

兵庫県南部地震をめぐる地震学研究的いくつかの話題

Seismologists in Japan were heavily Impacted by the Kobe Earthquake

須 藤 研*

Ken SUDO

兵庫県南部地震は地震工学者のみならず地震学者にも強烈な衝撃を与えた。それはこの地震を予知出来なかったという敗北感にとどまらない地震学研究者の存在意義を自らに深く問いかけるものであった。短期地震予知はここしばらくは不可能との認識が一般的となった。従来地震予知研究・事業の外にいた研究者は地震は一地球現象として知的関心の対象であって、地震研究に防災という社会的要請を過度に課すべきでないとの主張を強めた。これはこうした研究が地震予知の日陰に長く置かれてきたことへのいわば恨みつらみへの反映でもある。本論では現在の地震学の関心を概観する。

1. はじめに

兵庫県南部地震は地震学にたずさわる研究者に、地震予知、強地震動、不整形表層地盤、活断層活動度評価、等の諸研究分野で大きなインパクトを与えた。この強い衝撃を反映して、日本政府は地震防災対策特別措置法を制定し、総理府に地震調査研究推進本部を設置し、総合的な地震調査研究を強力に推進することとなった。

地震学の専門に立ち入った議論はしかるべき専門学術誌を参照していただくこととし、本論ではその概要を紹介する。

2. 地震予知

1988年迄に80%の確度でもって発生が確実視されていた米国パークフィールド地震地震が1990年を過ぎても発生しなかった。如何なる前兆らしきものも震源域から漏出しそうにないことが明らかになるに及び、米国での地震予知熱は急速に冷え込んで行った。これを反映して日本でも地震予知の不可能であることを強く主張する向きもあったが、未だ大勢とはなっていない。米国と違って日本は国土の周囲、国土そのものが活断層に覆われており、地震への国民の意識、地震予知への期待が大きいことが理由である。しかし1965年以来政府によって投入されてきた総計1,200億円の地震予知研究・事業については地震研究者からの批判が強まっている。

*東京大学生産技術研究所 附属国際災害軽減工学研究センター

兵庫県南部地震はこの雰囲気の中で発生した。すでに文部省測地審議会(30年間にわたり地震予知計画を政府に答申してきた機関)の最近の討議にあるように、短期地震予知は極めて困難であろうことは大方の認めるところとなってしまう。

地震予知の可能性の如何に関わらず、地震学では継続した稠密且つ精密な地球科学的諸観測が不可欠であるからこれを中断することはできない。しかしこれまでこうした観測からは予知に役立つ何かは見えていないが、新しい動きも出ている。

- (1) 最初に到達する地震波の極始めの数十～数百ミリ秒の詳しい分析からこの地震の将来、つまりそれが巨大な地震に成長するのか、それともそこそこの規模で終えるのかを予測しようというものである。しかし破壊現象の不規則性を理由にこれに否定的な主張もある。
- (2) 大規模な破壊に先行する微小なスベリが観測されたとの岩石破壊実験の報告がある。この数式表現と破壊の進行を表現する数式とを同時に差分法でもってシミュレーションすると何やら地震に先だって地震破壊核とでも呼ぶべき領域が地震に先行して出現するとの報告がある。

1997年3月学術会議地震学研究連絡委員会は地震研究者をあつめて地震予知研究のあるべき姿に関する公開討論会を開催した。若手研究者にとっては地震学には予知でない分野で面白いことが沢山ある。従って地震予知研

