

NNSS方式에 의한 測位觀測成果의 調查分析

崔在和*·金世傑**

1. 序 論

1959年 美海軍에 의하여 Transit計劃으로서 始作되어 1964년부터 實用化된 NNSS(Navy Navigation Satellite System의 略稱)는 原來 航行 用으로 開發된 것이나 오늘날 極運動 또는 地球 自轉速度 變動調查와 測地學的인 位置決定에 도 應用되고 있다.

이는 NNSS方式이 그 位置決定에서 상당히 높은 正確度를 가지고 있는데다 測地用으로 사용할 수 있는 精密時計와 安定된 發振器를 內藏한 輕量, 小型의 携帶型 受信裝置가 開發되었기 때문이다.

우리나라의 경우 1969년에 美海軍水路部에 의하여 서울南山을 비롯한 島嶼 등에서 NNSS方式에 의한 測位觀測이 實施된 바 있고 1982년에는 美國의 Defense Mapping Agency에서 濟州島, 울릉島 등의 島嶼地區에서 同 測位觀測을 實施한 바 있다. 이에 使用된 受信裝置는 Magnavox 1502이다.

또한 國立地理院에서는 韓·日測地協力事業의 一環으로 1979년에 水原에서, 그리고 1981년에는 釜山, 水原에서 韓·日兩國의 共同作業에 의하여 NNSS方式에 의한 測位觀測을 實施한 바 있다.

韓·日兩國의 共同觀測에 使用된 受信裝置는 JMR-1이다.

이와 같이 우리나라에 있어서의 NNSS方式에 의한 測位觀測은 비록 系統的인 것이 못되고 斷片的인 것에 不遇하나 일찍부터 그 情報등이 蓄積되는 契機는 마련되었었다고 할 수 있다.

이런 가운데 國立地理院에서는 1983년에 人工衛星測位 裝置를 導入하여 一次的으로 落島地區 基準點 整備를 위한 測位觀測을 計劃하고 있는 점에 비추어 同 事業의 效果的인 推進과 技術發展 및 向上에 적은 보탬이 나다 되었으면 하는 견지에서 이제까지 우리나라에 있어서 NNSS方式에 의한 測位觀測成果를 整理, 分析한다.

2. NNSS 도플러觀測에 의한 位置 決定

人工衛星에 의하여 位置를 決定하는 方法은 數百, 數千 km 떨어진 地點間의 測量, 이를테면 大陸間의 結合, 落島의 位置決定을 可能케 하는 등 그 利用地域이 廣大하고, 衛星이 情報傳達機能을 가질 수 있다는 長點을 지니고 있다.

人工衛星을 利用하는 測量은 光學方式과 電波方式으로 大別할 수 있고 光學方式에는 恆星을 背景으로 하여 人工衛星을 撮影하는 方向觀測法과 雷射 등을 使用하여 測點에서 衛星까지의 距離를 測定하는 距離測定法이 있으며 電波方式에는, 距離測定法(位相測定), 距離變化率法(도플러周波數測定)이 있다.

電波方式은 晝夜를 不問하고 어떤 氣象條件下에서도 觀測할 수 있기 때문에 測定能率이 좋을 뿐만 아니라 正確度面에서도 光學方式에 比하여 遜色이 없을 만큼 向上되고 있다.

NNSS는, 現在 測地目的으로 世界的으로 널리 利用되고 있는 距離變化率法에 의한 시스템이며 Transit라 불리는 衛星을 使用하고 있다. 現在, 利用할 수 있는 Transit衛星은 5個이며 각 衛星은 400MHz와 150MHz의 두 電波를 發

* 成均館大學校 工科大學 副教授

** 國立地理院 測地課 擔當技術

振하고 있으며 高度 約 1,100km의 거의 圓形인 極軌道를 飛行하고 있다.

그 周期는 約 107分이기 때문에 世界 어느곳에서도 2時間마다 한번꼴로 衛星을 觀測할 수 있다.

2.1 位置決定의 原理

人工衛星이 發信하는 電波의 周波數는 觀測者에 대한 視線速度에 따라 變化하는데 衛星의 運動을 알고 있으면 地球上의 任意의 既知點에 대한 視線速度는 計算할 수 있다. 따라서 未知點에 있어서의 3個以上の 觀測值가 있으면 도플러(Doppler)效果를 받은 周波數 즉, 視線速度와 衛星의 運動으로부터 未知點의 3次元位置(經·緯度 및 높이등)를 決定할 수 있다.

NNSS方式은 이 原理를 應用하고 있으며 現在 地球上의 任意의 場所에서 衛星의 도플러周波數를 數日間에 걸쳐 受信하면 그 絕對位置를 m單位의 正確度로 求하기에 이르고 있다.

實際에 있어서 觀測點의 受信機는 衛星의 發信周波數 400MHz와 150MHz에 극히 가까운 周波數를 內部發振하고 있다.

지금 衛星의 發振周波數를 f_r , 受信機의 內部發振周波數를 f_L , 도플러偏位를 받은 衛星의 周波數를 f_R 이라 한다면 비트周波數는 $(f_R - f_L)$ 이다.

또한 t_1, t_2 인 時刻에 衛星에서 發射된 速度 C 인 電波는 衛星으로부터 距離가 D_1, D_2 인 觀測點에는 각각 t_1', t_2' 時間後에 到達하게 된다.

觀測點에 있어서 測定의 基本이 되는 것은 時刻 $(t_1 + t_1')$ 에서 $(t_2 + t_2')$ 까지의 비트周波數 $(f_R - f_L)$ 의 카운트數이고 그 카운트數 N 은 다음과 같이 表示된다.

$$N = (f_R - f_L) \{ (t_2 + t_2') - (t_1 + t_1') \} \dots\dots(1)$$

그런데 도플러偏位를 받은 衛星의 受信周波數, f_R 의 $(t_1 + t_1')$ 에서 $(t_2 + t_2')$ 까지의 周波數 카운트는 衛星의 發振周波數, f_r 의 t_1 에서 t_2 까지의 周波數 카운트와 같다.

$$\text{즉 } f_R \{ (t_2 + t_2') - (t_1 + t_1') \} = f_r (t_2 - t_1) \dots\dots(2)$$

