

人工衛星の近赤外放射データを使用した雲分類手法による 東南アジアにおける極端現象の物理的特徴の解明

The analysis of physical characteristics of severe weather phenomenon

over Southeast Asia region using cloud classification method

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 渡部大和(Yamato Watanabe)
北海道大学大学院工学研究院 学生員 Suseno Dwi Prabowo Yuga
北海道大学大学院工学研究院 准教授 正会員 山田朋人(Tomohito Yamada)

1. はじめに

近年世界では豪雨や干ばつといったいわゆる極端現象が起きている。その中でも、本研究は2011年に起きたタイの洪水を対象としている。この洪水では、死者661人、その被害は3兆円規模とされている（2011年11月30日現在。産経ニュースより）¹⁾。著者らの現地での聞き取り調査によると、原因としては、そもそも雨季にタイに上陸した台風の数が多かったことが挙げられるが、もう1つの大きな要因は、乾季に入る時期に台風が上陸したことだ。バンコクを流れるチャオプラヤ川上流に位置するブミポンダムとシリキットダムの貯水量は、7月1日では60%であったが、9月には90%を超え、ほとんど100%近くにまで達していたことがわかった。乾季に備え、ダム貯水量を増やしていた時期にも、台風が上陸したことで、ダムは放流せざるを得ず、洪水の被害は拡大した。タイに上陸した台風の個数は、例年が1.5個であるのに対し、今年は5個であった。このような極端現象の発生には、大気陸相互作用、地球水循環が関わっている。ここで地球水循環について考える。海の水は、太陽の熱で温められ、海水は蒸発し、雲となり、雨を降らせる。つまり、熱源の中心は海面温度であり、それが雲を生成し、大気を温め、大気循環を駆動している。いわば海水の温度を上空へと伝える役割を雲が担っていると言える。雲による放射収支への影響に関して、Bipasha P. Shukla et al.(2008)²⁾によると、モンスーン地域では、巻雲が放射収支において重要な役割を果たすことがわかっている。このように、雲が放射収支にとって大きな影響を及ぼすことは、地球水循環における雲の重要性を示している。また、リモートセンシング技術の発展により、地球環境を遠隔から観測することが可能になった。Taylor and Ellis (2006)³⁾は、地表面から数センチ下の土壌水分をみることで、雲のできやすさを生成過程について検討を行った。この他にも、MODIS/TERRAによる日毎のデータを解析し、異なる雲の種類を発生確率から、雲の特性を研究する(Tang and Chen 2006)⁴⁾など、衛星データから雲分類、そして雲特性を分析し、大気陸相互作用の中での、雲の役割に

ついて分析することが非常に極端現象解明に有用であると考ええる。

解析方法としては、ひまわりの名で知られる運輸多目的衛星MTSAT(Multi-functional Transport Satellite) (2005-2011)と、その前身である静止環境観測衛星GOES(Geostationary Operational Environment Satellite)(2003-2005)と静止気象衛星GMS(Geostationary Meteorological Satellite)(1995-2003)のデータを用いて、赤外(IR1、IR2)を輝度温度に変換し、その二つの差から雲を8種類に分類することによって大雨などの極端現象が発生した前後の状況を解明する。今回はタイの洪水年である1995年、2006年、2010年、2011年(著者らの調査による)を対象に、これらの年に共通する条件等について分析する。

2. 使用データ

本研究で使用するデータは、気象衛星ひまわりのデータである。タイの雨季期間が5月から11月の間であることから、1995年から2011年の5月から11月までのデータを使用した。観測範囲は、東経80.02度～西経160.02



図1：MTSAT 観測範囲(国立情報学研究所ホームページ)

⁵⁾より引用)

度、北緯 59.98 度～南緯 59.98 度。タイの位置が東経 95 度～東経 105 度、北緯 5 度から北緯 20 度であることから、図 1 に示す通り、MTSAT によって観測が可能であることがわかる。MTSAT は 1 時間に 1 回データを取得するため、1 日で 24 個のデータがある。尚、GMS の次に GOES へと移行したため、2003 年 6 月から 2005 年 5 月までは観測範囲が少し異なるが、タイの洪水年に該当しないため、本研究では扱わないことにする。これらの GMS、GOES、MTSAT のデータと、カリブレーションデータは全て高知大学データベース⁸⁾よりダウンロードした。

