

極運動研究の現状と将来

奥田 豊三*
弓 滋*

高木 重次*
須川 力*

奥田 当所は1961年のパークレー IAU で国際極運動観測事業 (IPMS) の中央局を担当することが正式に勧告され、服部さんが中央局長に推されて1962年1月から中央局業務が円滑に発足しましたが、不幸にも服部さんは間もなく3月に逝去されました。しかしこの大きな不幸に直面して虚脱におちいることなく当所の諸君が服部さんの遺志を継いで中央局業務を今日迄懸命に遂行してこられました。その努力の結果が認められて1963年のパークレー IUGG で弓君が中央局長に推され、次いで今年即ち1964年のハンブルグ IAU で正式に決定される段階に達したものと思います。国際的な観測研究に従事するものとしてまことにやりがいのある事業を担当しました以上、この機会に従来研究して得た成果および今後の極運動研究の諸問題について互いに回顧反省しこれからの問題点について隔意ない意見を交わしてみることが緊要なことと思います。

弓 木村栄先生の時代につづいて2度目の中央局を担当することになりましたのには私共の諸先輩(所内のみならず所外も含め)の築かれた業績が大いにあずかったことと思われまふ。中央局になると世界中の各観測所から、なまの観測データがどしどし送られてくるので、それらのデータを大いに活用して極運動研究の中心地は水沢だといわれる程の実績をあげていくべきだと思います。中央局が順調にその目的に向かって進んで行くためには、やはりその母胎である当所がまずしっかりした基礎を築いて、少くとも今までより一層飛躍的に発展していかなければならないと思います。

須川 1960年のヘルシンキ IUGG での「緯度観測研究の現状と将来について」のシムポジウムにおいて、IPMS に発展しても従来の北緯 39°08' 線上の天頂儀による緯度観測は、基本の観測としてその継続が承認されましたが、器械設備に若干の改良工夫を加えてという但し書きが心に残ります。

奥田 私はあのシムポジウムの報告論文及び議事録を通読してみましたが、ある学者は研究に大きな行詰りを痛感しているし、又ある学者は極運動の研究はもっと広い分野においてなされるべきだといった意見を述べています。いまこのシムポジウムで問題になった主な研究方向をあげてみますと mean pole の永年変化、観測器械の

相互比較、チャンドラー周期項及び年周期項のような周期項の問題、時刻観測からの極運動決定の問題等が大きくクローズ・アップされています。従来の緯度変化という名称を、現在の極運動という名称に変えて国際協同事業の再編成にいたったのも、観測研究の動向によくマッチしたものと思われまふ。

器械比較の問題

須川 まず複数器械による緯度観測の相互比較の問題に入りたいと思います。当所は非常に早く器械比較のさきがけをなしたといえまふ。すでに1940年以来眼視天頂儀 (VZT) と浮遊天頂儀 (FZT) との同時比較観測がつづけられ、戦後更に PZT による時刻及び緯度観測が1956年以来加わり今日に及んでいます。今年中にアストロラープが当所に設置されて近い将来に常規観測に入る予定ですから、水沢では4機比較の時代が間もなく実現するところですよ。世界各国における複数器械の相互比較ブームの第一線に立っているといっても過言ではない程です。FZT は御承知のように戦前は長年の間グリニジ天文台で緯度観測に用いられてきましたが、第2次大戦中に戦災にあってその後 PZT に切換えられたというふうに聞いていましたが、実際に弓さんがグリニジ天文台を訪れた時の話ではそれは誤聞であって、FZT の考案設計者であったクツクソンの出身のケンブリジ大学天文台に戻して、新たに PZT の開発に乗り出したのが実状のようです。この器械そのものの将来性を判断しての切換えではないようです。当所では同じタルコット法という観測方法で眼視と写真の両方の手段ですでに20年以上も比較観測を続けてきました。いま発足当初における比較観測の意義に立ち戻ってみますと、1940年1月から1942年10月までの期間中は完全に VZT と同じ星を用いてきましたが、当時の写真乾板の感度では十分な結果が得られなかったもので、1942年10月から写真光度の比較的明るい星を入れて星のリストの組替を行ないました。それ以来星対の組合せは変えておりません。写真乾板の感度も最近では非常に向上してきましたので、1962年1月から每晚6時間の緯度観測の前後1時間ずつ VZT と同じ星対を観測して、予備的な比較研究を行なってきました。この2年間の比較観測で感板の感度が充分 VZT の全星対の写真観測実施の可能なことを立証しましたので、奥田所長からのおすすめに従って、今年

