

電磁界を用いた自然災害軽減のための 観測・予測・解析技術

電磁界を用いた自然災害軽減のための 観測・予測・解析技術調査専門委員会編

目 次

1. 総論	03	4. 地震に関連する電磁気現象の観測・予測・解析技術	16
1.1 電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・ 予測・解析技術調査専門委員会設置の背景と 目的	03	4.1 種々の条件下での岩石破壊による電波放射現象お よびその自然災害対策への応用	16
1.2 電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・予 測・解析技術調査専門委員会の活動内容と成果	03	4.2 地震に伴って励起された電磁波パルスの検出	17
1.3 本技術報告の構成	03	4.3 地震に先行する電離圏総電子数変動の統計解析	19
2. 放電現象の観測・予測・解析技術		4.4 電離圏トモグラフィーによる地震先行電離圏異常 の解析	20
2.1 多地点 LF 帯センサによる雷放電に伴う電磁波 の三次元標定	04	4.5 2011 年東北地方太平洋沖地震に先行する地磁気日 変化異常の空間分布	22
2.2 LF 帯センサを用いた Preliminary Breakdown の 統計的解析	06	5. その他の現象の観測・予測・解析技術	24
2.3 ブルージェット群と関連する雷放電の特性に ついて	06	5.1 中性点電流変化と自然現象 ー超高压変電所における 13 年間の観測結果ー	24
3. 気象レーダを用いた観測・予測・解析技術	08	5.2 徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地における 電磁気学的なすべり面の同定および自然電位の実 斜面連続観測	28
3.1 気象用フェーズドアレイレーダの精度検証	08	6. 観測・予測・解析の基盤技術	32
3.2 気象用フェーズドアレイレーダによる観測デー タへの最小二乗平均誤差法の適用結果	10	6.1 ELF 帯環境電磁波観測における商用電源雑音除去 法	32
3.3 Ku 帯広帯域レーダによる山形県庄内空港にお ける航空機運航支援システムの基礎検討	13	6.2 背景信号除去が ELF 帯観測値の混合ガウス分布推 定結果に与える影響について	34
3.4 圧縮センシングを用いた Ku 帯レーダの大容量 観測データの圧縮	14	6.3 落雷で生じる電磁界の長距離伝搬の GPU クラスタ による高速解析	34
		6.4 LF 帯大地-電離層導波管の長距離伝搬における伝 搬異常の数値解析	35

電磁界を用いた自然災害軽減のための
観測・予測・解析技術調査専門委員会委員

委員長	服部 克巳(千葉大学)	委員	鈴木 智幸(防衛省)
幹事	安藤 芳晃(電気通信大学)		園田 潤(仙台高専)
委員	愛知 久史(大同大学)		高野 忠(日本大学)
	井筒 潤(中部大学)		鷹野 敏明(千葉大学)
	植竹 富一(東京電力)		内匠 逸(名古屋工業大学)
	牛尾 知雄(大阪大学)		筒井 稔(京都産業大学)
	大津山 卓哉(電子航法研)		畑 雅恭(中部大学)
	河崎 善一郎(大阪大学)		早川 正士(電気通信大学名誉教授)
	楠 研一(気象研究所)		堀井 憲爾(名古屋大学名誉教授)
	児玉 哲哉(JAXA)		前田 崇(JAXA)
	後藤 忠徳(京都大学)		山中 千博(大阪大学)
			王 道洪(岐阜大学)
		主な協力者	毛利 元昭(愛知大学)

1. 総論

1.1 電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・予測・解析技術調査専門委員会設置の背景と目的

我が国は地理的に多くの自然災害を受ける環境にあり、法令・科学技術研究・人材育成などの観点から災害を軽減する様々な対策が講じられてきている⁽¹⁾。しかし、平成 25 年 10 月の伊豆大島の台風 26 号による土砂災害(死者・行方不明者 39 名)や平成 26 年 8 月の広島県の豪雨による土砂災害(死者・行方不明者 74 名)や同年 9 月の御嶽山噴火(死者・行方不明者 63 名)、平成 28 年の熊本地震(死者・行方不明者 50 名)など、大きな被害をもたらす自然災害は依然として発生しており、これを軽減することは極めて重要である。

しかしながら、従来の自然災害軽減技術は、建造物やインフラの頑強性の向上、災害発生後の迅速な被害状況の把握や救援体制の整備・確立、活断層などの調査による長期的発生予測やハザードマップの作成にとどまり、実際に効果が高い「短期的・直前の予知・予測」には至っていない。

