

長野県大町市周辺地域における GPS 観測 (1993—1994)

山川健一*・角野由夫

信州大学理学部地質科学教室
(1995年8月30日受理)

はじめに

日本列島は、地質構造的に中部日本を南北に走る大地溝帯フォッサマグナによって東北日本弧と西南日本弧に大きく分けられる。そして、長野県大町市は北部フォッサマグナ地域の西端部、糸魚川—静岡構造線上に位置する。糸魚川—静岡構造線は、ユーラシアプレートと北米プレートあるいは東北日本マイクロプレートとの境界である可能性が従来より指摘されてきた(日本海東縁部新生海溝説; 小林, 1983; 中村, 1983)。現在、糸魚川—静岡構造線はなんらかのプレートの収束あるいは衝突境界であることが測地測量データ

(e.g., 多田・橋本, 1990), 地震観測データ(e.g., 三雲, 1990), 重力観測データ(e.g., 萩原, 1990)などに基づいて推定されている。

フォッサマグナ地域が北米プレートの先端部であると仮定するならば、剛体的北米プレートの運動論に基づいて、プレートの回転軸から遠い先端部では変動量が大きいはずであり、その結果、大地震の発生が予測される。実際、ユーラシア—北米プレート境界と考えられる日本海東縁部には多くの地震活動が認められる。この数十年をとってみても、図1に示すように日本海東縁部では、1940年積丹半島沖地震(マグニチュードM7.5), 1947年留萌西方沖地震(M6.7), 1964年青森県西方沖地震(M6.9), 1964年新潟地震(M7.5), 1983年日本海中部地震(M7.7), 1993年北海道南西沖地震(M7.8), 1995年サハリン北部地震(M7.6)などが発生している。

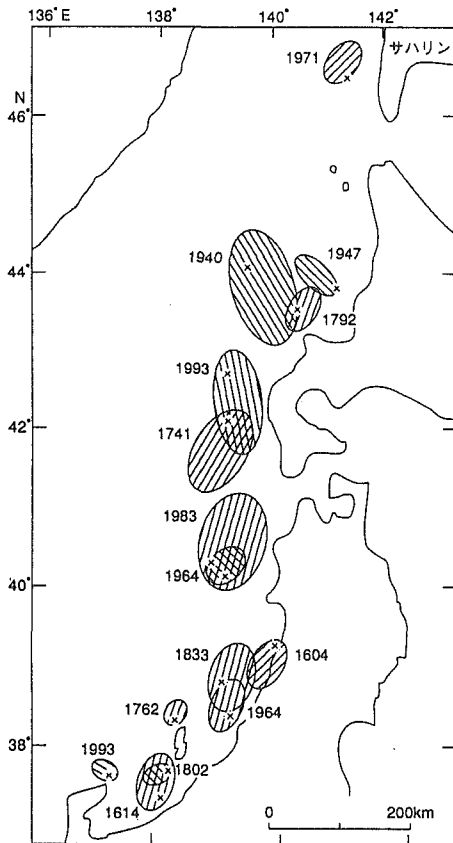


図1 日本海で過去に起こった地震に伴う波源域(古本, 1995)

*千葉市役所都市局

北部フォッサマグナ地域の地震と日本海東縁部の地震の連動性

北部フォッサマグナ地域は、歴史上しばしばM6程度の地震が発生している。これらの地震は日本海東縁部の地震に連動して発生しているように思える。1983年日本海中部地震(M7.7)以後、フォッサマグナ周辺部に地震活動が集中し、1983年愛鷹山直下の地震(M4.7)、1983年山梨県東部地震(M6.0)、1984年長野県西部地震(M6.8)、1985年能登半島沖地震(M5.8)、1986年長野県大町付近の地震(M5.9)、1987年新潟県糸魚川沖の地震(M6.5)などの発生をみている。また、1993年北海道南西沖地震(M7.8)以後、再びフォッサマグナ周辺部に地震活動が集中し、1993年長野県西部地震(M5.0)、1993年能登半島沖地震(M5.1, M5.0)、1994年富山県中部地震(M5.0)、1995年長野県南部地震(M5.1)、1995年新潟県北部地震(M6.0, M5.2, M4.7)などの発生をみている。そして、一連の新潟県北部地震の約10日後、駿河湾にM5.1の地震が発生した。一方、北部フォッサマグナ地域の地震活動が関東・東海地域の巨大地震に先行する傾向がある。すなわち、日本海東縁部—フォッサマグナ—駿河湾または相模湾へと、地震活動が北から南へと移動する傾向がある。19世紀の中頃、1847年長野県善光寺地震(M7.4)、1847年新潟県頸城郡の地震(M6.1/2)、1853年長野県北部地震(M6.5)などの後、1853年嘉永・小田原地震(M6.7)および1854年安政・東海地震(M8.4)、その翌日、安政・南海地震(M8.4)が発生した。また、今世紀の始め、1916年浅間山麓の地震(M6.2)、1917年静岡地震(M6.3)、1918年大町地震(M6.1, M6.5)の発生した後、1923年大正・関東地震(M7.9)が発生している。よって、大町市を含む、糸魚川—静岡構造線沿い地域の地殻歪場の解明は、地震予知研究やプレート境界のテクトニクス研究において重要な手掛かりを与えるものと期待される。

