

DGPS에 의한 선미트롤船 海林 3號의 旋回圈測定

崔在垠 · 金鎮乾 · 金基允

釜山水産大學校

(1994년 11월 4일 접수)

Measurement for the tuning circle of the Stern Trawler HAELIM - 3 by the Differential GPS

Jae - Eun CHOI, Jin - Kun KIM and Ki - Yun KIM

National Fisheries University of Pusan

(Received November 4, 1994)

The methods by turning circle test and maneuvering indices have been used to study and evaluate the maneuverability of a ship. However recently many studies utilizing the GPS are made on the measurement of the turning circle and in the fishery and hydrographic survey.

In this paper, the author carried out the turning circle test using the differential GPS and dumb card together, and compared the data measured by them and analyzed the accuracies of them to obtain the utility basic ones on the measurement of the turning circle by the DGPS.

The main results are as follows :

1) To check the accuracies of the GPS, the circling experiments of 50m radius by the DGPS were made on the ground.

The accuracies of turning circle measured by the DGPS were found to be very high as the errors of 1.5m.

2) The turning circle by the DGPS could be measured very accurately, by the speed, rudder angle, starboard and port respectively.

3) The turning circle measured by the dumb card was found to be measured accurately as much as the DGPS, when using large rudder angle, the turning circle was small. However, when using small rudder angle the turning circle was large, the turning circle by the dumb card could not be measured accurately on account of large error of bearing of compass.

4) The tactical diameters by the DGPS in case of the rudder angle $35^{\circ} \sim 5^{\circ}$, were

DGPS에 의한 선미트를 海林 3號의 旋回圈測定

found to be 2.6~15.0 times the Lpp of S.T HAELIM-3 at her slow speed, 2.8~16.6 times her Lpp at her half speed, 3.1~17.4 times her Lpp at her full speed.

The tactical diameter by the dumb card was found to be 2.4~9.5 times, 2.6~9.6 times, 3.2~12.2 times her Lpp respectively, in the above case and speed.

緒 論

船舶의 操縱性能을 精確하게 파악하는데는 旋回圈 試驗法과 操縱性 指數에 의한 方法을 利用하고 있으며, 旋回圈 試驗法으로는 浮標方位盤法, Boat mast 仰角法, 交叉方位法, Boat 遠方物標方位法 등이 利用되어 왔다.

그러나 최근에는 測位精度가 매우 높은 GPS가 실용화 됨에 따라 어로와 수로업무 및 선회권 측정등에 GPS를 利用하는 연구가 활발히 進行되고 있다^{1~6)}.

本 論文에서는 건조후 수차의 개조 및 수리 등으로 건조 당시와는 操縱性能에 많은 차이가 예상되는 群山大學校 實習船 海林 3號의 操縱性能을 研究하기 위하여 GPS보다 그 測位精度를 좀 더 높은 DGPS를 利用하여 旋回圈 測定을 行하고, 이를 在來式 測定方法인 浮標方位盤法과 比較檢討하였다.

裝置 및 方法

1. 測定裝置

旋回圈의 크기를 測定하기 위하여 本 實驗에 사용한 DGPS 시스템의 Block diagram은 Fig. 1과 같다.

旋回圈의 測定試驗時에는 Fig. 1에서 나타낸 것과 같이, 衛星受信裝置는 基準局과 移動局으로 構成하고 基準局은 衛星情報를 5초 간격으로 수신하는 GPS수신부와 5개 衛星情報를 계속하여 시간을 저장할 수 있는 Datalogger로 構成하고, 移動局은 衛星情報를 1초간격으로 수신하는 DGPS 수신부와 그 정보를 12시간 저장하는 MC-V로 構成하였다. 資料處理裝置는 기준국과

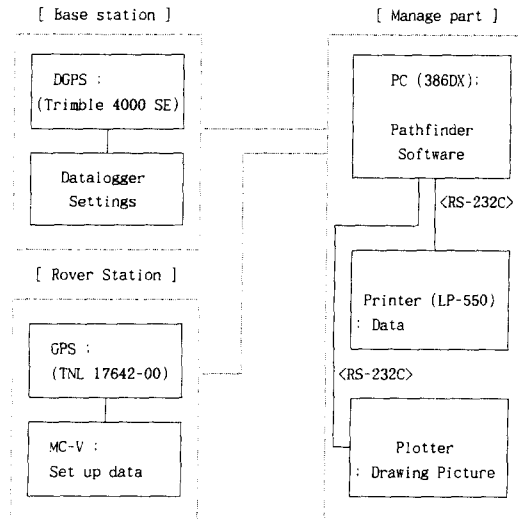


Fig. 1. Block diagram of DGPS system.

