

1975 年の衝における小惑星エロスの位置観測

古川 麟 一 郎*

1. はじめに

433 番の小惑星エロスは平均的な小惑星と違って、特異な軌道上を運動しているため、これまで天文常数の決定に利用されてきた。この点については天文月報 1975 年 4 月号の富田氏による「Eros をとりまく問題」を参考にして頂くことにして、ここでは重複を避けておく。レーダーによる金星の距離測定の結果が非常によい精度で求められたため、天文常数決定についてエロスは主役の座を滑り落ちたというのが現状であろう。それで今回の衝に対して、国際的な位置観測の協同作業は計画されていなかったが普通の小惑星の衝とは異って、世界中でかなり位置観測が行なわれた様である。東京天文台でも位置天文学上の諸問題を検討する資料として、子午線部、天文時部、天体探索部、堂平観測所、岡山天体物理観測所等でエロスの位置観測が行なわれた。また、日本平天文台の浦田武氏も数多くの観測データを提供され、われわれの計画に協力頂いたことを感謝したい。

2. 子午環による観測

子午環によるエロスの観測は

東京天文台: 1974 年 12 月 12 日—1975 年 3 月 28 日

ワシントン海軍天文台: 1975 年 1 月 3 日—1 月 19 日

について、それぞれ 30 と 10 個のものが得られた。ワシントン海軍天文台による観測は、1975 年 1 月 24 日に双子座 ϵ 星がエロスによって掩蔽されるので、エロスの運動を出来るだけ正しく求めておく必要があったためと想像される。この掩蔽はアメリカで観測に成功し、エロスの形状についてかなり信頼出来るデータが得られたようである。

子午環による小惑星の観測は、4 つの主な小惑星について東京天文台やワシントン海軍天文台で従来から行なわれてきた。この観測は、天球上の座標たとえば赤経・赤緯のような座標系を定義する基本星系のフレームのねじれを修正するために利用されている。もう少し説明を加えると、子午環によって基本的な恒星の位置観測を長期間行なって、ある特定の時期における位置と固有運動を決定する。これらの星によって出来上がった座標系が基本星系で、現在は FK 4 システムによっている。このよ

* 東京天文台

K. Hুরুkawa: Astrometric Observations of Minor Planet (433) Eros in the Opposition of 1975.

うな基本座標系を決めるためには、世界中の子午環のデータを集めて各天文台の子午環の特有のくせを慎重に求めて補正しているが、固有運動を求めるためにはある種の仮定を入れたりするため多少の不安が残っている。そのため、子午環でこれらの恒星と共に惑星や小惑星の観測をしておくと、これらの運動する天体については軌道計算を行なって観測と計算値との差(O-C)から、基準にとった恒星の座標系のねじれを見つけることができる。しかし、惑星や 4 つの主な小惑星は赤緯が赤道に対して南北 30° の幅の中しか動かないので、高緯度の所に対してはこのような方法が使えない。今回のエロスの衝においては赤緯 60° 位から南へ運動していったので、非常に有効なデータとなった。

3. 写真による観測

従来の方法による写真観測は

1974 年 7 月 30 日—1975 年 5 月 7 日 185 個

のものが得られた。最初の観測はベルギーのユクル王立天文台による観測で、最後は堂平観測所におけるものである。これらの観測は主として小惑星回報 (MPC) から集めたが 1975 年 2 月頃から以降については未公表の観測がこれからかなり出て来るものと思われる。しかし、エロスの運動から考えて、観測の期間は上記のものが限界であろう。

写真による小惑星や彗星の位置観測は、その天体の写っている乾板の中で、位置のよく判った恒星を基準にして赤経・赤緯を決定している。これらの恒星として SAO 星表や AGK 3 星表の星が採用されるが、これらの星表の値は基本星系に入っている恒星を基準にして相対的に決められたものである。地図に例をとると、基本星系の星は一等三角点で、SAO 星表や AGK 3 星表の星が二等三角点ということになる。小惑星や彗星の位置を求めることは、ある地点について二等三角点からの方向や距離を測っておいてその地点の経緯度を定めることと同じである。そこで基本星系からこれらの星表を作る時に測定誤差があると、星表によって定義されている座標系は基本星系に対してねじれを持つことになる。このねじれは、子午環で惑星や小惑星を観測して基本星系を調べた方法と全く同じやり方でこれら星表のシステムを検討することができる。ただ写真による小惑星の位置観測の精度は子午環に較べてやや落ちるので、たくさんの観測

を集めて処理せねばならない。しかし、同じ期間について写真によるものと子午環の観測が得られると、どちらかの観測から軌道決定を行なって他の観測についてO-Cを求め、星表の精度を検査することができる。4番の小惑星ベスタについてこの方法を適用し、1957~1961年の期間で4"に達する系統差が見られたという報告がある。

