

地球第二十三卷第一號

昭和十年一月一日

呂號第五十七潜水艦に據る

日本海溝上の重力測定

松山基範

内容

一、序言——二、海洋重力測定——三、豫備行動——四、實測狀況——五、測定結果概況

一、序言

日本の陸地に於ける重力測定は明治十三年頃から始まつて居る。此年から五年間にメンデンホルムや田中館先生が一秒振子を以て東京、富士山頂、札幌、那覇、鹿児島、小笠原群島父島の六箇所で重力を測定したが、其結果は今日知れて居る値より餘程大きい様である。明治三十二年と其翌年とに長岡先生や新城先生が東京、京都、金澤、水澤の四箇所で可逆振子を用ひて重力の絶対測定を

呂號第五十七潜水艦に據る日本海溝上の重力測定

— 1 —

行つたが、此結果は其後の測定の結果と餘り違はぬ。明治三十四年に長岡先生が新に購入した半秒振子でポツダムと東京との重力の比較測定を行つたので、此後は東京を日本の重力測定の標準點として連年比較測定を行ふ様になつて、長岡先生、新城先生などが主として測定を行はれ、私も明治四十四年から此事に關係する様になつた。而して大正四年までに内地に於て一二箇所の重力測定が出来て一先づ完了したのである。其後昭和二年より私が主となつて熊谷助教等と共に朝鮮及び滿洲の重力測定を行ひ、昭和八年までに朝鮮で二四箇所、滿洲で一〇箇所の測定を行つた。朝鮮は大體之でよいと思ふが、滿洲の方は今後引續き測定を進めて行きたい希望である。

重力測定の目的の一は之に據つて地殻の状態を研究する爲であるが、日本は陸地が狭小であるから其上の重力分布のみでは不充分である。此爲に我々は日本の近海に於て重力測定を行ふ事を企てる事が必要であるから、文部省測地學委員會より海軍當局に潜水艦の出動を願ひ出たのである。遇々昭和五年瑞典に開かれた第四回國際測地學及地球物理學會と昭和八年葡萄牙に開かれた第五回同會とに於て重ねて日本近海で海洋重力測定を行ふ事を希望する旨の決議が成立した。海軍に於ても之等の事情を諒とし、時々觀測者を潜水艦に便乗させて其事情に習熟せしめ、今回はいよいよ日本海溝上に潜水艦を出動せしめ、觀測者を便乗させて重力測定を決行するに至つたのである。此測定の結果は目下精細に研究中であるが、其概況だけはわかつて居るから、本編には測定の状態と結果の概況とを起述する積りである。

本編を草するに當り、此測定計劃を採用せられた文部省測地學委員會、其出願を容れ測定實行を可能ならしめた海軍當局、殊に風波を凌いで實測の爲に出動せられた呂號第五十七號潜水艦に深甚の感謝を捧げる。又準備併に實測に絶えず斡旋の勞を取られた秋吉中佐、測定に當り重大なる任務を分擔せられた熊谷助教、其他の諸君、經線儀の日差測定を擔當せられた東京天文堂の橋元技師其他の人々に對しても此機會に厚く感謝する次第である。

二、海洋重力測定

陸上と違ひ海洋に於ては固定した振子臺を設ける事が出来ぬから、測定が困難である。海洋中の孤島に於ける重力は著しく過大である事は既に知られて居て、昨夏我々が南洋群島に於て測定した結果も同様であつた。實際に海洋で重力を測つたのはハンセンを始めとする。西曆一八九三年ナンセンの北極探險船は船底の特殊形状を利用してシベリヤ北方海上で浮氷原に氷結し、海流に委せて漂流すること四年にして綠洲に到着したが、一行中のハンセンは船中又は氷原上で陸地と同様に振子を用ひて北氷洋上の重力測定を行ひ得たのである。此結果は北氷洋上に於ける重力は稍や過小である事を示して居る。其後一九〇一年に至りヘッカーは航行中の船舶中で蒸餾水の沸騰點と水銀柱氣壓計の示度とを精密に測定して重力を計算する方法を考案し、大西洋、印度洋、太平洋等を横斷して重力測定を行つた。之が一般的に海洋重力測定を行ひ得た始めであるが、其結果は之等の海上での重力は一般的には島嶼に於けるもの、如く著しく過大ではない事を明かにした。此結果は大切で

