

第1章 はじめに

1.1 研究の背景

(1) 社会的背景

社会の高度情報化に伴い、気象情報についても社会から時間的・空間的にきめ細かく精度の高い予報や防災情報の提供が求められている。このような状況に鑑み、気象庁では気象情報の高度化に関して気象審議会に諮問した。18号答申としてまとめられた気象審議会の要請を受け、気象情報の高度化に向けて積極的に取り組むことになった。

(2) 新領域数値予報モデル

近年数値予報は目覚ましい発展を遂げてきた。特に日本列島周辺を約30kmの格子間隔で覆う日本域モデル(JSM)は関東地方の北東気流悪天等、これまで予測困難と考えられていた中規模擾乱をかなりの程度予測できるようになった。格子間隔をさらに細かくすれば一層の精度向上が期待され、新しい領域モデルの格子間隔は約20kmに設定された。ただし、領域はほぼこれまでのアジアモデルの領域である。

(3) 情報伝送網の発達と格子点値の自由化

数値予報の格子点値は今まで気象庁本庁のみで利用できるだけであったが、伝送網(L-ADESS)の拡充により地方の気象官署はもちろん、気象資料支援センターを通じて部外機関でも入手・利用可能になった。これにより、配信を受けた気象官署や民間の事業所では種々の予測資料の作成が可能になり、数値予報の格子点値を利用した予測技術への関心が高まってきた。

1.2 研究の必要性

(1) MOS方式によるガイダンスの課題

約20kmの格子間隔を持つ新しい数値予報で予測可能な擾乱は、水平スケールが100-200km以上の擾乱である。従って新しい数値予報でも約20kmの格子間隔の天気分布を数値予報のみで予測することは困難である。そこで数値予報の出力値を用いて、任意の地点を客観的に予測する技術が必要となる。数値予報による予測値と過去の観測値から重回帰式を作成して予測する方式は狭義にMOS(Model Output Statistics)と呼ばれているが、これまでこのMOS方式を中心とする統計手法が用いられ、予報官への支援資料として現場で利用されてきた。

MOS方式によるガイダンスは10年以上の長きに経って予報の現場で使用され、安定した実績がある。しかし、MOS方式によるガイダンスは数値予報の予測値を用いるため数値予報モデルが変更される度に予測式を作り直さなければならない欠点がある。すなわち、ガイダンスの作成に当たって統計的に有為な結果を得るために一定期間(約3年位)数値予報モデルの格子点値の蓄積が必要で、新モデルになっても直ぐには新ガイダンスを作成・利用することができない。

(2) 実況を反映した新ガイダンスの要求

これまでのガイダンスは予報の段階では数値予報のみを用い、観測値は用いられなかった。このため似た気圧配置が持続する場合、連日外れ続けることがあった。この欠点を是正するために、実況を取り込んで学習する機能を持った新しいガイダンスの開発が要請されるようになった。

(3) 予報官の技術の定式化の要求

アメリカでは予報官の能力を客観的に評価する心理学的テストを行った。その結果によれば、経験豊かで学識高い予報官の技術はすばらしいが、経験の浅い予報官の場合は予報成績がガイダンスより劣ることが示されている。優秀な予報官は少数である。また最近のように数値予報やガイダンスがきめ細かくなり、予測に用いる資料や検証のため

のデータが多くなってくると、個々のデータを整理・集約したり、数値予報やガイダンスを正しく評価・使用することができない予報官が多くなっている。このような事情から優秀な予報官の持つ経験や技術を獲得・定式化して利用すれば誰でもよい予報を行うことができそうである。現実には優秀な予報官を探しだし、彼等の経験や知識を抽出・利用することは容易ではない。また予報官に限らず人間は定量的知識をあまり所有していない事情もある。

最近知識を定式化して表現する人工知能技術が他の分野で利用されているので、天気予報の分野にも応用して、予報官の技術を客観的に定式化する手法の開発が求められている。

(4) 短時間予報の改善の必要性

ガイダンスは数値予報を基礎にしているので、数値予報と同様に立ち上がりが悪く6時間以内の予測精度が悪い傾向がある。そのため、短時間予報は実況を主体に予報する方法が採られ、現在降水3時間予報として実用化され、大雨注・警報等の発表に用いられている。しかし、2時間を越えると予報の精度は悪くなり、改善の要求が強い。又3時間を越える予報期間の延長技術の開発も求められている。

1.3 研究の目的

気象研究所予報研究部ではこのような気象情報の高度化を求める社会の要求やこの要請に応える気象庁の意向を受け、時間的・空間的にきめ細かい量的予測や防災情報の発表のための研究に取り組むことになった。従って本研究は、主として24時間以内の短期・短時間予報に関する予測技術に限定されている。