* 水沢緯度観測所

1964年1月6日からVZTの全球対共通の完全比較観測を実施することにふみきました。

奥田 私は従来異なる器械によって得られた結果が、互にそれぞれの器械の観測精度以上に系統的に違うという問題について、いま須川君のいわれたように本格的に取り組む必要があると思います。今やVZTとFZTは勝負を決すべき時が来たと思います(笑声)。いまだに両器械による緯度観測値の系統差がどういふ原因によるものかよく分らない現状では、国際的に観測結果を報告しても受取った側が判断に困ると思います。20年間もある程度平行観測の結果を検討してきたのだから、この際完全に同じ星を用いた観測を行なって器械比較への次のステップをふむべきだと思います。

高木 しかし器械比較の問題はヘルシンキ・シンポジウムでも問題になったように決め手がないようにも思われますが。

奥田 決め手がない大きな原因は先ず各々の器械について定められた赤緯補正にありはしないだろうか。

高木 赤緯補正を導く整約手順のなかに器械的な要素が入りこむことは考えられますが、その他にも考えられるものがありそうですね。

奥田 器械のスケール常数の誤差も考えられます。いくつかの未知の要素の分離がむずかしいので完全に同じ星を用い、同じプログラムによって1つでも未知の要素の数を減らしてゆくことを真剣に考えなくてはならない。39°08'の同じ緯度上の共同観測即ちILSの存置の意義も1つはここに在ると思います。

弓 同感です。今までILSのプログラムをVZTと完全に同じにすることにふみきれなかったのは、FZTの口径が約7吋もあって視野がVZTよりはるかに広いので、長期間同じ星対をそのまま使用出来るため、星対の固有運動の誤差(採用カタログに対する)を調べるために有利であることと、章動常数採用値の誤差を研究するために、月の昇交点黄径の周期18.6年位の期間は同じ星対をおさえておきたい気持があって、つい今日までつづけてきてしまった感があります。来るべき時が来た感じがします。

須川 たしかにFZTが今は現役の器械としては水沢にしか残っていないことになり、観測を中止するにしても継続するにしても慎重な判断を要することだと思います。

高木 こういう考え方はありませんか。例えばVZT、FZT、PZTそれぞれに能力を発揮するとしてどこまでも比較共存の意義が。

須川 たしかにその意義はあるとは思いますが。しかし実際面で中央局として複数器械の観測を取扱う場合に、どうしてもそれらによる緯度変化の平均値を極運動決定の

計算に用いざるを得ません。平均値が果たして本当にその観測所の緯度変化を代表することが出来るのでしょうか。系統的な物理的な器械差がわかっていれば問題はないと思いますが、どうも単なる平均値をとったのではまだ不安が残ります。