3. 解析方法

同衛星には 5 種類の波長があるが、中でも IR1 (赤外、10.3μm-11.3μm) と IR2 (赤外、11.5μm-12.5μm) の 2 つのチャンネルによるデータを使用。この 2 つのチャンネルは Split Window と呼ばれ、10μm 帯のわずかな波長の違いでも、水蒸気による吸収特性が異なることがわかっている。10.8μm では水蒸気による吸収は小さく、12μm の方が大きくなる (Anding and Kauth 1970)⁶⁾。プランクの式(1)より導出される

$$U(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \dots (1)$$

ウィーンの法則 (2) (T は対象とする物体の輝度温度、λ は卓越波長、2898 は定数)

$$\lambda_{\max} (\mu m) = \frac{2898}{T} \dots (2)$$

に雲の輝度温度であるおよそ 250K を代入すると、λ=11.5 となり、波長が 10μm 帯のとき、雲を識別するのに最も適した波長であることがわかる。つまり、同じ雲についても、IR1 と IR2 によって得られる水蒸気量が異なるので、輝度温度の値にも差が生まれる。この特性を利用し Suseno and Yamada 2011⁷⁾より、

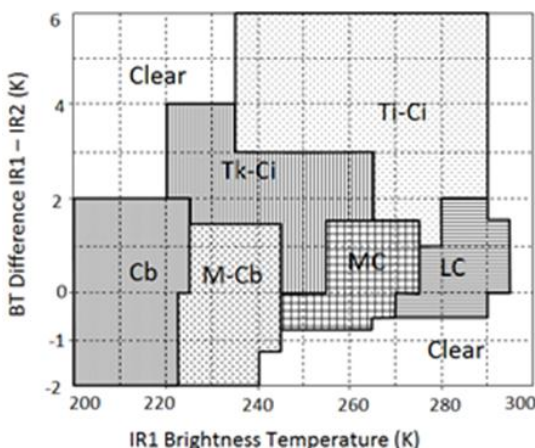


図 2：輝度温度による雲分類のダイアグラム (Suseno and Yamada 2011⁷⁾より引用)

前述の IR1 より変換された輝度温度と、IR1 の輝度温度と IR2 の輝度温度の差から、2010 年の 6 月から 9 月の期間から 41 枚の、6 種類の雲と、晴れの、合わせて 7 つの

種類を全て含む衛星画像を選び、図 2 に示すダイアグラムを作り、7 種類に分けた。これにより、各グリッドにおいて、どの雲がどのくらいあるかをパーセンテージで示し、雲データとする。これを用いて雲がどのように地球水循環に影響しているかを分析する。今後、同じく MTSAT データより得られる海面水温 (Sea Surface Temperature) のデータを SST データとし、同グリッド上に重ね合わせ、さらに再解析データ (GCM) より水蒸気量を求め、GCM データとし、こちらも同グリッドに重ね合わせる。それらを比較することにより各データ、極端現象発生に関わる条件を、大気陸相互作用の中で検討する予定である。

4. 結果

図 3 は 2006 年 5 月 20 日 0 時の本研究の解析手法により近赤外を用いた雲分類によって示された画像である。

(赤色 ; Cumulonimbus; Cb、橙色 ; Mutual Cumulonimbus; M-Cb、水色 ; Thin Cirrus; Ti-Ci、青色 ; Thick Cirrus; Tk-Ci、茶色 ; Middle level Cloud; MC、緑色 Low Cloud; LC、)

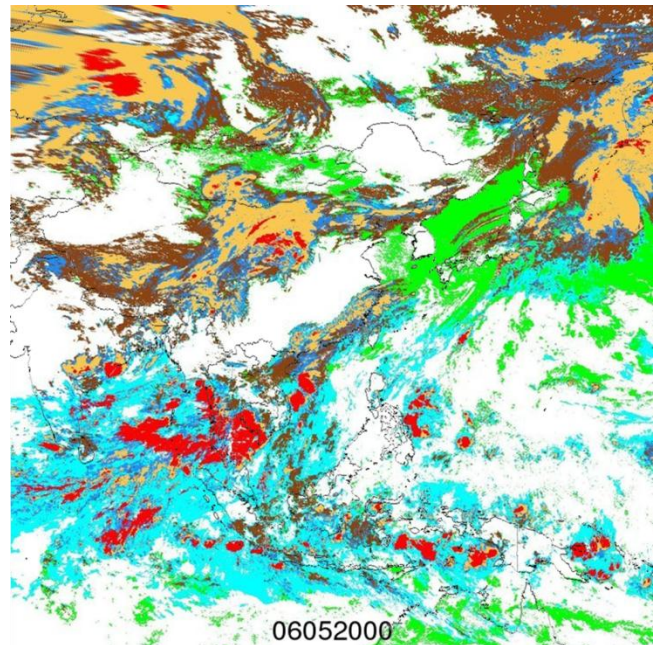


図 3：本研究の雲分類手法から得られた結果 (2006 年 5 月 20 日 0 時 JST)

