

地震予知研究ノート No.4

佃 為成
(東京大学地震研究所 地震地殻変動観測センター)

2009年1月

目次

		ページ
地震予知の研究体制	佃 為成	2～7
地震研究所の予知研究	佃 為成	8～11
地震研究所改組の経過	佃 為成	12～17
付録：地震研究所改組試案（1992年）	佃 為成	18～25
付録：懇談会議事録（1992年）	佃 為成	26～36
微小地震分布	佃 為成	37
破壊の結合確率モデルと地震の規模別頻度分布	佃 為成	38～57
共存する震源クラスターのサイズと分布間隔の関係	佃 為成	58～62
地鳴り観測		
佃 為成・大橋心耳・山下晃一・菅谷茂樹・酒井真雄・鶴 秀生		63～68
地下からのサインを追って ～ 水・電気・ガス・波	佃 為成	69～80
未来へ繋ぐ ～ たかが水温・されど水温	佃 為成	81～89

地震予知の研究体制

佃 為成

§ 1. 序論

地震予知の“技術”というものがあって、その研究が実を結び、その技術を活用する時代がいつかやってくるであろうか？ それはやってくるとしても、ずっと遠い未来のことであろう。あるいは、そのような予知は未来永劫実現できないかもしれない。しかし、地震予知の学問や技術が不完全だからといってその活用を諦めてしまうことはない。

なぜなら、研究段階であっても、もし地下の動きにたいして重要な情報が得られたら、その活用を考え、社会に必要な情報を提供し、緊迫度に応じた防災対策が進むように働きかけることはできるからである。

ゆえに、実用的な地震予知と地震予知の研究は並行して行われると考えるのが至当である。

さらに、予知研究は大地震発生準備過程を解明する研究に対応し、地震の科学のもっとも魅力的な分野である。そして、これは地球科学の他の分野にも様々に繋がっている。それゆえ、予知研究を地震研究の中核（コア）に据えてしかるべきである。

予知研究を推進するための体制のベースは、多くの研究者同士や研究者と各地の住民を結ぶネットワークである。さらに、定常観測網を維持するいくつかの中核機関、ネットワークや中核機関の“要”の役をする研究機関や業務官庁がそれぞれ有効に機能するようにして行かねばならない。以下にその構想を述べる。

§ 2. 前兆現象と予知

地震が発生する領域の状態をどのように探るか、その状態について何が基本的な要素なのか、その要素を規定するパラメータのうち何が重要なのか、そしてそれらの情報が大地震発生の予測とどのように結びつくのか、などの問題についての解答は、まだほとんど得られていない。

地震発生に結びつくと思われる現象を前兆現象と呼ぶことにする。その種類はいろいろ考えられる。どんな前兆現象であれ、その現象の発生という情報を入手したとき、大地震発生の予測は確率で表現される（地震予知研究ノート No.1）。

研究においてはできるだけ広い意味の前兆現象を念頭に置く。多種類ということもさることながら、時間的にも短期や直前だけでなく大地震への先行時間が長期のものも含む。さらに、現象発生の時定数や継続時間が短時間の場合であっても、その発生の繰り返しも考慮し、その頻度も問題にする。この一連の現象が長期にわたって継続するような場合にはそれも長期的な前兆現象と考える。

前兆現象と大地震を、1対1に結び、その因果関係を前兆現象の認定や評価に取り入れようとする考えがある。これに対して、筆者は、前兆現象は大地震の準備過程に伴って発生する現象で、大地震の発生もその準備過程の結果としての現象と考える。地下の変動があつて、それに付随してランダムに発生する前兆現象があり、大地震も地下変動の結果としてもたらされる。つまり、前兆現象と大地震は直接的な関係（因果関係）はない。個々の前兆現象は、統計的にはむしろ、互いに独立であり、また、結果としての大地震との統計的な従属関係は薄いと考える。

