

## 人工地震探査の今後の展望

岩 崎 貴 哉

東京大学地震研究所

(1992 年 6 月 30 日 受理)

### 1. はじめに

近年の人工地震探査の技術的進歩にはめざましいものがある。特に観測機器の向上により、多点高密度の観測が可能になったこと、またデータそのものの質が向上したことにより、かなり精密な地下速度構造がわかつてきた。以下に筆者が携わってきた観測を中心にしてその成果を評価し、その中から今後の人工地震探査のあり方について検討したい。

### 2. 最近の人工地震探査

#### (1) 海域での探査

海底地震計の発達とともに、海域に於ける人工地震探査は飛躍的に進歩した。日本近海においては、大洋底、海溝、陸側斜面、及び背弧海盆といった島弧付近の特徴的な地質構造を持つ海域において、多くの探査が行なわれた。特に 1980 年代からは、10-20 台を越える海底地震計を用いた大規模屈折法探査が行なわれるようになった。地震計の間隔が 10-20km、エアガン或いは火薬のショットの間隔も 1-2km 以下という多点、高密度の観測が可能になったのである。このような観測により、プレート収束領域である日本付近の地殻構造が明らかになってきた。

図 1 にその一例を挙げる。これは、1983 年に地震予知計画の一環として北海道大学が主催した海底地震観測の結果である (IWASAKI *et al.*, 1989)。この測線は、北海道十勝沖陸側斜面から千島海溝を経て大洋底に至るもので全長 360km に及ぶ。この観測で特徴的なことは、以下の 2 点である。

1. 大洋底から海溝にかけての領域に設置された海底地震計で、モホ面からの明瞭な反射波が観測された。その反射波から推定されるモホ面は、島弧側に緩やかに傾斜している。
2. 陸側斜面に展開された海底地震計の記録は、低速度層の存在を示唆するものであった。この低速度層は、海洋地殻第 2 層であると考えられる。即ち、海洋地殻

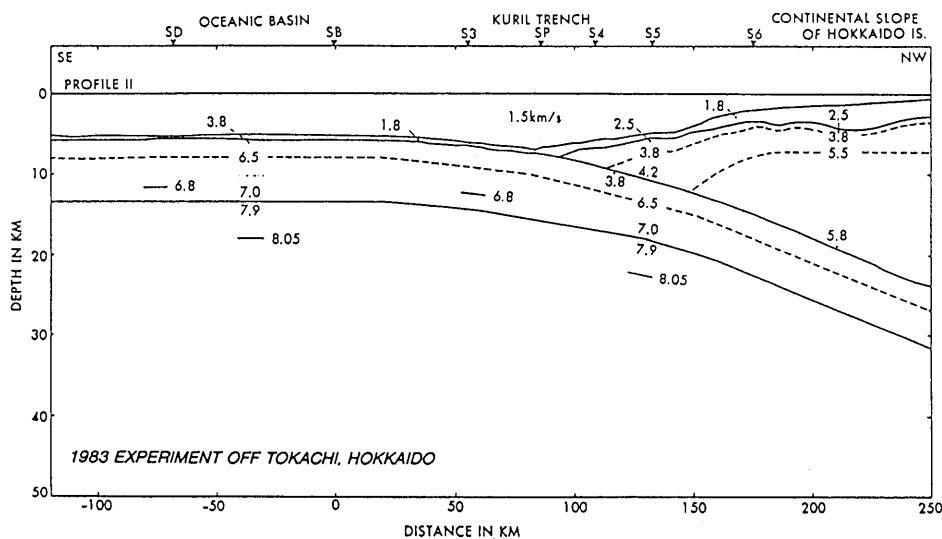


図1. 海底地震探査で求められた北海道十勝沖の地震波速度構造 (IWASAKI *et al.*, 1989). 図中の三角印は、設置された海底地震計の位置を示す。沈みこむ海洋性プレートに、あまり変形が見られない。海洋地殻第2層も沈みこんでおり、陸側斜面で低速度層を形成している。

第2層をも含む太平洋プレートが、陸側に沈みこんでいることになる。

1) の結果は、太平洋プレートの沈み込みの形態が、“速度構造”の面から直接的に示されたという点で、また2) の結果は、太平洋プレートの沈み込みに伴い、どのような海洋性起源の物質が島弧側に供給されているかが示されたという点で、大変重要であると考える。

