

アメリカ合衆国海洋大気庁を訪問して

Visiting the National Oceanography And Atmospheric Administration

大島 隆*
Takashi Ohshima

1. はじめに

ハリケーン研究における衛星観測の有効性の調査を目的に、昭和63年10月1日～10月31日の1ヶ月間、科学技術庁の宇宙開発関係の専門家派遣として、アメリカ合衆国、海洋大気庁（NOAA）の各機関（図1）に出張する機会を得た。出張先の機関は、10月1日～20日までが、マイアミにおける大西洋海洋気象研究所（AOML）、国家ハリケーンセンター（NHC）であり、10月21日以降がワシントンD.C.における国家環境衛星資料情報局（NESDIS）、及び国家気象センター（NMC）である。

調査項目は、主として以下の内容である。

- ① 静止気象衛星画像からの風ベクトルを用いた、台風周辺の風の場の推定に関して意見交換を行い、また、ハリケーン周辺の風の場の推定に関する研究の実例の調査を行う。
- ② NHC や NESDIS の現業機関では、各々の現業業務に衛星データがどのように利用されているか、または、作成されているかの調査を行う。

今回の NOAA の各機関への訪問によって、各機関の実情の一端を知るとともに、水蒸気風のルーチ的な算出など新しく得られた情報も少なくなく、今後の衛星プロダクトの開発等に非常に有効であった。以下に、各機関毎に記述する。なお、本稿は、科学技術庁研究開発局長あてに提出した出張報告書をもとに加筆修正を加えたものである。

2. 大西洋海洋気象研究所

大西洋海洋気象研究所（AOML）は、マイアミ市の本土側と堤道及び橋で結ばれたバージニアキー島に位置し、マイアミ市のダウンタウンからメトロバスで20分程度の場所にある（図2）。道路を挟んで反対側にマ

イアミ大学の一部校舎がある。

私が訪問したのは、AOML 中のハリケーン研究室（HRD）で、室長は Stanley Rosenthal 博士、室員は50名程度である。AOML を含め NOAA の各機関に対する私の訪問の調整をしていただき、非常にお世話になった大山勝通博士は、この HRD の Senior Scientist である。HRD は、以前は NHC に所属していたが、1982年の NOAA の組織改革の際、研究組織だけ分離して他の研究室と一緒に AOML が作られた。AOML には HRD の他に、海洋学、海洋化学、音響関係の研究室があり、総勢約150名の研究者、事務員が働いている。

AOML では、セミナーをする機会を与えられたので、気象衛星センターの紹介と、短時間間隔画像を用いた台風周辺の雲移動風の調査の説明を行った。台風周辺の雲移動風の調査については、OHP で示した台風中心からの風速分布図に興味を持ってくれた。ただし、AOML では偵察飛行で観測しているハリケーン中心から100km以内の風に関心があるようだ。ハリケーンは台風と比べて小さい場合が多いから、雲移動風から暴風・強風半径を求めるよりも、偵察飛行によって観測できるハリケーン中心の風を利用する方に主眼が置かれており、この点が太平洋側と違うのではないかと、後ほど大山博士から示唆を受けた。

AOML 滞在中は、研究者等にハリケーン研究の話聞きに行った。衛星データを使っている研究者では、Stephan Lord 博士が、雲移動風や水蒸気風を使った客観解析をしており、それらの精度の話をしてくれた。彼によると、オメガドローップウインドゾンデとラジオゾンデはほぼ同程度の精度で2 m/s、雲移動風はそれよりも悪くなる。衛星風（雲移動風や水蒸気風）の最も大きな問題は高度設定であり、雲移動風よりも水蒸気風の方がその誤差が大きい、と言っていた。また、