이동국의 위성자료를 처리할 수 있는 Pathfinder Software가 내장된 PC(386 DX)와 衛성의 수치자료를 얻을 수 있는 Printer(LP-550) 및 旋回圈圖를 그릴 수 있는 Plotter로 構成하였다. 計測計器의 諸元은 Table 1과 같다.

2. DGPS의 精度測定

DGPS의 依한 旋回圈 測定精度를 파악하기 위하여 1993년 7월 15일 群山大學校 水産大學 運動場에서 陸上旋回試驗을 실시하였다.

이때 基準局의 GPS는 同校 漁業學科 건물 5층 옥상(Lat. 35° 58' 45" N, Long. 126° 41' 12.5" E)에 설치하고, 移動局의 DGPS는 승용차에 설치하여 기준국으로 부터 約 100m 떨어진 운동장에서 直徑 50m인 원주상을 2회씩 4차례 선회하면서 위성정보를 기준국에서는 5초, 이동국에서는 1초 간격으로 수신, 저장하게 하였다.

기준국 GPS에 수신 저장되었던 자료를 보정한

Table 1. Specification of the experimental devices

Species	Item	Specification
DGPS	Model	Trimble 4000SE Land Surveyor
	Accuracy	Horizontal: 1cm + ppm times baseling length Vertical: 2cm + 2ppm times baseline length Azimuth: 1 arc second + 5/baseline length in kilometers Assumes 5 Sat.s (Min) tracked
	Datalogging	9 hours of 5-sat. L1 data, at a 15-second measurements (typical)
	Tracking	9 channels of L1 C/A code and carrier
	Display	Backlighted LCD, four lines of 40 large.
GPS	Model	TNL 17642-00
	Accuracy	1cm + ppm baseline length
	Tracking	6 channels of L1 C/A code and carrier
	Display	Backlighted LCD, four lines of 40 large.
MC-V	CPU speed	10 MHz Version
	RAM	1 MB
	Static RAM	1 Drive 256 K
	Memory	45000 positions: Over 11 hours (1 position per second)
	Power input	12BDC, Nicad battery or DC adapter
Computer	Model	80386 DX
	Cpu speed	16 MHz
	Basememory	640 KB
	Videodip	1024 × 768 LCD
Printer	Model	LQ-550
Plotter	Model	HP7550A

결과, 운동장에 그려 놓고 선화한 圓의 直徑 50m 와 비슷한 51.0 m, 47.5m 인 원이 되었으며, 4 차례 실시한 試驗結果를 모두 평균하면 測位誤差는 ±1.5m 이내 었다.

3. 測定方法

旋回圈試驗은 群山大學校 實習船 "海林 3號"를 이용하여 93년 7월 19일과 7월 20일의 양일간에 걸쳐 莞島港 近海(A, B지점)에서 각각 실시하였으며, 실습선의 主要目은 Table 2, 실시한 장소는 Fig. 2와 같다.

旋回圈 試驗중의 海上의 狀態는 Table 3과 같다.

風向, 風速은 실습선에 부착된 風向風速計로 선회시험 실시 직전에 측정하였으며, 流向, 流速은 보트를 이용하여 본선의 영향을 받지않는 거리에

서 CM-2형 流向流速計(TOHONENTAN Co. Ltd. in Japan)를 수심 2m 까지 넣어 10초간의 순간 유향, 유속을 측정하였다. 그리고 시험시기는 실험 값의 정도를 높이기 위하여 조류의 이동이 적은 최만조시 전후 1시간 과 최저조 전후 1시간 사이에 실시 하였다.

