

第5章 各種衛星データの利用*

今日では、静止気象衛星による各観測のほかに海上風や降水、雷など様々な要素の観測を目的とした衛星のデータが利用できるようになってきた。例えば1997年、世界で初めて降雨レーダーを搭載したTRMM(熱帯降雨観測)衛星が日米共同で打ち上げられ、2002年にはマイクロ波放射計を搭載した衛星、EOS-PM1(以下「Aqua衛星」と言う)などが相次いで打ち上げられた。このような衛星を合わせて利用することにより、数時間ごとの熱帯域の降水観測が可能となる。

今後、熱帯低気圧等の監視のためには従来の静止気象衛星による観測資料と合わせて、様々な衛星の観測資料も利用することが重要となる。

なお、衛星名等の略語¹⁾は章末に示した。

5.1 地球観測衛星データによる台風の風

近年、衛星観測による海上風データが取得できるようになり、台風の風分布などの新しい事実がわかってきた。ここでは、ここ数年に行われた調査を簡単に紹介する。

(1) QuikSCAT 衛星による海上風

QuikSCAT衛星は13.4GHzのマイクロ波散乱計(SeaWinds)を搭載しており、衛星からマイクロ波を海面に向け斜めに照射し、海面にできた風浪に散乱されて返ってくる反射波の強さを測定することにより海上風(風向・風速)を求めている。この衛星は回転するパラボラアンテナにより衛星軌道に沿って1,800kmの幅が観測できる。海上風の観測精度は風速2m/s、風向20度で、空間分解能25kmと非常に高いと言われる。観測データの少ない海上風データを高精度・高密度で取得することができることから、熱帯低気圧の構造解析、その中心位置や強度などの監視、さらには熱帯低気圧の初期段階における発生判定や台風の温帯低気圧化進行状況の解析などへ応用できる。ただし、1日に観測できる範囲は、地表面の90%となっている。また、この海上風は降水の影響を受けるため、降水域内では誤ったデータとなる可能性もあるので注意が必要である。

図5-1-1に星野ほか(2002)によるQuikSCAT衛星の海上風データを沖ノ鳥島とブイの観測値と比較検証した結果を示す。実測20m/s以下で降水なし

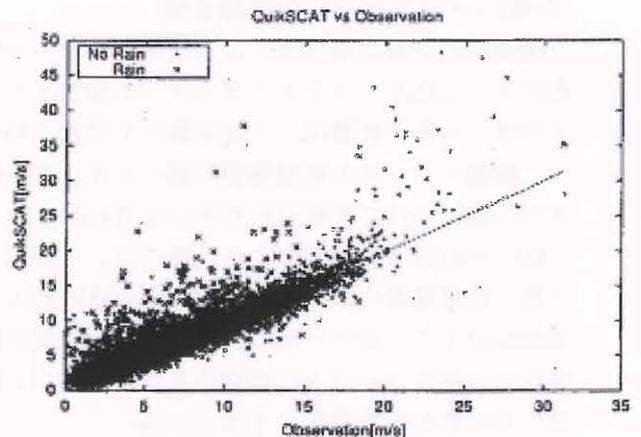


図5-1-1 QuikSCATとブイ及び沖ノ鳥島実測データとの比較
縦軸：QuikSCATの海上風
横軸：沖ノ鳥島の30分間平均風速(m/s)
記号●は降水なし、記号×は降水あり
(星野ほか(2002)より引用)

の場合、QuikSCAT衛星の海上風は非常に対応が良い。しかし降水ありの場合は、ばらつきが大きい。

(2) 南シナ海に発生する台風の発生初期における強風域出現分布

ここでは、気象庁予報課土屋氏によるQuikSCAT衛星の海上風を用いた解析事例を紹介する。

台風の発生地域は北西太平洋及び南シナ海の熱帯・亜熱帯域に広く分布している。発生数が最も多いのはフィリピンの東海上であるが、南シナ海も決して少なくない。南シナ海における台風の発生形態は予報作業指針台風予報(気象庁予報部、1990)による三つの分類のうちの「下層シヤー型」により発生する。そこで、QuikSCAT衛星の海上風により南シナ海における発生期の台風(または台風の強さに達していない熱帯低気圧(TD))の強風域(風速30kt以上の領域)はどのように把握できるのか調査を行った。

