

# 台風雲パターンの衛星画像解析に基づく 台風データベースの構築\*

北本 朝展<sup>†</sup>  
国立情報学研究所<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

台風は日本各地に大きな影響を与える顕著な気象現象であり、台風の正確な解析と迅速な予報の実現には大きな意義がある。これらの課題はこれまで気象学の分野で研究が進められてきた。しかし特に台風解析については、台風雲パターンの時系列解析という、気象学の枠内にはやや収まりきらない問題を扱う必要がある。そこで本研究は、台風雲パターンの衛星時系列画像解析に人工知能的アプローチ — コンピュータビジョンやパターン認識、機械学習やデータマイニングなど — を適用し、気象学的アプローチとは異なった視点から台風解析の問題に迫っていく。そして、台風解析作業の支援や、大量の台風画像からのデータマイニングなどの機能を備えた、台風データベースの構築を目標とする。

## 2 台風雲パターンの解析

台風とは北西太平洋に起源をもつ発達した熱帯低気圧のことを指し、特に最大風速が 34 ノット以上の熱帯低気圧を気象庁では「台風」と定義している。ほぼすべての台風は観測地点のまばらな海洋上で発生し発達するため、台風を観測する手段として最も重要なのは衛星画像である。

台風の強さや大きさを推定するための手法として、最も広く用いられているのがドボラック法である。これは「雲パターン」の認識を基本とする方法であり、衛星画像の台風雲パターンを人間が解析し、過去の台風の雲パターンから得られている経験則に解析結果を適用することで、現在の台風の強さと大きさを推定するという枠組になっている。

この方法は現在でも世界中の気象機関で現業的に用いられ、その有効性は広く認められている。ただしドボラック法は、あくまで台風雲パターン

の類似性の認識に基づく経験的な方法であり、気象力学から演繹された理論的基盤を有するわけではない。さらに雲パターンの認識は手動または半自動であり、熟練した解析者の主観的な作業に依存する部分が多いことも、ドボラック法の問題点とされている [1]。

そこで著者は、気象学的アプローチと人工知能的アプローチとの融合によって、この種の問題はドボラック法とは異なる視点からより有効に解決できるのではないかと考えた。まずそのための基礎となる台風画像コレクションから説明を始める。

## 3 台風画像コレクションの構築

コレクションの規模および特徴 現在のコレクションの規模は、1995 年から 1999 年までに発生した台風を対象とした、およそ 20,000 枚の台風画像である。本画像コレクションの特徴は、台風の時系列的な動きを表現するのに、地球に固定した座標系から眺めるオイラー的表現ではなく、台風と共に動く座標系から眺めるラグランジュ的表現を用いた点にある。この表現では台風中心が常に台風画像中心と一致するため、台風雲システム全体の動きベクトルと台風雲パターン固有の動きベクトルとを分離して扱うことが可能となる。

ベストトラック 上記の表現を可能にするのが台風のベストトラック（最終解析結果）データである。これは台風の発生から消滅までの全ライフサイクルを俯瞰した上で、台風の最終的な経路を専門家が総合的に判断し決定したものである。ゆえにこのデータは、各時刻の台風の中心位置、大きさ、強さに関する「グランドトゥース」あるいは「正解データ」とみなすこともできる。

衛星画像 気象衛星「ひまわり」の衛星画像の中で、昼夜を問わず使用可能な赤外画像 3 チャンネル IR1 / IR2 / WV を収集する。この画像の空間分解能、時間分解能はそれぞれ 5km（直下点）および 1 時間である。

\*The Construction of Typhoon Information Database Using the Satellite Image Analysis of Typhoon Cloud Patterns

<sup>†</sup>Asanobu KITAMOTO

<sup>‡</sup>National Institute of Informatics, 2-1-2, Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430, Japan

