

進化した気象情報サービス Weather-plus™

Upgraded “Weather-plus™” Weather Information Service

水谷 文彦

■ MIZUTANI Fumihiko

河原 智

■ KAWAHARA Satoru

和田 将一

■ WADA Masakazu

菅井 弘幸

■ SUGAI Hiroyuki

気象は、市民生活に密接に関係しているだけでなく、企業や組織体の日々の業務活動にも重大な影響を与えている。東芝は、このような企業や組織体の活動を支援するために、細密気象予測システムを用いた気象情報サービス Weather-plus™ を2003年10月から開始している。このたび独自のシステムインテグレート技術とデータ解析技術を駆使することにより、従来の細密気象予測システムを発展させ、予測対象領域の全国拡大と情報提供間隔の短縮を実現した。今後も予測システムの改良を図りつつ、社会インフラ設備との連携を深めることにより、社会に役だつ気象情報サービスの提供を目指していく。

Weather information services have become increasingly important, not only for the general public but also for companies and organizations engaged in business activities that tend to be affected by weather conditions.

Toshiba has been offering a weather information service called Weather-plus™ since October 2003, which provides weather data on a fine mesh with 5 km intervals. We have now completed an upgrade of the system in terms of data precision and timeliness of dissemination by introducing new algorithms employing real-time radar data as additional information for analysis, and have announced the commencement of upgraded services throughout Japan.

It is our hope that these services will be of help in developing subscribers' business opportunities.

1 まえがき

気象は、市民生活だけでなく企業や組織体の活動にも大きな影響を与える。企業や組織体の活動は幅広く、気象が及ぼす影響にも様々なものがある。

東芝は、これまで設備の供給などの形で企業や組織体の様々な活動を支援してきたが、これに加えて、情報提供という形態での商品を開発した。それが、2003年10月から開始した気象情報サービス Weather-plus™である⁽¹⁾。Weather-plus™は、それ単体でも情報サービスとして機能するが、上下水道分野などの社会インフラ設備と連携することにより、更に高い付加価値を生み出すことができる。

Weather-plus™は、様々な業務内容に合わせた支援が可能となるように、5kmメッシュというきめ細かい気象予測情報を提供できることが特長となっている。従来は、主に関東地方を対象として12時間ごとに1回の予測情報を提供してきたが、このたび独自のシステムインテグレート技術とデータ解析技術を駆使することにより、予測対象領域を全国^(注1)に拡大し、情報の提供を1時間ごとに1回の間隔に短縮した。

ここでは、これらの特長について述べる。

(注1) 沖縄・離島域は除く(2005年8月現在)。

2 予測対象領域の全国拡大

2.1 細密予測の核となる気象予測モデル

気象の影響を受ける企業や組織体の業務は多種多様であり、気象庁から提供される一般向けの情報だけですべてのニーズに応えることは困難である。そこで当社では、ユーザー個々のニーズに応えるうえでの基盤となる独自の気象予測システムを構築してきた。

気象予測の要となるのは、大気の状態を方程式で表現するソフトウェア“気象予測モデル”である。当社では、名古屋大学地球水循環研究センターが開発したCReSS (Cloud Resolving Storm Simulator)という気象予測モデルを用いることにより、独自の気象予測を実現している。CReSSは、積乱雲のような局地的な気象の高精度なシミュレーションに適した気象予測モデルであり、近年問題となっている局地的な集中豪雨の予測などにおいて特に威力を発揮する。

CReSSによる気象予測は、気象庁から提供される水平20kmメッシュの気象予測計算結果(RSM: Regional Spectral Model)を基に、水平5kmメッシュできめ細かく気象を予測することができる。

2.2 細密気象予測システムの大規模化

前述のとおり、当社は2003年10月に、気象予測モデルCReSSをベースとして気象情報の提供サービスを開始した。

このときの気象予測システムは、関東地方を計算の対象域としていた。こうした限定的な区域の計算では、台風や温帯低気圧の全体像をとらえることが難しいので、これらの大規模現象に伴う豪雨の予測には不向きであった。そこで今回、5 km メッシュの水平解像度を保持したまま予測の対象を全国に拡大している。これにより、大規模現象と局所的現象の相関を反映した、より精確な気象の予測が可能となった。

