

琉球大学学術リポジトリ

ひまわり衛星画像による海洋上台風の雨域推定

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2008-03-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 武井, 千恵, 真栄城, 尚, 杉山, 卓也, Takei, Chie, Maeshiro, Hisashi, Sugiyama, Takuya メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/5373

ひまわり衛星画像による海洋上台風の雨域推定

武井千恵・真栄城尚・杉山卓也

琉球大学理学部物質地球科学科

Chie Takei, Hisashi Maeshiro, Takuya Sugiyama

Evaluation of rainfalls of typhoons from HIMAWARI cloud temperatures

Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus

Abstract

For the research of the intrinsic system of typhoons it will be essential to know the rainfall structures of a typhoon over ocean, which is difficult, however, due to the sparse observational sites. In this paper we develop a procedure to estimate rainfall structures of typhoons from the infrared images of typhoon clouds observed by the satellites through referring to rain-rates obtained by the satellite radar even though the radar data are restricted in space and time for each typhoon.

1. はじめに

台風は強い雨を伴う積乱雲群からできている。しかし、静止気象衛星 Geostationary Meteorological Satellite (GMS、ひまわり) 画像で見る台風の主要な雲は、台風の中心部上層から時計回りに吹き出す、雨を伴わない層状の雲である (Elsberry, 1985)。以下、この雲を天蓋雲と呼ぶことにする。つまり、衛星から見た雲の生の画像は、天蓋雲の下で活発に活動している積乱雲群の様子と、これがもたらす雨の領域を表現していない。一方、熱帯降雨レーダー衛星 Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) は降雨構造を知ることができるが、低軌道周回衛星であり、観測幅が約215kmと限定されているため台風全体の雨域を知ることができない。

Nolasco (2001)、新垣 (2002) と真栄城 (2003) は、台風のひまわり衛星画像の雲温度分布と TRMM 降雨分布を比較した解析から、台風全体の雨域分布を推定することを試みた。そこでは、雲温度の空間勾配の大きさが積乱雲と天蓋雲とで異なる傾向にある事が示唆された。本研究は、これを発展させて、衛星雲温度分布と降雨構造の関連性をより明解にすることを目的とする。図1は台風の雲構造の一般的なモデルである (山岬, 1982)。天蓋雲は対流圏界面に沿っているため、上

層表面の温度分布はなめらかであると考えることができる。他方積乱雲群は、降雨による有限の寿命のために、その発達に応じて雲頂の高さに凹凸があるだろう。そこで我々はGMS画像における輝度温度空間勾配が雲頂高度のでこぼこ具合を推定する尺度であるとして、天蓋雲と積乱雲を識別する解析を発展させる。

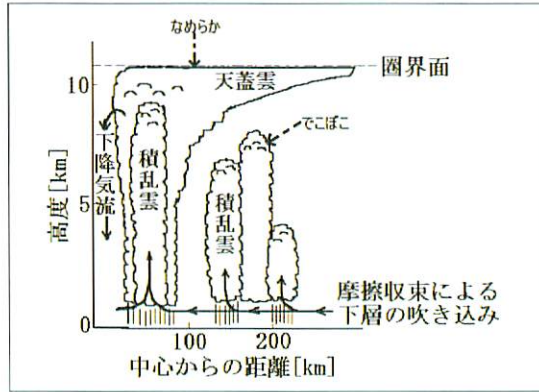


図1 台風の雲構造断面モデル

2. データ

本研究ではGMS水蒸気(WV)画像とTRMM降雨レーダーデータを使用した(図2)。GMSに搭載されている光学センサーには可視光線(波長 $0.55\sim 0.90\mu\text{m}$)と赤外線があり、赤外線にはIR1($10.5\sim 11.5\mu\text{m}$)、IR2($11.5\sim 12.5\mu\text{m}$)、水蒸気(WV)チャンネルIR3($6.5\sim 7.0\mu\text{m}$)がある。通常人工衛星での雲の解析にはIR1が用いられ、WV画像は300-500hPaの水蒸気量を反映するとされている。台風積乱雲と天蓋雲の識別を目的とする我々の解析では、主としてWV画像を用いる。比較のため、IR1画像も同一手法で解析する。TRMM降雨レーダーデータの水平分解能は4.3kmで、鉛直方向の分解能は250mである。本研究では高度2kmの平均雨量データを使用した。