総体としての前兆現象の統計的諸性質が大地震の発生領域の範囲や発生が差し迫っているかどうかの情報をもたらすと考えるのである。その具体的な方法の1つが前兆現象の統計によってきまる予知率/空報率をパラメータとして地震発生確率を求める方法である（地震予知研究ノート No.1）。

§ 3. 地震予知の戦略

地震予知の方法としてまずやるべき事は、どの地域のどの範囲で大地震の準備が進行しているかを知ることである。準備が進行している領域が来るべき大地震の震源域であるというのは仮説であるが、この作業によって大地震発生場所と規模が特定できる。細かく述べると、その領域の中の一部で地震発生となることもある。そして、時間をおいて他の領域まで拡大する。そのような場合も想定する。この場合でも、防災上の観点では、最大規模の地震に備える予測をまず立てる。

場所の特定には、稠密な前兆現象観測網のデータから出発する場合も将来はあり得るが、当面は、歴史地震や地質学的な資料を参考にする。古文書と活断層の調査が基本である。これらの資料に基づく予知への予測が長期予知あるいは長期予測と呼ばれているものである。次のステップが、前兆現象をつかまえる観測の展開である。

時期については、前兆現象の信号から、時間に関する情報を取り出さねばならない。それも多くの情報を調べなければ、発生時期を絞り込むことはできない。

これまでの経験的な考察によると、前兆現象は発生の地点も時期もいわば、ランダムな現象のように見える。大地震発生の少なくとも10年ぐらい前からの情報の集積が必要である。多くの地点の多くの種類の現象を扱うべきである。

そのためには、各種の観測網を張り巡らせることが最も効率の良い情報取得方法である。

その中で、基盤的な観測の第1は、地殻変動観測であり、GPS観測がその中の基盤的なものの代表である。これに加えて補助的な局所歪観測（従来のトンネル内やボーリング孔内の観測）も必要である。これは、時々我々にわかりやすい貴重な地殻変動データを提供してくれる。

第2が微小地震観測。これは、群発地震の発生から地下深部の応力状態を知ることができる。微小地震の発生回数は非常に簡単な指標であるが、各地の応力変

化を知らせてくれる。発震機構データからは主応力軸の変化がわかる。

第3は地下からやってくる水やガスをつかまえるものである。これはまだ着手されていない。何をどのように観測するかについて、まだ模索中で研究が高いレベルまで進んでいないからである。

さらにこれらの基盤観測の補助的な観測として、地中の電流や地中電波、空中電波の観測も考えられる。そのほかに気象現象や生物の現象の観測や観察も考えられる。

このような基盤的観測や補助的観測の観測網の整備が必要である。地殻変動や微小地震は長い年月の多くの研究者、技術者の努力が実って、全国的なネットワークが実現したが、そのほかについては、まだ研究の途上にある。その研究を進めるにはどうしたらよいのであろうか。

§ 4. 前兆現象研究の推進と研究ネットワーク

前節までに、地震予知研究は地震研究のコアであると述べた。その予知研究のコアにあたるものは、前兆現象研究である。前兆現象研究の最も単純なきっかけは人々の大地震の経験から得られた情報である（地震予知研究ノート No.2）。

そこから観測研究がスタートする（地震予知研究ノート No.3）。経験をヒントにして仮説が生まれる。これを指導原理に据えて観測を行うこともある（地震予知研究ノート No.3）。アナロジーの原理に従い、室内実験を行い、その結果から仮説が生まれることもある。その仮説のもとに観測を行い、データを分析する方法は現在盛んに行われている。ただし、仮説の検証としての実験や観測にはほど遠い場合が多いのが現実である。だからこそ、検証可能な事実を積み上げることが大事である。素朴なきっかけを見逃さず、現象の本質に迫る仮説を立て、その検証を試みる観測を押し進めるべきである。

