

地震動の予測

地震の揺れを予測する

高精度の地震動予測へ向けて

“ある地域の周辺のどこでどんな地震が起こり、その時その地域がどのくらいの揺れ（地震動）を被るか”を予測することを地震動予測（または、強震動予測）と言います。予測された揺れの強さやその発生頻度は、建築物の耐震設計、都市の防災計画といった防災対策の基礎的な情報となるのです。予測に基づいて防災対策をしても、実際の揺れが予測したものより大きければ、大きな被害が出る恐れがあるので予測は過大評価気味が良いのですが、あまり大きすぎると、設計・施工の際のコストが膨大になり、経済的には無駄が多くなります。そこで、高精度の地震動予測が求められます。

地震動予測は、震源像（地下の岩盤のずれ破壊のプロセス）の予測と地殻内部の地震波伝播のシミュレーションとに大きく分けられます。震源像の諸性質（ずれ破壊の破壊面の形状、ずれの量や方向、その進展方向や速度など）と地下構造のモデル化の誤差で、地面の揺れの見積もりは数倍から10倍程度変わります。

活断層研究センターでは、阪神地域をモデル地域として、地震動予測の性能を左右する要素を精度よく推定する方法を研究しています。当研究センターの地震動予測の特徴は、既存のデータをもとに作られた最新の3次元地盤モデル、活断層調査結果に基づく断層

モデル、破壊シミュレーションによる地震破壊シナリオを取り入れる点にあり、地形・地質・地球物理の最新情報を融合した世界的にもユニークなものです（図1）。

詳細な3次元地下構造モデル

地下の地盤の構造は、人工地震波を用いた反射法地震探査、ボーリング、重力値の変化の測定などの方法で調査されます。これらのデータから3次元で地層構造をモデル化し、地震波の伝播の仕方を左右する定数である地震波伝播速度や密度を推定します。モデル地域では、六甲・生駒・和泉・淡路島の山地を縁辺とするお盆のような形をした基盤の器の中、阪神の平野部と大阪湾からなる部分に、最大2.5kmを超える厚さの堆積物がたまっているのが特徴です。

