



図4 スター・トラッカー (波面分割グレーティングは透過式; 前面は回転方向に、後面は半径方向に溝が切っており、光路コンペンセーターと一組になっている。)

ップ決定、外惑星の衛星の運動の究明に活躍する。精密位置測定連星を調べて、惑星系やブラック・ホールなどを伴う恒星を探す。

その他:他に候補に挙げられたものには、高分散分光器 (λ 1150-3100 Å, $\lambda/\Delta\lambda \approx 3 \times 10^4$, 25分積分で $S/N \sim 20$ に対する限界等級は BOV の星で $m_V \sim 15$) や、惑星面カメラ (λ 2000 Å $\sim 10 \mu$, F/48, F/96, 視野 $9'' \times 9''$, 測光精度 $\sim 1\%$), 高速測光器 (時間分解能 1 msec ~ 1 sec; 二次元測光器とする可能性あり) などがあるが、トラッカーの他に装着できる観測器は5台なので、選定しなければならない。

4. 地球という宇宙空間飛翔体

以上に述べたように、ST は非常に優秀な性能を備えているが、決して万能ではない。高角分解能の宇宙空間望遠鏡であるために、観測者が直接に乗ることは許されないし、画素数の制約からカメラの視野は広くとれな

い。また赤外測光器のヘリウム補給も簡単ではない。また厳しい宇宙空間環境に対処するために、多くの特殊な工夫が必要であり、それは15年間を一応のめどとする短寿命を通して、コスト高へとばね返ってくる。したがって ST という精鋭特殊装置と相補い、それを支援する装置が無くては、ST も生きない。スペース・シャトルのパレットに、1m級の赤外測光望遠鏡や紫外シュミット・カメラを搭載する計画はその一部である。昨年7月に科学技術庁の宇宙開発委員会がまとめた「わが国の宇宙開発に関する長期ビジョン」では、今世紀の終り頃には宇宙ステーションが実用化し、宇宙望遠鏡群が乱れ(!) 飛ぶことが期待されている。ここ何世紀かの科学技術の進歩ぶりを思うと、それも単なる夢ではない。しかしながら、地球という宇宙空間飛翔体も、なかなか優秀な観測ステーションである。何よりも力学的に安定していて、位置・時間の絶対測定に有利であり、電波域での開口超合成や VLBI を可能にしている。観測者が宇宙服を着たり面倒な制約なしに装置を作動させられるために、各時代の超精密な大型装置は、依然として地球上で構築される。「宇宙時代」だからと言って、スペース一辺倒では、大変な片手落ちになる。しかしながら、少くとも現在では、日本の天文学はもう少しスペースに目を向けるべきではないだろうか。予算の限界があるので問題は多いが、地上観測や理論研究の成果を踏まえて、国際共同利用の宇宙空間観測計画にも、もっと積極的に参加できないものであろうか。また、地上観測技術の開発においても、宇宙空間観測との関連で考えられることが望ましい。「地上」と「スペース」の問題は、皆で熟考すべき時点にさしかかっていると思うが、どうであらうか。

スペース・テレスコープで何ができるか

安藤 裕 康

ST の運用、機能などについて述べられたが、ここでは ST で何が出来るかを考えてみたい。それには地上観測にない ST の特徴をあげてみれば大体想像がつくであろう。(1) 地球大気の乱れ、即ちシンチレーションの除去のため $1''$ に制限されていた角分解能が望遠鏡の理論的分解能まで可能になる。(2) 大気減光、大気光、夜光、街灯、などから自由になり限界等級が上がる。(3) いわゆる地上観測で不可能であった紫外域 ($\sim 1000 \text{ Å}$), 赤外域 ($2 \mu \sim 1 \text{ mm}$) の観測が高角分解能で可能となった。(4) シンチレーションのため地上で不可能であった高精度時間分解能の観測が可能になる。このように従来の地上観測とは比較にならないほど優れた観測であることは

言うまでもなく、従来のロケット、バルーン、人工衛星などによる観測と比較しても高角分解能、超精密なポインティングなど進んだ面が見受けられる。

ST でなされなければならないのは (1) 新しい知識を増やすに止まらず、天文学を変えるものであること、(2) 地上から容易に出来るものでないこと、といった点が考えられる。(1) については実際 ST を軌道に乗せてみないと予測できないことである。どんな偉い人が考えても予想不可能なことは 1960 年代の天文学の発見時代 (パルサー、QSO、X線星、赤外線星、星間分子など) を考えてみれば明白であり、唯一我々が出来るのはとにかく好奇心を持って宇宙を“見る”冒険をすることである

