



気象情報システム*

窪田 正 八** 森

博** 大 滝 俊 夫**

1. システム概説

気象情報システムは、1)地球大気を観測するシステム、2)観測された結果を通報し集信するシステム、3)これら通信システムを通して入手した資料を処理し、気象情報システムの目的に適った情報に変換するシステム、4)これらの情報を必要な方面に適時適切に伝えるシステムから成り立っている。

コンピュータの進歩に伴い、気象情報システムもまた機械化され、システム化されてきたが、上述の4つのサブシステムのうち、観測、処理の部分に手作業が残っているばかりでなく、情報の外部伝達の部分と各サブシステムの接続に未解決の問題をかかえている。

気象情報システムの目的は、気象現象を不断に監視し、各種の実況値や長期・短期の予想資料を提供して、国民の社会活動、防災活動、経済活動に有効な情報を供給することである。

これらの諸目的にあうように上記のサブシステムを網羅するには紙数がないので、観測のうち大きな部分を占める静止気象衛星とアメダスについては、山田三朗氏の「気象観測と情報処理」***を読んで頂くこととして、ここでは予報作成に至るまでの伝送システムと処理および伝達システムについて述べるので図-1(次頁参照)を参照しながら読んで頂きたい。

2. 気象通信システム

気象業務は各国が協力して世界中の資料を集めている。このため、国際連合の下部組織である世界気象機関 WMO (World Meteorological Organization) に加盟し、国内回線、国際回線を整備し、通信とデータ処理のため気象資料自動編集・中継装置システム (Automated Data Editing and Switching System : ADESS)

を備えている。

WMO は世界気象監視 (WWW) 計画の一環として、データ回線と FAX 回線を整備し、地上の国内資料は国のセンターへ 20 分以内 (航空は 5 分以内、地震津波は早いほどよい) に集め、国のセンターからその国をはじめ数カ国を包含している地域のセンターへは 45 分以内にいき、更に地域センターを包含する世界センターへは 90 分以内に集められるように勧告している。したがって、コンピュータの使い方も蓄積伝送 (Store and Forward) 方式によることになっている。

2.1 ADESS の採用と拡充

気象庁は、昭和 44 年 3 月本庁にコンピュータによりデータの編集と処理をするシステム (ADESS) を作り、75 BPS 以下の回線での運用を開始した。更に、44 年 3 月には世界主幹線を 2,400 BPS で結ぶことができ、国内も 4,800 BPS を始めとする高速回線、10,800 BPS のファクシミリ回線に耐えられるように増強したのは 49 年 3 月のことである。

2.2 ADESS に接続している回線

ADESS に接続されている回線には図-2 (1032 頁参照) に示す国際気象回線 (主幹線、地域回線、地域間回線) と日本の国内気象回線とがある。

国内回線は東京をセンターとし、地方を一般と航空にわけ、更に一般は 11、航空は 5 つの地域にわけてそれぞれ地域中枢を置いている。なお、航空の国際空港関係だけは全国を一つの地域にまとめ、東京に中枢を置いている。それぞれの中枢には、自動中継装置を設置して 50 BPS、2~5 回線で ADESS とこの中継装置を結んで幹線を構成している。

全国 399 の端局は 50 BPS 回線で中継装置と結ばれ、そこを経由して直接東京センターへ観測データを送り、センターから編集処理されたデータを受信している。

なお、国内で使用している専用線は 355 回線で、その延長は 70,755 km に及んでいる。

* Meteorological Information System by Shohachi KUBOTA, Hiroshi MORI and Toshio OOTAKI (Forecasting Department, Japan Meteorological Agency)

