

遠心力에 의한 Gyro Compass의 動搖誤差

鄭 泰 權* · 李 相 鍊**

The Rolling Error Caused by the Centrifugal Force on the Ship's Gyro Compass

Jeong Tae Gweon · Lee Sang Jib

Abstract	次
I. 序 論	Ⅲ. 球形 gyro compass의 遠心力誤差
Ⅱ. 各種 gyro compass의 遠心力誤差와 그 防止策	Ⅳ. 遠心力誤差에 關한 定性的인 解析
	Ⅴ. 結 論
	參考文獻

ABSTRACT

There are two different assertions on the rolling error in the solid-controlled gyro compass which contains two rotors in its inner gyro sphere. One assertion is that there is a rolling error and the other is that there is no rolling error. This paper examines the rolling error caused by the centrifugal force by the experiment to reveal that the first assertion is reasonable, and it also attempts to explain qualitatively how the rolling error occurs.

The Hokushin-Plath gyro compass is chosen as a model. The rolling error is examined by the swing test in various periods.

From the tests, the following results are obtained. As long as the swing is continued under the fixed condition of the ship's heading, the swinging period and the amplitude, no error appears. In case the gyro compass is affected by the swingings except those of the cardinal planes, the error starts to appear only after the swing is finished and it is increasing slowly. It takes about 20 minutes for the error to reach its maximum value. The type of this error is a quadrantal one which makes the ship's heading high in the first and third quarters and low in the second and fourth quarters. But in each case the experimental maximum error is greater than the theoretical one.

* 韓國海洋大學, 韓國航海學會 正會員

** 韓國海洋大學, 海事技術研究所(航海計器學 專攻), 韓國航海學會 吳 日本航海學會 正會員

I. 序 論

海上船舶에서 主要한 方位指示機로 쓰이는 gyro compass의 指北裝置(directional system) 主動部(sensitive element)에는 製品에 따라 몇가지의 다른 構造와 形態가 있다. 이들 중에서 内部에 두개의 rotor와 制振用油槽(damping oil system)를 備藏하고 있는 gyro가 追從容器(container)內에 液體로 支持되어 있는 球形 gyro compass는 重心이 支點의 下方에 있으므로 正常稼動狀態에서는 單一搖錘(single pendulous) gyro compass와 같은 原理로 指北하게 된다.

이러한 球形 gyro compass에서도 다른 gyro compass에서도 같이 遠心力誤差*(動搖誤差; rolling error No.1, quadrantal error caused by the centrifugal force)가 있는데 그 크기와 特性은 어떠한가에 關하여 다음과 같이 몇가지 相異한 說이 있다.

① gyro球의 東西軸周圍와 南北軸周圍의 慣性能率(inertial moment)이 平衡이고 두 rotor의 軸은 서로 直角으로 되어 있으므로 船體動搖運動의 影響을 받아 搖錘運動(pendulous motion)이 일어나더라도 非對稱搖錘效果(unsymmetric—pendulous effect)가 일어나지 않아 遠心力誤差가 생기지 않는다는 說¹⁾.

② gyro球가 船體動搖運動의 影響을 받더라도 垂直軸에 對한 gyro球의 質量分布가 對稱이고 東西軸과 南北軸에 對한 角運動量이 平衡이 되어 있어 誤差가 생기지 않는다는 說²⁾.

③ gyro球가 船體動搖運動의 影響을 받아 球가 傾斜되면 球内部의 두 rotor에 歲差運動이 일어나 誤差를 誘發시킬 要因이 있지만 gyro球의 振動週期가 船體의 動搖週期에 比하여 너무 크기 때문에 誤差가 나타나지 않는다는 說³⁾.

④ gyro球가 船體의 動搖를 받을 境遇 理論적으로는 誤差가 거의 일어나지 않으나 實際로는 機械的인 攝動(mechanisher störung)으로 인한 誤差가 일어난다는 說⁴⁾.

위와 같이 球形 gyro compass의 遠心力誤差에 關하여 見解가 紛紛하지만 이를 理論적으로 考察하고 實驗을 通하여 檢討한 論文은 筆者가 아는 範圍內에서는 아직까지 없다.

