

子午環観測地選定の諸条件

安 田 春 雄*

近年天文学のいろいろの分野で将来計画が議論されている。位置天文学の分野でも、位置天文学を将来も発展させてゆく方途如何の議論が盛んであり、天文月報61巻12号の進士・大脇両氏の“位置天文学体系図”はその一環である。

位置天文学は天体の位置及び運動を研究する学問と定義される。位置・運動を研究するには、まず時間系と座標系を設定する。この座標系はニュートンの力学が成立するように、太陽系の天体の運動から決定され、その座標系に基いて太陽系天体の力学理論を検討し、さらにより慣性系に近い座標系を決定してゆく。このような時代とともに改良された時空系に基いて位置および運動を研究してゆく。

天文学は天体の観測に基礎をおいた自然科学であることはいままでもないが、特に位置天文学は天体の運動を研究することを主目的とするので、長期間にわたり観測成果が多量に蓄積され、それらが均一な基礎に立脚することが必要である。したがって理想としては同一望遠鏡および同じ観測条件等の下で天体の位置および運動を決定したほうがよい場合がしばしばある。

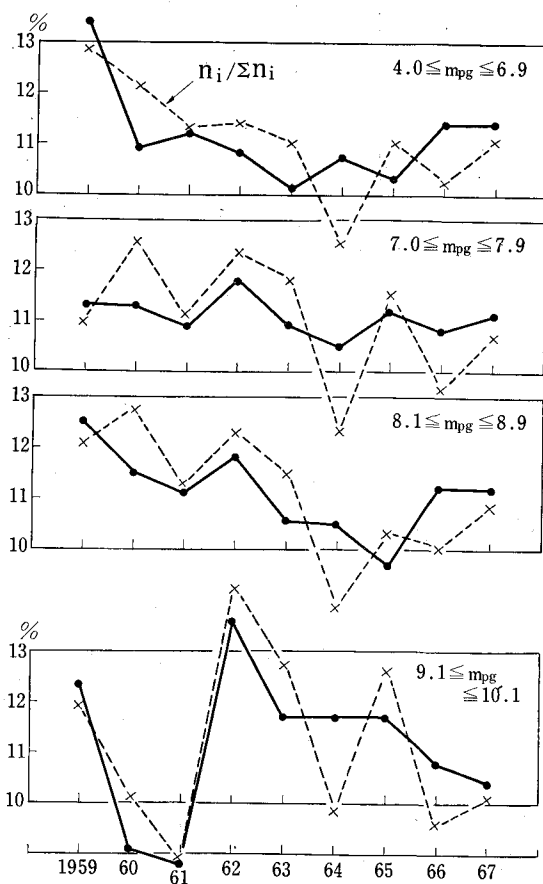
さらに時空座標系の設定の研究や天空を動いている天体の位置・運動を研究するためには、天球上のすべての領域について同じような観測密度を持つことがぞましい。したがって位置天文学の研究のための望遠鏡を、三鷹以外の地に設立する場合、一般天文観測の観測地と異った条件を考慮することが必要である。特に子午環観測は、太陽系天体から基本座標系を求める過程に関与するので特別な条件が必要である。

位置天文学の望遠鏡、特に子午環の観測地を三鷹以外の所に求める場合、主に如何なる条件を考慮しなくてはならないかを中心に以下話を進める。

I. 三鷹の観測条件悪化の様子

市街地の発展による散乱光の増加、空気中の塵の増加、スモッグが三鷹近くまで拡がってきたことなど、所謂三鷹の都市化は急激である。この都市化の様子を定量的に知るために、子午環とP Z Tの観測状態の変化の様子をみる。

