

地震予知研究の進め方の考察(3)―明確になりつつある諸方法の概観

中川 徹 (大阪学院大学 名誉教授)

要旨 筆者は前報[1, 2]において、地震予知研究の目標として、地震予知(A)注意報／(B)警報／(C)緊急警報を公的／社会的に発出し、社会と人々が地震被害を減少できるようにすること(実用の段階 5)を提案した。それに至るために、地震予知方法の模索(段階 0)、一研究グループによる開発と実証(段階 1)、複数研究グループによる検証(段階 2)、科研費プロジェクトによる全国展開と各方法の確立(段階 3)、諸方法の統合と地震予知技術システムの確立(段階 4)を構想した。また各段階で諸方法が満たすべき要件を提示し、研究されてきている諸方法の中で、3つの方法が段階1を達成しており、段階 2 に進むべきことを見出した。本報では、**もう 4 つの方法が段階 1 を満たしていることを見出し、紹介する**。これらを含めて、現在の地震予知研究の状況を概観し、段階 2 での地震予知学会の活動について考察・提案する。

1. 地震予知研究の最終目標：地震予知の注意報／警報／緊急警報の公的発出による減災 [2]

昨年 12 月の地震予知学会学術講演会において、筆者は**地震予知研究の最終目標**として、表1に示す地震予知注意報／警報／緊急警報の公的／社会的発出を掲げた[2]。これらの3段階の警報類は、人々と社会全体が、地震被害の減少のために、適切に対応できる心理的／時間的余裕を考慮して設定した。そして、地震前兆を捉える技術がこれらの時間帯で特徴づけられることが分かってきた。

表1. 実用段階(段階 5)で公的に発出する地震予知の注意報／警報／緊急警報 [2]

	A. 地震予知 注意報	B. 地震予知 警報	C. 地震予知 緊急警報
発出の時期	予知地震の1年～1月前	10日～半日前	2時間～10分前
前兆現象	p1 が観測され	p2 が観測され	p3 が観測され
地域、規模、時期	x1 地域 規模 y1 程度 今後 t1 頃	x2 地域 規模 y2 程度 今後 t2 頃	x3 地域 規模 y3 程度 今後 t3 頃
判断	可能性が高い	可能性が非常に高い	危険性が非常に高い
関係諸機関に	事前注意の態勢を整え	速やかに防災態勢を整え	緊急に防災態勢に移行
国民に	落ち着いて	身の周りの防災／避難を準備し	速やかに防災／避難し、身の安全を図る
今後の注意	地震予知警報に注意 (10日～半日前に出す)	緊急警報(2時間～10分前)に注意。夜中のことも	地震発生時には緊急地震速報が出される。

これらの警報類は、地震(予知)の専門家(会議)の進言に基づき、国の機関が全社会に発出する。適切であれば減災に大きな寄与をするが、(予知が外れるなど)不適切だと社会に大きな負担をかける。責任重大である。これが適切に運用され成功するには、まず第一に、被害が予想される地震の前兆を検出し、震源地域／規模／時を推定する方法の体系が、技術システムとして確立できなければならない。**その任務は地震研究に関わる多くの人々、特に私たち日本地震予知学会にあり、本編はその推進法を考察・提案する。**

上記の運用には、さらに大きな(本編では扱わない)課題が多数ある。科学・技術面では、広範な地震研究(地震の観測と分析、地震の長期・中期予測、メカニズムの解明、被害予想など)と、その知識・情報の社会への普及(学界、マスメディア、防災・行政関係者など)。地震予知警報類の発出の基準・プロセス・体制の明確化と公的整備。防災の長期・中期的対策と連携した、短期的・緊急的な減災対策の事前準備と実施などである。

2. 地震予知の研究開発から実用化までの5段階 [2]

地震予知研究の模索(段階 0)から、一方法の開発実現(段階 1)を経て、実用(公的運用 段階 5)に至るまでの全過程についての構想を、前報[2]から再掲して、表 2 に示す。

表の各行が一つひとつの段階を示しており、その段階ですべき活動と達成すべき課題を記している。その要点を左欄の段階名としている。段階 1 から段階3までは、一つの方法の開発から確立までを述べており、諸方

