

アメリカの予報業務*

山 岸 米 二 郎**

アメリカの NMC (National Meteorological Center, 気象センター***) に3カ月程 (1976. 6~9) 滞在した経験をもとにアメリカの気象業務について紹介して欲しいとの依頼を受けた。筆者の滞在は短期間であったし、業務全般の視察を特に心懸けたわけではないので、話題は NMC を中心にして筆者が見聞した範囲内の“予報業務”に限ることとする。従ってやや一面的な部分があると思うが御了解願いたい。

1. はじめに

学会誌であるので内容もそれにふさわしいものにすべきであるが、テーマもテーマであるし、筆者が長い間気象庁に埋没しているせいもあって観点が狭くなるのは避けがたい。また、アメリカは気象サービスをする民間の組織が発達しているのもそれとの関連を抜きにして気象業務を述べるのは片手落ちと思うが、それは筆者のなしうところではない。

まず最初に第1図をみていただきたい。北アメリカ大陸と日本 (の1部) が同じ縮尺で示してある。予報サー

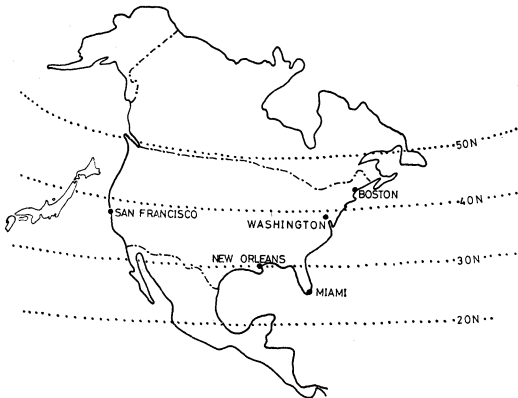
ビスを考える場合には、国土の広がりやの差・地形の複雑度の差・人口の集中度の差・社会生活の習慣の差 (たとえばアメリカの交通手段は自家用車と飛行機が主である等) を念頭におく必要があると思うので参考までにかかげたものである。なおブリタニカ国際地図帳より若干の統計資料あるいは図を以下にかかげる。

	日 本	アメリカ合衆国
面積 (km ²)	369,882	9,519,622 (8,000,822)
人口 (人)	1029×10 ⁵	2043×10 ⁵ (2040×10 ⁵)
人口密度 (人/km ²)	278	21 (25)

() 内はアラスカを除いた場合。

次に、斜面がゆるやかで起伏の差が小さい (およそ90 m 以下) 所を平坦地と定義すると、アメリカ合衆国は1/2近くがそれに属する (第2図)。また、気候的にみればよく知られているようにアメリカは日本に比して雨量が少ない。第3図に模式的に示してあるが北アメリカでは年平均雨量が2000 mm を越える所はほとんどない。

アメリカの予報業務の紹介に入る前に、気象庁の予報業務に詳しくない方のために簡単な説明をしておく。気象庁本庁の予報部が、気象データの集配信、解析図・予想図の作成・送信の中核的役割を持つ。つまり解析と予



第1図 同一縮尺であらわした北アメリカと日本。

* Operational Forecasting Services in U.S.A.

** Y. Yamagishi, 気象庁予報部電子計算室

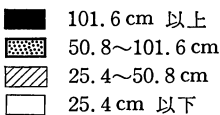
*** 以後日本語訳は大部分筆者の独断であるので、不適当なものもあると思うがお許し願いたい。



第2図 北アメリカの地形。黒い部分が平坦地。



第3図 北アメリカの年平均降水量。



想の全国中枢である。一般の天気予報については日本全国は11の地方予報区に分けられ、各地方予報区に1つつつ地方予報中枢の役割を持つ気象台がおかれている。気象台および担当地区は各々、札幌（北海道）・仙台（東北）・新潟（北陸）・気象庁本庁（関東甲信越）・名古屋（東海）・大阪（近畿）・高松（四国）・広島（中国）・福岡（九州北部）・鹿児島（九州南部）・沖縄（南西諸島）である。各地方予報中枢は担当する地方予報区全般に対する天気予報（地方予報）を発表すると同時に、“指示報”により予報区域内の府県にある地方気象台の予報業務を支援する。おおよそ各府県に1つつつ地方気象台がおかれ、府県に対する予報・警報を担当する（予報中枢も府県に対しては地方気象台の役割を持つ）。この地方気象台が日本の予警報発表の基本単位である。一般の人になじみの深い明日・明後日までの予報や、大雨注意報（警報）といったものはおおむねこの地方気象台により作成発表されるものである。全国中枢からファクシミリで送られる解析図を補うために地方でも若干の天気図をみず

から作成している。海上に対する気象の予報は上に示した系列の内で行われている。しかし航空に対しては航空気象台・航空測候所等がおかれており、系列がやや異なっている。以上の説明はアメリカとの比較がしやすいように骨格のみを示したもので、“気象業務法”の目でみれば不正確な面もあるかもしれないがご許し願いたい。

2. アメリカの組織

予報業務を語るには大風呂敷を広げ過ぎるきらいもあるが、まず NOAA の組織からみてみよう（第4図）。NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, 海洋大気庁)は Department of Commerce (商務省) に所属しており、6つの部局を持っている。その役割を簡単に説明すると次の通り。

National Marine Fisheries Service (海産漁業局)

海産物および漁業資源に関すること（発見・記録・保護・漁業法の開発等）。

National Ocean Survey (海洋測量局)

沿岸および海洋の測量、海図の作成・地震活動のモニターと津波警報の発表。

National Weather Service (気象局)

気象サービス全般。この報告はこれについて述べるわけである。

Environmental Data Service (環境資料局)

