

人工天体についての2つのシンポジウム

古 在 由 秀*

3年前の1962年の4月アメリカの海軍天文台で、人工衛星の測地利用にかんする第1回の国際シンポジウムがひらかれ筆者もこれに出席したが、当時は人工衛星の軌道にかんする理論的研究はほぼ完成していたというものの、測地利用にかんする研究はまだはじまったばかりという段階であった。その後3年間のこの方面での進歩はめざましく、今年4月末アテネでひらかれた第2回のシンポジウムでは数多くの成果が発表された。筆者は幸にしてこのアテネのシンポジウムにも出席することができたが、またこの会議の前にパリーでひらかれたこれも2回目の人工天体の軌道にかんするシンポジウムにも立ちよった。

昨年ハンブルグでひらかれた国際天文連合 (IAU) の総会で新しい天文常数系の採用が決議されたが、その後月ロケット Ranger, 金星ロケット Mariner 2 号, 地球のまわりの人工衛星などの光学的・電波的な追跡にもとずいた研究がすすみ, IAU の新天文常数のあるものはもう改めなくてはならなくなってしまったことが明らかにされつつあり, 2つのシンポジウムでもこのことについての議論が行なわれた。

まず地球の引力常数 GE についてであるが, IAU では $3.98603 \times 10^{14} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ という値を採用している。この値は地球上での重力測定などをもとにして求められたものであるが, 昨年の IAU 総会の直前にうちあげられた Ranger 7 号の観測から GE の値は多少違っていることが分ってきた。Ranger は主として地球, 月の引力で加速されるのであるが, Ranger の加速度は電波による距離, ドップラー効果による速度の測定によってくわしく求められ, したがってこれから地球のみならず月の引力常数までもくわしく計算できるのである。Ranger 7, 8, 9 号から求められた GE の値の平均は $(3.986009 \pm 0.000006) \times 10^{14} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ となり, また地球と月との質量の比は 81.303 となっている。IAU で採用した月の質量は, 月のそばを通った金星ロケット Mariner 2 号の観測にもとずいた $1/81.30$ であったのだが, 現在ではもう一桁よい精度の値が知られてきたわけである。

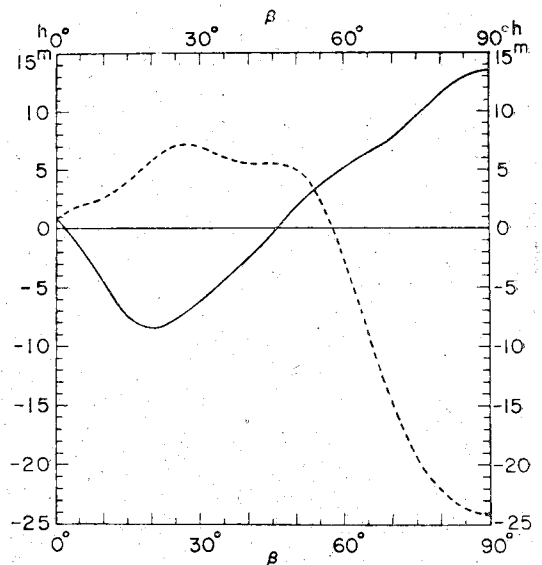
GE の値は月や人工衛星の観測からケーブラーの第3法則を使っても計算できるが, このためには月, 人工衛星の公転周期のみならず軌道の平均半径を知らなくてはならない。軌道の平均半径はレイダーによる距離測定に

たよらなければならないのであるが, 月のレイダー測定はもう何年も前から行なわれていた。ただ月の場合には, 月の大きさが分らなければ, 軌道の平均半径は決らないし, 地球に近い人工衛星を使う場合には地球の半径の誤差が軌道半径の決定にかなりの誤差をあたえる。したがって地球の引力常数としては, Ranger から求めた値が最も精度の高いものと思われる。

また金星ロケット Mariner 2 号から求めた金星の質量は太陽の $(408\ 607 \pm 2)$ 分の1で, いままで採用されてきた $408\ 000$ 分の1とあまり差はないが, 精度は2桁よくなっている。

人工衛星の軌道の変動を観測から求め, ゼオイドの形, とくにこれを回転楕円体と仮定したときの扁平率を決める研究はスプートニックうちげ直後からはじめられた。しかしながら初期の段階での観測の解析は非常に大ざっぱなもので, また3年前のシンポジウムに報告された結果は, 著者によってかなりまちまちであった。

それから3年たった今年のシンポジウムでは, 結果はお互いに非常に近づいてきて, ゼオイドを回転楕円体としたときの扁平率は $1/298.25$ にひとしいことがほぼ確実になってきた。この他ゼオイドの細い凹凸についても3年前よりもはるかにはっきりと分ってきている。



第1図 回転楕円体からのはずれ (h) を緯度 (β) の関数として表わしたグラフ。実線は北半球, 破線は南半球に対応する。

* 東京天文台

第1図は、ゼオイドの軸対称の凹凸の成分をとりだしたもので、ゼオイドの子午面が扁平率 $1/298.25$ の楕円に対して平均どれだけはずれているかを示してある。横軸は緯度で、縦軸ははずれである。また実線は北半球、破線は南半球をあらわしているが、この図でみると北極ではゼオイドは $+13.5$ メートル、南極では -24.1 メートル回転楕円体からはずれていることがわかる。

