

# NNSS의 針路 및 速力 推定誤差에 대한 測位精度分析

金珉奭 · 辛亨鎔 · 金三坤 · 金鍾華

釜山水產大學

(1989년 1월 20일 접수)

## Precision Analysis of NNSS Fix for the Assumed Error of Ship's Speed and Course

Min Seok KIM, Hyeong Il SHIN, Sam Gon KIM and Jong Hwa KIM

National Fisheries University of Pusan

(Received January 20, 1989)

A number of studies for the improvement of the accuracy of NNSS fix were carried out previously. But most studies were done when a ship was stationary at the fixed position.

To investigate the accuracy of NNSS fix affected by the error of ship's speed and course when a ship was moving, the computer simulation was performed by each satellite, passing direction of satellite, and elevation angle.

The obtained results are summerized as follows :

1. When elevation angle and passing direction of satellite were constant, there were little difference in the accuracy of NNSS fix from among those.
2. The accuracy of NNSS fix caused by the error of ship's speed was in proportion to the absolute value of it without regard to the magnitude of ship's speed, and it also became different according to the ship's course.
3. When the error of ship's speed was constant, the accuracy of the fixed position became different according to the passing direction of the satellite.
4. When the ship's course was south or north, the error of NNSS fix was greater than that of east or west, and the higher the elevation angle of the satellite, the greater the error of the NNSS fix.

### 緒 論

衛星航法裝置인 NNSS는 그 測位精度가 매우 높고 이용범위가 전천후, 전세계적이어서 遠洋航行船은 물론 최근에는 더욱값이 싸고 小型으로 제작할 수 있게되어 小型漁船에 까지도 많이 장비해 나가고 있는 실정이다.

그러나 NNSS는 衛星의 軌道豫測, 空中線의

높이, 電波의 傳播特性, 針路와 速力의 入力の 부정확 등 때문에 다소의 오차를 유발하게된다. 이들 오차를 개선하기 위한 많은 연구들이 이루어져 왔으나 대부분은 선박이 정지중일때의 오차의 원인 규명에 대한것이고, 실제로 항행중인 선박의 침로와 속력변동으로 인한 오차가 測位精度에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 찾아 보기 드물다<sup>1-4)</sup>.

本論文에서는 항행중인 선박의 침로와 속력의 변동으로 인한 오차가 NNSS의 測位精度에 미치는 영향을 규명하기 위하여 1985年 1月 28日 부터 7月 20日 까지 韓國漁業技術訓練所에서 400 MHz short doppler 방식 NNSS로 측정한 資料에 衛星別, 衛星通過方向別, 仰角別로 針路와 速力の 변화를 주어 計算 Simulation을 행하여 선박의 針路와 速力の 推定에 포함된 誤差에 따른 測位精度를 分析·檢討하였다.

### 受信點의 位置計算理論

地球中心을 原點으로하여 經度0°와 90°E의 赤道方向을 각각 X軸, Y軸, 北極方向을 Z軸으로 하는 直交座標系에서 衛星位置(X<sub>SK</sub>, Y<sub>SK</sub>, Z<sub>SK</sub>)와 針路 및 速력에 따라 변하는 受信點의 推測位置(X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub>) 간의 距離를 S<sub>K</sub> 라하면

$$S_K = (X_K^2 + Y_K^2 + Z_K^2)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{단, } X_K = X_{SK} - X_n$$

$$Y_K = Y_{SK} - Y_n$$

$$Z_K = Z_{SK} - Z_n$$

으로 나타낼 수 있다<sup>5-9)</sup>.

또한, 매 2분간의 推測位置와 衛星位置간의 거리변화를 D<sub>CK</sub>라 하면

$$D_{CK} = S_K - S_{K-1} \dots\dots\dots(2)$$

와 같고, 衛星과 船舶간의 실제의 거리변화를 D<sub>OK</sub>라하면

$$D_{OK} = N_K L_0 - 120 f_0 L_0 \dots\dots\dots(3)$$

단, N<sub>K</sub> : doppler 測定值

L<sub>0</sub> : 受信機內的 基準周波數의 眞空中의 波長

f<sub>0</sub> : 基準周波數와 送信周波數와의 差가 된

다<sup>9)</sup>.

