

報告:「台風インパクトシンポジウム」*

石島 英**

1. はじめに

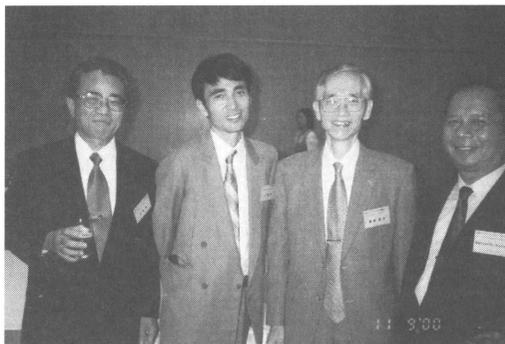
2000年11月9日と10日にまたがって、「台風インパクトシンポジウム」をおきでん那覇ビルふれあいホールで開催した(第1図)。ここで、台風インパクトとは、台風と共存する私たちに、「台風がひきおこしているさまざまな問題についてどうすればよいか」と迫ってくるプレッシャーのことである。これらを挙げるのが本シンポジウムの狙いであった。

まず今回は、台風という自然現象に関する学術的知識不足に起因する研究面のインパクトは何かを問うことにした。そのために、熱帯・亜熱帯の気象の研究者で、国際的な視野で研究活動をしている著名な研究者の参加を得た(第2図)。その趣旨から学術研究的性格が濃いことを配慮し、シンポジウムへの来場者は気象や台風などに関連のある県内の大学や国・県・市町村の研究機関、民間企業の研究団体等に限った。学術研究成果の一般社会への還元を考える際の一助として、その概要を報告しておきたい。

台風インパクトを理解するには、当然のことながら、台風という自然現象の理解がまず第一である。台風については、大気物理学や気象学の方で沢山のことがこれまでに明らかになってきたが、専門分野にほど遠い方々には台風のメカニズムは難解なものである。しかし、研究の先端ではどういうことが分かっている、どういうことが分かっていないか、等々について、平たい言葉で知識情報が提供されれば、一般社会の人々も研究者も台風インパクトに対して共通した認識をもつようになるであろう。



第1図 シンポジウム会場風景、開会の挨拶を述べる実行委員長(石島)。



第2図 会場ロビーでのひととき。(右よりフィリピン気象庁のSoriano氏、地球フロンティアの栗原宜夫氏、気象研究所の上野充氏、石島)。

こういう視点から、本シンポジウムを次のような構成にした。第1セッションでは、台風の構造や移動について、大気物理学や気象学にもとづいた理論展開からみた問題点の指摘、第2セッションでは、近年開発

* A Report on the Typhoon Impact Symposium

** ISHIJIMA Suguru, 元琉球大学理学部。

© 2002 日本気象学会

された観測計測技術により得られた知識について、第3セッションでは、台風は社会にどう影響をもたらすか、人類はそれにどう対処しなければならないか、という視点から基調発表をお願いした。第3セッションが、本シンポジウムの究極の目標であることは論を待たない。最後に、「台風インパクトシンポジウム実行委員会」が企画立案した、沖縄の地理風土を生かし、世界的な視野で総合的な台風インパクトに取り組む姿勢を示した「沖縄台風センター構想」について紹介した。ここに、本シンポジウム実行委員会委員長をつとめた石島が代表して総合報告をする。

2. 各セッションの報告

2.1 台風の理論的側面の理解

アメリカ合衆国 Naval Postgraduate School の R. L. Elsberry 教授は「Tropical Cyclones—a Global Problem Requiring Global Solution」のテーマで、台風予報精度の実態はどうか、台風の何をもっと理解しなければならないのか、等々の台風インパクトについて発表を行った。はじめに、USWRP (US Weather Research Project) の取り組んでいる研究計画、将来計画等について紹介した。上陸地点や経路などの予報精度の改善、警告域 (Warning Area) サイズの狭小化、予報対象時刻 (Leadtime) の延長、台風強度や降水量予報の困難性、研究成果を予報現業へ移行する技術開発の重要性、熱帯低気圧はグローバル (全球的) な現象でその解決にもグローバルな視野と手法が必要であること、等々。ついで、グローバルな熱帯低気圧データベースの整備、熱帯低気圧発生襲来域の総観気象場のモデル構築や南成分をもった偏東風を一般風として発生する熱帯低気圧の頻度や経路の特徴把握、力学モデル予報結果のセレクトティブコンセンサス法による取り扱い技術の開発、等々について述べた。