実はここで一寸話しをそらせて恐縮ですが、複数器械比較の思いがけない新しい副産物を紹介したいと思います。それはある観測所において各々の器械によって得られた平均緯度の変化をしらべてみる問題です。水沢の緯度の永年変化はmean poleの永年変化の問題に非常に密接な関連をもっていることは、御承知のように水沢の緯度に永年変化がないとして導かれたmean poleの永年変化の方向がほぼ水沢の逆方向であるという事実からもうなづけることです。水沢の緯度が1900年以来ほぼ一様に減少しつつあるということが指摘されてきましたが、この結論は実はVZTだけについてのものなのです。水沢で3機比較のはじまった時期を含む1955年から1963年までの期間についてオルロフの方法による平均緯度の移動平均をしらべてみますと、VZTは1955年から1958年にかけて急激に減少していますのに、FZTの方はほぼ一定な傾向を示しています。従来FZTによる緯度値がVZTによる緯度値より一般に小さいというのが常識でしたが、1957年頃から逆にFZTの方がVZTに比べて大きな緯度値を示しはじめて、両者による緯度の相対的な大小関係が逆転しています。今まで両者の間の器械差の有力な説明としてFZTの水銀槽の南北温度差及びFZTの鏡筒部分に及ぼす風圧の力学的な影響があげられてきましたが、そうした原因が1957年頃から逆転したとは考えにくいことですので、器械差の原因分析も再び根本的に出直すべきだと思われなす。1958年頃からPZTの平均緯度も登場してきて3機比較が出来ますが、PZTの方はどちらかというFZTに相似した変化を示し、ただいくらか倍率がかかって変化の振幅がFZTより大きいように見えます。これまでの水沢の緯度の減少傾向はあるいはVZT特有の変化であって、他の器械については必ずしもそうした傾向は見られないという見方もここに提起されたわけです。FZTについてこの20年間このかた有意な減少傾向は見られません。ついでにふれますが中国の天津が北緯39°08'線上に在ってILSプログラムに従って口径18cmの大天頂儀で眼視の緯度観測を行っており、1959年から1962年までの期間について同じオルロフの方法で平均緯度の変化をしらべて水沢の3機と比較してみますとFZTに平行して変化しています。天津と水沢の比較は今後ますます重要な意義をもってくると思います。とりまなおさず中国大陸と日本列島の間の大陸の相対運動を研究出来るからです。水沢における3機比較の問題は単に器械差の研究

にとどまらず、観測地点の水平移動か又は mean pole の永年変化かという問題にも一つの有力な手がかりを与えてくれそうです。前にも申しましたようにむしろこの点が器械比較の新しい見方になって来たように思われます。昨年9月にパリー天文台のギノーが水沢に来られた時に伺いましたが、非常に近い所で2台のアストロラーブの比較観測を行なった結果、水沢の場合と同様に平均緯度の変化が非常に異なっていたそうです。ギノー自身非常にローカルな何か（おそらく鉛直線について）あるのではないかという水沢の結果にも興味を寄せていました。

弓 奥田さんに訊ねますがパリーのアストロラーブの1号と2号はわずか10数mしか離れていませんが、その位の僅かなちがいで鉛直線のちがいでというものが考えられますか。

奥田 それは須川君の話にもあったように、逆に私がギノーから質問を受けたのだが、問題は水準面の示すポテンシャル・サーフェイスが、まわりの状況である程度の影響をわずかながら受けることは考えられないことではないような気がする。私はその意味でヘルシンキ・シムボジウムでも勧告があったように、観測所付近の重力場を本格的に調べてみる必要があるように思います。ポルタワでは重力測定と緯度観測を平行してつづけているそうだが、緯度変化には鉛直線の変化も極運動の影響の他に考えられるから、水準面の検定ということは今後の重要な課題であると思います。

弓 そのことに関連してですが、何年前でしたか坪井忠二先生が水沢は重力のブーゲー異常の東西傾斜から見てとんでもない所に観測所を決めてしまったものだと話しておられましたね。いわゆる盛岡-白河ラインに沿っているわけです。

須川 さて今までの器械比較はそれぞれの器械による観測の平均誤差の統計的比較の段階にとどまっており、服部さんの研究によりますと水沢では平均誤差の小さい順にあげますとFZT, PZT, VZTの順だったように思います。しかしその相互の差は非常に小さくて(0'01か0'02位) どんぐりの背比べという感じです。結局大気層か又は地下の影響が大部分で、器械差というものは非常に僅かなもののように見えます。ソビエトのフェドロフ氏は器械比較について物理的な相関性を究明するよう要望したことがあります。

奥田 現在水沢では今までの3種の観測器械の他に近くアストロラーブも入ってきて、それぞれの特長を發揮している器械がそれぞれ異なった緯度又は経度の変化を示すという群立共存の様相を呈してきている。これはある意味では放置して置かれることになり、本当に天文学的になり地球物理学的になり、意義のある特長を確認してい

