３．３．１　断層帯周辺における自然地震観測（長期機動観測）

(1) 業務の内容

(a) 業務題目　断層帯周辺における自然地震観測（長期機動観測）

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人防災科学技術研究所	総括主任研究員	笠原　敬司
独立行政法人防災科学技術研究所	任期付研究員	浅野　陽一
独立行政法人防災科学技術研究所	特別研究員	武田　哲也
独立行政法人防災科学技術研究所	総括主任研究員	堀　　貞喜
独立行政法人防災科学技術研究所	主任研究員	小原　一成
独立行政法人防災科学技術研究所	任期付研究員	汐見　勝彦
独立行政法人防災科学技術研究所	特別研究員	関根　秀太郎
独立行政法人防災科学技術研究所	特別研究員	松原　誠
独立行政法人防災科学技術研究所	特別技術員	伊藤　喜宏

(c) 業務の目的

パイロット的な重点的調査観測で整備した５観測点のデータ転送の形態を高感度地震観測網（Hi-net）に準拠させることによって、データ転送コストの削減とデータ処理の利便性向上を図る。また、地震観測点を毎年度３点ずつ新設し、震源決定精度の向上を図る。

(d) ５ヵ年の年次実施計画

1) 平成 17 年度：

パイロット重点観測による５観測点を気象庁から防災科学技術研究所に移管した。また、計器深度が 50 m の長期機動観測点を３点新設した。さらに、これらの観測点からのデータと高感度地震観測網（Hi-net）のデータとの併合処理を行えるよう、データ処理システムを整備した。

2) 平成 18 年度：

計器深度が約 20～50 m 程度の観測点を３点新設するとともに、前年度までに整備した観測点の維持管理を行う。

3) 平成 19 年度：

計器深度が約 20～50 m 程度の観測点を３点新設するとともに、前年度までに整備した観測点の維持管理を行う。

4) 平成 20 年度：

計器深度が約 20～50 m 程度の観測点を３点新設するとともに、前年度までに整備した観測点の維持管理を行う。

5) 平成 21 年度：

計器深度が約 20～50 m 程度の観測点を３点新設するとともに、前年度までに整備

した観測点の維持管理を行う。

(e) 平成 17 年度業務目的

パイロット的な重点的調査観測による５観測点のデータ転送形態を高感度地震観測網 Hi-net に準拠させることによって、データ転送コストの削減とデータ処理の利便性向上を図る。また、諏訪湖の周辺域に３観測点を新設し、既設観測点が疎であったこの地域の観測点間隔を約 10 km とすることによって、この地域の断層帯周辺で発生する浅発微小地震の震源決定精度の向上を図る。

(2) 平成１７年度の成果

(a) 業務の要約

1) 断層帯周辺域における観測網の整備と運用

気象庁が本調査観測に先駆けて整備したパイロット重点観測点の５点（松本中山・長野四賀・長野穂高・長野安曇・信州新町）を防災科学技術研究所に移管した。移管にあたっては、機器の更新や調整を行うことによって、全５点のデータを高感度地震観測網（Hi-net）に準じたデータ流通経路に乗せた。また、計器深度が 50mの孔井地震観測点を諏訪湖周辺の３箇所（諏訪市四賀［観測点名：諏訪四賀］、諏訪市湖南［同：諏訪後山］、辰野町小野［同：辰野小野］）に新設した。さらに、移管した５点と新設した３点のデータと高感度地震観測網（Hi-net）のデータとの併合処理を行えるよう、即時データ処理システムを整備した。

2) 地震波速度構造解析

断層帯周辺域を含むやや広域の地震活動と地殻構造を把握するために、既設観測点の読み取り値データによる地震波速度構造解析を行った。また、追加された新設点でのデータ蓄積によって、その空間分解能がどのように向上するかを理論数値実験によって評価した。その結果、新設点を設置した諏訪湖周辺域の地震波速度推定の解像度が向上し、断層帯周辺域のほぼ全域に沿って一様な空間分解能を得られることが明らかとなった。

(b) 業務の成果

1) 断層帯周辺域における観測網の整備と運用

上述のとおり、平成 17 年度業務においては既存５観測点の移管と３観測点の新設を実施した（図１）。まず既存５観測点の移管にあたっては、高感度地震観測網（Hi-net)に準拠したデータ転送システムに移行するための機器の更新や設定変更作業を実施した。具体的には、A/D 変換転送装置に旧式のものが使われていた２点（松本中山・長野四賀）の装置を更新し、それ以外の３観測点（長野穂高・長野安曇・信州新町）についても A/D 変換転送装置の設定変更などを実施した。データ転送については、高感度地震観測網（Hi-net）に準拠しながらも公衆インターネット回線を利用したシステムを採用することによって、データ処理の利便性向上とデータ転送コストの削減と両立させることができた（図２）。

なお、この移管後には、観測点名を長野四賀から松本赤怒田へ、長野穂高から安曇野穂高牧へ、長野安曇から松本安曇へ、信州新町から信州新信級へとそれぞれ変更した。これは、高感度地震観測網（Hi-net）の既設観測点との観測点の重複や混乱を避けるためである。

