

# オンライン雷予測システム

近年、急激な集中豪雨や雷雨などによる災害のニュースを目にすることが多くなりました。NTT環境エネルギー研究所では、雷の発生を直前に予測するシステムの研究を進めています。このシステムでは雷雲の変化を独自に予測しますので、実現すれば従来の雷ナウキャストよりも一足早く災害に備えることができるようになります。本稿では雷予測に用いられている2つの技術（画像処理による雷雲予測技術、統計処理による発雷予測技術）を中心に、システムの概要について解説します。

さとう ひろし すぎやま あきら  
佐藤 浩史 / 杉山 聡  
ばん ひろし  
伴 弘司

NTT環境エネルギー研究所

## IT社会における雷害

「地震・雷・火事・おやじ（本来は大山嵐とも）」といわれるとおり、昔から「雷」は恐いものの代表として挙げられています。近年、急激な集中豪雨や雷雨などによる災害が多くなり、人や家屋へ直接雷が落ちることによる被害に加えて、誘導雷サージ\*に起因する被害も問題になっています。特に後者は、IT社会の進展に伴ってLSIの低電圧化やネットワークに接続される電子機器の増加が進んでいることもあり、その被害額も年々増えています<sup>(1)</sup>。

さらに、変電所や送電線への落雷による停電や瞬時電圧低下も、情報通信システムに対して大きな被害をもたらすことがあります。雷害を完全になくすことは難しいですが、最近話題の緊急地震速報などと同様に、少しでも早く雷の発生を知ることができれば防災に役立つという考えの下、我々は雷を予測するシステムを研究しています。

\* 誘導雷サージ：電線や通信線の近くへの落雷によって電磁誘導が起り、ケーブルに強い誘導電流が発生するもの。

## 雷予測の分類と特徴

現状では、雷を予測するには大きく二通りの方法があります。

1つは気象数値予報から大域的な大気安定度を計算し、雷雲の発生しやすい環境ができるかどうかを判定する方法で、数時間から1日程度先の予測が対象となります。基となる気象数値予報自体が、空間スケールで10 kmメッシュ、時間スケールで3時間と粗い情報なので、雷予測の精度もそれなりのものとなります。

もう1つは雷センサと気象レーダを用いて、リアルタイムに雷の発生位置を標定しながら次の発雷を予測する方法です。必要となるセンサやデータが高価なものになりますが、10～20分程度先の短時間予測であれば、比較的高い精度で予測することができます。しかし、それも雷雲の移動予測が正しくできることが前提となります。また、あくまでも観測した雷のデータを基にするため、その雷雲の最初の発雷を予測することができないという問題もあります。

なおこれら以外にも、空港などではドップラーレーダという高機能気象レーダを用いて雷雲を3次元的に監視

し、運航計画に利用しています。しかし、データ量が多く通信コストが高いこと、広域をカバーできないこと、そもそもデータが公開されていないことなどもあり、現状では一般での利用はできません。

以上の状況をかんがみて、本システムでは雷センサを用いず、一般に公開されている気象レーダの降水情報のみを利用して高精度に予測する方法を採っています。その特長として、①10分刻みで30分先までの発雷危険度を1 kmメッシュで予測、②安価にオンラインで手に入る気象レーダのデータのみを利用、③市販レベルのPCで予測可能、が挙げられます。

## システムの構成

本システムはその内部が2つの部分に分かれます（図1）。1つは雷雲予測部で、画像処理技術を用いて雷雲の発達・推移・衰退を30分先まで予測します。もう1つは発雷予測部で、統計処理技術を用いて雷雲の状態から発雷の危険度を推定します。これら2つを連携させることで、30分先までの発雷危険度が分かります。なお、予測の基となる降水（雲）の観測データは、気象業務支援センタより10分間

隔でオンライン受信しています。以下、それぞれの技術の概略を説明します。

### ■雷雲予測部

雷雲予測には、「ダイナミクス・テクスチャ法（DT法）」と呼ばれるNTT独自の気象レーダパターン予測法を用います<sup>(2)</sup>。

気象レーダは降水現象を捕らえるセンサーです。上空に存在する降水粒子をレーダの反射強度を通じてセンシングし、定量化した雨の強さと広がりやレーダ画像として表示します。DT法は、この降水現象を画像パターンの変化という形で認識し、予測計算を行います。

画像は数多くの画素から成り立っています。レーダ画像では各画素の濃淡が雨量などを表します。時刻nの画像

から時刻n+1の画像を予測する際、従来法で多くみられる単純な方法では、画素が1対1対応になっています。一方、DT法では流体力学モデルにより、必ずしも1対1対応とはなりません（図2）。この特徴により、雨量の増減、すなわち、発達や衰退、雨域の移動が予測できるのです。

