

人工水平儀の不作動状態に於ける 重心下偏装置

所 員 佐 々 木 達 治 郎
技 手 渡 邊 保

目 次

1. 緒 言	3. 實 験
2. 構 造 説 明	4. 結 言

1. 緒 言

人工水平儀は衆知の如く、一般に其の重心を suspender の支點に一致せしめて使用するものである。

故に、之に噴氣壓を與へない所謂不作動状態に於ては Gyroscope は全く中立な平衡にあり、自由な色々な姿勢をとつて居るものである。

之は gyro Horizon の運轉上使用上、可なり不利な條件となる事必定で、從來之の對策として、二三の clamping device が一般に用ひられて來た。

然し、此の方式の一般的通弊として

1. Gyro の運轉、停止に際しては手働に依り之れの連結、解除を行はねばならぬ面倒が有る。
2. 操作に要領がいる。
3. 必ずしも鉛直方向に clamp し得ない。

等の缺點が考へられ、之に代つて、自動的操作が出來而も必ず鉛直方向に向はしめ得る装置の出現が期待される次第である。

最近、水銀を gyro の Rotor の内に封入して始動に際して遠心力に依り、壁面へ飛着せしめ、gyro の重心の調整を行はうとする考案も現はれ、着想としては面白いが、實用には相當の困難が考へられる。本報告に於ては、鉛直始動の要求に應じて我々の考案せる装置及び其の實驗結果に就き記述し其の實用性に就き關係方面の御參考に供し度いと思ふ。本研究には航空研究所、佐藤清信、同堅二兩君に協力して頂いた。卷頭に記して謝意を表す。

2. 構 造 説 明

前述の如く、一般に人工水平儀の重心は支點に一致せしめて使用するものなる故に、gyro の停止状態に於ては不利な條件（自由な姿勢）となるのであつて、若し此の重心の位置が、

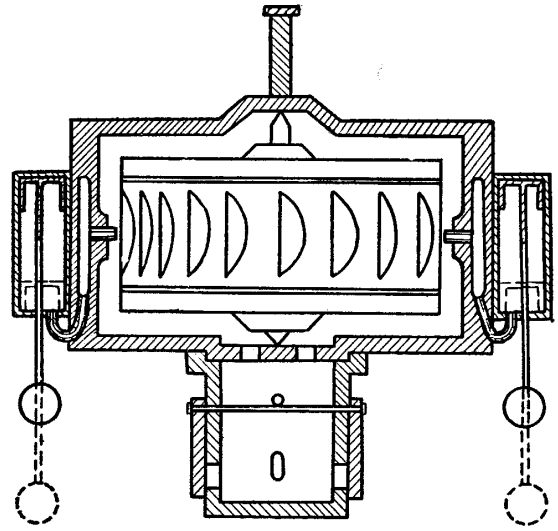
(1) 特許番號、第一四七〇八四號。

gyro の運轉、停止と云ふ異つた Condition に伴つて、變り得るならば、容易に之の問題は解決し得るものである。即ち、要するに gyro の停止状態に於て重心が下偏し、運轉状態に於ては支點に一致せしむれば良い譯で、斯くすれば gyro は停止状態に於てのみは一つの振子と化し常に鉛直方向を指向し、目的を達する事が出来る。

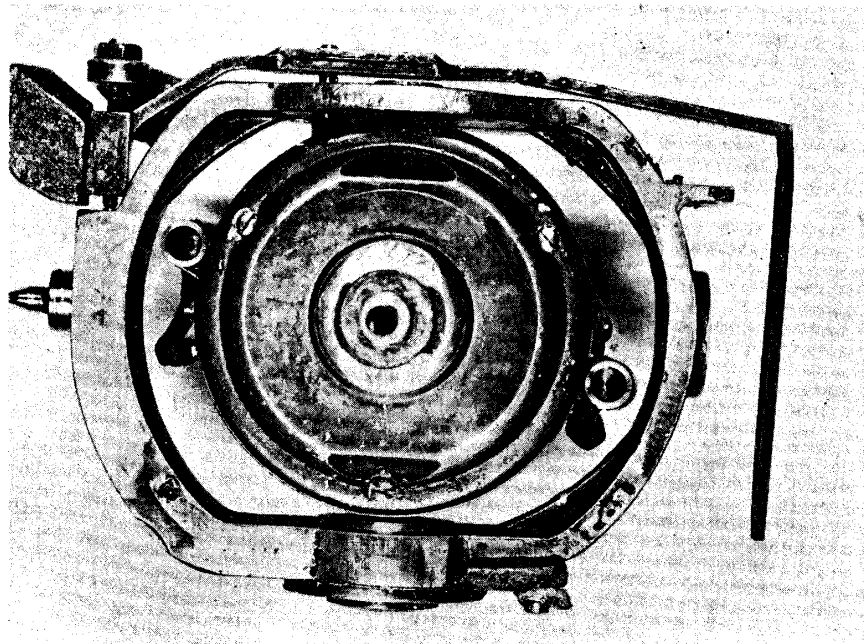
(上述の水銀使用のものも此の點に着目せる一具體案であるが)

