自動自差修正이 가능한 電子컴퍼스의 개발에 관한 연구*

安瑛化† · 辛亨鎰** · 白井靖辛***

제주대학교 · **부경대학교 · ***지바공업대학

Development of the Electronic compass for Automatic Correction of Deviation

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

Cheju National University, **Pukyong National University, ***Chiba Institute of Technology

Abstract

The Electronic compass made as a pilot model in this research is comprised of a three axis magnetic sensor, an accustar clinometer, and a fiber optic gyro sensor. The results confirming the output character, performance, and the accuracy of the deviation corrects of each sensor are as follows:

1) As for the output character of the three axis magnetic sensor, the magnetic field showed a cosine curve on the X axis, a −sine curve on the Y axis, and constant figures on the Z axis. Therefore, it is assumed that it has sufficient performance as a three axis magnetic sensor. The horizontal component H and the vertical component V of the terrestrial magnetism calculated from the output voltage were 33.2μT and 23.95μT respectively.
2) When the fiber optic gyro sensor is fixed on the electromotive rotation transformation and has made a clockwise rotation with the speed of 10/sec, 20/sec, and 30/sec, the relationship between the output and the rotation angle of the fiber optic gyro sensor showed proportionally constant values.
3) When the magnetic field was induced with a magnet, the deviation before the correction was significant at a high of 25. However, the deviation after the correction using Poisson correction was in the 2 range, significantly lower than before the correction. It was confirmed that automatic deviation corrects are possible with the electronic compass made as a pilot model in this research.

Key words : electronic compass(전자컴퍼스), magnetic sensor(자기센서), fiber optic gyro sensor (광자이로센서), deviation(자차)

緖 論

컴퍼스를 船舶이나 自動車등과 같이 移動物体에 裝備했을 때, 그 構造体나 각종 計器類의 磁性体에 의해서 自差가 발생하기 때문에 정확한 方位의 指示가 곤란하다.

그래서, 최근에는 磁氣센서로부터 檢出된 地磁氣方位를 산출해서 移動物体의 進行方向을 電子的으

* 이 논문은 2002년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.
† Corresponding author : ahnyh@cheju.ac.kr

로 表示할 수 있는 形式의 電子컴퍼스(Electronic Compass)가 개발되고 있으며, 그 性能과 基準에 관한 規格化를 ISO/TC8/SC18 에서는 規定하고 있다 (ISO, 1993).

그러나, 지금까지 개발되고 있는 電子컴퍼스는 船舶에 裝備했을 때, 2軸磁氣센서를 짐벌(gimbal)에 의해 水平을 유지함으로써 磁氣컴퍼스와 같이 地磁氣의 水平成分만을 檢出해서 船首磁氣方位를 산출, 표시하는 方式으로 自差 및 傾船差 修正은 재래식 磁氣컴퍼스와 같이 平面的인 修正밖에 할 수 없기 때문에 船体의 傾斜나 船舶의 移動으로 인해서 磁氣緯度가 변화할 경우 地磁氣의 垂直成分의 변화에 대응한 3次元的인 自差修正은 불가능 할 뿐만 아니라 컴퍼스의 小型化등 여러 가지 문제점이 남아 있다. (Suzuki, 1962 ; Shirai, Ahn 등, 1985, 1995)

本 硏究에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 지금까지 사용되고 있는 2軸磁氣센서를 사용하지 않고 船體의 3軸方向(船首方向, 右舷方向, 船底方向)의 船內磁場을 檢出할 수 있는 3軸磁氣센서와 船體의 傾斜角을 측정할 수 있는 傾斜角센서, 그리고 光의 位相差에 따라 回轉角速度에 비례한 出力으로부터 船首方位를 산출할 수 있는 光자이로 센서로 構成한 새로운 型式의 電子컴퍼스를 製作함으로써 自動自差修正이 가능하도록 하였으며, 이들 각 센서로부터 檢出된 船体 3軸方向의 船內磁場과 船體의 傾斜角 및 船首方位 信号는 A/D 変換 후 퍼스널 컴퓨터에서 演算處理 하였다. 또한, 自差 및 傾船差의 自動修正은 포와쏜(poisson) 方程式을 이용한 補正法을 이용하여 그 精度를 분석, 검토하였다.

