

# 「地震電磁気研究ステーション」の活動について

早川正士

## Activity Report of Research Station on Seismo Electromagnetics

Masashi Hayakawa

### Abstract

This report is intended to provide you with the general activity report of Research Station on Seismo Electromagnetics. First of all, we indicate the importance of seismogenic phenomena in the short-term earthquake prediction. Then, we show some more details on our activity: (1)International conferences, (2)Domestic seminars, (3)Relation with international and domestic academic societies, (4)Relation with social societies, and (5)International and domestic collaborative works.

#### 1. 地震の短期予知について

地震学や地震地質学、測地学の進歩に伴い、(1)長期的(数百年オーダー)地震予知(予測の方がより適切と思うが)、(2)中期的(数百年~数年オーダー)予知(予測)に関してはそれなりの進歩が見られる。しかし、(3)短期的(数ヶ月~数日オーダー)予知の実現はその重要性にもかかわらず、まだ道は遠いように見える。各種観測網(地震、地殻変動等)が整備されつつあるにもかかわらず、大災害をもたらした北海道南西沖地震、兵庫県南部地震を含めて、短期(事前)予知に成功した例はない。現時点では短期的地震予知は当面不可能であるという悲観的見解が特に地震関係者の間では支配的である。しかし、ラドン濃度、地下水位、地下水温などの地球化学的变化、及び各種の電磁気変化(大気圏や電離層への影響も含めて)などに関連しては、近年有望な報告が多数なされている[1]。また近年地震前兆としての電磁気現象を集中的に取り扱う国際会議も企画され、活発な議論がなされている。

#### 2. どうして電磁気現象が重要なのか?

従来の地殻変動観測が基づく地震予知では、地殻が動くという力学的変動に注目している。地震が起こった後、この地震に伴う力学的変動、ずれはこの程度であったとか等々の議論がテレビで放映されるのをよく目にする。

力学的変位は地圏の0次オーダー(マクロな)の物理量で、この測定では地震の短期予知は不可能であることが数年前測地学審議会の報告にて結論されている。そこで、地圏のより高次の、即ち微細(ミクロ)な情報が重要となり、この情報をもたらすのが電磁気信号である。このため、電磁気的特性の測定が不可欠で、電磁気測定に進むのはしごく当然の方向である。地震の少なくとも数ヶ月前には、震源周辺にて圧力上昇に伴い、必ず岩石微小破壊が発生する。それにより、メカニズムは別として必ずや電気が発生し、その帰結として電磁気現象、電波現象が前兆的に発生する。しかも、これら電磁気現象はクローン力に従うため、周波数にもよるが数10kmの深さからの電波を地上にて受信することが可能である。この前兆的な性質と遠隔性が電磁気のキーポイントである[2]。

この電磁気現象が地震の短期予知において注目される様になったのには、三つの理由を挙げることができる。第一の理由は、地震に伴う興味ある現象の発見である。まず、第一は大地震(マグニチュード7、8程度の)の前兆としてULF(ultra-low-frequency,周波数1 Hz以下)放射の検出である。1988年旧ソ連グルジョア共和国でのスピタク地震とその一年後の1989年のカリフォルニア・ロマプリエタ地震の際に極めて類似のULF放射が発見された。続いて、地上高度70km以上に存在する電離層(プラズマから成る)までもが地震に伴って擾乱されていることが神戸地震(1995年)の際早川らによって発見され、世界的な注目を集めた。ULF放射は地圏が

らの直接的な放射であり、比較的受け入れ易いものであった。しかし、電離層が地震の影響を受けることは地圏の何らかの効果が大気圏を通して電離層まで伝達されることを示唆し、画期的な発見であった。第二の理由は神戸地震後の日本政府（旧科技庁）によるフロンティア計画の実施である。二つの研究機関、理化学研究所と旧宇宙開発事業団（NASDA）でのフロンティア研究で、約5年間支援が行われた。早川は後者のフロンティアを担当した。多くの成果を挙げたが[1,2] 最も重要な点としては地震電磁気研究分野での国際的活動母体を創出したことであろう。過去4回電通大にてIWSE(International Workshop on Seismo Electromagnetics)（地震電磁気現象と地震予知）という国際会議を開催し、国際的研究活性化に寄与している。この研究分野のほぼすべての研究者が世界中から数年毎に集結し、極めてレベルの高い論文の発表と集中的なホットな対論を行うもので、国際的に定着している。更に、その発表論文のうち厳選されたものからなるモノグラフが発行され、この分野のreference booksとなっている。日本のフロンティアの成功に刺激され、台湾、インド、イタリア、ロシア、メキシコ等の国でも、地震電磁気に関する国家プロジェクトが採択され、活性化している。第三の理由は、仏国による地震電磁気専用衛星（DEMETER）が2004年6月29日に打ち上げられたことであろう。早川は当初よりこの衛星計画に関与して来たが、興味ある初期データが出始めている。この種の衛星観測は地圏・大気圏・電離圏結合のメカニズムの解明には不可欠の手段である。

