

電磁気現象を用いた地震予知とその防災への活用

株式会社早川地震電磁気研究所 代表取締役 早川正士

司会 ただいまより、午後の部の特別講演を始めさせていただきます。本日は、株式会社早川地震電磁気研究所代表取締役の早川正士様をお招きしております。

ご講演に先立ちまして、早川様のプロフィールを簡単にご紹介させていただきます。

早川様は、昭和43年に名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了後、名古屋大学空電研究所助教授、イギリスシェフィールド大学物理学科客員講師、フランス国立惑星大気環境科学研究所客員教授を歴任され、平成3年に電気通信大学菅平宇宙電波観測所教授、平成7年に同大学電子工学科教授に就任されました。平成21年に退官後、電気通信大学名誉教授に就任、平成23年には電気通信大学発ベンチャー株式会社早川地震電磁気研究所を設立されました。

本日は、「電磁気現象を用いた地震予知とその防災への活用」と題して、お話しいたします。日本は地震大国であり、われわれは、大災害のリスクと常に隣り合わせの生活をしております。地震予知に関する最先端の研究、技術についてお話を聞けることは、われわれ、リスク管理の専門職であるアクチュアリーにとって、大変有意義なものと思います。

それでは、早川様にご登壇いただきます。拍手でお迎えください。

早川 はい。ご紹介いただきました、早川です。よろしくお願ひいたします。今日は、地震予知の最前線についてお話しいたします。

日本アクチュアリー会年次大会®
経団連会館_2015.11.10

電磁気現象を用いた地震予知と その防災への活用

早川 正士

1)(株)早川地震電磁気研究所(電通大発ベンチャー) 代表取締役
2)電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター客員教授
3)地震解析ラボ(インフォメーションシステムズ(株))顧問
4)富士警備保障株式会社顧問

- ・ 電気通信大学名誉教授
- ・ 日本地震予知学会会長

連絡先: hayakawa@hi-seismo-em.jp

これが本講演のタイトルです。まず、電磁気現象という言葉がここに書いてあります。これは、電気や磁気や電波などを総称するもので、目に見えないため、分かりにくいのです。皆様方は携帯電話を現在使われていると思いますが、その電波がここでも飛んでいるのですが、見えますか？見えませんね。私は見えてい

るのですが(冗談)。地殻変動を測定する力学現象に比して、電磁気現象はなかなか可視化できないため、分かりにくいと言えます。そのような電波を使った地震予知が、ここ 20 年間で飛躍的に発展を遂げています。即ち、実用化レベルにすでに到達しておりますので、そのことをお話ししたいと思います。

それと同時に、これをぜひ、保険の分野でも重要な情報、付加価値のある情報として活用していただけたらどうかということで、最後に一つ、保険業界の皆様方にご提案を申し上げたいと思います。ぜひ、お考えいただきたいと思います。ここに書きましたように、今日は時間をたっぷりと取っていただいておりますので、地震予知の初期結果から最前線までをお聴きいただきたく存じます。

私は名古屋大学から、電気通信大学の方へ変わってきましたが、すでに定年退官をして5、6年たちます。そのあと、ベンチャーとして二つ会社を、一つ、早川地震電磁気研究所、それから3番目の地震解析ラボという、ベンチャーを立ち上げました。地震解析ラボでは、地震予測情報の配信を開始したのです。それと同時に大学の方も、客員教授として関わっています。地下から出てくる電波は雑音で、雑音一般は通信の妨害として通信に著しく関連していますので、電通大の先端ワイヤレスコミュニケーション研究センターにおいて、客員教授として研究も行っています。最後の4番目の所属の富士警備保障は、法人対象に地震予知情報を使って、コンサルティングを始めた会社で今注目されています。この肩書きを見てください。もう一つ大事な肩書きが、日本地震予知学会です。この学会を昨年(2014年)に立ち上げましたが、これは地震学会に対抗して立ち上げたのです。初代の会長は、「もう、早川がやるしかない」ということで、私が現在会長を務めております。2015年の12月21日、22日、第2回目の学術講演会を電気通信大学で行うという手順になっています。はい、それでは始めたいと思います。

目次

1. 地震予知不可能論(国の結論)
2. 地震予知とは?
3. 地震に伴う電磁気現象
 - 3.1 地震電磁気学(原理)
 - 3.2 地震予知学の歴史(過去30年)
 - 3.3 地震予知学の歴史(早川の20年間の予知研究を顧みて)
4. 地震予知の将来
5. 地震予測情報の活用と防災(+保険との関わり)

今日の内容はここに書きましたように、第一は地震予知不可能論、これは国の結論です。国の結論ということは地震学の結論ですが、この地震予知不可能論について先ずお話いたします。2番目としては地震予知、地震予知の定義をいたします。地震予知というと、皆さん同じ言葉でいろいろな使い方、即ち違った意味に用いています。これが混乱の一つの原因です。われわれは地震の短期予知しか興味がありませんので、短期予知を重点的にお話ししたいと思います。

それから、地震に伴う電磁気現象をお話しします。地震学では地殻変動を測りますので、地殻が揺れた、揺れない、ひずみが入ったなどを測るわけですが、私たちはそのような力学測定ではなく、電源での高まるストレスにより発生する電磁気現象、即ち電気や磁気の異常や電波などを測るわけですが。地震電磁気現象の基本的な原理から始まって、世界中の30年間の歴史をお話しします。30年の歴史の割には極めて飛躍的な発展をしていると、私は強調したいと思います。地震予知学の歴史は私の歴史とも絡みますので、この20年間で、私がどのようなことを考えて、どのように研究を進めてきたかを見ることによって、地震予知学の歴史をお話ししたいと思います。最初の頃は、私は、「地震に伴う電磁気現象はいかがわしい学問だ」と思っていました。明らかに、20年前は、「こんなことやるのはばかだ」と思っていました。


続いて、地震電磁気学は、もう学問として体系化されつつあること、更にその将来についてお話しします。即ち、地震予知の実学の面と、サイエンスの両面からお話をしましょう。5番目は、地震予測情報の活用と防災ということで、これは保険業界の方とも深く関わりますので、このことについて、最後にお話ししたいと思います。

1. 地震予知不可能論(国の結論)

国(政府)中央防災会議の作業部会報告(2013年5月)

- 東海地震、東南海地震、南海地震(+津波)に対する提案
 - (1) **地震(短期)予知は不可能である。**
 - (2) **事前の防災が重要である。**
- 我々の考え(国民の考え)
 - (1) 地震予知不可能論は地震学の結論である。地震学の中では東海地震も予知できないとも。
 - (2) 基本的には「**自分の身は自分で守る**」こと。個人や自治体単位で自身にて考え、対策する。

南海トラフ地震・津波による推定死者数
= 32万3000人



まずこれは地震予知不可能論、国の結論なのです。国とは、地震学の結論だと思ってください。これから、二つ重要な言葉を紹介します。まずは、地震学。これは seismology と言いますが。それに対して、われわれは地震予知学というものを提案しています。earthquake predictology と言います。これらの学問は本質的に違うものであることを、最後にはご理解いただけたらと思います。

国の結論とは？国の中央防災会議が数年前のことですが、即ち、3. 1 1、2011年の東北大震災が起こった後に、いろいろ協議の末出した結論です。東海・東南海・南海地震の襲来を想定して考えられ、それに対する提案です。この赤で書いた二つのことです。第一に、地震は予知できない。特に、短期予知は全く不可能である。だから、それに伴って事前の防災が重要である。それと同時に、このような図を示して、国民を脅しています。これは南海トラフ、四国ですが、四国でマグニチュード7や8クラスの地震が起これば、それに伴って津波の発生を引き起こします。南海地震での津波はあの2011年の東北大震災と同じですから、津波で32万人もの死者が出るという脅しをかけているのです。

2013年にこのような結論を述べていますが、実は1995年の神戸の地震（阪神淡路大震災）後にも、同じ結論がすでに出されているのです。この2013年の結論は、全く同じ結論の繰り返しなのです。今、この国の結論を受けて、社会がどのような状態になっているのかというと、防災グッズ、防災関連の事業がとても儲かっています。防災はやっておくに超したことはありませんので、日本中どこも地震が来る可能性が高いので備えることは、まず、基本的に大事なことであるということです。

この国の結論に対して、われわれの考え方はどのようなことか？この地震予知不可能論は地震学の結論です。地震学者の結論で、われわれの結論ではありません。しかし、地震学の中で、地震学者の中には、切迫していると言われている東海地震すら予知できないと言っている人もいます。その理由は、地震計による方法では地震予知はなかなか難しいということ、実は、地震学の中でも分かりつつあると言えます。そのことを知っている人、即ち良心的な方は東海地震も予知できないと言っているわけです。国としては、予知できる地震は東海地震だけだと言っているのですが、地震が起こる前から名前が付いた地震は、東海地震だけなのです。おもしろいことに。

われわれ、即ち地震予知学ではこれに対してどのような対応をしたらよいのかということですが、基本的に保険の概念を、徹底したらいいということが、私の提案です。いつもお話ししていることは、基本的に「自分の身は自分で守る」という欧米式の、やはり保険の概念です。これは、いつも、どこへ行ってもお話ししていることです。ですから、単純に言えば、個人を守る。個人のもう少し大きな単位で言えば、家族を守る。それが大きくなれば、町、町内会を守る、市を守る、自治体を守る、県を守る。結論として、自分の身は自分で守るという原則を徹底したらどうかと思います。そのようなことを更に広く考えれば、いろいろな自然災害、テロも含めていろいろな災害が、当然予想されて発生する可能性は高いです。例えば最近で言えば、関東地方でも川の氾濫で大きな水害が起きました。あれも単純に考えれば、その地域ではその川が氾濫するということは、過去の歴史からすでに分かっていることです。何十年前にはこのようなことが起こったという過去の情報をまず、その自治体として共有することが極めて大事になります。それと同時に、最近では雨の情報に関しては、スマホで分単位で、5分単位で、無料の情報が得られる状態になっているわけですから、自分でその情報を取得する。そして、危ないと思ったら逃げる。徹底して事前に逃げる。自分の身は自分で守るということに徹底して、逃げればいいわけです。それで、もしも川が氾濫しなければ、「良かったね」という、そのようなりテラシーを作っていただければいい。これは、地震についても全く同じこと。ですから例えば、土砂災害があれば当然、山の近くに住んでいる方々であれば、危ないということは事前に分かるわけですから、雨が極端に降った場合には、事前にもう逃げるということを徹底したらどうでしょうかということをお話したい。テロについても同じこと。けれども一つだけ、災害としてなかなか不意打ちを食らうというものが、地震なのです。その発生の予知はなかなか難しいのです。今日私の話を聴かれた後は、地震の襲来が事前に分かるということが理解できるでしょう。地震の場合には、「不意打ちを食らうのか、食らわないのか」という点が一番のポイントです。地震予知はなかなか難しい技術ということです。ですから今日、不意打ちを食らわないようにできるということをお話したい。けれども、地震の短期予知は極めて難しい学問であり、「外れを許容した地震予知」ということを、まず、最初に申し上げておきたいと思いません。

参考文献

- ◆ 早川正士 **Earthquake Prediction with Radio Techniques**
J. Wiley (USA) (2015年7月発刊)
- ◆ 早川正士 地震は予知できる KKベストセラーズ (2011年12月22日発売)
- ◆ 早川正士編 地震予知研究の最前線 **The Frontier of Earthquake Prediction Studies**
(世界各国の地震予知研究者の活動の集録) 日本専門図書出版 (2012年2月2日出版)
- ◆ 早川正士編 **Earthquake Prediction Studies: Seismo Electromagnetics**
(世界の活動的グループ(10機関)の研究活動の集約) TERRAPUB, Tokyo (2013年9月20日出版)
- 早川正士 地震に伴う電磁気現象と地震予知の展望
応用物理第82巻第3号 (pp239-242) 2013年
- 上田誠也 どうなる日本の地震予知 中央公論2011年4月号 (pp196-208) (3月10日発売)
- 早川正士 地震予知研究の動向と電通大地震電磁気研究ステーション
電通大紀要22巻1号 (pp1-7) 2010年
- 早川正士 電磁気現象を用いた地震予知研究の動向
電気学会誌(解説)130巻7号 (pp431-434) 2010年
- 早川正士 地震電磁気現象の計測技術と研究動向
電子情報通信学会(解説論文) J99-B (pp1036-1045) 2006年
- ◆ 早川正士 地球環境とノイズの意外な関係 技術評論社 2009年
- ◆ 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 2002年
- ◆ 早川正士 最新地震予知学-電磁波異常でわかる、その前兆 祥伝社 1996年

地震予知に関して、いろいろな本をすでにご覧いただいておりますけれども、例えば2番目の『地震は予知できる』という、『Earthquakes can be predicted』という本ですが、これは3. 1 1 地震の起こった後に依頼されて出版した本ですが、非常に分かりやすく書いてある啓蒙書です。かなり多くの主婦の方からも、出版の後お電話があって、「非常におもしろかった。私でも理解できた」というような反応が寄せられており、おもしろい本なので、ぜひ、アマゾンで古本でもいいですから、買って読んでみてください。

それと同時に、学術的な本もたくさん、実は書いております。3番目、4番目の本は私がエディターとして、編集した本です。『Earthquake Prediction Studies : Seismo Electromagnetic』、『The Frontier of Earthquake Prediction Studies』です。世界中の地震予知をやっている学者は、その数は少ないのですが、一生懸命研究に従事しております。非常に苦しい状況で、頑張っている。そのような研究者がいますので、皆さんに、「ぜひ1章を書いてくれ」と、なぜこのようないかがわしい(?) 学問を始めたのかも含めて書いてという私の依頼に答えて、世界中の40ぐらいのグループに書いてもらったのが3番目の本です。これは800ページの本です。とても分厚い本ですが、非常に興味深い本です。けれども、3万円の本ですから買う必要はありません。

それともう一つ、この中で、ここに1996年、一番下の本は祥伝社から出た本ですが、地震予知学という言葉がすでにこの時点で、私は96年の時点で使っているわけです。神戸地震後、「地震予知を目指す地震予知学という学問が大事で、一つの学問として構築すべき」と思いましたので、この時点でこの言葉を使ったのです。けれども、この時私たちは、明瞭な電離層の乱れの事例を神戸地震の一例しか持っていませんでしたので、なかなか、そこまでは強くは言えませんでした。けれども、ここ20年間で、地震前兆現象のなかにはすでに地震との因果関係が確立しているものもおりますので、もう予知はできるという状況になっています。

2. 地震予知とは？

• 本命は短期予知

- **短期予知**: 地震の数日～1週間前に地震を予知すること。

「いつ、どこで、どの程度の大きさ(マグニチュード)(これらを地震の三要素と言う)の地震か？」

- 中期予測: 数10年オーダー
 - 長期予測: 100年～オーダー
- } (地震学のテーマ)

「南関東で30年以内にM7の地震が起こる確率は70%」

注意: “緊急地震速報”(事前に予知するものではなく、地震が起きた直後の地震波を検出して警報を出す。～10秒前)は、予知ではない。

地震予知という言葉を用いた時、皆様は異なった意味で使いますので、これをまずご紹介します。まず長期予測、中期予測、この二つは地震学のテーマです。これは long-term prediction、これは medium-term prediction ですが、各々の時間スケールは 100 年ほど、1,000 年ほどの話です。あるところで特異な地震が起きたとしましょう。あまり起きないところで地震が発生した時には、偉い地震学者がテレビに登場し、この種の地震は何千年前に起きています。何々断層が何メートル動きましたという話をとうとうと話されるのです。これらの情報は古文書を調べるなどして得られます。ですから、これは地震予知という観点では何の意味もありません。ご興味ある方は、古文書を調べていただくことになります。

もう一つ、中期予測、これも統計です。まさしく統計です。これは、過去のデータベースが 100 年や 200 年など、地震についてもありますので、それに基づいた統計解析の結果です。関東であれば今どのようなことが言われているのかといいますと、「南関東でマグニチュード7クラスの地震が 30 年以内に起こる確率は7割」と言われている。これは、過去の地震のデータベースに基づくものですから、場所を決め、マグニチュード7以上の地震の回数を算出、年数で割れば得られるものです。難しい統計ではなくて、小学校の自由研究でできることです。この統計結果によると、太平洋側は東北地方から四国地方も全て7割です。非常に高いわけですから、やはり、準備しておくことは絶対的に必要です。準備していただく。いいですね。この中期予測は意味があるのかと言うと、これはそれなりに意味があります。例えば、都市計画をする時、地震保険の基本料金を決める時などには、この中期予測は有用となります。けれども、これはあくまで統計ですので、明日起こるのか、何とも言えません。それから、20年たっても地震が起きないかもしれません。それは何の保証もありません。確率であって、それ以上でもそれ以下でもないということをご理解いただきたい。

われわれがやろうとしているのは、この短期予知で、short-term prediction、これだけです。これは1週間前に、「いつ、どこで、どれぐらいの地震が起こる」かを言おうというわけです。これはとても難しい。とても難しい。しかも、三つ要素があります。いつという when で、それから、どこで、where、how big という地震の規模、マグニチュードです。地震の3要素といいます。この三つを決めないといけません、三つを。しかも、三つをそれなりの精度で決めるということになると、すこぶる難しい仕事になるわけです。逆に言うと、とてもおもしろい学問だということもできる。これをやろうとするのが、われわれのテーマで

