

ジャイロコンパス

海上自衛隊幹部候補生学校

班	番号	氏名

HP『海軍砲術学校』公開資料

第 6 節 ジヤイロコンパス

1 概 要

(1) ジヤイロコンパスの特徴

ア 長 所

- (ア) 磁氣的誤差が全然ない。
- (イ) 自差、偏差がなく完全な指北作用を行ない、その精度は非常に高い。
- (ウ) レピーターによりその指北を必要なところに必要数量供給が可能である。

イ 短 所

- (ア) 設備費が非常に高い。
- (イ) 取扱、手入に高度の知識技能を要する。

ウ マグネットコンパスとの指示差

- (ア) ジヤイロコンパス：ジヤイロスコープの特性と地球自転運動を利用して、真北を指示する。
- (イ) マグネットコンパス：地球磁北方向を指示する。

(2) ジヤイロ・コンパスの種類

海上自衛隊の現有艦艇が使用しているジヤイロコンパスの種類は多数あるが、主に使用されているものは次表のとおりである。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

型 式	日本における製造及び取扱い会社	種 類	主 な 使 用 艦 艇
スペリー式 (*)	東京計器	須式2号	駆潜艇、掃海艇えりも
		須式小型	魚雷艇
		MK19型	「むらくも」以後の護衛艦 「あまつかぜ」
アンシューツ式 (2)	北辰電機	安式2号	護衛艦(むらくも以前) 潜水艦、ふじ
		安式3号	あづま、あかし、ふしみ

2 ジヤイロ・スコープの特性

(1) ジヤイロ・スコープの定義

ジヤイロ・スコープとは3軸の自由度を有し、高速回転するもの。

3軸とは

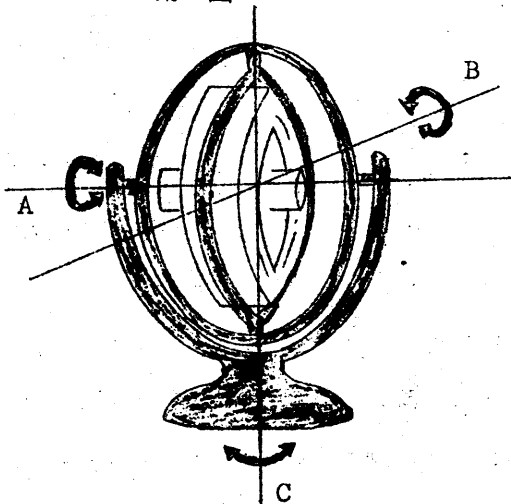
ア 回転軸 (図A)

イ 水平軸 (図B)

ウ 垂直軸 (図C)

をいい、この3軸は1点において直交する。

第1図



(2) ジャイロ・スコープの特性

ア 慣性 (空間における固定性)

慣性とはジャイロ・スコープの支持台をどのように動かしても回転軸は空間の一定方向を向き続ける性質である。

イ プレセツション

プレセツションとはジャイロ・スコープにトルクが働いた場合、回転軸はトルクの働く方向に動かずに、その方向とジャイロ・スコープの回転軸とに対して直角方向に動こうとする性質である。

(3) 慣性の強さ

ジャイロ・スコープの慣性の強さは、ジャイロ・スコープの角運動量によつて決定される。

角運動量 = 慣性能率 × 角速度

$$H = k r^2 m \times \omega$$

k : 係 数

r : 半 径

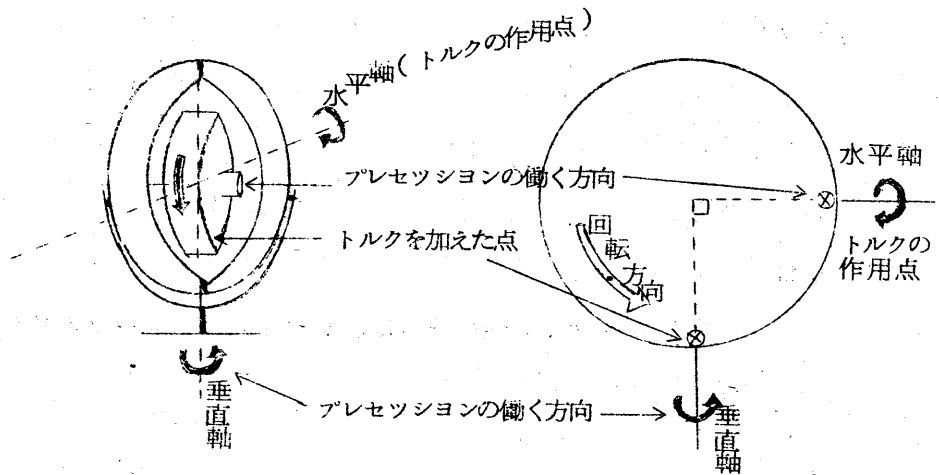
m : 質 量

角運動量(H)を大きくするには回転半径・質量を大きくするか、質量を回転体周辺に集中するか又は回転速度を速くすればよい。

(4) プレセツションの働く方向

プレセツションは、加えたトルクに直角方向すなわち回転方向に 90° 偏位した点に働く。

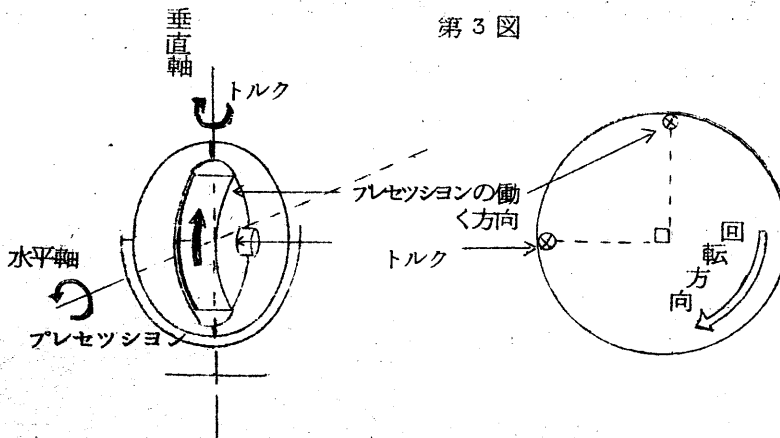
第 2 図



第 2 図のように水平軸のまわりにトルクを加えると垂直軸のまわりを旋回する。

また、垂直軸のまわりにトルクを加えると第 3 図のように水平軸のまわりを旋回する。

第 3 図



(5) プレセツションの速度(旋回速度)

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{T}{H} = \frac{\text{トルク}}{\text{角運動量}}$$

トルクに比例……………トルクとして作用する外力が大きいほど大

回転速度に反比例……………ジャイロ回転が大きいほど少

転軸の重量に反比例……………ジャイロの回転軸の周りの慣性能率の大き
いほど少

また、プレセツションの量は加えるトルクが大きくても時間が短いときは少なく、トルクが小さくても時間が長いときはプレセツションの量は多くなる。

HP『海軍砲術学校』公開資料

3 指北装置

(1) 地球の自転運動

ア 方向 北極上より見て反時計方向

イ 地球表面上の線速度

赤道 上 900.6 kt

任意の緯度 900.6 kt $\times \cos \phi$

(2) 地球の自転運動とジャイロ・スコープとの関係

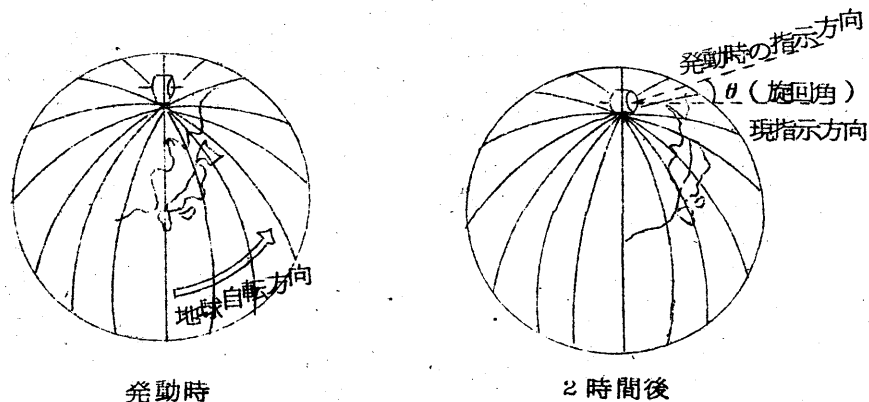
ア 北極上(南極)

・ジャイロ・スコープは空間において一定方向を向き続けるが、第4図のようにジャイロ・スコープの回転軸を北極上の地表面に水平にして置くと、地球の自転運動とは無関係に一定方向を指示する。

・すなわち、地球上から見れば軸端がとり残されているため、地球自転とは逆の方向に旋回しているように見える。

これを旋回運動という。

第4図



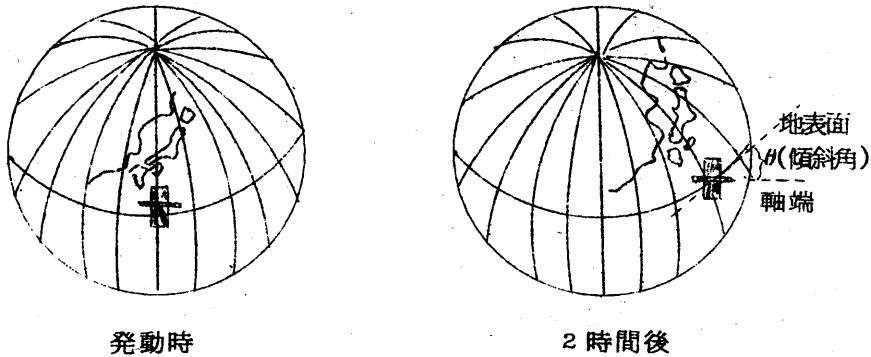
HP『海軍砲術学校』公開資料

イ 赤道上

赤道上にジャイロ・スコープの回転軸を東西方向に水平にして置くとジャイロ・スコープの特性（空間における固定性）により軸端は一定方向を向き続ける。

地球自転にともない第5図のように、子午線より東側にある軸端は上昇しているように見える。

第5図



すなわち、24時間で回転軸は一回転して元の状態になる。

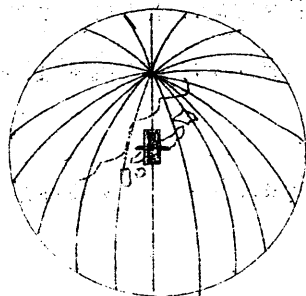
時間の経過につれて軸端が上昇（傾斜）していくので、これを傾斜運動という。

ウ 地球上の任意の位置（緯度 ϕ ）

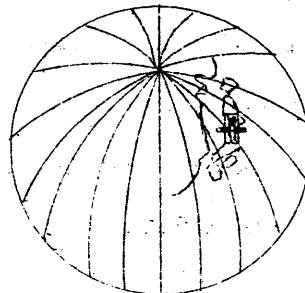
任意の位置にジャイロ・スコープの回転軸を東西方向に水平にして置くと、第6図のように軸端は $\sin\phi$ に比例した大きさの円を描いて巡回運動する。

また、子午線より東側にある軸端は $\cos\phi$ に比例して傾斜運動をも行なう。

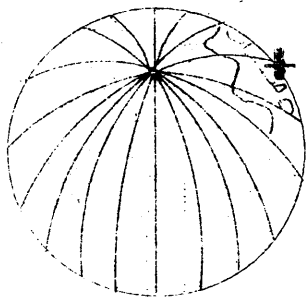
第6図



発動時



3時間後



6時間後

エ ジャイロ・スコープの軸端の運動をまとめると次のようになる。

	傾斜運動	旋回運動
赤道 上	最 大	零
極 上	零	最 大
中間緯度	$\cos \Phi$ に比例	$\sin \Phi$ に比例

Φ = 緯度

このように地球自転運動は、地球地盤とジャイロ・スコープの軸端との間に傾斜運動と旋回運動とを与えるが、指北作用の原動力となるものは傾斜運動である。

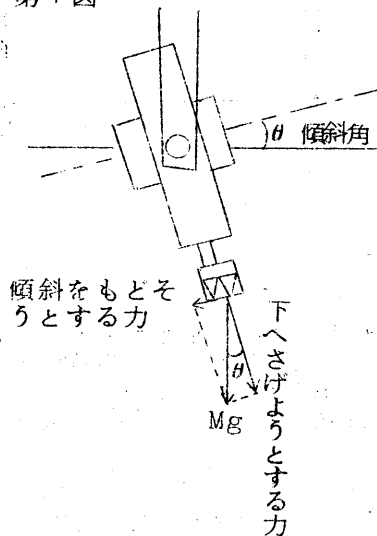
HP『海軍砲術学校』公開資料

(3) ジャイロ・スコープの指北作用

ア ジャイロ・スコープと復原力の作用

ジャイロ・スコープは特性、プレセツションにより水平軸のまわりにトルクを加えると垂直軸のまわりに力が働く。もし、第7図のようにジャイロ・スコープに重錘をつけ、回転軸を傾斜させると復原力により水平軸にトルクを加える。これはプレセツションが垂直軸に作用し軸端を旋回させるように働く。

