굴절의 영향, 즉 굴절에 의한 전파 지연오차를 제거하는 것이다 지상 수 km 에서 수백 km 사이의 전리층에 의한 굴절영향을 제거하기 위해 도플러 관측법이 이용되며 사용주파수는 NNSS에서 사용되었던 것보다 큰 2개의 주파수, 즉 1575.42 MHz(L1 Band)와 1227.60 MHz(L2 Band)의 전파를 동시에 송신한다. 이는 도플러 관측법에서 가장 큰 오차요소인 전리층에 영향을 받는 주파수의 제공에 반비례하기 때문에 GPS의 관측정밀도는 NNSS 보다 크게 향상되었다. 또한 지상에서 약 10-20 km 까지 존재하고 있는 대류권에 의한 굴절영향을 소거하기 위해 수증기 Radiometer(Water Vapor Radiometer:WVR)에 의한 관측도 동시에 한다. NOAA에서 개발 제작한 WVR은 수증기에 민감한 20.6 MHz와 물에 민감한 31.6 MHz의 2 중 주파수의 계기가 사용되며, GPS-WVR의 병용에 의해 22 km 기준점간의 벡터성분 관측의 재현성이 2.5배 향상되었다고 한다. 정밀도를 높이는 다른 방법은 GPS 위성의 궤도요소에 대해 정밀도를 높이는 것이다.

2.2 기본이론

최소자승법을 적용한 관측점의 위치를 결정할 경우 두 관측점에서 위성까지의 거리차를 r 이라 할 때

$$r = (\phi_A - \phi_B + N_{AB})\lambda + v \tag{2.1}$$

여기서, ϕ_A, ϕ_B : 양 관측점에서의 측점 위상

N_{AB} : 양 관측점에 도달한 전파의 파수차

λ : 전파의 파장

v : 관측치의 잔차

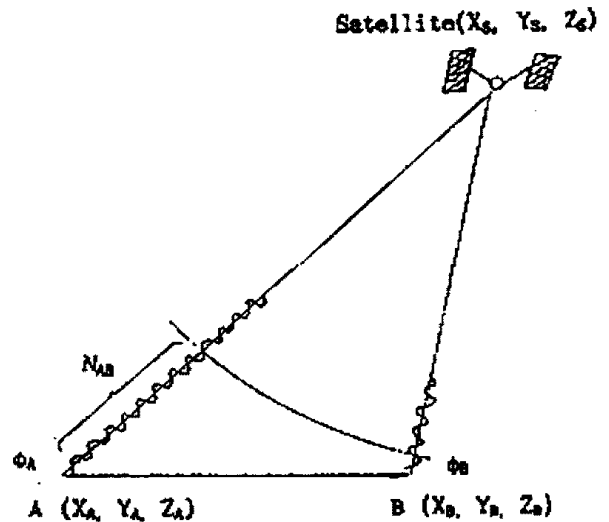


Fig. 2 The Principle of receiver of satellite

이고, 위성의 좌표를 (X_s, Y_s, Z_s)

관측점 A의 좌표를 (X_A, Y_A, Z_A)

관측점 B의 좌표를 (X_B, Y_B, Z_B) 라 하면

$$\{ (X_s - X_A)^2 + (Y_s - Y_A)^2 + (Z_s - Z_A)^2 \}^{1/2} - \{ (X_s - X_B)^2 + (Y_s - Y_B)^2 + (Z_s - Z_B)^2 \}^{1/2} + v = r \tag{2.2}$$

Fig.3과 같이 $X_B = X_A + s_x$

$$Y_B = Y_A + s_y \tag{2.3}$$

$$Z_B = X_A + s_z$$

(s_x, s_y, s_z) 는 A,B를 연결하는 기선벡터 이다.

즉, $X_B - X_A = ax$

$$Y_B - Y_A = ay \tag{2.4}$$

$$Z_B - X_A = az$$

식(2.3)과 (2.4)를 식(2.2)에 대입하면

$$(ax^2 + ay^2 + az^2)^{1/2} - \{(ax-s_x)^2 + (ay-s_y)^2 + (az-s_z)^2\}^{1/2} + v = r \quad (2.5)$$

를 얻는다. A점을 지날때 위성의 위치(a_x, a_y, a_z)는 기지좌표이다.

많은 양의 관측자료 r_i 는 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^n \{r_i - (a_{xi}^2 + a_{yi}^2 + a_{zi}^2)^{1/2} + \{(a_{xi}-s_x)^2 + (a_{yi}-s_y)^2 + (a_{zi}-s_z)^2\}^{1/2} w_i\}^2 \quad (2.6)$$

이것이 최소일때 기선벡타 (s_x, s_y, s_z)라 하고 w_i 는 각 관측의 경중률이다.