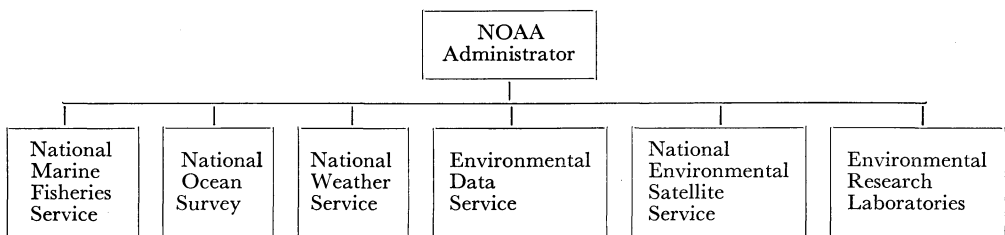
地質・地震・気象・海洋等の資料の収集とサービス。

Environmental Research Laboratories (環境研究局)

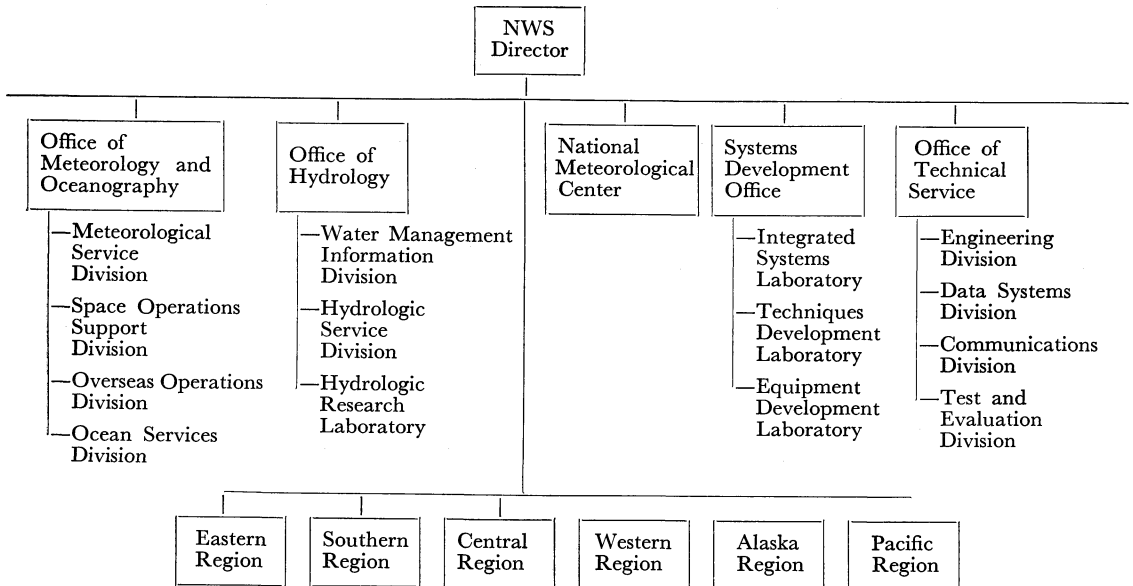
地質・地震・気象・海洋・超高層・宇宙空間等地球物理的環境の研究。真鍋・都田・栗原博士の活躍でわれわれになじみの深い GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, 地球流体力学研究所) やハリケーンの制御実験、ストームフューリーで有名な NHEML (National Hurricane Experimental Meteorological Laboratory, ハリケーン実験気象研究所) はこの局に属する研究所である。

National Environmental Satellite Service (環境衛星局)

気象衛星の運用、データの受信と解析。



第4図 NOAA の機構図。



第5図 NWS の機構図 (NMC については第7図参照)。

次に気象局 (NWS) の組織をみる (第5図)。NWS は5つの部を持ち、また後で述べる各地の気象台もここに付属しているわけである。気象台は管理面では5つの region (地域) に分けられている。それは、Eastern (東部)・Southern (南部)・Central (中央)・Western (西部)・Alaska (アラスカ)・Pacific (太平洋) の各 region である。NWS の内部部局にあたる5つの部を簡単に説明すると

Office of Meteorology and Oceanography (気象海洋部)

通常の天気予報に密着した部局ではなく、マネジメントおよび若干の技術開発と、海上・農業・航空等に対する特殊なサービスをするらしい*。

office of Hydrology (水理気象部)

水理気象に関して同上*。

National Meteorological Center (気象センター)

気象データの収集と伝達、天気予報に必要な各種解析図と予想図の作成・伝達、数値予報モデルの開発、現業に必要な計算機システムの運用等を行う。通常の天気予報サービスを支援する中心的役割を持ち、以下の記述はここを中心に述べる。

なお、WWW (World Weather Watch, 世界気象監視) ではワシントン・メルボルン・モスコが WMC

(World Meteorological Center, 世界気象中枢) に指定されているが、NMC は WMC の機能も果している。

System Development Office (システム開発部)

測定システム・通信システムの開発、客観的天气予測技術の開発等。筆者滞り当分の有名な故 J. Bjerkness 博士の御子息もこの1部門 (通信システム関係) で働いておられた。

Office of Technical Service (技術サービス部)

