

ヘリオスフェア(太陽系空間)の研究(I)

大 林 辰 藏*

はじめに

1970年代の宇宙科学は過去10余年のあいだになしとげられた数々の新発見のあとをうけついで、比較的地道な学術研究の時代を迎えようとしている。ここにはもう60年代初期のようなはやいだ霽囲気はないかもしれないが、宇宙探測の新技术を完全にとりいれた科学観測が真価を発揮し、精度の高い緻密な研究が行なわれようとしている。研究のねらいは大きく分けて3つの分野があり、地球周辺空間、太陽系空間および銀河宇宙空間が舞台となる。

1) 地球周辺空間

地球の超高層大気圏の探測は初期の宇宙空間研究として、1960年代にはもっとも多くの成果が得られた分野であり、バン・アレン帯の発見をはじめとして、地球をとりまく電離圏や磁気圏プラズマの現象を解明する努力が続けられている。とくに1975-77年は国際磁気圏観測事業(IMS)が企画されていて、国際協力をとおした科学観測が行なわれる。わが国では、科学衛星EXOS計画がこれに対応し、また、これに南極をふくめた地上観測網が動員される予定になっている。70年代後半には有人の宇宙船を利用したスカイ・ラブやスペース・シャトルによる研究観測もはじめられる。

2) 太陽系空間

アポロ計画を中心とした月探査は60年代の終りを飾るハイライトであったが、次の目標は火星、金星などの惑星探査へと移りつつある。これは太陽系の起源を知ろうとする長い道のりの一里塚であると共に、われわれの地球や、そこに発生した生物を客観的に眺めることができる最初の機会を与えてくれることになるであろう。木星や土星から冥王星にいたる太陽系の外惑星群を訪ねる計画も70年代には実現される。グランド・ツアーとよばれるのがこれで、巨大惑星の姿をまのあたりに見ることが出来る日も遠くない(第1図)。

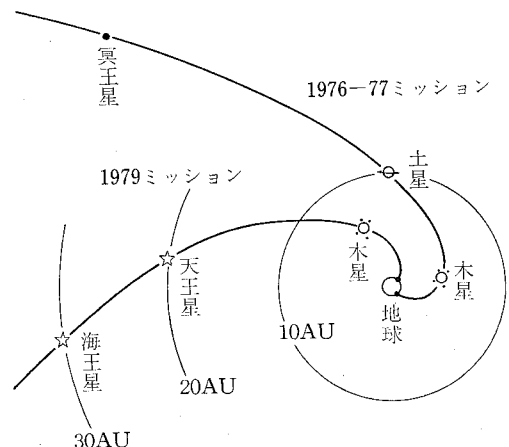
60億キロメートルの太陽系空間は太陽からの電磁波エネルギーとプラズマ風に満たされている。しかし、その外側は静かに光っている星々のほかには何も存在しない真空の世界だろうか。最近の研究は太陽系プラズマ空間の境界領域についても新しい知識を与えつつある。

ここで述べようとする主題はそれに関するもので、太陽系をとりまく星間物質やガス、宇宙線粒子群のふるまいなどが注目をひいている。

3) 銀河宇宙空間

太陽系の外にひろがる茫漠たる大宇宙は、まだ、未知の問題にみちあふれている。ここ数年、われわれに驚異の感を与えたものにX線星、準星、パルサーなどがあり、また、原始宇宙大爆発の残照 3°K の輻射、生まれつつある赤外線星、21cmやOH線電波天文学、それに謎につつまれたブラック・ホールと、その話題はつきないし、今後とも観測技術の進歩と相まって、続々と新しい問題が提起されるにちがいない。宇宙は無限にわれわれの彼方に拡がっているということはまさに至言であろう。

