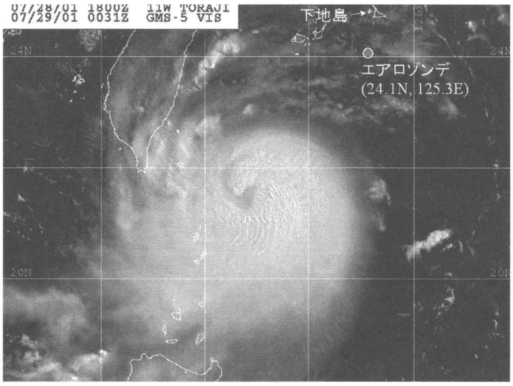
　501：1071：1052（エアロゾンデ；台風；梅雨；最適観測法）

宮古島近海で台風を観測したラジコンヒコーキの話
—運輸施設整備事業団（CATT）によるエアロゾンデ観測実験報告—*

別　所　康太郎*1・中　澤　哲　夫*2・CATT エアロゾンデ観測グループ*3

1．台風第8号を観測

2001年7月29日，ラジコン飛行機・エアロゾンデ(Aerosonde)は，宮古島の南西100 kmの地点で上昇・下降運動を繰り返し，気温・気圧・湿度・風向・風速の鉛直分布を観測していた．台風第8号は，宮古島に直進するかと一時は思われたが，このころには進路を台湾の方向に取っており，エアロゾンデは台風の中心から400 kmの位置にあった（第1図）．エアロゾンデによる台風観測を目指して，昨年の日本国内初飛行より1年，研究計画が始まってほぼ2年が経っていた．台風の周辺域とはいえ，無人気象観測機による台風観測が，世界で初めて行われたのである．



第1図　2001年7月29日10時（日本時）における気象衛星「ひまわり」からみた台風第8号（Toraji）の可視画像（米国海軍研究所のホームページの画像に加筆，http：//kauai.nrlmry.navy.mil/tc-bin/tc_home 参照）．エアロゾンデの観測位置は台風の北東象限にある丸で示した．下地島はエアロゾンデからさらに100 km北に位置する．

2．初飛行まで

台風は，日本に最も大きな気象災害をもたらす大気現象の1つであり，被害軽減のため，その進路や強度予測の精度向上が急務となっている．また，梅雨前線に伴う豪雨災害も後を絶たない．梅雨についても，豪雨のより精度の高い定量的な予測が求められている．精度向上の1つの鍵を握っているのが，台風や梅雨前線とその周辺の観測データである．その観測データを直接，現象の起きている場所に行って取得することを目指したプラットフォームとして最近注目されているのが，無人気象観測機エアロゾンデ（第2図）である．

エアロゾンデは，オーストラリアと米国で共同開発された翼長3 mあまりのラジコン飛行機である．飛行機本体と地上基地（操縦用のプロポもしくはPC），飛行機と通信するためのアンテナから構成される観測システムである．ヴァイサラ社のゾンデセンサーを翼下に2個とりつけて，観測させたいところの気温・気圧・湿度を測ることができる．風向・風速については，GPSによる対地速度とピトー管による対空速度から，エアロゾンデ自身の旋回運動と組み合わせて求める

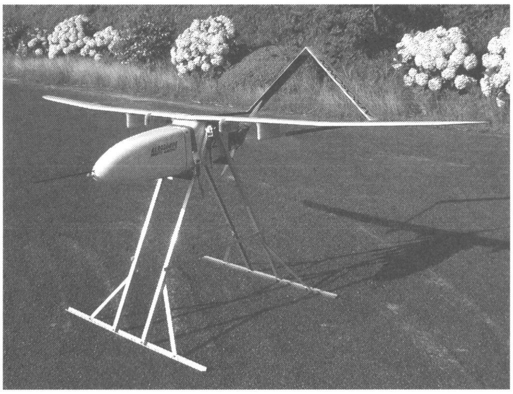
* A radio-controlled airplane that observed the typhoon over the ocean near Miyako Island-a report of observational experiment using Aerosonde funded by Corporation for Advanced Transport & Technology.