う。これだけ書いて終わっても良いのであるが、ST でどんな面白いことが出来そうか地上からの予測を書けば、より一層予測出来ない発見の期待感がふくらむであろう。(2)に関連して分野別に考えてみよう。

(a) アstrometry: 星の固有運動, パララックス, 実視連星の観測にとって, シンチレーションのない精密位置観測が出来る。天文学の基礎データである天体の距離の精密決定, 星の視直径の測定, 新しい連星系の発見, 太陽系外の惑星系の発見などが考えられている。とくに連星系の探査は星の進化, 太陽系の起源について重要な情報を提供するであろう。

(b) 星: 理論でも観測でも星の進化で今も未知の部分は星の誕生と死である。星の誕生は星間ガスやダストと深い関連をもち, 星の死はコンパクトな星(白色矮星, 中性子星, ブラックホール)であると言われている。星の誕生についてはその場所が温度の低いガスやダストにかまれているため赤外分光観測が期待されている。たとえばハービヒハロー天体(ダスト雲中にみられる非常に小さい明るいガスの塊)について高角分解能測光器でその構造が調べられるだろう。又, その周辺でのガスの状態についても詳しい振舞いが理解されよう。太陽系の起源を考える上でも, 若い星と星の周辺ガスのスペクトルを別々に調べ, その運動及び, 化学組成が解明されることが大切で, 両者の関係についての議論は多くの実を結ぶだろう。若い星での“太陽風”, 彩層, コロナなどの存在を紫外域スペクトルを用いて調べ, あらゆる星の年齢とそのような活動との関係をさぐることは太陽系で生物出現以前の太陽系の様子を知る上でも有意義な結果をもたらすであろう。一方星の死の段階でのコンパクト星を調べることは相対論, 固体物理, 素粒子物理学, 原子核物理学などにとってその理論的裏付けとして重要である。しかし地上観測(とくに光領域)では白色矮星ではシリウスBなど2~3個, 中性子星ではカニパルサーといった限られたものしか観測出来ない。STでは紫外域から赤外域までの広波長域, 高角分解能, 微光天体探査などが可能なため, 電波やX線で発見されているコンパクト星の同定, 又, 新しいコンパクト星の発見などが考えられている。とくにSTでは高時間分解能(1msec~1sec)のため, これらコンパクト星の各種の振動や回転にともなう現象が観測されそれらの性質がさらに詳しく調べられよう。白色矮星ではその数が増えることが予想され, 温度や光度の観測から質量-半径関係が精密に決定される。又, 一般相対論的赤方偏移も高分解能スペクトログラフで調べられ, 観測的基盤が与えられる。さらに白色矮星に行くと考えられている惑星状星雲の中心星を紫外域で調べることにより, その進化過程が解明されよう。中性子星については紫外域観測でパルス

をとらえ, 光学的同定から, 新しい中性子星の発見, 又, その周辺のプラズマの状態が詳しく調べられる。ブラックホールについてはすいこまれる物質から出される紫外線をとらえることが期待されている。又, コンパクト星は天の川辺に集中しているため赤外域の方が明るいこと(例えばCyg X-3は赤外域で同定された)が多く, 紫外域だけでなく, 赤外域の観測も重要である。

(c) 銀河系: 限界等級の向上(26等級~28等級), 高角分解能(0.04)のため, 遠方の銀河を見る(見える宇宙の拡大)遠方銀河を構成要素に分解する, 多くの銀河の回転曲線を得るなどの成果がある。高角分解能は遠方銀河をセフィイド, RR Lyr, 超巨星, H II 領域に分け, その距離を精密に決定する。距離指数24等の局所群の銀河の若い星団, ハロー種族の星のHR図を作製して星の形成の歴史をさぐり, 化学組成の分布についても調べられる。とくにセフィイドやRR Lyrを調べ種族と化学組成の関係を精密化できる。距離指数25等~30等までの銀河について若い種族IIの星の分布を調べ銀河のタイプによるその分布の違いを調べる。紫外域観測で銀河内の星間物質の分布や性質を調べる。銀河系の回転曲線を得ることは系の質量を推定する上で重要である。このように銀河系の構成要素の分解や質量の決定は銀河の進化を解明する上で重要なカギとなる。

