

雷の監視・予測技術の高度化への試み

XバンドMPレーダを用いた雷の監視・予測は可能か？



水・土砂防災研究部門 主任研究員 櫻井 南海子

はじめに

雷は、人身事故や火災といった危険な一面があり、日本では毎年数名の方が落雷が原因で亡くなっています。また、インフラの停止などによって私達の生活にしばしば影響を与えます。雷から身を守るには、正しい雷の知識を持ち、時々刻々と変化する気象情報を集めて適切に行動することが大切です。また、情報は、ユーザーの要求に適合したものであることが重要です。ここでは、現在、運用されている雷の監視や予測の技術と防災科研が取り組んでいる雷の監視・予測技術の高度化について紹介します。

雷とは？

雷は放電現象です。どうやって雲の中で電気を発生させるのでしょうか？雲内で電荷を生成するメカニズムは様々考えられていますが、ここでは最も有力な説を基に説明します。

雷は、積乱雲（入道雲）と呼ばれる背の高い雲から発生します。積乱雲は、強い上昇気流によって下層の空気が持ち上げられ、上空で空気中の水蒸気が水滴となることで形成されます。気温が氷点下の高度では、雨粒だけでなく霰^{あられ}や氷晶といった氷片（氷の粒）も形成されます。氷片は上昇流の中で周囲の過冷却水滴と呼ばれる水滴と衝突することで成長します。やがて上昇気流で支えきれないほど大きく（重く）なると、落下し始めます。この上昇中および落下時

に氷の粒同士がぶつかり合い、大きな氷片と小さな氷片の間で電荷の受け渡しが発生します。それぞれの氷片が帯電する電荷の符号は、雲水量と呼ばれる単位体積あたりの大気に含まれている水の質量と周囲の気温によって決まります。適度な雲水量がある場合は、気温が -10°C より低いところでは、大きな氷片はマイナス、小さな氷片はプラスの電荷が帯電します。このような氷片どうしの衝突が続くと、雲内に多くの電荷を蓄えることとなります。空気は電気を通さない絶縁体ですが、電位差が1メートルあたり300万Vを超えると、絶縁破壊という現象が発生し、空気中を電気が通る放電が始まります。これが雷です。雷には、落雷と雲放電があります。落雷は積乱雲と地面の間で電気が流れる現象で、雲放電は積乱雲内や異なる積乱雲どうしなどで電気が流れる現象です。

気象庁の雷ナウキャスト

ここでは、気象庁が、雷の監視や予測を行う雷ナウキャストについて紹介します。雷ナウキャストでは、雷の活動度を以下の4段階で表示しています。

- 活動度1：現在、雷は発生していないが、今後1時間以内に落雷の可能性がある。
- 活動度2：電光が見えたり雷鳴が聞こえる。落雷の可能性が高くなっている。

活動度3：落雷がある。

活動度4：落雷が多数発生している。

レーダ情報は活動度1と2で使われています。レーダは、雷を直接観測することは出来ませんが、雷を作り出す積乱雲内部の降水および風を広範囲・高時間分解能で観測できるので、雷の監視や予測に有効だと考えられています。特にレーダ反射因子と呼ばれる、積乱雲に向けて放射した電波が戻ってきた電波の強さの情報が使われています。たとえば、氷片の電荷分離機構に関係のある、気温が-10度となる高度のレーダ反射因子の値などの情報が用いられています。活動度1は、落雷を30分前の段階で90%以上を予測するように設定されているため、捕捉率が高い一方、空振り率も高いという難点があります。活動度2では雷が既に発生しているため危険です。私達は、活動度1と2の間を埋めるような情報（活動度1のリードタイムの長さや捕捉率には及ばないが適中率の高い情報）が必要と考えています。

発雷指標の高度化

防災科研では2台のXバンドMPレーダを関東に設置し、雷雲の推定および予測の改善に向けた取り組みについて研究をしています。雷は一瞬の現象であり、また、積乱雲内部の時間変化が激しいことから、防災科研では積乱雲内部を高時間分解能で観測するための特別観測を夏季に実施しています。レーダはパラボラアンテナを水平に回しながら一周ずつ仰角を変えつつ観測し、通常は3次元データの取得に約5分かかります。一方、私達は図1に示すように、積乱雲の存在する方向にだけアンテナを向けて観測することで、1分または2分といった高時間分解能で3次元データを取得しています。特別

観測によって取得した様々な積乱雲のデータを使って、雷をはじめ積乱雲からもたらされる現象の解明および予測技術開発等に活用しています。

MPレーダは、レーダ反射因子に加えて偏波パラメタとよばれる降水粒子の形状情報を反映した情報が得られることから、偏波パラメタ情報を用いて降水粒子を判別する手法の開発が進められています。私たちは、偏波パラメタ情報を用いることで雷と密接に関連している^{あられ}霰の検出精度の向上が期待できると考え、雷を監視および予測するための指標化（発雷指標）の開発を行っています。また、^{あられ}霰の形成に不可欠な上昇流情報に注目し、上昇流情報を用いた発雷指標化にも取り組んでいます。雷ナウキャストの活動度2にあるように、落雷が発生する前に雲放電が始まることがあります。私達は、MPレーダを用いて雲放電および落雷それぞれを予測する発雷指標を作成することで、雷の予測精度の向上に貢献したいと考えています。



図1 防災科研の2台のXバンドMPレーダで観測したレーダ反射因子の3次元分布。白・青・橙色の等値線は、それぞれ30 dBZ、40 dBZ、50 dBZのレーダ反射因子（降雨強度換算でそれぞれ3 mm/時、12 mm/時、49 mm/時）を示します。図中の赤球は防災科研が調査した竜巻による被害地域を示し、黄色の印は落雷位置を示します。図中の矢印は高度18 kmの高さを示すスケールです。図中の赤色と緑色の扇形は、MPレーダそれぞれの観測範囲を示します。地図情報は国土地理院地図（色別標高図）を利用。