

# ジャイロコンパス静定までの所要時間 を求めるための計算図表\*

神 鳥 昭

On Initial Amplitude and Settling Time Diagram of Gyro Compass

By

Akira KANDORI

A gyro compass is one of the navigational instruments used most widely on a ship, and it is rather common to find a fishing boat of 500 ton class equipped with one. A gyro compass seeks and automatically settles on the meridian in three or four hours after started. But there frequently occurs such a case as a ship, especially a small fishing boat, is obliged to sail out before her gyro compass being settled within the permissible range of the compass error. It is, therefore, useful to develop some practical method as to how to examine whether a gyro compass has been settled or not within the permissible range. The settling time of a gyro compass depends chiefly on the initial conditions when the compass is started. And the application of the equations of simple damped oscillation makes it possible to estimate the settling time, because the gyro compass follows simple damped oscillation.

This report deals with the relation between the settling time of Sperry gyro compass (MK. 14 Mod. 2) and the initial amplitude of its damped oscillation, and the relational diagram between them is also given. The comparison between the observed time and estimated time from this diagram has suggested high applicability and reliability of the method proposed in this report.

---

\* 水産大学校研究業績 第496号, 1967年2月13日 受理  
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries No. 496  
Received Feb. 13, 1967.

\* 昭和41年10月21日, 日本航海学会第35回講演会(清水市)において発表

## 1. 緒 言

近時ジャイロコンパスは広く普及し、遠洋漁船ではかなりの小型船にまで装備されるようになった。これらの漁船では特殊な就労体制のため、ジャイロコンパスは出港の直前に起動し、コンパス静定前に出港することが多い。出港後、ジャイロコンパスを使用するためには、コンパスの静定を確認しなければならないが、小型漁船では種々の事情から困難な場合がある。

一般にジャイロコンパスは、起動後3～4時間すれば使用できるといわれているが、実際には、起動時の初期条件により静定するまでの所要時間はまちまちである。また周囲の状況から判断して、ジャイロコンパスが完全に静定しなくても、コンパスエラーが $0.5^\circ$ または $1.0^\circ$ 以内におさまれば使用したいと希望する場合もある。したがって、ジャイロコンパスがいつから使用できるかを簡単に推定できれば、安全かつ能率的な運航が期待できる。

本報では、大部分の漁船が入港中岸壁係留である実態に則して、ジャイロコンパスが使用できるまでの所要時間を推定するための計算図表を試作し、さらに実船に装備したジャイロコンパスによって、この計算図表の実用性について検討した結果を報告する。

## 2. 基礎的考察

### 2.1 ジャイロ軸の振揺特性

ジャイロコンパス起動後のジャイロ軸の運動は、静止点を中心として、水平および垂直両方向に減衰振揺を繰り返す、ついに静止する。ここでは実験の関係上、スペリー式ジャイロコンパス MK. 14 Mod. 2 についてジャイロ軸の振揺特性を調べた。

起動後のジャイロ軸の水平方向の運動は次式で与えられる<sup>1)</sup>。

$$\theta = Ae^{-\frac{K_T}{2H}t} \cos \left( \frac{1}{2H} \sqrt{4HK\Omega \cos L - K^2\gamma^2} t + \varphi \right) \quad (1)$$

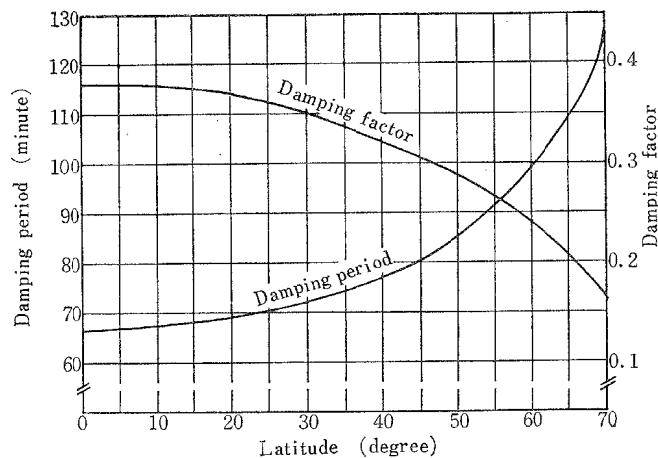


Fig. 1. Latitudinal change in the damping period and in the damping factor of the gyro axis.

