

月面の微細構造 (II)

赤羽 徳英*

§6 月面のモデル

以上のことから月面のおおよその構造は想像できるが、もっと具体的に考えてみる。

1. ベネのモデル (A. L. Bennett, 1938)

月面は小さな半球の孔で被われており、孔の内部の明るさは観測者から輝いて見える部分の面積に比例し、孔と孔の間にある平面の明るさはランペルトの法則に従うと仮定する。C を平面の占める割合とすれば、(1-C) は孔の占める割合である。故に単位面積当りの光度は、

$$B = B_0 \{ C \cos i + (1-C)V \} \quad (1)$$

で与えられる。但し B_0 は満月の中心 ($i = \epsilon = 0$) における光度、V は孔の面積の明るく見える部分の割合である。

(1) を観測と比較するために、まず月面の中心付近について調べる。孔の明るく見える部分の面積は、半径を 1 として (第8図)

$$\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \cos 2i = \pi \cos^2 i$$

で与えられる。したがって

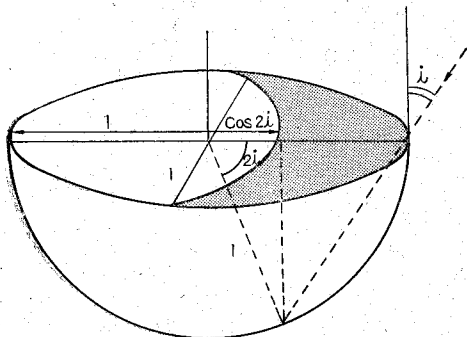
$$V = \cos^2 i \quad (2)$$

(1) 式へ代入して

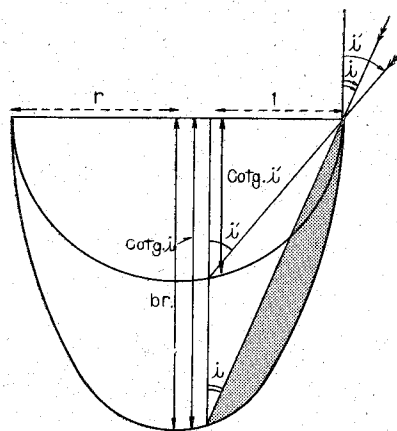
$$B = B_0 \{ C \cos i + (1-C) \cos^2 i \} \quad (3)$$

(3) の曲線は $C=0$ の極端な場合でも、 $B = B_0 \cos^2 i$ であるから、 $\alpha=0$ 付近の光度変化の割合が小さすぎる。

これをもっと鋭くするために、半切回転楕円体を用いる。即ち第9図の如く半球の深さを b 倍にするのである。そうすると影の境界線の平面への投影は i' によって表わされる。



第8図



第9図

$$\tan i' = b \tan i$$

b 及び C に適当な値を代入し最も観測と良く合う値を選ぶと、 $b=1.8$, $C=0.55$ を得る。

したがって (3) 式は

$$B = B_0 \{ 0.55 \cos i + 0.45 \cos^2 i \} \quad (4)$$

となる。この式は月面の中心部分のみで成り立つ式であるが、一般には

$$B = B_0 \{ 0.55 \cos i + 0.45V \}, \quad b=1.8 \quad (5)$$

で表わされる。しかし (5) 式も ϵ が大きくなるにつれて観測と合わなくなる。例えば月面上の一地点 ($\lambda = -60^\circ$, $\beta = 0^\circ$) について考えると、 $\alpha = 0^\circ$ から 60° までの間では曲線の形は孔の深さ b に無関係で、平面の部分のみで決定される。この平面はランペルトの法則に従うと仮定してあるから、光度は $\alpha = 0^\circ$ から 60° まで増加しなければならない。これは観測と矛盾する。

2. ヴァン・ディゲレンのモデル

ヴァン・ディゲレンは観測の対象を噴火口のみ限定し、その位相光度曲線から月面の構造を調べている。沢山の噴火口を一つ一つ調べて理論式や実験式と比べることは不可能であるから、最小限必要な数として月面上に4個の標準点 ($0^\circ, 0^\circ$), ($0^\circ, \pm 60^\circ$), ($-60^\circ, 0^\circ$), ($-60^\circ, \pm 60^\circ$) を選び、これらについてのみ理論及び実験結果と観測結果とを比較した。これらの標準点の近くにある有名な噴火口の位相光度曲線は既に第3図に示されている。§4 にあげた理論的散乱公式は勿論、経験的公式についても位相光度曲線を描き再検討してみたが、いずれも観測と合わなかった。しかし、月の場合と全く同様の条件で観測できる装置を用いて、可能と思われる

