

落雷予測システムの概念

池田 長康, 北村 岩雄, 村井 忠邦, 加藤 正,
増田 敦志, *若井 武夫, *酒井 勉

1. まえがき

古くからこわいものの順序として「地震, 雷, 火事, 親父」がある。阪神淡路大震災で改めて地震のこわさを思い知らされたが, 2番目の雷については一過性であるということもあり関心が薄いように思われる。地震に関しては気象庁をはじめ京都大学の防災研究所, 東京大学の地震研究所など, 国の予算を使って強ちに観測網を整備しつつある。一方, 3番目の火事については, 消防庁をはじめ地方自治体が常備体制を整え, 建物なども建築時から法律によって防火に努めてきている。しかし, 雷については, 国の防雷システムもなく, 各電力会社に依存しているのが現状であると思われる。停電の95%以上が不可避的な雷による停電であるにもかかわらず, 現在のオンラインシステム社会は瞬時の停電も許さないような仕組みになっている。このため各電力会社は電力供給の信頼性を確保するために雷に対して懸命の努力と対策を講じている。

富山大学の位置する北陸地方は我が国でもっとも雷の多い地域であり, しかも, いわゆる「ブリおこしの雷」という冬季に集中している。更に「一発雷」と云われているように夏季の雷に比べ100倍という極めて大きい電気を雷雲から地上に運ぶ対地放電である。従って, 落雷の被害は直撃落雷の場合は云うにおよばず間接的な電気誘導によって起こる場合も大きいという特徴を持っている。このため, 落雷の予測は不可欠の技術となって来ている。

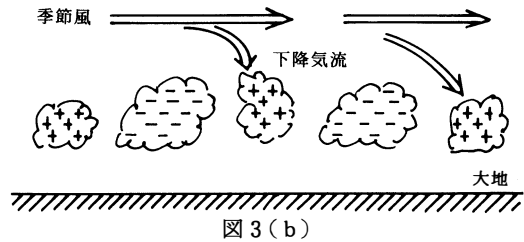
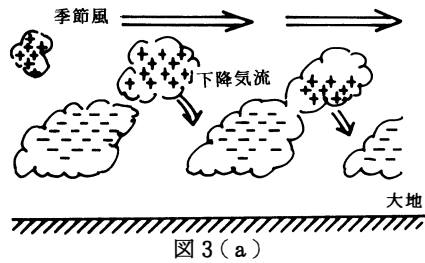
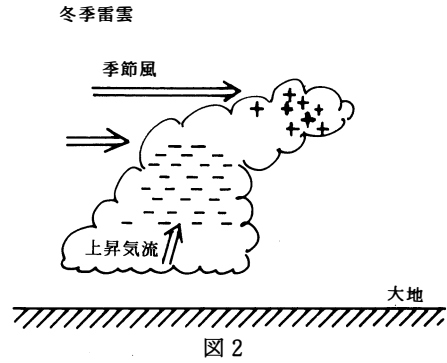
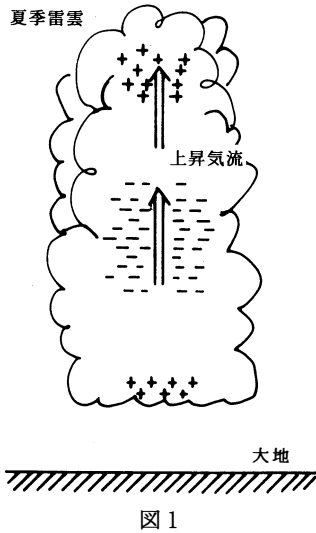
しかしながら, この技術は未だ手さぐりの状態であるが, 北陸電力, 電中研, 気象庁, 防衛大学校, 富山大学, 東京大学, 大阪大学, 金沢大学, 石川高専などが参加している冬季雷の集中観測などの研究努力により, 次第に発雷状況の把握が出来はじめてきている。富山大学は雷雲の電氣的構造とその分布状態の観測を中心に進めて来ており, 雲の電氣的情報をもって降ってくると考えられる雪や雨の電荷量と地上電界(最近始めたばかりである)の観測を行っている。

