

シリーズ論説

地震予知研究のセンサー密度 - 強震観測の経験から -

正会員 神山 眞(東北工業大学名誉教授)

1. はじめに

地震予知を成功させるためには何らかの予兆現象を観測する必要があります。そのためには対象となる現象を観測するセンサーが必要であり、センサー配置とその密度は成否を決める重要な要因です。もちろん、センサー設置密度は高いに越したことはありません。ただし、予算的拘束やその他の諸事情から一般には妥協的に決めざるを得ない側面があります。この事情は地震予知に限らず、地球科学研究のあらゆる分野に共通しているジレンマと言えます。

地震発生とその前兆現象を模擬した実験室内での岩石滑りのせん断試験では、センサー配置を事前に予想滑り面を想定して自由に設定できることから、地震発生の過程と前兆は明確に把握できることが確認されています^{1), 2)}。このような制御可能な実験室内と異なり、実物の地球環境の自然の条件では、地震震源領域のごく近傍で観測できるセンサー設置がなされた例は皆無と言って良いと思います。とりわけ、プレート境界型地震の発生日点でのセンサー配置と設置密度の高度化は困難を極めます。本稿では、筆者の強震観測の経験からセンサー密度と前兆現象把握の関係について論じます。

2. 強震観測網の設置密度

筆者の元来の専門分野は地震工学ですが、その重要な研究対象として耐震設計法の確立があります。耐震設計では構造物の振動特性の解明に加えて、そこへの入力地震動の設定が重要です。そのうち、構造物振動特性に比べて入力地震動の知見は圧倒的に少ないのが現状です。一般に、強い加速度を伴う強震動を観測することは大変難しいことです。普通の地震計では観測に必要な諸因子が機能しなくなるため、構造物が破壊するような厳しい条件下でも正常機能する工夫が求められるからです。この事情から我が国で本格的な強震観測が始まったのは1960年代の前半で、たかだか60年程度の歴史しかありません。その間に強震動をもたらした地震数は極めて稀少ですので、強震動の本質に関わる知見は頗る少ないというのが実態なのです。

この条件下でも実務の分野では耐震設計を進めなければなりません。安全率導入などの知恵で何とか実務要請に答えています。実情は薄氷を踏む環境にあると言えなくもありません。それもこれも、その根元問題は入力地震動、すなわち強震動の知見が圧倒的に少ないからです。

以上のような問題を根本から変える「事件」とも言えるものが1995年兵庫県南部地震です。この地震は日本人全体に等しく衝撃を与えましたが、政府・行政のショックは大きく、その後の素早い諸対策の導入はその反映と言えます。すなわち、1995年7月18日「地震防災対策特別措置法」の制定、「地震調査研究推進本部」の設置、1997年8月29日「地震に関する基盤的調査観測計画」の制定などがなされました。特に、基盤的調査観測計画では①地震観測、②地震動(強震)観測、③地殻変動観測(GPS連続観測)④陸域および沿岸域における活断層調査、という4本柱が定められ、その後の観測網の充実に結びついております。これを受けて、上記の問題の強震動観測ではK-NET、KiK-netなどの全国的なネットワークが整備されることになり、その後の強震動研究の大幅な進歩につながっています。K-NET、KiK-netの整備では全国2000カ所に及ぶ観測点が展開されるとともに、観測デジタルデータのインターネットを通じた無償提供がなされることになり、世界的なユーザーへのサービス配慮により、研究文化のパラダイムシフトをももたらす結果となっています。

基盤的調査観測計画では、以上のような強震観測網の整備に加えて計測震度計の全国的な展開と高密度化も見逃せません。それまで、いわば現象監視や感覚で決定していた震度(震度階)が加速度計(計測震度計)による「機械観測」に切り替わるとともに、計測震度計の全国的な設置促進がはかれることになりました。



計測震度計の設置促進は気象庁のみならず各地方自治体によってもなされ、各県の「震度情報ネットワーク」の整備、それらの計測震度データの気象庁による一元処理に発展しています。今では、平成の大合併が進められる前の地方自治体に最低1台の計測震度計の設置がなされ、全国5000カ所に及ぶ世界に例をみない高密度な計測震度計の配置が実現されています。もちろん、このような計測震度計の設置促進は防災・減災対策の一環であり、事実、このような高密度化により被害地震発生の際のリアルタイム対応は1995年兵庫県南部地震前に比べて格段に素早く、かつ充実されることになりました。

3. それでも密度不足

以上のように計測震度計の配置を含めて強震観測は従前に比して大幅に高密度化が全国的に実現されましたが、一方では「これで十分か？」という問題があります。その一例が計測震度計の設置基準と配置目標です。平成の大合併前の地方自治体に最低1台の計測震度計の配置計画には当初から疑問が投げかけられていました。現在の計測震度計の配置は多分に妥協的であり、予算的な拘束により進められたというのが実態なのです。

