

“最近の研究から”

金星下層大気浮遊気球計画について*

山 中 大 学**

宇宙研を中心として現在進められている、金星大気を気球を用いて直接探査する計画について簡単に御紹介申上げ、気象学関係の方々の御理解を賜りたい。

我が地球に距離や大きさの点で最も近い惑星である金星の世界は、我々がとても住めない濃密な炭酸ガスの中に濃硫酸の雲を浮かべた灼熱地獄である。その極めて遅い自転速度(周期 225 地球日)にもかかわらず、対流圏上部の雲層高度には極めて速い帯状流(～100m/s)が維持されており、4 地球日で一周することから「4 日循環」と呼ばれている(第 1 図参照)。このような金星大気の様子は、1960年代以来これまで主として米ソの惑星探査機、特に 1978～79 年の米国 Pioneer Venus 2 機によって得られたものである。観測手段としては金星周回オービタからの雲とその運動の水平分布の光学的測定、電波遮蔽観測に基づく気温分布からの上層風速場の推定、およびプローブ投下による気温・気圧・放射・風速の鉛直分布の直接測定が用いられた。これらの限られた情報に基づき、4 日循環の力学についてもいくつかの先駆的研究がなされてきたが、帯状流に重なる子午面循環や非軸対称擾乱、特に対流圏下部のそれらが未知に近いため、決定的解明には至っていない。ここまでの知識のまとめとしては、優れた邦文の解説が最近相次いで出版されている(森山, 1981; 森山・松田, 1984; 松田, 1987)。

日本の宇宙観測技術は 1985 年の宇宙研 PLANET-A 計画における 2 機の人工惑星(Sakigake および Suisei)による Halley 彗星観測の成功により、新しい時代に突入した。この年に活動を開始した宇宙研・地球型惑星探査ワーキンググループ(以下 WG)では、1 t 以上の打上げ能力を有する次期の大型ロケット開発を前提に、まず金星の探査を計画することとなった。PLANET-B と仮称されたこの計画では、基本テーマを「太陽風と金星大

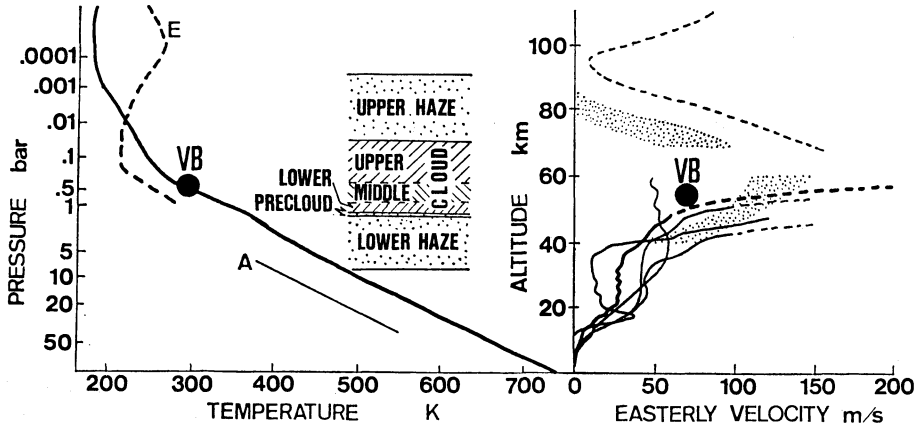
気の相互作用のプロセスの解明」とし、大家寛氏(東北大)を中心に科学衛星観測に実績のある超高層物理学研究者による、オービタを用いた金星電離圏観測が主目標に設定された。下層大気については WG 発足当初に松野太郎(東大)・松田佳久(気象大)両氏が参画され、4 日循環解明の鍵となる下層大気の風の 3 次元的・時間的変動の観測の重要性を指摘された。この金星大気対流圏の観測は、下方からのエネルギー・物質輸送の観点で基本テーマと結びつけられ、1986 年 2 月に WG がまとめた PLANET-B 計画素案においてサブテーマの一つに取上げられるに至った。これらの経緯については宇宙研(1986, 1987)の報告書にまとめられている。