식(2.6)은 미지수 (s_x, s_y, s_z)에 대해 선형화 하면

$$X_1 = s_x, X_2 = s_y, X_3 = s_z, Z_i = r_i \quad (2.7)$$

$$C_i = (X_1, X_2, X_3) = (a_{xi}^2 + a_{yi}^2 + a_{zi}^2)^{1/2} - \{(a_{xi}-s_x)^2 + (a_{yi}-s_y)^2 + (a_{zi}-s_z)^2\}^{1/2}$$

여기서 관측에 따른 경중률인 $w_i = 1$ 이라면 미지수 (s_x, s_y, s_z)를

$$\begin{aligned} s_x &= s_x^0 + \Delta x \\ s_y &= s_y^0 + \Delta y \\ s_z &= s_z^0 + \Delta z \end{aligned} \quad (2.8)$$

근사치 s_x^0 등과 결정치 Δx 등과의 합을 표시하는 식 (2.6)을 Δx 에 대해 선형화하면,

$$F_{xi} = \frac{\partial C_i}{\partial s_x} = \frac{a_{xi} - s_x}{\{(a_{xi}-s_x)^2 + (a_{yi}-s_y)^2 + (a_{zi}-s_z)^2\}^{1/2}}$$

$$F_{xi} = \frac{\partial C_i}{\partial s_y} = \frac{a_{yi} - s_y}{\{(a_{xi}-s_x)^2 + (a_{yi}-s_y)^2 + (a_{zi}-s_z)^2\}^{1/2}} \quad (2.9)$$

$$F_{xi} = \frac{\partial C_i}{\partial s_z} = \frac{a_{zi} - s_z}{\{(a_{xi}-s_x)^2 + (a_{yi}-s_y)^2 + (a_{zi}-s_z)^2\}^{1/2}}$$

이 되고 y_i 는

$$\begin{aligned} y_i &= Z_i - C_i(X_1^0, X_2^0, X_3^0) \\ &= r_i - (a_{xi}^2 + a_{yi}^2 + a_{zi}^2)^{1/2} \\ &\quad + \{(a_{xi}-s_x^0)^2 + (a_{yi}-s_y^0)^2 + (a_{zi}-s_z^0)^2\}^{1/2} \end{aligned} \quad (2.10)$$

된다. 따라서, 식 (2.10)을 다시 정리하면

$$\Sigma(y_i - F_{xi}\Delta x - F_{yi}\Delta y - F_{zi}\Delta z)^2 \rightarrow \text{최소} \quad (2.11)$$

로 표현할 수 있다.

식(2.11)의 미지수 $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 에 대하여 편미분 하면 0에 가까운 $\Delta x, \Delta y,$

Δz 를 구할수 있다. 즉, 식(2.11)을 행렬로 표시 하면 다음과 같다.

$$X = (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot Y \quad (2.12)$$

이상의 과정을 반복해서 기선벡타 (s_x, s_y, s_z)를 결정 할 수 있다.

하나의 측지망에서 다수의 GPS 관측을 수행하면 많은 기선벡타가 구해지므로 그러한 데이터를 사용하여 망평균계산을 하면 각 점의 좌표값에 대한 최확치를 구할 수 있다. 아래와 같이

관측점의 좌표	X_i, Y_i, Z_i	
근사치	X_{oi}, Y_{oi}, Z_{oi}	(2.13)
보정량	d_{xi}, d_{yi}, d_{zi}	

$i = 1, 2, \dots, n$ (관측점 수)

각 성분에 대한 관측방정식을 점 i 에서 점 j 까지의 기선벡터 $S_{xij}, S_{yij}, S_{zij}$ 는 $X_j - X_i = S_{xij}$ 일 때

$$\begin{aligned} (X_{oj} + dX_j) - (X_{oi} + dX_i) &= S_{xij} + v_{xij} \\ (Y_{oj} + dY_j) - (Y_{oi} + dY_i) &= S_{yij} + v_{yij} \quad (2.14) \\ (Z_{oj} + dZ_j) - (Z_{oi} + dZ_i) &= S_{zij} + v_{zij} \end{aligned}$$

각 벡터성분들 마다 성립된다. v_{xij} 등은 조정되지 않은 좌표의 잔차이므로 다시 정리하면

$$\begin{aligned} v_{xij} &= dX_j - dX_i + (X_{oj} - X_{oi}) - S_{xij} \\ v_{yij} &= dY_j - dY_i + (Y_{oj} - Y_{oi}) - S_{yij} \quad (2.15) \\ v_{zij} &= dZ_j - dZ_i + (Z_{oj} - Z_{oi}) - S_{zij} \end{aligned}$$

이 된다.

3. 실험 및 고찰

본 연구에서는 해상용 GPS관측에 의한 수평위치 변화의 오차를 알기 위하여 먼저 관측이 용이한 동의대학교 공과대학앞의 한점에 경위도 좌표(B: $35^{\circ} 08' 43'' .25$, L: $120^{\circ} 02' 2'' .1$)를 주변 삼각점을 이용하여 공과대학앞 지점에 한지점의 수평위치의 좌표를 측정하였다. 그리고 그 한지점 위에 본 연구에서 정확도를 규명하고자 하는 미국 MAGELLAN G.P.S NAV DLX-10을 1대 설치하여 GPS위성을 수신하여 나타난 경위도 좌표와 편차 그리고 위성의 고도각 및 방위각을 Table 1 - Table 4와 같이 일별로 구하였다.

