



Title	Broadband Interferometric Observations of Lightning Process in Thunderstorms
Author(s)	秋田, 学
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58332
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【102】

氏名	あき た まなぶ 秋 田 学
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24587 号
学位授与年月日	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	Broadband Interferometric Observations of Lightning Process in Thunderstorms (広帯域干渉計を用いた雷雲内放電諸過程の観測的研究)
論文審査委員	(主査) 教授 河崎善一郎 (副査) 教授 馬場口 登 教授 滝根 哲哉 教授 北山 研一 教授 小牧 省三 教授 三瓶 政一 教授 井上 恭 教授 鷺尾 隆 教授 溝口理一郎 講師 森本 健志

論文内容の要旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻在学中に行った広帯域干渉計を用いた雲内雷放電過程に関する研究成果をまとめたものである。

落雷に関する研究は雲底下に現れる放電路を光学的に観測できるため飛躍的に進んでいるが、雲内の放電に関してはこれに比べ遅れているのが現状である。雲の中を伸びる放電機構を解明することが自然現象解明の理学的目的に加え、雷害防止の工学的見地からも重要な課題となっている。また、雷放電発生の要因となる電荷位置の測定はこれまでゾンデに搭載された電界測定装置によって行われてきたが、測定可能範囲は狭く、これに代わる広範な電荷分布測定技術が求められている。

本論文では、高時間分解能雷放電路可視化装置である広帯域干渉計を用いて、これまで未解明であった雲内放電現象の諸過程および雲内の局所的な電荷分布が放電進展過程に与える影響について解析し考察を行った。また、広帯域干渉計を用いた広範な電荷分布測定法を提案した。

第一章は、序章であり、本論文の背景となる雷放電現象に関する研究の現状と課題を述べ、本研究の目的を明らかにした。

第二章では、広帯域干渉計と電界変化測定器を用いた雷放電観測結果のうち、これまでに電流波形および電界変化波形で定義された雷放電現象の諸過程について解析し、考察を行った。夏季において一般的な雲放電のLate Stageでは正リーダが伸びる（ 10^4m/s ）ことにより生じる比較的ゆっくりとした電界変化（J変化）に、急峻な変化（K変化）が現れる。このK過程について高い時間分解能を有する広帯域干渉計を複数台用いて三次元観測を行いK過程における雲内放電進展路を可視化し、同現象について考察を行った。次に、日本海沿岸に発生する冬季特有の雷放電現象について、従来の観測で用いられている電界変化測定器に広帯域干渉計を加え、冬季で一般的な正極性落雷と両極性落雷について考察を行い、冬季雷が夏季雷と異なる特徴を示す原因について電荷構造の観点から考察を行った。

第三章では、各々の雷放電進展過程とこれを決定付けると考えられる電荷構造との関係について考察を行った。電荷構造が雷放電進展に与える影響についてはこれまで電荷モデルシミュレーションや電界変化測定により様々な仮説が提唱されている。一般的に、夏季雷雲の電荷構造は鉛直方向に正負正の三極構造をとるとされている。この三極構造のうち下部正電荷は、中層の負電荷領域間の電界強度を高めるため、対地放電のステップリーダを発生させる要因と考えられてきた。一方、最近の研究では過剰な下部正電荷が負リーダの地面への進展を妨げるとの報告もある。電荷構造が雷放電進展に与える影響について、広帯域干渉計と雲内降水粒子判別のためにCバンド二重偏波リーダを用いて雲内雷放電進展と電荷構造の関係を考察した。

第四章では、広帯域干渉計を用いた雷雲内電荷分布推定法を提案するゾンデ観測は雷雲内の詳細な電荷構造を観測できる一方、問題点は通過する領域周辺の電荷分布のみ測定可能であり観測範囲が狭いことが上げられる。雷雲全体の電荷構造を把握するために、数十kmにも及ぶことがある雷雲セルを観測できる広範かつ詳細な電荷分布推定法が求められている。広帯域干渉計と電界変化測定器を用いて雷放電の中和電荷量および中和電荷位置を算出した。中和に寄与した電荷量から雷雲内電荷構造の解明が期待され、これを夏季雷雲に適用した事例について報告した。

最後に第五章では本研究で得られた成果を総括する。

論文審査の結果の要旨

本論文は、学位申請者秋田学君が大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻在学中に行った広帯域干渉計を用いた雷雲内放電諸過程の観測的研究成果をまとめたものである。

落雷に関する研究は雲底下に現れる放電路を光学的に観測できるため飛躍的に進んでいるが、雲内の放電に関してはこれに比べ遅れているのが現状である。その理解を進めるためには、雲の中を進展する放電を可視化することが効

果的であり、雷害防止の工学的見地からも重要な課題となっている。また、雷放電発生の要因となる電荷位置の測定はこれまでゾンデに搭載された電界測定装置によって行われてきたが、測定可能範囲は狭く、これに代わる広範な電荷分布測定技術が求められている。

第二章では、広帯域干渉計と電界変化測定器を用いた雷放電観測結果のうち、これまでに電流波形および電界変化波形で定義された雷放電現象の諸過程について解析し、考察を行っている。その結果、K変化を引き起こすものは、雲放電のEarly Stageにおいて負リーダが進展した経路と同じ経路を高速で進展する雲内の放電現象であることを明らかにしている。次に、日本海沿岸に発生する冬季特有の雷放電現象について、正極性落雷と両極性落雷の事例解析を行った結果、同現象は一回の放電で複数の電荷領域の電荷を中和している現象であることを明らかにしている。また、冬季雷雲内では高度2km以下に負電荷領域が存在していることを報告し、冬季雷が夏季雷とは異なる特徴を示す一因となっていることを本論文では示唆している。

第三章では、各々の雷放電進展過程とこれを決定付けると考えられる電荷構造との関係について広帯域干渉計を用いて考察を行っている。その結果、下部に広がる正電荷領域が負リーダを封じ込め、その領域内での進展を促し、負リーダの下方に存在する負電荷領域が、負リーダの下向き進展を妨げるという電荷モデルシミュレーションや電界変化測定による仮説を観測的に明らかにしている。

第四章では、広帯域干渉計と電界変化測定器を用いた、雷放電の中和電荷量および中和電荷位置推定法を提案している。これを夏季雷雲に適用した結果、一般的に知られている雷放電の電荷中和量と比較して妥当な結果を得ている。提案手法により、中和に寄与した電荷量から雷雲内電荷構造をリアルタイムで取得できることが示されている。

本論文では、様々な仮説があった雲内の放電過程について、独自に開発したりモートセンシング技術を用い、雲内放電路を可視化することにより実証している。これは雷放電のメカニズムを理解する上で重要な結果を示しており、今後、雷害対策や雷放電発生予測に関する情報を提供する上で重要な役割を果たすと考えられ、情報通信工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。