本システムではこのDT法を用いて、雷雲の動き、具体的にはエコー強度（降水の強さ）とエコー頂高度（降水粒子の最大高度）に対し、それぞれ10分後、20分後、30分後を予測しています。DT法自体はもっと先まで予測可能なのですが、雷雲のライフサイクルは30分程度と大変短いので、雷予測としてはこの辺りが限度となります。

### ■発雷予測部

次に、予測された10～30分先の雷雲の状態を基に、それぞれの時刻の発雷危険度をメッシュごとに求めます（図3）。本システムは現在のところ夏の雷（熱雷）を対象としています。この熱雷をもたらすのは積乱雲、いわゆる入道雲です。この積乱雲の発達具合が発雷を予測する際に注目すべきポイントとなります。

積乱雲は、①強い降水を伴う、②鉛直方向に上層まで発達する、の2つの特徴を持ち、それぞれエコー強度とエコー頂高度で様子を知ることができます。そこで、過去の発雷事例を数多く集め、メッシュごとに記録された2つのエコー値とその時の発雷数を照らし合わせ、統計処理を用いてエコー値と発雷の関係式を導出しました。この関係式を、オンライン受信した気象レーダ情報よりDT法で予測した10～30分先のエコー値に適用し、発雷の可能性を1kmメッシュごとに推定します。

一方、積乱雲は数km、大きいものになると数10kmにわたって広がります。さらに、雷は必ずしも鉛直方向に発生するとは限らず、数kmずれて落ちることもよくあります。したがって、発雷可能性はメッシュごとには完結せず、その周辺にも影響を及ぼすと考えられます。そこで、メッシュごとに推定した発雷可能性をその周辺メッシュになだらかに分布させます。本システムではこれらの可能性をそれぞれ足し合わせることで、最終的な発雷危険度としています。