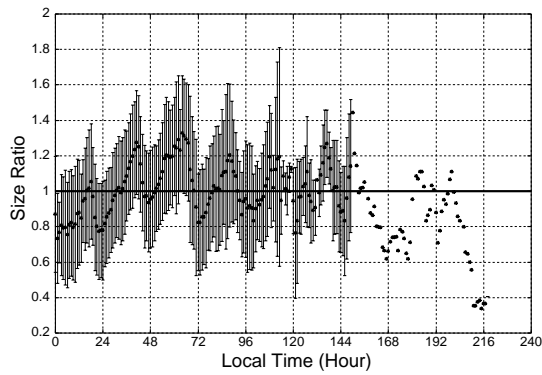


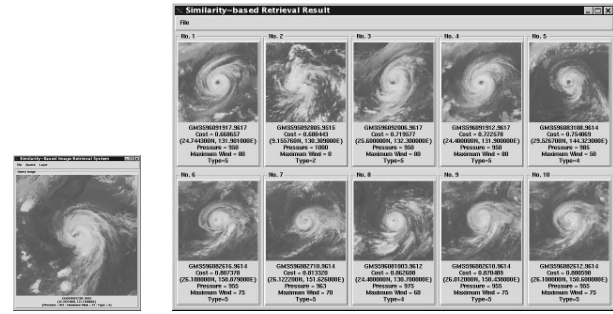
図 1: 台風サイズの日変化の解析結果。

地図投影法 台風画像コレクションとして一貫性を保つためには、地図投影法の選択も重要な問題である。例えば異なる画像の間で雲パターンの面積を比較するには、台風の地理的な移動に関わらず、地図上で台風の見かけの大きさが同一になる必要がある。本論文ではこのような等積性を重視し、ランベルト等積天頂図法を地図投影法に採用した。この図法は、歪みが投影画像中心からの半径にしたがって増加するため、台風のような円形に近い物体では比較的歪みの影響が少ないという点でも優れている。投影画像の大きさは  $512 \times 512$  画素で、これは地表面ではおよそ直径 2500km に対応する。これは巨大な台風の雲システムも含む大きさとなっている。

#### 4 台風画像の特徴抽出

雲画素の分類 台風雲画像の分類には、赤外画像 3 チャンネルとその差分を利用する。まず赤外の波長帯における水蒸気の吸収率の差から雲領域とそれ以外とを分類し、次に雲以外の画素から海面/地上温度をロバスト推定し、さらに標準大気の設定に基づいて雲の輝度温度を雲の高度に換算し雲の種類を判別する。このアルゴリズムは、気象庁で用いられている雲分類アルゴリズムを基本として、独自に改良を加えたものである。

台風形状の表現 台風のように柔軟で変形する物体の形状表現は、最近研究が盛んになりつつ課題である。ここで台風の場合に基本となる形状は、台風の中心部に代表的な楕円形の雲塊パターン、および外側に伸びる(等角)らせん形の雲パターンの 2 種類である。そこで本研究では前者の楕円形の雲パターンに着目し、台風雲パターンを楕円の集合体として表現する形状分解手法を提案する。



(a) Query (b) Similar images to the query

図 2: 台風画像の検索例。

この手法はエネルギー関数に基づく変形モデルを用いており、楕円を表す 5 次元の形状パラメータベクトルを最適化することで、形状分解の構成要素となる楕円を順々に発見する構成となっている。エネルギー関数は楕円内部に含まれる画素を対象として計算し、例えば積乱雲画素をできるだけ多く含むような楕円の当てはめなどが可能となる。さらにカルマンフィルタなどの時系列解析手法を適用することで、時系列画像にまたがる滑らかな楕円要素時系列の抽出が可能となる。

#### 5 実験結果

台風の日変化の解析 まず台風解析の簡単な例として、台風サイズの日変化に関する解析結果を示す。台風サイズには形状分解要素の楕円の面積を用いる。気象学の文献では、1500 ~ 1800 LST (地方時) 頃に、対象雲領域の面積が最大になるとの報告がある [1]。本論文で解析した日変化のグラフは同様の結果を示しており、これは本論文の提案手法が気象学的に意味のある情報を抽出可能であることを示している。

過去の類似パターンに基づく検索 ドボラック法では過去の台風雲パターンを数種の典型的な例に分類し、過去の類似例を元に現在の状態を推定している。ゆえに雲パターンを用いた類似画像検索機能の重要性を考え、グラフ構造を用いた台風類似画像検索システムを構築した。図 2 の検索例では、類似した大きさや形状の台風画像が検索できた。

謝辞 ひまわり衛星画像をご提供頂いた、東京大学生産技術研究所の喜連川教授、ならびに根本助手に感謝いたします。

[1] 鈴木和史, 元木敏博 (編). 台風 - 解析と予報 -, Vol. 197, 気象研究ノート. 日本気象学会, 2000.