

# LCT アルゴリズムを用いた木星表面の模様自動追跡

(第 20 回科学部研究報告)

## Automatic Tracking of Structures on the Jupiter's Surface Using the LCT Algorithm\*

(The 20th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

尾崎匠\*\*

小林克憲\*\*

竹内彰継\*\*\*

Takumi OZAKI

Katsunori KOBAYASHI

Akitsugu TAKEUCHI

### 概要

木星の表面は、木星大気に浮かぶ雲の頂上である。さらに、木星表面の模様は経度線に平行な東西方向のジェット気流に吹き流されている。そのため、木星のアマチュア観測者は、木星表面の模様の経度を測定し、その時間変化からドリフトチャートを作成し、木星表面の模様の運動を調べている。しかし、この手法では目立った模様でなければ追跡できないという弱点がある。そこで、我々米子高専科学部は太陽表面の対流の運動を調べるために開発された LCT アルゴリズムを利用し、月惑星研究会のホームページに掲載されている 2014 年から 2018 年の画像を使用して木星表面のジェット気流の速度の測定を試みた。その結果、東亜天文学会の観測では 2016 年以外は検出されなかった木星の北温帯緯南ジェット気流が定常的に存在していたことが示された。

#### 1. はじめに

木星の表面は、木星大気に浮かぶ雲の頂上であり、地球のような硬い表面ではない。さらに、図 1 のように経度線に平行な東西に流れるジェット気流が存在しており、木星表面の模様はこのジェット気流によって吹き流されている [1]。そのため、多くの木星のアマチュア観測者は、木星表面の興味深い模様の経度を測定し、その時間変化を調べてドリフトチャートを作成し、木星表面の運動を調べている [2]。しかし、この手法では目立った模様でなければ追跡できないという弱点がある。さらに、各画像で経度を測定し、その数値を経度 - 時間図上でプロットせねばならず、非常に煩雑な作業となる。そこで、本稿では LCT アルゴリズムを利用した木星表面の模様の移動の自動追跡を試みた。以下その結果について報告する。

なお、本研究は 2019 年 3 月 17 日に法政大学で開催された日本天文学会春季年会ジュニアセッションで発表されたものである。

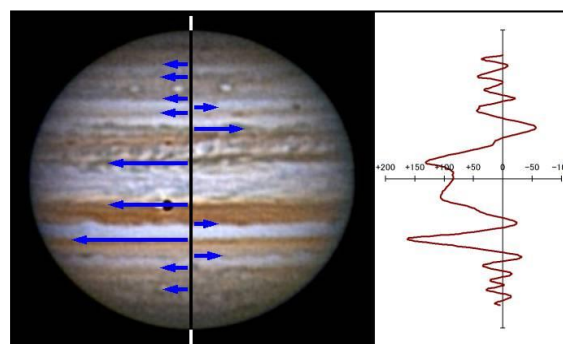


図 1 木星表面の東西ジェット気流の速度分布 [1]

#### 2. LCT アルゴリズムについて

LCT とは、Local Correlation Tracking の略で、1987 年に Title によって太陽表面の対流の渦である粒状斑の運動を追跡するために開発された手法である [3]。

図 2 に LCT アルゴリズムの模式図を示す。時刻  $t=t_0$  で、実線で示された明るさの分布が、時刻  $t=t_0+\Delta t$  で点線のように変化したとする。LCT アルゴリズムとは、 $t=t_0$  の矩形で示された部分と  $t=t_0+\Delta t$  の明るさの分布で一番相関が良くなる場所を調べ、両者間の距離が経過時間  $\Delta t$  内での移動距離と判定する手法である。

