

# 台風強度予測のメソスケールモデル相互比較 に関する国際ワークショップ報告\*

永田 雅\*\*

## 1. はじめに

台風の強度の予測は、防災の観点は言うまでもなく、航空機や船舶の経済運航の観点でも非常に重要な課題になっている。このため、気象庁ではメソ数値予報モデルの国際相互比較実験 (COMPARE) プロジェクトの第3番目の課題(以下では、「課題として選択された事例」という意味で「事例」と呼ぶ)として「台風の強度予測」を取り上げることを提案し、1996年から実施センターとして幅広く世界各国の専門機関と協力しながら研究実験を推進してきた。その成果について議論するため、標記のワークショップを、1999年12月13日(月)から3日間、気象庁で開催した(第1図)。

このワークショップは平成11年度科学技術庁科学技術振興調整費による国際共同研究総合推進制度における国際ワークショップ事業の一つとして気象庁・科学技術庁・WMOの共催、日本気象学会の後援により実施されたもので、参加者は、モデル相互比較実験に参加した各機関の代表者、WMOの専門家、熱帯低気圧とメソスケール数値予報研究の専門家、合わせて11か国54名である。このうち国内からは気象庁、地球フロンティア研究システム、電力中央研究所、科学技術庁防災科学技術研究所、東京大学、東北大学から35名の参加を得た。また、これ以外に、JICA 集団研修気象学IIコースの研修員9名も参加した。

以下ではまず、COMPARE プロジェクトと今回の第3事例について説明し、続いて、ワークショップでの発表と議論の要点を示す。その後、COMPARE プロジェクトの課題と今後の進め方について、若干の議論



第1図 ワークショップ参加者。

を紹介する。最後に、ワークショップの成果を踏まえて、今後の気象庁の台風数値予報について簡単に述べる。

## 2. COMPARE プロジェクトと第3事例

### (1) プロジェクトと実験の進め方

COMPARE プロジェクトは、WMO-CAS/(WCRP) JSC-WGNEの下で実施されている数値モデル相互比較プロジェクトの一つである。実験の進め方としては、初期値となる客観解析値と境界値となる海面水温や地形のデータなどを実施センターが参加各機関に提供し、共通のデータセットによる共通事例についての予報実験をそれぞれの数値モデルで行い、結果をセンターに集めて検証・相互比較を行うというものである。

