

全球客観解析と静止衛星から推定される水蒸気場の比較

井 上 豊志郎*・釜 堀 弘 隆*

要 旨

気象庁の全球客観解析 (GANAL) の相対湿度の評価を行うために、熱帯太平洋域で、静止衛星 (GMS, GOES) の赤外輝度温度による雲域との比較、および Split Window ($11\ \mu\text{m}$ と $12\ \mu\text{m}$) データによる雲型分類に基づいて推定した水蒸気プロファイルとの比較を行った。その結果、東太平洋域で衛星画像の雲域と GANAL の湿度場の違いが顕著であった。カリフォルニア沖やペルー沖の下層雲域では GANAL の下層の湿度場が非常に乾燥していたり、衛星画像に見られる個々の深い対流雲域との対応が悪いなどの違いがみられた。

1. はじめに

加藤ほか (2002) は「東シナ海・九州梅雨観測-2001 年」における非静力学モデルによる降水予報実験で、降水予報に失敗した事例について解析した。その結果、モデルによる豪雨の再現には水蒸気の鉛直プロファイル観測の充実が重要であることを指摘し、特に、ゾンデデータによる観測の少ない海洋域での水蒸気情報が重要であることを示唆した。この海洋域での水蒸気観測は、ゾンデ観測に限られているため現状では衛星による観測に頼らざるを得ない。

気象庁で現業的に作成されている全球客観解析 (GANAL) は、各種気象観測データ、過去の解析に基づく予報値 (第一推定値) および大気に関する物理法則等から解析された気象要素データである。GANAL は数値予報モデルの初期値として用いられる重要なデータであると考え、これまで GANAL では、水蒸気観測の少なさをカバーするため、いわゆる水蒸気ボーガス (擬似データ) として GMS の赤外輝度温度と輝度温度の分散値から雲型を判別し、前もってラジオゾンデとの比較から統計的に得られた相対湿度の鉛直分布を用いて GMS の観測領域で水蒸気場を推定してきた (Baba, 1987)。しかし、水蒸気ボーガスデータで

用いている赤外輝度温度と分散値からでは上層の巻雲と下層雲の判別が必ずしもうまくいかないことが指摘されている (Inoue and Kamahori, 2001)。また、晴天域については 1 つのプロファイルのみ仮定しているため、どこの晴天域でも同じ相対湿度の鉛直分布になってしまうこと等の問題点もある。

Inoue (1987, 1989) は、Split Window ($11\ \mu\text{m}$ と $12\ \mu\text{m}$) データを用いて、より正確な雲型分類を行うことができることを示した。また、Inoue and Kamahori (2001) は、ISCCP (国際衛星雲気候計画) の解析による雲型とラジオゾンデの比較から、各雲型に対応した相対湿度の鉛直分布を統計的に算定した。その結果、深い対流雲域では下層から上層まで湿度が高く、中層雲域では 925 hPa から 700 hPa まで、下層雲域では 925 hPa から 850 hPa まで相対湿度が高いことを示した。すなわち雲が存在する高さで相対湿度が高いことを統計的に示し、雲型が良好に判別できれば統計的にはあるが、静止衛星から短い時間間隔で相対湿度の鉛直分布が推定できることを示した。

しかし、多層に雲が存在するときに衛星から観測される雲は、一番上層の雲となる。したがって、巻雲が観測されたときに中、下層の雲が存在するかどうかを判別することは通常困難である。このように雲が多層に分布する場合には衛星画像からの水蒸気推定の誤差は当然大きくなる問題点は残る。

本研究では 2002 年 6 月 27 日 00 UTC の事例につい

* 気象研究所気候研究部。

—2002 年 10 月 25 日受領—

—2003 年 3 月 10 日受理—

て、GANAL の相対湿度場と静止衛星の Split Window データから判別される雲型から推定した相対湿度場との比較を行い、両者の違いについて紹介する。

2. データと雲型解析

静止気象衛星 GMS-5 および GOES の Split Window データを用いて Inoue (1987, 1989) に基づいて雲型分類を行った。Split Window による雲型分類は、Luo *et al.*, (2002) に示されているように光学的に薄い雲に対して不確かさはあるが、ISCCP の雲型分類とほぼ同様な雲型分類ができる。本研究では雲型を判別するための閾値を次のように決めた。