豪州気象庁気象研究所の元上級研究員 G. Holland 氏は、「Trends in the Societal and Environmental TC Impacts」の題名で、台風襲来時に海浜地帯の海、陸、大気中に発生する気象擾乱が人間社会や居住環境にもたらす問題について講演した。はじめに、強風や高潮による建造物の破壊、山岳地帯の地すべりや洪水、交通運輸への障害、その他の直接的な台風のインパクトと台風予報精度の低さや建築設計基準に規定された台風時のパラメータ値の不適合、などと関連した間接的なインパクトに分けて述べた。ついで世界共通の台風インパクト (Global Typhoon Impacts) である台風

災害の傾向として、死者数は減少しているが被害額は増加していること、被害額は近年の大幅な人口増加と関連していること、また、台風強度に関して実地観測値が得られないことや測定基準に国際的統一性を欠くことが、グローバルな強度比較を困難にしていること、台風域の降水量や境界層構造の知識不足、上陸地付近で内陸約100 km まで進入する強風域の存在、地球温暖化による台風の強度や発生数の変化、等々について講演した。最後に、台風という自然現象に関する知識不足にも付言し、今後の台風研究開発の方向について示唆した。その関連で、Holland 氏らが現在、開発中の無人気象観測機エアロゾンデによる台風域内の境界層高度レベルの細かいデータ入手技術について紹介した。

地球フロンティア研究システムの栗原宜夫上級研究員は、「Life Cycle of Typhoons」というテーマで、台風の生涯に発達衰弱があるのは力学的「調節」と「スケール間の相互作用」にコントロールされた風と気圧と気温の場の平衡/非平衡状態が出現するからであるという議論を展開し、それをベースに台風力学を記述表現した予報モデルを作成してきた過程について講演発表を行った。はじめに、2000年9月の台風14号 (SAOMAI) を例にとり、発達衰弱を示す強度変化の解析結果を示した。ついで、静水圧平衡と傾度風平衡が成り立てば、衛星雲画像追跡などによる風の場合から、ただちに台風中心域の上層に高温域、境界層頂上付近に最大風速がある台風構造モデルが得られることを述べた。そして、傾度風平衡や静水圧平衡がくずれた場合には、気温場と風の場合の間に「調節」が行われること、また、大きなスケールの流れ・地球渦度の非一様性などによっても台風の構造に変化が生じ、その結果、台風の発達・維持・衰弱が起こることを説いた。最後に、栗原氏が開発に関わった GFDL モデルを用いて行った、ハリケーン ANDREW やハリケーン EMILY のシミュレーション結果を示し、ハリケーンの3次元構造と経路の再現性、上陸時の風速場の構造などにほぼ満足な結果が得られたこと、等々について発表した。

気象研究所台風研究部第1研究室上野 充室長は、「鉛直シアー流中の台風渦の移動と非対称構造」のテーマで、標準的な台風数値モデルを用いた、乾燥大気の場合について、シアー・摩擦・加熱が無いケース、代表的な積雲パラメタリゼーションスキームを用いるケース、対流加熱関数 (HTF) を与えるケースに分けて行った実験結果について発表した。グリッドサイズ

50 km, 鉛直 8 層のプリミティブ数値モデルで、特に鉛直風速プロファイル (ウィンドシア) 設定の違いに対する台風の構造や移動の相違に焦点を当てた数値実験結果を示した。鉛直シアなしの場合には、どの積雲パラメタリゼーションの場合についても、台風経路は西向きないし西北西向きに安定するが、シアを入れた場合は移動方向がパラメタリゼーションによって大きく変動すること、下層と中高層の台風中心位置のコンシステンシーをとった積雲パラメタリゼーションスキームを使うと、台風位置の下層と上層の相関がよくなり、台風移動が深層平均流に支配されると報告した。また、渦度変化傾向から水平渦度移流の寄与を差し引いた剰余として現れる小スケール非対称流との比較から台風構造や移動を議論した。