第7図

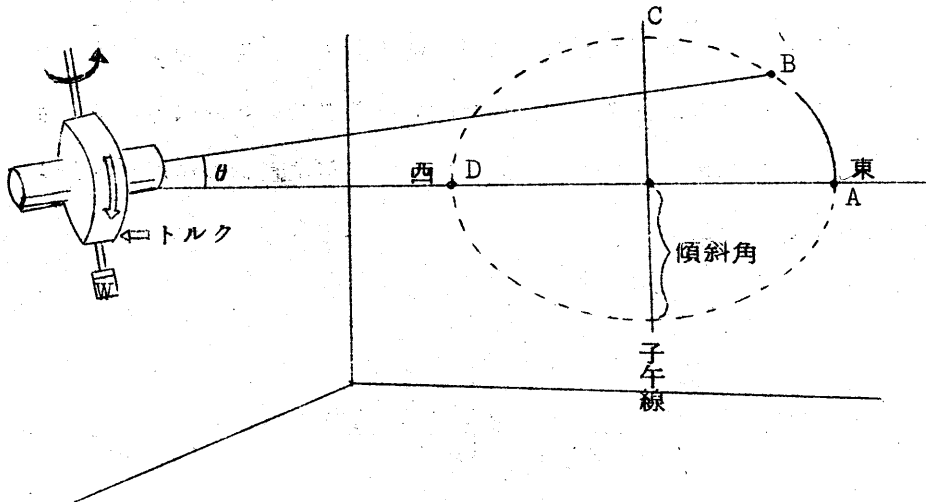


イ 指北曲線

重錘をつけたジャイロ・スコープを地球地盤に水平、東に偏位させて北緯の任意の点においておくと時間の経過とともに、地球自転により軸端が傾斜する。傾斜すると重錘による復原力が作用してプレセツションにより軸端を旋回させる。

この軸端の軌跡を描くと第8図のようになる。これを指北曲線(非減衰曲線)という。

第8図



すなわち、発動点Aでは水平であるが地球自転により軸端は上昇し始める。上昇すると傾斜によるトルクが作用して子午線へ向けてプレセッションさせる。

B点では傾斜を増しつつプレセッションを続ける。

C点では軸端は子午線に一致するが傾斜があるため、子午線を横切る。子午線を過ぎるとこんどは軸端は下降する。

D点では傾斜もなくなり、したがってプレセッションもなくなる。軸端は停止したかのように見えるが、地球自転があるため軸端はなお下降し、逆の方向にトルクを与える。

したがって、軸端は東の方向にプレセッションする。

これを繰返して指北曲線を描くわけである。

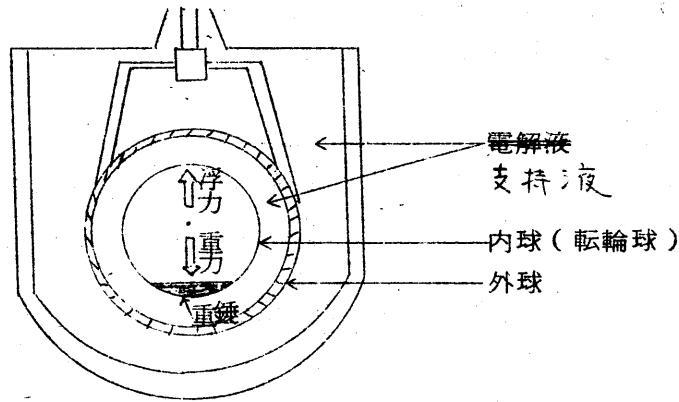
HP『海軍砲術学校』公開資料

ウ 指北装置

(ウ) アンシユーツ式

アンシユーツ式の指北装置は第9図のように支持液（蒸留水、グリセリン、サルチル酸）の中に転輸球を浮かべ、重力、浮力のみならず復原力を利用している。

第9図



指北作用の原動力となるトルクは次式となる。

第10図

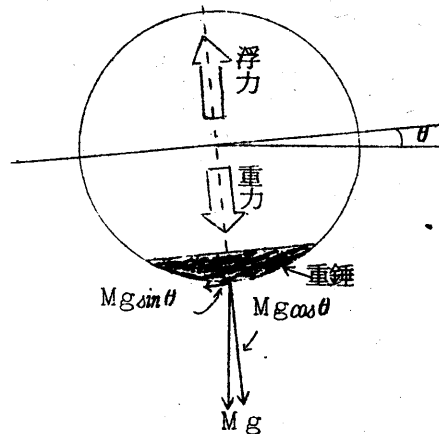
$$T = F \times h$$

$$= Mg \sin \theta \times h$$

M : 質量

g : 重力加速度

h : メタセンターの高さ



HP『海軍砲術学校』公開資料

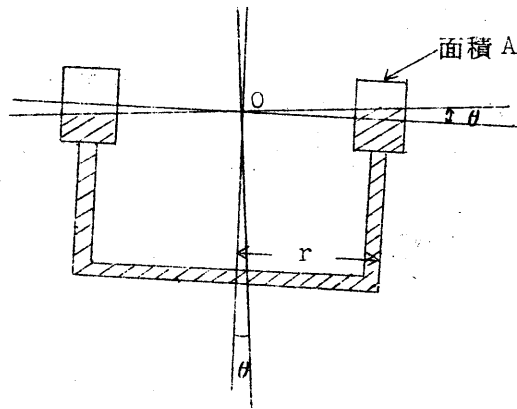
(イ) スペリー式

スペリー式の指北装置は第11図のような水銀安定器を転輪球に取りつけて細管で連絡している。

このため、ジャイロ軸が傾斜すれば水銀は低い方に移動する。

この両水銀量のアンバランスが重すいの場合と同様の作用をして指北作用のトルクとして働く。

第11図



$$T = 2 A P g r^2 \sin \theta$$

A : 面積

P : 水銀の比重

g : 重力加速度

r : 半径

4 減衰装置

(1) 減衰作用の概要

ジャイロ・スコープに重すいをつけるると第8図のような曲線を描くが、これは北を指示せずただ北を中心にした円形を描くだけである。

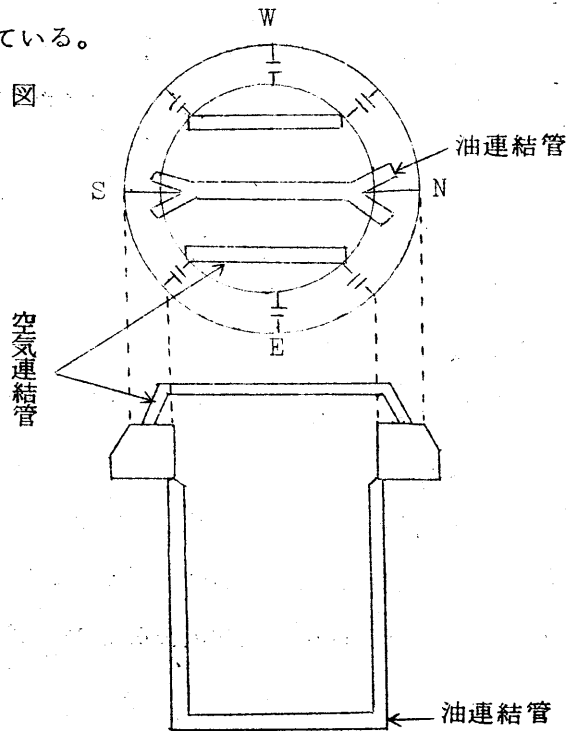
この指北曲線の振幅をしないで小さくして北(子午線)に一致させるための装置を減衰装置といい、アンシューツ式、スペリー式ともに異なつた装置を持っている。

(2) アンシューツ式の減衰装置

ア 構造

円形の制振油槽を転輪球に取り付け、内部に粘度の高い油(シリコン油)を入れて、ジャイロ軸の傾斜にともなつて油が南北に流動するように区切られている。

第12図



イ 減衰作用

傾斜による重すいのトルク作用は傾斜をもどそうとするように作用するがシリコン油は反対方向に作用する。

しかもシリコン油は針金等により周期より移動量を $\frac{1}{4}$ 周期遅らせているのでジャイロ軸端が子午線を過ぎた点で最も移動

量が多くなる。すなわち、指北作用のトルクを減じて西への偏位量を少なくしている。

これを繰り返すことによつてしだいに振幅が小さくなり、北を指示するようになる。

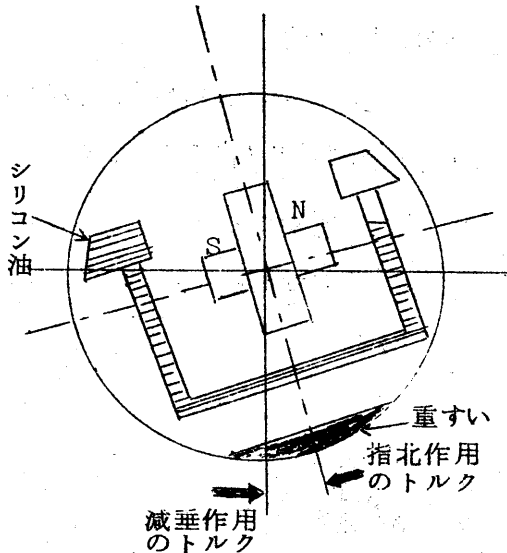
この曲線の軌跡を減衰曲線という。

ウ アンシユーツ式の減衰曲線

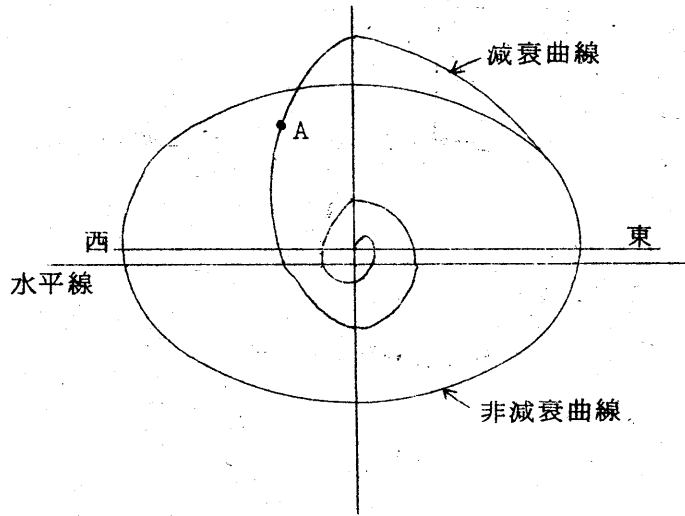
アンシユーツ式の減衰曲線は、第14図のように非減衰曲線に比べて縦方向に長いものになる。

なぜならば、軸端が傾斜するにつれて制振油が流れ、指北作用のトルクを弱めるためプレセッションの速度が遅くなる。したがつて子午線に至るまでの時間が長くなり、傾斜角は非減衰曲線よりも大きくなる。

第13図



第14図



しかし、子午線を過ぎた A 点付近で重すいと制振油のトルクが等しくなりプレセッションもなくなり、傾斜角はあるけれども西へは偏位せずに急に軸端は下降する。これを繰返してついには子午線に至る。