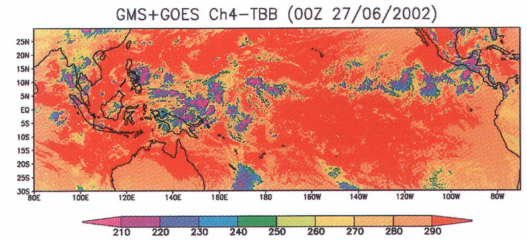
- 1) 晴天と雲域の判別に GANAL の 925 hPa の気温を、
- 2) 中層雲の判別閾値として GANAL の 600 hPa の気温を、
- 3) 上層雲の判別閾値として GANAL の 400 hPa の気温を用いた。また光学的に厚い雲域を判別する閾値として衛星のフィルターの特性を考慮して、GMS

では 0.5 K、GOES では 1 K を、光学的に薄い巻雲判別の閾値を GMS では 1 K、GOES では 2 K を用いた。

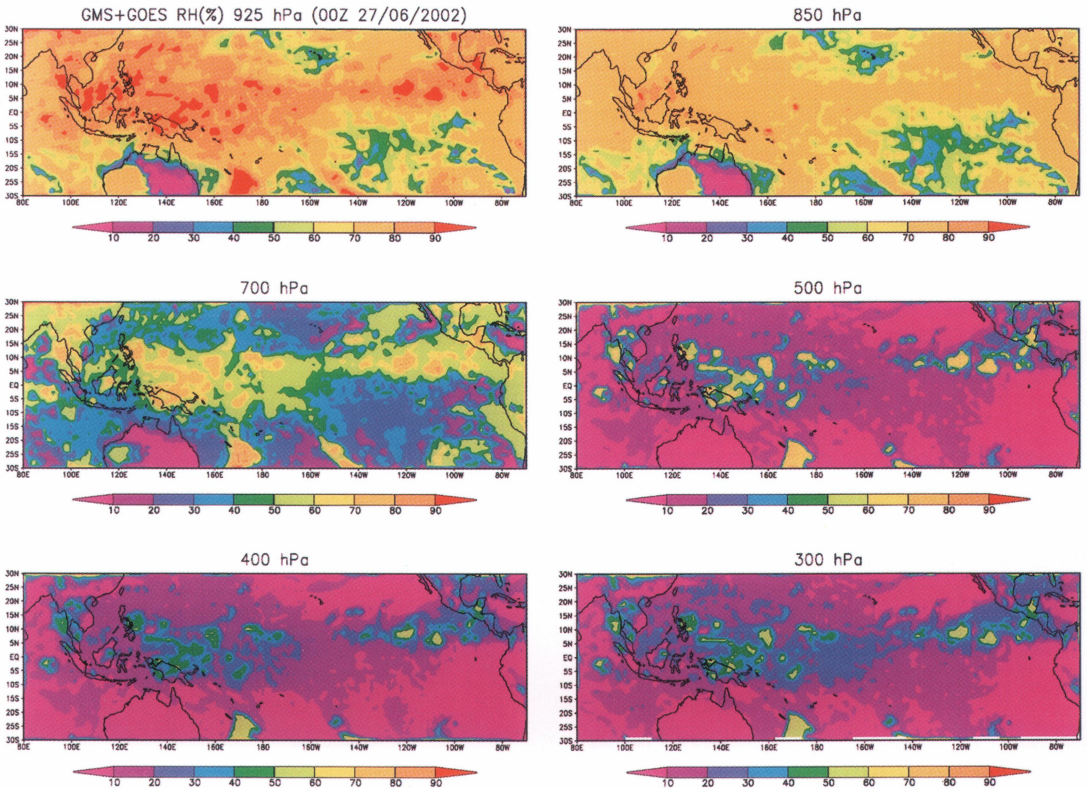
雲型を解析した領域は緯度方向に 30° S-30° N、経度方向に 90° E-70° W である。衛星データはこの領域について 0.1 度でグリッド化し、90° E-180° では GMS を、180°-70° W では GOES を用いた。

