

3軸 磁氣檢出素子を 이용한 아라호의 船內磁界의 측정

安瑛化 · 辛亨鎰* · 白井靖幸**

濟州大學校 · 釜山水產大學校* · 千葉工業大學**

(1995년 8월 31일 접수)

Measurement of the Ship's Magnetic Field in M. S. ARA by Use of Three Axis Magnetic Detect Elements

Young - Wha AHN, Hyeong - Il SHIN and Yasuyuki SHIRAI

*Cheju National University, *National Fisheries University of Pusan,

**Chiba Institute of Technology

(Received August 31, 1995)

Abstract

The authors have been studying about and electro - magnetic compass with a three axis magnetic sensor in order to provide and accurate ship's magnetic heading which the compass deviations can automatically compensated in the compass itself, and the theory how to derive the poisson's coefficients from ship's magnetism measured with three axis magnetic sensor.

This paper describes on the analysis of deviation derived from the measured values that obtained to measure the various magnetic fields at the compass position of the M. S. ARA, training ship of Cheju University with three exis magnetic sensor at Cheju near sea from 25th, Oct, to 13th, Nov. in 1994.

緒 論

최근, 船內磁場의 水平成分과 重直成分의 磁氣를 측정하여 선체 3축방향의 영구자기 및 유도자기 성분의 각 분력에 대한 대개변수를 구하여 船首方位를 산출하고 자동적으로 自差修正도 가능할 수 있는 電子磁氣컴퍼스(electro - magnetic compass)의 개발에 대한 연구가 진행되어 지고 있다.

본 연구에서는 船體 3軸方向의 磁氣를 동시에 측정할 수 있는 3軸 磁氣檢出素子を 이용하여, 1993년 8월에 부산 대동조선소에서 건조한 제주 대학 실습선 아라호를 1994년 10월 25~11월 13일 사이에 지방자기의 영향을 받지 않는 안정된 제

주연안 해상에 定針錨泊시킨 후, 船內磁場을 측정하고 3軸方向에 대한 地磁氣의 각 成分을 제하여 船體磁氣의 磁氣의環境을 파악하였다. 또한, 實船에서 선박이 지리적인 위치의 변동에 의해 磁氣緯度の 변화가 있더라도 항상 정확한 船首方位의 산출과 자동적인 自差修正이 가능한지를 확인하고자 磁氣緯도가 각각 다른 제주, 가고시마, 텐진 부근해역에서 선박을 360° 旋回시켜 측정한 船內磁場의 측정치로부터 포와손계수를 산출하고, 그 계수로부터 각 船首方位에 대한 自差 및 自差係數를 구하였다.

裝置 및 方法

1. 測定裝置 및 試驗船

船內磁場 測定에 사용된 磁氣檢出素子는 MAG-03MC(Bartington) 3軸 固定型 磁氣檢出素子였고, 또한 실험에 사용한 선박과 선형은, 부산 대동조선소에서 건조한 제주대학 실습선으로, 長船橋樓型 2층 갑판선인 아라호(GT 990)를 이용하였으며, 그 제원은 Table 1과 같다.

2. 船體磁氣의 算出理論

3軸 磁氣檢出素子로 측정되는 船內磁場은 3軸 方向에 형성된 船體磁氣와 地球磁場의 합성으로 이루어진 것이기 때문에 측정된 船內磁場으로부터 선체 3軸 方向에 대한 地磁氣의 각 성분을 제한 값이 船體磁氣가 되며, 그 상호관계는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1은 船體磁氣와 地磁氣와의 관계를 나타낸 것으로서 船體座標上 船首方向을 x軸, 右舷方向을 y軸, 甲板面 垂直下方을 z軸이라 했을 때, 船體 3軸 方向에 만들어진 船體磁氣의 분력을 각각 X_1 , Y_1 , Z_1 이라 하면, 이 때 x軸, y軸에 만들어진 船體磁氣의 水平分力(F_H)과 全磁力(F)은 각각 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$F_H = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} \quad (1)$$