Table 1 Deviation of November 3, 12, 27, 1997.

일시	날씨 및 기온	위성의 고도각과 방위각			경위도좌표	편차(")
		번호	고도각	방위각		
1997년 11월 3일	맑음 21°C	01	11°	286°	공과앞 35° 08' 47" N 129° 02' 01" E	3" .75 N 1" .10 E
		05	35°	146°		
		09	72°	52°		
		17	35°	222°		
		21	35°	323°		
		23	75°	329°		
		26	34°	76°		
		30	9°	184°		
1997년 11월 12일	비 18°C	01	56°	190°	공과앞 35° 08' 46" N 129° 02' 04" E	2" .75 N 1" .90 E
		05	47°	283°		
		06	4°	15°		
		09	16°	285°		
		15	4°	171°		
		21	60°	87°		
		23	34°	39°		
		25	29°	130°		
30	67°	13°				
1997년 11월 27일	맑음 12°C	02	08°	270°	공과앞 35° 08' 47" N 129° 02' 00" E	3" .75 N 2" .10 E
		05	13°	23°		
		09	76°	30°		
		10	23°	346°		
		17	56°	109°		
		21	12°	176°		
		23	48°	185°		
		26	52°	266°		

Table 2 Deviation of December 15, 29, 1997 and January 8, 1998.

일시	날씨 및 기온	위성의 고도각과 방위각			경위도좌표	편차(")
		번호	고도각	방위각		
1997년 12월 15일	맑음 12°C	01	59°	13°	공과앞 35° 08' 43" N 129° 02' 02" E	0" .25 N 2" .10 E
		06	41°	315°		
		14	16°	173°		
		21	04°	51°		
		22	37°	102°		
		25	64°	209°		
		29	63°	170°		
		30	39°	270°		
1997년 12월 29일	맑음 10°C	01	65°	08°	공과앞 35° 08' 44" N 129° 02' 03" E	0" .75 N 0" .90 E
		05	00°	274°		
		06	40°	322°		
		14	14°	179°		
		21	09°	54°		
		22	33°	98°		
		25	62°	198°		
		29	59°	175°		
30	45°	269°				
1998년 1월 8일	비 3°C	01	22°	156°	공과앞 35° 08' 44" N 129° 02' 00" E	0" .75 N 2" .10 E
		05	45°	356°		
		17	21°	71°		
		09	56°	267°		
		23	86°	101°		
		21	48°	178°		
		26	25°	307°		
		30	17°	42°		

Table 3 Deviation January 15, 20 and February 6, 1998.

일시	날씨 및 기온	위성의 고도각과 방위각			경위도좌표	편차(")
		번호	고도각	방위각		
1998년 1월15일	비 5℃	01	44°	20°	공대앞 35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E
		03	04°	59°		
		06	40°	295°		
		08	05°	321°		
		14	18°	161°		
		16	05°	186°		
		22	49°	115°		
		25	68°	242°		
		29	74°	129°		
		30	22°	274°		
1998년 1월20일	맑음 3℃	01	30°	23°	공대앞 35° 08' 44" N 129° 02' 03" E	0" .75 N 0" .90 E
		03	16°	58°		
		06	35°	281°		
		14	17°	148°		
		16	08°	175°		
		22	58°	133°		
		25	67°	278°		
		29	69°	83°		
		30	12°	280°		
		1998년 2월 6일	맑음 1℃	01		
05	05°			270°		
06	33°			339°		
08	24°			295°		
14	06°			190°		
21	22°			060°		
22	20°			089°		
25	54°			173°		
29	49°			181°		
30	53°			272°		