同じ頃(1985 年 6 月)ソ連の Halley 彗星探査機 VEGA 1, 2 号は金星をフライバイし、フランスを中心に開発された気球を 1 機ずつ金星赤道大気対流圏上部の雲層つまり 4 日循環高度に投入し(第 1 図参照)、46 時間にわたり水平浮遊観測した。気球の追尾は米国を中心に地球上 10 か国 20 か所の大型アンテナをネットして行われ、VLBI による位置決定から風向はほぼ真東、風速はこれまでの測定よりもやや遅く 70 m/s 弱であった。2 個の気球は経度差にして 100° の間この風速をほぼ一定に保ちながら浮遊したが、2 機目のものは南緯 7° に存在する Aphrodite 山脈(金星平均表面からの高度 ≤6 km)上空で激しい鉛直流変動を観測した。鉛直流は気球搭載の鉛直流速計・気圧計・温度計の資料を総合して算出されたものであるが、VEGA 計画関係者はこの鉛直流変動を山岳波によるものと断定している(Blamont *et al.*, 1986; Young *et al.*, 1987)。惑星大気観測方法における新局面を開いたこの VEGA 気球の成功は、AAAS(1986)に特集されている。

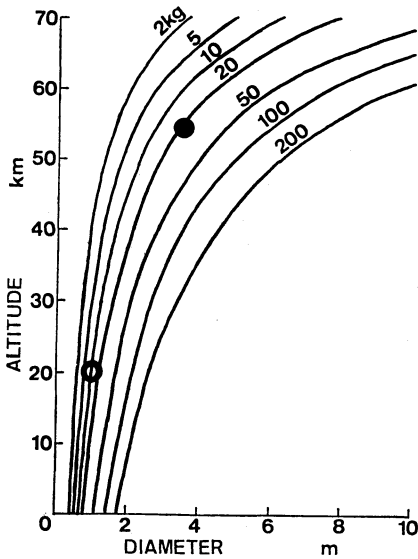
そこで PLANET-B 計画においても、気球の投入・水平浮遊による金星下層大気観測がクローズアップされるようになった。WG 発足時からの提案を再吟味し、まず 1986 年 11 月から西村純氏(宇宙研)を中心に気球工学側の基礎的検討が始まった(西村, 1987; 山中, 1987; 西

* On the Japanese Venus ballooning project.

** Manabu D. Yamanaka, 山口大学教育学部.



第1図 金星大気の気温(左)・赤道上の東風速(右)の鉛直分布。左端縦軸は気圧で、左図にはこれに相対的な地球大気気温分布を破線(E)で、また断熱勾配を細線(A)で併せて記入してある。文中に述べる VEGA 気球での平均的観測結果を●印(VB)で示す。他のデータソースについては山中(1987)参照。



第2図 金星気球の直径(横軸)と浮遊高度(縦軸)との関係。図中の数字は気球と観測器を加えた総重量。VEGA 気球の場合を●印で、また本計画で第一目標としているものを○印で示す。山中(1987)の図に一部加筆。

れ、1988年1月に初会合を開いて具体案の検討に着手した。4日循環を維持するメカニズムの実験的検証の鍵は、①角運動量最大高度(～20 km)での固体金星からの角運動量吸上げ機構の解明、②風速最大(4日循環)高度近傍での運動量収支の確認、2のつにあるが、VEGA気球で報告された“山岳波”は②に関連する。SWGとしては、現在未知に近い①を当面の第一目標として設定し、それが不可能な場合の案についても議論を進めている。

SWGの検討状況は逐次WGに報告され、間もなくPLANET-B計画全体の正式具体案が完成する見込みである。本稿執筆時点(1988年2月)では、1996年3月に2機の探査機を打上げ(金星到着は7月または9月頃)、第1号機は金星周回軌道投入の工学試験と気球1機の下層大気投入を行ない、第2号機は電離層観測専一となる予定である。SWGの第一目標に向けての気球は、全重量～10 kgの砲丸状(第2図参照)で赤道下部対流圏(高度～20 km; 気圧～20,000 hPa, 気温～300°C)を水平浮遊させる。VEGAでは行われなかったオービタからの気球追尾と、5日程度持続する電源の気球搭載を計画している。(付記参照)

村他, 1987; また第2図参照)。一方、観測対象を議論するために気象学関係者を中心とした金星大気力学観測サブワーキンググループ(以下SWG)の結成が構想さ

本稿は、以上の計画推進のため広範囲の気象学関係研究者の御協力を仰ぐ目的で、現在SWGの世話人を仰せついている筆者が執筆したものである。現段階のSWGでは、特定のメンバーの定期的・義務的参加を要請した

い。これまでの議論の経緯等に関する資料を希望される方、また御批判・御助言を下される方は、世話人宛に御連絡下さるようお願いする次第である。以下、蛇足を承知で、筆者の個人的見解を少しだけ述べさせて頂く。