法が時間的に前後してこれらの段階を進む。各方法には、適用できる地震のタイプや規模や検出時期などに適／不適があるから、(段階 4 で) 複数の方法を統合した技術システムを創り、公的運用(段階 5)に進むことが大事である。これらの段階ごとに活動主体が(前段階の複数の活動主体を含む形で)階層的に大きくなる必要があり、人材・資金・組織・運用などの全ての面で、新しい展開と構築を必要とする。この段階的移行を積極的にできるように、関係組織に働きかけていくことが、地震予知研究を国家的に役立てる(実用化)のに必要である。

表 2. 地震予知研究の模索(段階 0)、開発(段階 1)から、実用化(公的運用 段階 5)までの全過程 [2]

段階	活動主体	課題と活動	日本現状
(0) 模索/ 検討/準備	研究者個人	予知の目的を考え、対象とする現象、測定の方法と装置、ノイズの除去法、実現性などを検討し、準備する。	多様な試行
(1) 方法の 開発/実現	一研究グループ	一方法を一観測サイトで開発/実現し、複数の地震に対し、地震の前に特徴ある現象が実測された(されていた)ことを示す。	筒井; 神山ら
(2) 方法の 検証	複数研究グループ のプロジェクト	同一(同様)の方法を、複数の観測サイトで並行実施し、一つの地震に対して同様の信号を得て、ノイズでないことを示す。多数の地震について検証し、(ある種の)地震の前兆現象を捉えていることを確認する。	予知学会 主導プロジェクト(提案)
(3) 方法の 大規模展開	科研費プロジェクト	この方法を全国規模に展開し、各地での多数の地震の前兆現象を観測する。その結果から、予知した地震が起こる地域/規模/時を(事前に)推定する方法を創り、どのタイミングでどのような地震予知情報が出せるかを検証する。また、この方法の特長と適用限界を確認する。	
(4) 予知の 技術システムの 確立	国家プロジェクト	複数の方法を統合して、多様なタイプの地震に対して、地震予知の注意報/警報/緊急警報を適切に発出できる技術システムを構築する。過去/現在の多数の地震に対して、この技術システムを(シミュレーションで)適用し、その信頼性を検証する。	
(5) 地震予知 注意報/ 警報の公 的運用	公的機関	地震予知の技術システムを常時運用し、被害地震を予知したときには、地震予知注意報/警報/緊急警報を適時公表し、国民および社会全体が地震被害を減少させる行動を取るよう、要請/指示する。	順調に行って 約20年 掛かる

3. 地震予知の諸方法が満たすべき要件 [2]

従来から行われてきた(中/長期の)「地震予測」は、各震源域での過去の地震の痕跡や記録、あるいは近年の地震活動(前震?や余震)の状況から、統計的推論により、「今後 30 年間に規模 y 程度の地震が起こる確率が 10~30%」などと述べる。それに対して「地震予知」は、より決定論的に、何らかの現象を観測して、その現象が(今までの多数の地震との相関性、あるいは地震の物理モデルなどから)「地震の前兆」を示すものであり、「地域 x に、規模 y 程度の地震が、今後 t 頃に起こる危険が高い」などと、推定しようとする(1. 節参照)。ただ、このような地震予知方法は一朝一夕にできるものでない。各方法は、(2. 節の)各段階に応じて、表 3 のような要件を(順次、確実に)満たすように開発と検証を進めるべきである[2]。

表 3. 地震予知の諸方法が満たすべき(段階的)要件 [2]

- | |
|---|
| <p>(Ⅰ) 基本要件: 明確に観測/測定でき、できるだけ高い S/N 比である。ノイズで隠れる時間帯が少ない。</p> <p>(Ⅱ) 確認要件: 多くの地震について、複数サイトで同様に観測でき、予知したように地震の発生がある。
人工的/自然的ノイズから区別できる。</p> <p>(Ⅲ) 実用要件: 測定が自動的/安定的/連続的に行え、地震がどこで、どの規模で、いつ起きるかを推定できる。</p> <p>(Ⅳ) 高度要件: 諸方法を統合し、種々のタイプの地震をも予知できる。地震発生プロセスと関連づけできる。</p> <p>(Ⅴ) 社会的要件: 地震予知注意報/警報のシステムを、信頼できる(される)形で運用できる。</p> |
|---|