我々は、此の觀點より第1圖に其の断面構造を、第2圖及第3圖に、寫眞を示せる如き装置を製作した。

此の構造を記せば、第1圖に於て、gyro case の外側に gyro の回轉軸に平行に、Cylinder 2 箇を對稱的に固着し、其の Cylinder に嵌合せる piston に重錘を吊設し、



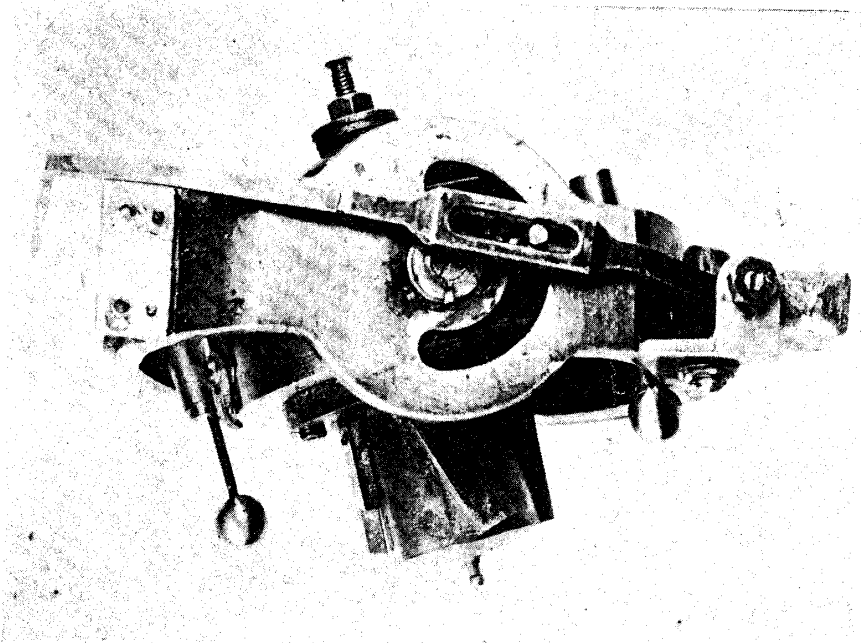
第1圖 重心下偏装置を與へたる水平儀の縦断面圖
(Gimbal を取外した場合の圖)



第 2 圖

gyro-case の壁内に設置せる噴氣道と cylinder の下端とを導管にて連絡せしめて居る。而して、gyro の重心を、ヂンバルの支點に關して、piston が cylinder の下端に位置する時は下偏し、上端に位置する時は丁度一致する如く調整し、又、導管は其の徑を加減出来る様にし、内部抵抗を適當に加減する事に依り或る time lag を與へ得る様に構成した。

此の様にすれば gyro の停止状態に於ては piston 及重錘は其の自重に依り cylinder の下端



第 3 圖

に位置し gyro の重心を下偏せしめて、一つの振子の状態となし、一旦運轉状態に入れば空気圧は cylinder 内に通じ、piston を上端迄押し上げ、自動的に重心を調整せしめる事が出来る。

然し、gyro の始動と同時に此の動作が行はれるよりも、時間的に多少遅れた方が効果的であるので、前記の導管の抵抗を加減する事に依つて之を行つたのである。

供給壓力に對する重錘の自重及 piston の面積等の關係或は、重心下偏の程度は、其の水平儀の條件に従ひ簡單なる計算又は、實驗に依り容易に求め得るもので、要するに、規定壓力 (9cmHg) は一定であるから、條件の許容する範圍で piston の有効面積の増大を計り重錘の質量を増す様にすれば安全率が高い譯である。

