

第13回防災セミナー報告

都市型災害に備えて——減災技術と情報発信を考える——

技術士（建設／総合技術監理部門） 河村 巧

1. はじめに

第13回防災セミナーは、北海道技術士センター防災研究会から新たに北海道支部防災委員会として発足後、最初のセミナーとなり、地盤部会・交通部会主催で2007年7月27日（金）、46名の参加で下記のように実施された。

日時 平成19年7月27日（金）15：30～17：30

場所 寒地土木研究所講堂

（札幌市豊平区平岸1条3丁目）

[プログラム]

15：30 開会（司会：地盤部会長 北 健治）

挨拶

北海道支部防災委員会 委員長 高宮 則夫

（代理）副委員長兼交通部会長 桑田 雄平

15：35 講演

「地震研究から予報の実用化へ
——前兆現象としてのVHF電波伝播異常——」
北海道大学理学院 地震火山研究観測センター
研究員 森谷 武男 氏

17：00 意見交換

17：30 閉会

一般に、地震が予知できるというと大概の人は信用しない。今まで地震学者を含めて認知されていなかったが、徐々に信頼してくれる人が増えてきている状況である。現在は、北海道で大規模な地震が起こりそうかは、ほぼ分かる状況であり、震度5以上が発生しそうな場合は多くの方に知らせたいと考えている。

ただ防災という科学の面では多種多彩、種々の方々に関わるため、各関係者にどのような情報が必要で、情報伝達についてはどのような方法が良いのかについての研究が遅れている。

前兆現象はあり、予知も可能だが、明確な理論がない状況である。

地球科学というのは、まず観測を経験し、その後理論の構築が行われる。このような研究は実りが少ないため、直ぐに業績を求めるような独法になった大学としては取り組むのが難しくなっている。しかし、大学が失敗できる唯一の研究機関であると考え、実施してきている。

全体的には長期予測・中期予測という面で地震予知には程遠い面があるが、前兆現象は確実にあり、その面では予知が可能である。具体的には、電波伝播異常が地震発生を知らせる。

2. 講演概要

今回の講演では、大きく地震研究の現状（地震の本質的な現象）と地震予知（電波伝播異常）研究の实情について話され、これらのものから前兆現象にはどのような意味を持っていて、予知とは何を予知するのかについて説明していただいた。以下、先生の講演概要を記す。

2.1 地震研究の現状

地震研究には、理学的研究と防災の科学としての両面がある。

近年まで、理学的研究のみが進められてきた現状があり、大地震は繰り返し起きていることは歴史から分かっているが、大地震と大地震の間で何が起

こっているかは分かっておらず、今現在、震源（東海・東南海・南海地震等）で何が起きているかも分かっていない。しかし、いずれ地震が起きることだけは間違いない。

そういう意味では、現在は博物学的であり、物理学への発展が必要と考える。

地震とは、大地が揺れる突発現象であり、科学的には震源を意味することもある。震源とは岩盤の破壊だが、私達が感じるのは破壊ではなく、固体を伝播する波動である。

揺れの強さは、震源の大きさと伝わる媒質、表面の特性で変わるため、地球の構造を知り、なぜ地震が起きるのかを知ることは重要である。

地震に同じものは一つもない。台風と同じように地球科学的現象にはゆらぎがある。

地震波動の種類としては、縦波、横波、強い揺れをもたらす表面波（ラブ波、レイリー波）があり、地球が表面が硬く内部は柔らかいこともあり、伝播は不思議な伝わり方をしている。

地震波の伝播状況から地球内部が分かってきた。また硬いところは地震を起こすが、柔らかいところは地震を起こさない。

震源＝破壊領域の大きさを表す。

大きい地震ほど周期の長い波動が出るので、観測が難しかった。観測史上最大級は、

- ・1960 05 22 チリ沖地震 M 9.5
- ・1964 03 28 アラスカ地震 M 9.2
- ・2004 12 26 北スマトラ地震 M 9.0
- ・1952 11 04 カムチャッカ地震 M 9.0

等である。

参考として、核実験の最大級はM 6.4、火薬爆発500 kg は約M 2.2、10 Ton は約M 4.0 に相当する。

破壊速度は、4 km/秒～ゆっくり～非常に遅い～1週間で、長周期地震計やGPS観測により、分かってきた。ゆっくりした地震が海で起こると津波の原因になる。現在、日本の地震観測体制（高感度地震計、強震動地震計、計測震度計等）は世界一である。

震度の分布は地球の構造とも関係し、震源との関

係がいびつな形になっている。（種々の例示あり）地震波の伝わりやすい場所と伝わりにくい場所がマントル内にある。

札幌市の震度分布を見ても鉄道北と南で違い、表層地質と密接な関係がある。

（その他、関東大震災時の震度分布と木造家屋の全壊率図、太平洋側で発生した地震の震度分布（広い）と日本海側で発生した地震の震度分布（狭い）の違いの図等々が示された）。