$$F = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2} \quad (2)$$

여기서, 地磁氣의 水平分力 H , 垂直分力을 V 라 하면, x , y , z 軸 方向에 대한 선수방향의 분력 X , 우현방향의 분력 Y , 연직방향의 분력 Z 는

$$X = H \cos \theta_m$$

Table 1. Principal particulars of the M. S. ARA

| | |
|-------------------|-------------------|
| Length(L. O. D.) | 68.500m |
| Breadth(M. L. D.) | 12.400m |
| Depth(M. L. D.) | 7.300m |
| Gross tonnage | 990.00ton |
| Main engine | 2600ps × 775r.p.m |
| Speed(MAX.) | 14.390k't |
| Steel cut | 1992. 3. 21 |
| Launched | 1993. 1. 27 |
| Delivered | 1993. 8. 31 |

$$\begin{aligned} Y &= -H \sin \theta_m \\ Z &= V \end{aligned} \quad (3)$$

가 된다. 여기서, θ_m 는 선수자기방위이다. 또한, 선체의 3축방향에 형성된 선체자기와 지자기의 합성 자기인 선내자장의 측정치를 각각 X' , Y' , Z' 라 하면

$$\begin{aligned} X' &= X + X_1 \\ Y' &= Y + Y_1 \\ Z' &= Z + Z_1 \end{aligned} \quad (4)$$

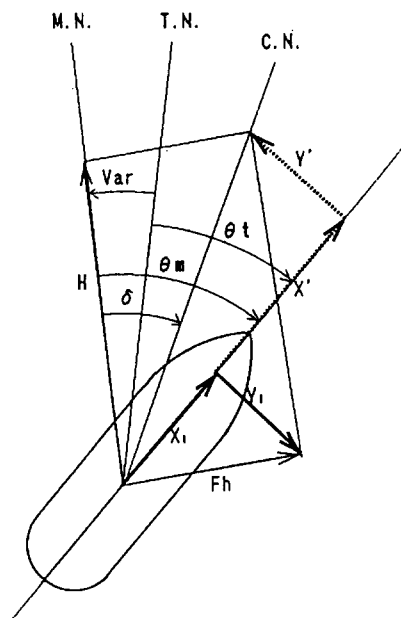


Fig. 1. Geometrical relations among geo-magnetism and ship's magnetism.

- M. N. : Magnetic north
- T. N. : True north
- C. N. : Compass north
- H : Horizontal component of geo-magnetism
- X_1, Y_1 : x, y axis component of ship's magnetic field
- X', Y' : x, y axis component of total magnetic field
- F_h : Horizontal component of ship's magnetic field
- θ_t : True course
- θ_m : Magnetic course
- Var : Variation
- δ : Deviation

가 된다. 따라서, 船體磁氣의 각 분력 X_1, Y_1, Z_1 은 (5)식과 같이 된다.

$$\begin{aligned} X_1 &= X' - H \cos \theta_m \\ Y_1 &= Y' + H \sin \theta_m \\ Z_1 &= Z' - V \end{aligned} \quad (5)$$

3. 測定方法

船內磁場 측정은 제주대학교 실습선 아라호가 1994년 10월 25일~11월 13일 사이에 Fig. 2와 같이 원양실습 항해도중 항만 시설이나 육성 구조물에 의한 지방자기의 영향을 받지 않는 해상에서 실

시하였으며, 각 測定地点의 위치와 地磁氣에 대한 主要要素는 Table 2와 같다.

碇泊中の 船內자장은 제주항 외항(O_C)에서 시험선을 定針, 錨泊하여 ① 상갑판상에서 측정점의 높이를 1.0m, 측정점 사이의 간격을 4m로 하였고, ② 컴퍼스 갑판상에서는 각각 1.0m, 2.0m로 하였으며, ③ 브리지와 항해 실습실 내에서는 높이를 각각 0.5m, 1.0m, 1.5m로 하고 측정점 사이의 간격을 1.0m하여 측정하였다.