### (2) プロジェクトの長期目標

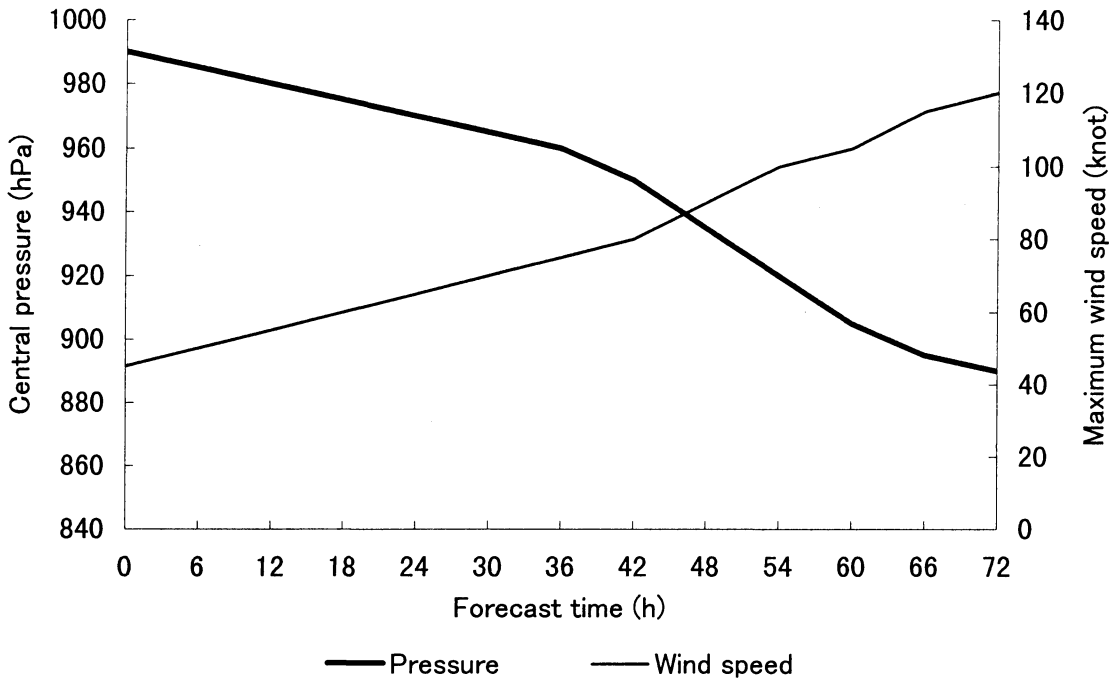
プロジェクトの長期目標としては、

1) メソスケール気象の理解と予測性能を高めるため、国際的な協力の下にモデルとデータ同化の相互比較実験を実行すること、

2) 数値実験を通じてメソスケール気象の研究と予

\* International Workshop on Mesoscale Model Intercomparison of Typhoon Intensity Prediction.

\*\* Masashi Nagata, 気象庁予報部予報課太平洋台風センター。



第2図 実験対象の台風(9019, 英名Flo)の, 数値実験の初期時刻(1990年09月14日00 UTC)から72時間の強度の時間変化(気象庁の事後解析値). 太線(左側目盛り)が中心気圧(hPa), 細線(右側目盛り)が最大風速(kt)を示す.

測に関する重要課題を明らかにすること,

3) 強化観測で得られた, 高品質の生データ, 同化システム, および解析値を使って, 様々なメソスケールの事例の集合からなる(モデル・同化システムのための)試験台(test bed: 一種の問題集)を確立すること,

の3つが上げられている。

#### (3) これまでに取り上げられた事例

第1事例としては, EC-RPNが実施センターとなって北米大陸東岸沖の温帯低気圧の急発達を取り上げられ, 1994年10月にモンリオールで成果の取りまとめのワークショップが開催された。主な成果は Gyakum *et al.* (1996) にまとめられている。第2事例としては, Meteo Franceが実施センターとなってフランス・スペイン国境のピレネー山脈の山岳波とそれに関係する局地風が取り上げられ, 1996年9月にツールーズで成果の取りまとめのワークショップ(栗原ほか, 1997)が開催された。主な成果はまもなく Quart. J. Roy. Meteor. Soc. に発表される予定である。