### 予測事例および評価結果

#### ■予測事例

以上の2つの技術を基に予測した事例を紹介します。図4は2007年8月28日19時20分における10分先の予測

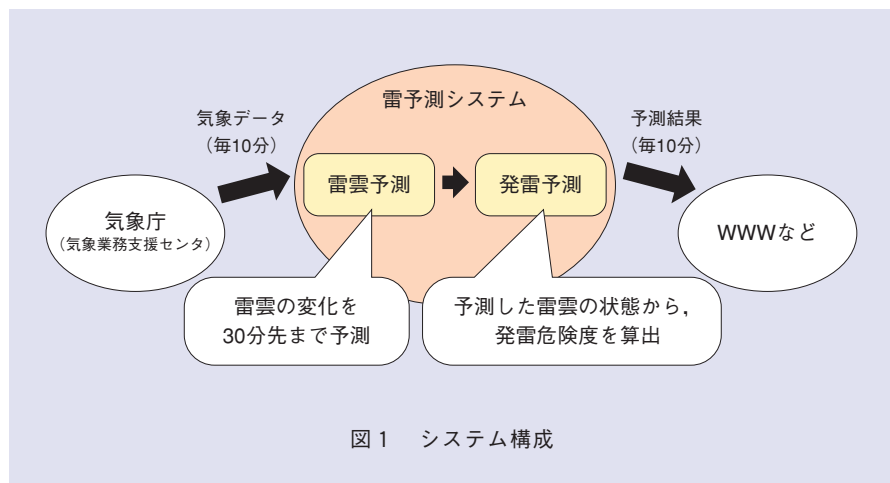


図1 システム構成

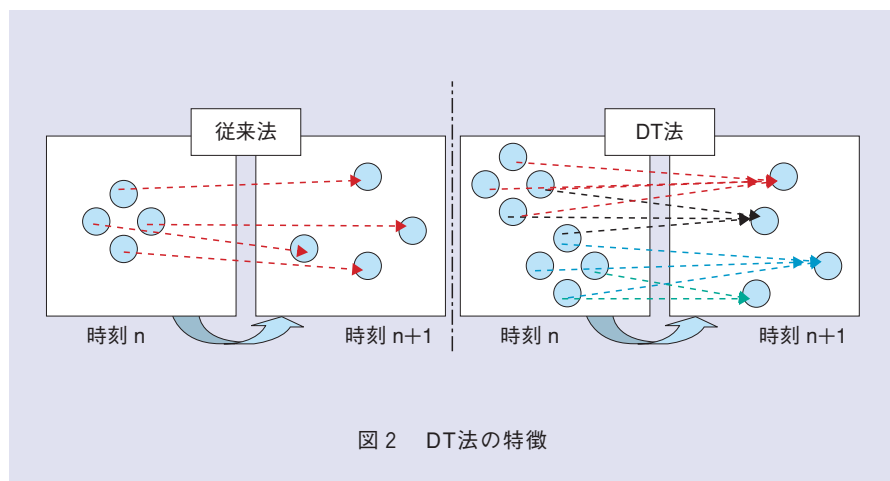


図2 DT法の特徴

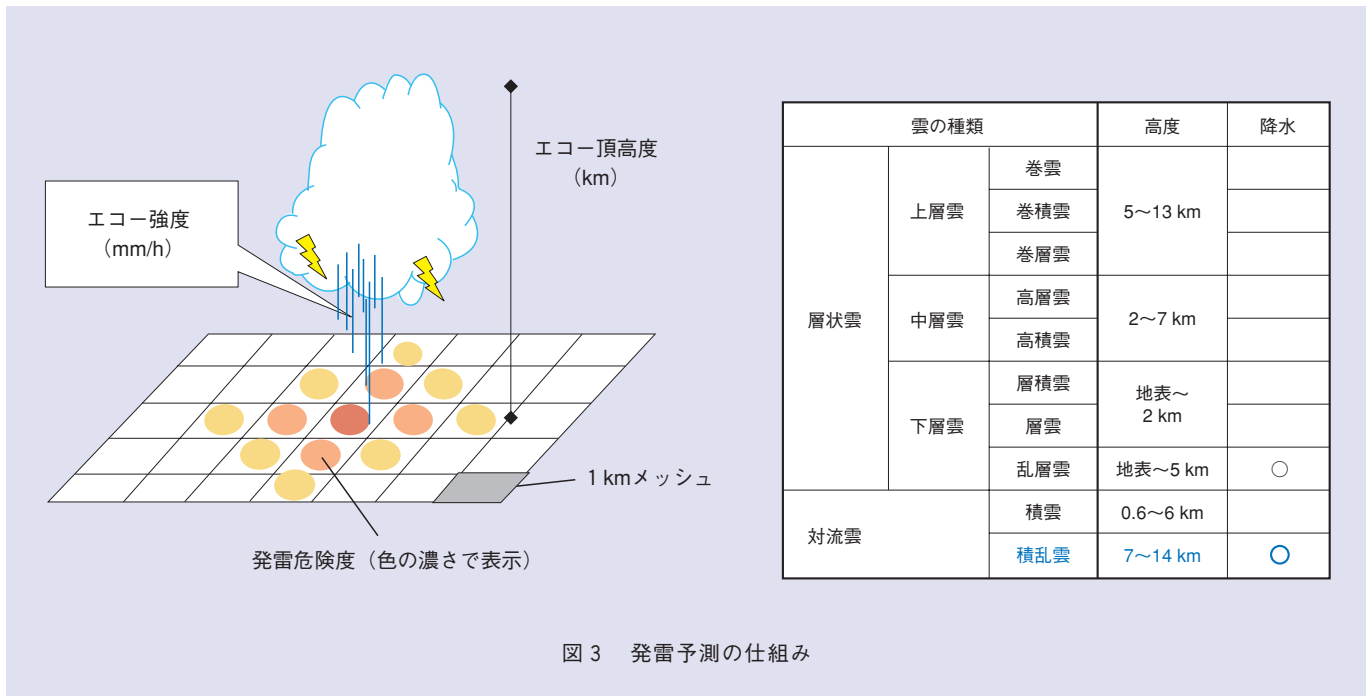


図3 発雷予測の仕組み

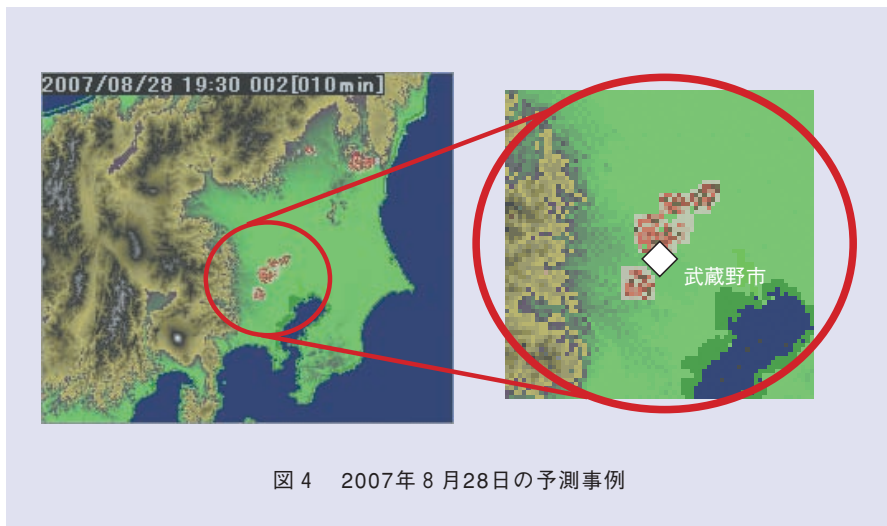


図4 2007年8月28日の予測事例

画像です。赤や黒で表された部分が危険な場所です。このとき、我々の研究所がある武蔵野研究開発センタ（東京都武蔵野市）でも瞬時電圧低下が起きました。ちょうど武蔵野市周辺が赤くなっており、発雷危険度が高かったことが分かります。