** 気象庁予報部

*** 情報処理 Vol. 18, No. 3, p. 216

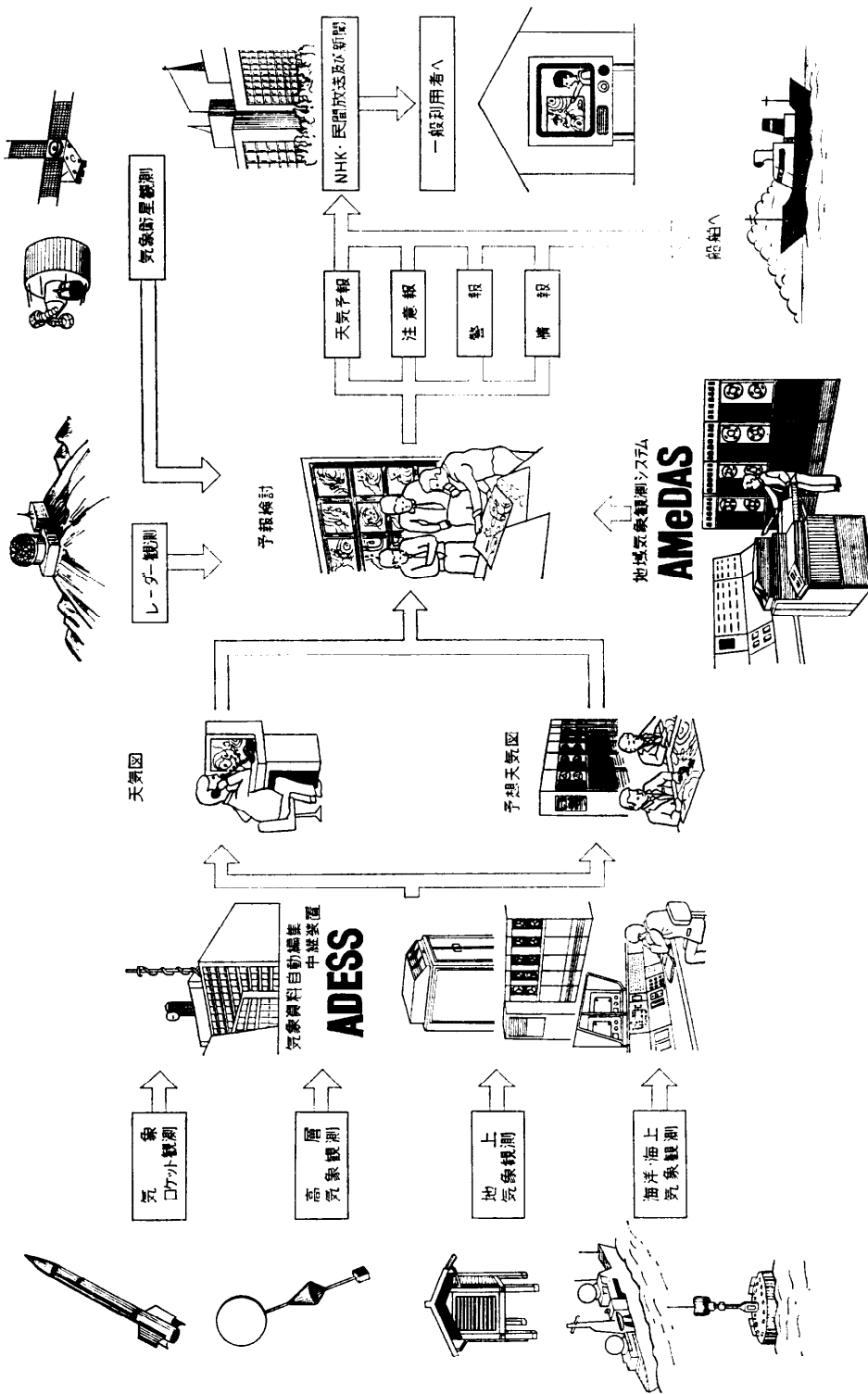


図-1 天気予報のできるまで

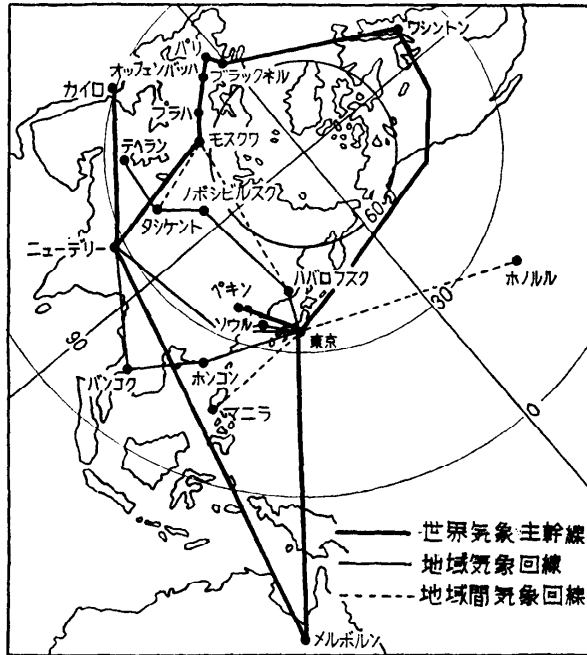


図-2 国際気象通信網

2.3 通信コード

大部分は 50 BPS, 6 単位 (気象コード, テレックスコード) の和欧文であり, 1 部に 50 BPS, 75 BPS, 5 単位 (No. 2 国際コード) の欧文を使い, 200 BPS 以上については 8 単位 (ISO コード) を使用している。

2.4 ADESS

ADESS は, 通信処理を行う計算機システムであり, 国内, 国際の回線を接続し, データは, テレタイプ, モールスにより, 天気図は, ファクシミリ (FAX) で, 送信, 受信, 中継, 編集を 24 時間休みなく行っている。

2.4.1 通信

気象データには, 地上, 航空, 海上, 高層, レーダ, 地震, 火山その他の種類があり, 定時又は臨時に通報される。地震, 津波のように, 他の通信を中断し, 割り込んで送られる緊急のものから, 気候資料のように急がないものまで多様である。

データは, 大部分が 5 字 1 群の数字で生まれ, 編集されるものを含め, 1 通 1,800 字以内に規制されてお

り, 観測内容, 地域区分, 観測時間を示す識別コードにより判別されるが, その種類は, WMO で決められたもの 10,000, 国内で使用するもの 90 があり, これにより編集され, 配信先が決められる。

