2.2 糸魚川―静岡構造線断層帯周辺域における地殻活動把握のための観測

2.2.1 自然地震観測(テレメータ方式による自然地震観測)

- (1) 調査観測の内容
 - (a)課 題 自然地震観測(テレメータ方式による自然地震観測)
- (b) 担当者

| 所 | 属 | 役職 | 氏 名 |
|-------------|---|---------|------|
| 気象庁地震火山部管理課 | | 地震情報企画官 | 宇平幸一 |

(c) 調査観測の目的

当該断層帯周辺に地震計 5 点を新設し、気象庁本庁にデータを伝送して、既存観測 網のデータと併合処理する。また、本調査観測において実施される反射法・重力探査 等により得られた速度構造を用いて、断層帯周辺のより詳細な地震活動の把握を行う。

(2) 平成15年度の成果

(a) 調査観測の要約

平成15年度は、長野県南安曇郡穂高町大字牧2273番地23に高感度地震計を設置し、 気象庁本庁にデータ伝送を行って、既存観測網と併合処理するため、システム等の調整 を実施した。

また、試験運用及び関係機関に対する波形データの試験配信を行った。

1) 調査観測の実施方法

平成14、15年度の新設点、及び平成16年度設置計画観測点は図2.2.1-1のとおり。

- 2) 調査観測の成果
- 2-1) 観測点の整備状況

平成15年度長野四賀、松本中山、平成15年度長野穂高の計3観測点を整備し、平 成16年度にはさらに2点を新設する予定である。この間、Hi-net 観測点の整備も進み、 図2.2.1-1に示すような稠密な観測網となった。

2-2) 検知能力の向上

図 2.2.1-2 に示すように、時期を次の①から④の時期に分けて地震の規模別度数分布 を調べた(①一元化業務開始から Hi-net 導入直前まで(1997 年 10 月 1 日~2002 年 9 月 30 日)、②Hi-net 導入から本計画による新規観測点 2 点追加直前まで(2002 年 10 月 1 日から 2003 年 5 月 12 日)、③本計画による新規観測点 2 点追加から新規 Hi-net 導入 直前まで(2003 年 5 月 13 日から 2003 年 9 月 30 日)、④2003 年 5 月 13 日から 2004 年7月11日まで)。これらの期間のうち、①についてはサンプル数も千個を超えており、 おおよそ M0.6 程度までの検知能力があると見られる。その後、地震観測点が追加されて きたが、同じ条件であった期間が短いことにより、検知能力が向上したことは必ずしも 明瞭ではない。ただし、④の期間については、①の期間に比べてより小さな地震まで検 知できているように見える。検知能力がどの程度向上したかについてはさらにデータを 蓄積する必要がある。



図 2.2.1-1 観測点の整備状況

2-3) 震源分布の比較

この領域では、糸魚川一静岡構造線に沿う地震の分布、及び東経 138 度線付近に沿うよう に地震が分布しており、後者の方が活発である。本計画による 3 観測点と新規 Hi-net の両方 とも使用しない場合と両方とも使用する場合で、震源分布を比較すると図 2.2.1-3 のようにな る。新規 Hi-net がこの領域の北部を中心に設置されたこともあり、観測点を追加した効果は、 特に北部の震源がより集中するようになったこと、また地震分布の下限の深さのばらつきが小 さくなっていることに表れている。また、震源の深さに対する効果は、東経 138 度線付近の 地震について顕著に表れている。図 2.2.1-4 左は、本計画整備 3 点は使うが新規 Hi-net は使 わない場合、図 2.2.1-4 右は Hi-net を含め新規整備を全部使う場合である。松本中山より南 の地震についてはやや深くなる傾向、松本中山付近では深くなるものと浅くなるものが混在、 それより北では浅くなるものが多い。特に図の最北部では浅く決定される地震が多く、Hi-net 観測点による効果が出ていると見られる。

2-4) Double-Difference 法による震源再決定

1997年10月の一元化業務開始後の気象庁震源とDouble-Difference 法によって再決定した震源を図 2.2.1-5 に示す。Double-Difference 法による結果を見ると、震源がクラスター に別れて分布していることがよりはっきりする。例えば、長野四賀観測点の北西からほぼ北に 伸びる約 10km 程度の地震活動域は、深さ 10~13km のほぼ垂直で僅かに東落ちのクラスターを形成していることが明瞭になった。また、この活動域の北東側に位置する活動域もいくつ かのクラスターに分かれると見られる。さらに、震源分布の下限及び上限がより明瞭であり、このことは図 2.2.1-6 の 2003 年 5 月 13 日以降の震源についても同様である。