す。この地震予知、短期予知をやろうというわけです。

それからもう一つ、皆様方、携帯でブーンと鳴ったり、スマホで鳴ったりする緊急地震速報。これは地震が起こった後、即座にP波を検出して、それで、地震が来ますというものですから、これは予知ではありません。間違えないでください。それなりの距離の地震であればこの10秒で警報が届きます。けれども、直下型地震であればP波とS波の時間間隔がありませんので、ドーンと来ますので、何の意味もありません。だから、遠くの地震に対してはそれなりに有効ですが、近くのものに対しては全く何の意味がないと言えます。

3. 地震に伴う電磁気現象

地球の鼓動を注意深く調べ、地震の前兆(予兆)を検出し、予知に用いる。**前兆探し**に徹底する。前兆現象は次第に高まるストレスによって、地震前に発生するものであれば何でも良い。

事前の前兆(予兆): 力学的現象(地震現象)、電磁気現象、宏観現象(動物の異常行動)



地震を予知しようとするれば何をやれば良いのかということですが、答えは簡単です。言葉としては簡単で、「前兆」を探せばいいのです。前兆現象と言ってもよいし、前駆現象であれ、先行現象であれ、言葉は何でも良いのです。だから、日本地震予知学会のパンフレットの中では、「先行現象」という形で統一をいたしました。前兆という言葉には依然として「いかがわしい」とか抵抗の多い人がいるためです。先行現象、前駆現象、どのような言葉でもいいのですが、私は一番嫌われる言葉をあえていつも使用し、「前兆探し」、即ち、前兆を探すことに徹底すればいいわけです。自然現象の地震ですけれども、社会現象でも何でも、必ず前兆というものはあります。ソ連の崩壊のときも当然、前に前兆があったわけです。

ですから、私は、予知というものは地震予知に限らずいろいろな分野で大事なことだと考えています。例えば、病気のところの予防に関しても同じこと。これからの学問の主流は予測ですから、予兆を探すことに徹底すべき。力学的な分野でも前兆はあります。電磁気、われわれの分野です。それから、宏観現象、動物の異常のところも実はあるわけです。まず力学現象(地震)での前兆として、3. 11地震の場合も、前兆が無かったのかというと、実は前兆はありました。2、3か月前から、小さな地震がちらほら(前震という)、実は起こっていたわけです。けれども、地震学は全てが起らないと、どれが前震で、どれが主震で、どれが余震かということが言えないわけです。ですから、数ヶ月前から発生した小さな地震が前震で、前兆ということが言えなかったのです。

もう一つは地震学の中で、99.9%の人は、地震予知には全く興味がありません。もう少し言うと、地震学というものはどのような学問かということ、実は地震のメカニズムを解明する学問であって、予知を目指す学

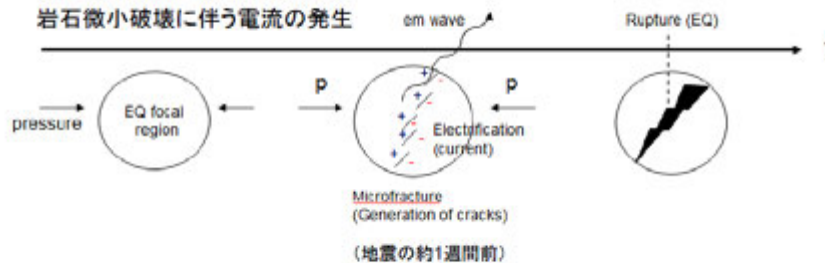
間ではないということです。この事は、「地震学と私たちの地震予知学」との本質的差異とも密接に関わるので、大事な事なのでお話しします。先の東京の地震、1923年の関東大震災が起きました。東京が大変な被害に被ったわけですが、そのあと、東京大学の中に地震研究所を作ろうという動きが出たわけですから。当然です。それだけの地震が起こったわけですから。その際、地震研究所を設立するときに二つの考え方が出ていました。一つの考え方は、地震予知は極めて実学ですから、いかなる現象も含めて、科学的なものから動物の異常まで含めて全てを観測すべきだという、非常に実用的な概念に基づいて研究所を作ったらどうかということが、一つの考え方。もう一つ、2番目は、地震予知をするためには、地震のメカニズムを徹底的に解明しないとできないので、地震のメカニズムを解明すべきということ。実は、これも正しいのです。だから、両方やれば良いのですが、両方やるとなると莫大なお金が掛かります。とりわけ、前者は観測にとってもお金がかかる、10倍ぐらいかかるといことが1点。それから、その当時の物理学者、例えば、長岡半太郎、田中館愛橘、いろいろな人が、寺田寅彦、実は物理学の本流の人からすると、2番目の考え方が好きなので。オーソドックスな考え方ですから。そのようなことで、実は、地震研究所はそのような概念に基づいてできているわけです。ですから、地震研究所は設立当時の事を考えれば、地震予知をするための研究所ではないのです。更に、地震学は地震のメカニズムを解明する学問なのです。そのような事情を私も知らなかったです。それはいろいろ、後で調べれば分かったことです。そのような経緯で、地震研究所はできているわけです。何が問題かといえば、そのような目的でできた研究所を中心に、地震学関係者は、5年ごとに地震予知のための研究ということで、ここ50年ぐらいい、莫大なる予算を使ってしまったのです。地震予知を目指すという名目にて。だから、2011年の3.11地震が起こった後、多くの新聞紙上で、地震学が徹底的にたたかれたわけですから。そのときに使われた言葉が、「詐欺師」、「ペテン師」という言葉です。日経も書いています。多くの新聞がそのようなことを言っている。

つまり、なぜかという、地震予知をやるためにお金を要求して使ってしまった。ですから、そのときにそのようなことを言わなくて、地震のメカニズムを解明するための予算要求であれば、何の問題も実は無いわけですから。そこが問題です。ですから、依然として、地震学の方は、地震予知に対しては興味がないということで、2011年の3.11地震の前にも前震が起こっていたにも関わらず、それを予兆とは見られなくて、予知できなかったということ。「それなら、早川は分かっていたのか?」、実は、私は地震前兆を見ていましたけれども、後でお話をします。如何なる理由で、予知を公表できなかったかを。

これが、ここ20年間で有望になってきた電磁気現象です。これについては後で詳しくご紹介します。もう一つの前兆として記しているのが宏観現象、動物の異常です。動物も、地震の何かに反応するだろうということは、私も前から予想はしていましたが、やはり、これはいかがわしい学問だと思っていました。動物は何かには反応する。地震の前には何かは出ますから。何かいろいろなものが、例えば電波や、いろいろなガスなどが出てきます。ところが、実は最近、おもしろい話ですが、麻布大学の山内君という若い研究者とここにいます浅野君の若い2人が、宏観現象の定量的検証をはじめて行ったのです。最近乳牛の牛量は定量的に計測されています。これらの数値データを用いて、2014年の茨城県の畜産試験場の乳牛の乳量と、地震との相関を調べました。このようなことを、統計的なことをやるのは初めてのことなのです。だから、すべての地震の前兆現象は地震との因果関係が一番問題です。そうすると、実は、とても顕著な因果関係があるということが出てきた。これはとてもおもしろいことなのです。ですから、これもかなり有望な学問となり得るということです。

3.1 地震予知学(地震電磁気学)の原理

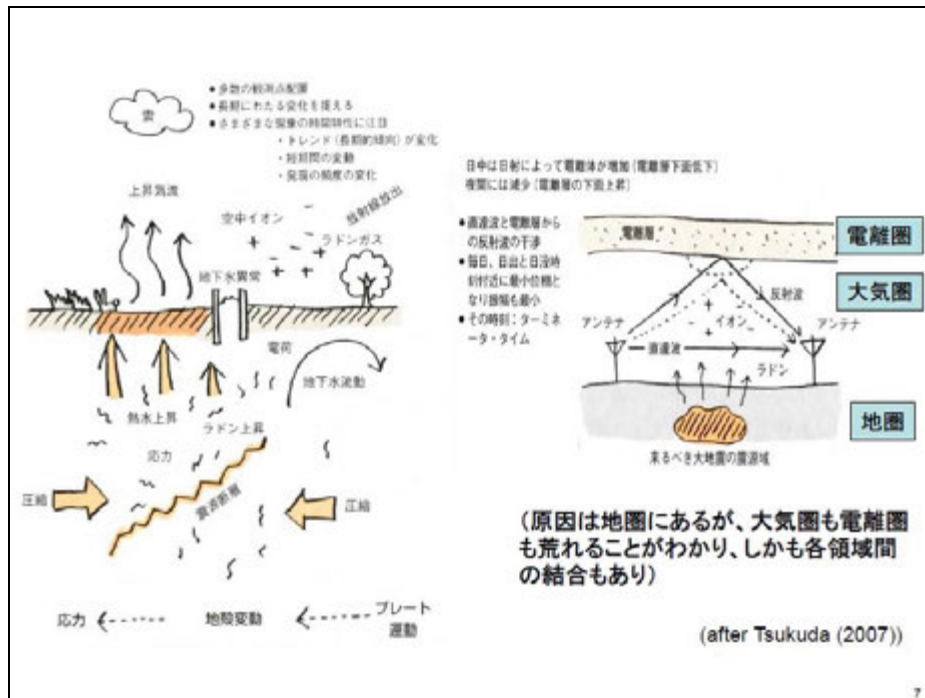
地震予知学では地震の前兆現象(予兆)を探すことに尽きる。
前兆現象として有望な**電磁気現象(即ち、電気、磁気、電磁波の異常)**が多数発見されている。問題は地震との因果関係？



例え: 木製の箸を徐々に折り曲げていくとしよう。最終的にパチッと折れる。これが Rupture(破壊)、即ち地震である。しかし、必ずその前にフチフチという音がする。これはマイクロフラクチャ、即ちひび(クラック)が入ることである。これ自体は力学現象であるが、その時に摩擦電気、圧電効果などにより、電気(電荷)、電流(電池)が発生し、電磁波などを引き起こす。これが起こるのが地震の約1週間前である。

私は地震予知を行っていますが、地震学の出身ではなく、電気工学、電子工学の出身です。なぜ、このような地震予知をやり始めたのか。また、なぜこの学問分野に電気屋さんがたくさん参入しているのかということを示す図だと思ってください。テレビに出演したときに、いつもどのような話をするのか。以前はプラスチックの下敷を出していましたが、最近のプラスチックの下敷を折り曲げても折れません。うまく行きませんので、最近では木製の割り箸を折り曲げます。テレビ局の人に割り箸を持参してもらい、それをゆっくり折り曲げる状況を考えてください。ゆっくり、ゆっくり折り曲げることが大事です。そうすると、はじめにぱちぱちと音がします。更に折り曲げると最後にぱちんと割れるわけです。これは震源の所での継続的圧力がかかっている状況の想定です。当然震源のところでは、圧力がずっと継続的に加わっていますので、まず、ぱちぱちと割れる。即ち、クラック、ひび割れが起こり、最終的にぱちっと割れる。最後のぱちっは地震ですね。

重要なのは、地震の前に必ず、ぱちぱちと音がして割れる、即ちひびが入るわけです。これはクラック、マイクロフラクチャと言います。このひび割れ自身は力学的な現象ですから、地上に置いてある地震計でこれを検出出来れば、地震学でも実は予知ができてはいるわけですが、そのような感度はありません。そのときに、なぜわれわれが登場するのかということ、どのようなわけか、ひび割れに伴いプラスとマイナスの電気が発生するのは、プラスとマイナスの電気が、都合の良いことに、都合の良いことに。これは、メカニズムはまだ分かっていません。摩擦電気や圧電効果など。摩擦電気とは、摩擦をすると電気が発生するもの。それから、圧力を加えると電気の起こる物質がありますので、そのようなものが地殻の中にありますので、そのようなことで、プラスとマイナスの電気が起こるのです。



以上の理由で、直流であれば、地下 100 km のところに非常に大きなバッテリー(乾電池)が発生したと考えられ、直流の電流が流れる。それから、交流であるならば、小さなアンテナが何万個、わあっと発生したに相当し、そのアンテナから電波がわあっと出るわけです。携帯電話の周波数の電波は 100 km も飛びませんが、低周波の電波であれば、100 km ぐらいいは何の問題もなく飛んでいきますので、それを受ければいいわけです。それと、非常に私たちに都合なことに、現象的にこれらは地震 1 週間前に起こるのです。全ての現象が 1 週間前のところで起こるところがポイントです。だから、神様はいつもは非常に意地悪な方で、お見かけしたことはごさいませんが、神は信じているのですけれども、私は、1 週間という時間はわれわれへの大きな贈り物です。1 週間の時間的余裕があるわけで、1 週間の間に何とかすればいいわけです。

地べたの中の現象ですが、ここ 20 年間で非常に多くのことが分かってきました。継続に圧力がかかっている震源ではひびが入ります。ぱちぱちと。そうすると、例えば、地下の中にたまっている放射能のラドンなどというものが、大気中に出てきます。ラドンは、大気を電離してプラスとマイナスの電気を作ったり、即ちプラズマ状態になったり。あるいは、帯電したごみのようなものが、地下から大気中に出てきます。そうすると、大気を揺すったりするのです。この大気の揺すられたものがずっと上は伝搬し、上の電離層(これは電波を反射する層がある)まで影響するということが、実は分かってきました、ここ 20 年間。これはとても興味深いことなのです。一義的には地下が原因であることは明らかなのに、上層の電離層までがどうしてその影響を受けるのか？

地震学の人には地圏の話は得意なのですが、大気圏の話は分かりません、更に上層の電離圏の話など全く分かりません。私は元々電気/電子工学の出身ではありますが、名古屋大学に在職のときはスペース・フィジックス(超高層物理。電離層/磁気圏の研究)専門で、宇宙の電波の研究や雷の研究をしていますので、大気圏の話も、電離圏の話も全部分かっています。そのようなことで、一番の発見は電離層という上の層が地震の前の前兆のときに、とても敏感であるということが分かったのです。これは、ここ 20 年の最大の発見であるということです。原因は地べたにありますけれども、大気も荒れるし、電離圏も荒れ、お互いの間の領域間の相互作用もするということで、とてもおもしろい学問分野になってきているのです。

我々の地震予知学

電磁気現象の優れた点

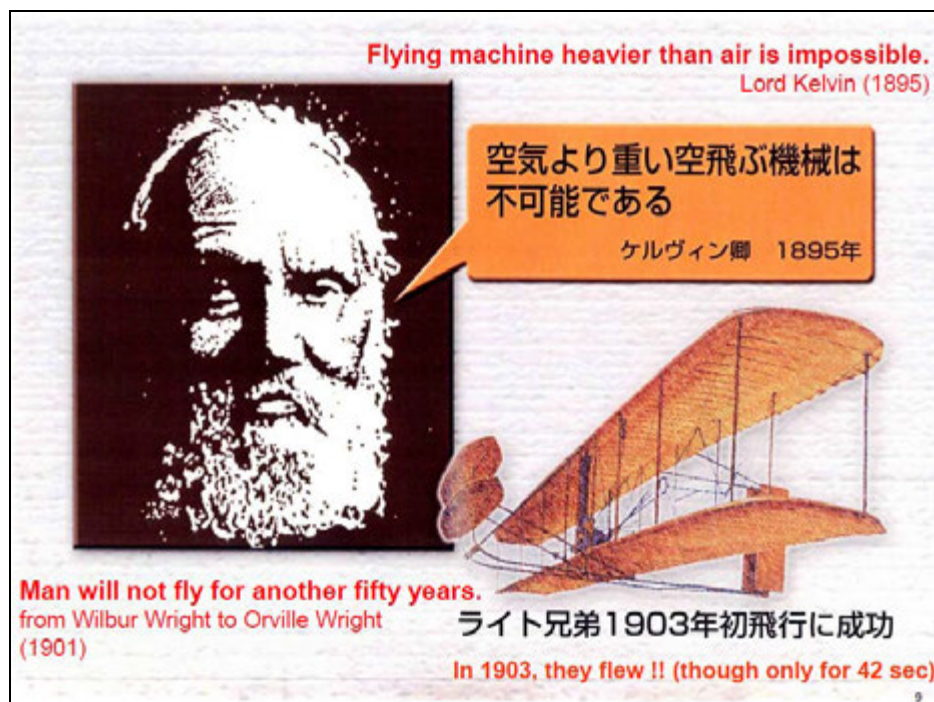
- ✓地圏内(震源近く)で地震の前にマイクロフラクチャ(クラック)が必ず起こり、クラックでは摩擦、圧電効果などにより電荷分離(即ち、電流)が発生し、電磁気現象を引き起こす。(前兆性)
- ✓周波数にもよるが数10km~100km程度、超低周波電磁波なら伝搬する。(遠隔性)
- ✓神戸地震後、地震予知学(地震電磁気学)の飛躍的發展。地震との因果関係が明確な前兆(特に電離層の乱れ)もすでに報告されている。

今までのまとめですが。まず、震源周辺では継続的圧力上昇により、ひび割れが入ります。これは必ず前兆的に、1週間前に起きるので、これに伴うストレス(前兆現象)を検知するだけの能力がわれわれの側にあれば、それを用いて地震を予知できるということになります。だから、それだけの能力があるのか否かです。