天気図は, 東京予報センターで作られ, ADESS に入力されるが, データと同じく, 識別コードにより処理され, 放送として, 一定時刻に出力される。

2.4.2 通信量

ADESS に入出力するデータ量は, 1 日に約 2,500 万字, これと別に, 天気図の FAX 信号量をデータに換算すると, 1 日に約 12,000 万字あり, これらの大部分がスケジュールで処理されている。

2.4.3 加入局による ADESS 制御

国内の 11 中枢は, ADESS 加入席を持ち, この席より, リモコン方式で, 自局や, 自局管内のサービスの追加, 訂正, 削除, 停止, その他の変更を直接行うことができる。

2.4.4 モールス放送

船舶等に対するサービスとして, モールスによる気象放送がいまだに利用されている。このため ADESS より, 6 単位気象コードを出力し, モールスコンバーターにより変換, JMB*, JMC** のコールサインで常時 2 つの放送を行っている。

2.4.5 FAX 信号の圧縮

天気図 1 枚***の FAX 信号量は, 380 万ビットあり一般に, 3,600 BPS のアナログ方式で伝送しているが, この場合 1 枚の天気図を送るのに 18 分かかっている。

FAX の伝送時間を短縮することは, 気象の場合特に有効なため, WMO でも各国に開発を要請しているが未だ方式の統一が出来ず実用化されていない。

日米間でも, 計算機—計算機の 2,400 BPS 回線により, ランレングス法で約 1/3 に圧縮するテストに成功したが, この圧縮技術は進歩が急であり, その後当庁で, 2 ライン 1 括処理ランレングス法により 1/5 以下にするテストに成功している。