3) 結論ならびに今後の課題

引き続き、既存観測網との併合処理、解析及び関係機関へのデータ流通を実施する。 今後も、データを蓄積するとともに、観測点の増設(図2.2.1-1)及び新規に防災科学技術研 究所が整備した Hi-net データの導入によるより密な観測網により、Double-Difference 法な どのルーチン以外の震源計算手法を用いた詳細な解析を進める。

(d) 引用文献

なし

- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- 1) 論文発表

| 著 | 者 | 題 | 名 | 発 | 表 | 先 | 発表年月日 |
|------|---------|----|---|---|---|---|-------|
| なし | | | | | | | |
| 2) L | 1頭発表 その | の他 | | | | | |

| 発表者 | 題 | 名 | 発表先、主催、発表場所 | 発表年月日 |
|-----|---|---|-------------|-------|
| なし | | | | |



図 2.2.1-2 期間毎の規模別度数分布及び積算図



図 2.2.1-3 新規整備観測点の有無による震度分布の相違



図 2.2.1-4 新規整備観測点の有無による震源位置の相違



図 2.2.1-5 気象庁震源と Double-Difference 法によって再決定した震源(1997 年 10 月以降)





2.2.2 自然地震観測(稠密アレーによる自然地震観測)

(1) 調査観測の内容

(a) 課 題 自然地震観測(稠密アレーによる自然地震観測)

(b) 担当者

| 所 | 属 | 役 | 職 | 氏 | 名 |
|------------|-------|---|---|----|---|
| 東京大学地震研究所地 | 也震研究所 | 教 | 授 | 平田 | 直 |

(c) 調査の目的

稠密アレー観測により、糸魚川・静岡構造線近傍の詳細な地震活動を求める。さらに、 トモグラフィー解析、レシーバー関数等の手法を用いて、構造線近傍の3次元的地下構造 を求めるためのデータを得る。3次元の速度構造モデルを用いて、構造線近傍の地震活動 の高精度震源分布を求める。平成15年度は、主としてデータの取得を行い、平成16年 度に解析を実施する。

(2) 平成 15 年度の成果

(a) 調査観測の要約

平成15年8月から11月にかけて、糸魚川-静岡構造線断層帯周辺地域の3箇所(地域 A,B,C)で稠密臨時自然地震観測、地域Cの南側で、線状稠密臨時自然地震観測を実施し て、地震活動の把握、地殻構造調査に資するデータを取得した。自然地震の他、本パイロ ット的な重点的調査観測で実施された反射法地震探査(糸魚川・静岡構造線・富士見地区 構造調査)のバイブレータ発震も記録した。観測期間中に、青木湖南(地域A)で、群発 地震活動が発生し、詳細な解析の結果、断層の深部よりさらに深い位置で発生したことが 分かった。

この活動を気象庁1元化震源(深さの範囲が、8から19km)と比較すると、本調査 観測結果の震源は、より狭い領域(水平方向に1×1km,深さの範囲が、14から16km) に集中していることが分かった。本調査観測では2日間に109個の地震(-0.5 < M < 2.2) の震源が決められた。本調査観測と同時期に震源決定された一元化震源の地震数と比較す ると約4倍である。これらのことから、断層程度の空間スケールで、高精度に地震活動を 把握するためには、本調査観測程度の稠密アレー観測を実施することが必要であることが 分かった。

(b) 調査観測の実施方法調査観測の成果

1) 観測

地域 A(Area A、青木湖周辺)に 4 点、地域 B (Area B、松本南の中山霊園周辺) に 4 点、地域 C (Area C、諏訪湖南の高遠町と富士宮町) に 9 点の臨時地震観測点を設置して、約 3 ヶ月間現地収録の観測を行った。さらに、地域 C の南(長野県諏訪郡富士見町、上伊那郡高遠町、長谷村、駒ヶ根市)で、4 9 観測点からなる中規模線上観測を実施し