それから、発生した電磁気現象のうち、低周波の電波であれば、100 kmぐらい何の問題もなく飛んでいきますので、これを受ければ良いということになります。

最後、これが一番の問題ですが。1995年神戸地震の後、20年間で地震予知学は飛躍的な発展を遂げていますが、何が問題かといえば、前兆現象はすでに10個ぐらいの候補が挙がっていますが、実は、因果関係が確立しているのかどうかということがポイントです。因果関係。ということは何十例、何百例についての相関です。統計的に因果関係があるということが確立しなければいけません。1年程度の観測では全く無理ですので、最低5年、10年の観測が不可欠になってきます。だから、他の分野から参入してきて、すぐに地震予知をやるという訳にはいかないのです。

皆様方からメールや手紙など、いろいろなものが私のところにも届きますが、いろいろな方にご親切に言ってきていただくのですけれども、私もとても忙しいのです。例えば、このようなことをやったらどうですかということを、実は電話でも来るのですけれども、無下に断りますとネットでいろいろな悪口を言われますので、私もすでに悪口ばかり言われていますので、これ以上言われたくありませんので、電話が掛かって5分だけは対応しています。まじめに。それですぐ切ります。それで、3分程度相手のお話をお聞きして、そのあとすぐに、「こんなことやったらどうですか?」、「分かりました。そしたらね、ノートに記録をつけてください。あなたが前兆と思われること。それで、地震が起こったか起きないか。その後5年間ノートをつけて持ってきてください」、こう申し上げる。5年間のノートがあれば、前兆と思われる現象と地震との因果関係は当然できますので。これは統計的に十分できることです。それで、使えるかどうか判定してあげましょうということ。私たちが最重要項目として掲げる電離層の乱れは、すでに因果関係が確立しているということです。



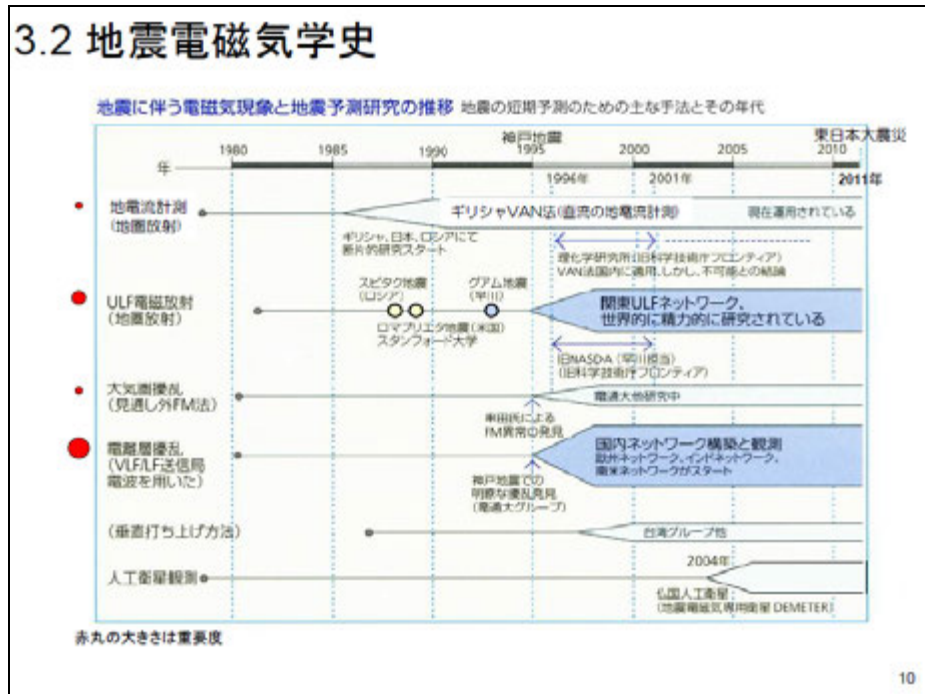
今日は若い方も見えておられますので、次のことをお話します。これはイギリスのケルビン卿が、ロイヤル・ソサエティ・オブ・ロンドン、イギリスの物理学会の会長に就任したときに行った大演説です。ケルビン卿というものは絶対温度の「度 K」のKですが、ケルビン卿は何と言ったのかということ、ここにも書いてありますように、「Flying machine heavier than air is impossible」と言ったわけです。非常に偉い物理学者ですから、飛行機は不可能だと。飛行機はできないのでしょうと。けれども、その頃ライト兄弟がアメリカで飛行機の実験を、実はしていたのです。皆様、ライト兄弟に会われたことがありますか？私はありませんが、『80 Days』という映画の中ではライト兄弟が登場しており、ケルビン卿もイギリスの科学大臣として出てくる映画なのですが、おもしろい映画です。更に、ライト兄弟のお兄さんから弟に、「Man will not fly for another fifty years」という手紙を出しており、実験をしながら飛行機実験の困難さを述べているのです。非常に謙虚なご兄弟なのです。

しかし、1903年に42秒間、飛んでいるわけです。42秒間飛んだのですから、だれが見ても、飛行機が飛んだということになります。このようなことを、お話しするのはなぜかということ。非常にリスクな学問というものは結構あるのです。地震予知もその一つなのですが。そのようなことで、若い人がぱっぱと参入してきて、ぱっぱと論文を書けないわけです。先ほど言ったように、最低でも5年程度の観測は不可欠ですから。このような理由から、なかなか短期的な評価にはなじまない学問分野なのです。今、ここでまたいろいろなことを言いますが、現在、日本の評価は非常に短期的な評価になっている。地震の短期予知は意味がありますが、評価に関しては短期で、毎年毎年、先生も評価をされるのは問題です。即ち、毎年論文を何個書いたかということで評価され、これは極めて良くない。

私は、地震解析ラボ(地震予測情報配信会社)のメルマガで色々思う事を定期的にとずっと書いていましたが、ラボの財政状況もおもわしくなり、一時的にやめましたけれども、先週から、電通大のインキュベーションセンターの中に、私のメルマガを続けてあります。とてもおもしろいですので、お読みください。ただですから。

今年も、ノーベル賞をお2人の方が取られました。大変喜ばしいことですが、成果としては何十年前の成果なのです。昔はそれだけ余裕もあり、ゆったりとした状況で学問が出来る状況だったという事です。中期

的な5年程度での評価が行われればいいのですが。現在の短期評価ですと、地震予知のような学問には、興味があっても、なかなか参入できないということになります。やはり、学問の世界からすると、これは極めてまずいことであると思います。



これが地震予知学(地震電磁気学)の30年間の歴史なのです。われわれの。地震に伴う電磁気現象の研究は、実は1980年頃から始まっていて、2015年、今年ですがここまでの進歩を遂げています。この図には、前兆現象として有望な方法を五つ、六つだけ書きましたが、すでに10個ぐらいいは報告されています。何か行けそうに思いませんか。動物の異常行動もここへ追加した方が良くもかもしれません。まず上の二つは地べたの中の現象ですから、先ほどのぱちぱちと割れたとき(ひび割れの時)に、大きな蓄電池が地下にでき、直流電池が流れるのです。これが地電流計測です。

それから、低周波の電波が出てくるというのが2番目の項です。ultra low frequency(ULF)とは、これは周波数で言うと0.01Hz、すなわち、10ミリHz。周期でいうと100秒ぐらいで、非常にゆっくりとした振動の電磁波が、地べたの中から伝搬してきます。第1番目、第2番目の二つは、地べたの現象そのものです。3番目は大気圏が荒れること、それから、下の三項目は、電離層が荒れることです。

地震電磁気の歴史としては、1980年頃からスタートして、1995年の神戸の地震直後から世界中の学者が参入した。われわれも神戸地震前後より本研究を始め、本格的な研究になりました。一時期、1996年から2001年までの5年間は本研究での鍵ともなつたと考えられます。フロンティア研究を日本が実施したことです。これは1回だけ、最初で最後の国家的な予算がわれわれについたのです。理化学研究所に10億円(2億円/年X5年)、われわれのNASDAにも10億円の予算がついたのです。その後は、全くゼロ円です。今もゼロ円でやっているわけです。このフロンティアの遺産を最大限に活用して研究が続けられています。とりわけこれ(神戸地震での電離層の乱れの発見)が、後でとても重要なことになってきます。神戸地震の際の発見は後でお話しします。続いて、電離層の上の方(下層)は台湾のグループがいい仕事をして、電離層上部(下層)と地震との因果関係も確立している。これは因果関係の確立です。それから、フランスがどういうわけか、このような地震予知の衛星を2004年に打ち上げたということで、これも後でお話しします。これが地震予

知学的世界的な流れを示しています。赤丸の大きさが予知の観点からの重要度を示していますが、電離層の乱れが予知には極めて有望。これが一番有望、それから ULF 放射が 2 番目の有望、これらについてもあとお話しします。

3.3 地震予知研究の歴史(早川の研究歴から見て)

3.3.1 1995年(神戸地震)以前:半信半疑の時代

- ・1980年代(地震電磁気の黎明期)
電磁気と地震に関する興味ある論文がいくつか発表されるが、それほど注目は浴びず。

a) Gokhberg et al., Experimental measurement of electromagnetic emissions possibly related earthquake in Japan, J. Geophys. Res., 1982.

b) Varotsos and Alexopoulos, Physical properties of the variations of the electric field of the earth preceding earthquakes, I, Technophysics, 1982.

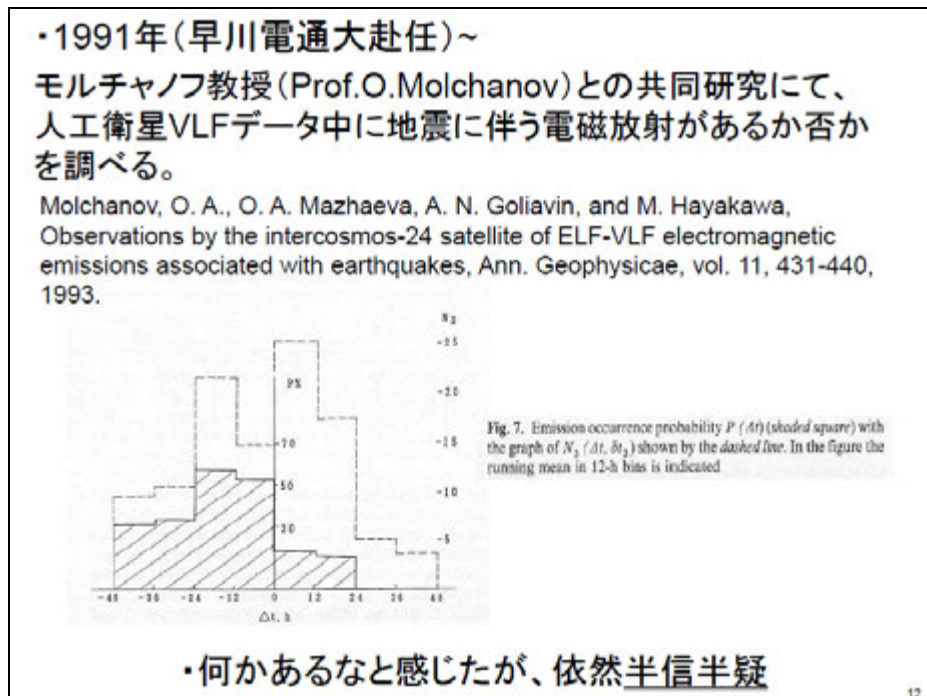
Fig 2.3(b)
Temporal evolution of electric field (at 81kHz) at Suginami in possible association with an earthquake

それでは、地震予知研究の歴史は私の研究とも密接に関係しています。私が名古屋大学から東京の電気通信大学へ赴任してきたことと非常に関係をしているので、地震予知学の歴史ということで、世界的な流れをお話ししたいと思います。1980年代には、先ほどの図にも示しましたように、論文としてはいかがわしい論文が二つ、三つ、出版されています。数は5編まで行きません。有名な二論文だけ紹介します。第一の論文は、ロシア人のゴクベルグの論文です。日本人の芳野さん、電気通信大学の元教授との共著で、芳野教授と一緒にやられた仕事です。これは1982年に、「Journal of Geophysical Research(JGR)」という、アメリカの一番良い雑誌に出版されたものです。

それから、ギリシャのバロストス、先ほどの直流電流が地震の前に流れるという論文で、「Tectonophysics」という雑誌に1982年出版されています。前者の論文の出た経緯を少し、エピソードとしてお話ししますと、非常におもしろいのです。図の一番下に、ゴクベルグ等の結果を掲げていますが、この論文は日本の地震を四つだけを調べたものです。81kHzという特定の周波数での電波ノイズをずっと測っているわけです。即ち、81kHzでのノイズ測定を行っているわけです。

そうすると、地震がここ(グラフ中で矢印をつけている2箇所)で起こるのですが、これら二つの地震と同期してノイズレベルがペペっとこのような反応をするのですが、これは coseismic 現象です。この前の部分が地震の前兆か否かが最大の関心事です。01:45前後からノイズレベルが上昇し始め、1時間程度レベルの上昇が続くことがおわかりでしょう。地震の数時間前のところでこのような現象が見つかったのです。論文には、4例が示されているのです。当然私も、その論文が出版された直後に読みましたけれども、「まあ、疑わしいかな。何か、人工雑音が入り込んでないかな」という感じを受けました。それから、同じくバロストスの論文もすぐに私も読みましたけれども、どうもやはり。これはすぐにやるべき学問であるとは認識しなかったのです。半信半疑でした。

これも、実はおもしろいエピソードがありまして、ゴクベルグ本人に直接聞いたのですが、アメリカで一番権威のある雑誌（JGR）へ投稿したわけですが、レフリーが2人とも、やはり不採用、「reject」と言ったそうです。エディター（編集者）がエディターの見識として、実は採録されたということです。雑誌というものは、レフリーはただ参考意見を言うだけですから、エディターが一番大事です。私も「レディオサイエンス (Radio Science)」のエディターを長くやっていたけれども、論文の可否はエディターが決めることなのです。だから、エディターの見識があるかないかということで、論文は出るか出ないかが決まるわけです。これ（バロストスの論文）も reject、即ち、不採録の論文だとレフリーは判定していますが、雑誌のエディターが採録を決定し出版されているのです。私はこの時点では、やはり信用できるレベルには程遠いものと思っていました。事例数がまったく不十分で、ゴクベルグの論文での事例数は四つですが、こちら、数個の事例に異常とおぼしきものが出ているだけですから、やはり、すぐやる学問ではないと思ったということです。

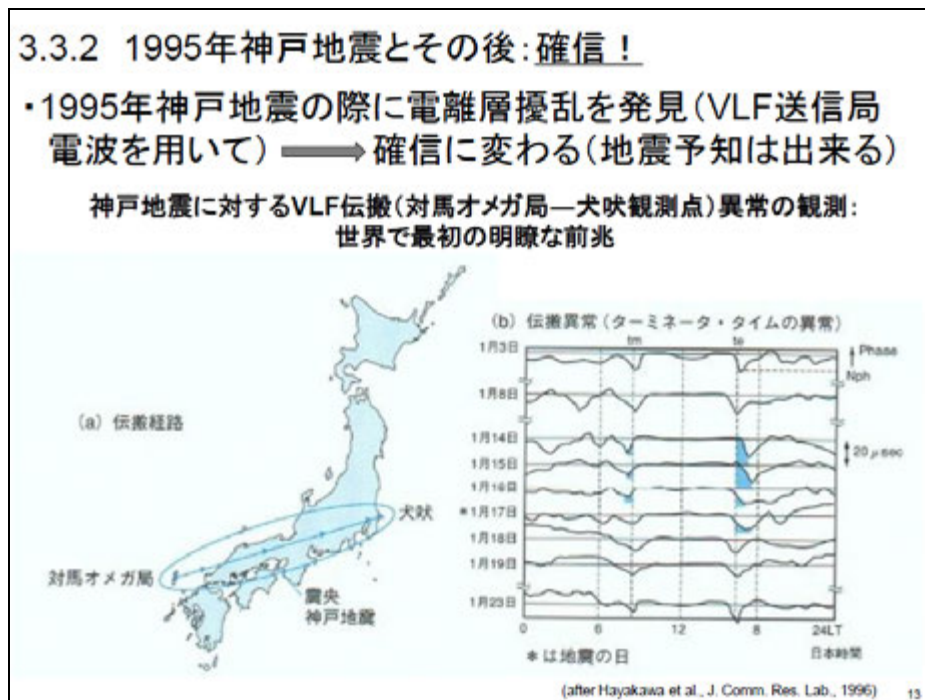


私は、1991年に電気通信大学の方に赴任してきました。そのとき、オレグ・モルチャノフ教授、私の盟友として長年共同研究を続けることになったのですが、オレグ・モルチャノフは私より五つ年上ですが、実は東北大震災の2011年に奇しくも亡くなりました。非常に有能な、とても頭の良い男です。背が高くてきりぎりすのような体形だったので、私はいつも、きりぎりすと呼んでいたのです。非常におもしろい、アイデアの豊富な有能なロシア人研究者でした。

私も電通大赴任以前、即ち名大時代はスペースの研究に従事し、彼とは共同研究を行っていたのですが。彼も、イズミランという大きな研究所に所属していたのですが、その研究所でナンバー3相当で、もう所長になりうる近くまで来ていたわけですが。ソ連もペレストロイカがありまして、民主化されました。イズミラン研究所の所長選挙は、従来ですと科学アカデミーが所長を決めて、その人が就任するのですが、民主化に伴い、所長選挙が実施され、彼が推す学問のある所長候補が敗れ、同氏を強く推したオレグ・モルチャノフも窮地に陥ったのです。