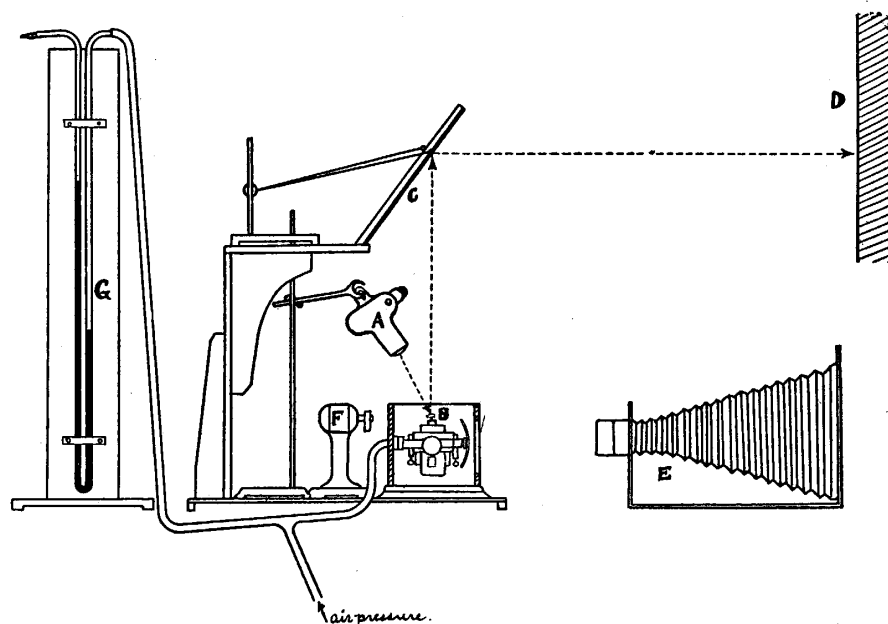
試作せる装置は、從來の sperry Horizon を其の儘利用せんと試みた爲、大きに、非常に制限され、piston の外徑 6m/m. cylinder の長さ 24m/m. 重錘 4g piston の可動距離 20m/m と云ふ頗る小形のものであつた。

3. 實 驗

重心下偏装置を附けたる場合と附けない場合とに就いて

1. 停止状態に於ける姿勢
2. 其の姿勢よりの起立時間及起立軌跡

の比較を行ふ爲、第 4 圖に示せる如き實驗装置を作成した。實驗精度を充分ならしめる爲に光學的擴大方法を採用し、圖中、lamp A よりの發せる光は、水平儀の廻轉軸頭にある鏡 B に依り反射されて、鏡 C に到り、再び反射されて、映像幕 (D) に投射される仕組みになつて居る爲、水平儀の回轉軸が微少の變化をすれば、之れは大きな振れとなつて、映像幕に現はれる譯である。亦、水平儀の姿勢を記録する爲カメラ (E) を用意し、實驗臺に適當の振



第4圖 實驗 裝置

- | | | |
|------------|-------------|---------------------|
| A.....Lamp | D.....映像幕 | G.....作動壓：測定用マンメーター |
| B.....反射鏡 | E.....カメラ | |
| C..... | F.....振動發振器 | |

動を與へる爲、發振器 (F) を利用した。供給壓は、噴氣壓とし、壓力は水平儀の入口で manometer (G) で之を測定した。

實驗は、先づ、重心下偏装置を附した場合から始めた、start の合圖と共に、stop watch を始動し、起立時間を測定すると同時に、軌跡を、記入して行き、原點に達したる瞬間之を終ると云ふ順序で行つた。

寫眞 1 は原點、即ち起立した時の状態を示し、寫眞 2, 3, 4 はそれぞれ停止状態に於ける姿勢を示す。

之に依つて明かの如く肉眼ではほとんど原點に近く、鉛直方向に停止して居り、擴大映像にて觀察しても始動後約 30 秒前後で原點に完全に一致する。

前にも記した如く本實驗に於ける重心下偏偶力は、至つて小さく、約 10g/cm であるから、之の値を増せば益々安定した状態となり、嚴密に云つても、始動した瞬間、否、其れ以前に最早信頼し得る指示をなして居ると云ふ事が出来る。勿論、始動前に加速度の影響ある場合は別である。

以上の實驗に際し、piston 作動の時間的遅れは約 20 秒程度となした。これは始動後の加速度の影響 (例へば飛行機の出發に於ける) を、考慮に入れて決定する必要があり、果してどの程度が良いか遽かに判斷出来ないが、20~30 秒程度なら、さしたる影響も現はれず、目的は充分果せると思考せられた爲に、斯く決定したのである。