図 4 は同時刻に得られた可視画像である。主に、可視で濃く見える雲ほど Cb で表され、薄く見える雲ほど LC で表されていることがわかる。これらの 2 つの画像の雲の位置が対応していることから、本研究での雲分類手法の正確性は高いといえる。また、図 3 に含まれる各種の雲の割合を図 5 に示す。

5. 考察

可視で見ると同じように薄い雲がかかっているような箇所でも、赤外で見ると、Ti-Ci と LC で見える箇所がある。これは、可視では同じ厚さを持った雲は皆一様に写るが、本研究での解析では、同じ厚さの雲でも、雲の高さによって雲を分類できるということがわかる。今後

この解析手法を用いて洪水年とそうでない年の月毎の種類別の雲の量を比べることが、極端現象解明に必要である。月毎の比較の他に、6時間毎に比較し、朝、昼、夜、深夜でどのような特徴があるのかを調べることも有用だ。現在、1日24回、1995年から2011年までの5月から11月の計119か月分、5キロメッシュのデータを解析中であり、これを基に、極端現象をもたらした原因となる時期及び空間を、雲による熱源を通して検討する予定である。

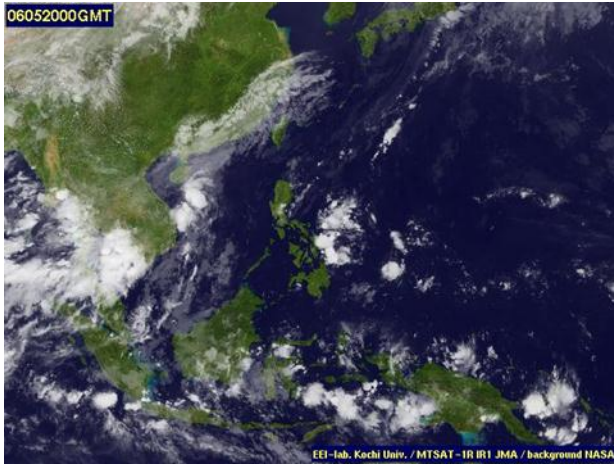


図4；MTSATによる可視画像 2006年5月20日0時JST

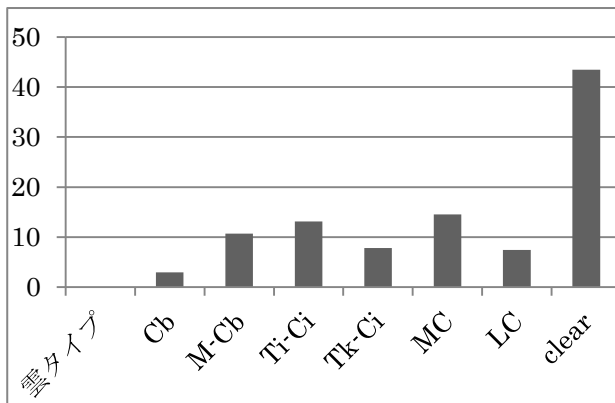


図5；各種類の雲の割合（縦軸は対象とする空間内の雲の割合を示す）

6. 謝辞

データの取得に関して、高知大学名誉教授、菊地時夫先生の多大なるご協力をいただいたことをここに記し、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1)産経ニュースホームページ
<http://sankei.jp.msn.com/world/news/111130/>
- 2) Bipasha Paul Shukla & V. Sathiyamoorthy & P. K. Pal & P.C. Joshi (2008) Effects of cloud types on cloud-radiation interaction over the Asian monsoon region. Springer-Verlag 2008 pp.287-295
- 3) Taylor, Christopher M.; Ellis, Richard J (2006) Satellite

detection of soil moisture impacts on convection at the mesoscale. Geophysical research letters, Vol. 33, L03404

4) Xu Tang and Baode Chen (2006) Cloud types associated with the Asian summer monsoons as determined from MODIS/TERRA measurements and a comparison with surface observations. Geophysical research letters, Vol. 33, L07814

5)国立情報学研究所ホームページ

<http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/research/rs/gms-goes.html>

6) D. Anding and R. Kauth (1970) Estimation of sea surface temperature from space. Remote Sensing of Environment pp.217-220

7) Suseno, Dwi Prabowo Yuga, Tomohito J. Yamada (2011) Cloud type classification for improving storm rainfall estimation with satellite based infrared information. The 9th International Symposium on Southeast Asia Water Environment, 2011

8) 高知大学データベース

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/>, <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/CAL/>

K. - M. Lau and H. - T. Wu (2011) Climatology and tropical oceanic rainfall characteristics inferred from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) data (1998–2009). Journal of geophysical research, Vol. 116, D17111

衛星からわかる気象 気象研究ノート第212号 pp.1-9, pp.14-16 日本気象学会