理 論

1. 船體가 水平일 때의 포와쏜 係數 算出

本 硏究에서 試驗製作한 電子컴퍼스의 自差修正方法은 포와쏜 方程式을 이용한 補正을 행하였으며, 地磁氣 F의 水平成分의 크기를 H, 垂直成分을 V, 船首方向을 x축, 右舷方向을 y축, 甲板面에 垂直인 下方을 z축이라고 한다면, 船體座標에 있어서, x,y,z軸方向의 地磁氣의 각 成分 X, Y, Z는 Fig.1에 나타낸 바와 같이 다음 식으로 표시된다 (Ahn 등, 1995).

$$X = H\cos\theta, m$$
$$Y = -H\sin\theta m$$
$$Z = V \qquad (1)$$

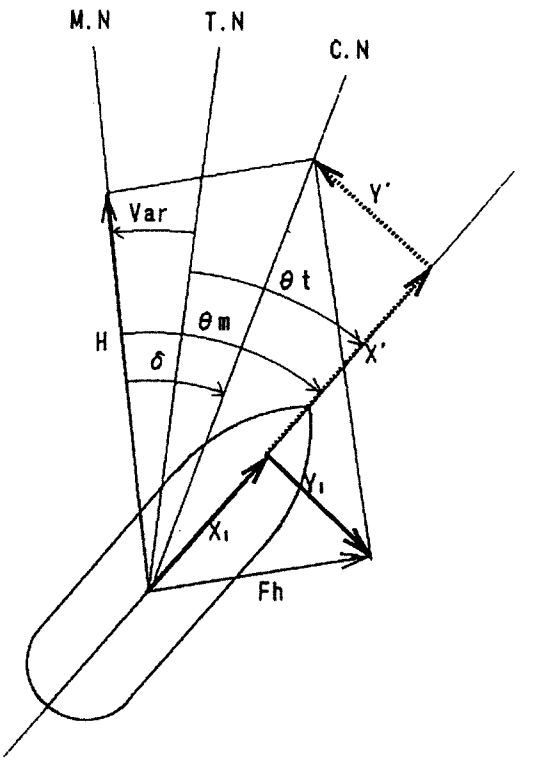

Fig. 1. Geometrical relations between geomagnetism and ship's magnetism.
M.N : Magnetic north, T.N : True north, C.N : Compass north.
θt : True course, θm : Magnetic course, Var. : Variation, δ : Deviation.
H : Horizontal component of geomagnetic field.
X_1, Y_1 : x, y axis component of ship's magnetic field.
X', Y' : x, y axis component of total magnetic field.
Fh : Horizontal component of ship's magnetic field.

여기서, θm은 船首의 磁氣方位이며, 船體의 磁氣成分을 X", Y", Z"라고 한다면,

$$X"=aX+bY+cZ+P$$
$$Y"=dX+eY+fZ+Q$$
$$Z"=gX+hY+kZ+R \qquad (2)$$

여기서, a~k는 誘導磁氣成分의 比例係數이며, P, Q, R은 永久磁氣成分의 크기이다. 따라서, 磁氣센서에 의해 측정된 船內磁界의 成分 X', Y', Z' 은 地磁氣의 각 成分을 더한 것과 같기 때문에

$$X'=X+aX+bY+cZ+P$$
$$Y'=Y+dX+eY+fZ+Q$$
$$Z'=Z+gX+hY+kZ+R \quad (3)$$

가 된다. 이 式을 船內磁界의 포와쏜 方程式이라고 하며, a~k 및 P, Q, R을 포와쏜 係數라 한다. 포와쏜 係數는 주위의 磁性體의 配置가 변하지 않는 한 항상 일정하다. 따라서, 정확한 포와쏜 係數를 구한다면, 地磁氣의 크기가 변화해도 $\theta m = \tan^{-1}(-Y/X)$가 되기 때문에 船首方位의 算出이 가능하다. 따라서 포와쏜 係數를 구하기 위해서는, 그 係數를 구하는 地點에서의 船首方位 θm가 각각 0°, 90°, 180°, 270° 에서의 水平狀態의 船內磁界의 값과 θm는 0° 에서 任意傾斜時의 船內磁界의 값이 필요하게 된다.