2.2 台風の観測的側面の理解

第 2 セッションでは 4 名の方から講演発表があった。名古屋大学中村健治教授は、「衛星搭載レーダによる降雨観測」のテーマで、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 搭載の降雨レーダなどの降雨データ入手のための機器・観測環境や台風など熱帯降雨現象の観測結果について発表した。TRMM 経路に沿った狭い走査幅域で累積した観測データを解析した結果として、広域の陸・海域上の降雨の月別変化、エル・ニーニョ (1998 年) とラ・ニーニャ (1997 年) の降雨分布季節推移状況、海上と陸上の年間の鉛直降雨分布構造の相違、すなわち、陸上では中高層に降雨ピークが 1 つあるが、海上ではピークは中高層と低層に 2 つある、等々の特徴を紹介した。また、太陽非同期の TRMM 軌道の利点を生かして、熱帯降雨の構造や分布などの日変化の実態例について紹介した。

気象研究所台風研究部第 2 研究室榊原 均室長は「ドップラーレーダーとアメダスにより観測された台風 9807 号の強風」のテーマで、1998 年 9 月に本土に上陸し、和歌山県や奈良県で強風をもたらした台風 7 号 (VICKI) の構造について紹介した。本台風のの上陸時、台風中心の南西方向に中心を取り巻くレインバンドおよび、北西方向から中心域後部に進入する乾燥寒冷気塊が存在すること等を確認し、その詳細な風や降雨の鉛直構造を関西空港ドップラーレーダーとアメダス資料をもとに解析した結果について発表した。ドップラー速度解析により得られた、中心から南西方向にのびる鉛直断面内の、レインバンドを直角に横切る風速成分および平行成分について報告した。その結果にもとづいて、下層、中層、上層の水平収束の実態を把握

し、和歌山県や奈良県で観測された台風通過後の強風や強雨域を検証し、本台風の同県通過時の構造モデルを示した。

台湾中央大学宇宙科学研究所 S.-Y. Su 教授は「台湾チュンリーの VHF/UHF レーダーを用いた台風構造の観測」というテーマで講演発表した。はじめに、VHF/UHF レーダーのスペックや VHF/UHF 帯域電波の大気屈折率変化による散乱・反射強度の変化の特性、風により生ずるドップラー効果に基づく風速場推定の原理について説明した。ついで、VHF レーダーによる観測例として 1990 年 8 月に台湾島の南/北部を前後して西進した 16 号 (BECKY) と 15 号 (ABE) の両台風について、また、1996 年 7 月に台湾北端を通過した台風 9 号 (HERB) についての風構造変化の解析結果を紹介した。一般に台風の構造は台湾島の地形により乱されるが、観測地点を近接して通過した HERB 台風の場合は、一般的な台風の特徴として知られる水平風や鉛直流、レインバンド、アイウォールの鉛直構造が認められたと報告した。最後に、VHF/UHF レーダーは台風時のウィンドシア、逆転層など台風構造のリアルタイムモニターとして大いに機能することを提唱して講演発表を閉じた。

神戸大学自然科学研究科山中大学教授は「プロファイラーおよびネットワークによる台風の観測」というテーマで講演発表した。滋賀県信楽町に設置されている京都大学 MU レーダーはいくつかの台風について 3 次元構造の観測に成功してきた。今回は 1994 年 9 月に観測点近傍を、中心付近の暖気核および地上円形等圧線分布の対称的性格を維持したまま通過した台風 26 号 (ORCHID) の観測で得られた興味ある解析結果について取り上げた。特に、台風の眼内域に下降流を伴った高気圧性回転の風場が確認され、そのメカニズム解明にむけて、台風眼域が鉛直方向に蛇行するモデルなどの検討がすすめられていると報告した。MU レーダーをベースに今日では低層観測にすぐれた下部対流圏レーダー (LTR) などのプロファイラーが開発されてきたこと、また、日本の気象庁では全国にプロファイラーを導入中であること、沖縄本島に MU レーダー型のプロファイラーを設置する「沖縄台風センター構想」もある、等々について紹介した。今後の課題として、台風の移動予測性をあげるためにプロファイラーネットワークを構築し、データの交換、時間-空間変換方式の確立にむけた開発が必要である、等々のインパクトをあげて講演を閉じた。

