

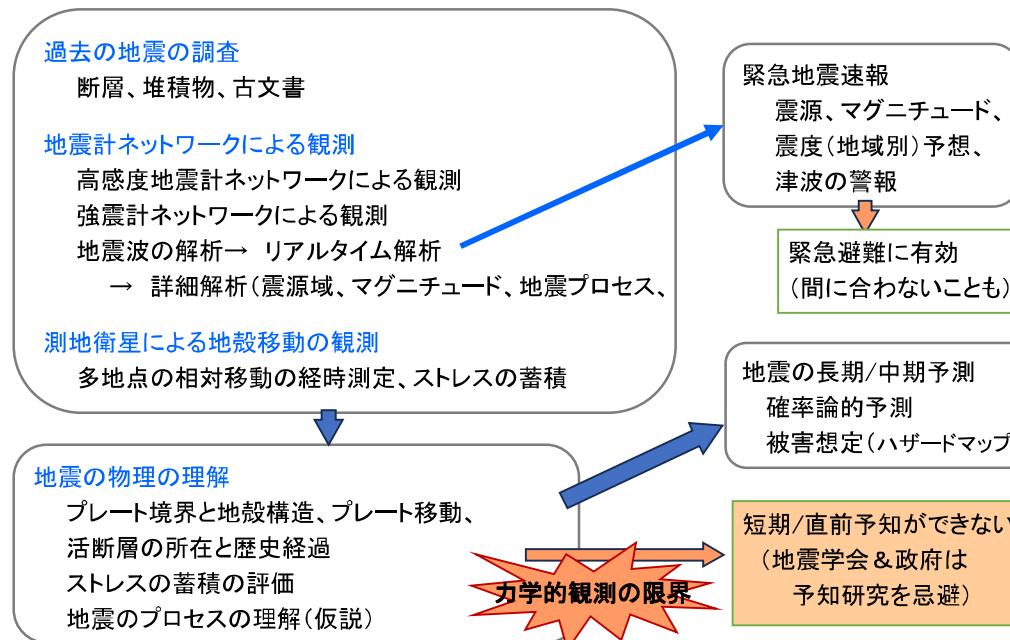
地震予知研究の発展方向を考える

中川 徹（大阪学院大学 名誉教授）

目次

1. 地震予知研究の位置づけ、従来の地震研究 #2, #3
2. 地震予知研究のあり方
地震予知システム確立の3段階、「前兆現象」を実証するには、有望な「前兆現象」(候補)を選択する観点 #4, #5, #6
3. 注目する地震予知の2方法とその研究推進
(1)「地中の(直流)電場変動の観測」(筒井稔(京都産業大学 名誉教授)、2022)
観測装置、実測事例(形態1: 激しい土の変動、形態2: 平均電場の上昇と持続)
=>(中川)複数サイトによる実証プロジェクトの提案 #10
(2)人工衛星による全球観測: 巨大地震の予知のために #11
4. 今後の課題 #12

地震の研究（従来の地震学）



地震予知研究の位置づけ：

地震研究、地震予知研究、防災（減災）の対策

要望

情報

地震の研究

過去の地震の調査
地震計ネットワークによる観測
測地衛星による地殻移動の観測

地震の
長期/中期予
測

地震の物理的理
解
プレート移動、活断層の所在

緊急地震速報

防災(減災)の対策

長期: 治山治水工事、防潮堤、都市計画、インフラ整備、防災管理体制

中期: 耐震/耐火建築、ハザードマップ、避難計画

地震予知の研究

種々の「異常現象」
「前兆現象」の観測と実証
地震の短期/直前予知

短期地震予知注意報
直前地震予知警報

防災(減災)の願望と備え

日常の防災意識、避難訓練。
各種災害の注意報/警報の希望、地震の短期直前予知の願望

地震の短期/直前予知には、どうすればよいだろうか？

種々の「異常現象」
動物の異常行動、地震雲、発光現象

種々の観測データ: 前震、地下水位、地中/地上/上空電磁波、人工衛星による観測

予備的考察: 「前兆現象」: 地震との関連性、観測可能性(高感度、低ノイズ、連続観測)