*1 Kotaro BESSHO，気象研究所．

*2 Tetsuo NAKAZAWA，気象研究所．

© 2002　日本気象学会

*3 CATT Aerosonde observational group：中澤哲夫・別所康太郎・田中恵信・釜堀弘隆・益子　渉・加藤輝之（気象研究所）・中村健治・樋口篤志・民田晴也・広瀬正史・猪飼純二・米田恵美子・阿川博音（名古屋大学大気水圏科学研究所；現・地球水循環研究センター）・古川武彦・玉井孝昭・白石貴英・椿　貴博（日本気象協会）・祝　从文（運輸施設整備事業団）



第2図 エアロゾンデの外観（2001年6月硫黄島飛行場にて）．エアロゾンデは架台に載っている．

(Becker *et al.*, 1999)．航続距離は3000 km，時速100 kmで，30時間飛ぶことが可能である．機内にコンピューターを内蔵しているため，あらかじめプログラムしておいた領域を自動で飛べるというのがうたい文句であるが，現実には地上基地からの監視・操縦が欠かせない．このため，飛行中はエアロゾンデと地上基地を結ぶ，無線等を用いた通信手段を確保しておく必要がある．エアロゾンデの詳しいスペック等は，浅沼・玉川（1999）やHolland *et al.*（2001a）を参照して欲しい．また，エアロゾンデの運用は，オーストラリアのエアロゾンデ社（http://www.aerosonde.com）で行っている．

気象研究所は，名古屋大学大気水圏科学研究所（現・地球水循環研究センター）及び日本気象協会と共同で，運輸施設整備事業団の運輸分野における基礎的研究推進制度「無人小型気象観測機を用いた台風・集中豪雨雪予測のための基礎的研究」（主任研究者：中澤哲夫）を1999年9月から2002年3月まで実施している．この研究計画の中で，エアロゾンデを用いた台風および梅雨の観測実験を2000年，2001年にかけて実施した．本報告では，これらの観測をいかに実施したか，に主眼をおいて述べることとする．科学的な成果の報告は別に譲る（別所ほか，2001など）．

これらの観測を行うにあたっては，解決すべき課題がたくさんあった．まずはエアロゾンデの離着陸地をどうするかである．エアロゾンデの離陸のためには，エアロゾンデを自動車の屋根に載せて，時速80 kmほどで疾走し，揚力を得る必要がある．また，着陸は胴体着陸で行う．このため，その離着陸には縦400 m，横50 m以上の広さの「空き地」が必要である．最初の観測対象は台風ということで，沖縄県にある宮古島周辺で観測飛行を行うことが早々に決まり，2000年1月には宮古島とその周辺の島々での離着陸地探しが行われた．宮古島地方気象台の方に助けていただきながら，島内のめぼしい「空き地」を手分けして探し回った．その結果，宮古島の北西に位置する下地島にジャンボジェット機の離着陸訓練に用いる大規模な空港があることがわかった．そして，帰京後も交渉を続けた結果，この下地島空港をエアロゾンデの離着陸に使用させていただけることになり，離着陸地の問題は解決した．

次に航空法上の問題である．ラジコン飛行機は高度200 m以下での飛行なら航空管制なしでの飛行も可と航空法により定められている．しかし，エアロゾンデはラジコン飛行機とはいえ高度5000 m，航続距離3000 kmまでの飛行が可能であるため，どのように飛行すればよいのか，あるいはどのような手続きを踏めば，飛行可能なのか，我々には全く不明であった．そこで，2000年1月頃，運輸省航空局（現・国土交通省航空局）に相談したところ，まず，不時着時の安全上の理由から離着陸地以外での陸上での飛行はしないことになった．また，航空機の安全を確保するため，観測飛行を行いたい希望の空域や高度を事前に関係各方面と調整した上で，管制機関にそれを通知できるのなら飛行が可能ということであった．つまり，事前に「模型飛行機の飛行許可申請書・飛行通報書」を出して管制機関の許可を得ておいた上で，実際の離陸の際には24時間前に「飛行通知書」をFAXで送るといった手続きが必要であることがわかった．エアロゾンデが観測を行う南西諸島の周辺海域は，民間航空機や自衛隊機が頻繁に通過する領域である．そのため，航空機の管制に携わる航空局の関係各部署と那覇で航空自衛隊機の運用を行う部署とそれぞれ調整する必要があった．これらの調整を踏まえて書類申請を行ったところ，飛行実施の1か月前に，航空局からエアロゾンデの飛行について関係機関に周知が行われた．