(d) QSO: この天体はいまだに謎であり, 画期的な情報が得られることが望まれている。QSOは $z=0.25-2$ の間に集中しており z の大きいものが少ない。これは単純に観測限界というものではないらしく, STで暗い z の大きいQSOの探査が期待されている。これには紫外域の観測は重要である。なぜなら200ÅあたりのHeI, HeIIの電離境界が見えてくる($z=3.5$ で1000Åに赤方偏移する)からである。QSOがハッブルの関係に乗るかどうかの問題も重要であり, 上記の観測が待たれる。もう1つQSOで面白いのは, 吸収線と輝線で赤方偏移の程度が異なり, 一般に輝線の方が大きい。さらに吸収線が多くみられ, 高分解能スペクトル(STでは可能)で調べないと詳しいことは言えないが, これらの吸収線は異った線ではなく同じ線の赤方偏移の異ったものらしいということである。この立場に立つと, 赤方偏移重力説では異った重力の所から出ていることになるし, 赤方偏移運動説では異った速度で物質がとび出している(光速の半分近い速度差)ことになる。これらの説でどちらが正しいか, 又, どちらも誤っているかを決定するのはST観測をまっけて行なわれるかもしれない。又, QSOと良く似ているとされるセイファート銀河の中心核との比較も精密に行なわれQSOの正体解明に役立つだろう。

(e) 宇宙論: 宇宙膨張を観測的に裏付けるハッブルの関

係を正確にすることは言い換えれば膨脹開始の年齢、即ち宇宙年齢を正確に決定することになる。ST では高角分解能のため、赤方偏移 1000 km/s のオーダの銀河の H II 領域や明るい星を分解可能である。これによって銀河の距離は今までより 5~10 倍遠方の銀河まで正確に決定され、ハッブルの関係はさらに精密になるのである。又、局所銀河の速度のゆらぎを調べて宇宙の重力エネルギーと運動エネルギーの関係調べ減速の割合を知ることが出来、宇宙の開閉の問題が追求できる。又、それら銀河の速度の異方性からわれわれの銀河の運動を調べられる。最後に根源的な問題であるが、赤方偏移は実際の運動を示しているのかという問題がある。これの答えとしては銀河の表面輝度はもし運動していなければ距

離に無関係であるが、運動（後退）していれば輝度は減少しているのでこれを確認すればよいが、地上ではシンチレーションのため不可能であったが ST では可能となり重要な結論が期待できる。

以上各分野について ST で出来そうなことを並べてみたが、はじめにも述べたようにこれはあくまで地上での予測にすぎず、ST で実際に観測開始となれば、まったく局面は 180 度転換するであろう。むしろしない方がおかしいといっても過言ではないであろう。この計画がアメリカだけではなく、すぐれたアイデアをもつ者にチャンスを残している点は注目したい。我々日本からもこのような国際的研究プロジェクトに加わるのであり、積極的な議論にしたいものである。

スペース・テレスコープ —天文学の新しい段階—

井 上 允

従来光学・電波天文学は種々の観測装置によって地上から観測を行ってきた。しかしある程度観測装置の開発がなされてしまうと、地上の望遠鏡で苦心するよりも宇宙空間に望遠鏡を持出す利点の方が色々出てくる。地上での苦心と打上げるそれとのかね合わせで、いつ、どんな望遠鏡が宇宙空間に置かれるかが決まるのである



図 1 不規則銀河 M82 の写真。何かとび散っているように見えるが、実際中心からガスが外に吹き出している（パロマ天体写真集）。

う。電波天文学がまだ地上で観測装置の開発に力を入れている間に、光学天文学では既に宇宙望遠鏡（スペーステレスコープ：以上 ST と略）の打上げ計画が具体的になってきた。宇宙空間の無重力状態では望遠鏡の構造に無理が少なく、指向精度が地上よりもずっと良くなるであろう。分解能と指向精度の点で地上からの観測より桁違いに細かいものが見られる。更に隣接波長域の赤外線や紫外線も大気に吸収されずよく見えるようになる。

さてそれでは ST によって何がわかるか。このような飛躍的な性能を持った器械では、全く予想もしないような現象とか天体とかが発見される可能性が大いにあるが、我々の現在までの知識から予想されるようなことを筆者が関連している分野について一寸述べてみよう。

QSO 等の非常に遠方の天体については現在は地上から光と電波の観測が主に行なわれている。電波天文では超長基線干渉計 (VLBI; 本誌 68 巻 5 号参照) によって QSO やセイファート銀河のある種のもは 1/1000 秒角程度の微細構造を持っていることが明らかにされた。しかも 2 つの明かるい点があり、これらが互いに光速以上の速度が拡がっているように見えるのである。

今迄はこのような微細構造の観測は VLBI でしか行なうことが出来なかったが、ST はこれに匹敵する分解能を持っている。光でみてもやはり明るい点が 2 つ見えるのであろうか？ さらに、電波でみると大きさの異なる構造がいくつかあるが、光ではどうだろうか？ みえたとするとそれと電波の構造との関係はどうなっているのか？ 等々の疑問が次々に出てくる。またこれらの活動的な天体の中心核だけの測光から、電波-光の中心核のスペクトルがわかる。地上観測では中心核と回りの星との出す光を分離することが難かしかったが、ST