*気象衛星センターシステム管理課

**U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION**

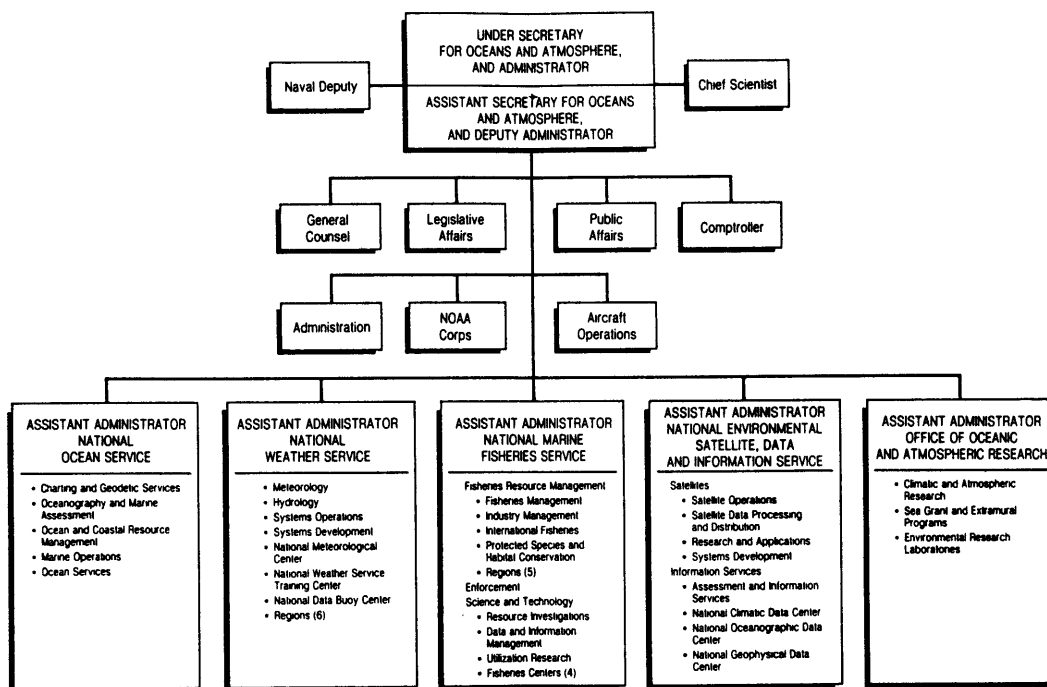


図1 NOAAの組織図(NOAAのパフレットより)。AOMLは海洋大気研究所(OAR)の下部組織である環境研究関連の研究所(ERL)の一つである。NMCとNHCは国家気象局(NWS)の下部組織である。

彼の共同研究者のJames Franklin氏は、V A Sの傾度風とオメガドロップウインドゾンデとによる各々の解析場を比較した話をしてくれた。高度設定の問題等は、他の文献によっても判っていたことであるが、実際にデータを利用する彼らが、衛星風(特に水蒸気風)の高度の扱いに困っていることを聞かされると、GMS-5から算出する計画の水蒸気風の高度設定の方法について更に調査の必要性を感じた。

Peter G. Black 博士は、大山博士とともにマイアミ滞在中に最もお世話になった人であり、生活の心配までしてくれた。彼は、航空機、パイ、衛星データを使って境界層の風の研究をしており、日本にも3回訪れたと言っていた。彼は、SEASATの Scatterometer などの話をしてくれた。

3. 国家ハリケーンセンター

国家ハリケーンセンター(NHC)は、南マイアミのマイアミ大学の近くにあるI.R.E.Financialビル(図3)の6階にあり、1フロアを借り切っている。

主なセクションとして、熱帯衛星解析センター、ハリケーン・スペシャリスト、通信部門、飛行機偵察のための調整官などがある。所長はRobert Sheets博士で、職員は50名弱である。

i) 熱帯衛星解析センター

NHCの中で衛星データを直接扱うセクションは、熱帯衛星解析センター(TSAC)である。TSACの主要な業務は、ハリケーン期間(6月~11月)については、ハリケーン警報発令のサポート(図4)である。このために、

- ①ハリケーンの強度決定(6時間毎)と中心位置決



図2 AOMLの外観。道路のこちら側にマイアミ大学の一部校舎があり、そのカフェテラスで昼食をとるために、時速70~80kmの車の切れ目を待って、この道路を横切った。



図3 NHCがあるI.R.E. Financialビル。メトロレイルのマイアミ大学駅のホームから撮影した。駅とビルの上に国道1号線(U.S.1)が走っており、駅を挟んで反対側にマイアミ大学がある。

HOW TO TRACK A HURRICANE

Advisories are numbered consecutively for each storm. Present location and intensity is described and expected movement is given.* Tropical cyclone advisories are issued at six-hour intervals—at midnight, 6 a.m., noon, and 6 p.m., Eastern Daylight Time. Each message gives the name, center (eye) position, intensity, and forecast movement of the tropical cyclone.