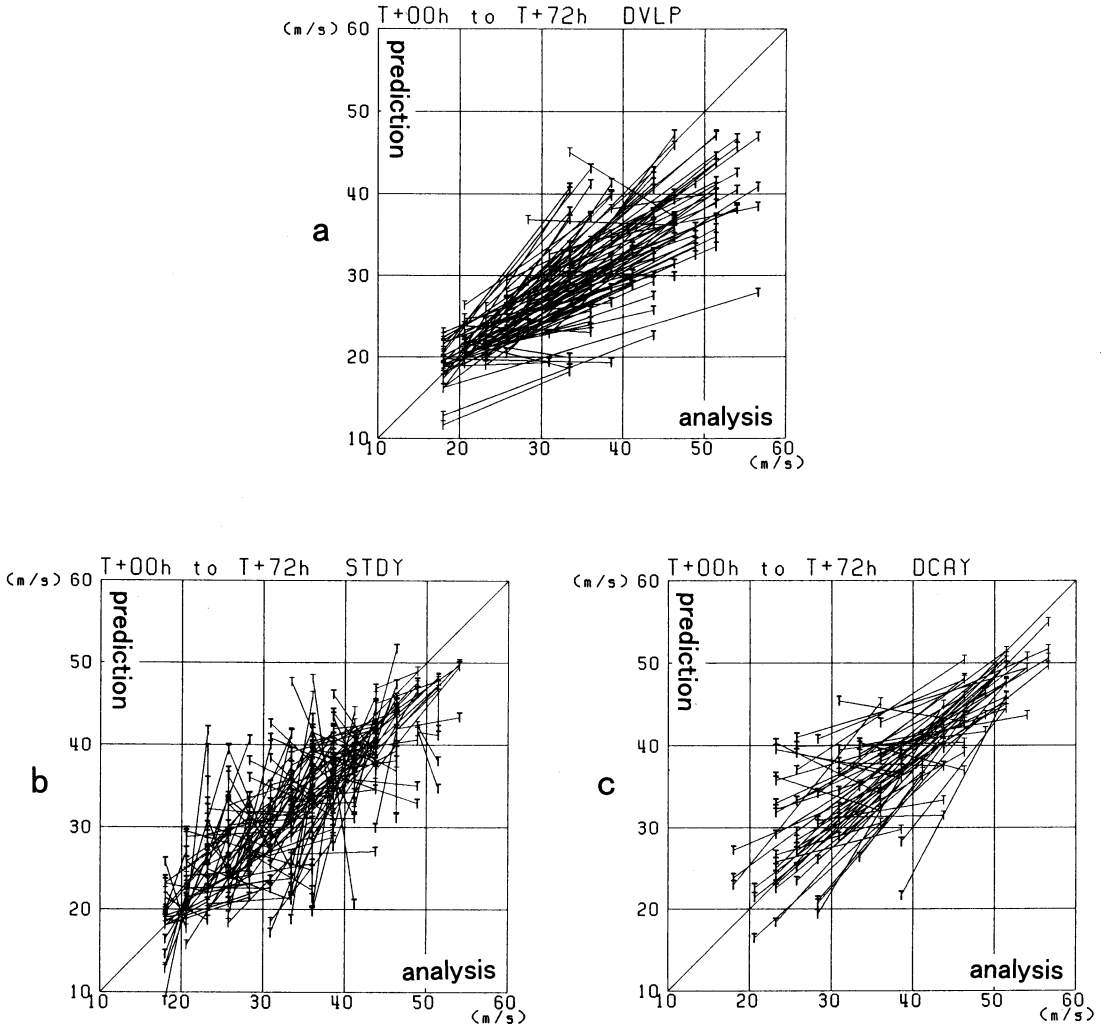
#### (4) 第3事例

第3事例の実験対象としては, ESCAP/WMO 台風

委員会主導の SPECTRUM, 米国主導の TCM-90, それに旧ソ連主導の TYPHOON-90と呼ばれる北西太平洋での3つの台風特別観測(Elsberry, 1990; Elsberry *et al.*, 1990; Harr *et al.*, 1990)が同じ時期に協力して実施された期間の中から選ばれた, -55 hPa/24 h という急激な発達を経て最低気圧890 hPaを記録した1990年の台風第19号(9019, 英名Flo)がそれであり, 台風の経路上では転向前の段階に当たっている。

世界各国のメソ数値予報モデルが, 中心気圧990 hPaの弱い台風の初期値の段階からこの台風の急発達(第2図)をどの程度までうまく再現できるかという数値予報の性能を調査することに加えて, モデル間の性能の違いの原因や予報結果の初期値に対する敏感さなどを調べることによって, 今後の数値予報の改善に結びつく成果を得ることがこの第3事例の目的である。

第1, 第2事例との最も大きな違いは, 複数の初期値を用意したことである。これは, 第3事例でも対象事例は特別観測が行われた期間の中から選ばれたが, 後に述べる事情もあってメソスケールでは十分な観測



第3図 気象庁の台風モデル (TYM) による最大風速の予測値 (縦軸) と解析値 (横軸) の散布図. 1996~1998年の期間で, 予報時間 T+00 h と T+72 h に相当する時刻に対象擾乱が台風と解析された事例のうち, TYM の予測値が得られた全事例について, 初期時刻と72時間後の最大風速の値を示す点を直線で結ぶことにより, 予測と解析の強度の変化傾向を比較している. 最大風速の解析値 (5 kt 単位) の72時間の変化量によって,  
 a : 25 kt ( $12.9 \text{ m s}^{-1}$ ) 以上増加した場合: 発達 (DVLV)  
 b : 変化量が25 kt ( $12.9 \text{ m s}^{-1}$ ) 未満の場合: 変化小 (STDY)  
 c : 25 kt ( $12.9 \text{ m s}^{-1}$ ) 以上減少した場合: 衰弱 (DCAY)  
 の3つに場合分けした.

データが得られなかったため, 初期値の不確実性がかなり大きいと考えられたことによる. このため, データ同化システムと台風ポーガスの違いによって生じる初期値の違いが予報実験結果にどの程度の影響を及ぼすかを調べることにした. まず, 気象研究所で気象庁全球データ同化システムを用いて, また, NOAA-

NCEP で領域 Eta Model 同化システムを用いて, それぞれ前記の特別観測のデータを取り込んで再解析を行った. そして, NOAA-GFDL に依頼してここで開発された熱帯低気圧の初期値化手法 (Kurihara *et al.*, 1993) により台風を埋め込んだ解析値を作ってもらい, これらと合わせて4種類の初期値を作り, それぞれに

