目 次

――表紙写真説明――

高橋至時をして大奇書といわしめ，日本の暦学を大きく前途させた蘭訳ラランデ暦書の扉．写真は蕃書調所旧蔵本で東京天文台所蔵のものである．標題の ASTRONOMIA OF STERREKUNDE は「アストロノミア即星学」の意味．

蕃書調所印は朱印，標題等も朱墨の二色刷．原寸 22.4×12.9 cm.

太陽までの距離

青木信仰*

1. はじめに

地球から太陽迄の距離は天文学上大事な基礎量の一つである．太陽系内の運動のみならず，恒星までの距離もこれを基準として測られている．また近年宇宙旅行のことが真剣に考慮されるようになってきたが，太陽系内の運動は天文単位系という特殊な単位系を用いている．そのため実験室内での C.G.S. 単位系との結びつきを考える時に重要な役割をはたすのが，この太陽迄の距離である．地球上でいかに精密に実験や計算をしても，地球外に出てしまうと，もはや C.G.S. 単位系では律せられなくなり，この結びつきがはっきりしなければ実際とは合わない結果になる．

元来今迄は天文学者は地球上での観測に終始しておりしたがって，地上からの観測ではあまり響かないものはそのままにしておいた．そのため細かいことを議論する場合には多少の矛盾が含まれていた．天文常数系の不統一という問題がこれである．しかし現在は色々な意味で観測の方法が異なってきており，その結果いろいろの矛盾が表面に現われて来そうになった．と言っても現在非常に困るという程のこともないが，新しい観測の結果を理論的に解釈しようとすると不統一が問題になってくる．以下地球―太陽の距離という問題を中心にして，最近の電波を用いた観測などのことまで記してみたい．

距離を測るのには昔から古く行われた方法として三角測量がある．これは距離の分った2点がある時，第3の点に直接行けなくても，2点での測角だけで，第3の点迄の距離を測定し得るという原理に基づく．この方法こそ天文学にとっても大きな意味を持つ．我々は現在でも他の天体迄行くことが出来ないからである．

又もう一つの方法がある．ケプラーの第3法則によれば，惑星の周期の2乗はその軌道の半長径の3乗に比例する．この法則はよく知られているように万有引力を受けて，中心星のまわりをまわる質量無限小の物体に対して厳密に成立する．この法則を用いれば，太陽から距離のわかった一つの惑星があれば，他の惑星迄の距離がわかることになる．

地球の中心から見た天体の方向と地上のある点で見た方向の違いを一般に地心視差という．これが一番大きくなるのはもちろん観測者が赤道にいて，しかも天体が地平線上に見える時であって，これを赤道地平視差と呼んでいる．この角度の正弦はすぐわかるように赤道半径に対する地心―天体の距離の比であらわされる．よって(太陽系内の）天体迄の距離をいうのに一般にこの赤道地平視差をもってする．このことは三角法的方法が主として距離の測定に用いられて来たことからくる歴史的習慣である．上記の二方法を原理的には三角視差，力学視差という．後にのべるレーダーを用いる方法は地球の半径には直接は依存しないので，視差の測定というよりも直接距離測定である．

我々の主題である太陽迄の距離，従って太陽の赤道地平視差，略して太陽視差は直接三角法的に測定することは出来ない．原理的には多少なりとも力学的視差を用いている．普通三角視差と呼ばれているものは直接太陽の視差を測定するのではなく，地球の近くに来る小惑星などの距離を地心視差の方法を用いて決め，小惑星迄の距離が天文単位で測ってわかっていたとして太陽視差にもって行くのである．

ついでながら恒星迄の距離は地球の公転によって観測者の位置が変るために生ずる（年周）視差を用いる．これが三角視差と呼ばれるもので恒星の視差の中で最も信頼度が高いものとされている．この場合のベースはやはり地球―太陽の距離である． それ故太陽視差は二重の意味で橋渡しをしている． すなわち実験室（C.G.S. 単位系）から太陽系内の運動（天文単位系）へ，太陽系から恒星の世界へ，である．

2. 天文単位

万有引力の法則によると力Fは

$$F=\frac{GMM'}{r^2} \qquad (1)$$

で表わされる．ここで G は万有引力の常数と呼ばれ，C.G.S. 単位系で

$$G=6.668\ \mathrm{dyn\cdot cm^2/gr^2},\ \text{(R.T. Birdge)} \qquad (2)$$

次元は $[G]=[M^{-1}L^3T^{-2}]$ である　　(2)′

しかし既にのべたようにC.G.S. 単位では地球―太陽の距離も太陽質量もくわしくはわからない．しかも引力常数が4桁しかわかっていないとすると惑星の運動も4桁（1′程度＜）迄しか計算できない．これでは長い間の精密な観測を整理するわけには行かない．そこで別の方法を考えたのである．今質量 M のまわりに無限小の質量 m_0 がまわっているとすると中心力であるから平面運動であってニュートンの力学の法則を用いて，

* 東京天文台

$$m_0\frac{d^2x}{dt^2}=-\frac{Gm_0M}{r^3}x,\quad m_0\frac{d^2y}{dt^2}=-\frac{Gm_0M}{r^3}y \qquad (3)$$

となるが,ここで特殊解として円運動をとることにする：

$$x=a\cos nt,\ y=a\sin nt \qquad (4)$$

(3),(4) の比較から $n^2a^3=GM$　　　(5)

となる. (5) は円運動ではなく楕円運動の時は a を軌道の半長径とするとやはり成立つことが確められる. これはケプラーの第3法則に外ならない. 2体問題の時は

$$n^2a^3=G(M+M') \qquad (5)'$$

となる. 地球から見た惑星の見かけ上の方向は, 地球の位置が基準になっているので, 地球—太陽の位置に相対的に惑星の位置が決っていさえすればよい. したがって長さの大きさは直接には必要ない. そこで長さの単位として地球の半長径をとり又質量の単位としては太陽のそれをとる. この単位の長さで太陽のまわりをまわる質量無限小の物体の対恒星公転角度を k とすると (5) から

$$n^2a^3=k^2M \qquad (6)$$

となる. 普通角速度は rad/day 又は ″/day の単位で測り, 平均運動と称する. k の計算には太陽 (地球) の公転周期をもとにして, 摂動の計算を行ってきめるのであるが, ガウスは

$$k=0.017{,}202{,}098{,}95\ \text{rad/day}$$
$$=3548.''18761\ /\text{day} \qquad (7)$$

を得た. これをガウスの引力常数という. このような単位系を用いると (1) のかわりに

$$F=\frac{k^2MM'}{r^2} \qquad (1)'$$

となる.

さて地球の摂動等をくわしく計算すると k は以前の人が得たのと異なった値になるのは当然であり, その結果見かけ上万有引力の常数が変って来るように見える. この事は実際の問題では不便であるので, むしろ k の値を確定してしまった方がよい. そうすれば太陽の質量はグラム単位では分らないにしても, 太陽質量が変化しない間では,長さの単位を一義的なものにする事になる.これが現在の意味に於ける天文単位である. この単位で測るともはや地球の半長径の平均は厳密には1ではないことになるが, この方がむしろわかりやすい. メートル原器にしても, 初めは地球の子午線の全周の4千万分の1になるようにきめたのであるが, 後の精密な測量によるとこの通りにはなっていないが, この時メートル原器の方を基準にして長さの単位にしたことと同じ思想である.

	No.	Log
k	0·01720 20989 50000	8·23558 14414 88214
k^2	0·00029 59122 08286	6·47116 28829 76427
k''	3548·18760 69651	3·55000 65746 64673
k'	59·13646 01161	1·77185 53242 81030
k°	0·98560 76686 01425	9·99370 40738 97386
$\frac{2\pi}{k}=P_\oplus$	365^d·25689 83263	2·56259 84268 69901

第1表　ガウス引力常数値

(Trans. I.A.U., 6, 20, 1938)

我々の天文単位は太陽の質量が不変であることと, 万有引力の常数が不変であることの2点にその根拠をおいており, したがって実際の地球の運動とは無関係である (メートルが地球の周とは無関係のように).

さて以上のようなわけで 1938 年第6回 (ストックホルム) 国際天文学同盟の決議によって k の値として

$$k=0.017{,}202{,}098{,}950{,}000 \qquad (7)'$$

と確定した (第1表). ニューカムによると地球の長半径の平均は

$$a=1+\nu_2=1.000{,}000{,}23\quad \text{天文単位} \qquad (8)$$

である.

3. 太陽視差と地球＋月の質量比等の関係

太陽視差の正弦は原理的には地球の赤道半径に対する1天文単位の比と考えてよい. そうすれば k と G との関係は (2)′ から

$$k^2=\frac{GM_\odot}{\left(\dfrac{a_e}{\pi_\odot}\right)^3} \qquad (9)$$

又は
$$\pi^3{}_\odot M_\odot=\frac{k^2a_e{}^3}{G}=1.3538\times10^{33}\ \text{gr}\ (\text{角度の秒})^3 \qquad (9)'$$

となる.

一方月の運動に対して (6) をあてはめると

$$n_☾{}^2\left(\frac{\pi_\odot}{\pi'_☾}\right)^2=k^2m(1+\nu_4)^3 \qquad (10)$$

ここで $n_☾$ は月の対恒星平均運動, $\pi'_☾=\sin\pi_☾$ で

$$\pi'_☾=\left(\frac{\text{地球の赤道半径}}{\text{地心から月迄の距離}}\right)\text{の平均値} \qquad (11)$$

ν_4 は摂動による補正項, mは質量比 (地球＋月)/太陽, (以下簡単のために地球の質量という.)

(10) から

$$\frac{\pi^3{}_\odot}{m}=\frac{k^2\pi'_☾{}^3}{n_☾{}^2(1+\nu_4)^3}=2.237{,}08\times10^9('')^3 \qquad (10)'$$

太陽視差に関係あるものでは光行差常数および光差常数がある. 前者は主として恒星の視位置, 後者は惑星の視位置の計算のもとになる, 光行差とは光が有限の速度であるために, 運動している地球から見た時, 静止している太陽から見る時と較べて相対的に進行方向に傾いて見える現象であり, 軌道速度に対する光速度の比が問題になって来る. 進行方向に直角にくる光の地球の平均軌道速度に対する光行差を光行差常数 (K) と呼んでいる.

$$K\pi_\odot=\frac{n_\odot a_e(1+\nu_2)}{\sqrt{1-e^2{}_c}}=180.249('')^2 \qquad (12)$$

又惑星光行差の理論により, 惑星の場合は観測時に於ける地球と惑星の幾何学的位置を結ぶ方向に見えるのではなく, その光を発した時の地球と惑星の位置を結ぶ方向である. したがって天文単位を光が通過する時間が基礎になり, 光差常数 (τ) と呼んで基礎的な量である.

$$\tau\pi_{\odot}=\frac{a_e}{c}=4388.51('')\,\mathrm{sec} \tag{13}$$

なお以上の (9)～(13) の数値には (7)′, (8) の他次の値を用いている.

$$\left.\begin{array}{lll}
\text{地球の赤道半径} & a_e=6.378388\times10^{8}\mathrm{cm} & \text{(国際地球楕円体)} \\
\text{太陽の平均運動} & n_{\odot}=3548.''193 & \text{(ニューカム)} \\
\text{地球軌道離心率} & e=0.01675 & \text{(ニューカム)} \\
\text{月の視差の正弦} & \pi_{☾}'=3422.''54 & \text{(ブラウン)} \\
\text{月の平均運動} & n_{☾}=47434.''891/\mathrm{day} & \text{(ブラウン)} \\
 & \nu_4=0.00090768 & \text{(ブラウン)}
\end{array}\right\} \tag{14}$$

$$\text{光　速　度}\quad c=2.99791\times10^{10}\mathrm{cm/sec}\quad\text{(エッセン)}$$

パリの協定 (1896) によると

$$\pi_{\odot}=8.''80,\ K=20.''47\quad(\tau=498.^{s}58) \tag{15}$$

又ニューカムの太陽表での地球＋月の質量の逆数は

$$m^{-1}=329,390 \tag{16}$$

であって上の (15) とは合っていない. (ニューカムは太陽表の時は $\pi_{\odot}=8.''79$ をとっていた.)