2. 船體가 傾斜했을 때의 포와쏜 係數 算出

船體가 α° 만큼 橫傾斜 하였을 경우 船體座標의 3軸 方向의 地磁氣成分을 Fig.2에 나타낸 바와 같이 각각 Xa, Ya, Za라 한다면, 그 크기는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

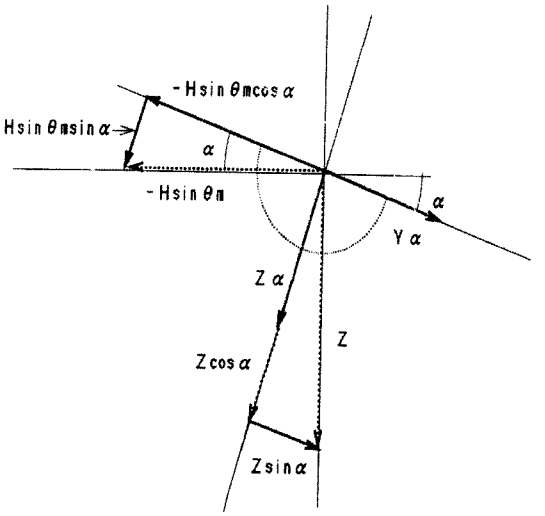

Fig. 2. Analysis of the ship's total magnetic field in heeling.

$$Xa = H\cos\theta m = X$$
$$Ya = -H\sin\theta m\cos\alpha + Z\sin\alpha = Y\cos\alpha + Z\sin\alpha$$
$$Za = Z\cos\alpha + H\sin\theta m\sin\alpha = Z\cos\alpha - Y\sin\alpha \quad (4)$$

따라서, 船體가 傾斜했을 때의 船內磁場 X', Y', Z' 에 대한 포와쏜 方程式은 다음과 같다.

$$X' = X+aX+(b\cos\alpha - c\sin\alpha)Y + (b\sin\alpha + c\cos\alpha)Z + P$$
$$Y' = Y+dX+(e\cos\alpha - f\sin\alpha)Y + (e\sin\alpha + f\cos\alpha)Z + Q$$
$$Z' = Z+gX+(h\cos\alpha - k\sin\alpha)Y + (h\sin\alpha + K\cos\alpha)Z + R \quad (5)$$

3. 船內磁場으로부터 포와쏜 係數의 算出 알고리즘

船內磁場에 관한 포와쏜 方程式에 地磁氣의 각 成分 X, Y, Z를 대입하면 3軸磁氣 센서에서의 船內磁場의 크기는

$$X' = H\cos\theta m + aH\cos\theta m - bH\sin\theta m + cZ + P$$
$$Y' = -H\sin\theta m + dH\sin\theta m - eH\sin\theta m + fZ + Q$$
$$Z' = Z + gH\cos\theta m - aH\sin\theta m + kZ + R \quad (6)$$

가 된다. 여기서 船首磁氣方位 θm가 각각 0°, 90°, 180°, 270° 일 때, 磁氣센서에서의 船內磁場의 크기 X'_0, X'_{90}, X'_{180}, X'_{270}는 각각 다음 식과 같다.

$$X'_0 = H + aH + cH + cZ + P$$
$$X'_{90} = -bH + cZ + P$$
$$X'_{180} = -H - aH + cZ + P$$
$$X'_{270} = bH + cZ + P$$

$$Y'_0 = dH + fH + Q$$
$$Y'_{90} = -H - eH + fZ + Q$$
$$Y'_{180} = -dH - fZ + Q$$
$$Y'_{270} = H + eH + fZ + Q$$

$$Z'_0 = z + gH + kZ + R$$
$$Z'_{90} = Z - aH + kZ + R$$
$$Z'_{180} = Z - gH + kZ + R$$
$$Z'_{270} = Z + aH + kZ + R \quad (7)$$

가 된다.

여기서, X', Y', Z'에 대한 誘導磁氣係數 a, b, d, e, g, h는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$a = (X'_0 - X'_{180} - 2H) / 2H$$
$$b = (X'_{270} - X'_{90}) / 2H$$
$$d = (Y'_0 - Y'_{180}) / 2H$$
$$e = (Y'_{270} - X'_{90} - 2H) / 2H$$
$$g = (Z'_0 - Z'_{180}) / 2H$$
$$h = (Z'_{270} - Z'_{90}) / 2H \quad (8)$$

또한, 船體가 傾斜했을 때의 포와쏜 方程式에서 $\theta m = 0$, $Y = 0$일 때, 船內磁場의 測定値 X'r, Y'r, Z'r 는

$$X'r = X + aX + (b \sin\alpha + c \cos\alpha)Z + P$$
$$Y'r = dX + (e \sin\alpha + f \cos\alpha)Z + Q$$
$$Z'r = Z + gH + (h \sin\alpha + K \cos\alpha)Z + R \quad (9)$$