次に、重心下偏装置を取外して、普通の状態で、同様の實驗を行つた。

寫眞 No. 5~14 は、其の 10 回の繰返し實驗に於ける停止状態を示し、誠に様々な姿勢を

とつて居る。亦、第5~14圖は各圖に對應せる寫眞の姿勢より起立せる時の軌跡を示す。

今、此等に就て説明を試みれば、先づ gyro を水銀柱 10cm で作動し、起立した後 switch を切つて gyro の運轉を停止し、廻轉が停つた時の状態が寫眞 No. 5 に示す姿勢である。次に再び switch を入れて、起立時間及起立軌跡を計測した。此の時の起立軌跡は、第5圖に示す如く、最初急速に渦を巻き乍ら起立し、原点より約 5° 圏内に入る迄の所要時間は頗る早かつたが、それ以後は normal speed で precession を行つて行つた。

寫眞 No. 6 は、上記の實驗終了後の停止状態に於ける姿勢で此の姿勢よりの起立軌跡及時間は第6圖に示す通りで、始動後一旦後に Back した後、右へ precession を始めた。此の間の speed は頗る早く、これより後 y 軸に一致して Normal speed で進行したが、全時間は前實驗より相當短い。

寫眞 No. 7 は、前回に引續き行つた停止状態の姿勢で、起立軌跡は、第6圖に示す如く、始動後急速に y 軸を越へて反對側へ約 60° 傾き、 x 軸に一致して後、normal speed で原点に向つて precession を始めたのである。此の時の所要起立時間は、相當長く、今迄の實驗中最大であつた。

寫眞 No. 8 の姿勢は No. 6 の實驗の場合とほとんど等しく、起立軌跡も亦同様であつた。

寫眞 No. 9 の姿勢即ち、逆前倒れの状態よりの起立軌跡は、先づ上記の状態から右方向へ急速に起きなほり次第に y, x 兩軸へ 45° の角度で起立し始め遂に x 軸に一致して normal speed で precession を行つた。起立時間は長い。

寫眞 No. 10 の姿勢よりの起立軌跡は、第10圖に示す如く、 x 軸上を、急速に、起立し始め、約 30° 圏内迄に約 30 秒を要し、 10° 近く迄進んで、後 Normal precession となり、 0.5° 位から其の方向を轉じて y 軸に到り、原点に向ふ。

以上の實驗は、switch を入れて pump を始動すれば、すぐさま 10cmHg の pressure が、gyro に加はる様に装置せる場合の實驗で（實驗に依れば Manometer が 10cm を指示する迄に 30 秒を要した）あるので gyro は始動直後、種々の影響を受け、急速に様々な運動 (precession) をなす。

依つて寫眞 No. 11 以下の實驗に於ては、gyro に加はる壓力を、零より次第に増加せしめて遂に 10cm に達する如き system で、實驗を試みるため、水平儀入口の開放弁を先づ全開して置いて pump を作動し、pressure を外氣に放出せしめ、合圖に依り、stop watch を入れると共に、徐々に此の弁を閉めて行き、約 1 分 35 秒で完全に閉塞する様にした。（完全閉塞の場合が丁度 10cmHg の pressure となる）。然し此の實驗では、約 1 分 15 秒近くになつて最後の閉塞を行ふ場合に急に gyro が勢を得て precession が早くなつた様な傾向があつた。

寫眞 No. 11, No. 12, No. 13 は、此の場合の停止状態に於ける姿勢を示し、第11圖より第13圖迄は、それぞれの起立軌跡を示す。

一般に、始動後の急速振動は無くなつたが起立軌跡には前回とは左程の差は認められない。寫眞 No. 14 及第14圖は、水銀柱 10cm に達する迄の時間を特に遅らして、約 2 分 40 秒とした場合であるが、此の場合は、確かに、起立軌跡は理論上考へられる起立運動に幾分近づいてくる様であるが大した變化ではない。

以上の實驗を要約するに、停止状態に於ける姿勢は、一回毎に種々様々なものであり、起立軌跡も亦天衣無縫的、起立時間も或時は長くなり或時は短かくして済むと云つた具合で、何等一貫した共通性が無い。従つて、始動後どの位したら信用して良いかと云ふ問題になると、全く結論がつけられない。唯云へる事は起立時間として考へられる最大値より以上の時間が経過した後ならば大丈夫だと云ふ事である。