空の条件が悪化すれば暗い星ほど観測される確率は減少する。第1図は等級別に分けられたP Z T星の観測数



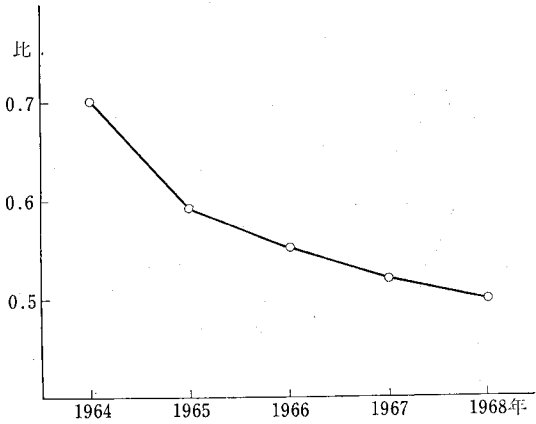
第1図 P Z T観測の経年変移

を1959年から1967年までの9年間の総観測数に対する割合で示している(波線で示されている)。しかし気象条件は年によって変わるから、これを考慮するために9年間の平均観測日数と各年の観測日数との比(ω_i)を乗じて、毎年の観測日数を一様にした時のP Z T星の割合を示したものが実線である。暗い星ほど天頂でも年とともに観測数が急激に減少していることがわかる。

低高度の星の観測は空の都市化の影響を直接受ける。特に子午環では20°近傍の高度の星まで観測する必要があるのでその影響は深刻である。子午環ではその夜の観測条件から判断して透明度と星像の良否を5等級に分けている。透明度の等級の具体的な基準は次のように考えてよい。子午環で9等台の星が観測可能な時を透明度5、8.9等の星まで観測可能な時が透明度4である。星像の

* 東京天文台

H. Yasuda: A Search for Meridian Observation Site.



第2図 低高度での透明度(4+5)と快晴日数の比の経年変化

等級4及び5の夜の数と透明度の等級4及び5の夜の数は一年を通じると大体同じであるから以下透明度のみを考慮する。快晴日数の年毎の変化を除くため、透明度4と5の観測夜数と三鷹での観測時の快晴夜数との比をとり、その経年変化を図示したものが第2図である。但し南天標準星(高度20°から50°の範囲)の観測資料のみによる。この図の示す意味は、低高度では雲量2.5以下の快晴の夜がすべての8等台の星まで観測可能なのではなく、1964年には快晴の夜が10日あればその内7日は8等台の星がすべて観測可能であったが、1968年には2日に1回しか8等台の星は観測できないということである。この傾向は増加していくようである。

その他昼間の観測対象である内惑星の観測が困難になったとか、1940年代は四大小惑星以外の明るい小惑星も観測されているが、現在ではパラス、ジュノーが10等台になると観測が不可能であるなど三鷹の観測条件の悪化

が子午線観測にも歴然としてきた。亜硫酸ガスの増加は観測器具の部品の摩滅を著しくしている。以上の事から判断して三鷹の空の悪化は急テンポのようである。

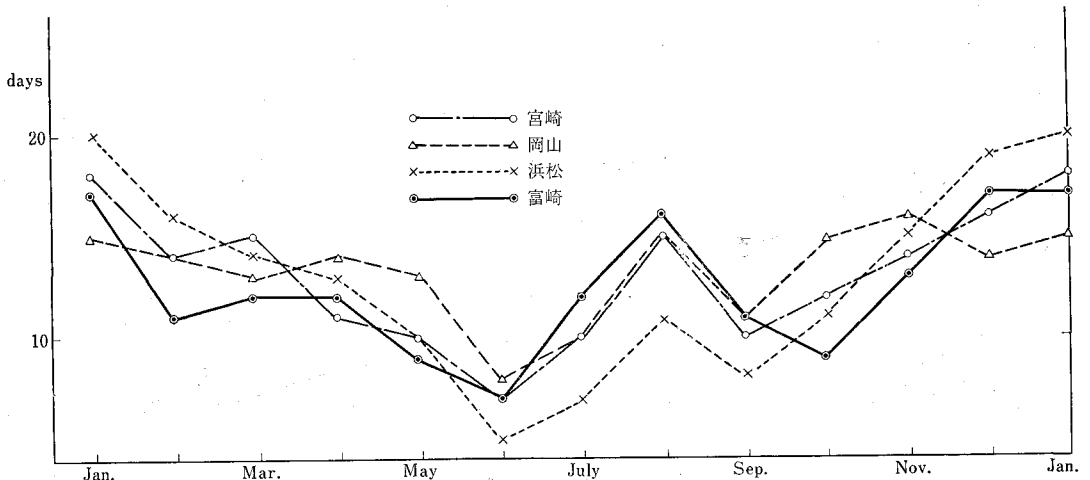
II. 子午環観測地の諸条件

東京天文台では74吋を岡山に建設する前に、一般の天文観測——特に天体物理観測——に適した場所はどこであるかを調査した。これを出発点とするが位置天文観測、特に最も厳密な観測条件を必要とする子午環観測は、その他の一般的な天文観測と異なる点が多いので、子午環の場合に考慮すべき条件を明らかにしてみる。