測定システム・通信システムの維持・評価・テスト等を行っている。すぐ上に述べた部よりも応用的実務面の性格が強い。

なお NWS の各部については Division あるいは Laboratory 以下の細分は省略してある。

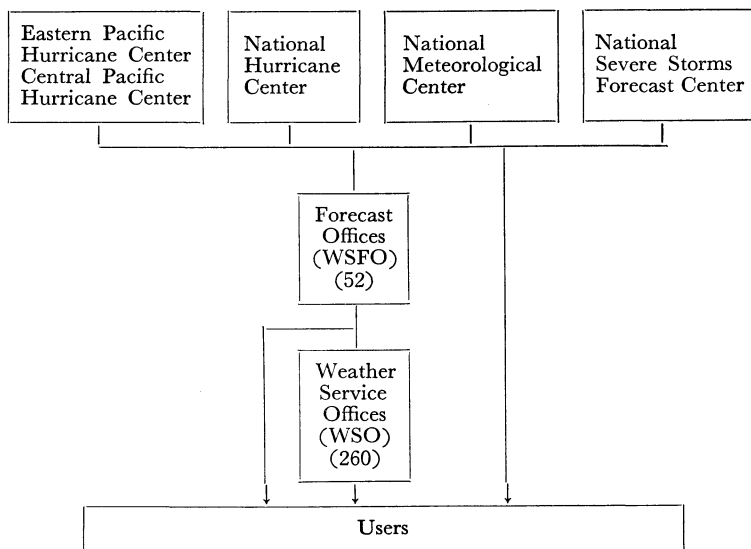
3. 予報作業の系列

予報作業の系列を第6図に示す。() 内の数字は官署の数を示す。この図をみると NMC からユーザーへの流れも示してあるが、NMC 自体は予報の発表作業には全然タッチしていないので、これはファクシミル等の資料を通じて結びついているものと理解していただきたい。図に示してある各センターおよび気象台の役割を簡単に説明する。

NMC (National Meteorological Center)

すでに述べたように、今日・明日・明後日および5日先までの総観的手法にもとづく天気予報に必要な、解析図・予想図・データを提供する。また、1ヶ月先の予報

* 訪問して確認する機会がなかったもので、自信がない。よく御存知の方があれば御教示願います。



第6図 予報業務の系列。

も作成する。その意味で4つ並べてあるセンターの内でも群を抜いて大きな位置を占めている。

NSSFC (National Severe Storms Forecast Center, シビアストーム予報センター)

シビアな局地じょう乱の監視のための資料(レーダ図が中心)を提供。在カンサスシティ。

NHC (National Hurricane Center, ハリケーンセンター)。

大西洋およびカリブ海のハリケーンに対する監視と予想。在マイアミ。なお NHC と同じ建物内に、RCTM (Regional Center for Tropical Meteorology, 熱帯気象地域センター) がある。

EPHC (Eastern Pacific Hurricane Center, 東部太平洋ハリケーンセンター)

CPHC (Central Pacific Hurricane Center, 中部太平洋ハリケーンセンター)

各々サンフランシスコとホノルルにあり、各々の地域のハリケーンに対し NHC と同じ役割を持つ。

WSFO (Forecast Office)

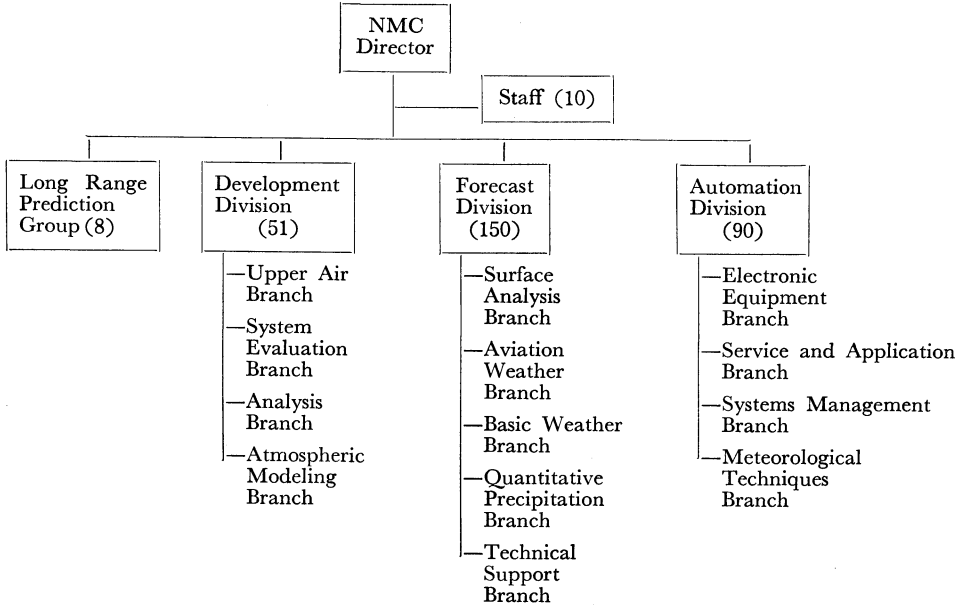
大体各州に1つずつある気象台で(プエルトリコにも1つある)、州に対する予報と警報および州をいくつかの zone (地区) に分割した時1つの zone に対する予警報を担当する。

WSO (Weather Service Office)

州をいくつかの zone に分けた時、1つの zone に対する local (局地) 予報を担当する。ただし zone 予報

の adaptation と規定されているので、予報に関してはどちらかといえば解説に近いのであろうか。しかし、トルネードに関しては担当する zone に対して警報を出す責任がある。WSO にはいわゆる“予報官”は配置されていない。この意味で予報系列上は WSFO の下にあるとみることができる。

以上の説明をもとにして予報業務の系列をみると、天気予報に必要な各種解析図・予想図は、各センターから WSFO あるいは WSO に流される。各 WSFO は予報業務上はまったく並列である(前述の各 region は管理上の系列で予報サービスに関しては役割は持っていない)。WSO は予報に必要な資料はほとんどすべて入手するけれども、基本的には WSFO の指導の下に予報を発表する。ここで気象台の担当する平均的な地域的広がりをもとに日本と比較してみよう。日本では予警報発表の基本単位は府県の地方気象台である。アメリカで何をとりか問題であるが、サービス上非常に重要なトルネードの警報を担当しているという意味で、WSO を基本単位にする。260+52=312から、アラスカ・プエルトリコを除くと(そこには WSO はなしと仮定してみる)310となる。 $8,000,822/310 \div 26 \times 10^3 \text{ km}^2$ が WSO 1つの担当する平均面積である。一方日本の場合は $369,882/70 \div 5.3 \times 10^3 \text{ km}^2$ (官署の数には指定地区測候所も含む)となる。つまり、アメリカでは予警報の担当平均領域は日本の約5倍の広さとなる。さらにもう1つ計算してみる。 $369,882/11 \div 34 \times 10^3 \text{ km}^2$ (日本の1つの予報中枢