前兆現象を見つけるには、大地震の際の調査を充実させることがまず肝要である。いつでも調査出動できる態勢にある研究機関が欲しい。従来の大学の予知研究センターなどは、日常の観測業務を抱えているので、大地震に際して出動できる人手が少ない。筆者も京都大学の地震観測所に勤務していたころは、大きな地震発生場面ではたいてい留守番の仕事をやらざるを得なかった。地震研究所に奉職してから、当初は地震調査の余裕はなかったが、1990年イラン・ルドバール地震や1995年兵庫県南部地震の調査をきっかけに、現地調査にのめり込んだ。地震研究所は他の大学や国の研究機関と比べ、人員が多いので、筆者のような活動（1人）も現在でも可能である。ただし、周りの人々の理解を得るには相当の努力が要る。

大地震の調査の具体的な方法は、聞き込み調査やアンケートによる情報収集が基本である。必要に応じて各種測定や探査を迅速に行う。

通常の諸観測、調査の際にも、特異な現象に遭遇する。海底観測でも、高温流体の噴出地点や音波発信源、ローカルな地殻変動を発見する場合があると考えら

れる。陸上においても構造探査などの調査中に、特異な現象に遭遇することもあり得る。このような場合、現象解明の次の手が打てる心構えをあらかじめ持つておくのがよい。

また、関西サイエンスフォーラムの第三専門部会「地震前兆情報調査研究専門部会」で現在検討中の民間からの宏観異常現象情報を受け取る「宏観異常情報収集センター」（仮称）を設けておくことも将来役立つであろう。

1995年兵庫県南部地震の2日前、明石海峡で海底のヘドロが巻きあがったと考えられる現象が発生した（Tsukuda et al., 2005）。このような情報が入ってきたとき、直ちに人工衛星で現象を確認したり、海底探査を行う体制を創りたい。

§ 5. 定常観測網を構築する体制

前兆現象とらえる観測網は、GPSと微小地震については約20km間隔の観測網が完成していて、それぞれ国土地理院と気象庁でデータを一括管理している。ただし、微小地震の場合は、各大学や防災科学技術研究所、気象庁などがそれぞれの観測点の保守を受け持っているとともに、それらのデータは各機関でもそれぞれのテーマの研究に活用されている。

微小地震観測は当初、大学の受け持ちであった。その当時、気象庁は小さい地震まで面倒を見る体制ではなかった。大学人のいわば奉仕精神の努力で観測網が整備されていった。役所的な業務を越えた“研究業務”が観測網の建設や維持を支えた。一方ではその過酷さが大学の矛盾を深めた。

大学ではこれ以上の“努力”は人手や予算の面で限界であった。阪神淡路大震災以後、にわかに観測一元化が実現し、国全体で微小地震の観測業務を支える体制ができた。この稠密観測網は、地下深部の低周波微動の発見へと導いた。大正から昭和初期に整備された気象庁（当時：中央气象台）の地震観測網が深発地震の発見につながったように、平成時代の観測網整備が輝かしい成果を生んだ。

次の目標は多様な前兆現象検出のための観測の充実である。その第3の観測網を模索する時代がやってきた。その輪郭は未だ明瞭ではないが、地下深部から到達する物質やエネルギーなどが対象である。

しばらくは基礎研究を進め、次に実験的な観測網を構築し、次第に全国的に一元化された観測網を構築していくことが望ましい。

その受け皿はやはり気象庁である。地震庁を創設すべしという意見もあるが、以下の理由によって気象庁に期待したい。

第3の観測網のデータは、主に地下からの流体が運ぶエネルギーや物質、情報である。気象要素や地球環境の観測と密接に結びつく。地震、気象と分けられない方がよい。

§ 6. 地震予知研究体制の姿

前兆現象の発見から、それに内蔵する信号の解読、大地震の準備過程の解明という研究の流れを念頭に置きながら、多くの研究者や研究機関が情報を交換し、その活用を考え、そのデータやデータの解析結果を一般にもわかりやすく公表できる体制、防災に生かす方策を実施する体制を考える。