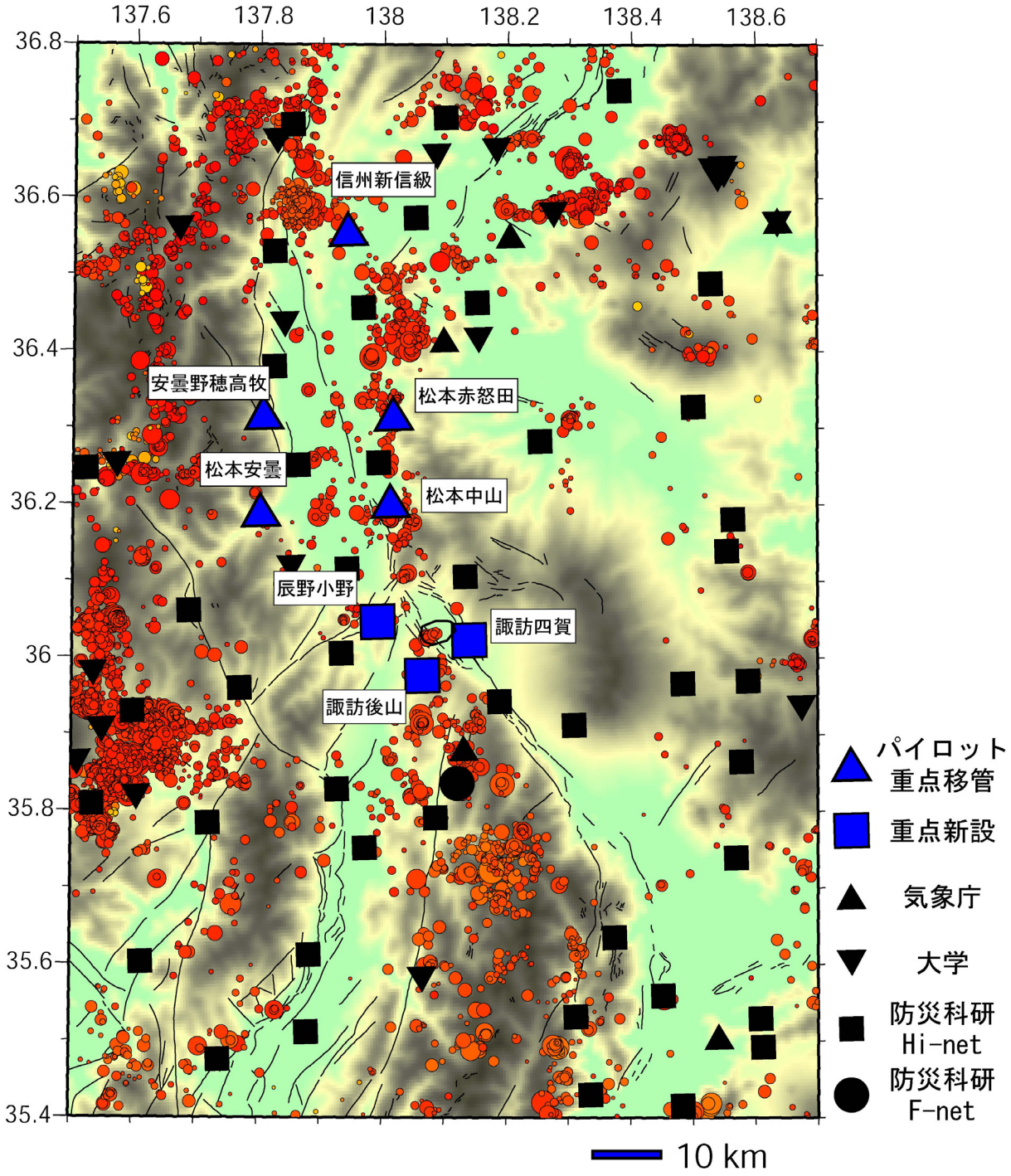

図１　糸魚川－静岡構造線断層帯周辺における地震観測網整備状況
2001年２月から2006年２月までの５年間に発生したM0.5以上の浅発微小地震の震源（防災科学技術研究所 Hi-net 手動検測震源）を小丸印で表す。震源決定には防災科学技術研究所、気象庁、東京大学、名古屋大学によるデータを使用した。

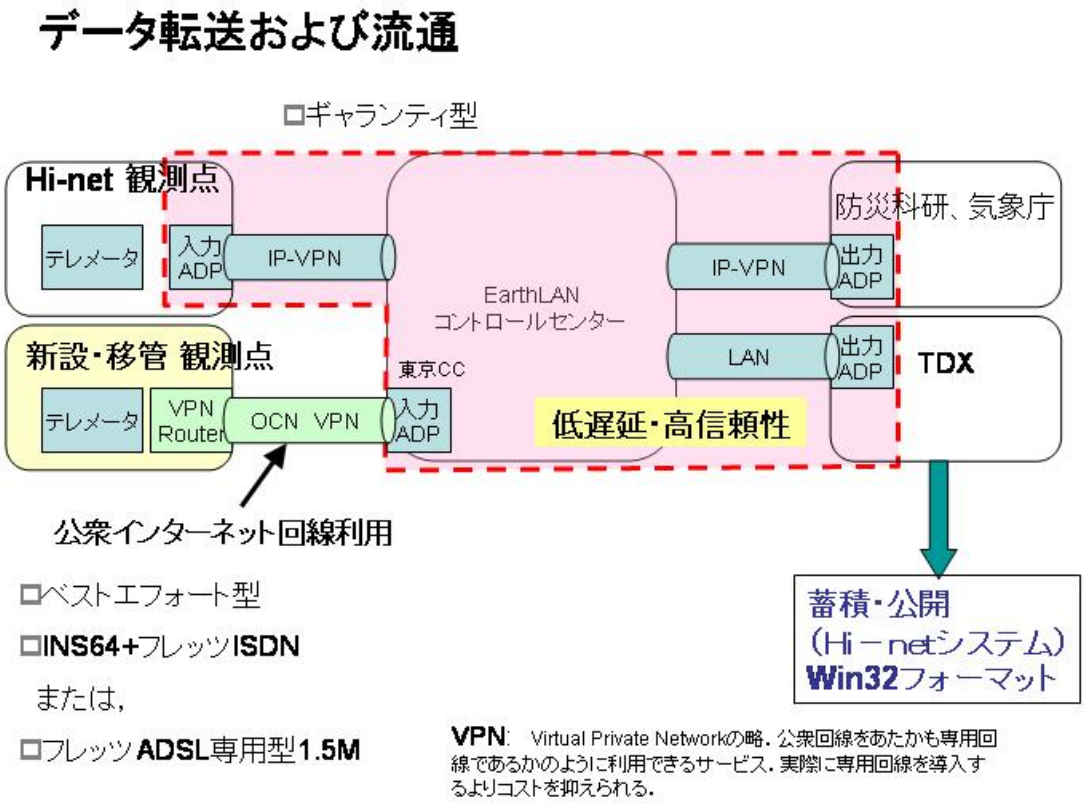

図２　データ転送および流通形態模式図。本業務による新設および移管観測点と防災科学技術研究所高感度地震観測網（Hi-net）について、観測点からのデータ収集とその後のデータ蓄積および公開までの流れを表す。赤色破線で囲まれた領域は、ＮＴＴコミュニケーションズ（株）が提供するデータアクセスサービス（EarthLAN）による。本業務では、現地観測点とコントロールセンターとの間のデータ転送に公衆インターネット回線を利用していることが特徴である。

次に３観測点の新設について述べる。５ヵ年計画の初年度にあたる本年度の新設点は、糸魚川－静岡構造線断層帯の周辺域の中でもとりわけ観測点密度の低かった諏訪湖の周辺に設置した（諏訪後山・諏訪四賀・辰野小野）。観測点密度が特に低い地域に５ヵ年計画の中の早い時期に観測点を新設しておくことは、この地域の震源決定精度を向上させるだけでなく、本調査観測期間中の解析研究に必要な観測データを蓄積するためにも重要であると判断した。これらの新設観測点では、人工ノイズの影響を避けるために 50 m 級観測井を掘削し、その孔底に固有周波数 1Hz の高感度速度計を設置した。

地震計からのアナログ電気信号は地上装置にて A/D 変換され、前述のデータ転送システムによって防災科学技術研究所の受信部に送られる（図３、４、５）。

この地上装置に採用した機種は、分解能 24bit、サンプリング周波数 1KHz で A/D 変換した信号を 100Hz サンプリングにデシメーション処理することによって 27bit の高分解能を得ることが可能であり、一連の処理をワークステーションではなく FPGA（集積回路の一種）によって行うことも大きな特徴の一つである（図６）。