ついて実験を行って結果を比較した。

3. セッションの内容

ワークショップでは、実験結果の総合報告と科学講演、個別に実施された感度実験などの報告とそれらに対する議論を通じて、各モデルに共通する課題やそれぞれのモデルの特性について検討し、その成果に基づいて、今後の台風数値予報の開発の方向性を取りまとめることを目指した。

セッションでは第3事例の数値実験に関する総合報告を基本として、研究の現状と背景および将来展望を示す基調講演、理論的基盤を提供する科学講演、個別の感度実験の報告、総合討論などが行われ、いずれのセッションでも活発な議論が行われた。

(1) 基調講演と総合報告

実施センターの責任者である永田（気象庁）が、進路予報も含めた台風数値予報の現状を紹介し、進路予報の精度は着実に向上してきていること、強度予報の方はなお誤差が大きいものの、気象庁の台風モデルの場合（第3図）のように発達や衰弱の傾向をある程度は示すことができるモデルも現れてきていることから、台風強度予測が現実的な目標となりつつあることを示した。また、COMPARE 運営委員会議長の Leslie (豪, UNSW) が、初期値の改善のためには4次元変分法によるデータ同化と海上のデータ空白域を埋める衛星風データが重要であることなどを指摘した。続いて、気象研究所で気象庁の全球同化システムを用いて再解析を行った釜堀（気象研究所）が、数値実験と結果の検証に用いられたデータの品質やデータセットの作成方法について解説し、メソスケールの分解能を持つ検証用データとしては、衛星以外では、NASAの航空機（DC-8）による観測が唯一のものであることを示した。また、FRSGCの栗原は、現在、現業モデルに採用されているものの中では最も丁寧な手法と考えられ、本事例の初期値の作成にも用いられたGFDLの熱帯低気圧初期値化手法の解説を行った。また、ONRのAbbeyは様々な研究提案を支援している立場から、熱帯低気圧予報研究の現状を概観し、熱帯低気圧の予報誤差を減らす方向として、新しい観測データでは衛星による風の観測、初期場の作成では4次元変分法データ同化、数値モデルでは解像度と物理過程が重要であると指摘した。また、数値モデルからの出力の利用方法としては、Carr and Elsberry (1994) とそれに続く研究によって開発された「系統的アプローチ」が有効であるとし

第1表 実験に参加した機関とモデル。

機関名	モデル名
気象庁 JMA (Japan)	TYM (RSM)
英国気象局 UKMO (UK)	Unified Model
FISBAT-CNR (Italy)	BOLAM
国立環境予測センター NCEP/NOAA (USA)	RSM
ドイツ気象局 DWD (Germany)	EM10M
環境省数値予測研究所 RPN/EC (Canada)	MC2
環境省数値予測研究所 RPN/EC (Canada)	GEM
国立気象研究所 INM (Spain)	HIRLAM
国立環境予測センター NCEP/NOAA (USA)	Eta
連邦科学産業研究機構 CSIRO (Australia)	DARLAM
連邦科学産業研究機構 CSIRO (Australia)	CSIRO-S
気象庁気象研究所 MRI/JMA (Japan)	JSM
海軍研究所 NRL (USA)	COAMPS
中期天気予報センター NCMRWF (India)	RSM

第2表 初期値。

実験(初期値)名	内容
1A	気象庁の解析+気象庁の台風ポーガス
1B	気象庁の解析+GFDLの熱帯低気圧ポーガス
1C	NCEPの解析(ポーガスなし)
1D	NCEPの解析+GFDLの熱帯低気圧ポーガス

て紹介した。これは、総観場と数値予報モデルの「くせ」に関する気象学的知識をデータベース化し、これを基に予報官が（総観場などの）状況をできる限り客観的に場合分けして、その結果に応じて最適の数値モデルを選択できるようにした方法であり、エキスパートシステムとして具体化されている。

(2) 数値実験結果

まず、永田（気象庁）が、9か国11機関14モデル（第1表）による4つの初期値（第2表）と2つの水平解像度（50 km, 20 km）を組み合わせた8つの数値実験と、4か国5機関6モデルによる1つの初期値（実験1A）による10 kmの解像度の数値実験について、検証と相互比較の結果を報告した。それによると、まず、台風Floの急激な発達には、定量的にはなお誤差が大きいものの、定性的にはいくつかのモデルで再現された。そして、進路予測と違って強度予測はモデル間で大きく異なり、水平解像度を高めることにより改善され、また、初期値によって大きく変化することがわかった。中心気圧の時間変化に着目した場合、強度の予測性能が良いモデルでは台風の内部構造の再現性が高いことから、強度予測の一つのカギは、質の高い初期値に加えて、眼の壁雲など台風の内部構造の再現性を高めることであることが確認された。モデルの解像度を高めることはこの点で重要な要素であると言える。また、眼の壁雲の外を取り巻く対流性降水の分布と周辺部の気圧や風の場の間には密接な関係があることから、台風の周辺部の降水分布の再現性を高めることが暴風