オレグ・モルチャノフは、邪魔者で出ていけということで困っていたということで、私は彼を日本へ呼び

ました。日本で一緒に共同研究をしようということで、しかもテーマも変えようと。地震電磁気をやろうということで。ロシアの人工衛星のデータを用いて地震に伴う電波が存在するのかなど、一緒に調べました。これが1991年のことです。その結果の論文は1993年に出ています。30から40個の事例(地震)を調査しましたが、その結果がこの図です。図中で地震の起こる時間がゼロで、地震の前の現象はマイナスと表示し、前48時間、後48時間の結果です。この図を見ていただくと、明らかに、地震の前のところでELF/VLF電磁ノイズの発生する確率が高くなって、後が低くなっています。この点数は事例の数です。そうするとやはり、何かあるなという感じはしました。地震に伴う何かがある。けれども、依然として半信半疑の状況は変わらずで、完全にやるべき学問かどうかということは疑わしかったということです。



1995年の神戸地震の際の電離層の乱れを発見した図です。一番大事な図です。実はここで私は、この学問を本格的に押し進めるべきだと決心させた図です。これは神戸の地震です。これが送信局のオメガ局、後でお話ししますが、VLFの電波が航行(ナビゲーション)用電波を発射していました。その電波を、犬吠の観測所で受信していたのです。送信局と受信点との距離は1,000 kmです。1,000 kmでどのような現象が起こっていたかを示したのが、右図です。横軸が、ローカルタイム(地方時)です。昼間は太陽が照っていますから、VLF波の振幅(位相)は非常に安定しています。それに対して、夜中は太陽が照っていませんので、図のように振幅も位相もばたばたすることが理解されます。振幅とは、送信局から発射される一定の振幅の電波を受信点で受信した強度です。位相はその時間遅れだと考えて下さい。

図を見ましょう。1月17日が地震の日ですが、このところに振幅(位相)がミニマム(最小)になる時刻が存在することがおわかりになると思いますが、これを t_m 、 t_e と書いてあります。地震の前の3、4日間にわたって、 t_m は早い時刻にずれ、他方 t_e は遅い時刻にずれています。とりわけこの日には40分ぐらい、ずれていることがわかります。 t_e 、 t_m のランダムな変化量は±5分程度ですので、40分が如何に大きなずれか。1月18日、即ち、地震の次の日には、 t_m 、 t_e ともいつもの時刻に戻っています。1週間後はもちろん元の時刻に戻っているわけです。いいですか。 t_m はこちらへ、早い時刻にずれ、 t_e は遅い時刻にずれている。ということは4日間ぐらいの前兆です。VLF伝搬異常は地震の前に起き、後は起こっていません。

前兆なのです。これを見たときに、「やっぱり、これはすごい発見だな」と思い、すぐにアメリカの一番いい雑誌、『Geophysical Research Letters』に、論文を執筆し投稿しました。

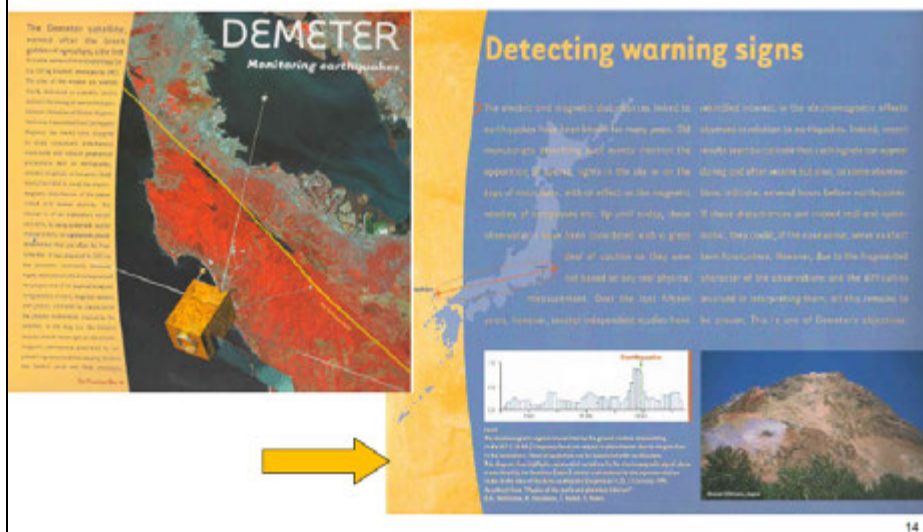
先ほどの『JGR』という雑誌のレター版です。レターというものは非常に速報的な、急いで出版する論文を受け付けるものです。その結果は驚くべきものでした。皆さん方も論文を投稿されていればおわかりの様に、査読があるわけですが。私たちの論文には査読が4人付き、2人は電波学者（われわれと同じ電波屋さんです）、あとは地震学者2人が付いたのです。電波屋2人はわれわれと全く同じ反応で、非常にイノベティブで、直ちに出版すべきという反応でした。我々も当然そうだと確信して出しているわけですから。ところが、地震学の2人はどう言ったかということ、全く同じ反応で、「1例が何だ」と、こう言うのです。1例が、1例が何だ。

仕方がないです。今なら千例提示できますけれども、その最初だったのです。1例が何だとの地震学の反応も当然と言えば当然です。けれども、もうこの図を見たときに、これは前兆として明らかなものだ。これは、電離層が下がり、数km下がったということは伝搬理論で説明ができると論文では書いています。勿論、なぜ下がったか、そのメカニズムはその時点では全く分からないとも書いています。メカニズムは後で考えればいいのです。この学問は実学ですので、予知が出来るようになることが一義的に大事なことです、どのようなメカニズムかというものは、後でゆっくり考えればいいということです。

病気の話に非常に似ているのです。例えば、10人が同じまんじゅうを食べて、8人がおなかが痛くなったとします。まんじゅうが原因である可能性はあります。しかし、100人の人が食べて80人がおなかが痛くなったとなると、これはWHO（世界保健機構）では如何に対応するでしょうか。疫学サフィシエントとして、「まんじゅうが原因だから食べるな」と結論するのは、「食べるな」です。まんじゅうがおなかの中に入って、なぜ痛くなったというメカニズムは後で考えればいいわけです。しかし、このメカニズムはそう簡単なことではないのですが体は小さいものですけれども、色々な病気の起こるメカニズムはそう簡単ではない、というより、むしろ極めて複雑であると言えます。

同じことなのです。われわれの地震予知学の学問もこの様な病気の話と。だから、地震が予知できればいいわけで、因果関係が確立することが重要なのです。因果関係が認められた、そのあとにメカニズムを考えれば良いのです。従って、図を発表した時点では、メカニズムのことは一言も言及していません。メカニズムは分かりませんが、とにかく、電離層が数km下がったということで説明ができるということです。

・2000年前後
 フランス人工衛星 (DEMETER) 基本計画に当初より助言
 (1995年神戸地震の私たちの結果を引用)



フランスの地震に伴う電磁気現象を総合的に観測する DEMETER という人工衛星が 2004 年に上がりましたが、2000 年ぐらいから、このフランスの人工衛星を上げようということでも、私もアドバイザーとしていろいろな計画の立案に参加し、プロポーザルなども行っていたわけです。フランスのミシェル・パロというわれわれの同僚ですが、彼が本衛星の主任として計画を取り仕切っていましたが、この図は最初の宣伝用のパンフレットです。国にこの衛星計画の重要性をアピールするわけですが、その時点で、明瞭な因果関係といえ、即ち前兆現象としては、われわれの神戸地震の事例しかありませんでした。そのため神戸の事例をきちんと使ってくれているのです。2004 年に上げられ、2010 年末まで飛翔しました。非常に多くの科学的成果を挙げたとと言えます。

地震予知のキーパラメータ(観測項目)は？

近年の学術研究により、地震予知には以下の2観測システムが最も有望であり、重要であると合意されている。

(1) 電離層擾乱観測(電離圏現象)

(VLF/LF送信局電波の伝搬異常)

・最も有望な地震予知法

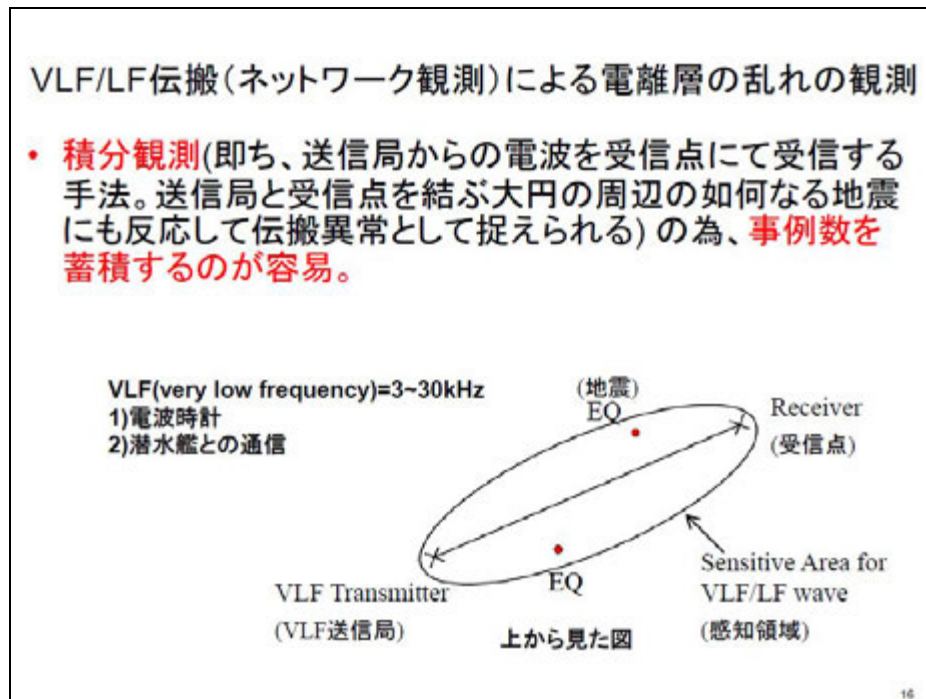
理由: 積分観測のため事例の数がすでに充分にて、因果関係がほぼ確立している。

(2) ULF電磁放射観測(地圏現象)

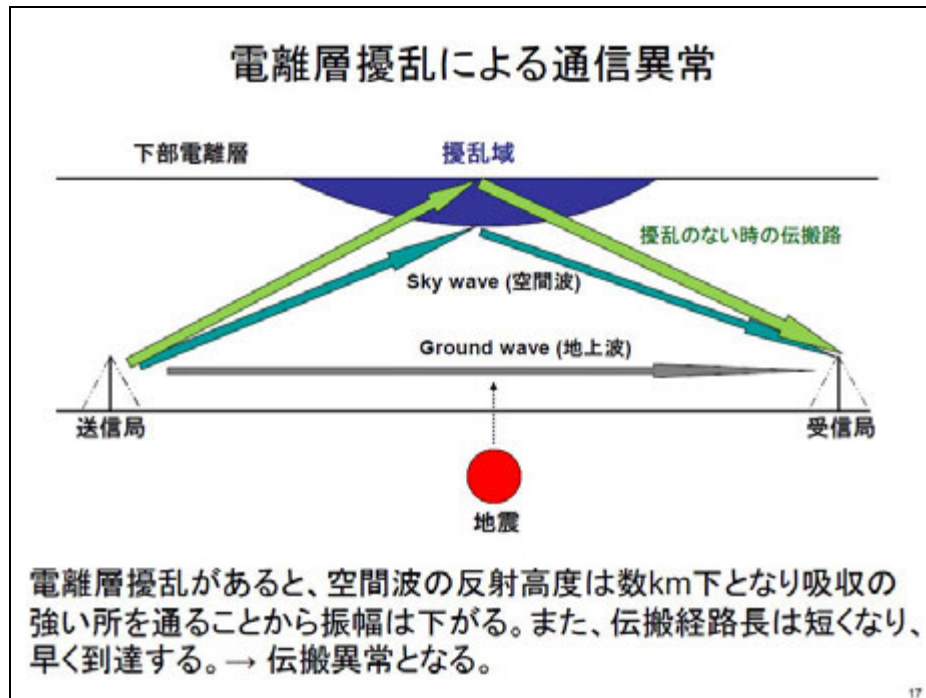
・二番目に有望な地震予知法

理由: 局所観測であるが、多地点からの方位測定により、ピンポイントの地震予知が出来る可能性が高い。

今日はこの二つについてお話しします。まず、第1番目は電離層の乱れ観測で、電離層の乱れはすでに地震との因果関係がすでに確立をしています。続いて地圏現象について少しお話をします。



VLFという周波数について。皆様方、携帯電話が使われていますが、携帯電話では高い周波数を用いています。私は低い周波数から高い周波数まで、いろいろな周波数を全部扱っています。電波屋ですので。VLFは、very low frequencyの略で、周波数では、3kHzから30kHzのまでの周波数です。この周波数の電波には、目的が二つしかありません。まずは電波時計、radio watchに使うということが一つ。それから、第2番目は潜水艦との交信です。VLF標準電波を用いて電波時計に使用している国は多く、当然このようなVLF送信局があります。潜水艦との交信に関しては、大国(アメリカ、ロシア、中国、日本も含めて)は軍事目的として潜水艦との交信が不可欠であり、この種の目的の送信局が世界中に存在します。私たちはそれらの目的で送信されているVLF電波を使用しているのです。送信局の建設は莫大な費用がかかりますが、その受信はそれほどの困難はありません。図16はVLF電波の様子を上から見た図で、送信局と受信局がこのような配置されていると、図の感知領域(楕円)の中のどこで地震が起これば、受信点では何らかの伝搬異常が検出されると言えます。この観測は、積分観測といいますが、この種の手法では事例の数を容易に蓄積できる利点があります。



この図は VLF 波の伝搬の様子を横から見た図です。送信局と受信点がありますが、送信局から発射される電波の一部、例えば3割や4割は ground wave という形式にて受信点で受信されます。これは昼夜同じ強度で受信されます。発射電波の残りの部分は上方へ飛んでいき、上層の電離層で反射し、受信点で受信されます。これを Sky wave (空間波) といいます。電離層は太陽が照っている (日中)、照っていない (夜間) によって高度が変わります。当然昼間は下がった状態になっているわけですから、通常の日変化があります。それに加えて、地震の前には電離層が下がることが分かってきています。どういうわけか、必ず下がるのです。この電離層の低下に伴い、VLF 電波の反射点が当然変わります。この変化は数kmなのですが、VLF 電波ではこの数 km は完全に検知できます。電波の吸収に効くのが中性大気です。中性大気の数値は地上から高度が上昇するにつれ、だんだん、指数関数的に下がっていきますので、図 17 のように地震擾乱時の VLF 反射高度は静穏時よりも数km低いので、そこでの中性大気の数値はより多く、この事は VLF 空間波の吸収が強くなることにつながります。即ち、空間波の強度が、静穏時を 1 とすると、擾乱時は 0.5 に下がります。同時に、伝搬パスの長さが短くなることは図からわかりますが、空間波がより早く到達することになります。即ち、位相が進むという現象が起きます。受信点では、地上波と空間波の合成波を検出することになりますが、観測データからこの空間波の変化を読みとれば良いのです。

・1996年～

地震総合フロンティア研究(旧科学技術庁)の開始

その一環として(1)理化学研究所(上田誠也先生リーダー)、
(2)NASDA(旧宇宙開発事業団)(早川リーダー)において、
「電磁気現象を用いて地震予知の可能性を探る」研究を
5年間プロジェクトとして実施。

(1)理研グループ

ギリシャVAN法(直流の地電流)を国内に展開し(40カ所)、
その有効性の検証。更に、NASDAグループと連携して関東
ULF放射ネットワークを構築。

(2)NASDAグループ

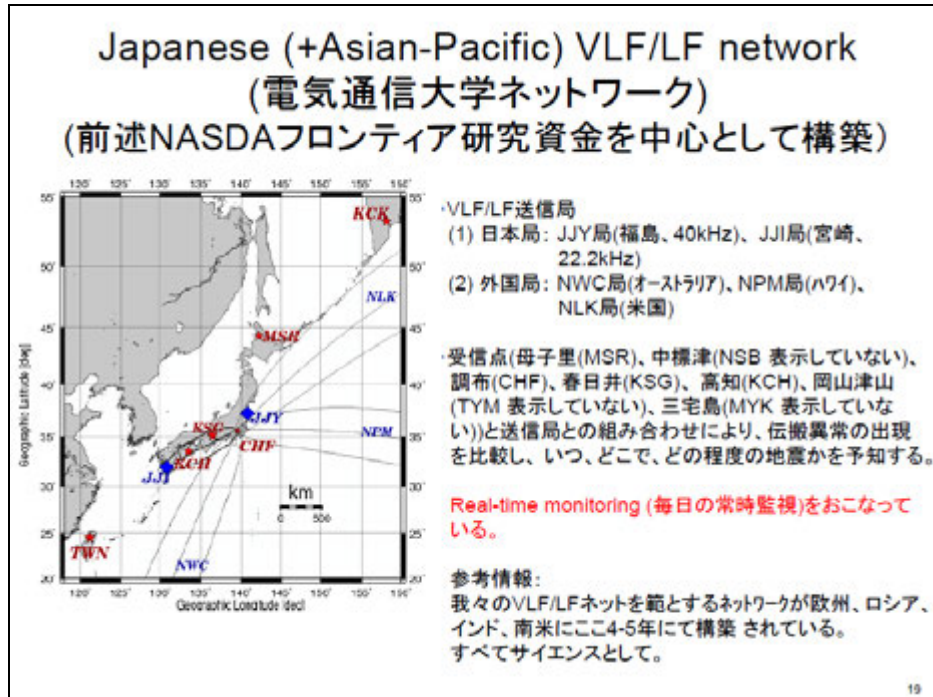
何が有望かわからないので、地圏、大気圏、電離圏の
すべての現象を対象として、観測研究をスタート。勿論、
神戸地震でのVLF/LF伝搬異常(電離層擾乱)の発見に
基づき、VLF/LFネットワークの構築を最重要課題として。