た。観測点配置を図 2.2.2-1 に、観測期間を表 2.2.2-1 に示す。

地域A観測網の観測点配置と、観測期間中に気象庁が地域A近傍に決めた68個の地 震の震央(一元化震源)を図2.2.2-2に示す。地域B観測網の観測点配置を図2.2.2-3、 地域C観測網の観測点配置と線上観測網の配置を図2.2.2-4に示す。これらの観測点に、 固有周波数1Hz(線状観測網の5観測点では、0.2Hz)の3成分地震計を設置して、サ ンプリング周波数200Hz(地域A)または、100Hz(その他の地域)でGPS時計付き の大容量デジタルレコーダ(篠原・他、1997)で連続収録した。地域Aでは、これまで にも群発地震活動が報告されていた(図2.2.2-5)が、活動の深さが必ずしも正確に求め られていなかった。特に、糸魚川・静岡構造線断層帯との関係を解明する必要があった。

これらの観測記録は連続記録データであるので、詳細な地震活動の把握のために、様々 な地震検出法を適用して調査することが可能である。観測点近傍の局地地震、糸魚川・静 岡構造線断層帯全体を含む地域の地震、全国あるいは、全世界の地震などを対象として、 地震を検出して記録を編集し、データベースを作った。今年度は、このうち、青木湖周 辺で発生した群発地震活動について解析したので、次項で詳述する。その他の記録の解 析は、平成 16 年度に実施する。

2) 青木湖周辺の群発地震活動

地域 A で本調査観測期間中に発生した群発地震活動の震源を図 2.2.2-6 に示す。本調査 観測記録に、win システムの自動地震検出アルゴリズム(卜部・東田、1992)を適応する ことによって、61 の地震の震源が決められた。この間に気象庁によって決められた一元 震源は、22 個であった。図 2.2.2-6 の黒丸が、本調査観測によって決められた震源で、 細い棒の先が一元化震源である。黒丸の分布を見ると、観測点 IAO3 近傍に集中した地震 活動と、観測点 IAO2 近傍に集中した観測点が分離している。しかし、一元化震源だけで は、これらの区別は不明瞭である。特に、深さ分布で比較すると、黒丸の分布では、15 kmを中心とする分布と8kmを中心とする分布に分かれるが、一元化震源では、両者に 有意な区別は無い。

これらの、群発活動をより詳細に解析するために、目視によって全ての記録を精査して ノイズレベルを超える全ての地震の到着時刻を験測した。その結果、群発地震活動の2 日間に 109 個の地震(-0.5 < M < 2.2)の震源が決められた。調査観測と同時期に震源 決定された一元化震源の地震数と比較すると約4倍である。震源決定には、この地域で行 われた速度構造調査の結果を考慮して、地震研究所のルーチン処理で用いているプログラ ム hypomh (Hirata and Matsu'ura, 1987)を、観測点毎に速度構造の違いを考慮できる ように改良した震源決定法を用いた。さらに、観測点補正値を、連携震源決定法で求めた。 最終的な震源決定誤差は、用いた速度構造に依存するが、絶対精度で約100m程度、相対 精度は数10mと考えられる。

この活動を気象庁1元化震源(深さの範囲、8から19km)と比較すると、本調査観 測結果の震源は、より狭い領域(水平方向に1×1kmの領域内、 深さの範囲14から 16km)に集中していることが分かる。また、深さ15kmのこの集中的活動(クラスタ ーA)の他に、深さ10km(クラスターB)、深さ8km(クラスターC)にも、集中的 地震活動のあることが分かった(図2.2.2-7)。これらのクラスターは、波形が異なるこ とからも、別の場所で発生していることが分かる(図2.2.2-8)。一方、クラスターAに 属する地震の波形は、マグニチュードが異なっても極めて類似している(図2.2.2-9)。 これは、この地域で発生する群発地震の震源域の広がりが極めて小さいことを示唆してい る。今後、繰り返して同じ領域で発生する群発的な地震の発生メカニズムを解明すること が、広域応力が特定の断層周辺に集中していくメカニズムを解明するために重要な課題と なる。