本稿에서는 gyro compass의 性能改良에 對한 綜合的인 研究의 一環으로 球形 gyro compass의 遠心力誤差에 關한 理論的인 考察을 하고 動搖實驗을 實施한 後 그 結果를 分析·檢討하여 遠心力誤差의 定說을 가려내고 나아가서 이 誤差發生에 對하여 定性的인 解析을 定立하는데 그 目的을 두었다.

II. 各種 gyro compass의 遠心力誤差와 그 防止策

船體가 航海中 波浪과 같은 外力을 받아 動搖하면 gyro compass의 指北裝置는 加速度 影響과 振子の 弧狀運動에 依한 遠心力 影響을 받는다. 이 때 加速度는 主動部가 液體重力으로 制御되는(Liquid gravity controlled) 製品(Sperry Mk14 Mod2, Brown A)에 限하여 誤差의 原因이 되지만 遠心力은 主動部의 支持方式에 따라 誤差의 原因이 되는 境遇가 있다.

* 船體動搖時의 遠心力에 依한 動搖誤差를 遠心力誤差라고 부르기로 한다.

遠心力에 의한 Gyro Compass의 動搖誤差

즉 遠心力은 主動部の 重心이 支點과 一致하는 製品(damping weight로 制振되는 製品—Sperry TG 100, Sperry Mk ES 11 等)에 있어서는 誤差를 일으키지 않지만 主動部가 東西軸周圍와 南北軸周圍의 慣性能率在 非平衡이고 主動部の 重心이 위로부터 매달려 있는 製品(damping weight로 制振되지 않는 製品)에서는 誤差를 일으킨다.

지금까지 밝혀진 遠心力誤差와 그 防止策에 關한 것을 製品別로 살펴보면 다음과 같다.

(1) Sperry Mk 14 Mod 2 gyro compass

船首方位가 四方點일 때 船體가 動搖하면 誤差가 생기지 않으나 船首方位가 그 以外的 方位일 때 動搖하면 非對稱搖錘效果로 인한 誤差가 생긴다. 船首方位가 一象限 또는 三象限內에 있을 때는 偏西誤差, 二象限 또는 四象限內에 있을 때는 偏東誤差가 생긴다. 그러나 南北軸方向으로 附着된 調整錘(compensator weight)를 調整하여 誤差를 防止한다.

(2) Brown A gyro compass

前項에서 說明한 gyro compass와 마찬가지로 船首方位가 四方點일 境遇에는 船體가 動搖하더라도 誤差가 생기지 않으며 船首方位가 그 以外的 方位일 때 動搖하면 非對稱搖錘效果로 인하여 偏西 또는 偏東誤差가 생기지만 南北軸線 下方에 南北方向으로 附着된 Q.weight(quadrantal weight)를 調整하여 誤差를 防止한다.

(3) Sperry TG 100 gyro compass

rotor case가 垂直環(vertical ring)에 連結되어 있고 이 垂直環은 水平環(horizontal ring)으로 支持되어 있어 rotor case와 垂直環의 重心이 水平環에 支持되어 있다. 따라서 船體가 動搖하더라도 主動部는 眞垂直을 維持하므로 搖錘運動이 일어나지 않아 誤差가 생기지 않는다. 그러므로 이러한 製品에서는 誤差防止裝置가 附着되어 있지 않다.

(4) Anschütz, Hokushin-Plath(球形) gyro compass

이 製品의 遠心力誤差에 關하여는 序論에 言及한 바와 같이 몇가지의 異見이 있으나 그 誤差의 防止를 爲한 別途의 裝置가 附着되어 있지 않다.

Ⅲ. 球形 gyro compass의 遠心力誤差

序論에서 提示된 球形 gyro compass의 遠心力誤差에 關한 說을 要約하면 誤差가 發生한다는 것 과 誤差가 本質적으로 생기지 않는다는 것으로 對立되어 있다. 이들 중 定說을 가리내기 爲하여 遠心力誤差의 理論을 살펴보고 動搖實驗을 實施하여 誤差의 理論値와 實驗値를 對比하기로 한다.