ここに、述べようとする太陽系空間の話題は1960年の太陽風発見につづいて、その後惑星間空間の知識が急速に拡大されつつあるなかで、太陽プラズマ域の限界はどこにあるのか、その外側はどうなっているのかということを取りあげよう。太陽プラズマ域の観測は科学衛星やスペース・プローブによるものだけでなく、地上観測による間接的測定の情報もきわめて有効であることが知られていて、電波星シンチレーション、彗星の尾、惑星間グロー(UV)やダストなどの観測、高エネルギー宇宙線のモジュレーション等が用いられる。とくに、最近行なわれた科学衛星による水素およびヘリウム輝線の惑星間グロー観測は太陽系近傍の星間ガスの情報を引き出す



第1図 NASAのグランド・ツアー計画

* 東京大学宇宙航空研究所
Tatsuzo Ōbayashi: Review of the Heliosphere (I)

ことができるかも知れないということで大いに期待されている。太陽プラズマ域の全般的な性質を述べると共に、これからの研究の方向についても言及しておきたい。紙面の都合で今回は第一章の「コロナと太陽風」を載せ、第二章「太陽プラズマ圏の構造」と、第三章「惑星間グローと星間風」とは次号にまわしたい。

コロナと太陽風

太陽系空間は9つの惑星とその衛星群、小惑星の集団や彗星などが存在する直径120億kmの広大な領域であるが、そこにある天体群の間は何もない真空の世界ではなくて、プラズマと磁場、それに高速粒子群(宇宙線)や電波、磁波などが入り乱れた多彩な空間であることが最近、明らかにされつつある。そのうちで最も重要なのは1968年パーカーによって理論的に予言された太陽風の発見である。

日食のときに見られるコロナは高温の太陽プラズマ大気の状態であるが、複雑な黒点群磁場にみちびかれたプラズマ・ストリーマが太陽からその半径の数倍のところまで延びだしているのが観測される。太陽風は、このコロナ域から放出されるプラズマ流で、速度300~800 km/sといった超音速流となって太陽系空間を吹きぬけている。高温のプラズマ大気をもつ星ではこのようなプラズマ風が存在する必然性があることを指摘したのがパーカーの理論である。

1. 太陽風理論

太陽風の発見にいたる動機となったものは彗星の尾の研究であったといわれている。彗星の尾(Type I)が太陽と反対方向に吹き流されていることを説明するのに光の輻射圧によると考えるよりは太陽から絶えず微粒子の流れがあるとした方が都合がよいことをピアマンが提案したのは1951年である。パーカーは静力学的に平衡にあると考えたコロナの大気モデルを検討した結果、それは不安定で、必然的にガスが外に向かって流れ出すことに気が付いた。

物理的にはコロナ大気をひきつけている重力場のポテンシャルが距離と共に $1/r$ に比例して減少するのに対して、コロナ温度は熱伝導度がよいために遠方に行ってもあまり低下しない。つまり、太陽近くではガスが重力によってしっかりととらえられていても遠方に行くにつれて気体の熱エネルギーがやがて重力エネルギーにうち勝ち、気体は自由に太陽から脱出することができるようになる。しかも大気の粒子密度は距離と共に急激に小さくなっているのだから、脱出流量の連続性を保つためには速度が上昇して超音速となる必然性がある。これはちょうどロケットのラバル・ノズルから超音速のガス・ジェットが噴出されるのと同じ原理で、太陽重力場はラバル・ノ

ズルの喉の役割を果しているわけである。

2. 太陽風の特長

パーカー理論は1950年後半から60年代にかけての宇宙ロケット観測によって完全に証明され、太陽風の存在は疑いないものとなった。しかも太陽風によって地球磁場は有限のキャピティのなかに閉じこめられていて長く尾を引いた磁気圏を形成しているということもわかってきた。

