

小惑星の掃天観測

香 西 洋 樹*

はじめに

IAU 小惑星中央局から発行されている小惑星回報 (Minor Planet Circular) 7238 号によると、1982年10月3日までに確定番号が付けられた小惑星の数は 2763 個である。昨年10月の2474個に比べると289個が新たに確定番号が付けられて、正式に登録されたことになる。最近の数年間、年間ほぼ100個またはそれ以上の数の小惑星が正式に登録されていて、数の増加はいちじるしい。小惑星は発見・検出されても、直ちに正式に登録されるのではなくて、先ず発見年月を示す仮符号が付けられ、過去に観測が行なわれたことが有るか、否かが調査される。この作業を同定といい、小惑星の国勢調査 (戸籍調べ) の上で重要なことである。1801年に小惑星第1号ケレスが発見され、1850年頃に天体観測に写真が応用されるようになって来て、その数は急速に増加して来た。しかし、発見される順番は、やはり直径が大きい、地球に接近するものなどが、早く確定軌道が求められて戸籍簿に記入されていった。小惑星は、その殆どがボーズの法則が示す火星と木星の空隙にあって、太陽からの平均軌道半径は 2.2~3.3 au に近い。こうしたことから写真を応用して広い星野を一枚の乾板に撮影し、小惑星の大量生産を目ざすような観測が始められたのであり、実際に大きな成果が上って来た。小惑星の観測は、地球から最も近く光度が最も明るいという理由から、太陽と反対の方向=衝の黄道近くが目標とされる。現在まで確認されている小惑星は、ほとんどが黄道付近にあり、軌道傾斜角の平均は約 10~11 度である。従って黄道付近の衝の方向を観測の目標とすることは正解であることは間違いない。しかし、衝の位置での小惑星は逆行中で、しかもその速度は最大である。バックの星野に対する移

動を検出の目安とするためには移動が早い程容易であるが、一方では光の蓄積効果が低く限界等級がそれだけ浅くなることにもなっている。

国勢調査とはじめ

世界各地の天文台で行われた観測から多くのことが判明して来たが、それでは選択の基準が一定でないという不平がつきまとう。そこで選択の基準を一定にするように一連の観測が実施された。それは過去2回にわたって行なわれ、第1回はマクドナルド掃天観測 (MDS) と呼ばれるもので、第2回はパロマー・ライデン掃天観測 (PLS) であった (本誌1982年11月号、石田・三上氏記事参照)。MDS では口径 25 cm の天体写真機を使用して黄道帯の 16 等級までの全小惑星を検出しようというのが目的である。PLS ではパロマー天文台の 122 cm シュミット望遠鏡で、黄道上の 12×18 度の星野を撮影して 20 等級までの小惑星を検出しようというものであった。これらから、各々小惑星の積算関数を求め、さらに2回の観測を連結して 10~20 等級までの積算関数を推定している。以上の2回の掃天観測が小惑星の国勢調査第1回目であるとすれば、我々の東京天文台木曾観測所 105 cm シュミット望遠鏡を使つての掃天観測は国勢調査第2回目に当るのかもしれない。

我われの観測

東京天文台木曾観測所に 105 cm シュミット望遠鏡が完成したのは1974年10月である。その後の調整を終えて試験観測は1975年秋頃から開始された。これを機会に、小惑星の国勢調査を 105 cm シュミット望遠鏡を使用して行うことを計画した。105 cm シュミット望遠鏡は 36 cm 角の乾板を使用すると 6×6 度の星野を写すことができ、また、コダック社の II a-O 乾板とショット社の GG 385 フィルターを組合せた B 波長域では1時間程の露光で約 21 等級の恒星が検出可能である。メインベルト上の小惑星は、平均1日に約 15 分角だけ地球を逆行することが知られていて、この移動量は 330 cm の焦点距離の 105 cm シュミット望遠鏡の焦点面上で約 15 mm に相当することになる。移動する天体を撮影する場合は、乾板面上での光の蓄積効果は恒星に比べてあまり期待できないので、むやみに長時間露出しても無駄になることになる。今、20分の露出をおこなうとすれば約 0.2 mm の棒状の小惑星像が写ることが期待さ