Hurricane center positions are given by latitude (for example, 13.5 degrees North) and longitude (for example, 55.0 degrees West). When the storm moves within range of radars, center positions may also be given as statute miles and compass direction from a specified point.

* Tropical cyclones are not given names until they reach the storm stage—that is, rotary circulation, and constant winds over 38 miles per hour (33 knots).

When you receive a tropical cyclone advisory, note the advisory number, center position, intensity and forecast direction of movement. Then mark the center position on the tracking chart. Because hurricanes change direction very quickly, you should listen more carefully to where the storm will go than where it has been.

See the color block at the bottom of the chart for an example of how to plot a storm from a position given in latitude and longitude.



図4 TSACの現業室に貼ってあったハリケーン予報域の一部。これは、NWSのパンフレットの一頁であり、ハリケーン注意報を受け取ったときの注意事項やチェック項目が書かれている。

定(3時間毎)

②熱帯、亜熱帯の地上、上層の解析及び天気図の作成(12時間毎)

③ハリケーン予報の現業モデルの実行

等、を行っている。

また、これらに加えて年間を通し、衛星画像(GOES)の総観解析を行い、熱帯、亜熱帯に限定したエリアの天気の特徴を表現した、

①船舶・一般向けの衛星による熱帯天気概況

②気象官・パイロット向けの衛星解析報

を、1日4回(6時間毎)作成・発表している。これらの業務を行う TSAC のメンバーは、チーフの Mark A. Zimmer 氏の他十数名で、8時間交替の24時間体制を取っている。

衛星データ等の処理のために、McIDAS 2台を中心として、10数台のモニターが用意されている。McIDAS は、ワシントン D.C. にある NMC の計算機と 9600bps の電話回線で結ばれており、数ヶ所の予め決められたエリアについて、最新の GOES 画像(可視、赤外等の10種類程度)や予報図等が送られてきている。McIDAS では、各々のエリアの任意画像(可視、赤外、水蒸気)や、予報図、天気図などのループ・ムービーを表示し、種々の作業ができるようになっていく。

まず、衛星データの画像としての利用では、NHC では水蒸気チャンネルが中心である。水蒸気チャンネルは、常に最新の24時間ループ・ムービー(1時間間隔画像)が見られるようになっていく。これにより、ジェット気流の位置や、トラフ、水蒸気パターン等がよく分かり、特に水蒸気が多いか少ないかを把握し、熱帯天気概況や衛星解析報の作成に利用されている。

ハリケーンの強度決定には、赤外強調画像による DVORAK 法が使用されており、中心位置決定には、昼は可視画像、それ以外は赤外画像が利用されている。これらは、気象衛星センターと同じである。

さらに、1日2回(00UTと12UT)、メキシコ湾とカリブ海周辺に限定して、McIDAS を使用し、可視または赤外画像のループ・ムービーによる雲移動ベクトル算出を行っている。全球的(GOES観測範囲)な雲移動ベクトル算出は、ワシントン D.C. の NMC の計算機及び NESDIS の McIDAS で行っているが、NHC では算出エリアを限定して上層と下層の雲移動ベクトルを詳細に算出し、NMC(ワシントン D.C.)へ送付している。

また、NMC から送られてくる図の他に、NHC では、200mb、地上、及びシアア(200mb-地上)の風の解析図を作成している。これは、50°N~20°S の大西洋と太平洋の各々のエリアで作成した流線図で、実況値(レーウィンデータ、航空機観測、雲移動風)もプロットされている。

