

平塚 - 裾野測線の地下構造調査(その4)
2003年関東山地東縁地殻構造探査測線の発破に対する臨時観測

棚田俊收*、村瀬 圭*²、丹保俊哉*³

Exploration of the underground structure along the line
from Hiratsuka to Susono(Part 4).
Temporal observation for explosions of the 2003 Kanto deep seismic profiling
by
Toshikazu TANADA *, Kei MURASE *² and Toshiya TANBO *³

1. はじめに

著者らは、神奈川県中部から西部にかけての深部地下構造の調査を2000(平成12)年から続けている。第1回目の調査として、棚田、小田(2001)は、神奈川県東部地下構造調査(神奈川県、2001)用の平塚発破を利用して、平塚発破点から静岡県裾野までの間14カ所で人工地震の観測を実施した。第2回目は、棚田ほか(2002)が静岡県裾野市でおこなわれていた工食用発破を用いて平塚発破点に対する逆測線の観測をおこなった。第3回目は棚田ほか(2003)が2001年箱根人工地震探査発破と2003年相模湾岸地殻構造探査三島発破の臨時観測結果を平塚 - 裾野測線の間発破として報告した。

本報告では、大都市大震災軽減化特別プロジェクトでおこなわれた2003年関東山地東縁地殻構造探査測線発破(実施機関; 東京大学地震研究所)に対し、平塚 - 裾野測線のデータを補うために臨時観測を実施した概要とその結果について述べる。

2. 人工地震探査発破に対する臨時観測

東京大学地震研究所は、文部科学省が実施している「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の一環として、地震動(強い揺れ)の予測を行うために、「大都市圏地殻構造調査研究」のサブテーマの一つ「関東山地東縁地殻構造探査」を実施した。探査測線は、群馬県山田郡から神奈川県松田町に至る全長140kmの区間で、群馬県内1点、埼玉県内3点、東京都内2点、神奈川県内3点の計9点でダイナマイトによる発破がおこなわれた(文部科学省ほか、2004)。

