

地球 第二十六卷 第六號

昭和十一年十二月一日

滿洲國內の重力測定

松 山 基 範

緒言——測定法に就て——従前の測定——今回の測定状況及結果——測定結果の現はす意味——今後の希望——文献

緒 言

重力を測定した結果より我々が學ぶ所は種々である。第一には地表に於ける重力の値より地球の質量を算出する事が出來た。第二には全地球表面上に於ける重力の分布により地球の形狀を算出する事が出來る。第三には廣い面積に亘る重力の分布と地形との關係より地殼均衡説が發達した。第四には稍や狭い面積内の重力分布が地殼均衡状態に一致せざる状況を研究して地力學的研究の基礎資料とする事が出來る。最後に極めて狭い地域内の重力分布を精密に研究する事によつて地下の地質構造推定の資料を得る事が出來る。

本年夏期私は熊谷助教授、初田講師、古谷助手と共に滿洲國內に於て重力測定を行ふ事が出來た

のであるが、我々の目的は前記の内の第二乃至第四である。從來地球の形狀として我々が使用して居る橢圓率の數値は主として歐羅巴、或は亞米利加等の資料を用ひて計算した結果である。⁽¹⁾私は久しく日本及其近隣の重力に關する測定及研究を行つて居るが、常に東洋に於ける子午線圈の橢圓率は從來算出されて居るものとは異つて居るではないかと考へて居る。既に坪井忠二博士は日本の重力分布を用ひて之に最よく適合する橢圓體の橢圓率を計算して發表してあるが、更に廣い材料を用ひる事が私の目的である。又地殼均衡に就ても印度、⁽³⁾日本の外は亞細亞各地の狀況は尙明かでないから之等の地方に於ける状態を明かにし、殊に滿蒙より日本海を経て太平洋に到る地域は、⁽⁵⁾リヒトホーフェンの地體構造に關する學說等により特種の注意に値する所であるから、滿洲の重力測定の結果は從來の日本、朝鮮及太平洋上の重力測定の結果及將來希望する所の日本海の重力分布測定の結果と綜合して重要な資料となる可きである。

日本に於ける重力測定は文部省測地學委員會の事業であつて古くは田中館、長岡、新城諸博士が之に携はられ、其後私が關係して實測上には熊谷助教の努力が與る所甚だ多い。本年夏期滿洲に於ける測定に當つては陸軍の諒解と援助とを請ひたるに之を快諾せられ、在京併に出先關係官より多大の後援を得た。又滿鐵に於ては研究費の補助、測定者及測定用品輸送上の極大の援助を與へられ、且つ現地に於ても充分の便宜を受ける事が出來た。之等の點に就て私は此機會に深厚なる感謝の意を表する次第である。

本年の測定に於ては我々は七月二十四日神戸解纜の熱河丸で二十七日大連に着いた。茲で滿鐵、

税關等での用務を濟まし、翌日哈爾濱に行つた。之から興安嶺を横斷して滿洲里に至るまでの鐵道沿線九所と齊々哈爾から南下して四平街に至るまでの鐵道沿線で二所とで重力を測定する事が出来た。而して九月三日大連を出帆して同六日歸任したのである。

測定法に就て

重力を測定するには動的な方法と靜的方法とがある。昔から行はれて來たのは主として動的な方法であつて今でも最精密なる方法は之によるのであるが、種々の不便があつて近來は靜的方法も研究されて居る。嘗て⁽⁷⁾ヘツカーは蒸溜水の沸騰點と水銀柱氣壓計の高さとを測つて重力を計算する事を試みた。近來は主として特殊の材料の彈性を利用する方法が試みられて居て、ルゼー⁽⁸⁾等は支那に於て之を實行して居る。之等の方法は比較的簡單に測定が行はれるが一面に於て其精度に就て尙幾分の不安を含むものと思はれて居る。

動的な方法と書たのは振子を用ひる方法を指したのである。振子の振動週期と相當單振子の長さを知れば重力の値が計算されるといふ事は此方法の基本的論據であるが、相當單振子の長さを知る事は困難であつて、此爲に可逆振子を用ひ長さの測定の影響を少なくする方法を取るか、或は比較測定法を用ひて標準點の重力を知つて居れば振子の長さが變化せぬ事だけに注意して其値を用ひる事なしに任意の地點の重力を決定し得る様にするのである。現今行はれて居るのは主として此方法である。