あるが、ヘッカーの方法では精密度が陸上の測定の場合よりも劣つて居るといふのが定評である。我々が今回の測定に使用した方法は和蘭人マイネツが一九二三年に始めて用いた方法であつて、現在では最もよいもので陸上の測定と殆んど同一の精密度を有すると信ぜられて居る。之は特殊構造の臺に振子を吊して潜水艦内で測定を行ふものである。

振子の振動の方程式は次の如く書かれる。

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta + \frac{1}{l} \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

但し θ は振子の垂直よりの傾き、 l は振子の長さ、 g は重力、 $\frac{d^2x}{dt^2}$ は振子の振動面内で水平の方向の吊點の加速度である。此運動は振子の上端に鏡を附け之に光線をあて、寫眞装置で記録する事が出来る。振子の臺が動搖すれば此 $\frac{d^2x}{dt^2}$ の爲に影響を受けるのである。今二本の振子を一つの臺に吊して同じ振動面内で振動させ、光線が第一の振子の鏡で反射してから更に第二の振子の鏡にあつて反射する様にして、二本の振子の合成運動を寫眞装置で記録するやうにする。此合成運動の方程式を求むるには二本の振子に對する前記の方程式の差を取ればよいのであるが、臺の運動は共通であるから二本の振子の長さが同一である場合には最後の項は消失して次の如き式を得られる。

$$\frac{d^2(\theta_1 - \theta_2)}{dt^2} + \frac{g}{l}(\theta_1 - \theta_2) = 0$$

此式の中の $\theta_1 - \theta_2$ は二本の振子の合成運動を示すものであるが、此式は吊點の運動の項を含まないから、臺が動いても二本の振子の合成運動は固定した臺に吊した一本の振子と同様の運動をする

事になる。尤も臺の運動が大きいと種々複雑なる影響があつて此の如く簡單には考へられぬが、潜水艦で海面下二十五米以上も潜航すれば非常に静かであつて動搖は一度以内であるから、其中で振り臺をカルダン懸垂法で吊して用ひれば此原理によつて重力を測定する事が出来るのである。如何に静かな様であつても海面上の船内では尙動搖が大き過ぎて實際の測定が出来ないのである。

マイネツは此方法を用ひて一九二三年に地中海印度洋を経て爪哇に到る海上で重力測定を行つて成功し、其後大西洋、太平洋の横斷測定、及び蘭領東印度近海での測定を行つた。又北米合衆國は二回マイネツを招聘し、自國の潜水艦を提供して西印度諸島の近海やメキシコ灣で海洋重力測定を行つて貰つた。

三、豫備行動

測地學委員會に於ては海洋重力測定を行ふ爲に一方では海軍に潜水艦出動を依頼し、他方には機械の製作をマイネツ氏を通じて和蘭科學機械製作所に注文した。此機械がまだ出来上らぬ内に、海軍では觀測者に潜水艦生活を見學させる事を許可して、昭和六年七月に平山委員長、新城委員や私と熊谷助教援などが呂號第五十九潜水艦に便乗して東京灣から館山灣まで出動し、潜航に關する講話を聞き二回の潜航を見學した。

翌年機械も出来て來たから十月に呂號第五十八潜水艦に機械を取り付け、私と熊谷助教、東京帝國大學地震研究所の坪井助教が便乗し、水路部員秋吉中佐も特に參加して呉れて、相摸灣で二

日間に五回潜航して試験的測定を行つた。此時は始めての事であつて實測にも不慣れの爲の手落ちなどあつたが、此經驗によつて測定の要領を了解したのである。

今回は日本海溝に出動する前の八九兩月中我々は南洋群島に出張して、其際マイネツ海洋重力測定機を携へて郵船の寄港する各島の陸上で重力測定を行つたから、機械の性状に就ては充分に知悉する所があつた。又觀測者一同は此南洋旅行で海上生活に慣れて居たので、今回の潜水艦生活に於ても大に助けとなつた事と思ふ。

今回我々が便乗したのは呂號第五十七潜水艦で艦長は藤井明義少佐であつた。觀測者の側は私と熊谷助教、古谷助手及學生田邊君で、此外に水路部員秋吉中佐が特に同乗して斡旋すると同時に艦位測定に當られた。日本海溝に出動したのは十月十七日であつたが、其前に潜水艦は特に入渠して充分の手入れをして居て呉れた。十三日には機械を艦内に取り附けて、同日及び翌日充分の試験を行つた。十五日には更に相摸灣に出動して二回潜航測定を行つて完全な結果を得る事が出来た。之で潜水艦の方も觀測者の方も充分の準備が出来たので、十六日一日は休養して一同英氣を養ひ、十七日より本式に出動したのである。