参考迄に上式を用いて $\pi_{\odot}=8.''790$, $8.''795$, $8.''800$ に対する値をのせる.

第 2 表

$\pi_{\odot}$	K	τ	m^{-1}	$M_{\odot}$
$''$	$''$	s	$\times10^{5}$	$\times10^{33}$gr
8.790	20.508	499.26	3.2939	1.9934
8.795	20.494	498.98	3.2883	1.9900
8.800	20.483	498.69	3.2827	1.9866

尚地球＋月の質量は

$$mM_{\odot}=\frac{a_e^{3}(1+\nu_4)^{3}n^{2}_{☾}}{G\pi'^{3}_{☾}}=6.051_6\times10^{27}\,\mathrm{gr} \tag{17}$$

で勿論太陽視差には関係しない. ここには月の視差の不確定さがきいている.

又 de. Sitter (BAN, 8, 213, 1938) は (10)′ のかわりに, 実際の地球の公転と地球の重力との比較から

$$\frac{1+m}{m}\pi^{3}_{\odot}=223,705,600 \tag{10''}$$

とだしたが, これと (10)′ の差は常数系の取り方が異なっていることによる. その差異はこれからのべることにはきいてこないのでふれないことにする.

4. 太陽視差の測定

小惑星エロスは時々地球に近づく. それ故エロスの運動がよくわかっているとすると, 地球からの距離を測定することによって天文単位が km 単位でわかることになる. 今迄はエロスの地心視差を求めることである. 地球上の経緯度の知られた 2 点から同時に小惑星を観測することにより, その小惑星の見かけの位置のずれから 2 点間の距離をベースにして距離がわかる. 地上の点の間の距離は赤道半径と扁率がわかっていれば決定し得るから, エロス迄の距離を地球の赤道半径を単位として測定することになり, 従って小惑星の視差を決定することになる. 一方小惑星はその周期を測ることによって半長径が天文単位でわかり, そのことによって地球からの距離は天文単位で計算することが出来る. このように考えると天文単位に対する視差, したがって太陽視差を測定することになる. この方法を普通三角視差と呼んでいる.

エロス (433, 1898 DQ) は 1898 年 G. Witt によって発見された. ($n=2015''$, 離心角 $\varphi=12°52'$ であって地球に近く 0.14 天文単位迄近づき得る. ことに 1930～31 年の接近は 0.17 A.U. 迄近づいた. その前の 1901 年の時は 0.32 A.U. であった. 1931 年 1 月 30 日が最接近で, $7.^{m}1$, 衝は 2 月 17 日であった. この時はその赤緯が大きく北から南にかわり, 南北半球で観測が可能であり, それだけ三角視差をもとめるのに便利であった. このためにスペンサー・ジョンズは三角視差の方法を用いて太陽視差をもとめた. その結果は

$$\pi_{\odot}=8.''790\quad\pm0.001 \tag{18}$$

0.17A.U. 迄近づいたことは太陽を直接観測するよりも約 6 倍の精度が得られる. 正に絶好の機会であった.

一方もう一つの方法はすでにのべたように地球の質量をきめて間接的に太陽視差をもとめることである. エロスが地球に近づくと地球からの大きな摂動を受け, したがって地球の質量に対する補正が求められるのである. この方法は非常に大きな労力を必要とするものであって, そのために非常に精密な計算を行って観測と比較しなければならない. 小惑星が地球に近づくにつれて, その摂動がみかけ上拡大され, 地球は勿論のこと木星以遠の惑星のみならず, 金星や火星迄も大きな影響を与える. それ故惑星の質量も同時にきめなければならない.

最初の本格的な整約は G. Witt によって, 1893～1903 年の観測に対して行われた. 彼は金星から土星迄の影響を特別摂動の方法をもって計算した. 16 個の基準位置に対して ±3.″8 以内におさえた. その結果

$$m^{-1}=328,882\quad\pm986$$
$$\pi_{\odot}=8.''794\pm0.''009 \tag{19}$$

その後 1930～31 年の観測を加えて Noteboom Witt 等は摂動の計算をやり直して太陽視差を求めた (ともに 8.799±0.001). しかし何といっても決定的な結論を出したのは Rabe (A.J., 55, 112, 1950) であった. 彼はシュトラッケの質量を用いて水星一海王星迄の影響を特別摂動で計算した. 観測と比較したのは 1930～1945 であった. 又スペンサー・ジョンズの注意により, 彼は世界時系を用いず, 今でいう暦表時系を用いた. 以前には太陽 (従って地球) の位置についてのみニューカムの表に補正を加えて整約していたが, 暦表時系を用いることにより自動的に外の惑星に対しても対応する補正を加えたことを意味する. このようにしてエロスの要素に対する補正のみならず, 惑星の質量, 地球の要素, 黄道傾斜, 春分点, 赤道点に対する補正も一緒に解いた. 結果は

質量の逆数

水　星	6,120,000±43000	
金　星	408,645　208	(20)
地球＋月	328,452　43	
火　星	3,110,000　7700	

エロスの要素 (1931, 1 月 18.0 日 (E.T.)):

$$\left.\begin{aligned} M_0 &= 0^\circ\ 35'\ 8.''935 \\ \omega &= 177\ \ 56\ \ 28.\ 213 \\ \Omega &= 303\ \ 46\ \ 53.\ 113 \\ i &= 10\ \ 49\ \ 45.\ 849 \end{aligned}\right\} 1930.0 \tag{21}$$

$$\varphi = 12\ \ 52\ \ 44.\ 084$$

$$n = 2015.''\ 293108$$

$$\left.\begin{aligned} dl'' &= 0.''00 \pm 0.''19 \\ de'' &= -.22 \quad .11 \\ e\, d\pi'' &= -.33 \quad .18 \end{aligned}\right\} \text{地　球} \tag{22}$$

$$\left.\begin{aligned} d\varepsilon &= -.43 \quad .11 \quad (\text{黄道傾斜}) \\ \Delta\alpha_0 &= +.30 \quad .07 \quad (\text{春分点補正}) \\ \Delta\delta_0 &= -.12 \quad .19 \quad (\text{赤道点補正}) \end{aligned}\right\} \tag{23}$$

de Sitter の式 (10)″ を用いると，地球の質量から

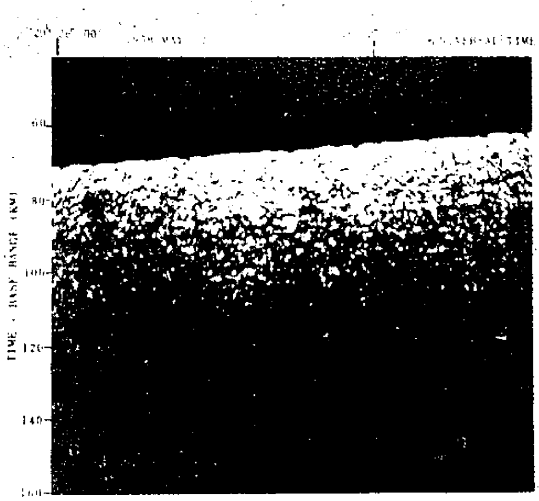
$$\pi_\odot = 8.''79835 \pm 0.''00039 \tag{24}$$

となる．この結果はウイットやノートブームの値とはその確率誤差の範囲では一致するが，スペンサー・ジョンズのとはかなりことなっている．

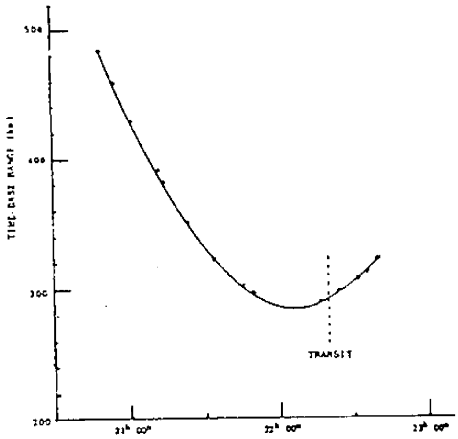
この不一致はその後多くの人が問題にしているが，まだその原因がつかまれていない．ただ言えることは三角視差の方は測定には高い精度が要求されるし，大気差に問題が多少はあるかも知れない．大きい地心視差を得るためにはかなり高度の低い観測をも用いなければならないからである．それに反して力学視差の方は地心で観測してもかまわないのであるから，従って低高度の観測は用いなくてもよい．

5.　月迄の距離

太陽視差のついでに月迄の距離についてふれる．(10) によってもわかるように太陽視差と地球の質量の関係に寄与しているからである．最近レーダーを用いて月迄の距離を直接測定することが試みられている．ブラウンの



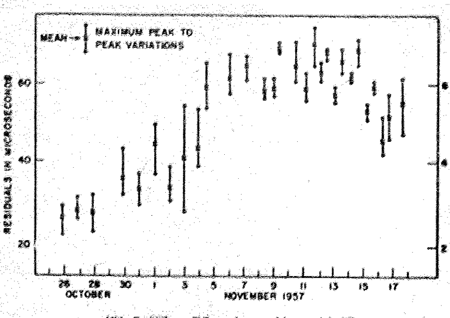
第1図　反射波の到達模様



第2図　子午線通過附近の様子

表で採用されている距離よりも少し遠いという結果が得られているが，今迄得られたものも精度上確定的ではない桁なので，今迄のものとはっきり矛盾していつとは言い切れない．今後とも双方からの値の比較が続けられることがのぞまれる．レーダーの観測も精度ギリギリの所と考えられるからである．

イギリスの J.S. Hey と V.A. Hughes とアメリカの B.S. Yaplee 他 (Paris Symposium on Radio Astronomy, 1958) は独立に 10 cm のマイクロ波のパルスを発射し，それが反射して帰ってくる迄の時間（往復に約2秒かかる）を測定して距離を出した，反射の様子をブラウン管上に走査させて写真をとったものが第1図である．白い部分がエコーのあった部分で，エコーの先端はかなり鋭さをもっている．横軸は時間である．この図では時間が経つにつれて月が近づいていることを示す．反射は月の全面からではなく，デイスク中心（一番地球に近い点）から月面で 5° 位の範囲しか反射が帰ってきていない（垂直距離で 50 km 位）．このことは月面が乱反射的ではなくて，鏡面に近い反射をしていることを意味する．又天体が出入する時に較べて子午線通過の時は一般に観測者との距離が近くなるが，月の場合地球の半径に較べて距離が割合近いので（約 60 倍），この影響がかなりきいてくる．このことを第2図が示す．又反射波にはフラクチュエーションがある．この反射の様子が刻々変化しているのは月の秤動によって反射する各点の相対的位置や速度がことなっているためのようである．長波長の電波では干渉の現象もあって一層こみ入ってくる．又 10 cm 波に於ても，エコーの先端もなめらかにはなっておらず，時間的には数秒の程度で，距離的には数 km の程度のフラツキがある．このフラツキが月迄の距離を決める時の不確定さを規定する．月は完全な球面でもなく，又鏡面でもない．月の山の凹凸は数 km に達するし，これ等のことが関係



第3図　Yaplee 他の結果

して不確定となる.

今迄得られた結果をみても 1km の程度に於てはやはり問題があるようである. 又月迄の距離は既に述べたように地球の赤道半径と視差の組み合わせで表わされているが, 赤道半径の 100m の誤差が, 月迄の距離に直すと 6km の誤差になる. 国際地球楕円体では赤道半径は 1m の桁迄掲げられているが, そこ迄確定的というわけではない. 各測点から重心迄の距離で 10〜100m の程度では不確定な部分がある. これ等のことを考えるとまだ問題がある. 6桁有効数字をだすのには月の視差で 0″01 以下にしなければならないが, そこ迄観測することは非常に困難である.

Hey, Hughes の結果は 1958 年 5 月 30 日に対して O—C で 1.53km±1.25km となっている. 計算は国際地球楕円体の赤道, ブラウンの視差, エッセンの光速度を用いている. ((14) と同じ).

一方アメリカの Yaplee 他も同じ 10cm 波を用いて同様なことを行った. この場合結果は第4図に示されている. これによると O—C は約 +6km となていっるが, この時に採用した赤道半径は

$$a_e = 6.37827\times10^8\text{cm} \qquad (25)$$

であり国際地球楕円体よりも約 100m ばかり小さい. それ故なまのデーターはヘイのものとそれ程違っているとはいえない. なお光速度は

$$c = 2.997928\times10^{10}\text{cm/sec} \qquad (26)$$

又ここでは 1957 年10月 9〜11 月の値がのせられており, かなりの波を示しているようである. これが1か月の周期であるとすると, 月の離心率に補正を加えなければならぬことになるが, そこ迄はまだ確定的ではないかも知れない.

