

ユニترون ポラレックス

1950年以來海外に多数輸出され、好評を博している当所製15センチ屈折赤道儀（左）と10センチ屈折赤道儀



ユニترون・ポラレックス天体望遠鏡製作
株式会社 日本精光研究所

東京都世田谷区野沢町1-100
TEL (42) 1685, 0995; 振替 東京 96074

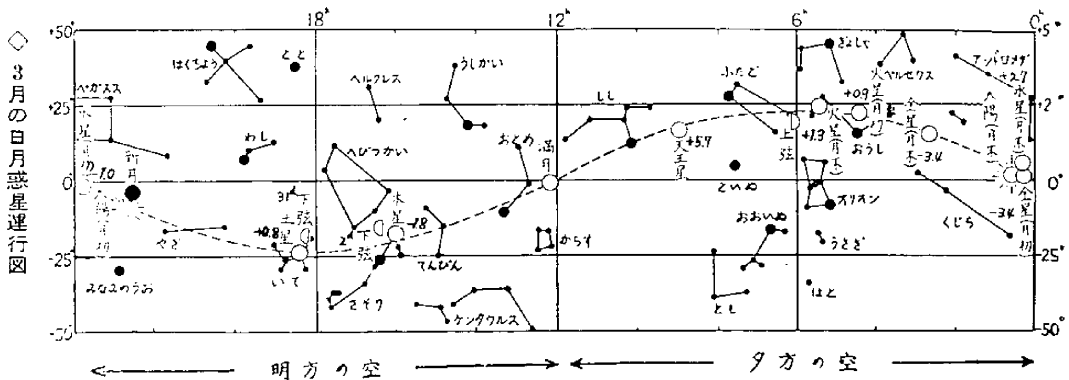
目 次

山本一清先生を悼む……………宮本正太郎・49
 弔 辭……………日本天文学会理事長・50
 山本一清博士論文一覽……………50
 山本一清先生の思い出……………木 辺 成 勝・51
 人工衛星の軌道と地球の重心……………古 在 由 秀・53
 雑報——日没時に見られる緑色閃光など……………55
 恒星系力学の方法について……………青 木 信 仰・56
 雑報——太陽爆発現象の成因，人工衛星観測致……………60
 ハロマーの眼（3）しし座の明るい星雲群……………61
 月報アルバム——火星写真集（I）……………62

—表紙写真説明—

地球大気の異常屈折による日没時の太陽の形（パチカ）天文台撮影（本号 55 頁参照）

—日本天文学会春季年会—
来る 5 月中旬に東京で春季年会を行います。講演（研究発表）申込は 4 月 10 日〆切。



増補訂正 理博 荒木俊馬 著

現代天文学事典

欧米の学界でもなし遂げ得なかった天文、宇宙物理学の総合事典再版を期に新項目 70 節、他に、天文学史年表、天文常数表、物理常数表など 86 頁の大増補版成る

定価 3500 円

時限特価

3200 円

(5 月末日まで)

関 孝 和 理博 平山 論 著

和算の祖とし、又わが国数理天文学の祖として著名な関孝和 250 年記念出版 (価 650 円)

東京都新宿区三栄町六 恒星社厚生閣 振替 東京 59600



天文博物館

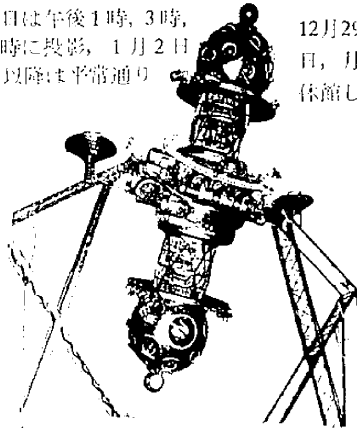
五島プラネタリウム

3 月の話題 四季の变化

4 月の話題 黒い太陽

投影時間 午前 11 時、午後 1 時、3 時、5 時
(土・日には午後 7 時も投影)

1 月 1 日は午後 1 時、3 時、5 時に投影、1 月 2 日以後は平常通り 12 月 29、30、31 日、月曜日は休館します。



東京・渋谷・東急文化会館 8 階
電話 青山 (40) 7131, 7509

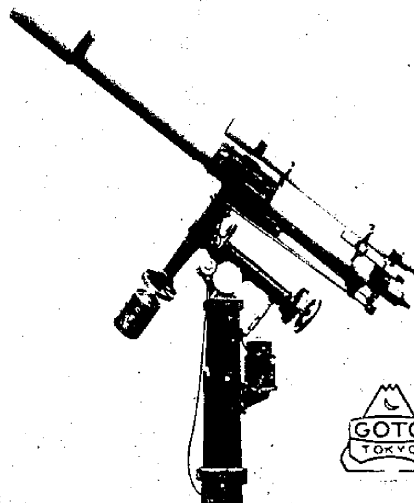
五藤式天体望遠鏡

☆

専門家・天文台用各種
学校向（理振法準拠品）各種
アストロカメラ・スペクトロ
スコープ等、各種付属品

当社は大正 15 年創業以来一貫して天体望遠鏡の研究製作に当り、我が国で最古且つ最大のメーカーであります。特に学校向には国内需要の 80% は当社の製品によつて賄つており、輸出もまた飛躍的に伸び、特に 6 インチ据付型の赤道儀は輸出された赤道儀として最大のものであり又その優れた性能も高く評価されています。

カタログ呈（本誌名記入の事）



株式会社

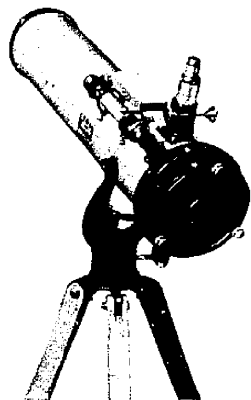
五藤光学研究所

東京・世田谷・新町・1-115

電話 (42) 3044-4320-8326



カンコー天体反射望遠鏡



新発売!!
十五種ミヤノン天体反射望遠鏡
C・G 式焦点距離二段切換
（焦点距離一三五〇耗及び二四〇〇耗
鏡筒長九〇〇耗）

- ★ 完成品各種
- ★ 高級自作用部品
- ★ 凹面鏡、平面鏡
- ★ アルミニウム鍍金

（カタログ要 30 円郵券）

関西光学工業株式会社

京都市東山区山科 Tel. 山科 57



待望の携帯用交直両用

トランジスタ周波数標準器

使用水晶振動子 100 kc)



精 度 1/1,000,000
出力周波数 50 c/s, 100 c/s, 1 kc, 10 kc, 100 kc
用 途 周波数チェッカー、受信器ダイヤル
の校正、オシロスコープの時間目盛
同期用 50 ~ 標準、分・秒信号の発生

主要製品 水晶時計（周波数標準装置）
光電子午儀用直流増巾器その他の各
種精密測定器

応研電子工業株式会社

東京都大田区北千束町 454 番地

電話 (78) 9257

山本一清先生を悼む

宮本正太郎*

本年1月16日午前10時、滋賀県草津市の令息進氏宅において山本一清先生が永眠せられた。私共、教文をうけた者にとっては、かけがえのない悲しみであり、日本の天文学界としても大きな損失であった。

先生は明治22年5月27日、滋賀県栗太郡上田上村の旧家に生れられ、第三高等学校を経て、京都大学理科大学物理学科に入学、大正2年7月同科を卒業、翌3年4月助手に任せられ、4年4月講師、7年10月には助教教授にすすまれた。大正11年10月より満2カ年間宇宙物理学研究のため外国に出張。ヤーキース天文台、ハーバード大学の他、イギリス、ドイツ、フランスに滞在され、当時新興の新しい天文学であるAstrophysicsを修めて大正14年3月に帰学された。ヤーキースでは、フロスト、バーナード、バンビースブルックについて研究され、同僚には若きオットー・ストゥルフェーがいた。先生の研究は新城新蔵先生の指導によりZ項にはじまる。水沢における観測的研究により大正14年7月理学博士の学位をうけられたが、この他に天体物理学への興味は鷲座新星の観測にはじまり、ヤーキースにおいては小惑星、彗星、ハーバードにおいては変光星、帰学後、太陽、流星、黄道光へと研究の分野をひろげられた。論文として発表されたものは約40篇、Astrophysical Journal, Astronomical Journal, Harvard Circular, Pacific Publication, Monthly Notices, Observatory, Astronomische Nachrichten, 京都大学理学部紀要その他に掲載されている。

帰学の翌年大正14年4月京都大学教授にすすまれ、新城先生によって創設された宇宙物理学教室の指導者として活躍された。昭和4年には吉田の大学構内にあった天文台が引越して、花山山頂に新しい天文台が落成した。昭和13年5月に退官されるまで、スマトラ、シベリヤ、ペルーその他へ日食の観測のために出かけられたこともしばしばであった。またIAUの黄道光委員会の委員長として、ストックホルムの総会に出席されたこともある。昭和16年、生駒山に太陽観測所が新設されたのも先生の力によるものであった。



先生の人柄は星好きで、一生星と共に過ぎたということに尽きると思う。大正9年天文同好会をはじめられ、「天界」を創刊されたが、これは戦時中の困難な時代にも休刊することなく、今日に至っている。まことに驚異に価することである。天文同好会は戦時中東亜天文協会といういかめしい名前に変ったが、その本質は一貫して変ることなく、全国の天文愛好家を指導し、多くの天文研究者を育ててきた。先生の講演や記事が平易明快であることは定評があった。「星座の親しみ」

は天文書におけるベストセラーであるが、この本にみられるような新体詩風の気のきいた文章の味は先生独得の魅力であった。先生の天文研究は退官後も少しも変ることなく精力的に続けられた。晩年にいたるまでたえず新刊の洋書を取寄せて新しいことを勉強していられたが、こうしたことは仲々出来にくいことで、筆者も先生のこの点に最も敬服している。先生の天文学に対する気持はこのようなものであったから、お役所的なことは肌合わず、一風変わった野人的学者として世間の人には映ったらしい。また京都をも含めて、わが国の天文学界全体に対して常に批判的立場に立っていられたことも世人の周知の通りである。弟子達に対する「雷」も有名であって、近ずきにくい印象を受ける時が多かったのであるが、天文学の同好者として先生に近ずいた人は何のこだわりも受けなかったようである。