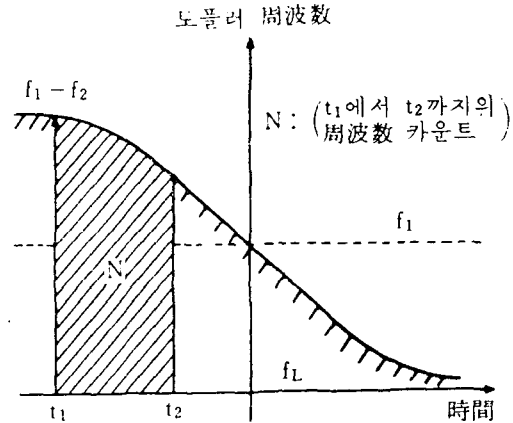
$$\text{따라서 } N = f_r (t_2 - t_1) - f_L \{ (t_2 + t_2') - (t_1 + t_1') \}$$

$$= (f_r - f_L) (t_2 - t_1) - f_L / c (D_2 - D_1) \dots\dots(3)$$

$$\therefore D_2 - D_1 = \{ (f_r - f_L) (t_2 - t_1) - N \} c / f_L \dots\dots(4)$$

式(4)에서 알 수 있는 바와 같이 送, 受信機

의 周波數, f_r, f_L 은 定하여져 있으므로 $D_2 - D_1$ 은 t_1 에서 t_2 까지의 비트周波數 $f_R - f_L$ 의 카운트數 N 을 測定하는 것에 의하여 求하여진다.

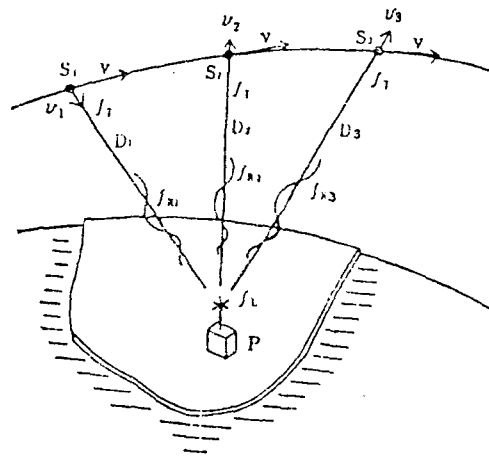


[그림 1]

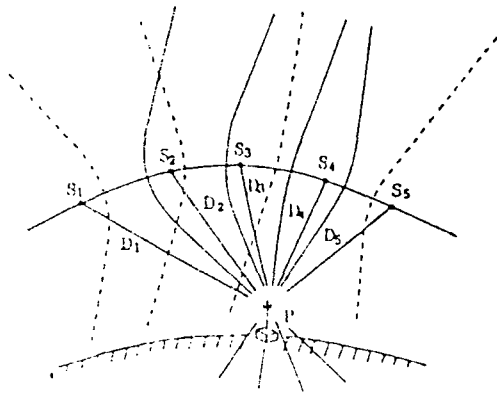
그림 2에 있어서 衛星이 S_1, S_2 에 있고 觀測點 P 까지의 距離를 D_1, D_2 라 하면 距離差 $D_2 - D_1$ 가 同一한 點 P 의 軌跡은 平面幾何學에서는 S_1, S_2 를 焦點으로 하는 雙曲線에 있어야 한다.

또한 그림 3에서와 같이 衛星이 S_3 으로 移動하였을 때 距離差 $D_3 - D_2$ 가 定하여지고 이에 따라 또 다른 하나의 雙曲線이 만들어지므로 點 P 는 두 雙曲線의 交點으로서 平面上에 定하여진다.

이 原理는 로오란(LORAN)등의 雙曲線航法의 原理와 같은 것이나 NNSS의 경우 點 P 는



[그림 2]



[그림 3]

三次元의 回轉雙曲線의 交點으로 求하여지는 量 이므로 적어도 3組의 距離差, 卽 3個의 도플러 카운트를 必要로 한다.

그러나 實際로는 각 衛星이 經過할 때마다 비트周波數, $\Delta f = f_R - f_L$ 을 未知量으로 하지 않으면 안되므로 4個의 도플러 카운트가 必要, 最小限의 도플러 카운트가 된다.

이는 衛星마다 그 發振周波數가 얼마간 다르고 또한 受信機의 內藏周波數도 時間變化를 하기 때문이다.

이제까지의 경우는 衛星이 發射하는 電波가 眞空中을 通過하는 理想的인 경우를 생각한 것이지만 現實의으로는 電波는 地球에 近接하여 電離層, 大氣圈을 經由하여 受信機에 到達하므로 그 사이에 屈折을 받아 經路는 굽어진다. 따라서 그 斜距離에 그 굽만짐의 誤差가 생기므로 電離層 및 大氣層에서의 屈折의 影響을 補正하여야 한다.

2.2 NNSS의 特徵

NNSS의 特徵은 다음과 같다.

① 測定位置는 世界的으로 統一的인 座標로서 表示된다. 現在의 NNSS의 準據橢圓體는 WGS-72(長半徑, $a=6378.135\text{km}$, 扁平率 $f=1/298.26$)이고 當初의 準據橢圓體는 APL-45(長半徑, $a=6378.144\text{km}$, 扁平率, $f=1/298.23$)이었다.

이에 따라 두 座標間의 原點에 있어서의 座標 差만 알면 WGS-72 座標系로부터 任意의 座標系로 손쉽게 變換할 수 있다.

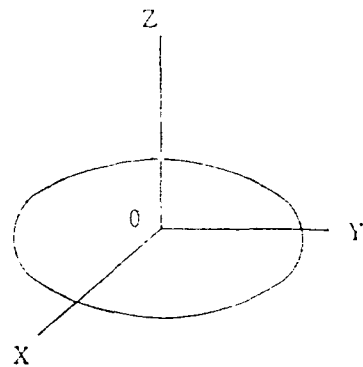
② 廣大한 地域의 測量을 效果的으로 할 수 있다. 最小限 하루 1點꼴의 基準點設置도 可能하며 現在의 正確度로도 中縮尺地圖의 位置決定이나 航空寫眞測量에 있어서의 地上基準點設置 등에 活用할 수 있다.

③ 몇개의 既知點과 未知點을 同時觀測하는 트랜스로케이션(Translocation)이라 불리는 方式을 使用하면 衛星軌道情報의 不確定性을 어느 程度 除去함으로써 相對位置의 正確度를 向上시킬 수 있다.

이 方法으로 1,000km의 距離에 있는 位置를 數月間의 觀測에 의하여 1~2m의 正確度로 決定할 수 있다.