しかし、細密な気象予測を広域に対して行うには、広域の気象データを用いた膨大な計算量が必要となり、計算時間が長くなる。しかし、ユーザーにはすばやい情報の提供が

必要である。このような相反する要件を実現するのに、これまではスーパーコンピュータなどの高性能な計算機が必要であったが、近年のパソコン(PC)やそれらを統合するネットワーク技術の発展は目覚ましく、当社はこれらの技術をシステム化することで要件を実現した。

当社の気象予測システムでは、図1に示すような278個のCPUで構成されるPCサーバによる並列演算システム(クラスタシステム)を構築し、スーパーコンピュータに匹敵する演算性能を得ている。このシステムを使用することで、24時間以上先までの全国の予測計算を約2時間で処理することができ、ユーザーに対しすばやい情報の提供が可能となった。

全国域での細密化の効果として、このシステムによる予測結果の一例を図2に示す。この事例は、2004年10月に兵庫県豊岡市でバスが水没するなど大きな被害をもたらした台風23号の上陸と北上による降雨のようすを、その前日に予測したものである。この予測結果を実際の降雨のようすと比較すると、雨域の移動や強雨の位置を24時間前にかなりの確に予測できている。



図1. このシステムで用いたPCサーバ— PCサーバを高密度に集積したブレードサーバを用いて、278個のCPUで演算システムを構築した。
PC cluster of weather prediction system