ここは、主として熱帯、亜熱帯が対象ということもあり、極軌道衛星 NOAA のデータは、直接は使用していない。NESDIS で作成した極軌道衛星の NOAA の海面水温図が送られてきているだけである。

ii)ハリケーン・スペシャリスト

ハリケーン・スペシャリストは、ハリケーン期間に、ハリケーンや熱帯低気圧の進路予報を行い、警報・注意報等を発表することが主な業務であり、日本で言えば、台風の予報官に相当する。これらの業務のために、TSAC で作成した衛星関連のデータやハリケーンモデルの処理結果、NMC から送られてくる画像や図等が使用される。とりわけ最も重要なものが、飛行機の偵察飛行による観測データである。

飛行機の基地はマイアミではなく、ミシシッピ河口のキースラー空港に置かれており、ハリケーン期間には飛行機使用の優先権が NHC にある。飛行機の航続距離の関係で、ハリケーンが約55°W 以西にいくと偵察飛行を開始する。ハリケーンの中心から約100km以内でオメガドロップゾンデやレーダーにより、気圧、風向、風速等のデータを測定し、NHC に送られてくる。

この偵察飛行を実施するか否か、実施した場合、ハリケーンの中心付近でどのように飛行機を飛ばすかの決定は、ハリケーン・スペシャリストが行う。ハリケーン・スペシャリスト(図5)は、チーフの Gibert B. Clark 氏を含め7人で構成されており、8時間交替の24時間体制をとることで、常に1人がその当番にあっている。

ハリケーン、又は、発達しそうな熱帯低気圧があるときは、ハリケーン・スペシャリストはかなり忙しい。ハリケーン等の進路予報を行うと共に、6時間毎に、熱帯天気概況、解析報、海上注・警報を作成、発表しなければならない。その間に、外部からの問い合わせの電話が頻繁にかかってくる。これらを1人でこなしている。筆者が NHC を訪問したのは、今世紀最大のハリケーン、GILBERT が消滅した後であったが、ちょうど NHC に滞在していたときに、熱帯低気圧、JOAN がカリブ海で発生しハリケーンに発達して、当番のハ

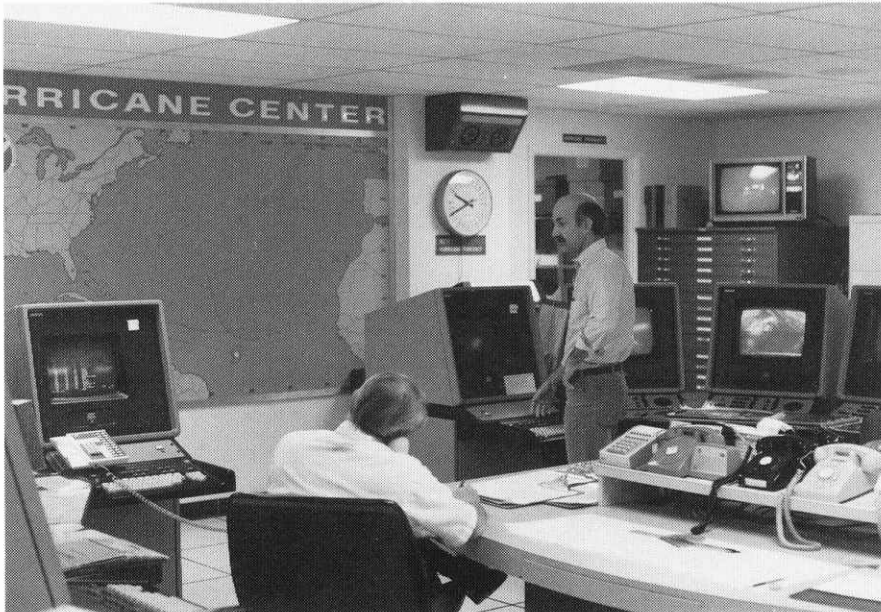


図5 ハリケーン予報に忙しいハリケーン・スペシャリスト等。前のボードには、今年発生したハリケーンの経路が示されている。赤のマーク(ハリケーンマーク)は、当時(10月13日頃)のハリケーン、JOANの位置である。