第7図 NMC の組織図。

がカバーする平均面積), $8,000,822/50 \approx 160 \times 10^3 \text{ km}^2$ (アメリカの1つのWSFOが担当する平均面積)となる。単純に言えば、アメリカの予報サービスの最先端であるWSOは、日本の1つの予報中枢がカバーする領域の0.8倍程度の広がりを受け持ち、1つのWSFOは日本全体の1/2~1/3の領域を受け持っていることになる*。もちろん気象台の数は、気象(候)学的見地からよりも州とか府県といった行政上の単位に大きく規制されるし、また地形の複雑さ(たとえば、日本は山地が多い、南北に細長く海岸線が相対的に長い、山脈をはさんで気候が大きく異なる等)の差による気象現象の発現の差もあるし、人口密度の差もあるので、上に求めた単純な平均値に大きな意味を持たせることはできない。しかし、気象庁は現在時間的にも空間的にも今以上にきめの細かい予報サービスを要求されているわけであるが、おそらくそれは世界でも最先端をゆく要求に挑戦せざるを得ない立場におかれていることを意味するのではなからうか。この場合には、総観的に把握し得る予想の改善と並んで、地形による天気現象の発現の差というような気候の知識を背景にした資料の積み重ねが重要なのではな

* アメリカは西部で州の面積が一般に大きい。産業も発達し、人口密度も大きくまた雨量も多い東部では州の面積が比較的小さいから、これらの数字は若干割引く必要があろう。

いだろうか。さて、話がいささか脱線したので本論にもどろう。

4. NMC の組織と機能の概要

NMC の組織を第7図に示す(数字は人数を示す。秘書等も含む)。各課の役割を簡単に記すと、

Long Range Prediction Group (長期予報グループ)

長期予報(1カ月先まで)の作成と長期予報技術の開発。

Development Division (開発課)

数値予報モデル(初期値解析も含む)の開発、成層圏・超高層の解析と研究。かの有名なN.A. Phillips博士は2年程前M.I.T. からここに移っている。

Forecast Division (予報課)

地上解析図の作成、地上予想図の作成、航空用悪天予想図の作成、雨(雪)の量的予想図の作成。

Automation Division (自動化課)

電子計算機システムの管理、各課の作業の自動化(解析図の自動化、グラフィックディスプレイの改善等)に対する協力・援助。

NMC をみて気づいたことを2つだけ記しておく。1つは開発部門の充実振りであり、他は電子計算機システムの効率的運用である。アメリカでは大学あるいは研究所でも、総観スケールの力学あるいは数値予報モデルの研究が盛んである。日本ではそのような実用面の研究・

開発はほとんど気象庁に限られている。その上さらに NMC の開発部門の充実を目をみはらせるものがある。第 7 図で開発課 51 名と記してあるが、そこから課長や秘書を除いた 45 名が純然たる研究者である。その内、主として成層圏の解析と研究に従事している 10 名 (upper air branch) を除いても、35 名が客観解析や 4 次元データ同化を含めて数値予報モデルの開発に従事している。35 名という数字は、気象庁の電計室でモデル開発に従事している人数よりはるかに多いことはもちろんであるが、日本全国の大学や研究所の関連する研究者を含めても、これに及ばないのではなかろうか。それでもなおかつ NMC では開発部門の充実に力を入れている (今秋 2 名増名の予定とさされた)。NMC は IBM 360/195 3 台 (コアメモリ、3 メガ・2 メガ・2 メガ) をルーチンおよび開発用に運用しているが、これが実に効率的に 1 つのシステムとして運用されている (もちろん昼夜フル運用)。もちろん周辺の小型機もあるが基本的にはこの 3 台で、データの集配信、NMC のルーチン数値予報モデルの計算、NESS のルーチン解析業務、天気図のプロット (もちろん天気図のプロットはすべて自動化されている)、ファクシミルの送信、NMC や NESS・NHC の開発ジョブ、システム全体の管理をすべてまかっている。数値予報の結果のファクシミルの送信も人手を介さずにコンピュータで自動的に行われている。これらの計算機を NMC の Automation Division で一元的に管理していることが、システムとして統一的に運用することを可能にしているのであろう。

5. WSFO での予報作業

筆者は独立した WSO を訪問する機会がなかったので、WSFO の様子のみを紹介する。予報作業が国により大きく異なるわけもないがあらすじを述べると、

(1) 担当地域 (大体、州) を対象にした明後日までの予報は、基本的には 1 日 2 回発表される。また 3 日～5 日までの予報は毎日 1 回発表される (日本は 1 週間先までの予報を週 2 回発表している)。

(2) 予想図・解析図 (地上天気図は 3 時間毎) は、NMC からファクシミルで送られるので WSFO 独自で作成する天気図類はない。なお解析図は地上天気図をのぞきすべて客観解析である。レーダ資料は合成図が NSSFC から送られてくる。また、もっとも近くのレーダの映像はファクシミルで自動的にえられるようになっているが、遠くのレーダについては、電話でダイヤルすると蓄積されている最新の映像がえられるようになっている。

(3) 発表する予報の目的別に予報官が配置されており、一般 (public) 予報官・航空予報官・海上予報官の 3 人 (内陸では海上予報官がない) が配置されている (航空を別系列にはしていない)。他に大河川の洪水の予 (情) 報、農業や大気汚染、山火事に関連する気象情報のサービスのために 2 人の meteorologist (予報官にあらず) が配置されている。

(4) 気象サービスのみを目的とする NOAA 独自の放送局を持っており、予報官あるいは補助者が吹き込んでいる。これは日本には全然みられないシステムなので詳しく紹介する (付録参照)。

(5) すべての WSFO が行っているのではないらしいが、ワシントン、D.C. の WSFO では電話 (4 本) によるサービスも行っている (これも吹き込みは予報官あるいは補助者)。この内 2 本は、アメリカ合衆国の東部および西部から各々 10 の主要都市を選び、その 2 日先までの予報を吹き込んでいる。