또한, 각 測定点에서의 3軸 磁氣檢出素子の 설치방향은, 檢出素子の X軸을 선수미 방향, Y軸을

Table 2. Position and the elements of geo-magnetism by the measured place of ship's magnetic fields

| Position \ place | Cheju(OC) | Kagoshima(OK) | Tianjin(OT) |
|---------------------|--------------|---------------|--------------------|
| Latitude | 33° 32' N | 31° 06' N | 38° 30' N |
| Longitude | 126° 33' E | 130° 34' E | 121° 00' E |
| Variation | 5.7° W' ly | 5.2° W' ly | 5.8° W' ly |
| Dip | 47.5° N | 44.0° N | 56.0° N |
| Horizontal force(H) | 32.5 μT | 33.0 μT | 29.5 μT |
| Vertical force(V) | 35.5 μT | 34.1 μT | 43.7 $\mu T \mu T$ |

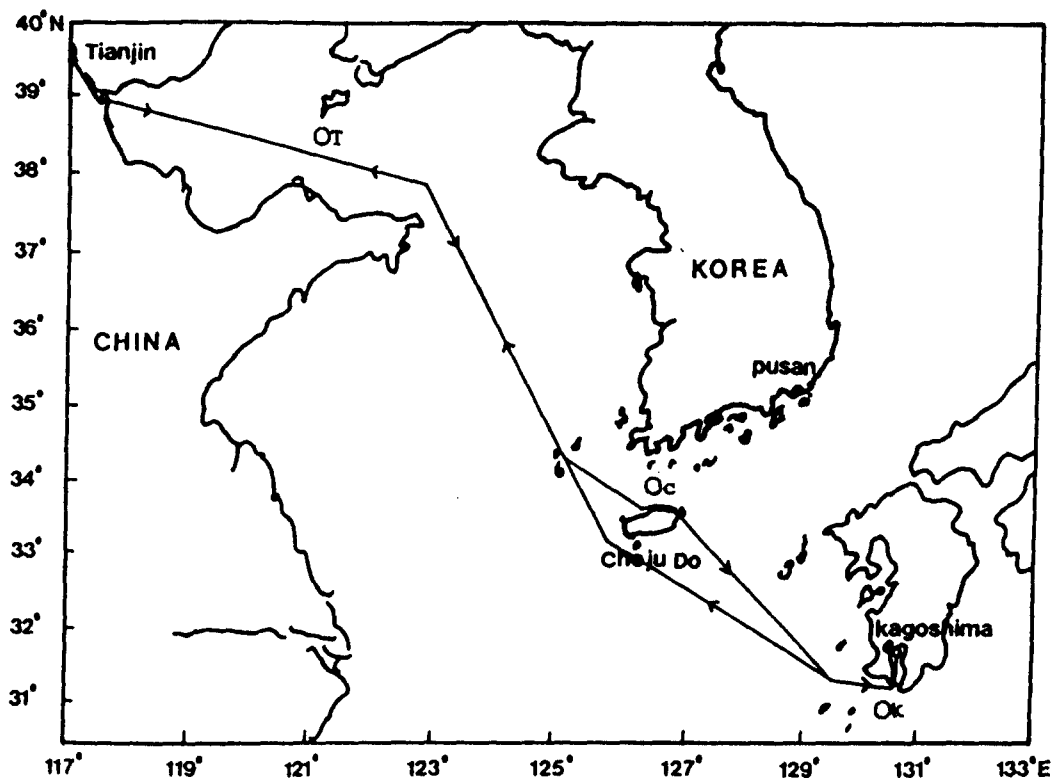


Fig. 2. The experimented ship's route and measuring points.

結果 및 考察

좌우현 방향이 되게 수평으로 유지하고, Z軸은 상하 방향이 되도록 하였으며, 각 測定点에서의 船內磁場으로부터 구한 船體磁氣의 크기와 방향은 船首方向을 기준해서 벡터로 나타내었다.

선체자기의 수평성분의 벡터의 크기와 방향은 실선으로 나타내었으며, 수직성분벡터는 실선의 끝에서 부터 경차가 (+)일 때는 오른쪽에, (-)일 때는 왼쪽에 점선으로 나타내었다.