るならば結構だが、ただ不統一な結果を出したきりでは中央局を担当している当所としては相済まない問題だと思います。今一段と本格的に器械比較の問題に本腰を入れる必要がありはしないか。

高木 水沢の器械比較の問題は器械が異なると同時に観測方法もことなっているという点を見落さないうで頂きたいと思います。まずPZTは天頂という点、VZTとFZTのような天頂儀は子午線という線、アストロラーブは全天をめぐる定高度の円(面)の上に立脚した観測方法だということに着目したいと思います。

奥田 極運動という目標のもとにみた場合に位置天文学的に一番大事なことは私共が観測している現在の場所の問題だと思います。その点の本質をつきとめることが大切です。星のシステムの問題にしてもこの立脚点を見忘れてしまっただけでは本末顛倒になりはしないか。

高木 私がいいたいのはアストロラーブは小さい波をフィルターで濾して大きい波をとっており、天頂儀はもうすこし小さい波までとっているし、PZTは更に小さい波までとっているような気がします。したがって3機3様の特質をもっていると思います。小さい波になればPZTが有利になるし、大きな波になるとアストロラーブが非常に有利になります。奥田さんの御意見に対して私は4機それぞれの用途が依然として残っているのではないかと思います。

Z項の問題

須川 さて奥田所長は観測の基盤であるももとの根本問題に立返えることを指摘しておられますが、その時に星の位置の問題をふりかえて見たいと思います。従来歴代の中央局長もみな星の位置の統一体系という問題に直面して困惑して、何とかして子午環によって基本カタログとの結び付けを行なって統一体系を確立しようとして来たのです。現にベルギーのユックル王立天文台でILS星の観測カタログが一応出来上りましたし、更にソビエトのステルンベルグ天文台等でFZT, PZT星も含めてのILS星の子午環観測を遂行中であります。ILS星はボスのG.C., アストロラーブはFK4に準拠しています。PZTの場合は微光星を含むので数種のカタログから採らざるを得ないので一種の複合カタログ・システムをなしています。星の準拠しているカタログをつないでいくには子午環によるのが最も合理的でありましょうが、観測数がどうしても少ないことが難といえれば難でしょう。従って出来るだけ複数器械の観測によって共通星の数を増して、緯度又は時刻の観測自身からカタログ同志の結び付けを行なって統一体系を次第に確立して行くほかはないと思います。

高木 PZT観測は本来一つ一つが独立してほかのものとは全然切離してもいいと思います。例えていけば星のカ

タログの問題のような物指しがなくてもただ間隔さえきちんと決めておけばよいと思います。

奥田 極運動決定の立場からいえば正しいスケールで出発してほしい。PZT はその意味で基本的と見てもいい。1つのインターナルな正しいスケールというものをがちり作り上げてしまえばこれをもとして他の方法による観測結果も解きほぐして行けるのではないのでしょうか。PZT は極運動決定にもっている威力を今後大いに発揮すべきだと思います。

須川 水沢 PZT のワシントン PZT との協同観測の今後の見通しですが、水沢システムの確立までにはまだ時間をかけることになりますか。

高木 ワシントンではタイムをはっきり決めておきたいというのがはじめの目的だったようです。

奥田 東京と水沢との間の PZT 観測の相対的な比較についてもう少し研究してみる必要がありそうだ。

高木 PZT の器械的な誤差というのは割合にシンプルなので、ある程度まで究明することは出来そうです。問題は年周項について東京と水沢との間に可成り大きな違いがあることです。日周変化もすこし違っていたように思います。

奥田 当所で戦後まとめられてきたいろいろの問題、例えばフラクションの異常、風の影響、観測室の室内屈折、スケール常数の誤差の影響等の問題について結論的には、例えば須川君のしらべたリフラクションの影響のオーダーはどの程度になりますか。