太陽風の主体は $10^4 \sim 10^5$ Kの温度をもつプロトンと電子ガスであり、その速度および密度は地球の軌道付近($r=r_0=1$ AU)で平均 $\bar{v}=400$ km/s および $\bar{N}=5/\text{cm}^3$ である。太陽からの距離と共に密度は $1/r^2$ の形で減少するが、速度はほぼ一定となっているとみられる。しかし密度および速度はともに時間的ないしは空間的に著しい変動をもち $N=1 \sim 10/\text{cm}^3$, $v=300 \sim 800$ km/s にわたっている。また太陽風は弱い磁場 $B=(1 \sim 5) \times 10^{-5}$ gaussを伴っていて、これはあとで述べるように太陽磁場がプラズマ流によって外にもち出された結果だと考えられる。

太陽風をつくっているプラズマの熱運動速度や電磁流体力波速度が50 km/s程度であるのにくらべて、流れの速度はその5~10倍も大きいから、太陽風は超音速または超アルフベンの的であるといえる。従って流れ全体の運動エネルギー $(1/2)Nm\bar{v}^2$ は熱エネルギー NkT や磁場エネルギー $B^2/8\pi$ に対して10~100倍大きい。しかし、熱エネルギーと磁場エネルギーの比 $\beta=NkT/(B^2/8\pi) \sim 1$ で、それらの間には等配分則が成立しているとみられる。

プラズマの組成は主としてプロトン H^+ と電子であるが、そのほかにヘリウム・イオン ${}^4\text{He}^{++}$ および微量の ${}^3\text{He}^{++}$ や酸素原子核などが検出されている。 $H:He$ の粒子数密度比はときによって異なるが、ほぼ100:5の割合であり、他の原子核は He に比べても1~2桁少ない。太陽風は太陽の近傍を除くと、ほぼ完全な無衝突プラズマであるといえるが、重要なことは、その速度分布が完全なマックスウェル分布からはずれ、温度の磁力線に対する異方性 $T_{\parallel} > T_{\perp}$ や電子とプロトンの温度が同じでなく $T_e > T_p$ となっている。これらはいずれもプラズマ不安定を導く要因となり、種々のプラズマ波動が励起されているとみられる。このほか太陽近傍($r < 30r_0$)は高温($\beta \approx 1$)で、かつ空間的に一様でないことから電磁流体力波がつくられる。これら各種の電磁波動はその性質上プラズマ粒子間に相互作用を起させる仲介となっていると考えられる。事実、観測される温度についての $(T_{\parallel}/T_{\perp})$ や (T_e/T_p) が理論的な予想値よりもはるかに小さい値になっていること、また、電子の熱伝導率が古典理論から求められたものの1/2から1/3になっていることは、波動と粒子群の相互作用が主要な役割

を占めている証拠だといえる*。

3. 惑星間磁場

太陽プラズマは電気伝導度が非常に高いので、そこに存在する磁場はプラズマに凍結された状態で共に運動する性質がある。したがって太陽近傍にある磁場はプラズマ流によって惑星間空間に運ばれ、太陽から磁力線がのび出してくることになる。このときプラズマ流そのものは太陽からほぼ真直ぐ(動径方向)に噴き出すが、太陽自転のためにひき伸されて磁力線はスパイラル状にカーブする。すなわち、磁力線と太陽動径方向のなす角を χ 、自転角速度を Ω とすると

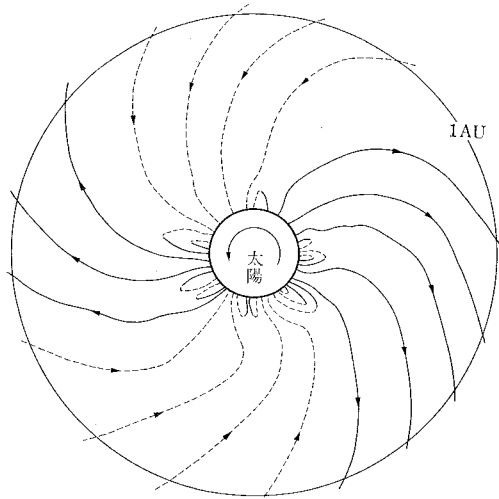
$$\tan \chi \approx r\Omega/v$$

になる。太陽の自転に伴うプラズマの回転運動は太陽付近では 5 km/s であるが、距離と共に角運動量保存則に従って $1/r$ で減少するので、ここでは無視してある。 $r\Omega$ の値は地球軌道付近で 440 km/s となるから磁力線の曲りは $\chi=45^\circ$ になり、これは距離と共に増大する。