3 鮮度の高い気象予測情報の提供

3.1 小刻みな予測を実現するデータ同化

2章で述べたとおり、この気象予測システムは空間的に細密なデータの提供が可能である。しかし、気象の数値予測には、本質的に次に述べる誤差が存在する。

- (1) 初期値の誤差 温度や気圧などすべての気象要素

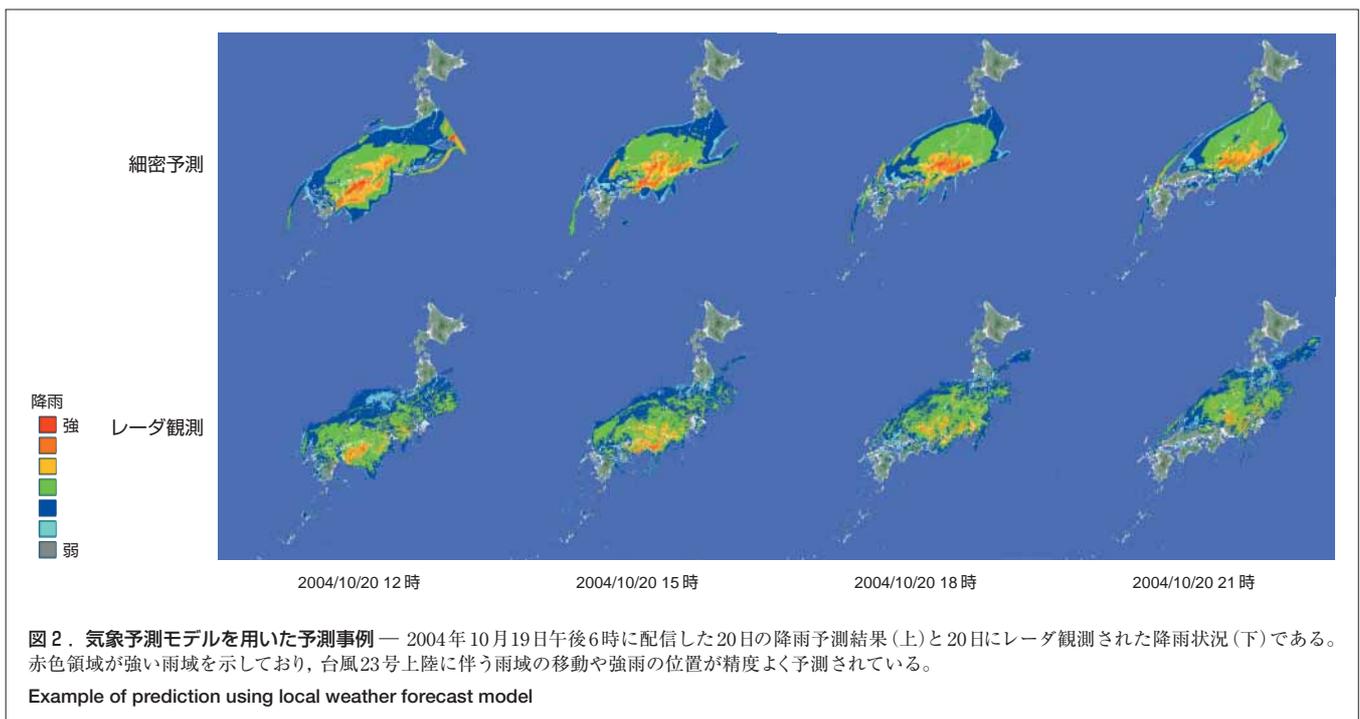


図2. 気象予測モデルを用いた予測事例— 2004年10月19日午後6時に配信した20日の降雨予測結果(上)と20日にレーダ観測された降雨状況(下)である。赤色領域が強い雨域を示しており、台風23号上陸に伴う雨域の移動や強雨の位置が精度よく予測されている。

Example of prediction using local weather forecast model

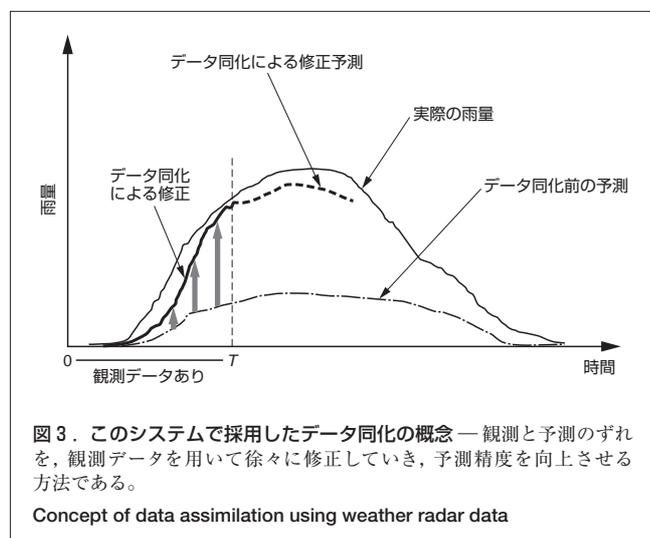
の完全な観測データが存在しないことによる誤差

- (2) 解像度による誤差 実際の空間は連続的であるが、数値予測を行う際に不連続な“空間格子点”だけについて計算を行うことによる誤差
- (3) 積分誤差 空間格子点と同様に、時間的にも不連続な時間間隔の計算を行うことによる誤差

これらの誤差により、予測先時間が短い場合は予測値の観測値に対する誤差は微小であるが、予測先時間が長くなるにつれて誤差が増えていき、いわゆる予測精度が低下する。従来は、1日2回の気象庁配信データを基に、24時間以上先を計算していた。これが予測精度の向上の妨げとなっていた。

一般に企業や組織体の活動においては、現在からほんの数時間先の高精度な気象予測情報が必要なことが多い。このようなニーズに応えるためには、予測情報を短い時間間隔で提供することにより誤差の累積を抑えることが効果的である。これを実現するには、常に最新の観測データを気象予測モデルに取り込むことが必要となる。このため当社では、非常に短い時間間隔で配信されている気象レーダのリアルタイム観測データを用いた、“データ同化”という手法を取り入れることとした。