須川 大体 $0^{\circ}01$ 程度です。ローカル z 項というのがはたして実在するかどうか再検討を要するとしましても、その定義のあり方は観測値から極運動成分をとりのぞいたものをすべてローカル z 項とかりにとなえています。そのオーダーは少なくとも大気的なものの数倍はあって z 項の問題はまだ何かが残されているような気がします。もっと卒直に言えば z 項というものをいつまでも残しておく必要があるかどうかという問題にまで波及しそうです。ギノーが z 項の存在をもう一度振り出しに戻して各観測所の緯度変化の (O-C) から出直してみる必要があるという意見を出しています。ギノーの端的な根拠は、南半球を含めての共通な z 項というものが果たして存在し得るかどうかという点にあります。中央局として極座標を算出する場合に z を考えないで x, y だけで解くことをすすめていました。IPMS として ILS を基準にとって ILS 以外の協力観測を処理する際に、 z 項を考えて x, y, z で解いた方が ILS システムへの橋渡しになることはすでにストイコ博士が立証した通りなので、中央局としては z を考慮した場合と z を考慮しない場合の2通りの方法を並行させてみることもどうでしょうか。

弓 ILS 観測に関する限りでは z 項を考えても考えなくてもいまのところ x, y への影響は $0^{\circ}005$ 以内にとどまっています。ギノーの真意はおそらく z 項の存在をあたまたから否定する立場でなく、木村先生の発見当初のように一応白紙の状態に戻して、各観測所について (O-C) をしらべて z の再発見を試みる、そうした手堅い行き方を示唆しているように思われます。一言にして申しますと“木村先生の z に還れ”ということですね。

須川 木村先生の z 項論文を見ますと決して ILS 観測所だけでなく、他の協力観測所を含めて今の IPMS 式に z を発見したということをもう一度再認識すべきです。木村先生は生涯かけて z 項を分析され、 $(m\odot + na)$ 及び $(p\Omega + q)$ の三角関数で年周項、日周項及び長周期項を表わして形式的には完全なところまで行き詰めてしまいました。しかし緯度の日周変化の処理方法で一つの壁にぶつかって、イタリーに中央局が移ってからは z を第1近似として星の赤緯誤差とみなしてむしろ赤緯補正の決定に利用するようになりました。ILS だけの場合には同じ星系で問題はなかったが、IPMS となっている。いろいろな星系を包含することになりますと、 z をもはや星の赤緯誤差とみなすことは出来なくなりました。今度は各観測所毎にあらかじめ赤緯補正をほどこしておいてから、極運動によらない全地球的な z 項の物理的なうらづけを考えなければならなくなりました。地球の形状の周期的な変化が考えられるかどうか。木村先生御自身 z という字を用いないで鉛直線偏倚の ξ という字を用いられ、鉛直線の周期的な変化を想定されたことに思い当たります。リフラクションの異常にしても中緯度圏では高層大気の垂直構造は汎地球的になってきます。こうした意味で広い意味における“汎地球的 z ”の存在というのは依然として考えられそうですし、又考察しなければならないと思います。

高木 ギノーは光行差常数の採用値 ($20^{\circ}47$) が近く天文常数系の新確立の機会に金星のレーダー観測から求められた新しい値 ($20^{\circ}50$) に改正されれば z のありかたもすっかり変わるだろうから、その時まで保留した方がいいとってましたね。

須川 天文常数系の改正が近い将来に予想されますと1900年以來の ILS 観測資料も全部統一体系のもとに再計算するという大きな宿題が課せられてくると思います。この大事業の一端を私共も担当するとなりますと、当所にも近い将来に中型の電子計算機の導入を真剣に計画しなければならなくなりそうです。

奥田 水沢の仕事そのものは観測と計算という両面が一番大きな要素であるから、近い将来電子計算機の設定は望ましいことであるし、データ処理システムも観測と直結させて自動化を考えていい時期に来つつあると思いま

す。私は当所に赴任してから感じましたが、当所は一旦始めたことは非常に根気強く長くつづける良い伝統をもっていますが、その半面いまままでつづけられたことを再検討して新しいものをとり入れてゆくべきものが沢山あるように思われます。