このような太陽風磁場の強さは

$$\begin{cases} B_r = B_0 \left(\frac{r_\odot}{r}\right)^2 \\ B_\theta = 0 \\ B_\phi = -B_0 \cdot \frac{r_\odot \Omega}{v} \left(\frac{r_\odot}{r}\right) \sin \theta \\ B = B_0 \left(\frac{r_\odot}{r}\right)^2 \sqrt{1 + \left(\frac{r\Omega}{v} \sin \theta\right)^2} \end{cases}$$

で与えられる。太陽磁場の強さを $B_0 \approx 1$ ガウスとすれば予想される惑星間磁場は $r=1\text{AU}$ で $B \approx 3 \times 10^{-5}$ ガウスとなり、観測結果とよく一致する。惑星間磁場の一般的な構造は式からもわかるように太陽付近ではほぼ



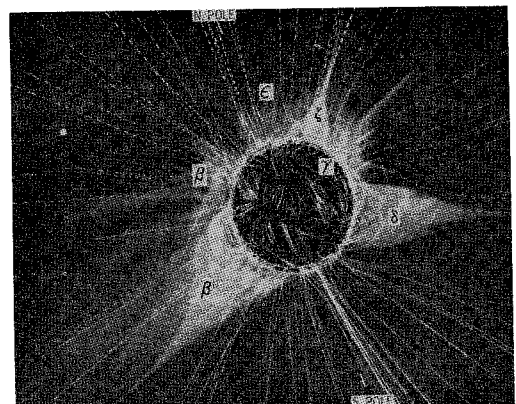
第2図 1AU から太陽面に至る磁場の区域構造

* 地球軌道付近でのプラズマ温度分布
 電子 $T_e = (1.2 \sim 1.5) \times 10^5$, $T_e^\parallel / T_e^\perp \leq 1.2$
 プロトン $T_p = (4 \sim 8) \times 10^4$, $T_p^\parallel / T_p^\perp \approx 2$

放射状に伸び $B \propto 1/r^2$ で変るが、地球軌道よりもうんと遠ざかると ϕ 方向の磁場成分が大きくなり、 $B \propto 1/r$ でゆっくり減少する球殻状のものとなる。

地球近傍で観測された惑星間磁場はほぼ黄道面に沿っていて、 $\chi=45^\circ (+180^\circ)$ の方向をもっているが、磁場の極性は太陽自転の27日のうちでかなり規則的に反転をくりかえしている。これが区域構造とよばれるもので、太陽面上での全般的な磁場構造の極性を反映している。第2図は1964年にIMP-1衛星によって観測された磁場分布と太陽面上を結んだスケッチで4つの区域から成っている。この区域構造の中での太陽風の状態変化には規則性があり、磁場極性反転の約1日後に密度が最大になり、約3日後には速度が最大になる。速度と温度には相関が見られ、磁場の強さは密度とおよそ同位相で変化する。

パーカーの理論では、太陽風に対する磁場の影響は副次的なものと仮定されたが、太陽面の活動域の近くでは、この仮定は必ずしも適当でない。低部コロナにおける気体の圧力は、静穏な領域で 0.03 dyne/cm²、活動域では 1 dyne/cm² 程度であり、これらは1 Gauss または 5 Gauss の磁場の及ぼす応力に等しく、したがって、これより強い磁場はプラズマの運動に制限を加える。このコロナの磁場構造は日食のときに観測される輝きのなかに見られる縞模様から推定できる。すなわちプラズマは磁力線に並行な方向には容易に動かされるが、直角な方向の運動は自由でないため、密度の疎密は磁力線に直角な方向につくられ、これにともなう輝きの濃淡が地上からは縞模様として観測されるのだらうと考えられるからである。第3図は1966年11月12日の日食時のコロナ写真と太陽磁場分布をポテンシャル理論によって展開してその磁力線構造を求めたものとの比較を示しているが、磁力線は遠くの距離まで伸びているものと、近傍でループを作っているものに分けられる。磁場の強いところでは太陽風の放射は妨げられ、ヘルメット型の構造となり、その両側から出た太陽風は反対方向の極性の磁場をもち、そ