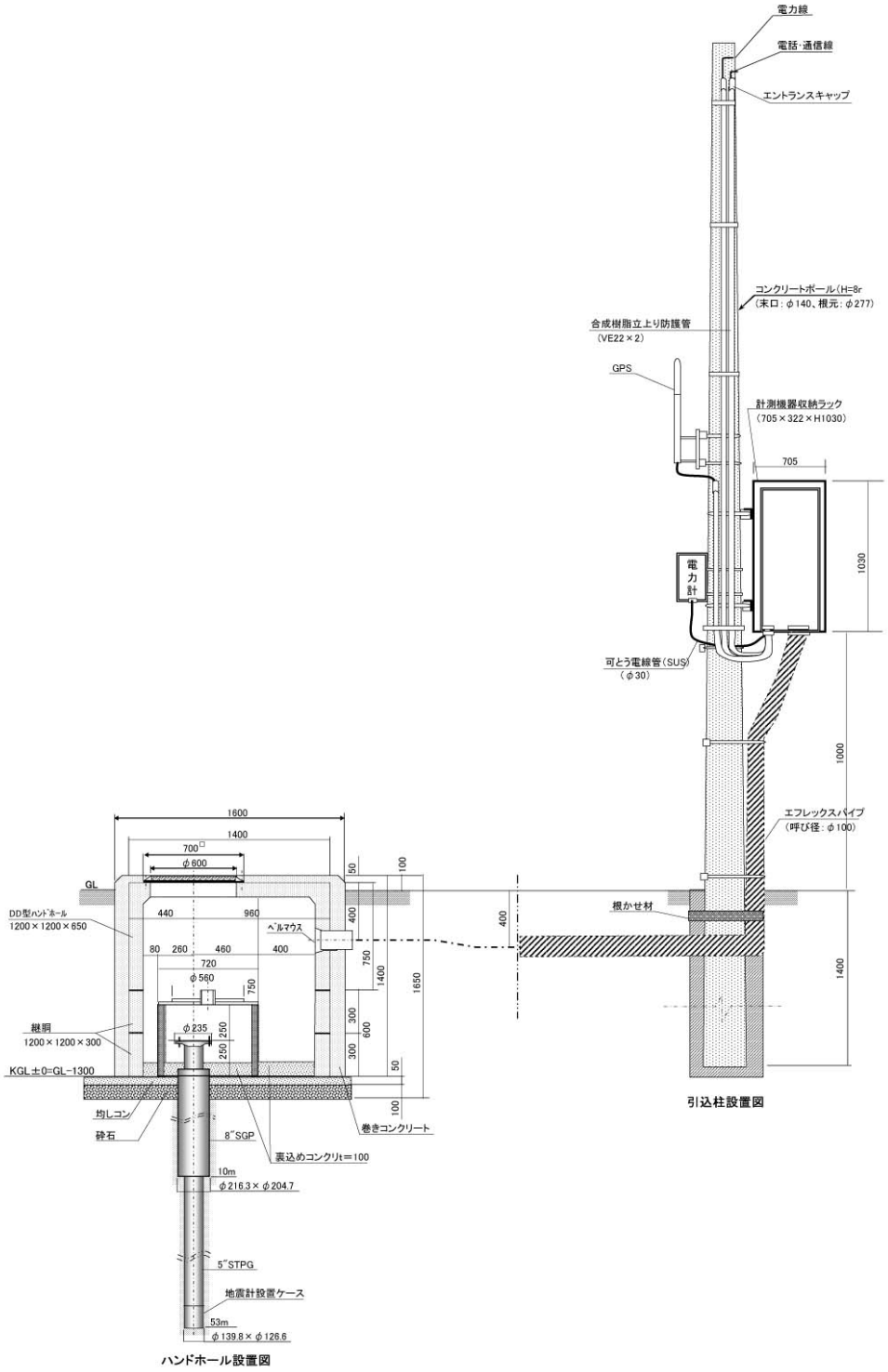

図３　新設観測点施設概念図

図４　ハンドホール等の設置状況

図５　地上装置の設置状況

その結果、装置全体の小型化と省電力化をも図ることができた。そのため、この地上装置は従来の高感度地震観測網（Hi-net）のような観測小屋ではなく、引き込み電柱に筐体箱を取り付けて設置された。すなわち、観測施設全体としても、従来と比べて少ない占有面積での設置が可能である。このような少スペース型の観測設備の開発によって、コスト面のみならず観測点用地選定の自由度を飛躍的に向上させることができた。

本業務によって整備された観測点のデータは、防災科学技術研究所に集められた後に高感度地震観測網（Hi-net）のデータなどと共に効率的に併合処理され、気象庁や大学を始めとする各機関に転送される。また、防災科学技術研究所の地震波形処理システムによって、これらのデータに対して地震の検出と震源決定などの解析処理が速やかに行われるように、システム全体の整備を行った。本年度において諏訪湖周辺に 3 観測点を新設したことによって、この地域の観測点密度は“約 20 km に１点”から“約 10 km に１点”へと飛躍的向上した。この観測点密度の向上によって、従来はその深さを精度良く決めることが困難であった断層周辺域の浅発微小地震の震源を、より高い精度で決めることが可能になった。また、今後の観測データの蓄積によって、地震波速度構造などを従来にない高い空間分解能で推定することも可能となる。断層周辺域の詳細な地殻構造をイメージングし、その構造と地震活動との関係を明らかにすることは断層周辺域の地震発生様式を理解する上で極めて重要である。本業務は、そのための良質な基礎データの生産にも大きく貢献することができた。

図６　Ａ/Ｄ変換転送装置の外観
電源装置や GPS アンテナなどの付属品を含まない装置の外寸は 10 cm（縦）×16 cm（横）×27 cm（奥行き）。

2）地震波速度構造解析

a）解析の目的

全長が南北約 140～150 km に達する糸魚川－静岡構造線活断層帯は断層運動の特長から大きく３つに分類され、北部では東側が隆起する逆断層成分、南部では西側が隆起する逆断層成分、中部では左横ずれ成分の運動が卓越していることが報告されている（地震調査研究推進本部地震調査委員会,1997)。このように地域によって大きく様相が異なる糸魚川－静岡構造線活断層帯の地殻構造の全体像を把握することは、断層のセグメンテーションを考える上で重要である。また、現在の地震活動を把握するための精度の高い震源決定を行う際に、この領域での詳細な速度構造が必要となる。そこで、糸魚川－静岡構造線活断層帯全域の速度構造を推定することを目的として、走時トモグラフィー解析を実施した。また同時に、平成 17 年度に新たに設置および移管された観測点８点のデータ蓄積によって、その空間分解能がどのように向上するかを理論数値実験によって評価した。

b) 解析データ

この地域周辺で 2002 年１月～2005 年７月の期間に防災科学技術研究所の高感度地震観測網（Hi-net）によって決定された震源数は 3365 個である（図７(a)白丸)。これらの地震の震源は空間的に一様に分布しているわけではないため、走時トモグラフィー解析に使用する震源が空間的に偏り、波線密度にも偏りが生じることがある。このとき、波線密度の小さい領域の地震波速度が残差二乗和に及ぼす影響は相対的に小さくなるため、結果として全体的な構造を正確に推定することが困難になる場合がある。

そこで、本研究では波線密度の局所的な集中を避けるために、空間的になるべく一様な震源分布となるような 1209 個の地震を選んで解析に用いた(図７(b)黄丸印)。走時データには、防災科学技術研究所による高感度地震観測網（Hi-net）の手動検測値を用いた。

自然地震データのみ用いた走時トモグラフィー解析では、地殻のごく浅部の速度構造を高い空間分解能で推定することは困難である。一般的に地殻のごく浅部では地震は発生しないため、この深さを通る波線は、より深くに位置する震源から観測点直下へと集中するようなほぼ鉛直方向の経路に限定されてしまう。その結果として、それらの波線に沿った速度分布のトレードオフを生じやすいことが主な理由である。一方で、人工地震は自然地震が発生しないような地表付近にも震源を配置することができるため、自然地震と観測点との組み合わせでは得られないような、地殻のごく浅部を通る波線に沿った速度分布についての走時情報を補うことができる。また、震源時と震源位置が既知であるため、精度の高い走時データを得ることが可能である。糸魚川－静岡構造線周辺ではこれまでに多くの人工地震探査が実施されており（例えば、Asano et al., 1969, 爆破地震動研究グループ、 1985, 1986, 1988, 1989, 1994, Takedaet al., 2004)、解析にそれらの走時データを併用すれば、地殻浅部の空間分解能が向上することが期待される。そこで本解析では、自然地震と人工地震の走時データを併せて解析した。人工地震を含む探査測線の位置を図７(b)中に黄線で示す。解析に使用した人工地震の数は 30 個である。人工地震観測時に設置された臨時観測点は非常に密に配置されているため、震源の場合と同様に局所的な集中を避ける必要がある。そこで全観測点を 1/5 に間引いて計 165 点を使用する