地震学の発展の中で、地震防災が後回しになった経緯がある。固体地球物理学として1906年の固体波動理論の完成により、地震学者がこれに縛られ、理論が先行しているとの錯覚（単なる物理学に過ぎない）を持ってしまい、防災的な部分が後回しになってしまった。

地震防災を重視した科学者として、今村明恒・寺田寅彦があげられる。今村明恒は、関東大地震と東南海地震・南海道地震を想定した。物理学者の寺田虎彦は、東京の防災対策がなっていないことを意識し、関東大震災を批判して「天災は忘れたころにやってくる」と言った。

地震の性質として、地震の大きさと数には関係があり（べき乗則）、この性質は大変重要である。

地震は毎日発生しているため、地震予知として今日地震が起きるといのは必ず当たるが、ここに落とし穴がある。

したがって地震予知は、定量性（法則性）がないと意味がない。

地震の起きる場所は、地球上では限られている。このことは日本周辺の震源分布、アジアの震源分布からも分かる。世界の浅い地震は14枚のプレート境界で発生している。プレートは厚さ70～100 kmあり、マントルの対流などが原因で移動する。この対流は地球内部の冷却の過程を表す。

（その他、北海道の周辺で起きた地震の精密な震源の位置図やサハリン周辺の震源位置図、また日高山脈周辺のプレートの複雑性を現す図が示された。）

この中でも日高山脈では、多くの調査を行っており、プレートの3重衝突を起こしているエリアで、地震は深さ50 km内で地震が多く、いつも同じところで起きていること、また造山運動が進行している。

このような仕組みも知っていて、早い時期から観測していたこともあり、地震予知の大変良いフィールドになった。

日本全体としてM5以下の小さな地震は、ほとんど同じ場所で生じているが、北海道周辺などの大きな地震では固有の場所を持って棲み分けていて、一定の期間内に繰り返し起こっている。

一方アメリカでは、アメリカ西部サンアンドレアス断層に沿って起こる地震には規則性があり、過去平均22年間隔で発生していたので、1988年に発生すると予想されたが起こらず、92年に小さいM4.7が起こった。その後やっと2004年にM6.8が起こり、観測網は充実していたのに前兆はなかったといわれ、アメリカの地震学者のあいだには地震予知不可能論がきわめて強くなった経緯がある。

北海道の活断層の特徴としては、

- 日高山脈の東西に発達する
- 馬追・嶮淵断層は巨大断層で海底に長く続く
- 北部日本海側にもある
- 築別断層、力昼断層、広富断層など
- 2004年12月14日 M6.1 最大震度6弱相当
このとき前兆的電波伝播異常を観測した。
前回は1910年M5.6と1918年M6.0
- 日本は逆断層が多いので、津波が多い。

等があげられる。

1960年の巨大なチリ地震で、北海道や東北に不意打ちで津波が来て被害があった(太平洋を22時間で横断)。気象庁からの予報はなかったが、調査すると明治の初めに起きていたということが気象庁の文献に載っていた。つまり、ハワイに到達した段階で警報を出せたことになる。

「ゆっくり地震」といって、震度は小さいが大津波を発生させる例がある。そのため、高性能長周期地震計が必要となる。

次に、地殻変動は継続しており、地震後の地殻変動がGPSの発展、観測網で把握できており、現在は常時オンラインで計測している。

さらに地震後に現れた大気圏-電離層全電子密度の異常についてもGPS観測から推定される(ゆらぎの成分に着目)。

2.2 地震の予知研究

地震では、脆弱な建物が人に被害を与えている。

1分以上壊れない建物を作ったり、あるいは丈夫な空間を作ることで人は助かる見込みがあるが、現在はなされていない。

外国では、日本よりも小さな地震でも被害が大きな事例があり、このような現状では、地震を予知することが非常に重要である。

地震予知は人が逃げることを可能にし、人を救うために必要である。

(1) 前兆はあるのか？

昔の記録からは、海岸線の変化、井戸の水位の変化があることが、また地震の前には、空の発光現象があることも分かっている(神戸の時にもあった)。

地震予知計画では地震観測のほかに、地殻変動を観測しているが、まったく観測されていない。

三角測量、水準測量、GPSの登場(1995〜)で面的に見る長期的前兆の発見の可能性がでてきた。また電磁氣的異常現象があるが、計測が難しい。

日本の地震予知研究は、1965年に開始され、地震学は地震波形地震学としてのみ発達してきた。つまり、地震発生後の地震学であり、地震前地震学が何もない。

前兆のような現象は存在したが、手を出せないでいた。地球物理に携わる人には、いろいろな未知の物理量を観測する能力がない人が多かった。電気・電波は最も苦手(現在は唯一森谷先生が行っている)、これは高校の物理教育の問題でもあるかもしれない。

