

雷空電を用いた非線形最小二乗法による帰還雷撃電流推定法の検討

小出 拓也 [1]; 八木谷 聡 [2]; 尾崎 光紀 [2]; 長野 勇 [3]
[1] 金沢大・自然科学・電子情報; [2] 金沢大・理工; [3] 金沢大・工

Lightning return stroke current estimation by nonlinear least squares method applied to the sferics

Takuya Koide[1]; Satoshi Yagitani[2]; Mitsunori Ozaki[2]; Isamu Nagano[3]
[1] Kanazawa Univ.; [2] Kanazawa Univ.; [3] Kanazawa Univ.

When the electrical discharge is caused by lightning, a strong electromagnetic field pulse is generated and propagates. The lightning location (distance and direction from the observation site) and the information on the return stroke current, etc. can be estimated by detecting and analyzing the incoming sferics. Especially, the current peak, polarity, risetime, duration of the current waveform, and the electric charge are estimated from the sferics, and these parameters give important information to investigate the characteristics of the lightning. In addition, such information on the lightning current is very important to examine the generation mechanism and the characteristics of Transient Luminous Events that relate to the lightning discharge such as Sprites, Elves, and Blue Jets.

In the current estimation by using the electromagnetic field of the sferics, a model of the discharging current has conventionally used the transmission line (TL) model. It is assumed that the current pulse moves on the discharge channel at a constant speed. In this study, we also use the TL model. For the TL model, the shape of the lightning current pulse becomes almost the same as that of the direct electromagnetic pulse of the sferics.

There is a proportion between the peak of the discharging current and that of the observed electromagnetic field. However, some physical values (for instance, return stroke velocity etc.) are difficult to know only by the electromagnetic field observation. In general, a return stroke velocity (unknown) is assumed as a well-known value (for instance, from 50 to 70 % of the light speed). Thus, ambiguity appears in the estimated result of the peak of lightning current.

In this study, we have been investigating the technique for estimating the lightning current by using the observed electromagnetic field. In our technique, we have succeeded in obtaining information on the return stroke velocity that was impossible to know only from the conventional electromagnetic field observation. Such information is obtained from the feature of the frequency spectrum of the observed magnetic field. We have also found that it is possible to estimate the shape of the lightning current pulse by using a nonlinear least squares method applied to the observed magnetic field waveform. As a result, our method has shown that the error in the current moment peak estimation is less than 10 % for the observer's horizontal distances from the lightning over 80 km.

In this presentation, we will report the details of our method of current estimation. We will also discuss the application of our method to the actual sferic observation.

落雷による放電に伴ってパルス状の強い電磁界が発生し、そして伝搬する。到来した電磁界を検知し分析することにより、落雷地点（観測地点からの距離・方角）そして帰還雷撃の放電電流の情報などをリアルタイムに推定することができる。特に、放電電流を推定することにより電流ピーク値や極性、波形の立ち上がり時間や継続時間、放電電荷量などがわかり、これらは雷の性質を知るための大きな手がかりとなる。さらに、雷放電に関連するスプライト、エルプス、ブルージェットなどの高高度過渡発光現象（TLE）についての発生メカニズムや性質を調べる上でも、電流推定により得られる情報は非常に有用である。

電磁界を用いて電流推定を行うときに、放電電流のモデルとして、放電路を一定の速度で電流パルスが移動する「伝送線路（TL）モデル」を仮定していることが多い。このモデルにおいては、放電電流パルスの波形の形状が、落雷によって生じる電磁界パルスの立ち上がり部分の形状とほぼ一致することが知られており、放電電流のピーク値と観測された電磁界のピーク値の間に比例関係がある。しかし、この比例関係を与えるパラメータのなかには、一般的に電磁界観測だけでは知ることができない物理量（たとえば、放電電流の進行速度など）が含まれており、進行速度に対しては統計的によく知られた値（光速の50～70%程度）を仮定して放電電流ピーク値を推定しているため、推定結果にあいまいさが含まれている。

本研究では、伝送線路モデルの放電電流を用いた電磁界シミュレーションを行い、放電により発生した電磁界を用いて放電電流を推定する手法について検討している。本手法では、従来の電磁界観測では未知であった放電電流の進行速度に関する情報を、観測された磁界成分の周波数スペクトルの特徴から得ることに成功した。そして、非線形最小二乗法を用いて放電電流パルスの波形形状そのものを推定することも可能であることがわかった。この結果、電流モーメントピーク値は、落雷地点からの距離が80km以上のケースにおいては理論値に対して誤差10%以内で推定可能であること

とがわかった。

発表では、現在検討している電流推定方法についての詳細を報告し、そして、実際の雷放電によって発生する電磁界に対してこの手法を適用するための議論も行う予定である。