これら我々の観測とその結果の解析及びレーダー, ドップラーソーダーなどの気象情報を考慮することにより, 上空の雷雲内の電氣的構造が少し明らかとなり, 第4章に述べるシステムを用いれば位置では1 km以内の範囲, 時刻では10分~15分以内での落雷予測が可能であると考えられる。

2. 推測される雷雲構造

荷電分離した雷雲は気温で-10度付近を境に, 上方では正極性, 下方では負極性に帯電する。気温がこれより暖かい場合には逆に帯電する¹⁾。従って夏季では地上の熱で暖められて発達した雷雲では図1のように雲の上部に正極性, 中央に負極性が帯電し雲底には小さな正極性の電荷が存在する。一方北陸地方の冬季では, 強い季節風により発達する雷雲は雲の上方に正極性下方に負極性電荷がそれぞれ現れるのは夏季と同じであるが, 強い季節風に流され図2のような状態にあるのではないかと推

*北陸電力地域総合研究所



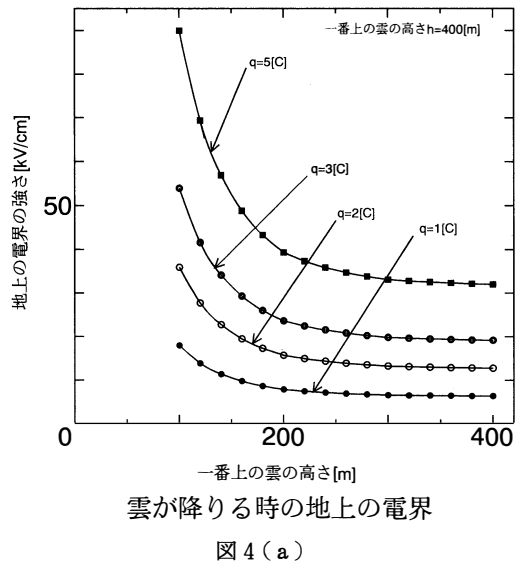
測されている²⁾。しかし詳細については今後の研究観測を待たねばならないが、我々は観測から北陸地方の冬季には暖かい海面と冷たい季節風のため昼夜関係なく連続して上昇気流による雷雲の発生があり、しかも、電気的な反発、吸引により図3(a)のような状態から次第に同図(b)のような電気双極子構造の状態に移るのではないかと推測している。

3. 推測される落雷構造

落雷は電荷の移動により、電荷密度の高い領域付近または周辺で電界が空気の絶縁耐圧よりも高くなり、絶縁破壊を起こす現象であると考えられる。この電界が大きくなる可能性のある過程を考えると、次のいくつかの過程が考えられる。すなわち、

- 1) 上空にあった電荷が下降気流に乗って大地に近づく。
- 2) 同極性電荷が下降気流に乗って雲底に蓄積される。
- 3) 雲中で荷電分離が起こり異極性電荷が飛び去り、同極性電荷のみが残る。
- 4) 電荷の双極子の多極性の電荷の一極性のみが消える。

という過程である。図4(a)は、同極性電荷が下降気流と共に大地に近すぎ蓄積された(2)の場合に



おける地上電界の数値例である。400mの高さから100mの高さに4個に別れて分布しており、それぞれ、1[C], 2[C], 3[C], 5[C]の電荷が100mまで降下してきた場合の地上電界を示す。2[C]もあれば100mの高さで平等電界の破壊電界を越えることが判る。

図4(b)は、(4)の電気双極子の場合の電界の数値例である。電荷中心より真下a200mの電界を求めている。電気双極子の間隔dは200mで電荷中心の高さhは500mとしている。図中のパラメータ α は隣の異極性電荷の割合を示し、この電荷の小さい場合ほど電荷を打ち消す量が小さくなり、電界の値は大きくなることが分かる。また図5に示すドップラーソーダーなどの観測から下降気流の存在と発雷とが大きな相関関係があることが判っており³⁾、これらは電界が増大する過程のモデルと矛盾しない。