リケーン・スペシャリストは食事の時間も取れないほど忙しく働いていた。この JOAN は、筆者がマイアミを離れた直後の10月末に、中米に上陸して大きな被害をもたらしている。このように、ハリケーン期間中は、ハリケーン・スペシャリストを中心にして NHC は動いている。

なお、ハリケーン期間以外は何をしているかと尋ねると、主に、資料の整理、調査・研究とのことであった。

iii) 台風周辺の衛星風について

気象衛星センターで昨年に行っている短時間間隔画像(7.5分、15分)を使った台風周辺の雲移動風の調査の説明をし、台風周辺の雲移動風の有効性の討論を行った。当番の都合で会えないハリケーン・スペシャリストもあり、会えても仕事はなかなか議論の時間が取れなかったが、数人のハリケーン・スペシャリストと話ができた。

現実化を考えて、短時間間隔画像を使って台風周辺で、マンマシンではなく自動算出の調査をしていることを話してプロット図を示すと、皆一様によく算出できていると感心し、周辺の風を知るのに有効だと言っ

ていた。ただし、彼らも、中心から200km以内の風を欲しがっており、また、ハリケーンの動きを求めるために中層の流れを知りたがっている。雲移動風の場合は、いくら短時間の画像を使っても、中心から200km以内の風を算出するのは難しく、私達の調査はまだ下層風だけであり、そのまま、すぐに NHC で使用できるわけではない。

また、太平洋とは違って大西洋では、飛行機の偵察飛行が引き続いて行われており、ハリケーンを中心から100km以内のデータが観測できている。NOAAの中で、大西洋の偵察飛行も中止したらどうかと言う議論もされているようであるが、昨年、太平洋で飛行機の偵察飛行が中止になることで、私達が経験した、衛星データ利用のための開発の緊迫感は、ここ NHC では全く感じられない。

GOESの次期衛星、I-Mシリーズによるハリケーン観測計画(W.P.Menzel et al., 1987)について NHCの考えを聞いた。Max Mayfield氏は、この中の7.5分間隔画像による雲移動風算出の計画は、複数のハリケーンがあった場合に対応できないので、15分または30分の方が良いと言っていた。気象衛星センターでは、

る NMC の計算機を使用し、マンマシン処理（上層風の算出、上/下層の品質管理）については、総観解析部門の McIDAS を用いて算出（図 6）している。

⑥ 水蒸気風と VAS 傾度風

1 日 2 回、NMC の計算機で自動算出している。これらは、ルーチン的には現在のところ、ハリケーン解析用（Deep Layer Means 解析）に使用されており、解析結果は NHC にのみ送られている。

ii) 台風周辺の雲移動風

気象衛星センターで行っている短時間間隔画像を使った台風周辺の雲移動風の調査には、話した人々が皆、非常に興味を持ってくれた。ただし、ハリケーン観測の将来計画を書いた、W. Paul Menzel 博士がワシントン D.C. ではなくウィスコンシン大学で仕事をしているため、直接話しが聞けなかったのが残念であった。

5. 国家気象センター

国家気象センター（NMC）は国家気象局（NWS）に所属している。NESDIS と同様に、FB4 に計算機があり、WWB に研究開発部門がある。私が訪問したのは、主として WWB で、FB4 には計算機の見学で 1 度訪れたのみである。

NMC では、短期予報モデリング部開発室の Mukut Mathur 博士が、私の訪問の調整役となってくれ、彼自身が研究しているハリケーンモデルの話をしてくれた。また、金光正郎博士にも何かと世話をしていた。

Wayman Baker 博士から、ルーチン的に算出している雲移動風のバイアスの問題提起がされた。これは、雲移動風が従来の観測方法（ラジオゾンデ等）と比較して風速が低く算出されるという、METEOSAT、GOES、GMS で算出しているどの雲移動風についても以前から言われていることである。ただし、欧州中期予報センターの最近の調査によると、GMS の上層風の高速の場合だけがかなりバイアスが大きいの結果になったそうである。尤もこれは、雲移動風と予報の初期値との比較結果であり、GMS の観測エリアである西部太平洋でこの初期値がどの程度の精度なのかという問題も考えられる。雲移動風の精度は、ラジオゾンデと比較して常にモニターしており、その結果は毎年行われる静止気象衛星調整会議で報告しているが、それによれば、3 衛星の雲移動風の精度はほぼ同程度という結果を得ており、10 月に行われた会議でも上記の問題は提起されなかった。ただ、博士に対しては、