これらの発破に対し、著者らは平塚 - 裾野測線を補完するように図1の中に+印で示した地点において臨時観

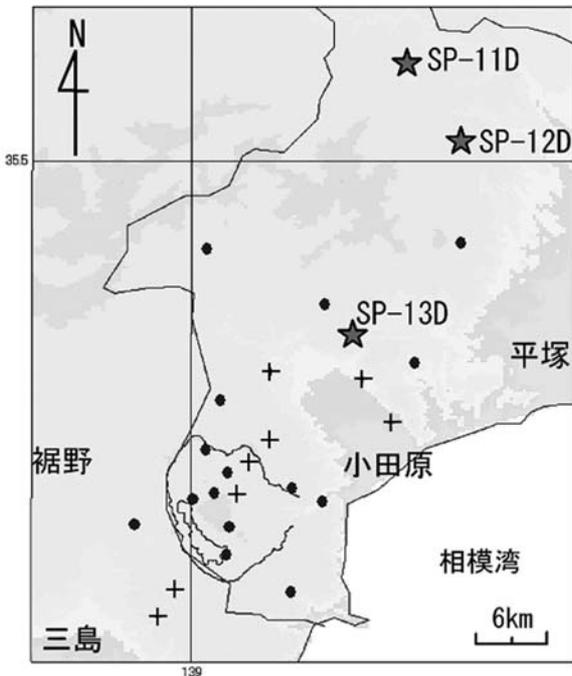


図1 3発破(松田、清川、津久井)に対する観測点分布図
星印が発破点、+印が臨時観測点、●印が温地研定常観測点を示す。

表1 臨時および定常地震観測点座標と読みとり値

観測点コード	観測点名	観測点座標			津久井(SP-11D)		清川(SP-12D)		松田(SP-13D)	
		緯度	経度	標高(m)	震央距離(km)	走時(秒)	震央距離(km)	走時(秒)	震央距離(km)	走時(秒)
臨時観測点										
gurH	塩窪ヘリポート	35.2404	139.0423	706	39.662	---	35.973	---	16.796	---
kkss	楓ヶ沢 堰堤	35.2826	139.0746	574	34.243	---	30.445	5.68	11.291	2.11
mgmE	宮城野 堰堤	35.2658	139.0549	682	36.618	---	32.984	5.99	13.866	2.52
msm3B	msm3B	35.1668	139.9854	501	49.195	---	45.649	---	26.458	---
msm shot	三島発破点跡	35.1453	139.9690	300	51.978	---	48.460	---	29.266	---
wodw	小田原地下水位	35.2965	139.1881	22	30.712	---	24.844	5.50	8.008	1.48
wocw	大井地下水位	35.3301	139.1617	47	27.208	---	22.066	---	3.683	1.01
wmag	南足柄地下水位	35.3357	139.0757	143	28.727	---	25.618	5.51	7.521	1.45
KZR	湖尻	35.2376	139.0016	680	41.441	---	38.345	---	19.446	3.93
定常観測点										
KZY	小塚山	35.2556	139.0347	552	38.365	---	34.956	---	15.924	---
KOM	駒ヶ岳	35.2169	139.0362	948	42.301	---	38.487	---	19.264	3.49
OWD	大通谷	35.2431	139.0218	985	40.107	---	36.766	---	17.741	---
KIN	金時	35.2754	139.0138	717	37.192	---	34.365	---	15.829	---
MOT	元福根	35.1952	139.0346	768	44.598	---	40.627	---	21.383	---
HIN	日向	35.4344	139.2561	393	16.146	3.44	8.771	2.00	12.394	2.68
OMZ	大又沢	35.4311	139.0158	508	23.113	4.37	23.626	4.57	14.525	3.21
ONK	温泉地学研究所	35.2350	139.1237	58	38.174	---	33.138	---	14.348	---
YGW	湯河原	35.1632	139.0930	195	46.545	---	41.583	---	22.730	---
JZD	地蔵堂	35.3138	139.0279	387	32.830	---	30.318	6.49	12.487	3.43
TNM	塚の峰	35.2449	139.0933	549	37.733	---	33.257	6.77	14.075	3.50
SSN	裾野	35.2187	138.9451	274	45.734	---	43.210	---	24.650	---
IWK	岩倉	35.3431	139.2101	73	25.523	---	19.348	---	5.703	1.41
YDR	寄	35.3885	139.1241	203	21.674	---	18.314	3.71	3.850	1.01

* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田586
*² 現在、川崎地質株式会社 〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15
*³ 現在、立山カルデラ砂防博物館 〒930-1405 富山県中新川郡立山町芦峯寺字ブナ坂 68
報告, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第37巻, 57-60, 2005.