여기서 D<sub>CK</sub>와 D<sub>OK</sub>가 같으면 推測位置와 實際位置와는 일치할 수 있으나 이들간에 緯度差(Δφ), 經度差(Δλ), 周波數差(Δf)가 있으므로 일치하지 않는다<sup>9)</sup>.

그리고 衛星과 船舶간의 거리 S<sub>K</sub>의 緯度φ, 經度λ에 대한 偏微分과 未知數 Δφ, Δλ, Δf와의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다<sup>9)</sup>.

$$\left( \frac{\partial S_K}{\partial \phi} - \frac{\partial S_{K-1}}{\partial \phi} \right) \Delta \phi + \left( \frac{\partial S_K}{\partial \lambda} - \frac{\partial S_{K-1}}{\partial \lambda} \right)$$

$$\Delta \lambda + 120 \Delta f L_0 = D_{OK} - D_{CK} \dots\dots\dots(4)$$

衛星이 受信點 부근을 통과할 때 3번 이상의

doppler 偏倚周波數를 測定하여 (4)식으로 연립 방정식을 세워서 실제 受信點의 위치를 결정할 수 있다.

### 資料 및 方法

測位の 精度分析에 사용한 資料는 1985年 1月 28일부터 7月 20日까지 韓國漁業技術訓練所에서 400MHZ short doppler방식의 NNSS(FSN-70型, Furuno)로서 연속 관측한 것이며, 位置精度分析의 基準 眞位置는 緯度 35°04'04"N, 經度 128°02'13"E 였다. 이들 資料중 다음 기준을 만족하지 못하는 불명확한 資料는 제외시켰다.

- (1) 最大仰角이 7°이상이고, 80°이하인 것
- (2) 유효한 doppler count數가 9개 이상인 것
- (3) 基準眞位置로 부터 偏位된 距離가 0.5마일 이하인 것
- (4) 位置의 計算回數가 6회이하인 것

위의 조건을 만족시키는 資料 173개를 衛星別로 분류한 것이 Table 1이다.

Table 1. Number of the data classified by each satellite

Satellite name	up-to-date
110	33
130	28
200	26
480	45
500	41

船舶의 針路 및 速力の 推定에 포함된 誤차가 NNSS의 測位精度에 미치는 영향은 Table 1의 資料에 대해 針路를 0°~315°까지 45°간격으로 변화시키고, 速力을 10kts와 20kts에서 각각 ±1, ±2kts의 誤差가 포함되었을 경우를 가정하여 衛星別로 計算機Simulation을 행하여 分析·檢討하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 針路와 衛星別 測位精度

현재 NNSS에서 이용되고 있는 5개의 人工衛星의 軌道要素는 그仰角과 通過方向에 따라 다르다. Table 2는 衛星別 針路變化에 따른 測位精度를 비교하기 위하여, 衛星이 남쪽에서 북상하

면서 선박의 동쪽으로 통과하고 最大仰角이 0°에서 90°에 이르기까지 仰角마다 軌道要素를 선정하기가 너무방대하므로 그중 20°일때의 것을 임의로 선정하였을 때의 軌道要素이다. Fig.1은 針路別, 衛星別 眞位置로 부터의 偏位距離와 相對方位를 나타낸 것으로서 Table 2의 軌道要素를 가진 衛星에 대하여 速力誤差를 1kt로하고, 針路를 0°~35°까지 45°간격으로 변화시켰을 때의 (1)

CMB	238°	315°	221°	253°	238°	315°	221°	253°	Course	Distance
CMD	0.30Z	0.269	0.149	0.205	0.30Z	0.269	0.149	0.205		
Satellite name	110								234°	0.234
	130								231°	0.245
	200								233°	0.238
	480								228°	0.218
	500								234°	0.221
Ship's course	000	045	090	135	180	225	270	315	SMB	SMD

Fig. 1 Variation of the bearing and the distance from the true position at ship's speed error 1kt in various courses according to each satellite.

CMB: Mean relative bearing by course  
 CMD: Mean distance from the true position by course  
 SMB: Mean relative bearing by satellite  
 SMD: Mean distance from the true position by satellite.