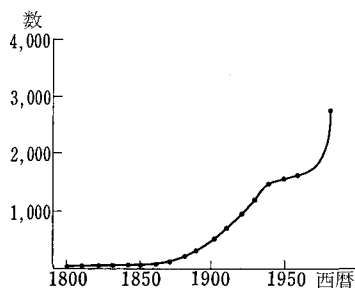


図1 登録済の小惑星の数

* 東京天文台 Hiroki Kosai: Survey of Faint Asteroids

れる。小惑星などの移動天体を撮影する場合、次の方法が考えられる。

1) 一枚の乾板上に1回の長時間露出: これは小惑星の検出を目的とした撮影というより、他の目的で撮影した乾板を検査する場合に相当する。1566 番イカサの発見などは、このケースに相当する。

2) 1枚の乾板上に多重露出をおこなう: 1回目の露出が終了すると、乾板を赤経または赤緯方向へ、わずかに移動(望遠鏡を移動してもよい)して、第2回目以降の露出を行う。平行に並んだ恒星像の中で、移動する天体は斜めに並んだ像として検出できる。

3) 対象の移動に合わせて乾板または望遠鏡を動かす: 小惑星の移動方向と量が判っているか、推定できる場合に有効で、線状に写った恒星像の中で、点像として検出できる。

4) 1回露出の複数枚の写真を撮影する。

以上のうち、1) では移動方向が確定できず、2) の方法ではバックのカブリが増加して限界等級が浅く、3) では多くの小惑星のすべてに一致させることが困難という事情になり、我々は 4) の方法を採用することにした。

シュミット望遠鏡は、写野が広いことが特徴の第1であり、1枚の原板にはそれぞれ膨大な量の情報が含まれている。そこで多くの場合、多目的に利用されるように状態で撮影されていることが希望されている。このような希望に対しても 4) の方法は応じることが可能である。1枚1回の露出を行い、適当な時間間隔をおいて同じ星野を同じ方法で撮影して、ブリンク・コンパレータと呼

ぶ比較測定機で検査するのである。2枚の写真からは、移動方向と、その量を検出することができるので好都合である。

4) の方法を使用するにあたって、さしあたり 0.2mm の長さの像があれば恒星像と間違わないと考慮して、20 分間の露出をおこなうことにした。

結局、観測の方法としては、1) コダック社の IIa-O 乾板に、ショット社の GG 385 フィルターを使用して、1枚1回20分の露出を行う。2) 恒星時による追尾で、同じ星野を1夜に2枚以上撮影する、3) 撮影する星野は、衝と黄道に近い場所を選択して行く、ということにした。

こうして撮影していった天域は、開始した1976年10月以降で約2000平方度になり、19等級までの小惑星約2600個を検出した。ここで改めて感想をのべると、シュミット望遠鏡の持つ情報集取力はたいしたもの、後述するようにブリンク・コンパレータを使用して検査するのに1組で約8時間を要する場合があった。今や、観測より後始末の方法を考慮する時代になったのである。

乾板検査

撮影済みの乾板は、次の理由で急いで一応の検査を行った。つまり、1) 高速で移動する天体(Fast Moving Object)が写っている可能性、2) 彗星、新星などの新天体が写っている可能性、3) 翌日の撮影の目安とすることなどである。小惑星は 0.2mm 程度の線状像として写っていることが期待されるが、検査を始めて気付い