18

1996年以降の状況をご紹介します。先ほど述べた様に、国から最初で最後の予算をもらった時期です。1996年から2001年までの5年間実施したフロンティア計画について簡単にご紹介いたします。NASDA(旧宇宙開発事業団)と理化学研究所のフロンティア研究です。

まず、理化学研究所のフロンティアは、上田誠也先生(東大の名誉教授で、学士院の会員ですが)がリーダーとして実施されました。他方、NASDAの方は、私がリーダーを務めました。これらのフロンティア計画は科技庁のプロジェクトで、文部省のものではありません。科技庁のお金だったのです。私は上田さんと一緒に、神戸地震後に「こういう学問をさせてほしい」ということで、いろいろなお役所に陳情に出掛けました。科技庁はトップダウンのお役所で、私たちの陳情が実ったかどうかは別として、一応5年だけ研究費(ともに2億円/年)がつき、研究をやらせていただきました。

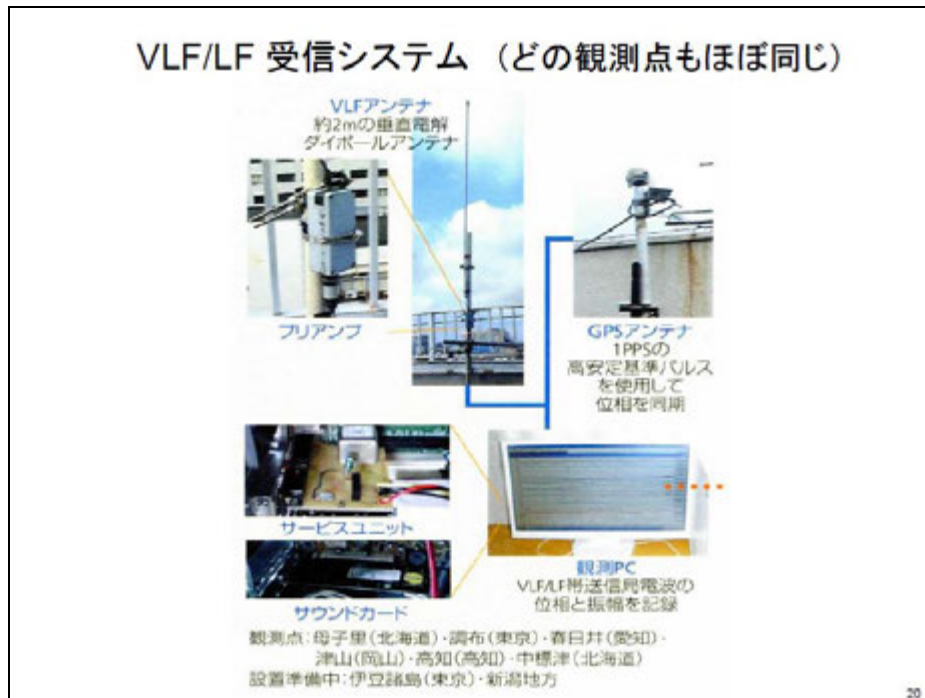
理化学研究所チームの上田誠也さんたちは、ギリシャのVAN法という方法(直流の電流が流れるのを計測する)の観測点を国内に40点ぐらい展開し、直流電流の存在の検証をしたということです。それと同時にULF電磁放射ネットワークです。私たちNASDAチームとの共同研究として関東地区に構築しました。理研のVAN法の結果としてわかったことは、5、6例の成功例はあるものの、日本の場合はギリシャに比べて、直流電流の測定は非常に難しいということです。即ち、日本では電車が直流で駆動されていますので、直流電流の漏えいが地べたに流れているので、日本での地電流観測では前兆の検出がなかなか難しいということが分かりました。この点が分かったことは意味があることです。現在は、あとを引き継いだ東海大学のグループが、直流電車の走っていない伊豆諸島で、観測を実施し、かなりの事例がたまってきているということです。他方、私たちNASDAのグループはいろいろなことに興味がありましたので、地べた、大気圏、電離圏も含めて全ての領域での現象を対象として研究を行ったのです。同時に、勿論、VLF観測(電離層の乱れ観測)は大事なメインテーマとして位置づけて、フロンティア計画をスタートしたということです。



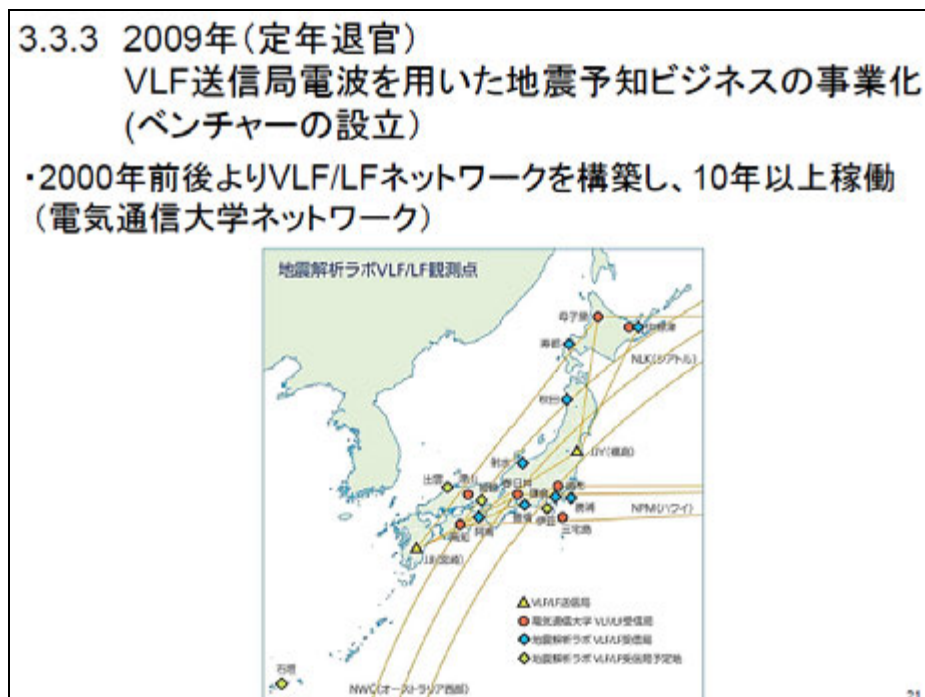
電通大の現役の教授でしたから、電通大のVLF/LFネットワークを展開しようということで、国内に7受信点を作りました。7点あります。北海道の母子里から四国の方まで含めて、7観測点を置きます。各観測点で受信するVLF/LF電波の送信局としては、まずJJY局、これは電波時計の福島のところに、メルトダウンを起こした福島第一原発の隣にあります。テレビなどで、原発の映像が出る時、たまに大きなアンテナが写ることがあります。これがJJY局のアンテナで、高さ250mの巨大アンテナです。250mのアンテナでもVLF電波はそう簡単には発射されません。VLF/LF電波の波長が何十kmから100kmぐらいですので、なるべく高いアンテナが不可欠になります。しかし、1kmぐらいのアンテナなどを建てることは、ほぼ不可能なので、250m前後が技術上の限界です。アンテナの設立費用は高さに著しく依存し、費用は高さの3乗に比例しますので、高さが2倍になると費用は一桁上がります。こんな意味でも250mが限度でしょう。

続いて国内の第2番目の送信局が、JJI局、これは海上自衛隊の送信局で宮崎県のえびのに 있습니다。この日本の2送信局に加えて、外国のNWC局、NPM局、NLK局から発射される電波も受信します。このNはアメリカン・ネイビーのNなのです。アメリカは、オーストラリア、ハワイ、シアトルにVLF/LF送信局を設置し、潜水艦との交信に用いているのです。国内7受信点の各々では、日本の2送信局、外国の3送信局からの電波を受信しているわけです。即ち、7観測点 X 5送信局 = 35伝搬パスでの伝搬特性を毎日常時モニターして地震予測を出すということが出来るのです。

現在われわれのネットワーク方式、即ちこのような多点で、多局を受けてやるという方式が、早川方式の重要な目玉です。アイデア、みそですから。現在世界中で同様のVLFネットワークが作られています。ヨーロッパ、ロシア、インド、南米でも同じようなネットワークが構築され、稼働しているのです。世界的潮流として。けれども、勿論、これらの国ではビジネスはやっていません。サイエンスとして。

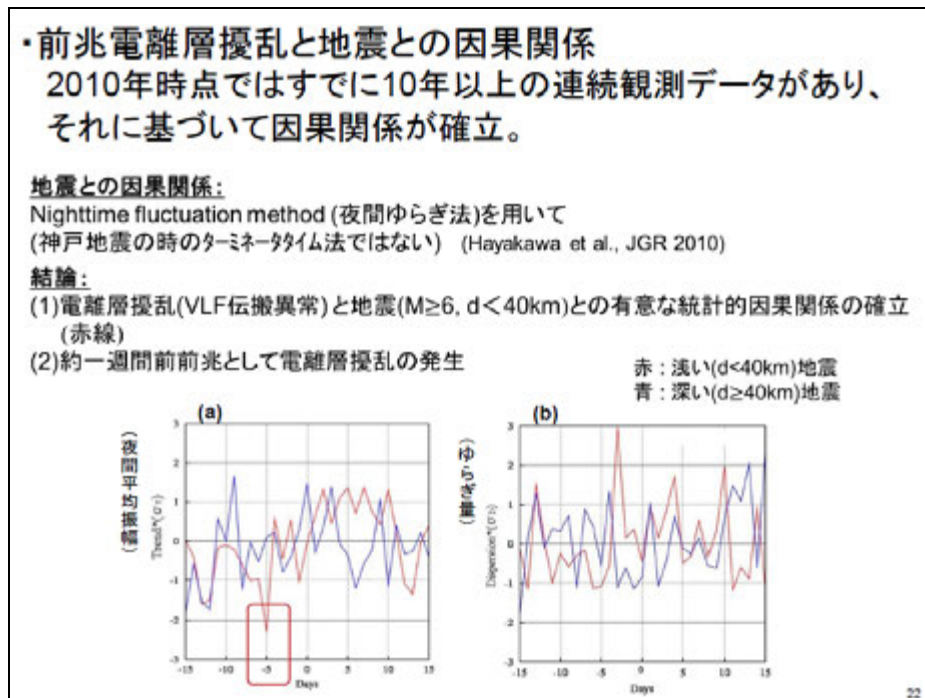


本図は VLF/LF 受信システムです。これが VLF アンテナで、簡単ですから2メートル前後のアンテナです。それから、これがプリアンプ (前置増幅器)。プリアンプというものはアンテナの直下に置かれ、1度アンテナで信号を増幅して、それをメインアンプの方に導入しています。各送信局電波毎の振幅と位相を測るので。これがGPSアンテナです。位相を測るためには時間標準としてGPSアンテナからの信号が要りますので。この VLF/LF システム全体として数百万で出来ますので、10 受信点作っても 2,000 万ぐらいです。けれども、われわれにとっては2,000 万というものはかなりの額なのです。



図中の赤印が電通大のネットワークです。すでに私は大学を定年退官していますので、この電通大ネットワークは大学に所属しています。定年退官後は、この電通大のネットワークのデータを、お金を出して、産

学連携という形でデータ提供を受け、予測の事業、即ちビジネスをしていたわけですが。この産学連携ではなかなか制約が多くなってしまいますので、われわれ自身のネットワーク構築を目指しました。新しく作ったのが青印にて示された8観測点から成ります。私が基本設計を行い、ここにおります浅野が、機器を据え付け、調整を行い、更にハードとソフトの相性も非常に悪かったので、これも調整をした結果、世界で一番良質の、観測データだと自慢できるデータが得られています。この良質データを見ているわけです。例えば、情報だけ申し上げますと、1週間前に東京が少し揺れましたけれども、来週は茨城とこの辺で少し揺れますが。東京も少し揺れます。深刻な直下型地震ではないので、ご心配なくということです。



因果関係は、2010年にすでに論文(JGR, 2010)として出版しています。神戸地震の際に用いた解析手法のターミネータ・タイム法ではありませんが。別の解析手法で、夜間の振幅に注目する手法です。夜間の振幅がこのように、標準偏差の2倍を大きく超えて、マイナス5日のところで、有意な変化(振幅低下)を示しています。横軸のゼロとは地震の日、マイナスは異常が地震の前に起こることですから。振幅が下がると同時にばたばたする度合い、即ち揺らぎ、dispersionが、右図のように有意に上昇します。結論として、マグニチュードの大きな6以上の浅い地震であれば、VLF伝搬異常(夜間の振幅低下とゆらぎの上昇)が前兆として現れ、地震予知が可能になるのです。この統計は約60事例に基づくものです。人間が死ぬ可能性のある地震は予知できます。しかし、深い地震は感じません。単純です。マグニチュード6でも100kmや200kmだったら、それほど深い地震が上層の電離層まで影響するはずがないわけです。物理と常識は当然合うわけですから。そのような意味で、マグニチュード6以上の浅い地震は検知ができるということです。前兆が発生するのは、1週間前であることを覚えておいていただきたい。



この図はどのような方法で地震予知を行うかを示したものです。例えば、今日 J J Y局を受信している母子里（北海道）で異常が出ていたとします。そうすると1週間後、この楕円のどこかで地震起きます。しかしどこかは分かりません。けれども、同じ異常が母子里で J J I局電波にも出ていたとしますと、1週間、どこかで起きます。皆様もお分かりのように、二つの楕円の重なる部分、即ち北海道南部にて来週地震が起こると予想されるわけです。それでは、マグニチュードはどれぐらいかを如何に決めるかですが、前兆の度合い（即ち、標準偏差の何倍か）と、何日続いているのかを総合的に判断します。伝搬パス毎の特性に関する経験ができていますから。

・学問としての体系化(地震電磁気学、地震予知学)

- 国際会議(IWSE)の開催
- 国際会議での地震電磁気学セッションの企画、特集号の編纂、地震予知学の参照本の編纂等

IWSE (International Workshop on Seismo Electromagnetics) 2005
地震電磁気と地震予知に関する国際会議 (調布) (チェア 早川)

私は、地震予知学を学問として体系化すべきと考えていますので、学問の体系化に努力をしてまいりました。

た。国際会議も4、5回電通大にて開催しました。お金を集めることが必要ですが、私が現役時代の最後の2005年のワークショップの写真です。これで世界の地震予知学者全てです。日本人100人、外国人100人で、たった200人です。それに対して、地震学の方は、われわれの多分1,000倍はいますので、象とアリの戦いのようなものだと考えてください。

図中の署名学者を数人ご紹介します。上田誠也先生、東大の名誉教授で、理研のフロンティアを主導された方。現在86歳ですが、元気に頑張っておられる。地震予知学の啓蒙に私も一緒に一生懸命努力しておられます。これが、私の長年の盟友で、オレグ・モルチャノフというロシア人。残念ながら、奇しくも2011年に亡くなりました。ここが、フリードマン・フロイント。アメリカ人ですが、現在私の10上ですので、81歳です。けれども、依然として現在も地震予知学にのめり込むように頑張っています。最初の2000年の国際会議のときに彼からメールが届き、「お前の主催する国際会議はおもしろそうなのでぜひ参加したい」ということで、「お金を出してくれないか」という依頼があり、「それでは半分出しましょう」。これが同教授の本研究へのめり込んだスタートなのです。彼は、元々は室内実験をやっている固体物理学の先生ですが、それを地べたの現象に応用したいという考えに基づいています。

・2010年～（定年退官後）
二つの大学発ベンチャーを設立

1) (株)早川地震電磁気研究所(大学内インキュベーションセンター)
➤ 地震予知技術の開発

2) 地震解析ラボ(インフォメーションシステムズ株)
➤ 地震予測情報の配信。当初は携帯電話とPC向け。
現在は、スマートフォンにてアプリをダウンロード。
(アプリ地震解析ラボ(月額600円))