(6) 今日・今晚の予報には降水の確率予想 (0～100%) が付加されている。確率予想のための支援資料も NMC から送られる。現在では MOS 手法により計算されている。ここで MOS (Model Output Statistics) について簡単に説明しておく。地上および高層の各種気象要素の空間分布 (パターン) が与えられると、それにもとづきそれに対応する “天気” を指定するのが、天気予報作業の第 1 歩である (日本ではこれを “天気翻訳” と呼んでいるようである)。これをできるだけ客観的に精度よく行う方法として開発された統計的手法が、MOS である (NWS の Systems Development Office で開発された)。与えられた観測 (解析) 値と、それに対応する実況の天気分布の間に統計的關係式を導き、それを予想図に適用する方式がある (予想図が完全であれば望ましい結果が得られるという意味で Perfect Prog Method と呼ばれる)。これに対し最初からモデルの予想図と、それに対する実況の天気分布の間に統計的關係式を確立し、それをモデルの予想図に適用しようというのが MOS である。モデルの予想図に一定方向のバイアスがある時などはあらかじめその効果も加味できる (統計式の内に) ので、より有効であるといわれている。

ここで予報文の例をかかげる (早朝のワシントンポストに載ったもの。ワシントン、D.C. に対する予報)。

Today. Rain, heavy at times, through tonight, high near 80, lows in the upper 60 S. Chance of rain is 90 per cent through tonight (雨、今日・今夜とも時々強

し。最高気温 80°(F) 近傍、最低気温は 67°(F) ないし 68°。雨の確率今日今夜とも90%)。

Today. Variable cloudy, high near 80, low near 70. Chance of rain is 20 per cent today, 10 per cent tonight (晴れ、時々雲出る*。最高気温 80° 近傍、最低気温70°近傍。雨の確率日中20%, 今夜10%)。

ついでに5日先までの予報例もかかげる(火曜日早朝のワシントンポストから)。

Extended area forecast for Thursday through Saturday: fair on Thursday, but warm and humid with a chance of showers on Friday and Saturday. Highs will be in the upper 80s. lows in the upper 60s. Normal Washington temperatures for the period are a high of 88 and a low of 69 (木~土の延長予報。木は晴れ。金・土は暖かくて湿度高く俄雨ありそう。最高気温は87°ないし88°で、最低気温は67°ないし68°。この期間内のワシントン, D.C. の気温の平均値は最高88°, 最低69°)。

予報官の勤務は8時間の3交替制で完全に現業体制に組み込まれている。従って調査業務の時間といったものはなく、またそういう雰囲気もないとのことである。数年前日本気象学会では気象学研究の裾野を広くするという見地から、“地方における調査研究のあり方”というミーティングが行われたことがあったが、アメリカではそういうことが問題になる雰囲気はないようである。WSOには予報官は配置されず、meteorologistが1人で予報の発表や監視にあたっているとのことなので、業務内容もかなり簡素なものと推定される。

6. ハリケーンの予想について

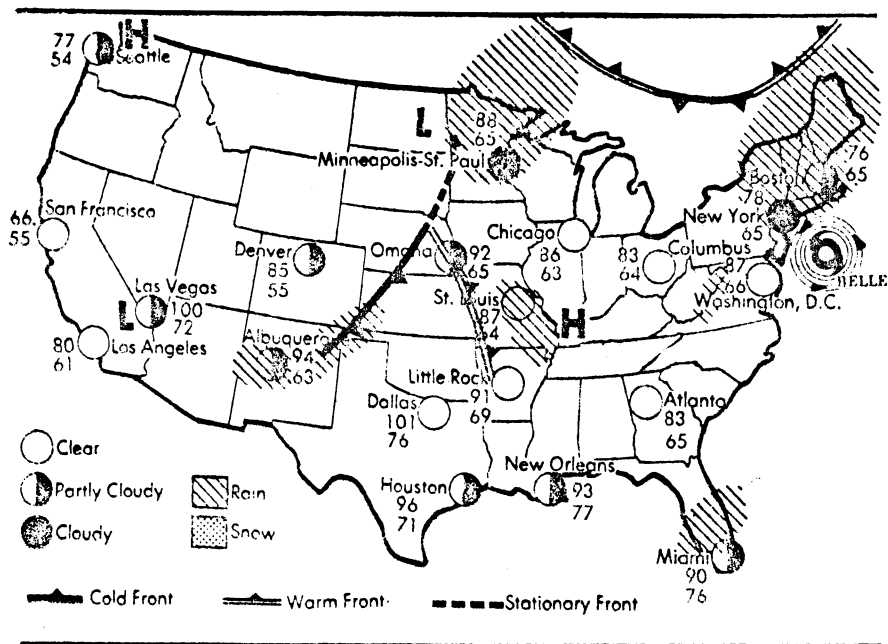
予報の実例をかかげたついでにハリケーンの予想について述べる(筆者はマイアミのみしか訪問していないのでそのみ触れる)。マイアミ大学の構内にある建物にはWSFO, RCTM, NHC, NHEMLの4つの機能が入っており、さらにNESSに属する人達も働いている。NHCの機能でみると、ハリケーン予報専任の予報官が5人、進路予想の研究に従事するもの2人、Automation関係3人と割に小人数である。シーズン中は気象衛星データ(アナログ変換後ワシントンから送られる)なども用い発生の監視を行う。発生の徴候が認められると常駐している軍に偵察飛行を依頼する(定期観測飛行は廃止