旋回圈 試驗을 실시할 때 實習船의 速力은 추진기의 피치가 19°로 고정되어 있으므로 RPM을

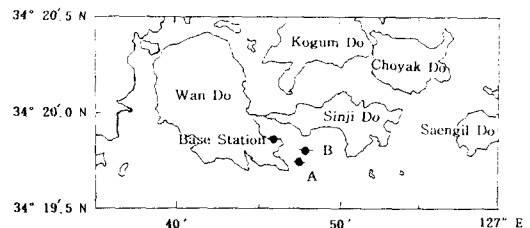


Fig. 2. The test conducted area.

Table 2. Principal dimensions of experimental Ship

Items	Dimensions
Name of Ship	HAELIM-3
Kind of Ship	Stern Trawler
LOA	31.11 m
Lpp	30.10 m
B.Md	7.00 m
D.MD	2.00 m
Draft	F : 1.70 m A : 3.40 m
Rudder area	1.20×1.78 m ²
Gross tonnage	159.17 ton
Main engine	800ps/860 RPM
Max Speed	12.60 kt

Table 3. Trial condition of the Sea

Sea Condition	A	B
Depth(m)	10.60	9.80
Wind		
Force(m/sec)	2~3	3~4
Direction	70°~80°	110°~130°
Current		
Speed(m/sec)	0.05~0.2	0.1~0.2
Direction	110°~120°	90°~95°
Weather	Fair	Fair

조종하여 미속(RPM : 540, S'pd : 6.28 knt), 반속(RPM : 650, S'pd : 7.86 knt), 전속(RPM : 840, S'pd : 9.40 knt)로 하였고, 타각은 5° 15° 25° 35°로 하여 각각 右旋回, 左旋回를 실시하였으며, 試驗開始는 본 선의 선수침로 000° 보고 실시하였다.

1) DGPS에 의한 法

基準局의 GPS수신기는 莞島港內 안벽 남단에 설치하고, 移動局의 DGPS수신기는 해림 3호의 선교 안에 두고, 그 안테나를 콤팩스 감판상에 설치하였다. 선회권 측정시험 중에는 기준국과 인접한 안벽에 계류 중인 해림 1호와 무선으로 연락하여 기준국의 수신기를 동시에 작동케 하였다. 시험종료에 PC를 이용하여 먼저 이동국으로 부터 보정되지 않은 旋回軌跡圖를 얻고, 그것을 기준국의 정보로 보정하여 Plotter로 보정된 旋回軌跡圖를 Fig. 3의 (a) 와 같이 그려서 旋回縱距(DA), 旋回經(DT) 旋回圈 軌跡의 길이(CF) 등을 구하였다.

2) 浮標方位盤法

浮標는 지름 400mm, 두께 300mm의 스티로폼 부자 밑에 11 kg중의 추를 달고, 막대를 세워

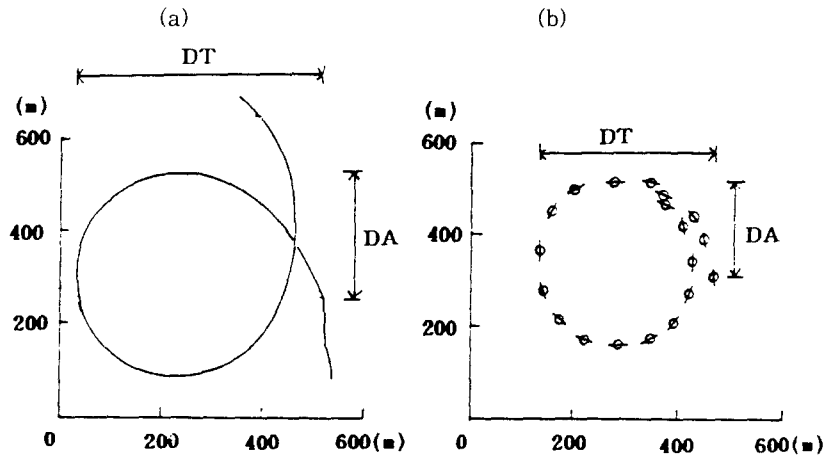


Fig. 3. Turning circle by the DGPS(a) and the dumb card(b).