実験科学のアプローチ
仮説 → 実験 → 実証

実測方法・実測装置の開発 → 実測データの蓄積 → データ解析相関性 → **一サイトでの有望結果**

実測結果の検討: 地震との相関性の判断、観測方法・装置の改良

複数サイト/装置での同時並行実測 → 地震との相関関係の実証 → 予知する地震の推測データ → **地震予知の一方法の確立**

実用化のための統合と検証

複数の予知方法の比較検討と統合 → 広域の観測ネットワーク → 地震の多様性に応じた予知方法 → 予知方法の実績・検証 → **地震予知システムの確立**

地震短期/直前予知の「鍵」：「前兆現象」を捉えて、相関関係を実証する

現象Xが「前兆現象」であることの基本条件：

明確に観測(測定)できる。

種々の人工／自然起因の類似現象(ノイズ)から区別できる。

現象Xのいくらかの後(数週～数分後)に地震が起こるという、「相関関係」がある。

さらに具体的に要請される条件：

一つの地震に対して、現象Xが複数の場所や装置で、ほぼ同時同様に観測される。

震源に近いほど強く観測される。

多数の別の地震に対しても、同様に観測される。

現象Xを観測した地震について、その後に地震が起きた割合が高い(「空振り」が少ない)。

実用上、さらに、望ましい条件：

自動的に安定した、連続測定が可能である。

発生すると予知した地震の、時、所、大きさ(マグニチュード)などを、推定できること。



地震は多様だから、前兆現象も多様。
現象Xの万能性を前提してはいけない。
地震のタイプに応じた複数の観測方法が必要。

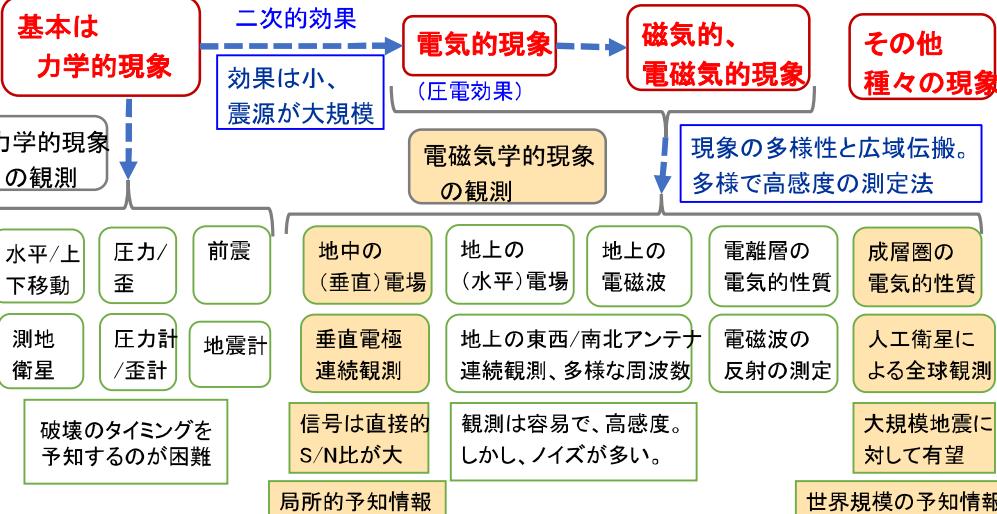
最終的には、地震プロセスの理解に基づいた、
「因果関係」の実証が必要

有望な「前兆現象」を選択するための観点、考察

地震 = プレート間／断層間の
移動圧力による破壊現象

エネルギー蓄積は 数千年～数十年
破壊は 数分～数秒

基本は
力学的現象



有望な観測法(1) 地中の垂直電場+地上の水平電場 筒井稔(京都産業大学)(2022)