2.3 測地座標系의 變換

NNSS方式에서 使用하고 있는 準據橢圓體는 現在 WGS-72이기 때문에 成果의 座標値는 모두 WGS-72上의 값으로 주어진다. 따라서 그 成果를 우리나라 測地系로 變換할 必要가 있으며 그 變換을 위하여는 두 橢圓體間의 關係를 定立하여야 한다.

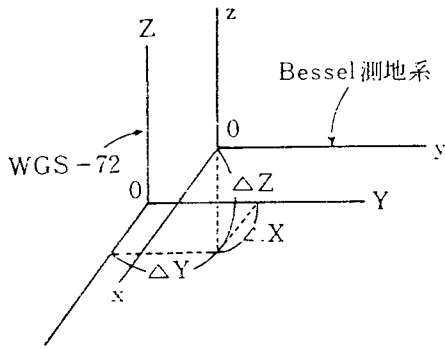


[그림 4-1]

그림 4-1은 準據橢圓體와 直交座標軸과의 關係를 나타낸 것이다.

座標原點은 橢圓體의 中心에 一致하는 것으로 한다. Z軸은 地球回轉體에 平行이며 X軸은 Greenwich子午面에 平行이고 Y軸은 X 및 Z軸에 直交한다.

그림 4-2는 WGS-72系와 Bessel 橢圓體에 의한 測地系와의 直交座標의 位置關係를 나타낸 것으로서, $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 는 두 原點의 差를 나타내는 量으로서 原點偏位量이라 불리는 것이다.



[그림 4-2]

여기서 對應하는 각 軸은 平行이라고 假定하는데 落島位置의 決定에는 이 假定으로 充分하다고 생각된다.

(ϕ, A, H) 및 (φ, λ, h)를 각각 WGS-72 및 Bessel 橢圓體에 基礎한 測地座標系(經度, 緯度, 標高)라 할때 다음 階段階를 거쳐 (ϕ, A, H)를 (φ, λ, h)로 變換한다.

① (ϕ, A, H)로부터 (X, Y, Z)에의 變換

$$X = (N + H) \cdot \cos \phi \cdot \cos A$$

$$Y = (N + H) \cdot \cos \phi \cdot \sin A$$

$$Z = \{N(1 - E^2) + H\} \cdot \sin \phi$$

다만, $N = A / \sqrt{1 - E^2 \sin^2 \phi}$ (卯西線曲率半徑)

$$E = \sqrt{F \cdot (2 - F)}$$
 (離心率)

A : WGS-72의 橢圓體長半徑

F : WGS-72의 橢圓體扁平率

$$A = 6,378,135 \text{ m}$$

$$F = 1/298.26$$

② (X, Y, Z)로부터 (x, y, z)에의 變換

原點偏位量 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ 를 使用하여

$$x = X - \Delta X$$

$$y = Y - \Delta Y$$

$$z = Z - \Delta Z$$

다만, $\Delta X = -140 \text{ m}$

$$\Delta Y = +516 \text{ m}$$

$$\Delta Z = +673 \text{ m}$$

③ (x, y, z)로부터 (φ, λ, h)에의 變換은 ①의 逆變換이며, φ 에 관하여는 反復計算을 한다.

$$\lambda = \tan^{-1}(y/x) + 180^\circ$$

$$\varphi = \tan^{-1}\{z / (P - e^2 \cos \varphi)\}$$

$$h = P / \cos \varphi - n$$

다만, $n = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$

$$e = \sqrt{f \cdot (2 - f)}$$

$$P = \sqrt{x^2 + y^2}$$

a : Bessel 橢圓體의 長半徑

f : Bessel 橢圓體의 扁平率

$$a = 6377397.155 \text{ m}$$

$$f = 1/299.152813$$

위에서의 原點偏位量은 Thomas O. Seppelin: The Department of Defense World Geodetic System 1972. The Canadian Surveyor, Vol. 28(5), 496~506, 1974에 의한 것이다.

3. 韓·美共同觀測成果

우리나라에 있어서는 美軍에 의하여 基準點의 位置決定등의 測地目的을 위하여 NNSS 방식에 의한 人工衛星測測이 60年代末부터 實施된 바 있다. 이를 日本의 경우와 比較하면 5~6年이나 앞서 實施된 것이다.

특히 美軍에 의하여 우리나라의 落島地區에서 實施된 NNSS 방식에 의한 人工衛星觀測의 結果는 그 成果面에서 注目할만한 것이다.

表 1 및 表 2는 1969年 및 1982年에 實施된

[表 1]

韓·美共同觀測成果(1969年)

觀測年. 月. 日	觀測點	觀測成果(APL-45)		座標系變換成果(Bessel)		觀測者
		緯度(ϕ)	經度(A)	緯度(φ)	經度(λ)	
'69. 6. 28~30	서울 南山	37°33'06".88 (N)	126°59'18".89 (E)	37°32'57".242 (N)	126°59'26".983 (E)	美海軍水路部
'69	NJ 52-10-12 印井 419 (江陵 W13/HA)			37°44'06".304 (N)	128°56'12".164 (E)	美海軍水路部 및 交通部 水路局
'69	NAVOCEANO Station RM-1			37°30'54".735 (N)	130°47'59".948 (E)	美海軍水路部 및 交通部 水路局

[表 2]

韓·美共同觀測成果(1982.)

觀測年 月日	觀測點	觀測成果(WGS-72)			座標系變換成果(Bessel)			觀測者
		緯度(ϕ)	經度(λ)	標高(H)	緯度(ϕ)	經度(λ)	標高(h)	
'82. 4. 12~ 4. 16	鬱陵度도봉각 (DOPPSTA 11072)	39°29' 11". 163 (N)	130°55' 06". 516 (E)	145". 576	37°29' 01". 272 (N)	130°55' 01". 968 (E)	67". 207	Defense Mapping Agency U.S.A. 및 交通部水路局
'82. 5. 2~ 5. 5	濟州島산지 燈臺 (DOPPSTA 11073)	33°31' 15". 216 (N)	126°32' 45". 593 (E)	81". 909	33°31' 03". 950 (N)	126°32' 53". 142 (E)	12". 840	Defense Mapping Agency U.S.A. 및 交通部水路局
'82. 5. 2~ 5. 6	全南自開島 (DOPPSTA 11074)	34°06' 03". 888 (N)	126°35' 45". 286 (E)	195". 958	34°05' 52". 862 (N)	126°35' 52". 903 (E)	123". 552	Defense Mapping Agency U.S.A. 및 交通部水路局
'82. 5. 7~ 5. 10	全南障水島 (DOPPSTA 11075)	33°55' 17". 682 (N)	126°38' 08". 616 (E)	52". 160	33°55' 06". 578 (N)	126°38' 16". 230 (E)	-19". 057	Defense Mapping Agency U.S.A. 및 交通部水路局

NNSS 방식에 의한 測位觀測의 成果이다. (測位觀測位置圖 參照)

表 1에 있어서 서울 南山의 觀測成果는 APL-45 上의 成果로 推定하여 이를 Bessel 橢圓體의 座標값으로 變換한 것이며 그밖의 觀測點의 成果는 美海軍水路部에서 計算한 結果를 그대로 使用한 것이다. 그 成果를 實用成果와 比較하면 다음과 같다.

