

# 干渉計による雷放電路の三次元映像化

電力設備への雷撃評価技術の高度化を目指して

## Three-dimensional imaging of lightning channel by interferometer

With the aim of upgrade of technology for appreciation of lightning striking process to the power equipment

(電力技術研究所 電力ネットワークG 送変電T)

耐雷設計の合理化を図るため、体系的な観測体制を構築し雷観測を実施している。その一環として、雷放電路の進展様相の観測を目的にVHF波帯広帯域干渉計を導入した。これにより雷放電路の三次元映像が得られることから、送電設備への雷撃様相について詳細な評価が可能となる。

(Transmission & Substation Engineering Team, Power Network Group, Electric Power Research & Development Center)

In order to rationalize the design of transmission line against lightning, we have been conducting a lightning observation. As part of the observation, we introduce a VHF broadband interferometer to observe the progression process of the lightning discharge. The data about three-dimensional (3D) imaging of lightning channel obtained by this system make possible to evaluate the lightning striking process on power transmission line.

### 1 研究の背景と目的

現在の送電設備における耐雷設計では、その基礎となっている雷観測データが古く、適用箇所地域特性が考慮されていないものもあることから、近年の落雷実績に基づき合理化を図る必要がある。

そこで、送電設備への雷撃様相について適正な評価を行うための基礎データを得ることを目的に、当所ではこれまで雷撃電流値をはじめとする体系的な雷観測体制を構築し、観測を行ってきたが、新たに雷放電路の三次元映像化を可能とするVHF波帯広帯域干渉計を導入し、雷観測体制の強化を図った。

### 2 研究の概要

雷撃様相の評価を行うため、これまでに国内でも有数の雷多発エリアである岐阜県瑞浪市方面において、静止カメラによる雷放電路の観測を実施してきた(第1図)。しかし静止カメラでは、三次元的に進展する雷放電路の雷撃角度や雷撃距離を定量的に把握するのに十分なデータを得ることが難しい。

そこで、大阪大学と共同で開発したVHF波帯広帯域干渉計を導入し、観測を実施した結果、雷放電路の進展に関する多くの知見が得られた。

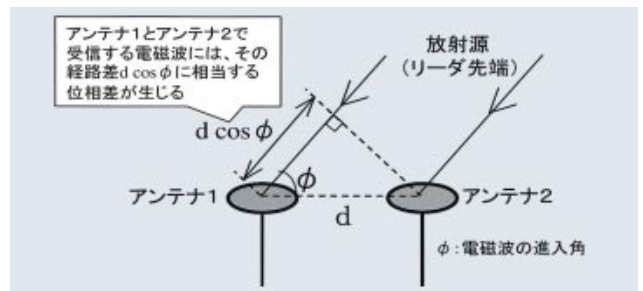


第1図 静止カメラによる観測結果

#### (1) VHF波帯広帯域干渉計の基本原理解

雷雲内の電荷により強電界が生じると、リーダと呼ばれる放電が雷雲から地上に向かい枝分れを伴いながら段階的に進展し、それが地上に到達すると急峻な電流(帰還雷撃)を伴い落雷に至る。このように雷雲から地上に向かう雷を下向き雷、逆に地上から雷雲にリーダが進展する雷を上向き雷と呼んでいる。

リーダはその進展に伴い、先端から主にVHF帯域の電磁波を放射する。VHF波帯広帯域の干渉計は、第2図に示すようにこの電磁波を複数個のアンテナで受信することにより、その位相差から放射源の方位・仰角を測定するものである。

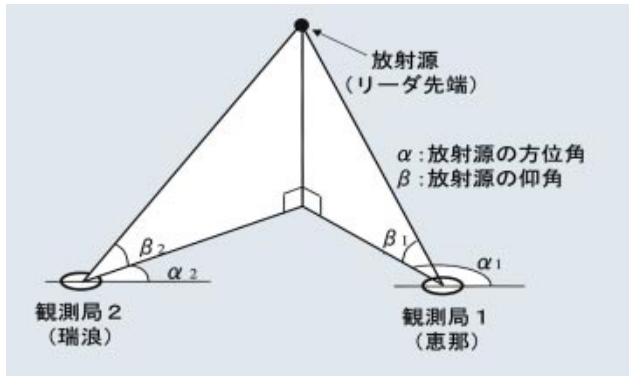


第2図 干渉計の基本的標定原理

#### (2) 雷放電路の三次元映像化

VHF波帯広帯域干渉計による観測により、放射源(リーダの先端)の方位角および仰角を測定することができる。そこで本観測においては、第3図に示すように観測局を恵那と瑞浪の2ヶ所に設けることにより、それぞれの観測局にて得られる放射源の方位角および仰角の交点から放射源の三次元座標を標定している。

また、個々の放射源の三次元座標は、その標定時刻(電磁波の受信時刻)と共に記録されるため、放射源の三次元座標の時系列推移からリーダの進展様相(上向き雷・下向き雷等)は勿論、リーダの進展速度も把握することができる。