昨年にはよく花山天文台に来られ、われわれも昔の話を伺うのを楽しみにしていたが、再びお迎えすることも出来なくなった。先生の播かれた種子は宇宙時代をむかえて華々しく実を結ぼうとしている。光学面研磨について、特殊の技術を持つ木辺成磨氏、火星研究における村山定男、佐伯恒夫、海老沢嗣郎の諸氏、流星の小楨孝二郎氏、また既に故人となられた太陽観測の三沢勝衛氏等いずれも山本先生につずく有能な研究者である。また花山天文台を中心とする京都大学の研究、各地の新制大学にある卒業生の研究も先生の遺志をついで発展してゆくことであろう。

* 京大理学部、および花山天文台

弔 辞

山本一清先生にはさきに京都大学教授、花山天文台長として天文学の進歩に貢献せられ、また天文同好会東亜天文学会を創設し、山本天文台を經營されて天文学の普及に多大の尽力を致されました。

日本天文学会にとっては長らく評議員として本会の発展に一方ならぬお力添えをいただきました。

この度御逝去の報をききまことに哀悼の情禁じ得ないものがあります。謹んでお悔み申し上げます。

昭和 34 年 1 月 16 日

日本天文学会理事長 野 附 誠 夫

山本一清先生論文一覽

- 1919 Tokyo Math. Phys. Soc. Proc., (2) Vol. 9, Nr. 17: Preliminary Report of the investigation on the "Z" term in the latitude variation
Kyoto Coll. Sc. Mem., Vol. 4, p. 13: Light curves of several recent nova and some notes on the general features thereof
Kyoto Coll. Sc. Mem., Vol. 4, p. 23: Observations of Novae Aquilae
Pop. Astr., Vol. 27, p. 200: Preliminary Light-Curve of Novae Aquilae
- 1922 A.N., Vol 215, p. 209: Zodiacal Light
- 1923 P.A.S.P., Vol. 35, p. 199: Astronomy in Japan
A.J., Vol. 35, p. 45: Observations of Asteroids at the Yerkes Observatory (by I. Yamamoto, O. Struve & G. Van Biesbroeck)
- 1924 Harv. Circ., No. 270: The Long Period Variable W Hydrae
J.J. Astr. Geod., Vol. 2, No. 3(4): Observations on the Distributions of Gravity Gradients on Tone Basin
- 1925 Harv. Circ., No. 280: The Photographic period-luminosity curve (Magellanic Clouds VII)
M.N., Vol. 85, p. 71: On some relations between the solar constant and solar activity.
- 1926 Kyoto Coll. Sc. Mem., Vol. 6, p. 313: Simultaneous observation of Latitude Variation with Special Arrangements for the Investigations of the Atmospheric Refraction Effects at Mizusawa
- 1927 Ap. J., Vol. 66, p. 329: Photograph of a Remarkable Meteor
- 1928 M.N., Vol. 88, p. 23: Observations of Mercury transit on 1927 Nov 10
M.N., Vol. 88, p. 487: A Meteoric Shower from Skjellerup's comet, 1927 k
A.N., Vol. 234, p. 79: Note on Statistics of Variable Stars
J.J. Astr. Geod., Vol. 6, abstract (4): Ephemeris of Pons-Winnecke's comet
Kyoto. Coll. Sc. Mem., Vol. 11, p. 233: The Influence of the Heliographic Activity upon the Solar Constant
Kyoto. Coll. Sc. Mem., Vol. 11, p.303: Some Notes on Solar Research
- 1929 M.N., Vol. 89, p. 209: Note on Mr. Nakamura's paper on the observations of faint meteors
A.J., Vol. 39, p. 45: A New Series of Sun-spot observations and its Comparison with the Zurich Series
J.J. Astr. Geod., Vol. 7 abstract (20): Recomputation of meteoric radiant from Skejllerup's comet
J.J. Astr. Geod., Vol. 7 abst. (21): On comet 1928c
J.J. Astr. Geod., Vol. 7 abst. (22): Summary of the Sun-spot relative numbers in past months
- 1930 A.N., Vol. 237, p. 51: Beobachtungen einer plötzlichen Verringerung der Breite des Zodiakallichtes
- 1931 J.J. Astr. Geod., Vol. 9 abst. (53): Preliminary summary of photometric observation of Eros
J.J. Astr. Geod., Vol. 9 abst. (58): Amplitude of Eros variation decreasing
J.J. Astr. Geod., Vol. 9 abst. (60): Predictions of maxima and minima of Eros magnitude
- 1932 A.N., Vol. 247, p. 373: Beobachtungen der Leoniden
- 1933 J.J. Astr. Geod., Vol. 11 abst. (71): Comet notes
J.J. Astr. Geod., Vol. 11 abst. (72): Index-figures of Calcium flocculi on the sun during 1915-1923 observed at Mt. Wilson observatory
- 1934 A.N., Vol. 254, p. 167: Beobachtungen der Leoniden
- 1935 Obs., 58, p. 14: The Bruno meteorite
J.J. Astr. Geod., Vol. 13 abst. (24): Preliminary Reports of Observations of Leonide Meteors
J.J. Astr. Geod., Vol. 13 abst. (23): Variable Stars under special investigation during 1921-1924
J.J. Astr. Geod., Vol. 13 abst. (21): Short Statistics of Variable Stars
J.J. Astr. Geod., Vol. 13 abst. (25): Jupiter's Dark spot
- 1936 J.J. Astr. Geod., Vol. 16 abst. (34): Illusion of the image of the Moon
Nat., Vol. 138, p. 513: The Patwar meteorite
Sterne, Vol. 16, p. 181: An die Beobachter der Zodiakallichtes
A.N., Vol. 259, p. 33: To the observers of Zodiacal light
- 1937 Nature, Vol. 140, p. 501: Observations of the solar eclipse of June 8, 1947
- 1951 Pop. Astr., Vol. 59, p. 431: A recent meteoritic fall that injured a human being. Part I: On a rare example of meteoritic fall
- 1958 Smithsonian Contr. to Astrophysics. (with I. Hasegawa)
- その他邦文の著書および訳書が多数あります。

故山本一清先生の思い出

木 辺 成 磨*

昨年(1958)の暮も迫った頃、上京していた私は恒星社の土居客郎氏を訪ねた際に、先生の病気であるとの報を聞いて驚いた。帰省後直ちにお見舞に行ったが、病室に案内される前にその病名が胃ガンから転移した肝臓ガンであることを聞かされた時には全く暗然たる気分被打たれた。ただ問題は先生の体が何カ月持ちこたえるかという点だけである。しかし病室の先生はまだ割合に元気であって、つい療養に差支えるとは思いながらも2時間位もお話したが、その大部分は先生の方が話しをされたのであった。しかし年のあらたまると共に、病勢は日々急進、1月11日二度目のお見舞に伺った際には、何んとも不安が感ぜられたのであったが、果せる哉、1月16日の早朝、危篤の急報にあわてて駆けつけた時には、もう先生の意識は全くなく、ただ条件反射的な浅い呼吸が続いているのみであった。そして僅か数分の後、令閤、令息、それから私との三名に手を握られたまま最後の息を引きとられたのであった。少し古い表現になるが、何かの因縁だろうか？ 私が来るのを待って息を引きとられたかのようにさえ思われた。今は語らざる先生の前に恭しく手をつき今日までの愛顧を謝し、また到らざりし私のつとめを涙ながらに詫びたのである。

ふりかえって考えてみると、僕が山本先生の許に出入りしてからかれこれ30年になる。たまたま、先生と僕とが同郷であることからして、このことが僕をば先生に近づけた理由のように感ずる人もあるらしいが、これはむしろ偶然のことであって、本来は「天文」から出発しているのである。その上、いささか奇妙なことには、僕と山本先生との間に関連の生じた経過がはなはだ漠然としていることである。というのは、1924年“火星大接近”のころ、すでにある程度「星」に興味を持っていた自分は、京大宇宙物理学教室の公開日に山本先生の星の説明を聞いているが、特に先生をマークしておらないから、その時の様子はボンヤリしか覚えていない。その翌年(1925)には山本先生の母校である大津の膳所中学(当時)で講演を聞いた。この時は昼間だから、風貌には接しているが、これとても特に優秀な生徒?として紹介されたわけでもないし、星に対しての興味はあっても、山本先生個人に対しては特別の関心は持っておらなかった。従って山本先生にハッキリとお目にかかっているのは多分1926~7年の間だったろうと想定される。しかしこれも、今となっては明確な記憶はないが、紹介者は

義兄(2~3カ月前山本先生の個人助手をしたことがある)か故中村要氏かのどちらかであったか、それともどうせその頃の僕はイタズラ盛りの年頃だったから、故中村氏を訪ねた際に、勝手に天文台の中を見て廻った際にたまたま山本先生に見付かったぐらいのものだろう。そういえば現在の自分が専心している鏡面研磨の仕事も、スタートは研究心から出たものではなく、単なる一中学生のイタズラ気分から出発しているのかも知れない。

その後昭和4年(1929)の頃に花山天文台が出来た。この頃にはチョイチョイ花山へ行っているし、たしかにある程度山本先生と話しをしていた。一番よく記憶しているのは1930年の秋にエロスが接近したときのことである。当時古畑正秋氏が松本高校(旧制)の生徒か、それとも浪人中だったのか、ともかく花山へ1カ月ほど来てエロスの変光を観測していた時に、それを半ば手伝い、半ばヒヤカン気分で見ている僕といてたちは紺ガサリに椅をはいた明治時代の書生風であった。これを見付けた先生が、“木辺君その恰好で星を見る気か”(註。カルプー 46cm 反射望遠鏡のアイエンドは相当に高い位置にある。)と逆にヒヤカされた一事である。

昭和7年(1932)の秋、中村氏が急逝した。そのため切角ある程度整備の出来かけた花山天文台の光学研磨室の席にブランクが生じたため、その理め合せ役として僕が入合した時に、先生と僕との師弟関係が確立したといっってよい。そして単に「天文」に限らず、実際面において山本先生の教導をその後数年間受けたわけである。その一例を示すと、今でさえそのクセが残っていることだが、当時の自分は、よく文字の書き違いをした。フンパンものは結局を結曲と書いた「天界」の原稿を提出したのである。これを見た山本先生はさもおかしそうに“フ、フ、フン木辺君、これは何のことじゃ”と笑われたのを記憶している。更に文字の誤りだけではなく、原稿を書く場合には同じ助詞、形容詞、接続詞等なるべく重なりあわぬようにせよとか、句読点等をなるべく多くするよとか、こんなことの注意さえもしばしば受けたが、これらのことは今もって先生から受けた大切な教えだと思っている。