さらにエアロゾンデの利用する電波の問題があった．エアロゾンデは基本的にUHF帯の電波により操縦，データの送受信を行うが，エアロゾンデの送受信機は，日本では型式証明を得ていない米国製のものであった．郵政省電気通信局電波部（現・総務省総合通信基盤局電波部）にやはり2000年1月頃相談したところ，日本にその受信機を持ち込んでから1個1個，電波監理局の性能検査を受けなければならないことがわ

かった．さらに，無線業者の方にお手伝いをいただいて，エアロゾンデの送受信機の性能を事前に調べたところ，そのままでは性能検査に合格できないこともわかった．このため，特別のフィルターをその業者に作っていただくなど送受信機を調整して，ようやく性能試験を受け，合格することが出来た．無線局の予備承認が通知されたのが観測直前の2000年8月下旬と，まさに綱渡りの日々であった．

その他，エアロゾンデを取り扱ったことのある輸入業者もこの観測を行う時までなく，エアロゾンデが戦略物資扱いされたこともあって，通関の手続きが大変だったことや，エアロゾンデの用いる燃料が特殊なガソリンで国内では入手できず，オーストラリアからの輸入・日本国内での輸送の手続きに手間取ったことも，準備段階での問題として挙げられる．

3．Typhoon Hunter 2000

上記のような諸課題をなんとか解決して，2000年9月4日から10月6日まで「Typhoon Hunter 2000」（以下TH2000と略）と名付けたエアロゾンデを用いた台風観測実験を南西諸島付近で実施した．この観測の目的は，南西諸島付近を通過する台風や熱帯低気圧の詳細観測をエアロゾンデを用いて実施し，その熱力学的構造を調べるとともに，観測データを数値モデルに同化させて，予報がどれだけ改善されるか調べる感度実験を行うことにあった．また，大規模雲域を構成している対流雲群の三次元的な構造の解明も目指したため，気象研究所の可搬型ドップラーレーダーを宮古島内の消防組合の敷地に設置した．さらに名古屋大学のGPSゾンデ観測基地も同じ場所に設けた．気象庁の海洋気象観測船（長風丸・春風丸）にも観測期間中の後半，高層気象観測を行っていただいた．

さて，観測準備に手間取ったため，当初予定より2週間ほど遅れてしまったが，2000年9月18日，エアロゾンデは下地島空港を飛び立ち，日本国内での初飛行を果たした．エアロゾンデの飛行にあたっては，事前に取り決めたとおり，離陸の24時間前に新東京空港事務所（成田空港）を始め，関係管制機関に飛行通知を行った．この通知はFAXで行われるのだが，その書式も同事務所の航空管制情報官に一から作っていただいたものであった．また，2時間前にも通知を行うことになっており，これらの事前通知を受けて，新東京空港事務所の航空管制情報官から各航空機向けに航空情報（ノータム）が発せられた．TH2000では，事前通知機関は新東京空港事務所・下地島空港事務所・那覇の航空自衛隊と3か所であった．24時間前には飛行領域と離着陸時間を決めなければならなかったので，予報資料を宮古島地方気象台の下地島空港出張所で見せていただいたり，気象研究所から送ってもらったりして，こまめに確認する必要があった．また，これらの関係管制機関には，エアロゾンデの離着陸，あるいはあらかじめ決められた洋上のポイントを通過するたびに，連絡を入れていた．さらに自衛隊に対しては，30分毎の位置通知も行っていた．