旋回時 船內磁場의 측정은 시험선을 360° 旋回시키면서 선수가 8주요점에 향했을 때, 각 船首方向에 대한 船內磁場의 변화를 데이터 레코더에 기록하여 분석하였으며, 이때 3軸 磁氣檢出素子는 컴퍼스 갑판에서 자기적인 영향이 가장 적은 선수미선상에 설치하였다.

1. 停泊中の 船內磁場

1) 上甲板上的 船體磁氣의 分析

Fig. 3(a)는 상갑판상에서 선체자기를 형성하는 주된 구조물이 되는 벽면 철판으로부터 0.3m 떨어져 있고, 갑판에서 윗쪽으로 1.0m 떨어진 공간상에 4.0m간격으로 정한 측정점에서 각각 측정된 선내 자장으로 부터 구한 선체자기의 수평성분과 수직성분의 벡터 분포도를 나타낸 것이다.

Fig. 3(a)에서 수평성분 벡터의 최소치는 24.0 μT 였고, 최대치는 64.4 μT 였으며, 수직성분 벡터는 각각 12.0 μT , 45.0 μT 를 나타내어 수직성분보

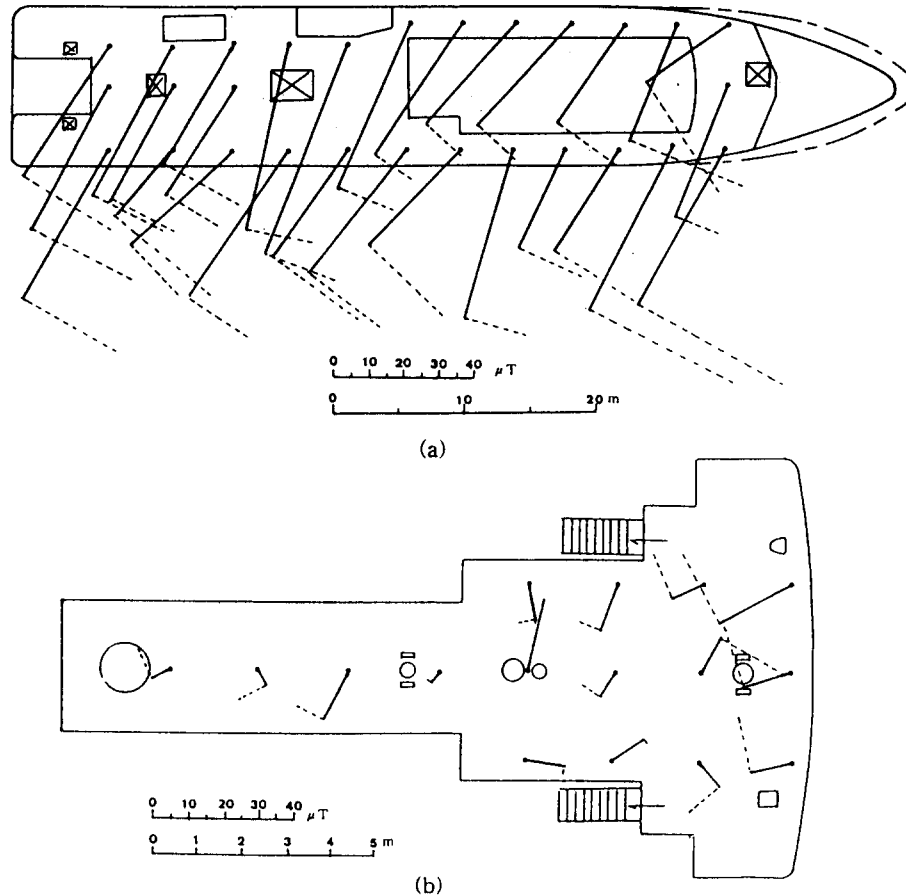


Fig. 3. Schematic distributions of the ship's magnetism on the upper deck(a), and the compass and boat deck(b) respectively.

— : horizontal component

... : vertical component.

다는 수평성분이 다소 크게 나타났다.