◦ 서울 南山

[人工衛星測位成果]

ϕ' : 37°32'57". 242N, λ' : 126°59'26". 983E

[精密三角成果]

ϕ : 37°32'56". 518N, η : 126°59'27". 117E

$\Delta\phi$: 0". 724

$\Delta\lambda$: 0". 866

◦ 江陵(NJ 52-10-12, 印井 419)

[人工衛星測位成果]

ϕ' : 37°44'06". 304N, λ' : 128°56'12". 164E

[實用成果]

ϕ : 37°44'05". 978N, λ : 128°56'11". 894E

$\Delta\phi$: 0". 326

$\Delta\lambda$: 0". 270

즉, Bessel 橢圓體上의 값과 實用成果와의 較差는

◦ 서울 南山

$\Delta\phi$ =0". 724=22". 318

$\Delta\lambda$ =0". 866=21". 269

◦ 江陵(NJ 52-10-12, 印井 419)

$\Delta\phi$ =0". 326=10". 050

$\Delta\lambda$ =0". 270=6". 617

이며 서울 南山에서의 較差가 크게 나타난 것은 全國的인 調整計算이 이루어지지 않은 값을 使用한 때문인 것으로 생각된다.

또한 1969年의 NNSS 방식에 의한 測位觀測 成果를 基礎로 하여 美海軍水路部에서 算出한 鬱陵島 NAVOCEANO Station RM-1에 있어서의 從前의 成果와의 較差는 다음과 같다.

Island of Ullung Do-NAVOCEANO Station RM-1

computed position

ϕ 37°30'54". 735N λ 130°47'59". 948E

Archive No. 68-4-050 Position

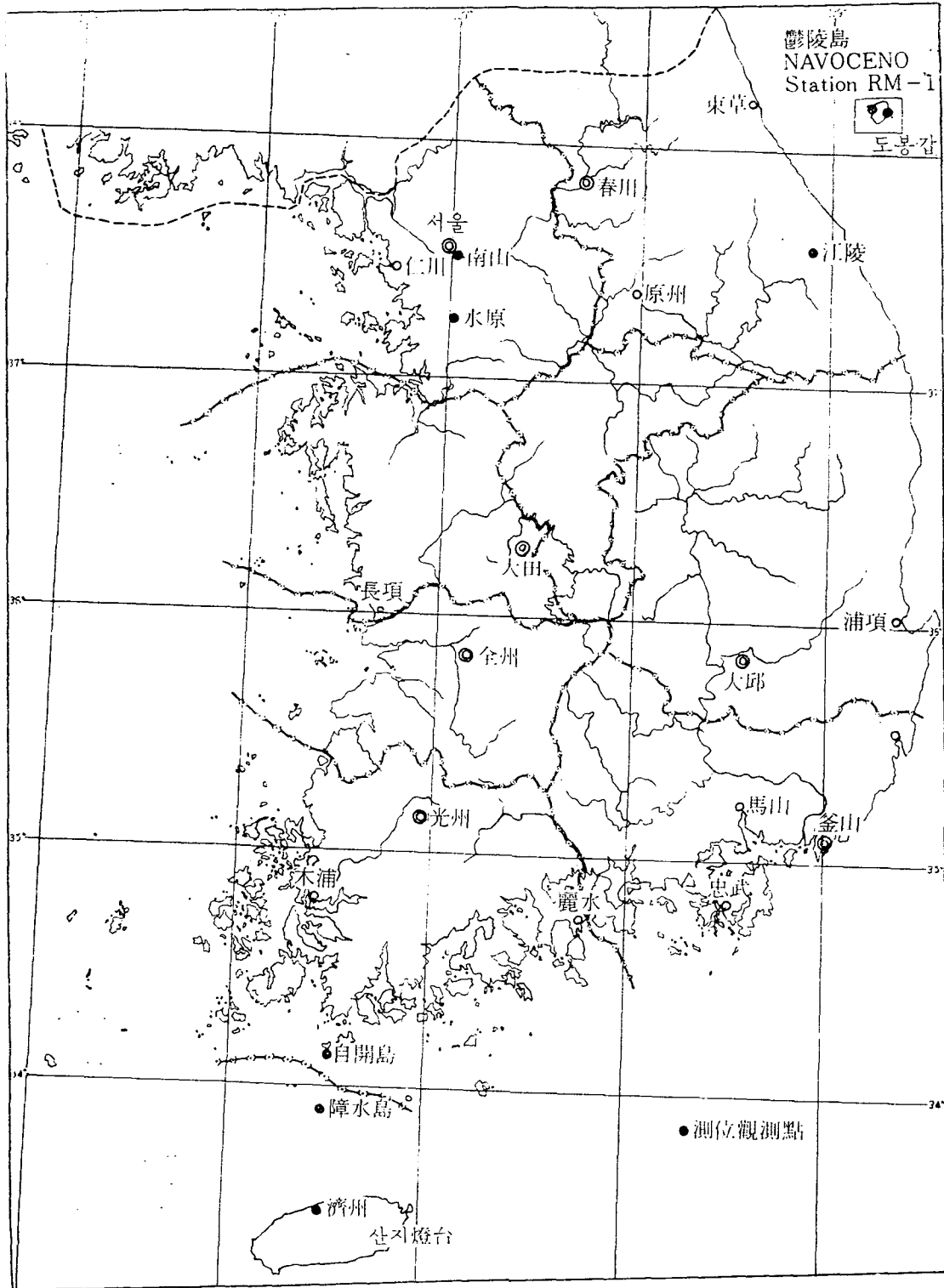
ϕ 37°31'09". 157N λ 130°47'55". 136E

$\Delta\phi$ 14". 422

$\Delta\lambda$ 4". 812

한편 美軍 當局에서는 Kangnung station WI 31 HA에 있어서는 NNSS 방식에 의한 測位觀測 成果와 實用成果가 誤差範圍內에서 一致하고

[NNSS 방식에 의한 測位觀測 位置圖]



있는事實과 關聯시켜 鬱陵島內의 그 밖의 點들의 基準成果를 NAVOCEANOS tation RM-1에 있어서의 較差에 의하여 修正, 適用토록 하고 있다.