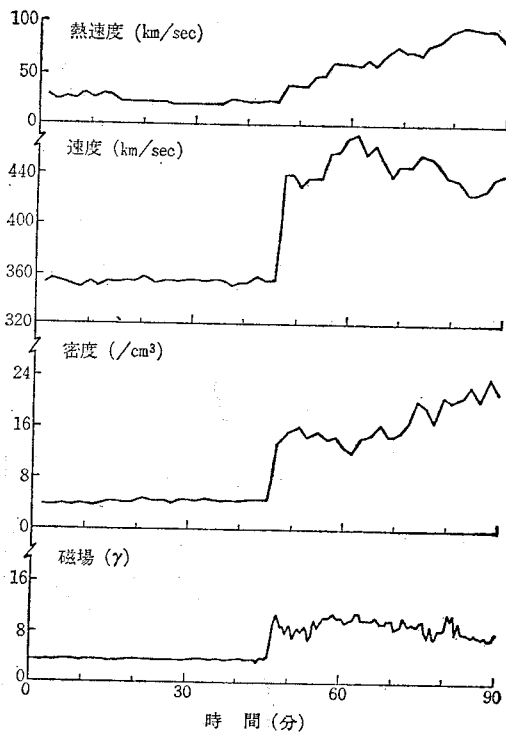
第3図 太陽コロナと磁力線構造

の接するところに磁場区域の境界ができる。

4. 太陽フレアー津波

太陽フレアーは、太陽プラズマ域に擾乱をひき起す嵐の現象である。その一つの形態は衝撃波の発生で、大きなフレアーの後で太陽風の速度、密度、温度、磁場強度などが急激に上昇することがしばしば認められる(第4図)。これは、ファースト・モードの電磁流衝撃波の性質をもっていて、太陽爆風波ともよばれる。爆風波の速度は500~1,000 km/sで、前面の太陽風を押してこの中に衝撃波を伝はんさせるものであるが、その全エネルギーは 10^{32} エルグ程度もあり、これはフレアーから放出される電磁的輻射(光子)エネルギーの総量よりも大きい。

フレアーに伴うプラズマは周辺の太陽風と比較して高温、高磁場強度などの特性をもっているが、それらのみでは明確に区別することができない。その理由は、フレアーでないときにも太陽風自体の変動がつねにあり、また太陽から地球までの間に衝撃波がつくられる可能性も考えられるからである。現在のところ、フレアー・プラズマのもっとも特徴的な性質とみなされているのは α 粒子の含有量が大きいことである。太陽風内の He^{++} の H^+ に対する粒子数比は平常5%であるのに対して、大きなフレアーの後で衝撃波通過の数時間後には20%程度まで上昇することが何例か報告されているこれはフレアーの際には太陽風がふだんよりもっと深いコロナ域から



第4図 フレアーによって生じた衝撃波の記録

放出されることを示している。

5. 太陽風の地上観測

科学衛星や宇宙ロケットの観測が太陽風に関するわれわれの知識を飛躍的に増大させたとはいえ、太陽系空間のスケールとくらべると飛翔体が到達しえた領域はきわめて小さいものである。太陽風の状態が直接に観測されたのは黄道面から数度以内の範囲で、太陽からの距離0.7~1.5 AUの部分に限られている。したがって、太陽プラズマ域の構造を論ずるためには各種の間接的な地上観測の手段を活用して、高緯度や遠隔領域の太陽風の状態を探る必要がある。