エアロゾンデの運用には，エアロゾンデ社の4人があたった．離着陸時にエアロゾンデを目視で操縦するパイロット（いちばんラジコンヒコーキのイメージに近い），エアロゾンデを離陸させるためにエアロゾンデを載せた自動車を運転するドライバー，エアロゾンデをPC上で操作する人（地上基地に陣取る），地上基地とトランシーバー等で交信しながら離着陸現場で全体の監督を行う人である．これら運用に携わる面々をエアロゾンデクルーと呼ぶ．我々研究者は観測計画自体の進行を見ながら，天気予報や他機関の航空機の運行状況等から判断して，エアロゾンデの飛行計画を作成するのだが，エアロゾンデの最終的な運用の是非は，エアロゾンデ社の「運用監督」にあった．運用監督の権限は絶大で，彼がYesと言わなければエアロゾンデは離陸しないし，燃料ギリギリでの飛行などさせてもらえないのである．運用監督は安全性の面から運用の最終権限を任されており，横風が吹いて離陸が難しい場合などは，離陸中止，したがってその日の観測中止となることもあった．

また，TH2000ではエアロゾンデを，UHFによる無線通信だけでなく，低軌道衛星を用いた衛星通信によっても操縦することを試みた．UHFによる通信可能領域はせいぜい半径300 kmが限度であり，台風をなるべく遠方にあるうちから観測したい我々としては，地球上のどこからでもエアロゾンデを操縦可能な衛星通信による観測の実用化を望んでいた．当初は衛星携帯電話で有名なイリジウム衛星による通信を考えていたが，イリジウム社が倒産したため，オーブコムという衛星を使うようエアロゾンデは改修を施されて日本にやってきた．このオーブコムによるエアロゾンデの操縦は米国では成功していたので，日本でも問題ないと思われたが，いざ下地島から操縦しようとすると衛星通信が繋がらない．実は，オーブコムの周波数帯域は，下地島周辺では「雑音」のため，飛行中のエアロ

ゾンデで送受信できなかったのである．これには一同，落胆した．

観測開始直後に，台風第15号，第14号が観測空域に近づいたものの，準備が間に合わず観測を行うことができなかったことが大変残念であった．その後は台風の発生が非常に不活発になったため，結局，TH2000では台風の観測を行うことはできなかった．しかしながら，エアロゾンデの国内初飛行を含め，２機のエアロゾンデにより５回の長時間飛行と３回のテストフライトを行い，総計60時間ほどの飛行時間を達成した．それにより，10秒間隔のデータから，海洋上の逆転層の詳細な鉛直構造とその時間変化や乾燥空気の貫入など興味深い現象をとらえることに成功した（中澤ほか，2001）．

４．Baiu Hunter 2001

エアロゾンデ観測の２回戦は，2001年６月12日から25日まで，九州の南に位置する薩摩硫黄島で行われた「Baiu Hunter 2001」（以下 BH2001と略）であった．この観測は気象研究所が中心になって行われた梅雨観測実験 X-BAIU-01と歩調を合わせて行われた．BH2001の目的は，南九州周辺の梅雨前線とそれに伴う豪雨の詳細構造をエアロゾンデを用いて観測するとともに，観測データを数値モデルに同化させて，感度実験を行うことにあった．