されている)。

進路予想ではNHCで開発された類似法あるいは統計的手法にもとづくモデルを4つ程用いている(計算はワシントンのIBM 360/195を使用)。またNMCで開発されたハリケーン予想用モデル(水平の格子間隔60km, 垂直11層, 水平のグリッド数51×51)による結果も参照する。最終的にどれをとるか、あるいは総合してどこにきめるかということは予報官にまかされている。なお現在はハリケーンの進路予想はマイアミで行っているが、NMCで開発した力学的予想法の見通しがついてきたので、予想センターとしてのNHCの機能は漸次縮少してゆく方針とのことであった。ハリケーンによる沿岸高潮の予警報はNHCおよびホノルル・サンフランシスコ・ニューオリンズ・ワシントン, D.C.・ボストンのWSFOが担当している(第1図参照)。

進路予想は72時間先まで一点で表示される。しかしこの予想は一般には発表されず、軍・赤十字・地方公共団体等、予想の信頼度を理解して利用する能力を持ち、しかもある程度の余裕を持って対策をたてる必要のある所に伝達されるとのことである(72時間先までの点予想を一般に伝えた場合、予想進路からはずれた地域の人々が安心感を持てはかえって危険であるからとてもできないとのことであった)。一般に対しては24時間先までの予想が発表されるが、それも予想位置の点は示されない。事実、筆者滞在中にアメリカ東海岸を北上しロングアイランドに上陸したハリケーンについて、ワシントンポストの記事を調べてみたが、位置を緯度・経度で示したり、予想進路を線で示したりする記事は見当らなかった。新聞天気図など今更めずらくもないがついでに示しておく(第8図)。ハリケーンが早朝にロングアイランドに上陸した当日の朝の新聞である。台風や低気圧の中心示度も記していないし等圧線もない。時刻も示していない(アメリカでは4つの標準時があるためか)。天気は予想が示してある。ハリケーンに伴う風の方向が矢印で示してある。テレビやラジオの天気予報(解説)でも同じことだが、アメリカでは気圧パターンとか概況といったものはほとんどふれられず、より直接的に、気温の変化・雨・晴れといった情報を伝える。日本では等圧線パターンとか中心気圧・位置等を律気(りき)に示し、読(聴)者にある一定の気象知識を要求しているようにもみえる。この辺は国民性の差であろうか。余談になるが、アメリカではラジオによる天気予報の放送密度が高いように思われる。筆者が愛用したチャンネル(ラジオ)では、強い

*曇りが主体に読めるが、新聞天気図では晴れの記号になっているので、このように訳した(よく確認しなかったことをお許しを)。



第8図 ワシントン・ポストにのった新聞天気図の1例。ハリケーンにともなう風の方向が矢印で示してある。

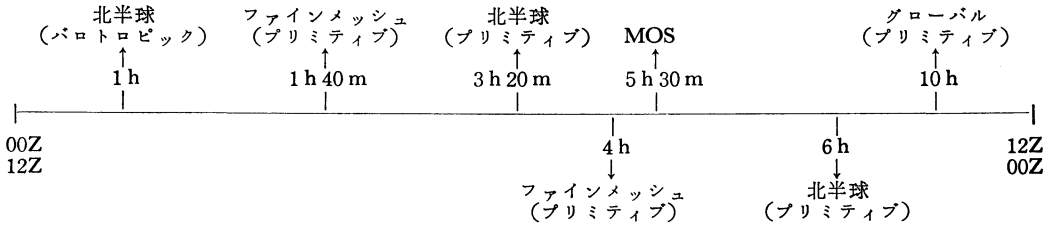
雷雨がある時などは10～15分に1回は交通状況や被害の状況なども含めて適切な気象情報を流していた。車社会であるから必要度が高いといってしまうばそれまでであるが、空間的にも時間的にも100%を期待し得ない予報であれば、実況放送的なサービスも、もっと重視されるべきであろう。ハリケーンが近づく報道機関が気象台から中継するのは日本と同じようである。NMCの予報課からの実況中継をテレビで見たが、アナウンサーの質問も予報官の説明も自由でくつろいだ雰囲気という感じであり、また放送局の人がかなり自由に状況説明をしているのが印象に残った。レーダの映像なども放送局で入手し自由に加工して伝えている例もあるような国柄だけに、放送局にも専門の知識を持つ人が多いのであろうか。

7. NMC の作業

気象台の予報作業の概要は前述したが、次にこれを支援するNMCの作業について述べる。NMCはモスコ・パリ・ブラックネル・オフエンバッファ等にもルーチン的にファクシミルを送っているが、国内向けにはNAFAX (WSFO・WSO および大学・研究所・放送局等のユーザーへ)、NAMFAX (航空会社・WSFOへ、航空用の予想図が主)、FOFAX (WSFOのみへ)の3

つのチャンネルを持っている。重複している資料もかなり多いが航空用の悪天予想図や成層圏の風の資料などはNAMFAXのみに、また風浪やうねりの予想図はFOFAXのみに含まれている。またFOFAXは他に比して気象衛星から得られる資料が非常に多い。現在はファクシミルとテレタイプが資料伝送に用いられているが、1980年頃までには、これを新しいシステムにすることが計画されている。この計画はAFOS (Automation of Field Operations and Systems) と呼ばれている。各気象台 (WSFO) にミニコンと大容量のディスクを備え、すべての資料をデジタルで送ることになっている。地方では必要とするもののみディスクから取り出すことになる。また気象官署以外に送られているファクシミルなどもできるだけ末端から分岐する計画である。中央の計算機だけでデータ処理を“centralizing”してきたこれまでの方式に対し、データ処理を“decentralize”し、各官署の自由度を高め資料利用の効率化を図ろうとするものである。

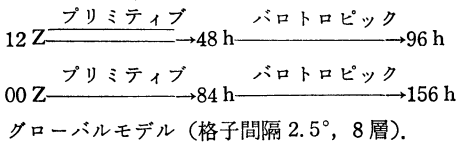
数値予報のルーチンシステムを第9図に示す。上段はアメリカ、下段は日本の場合を示してある。グローバルモデルは12時間先までしか予想されず、次の時刻の解析の初期推定値をうるために利用されている。アメリカの



