



巨大地震と対峙するテクノロジー

—地震予知の限界と可能性



大震災で崩壊した阪神高速道路。

阪神大震災を境に、従来から使われてきた「地震予知」という言葉の使われ方がより慎重になってきた感がある。現状の地震予知技術レベルへの無力感が強まり、新たな技術を見出すべき必要性が認識されたと言えるだろう。ある意味で日本の技術の成果を象徴していた高速道路の崩壊とともに、これまでの科学技術への信頼と期待も大きく揺らいだということなのだろうか。その経緯を概観するとともに、地震対策の核となってきた地震予知というものの現状と可能性に着目してみる。

安全神話の崩壊

1995年の阪神大震災は、日本の安全神話を突き崩した事件として記憶されている。6,000人以上の死者を出した悲劇もさりながら、周到に築き上げられてきたわが国のインフラや社会システムがきわめて無力だったという現実が、大きな衝撃をもたらした。

戦後の日本の都市づくりのひとつの目標として、関東大震災にも耐えられる都市建築や交通インフラを築くという共通のビジョンが浸透し、「地震国日本」の耐震技術が随所に生かされているというフレーズが掲げられていたはずだった。

ところが、「関東大震災の3倍の規模の地震にも耐える」はずだった高速道路阪神高速道路（3号神戸線）は、ズタズタ

に崩壊、新幹線の高架は落下した。また鋼材を用いた現代建築の花形ともいべきある高層住宅でも、鉄骨主柱が50カ所以上で破断するという事態。しかも地震で被災した建物の判定用シート（日本建築防災協会）には、鉄骨構造の座屈（縦方向に圧力を加えると横方向に変形をおこす現象）については判定項目のみで、破断という項目はなく、危険度の判定ができないという後日談を伴っていた。

また神戸市の防災計画（地震対策編）は震度5を前提として策定されており、前神戸市長も「関西に大地震が起きるとは思っていなかった」と答弁している。防災計画の策定にあたっては、震度6を想定すべきだとする意見もあった中、最終的に5に納まった背景には、予算上の問題もあったようであるが、やってきたのは誰も予想しなかった震度7の激震だった。

関西での大地震など、まるで予測できなかったではないかという声に対して、地震予知連絡会（大学と関係機関からなり国土地理院が事務局）が1970年に阪神を「特定観測地域」すなわち疑わしき地域として指定しており、25年前に阪神大震災は警告されていたという主張もなされた。

しかし、「明日起きてもおかしくない」ともいわれる東海大地震にしても、それが20年以内なのか、あるいは100年以内なのかは特定できず、経済や行政のしがらみが交錯するなかにあつて、現実的な受けとめかたが難しいという実態もある。「いつかきつと起きる」というのでは予知としてはきわめて実効性の弱いものになってしまう。

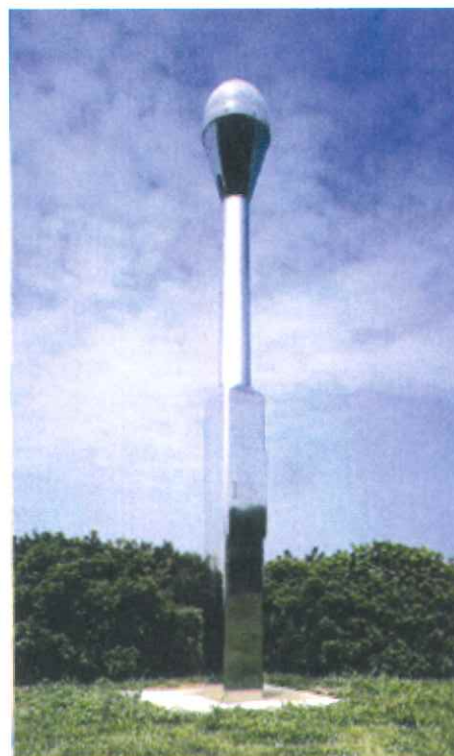
地震予知は可能なのか

実は地震予知は、国家プロジェクトとして30年もの年月を積み重ねてきた歴史があつた。そして、その地震予知が成功し、地震警報が出されることを想定した上での防災計画や防災訓練も行われてきた経緯がある。しかし実態としては、これこそはといえる予知の方法論は見出せずにいるというのが現実である。