가 된다. 여기서, $X = H \cos\theta m$, $\cos\theta m = 0$ 라 했을 때, 傾斜時의 船內磁場의 크기는

$$X'r = H + \alpha H + (b \sin\alpha + c \cos\alpha)Z + P$$
$$Y'r = dX + (e \sin\alpha + f \cos\alpha)Z + Q$$
$$Z'r = Z + gH + (h \sin\alpha + K \cos\alpha)Z + R \quad (10)$$

가 되므로, 係數 c, f, k는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c = \{ (X'r - X'_0) - bZ \sin\alpha \} / Z(\cos\alpha - 1)$$
$$f = \{ (Y'r - Y'_0) - eZ \sin\alpha \} / Z(\cos\alpha - 1)$$
$$k = \{ (Z'r - Z'_0) - hZ \sin\alpha \} / Z(\cos\alpha - 1) \quad (11)$$

이상과 같이 船體誘導磁氣係數 a ~ k 가 算出되므로 永久磁氣成分 P, Q, R가 구해진다.

따라서, 船內磁場으로부터 算出한 포와쏜 係數는 磁氣緯度의 변화에 관계없이 항상 일정한 값을 갖기 때문에 地磁氣의 水平分力과 垂直分力을 磁氣圖로부터 구하면 포와쏜 係數를 이용하여 自差 및 傾船差修正이 가능하다.

裝置 및 方法

1. 센서의 構成

1) 3軸 磁氣센서

船內 3軸方向의 磁場(船首方向, 右舷方向, 甲板面垂直下方)을 측정하기 위하여 사용한 센서는 直交블록소켓트 TYPE의 小型磁氣센서 유니트(TDK 社製 TMS-215/115)로서 일변이 40mm인 아크릴製 정사각 블록에 Fig.3과 같이 取付하여 사용하였다.

여기서, TMS-215은 2軸 Type의 磁氣센서로서 船首方向 x, 右舷 y軸 方向의 磁場을 측정할 수 있으며, TMS-115은 1軸 Type의 磁氣센서로서 甲板面垂直下方인 z軸方向의 磁場을 측정할 수 있는 것으로 그 特性은 Table1과 같다.

2) 傾斜角 센서

試驗製作한 電子컴퍼스의 自差 및 傾船差修正을 하기 위하여 사용한 傾斜角 센서는 船體의 橫搖角 $\theta r = \alpha^\circ$ 와 縱搖角 $\theta p = 0^\circ$ 일 때의 傾斜角을 동시에 측정할 수 있는 2軸直交센서 (Accustar Clinometer: USA)로서 그 성능제원은 Table2와 같다.

3) 光 자이로센서

Fig.4 는 本 硏究에서 사용한 光자이로센서(JG-

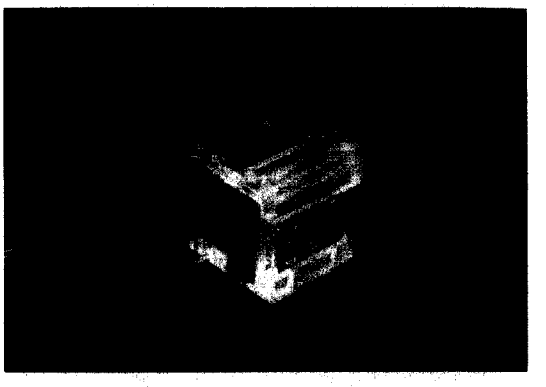

Fig. 3. Three axis Magnetic sensor.

Table 1. Characteristics of Magnetic sensor (TMS215/115)

Characteristics	X-Y2 axis Type (TMS-215)	1 axis Type (TMS-115)
Outsize (mm)	3.2×23.5×9	
Weight (g)	2.9 typ	2.5 typ
Sensitivity (V/Oe)	3.33	
Detecting Magnetic Field range (Oe)	±0.6	
Output Voltage (V)		
at 0 Oe	2.5 typ	
at +0.3 Oe	+1.0 typ	
at −0.3 Oe	−1.0 typ	
Operation assured Temperature (℃)	−10~+70	

Table 2. Specification of the Accustar Clinometer

Item	Specification
Measuring range	±60deg.
Resolution	0.01deg.
linearity 0 to 10 deg.	±0.1deg.
10 to 45 deg.	±1%
Reproducibility	±0.05deg.
Time Constant	0.3sec.
Frequency resolution (−3db)	0.5Hz
Operation Temperature range	−40℃ ~ +65℃

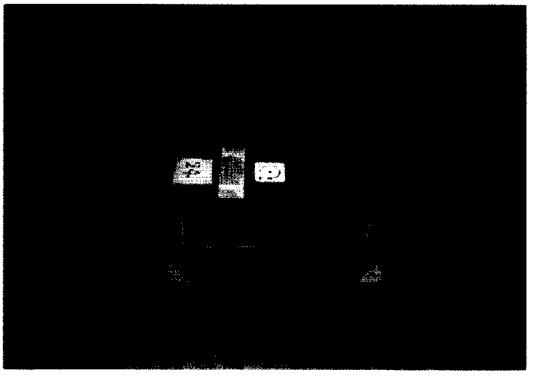

Fig. 4. Fiber optic Gyro.