1929年花山天文台の発足から昭和13年(1937)の頃までが、ある意味で山本先生の最も華やかな時代だったともいえよう。当時の花山天文台には竹田新一郎(故人)、上島昇(故人)、稲葉通義(現宮崎大学教授)、柴田淑次(現神戸海洋気象台長)、村上忠敬(現広島大学教授)、小山秋雄(故人)、の諸氏が若手の中心であって、宮本正太郎氏

* 木辺観測所(滋賀県中主町)

(現京大教授)はまだ学生だった。その他にも相当多くの台員が出入りして、仲々賑かであった。毎日15時には二階のバルコニーで先生を中心に全員ティータイムを楽んだし、教室から毎朝タクシーが登り、料金が一人前“十銭”だったのも夢のような話である。

大体山本先生は本質的に善人であった。だから一面一本気でもあったから、この頃“雷”は相当ヒンパンに落ちた。でも落雷後10分間もすれば“晴れ”である。叱ったからとて決して根に持つ人ではなかった。ただ下手に“雷”にブレーキをかけようとする、そこは先生とて人間のことから、電流がディスティーションを起して少々余震ならざる余雷?が残る。上長の性格を見抜かずに先生にたてつくのは、叱られた方が悪い。どうせ人間同志の考え方は五分五分かせいぜい七分三分ぐらいのものである。だから多少無理だと感じられることを先生がいわれても、とにかく命令通り実行するのである。その上で実行不能の証明を示すと、先生はアッサリその事実を認めた人である。決して部下に対して意地を張られるようなことはされなかった。このところの要領は私が弟子の中では一番よく心得ていたのかも知れない。だから私が頭ごなしに叱られたのはほんの1~2回しかない。上長を怒らせることは一つの罪悪であるというのが私の信条である。(古いといって笑われようとも)。

先生は本当に「天文」を愛し、「天文」に生涯を捧げた人であった。表面の行動はどうであろうとも、結局は「天文」に帰結し極めて真面目な人柄であった。個人的なエピソードも少ない方である。英子夫人とのロマンスに関して多少の噂は聞いているが、なにぶん私の方が、親子ほど年下なのだから、知ったか振りの口は利けない。クリスチャンも手伝ってか、酒、タバコは全く口にされなかった。“先生が少し酒でも飲まれたらなあ”と悪弟子達が時折歎息したほどであった。趣味として写真や絵も若い頃少々行われたらしいが、取り立てていう程の技倆ではない。先生の名前は Issei と自から書かれていたが、若い頃の絵に K. Yamamoto のサインがあることを附記して置く。碁、将棋、麻雀のたぐいは酒、タバコ同様である。ほんの2~3度花山天文台でテニスをされたのを見たことがあるが、腕前は想像通りである。もっとも、お相手をした花山の連中も下手クソばかりだったから話は簡単である。しかし手先は割合に器用な方であって、特に木工は少しだけだ。ある時“僕は天文をやっておらなかったら、今頃は大工の棟梁になっていたなあ”と冗談交りにいわれたことがあった。映画は晩年に多少見られた。僕も1~2度お伴をしたことがある。音楽もある程度理解があったが、自から歌われたのを聞いたのは5年程前に日本天文学会懇親会席上のただ一回だけである。読書は「天文」以外のものまでよく

された。結局、採し求めると趣味は「読書」ということになる。

京大を退官された後50歳台の10年間ほぼ戦時期に当たっている。この頃郷里の田上村(Tanakami)に天文台を作られた。物資不足中のことであったから、可なり苦心されたらしく、また、人手も不足していたから、自から大工と一緒に働かれたらしい。還暦を迎えられたのは昭和24年(1949)であった。当時の日本は漸やく敗戦後の混乱から復興に進み始めた時期であったから、そのお祝いをわれわれ共の手で実行出来なかった。この埋め合せに、今年5月古稀の祝を盛大に行はうと準備にかゝつて居た矢先、先生が亡られたことは残念でたまらない。

この頃先生は衆議院と、県知事選挙に出馬されたが、生憎くその頃の僕は漸やく大病から立直った直後であり、このことにはほとんどたずさわっていない。従って事情は深く知らないが、要は先生の理想主義が当時の日本の混乱を見るに見兼ねて敢てさせたことなのであろう。御自身のみならず、奥様まで教育委員へ立候補させられたが、以上三回の試みはいずれも「ノー」の結果が出た。これも予め知らない先生ではなかったところに上述の見解が成立つのである。後日僕に“選挙はスポーツと同様な気分で作らねばならない。投票がすめば、敵味方が打解けて握手し合うようにな”と語られたことがある。誠に山本先生らしい考えである。世間がこの気になれば、政界はウント浄化されるだろう。この時にもつくづく先生は善人だと思った。その後は専ら田上天文台(後日山本天文台と改称)の経営と東亜天文学会の育成に専心されたが、僕に東亜天文学会の理事長を命ぜられたのは昭和28年(1953)だったと思う。その最大の課題は会組織の法人化であったが、遂に今日まで先生の希望を実現し得なかった自分の非力は何んとしても申訳なく思っている。しかし考えて見ると、この頃から漸やく先生に老体の感じが出始めた。昭和29年(1954)には富山へお伴した。旅館の一室で夜の2時頃まで、はじめて京大を退かれる時の事情を細々と幾分の興奮さえ交えて語られたことが記憶に残っている。

昭和30年(1955)の4月、一度卒倒された。頭の血管の病気である。幸い1カ月ほどで一応快癒されたが、この前後から身体に疲労の様相が見え始めた。回復後は表面上は健康そうでも、氣力に前後で相違があった。この頃から、私に命令されるというよりも、逆に頼られている感じがして来た。「木辺さん、木辺さん」といわれるようになった。公平に言って、先生の計画性と実行性との幅が一層にひらいて来た。一例は滋賀県金勝山(Konze)に3メートルの大反射鏡を持った天文台を設立する計画であった。理想からいえば勿論結構なことである。

しかし現実の問題としては、どう考えても不可能である。面と向って先生のアイディアに反対し、ここで一本気の先生を、この年になって怒らせるには忍びない。宮本氏と相談して、一応候補地とされた600メートルばかりの山まで登り、その後自然に話しが消えるようにした。恐らくこんな口徑は私の目玉の黒い内にも出来ないだろうから、もし、私も亡きあとに仮りにこれに近いものが山本先生の流れを汲むものの手で出来たならば、パロマーの故智にならって「Yamamoto」の名を器械につけていただきたい。

その後、沼津の三五天文台のことなどがあったが、これは一つの波にすぎない。昨年(1958)の金環食には先生は鹿児島県指宿(Ibusuki)へ行かれた。強いていえば双方ともやはり、大きな私立の天文台という課題に関連が考えられる。書き落したけれども、先生は日本各地に天体観測施設の設立を促進された。2~3の名をあげる

と、倉敷天文台(法人)富山天文台(市立)などであろう。先生の姿を僕が撮影した最後は昨年(1958)9月18日ローウェル天文台のウイルソン氏を案内して洛北の比叡山へ登ったときのことである。同時にこれは先生と旅行(日帰りだが)した最後でもある。同行は僕と東京の村山氏だった。しかし今から思うと先生は僅かの山道でさえも、シンドそうだった。もう明かに病魔に犯されていられたのだった。その時は車にお年のせいだと思っておらなかったけれども……そして暮の12月7日東亜天文学会の総会を京大教室に開き、固辞される先生を今一度とって会長に選出した。だがその後僅か1カ月余りで先生の長逝を見て、あまりの急に呆然としている僕である。ただこの上は先生の御冥福を心底より祈念して自分の力の限りにおいてその遺命の実現へと努力するだけが残された私の道であろう。諸賢の御鞭撻をこい願ってやまない。(1959.1.26)

人工衛星の軌道と地球の重心

古 在 由 秀*

今からではもう一昨年にあたる1957年の10月4日に、スプートニクの第一号がうちあげられてから、いくつかの米ソの人工衛星が空をとびかい、なかにつみこまれた計器は、宇宙線や地上層大気のパラメーターを地上に通報し、すでにいくつかの新事実も発見されているらしい。

一方光学的な軌道追跡にかんしては、観測用のペーカー・ナン望遠鏡が世界中の12カ所にすえつけられ、これがまにあわなかった最初の2つのソ連の人工衛星をのぞいてはかなり正確な位置の測定が行われている。

先頃アメリカにきたソ連科学院のモッセビッチ女史(Massevitch)の話によると、ソ連にも70の眼視観測班と、26の写真観測班がもうけられており、これらはスプートニク一号のうち上げ当初から活動をはじめ、はじめはふなれで大部混乱があったらしいが、その観測資料は最近出版された。

もうすでに何回となくこの月報紙上にものべられているように、この位置観測の目的は、人工衛星の運動の解析から地球の形状、大きさ、その加速の状況や寿命から地球上層大気のパラメーターを求めたり、また東京天文台の広瀬氏が月の掩蔽や子午線観測から見出した観測地の鉛直線偏差などを決めなおすことにあるのである。

人工衛星は秒速約8kmで地球をまわっていて地表で

の角速度は1°内外といわれている。したがって時刻の精度は1000分の1秒、フィルム上の像は0.04°まで正しく測れるというペーカー・ナン望遠鏡では、人工衛星の位置は10m位の精度で決まるはずであるが、まだすべての望遠鏡はそこまで充分働いておらず、もう一桁近く精度が悪いらしい。

モッセビッチ女史の話では、ソ連の観測も、ひろい国内で時刻を一樣にきめにくいらしく精度も100mより悪いとみて差支えなからう。

人工衛星がどのような軌道をえがくかについても、すでにどなたかが書いておられるのだと思う。軌道は地球の重心を焦点とした楕円なのであるが、その楕円は不変のものではなく、人工衛星が軌道上のどこにあるかによって、最大数kmにおよぶ楕円からの週期的なはずれがあるし、軌道面と地球の赤道面との交点は、一日に数度ずつ西にずれている。この軌道面上での楕円の向き、すなわち近地点の方向も一定ではなく、昇交点から近地点までの角距離——近地点引数 ω ——は、軌道面と赤道面との傾斜角の大きなスプートニクでは一日に0.5位ずつへり、アメリカの人工衛星では数度ずつふえている。

天体力学の言葉では前者の週期的な変化を週期摂動、後者を永年摂動といっている。

このほか、地球の上層大気の影響——抵抗——によって、衛星は特に近地点付近で加速され、したがって軌道

* スミソニアン天体物理天文台、東京天文台

の半径も短くなって来るが、近地点の高さはほとんど変わらず、遠地点は低くなって来るのである。

この週期振動の大きさは、今まで得られている地球に関する知識から、100 m 位の精度まで正しく理論的に計算できるし、昇交点や近地点の永年の動きも、三けた位までは予測できる。