彗星および惑星間ダスト 古典的なものに彗星に関する観測がある。さきにも述べたように彗星のプラズマ尾は、周辺の媒質が相対的に運動している方向をあらわしている。彗星に対して媒質が動く理由の第一はもとより彗星の軌道運動であるが、これに媒質が太陽風として運動しているための効果加わる。したがって、彗星尾の方向と軌道運動の速度から太陽風の方向や速度とそのゆらぎを求めることができる(太陽輻射の及ぼす力は太陽風圧に比べ 10^{-8} 程度で実際には無視できる)。彗星の軌道は黄道面と大きな角度をなすものも多いため黄道面からはなれた場所でのデータも得られる。

地球軌道から外側の領域についても、1962年に現われたハマスン彗星は太陽から3 AUの距離で太陽風によるものと思われる尾をもっていたことが観測された。また土星と木星の間に軌道をもつシュヴァスマン・ヴァハマン彗星はふだんは18等星程度の弱いものであるが、ときどき急に明るくなりそれが10日程度は続くことが報告されている。コメット・フレアとして知られているもので外惑星軌道における太陽風の異常変化を示しているものかも知れない。

長い尾をもった明るい彗星の出現頻度は数年に1回程度であるが、8~13等星程度のもので含めると年間数個~10個ぐらい出現するので観測の機会は比較的多い。わが国では堂平と内之浦にシュミット・カメラがあり、飛騨でも彗星の分光観測が計画されているが、光学観測がもつ高分解能性を活用して太陽風の微細構造を調べることも重要であろう。

惑星間ダストはサイズ1~100 μ の固体粒子群である。これが惑星間空間に広く分布していることは黄道光の存在から知られている。日没後、西の空に黄道に沿って白く光っているのをたまに見ることができるが、太陽光がダストによって散乱させられる結果現われる。惑星間ダストの運動は複雑で、太陽重力や輻射圧をうけ、また太陽風圧やローレンツ力(電荷粒子)に影響される。そのほか太陽熱による蒸発効果やポインティング・ロバートソン効果が関係していることが注目を集めている。ダスト

の空間分布はそれらの総合的な結果であるが、太陽系空間の構造を理解する上に今後の寄与が大いに期待される。とくに近年ロケットによる赤外線観測が新しい情報を提供できるようになった。

電波星シンチレーション 太陽風の地上観測として最近広く用いられるようになった情報源は天体からの電波のシンチレーションである。きわめて遠方にある強い電波星（サイズ $<1''$ ）は途中の媒質のゆらぎによってまたたき現象を起す。これは地球の電離層の不規則性によるものもあるが、それよりももっとゆっくりしたシンチレーションで、それが太陽風密度のゆらぎによって起されることをケンブリッジ(英国)のヒュウイッシュが1962年に発表している。それ以後世界各地で観測がぼつぼつ始められているが、その記録のなかでベル嬢がパルサーを1967年に発見したことは有名な話である。

一般に星からの電波の散乱は地球までの長い距離の間で絶えず行なわれているであろうが、もっとも効果の大きいのは、密度の大きい領域を通るとき、すなわち電波が太陽の近くを通るときであろう。地上に観測点を3点以上置き、そこで観測されるシンチレーションの間の相関を調べれば、対応するパターンの時間的なずれから太陽風密度の不均一部分が動く速度と方向が得られる。密度のゆらぎは太陽風に対して相対的に動いているかも知れないが、太陽風はマッハ5程度の超音速流であるから求められた速度は太陽風速度とほぼ同じであるとみなしてよい。電波星強度そのものからも、太陽風のゆらぎのスケールや密度変動の大きさが推定されることはいまでもない。わが国では名古屋大学空電研究所が豊川、富士嶺、菅平の3点で太陽風観測をはじめており、着々と成果をあげている。