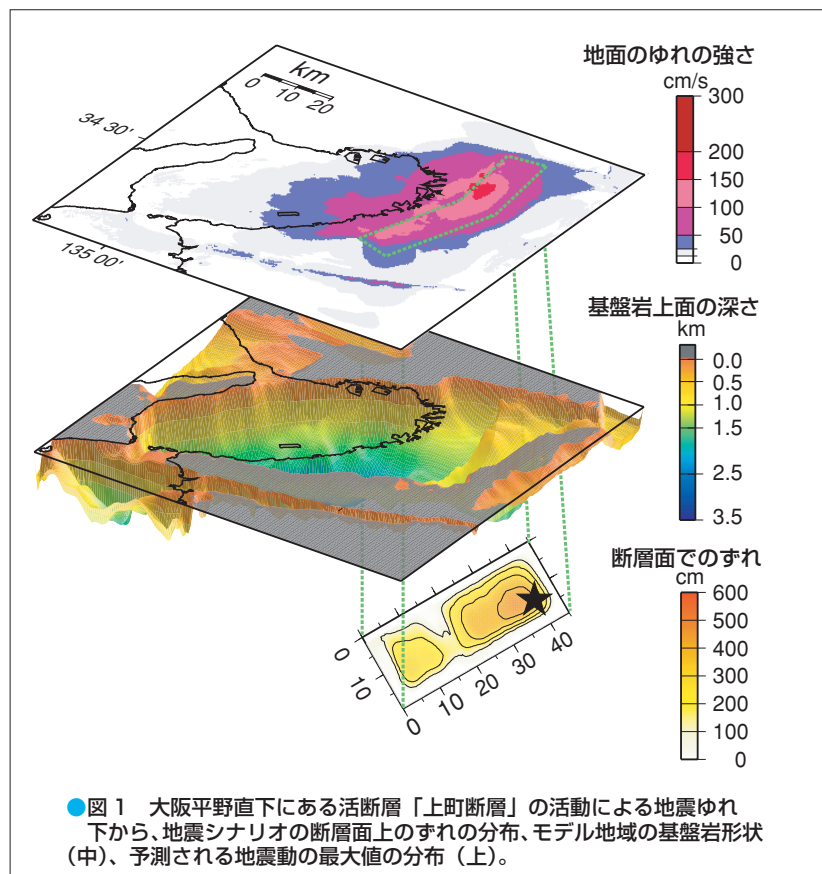
地震のずれ破壊シナリオの作成

内陸活断層の活動周期は、数千

年～数万年です。ほとんどの活断層の活動について、科学的観測どころか歴史記録も残されていません。そこで、対象とする断層系で発生する最大規模の地震の破壊シナリオを構築するため、まず、過去の地震活動によって生じた地層のずれを調べました。過去の地震のずれの分布から断層面上のずれの分布を推定し、弾性力学をもとにそのようなずれの分布を生じさせた力の分布を計算します。地震前の力の分布と断層面の幾何学的形状、ずれ破壊を規定する物理法則と地震波の伝播を規定する波動方程式を与えれば、ずれ破壊が進展する様子や、地震波が発生し伝播する様子を計算機上でシミュレーションすることができます（図2）。