여기서 問題가 되는 것은 鬱陵島의 Archive No. 68-4-050 등의 成果가 어떻게 決定된 成果인가 하는 것이나 現在로서는 鬱陵島內의 既存 三角點과 連結된 成果로 推定될 뿐이다.

表 2는 1982年의 美國 Defense Mapping Agency의 Geodetic Survey SQDN에서의 觀測 成果이다.

그중 座標系 變換成果는 共同觀測의 파트너인 交通部 水路局에 通報된 WGS-72上의 成果를 우리나라 測地座標系의 成果로 變換한 것이다.

한편 交通部 水路局은 NNSS方式에 의한 測位觀測成果와 우리나라 基準點과의 關係를 定立하기 위하여 鬱陵島 도봉갑(道峰串)의 人工衛星 觀測點을 三角點과 連結하는 三角測量을 1981年과 1982年에 實施한바 있다.

그 成果는 다음과 같다.

[鬱陵島 도봉갑]

$$\phi : 37^{\circ}29'15''.622, \quad \lambda : 130^{\circ}55'11''.203$$

이 成果와 NNSS方式에 의한 測位觀測成果(座標系變換成果)와의 較差는

$$\phi' : 37^{\circ}29'01''.272N, \quad \lambda' : 130^{\circ}55'15''.968E$$

$$\phi : 37^{\circ}29'15''.622N, \quad \lambda : 130^{\circ}55'11''.203E$$

$$\Delta\phi = 14''.350$$

$$\Delta\lambda = 4''.765$$

이며 1969年의 鬱陵島의 NAVOCEANO Station RM-1에 있어서의 較差와 거의 一致하고 있음을 알 수 있다. 즉

$$[1969年] \Delta\phi = 14''.422, \quad \Delta\lambda = 4''.812$$

$$[1982年] \Delta\phi = 14''.350, \quad \Delta\lambda = 4''.765$$

으로서 그 較差의 差는

$$\delta\phi = 0''.072, \quad \delta\lambda = 0''.047$$

이다.

따라서 鬱陵島에 있어서는 實用成果와 NNSS方式에 의한 測位觀測成果 사이에는 系統的인 偏位가 있다는 것을 말하여 준다고 할 수 있겠다.

4. 韓·日共同觀測의 成果

國立地理院과 日本國 國土地理院은 韓·日測地協力會議에서의 合意에 따라 韓·日測地系의 結合을 위한 共同프로젝트의 一環으로 2次에 걸쳐(1979年 및 1982年) NNSS方式에 의한 測位觀測을 實施한 바 있다.

韓·日兩國의 豫定觀測點에서의 同時觀測을 主體로 한 同測位觀測에는 日本國 國土地理院 保有 JMR-1型 受信機가 使用되었다.

同測位觀測의 結果는 JMR社의 SP-7 프로그램 등의 計算프로그램에 의하여 國土地理院에서 處理된 것이나 1982年의 測位觀測結果는 아직 國立地理院에 通報되지 않고 있다.

1979年에 實施된 共同觀測에 의한 東鶴山(水原, 二等三角點)의 Single positioning의 結果는 다음과 같다.

$$\left. \begin{array}{l} \text{緯度: } \phi = 37^{\circ}12'57''.750(\pm 3''.7) \\ \text{經度: } \lambda = 127^{\circ}03'56''.930(\pm 3''.1) \\ \text{標高: } H = 157''.95(\pm 0''.4) \end{array} \right\} \text{WGS-72 橢圓體上}$$

여기서 標高는 標石上面에서 안테나의 電氣的 中心까지의 높이 0''.40를 뺀 標石上面의 標高이다.

그리고 ()內는 各 平均値의 標準偏差값을 나타내는 것이나 이것은 觀測값의 內部誤差이므로 이것에 系統的인 誤差마저 考慮한다면 위의 標準偏差값으로 表示되는 것보다 큰 誤差를 가지는 것으로 생각된다, (東鶴山測位值分布圖 參照)

系統的 誤差의 큰 原因으로서는 衛星軌道豫報의 不確定性을 들 수 있는데 東鶴山의 位置計算에 使用된 36pass의 觀測데이터로는 10m程度의 不確定性을 內包하고 있는 것으로 日本側은 評價하고 있다.

그리고 東鶴山의 位置計算에 使用된 初期값 및 媒介變數(parameter)는

$$\text{假定緯度: } 37^{\circ}12'57''.626$$

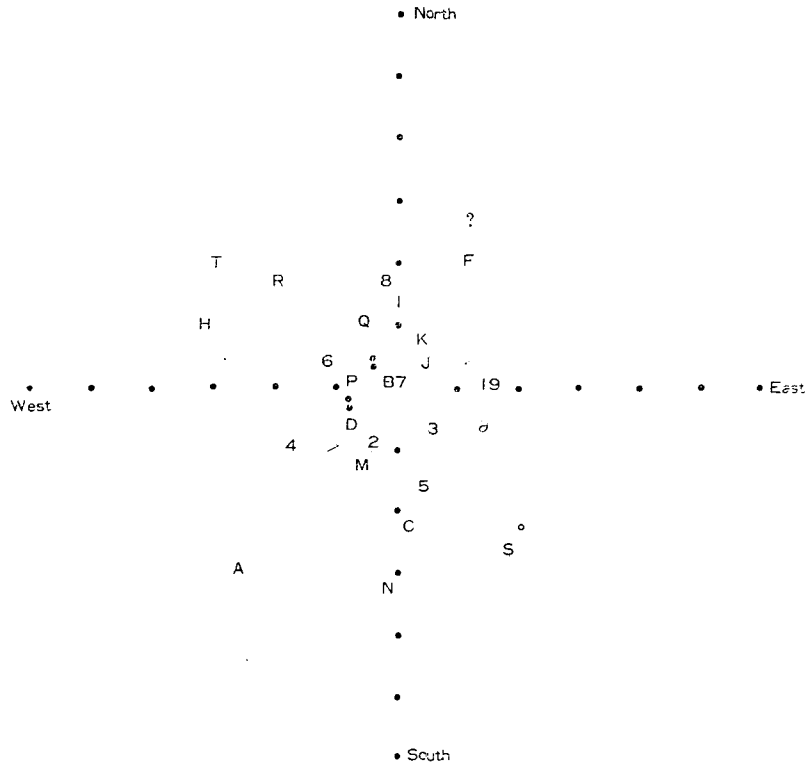
$$\text{假定經度: } 127^{\circ}3'56''.965$$

$$\text{안테나高: } 160''.4$$

$$\text{大氣壓: } 1013\text{mb}$$

$$\text{對流圈補正數: } 0.00012$$

[東鶴山 測位値分布圖]



註 1) 각 記號는 下記의 最左部의 記號에 對應한다.
 註 2) 각 눈금은 50Feet 單位이다.