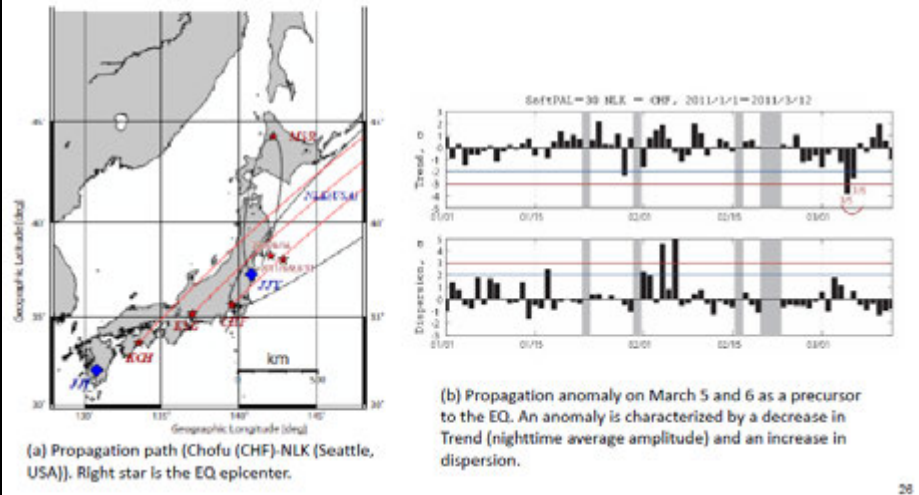
25

私の定年退官後の活動です。二つのベンチャーを定年退官後に作りました。これとこれです。(1)は私が電通大在職中に開発した地震予知技術の更なる開発などを行う大学発ベンチャー会社であり、(2)は地震予測情報を社会へ配信する会社です。早川地震電磁気研究所において、毎日のデータの初期解析を行い、その後地震解析ラボにおいて更なる情報を加味し、最終的に地震予測情報を配信するものです。地震予知の重要性を説くため、テレビなどにかなり出ています。私が学生だった頃、その当時の教授からはテレビに出る先生は低級な先生だと。もう低級な先生になってしまっていますが、バラエティーも出たくないのですが、結局出ているのは、あくまで地震予知の意義と実際展開しているビジネスを知ってもらいたいためです。たまに宣伝もします。スマホのアプリで地震解析ラボを見ていただければ、月600円で来週全国の地震予測情報が得られます。月曜日と木曜日に情報が得られますので、それを使っていただきたい。

3.3.4 2011年東日本大震災から現在まで (2011年の大震災は1995年の神戸地震と同様の大インパクトだった)

・2011年東日本大震災は予測できなかったか？

残念ながら海の上で大きい地震が来ることは言えても、場所はわからず。



それでは、2011年3月11日地震の前兆を見ていたのかをお話しします。私は、3月11日地震の前兆を実は見ていました。公表できなかった理由もお話しします。右図は調布での観測結果です。上が夜間振幅の日変化、下が夜間振幅のゆらぎの日変化です。送信局はアメリカのシアトルNLK局です。2011年3月11日地震の前までは、海の中の地震は予知しても意味がないという認識でした。なぜならば、海の中の地震が発生しても津波の問題、津波は基本的に逃げるしかないのです。勿論、地震も逃げるしかないのですが。とりわけ津波は逃げるしかないと思っていました。それに対し、陸域の神戸タイプの活断層タイプの地震は、その被害(人命、社会インフラなど)が甚大になるため、陸域の地震予知に重点を置いていました。そのため内陸のJJ I局とJJ Y局からの電波を重点に、観測データを調べていたのです。

ところがそのとき偶然、調布受信点でのNLK局(シアトル)からの電波特性を見て、驚きました。右図です。3月5日と6日の両日、夜中の振幅が標準偏差の4倍を大きく超えて低下しているのを発見したのです。標準偏差の4倍を超えるというのは、統計的には数年に1回程度という極めて異常なことです。これは明らかに前兆です。実は3月9日にマグニチュード7.2という地震が起こったのです。これはあとには3.11地震の前震だとわかったのですが。私も、3月5日、6日の異常が3月9日に起こった地震前兆かと思いましたが、前兆地震が数日であり、通常リードタイム(前兆と地震との時間差のこと)はやはり1週間なので、もう一つ別の地震が発生するかも考えたのですが、3月11日地震が来たのです。しかし、その地震の場所をきめられなかったのです。左図の調布-シアトル伝搬パス上のどこか、なのです。多分、東北の海岸よりはかなり離れた所であるとは予想がつかしました。そこで私は仙台の友人にはeメールで事前に、「海の中で大きな地震が来ますよ。ちょっと警戒(津波に)した方がいいですよ」と知らせました。この友人は、このメールのコピーをいろいろな所で示し、宣伝していただいています。

・2011年東日本大震災後の3ヶ月で集中的に行った事。

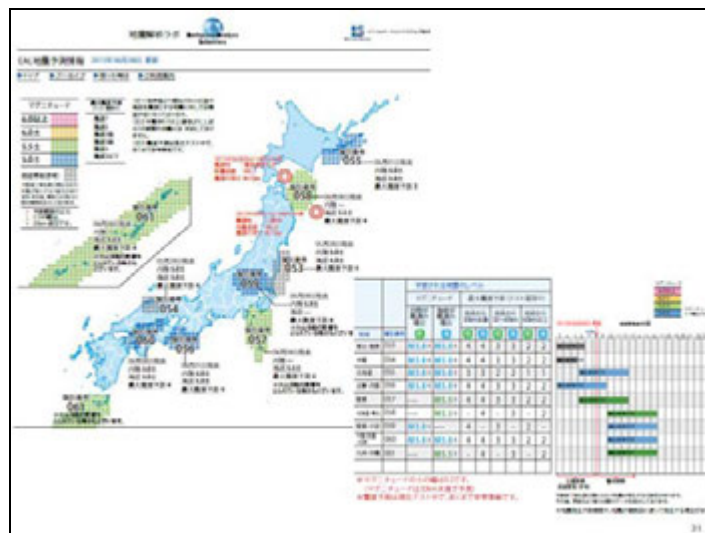
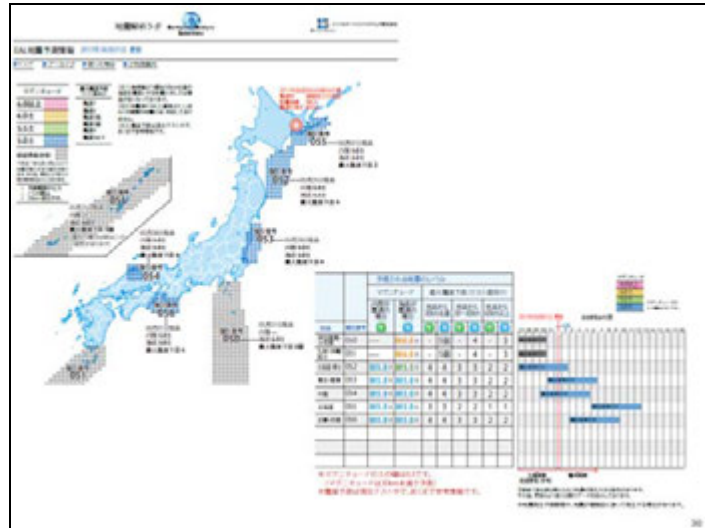
2011年3月11日東日本大震災後、地震学でいう余震が太平洋沖にてM~6、7のものが多発していたが、これらの地震に対しても前兆的電離層擾乱は出ているか？

→ 陸域地震と全く同様に前兆的電離層擾乱が出ている。

従って、従来は1995年神戸地震の様な活断層タイプの地震だけを予知すれば良いとの考えを改めて、海の中の地震にも注意を払うことに(津波災害のために)。現在の地震予測では、陸域のみならず、海域での地震も対象としている。海域の地震は津波災害の軽減につながる。

27

2011年3.11地震の惨状を見て、陸域の地震の予知も大事だが、海の中の地震を予知することも極めて重要であると痛感した次第です。3.11地震が起こった後、私が仕事をしていた電通大の西2号館のエレベーターが3か月間止まっていたのですが、その間8階までを毎日数往復することを余儀なくされました。老人にとっては結構きつかったのですが、この3か月間に集中的に調べたことが上に書いてあります。3.11地震後も多くの大きな地震が海の中で発生していたのです。これは地震学では余震と呼ばれていますが、私たちにとってはただの地震なのです。従って、これらの海域を地震の前に、陸域での地震時の様に前兆が発生しているかを徹底的に調べました。そうすると、全く陸域地震と同様に海域地震にも前兆は出っていたのです。現在の地震予測では、陸域のみならず海域での地震も対象としています。3.11地震が私たちに与えてくれた大きなプレゼントです。



私たちの地震予測がどの程度うまくいっているのかをご紹介します。当たった、当たらないの話ですが、図 28 の通し番号 48 番の地震予測をお話しします。2015 年 5 月末から 6 月にかけて、日本国内において、五つ六つ、火山噴火も含めて地震が多発しました。5 月 25 日の茨城地震をはじめ、続いた小笠原諸島での深発地震、九州の火山噴火、釧路地震、青森地震すべてわれわれの予想通りだと言えます。この予測的にメディアが大いに注目し、色々取り上げられました。バラエティー番組にも引っ張り出されました。これ(図 28 の 48 番の地震)を見ていただくと、予測場所もオーケーですが、時間は 1 日ずれています。しかし、最も重要なマグニチュードは 5.5 で完全に当たっています。私たちの予測の現状がご理解いただけるでしょう。

次に、5 月 29 日の九州での火山噴火について。地震よりも火山噴火の方が電離層への影響が大きいことが予想されます。その理由は簡単です。地震は例えば 50 km など地下で起こることですから、その電離層への効果は小さなことであるのに対し、噴火は地表面がもやもやしていますから、その電離層への影響、即ち前兆はもっと大きく出るわけです。九州での地震として予測を出していましたが、地震が無かったことを考えると、火山噴火の前兆を見ていたと考えられます。次に 5 月 30 日の小笠原諸島の地震について。5 月 30 日にとても東京が揺れた地震です。この地震は深いです。マグニチュードが 8.2 で、600 km です。このような深い地震は普通われわれの理論では電離層の乱れの前兆は出ないはずですが、けれども、マグニチュードが極めて大きいので、等価的に深さ 50 km で、マグニチュード 6 という形で予測を出していたわけです。予測

は外れているわけではない。次も、これも二つ当たっている。

VLF波による予測の精度向上は？

- 2011年3.11地震後、日本中の地中が大きく変化しており、地震がいろいろな場所で発生するため、現象的に3.11以前に比べて予測が極めて困難になっている。
- VLF観測点(受信点)の数を倍程度にすることにより、とりわけ場所、マグニチュードの同定精度は著しく上昇することが期待できる。
- 現在は、従来の経験に基づき、場所、マグニチュードを決めているが、経験不足によるハズレもある。そこで新たな信号処理の開発(人工知能など)も行う。

今後やるべきことは実にたくさんあります。予測情報を配信する実学として。現在、VLFの電波を使用して予測を続けていますが、3.11地震の前までの予測と比較してみましょう。2011年地震の前年より、地震予測を行っていましたが、1、2週間で日本中のどこかで、1回地震が起こればいいぐらいの頻度でしたので、これを決めることは、先ほどの国内7点、8点の観測点があれば十分でした。楽にできるのです。ところが、3.11地震の後は現象的に著しく複雑な状況になったのです。1週間に国内何箇所でも地震が起こるわけです。何箇所でも。すると、今までの7、8点の観測点データでは、なかなか場所を決めることが難しくなったのです。3.11の大地震のため日本中の地べたがぐちゃぐちゃになったので、現象的に予測というものはかなり物理的に難しくなっているということが第1点。私たちの希望としては、観測点の数を倍ぐらいに増やすようなことが出来れば、とりわけ、場所やマグニチュードの同定精度は著しく上がるでしょう。

さらに、今は地震予測を経験的に行っています。5年間の観測データに基づいて経験的に行っていました。しかし、今後はより高度な信号処理、例えば人工知能などを使うことを考えています。人工知能を使えば、これは誰がやっても答えがぴんと出ますので、それをあと私たち専門家が再確認すれば良いということになります。

地震解析ラボ独自ネットワークの構築 (当初は電通大との産学連携としてデータを取得していたが、問題が多かったため)



それで、われわれがこの青印の観測点、現在8観測点から構成される、新しいVLF/LFネットワークを構築し、現在このネットワークからのデータを活用して地震予測情報配信を進めています。

3.3.5 日本地震予知学会の設立

- ✓ 先ず、2013年地震学が地震予知は出来ないと、白旗を挙げた。
- ✓ 地震電磁気学はここ20年にて飛躍的に発展し、学問として確立されつつある。
- ✓ 短期地震予知を目指す学会を設立し、地震予知学の完成へ。
- ✓ 先行現象は、電磁気のみならず、力学現象、宏観現象なども広く取扱う。
- ✓ 2014年7月、一般社団法人日本地震予知学会を設立。同年12月、第1回学術講演会を開催。

ここでは、「日本地震予知学会」の設立についてお話しします。2014年に日本地震予知学会を設立しましたが、その理由は単純です。まず、2013年に地震学が再度、地震予知ができないと発表しました。即ち、白旗を上げたのです。他方、われわれはここ20年にて実績がありますので、一昨年から集中的に準備委員会を開いて、20から30人で集中的に議論をした上で、一般社団法人として地震予知学会を始めることになりました。ぜひ、法人会員としてご参加いただきたい。正会員はまだ70人強ですが、法人の方が実は16社と予想以上に多いことが私たちの驚きです。この事は、民間の方が地震予知の重要性を認識していただいている

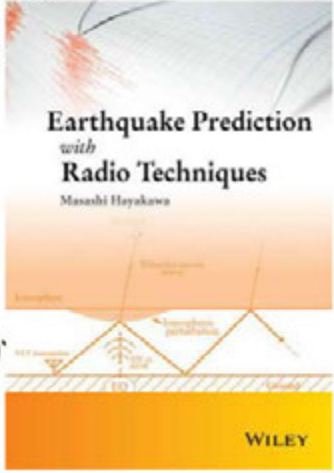
のかもしれませんが。

これは地震予知を目指す学会ですが。地震予知学という学問、即ち先行現象を使って短期予知を目指すものです。私たちは将来の地震にしか興味がなく、それに対し地震学は過去の地震を調査するものです。従って、地震予知学と地震学とは全く異なるものです。似て非なるものということをご理解いただきたい。先行現象は、今は電磁気を中心ですが、力学や宏観現象、先ほどの動物の異常行動も含めて広くやりたいのです。たくさんの方に新しく、いろいろな方も参加していただきたい。特に、われわれは地震学の方にもぜひご参加いただきたいのですが、勿論、今の地震学と地震予知学の置かれている立場からすると、なかなか難しいと言えます。第1回の学術講演会を去年(2014年)開きましたが、今年(2015年)も12月21日と22日、2日間にわたって、電気通信大学で開きますので、ぜひ、ご参加いただきたいと思います。

4. 地震予知の将来

- ・早川著:
Earthquake prediction with radio techniques, Wiley (2015)
- ・地震予知の将来(実学としても、科学的にも)

- * 現在のVLF/LFネットワークによる精度向上。
- * 多項目観測の融合が不可欠な技術。2番目に有望とされているULF電磁放射の観測を早急にスタートする。
- * 実用的予測技術の向上に加え、メカニズム(ULF放射の発生メカニズム、電離層がどうして前兆的に荒れるのか?など)の解明も不可欠なテーマ。



地震予知学の将来について考えてみましょう。本もたくさん執筆していますが、John Wiley & Sons というアメリカの出版社のエディターが2年ぐらい前に電通大の私の部屋を訪問されました。本人もそれなりの事前調査により、「電波技術を用いると地震予知ができそう」だとの認識で、電波屋さん(電波研究者、技術屋のこと)にこの線に沿った本を書いてほしいというご依頼であった。電波関係者には是非とも地震予知分野に多く参入してほしいと思っていたため、書きたい本でした。出来上がりは200ページぐらいの本ですが、全周波数帯、即ち、直流からULF、VLF、更にはHF/VHF/SHFまで、最後に衛星観測まで含めています。電波の基本的なことからノイズのこと、各周波毎にはその周波数電波の基本的伝搬特性から始まり、その周波数での地震前兆現象の最先端のことまで書いています。本の内容のほぼ半分は私たち、早川、オレグ・モルチャノフの業績であり、あとの半分が外国人のものが入っています。

実学としてやるべきことは、現在は単一の方法(VLF/LFネットワークによる電離層擾乱観測)だけでやっていますが、会社の財政的制約により単一の手法を採用しているだけのことであります。地震の検出確率は多項目でやったらいいにきています。将来、多項目の観測結果の融合をするということが不可欠になってきます。そこで、この第1候補として挙げられるULF(Ultra Low Frequency)電磁放射観測のことを少しお話しします。関東地区において、すぐにやり始めようとしています。今まで述べた、実用的な精度向上に加え

て、サイエンスとして、実はメカニズムをどのように考えるか。これはとてもおもしろい学問になりますので、これを並行してやりたいと考えています。

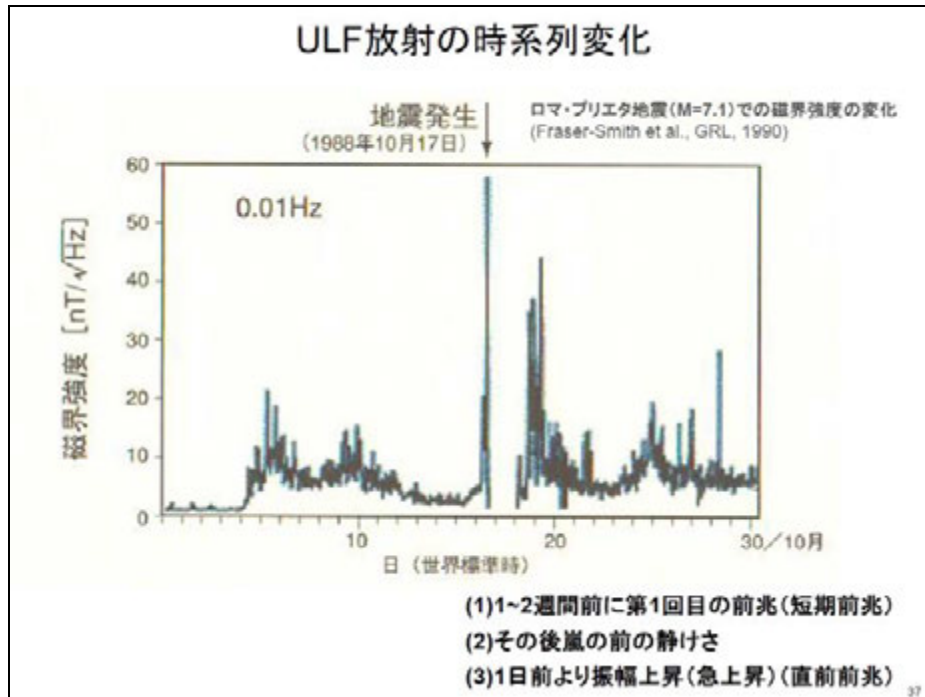
ULF電磁放射の観測(3つの歴史的事例)