DA : advance
DT : tactical diameter

수면상 1.5m 높이에 붉은 천을 달아 잘 보일 수 있게 하였다. 그리고 자체 제작한 方位盤은 선수 미선상 25m 간격으로 선수, 선미 갑판 1.2m의 높이에 고정시키고, 선회가 시작되는 신호와 선회 중의 선수 방위가 16방위에 이를 때마다의 신호를 선내 마이크 폰으로 발령하여 선수, 선미의 방위 각 및 전속, 기울기, 경과시간(분초) 등을 동시에 기록하는 방법으로 실시하였다. 이 시험은 DGPS의 시험과 병행하여 실시했다. 旋回測定結果의 선수방향, 선수와 선미에서 측정한 浮標方位盤角, 두 방위반의 간격(25m)으로 그래프상에 프룻팅하여 旋回圈의 軌跡을 Fig. 3의 (b) 와 같이 그리고, 그것에서 DA, DT, CF 등을 구하였다.

結果 및 考察

1. 速力別 舵角과 旋回經

Fig. 4는 海林 3號의 속력이 미속, 반속, 전속 일때 각각의 타각을 좌우 5°, 15°, 25°, 35° 로 선회시켜 측정한 선회경을 나타내었다

1) DGPS에 의한 旋回經

(1) 速力別 旋回經의 크기

타각 5° 에서 선회경의 크기는 미속일때 약 400~500m, 반속일때 450~540m, 전속일때 475~560m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 10%, 전속일때 약 15%씩 커지고, 타각 15° 에서는 미속일때 160~215m, 반속일때 180~225m, 전속일때 190~240m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 8%, 전속일때 약 15%씩, 타각 25° 에서는 미속일때 100~130m, 반속일때 110~140m, 전속일때 120~150m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 9%, 전속일때 약 17%씩, 타각 35° 에서는 미속일때 약 65~90m, 반속일때 75~95m, 전속일때 80~105m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 10%, 전속일때 약 19%씩 커지는 경향이였다.

이상의 결과로서 속력별 선회경은 타각에 따라 그 크기의 차이는 있으나 같은 타각이면 미속일때의 선회경보다 반속일때의 선회경이 8~10%, 전속일때 선회경이 15~19%씩 더 커지는 것을 알

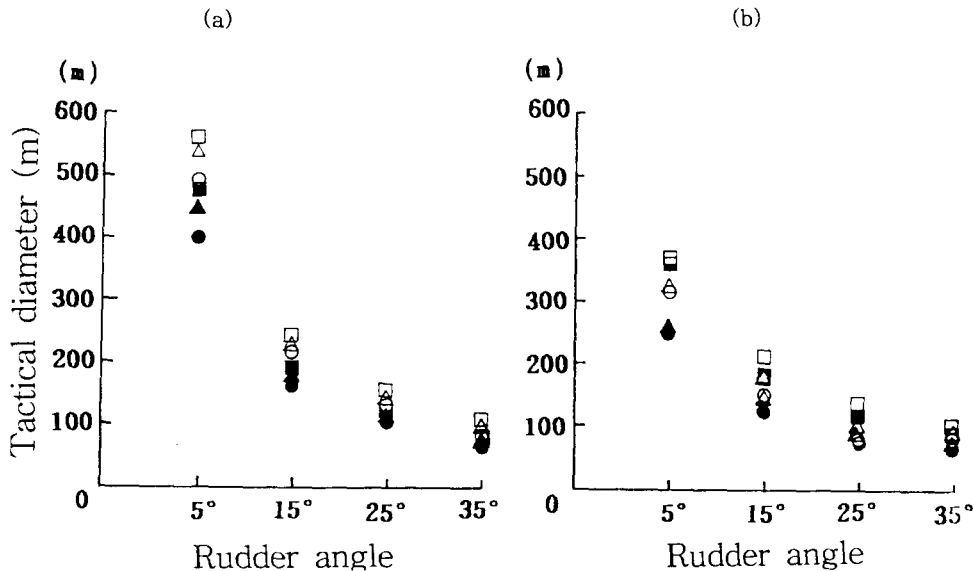


Fig. 4. Turning circle by the DGPS(a) and dumb card(b) in accordance with rudder angle.