6. 21cm 波の吸収線による太陽視差の決定計画

話を又太陽視差にもどす. アメリカのブラウワーとりりーは銀河から出ている 21cm の吸収線を用いて地球の公転速度を求めて視差を求めることを考えた. 最近米国航空宇宙局にその計画案を提出した. (A Proposal submitted to NASA, 1959) そのあらましをのべる.

太陽系外からくる電波は地球が公転速度をもっていることから当然ドップラー効果を受ける. ドップラー効果は速度と光速度の比であらわされるから, 光速度に対する軌道速度, したがって光行差をもとめることになる. 既にのべたことからもわかるように地球の運動は天文単位系で表わされているから, 速度を km/sec でだせば, 天文単位を km 単位で測定することになる. この場合は光速度が基準になっているから光行差常数をきめることになる. ブラウワーはこのようにして今迄の太陽視差の測定の矛盾に目をつけて, 第3の方法を導入することにより, 問題を前進させようとした.

さて, 水素の出す 21cm 波の周波数は

$$1420.40572\pm0.00001\,\text{Mc/s (R.H. Dicke)} \qquad (27)$$

であり, 地球の平均軌道速度は 29.8km/sec であるのでドップラー効果によるずれは約 2.8×10^5c/sとなる. 従って周波数を 1c/s 迄測定すれば5桁の太陽視差を求めることが出来る. 吸収線を選ぶ理由はシャープな輪廓が得られ易いということのようである. アンテナのパターンに比較的依存しないですむ. しかし吸収線自身, ガス雲の内部運動でドップラー幅をもっているが, 1c/s 迄測定することは 0.1% 迄プロフィールを測定する必要がある.

観測に用いるアンテナはワシントンの南約5マイルの所にある海軍研究所のマリー・ランド観測所にある直径 84 フィートのものである. これで十分成算があると考えているようである. 振動数の測定は9桁必要なわけであるが, 絶対的な値は必要ない. ただ少なくとも半年の間同じ観測条件を整えるだけでたりる.

しかしここ迄の精度を問題にすることは時間の測定が重要な問題になって来る. 現在では原子時計によってかなりの精度が得られていると考えられる. これは実はセシウムのマイクロ波を測定することであり, 従って実際問題としては地上のセシウム線を基準として銀河の水素線の周波数を測定することになる. 観測的の困難はそれ故いかにしてシャープな水素線のプロフィールを得るかということになると思う.

以上からも分るように光速度の決定がかなりの影響を与えている. それ故光速度の高精度での決定がのぞまれる. 最近測定について議論がなされているが, 光波と電波との間に実験的問題があるようである.

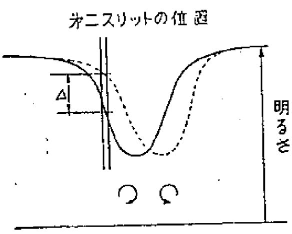
また月の場合視差へもって行くのには地球の赤道半径を決めなければならないが, これがすこぶる厄介である. その辺にも問題がひそんでいる.

それはともかくとして最近になって, 今迄は直接結びついていなかった天体力学と電波天文学が以上のような問題について共通の場を得たことは非常に興味あることである. 近い将来, 日本に於てもこのような研究が可能になるのを望むのは筆者ばかりではあるまい.

雑　　報

太陽面の中位の強さの磁場の測定

太陽面の磁場は黒点のスペクトルが 1000 ガウス程度のゼーマン効果を示すことからまず知られた．また数ガウス位までの弱い磁場については 1955 年頃バブコックが自作の光電装置――マグネトグラフ――によって測定し，弱い磁場が太陽面一面に分布していることを明らかにした．その後この中間の強さの磁場を測定することが望まれていたがそれはまずソヴィエトのクリミヤ天文台の人たちによって果された（N.S. Nikulin, A.B. Severny and V.E. Stepanov; Rep. Krim. Obs. 19, 3, 1957）．測定法はバブコック式で数 10 ガウスまで測られ，その結果はフレーヤーの理論に用いられた（A.B. Severny; Russ. A.J. 35, 335, 1958）．



第１図　磁場を測る原理

ところが最近になってアメリカでもウィルソン山でハワードが同じくバブコック式で数 10 ガウスまでの磁場を測り，（Ap. J. 130, 193, 1959）それに踵を接して同じウィルソン山でレイトンが原理はバブコックと同じであるがスペクトロヘリオグラフを利用して太陽面磁場の分布を濃淡の写真にとることに成功した（Ap.J. 130, 366, 1959）．レイトンの方法はバブコック式が太陽面上の磁場の強さを一点ずつ測定するために或広さを測定し終えるのに長い時間がかかるのに比べてかなり広い面積を同時に撮影出来るところに特長がある．この方法では 300 ガウス位まで測定される．


第３図　磁場の分布と H_α ヘリオグラムの比較（ハワード）；等磁場の線は 5, 10, 25 ガウス，斜線は 35 ガウス以上の場所を示す．実線と点線は極性の違いを示す．

ところで磁場を測る原理であるがそれは第１図のようにゼーマン効果で右まわりの偏光と左まわりの偏光に分れた吸収線のスロープにスペクトログラフの第二スリットをあててそれぞれの偏光を別々にとり出し，その差 Δ から磁場の強さを求めるのである（但しこの方法では磁場の視線方向の成分しか求められない）．この差をバブコック式では電気回路でだすが，レイトンはこれを一方の偏光でとった乾板のポジを他方の偏光でとったネガの上に重ねる操作で求めた．

ハワードとレイトンの観測結果は第２図に見るように一致して磁場の分布模様がカルシウムの線（K_2）で見た模様と同じであることを指摘している．このことはバブコックによって既に云われていたことであるがかなり細い構造のところまでこのことを確かめたわけである．そして両者をあわせれば K_2 ヘリオグラムの明るい部分の縁はほぼ 10 ガウスになる．また黒点のまわりでは磁場が太陽面に大体垂直であることが磁束の縁辺効果と磁場の分布図が太陽の縁で K_2 ヘリオグラムと合わないことから導かれた（これらは磁場の視線方向の成分しか求められないことに起因する）．更にハワードは水素の線（H_α）で見た模様との比較から暗条が磁場の中性域に横たわりその両側で極性が異なることを見出している（第３図）．

以上のことで確かめられた一つの興味あることは太陽面の明るいところではそれだけ磁場が強いということである．ところが強いといっても 1000 ガウスにもなるとそれはかえって暗い黒点になってしまう．ここに磁場がある場合のエネルギー伝達の面白い問題がある．（牧田）


第２図　磁場の分布（中）K_2 ヘリオグラム（左）白色光（右）でとった写真の比較（レイトン）；磁場の強さは黒さと白さで表わされ，白と黒では極性が逆になっている．模様の輪廓は大体 20 ガウスに相当する．

写真による新しい流星群　微弱な出現の流星群については，デニング 1899 年，マキントッシ 1935 年，ホフマイスター 1948 年などに，実視観測より求めた多くのものが採録されている．

ハーバード天文台の流星計画により，1952 年２月より 1954 年７月までベーカーのスーパー・シュミットカメラを使い，２点観測で

3623 個の流星をうつした． これらのうち，キヤによって 357 個の流星の精密な軌道が計算され，また2181 個がマクロスキーによって，近似的な方法で軌道要素を計算し，速度を 3 %の精度で，幅射点を 3 度の精度で決定した（A.J. 64, 25, 1959, McCrosky and Posen,）.

次の表は写真観測より得られた 7 個の新しい流星群で，このうちかみのけ流星群は 1913 彗星，こじし流星群は1739 年彗星，ぺガスス μ 流星群は 1819 Ⅳ 彗星との関連が考えられる． （下保）

写真による新流星群

流星群	出現極大	出現期間	幅射点 α	幅射点 δ	測定流星数
かみのけ	Ⅰ 17	Ⅰ 13～23	187°	18°	6
へび K	Ⅳ 1	Ⅳ 1～6	231	18	4
おとめ α	Ⅴ 5	Ⅴ 1～9	215	−12	9
こじし	Ⅹ 24	Ⅹ 22～24	160	35	2
たふご ε	Ⅹ 17	Ⅹ 17～27	102	26	2
ペガスス μ	Ⅺ 11	Ⅺ 17	340	23	3
ひつじお δ	Ⅻ 8	Ⅻ 8～13	51	21	7

人工衛星の現況（本年 1 月号， p 20 へ追加）

1960 年 1 月 19 日現在飛んでいる人工衛星は，1958 α（エクスプローラー 1 号）， 1958 β_2 および β_1（バンガード 1 号とそのロケット）， 1958 δ_2（スプートニク 3 号），1959 α_1 および α_2（バンガード 2 号とそのロケット）， 1959 δ_2 および δ_1（エクスプローラー 6 号とそのロケット），1959 η （バンガード 3 号）， 1959 θ_1 および θ_2（宇宙ステーションとそのロケット）， 1959 ι_1 および ι_2（エクスプローラー 7 号とそのロケット）， 1959 λ（ディスカバラー 8 号）の合計 14 箇である．なお 1 月号の周期表にもれている人工衛星の打ち上げ日とその際の周期は次の通り． （竹内）

1959 θ_1 および θ_2	1959 年10月4日	約 16 日
1959 ι_1 および ι_2	1959 年10月13日	101.5 分
1959 æ	1959 年11月7日	94.5 分（11月26日落下）
1959 λ	1959 年11月20日	103.7 分

★新彗星

1959 年 12 月 3 日発見されたムルコス彗星（1959 j）は，8 等級，1° 以内の尾を持っていてその後の位置は，キャンディの計算によると次のようになる．

1959/60 (0^hE.T.)	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1850.0}$	Mag.
Dec. 28	$16^h\ 27.4^m$	−11°20′	
Jan. 7	16 57.9	−13 6	
17	17 26.3	−14 28	8.6

★リック天文台の 120 インチ反射鏡完成

1959 年 7 月 16 日リック天文台の 120 インチ反射鏡の完成記念式典が行われた．1946 年 3 月 13 日，カリフォルニア州知事，ウォーレンがその予算書に署名してから十余年の歳月と 250 万ドルの費用を要した．ハミルトン山に世界第 2 の大反射望遠鏡が出来た結果が期待される．

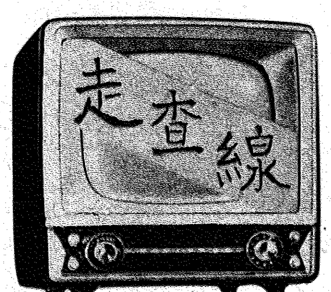
★ 36 インチ望遠鏡の仕上り

日本光学でかねて製作中であった 36 インチ（91.4 cm）光電赤道儀が一応でき上ったので， 1 月 25 日にその公開が行われた．この赤道儀はカセグレン式反射鏡で，東京天文台の岡山天体物理観測所に設置されるもの，主として光電測光に用いられ 4 月には据付けられる予定である．

★京都大学だより

助教授上野季夫氏は， 10 月 1 日宇宙物理学第一講座担任の教授となった．

大阪学芸大の難波収氏と京大大学院の神野光男氏は，ともに，太陽研究のためオランダのユトレヒト天文台へ留学した．



★第 1 回国際宇宙会議

フランスのニースで 1 月 11 日～15 日ユネスコ・コスパール（空間研究委員会）主催で国際宇宙会議が行われ，日本からは 京大教授 前田憲一，東大教授 畑中武夫，理科学研究所宮崎友喜雄の三氏が出席した．おもな議題は大気圏，電離層，惑星間物理，月，惑星，人工衛星，人工惑星等であった．日本をはじめ米ソ英仏等多くの科学者が出席して討議した． 中でもソ連の第 3 号月ロケットに対して多くの質問が集中した由．

正 誤 表（1 月号）

			誤	正
11頁	右段 下から	12行	左	右
11頁	右段 下から	10行	右	左
11頁	右段 下から	3行	10	18
15頁	本文左段 上から	7行	$45^s.863$	$45^s.836$
16頁	左段 下から	20行	$72^s.318$	$72^s.318T$
17頁	左段 上から	4行	265	266