この調査に利用できる海上風が観測されている10個のTDと1個の台風(TS)の合計11個の事例から、独立したサンプルにするため各1例ずつ海上風を選出した。選出はTDになってからの経過時間が短いもので陸の影響が小さいものを優先した。TD(1例はTS)の中心を一辺が緯度8度×経度8度の正方形領域の中央部に置き、風速30kt以上の領域を調べた。正方形領域内の各緯度1度×経度1度の格子内に30kt以上の風が吹いている領域

*廣畑 雅哉

この結果によると、強風域が中心の南から南西方向に伸びることが多く、中心の北西方向に比べ2倍以上の出現回数となっている。この西南西に伸びる強風域は、南半球からのモンスーンが南西風となって南シナ海に入り込み、サージとなっている領域を表していると考えられる。

2002年の台風第4号を例にして、南シナ海で発生した台風の強風域の形成過程を見る。2002年6月7～9日の3日間の00UTCにおけるGMS-5可視画像に最も近い観測時刻のQuikSCAT衛星の海上風を重ねたものを図5-1-2～図5-1-4にそれぞれ示す。図5-1-2(2002年6月7日00UTC)を見ると、黄色で示す海上風30kt以上の領域が中心の東側から南側を通して南西側に伸びている。この強風域は衛星画像によると対流性の雲バンドの出現域と対応している。その24時間後の図5-1-3(2002年6月8日00UTC)では、南シナ海から太平洋側に抜けたTDに伴う海上風30kt以上の領域はルソン島の影響で二つに分けられたように見える。図5-1-4(2002年6月9日00UTC)は台風の強度に達して18時間経った様子である。海上風30kt以上の領域(半径)は、台風を中心から見た各方向によりかなり差がある。この例では北側より南側の方が3倍程度広がっている。南には台風に関連する雲バンドがあり30kt以上の強風域に対応している。

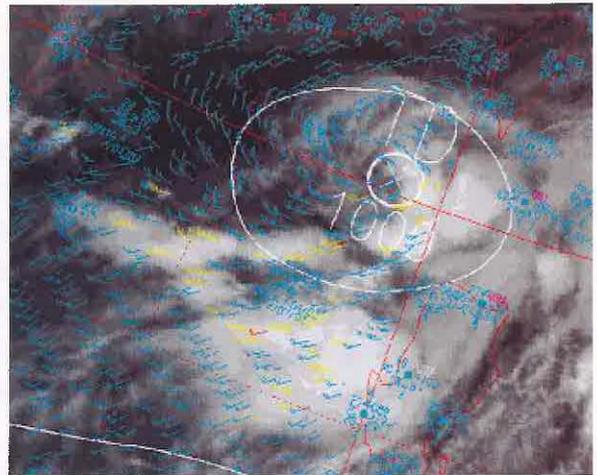


図5-1-2 TDの可視画像(2002年6月7日00UTC)

海上に表示されている矢羽はNASAジェット推進研究所(JPL)のQuikSCAT衛星海上風。黄色は30kt以上、赤色は50kt以上を示す。(気象庁予報課の天気図作成装置画面に表示したもの)

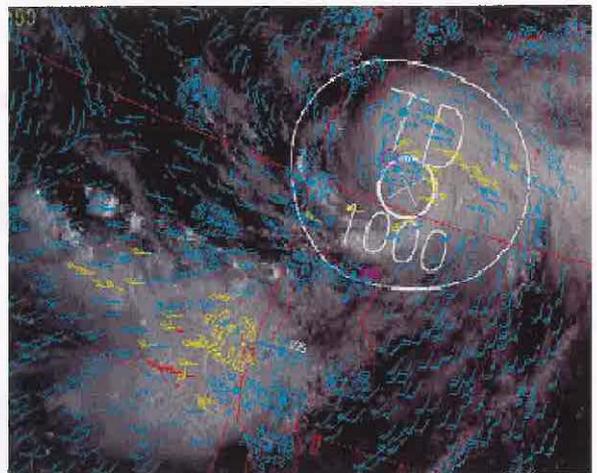


図5-1-3 TDの可視画像(2002年6月8日00UTC)