日本に於ては始めは東京を標準點とし、其後東京と京都の比較測定が出来たから近年は京都を標準點として測定を行つて居る。實際の測定に於ける準備としては振子等を取付ける爲に充分堅牢なる基礎を作る事を要するが、其爲には地下約二メートル以上の深さからコンクリート臺を作る必要がある。然るに前に私の報告⁽⁹⁾に書て置た如く我々の手許には海上で使用する重力測定用振子臺があつて、之を陸上で使用すれば前述の基礎を作る必要はないので非常に手數及び經費を省く事が出来る筈である。但し此装置には非常に繊細なる部分があるから長途の陸上輸送に適するや否やに就ては幾分の不安を懷いて居たのである。本年夏期には種々考慮の末遂に此装置を使用する決心をして之を實行して見たが、其結果は長途の陸上運搬も何等の障害を起さざる事を確め得て、從來の測定に比し同一期間でも多數の測定を完了し得たのである。

従前の測定狀況及結果

東部亞細亞大陸の重力に就ては英國の印度に於ける測定の外には明治三十六年⁽¹⁰⁾新城博士等が上海、漢口、沙市、香港及シンガポールに於ける測定があるが、シンガポールを除きて他の地點に於ては重力のブーゲー偏倚が負三ミリガル乃至正二四ミリガルである。近年になつて上海郊外徐家匯のルーベ氏等は靜的方法で支那各地の重力測定を行つて居る。私は其結果を見て特に支那に於ける重力標準値と日本のそれと聯絡して見たい希望を持つて居る。

昭和二年から我々⁽¹¹⁾は朝鮮及び大陸各地の重力測定に着手したが、其年に滿鐵沿線では旅順、熊岳

城、遼陽、奉天及び鐵嶺の五所で測定を行つた。而して次年の測定地を定むる爲に四平街其他數箇所を視察して歸つた。其後は年々朝鮮の各地で測定を試みたが、滿洲事變の翌年即ち昭和七年には再び滿洲國內に向向して、新京、吉林、公主嶺、四平街及鄭家屯の五所で重力測定を行ふ事が出来た。

此前後二回の滿洲國內に於ける測定の結果の數値は後に本年の結果と併せて示すが、之と朝鮮に於ける重力測定とを綜合すると、日本内地と異り重力偏倚の量が一般に非常に小さい事が明かになつた。之は本年及び今後の測定點撰擇の參考となつたものであつて、滿洲國內では面積の割合から考へる程多數の測定を行はずとも重力分布の概況は明かになり得るものと考へて居るのであつて、概況が明かになつた後に更に研究に値すべき局部局部に於て詳細に測定を行ふ計劃を立てる積りである。而して滿洲國內だけでは毎回十乃至十五所の測定を行ひ五回で概況測定を終了する豫定を立て、本年は其第一回測定を實行したる次第である。

今回の測定

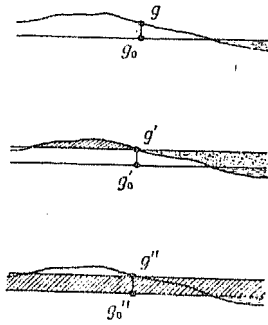
本年夏期の滿洲國內重力測定點は十一所に撰んだのであるが、主要點は大興安嶺を横斷して重力の分布を知るといふ事を目的としたのである。其爲に哈爾濱より滿洲里に至る濱洲線に沿ふて、平野内に哈爾濱、齊々哈爾、興安山地に於ては札蘭屯、博克圖、興安、免渡河、更に呼倫貝爾高原に於て海拉爾、滿洲里等九所に於て測定を行ひ、更に齊々哈爾より四平街に至る平齊線に沿ひ泰來、

洮南の二點に於ける測定を行ふ事が出来た。

前にも述べた如く今回の測定には海洋重力測定法を利用したのであるが、此方法では二本の振子を同一平面内で振動させて、光線を第一の振子の鏡で反射させた後更に第二の鏡にあて、反射させ、之を時計仕掛で動く感光紙にあて、二本の振子の振動の綜合結果を寫眞に撮るのである。此様にすれば振子臺が少しは動揺しても其影響は消去せられるから、堅牢なる振子臺を設くる必要がないのである。實際に寫眞に撮れた綜合振動は非常に規則正しい形をして居て充分安心して使用し得るものである。