1. 遠心力誤差에 關한 理論⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

正常稼動中인 球形 gyro compass의 두 水平軸에 關한 週期는** 두 rotor의 合成角運動量과 緯度

** 自由振動週期를 週期라고 부르기로 한다.

에 따라 決定되므로 正常稼動狀態에서 外力을 받아 gyro球가 傾斜하면 두 rotor는 各 rotor의 垂直 軸周圍로 歲差運動이 일어나 南北軸周圍의 慣性能率이 變하며 또 緯도에 따라 東西軸周圍의 慣性能 率에 變한다⁹⁾. 그러나 이러한 變動量은 微小하므로 球形 gyro compass의 南北軸周圍의 週期는 約 20分, 東西軸周圍의 週期는 約 84分을 基準值로 定하고 있다¹⁰⁾.

여기서는 이 基準值를 適用하여 遠心力誤差의 理論值를 決定하기로 한다.

正常稼動中인 球形 gyro compass에 있어서 南北軸周圍의 週期和 東西軸周圍의 週期는 各各 다음 과 같이 表示된다

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{M \cdot g \cdot a}} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{M \cdot g \cdot a}} \dots \dots \dots (2)$$

但, T_1 : 南北軸周圍의 週期

T_2 : 東西軸周圍의 週期

I_1 : 正常稼動狀態인 gyro球의 南北軸周圍의 慣性能率 ($I_1 = \frac{(2H_1 \sin \theta_0)^2}{K}$)

H_1 : 各 rotor의 角運動量, θ_0 : 靜止狀態일 때 두 rotor의 사이角,

K : rotor의 suspension wire의 비틀림定數)

I_2 : 正常稼動狀態인 gyro球의 東西軸周圍의 慣性能率 ($I_2 = \frac{H}{w \cos \varphi}$,

H : 두 rotor의 合成角 運動量, w : 地球의 自轉角速度, φ : 緯度)

M : gyro球의 質量

g : 重力加速度

a : gyro球의 支點과 重心間의 距離

南北軸周圍의 運動方程式과 東西軸周圍의 運動方程式은 各各 다음 式으로 表示된다.

$$I_1 \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + M \cdot g \cdot a \cdot \alpha = M \cdot g \cdot \left(\frac{d^2 s}{dt^2} \cdot \sin \theta \right) \dots \dots \dots (3)$$

$$I_2 \cdot \frac{d^2 \beta}{dt^2} + M \cdot g \cdot a \cdot \beta = M \cdot g \cdot \left(\frac{d^2 s}{dt^2} \cdot \cos \theta \right) \dots \dots \dots (4)$$

(但, 第1項 : 各軸의 慣性能率로 인한 torque

第2項 : 復原torque

第3項 : 外力에 依한 torque

α : 南北軸周圍의 傾斜角

β : 東西軸周圍의 傾斜角

θ : 船首方位

S : 船首方位 θ 에서 gyro球를 強制振動시킬 때의 gyro球의 變位 ($S =$

$S_0 \sin \frac{2\pi}{T_0} t$, S_0 : 振幅, T_0 : 強制振動週期, t : 時間)

(3)式과 (4)式에서 α, β 를 求하면 各各 다음과 같다.

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{M \cdot g \cdot a}{I_1}} \cdot t + \alpha_1\right) + \frac{(2\pi)^3 \cdot S_0 \cdot \sin\theta \cdot \sin\frac{2\pi}{T_0} \cdot t}{g \cdot (T_1^3 - T_0^3)} \dots (5)$$

$$\beta = \beta_0 \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{M \cdot g \cdot a}{I_2}} \cdot t + \beta_1\right) + \frac{(2\pi)^3 \cdot S_0 \cdot \cos\theta \cdot \sin\frac{2\pi}{T_0} \cdot t}{g \cdot (T_2^3 - T_0^3)} \dots (6)$$

(但, α_0, α_1 과 β_0, β_1 은 初期條件에 依하여 決定되는 常數)

(5)式과 (6)式에서 第1項은 初期振幅이 α_0, β_0 인 振動을 表示한다. 이 項은 時間이 經過하면 摩擦로 因하여 漸次減少하므로 正常狀態에서는 사라진다. 第2項은 強制振動을 나타내며 이 振動이 일어나고 있는 동안 gyro球가 α, β 角만큼 各各 南北軸周圍와 東西軸周圍로 傾斜되어 重心이 鉛直方向으로부터 벗어나면 重心과 支點間的 距離의 水平成分을 臂(arm)로 하는 鉛直軸周圍의 torque를 일으킨다.