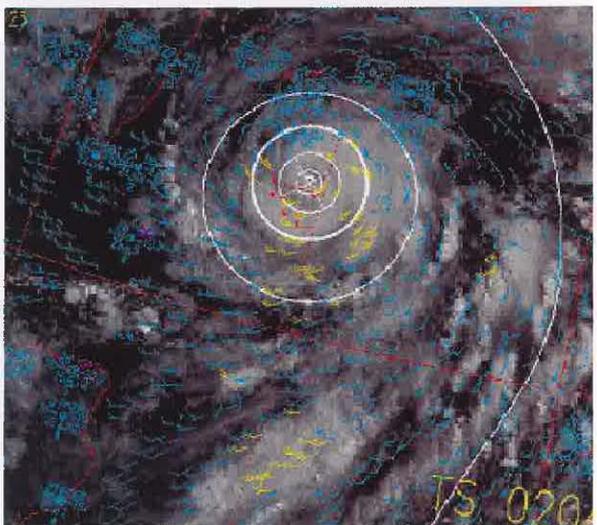


図5-1-4 台風第4号(TS)の可視画像(2002年6月9日00UTC)

表5-1-1 南シナ海に発生した台風又はTDの期間における風速30kt以上の領域の出現回数(6回以上を塗りつぶしてある)

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	2	2	3	3	3	2	1
2	2	3	4	6	4	4	2
5	6	8	8	9	6	2	1
6	6	8	9	9	8	3	1
3	6	7	7	6	5	1	0
3	2	2	3	4	5	1	1

南シナ海で発生する台風（またはTD）周辺の風の分布を QuikSCAT 衛星の海上風により調査した結果は、台風の強さに達していないTDの場合は、TDの中心から南西の方向に風速 30kt 以上の強風域が長く伸びることが多い。台風に発達するに伴い 30kt 以上の領域は中心付近にまとまる傾向をもつが、依然として南側が北側より広い傾向が残る。南西から吹き込む風を台風の強風域とみなした場合、南シナ海で発生する台風の発生初期においては、30kt 半径の大きさは中心から見た方向によりかなり差がある場合があることがわかる。

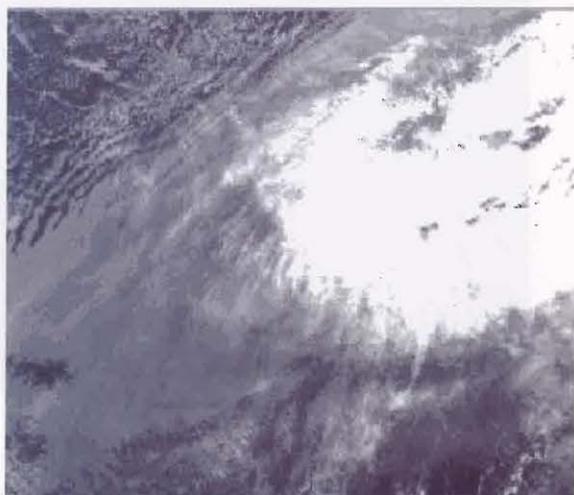
このように、QuikSCAT 衛星などの衛星観測技術を利用することは、これまで得られなかった知見を得るためにさらに重要となっている。

5.2 各種衛星を利用した台風の中心位置推定

ここでは夜間に赤外画像だけでは中心位置推定が難しい台風について各種衛星データを使って見ていくことにする。

(1) 2002 年台風第 2 号の事例

2002 年 3 月 7 日 1907UTC における台風第 2 号の NOAA 衛星画像を図 5-2-1 に示す。NOAA 衛星の各種画像を見ると、(a)の赤外画像だけでは夜間、Ci が重なった下層雲の検出は困難であることがわかる。その一方で、(b) 3.7 μm 画像と (d) 3.7 μm 差分画像は下層雲渦の様子がはっきり見え、(c)の赤外差分画像でもこの場合下層雲渦を検出することができた。NOAA 衛星画像の分解能が良いことも下層雲渦を確認しやすくしている。なお、21UTC 頃に QuikSCAT 衛星の海上風(図は省略)が得られたが、風向分布が不自然でこの事例では中心位置を直接推定することはできなかった。