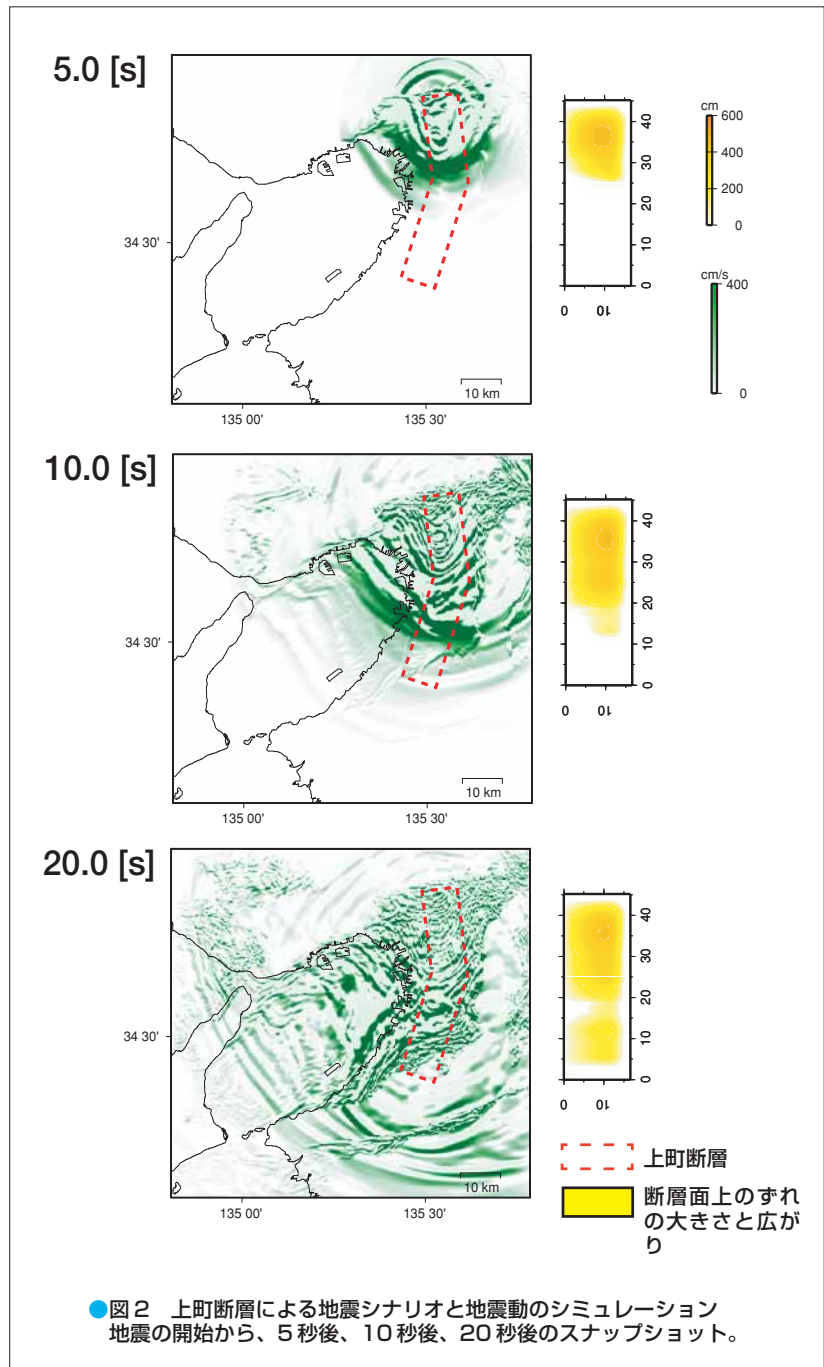
大阪平野・上町断層系の地震動予測の例

上町断層系は、大阪平野の中心



を南北に走る全長約45kmの逆断層で、断層系全体でずれが起これば、マグニチュード7前後の規模になると考えられています。長い年月の間に繰り返された地震による地層のずれが蓄積し、基盤には数百mの段差ができています。この地層のずれのデータを用いて上記の方法で地震破壊シナリオを推定し、それを大阪の盆地状の地下構造の中に導入して、地面の揺れをシミュレーションしました。図1には、各地点での揺れの最大振幅を示しています。柔らかく厚い堆積層により、大阪平野全体が大きな揺れを被ります。揺れの最も大きくなるのは、断層の直上域で、1995年兵庫県南部地震時に最も揺れの大きかった神戸市街地域に勝るとも劣らない揺れになるものと予想されます。また、地震動の強さ分布を詳細に見ると、ずれ破壊の大きさや進展方向と地下の基盤岩形状が複雑に影響していることがわかります。

これまで行った計算では、やわらかい堆積層のうちでも工学基盤と呼ばれる大きな建造物の支持層までを考慮しており、最も表層部の軟弱な部分は省いています。これは、軟弱な地層の振る舞いは同じ計算手法で扱えないこと、表層部は不均質が非常に強く、詳細な情報を要することが問題でした。地震動への影響が無視できないこの表層部を考慮した計算をするため、前述の3次元地盤構造モデル



とは別に表層部のみのモデルの作成、および、別の計算手法との組み合わせを行う計画です。

今年度中に地震動予測地図の暫

定版を完成させ、外部有識者・防災担当者からなる検討会を開催し、意見を求める予定です。

【活断層研究センター 関口春子】

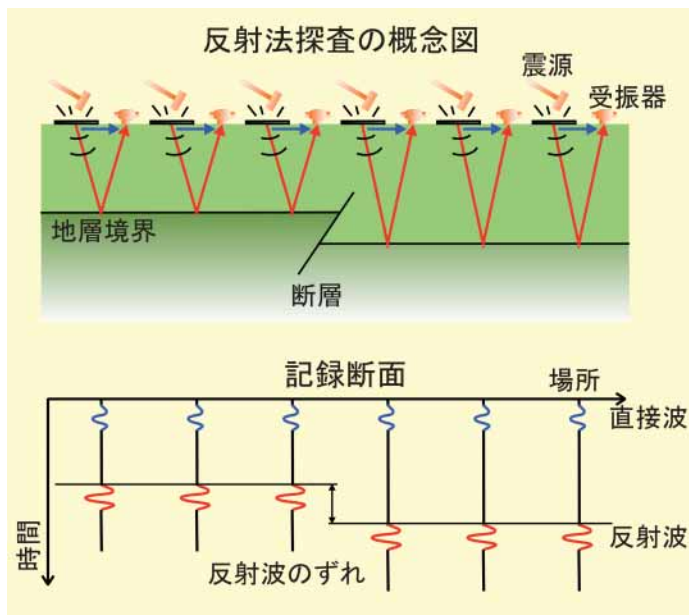
地形・地質・地球物理の最新情報を融合

阪神地域をモデル地域として、この地域が将来被るであろう地震の震源像と揺れを、精度よく推定する方法を研究しています。この研究は、既存のデータをもとに作られた最新の3次元地盤モデル、活断層調査結果に基づく断層モデル、破壊シミュレーションによる地震破壊シナリオを取り入れる点に特徴があり、地形・地質・地球物理の最新情報を融合した世界的にもユニークなものです。来年度には、地震動予測地図としてまとめる予定です。