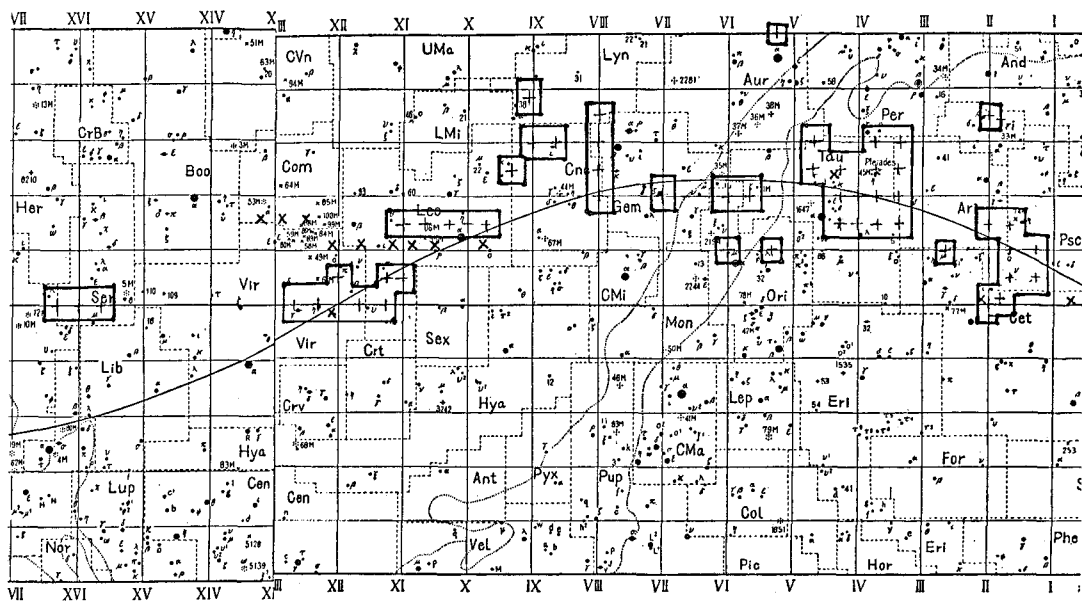


図2 太枠内が木曾観測所で小惑星検出のために撮影した天域。何回も同じ天域を写しているので積算面積とは異っている。(日本天文学会編: 観測用星図を使用)

た点は、0.2mm程度の長さを持った小銀河が、意外に多いことである。19等級といえば、全天をカバーしている写真星図は、パロマー掃天星図しかない。移動が唯一つの検出の手がかりである小惑星の掃天観測は、1枚だけの写真では、まず絶対に無理である。2枚以上の乾板によって移動を確認する必要があるので、我々は東京三鷹と木曾観測所のプリンク・コンパレータを使用した。このコンパレータは2枚の乾板を左右にセットし、別々の光路によって照明された写野を、一ヶ所に集めて左右各々の光路を交互に遮断しながら、左右の写野を交互に観察する装置である。これを使用すると、光路を切り換えても恒星は点滅を繰り返すだけであるが、小惑星のように移動する天体では、その像が振動するよう見えるため、検出が比較的容易であって、微光星でも、移動量の少ない天体でも検出もれというケースが少ない。木曾のシュミット望遠鏡は前述のように36cm角で6×6度の星野を写している。撮影もまた前述のように正味20分間の露出であるのに比べ、検査に8時間を要するのは何とまあえがたい。こうしてピック・アップした小惑星の数は、多い時には1枚の乾板で約200個に達したこともある。検出だけでは終了したことになる。次に天球上での位置を決めておかななくてはならない。

位置の測定

小惑星等の天球上での位置は、すでに決定されている恒星を基準にして、その座標値を測定することにたよっている。基準として使用できる恒星のカatalogとして、SAO Catalog, AGK 3 Catalogなどがあるが、そのいずれもが約10等級の星までしか含んでいない。測定したい小惑星の殆どは17~19等級であり、その差は7~9等級に達し、乾板上での像の大きさにも大きな差がある。肉眼による星像のバイセクションで、星の座標値を決める場合、像の直径の10~20分の1が限界であるとする、像の小さい小惑星が有利で、明るい比較星では不利である。木曾観測所での平均的シーニング・サイズを3秒角とした場合は理想像でも45 μ の直径を持つことになる。そして最終結果を0.5~0.3秒角とするためには5 μ の精度で座標が測定されていなくてはならないことになる。8等級ぐらいから19等級ぐらいの明るさの星すべてにわたって5 μ の精度で座標測定を行うことはなかなか容易でない、最終結果として発表する際には、1.0秒角の精度ということになっている。ここで1秒角というと、1auの場所で約700kmという精度である。