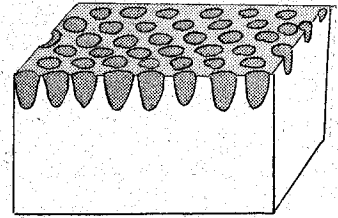
* 花山天文台

あらゆるモデルを作り実験してみると、ベネのモデルを修正したものが最も良く観測と合うことが分かった。

i) 火山灰

火山灰の反射能は月のそれとよく似ているし、偏光観測からは月面は灰のようなものでおおわれているという結果が得られている。そこで滑らかな平面を火山灰で被い、その光度を測定しグラフに画いてみると、全体に曲線が滑らかで $\alpha=0^\circ$ 付近の急な変化は見られない。更に第3標準点 ($-60^\circ, 0^\circ$) では曲線の頂点が $\alpha=0$ からかなりずれている (第10図)。したがって測光学的な観点からは、月面を火山灰で被われた“平滑面”と見なすことはできない。

次に月面が小孔や亀裂で被われているとすると、 ϵ が充分に大きい所では、 $\alpha > 90^\circ$ の時これで占められた部分は全く暗く見えなくなる。しかし、かような条件でも明るさは0ではない (例えば第3図グリマルディ参照)。これは平坦な部分が存在することを意味する。(1-C) を孔の占める割合とすれば、 $\alpha > 90^\circ$ の時光度は平面の部分Cによって決定される。100%平面でかつ火山灰で被われた面の位相光度曲線は測定されているから、任意のCに対する光度は容易に求められる。したがって $\alpha > 90^\circ$ の範囲で月の曲線と一致するCを求め得る。



第11図 月面のモデル

第3図には火山灰のグラフも示してある。同様の条件をもつ数個の噴火口について調べた結果、平均として $C=0.33$ を得た。即ち月面の33%は平らな面でその上は火山灰で被われており、他の67%は荒い凹凸で占められていることになる。後者の部分も火山灰で被われているだろう。

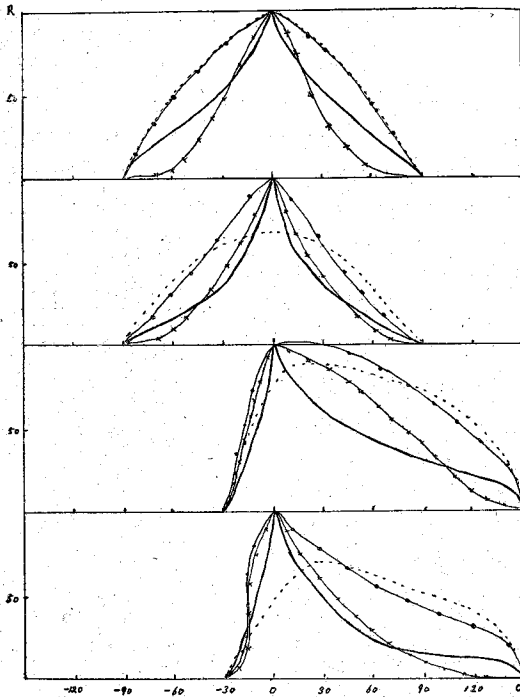
ii) 半切回転楕円体モデルの実測

金属板に $b=3$ の半切回転楕円体の小孔を明け、その上を月と同じ反射能をもつ灰色の粉末で被ったモデルの光度変化を測定し、グラフに画いてみると第10図の如くなる。Cの値と反射能を適当に選ぶと、月面上の任意の対象物の位相光度曲線と一致させることができるとヴァン・ディゲレンは述べている。i)の結果を考慮すると、月面は約2/3が半切回転楕円体の小孔で示められ、全体が低反射能の灰または粉末で被われていることになる (第11図)。孔の大きさは様々であろうが、シティンスカヤは“波長1.7米のレーダー観測によると月面は非常に滑らかに見えるから、表面の微細構造の大きさはこの波長よりもかなり小さいはずである”と述べている。

3. 光条

光条は満月の前後で非常に明確に見える。このことは光条が特有な測光学的性質を持っていないなければならないことを意味する。その位相光度曲線は満月の付近で増減の割合が著しく、したがって光条を形成している物質は光源方向に特に強い反射を示す性質をもっていなければならない。オキーフ (J. A. O'Keefe, 1957) はガラス玉が同様な性質を示すことに着目し、光条はかような物質からできているに違いないと述べている。ガラス玉が白色面上に置かれ、そこに光源の像をつくるならば、光源方向から見るとその像以外は何も見えない。したがって他の角度から見た時よりかなり明るく見える。もし焦点がぼけているならば、光の収斂は不完全であり明るさは減少するであろう。このことから光条は焦点距離のかなり短い小さい透明な球からできているという仮定が成り立つ。

しかし、ヴァン・ディゲレンによると、光条は周囲よりも孔の密度が高い地帯であると仮定しても、位相光度曲線を説明できる。光条の平均反射能は0.131でベスピアス火山灰の値がこれにかなり近いから、この灰を用い



第10図 第11図モデルの位相光度曲線

- ベスピアス火山灰 (1906)
- クラドニアラングィフェリナ
- 表面の一部が半切回転楕円体の小孔で占められた場合の実測曲線
- x-x-x-x 100%小孔で占められた場合の理論曲線