傾斜角 α, β 로 因한 各各의 鉛直軸周圍의 torque τ_1 과 τ_2 는 各各 다음 式으로 表示된다.

$$\tau_1 = M \times \left\{ S_0 \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^3 \cdot \sin\frac{2\pi}{T_0} \cdot t \right\} \times \left\{ \frac{(2\pi)^3 \cdot a \cdot S_0 \cdot \sin\theta \cdot \sin\frac{2\pi}{T_0} \cdot t}{g \cdot (T_1^3 - T_0^3)} \right\} \times \cos\theta$$

$$= \frac{(2\pi)^4 \cdot M \cdot a \cdot S_0^2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)}{g \cdot T_0^3 \cdot (T_1^3 - T_0^3)} \dots (7)$$

$$\tau_2 = \frac{(2\pi)^4 \cdot M \cdot a \cdot S_0^2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)}{g \cdot T_0^3 \cdot (T_2^3 - T_0^3)} \dots (8)$$

(但, $T_2 > T_1 > T_0$ 일 때 τ_1 는 時計方向이고 τ_2 는 反時計方向임)

그런데 (7)式과 (8)式이 나타내고 있는 torque τ_1 과 τ_2 는 時間 t 에 따라 變하므로 強制振動週期 T_0 에 對한 平均値 $\bar{\tau}_1$ 과 $\bar{\tau}_2$ 는 다음과 같이 求해진다¹¹⁾.

$$\bar{\tau}_1 = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \tau_1 dt = \frac{4\pi^4 \cdot M \cdot a \cdot S_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g \cdot T_0^3 \cdot (T_1^3 - T_0^3)} \dots (9)$$

$$\bar{\tau}_2 = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \tau_2 dt = \frac{4\pi^4 \cdot M \cdot a \cdot S_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g \cdot T_0^3 \cdot (T_2^3 - T_0^3)} \dots (10)$$

gyro球가 鉛直軸周圍로 받는 torque의 크기는 $\bar{\tau}_1 \sim \bar{\tau}_2$ 이므로 東西軸周圍의 歲差運動은 $\frac{\bar{\tau}_1 \sim \bar{\tau}_2}{H}$ 로 되어 이로 因하여 俯仰角이 생긴다. 만약 指北端이 북쪽에서 δ 角度的 偏角(誤差)을 가지면 地球의 自轉에 따른 地盤의 傾斜角速度的 東西方向成分은 $w \cdot \cos\varphi \cdot \delta$ 가 되어 위의 것과 平衡을 이룬다. 즉 $\frac{\bar{\tau}_1 \sim \bar{\tau}_2}{H} = w \cdot \cos\varphi \cdot \delta$ 가 成立된다. 따라서 δ 는 다음 式으로 表示된다¹⁰⁾.

$$\delta = \frac{4\pi^4 \cdot M \cdot a \cdot S_0^2 \cdot \sin 2\theta}{H \cdot g \cdot T_0^3 \cdot w \cdot \cos\varphi} \cdot \left\{ \frac{1}{T_1^3 - T_0^3} \sim \frac{1}{T_2^3 - T_0^3} \right\} \dots (11)$$

Hokushin gyro compass에서 T_1 과 T_2 는 各各 約 20分, 84分이고 T_0 가 15秒, 振幅(S_0)이 $\pm 1m$, 針路(θ)가 045度, 또 緯度(φ)가 35度일 때 誤差(δ)는 3×10^{-4} 度이므로 이것을 (11)에 代入하고

