

一番星へ行こう!

日本の金星探査機の挑戦 その67

～長大な雲の不連続線ができるしくみ～

今村 剛¹, 前島 康光², 杉山 耕一郎³, 佐藤 毅彦⁴, ハビエル・ペラルタ⁵,
ケヴィン・マクゴールドリック⁶, 堀之内 武⁷, 池田 恒平⁸

あかつきが金星に到着してほどなく、2016年、近赤外カメラIR2によって、金星の雲層下部領域において南北6000 kmにわたって伸びる鮮明な雲の境界線が発見されました(図1)[1,2]。この境界線の差し渡しは南アメリカ大陸に匹敵します。この境界線は5日間で金星を一周する速さで長期間にわたって西向きに伝播しており、境界線の後方(東側)では雲量が不連続的に増加します。この高度領域では大気はスーパーローテーションにより西向きに7日程度で一周するので、この雲塊は背景大気より速く伝播していることになります。こんな奇妙な雲はこれまでの惑星でも見たことがありません。この雲は光学的に厚く、放射エネルギー収支や物質循環への影響も予想されますが、そのメカニズムは謎でした。

今回私たちは、この奇妙な雲がハイドロリック・ジャンプ(hydraulic jump, 跳水)という、水平方向の層流が不安定して不連続的に速度を変え、局所的に強い上昇流が生じる現象で作られることを示しました[3]。この現象は身近なところでは台所の流しなどで簡単に観察できます(図2)。屋外では、山岳の風下や河川で流れの速度が変化する場所でしばしば見られますが、金星では東西方向の波長が4万kmに

およぶケルビン波という大気波動が引き金になっているものと推定されました。これは太陽系最大のハイドロリック・ジャンプと言えます。(なお、あかつきは金星で太陽系最大の山岳波も発見しています[4])

本研究では、地球気象の数値モデルCReSSを金星用に改変して、東西-鉛直方向に2次元の数値シミュレーションを行いました(図3)。ここでは、スーパーローテーションを追い越して伝播するケルビン波の座標系を採用したため、モデル内では背景風が東向き(図では右向き)となります。金星の雲の下にはケルビン波が伝播しやすい大気層があり、ここで力学的に不安定になったケルビン波が流れの速さを急激に変化させ、その変化が生じる前線に沿って上昇気流が作られます(図3a)。すると雲の下に濃集している硫酸蒸気が持ち上げられて冷却し、雲として凝結して、後方に流されていきます。前線の後方では浮力振動によって波状の構造が作られます(図3b)。シミュレーション結果によく似た、さざ波のような雲の濃淡模様がIR2によって観測されており(図3c, d)、実際にこのメカニズムが働いていることを示唆しています。硫酸の凝結過程のシミュレーションを行い、IR2で観測されたのと同じくらいの急激な雲量増加が起こりうることも確かめられました。

ひとまず解答を提出した格好ですが、これらの結果から、「金星の下層の雲は恒常的にこのメカニズムで維持されているのか?」「ケルビン波がこのプロセスで減衰するなら、背景風に運動量を渡すことによってスーパーローテーションの維持に寄与しているのか?」といった疑問が新たに浮上します。あかつきの観測は終了しましたが、手元に届けられたデータを