図2は、やはり北海道大学とハンブルグ大学(ドイツ連邦共和国)が中心となって、琉球弧北端で行なった探査の結果である (IWASAKI *et al.*, 1990)。この探査の結果で特筆すべきことは、海洋性地殻と大陸性地殻の間に、厚さが12kmにも達する大きなウェッジ状の堆積物が存在することである。また、海洋底側の堆積層の下の基盤(5.8–6.2km/s層の上面)が著しく変形をしている。これらの特徴は、先に示した十勝沖の構造と大きな違いがあり、プレート沈み込みの形態の地域性を示すものといえる。

## (2) 陸域での探査

陸域での人工地震探査は、爆破地震動研究グループにより、第6次地震予知計画からは地殻深部をも解明するために200km近い測線が取られるようになった。また、観測点数も160点を越え、1–2km間隔というかなり高密度に設置されるようになった。これらの観測点の初動走時の詳細な解析から、地殻上部の地震波速度の水平方向への変化も検出できるようになった。また、モホ面からの反射の他にも多数の広角反射が観

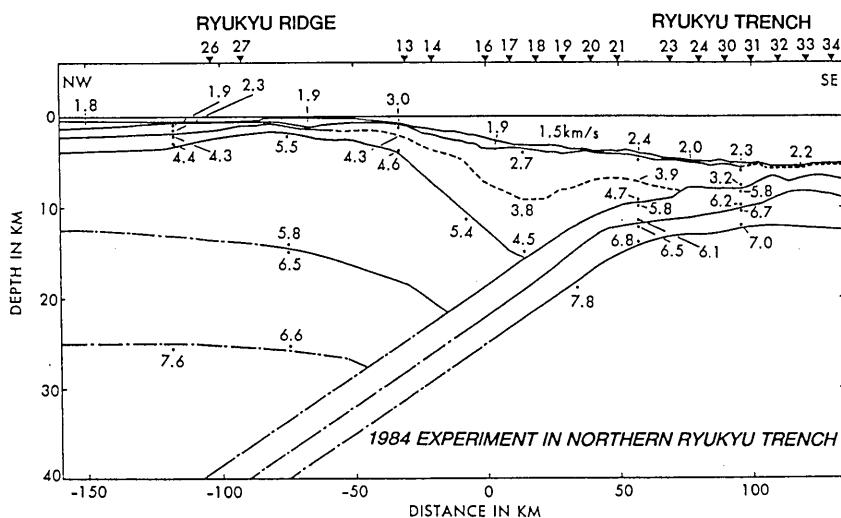


図2. 海底地震探査で求められた琉球海溝北端周辺の構造 (IWASAKI *et al.*, 1990). 図中の三角印は、設置された海底地震計の位置を示す。沈み込むプレートが著しく変形している。海洋性地殻と大陸性地殻の間に、巨大なウェッジ状の堆積物がある。

測され、地殻内の速度構造が従来のイメージと比べて遙かに複雑であることを示した(例えは爆破地震動研究グループ, 1991, 岩崎他, 1991, 1992)。更に、明瞭に観測されたS波のデータから、地殻内の  $V_p/V_s$  比が求められつつある。この他にも、得られた屈折法探査データに反射法的処理を適用することにより、島弧の地殻下部が大陸の場合と同じように“reflective”であることもわかるなど、地殻深部に関してかなり詳細な構造が得られている(吉井, 1990b)。

### 3. 今後の人工地震探査

上に述べたような現状を踏まえ、今後の人工地震探査による地殻構造研究を地震予知計画との関係から考えてみる。日本付近の巨大地震の発生がプレートの日本列島下への沈み込みに起因することを考えれば、人工地震探査の計画も、“プレートの詳細な構造の解明”を目指すものとなろう。ここに言う“プレート構造”とは、沈みこむ海洋プレート、島弧側の大陵プレート及びその境界領域を総合した広い意味の構造である。

現在、筆者は主として陸域の構造探査に従事している。この立場で筆者として今後やるべきことを考える項目を以下に挙げる。

#### (1) プレートの沈み込み形態とその地域性

最近、陸域の構造探査のデータに反射法的処理を行うことにより、海洋プレートの沈み込みを示す反射面の存在が明らかにされた(吉井, 1990a)。この場合の海洋プレー

トと大陸プレートの境界は、通常の海底地震探査で求められるプレートの沈み込み構造の、島弧側への延長上にあたる。従って、海底地震探査と陸上探査を組み合わせることにより、沈み込みの形態がかなり深部(50–80km)まで解明されると思われる。また、海洋プレートが比較的浅い位置にある関東以西で測線長、観測点密度等の実験形態を揃えた観測を行えば、陸上観測からもフィリピン海プレートの沈み込みを捉え、且つその地域的特徴を明らかにできると考える。