3. 雲型による湿度場の解析

前節にしたがって、0.1 度の各グリッドの画素について



第1図 GMS と GOES の赤外輝度温度 (K) の分布図。



第2図 静止衛星の画像データから判別された雲型・晴天情報を用いて推定された925, 850, 700, 500, 400, 300 hPa 面における相対湿度 (%) の分布図。

て、晴天・雲域の判別および雲型分類を行った。各雲型に対する湿度の鉛直分布の算定は Inoue and Kamahori (2001) で得られた統計値を用いた。

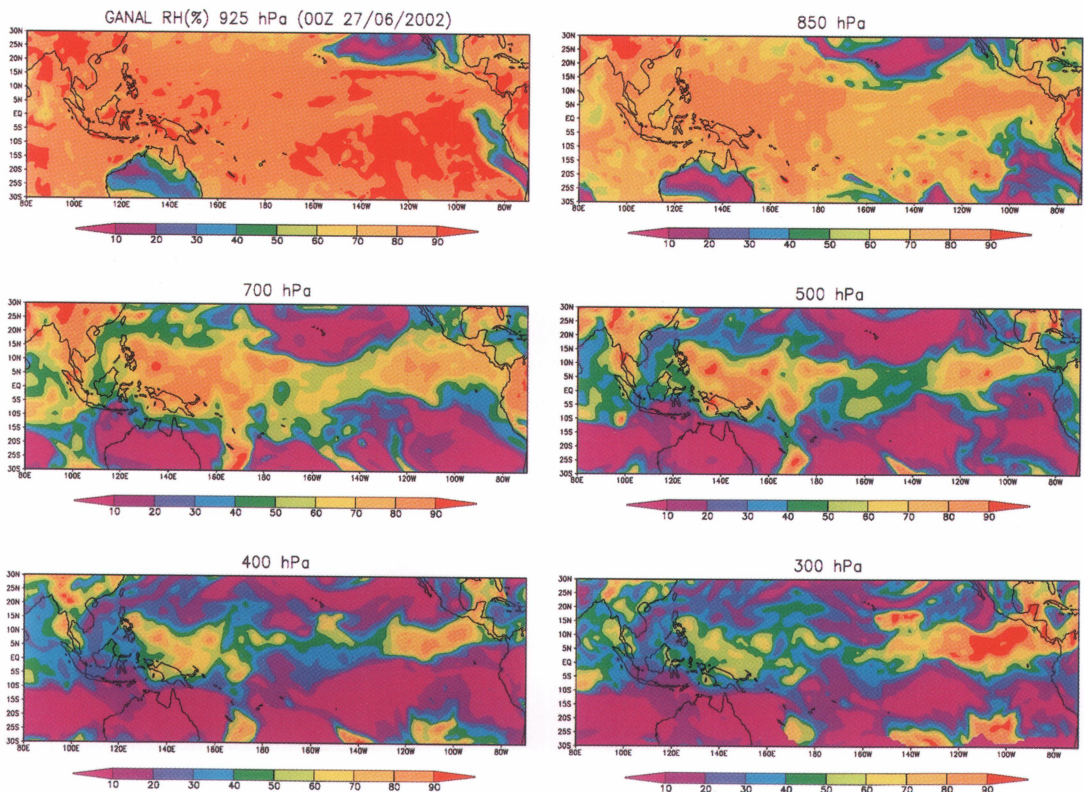
晴天域については井上ほか (2002) に示された手法によりまず Split Window から可降水量を推定した。次に Inoue and Kamahori (2001) で得られた晴天域の相対湿度の鉛直プロファイルを、推定された可降水量に見合うプロファイルに変更した。すなわち、可降水量のトータルの値が Split Window による可降水量の推定値と一致するように、鉛直プロファイルの形を保持しつつ各気圧面の湿度の値を増減した。このことにより、晴天域でも可降水量に対応した相対湿度のプロファイルを算定した。