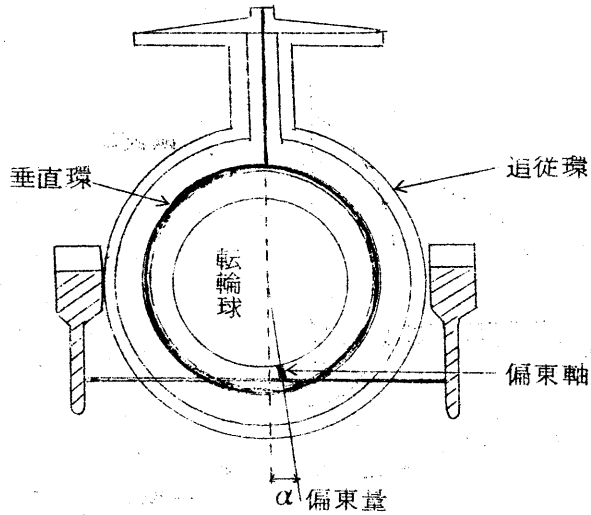
(3) スペリー式の減衰装置

ア 構造

指北作用に用いた水銀安定器を東に偏位した点に取付けて減衰作用にも利用している。

これを偏東軸といい第15図のようになっている。

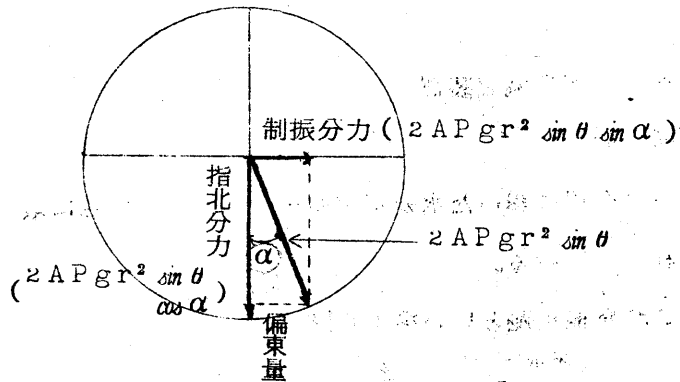
第15図



イ 減衰作用

水銀安定器に偏東軸を設けることによつて、水銀重力が与えるトルク ($2APgr^2 \sin \theta$) は第16図のように指北分力と制振分力とに分けることができる。

第16図

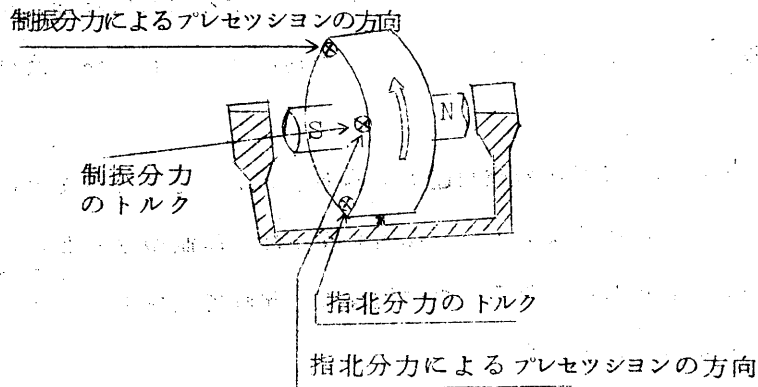


HP『海軍砲術学校』公開資料

指北分力は第17図のように軸端を旋回させるように働くが、制振分力はN軸を下降させるように働くことになる。

すなわち、軸端が傾斜すると子午線に向けてプレセッションするとともにN軸も押えられ、子午線に至るときは傾斜角が小さくなり、西への偏位量を減じて北を指示させるものである。

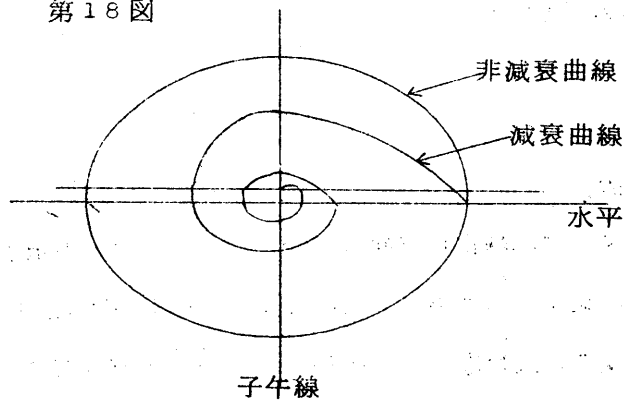
第17図



ウ スペリー式の減衰曲線

スペリー式の減衰曲線は、非減衰曲線に比べて横に細長いものになる。これは傾斜による水銀の重力が常にN軸を押えるように働くからである。押えられたN軸はいつしか傾斜もなくなり北を指示する。

第18図



5 誤 差

(1) 緯度誤差

ア 原因

スペリー式のみが発生するもので、減衰作用のための偏東軸が原因である。

ジャイロ・コンパスが子午線に一致して静止するためには地球自転の旋回運動の速度と、プレセッションによる速度とが等しくなければならない。

そのためには地球自転の旋回運動にみあう傾斜をもつていなければならないが、その傾斜によるトルクは偏東軸のために制振分力としても作用しN軸が押えられる。その分だけ地球より遅れて追従することになる。この遅れを緯度誤差という。

イ 修正法

ス式2号

間接修正方式を用いる。

主ら針儀に緯度誤差を含んだまま方位指示させて、その方位を「修正発針器」内の緯度修正ハンドルを操作して修正、真方位を各レピーターへ送っている。

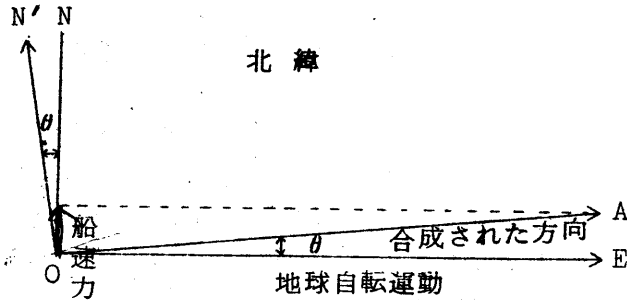
(2) 速度誤差

ア 原因

ジャイロは地球自転方向に対して直角の方向を指示するが、船がN、S方向に航走すると第19図のように見掛上の回転方向がOAとなる。

このときの直角方向、すなわちON'をジャイロは指示することになりNON'が誤差となる。

第19図



イ、修正法

(ア) ス式2号

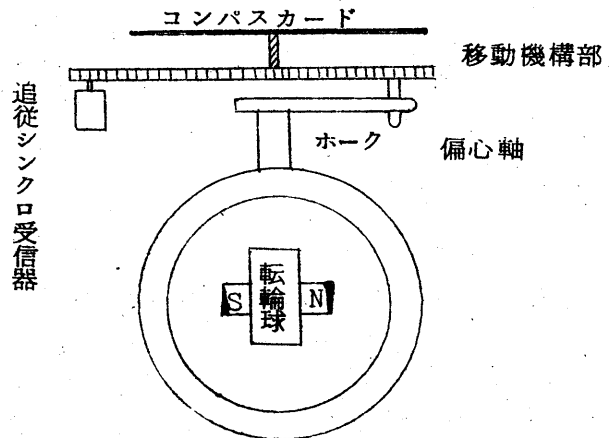
修正発針器で修正

「修正発針器」内の緯度、速度誤差修正ハンドルで修正して真方位を各レピーターに送っている。

(イ) 安式2号

移動機構部により修正

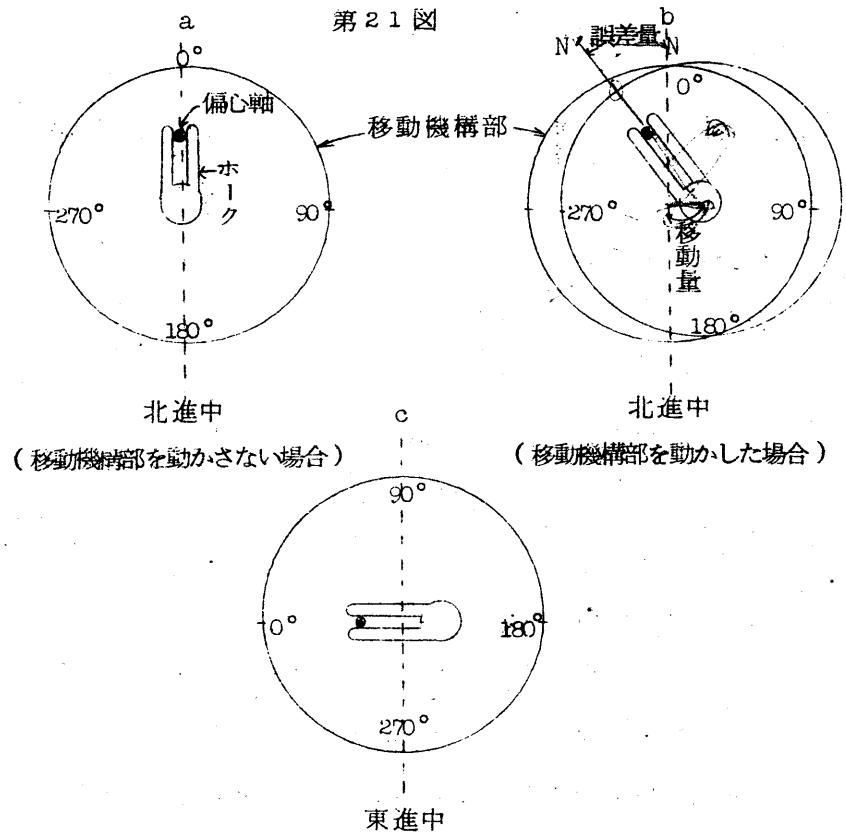
ジャイロ指北部とコンパス・カードとの間に「移動機構部」を設け別に緯度及び速度要素により演算された係数に相当する量だけ、船の左右舷方向に手動又は自動により移動して修正している。



第20図

HP『海軍砲術学校』公開資料

第21図はある量の速度誤差の係数だけ移動機構部を移動した場合、針路の変化による速度誤差修正量の変化を図示したものである。



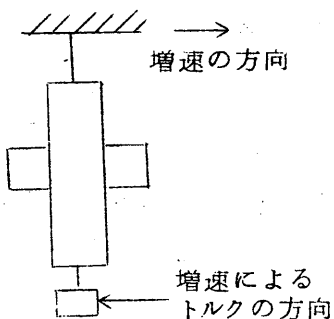
- a: 移動機構部を動かしていない場合は、移動機構部の中心とホークすなわち、外球中心とが一致しているため転輪球の指示がそのままコンパスカードに指示される。
- b: 移動機構部が移動すると、移動係数の針路 $\cos \theta$ に比例した量だけコンパスカードには転輪球の指示より東を方位指示する。
- c: 東(西)方向に航進中は移動機構部を移動しても偏心軸はホーク内を直線的に移動するだけでねじられることはないので修正量は零である。

(3) 加速度誤差

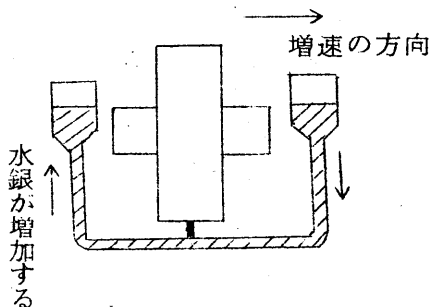
ア 原因

船の増減速及び変針による加速力が指北機構部に影響を与えるために発生する。

第22図
安式



第23図
ス式



第22、23図は船が増速した場合の例

すなわち、加速力が指北機構部に作用すると指北トルクを増減することになり、プレセッション速度と地球旋回速度のバランスがくずれ、指北軸が子午線から偏位して誤差を生じる。

イ 防止法

ジャイロ・コンパスの周期を84.5分にするにより防止、ス式2号は2組の水銀槽を持ち

周期を調整 $0^{\circ} \sim 48^{\circ}$ 1組使用

$48^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 2組使用

HP『海軍砲術学校』公開資料

(4) 加速度偏心誤差

ア 原因

船の増減速及び変針による加速力が減衰機構に影響を与えるために発生する。

イ 防止法

ス 式

船が増減速及び変針する際、制振切断器により水銀連結管を吸引して偏東量を零にすることにより防止。

安 式

増減速及び変針する際、制振切断器により制振油（シリコン油）の流動を停止することにより防止。

(5) 動揺誤差

ア 原因

- (ア) 慣性能率の不同によるもの。
- (イ) 指北機構に作用してトルクを発生するもの。

イ 防止法

- (ア) 慣性能率を同じくするために

ス式は補整器により、安式はローターを2個直角に配列することにより重力を東西、南北方向とも同じくしている。

- (イ) 指北機構に作用させないために

a ス 式

水銀連結管を細くして水銀の流動を動揺周期より $\frac{1}{4}$ 遅らせている。

b 安 式

2個のローターを固定せずに連結桿により連絡して防止している。

(6) 不定誤差

いままで説明した誤差の他に、取扱、手入れ及び運転に適正を欠いた場合等、種々の原因により発生する誤差である。誤差量も定まらず、原因もなかなかつかみにくいので、常に適切な運転と監視が必要である。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>