(a) 赤外画像



(b) 3.7 μm 画像



(c) 赤外差分画像



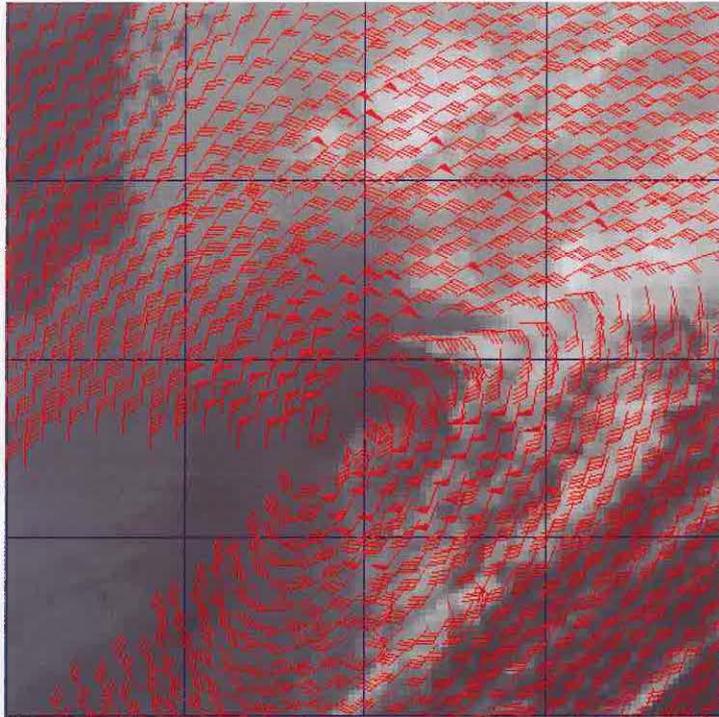
(d) 3.7 μm 差分画像

図 5-2-1 2002 年 3 月 7 日 1907UTC の NOAA 衛星画像

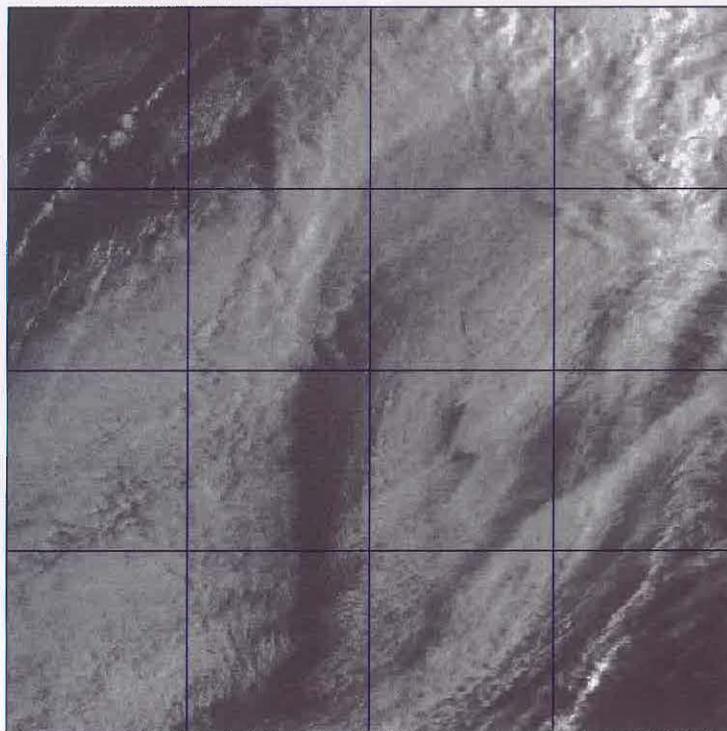
(2) 2003 年台風第 15 号の事例

2003 年 9 月 22 日 20~22UTC 頃における衰弱期の台風第 15 号の衛星による観測例を図 5-2-2 示す。(a)は、同日 20UTC の GOES-9 赤外面像に QuikSCAT 衛星の海上風を重ねた例で、(b)はそれから約 2 時間経った日の出後の GOES-9 可視画像である。これら