GANAL は 1.25 度でグリッド化されているため、グリッド内に含まれる雲・晴天情報から算定された各気圧面の相対湿度を平均し、相対湿度の鉛直分布を算定した。

4. GANAL の水蒸気場と雲型から推定された水蒸気場の比較

第 1 図に GMS と GOES を合成した 2002 年 6 月 27 日 00 UTC の赤外輝度温度の分布図を示す。第 2 図に衛星画像を用いた雲・晴天情報から推定された 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 400 hPa および 300 hPa 面での相対湿度分布図を、第 3 図に GANAL による各気圧面での相対湿度の分布図を示す。衛星画像から推定された相対湿度はどのレベルでも GANAL に比較して低めである。また、空間分布は GANAL に比べてより細かな分布を示す。この傾向は他の事例（ここでは示さないが）でも見られる。

第 1 図から深い対流雲の位置（青色および紫色）、晴天域（赤色）および大陸東岸の下層雲（オレンジ色）の位置がわかる。まず、深い対流雲域について対応する湿度の推定値を比較してみる。GMS 観測領域（80°E-180）では深い対流雲の位置（オーストラリアの東沖やフィリピンの東沖等）と下層から上層までの高湿度域が第 2 図および第 3 図とも良い対応をしていること



第 3 図 気象庁全球客観解析 (GANAL) の 925, 850, 700, 500, 400, 300 hPa 面における相対湿度 (%) の分布図。

が分かる。一方、東太平洋域では衛星から推定された高湿度域は赤外面像の深い対流雲域とほぼ対応をしている(第2図)ものの、GANALでは700 hPaより上空で、南北に幅が広めで、コントラストが小さく、個々の深い対流雲との対応は明確ではない(第3図)。特にハワイの南の高湿度域(400, 300 hPaに見られる)は赤外面像の深い対流雲域(第1図)とは対応していない。GANALではこのような深い対流雲域と上層での高湿度域の対応が東太平洋であまりよくない傾向が他の事例でも見られる。

次に下層雲域に注目する。カリフォルニアの南西沖や南米の西海岸沖には衛星画像から下層雲が存在することが分かる(ここには示さないが3時間前の21UTCの可視画像から下層雲の存在が確認できる)。この下層雲域におけるGANALは非常に乾燥しており、ハワイ付近まで乾燥域が拡大している(第3図)。一方、衛星からの湿度推定では925および850 hPaでGANALに比べより湿っている。ペルー沖の下層雲域でも同様に乾燥域が見られる。他の事例でもGANALはこのような下層雲域で、925および850 hPaで乾燥している傾向が見られる。

下層雲は放射による冷却効果が大きいため非常に重要な雲であるが、Ishii *et al.* (1994)、隈 (1996) や岩崎 (私信) が指摘しているように現在の予報モデルでも下層雲の表現はまだうまくいっていないことが示唆される。

晴天域について見ると、衛星画像から東太平洋の10°N 付近の深い対流雲域の南北に、925, 850 hPaでは比較的乾燥した晴天域が表現されているが(第2図)、GANALではカリフォルニアの南西沖以外ではコントラストが少ない。また、GANALでは衛星で見られるペルー沖の下層雲域の925, 850 hPaの湿度は140°W-120°W 付近にみられる晴天域(第1図)に対応する湿度よりも低くなっている。

5. まとめ

気象庁の全球客観解析(GANAL)の水蒸気場の評価を行うためInoue and Kamahori (2001) に基づいた静止衛星のSplit Window データから分類される雲型を用いて推定される相対湿度場と比較をした。その結果、東太平洋域で衛星画像の雲域とGANALの相対湿度場の違いが顕著であった。カリフォルニア南西沖やペルー沖の下層雲の存在する領域で、GANALは下層で非常に乾燥しており、下層雲が解析されていないと

思われる。また、GANALでは東太平洋域でのITCZに相当する領域で南北に幅広い高湿度域がみられるものの、衛星で見られる個々の深い対流雲との対応は悪かった。衛星による雲域をtruthと考えると、東太平洋域で、深い対流雲域や下層雲域でGANALの相対湿度場とSplit Window から判別される雲型から推定した相対湿度場の違いが大きかった。このことから、静止衛星の画像データ、特にSplit Window データを利用することで、GANALの水蒸気場の精度向上に役立てることができると思う。