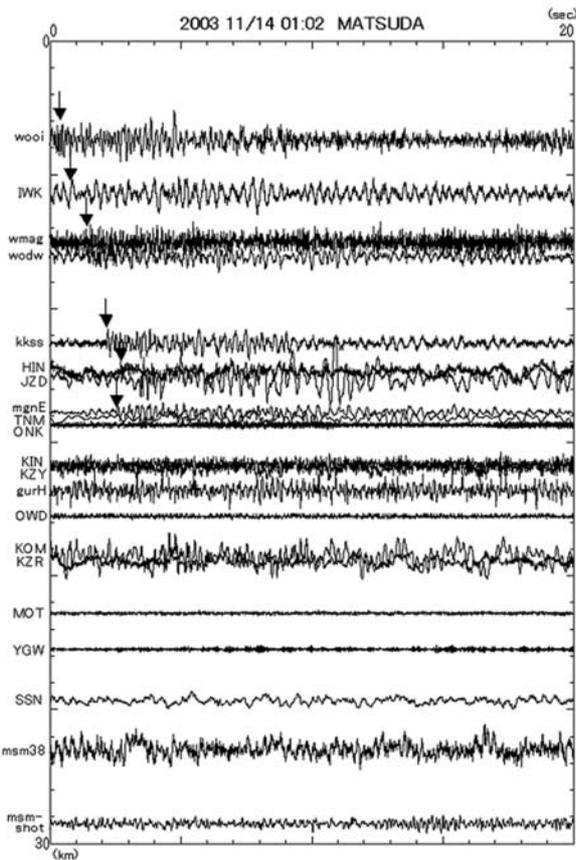


図2 松田発破(SP-13D)の記録セクション
矢印は初動読み取り位置を示す。ただし、読み取り全点に矢印を記入すると、図が煩雑となるため主要な点のみとした。

測をおこなった。臨時観測点は、神奈川県松田発破点から南西方向に延びる測線に展開した。地震計は、米国 Mark Products 社製の地震計(3成分、固有周波数 2Hz、コイル抵抗約 2 k Ω)をダンピング定数約 0.7 として用いた。DAT 式地震記録計(グローパテック社製、DAT - 2GB)を用いた。

3. 観測結果

構造探査では計 9 カ所で発破が実施されたが、今回は神奈川県内でおこなわれた 3 発破点(松田、清川、津久井)に対する臨時観測結果を報告する。また、観測結果には、温泉地学研究所の定常観測点で得られたデータも加えた。観測点座標および各発破観測から得られた初動読み取り値を表 1 に、各発破測線の地震波形記録セクションを図 2 ~ 図 4 に示した。地震波形記録セクション図の縦軸は発破点からの距離(km)、横軸は発破時間からの経過時間(秒)である。振幅のスケールは、初動を明らかにするために、観測点ごとに調整している。また、図中の矢印は初動の位置を示す。