4. アプローチ別に見た種々の地震予知方法

現在(日本で)研究されている種々の地震予知の方法を、アプローチ別に表4に列挙した。前述の要件を満たす見込みの少ない方法は除外した。(サーベイの不完全な部分や各方法の認識の不十分さは容赦下さい。)なお、表中で、LAI カップリングというのは、地層(あるいは岩石層、Lithosphere)一大気層(Atomosphere)

一電離層 (Ionosphere) の間で、電場の相互作用 (伝搬) があることを基礎にしたものであり、観測の容易さから多様な研究が行われてきた。右欄は、本編で特に注目して、次節に順次説明しているものである。

表4. (日本で研究されている主要な)種々の地震予知方法: アプローチ別の分類

アプローチ分類 (現象: 測定サイト)	地震予知の方法	主要研究グループ(研究者)	説明
地震学(微小地震群: Hi-net)	「地下天気図」: 微小地震群の活動度の空間分布の時間変化	東海大(長尾年恭)	A1
測位学(地殻移動: GNSS 衛星)	地殻移動の経時変化の異常	東北工業大(神山真)	A2
電磁気学 [LAI カップリング]			
(大気圏電場: 地上局)	見通し内 FM 放送の強度異常の観測	群馬大(本島邦行)	B1
		JYAN 研究会(國廣秀光、横井孝佳)	
	見通し外 FM 放送の観測	千葉大(服部克己)、 電気通信大(早川正士)、ほか	
(電離層異常: GNSS 衛星)	電離層全電子数の増大の観測	北海道大(日置幸介)	C2
	電離層電子数の空間・時間分析	京都大(梅野健)	C3
電磁気学 (直接信号: 地中)	地中での電磁波(電場・磁場)の連続測定	ブレイン(内山義英)	B2
	地下での直流電場の連続測定	京都産業大(筒井稔)	C1

5. 注目する地震予知の諸方法(地震予知注意報(A)、警報(B)、緊急警報(C)のために)

ここには、段階1を達成した／しつつある諸方法を、その方法が(主として)関わる(発震前の)時期に応じて分類し、説明する。なお、7 方法のうちの 3 つは、前報[2]で詳しく説明しており、本編には簡略にする。

5A. 地震予知注意報に適した方法 (予知地震の 1 年前～1 月前に発出)

A1. 「地下天気図」: 微小地震群の活動度の空間分布の時間変化(東海大: 長尾年恭) [3]

東海大学の長尾年恭は、そのホームページで、また 2011 年に自ら興したベンチャ企業 DuMA において、「地下天気図」と呼ぶ方法を開発し、継続発信している。この図は気象庁が一元管理している全国の地震カタログを元にして、各時点でのごく最近(数週間程度)の全ての地震の震源を地図上にプロットする。有感の地震だけでなく、海域の(例えば日本海溝の外側)の地震をも含むことが特長である。その空間分布において、各地点の近傍(半径 10 km 程度)の地震の活動度を、R(距離)と T(時間)と M(マグニチュード)の評価(寄与)の積の総和で表し、さらにその地域の歴史的な平均と比較して、「鎮静」「平常」「活発」の度合いを評価する(RTM 法)。その結果を、地図上に「鎮静」を青色、「平常」を白色、「活発」を赤色で表している。その図は、通常の「天気図」と似ており、「地下の地震の天気」を、青色の「低気圧」と赤色の「高気圧」で表しているかのようであり、「地下天気図®」と命名した。この(全国)図の経時変化を、アニメーションのように見て行くと、いろいろな情報が得られる。

さらに、分かりやすいのは、各地域での RTM 評価値(-8～+8 に規格化している)の経年変化を見ることである。多くの(被害)地震の事例では、平常状態から、活発な一時期があり、その後平常状態が数年続いた後に、鎮静状態が 1 年程度あって、急に活発化したときに、大きな地震が起こっている。この(大)地震の前の鎮静化を注意信号だと認識する。地震の震源は、鎮静域の中央よりも、鎮静域の周囲のことが多いという。