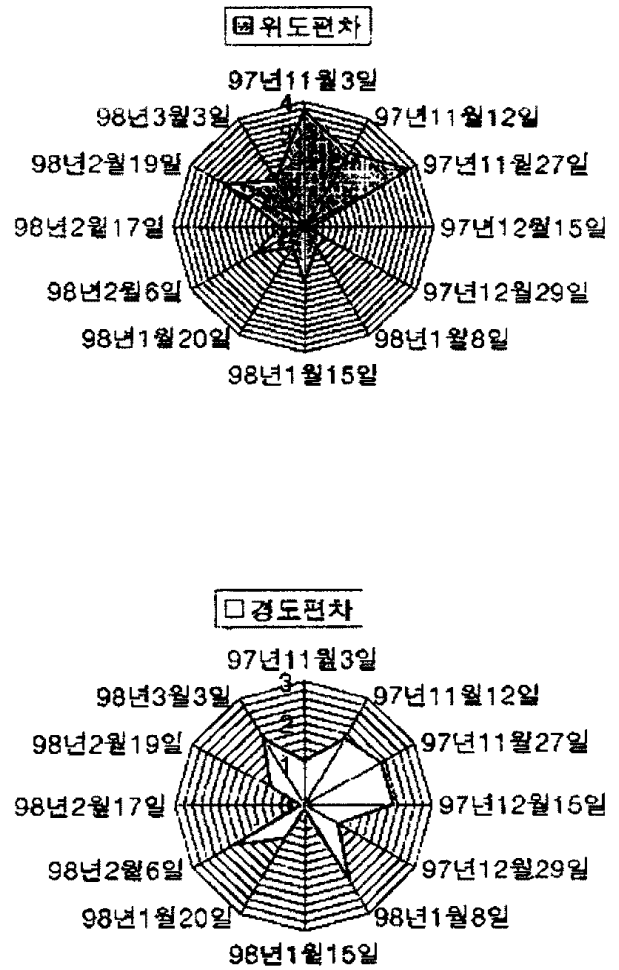


Table 4 Deviation of February 17, 19 and March 3, 1998.

일시	날씨 및 기온	위성의 고도각과 방위각			경위도좌표	편차(")
		번호	고도각	방위각		
1998년 2월17일	맑음 3.5℃	01	76°	222°	공대앞 35° 08' 44" N 129° 02' 02" E	0" .75 N 0" .10 E
		05	32°	272°		
		06	19°	357°		
		08	39°	278°		
		09	05°	296°		
		21	42°	70°		
		22	03°	81°		
		23	16°	39°		
		25	42°	149°		
		29	32°	179°		
30	70°	298°				
1998년 2월19일	흐림 10.5℃	01	62°	08°	공대앞 35° 08' 46" N 129° 02' 03" E	2" .75 N 0" .90 E
		05	01°	274°		
		06	40°	318°		
		08	15°	308°		
		14	14°	178°		
		21	08°	053°		
		22	35°	099°		
		25	63°	200°		
		29	67°	171°		
		30	37°	270°		
1998년 3월 3일	맑음 19℃	02	43°	177°	공대앞 35° 08' 45" N 129° 02' 04" E	1" .75 N 1" .90 E
		07	19°	151°		
		14	27°	16°		
		15	74°	264°		
		16	09°	41°		
		19	22°	75°		
		27	33°	114°		
		31	38°	294°		

Fig. 3 Lat. and Long. deviation by twelve measurement ('97-'98).

Table 1, 2, 3, 4와 Fig.3에서 나타난 것 처럼 위도의 편차가 경도의 편차보다 약간 더 크게 나타났으며 최대 편차값은 위도는 3" .75, 경도는 2" .1였다. 위도의 편차는 11월('97)이 가장 크게, 12월('97) 가장 작게 나타났으며 경도는 11월('97)이 가장 크게 그리고 2월('98)이 가장 작게 나타났다.

Table 5 Lat. and Long. deviation of April 29, 1998

측정시간 (분 초)	좌 표	편차(")	측정시간 (분 초)	좌 표	편차(")
0 초	35° 08' 47" N 129° 02' 03" E	3" .75 N 0" .90 E	5분 15초	35° 08' 43" N 129° 02' 04" E	0" .25 N 1" .90 E
34 초	35° 08' 47" N 129° 02' 02" E	3" .75 N 0" .10 E	6분 11초	35° 08' 43" N 129° 02' 03" E	0" .25 N 0" .90 E
2분 4초	35° 08' 47" N 129° 02' 03" E	3" .75 N 0" .90 E	7분 34초	35° 08' 43" N 129° 02' 04" E	0" .75 N 1" .90 E
2분 27초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E	8분 51초	35° 08' 44" N 129° 02' 04" E	0" .75 N 1" .90 E
2분 51초	35° 08' 44" N 129° 02' 02" E	0" .75 N 0" .10 E	10분 9초	35° 08' 45" N 129° 02' 04" E	1" .75 N 1" .90 E
2분 53초	35° 08' 44" N 129° 02' 03" E	0" .75 N 0" .90 E	10분	35° 08' 46" N 129° 02' 03" E	2" .75 N 0" .90 E
3분 31초	35° 08' 43" N 129° 02' 03" E	0" .25 N 0" .90 E	13분	35° 08' 46" N 129° 02' 02" E	2" .75 N 0" .10 E
3분 54초	35° 08' 42" N 129° 02' 03" E	1" .25 N 0" .90 E	13분	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E
3분 58초	35° 08' 42" N 129° 02' 04" E	1" .25 N 1" .90 E	14분	35° 08' 45" N 129° 02' 03" E	1" .75 N 0" .90 E

지금까지 날짜별로 약 5개월 동안 한점의 좌표를 계속하여 관측하였지만 Table 5에서는 GPS 수신기를 켜 놓은채 좌표가 초단위로 바뀔 때 마다 그때의 시간과 위치(좌표)를 동시에 관측하였다. Table 5의 측정 날짜는 1998년 4월 29일이며 측정 소요시간은 14분 26초이다. Table 6의 측정 날짜는 1998년 5월 6일이며 측정 소요시간은 20분 33초이고, Table 7의 측정 날짜는 1998년 5월 13일이며 측정 소요시간은 20분 1초이다. 마찬가지로 초단위로 좌표가 바뀔 때 마다 시간과 위치(좌표)를 동시에 관측하였다.