ことにした。

c) 解析方法

トモグラフィー解析には、Zhang and Thurber (2003)のプログラムを使用した。但し、使用する震源データを間引いているために、Double-Difference 項による解像度向上の効

果は小さいと判断し、Double-Difference 項を用いない走時トモグラフィー解析を行った。与えたグリッドは、糸魚川－静岡構造線活断層帯に沿った方向（S20° E）とそれに直行する方向(N70° E)にそれぞれ 10 km 間隔で 23×９個を配置し図７(b)、深さ方向には深さ 15 km までは 3 km 間隔で、それより深い領域では深さ 25 km と深さ 40 km に配置した。解析の際に必要となる初期構造モデルには、予備的解析によって得られた深さ依存の一次元速度構造モデルを採用した。

まず始めに、得られる速度構造の信頼性を評価するためのチェッカーボードテストについて述べる。まず、使用した初期構造モデルにＰ波速度では±0.3 km/sec、Ｓ波速度では 0.17 km/sec の速度偏差を各グリッドに交互に与え、チェッカーボード速度構造モデルを作成する。次に、実際の観測データと同様の震源－観測点組み合わせについて、その速度構造モデルを仮定した理論走時を計算してデータセットを作成する。

最後に、そのデータセットを用いたインバージョン解析を行い、推定された速度構造が仮定したチェッカーボード構造に戻るかにどうかよって解像度を評価する。但し、この解析では、構造モデルの速度分布が空間的に滑らかになるような拘束を採用している。したがって、理想的な条件下においても与えた元の構造モデルが完全に復元されることはない。よってここでは、速度の絶対値ではなくチェッカーボードパターンの戻り具合から解像度を評価する。テストの結果得られた深さ 3～25 km までのＰ波速度（Vp）構造を図８に示す。図中では初期速度構造モデルからの速度偏差を示した。

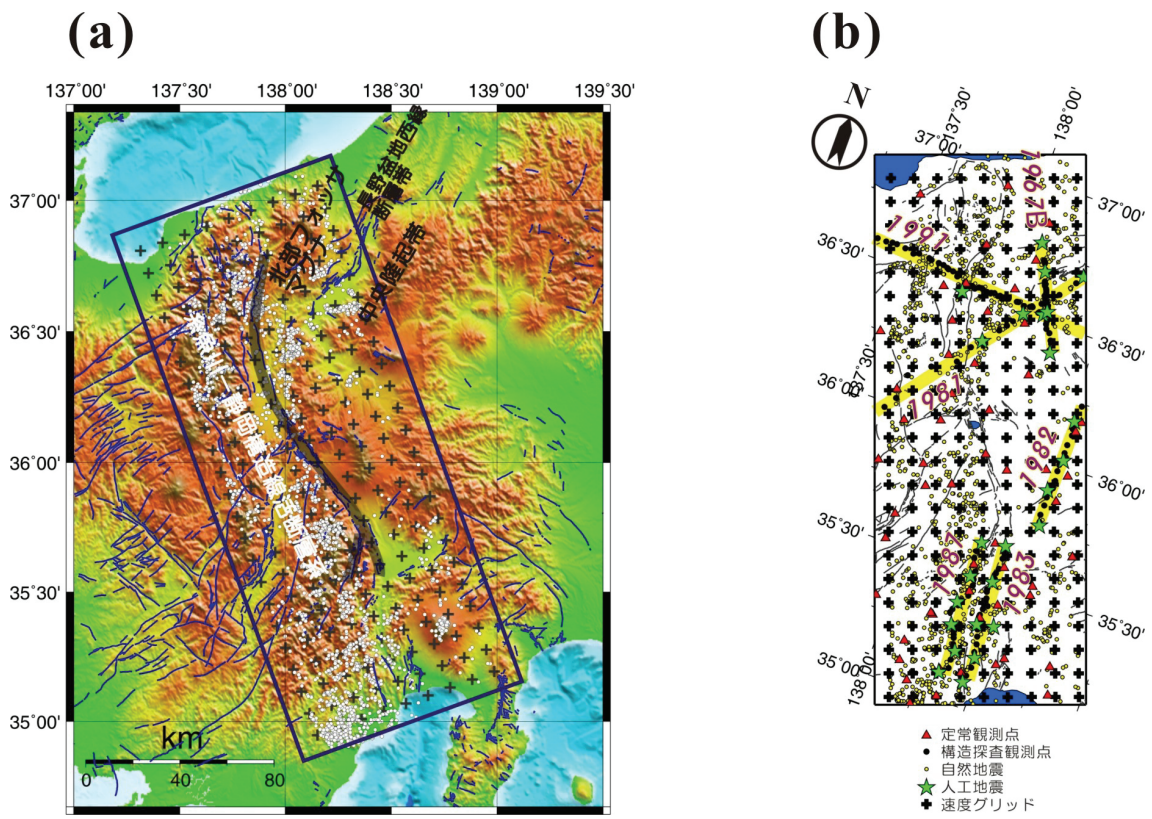

図７　(a)走時トモグラフィー法の解析対象領域（四角の枠内）
灰色太線は糸魚川－静岡構造線活断層帯を示す。白丸印は防災科学技術研究所高感度地震観測網(Hi-net)によって 2002 年１月～2005 年７月の期間に決定された 3365 個の震源を示す。
(b)解析に使用したグリッドの配置
黒十字印は速度グリッドを示す。黄丸印は解析に使用した自然地震の震源(1209 個)、赤三角印は定常観測点を示す。緑星印は人工地震震源、黒点は臨時観測点、黄太線は人工地震探査の測線をそれぞれ示す。

深さ 6 km と 15 km では、比較的パターンの戻りがよい。それに対して、3 km や 25 km では一部を除いてパターンがほとんど戻ってらず解像度が低いことがわかる。また、北部と南部では解像度に違いが見られる。北部では深さ 6 km までパターンがよく戻っているのに対して、南部では浅部での戻りが悪いものの、深さ 15 km でのパターンの戻りがよい。これは自然地震の分布が、北部では浅く、南部では深くなっていることに起因すると考えられる。中部に関しては各深さにおいても周囲に比べてパターンの戻りはよくない。

d) 速度構造

観測データから推定されたＰ波速度構造モデルを図９に示す。走時トモグラフィ

ー解析による速度構造モデルの修正によって、走時の RMS 残差は 0.57 sec から 0.18 sec に減少した。次に特徴的な構造について述べる。深さ 3 km と 6 km の平面図をみると、北部と南部に顕著な低速度域を確認することができる（黒い楕円で囲まれた領域)。北部の低速度域は、松本盆地から北に広がっており、北部フォッサマグナと概ね対応する。また、その低速度部分の大半は糸魚川－静岡構造線活断層帯よりも東側に位置している。これは過去の構造探査の結果（例えば Takeda et al., 2004）とも調和的であり、糸魚川－静岡構造線活断層帯の東側に厚く堆積した新第三系によるものと考えられる。続いて南部に注目すると、甲府盆地（黒い三角で囲まれた領域）から南へと顕著な低速度域が広がっており、それは太平洋沿岸まで続く。特に、甲府盆地直下の深さ 3 km では低速度を示しているものの、深さ 6 km ではむしろ逆に高速度になっており、この地域の低速度は地殻ごく浅部の構造によるものと考えられる。また、解像度は必ずしも十分ではないものの、この南部の低速度域は全体的には糸魚川－静岡構造線活断層帯の直下もしくは西側に位置し、深くなるにしたがって西側に傾斜しているようにも見える。この地域の表層地質は新第三紀から第四紀にかけての膨大な量の火山噴出物と砕屑性の堆積岩類によって特徴づけられて（松田、1989）いることから、低速度域の分布はそれらが深部まで達していることを示しているのかもしれない。一方、中部では、八ヶ岳（深さ 3 km と 6 km）周辺にやや低速度の領域が見られるが、北部や南部のような顕著な低速度域は確認できない。しかしながら、チェッカーボードテストの結果から中部での解像度は北部や南部よりも低いことが分かっている。そのために、中部での低速度域の有無を議論するにはより詳細な検討が必要である。これについては後項 f）にて検証する。次に深さ 9 km における速度の分布をみると、やはり北部と南部で弱い低速度域が確認できる。深さ 12 km では全体的には解像度が低いものの、北部では糸魚川－静岡構造線下から西に分布する低速度域の存在を確認することができる（白い楕円で囲まれた領域)。これは、自然地震観測や人工地震探査から存在が指摘されてきた低速度体（Matsubara et al., 2000, Takeda et al., 2004）が、飛騨山脈の下から糸魚川－静岡構造線の直下にかけてやや広域に分布する可能性を示している。深さ 15 km でも深さ 12 km と同様に北部で低速度域が確認される。深さ 25 km においては松本盆地周辺から糸魚川－静岡構造線南部にまで続く低速度の帯が見られるが、この深さにおける空間分解能は十分ではないことからここでは議論しない。