すでにスプートニックの一、二号などを使って、観測値からこの永年の動きを決め、予測値との比較から、この値の密接な関係のある地球の力学的扁率——幾何学的扁率とは少し違った値をもつ——を何人かの人が決めなおしている。

前にものべたように、二つのスプートニック——1957 α , β ——の時代には、ペーカー・ナンがそろっていなかったの、使われている観測は眼視観測、イギリスでの電波観測が主である。

また、おなじデータを使って、地上 200 km 位での大気密度は、それまで考えられていたよりも、数倍大きいということも、すでに何人のかによって指摘されている。

その後、1958 α , β , γ , δ , ϵ , ζ とうちあげられ、ペーカー・ナンも活動をはじめたのであるから、もっとわれわれの知識は増大してもよいはずである。しかしながらこの資料をにぎっている、スミソニアン天文台ではほとんどまだその整理に手がついていない。ペーカー・ナンの観測も、ほかの眼視、電波観測とおなじように、予報のためにしか使われていない。しかも初期に東京天文台でやっていたのと同じ原理で、軌道の形、大きさ、近地点の位置、軌道面の傾斜角は仮定し、一つ一つの観測について、昇交点、または近地点の通過の時刻、及び昇交点の位置だけを決めて、あとの位置を推算しているにすぎない。しかし資料の整理のプログラムは決って、そろそろこれに着手しはじめている。

そうこうしているうちに、予報のために使われるはずであった、人工衛星からの電波やレーダーを使った観測が注目を集めるようになってきた。

イギリスのキング・ヘレ (King-Hélé) が非常に難しい式を使って整理した、イギリスでの電波観測などの結果は、すでに各方面で使われているが、アメリカ海軍研究所が、西経 75 度線上の敷カ所を主とし、その他アフリカ、ヨーロッパなどにももうけたフェンスと呼ばれるレーダー網の観測がある。

この精度は数百米といわれているが、昨年3月ケプカナベラルからうちあげられ、あまり高いので光学的にはほとんど追跡できなくなってしまったバンガード、1958 β の、電波の発信装置をもった $\beta 2$ (本体) にこのレーダー網は特に力をそそいでいる。

この $\beta 2$ は近地点の高さが 650 km もあり、ほとん

ど空気の抵抗もうけず、地球のポテンシャルの形を決めるにはまことに都合がよいのである。

観測値が半年以上もたまった昨年の 12 月頃になって、この $\beta 2$ が予期していなかった軌道変化を示すことが分ってきた。

空気の抵抗が少ないので、軌道の平均半径はほとんど一定であるにもかかわらず、近地点と遠地点の高さが 80 日週期で変化するという事は、離心率が 80 日の週期で規則正しいサイン・カーブをえがいて変化しているというのである。

筆者が先にのべた軌道の永年振動は、地球の密度分布、あるいは等ポテンシャル面が、赤道面と自転軸にかんしては対称ということ仮定した結果である。もちろん近地点が赤道面からどれ位はなれているかによって軌道要素の変化については、筆者も式を求めたし、エール大学天文台のブラウワー (Brouwer) も研究を進めている。

$\beta 2$ の 80 日の週期というのは、丁度近地点引数 ω が 360° ふえる週期にひとしいのである。とすると離心率の変化は $\sin \omega$ の形で表わされていることになる。地球の密度分布が赤道面に対称であるかぎり、近地点が南半球にあらうが北半球にあらうが同じことなのであるから、要素の変化は $\frac{\sin}{\cos} 2\omega$ という形でしか表われないことになる。従って最初筆者などは電波観測にあまり信用をおいていなかったし、何か整理の方法に欠陥があるのではないのかとすら考えていた。

ところが 12 月のすえになって、日本にも 1948 年の礼文島の日食以来何回かやってきて、Army Map Service (?) で掩蔽を測地に利用する観測をやっていたオキーフ (O'Keefe) ——今は National Aeronautics and Space Administration にうつっている——などが、これは地球のポテンシャルの第三次項によるものだといひだした。

「地球の重心から r だけはなれ、緯度が β である点のポテンシャルは、引力常数を G 、地球の質量を M とかけば

$$\frac{GM}{r} \left\{ 1 + \frac{Y_1}{r} + \frac{Y_2}{r^2} + \frac{Y_3}{r^3} \dots \right\}$$

と展開される。地球は自転軸にかんしては球対称という仮定をのこしているかぎり、この偶数次の Y_2, Y_4 というのは赤道面にかんして対称な部分を表わし、奇数次は非対称な部分を表わしている。しかし第一次の Y_1 は、座標の原点を重心にとるかぎり零になる。」

そしてオキーフは離心率の変化から、この三次項の係数を求めたのである。

しかしもしこのようなポテンシャルの三次項が存在し離心率に変化を及ぼしているのなら、他の要素もおなじような変化を示さなければならぬ。そこで筆者はそ

の他の要素についての変化の式も導き、スミソニアンの人々に $\beta 2$ の実際の変化の様子を計算してもらってくらべてみたところ、近地点引数、軌道面傾斜角の変化は、離心率の変化から求めた数値で完全に説明できることが分った。ただ昇交点の経度だけは、予期される振幅が $0^{\circ}004$ という小さな値に対し、観測から求めた値はこの範囲以上にちらばっていて、なんともいえない。

ところでこのポテンシャルの三次項というのはどんな意味をもっているのだろうか。三次項を、地球の赤道半径 a_e を使って書きなおすと、

$$GM \frac{1}{r} \frac{a_e^3}{r^3} \frac{C}{a_e^3} \left(\frac{5}{2} \sin^3 \beta - \frac{3}{2} \sin \beta \right)$$

となり、筆者の求めた C/a_e^3 の値は 2.5×10^{-6} である。ここで簡単なモデルを考え、地球が南北二つの異った半回転楕円体からなりたっていると仮定すると、重心は赤道より北 48m にあることになり、形はひとしいが密度の異った二つから成りたっているとすれば、二つの密度の差は平均 2.0×10^{-5} 倍となり、重心は中心から北に 24m はなれているという計算になる。

事実はこのいずれでもなく、重心は中心と 10m 位しかはなれていないのではなからうか。もちろん緯度方向だけではなく、衛星の運動に半日周期などの変化を及ぼすポテンシャルの経度方向の不等もあるであろう。

しかしながらここで特に注意すべきことは、衛星の位置を表わすには、重心を横切る赤道面を基準としなければならないということである。われわれのポテンシャルの計算はその重心を原点にしているのであるから、……

この三次項の影響は他の衛星にもあらわれなければならないが、しかし前にもいったように整理はできてないのである。計算によれば 1958 ϵ の近地点は 10 km 以上の振幅を示しているはずである。ソ連の衛星では特に昇交点経度が大きな変化を示すはずであるが、その周期は 2 年位で、半年位しか寿命のない衛星ではなかなかその見分けがつきにくいと思う。

しかし今までこのような事実を考えに入れてきめていた、地球の力学的扁率や大気密度については、当然再検討が必要になってくる。

レーダー観測がこれほど威力を発揮してくると、もう一つ非常に期待のかけられることがでてくる。それは地球の半径の再決定である。光学的観測だけでは、衛星までの距離は、地球の半径との比としてしか決めてこない。しかしレーダーではその距離を直接に測れるのである。われわれのプログラムは少なくとも 100 m の精度で、地球の赤道半径、経度方向の形状の不等、更に観測地点の位置の決定をもくろんでいる。

人工衛星の平均経度の加速も、従来の知識によれば、時間と共に大きくなるものであり、遂には大気の厚い層に突入して、その寿命を終るものと考えられていた。しかし予報をやっても分るように、実はその加速にもふらつきがあり、そのふらつきの周期は各衛星共通で約 28 日であることが、スミソニアン天文台のヤキヤ (Jacchia) によって指摘された。しかもこの加速の増減がデシメートル程度の太陽電波の消長と、2 日程度のおくれでよい相関を示しているというのである。

この他、これも理論的には予期できなかった、軌道面傾斜角の様な減少——衛星によってその値に大小はあるが——という現象もたしかめられている。

傾斜角の減少も、スミソニアン天文台のスターン (Sterne) などによると、地球の大気も地球と一緒に自転しているという影響を考えると説明がつくらしい。

人工衛星の観測の整理がほんのいとぐちにつただけで、このように興味ある事実が現われてきた。われわれにとっては、予期していなかった現象こそ望ましいのである。なにごとプログラム通りにはこんでしまつて、1.0 だつたと思っていた値が、実は 1.3 だつたといった程度の貢献しか、日本の観測班をふくめた世界中の科学者が異常な努力をはらって観測した人工衛星が、なし得ないというようなことはないのである。 1959.1.26

雑 報

日没時に見られる緑色閃光などの現象 パチカン天文台では最近、日没時の太陽の見えかたや緑色閃光などの写真多数をおさめた研究報告 (Specola Vaticana, Ricerche Astr., Vol. 4, 1958, O'Connell 著, 写真は Treusch 撮影) を出版した。本号の表紙に転載した写真はその中の一例で、1956 年 9 月 15 日の日没である。太陽像がくびれているのは、そこに温度が急変する層があるためである。このような日には緑色閃光の見え

る確率が大きいとのことである。

地球大気の水屈折は、よく知られているように、角度の $34'$ ぐらいが普通である。この値は光の波長によって多少の相違があり、水平線近くの天体は、薄いプリズムをとおして見た時のように、上縁が緑色に、下縁が赤くみえる。この緑色の幅は角度の $10''$ ぐらいが通常なので、肉眼では見えにくいところが、極めてまれには、大気分散度が異常に大きいことがあり、温度の逆転する層があつて“しんきろう”のように反射を起し、緑色の幅が平常の数倍に達するという。(大 沢)

恒星系力学の方法について

青 木 信 仰*

1959年1月5日～10日に東大天文学教室において Structure & Evolution of Galaxy and Galaxies というシンポジウムが行われたが、その時の報告と討論の中で特に恒星系力学に関して重要と思われる点を要録したものである。

1. ポテンシャルが与えられた時の質点の運動

始め簡単のために各々の質点の運動について考える。この場合さらにポテンシャルはならして平均的なもの考えることにする。したがってここでは非常に近ずいた質点から受ける力が無視されている。このことについては後に緩衝時間の所でふれることにする。