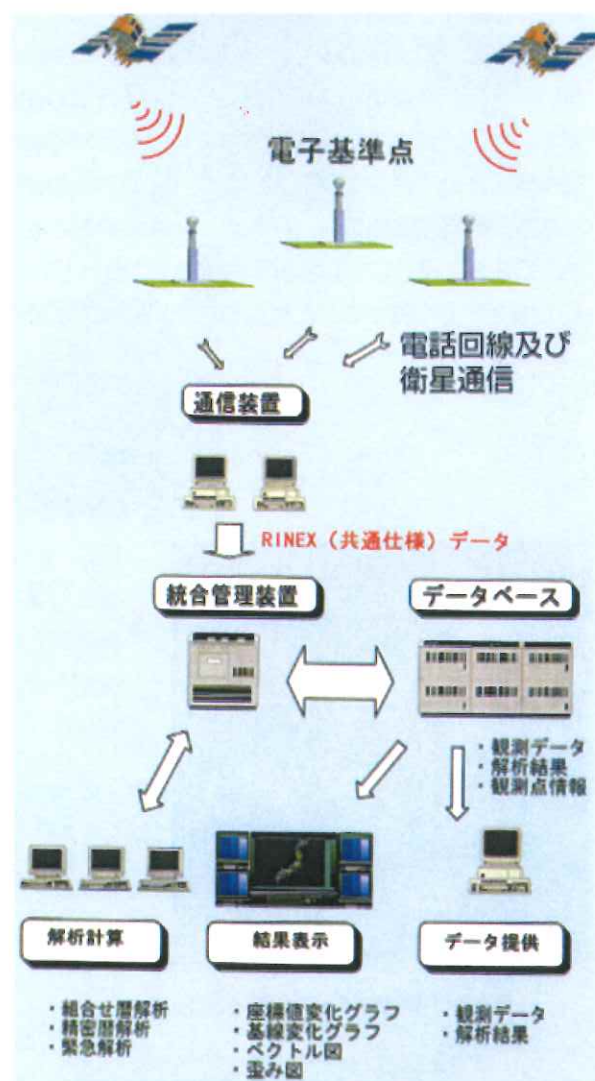
現状、地震予知の主要な根拠となるのは、第一には「長い空白期間」ということである。つまり周囲では頻繁に地震が観測されているのに、その場所だけがしばらく起こっていないというような視点から「疑わしい」という見方をしていく。地震が起こっていないはずの場所で、地震が観測されないということは、そこに地震のエネルギーが蓄積され続けているはずだと想定するわけである。

地殻の移動や、水準測量（土地の高さ）など大地の変形を測定することで、地震の前兆が見出せるという発想もある。地殻の変動を監視するために基準点の計測を行っていくという作業も繰り返されてきた。かつては光波測距儀を用いて6,000におよぶ基準点を5年周期で測量していくといった地道な作業によって行われていた計測も、近年はGPS（汎地球測位システム）が応用されるようになってきた。GPSは、すでにカーナビゲーションシステムへの応用で一般にもよく知られているように、NASA（米国航空宇宙局）の21基の軍事衛星のうち上空にいる4基を利用して経度・緯度を確定するシステムである。

基準点観測用のGPS受信機はカーナビのものに比べるとかなり高度なものであり、多数の基準点をきわめて効率的に計測することができる。この先端技術によって5年がかりで測定を繰り返す必要はなくなり、連続的に大地の動きが観測できるようになってきた。景気浮揚対策の追い風もあつて、GPS基準点は1993年度以降毎年増設され、1000点におよぶ観測網ができあがってきている。これにより国土地理院には、集中的にデータが集められ日ごとの地殻の動きを観測できるようになってきている。