気象庁では短期・短時間予報の資料として、ガイダンスや降水短時間を実施してきており、すでに10年以上の実績を持っている。殆どの資料が中央である気象庁から地方へ発信されてきた。しかし情報通信技術の進歩により、多量の数値予報の格子点値を始めとするデータが地方や民間に発信される時代になり、ガイダンスも地方機関でそれぞれの機関の多様な目的に合わせて作成される必要性が出てきた。

このような状況から、本研究はどの種類の機関にも適用可能な基礎的技術についてなされたものであるが、特に地方予報中枢や地方気象台などの地方機関のガイダンスの開発を支援することを念頭において行われた。

1.4 研究環境の整備

(1) L-ADESSの導入

気象研究所は実際の現業ベースで予報作業を行っているわけではない。しかし本研究では多種・多量のデータを高速・効率的に処理し、注・警報等の防災情報や天気予報の作成を支援する地方予報中枢や地方気象台のL-ADESS上で稼働するソフトウェアを開発することを念頭に置いて研究を行う必要があり、気象研究所にオンラインで稼働するL-ADESSシステムを高層気象台経由で導入し、利用した。

(2) 静止気象衛星受信装置とL-ADESSの接続

降水短時間予報の延長や学習システムの構築に際し、静止衛星データの利用の有効性が期待される。このため静止気象衛星「ひまわり」の小規模利用局(S-DUS)の簡易型受信受画装置をL-ADESS装置とLAN接続することにより衛星画像データがデイテイル化され、L-ADESS上で数値予報やレーダのデータと合成して利用することが可能になった。

(3) L-ADESSと大型計算機との接続

L-ADESSを気象研究所内のLANと接続することにより、L-ADESSのデータを気象研究所の大型計算機で処理することができ、また大規模なデータ処理空間を構築することができた。

なお、これらの接続がL-ADESSに悪影響を及ぼさないよう、セキュリティーには十分な注意が払われている。

第1.1図に同システムの概要を示す。これによりこれまで入手できなかったオンラインデータを取得することが可能

になり、実況の観測データを随時取り込んで予報を修正していく学習方式のプログラムの開発が可能になった。また、全国のL-ADESSに先駆けてアメダス、S-DUS、レーダー画像等の観測値と数値予報の合成や人工知能技術を用いた量的予報の開発、データの面的並びに時系列表示等が可能になり、地方の現場と研究所の開発環境の整合が計られた。