106)로서 빛의 位相差에 따른 回轉角速度에 비례한 出力으로부터 船首磁氣方位 θm을 구할 수 있는 것으로, 그 性能特性은 Table3과 같다.

2. 電子컴퍼스의 製作

本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스는 船內 3軸方向의 磁場을 측정할 수 있는 3軸磁氣센서와 船體傾斜角을 측정할 수 있는 傾斜角센서, 그리고 船首磁氣方位를 算出할 수 있는 光자이로 센서를 Fig.5와 같이 퍼스널 컴퓨터에 연결하여, 構成하였으며, 이들 각 센서로부터 얻어진 출력을 演算處理할 수 있도록 하였다. 이때 3軸센서와 光자이로센서는 Fig.6과 같이 아크릴박스의 內部에 고정하였으며 傾斜角센서는 아크릴박스의 外壁側面에 取付하였다.

3. 實驗方法

1) 電子컴퍼스의 性能實驗

本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스의 性能과 自差補正의 精度를 확인하기 위하여 컴퍼스를 回轉台上의 중앙에 固定하고, 그 주위에 인위적인 磁場을 誘導하기 위하여 磁石을 磁氣4方位와 垂直方向에 컴퍼스로부터 20cm 떨어진 位置에 配置한 다음, 실

Table 3. Specification of the Fiber gyro (JG- 106)

Item	Specification
Outsize (mm)	less than 125×125×35mm
Weight (g)	less than 500g
Power and voltage	±12V
Resolution	more than 0,02° /s
Maximum angular velocity	more than ±100° /s
Scale Factor (K)	50mV/° /s±10%
Operation assured Temperature	−20℃ ~ +70℃

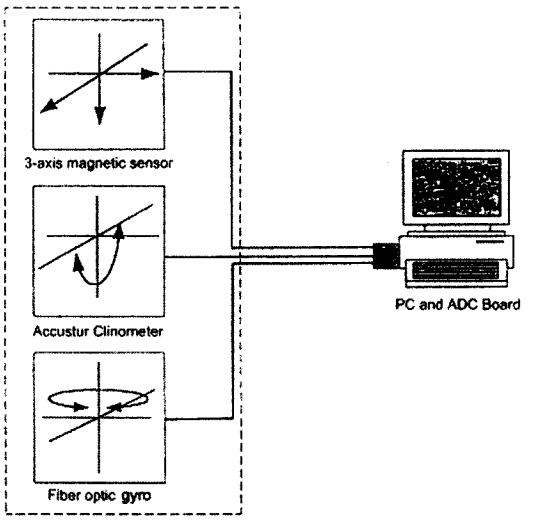

Fig. 5. Scheme of the experimental Electronic compass.

(a)

(b)

Fig. 6. Configuration of the Electronic compass (a : up b : side).

제 컴퍼스를 사용해서 補正前과 補正後의 磁界 및 自差를 船首磁氣方位 θm를 0°에서부터 360°까지 回轉시키면서 매 10°마다 기록하였으며, 그 결과를 그래프로 표시하여 비교하였다. 이 때 地磁氣의 水平成分 H와 垂直成分 V는 각각 H=33.2μT, V=23.95μT를 이용하였다.

2) 處理 및 表示方法

각 센서로부터 얻어진 출력은 16bit의 A/D變換보드에 의해서 퍼스널 컴퓨터로 읽었으며, 읽은 數値는 BASIC으로 작성한 프로그램에 의해서 처리하였다. 이 때 프로그램의 處理順序는 다음과 같다.

1) A/D보드에 의한 각 出力을 읽는다.
2) 자이로 出力의 합으로부터 船首磁氣方位 θm을 구한다.
3) θm = 0°, 90°, 180°, 270° 에서의 出力 및 θm=0°에서 傾斜되었을 때의 出力을 기록한다.
4) 포와숀 係數를 算出한다.
5) 포와숀 補正을 한다.
6) 地磁氣 成分으로부터 정확한 方位의 算出을 한다.
7) 모니터에 컴퍼스의 그림이 리얼타임으로 표시된다.