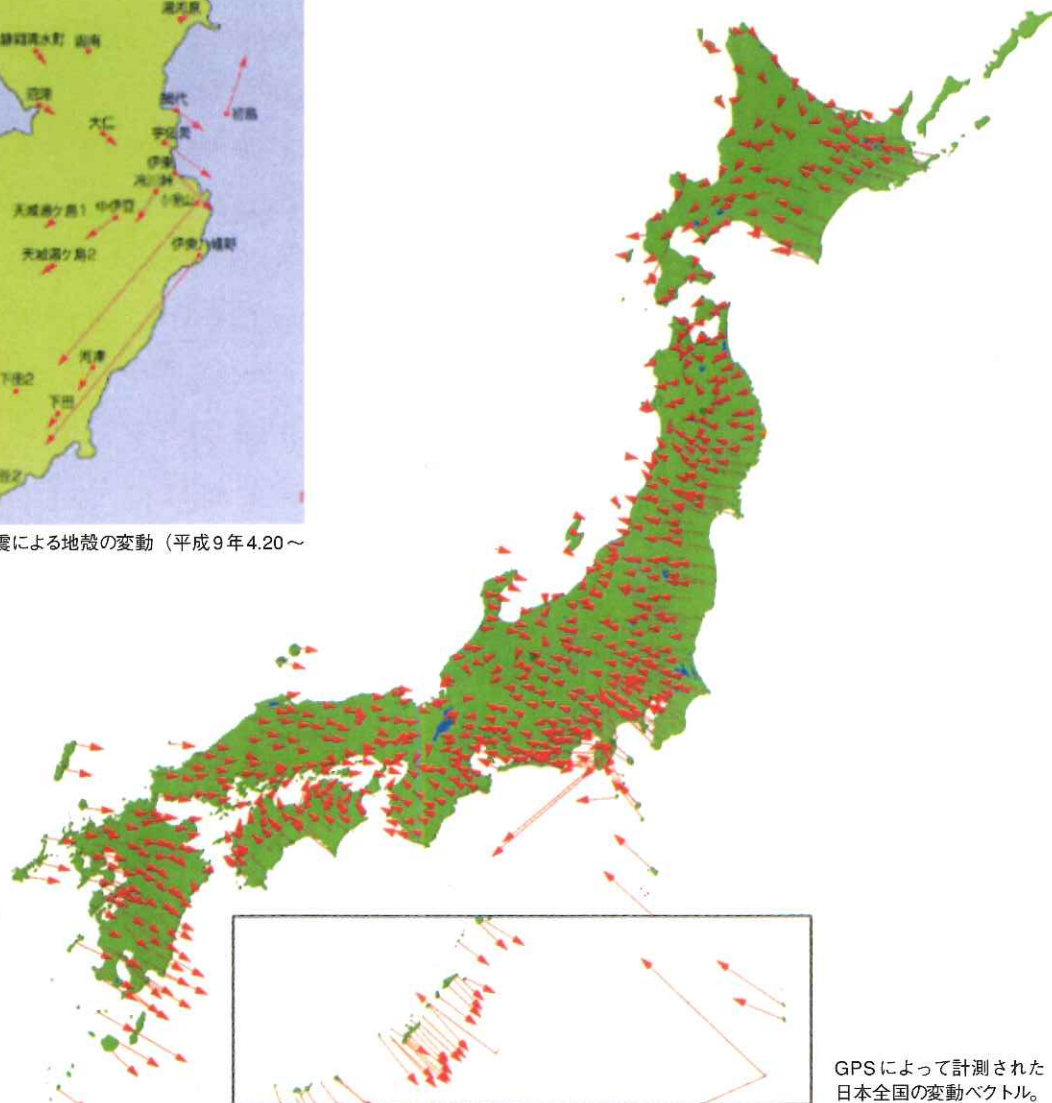
GPS連続観測システムの電子基準点。



GPS連続観測システムのシステム構成図。（出典：建設省国土地理院）



GPSによって計測された伊豆群発地震による地殻の変動（平成9年4.20～5.10）。



GPSによって計測された日本全国の変動ベクトル。
（出典：建設省国土地理院）

揺らいだ予知への期待感

しかし逆にこうした先進の計測システムが、地震予知の難しさを浮かび上がらせるような皮肉な結果も見出されている。GPS観測点は、実は阪神大震災の時にもすでに一部が作動しており、この大地震によって地殻がどう動いたのかを、かなり広範に把握することを可能にした。このデータが得られたことで、どんな構造やメカニズムが存在していたのかを分析する大きな手がかりが与えられたわけだが、逆に前兆といえる動きがまるで見つけられないという結果も明確になってしまった。

このことは、地震が「起こる場所」になんらかの前兆が現れるであろうという、あたりまえに信じられていた常識を突き崩すことになった。少なくとも阪神では地震の前兆となる地殻変動は見られなかったことが、GPSによってかなりはっきりと分かってしまったのである。測定条件など、完全とはいえない面もあったとはいえ、疑わしい地域にいくら目を凝らしても、成果が得られる確証は得られないかもしれないということが分か

ったのである。

この事実は、「観測によって可能になる地震予知」という考え方を大きく揺るがすことになった。ある意味でそれまでのわが国の地震対策は、予知のための確実な方法論や根拠が明確にされないまま、地震予知という未確立の技術を前提として進んできてしまった側面があったわけだが、それでももっと観測の体制や設備が整いさえすれば、地震が起こるかどうかは分かると信じられていた。しかし、阪神大震災が突き付けた現実には、その前提を根本的に考え直さなくてはならないことを示した。

こうした新たな認識の中で、阪神大震災以降、地震予知の研究体制は大きな見直しが必要になることになる。新たに地震防災対策特別措置法が生まれ、それまで省庁間にまたがっていたものが科学技術庁に一元化する方向へと修正されたが、同法の中では、「地震予知」という言葉がなくなり、調査・研究、もしくは「地震評価」という表現がされるようになった。また、予知の可能性にかかわらず、大地震発生後の2次災害の最小化、早期復旧ということが、大きくクローズアップされてきたのである。