近年、短期的または直前の自然災害の予知・予測を行う手段として、電磁界を用いた技術が注目を集めている。例えば、フェーズドアレイアンテナを用いて降雨レーダが高性能化・高分解能化され⁽²⁾、豪雨や突風といったシビア現象の発生予測に寄与できるものと期待されている。更には、地震に先行すると考えられる電磁気現象も多く報告されてきている^{(3)・(10)}。大規模な地震の被害については、平成 23 年の東北地方太平洋沖地震とその津波による死者・行方不明者は約 2 万人、また、2004 年のスマトラ島沖地震とその津波では約 22 万人と、甚大であることを考えると、電磁氣的先行現象による発生予測の確立が待たれるところである。

そこで、本調査専門委員会では、電磁界を用いた自然災害の観測・予測・解析技術の開発動向と被害軽減のための利用可能性を調査することとした。

1.2 電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・予測・解析技術調査専門委員会の活動内容と成果

本調査専門委員会では、電気・電子・通信・情報工学と地球物理学に係る研究者の有機的な協力を基礎として、自然災害に関連する電磁気現象や自然災害軽減に関する電磁界技術応用の調査研究を実施した。調査対象は下記の通りである。

1. 地震や火山活動など地殻活動に伴う電磁氣的現象の検出法とその高度化に関する調査
2. 雷放電が発生する電磁波の各周波数帯域での検出法の高度化とその利用に関する調査
3. 降雨・雲レーダによる集中豪雨予測技術に関する調査
4. 上記技術を用いた自然災害の予測と防災・減災、産業応用に関する調査

調査した内容は電磁界理論研究会において報告するだけでなく、(1)平成 25 年基礎・材料・共通部門大会(横浜国大)において、テーマ付セッション「電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・予測・解析技術」(20 件の発表)、(2)平成 27 年基礎・材料・共通部門大会(金沢大)において、テーマ付セッション「電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・予測・解析技術の最新動向」(9 件の発表)を企画し、(3)平成 27 年 5 月に千葉大で国際ワークショップ「2nd International Workshop on Earthquake Preparation Process (IWEP2)」(10 カ国 60 名の参加、口頭発表 31 件とポスター発表 6 件)を後援し、十分な討議を行った。また、2016 年 5 月の基礎・材料・共通部門誌に「電磁界を用いた自然災害軽減のための観測・予測・解析技術」特集(招待論文 1 編を含む 16 編を掲載)を企画し、本委員会活動の一部は誌上でも報告している。本委員会による調査活動により、自然災害軽減のための観測・予測・解析技術の重要性と問題点が明らかとなり、引き続き新技術をフォローする必要があると言える。

気象災害関連では、高性能高分解能レーダやアンテナが実用化されつつある。雷嵐や豪雨、突風などの監視や予測が実現できる一歩手前と認識できる。一方、大量データのリアルタイム解析など実用面での問題点もある。

地殻変動に伴う災害関連では、検知された現象の統計的有意性や前兆性の評価の重要性、電磁気現象の発生機構の解明にせまる実験や複合観測の重要性が認識された。地震前兆現象としての電磁気現象などは疫学的手法による統計的有意性のみでなく、前兆性や因果関係を究明する観測・信号処理技術も進展してきている。しかしながら、因果関係や物理機構など未解明の部分は極めて多い。今後も注視する必要がある。

1.3 本技術報告の構成

本書は、本調査専門委員会が調査してきた内容について整理・検討し、技術報告としてまとめたものである。第 2 章では放電現象に関する観測・予測・解析技術として、雷放電から発生する電磁波のうち長波帯を観測して三次元放電路を同定するなど、新たな解析手法を報告する。第 3 章では、フェーズドアレイアンテナを用いた高時間分解能レーダの解析技術および Ku 帯広帯域レーダの応用システムについて報告する。第 4 章では地震に関連する電磁気現象の観測・解析技術についてまとめ、地殻活動から発生する電磁波パルスの観測や、地殻活動に先行して発生する電離圏の現象を観測・解析する技術について報告する。第 5 章ではその他の観測・解析技術として、地震によって変化するとされている電力網の中性点電流の 13 年間にわたる長期観測、および降雨による斜面崩壊の監視・予測研究に関する電磁気学的観測について報告する。第 6 章ではこれらの観測に必要な雑音除去法、および数値シミュレーションの応用について報告する。