第3章 GYRO COMPASS

1 ら針儀一般

(1) Gyrocompass の特徴

ア 長 所

- (ア) 誤差が全然ない。
- (イ) 完全な指北作用を行ない、その精度は非常に高い。
- (ウ) によりその指北を必要なところに必要数量送給可能

イ 短 所

- (ア) 設備費が非常に高い。
- (イ) 取扱、手入に高度の知識、技術を要する。

(2) 磁気ら針儀の特徴

ア 長 所

- (ア) 構造がかんたん。安価
- (イ) 取扱容易で故障が皆無

イ 短 所

- (ア) 精度を期待することは不可能
- (イ) を生ずる。
- (ウ) を生ずる。

(3) Gyrocompass の指示と磁気ら針儀の指示の差

地球自転運動により構造上 Gyrocompass が指示する方向とは、地球自転の方向に直角な方向である。地球自転は地球の直北軸を貫く軸を中心としているのであるから地球自転に直角な方向とは南北方向である。従つて地球自転の運動がなかつたら Gyrocompass は成立しない。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(4) Gyrocompass の種類

ア 世界の種類

- | | |
|---------------------|------------|
| (ア) Anschutz 式 | 1910年独 |
| (イ) Sperry 式 | 1911年米 3大系 |
| (ウ) Brown 式 | 1913年英 |
| (エ) London Sperry 式 | 1次大戦後 英 |
| (オ) アルマー | 米海軍専用 |
| (カ) プラート | 2次大戦以後 独 |

イ 日本の製造所

- | | |
|------|--------------------------|
| 東京計器 | 大正末期 - Sperry 式を製造 |
| | 戦 後 - London Sperry 式を製造 |
| 北辰電機 | 昭和10年 - Anschutz 式を製造 |
| | 戦 後 - プラート |

ウ 海上自衛隊の現状

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| (ア) Sperry 式 | 11型改6 …… DD |
| | 14型改0 …… PF |
| | 14型改5 …… DE |
| | 18型改1 …… LS |
| | 18型改5 …… AMS やしま級 |
| | 須式2号 …… 国産中掃、えりも、駆潜艇 |
| (イ) Anschutz 式 | 2号(2型) 高速用 …… 甲型、乙型、つがる |
| | 2号(2型) 低速用 …… 術校 魚雷艇(5, 6, 号) |
| (ウ) プラート式 | 魚雷艇(7, 8, 号) |
| (エ) London Sperry 式 | |
| | 須式 E …… LCU |
| | 須式小型 …… 魚雷艇(3, 4, 号) |
| (オ) アルマー式 | 8型アルマー式改3 A …… SS(くろしお) |

HP『海軍砲術学校』公開資料

2 Gyroscope の特性

(1) Gyroscope

3軸の自由度を有し高速回転(5800 ~ 20000 RPM)とするもの
3軸とは

ア

イ

ウ

3軸は一点において する。

(2) Gyroscope の特性

ア 慣性 (inertia)

(ア) 空間における固定性

(イ) 回転軸は空間の一定方向を向き、また Gyroscope の回転の向を変えようとする力に対し抵抗を生ぜしめる。

(ウ) Gyroscope の慣性の強さは Gyroscope の角運動量により決定される。

角運動量 = 慣性能率 × 角速度

$$H = Kr^2m \times \omega$$

K :

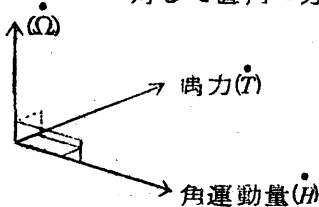
r :

m :

(エ) 従つて慣性は Gyroscope が早く回るほど、また重量が大きいほど大きくなる。

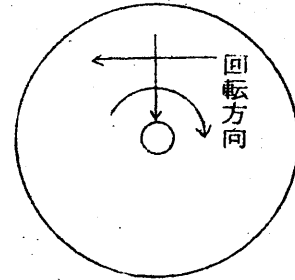
イ Precession

(ア) 意義…… Gyroscope にトルクが働いた場合に回転軸はトルクの働く方向には動かさず、その方向と Gyroscope の回転軸とに対して直角の方向に働く。

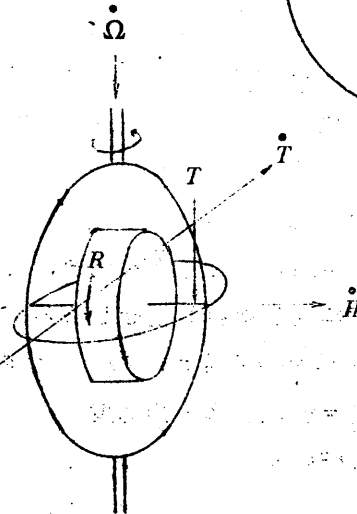


(イ) *Precession* の働く方向

第 90 図



第 91 図



(ウ) *Precession* の速度 (旋回速度)

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{T}{H} = \frac{\text{(トルク)}}{\text{角運動量}}$$

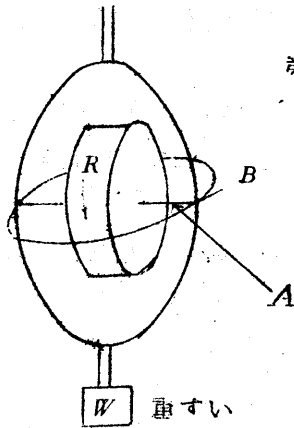
- a. トルクに比例…………… (トルクとして作用する外力大なる程大)
- b. 回転速度に反比例…………… (ジャイロの回転が大きい程小)
- c. 転輪の重量に反比例…………… (ジャイロの回転軸の周りの慣性能率の大きい程小)

- 注 1 トルクとして作用する外力は
大きくても時間の短いとき *Precession* は少ない。
小さくても時間が長いとき # は大きい。
- 2 Sperry 14 型では 1 gcm の力で 1° の誤差となる。
(分解時リード線触れるな)

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

3 Gyrocompass の指北作用

(1) 概 要



上図のように転輪の枠の下えすいをつけて転輪とその枠及びすい等を含む重心が各軸の交点の直下にあるようにしたとする。横軸縦軸とも実質上摩擦がないものとする。これに重力と地球自転運動が作用してA端は上下及び左右にだ円を描いて振揺する。このだ円を非減衰曲線といい(その中心が北向きである)(この運動を指北作用という)従つてジャイロコンパスとして北を指示させるためには適当な減衰装置を付してやれば、A端のは減衰曲線を描き、中心に静止して北を指示することになる。以下指北作用に必要な地球の運動から述べる。

(2) 地球の自転運動

ア 地球自転

(ア) 方 向

北極上より見て反時計方向

(イ) 角速度(ω)

$$\omega = \frac{2\pi}{24 \times 60} = 7.29 \times 10^{-5} \text{ Rad / sec}$$

(ウ) 地球表面上の線速度(v)

$$v = r \omega \quad r = 6371 \text{ Km}$$

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

任意の緯度 (ϕ) の回転半径 $r = 6371 \times \cos \phi$

$v = \omega \times 6371 \times \cos \phi$ 赤道上 900.6 kt

横須賀 $v_{95} = 738 \text{ kt}$

イ 天体から見た地球の自転運動

われわれは地球上に生活しており他の地表物体とともに、地球重力によつて支えられているから地球自転の運動について、何等自身の運動として感じない。

しかし、地球の引力圏外にとび出して地球の運動をながめれば地表上の一点は自転に伴つて傾斜し旋回している。

以下この傾斜運動と旋回運動を述べる。

(ア) 傾斜運動

今地球の地表上の地点即ち地盤をマークして、この地盤を通過する子午線を1本仮想して、この子午線の両側の地盤の運動を正横より観察してみよう。

下図のように地表上の一点O (赤道上と仮定)を地球外の正横より見たとすると

a 子午線の西側上昇 (東側……下降)

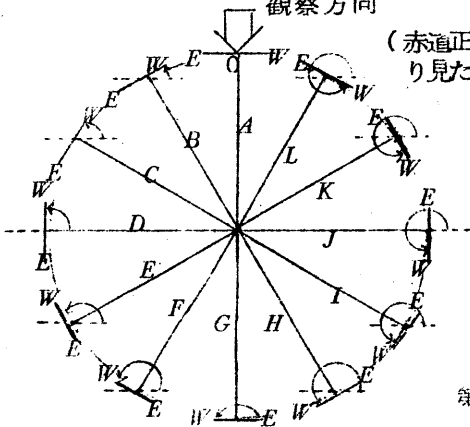
b 地盤の傾斜運動角速度 = 地球自転の角速度

赤道上……最大…… ω

極上……最少……零

任意の緯度 (ϕ) の角速度 = $\omega \cos \phi$
観察方向

(赤道正横より見た)



第 93 図

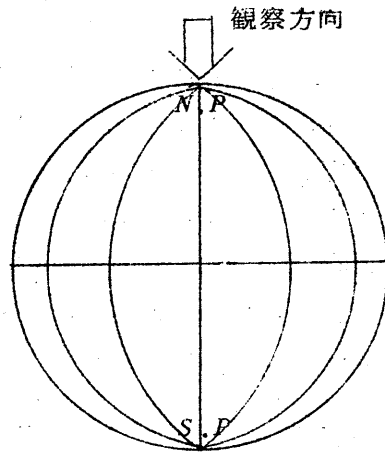
第 93 図

HP『海軍砲術学校』公開資料

(イ) 旋回運動

地球の地表上の地点の運動を極上より観察して見ると、次のとおりである。

第 94 図

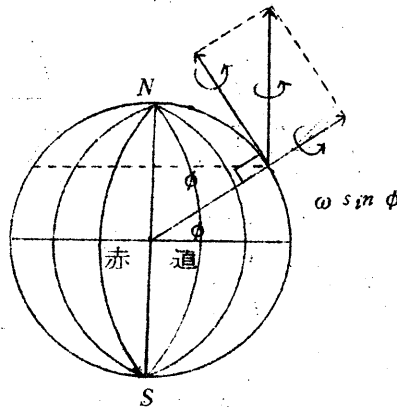


- a 北緯では反時計方向
- b 南緯では時計方向
- c 極上……最大…… ω
- d 赤道上……最小……零
- e 任意の緯度 緯度の \sin に比例

(ロ) 地球上の任意の点(緯度 ϕ) の傾斜旋回運動

前述の傾斜旋回運動を地球上の任意の1点(緯度 ϕ) につきベクトルで表わして見ると次のとおりである。

第 95 図



緯度 ϕ の地点 P において地球自転角速度 ω の成分として

鉛直軸の周りに $\omega \sin \phi$ (旋回運動)

水平子午線の周りに $\omega \sin \phi$ (傾斜運動)

の大きさの回転をしている。

HP『海軍砲術学校』公開資料

そして地球回転は地盤に対して、傾斜運動及び旋回運動をあたえ、
指北作用の原動力となるものは前者である。

(3) 地球自転と転輸の相対運動

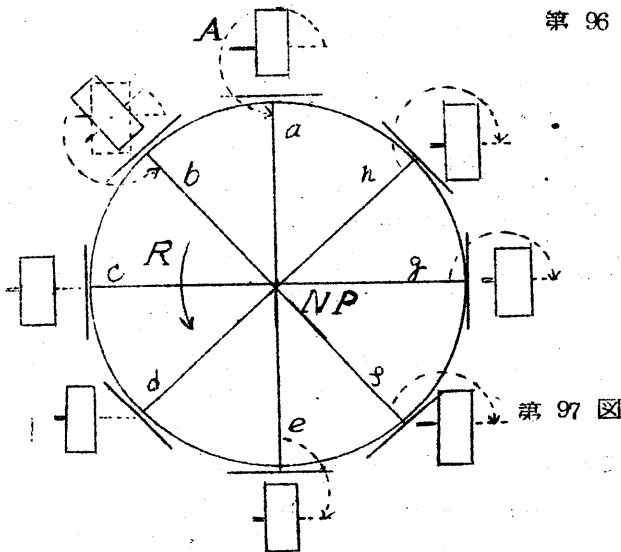
地球自転は（前節の説明のとおり）地球自身の地盤（地表）をその緯度に応じた速度によつて傾斜及び旋回させている。