このほか電波的観測としては木星のシンチレーション、宇宙ロケットからの通信電波、また最近ではパルサー電波のファラデー効果や分散性から太陽系から星間空間にいたるプラズマや磁場の情報を得る可能性が指摘されている。

宇宙線モジュレーション 太陽系空間の全域にわたる情報を知るという観点からみると、宇宙線のモジュレーション研究はその歴史が最も古く、初期の惑星間磁場に関するモデルを作ることで指導的な役割を果たしてきた。

一般に太陽系空間にある高エネルギー荷電粒子、いわゆる宇宙線は銀河系空間で生まれ、加速されたものと、太陽フレアに源をもつ粒子群がある。銀河宇宙線は 10^8 eV から 10^{20} eV のエネルギーをもつプロトンが主成分で太陽宇宙線は 10^8 eV から 10^9 eV 程度のエネルギー範囲にある。それらのいずれもが惑星間空間を通過して地球にやってくるわけで、途中の領域の磁場の影響をうけ

てパスが曲げられたり散乱されたりする。昔から知られているのは地球上で観測される銀河宇宙線の強度変化で、それはつねに一定ではなく、太陽活動の周期である11年サイクルで10%以上におよぶ変動がある。この変動の特徴は太陽風の勢力の強い活動期には宇宙線強度が減り、逆に静穏期には宇宙線強度が増す傾向である。宇宙線強度のこのような変動は太陽モジュレーションとよばれ、それから太陽系空間の構造を知る手掛りを捉えることができる。

宇宙線モジュレーションのものは磁場の乱れによる荷電粒子の散乱(拡散)過程であるが、その程度は粒子のラーモア半径と乱れのスケールが同じぐらいになったところでもっとも著しい。ラーモア半径 r と粒子の磁氣的硬さ R の関係は

$$l \sim r_L(\text{AU}) = 0.02R(\text{Gv})/B(r)$$

で与えられ、1 GeV 程度のプロトンでは $B=5\gamma$ として $l=0.01$ AU 程度の乱れによってもっとも強く散乱される。このような散乱源が多数存在して、それが太陽風と共に流れているわけだが、そのなかでの宇宙線粒子のふるまいは熱の拡散現象などと同じで、速度 w の粒子拡散係数 $D=1/3 wl$ を定義して、粒子の密度分布 $N(r)$ は太陽風速度 v をつかって

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{v}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 N) = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 D \frac{\partial N}{\partial r} \right)$$

という拡散方程式で記述される。実はこの微分方程式の解と宇宙線強度変化の実測値を比較することによって、太陽系空間での磁場の拡がり、乱れのスケールの大きさなどが推定できるわけである。

銀河宇宙線は太陽系外に源があるのに対して、太陽宇宙線は中心に源があって、フレア時にそれが放出されることになる。拡散方程式を $w \gg v$ と仮定して解くと、地球に到着する粒子フラックスの時間変化は次のようになる。

$$N(t) = \frac{N_0}{2\sqrt{\pi D^3}} t^{-3/2} \exp\left(-\frac{r^2}{4Dt}\right)$$

例えば 100 MeV 程度の太陽宇宙線ではフレア後 3~4 時間でフラックスがピークになり、そのあとゆっくり減少することから散乱源のスケールは 0.1 AU であることが求められる。ただし実測された減少の割合は必ずしも $t^{-3/2}$ に一致せず、もっと急速に消滅する。これは地球よりも遠方では反射散乱現象があまり顕著でなく、太陽に向けて粒子が送り返されなくなってしまうことを意味している。

このほか銀河宇宙線の減速効果、日変化、太陽宇宙線の流れの異方性、宇宙線嵐などさまざまな現象は、さらに複雑な惑星間空間の情報をわれわれに与えてくれる。1~100 GeV のエネルギー範囲はすでに従来からのニュートロン・モニターによって莫大なデータが集積されて