4. PZT による観測

PZT は天頂に向けて固定された写真儀で、天頂付近を通る恒星を観測して、その地点の経度や緯度の変化を測定する器械である。観測可能な視野は 40' 程度であるため、基本星系の星だけで観測プログラムを作ることは不可能で、むしろ基本星系の星が観測プログラムに入れることができれば好運とさえいえる位である。長期間の経緯度観測の結果から観測星の位置を修正しながら、経緯度変化の決定値を求める方法を行なっているが、この場合観測プログラムの星の固有運動の平均値は0であるという仮定を入れて星の位置の修正値を求めている。そのため経緯度変化の経年変化が見出されたとしても、本

当にその土地が動いているか、観測星の固有運動が見かけ上でしているだけなのか判定することができない。観測星の位置を子午環で観測して、固有運動を正しく求められた後で真の経緯度変化が知られることになるが、もしPZTで小惑星が観測できれば子午環による基本星系の検討と同じ考えでPZT星の検討にも使えることになる。しかしPZTはだいたい北半球の中緯度から高緯度にかけて置かれているので、そのような地点の天頂まで動いてくるような小惑星はほとんどない。水沢の緯度観測所と東京天文台のPZTについては、観測可能な光度で天頂までくる小惑星は2~3個ありそうで、その1つが今回のエロスである。同じ衝の時に2箇所以上のPZTで小惑星が観測できて、そのような組合せが何回も得られたなら、それぞれの観測星の固有運動が正しく知られていなくても、小惑星の軌道計算の結果との比較によってPZT相互の相対的な動きを知ることができる。このような考えから水沢と東京のPZTでエロスの協同観測

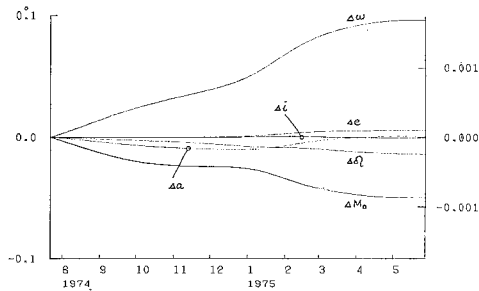


図1 エロスの軌道要素に対する摂動
 $\Delta M_0, \Delta \omega, \Delta \Omega, \Delta i$ は左, $\Delta \alpha, \Delta e$ は右のスケール