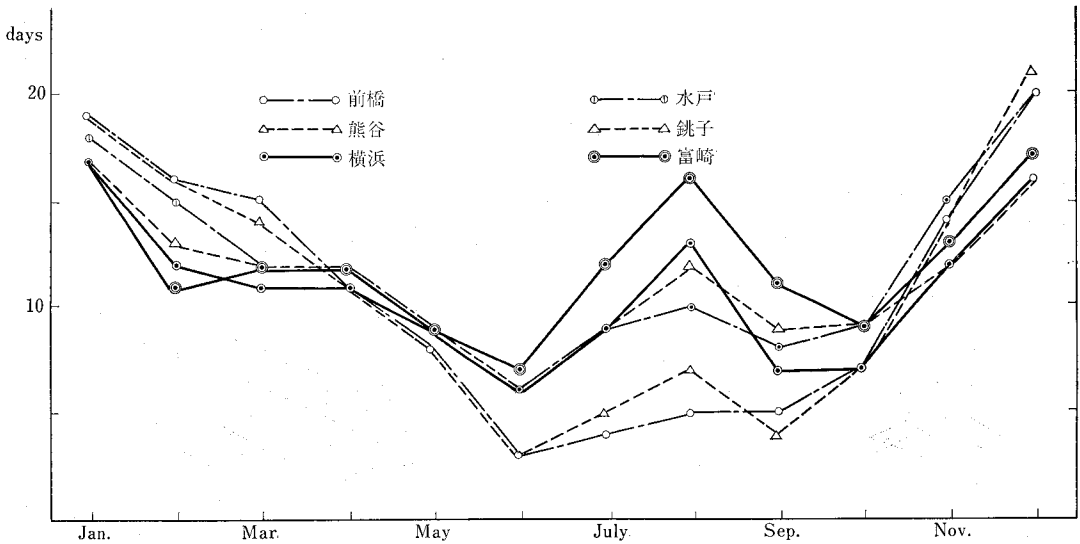
子午環が天体位置観測の唯一の基本望遠鏡であるといわれる本質的な特徴は“任意の方向に向けられた望遠鏡の光軸は、地球の自転によって常に天球上の赤緯圈(declination parallel)に沿って天球上をトレースする。すなわち常に天球上に瞬間自転軸の方向を中心とする小円をえがく。”したがって独立に赤緯が任意の天体について決定される。これから天球上に極の位置がきまり、太陽観測から春分点がきまることによって、時計から任意の天体の赤経もきまる。(天文月報61巻7号“星の位置を測る”を参照)。

以上を総合して子午環の観測地の条件の基準は次のようである。

- (1) 一年を通じて快晴の夜が合理的に分布していれば一年の最低観測日数は100夜をこえればよい。最悪の3ヶ月でも総計で15日以上、すなわち100時間あるいはそれ以上の観測時間があればよい。特に日本では6月中旬から7月中旬にかけて梅雨期があり、9月中旬から10月中旬にかけて秋の長雨があるので8月に快晴日数ができるだけ多いことが望ましい。この条件は天体の位置・運動を研究する基礎となる空間座標系決定



第3図 月別快晴日数の分布(22時)



第4図 関東地方の月別快晴日数の分布 (22^h)

のためには地球の軌道を決定することが必要であり、その座標系を具体的に表示する恒星の位置の決定も必要なためである。

(2) 大気差異常ができるだけ小さいこと。このことは子午環観測の根本は赤緯の決定を出発点とすることから考えて当然で、最も重要な条件である。深い谷にかこまれた山の頂や盆地は上昇気流などの影響で大気差の日変化や季節変化が激しいと考えてよい。