風速別の比較は定期的には行っていないのでその調査をする、また、バイアスに最も大きな影響を与えていると思われる風の高度設定方法を改善するよう現在調査を進めているところだ、と言って帰ってきた。

6. 入手文献一覧

各機関を訪問中に入手した文献の一覧を付録に示す。

7. 感想など

今回の訪問の際に、仕事の面で最も印象が深かったのは、前項までに記述してきたように、NHC と NESDIS で現業の様子を実際に見ることができたこと、中でも特に水蒸気画像と McIDAS である。

NHC において水蒸気画像の総観的な利用はかなり行われている。これに関する文献を入手したので、気象衛星センターの GMS-5 のプロダクト開発に役立つであろう。ただし、水蒸気画像のデジタル的な利用（プロダクト）では、NHC/NESDIS とともに水蒸気風以外には何もなかったのが残念であり、また、水蒸気画像の扱いの難しさを再認識させられた。

NHC では、McIDAS を使って上/下層の雲移動風のマンマシン算出をさせてもらった。McIDAS の詳細は浜田（1981a、1981b）、Suomi, V. E. et al. (1983) に書かれているが、実際に使ってみるとその使いやすさに驚いた。私の使った機能はごく一部だそうであるが、操作する側の意図に沿うように充分配慮されている。ただし、あまりにも機能が多すぎる点、ガイドブックがあまり整備されていない点、システムの柔軟性を考慮してコマンドはキーボードからの文字入力であり複雑な点などが、長所でもあり短所でもあると思った。私が訪問する数ヶ月前にバージョンアップされたそうであるが、NHC ではまだ十分にその機能を使いこなしていないのではないかと感じた。現業的に使用するためには、コマンド機能を強化するなどもっと改善した方がよいと思う。

次期衛星（GOES）で計画されているプロダクトについて、どの程度具体的に開発が進められているかを聞きたかったが、話しの聞けそうな人が皆ウィスコンシン大学に行っており、ウィスコンシン大学を今回の訪問計画に入れてなかったのが残念に思われる。

最後に、マイアミについて少し触れたい。マイアミは観光と金融の町と言われているが、冬には寒さを避けて国中から日光浴にやってくる人々のためにマイアミビーチには大きなホテルが立ち並び、マイアミ市の

ダウンタウンとその近くには銀行などの高層ビルが林立している。また、リタイヤした人達の町とも言われており、専用のアパートも数多くあり、ペランダで日光浴をしている姿も見られた。言葉の面では、キューバ人など西インド諸島の人が多く、町を歩いていても店に入ってもスペイン語ばかり聞こえてきた。気候は熱帯海洋性で、筆者が訪れた10月でも、直射日光にあたると肌がじりじりと焼ける程暑く、日本の真夏の時と同じだ。日によって時には、シャワーのようなスコールがやって来るが、30分～1時間程度で止んでしまう。また、空気も海辺特有の湿気を帯びている。しかし、どこに行っても強い風が吹いており、日本の夏のようにじめじめしておらず、過ごしやすい感じがした。

私にとって海外出張は初めてで、とまどうこともありましたが、非常に貴重な多くの経験をさせてもらいました。また、もっとしっかり英語の勉強をしておけばよかったと痛切に感じました。今回の訪問にあたり、大山勝通博士、村山信彦気象衛星センター所長をはじめ、訪問先や日本側のいろいろな人々にお世話になりましたことを、感謝いたします。

参考文献

- Menzel, W.P., R.T. Merrill and W.E. Shenk, 1987 : A Suggested Hurricane Operational Scenario for GOES I-M. NOAA Technical Memorandum NESDIS 19.
- Suomi, V.E., R. Fox, S.S. Limaye and W.L. Smith, 1983 : McIDAS III : A Modern Interactive Data Access and Analysis System. Journal of Climate and Applied Meteorology, 22, 766-778.
- 浜田忠昭, 1981a : ウィスコンシン大学に滞在して — 研修報告(その1) —, 気象衛星センター技術報告, 第3号, 101-125.
- 浜田忠昭, 1981b : ウィスコンシン大学に滞在して — 研修報告(その2) —, 気象衛星センター技術報告, 第4号, 171-198.