一般に、震度を含めて、地震動の大きさは大別して震源特性、伝播経路、ローカルサイト効果という三つの要因の影響を受けます。このうち、サイト効果の影響は最も大きく、数10メートル離れても、地震動の大きさや周期特性が大きく異なることは珍しいことではありません。それ故、計測震度の設置密度についてもサイト効果の変化程度を科学的に配慮して決定すべきことが以前から指摘され、それを踏まえて計測震度の設置数を現状の十倍に増やすべきとの提言がなされたこともあります³⁾。既往に比較した現在の設置状況の充実は評価すべきことですが、それでもなお、震度情報には落とし穴が存在することを知っておく必要があります。

以上のように、観測機器の設置密度についての適性判断は予算的条件に加えて様々な要件が存在することから大変難しいことです。重要なのは、対象機器の設置における大義を十分に認識して、最適な配置と密度を案出する基本姿勢を忘れないことだと思います。

4. 地震予知のためのセンサー密度

以上に強震観測に関するセンサーの密度に関して経過、現状、問題点を簡単に紹介しましたが、現象把握に実を上げるためのセンサー配置と密度に関する議論は地震予知にとっても重要な考察対象であると言えます。これまでに沢山の国家的な資金を投入したにも関わらず、地震予知に成功しないことに対する社会的非難の激しいことは周知の事実です。しかし、一方では

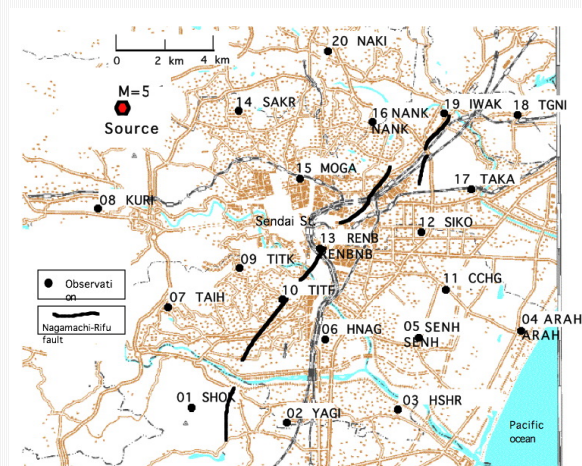


図1 Small-Titan観測点配置と1998年9月15日に発生した直下地震M5.0

地震のような複雑な自然現象をフォローするのに必要十分な現象観測のためのセンサー整備が現在なされているのか？、という議論があっても良いように思います。このような反論主張をすること自体が研究者のエゴイズムと一蹴されそうな今日の社会的風潮ですが、何故、現状で成功しないのか？、に関する原因解明の科学的議論が地震学中心の既往の専門家の枠を超えて、なされる必要性を痛感します。その際に、先に述べた実験室内での地震発生の模擬試験におけるセンサー配置と密度は大いなる参考材料になると思います。十分に制御可能な理想的な配置と密度のセンサー設置があれば、地震発生の破壊核形成から成長過程が詳細に追従可能である、との実験室内での事実は、実地震予知へのセンサー配置の工夫に対して重要な示唆を与えているように思えてなりません。

以上のようなセンサー配置の工夫と地震発生の予兆把握との関係について筆者は実際の観測を通して経験していますので、以下にその事例を簡単に紹介します。

上述のように我が国の強震観測はK-NETやKiK-netにより全国的に高密度化が図られ、現在ではほぼ15km四方の領域に1観測点の設置体制が実現されています。ただし、このような世界に冠たる高密度観測網であっても、複雑極まるローカルサイト効果の影響把握は不十分との考えから、筆者らは、さらに高密度な強震観測網を大学の存在する仙台市圏で1997年頃に整備しました。この観測網はK-NETと全く同一の強震計を採用するとともに、設置環境も同一として、5km四方に1台の観測点をローカルサイトの異なる合計20地点に配置したものです。これはSmall-Titan (Strong Motion Array of Local Lots by Tohoku Institute of Technology Area Network)⁴⁾と命名され、約20年間に亘り観測が継続されています。

この観測ネットワークは各観測点と観測センターが公衆回線で結ばれ、リアルタイム処理が可能なシステムとして整備されたもので、私立大学の単独の施設としては世界でも稀な規模の強震観測システムです。この観測システムは2011年東北地方太平洋沖地震でも作動して一部観測点で津波の浸水被害を受けながらも17観測点で貴重な強震記録を取得することに成功しました。この記録を含めて観測デジタルデータは公開され、世界的に利用されています。観測エリアの仙台市圏におけるサイスシティを反映して、これまで500を超える様々なタイプの地震による強震記録を得ています。図1にSmall-Titanの観測点配置を示します。