また第2図では、人工衛星の軌道の変動から求めた、ゼオイドの基準回転楕円体に対する等高曲線を示してある。この図は主として航海衛星のドップラー効果にもとづいた測定によるもので、ゼオイドの細い凹凸を知るには観測の分布のよいこの衛星を利用するのが最もよいことが知られている。しかしながら実際のゼオイドは、この第2図であらわされているよりももっとこまかい起伏にとんでいることが予想される。

というのは、この図から測地学でいう鉛直線偏差（ゼオイドと基準楕円体のかたむきであたえられる）を計算すると、大きなところでもせいぜい角度で数秒にしかならない。これに対して、たとえば日本の測地原点である東京麻布の鉛直線偏差は $30''$ 近くもあることが知られているし、世界中にはこれが数分になるところもある。し

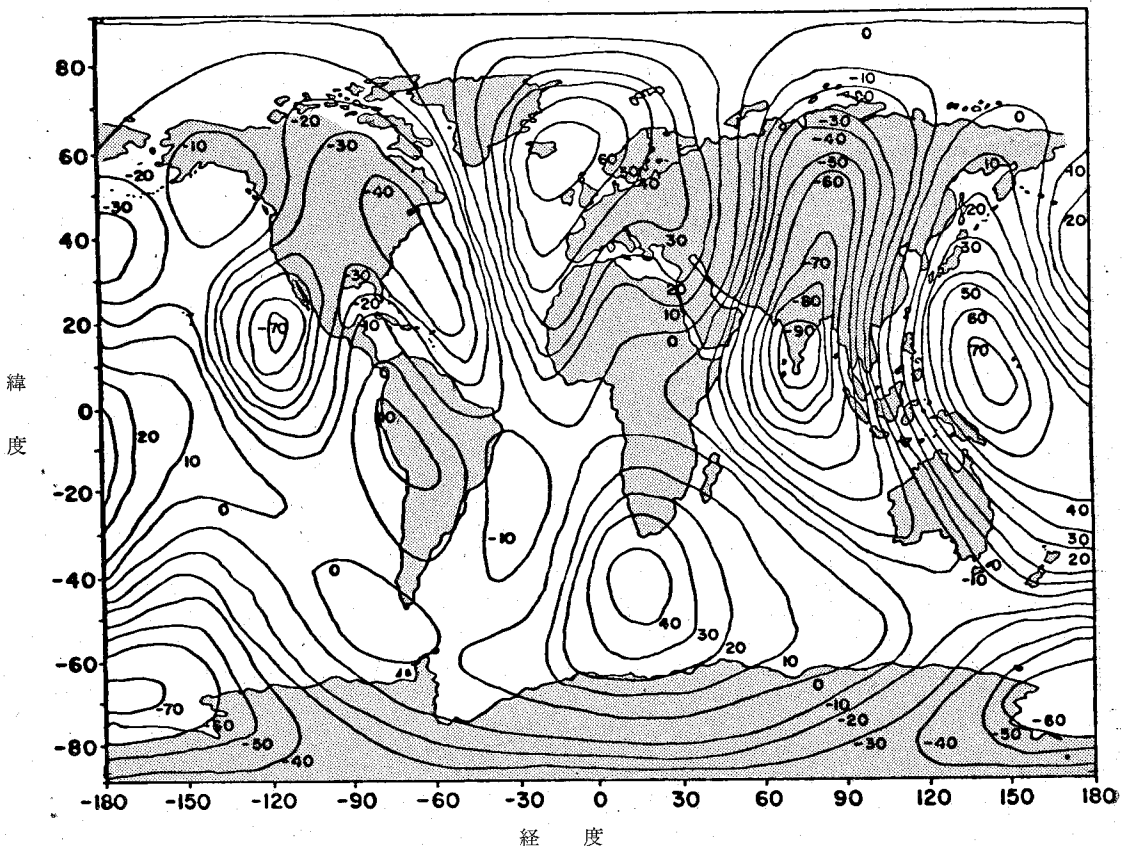
かし第2図のゼオイドの図は大局的にみるとかなりよく本当のゼオイドをあらわしているとみてよかろう。

人工衛星を空とぶ3角点と考え、地上数カ所から人工衛星を同時観測することによって、地上の観測点の地心座標、ひいては地球の形を幾何学的に決めようという研究もいたるところで進められている。

1962年の第一回人工衛星測地利用のシンポジウムの会期中にアメリカ航空宇宙局(NASA)によって測地衛星 ANNA 1 号の計画が発表され、衛星自身が点滅する光を発することによって同時観測が容易にできるようにつくられた測地衛星の第1号がその後うちあげられた。この衛星にはレーダー反射により衛星と観測点との距離を測定するための装置もつみこんでいて、遠くへだたる地上の2点を、衛星をなかだてにする3角測量によってむすびつけるために大きな役割りをはたしている。