斯くの如く重心下偏装置の有無は此の點より見て、水平儀信用上非常な懸隔を生じ、而も、其れを裝備したからとて手數のかゝるものでも無く、亦水平儀の消費馬力に影響を及ぼす事も無いのであるし、異常なる影響を水平儀に及ぼす事もさらに無いのである。

4. 結 言

以上の實驗に依り、此の重心下偏装置は原理或は機構こそ單純極はまるものであるけれ共、依つて齎らす効果は、決して等閑視し得ざるものが有る様に見受けられる。

今回行つた實驗は單なる研究室内に於ける實驗に止まり、其の實用性如何の結論は早計かも知れぬが、何せ、元來其の構造が單純である爲、假令三次元の空間に飛び交ふ航空機上と云へども悪い影響を及ぼす様な事は考へられず、否、むしろ、何か他にも利點を授ける様な氣配が感ぜられる程に思つて居る。

機會を見て、更に實用的に實驗も試みたいと思つて居る。

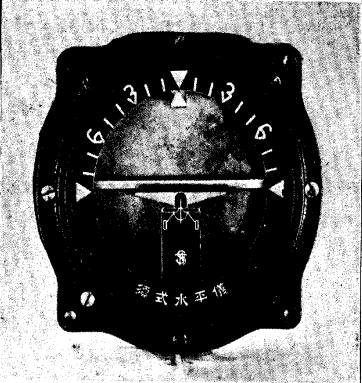
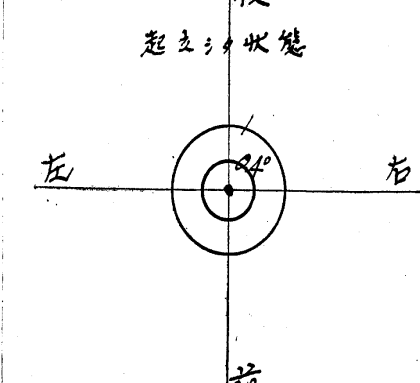
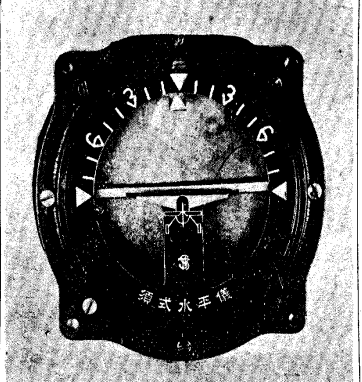
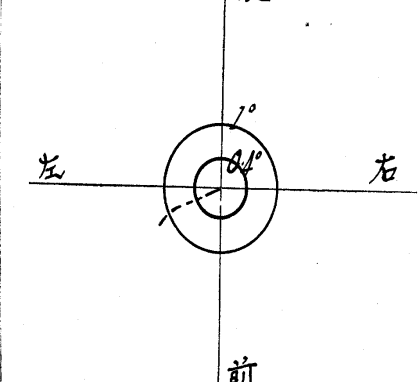
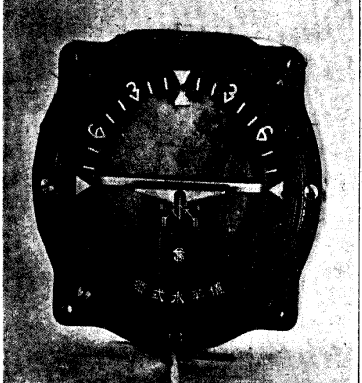
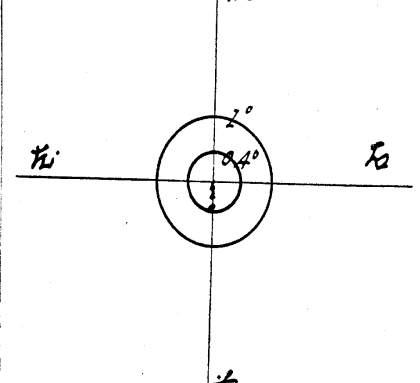
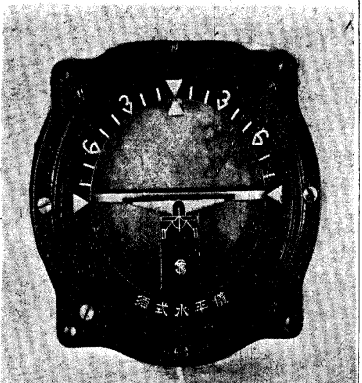
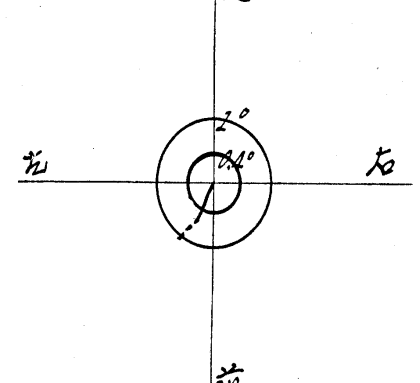
本装置を設計するに當つて必要なる事項は