\* 原稿受理 令和 2 年 1 月 6 日

\*\* 電子制御工学科 学生

\*\*\* 教養教育科 教授

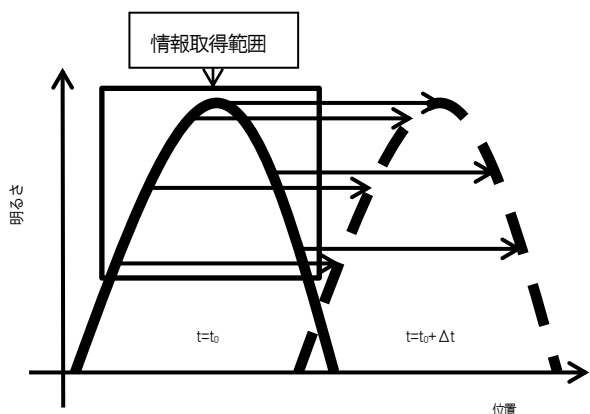


図 2 LCT アルゴリズムの原理



図 3 月惑星研究会の HP の木星画像の例

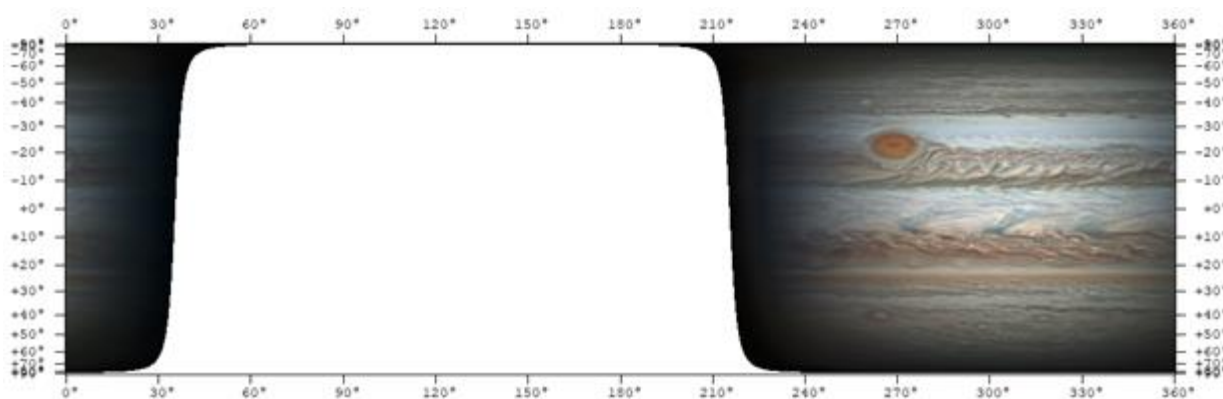


図 4 『Win JUPOS』で作成した木星マップ

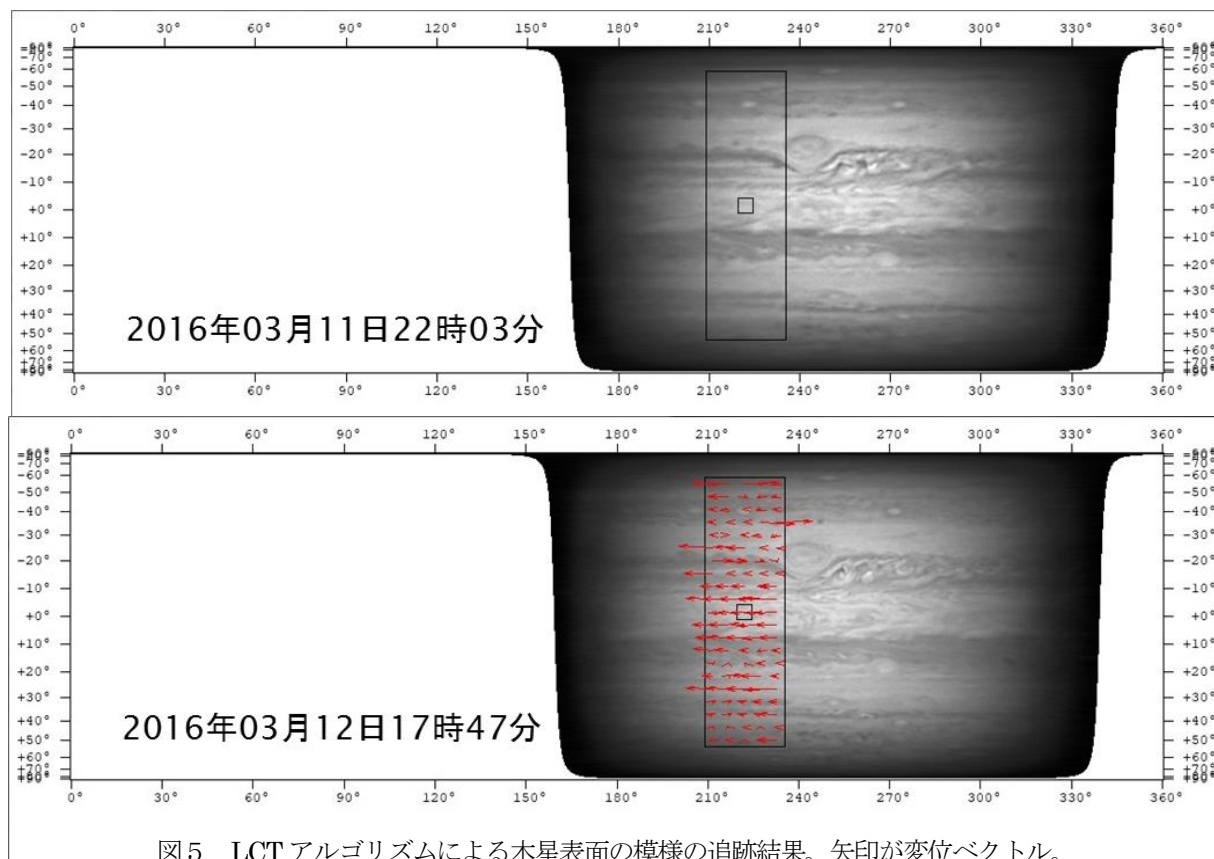


図 5 LCT アルゴリズムによる木星表面の模様を追跡結果。矢印が変位ベクトル。

### 3. 解析

まず、画像処理言語『IDL』を用いて、LCTアルゴリズムで木星表面の模様移動を自動追跡するプログラムを作成した。そして、模様の移動を自動追跡するための木星画像は、月惑星研究会のホームページ [4] に掲載されている2014年から2018年の画像のうち、解像度が同程度で数十時間（木星の自転周期の数倍）程度の時間間隔をあけて撮像された2枚の画像を一組とし、十数組選び出して使用した。図3に選び出した画像の例を示す。

それらの画像から、木星表面の模様の緯度・経度を測定するソフトである『Win JUPOS』を用いて、図4のような木星面の経緯度マップを作成した。そして、木星の自転周期の数倍程度の時間間隔をあけて撮像された2枚の木星マップから、LCTアルゴリズムによって木星面の模様移動の自動追跡を行い、模様移動量を求めてその変位ベクトルを矢印で示した。図5に、測定された模様移動を表す変位ベクトルの例を示す。

