

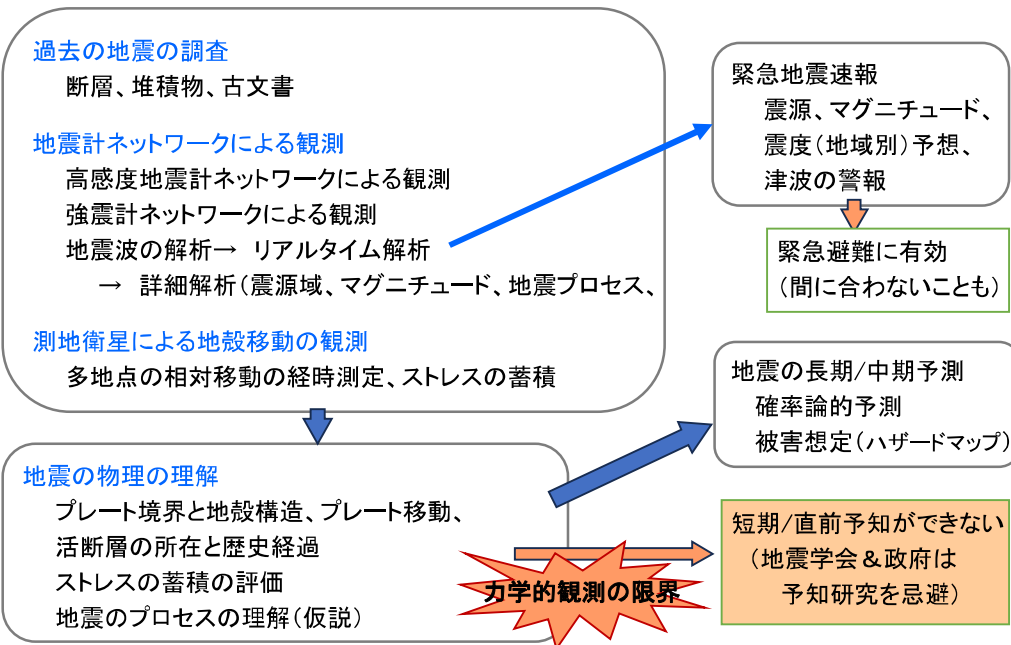
地震予知研究の発展方向を考える

中川 徹 (大阪学院大学 名誉教授)

目次

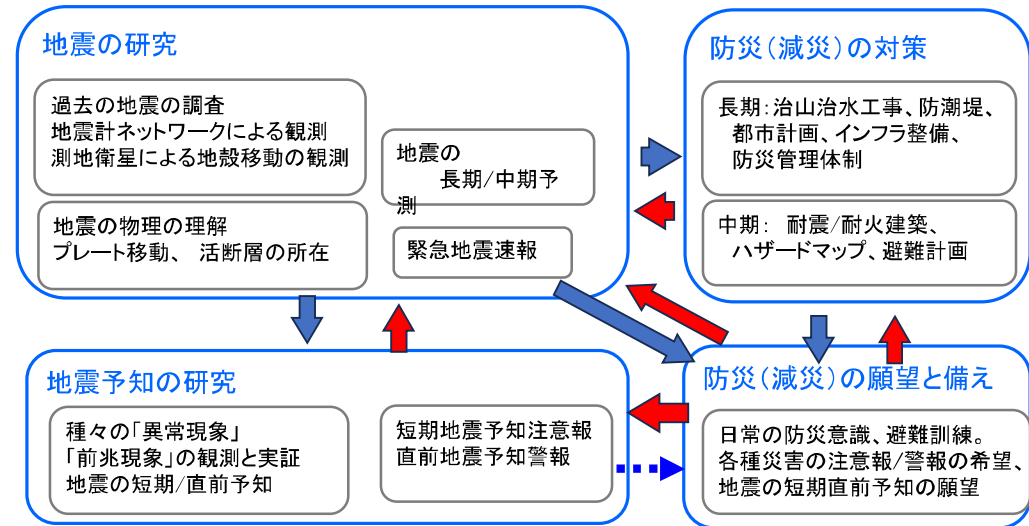
1. 地震予知研究の位置づけ、従来の地震研究 #2, #3
2. 地震予知研究のあり方 #4, #5, #6
地震予知システム確立の3段階、「前兆現象」を実証するには、
有望な「前兆現象」(候補)を選択する観点
3. 注目する地震予知の2方法とその研究推進 #7, #8, #9
(1)「地中の(直流)電場変動の観測」(筒井稔(京都産業大学 名誉教授)、2022)
観測装置、実測事例(形態1: 激しい±の変動、形態2: 平均電場の上昇と持続)
==>(中川) 複数サイトによる実証プロジェクトの提案 #10
(2) 人工衛星による全球観測: 巨大地震の予知のために #11
4. 今後の課題 #12