を比較してみると、この事例では夜間で可視画像が使えず、赤外面像だけでは不明瞭で解析が難しかった下層雲渦の中心位置を 22UTC における可視画像(b)で確認される以前に QuikSCAT 衛星の海上風(図 5-2-2(a))を用いることでその風分布から容易にその中心位置を推定できる。



(a) QuikSCAT 衛星の海上風を重ねた GOES-9 赤外面像(2003 年 9 月 22 日 20UTC 頃)



(b) GOES-9 可視画像(2003 年 9 月 22 日 22UTC)

図 5-2-2 QuikSCAT 衛星の海上風を重ねた赤外面像(上)と可視画像(下)との比較

5.3 マイクロ波放射計による台風の降水観測

Aqua衛星やTRMM衛星にはマイクロ波放射計が搭載されており、これを利用することにより、降水観測が可能である。また、米国のDMS衛星にもマイクロ波放射計(SSM/I:Special Sensor Microwave/Imager)があり、海洋上の降水推定に使われる。これらのマイクロ波放射計による降水観測データが台風の中心位置推定に有効であることが報告されている。Alliss *et al.* (1993)は、ハリケーンの赤外画像とSSM/Iの85GHzのデータによる中心位置推定の精度は、マイクロ波によるものが赤外に比べ非常に高いことを示した。

Aqua衛星が2002年台風第5号を観測した画像が宇宙航空研究開発機構/地球観測利用推進センター(JAXA/EORC)のホームページに公開*2されているのでここで紹介する(図5-3-1(左))。またその右側には比較のため、ほぼ同時刻のGMS-5の観測による赤外画像を示す。左の画像の海域における黄白色の部分は強い降水領域に、水色から紺色への色

調変化は大気中の水蒸気や雲の増加にそれぞれ対応している。両画像を比較すると、GMS-5赤外画像(右)では台風中心を取り巻く広い領域に厚い雲がかかっているためその雲の下の様子はわからないが、マイクロ波観測(左)では、台風中心の東側に強い降水域のあることがわかる。このように、雲を透過して降水域を観測できるのでレインバンドの形状などから台風中心位置推定などへの利用も期待される。また、図5-3-2には同じくJAXA/EORC提供の2002年8月12日0035UTCのTRMM衛星による台風第13号周辺の降水強度平面図を紹介する。TRMM衛星は熱帯域の降水観測が可能で、Aqua、DMS衛星と組み合わせて利用することによりほぼ6時間間隔の降水観測が可能である。

地上レーダーが利用できない領域ではこのような衛星による観測が台風中心位置推定や降水分布の解析に力を発揮する。しかし、衛星データが利用できるのは観測の数時間後であり、リアルタイムで行う台風解析には反映しづらい面もある。