2.4.6 天気図の自動作画

ADESS には, 気象データが全て入電するのでこれらの中より, 各種天気図に必要なものを, それぞれ選択し, オフライン処理で, 大型プロッタにより, 天気図の自動作画を行っている。

* 国内気象無線通報

** 船舶気象無線通報

*** 457.2 mm × 558.3 mm

2.4.7 コンピュータ

ADESS は、国内センターであると共に、国際センターでもあり、24 時間運用のため、通信制御コンピュータと、通信ディスクは、2 台並列稼動(デュアル)とし、処理コンピュータは2 台を、デュプレックス方式として、1 台をオンライン、1 台をオフラインに使用し、障害時には切換え使用して業務の停止を防止している。

2.4.8 通信制御コンピュータ

TOSBAC-DN-340 4 台で、2 台を低速、2 台を高速と FAX に使用している。低速は 200 BPS 以下でデータに、高速は 1,200 BPS~10,800 BPS で、データと FAX を処理している。低速の分は伝送制御を行わないので、デュアルに組み、編集処理用オンライン機と 3 台で、多数決方式により事故機を判別し、自動切換や、データのつなぎ処理等を行っている。

高速の分は、データについては、伝送制御を行うが、FAX については、通信上で多少の誤りがあっても実害がないので、伝送制御は行っていない。

2.4.9 編集処理コンピュータ

TOSBAC-5400-150 2 台を使用、1 台はマスターとして、オンラインで通信制御計算機 4 台と組み、1 台はスレーブとしてオフラインに利用している。

2.4.10 磁気ディスク

通信制御コンピュータの低速用として 2 台、FAX 用として 2 台、編集処理コンピュータの編集用として 2 台をいずれも並列稼動とし、オンライン処理の信頼度を確保し、外にオフライン用として 2 台を使用している。

2.4.11 プログラマブルスイッチ

オンライン処理で、各ディスクを、通信制御コンピュータと、編集処理コンピュータからアクセスするための接続を、プログラム制御で行うスイッチで、7 台使用している。このスイッチで、デュアルの条件が成り立っている。

2.4.12 通信監視ディスプレイ

データ監視用として、1,200 BPS 以下の調歩同期回線、2,400 BPS 以上の同期回線、及び FAX 回線に、字号や、天気図を直接目視チェックするために、ディスプレイを使用している。4,800 BPS の場合、36,000 字/分の速度であるが、目視による監視には支障がない。

3. 解析中枢システム

昭和 34 年に、当時の大型コンピュータ IBM 704 が気象庁に導入され、数値予報がはじめられた。数値予報は、現在の観測値から、将来の大気の構造を大気モデルを設定して計算する一種のシミュレーションである。これを現業で行おうとすると、入力と出力の時刻が一定している時間制約内の処理となるから大気モデルが改良され、複雑になるにつれて処理時間の増加となり、したがって計算速度が遅い、記憶容量が少ないという理由から、新しいコンピュータが要求される。すなわち、昭和 41 年には HITAC 5020/5020 F に、昭和 48 年には現用の HITAC 8800/8700 に取り換えられた。

世界各地から送られてくる気象観測データはアデスに集まり、その中から必要なデータが選択されて、解析中枢システムに 4,800 BPS の通信回線(庁内オンラインなのでモデムを使わず直流増幅方式)で送られてくる。このデータは数値予報の計算が始まるまで、磁気ディスクに貯えられる。計算は日本時間の朝晩 9 時に観測されたデータによって 2 回行われ、各回ともアジア地区と北半球領域についてはほぼ同じ手順の処理が実行される。次に処理過程の概略についてのべる。