### 4. 結果と考察

図5より、模様移動を表す変位ベクトルはほぼ東西方向を向いていることがわかる。これは、木星の気流では東西方向のジェット気流が卓越しているためである。そこで、この変位ベクトルから、移動距離を経過時間で割り算し、東西方向のジェット気流の平均速度の緯度分布を調べた。図6にこのようにして求めた2016年の木星面のジェット気流の速度の緯度分布の代表例を示す。なお、図6では縦軸が緯度、横軸が流速になっている。また、図6の横線は流速のエラーバーである。なお、図6では上が南、下が北となっているが、これは望遠鏡の視野内では上下が逆転するためである。

図6を見ると、比較的エラーバーが大きいですが、赤道（緯度0°）付近での流速が約100m/s、さらに北緯20°付近に100m/s以上のジェット気流（図6中の矢印。以下、『北温帯縞南』ジェット気流と呼ぶ。）があり、大局的には図1のジェット気流の速度分布が非常によく再現できていることがわかる。このことから、LCTアルゴリズムは正しく動作していると考えられる。

ところで、東亜天文学会 [5] の研究結果では2016年以外は北温帯縞南ジェット気流が検出されていなかった。そこで、2014年から2018年の間のジェット気流の経年変化を調べた。すると、その間、北温帯縞南ジェット気流は定常的に存在していたことが分かった。例として、図7、8にそれぞれ2015年、2017年の測定結果を示す。