1.5 客観的予報技術の歴史的概観

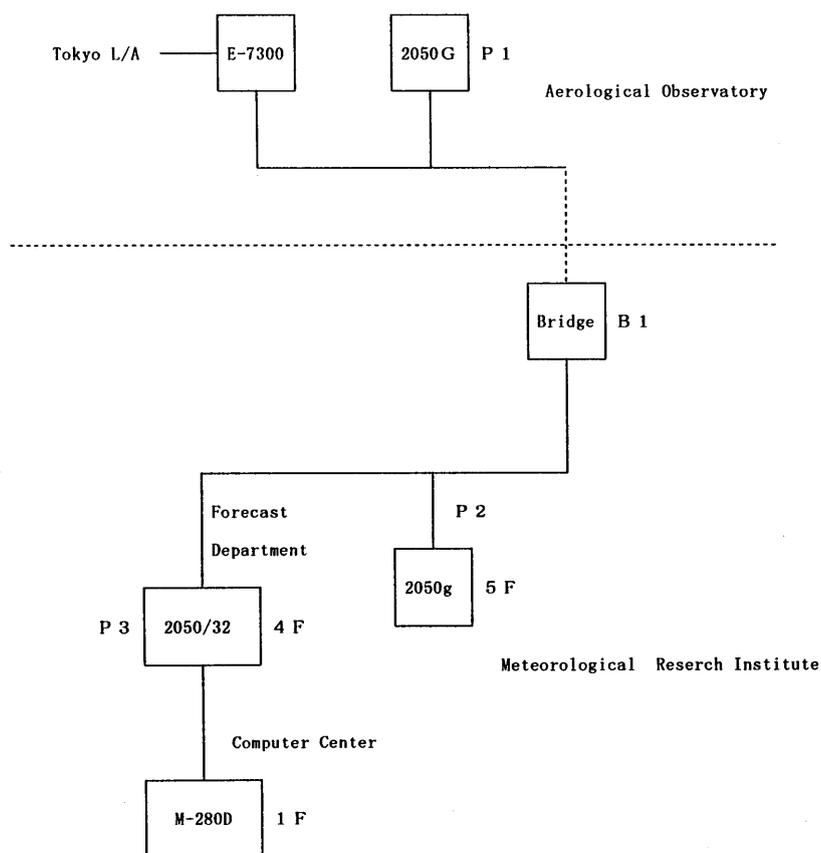
(1) 実験式による量的予報

気温、風、降水量等の気象要素毎に、統計的・物理的關係から作成された実験式を用いる予報は量的予報として、日本では高橋(1947)により始められた。その後、渡辺(1952)、粕屋(1964)等多くの調査がなされ、大半が予報作業指針(1970)としてまとめられ、一応の水準に達した。ところで、これらの実験式の多くが利用に当たって予測値を必要としたが、当時は良い予測値が得られなかったため、事前の実況値を使ったり(予報対象時間が実況値より遅れているのでLAG方式とも言われる)、予測値を仮定したりしたので精度が悪く、又手間が多くかかったことから、現在ではこれらの実験式は殆ど使用されなくなり、全国的にガイダンスに取って変わられるようになった。しかし最近では数値予報から精度の良い予測値が得られるようになったので、今後再び日の目を見る可能性がある。

(2) 重回帰式による量的予報

a. PPM方式ガイダンス

数値予報の進歩を受けて、アメリカでは1965年頃から重回帰式を用いたPPM方式により、格子点値を天気の詳細値に翻訳するガイダンスが天気予報の基礎資料として利用されるようになった。PPM方式は数値予報の初期値や高層・地上観測データおよびそれらを加工して得られるいくつかの因子を予測因子とし、予測対象時刻の実況値を被予測因



第1図 予報データ処理システムの構成

子として、予めこれらの関係を線形重回帰式によって表現しておき、使用する場合は求める対象時刻の数値予報の予測値を予測因子に代入して求めた被予測因子の結果を実際の予報に利用する手法である。予測式として用いられる線形重回帰式は仮予測因子群から選ばれた数個の予測因子から構成される。

本方式は数値予報モデルに改変があっても、特に予測式を作り変える必要がないと言われている。日本での最初の使用例として、新井・佐々木(1976)による東京の最高・最低気温予報があるが、予測式を作成する段階では解析値を使用する段階では予測値を利用するので次に述べるMOS方式に比して劣ると考えられ、また上昇流のように解析値では得にくい重要なデータの問題もあり、実用的には問題を内包している。

b. MOS方式によるガイダンス

数値予報のさらなる進歩を受けてアメリカでは、1970年代になってMOS方式が主流になった。

日本でも1970年代後半からMOS方式によるガイダンスが開発され、予報の現場で使用されてきた。1980年代にはMOS方式による降水確率予報が部外に発表されるようになった。

MOS方式はPPM方式の予測因子の代わりに数値予報のGPVおよびそれらを加工して得られるいくつかの因子を予測因子として利用し、それに対応する時刻の実況値を被予測因子として、予めこれらの関係を線形重回帰式によって表現しておき、その後新たに得られた数値予報の予測値を予測因子に代入して求めた被予測因子の結果を実際の予報に利用する。又PPM方式と同様に予測式として用いられる線形重回帰式は仮予測因子群から選ばれた数個の予測因子から構成される。

MOS方式はPPM方式に比べ、ある程度数値予報のくせが反映できるため、PPM方式より一般に精度が高いが、モデルの変更に敏感に対応できない欠点がある。

c. MOSとLAGを併用したガイダンス

予測因子の中に、事前の実況値を含んだ予測式で、三瓶(1984)によれば予測精度は一般にMOS単独の場合より高い。予測因子に実況をオンラインで入力する必要があるため、実況値が入るまで配信できない。このため中央作成のガイダンスには不向きであるが、地方では今後利用が増えると考えられる。

(3) 最近の客観的予測技術と本報告の目的

MOS方式を主体とするガイダンスの欠点を改善し、より高い予報精度を求めて新しい予測技術が出てきた。以下の章では次の内容を中心として述べられる。

a. 学習機能を持った予測技術

ニューロネットワークやカルマンフィルター等の学習機能を有する手法では観測データを取り入れながら予測式自体を修正していくので、新計算機への移行に伴うデータの蓄積期間を短縮することができ、またよく似た気象パターンが持続する場合のハズレを補正できる機能を持っている。

b. 予報官の技術の客観的定式化

予報官の技術を客観的に抽出・定式化するため、客観的にエキスパートシステムを作成・改良を行う技術について述べられる。

c. 降水短時間予報の改善

数値予報の翻訳に重点を置いた方式では短時間の予測は困難である。降水の短時間予報では初期値と予測手法の両者の精度向上が必要である。本文では初期値であるレーダー・アメダス合成値の改善に重点をおいて述べられる。