또한, 각 측정점에서의 수평분력의 방향은 左舷船首에서 右舷船尾쪽으로 향하고, 船首尾線과는 약 60°의 交角을 이루었으며, 수직성분의 방향은 윗쪽으로 향하였다. 이와같은 원인은 시험선 아라호를 건조한 부산 대동조선소의 선대의 자기방향이 N60°E였고, 선수도 이와같은 방향을 향하게 하여 건조하였기 때문에 수직성분방향이 左舷船首에서 右舷船尾쪽으로 약 60°의 각으로 향하게 되었고, 수직성분방향은 대동조선소의 傾差가 +49.5°로써 갑판면에 대하여 傾斜角 49.5°만큼 아래쪽으로 경사지게 地磁氣가 작용하여 선수 하부가 赤極, 선미 상부가 靑極으로 磁化되었기 때문이다.

2) 컴퍼스 및 보우트 甲板上的 船體磁氣의 分析

Fig. 3(b)는 컴퍼스 갑판 및 보우트 갑판상에서 측정된 船體磁氣의 분포를 나타낸 것으로서, 船體磁氣의 수평 성분의 크기는 최소 5.0 μ T, 최대 24.0 μ T였고, 수직 성분의 크기는 최소 2.5 μ T, 최대 22.0 μ T로, 상갑판상의 船體磁氣보다 훨씬 적게 나타났는데, 이것은 컴퍼스 갑판이 船體의 最上部의 구조물로서 船體永久磁氣成分을 발생시키는

경질의 鐵材가 없기 때문이다. 그리고, 그 방향은 수평 성분의 자기는 대부분이 상갑판상의 磁氣와 동일한 방향이 되고 있으나, 기준 자기 컴퍼스와 마스트 부근에서 그 방향이 불규칙적으로 나타나고 있는데, 이것은 자기컴퍼스의 自差修正用磁石 등에 의한 영향이라 생각된다. 또한, 수직성분의 자기는 수평성분의 방향인 벡터로부터 오른쪽으로 향하고 있기 때문에 컴퍼스 갑판면에 대하여 선체 아래쪽으로 향하고 있음을 알 수 있다.

따라서, 컴퍼스 갑판상에 만들어진 선체자기의 세기는 자기컴퍼스의 自差에 큰 영향을 미치기 때문에, 자기컴퍼스의 장비 위치 부근에 형성된 船體磁氣의 각 성분을 분석해서 自差修正을 하지 않으면 안된다. 특히 실습선 아라호의 경우, 측정 당시의 컴퍼스 갑판상에서 측정된 船體磁氣의 수평 성분과 수직 성분이 각각 최대 24.0 μ T와 22.0 μ T이기 때문에 磁差修正用具등을 이용하여 자차수정을 행하여야 한다.

3) 브리지 및 航海實習室의 船體磁氣의 分布

Fig. 4는 브리지 및 航海實習室 내에서의 입체적인 자기분포를 파악하기 위하여 測定點의 높이를 각각 0.5m(a), 1.0m(b), 1.5m(c)로 하여 측정할 수