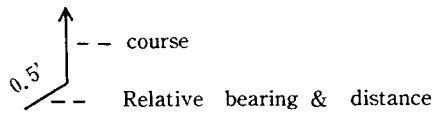


Table 2. Orbital elements according to satellites

Satellite name	long radius (Km)	eccentricity	inclination-angle (deg)	period (min)
110	7561.64	0.001191	89.8209	108.9081
130	7558.02	0.003770	89.9959	108.4378
200	7556.02	0.004370	89.9357	108.9444
480	7551.01	0.001091	89.9997	108.9427
500	7556.04	0.003945	90.0648	108.9434

Table 3. Variation of distance from the true position in various courses and speed errors.

Ship's speed	10kts				20kts			
	Distance							
Speed error	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°
-2kts	0.602	0.411	0.244	0.508	0.602	0.411	0.244	0.508
-1	0.301	0.205	0.122	0.254	0.301	0.205	0.122	0.254
1	0.301	0.205	0.122	0.254	0.301	0.205	0.122	0.254
2	0.601	0.411	0.244	0.508	0.602	0.411	0.244	0.508

~(4)式에 의한 計算機시뮬레이션한 결과이다.

Fig.1에서 衛星別 相對方位는 평균 232°로서 -4°~+2°의 차이가 있고 偏位距離는 평균 0.231마일로서 -0.013~+0.014마일의 차이가 있으나 대체적으로 큰 변화가 없다고 볼 수 있었다. 이와같은 원인은 攪亂補正體系에 의해 衛星이 서로 거의 같은 운동을 하고 있기 때문이라 생각된다.

또한, 針路別 相對方位와 偏位距離는 거의 일치하였으나 東西쪽 針路보다 南北쪽 針路가 偏位距離가 큰 현상을 나타내었다. 따라서 衛星의 仰角과 通過方向이 일정한 경우 測位精度는 東西成分의 速力誤差보다 南北成分의 速力誤差가 더 큰 영향을 미칠 것임을 알 수 있었다.

## 2. 速力誤差別 測位精度

Table 3는 速力誤差가 測位精度에 미치는 영향을 분석하기 위해 衛星이 북쪽에서 남하하면서 船舶의 서쪽방향을 最大仰角30°로 통과할 때 速力이 10kts, 20kts인 船舶이 각각 ±1kts, ±2kts의 速力誤差가 있고, 針路 0°, 45°, 90°, 135°로 10분간 항해한 경우 (1)~(4)式에 의한 計算機 Simulation한 결과이다.

Table 3에서 船速이 10kts일 때와 20kts일 때의 測位誤差는 일치하였으나 速力誤差가 1kts일 때보다 2kts인 경우 2배로 큰 경향을 나타내었다.

따라서, 速力誤差에 의한 測位誤差는 船速의 대소에는 관계없이 船速誤差의 絕對置에 비례하

고 船舶의 針路에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

### 3. 衛星의 通過方向과 測位誤差

Fig. 2는 衛星通過方向에 따른 測位精度를 분석하기 위해 1kt의 速度誤차를 가진 船舶이 8主要點 方向으로 각각 10분간 항해하고 仰角이 40°인 경우 (1)-(4)식에 의한 計算機Simulation 결과이다.

Fig. 2는 衛星의 通過方向에 따른 各 針路別 測位誤差橢圓을 나타낸 것이며, 여기서 위성이 북

쪽에서 남하하면서 船舶의 동쪽을 통과할 때는 S-E(東側南下), 서쪽을 통과할 때는 S-W(西側南下)라 하고, 남쪽에서 북상하면서 동쪽을 통과할 때는 N-E(東側北相), 서쪽을 통과할 때는 N-W(西側北上)로 표시하였다.

Fig. 2에서 衛星의 通過方向이 N-E와 S-W인 경우와 N-W와 S-E인 경우 각각 거의 같은 양상의 測位誤차를 나타내었으며, 이들은 남북의 偏位方位를 중심으로 서로 대칭을 이루었다.