本調査観測によって、クラスターの地震活動の発生機構を解明する手掛かりとなるよう なデータが得られた。クラスターAの地震活動の時間的推移を図 2.2.2-10 に示す。2003 年9月30日12:30から13:40 (日本時)までの震央の変化と深さの変化を示す。クラ スターAは、12:30から始まり10月1日までの2日間継続した。主要な活動は、最初の 2時間に集中している。特に、活動の開始10分程度の間には、顕著な震源の移動が認め られる。即ち、活動は深さ15.5km、水平的な位置では集中域の南端から始まり、次第に 浅く(14km)なり、北に移動した様子が分かる。移動速度はおよそ2m/sと見積もられ る。群発的地震活動で、このような明瞭な活動域の移動が観測された例としては、火山活 動に伴って発生する群発活動が知られている。例えば、三宅島の噴火に伴って発生した群 発地震活動の西方への移動は、マグマの西方への移動によって解釈された。(酒井・他2001)。 本調査観測データは、流体の移動に伴って群発地震が発生した可能性を示唆する。

本調査領域及びその周辺で実施されたトモグラフィー法による深さ10km程度に、水 に満たされた極めて扁平な(アスペクト比~0.02-0.1) 亀裂が、数%存在している可能性 が指摘されている(Kurashimo and Hirata, 2004)。また、本調査観測地域の西側には活火山 を含む火山帯が存在し、トモグラフィー解析の結果でも、本調査観測地域の西方20km の地下15km程度にマグマ溜りのあることが推定されている(Matsubara *et al.*, 2000)。以 上の地震学的データの他、電磁気学的な構造探査(Ogawa et al., 2002、本パイロット的 重点的調査観測)からも、流体の存在が指摘されている。クラスターAの発生が地殻深部 の水やマグマなどの流体の移動でトリガーされた可能性は高いと考えられるが、今後、周 辺の応力場の変化と流体の分布や移動の実態を解明する必要がある。

c)結論ならびに今後の課題

平成15年度には、3カ所の稠密臨時自然地震観測と、1カ所の稠密線状臨時自然地震観 測を実施して、地震活動の把握、地殻構造調査に資するデータを取得した。稠密臨時自然 地震観測の結果、地点Aの周辺で、繰り返し発生する群発地震活動に関するデータが得ら れた。定常観測(1元化震源)の約4倍の数の微小地震の震源が決められ、一元化震源と 比べると、本調査観測によって得られた震源は、狭い領域に集中していた。最も活発な活 動の深さは14kmから16km程度であり、本調査観測地域にある糸魚川・静岡構造線断層 帯の断層面より有意に深いことが分かった。地点Aでは、少なくとも3カ所に集中的活動 (クラスター)が存在していることが分かった。この内、最も浅いクラスターの深さは約 8kmであり、断層活動との関係が考えられる。断層規模の空間スケールで、高精度に地 震活動を把握するためには、本調査観測のような断層の大きさ・深さ程度の観測点間隔(数 km間隔)の稠密アレー観測を実施することが必要であることが分かった。

平成16年度には、15年度に得られた自然地震記録の解析を進め、富士見地域の地

震波速度構造をトモグラフィー法と、レシーバー関数解析法で解析する。さらに、稠密自 然地震観測データと、定常観測データを統合して、糸魚川・静岡構造線断層帯全域の3次 元速度構造とそれを考慮した精密震源分布を考察する。特に、Hi-net 等の全国的に均一 に展開された高感度地震観測網(基盤的調査観測網)によって得られた広域地震活動と、 断層規模の詳細な地域的地震活動の関係を議論できる重点的な調査観測データを整備す ることを目指す。

(d)引用文献

- 1) Hirata, N. and M. Matsu'ura, Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using non-linear inversion technique, Phys. Earth Planet. Inter., 47, 50-61, 1987.
- 2) Kurashimo, E. and N. Hirata, Low Vp and Vp/Vs zone beneath the northern Fossa Magna basin derived from a dense array observation, submitted to Earth Planets Space 2004.
- 3) Matsubara, M., N. Hirata, S. Sakai, and I. Kawasaki, A low velocity zone beneath the Hida Mountains derived from dense array observation and tomographic method, *Earth Planets Space*, **52**, 143–154, 2000.
- 4) Ogawa Y, S. Takakura, and Y. Honkura, Resistivity structure across Itoigawa-Shizuoka tectonic line and its implications for concentrated deformation, Earth Planets Space, 54, 1115-1120, 2002.
- 5) 酒井慎一・山田知朗・井出哲・望月将志・塩原肇・卜部卓・平田直・篠原雅尚・金沢 敏彦・西澤あずさ・藤江剛・三ヶ田 均、地震活動から見た三宅島 2000 年噴火時の マグマの移動、地学雑誌、110(2), 145-155, 2001
- 6) 篠原雅尚・平田直・松本滋夫, GPS 付き地震観測用大容量デジタルレコーダ, 地震 2, 50, 119-124, 1997.
- 7) ト部卓・東田進也, win 微小地震観測網波形験測支援のためのワークステーショ ン・プログラム(強化版),日本地震学会予稿集, no. 2331, 1992.
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
 - 1) 論文発表