また、積乱雲の内部には上昇気流の強い領域のすぐ周辺に強い下降気流の領域が必ず存在し、この領域では霰などを伴う強い降雨をもたらしている³⁾。我々の観測から静かな降雪より霰混じりの降り始めの降雪の方が強い電荷を帯びることが判っている。このようないくつかの状況証拠から、落雷は上述した電荷を持った雲の塊が下降する過程で起こると考えられる。しかも、北陸地方の冬季は季節風と共に続々と雲がおしよせて来るため一つの電荷をもつ雲の付近には同極性の大きささまざまな電荷を持った雲が

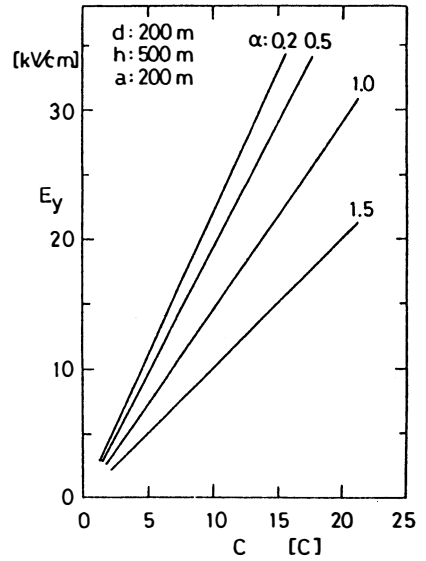
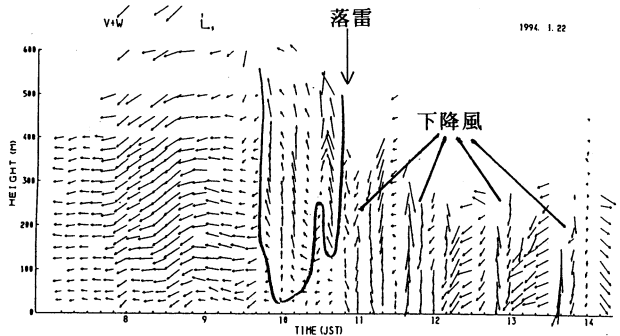


図4(b)