松田発破点(SP-13D)の記録セクション図 2 を見てわかるように、震央距離約 15km 以内では、初動が読み

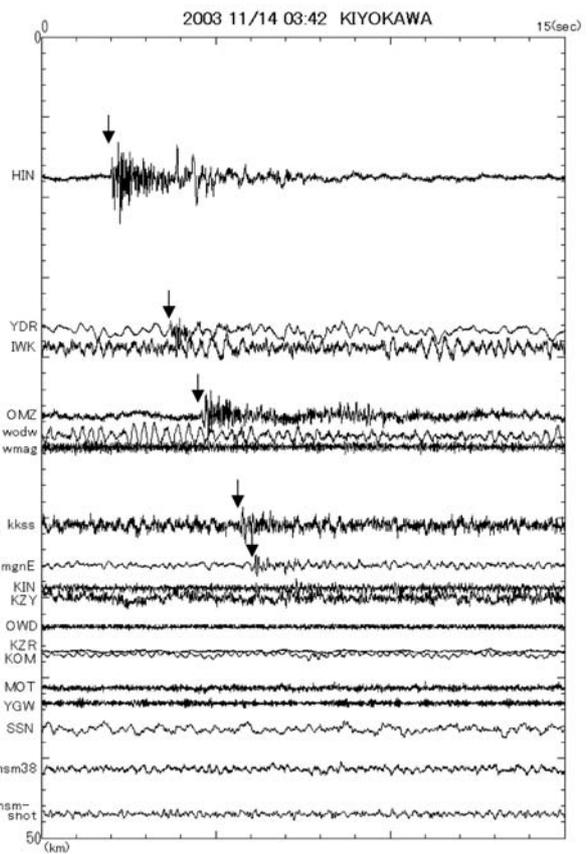


図3 清川発破(SP-12D)発破の記録セクション
矢印は初動読み取り位置を示す。ただし、矢印は図 2 と同様な理由で、主要な点のみに記入した。

取れた。しかし、震央距離約 15km 以上、特に箱根カルデラ内では、初動の判読が難しかった。

図 5 に、松田発破点(SP-13D)に対する観測記録から読みとることができたすべての初動の走時を示した。横軸の距離は、発破点からの距離である。

発破点と観測点との方位性を考えない単純な 2 層水平構造モデルを想定すると、震央距離 4km 以内の観測データから求めた第 1 層目の見掛け速度は 3.8km/秒であった。ただし、観測点数が少ないので、見掛け速度 3.8km/秒よりも遅い層が存在する可能性はある。震央距離 4 ~ 20km 以内では、第 2 層目の見掛け速度は 5.3km/秒であった。

丹沢山地東部でおこなわれた清川発破点(SP-12D)と津久井発破点(SP-11D)は、薬量が松田発破点(SP-13D)と比べ少なく、震央距離も遠いこともあり、初動の判読が困難であった(図 3 と図 4)。特に、津久井発破点(SP-11D)に対しては、明瞭な初動が読み取れたのは丹沢山地の観測点だけであった。

図 6 と図 7 に、清川発破点(SP-12D)と津久井発破点(SP-11D)との走時曲線を示した。清川発破点(SP-12D)に対する見掛け速度は 5.4km/秒であった。この値は松

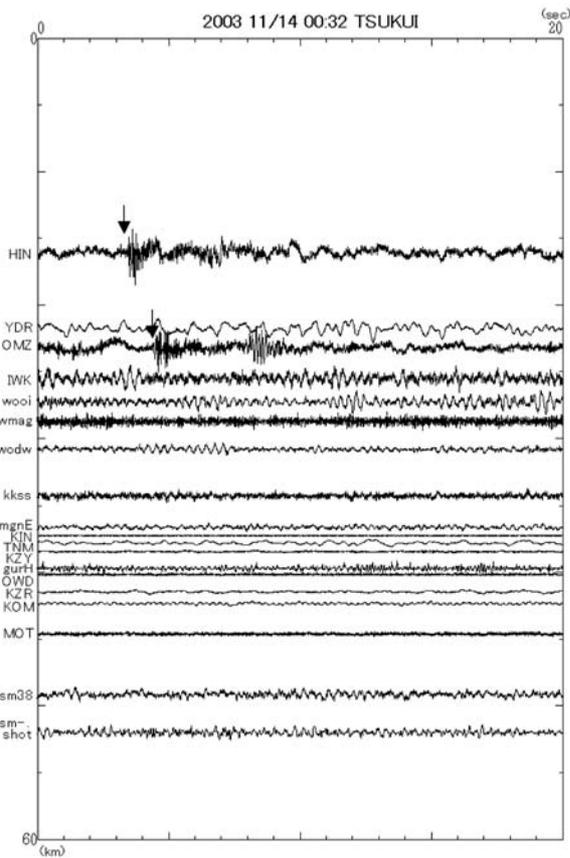


図4 津久井発破(SP-11D)発破のレコードセクション
矢印は初動読み取り位置を示す。

田発破 (SP-13D) の見掛け速度 5.3km/秒 とほぼ同じであった。

津久井発破点 (SP-11D) に対しては、初動が読み取れた観測点が少ないため、見掛け速度は求めていない。

神奈川県 (2003) では、県内および周辺地域の地下構造探査の結果がまとめられており、県内の速度構造は表層から順に 2.1、3.1、3.5、4.3、4.8 と 5.5km/秒 の 6 層に分類されている。

この分類から考えると、第 2 層目の見掛け速度 5.3km/秒 (松田発破、SP-13D) と見掛け速度 5.4km/秒 (清川発破点、SP-12D) は、神奈川県 (2003) で分類された 6 層目の 5.5km/秒 層に相当すると考えられる。また、棚田ほか (2003) による 2003 年相模湾岸地殻構造探査三島発破の臨時観測の北東測線 で得られた第 2 層目の見掛け速度 5.5km/秒 とほぼ一致する値である。