こうして位置が求まると、次の同定という作業がひかえている。図3は、2枚の乾板から検出した小惑星を、移動方向と移動量についてプロットしたものである。

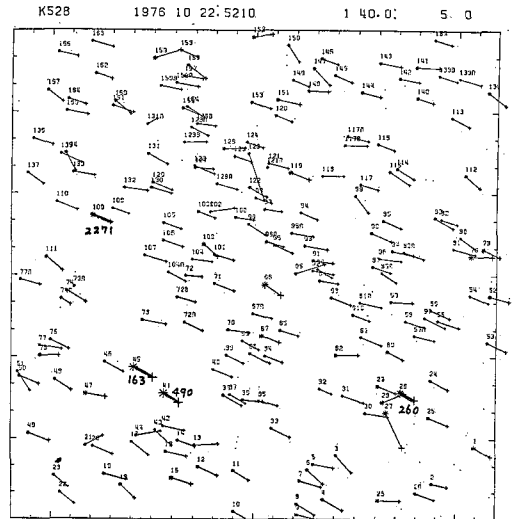


図3 1976年10月22日撮影のK 258番乾板上で検出した小惑星の1日の移動量と方向。

同定

小惑星の観測者・研究者のためにソ連科学アカデミーから毎年「小惑星暦」(EMP)が発行されている。これには、前々年の10月ごろまでに確定番号が付けられた全小惑星の軌道要素と、衝のころの位置の推算表が掲載されている。さらにIAU小惑星中央局からは、最新の情報として小惑星回報「MPC」が、ほぼ毎月発行されて、前出のEMPを補足している。これらの中から該当する星野に含まれている小惑星を探し出し、光度などを手がかりにして同定を行うのである。図3の中で太い線で示した数個が、確定番号が付けられていた小惑星、いわば戸籍に登録されていた太陽系の住民で、残りの大多数は、ここで初めて存在が知られた新しい住民たちであるということである。

こうして3回以上の精測位置が得られると、軌道要素が計算で求められることになる。原理的には、3回の位置観測で充分なわけであるが、その3回の観測が満足におこなえぬ場合や、3回の間隔が不適当な場合がある。そうすると軌道要素は決定できず、なかには彗星的な要素になったり、地球と同じような軌道要素が求まったりすることもある。つまり精度の高さと共に、観測期間の長さが充分でないと、空間での位置は求められないというわけである。

特異小惑星の掃索

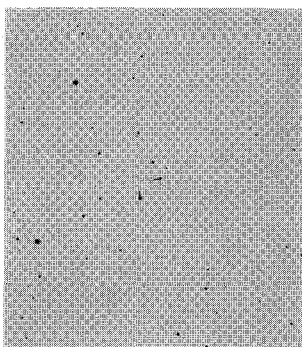
最近、高速移動天体の情報が、IAU天文電報中央局から発行される回報(IAUC)上でたびたび見うけられる。

これは、地球に近づいた特異小惑星が、地球との相対速度の差から見かけ上天球を高速で移動しているように

観測されるのである。これらの発見者として、カリフォルニア工大のシューメーカーとヘリンのグループの名前が、しばしば見うけられる。シューメーカーとヘリンのグループは、この特異小惑星を検出することを主目的としてパロマー天文台の 46 cm と 122 cm のシュミット望遠鏡を使用して成果を上げている。我々も、木曾の 105 cm シュミット望遠鏡で、衝の方向を主にしてすでに 2000 平方度以上の星野の写真を撮影した。当然、この掃天観測では特異小惑星が検出できると推測して、そのチャンスを待っているが、いまだにそれらしい長い軌跡にお目にかかっている。シューメーカー達も我々と同じように主に衝の方向を目標にしている点では同じであるが、主に 46 cm シュミットでフィルムにより 5 分間という短時間露出で、広い星野をカバーするといったローラー作戦をくりひろげている。限界等級は我々の探査より浅いが、広い星野をパトロールすると共にクイック・ルックと称するネット・ワークを作り上げた成果である。

