

最近の落雷に関連する研究

静岡大学 工学部 電気電子工学科 教授 道下 幸志

Professor Koji Michishita
Department of Electrical and Electronic Engineering
Shizuoka University



1.はじめに

雷観測という言葉から連想されるのは、鉄塔などの高構造物における電流測定であろう。最近では、風車での雷電流観測が全国で実施され、ブレードの破損などの大きな被害は雷の持つエネルギーにより発生することが明らかになった。この例に示されるように、高構造物で実施されてきた雷電流測定は多くの成果を挙げ、電気設備の雷害対策に有効活用されてきた。

専門的には、雷は雲に帯電する電荷の極性(正または負)とリーダの進展方向(上向きあるいは下向き)によって4つのタイプに少なくとも分類され、各々性状が異なる。構造物の高さが高い程上向き放電が発生しやすく200m程度の地上高を持つ建物では半分程度が上向きの放電と考えられるため、蓄積したデータを利用する際には注意が必要である。地上高の低い電気設備等への雷撃を考える際には、第1図に示すような下向きの雷(枝分かれが下向きなのでリーダが雲から大地へと伸びた事がわかる)を対象としたデータ収集が必要である。

電流測定と比較すると精度は劣るが効率的なデータ収集に適した手法に電磁界測定により落雷を捕捉する方法がある。電磁界観測の場合には、利得の設定にもよるが200km程度遠方の落雷を観測するのは難しいことではなく、観測点を中心とし観測可能な範囲を半径とした円内であれば任意の場所への落雷を捕捉できるという特徴がある。主として磁界測定に基づいて位置標定や雷電流波高値の推定を行うのが落雷位置標定装置である。国内では電力会社が運用するシステムや気象会社が運用するシステムがあり、インターネット等でほぼリアルタイムの落雷情報を知ることができる。

本稿では、落雷位置標定手法の高精度化等、最近の雷研究事例を紹介する。

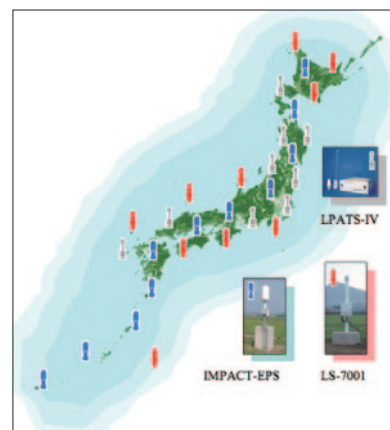


第1図 下向きの落雷(多地点落雷)

2.大規模落雷標定システム

落雷位置標定装置はアメリカで森林火災の早期発見を目的に、開発された装置である。交会法を用いる装置と到達時間差方式を用いる装置(LPATS)が著名であり、日本にも導入された。1992年に両標定手法を用いるIMPACTセンサが開発され、位置標定精度は飛躍的に向上した。

世界で最も著名な落雷位置標定装置は、アメリカで1989年に運用を開始され、100以上の子局により構成されるNLDN⁽¹⁾である。我が国にも第2図に示すセンサ配置の、JLDN⁽²⁾がある。また、ヨーロッパ19カ国を約140の子局でカバーするEUCLID⁽³⁾も運用されている。



第2図 JLDNのセンサ配置⁽²⁾

3.落雷位置標定システムの最近の動向

3.1 システムの評価

落雷位置標定装置にとって重要なパラメータは、位置標定精度と捕捉率である。NLDNの位置標定精度は、ロケット誘雷実験結果との比較により500m程度と報告されている。また、EUCLIDの位置標定精度は368mであると報告されている⁽³⁾。JLDNに関しては、位置標定誤差の標準偏差は0.4km程度との報告があるが、前述のものとは異なり真の雷撃点との比較ではない。

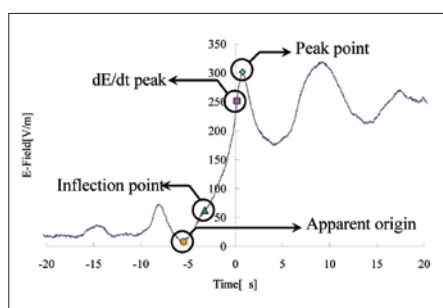
負極性落雷に対する捕捉率は高く、NLDN、EUCLID、JLDNとも85%以上と報告されている。正極性雷に関する捕捉率は、負極性落雷よりも低下しJLDNで70-80%と報告されている。