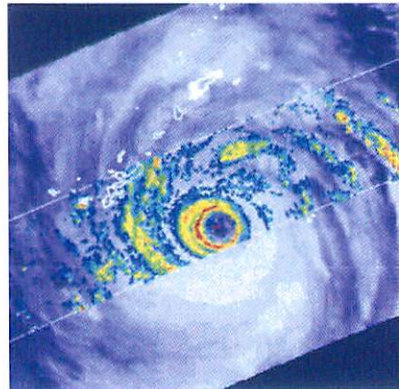


図2 2000年14号(Saomai)のTRMM画像(背景はGMS水蒸気画像)

解析に使用したのは1999年から2004年の間に、沖縄や沖縄近海を通過した14個の台風のデータである：1999年18号、2000年3号・8号・12号・14号 (Saomai)、2001年16号、2002年7号・15号・16号、2003年10号・13号・15号、2004年4号・8号。沖縄付近の台風に限定した理由は、沖縄は小さい島なので地形の影響を最小限に留めることができる、すなわち、台風本来の雨域を推測するのに適していると考えたからである。また、本研究の結果を台風襲来時に地上レーダーで観測される広域降雨分布と比較するためでもある。なお、GMSとTRMMの観測時刻は完全に一致しないものが多いため、TRMMの台風観測時に最も近い時刻のGMS WV データを使用した。

3. 解析方法

対流圏は高度とともに温度が低下するから、GMS WV 輝度温度が低い雲は雲頂高度が高い。天蓋雲は雲頂高度が高く空間的凹凸が小さいだろう (図1)。これに対して積乱雲群は降雨活動を伴う活発なものほど背が高く、かつ、降雨を伴う雲の寿命が短い故に雲頂高度の空間的凹凸が大きいだろう。つまり、衛星から見て降雨を伴う活発な積乱雲群ほど輝度温度は低く、輝度温度空間勾配は大きくなると考えられる。このことの検証を目的としてGMS輝度温度に対してTRMM雨量データを参照しながら以下の解析を行った。

始めに、地理的緯度・経度0.05度毎のGMS WV 輝度温度データを取得し (高知大学気象情報頁 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)、これを緯度・経度0.3度毎に平均した温度を求めた。緯度・経度0.3度はおおよそ30km×30kmにあたり、本研究ではこれを台風を構成する基本対流セルと考え、隣り合うこれら基本対流セルの温度差の2乗平均平方根を輝度温度空間勾配とする。

次に、TRMM雨量と雲の輝度温度、輝度温度空間勾配の関連性を調べるために、基本対流セルのGMS WV 平均輝度温度を縦軸、その輝度温度空間勾配を横軸とした図表上に、台風 Saomai の該当領域の TRMM 雨量を散布図表示した。図3はこの図表を TRMM 雨量毎にクラス分けしたものである。ただし、輝度温度空間勾配が70 [K/地理的1度]以上のデータは70とした。また図3には、参考のために基本セル内の温度分布の標準偏差を色別に示している。

台風を大気物理現象としてとらえた時、個々の台風の個性を超えた描像を得るために、複数の台風データを統合して解析する事が正当化される。これを台風統合解析 (composite analysis) という。この立場から、個別台風の解析図である図3を、複数の台風の雨雲が持つ一般的傾向を示すものに拡張する。そのために、輝度温度と輝度温度空間勾配を共に温度幅5K毎で格子を作り、14個の台風サンプルが持つこの格子に該当する雨量をすべて足し合わせ、サンプル数で割った格子平均雨量を求めた (図4)。これを台風雲温度・雨量ダイアグラムと呼ぶことにする。

任意の台風のGMS WV画像において輝度温度と輝度温度空間勾配が得られれば、台風統合解析の立場で、図4の雲温度・雨量ダイアグラムを参照することで推定雨量が得られる。このようにして求めた台風Saomai (2000年14号)の全域雨量推定分布図が図5である。なお、図5で参照データのない部分には雨量0mmを代入した。14個の台風から作成したダイアグラムで、参照データがない雲温度領域は、任意の台風のGMS WV画像においても稀 (数%)であるから、雨量推定に大きな影響はない。