微光小惑星の探査

平均軌道半径が 13.7 au もある小惑星キロンが発見されたのは 1977 年で、パロマー天文台の 122 cm シュミット望遠鏡によるコワルの業績である。我々も同じキロンを、コワルが発見する 1 年前の 1976 年 10 月 26 日に写した乾板上で?星として検出していたのに残念であった。それはさておき、1 個のキロンが発見されると第 2、第 3 のキロンが期待されることになる。これには深掃天探査観測が重要であって、大口径・広視野の写真望遠鏡が必要である。この要求に応えるのが大口径シュミット望遠鏡であろう。理科年表によると口径 80 cm 以上のシュミット望遠鏡は、世界に 13 台あるようである。その中で、深掃天探査観測をおこなっているのはパロマー天文台の 122 cm によるコワルの観測が第 1 ではないかと推測する。コワルは、122 cm シュミットに加熱超増減



短い直線にはさまれた微光星が 2060 番キロン。1976 年 10 月 22 日に木曾観測所の 105 cm シュミットで撮影 (上が北、左が東)。

処理を済ませた IIIa-J 乾板とラッテン 2C フィルターを使用して、黄道上の ± 15 度の範囲を 75 分露出ですべて撮影しようと試みている。この場合、波長域は B と V の両方にわたっていて、限界光度は 21~22 等であるという。前述のキロン発見は、その第 1 号の大きな成果であったという。筆者達の木曾での掃天観測も、キロンのそれにひけをとらないと自負して見てもやはり、何割かは割引きしなくてはなるまい。ところでもっと暗い=遠いか、小さいか、の小惑星はどうであろうか? 前述のように、36 cm 角で 6×6 度の衝の星野の中に、19 等級までの小惑星約 200 個が検出された事がある。

ここで一言付け加えておくと、21 等級までの掃天写真星図は現在のところパロマー天文台の 122 cm シュミット望遠鏡によって写されたもののみである。この写真星図は青・赤の 2 色で撮影されたものがペアとなっている。この星図の中にも当然小惑星が含まれているのである。撮影には細心の注意が払われていることは当然で、露出は子午線通過時に、青色で 8~10 分、赤色で 45 分程度の時間がかけられている。青色では露出が短いため小惑星像は、ほとんど恒星像と区別できない。赤色では線状の像である。筆者が調査したところ、黄道に近い衝の方向では 1 枚の星図に 50~60 個の小惑星が検出できた。このことは、パロマー星図を参照用を使用する時、十分に注意する必要があるということであり、常に青・赤をペアで利用することが望ましい。

筆者は、岐阜大工業短期大学部の若松謙一氏が、南米チリのラス・カンパナスの 100 インチ・デュ・ポン反射望遠鏡で撮影した乾板を検査させて頂いた。乾板のサイズは 50 cm 角で写野は 1.5×1.5 度である。その中にたまたま黄道上で衝の位置が写してある原板があって、56 個という多数の小惑星が写っていた。限界等級を調べていないので、くわしいことは不明であるが、こんなに多数の小惑星が太陽系空間を運動しているということは驚くべきことと感じている。さて、そろそろこのお話しも終曲に近づいて来た。2700 個以上の小惑星が登録されている現在、この中には行方不明のものや、そろそろ軌道の精度があやしくなって来ているものもある。

行方不明や、観測が希望されている小惑星など

前述の EMP によると、行方不明の小惑星の数は、1977 年: 25, 1978 年: 24, 1979 年: 24, 1980 年: 20, 1981 年: 20, 1982 年: 10, 1983 年: 7 と減少していることに気付く。これら行方不明の小惑星は、すべて 1945 年より以前に発見されているもので、比較的安易に確定番号が付けられたようである。この中でも 330 番アデルベルタについては、発見者ウオルフの 2 夜の観測があるだけであった。そこで ESO のウエスト達が発見時の乾

板を再調査した結果、銀河系に属する恒星であることが判明した。最近では、確定番号を付けるに当っては、大変厳重な制約があり、以前のように安易に登録されることはなくなっている。この蔭には、目立たない同定作業を行っている研究者の存在を忘れてはならないと思う。同定とは、すべての観測から、同一の軌道要素で連結できるものを調べ上げる作業のことで、多くの時間と努力を必要とする。我が国でも、多くの成果を上げている人