e）人工地震データを用いた場合の空間分解能向上の評価

本解析では、自然地震データに加えて人工地震データを使用したことが大きな特徴の一つである。以下では、人工地震データを追加したことによる空間分解能向上の効果について検証する。人工地震データを使用しない場合と使用した場合のチェッカーボードテストの結果を図 10 に示す。深さ 3 km では大幅な改善は見られないものの、深さ 6 km と 9 km では、人工地震探査の測線下で空間分解能が改善されていることがわかる。このように、人工地震データは浅部の空間分解能を向上させる上で極めて有効であることが示された。

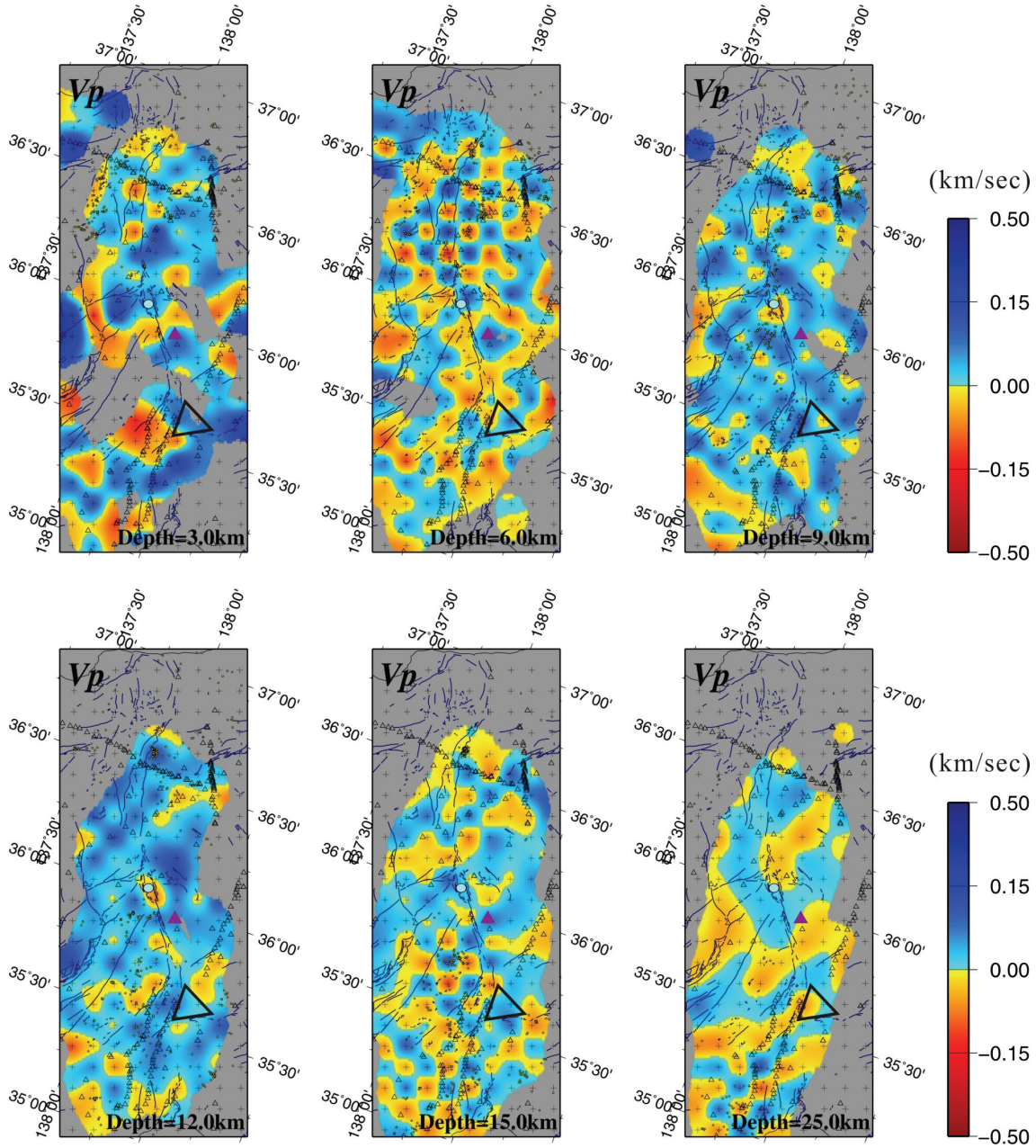

図８　チェッカーボードテストの結果得られた深さごとのＰ波速度構造(Vp)
カラースケールは、初期構造モデルからの速度偏差を示す。黒い三角で囲まれた領域は甲府盆地を示す。紫三角印は八ヶ岳を示す。