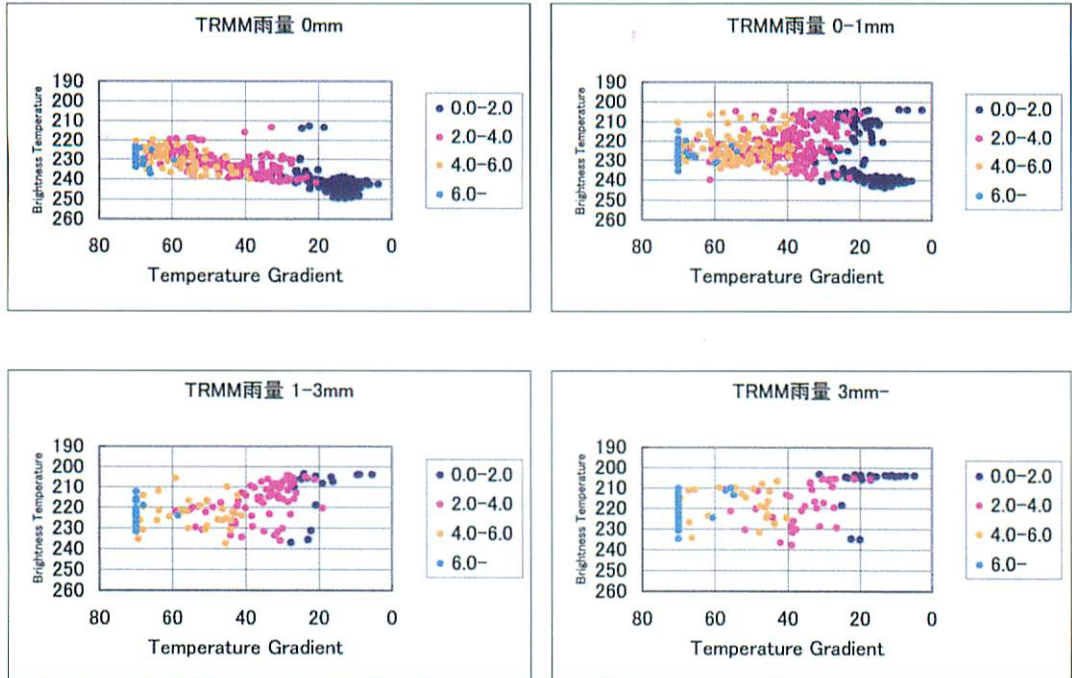


図3 台風 Saomai の TRMM 雨量別の台風雲温度・雨量散布図：単位 横軸[K/地理的1°] 縦軸[K]；凡例は地理的緯度・経度0.3度内での温度の標準偏差を表す。

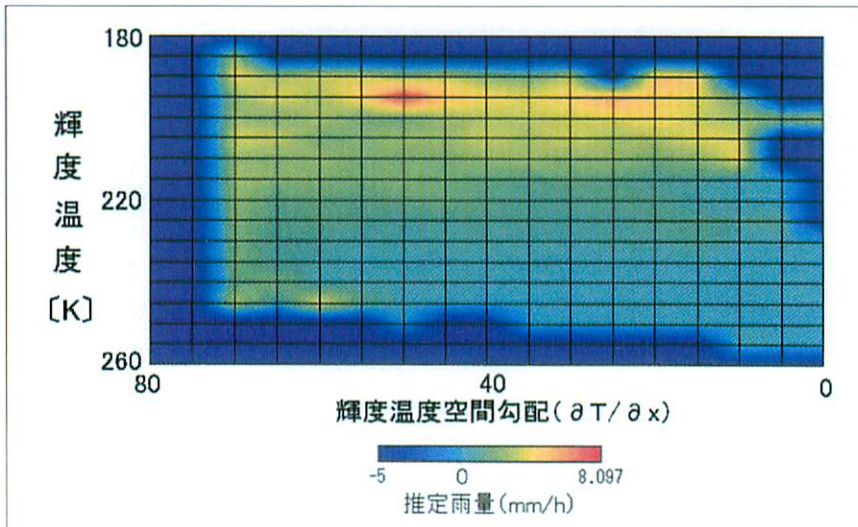


図4 台風雲温度・雨量ダイアグラム：推定雨量-5mmは対応する雲が存在しない事を表す。

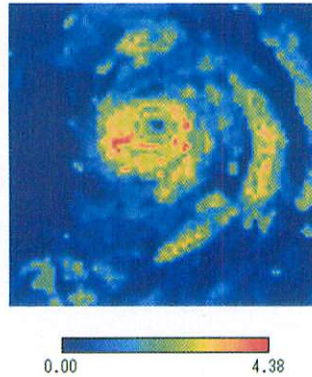


図5 ダイアグラム図4 (WV) を用いた台風 Saomai 雨量推定分布図 雨量単位 [mm/h]