ただし、 $\theta$  : ジャイロ軸の静止点からの偏角,  $H$  : ジャイロローターの角運動量,  $K$  : 水銀安定器の定数,  
 $\gamma$  : 偏心接触点の偏心角,  $\Omega$  : 地球自転の角速度,  $L$  : ジャイロコンパス所在地点の緯度,  $t$  : 起  
 動後の経過時間,  $A$  : ジャイロ軸の初期振幅,  $\phi$  : 起動時の初期条件によってきまる定数,  
 すなわち, 起動後の任意時におけるジャイロ軸の偏角  $\theta$  は初期振幅  $A$  によってきまり, 時間の経過と  
 ともに指数関数的に減少する。

また式(1)から, ジャイロ軸の減衰振揺の周期  $T$  および減衰係数  $D$  は, 次のように表わされる。

$$T = \frac{4\pi H}{\sqrt{4HK\Omega \cos L - K^2\gamma^2}} \quad (2)$$

$$D = e^{-\frac{K\gamma T}{4H}} \quad (3)$$

式(2)および(3)にスペリー式ジャイロコンパス MK. 14 Mod. 2 の設計諸元  $H = 13.9 \times 10^8$  ( $\text{g} \cdot \text{cm}^2/\text{sec}$ ),  $K = 5.16 \times 10^7$  ( $\text{dyne} \cdot \text{cm}$ ),  $\gamma = 2.168 \times 10^{-2}$  (radian) および  $\Omega = 7.3 \times 10^{-5}$  (radian/sec) を代入して, 緯度と減衰振揺の周期および減衰係数との関係を求めると, 図1のとおりである。図1でもわかるように, 周期および減衰係数はともに緯度の指数関数で表わされ, 高緯度になるにしたがい, 周期はしだいに長くなり, 減衰係数はしだいに小さくなる。そして緯度  $0^\circ \sim 70^\circ$  では振揺の周期は 67~126 分, 減衰係数は 0.38~0.16 である。

### 2.2 静定までの所要時間を求めるための計算図表

ジャイロコンパスの静止点は, ジャイロ軸の減衰振揺の過程で, その最大偏角が  $0^\circ$  となるところである。したがって, 式(1)からジャイロコンパスが静定するまでの所要時間は無限大となるので, 実用的ではない。ここでは, ジャイロ軸の最大偏角が  $0.1^\circ$  以下になればジャイロコンパスは静定したものとして, 静定までの所要時間について考察する。

ジャイロコンパス起動後のジャイロ軸の減衰振揺の周期および減衰係数は, 式(2)および(3)で示されるように, 緯度によって変化するものであり, また式(1)で与えられるジャイロ軸の振揺は, 図2の実線で示される

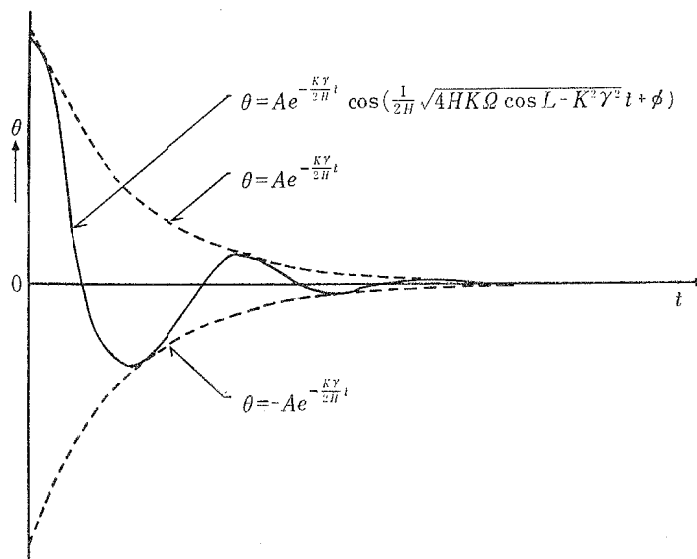


Fig. 2. Damped oscillation curve of gyro axis and boundary curves of its oscillation.

