

磁氣컴퍼스 方位指示部の 隨伴角

安瑛化·鄭公忻·辛亨鎔*

濟州大學, *釜山水產大學
(1986년 7월 30일 수리)

The Concomitant angle of the Directional System of Magnetic Compass

Young Wha AHN, Kong Heon JEONG

Cheju National University

and

Hyeong Il SHIN

National Fisheries University of Pusan

(Received July 30, 1986)

This paper investigates on the performance of liquid magnetic compass measuring the concomitant angle of the directional system by the kind of compass and the coefficient of viscosity of the liquid of ones in accordance with the turning angular velocity of the compass bowl in artificial horizontal magnetic fields.

The obtained results are as follows;

1. The concomitant angle is to be in proportion to the coefficient of viscosity of the liquid of compass and the turning angular velocity of the compass bowl, but ones is to be in contrary proportion to the magnetic moment of the magnetic needle and the horizontal geomagnetic.
2. The overdevelopment of the concomitant angle keeps on regularly at any optional degree in the turning angular velocity over π radian per minute, but varies periodically at 180 degree below $\frac{2}{3}\pi$ radian per minute.

緒 論

液體式 磁氣컴퍼스의 카아드는 船舶이 旋回時 컴퍼스 보울內的 컴퍼스液의 隨伴運動에 의해 船舶이 旋回를 멈추었을 때도 方位指示部の 指北端은 바로 指北하여 정지하지 않고, 어느 시간까지는 偏角을 가지고 隨伴運動을 하게 되는데 이러한 隨伴角의 크기는 船舶의 旋回角速度와 컴퍼스液의 粘性係數, 카아드의 크기 및 磁針의 磁氣能率과 地球磁場의 세기에 따라 다르다.

이들 상호간의 관계에 대한 研究로는 熊凝, 川崎^{1,2)} 등의 磁氣羅針儀의 隨伴角, 鈴木³⁾의 磁氣컴퍼스 性能改善에 관한 研究, 鈴木, 白井^{4,5)} 등의 磁氣컴퍼

스의 性能試驗에 관한 研究 등이 있다.

우리나라에서는 安, 鄭^{6,7)}에 의하여 처음으로 人工磁場發生裝置를 이용한 磁氣컴퍼스 方位指示部の 制振特性에 관한 研究가 있으나, 隨伴角에 대한 研究는 이루어진바 없다.

本 研究는 液體式 磁氣컴퍼스의 隨伴角을 檢査하기 위하여 地球磁場의 變化에 對應할 수 있는 人工磁場發生裝置와 컴퍼스 回轉台를 製作하여 그 裝置內에서 水平磁場의 세기에 따라 컴퍼스 種類 및 컴퍼스液의 粘性係數別로 船舶의 旋回運動과 相應하도록 實驗用 컴퍼스보울을 等角速度로 回轉시켜 磁氣컴퍼스 方位指示部の 隨伴角을 測定하고, 實驗式³⁾에 의한 計算値와 比較, 檢討하였다.

材料 및 方法

1. 材料

本 實驗에 使用한 磁氣컴퍼스는 현재 船舶에서 많이 사용하고 있는 日本製 磁氣컴퍼스 4種(A, B, C, D)과 韓國製 磁氣컴퍼스 1種(E)이며, 그 性能諸元은 Table 1 과 같다.

2. 實驗裝置

磁場의 세기에 따른 磁氣컴퍼스의 性能을 調査하기 위하여 製作한 人工磁場發生裝置⁶⁾와 隨伴角 實驗裝置의 系統圖는 Fig. 1과 같고, 그 諸元은 Table 2, Table 3과 같다.

Fig. 1에서 隨伴角 實驗裝置는 船舶의 旋回運動과

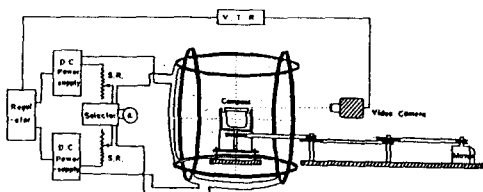


Fig. 1. Block diagram of the apparatus generating artificial magnetic force and testing performance of magnetic compass.