第9図 数値予報のルーチン。

場合は全体にモデルの積分開始の時刻が日本に比して早い。北アメリカ大陸上のデータの入電が早い（ファインメッシュの場合）とか、アジア地域の入電が遅い場合には、12時間前の予想値を初期値として用いてもアメリカの予想にはあまりひびかないのか（北半球モデルの場合）といったことも推測されるが、よくわからない。モデルの積分時間は次の通り。

- 北半球パロトロピックモデル 36時間まで。
- ファインメッシュ（格子間隔 190.5 km, 格子数 53×45, 6層）48時間まで。
- 北半球（格子間隔 381 km, 格子数 53×53, 6層）。



12時間まで。

数値予報モデルで計算された結果はすべて12時間単位で地方へ流される。ただし48時間以降は72, 96時間の500 mb 高度図だけである。次に NAFAX で送られるこの他の主な図を列挙すると、

地上解析図（手描き）。北アメリカ域（3時間毎）、北半球域（1日2回）。

レーダー合成図。01, 04, 07, 13, 14, 16, 17, 19 Zを除く各時刻のもの。

地上（データのみ）。01, 07, 10, 13, 19, 22 Z。地上解析図にもデータは豊富であるが、これは航空予想のためのもので視程や雲の情報が密。

高層解析図。800, 700, 500, 300, 200 mb。00, 12 Z。

上に述べたものはデータプロットはすべて機械でなされる。地上解析のみは手描きであるが、来年からはこれも客観解析に移行する予定とのこと。次に人手を加えて作成される予想図をみでみる。

12・24時間地上プログノ。等圧線、前線、雲域、降

水（連続性・シャワー性）域、低層の悪天予想（航空用）、L・Hの移動方向を表示（1日4回）。

36・48時間地上プログノ。等圧線、前線、雲域、降水（連続性・シャワー性）域、L・Hの移動方向を表示（1日2回）。

降水の量的予想図。大雨予想域（6時間積算値）を0.5インチ単位の等値線で表示（1日4回）。

最高・最低気温の予想図（1日2回）。

航空用悪天予想図。地上～400 mb, 400 mb～150 mb (70 mb) の2種。（ ）内はコンコードの飛ぶ空域のみ。

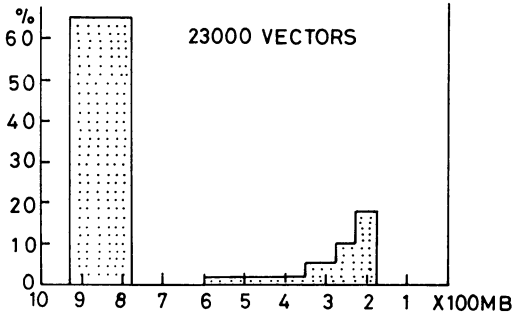
5日先までの予報のための資料としては（1日1回）、72, 96, 120時間地上プログノ、等圧線と前線のみ。同升降水量予想図、平年並・以下・以上の区分のみ。

同上最低最高気温予想図。平年偏差のかたちで4°F毎の等値線で。

ファクシミルはまだ多くの資料も含むが詳細は省略する。モデルが異なるだけで重複して送られている要素もあり、地方に送られる資料が多過ぎるのではないかという感じがしないでもない。“通常の天気予報作業に必要な総観場の予想図はすべて中央から送り、地方は大体それにフォローする。そして地方は実況を監視しながら、短時間予報（0～12または18時間程度）に重点をおくように”という意見が強いようであった。日本に比して日々の天気変化が比較的単純（地域的に）である反面、トルネードや強い雷雨といった、一刻を争う現象が顕著であるという事情も反映しているのであろう。

8. 気象衛星資料について

すでに触れたように、気象衛星から得られる雲分布図はファクシミルで地方にかなり送られている。またハリケーン発生の特徴をつかむためにも有効に利用されているし、天気図解析や航空用悪天予想図の作成にも大いに利用されていた。また NMC では軌道衛星から得られる気温の情報、静止衛星の雲の動きから得られる風の情



第10図 静止衛星の雲観測から決められた風の高度分布の1例 (1975. 8. 15~1975. 9. 12). NMC の Paul Leman 氏提供.

報を客観解析に利用している。ここでは静止衛星の雲の動きから風を求めることについて、NESS がルーチンに行っている方法を紹介する。NESS では、(1) 雲の形の相関をとって自動的に雲の移動を計算する方法と、(2) ループフィルムをみながら人間の目で雲の移動をきめる方法の2つを併用している。(1)の方法はまったく自動的に行われるので雲の高度の情報は無い。そこで、雲写真をみて間違いなく低層の背の低い積雲と確認されるものについてのみ得られた情報を生かす。風の高度は 900 mb とみなされる。(2)の方法では追跡した雲からの輻射の測定からその温度を算出し、他の方法で得られた気温の解析値と比較して、その高度（現在は気圧単位）が決定される。現在は、速さは 5 ノット、方向は 10° 、高度は 10 mb 単位で報じられる。NMC では衛星資料を用いて 4 次元データ同化のテストや衛星データの精度の検定（特に風の高度）が精力的に進められている。参考までに 1975. 8. 15~1975. 9. 12 の期間中に NESS から報じられた風（雲の動きを追跡して得られたもの）の高度