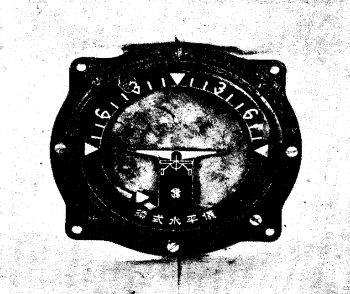
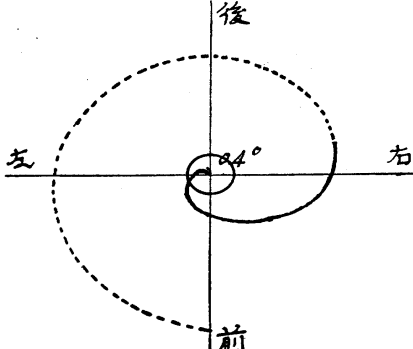
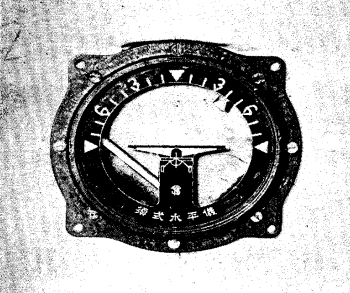
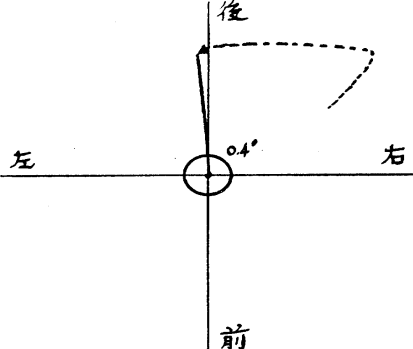
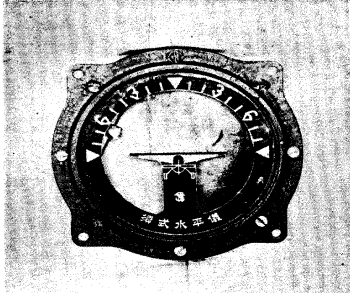
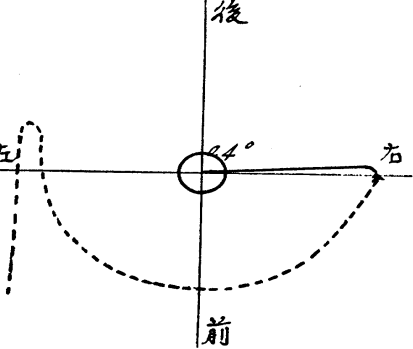
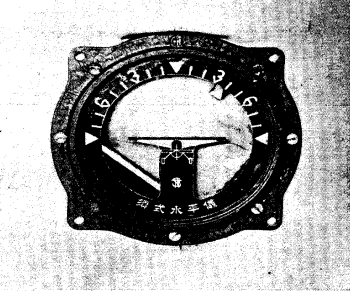
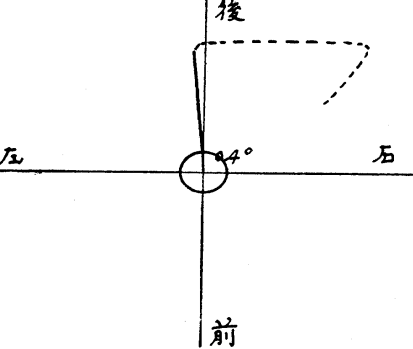