프로그램의 흐름으로서는 係數를 구하기 위하여 一旋回中에는 1), 2), 3), 4)가 되며, 그 후는 1), 5), 6), 7)의 순으로 指示될 때까지 반복해서 컴퍼스로서의 기능을 하게 된다.

이상, 本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스로부터 船首方位 θm을 컴퓨터 프로그램상에서 판단하기 위하여 光자이로를 사용하였으며, 光자이로는 光의 位相差에 의해 回轉角速度에 比例한 出力을 나타내기 때문에 光자이로의 出力을 微小時間 $\triangle$t의 간격으로 읽고, 그 합을 算出한다면, 그때의 角度에 대응한 船首方位 θm가 구해진다.

結果 및 考察

1. 3軸 磁氣센서의 出力特性

Fig.7은 電子컴퍼스의 製作을 위한 基礎的試驗으로 3軸 磁氣센서를 컴퍼스 回轉台上 중앙에 固定시키고 船首方位角 θm가 0°에서부터 360°까지 매 10°마다 시계방향으로 回轉시키면서 電壓計로 측정한 出力特性을 나타낸 것으로서, 船首尾方向인 X軸에

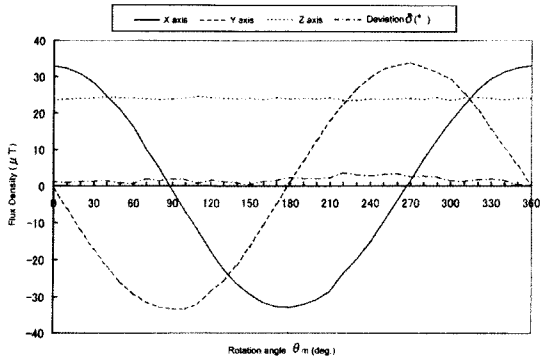

Fig. 7. Relation between the flux density and Rotation angle of the Three axis magnetic sensor.

서 측정된 磁界는 cos커브, 左右舷方向인 Y軸에서 측정된 磁場은 -sin커브를 그리고 있으며, 垂直成分인 Z軸은 그 값이 일정하게 나타나고 있어서 3軸磁氣센서로서의 기능이 충분하다고 사료된다. 또한 出力電壓으로부터 算出된 地磁氣의 水平成分 H 와 垂直成分 V는 각각 H=33.2μT, V=23.95μT임을 알 수 있으며, 또한 測定結果 약간의 自差가 발생하고 있는 것은 컴퍼스回轉台를 설치한 실험장소가 철근 콘크리트 建造物內이기 때문에 鐵骨등에 의한 磁性體의 영향으로 인한 磁氣센서의 出力勵振에 의한 것이라고 생각된다.

2. 光자이로센서의 出力과 角度

Fig.8은 光자이로센서의 出力의 합과 角度와의 관계를 나타낸 것으로서, 光자이로는 回轉角速度에 비례한 出力을 나타낸다. 따라서 光자이로의 出力을

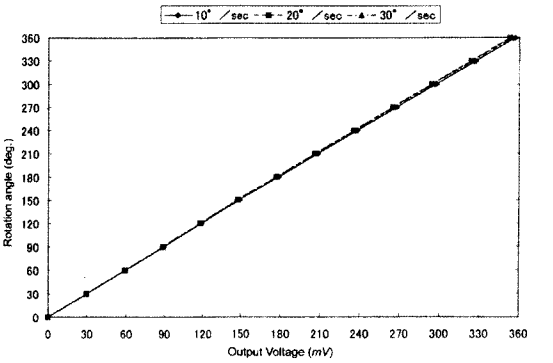

Fig. 8. Relation between the rotation angle and output voltage of the Fiber optic Gyro.

微小時間 △t,의 간격으로 읽고, 그 합을 算出한다면, 그때의 角度에 대응한 값이 얻어진다.

本 實驗에서는 光자이로센서의 出力과 角度와의 관계를 구하기 위하여 光자이로를 電動回轉台에 固定시키고 시계방향으로 10°/sec, 20°/sec, 30°/sec의 속도로 回轉시켰으며, 製作한 電子컴퍼스와 같은 방법으로 A/D變換 Board를 사용해서 微小時間 △t마다 읽고 그 합을 구했다. 그 결과 光자이로 센서의 出力의 합과 角度와의 관계는 거의 일정한 값으로 비례함을 알 수 있었다.