Table 6 Lat. and Long. deviation of May 29, 1998

측정시간 (분 초)	좌 표	편차(")	측정시간 (분 초)	좌 표	편차(")
0 초	35° 08' 43" N 129° 02' 03" E	0" .25 N 0" .90 E	11분 45초	35° 08' 45" N 129° 02' 01" E	1" .75 N 1" .10 E
29 초	35° 08' 44" N 129° 02' 03" E	0" .75 N 0" .90 E	12분 14초	35° 08' 46" N 129° 02' 01" E	2" .75 N 1" .10 E
1분 02초	35° 08' 44" N 129° 02' 02" E	0" .75 N 0" .10 E	12분 39초	35° 08' 46" N 129° 02' 00" E	2" .75 N 2" .10 E
1분 26초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E	12분 49초	35° 08' 47" N 129° 02' 00" E	3" .75 N 2" .10 E
2분 21초	35° 08' 46" N 129° 02' 02" E	2" .75 N 0" .10 E	13분 52초	35° 08' 48" N 129° 02' 00" E	4" .75 N 2" .10 E
3분 32초	35° 08' 46" N 129° 02' 01" E	2" .75 N 1" .10 E	16분 10초	35° 08' 48" N 129° 02' 01" E	4" .75 N 1" .10 E
4분 23초	35° 08' 46" N 129° 02' 02" E	2" .75 N 0" .10 E	16분 21초	35° 08' 47" N 129° 02' 01" E	3" .75 N 1" .10 E
4분 24초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E	17분 24초	35° 08' 47" N 129° 02' 02" E	3" .75 N 0" .10 E
6분 59초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E	17분 26초	35° 08' 46" N 129° 02' 02" E	2" .75 N 0" .10 E
7분 28초	35° 08' 44" N 129° 02' 01" E	0" .75 N 1" .10 E	18분 04초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E
8분 58초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E	18분 16초	35° 08' 45" N 129° 02' 03" E	1" .75 N 0" .90 E
9분 06초	35° 08' 45" N 129° 02' 03" E	1" .75 N 0" .90 E	18분 37초	35° 08' 44" N 129° 02' 03" E	0" .75 N 0" .90 E
10분 41초	35° 08' 44" N 129° 02' 02" E	0" .75 N 0" .10 E	20분 33초	35° 08' 44" N 129° 02' 03" E	0" .75 N 0" .90 E
11분 24초	35° 08' 45" N 129° 02' 02" E	1" .75 N 0" .10 E			

Table 7 Lat. and Long. deviation of May 13, 1998

측정시간 (분:초)	좌 표	편차(")	측정시간 (분:초)	좌 표	편차(")
0초	35° 08' 40" N 129° 01' 59" E	3" .25 N 3" .10 E	13분 25초	35° 08' 44" N 129° 02' 01" E	0" .75 N 1" .10 E
18초	35° 08' 40" N 129° 02' 00" E	3" .25 N 2" .10 E	15분 16초	35° 08' 44" N 129° 02' 02" E	0" .75 N 0" .10 E
1분 11초	35° 08' 40" N 129° 02' 01" E	3" .25 N 1" .10 E	15분 17초	35° 08' 43" N 129° 02' 02" E	0" .25 N 0" .10 E
1분 56초	35° 08' 40" N 129° 02' 02" E	3" .25 N 0" .10 E	15분 36초	35° 08' 42" N 129° 02' 02" E	1" .25 N 0" .10 E
3분 42초	35° 08' 40" N 129° 02' 01" E	3" .25 N 1" .10 E	15분 50초	35° 08' 42" N 129° 02' 03" E	1" .25 N 0" .90 E
4분 22초	35° 08' 40" N 129° 02' 00" E	3" .25 N 2" .10 E	15분 57초	35° 08' 41" N 129° 02' 03" E	2" .25 N 0" .90 E
5분 01초	35° 08' 40" N 129° 01' 59" E	3" .25 N 3" .10 E	16분 15초	35° 08' 42" N 129° 02' 03" E	1" .25 N 0" .90 E
6분 01초	35° 08' 40" N 129° 01' 58" E	3" .25 N 4" .10 E	16분 31초	35° 08' 41" N 129° 02' 03" E	2" .25 N 0" .90 E
6분 43초	35° 08' 41" N 129° 01' 58" E	2" .25 N 4" .10 E	17분 24초	35° 08' 42" N 129° 02' 03" E	1" .25 N 0" .90 E
9분 44초	35° 08' 40" N 129° 01' 58" E	3" .25 N 4" .10 E	17분 56초	35° 08' 42" N 129° 02' 02" E	1" .25 N 0" .10 E
9분 48초	35° 08' 40" N 129° 01' 59" E	3" .25 N 3" .10 E	18분 51초	35° 08' 43" N 129° 02' 02" E	0" .25 N 0" .10 E
10분 34초	35° 08' 40" N 129° 02' 00" E	3" .25 N 2" .10 E	18분 52초	35° 08' 43" N 129° 02' 01" E	0" .25 N 1" .10 E
10분 37초	35° 08' 41" N 129° 02' 00" E	2" .25 N 2" .10 E	19분 36초	35° 08' 43" N 129° 02' 00" E	0" .25 N 0" .10 E
11분 28초	35° 08' 41" N 129° 02' 01" E	2" .25 N 1" .10 E	19분 45초	35° 08' 44" N 129° 02' 00" E	0" .75 N 0" .10 E
12분 12초	35° 08' 42" N 129° 02' 01" E	1" .25 N 1" .10 E	20분 01초	35° 08' 43" N 129° 02' 00" E	0" .25 N 2" .10 E
12분 46초	35° 08' 43" N 129° 02' 01" E	0" .25 N 1" .10 E			