このシステムの運営を通してアレー観測の有効性を確認すると同時に、このような高密度で展開される観測網は地震の予兆探知でも極めて有用な情報提供の可能性を示唆する貴重な経験を得ました。それは1998年9月15日16時23分頃に仙台市圏の直下で発生したM5.0の地震による経験です。その震央は図1において赤丸で表示されています。この地震により最大震度5弱の記録（最大加速度約400ガル）が取得されるとともに、仙台市内で若干の被害が生じました。実は、この地震が発生する前に震源に最も近い観測点08_KURIで本震の発生する前から地震計に起動がかかり、微小地震による加速度データを送り続けていたのです。その取得波形を水平動東西方向の記録について時間を追って表示したものが図2です。図2に示すように、本震発生日時1998年9月15日16時23分の3日程前の9月12日8時13分から4回の微小地震による記録が取得されました。要するに前震による記録を取得したのは明白でした。もちろん、このような微小な前震を記録できたのはSmall-Titanのような高密度の観測網による賜物と言ってよく、気象庁やK-NETなどによる観測網ではなし得ないことでした。この経験から、従来、地震予知に成功しなかった理由が貧弱な観測体制にあること、センサー設置の高密度化と適正配置が地震予知の成否を握ること、などについての確信を持つに至りました。

5. おわりに

本稿では、強震観測の経験を通して得たセンサー配置と設置密度の認識を地震予知へ適用して私見を述べました。もちろん、センサーの配置や設置密度のみならず、何を観測するのかというセンサーの種類と質に関する検討も重要であることは論を待ちません。センサーの種類と質および配置密度の適正な議論を通して、官民を挙げた国家的なプロジェクトが確立されれば、地震予知の成功に向けた新たな道が開かれるのではないかと期待しています。

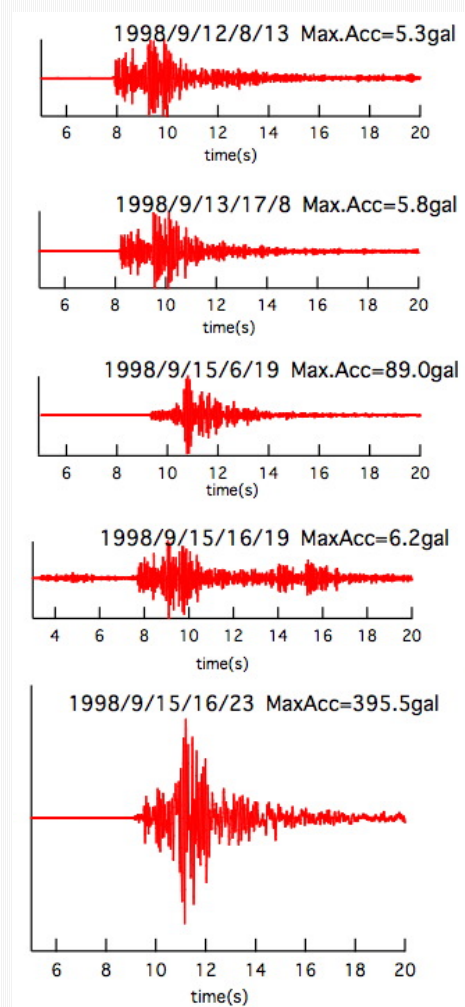


図2 1998年地震M5.0による加速度記録の経過
(Small-Titan観測点08_KURIの東西方向加速度記録、各波形の数字は記録日時、最大加速度)

参考文献

- 1) Ohnaka, M. and L. F. Shen, Scaling of the shear rupture process from nucleation to dynamic propagation: Implication of geometric irregularity of the rupturing surface, J. Geophys. Res., 104, 817-844, 1999.
- 2) 大中康誉、松浦充宏：地震発生の物理学、東京大学出版会、2002.
- 3) 土木学会地震工学委員会：震度計の設置促進と震度データの利用高度化に関する研究小委員会最終提言、震度計の設置促進と震度データの利用高度化に関するシンポジウム、2007.
- 4) M. Kamiyama, T. Matsukawa, and M. Anazawa: Strong-Motion Records Obtained by an Array Observation System During the 2011 Great East Japan Earthquake, Journal of Disaster Research, Vol.7, No.6, 1-10, 2012.

行事案内

第4回(2017年)学術講演会

日時：平成29年12月25日(月)～26日(火)

会場：電気通信大学東3号館(総合研究棟)
3階 301号室

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1)

電話番号：042-443-5000(代表)

<http://www.uec.ac.jp/about/profile/access/>

後援：電気通信大学

会場へのアクセス(下図参照)：

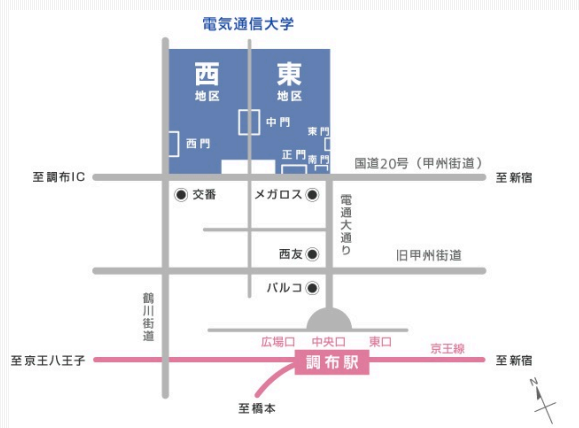
京王線 調布駅下車、中央口改札、中央口から徒歩5分

参加費：会員 無料、非会員：¥3,000(2日間有効)