附録 天象カレンダー説明

	（上弦）	◑	◐
	（下弦）	◐	◑
Ⅻ	11日	◐	◑
	18日	◑	◐
Ⅵ	9日	0	○

月報アルバム

①

◇ウエスト・バージニヤの電波望遠鏡の建設

ウェスト・バージニヤに，アメリカ海軍電波研究所が巨大な電波望遠鏡の建設を進めている．

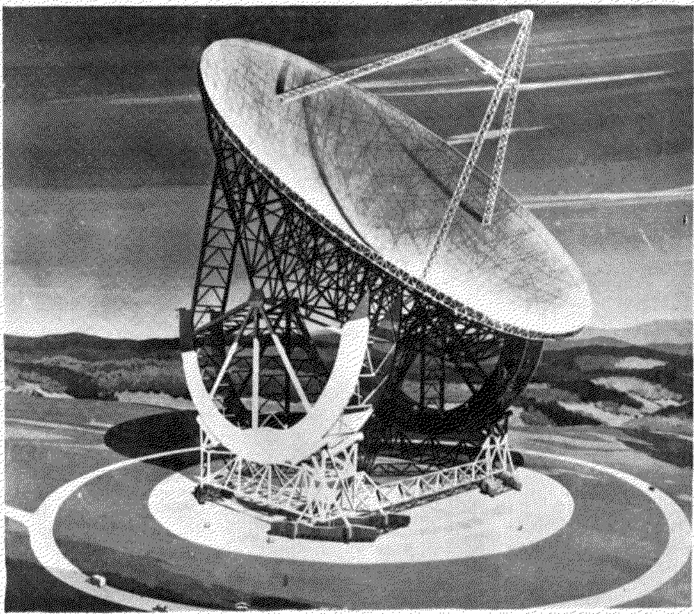
パラボラの直径は 600 フィート（185m）に達する経緯台付．設備の重さは2万トンで水平線上どこへでも向ける事が出来る．完成は1962年の予定．

① は工事現場．

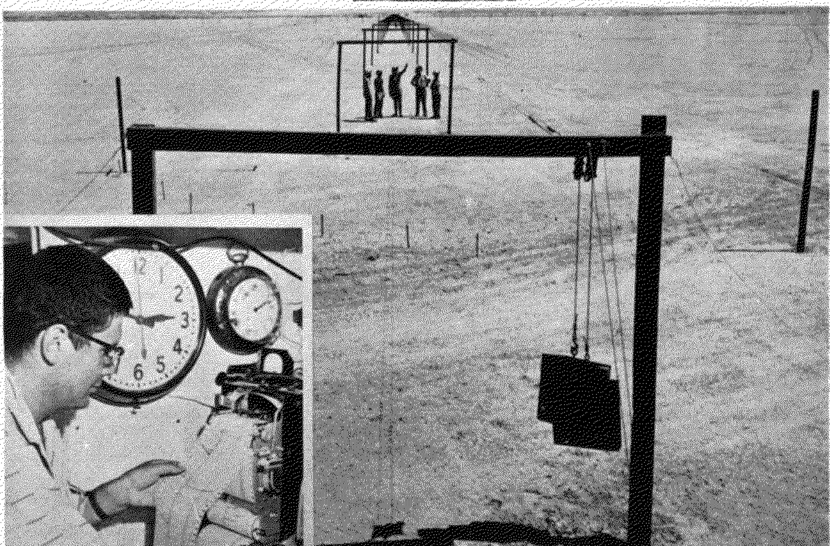
② は完成予想図．

③ カリフォルニヤの乾いた湖，クラーク湖の湖底は，三方がサンタ・ローザ山脈にかこまれて，ノイズから保護されている．そこに2マイルにわたる高分解能の電波望遠鏡（メートル波）が出来た．

グラフを見ているのは，エリクソン博士．グラフのピークは Cyg A である．



②



③

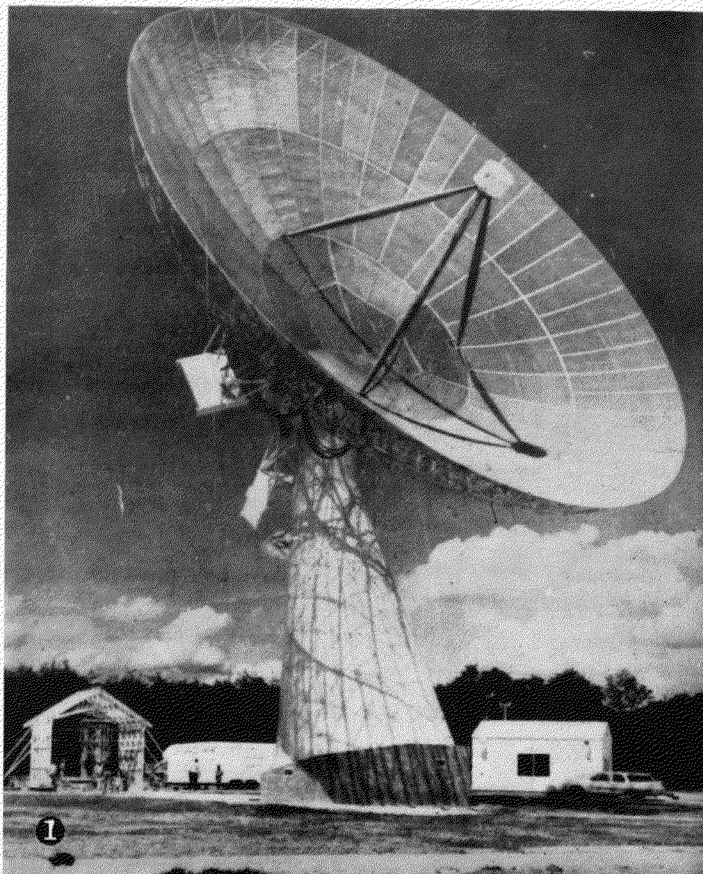
◇ 米国海軍研究所の 84 フィート電波望遠鏡

①21 cm 波の収吸線を測定して太陽視差の決定を行なおうとしている．（マリー・ランド観測所．本文 32 頁参照）

◇高橋至時と伊能忠敬の墓

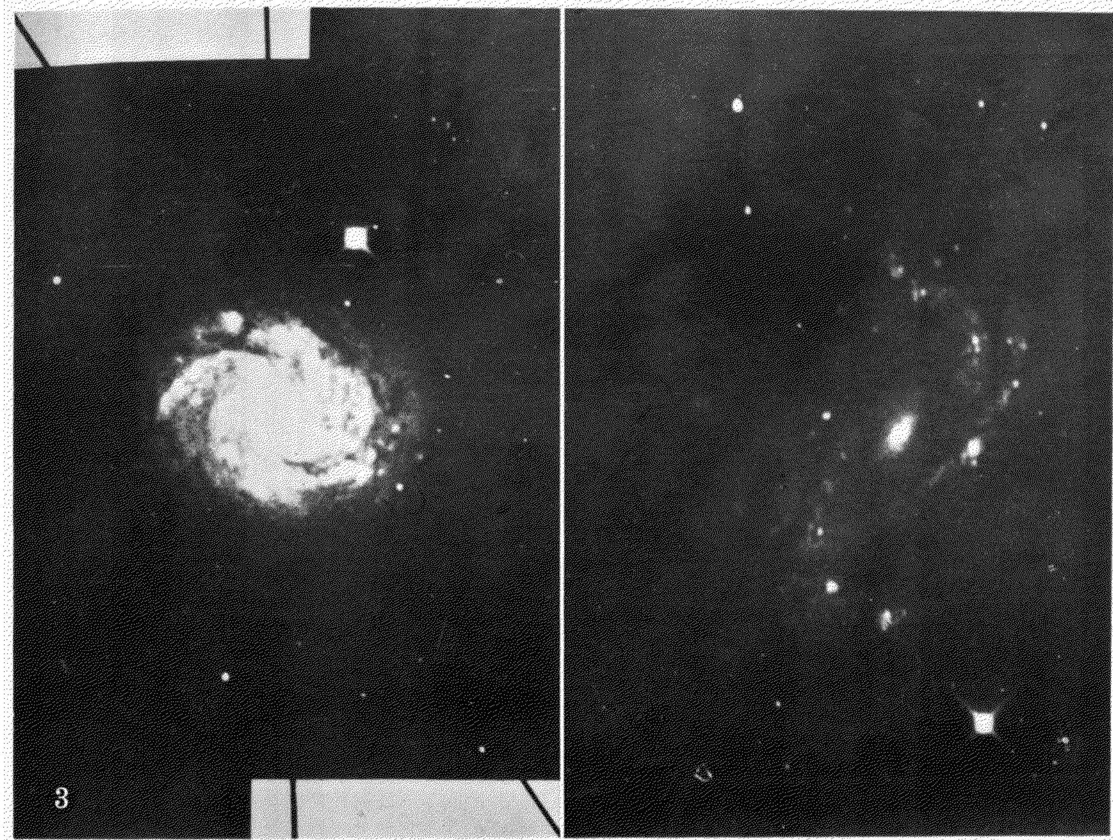
②東京都台東区北清島町の源空寺（浄土宗）にある．

伊能忠敬は遺言して先生である高橋至時の墓側に葬られるように希望した．現在も忠敬の希望通り，2 人の墓碑が並んでいる．向って左が東岡高橋至時，右が東河伊能忠敬の墓である．



❶

❷



③左は，鯨座の NGC 1068 で $2^{h}35.5.^{m}5$， -0° 36′.7 (1860) にある渦巻星雲．青色光による．
右は，大熊座の NGC 4051 で $11^{h}56.^{m}$， $+45^{\circ}18'.3$ (1860)にある渦巻星雲．青色光による．
④パロマーでとったきりん座の PA 665 で $7^{h}8.^{m}3+73^{\circ}34'$ (1950.0) にある不規則星雲．青色光による．

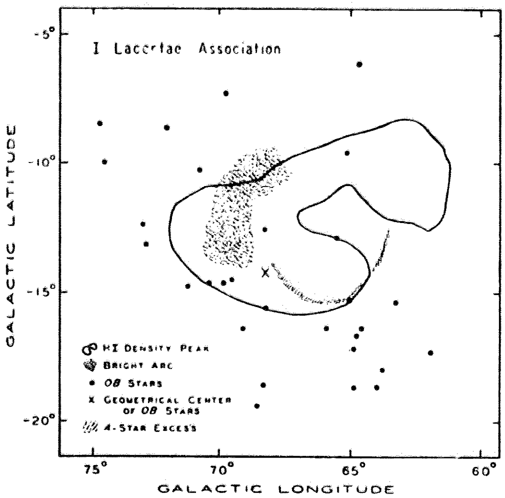
★2月の天文暦★

日	時刻	記　　事
	時 分	
2		R Agr (5.8) 極大光度
4	23 26	上　弦
5	4 23	立　春
9	9	天王星　衝
10	23	海王星　留
13	2 24	満　月
13		R And (6.1) 極大光度
20	0 26	雨　水
20	8 47	下　弦
22		T Cen (5.5) 極大光度
24	9	水星東方最大離角
27	3 23	新　月

I Lacertae アソシェーション

北西の空，ケフェウスとペガススの間は銀河もうすくとだえがちになって目立った星もないが，ここにも非常に若い星のグループが，とかげ座の3分の1位の領域にひろがっている．

図でわかるようにこれは15度四方位の面積にあたり，距離500pcとして直径100pc余となる．普通の散開星団は直径が数pcである事を思えば十倍余の大きさに拡っている．このようなのをアソシェーションと云う．それらはO型B型の星で30個位あって4等5等から8等迄のみかけの明かるさがある．1953年ブラーウとモルガンは，赤緯方向の固有運動をしらべて，これらの星がその中心からだんだんひろがっていると云った．ずっと一定の速度でひろがって来たとすると400万年前にその中心からひろがりはじめた事になると云うので，一般にOBアソシェーションが拡散運動をしているという考えの観測的事実の1つとして有名になった．ところが1958年ウーリーとエゲンは視線速度をしらべて，拡散運動が認められない事を知り，固有運動を更に研究しなおした．もともとブラーウとモルガンが赤緯方向の固有運動だけを用いたのは，赤径方向の固有運動の観測値は種々の原因で精度が落ちるからであるが，不正確さは赤緯方向の固有運動にも入って来る．それでアソシェーションなどのない他の領域の赤緯方向の固有運動をしらべて系統的な拡散又は収縮運動と見えるような観測値が得られているのがわかった．従ってこれは，固有運動の観測値を出す時用いている座標系のひずみに原因があると思われる．というわけで，400万年前に拡散運動をはじめたという先の結論は，捨て去られてしまった．