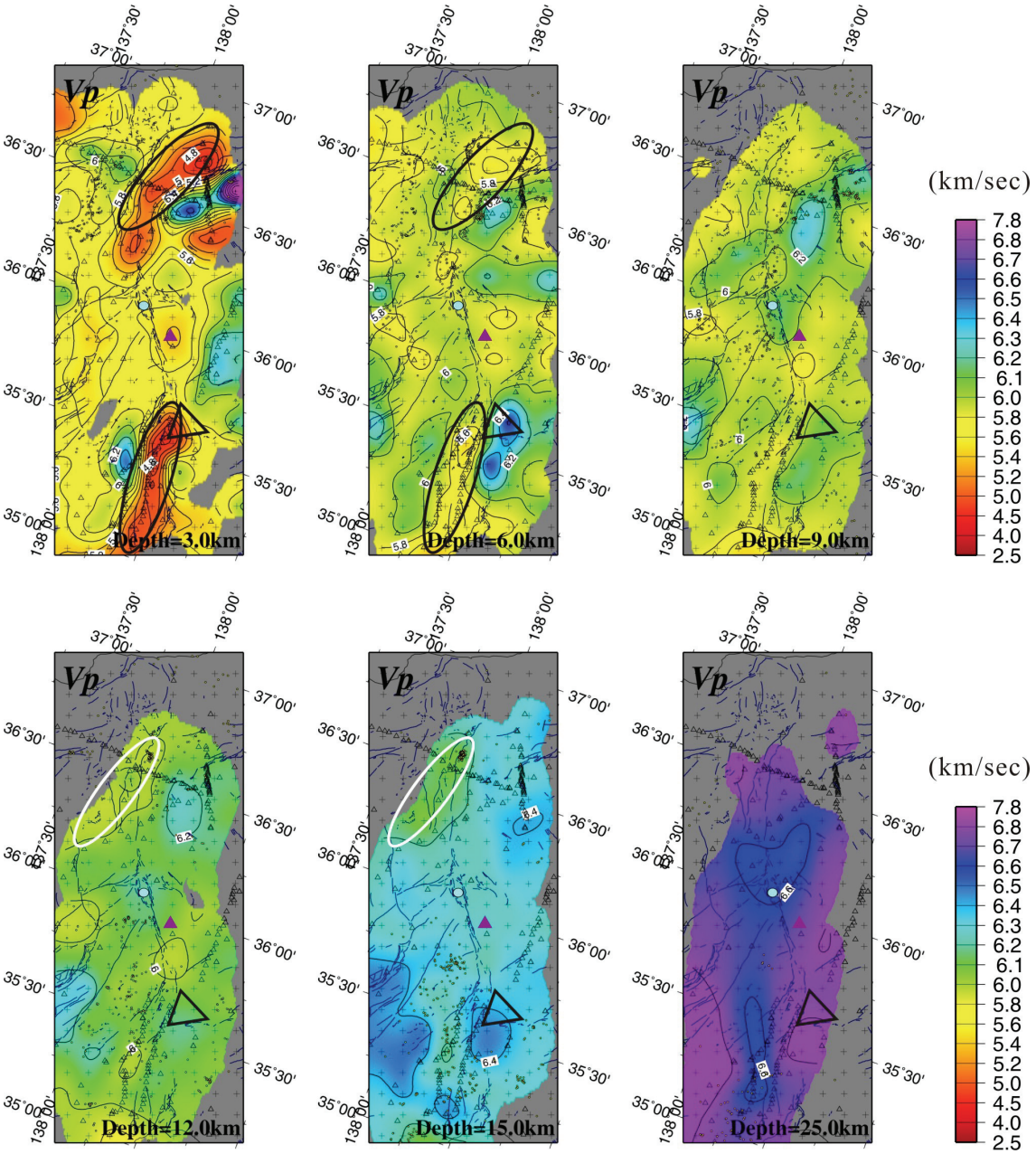

図９　走時トモグラフィー法解析によって得られたＰ波速度構造(Vp)
黒い三角で囲まれた領域は甲府盆地を示す。紫三角印は八ヶ岳を示す。

f) 中部の低速度域の有無

北部と南部に見られる低速度域が中部ではイメージングされなかったことについてはd)で述べた。このように中部では低速度域が検出されなかったことが、解析手法やデータセットに起因する空間分解によるものなのか、或いは実際に低速度域は存在しないのかを確認するために次のような検証実験を行った。まず、北部、中部、南部を問わず糸魚川－静岡構造線活断層帯に沿って一様に低速度域があると仮定した速度構造モデルを作成する。具体的には、既に解析で得られた速度構造モデルの深さ 3 km と 6 km に図 11(a)のように低速度域を挿入する（破線で囲まれた領域)。続いて、そのモデルから理論走時を計算し、データセットを作成する。最後にそのデータセットを用いて走時トモグラフィー解析を行い、低速度域がどの程度復元されるのかを確認した。

得られた結果を図 11(b)に示す。中部では、北部や南部に比べて仮定した速度構造モデル復元状況が悪いものの、深さ 3 km と 6 km では初期モデルで与えた低速度域の復元を確認することができる。このことから、仮に顕著な低速度域が実際に存在すれば､本解析によって検出することができるものと考えられる｡言い換えると、この結果は中部には北部や南部に見られるような顕著な低速度域は存在しないことを示している。このように、糸魚川－静岡構造線活断層帯に沿った低速度域の分布に地域性が見られることが本研究によって明らかとなった。糸魚川－静岡構造線活断層帯では、地表で確認される断層運動の特徴に地域性があることが指摘されているが、地震学的に推定される地殻構造にも地域性が見られることは、断層のセグメンテーションを考える上でも重要である。

g) 観測点の増設による空間分解能向上の評価

平成 17 年度の業務によって､3 観測点の新設と 5 観測点の移管を実施した(図 1)。これらの観測点の増設によって、走時トモグラフィー法によって推定される地震波速度構造の空間分解能の向上が期待される。そこで以下のような検証のための数値実験を行った。まず、増設した観測点が前述の自然地震データの期間（2002 年 1 月～2005 年 7 月）に存在していたものとして､その期間に 35.8° N－36.7° N､137.7° E－138.3° E の範囲内で発生した地震と増設した観測点とのすべての組み合わせについて、チェッカーボード型速度構造モデルを仮定したＰ波およびＳ波理論走時を計算した。この理論走時データを先に c) で使用した理論データセットに追加して新たなデータセットをつくり、再びチェッカーボードテストを行った。得られたテスト結果を図 12 に示す。深さ 3, 6, 9 km とも観測点が配置された諏訪湖周辺から松本、長野にかけての領域で空間分解能が改善していることが確認できる。今回の数値実験から、今後データが蓄積されるにしたがいテストと同程度まで空間分解能が向上することが明らかになった。このように断層帯周辺域のほぼ全域に沿って一様な空間分解能を得られるようになれば、断層帯に沿った構造の地域性を詳細に議論することも可能になるものと期待される。