懇親会：25日(月)18時00分～

大会会館3階「ハルモニア」

参加費¥4,000(学生¥2,000)



第4回(2017年)学術講演会

— 招待講演 —

招待講演 1

講演題目：「フェーズドアレイ気象レーダの研究開発」

講演者：牛尾知雄氏(首都大学東京・大阪大学)

講演日時：12月25日(月) 10:10～11:00

講演者略歴：

H5年大阪大学工学部電気卒、H7年同大学院工学研究科修士課程修了。H10年同大学院工学研究科博士課程修了。同年アメリカ航空宇宙局(NASA)マースシャル宇宙飛行センターNational Space Science and Technology Center/Global Hydrology and Climate Center USRA研究員。H12年大阪府立大学大学院工学研究科航空宇宙工学分野助手。H15年同講師。H18年大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻准教授。H29年首都大学東京教授。博士(工学)。電波リモートセンシング、地球観測、雷放電、環境電磁工学などの研究に従事。

大阪科学賞、電気学会電気学術振興賞論文賞、同進歩賞、日本大気電気学会学術研究賞、文部科学大臣表彰・科学技術賞、近畿総合通信局長表彰、NASA表彰・Top Discoveries in Microgravity等受賞。

招待講演 2

講演題目：「ノイズの中のシグナル検出 - スペクトル拡散通信(カオス通信)から大地震直前の電離圏異常の検出へ - 」

講演者：梅野健氏(京都大学大学院)

講演日時：12月26日(火) 11:30～12:20

講演者略歴：

1995年、東京大学大学院理学系研究科博士後期課程(物理学専攻)修了。1995年、理化学研究所基礎科学特別研究員を経て1998年4月1日郵政省(現総務省)入省。2003年8月26日に株式会社カオスウェア設立同取締役(2012年3月31日まで)。2005年理化学研究所次世代移動体通信研究チームリーダー(兼務、2010年3月31日まで)。2004年4月1日～2012年3月31日独立行政法人情報通信研究機構主任研究員を経て、2012年4月1日から京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻教授

第4回(2017年)学術講演会 —プログラム—

第1日目 12月25日(月) 午前の部
座長 神山 眞(東北工業大学)

10:00-10:10 ~開会挨拶~ 会長 早川正士

10:10-11:00

「招待講演」

牛尾知雄(首都大学東京・大阪大学)

フェーズドアレイ気象レーダの研究開発

11:00-11:20

[一般講演]

長尾年恭(東海大学海洋研究所), 中谷正生(東京大学地震研究所)

地震予知が当たっているとは?

11:20 -11:45

[グループ活動講演]

Hattori, K.(Graduate School of Science, Chiba University, Japan), P. Han(Graduate School of Science, Chiba University, Japan/Southern University of Science and Technology, China)

ULF magnetic signals as the potential earthquake precursory information and assessment for the practical forecast in Japan

11:45-12:05

[一般講演]

荻原洋聡(榊エヌ・ワイ・ケイ), 佐藤紘志(防衛大学校)

電子基準点が捉えた日本の地殻変動〔国土地理院データ〕と地震発生3スケール〔グローバル～リージョナル～ローカル〕相関関係の一考察

12:05-12:25

[一般講演]

A. Schekotov(Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Russia), M. Hayakawa(Hayakawa Institute of Seismo Electromagnetics, Co. Ltd. (Hi-SEM), Japan)

What are the most promising candidates for short-term EQ prediction?

第1日目 12月25日(月) 午後の部 1
座長 長尾年恭(東海大学)

13:45-14:10

[グループ活動講演]

藤縄幸雄(榊ミエルカ防災), 天野慎史, 宮川美南子((一社)防災減災技術開発機構), 野田洋一(㈲テラテクニカ)

大地震発生直前の微小地震の検出

第4回(2017年)学術講演会 —プログラム—

第1日目 12月25日(月) 午後の部 1
座長 長尾年恭(東海大学)

14:10-14:35

[グループ活動講演]

楠城一嘉(静岡県立大学グローバル地域センター), 吉田明夫(静岡大学防災総合センター)

大地震に先行したb値の系統的研究

14:35-14:55

[一般講演]

小倉佑哉, 本島邦行(群馬大学大学院)

Molchan's Error Diagramによる見通し内VHF帯放送波の伝搬異常と地震の関連性解析

14:55-15:15

[一般講演]