### 3. 「地震電磁気研究ステーション」の発足とその活動

旧NASDAフロンティア計画は多大の研究成果を収め、2001年3月に終了した。更なる学問発展の為、是非ともその継続を申請したが、残念ながら認められなかった。フロンティア研究終了後は一時的に国内の地震電磁気研究者は財政的に極めて厳しい状況に追い込まれることとなった。是非とも、この地震電磁気学(Seismo Electromagnetics)を更に発展させる為にも、又電通大グループがこの研究分野の世界的拠点であり続ける為にもという主旨にて5年前に電通大内に「地震電磁気研究ステーション」を設置し、活動を続けている次第である。

地震電磁気学の世界的動向を踏まえて、電通大「地震電磁気研究ステーション」の活動について紹介しよう。大きく分類して列記する。(1) 国際的研究拠点としての国際会議の開催と世界的活性化への貢献、(2) 国内拠点として国内研究者を集結する「地震電磁気セミナー」の定常的維持、(3) 社会との関与に関する公開セミナー等の開催、(4) 国際センターとして国際、国内共同

研究の推進等である。各項目について順次述べる。

#### (1) 国際会議の開催と活性化への貢献

すでに4回の国際会議をすべて電通大において開催している。即ち、1994年、1997年、2000年及び2005年である。国際会議の名称は「International Workshop on Seismo Electromagnetics」(略してIWSE)である。前3回の国際会議に対しては、会議での発表論文とCall for Papersによる応募論文に対する厳格なレビューに基づいたモノグラフがテラパブ出版社(TERRAPUB)(東京)より出版され、地震電磁気学に関する重要な参考文献本として好評である[3, 4, 5]。そこで、本稿では2005年開催の第4回のIWSEについて詳しく紹介しよう。

第4回目のIWSEは2005年3月15日～17日の三日間の会議と18日の鎌倉への懇親ツアーから構成され、外国人100人、日本人100人の参加で成功裡に終わった。会場は電通大B-202室にて口頭発表を、B棟一階全体にてポスター論文発表を行った。先ず、初日のウェルカムスピーチは電通大長益田先生と、インド人で電離層研究の権威A.P.Mitra教授にお願いした。益田学長からは電通大の紹介と国内での国際会議では外国人がいつも少数なのに、この会議は外国人が極めて多いですねとの驚きの発言があった。又、Mitra教授はインドもこの地震電磁気現象を国家プロジェクトとして認め、近い将来人工



図1 講演風景（上図：モルチャノフ教授の講演、下図：信州大学榎本教授の講演）



図2 ポスターセッションの一風景

衛星打ち上げを目指しているとの報告があった。口頭発表は全体で50編前後で、キー論文と一般論文から構成された。キー課題として(1)地圏内現象、(2)信号処理、(3)地圏・大気圏・電離圏結合、(4)衛星観測が取り上げられ、レビューと問題点の指摘をお願いした。2004年6月に仏国の地震電磁気専用衛星 DEMETER が打ち上げられ、結果が出始めていることと、米国の小型衛星(Quake-sat)でのULF観測結果が得られていることから、(4)が今回の第4回IWSEでの一つの目玉となった。一般講演も最新の成果が次から次へと報告された。十分な時間を取り、大変活発なやり取りで充実していた。図1は発表風景の一シーンである。3月15日、16日、17日の午後3時以降は110件のポスターセッションの時間で、随所にて活発な討論が行われ、又国際共同研究の芽も出てきている様であった。図2はポスターセッションの一シーンであり、図3は参加者の集合写真である。2日目の夕刻には調布パルコ6階でのイタリアレストランでの懇親会、3月18日は鎌倉へのバスツアーを行った。これらのイベントでは日本人・外国人間、外国研究者間でのより一層の相互作用を期待し、更なる討論や共同研究の創出などに貢献した。IWSE会議の恒例となっているモノグラフに関して述べる。今回は外国雑誌(地球物理学分野での欧州での権威ある雑誌)の特集号として発刊