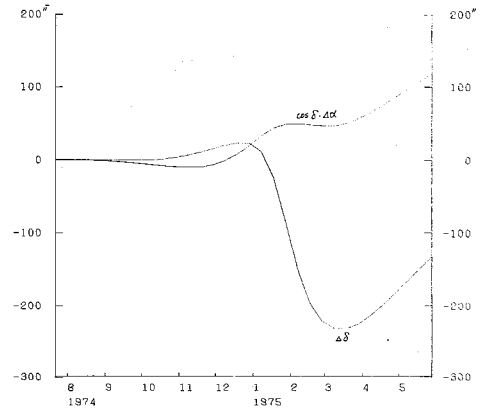


図2 赤経と赤緯に対する摂動

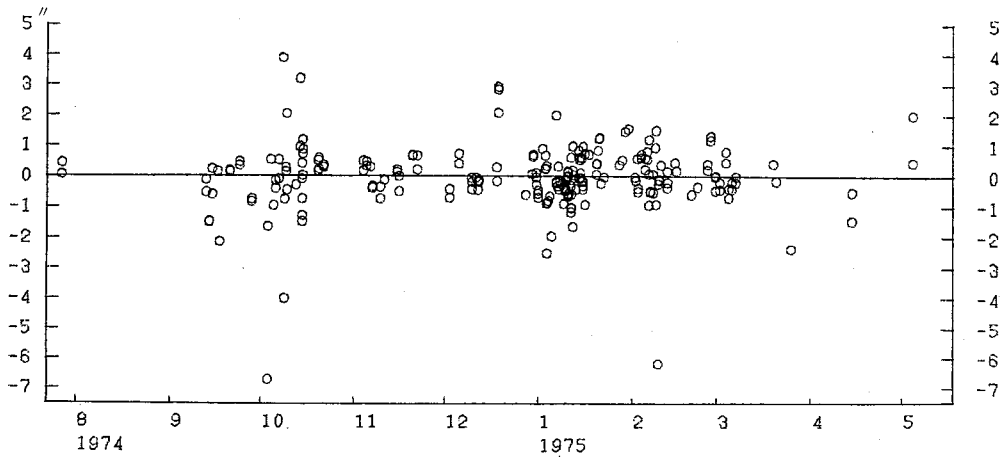


図3 赤経の残差 $\cos \delta \Delta \alpha$

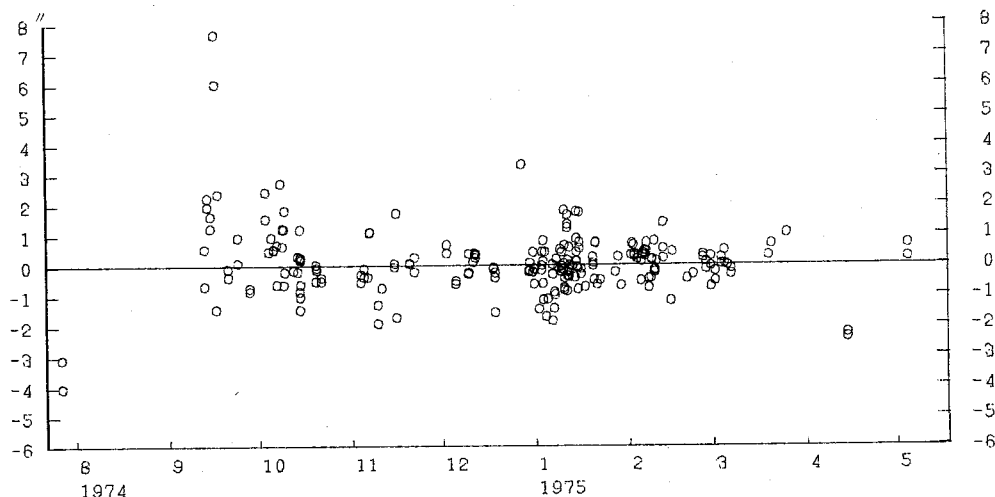


図4 赤緯の残差 $\Delta\delta$

を計画したが、水沢は天候が悪く観測不能で、東京天文台では1975年1月14日に観測することができた。またリッチモンドにある海軍天文台の出張所でも1月23日に観測が行なわれた。PZTで小惑星を観測したのは今回が初めてのことである。この頃のエロスの運動は1日に赤緯が約 1° 変化していて、PZTでは1夜だけしか観測できる機会がなかった。

5. エロスの摂動

これまで述べたようなことを調査するためには、まずエロスの正しい運動を知っていなければならない。今回の衝では1975年1月23日に最も地球に近づいて、その距離は0.151天文単位であった。普通の小惑星では木星による摂動が大部分であるが、このように地球に大接近する小惑星では地球による摂動が非常に大きく、地球だけによる加速度と地球を除いた他の惑星全部の加速度を比較すると、地球だけによる加速度の方が大きかった期間が100日程度に達し、その大きさの最大は数倍に及んでいた。摂動計算の元期を1974年7月22日にして、各軌道要素の変化を図示したものが第1図である。この図では地球に接近した1975年1月中旬から軌道要素が急に変化しているのがよく判る。近日点引数の平均的な変化は750年で 8° 位らしい。750年間にはエロスの大接近が約100回おこるので、この図から見られるように大接近1回毎に 0.8° 位増加していくようである。

軌道要素の変化だけでは、実際に観測する時の赤経・赤緯の変化がよく判らないので、摂動がなしの場合に対して赤経や赤緯がどの様になるかを第2図に示した。この場合には軌道要素の変化だけではなく、地球からエロスまでの距離が関係してくるので第1図とはかなり異なった変化をする。3月中旬頃赤緯の差は $200''$ になる。

1つの位置観測の精度は $0.9''$ 位であるから、20個ほどの観測の平均値は $0.2''$ 位になる。さきに述べたように摂動は大部分が地球によるものであるから、地球の質量は $200''$ に対して $0.2''$ すなわち $1/1000$ の精度まで今回の観測から求めることが可能である。しかしレーダーによる金星の観測から導かれた地球の質量の精度は 10^{-6} から 10^{-7} であるので、これと比較できるような値を求めるには相当長い期間エロスの観測がなければならない。

6. エロスの軌道要素

現在集められた全観測225個から次のような軌道要素が得られた。(1950.0の春分点に対して)

元期	E_p	1974年7月22日0時E.T.
平均近点離角	M_0	$255^\circ 515494 \pm 0^\circ 000006$
近日点引数	ω	$178^\circ 384458 \pm 0^\circ 000007$
昇交点黄経	Ω	$303^\circ 839758 \pm 0^\circ 000001$
軌道傾斜	i	$10^\circ 826478 \pm 0^\circ 000002$
離心率	e	$0.22264309 \pm 0^\circ 0000026$
軌道長半径	a	$1.45807910 \pm 0^\circ 00000006$

この軌道要素に対してのO-Cを第3図と第4図に示した。これらの観測の標準偏差は 0.795 である。

7. おわりに

まだ全部の観測が集まっていないと思われるので、ここに書いたものは予備の結果である。しかし、ベスタの例で示したような写真観測と子午環観測の大きな差は出ていない。当時の写真観測に使用した星表は現在のものと違っているし、子午環観測もまたFK3システムであったがこれ程大きな系統差が出ているのは不思議である。今回の写真観測や子午環による観測またPZTによる観測はお互いによく一致しており、系統差が検出できたとしてもせいぜい $1''$ 以下のものであろう。