気象学の研究「対象」拡大としての惑星大気研究の意義については、既に多くの方々が論じておられる。ここではさらに本計画推進の意義に関する私見として、現在の気象学からの一つの「方法論的側面における発展的脱却」がなされるであろうことを付加したい*。たとえ技術的問題や諸般の情勢その他により本計画自体は実行あるいは成功せずに終わったとしても、未知領域へのアプローチの仕方を十分に模索しておくことは、今後も必ず見つかるはずの地球大気中の未知現象の研究にも大きな意義がある。同じ意味で、これまで気象学で培われた方法論を他の分野のものと総合し、地球大気に限らずあらゆる自然現象に拡張して行くべきであろう。

前段最後の文で述べたことは、人類の文化の発達過程は一人の人間の精神のそれと相似なものである、と考えれば自明なことである。つまり、一人の幼児が素朴な天候への関心から出発して種々の抽象的・総合的な興味へと成長していくように、気象学は必然的に総合自然科学への道を辿らねばならない。そして、その最初の変革の時期は今や目前にある。本稿で紹介した計画のみならず、既に「認知」されている IGBP や STEP にしてもこの変革の現われであり、このことを充分に認識することがプロジェクトをプロジェクトのために終らせず、真に人類文化の発展に寄与する道であると信ずる。極言すれば将来の自然科学研究者としての生残りを賭して、筆者の場合は本計画の実現・成功へ向けて努力したいと考えている次第である。

[付記 (1988年6月)] WG の議論を踏まえ、1988年5月に宇宙研は PLANET-B 計画 (金星電離圏観測用探査機2機) の推進を正式に決定したが、気球および工学実験についてはその随伴計画として別個に試験探査機を用いて行われることとなっている。一方、5月の本学会春季

大学の際に SWG の第2回会合が持たれ、本計画に限らず将来の惑星大気観測を対象として、今後さらに広範囲の角度から科学的問題点を具体的に煮詰めておく必要があることを確認した。なお文末に当り、SWG 会合開催でお世話になった藤部講演企画委員、ならびに本稿の天気掲載を薦めて頂いた住編集委員に対して謝意を表す。

文 献

- AAAS, 1986: Science. 231, 21 March 1986, pp. 1341, 1347, 1369, 1407-1425. (Cover, Editorial, News および 7 論文収録)
- Blamont, J.E., R.E. Young, A. Seiff, B. Ragent, R. Sagdeev, V.M. Linkin, V.V. Kerzhanovich, A.P. Ingersoll, D. Crisp, L.S. Elson, R.A. Preston, G.S. Golitsyn and V.N. Ivanov, 1986: Implications of the VEGA balloon results for Venus atmospheric dynamics. AAAS (1986) に収録, 1422-1425.
- 松田佳久, 1987: 金星大気の力学. 気象研究ノート, 156, 61-80.
- 森山 茂, 1981: 大気の歴史—原始大気から惑星大気へ. 気象学のプロムナード第1巻, 東京堂出版, 220 pp.
- ・松田佳久, 1984: 酷寒と焦熱の惑星. 現代の太陽系科学, 下巻 (大家寛・大林辰蔵編) 第3章, 東京大学出版会, pp. 58-101.
- 西村 純, 1987: 金星気球について. 宇宙研(1987) に収録, 75-76.
- ・他, 1987: 金星浮遊気球. 昭和62年度科学衛星シンポジウム報告書, 1987年6月23日~25日, 宇宙科学研究所, 97-98.
- 宇宙研, 1986: 金星探査 (PLANET-B) 計画第1回中間報告書. 1986年3月, 文部省宇宙科学研究所地球型惑星探査ワーキンググループ, 29 pp.
- , 1987: 昭和61年度磁気圏・電離圏シンポジウム報告書. 1986年12月24日・25日, 宇宙科学研究所, 80 pp. (18論文収録)
- 山中大学, 1987: 気球持込みによる金星大気力学観測. 宇宙研 (1987) に収録, 77-80.
- Young, R.E., R.L. Walterscheid, G. Schubert, A. Seiff, V.M. Linkin and A.N. Lipatov, 1987: Characteristics of gravity waves generated by surface topography on Venus: Comparison with the VEGA balloon results. J. Atmos. Sci., 44, 2628-2639.

* 筆者がこのような視点を持つに至ったのは、1988年1月に急逝された故・小野晃教授に拠る所が大きい。ここに深く御冥福をお祈りする次第である。