ナマズなら地震を予知できる？

こうして阪神大震災以降、わが国では地震予知への期待感が揺らぎ始めるが、その一方で歴史をふりかえてみると、実は1970年代に地震予知を成功させ、事前に警報を発し、的中させていた国があった。75年の海城大地震における中国である。この時、中国政府は、地震発生の2月4日の直前に海城市を中心に避難命令を出すとともに、病院や地域などに準



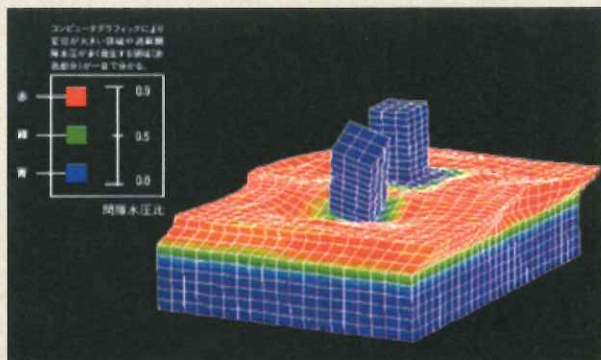
ナマズは地震の前兆である電磁波を感知している？

C O L U M N

災害対策に有効なシミュレーション

阪神大震災の際、ポートアイランドなどの埋め立て地で地盤の液化化現象が顕著に見られたと伝えられている。大手建設会社などでは、模型実験や数値解析の結果をコンピュータ・グラフィックで表示する3次元シミュレーションによって、地震時の挙動を評価するシステムを研究している。

また活断層を考慮した地震動予測システムや大規模地震が起こった際の被害予測をシミュレーションするシステムなど、地震の影響を予測するシステムが開発され、設計や建設計画などに活かされるようになってきている。



軟弱地盤上の高層ビルの解析。地盤改良と杭基礎を施したビル（奥）と、液状化対策が施されていないビルとの挙動が比較されている（写真：清水建設のHiPER）。

備要請を行った。警報どおりに大地震が発生し、最終的に1,328人の死者を出す結果となったが、もし警報がなければ、被害は大きくなっていたと中国政府側は広言する。

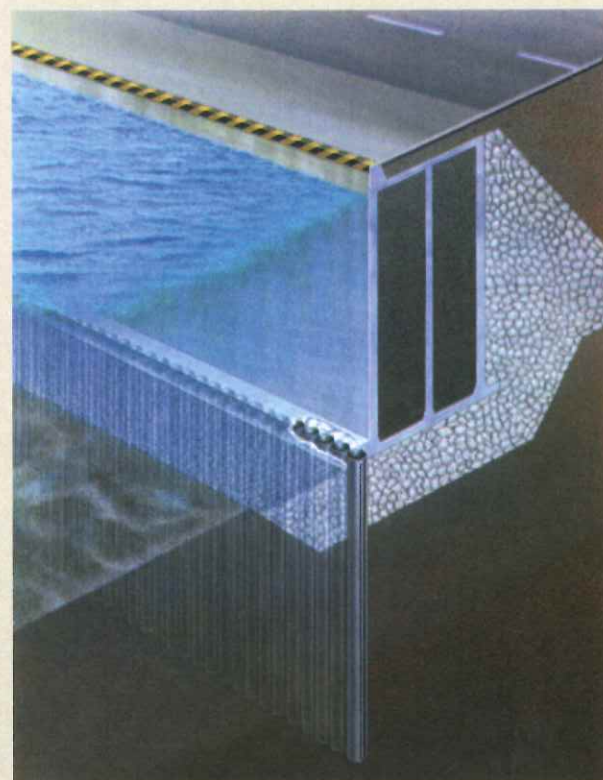
中国で地震予知を成功させたのは、「宏観異常現象」といわれるものだった。日本でおなじみの例でいうなら、地震の前

C O L U M N

港湾施設の耐震補強で活躍する鋼材

阪神大震災の際には船をつける岸壁の崩壊により港湾機能が麻痺し、外国貿易をめぐる国際競争という場面で、日本は大きな損失をこうむったといわれる。こうした苦い体験から、港湾施設でも大規模地震対策が見直され、「幹線貨物輸送機能を麻痺させない」ための整備構想が立てられることになった。その方針にもとづいて2010年までに中枢・国際港湾にある全海上コンテナ・ターミナルの約3割を耐震強化岸壁として整備することが目指されている。大地震があっても物流をとめない港湾の整備が目指されているといえるだろう。