Three major (pioneering) events (ULF emissions)			
EQ	Spitak(1988)	Loma-Prieta (1989)	Guam (1993)
Magnitude	6.9	7.1	8.0
Depth	6km	15km	60km
Epicentral distance	129km	7km	65km
Analysis Method	Amplitude (3 components)	Amplitude (Only one component)	Polarization Fractal method
Characteristics	Increase 3-4 days before EQ, sharp increase 4hrs before EQ. Gradual decrease to the normal level in one month.	The first maximum one to two weeks before EQ, quiet and increase a few days before EQ, sharp increase a few hrs before EQ. Relaxation in a few months.	Abnormal increase in polarization one month to a few days before EQ.
References	Molchanov et al. (GRL, 1992) Kopytenko et al. (PEPL, 1993)	Fraser-Smith et al. (GRL, 1990) Molchanov et al. (GRL, 1992)	Hayakawa et al. (GRL, 1998) (GRL, 1999)

ULF電磁放射は、先ほどのぱちぱちと割れた（ひび割れが発生した）ときに、直流の電流が流れると同時に、色々な周波数の電波が放射されるのです。Ultra Low Frequency（周波数<1Hz）電磁放射は図のように大きな地震の際には出現するので、地震予知には非常に有効になります。表には、大きな歴史的イベントが三つあり、ロシア、アメリカ、日本の論文が出ています。三つの地震ともマグニチュード、これは7、7、8です。最初の地震がスピタク地震(旧グルジア)(1988年)、1年後のロマ・プリエタ地震もともに大きな地震で、ともに前兆として、明確なULF電波放射が検出されています。ロマ・プリエタ地震の前兆ULF電磁放射は、スタンフォード大学のトニー・フレザー・スミスという先生が、1990年に「Geophysical Research Letters」に出版した論文として発表されたもので、世界最初のイベントとみなされています。同教授はスタンフォード大学の先生でわれわれとは昔からの研究仲間です。勿論、年は私よりずっと上で、80歳ぐらいの先生です。この論文を最初に出したときに、フレザー・スミスは最も幸運な男と、われわれの仲間うちでは呼んでいたわけです。最初に明瞭な前兆を発見したのですから。

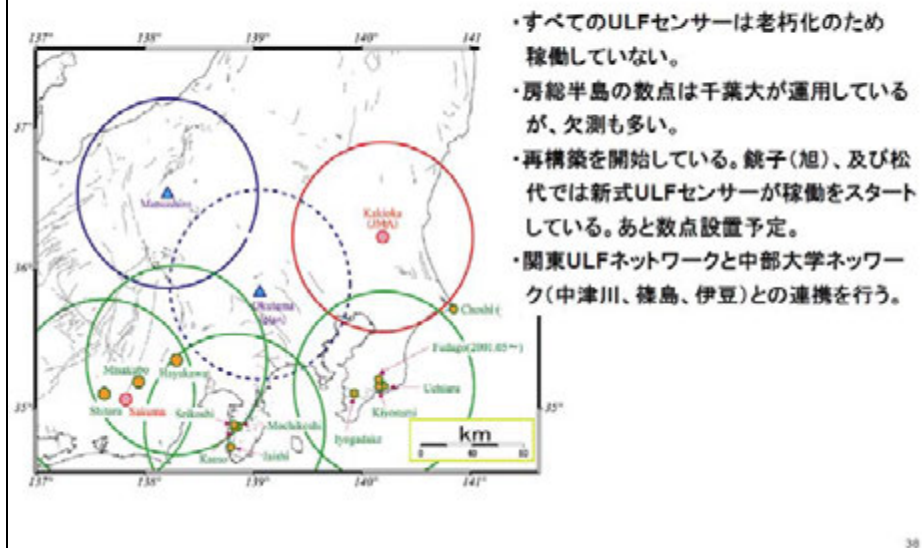
最初の論文が発表された後に、どのようなことが起こったのかをご紹介します。アメリカも日本も全く同じ状況ですが、アメリカでも、私たちの地震予知（地震電磁気現象）を完全否定しようとする地震学者の一群がいるのです。アメリカでは特にUSGS(US Geological Survey)という研究機関があります。その機関の研究者が、トニー・フレザー・スミスの論文を批判する論文を出し、フレザー・スミスの結果は間違いであると。実は間違いだと主張する論文が、私のところにレフリーしてくれと雑誌から来るのですが、勿論私はそのようなものをやるはずがありません。「こんなくだらん論文、私は見られません」と、突き返しましたけれども。

私からすれば、フレザー・スミス教授は学問的に極めて高い先生であり、また論文を読んでも、これは信用できると思います。そのあと、私がグアム地震(1993年)に伴うVLF電磁放射の論文を1996年に発表したのですが、これまた彼らの攻撃目標となりました。



ULF 電磁放射の時間経過は大変おもしろいのです。これは、フレザー・スミスの論文、即ちロマ・プリエタ地震の際の ULF 電磁放射の強度変化を示しています。スピタク地震の1年後にカリフォルニアで起きた地震ですが、マグニチュード 7.1 です。この図は、周波数が 0.01Hz での放射強度をプロットしたものです。周波数 0.01Hz とは、周期 100 秒のゆっくりした振動です。ノイズレベルがずっと続き、これが1回目の、即ち1、2週間前の強度上昇です。日付で言えば、10月4日前後から12、13日まで。そして、嵐の前の静けさ、即ち強度の沈静化があり、おもしろいことに1日前(12時間前)ぐらいから急上昇するのです。ULF 電磁放射の事例は世界中の結果を集めても30事例ぐらいしか無いのです。しかし、図37の時系列変化は、30事例ともほぼ同じであることがわかっており、ULF 電磁放射の普遍的变化なのです。換言すると、実は1週間から2週間前の短期前兆があると同時に、直前前兆があるのです。直前前兆は、実はいろいろな使い道があるのです。例えば、津波の早期警戒に使える。これを最大限に活用しようという提案を今考えています。

ULF関東ネットワーク (フロンティア計画の時に構築したもの)



理化学研究所とNASDAのフロンティアを実施していた時、両者が協力して関東地区 ULF ネットワークを構築したのです。関東地域が危ないということを想定し、この ULF 放射観測ネットワークは 10 点ぐらいの観測点から成り立っていました。伊豆半島、房総半島、それから図中のこのような場所に。このネットワークの設立は 2001 年ですから、もう 10 年以上前に作ったものです。このネットワークが現在どうなっているかという、すべて止まっています。お金がありませんので、老朽化し、すでに稼働していないのです。ですから、東京直下地震が危惧されていますが、本 ULF 放射ネットワークでは予知できないのです。言いたいことは何か？自分自身の努力により予算を集めるしかありませんが、この ULF センサーは先ほどの VLF/LF 受信器の 200 万円に比べて著しく高くて、1 台 500 万円ぐらいかかるのです。とても高い。しかも、いいセンサーはウクライナやロシアの軍事用に開発されたセンサーが多いのです。日本製もありますが、日本製はあまり感度が外国レベルまで至っていないので。入手したものはウクライナ製のセンサーです。ロシアのセンサーでもいいのですけれども。それで、購入したウクライナ製のセンサーの一台は、銚子(正確には旭)に今年(2015 年)に設置し、すでに稼働しています。もう一台も松代観測所に設置しました。ですから、2015 年にすでに 2 台の ULF 観測点が設立されて、データが収集され始めています。東京直下地震に対応ができるということです。

Sophisticated Signal Processing (for ULF emissions)

1. Amplitude measurement
2. Polarization measurement (Hayakawa et al., GRL, vol. 23, 241-244, 1996)
3 component measurement → S_z/S_H
3. Principal Component Analysis (Gotoh et al., JAE, vol. 22, 1-12, 2002)
Multi-stationed observation → Distinction of different noise sources
- ▶ 4. Direction Finding (Kopytenko et al., JAE, vol. 22, 207-215, 2002; Ohta et al., EPS, vol. 57, 1003-8, 2005)
-Magnetic field gradient
-Goniometric triangulation } to locate the source (pinpoint an EQ)
5. Fractal Analysis (Mono- and multi- fractal) (Hayakawa et al., GRL, vol.26, 2797-2800, 1999; Ida et al., NPG, vol.12, 157-162, 2005)
Nonlinear process in the lithosphere

ULF 電磁放射のデータ解析について述べます。とりわけ重要なのが Direction Finding(方探、方位測定)という信号処理です。ULF 電磁放射は電波ですから、その到来方向を決定することが出来ます。到来方向を出せるのです。

例えば、銚子(旭)観測点データに基づいて受信した ULF 電波が出てくる方向がこのような方向だとします。別の ULF 観測点でも同じ放射が受信されその到来方向が出ます。勿論、その到来方向には 180 度の不確定さがありますが。こちらか、こちらかは分かりませんが。2 つの到来方向の交差点が電波の発生源となり、そこで将来地震が起こるのです。即ち、ピンポイントで将来の地震の場所を決めることができるのです。ピンポイントで場所を。

先ほど説明した V L F 伝搬異常に基づく手法では、将来の地震の予測域はかなり広いです。勿論、日本中を全般的に予知できる特典はありますが、予測場所が狭くはできない。それに対して、ULF 電磁放射の多点観測を用いると、予測域をピンポイントで特定できるというわけです。

ULF放射の活用

(1)ULF放射観測システムの会社、自治体への提供

- ULF電磁放射の諸特性を活用して、あなたの会社や自治体を救う。

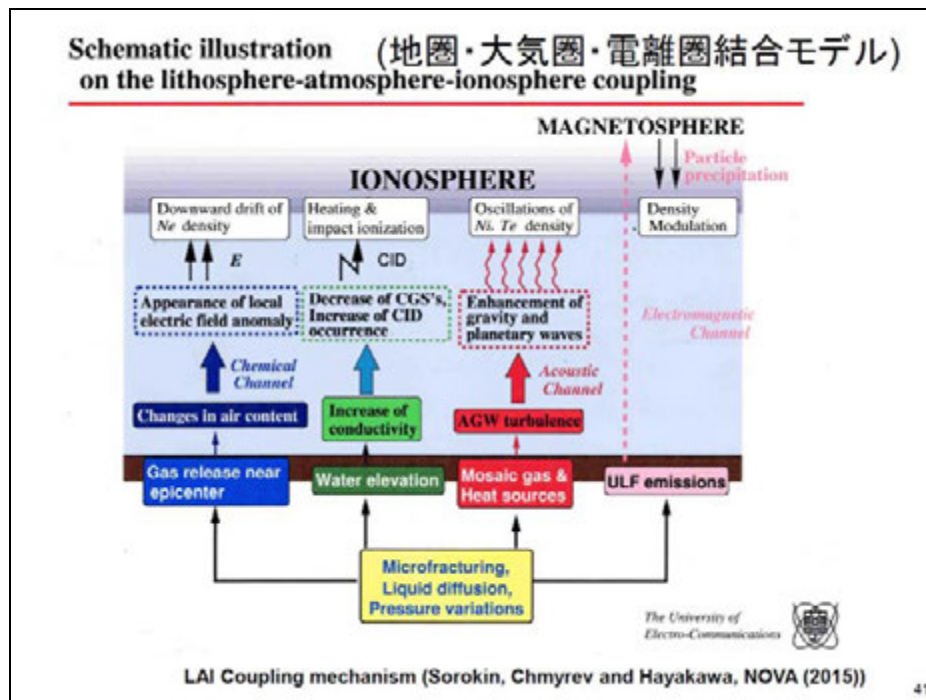
(2)ULF放射の観測システム(1台)の原子力プラントへの設置

- 1~2週間前に前兆(短期前兆)が出た時点で地震襲来に備える。制御棒を操作し、出力を幾分下げしておく。
- 数日間の嵐の前の静けさ。
- 1日前に振幅上昇(急上昇)の時には出力を低下させ、更に出力を停止させる。
- 原子力事業者(電力会社)だけでなく、周辺住民に対しても十分な情報が与えられる。安心・安全の情報として、最大の備えとなり得る。

それではULF電磁放射の観測を如何に活用するかを提案します。民間の会社でも自治体でもいいのですが、ULF電磁放射の受信システムを1台設置すれば、その周辺100kmぐらいの範囲の地震には対応できるのです。例えば、自治体であれば、その住民に対して地震予測情報を配信することができます。更には、民間会社でもULFシステムの導入をお考えいただけます。これは最後に述べる、「保険業界への提案」とも非常に密接に関係することです。

それと同時に、別の活用も可能です。原子力プラントでの活用です。政治家を中心にすでに何度も当たっているのですが、なかなか難しいのです。即ち、原発と防災という形で連結したらどうかということで、政治家のところにも幾度も提案をしています。どこの原発でも良いのですが、ある原発プラントに少なくとも1台のULFシステムを導入すれば、防災に著しく貢献することを。先ほど述べたように、地震の1~2週間前の時点で第1回目のULF放射が発生することがわかります。地震の襲来を予期できます。その時点で出力をゆっくり下げるなど、制御棒を制御すればよいのです。続いて、嵐の前の静けさがあり、1日前のところでULF放射強度が急上昇します。そうしたら、そこで制御棒をコントロールし原子炉を止めるのです。爆発はまぬがれます。

ですから、この提案は事業者にとっても重要であると同時に、プラント周辺の住民に対しても、安心安全の情報として出せるわけです。従って、原子力規制委員会がくだらない議論をしても意味がないわけです。何千年前の活断層が、あるとかないとかの議論は何の意味もないのです。



ここでは、地震に伴い発生するいろいろな電磁気現象のメカニズムを簡単に説明しましょう。とりわけ、どうして上層の電離層が荒れるかは、地震予知学の最大のテーマなのです。大変難しい、しかし挑戦的なテーマです。理系の方が多くとお伺いしましたので、そのメカニズムとして提案されている二つ、三つの有力な説をご紹介します。第一の仮説、全部英語で書いてあって恐縮ですが、chemical channel というものです。化学チャンネル。これはロシアのセルゲイ・プーリネッツが、今強く主張をしている説ですが、地震前に地下から放出されるラドンが重要だとするものです。ラドンが主役を務めるといふ説なのです。

先ほど言いましたように地震前にはひび割れが起こりますので、それに伴って地下に貯まっていた放射能のラドンが、わあっと大気中へ出てきます。ラドンが出てきますと、それにより大気を電離し（大気原子、ウ分子が電離し、+と-のイオンが生成される）、その結果大気の conductivity（電気伝導度）が変わります。それが、ひいては大気にかかっている電界に影響して、その電界効果が電離層まで伝わり電離層を乱すというものです。そのような説が、セルゲイ・プーリネッツのロシア説なのです。

それに対して、早川・モルチャノフ、早川説というものは、図中の acoustic channel というものです。何度も述べているように、元々は地下でのひび割れが原因ですが、ひび割れに伴って電気を帯びたガスやラドンなどが放出される際、大気を揺るわけです。大気を揺りますと、そのゆれが大気振動という形で上層まで伝搬していき、電離層まで影響するのだというのが早川説です。acoustic channel。これは大気圏 acoustic wave、internal gravity wave が、この仮設のメインプレーヤーです。実は今これら二つの説が、世界中で競争、けんかをしているわけです。けれども、どちらの仮説がより有望かというのはなかなか検証が難しいのです。どのような理由かという単純です。地震が予知できないからです。

なぜなら、地震はもちろん起こるわけですが、例えば、どこかで起こることにしましょうか。来週、電通大の調布で起こるといふ予知が出たとします。すると、電通大の場所にロシアの chemical channel の主要な物理的なパラメーター、例えば5項目の観測器をずらっと並べます。それから、早川説の重要な物理量を測る機材を5台程度、ずらっと並べます。

そして、地震が起きました。地震発生後、それらのデータを詳しく精査すれば、早川説が有力なのか、それともラドン説 chemical channel がいいのかということが分かるわけです。だけれども、できない。という

のは、私たち各々の研究グループは極めて貧乏ですから、一つぐらいの観測項目を行っている程度です。われわれが一番多くの観測項目を実施していると思います。この様な状況ですが、メカニズムの解析は徐々に進んでいます。私たちは大気振動チャンネルを支持する間接的なエビデンスをすでにたくさん発表しています。それでもなかなか難しいという課題であり、このメカニズムの解明には、まだ時間が少しかかるような気がします。

5. 地震予測情報の活用と防災(+保険との関わり)