2.3 社会活動関連でみる台風インパクト

本セッションでは4名の講演発表があった。フィリピン気象庁 (PAGASA) 気象予報部 E. A. Adug 部長は「フィリピンにおける熱帯低気圧のインパクトについて」というテーマで講演発表した。はじめに、フィリピン気象監視管轄区域内の熱帯低気圧の季節別経路の特徴について示した。また、発生頻度、被害額や犠牲者数、GNPに占める被害額の比率、農業・構造基盤(インフラ)・私有財産の損害額などの35年間(1965~1999)の統計を示した。この統計的調査をふまえて、フィリピン社会への熱帯低気圧のインパクトを総括し、①犠牲者数は例外的に年間6500を越すこともあるが、おおよそ100から1000名程度、②GNPに占める被害額の比率は、年毎のばらつきが大きい、0.41%程度、③被害額の大半(60%)は農業分野で発生する、④洪水や強風が地滑り、土壌流失、構造物、送電線や通信網などのインフラを破壊する、⑤各種被害の重層的效果が経済的損失を増幅する、⑥フィリピンの降水の50%は台風が原因、等々をあげた。最後に、フィリピン社会は熱帯低気圧による損失を賄うことができないと結んだ。

石島は「台風の季節・年々変化予測技術開発へのインパクト」と題して講演発表した。はじめに、先進国においては、近年の台風被害は台風が人間活動を阻む結果として、各種イベント開催者、観光業者、保険会社などの社会経済活動と関連して生じていることをとりあげた。自然災害要因別統計により、災害要因としての熱帯低気圧は被害者数や死亡者数に比べて経済的損失をもたらす比率が著しく高いこと(第1位の「洪水」とほぼ同程度、旱魃、地震がそれに続く)をあげた。この経済的損失は台風の長期的予報技術の開発向上によって軽減できるだろうと述べた。実際、そのような視点からロンドン総合大学、コロラド州立大学、香港市立大学などでは熱帯低気圧の年間台風発生数の予測が行われ、インターネットを通じて予測結果が公開されていること、いずれの取り組みも、気候データ、当年度の海面水温、エル・ニーニョ等の変動の特徴を加味した力学的・統計的気象予報モデルを用いて行われていることを紹介した。1つの試みとして、簡単なファジー推論法を適用して、沖縄の梅雨開始前の台風発生数の気候データにもとづいた、梅雨期以後に当年の年間台風発生数を予測する手法(石島・河辺, 1995)について紹介した。季節予報、数年先の予報などの長期予報の実現には多くの技術的困難が予想されるが、

21世紀にはそれへの挑戦が求められているように思うと結んだ。

フィリピン気象庁 (PAGASA) 気象・地球物理・宇宙物理部 B. M. Soriano 部長は、「南シナ海における波浪の予測のための数値スペクトルモデルの開発」のテーマで講演発表した。南シナ海は東アジア、中近東、アフリカ、ヨーロッパを結ぶ主要航路としてのみならず、周辺諸国にとって大きな漁場、石油資源産出海域となっていること、また同時に熱帯低気圧が多発し大波に曝され、諸活動を鈍らせる要因となっていることをとりあげた。台風による南シナ海周辺国の社会経済へのインパクトに応えるために、フィリピン気象庁では当海域の大波予測のための数値モデルの導入をすすめているが、その取り組みの成果について報告した。導入しているモデルは、フランス気象庁 (Guillaume, 1987) によるもので、深海についてエネルギー平衡のとれた数値スペクトルモデルである。グリッドサイズ緯度1度、グリッド数17×17の海域について、5~20 m/sの西、南西、北東の定常風に対して行ったシミュレーションの結果について発表した。結果の検証はTOPEX/POSEIDONやSCSMEX (South China Sea Monsoon Experiment) などのデータで行う予定であると報告した。

気象研究所台風研究部高野洋雄研究官は「台風9918号によって引き起こされた八代海の高潮」というテーマで講演発表した。1999年9月24日沖縄方面から北上した台風18号 (BART) によって、熊本県八代市で死者13名に及ぶ高潮被害が生じた台風災害について取り上げた。詳細な高潮状況の現地調査、数値シミュレーションによる検証、残された問題点の検討等について発表した。八代海周辺の特徴的な海岸地形および推定海面高度分布から八代海北部域に最高の海面高度が発生していることを確認した。3次元モデルのプリンストンオーシャンモデル (POM) を使用し、水平グリッドサイズ523 m×616 m、グリッド数136×136、鉛直解像度12層の計算環境で、藤田の経験式による台風風速分布と海底地形を入力条件として数値シミュレーションを行った結果について報告した。得られた結果は八代海北部の海面高度の高まりはよく再現できたが、中央部について満足な再現結果が得られなかった。八代海では最高3 m程度の海面上昇があり、日本第一位を記録した伊勢湾台風時の高潮と比較しうるほどの高潮であったこと、その大きな要因は西よりの強風であったこと、数値シミュレーションによる再現が不十分で