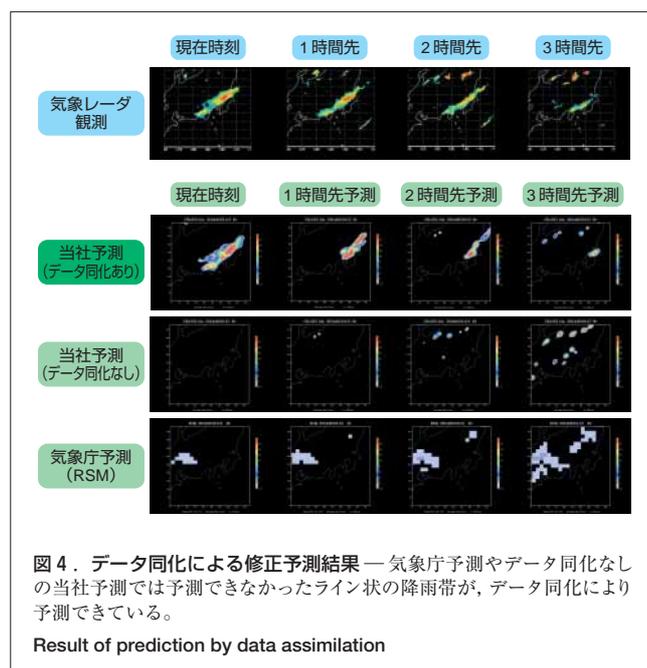
データ同化処理の概念を図3に示す。現在の時刻をT時点とする。データ同化を行う前の時刻0時点では、雨の量を実際より過小予測していたものとする(一点鎖線)。その後時間が経過し、時刻Tの現在、0からTの間のレーダ観測データを取得している。そこで、時刻0から再計算する。再計算の際には、気象レーダの観測データを予測計算に反映しやすいように加工処理を施しつつ、徐々に現実の雨量に合致するように予測値を修正していく。時刻Tにおいて、観測値と予測値を一致させるように修正すると、その後の予測は破線で示すように現実により近くなる。



3.2 気象レーダデータを同化した高精度予測

細密気象予測システムでは、気象庁が全国に配備している気象レーダと東京電力(株)のドップラー気象レーダの観測データを活用し、データ同化を実現した。気象庁の気象レーダにより観測される日本全国の降水量に加え、東京電力(株)のドップラー気象レーダにより観測される関東から東北にかけての風情報を1時間かけて集積し、1時間ごとに3時間先までの予測を修正している。この結果、1時間ごとに最新の気象予測情報をユーザーに提供できるようになった。

関東近辺のデータ同化による予測精度の向上例を図4に示す。気象レーダの観測情報には、帯状の雨域が見られるが、気象庁予測(RSM)やデータ同化を行っていない当社予測情報では、その雨域を予測できていない。しかし、データ同化を行った当社予測情報には、帯状の雨域を予測できており、情報提供間隔の短縮によって従来よりも的確な予測が行えている。気象レーダは、あくまでも降水粒子からの電磁波の散乱を観測しており、そのままではデータ同化には適さない面もある。しかし、この例からもわかるように、気象レーダの製造メーカーとして培った技術やノウハウが効果的なデータ同化を可能としている。



4 信頼性の高い自律型システム

このシステムは、1日2回の24時間以上先の予測や毎時行うデータ同化によって継続的に膨大な計算を行っている。ユーザーには中断なく情報を提供し続けなければならないことから、こうした予測システムの停止時間を限りなく小さくしなければならない。

そこでこのシステムでは、機器の故障が起きた場合には自動的にシステムを復旧できるオートノミック(自律)コンピューティングという概念を用いることで、可用性を向上させている。この概念を実現するには、次の四つの機能を自動的に実行する必要がある。

- (1) 機器状態のモニタ(Monitor)
- (2) モニタ結果の分析(Analyze)
- (3) システムの稼働/復旧計画の立案(Plan)
- (4) 立案した計画の実行(Execute)

このシステムでは、これらを実現するためにクラスタシステムを統合するミドルウェアであるDNCWARE™ ClusterPerfect™EX(以下、ClusterPerfect™EXと略記)を活用した。

このシステムは、図5に示すように、全国の細密予測とデータ同化予測を行う予測演算サーバ群、その制御を行う演算制御サーバ群、予測演算に必要なデータの受信サーバ群、情報提供のためのデータ解析・コンテンツ生成サーバ群と、更にそれらの可用性を高めるための待機サーバプールで構成される。