(3) 極や大気差常数を精度よく決定できて、黄道帯もよく見渡せる緯度であることが望ましい。天体座標の原点である極は周極星の上方通過と下方通過の組合せできまり、もう一つの座標原点である春分点は太陽系天体の観測から決定される。この見地から日本の子午環の観測地としては緯度 35° 近傍が最もよい。

(4) 望遠鏡から南北夫々 100 米の距離に子午線標をおくことができる十分な広さを持つ台地であること。子午線を何時でも決定できるために子午線標が必要。

(5) 風が強い所は望遠鏡をゆり動かし、水銀の反射像を不良にするので、観測地点としてはのぞましくない。

(6) 寒冷の地および僻地は避けるべきである。温度が -10° をこえると記録機構を含めて観測精度が落ちる。

以上の諸条件を考慮して日本ではどのような地点が子午環観測地として適当かを調査した。

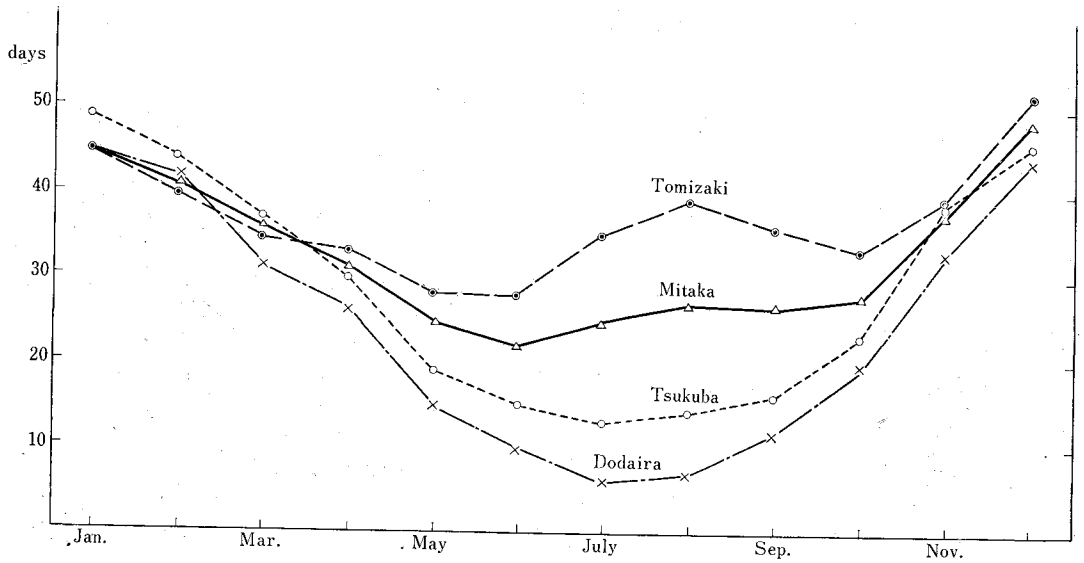
III. 諸調査

気象と天文観測との関係については、74 年建設地調査資料として気象庁斎藤藤一氏の“天文観測地の気候学的選定”があるのでこれを出発点とする。

斎藤氏によれば日本で最も快晴日数が多いのは年平均が 60 日から 70 日の南九州・瀬戸内海・東海および関東地方で、氏の統計によれば天文観測可能日数は快晴日数の 2.5 倍程度であるので一年間に必要な快晴日数を上記の四地方は十分に満足している。

快晴日数の総数だけでなく、快晴日数が一年を通じて合理的に分布していることが必要である。このため月別快晴日数の分布をしらべる。上記の四地方の代表として気象条件を一様にするため海岸に近い宮崎、岡山、浜松、富崎の四つの測候所の快晴日数を材料にする。22 時の天候が夜間の天文観測時の天候を最もよく示すと考えられるので、22 時の快晴日数を中心に調べる。第 3 図は 22 時の月別快晴日数の分布で、年間を通じての快晴日数の分布の一様性と 8 月に快晴日数が多い事という条件を考慮すると宮崎、富崎、岡山がよく、浜松は一段と落ちる。子午環では内惑星や太陽の観測も必要なので昼間の快晴の様子も知る必要がある。14 時の快晴日数の月別分布を見ると、岡山を除いては大体同じような分布を示す。岡山のみは 12 月から 3 月にかけて快晴日数が異常に少い。これは中国山脈が低いためと瀬戸内海の影響であろう。