図3 IWSEの参加者の集合写真

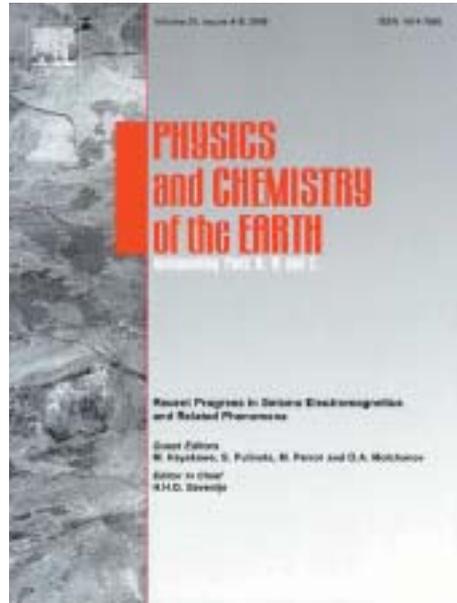


図4 IWSEの特集号である国際誌 Physics and Chemistry of the Earth, 2006年の表紙

した。発表論文も含め、多くの投稿論文のうち厳しいレフェリの後約50編が2006年6月に特集号として発行された。新たな情報発信である(図4参照)。

このIWSEは地震電磁気分野での世界で最も権威である国際会議に定着しつつあり、全世界での多くの情報発信基地となっている。電通大「地震電磁気研究ステーション」の最も重要な活動であり、今後とも継続していきたい。

#### (2) 国内「地震電磁気セミナー」の継続

2001年に早川が担当した旧NASDAのフロンティア計画は残念ながら終了した。同様に理研フロンティアも終了し、地震電磁気研究は財政的困難から苦しい状況に陥った。しかし、各人の努力により、何とかこの研究分野も活性化し、日本が情報発信し続けたいとの考えも強かった。早川が千葉大学(理学部)の客員教授として招聘された平成15年度より、毎月若い研究者を中心とした研究会を発足させ、現在までに30回を数えている。主



図5 地震電磁気セミナーの一風景

として関東地区を中心とした大学（電通大、千葉大、東京学芸大等）、研究機関の研究者が集結し、フランクな意見交換を行っている。最近では、毎回30～40人が集まり、全国的な拡がりを見せている。電通大地震電磁気研究センターへの多くの来訪者も本セミナーにて招待講演も行っており、国際的色合いも増えている。大学院生の研究発表も良い練習場ともなっている。

### (3) 学会との関わり

国内及び国際学会において“地震電磁気学”に関するセッションやシンポジウムの企画依頼が多くあり、これは我々電通大地震電磁気研究ステーションの研究活動を知らしめる為にも、又この学問分野の発展のためにも重要と考え、多くの企画を提案、実施している。ここ数年でのものだけを列記すれば、(1)2005年日本惑星圏学会でのインターナショナルセッション（通常は日本人だけであるため、学会としても外国人の参加を催すためにも望んでいるもの）、(2)2006年7月のAOGS（アジア・オセアニア地球科学連合）（於シンガポール）での招待セッション、(3)2006年8月のPIERS（Progress in Electromagnetics Research Symposium）（於東京）での招待セッションである。更に、国内の電気学会の電磁界理論技術委員会傘下に「地震電磁気」に関する調査専門委員会を設置し、2年間活動し、その技術報告書（英文）が2006年9月に発刊された。

### (4) 社会との関わり

次に重要となるのが、社会への「地震電磁気現象」とその地震予知の可能性に関する啓蒙である。地震学では我々の電磁気は全て認知されず、興味も示されていない状況にあるが、いろいろな場にて「地震予知における電磁気現象の重要性」を啓蒙している。早川は出身が電気、電子分野であることから、電気、電子分野のいろいろな研究分野（電磁界理論、計測等）での研究会その他にて招かれ、その重要性を説いている。より広範囲の分野にてこの種の啓蒙に努力する事が重要であろう。

又、数年前にも電通大にて行った公開講座の如き一般向けの啓蒙も重要と考える。これも実施したいと考える。

次に、マスメディアとの関係について述べよう。早川は2005年春の日本地球惑星圏学会において学会依頼により「地震電磁気現象」のインターナショナルセッションの企画を行った。そのセッション後多くのマスメディアにその重要性を説き、複数の新聞紙にその記事が掲載された。又、2006年7月3日週刊ビッグコミックスピリッツ中にて、「日本沈没」(pp.33-54)の記事として、都内E大学(Univ. of Electro-CommunicationsのEで、電通大のこと)の片貝教授として早川が登場し、地震短期予知での電磁気現象の重要性を強調している。その後多くの反響があった。マスメディアとの付き合い方は色々問題があるにせよ、マスメディアを有用に活用すること