對應하도록 回轉시키기 위하여 컴퍼스 回轉台는 無磁性 材料인 靑銅으로 製作하여 人工磁場發生裝置의 中央에 設置하였으며, 컴퍼스 回轉台는 그 回轉速度를 150 R. P. M. 까지 줄일 수 있는 減速裝置가 附着된 可變電動機를 고무 belt 로 3개의 Pully 에 연결하였으며, 電動機에 의한 磁氣的인 영향을 받지않게 하기 위하여 實驗用 컴퍼스에서 3.6m 떨어진 곳에 固定시켰다.

3. 實驗方法

1) 隨伴角 試驗

隨伴角은 人工磁場發生裝置의 中央에 設置된 回轉台위에 實驗用 컴퍼스를 놓고, 水平磁場(H)의 세기를 0.03 gauss~0.39 gauss 간격으로 변화시키면서 船舶의 旋回運動에 相應하는 2分, 3分, 4分, 4.5分에 1回轉의 速度로 各 2回轉시켰으며, 旋回角 45° 마다 컴퍼스 카아의 偏角을 測定하고, 컴퍼스가 一回轉하였을때의 偏角을 隨伴角으로 하였다.

隨伴角의 크기는 地磁氣의 水平磁場과 磁針의 磁氣能率, 컴퍼스液의 粘性係數와 船舶의 旋回角速度, 컴퍼스 보울의 內半徑과 카아의 半徑과의 間隔인 clearance 등에 따라 달라지므로 本 實驗에서 隨伴角에 관한 性能調査는 水平磁場의 세기에 따라 컴퍼스種類別로 旋回角速度($2\pi/\omega$)와 컴퍼스液의 粘性係數를 달리해서 隨伴角의 過度特性을 測定하였으며,

Table 1. Specification of the experimented magnetic compass

Type of compass	Clearance (mm)	Diameter of card (mm)	Magnetic moment (c. g. s.)	Manufactured year
A	11	190	2,385	1,979
B	17	178	1,961	1,966
C	23.5	165	1,640	1,970
D	3.5	187	1,271	1,950
E	4	97	994	1,980

Table 2. Specification of the helmholtz coil

Diameter (mm)	Distance of helmholtzcoil (mm)	Width (mm)	Diameter of coil (mm)	Winding number (turns)
1,000	750	50	1	117

Table 3. Specification of the rotating apparatus

Diameter of rotating stand (mm)	Number of pully	Diameter of pully (mm)	Interval of pully (mm)	Rotating speed (R. P. M.)
385	3	304.8	1,200	150~1,500

이들 隨伴角에 영향을 미치는 要素別 測定値와 比較 檢討하기 위한 計算値는 다음 式³⁾에 의하였다.

$$\theta = \frac{120\mu}{MH} (0.325\gamma - 1.60)(100\omega)^{1-0.07(a-\gamma)} \quad (1)$$

- 但, θ : 隨伴角(radian)
- μ : 컴퍼스液의 粘性係數(poise)
- M: 磁針의 磁氣能率(C. G. S. E. M. U)
- H: 水平磁場(gauss)
- γ : 컴퍼스 카야드의 半徑(mm)
- ω : 보울의 旋回角速度(radian/sec)
- a: 보울의 內半徑(mm)

2) 磁針의 磁氣能率과 컴퍼스液의 粘性係數測定

實驗에 사용한 컴퍼스種類別 磁針의 磁氣能率 測定은 Tangent式³⁾으로 測定하였으며, 컴퍼스液은 純度 99.8%의 에칠알콜과 증류수를 각각 3:7, 7:13, 4:6, 5:5의 比率로 混合한 것으로서 溫度를 각각 15°C, 20°C, 25°C, 30°C로 變化시켜 Ostward 粘度計로 粘性係數를 測定하였으며, 그 結果는 Fig. 2에 나타내었다.