4. 結果

図3から、台風 Saomai における雨量はGMS WV 輝度温度が低くかつ輝度温度空間勾配の大きい領域に存在する傾向にあることが分かる。海洋上の台風の雨量は、積乱雲の背の高さ（低い輝度温度）と積乱雲の活発さ（激しい降雨のための、活発な世代交代による大きな輝度温度空間勾配）に相関している傾向にあると言える。

14個の台風による統合雨量平均値を表している図4において、衛星雲画像から推定される大雨領域は、低い輝度温度で、かつ、輝度温度空間勾配が大きいか、または、中位の値を持っている傾向にある。中位の輝度温度空間勾配で雨が多いひとつの理由として、レインバンドの“広がった高原”領域で多量の降雨があることが考えられる。

図5の Saomai の雨量推定分布図では、スパイラルレインバンドや目の大きさが表現できていることから、台風の降雨分布を全体領域で推定することができたと考える。

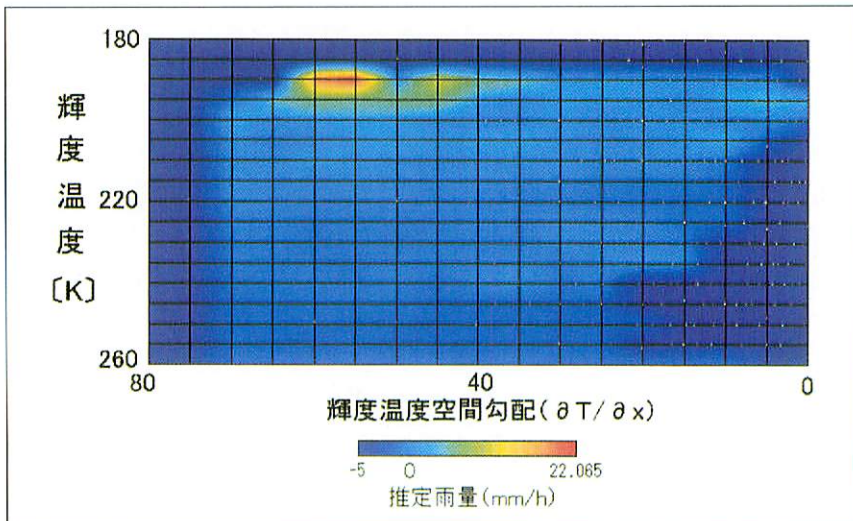


図6 IR1の台風雲温度・雨量ダイアグラム

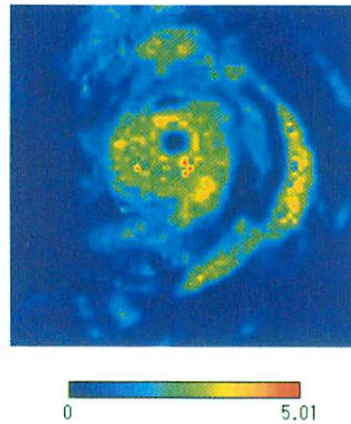


図7 IR1の台風雲温度・雨量ダイアグラムを用いて作成した台風 Saomai 雨量推定分布図

比較のために、GMS WV で行った14個の台風を用いた解析と同様の手法を用いて GMS IR1 画像から台風雲温度・雨量ダイアグラムを作成した(図6)。図6が示す特徴は、IR1雲温度構造の特定の領域にのみ降雨が認められることである。広がった天蓋雲領域では、一部の下に積乱雲群があっても、平均として少雨となる。図6を用いて作成した雨量推定分布図(図7)においては、目の周りの降雨域がほぼ一様の雨量となっており、眼の壁が再現できたとは言い難い。IR1 画像は WV 画像に比べて天蓋雲を優先的に見ており、その下の積乱雲群が見通せないことを意味する。以上の結果より、本手法に適した雲輝度温度は IR1 ではなく WV 温度であることが分かる。