따라서 速度誤차가 일정하다라도 衛星이 船舶

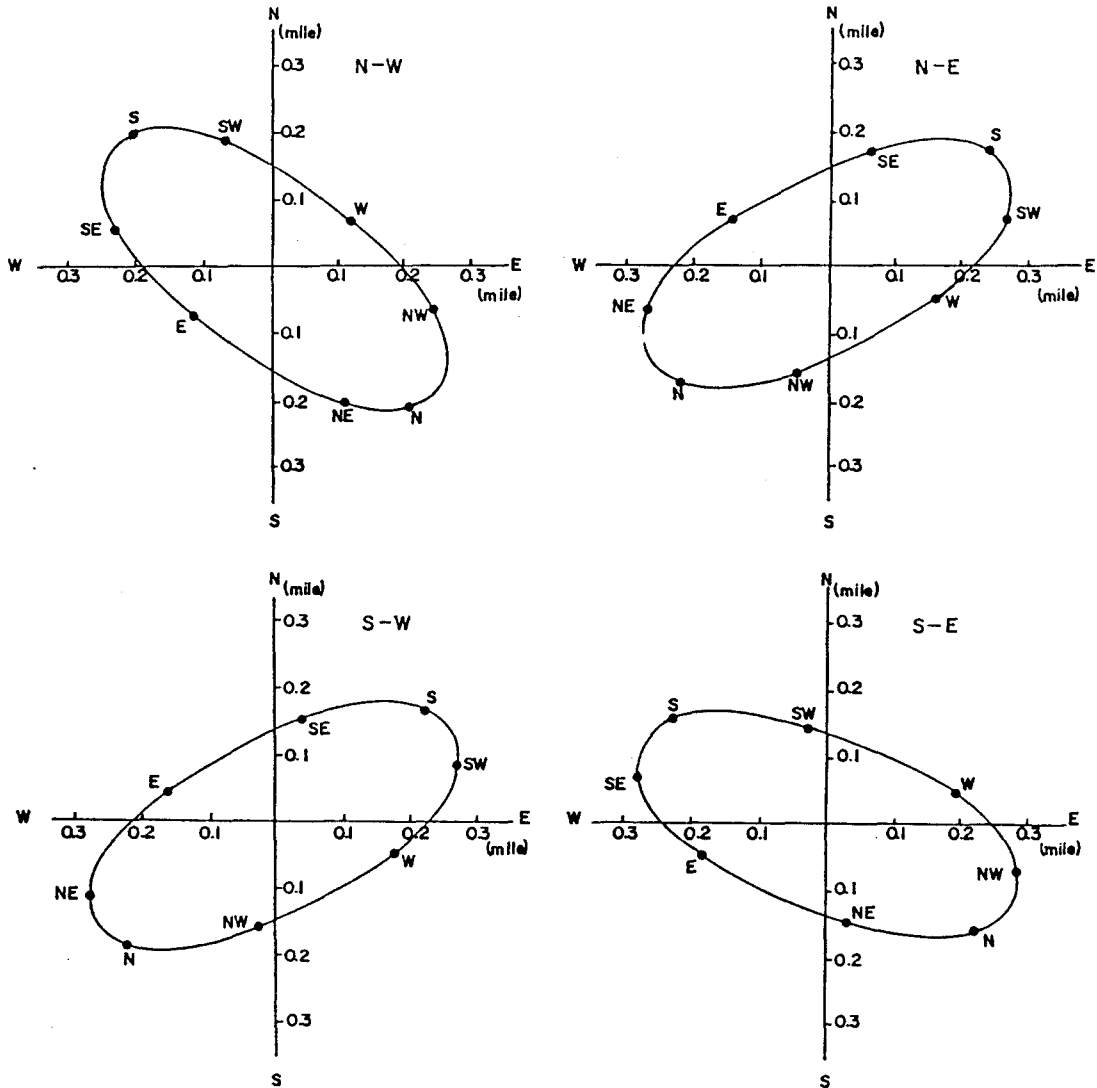


Fig. 2 Variation of bearing and distance from the true position according to passing direction of satellite.

을 중심으로 동쪽, 서쪽 어느쪽을 통과하느냐, 상승, 하강하느냐에 따라 測位誤差는 달라지며, 東側北上과 西側南下인 경우와 西側北上과 東側南下인 경우는 서로 비슷한 測位誤差를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 仰角別 測位誤差

Fig. 3은 1伊의 速力誤差가 있는 선박이 南北方向과 東西方向으로 10분간 항해하였을 경우 眞位置로 부터 偏位된 方位와 距離를 衛星通過方向에 따라 仰角別로 나타낸 것이다.