域・強風域の予測にとって重要であることも示唆された。

### (3) 科学講演

台風の維持・発達と構造に関わる基本的な物理的プロセスについて、山岬（東京大学）による「熱帯低気圧発達の理論」と栗原（FRSGC）による「熱帯低気圧モデリングと強度予測」という2題の講演が行われ、実験結果の解釈のための有力な理論的基盤となる知識が提供された。山岬は、熱帯低気圧の強さ（中心気圧など）に対して、対流や海面からの熱、水蒸気の供給などの熱力学的な過程だけでなく、絶対角運動量の輸送などの力学過程を適切に扱うことが重要であること、900 hPa以下というような非常に低い中心気圧が達成されるためには眼の中での下降流とこれに伴う昇温が正しく表される必要があること、定量的な中心気圧の予測には氷相の効果が無視できないこと、台風の構造と強度は相互に密接に関連しており、メソスケールの組織化した対流雲の分布を正しく表現することが重要であること、などを指摘した。また、栗原は、数値実験結果の解析に基づいて、モデルの解像度を変化させると強度は大きく変化するが、エネルギー収支の様々な項の相対的な寄与はあまり変化せず、全体として最大値の位置（中心からの距離）が移動するだけであることから、台風の発達・維持の基本的なメカニズムそのものは解像度によらずに（それぞれの解像度なりに）数値モデルで表現されていると考えられると述べた。その上で、量的な予測の改善のためには解像度・加熱の水平鉛直分布・海面からの熱と水蒸気の供給を左右する海と大気のカップリング過程・力学的バランスからのずれも考慮した初期値の作成法などが重要であるとの指摘を行った。

### (4) 感度実験

ここでは、モデルの積雲対流の取り扱い、鉛直解像度、水平拡散、高水準解像度と非静力学効果、雲物理過程、格子配置、接地境界層などに関する感度実験の報告があった。モデルによってインパクトが異なっていたりして、必ずしも一般的な結論が得られているわけではないが、村田ら（気象研究所）は気象研究所の非静力学メソモデル（MRI-NHM）で、積雲対流を陽に扱った場合に、より現実的な構造を持つ降雨帯が再現されるという結果を示し、注目された。また、UKMOのWilsonらは、積雲対流による水平運動量の鉛直輸送をモデルに組み込むことによって台風の構造（特に降雨帯）の再現性が向上するという実験結果を示して

関心を集めた。

### (5) 総合討論

まず、どのような条件の時にボーガス（疑似台風またはそれを表現するデータの埋め込み）が必要かという質問が出され、モデルが良く観測データが十分にあればボーガスは不要になるという意見が出た一方で、それほど密な観測というのは実現できないから不要にはならないという見方も出された。次に、解析・検証用データの時間・空間分解能の不足（4節参照）の問題が議論された。当時用いられたドロップゾンデのデータに問題があったために解析や検証に利用できなかったこと、航空機観測は空間的に非常に分解能が高いデータを供給し、客観解析を経て、唯一の有力なメソスケール検証用データとして有効に利用されたが、鉛直方向には単一レベル（～200 hPa）であること、時間分解能が低いため、実質的に水平2次元のメソスケールデータにとどまったことなどの指摘があった。このほか、予報誤差の要因、解析・検証用データの精度、積雲対流の取り扱い方とスケール間の相互作用などについて議論が行われた。議論のまとめとして、14のモデルと4つの初期値を用いているとはいえ、1つの事例についての数値実験結果からあまりに一般的な結論を導き出すのは危険であること、いくつかのモデルは台風Floの中心気圧が前半の緩やかな低下の後に急な低下に変化するという「2段階の発達」（第2図）を定性的ではあるが再現しており、これに関わる物理的プロセスを調べる必要があること、具体的には、境界層の過程、眼の壁雲の役割、加熱の水平・鉛直配分、格子スケールとそれ未満の（パラメタライズされる）スケール間の降水の分配の重要性などが指摘された。