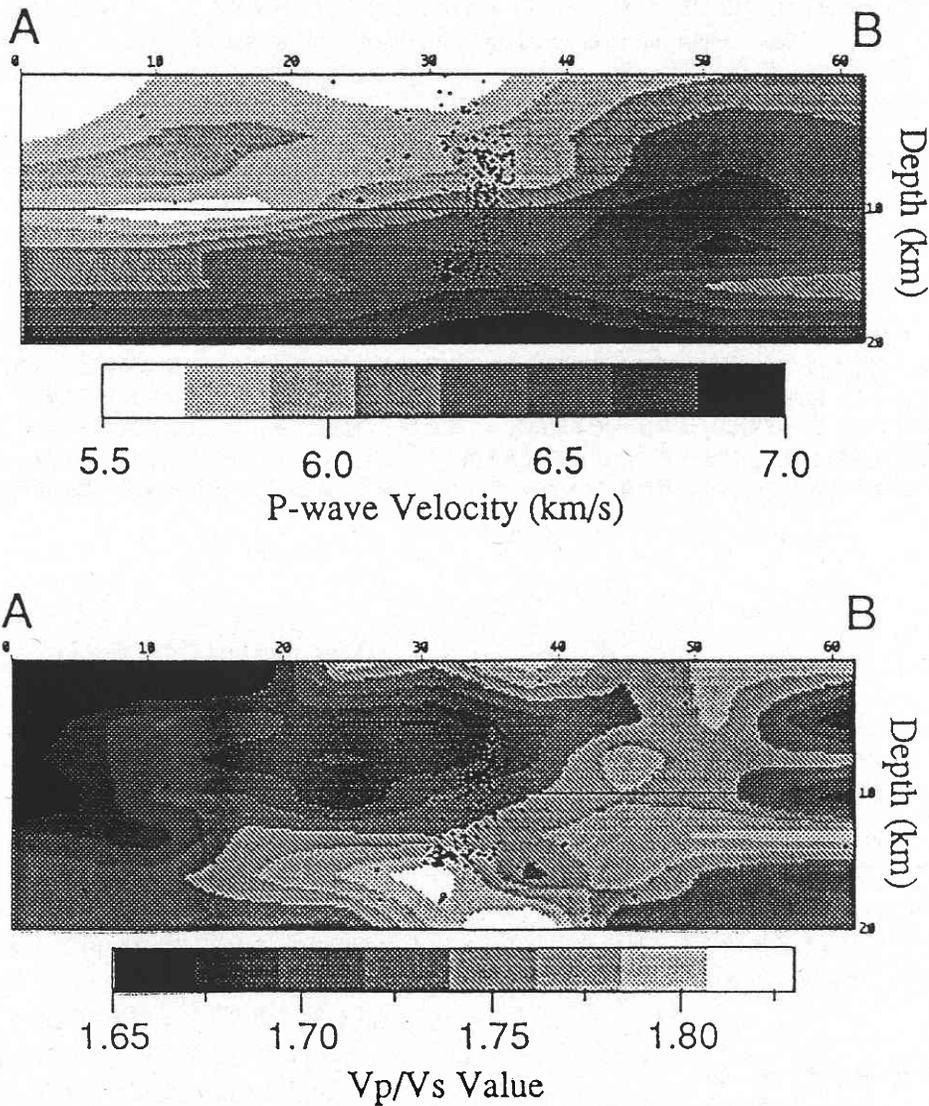


図1 図で長方形は南から見た地震断層面を表している。この面で中央下の白いスポットが地震発生点と考えられている。黒点は余震である。地震発生点の物理的性質が表現されている。発生点で比が特に大きくなっている。水の貫入か？ (1995年, 根岸他)

究のみが特別視されるべきでないという。地震予知に批判的であった研究者は予知よりも防災に役立つ地震学、例えば実時間地震学の推進を主張している。旗色の悪い地震予知研究者から下記の発言があった：神戸地震では最初の数分で死者の8割が亡くなったとされている。これらの方々の命は実時間地震防災では救えない。地震予

知こそがそれを可能にする。

この章を終えるにあたり、地震予知に悲観的な雰囲気の中かで、意気軒昂な研究グループを紹介しておく。ギリシャの固体物理学者ヴァロトス教授が考案したVAN法による研究者達である。日本での支持グループを代表する研究者による報告が我々の出版物⁵⁾に掲載されている。

流体力学、フーリエ解析の名著で名高い James Lighthill 卿が ICSU (International Commission of Scientific Unions, 本部はパリにある) の防災十年小委員会の委員長を勤めた際、この予知法を検証するための会議がロンドン科学アカデミで開催され、少なくとも VAN が観測する信号が地震と関係しているらしいことは認知されたようである。

3. 強地震動

この分野は近年地震工学研究者が急速に増えており、多言は必要無い。研究課題は地震断層近傍で観測された長周期地震動の解明、および不整形地盤が地震動に与える効果・影響の解明であろう。コンピュータ技術の急速な進展で、これらを記述する運動方程式は数値解析的に様々なやり方で解かれてきた。しかし地震発生時に実時間で地震動予測を可能にするにはまだ程遠い。実際ロス(米国)での 2 次元的地震動分布シミュレーションがスーパーコンピュータを 8 台並列で走らせて行われているが、実に 10 日の計算時間を要している。しかもそれでも対象とする地震動周期は 3 秒までで、一般の大多数の低層の構造物の固有周期には届いていない。