今度は地球上の地盤（地表上）に空間の固定性を有するジャイロをおきこの時の地盤（地表）の運動とジャイロの回転軸の関係を考へてみる。

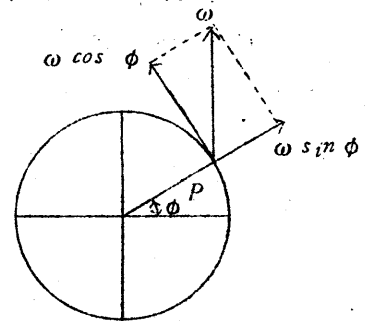
ただし、今度は自転を続ける地球の地盤（地表）を基礎にしてこの地盤の水平面に対するジャイロの回転軸の傾斜、旋回について調べるのであつて「真の運動」と「見掛けの運動」とを区別して考へることは特に注意を要する。

(4) 指北作用

ア P点にジャイロスコープをおき回転軸を東西水平におく。



第 96 図



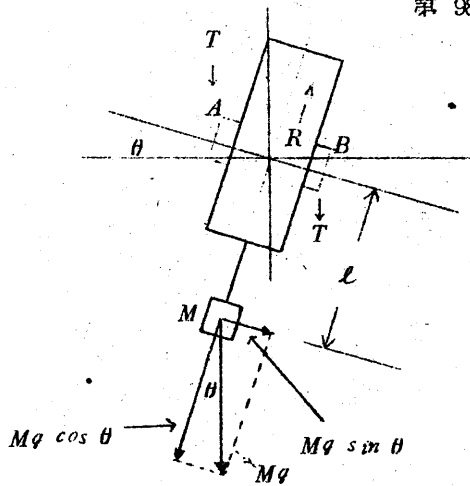
自轉角速度 ω

HP『海軍砲術学校』公開資料

左図のようにP点に回転軸を東西におかれたジャイロスコープはその特性により最初の方角を保っているが、時間の経過とともに地盤は傾斜を続けるので、回転軸は地盤に対して水平ではなくなる。(見掛け上A端は上昇し、B端は下降する)

イ ジャイロスコープに設置されたすいによつて回転軸ABは水平に戻される向きのトルクが働き(A端では下向き)ジャイロスコープはプレセッションを起して見かけ上傾斜したままA端が北へ近づく方向へ旋回する。

第 98 図



$$T = F \times l$$

$$= Mg \sin \theta \times l$$

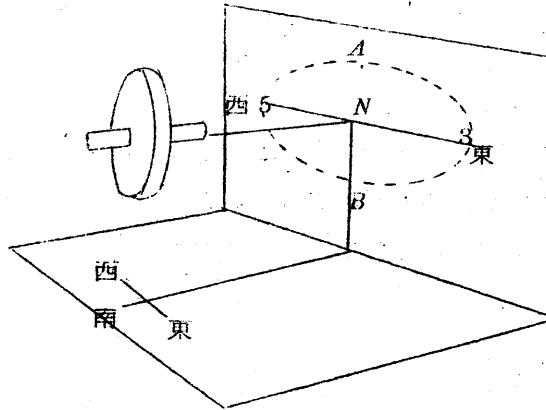
このトルクは傾いた軸を水平にもどす方向に働く。

ウ A端が子午線上にくると軸の傾斜は最大となりプレセッションは続いて今までの方向(西へ)へ向かう。

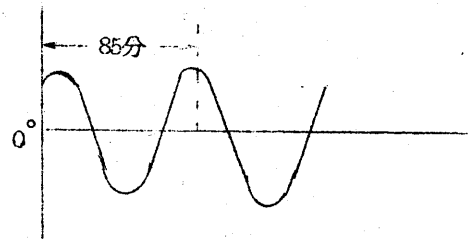
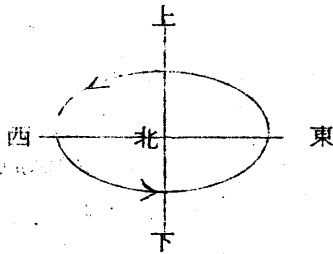
エ 次に地盤の傾斜運動は逆になり見かけ上A端は下降し、始めすいによるトルクは減少してくるのでプレセッションは減少し、A端は下降しAが西に向くとプレセッションは止む。

オ 同様にしてA端は北に向きつつ下降し、このようにして北を中心にした円運動をする。

これを図示すると次図のようになる。



第 99 図



だ円を時間と方位の振幅
を軸として表わしたもの

カ このようなだ円は北軸端の傾斜及び偏位を表わすものであつて、これを指北曲線又は非減衰曲線という。

また、ジャイロスコープに重^いを取付けて重力を復原力として働かせればジャイロスコープの回転軸は北を中心として、一定範囲を指示するには不十分であつて、次章にのべる減衰装置(制振装置)が必要となる。

(5) 指北装置

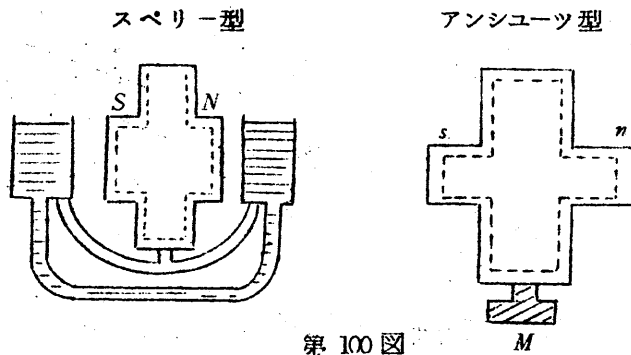
ア 概 要

指並作用によつていつたん子午線に一致したジャイロの回転軸をそのまま子午線に一致させなければジャイロコンパスとして用いることはできない。

HP『海軍砲術学校』公開資料

このためジャイロの回転軸を空間における固定性によつて停止させることなく、地盤の旋回運動と等しい速度で旋回させればよい。しかし普通の方法でジャイロの回転軸を旋回させることは不可能で、これにはプレセッションによる旋回運動を利用するより方法がない。次にはいかにしてジャイロの回転軸にプレセッションをさせるために必要な外力（トルク）とどのような方法で作るかが問題となる。

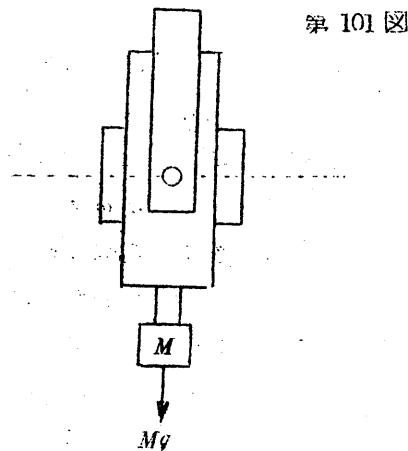
これを解決するためには重すゐを使用する。（アンシューツ式）



第 100 図

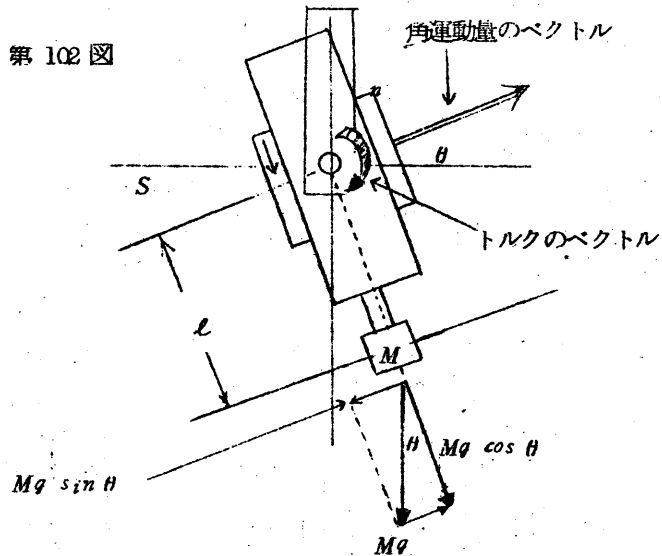
水平状態では重すゐによる力は外力であつても回転軸にトルクを与えないからプレセッションは起さない。

(ア) 水平な状態



第 101 図

第 102 図



今北緯において 102 図のようにジャイロスコープの回転軸を子午線に一致させ θ だけ傾斜したものとする。(ジャイロの回転方向は南側より見て時計方向とする)

重 $\dot{\phi}$ と ジャイロの重心の距離を l とすれば

$$\text{プレセツションの速度は } \frac{d\phi}{dt} = \frac{Mg l \sin \theta}{H} \dots \dots \dots (1)$$

である。またプレセツションの方向は反時計方向(上図のジャイロの上方よりみて)である。ところがジャイロのある地盤(北緯 ϕ とす)この旋回運動の速度は $\omega \sin \theta$ でその方向は反時計方向である。従つて(1)式が $\omega \sin \phi$ に等しくなつた時にジャイロ軸は見掛け停止する。故にその緯度において子午線上に一致したジャイロは永久に子午線方向。すなわち真北を指示することになる。

(子午線に一致せしめる作用は後述の減衰装置で行なう)

以上重 $\dot{\phi}$ による指北作用について述べたのであるが、現在のジャイロコンパスに重 $\dot{\phi}$ を使用しているものはないが、この原理を原理とし

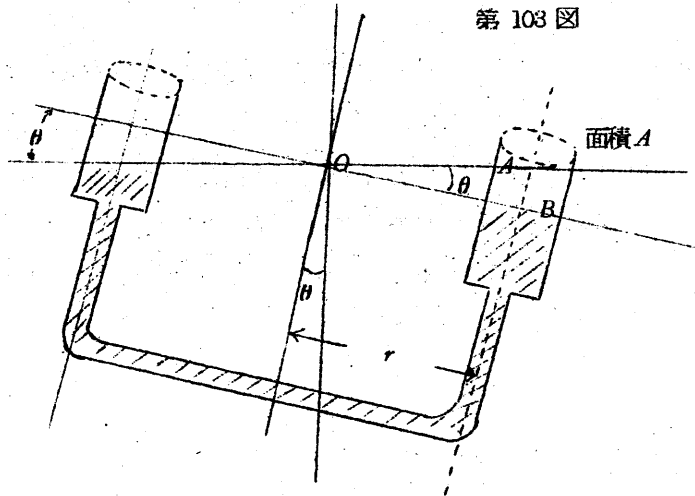
HP『海軍砲術学校』公開資料

て同様な復原力を採用しているものにアンシューツ式アルマー式等がある。

イ スペリー式ジャイロコンパスに採用される指北装置

スペリー式では完成当初、今まで説明した理論上の原理と全く同一の要領で重すいによつて指北作用をしていた。ところが加速度誤差(後述)の欠点より第1次大戦以後は水銀安定器と呼ばれる装置が採用された。

水銀安定器は103図に示した重いジャイロ軸端の両側にそれぞれ水銀を入れた槽を設け、両水銀槽を細管で連結している。このためジャイロ軸が傾斜すればこの傾斜によつて、水銀は低い側に流れ移動する。この水銀の移動による両水銀量のアンバランスが前述の重すいの場合と同様の作用をするのである。



このトルクはOを中心として傾斜角の $\sin \theta$ に比例し下降した側をさらに下降させようとする。

すいによるトルクは $Mg l \sin \theta$ であり、やはり傾斜角の \sin に比例する。

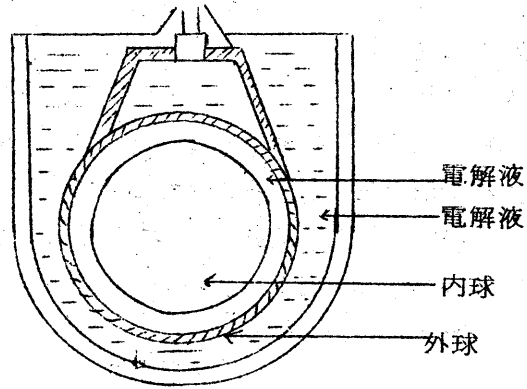
水銀安定器と重すいを使用したものでは、傾斜によるトルクの方法は反対である。

このようにトルクが逆であるから重すいと同様な指北作用を行なうことはできない。これを可能にするためにはスペリーではジャイロの回転方向を逆にしている。(兩側からみて反時計方向である)