まず、既存の研究機関や人員の活用をおこなう。必要ならば、組織の統合や分割をおこなう。組織は大きくなり過ぎないような配慮をする。

各人の役目を自覚する。各人は得意な分野で活動する（仕事をする）。最初は得意な仕事ではなくとも、興味をもって従事すれば、そのうちその仕事の達人になることができる。

では、その仕事をおこなうために、どのような機関やネットワークがあればよいか。

まず、異常な現象を見つけだす仕事がある。これは、大学などの研究所が適している。そのような人材を数人ぐらい確保できる。自発的にそのような仕事をやる人が存在することを前提にする。最小限、そのような人を排除するような人事や抑圧は控えるべきである。

そのような人の役目は、見つけた現象を詳しく調査したり、様々な検証をおこなう専門家チームを見つけそれらの人にバトンタッチすることである。

その際、研究ネットワークを活用する。事例を示す。地下水の温度異常や濁りが見つかったとき、化学成分の分析を託すグループを捜す。質量分析器などの高度な装置を扱う同位体の分析など、とくに専門性が要求されるものがある。

筆者は、1995年兵庫県南部地震の調査の際、地下水の異変を耳にし、地下水試料を採取してまわった。その分析は信州大学や新潟大学に依頼した（地震予知研究ノート No.3）。そのとき役だったネットワークとは、共同利用研究所となった地震研究所の特定共同研究プロジェクト「内陸直下地震の予知」のグループや1990年の新潟県南部地震の研究をきっかけに交流があった新潟大学積雪地域災害研究センターとの結びつきであった。

次に、大地震の準備が行われている情報や多くの情報が得られて、場合によっては大地震が切羽詰まった状態にあると判断されるときに一般の人々に情報を流す機関が必要である。現在、日本では気象庁しかない。今後も気象庁に期待したい。気象庁は、地震観測業務や第3の観測網の維持、一般への情報提供など、その仕事の幅が広がる。気象、地震・火山（前兆現象を含む）、環境の観測が重なってくる。

肥大化した組織は好ましくないので、気象庁の業務にも分散型のサブシステムを設ける。部分的な外部委託も導入する。気象庁内の組織もいくつかのグループや各種ネットワークに編成する。縦の流れだけでなく、横の連携ができる体制を創る。ある種のデータは各部署で共有できるようにする。責任をともなう業務にはきちっとした体制やルールが必要であるが、横の連絡の活動を萎縮させないような配慮をすることが肝心である。

§ 7. 結論

地震予知研究は、前兆現象を発見し、仮説を立て、その検証を継続的に行うことが要点である。そうすることによって大地震の準備過程が次第に明らかになり、地震防災のための情報を発信することができる。その研究体制は以下のようにまとめられる。

ネットワーク：

前兆現象情報収集（研究者と地域住民）、前兆現象情報検証（研究者）、地域に根ざす観測研究（各大学）

中核研究機関など：

中核的研究機関（地震研究所など）、定常観測網構築およびその維持する機関（気象庁など）、防災情報発信機関（気象庁）

参考文献

佃 為成，地震予知定常観測の理念と将来構想，地震予知シンポジウム 1994 年，87-96, 1994.

佃 為成，深部流体上昇仮説とその検証，月刊地球，28, 813-822, 2006.

佃 為成，地震予知の最新科学，サイエンス・アイ新書，ソフトバンククリエイティブ社，2007.

佃 為成，地震予知研究ノート No.1, 2007.

佃 為成，地震予知研究ノート No.2, 2008.

佃 為成，地震予知研究ノート No.3, 2008.

Tsukuda, T., Radon-gas Monitoring by Gamma-ray Measurements on the Ground for Detecting Crustal Activity Changes - Preliminary Study by Survey Method -, B.E.R.I., Univ. Tokyo, 82, 227-241, 2008.

Tsukuda T., K. Gotoh and O. Sato, Deep groundwater discharge and ground surface phenomena, B.E.R.I., Univ. Tokyo, 80, 105-131, 2005.