それはともかくとして，OB型星が30個ばかりと云う事をもとにして，サンデージの光度函数を用いてA0—A5星の数を推定すると81個とでる．実際にHDカタログで数えて見ると一般星野より多い数が90個とでた．なかなかよい一致である．ついでに光度函数で星の全質量を推定すると太陽の1700倍と出る．電波観測によると中性水素ガスは，太陽の7000倍位の質量がある．星になっている質量の約4倍である．これは，50pc立方の中にならしてしまうと1立方糎に水素原子2個という質量である．パロマーの写真星図を見るとそこには，細い弧状のガス星雲が実にきれいに出ている．そしてその中には4個のT Tauri型変光星が発見されている．図を見ると，中性水素ガス・ガス星雲・A型星はそれぞれずれたような弧状になっているのが注意をひく．これを立体化して考えるには，どうしたらいいのだろう．

東京に於ける日出入および南中（中央標準時）

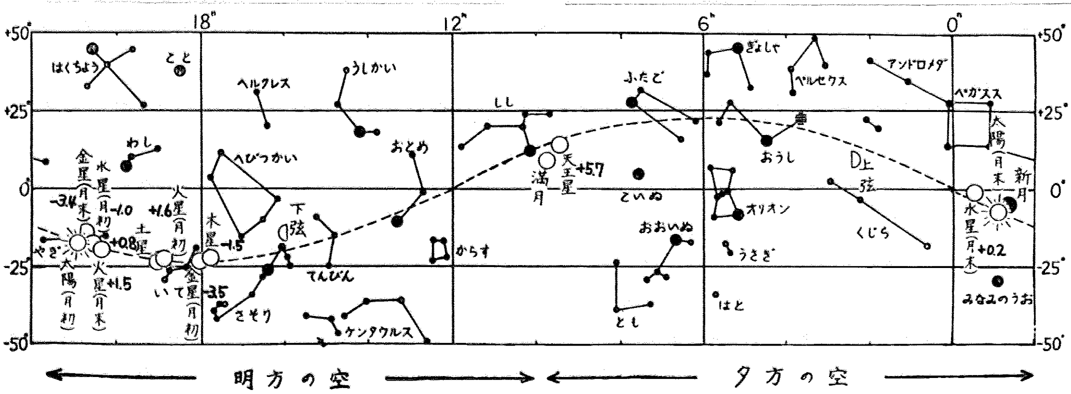
2月	夜明	日出	方位	南中	高度	日入	日暮
	時 分	時 分		時 分		時 分	時 分
1日	6 9	6 42	−21°.1	11 55	36°.8	17 07	17 40
10	6 1	6 34	−17.6	11 55	39.7	17 17	17 50
20	5 51	6 24	−13.3	11 55	43.1	17 27	17 59
29	5 40	6 13	− 9.0	11 54	46.6	17 35	18 07

各地の日出入補正値（東京の値に加える）

（左側は日出，右側は日入に対する値）

	分	分		分	分		分	分
鹿児島	+30	+43	鳥　取	+21	+23	仙　台	0	−08
福　岡	+35	+39	大　阪	+15	+19	青　森	−03	−11
広　島	+27	+32	名古屋	+10	+13	札　幌	+04	−18
高　知	+21	+29	新　潟	+05	+01	根　室	−13	−35

◇2月の日月惑星運行図



高橋至時

前山仁郎*

〔略歴〕 高橋至時（よしとき）は通称を作左衛門，字は子春，号を東岡または梅軒という．明和元年（1764）大坂に生まれた．祖父，父と大坂御定番同心をを勤め，至時は安永7年12月晦日15才のとき父徳次郎の跡目を継いだ．

幼時より算術を好み，その上達を願って毎朝日輪を拝んだ程であった．宅間流の松岡能一の指導を受けたことがあるようで，宅間流の算書である立円或問（元文3年宅間能清，阿座見俊次，鎌田俊清述）の一写本の終りに記された至時の天明5年2月付の序には「松岡先生夙好此技（中略）予亦受業於其門僅得其理（下略）」とある．

至時が天文に興味を持ったのは何時頃からであるか明白ではないが，麻田剛立について暦学を学び始めたのは，天明の半頃と考えられている．剛立の門で至時は間重富を識った．至時と重富とはほぼ相前後して剛立の門に入ったのであった．この2人の友情がその後いかに美しく花を咲かせたか，「星学手簡」に残る2人の往復書簡が今も読む者の心を打たずにはおかない．

天明5年至時22才のとき長男景保（かげやす）が生まれ，翌々年に次男の景佑（かげすけ）が生まれた．後に景保は家督をつぎ，景佑は渋川家に入ったが，いずれもそれぞれ本邦科学史上屈指の地理学者，天文学者となったことは周知の通りである．至時はこの後更に3人の女子の父となった．

寛政7年3月暦学御用のため出府を命ぜられ，取りあえず妻子を大坂に残し，間重富と共に江戸浅草の暦局にはいった．ついで同じ年の4月28日に測量御用手伝となり，11月14日についに天文方に任命され，新規切米100俵，足扶持5人扶持及び普通扶持を受けることとなった．時に至時32才のことであった．つい先頃まで30俵2人扶持そこそこの同心であった至時にとってはまさに思いがけない出世である．しかしこの喜びの裏には悲しいかげがあった．それは内助の誉の高かった妻志勉（しめ）がこの直前の10月11日に大坂の留守宅で死去したからである．至時はこの後ついに終生再び妻を迎えなかった．

翌寛政8年5月改暦御用を仰付けられ，同年9月24日吉田秀升，山路徳風と共に江戸を出発，上京した．しかしこの改暦事業は上司の吉田，山路の間に確執があり，かつまた土御門家からの圧力も加わり，種々の点で充分に至時や重富の意を伸ばすことが出来なかった．

かくして在京1年余，寛政9年11月には改暦御用済みとなり，同年12月4日江戸に帰った．これより41才で歿するまでの5年間は，至時の研究が最も華々しくその実を結んだ時期であって，次節に述べるような数多の著述が次々と完成して行った．

しかるに寛政10年の末頃から持病の積気は次第に進み，同12年頃には「積気ハ最早持病ニ成切候故時々気分ふさき迷惑」するようになった．しかしこのような中にも至時は研鑽を怠ることなく，重富をして享和元年9月14日付の書簡で「凡ソ人は夜半ハ是非ニ寝不申候てハあしく，医師京都の吉増周助の古法すら申居申候間，可相成候はゝ御養生専一ニ奉存候」と案じさせる程であった．至時晩年の著作には「壬戌（享和2年）七年於病床識之」などとあり，難病と闘いつつ学問に精進した跡は涙ぐましいものがある．ことに享和3年2月ラランデ暦書入手後，至時は全力をあげてこの研究に熱中したため，病勢を進め，ついに享和4年（1804）正月5日，浅草暦局の官舎において生涯の幕を閉じた．遺骸は浅草新寺町（現在台東区北清島町）の源空寺に葬られた．諡して高朗院殿時誉令終有淑居士という．後に伊能忠敬は遺言して師の墓側に葬られるよう願った．現在も忠敬の願い通り，師弟2人の墓碑が談天を楽しむかのように並んでいる．

〔学問〕 至時が幼時より算術を好んだことは前述した通りであるが，遠藤利貞の増修日本数学史には天明3年に宅間流列子の別法を考定したこと，同5年に松岡能一に内田秀富の立円演段を授けられたこと，同6年に列子図解及び針子解を著わしたことが記されており，また景佑の作った「暦書目録」にある梅軒君遺編の細目に角中径通術考，剰一術起源，剰一朒一変化，綴術起源考開方珠盤通術考附，求弧体重心法，拾璣起源考，上方下菱台術の名が見えているが，いまこれらの著述の内容について知ることが出来ないのは残念である．

至時の暦学の師が麻田剛立であることは既に述べた．至時は剛立について消長法など暦学の理論と共に実証的精神を学び取ったようである．出府前の至時の観測で記録に残っているものが数個ある．至時はその後も必要な場合には自ら観測を行い用数をたしかめた．

この時代の論述に推月食分密法と删補授時暦交食法1冊，同算例2冊がある．前者は享和3年閏正月に脱稿したものであるが，至時によれば天明6年頃既に麻田翁に

* 東京天文台

話したものだという．この論考は月の視差の月食分への影響を論じたものである．後者は寛政元年自序のあるもので，授時暦の食計算法を主として暦象考成上下編の見地から改訂したものである．

なお，至時はこの時代に間重富が苦心の末入手した暦象考成後編を熱心に研究し，寛政の改暦には自由にこれを活用し得る程になっていた．東京天文台には至時自筆の暦象考成後編巻8月離表上，同巻9月離表下の写本2冊がある．この数字に埋もれ，しかも始めから終りまで一点一劃をおろそかにしてないこの写本は，いかに至時が熱情をもって後編を研究したか，またいかに至時が努力の人，意志の人であったかをわれわれに物語っている．

寛政の改暦事業の真の推進者は至時と重富であった．寛政暦は至時たちが主として暦象考成後編，五星法のみは暦象考成上下編にもとづき，これに消長法を加味して作ったものである．至時は剛立の消長法を高く評価し「暦学ニ於テ西洋人ニ対シ競衡シ大言シヤスカラス．只此消長法ヲ視シテ予カ国此人アリ此法アルヲ誇ルヘシ」としていた．この消長法も寛政暦への採用については，至時たちにとってかなりの努力が必要であった．

この改暦で至時が心残りに思ったことの一つは里差の問題であった．暦象考成後編等は中国の北京を基準につくられている暦書である．そこに所載の数値をわが国の暦書に正しく利用するためには，当然北京と京都あるいは江戸との里差を知らなければならない．しかるにこの値が充分に確定していなかったからである．

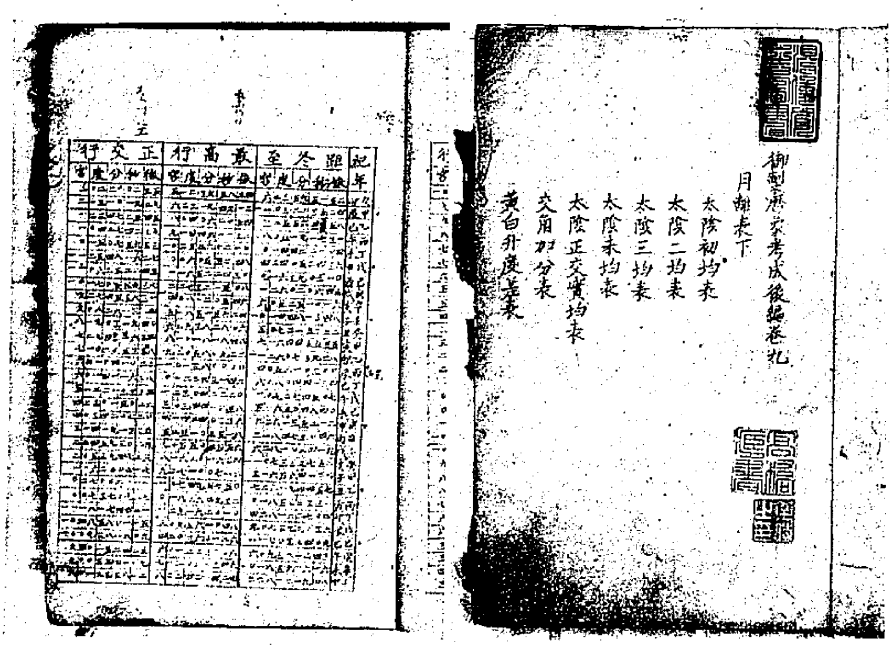
また1つは五星法の問題であった．それはこの改暦の手本にした暦象考成後編が，太陽と月の運動に対しては刻白爾（Kepler）の楕円面積法を用いているにも拘わらず，五星についてはその法を欠いているため，止むなく第谷（Tycho Brahe）の均輪法を用いたからである．