GPS 観測と結果

大町市周辺地域の地殻変動を3次元的に把握するため、本地域に3点のGPS観測点が設置された(図2)。GPS観測点は、大町市高瀬渓谷緑地公園内に1点(高瀬入観測点#4030:石標)、北安曇郡美麻村宮村地区に1点(宮村観測点#4031:石標、国土地理院四等三角点)、池田町大峰高原白樺の森内に1点(大峰観測点#4032:金属標)である。それぞれの地質は、高瀬入観測点が生代の有明花崗岩の上位にある第四紀更新世中期の高位段丘面堆積物で大町テフラ層を挟む砂および礫からなり、宮村観測点为新第三紀中新世後期の小川層の砂岩・砂質泥岩・礫岩からなり、大峰観測点是新第三紀鮮新世の大峰累層のデイサイト溶岩・酸性凝灰岩である(加藤碩一・佐藤岱生, 1983; 加藤碩一・他, 1989)。大町GPS観測点・3点の位置座標は、1993年11・12月、1994年1月に東京大学地震研究所・野辺山観測点(長野県南佐久郡南牧村、国立天文台野辺山宇宙電波観測所構内)との結合観測により決定された(表1)。

大町GPS観測は、1993年11月、1994年4・7・9・11月の計5回実施された。表2に観測の概要をまとめて示す。表2の中のセッション(session)は観測初日の時間帯を示しており、1/2恒星日の公転周期をもつGPS衛星の運動と地球自転のずれから同一配置の時刻が1日約4分ずつ早いほうへずれてゆくので、それにあわせて観測時間帯も1日4

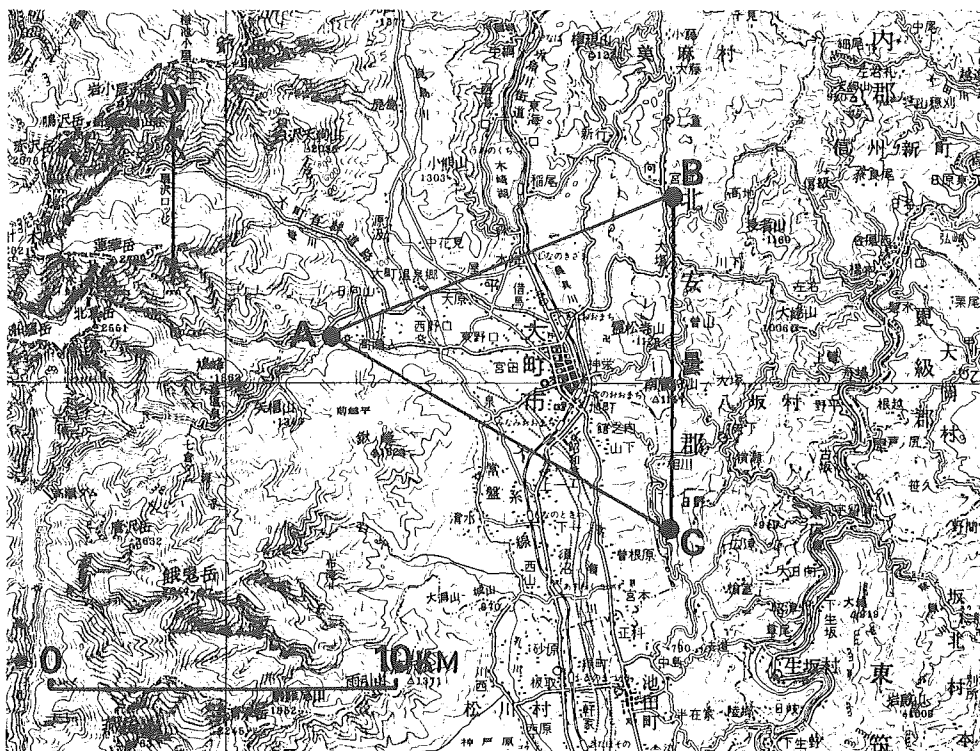


図2 大町 GPS 観測点の配置図

A : 高瀬入観測点 B : 宮村観測点 C : 大峰観測点

Table 1. List of coordinates of observation sites (WGS84) for the Omachi GPS campaign in 1993-1994.