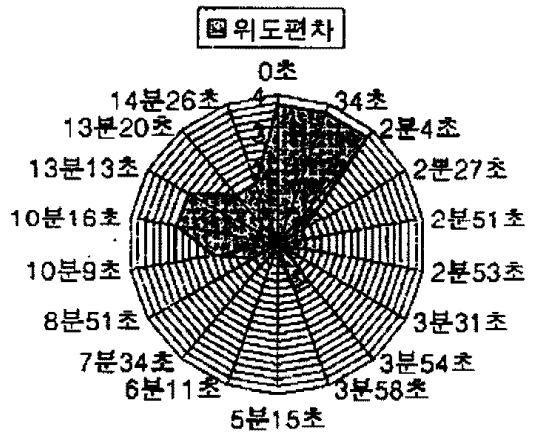
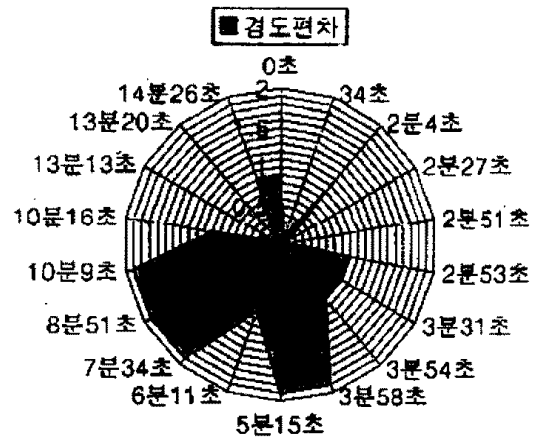


Fig. 4 Lat. and Long. deviation of April 29, 1998.

Fig.4에서 나타난 것 처럼 위도의 편차가 경도의 편차보다 더 크게 나타났으며 최대 편차값은 위도는 3" .75, 경도는 1" .9였다. 위도는 측정을 시작하여 0-2분, 경도는 3-10분에서 편차의 값이 크게 나타났다. 총 측정시간대 중에서 위도는 측정시간의 60%, 경도는 측정시간의 50%대가 비교적 정확한 값을 나타내었다.

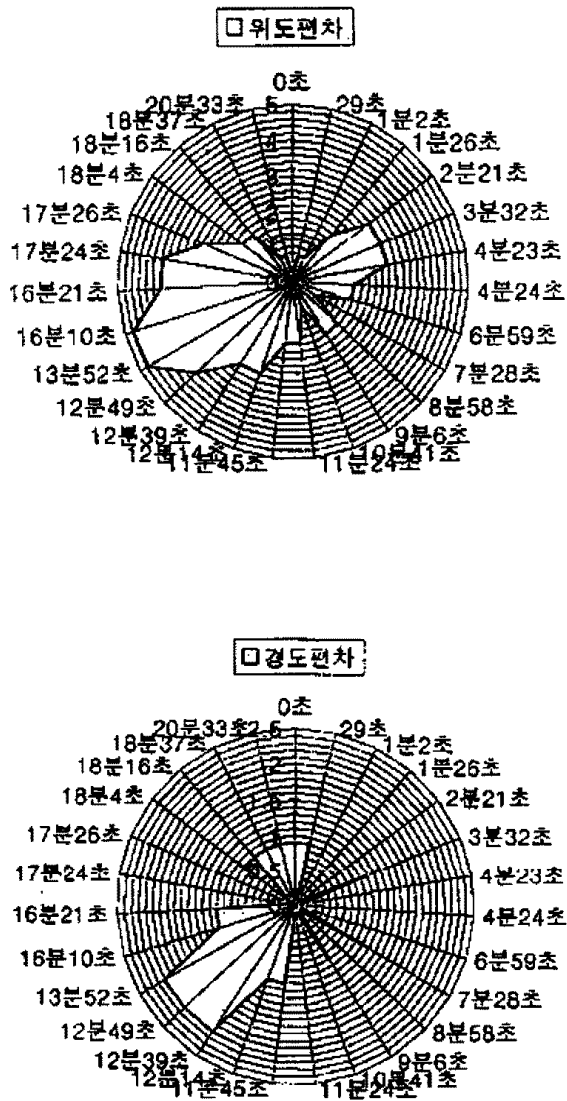


Fig. 5 Lat. and Long. deviation of May 6, 1998.