- : Slow speed, right turnign
- ▲ : Half speed, right turning
- : Full speed, right turning
- : Slow speed, left turning
- △ : Half speed, left turning
- : Full speed, left turning

수 있었다.

(2) 舵角別 旋回經의 크기

미속에서 선회경의 크기는 타각 5° 일때 약 400~500m, 타각 15° 일때 약 160~215m, 25° 일때 약 100~130m, 35° 일때 약 65~90m로 측정되었다. 이것에서 타각별 선회경의 크기는 타각 5° 일때에 비해서 타각 15° 일때 약 42%, 타각 25° 일때 약 26%, 타각 35° 일때 약 17%씩으로 작아지는 경향을 나타났었다.

반속에서는 타각 5° 일때 약 450~540m, 타각 15° 일때 약 180~225m, 타각 25° 일때 약 110~140m, 타각 35° 일때 약 75~95m로 측정되었다. 이것에서 타각별 선회경의 크기는 타각 5° 일때에 비해서 타각 15° 일때 약 41%, 타각 25° 일때 약 25%, 타각 35° 일때 약 17%씩으로 작아지는 경향을 나타났었다.

전속에서는 타각 5° 일때 약 475~560m, 타각 15° 일때 약 190~240m, 타각 25° 일때 120~150m, 타각 35° 일때 약 80~105m로 측정되었다. 이것에서 타각별 선회경의 크기는 타각 5° 일때에 비해서 타각 15° 일때 약 42%, 타각 25° 일때 약 26%, 타각 35° 일때 약 18%씩으로 작아지는 경향이었다.

이상의 결과로서 타각별 선회경은 속력에 따라 그 크기의 차이는 있으나 타각 5° 일때의 선회경보다 15°, 타각 25°, 35° 일때의 선회경이 각각 41~42%, 25~26%, 17~18%씩으로 작아지는 것을 알 수 있었다.

(3) 左, 右 旋回別 旋回經의 크기

미속에서 타각 5° 일때 우선회경 401m, 좌선회경 495m로 측정되었고, 타각 15° 일때 우선회경 163m, 좌선회경 215m로, 타각 25° 일때 우선회경 103m, 좌선회경 130m로, 타각 35° 일때 우선회경 65m, 좌선회경 87m로 측정되었다. 이것에서 좌선회경이 우선회경에 비하여 타각별로 각각 약 23%, 32%, 26%, 34%씩 더 큰 경향을 나타났었다.

반속에서는 타각 5° 일때 우선회경 450m, 좌선회경 537m로, 타각 15° 일때 우선회경 178m,

좌선회경 225m, 타각 25° 일때 우선회경 112m, 좌선회경 142m로, 타각 35° 일때 우선회경 74m, 좌선회경 95m로 측정되었다. 이것에서 좌선회경이 우선회경에 비하여 타각별로 각각 약 19%, 26%, 27%, 28%씩 더 크게 나타났었다.

전속에서는 타각 5° 일때 우선회경 477m, 좌선회경 561m로, 타각 15° 일때 우선회경 192m, 좌선회경 242m로, 타각 25° 일때 우선회경 122m, 좌선회경 153m로, 타각 35° 일때 우선회경 82m, 좌선회경 104m로 측정되었다. 이것에서 좌선회경이 우선회경에 비하여 타각별로 각각 약 18%, 26%, 25%, 27%씩 더 크게 나타났었다.

이상의 (1), (2), (3)의 결과에서 선회경의 크기는 속력이 빠르면 더 커지고, 타각이 크면 더 작아지며, 좌선회시가 우선회시보다 더 커진 경향을 알 수 있다. 그리고 위와 같이 좌선회시의 선회경이 우선회시의 선회경 보다 큰 것은 좌선회시보다 우선회시의 선회성능이 우수한 것을 나타낸 것으로서, 이러한 이유는 우선회 추진기선에서는 우선회의 선회성능이 우수한 것으로 보고^{9)~11)}한 것과 일치한다.