Site (station #)	Latitude	Longitude	Height
Takaseiri (#4030)	N 36°31'00.301 ₅₆ "	E 137°46'47.998 ₁₀ "	989.43,m
Miyamura (#4031)	N 36°33'11.988 ₆₃ "	E 137°53'29.146 ₄₆ "	873.97,m
Omine (#4032)	N 36°27'54.158 ₇₄ "	E 137°53'22.552 ₄₂ "	1050.90,m

Table 2. Summary of the Omachi GPS campaign for 1993-1994.

	1993	1994	1994	1994	1994
Date :	Nov. 16-19	Apr. 22-26	Jul. 26-29	Sep. 06-09	Nov. 14-17
Days	4 days	4 days	4 days	4 days	4 days
Session (UT)	13:10-15:40 16:57-19:27	10:12-12:42 13:02-15:32	12:09-14:42 14:56-17:29	09:34-12:07 12:21-14:54	07:38-10:11 10:20-12:53
Satellite (PRN)	01, 02, 03, 15 18, 19, 22, 25 27, 28, 29, 31	02, 04, 06, 07 14, 15, 16, 18 24, 27, 29	01, 05, 09, 12 17, 20, 21, 23 25, 26	01, 05, 06, 09 12, 16, 21, 23 25, 26	01, 05, 06, 12 20, 22, 23, 25 29

Table 3. Baseline lengths, unit in m, and total number of effective sessions, N.

Baseline	Miyamura-Takaseiri		Omine-Takaseiri		Omine-Miyamura	
Date	Baseline length	N	Baseline length	N	Baseline length	N
Nov. '93	10774.874±0.003	6	11375.557±0.003	8	9801.429±0.005	6
Apr. '94	10774.865±0.003	7	11375.548±0.003	7	9801.415±0.009	7
Jul. '94	10774.861±0.008	4	11375.553±0.004	7	9801.421±0.009	4
Sep. '94	10774.859±0.006	7	11375.552±0.005	8	9801.415±0.003	7
Nov. '94	10774.864±0.004	8	11375.553±0.004	8	9801.419±0.004	8

Table 4. Relative change of the coordinates (WGS84) with time at Miyamura and Omine stations, when the coordinates of Takaseiri station were fixed as listed in Table 1.

Miyamura			
Date	Latitude	Longitude	Height
Nov. '93	N 36°33'11.98926" ±.00010	E 137°53'29.14646" ±.00020	873.991 m ±.014
Nov. '94	N 36°33'11.98897" ±.00010	E 137°53'29.14616" ±.00020	873.971 m ±.010
Omine			
Date	Latitude	Longitude	Height
Nov. '93	N 36°27'54.15915" ±.00010	E 137°53'22.55304" ±.00020	1050.904 m ±.010
Nov. '94	N 36°27'54.15922" ±.00010	E 137°53'22.55290" ±.00020	1050.892 m ±.006

分ずつ早めた。受信機は、高瀬入・大峰両観測点に Trimble 4000SL を、宮村観測点に Trimble 4000SE を使用した。

基線ベクトルの解析には、解析ソフト TRIMVEC-PLUS (ver 3.01; TRIMBLE NAVIGATION, 1991) を用い、二重位相差法で処理し、サイクルスリップの編集は自動でおこなった。衛星の軌道暦は放送暦を使用し、大気条件は標準値 (1013hPa, 20°C, 50%) を用いた。また、1周波による観測のため電離層による電波の伝播遅延は補正していない。図3および表3に基線長の結果を示す。表3において、誤差(±)は4日間の短期再現性(1σ:標準偏差)を、また、Nは観測セッション(session)の有効総計個数を示す。図4および表4には、高瀬入観測点の位置座標を表1の値で固定した時の、宮村観測点および大峰観測点の位置座標の時間的変動を示す。なお、本研究について基線ベクトル解析の詳細な結果は、山川(1995;修士論文)に記述されている。