略語表

- AOML : Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory 大西洋海洋気象研究所
- ERL : Environment Research Laboratories
- FB4 : Federal Building 4
- HRD : Hurricane Research Division AOML のハリケーン研究室

- NESDIS : National Environmental Satellite, Data and Information Service 国家環境衛星資料情報局
- NHC : National Hurricane Center 国家ハリケーンセンター
- NMC : National Meteorological Center 国家気象センター
- NOAA : National Oceanography and Atmospheric Administration 海洋大気庁
- NWS : National Weather Service 国家気象局
- OAR : Office of Oceanic and Atmospheric Research 海洋大気研究局
- TSAC : Tropical Satellite and Analysis Center NHC の熱帯衛星解析センター
- WWB : World Weather Building

付録 入手文献一覧

- Borneman, R., 1988 : Satellite rainfall estimating program of the NOAA / NESDIS synoptic analysis branch. National Weather Digest, Vol.13, No.2.
- Black, P.G., and C.L. Swift, 1984 : Airborne stepped frequency microwave radiometer measurements of rainfall rate and surface wind speed in hurricane. Proceedings of 22nd Conference on Radar Meteorology, 10-13 Sept. 1984, Amer. Meteorological Society, 433-438.
- Black, P.G., V.J. Cardone, R.C. Gentry and J. D. Hawkins, 1985 : Seasat microwave wind and rain observations in severe tropical and mid-latitude marine storms. Advanced in Geophysics, Vol.27, 197-277.
- Funk, T.W., 1986 : The use of water vapor imagery in the analysis of the November 1985 middle Atlantic states record flood event. National Weather Digest, Vol.11, No.4.
- Franklin, J.L., and S.J. Load, 1988 : Comparison of VAS and omega dropwindsonde thermodynamic data in the environment of hurricane Debby (1982). Monthly Weather Review, Vol.116, 1690-1701.
- Hayden, C.M. and T.R. Stewart, 1987 : An update on cloud and water vapor tracers for providing wind estimates. Sixth Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, 12-

- 16 Jan. 1987, Amer. Meteorological Society, 70-75.
- Lynch, J.S., 1987 : Satellite interpretation messages - a user's guide. NOAA Technical Memorandum NWS NHC-39.
- Load, S.J. and J.L. Franklin, 1987 : The environment of hurricane Debby (1982). Part I : Winds. Monthly Weather Review, Vol.115, No.11, 2760-2780.
- Mathur, M., 1988 : The NMC Quasi-Lagrangian Hurricane Model. NWS Technical Procedures Bulletin, No.377, 1-10.
- Merrill, R.T., 1987 : An experiment in statistical prediction of tropical cyclone intensity change. NOAA Technical Memorandum NWS NHC-34.
- Schwalb, A., 1985 : GOES-next Overview. NOAA/NESDIS, ENVIROSAT-2000 Report.
- Shay, L.K., R.L.Elsberry and P.G.Black, 1987 : Mesoscale ocean temperature and current patterns induced by hurricanes, 388-392.
- Spayd Jr., L.E., 1985 : Application of GOES VAS data to NOAA's interactive flash flood analyzer. International Conference on Interactive Information and Proceedings Systems for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, Jan. 7-11, 1985. American Meteorological Society, 240-247.
- Stewart, T.R. and C.M. Hyden, 1985 : A FGGE water vapor wind data set, Proceedings of the NASA Symposium on Global Wind Measurements, July 29-August 1, 1985. A. Deepak Publishing, Hampton, VA, 119-122.
- Tanner, A., C.T. Swift and P.G. Black, 1987 : Operational Airborne remote sensing of wind-speeds in hurricanes, 385-387.
- Thomasell, A. 1981 : An objective technique for analyzing low-level wind fields of hurricanes. (Unpublished).