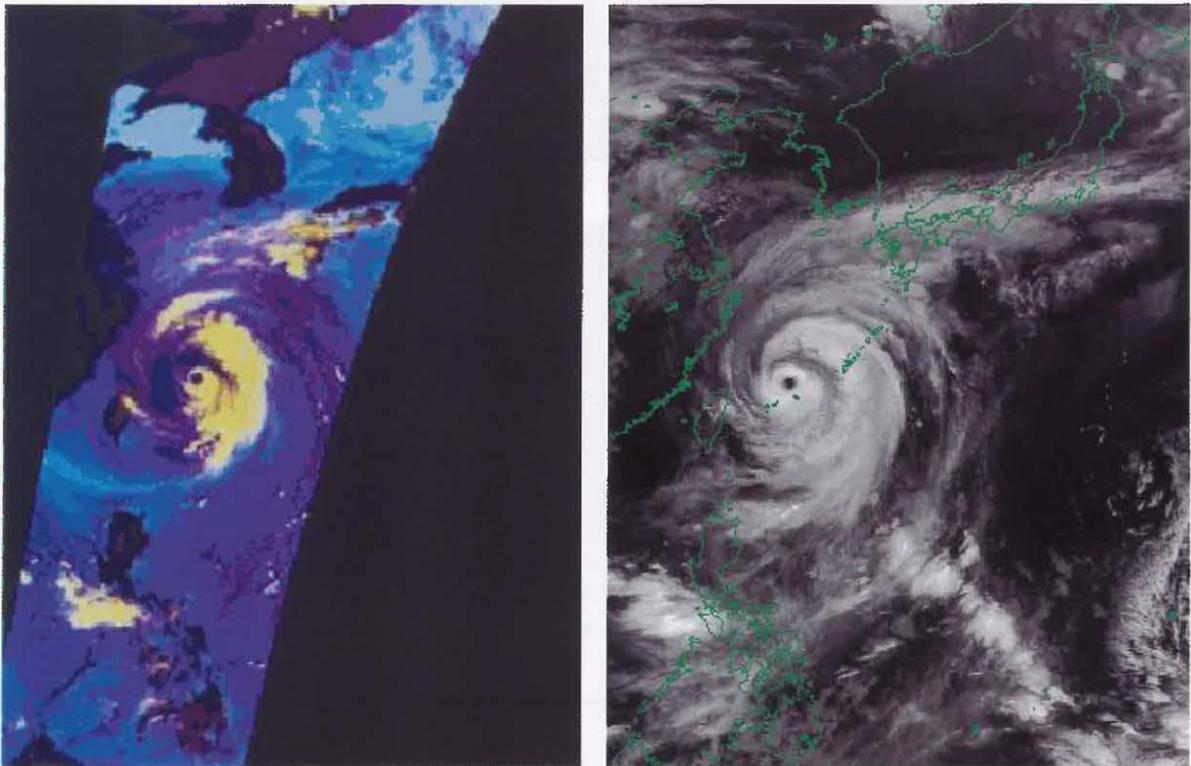


図5-3-1 Aqua衛星の改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E)による2002年台風第5号周辺の画像とGMS-5赤外画像との比較
(左) Aqua衛星のAMSR-Eによる89.0GHz及び23.8GHz輝度温度情報のカラー合成画像(2002年7月3日1726UTC)
(宇宙航空研究開発機構/地球観測利用推進センター提供)
(右) GMS-5赤外画像(2002年7月3日1746UTC)