	LOCKON	LATITUDE	LONGITUDE	DLAT	DLON	EL	DP
1	04 41	+37°12'58".550	+127°3'56".884	+24"	- 1"	47°	20
2	07 18	+37°12'57".188	+127°3'56".632	-17"	- 7"	32°	20
3	08 59	+37°12'57".274	+127°3'57".360	-14"	+10"	33°	24
4	12 17	+37°12'57".100	+127°3'55".711	-20"	-29"	34°	22
5	14 03	+37°12'56".782	+127°3'57".266	-29"	+ 8"	36°	22
6	19 01	+37°12'58".010	+127°3'56".130	+ 8"	-19"	30°	22
7	20 47	+37°12'57".765	+127°3'56".834	+ 0"	- 2"	44°	24
8	00 13	+37°12'58".664	+127°3'56".742	+28"	- 4"	29°	22
9	01 59	+37°12'57".816	+127°3'58".041	+ 2"	+27"	39°	18
:	07 51	+37°12'58".080	+127°3'56".672	+10"	- 6"	78°	22
;	15 07	+37°12'57".579	+127°3'56".888	- 5"	-18"	35°	20
<	16 51	+37°12'57".962	+127°3'57".766	+ 6"	+20"	34°	20
=	19 37	+37°12'56".896	+127°3'57".248	-26"	+ 7"	68°	26
>	21 25	+37°12'57".145	+127°3'56".255	-18"	-16"	20°	22
?	08 29	+37°12'59".148	+127°3'57".739	+48"	+19"	50°	18
9	18 31	+37°12'57".295	+127°3'57".812	-14"	+21"	20°	22
A	20 15	+37°12'56".220	+127°3'55".297	-47"	-40"	64°	24
B	00 15	+37°12'57".876	+127°3'56".731	+ 3"	- 4"	36°	20
C	02 01	+37°12'56".553	+127°3'57".151	-36"	+ 5"	32°	24
D	03 57	+37°12'57".368	+127°3'56".329	-11"	-14"	78°	24
E	07 21	+37°12'58".649	+127°3'56".805	+27"	- 3"	47°	18
F	09 08	+37°12'58".911	+127°3'57".731	+35"	+19"	22°	20
G	11 29	+37°12'58".044	+127°3'56".074	+ 9"	-21"	17°	18

N	04	58	+37°12'56".029	+127°3'56".724	-58"	-5"	25°	18
H	13	15	+37°12'58".327	+127°3'54".864	+17"	-50"	70°	24
I	15	15	+37°12'57".819	+127°3'57".921	+2"	+24"	48°	22
J	17	01	+37°12'57".919	+127°3'57".217	+5"	+7"	25°	22
K	19	09	+37°12'58".145	+127°3'57".190	+12"	+6"	48°	26
L	20	55	+37°12'57".751	+127°3'57".018	+0"	+2"	30°	26
M	03	15	+37°12'57".075	+127°3'56".539	-20"	-9"	45°	18
O	12	28	+37°12'57".760	+127°3'57".936	+0"	+24"	51°	24
P	14	11	+37°12'57".765	+127°3'56".323	+0"	-14"	24°	20
Q	14	27	+37°12'58".309	+127°3'56".439	+17"	-12"	21°	18
R	16	11	+37°12'58".692	+127°3'55".594	+29"	-32"	57°	28
S	02	23	+37°12'56".296	+127°3'58".092	-44"	+28"	20°	18
T	13	7	+37°12'58".877	+127°3'54".959	+34"	-48"	57°	26

이 고 東鶴山(二等三角點)의 WGS-72 上의 값을 Bessel 橢圓體上의 값으로 變換한 結果는 다음과 같다.

$$\text{緯度} : \varphi = 37^{\circ} 12' 48''. 027$$

$$\text{經度} : \lambda = 127^{\circ} 4' 5''. 012$$

$$\text{標高} : h = 69^m. 4$$

그런데 東鶴山의 實用成果는

$$\text{緯度} : \varphi_0 = 37^{\circ} 12' 47''. 458$$

$$\text{經度} : \lambda_0 = 127^{\circ} 4' 5''. 311$$

$$\text{標高} : h_0 = 122^m. 0$$

이므로 Bessel 橢圓體上의 값과 實用成果와의 較差는 다음과 같다.

$$\varphi - \varphi_0 = 0''. 569 = 17^m. 5$$

$$\lambda - \lambda_0 = -0''. 299 = -7^m. 4$$

$$h - h_0 = -52^m. 6$$

여기서 標高의 較差는 Bessel 橢圓體上의 Geoid 高가 그 誤差의 한 要因이 되고 있다고 생각할 수 있다. h_0 는 Geoid 面으로 부터의 높이라고 생각하여도 되므로 이것에 WGS-72 Geoid 圖上의 Geoid 高 $G=25m$ 를 더하여 WGS-72 上의 標高 H 와 比較하면

$$H - (h_0 + G) = 11^m. 0$$

로 된다. 이는 WGS-72 橢圓體上에서 比較한 것으로서 水平位置의 誤差와 같은 水準임을 알 수 있다.

5. 結 論

NNSS는 現在로서는 唯一한 實用的인 長距離 基線의 觀測手段이고 또한 트랜스루케이션法과 人工衛星의 軌道情報로서 精密曆(Precise Ephemeris)

를 使用하면 NNSS方式에 의한 도플러 觀測으로 1m 程度의 測位正確度를 얻을 수 있어 世界的으로 測地系의 結合, Geoid 높이의 觀測, 落島位置의 決定등 測地目的에 널리 利用되고 있다.