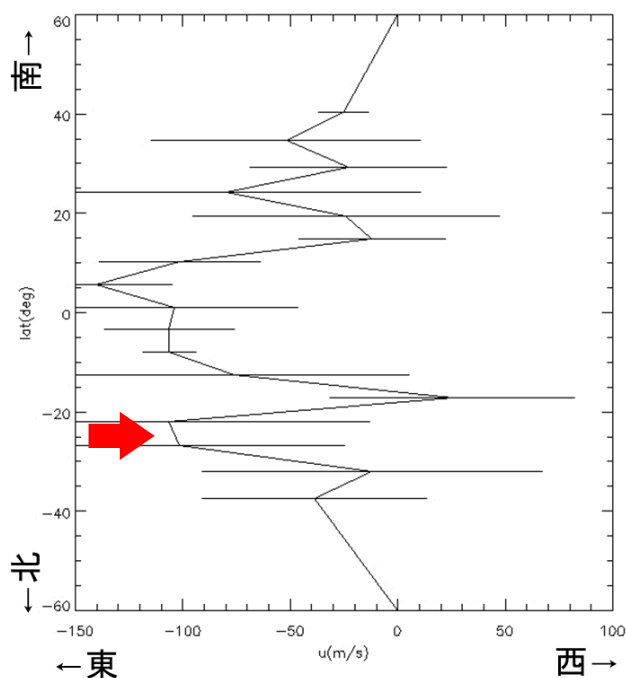


図6 LCTアルゴリズムによって測定した2016年のジェット気流の速度の緯度分布。矢印は北温帯縞南ジェット。

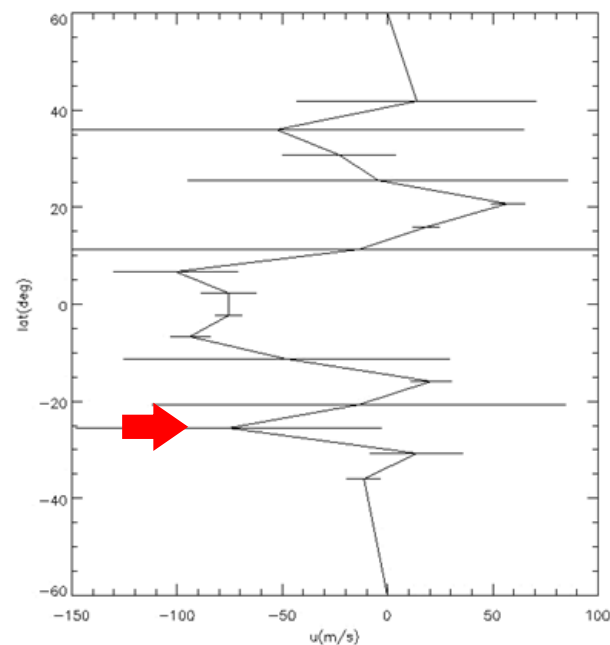


図7 2015年のジェット気流の速度の緯度分布。矢印は北温帯縞南ジェット。

それでは、どうして 東亜天文学会の研究結果では 2016年以外は北温帯縞南ジェット気流が観測されなかったのであろうか。おそらく、2016年以外は北温帯縞に白斑等の目立った模様が存在せず、有効なドリフトチャートが作成できなかつたためと考えられる。LCTアルゴリズムはそのような目立った模様が存在しなくても速度測定できるので、ドリフトチャートよりも優れた解析手法と考えられる。

北温帯縞南ジェット気流が定常的に存在していることが分かったため、続いて、赤道付近のジェット気流と合わせて速度の経年変化を調べた。その結果を図9、10に示す。図9、10を見ると、赤道付近のジェット気流、北温帯縞ジェット気流共に2014年から2018年のいずれの年も速度は約100m/sであることがわかる。ジェット気流の平均流速は変動しているようにも見えるが、その変動量はエラーバー以下である。したがって、2014年から2018年の間に有意な変動は生じていないと考えられる。

### 5. まとめ

木星の表面の模様は、木星大気に浮かぶ雲の頂上であり、経度線に平行な東西に流れるジェット気流によって吹き流されている。そのため、木星のアマチュア観測者は、木星表面の興味深い模様の経度を測定し、その時間変化を調べてドリフトチャートを作成し、木星表面の運動を調べている。しかし、この手法では目立った模様でなければ追跡できないという弱点がある。