| 著 | 者 | 題 | 名 | 発 | 表 | 先 | 発表年月日 |
|-------|-------|----|---|---|---|---|-------|
| なし | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2)口頭2 | 路表 その | 44 | | | | | |

2)日與免衣、ての他

| 発表者 | 題 | 名 | 発表先、 | 主催、 | 発表場所 | 発表年月日 |
|-----------------|----------------------|------------|------|------|-------|-------|
| Panayotopoulos, | Micro-earthquake di | stribution | 地球惑星 | 4科学関 | 連合同学 | 2004 |
| Y., T. Takeda, | along the Itoigawa- | Sizuoka | 会大会、 | 幕張、 | 2004. | |
| N. Hirata | Tectonic Line by the | 2003 | | | | |
| | temporary array obse | ervation | | | | |



図 2.2.2-1 平成 15 年度稠密臨時自然地震観測の観測点配置

| 観測網名 | 地域 | 点数 | 期間 |
|--------------|----------------|----|-----------------------|
| Area A | 青木湖周辺 | 4 | 2003/08/04-2003/10/27 |
| Area B | 松本南の中山霊園周辺 | 4 | 2003/08/27-2003/11/21 |
| Area C | 諏訪湖南 | 9 | 2003/08/25-2003/10/16 |
| Linear Array | 富士見町、上伊那郡高遠町、長 | 49 | 2003/08/26-2003/10/16 |
| | 谷村、駒ヶ根市 | | |

表 2.2.2-1 平成 15 年度稠密臨時自然地震観測の観測期間



6° 40' 00"

137° 50' 00"

138° 00' 00"



図 2.2.2-2. Area A 観測網の観測点分布(黄色の丸印)(a)と観測点(IA01)の設置外観(b)、 観測装置(c)。紫の丸は、既存の定常観測点を示す。観測期間中に気象庁が決 めた68個の地震の震央を+で示す。



138[°] 00'

図 2.2.2-3 Area B 観測網。紫の丸は、既存の定常観測点。観測期間中に気象庁が決めた 14 個の地震の震央を+で示す。



138° 00'

図 2.2.2-4 Area C 観測網(白丸の中)と線状観測網。紫の丸は、定常観測点。観測期間 中に気象庁によって 12 個の地震が決められた。



(TSEIS)

図 2.2.2-5 Area A 付近で発生した地震の積算数(気象庁一元化震源)。2000 年1月1日 から2003 年12月31日までを示した。この領域では、群発的な地震活動が数 回以上発生したことがわかる。緑の○印が、本調査観測期間中に発生した群発 地震に対応する。



図 2.2.2-6 Area A で発生した群発地震活動の震源。本調査観測によって、61の地震の 震源が決められた。この間に気象庁によって決められた一元震源は、22 個で あった。黒丸が、本調査観測によって決められた震源。棒の先が、一元化震 源。



図 2.2.2-7 地域 A 観測網の近傍で観測期間中に発生した微小地震。顕著な 3 つのクラス ター(集中的活動)が認められる。クラスターA が、最も顕著な活動で、平均 深度 15km で、水平方向に 1km、深さ方向に 1.5km の狭い範囲で発生していた。 図 2.2.2-6 で示した地震の他にも微小地震が発生していることが、詳細な解析 をした結果わかった。本調査観測中の 2 日間に 109 個の地震がクラスターA の 中に決められた。



図 2.2.2-8 地域 A 観測網の観測点 IA01 で記録された地震の比較。それぞれクラスター A, B, C に属する地震を示した。S-P 時間など、波形の違いが明白である。