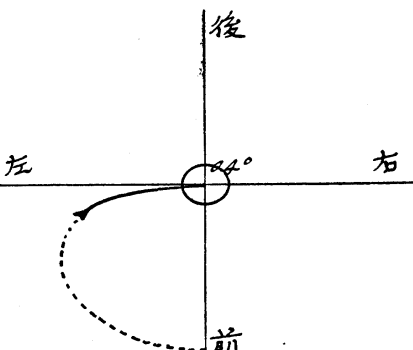
1. 設計の許す範圍でピストンの徑を大きくする事
2. cylinder 内に細い spring を組込み、piston の降下（停止状態に於ける）を確實ならしめた方が良い。
3. 導管の抵抗を適當に可減し、piston の作動に時間的遅れを與へる事
4. 水平儀へ與へる 期定壓力 (9cm) 以下の 壓力 (實驗に依れば約 7.5cm~8cm) で、piston が作動し得る様にした方が安全である。

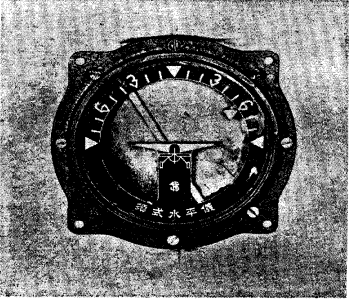
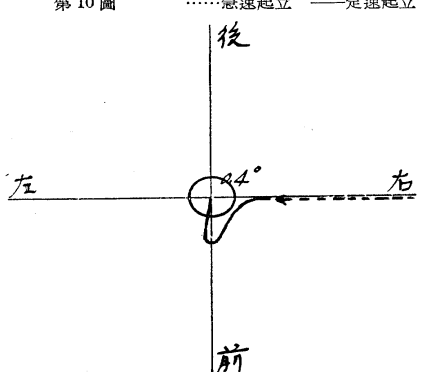
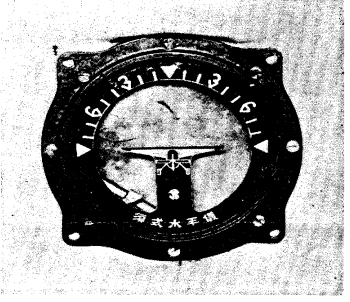
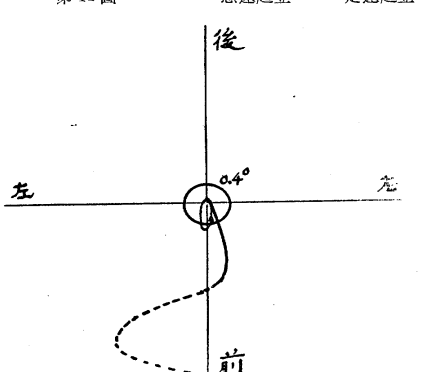
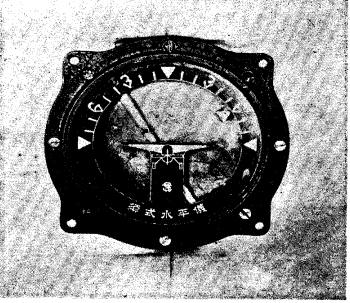
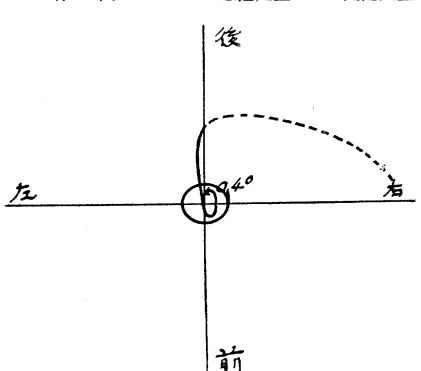
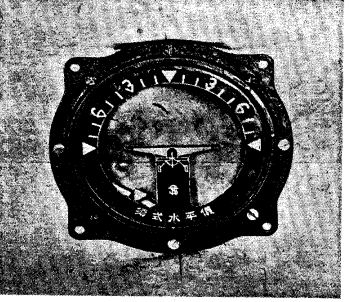
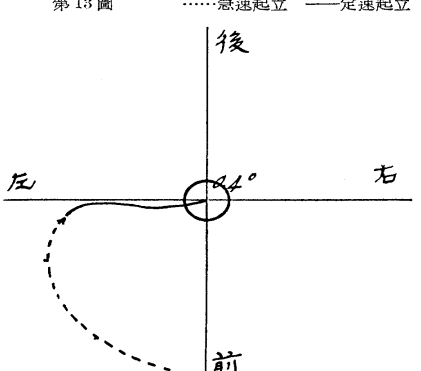
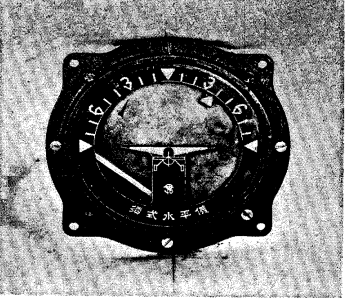
等であり、亦 gyro の始動に際しては本装置を附したる場合は、急に pressure を與へるより、むしろ徐々に上げて行つた方が良い。但し一般の場合（本装置を附さない場合）は逆に始動して、いきなり規定壓力を與へた方が効果がある様である。