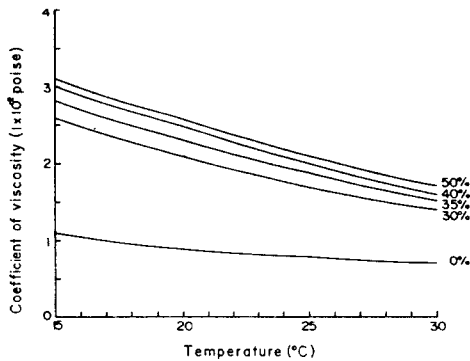


Fig. 2. Relation between coefficient of viscosity and temperature for the liquid mixed ethyl-alcohol and distilled water.

結果 및 考察

1. 隨伴角의 過度特性

Table 1의 A 컴퍼스로써 水平磁場을 0.39 gauss, 0.30 gauss, 0.18 gauss, 0.03 gauss에서 보울이 1回 轉하는데 要하는 旋回時間을 1分, 2分, 3分, 4分, 4.5分으로 하여 2回轉시킨 경우의 回轉角速度(0~720°)에 대한 隨伴角의 過度特性은 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 角速度가 2 π /min., π /min. 인 경우 隨伴角이 一定하게 되는 回轉角度와 그때의 隨伴角을 水平磁場의 세기에 따라 구하면 Table 4와 같다.

Table 4에서 隨伴角은 回轉角速度가 커지거나 水平磁場이 약할수록 커지고, 또 隨伴角이 一定하게 될 때 까지의 回轉角度는 角速度가 커지거나, 水平磁場이 약해질 때, 커지는 경향이 있었다.

또한 旋回角速度가 2 π /3min., π /2min., 4 π /9min. 인 경우의 隨伴角은 水平磁場이 0.03 gauss를 제외하고 0.39 gauss, 0.30 gauss, 0.18 gauss일 때는, 回轉角度가 270°부근까지는 增加하다가, 점차 減少하여 450°부근에서 最小가 되었고, 다시 增加하기 시작하여 630°부근에서 最大가 되어, 180°를 週期로 隨伴角이 最大, 最小가 되는 過度特性을 나타내었다.

2. 컴퍼스種類別 旋回角速度와 水平磁場에 따른 隨伴角

實驗用 컴퍼스의 種類別 隨伴角을 水平磁場의 세기에 따라 보울의 旋回角速度를 2分, 3分, 4分 4.5分에 1回轉의 순으로 測定한 測定値와 (1)式에 의한 計算値를 比較한 結果는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 水平磁場의 세기와 旋回角速度別 隨伴角은 實驗用 컴퍼스(A, B, C, D, E)의 測定値와 計算値는 거의 一致하였으며, 隨伴角은 水平磁場이 약할수록, 旋回角速度가 빠를수록 增加하였다.

이와같은 事實은 水平磁場이 약해짐에 따라 磁針

Table 4. Concomitant angle and the rotated degree of compass bowl in accordance with horizontal magnetic force

H(gauss) W(rad./min.)	0.03		0.18		0.30		0.39	
	A*	P**	A	P	A	P	A	P
2 π	10	405	7	270	4	225	4	225
π	6	225	4	135	2	225	2	225

*A: Concomitant angle

**P: Rotating degree of compass bowl when the concomitant angle is keeping constant

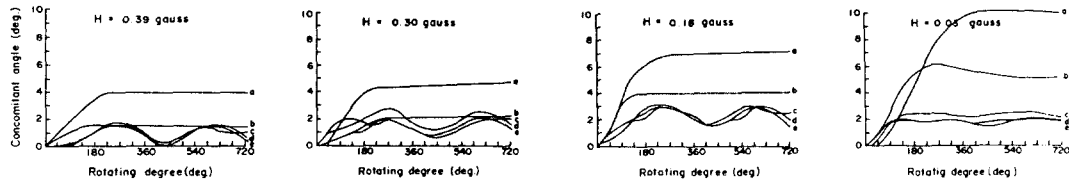


Fig. 3. Overdevelopment of concomitant angle by turning angular velocity of compass in the horizontal magnetic fields.
 a : $2\pi(\text{rad./min.})$, b : $\pi(\text{rad./min.})$, c : $2\pi/3(\text{rad./min.})$, d : $\pi/2(\text{rad./min.})$,
 e : $4\pi/9(\text{rad./min.})$