図 8 は、発破点と観測点との方位による観測点の違いを見るために、松田発破 (SP-13D) の走時曲線と観測点分布を示した。図中の丸印は発破点に対して北西-南東方向に、菱形印は北東-南西方向に配列した点を示している。白塗菱形印の観測点で、走時が遅くなっている点を除けば、北西-南東方向 (丸印) と北東-南西 (黒塗菱形印)

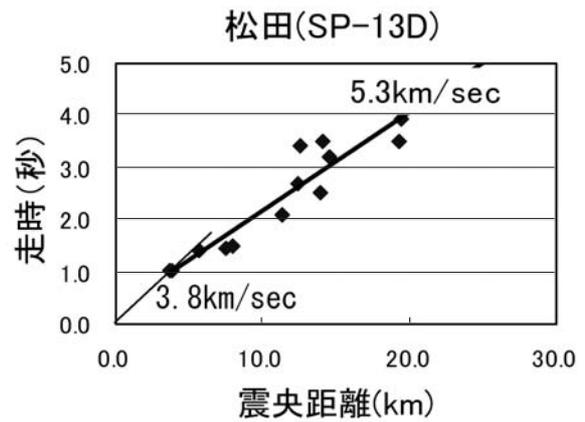


図5 松田発破 (SP-13D) の走時曲線

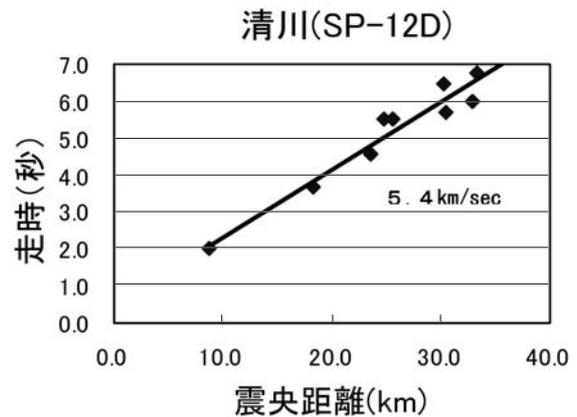


図6 清川発破 (SP-12D) 発破の走時曲線

の観測点での見掛け速度に顕著な差は表れなかった。

4. まとめ

神奈川県西部の深部地下構造探査を目的として、2003 年関東山地東縁地殻構造探査の発破 (実施機関; 東京大学地震研究所) を利用して臨時的な地震観測をおこなった。神奈川県内 3 点の発破 (松田、清川、津久井) から得られた温泉地学研究所の定常観測点と臨時観測点との観測結果は次のとおりである。

- (1) 松田発破点 (SP-13D) に対し、単純な 2 層水平構造モデルを想定すると第 1 層目の見掛け速度は 3.8km/秒、第 2 層目の見掛け速度は 5.3km/秒 となった。ただし、発破点近傍の観測点が少ないため、見掛け速度 3.8km/秒 よりも遅い層が表層部に存在する可能性がある。
- (2) 清川発破点 (SP-12D) に対する見掛け速度は 5.4km/秒 であった。
- (3) 松田発破 (SP-13D) と清川発破 (SP-12D) に対する観測データから推定された 5.3 ~ 5.4km/秒 の見掛け速度は、神奈川県 (2003) が分類した 6 層目の 5.5km/秒 層に相当すると考えられる。
- (4) 松田発破 (SP-13D) に対して、北西 - 南東方向と北