振動週期を計算する爲に此感光紙には同時に精確なる時晨儀より毎半秒の記號を入れる様にしてある。此時晨儀の日差は東京天文臺よりの午前十一時及午後九時の二回の學用報時を受信して測定するのである。振子の振動週期は片振れ殆んど半秒であるが、所謂コインシデンス法により之を一秒の一千萬分一まで精確に決定する事を要し、寫眞に撮つたものからコインシデンス時刻を読み取

第一圖
重力の種々値



つて計算すれば約三十分間の觀測で其精度に達し得るやうに出来て居る。然るに時晨儀の日差の方は約十時間又は十四時間間の平均が得られるのみであつて、其時間内の日差の變化を定める事は困難である。依て我々は十時間の間隔の間には三回、十四時間の間隔の間には四回の測定を行つたのであるが、各測定の結果は差が甚だ少なく、従つて其平均を採用すれば

所期の精度内で信頼し得る結果を得たのである。

測定した振動週期に對しては溫度、氣壓、濕氣、振幅、臺の共振れ、使用時晨儀の日差等の影響に對する修正を加へ、其結果を標準點に於ける振動週期と比較して測定點に於ける重力を算出するのである。此時得たる重力の値は g を以て表はす。此値は同一經緯度の地點に於ても高度により違ふから、測點を海面と同じ高さ⁽¹⁾に引下げた場合の値に換算したものを考へて、之を g_0 であらはす。 g より g_0 を求むる爲の修正を高度修正 Free air correction と呼ぶ。併し單に高さのみならず周圍の地形の影響もあるから、先づ測點の周圍を平坦にした場合の重力に換算して考へ、之を g' 、又其海面の高さに於ける値を g_0 とする。更に測點を通る水平面と海水面との間の岩層の引力を除去したる結果を g'' 、之を海面の高さに引直したるものを g_0 で表はし、之を求むる爲の修正をブーゲー修正 Bouguer correction と云ふ。此外に尙地殼均衡説に従つて修正を加へる事が必要であるが、此報道に於ては尙其計算の結果を報告するまでに到つて居ない。

さて地球を一回轉橢圓體と考へると、其表面に於ける重力は緯度の函數として理論的に導き得るものであつて、其各項の係數は測定せる重力の値を綜合して決定されるものである。此の如くして導き出した重力の範式は數種あるが、最も久しく用ひられて來たものはヘルメルトの一九〇一年の範式であつて、之によつて計算したる重力の値は γ_0 で表はすのが普通である。

我々が問題とするのは測定によつて得たる重力の値が其地點の緯度に相當する γ_0 と何程相違するかといふ事である。即ち $\epsilon_0 - \gamma_0$ 若くは $g_0 - \gamma_0$ を知る事が必要である。

次に示すものは昭和二年、同七年の測定結果と今年夏期の測定結果とを表示したものである。此内初めの二者は既に精算を経て發表したものである。今年測定の結果に就ては今尙精算中であつて、茲に揚げるものは畧算の結果であるが、精算の後と雖も著しい差はないと信ずる。

| 測定地 | H(m) | g | $g_0 - \gamma_0$ | $g_0'' - \gamma_0$ |
|------|------|---------|------------------|--------------------|
| 旅順 | 13 | 980.086 | 30 | 29 |
| 熊岳城 | 17 | .182 | 8 | 6 |
| 遼陽 | 22 | .294 | 22 | 20 |
| 奉天 | 38 | .348 | 34 | 31 |
| 鐵嶺 | 58 | .374 | 21 | 17 |
| 四平街 | 165 | .424 | 29 | 15 |
| 公主嶺 | 202 | .444 | 25 | 7 |
| 鄭家屯 | 120 | .482 | 38 | 28 |
| 吉林 | 174 | .472 | 14 | -6 |
| 新京 | 224 | .491 | 43 | 23 |
| 洮南 | 150 | .607 | 7 | -6 |
| 哈爾濱 | 141 | .669 | 30 | 18 |
| 泰來 | 151 | .723 | 29 | 16 |
| 安達 | 138 | .719 | 20 | 8 |
| 齊齊哈爾 | 150 | .803 | 22 | 9 |
| 札蘭屯 | 313 | .807 | 16 | -19 |
| 博克圖 | 703 | .780 | 42 | -36 |
| 興安 | 1000 | .721 | 69 | -53 |
| 免渡河 | 700 | .815 | 46 | -32 |
| 海拉爾 | 611 | .862 | 54 | -14 |
| 滿洲里 | 634 | .833 | 0 | -71 |