これらの発表と討論を経て、ワークショップの主な結論が次のようにまとめられた。

- 解析とボーガスの両方の影響を含む初期値は熱帯低気圧の強度の予測に大きなインパクトを持つ（強度予報は初期値に敏感である）。
  - 定量的にはなお誤差が大きいが、いくつかのモデルは、中心気圧の時間発展の特徴で見て、定性的ではあるが急発達を再現している。
  - 水平解像度は熱帯低気圧の強度予測に大きなインパクトを持っている。これは熱帯低気圧の内部構造の表現が良くなることによる。鉛直解像度のインパクトはこれに比べてはっきりしない。
- また、このほかの指摘としては、

- ・取り上げた事例は台風 Flo が転向前のステージに当たっているため、水平解像度の進路予報への影響はあまり大きくなかったが、このことは転向中の台風には当てはまらない。
- ・熱帯低気圧の進路予測を改善するためには、非常に良いボーガスが必要である。
- ・水平拡散の効果に関する調査が必要である。
- ・非静力学モデルの重要性に関する議論があったが、確かな結論は得られていない。
- ・海洋の効果を正しく取り扱う必要がある。

などがあった。

#### (6) 関連トピックス

熱帯低気圧の基礎研究と解析・予測という実用の両方に関連するトピックスとして、別所ほか（気象研究所）が、BMRC の Holland らが開発した無人飛行機（エアロゾンデ）を使った台風の実験観測プロジェクト（Typhoon Hunter 2000）の計画を紹介し、観測の手薄な熱帯海洋上を直接観測でカバーすることのできる新しい試みとして注目を集めた。実験は2000年8月末につくば市周辺でのデモフライトの後、9月から1か月間、日本の南西諸島周辺海域で実施される予定である。

#### (7) プロジェクトの今後

COMPARE プロジェクトの今後の計画については、第3事例の発展研究についての議論と第4事例の候補について紹介された。まず、第3事例については、COMPARE の上部組織である WGNE の勧告を受けて、熱帯低気圧の強化および構造とその変化に関わるプロセスの解明と、その数値モデルでの表現の改良に結びつく成果を得るために、今後12ないし18か月の間、研究機関での研究を継続することにした。具体的な発展研究としては、香港市立大学の Chan が、

- ・進路の極向きバイアス
- ・強度の量的予測（強度の再現性）
- ・熱帯低気圧の構造とその変化

についての研究を、また、EC-RPN の Desgagne が積雲対流の取り扱い方に関する研究を、今回整備されたデータセットに基づいてそれぞれ実施する意向を表明し、COMPARE プロジェクトでは科学小委員会を組織してこれを支援していくことにした。

次に、第4事例候補の検討では、はじめに、これまで有力と見られていた CAPS が提案した北米大陸中央平原上の線状メソスケール降水システムの事例が、同センタの資源の不足を理由に取り下げられたことが

報告された。そして、新たな候補として、メソスケールの地形性擾乱を対象とする「中規模アルプス計画（The Mesoscale Alpine Programme）」（MAP：<http://www.map2.ethz.ch/index>）の1999年9月～11月の研究実験期間中の降水システムの事例と、中国揚子江流域の1998年7月の洪水をもたらしたメソスケール擾乱の事例が紹介され、今後 COMPARE プロジェクトへの適合性（4節参照）を検討していくことになった。

#### 4. COMPARE プロジェクトの課題と今後

これまで3年に渡って実施してきた第3事例のモデル比較実験を通じて、プロジェクトの課題と今後の方向性を以下のようにまとめることができる。

##### a) 事例あるいは物理的プロセスの複雑さ

これまでに実施した検証と相互比較の範囲では、台風の発達の違いをもたらしたモデル間の違いは何だったのかという問いに対しては明確な解答が得られていない。今回の台風の発達の事例では、多くの要因が複雑に絡み合っただけでなく、モデル間の結果の違いが生じているために、モデルの基本仕様と強度予報の精度の間に明瞭な対応関係（仕様 A を使っているモデル群よりも仕様 B を使っているモデル群の方が結果が優れている、などの特徴）が見出だせなかったものと推測している。

##### b) メソ気象でのモデル相互比較の有効性

そもそも初期値問題の性格が強いメソスケール短期数値予報で、単発の相互比較実験によってどのような成果が期待できるかは自明ではない。対象事例の種類、利用できる観測データの質と量、数値実験のデザインなどによって、得られる成果は異なるはずである。従って、平均と変動特性の両方について統計的に意味がある長期間のシミュレーションを行ってその結果を調査対象とする気候モデルの相互比較とは同列に論じられない。