またさらに1つは暦計算法，ことに日月食計算法の問題であった．それは至時の独創力が暦象考成後編等の記すところに従って唯々と計算することに満足を許さなかったからである．

改暦直後の寛政 10 年から死去に至るまでに着手された研究はこの 3 点にその重点をおくものであった．

まず里差への関心は，寛政 12 年に始まる伊能忠敬の全国測量への指揮となってあらわれた．至時はこの測量事業に用うべき測器，測量法，作図法等についてその大綱を指導した．この結果寛政 12 年蝦夷測量により地上 1° は約 27 里余であること，また享和元年に本邦東海岸及び奥州街道を測ってそれが 28 里 2 分であることを知った．また享和 3 年 2 月にはゾルドネル法と単円錐法とを混合したような独得の地図投影法を案出している．この里差の問題は，後に西書による暦学の研究に没頭するに至ってもますます関心を高め，享和元年 6 月及び同 3 年 2 月に諳厄利亜暦考においてロンドンと京都あるいは江戸との里差を算定している．

次に五星法については，まず寛政 11 年正月に七曜法同 12 年 8 月に新修五星法の初稿本 1 冊をあらわし，五星法に楕円面積法を導入した．しかし寛政 12 年 11 月 10 日付至時より重富への書簡に「日月食は暦書ニも数多載記し有之候．五星の精測ハ決而無之候故崇禎暦ニ寄候外致方無之候．何卒西洋暦学家ノ実測書見度ものニ御座候．依之蘭書御取寄之義相願候事ニ御座候」云々といっているように，五星法の用数を決定するに必要な精測の数が少なく，この初稿は至時の意に満たぬ点が多かった．従ってその後享和元年には 1795 年の諳厄利亜暦について五星の用数を吟味し，同年 7 月に火星の用数を改定し，8 月に新修五星法の第 2 稿をつくり，享和 2 年 12 月には水星の用数を改定している．さらに翌 3 年閏正月には新修五星法図説 1 冊をつくった．



第 1 図　至時の自筆写本「暦象考成後編」巻 9

最後に暦計算法については，改暦以前の月

食分密法等につづき寛政10年に新考日食法3冊，同11年に推往古日食又法1冊及び気朔簡法1冊，同12年に修正赤道日食法（享和2年補訂）1冊，この頃後編図解1冊，享和元年に麻田妥彰著月景日食法校正凡例1冊，この頃推日食地球上見食方位1冊，論暦象考成前編与後編之二法求日食食甚法之疏密1冊及び修正授時暦交食法1冊，享和2年に授時暦日食法論解1冊，新考交食法1冊，新考交食法図説1冊，赤道日食法不用月地高度説（享和3年11月補訂）1冊及び用太陰前後三日実行推本日本時経度法1冊，この頃白道日食法起源1冊等が相継いで著わされた．これらはいずれも暦計算法の改良乃至は簡略化を企図してなされたもので，至時の数学的才能をよく示している．

里差，五星法，暦計算法の問題以外で至時の研究したものに消長法と航海術の問題がある．剛立の消長法はその法術のみが示され，理論は説かれていなかった．至時はこの理論づけを研究し寛政11年に「増修消長法」1冊をあらわした．航海術に関するものには享和初年頃の著述と考えられる海中舟道考がある．

さて至時は西暦の知識を天経或問，崇禎暦書，暦象考成上下編及び後編などによって間接に修得していたが，寛政7,8年頃より閲覧し得た蘭書，あるいは本木良永和解の天地二球用法記等によって西書にはなお精法，精数を記載するもののあることを予測し，これが入手を待望していた．しかるに享和3年2月若年寄堀田摂津守正敦からラランデ暦書及び同書表全5全の取調べを命ぜられ，一覧してそれが年来待望の書であることを知った．この時の感想を至時は次のように述べている．「実ニ大奇書ニシテ精詳ナルヿ他ニ比スヘキナシ．コレヲ以テ見レハ暦象考成後編ノ日月諸均モ猶尽サヽルモノアリ．且ツ五星法皆新測ヲ以テ法ヲ建ツ．其測数ノ精密ナルハ論ナシ．其法術ノ算理ニカヽルモノ種々ノ奇巧簡易捷径ノ妙術勝テ数フヘカラズ．（中略）且新タニ地球真円ニアラサルノ説ヲ起ス．其説ニヨレハ地球ハ南北両極ノ下扁平ニシテ赤道ノ所高シ．（中略）地面南北一度ノ里数赤道下ハ少ク両極下ハ多キヲ測テ終ニ此ノ説ヲ立タリト云．西人ノ測験ニ精詳ナル，固ニ深称歎スルニ勝ヘタリ（下略）」．この書物は命によって止むなく十数日で返上した．この間にラランデ暦書一1冊，ラランデ暦書表用法解1冊が著述された．十数日という短期間に，蘭語に通じていたとはいえない至時が，最も関心の深い食計算，五星法，里差関係の要所を全巻より選び出してきわめて適確に読みこなした手練の程は，ラランデ暦書管見一を手にして見て驚嘆の念を禁じ得ない．同年7月再び同書が発下され，永く常置することを許された．至時は再び始めから順を追って，前回の足らざるを補い，新規を加え，昼夜研究して7月より10月までにラランデ暦書管見二乃至八を完成した．

至時はかくして得た新知識を直ちに活用し，早くも享和3年3月には地球楕円形赤道日食法1冊，またこの頃求地体楕円形南北一度之里数密法1冊を著わした．前者は地球の扁平度を考慮して赤道日食法を改訂したものである．至時はついで新修五星法の改訂を行なおうとしたが，既に病重くしてついに成らざるままに世を去った．しかし至時の遺志は実子渋川景佑によって受継がれ，天保7年に至り新修五星法10冊が官に上呈された．

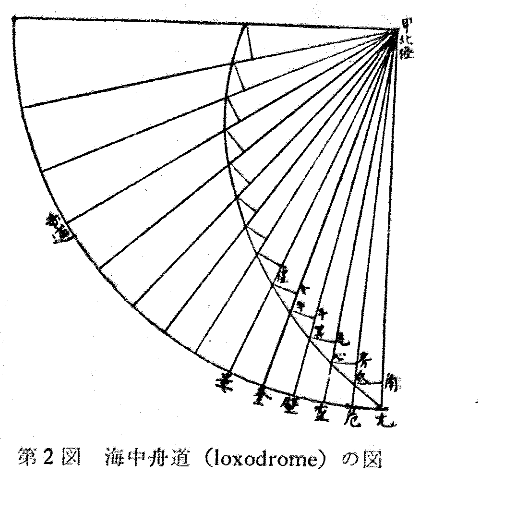
以上に記した著述の他，景佑の作った「暦書目録」の東岡先生著述之部には薩摩鹿児島里差考1冊，用日食実測食分時刻推食甚用時及実緯法1冊，西洋古測月食推考1冊，寛政暦法附録1冊，推気朔簡法十一条用数法附算例1冊，暦算叢書（一名暦学叢書，暦算雑録，梅軒雑録）22冊以上，ラランデ暦書関係の小編若干等がある．

最後に至時の学風について一言しよう．東京天文台に架蔵する明時館本の増修消長法には「贈麻田翁」という書簡の控らしきものの写しが挿入されている．そのうちで至時は恒星の東行というのは誤りで，地球の運動の方にこそその原因がなければならないと論じた後「右は未だ其数其法を得不申已前如此論し候ハ不急之弁ニモ御座候得共」云々と述べている．われわれはこの寸言の中にも至時の近代科学的学風，実証的精神を見ることが出来る．まことに至時は現代に血の通う天文学者であった．

〔著書解題〕 以下至時の主な著書若干について，その内容を簡単に紹介しよう．

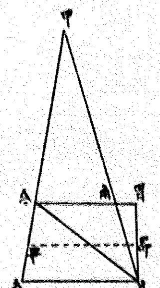
◇海中舟道考　写本　1冊

東岡高橋子春先生訳　男　渋川景佑閲校とある．東北大学林文庫に明時館印記のある善本が収蔵されている．記年はない．崇禎暦書渾天儀4巻の求海中舟道篇の原文を掲げ．その内容を数学的に解説したもので，更に蘭書ゼー・ハールト（コンスト・スチュールリーデンとも名付くとある．この原書については未考）及び儀象志の舟道表についてその表値算出の法を探索し，説明してい



第2図　海中舟道（loxodrome）の図

る．ここにいう舟道とは，ロクソドローム（loxodrome）のことで，地球を球とみなしたとき，子午線と定角をなす曲線のことである．至時はこの曲線は大成算経にいう䟽背（えんはい）（アルキメデスの螺線）と同理であるとし，子午線となす定角が 45° の場合について，2 地点の経度，緯度及び 2 地点間のロクソドロームの長さの間の関係を求めた．その方法は，まず緯度と曲線の長さの関係については「図（第 2 図）ノ如ク此道路線ヲ数千万ニ平分シテ，其点ニ向テ，北極ヨリ経圏線ヲ引キテ又此点ヨリ経圏ニ向テ垂線ヲ引ケハ，即チ数万同式ノ勾股形ヲ連綴シタル形チ顕ハル．此ノ勾股形同式ニシテ，其三辺亦皆相等キナリ」．従って角亢氐直角三角形において角亢辺を 1°，亢角を 45° とすれば角亢辺＝角氐辺で，かつ氐亢辺＝$\sqrt{2}$ 角亢辺＝1.41421 角亢辺となる．「此角亢辺ニ一十ヲ乗シテ一十度トナル．又氐亢辺ニ一十ヲ乗シテ，一十四度又一四二一トナル．コレニ一度ノ里数二十八里ヲ乗シテ，三百九十五里又九八ヲ得ル．則チ赤道ヨリ赤緯一十度ノ所ニ向テ第四向（45° に当る）ニ針路ヲ定メテ行ク所ノ舟路里数トス．他ノ方向モ，皆同術ナリ」というのである．次に経度と緯度との関係については「経度ヲ求ルハ甚ダ煩キナリ．（中略）各其所ノ北極距天頂甲氐弧，甲箕弧等ヲ云フ（原註）ノ正弦ヲ以テ之ヲ除キ，得ル数ヲ併合シテ始テ経度差ヲ得ルナリ」とし，角氐辺÷sin（甲氐弧）＝亢危弧，房心辺 ÷sin（甲心弧）＝危室弧，尾箕辺÷sin（甲箕弧）＝室壁弧等逐次かくのごとくして得る数を加算して経度差を得るとした．この後の関係の方は近似であることはいうまでもない．至時自身もこの方法の欠陥を認め，蘭書「ゼー・ハールト」の作表の方法が $\Delta\varphi=\cos\varphi\Delta\lambda$ なることについて「右件ノ如ク前後ノ余弦ノ中数ヲ求ムル者ヲ，前ニ予カ其所ノ北極距天頂ノ正弦ヲ以テ除クト云者ニ比レハ，其術意較々精密ナリ，遵フヘシ．（中略）前ニ数万ノ小勾股形ト謂フモ其実ハ末ヘ広クシテ，図（第 3 図）ノ如クニ角亢氐ノ鈍角形ナリ．是算家ノ所謂ル三斜形ナル者ナリ．而シテ緯度ニ方向度即チ亢角ナリ（原註）ノ正弦ヲ乗シタル者ハ氐胃辺ヲ得ナリ．角氐辺ヨリ長ク亢危辺ヨリ短シ．角氐ト亢危トヲ相加ヘ，折半シタル数ナリ．即チ昴畢弧ニ当ルナリ．故ニ其前後ノ余弦ノ中数ヲ取ルハ，甲北極ヨリ昴畢弧上ニ至ル弧度ノ正弦ヲ用ユル者ト相同ジ．是レ本法ナリ．故ニ其術意較々精密トハ云ナリ」といっている．なお，至時は上記の表値を



第 3 図

$$\lambda-\lambda'=[\log\ \tan(45°+\frac{1}{2}\varphi)-\log\tan(45°+\frac{1}{2}\varphi')]\tan\alpha$$

