

屈折法地震探査の地球科学への適用に関する研究

渡辺俊樹*

1. 研究の目的

屈折法地震探査は、土木建設、環境防災などの工学的分野において地盤調査手法として広く採用されている。屈折法地震探査の歴史は 1910 年のモホロビッチによる速度不連続境界（モホ面）の発見にも遡れるように、地球科学分野においても、屈折法地震探査は地殻構造解明を目的として数多くの調査に適用されてきた。地球科学分野における屈折法地震探査の調査の目的、仕様、解析手法などを調査し、工学的分野における調査にフィードバックすることは今後の技術発展にとって有意義である。そこで、本研究課題では地球科学分野における屈折法地震探査の適用実績を調査する。

2. 研究の方法

調査対象は我が国の国内において実施された地球科学分野における比較的大規模な屈折法地震探査に限定した。調査報告、学術論文、レビュー論文およびプロジェクトのホームページなどの公表されている資料を調査し、調査目的と意義、調査の仕様、解析手法、解析結果のそれぞれについてとりまとめた。

3. 得られた成果

とりまとめた内容の概要を以下に示す。

我が国の地殻構造研究は 1950 年の岩手県石淵ダムでの採石大爆破を利用した人工地震観測による調査に始まった。これを契機に全国の研究者により爆破地震動研究グループが発足した。1964 年からは国際地球内部開発計画、1972 年からは国際地球ダイナミクス計画といった国際計画の一環として、1979 年からは地震予知計画の一環として地殻構造調査が行われ、現在に至っている。これらの爆破地震動研究グループを中心とした地殻構造探査については、吉井(1994)および岩崎・佐藤(2007)によるレビューが詳しい。観測点の密度は現在の構造探査から考えるとかなり低いが、日本列島をはさんで太平洋側と日本海側で海中爆破を行う大規模な構造探査も一部実施された。日本列島下の地殻構造の全体像はこの時期にこれらの探査によって確立したといえる。

1980 年代までの調査では、測線の全長が約 60 km、震源 5~6 ヶ所程度、観測点 60~80 点程度という仕様であった。1990 年代になると、探査技術の進歩により制御震源を用いた地殻構造研究は大きく進展した。測線長は 200km に達し、観測点数は 150~180 点と格段に増加した。屈折法主体の探査から反射法探査主体の探査に移行し、観測点を数 100 m 間隔にした稠密展開が可能となったため、分解能が著しく向上した。

海陸統合探査の事例として、2001 年に実施された東海ー北陸海陸合同弾性波探査の事例をとりあげる。陸域における調査では、南北方向に日本列島を横断する 261.6 km の測線が設置され、6 ヶ所の震源と 391 点の観測点が設置された。震源の薬量は 100~500 kg であった。受振器には上下動地震計 328 台と 3 成分地震計 63 台が使用され、平均の観測点間隔は 669 m であった。海域における調査では、海陸全長 485 km に渡る測線が設置された。陸上の発破による人工地震波を 3 km 間隔で配置された 70 台の海底地震計で記録した。さらに、海域においてエアガン発震し、海底地震計および海岸から 100 km 以内に設置された陸上の地震計で観測した。この調査により、地殻の速度構造やフィリピン海プレートの沈み込み構造、それに伴う地震学的諸現象の解釈が得られた。

その他にも、2002 年から 2006 年にかけて大都市大震災軽減化特別プロジェクトにおける大都市圏地殻構造調査研究計画による首都圏および近畿圏における構造探査、2008 年から 5 カ年にわたり行われる、ひずみ集中帯の重点的観測・研究における海陸統合による反射法・屈折法による地殻構造調査などが実施されている。