HP『海軍砲術学校』公開資料

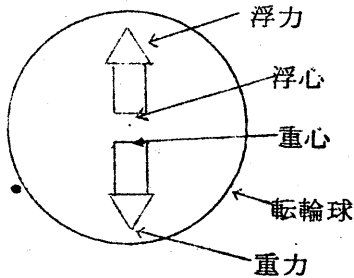
ウ アンシユーツ式の指北装置

第 104 図

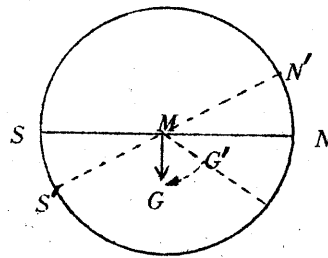


104図のように転輪を内球の中に収めてこの球を電解液と呼ばれる液中に浮かせている。この電解液は蒸溜水、グリセリン、サルチル酸を混合したものであつて比重は約1.2程度である。このような転輪球はその重心が中央よりやや下方におかれている。

また浮心は球の中心に作用するから船が浮んでいるときににている。その状況は第105図のとおりである。



第 105 図



第 106 図

HP『海軍砲術学校』公開資料

従つて転離球が傾斜すれば船が傾斜したときと同様に復原力を生ずる。この復原力の大きさはそのメタセンターの高さを h 、転輪の全重量を M とすれば $Mg h \sin \theta$

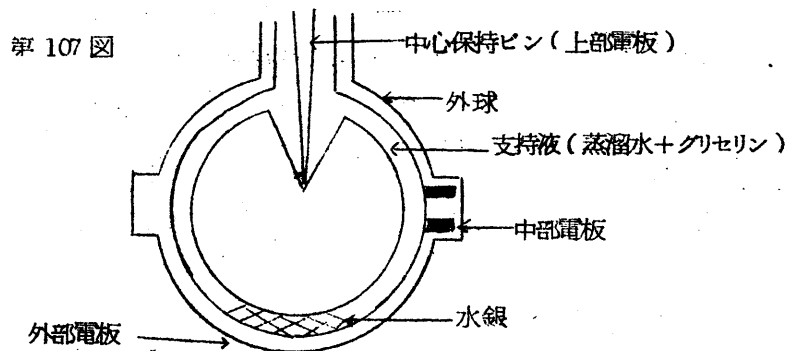
(ただし θ は全装置の回転軸方向の傾斜角とす)

このように復原力は全体の傾斜角の \sin に比例して発生し、しかも全体の装置を水平に戻すように作用する。従つて重すゝいの原理のところで説明した $Mg l \sin \theta$ というトルクの式は $Mg h \sin \theta$ と変るのみである。それでアンシユーツ式転輪の回転方向はスペリーとは逆に南軸から見て時計方向である。

107 図の説明

転輪ら針儀の指北端を東に向けて高速度に回転するとき地球自転のために生ずる地盤の傾斜運動と転輪の慣性のために指北端は上昇する。

すなわち、図のように N 軸が上昇すると重心点 G も G' に移動する。しかし地盤に対し不平衡となるから G' は G の位置に復せんとする復原力によつて指北端を下方に下げようとする「トルク」を生ずるからプレセッションのために指北端を左右に旋回し真北を示すようになる。



フラート式はアンシユーツ式に非常によく似た構造であつて転輪は、中心が凹形になつた球内に収められていてやはり電解液中に浮んでいる。転輪球の底部は少量の水銀があり、これが温度変化による球の浮沈を補償する作用をしている。このような構造であるからアンシユーツと同様に傾斜によつて $Mg h \sin \theta$ なる復原力が発生する。

転輪の回転方向もアンシユーツ式に等しい。

HP『海軍砲術学校』公開資料

4 減衰作用及び減衰装置

(1) 減衰作用の概要

減衰作用は指北作用のみによつて生じた非減衰曲線の振幅をしだいに小さくして、最後に転輪軸を子午線上に一致させるものである。そしてこの減衰装置はジャイロをジャイロコンパスとして完成するための最後の構造である。(ジャイロの発見よりこの完成までに約100年かかった)

3軸の自由度を有する転輪に指北装置を設け、これで減衰装置を設けこれにより減衰させ、北を指示するように作られたものがジャイロコンパスである。これをスベリー式、アンシューツ式に表示すると次のとおりである。

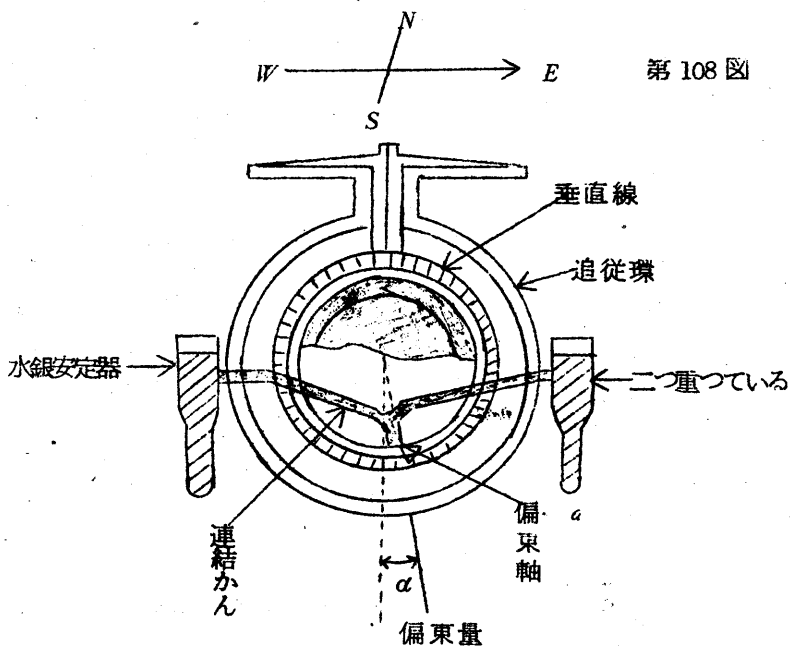
完成要素	3軸の自由度を有する。 ジャイロ	+ 指北装置 (非減衰曲線による範囲)	+ 減衰装置 (減衰曲線による範囲)
スベリー式	慣性 プレセッション	水銀安定器による水平軸の周りのトルク作用	偏東軸による垂直軸の周りのトルク
アンシューツ式	慣性 プレセッション	浮力と重力による復原力のトルク作用	制振油槽(シリコン油)を用い、周期の時間差を持たせる。

(2) スベリー式の減衰作用

スベリー式においては指北作用の根本となる水銀安定器を減衰作用にも利用している。すなわち指北作用を行なわせるための水銀のトルクは水平軸の周りのものであつたが、これをさらに垂直軸の周りのトルクとして発生させるようにしたものである。

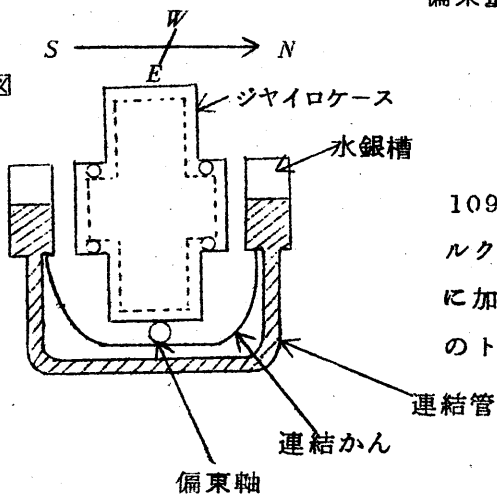
HP『海軍砲術学校』公開資料

次の図はスペリー式の水銀安定器の連結状況を示す。



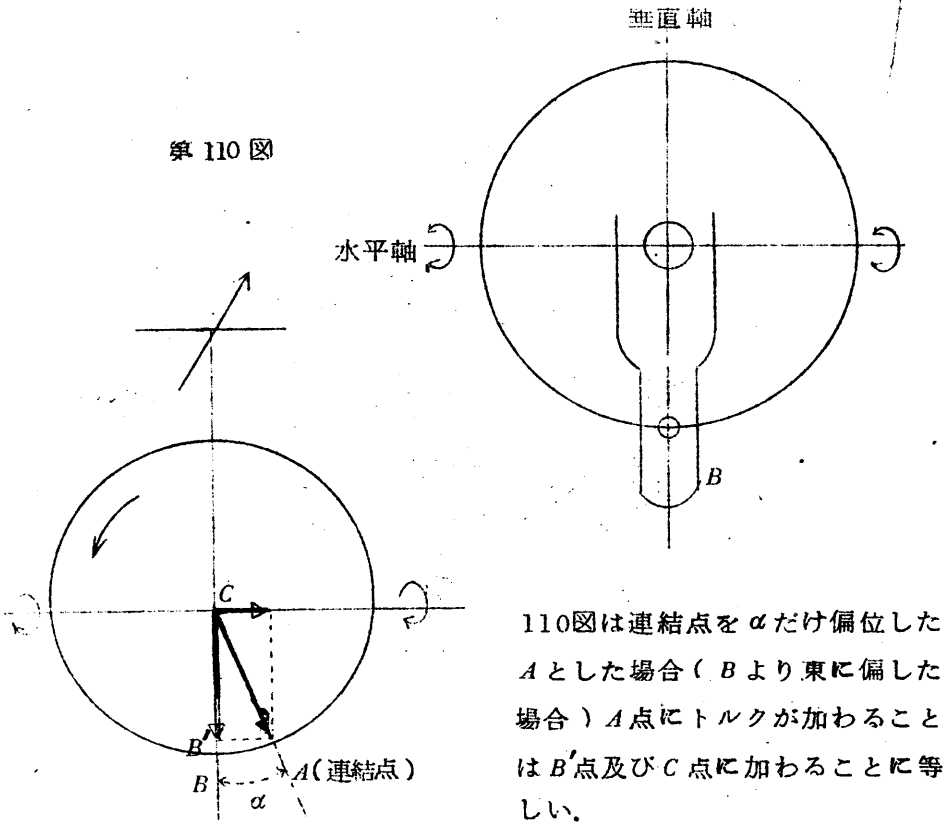
第 108 図

第 109 図



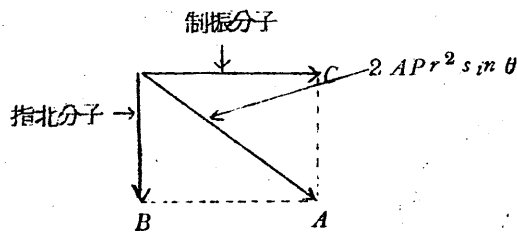
109図では傾斜による水銀移動のトルクは $T = 2 A p q r^2 \sin \theta$ として B 点に加わる。換言すれば水平軸の周りのトルクとして加わる。

第 110 図



110図は連結点を α だけ偏位した A とした場合 (B より東に偏した場合) A 点にトルクが加わることは B 点及び C 点に加わることに等しい。

このトルクの大きさを計算すると次のとおりとなる。

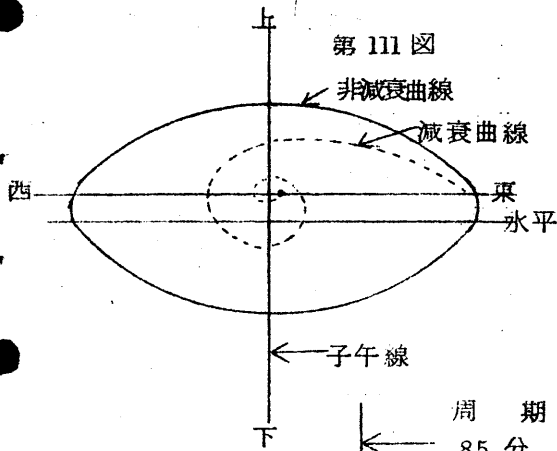


ジャイロコン底部における $A B$ 間の距離は

スペリー式 14 型	3.96 mm
” 18 型	2.25 mm (理論上 2.41 mm)
須式 2号	4.06 mm (” 4.7 mm)

