

# 半導体受光素子を用いた雷放電路の地上観測

## Observation of Lightning Channel with Photodiode Array System

# 和田 淳[1]

# Atsushi Wada[1]

[1] 電中研・電技研・高電圧電磁環境

[1] CRIEPI

### 1. はじめに

光学系センサーを用いた雷放電の地上観測の歴史は古い。19世紀からカメラを用いて雷の発光の観測が開始され、その後電子回路技術の進歩と共に各種観測装置が開発されて、雷放電現象の解明に用いられてきた。半導体受光素子を用いた装置および観測結果の一例について述べる。

### 2. 半導体受光素子を用いた装置

半導体受光素子を用いて雷放電の進展の測定に用いられてきた。日本では仲野等〔1〕により、フォトダイオードを用いて測定が開始された。海外では Radda 等〔2〕、Hubert 等〔3〕、Mach 等〔4-6〕によって同様の観測装置が開発され、雷放電現象の解明に多大な成果を上げた。これらの装置では縦方向に数個の受光素子を並べたもので、屈曲する放電路に対して縦方向の発光の進展速度のみが観測され、実際の複雑な形状の放電路は観測する事ができなかった。これに対して（財）電力中央研究所では、フォトダイオードを2次元的に配置することにより、雷放電の進展状況を2次元的に観測する装置を開発した〔7〕。現在までこの装置はALVS 1からALPS 6まで空間分解能、発光強度の階調、記録時間、記録方法等に改良を加えてきた。

ALPS4では、カメラの焦点面に縦40列、横40行の合計1600本の光ファイバケーブルを設置し、ファイバーに入力した光は増幅して電気信号に変換され記録される。ALPS4の最小受光感度は約 $0.5\mu\text{W}$ で最高100nsのサンプリング速度で1.6ms記録できる。ALPS4は冬季に200m高煙突への雷撃観測に用いられた〔8〕。観測結果の一例では、上向き正極性リーダ放電が進展後に、1000m上空から負極性ダートリーダが地上に向けて平均速度 $5.1 \times 10^7\text{ m/s}$ で進展し、その後煙突から雷雲に向けて強い発光が観測され、リターンストローク現象（平均速度 $1.7 \times 10^8\text{ m/s}$ ）を捉えていた。

ALPS4では、分解能（階調）が4bitであったため、弱い光から強い光まで幅の広い測定をするにはダイナミックレンジが十分ではなかった。この点を改良した装置がALPS5である。分解能（階調）を8bitにした事により、より詳細な放電進展を推定する事が可能になった。ALPS5を用いた観測の一例では〔9〕、ステップリーダの速度は $4.5 - 11.2 \times 10^5\text{ m/s}$ の範囲で、ステップリーダが地上に接近するほどその速度は増す傾向を示し、またステップの時間間隔は $5 - 50\mu\text{s}$ 、ステップ長は $7.9 - 19.8\text{ m}$ と推定された。

ALPS5では、メモリー長が16キロワードで、例えば200nsのサンプリング速度で一画面を得た場合その記録長は3.2msであり、多重雷撃の記録はできなかった。ALPS6では、分割メモリー領域を使用し、16キロワードのメモリーでそれぞれ4重雷撃まで記録を可能とし、分解能（階調）を10bitにしてリーダ先端の非常に弱い発光からリターンストロークの強い発光までが測定可能である。しかしながら、ALPS6は空間分解能を決めるフォトダイオードの数が $16 \times 16$ と放電路全体を解析するには十分ではないため、現在ALPS7（空間分解能 $32 \times 32$ 、時間分解能100ns、階調12bit、分割メモリー領域採用）を製作中である。

### 3. おわりに

半導体素子を用いた装置では、素子数が空間分解能を決め、A-Dコンバータのサンプリング速度が時間分解能を決定する。一般にサンプリング速度を高速にしてメモリー長を長くする事には限界があったが、現在の電子素子の性能向上と電子回路技術の進歩により、より詳細な雷放電路の解析が可能になっている。このような装置を用いて新たな雷放電物理に関する知見が得られるものと期待される。

### 参考文献

- 〔1〕 M. Nakano et al., J. Meteorol. Sci. Jpn., 61, 339-345 (1983)
- 〔2〕 G. J. Radda et al., Eos Trans. AGU, 55, 1131 (1974)
- 〔3〕 P. Hubert et al., J. Geophys. Res., 86, 5253-5261 (1981)
- 〔4〕 D. M. Mach et al., J. Geophys. Res., 94, 13,237-13,247 (1989)
- 〔5〕 D. M. Mach et al., J. Geophys. Res., 98, 2635-2638 (1993)
- 〔6〕 D. M. Mach et al., J. Geophys. Res., 102, 13,673-13,684 (1997)
- 〔7〕 三宅他：電中研報告 T86042 (1987)
- 〔8〕 A. Wada et al., ICAE 2003, (Versailles, France) (2003)
- 〔9〕 M. Chen et al., J. Geophys. Res., 104, 27,573-27,584 (1999)

