

金星における雷放電発生への証明に向けて

Strategy of lightning observation on Venus

高橋 幸弘[1]

Yukihiro Takahashi[1]

[1] 東北大・理・地球物理

[1] Dept. Geophysics, Tohoku University

金星においても地球や木星同様、雷放電は鉛直対流の活発な領域に発生していると推測されており、雷放電観測は、大気運動の活動度や雲粒の物性の指標として重要なユニークな情報を提供すると期待される。とりわけ、メソスケールの気象現象の解析において威力を発揮すると考えられる。しかしながら、金星における雷放電現象は、20年余にわたる光学および電波による観測にもかかわらず、その有無をめぐる論争は未だ決着を見ない。本発表では、これまで行われてきた観測を検討し、金星探査計画においてどのような戦略で雷放電観測に臨むべきかを議論する。

雷放電活動は惑星における大気の力学と物性によってコントロールされる。地球の雷雲における電荷分離は主として積乱雲中の鉛直対流に伴う氷晶生成とあられ（雨滴）の落下の過程で起こると考えられており、大気運動と密接な関係がある。雷放電がグローバル電流系を駆動することで維持される鉛直電場が、全球平均気温と高い相関を示すことも見出されている。これは、雷放電が対流活動を定量的に表す指標として、非常に優れていることを意味する。最近のGalileo探査機による観測は、木星においても雷放電発光が積乱雲と推測される雲の領域と一致して起きていることを明らかにした。金星でも、雷放電は鉛直対流の活発な領域に発生していると推測されている。雷放電の観測は、大気運動の活動度や雲粒の物性の指標として重要なユニークな情報を提供すると期待される。

しかしながら、金星における雷放電現象は、20年余にわたる光学および電波による観測にもかかわらず、その有無をめぐる論争は未だ決着を見ない。電波観測では、Venera 11号及び12号のLanderが高度30km以下で、数分から15分以上のVLFバースト現象を捕らえている。Pioneer Venus Orbiter (PVO)も、金星の夜側で発生する100Hzが卓越するバースト現象を観測した。さらに、Galileo探査機が金星をフライバイした際に、400kHzから4MHzにかけて雷放電起源と思われるパルス状の電波を捕らえている。光学観測で初めて雷発光と思われる現象を捕らえたのは、Venera 9号に搭載されたスペクトロメータで、70秒間に及ぶ発光からスペクトルを求めている。米国アリゾナ大学のグループは地上望遠鏡と高速CCDカメラによる観測を試み、3時間に6乃至7個の雷放電発光を捕らえたと報告している。彼らは、金星大気を模した室内での発光実験結果9に基き、特定の輝線（酸素原子777nm）を狭帯域フィルターを用いて撮像した。その雷放電発光のエネルギーは、地球での平均的な雷の数倍以上と推定されている。

このように、多くの観測が雷放電の存在を強く示唆しているにもかかわらず、論争が収束しない理由を挙げる。電波観測は、衛星環境によって発生するノイズやプラズマ波動との区別が難しいことが挙げられる。実際、PVOやGalileo探査機でも、雷以外の原因不明の電波も記録されている。光学観測では、PVOに搭載されたスタートラッカーのデータ解析やVegaのBalloon観測からは、雷放電の発生を裏付ける有力な証拠が得られなかった。しかしこれらは、計測器が感度などの面で雷放電発光に対応していなかったり、観測領域が極めて限られていたためと推測される。下層での雷発光は金星の厚い雲を透過できないのではないかという疑いがしばしば指摘されるが、モデル計算は、雲底での発光でも可視光の10~40%が雲層を通りぬけるという結果を示している。金星での雷放電発生機構について、理論的・実験的な研究が乏しいことも議論を滞らせている。高温で乾いた金星大気中では、地球の雷のような水の固相と液相による電荷分離プロセスを考えにくいからである。しかし、金星雲の主成分と考えられている硫酸が、雲高度で固相になって電荷分離を引き起こしている可能性は十分ある。また地球に比べ雲層が厚いために、地球では支配的ではないと思われる電荷誘導過程などが効いているかもしれない。金星では雲粒の粒径が小さく、数密度が小さいことも、電荷分離を難しくしているように感じられるかもしれない。しかし、計算機シミュレーションによれば、金星の雲でも絶縁破壊に十分な電圧を生成することが可能であると推測される。金星での雷放電の存在は、高時間分解能と十分な感度を有する光学観測機器を用いなければ、実証することが困難であると考えられ、専用に設計された計測機器による観測の実施が強く望まれている。本発表では、これまでの観測を概観し、金星探査計画においてどのような戦略で雷放電観測に臨むべきかを議論する。