地震計を触ったことのない地震学者が多いのも事実である。

今まで観測された前兆現象の大きな2つの異常と

しては、電磁波雑音の放射や電波の伝播異常が起こることが知られている。

過去、地電流の異常もあるが、日本では失敗し、雑音が多いこともあり、アメリカからは批判的に見られている。

電磁波雑音の放射は、アメリカで超低周波電磁波を観測しており、日本でも観測例がある。

電波伝播異常の発生では、長波・超短波帯で発生していることが分かっており、解析は難しいが予知には非常に有効である。ただし、電離層の異常（太陽によって擾乱を受ける）を除去するのが難しい。

短い波長の方は電離層の異常がないので簡単で、長波はきれいに除去できるが、長波の電波発信箇所が限られている難しさがある。

(2) VHF 観測

電波観測では、大学関係者を含めて地震予知を試行している例があるが、VHF（超短波）観測法という点で共通しているようでも観測法や着目点等で今回の講演者森谷氏の方法とは違っているようだ。

経験的 VHF 観測法（森谷法）の特色には、以下の点あげられる。

- ・ 散乱波だけを評価
- ・ 発信局～観測点は長距離ではなく短距離
- ・ 100 km 以下（どの地震が関係したのか）
- ・ FM 放送出力は小さいほうが良い
- ・ サービスエリアが狭い
- ・ 無変調のほうが側波スペクトルがないので良い
- ・ 混信がない
- ・ 過密な FM 局よりも独自の発信局を持つ
- ・ どの局が受信できたのか確認可能
- ・ 64 MHz 帯テレメータ装置の活用

⇒古くて使えないので、日本中から集めて北海道に設置しており、重複している局はないので明確

最近はこの研究をまじめに取り扱ってくれるメディアが増えてきている（種々の記事が示された）。

VHF 電波伝播異常とは、通常届かない領域に伝播することで、発信点と受信点の位置関係を近くすると、よく分かってくる（具体的な電波伝播異常の

例、実際の予測事例等が示された）。

一部では失敗もあり、襟裳で観測したので地震は広尾と判断したが、留萌で起きた例がある。⇒自前の発信点からの電波観測が必要である。現在は 64 MHz 帯観測網（電波の受発信）が広がられている。

2003 年十勝沖地震の前に弟子屈～広尾局で観測された散乱波の事例（他の観測点でも異常は察知）、2006 年 4 月の北海道東部の地震の前に厚岸町で観測された NHK 弟子屈の散乱波の事例等が示された。また、電離層による異常の例も示されたが、この時に地震の前兆があっても判断は難しいとのことである。

模範的な地震予知が出来ている箇所としては、日高山脈の地震群の例（震度 4 以下）がある。襟裳観測点で広尾からの FM 放送電波を受けると（ステップ状変状の継続時間が重要）、数日後に地震が起こる。震度は予測できているが、震源位置、深さは分からない。

震源 50 km 前後を切り出すと、異常継続時間の総和の常用対数が、これから起こる地震のマグニチュードではなく、最大震度に関係があることが分かっており、定量的な関係がある。すなわち、前兆の証拠である。

陸域では敏感に反応するが、海域では M 6 以上でなければ観測されない。

また方位も震度も予測できた例として、2006 年 6 月弟子屈～広尾局で観測された FM 電波伝播異常の電界強度変化と方位計の位相記録がある。弟子屈から見て南南西（ほぼ震央の方向）になり予想通りであった。

一ヵ月後にも小さな地震が起き、震度は小さかったが、方位が決まることがわかった。

VHF 散乱波の特徴としては、以下があげられる。

- ・ 陸域の地震に対して強く（長時間）海域の地震に対して弱い（短時間）
- ・ 震源の深さに非常に敏感で浅い地震に対しては非常に強い
- ・ 陸上の上部地殻の物質に強く依存する現象
- ・ 海域の上空には散乱帯は無いかもしれない

- ・花崗岩の歪に対する電気的特性が重要

Friedmann (2005) の考えでは、電子とホール
の移動が起こっている。花崗岩は珪素から出来て
いるので半導体であり、電流を流した状態と同じ
で、帯電する可能性がある。