このような仮定では運動方程式は明らかに

$$\ddot{x}_i = -\frac{\partial\varphi}{\partial x_i} \dots \dots \dots (1)$$

(ここで φ はポテンシャル) という形で表らわされる。

φ は一般には時間に依存するのであるが、ここでは時間を含まないとする。

さてこの場合さらに単純化してポテンシャルが軸対称とする。方程式には2つの積分—エネルギー積分と角運動量積分が存在する。ここでさらに対称面内で円運動と、その近傍の運動を比較しよう。近傍の運動を変分軌道の方法を用いてとくと、解の中に指数関数の肩に実数があらわれることがある。そのための条件は

$$\kappa^2 = \frac{\partial^2\varphi}{\partial r^2} + \frac{3}{r} \frac{\partial\varphi}{\partial r} < 0 \dots \dots \dots (2)$$

このことはたとえば力が距離の逆3乗よりも急激に減るような場合、または例えば非常に扁平なシステムの辺の部分でこのような事情が起る。

これらのことを一目でわかるようにしたのがリンドブラードのエネルギー・角運動量ダイヤグラムである。不安定がおきる時には2個以上の円運動が対応するからである。以上のことを実際にもちいて例えば銀河系内の平面運動について、その安定性を論じたものにはトルゴルトP、リンドブラード²⁾がある。後者は扁平なシステムのふちで実際不安定領域があることを示した。

2. 分布函数

上の結果は一つ一つの質点についてのみ考えた。しかし恒星系力学では位置、運動量空間で考えて、分割したセルの中に多くの質点が入っていると考えなければならない。それをあらわすものが分布函数である。セルをあまり細分すると、その中に入って来る質点の数が減り、従って不連続的になってしまう。そこで普通統計力学ではセルの中の数が、その代表の位置・運動量に関して連

続函数と見なすことが出来る程度に細分する方針をとる。このようなことが恒星系力学の場合にも妥当であろうか。1cc あたり分子の数は標準状態で 10^{20} 程度であるのに反して、たとえば銀河系全体でも星の数は 10^{11} とすると、その比較からも大部むずかしいことがわかる。恒星系力学では統計力学を用いるほど多くはなく、ざりとて多体問題であつかうほど少くもない。これは一般に恒星系力学の一つの問題である。しかしそんなことをいっていても何も結果が出てこないので一応分布函数が使えるものとする。まず定常の場合から考える。

またここでは衝突の影響は考えないことにする。前節と同じように各質点は方程式(1)に従って動く。従って方程式の第一積分は各質点に対して不変である。時間を含まない積分が何箇あるか、現在のところ不明であるが、例えば球対称なポテンシャルについてはエネルギー積分と三つの成分をもつ角運動量積分だけとする。分布函数は位置・運動量の6個の独立変数の函数と考えるが、一つの質点が位置・運動量は変えても第一積分は不変であるから時間を含まない第一積分は定常の場合の分布函数になり得る。しかし分布函数は正でなければならない。

逆に分布函数を求めるボルツマンの方程式で衝突を無視するとリュウビルの方程式

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x_i} u_i - \frac{\partial f}{\partial u_i} \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

を得る。一般に偏微分方程式をとく時、ラグランジュ・シャルピーの方法を用いて特性方程式という常微分方程式を導くと、その積分の任意函数がもとの偏微分方程式の一般解となる。この場合(3)に対応する特性方程式は(1)であって、(3)を解くことと(1)の積分を求めることは同値である。積分は一般に t を含むかも知れないが分布函数が t を含まない定常の時は、 t を含まない積分を用いなければならない。6個の積分の中最大5個しかとり得ない。そうでなければ変数はすべて常数になってしまうからである。

さて(3)の方程式の一般解を求める問題はチャンドラセカール³⁾が行った。彼は

$$f = \psi(Q + \sigma) \dots \dots \dots (4)$$

という形の分布函数がどんな事情で起るかを求めた。こ

* 東京天文台

ここで Q は剰余速度の二次形式で、その係数は場所と時間の関数である。 σ は密度に関する量であり、 ψ は引数の任意関数を表わす。

彼はまず定常の場合を論じた。彼の結論によると、 Q の係数は 20 個の任意常数をふくむ座標の 2 次式であり、全体としてとまっているものではポテンシャルは制限がないが、微分回転をもっているシステムでは必然的にヘリカル・シンメトリーをもたなければならない。しかも全質量が有限である時はさらに軸対称になる。

これに対してフリッケ⁴⁾は分布函数を (4) の形におけることを批判した。彼によれば、ポアソンの方程式

$$\Delta\varphi = 4\pi G\rho \dots\dots\dots (5)$$

を満足させようとすると (4) の形では、一般的には全質量が有限にはなり得ないことが証明される。もっとも彼自身もいっているように球対称なモデルの中に有限なものもあり得る。この実例について、クルト⁵⁾がポリトロープの方程式になるものを示した。ポリトロープ方程式の解の中には半径、質量共に有限なものが存在するからである。この場合 f はマックスウェル的ではない。

フリッケは主として銀河系内の速度分布を問題にしているので、このような球対称のものは一応除外した。また実際高速度星をも同時に考えると、速度分布は楕円体分布をせず、非対称性があらわれる。そこで普通の星のみでなく、高速度星をも含めたものに対して分布法則が出せないものかと考えた。マックスウェル分布のように速度の大きなものでも、頻度が如何に小さいとはいえ 0 ではなければ、脱出速度よりも大なる速度をもった星はその系内にとどまり得ず、従って無限遠点で妙な仮定でもしないかぎり、系は定常ではあり得ない。

それ故定常であるためには少なくとも数学的には、脱出速度より大きな速度をもったものに対しては頻度が 0 となるような速度分布であることが必要である。即ち速度分布は E_1 をエネルギー積分として、

$$(-E_1)^n = \left(-\varphi - \frac{V^2}{2}\right)^n$$

の因数をもつ。ここで V は速度の絶対値。又 $E_1 > 0$ では $f=0$ 。

軸対称のモデルに対しては、その軸のまわりの角運動量 $E_2 = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \cdot u_3$ は運動方程式の積分である。依て

$$f = \sum A_{ik} (-E_1)^i (E_2)^k \quad i, k > 0 \dots\dots (6)$$

という形になる。また全質量が有限であることから $i \geq 5/2$ であることを彼は示した。

$$\rho = \iiint f du_1 du_2 du_3 \dots\dots\dots (7)$$

を作って見るとわかるのであるが、 k が奇数の項は ρ に寄与しない。そのことから

$$f = \sum \alpha_{ik} (-E_1)^i E_2^{2k} + \sum \beta_{ik} (-E_1)^i E_2^{2k+1} \dots (8)$$

と分けるとポアソンの方程式の解は第 1 項のみに関

係する。第 2 項は任意である。勿論任意といっても分布函数が負にはならないという制限をうける。フリッケは第 1 項の最低次数が $5/2$ の時、第 2 項の方は $i > 7/2$ であることを示した。また奇数項のみが回転速度に寄与する。

それ故偶数項はポテンシャルにのみ寄与し、奇数項のみが微分回転にきく。従って回転速度とポテンシャルとは一応独立であるという一見奇妙な結果が得られる。普通軸対称のポテンシャルの中を動く質点が円運動をする時、その回転速度とポテンシャルとは一義的な関係に結ばれているからである。

恒星系の場合どうしてこのような結果が得られるのかは、平均的な運動を考えているからなのである。たとえば次のような極端なことを考えるとわかる。上の場合でも同じ半径をもった円運動を、逆の方向に回転させたものも同時に考えると、どこでも平均的な運動は 0 となる。

また球状星団の様な場合でも全体としては止っていても、決して一点に収縮してしまわない。別の言葉でいえば、統計的に考える時は個々の質点に働く引力だけでなく、速度分散から生ずる圧力をも考慮に入れなければならないのである。このことから考えると回転速度からその点での中心力を求めるということには問題があるわけである。

このように分布函数が与えられれば、その点の密度、したがってポテンシャルがきまる。従って速度分散とポテンシャルの関係も出て来る。ただ注意すべきことは与えられたポテンシャルをもつような分布函数は決して一義的には定まらないことである。

さてフリッケは高速度星をも含めた分布を (8) の係数を適当にきめて、実際の分布に合わせるようにした。この場合勿論全質量有限という条件は満たされている。しかし一点だけ(太陽近傍)の速度分布を与えるということは係数をただきわめることであって、そのこととシステム全体でこのような分布函数であるかどうかは別問題である。一点できめるとすべての点で分布函数が求まってしまう、それが実際そうになっているかどうかはまだ検証出来ないからである。そのことは彼の仮定である定常性が成立しているかどうかと関係がある。彼は一応シューラー変換を行えば非定常なシステムは定常なシステムに還元されると考えているのであるが、この変換がそれほど一般的であるとは思われないからである。

3. 速度分散と微分回転

前節で既にのべたように速度分散テンソル

$$\overline{U_i U_j} = \int f U_i U_j du_1 du_2 du_3 / \rho, \quad (U_i = u_i - \bar{u}_i)$$

や軸対称の場合の $\bar{u}_2 = \int f u_2 du_1 du_2 du_3 / \rho$ は f を仮定すれば求まる。一般に分布函数を解くことなしに f に適当な形を入れてこれ等のものを求めることが行われる。勿論すでのべたように、 f の形には色々問題があるの

であるが、それは前節にゆずる。一番簡単なものは

$$f \propto e^{-\frac{E_1}{\sigma^2}} \dots\dots\dots (9)$$

とすることである。これは普通の気体論で行われている方法で、十分衝突がおこる時は一応この形で表わされると考えられる。この場合では

$$\bar{U}_i^2 = \sigma^2, \bar{U}_i \bar{U}_j = 0, \quad i \neq j \dots\dots\dots (9')$$

即ちいたるところ速度分散が一定で等温モデルとなる。

$$\text{また } f = \begin{cases} (A - E_1)^n, & \varphi_0 < E_1 < A \\ 0, & E_1 \geq A \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

(A は定数, φ_0 は中心でのポテンシャル)

$$\text{では}^{9)} \quad \begin{aligned} \rho &= c_n (A - \varphi)^{n+3/2} \\ u_i^2 &= c_n' (A - \varphi) \end{aligned} \dots\dots\dots (10')$$