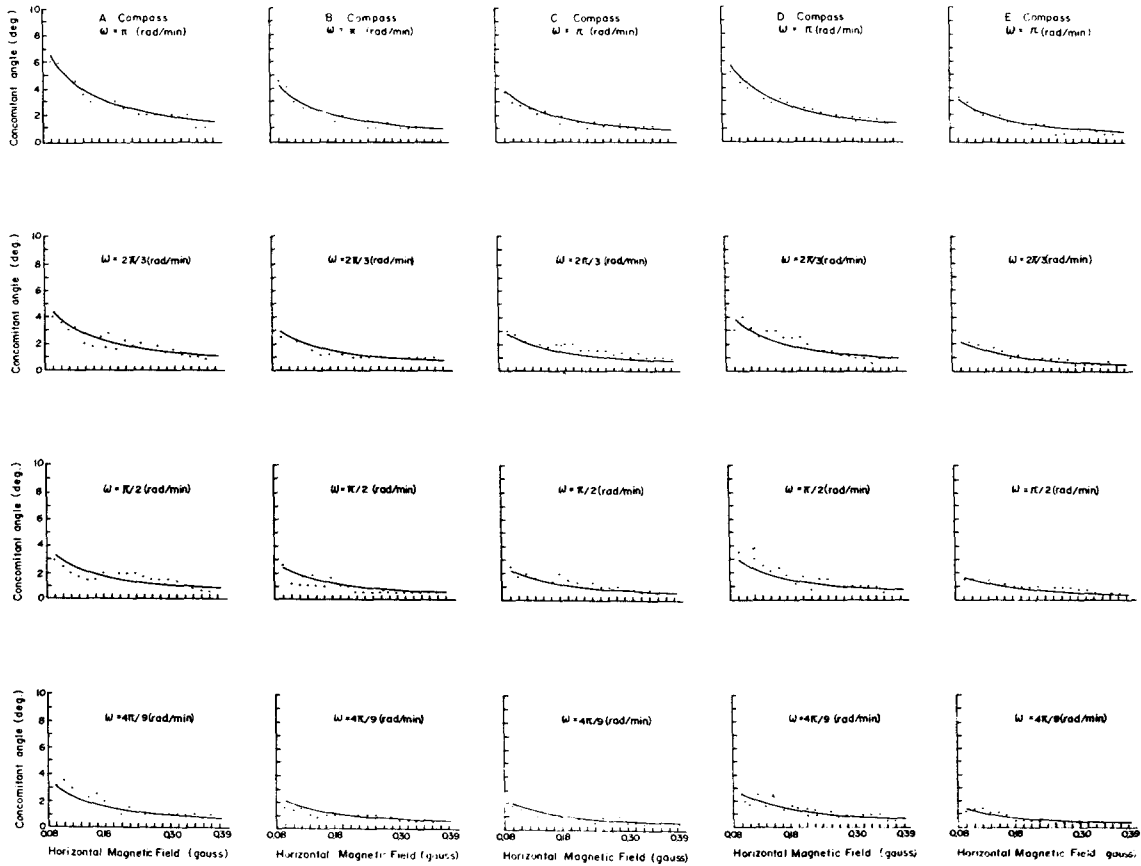


Fig. 4. Concomitant angle by the types of compass and the turning angular velocity in accordance with the horizontal magnetic force.
 : measured values
 — : calculated values

의 指北力이 減少하는데 比하여 컴퍼스液의 粘性에 의한 카아의 隨伴運動이 커지기 때문이며, 또한 보울의 旋回角速度가 빠를수록 컴퍼스液의 回轉運動도 加速化되므로 그 粘性에 의한 偏角이 커지기 때문이라 推定된다.