## (2) 島弧の深部構造(特に下部地殻、モホ面、上部マントルの精密構造)

測線長が長く(150km以上)観測点密度の高い実験では、下部地殻からマントル最上部までの情報を得ることができる。また、P波だけでなく、かなり良質のS波も観測されている。これらから、地殻下部の詳細な速度構造、Poisson比等を求めることが可能である。この様な実験のデータを集積することにより、地震波速度構造の面から、地殻内物質の組成や物性に対して拘束条件を与えることができよう。さらに、速度構造と他の地球物理学的観測結果(微小地震活動、熱的構造、重力、電磁気、火山活動)を総合することにより、地殻深部のダイナミクスが解明されると考える。このような研究を効率よく実施するには、“共通の観測領域”を設定することが必要である。

## (3) 解析方法の開発

観測技術の向上に対応して、新しい解析方法を確立していく必要がある。例えば屈折法探査では、主として波線追跡法を用いて試行錯誤的に構造モデルを構築している。しかしながら、この方法では得られた結果の誤差、信頼性を客観的に評価できない。何らかのインヴァース法的アプローチも必要であろう。近年のデータ解析法や波形計算法の発展を十分取り入れた新しい解析手法の確立には、理論に従事している研究者の支援が不可欠である。一定の条件のもとに、このような研究者に対して観測データを解放してもよいのではないか。

## (4) これまでのデータの再解析

データの解析方法の進歩に伴い、今までのデータを見直す必要があろう。即ち、各々の実験を統一的な方法で解析し直すのである。これにより、得られた構造の相互比較が可能になり、構造の地域的特性が明らかになると考える。また、新たな研究の芽が育つ可能性がある。

上に述べた研究項目は、最終的には“プレート収束領域の構造モデルの構築”につながるものである。これを効率的に実現するには、次の二点が重要である。

- 探査目的の明確化

例えば、地震予知計画では、5年一区切りで探査が行なわれる。各々の実験には、固有の探査目的が考えられる。まず、それらを包括し、全ての探査に共通する大目的があるべきと考える。個々の探査を終了した時点で、各結果を比較検討することにより、構造に対する新たな知見が得られることが望ましい。逆に、そのよ

うな比較検討ができる様に各々の実験の地域が選ばれ、計画実行されるべきであろう。

#### ● 他分野との連携

再三述べたように、精緻な構造モデルを作るには、多くの分野の研究者の協力が必要である。例えば、速度構造に関してだけでも、ある領域を設定して海域、陸域探査を共同で行なえば、現在の技術水準で、海溝から島弧を経て背弧海盆に至る精密な速度構造が解明できると確信する。更に、他の地球物理学的探査(重力、電磁気、熱流量等)を平行して行なえば、互いの結果を補い合い、調査領域の“地球物理学的構造”が構築できるであろう。いずれにせよ、“構造”を研究している人々の密接な情報交換を積極的に行なうことが重要と考える。

### 文 献

- 爆破地震動研究グループ, 1991, 北上地域における爆破地震動の観測, 地震学会講演予稿集, No. 2, 211.
- IWASAKI, T., H. SHIOBARA, A. NISHIZAWA, T. KANAZAWA, K. SUYEHIRO, N. HIRATA, T. URABE and H. SHIMAMURA, 1989, A detailed subduction structure in the Kuril trench deduced from ocean bottom seismographic refraction studies, *Tectonophysics*, **165**, 315–336.
- IWASAKI, T., N. HIRATA, T. KANAZAWA, J. MELLES, K. SUYEHIRO, L. MOLLER, J. MAKRIS and H. SHIMAMURA, 1990, Crustal and upper mantle structure in the Ryukyu Island arc deduced from deep seismic sounding, *Geophys. J. Int.*, **102**, 631–651.
- 岩崎貴哉, 吉井敏尅, 伊神輝, 飯高隆, 森谷武男, 増田徹, 西脇誠, 小林昭夫, 筒井智樹, 1991, 爆破地震動観測による北上地域の地殻構造, 地震学会講演予稿集, No. 2, 212.
- 岩崎貴哉, 吉井敏尅, 伊神輝, 飯高隆, 森谷武男, 増田徹, 西脇誠, 小林昭夫, 筒井智樹, 1992, 爆破地震動観測による北上地域の地殻構造 II, 地震学会講演予稿集, No. 1, 144.
- 吉井敏尅, 中村正夫, 伊藤潔, 山本正人, 1990a, 爆破地震動観測による紀伊半島の地殻構造, 地震学会講演予稿集, No. 2, 89.
- 吉井敏尅, 1990b, 届折法爆破地震波形の反射法的処理, 地震学会講演予稿集, No. 2, 91.