サーバの冗長構成は、通常1対1とすることが多いが、このシステムではM対Nの冗長構成を構築している。具体的には、待機系サーバをサーバ群ごとに用意するのではなく、N個の待機系サーバをすべてのサーバ群(M個)で共有使用する。これにより待機系サーバ数の台数を減らすことができる。また、この冗長構成においてClusterPerfect™EXは、あるサーバ群のサーバが故障した場合に自動的に故障判定し、プールしている待機系サーバのうち最適なサーバを故障したサーバの代わりとして割り当てる判断を行い、中断した演算処理などを再開する。これにより、サーバが故障した場合でも速やかに並列計算の実行環境を復元することが

可能となり、情報提供の遅延を最小限にとどめることができている。

5 あとがき

業務活動が気象に影響されるユーザーに対して、有効な気象情報を提供するために、当社は全国を予測対象とした細密気象予測や気象レーダデータを利用した鮮度が高い気象予測を行うシステムの構築に成功した。既にこのシステムでは、様々な技術の集積により、24時間365日の高精度な気象情報を安定的に提供している。また、今後も改良を重ねることにより、気象情報サービスWeather-plus™をはじめ様々な用途にこのシステムを活用できると期待している。気象情報を必要とするユーザー、とりわけ社会インフラ設備を持つユーザーに対して、様々な機器と有機的に連携する高付加価値な気象予測情報を提供していきたい。

謝辞

気象予測システムの開発においては、名古屋大学地球水循環研究センターとの共同研究により得た知見が生かされており、特に気象予測システムの中でCReSSが重要な役割を果たしている。開発に携わった多数の関係者各位に深く感謝の意を表します。

文献

- (1) 和田将一, ほか. 局地数値予報モデルによる気象ソリューション. 東芝レビュー. 59, 2, 2004, p.66-69.

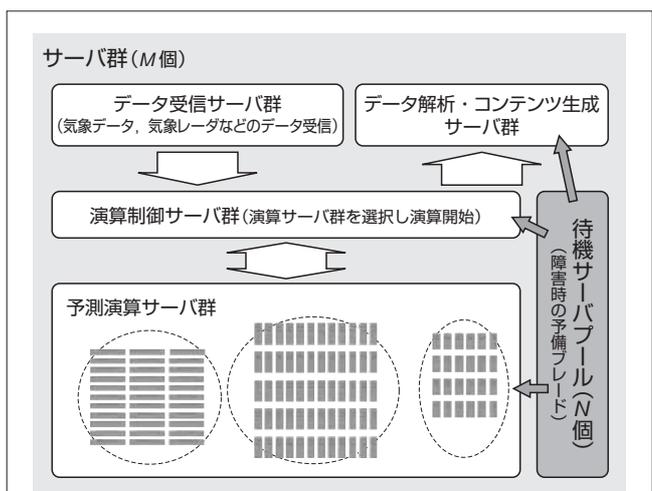


図5. このシステムのクラスタシステム構成 — M対Nの冗長構成をClusterPerfect™EXにより構築することで可用性を高めている。
Server integration with ClusterPerfect™EX

- | | |
|---|--|
|  | 水谷 文彦 MIZUTANI Fumihiko
社会ネットワークインフラ社 小向工場 レーダ・センサ技術部。
気象防災システムの研究・開発業務に従事。
Komukai Operations |
|  | 河原 智 KAWAHARA Satoru
東芝電波システムエンジニアリング(株) 第1技術部 技術第2担当主務。気象防災システムの開発・設計業務に従事。
Toshiba Electronics Engineering Corp. |
|  | 和田 将一 WADA Masakazu, D.Eng.
社会ネットワークインフラ社 官公電波システム事業部 電波システム技術部課長代理, 工博。気象防災システムのエンジニアリング業務に従事。
Defense & Electronic Systems Div. |
|  | 菅井 弘幸 SUGAI Hiroyuki
電力・社会システム社 社会システム事業部 公共システム技術第一部主務。上下水道分野をはじめとする公共分野のシステムエンジニアリング業務に従事。
Infrastructure Systems Div. |