いる。1 GeV 以下のところは地上では観測が不可能で、これは科学衛星による研究が著しい進展をみせた。しかしこれらの宇宙線粒子はそのエネルギーの関係から太陽系空間の比較的の内側を探索するのに適しているが、もっと大きなスケールの状態を知ろうとするにはさらに高エネルギー宇宙線 (100~1,000 GeV) の精密観測がぜひ必要である。このためには地下数十メートルに宇宙線検出用のプラスチック・シンチレータを置き宇宙線中間子を連続的に観測する計画がすすめられている。近い将来これによって 1~10 AU の太陽系空間に探りを入れることができるようになるであろう。

掲 示 板

東京大学理学部天文学教室公募

下記により公募いたします。希望者の応募、適任者の推薦をお願いいたします。

1. 公募人員……助手 1 名
2. 専門分野……天文学
3. 就任時期……昭和 47 年 7 月の予定
4. 提出書類……履歴書, 研究論文リスト, 推薦書
(他薦の場合)
5. 締切期日……昭和 47 年 5 月 20 日
6. 宛 先……(〒113) 東京都文京区弥生 2-11-16
東京大学理学部天文学教室主任
末元善三郎

新 刊 紹 介

Nuclei of Galaxies

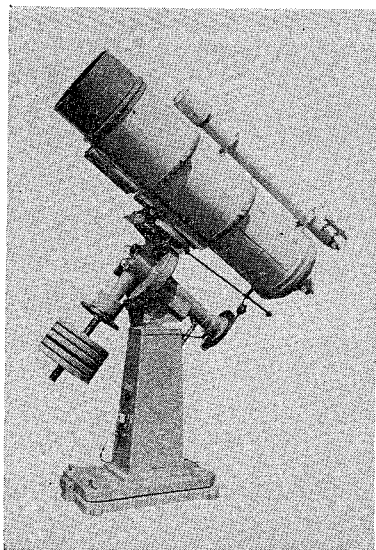
O'Connell 編

(North Holland Co. Ltd.,
B5 判, 795 頁, 約 16,000 円)

本書は1970年4月にパチカンでおこなわれた「ギャラクシーの中心核」に関する研究会の集録である。

ギャラクシーの中心核の実体と、そこでおこる種々の現象を解明することは、ギャラクシーと宇宙の進化を理解するうえには、きわめて重要である。パチカンでの研究会の目的は、自然科学のある分野で基本的な重要性をもち、専門家の見解がさまざまであるような問題を取りあげて、少人数の科学者のグループでそれについてできる限り徹底的に議論して、なんらかの結論をひきだそうとするものである。ギャラクシーの中心核の問題は、まさにこの研究会の意図に相応しいものであろう。この「ギャラクシーの中心核」の研究会を開くために、1967年から準備がなされたうえで、異なる見解をうまくカバーするように、世界各国から25名の参加者が選ばれた。

研究会は、Ambartsumian の introduction のあと、第 I 部観測結果とその解釈では、次の15の論文が発表されている。セイファート・ギャラクシーの形態学 (Morgan ほか)、ギャラクシーの中心核の恒星成分と進化 (Spinrad),



天体望遠鏡
ドーム、製作

西村製の天体望遠鏡

40 cm 反射望遠鏡の納入先

- | | |
|--------|----------------------|
| No. 1 | 富山市立天文台 |
| No. 2 | 仙台市立天文台 |
| No. 3 | 東京大学 |
| No. 4 | ハーバート大学 (USA) |
| No. 5 | ハーバート大学 (USA) |
| No. 6 | 台北天文台 (TAIWAN) |
| No. 7 | 北イリノイズ大学 (USA) |
| No. 8 | サン・チェゴ大学 (USA) |
| No. 9 | 聖アンドリュース大学 (ENGLAND) |
| No. 10 | 新潟大学高田分校 |
| No. 11 | ソウル大学 (KOREA) |
| No. 12 | 愛知教育大学(刈谷) |

606 京都市左京区吉田二本松町 27

株式会社 西村製作所

TEL. (075) 771-1570
691-9580