$\theta$  : amplitude of damped oscillation.  
 $t$  : lapse of time after starting of gyro compass.

ように  $\theta = 0^\circ$  の静止点を、何回でも通る減衰曲線で表わされるから、ジャイロ軸の初期振幅が与えられたとしても、コンパスが静定するまでの所要時間を調べるには不適當である。いま式(1)で示される減衰振揺曲線の回帰点に接する曲線(図2に点線で示す)を描くと、この曲線は

$$\theta = Ae^{-\frac{K\gamma}{2H}t} \quad (4)$$

$$\text{および } \theta = -Ae^{-\frac{K\gamma}{2H}t} \quad (5)$$

で表わされるが

$$\left| Ae^{-\frac{K\gamma}{2H}t} \cos \left( \frac{1}{2H} \sqrt{4HK\Omega \cos L - K^2\gamma^2} t + \varphi \right) \right| \leq Ae^{-\frac{K\gamma}{2H}t} \quad (6)$$

であるから、起動後の任意時におけるジャイロ軸の予想される最大偏角の絶対値は、式(4)で与えられる。したがって、ジャイロ軸の初期振幅がわかればジャイロ軸が静止するまでの所要時間が求められる。すなわち式(4)から

$$\log \theta = \log A - \frac{K\gamma}{2H}t \log e \quad (7)$$

式(7)の  $K\gamma/2H$  はジャイロコンパスの機種によってきまる定数(スペリー式 MK. 14 Mod. 2 の場合は前述の諸元から計算すると  $4.86 \times 10^{-4}$  となる)であるから、これを  $k$  とおけばコンパスが静定するまでの所要時間は、次の式(8)で計算できる。

$$t = \frac{1}{0.434 k} \log \frac{A}{\theta} \quad (8)$$

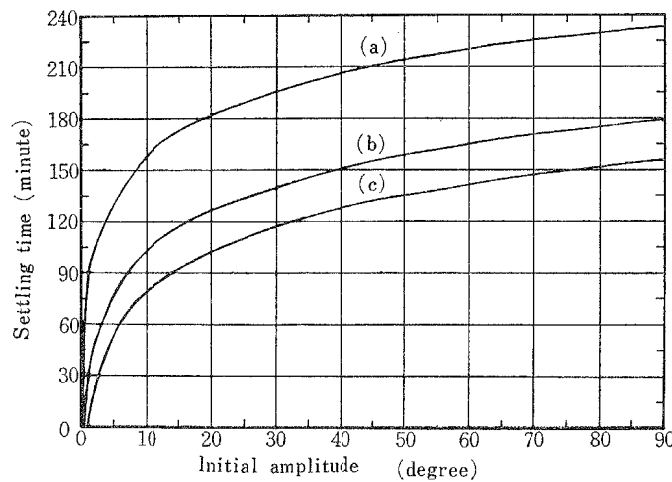


Fig. 3. Initial amplitude and settling time diagram of gyro compass.