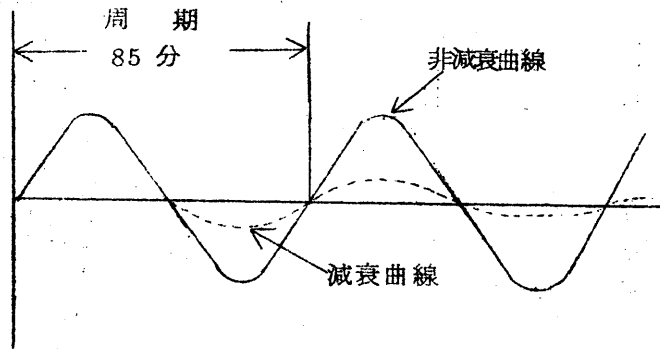
HP『海軍砲術学校』公開資料

偏東軸による減衰作用を曲線で画けば111図のようになる。



注意

最終的にジャイロ軸の整定する位置は子午線よりわずかに偏位している。これを緯度誤差という。 (スペリー式のみ)



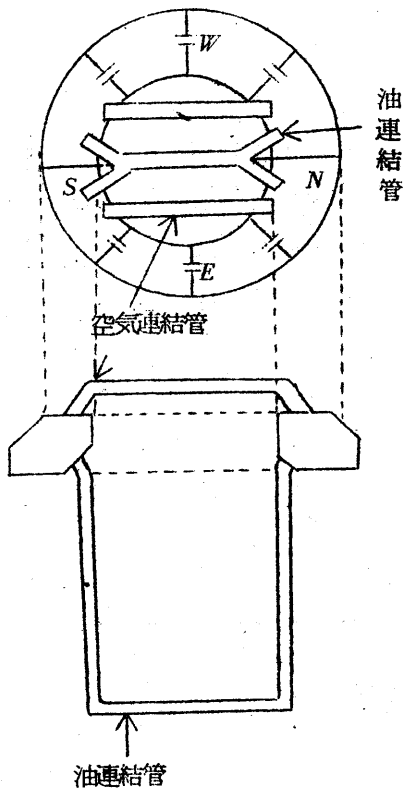
(3) アンシューツ式の減衰作用

アンシューツ式では指北装置とは別に独立した減衰装置を有している。そしてこの方式はプラート式、アルマー式においてもほとんど同様である。

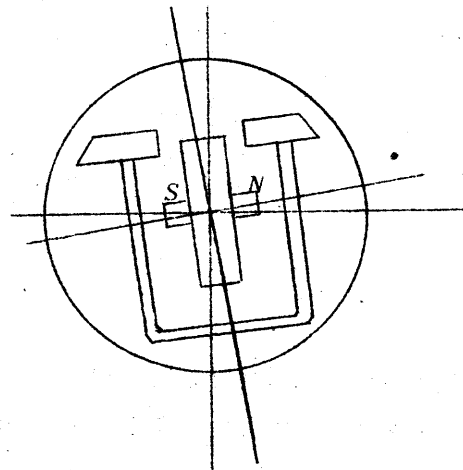
アンシューツ式及びプラート式では下図のような円形の油槽（制振油槽という）を取付けて内部に粘度の高い油（シリコン油）を入れてジャイロ軸の傾斜に伴つて油が南北に流動するように区切られている。

(注)

8等分して底部に連絡用細管があり、中に針金を通して油の流動を制限する。このためジャイロの傾斜による油の流動にいくらか時間差を生ずる。この時間差が減衰作用に重要な作用とする。



第 112 図



この油の流動を針金により $\frac{1}{4}$ 週期位遅らせて、この時間のおくれによつて減衰作用を行なっている。

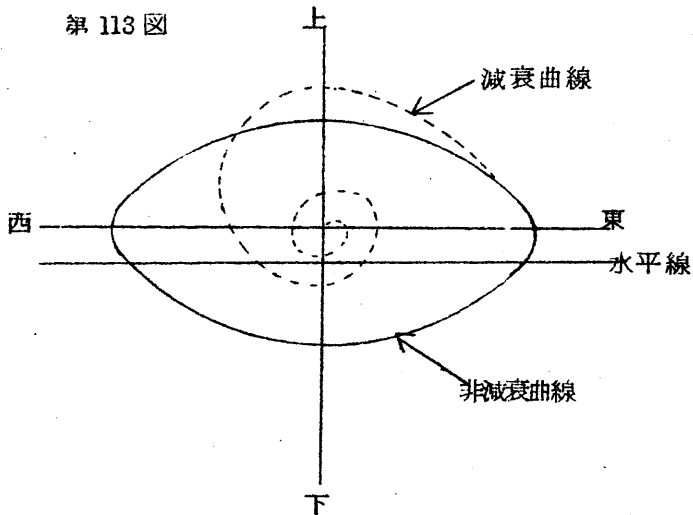
- 長 所……減衰作用を起させる原動力が指北作用を起させる原動力と異なっている。従つて緯度誤差がない。
- 短 所……減衰作用の粘性油の粘度係数が温度によつて変化し、従つて粘度の変化により幾分流動の変化が生ずること。(しかし、これは非常にわずかであるので無視して差支えないし油は温度により粘度の変化し難いシリコン油を使う)

(4) アンシューツ式の減衰曲線

アンシューツ式の減衰曲線は、113
図のように縦方向に長いものにな
っている。

また減衰曲線は最終的に子午線上
に一致する。

すなわちスペリー式のように偏位
すなわち緯度誤差がない。



HP『海軍砲術学校』公開資料

5 誤 差

転輪ら針儀は前項において説明したごとき、非常に精巧な理論及び機構によつて高い精度の指北力を有するものである。

しかし、その基本を地球の自転及びその重力によつている結果、転輪ら針儀のおかれた状態によつてこれから説明するとき種々の誤差を生ずる。

(1) 誤差の種類

まず転輪ら針儀に発生する誤差の名称を列記してみよう。

- ア 緯度誤差
- イ 速度誤差
- ウ 加速度誤差
- エ 加速度偏心誤差（減衰誤差）
- オ 動揺誤差
- カ 不定誤差

以下このそれぞれについて説明してみよう。

(2) 緯度誤差

緯度誤差はスペリー式にのみ発生するものである。そしてこの誤差の根本となるのは言うまでもなく、減衰作用のための偏東軸である。

ア 転輪ら針儀が地球上において、子午線に一致して静止し得る状態とは地球自転の旋回運動 $w \sin \phi$ の速度とプレセッションによる旋回運動の速度が等しい時のみ可能である。

イ 緯度誤差は緯度及び偏東角の \tan に比例する。それで別名正接誤差とも呼ばれている。

この誤差は緯度によつて次のようになる。

HP『海軍砲術学校』公開資料

- (ア) 北緯……
- (イ) 赤道上……
- (ウ) 南緯……

ウ 緯度誤差の修正

緯度誤差をすべての緯度において無くするには、偏東量 τ を無くするよりしかたがない。

しかし τ はこれを無くすれば減衰作用が成立しなくなるので無くすることはできない。

従つて、スペリー式で偏東軸を有する型式のものでは、この緯度誤差は防止することができず、任意の緯度において転輪ら針儀の南北軸はこの誤差を含んだ北を指示する。

それでこの緯度誤差を修正するには主ら針儀の方位を読みとるとききの基準になる線（実際には基線と呼ぶ）を移動することによつて修正している。

この方式は直接修正方式として大半のスペリー式に採用されているものであつて、補助緯度修正器と呼ばれる機構で基準線を旋回させて基線を誤差量だけ移動している。

通常この修正は緯度の変化 $\pm 3^\circ$ で行なえばよい。また最近は新しい傾向としてこのような誤差の修正を間接的に行なつているものが多い。

この間接修正方式においては、主ら針儀には緯度誤差をら牌に表わしておき、従ら針儀の方位指示のみを修正する方式である。

次に実際のスペリー式においては、整定時の南北軸の傾斜をできるだけ少なくするために南軸側の水銀安定器の水銀壺の上部に軽量の金属板（ワッシヤ程度）を乗せて傾斜による水銀移動の偶力のかわりをさせている。

米国製スペリー式……… $N 41^\circ$ で水平になるごとく調整

日本製スペリー式……… $N 35^\circ$ ”

このようにすれば、この緯度付近において南北軸を水平にしたままで整定することができる。

HP『海軍砲術学校』公開資料

ただし、このようにしてももちろんのちなる緯度誤差を生ずることには
ならない。

(3) 速度誤差

速度誤差は別名緯度速度誤差、速度針路誤差とも呼ばれるものであつて
すべての型式の転輪ら針儀に発生するものである。

ア 速度誤差の原因

この原因となるものは船の航行することに起因する。しかし、船はその
定義されるごとく「水に浮んで航行するもの」であるから、航行しない
船は有し得ない。このように航行する船に転輪ら針儀をおいた場合、
いかに作用するかについて調べてみよう。

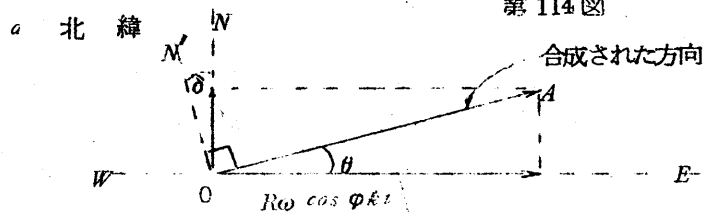
まず船は地球上のある一点にあるのであるから当然地球の自転により
西から東に向かつて毎時 $900.6 \cos \phi = R\Omega \cos \phi \text{ kt}$ なる速さで運ばれて
いるわけである。船が停泊していればこの運ばれる量 $900.6 \cos \phi$ には
なんら変化を生じない。しかし船がある速力、今これを $V \text{ kt}$ とすれば、
これだけの速度で航行している場合には転輪ら針儀の運ばれる量は両者
を合成したものになる。

しかし船の速力は 40 kt 以下であり、これを地球自転の周速度と較べ
れば、一見微々たるものであつて、問題にならないかのごとくに思われ
るのであるが、実際にはこれが十分問題になり得るものである。以下こ
れについて説明する。

(ア) 船の針路が東西のとき

船速 V は地球自転速度に加算されるか、あるいはこれを減少するだ
けに過ぎない。 $900.6 \text{ kt} \pm V \text{ kt}$

(イ) 船の針路が南北のとき

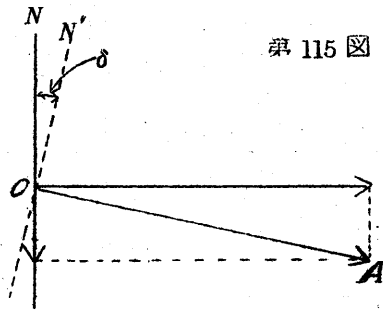


HP 『海軍砲術学校』 公開資料

船速 V だとすると OA が実際ジャイロコンパスが運ばれて行く方向
 OA に直角な ON' を指示する。(見掛けの子午線)

$$NON' = \delta \dots\dots\dots \text{誤差}$$

6 南緯



第 115 図

速度誤差 = 真の子午線と見掛けの子午線のなす角

イ 速度誤差の値

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

次の表は緯度及び速度の変化により速度誤差が如何に変化するかを示したもので、この誤差量は針路が北のときのものである。

緯度 s	0	30	40	50	55	60	62	64	66	68	70	72	74	76
2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.1
6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6
8	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1
10	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6
12	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.8	3.2
14	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.7
16	1.0	1.2	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2
18	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7	4.2	4.7
20	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.6	2.7	2.9	3.1	3.4	3.7	4.1	4.6	5.3
22	1.4	1.6	1.8	2.2	2.4	2.8	3.0	3.2	3.4	3.7	4.1	4.5	5.1	5.8
24	1.5	1.8	2.0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.5	4.9	5.5	6.4
26	1.7	1.9	2.2	2.6	2.9	3.1	3.5	3.8	4.1	4.4	5.1	5.4	6.0	6.9
28	1.8	2.1	2.3	2.8	3.1	3.6	3.8	4.1	4.4	4.8	5.2	6.1	6.5	7.4
30	1.9	2.2	2.5	3.0	3.3	4.0	4.1	4.4	4.7	5.1	5.6	6.2	6.9	7.9
32	2.0	2.4	2.7	3.2	3.6	4.1	4.4	4.7	5.0	5.5	6.0	6.6	7.4	8.5
34	2.2	2.5	2.8	3.4	3.8	4.3	4.6	5.0	5.3	5.8	6.3	7.0	7.9	9.0
36	2.3	2.7	3.0	3.6	4.0	4.6	4.9	5.2	5.6	6.1	6.7	7.4	8.3	9.5
38	2.4	2.8	3.2	3.8	4.3	4.9	5.5	5.7	6.0	6.5	7.1	7.9	8.8	10.1