實驗用 컴퍼스種類別 旋回角速度에 대한 隨伴角의 크기는 水平磁場이 약해짐에 따라 A 컴퍼스가 가장 많이 增加하였으며, 다음 D, B, C, E 컴퍼스 순으로 增加하였다. A 컴퍼스가 隨伴角이 가장 큰 것은 磁針의 磁氣能率에 比해 카아의 面積이 커서 水平磁場이

磁氣컴퍼스 方位指示部の 隨伴角

약해질수록 磁針의 指北力이 減少되는데 比해, 컴퍼스液의 粘性에 의한 카아드의 隨伴運動이 커지기 때문이다.

E 컴퍼스가 隨伴角이 가장 적은것은, 카아드의 面積에 比해 磁針의 磁氣能率이 커서, 粘性에 의한 隨伴角은 적은데 比해 磁針의 指北力은 강하기 때문이다.

實驗用 컴퍼스 A, B, C, D, E의 水平磁場과 旋回角速度에 따른 隨伴角은, 水平磁場 0.30 gauss, 旋回角速度 $2\pi/min.$ 일 때, 각각 1.1° , 0.7° , 0.8° , 1.0° , 0.5° 로서 ISO가 規定한 隨伴角의 허용범위인 1.2° 보다 적으므로 韓國近海에서의 사용이 適合하다.

또한, A, B, C, D, E 컴퍼스에 대한 諸元과 水平磁場 및 旋回角速度에 따른 隨伴角을(1)식에 의한 計算機 시뮬레이션으로 구한 粘性係數 μ 는 각각 0.03, 0.02, 0.02, 0.015, 0.048 Poise 로서 E 컴퍼스의 粘性係數가 가장 높고, D 컴퍼스가 가장 낮았다.

이상에서 컴퍼스液의 粘性係數가 높으면서, 隨伴角이 적은것은 磁針의 磁氣能率이 粘性係數보다 隨伴角에 미치는 영향이 크기 때문이다.

3. 컴퍼스液의 粘性係數와 隨伴角

粘性係數에 따른 隨伴角의 變化를 檢討하기 위하여 B 컴퍼스에 에칠알콜과 증류수를 각각 3 : 7, 7 : 13, 4 : 6, 5 : 5의 比率로 混合한 液을 넣어 溫度變化에 대한 粘性係數를 Fig.2에서 구한 混合比率別 粘性係數는 각각 0.017 poise, 0.021 poise, 0.023 poise, 0.025 poise, 0.026 poise 였으며 이들 粘性係數에 따른 旋回角速度別 隨伴角을 測定한 結果는 Fig.5와 같다.

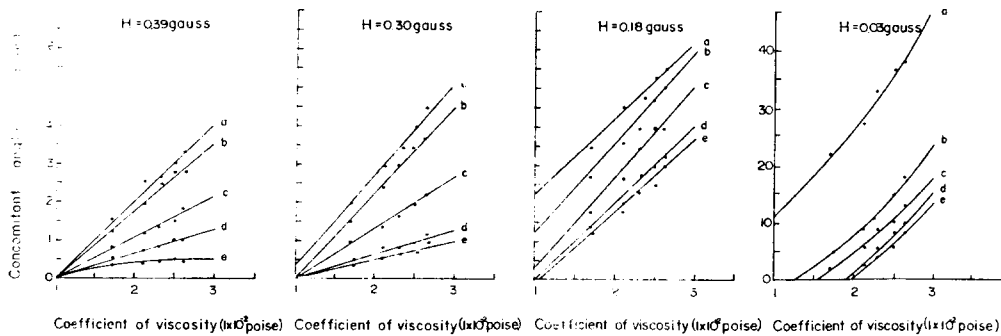


Fig. 5. Variation of concomitant angle by the turning angular velocity of compass and the coefficient of viscosity.

a : $2\pi(rad./min.)$, b : $\pi(rad./min.)$, c : $2\pi/3(rad./min.)$, d : $\pi/2(rad./min.)$, e : $4\pi/9(rad./min.)$

Fig.5에서 隨伴角은 粘性係數가 높고, 컴퍼스의 旋回角速度가 빠를수록 그리고, 水平磁場이 약할수록 增加하였다.