3. 電子컴퍼스의 性能

本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스의 性能과 自差補正의 精度를 확인하기 위하여 磁石을 X軸±方向에 設置했을 때 포와숀 補正法을 이용한 補正後의 磁界 및 自差와 補正前의 磁界 및 自差를 Fig.9, Fig.10, Fig.11, Fig.12에 나타내었으며, 그 결과는 다음과 같다.

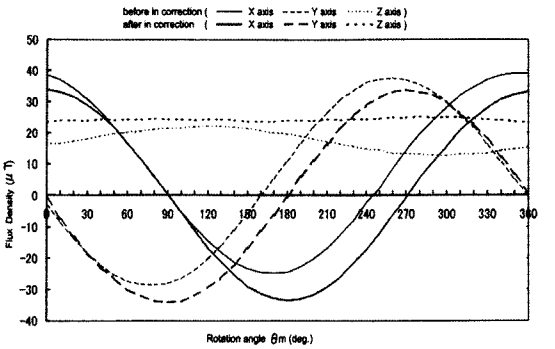

Fig. 9 Magnetic fields of the magnet at the X axis (+course).

a=-0.049 b= 0.205 c=-0.017 P=7.512
d=-0.213 e=-0.021 f=-0.010 Q=3.961 H=33.2
g=-0.048 h=-0.123 k=-0.009 R=-5.726 V=23.95

1) 磁界

Fig.9, Fig.10에서 보는 바와 같이 X軸±方向에 磁石을 配置했을 때 補正前에는 X軸(船首尾方向)±方向으로 磁界가 강하게 誘導되었으며, Y軸(左右舷方向)에서 측정된 磁界와 Z軸(垂直方向)에서 측정된 磁界도 X軸에서 측정된 磁界와 마찬가지로 磁石이 配置된 方向으로 磁界가 크게 誘導되고 있음을 알 수 있으며 또한 자이로나 傾斜計에 의한 磁性體의 영향으로 補正前에는 본래의 地磁氣의 磁界成分

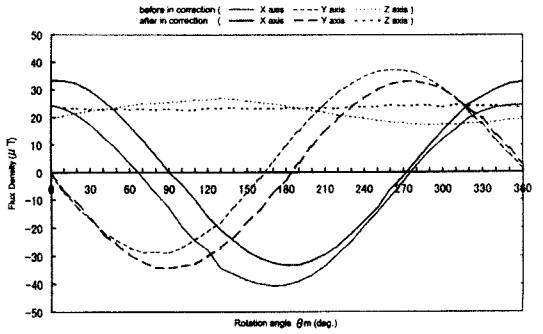

Fig. 10 Magnetic fields of the magnet at the X (− course).

a=−0.031	b= 0.143	c=−0.009	P=8.087	H=33.2
d=−0.163	e=−0.005	f=−0.022	Q=4.631	V=23.95
g=−0.068	h=−0.112	k=−0.018	R=−1.541	

과는 그 값이 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 여기서 포와숀 補正法을 이용한 補正後의 磁界는 X軸에서는 cos커브, Y軸에서 측정된 磁界는 −sin커브를 그리고 있으며, Z軸은 地磁氣의 垂直成分 V로서 그 값이 일정하게 나타나고 있으며, 포와숀 補正을 이용한 補正後의 自差는 ±2°정도로 현저히 작게 나타나고 있어서 地磁氣 成分만이 측정되고 있음을 알 수 있다.

2) 自差

本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스의 自差는 포와숀 補正을 하기 전에는 Fig.11, Fig.12에서 보는 바와 같이 磁界가 磁石에 의해 誘導되고 있기 때문에 自差가 최대 −25° 까지 매우 크게 나타나고 있는데, 이것은 磁界와 마찬가지로 3軸磁氣센서 이외에 光자이로와 傾斜計에 의해 地磁氣成分이 誘導되고 있음을 알 수 있으며, 또한 포와숀 補正에 의한 補正後의 自差는 ±2° 정도로 補正前에 비해서 현저히 작게 나타내고 있는데, 이것은 포와숀 補正에 의해서 地磁氣 成分만이 산출되고 있기 때문이다. 따라서 Y軸, X軸方向에서도 포와숀 補正에 의한 補正後의 自差는 같은 결과가 나타나기 때문에, 本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스는 포와숀 補正에 의한 自動自差修正이 가능함을 확인할 수 있었다.