週 期	船首方位	誤 差
4 秒	N, S	0°
	E, W	0°
	NE, SW	+4.217°×10 ⁻³
	NW, SE	-4.217°×10 ⁻³
6 秒	N, S	0°
	E, W	0°
	NE, SW	+1.874°×10 ⁻³
	NW, SE	-1.874°×10 ⁻³
15 秒	N, S	0°
	E, W	0°
	NE, SW	+3°×10 ⁻⁴
	NW, SE	-3°×10 ⁻⁴
20 秒	N, S	0°
	E, W	0°
	NE, SW	+1.69°×10 ⁻⁴
	NW, SE	-1.69°×10 ⁻⁴

〈表 1〉 遠心力誤差的 理論值

Hokushin—Plath D-1 製品를 實驗모델로 하여 이 製品の 遠心力誤差를 調査하기로 한다.

(1) 實驗에 使用된 gyro compass의 諸元

製作處 : Hokushin Electric Works LTD., Tokyo Japan

製作年 : 1975年

模 型 : D-1 type

電 源 : AC 110V 3φ 333H.

(2) 實 驗

支點으로부터 3m 下方에 compass를 매달고 振幅 ±1m, 強制振動週期를 4秒, 6秒, 15秒 및 20秒로 區分하여 船首方位를 變更시켜 가면서 觀察하였다.

強制振動이 持續되는 동안에는 船首方位와 強制振動週期에 關係없이 誤差가 나타나지 않았으며 振動이 끝난 後에 船首方位와 強制振動週期에 따라 誤差가 나타나기 始作하였다. 여기서는 完수히 定針된 gyro compass에 約 20分 동안 一定한 振幅으로 強制振動을 시킨 다음 다시 原位置에 固定하고 나서 約 20分이 經過한 다음에 나타난 最大誤差를 測定하였다.

各 週期에 있어서 船首方位에 對한 最大誤差는 그림 1과 같다.

表 1과 그림 1을 比較하여 보면 誤差의 理論值와 實驗值는 다음과 같은 共通點이 있음을 알 수

$$\frac{4\pi^4 \cdot M \cdot a}{H \cdot g \cdot w} = C$$

라고 놓고 計算하면

$$C = 10.30$$

이 된다.⁵⁾¹⁰⁾

따라서 本實驗에 使用된 gyro compass의 遠心力誤差에 關한 理論式은 다음과 같이 表示된다.

$$\delta = 10.30 \cdot \frac{S_0^2 \cdot \sin 2\theta}{T_0^2}$$

$$\left\{ \frac{1}{T_1^2 - T_0^2} \sim \frac{1}{T_2^2 - T_0^2} \right\}$$

$$\dots\dots\dots(12)$$

(12)式으로부터 振幅S₀를 ±1m, 強制振動週期(T₀)를 各各 4秒, 6秒, 15秒 및 20秒로 하고 各 船首方位에 對하여 구한 誤差는 表 1과 같이 微小하다.

2. 實 驗

前項에 提示된 誤差理論值에 關하여 그 크기, 形式 및 誤差發生 時期 등을 確認할 目的으로

遠心力에 의한 Gyro Compass의 動搖誤差

있다. ① 船首方位가 四方點일 때는 誤差가 생기지 않고 그 以外の 船首方位에서는 誤差가 생겼다. ② 誤差의 符號는 船首方位가 一象限 또는 三象限內에 있을 때는 偏西, 그 以外の 境遇에서는 偏東이었다. ③ 測어진 條件에서 誤差의 最大値는 船首方位가 四隅點일 때 나타났으며 強制振動週期가 짧수록 그 값은 작았다.

한편 誤差의 크기는 實驗値가 理論値보다 크게 나타났으며 振動中에는 誤差가 생기지 않았으나 振動이 끝난 後에 나타나기 시작하였고 振動이 끝난 後로부터 約 20分이 經過한 때 最大의 誤差가 나타남은 새로운 事實을 알게 되었다.