達がいることを付け加えておこう。

総数が増加するという事は暗い小惑星の数が増加していることを示している、小口径望遠鏡では手が届かぬ小惑星が増えていることに外ならない。観測回数が少なく、軌道要素がそろそろあやしくなりつつある小惑星も出始めてきた。精度の高い観測が要求され始めてきたのは当然のことであろう。

雑報

こと座 RR 星型変光星の絶対等級

こと座 RR 星型変光星は球状星団に数多くみられる脈動型変光星である。従来、その絶対等級は星団の金属量の如何にかかわらず一定であるとみなされ、この型の変光星をふくむ球状星団の距離の測定に利用されてきた。

これに対して、最近、サンデーがこと座 RR 星型変光星の絶対等級は球状星団ごとに違っていると主張している。

《こと座 RR 星型変光星の絶対等級》

サンデーによれば、金属量の違う2つの球状星団 M 3 ([Fe/H]~-1.7) と M 15 ([Fe/H]~-2.2) に属すること座 RR 星型変光星の光度曲線は、M 15 のこと座 RR 星型変光星の変光周期が M 3 より系統的に長い

(数値的には $\Delta \log P = 0.055$ 日程度) ことを示唆している。

この周期のずれは、さらに、ほかの球状星団についても認められる。31 個の球状星団について、こと座 RR 星型変光星の変光周期と金属量との関係を調べてみると、両者には密接な相関、つまり、金属量が少ないほど変光周期が長いという相関が顕著にみられる。

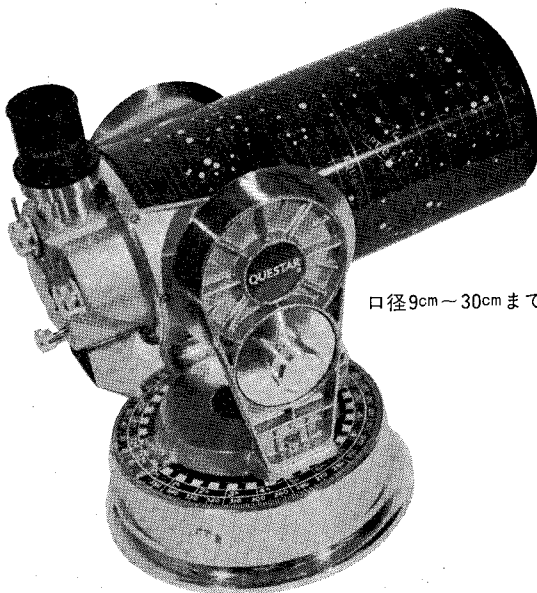
脈動理論を適用すれば、この周期の違いの原因をこと座 RR 星型変光星の絶対等級の違いに帰することができる。すなわち、金属量の少ないこと座 RR 星型変光星ほど明るい。

《球状星団の年齢差》

この主張が正しいとすれば、球状星団の距離指数には修正が必要となる。そしてその修正は、球状星団の年齢評価に大きくはね返ってくる。修正された距離指数を用いて、球状星団の転向点の絶対等級を見積り、その年齢

持つ誇り。

マクストフ・カセグレンの最高峰 QUESTAR



口径9cm~30cmまで各種

世界の天文家の愛用機です。機構・精度・性能とも、学術用大型望遠鏡に匹敵します。お手持ちの望遠鏡にあき足りない方、最高レベルを目ざされる方のために。

マクストフ・カセグレン・カタディオプトリック光学系

有効口径.....89mm

焦点距離..... 実視用 1,300mm (f/14.4)
カメラ用 1,600mm (f/16)

接眼鏡倍率.....58-80× 視野55'
80-130× 視野42'

カメラ視野.....1°30'

分解能.....1"

至近距離.....3m

クエストオリジナルカタログご希望の方は切手1200円同封の上、お申し込みください。



クエスト社 日本総代理店

株式会社 エーピー

〒158 東京都世田谷区 玉川郵便局私書箱32号
☎(03)705-3693