

Study on the Objective
Forecasting Techniques

BY

Forecast Research Department

気象研究所技術報告

第 39 号

客観的予報技術の研究

予報研究部



気 象 研 究 所

METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE, JAPAN

FEBRUARY 2000

Meteorological Research Institute

Established in 1946

Director-General : Mr. Takashi Nakayama

Forecast Research Department

Director : Dr. Sadao Yoshizumi

Climate Research Department

Director : Mr. Hiroki Kondou

Typhoon Research Department

Director : Mr. Shouin Yagi

Physical Meteorology Research Department

Director : Mr. Toyoaki Tanaka

Atmospheric Environment and Applied Meteorology

Research Department

Director : Dr. Tatsuo Hanafusa

Meteorological Satellite and

Observation System Research Department

Director : Dr. Tsutomu Takashima

Seismology and Volcanology Research Department

Director : Dr. Akio Yoshida

Oceanographical Research Department

Director : Dr. Takeshi Uji

Geochemical Research Department

Director : Dr. Katsuhiko Fushimi

1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki, 305-0052 Japan

Technical Reports of the Meteorological Research Institute

Editor-in-chief : Hiroki Kondou

Editors : Masakatsu Kato

Toshiro Inoue

Naoko Kitabatake

Masashi Fukabori

Naoko Seino

Yoshimasa Takaya

Osamu Kamigaichi

Tamaki Yasuda

Hidekazu Matsueda

Managing Editors : Hiroshi Satoh, Takafumi Okada

The *Technical Reports of the Meteorological Research Institute* has been issued at irregular intervals by the Meteorological Research Institute since 1978 as a medium for the publication of technical reports, data reports and comprehensive reports on meteorology, oceanography, seismology and related earth sciences (hereafter referred to as reports) contributed by the members of the MRI and the collaborating researchers.

The Editing Committee reserves the right of decision on acceptability of manuscripts and is responsible for the final editing.

©2000 by the Meteorological Research Institute.

The copyright of reports in this journal belongs to the Meteorological Research Institute (MRI). Permission is granted to use figures, tables and short quotes from reports in this journal, provided that the source is acknowledged. Republication, reproduction, translation, and other uses of any extent of reports in this journal require written permission from the MRI.

In exception of this requirement, personal uses for research, study or educational purposes do not require permission from the MRI, provided that the source is acknowledged.

Study on the Objective
Forecasting Techniques

BY

Forecast Research Department

気象研究所技術報告

第 39 号

客観的予報技術の研究

予報研究部

気 象 研 究 所

概 要

社会の高度情報化に伴い、気象情報についても時間的・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、気象庁では気象審議会の18号答申に則って一般予報については、予報領域を20km四方と細かくし、予想時間間隔も3時間と小さくすることにし、また注意報や警報等の防災情報もできるだけきめ細かく発表することになった。きめ細かい予報を行うためには、数値予報やガイダンスを観測実況に基づいて適時・適確に修正することが必要であり、予報官の作業に大きな負担が課せられる。人員増の期待できない現状では作業量の軽減に繋がる新しい機械化技術の開発が期待される。

このような状況を受けて、気象研究所予報研究部では観測実況により数値予報を修正したり、予報官の経験的知識を取り込んだり、また短時間予報の精度を向上させたりするための新しい機械化技術の開発を、人間の知能や知識を活用する人工知能技術や各種の統計解析技術を駆使して行うことになり、平成3年度～平成7年度の5年間に渡って経常研究「天気系の診断と客観的予報技術の応用的研究」を実施した。

本報告は、同研究計画の中の「客観的予報技術の応用的研究」に関する成果を取りまとめたものである。第1章では研究の背景や目的および客観的予報技術の歴史的概観、特にこれまで行われていたMOS方式との相違と研究の必要性について述べられている。第2章は人間の学習経験をコンピュータによって再現しようとした研究で、逐次学習に重点が置かれている。ニューロネットワークを用いて数値予報の結果を実況に基づいて修正する技術や、与えられたデータから分岐木を自動的に作成して予測を行う技術および分岐木をニューロネットワークに変換して学習させる洗練化の技術、またそのニューロネットワークを分岐木に逆変換する場合の可能性や条件等の各種の予測技術が紹介されている。第3章では中規模気象現象の予測を目的に人間の知識や経験を概念モデルの形に整理して、計算機可読型の知識に表現するエキスパートシステムが取り上げられる。また経験的知識に不足している閾値や確信度の客観化や知識の組み合わせ等のエキスパートシステムの客観化技術についても述べられている。第4章では降水短時間予報の改善のためにレーダとアメダスを用いた詳細な解析法について行った種々の改良が述べられている。第1章と第3章は野口晋孝が、第2章は小泉 耕が、第4章は牧原康隆が、それぞれ執筆した。なお、「天気系の診断」に関する研究は本研究と関連しているが、別に取り扱った方が混乱しなくて良いと考え、別途報告することにした。