IV. 遠心力誤差에 關한 定性的인 解析

gyro compass의 rotor가 하나이고 主動部가 위로부터 매달려 있는 製品에서는 調整錘로 調整하면 遠心力誤差가 完全히 防止되므로 理論的인 解析만으로 誤差發生에 關한 것이 充分히 說明되지만 球形 gyro compass에서는 III에서 알 수 있듯이 이 誤差의 理論値와 實驗値는 크기와 發生時期가 各을 다르므로 定性的인 解析이 要될다.

이 製品은 gyro rotor와 gyro球가 容器內에 密閉되어 있어 船體의 動搖로 因한 影響을 받았을 때 各 rotor의 動作과 gyro球의 傾斜運動을 外部에서 觀察하기가 困難하지만 ① 實驗結果로 알게 된 誤差發生의 時期와 最大誤差에 關한 時間遲延 ② 構造上으로 볼 때 靜的인 狀態에 있는 gyro球의 兩 水平軸周圍에 關한 自由振動週期는 서로 다르다는 點(南北軸周圍의 振動週期는 約 1.6秒, 東西軸周圍의 振動週期는 約 2秒¹²⁾)과 支點이 重心의 上方에 있다는 點 등을 考慮하면 다음과 같이 定性的인 解析을 할 수 있다.

(1) 南北船首方位에서 船體가 動搖할 境遇

gyro球의 東西軸이 振動面과 一致하므로 gyro球의 重心과 支點間의 距離에 依한 非對稱搖錘效果는 일어나지 않지만 内部의 各 rotor는 그 回轉軸과 이에 直角인 軸에 對하여 質量配置가 平衡이 아니므로 rotor의 面이 振動面과 0° 또는 90°가 아니므로 非對稱搖錘效果가 各 rotor에 일어난다. 그 結果 북쪽의 rotor는 rotor의 垂直軸周圍로 時計方向의 歲差運動이 일어나고 남쪽의 rotor는 反時計方向의 歲差運動이 일어난다. 이것은 gyro球의 東側端은 上昇하고 西側端이 下降하는 南北軸周圍의 torque를 일으키므로 垂直軸周圍의 歲差運動이 일어나지 않아 振動이 持續되거나 終了되더라도 誤差는 생기지 않는다. (그림 2)

(2) 東西船首方位에서 船體가 動搖할 境遇

(1)의 境遇와 같은 原理로 各 rotor의 非對稱搖錘效果로 因하여 북쪽의 rotor는 反時計方向, 남쪽의 rotor는 時計方向으로 各 rotor의 垂直軸周圍로 歲差運動이 일어난다. 그 結果로 東側端이 下降하고 西側端이 上昇하여 重心點이 斜쪽으로 移動되지만 이로 因한 torque는 南北軸周圍로 일어난 뿐이므로 誤差가 생기지 않는다. (그림 3) 이 때의 南北軸周圍의 torque는 (1)의 境遇와 方向만 反對인 따름이다.

(3) 一象限 또는 三象限內의 船首方位에서 船體가 動搖할 境遇

船體의 動搖가 持續되면 gyro 球의 南北軸周圍와 東西軸周圍의 慣性能率이 相異하고 球의 南北軸 또는 東西軸이 振動面과 0° 또는 90°를 이루지 않으므로 重心과 支點間의 距離로 인한 非對稱搖錘 效果가 생긴다. 그 結果 두 개의 rotor系 全體가 反時計方向으로 回轉한다. 그런데 두 rotor의 回轉 vector의 合成方向은 북쪽이므로 gyro球의 北端이 上昇하고 南端이 下降하는 傾斜가 일어난다. 動搖가 끝나면 重心의 復原torque로 歲差運動이 일어나 北端이 偏西되는 誤差가 생긴다. (그림 4)

(4) 二象限 또는 四象限內의 船首方位에서 船體가 動搖할 境遇

(3)과 같은 原理로 動搖가 持續되면 rotor系 全體는 時計方向으로 回轉하여 gyro球의 北端이 上昇하는 傾斜가 생겨 重心點이 남쪽으로 移動된다. 動搖가 끝나면 重心의 復原torque로 北端이 偏東 되는 誤差가 생긴다. (그림 5)

V. 結 論

主動部의 內部에 두 個의 rotor와 制振油槽가 備載되어 있는 球形 gyro compass에 있어서 遠心力誤差의 有無·크기·形式과 誤差發生에 關한 것을 究明하기 爲하여 誤差에 關한 理論을 살펴보고 Hokushin-Plath D-1 gyro compass를 모델로 하여 誤差를 實測하고 理論値와 實驗値를 比較하였으며 實驗으로부터 얻은 몇가지 事實에 依據하여 定性的인 解析에 有用한 圖示的인 說明을 提示하였다.