考察とまとめ

基線長の時間変動について考察する。図3および表3に示すように、大峰—高瀬入基線

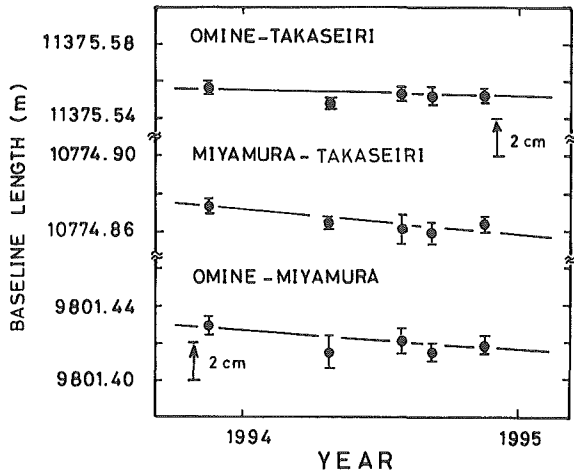


図3 基線長の時間変動 (1993-1994)

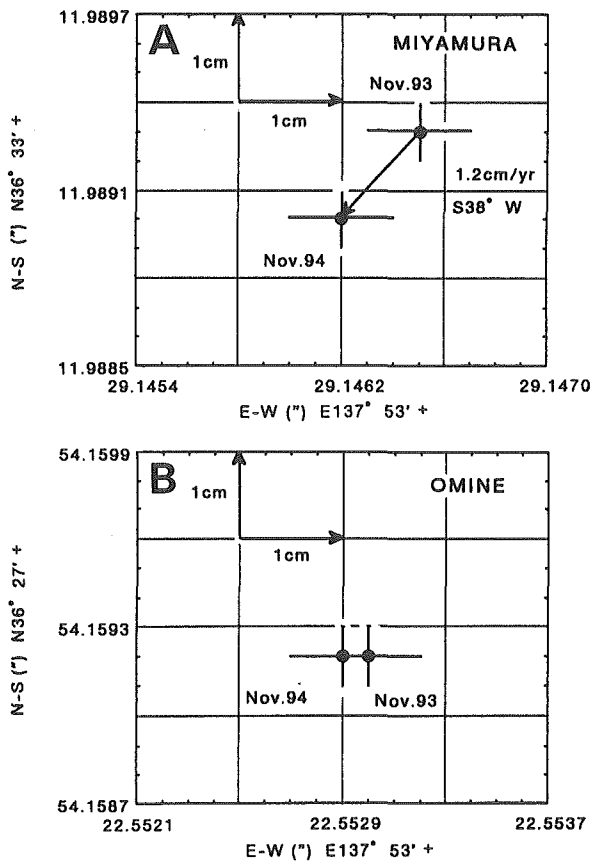


図4 観測点の座標値の時間的変動 (1993-1994)

A: 宮村観測点 B: 大峰観測点

は1年間 (Nov. '93—Nov. '94年) で約2 mmの縮みを示したが、観測誤差を考慮に入れると有意な変動ではないことがわかる。また、宮村—高瀬入基線については、この1年間で観測誤差を明らかに越える約10mmの縮みを示した。中部地方の平均的な歪速度は10 kmの基線長で2~3 mmの縮みである (原田・葛西, 1971)。よって、宮村—高瀬入基線の短縮速度は中部地方の平均速度の約4倍に相当する。また、宮村観測点および大峰観測点の位置座標の時間変動については、図4および表4に示す。この図より、宮村観測点はこの1年間 (Nov. '93—Nov. '94年) で南西方向へ約12mm移動し、観測誤差を越える変動を示した。一方、大峰観測点はこの1年間で西方向へ約2 mmの移動を示したが、観測誤差を考慮に入れると有意な変動ではないことがわかる。

次に、宮村—高瀬入基線の異常短縮速度と宮村観測点の異常変動について考える。この原因について2つ考えられ、①地震発生に伴うコサイスマミックな変動、②地すべりである。本観測期間中にマグニチュード2を越える浅発性地震は本地域において発生していない (気象庁地震観測所, 1994, 1995)。よって、地震による影響はないといえる。また、本観測地域には多くの地すべりが分布している。望月 (1971) は、犀川沿岸山地の地すべりの特性を詳しく論じており、それら地すべり地域の特性に照らし合わせると、宮村観測点の場所は局地的に地すべりが起こりにくい地域と考えられる。よって、宮村観測点の変動 (図4) を局地的地すべりに起因させることは難しい。ただし、広域的な地すべりの可能性は否定できない。