さらに云えば、断層面上での岩盤の動きにも多くの不確定要素がある：強地震動源の断層面上での分布；破壊の進行方向；破壊面の大きさ；ある滑り量に達するまでの時間などなどであり、これらは地震動の大きさに強く影響を与えることが知られている。しかし次節で述べるようにこれらは優れて個々の断層に固有の性質であるらしい。

4. 活断層とその活動度

兵庫県南部地震を引き起こした筈の断層が淡路島の先端では確認されたにも関わらず、神戸側では確認されていない。観測される地震波、測地データから逆問題を解いて得られるこの地震の地殻破壊像も上記と矛盾しない。つまり神戸側では地震断層は地中深く(地表下 18 キロ)に伏在した。

こうした断層の危険性が最初に災害を伴って認識されたのは 1988 年 12 月のアルメニア地震(甚大な災害を蒙った都市の名前をとってスピタク地震と呼ばれる)である。この地震では地表に多くの亀裂が発見されているが、これが精密余震観測結果と整合しないところから伏在断層が想定された。

以後、東京や大阪で精力的にこうした伏在断層の探査がなされ、とりわけ大阪では上町断層が発見され、この断層についての様々な動きを想定した地震動予測とそれがもたらす危険度評価も精力的になされている。

日本の国土及び周辺の活断層とすでに判定されているほぼ 2,000 の断層群の中から、100 近くの個々についても

主として断層サイトの掘削によってその活動歴が明るみに出されつつある。6 世紀以降の地震については、地層中の土器片などから発生時代の同定が可能なものも少なくない。それらについては、古文書中の地震に関する記述と照合することでもって具体的に地震を同定できるものもある。六甲の南麓、神戸の北縁を東西に走る有馬-高槻断層であり、長く専門家がその活動を案じていた。最近の調査でこの断層が 1596 年に地震を起こしている痕跡が発見され、今後 700 ~ 1000 年ほどはこの断層については案ずる必要がなくなった。一方こうした調査から、あらためてその活動を心配せねばならない断層も次々に指摘されている。その中の一つが中央構造線のほぼ中央に位置する松本断層であり、1923 年の関東大地震を起こした相模トラフが本州に上陸する場所にある国府津-松田断層などがそれらである。活断層が活性化するきっかけについて興味深い研究がある。図 1 は兵庫県南部地震に際して地震波から推定される断面層(既に述べたように神戸側では断層が同定されていない)周辺の弾性波の伝播速度異常分布である。図の中央が震央(淡路島北端)に相当する。上図は P 波のそれである。一方下図は P 波の S 波に対する比が描かれている。地震波の解析から震源と推定されるあたりが白く抜けている。異常に S 波の速度が小さいためである。小さい S 波の速度は、そこが柔らかい(もしかしたら流体に近い)状態であることを連想させる。岩盤の間隙に水が流れ込み、それが間隙の摩擦力を低下させ破壊が開始するとのシナリオである。

5. 総合的地震調査研究

冒頭で述べた地震防災対策特別措置法のもとで、地震現象の総合的な調査研究の枠組みが定められ、現在その体制作りが急がれ、一部は活断層調査のように既に始まっている。政府の地震予知事業は、文部省の測地審議会の答申に基づき実施されてきた。地震が地殻の歪の蓄積の放出現象であり、それは国土の精密測量で検出されるからである。この測量が全国 25 キロ毎の GPS 測量に置き換わった。その結果、日本列島の変形歪が随時把握できつつある。地震基盤観測網も整備されつつあり、強地震動の重要な部分である地球内の地震波伝播の性質が明るみに出る。

(1997 年 9 月 1 日受理)

参考文献

兵庫県南部地震を総合的に論じたものとして下記がある：

- 1) 1995 年兵庫県南部地震特集号, 科学朝日, 1995, 朝日新聞社
- 2) 1995 年兵庫県南部地震, 月刊地球, 1995, 海洋出版
- 3) 1995 年兵庫県南部地震特集号, 科学, 1995 年, 岩波書店
下記は地震予知を論じている：

- 4) Quake prediction Tool Gains Ground, Science, Vol 10, Novemebr, 1995
- 5) Do you know the VAN method of Earthquake Prediction, INCEDE Newsletter, Vol.5 No. 4, 1997
- 6) A Critical Review of VAN, edited by James Lighthill, 1995, World Scientific press