最初、本報告は全体を英文で出版される予定であったが、諸般の事情で第4章のみ英文で他は和文という読みにくい形になってしまったことをお詫びしたい。

Summary

Highly information-oriented society today demands more accurate and detailed weather forecasts, warnings and advisories. According to the eighteenth report of the Meteorological Council in view of above situation, Japan Meteorological Agency(JMA) made a plan that weather forecasts would be issued three-hourly for every 20-km square area, and weather advisories and warnings be issued in as much detail as possible.

Timely and precise correction of numerical predictions and forecast guidance outputs based on the actual observation is indispensable for these reliable fine meshed forecasts. However, this correction is rather difficult for each individual forecaster to do appropriately. New techniques are required to help forecasters make an objective modification of these outputs.

This report deals with a part of the project, which is called Applied Study on Objective Weather Forecast Techniques. Chapter one is introduction, which describes the background and purpose of this study, the history of objective forecast, and problems on the Model Output Statistics(MOS) guidance outputs. Chapter two describes the machine learning techniques, especially the incremental learning methods, for example, Artificial Neural Networks which modify the numerical prediction data using the newly given observational data, the automatic producing of the Decision Tree with ID3 algorithm and the Entropy Net which converts Decision Tree to Neural Network and adjusts Decision Tree parameters using Neural Network learning algorithm. Chapter three describes an expert system that converts experiential knowledge and meteorological knowledge on meso-scale phenomena processed into a knowledge base that can be processed with computer. Chapter three also describes the techniques to objectively established criteria of rules of knowledge base and their reliability, and those to objectively combine the rules.

Chapter four describes the algorithms for precipitation nowcasting focused on detailed analysis using radar and raingauge data. N.Noguchi described Chapters one and three, K.Koizumi Chapter two, and Y.Makihara Chapter four. The authors would like to apologize for readers' inconvenience since papers, parts of which were introduced in other publications in advance, were assembled in their original languages into this report.

目 次

第1章 はじめに	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の必要性	1
1.3 研究の目的	2
1.4 研究環境の整備	2
1.5 客観的予報技術の歴史的概観	3
第2章 帰納的学習手法を用いた天気予測	5
2.1 はじめに	5
2.2 単純ベイズ法	5
2.3 ニューラルネットワーク	10
2.4 ID3による分岐木の自動生成	20
2.5 分岐木とニューラルネットワークの相互変換	24
2.6 まとめ—客観予報技術が抱える課題	28
付録A. 逐次学習の必要性と可能性について	29
付録B. ニューラルネットワーク応用の最近の進展（1996年以降）	30
第3章 エキスパートシステムの気象予測への利用	35
3.1 はじめに	35
3.2 対象領域の選択	37
3.3 中規模気象現象の予測知識の獲得と整理の方法について	40
3.4 北東気流の概念モデルについて	43
3.5 北東気流発生予測のエキスパートシステム	46
3.6 客観的手法によるエキスパートシステムについて	57
3.7 まとめと展望	61
第4章 レーダーとアメダスの詳細解析に基づく降水短時間予報実況解析アルゴリズムの改善	63
4.1 はじめに	63
4.2 気象庁降水短時間予報システムの概要	63
4.3 気象庁降水短時間予報システムが利用するデータ	64
4.4 デジタル化されたレーダーエコーの各レベルに最適な代表降水強度	65
4.5 地上雨量計と複数のレーダーを使用したレーダー雨量修正の一手法	74
4.6 Z-R関係の修正および地上雨量に対応するレーダー雨量の推定に基づいたレーダー雨量の修正	96
4.7 レーダー・アメダス解析雨量の精度	99
付録(1)	109
付録(2)	110