5. 考察

本研究の手法の有効性を確かめるため、雲温度・雨量ダイアグラム図4を2004年台風23号(Tokage)に適用した(図9)。この台風は、図4の作成に用いた14個の台風以外のものである。これをほぼ同時刻の気象庁沖縄レーダー画像(図8)と照らし合わせて見てみた。その結果、台風眼の北側や、南東側の強雨域、大きな目の形がある程度再現できているのがわかる。このことより、海洋上台風の粗い降雨分布をGMS画像から見積もることが可能であり、とりわけ面積の広いレインバンドの再現に本手法の有効性があると考えられる。図4の雨量ダイアグラムを使えば、海洋上の他の台風の降雨分布を推定することができる。と言える。

なお、日本本土に上陸した台風に対しては、ここで示した手法は有効ではない。そこでは主要な降雨が山岳地形に影響されており、台風本来の鉛直に立つ積乱雲による降雨と異なるからである。この意味でも台風本体の研究、あるいは、台風の気象学的研究は海洋上の台風においてなされるべきである。

本研究の結果、台風における2種類の雲(積乱雲と天蓋雲)の区別において、空間的輝度温度勾配がその識別の重要なパラメーターであることが分かった。さらに、台風天蓋雲に覆われたその下の積乱雲の活動を知るには、GMS IR1画像よりもGMS WV画像が適当であることが分かった。GMS IR1画像では、天蓋雲に覆われた領域において、この雲にさえぎられてそれより下の積乱雲の活動が見通せないからである。天蓋雲は雨を降らせない雲であるが降下しない微小な雲水滴を多量に含んでいるためであろう。他方、WV画像は、通常300-500hPaの高度の水蒸気濃度が反映す

るとされている。天蓋雲に雲水滴があっても気相の飽和水蒸気量の絶対量は小さいので、WV 画像では天蓋雲の下の積乱雲が見通せると考えられる。

今後の課題として、TRMM の時間と観測幅の限られた降雨データと照らし合わせて台風雲温度・雨量ダイアグラムを作成するだけでなく、限られた台風になるとしても気象庁レーダーで観測された台風全域の降雨分布と照合して作成することが必要であろう。

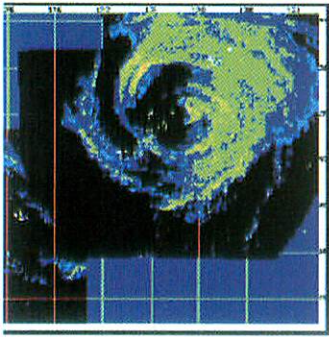


図8 気象庁沖縄レーダー
(2004/10/19 UTC 10:40)

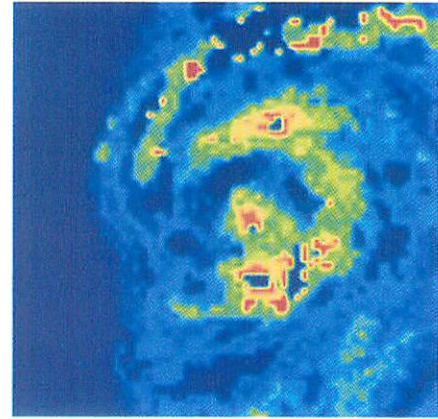


図9 Tokage 雨量推定分布図

謝 辞

本研究を行うにあたって、台風研究について数多くの助言を下された石島英先生（琉球大学名誉教授、沖縄台風センター研究会代表）に心から感謝いたします。TRMM 台風データベース（Ver. 1.2）は、宇宙航空研究開発機構地球観測利用推進センターにおいて作成されており、同センターより提供を受けました。

参考文献

- 新垣郁子, 2002. 台風衛星画像における積乱雲と天蓋雲の識別. 琉球大学理工学研究科物質地球科学科修士論文.
- Elsberry, R. L., 1987. A global view of tropical cyclones, ed. R. L. Elsberry, Univ. of Chicago Press, 192 pp.
- 真栄城尚, 2003. 海洋上の台風の雨域・雨量推定. 琉球大学理工学研究科物質地球科学科修士論文.
- Nolasco, E. N. L., 2001. An Observational Study on the Rainfall Distribution Structure of TC Jelawat and TC Saomai by Using Satellite Data, 琉球大学理工学研究科物質地球科学科修士論文
- 山岬正紀, 1982. 気象学のプロムナード10 台風-最もはげしい大気じょう乱-. 東京堂出版