この「地下天気図」を(10 年余にわたって)運用し、鎮静化が始まるとき(1 年ほど前)から(被害)地震の注意を喚起してきたという。さらに、海域での地震に対しても、適用可能であることが、長所である。---これらの実績は DuMA のニュースレター(有料、216 円/月)で逐次(毎週)継続発信してきているが、地震予知学会の学術講演会では発表されたことがない。筆者は今年の 10 月初旬に初めて知った。

A2. GNSS 衛星で観測した地殻移動の経時変化の異常 (東北工業大: 神山真) [4] [2]

測位衛星 GNSS で測定された全国の 1300 余の基準点の 3 次元位置情報を、3 角メッシュ法で解析し、毎日の経時変化を見る。地震予知学会発表(2023 年[4])では 2018 年北海道胆振東部地震など 3 例を詳細に報告した。震央の周りの 4 つの 3 角形の面積が 12 年にわたって緩やかに減少していたものが、発震の 3 か月前(別のケースでは 3 年、2 年半前)から明らかに異常な(膨張／収縮の)振舞いを示し、地震時に顕著に変動(一部は膨張、他は収縮)し、その後また以前と同じ緩やかに減少したことを観測した。

----使用する GEONET 観測データは、国土地理院が 1996 年の運用開始以後の 30 秒間隔の連続測定結果を集約公開している。全国各地の過去および現在の地殻変動と発生地震に関して、報告[4]と同様の(またさらに詳しい)解析が可能であり、地震前兆現象の経験則を導くことが期待できる。海域の地震には弱点がある。

5B. 地震予知警報に適した方法 (予知地震の 10 日前～半日前に発出)

5B1. 見通し内 FM 放送の電界強度異常の観測 (JYAN 研究会: 國廣秀光、横井孝佳) [5]

JYAN(地震予知アマチュアネット)研究会は、2009 年に國廣秀光が「無線ハムの技術を地震予知に活用しよう」と呼びかけて発足し、多面的な活動をしている。特に、各地で FM 放送の電波を受信し、その電界強度が地震の少し前に異常を示す(弱くあるいは強くなる)ことを検知して、地震予知の方法を創ろうとする。同会は急速に発展し、2015 年の段階で、全国(特に西日本と関東)に 35 の観測局があり、それぞれ東西南北の 4 放送局の電波を 24 時間観測し、中央のサーバーに情報を集約している。観測局では、FM アンテナに小型のキット(ラジオロガー)を接続するだけで、4つの FM 波の電界強度を毎秒測定し、中央に送れる。中央では、各観測局からの電界強度データを自動的にグラフ化し、研究会メンバーがそれらを観察・分析できる。國廣は日本地震学会、JGU、ハムフェア、(初期の)地震予知学会などで、積極的に発表している。ただ、2018 年頃から研究会のホームページが途切れ途切れになっている。

横井孝佳は、地震予知学会(2023 年)で「FM 放送直接波による関東圏地震前兆観測システムと観測結果」[5] を発表した。上記の観測活動の一環として、横井らが関東圏の 9 観測局で、2019～2020 年の丸 2 年間に観測した結果(主として $5 \leq M \leq 6$ の地震 27 件)を整理した。(今年度)横井はそのうちの主要な地震のケースについて、各件ごとに、実測データとその知見を地図と共に分かりやすく表現し直し、複数放送局／複数観測局での電界強度情報のクロスチェックを明示した。その結果、(ほぼ)同時期(発震の約 1 週間前、ときにはさらに 1-2 日前)に、多数の放送局／観測局の組み合わせで、電界強度異常(増大／減少、短時間・持続的などいろいろなパターン)が観測された。その結果、震源域の数十 km 程度での推定、マグニチュードと発震時期の推定の見込みが得られてきた。---- しっかりしたクロスチェックができており、(複雑な)現象の解明が期待される。環境ノイズの少ない観測局の設置が課題。今後の広範な地域への普及・拡大が望まれる。

なお、見通し外 FM 放送の異常伝搬の観測は、通常は(遠距離のため)受信できない FM 放送局の電波が、電離層の擾乱のために反射して、ときおり受信できることを利用する。放送局と観測局の距離が長くなるので、震源域をカバーする可能性が高くなり、多数の研究が行われているが、震源域の特定が曖昧になる。---- 地震予知警報には、前項(見通し内)の方が震源の特定に有望と判断し、紙数制限のために説明を省略する。