##### c) 第3事例の事例選択の適否

b) の本質的な疑問は別として、第3事例に特徴的な問題は、「利用できる観測データの質と量の少なさ」である。3つの特別観測が協調して行われたにもかかわらず、予定していた米国の艦船が湾岸戦争のため（地上、高層、レーダーなどの）観測に不参加となりデータが得られなかったほか、テスト段階の品質の低いドロップゾンデが使用されたためにそのデータの信頼性に疑問があったこと、プイのデータに大きなバイアスがあつて補正を強いられたことなどにより、もともと

海上であるためにメソスケールでは決して十分とは言えなかった観測がさらにさびしいものとなった。

観測データが少ないことによって、初期値に用いる解析の任意性が大きくなり、これが次項で述べる深刻な問題を引き起こした。また、検証用のデータの不足によって、モデル間で結果に差が出て、確信をもってどちらが優れているか言えないという状況も生じている。

#### d) 初期値依存性の検証とそれによる負荷の増大およびその影響

実験計画の作成に当っては、上記の状況を考慮した結果、解析手法（モデル）の違いが結果に大きく影響する可能性が予想されたため、その影響度を評価する必要があると判断し、異なるデータ同化システムで作られた2種類の解析値を実験に用いることにした。限られた観測データの事例においては、このような対策をとることが、結果にある程度の一般性を持たせるために最低限必要であると考えたからである。

これによって、熱帯海洋上のデータが少ない領域での解析値（初期値）の重要性（予報が強く初期値に依存すること）を示すことができた。また、同時に、台風ボーガス手法の違いも結果に大きく影響することを示した。

しかし、複数の解析とボーガス手法の組み合わせにより、用いる初期値の種類が4つとなり、これに水平解像度のインパクトを調べるため2つの解像度の実験を行う必要があったことにより、実験の数は8つに増えた。さらに、これらとは別に、側面境界値の影響を調べる実験が要請されたため、合計9つの実験を参加者に課することになった。そして、参加モデル数が14に達したことにより、実施センターでは検証・相互比較の対象が大幅に増え、このためにデータ処理作業が過重になって、重要なプロセスを解明するための診断的研究や感度実験まで十分に手が回らなくなったという問題がある。

#### e) リードセンターとしてのインフラの整備状況

プロジェクトの実施環境としては、データの配布・結果の収集・検証と相互比較のための各種プログラムなどのツールと計算機関連資源の整備状況が、作業の効率性に大きく影響することは言うまでもない。さらに、第3事例の検証・相互比較・成果のまとめを実際に行ってみてわかったことであるが、このような総合的な研究プロジェクトを効率よく進めるためには、それまでの関連分野の学問研究や現業解析予報システム

における実績もさる事ながら、外部と多様なデータを迅速に交換することができる環境（検証・相互比較の結果を即時に公開して議論を活発に行い、そこから導き出された仮説を調べるための診断的研究や感度実験にフィードバックさせるためのWWWホームページによる図表情報の交換を含む）が非常に重要である。リードセンターは、このようなインフラの整備を進めていく必要がある。

ワークショップの期間中（第2、第3日の夕方）に開かれたCOMPAREの運営委員会では、以上のような問題点の指摘を踏まえて、候補事例がCOMPAREの研究実験として採用されるための要求要件を次の7項目に整理し、これに適合するかどうかをチェックすることにした。

- ・よく定義された仮説
- ・COMPAREの研究事例の主導といふかなりの負荷を伴う仕事を遂行できるホスト機関
- ・主な研究実験がスムーズに実行できることを確認するパイロット研究
- ・研究事例に関わる物理的プロセスの理解により重点を置くこと
- ・数値実験は品質の高い特別観測データに基づくこと
- ・ホストによって集められる観測データは仮説の検証にとって適切なものであること
- ・専門家からなる科学小委員会は、研究事例の最適な運営を図ること

これらは次の第4事例から適用されることになる。

### 5. ワークショップの成果を踏まえた気象庁の台風数値予報の今後

ワークショップを通じて、台風の強度は、多くのプロセスに関連していること、台風の構造と密接な関わりを持っていること、その予測精度を高めるためには、高い解像度と高精度の物理過程、良質でバランスの取れた初期値、海洋と大気の相互作用（カップリング）の導入が非常に重要であることが認識された。