また最近、強力光線レーザーをよく反射させるような面を衛星にとりつけることによって、レーザーによる距離測定も考えているし、またこのための実験もすでに米・仏などの国によって行なわれたことも報告された。

一方、エコー衛星など肉眼でも見える明るい衛星を使って3角測量を行なっている国も日本をはじめ数多くあ



第2図 ゼオイドの等高線図。回転楕円体に対する高低をメートルであらわしてある。

り、東ヨーロッパ諸国では各国協力してエコー衛星の同時観測のプログラムを数回にわたって実行している。

今回のアテネの測地利用のシンポジウムの期間中には、西ヨーロッパ諸国が、人工衛星同時観測についての打ち合わせ会を数回ひらいていた模様で、またアメリカ航空宇宙局の今後の測地衛星の計画も発表された。

また、今回のシンポジウムの特色として、測地学 (Geodesy) のみならず測月学 (Selenodesy) もとりあげられ、いくつかの論文が発表された。これはわれわれがいままで地球のまわりの人工衛星を使って測地学の研究をしてきたと同様に、将来月のまわりをまわる月衛星を

うちあげて、月の形などを決めようとしているもので、アメリカ航空宇宙局もこれを現実の問題としてとりあげているし、これからの面白い研究のテーマとなるだろう。

最後に一つつけ加えたいことは、パリーの会議に出席中、筆者と一緒にスミソニアン天文台で働いていた Imre Izsak が急死したことである。Izsak もアテネの会にも出席を予定していて、彼と筆者とはアテネで総合報告をするはずになっており、その報告の内容についてうちあわせをしたのが彼との最後の会話になってしまった。

海外のアマチュアによる変光星観測

変光星の観測は設備のないアマチュアにもできる観測対象として手頃なので、日本でも多くの人が関心をもっているところであるが、ここには筆者の目についた海外での活動状況を紹介しよう。

アメリカ変光星観測者協会 (AAVSO) は、すでに 54 年の古い歴史をもち、いままでに多くの成果をあげている。1963~64 の 1 年間には、18 カ国、322 名の観測者によって、69,830 個の目測がなされた。Fernald (6068 個)、P. de Kock (4492 個) など極めて熱心な人が多い。結果を取りまとめた各変光星の概況は、M. Mayall によって、毎月または隔月にカナダ天文学会雑誌に発表されている。観測対象は長周期変光星、SS Cyg, および新星掃索プログラムなどである。

英国天文協会の変光星部は、活動状況は華々しくないが、息の長いやりかたである。1960 年は 19 名によって、736 個、1961 年は 18 名によって 714 個の観測がなされた。いまは主として SS Cyg の連続光度曲線の追跡であるか、時々熱心家がでて長周期変光星などを活発にやる時がある。

この会の Brown は写真観測に熱心で、7 cm, F 2.9, 9 cm, F 5.6 などのカメラを使って、長周期変光星 R Cyg, U Cyg などのきれいな光度曲線を書いている。測定精度は、micro densometer を使った時、0.04 等、同時に行なった眼視観測は 0.14、写真印画を目で比較したものは 0.16、写真乾板の目の比較は 0.19 等である。

ニュージーランド天文協会というのは、ほとんどアマチュアの団体と思われるが、そこの変光星部は極めて活発である。Bateson が主となって世話をしており、約 20 名の観測者が、長周期変光星、SS Cyg 型などを主として、すでに 1961 年末までの報告を Circular No. 114 ま

で出している。これは毎号に 3 个月分づつ 3000 個ないし 5000 個の報告をのせており、南天の変光星についての貴重な資料を提供している。

オランダ天文気象協会、ここは比較的歴史は新しいが、その変光星部の観測報告が、カプティン天文研究所の援助で出版されている。報告の No. 1 は 1961 年以前の観測、最近号 No. 5 は 1963 年 7~12 月の観測で、これには 12 名の観測者、(内オランダ 9、ベルギー 2、ドイツ 1) による 2085 個の観測がのっており、報告は毎号 8~10 頁程度である。

観測対象は長周期変光星、半周期星 SS Cyg, 新星などの眼視観測で、報告は整理の手数をばぶいてか、各星ごとに、各観測者別にした J. D の順に並べてあるのが特徴である。

このなかの一人は光電観測に興味をもっていて、931A マルチプライヤー光電管を使って、RZ Cas, Nova Her, RR Lyr などの報告をのせている。

またこの会で出している“De Meteor”という雑誌には、食変光星 RZ Cas を 5 人の会員が眼視観測を行なった結果をまとめて、要素の改正、きれいな光度曲線などを発表している。

ポーランド天文学会からは“ウラニア”という通俗雑誌が発表されているが、その Annual Scientific Supplement に会員の変光星観測を集めている。J. Gadomski の編集で、1956 年発行の No. 1 は 1948~54 年までの長周期、半周期、ケフェウス型、食変光星などの観測を 38 頁に採録しており、No. 3 (1961 年) は 1952~57 年までの 8 名の観測者による 1866 個の長周期の観測の外、半周期星、 δ Cep, T Mon, β Peg などの観測 42 頁をのせている。

(下保 茂)