タイム観測の問題

奥田 御承知のようにタイムの観測を従来の緯度観測とどのような関連において考えて行くかということが、今後の大きな問題になってくると思います。タイム観測も当所ではアストロラープの導入によって PZT との平行観測時代に入るし、超長波受信によってより良い精度が期待されます。

高木 水沢のタイム観測の由来を簡単にふり返って見ますと、1949年の頃即ち丁度当所の50周年記念式の折に、長岡半太郎先生が日本列島の東進論をたしかめることをすすめられ、水沢でもタイム観測をしっかりとやれということで受信機や記録器を設備して、次に時計の整備に移ってリーフラー時計、磁歪時計、音片時計、GTカットの水晶時計といろいろの変遷を経て、たまたまPZTの開発、IGYを契機にワシントン海軍天文台との協同観測ということでマルコヴィッツが当所にも来られ、絶大な御支援によってエッセンの水晶時計が導入されて今日に及んでいる次第です。

奥田 私が記憶しているのは、私がワシントンに行ったのは1955年で、その時に池田さんと服部さんに依頼を受けてマルコヴィッツに星の位置の計算を頼む交渉をして来ました。この間何の気なしに机の引き出しを探していたら、その時の交渉のメモが見付かりました。ワシントンと共通でない星の位置も計算してくれと交渉したのです。マルコヴィッツも共通の星は容易だけど、共通でない星については人手もいるし今すぐは一寸引受けかねるが、1957年以降ならばなんとかかなりそうだとということで、話はつぎに時計のことに移って磁歪時計のことを話したら、とてもそんなものでは不充分だから、是非エッセンの水晶時計を買えということになり、水沢がこれを備えるようになったと思います。エッセンの方が日本の時計よりはるかに安いということでしたからこれは当然でしょう。

須川 高木さん、子午儀観測で木村先生の時の観測と比較しての結果はどうでしたか。観測の誤差範囲を超えた有意なものが出ましたか。

高木 木村先生の時の観測と有意な差が出ませんでした。

須川 最近興味深く感じましたのは虎尾さんがタイム観測から永年変化を求められて、日本列島がたしか東に毎

年0.005位動いているという結果ですが。

高木 奥田さんが日本海岸の飛島で観測された時はどうでしたか。

奥田 当時の観測精度というものはまだそこまで議論するにはなかなかむずかしい問題があったのです。

高木 タイム観測から極運動を導く問題におきましても、地球自転の不規則変化は1対の観測所の組合せをとれば消去出来るが、ローカルな成分だけは依然として残ります。私は一見ローカルな成分だけど本当にローカルなものというより、各観測所毎に現われるタイム・キーピングのありかたに問題があるように思います。タイムの信号の出しかたとクロノグラフのつかまえかたに問題が残っているように思います。

奥田 これは大きな問題であってここに提案したいのですが、東京天文台と当所が更にながちり提携してこの問題に取り組んでゆくことがのぞましい。東京と水沢のタイムの差をとった場合に、その差がいま高木君のいったタイミング機構だけの問題か、実際にローカルなものによるかを共同研究して行くことが現在の急務であると思います。

さて以上当面する重要な諸問題について私共がたどってきた道、又これから発展させてゆきたいことにつきまして卒直に熱心に議論し合ってきましたが、私共の進むべき道は関係深い天文の分野の強力な御支援を仰ぎまさんと到底打開し得ないいばらの道ですので、当所の今後の観測研究上の運営につきまして天文学会の皆さんがたの御指鞭と御協力をこの機会にあらためてお願いいたします。

(56頁より続く)

一面の労力に関する民族性は、経済力の制約を無視することは出来ないけれども、電子計算機の発達によって解消されるものと見てよいであろう。そうなったときも尚、先生の如く高姿勢を取り続け得るであろうか。電子計算機は与えられたデータをものすごい速さで処理するがみずから問題を提出しはしない。こまかいことに無関心というならば話は別であるが、極微の世界を切り開いた国の人々が緯度変化に全然興味を持たないとは言いきれないであろう。先生は好んで“戒模擬動創造”と揮毫されたが、我々はここに徹して、こまかいことを洞察し、与えられた好機会を逃さないことである。