水平磁場이 0.03 gauss에서는 컴퍼스의 旋回角速度가 比較的 빠른 $2\pi/min.$ 이상에서는 粘性係數가 높을수록 隨伴角의 增加率이 $\pi/2/min.$, $4\pi/9/min.$ 보다 높았다.

이러한 사실은 粘性係數가 높을수록 磁針의 指北力에 比해 컴퍼스液의 粘性에 의한 摩擦抵抗이 커지고 水平磁場이 약할수록 磁針의 指北力도 減少하기 때문이다.

要 約

液體式 磁氣컴퍼스의 隨伴角을 水平磁場의 세기에 따라 컴퍼스種類 및 컴퍼스液의 粘性係數別로, 컴퍼스 보울을 等角速度 回轉시켜 測定한 結果는 다음과 같다.

1. 컴퍼스種類別 隨伴角은 實驗用 컴퍼스 모두 水平磁場의 세기가 약할수록, 컴퍼스 보울의 旋回角速度가 빠를수록, 컴퍼스液의 粘性係數가 높을수록, 增加하는 경향을 보였다.

2. 컴퍼스 보울의 回轉角에 대한 旋回角速度別 隨伴角의 過度特性은, 角速度가 $\pi/min.$ 以上에서는 回轉角도가 어느 基準角度에서 부터 一定한 偏角으로 維持 되었고, $2\pi/3/min.$ 以下에서는 180° 를 週期로 하여 最大, 最小로 變化했다.

3. 컴퍼스種類別 旋回角速度에 대한 隨伴角의 크기는, 水平磁場이 약해짐에 따라 A, D, B, C, E 컴퍼스 순으로 增加하였다.

4. 地磁氣의 水平磁場이 韓國近海의 標準磁場인 0.30 gauss에서 컴퍼스 보울의 旋回角速度를 $\frac{\pi}{2}/min$ 으로 하였을 때, 實驗用 컴퍼스 모두 ISO의 허용범 위인 1.2° 보다 적었다.

5. 實驗에 사용한 A, B, C, D, E 컴퍼스液의 粘性係數를 計算器 시뮬레이션 한 結果 각각 0.03 poise, 0.02 poise, 0.02 poise, 0.015 poise, 0.048 poise 임을 推定할 수 있었다.

參 考 文 獻

1. 熊凝武晴·川崎種一(1948): 磁氣羅盆의 隨伴角에 について. 日本航海學會誌 1, 75-83.
2. ———·石井謙治·鈴木裕(1952): 磁氣羅針儀隨 伴角에 關する 實驗. 水産廳漁船研究技報 3, 111-129.
3. 鈴木裕(1962): 船用磁氣コンパス의 性能改善에 關 する 研究. 本京水産大學 特別研究報告 6(3), 6-45.
4. ———·白井靖幸(1980): 磁氣コンパス의 性能 試驗. 日本航海學會誌 68, 147-15.
5. ———·———(1982): 上下振動에 伴う 磁氣 콘パス카드의 運動. 日本航海學會誌 67, 115-118.
6. 安瑛化·鄭公析·安長榮·辛亨鎰(1983): 人工磁場 發生裝置와 磁氣컴퍼스의 性能. 漁業技術 19(2), 111-116.
7. 安瑛化·鄭公析(1985): 磁氣컴퍼스 方位指示部의 制振特性. 漁業技術 21, 28-34.
8. 井關貢·庄司和(1956): 新訂航海計器學. 海文堂, 東京, 15-16.