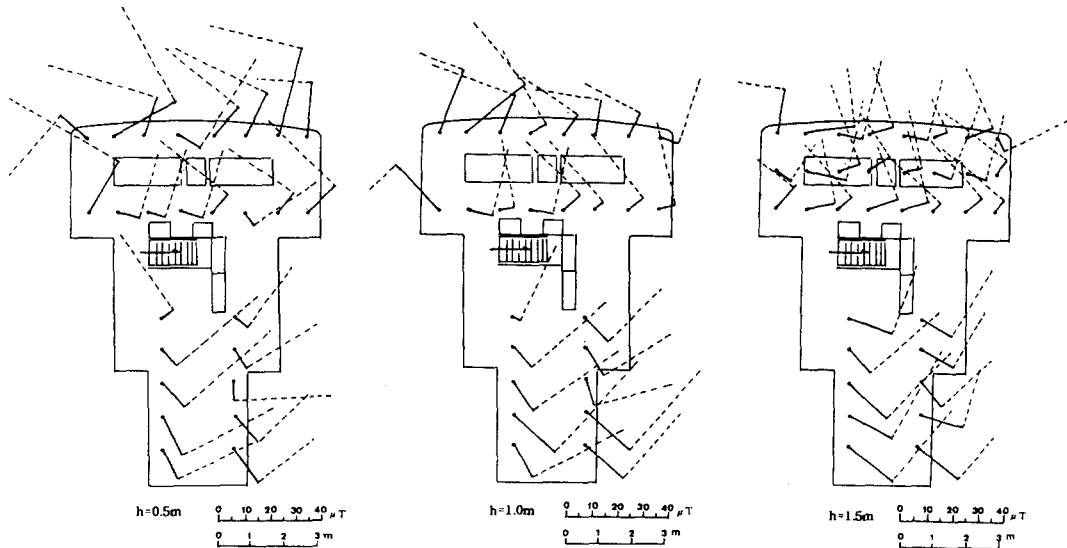


Fig. 4. Schematic distributions of the ship's magnetism by the height of measuring point on the bridge and navigational practice room. In case of (a), (b), (c), the height of measuring point are 0.5m, 1.0m, 1.5m from floor, respectively.

— : horizontal component

--- : vertical component

평, 수직 분포도 이다.

각 測定點에 있어서 船體磁氣는 브리지에서는 수평성분과 수직성분의 크기와 방향이 測定點의 높이에 따라서 불규칙적인 분포를 보이고 있는데, 이와같은 사실은 브리지 내에는 기관 제어 장치 및 操舵輪, ARPA 등의 각종 계기들이 장비되어 있기 때문에 그들 계기들의 설치 위치와 높이에 따라 자기적으로 미치는 영향이 다르기 때문이라 생각된다. Fig. 4의 (a), (b), (c)에서 測定點의 높이에 따른 船體磁氣의 수평성분은 0.5m의 測定點에서 가장 크게 나타났고, 1.5m에서 가장 작게 나타났다. 이와 같은 현상은 각종 계기들이 선체자기에 큰 영향을 미치고 있기 때문이라 생각된다.

또한, 航海實習室에 만들어진 船體磁氣의 수평성분과 수직성분의 크기와 방향은 상갑판상의 船體磁氣와 거의 同一한 방향이고 규칙적이므로 船體磁氣가 브리지보다 安定되어 있음을 알 수 있었다.

2. 旋回時의 船內磁場

1) 磁氣緯度別 船內磁場 變化

Table 2에서와 같이 磁氣緯度가 각각 다른 제주 (O_C), 가고시마(O_K), 텐진(O_T) 등 3지점에서 시험

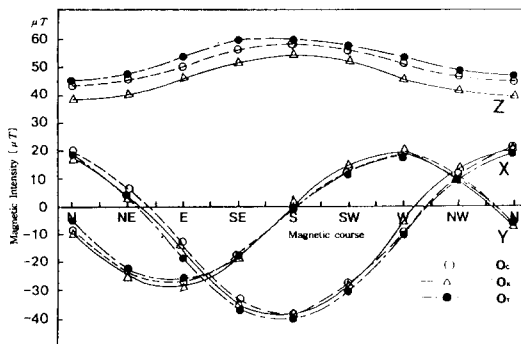


Fig. 5. Variation of the ship's total magnetic fields in O_C, O_K and O_T place.

선을 360° 旋回시켜 측정 한 측정지점별, 船內磁場의 변화를 나타내면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서, 선박을 360° 旋回시켰을 때 각 船首方位에 대한 船內磁場의 수평성분의 크기는 O_C, O_K, O_T地點에서, X軸에서는 그 최대치가 모두 船首磁氣方位 0°에서 19.9μT, 180°에서 -40.3μT를 나타내고 있으며, Y軸에서는 90°에서 28.2μT, 270°에서 21.0μT로서 船內磁場의 수평성분은 船首方位에 따라 크게 변화되고 있음을 알 수 있다. 또한, Z軸에서 감지한 船內磁場의 수직성분의 크기는 선수자기 방위가 180°일 때 다소 큰 경향을 보이고 있으나 최소 44.5μT, 최대 59.0μT로 거의 일정하게 나타나고 있으며, 각 測定地點에 따른 船內磁場의 수평성분은 O_K, O_C, O_T 地點의 순으로 나타났으며, 수직성분은 O_T, O_C, O_K 地點의 순으로 크게 나타났다. 이와 같은 사실은 선박이 항해 중 磁氣緯度의 변화에 따라 地磁氣의 수평자력과 수직자력이 변한 때문이라 생각된다.