落雷位置標定システムからは、標定位置と共に電流値も提供される。電流値の推定精度の検証も行われ、NLDNでは平均約20%、EUCLIDでは平均3%程度の誤

差で実測結果と一致することが示されている。NLDNでは近年この結果に基づいて値の変更が行われた。

3.2 位置標定精度向上に向けた取組⁽⁴⁾

配電線の事故点を発見し、電力供給の早期復旧を考える際には、位置標定精度500mは十分なものとはいえない。これは、配電線の径間が50m程度と短く、2次元的な広がりを持つためであり、より精度の良い標定が求められる。1径間である50m程度の精度の可能性を検討するための実験を東北電力と共同で福島県白河地区で実施した。センサを10-20km間隔で配置し、各点で得られた第3図に示すパラメータの到達時刻を用いて、位置標定を行った。雷撃点を確認された雷撃との比較により4例の標定精度を検証した結果、第1表に示す通り、微分最大の到達時刻を用いれば150m以内という標定精度が得られた。この実験では使用されているGPS時計の精度が0.2 μ s程度とされており、この誤差に伴って予測される位置標定誤差が85m程度であることを考えると、時計の精度が向上すれば更に位置標定精度も向上する可能性があることを示唆する重要な結果である。



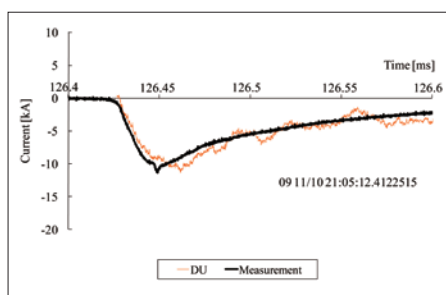
第3図 位置標定に用いた波形パラメータ

第1表 各パラメータを用いた位置標定精度

Case	dE/dt peak	Inflection point	Apparent origin
A	142m	85m	154m
B	106m	89m	209m
C	137m	76m	176m
D	110m	90m	191m

3.3 雷電流推定精度向上に関する研究⁽⁵⁾

著者は九州電力と共同で、電磁界から雷電流を推定する際の精度向上に関する研究を実施している。電界波形から電流波形を推定する際には帰還雷撃モデルを推定する必要があり、Diendorferモデルを使用している。伝送線路モデルなど多くの帰還雷撃モデルにおいて電流波が大地面から雲に向かって進展するとしているのに対して、このモデルではリーダ進展に伴って雷道に蓄えられた電荷が大地面に向かって伝搬するとしている点に特徴がある。第4図に、電界波形から電流波形を推定した結果と、実測された雷電流の比較の一例を示す。推定された波形と計



第4図 帰還雷撃電流の測定結果と推定結果

算された波形は良く一致している。これは、間接測定のため、電流推定精度に問題があるとされてきた難点が解決できる可能性があることを示唆する結果であると考えている。

4. 今後の展望

1990年代になって注目されてきた雷現象に多地点落雷がある。これは、第1図に示すように後続雷撃が、先行する雷撃と異なる地点に雷撃する現象である。50%程度の落雷で多地点落雷が確認されており、決して珍しい現象ではない。著者らの直撃雷による配電線スパークオーバー率の計算結果では、避雷器が100m間隔で設置された線路においては、第一雷撃よりもしゅん度の高い後続雷撃が脅威となる事が示されており、雷害対策を考える上でもこの現象は重要である。先行する雷撃から30ms以内に発生した雷撃では、直前に先行した雷撃と同じ放電路となることが報告されている。今後より正確な分類手法を確立する必要がある。

5. おわりに

本稿では、落雷位置標定手法の高精度化等、最近の雷研究事例を紹介した。より標定精度の高いシステムが開発され、高精度の波高値推定結果が得られるようになれば、雷パラメータの地域特性の解明を通じて、さらに、効率的な雷害対策に有効なデータが得られるものと考えられ、今後の進歩に大いに期待している。

雷は自然現象であり、現象の解明には実験が不可避である。位置標定精度の向上等に資するデータの取得には、長期間の実測が必要になるのが通例であるが、研究者や電力会社等の会社の努力が、位置標定精度向上等を通じて、雷害防止や安全確保に重要な役割を果たしていることを述べ、謝意を表して、本稿の結びとしたい。

参考文献

- (1) K. L. Cummins, M. J. Murphy, E. A. Bardo, W. L. Hiscox, R. B. Pyle, and A. E. an Pifer: "A combined TOA/MDF technology upgrade of the U. S. National Lightning Detection Network", J. Geophys. Res., 103(D8), pp.9035-9044 (1998)
- (2) <http://www.franklinjapan.jp/>
- (3) Diendorfer G.: Lightning Location System (LLS). IX International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), Foz do Iguacu, Brazil, 2007.
- (4) K. Michishita, N. Shibata, Y. Hongo, "Influence of Propagation Distance on Estimated Location of Return Strokes Based on Measured E-Field", 電気学会論文誌 B, 132, 2, 144-149 (2012.2)
- (5) 中田英宏・木下文宏・生田昌輝・山口博・道下幸志:「雷電流と電界波形の同時観測結果とその解析」、平成22年電気学会電力・エネルギー部門大会、346(2010.9)

道下 幸志(みちした こうじ)氏 略歴

平成 3年 3月 東京大学大学院工学系研究科電気工学専門課程
博士課程修了
3年 3月 工学博士
3年 4月 静岡大学工学部電気工学科助手
6年 4月 静岡大学工学部電気工学科助教授
20年 4月 静岡大学工学部電気電子工学科教授