次に関東地方をくわしくしらべてみる。関東地方の地域別の様子をみるために、地理的に東部と南部、さらに夫々を北部、中部、南部に分ける。東部は海岸地帯で西部は横浜を除いて山岳地帯と考えてもさしつかえない。西部として前橋、熊谷、横浜、東部として水戸、銚子、富崎をとる。第 4 図は 22 時の快晴日数の分布である。第 5 図は筑波山、堂平、三鷹、富崎の 3 ヶ月の快晴日数の和の分布。富崎は太平洋に突出しているため、関東東南部の内陸部はこれより減少すると考えられるが三鷹と富



第5図 関東地方での3ヶ月の快晴日数の和の分布

崎の中間に位置すると思われる。関東東南部が快晴日数の合理的分布という見地からすれば関東地方では最もよい。

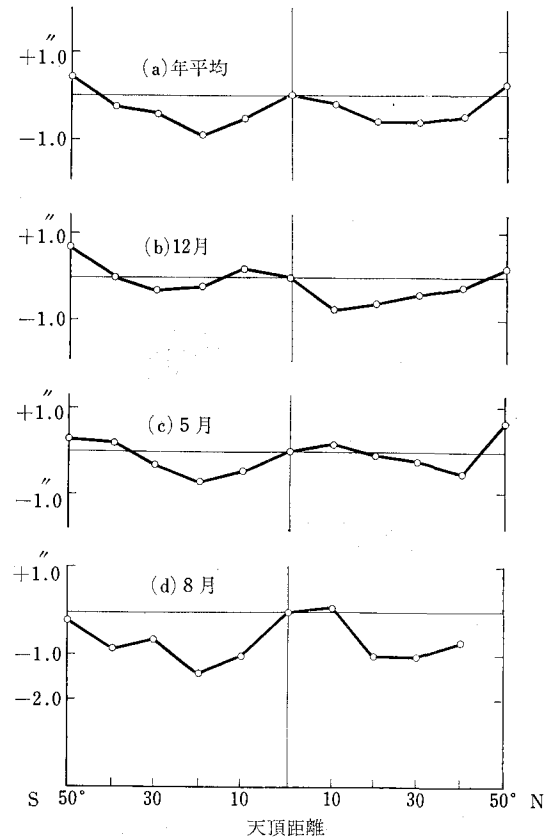
もやが発生しやすかったり、空がにごっていると視程が悪く、よい観測ができない。媒煙等で大気汚染のある場所とか、海霧の発生し易い所、砂塵が風でまき上げられる内陸地方は視程が悪い。さらに上空に大気の停滞し易い内陸の盆地地形の場所とか瀬戸内海地方は視程のよい回数が少い。視程が最もよいのは太平洋岸の地方である。

風が強いと望遠鏡に振動をあたえ、星像を不良にする意味で有害である。太平洋に直接突出した岬は風が強い。その他海岸に近いと塩害の影響があるが台風の時以外の平時では海岸線のすぐ近く数軒をさければ問題は無い。

以上の気象的な考慮、特に快晴日数の合理的分布を考慮する時、東海地方は視程はよいが快晴日数の合理的分布からは最も劣る。南九州地方は暴風雨の頻発、霧の発生等で気象的にも好ましくないが、緯度が低すぎて子午環の観測地には不適當。関東地方は快晴日数の分布、特に8月に快晴日数が多いことなどから東南部がよい。岡山地方は快晴日数の分布では最もよいようであるが、12月から3月にかけての冬季は屋間の快晴日数は急に落ちる。気象的に難点をいえば四国の瀬戸内海地方が冬季22時の快晴日数が少いことをあわせて考えると、中国山脈が低いため上空の大気の変動があると考えられる。このことは瀬戸内海地方が将来益々工業地帯として発展してゆくであろうし、山陽新幹線の影響もはっきりしないこと

