磁気コンパスの動揺による誤差の検討

白 井 靖 幸*・鈴木 裕**・斎 藤 清 隆**

Relation between the Error by the Compass-bowl-motion
and the Directional System

Yasuyuki SHIRAI, Hiroshi SUZUKI
and Kiyotaka SAITO

Abstract

Magnetic compasses are essential in nautical instruments especially for small vessels. From the view point of the safety, it is important to study every error of the magnetic compasses.

The indication error due to ship's roll and pitch on the magnetic compass bowl had already mentioned in our former report.

This paper describes about the experimental results upon the errors caused by the artificial movement simulated as ship's roll and pitch in the case of using a model card and bowl having a few clearances made between the edge of the card and the upper glass (upper clearance), between the outer edge of the card and the inside of the bowl (edge clearance), as well the area of the card.

These results show that this error increases with the edge clearance, decreases with upper clearances and the card areas. Consequently, it becomes that a profitable design about these dimensions of a directional system exists in each size of the card.

1. は じ め に

磁気コンパスは、小型船にとってはまだ重要な航海計器の一つであり、この方位指示誤差を少なく押さえることは、航海の安全の面からも大切なことである。この誤差の原因のうち、船の動揺に伴って起こる磁気コンパスの方位指示誤差の原因としては、傾船差と、ジンバル軸の取り付け方向によるもの⁽¹⁾とがすでに知られている。著者等は、それら原因の他にも、船でローリングとピッチングが同時に起こっているときに、コンパスボウルが揺れた場合には、コンパスボウルが傾いたままで、その傾きの方向が変化するのに応じて誤差となる偏角が生ずることを実船上で確認し、すでにその結果については報告⁽²⁾済みである。ここでは、この偏角を誤差の一つとみなし“動揺による誤差”としてとりあげ、この誤差について実験的に検討し、磁気コンパスの性能の改善を計る目的で取り上げて見ることにした。ここでは、磁気コンパスの構造上の二つの点から検討した。その一つはボウル内面とカード面との間隔（クリアランス）の大きさと偏角の関係であり、もうひとつはカードをフロート側よりくりぬき、カードの面積（フロートとカード間のすきま）を変化したときの偏角の関係である。それぞれの条件を変化し、ボウルが一定の傾斜角を保持したままで、その方向が一定方向に回転する、動揺をシミュレーションする動揺試験装置上で、誤差となる偏角の測定を行ったので、その結果について報告をする。

2. ボウルとカード間のクリアランスと動揺による誤差の関係

図1は、試作した動揺試験装置である。この装置は、ボウルの傾斜角、動揺の回転周期を変えることができ、

* 正会員 千葉工業大学（習志野市津田沼2-17-1）

** 正会員 東京水産大学（東京都港区港南4-5-7）

またローリングとピッチングが同じ大きさで、その位相差がちょうど90度ずれている動きをシミュレーションすることができる。試験装置本体は、安定した磁気的条件のもとで実験を行うため、2軸のヘルムホルツコイル（水平、鉛直）内に収納されている。カードの動きは上方においたビデオカメラにより、拡大撮影録画したのちに、再生画面上で偏角を読み取ることとした。

2.1 実験方法

図2のように、ボウル底面とカードとの間隔は一定の45mmとし、上面ガラスとカードの間隔（上面クリアランス）と、ボウル側面とカード外縁との間隔（周縁クリアランス）を変化できるように、硬質塩ビ材料にてボウルの直径で10mm毎に違うものを製作し、カード部には市販の165形のものを使用した。この磁針の磁気能率は2,640 CGS ($3.32 \times 10^{-6} \text{ Wb} \cdot \text{m}$)であった。コンパス液には40%エチルアルコール溶液を使用し、実験では液温 $20 \pm 3^\circ \text{C}$ の範囲内で実験を行った。磁気的な条件は $H = 30 \mu\text{T}$, $Z = 34 \mu\text{T}$ である。

2.2 測定結果

図3は、上面クリアランスを一定としたときの周縁クリアランスを変化させたときの偏角である。この場合はボウルの傾斜角が 6° 、周期30秒、 $H = 30 \mu\text{T}$ のときの測定結果である。周縁クリアランスが大きくなると、10mmにつき 0.1° 程度の割合で偏角も大きくなっていることがわかる。図4は、周縁クリアランスを一定としたときの上面クリアランスと偏角の関係であり、上面クリアランスが大きくなると、20mmにつき 0.1° 程度の割合で偏角は小さくなっていくことがわかる。