となる。ここで c_n, c_n' は定数値である。

このような場合速度分散は等方的である。異方的であるためには分布函数はエネルギー積分のみでなく角運動量積分も含まなければならない。

軸対称の場合は実際角運動量積分もふくめて、たとえば⁹⁾

$$f = f(Q), \quad Q = 2E_1 + k_1 E_2 + k_2 E_2^2 \dots\dots\dots (11)$$

とすれば、 u_2 方向と u_1, u_3 方向の速度分散の比 λ は

$$\lambda = 1 + k_2 R^2 \dots\dots\dots (11')$$

また E_1 についての奇数項が含まれていることから各点での方向の平均速度 \bar{u}_2 は

$$\bar{u}_2 = k_1 R (1 + k_2 R^2)^{-1} \dots\dots\dots (11'')$$

となり、微分回転を与える。ただし $R^2 = x_1^2 + x_2^2$ 。

リンドブラード²⁰⁾はポテンシャルを与えて、任意の点での速度分散や微分回転を得ることを考えた。けれども既にのべたことからわかるように、これらのものはポテンシャルと必然的な関係があるわけではない。さてある点でポテンシャルとつり合いような回転座標系を考えて、その附近の運動を求めると、

$$\left. \begin{aligned} \xi_1 &= c_1 + c_0 \cos \kappa(t - t_0) \\ \xi_2 &= -2A c_0 (t - t_1) - c_0 \sqrt{\frac{\omega_c}{\omega_c - A c_0}} \sin \kappa(t - t_0) \end{aligned} \right\} (12)$$

となる。ここで $\omega_c^2 = \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r}$ (ω_c は回転速度)、

$$A c_0 = \frac{1}{4\omega_c} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} \right), \quad \kappa^2 = 4\omega_c(\omega_c - A c_0).$$

c_0, c_1 について分布が

$$f = \exp - [h^2 c_0^2 + k_1^2 c_1^2 + k_2 c_1]$$

と仮定すると、原点における速度分散、平均的運動は

$$\bar{U}_1^2 = \frac{\kappa^2}{2h^2}, \quad \bar{U}_2^2 = \frac{2(\omega_c - A c_0)^2}{h^2 + 4k_1^2} \dots\dots\dots (12')$$

$$\bar{u}_2 = R \cdot \omega_c = -\frac{2k_2}{h^2 + 4k_1^2}$$

ここで $\kappa^2 \rightarrow 0$ すなわち不安定領域に近づくとき、 $\omega_c - A c_0 \sim \kappa^2 \rightarrow 0$ となるので $\frac{\bar{U}_2^2}{\bar{U}_1^2} \rightarrow 0$

となる。すなわち動径方向に非常に細長い速度楕円体となる。また $\varphi = -1/r$ とすると、ケプラー運動になるがこの時さらに $k_1 = 0$ とすると

$$\bar{U}_1^2 = 4 \bar{U}_2^2.$$

$k_1 = 0$ ということは周期的ことなる、従って長半径またはエネルギーのことなるものに対しては一様であるということに対応する。従ってこの場合離心率に関してのみ分布がマックスウェル分布をなしている。

4. 流体力学的取扱い

f に対するリウーベルの方程式を速度について積分すると、連続の方程式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i) = 0 \dots\dots\dots (13)$$

また $u_j - \bar{u}_j$ をかけて積分すると、

$$\frac{D \bar{u}_j}{Dt} = -\frac{\partial \varphi}{\partial x_j} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{U}_i \bar{U}_j) \dots\dots (14)$$

が得られる²¹⁾。この方程式を見るとわかるように速度分散の項が入っている。それ故速度分散に適当な仮定を入れなければ解けない。けれども流体力学的扱をする時は定常な場合だけでなく、非常定な場合にも、ある程度の解法の目安を得ることが出来る点が有利である。

普通統計力学的に流体力学を考えると速度分散をあらかじめわかった、たとえば各点でマックスウェル分布を仮定して求め、平均的な運動を解き、さらに場所や時間に関して一様ではないことから、速度分散の時間的変化を求め、逐次的に解くことになる²²⁾。この段階では粘性や熱伝導、拡散を与えるわけである。このようにして解いていくことは結局はもとの分布函数を求めることになる。f の各次のモーメントを求めることになるからである。勿論ここではそこまでは考えない。

さて、リンドブラードは流体力学の方程式を用いて銀河系の進化を論じた⁹⁾。そして扁平な軸対称なシステムにどうして腕ができるかを考えた。彼の理論は実際の圧縮性流体—たとえばガス雲—に対しても勿論適用出来るのであるが、星の集団を主として念頭においているようである。実際彼は速度分散については星のそれ考えた。また粘性等は事実上考慮に入れていない。

結論として扁平な星雲については不安定が起り、門的なものが出る可能性を示した。さらにその先端から物質がふきだすことを考えたのであるが、その辺の機構についてはあまりたしかなことはいえないようである。

5. 緩衝時間

今までは簡単のために全体としてスムーズしたポテンシャルだけを考慮して、個々の力を無視して来た。このことは大きな制限である。衝突に対して一つの目安を与えたのはチャンドラセカール¹⁰⁾であった。スムーズされたポテンシャルによって運動する質点 m_2 のエネルギーを E とする。 m_2 の近傍に偶発的に来る質量 m_1 によって

摂動を受け、 E が $E+\Delta E$ となったとする。この場合一つ一つの遭遇は互に独立であってランダムであるとする。すなはち一つが近づく時は、他のものからは力を受けず、二体問題として取扱う。このような取扱いを最接近 (nearest approach) の近似という。 $\sum \Delta E^2/E^2 \sim 1$ になるまでの時間を T_E とかいて緩衝時間と呼ぶ。

彼によれば

$$T_E = \frac{v_2^3}{32\pi N G^2 m_1^2 \mathcal{G}(x_0) \log \frac{D_0 v_2^2}{G(m_1+m_2)}} \dots (15)$$

となる。ここで $\mathcal{G}(x_0) = [\phi(x_0) - x_0 \phi'(x_0)]/2x_0^2$, $x_0 = hv_2$, $1/h^2$ は m_1 の速度分数, ϕ は誤差積分, v_2 は m_2 の速度, N は星の密度, G は万有引力の定数, D_0 は星の平均距離で、これより外の星の摂動は考えないことにする。

銀河系に対して $N=0.1/\text{pc}^3$, $D_0=3\text{pc}$, $m_1=m_2=0.5 M_\odot$, $v_2=20\text{km}$, $h=0.03\text{sec/km}$ とすると, $T_E=7 \times 10^{13}\text{years}$ となる。また球状星団については $T_E=4.2 \times 10^9\text{years}$ になる。それ故宇宙年令を 7×10^9 年とすると、銀河系ではあまり星の遭遇が行われていないが、球状星団ではかなり遭遇が行われていることになる。

銀河系の場合上のように緩衝時間が長いとすると、前節までに述べたような遭遇を無視した理論も一応妥当性がある。遭遇が頻繁に行われれば、分布函数は第一積分の任意函数というわけには行かない。ボルツマンの方程式で衝突を考えた場合でてくる項

$$\frac{\partial f_e}{\partial t} = \iiint (f'f'_1 - ff_1) k_1 dk_1 dc_1$$

はマックスウェル分布では0となる。またそうでない分布をしていても、 H 定理を用いると最終的にはマックスウェル分布をなす。したがって定常の場合はこの項は含まれなくなるのであるが、今までこの項を0としてきたのは事情がこなる。

しかしマックスウェル分布は有限な壁にかこまれた箱の中で成立つものであって、恒星系力学のように壁をもたないモデルでも緩衝時間よりも充分長い時間の後には成立つかということとは別問題である。

それはとにかくとして、銀河系において星の種族にもよるのであるが比較的エネルギーの等分則が成立しているようでもあるので、始めから等分則が成立していたか、または緩衝時間をもっと引下げることが問題となる。また星の出来た年代によって分布がこなるとも考えられる。緩衝時間を引き下げるのにはたとえば m_1 を 10^4 倍すると N は 10^{-4} となるが、結局 T_E が 10^{-4} 倍となる¹³⁾。このことは個々の星の遭遇を考えるよりもガス雲との遭遇によって摂動を受けると考えることになる。これ等の問題についてはまだ決定的ではない。

球状星団では衝突を考えなければならない、その結果蒸発もおこり得る。これについてはシュビッツァーの理

論がある¹³⁾。

6. 結 び

以上主として分布函数を求めることと、それらを用いて恒星系がどういう形をたもち、また進化して行くかということについての基礎的な問題を考えてきた。しかし衝突乃至は遭遇について各々の経過が独立であるという仮定はニュートン力のような長距離の力に対して有効であるかどうかという問題がある。この点についてクルトは統計力学的取扱いに疑問を持っているようである¹³⁾。

それはともかくとして遭遇が頻繁に行われればエネルギーの等分則が成立しそうなものであるが、既にのべたようにマックスウェルの尻尾の部分はシステムからはなれてしまう。勿論このことは数学的な考察から出て来ることであって、そのことからマックスウェル分布がいけないという結論は簡単にはいえない。実際問題としてその部分が無視され得る程度ならば、システムは定常と考えてもさしつかえないであろう。こういう点から考えるとフリッケのような条件も多少緩和されるかも知れない。この辺にもまだ問題は残されているようである。

しかしお話になってしまうかも知れないが、充分長い時間に対しては脱出速度以上のものが現れるなら、システムの星の数は減って行く、このことは宇宙全体にわたって一様な密度になる傾向をもっている。

しかし一方ジーンズ流に考えると一様な密度の物質がある時、密度や温度に関係した大きさがきまり、重力不安定の結果収縮がはじまる。それ故この二つの傾向は全く逆の方向をもっている。この二つの傾向がつり合って島宇宙的なモデルが必然的に出てくるのかという問題になると、宇宙全体が静止しているのか膨張しているのかという問題にもつらなって来る。このような相対論的問題についてはかなりの宇宙創成論的仮定が必要となってくるので、我々が考えてきたような事例だけでは何ともいえないのであろう。

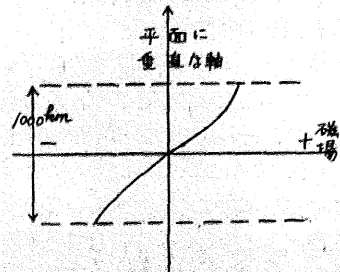
文 献

- 1) I. Torgaard, Medd. Lund Astr. Obs., Ser. II, Nr. 133, 1956.
- 2) B. Lindblad, Stockholm Obs. Ann., 15, Nr. 4, 1948.
- 3) S. Chandrasekhar, ApJ., 92, 441-642, 1940; Principle of Stellar Dynamics, Chap. 3, Chicago, 1943.
- 4) W. Fricke, A.N., 280, 193, 1951.
- 5) R. Kurth, A.N., 232, 97, 1955; or The Mechanics of Stellar Systems, p. 130, Pergamon, London, 1957.
- 6) " , Ibid., p. 116.
- 7) " , Ibid., p. 100.
- 8) S. Chapman & T.G. Cowling, The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases, Chap. 7, Cambridge, 1953.
- 9) B. Lindblad, Stockholm Obs. Ann., 16, Nr. 1, 1950; 17, Nr. 6, 1953.
- 10) S. Chandrasekhar, ApJ., 93, 285, 1941; Loc. cit., Chap. 2.
- 11) L. Spitzer, Jr., & M. Schwarzschild, ApJ., 114, 385, 1951.
- 12) L. Spitzer, Jr., & R. Härm, ApJ., 127, 554-560, 1958.
- 13) R. Kurth, Loc. cit., Chap. 6.