Fig.5에서 나타난 것 처럼 위도의 편차가 경도의 편차보다 더 크게 나타났으며 최대 편차값은 위도는 4" .75, 경도는 2" .1였다. 위도는 측정을 시작하여 12-17분과 경도는 12-13분에서 편차의 값이 크게 나타났다. 총 측정시간대 중에서 위도는 측정시간의 40%, 경도는 측정시간의 60%대가 비교적 정확한 값을 나타내었다.

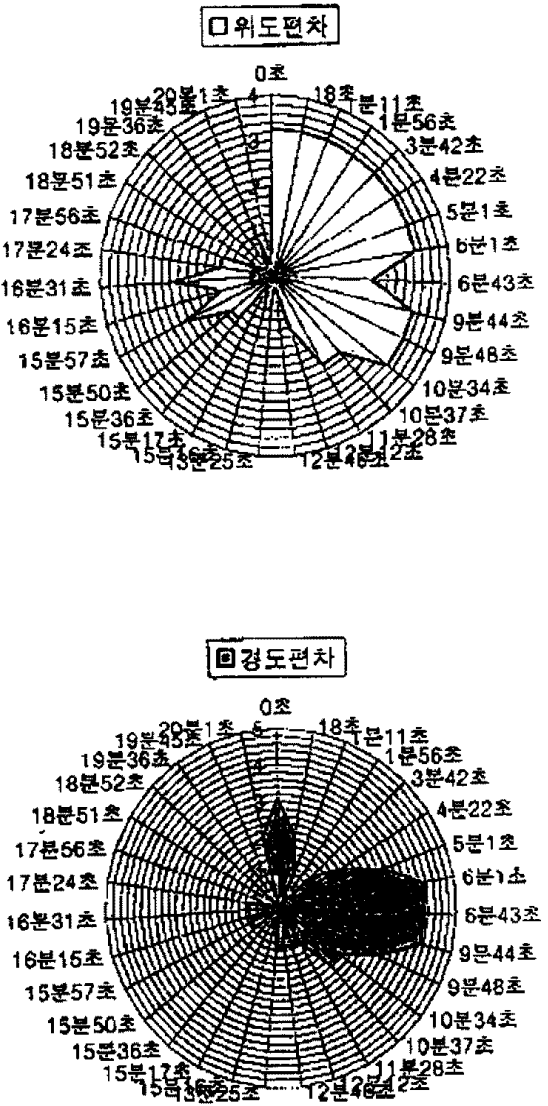


Fig. 6 Lat. and Long. deviation of May 13, 1998.

Fig.6에서 나타난 것 처럼 경도의 편차가 위도의 편차보다 더 크게 나타났으나 그 범위는 오히려 좁게 나왔으며 최대 편차값은 위도는 3" .25, 경도는 4" .1였다. 위도는 측정을 시작하여 0-10분과 경도는 5-9분에서 편차의 값이 크게 나타났다. 총 측정시간대 중에서 위도는 측정시간의 35%, 경도는 측정시간의 60%대가 비교적 정확한 값을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 해상용 G.P.S측량에 의한 수평위치 변화(오차)를 알기 위하여 동의대학교 공과대학 앞의 한 점에 미국 MAGELLAN G.P.S NAV DLX-10을 1대 설치하여 정확도를 일별, 시간별 구하여 본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 97년 11월에서 98년 3월까지 12회 측정한 결과 최대 편차값은 위도는 3" .75, 경도는 2" .1로 나타났다.
- 2) 위도의 편차는 11월('97)이 가장 크게, 12월('97) 가장 작게 나타났으며, 경도는 11월('97)이 가장 크게, 그리고 2월('98)이 가장 작게 나타났다. 그리고 초단위로 바뀔 때 마다 그때의 시간과 위치(좌표)를 동시에 관측하였는데 1998년 4월 29일의 총 측정 소요시간은 14분 26초이며 이때의 최대 편차값은 위도가 3" .75, 경도가 1" .9였다.
- 3) 위도는 측정을 시작하여 0~2분대, 경도는 3~10분대에서 편차의 값이 크게 나타났다. 그리고 총 측정시간대 중에서 위도는 측정시간의 60%대, 경도는 측정시간의 50%대가 비교적 정확한 값을 나타내었다. 5월 6일('98)의 총 측정 소요시간은 20분 33초이고, 최대 편차값은 위도가 4" .75, 경도가 2" .1였다. 위도는 측정을 시작하여 12~17분대와 경도는 12~13분대에서 편차의 값이 크게 나타났다. 총 측정시간대 중에서 위도는 측정시간의 40%대, 경도는 측정시간의 60%대가 비교적 정확한 값을 나타내었다.
- 4) 5월13일('98)의 측정 소요시간은 20분 1초이며 최대 편차값은 위도는 3" .25, 경도는 4" .1였다. 위도는 측정을 시작하여 0~10분대와 경도는 5~9분대에서 편차의 값이 크게 나타났다. 총 측정시간대 중에서 위도는 측정시간의 35%대, 경도는 측정시간의 60%대가 비교적 정확한 값을 나타내었다.
- 5) 이상에서 측정한 해상용GPS의 경위도의 범위는

