

存在するらしい（例えば第2図をみよ）という予想にもとづくものである。もしこのようなことが本当であれば地震波線は内部にもぐりこむ傾向になり、地震波の伝播経路は複雑なものになる。したがって解析の方法も極わめて難しくなる。第2の困難は、月が水平方向にも一様でないかもしれないという予想にもとづくものである。もしマスコンなどと称しているような重い物質が所々にうまっているような構造では月の内部の構造は深さだけの関数としては表わせなくて、水平方向の変化を考えた3次元的な取り扱いを必要とするかもしれない。しかしこのような困難が存在するという事が判明すれば、それだけ月の科学も実証的になってきたことになるわけで、悲観するには及ばないことかもしれない。

### 5. 月地震学のその後

アポロ計画が終わるまでには11号を含め、4回の軟着陸が行なわれるが、そのいずれにも地震計が持っていられる。地震計の寿命はほぼ1年間とされているので、旨く行けば2台以上の地震計が同時に働らくということもありうる。またこの間に一度はサターン4型ロケットの使い切ったものを月面に衝突させて人工地震の役目を

果させることも計画されている。このようにして、アポロ計画の終わりまでには、月には地震があるか、あるいはもう月は死んでしまった静かな天体なのか、月にはコアがあるか、地殻はあるか、火山活動はあるか、などの疑問に答を出すことができるようになる。

アポロの後、地震学者はさらに地震計を改良し、長寿命で、周波数帯域の広い地震計の製作を試み、また月面にさらに多くの地震計を設置するように努力するであろう。

〔付記〕

8月中旬に受けたMITにいる金森博士の手紙によると、プレスは月地震計の記録を見た結果から月には厚さ20km程度の地殻があること、月の地震活動（内部に原因をもつもの）は地球にくらべて弱いと述べたこととであった。8月31日付の新聞のニュースでは月地震計は地球にデータを送信しなくなってしまったとのことである。まことに残念なことである。さらに9月2日付の新聞によると、今までの記録はすべて地震計自体の雑音であったとの事。そうだとすれば、プレスの述べた結果も疑わしく、アポロ11号の設置した地震計から有意義な結果を得ることも難しいかもしれない。

## マスコンとレーザ反射鏡

古 在 由 秀\*

マスコンという言葉がマスコミにも使われだしてから半年もたった。マスコミがMass Communicationの略であると同じように、マスコンはMass Concentrationの略で英語でもこう略されている。

マスコンはアメリカのルナー・オービターという、月のまわりをまわった5つのロケットのドップラー観測から見つかった、月面で重力の異常に強い部分のことである。ルナー・オービターの軌道面の月の赤道面に対する傾斜角は $21^\circ$ から $85^\circ$ で、使われたデータは226個の軌道にのった2万個の観測であり、観測点は月面の北極から南極までで、また $\pm 100^\circ$ の経度の範囲をカバーしているが、月の裏側でのデータは得られていない。このデータは、それぞれ一分間の観測の平均として求められたもので、ルナー・オービターの秒速は2kmであるから、120km( $4^\circ$ )ごとに一つずつデータが求まったことなる。

この速度の観測から加速度が計算できる。こうして軌道上の2万個の点で加速度が求まったのであるが、太陽や惑星による摂動の補正をすれば、これらの加速度は各点における月の重力の強さを表わすことになる。

このようにして重力を測るのは、地球上で重力計を使って各地の重力を計るのと原理的に同じことであるが、地球の場合は海があったり、陸でも重力の測定が行なわれていない場所が多い。

ルナー・オービターのドップラー観測は非常に安定な周波数の電波を使って行なわれているので、速度を0.1mm/secという、驚くべき精度までよみとれる。また軌道の高さは一定ではないので、ある種の仮定の下に、加速度を月面上150kmのものに換算する。こうして150kmの高さでの月による加速度をmgalを単位として月面図にかきこむことができるのである。実際には、月の重力そのものではなく、月が球対称の質量分布をしていると仮定した重力場からの差を示すことが多く、これがいわ