1. 東京大学 新領域創成科学研究科

2. 神戸大学 海事科学研究科

3. 松江工業高等専門学校 情報工学科

4. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

5. セビア大学 理学部

6. コロラド大学ボルダー校 大気宇宙物理学研究所

7. 北海道大学 地球環境科学研究所

8. 国立環境研究所

t_imamura@edu.k.u-tokyo.ac.jp

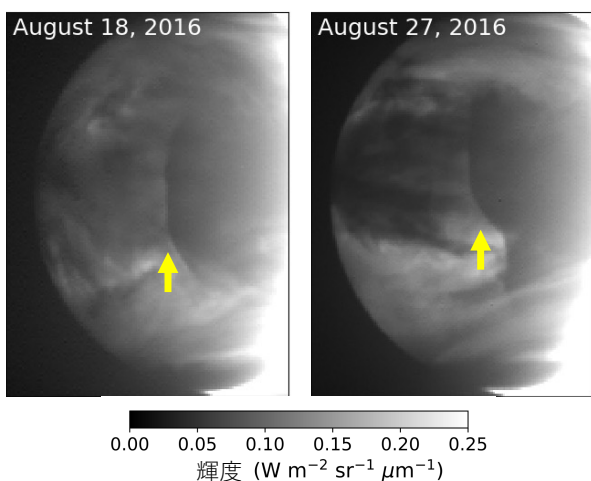


図1. 近赤外線カメラIR2によって2016年8月18日(左)と8月27日(右)に波長 $2.26 \mu\text{m}$ で撮影された夜側の雲([3]の図を改変). 高温の大气から発せられる赤外線光源として上空の雲が影絵として映し出されている. 暗く見えるところほど雲が濃い. 不連続線の位置を矢印で示す.

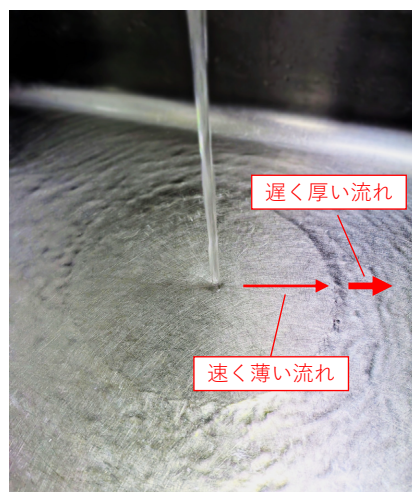


図2. 台所の流しで観察されるハイドロリック・ジャンプ (撮影: 今村剛).

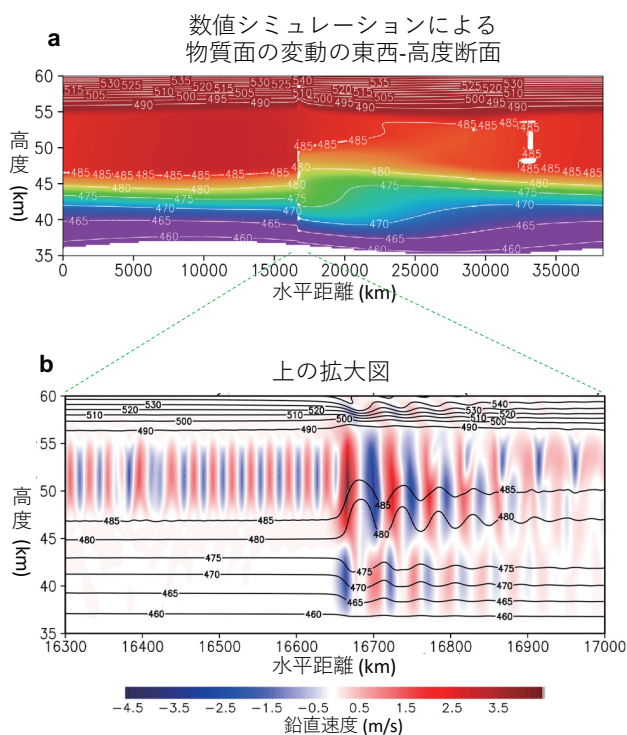


図3. 数値シミュレーションと観測の比較([3]の図を改変). (a)金星大気の数値シミュレーションでハイドロリック・ジャンプが発生したときの物質面(温度面)の東西-高度断面図. 水平距離17000 km付近で不連続的に段差が生じている. (b)上の図の不連続近傍の拡大図. 実線は物質面の変動を, 色は鉛直風 velocity を表す. (c) IR2によって波長 $2.26 \mu\text{m}$ で撮影された不連続な雲構造のクローズアップ. 右側の暗いところで雲が濃くなっている. (d) 上の画像の赤線にそった明るさの分布. 波状構造の山の位置を青い破線で示した.

もとに, 金星大気の探求が続いています.

参考文献

- [1] Satoh, T. et al., 2017, Earth Planets Space 69, 154.
- [2] Peralta, J. et al., 2020, Geophys. Res. Lett. 47, e2020GL087221.
- [3] Imamura, T. et al., 2026, J. Geophys. Res. 131, e2026JE009672.
- [4] 田口真ほか, 2016, 遊星人 25, 155.