2) 浮標方位盤法에 의한 旋回經

(1) 速力別 旋回經의 크기

타각 5° 에서 선회경의 크기는 미속일때 약 250~315m, 반속일때 255~320, 전속일때 360~370m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 2%, 전속일때 약 29%씩 커지고, 타각 15° 에서는 미속일때 125~150m, 반속일때 145~180m, 전속일때 180~210m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 18%, 전속일때 약 42%씩 커지고, 타각 25° 에서는 미속일때 75~80m, 반속일때 85~100m, 전속일때 115~135m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 19%, 전속일때 약 61%씩, 타각 35° 에서는 미속일때 약 65~80m, 반속일때 70~85m, 전속일때 88~100m로서 미속일때에 비해서 반속일때 약 7%, 전속일때 약 30%씩 더 커지는 경향이었다.

이상의 결과로서 속력별 선회경은 타각에 따라 그 크기의 차이는 있으나, 같은 타각이면 미속일 때의 선회경보다 반속일때의 선회경이 2~19% 전속일때의 선회경이 29~61%씩 더 커지는 것을 알 수 있었다.

(2) 舵角別 旋回經의 크기

미속에서 선회경의 크기는 타각 5° 일때 약 250~315m, 타각 15° 일때 약 125~150m, 25° 일때 75~80m, 35° 일때 65~80m로 측정되었다. 이것에서 타각별 선회경의 크기는 타각 5° 일때에 비해서 타각 15° 일때 약 49%, 타각 25° 일때 약 27%, 타각 35° 일때 약 26%씩으로 작아지는 경향을 나타내었다.

반속에서는 타각 5° 일때 약 255~300m, 타각 15° 일때 약 145~180m, 타각 25° 일때 약 85~100m, 타각 35° 일때 약 70~85m로 측정되었다. 이것에서 타각별 선회경의 크기는 타각 5° 일때에 비해서 타각 15° 일때 약 57%, 타각 25° 일때 약 32%, 타각 35° 일때 약 27%씩으로 작아지는 경향을 나타내었다.

전속에서는 타각 5° 일때 약 360~370m, 타각 15° 일때 약 180~210m, 타각 25° 일때 115~135m, 타각 35° 일때 약 88~100m로 측정되었다. 이것에서 타각별 선회경의 크기는 타각 5° 일때에 비해서 타각 15° 일때 약 53%, 타각 25° 일때 약 34%, 타각 35° 일때 약 26%씩으로 작아지는 경향이였다.

이상의 결과로서 타각별 선회경은 속력에 따라 그 크기의 차이는 있으나, 타각 5° 일때의 선회경보다 15°, 25°, 35° 일때의 선회경이 각각 49~57%, 27~34%, 26~27% 씩으로 작아지는 것을 알 수 있다.

(3) 左, 右 旋回別 旋回經의 크기

미속에서 타각 5° 일때 우선회경 250m, 좌선회경 315m로 측정되었고, 타각 15° 일때 우선회경 125m, 좌선회경 150m로, 타각 25° 일때 우선회경 75m, 좌선회경 80m로, 타각 35° 일때 우선회경 65m, 좌선회경 80m로 측정되었다. 이것에서 좌선회경이 우선회경에 비하여 타각별로 각

각 약 26%, 20%, 7%, 23%씩 더 큰 경향을 나타났었다.

반속에서는 타각 5° 일때 우선회경 255m, 좌선회경 320m로, 타각 15° 일때 우선회경 145m, 좌선회경 180m, 타각 25° 일때 우선회경 85m, 좌선회경 100m로, 타각 35° 일때 우선회경 70m, 좌선회경 85m로 측정되었다. 이것에서 좌선회경이 우선회경에 비하여 타각별로 각각 약 25%, 24%, 18%, 21%씩 더 크게 나타났었다.

전속에서는 타각 5° 일때 우선회경 360m, 좌선회경 370m로, 타각 15° 일때 우선회경 180m, 좌선회경 210m로, 타각 25° 일때 우선회경 115m, 좌선회경 135m로, 타각 35° 일때 우선회경 88m, 좌선회경 100m로 측정되었다. 이것에서 좌선회경이 우선회경에 비하여 타각별로 각각 약 3%, 17%, 17%, 14%씩 더 크게 나타났었다.