地下構造と地震波速度の推定

平野部での強震動予測

現在、国の施策として地震災害軽減のための強震動予測が進められています。人口が密集し、産業立地の場である平野部での強震動予測は特に重要です。そこで活躍するのが、地下構造・断層形態・地震波速度等を高精度で推定できる反射法地震探査（以下、反射法と記す）なのです。反射法を漫画的に示したものが図です。震源と受振器を移動させながら観測すると、例えば断層のところで反射波の出現位置にずれを生じます。このように地下構造をイメージするのが反射法の基本です。原理的にはレーダーや超音波検診などと似ています。地震波には縦波(P波)と横波(S波)がありますが、地下数kmまでを対象とする平野部探査では、大出力P波震源がよ



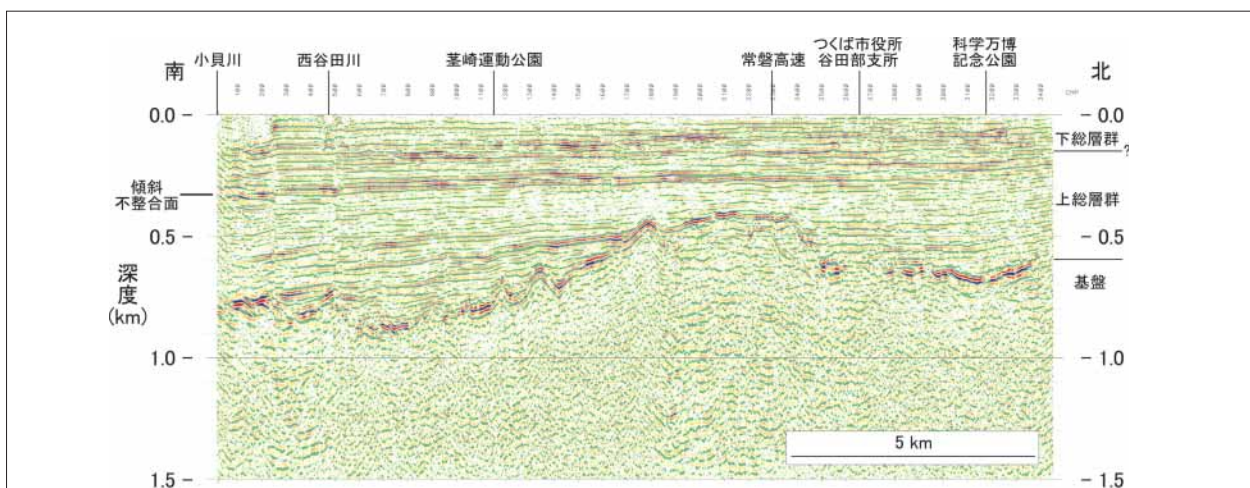
●図 反射法地震探査の概念図

く用いられます。その代表例が17トンの大型バイブレータ（写真）で、実際の野外観測は非常に大がかりになります。

S波速度構造の推定

地震動の振幅はS波速度に敏感なため、特に地下のS波速度構造を正確に知ることが強震動予測に

とって重要です。今のところ大出力S波震源の作製は困難であり、S波の地中での減衰も大きいため、直接的なS波深部探査は実現できていません。しかしPS変換波（P波で地下に伝播し、地層境界で反射した際にS波となって戻ってくる波）を捉えれば、深部までのS波速度情報を得られるのではないかと