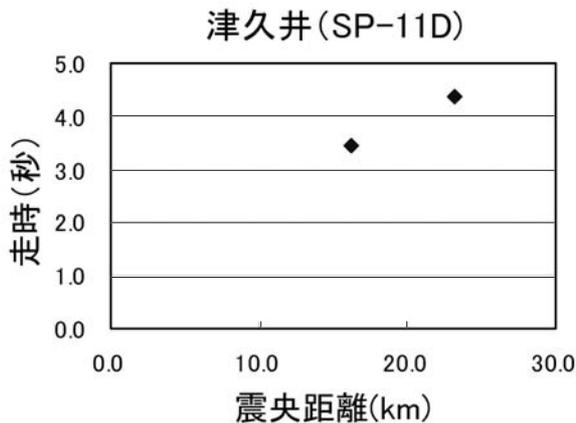


図7 津久井発破(SP-11D)発破の走時曲線

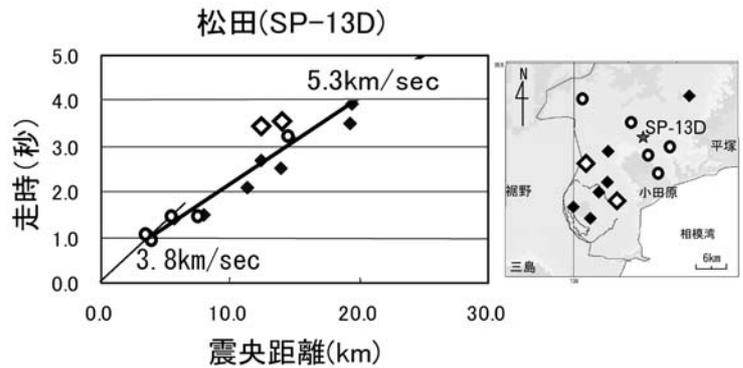


図8 松田発破(SP-13D)発破に対する観測点配列と走時曲線
図中の丸印は発破点に対して北西-南東方向に、菱形印は北東-南西方向に配列した観測点を示している。

東 - 南西との観測配置による走時の違いを調べた。しかし、一部の観測点を除き、見掛け速度に明瞭な違いは生じなかった。

採石発破や地下構造探査における臨時観測の利点は、自然地震ではわからない発振時間や位置を正確に把握し、表層部から深部までの走時が得られることである。これらのデータは2次元、3次元速度構造の推定や震源決定精度の把握、断層トラップ波や広角反射波の有無、さらには大地震発生前後の地震波速度変化の検出にも応用できるデータである。採石発破や他機関が実施する地下構造探査の場合、希望する位置に発振点を設定できない面はあるが、今後とも採石発破や地下構造探査における臨時観測を続ける意義は高いと考える。

なお、2000(平成12)年から続けている平塚 - 裾野測線の総合的な報告は、他機関が実施した人工地震探査結果がすべて公表された段階でおこなう予定である。

謝辞

東京大学地震研究所の岩崎貴哉教授と佐藤比呂志教授

には、本観測において便宜を図っていただきました。感謝の意を表します。本研究は平成15年度の温泉地学研究所経常研究によってなされたものである。

参考文献

神奈川県(2001) 神奈川県地下構造調査成果報告書, 73p .
 神奈川県(2003) 神奈川県地下構造調査成果報告書, 115p .
 文部科学省研究開発局、東京大学地震研究所、京都大学防災研究所、防災科学技術研究所(2004) 平成15年度大都市圏地殻構造調査研究成果報告書, 593p .
 棚田俊收、馬場久紀、小田義也、岩崎貴哉、一ノ瀬洋一郎、坂守(2002) 平塚 - 裾野測線の地下構造調査(その2) 静岡県裾野でおこなわれた採石発破の観測結果, 神奈川温地研報告, 34, 13-18 .
 棚田俊收、小田義也(2001) 平塚 - 裾野測線の地下構造調査(その1) 平成12年1月15日の人工地震観測結果, 神奈川温地研報告, 32, 53-58 .
 棚田俊收、馬場久紀、岩下 篤(2003) 平塚 - 裾野測線の地下構造調査(その3) 2001年箱根発破と2003年三島発破における臨時観測, 神奈川温地研報告, 35, 29-32 .