(a):  $\theta = 0.1^\circ$ , (b):  $\theta = 0.5^\circ$ , (c):  $\theta = 1.0^\circ$

さらに、ジャイロ軸の初期振幅と静定するまでの所要時間の相関図表を作っておけば、初期振幅を求めることにより、ジャイロコンパスが使用できるまでの所要時間は図表上で簡単に求めることができる。

ジャイロ軸の予想される最大偏角が  $0.1^\circ$  以内にはいるとき、ジャイロコンパスが静定するものとすれば、静定までの所要時間を求めるための計算図表として式(8)に  $\theta = 0.1^\circ$  とおき、図3の相関曲線(a)が得られる。同様にして、ジャイロコンパスの許容誤差を  $0.5^\circ$  または  $1.0^\circ$  とするときの初期振幅と所要時間との

関係は、図3の曲線(b)および(c)で表わされる。

さらに、図3からジャイロコンパスの許容誤差を  $0.5^\circ$  または  $1.0^\circ$  とするとジャイロコンパスが使用できるようになるまでの所要時間は、静定(許容誤差  $0.1^\circ$ ) するまでの所要時間よりそれぞれ55分または79分短縮されることがわかる。たとえば、初期振幅  $10^\circ$  の場合、ジャイロコンパスが使用できるまでの所要時間は、コンパスの許容誤差を  $0.1^\circ$  とすると158分、 $0.5^\circ$  とすると102分、 $1.0^\circ$  とすると79分となる。すなわち許容誤差を  $0.5^\circ$  または  $1.0^\circ$  とするとき、許容誤差を  $0.1^\circ$  とする場合のおおよそ  $2/3$  または  $1/2$  の所要時間でジャイロコンパスが使用できることになる。

### 3. 実験ならびにその検討

実験に使用したジャイロコンパスは、漁業練習船耕洋丸に装備したスペリー式 MK. 14 Mod. 2 である。実験は入渠中および岸壁係留時に行ない、ジャイロコンパスの起動直後からコースレコーダーを作動してジャイロコンパス静定までのジャイロ軸の動きを記録した。一方、磁気コンパスで船首の真方位を読み取り、さらにこの船首の真方位と、コースレコーダーの記録からジャイロ軸の初期振幅を求め、図3の計算図表から静定するまでの所要時間を推定した。また、コースレコーダーの記録上で、初期振幅をとった回帰点から静止点までの所要時間を求めて観測値とした。

この実験結果を表1に、また観測値と図表上の計算曲線との関係を図4に示す。表1および図4からわか

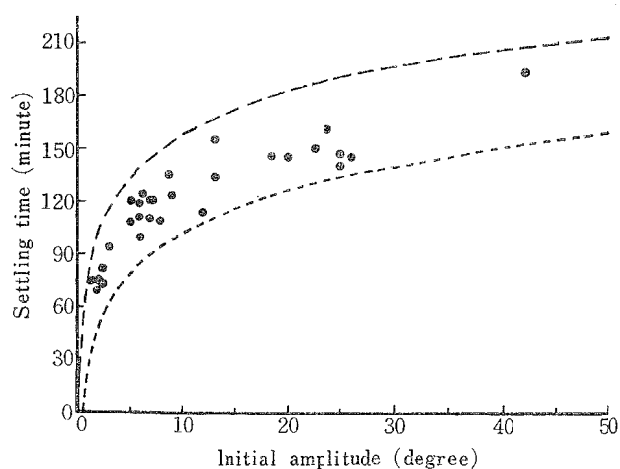


Fig. 4. Comparison between observed values and calculating curves for setting time of gyro compass.  
 ● observed value.  
 - - - calculating curve ( $\theta = 0.1^\circ$ ).  
 ..... calculating curve ( $\theta = 0.5^\circ$ ).

るように、ジャイロコンパスが静定するまでの所要時間の観測値は、常に図表上から求めた所要時間値より小さく、時間差の最大は50分、最小は12分であった。さらに全般的な所要時間差の頻度分布は、0~20分が19.4%、20~40分が61.2%、40~50分が19.4%で、20~40分の時間差が最も多く認められた。この20~40分の時間差は、ジャイロ軸が静止する直前の振揺過程における偏角に換算すると  $0.2^\circ \sim 0.3^\circ$  であり、時間差の最も大きい50分の場合でもジャイロ軸の偏角にすれば  $0.5^\circ$  以下である。ジャイロコンパス静定までの所要時間の観測値が常に図表上の計算値よりも小さく、差異がみられる主因としては次のことが考えられる。

1. 式(6)からわかるように、計算図表はジャイロ軸の減衰振揺の過程において予想される最大偏角について作成されているので、実際のジャイロ軸の偏角は図表上の計算値よりも多少小さいのが普通である。

Table 1. Comparison of calculated and observed values of settling time for various initial amplitude of damped oscillation of gyro compass.

