

宮崎観測所における測地観測

大谷文夫・寺石眞弘・園田保美・藤田安良・大志万直人

要 旨

宮崎地殻変動観測所では、観測坑道内の地殻変動連続観測と併行して反復光波測量による地殻変動観測を行ってきた。坑道内観測結果が周辺領域の地殻歪の代表値であることを検証・確認することを目的とする。宮崎地区で10測線、延岡地区で4測線、いずれも放射状基線網を基本とする。今後GPS基線網に移行するにあたりこれまでの観測結果を報告する。1996年のM6.6地震においてco-seismicな変動の観測にも成功した。伸縮計記録との比較では、最近のデータでは歪の大きさはほぼ同程度であるが、主ひずみ方向まで一致はしていない。宮崎平野南北での違いの可能性もあり、今後のGPS解析に期待される。

キーワード： 測地測量，日向灘，地殻変動，光波測量，GPS

1. はじめに

宮崎地殻変動観測所では、1976年から観測坑道内で伸縮計・傾斜計による地殻変動の連続観測を行っているが、1981年以来、併行して反復光波測量による地殻変動観測も行ってきた。坑道内での観測結果が、単にその場所のみの地殻変動を観測しているのではなくその周辺の広域な領域の地殻歪の代表値であることを検証・確認することが主目的で、国土地理院による三角測量結果との間を埋めるという位置づけで開始した。しかし、光波観測点周辺では主に

樹木の生育による視通性の悪化や標石埋設場所の環境の変化により光波測量を継続することが困難になってきたためこの繰り返し光波測量を打ち切ることとした。一方その代替として、充実してきた国土地理院によるGPS観測網 GEONET のデータを活用するとともに、さらにいくつかの観測点を新設して観測所周辺に独自のGPS観測網を構築して観測を始めた。これにより、これまで年1回の測量だったのが準連続観測化されることにもなる。そこでこれまでの光波測量結果を報告するとともに新観測網の概要と今後の計画を報告する。

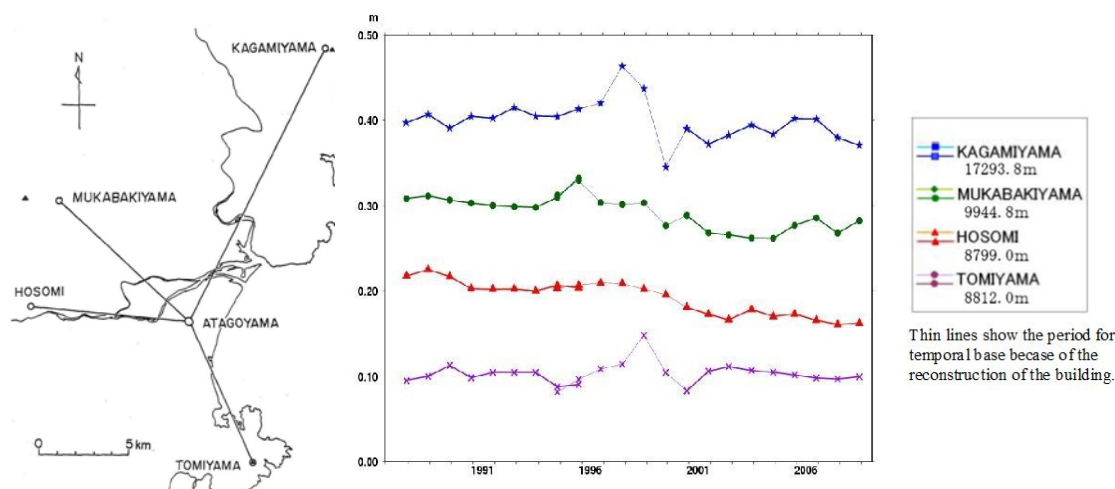


Fig. 1 Electro-optical distance measurements network at Noboka region and the results of the repeated survey.