이상의 결과에서 좌, 우선회별 선회경은 속력과 타각에 따라 그 크기의 차이는 있으나, 좌선회시의 선회경이 우선회시의 선회경보다 3~26%가 더 큰 것을 알 수 있다.

2. DGPS에 의한 旋回經과 浮標方位盤에 의한 旋回經의 比較

Fig. 5는 DGPS에 의한 선회경과 부표방위반법에 의한 선회경 船의 垂線間長에 대하여 몇 배 인지를 타각별로 나타낸 것이다.

Fig. 5에서 DGPS에 의한 선회경(DT)은 미속에서 타각 5°, 15°, 25°, 35° 일때 각각 수선간장(Lpp)의 15.0배, 6.3배, 3.9배, 2.6배 이고, 반속에서는 각각 16.6배, 6.8배, 4.3배, 2.8배씩이며, 전속에서 각각 17.4배, 7.3배, 4.6배, 3.1배씩 이었다.

浮標方位盤法에 의한 선회경은 미속에서 타각 5°, 15°, 25°, 35° 일때 각각 수선간장의 9.5배, 4.6배, 2.6배, 2.4배씩 이고, 반속에서는 각각 9.6배, 5.5배, 3.1배, 2.6배씩이며, 전속에서 각각 12.2배, 6.5배, 4.2배, 3.2배씩 이었다.

이상의 결과를 비교하면 타각 5° 일때 부표방위반법에 의한 선회경은 속력과 선회방향에 따라

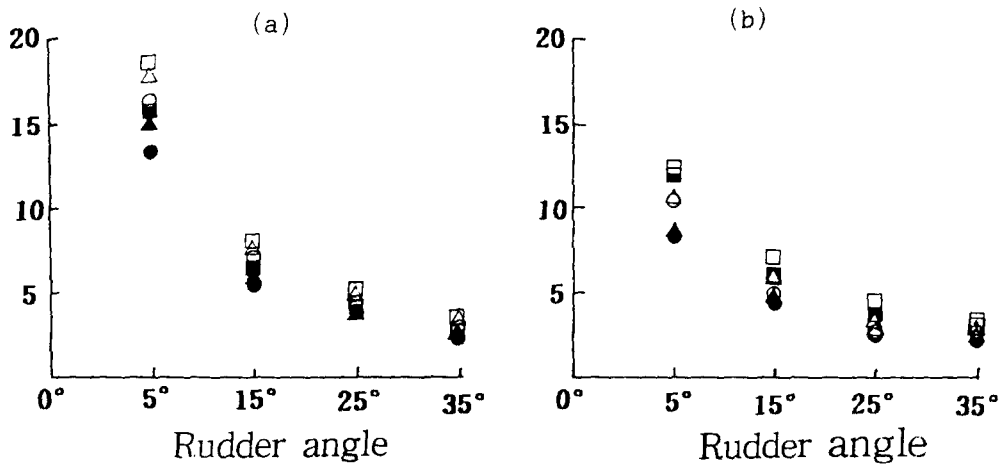


Fig. 5. The relation between Rudder-angle and DT/Lpp by DGPS(a) and dumb card(b).

● : Slow speed, right turning
 ▲ : Half speed, right turning
 ■ : Full speed, right turning

○ : Slow speed, left turning
 △ : Half speed, left turning
 □ : Full speed, left turning

다소의 차이는 있으나, DGPS에 의한 선회경의 약 58~70%에 해당하는 크기로 훨씬 작게 나타났었고, 15°일때 약 73~89%, 25°일때 67~92%, 35°일때 92~103%에 해당하는 크기로 나타났다. 이와같이 타각이 35°일때의 선회경은 큰 차이가 없으나, 타각이 작은 5°, 15°, 25°일때는 두 방법에 의한 선회경의 크기가 비슷하지 않고 큰 차이가 있는 것은 DGPS에서는 위성자료에 의하여 PC에서 비교적 정확한 값으로 얻어 지는데, 부표방위법에 의한 것은 해상에 부표를 띄워 놓고, 선박을 그 부표를 중심으로 선회시키면서, 선수측과 선미측의 방위반에서 사람이 목측으로 부표방위를 측정하여 선회경을 얻게 되므로 특히, 부표와의 거리가 방위반 간격(25m)보다 8~11배로 멀리 떨어지게 된 타각 5°의 경우에는 방위각의 측정오차가 너무 크기 때문이다. 따라서 DGPS에 의한 선회경의 측정은 그 크기에 제한 없이 널리 사용할 수 있으나, 부표방위방법은 선회경이 크면 측정오차가 커지므로 선회경이 작을 때 이외에는 널리 사용될 수 없음을 알 수 있었다.