5B2. 地中での電磁波(電場、磁場)の連続測定 (ブレイン: 内山義英) [6]

内山義英は、免震建築「超高層免震」を研究開発し、退職後、東日本大震災を契機に地震予知法の開発・普及に尽力している。その予知方法は、地中電磁波(地磁気・地電流)の観測を中心とし、低周波音(10Hz 以下)の観測、グーテンベルグ・リヒター則の b 値を用いた大規模地震の危険性のチェックを組み合わせている。地中電磁波は全国 18 か所で観測し、一元的に集約・分析して、全国を 12 地域に分けて、その単位で「地震予報」を出している。ただ、「地中」といってもごく浅く、「地面を少し掘った程度」のようである。このため、生データには自然的・人工的なノイズが多くある。ノイズの種類ごとに特定の振幅や周期特性を持っているから、独自の波形解析技術で取り除いているという。また、地震予知の推定法について(地磁気データの場合で)細部を考慮した手順を記述しているが、ここには紹介しきれない。信号強度からマグニチュードを $M5(\pm 0.5)$, $M6$, $M7$, $M8$ などと粗く推定、強度と地電流の方向から震源地域を推定、発震時期を(経験的に)異常検出の 1~2 週間後と推定している。これらを総合して、全国の地震予報を、12 地域ごと、各週ごとに、表示し、登録会員に毎週(最近から週 2 回)有料でネット配信している。

発表 [6]では、2018 年北海道胆振東部地震(9 月 3 日、 $Mw6.6$)を、8/27 に臨時地震予報で「北海道南部(同沖)～根室半島沖に、 $M 7.0 \pm 0.5$ の大地震の発生が予想される(予想期間 10 日)」と警告して、的中したことを述べている。またこのケースで 8/26 に観測した地磁気異常の 4 成分の観測データを掲載している。4 観測点(北海道南部、東北北部／南部、北陸)での観測グラフが、複雑だが極めて似ていることが興味深い(ただ、私にはグラフの意味をよく読み取れない)。

2023 年 8 月～10 月の 3 か月間(13 週)について、全 12 地域の予報状況を一覧にしている。 $M6$ 級の予報

が北海道北部に 5 週間、東北北部に 3 週間、琉球諸島に 6 週間出されていて、その期間に M6 級地震が 1 件、1 件、2 件発生している。M5 級以上の予報で見ると、東北北部／南部、関東、琉球諸島ではべったりとほぼ全週に出されており、その期間の M5 級以上の地震の発生はそれぞれ 8 件／6 件、11 件、18 件である。この結果を「90%以上の予測成功」と言うが、地震の専門家たちは「小さな地震(M5 級など)は頻繁に起こっており、個々の地震を(震源などを)特定せずに予報したといっても意味がない」と批判する。

---- この方法の長所は、(最初に言及した)3つの方法を併用し、かつ、データの取り扱いが緻密なことである。測定器を地中(10m 程度?)に設置するとよいのでないか、震源をもっと限定し、被害が予想される規模の地震(M6 级以上)に限定して警告するとよいのでないかと、思う。

5C. 地震予知緊急警報に適した方法 (予知地震の 2 時間前～10 分前に発出)

5C1. 地下での直流電場の連続測定 (京都産業大: 筒井稔) [7] [2]

筒井稔は、(自然・人工のノイズを抑えるため)紀伊半島南端の島で、地下 150m の堅穴を造り、長さ 100m のセンサーで、直流～50Hz 未満の電場の変動を連続測定した。その結果、宮城沖(直線距離約 730 km)の M6.8 の地震(2021/5/1)を極めて高い S/N 比で観測した。地震の 1 時間 37 分前から、46 分間の激しい土の変動、その後の静穏、発震時のパルス、その後 8 時間半の静穏、68 分間の激しい土の変動という、顕著な微細構造をもつ信号を得た。その後、PC のハッキングトラブルなどで、測定が断続しているという。

---- このデータは驚異的な情報を含む。ほぼ日本全体をカバーでき、信号の微細構造は地震の前後のプロセスの情報を豊かに含んでいる。ほぼ全てのタイプの地震について、1～2 時間程度前に明確な信号が得られ、緊急警報に有用である。ただ、震源の特定には、信号の飛来方向の補助情報が必要であるが、上記 A,B の方法や C2, C3 の方法のサポートを得るとよい。第 2、第 3、... の観測サイト&研究グループが求められる。