2. 光波測量

宮崎地区および延岡地区で合計14本の測線で繰り返し光波測量を行ってきた。その方法などは高田ら（1982）および大谷ら（1994）にのべた。概略を再録すると1987年まではA G A 社製 Geodimeter 6 B Lを使用した。数年のつなぎ測量の後、最近に至るまで Wild 社製 DI3000 を使用してきた。Geodimeter では受光信号と発光信号の変調位相差を手動で移相器を操作しゼロメソッドで測ったため毎回の測定結果の標準偏差が比較的大きかったが、DI3000 では自動化され操作手腕の影響を受けずに標準偏差の小さい均質なデータが得られていると考えている。このような事情を鑑み、前報の大谷ら（1994）ではつなぎ測量の期間を含む1993年までの結果を示したが、本稿では DI3000 による1987年以降の結果のみを示す。なお、気象補正は測線両端の地上5mにおける気温および地上での気圧をそれぞれ平均した値を使用し、測量自体は10回平均値測定を3分間隔で11回繰り返してさらに平均をとっている。測定に30分かけるのは DI3000 の場合、測距結果を平均するより気象条件の平均値を得るという意味合いのほうが大きい。

延岡地区の測線配置と観測結果を Fig. 1 に示す。延岡では測距儀設置点は愛宕山展望台であるが、

立に囲まれており愛宕神社の神域内であることから十分な見通しを確保できず、さらに仮々点を設置したが、特に「行膝山（むかばきやま）」が、仮点での測量結果に大きなばらつきが生じている。旧本点と新本点との結果に系統差が生じている可能性がある。基準点の移動前後は同時期のつなぎ測量の結果が等しくなるようにシフトさせている。他の3測線では、旧本点時と新本点時へと、仮点期を含めてグラフはスムーズに繋がり、測線長の平均時間変化率にも大きな変化はなく、前報で計算した主ひずみパターンと調和的な変化をしている。

宮崎地区の測線配置図と観測結果を Fig. 2 に示す。宮崎では測線方向が偏っていたため、1993年に空いた方向に2測線を新設した結果、主歪軸が精度よく求まるようになった。当初の測距儀サイトからは、地形上この方向に測線を伸ばせないため、北西方に偏心させている。測線長の時系列グラフを見ると、1995年まで比較的単調に変化してきたが、1996年にステップ状の変化があり、その後数年は伸び縮みの変化が顕著であり、さらにその後2001年ごろからはおおむね単調な変化を続けている。これらの傾向のうち、1995年までの変化は前報で1983年までの変化として報告したものと同一であり、1996年のステップ状の変化はco-seismicな変動であり次章で述べる。2001年以降の変化については各測線ともにほ

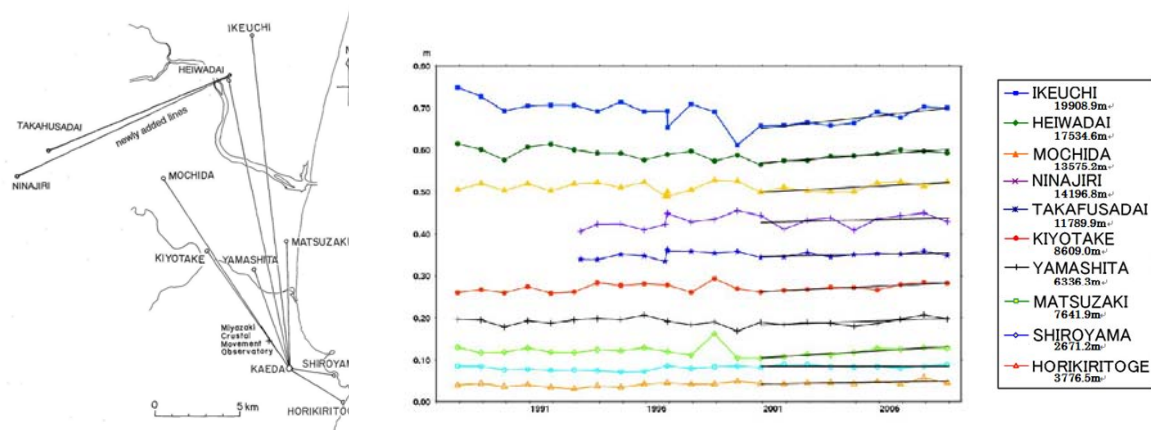


Fig. 2 Electro-optical distance measurements network at Miyazaki region and the results of the repeated survey with recurrence lines after 2000.