そこで、太陽表面の対流の渦である粒状斑の運動を追跡するために開発された LCT アルゴリズムを利用して木星表面の模様の自動追跡を試みた。

その結果、赤道付近のジェット気流と北温帯縞南ジェット気流共に定常的に約 100m/s であることが測定できた。この結果から、LCT アルゴリズムは白斑のような特徴的な模様が無くてもジェット気流を測定できるという利点があることが分かった。

今後は、さらに測定精度を上げるため、データ数を増やし、プログラムを改良してジェット気流の経年変化の有無を調べていきたい。

### 6. 参考文献

- [1] 堀川邦昭, 「今シーズンの木星観測」, 天文ガイド, 2008年9月号, 誠文堂新光社発行
- [2] 月惑星研究会, 「惑星ガイドブック2」, 1981年, 誠文堂新光社発行
- [3] Title, A. et al. in High Resolution Solar Physics II, pp.121-128, (NASA Conf. Publ. 2483, 1987)
- [4] 月惑星研究会 HP, <http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/>
- [5] 東亜天文学会 HP, <http://www.npo-oaa.jp/>

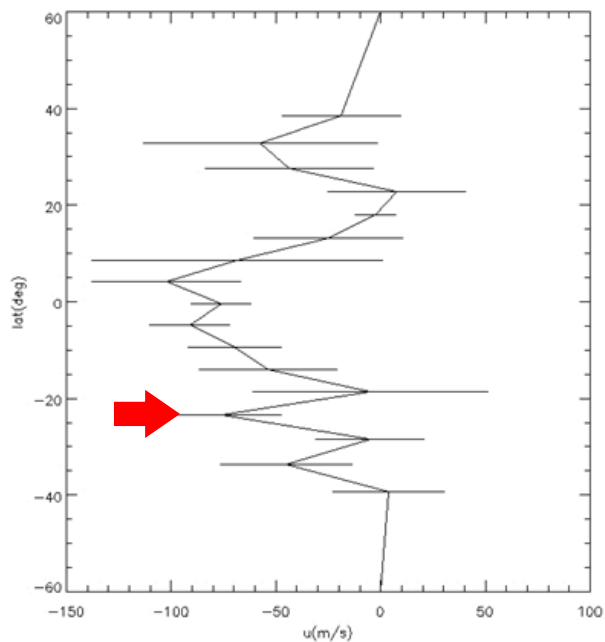


図 8 2017年のジェット気流の速度の緯度分布。矢印は北温帯縞南ジェット。

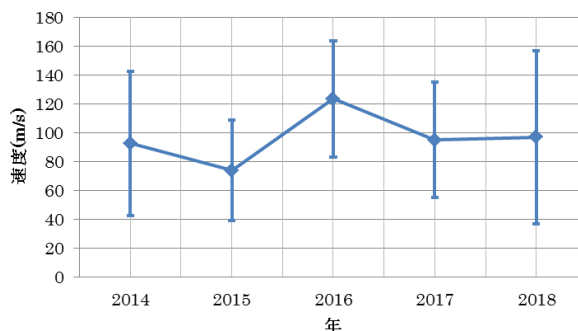


図 9 赤道付近のジェット気流の速度の経年変化。エラーバーを越える有意な変動は見られない。

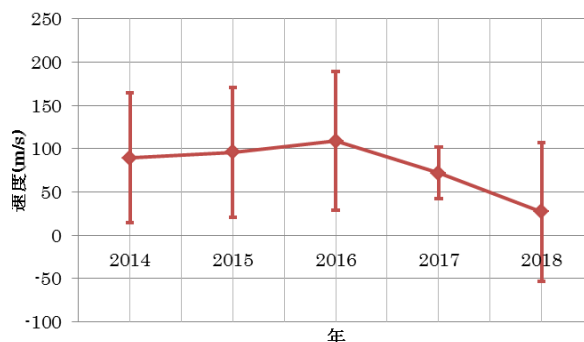


図 10 北温帯縞南ジェット気流の速度の経年変化。エラーバーを越える有意な変動は見られない。