이러한 考察의 結果를 要約하면 다음과 같다.

① 正常稼動中인 gyro compass는 東西軸周圍와 南北軸周圍에 關한 振動週期가 相異하므로 理論的으로 誤差가 있으나 이들 週期는 船體動搖(強制振動)週期에 比하여 너무 크기 때문에 理論的인 誤差의 크기는 거의 無視할 수 있는 程度로 微小하다. 그러나 實測된 誤差는 理論値보다 크게 나타났다. 따라서 序論에서 列學한 ①, ② 및 ③의 說은 正常하지 못하여 ④의 說이 妥當함이 分明하다.

② 船首方位에 對한 誤差發生을 보면 理論値와 實驗値는 다같이 船首方位가 四方點인 境遇에는 생기지 않지만 그 以外의 船首方位에서는 생기며 船首方位에 對한 誤差符號도 船首方位가 象限別로 變換에 따라 變한다. 그러나 實驗値는 動搖가 持續되는 동안에는 나타나지 않으며 動搖가 끝난 후 에 생기기 始作하여 점점 커진다. 最大値에 到達하는 時期는 動搖가 끝난 後로부터 約 20分이 經過된 때이다.

③ 四方點 以外의 어느 한 船首方位에서 一定한 振幅으로 振動하면 理論値와 實驗値의 크기는 다 같이 動搖週期가 짧을수록 커진다.

實驗結果 四隅點船首方位에서 動搖週期가 20秒일 때 最大誤差는 約 0.2°이고 4秒일 때 그것은 約 2°로 나타났다. 實際船舶의 橫動搖週期를 15秒 乃至 25秒로 보면 球形 gyro compass의 遠心力 誤差는 0.5° 以內로 볼 수 있다.