図 2.2.2-9 クラスターA に属する地震の波形の比較。観測点 IAO 1 で記録された 3 つの 地震を示した。これらの、波形は、きわめて類似しているので、ほぼ、同一の 場所で発生したと考えられる。上下動成分に、P 波と S 波の間に明瞭な相が見 える。P 波、S 波の到着時刻との差から、観測点下の堆積層の下部で S 波から P 波に変換した SP 波と考えられる。



図 2. 2. 2-10 クラスターAの地震活動の時間的推移。2003 年 9 月 30 日 12:30 から 13:40(日本時)までの震央の変化と深さの変化を示す。クラスターAは、12:30 から始まり 10 月 1 までの 2 日間継続した。主要な活動は、最初の 2 時間に集中している。特に、活動の開始 10 分程度の間には、顕著な活動の移動が認められる。即ち、活動は深さ 15.5km で集中域の南端から始まり、次第に浅く(14km)なり、北に移動した様子が分かる。移動速度は、およそ 2 m/s と見積もられる。

2.2.3 地殻変動観測(GPS 観測による詳細地殻変動分布の解明)

(1) 調査観測の内容

(a) 課 題 地殻変動観測(GPS 観測による詳細地殻変動分布の解明)

(b) 担当者

| 所属 | 役 職 | 氏 名 |
|-------------------|-------|-------|
| 名古屋大学 地震火山観測センター | 助教授 | 鷺 谷 威 |
| 国土地理院地理地殻活動研究センター | 主任研究官 | 矢来 博司 |
| 地殻変動研究室 | 研究官 | 西村卓也 |

(c) 調査観測の目的

糸魚川-静岡構造線断層帯の周辺において GPS の稠密なキャンペーン観測を繰り返し 実施し、周囲の GPS 連続観測点のデータと合わせて解析することにより当該地域におけ る地殻変動の詳細な分布を明らかにし、断層帯周辺における応力蓄積過程を検討するため の基礎データを提供する。

- (2) 平成15年度の成果
- (a) 調査観測の要約

糸魚川-静岡構造線断層帯の中部から北部にかけての地域で昨年度設置したキャンペーン観測用の観測点において、第2回の観測を実施した。

- (b) GPS キャンペーン観測の実施
 - 1) 調査観測の実施方法

平成15年10月29日から11月14日にかけてGPSのキャンペーン観測を実施した。平成14年 度に設置された28点のキャンペーン観測点を2つのグループに分け(うち2点は両グループに共 通)、それぞれについて5~7日間の観測を実施した。平成15年度のデータ取得状況は表 2.2.3-1に示す通りである。

観測には TOPCON GP-R1DY 受信機およびアンテナを使用した。GPS アンテナは鉄筋コンクリートの建築物の屋上に昨年度設置したボルトを用いて固定した。全観測点において 30 秒間隔で 連続的に取得している。なお、観測機器の不調のために1ヶ所でデータが取得できなかった。

取得されたデータを、周辺の GPS 連続観測点(62 点)におけるデータとともに解析した。解析は IGS (International GPS Service)による精密暦、IERS (International Earth Rotation Service)による地 球回転パラメータを用いて Bernese GPS software version 4.2 により実施した。IGS の臼田観測点の 座標値を ITRF2000 座標系に準拠して固定し、他の観測点の座標値を算出し、さらに 2002 年の座 標値と 2003 年の座標値のそれぞれの平均値の差から1年分の地殻変動を求めた。

2) 調査観測の成果

図2.2.3-1はいくつかの観測点について、日座標値の変化を時系列として表示したものである。

2002 年と2003 年の観測はそれぞれ1週間程度の短い期間のみ行われていることが分かる。キャンペーン観測点の座標値の再現性はほぼ 1cm 以内で、連続観測点と比べてもそれほど変わらない。 一部の GPS 連続観測点では、座標の上下成分に大きな変化が生じているように見えるが、これは 観測点のアンテナ交換に伴い生じたと考えられる。一方、アンテナを交換しても水平座標に人為的 な変化が生じることは稀であり、水平成分については前後の比較が可能である。