四、實測狀況

十月十七日午前九時横須賀を出て房州南端から東方に進航したが、朝來の降雨が次第に荒天となつて艦體の動搖も相當に烈しかった。傾斜計で見て居ると片舷に二五度位傾斜した事もあつた。此

日の夕刻に第一回の潜航測定を行つた。翌日も荒天の中に更に東進し、日本海溝を越えて東方に出る間に三回の測定を行ひ、十九日には引き返して更に三回の測定を行つた。此日の正午少し前に始めて太陽が見えて、秋吉中佐が直に艦位測定を行つた。十七日以来陸も見えず天測も出来なかつた爲に、艦位は羅針盤と速力とから推定して居たが、今天測の結果によると艦位は推定より約百軒餘も東方に在る事が明かになつた。之は恰も黒潮の東流する所に居た爲に受けた影響であつて、一時間二軒程度の海流の影響があつた事になる。

十九日は空は晴れたけれども海には波が尙高かつたが、翌二十日よりは全く平穩なる海面となつた。同日は金華山沖を東方に向つて海溝の外までの間に三點測定し、翌日は北進して宮古沖の線に移つり漸次陸地に向ひつゝ、四點で測定を行つて、二十二日午前一時宮古に入港した。

宮古には二日碇泊して居たが、此間に乗組員は交代で休養し、又我々は機械の試験や測定の結果の概算を試みた。此時既に海溝の西側傾斜面の負偏地帯の存在を注意したのである。

二十四日午前九時宮古を出て北方に向つたが、今回は前よりも猛烈な荒天となつて、夕刻測定の爲に潜航を試みた際は遂に潜航不能に終つた。此時低氣壓は日本海北部に在つて漸次東北に進んで居たから、艦内協議の結果其中心より遠ざかる爲に東進する事になつた。然るに二十五日午前三時頃になつて波浪益々高く、時々海水が司令塔のハッチより艦内に溢れ込み程で到底潜航測定を行ふ望みが無いから、必要に應じて假泊する爲に更に西方に引き返した。二十五日午後十時頃漸く襟裳崎燈臺を見る事が出来て艦位も明かになり更に二十六日早朝惠山岬の東方六〇軒餘の位置に達した。

此頃から波浪少しく静まり漸く潜航可能となつたので直ちに測定を行つた。之より東航して三點の測定を行ひ、翌日は未明に海溝の東方より引き返し漸次釧路に向つて西北進しつゝ四回、二十八日未明に厚岸沖で一回測定を行つた後午前九時釧路に入港した。

釧路に於ても宮古と同様であつたが、計算は概略艦内で終つて居たので、二十九日は便乗者一同阿寒國立公園を見學する事が出来た。三十日午前九時宮古を出て歸航の途に就き、同日は陸奥東方で一點、翌日は金華山沖及び犬吠岬北方で各一點の測定を行ひ、十一月一日無事に横須賀に歸着した。二十六日以後は引續き好天に恵まれた。

測定に當つては先づ艦位が豫定測點に到達した時艦長の合戦準備の號令で全員直に潜航配置に就く。此時我々も機械の傍に行つて待つて居る。次に潜行準備の號令により漸次潜航して行くが、約十分内外で安定となり測定可態の状態になる。之より更に機械の方の測定準備に約十分を費してよいよ測定を開始する。此測定は振子の振動を寫眞装置で記録するのであつて、正味三十二分で終る。此時機械の検査及び寫眞記録の現象をして、測定に故障が無かつたのを極めて艦長に報告すると、艦長は浮上の手續を取つて、約十分で海面航走の状態になる。

今回の出動中は二十五回の潜航を行つたが、其内二回は測定中機械の状態に疑問を懷き念の爲に潜航を繼續して更に測定を行つたが、現象の結果始めの測定も故障のない事がわかり、結局二十七回の測定を行つた事になつた。潜航の深さは三十米乃至三十三米であつて、測定中は一時間三籽位の速力で徐航して居るのである。

測定は振子の振動週期を決定するのが主眼であるから、其振動を記録するに當り精確なる經線儀を用ひ半秒毎に時間記號をも之に併記する。此經線儀の日差は普通に行ふ如く東京天文臺からの學用報時を聴取して定めたが、尙特に今回は潜水艦から使用經線儀の時刻を放送して、東京天文臺の橋元技師其他の人々を煩はし之を精確なる時計と比較して貰つたのである。