이상으로 本 硏究에서는 포와숀 補正法을 이용한 自動自差修正 機能을 가진 電子컴퍼스를 試驗制作하였으며, 또한 그 精度를 확인한 결과 ±2°정도의 自差가 발생하고 있는데, 이것은 3軸磁氣센서의 出力에 의한 것이기 때문에 改良의 여지가 있다고 생

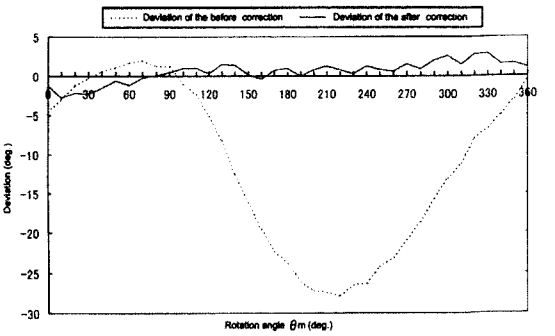

Fig. 11 Deviation of the magnet at the X axis (+ course).

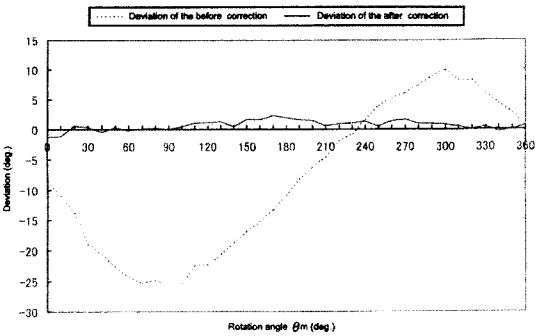

Fig. 12 Deviation of the magnet at the X axis (− course).

각되며, 컴퍼스를 구성하는 裝置를 좀 더 小型化한다면 지금까지 문제가 되고 있는 自動自差修正이 가능한 型式의 超小型電子컴퍼스의 開發이 가능하다고 사료된다.

要 約

本 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스는 3軸磁氣센서와 傾斜角센서, 그리고 光자이로센서로 構成하였으며, 이들 각 센서의 出力特性과 性能 및 自差補正의 精度를 확인한 結果는 다음과 같다.

1) 3軸 磁氣센서의 出力特性은, X軸에서 측정된 磁界는 cos커브, Y軸에서는 −sin 커브, 그리고 Z軸에서는 그 값이 일정하게 나타나고 있어서 3軸 磁氣센서로서의 기능이 충분하다고 사료되며, 이때 出力電壓으로부터 算出된 地磁氣의 水平成分 H와 垂直成分 V는 각각 H

=33.2μT, V=23.95μT였다.

2) 光자이로 센서를 電動回轉台에 고정시키고, 시계방향으로 10°/sec, 20°/sec, 30°/sec의 속도로 회전시켰을 때, 光자이로센서의 出力과 回轉角度와의 관계는 모두 일정한 값으로 비례함을 알 수 있다.

3) 補正前 自差는 磁界가 磁石에 의해 誘導되고 있기 때문에, 최대 −25°까지 크게 나타나고 있으나, 포와쏜 補正法을 이용한 補正後의 自差는 ±2° 범위 이내로 補正前에 비하여 自差가 현저히 작게 나타나고 있어서, 이번 硏究에서 試驗制作한 電子컴퍼스로 自動自差修正이 가능함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

ISO/TC8/WGI (1974) : Addendm to international Standard ISO2296. Magnetic Compass and Accessoris, Rules for Testing and Certification.

ISOSCD 11606 (1993) : On the Electromagnetic Compass of ISOICD 11606.

NOBLE R. (1992) : Electronic Fluxgate Compass. Electron World Wor, Vol, 97, No. 1670, 14−18.

MIYAMOTO Y, SHIRAI Y, HAMADA E. (1993) : Experimental Study of three Magnetic Axis−detection Tye Electronec Compass by the use of Magnetic Sensor, Japan Institude of Navigation No. 115, 14−15.

B. J. LYNCH, H. R. GALLANTREE (1990) : A new magnetic sensor technology. GEC Journal of Res, Vol. 8, No. 1, 13−20.

莊司和民, 鈴木 裕(1983) : 磁氣ユンパスと自差修正. 成山堂書店, 355−368.

安瑛化, 辛亨鎰, 白井靖辛(1994) : 磁氣檢出 素子를 이용한 電子 磁氣 컴퍼스의 基礎的 硏究. 韓國漁業技術學會誌, 30(3), 182−188.

安瑛化, 辛亨鎰(1995) : 3軸 磁氣檢出 素子를 이용한 포와쏜 係數 檢出技法. 韓國漁業技術學會誌, 31(2), 166−171.

2004년 9월 10일 접수
2004년 10월 11일 수리