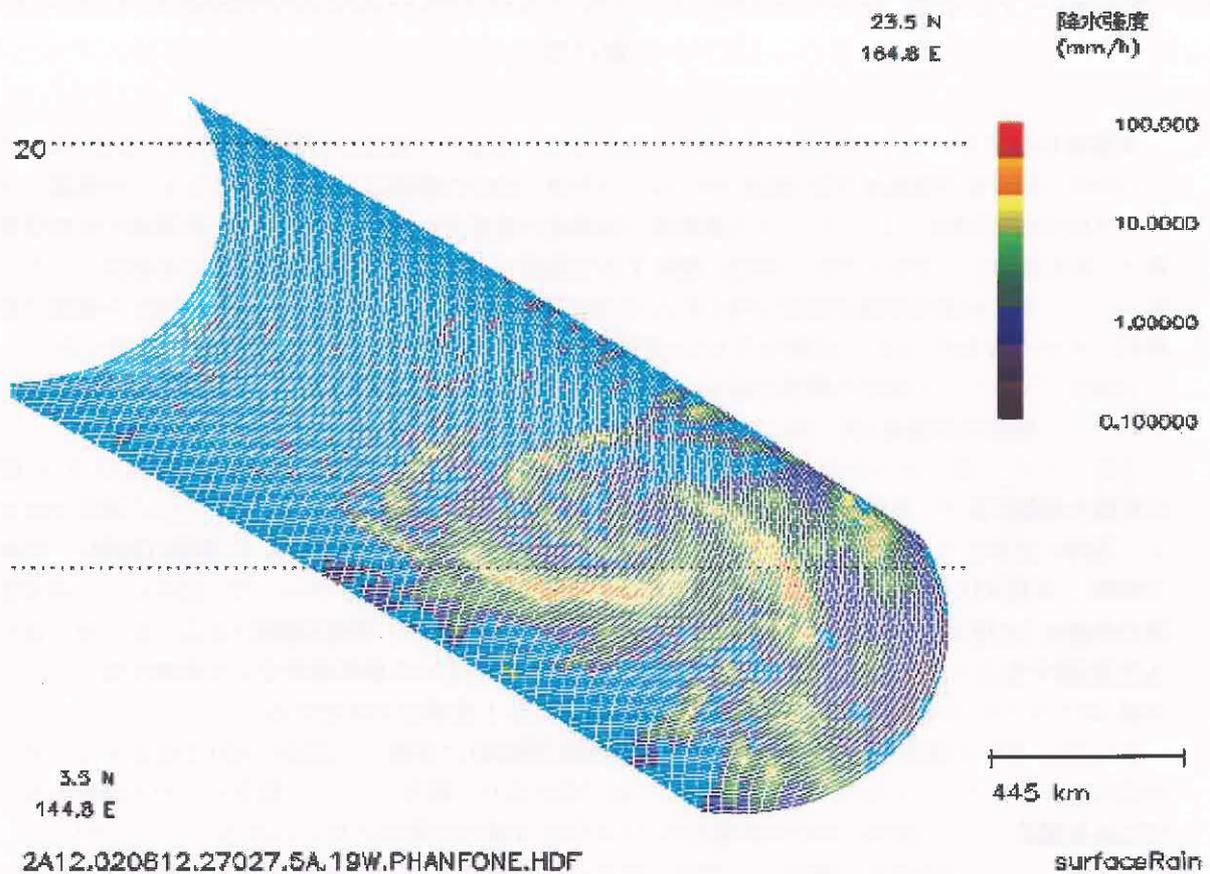


図5-3-2 TRMM衛星のマイクロ波観測装置(TMI)で観測した2002年の台風第13号周辺の降水強度平面図(2002年8月12日0035UTC)
(宇宙航空研究開発機構/地球観測利用推進センター提供)

*1 衛星名等の略語

AMSR-E :Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS
 DMSP :Defense Meteorological Satellite Program
 EORC :Earth Observation Research and application Center
 EOS-PM1:Earth Observing System PM-1
 GMS :Geostationary Meteorological Satellite
 GOES :Geostationary Operational Environmental Satellite
 JAXA :Japan Aerospace Exploration Agency
 JPL :Jet Propulsion Laboratory
 NASA :National Aeronautics and Space Administration
 NOAA :National Oceanic and Atmospheric Administration
 SSM/I :Special Sensor Microwave Imager
 TMI :TRMM Microwave Imager
 TRMM :Tropical Rainfall Measuring Mission

*2 http://sharaku.eorc.jaxa.jp/AMSR/topics/2002/07_j.htm#02

Aqua 衛星及び TRMM 衛星の観測データは宇宙航空研究開発機構地球観測利用推進センター(JAXA/EORC)において作成されており、同センターより提供を受けた。

気象衛星センターでは1989年から2003年5月まで、気象庁予報部の台風暴風域半径(風速50kt以上の半径:R50)及び強風域半径(風速30kt以上の半径:R30)の解析などを支援するため、台風雲パラメータ抽出処理(通称:台パラ)による暴風域・強風域の推定を行った。これは人と計算機の対話型業務で、衛星画像からR50とR30に密接に関係する台風雲パラメータ(萩原ほか(1989))を抽出し、この雲パラメータと台風強度推定処理で得られたCI数から、回帰式によりR50とR30の半径(予報課で最終的に決定するR50、R30とは異なるもの)を推定し、雲パラメータとともに予報課へ通報した。

台風雲パラメータの抽出の概要を紹介すると、台風の中心位置(緯度(LATS)、経度(LONS))を切出し中心として解析用雲画像(例:図C-8-1、2)を準備し、以下の手順で各パラメータを抽出する。