そこで、2002 年と 2003 年の座標値の平均を求め、その変化から地殻変動ベクトルを計算した結 果が図 2.2.3-2 である。比較のために、周辺の GPS 連続観測点における平均的な地殻変動速度 (1996 年から 2000 年までのデータに基づいて算出した結果)を図 2.2.3-3 に示す。図 2.2.3-2 と 図 2.2.3-3 を比較すると、図 2.2.3-2 の変位ベクトルはばらつきが目立つものの、図 2.2.3-3 に示 されている北西側の観測点が東向きに動く様子の一端を的確に捉えているとみなせる。1年間の 変動量は絶対値が小さく、現在のキャンペーン観測で地殻変動を検出できる限界に近い。そのよ うな状況にも関わらず、長期的な変動傾向に近いものが得られていることから、あと1、2回観測を 繰り返せば、詳細な地殻変動分布の推定が可能であると期待される。

| | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 02R0901 | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0902 | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0904 | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | | | | | | | | |
| 02R0905 | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0906 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0907 | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | |
| 02R0908 | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | |
| 02R0909 | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0910 | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0911 | | | Δ | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 02R0912 | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0913 | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0914 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0915 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0916 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0917 | | | | | | | | | Δ | | | | | | | Δ |
| 02R0918 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0919 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0920 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0921 | | | | | | | | | Δ | Δ | | | | | | |
| 02R0922 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0923 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ |
| 02R0924 | | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | |
| 02R0925 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | |
| 02R0926 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | |
| 02R0927 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | |
| 02R0928 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | | | | | | | | |
| 02R0929 | | | | | | | | | Δ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Δ | |

表 2.2.3-1 平成16年度の GPS キャンペーン観測のデータ取得状況



図 2.2.3-1 本GPS観測により求められたGPS観測点の座標変化。(左)キャンペーン観測点(青木村)、(右) GEONET 観測点(大町市)。大町市の上下成分における変化はアンテナ交換の影響である。



E 138E 138E 138E 139E 2.2.3-2 本GPS観測により求められた1年間 の変位ベクトル。臼田観測点を基 準としている。



図 2.2.3-3 GPS連続観測により求められた糸 魚川-静岡構造線北部周辺の地 殻変動速度。臼田観測点を基準と する。

3) 結論並びに今後の課題

平成16年度は、10-11月に第3回の観測を実施する。さらに3年分の結果をまとめて詳細な地 殻変動分布について議論する予定である。

(d) 引用文献

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

| 著者 | 題名 | 発 表 先 | 発表年月日 |
|----|----|-------|-------|
| なし | | | |

2) 口頭発表、その他

| 著者 | 題名 | 発表先、主催、発表場所 | 発表年月日 |
|--------|-----------------|---------------|---------|
| 鷺谷威・西村 | 糸魚川-静岡構造線断層帯北 | 地球惑星科学関連学会 | 平成 16 年 |
| 卓也・井上政 | 部周辺における稠密 GPS 観 | 2004年合同大会,千葉市 | 5月11日 |
| 明·矢来博司 | 測 | | |

2.2.4 地殻変動観測(干渉 SAR による構造線断層帯周辺の地殻変動検出)

(1) 調査観測の内容

(a) 課 題 地殻変動観測(干渉 SAR による構造線断層帯周辺の地殻変動検出)

(b) 担当者

| 所属 | 役 職 | 氏 名 |
|-------------------|-------|-------|
| 国土地理院地理地殻活動研究センター | 主任研究官 | 矢来 博司 |
| 地殼変動研究室 | | |

(c) 調査観測の目的

GPS による地殻変動観測を空間的に補完し、糸魚川一静岡構造線断層帯周辺の地殻変動の面的分布を明らかにするため、干渉 SAR 解析を行う。得られた地殻変動から断層帯 周辺の詳細な状況を把握する。

変動量が小さいと予想されるため、干渉 SAR による微小な地殻変動の検出技術の向上 を目指し、活断層周辺域の地殻変動観測手法の確立に資する。

- (2) 平成15年度の成果
 - (a) 調査観測の要約

牛伏寺断層、松本盆地東縁断層周辺を観測した SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行う。平成15年度は、精密軌道情報が公開されている ERS-1, ERS-2の SAR データを用いて解析を実施した。