要 約

群山大學校 實習船 海林 3號의 操縱性能을 파악하기 위하여 GPS보다 그 測位精度가 더 높은 DGPS를 이용하여 旋回圈 測定을 행하고, 이를 在來式 測定方法인 浮標方位盤法과 비교검토했으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. DGPS에 의한 선회권측정의 정도를 파악하기 위하여 육상에서 50m의 선회시험을 행한 결과 측위오차는 1.5m 이내 었다.

2. DGPS에 의한 선회권측정은 속력별, 타각별, 좌우선회별로 각각 그 특성이 잘 나타낼 수 있도록 정확하게 측정 할 수 있었다.

3. 부표방위방법에 의한 선회권측정은 타각을 크게하여 그 선회권이 작을 때는 DGPS의 것과 같이 비교적 정확하게 측정할 수 있으나, 타각을 작게하여 선회권이 클 때는 방위오차가 크기 때문에 정확하게 측정할 수 없었다.

4. DGPS에 의한 海林 3號의 선회경(DT)은 타각 35°~5°일때, 미속에서는 선박의 수선간장(Lpp)상의 2.6~15.0배, 반속에서는 2.8~16.6배, 전속에서는 3.1~17.4배로 나타났었고, 부

표방위반법에 의한 선회경은 각각 2.4~9.5배, 2.6~9.6배, 3.2~12.2배로 나타났다.

參考文獻

- 1) 増島廣明 外 4人(1991) : GPS의 利用에 について - 旋回實驗의 結果報告 -. 日本航海學會, 航海 109 號, 8-16.
- 2) 合田政決 外 2人(1992) : GPS를 用いて의 旋回圈의 測定. 日本航海學會, 航海 114 號, 32-37.
- 3) 合田政決 外 2人(1991) : GPS를 用いて의 表層流의 測定. 日本航海學會, 航海 110號, 21-24.
- 4) 林忠夫(1991) : 漁撈에 於ける GPS利用. 日本航海學會, 航海 111 號, 19-29.
- 5) 奧田成辛 · 岡本庚裕(1991) : 狹水道에 於ける GPS의 受信狀況. 日本航海學會, 航海 109 號, 8-16.
- 6) 福島登志夫(1989) : GPS와 水路業務. 日本航海學會, 航海 102 號, 13-16.
- 7) 尹占東(1983) : 船舶 運用의 理論과 實務(操縱論). 韓國海洋大學, 海事圖書出版部, 釜山, 49-63.
- 8) 朴容燮(1970) : 船舶運用學(操縱論). 韓國海洋大學, 海事圖書出版部, 釜山, 80-87.
- 9) 西阪廣六助(1968) : 運用과 造船. 成山堂, 東京, 226
- 10) 志派久光(1972) : 舵와 旋回, 成山堂, 東京, 28-29.
- 11) 杉原喜義(1966) : 理論運用學(運動編), 海文堂, 東京, 101-102
- 12) 本田 啓之輔(1986) : 操船通論, 成山堂, 東京, 22-24.
- 13) 岩井聰(1977) : 造船論, 海文堂, 東京, 1-50
- 14) Gregory T.Kremer Rudolph M.kalafus · Peter V.W.Loomis, and James C.Reynolds(1989) : The effect of Selective Availability on D-GPS corrections. The Institute of Navigation. Proceedings of IONGPS-90 September, 307-312.
- 15) 李義相 外 3人(1993) : 釜山에서의 Differential GPS의 測位精度. 韓國航海學會, 第 17 卷, 第 3 號, 49-55.