南北断面風力

図5

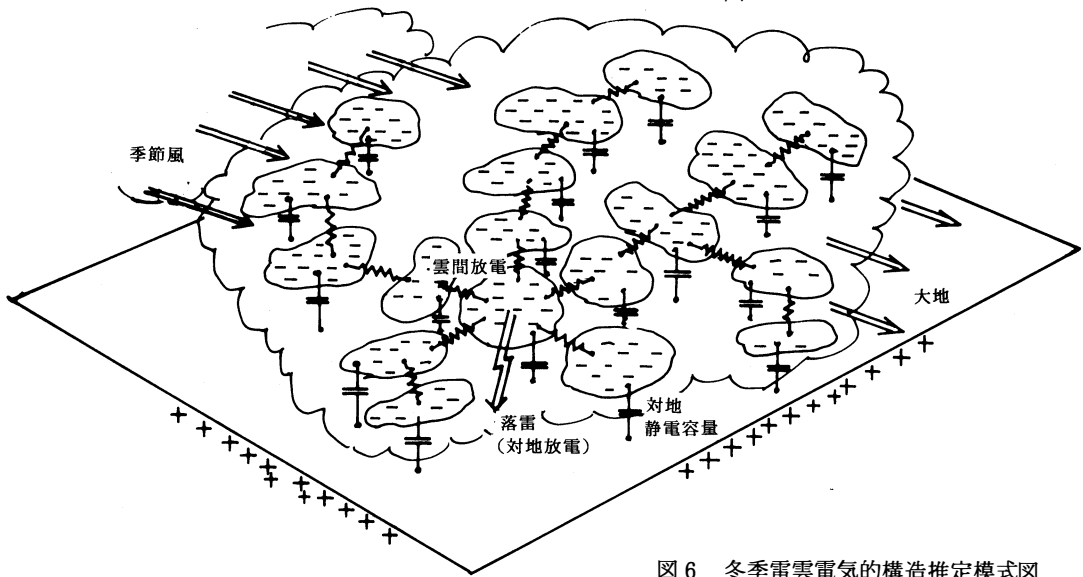


図6 冬季雷雲電氣的構造推定模式図

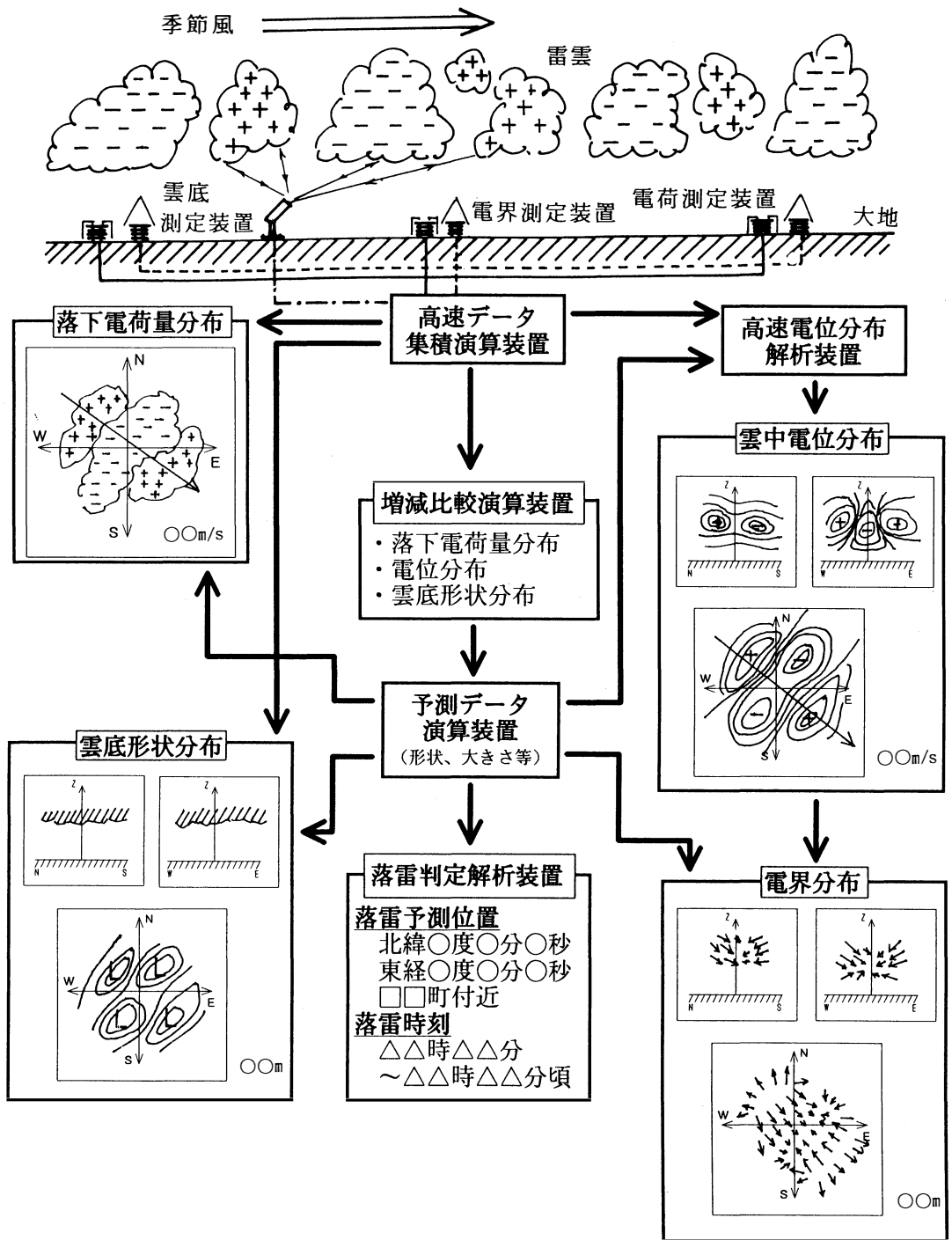


図7

存在している状況にあると推測される。このような場合、電荷量が異なれば対地電位が異なり、それぞれの雲の間では電位差を持つことになる。このため、同極性の電荷雲であっても次々と放電によって閃落することになる。この状況は図6に示すように視覚的に一様に見える雲も電荷密度の異なる分布をしており等価回路的には充電された梯子型回路の放電と酷似していると考えられる。夏季よりも雲が低く、雲の範囲も広いいため、電荷量も大きくなり、従って落雷の電流が長いのは当然と考えられる。