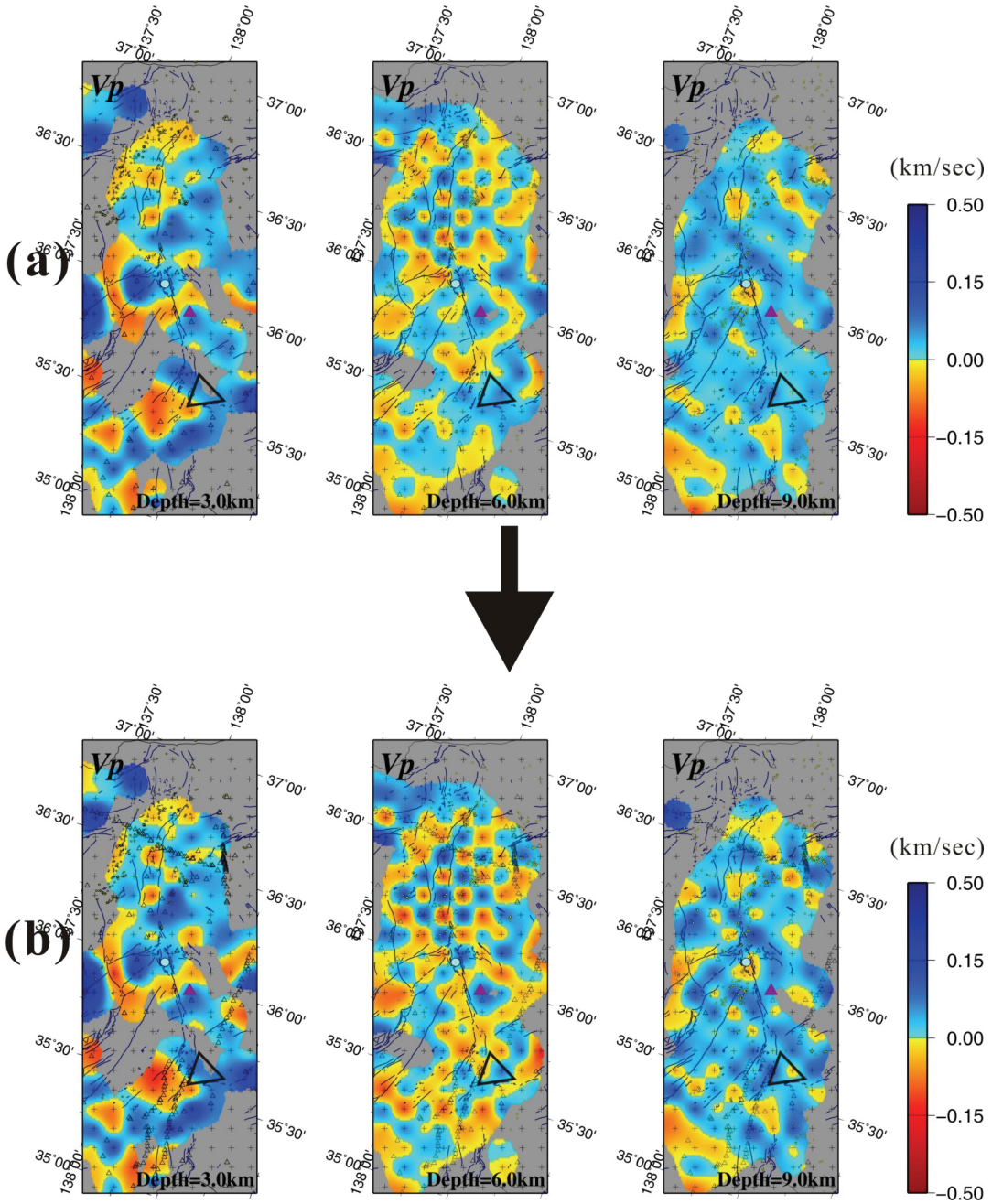

図 10　人工地震データの有無によるチェッカーボードテストの比較
黒い三角で囲まれた領域は甲府盆地を示す。紫三角は八ヶ岳を示す。(a) 自然地震データのみを使用。(b) 自然地震データに加えて人工地震データを使用。

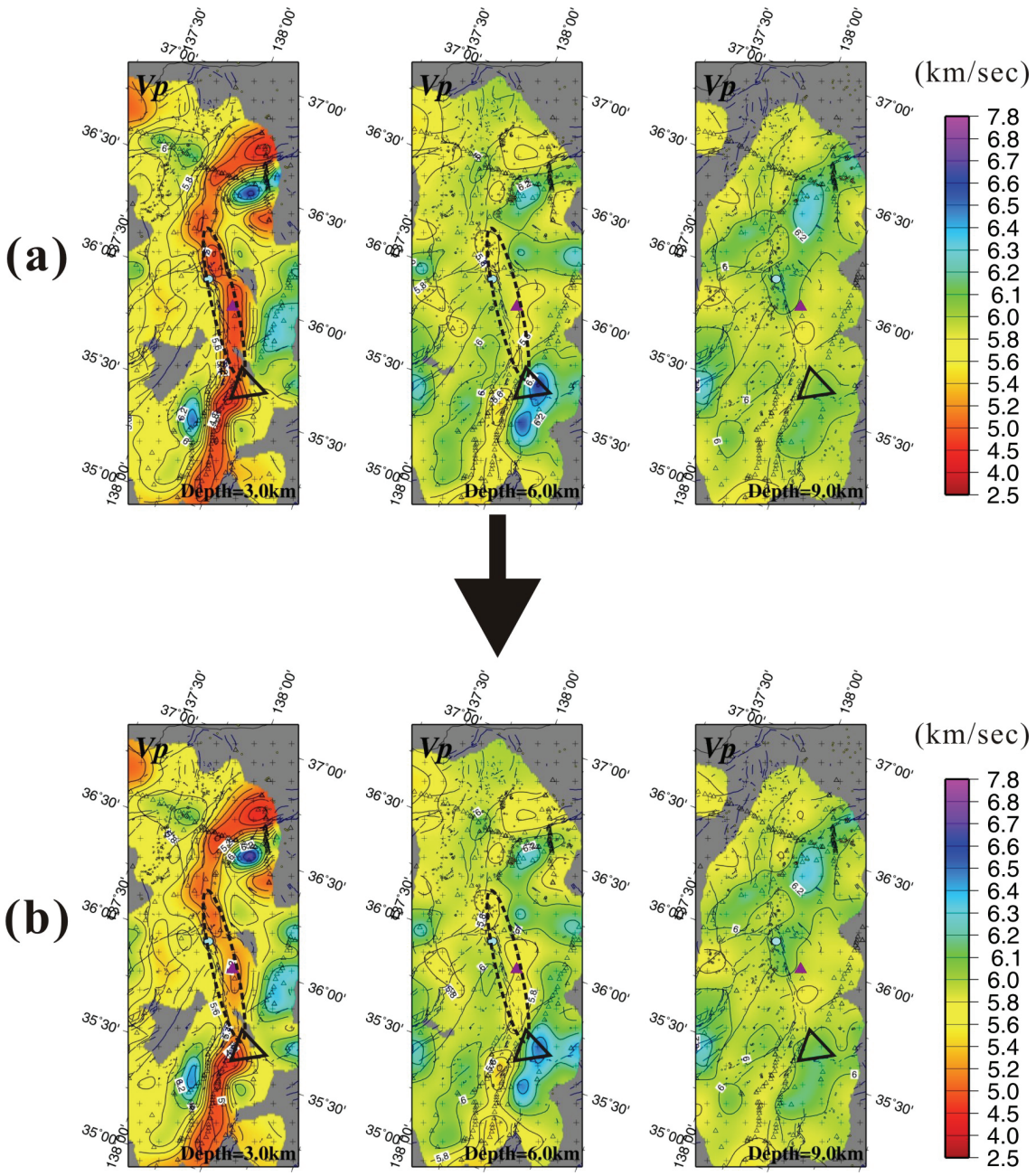

図 11　糸魚川－静岡構造線活断層帯中部における低速度域の有無の検証

黒い三角で囲まれた領域は甲府盆地を示す。紫三角印は八ヶ岳を示す。(a)理論走時の計算に用いたＰ波速度構造(Vp)。図９の速度構造を参考にして、破線で囲まれた領域にも低速度域を加えたモデルを仮定した。(b)解析によって得られたＰ波速度構造(Vp)。