地中の垂直電場を高感度で連続観測し、震源域での電場の地震前後の変動を、地殻内の電気信号として遠隔で捉える。

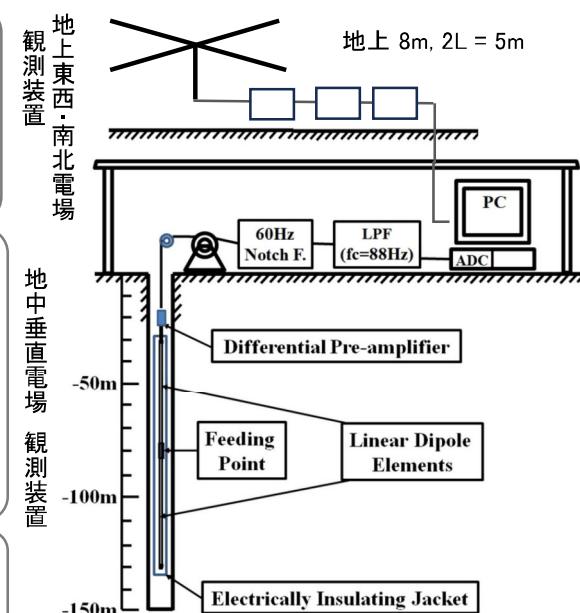
地震の二次効果としては直接的、震源域での現象の平均化したものを見出す → 直流成分の信号が大きい

地中の垂直電場の観測

ノイズを減らし、S/N比を上げる：
線形ダイポール型DC電場センサー(100m)
紀伊半島南端の小島の神社の一隅に設置
地下150mのボアホール(10cmφ)内
差動増幅器も恒温の地下20mに設置。
⇒ ノイズは $0.5 \mu\text{V/m}$ で常時
信号は1秒間隔で連続観測、PCに記憶。

地上の水平(東西／南北)電場の観測

同じ敷地内の地上8mに設置。長さ $2L = 5\text{m}$ 。
地中センサーと同時並行で連続観測。



観測結果 筒井稔(2022)

2021年4月～7月の2ヶ月半稼働。2形態の貴重な結果を得た。

形態1：2021年5月1日 観測

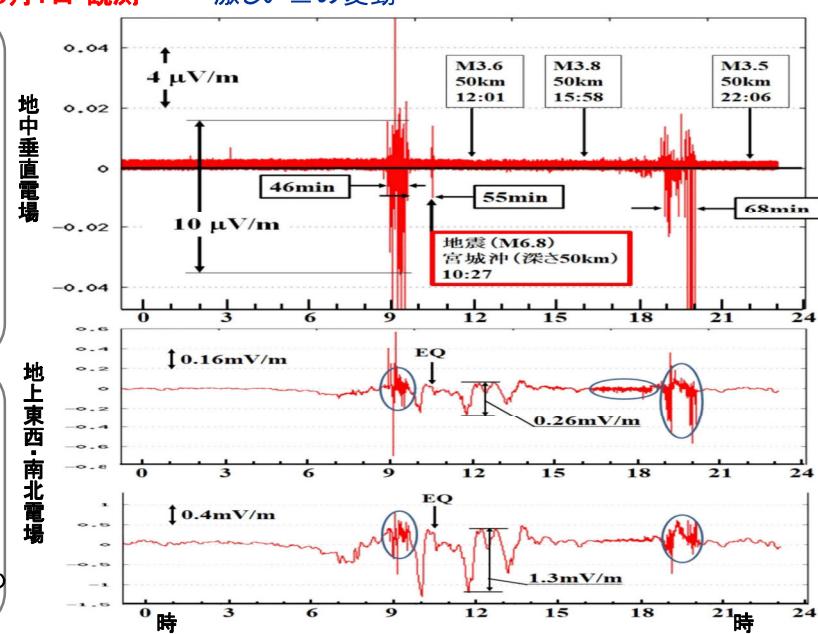
激しい土の変動

地中電場データ：

ノイズは定常的。
08:50から46分間、激しい土の変動
10:27 スパイク信号(同時に地震あり。宮城沖 M6.8)
19:00から68分間、激しい土の変動

地上電場データ：

08:50～と19:00～激しい土の変動(地中観測と同様)
10:27 信号変動微弱
日中：電離層電場の緩やかな日周変化



観測結果 形態2: 2021年5月6日 観測

平均電場の上昇と数時間の持続

地中電場データ:

05:25から平均電場が
+2 μ V/mまで上がり、
約5時間持続。

ほぼ0電位で約3時間持続、

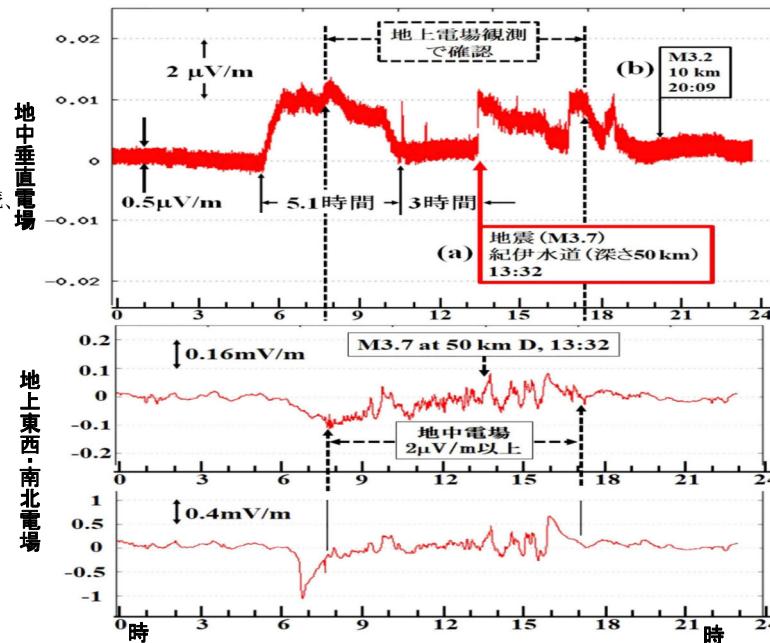
13:30 急上昇+2 μ V/m
(同時に地震あり。

紀伊水道 M3.7)

その後約6時間かけて
0電位に戻った。

地上電場データ:

8時～17時に、
地中電場の変動に
相当する変動を観測。
他原因のノイズ多し。



有望な観測法(2) 人工衛星による成層圏/電離層の観測

ねらい: 人工衛星を使って、全球規模で観測し、大規模地震を予知する。
大規模地震の観測機会は、各国では少ないが、地球規模では1桁多い。
大規模地震は被害甚大だから、予知し減災する意義が大きい。
大規模地震に対しては、局所的な観測法よりはるかに有効である。

現象: 圧電効果による地殻の電場変動が、地上/大気圏/電離層/成層圏へと
伝搬し、これらの電気的性質を変える。

研究体制: 日本ではJAXAや産総研などが推進している。国のプロジェクト。
世界では、米・仏・中などが先行している。国際協力が有益/必要。

立場: 注目すべき方法だが、当学会が独自に進められる規模でない。
本発表の計画には含めない。

「地中電場の観測」を「地震(直前)予知の方法」として確立するために

現段階の評価: 「地中電場の変動」現象を、極めて高いS/N比で、連続観測可能にした。
観測データは、複数の形態での挙動を精密に示し、地震との相関が強く示唆される。

提案: 筒井名誉教授をサポートして、本方法を「地震(直前)予知の方法」として、確立しよう。

第1段階: 本件の実験サイト(装置)を複数(5-6)作り、同時並行観測する。

同時同様の観測結果 => 有意の信号、信号源の位置と信号強度を推定できる。

一部で観測、他は無観測 => 信号源が近く局所的? 信号に異方性? 信号経路に減衰域?

一つだけで観測 => 近辺の人為的/自然的ノイズ? 装置の不備?

第2段階: 観測データを解析/蓄積して、地震との相関関係を明確にする。

有意の観測データに対応する地震がある場合 => 相関データ

----- // ----- 見つからない場合 => 非相関データ

相当規模の地震があったのに、有意の観測データがない場合 => 無観測データ

これらの解析から、観測データ(の挙動)と地震のタイプ/規模/距離との相関が分かる。

第3段階: 観測データから、後の地震の時、所、規模、性質などを推定する方法を創る。

観測データのパターン => 時(何時間後など); 多地点の信号到着時間差/強度 => 所;

信号強度と推定地震源の距離 => 規模を推定し、震度/被害を推定する。

おわりに: 今後の課題

地震予知の研究の確実/迅速な推進が、近い将来の減災のために重要である。

日本地震予知学会としても、テーマや方針を討論・判断し、
研究プロジェクトを立ち上げるとよい。

「地中電場の変動現象」は、地震の「前兆現象」として最有望で発展性がある。

当面の目標は、複数の観測サイトを作り、観測装置を設置し、
観測データを解析して、地震の前兆現象であることを実証し、
地震予知の一つの方法として確立すること。

研究プロジェクトは、複数年の研究計画を立て、
研究協力者/協力グループを集め、研究資金を得る必要がある。

一足跳びの計画ではなく、科学的に成果を実証しつつ、
資金についても人についても、地道に着実に獲得・拡大していくのがよい。