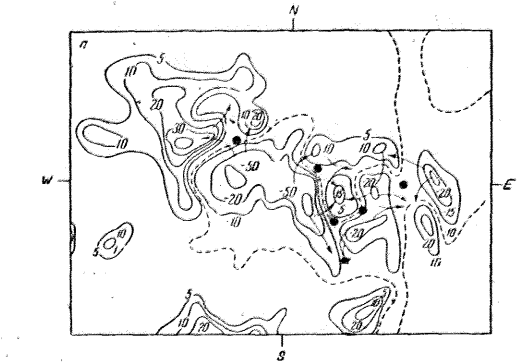
雑 報

太陽爆発現象の成因 太陽面の爆発現象(フレイヤー)はよく知られた現象で観測もされ、デリンジャー現象などでわれわれのなじみ深いものであるが、その発生機構については1947~8年に出されたジョヴァネリの自己放電説が否定されて以来さしたる進歩も見られず、新しい理論の出現が待たれていた。ところが最近、ソ連クリミヤ天文台のセーヴェルヌイは同天文台で得られたフレイヤーのスペクトルとマグネトグラフによる磁場の分布図の研究から新しいフレイヤーの理論を発表した。(A. J., U. S. S. R., 35, 1958; Report of Crimean Astrophys. Obs., 20 1958)

彼はフレイヤーが磁場の分布図で見ると中性点(磁場=0)に発生すること、しかも磁気圧勾配の急になった時に発生することから(フレイヤーと中性点の関係あることをジョヴァネリは既に予想していた)フレイヤーを磁気圧勾配(アンペールの力)と気圧勾配の平衡の破れたものと考えた。問題を簡単化するために厚さ1000kmの層で中間の面を境として磁場の強さが正から負へ反対称に移り変るモデルを考える(下図)。この厚さはフレイヤーのスペクトルでバルマー輝線などのうんと裾が太陽面で0'5~1"の細い構造("ひげ"と呼ばれる)を持つことから妥当と考えられるものである。さて、磁場=0の中性面からある距離離れた点で働く力は、重力を考えないと縮めようとする磁気圧勾配と、はね返そうとする気圧勾配によるものだけで問題は一次元になる。運動方程式から不安定の条件を求めると、磁気圧が気圧より大きくなければならない。そしてこの条件が満たされるや否や、断熱的な変化を考慮の限り(考えている1000kmの厚みでは断熱的としてよ



い) 加速度的圧縮が起り——ピンチ効果——物質と磁力線はプラズマの性質により、くっついたまま中性面に集中する。最初の平衡の時の層の厚みについて平均された気圧、磁場、温度として観測から10 パール、10 ガウス、1 万度をとると厚みが100 km になった時に衝撃波が生ずる。出来た衝撃波の反作用で圧縮は10 km のところで止められるが、この位の厚みになるとジュール熱や衝撃波の衝突で、断熱圧縮された以上に温度が上がり、千万度位に達する。またエネルギーを輻射してまわりに出し易くなる。この10 km の厚みの中で遊離されたエネルギーは、バルマー輝線や、バルマー連続域の励起を説明するのに充分である。かつこの部分から制動輻射でX線が出るとするとロケットによる観測を説明出来る。こうしたピンチ効果の結果磁場のエネルギーが失われるので、今度は磁気圧が気圧より小さくなって膨張が起り、観測によって知られているように、初めよりも磁気圧勾配の低い分布に落ちつくのである。



クリミヤ天文台のマグネトグラフによつて記録した太陽面黒点群の磁場の分布図の一例、単位はガウス。黒丸が中性点を示している。

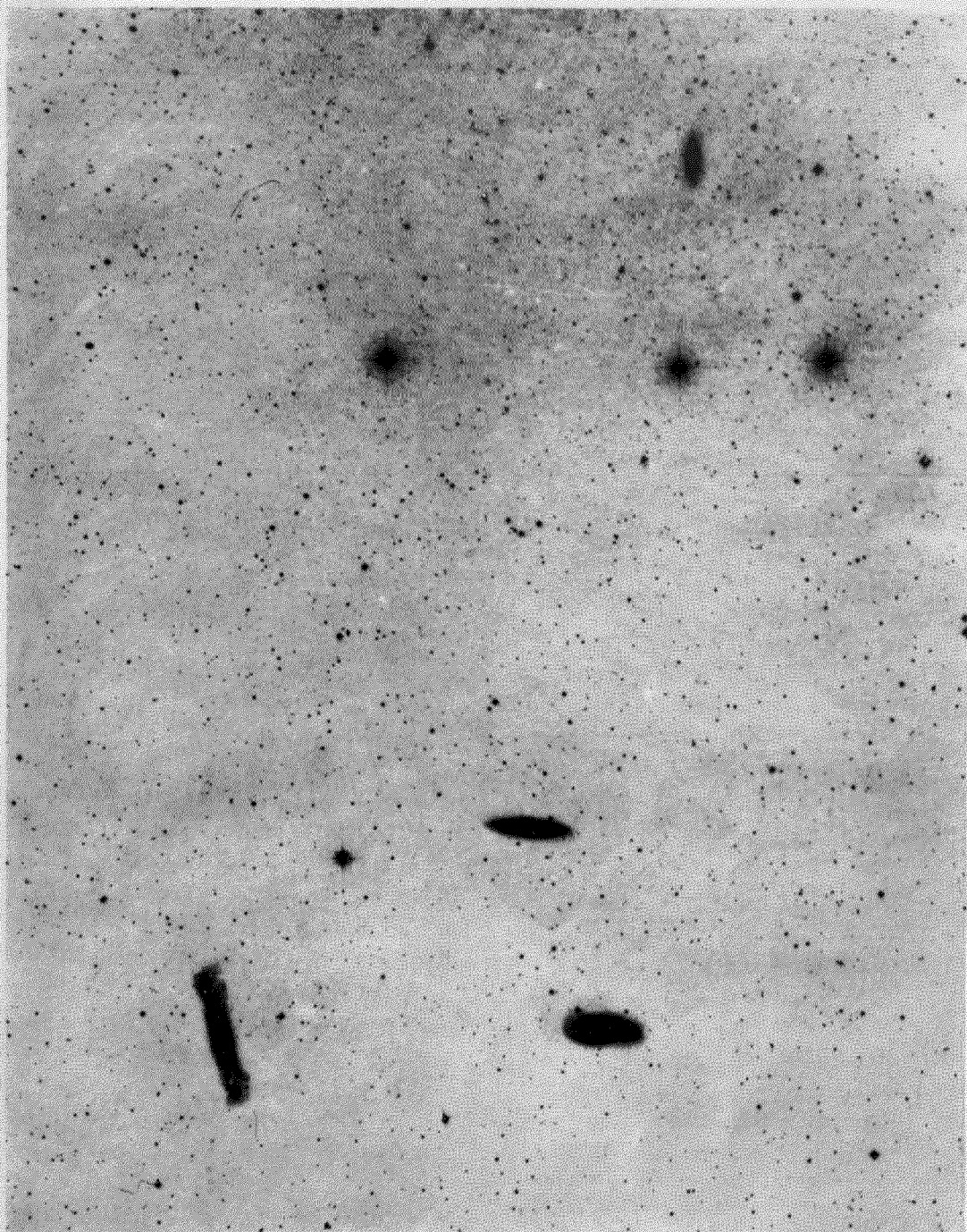
以上がピンチ効果によるフレイヤーの魅惑的な説明であるが、ピンチの起る必然性—特に簡素化された運動方程式に問題が残されているように思われる。(牧田)

ペーカーナンシュミットカメラによる人工衛星観測数
次の表は1年余りの間の観測数で、表中パサデナは組立工場で正規のステーションではない。(富田)

ペーカーナン・シュミットカメラによる人工衛星観測数

1957年10月4日より1959年1月18日まで

地名	観測開始	1957α ₁	1957β	1958α	1958β ₂	1958γ	1958δ ₁	1958δ ₂	1958δ ₃	1958ε	1958ζ	合計
パサデナ*	57年10月5日	3	0	—	—	—	—	—	—	—	—	3
ニューヨーク	57 11 5	3	7	53	7	3	15	15	0	11	5	119
南アフリカ	58 2 20	—	0	41	0	0	15	22	2	12	9	101
オーストラリア	8 7	—	3	37	0	1	33	52	0	15	18	169
インドネシア	3 14	—	1	10	3	0	37	26	0	12	2	91
日本	3 27	—	0	49	3	0	27	29	1	21	10	140
ドイツ	7 5	—	—	19	3	—	0	7	0	4	5	38
イギリス	6 24	—	—	75	0	—	18	27	0	20	5	145
フランス	5 20	—	—	3	0	—	9	4	0	1	1	18
インド	5 19	—	—	24	0	—	9	18	0	4	1	56
ロシア	5 10	—	—	14	0	—	8	3	0	1	0	26
アメリカ	6 18	—	—	0	0	—	0	5	0	3	2	10
ハワイ	5 31	—	—	51	0	—	14	16	0	7	2	90
合計		6	11	376	16	4	185	224	3	111	60	996