No.	Initial amplitude (deg.)	Settling time (min.)		$t_c - t_o$
		Calculated value ( $t_c$ )	Observed value ( $t_o$ )	
1	8.0	150	135	15
2	22.5	186	150	36
3	6.5	143	130	13
4	24.0	188	160	28
5	7.5	148	120	28
6	25.0	189	140	49
7	6.0	140	100	40
8	20.0	182	145	37
9	5.0	134	108	26
10	44.0	209	193	16
11	13.0	167	155	12
12	13.0	167	132	35
13	3.0	117	93	24
14	7.0	146	120	26
15	2.5	110	80	30
16	26.0	191	145	46
17	6.0	140	118	22
18	2.0	103	70	33
19	25.0	189	147	42
20	2.0	103	70	33
21	6.0	140	110	30
22	18.5	179	145	34
23	11.5	163	113	50
24	2.5	110	74	36
25	2.0	103	75	28
26	8.0	150	107	43
27	5.0	134	120	14
28	6.0	140	110	30
29	9.0	154	123	31
30	1.5	93	75	18
31	7.0	146	110	36

2. ジャイロ軸の減衰振揺をコースレコーダーに記録し、これを目視で読み取って観測値としている。このコースレコーダーの記録および目視による読み取りは、 $0.1^\circ$ 程度の精度では不可能であり、ジャイロ軸振揺の振幅が大体 $0.3^\circ$ 以下となればジャイロコンパスは静定したものと観測される。

以上の実験結果から、ジャイロコンパスが静定するまでの所要時間は、この計算図表によって実用上十分な安全度で推定できるものと考えられる。またこの計算図表を利用する場合、ジャイロ軸の初期振幅は、コ

ンパス静定までの所要時間を決定する唯一の要素であるから、正確に測定する必要がある。とくに初期振幅が小さいときは、初期振幅の読み取り誤差が静定までの所要時間に大きく影響するので、十分注意しなければならない。

コンパスは船の運航上不可欠の基本的計器であるから、希望するときにはいつでも使用できるのが理想である。ジャイロコンパスも起動後直ちに、かつ十分よい精度で使用できることが望ましい。したがって、今後さらに積極的な急速静定の方法について検討したい。

#### 4. 要 約

ジャイロコンパス起動後静定するまでの所要時間は、起動時の初期条件によりまちまちである。ここではコースレコーダーによるジャイロ軸の振揺記録と、磁気コンパスによる船首方位からジャイロ軸の初期振幅を求めてジャイロコンパスが使用できるまでの所要時間を推定するための計算図表を試作し、実験によりこの計算図表の実用性を検討した。

その結果を要約すると次のとおりである。

1. この計算図表によってコンパス静定までの所要時間を正しく推定するためには、ジャイロ軸の初期振幅を正確に測定する必要がある。
2. ジャイロコンパス静定までの所要時間の観測値と、計算図表から求めた推定値との間には、12～50分の差が認められ、常に観測値が小さかった。これは主として、ジャイロ軸の偏角の読み取りが $0.5^\circ$ 以下では不確実となり、結局観測値の精度不良に起因するものと推察される。
3. 実験結果から、この計算図表は実用上十分な安全度で使用できるものと考えられる。

終りにスペリー式ジャイロコンパス MK. 14 Mod. 2の設計上の諸元を御教示下さった東京計器製造所河田伸一ジャイロ研究室長、ならびに実験に御協力下さった耕洋丸 大村千之次席一等航海士に深甚の謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 鈴木 三, 1959:「航海力学」, 天然社, p. 312.