五、測定の結果概況

測定の寫真記録から精確に振動週期を決定するには非常の勞力を費すので、目下尙其進行中である。其上之に溫度、壓力、濕度、經線儀の日差、艦體の小動搖、進航速度等の影響に對する修正を加へる必要があるから、完全なる報告をなし得るまでには相當の時日を要する。併しながら測定を進めて行く上に概況を知つて居る事が必要であるので、簡單なる計算は艦内及び碇泊中に行つて置いた。之は寫真記録から振動週期の略近値を出し、之に最も大なる影響を及ぼす溫度と經線儀の日差とに對する修正を施したものを用ひて重力の値を計算したのである。此測定値から測點の緯度に對する重力の標準値を除去した残りは所謂重力偏倚であつて、地殻内の状態を研究するに必要なものである。今回の測定で得た日本海溝附近の重力偏倚の値は附圖に記入してある。此値は勿論決定的なものではないが、今後精算を進めても實質的に著しい差は出て來ないものと信ずる。

陸上に於ける重力偏倚に就ては既に屢々之を發表した事がある。今其等の値と今回の測定の結果とを併せ考へて等偏倚線を引いて見た結果、其分布に著しい特色のある事が明かになつた。

先づ本州東北地方の太平洋岸には正偏倚一〇〇ミリガル以上の地帯があつて、阿武隈山脈及北上山脈の地域を被ひ、其中でも後者の地域には更に一五〇ミリガル以上の部分があるが、之が金華山の東方海上に突出して居る事は注意を要する。此正偏地帯の南方は狭小となつて犬吠岬北方より海中に出で、房總半島の東南を廻つて其中に小偏倚地域を包藏して居る。又北方は噴火灣を経て北海道の頸部を横斷し日本海に出るか、之より何れに向ふかは將來日本海の重力測定を行つた後始めて決定される。

此正偏地帯の東方に當り日本海溝の西側傾斜面の上には負偏倚一〇〇ミリガル以上の地帯が略前者に並行して南北に走つて居る。而して正偏地帯が金華山附近に於て東方に曲出せるに對し、負偏地帯も亦之に習ひ東方に灣曲して海溝の最深部を被ふて居る。此負偏地帯は陸奥の東方約二百五十軒の邊に一五〇ミリガル以上の負偏倚を示し、之より正偏地帯と別れ海溝に併行して東北に進むが別に日高沖に同様の負偏地域を有し、枝帯を以て正偏地帯を追はんとする如き形勢が見られる。

負偏地帯の東北向した部分に對し、北海道東部には顯著なる正偏地域が見えて居て、根室方近に至つては實に二〇〇ミリガル以上の正偏倚が測定されてゐる。

之等の重力偏倚分布の内で陸上の部分に於ては地形及地質構造との相關に就て注意を要するが、其詳細は後日精算の後にする。今海洋重力測定を終つて特に注意すべきは其負偏地帯が海底地震の發生する地域を被ふ事である。昭和八年三月三日の三陸大津浪の慘狀は尙世人の記憶に新たなる所であるが、之を起した海底地震の震源は陸中東方海上で恰も負偏地帯に相當する所に在つた。此大

津浪は之が始めてではなく、明治二十九年にも殆んど同様の災害があり、又歴史を繙けば年代を遡つて延寶五年、慶長十六年、貞觀十一年にも同様に三陸大津浪が起つた事が記録されて居る。之等の原因たりし海底地震の震源を決定する事は容易ではないが、津浪及地震の性質から推して何れも南北に多少の差違はありとも此日本海溝の西側傾斜面に起つたものらしい事は推定される。又北海道東部に於ては大正七年九月擇捉島東南海中に起つた地震に伴ひ大津浪が起り高さ四十尺にも及んだ。明治二十七年には釧路厚岸根室等に地震を感じて同じく津浪が襲來した事があつたが、其震源は根室の南々東約百二十料の距離で、丁度負偏地帯の中に相當する。天保十四年にも同様の地震津浪があつた。又此負偏地帯の南部房總沖は海底地震の頻發する所として知られ、嘗て津浪を伴ふた事も屢々ある。此の如く此負偏地帯は現今地變動の進行しつゝある地帯と考へざるを得ない。

本編を終るに當り之等の正偏地帯及負偏地帯の兩端を明かにする爲に更に必要なる海洋重力測定の實現を切に希望する。(終)