- (b) ERS-1, ERS-2 データを用いた干渉 SAR 解析
 - 1) 調査観測の実施方法

ERS-1, ERS-2 の SAR データについて、牛伏寺断層、松本盆地東縁断層周辺をカバーする Path:68, Row: 240 のデータを利用した。

干渉 SAR 解析では、2時期のデータを干渉させて作成する初期干渉画像から、軌道縞、 地形縞を除去して最終的な差分干渉画像を得る。そのため、衛星の軌道情報が正確である 必要がある。ERS-1, ERS-2 は、DELFT 大学によって精密軌道値(precise orbit)が公開 されており、今回はその軌道情報を用いて解析を行った。解析ペアの選定にあたっては、 変動量が小さいと予想されるため、できるだけ長期間のペアを選んで解析を行った(図 2.2.4-1)。

2) 調査観測の成果

平成15年度は、ERS-1, ERS-2のデータを用いて干渉 SAR 解析を行った。観測間隔が 1年以上のペア11シーンを解析した(図2.2.4-2)。

昨年度用いた JERS-1 は、波長の長い L-band のマイクロ波を用いることから、植生の透

過性が高いが、ERS-1, ERS-2 は波長の短い C-band のマイクロ波を用いるため、植生の透 過性が低い。そのため、植生に覆われている地域では干渉がほとんど得られていない。干渉 が得られたのは松本盆地、長野盆地、諏訪湖周辺などの平坦な領域に限られている。干渉が 得られた領域では、軌道縞、地形縞がほぼ除去されており、用いた精密軌道値は十分な精度 を持っているといえる。

ERS-1, ERS-2 は波長の短いマイクロ波を用いるため、地表変動量の分解能が高い。しか し同時に、大気中の水蒸気の影響も大きく受ける。解析結果について、一部のシーンでは活 断層と関連するような位相変化パターンが見られた。しかし、大気中の水蒸気分布の不均質 性に起因すると考えられる位相変化や、一部のシーンでは軌道縞がわずかながら残存してい ると思われるようなパターンも見られることから、これらの影響を低減させる方法について 検討する必要がある。

今年度用いた ERS-1, ERS-2 データを用いた干渉 SAR では、広い平野部における活断層 であれば、周辺の地殻変動を調査する目的は十分達成されると考えられる。しかし、本調査 観測での対象地域は山地が多く、中央隆起帯などの山間部の地殻変動を明らかにするために は、ERS-1 や ERS-2 よりも干渉性の高いデータを用いる必要がある。

3) 結論並びに今後の課題

DELFT 大学が公開している ERS-1,ERS-2 の精密軌道値は、干渉 SAR 解析に十分な精 度を有していることが確認された。干渉 SAR 解析の結果、一部のシーンでは活断層と関連 するような位相変化パターンが見られた。しかし、ERS-1, ERS-2 は C-band のマイクロ波 を用いているため、可干渉性に限界があり、山地では干渉が得られなかった。

今後、ERS-1, ERS-2 と比べ干渉性がやや高いと考えられる RADARSAT のデータを用い た干渉 SAR 解析を試行する。また、干渉性に優れる L-band の JERS-1/SAR データの干渉 SAR 解析では、推定された軌道の精度を向上させることにより、軌道縞を除去し、地殻変 動を明らかにできると考えられることから、解析範囲に含まれる GPS 観測結果を用いて軌 道を推定するなどの新たな手法を開発する。





図 2.2.4-2 松本盆地周辺の差分干渉画像。画像は全てジオコード済み。(a) 反射強度画像; (b)92/10/10~93/10/30 (385 日); (c) 93/8/21~95/9/18 (758 日); (d) 93/4/3~96/3/11 (1073 日); (e) 93/6/12~98/5/26 (1809 日); (f) 93/5/8~98/6/30 (1879 日)。()内の数 字は観測間隔の日数。干渉画像の色は位相を示し、色の1周期の変化が衛星の視線方向 の変位量 2.8cm に相当する。

(d) 引用文献

なし

- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
 - 1) 論文発表

| 著 | 者 | 題 | 名 | 発 | 表 | 先 | 発表年月日 |
|----|---|---|---|---|---|---|-------|
| なし | | | | | | | |
| | | | | | | | |

2) 口頭発表、その他

| 著 | 者 | 題 | 名 | 発表先、主催、発表場所 | 発表年月日 |
|----|---|---|---|-------------|-------|
| なし | | | | | |
| | | | | | |