(於 帝大航空研究所測器部 昭和十七年六月二十日)

重心の下偏装置を附せる場合

停止状態の姿勢	状態及起立時間	起立軌跡
<p>No. 1 起立(運轉)状態の姿勢</p> 	<p>$p=10\text{cmHg}$</p> <p>此の姿勢を以て基準とす</p>	<p>第 1 圖</p> <p>後</p> <p>起立軌跡</p>  <p>前</p>
<p>No. 2 停止状態に於ける姿勢</p> 	<p>$p=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=前左約2度弱傾斜</p> <p>起立時間=27秒</p> <p>噴氣壓供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第 2 圖</p> <p>後</p>  <p>前</p>
<p>No. 3 同上</p> 	<p>$p=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=前約0.5°傾斜</p> <p>起立時間=22秒</p> <p>噴氣壓供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第 3 圖</p> <p>後</p>  <p>前</p>
<p>No. 4 同上</p> 	<p>$p=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=斜左前約1°弱傾斜</p> <p>起立時間=25秒</p> <p>噴氣壓供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第 4 圖</p> <p>後</p>  <p>前</p>

停止状態の姿勢	状態及起立時間	起立軌跡
<p>No. 5</p> 	<p>$p=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=左逆前倒れ</p> <p>起立時間=3分17秒</p> <p>噴気圧供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第5圖</p> <p>.....急速起立 — 一定速起立</p> 
<p>No. 6</p> 	<p>$p=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=斜後右 40° 倒れ</p> <p>起立時間=1分5秒 (45秒で0.4° 圏内に入る)</p> <p>噴気圧供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第6圖</p> <p>.....急速起立 — 一定速起立</p> 
<p>No. 7</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=前左 65° 倒れ</p> <p>起立時間=5分15秒</p> <p>噴気圧供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第7圖</p> <p>.....急速起立 — 一定速起立</p> 
<p>No. 8</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=斜後右 40° 倒れ</p> <p>起立時間=1分2秒</p> <p>噴気圧供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第8圖</p> <p>.....急速起立 — 一定速起立</p> 
<p>No. 9</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=右逆前倒れ</p> <p>起立時間=3分24秒 (2分50秒で0.4° 圏内に入る)</p> <p>噴気圧供給約30秒で10cmHgに達す</p>	<p>第9圖</p> <p>.....急速起立 — 一定速起立</p> 

停止状態の姿勢	状態及起立時間	起立軌跡
<p>No. 10</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=右 60° 倒れ</p> <p>起立時間=3分42秒</p> <p>噴気圧供給30秒で10cmHg</p>	<p>第10圖</p> <p>.....急速起立 ——定速起立</p> 
<p>No. 11</p> 	<p>$P=9.8\text{cmHg}$</p> <p>状態=左逆後倒れ</p> <p>起立時間=4分20秒で0.4° 圏内に入り 6分20秒より7分10秒迄圖示せる範圍を廻周す</p> <p>噴気圧供給1分35秒で10cmHg</p>	<p>第11圖</p> <p>.....急速起立 ——定速起立</p> 
<p>No. 12</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=右 60° 倒れ</p> <p>起立時間=3分12秒 (2分10秒で0.4° 圏内に入る)</p> <p>噴気圧供給1分35秒で10cmHg</p>	<p>第12圖</p> <p>.....急速起立 ——定速起立</p> 
<p>No. 13</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=左逆前倒れ</p> <p>起立時間=7分21秒 (6分50秒で0.4° 圏内に入る)</p> <p>噴気圧供給1分35秒で10cmHg</p>	<p>第13圖</p> <p>.....急速起立 ——定速起立</p> 
<p>No. 14</p> 	<p>$P=10\text{cmHg}$</p> <p>状態=斜後右 40° 倒れ</p> <p>起立時間=4分9秒 (3分50秒で0.4° 圏内に入る)</p> <p>噴気圧供給2分40秒で10cmHg</p>	<p>第14圖</p> <p>.....急速起立 ——定速起立</p> 