2001年3月の気象庁のNAPSの更新に伴い、台風数値予報はこれまでの30層T213（約55 km格子相当）の全球モデル（GSM）と15層40 km格子の台風モデル（TYM）を6時間ごとに交互に運用する方法から、水平・鉛直解像度をそれぞれ2倍にした30層20 km格子の台風モデルを1日4回運用する方法に変更する予定である。また、良質でバランスの取れた初期値を得るため、（台風モデルの初期値にも用いられる）全球解析

に4次元変分法を導入する予定である。これらによって、台風進路予測の精度が向上し、また、強度予測の精度も実用的な水準に達することが期待されている。

さらに、次期NAPS運用期間中に、台風強度予測の精度をさらに高めるために、現在気象研究所で開発中の海洋混合層モデルと台風モデルの結合を図ることも視野に入れて、今後の開発を進めていく予定である。今回のワークショップの成果と交換された様々な情報をNAPSの更新に生かし、台風予報の精度向上に結びつける努力を続けていきたい。

### 参 考 文 献

- Carr, L. E. and R. L. Elsberry, 1994: Systematic Approach to Tropical Cyclone Track Forecasting. Part I. Approach Overview and Description of Meteorological Basis, NPS-MR-94-002, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 273pp.
- Elsberry, R. L., 1990: International experiments to study tropical cyclones in the western North Pacific, Bull. Amer. Meteor. Soc., 71, 1305-1316.
- Elsberry, R. L., B. C. Diehl, J. C.-L. Chan, P. A. Harr, G. L. Holland, M. Lander, T. Neta and D. Thom, 1990: ONR Tropical Cyclone Motion Research Initiative: Field Experiment Summary. NPS-MR-91-001, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 106pp.
- Gyakum, J. R., M. Carrera, D.-L. Zhang, S. Miller, J. Caveen, R. Benoit, T. Black, A. Buzzi, C. Chouinard, M. Fantini, C. Folloni, J. J. Katzfey, Y.-H. Kuo, F. Lalaurette, S. Low-Nam, J. Mailhot, P. Malguzzi, J. L. McGregor, M. Nakamura, G. Tripoli and C. Wilson, 1996: A regional model intercomparison using a case of explosive oceanic cyclogenesis, Wea. and Forecasting, 11, 521-543.
- Harr, P. A., T. Neta and R. L. Elsberry, 1990: ONR Tropical Cyclone Motion Research Initiative: Data Users Guide to Observations, NPS-MR-91-002, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 96pp.
- 栗原和夫, 加藤輝之, 永田 雅, 1997: 第2回メソスケール数値予報モデル国際相互比較実験ワークショップの参加報告, 天気, 44, 399-401
- Kurihara, Y., M. A. Bender and R. J. Ross, 1993: An initialization scheme of hurricane models by vortex

specification, Mon. Wea. Rev., 121, 2030-2045.

### 略 語 一 覧

- BMRC: Bureau of Meteorology Research Center  
 CAPS: Center for Analysis and Prediction of Storms  
 CAS: Commission for Atmospheric Sciences  
 COMPARE: Comparison of Mesoscale Prediction and Research Experiments  
 CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation  
 DWD: Deutscher Wetterdienst  
 EC: Environment Canada  
 ESCAP: Economic and Social Commission for Asia and the Pacific  
 FISBAT-CNR: Istituto per lo Studio dei Fenomeni Fisici e Chimici della Bassa ed Alta Atmosfera-Consiglio Nazionale delle Ricerche (Institute for the study of Physics and Chemistry of the Lower and Upper Atmosphere-National Research Council)  
 FRSGC: Frontier Research System for Global Change  
 GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory  
 JICA: Japan International Cooperation Agency  
 JSC: Joint Scientific Committee  
 NAPS: Numerical Analysis and Prediction System  
 NASA: National Aeronautics and Space Administration  
 NCEP: National Centers for Environmental Prediction  
 NCMRWF: National Center for Medium Range Weather Forecasting  
 NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration  
 NRL: Naval Research Laboratory  
 ONR: Office of Naval Research  
 RPN: Recherche en Prevision Numerique  
 SPECTRUM: Special Experiment Concerning Typhoon Recurvature and Unusual Movement  
 TCM-90: Tropical Cyclone Motion-90  
 UKMO: United Kingdom Meteorological Office  
 UNSW: University of New South Wales  
 WCRP: World Climate Research Programme  
 WGNE: Working Group for Numerical Experimentation  
 WMO: World Meteorological Organization