■評価指標および結果

発雷予測のような起きる・起きないの2値予測に対する評価指標として代表的なものに、適中率があります。しかし、雷のようにめったに起きない現象

を予測する場合、常に「起きない」と予測しておけばそれだけで高い適中率が得られるため、通常は適中率に代わり、CSI（Critical Success Index, スレットスコアとも呼ばれる）という指標を用います<sup>(3)</sup>。CSIでは、「起きない」と予測して実際に起きなかった場合は評価の対象とせず数に入れません。したがって、めったに起きない現象をピンポイントで「起きる」と予測できない限り高い数値にはならない、厳しい指標となっています。参考までに、

Web上で公表されている気象庁の翌日の降水予報（2006年）の結果<sup>(4)</sup>からそのCSIを計算したところ、季節や地域によっても変動しますが、大体0.5から0.6という値でした。

2005年の夏、関東で雷が観測されたある1時間に対して本システムの10分先の予測結果を評価しました。その結果、雷雲予測部および発雷予測部単独ではそれぞれCSIで0.5前後の値を記録しました。一方、これらを組み合わせ合わせた雷予測全体では0.3から0.4となり、クリティカルな用途には不足感があります。しかし、防災等の参考情報としては実験的に使用できるレベルではないかと期待しています。

■技術的課題

雷雲予測部の課題として、停滞前線などにおける局所的な発達・衰退の予測があります。DT法ではこの予測が難しいため、別の数理モデルの併用を検討しています。

発雷予測部については、入力条件の不足が課題となっています。エコー値は発雷の重要な要素ではありますが、



図5 将来のサービスイメージ

それだけで発雷するかしないかを明確に区別することはできません。今後、数値予報データを入力として追加する予定です。

### サービスイメージ

我々は雷を予測する計算処理の部分を中心に研究を進めていますが、この予測システムを情報システムと組み合わせることでさまざまなサービスが実現できます。例えば、Webサーバと組み合わせれば、ユーザがPCや携帯電話から予報を見ることができます。メール配信システムや携帯電話の位置情報システムと組み合わせれば、ユーザの携帯電話へ警報を発信するシステムも可能です(図5)。今後、こういったサービスを念頭に置いたシステム開発も進める予定です。

### 雷は増加傾向へ

我々は本システムの研究と並行して、

年間雷日数の10年単位での長期的変動についても分析しています。それによると、今後地球温暖化が進むにつれ関東の夏の雷も増加するとの見解が出ています。また、近年のヒートアイランド現象による雷雨の増加も無視できません。このことから、雷害対策へのニーズは今後ますます高まると思われます。

### 今後の予定

現在、次期バージョンのための予測技術の高度化を進めています。次期バージョンでは、より多くの入力データを扱うため、サポートベクターマシン(SVM)等の機械学習モデルの適用を行う予定です。すでに個別の予備実験において精度の向上が確認されています。

本システムはまだ研究実験段階ではありますが、今後さらなる精度およびユーザビリティの向上のため、研究を

進めていきます。

### 参考文献

- (1) 雷害リスク低減コンソーシアム：“雷害リスク,”ダイヤモンド社, 2003.
- (2) 境野・堀越・安達・鈴木：“流体モデルによる時系列レーダパターン変化の予測方法,”信学論, Vol. J82-A, No. 4, pp.550-562, 1999.
- (3) 立平：“気象予報による意思決定,”東京堂出版, 1999.
- (4) <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/index.html>



(左から) 杉山 聡/ 佐藤 浩史/  
伴 弘司

環境予測技術グループでは、画像処理や機械学習、センシングなどの技術を用いたさまざまな環境予測の研究を行っています。安心・安全な社会の実現のため、今後もより役立つ技術の創出に努めていきます。

### ◆問い合わせ先

NTT環境エネルギー研究所  
環境システムプロジェクト  
環境予測技術グループ  
TEL 0422-59-3422  
FAX 0422-59-5681  
E-mail sato.hiroshi@lab.ntt.co.jp