上記以外の針路については針路の \cos を乗すれば良い。

HP『海軍砲術学校』公開資料

ウ 速度誤差の大きさを左右する要素

(ア) 針路……

(イ) 緯度……速度誤差は緯度の \cos に逆比例する。
従つて緯度が高くなれば増加する。

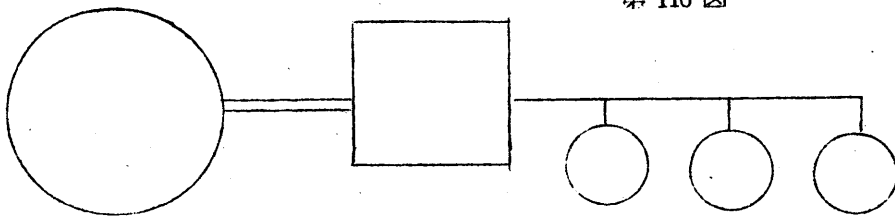
(ウ) 速度……

エ 速度誤差の修正

速度誤差はこのようにすべての型式において共通して起きるものである。そしてこれを理論上あるいは實際上防止することは不可能であつて各型式共主ら針儀の転輪南北軸はこの誤差を含んだ方向を指示するものである。それでこの誤差を修正するには次の如き方式が採用される。

(ア) 間接方式

これは緯度誤差の項においても説明したのであるが、主ら針儀には誤差を含んだままの方位を表わしておき、これを従ら針儀に伝達する際に速度誤差を修正してやるものである。



これはスペリー式が最近多く採用している方式であつて、須式 2 号須式 E 1、須式小型の転輪ら針儀に採用されている。

この間接方式の利点としては、主ら針儀上の機構が簡単になり、省略できることである。

元来スペリー式では上部が重くなりがちであつて、出来る限り上部機構を軽量化することに苦心していたのであるが、これもその一つの現われである。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(イ) 直接方式

速度誤差をマスターコンパスにおいて修正し、マスターコンパスの牌上に正しい方位を表わす方式である。

a スペリー式は「緯度速度誤差修正器」にて速度の±3%以内で修正する。

針路の修正は方位歯輪の下面のコサインカムといわれる溝に緯度速度誤差修正器のローラーに嵌合している。

b アンシューツ式（北辰ジャイロコンパス）

速度誤差の緯度、速度及び針路による表を作成して、その量だけコンパスカードを偏心させて修正している。

HP 『海軍砲術学校』 公開資料

(4) 加速度誤差

前節に説明した加速度誤差は、艦が一定の針路でしかも同一速度で航行している時に与えられるものであつた。

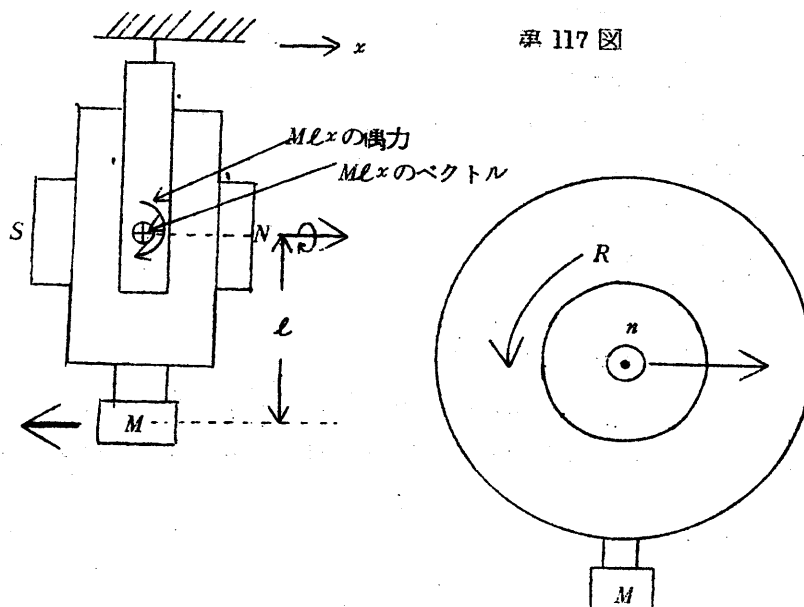
このような時に転輪ら針儀を発動すれば、速度誤差の値を含んだ方位を指示する。ところが艦が停泊中に転輪ら針儀を発動して整定せしめ、整定後に艦が出港した際にはどうなるであろうか。この節ではこのように転輪ら針儀の指北機構に加速力が作用した状態について説明する。

ア 加速度誤差の原因

速度誤差は $\delta \div \frac{V \cos \theta}{R \Omega \cos \phi}$ の式で表わされるものであるが、この誤差量 δ が意味するものは転輪の回転軸の静止すべき位置を表わすものであり、直接転輪にプレセッションを起させる偶力となるものではない。

直接の偶力となるものは、艦の速度あるいは針路の変化に伴う加速度である。

艦が停止した状態から出港して徐々に速力を増せば、この時に作用する加速度によつて転輪はまず加速度誤差だけ動かされて加速度が無くなつた後に新しい速度誤差に向かつて固有の減衰運動を行ないつつ静止して行くのである。



HP『海軍砲術学校』公開資料

この時の加速度の問題を考えると相対的に静止したジャイロコンバスの重すいに MX なる加速度が X と反対方向に（南）作用したと考えればよい。

すると MX というトルク（水平軸の周り）のベクトルは紙背を向き、ジャイロコンバスの北軸は西方へプレセッションを起す。

次にこのプレセッションの速度は

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{M\ell V_{1ns}}{H} \dots\dots V_{1ns} \dots\dots \text{南北分力加速度}$$

スペリー式では水銀が慣性により移動することにより生ずる。

$$\therefore \frac{d\phi}{dt} = \frac{2A pr^2 \cos \alpha V_{1ns}}{H}$$

アンシューツ式では重心点（中心よりやや下）にこの加速力が作用する。

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{MhV_{1ns}}{H}$$

このようにすべての型式のジャイロコンバスに発生する。

- (ア) 艦が東西方向にのみ増速した場合発生しない。
- (イ) 艦が北向きに増速したとき西偏の誤差
- (ウ) 艦が南向きに増速したとき東偏の誤差

イ 加速度誤差の数値

誤差量を ϕ とすれば

$$\phi = \frac{4\pi^2}{T^2 g \omega \cos \phi} (V'_{ns} - V_{ns}) \text{ rad}$$

ただし $V_{ns} \dots\dots$ 南北分力加速度

$V'_{ns} \dots\dots$ 加速度が作用した後の新しい V_{ns}

上式に t （時間）が入っていないから加速度に作用する時間には無関係である。

ウ 加速度誤差の防止

ジャイロコンパスの周期を84.5分にするにより防止することができる。

(5) 加速度偏心誤差

艦が増減速あるいは変針に際して速度の南北分力が変化して、これが指北機構に南北分力加速度として作用するのが加速度誤差であつた。

次にこの南北分力速度が減衰機構、すなわち制振機構に作用するのがこの加速度偏心誤差、別名減衰誤差と呼ぶものである。

ア 加速度偏心誤差の原因

加速度偏心誤差の原因は言うまでもなく南北方向の加速力が制振機構に作用するからである。

スペリー式の場合

加速力により水銀が前(後)に移動し、偏東軸に作用しこのうち制振分力($2A\omega r^2 \sin \alpha$)が垂直軸の周りにトルクを発生し、プレセッションによりジャイロの軸を上昇下降させる。

アンシューツ式の場合

制振油槽内の粘性油が加速力を受けて一方に移動し、加速力がなくなつても直ちに元の状態にならない。

この移動によるトルクがかなりの時間作用するので誤差を発生することになる。

イ 加速度偏心誤差の防止

HP『海軍砲術学校』公開資料

(7) スペリー式

制振機構はスコープが子午線上に静止するまでは必要であつて整定後にはこれらなくてもよい。

スペリー式11型改6では艦が旋回及び増減する際には、その旋回の角速度が一定値以上になると遠心スイッチにより、回路を完成して電磁石を作動させ、その電磁石により水銀連結かん(偏東軸の作用をするもの)を吸引して偏東量を零にしている。

この機構を自動減衰除去装置という。

なお、この電磁石は手動でも操作できるよう押釦スイッチがある。

(4) アンシユーツ式

粘性油の移動により加速度偏心誤差を生ずるから、この粘性油の流動を停止すればよい。

アンシユーツ式2型高速用ではこの機構を制振切断器といい、電磁石を作動させ連結管中央にある電磁弁で油の流動を制御している。

この機構はまた手動でも操作できるようになつている。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(6) 動揺誤差

転輪ら針儀はその振動週期を84.4分にしてある。

このように長い週期であるから普通の振動体の性質から考えれば船の動揺のごとき10秒内外の比較的短い週期の力が作用してもほとんど影響ないはずである。実際アンシユーツ式、スベリー式共その最初のものには、動揺誤差に対する防止機構はなかつた。

しかるにこのような転輪ら針儀を船に搭載して航海する際に船の航路が子午線と45度をなす(NE, NW, SE, SW)時その影響が最も大きく10度から20度という大誤差を発生することが判明し、その対策が考慮されるに至つた。

さて船のローリング、ピッチング及び船全体の上下運動の結果、転輪ら針儀の受ける加速度はきわめて複雑であるが、その大きさが最も大きく、かつ転輪ら針儀への影響が最も大きいものは水平方向の加速度であつて、主としてローリングによつて起きるものである。

水平方向の加速度が作用すれば、これは転輪に指北作用をさせるために設けた機構(水銀又は重錘)に作用し転輪に偶力を与え、同時に全装置に強制振動を与える。

動揺による加速度の影響を要約すれば

ア 全装置を振動せしめ、これがために転輪の回転軸の周り及びこれと直角な方向の周りの慣性能率の不同から生ずる影響。

イ 指北作用のための機構に作用して偶力を与えるもの。

この二つになる。

動揺誤差は

針路が東西南北の時は発生しない。

針路が東西南北以外の時発生し、 45° 135° 225° 315° の針路の時が最も大きい。

HP『海軍砲術学校』公開資料

(7) 不定誤差

今までに説明した種々の誤差は皆理論的に判然としたものであつて、その防止法あるいは修正法も確立されている。ところが転輪ら針儀と言えども機械の一種であつてその取扱、手入及び運転に適正を欠くことがあれば当然誤差を生ずることになる。

これ等の所在不明なる誤差はわれわれが実際に転輪ら針儀を運転する際によく見受けられるものであり、特に小型転輪ら針儀において著しい誤差となつて表われるものである。

ア スペリー式に多く起きるもの

- (ア) 鋭感部のアンバランス
- (イ) 懸吊線のよじれ
- (ウ) 転輪軸潤滑油の両軸夫々の量のアンバランス
- (エ) 各種軸受部のボールベアリング
- (オ) 各種電源用リード線と鋭感部の接触
- (カ) 追従増幅器バイアス調整の不適
- (キ) 運転温度の激変
- (ク) 方位歯輪その他歯車のかみ合不良
- (ケ) 供給電源電圧及び周波数の不適
- (コ) 諸装置の老朽
- (ク) その他

イ アンシユーツ式に多く起るもの

- (ア) 電解液温度、比重の変化
- (イ) 艦自身の微小振動
- (ウ) 電極の汚損及び電極表面の老化
- (エ) 供給電源電圧及び周波数の不適
- (オ) 諸装置の老朽
- (カ) その他

このようにして発生する不定誤差を防止するには取扱、手入れ及び運転を規定に従つて行なうことが必要であり、また未知の者あるいは転輪ら針儀に関する知識の無い者に手を触れさせないことも必要である。

HP『海軍砲術学校』公開資料

このような不定誤差が発生したと思われるときには、その時の状態及び誤差量等を記録しておく必要がある。また艦の出港時には定期的に航海科に依頼して転輪ら針儀の指示を点検し、誤差の有無を確認しておく
とよい。

誤差のまとめ

われわれは六種類の誤差について今まで学んだのであるが、実際の転輪ら針儀においては、これ等の誤差はそのいくつかは常時艦の状況に応じて合成されて発生するものであつて、決して単独に発生するものではない。

そして定められたところの修正法を行なえば、これ等の誤差は非常に小さいものになる。

次に各種転輪ら針儀に許容される誤差量を示す。

射撃指揮装置用転輪ら針儀…………… ± 0.2 度以内

航海用大型転輪ら針儀…………… ± 0.5 ”

航海用小型転輪ら針儀…………… ± 1.0 ”

ただし、この数値は艦船が停泊中のものである。