球形 gyro compass의 慣性能率은 內部의 各 rotor의 角運動量에 따라 決定되는 稼動狀態의 慣

遠心力에 依한 Gyro Compass의 動搖誤差

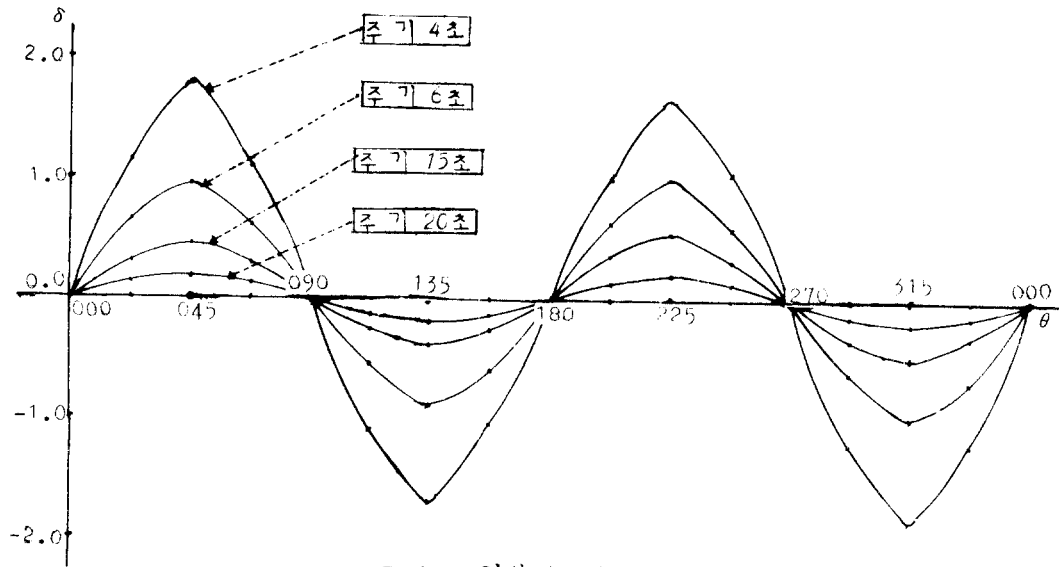


그림 1 원심력오차의 실험치

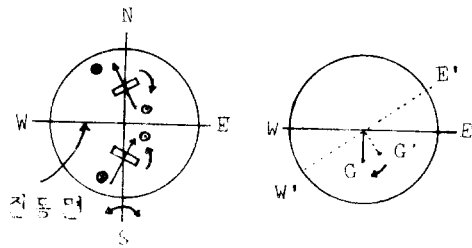


그림 2

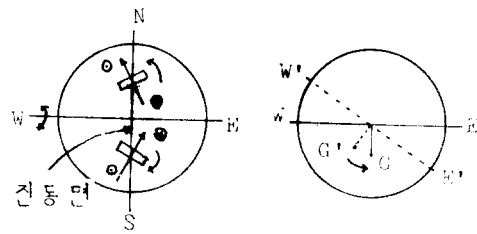


그림 3

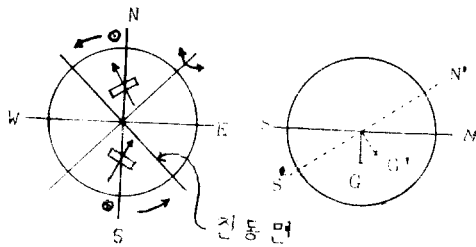


그림 4

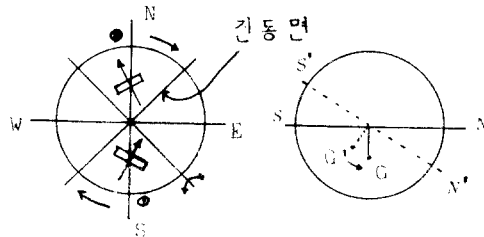


그림 5

性能率과 gyro 球全體의 質量配置에 따라 決定되는 非稼動狀態의 慣性能率로 區分할 수 있으며, 理論值計算에는 前者만 考慮되었다. 然약 後者의 境遇 東西軸과 南北軸周圍에 關한 慣性能率이 相異하면 非對稱搖錘效果가 일어난다. 本稿에서 理論 誤差보다 實際誤差가 크게 나타남 것은 위의 非對稱搖錘效果로 因한 誤差가 理論值에 追加된 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. Grant G. A. A. and Klinket J. : The Ship's Compass, 2nd ed. London: William Clowes and Sons, 1970. pp. 414~416.
2. Burger W. and Corbet A. G. ; Marine Gyro Compass and Automatic Pilots, London: Pergamon Press, 1963. pp.46~48.
3. Christoph P., Verfahren Zur Rechnerischen Korrektur Systematischer Anzeigefehler Konventioneller Zweikreisellkompass, Heidelberg: Symp. kreiseltechn., 1974.
4. 庄司和民, Gyro Compass와 Auto-Pilot, 東京: 海文堂, 1973. pp.32~33.
5. 北辰電機, D-1 Gyro compass 性能仕様書, 東京: 北辰, 1975.
6. 小林 實, Hokushin-Plath Gyro Compass와 Hokushin-Anschütz Gyro Compass의 特特性, 東京: 北辰, 1975.
7. 吉中百合雄, 各種 Gyro Compass의 解説, 下卷, 東京: 成山堂, 1971. pp 270~271.
8. 藤井安正, Gyro Compass Auto-Pilot의 要點, 東京: 成山堂, 1965. p.135.
9. 茂在寅男・小林 實, Compass와 Gyro의 理論과 實際, 東京: 海文堂, 1971. pp.131~133.
10. 前掲書, pp 136~137.
11. 前掲書, pp 93~96.
12. 前掲書, p 135.