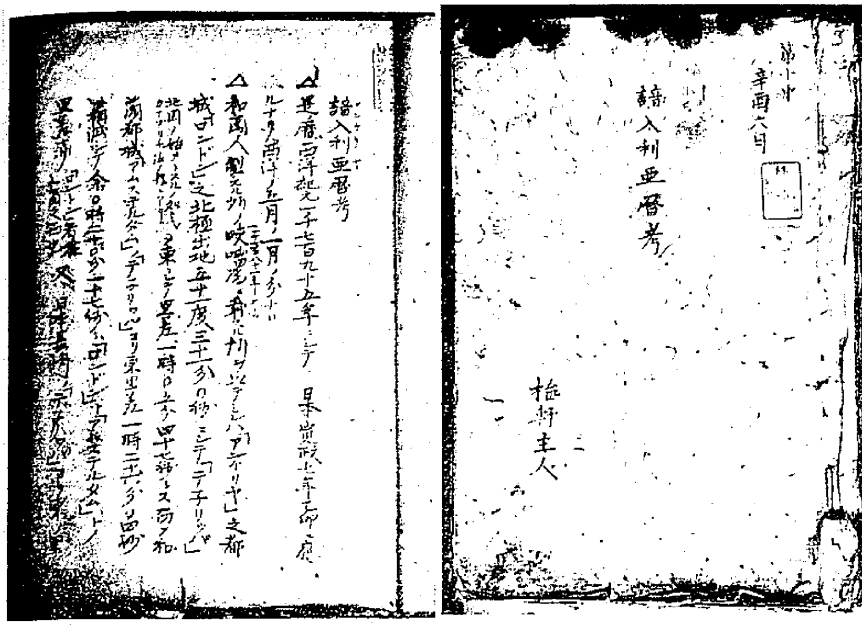
（ただし，今の場合は $\alpha=45°$，従って $\tan\alpha=1$）によって求める別法のあることを知ったが，積分法の知識がなかったためその証明については解決することが出来ず，「此対数ヲ用ル者甚タ簡便トス．術意未タ考ヘス．後日ヲ期ス」と記している．この至時の海中舟道考には計算表が附けられておらぬため，景佑は安政 2 年に至り続海中舟道考 21 巻，同表 25 巻を編述し，父の遺志を遂げた．

◇諳入利亜暦考（アンゲリア）　稿本　1 冊

東北大学林文庫に至時の自筆稿本が現存する（第 4 図）．その表紙に辛酉（享和元年，1801）六月とある．ただし，その後も本書の補訂を行っており，享和 2 年 9 月より同 3 年 10 月にわたっている．本書は英国の Nautical Almanac, 1795 の内容について調査し，併せて 1 つにはその記載する太陽平行あるいは朔弦望によりロンドンと京都もしくは江戸との里差（経度差）の研究を行い，1 つには五星法の研究を行ったものである．

先ず里差についていえば，至時はロンドンと京都の里差としてその最小値 9 時 03 分，最大値 9 時 12 分を得た．最小値は寛政 7 年の 3 月の望及び下弦の時刻，4 月の朔及び上弦の時刻の 4 数について消長法を用いて計算した値と諳入利亜暦所載の値とを比較して得たもので，最大値は同年の太陽平行の比較によって得たものである．至時は「右七件ノ里差相較ルニ最小ナルモノ九時〇三分トシ第七最大ナルモノ九時一十二分第六トス．其差九分．コレヲ日周一万ニ通シテ六十三分トス．約スルニ三分刻之二ナリ．其第六ノ外大略同数□（ナリ）．今コレヲ考ルニ第三ト第七ハ朔望ニ依ルモノニシテ月行ヲ主トス．古ヨリ里差ヲ測定スルニ交食ニ拠ルモノハ月行ニヨルナリ．月行ハ速カニシテ時分少シク差フモ乃チ交食ニ崇ヲ為シ測量ニ易シトス．故ニ今断シテ九時〇三分ヲ以テ論勤（ロンドン）ノ地我　日本京師ヲ西ニ距ルノ里差時分トス．日行ニテ得ル里差多キコ三分刻之二ナルモノハ，コレ我用ル気至ノ時刻彼レ用ル所ヨリ後ルゝナリ享和二年壬戌九月（ママ）七日　梅軒主人識」と記している．しかしこの決定値が現今の値と密合しているのは，ある程度偶然の一致なのであって，これをもって至時の研究の精緻さを賞揚することの出来ぬことはいうまでもない．至時自身更に享和 3 年 2 月この決定値 9 時 03 分を改訂し，その頃入手した Nautical Almanac 所載の月黄経と寛政暦によるその計算値と比較して得た 9 時 01 分半なる値を新規決定値としてこの条下の補遺に附している．

諳入利亜暦調査の他の目的の 1 つは五星法の研究にあった．このことは 7 月 2 日付（大谷亮吉氏によれば享和元年）至時から伊能忠敬に宛てた書簡に「猶以御頼申候イギリス暦ハ如何御手ニ入候哉．万一御手ニ入候ハバ何卒村役人御相談ノ上飛脚ニ御出し被遣被下度，此節五星ニかゝり居申候故誠ニ渇者の飲を欲するより甚敷候．御察中御遠察可被下候」とあることによっても知られる．



第４図　至時自筆稿本「諳入利亜暦考」

書に諳入利亜暦五星推考（辛酉六月と傍書がある）なる一篇のあるのはこのためであって，本篇において至時は太陽は寛政暦により，五星は新修五星法（寛政 12 年の初稿のもの）によって推算，更に諳入利亜暦所載の値と比較することにより新修五星法初稿及び日躔の用数を吟味した．この結果寛政 12 年に起した新修五星法の初稿は改訂され，享和元年８月にその第２稿がつくられた．

◇ラランデ暦書管見　写本 11 冊

渋川景佑の作った「暦書目録」の東岡先生著述下遺稿之部には西暦管見 11 冊とあるが，現存の羽間本（大阪，羽間平三郎氏蔵）及び伊能本（佐原，伊能康之助氏蔵）はいずれも８冊しかない．羽間本は重富の書込みのある貴重本，伊能本亦一部忠敬手写の貴重本である．伊能本には通巻番号及び記年がないが，羽間本には両者がある．各冊の区分は同一である．本書は仏人 de la Lande 著 Astronomie の第２版を蘭人 Arnoldus Bastiaan Strabbe が蘭訳した "Astronomia" ４冊，1775–1780 のうち暦学に関係のある箇所をあるいは抄訳し，あるいは解説し，時には自己の見解を述べたもので，その著述の経緯については前述した通りである．本書によって西洋天文学の本格的吸収が開始され，爾後における日本の天文暦学の急速な発展の基礎が与えられた．至時が十数日間に訳述した本書第１冊の内容の篇目を記せば，先ず地球を球とみなしたとき月の視差の黄経，黄緯への影響（1661 乃至 1681 章）から始まり順に廻転楕円体としての地球の形状と長軸，短軸の比（2690 章），地心緯度と天文緯度（2675 章），緯度 1° に対する子午線弧の長さ（2676, 2680 章），各緯度における地半径の計算（2689 章），地球を廻転楕円体としたとき月の視差の土地の緯度による変化及び月の視差の赤緯への影響（1691 乃至 1697 章），月の視差の方位角への影響及び月の視差の高度による変化（1685 乃至 1689 章），月の視差の黄経，黄緯への影響（1698 乃至 1702 章），月の赤緯における視差と地平視差との関係（1644 章），日食略算例（1808 章），簡平（projection のこと）によるカッシーニの日食推算法（1870 乃至 1875章），黄平象限（nonagesimal のこと）による日食推算法（1876 乃至 1879 章），ラランデによる食推算新法（1881 乃至 1922 章），出差の求め方とその数値（1440乃至 1441 章），月の黄緯差（1495 章），恒星の赤緯の歳差（2704 章），黄道傾斜の変化の理論（2728 章），アベルラティ（光行差）及びニュタティ（章動）（2790, 2853 章），初均の求め方（1240 乃至 1243, 1245 乃至 1249 章），七曜の太陽よりの距離の求め方（1250 章），楕円術の古法（1252 乃至 1256 章），太陽の両心差（離心率）及び最高（遠日点）を求める法（1281 乃至 1283 章），七曜の最大初均を求める法（1257 乃至 1258 章），初実行の求め方（2057 章）等であった．これらの篇目は至時が何に最も関心をもっていたかを端的に示していて興味が深い．第２冊以下は再び初章より読み返したもので，第２冊は主として 400 乃至 560 章及び 865 乃至 1199 章，第３冊は 1209 乃至 1309 章，第４冊は 1310 乃至 1398 章，第５冊は 1400 乃至 1654 章，第６冊は 1655 乃至 1709 章，第７冊は 2700 乃至 2746 章，第８冊は 2790 章乃至 2852 章について記している．第２冊以下第８冊は７月朔日頃より 10 月上旬までの約３ケ月余で書き上げたものであるが，その内容は単なる直訳でなく，暦象考成後編等によって得た西洋天文学の知識を生かしてよく消化し，時に自考を示し，原書の誤りをも訂正している．ただ光行差，章動及びニュートンの引力説は新しい知見だったのでこの３ケ月の訳業においては理解するに至らなかった．なお至時はこの管見と同時にラランデ暦書表用法解１冊をあらわした．

終りに珍蔵のラランデ暦書管見の自由なる閲覧を許された羽間平三郎氏並びに伊能康之助氏及び至時の諸著作の閲覧に便宜を与えて下さった平山諦博士，穂積知之氏日本学術会議図書館に御礼を申上げたい．

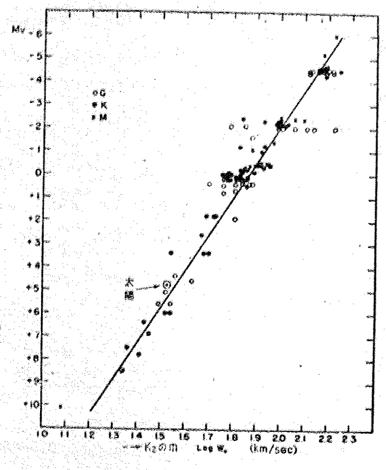
輻射点

Ca II K_2 輝線の絶対等級効果について

——星の彩層——

太陽に彩層，コロナのような光球とは構造の異った層が存在するならば，他の星にも同様の外層が存在するのではないだろうか．そしてこれらの外層が有効温度や絶対等級とどのような関係になっているのであろうか．この素朴な疑問に対して，最初の，そして現在のところではほとんど唯一の手掛りを与えるものは，O.C. Wilson の発見した星の CaII H_2, K_2 輝線の幅と絶対光度との間の関係である．K_2 輝線の幅を W_0 (km/sec)，絶対実視光度を L_v とすると，

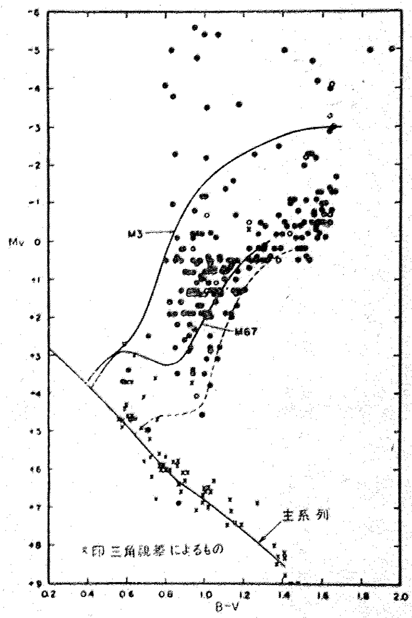
$$W_0 \propto L_v^{1.6}$$



第1図 Wilson の関係

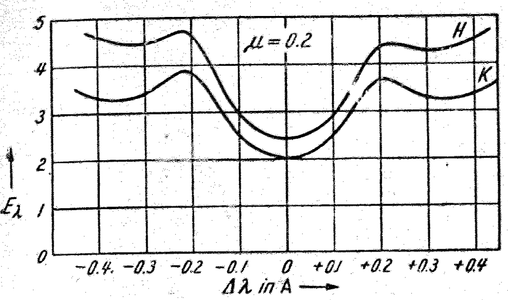
という関係が G0 から M5 まで，16 等級にわたって成立ち，しかもこれが有効温度 T_e には依存しないのである．(第1図) この点が特徴的であって L_v の代りに輻射光度 L_b で考えると T_e に依存するのである．精度はかなり良くて ±0.3m 程度であるから，晩期の星の絶対等級を決定するのに極めて有力であることが分る．実際その最初の応用として，O.C. Wilson (ApJ, 130, 1959) は太陽近傍の星の K_2 の幅を観測して絶対等級を求め，従来多く知られていなかった $M_v=2\sim-6$ ぐらいの星を数多く H-R 図に乗せ，さらに主系列から離れはじめたばかりと考えられる星の主系列上の位置から我々の銀河系の年令は M67 より古く 10^{10} 年であろうと推定したのであった．(第2図)