4. 落雷予測システム

前章から落雷するには電荷を持つ雲が何らかの動き特に下降によった電界が強くなることによって起こることが判る。従って予測するにはこれらの雲中の電荷の動きと電荷の増減を把握すれば可能になるものと考えられる。図7にはこのシステムの構成と予測のための各種データの概略を示す。

同図に示すように、雷雲の電荷を多数地上に配置されている降雪電荷測定装置と、電界測定装置からの信号を高速データ集積演算装置に取り込み、演算処理の後、現在の降雪など落下物電荷分布および雲底形状分布を表示する。一方、高速で電位分布を解析し、雲中の電位分布、電界分布を表示する。

これと同時に過去に集積されたデータと比較し、予測データを得るために、増減比較演算装置を用いて処理を行う。これにより、将来、ある時刻における落下物電荷分布、雲底形状、電位分布、電界分布を表示することができる。また、この増減量のみの表示も可能である。これらの各種電気量とその増減量と雲底変化から落雷判定解析装置を通して落雷位置と落雷時刻を予測する。

このシステムはまだ測定系においても改良の余地があり、高速処理、判定解析のソフトについても今後の問題であるが、このようなシステムが構築でき、データが集積されていけば雷予測に関して確度の高いシステムになるものと考えている。

5. ま と め

上に述べた観測網と予測システムを用いることにより

- 1) 雷雲中の電荷分布
- 2) 雷雲中の電荷増減量
- 3) 雷雲の移動方向とその速さ

が把握出来、何時何処の地点で落雷が発生するか予測することが可能になると考えられる。より正確には高価なドップラーソーダによる下降気流（ダウンバースト）をつかまえ、今後多くのデータが集積され、ニューラルネットワークの学習課程を落雷判定に適用してゆけばより精度の良いシステムになるものと考えられる。更に電荷分離量の時間依存分布の予測が不可欠であるが、これは今後の問題として残ると思われる。

参 考 文 献

- 1) 高橋 劭 “雷の物理” 東京堂出版 1986
- 2) 北川信一郎 “放電研究” No.83放電研究 昭和48(1973) 9月
- 3) 道本光一郎 “電気学会放電、高電圧合同研究会資料” ED-93-116 1963

System concept for lightning forecast

Nagayasu Ikeda, Iwao Kitamura, Tadakuni Murai, Tadashi Kato,
Atsushi Masuda, Takeo Wakai* and Tsutomu Sakai*

*Hokuriku Electric Power Co.

In the present life surrounded with on-line systems, more correct forecast on lightning is indispensable for protecting the interruption of electric power, especially, in winter at Hokuriku area. It is too many unknown factors about thundercloud in winter to forecast the lightning correctly. Therefore, the relations between meteorological and electrical situations and the lightning are going to be clarified one by one. System concept for lightning forecast is considered in this phase. The system consists of fast data acquisition system, fast analytic system of electric potential and strength, display system of electric charge distribution of precipitation, optical observation system, forecasting system of electric situation and adjudgement system of lightning. It is expected to improve the accuracy of the lightning forecast by coming with the accumulations of the observation data.

〔英文和訳〕

落雷予測システムの概念

池田 長康, 北村 岩雄, 村井 忠邦, 加藤 正, 増田 敦志,
*若井 武夫, *酒井 勉

*北陸電力株式会社, 地域総合研究所

オンラインシステムで囲まれた現代の生活においては、停電を防ぐために、落雷のより正確な予測は不可欠である、特に、北陸の冬季において。正確な落雷の予測は冬季の雷雲に関する事柄についてあまりにも知らないために難しい。しかしながら、落雷と気象学的なそして電気的な状況との関係が少しずつ明らかになって来ている。現段階において、落雷予測システムについて概念的に考えた。このシステムは高速データ集積システム、高速電位、電界解析システム、降雪などの電荷分布表示システム、光学的観測システム、電気的状況予測システムと落雷判定システムから成っている。観測データの蓄積と共に、落雷予測の精度も改善されるものと期待される。