この一連の整備計画の中で、鋼材を用いた施設の強化法が活躍している。岸壁には栈橋式とケーソン式があるが、栈橋式岸壁では、多数の鋼管杭を下部工として用いることにより地震に負けない耐震バースが建設されている。またケーソン式（砂をつめた巨大なコンクリートの箱を置いたもの）岸壁では、鋼管矢板（継手つき鋼管を一行につなげた基礎）によって補強を行う方法が考案されている。



鋼材によるケーソン岸壁補強の一例（鋼管矢板による地固め矢板工法）。

にナマズが暴れるといった種類の現象である。その他に鳥が騒いだり、魚が異常に網にかかったり、犬や猫の様子がおかしくなったり、冬眠していたカエルやヘビが目を覚ましたり……と、地震の前にさまざまな動物が異常な行動を見せることが、古来から伝えられている。また大地からの発光現象や、地震雲とよばれる竜巻型の雲の出現など、気象上の異常を見たという目撃例もある。

海城大地震ではこうした類いの宏観異常現象が27,000件以上報告されたという。本誌Vol.1, No.9のインタビューでもご登場願っている岡山理科大の弘原海清教授は、阪神大震災時の宏観異常現象に関する証言を集めて発表しており、1,500件以上の事例がその中に報告されている。

この種の証言は、これまでのアカデミズムの世界では、どちらかというと超常現象と同様の「キワモノ」であるとみなされる傾向があった。大災害に遭遇した異常心理や集団ヒステリ

ーなどが、そうした幻想や虚構を生み出すのだと考えられていたのである。

こうした現象を一国の政府が真摯に受け止めるということは、まれなことであるが、中国での地震警報は、たしかに的中した。しかも20～30年以内に必ず起こるといった類いのものではなく、近日中に起こる大地震に対して準備をせよという予報としての実効性の高いものだったのである。

動物の異常は電磁気が関与していた

大阪大学理学部の池谷元伺教授は、動物や気象などに現れる一連の宏観異常現象が「未科学」であることを了解しつつも、これらがけっして単なる異常心理や超常現象などではなく、背景に必ず科学的な根拠があるはずだと考え、地震に先立って発生する電磁波に着目して研究を続けている。

池谷教授らは大学の建築工学科にある500tプレスで花崗岩を圧縮し、その際に電磁波が発生することや、その周囲に置いた小動物などに異常が起こることを実験によって確認している。同様に、ナマズやウナギの水槽に人には感じないソルパス電流を流すと、魚たちが跳ね回って暴れることも分かった。地震ナマズは、大地震を予知していたというよりも、大地震の前兆として発生する電磁気に感應していた可能性が高いというわけである。こうした研究にもとづいて池谷教授は、電磁気地震学というものを提唱している。

神戸では動物の異常ばかりではなく、身の回りの電化製品にも異常が起きたという報告がされている。テレビやクーラーに突然スイッチが入ったり、時計の針が猛スピードで回りだしたなどである。こうした異常現象も電磁気で説明することができる。

宏観異常現象と電磁気地震学は比較的短期での予知の可能性を秘めており、また地殻変動の観測は長期的な視野とデータを与えてくれる。もしこの両者を融合していくことができれば、あるいは地震予知研究の新しい地平線が見えてくるといいうこともありえるのではないだろうか。

参考文献：

- 「日本列島の地震防災」日本科学者会議編 大月書店
- 「天災予知は可能か」水野浩雄著 勁草書房
- 「巨大地震の予知と防災」京都大学防災研究所編 創元社
- 「地震の前、なぜ動物は騒ぐのか」池谷元伺著 日本放送出版協会

[取材協力：建設省国土地理院、清水建設㈱、鋼管杭協会、東京ガス]

C O L U M N

都市ガスの遮断と復旧

ライフラインの一翼を担う都市ガスの供給の場でも、地震対策は重要なポイントになっている。各家庭のメーターに感震装置が取り付けられて、震度5でガス器具をストップするようになっているほか、各地域ごとの地区ガバナーにはSI値（振動が建物に与える影響を数値化したもの）を関知するSIセンサーが取り付けられ、状況に応じて地区のガスの供給を遮断するようになっている。その他、液化化センサーや基盤地震計などがポイントごとに設置され、地震発生直後に被害の程度を予測するデータが得られるようになっている。

こうした被害状況に応じた遮断システムと可能な限り迅速な復旧対策を講じるためのシステムとが組み合わせられ、地震時の安全を確保する対策が立てられている。



地区ガバナーを遮断するためのSIセンサー（東京ガス）。