\* 東京天文台

Y. Kozai: Mascons and the Laser Ranging Retro-Reflector

ば重力異常を表わしていることになる。こうして月の重力異常を月面上に表わしてみると、月面で海とよばれている所にほとんど、強い正の重力異常が見られ、雨の海や晴の海ではその異常が 170 mgal にも達している。これは 4° について平均した値で、また 150 km の高さでの値なので、月面でもっとくわしく調べてみると、この重力異常の値はどんなに大きくなるか分らない。これがマスコンである。マスコンは海と、月縁の海にいた大きなクレータに見出されている。

マスコンの説明としては、海をつくった隕石（月面に衝突した）がのこっているためだとか、月面に流れてた溶岩の密度がまわりの物質にくらべて大きいためだとか、海は昔は水におおわれた本当の海であり、その中央部にまわりの物質が流れこんだためとか、いろいろ言われているが、はっきりしたことはまだ分っていない。雨の海のマスコンを説明するには月面下 50 km のところに月全体の 5 万分の 1 の質量の物体を仮定しなければならないのである。

ところで、地球のまわりに人工衛星がまわりだしてから 10 年たち、その軌道の変動が調べられているのだが、月の重力異常の方が（裏側をのぞいては）地球のよりくわしく求められてしまった感じがする。その主な原因としては月のまわりの衛星は地球から連続的に観測できる

のに対し、地球の人工衛星は連続的には観測できない点にある。そこで、静止衛星に観測器械をのせて人工衛星の動きを観測したらという提案がされているが、地球にはこんな大きなマスコンは見つかりそうもない。

アポロ 11 号は月面にレーザ反射鏡をおいてきたのであるが、地上からのレーザ観測はその直後からはじまり、リック天文台の 120 インチで 8 月 1 日はじめて反射光がうつり、8 月 19 日にはマクドナルド天文台の 107 インチの望遠鏡ではじめて本格的な実験に成功したという。その結果によると、レーザ光の往復時間は  $50 \times 10^{-9}$  sec の精度でよみとれ、反射鏡の位置は、宇宙飛行士が月面上でうつした写真から推定していた場所より  $50 \pm 7$  m ずれていることが分ったという。

レーザ反射鏡は 4 cm 直径の反射鏡が縦横 10 個ずつ合計 100 個ならんでおり（写真参照）、それぞれの反射鏡は入射してきたレーザ光線を、入射してきた方向に反射するように設計されている。このような反射鏡は現在人工衛星にもいくつかとりつけられている。月の場合は昼夜で 300 度という温度差があるので、それにたえられるように特別な工夫がこらされており、また月面から見れば地球は大体において同じ方向にあるので、鏡の有効面積を大きくするため地球の方向に直角においてきてある。

## 西村製の反射望遠鏡

- |          |                   |
|----------|-------------------|
| 30cm “A” | カセグレン・ニュートン兼用     |
|          | 10cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| “B”      | カセグレン焦点           |
|          | 15cm 屈折望遠鏡 (f/12) |
| 40cm “A” | カセグレン・ニュートン兼用     |
|          | 15cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| “B”      | カセグレン焦点           |
|          | 20cm 屈折望遠鏡 (f/12) |

株式会社 西村製作所

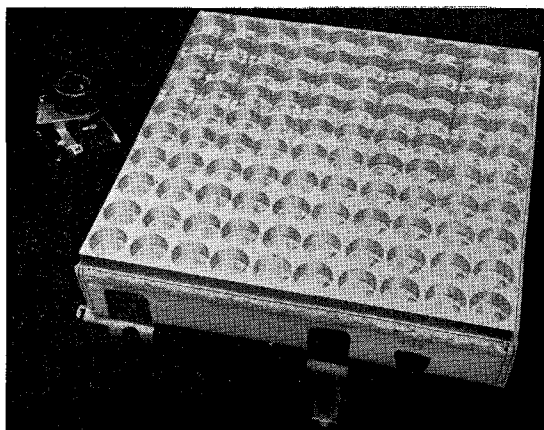
京都市左京区吉田二本松町27  
電話 (771) 1570, (691) 9589