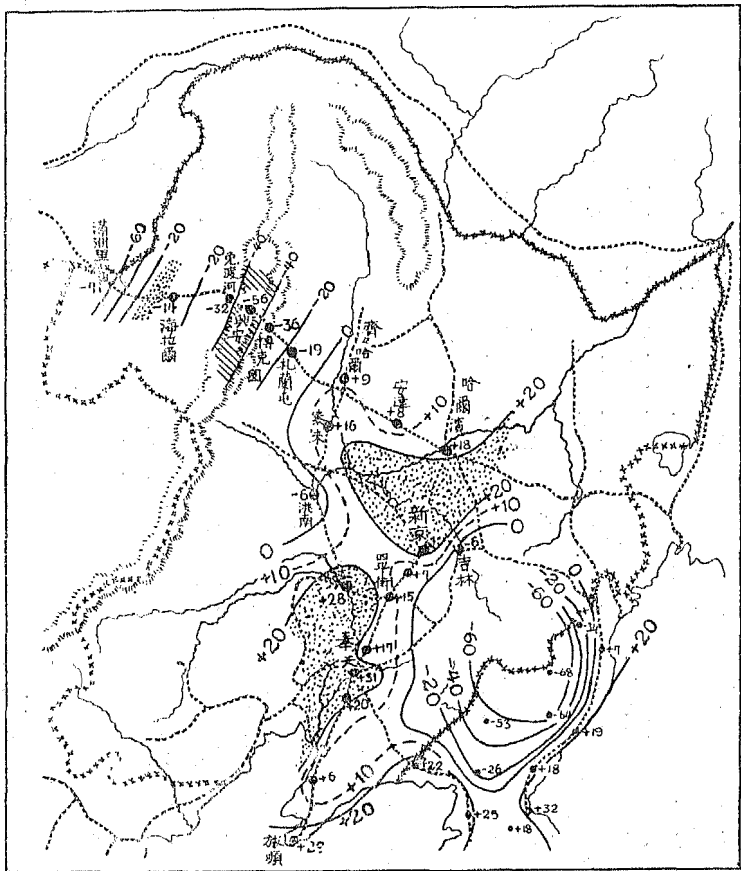
此表の中で第二行は測點の高度をメートルで表はしたものである。gの値はダインを單位としてあるが、重力偏倚 $g_0 - \gamma_0$ 及び $g_0'' - \gamma_0$ の値はダインの千分の一即ちミリガルを單位とした數値で

ある。第二圖は之等の結果を示すものである。

測定結果の
現はす意味

本年の測定は興安嶺を横斷して重力分布を知る事であつた。此關係を明かにする爲に第三圖に於て滿洲里より哈爾濱に到るまでの各測點間の距離を横線上に順次に取り、各點の高度を縦線に現はしたものを