分布を、第10図に示す*。図でみられるように下層が圧倒的に多い。

9. おわりに

以上でおわりなのであるが、埋草を1つ。筆者が NMC 滞在中の 8 月に、コロラド州ボルダー市の少し北からロッキーマン国立公園に通じる大トンプソン峡谷で、集中豪雨による急激な出水があり、峡谷沿いのハイウエーにあった自動車や近くのキャンプが流され死者 100 名を越す大惨事となった。洪水は夜 8 時 30 分~9 時 30 分の間に起ったとされている。これに対しデンバー市にある気象台 (WSFO) は、強い雷雨と低地での洪水の可能性について一般的な情報 (Bulletin) を夜 7 時 35 分に発表した。問題の峡谷地方について急激な増水の警報を出したのは、すでに惨事の終わった夜の 11 時であった。NOAA から派遣された災害調査団は、近くの気象レーダの伝送システムに故障がありこれが警報の発表をおくらせたと主張し、一方デンバーの予報官は、レーダの映像には急激な強い出水を予想させるようなエコーは探知されておらず、現状では適切な警報の発表は無理であると主張していた（以上新聞より）。この件について NMC の 2, 3 の人に意見を求めたら次のような答が返ってきた。「あの峡谷はもともと危険が指摘されていた所である。そこにハイウエーを作りキャンプ場を整備し、事故が起ったらそれを気象台のサービスの不備にされてはかなわない。あんな小さいスケールの現象については無理だ」というものである。観光開発の目的で山岳に道路を整備し、災害を創り出しているかにみえるのはどこでも同じらしい。

この報告を記すに当り NOAA の組織について気象庁予報課の原田朗氏にお世話になった。お礼申し上げる。

* NMC の Paul Leman 氏よりいただいたもの。

付録

NOAA Weather Radio

このシステムは 1960 年代に recreational boaters に海上予警報を提供する目的ではじめられたが、現在は tornadoes や flash floods の警報の伝達をはじめ気象情報サービスの主要手段として充実されている。現在国内に 100 余の放送局があるが、1980 年迄には 300 余まで拡充される予定である。FM 放送であるが周波数帯は 162 MHz 付近で通常の商業放送のそれより高い。1つの放送局のサービスエリアは大体 40 マイル以内である。受信機は現在安いものは 50 ドル位で市販されている。通常は

主要地点の観測データや予想がテープに吹き込まれており、これは数分間続く。この内容は 24 時間、間断なく繰り返し放送される。severe weather の時にはこのルーチン放送は中断され、storm warning が放送される。これはテープまたは生放送で行れる。また特別にデザインされた “warning alarm” receiver set は予報官が放送の際ボタンを押す事により activate されるので、この set は病院・学校・工場・地方公共団体等で用いる事が望ましいとされている。また最近ではトルネードの多発地

帯では、この放送を有線 TV (cable television) にのせることも行われているとの事である。

ワシントン, D.C. の WSFO が担当しているバージニア州 Manassas からのレギュラー放送の内容を述べておく。

- i. Coast Gard Reports (40 秒, 3 時間毎更新, 8 ケ所のデータ).
- ii. Chesapeake Bay North of Point Lookout and the Lower Potomac River (30 秒, 6 h, 12 h, 18 h の 3 回更新).
- iii. Tides at Thomas Point Light (10 秒, 6 h, 12 h, 18 h の 3 回更新).
- iv. River Stages (30 秒, 1 日 1 回更新)
- v. Potomc River Forecast at Little Falls (10 秒, 12 h, 18 h に更新)
- vi. Washington, D.C. and Vicinity (2 日予報, 30 秒, 6 h, 12 h, 18 h に更新).
- vii. Washington Metropolitan Weather Summary (6 時間予報, 20 秒, 6 h~23 h の間毎時更新).
- viii. Observations (60 秒, 6 h~23 h の間毎時更新, 15 地点).
- ix. Radar Summary (20 秒, 6 h~23 h の間毎時更新).
- x. Explanation of Weather (20 秒, 6 h, 12 h, 18 h に更新).

- xi. 5-Day Forecast (20 秒, Day 3, 4, 5 は 18 h に更新, Day 1, 2 は 6 h, 12 h, 18 h に更新).
- xii. Mountain Forecast (10 秒, 6 h, 12 h, 18 h に更新).
- xiii. Resort Forecast (20 秒, 6 h, 12 h, 18 h に更新).
- xiv. Washington, D.C. and Vicinity (前出).
- xv. Washington Metropolitan Weather Summary (前出).
- xvi. Observations (前出).
- xvii. Radar Summary (前出).

1 サイクルの間に 2 回くり返すものもあるが、それぞれの項目毎にテープに吹き込まれ自動的に回転している。必要に応じ更新されるのは勿論である。吹き込みは主として補助者がやっているが予報官も行い、休日を利用してコロラドからワイオミング州を車で旅行したおりハイウェーで時たま weather information, turn on radio (気象情報, ラジオスイッチオン) という標識をみかけた。これなども 24 時間運用の気象専用のラジオ放送があつてはじめて可能なサービスであらう。

(注) この weather radio system は本来は気象サービスの目的ではじめられたものである。しかし家庭の居間に直接飛び込み得る唯一の政府機関の放送として現在は防空用の伝達システムとしてもオーソライズされている。

(666 ページのつづき)

に多くのじょう乱や雲の発生発達をうながすものと考えられ、生じた雲は 200 mb 以上における大気 (Equatorial Trough 内で発生する雲の雲頂高度はおおよそ 200 mb 位なものである) の冷却をうながす。それ故に、この地域の上部対流圏での南北の気温分布は南で低温、北で温暖となり、そこに強い温度傾度が生ずるために、強い Easterly Jet が形成されるというのが 1 つの説明としてあげられている (なお、チベット高気圧によって生ずる東西循環による Easterly Jet への影響には、紙面の都合でふれないが、この Tropical Easterly Jet の形成並びに速度の強弱に東西循環が大いに寄与しているといわれている)。

一方、アフリカ西海岸の Easterly Jet の生成についてであるが、これには巨大なサハラ高気圧の効果があげられている。すなわち、北半球夏季にサハラ地域には、アハガル高原やチベスチ高原とそこに広がるサハラ砂漠によって生じた熱的な高気圧と力学的な高気圧が一緒になった巨大なサハラ高気圧が、準定常的に存在するようになるが、このサハラ高気圧の効果があたかもチベット高気圧のように作用するものと考えられている。しかし、いづれにしても前述したように確証されたものでない。1979 年におこなわれる MONEX の観測によって明らかにされる重要課題の 1 つなのである。

(飯田睦治郎)