エアロゾンデの離着陸地としては鹿児島県三島村の薩摩硫黄島にあるセスナ機用の村営飛行場を利用させていただいた．薩摩硫黄島飛行場は定期航空路がなく，飛行場内でエアロゾンデが他の航空機の運用の妨げになることはなかった．その一方，九州南部は民間航空機の定期航空路や自衛隊の訓練空域，各空港・飛行場の進入管制空域，有視界機の訓練空域等が錯綜し，その合間を縫ってエアロゾンデを飛ばすということで，関係管制機関との調整に多大の時間を費やした．その結果たいへん複雑な形の空域をエアロゾンデは飛ぶことになり，しかも，飛行高度は1500 m，空域によっては900 m が限度であった．また，飛行通知を新東京空港事務所に離陸の24時間前，２時間前に行うのはTH2000の場合と同様であるが，他の管制機関等からも飛行通知を行ってほしいとの要請を受け，２時間前通知では実に17機関（各空港事務所・航空自衛隊・海上自衛隊・海上保安庁・その他）にも通知書をFAXで送っていた．飛行時にもエアロゾンデの位置情報を求めに応じて随時連絡することになっていたが，実際，多くの航空機がエアロゾンデの周辺を飛行していたようで，頻繁に位置情報を提供した．

観測は，無線の不調から半径100 km 内のみとなったが，降水現象にも恵まれ，２機のエアロゾンデを使って11回のフライトを行い，合計105時間あまりの観測飛行を行った．エアロゾンデを２機同時に飛ばして，激しい対流雲の下層を観測したり，層雲の下層を長時間連続で観測したりと，エアロゾンデが梅雨観測に十分利用可能なことを示せた．

５．Typhoon Hunter 2001

TH2000で台風観測ができなかった雪辱をはらすべく，満を持して行ったのが2001年７月25日から30日までの台風観測実験「Typhoon Hunter 2001」（以下TH2001と略）である．エアロゾンデの離着陸地はTH2000と同じ下地島空港であった．今回の観測では，TH2000で行っていたドップラーレーダー観測は取りやめた．その一方，宮古島で行っていたGPSゾンデによる高層気象観測は下地島空港内の敷地をお借りして行うこととした．また，気象庁の海洋気象観測船（凌風丸・啓風丸・長風丸）にも観測期間中，高層気象観測をお願いした．観測目的はTH2000と同様である．

TH2000・BH2001の経験があったため，エアロゾンデ観測の準備は極めて順調に進んだ．また，自衛隊への通知頻度が昨年に比して少なくなったり，エアロゾンデの飛行高度の上限が4500 m までとなるなど，昨年の実績やエアロゾンデの安全対策を踏まえた措置が，関係管制機関から認められた．

観測は２機のエアロゾンデを用いて，７回のフライトで合計55時間おこなった．TH2000ではうまくいかなかったオーブコム衛星による通信を，送受信装置を改良して今回も試みたが，やはり失敗に終わった．そこで，特定の空域内での完全自立飛行，つまり離陸前にあらかじめエアロゾンデ本体のコンピュータにプログラムしておいたとおりの飛行をエアロゾンデ自身が行い，地上からは一切操作を加えず(通信を行わない)，エアロゾンデからもデータを送信してこない飛行（この場合，観測データは着陸後に回収する）を行ってみた．けれども，エアロゾンデ社のプログラム変更がうまくゆかず，このような飛行も結局成功しなかった．UHF の通信可能範囲外にエアロゾンデが出ると，エアロゾンデは安全プログラムが作動して，下地島近くの定点に戻ってこようとするのである．このため，観測期間の前半に南西諸島の東海上に接近した台風第6

号の観測が行えなかったのは残念であった．しかし，観測期間の後半，台風第8号が宮古島方面に北進し，エアロゾンデのUHF通信による操縦可能範囲に台風が入ってきたため，最終的には冒頭に記述したように，台風第8号の環境を観測することに成功した．一方，このような制約は，運用を再開したイリジウムによる衛星通信がエアロゾンデにおいて可能となれば雲散霧消してしまう類のもので，一刻も早いその実用化が望まれる．

また，今回の観測で初めて不時着水や墜落により，エアロゾンデを失うことになってしまった．それも，時期をおいてだが2機ともである．最初の1機は観測期間の中頃の7月27日に不時着水し，そのまま失われてしまった．事故原因は，実機が行方不明のため推測でしかないが，観測飛行中にGPSシステムが故障したことにより安全プログラムが作動して，不時着水したものと思われる．また，残る1機は観測期間も終わる7月30日，前日の台風観測に引き続き，もう一度観測しようと飛び立って100 kmも飛んでいない地点で墜落してしまった．事故原因は，これも推測だが，最後の数秒の気圧データが急激に上昇していることから，飛行中に突然揚力を失い，墜落したものと考えられる．この時点でTH2001は終了となった．