も今後の本研究ステーションの仕事である。

### (5) 国際・国内共同研究の更なる推進

「地震電磁気研究ステーション」がその存在を示すことは偏に研究業績、成果が挙がることである。この基本的考えに基づいて研究を行い、本研究ステーションが地震電磁気研究の世界的拠点として認められている。今後ともこの方針にて多くの国際共同研究、国内共同研究を実施していく予定である。しかし、重点項目だけを列記してみよう。

#### (i) 国内共同観測研究と外国との協力

日本国内に我々が設置したVLF/LFネットワーク（電離層擾乱観測用）と関東地区でのULF放射観測ネットの継続とそのデータ蓄積を目指す。神戸地震時に明瞭な電離層擾乱を我々が発見した事は前述したが、我々が所有する日本国内ネットワークは世界的に見てもこれだけ稠密なものはなく、良質データの収集とそのデータの解析が期待されている。同様の事は関東地区でのULFネットワークについても言える。VLF/LF受信システムは我々固有の手法であり海外よりその協力依頼が来ており、これらへの対応も急務である。学問的には、電離層擾乱と地震との因果関係の確立を目指す。

#### (ii) 日露共同によるカムチャカ総合観測

フロンティア研究とそれに続くISTCプロジェクトの成果として、ロシアカムチャカに理想的な観測サイトが建設され、稼動している。即ち、地震学と電波物理学とを橋渡しするものとして、(1)地震観測、(2)地球化学観測（各種イオン、ラドン等）、(3)電磁気観測（地電流、ULF放射、アコースティック放射、VLF/LF受信による電離層擾乱等）の総合観測を協力して行っている。電波雑音が極めて少ない事と地震活動が高いことから、良質のデータが出始めている。

#### (iii) 日仏協力による仏国衛星データ解析

早川も協力してきた仏国人工衛星DEMETERは打ち上げから2年間が経過し、多くの興味あるデータが発表されている。我々もロシア、仏国グループと協力して、2004年12月インドネシアスマトラ大地震の際の電離層擾乱を詳細に解析し、論文として発表した。この衛星観測結果は、我々のVLF/LFネットワークを用いたオーストラリアNWC局の地上観測結果とも矛盾ないものとなっている。更なる解析を行う。

#### (iv) 地圏・大気圏・電離圏結合の解析

上述した重要項目も含め多くの観測を我々も行っており、地圏の効果が如何に電離層まで伝達されるかという地圏・大気圏・電離圏結合の機構の解明を早急に行うことを目指している。我々は当初より複数の仮説を提案し、そのうち(1)大気電界の変調による電離層擾乱と(2)大気振動によるエネルギー伝達の二つが有望なものとして注目されている。

#### 4. むすび

電通大地震電磁気研究ステーションの活動について述べてきた。本研究ステーションは学内の研究者数は少ないが、国内での共同研究者は多くの大学等に関わっており、又外国人の定常的参加者も多いという特徴を持っている。学内では早川研究室での多くの優秀な大学院生が重要な貢献をしている。例えば、2006年7月シンガポールで開催されたアジア・オセアニア地球科学連合総会にて二人の大学院生がスマトラ地震及び新潟中越地震の際の電離層擾乱の研究結果を発表し、大変高い評価を受けた。国内他大学との協力、海外との定常的協力も今後とも進めたいと考えている。

#### 参考文献

- (1) 早川正士：地震に伴う電磁気現象のいろいろ，電通大紀要第17巻，1-9, 2005.
- (2) 早川正士：なぜ電磁気で地震の直前予知ができるか，日本専門図書出版，pp.120, 2003.
- (3) Hayakawa, M., and Y. Fujinawa, Editors, Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction, TERRAPUB, Tokyo, pp667, 1994.
- (4) Hayakawa, M., Editor, Atmospheric and Ionospheric Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes, TERRAPUB, Tokyo, pp997, 1999.
- (5) Hayakawa, M., and O.A. Molchanov, Editors, Seismo Electromagnetics : Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling, TERRAPUB, Tokyo, pp447, 2002.
- (6) Hayakawa, M., S. Pulinets, M. Parrot and O.A. Molchanov, Guest Editors, Special Issue on Recent Progress in Seismo Electromagnetics and Related Phenomena, vol. 31, issues 4-9, 129-495, 2006.