NNSS의 測地利用의 實用化 初期부터 美軍當局이 우리나라에서 NNSS方式에 의한 도플러 觀測을 實施하였고 國立地理院에서도 그동안 日本과의 共同觀測을 통하여 技術開發 및 蓄積에 힘쓰는 한편 1:25,000 地形圖 製作을 위한 落島地區에 있어서의 NNSS方式에 의한 도플러 觀測을 計劃하고 있는 것은 當然한 趨勢라 할 수 있다.

우리나라에 있어서 NNSS方式에 의한 測位觀測 結果를 調査, 分析함에 있어서는 많은 어려움이 있었으나 그 가운데서도 가장 큰 障害要素가 된 것은 資料 및 情報의 不足이었다.

美軍當局의 觀測資料는 全國的인 規模이고 그 量도 相當히 많을 것으로 짐작되기는 하였으나 그 特殊性때문에 國立地理院과 水路局에서 入手한 資料만으로 滿足하여야 하였다.

또한 1982年의 韓·日共同觀測成果도 入手할 수 없는 時點이어서 몹시 아쉬웠다.

앞에서의 NNSS方式에 의한 도플러 測位觀測 結果로 미루어

① 內陸의 基準點의 實用成果와 NNSS方式에 의한 도플러 觀測成果의 較差는 그 平面位置에 있어서 10m~20m 이나 그 較差는 測位誤差, 實用成果의 累積誤差, 原點偏位量의 誤差등을 포함하고 있으므로 두 成果는 一致하는 것으로 볼 수 있고,

② 鬱陵島의 경우와 같이 落島地區에 있어서는 그 基準點의 實用成果와 NNSS 방식에 의한 도플러 測位觀測成果 사이에는 상당한 較差가 있는 것으로 推定된다.

따라서 落島地區의 基本圖 整備事業의 推進에는 落島地區의 基準點 確立이 先行되어야 할 것이다.

이러한 觀點에서 1983년부터 實施될 國立地理院에서의 NNSS 방식에 의한 도플러 測位觀測에 서는 우리의 期待는 크다 하겠다.

여기서 一部 成果의 測地座標系變換計算에는 國立地理院의 IP9830 型 電子計算機가 使用되었음을 附言한다.

끝으로 資料提供은 勿論 많은 도움말을 준 交通部 水路局 洪承明課長과 資料의 整理, 計算에 勞苦가 많은 國立地理院의 洪性榮技佐, 辛貴浩技士에게 深甚한 謝意를 表하되 이 小考에 관한 여러분의 忠言을 衷心으로 바라마지 않는 바이다.

[測地座標系變換成果](1969年)

```

10 REM, SATELLITE SURVEY
20 REM, APL-45(B,L,H,. X, Y, Z,. A, F)
30 REM, GEODESY VALUE(B0, L0, H0,. X0, Y0, Z,. A0, F0)
40 DEG
41 DIM A $ [8]
42 DISP "OBSERVATION POSITION NAME";
43 INPUT A $
44 FORMAT 25X, "SATELLITE SURVEY", /, /
45 WRITE(15, 50)
46 A=6378144
47 F=1/298.23
48 X1=-140
49 Y1=516
50 Z1=673
51 A0=6377397.155
52 F0=1/299.152813
53 E=SQR(F*(2-F))
54 GOTO 270
55 O1=O*100
56 O2=O*10000
57 O3=INT(O)
58 O4=INT(O1)
59 O5=O3-(O4-O3*100)/60+(O2-O4*100)/3600
60 RETURN
61 Q1=INT(Q)
62 Q2=(Q-Q1)*60
63 Q3=INT(Q2)
64 Q4=(Q2-Q3)*60/10000+Q3/100+Q1
65 RETURN
66 READ N9
67 FOR I=1 TO N9
68 READ IO, B, L, H
69 O=B

```

```

310 GOSUB 160
320 B1=O5
330 O=L
340 GOSUB 160
350 L1=O5
360 N=A/SQR(1-E↑2*SIN(B1)↑2)
370 X=(N+H)*COS(B1)*COS(L1)
380 Y=(N+H)*COS(B1)*SIN(L1)
390 Z=(N*(1-E↑2)+H)*SIN(B1)
400 X0=X-X1
410 Y0=Y-Y1
420 Z0=Z-Z1
430 P0=SQR(X0↑2+Y0↑2)
440 E0=SQR(F0*(2-F0))
450 L4=ATN(Y0/X0)+180
460 B2=B1
470 FOR J=1 TO 5
480 N0=A0/SQR((1-E0↑2*SIN(B2)↑2)
490 B3=ATN(Z0/(P0-E0↑2*N0*COS(B2)))
500 B2=B3
510 NEXT J
520 B4=B3
530 H0=P0/COS(B4)-N0
531 X5=(N0+H0)*COS(B4)*COS(L4)
532 Y5=(N0+H0)*COS(B4)*SIN(L4)
533 Z5=(N0*(1-E0↑2)+H0)*SIN(B4)
534 H5=H0+25
540 Q=B4
550 GOSUB 220
560 B0=Q4
570 Q=L4
580 GOSUB 220
590 L0=Q4
591 WRITE(15,592)
592 FORMAT 14X,2" 0 1 , ", " M "
600 WRITE(15,610) A $ , I0, B, L, H
610 FORMAT F6,0,2X,3F15,7,/,/
611 WRITE(15,612)
612 FORMAT 14X,3" M"
615 FORMAT 14X,2" 0 1, ", 10X, "M", 14X, "M"
620 WRITE (15,630) X, Y, Z
630 FORMAT 14X, 3F15.3, " SATELLITE VALUE ",/,/
631 WRITE(15,615)
640 WRITE(15,650) B0, L0, H0, H5
650 FORMAT 14X, 2F15.7, F15.3, 4X, "(, F10.3,)" ,/,/

```

```

651 WRITE(15,612)
660 WRITE(15,670) X0,Y0,Z0
670 FORMAT 14X, 3F15.3, " GEODESY VALUE ",/,/
671 WRITE(15,612)
672 WRITE(15,673) X5,Y5,Z5
673 FORMAT 14X, 3F15.3, " GEODESY COORDINATE" ,/,/
674 PRINT
675 PRINT
680 NEXT I
690 END
700 DATA 1
710 DATA 69628, 37.330688, 126.591889, 294