カタログ実費90円郵券同封



30 cm 反射望遠鏡

ニュートン・カセグレン兼用



レーザー反射鏡

(大きさは横においたカメラから推測できる)

月上陸船がエンジンを噴射して上昇する時、月面にかなりのちりをまきちらしたらしいが、反射鏡には大きな被害をあたえなかったのは喜ばしいかぎりである。この反射鏡の値段は30万ドルとのことであるから、アポロ計画全体の予算に比べればほんのわずかな金額で、アポロ16号、17号でまた反射鏡を他の場所においてくとのことだし、ソ連もフランスの開発した反射鏡を月面にすえつける計画を持っている。

このレーザー反射鏡の第一の目的は、一般相対論にかんする実験である。プリンストン大学のディッケは、アインシュタインの一般相対論にスカラ量一つを加え、重力定数Gが宇宙の膨脹とともに減少しているという説を提唱している。このことについては天文月報にもいくつか紹介がのっている。現在、ディッケの説が正しいとする確証はないのであるが、Gが変わっているとすれば、その影響はすべての天体の運動、例えば月の運動に現われるはずである。

月の公転の角速度に加速がみられるが、これは惑星の摂動と地球の自転の減速によるみかけ上のものとで、それらをさしひけば、月の角速度は減速されているのである。地球の自転と月の公転の減速は、地球内部での摩擦によって干潮、満潮が月の動きにともなわないためのものである。月の公転角速度の観測は非常に精密に行なわれていて、この減速が見出されたのであるが、これからケプラーの第三法則を使って計算すると、月は毎年3cmの割合で地球から遠ざかっていることになる。この値はGが一定であるとしたときのものであるが、月と地球との距離の観測は精密には行なわれていなかったもので、本当に3cmずつ遠ざかりつつあるということを確認した人はいない。レーザーでは距離は±15cmの精度で測れるというから、月と地球との距離を長い間にわたって測れば、本当にGの値が変わってきているのかどうか確認される

というのである。

レーザーで距離を精密にはかれれば、その距離が最小になる時刻が子午線通過の時刻となり、また、子午線通過前後での距離の変化の具合から月の赤緯や、観測地と地球の自転軸との距離、すなわち緯度が今までの天文観測にくらべてはるかによい精度で求められるはずである。例えば、子午線通過の時刻の精度としては±0.25 msecが期待されている。こうして考えると、地球上のいくつかの天文台から観測すれば、月の運動自体が今までよりはるかにくわしく分ってくるだけでなく、地球の自転運動、大陸移動などももっとよく分るはずである。

また、もちろんこれから極運動も計算できる。最近、震度8以上の地震がおきる5~10日前に、極運動に異常がおきているということを言いだした人もいるので、極運動のさらにくわしい研究が地震予知につながるかもしれない。

レーザー観測だけでなく、最近ではVLBI (Very Long Baseline Interferometer) といって、遠い二つの天文台で、Quasarなどを観測し、同じく地球の自転や極運動を研究しようというところもみされている。火星や他の惑星にもビーコンをおけばVLBIでそれらの運動ももっとくわしく追跡されよう。

いずれにしても、人間が月や火星に行く前になすべきことが地球に沢山のこっている。月の重力場の方が地球のより、よく分ってしまったなどということがないようにしようとするればいくらかでもできるのである。アポロ計画で示された組織工学の威力は、地球の研究にもその力を示すはずである。

#### 運営検討委員会からのお知らせ

##### —訂正—

先日、会員の皆様にご郵便でお届けした第2期運営検討委員会の中間報告と定款改訂要綱にミスプリントがありましたので以下のように訂正致します。

- 12頁下から2行目：“連続3選を認める”を“連続3選は認めない”とする。
- 13頁下から5行目：“総会出席者”を“総会欠席者”とする。