6．Typhoon Hunter Palau

発生期の台風や熱帯低気圧の観測を行おうと，2001年11月11日から18日までパラオ共和国において「Typhoon Hunter Palau」(以下THPと略）を実施した．エアロゾンデの離着陸地としては同共和国内ペリリュー島にあるセスナ機用の飛行場をお借りした．

この島は地球観測フロンティアの方々が測器を設置するなどして，観測環境の充実・情報の収集に努めてこられたところであり，我々の観測準備も地球観測フロンティアの方々の知見に多くを依っている．

さて，パラオは英語圏ということもあり，パラオでのエアロゾンデの観測準備はエアロゾンデ社に全て任せた．エアロゾンデ社は地球観測フロンティアの方に紹介していただいたパラオ内の日系商社に，現地での準備を委託していたのだが，観測直前まで詳しい指示を行わなかった．このため，商社の方は振り回される一方であった．

THPでは，日本国内では失敗した，オーブコムを用いた衛星通信によるエアロゾンデの操縦に成功した．UHF通信の範囲外に出ると，衛星通信による操縦に切り替え，同時にペリリュー島の地上基地から遠隔操縦していたものを，オーストラリアのエアロゾンデ本社からの操縦に切り替えたのには感動した．しかし，衛星通信による観測にも色々「落とし穴」があり，風を観測していないときは，気温・気圧・湿度のデータをコンピューターに収録しないとか，パラオ付近は地理的に通信が可能となる衛星のフットプリント内にエアロゾンデが入っている時間が短く，観測データをエアロゾンデから送信しにくいなどの問題があった．

観測期間の前半は衛星通信の状況等を確認しつつ，パラオ周辺で観測を行いながら台風の発生を待った．予報によれば，観測期間の後半に熱帯低気圧がパラオのはるか東で発生し，西進してくるという．はたして熱低は予報通りに発生し，衛星通信可能となったエアロゾンデを11月17日の正午に離陸させた．計画では熱低の中心から100 km以内の定点に当日19時頃到達し，そこで高層気象観測を繰り返し，18日の日中に帰還するはずであった．ところが衛星通信による監視を行っているさなか，ちょうどその定点に達した頃，突如，エアロゾンデはその消息を絶ってしまった．THPでは，エアロゾンデは完全自立飛行ができるように改修されていたので，通信が不可能になっただけで，飛行は継続している可能性があった．しかし，燃料の切れる翌日正午まで待ってもエアロゾンデはペリリュー島付近に現れず，定点近くで不時着水したものと判断された．なお悪いことに，衛星のフットプリント内にとどまれる時間が非常に短かかったため，観測していたはずのデータも送信に失敗し，エアロゾンデとともに海中に没してしまったのであった．二重の打撃を受けながら観測期間が終了し，台風の中心付近の観測データは得られないままとなってしまった．

7．観測のまとめと運用上の課題

これまで述べてきたように，2年半の研究期間中に沖縄で2回，九州で1回，パラオで1回の計4回のエアロゾンデ観測実験を行った．最初の観測TH2000では，エアロゾンデの国内初飛行を成し遂げた．BH2001では，2機のエアロゾンデの同時飛行による梅雨観測に成功した．TH2001では，台風の周辺場の観測に成功した．THPでは，地理的制約があるものの，衛星通信を利用したエアロゾンデ観測を実施した．このようにエアロゾンデの運用という面では着実にステップアップしてきたといえよう．

今後，さらにエアロゾンデを使っていく際に考えら

れる課題としては，エアロゾンデの運用の安定性の問題がまず挙げられる．我々の4回の観測実験だけでも合計3機のエアロゾンデを失ってしまった．台風等の悪天の影響もあるかもしれないが，エアロゾンデ自身の安定性を向上させていく必要がある．