Potirakis, S.(Piraeus University of Applied Sciences (TEI of Piraeus), Athens, Greece/Hi-SEM, Japan), Schekotov, A. (Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Russia), T. Asano, M. Hayakawa(Hi-SEM, Japan)

Criticality analysis of seismo-electromagnetic phenomena as precursors to the 2016 Kumamoto earthquakes

15:15-15:35

[一般講演]

大澤祐輝, 本島邦行(群馬大学大学院)

モニタリングポストにおける空間線量異常と地震の統計的関連性

第1日目 12月25日(月) 午後の部 2
座長 芳原容英(電気通信大学)

15:55-16:20

[グループ活動講演]

神山 眞(東北工業大学), 小出英夫(東北工業大学工学部), 沢田康次(東北大学・東北工業大学) 秋田 宏(東北工業大学), 千葉則行(東北工業大学工学部)

東北工業大学・科研費研究グループの工学的地震予知研究紹介(2) -地殻ひずみとサイズミシティによる地震及びその被害地域の予測可能性 -

16:20-16:45

[グループ活動講演]

國廣秀光(JYAN研究会)

熊本地震の電磁波観測データで見る地震予知

**第4回(2017年)学術講演会
—プログラム—**

第1日目 12月25日(月) 午後の部 2
座長 芳原容英(電気通信大学)

16:45-17:05

[一般講演]

小張剛照(富士防災警備㈱)

**日本周辺の地震に先行するb値の時空間変動および
電離圏総電子数異常に関する研究**

17:05-17:30

[グループ活動講演]

榎本祐嗣(信州大学), 日置幸介(北海道大学), 山辺
典昭(信州大学), 杉浦繁貴, 近藤 斎(㈱コンボン
研)

2011東北沖地震直前における地磁気変動発生素過程

懇親会18:00~ 大学会館3階「ハルモニア」

第2日目 12月26日(火) 午前の部
座長 古宇田亮一(地質情報整備活用機構)

10:00-10:25

[グループ活動講演]

三神 厚(東海大学), 神山 眞(東北工業大学)

**地殻変動データに機械学習の手法を適用した地震予
測の試み**

10:25-10:45

[一般講演]

岩田英経(IPCC地震予知研究グループ)

**地電流と電離層のLAIカップリングにおける海水層
の介在の影響とそれに伴う地震予測に関する課題の
考察**

10:45-11:10

[グループ活動講演]

前田崇(JAXA), 高野忠, 三枝健二(日本大学)

JAXA・日本大学グループ活動報告

11:10-11:30

[一般講演]

斉藤好晴(NPO法人環境防災技術研究所)

AM放送波活用電離層擾乱観測による予測実験検証

11:30-12:20

「招待講演」

梅野健(京都大学大学院)

**ノイズの中のシグナル検出 - スペクトル拡散
通信(カオス通信)から大地震直前の電離圏
異常の検出へ -**

**第4回(2017年)学術講演会
—プログラム—**

第2日目 12月26日(火) 午後の部 1
座長 児玉哲哉(宇宙航空研究開発機構)

13:20-13:40

[一般講演]

浅野智計, 早川正士(㈱早川地震電磁気研究所)

**VLF/LF帯電波伝搬解析による理論的研究からみた宮
城県沖・福島県沖地震の前兆**

13:40-14:05

[グループ活動講演]

Oyama, K.I.(National Cheng Kung University, Taiwan他),
Chen, C.H.(National Cheng Kung University,
Taiwan), Devi, M.(Gauhati University India), Ryu, K.(KAIST,
Republic of Korea), Bankov, L.(Space Research Institute,
Bulgaria), Liu, J.Y.(National Central University, Taiwan),
Liu, H.(Kyushu University)

**One possible source of electric field generation before
large earthquake**

14:05-14:30

[グループ活動講演]

毛利元昭(愛知大学), 内匠 逸(名古屋工業大学),
安川 博(愛知県立大学)

**名工大グループにおける研究成果 -ELF帯電磁波
データの利用-**

14:30-14:50

[一般講演]

中野 裕(JYAN研究会)

ELF帯(3~30Hz)発震電磁波を捉える試み

14:50-15:15

[グループ活動講演]

早川正士, 浅野智計(㈱早川地震電磁気研究所)

早川地震電磁気研究所(Hi-SEM)の活動

休憩(20分)

第2日目 12月26日(火) 午後の部 2
座長 服部克巳(千葉大学)

15:35-16:00

[グループ活動講演]

H. Santosa(電気通信大学大学院), 芳原容英(電気通
信大学大学院)

**One day prediction of nighttime VLF amplitudes
using nonlinear autoregression and neural network
modeling**

16:00-16:25

[グループ活動講演]

児玉哲哉(宇宙航空研究開発機構)