第3図 電磁波放射源の三次元標定手法

### 3 観測結果

VHF波帯広帯域干渉計を用いたこれまでの観測で得られたデータの1例として、平成14年8月4日 17時14分に記録された雷放電観測結果を第4図および第5図に示す。

第4図の最上段は電界変化を、下三段は瑞浪局からの放射源の位置の時系列推移を示したものである。また第5図 (a) は同じ落雷について第2雷撃のみ抜粋し三次元表示したもの、同 (b) は全ての雷撃の三次元像をその上面と側面 (2方向) から見たものである。

第4図最上段の電界波形における電界の急激な変化 (R1~R3) は帰還雷撃の発生を示しており、この事例では3回の雷撃が記録されている。

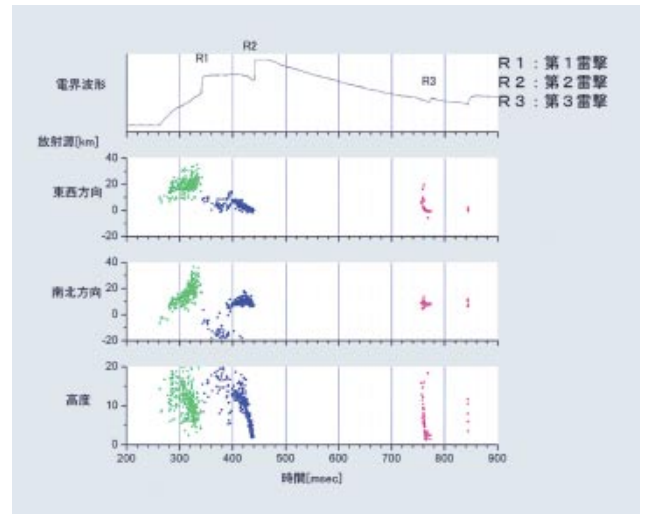
同図最下段の放射源高度の時系列推移には、それぞれの雷撃について、地上十数kmの高度から時間経過とともに地上に向かってリーダが進展してくる様子が描かれており、何れも下向き雷であったことがわかる。また第5図 (b) から明らかなように、第1雷撃と第2、第3雷撃とは進展経路・雷撃点が異なっており、多地点同時雷撃であったことがわかる。また、何れの雷撃においてもその放射源に分散が見られるが、これは1回の雷撃において、いくつものリーダが枝分れて進展していることによるものである。

この3回の雷撃について、それぞれリーダの平均進展速度を計算した結果、第1、第2雷撃は約 $4 \times 10^5$  m/s程度であるのに対し、第2雷撃と同じ経路を進展した第3雷撃は約 $1 \times 10^6$  m/s程度で、先行する雷撃よりも後続雷撃の方がリーダの進展が速いことが確認できた。

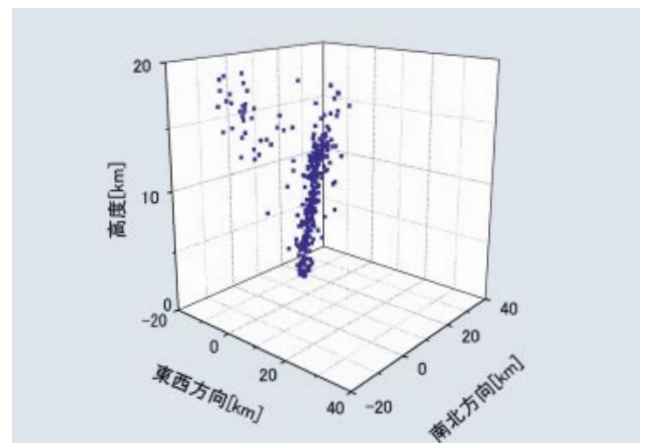
### 4 今後の展開

VHF波帯広帯域干渉計の導入により、雷放電の進展速度や進入角度等の基礎データを得るのに必要な、雷放電の三次元映像化が可能となった。今後とも継続

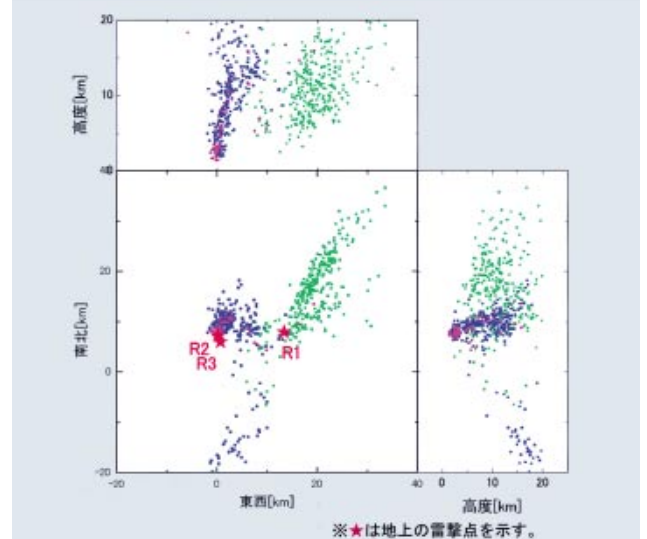
的な観測により、雷撃電流等その他のデータも含め、送電設備への雷撃様相をより詳細に評価するための基礎データの蓄積を図っていく予定である。



第4図 VHF波放射源の時間変化



(a) 三次元像 (第2雷撃)



(b) 三次元像の展開図

第5図 雷放電観測結果



執筆者 / 松本昭典  
Matsumoto.Akinori@chuden.co.jp