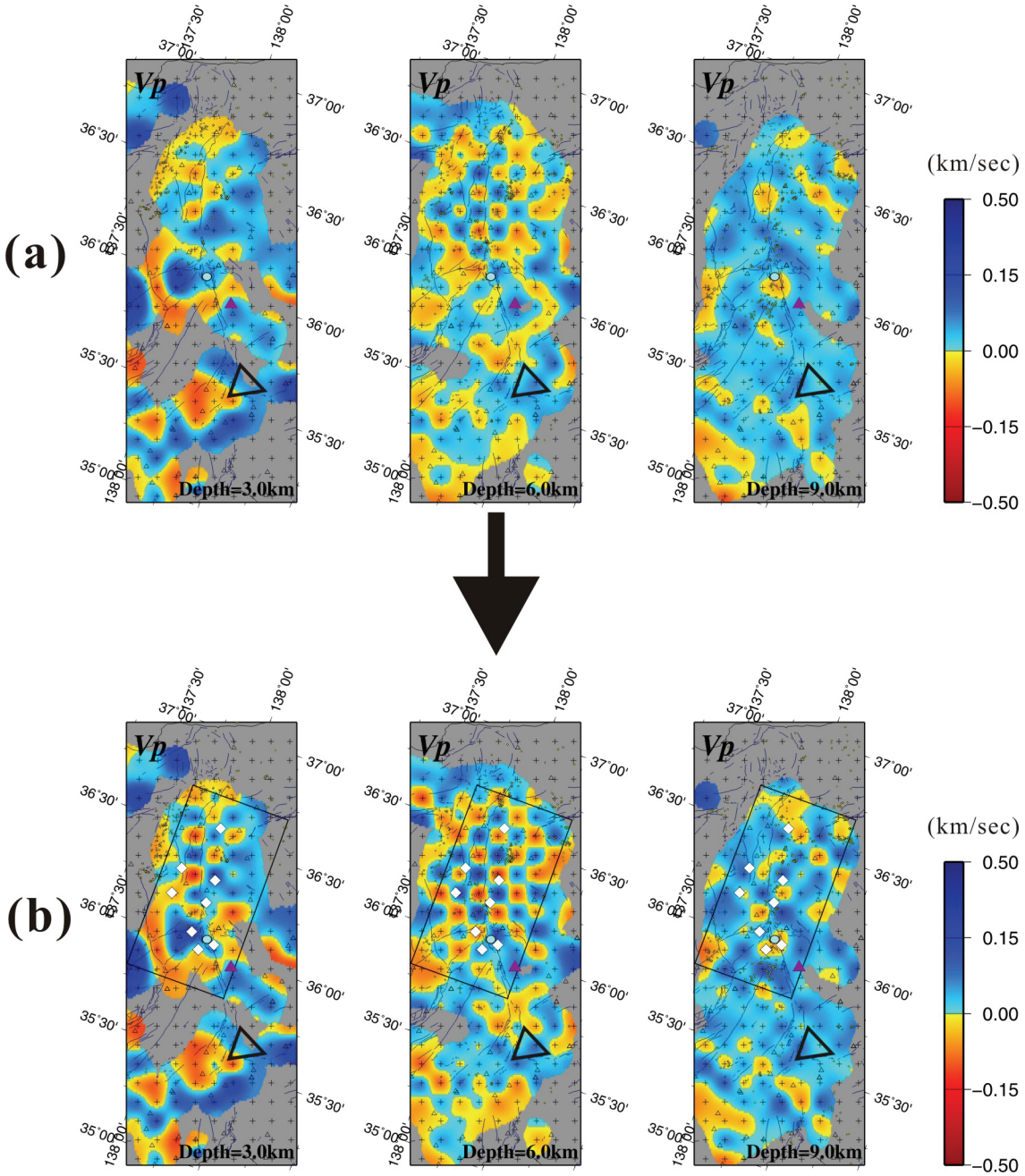

図 12　観測点８点の追加による空間分解能の向上を検証するためのチェッカーボードテストの結果

黒い三角で囲まれた領域は甲府盆地を示す。紫三角印は八ヶ岳を示す。 (a)観測点の追加がない場合。(b) ８点観測点（白菱形印）を追加した場合。四角で囲まれた領域内の地震と新設観測点との全ての組み合わせについて走時データが得られるものと仮定して、数値実験用のデータセットを作成した。

(c) 結論ならびに今後の課題

1) 断層帯周辺域における観測網の整備と運用

パイロット的な重点的調査観測で整備された５観測点の移管と３観測点の新設を実施し、これらの観測点からのデータと高感度地震観測網（Hi-net）のデータとの併合処理を行えるよう、データ処理システムを整備した。この整備によって、この地域で発生する浅発地震の震源決定精度が向上した。また、これらの８観測点では高感度地震観測網（Hi-net）とは異なって公衆インターネット回線を利用してデータを転送することによって回線コストの削減に成功した。一方で公衆回線の回線品質の不安定さなどに起因するデータの途切れなどが懸念されている。このようなデータの途切れをデータ再送によって補完することも今後の課題の一つといえる。また、５観測点で採用した A/D 変換転送装置の長期的な安定的稼動についても時間をかけた検証が必要である。このような課題を可能な限り解決して、データの蓄積および公開を円滑に実施していくことが重要である。

2) 地震波速度構造解析

今回の解析によって糸魚川－静岡構造線活断層帯の速度構造モデルを推定し、断層帯の地殻構造の全体像を掴むことができた。北部域と南部域では深さ 3 km と 6 km に顕著な低速度域が存在することが明らかになった。その一方で、中部域ではそのような顕著な低速度域が存在しないことが確かめられ、活断層帯に沿った大規模な構造の変化があることがわかった。増設した観測点による空間分解能向上の効果を数値計算によって推定し、今後のデータの蓄積によって諏訪湖から松本盆地にかけて空間分解能が向上することがわかった。また、架空の観測点を配置したシミュレーションが可能となったため、新しい観測点を選定する際の判断材料を提示することが可能となった。今後は、増設した観測点のデータ蓄積によって断層帯中部域の空間分解能を上げ、断層セグメンテーションの特徴的構造を明らかにする予定である。

（謝辞:使用した人工地震データは爆破地震動研究グループに提供して頂きました。）

(d) 引用文献

1) Asano, S., Ichikawa, K., Okada, H., Kubota, S., Suzuki, H., Nogoshi, M.,Watanabe, H., Seya, K., Noritomi, K. and Tazime, K.: Explosion seismic observations in the Matsushiro earthquake swarm area, Spec. Rep. Geol. Survey of Japan, Vol.5, PartI, pp.1-162, 1969.

2) 爆破地震動研究グループ：長野県および周辺地域における爆破地震動の観測，地震研究所彙報，Vol.60, pp.615-637, 1985.

3) 爆破地震動研究グループ：長野県および山梨県における爆破地震動観測（御代田－敷島測線），地震研究所彙報，Vol.61, pp.483-501, 1986.

4) 爆破地震動研究グループ：山梨県および静岡県における爆破地震動の観測（櫛形－清水測線），地震研究所彙報，Vol.63, pp.1-22, 1988.

5) 爆破地震動研究グループ：静岡県－愛知県地域における爆破地震動の観測（春野－作手測線），地震研究所彙報，Vol.64, pp.533-551, 1989.

6) 爆破地震動研究グループ：中部日本地域における爆破地震動の観測（吾妻－金沢測線），地震研究所彙報，Vol.69，pp.139-158，1994.
7) Matsubara, M., Hirata, N., Sakai, S. and Kawasaki, I.：A low velocity zone beneath the Hida Mountains derived from dense array observation and tomographic method, Earth Planets Space, Vol.52, pp.143-154, 2000.
8) 松田時彦：南部フォッサマグナ多重衝突説の吟味，月刊地球，Vol.11，No.9，pp.522-525，1989.
9) 総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会：糸魚川－静岡構造線活断層系の調査結果と評価について，地震調査委員会報告集－1995 年 7 月～1996 年 12 月，pp.501-510，1997.
10) Takeda T., Sato, H., Iwasaki, T., Matsuta, N., Sakai, S., Iidaka, T. and Kato, A.：Crustal structure in the northern Fossa Magna region, central Japan, modeled from refraction/wide-angle reflection data, Earth Planets Space, Vol.56, pp.1293-1299, 2004.
11) Zhang, H. and Thurber, C. H.：Double-difference tomography: The method and its application to the Hayward fault, California, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol.93, pp.1875-1889, 2003.

(3) 平成１８年度業務計画案

計器深度を約 20～50 m 程度とする３観測点を、調査観測の対象領域の中でも南部（山梨県北杜市・韮崎市・南アルプス市周辺）に新設して、この地域における震源決定精度の向上を図る。特に、この地域では断層帯直近の地震活動はそれほど活発でないものの、南西側の南アルプス山中では内陸浅発地震としては比較的深い地震（深さ 15 km 以深）が発生しており、その活動は比較的活発である。しかしながら、南アルプスの急峻な地形のためにこの地域の観測点密度は低く、精度の良い震源決定は困難であった。本業務によってこれらの地震の震源を精度良く決定し、また、蓄積されたデータからこの地域の地殻構造をより詳細にイメージングすることによって、断層深部構造と地震活動との関係が明らかになるものと期待される。