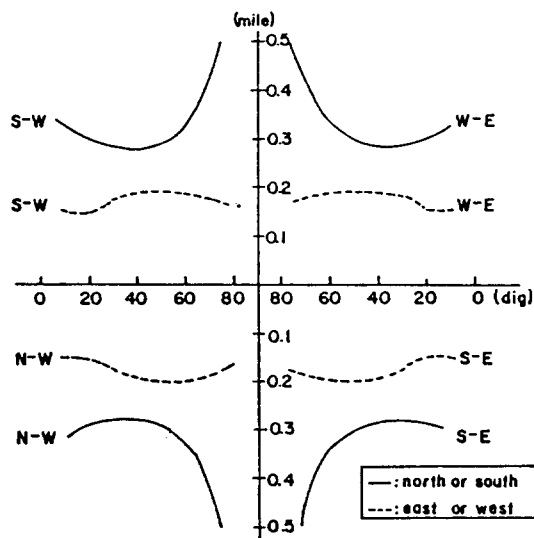


Fig. 3 Variation of bearing and distance according to elevation angle and passing direction of satellite at Elev 40°.

Fig. 3에서 선박의 침로가 南北方向일때 仰角이 10°~60°범위에서 偏位距離의 平均置는 0.298마일이었으나 70°일때는 0.444마일, 80°일때는 0.592마일로 가장크고 작은 偏位距離의 차는 0.294마일 이었고 仰角이 높을수록 偏位距離도 컸다.

또 침로가 東西方向일 경우 仰角 10°~80°범위에서 가장 크고작은 偏位距離의 차는 0.045마일 로써 仰角에 따라 偏位距離의 변화가 거의 없었다. 이와같이 침로가 南北方向일때가 東西方向일 때 보다도 偏位距離가 큰것은 衛星航法 특성상 그러하며 仰角이 높을때 더욱 커지는것은 位置線이 基線의 延長線上에 가까워져 그 交角이 작아 지기 때문이라 생각되며 선박의 침로가 南北方向일때가 東西方向일때 보다도 誤差가 크며 仰角이 높을수록 誤差도 더욱 커짐을 알 수 있었다.

## 要 約

船舶이 航行中 針路와 速力の 變化가 NNSS 測位精度에 미치는 영향을 분석하기 위해 衛星別, 衛星通過方向別, 仰角別로 計算機simulation 한 결과는 다음과 같다.

1. 衛星의 仰角과 通過方向이 일정할 경우 衛星의 種類에 따른 測位精度는 그 차이가 거의 없었다.
2. 速力誤差에 의한 測位精度는 船速의 大小에 는 관계없이 船速誤差의 絶對值에 比例하고 船舶의 針路에 따라 달라진다.
3. 速力誤差가 일정할 경우 衛星의 通過方向에 따라 測位精度가 달라지며 東側北上과 西側南下인 경우와 西側北上과 東側南下인 경우는 서로 비슷한 測位精度를 나타내었다.
4. 船舶의 針路가 南北方向일 때가 東西方向일 때 보다도 誤差가 크며 仰角이 높을수록 오차도 더욱 컸다.

## 參考文獻

- 1) 樺美辛雄·揚贊(1977) : NNSS의 定點における 測位精度-I. 日本航海學會論文集 58, 41-50.
- 2) 和氣博嗣(1979) : NNSS의 定點における 測位精度-II. 同誌 61, 11-27.
- 3) 정세모(1979) : 船速誤差가 NNSS船位에 미치는 영향에 관한 연구. 한국해양대학교논문집 14, 37-43.
- 4) 金旻奭·辛亨錡(1987) : 부산지역에서의 NNSS 位置의 精度. 한국어업기술학회지 23-1, 18-24.
- 5) 木村小一(1979) : 衛星航法. 海文堂, 1-109.
- 6) 虎尾正久(1977) : 宇宙航航의 數學. 森北出版社, 27-36.
- 7) 樺美辛雄(1977) : 回轉楕圓體上の位置表示について. 日本航海學會誌 54, 1-3.
- 8) 木村小一(1978) : 船舶電子航海ノト(24). 船舶의 科學 31, 98-104.
- 9) 木村小一(1978) : 船舶電子航海ノト(25). 船舶의 科學 31, 96-103.
- 10) 樺美辛雄·和氣博嗣·揚贊(1985) : NNSS定點における 測位精度-IV. 日本航海學會論文集 72, 49-72.