世界の地震先行現象観測衛星計画の動向

シリーズ・研究訪問

電磁気手法を用いた地球環境の監視と予測

芳原 容英

(正会員、電気通信大学大学院情報・ネットワーク工学専攻教授, メールアドレス: hobara@ee.uec.ac.jp)

1. はじめに

我が国は、大規模な地震や火山噴火をはじめ、竜巻や集中豪雨といった極端気象現象など様々な自然災害による被害を被ってきました。近年では、大規模フレア等の激しい太陽活動による高度情報通信システムへの被害も危惧されています。このような事象の予測はその先行現象の正確な検出の難しさゆえ一般的に困難です。芳原研究室では、「電波が地球・宇宙環境問題の理解、解決のためにできること」をモットーに、「地圏」から「大気圏」、さらには「宇宙空間」までを対象として、これらの自然災害をもたらす極端事象に関連する電磁気現象を、地上や宇宙からの観測により調査しています。そして、それらの現象の物理的メカニズムの解明（サイエンス）とともに短時間の予測を行う試み（工学）に取り組んでいます(図1)。我々が電磁気現象の観測に注目する理由として、電磁波の長距離伝搬性（遠達性）や事象の前に起こる（先行性）により、遠隔からの監視や、予測に有効な手段と考えられるからです。

2. 地震関連電磁気現象

芳原研究室では、国内9点、海外3点（インドネシアおよび台湾）より構成されるアジア域のVLF/LF帯送信電波観測ネットワークを展開し、送信電波の受信電界強度および位相の連続受信を行うことで、下部電離層(D層)の擾乱を監視しています(図2および図3)。

本稿では、地震関連電離層擾乱の研究についての最近の研究成果をご紹介します。現在までに、下部電離層の擾乱が地震発生1週間～数日前に観測されたという例が多数報告されています¹⁾。しかし、なぜ地震前の擾乱が観測される場合とされない場合があるのかは依然として解明されていません。

そこで我々は、日本周辺で発生した地震をタイプ別に3つに分類し(逆断層型, 正断層型, および横ずれ断層型), これらに関連する電離層擾乱の発生状況について、5年間にわたる統計的調査を行いました。その結果、日本の地震に多い「逆断層型地震」に先行する電離層擾乱の発生確率が最も高く、40～60%に及ぶことが判明しました²⁾。このことは、地圏と電離圏の間の結合過程の理解に有効なだけでなく、将来の地震の予測精度の評価にも非常に重要だと考えられます。

そもそも、下部電離層擾乱は、太陽活動のみならず、大気圏からの波動の影響など、地震以外にもさまざまな要因が複雑に絡みあっています^{3), 4), 5)}。そこで現在、高度な信号処理技術などを使い、下部電離層擾乱の時間変動のモデリングを行っており、95%以上の予測性能を確立しています⁶⁾。今後、既知の外部要因をできるだけ排除し、地震による影響を効果的に抽出できれば、地震の短期予測や異常

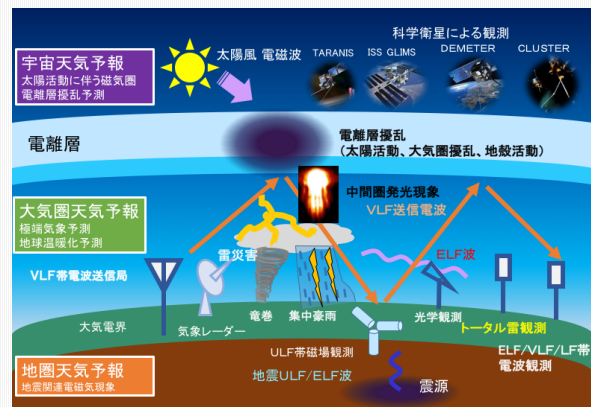


図1 地球・宇宙環境環境の監視と予測概念図

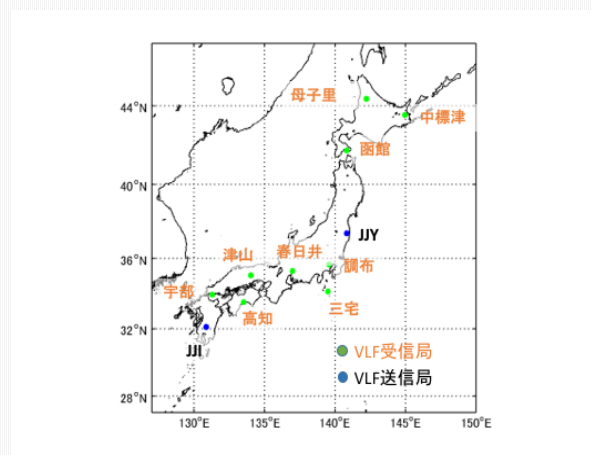


図2 電気通信大学VLF/LF帯送信電波観測ネットワーク（国内）



図3 インドネシアベンクルー大学観測点

現象の発生機構のさらなる理解につながるかもしれないと期待しています。

3. 雷関連電磁気現象

芳原研究室では、2014年から米国Earth Networks社の雷センサーを用いて日本全国をカバーする最新型の雷観測ネットワーク（JTLN: 日本トータル雷観測ネットワーク）を展開しています(図4)。これは、大学が運用する国内をカバーするトータル雷(対地雷と雲内雷の