5C2. GNSS 衛星による電離層全電子数の増大の観測 (北海道大: 日置幸介) [8] [2]

多数周回している GNSS と(分散配置した)地上局との間の(直線上の)電離層の全電子数(TEC)を連続測定でき、すでに多量のデータが集積されている。日置は 20 件余の大規模地震(M=7～9)について、発震時の TEC の変動を分析し、地震の 10～80 分前から(地震の数十分後まで)、TEC の値が最大時 2～40%増大する(M が大きいほど、時間が長く、増加も大きい)ことを見出した。海域の地震は、陸地の地震に比べて、増大が少ない。---- (世界の)大地震を直前に(震源域を明確にして)予知できる。筒井の方法を補うことができる。

5C3. GNSS 衛星による電離層の電子数の分布のリアルタイム観測 (京都大: 梅野健) [9]

梅野健は、GNSS 衛星からの公表データを用いて、地殻変動の空間・時間分析や、電離層全電子数の空間・時間分析など、多様な研究を進めている。膨大な、ノイズを多く含む生データから、本質的な情報を得るために同じ対象に対する複数の多面的な生データの「相関解析」を行い、ノイズを打ち消させて「真の情報」を得ようとする。地殻変動の観測では、(大規模)地震の発震直前に、(脈動状の)プレスリップを発見したという。また、電離層の電子数の空間分布の時間変化を調べるために、複数の GNSS 衛星と多数の地上局とを結ぶ(多数の)線上の全電子数(TEC)観測データに合わせるように、基盤目に区分した(2次元の)ブロックの電子数分布を求めた。さらに、電離層の空間を 3次元の小ブロックに区分し、同様な当てはめにより、電子数の空間分布を求める。次には空間分布の時間変化を(できるだけリアルタイムで)追うことが課題である。この課題は空間的連続性と時間的連続性を取り入れたアルゴリズムを用いることにより、解決できてきたという。まず空間的には、最初に粗い基盤目で当てはめを行い、つぎに細分化した基盤目の当てはめにおいては、前の結果を初期値に用いて精密化を図る。時間的には、前の時刻での空間分布の結果を次の時刻での空間分布の初期値に使う。このようにして、空間分布の時間変化を逐時的に追いかけることが可能になった。この方法は今後、地震の発震前後の電離層の実状を知り、地震の発震直前(1時間前程度)の予知に使えるものと期待される。

6. まとめ: 今後の改良・発展のために(科学的&技術的側面と組織的側面)

前節の概観記述から明確なように、日本の地震予知研究は、地震予知注意報(A)、警報(B)、緊急警報(C)の 3 段階に対して、それぞれ複数の「有望な方法の明確な手掛かり」を獲得した。それらはいままで個別に(別の研究グループで)研究・開発され、主張されてきた。それぞれに長所・強みを持つが、弱点も持ち、多様な地震について発震の 1 年前～直前の各段階に必要な警報類の小部分にしか寄与できないことは明白である。しかし、それらが協調すれば、地震予知警報類のかなりの部分をカバーできることが明確になった。この認

識のもとに、今後の改良・発展を考察する。データ解析の方法と実験的方法の 2 類型がある。

データ解析を主とする方法は、微小地震の分布データを使う長尾の方法 (A1)、GNSS 衛星の地殻測位データを使う神山の方法 (A2)、GNSS 衛星の電離層 TEC データを使う日置の方法 (C2) と梅野の方法 (C3) である。これらのデータは、日本の高感度地震計ネットワークや (日本と世界諸国の) GNSS 衛星の開発の成果として、測定・集積され、公開されているものである。その膨大なデータを分析し、なんらかの地震のモデルを明確にすることがその任務である。これらの方法間で互いの強みを共有し、協調することが有益である。

- 全国を対象に常時注意を払えるのが A1 の強み、注意すべき地域の動きを A2 で詳しく解析するとよい。
- 膨大な生データから情報を抽出する C3 の「相関解析」は、A2 の詳細解析にも使えるかもしれない。
- ソフト開発が大事であり、そのノウハウが一研究室／一個人に留まらないような配慮が大事であろう。
- 分析法の、AI サポート、異常の自動判定と警告などは、今後の共通の課題であろう。