3.1 デコーディング

デコーディングは、磁気ディスク中の各種気象観測データを分類し、計算に必要な要素を判読して、符号化されている部分を変換し、元の値にかえす。値のチェックを行ってから、再び磁気ディスクに記録する。気象データは陸上に多く海上に少ないので、これを補うため、予め手書きで解析*した天気図から、このような区域の適当な場所を選んでデータ読み取り、カードを媒体としてコンピュータに入力する。このデータはボーガス(にせ、いんちきの意)とよばれる。

3.2 客観解析

数値予報の計算は、流体力学や熱力学の微分方程式を階差微分方程式に置き換え、計算に使用する大気モデルでは大気を幾つかの層に区切って、それぞれの境界面上の格子点、あるいは境界面間の均一層上の格子点における値が用いられる。実際の観測データはチェック後、ボーガスとともに統計的な内挿によって格子点の値に直される。このとき、12 時間前の 12 時間予想値(ゲス値といわれる)が修正されるが、観測データの少ないところでは、ゲス値がそのまま使われる。こうして、初期値が求まると、予想計算に入るが、ここ

* 現在、計算機でいが手としている雲などの情報を使っている。

で初期値の分布状態を解析図として出力する。なお、格子点間隔はアジア地区の計算では約 150 km, 格子点数は 51×37, 北半球領域では約 300 km で、51×51 である。

3.3 予想計算

階差微分方程式を用いて予想計算を行う。1時間先の計算を行うのに、アジア地区では 18 回、北半球領域では 10 回のステップを踏み、また使用する微分方程式もいろいろな条件が加味されて、次第に複雑な形となってきている。

3.4 アウトプット (プロダクト)

解析図・予想図ともラインプリンタ、X-Y プロットが利用される。ラインプリンタでは予め地図が印刷されたストック・ホームにジラフ模様を打ち出す。印字された区域と印字されない区域の境が等値線を表わす仕掛である。また、等値線の座標は、コンピュータ内で、さらに細かく内挿されて X-Y プロット向きの情報に変換されて磁気テープに記録される。この磁気テープから、X-Y プロットによるオフライン処理で、白地図上に等値線など必要な情報が画かれる。これらの天気図はほとんどが、ラインプリンタの場合と異なり、1 図に 2 以上の要素が線の太さを変え、あるいはスポットで描画され、所定の時刻にファクシミリ放送で全国の関係官署に放送される。気象官署外でも同じ協同係数の受画機を持てば、利用ができる。事実、船舶・航空関係者の利用も多い。ラインプリンタによる出力は 1 日約 200 枚、X-Y プロットによる作図は平均 68 枚 (うちファクシミリ放送用 58 枚) である。

解析中枢では、以上の業務の他に、最初にコンピュータを導入したときの経緯から、午前中は計算センターの仕事を担当し、研究所からのリモート・バッチ処理も受持つ。気象庁の業務は広範多岐で、電離層を除く大気の大気諸現象、気象や地震に密接に関連する陸上や海洋の諸現象、地震ならびに火山現象、気象に関連する地面や地中の現象まで含むので、比較的アカデミックなものは研究所が行うが、ユーザのニーズに密接した比較的技術的な問題の解決は、主として担当課の仕事となる。したがって、一般業務のかたわら、研究開発業務に携わる職員の数は多く、そのほとんどがコンピュータの力を借りている。

次にシステムについて概略をのべる。

3.5 ハードウェアとソフトウェア

機器構成は主記憶容量 2 メガバイト・処理装置は HITAC 8800 と 8700, 入出力処理装置 2 基の下に、

ラインプリンタ (×6), カード・リーダー (×3), カードパンチ機 (×2), 磁気テープ装置 (×12, うち 2 は 7トラック, 556 BPI 用), 集団ディスク装置 (×1), 磁気ドラム (×2), 紙テープ・リーダー・パンチ (×1) がおかれ、この他にオフラインのパンチ機 (×11), インタープリタがある。そして周辺機器の過半数は、計算センター業務に利用される。