今回は雲と晴天の判別にGANALの気温を用いたが、TMI/TRMM(TRMM Microwave Imager/Tropical Rainfall Measuring Mission) から雲域でも良好な海面温度が算定されている。この海面温度を用いて雲の有無を判別すればGANALと独立に海洋域で雲域を判別できる。特に海洋上の下層雲については有益な情報が静止衛星画像から提供できると考える。

謝 辞

匿名の査読者および担当編集委員には、本短報の改稿に際して多くの有益な助言を頂いたことをここに記し、感謝いたします。

参 考 文 献

- Baba, A., 1987: Improvement of the estimation method of moisture data from satellite cloud soundings, JMA/NPD Technical Report, (16), 54pp.
- Inoue, T., 1987: A cloud type classification with NOAA 7 split-window measurements, J. Geophys. Res., **92**, 3991-4000.
- Inoue, T., 1989: Features of clouds over the tropical Pacific during northern hemispheric winter derived from split window measurements, J. Meteor. Soc. Japan, **67**, 621-637.
- Inoue, T. and H. Kamahori, 2001: Statistical relationship between ISCCP cloud type and vertical relative humidity profile, J. Meteor. Soc. Japan, **79**, 1243-1256.
- 井上豊志郎, 河本和明, 増永浩彦, 2002: VIRS/TRMMのSplit Windowによる晴天海洋域での可降水量の推定, 気象学会春季大会講演予稿集, (81), P210.
- Ishii, M, I. Yoshikawa and M. Kimoto, 1994: Air-sea fluxes obtained from an operational global data assimilation system, Geophys. Mag., **45**, 19-54.
- 加藤輝之, 別所康太郎, 井上豊志郎, X-BAIU-01観測グループ, 2002: X-BAIU-01期間中に観測された降雨

の予想失敗例とその原因-非静力学モデルによる降雨
予想の今後の展望-, 気象学会春季大会講演予稿集,
(81), C361.

隈 健一, 1996: 一ヶ月予報に向けた全球モデル開発-バ
イアスの小さな予報モデルを目指して-, 数値予報課報

告・別冊第42号, 89-93.

Luo, Z., W. B. Rossow, T. Inoue and C. J.
Stubenrauch, 2002: Did the eruption of the Mt.
Pinatubo volcano affect cirrus properties?, J. Cli-
mate, 15, 2806-2820.

Comparison of Water Vapor Field between GANAL and Estimation from Geostationary Satellite Data

Toshiro INOUE and Hirotaka KAMAHORI

Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052 Japan. tinoue@mri-jma.go.jp

(Received 25 October 2002 ; Accepted 10 March 2003)



「国立環境研究所 公開シンポジウム2003」開催のご案内

メインテーマ: 「環境研究, 次の一手」

内 容: 現象解明・影響評価・環境技術に関する講
演7件及びポスターセッション

日 時:

<東京会場>

・開催日時: 平成15年6月18日(水) 10:00~17:00

・開催場所: 東京メルパルクホール

(港区芝公園2-5-20)

・アクセス: JR 浜松町駅より徒歩10分

都営三田線芝公園駅より徒歩2分

都営浅草線・大江戸線大門駅より徒歩4
分

<京都会場>

・開催日時: 平成15年6月25日(水) 10:00~17:00

・開催場所: 京都リサーチパーク

(京都市下京区中堂寺南町134)

・アクセス: JR 山陰線丹波口駅より徒歩5分

参加申込み方法:

参加御希望の方は, 参加希望会場, 住所, 氏名,
年齢, 職業, 電話番号, Fax 番号, e-mail アドレス
を明記の上, 下記あてに, はがき, Fax 又は e-mail
にてお申し込みください。参加費は無料です。

お問合せ先:

国立環境研究所公開シンポジウム2003登録事務局
〒107-8476

東京都港区赤坂4-9-17 赤坂第1ビル4F

㈱インターグループ内

Tel: 03-3479-6003/Fax: 03-3423-1601

e-mail: nies2003@intergroup.co.jp

URL: <http://www.nies.go.jp/sympo/index.html>