このように Wilson の関係は今後応用面で重要な役割を果たすことが予想されるが，ここではその解釈をめぐる問題をとり上げてみよう．けだし星の彩層の問題は Wilson の関係に集中的に表現されているからである．



第2図 Wilson による太陽近傍の H-R 図

問題はおのずから二つに分れて K_2 輝線の生成の問題と，それをきめる物理的諸量と絶対等級との関係という問題とになる．まず K_2 輝線がなぜでるかという問題であるが，これは星の彩層で Ca II の最低準位から電子による衝突によって上の準位へ余分の電子が停在するようになり，その結果 K_2 輝線ができると考える説が殆ど唯一の説である．(古くは Strömgren 1935, 最近では Miyamoto, Thomas など)．つまりそれより深い光球に比べて K 線の中心附近では励起温度が高いという事情によって輝線を生ぜしめているのである．Mustel の計算に依ると，このためには彩層の低いところで 7500° ぐらいの電子温度が必要になるようである．しかし J.T. Jefferies と R.N. Thomas (ApJ 129 1959) の計算によれば，電子温度は少くとも 2 万度以上ないと K_2 は出ないので，電子による衝突で K_2 を出すという説も決定的なものではない．次にこの K_2 輝線の幅は何によって生じているのであろうか (第3図)．L. Goldberg (Ap J, 126, 1957) O.C. Wilson (Ap J, 126, 1957) はいわゆる純吸収機構を考え S. Miyamoto (Zsf Ap, 31, 1952; PASJ, 9, 1957), Jefferies と Thomas (既出) は非干渉散乱機構を考える．太陽の場合線中心での光学的深さ τ_0 が 10^4 程度であるとすると $W_0=33$ km/sec を得るためには純吸収機構では約 5km/sec 非



第3図　平均の輪郭（太陽）

干渉散乱でも 4〜5 km/sec の乱流速度が必要とされる．いずれにしても τ_0 は$\sqrt{\log \tau_0}$ の形で幅に効いてくることが考えられるので，恐らく K_2 の幅の問題で一番敏感に効くのは彩層の乱流速度 ξ_t であろうと思われる．K_3 吸収線の問題は，後者の説では温度分布に対する特別の仮定はいらぬが，前者の説では彩層の上部に励起温度が下部より低い領域を考える必要がある．これらの問題はスピキュル・羊毛斑・黒点領域と合わせて定量的な議論をする必要がある．

もう一方の問題である K_2 輝線の生成にあずかる諸量と L_v との関係であるが，ここで問題は光球の乱流速度 u_t が入って来るので光球だけの問題にとどまらず対流層のことまで取扱わねばならない．従って更に二つの問題にわかれて彩層のモデルの問題と，力学的エネルギーの流れ πF_m と全幅射エネルギーの流れ $\pi F_r(=\sigma T_{eff}^4)$ との関係の問題とになる．これらの点について重要な成果を上げたのは R.P. Kraft (Ann dAp, **22**, 1959) である．すなわち彼は観測的に次の2法則を見出した．

(1)　$W_0=18\,u_t$

(2)　$\pi F_m/\pi F_r=L_v$，Teff に依存しない定数

そしてこの2点が認められるならば Wilson の関係式が証明されることを示した．Kraft の考えを進めれば，(1) については光球の乱流速度 u_t と K_2 のできる場所での彩層の乱流速度 ξ_t との関係をしらべる必要があることになる．また E. Schatzman (8th Liège Symp.) はやはり $\pi F_m/\pi F_r$ を一定とし，(A) πF_m が彩層の中で減衰しないこと (B) 乱流による圧力も含めた重力平衡 (C) 等温の彩層ということを用いて彩層の拡がりをとき，どの星についても連続吸収の τ が一定のところでみると，$\xi_t \propto L_v^{0.1}$ になっていることを示した．従って Schatzman の考えを認め，更に K_2 の幅 W_0 は ξ_t に比例するという立場をとるならば，Wilson の関係式が証明されたことになる．だからこの場合には問題は τ が一定のところで K_2 輝線が生じるかどうかということになるわけである．Schatzman の取扱いではどの星でも彩層の上部へ行く程乱流速度 ξ_t が増し，また明るい星ほど彩層の拡がりが大きいという一応もっともな結果がでているが，一体どこで K_2 ができるかということになると何も分っていないのである．結局これを扱うためには当然のことながら等温の彩層では話はすまなくなってくる．

この点に関して de Jager (8th Liège Symp., 1958) は彩層の上部の温度が急激に上昇するような領域を考え，そこでは力学的エネルギーの流れと彩層の全幅射とが釣合っているとしてここで K_2 輝線ができると考えた．de Jager の取扱いは定性的なものであるが，これを Schatzman の方法などと合わせて定量的に計算することが望ましい．

最後に残された問題は，$\pi F_m/\pi F_r$ が一定であるならばそれはなぜかということである。云いかえれば，星の光球の乱流の大きさは何によって決定されるかという問題である。これを解くには対流層のモデル，音波の発生機構等を調べねばならないが，この種の試みとして de Jager（既出）と Hoyle, Wilson (Ap J, **128**, 1959) の研究がある。いずれも対流層の乱流速度を求めているのであるが，とくに明るい星に対しては乱流速度が大きくなりすぎるという欠陥をもっている。

普通よく使われている Vitense 流の対流の理論は特に巨星の場合には定性的なことさえも信頼できぬ場合がある．例えばどの星でも（太陽でも）混合距離 l と実効距離 H との比をある限界の値まで下げてやれば，対流層はエネルギーを対流で運びにくくなるので存在できなくなる．（巨星ではすでに $l=H$ で対流層が存在できなくなったのであった）．そこで l の表現として実効距離の場合のように状態量（p_g, T, ρ）の変化が大きいような距離をとらずに，変位量（乱流のエレメントの速度・運動量等）の変化が著しいような距離を取った方が良いのではなかろうか．ともかく少くとも定性的にもっともらしい星の対流層のモデルを作ることが目下の急務であろう．更に対流層の中での音波発生・伝播・星の粒状斑も一応独立の分野として研究を進めていくことが望ましい．

結論を述べるならば，Wilson の発見した関係はこれまでの第一段階の研究によって3つの問題に変換されることになったのである．つまり K_2 輝線の生成，星の彩層のモデル，対流層とそこからの音波発生がそれである．とくに R.P. Kraft が観測的にたしかめた2法則は著しい成果であった．上の3つの問題の今後の方向についてはすでに述べたので繰返さないが，どんな星で Wilson の関係が成立しなくなるか，また磁場はどのくらいの役割を果すかということも注目する必要があろう．

（平山　淳—東大天文学教室）

質問ポスト

星の数

問 肉眼で空に見える恒星の数は一体いくつあるのでしょうか，お教え下さい．(高知市，土佐っ子)

答 実はこれは仲々めんどうな質問ですね．一口に，見える恒星の数といっても人によって（眼のよい人，悪い人)，また夜空の状態によって随分ちがいます．都会の真中で見える数と山の上や砂漠で見える数とではかなり差があるし，月夜と月のない暗い夜とでまた見える数は違うわけです．双眼鏡や望遠鏡を通して見ればもっともっと見えてくるのは当然です．

よく晴れた夜普通の人の見得る限界の星の明るさは 6.2～6.3 等星までです．ですから下の表から約 6000 個の恒星が肉眼だけで見得る星の数になります．夜我々が見るのは地平線より上に出ている，つまり全天の半分の約 3000 個となるわけですが，実際は大気減光といって地平線近い方向の星ほど，地上の空気分子，ゴミ，チリによる光の吸収散乱を受けて見えなくなります．ですから実際に夜空に見えているのは約 2000～2500 個位だと言えましょう．しかし人によって富士山の上などでは 7 等星ぐらいまで見える場合もあります．この場合ですと大気減光の影響を考えて約 5000～6000 ぐらいの星が見えているわけですね(全天ではれの 2 倍の 1 万～1 万 2 千ぐらいです)．

望遠鏡を通して見ますと恒星の数は急に増加します．すんだ夜双眼鏡ですと 8 等星ぐらいまで見えますから全天で 3～4 万，口径 10 cm 位の望遠鏡ですと 10 等星まで見えますので約 30 万，世界最大の 200 インチ望遠鏡で写真観測をすると 20 等星よりも暗い星まで観測できその数は約 30 億にもなります．(M.K.)

限界等級	恒星の数	限界等級	恒星の数
0.0 等	8	11.0 等	860,000
1.0	14	12.0	2300,000
2.0	67	13.0	5700,000
3.0	160	14.0	14000,000
4.0	510	15.0	32000,000
5.0	1,600	16.0	71000,000
6.0	4,900	17.0	150000,000
7.0	14,000	18.0	300000,000
8.0	41,000	19.0	560000,000
9.0	120,000	20.0	990000,000
10.0	330,000	21.0	1690000,000

註：明るい星の数は Allen, Astrophysical Quantities (1955). より数えた．暗い星の数は，Seares Van Rhijn 等の文献 (Ap. J., 62, 1925) によったものである．

切手説明：

ドイツの大数学者ガウス ($1777^{4}/_{30}$～$1855^{2}/_{23}$) の死去百周年記念切手　西ドイツで 1955 年発行．色は深緑色 (deep green)．大きさは 28 ミリ×33 ミリ．10 ペニヒは日本の円相場で 9 円位になる．彼は又小惑星若しくは彗星のための軌道計算法の発見者で，またアインスタインの相対性理論の基礎となる非ユークリッド幾何学を予見したと伝えられる．

冬至のころの日の出入

問 昼間の一番短い冬至の項が日の入が一番早いと思っていましたが，よくみるとそうでないことがわかりました．これは一体どういうわけですか．(東京，東)

答 日出入時刻の極値が冬至の日から約 2 週間，夏至の日から約 1 週間ずれるのは時刻を平均太陽時で表す為に起ります．

実際の太陽を基準とした視太陽時で表わした出入時刻は太陽赤緯の最大または最少で極値が得られる．しかしこの視太陽時は一定のすすみ方をしないので，視太陽時から均時差を減じた平均太陽時を用いています．この均時差は太陽の運行が黄道面上で一様ではないこと，黄道面と赤道面とが約 23 度半傾にて交っていることが影響しています．その結果として均時差は 2 月，5 月，7 月，11 月に極値を持ち，夏至・冬至の項にはその値を減少しつつある曲線を描きます．更に冬至付近は双方の影響が重り合って居る為にその変化は夏至の項に比べてその絶対値が大きく，此れが日出入時刻のズレが夏冬によって異なる原因になって居ます．

視太陽時で示した出入時刻と均時差とを併せて考えた平均太陽時で示した出入時刻の極値を考えるのですが，視太陽時による出入時刻は段々とその値を減少又は増大させ乍ら夏至又は冬至の日に近づき，そこでその変化が一応零となり今度は前と逆にその値を増大又は減少させ乍らそれらの日から遠ざかります．そのような所に減少しつつある均時差を減じると，平均時で表はされた出入時刻はその変化が零な点，いいがえると極値が夏至の出にあっては約 1 週間前に，入りでは一週間後に，冬至では視太陽時で表した出入時刻の描く曲線が夏と逆になる為に日の出の極値が冬至より約二週間後に入りは二週間前になります．(M.M.)

昭和35年1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　広瀬秀雄
印刷所　東京都港区芝南佐久間町一ノ五三　笠井出版印刷社
発行所　東京都三鷹市東京天文台内　社団法人 日本天文学会
振替口座東京13595

天文月報　第53巻　第2号　昭和24年5月18日第3種郵便物認可　毎月1回20日発行　昭和35年1月20日印刷発行

IBM 6407