*名古屋大学大学院・環境学研究科・准教授

火山噴火予知計画の元では、全国の主要な活火山を対象として火山体構造探査が実施されてきた。主な目的は、基盤構造の解明、マグマ溜まりと火道の構造の解明、マグマの移動経路の解明、高精度震源決定のための速度構造の作成である。これまでに、霧島 (1994, 1996)、雲仙岳 (1995)、磐梯山 (1997)、阿蘇山 (1998)、伊豆大島 (1999)、岩手山 (2000)、有珠山 (2001)、北海道駒ヶ岳 (2002)、富士山 (2003)、口永良部島火山 (2004)、浅間山 (2006)、桜島 (2008)を対象として探査が行われた。2001～2008 年の有珠山、北海道駒ヶ岳、富士山、口永良部島火山、浅間山、桜島における調査の主な仕様を以下に示す。

- 発震点数 5～19 点
- 薬量 200 kg～500 kg、山体内での 10～50 kg の小規模発破が併用された。
- 観測点数 200～470 点程度
- 測線長 数 10km、富士山では全長 87 km であった。
- 観測点間隔 100～300 m (山体内)、500 m (周辺)、海底地震計や 2～4 km 間隔の広域観測点も併用された。
- 読み取り値総数 1300～3400 程度

解析は波線追跡と層構造モデル修正を反復して繰り返す手法が一般的であるが、近年ではトモグラフィ解析の適用が一般的になっている。そのため、調査にあたって発震点数、観測点数が増加し、それに従って、読み取り値総数が増加している。また、3 次元トモグラフィ解析が可能になってきている。

4. 謝 辞

本研究は、サンコーコンサルタント (株)により委託されたものである。関係各位の協力と助言に厚く感謝申し上げる。

参 考 文 献

- 青木陽介ほか (2008) : 浅間山における人工地震探査:探査の概要と初動の走時について, 地震研究所彙報, 83, 1-26.
- Aoki, Y. et al. (2009) : P-wave velocity structure beneath Asama Volcano, Japan, inferred from active source seismic experiment, J. Vol. & Geotherm. Res., 187, 272-277.
- 廣瀬一聖・伊藤潔 (2006) : 広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定, 京都大学防災研究所年報, 49, B, 307-321.
- 井口正人ほか (2005) : 口永良部島火山における人工地震探査 : 探査の概要と初動の走時について, 京都大学防災研究所年報, 48, B, 297-322.
- 井口正人ほか (2009) : 2008 年桜島人工地震探査の目的と実施, 京都大学防災研究所年報, 52, B, 293-307.
- Iidaka, T., Iwasaki, T., Takeda, T., Moriya, T., Kumakawa, I., Kurashimo, E., Kawamura, T., Yamazaki, F., Koike, K. and Aoki, G. (2003) : Configuration of subducting Philippine Sea plate and crustal structure in the central Japan region, Geophys. Res. Lett., 30, 5, 23.
- 岩崎貴哉・佐藤比呂志 (2009) : 陸域制御震源地震探査から明らかになりつつある島弧地殻・上部マントル構造, 地震 2, 61, S165-S176.
- 小平秀一 (2009) : 日本周辺沈み込み帯での海域地下構造探査—海溝域地震発生帯と海洋性島弧地殻生成に関する最新の成果から, 地震 2, 60, S156-S163.
- 及川純・鍵山恒臣・田中聡・宮町宏樹・筒井智樹・池田靖・潟山弘明・松尾のり道・西村裕一・山本圭吾・渡辺俊樹・大島弘光・山崎文人 (2004) : 人工地震を用いた富士山における構造探査, 月刊地球, 号外 No. 48, 23-26.
- 及川純ほか (2007) : 富士山における人工地震探査—観測および走時の読み取り— 地震研究所彙報, 81, 71-94.
- 鬼澤真也ほか (2003) : 有珠火山における人工地震探査—観測および初動の読み取り—, 地震研究所彙報, 78, 121-143.
- 吉井敏尅 (1994) : 人工地震による日本列島の地殻構造, 地震 2, 46, 479-491.
- Zelt, C. A. and Smith, R. B. (1992) : Seismic traveltime inversion for 2-D crustal velocity structure, Geophys. J. Int., 108, 16-34.
- (参考文献の著者名については省略しないのが通例であるが、スペースの都合上、著者名がきわめて多数に渡るものについては第 2 著者以降を省略した。)