実験と測定を主とする方法には、見通し内の FM 放送波の強度異常を使う方法 B1、地中の電磁場を測定する方法 B2、地下の電場を連続測定する方法 C1 がある。実験装置を造り、ノイズの少ない実測サイトを展開し、測定データを集約し、分析するという基本的なプロセスで、共通する多くの課題を持っている。

- 検出・測定装置を高感度にし、ノイズを除去し、連続・安定動作させるには、多くの実験とノウハウが必要。
- 測定サイトは自然・人工ノイズの少ない環境を選び、地下・地中・高所など適切な設置方法が必要。
- (将来的には) 複数 (多数) サイトを全国に適切に配置し、測定データを中央サイト (クラウドのことも) に送る。
- 各地のサイトでは記憶・表示・分析の機能を軽くし、中央サイトに送ると、展開が容易になる (B1 を参考)。
- 各地域に協力研究グループを作り、中央での処理・表示に協力し、分析とノウハウ蓄積を協働するとよい。

上記の 2 類型ともに、地震学全般 (特に地震活動の推移や発震のメカニズム)、情報通信技術とソフトウェア、人工知能などの、日本と世界の発展に留意し、自らも積極的に発信していくべきことは、いうまでもない。

本編は、日本の地震予知研究がいまや段階 2 に差し掛かっていることを示し、**段階 2 のための活動主体の構築 (組織的拡大) を準備すべきことを、提唱する**。地震予知学会が脱皮・発展するべきである。

- 学会員の相互理解と協力関係を作る基礎として、会員名簿を作り、メーリングリストを活用する。
- 学術講演会を補うために、重要な方法や課題についての「発表と討論の会」のシリーズを継続的に開く。
- 予知学会のホームページに、会員用の (情報・意見交換) ページと一般用の公開 (発信) ページを作る。
- いろいろなルートを通じて、高校・大学、研究機関、学界、メディア、民間組織、地方自治体、政府などに PR して、地震予知の可能性の認識を広め、多様な学生・院生・研究者・一般人の参加・協力を得る。
- 予知学会への入会の門戸を広げ、会員数の拡大、事務局と理事会機能の分担協力と活性化を図る。
- 主要テーマごとの研究プロジェクトと、それらを総合した地震予知研究プロジェクトを組織する。
- これらプロジェクトの研究活動のためには、人材面と資金面で大幅な拡大・強化が必要である。
- それを推進・実施する活動主体として、「(一般財団法人) 地震予知研究基金」(仮称) を設立する。
- 地震予知学会がこの「研究基金」の設立を主導し、双子組織として連携・発展を図る。
- 表 2 の段階 2 の課題を推進・達成するとともに、段階 3 の科研費プロジェクトによる全国展開を準備する。

これらを当面の目標にして、**地震予知を実用化し、国民と社会を地震被害から守るよう、尽力しよう!!!**

参考文献

- [1] 中川徹: 地震予知研究の発展方向を考える、地震予知学会学術講演会 (2023) 23-12。
- [2] 中川徹: 地震予知研究の進め方—実用を見据えて着実に、地震予知学会学術講演会 (2024) 24-19。
- [3] 長尾年恭: 東海大学 地下天気図プロジェクト、<https://www.sems-tokaiuniv.jp/EPRCJ/tenkizu.html>。
- [4] 神山眞ら: 地殻歪の時空間変動にみられる被害地震発生前の予兆特性、地震予知学会 (2023) 23-20。
- [5] 横井孝佳: FM 放送直接波による関東圏地震前兆観測システムと観測結果、地震予知学会 (2024) 24-13。
- [6] 内山義英: 地中電磁波による高精度地震予知法の開発と適用: (1) 全体概要、地震予知学会 (2023) 23-17。
- [7] 筒井稔: 地中における電場観測による地震予知の可能性、地震予知学会学術講演会 (2022) 22-22。
- [8] 日置幸介: 2008 年 Wenchuan 地震直前の電離圏変化、地震予知学会学術講演会 (2023) 23-09。
- [9] 梅野健: リアルタイム高解像度電離圏トモグラフィの実現、地震予知学会学術講演会 (2023) 23-08。