次に，重量制限の問題がある．現在のエアロゾンデに搭載できる測器の重量は5kgまでである．様々な観測を行っていくためには，より大きな測器を載せられるよう，搭載重量を増やしていかなければならない．

航空法関連では，他の航空機の安全のために，エアロゾンデが飛行する際には定時の位置通知や要請に応じて行う位置情報の提供の義務があり，エアロゾンデクルーや現地の研究者に多大の負担となっていた問題がある．電話等でその情報をやりとりするため，関係管制機関の担当官の方々のお手も煩わしていた．普通の航空機にはトランスポンダーという，航空管制のために，航空機の位置・識別・高度などの情報を取得する装置を搭載しているが，エアロゾンデは電源や重量制限のためこれを搭載していない．管制担当官の方から幾度となく，トランスポンダーの搭載の有無を問われたが，エアロゾンデがこの装置を搭載すれば，定時位置通知の義務等はなくなり，かつ，情報の伝達ミスも防げるので，安全性も飛躍的に向上するはずである．

さらに，エアロゾンデの搭載するUHF通信用の送受信機は前述のように米国製である．このままだと，日本国内でエアロゾンデを利用しようとするたびに何ヶ月も前から申請を行い，個別の試験を受けなければならない．日本の型式証明を有する送受信機の搭載が必須である．

また，飛行機本体への飛行中の着氷も大きな問題である．方向舵等に着氷すれば，すぐに墜落してしまう．実は着氷のおそれがあるため，日本海での豪雪観測を断念した経緯があった．着氷対策としては，翼を暖めたり，翼に振動を与えて氷を落としたりといったものが考えられるが，使用電力の点からなかなか難しい．

これらの諸課題の解決は，現時点では困難なものも少なくない．エアロゾンデの地道な性能向上を期待するか，それとも，もっと思い切った別の手段を講じていくかが問われよう．

8．これからの無人気象観測機の展望

将来におけるエアロゾンデのような無人気象観測機の利用方法としては，通常のセンサーによる個々の大気現象の研究観測の他に，大気サンプリングや雨滴のビデオ撮影等も考えられる．その中でも，無人気象観測機の機動性を十分に生かした使い方として，最適観測法(Adaptive or Targeting Observational Method)への応用が考えられる．これはSnyder (1996) やPalmer *et al.* (1998) など（和文で紹介したものとして余田 (1999)）で提唱された観測・データ同化・予報が一体となったシステムであり，すでにNORPEX (Langland *et al.*, 1999) といった大規模な実験プロジェクトが実行に移されている．

アンサンブル予報等を行うと，4，5日後の予報結果では，地上気圧や高度等のズレが大きく成長する領域と，あまり成長しない領域があることがわかる．この違いは，初期時刻における観測データの精度に由来する．一方，それらのズレを，予報結果をさかのぼってみてみると，1日後の予報結果ではズレはまだあまり大きくなっていない．とすると，4，5日後の予報では大きく成長しているズレの元になる領域において，1日後に精度のよい観測データを追加すれば，そのズレは小さくなるはずである．そこで実際に予報から1日後，航空機等による観測をその領域で行って，より精度のよいデータを集める．それをあらためてデータ同化に組み込み初期値を作成して予報し，4，5日後の予報精度を向上させようというのである．データが欲しい領域を狙って (Targeting) 観測する，言いかえれば，予報精度を向上させるのに最適な (Adaptive) ところを観測するということで最適観測法といわれている．