あったのは地形の影響による台風風速場の局地性をよく表現できなかったこと、等々の点を指摘した。

3. 講演発表後の総括

各セッションごとに栗原氏、山中氏、石島がそれぞれ講演発表のまとめを行った。栗原氏は第1セッションで提起された台風に関する理論的研究の成果や意義や問題点などについて気象予報、気候変化および人間活動その他に関連した視点からまとめを行った。気象予報では、台風の上陸点・経路・鉛直シア・強度等の予測精度向上の緊急性、海岸地帯のみならず内陸地まで強風や降雨の予測が必要なこと、過剰な警報の弊害、台風挙動の地球温暖化や異常気象発現等への依存性、などについて総括した。山中氏は第2セッションの発表や議論を踏まえて、次のように述べた。気象観測技術は今日までかなりのレベルに近代化されてきた。特に、VHF/UHF レーダーあるいはプロファイラーが台風の内部構造や地形影響による構造変化等の観測に十分機能するというコンセンサスが得られてきた。今後は、さらに有効な情報を引き出すために、入手されたデータの交換利用を促進するネットワークづくりが必要である。第3セッションを総括して、石島はフィリピンの台風襲来と被害損失の傾向、南シナ海の波浪の予報の向上、経済損失高軽減にむけての台風

襲来度数の長期予想技術開発への挑戦、日本における予期せぬ高潮災害をとりあげた講演発表があったこと、社会経済活動と関連して台風が惹起する問題は多種多様であり、その対応がせまられるであろうと締めくくった。

本シンポジウムは、石島が2000年日本気象学会秋季大会で発表した「沖縄台風センター構想」を推進する事業の1つとして、琉球大学とくに理学部・工学部が主体となって、東京大学気候システム研究センターおよび京都大学宙空電波科学センター、日本気象学会沖縄支部、通信総合研究所沖縄亜熱帯計測技術センターおよび主に地元の民間産業団体支援のもとに、石島を委員長、住 明正（東京大学気候システム研究センター長）、深尾昌一郎（京都大学宙空電波科学センター長）、小賀百樹（琉球大学理学部助教授）、屋良秀夫（琉球大学工学部教授・元琉球大学地域共同研究センター長）、日野 修（日本気象学会沖縄支部理事）、稲垣純一（国際電子ビジネス専門学校長）の各氏を委員とする実行委員会を設置して実施した。

参考文献

石島 英, 河辺照之, 1995: ファジイ推測による台風発生数の予測, 第11回ファジイ講演会予稿集, 日本ファジイ学会, 15-16.

第32期役員候補者選挙投票のお願い

日本気象学会第32期役員候補者選挙の投票締め切りは3月11日（月）必着です。郵送または投票箱に投函願います。詳しくは、投票用紙と一緒に送付された「投票についての注意事項」をご覧ください。

なお、投票用紙が2月17日までに未着の方は、至急

選挙管理委員会事務局までお知らせください。

日本気象学会選挙管理委員会事務局
気象庁予報部数値予報課内
TEL: 03-3212-8341 (内線3322)

第32期役員選挙管理委員会からの訂正とお詫び

1. 日本気象学会第32期役員候補者選挙の選挙広報（立候補者名簿および所信などを含む）において「全国区・理事」に立候補された新野 宏氏の所信の表記に以下の誤りがありました。

3ページの右段の下から14行目と下から10行目の「機関紙」は「機関誌」に、同ページ右段の下から10行目の「官員」は「会員」に訂正します。

新野 宏氏に大変なご迷惑をおかけしたことを深

くお詫び申し上げます。

2. 「投票についての注意事項」及び「投票用紙」に「所属地区（支部）は会員宛封筒ラベルに記載してあります。」と明記してありますが、事務局のミスで会員宛封筒ラベルに記載がもれてしまいました。誠に申し訳ありませんが、注意事項の1.の(2)を参照のうえ所属地区（支部）のご記入をお願いします。