2) 船內磁場과 自差

Table 2와 같이 磁氣緯度가 각각 다른 地點에서 시험선을 360° 旋回시키면서 船首가 8주요점에 향했을 때, 3軸 磁氣檢出素子로 측정 한 船內磁場의 測定值로 부터 산출한 自差는 Fig. 6과 같고, Fig. 6로부터 구한 自差係數는 Table 3과 같다.

Fig. 6에서 自差의 크기는 測定地點에 따른 약간의 차이가 있으나, 3地點 모두 船首方位가 NE와 E, SW와 W 사이에서 최대, S와 NW 사이에서 최소로, 偏東自差가 偏西自差보다 크게 나타나고 있는데, 이와같은 현상은 시험선 아라호의 건조당시의 선수 방향이 N60°E로 향하고 있었기 때문에 선체의 경질 부분이 강하게 영구자기화 되었기 때문이라 생각되며, 이와 같은 사실은 Table 3에서 차차계수 B, C가 크게 나타나는 것으로 보아 그 예

Table 3. Deviation's coefficient by measuring point

| Coefficient \ place | Cheju(O _C) | Kagoshima(O _K) | Tianjin(O _T) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| A | 8.71 | 8.71 | 8.66 |
| B | 23.50 | 23.00 | 57.60 |
| C | 11.40 | 12.80 | 11.40 |
| D | -0.58 | -1.57 | -1.18 |
| E | -5.40 | -5.80 | -8.10 |

Table 4. Poisson's coefficient by measuring point

| Coefficient \ place | Cheju(O _C) | Kagoshima(O _K) | Tianjin(O _T) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| a | -0.09 | -0.08 | -0.10 |
| b | 0.14 | 0.15 | 0.20 |
| d | -0.15 | -0.14 | -0.09 |
| e | -0.31 | -0.27 | -0.22 |
| g | -0.21 | -0.24 | -0.22 |
| h | 0.03 | 0.02 | 0.03 |

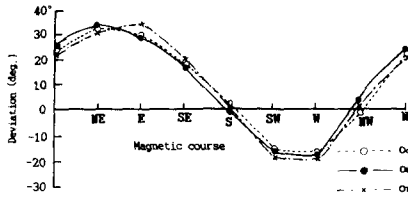


Fig. 6. Deviation curves derived from the measured values that obtained to measure the magnetic fields at the compass in Cheju (O_C), Kagoshima(O_K), and Tianjin(O_T).

측이 가능하다.

自差係數 A, D, E는 선체의 연결 부분의 유도자기에 의해 결정되는 계수이므로 測定地點 O_C, O_K, O_T에서 모두 비슷한 크기를 나타내고 있음을 알 수 있으며, 이들을 이용하여 포와손계수를 구하면 Table 4와 같다.

따라서, 3축 磁氣檢出素子를 이용하여 船內磁場을 측정하면 위도 변화에 의해 지구자장이 변하더라도 선체영구자기와 유도자기에 의해 결정되는 자차와 자차계수에 대한 일정한 값을 유도해 낼 수 있으므로 재래식 자기 컴퍼스와 같은 자차 수정용구에 의하지 않더라도 소프트웨어적으로 자동 자차 수정이 가능함을 알 수 있었다.