```

	SATELLITE		SURVEY	
NAMSAN 69628 (서울 南山)	0 ! , 37.3306880	0 ! , 126.5918890	M 294.0000000	
	M -3046264.444	M 4044206.246	M 3866314.898	SATELLITEVALUE
	0 ! , 37.3257242	0 ! , 126.5926983	M 211.755	M (236.755)
	M -3046124.444	M 4043690.246	M 3865641.898	GEODESY VALUE
	M -3046124.444	M 4043690.246	M 3865641.898	GEODESY COORDINATE

[測地座標系變換成果](1982年)

LIST

```

10 REM, SATELLITE SURVEY
20 REM, WGS-72(B,L,H,. X,Y,Z,. A,F)
30 REM, GEODESY VALUE(B0,L0,H0,. X0,Y0,Z0,. A0,F0)
40 DEG
41 DIM A$(8)
42 DISP "OBSERVATION POSITION NAME";
43 INPUT A$
50 FORMAT 25X, "SATELLITE SURVEY" ,/,/
60 WRITE(15,50)
70 A=6378135
80 F=1/298.26
90 X1=140
100 Y1=516
110 Z1=673
120 A0=6377397.155
130 F0=1/299.152813
140 E=SQR(F*(2-F))
150 GOTO 270
160 O1=O*100
170 O2=O*10000
180 O3=INT(O)

```

```

190 O4=INT(O1)
200 O5=O3+(O4-O3*100)/60+(O2-O4*100)/3600
210 RETURN
220 Q1=INT(Q)
230 Q2=(Q-Q1)*60
240 Q3=INT(Q2)
250 Q4=(Q2-Q3)*60/10000+Q3/100+Q1
260 RETURN
270 READ N9
280 FOR I=1 TO N9
290 READ I0, B, L, H
300 O=B
310 GOSUB 160
320 B1=O5
330 O=L
340 GOSUB 160
350 L1=O5
360 N=A/SQR(1-E^2*SIN(B1)^2)
370 X=(N+H)*COS(B1)*COS(L1)
380 Y=(N+H)*COS(B1)*SIN(L1)
390 Z=(N*(1-E^2)+H)*SIN(B1)
400 X0=X-X1
410 Y0=Y-Y1
420 Z0=Z-Z1
430 P0=SQR(X0^2+Y0^2)
440 E0=SQR(F0*(2-F0))
450 L4=ATN(Y0/X0)+180
460 B2=B1
470 FOR J=1 TO 5
480 N0=A0/SQR(1-E0^2*SIN(B2)^2)
490 B3=ATN(Z0/(P0-E0^2*N0*COS(B2)))
500 B2=B3
510 NEXT J
520 B4=B3
530 H0=P0/COS(B4)-N0
531 X5=(N0+H0)*COS(B4)*COS(L4)
532 Y5=(N0+H0)*COS(B4)*SIN(L4)
533 Z5=(N0*(1-E0^2)+H0)*SIN(B4)
534 H5=H0+25
540 Q=B4
550 GOSUB 220
560 B0=Q4
570 Q=L4
580 GOSUB 220
590 L0=Q4

```

```

591 WRITE(15,592)
592 FORMAT 14X,2" 0 1 , ", " M"
600 WRITE(15,610) A $, I0, B, L, H
610 FORMAT F6.0, 1X, 3F15.7, /, /
611 WRITE(15,612)
612 FORMAT 14X,3" M"
615 FORMAT 14X,2" 0 ! , ", 10X, "M", 14X, "M"
620 WRITE(15,630) X, Y, Z
630 FORMAT 14X, 3F15.3, " SATELLITE VALUE ", /, /
631 WRITE(15,615)
640 WRITE(15,650) B0, L0, H0, H5
650 FORMAT 14X, 2F15.7, F15.3, 4X, "(, F10.3, )", /, /
651 WRITE(15,612)
660 WRITE(15,670) X0, Y0, Z0
670 FORMAT 14X, 3F15.3, " GEODESY VALUE ", /, /
671 WRITE(15,612)
672 WRITE(15,673) X5, Y5, Z5
673 FORMAT 14X, 3F15.3, " GEODESY COORDINATE", /, /
674 PRINT
675 PRINT
680 NEXT I
690 END
700 DATA 4
720 DATA 11072, 37.2911163, 130.5506516, 145.576
750 DATA 11073, 33.3115216, 126.3245593, 81.909
751 DATA 11074, 34.0603888, 126.3545286, 195.958
752 DATA 11075, 33.5517682, 126.3808616, 52.168

```

RUN

OBSERVATION POSITION NAME? DOPPSTA

	SATELLITE		SURVEY	
DOPPSTA 11072 (鬱陵島도봉갑)	0 ! , 37.2911163	0 ! , 130.5506516	M 145.5760000	
	M -3319091.543	M 3829168.222	M 3860457.074	SATELLITE VALUE
	0 ! , 37.2901272	0 ! , 130.5515968	M 67.207	M (92.207)
	M -3318951.543	M 3828652.222	M 3859784.074	GEODESY VALUE
	M -3318951.543	M 3828652.222	M 3858784.074	GEODESY COORDINATE
DOPPSTA 11073 (濟州 산지 燈臺)	0 ! , 33.3115216	0 ! , 126.3245593	M 81.9090000	
	M -3169590.577	M 4276271.698	M 3502310.785	SATELLITE VALUE
	0 ! , 33.3103950	0 ! , 126.3253142	M 12.840	M (37.840)
	M -3169450.577	M 4275755.698	M 3501637.785	GEODESY VALUE

	M	M	M	
	-3169450.577	4275755.698	3501637.785	GEODESY COORDINATE
DOPPSTA 11074	0 ! ,	0 ! ,	M	
(全南 自開島)	34.0603888	126.3545286	195.9580000	
	M	M	M	
	-3152022.153	4244834.011	3555845.241	SATELLITE VALUE
	0 ! ,	0 ! ,	M	M
	34.0552862	126.3552903	123.552	(148.552)
	M	M	M	
	-3151882.153	4244318.011	3555172.241	GEODESY VALUE
	M	M	M	
DOPPSTA 11075	-3151882.153	4244318.011	3555172.241	GEODESY COORDINATE
(全南障水島)	0 ! ,	0 ! ,	M	
	33.5517682	126.3808616	52.1680000	
	M	M	M	
	-3161545.928	4251484.247	3539259.909	SATELLITE VALUE
	0 ! ,	0 ! ,	M	M
	33.5506578	126.3816230	-19.057	(5.943)
	M	M	M	
	-3161405.928	4250968.247	3538586.909	GEODESY VALUE
	M	M	M	
	-3161405.928	4250968.248	3538586.909	GEODESY COORDINATE