通常の場合、中規模地震は第四紀・第三紀などの新しい年代の地層では発生しないことが経験的に知られている。しかし、本地域を含む北部フォッサマグナ地域では、第三紀の地層の中に中規模地震が頻繁に発生するという例外かつ特異な地域である (佃・和田, 1992)。本研究の結果、10km程度の基線では、一周波 (L1) の観測で、かつ気象補正および電離層補正を標準モデルでおこなうだけで、基点間の辺長は地殻変動を議論するのに十分な精度で実測できることがわかった。よって、糸魚川—静岡構造線沿い地域の地殻歪場の解明のため、本観測を今後とも継続してゆくことがより一層重要と考えられる。

謝 辞

観測点の設置及び観測機材の利用において、以下の各機関の方々に多大の便宜供与をいただいた。東京大学地震研究所：村田一郎先生・加藤照之先生・中尾茂先生・布施浩一郎氏・茶珍俊一氏・大津学氏、トリンプルジャパン(株)技術部：山滋氏・伊沢光磨氏、北安曇郡池田町役場：藤澤宜治氏、池田町大峰高原白樺の森管理事務所：山崎宣二氏。また、観測のため以下の信州大学理学部地質科学教室の方々に同行していただいた、細川盛樹・森藤勉・龍野敏晃・伊藤彰浩・松浦茂郎・川合俊二・藤巻ひろみ・嶋田庸嗣、の各氏。これらすべての方々に深く感謝します。

参 考 文 献

- 古本宗充 (1995)：津浪襲来への備え，北國新聞社出版局編 “徹底検証地震と防災 石川は安全か”，北國新聞社，62-77。
 萩原幸男 (1990)：重力からみたフォッサマグナの構造とテクトニクス，地学雑誌，99，72-80。

- 原田健久・葛西篤男（1971）：最近60年間における日本の地殻の水平歪，測地学会誌，17，4-7.
- 加藤碩一・佐藤岱生（1983）：信濃池田地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，93p.
- 加藤碩一・佐藤岱生・三村弘二・滝沢文教（1989）：大町地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，111p.
- 気象庁地震観測所（1994）：長野県北部地域の地震活動と松代における地殻変動観測（1993年11月1日～1994年4月30日），地震予知連絡会報，52，410-415.
- 気象庁地震観測所（1995）：長野県北部地域の地震活動と松代における地殻変動観測（1994年5月1日～1994年10月31日），地震予知連絡会報，53，535-547.
- 小林洋二（1983）：プレート“沈み込み”の始まり，月刊地球，5，510-514.
- 三雲 健（1990）：日本海東縁地域の地震活動とメカニズムおよびテクトニクス，地学雑誌，99，18-31.
- 望月巧一（1971）：長野県北部，犀川，姫川沿川山地の地すべり(1)―犀川沿川山地の地すべりの一般性一，地すべり，7，7-14.
- 中村一明（1983）：日本海東縁新生海溝の可能性，東京大学地震研究所彙報，58，711-722.
- 多田 堯・橋本 学（1990）：フォッサマグナ中・北部地域の地殻水平変動とそのテクトニックな意義について，地学雑誌，99，92-97.
- Trimble Navigation（1991）：TRIMVEC-PLUS GPS 測量ソフトウェア使用説明書，Trimble Navigation Ltd.，326p.
- 佃 為成・和田博夫（1992）：中部地方の地震活動とテクトニクス，月刊地球，号外4，145-152.
- 山川健一（1995）：GPS による長野県大町市周辺地域の地殻変動観測，信州大学理学部研究科修士論文，109p.

GPS Observations at and around Omachi, Nagano, Central Japan, 1993—1994

Ken'ichi YAMAKAWA* and Yoshio SUMINO

Department of Geology, Faculty of Science,
Shinshu University

(Received August 30, 1995)

Abstract

For the purpose of detecting the crustal deformation associated with the seismic activity, interferometric GPS measurements have been carried out at and around Omachi city, the northern part of Matsumoto basin, Nagano, central Japan. The Omachi GPS network, established at and around Omachi, consists of three observation stations, Takaseiri, Miyamura, and Omine stations. Five GPS campaigns were conducted in November 1993, April, July, September, and November 1994. Each campaign consisted of consecutive a few days with a daily two and a half hours session under a good satellite configuration, using single frequency receivers, Trimble 4000SL and 4000SE. The observed data were analyzed using the broadcast ephemerides and the default meteorological values by the double difference technique. From the present GPS measurements, it was found that the Miyamura station moved to the southwestward at the rate of about 10 mm (1 ppm strain)/year during the period from November 1993 to November 1994, when the coordinates of Takaseiri station were fixed. This value was larger than the average strain rate 0.2–0.3 ppm strain/year during the last 80 years in the central Japan by about four times. While, at the Omine station, a significant crustal deformation was not detected in the present study.

*Chiba City Office, Urban Affair Bureau