地震の研究 (従来の地震学)

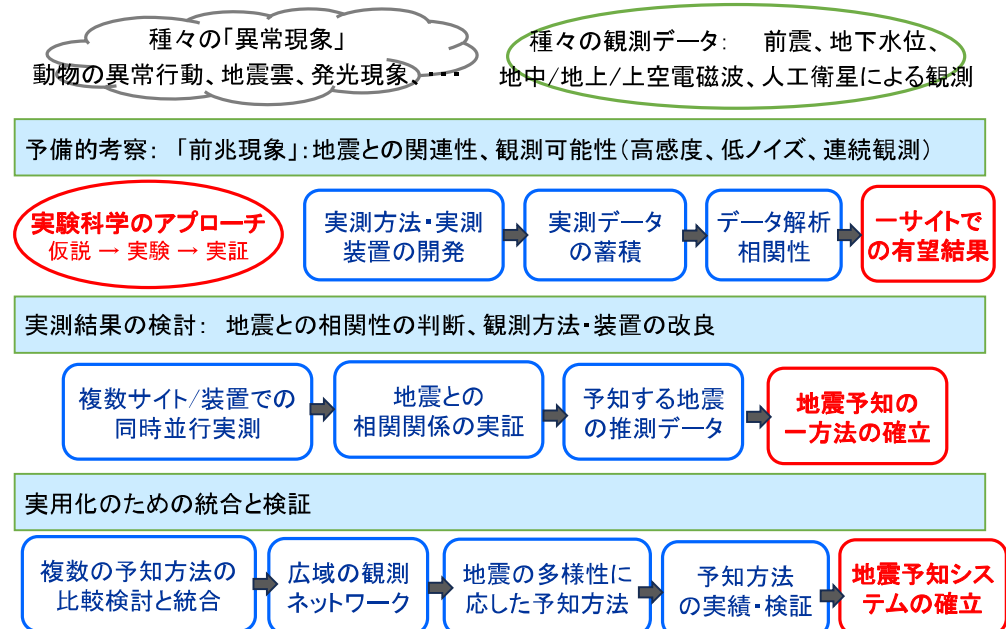


地震予知研究の位置づけ:

地震研究、地震予知研究、防災(減災)の対策



地震の短期/直前予知には、どうすればよいだろうか?



有望な「前兆現象」を選択するための観点、考察

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のいくつかの後(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、その後に地震が起こった割合が高い(「空振り」が少ない)。

実用上、さらに、望ましい条件:

自動的で安定した、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。

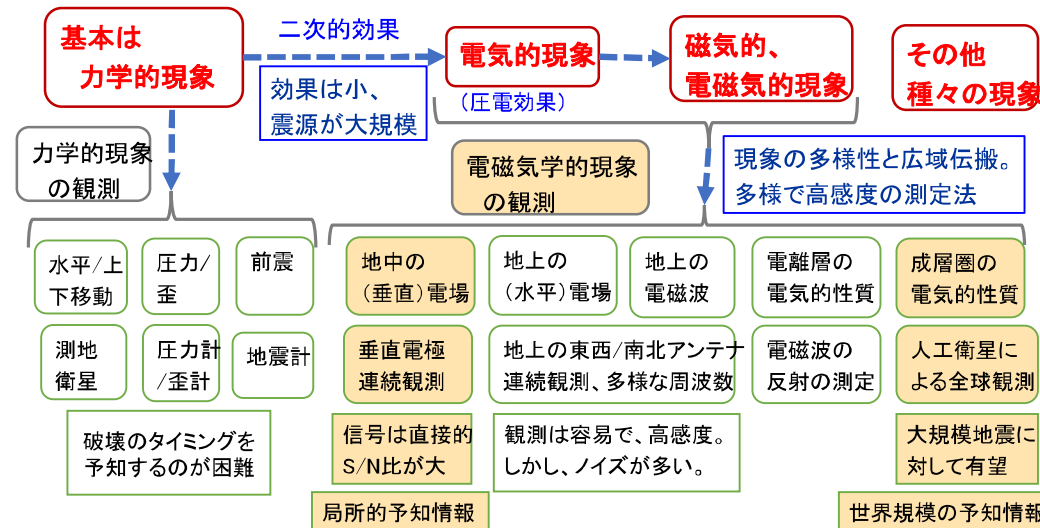
現象Xの万能性を前提してはいけない。

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**

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



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観測
→ 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:

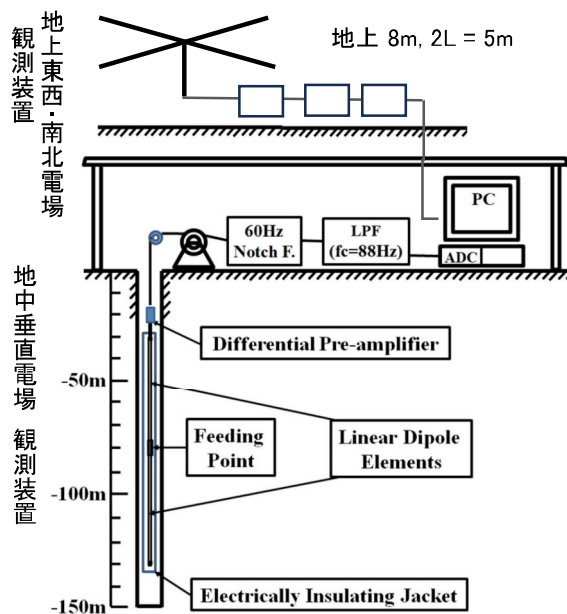
線形ダイポール型DC電場センサー(100m)
紀伊半島南端の小島の神社の一隅に設置
地下150mのポアホール(10cmΦ)内
差動増幅器も恒温の地下20mに設置。

⇒ ノイズは $0.5 \mu\text{V/m}$ で定常的

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±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
(同時刻に地震あり)

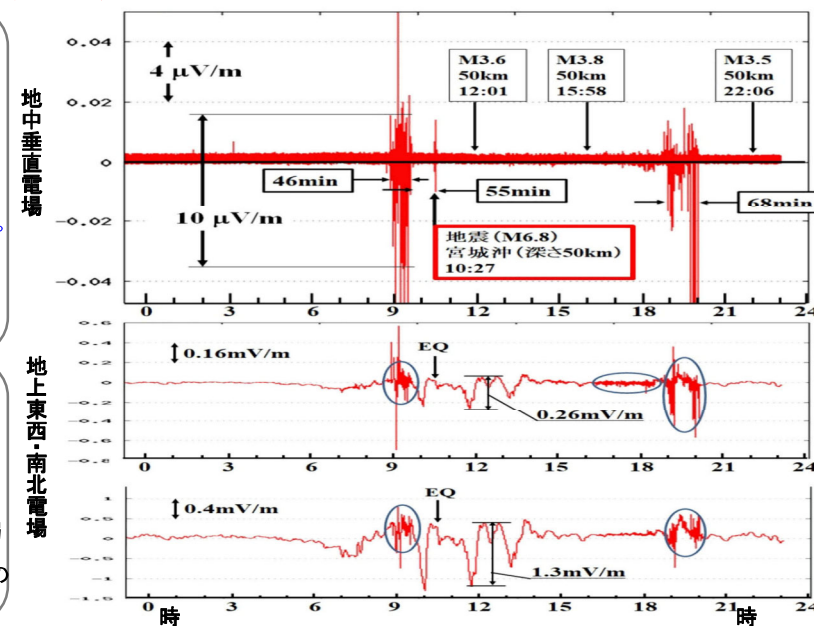
19:00から68分間、
激しい±の変動

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 信号變動微弱

緩やかな日周変化

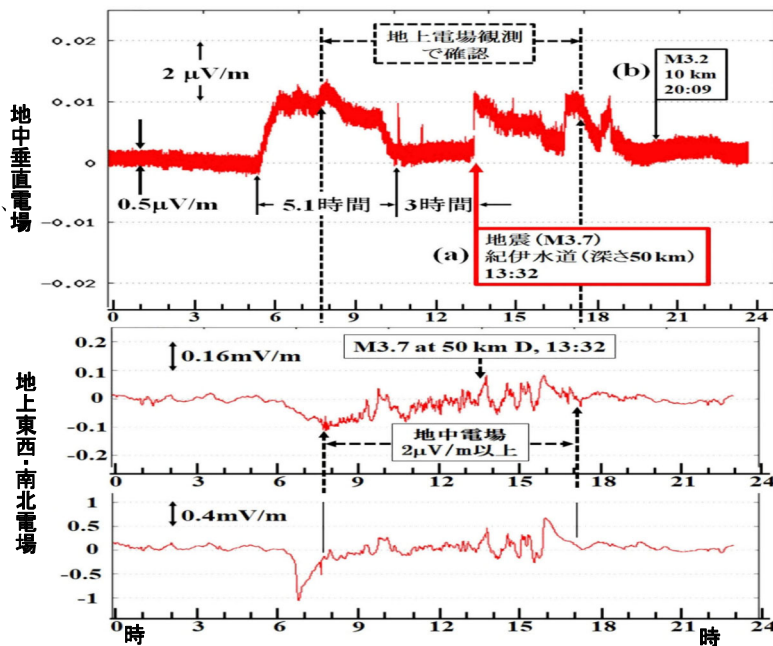


地中電場データ:

05:25から平均電場が
+2 $\mu\text{V/m}$ 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 $\mu\text{V/m}$
(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。



「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。

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。

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。