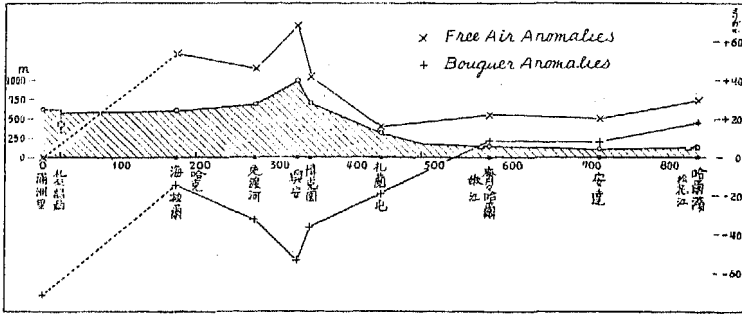
第二圖
滿洲國內重力偏倚分布圖



滿洲國內の重力測定

第三圖

興安嶺横斷重力偏倚分布圖



地球

第二十六卷

第六號

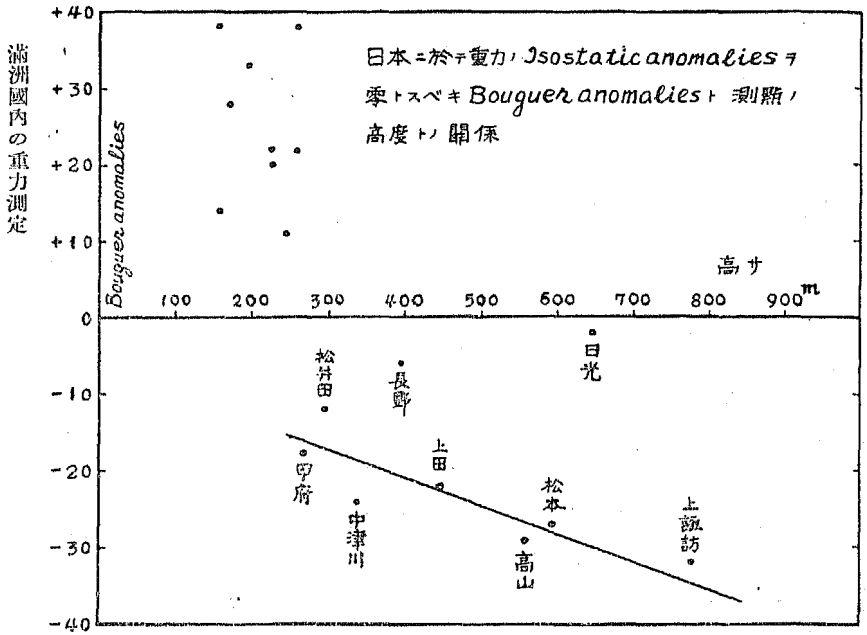
四三

一〇

を作れば、興安嶺横斷面に近い形を見る事が出来る。而して此圖上に更に重力偏倚を縦線上に取れば、重力分布と地形との關係を窺ひ知る事が出来る。今ブーゲー偏倚の分布を見るに松花江及嫩江の平野に於ては一〇ミリガル前後の正值を有して居る。興安嶺の山地では一般に高度に應じて大なる負偏倚を有し、興安は負五三ミリガルに達して居る。獨り滿洲里は海拉爾と畧同高度であるに拘らず其重力偏倚は負七一ミリガルに達して居る事は注意すべきである。

さて日本内地の重力測定の結果に就ては既に地殻均衡説による修正も計算されて居て、其結果に就ては私は昭和八年の日本學術協會に於て述べる所があつた。而して各地の重力の地殻均衡偏倚は必ずしも小でないが、若し此偏倚の値だけ重力の値が小であつたならば重力の地殻均衡偏倚は零であるべきであつて、従つてブーゲー偏倚がそれだけ小である場合となる。斯の如く丁度重力の地殻均衡偏倚を零となすべきブーゲー偏倚を求めて見ると、之は第四圖に示す如く測點の高度と何等かの關係を持つて居る様に見える

第 四 圖



即ち約二百五十メートル餘の高度までは一般に正值を有し、それより高度を増せば負値となり其大さは高度と共に増加する形勢が窺はれて、三〇〇メートルに對しては負一七ミリガル、七〇〇メートルに對しては負三二ミリガル等の數値を示して居る。

興安嶺の主要部に於ける高度とブーゲー偏倚との關係は概畧上記の關係に近いものである。即ち其値は恰も地殼均衡説に従つて計算して得らるべき重力偏倚を零とする如き値に近いものと思はれるから、之より考へて興安嶺の主體は大體に於ては地殼均衡状態にあるものと考へられる。⁽¹³⁾興安嶺が地質學上古き年代に出來たものである事から考へると、之が既に均衡状態になつて居るのは當然である。

滿洲里に於ける重力偏倚が著しく小さい事は注意に値する。現在では只一點だけの測定値であるから餘り進んだ結論を導く事は差控えたいと思つて居るのであつて、將來は此附近に更に數點を撰んで測定を行ひたい希望である。併し滿洲里の測定値には誤謬はないと信ずるが、今暫く此一點の値のみに就て考へるに、之は地下に於て質量不足を想像せしむるものである。此地方は地形より見ても達賴諾爾の湖水より東北に向ふ線及び之に併行なる數本の斷層を想像せしむる如きものが見られる。又札來諾爾附近及び滿洲里の西南方等には若い石炭の埋藏があり、其他此地方が比較的新しい地質年代に於て何等かの變動を受けた事を思はせる如き形勢が著しい。此爲に地下が尙充分緻密なる状態を恢復して居ない結果重力偏倚が著しく小さいと考へられる。

次に注意すべきは所謂黑遼分水界の地域である。之より南方遼河の流域及び北方松花江流域に於ては何れも正二〇ミリガル以上の重力偏倚を有して居るが、公主嶺より洮南に到る地域は偏倚稍や之より小さく、其東方及び西方の負偏倚地域を連結して一の鞍部状態を呈して居る。斯の如き分布が恰も遼河松花江兩大河の流域の分水界に於て存在する事は頗る興味ある事である。