ソフトウェアについていうと、オペレーティング・システムは OS-7 と呼ばれる汎用のもので、若干業務処理に便利のように修正されている。このシステムには、もちろん、近代的な諸技術、バッファメモリ、仮想空間、パイプライン制御等が具備されている。

次にこのシステムをサポートする技術としては、汎用機であるため、ほとんどソフトウェアで行われる。数値予報を例にとると、すでに述べたデコーディング、客観解析、予想計算、アウトプットとそれに伴う細かいサブルーチン・プログラムがある。これらのほとんどはフォートラン語で書かれており、フォートラン語で出来ないインプット・アウトプットの一部および通信関係はアセンブリ言語が用いられている。

予想計算における計算不安定現象の回避、計算スキーム、熱現象や放射の導入、アウトプットにおける格子点の値から等値線座標情報の生成、およびインプットにおける初期値の充実と精度の向上が常に古くて新しい問題として残っている他、最近では飛行機や気象衛星データを利用する問題がサポート技術に浮び上っている。

4. 気象情報システムの問題点と改善策

気象庁の各サブシステムは、別々に巨大化してきたので、それらを統合し効率よくするのは簡単ではない。その理由は、各サブシステムの機種がばらばらであり、主たる仕事がオンライン現業業務であるということである。さて、通信システムについて問題点を考えると、

4.1 データ集配信のスピードが 50 BSP という低速であり、中枢と端末は直列に一層ずつの集信ということもあり、集信に 15 分かかっている。

現在計画されているレーダーのディジタル情報の伝送に至っては 2 時間 45 分かかるとなるので問題にならない。

4.2 FAX の伝送は短波を使っているが、受信の不良不能などの障害が避けられず、したがって業務の無駄が多く、業務系列を悪くしている。

4.3 天気図の自動プロットも、オフラインでは全資料が入力してから出発するのでオンライン方式にして入力が終わった時点で作図が終るようにするのがよい。

以上の問題点を総合的に改善するには、ADESSの拡張、地方中枢へのコンピュータの導入、通信の高速化と安定化（有線）の3方策が考えられよう。

次に、解析中枢システムについていうと、

4.4 このシステムの主業務は数値予報という科学計算であり、通信は2次的になっているので、将来トラフィック量が増大すると、誤の起こる確率が大きくなるので通信専用コンピュータを付置するなどの措置が必要になろう。

4.5 大気予測モデルの精密化、長期と短時間予測の需要から超高速処理能力（HITAC 8800の10倍以上）が求められている。対策としては、ハードの改善、多数プロセッサによる並行計算処理の導入、計算スキームの改善の3点が考えられよう。

4.6 国産超大型計算機は科学用計算機としては不適などところがあるので、IBM 事務計算機指向からサイバーシリーズに指向させるのがよい。

4.7 ADESSと解析中枢システムを統合システム

として考えるときの改善措置としては、

4.7.1 単能機を並べてモニターコンピュータの制御の下におく方法と

4.7.2 現状の延長線上にハードの資源を効率よく動かすロードシェアを検討する方法の2つが考えられるが、衛星システムとの関連も含め大方のお考えを伺いたいところである。

5. 気象業務の社会へのサービス

気象業務が社会へ提供しているサービスを大別すると、

5.1 地球上の大気を観測し、得られた資料を適宜処理し蓄積し必要方面に配布する。各種計画に供する統計資料はこれに属する。

5.2 各種予測資料を作成し、防災活動、経済活動に有用な情報を提供したり、日常生活を快適にするための寒暖・晴雨の予測資料を提供することの2つになるが、いずれの場合も情報の適時適切な提供は重要であり、各種情報の精度の向上、社会の要求に見合った情報の表現、情報の劣化を防ぐためのシステム化は肝要なことであると考えている。

(昭和52年5月31日受付)