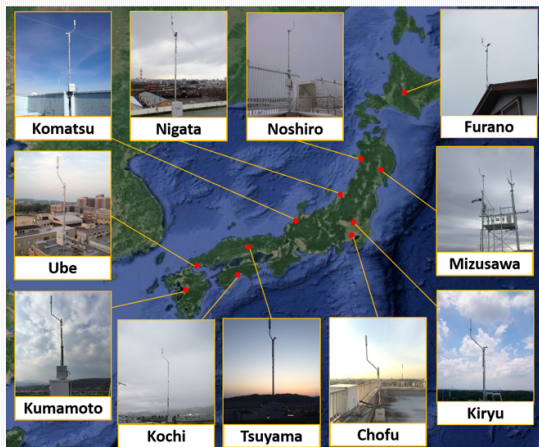


図4 日本トータル雷観測ネットワーク (JTLN)

合計) 標定システムとしては本邦初です。このシステムにより、国内の局所的な突風現象(竜巻やダウンバースト)について、突風の発生前にトータル雷の顕著な増加が観測されました⁷⁾(図5)。最近では、洪水をもたらす猛烈な雨に先行する雷活動についても調査が進んでおり、これらの極端気象の短時間予測を目指しています。

また、雷から発生する電波のうち低周波数であるELF帯(3 Hz ~ 3 kHz) 磁場の連続波形観測を、北海道と九州にて実施しており、電気エネルギーの大きな雷を効果的に同定しています。電気エネルギーの大きい雷は、送電線(架空地線)や再風力発電設備などに大きな損傷を与える一方で、現在でも通常の雷標定システムでは捉えられない場合があるため、それらの効果的な検出方法が喫緊の課題となっています。本研究により作成される雷エネルギーハザードマップに基づく雷対策から、雷災害の軽減が期待されています。

4. 宇宙からの電磁気現象観測雷

芳原研究室は、国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟「きぼう」に設置されたJEM-GLIMSミッションを使った宇宙航空研究開発機構(JAXA)のミッションに参画し、世界で初めて宇宙から真下の大規模雷に伴うレッドスプライトをとらえることに成功しています(図6)。現在は、本ミッションの光学観測と電磁波の同時観測データを生かした研究を実施しています。また、19年に打ち上げ予定のフランスのマイクロ衛星「TARANIS」にも共同研究者として参加予定です。TARANISは、大規模落雷に伴うスプライトやジェット等の高高度発光現象と電波、高エネルギー現象を宇宙空間で同時に捉える世界初の科学衛星ミッションです。

5. まとめと今後の展望

本稿では、芳原研究室にて行われている科学研究の概要を紹介してきました。我々は、さまざまな極端事象(地震や極端気象など)を含む地球、宇宙環境の背後にある電磁気現象の観測データを解析しています。これらの現象に関連する物理過程の解明という理学的な研究と、得られた科学的知見に基づく環境の監視や災害の予測手法の開発という極めて実学的、工学的な研究との融合(理工融合)を重視しています。今後は、さらにその融合の度合いを深めつつ、最新の信号処理方法等も用いることで、より確度の高い予測手法の開発も進めていく予定です。

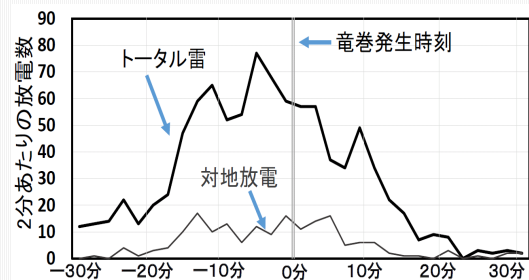


図5 竜巻を発生させる雷雲によるトータル雷発生頻度の時間変化



図6 「きぼう」の日本実験棟(JAXA提供)