此黑遼分水界は海拔僅に二百メートル餘に過ぎずして、南方遼河或は北方松花江の流域は百五十メートルにも達して居るから、極めて僅かの高度の差で非常に顯著なる流域の分水界を形成して居る。其東方には一局部に玄武岩の露頭を見るも殆んど全部は砂漠であつて未だ其基盤が明かにされて居ない。此分水界の成因に就ては新帶博士の説に據り⁽¹⁴⁾現在に於ける造山作用の進行中のものと解釋する事も相當の理由はあると思ふ。併し又一面には蒙古の砂漠よりの西風が常に砂塵を吹き送つ

て居るのであつて、其堆積の量は非常に僅かではあつても之を數萬年或は數十萬年に積つて考へると數百メートルに達する事は極めて容易である。即ち地殻自體の造山作用と見る代りに地表の現象として見る事も一應の吟味に値する筈である。此部分に於て重力が比較的小であるといふ事は地下の比重の比較的小なる事を推定せしむるから、特に此問題に就て一層の考慮を要するものと考へるのである。私の考を確めるに就ては尙此地域に重力の測點を増すと同時に、此地方の氣象學的資料、砂塵堆積の測定等研究す可き點が多いのであるから、今は只重力の分布より考へて一の問題を提示するだけである。

今後 の 希望

今回滿洲國內の重力測定の結果に就ては上述の如く興安嶺は畧地殻均衡状態にある事、滿洲里方面は著しく重力が小なる事、黒遼分水界に於ては重力が比較的小なる事を指摘して、其意味を考へたのである。今後は更に測定を繼續して滿洲國全般に亘り重力分布の概況を知りたい希望であるが、其内でも興安嶺を更に南方で横斷し、呼倫貝爾若くは察哈爾高原に及ぶ事、東方山地を横斷して重力分布を明かにする事、熱河方面の測定を行ひ、ルゼー等の支那に於ける測定と聯絡させる事等は特に實現に努めて東亞の地殻研究の資料としたいものである。而して國際事情が許せば更に西に測定を進めて亞細亞大陸の中央に達する事を得れば非常に重要な結果を得る事が出来る筈である。

文 献

1. 松山基範、地殼及地球内部の物理學、一〇—一三頁、岩波講座、物理學及化學、昭和五年。
2. Tsuboi, C.; the Most Suitable Formula for the Japanese Gravity Values. Bull. Earthq. Res. Inst., II (1933) p. 632.
—— and T. Fuchida; Supplementary Notes on the Most Suitable Formula for the Japanese Gravity Values. Bull. Earthq. Res. Inst. 13 (1935). p. 355—357.
3. Crosthwait, H. L., Investigation of the Theory of Isostasy in India. Survey of India. Prof. Paper 13 (1912)
4. 松山基範、日本に於ける重力測定と其成果、日本學術協會報告、第九卷(昭和九年)、七一—一三頁。
5. Richtshofen, Das Nordliche China. (1882).
6. 松山基範、日本に於ける重力測定と其成果、日本學術協會報告、第九卷(昭和九年)、七一—八頁。
7. Hecker, O., Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean. Veröff. geod. Inst. 1 (1903).
8. 雁月飛 (P. Lejay) 魚養巖、華北重力加速度、國立北平研究所發行。
9. 松山基範、呂號第五十七潜水艦に據る日本海溝上の重力測定、地球第二十三卷、(昭和十年)一一—二二頁。
松山基範、熊谷直一、南洋群島及日本海溝上に於ける重力測定、天文月報第二十八卷(昭和十年)一〇七—一一一頁。
10. Shinjō, S., R. Otani and K. Yamakawa; On the Gravity and Magnetic Survey at Five Stations in Eastern Asia. Proc. Tokyō Math. Phys. Soc. 2 (1903) pp 41—43.
11. Matuyama, M.; Relative Measurements of Gravity in Japan, Tyōsen and Manchuria since 1912. Int. Union Geod. & Geophys. 5. h. Gen. Conf. 1933. Jap. Rep. No. 2.
12. Helmert, F. R.; Der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau. Sitzber. k. p. Akad. Wiss. Berlin. (1910)
13. 遠藤隆次、滿洲の地質及鑛産、昭和九年、一七—三頁。
14. 新帶國太郎、滿洲の地系、日本地理大系、滿洲篇。