とと共に位置観測にはあまりよくない心配が多少ある。

以上の理由から関東東南部が子午環の観測地としては



第6図 大気差異常

最も適当と考えられる。

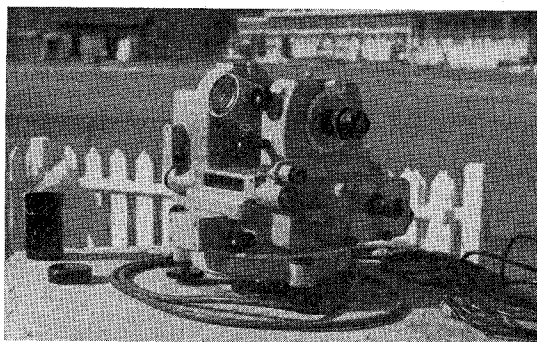
VI. 天文試験観測

天文観測の量を確保するための気象学的な諸要因の他に、質を確保するための諸要素がある。特に位置天文学では大気差異常の調査が重要で、これらは実際に長期間にわたり精密な望遠鏡で天体の位置観測を行ない、その結果を入念に解析するのでなくては精密なことはいえない。しかし一年間位の試験観測を行なえば、ある程度の定性的なことはわかる。

関東東南部の大気差異常を調査するため、1967年12月、1968年の5月と8月の3回にわたり、国土地理院所有のギッガス精密経緯儀を借用して、千葉県大多喜町老川小学校校庭で試験観測を行なった。三鷹の大気差の様子は子午環観測で徹底的に研究されているので、三鷹との比較から老川の大気差異常を調べることにした。

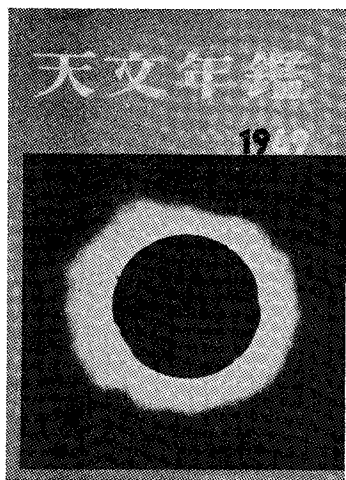
同一望遠鏡での三鷹の経緯儀観測の年平均と組合せて、老川の大気差異常の季節変化と年変化を図示したものが第7図である。

天頂と天頂距離 $\pm 50^\circ$ の場所を除き平坦で特に系統差はない。 $\pm 50^\circ$ の天頂距離では観測誤差が $\pm 1''$ あるので、 $\pm 50^\circ$ での大気差異常は実在のものではない。季



第7図 ギッガス精密経緯儀。千葉県大多喜町老川小学校校庭にて

節変化をみると、12月は北高南低型、8月は南高北低型で、5月は移動性高気圧の下にあるという日本に共通な特性を示している。この傾向は三鷹の子午線観測にも認められる。天頂を巨視的にみると上記の傾向の他に、12月は南が北より密度小、7月は南が北より密度大、5月はその傾向は小さいが7月に似ている。これは校庭の南が深い谷になっている地形が原因で、北は地表の影響を地上数十米まで受け、冬は地表の放射冷却で、夏は太陽の輻射熱が夜間になって熱放射され、夫々密度が大きくなったり、小さくなったりする結果天頂附近で気象傾斜



B 6判 122ページ
定価250円 円55円

(お近くの書店でお求め下さい)

ことしも天体観測は 「天文年鑑」で…… 1969年版 発売中!