「自分で自分の身を守る」とは

- 1) 地震解析ラボ地震予測情報
自分及び家族の身を守る情報として。
スマホ配信(月額600円)。家族の防災対策。
- 2) 法人に対するBCP(危機管理)
富士警備保障(株)は独自のVLF/LFネットワーク
により、地震を予知し、如何に会社を守るかの
BCP対策を行う事業を開始。
- 3) 会社、自治体独自で地震を予知
早川地震電磁気研究所がVLF/LFシステムのハード
ウェアとソフトウェアを提供する。更には、ULF放射観
測システム(ハード、ソフト)も提供できる。独自で会社
周辺の地震を予知し、BCPに活用。

予測情報はすでに世の中には存在しますので、まず、それを活用することをご提案いたします。私が5年前に設立したベンチャー会社地震解析ラボは、月600円で情報配信しています。これは、個人や家族を守る情報として使っていただくと良いと思います。毎週月曜日と木曜日に情報が配信されます。例えば、東京が危ない、マグニチュード6ぐらいと地震予測が配信された時を考えましょう。7だったら絶対逃げないといけません。マグニチュード7だったら。絶対建物は崩れますから。マグニチュード6だったらどうするかということです。東京を離れないと決断すれば、防災策として次の事が考えられます。まず1番、地震発生後、家族がどこで集合するのかということを決めておく。しかも具体的に、例えば麻布中学校の滑り台の下、麻布中学校ではいけませんよ。麻布中学校の滑り台の下と。麻布中学校自体が大混乱していますから、そのようなこと。

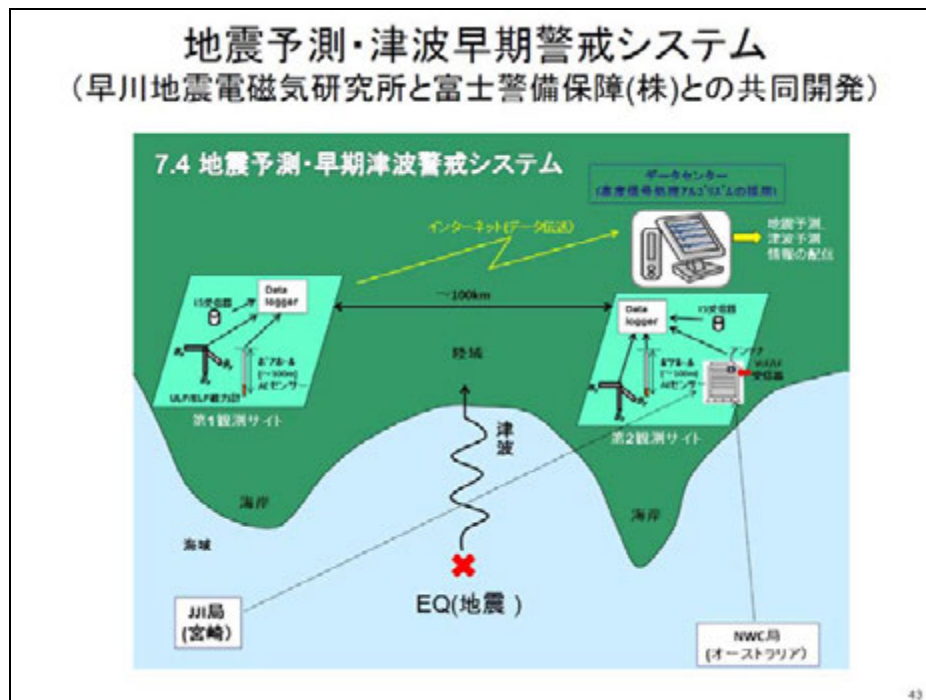
それから、2番目の注意事項は、出掛けるときにはそれなりの対応をしていく。例えば、服装も靴もそれなりの準備をする。スマホ、携帯電話の充電器を忘れない、また食べ物も少々携行するなど。

それから、3番目としては、地下交通機関、地下鉄は乗らない。地下鉄は絶対危ないので、警戒期間中は。地上交通機関を使う。家庭のことについては、防災グッズのチェックを行う。3日ぐらいの備蓄がされるとすれば、備蓄を1週間にしましょう。更には、水とトイレ対策です。風呂水を浄化する薬や猫用と同様のトイレ対策だけは必須でしょう。これぐらいのことはまずできると思います。

更に私は今、この富士警備保障という会社の顧問もしています。この会社は法人対象に地震予測情報を用いたBCP、危機管理を提案しています。富士警備保障は独自のVLFネットワークを作っています。勿論、早川方式に基づくものですが。少し残念なことは、同社のVLF受信器は簡易型を使っておりますので、われ

われのデータよりは精度が落ちます。けれども、国内 10 か所に観測点を展開しています。地震予測情報配信すると同時に、法人に対して、東京が例えばこのような状態であれば、地震の 1 週間前から何をどのように対応するかということも含めてコンサルをするわけです。最近富士警備保障の方には、この地震予測に基づく BCP に関する問い合わせが殺到し、社会的にかなり関心が高いという状況になってきています。

それから、3 番目の提案です。われわれ自身が、V L F 電波を用いた電離層の乱れの観測ネットワークの豊富なノウハウがありますので、先方のご要望にあった地震予測システムを作ることが出来ます。VLF/LF 受信器でも、ULF 電磁放射観測システムでも、さらにその複合型でも。システムの開発、納入、設置、更にはその後のデータの読み方の指導まで含めて。

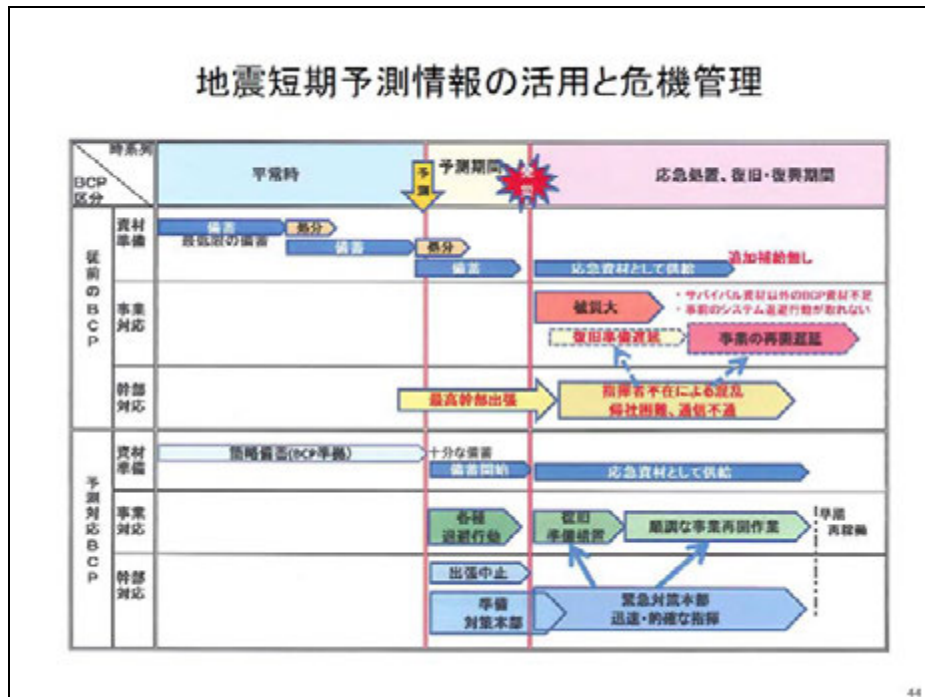


これは四国の南海地震を想定して開発した地震予測・津波早期警戒システムで、色々な自治体に売り込みをしているものです。例えば四国のここここに ULF 電磁放射観測用のセンサーを置きます。すると、ULF 電磁放射の話の時にすでにお話しをしたように、先ず地震の 10 日前後前に地震の襲来の予知報告が出せます。さらに、二観測点からの方位測定により、陸域の地震であることが分かれば、逃げる必要はありません。ところが、方位測定により海の中の地震ということになると、これは津波が予想されるので逃げるしかありません。まず、避難の準備をしましょう。その後、ULF 電磁放射の強度は一度嵐の前の静けさを示し、1 日前から ULF 強度上昇が予想されます。直前前兆です。高い場所にゆっくりと、私も含めて老人が退避すればいいのです。10 秒では歩けませんので、12 時間あれば十分高い場所に逃げる事が出来ます。

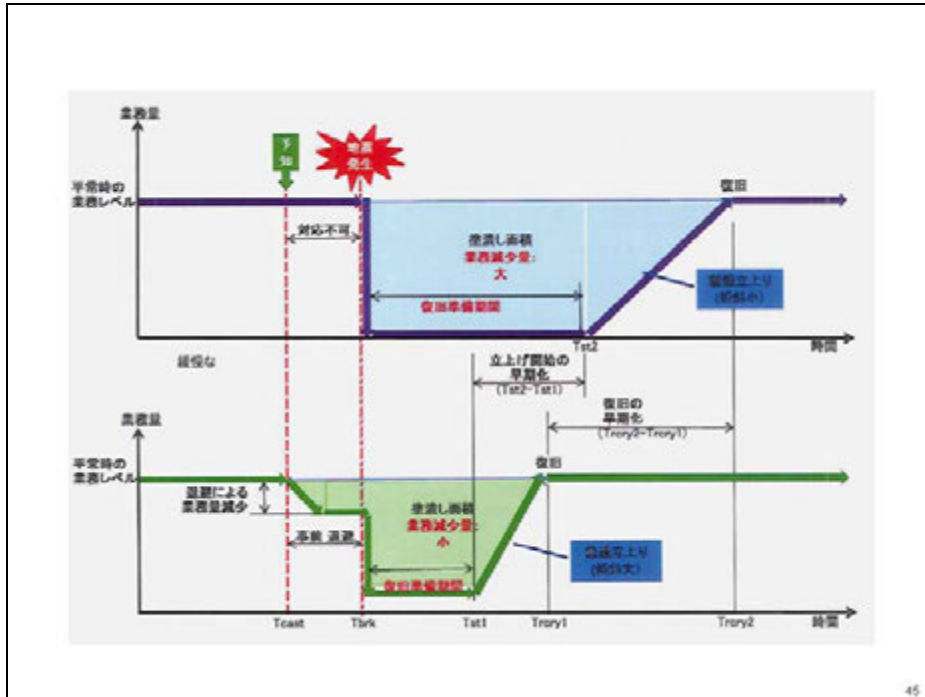
もう一つの問題は、いつ避難場所から戻るかです。大した問題ではないと思われるかもしれませんが、実は 3. 1 1 地震の時、津波は第 1 波、第 2 波が強いわけではなくて、むしろ 5 波や 6 波などが意外に強く、そのためにのみ込まれたという事例が多く聞かれたのです。そのようなことで、津波の様子を電離層監視により完全に落ち着いた後、帰宅するのです。例えば、1 日滞在をのばせば良いのです。ULF 電波と電離層の乱れ観測の両方を用いて津波を監視できるという論文も、実は私たちは書いているわけです。2 年ぐらい前に。

ですから、電離層の状態を見て、発生している津波が完全に治まったかどうか怪しい場合には、もう 1 日

滞在を延ばしましょう。これで命を失うことはありません。



最後に、地震予測情報の活用と危機管理についてお話しします。地震予測情報の最大のポイントは、地震予測情報があれば、不意打ちを食らわないということです。まず、従来のBCP（図の上部）は不意打ちを食らうわけですから、会社はパニックに陥ることになります。当然会社の幹部もいないこともあり、適切な指示も出来ず、被害が増大するわけです。それに対し、図中の下部に示したのが、地震予測情報がある時のBCPです。予測情報がある時のBCPは当然の事ながら格段と変わってきます。「不意打ちを食らいません」ので、地震予測が出た1週間間に、発電機やガソリン車なども準備できます。富士警備保障が、ある大きなホテルとも契約をしていますが、このような対応ができることになります。更には、社長も外国出張を延ばすなど考えられます。私は地震の襲来そのものを止められません。地震を止めるほどの力などは全くありません。しかし地震予知はできます。今申し上げたように、そのような準備が出来ていれば、慌てることなくパニックにはなりません。「不意打ちを食らわないことが地震予知の本質」です。勿論はずれる事もありますので、はずれを許容した地震予知です。



この図は従来のBCPに基づく業務レベル(上図)に対して、地震予測情報がある時のBCPに基づく業務レベル(下図)を示したものです。おおまかにいえば、平常時の業務レベルより下へ落ちている所は地震に伴う財政的負担だと考えれば良いのです。例えば、ある会社の防災予算が5,000万とすると、地震予測情報を活用すると、例えば半分ぐらいで済みますということです。

最後に保険業界の皆様方へのご提案です。本日お話ししたように、地震予知はかなりのレベルにすでに来ています。保険業界全体として、例えば、次のようなことは考えられないでしょうか。生保であれ、損害保険であれ、地震保険であれ、付加情報として地震予測情報を持っているか持っていないかで極端に状況が変わります。勿論、地震予知は相手が自然ですか、100%当たると思ってもらったら困ります。外れる時もありますので、その時はぐちぐち言わないでください。自然現象相手にしてはかなり良いと思います。精度向上には努力していますが。現在の、私たちの地震予知は大体どれぐらいの確率かといいますと、6割～7割です。

そこで、天気予報と比較してください。天気予報のある大手の気象会社社長と話していると、彼はもっと極論し、「天気予報なんてのは、確率は3割でいいんだ」などと言うのです。天気予報は、いまは大体5割ぐらいです。天気予報では、よしんば、雨が降っても、死にませんけれども、地震の場合は全く状況が異なることは言うまでもありませんけれど。現在6割～7割ですので、観測点を倍増するなり、新しい信号処理などを駆使すればその精度は上がります。8割とか。実学として。

地震予測と保険(生命、損害)

国の見解では地震予知は不可能だが、この見解は力学的手法(地殻変動測定)による結論。全く異なる概念に基づく電磁気手法は有望だ。

- ・現在VLF/LFネットワーク(即ち、電離層擾乱観測)では65~70%前後の確率にて予測可能
- ・本方式での精度向上(例:VLF観測点の倍増、新しい信号処理(AIの使用))を目指す。多項目観測(UHF電磁放射観測(地圏モニタ)、見通し外VHF波観測(大気圏擾乱モニタ)を追加)により、地震予知の著しい精度向上が可能
- ・保険事業独自の国内VLF/LFネットワーク(国内観測所20カ所)の構築、データ解析、そして保障事業での大々の活用。他分野(物流事業、観光業)との相乗効果を見込んだ事業は考えられないか

46

私たちが開発したVLF手法(ネットワーク)を自分たちで構築する。例えば、国内に10観測点とか20点観測点とか設立することで、業界として地震予測情報を得ることが出来るのです。もちろん、観測やデータ解析などノウハウはわれわれが教えます。そのような地震予測情報を積極的に活用することは考えられませんか。しかも、他の手法も勘案した融合的な地震予知をやりたいということです。こんなことを最後にご提案します。アメリカの保険、アメリカの方が、実はわれわれの地震予知に興味を持っていたのですが、それも地震学からの横やりが入り、結果的にはうまく行かなかったことがあるのです。

これにて終わりたいと思います。まだ質疑応答の時間があるかと思しますので。ありがとうございました。

司会 早川様、大変熱のこもったご講演、ありがとうございました。せっかくの機会ですので、会場からご質問をお受けしたいと存じます。

ご質問のある方は、挙手をお願いいたします。今、マイクをお待ちします。

質問者A オオモリと言いますが、大変分かりやすくお話ししていただいて、ありがとうございます。少し心配していることは、例えば、関東において、高地の場合なのだったらうまく機能するかも分からないのだけれども、大都市において、例えば、1日前など言うときに、多くの方が移動するのです。そのときの混乱の対策というものを、やはり考えなくてはいけないのかと思うのだけれども、その辺に対する、いわゆる自治体なり、国なりとの協力関係というものは、やはり、必要だと思うのです。

早川 はい。

質問者A だからやはり、そのような体制というものを作っていかないと、確率が、例えばだんだん上がっていくと、そのところは極めて重要になってくると思うのですけれども、特に、震度が大きいものに対して、少しご意見を聞かせてください。

早川 基本的には、国は予知をできないという立場を取っておりますので、私たちの予測情報を、まず使うということはありません。ですから、地震に対して避難をしるなどということの情報は、国（多分自治体も）出せないわけです。おっしゃる意味は、もちろん分かります。1、2年で、事態が大きく変わるとは考えがたく思います。今のご質問に対しては、答えることは出来ません。

しかし、地震予測情報は社会に定着しつつあります。すると、数年先の時点では、例えば、国が地震予知に対して地殻変動ではない別の方法（例えば、私たちの電磁気手法）であれば可能であるというように、考え方を変えるということがあり得ます。そのときにはご質問のことで、当然、避難するときにはどうしたらいいのかということを考えなければいけない。

ですから、その時点で、現時点では考えることではないと思うのですが。多分、数年先この種の地震予測情報が社会に普及し、国も認めざるを得なくなったときには、当然国、自治体と連携して如何に避難するかを考える必要が出てくると思います。ですから、原発プラント周辺での避難のことと同じような問題が、実は出てくると思います。

それは大事な問題とは認識しますが、現時点で私が、すぐに答えるような立場にもありません。まだそこまで普及しているという認識がありませんので、このような啓蒙をさせていただいているのです。浸透しつつあるということが、現時点での私の強い印象です。

質問者A どうも、ありがとうございました。

司会 他にございませんでしょうか。それでは、予定の時間となりましたので、以上を持ちまして、早川様のご講演を終了させていただきます。

早川様、本日は、どうも、ありがとうございました。