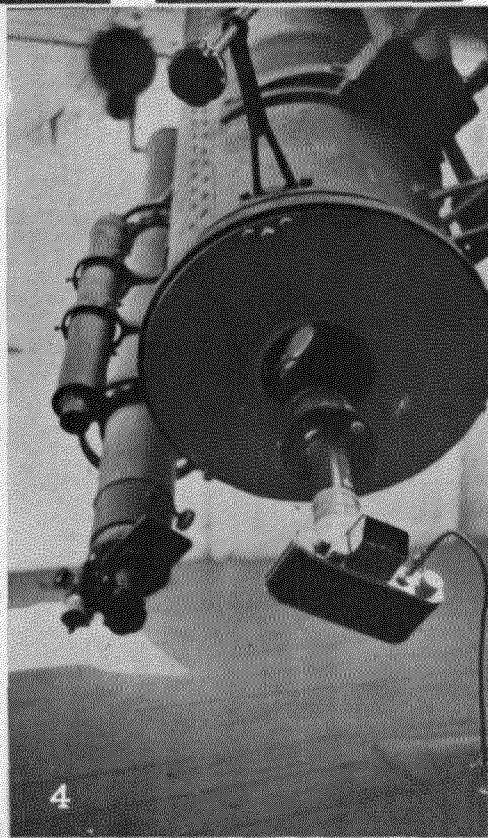
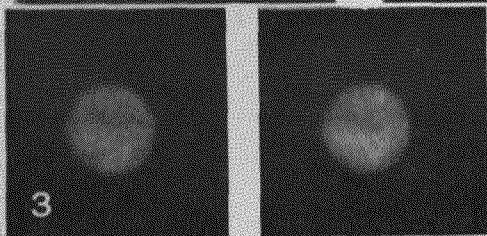
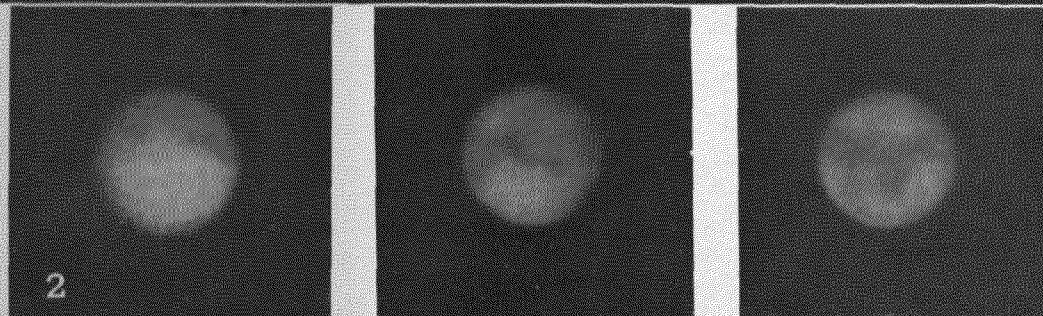
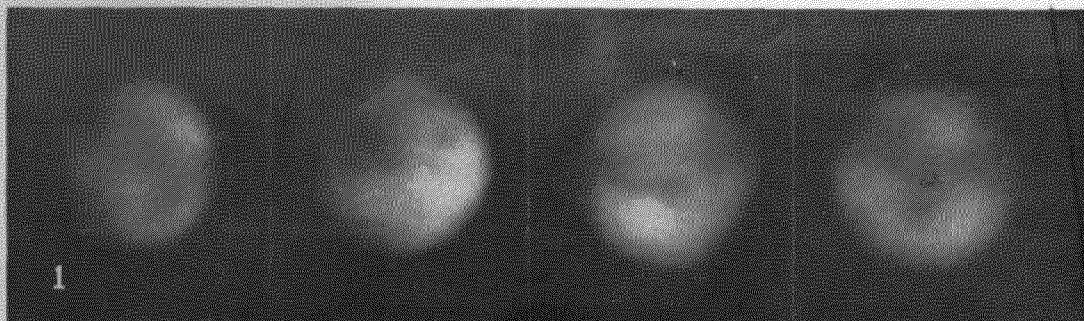
パロマーの眼(4)——しし座の明るい星雲群

春の訪れとともに、多くの輝星をちりばめた冬の銀河は西へいそぎ、代って東の空にかに、しし、おとめなどの星座が登場してくる。写真はこのしし座 θ 星の近くに比較的明るい星雲が集っている部分で、左が北、中央の上部に近い明るい星は 73 Leo, 下方に集った三つの星雲のうち、左の棒うず巻型は NGC 3628, 右下の渦巻きは M 66, その上の紡錘状は M 65, 右上隅近くの紡錘状は NGC 3593 である。スケールは左右の一边が約 1.7 度

昭和 34 年 2 月 20 日
印刷発行
定価 40 円(送料 4 円)
地方売価 43 円

編集兼発行人 東京都三鷹市東京天文台内
印刷所 東京都港区芝南佐久間町一ノ五三
発行所 東京都三鷹市東京天文台内

広瀬秀雄
笠井出版印刷社
社団法人 日本天文学会
振替口座東京 13595



火星写真集 (I)

昨年秋の火星の大接近は、近ごろとしては 1956 年に次ぐものであつたけれども、56 年には火星面上に大黄雲が発生し、表面模様の見えかたを極めてわるくした。昨年秋には黄雲の妨害もなく、また前回の観測の経験をつんだためもあつて、わが国内でも立派な火星表面の写真が得られた。これらのうち月報編集部あてに送られた幾枚かをお目にかける。

1 は倉敷天文台の 32 cm ケセグレ反射鏡を使つて水路部の監物邦男氏が撮影したもので、左より右へ順に、10 月 19 日 22 時 0 分、11 月 11 日 22 時 2 分、11 月 17 日 21 時 58 分、11 月 23 日 21 時 4 分のもの、反射鏡の合成焦点距離は 37 m、ネオパン SS にオレンジフィルターを使用して 1/4 秒の露出。

2 は倉谷寛氏が富山天文台の 40 cm 反射鏡に 9 mm の接眼レンズで拡大撮影したもので、合成焦点距離は 35 m で 24 cm の偏心絞りを使い、コダック Tri-X フィルムに R₂ フィルターを使い、1.5 秒の露出で得たもので、左より 11 月 5 日 22 時 48 分、11 月 24 日 0 時 24 分、11 月 25 日 21 時 55 分撮影。

3 は三上健太郎氏が札幌天文台の 20 cm 屈折で 11 月 3 日 3 時 40 分 (左)、11 月 16 日 0 時 7 分、オルソフィルムを使ひ 1/25 秒で撮したもの。

4 は 1 の写真を撮した倉敷天文台の火星撮影装置。

日本光学の天体望遠鏡

日本光学の天体観測機械

日本光学工業株式会社は古くから東京天文台・緯度観測所・地磁気観測所其他の専門分野各位よりの御要求に基き各種精密天体観測機械及び附属品の製作を続けて参りました。その主なるものは次の通りでこれらは現在も第一線で活躍し性能の優秀さを賞讃されて居ります。

スペクトロヘリオスコープ（東京天文台及地磁気観測所）

コロナグラフ（東京天文台乗鞍岳観測所）

ヘリオグラフ（" "）

浮遊天頂儀（緯度観測所）

シーロスタット（東京天文台）

掩蔽観測用30cm反射望遠鏡（掩蔽観測研究会）

8吋赤道儀（東京上野国立科学博物館）

6吋赤道儀（名古屋市東山天文台）

36吋反射望遠鏡（製作中）

2 1/2吋天体望遠鏡

（学校用及び天文愛好家用）

対物鏡

口径65mm 焦点距離 980mm

倍率

25× ~ 196×

架台

簡易赤道儀微動回転式
木製三脚付

2吋天体望遠鏡

（学校用及び天体愛好家用）

対物鏡

口径50mm 焦点距離 750mm

倍率

19× ~ 150×

架台

簡易赤道儀式 木製三脚付



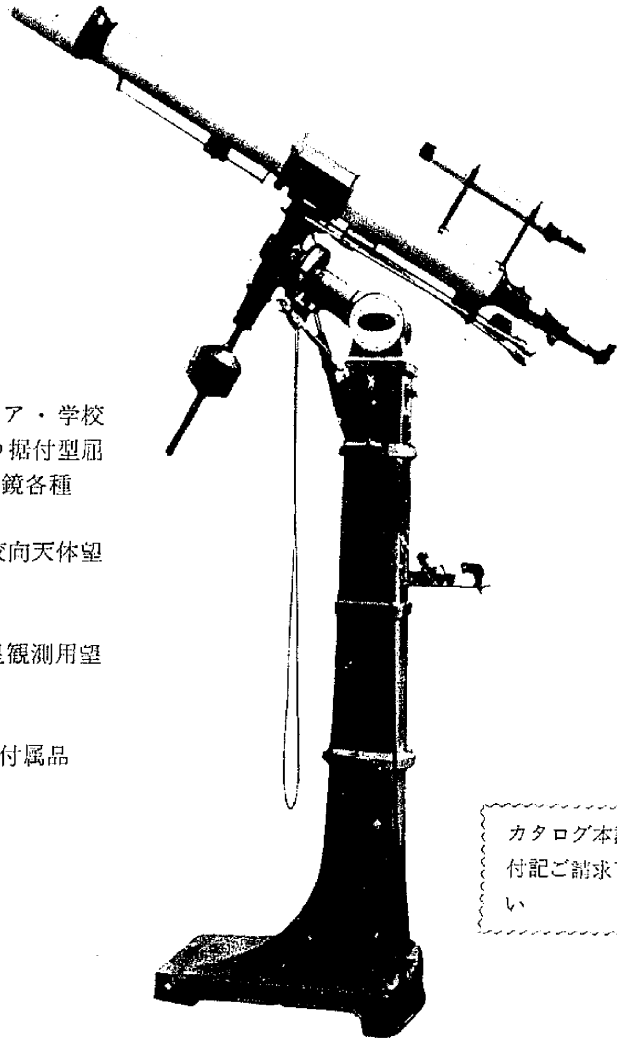
日本光学工業株式会社

本社 東京都品川区大井森前町
営業部 東京駅前 新海上ビル8階
サービス 東京駅前 新丸ビル1階
センター 大阪駅前 梅田ビル5階
札幌市大通り 大通ビル2階

ロイヤル

ROYAL
TOKYO

天体望遠鏡



☆専門家・アマチュア・学校
及び公民館等用の据付型屈折・反射天体望遠鏡各種

☆理振法準拠の学校向天体望遠鏡各種

☆観光用・人工衛星観測用望遠鏡各種

☆天文用光学器械・付属品

☆観測用ドーム

カタログ本誌名
付記ご請求下さい

PIYO 光学工業株式会社

本社 東京都千代田区大手町 2-2 野村ビル TEL (23) 0651・2000

工場 東京都豊島区要町 3-28 TEL (95) 4611・6032・9669

振替 東京 52499 番