- 観測の年次計画、季節計画、月別計画に——
- 毎日の目標決定に、ぜひご利用ください

毎日の天文現象が、1年を通してひと目でわかる観測ガイドブックです。惑星・月の出没図と時刻、木星の衛星の位置図と時刻、日食・月食・星食の予報、日面経緯度・視半径・均時差、太陽の月面余経度と月面緯度、惑星のこよみ、小惑星・彗星・流星・変光星の予報、日本の日出没時と月出没時、春分点の正中時、人工天体一覧、1年間の天文界のおもな動き、おもな天文書などを掲載すると共に、ユリウス日や天文常数など必要な資料はすべて収めてあります。特に1969年版では、天体写真撮影のための感光材料や露出のくわしいデータをさらに充実させました。星図と共になくてはならない本です。ぜひそなえて、広く活用してください。

月刊**天文ガイド**の 誠文堂新光社 東京都千代田区神田錦町1-5 振替東京6294番

を生じたと考えられる。このことから位置観測，特に子午環観測地の選定には地形も重要な要因となる。

結論として，大気差の傾向は三鷹と同じであり，三鷹の子午環観測結果から判断して，地形をえらべばこの地方は大気差の局地異常はなく，位置観測には三鷹と同様に適地である。

ついでにいろいろの経緯度決定法で緯度を決定してみた。老川の緯度値は色々の高度の星を組合せた異星等高度法で， $+35^{\circ}14'38''.90 \pm 0''.15$ (*m.e.*)，高度 35° の北極星から $+35^{\circ}14'38''.58 \pm 0''.25$ (*m.e.*)，高度 60° の星を使う定高度法から $+35^{\circ}14'39''.28 \pm 0''.29$ (*m.e.*) で，どのような高度の星を使っても，決定法が変ってもよく一致する。

観測中湿度の測定を行った。湿度が高いともやが発生し易く，望遠鏡に露がつき観測の障害となり易い。老川は三鷹と水蒸気圧で大差はなく，三鷹と同様に湿度の障害はないようである。

V. 結論

位置天文観測の適地の選定を，最も条件がきびしい子午線観測地選定という見地から調査してみた。

この調査は三鷹の空の都市化が，子午環やPZTの観測にも有害になってきたことにかんがみ，早急に観測地

の選定が必要になったために行なわれた。その結果関東東南部（千葉県南部）が最も適当と思われる。

なお，現在の子午環は1903年に製作されたものですでに66年を経過し，(1)目盛環目盛の磨耗，(2)不安定さ，(3)バランス機構の欠陥，(4)近代化を妨げる構造などの老朽化が致命的で，早急に新子午環の購入や三鷹以外の地に観測地を設定することがのぞましい。

学会だより

本年度の日本天文学会春季年会は，5月21日（水），22日（木），23日（金），24日（土）の4日間の日程で，東京上野の国立科学博物館講堂において開催される予定です。講演申込みは，必ず所定の用紙でアブストラクトを添えて，4月5日（土）までに御提出下さい。また講演申込者の中で，出張旅費の補助を希望される方は各支部理事に御相談下さい。

なお今回より新しい試みとして，予稿集は自筆の原稿をそのまま写真製版して印刷することにしました。したがって申込用紙は必ず本月号の月報に添付したものを御用下さい。申込用紙は1題目1枚になっていますので，余分に必要の方は各支部に請求して下さい。

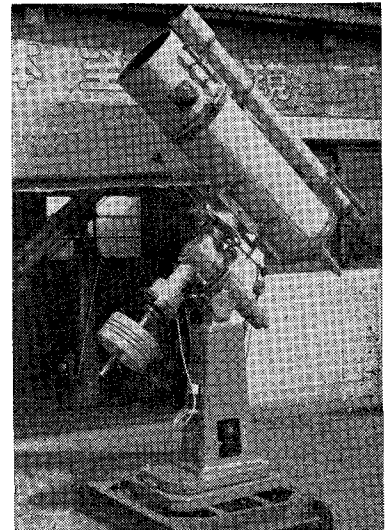
西村製の反射望遠鏡

- | | |
|----------|------------------------------------|
| 30cm “A” | カセグレン・ニュートン兼用
10cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| “B” | カセグレン焦点
15cm 屈折望遠鏡 (f/12) |
| 40cm “A” | カセグレン・ニュートン兼用
15cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| “B” | カセグレン焦点
20cm 屈折望遠鏡 (f/12) |

株式会社 西村製作所

京都市左京区吉田二本松町27
電話 (771) 1570, (691) 9589

カタログ実費90円郵券同封



30 cm 反射望遠鏡

ニュートン・カセグレン兼用