0" .1~4" .1인데 경위도 1" 가 우리나라에서는 29m이므로 본 연구의 GPS의 위치 오차는 2.9m~118.9m로 비교적 크게 나타났으며, 정밀을 요하지 않는 해상의 선박 위치결정에 적용하면 편리할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Laurila, S. H., Electronic Surveying and Navigation, A Wiley-Inter-science Publication, 1976.
- 2) Hoar, G. H., Satellite Surveying, Magnavox Advanced Products and System Company, 1982.
- 3) Magnavox Government and Industrial Electronics Company, Advanced Products Division, MX1502 Presentation.
- 4) Molodensky, M. S ; Eremeev, V.F.; and M.I. Yurkina ; methods for study of the External Gravitational Field of the Earth; Israel Program for scientific Translations; Jerusalem, Israel; 1962.
- 5) Bruce R. Blair, "Practical Application of Global Positioning system". J. Sur. Engrg., vol115, No.2
- 6) Proceedings of the Fifth International Geoidetic Symposium on Satel-lite Positioning; Host : Physical Science Laboratory New Mexico State University; Co-Sponsors; Defence Mapping Agency U.S. Department of Defense ; 13-17 March 1989.
- 7) Dong, D. N. and Bock, Y, "GPS Network Analysis With Phase Ambiguity Resolution Applied to Crustal Deformation Studies in california" Submitted to J. Geophys., 1988.
- 8) Remondi, W. B. "Using the global Positioning System(GPS) Phase Observable For Relative Geodesy: Moldeling, Processing, and Results

- "Thesis presented to the University of Texas, at Austin, Texas, in Partial Fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 1984.
- 9) W. J. Trevor Greening, "GPS Surveys and Boston's Central Artery Third Harbor Project "J.Surv. Engrg., Vol. 114, No.4, pp.165-171, 1988.
 - 10) Bblock, Y., et al, "A Demonstration of 1-2 parts in 10^7 Accuracy Using GPS" Bulletin Geodesique, 60(3) pp.241-254, 1986.
 - 11) Eren, K., "GPS Network Adjustment Using Triple Difference Observation and a priori Information" Manuscripta Geodaetica, 11, pp.289-292,1986.
 - 12) Goad, C. C. and remondi, B. W., "Initial Relative Positioning results Using the Global Positioning System" Bull. Geod., 58, pp.193-210,1984
 - 13) Ruland, R., and Leick, A., "Application of GPS in a Heigh Precision Engineering Survey Network" Proc. First Internation Symp. on Precise Positioning With the Global Positioning System, Rockvill, Md., pp.483-496,1987.
 - 14) A. G. Camacho, Tridimensional Adjustmant with inner costraints Small control Networks, Survey Review, 29, 230, Octover, pp.371-382, 1988.
 - 15) Hintz R. J., Zhao M. Z., Kang J.M., "The Simulation of Aerotriangulation with GPS Derived Estimates for Exposure Station Parameters", Univ. of Maine Technical Paper, pp.1-18,1988.
 - 16) Hintz R. J., Zhao M.Z., Kang J. M., "Practical Issuesin Aerotriangulation with GPS Derived Exposure Station Location" Univ. of Maine Technical Paper, pp.1-17, 1988.
 - 17) 일본측지학회지 제34권 제2호 pp.109-123, 1988.
 - 18) 일본측지학회지 제37권 제2호 pp.175-186, 1991.
 - 19) 일본측지학회지 제37권 제3호 pp.217-236, 1991.
 - 20) 일본측지학회지 제37권 제1호 pp.31-44, 1911.
 - 21) 강준목, 박필호 ; GPS측지 기준점 설정에 관한 연구. ; 한국 측지학회 제9권 1호 1991
 - 22) 강준목, 이용창, 박필호 ; GPS에 의한 측지학적 위치결정 및 좌표변환; 대한토목 학회 논문 개요집 ; 1991.10.26
 - 23) 강준목, 이용창, 박필호 ; GPS의 실용화를 위한 좌표변환에 관한 연구; 한국측지학회 연구발표회 개요집, 1992. 2. 15
 - 24) 강준목, 이용창, 박필호 ; The coordinate Transformation Between Korean Geodetic system and WGS84 for the practical use of GPS(I) ; vol.10-1; Journal of Korean Society of Geodesy, Photogrammetry, and Cartography. 1992.
 - 25) 한국측지학회지 제10권 제1호 1992, pp.33-40
 - 26) 정창식, 장상규, 홍순현, "GPS의 정밀도에 관한 연구", 토목학회 개요집, 1990.10.
 - 27) 박운용, 홍순현, "측지계 변환에 관한 연구" 해양자원 연구소 연구 보고서, 1990.10.
 - 28) 박운용, 홍순현, "GPS기준점 설정에 관한 연구" 해양자원 연구소 연구보고지, 제5권 2호, 1992.