この最適観測法を北半球全体で実験してみようというのがTHORpex (The Hemispheric Observing System Research and Predictability Experiment・北半球観測システム研究と予報可能性実験) である．これはWMOが中心になって準備中の国際プロジェクトであり，周期10日以下の激しい大気現象の予測向上を目的としている．計画が実現すれば，この実験により，次世代の最適な観測システムとデータ同化手法の同定が可能となろう．半球規模の特別観測は2005，2006年を予定しており，エアロゾンデといった無人気象観測機の使用が考えられている (Holland *et al.*, 2001b)．ちなみに日本からは，東アジア域での地域特別観測として，台風や梅雨，寒気の吹き出し等を対象にした実験計画を提案している．我々もこれまでのエアロゾンデ観測で培ったノウハウをいかして，何らかのかたちでこのTHORpexに貢献していきたい．

謝　辞

この研究計画における4回の観測を遂行するにあたって,運輸施設整備事業団からの資金援助を受けた.また，気象庁予報部，観測部，気候・海洋気象部，気象研究所企画室，福岡管区気象台，沖縄気象台，宮古島地方気象台，同気象台下地島空港出張所，神戸海洋気象台，長崎海洋気象台，国土交通省航空局，大阪航空局，福岡航空交通管制部，那覇航空交通管制部，新東京空港事務所，福岡空港事務所，鹿児島空港事務所，下地島空港事務所，総務省総合通信基盤局電波部，航空自衛隊西部航空方面隊司令部防衛部，同南西航空混成団司令部防衛部，防衛庁海上幕僚監部防衛部，海上保安庁第十管区海上保安本部，沖縄県下地島空港管理事務所，三島村役場，同硫黄島出張所，宮古広域消防組合，同上野村出張所，下地島空港施設株式会社，日本航空下地島運航乗員訓練所，全日空下地島訓練所，地球観測フロンティア,パラオ共和国,同国ペリリュー州には，観測に協力していただいた．三興通商株式会社，株式会社アストロ，株式会社高梨産業にも観測の準備等でお世話になった．ここに記して感謝する．

参　考　文　献

浅沼　順，玉川一郎，1999：チベットで飛ばせなかったラジコンヒコーキの話，天気，**46**，301-306.

Becker, J., G. J. Holland, G. Tyrrell and T. McGeer, 1999 : The basic aerosonde observations suite, Preprints of AMS 3rd Symp. on Integrated Observing Systems, 57-59.

別所康太郎，中澤哲夫，中村健治，樋口篤志，民田晴也，2001：Typhoon Hunter 2000エアロゾンデ観測結果 その1　観測の概要とデータの検証，2001年日本気象学会春季大会講演予稿集，**79**，364.

Holland, G. J., P. J. Webster, J. A. Curry, G. Tyrell, D. Gauntlett, G. Brett, J. Becker, R. Hoag and W. Vaglienti, 2001a : The aerosonde robotic aircraft : A new paradigm for environmental observations, Bull. Amer. Meteor. Soc, **82**, 889-901.

Holland, G. J., R. Langland, Z. Toth, S. Lord and P. Houtekamer, 2001b : An aerosonde adaptive observing strategy for THORpex, Preprints of AMS 5th Symp. on Integrated Observing Systems, 55-56.

Langland, R. H., Z. Toth, R. Gelaro, I. Szunyogh, M. A. Shapiro, S. J. Majumdar, R. E. Morss, G. D. Rohaly, C. Velden, N. Bond and C. H. Bishop, 1999 : The North Pacific experiment (NORPEX-98) : Targeted observations for improved North American weather forecasts, Bull. Amer. Meteor. Soc., **80**, 1363-1384.

中澤哲夫，古川武彦，白石貴英，玉井孝昭，2001：Typhoon Hunter 2000エアロゾンデ観測結果　その2　乾燥気塊の貫入，2001年日本気象学会春季大会講演予稿集，**79**，365.

Palmer, T. N., R. Gelaro, J. Barkmeijer and R. Buizza, 1998 : Singular vectors, metrics, and adaptive observations, J. Atmos. Sci., **55**, 633-653.

Snyder, C., 1996 : Summary of an informal workshop on adaptive observations and FASTEX, Bull. Amer. Meteor. Soc., **77**, 953-961.

余田成男，1999：予測可能性概論，天気，**46**，170-178.