要 約

3軸磁氣檢出素子로서 선박의 지리적인 위치가 변하더라도 항상 정확한 선수 방위의 산출이 가능하고, 자동 자차 수정이 가능함을 확인하고자 제주대학 실습선아라호(G. T 990톤)를 이용하여 1994년 10월 25일~11월 13일 사이에 제주-가고시마-텐진 사이를 항해하면서 3축자기검출소자로서 선내자장을 측정하여 상갑판, 브리지 및 항해

실습실, 컴퍼스 갑판 및 보우트 갑판의 선체자기와 자차를 분석, 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 上甲板上的 船體磁氣의 水平成分은 최소 24.0 μT , 최대 64.4 μT 였고, 垂直成分은 최소 12.0 μT , 최대 45.0 μT 로 水平成分의 磁氣보다 작게 나타났으며, 水平成分벡터의 방향은 左舷船首방향에서 右舷船尾쪽으로, 垂直成分은 甲板面에 대하여 윗쪽으로 향하고 있으며, 左舷船首 아랫쪽에는 赤極, 右舷船尾 윗쪽에는 靑極으로 자화되었음을 알 수 있었다.

2) 컴퍼스 및 보우트 甲板上的 船體磁氣의 水平成分은 최소 5.0 μT , 최대 24.0 μT 였고, 垂直成分은 최소 2.5 μT , 최대 22.0 μT 로 상갑판상의 船體 磁氣보다 훨씬 적게 나타났으며, 그 방향은 測定地點에 따라 다소 불규칙적으로 나타나고 있으나, 垂直成分은 모두 甲板面에 대하여 선체의 아랫쪽으로 향하고 있음을 알 수 있었다.

3) 브리지내에서의 선체자기는 수평성분과 수직성분의 크기와 방향이 測定点的 높리와 각종 計器類의 설치 위치에 따른 불규칙적으로 나타났고, 航海實習室內에서는 각 測定点的 높리에 따른 수평성분과 연직성분의 크기와 방향이 거의 일정하고 규칙적이었으므로 船體磁氣가 安定되어 있음을 알 수 있었다.

4) 磁氣緯度가 각각 다른 測定地點에서 선박을 360° 旋回시켰을때, 船首方向에 대한 수평성분의 크기는 船首方位에 따라 크게 변하였으나 수직성분은 거의 일정하게 나타났다.

5) 3軸 磁氣檢出素子를 이용하여 선내자장을 측정하면 위도 변화에 의해 지구자장이 변하더라도 선체영구자기와 유도자기에 의해 결정되는 자차와 자차계수에 대하여 항상 일정한 값을 유도해 낼

수 있으므로 재래식 자기 컴퍼스와 같이 자차 수정 용구에 의하지 않더라도 소프트웨어적으로 자동 자차 수정이 가능함을 알 수 있었다.

參考文獻

- 1) 鈴木 裕(1963) : 磁氣ユンバスの性能改善開發研究. 東京水産大學特別研究報告, 第6券, 第3號, 85 - 117.
- 2) 莊司和民, 鈴木 裕(1983) : 磁氣ユンバスと自差修正. 成山堂書店, 355 - 368.
- 3) 宮本 佳則, 白井 靖幸, 鈴木 裕(1986) : 3軸磁界測程器による船内磁界測定. 日本航海學會論文集, 74號, 139 - 146.
- 4) 宮本 佳則, 白井 靖幸, 齊藤 清陸(1988) : ホール素子を用いた3軸磁氣固定型電子ユンバスの試作. 日本航海學會論文集, 80號, 55 - 61.
- 5) B. J. LYNCH, H. R. GALLANTREE(1990) : A new magnetic sensor technology. GEC Journal of Res, Vol. 8, No. 1, 13 - 20.
- 6) 安英化, 辛亨鎰, 白井 靖幸(1994) : 磁氣檢出素子를 이용한 電子 磁氣 컴퍼스의 基礎的 研究. 韓國 漁業 技術學會誌, Vol. 30, No. 3, 182 - 188.
- 7) 安英化, 辛亨鎰(1995) : 3軸 磁氣檢出 素子를 이용한 포와손 係數 檢出技法. 韓國 漁業 技術學會誌, Vol. 31, No. 2, 166 - 171.