参考文献

- 1) Hayakawa, M., and Y. Hobara, Current status of seismo-electromagnetics for short-term earthquake prediction, *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, 1(2), 115–155, doi:10.1080/19475705.2010.486933, 2010.
- 2) T. Kawano, K. Tatsuta and Y. Hobara, A Statistical Study on VLF Subionospheric Perturbations Associated with Major Earthquakes: A View from Focal Mechanism, *American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, USA, 2015.
- 3) Tatsuta, K., Y. Hobara, S. Pal, and M. Balikhin, Sub-ionospheric VLF signal anomaly due to geomagnetic storms: A statistical study, *Ann. Geophys.*, 33(11), 1457–1467, doi:10.5194/angeo-33-1457-2015, 2015.
- 4) Pal, S., and Y. Hobara, Mid-latitude atmosphere and ionosphere connection as revealed by very low frequency signals, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 138–139, 227–232, doi:10.1016/j.jastp.2015.12.008, 2016.
- 5) Pal, S., Y. Hobara, S. K. Chakrabarti and P. W. Schnoor, Effects of the major sudden stratospheric warming event of 2009 on the subionospheric very low frequency/low frequency radio signals, *J. Geophys. Res.*, Vol.122 No.7, 7555–7566, doi: 10.1002/2016JA023813, 2017.
- 6) Santosa, H., and Y. Hobara, One day prediction of nighttime VLF amplitudes using nonlinear autoregression and neural network modeling, *Radio Science*, Vol. 52, 132–145, doi: 10.1002/2016RS006022, 2017.
- 7) Hobara, H., H. Ishii, Y. Kumagai, C. Liu, S. Heckman, C. Price and E. R. Williams, Preliminary Results from the Japanese total lightning network, *American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, USA, 2015.

社員総会開催の案内

一般社団法人日本地震予知学会
会員各位

一般社団法人日本地震予知学会
代表理事 早川 正士

第5回社員総会のお知らせ

拝啓 時下ますますご健勝のこととお慶び申し上げます。

会員の皆様には、平素より日本地震予知学会の運営にご理解とご協力を賜りまして厚く御礼申し上げます。

さて、この度学術講演会に合わせて、一般社団法人日本地震予知学会 定款第10条および12条に基づき、下記により社員総会を開催致します。

なお、お手数ではございますが、出席者確認のため本メールに「出席・委任」のどちらかを明示頂き、出欠にかかわらず、必ず12月18日（月曜日）までにご返信下さいますようお願い申し上げます。

敬具

1. 総会日時 平成29年12月26日（火曜日） 16時35分～17時00分
2. 総会場所 電気通信大学 東3号館3階301号室
3. 持参品 本総会招集のお知らせ等
4. 総会次第
 - ① 定足数の確認
 - ② 議長選出
 - ③ 議事録署名人選出
 - ④ 議事
 1. JpGUでの学会主催セッション（児玉理事）
 2. 総会の開催（時期、JpGU開催地）
 3. 次期理事の選出（服部理事、古宇田監事）（年明け）と
理事会の開催（新代表理事の選出など）
 4. ニュースレターの出版（神山理事）
 5. 学会活動の活性化
 - （1）学術講演会での発表論文の出版（特集号）（服部理事）
 - （2）地震予知に関する本の出版（服部理事）
 - （3）学術講演会での新企画（古宇田監事）
 - ⑤ その他
 - ⑥ 閉会の辞

当日の出欠にかかわらず、必ず、「出席・委任」のどちらかを明示頂いたメールを期日までにご返信下さいますよう、重ねてお願い申し上げます。

EPSJ CALENDER

(本会および関連学協会の行事予定)

- 日本地球惑星科学連合2018年大会
JpGU-AGU Joint Meeting 2018
- ・日程：2018年5月20日(日)～5月24日(木) 5日間
 - ・場所：千葉県 幕張メッセ 国際会議場, 国際展示場 / APAホテル東京ベイ幕張
 - ・詳細：<https://www.member-jpgu.org/jpgu/ja/>

会員の皆様へー日本地震予知学会理事会からのお願いー

本学会は会員の皆様からの会費で運営が成り立っております。毎年度初めに事務局から会費納入（年5,000円）の案内をさせていただいておりますが、未納入の方が散見されます。学会の運営円滑化のためにも、確実に会費納入をお願いいたします。

会費振込先：三菱東京UFJ銀行、神楽坂支店、普通講座 0232399

受取人：一般社団法人 日本地震予知学会

ニュースレター 記事募集

会員の皆様からのニュースレター記事を募集します。

地震予知に関する意見、感想、地震予知に関する研究ノート、書籍紹介、地震予知に関するイベントの案内・開催報告、等々地震予知に関する様々な話題をお寄せ下さい。

投稿記事のフォーマットや様式は任意で。

下記の学会メールアドレスまでメール添付ファイルとしてお寄せ下さい。

E-mail: office@eqpsj.jp

編集後記

日本地震予知学会のニュースレター第5号をお届け致します。

本号は発行が諸般の事情から予定より大幅に遅延することになってしまいました。編集者の日程管理もさることながら、定期刊行を継続する際の重要課題である入稿管理の不如意が大きな原因です。

本号では電通大の芳原先生に研究紹介の原稿をお寄せいただきました。次回以降は発行の遅延を避けるべく微力を尽くすつもりです。何と言っても継続は力なのですから（編集担当理事：神山）。

一般社団法人 日本地震予知学会

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町11番地 清風ビル3階

TEL、FAX: 03-5579-8470

E-mail: office@eqpsj.jp

Website: <http://www.eqpsj.jp>

＜本ニュースレターの内容を許可なく転載することを禁じます。＞