て §6.2.i) と同様の方法で C を求めると、 $C=0.25$ を得た。この値を用いて、同じ灰で被われた平面の部分の光度曲線を計算し、観測値からこれを減ずると、100%小孔で占められた面の光度曲線が得られる。一方深さ b をもつ半切回転楕円体中の小孔で占められた表面の位相光度曲線は、理論的に計算できるから、両者を比較すると、前者の曲線は $b=2.5\sim 3$ の後者の曲線と一致する。したがって光条は 75% が小孔で占められ、25% は高反射能の灰で被われた平面からなっていると考えられる：

	小孔の占める割合 (%)	平面部分の反射能
一般の表面	67	0.08
光条	75	0.13

4. クラドニアモデル

上に述べたモデルは人工的なものであるが、月と同じ光度曲線を示す自然物を見出すことも必要である。サンプルとしてはスポンジ構造をしている物質が望ましい。ヴァン・ディゲレンはかような構造をもつ種々の岩石や植物について実験した結果、苔の一種であるスポンジ状のクラドニア・ランギフェリナ (*Cradonia rangiferina*) が最も良く観測と合うことを発見した (第10図)。 α の大きいところでは幾分月の曲線からずれているけれども、モデルが自然物であることは注目せねばならない。クラドニアモデルは測光学的には火山灰で被われる半切回転楕円体モデルよりも優れているが、偏光観測からは後者のほうがはるかに良い。真の月面の構造は両者の中間的なものであるかもしれない。(完)

国際測地学地球物理学連合 (IUGG) 総会に出席して

広瀬 秀雄*

わたくしたちが長らく続けている掩蔽の光電観測や、人工衛星の観測というようなものは、天体の位置を観測する地点の地心座標や、天体の運動に及ぼす地球の重力ポテンシャルの問題などを通じて測地学と深い関係にある。そんなことから、私は長い間地球物理学研究連絡委員会委員の末席をけがし、及ばずながら天文学と測地学とのかけ橋の一少部を分担させていただいてきた。こんなことから今夏アメリカのパークレーで開かれた国際測地学地球物理学連合 (IUGG) の第 13 回総会に日本学術会議から派遣されることになった。

会場は 1961 年 8 月に国際天文連合 (IAU) の総会が開かれたパークレーのカリフォルニア大学であった。8 月 16 日 10 時に出発し、利根川をこえ、足尾銅山のものすごいありさまと中禅寺湖を眺めて雲中に入り、アンカレッジ経由で、12 時間 21 分後にサンフランシスコから 90 km ほどのところにあるトラベリスに着陸した。ただしカリフォルニアは夏時刻実施中で、到着の現地時刻は 16 日午前 6 時 21 分で、地方時は 3 時 39 分逆行したことになる。こんなわけで 20 時 10 分 JST にふと窓外を見ると、早くも東に薄明が忍びより、双子座のすぐ下の地平線をわずかに上った月、右方のオリオンの三つ星の姿が非常に印象的であった。

パークレーのカリフォルニア大学は世界一広い構内の大学とのこと。その南端の女子寄宿舎の一室に落ちつく。8 階だての寄宿舎の 4 棟が会議出席者に提供され、学生は残る 2 棟につめこまれていた。もっとも当時は夏休みなので、そんなにはいなかった。

大学から 1 マイル以内ではリーカーは売っていないとか、何とかいうような講釈を二十数年前の当大学生の T 先生、H 先生などから承りながら、日本の生活リズムをアメリカのものに適應させることに努めたわけである。

IUGG は国際測地学協会、国際地震学協会、国際気象学協会、国際地磁気学協会、国際物理海洋学協会、国際火山学協会、国際科学陸水学協会の 7 協会の連合体で、非常に大きな組織のものである。IUGG の仕事の中で、私達に最もよく知られているものは国際地球観測年計画の採択ということであり、その一環として始まった人工衛星計画は宇宙世紀の開幕にまで発展した。IUGG は 1919 年に設立されたが、その構成員の国際測地学協会は構成協会中で最も古い歴史を持ち、その起原は 1861 年に設立された中央ヨーロッパ測度組織 (Die mitteleuropäische Gradmessung) にさかのぼる。国際測地学協会 (IAG) の名は 1886 年に採択されたが、この IUGG 以前の協会の事業の主要なものとして挙げられるべきものは国際緯度観測である。現在この事業は発展して国際極運動観測事業となって続いており、IAG と IAU とがこの事業を共同して支持している。

このような歴史は私も知識としては知っていたことであるが、IAG が実際どんなものであるかということについては聞き知ることが殆んどなかった。したがって水沢の関係する事柄は別として、恐らく私は会議にあまりとけこめないのではないかと考えていた。私の認識がこんなものであったから、私を派遣することに努力された T 君などは百聞は一見にしかずではなく、寡聞は一見で教育せよというポリシーを採用されたのであろう。とにかく実際出席した感じは予想とまるきり違うもので、位

* 東京天文台