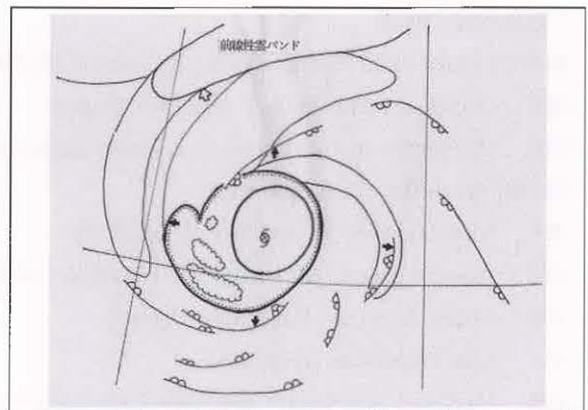
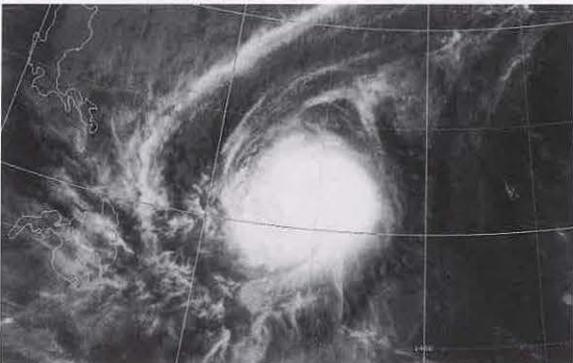
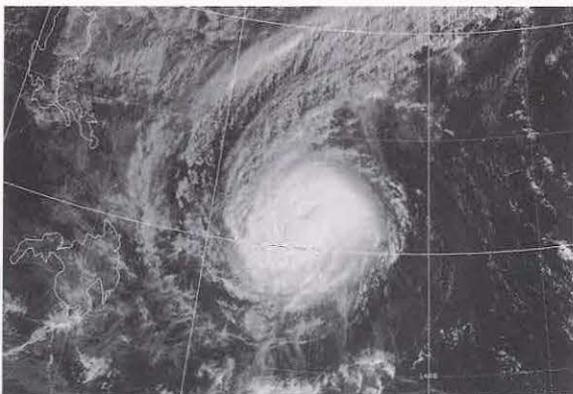
①雲システム(図C-8-3の点彩域)の形をもとにパターンを選択し、②眼があるときは眼の大きさ(眼の長軸と短軸の長さ:長軸(EYEMX)、短軸(EYEMN)、平均(EYEA))を0.1度(lat:以下同じ)単位で決定し、③CDOがあるとき(図C-8-3の点彩域の内側の円)はその長軸と短軸の長さ(長軸(CDOMX)、短軸(CDOMN)、平均(CDOAV))を0.1度単位で決定する。さらに、すべての雲パターンで、④中心から対流雲域の外縁までの距離(北(NORTH)、東(EAST)、南(SOUTH)、西(WEST)、平均(AREA))を北、東、南、西の4方向(図C-8-3の黒矢印)について0.1度単位で決定、⑤中心から偏西風帯を示す前線性雲バンドの南縁(図C-8-3の白矢印)までの最短距離(距離(BAND))を1度単位で決定する。

次にR50、R30を推定するため、①CI数を中心気圧(PRESS)に変換し、②R50、R30を推定するための回帰式は、雲パターンによりa)「CDOなし」、b)「CDOあり、眼なし」、c)「眼あり」の3種類あるのでこれを選択して、③R50、R30の計算を行う(太字は3種の回帰式に用いられるパラメータ)。

例えば、b)の「CDOあり、眼なし」では、以下のような式を用いる(得られる値の単位は海里)。

$$R50 = -2.085 \times \text{PRESS} + 1.181 \times \text{EAST} + 2050.586$$

$$R30 = -1.758 \times \text{PRESS} + 2.989 \times \text{AREA} + 0.200 \times \text{LATS} + 1.760 \times \text{CDOMX} + 1732.067 \quad (\text{牧野佐知子})$$



図C-8-1 (左上) 可視画像(1986年12月20日00UTC
台風第28号の例)

図C-8-2 (左下) 赤外画像(同)

図C-8-3 (右上) 台風雲パラメータ測定箇所等