つくば市周辺における地下構造探査例（縦方向を5倍に拡大）

地下構造のイメージング

つくば市～取手市近傍での探査例を図に示します。この地域の古い時代の岩石(基盤)は、大局的に南方に徐々に深まります。しかし常磐高速道路付近の地下に比高300-500mほどの基盤岩の「山」が存在するなど、その上面は予想以上に起伏に富んでいます。また上位の堆積層は深度300m付近を境にして傾斜が異なっており、こういった境界は傾斜不整合とよばれ、下位の地層が堆積後、変形・侵食を受け、その後上位の地層が堆積したことを、つまり上下の地層の堆積に時間間隙があったことを示しています。反射法により得られた構造から、このような堆積史・変動史などを知ることができます。



●写真 反射法地震探査の様子
右側の起振車で地面に振動を与えて、左側の地震計の列で地中から反射した波を受振し、それらを解析することにより、地下の反射断面が得られる。

と予想されます。つまり震源として図2のような大出力P波震源を使用でき、また地下で変換したS波は地中を片道しか通らないので減

衰が半分ですむからです。現在のところ、実際、予想通りに深度約2kmまでS波速度構造の推定が可能となっています。

一石二鳥のPS変換波反射法

PS変換波反射法は、1回の探査でP波・S波両方の速度構造が分かるという一石二鳥の探査法です。まだ問題点はありますが、今後とも改良を重ね、強震動予測等のために貢献していきたいと考えています。

【地球科学情報研究部門 横倉隆伸】

産総研の地震調査研究と情報の公開

地震調査研究

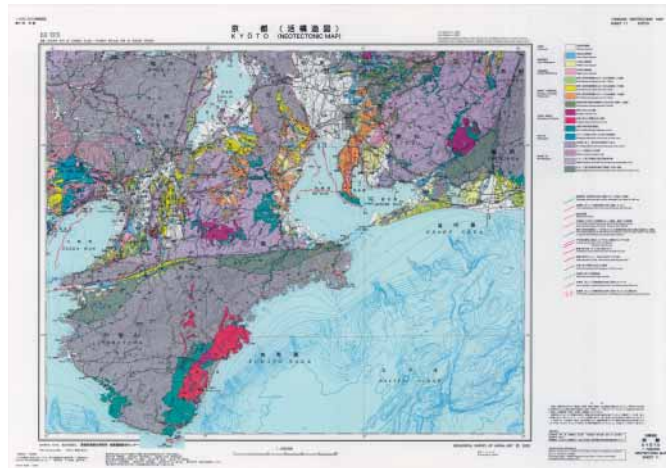
産総研の地震調査研究

私たちの住んでいる日本列島は、世界的にみても地震・火山活動が活発な地質学的環境にある国です。日本では地震に関しては一般の人々の関心が高く、毎年のように発生する地震災害に際して、マスメディアによる報道が盛んに行われており、地震に関する研究の進展への期待は、非常に強いと実感しています。

産総研では地震に関する基礎研究から、活断層の調査等のように、社会から直接的に要請され事業的に進める研究まで、幅広い分野の研究を実施しています。

国の地震調査研究は、気象庁、国土地理院を始め、大学等の研究機関が連携し、互いに分担して、無駄のない長期的視野に立った研究の推進体制のもとですすめられています。

平成15年度は具体的には下記の12研究課題をそれぞれの研究ユニットで実施しています。この特集ではこの中から6研究について紹介しております。



●活構造図「京都」

平成15年度研究課題一覧

活断層研究センター

- ・全国主要活断層等の研究
- ・活断層系のセグメンテーション研究
- ・活断層データベース・活構造図等の研究
- ・海溝型地震の履歴と被害予測の研究
- ・地震被害予測の高度化研究

海洋資源環境研究部門

- ・海域活断層の評価手法の研究

地球科学情報研究部門

- ・地震防災対策強化地域及び活断層近傍等における地下水等観測研究
- ・平野部の深部地下構造に関する研究
- ・活断層の深部地下構造の研究
- ・地震発生域における強度回復過程に関する実験的研究
- ・平野地下地質・構造データベース整備の研究

電力エネルギー研究部門

- ・多点計測技術及び発生源同定技術の研究