⇒このことから仮説として、地殻の帯電が大気中
のエアロゾルの集散を起し、VHF 電磁波の散
乱を起すと考えているとのことだが、今はまだ
何の証明もない。

(3) 地震予報

森谷先生は現在、地震予報かわら版を毎週、月・
水・金に張り出している。これをベースに失敗の記
録を後から整理して、次回の参考としている。

震度 4 程度の場合、予知情報を所内にメールで配
信も行っているが、複数の地震が起こることもある
(予知情報後に 2 回の地震が発生した場合もある)。

北海道は世界で唯一、地震予報が可能な地域とい
える。

森谷先生の研究当初は、

- ・理論が無いから科学ではない
- ・あなたの科学者としての評価が下がる
- ・地震予知はできないことになっている

等の発言があったようだが、現在は徐々に認められ
てきている。

地球科学は理論を発見するためには、本来観測が
先で、理論を発見するために観測をするという姿勢
が認められてきているようである。

地震予知といっても予報である。

- ・場所：放送局の近く、サービスエリア内
- ・大きさ：最大震度が予測可能
- ・時間：決定できない。今すぐ起こる確率が高い
海域は難しい
- ・地震予知は天気予報にならって

「地震予報」とすべき

「雨の降る確率」「地震の起こる確率」

もしも地震が起こらなかったら誰の責任？との問
いもあるが、自然の状態を観測して公開するだけ。

雨の降る確率は、

- ・明日予想される気圧配置が過去 100 回あった。

そして雨 (= 1 時間に 1 mm 以上) が 50 回降っ
た = 50%

- ・例として、地震の起こる確率

今の異常は過去 100 回あった。震度 5 は 10 回、
4 は 90 回あった。= 震度 5 が起こる確率 10%、
4 は 90%

河川の水位急増→洪水の可能性があればすぐ公開
するのは当然で、何とか公開していきたいが、今は
人手が少ない。

(4) 火山噴火の過程と地震との違い

次に、火山噴火の過程と地震との違いとして以下
が示された。

火山は、

休眠期間 数 10-1,000 年

↓

群発地震発生

↓

活発化

↓ 噴火の可能性

静穏化 微動発生

↓ 噴火の可能性高い

噴火開始 (しないことも)……

いつまで続くか? 噴火規模は不明

一方地震は、

電波伝播異常発生

↓ いつ起こっても不思議ではない

活発化

↓ いつ起こっても不思議ではない

静穏期

↓ いつ起こっても不思議ではない

地震発生

場所：発信点、サービスエリア内

震度：統計式から推定可能!

最後に大地震の直後の心得として、以下が提示さ
れた。

- ・地震は連発する

- ・余震が多発する
- ・震度1等小さい地震は10倍起こる
- ・地震情報は重要
- ・津波は気まぐれ
第二波、三波が大きくなる
- ・電話は、3分以内なら通話可能

質疑応答

Q：VHF電波の散乱する電離層の高さについてなんですが、仰角で指向性を持ったアンテナを使って観測をしていますか？

A：この異常は、電離層とはまったく関係のないことが分かっている。何故かという、この現象は非常に狭い範囲でしか起こらない。もし電離層が反射していれば、高さ100～200kmあるので、この現象は北海道中で起こるはずである。日高山脈のときは、広尾の電波だけしか異常が起こらないことがわかっている。

また仰角を測るのは非常に難しい。天頂近くは分かるが、前方の地面の反射があり、だいたいの地面に対して30度ぐらいまでは、計測できないことが分かっている。もし計測する場合、特殊な地形（断崖絶壁等の高いところ）でアンテナを設置しなくてはならない。現在の観測地は、牧場で種々の障害が少ないところで実施している。実際に発信器を持って動き回り、キャリブレーションを行い、記録をとって補正している。

意見交換会での話題より

防災無線のスイッチを入れっぱなしでも、観測網は作れるが、種々問題があって今は実施できていない。

3. おわりに

今回の防災セミナーでは、北大で40年以上に渡って地震の研究をされてきている森谷先生から、地震の前兆現象と地震予知という最前線の情報を知ることが出来た貴重な講演でした。

森谷先生は、地震予報の実用化に向けて、大変熱心に取り組まれており、司会からの紹介もありましたが、地震学者が科学的な前兆観測に基づいて地震予報を出すというのは初めてのことと思われ、このようなお話を聞く機会に恵まれ、防災委員会としても今後の活動に対し、新たな視点を持つことが出来たのではないかと思います。

また森谷先生が講演の中でも話されていましたが、今後は、10月から始まる気象庁からの「緊急地震速報」と「地震予報」とがリンクするようになると、地震防災情報として非常に役立つ情報になると思われ、早期の地震予報の確立が待たれます。

最後に今回のセミナー、その後の意見交換ともに、大変盛況に終わりましたことを加えて報告しておきます。

（この報告では、実際の講演の流れを多少変更しており、また図表を必要とする説明は割愛しています。

詳しい講演内容については、E-CPDの教材という形でWEB公開予定になっていますので、詳しい講演内容はそちらを見ていただきたいと思います。）

（文責：防災委員会地盤部会幹事 河村 巧）