今回、理論的な解析は行っていないが、これらの偏角の原因としてボウルが傾けられたことに対して、カード部

図1 動揺試験装置の概略

図2 試作の磁気コンパス

図3 周縁クリアランスと偏角の関係

図4 上面クリアランスと偏角の関係

の復元力、それに伴って起こるボール内に発生するコンパス液の流れによって起こることは観察の結果より示唆できる。この結果よりわかることは、上面クリアランスは大きい方が偏角は小さくなり、周縁クリアランスはなるべく小さい方が偏角は小さくなることがわかる。

3. カードの面積と動揺による誤差の関係

すでに、カードの面積（カードとフロートのすきま）を変化することにより、カードのピボット先端を通る水平軸回りの運動については、すきまを開けることにより安定性にたいして有効であることがわかっており、また、振動の面からも、軸針・軸帽の衝突の面でその軽減に役立つ結果を得ている⁽⁸⁾。この実験でもカード面積との関係を調べてみることにした。

3.1 実験方法

カードの面積を変化する方法としては、図5のように、カードをフロート側よりくりぬきカードとフロート間にすきまを開ける方法をとった。カードは重量、慣性能率を考慮に入れアクリル板で製作した。この場合、条件として、上面クリアランスは28mm、周縁クリアランスは27.5mmとした。

3.2 測定結果

図6は、カード面積（すきまの量）と偏角の関係である。実験条件は、ボウルの傾斜角が8度と10度、 $H=30\mu T$ のとき、周期が15秒の場合である。すきまの量が少なくなると急速に偏角が減少することがわかる。しかしこの場合にすきまが全くない場合には、すきまが小さい場合と比べて偏角は小さくなる傾向がある。そこで、ボウル内の流体を目視で観測してみると、すきまに渦が生じており、この影響によるものと思われるが詳しくは確認していない。

図6 カード面積と偏角の関係

図5 カード面積変化の方法

図7 周縁クリアランスと旋回誤差との関係

4. 旋回誤差とクリアランスの関係

図7は、上面クリアランスを28mmで一定としたときの周縁クリアランスと旋回誤差との関係である。周縁クリア

ランスが15mm程度になると急速に減少しその後ほとんど一定となっている。このことは著者等がすでに発表してある旋回誤差の理論⁽⁴⁾とも一致していることがわかる。ところが動揺による誤差と比較してみると、明らかに反対の傾向を示していることがわかる。すなわち、上面クリアランスと周縁クリアランスを十分に取れば旋回誤差を小さくすることはできるが、動揺による誤差は大きくなるので、周縁クリアランスは双方の誤差を考慮して決めることが必要であると考えられる。

5. ま と め

磁気コンパスの性能を改善する目的で、この“動揺による誤差”を実験的に検討を行ってきた結果をまとめると次のようになる。

- (1) 動揺による誤差の大きさの判定はクリアランスによって推定できる。
- (2) 旋回誤差との関係で比較してみると、上面クリアランスはこの誤差と同様な傾向を示し、周縁クリアランスは反対の傾向を示している。
- (3) カードの面積を変化した場合には、10mm以上のすきまを開けることにより誤差を十分に小さくすることができる。

参 考 文 献

- (1) 鈴木：コンパスとジンバルと指標の方向，航海，第70号，p.6～p.12，1981.
- (2) 白井，鈴木，斎藤：磁気コンパスボウルの動揺に伴うカードの動きについて，日本航海学会論文集，第70号，p.65～p.69，1984.
- (3) 白井，鈴木：上下振動に伴う磁気コンパスカードの運動，日本航海学会論文集，第67号，p.115～p.118，1982.
- (4) 白井，鈴木，斎藤：磁気コンパスの性能試験，日本航海学会論文集，第61号，p.45～p.51，1980.

質 疑 応 答

前田文郎：実験に使用されたカード部について，具体的に説明して下さい。

斎藤清隆：上面クリアランス・周縁クリアランスの実験においては市販の165型磁気コンパスのカード部を使用し，カードの面積を変える実験においてはフロート部はそのままカードをアクリル板で作り使用しました。

前田文郎：実験ではコンパスボウルとして，塩ビ製のものが用いられているが，実際のコンパスボウルによる動揺誤差も，動揺周期，磁場の大きさが同様の場合には，「動揺による誤差」は，同程度と考えてよろしいでしょうか。

斎藤清隆：同程度と考えられます。