ここが1996年から改築工事がなされたためその間は600mあまり南西にある国土地理院の愛宕山三角点に基準点を移し、工事竣工後にもとの展望台へと戻った。コンクリート構造体はそのままであったが最上階床面の構造が変わったため完全に元の位置へ復元はできなかった。その代わり少し偏心した位置ではあるが、基準標識とともに三脚の各石突部の恒久的な受けを設置した。仮点とした三角点は周囲が木

ば直線的な変化とみなせるので、直線回帰により平均歪レートを求めて、連続観測の伸縮計記録から導出されるものと比較する。Fig. 2 にはこの回帰直線も書き込んでいる。

3. 1996年12月のM6.7地震時のco-seismicな変動

日向灘では1996年に、10月19日と12月3日の1か月半の間隔でM6台の二つの地震が発生した(寺石ら1999; 京都大学防災研究所地震予知研究センター1997)。このうち12月3日の地震の際には前日までに毎年11月末-12月初めに実施している定期測量を完了していたので、地震発生後ただちに再測した。再測したのは南北方向の最長基線「池内」とこれにほぼ直交方向する追加測線の「蜷尻」「高房台」、両者に斜交する「持田」の4本であり長さ10km以上の測線を選んだ。いずれも定期測量のとき以来数日しか経過しておらず気候は安定していたので、地震前後の測量相互で気象補正に起因する誤差の違いは極めて小さいと考えられ、観測された測線長の違いはco-seismicな変動によるものと考えられる。Fig. 2中に示すように最長測線「池内」が縮み、「蜷尻」「高房台」が伸びを示した。この量をdislocationによる測線両端点の変位の差と考えて気象庁の発震機構による断層モデルで計算した変位ベクトルをFig. 3に示す。モデルによる面積歪パターンも合わせて示す。各測線とも実測された変化と調和的である。

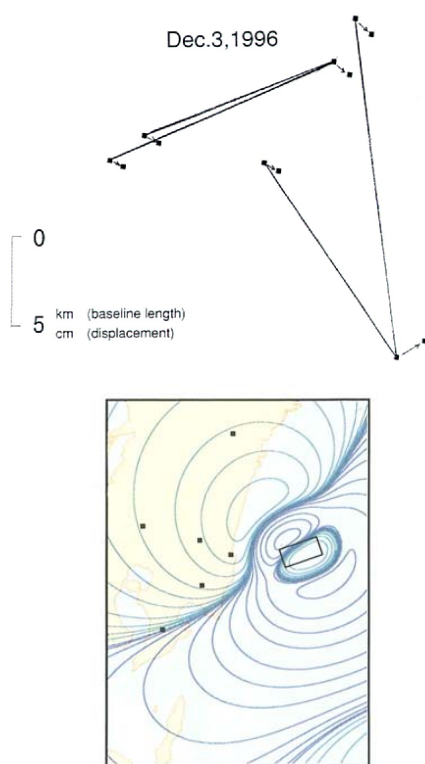


Fig. 3 Calculated co-seismic displacement vectors of end points of the baselines in the Miyazaki survey network on Dec. 3, 1996, at M6.7 Hyuganada earthquake (upper) and areal strain distribution around model fault (lower).

4. 坑道内連続観測結果との比較

当初の目的に従い、各測線の平均歪速度と測線方位から計算した主ひずみ解を連続観測から得られるものと比較する。光波測量からは第2章で述べたように最新8年間を均一歪変化と考えて、かつ宮崎地域の10本の測線が同一歪場にあるものと仮定して最小二乗法で主歪を計算した。この結果をFig. 4に示す。宮崎観測所伸縮計の2002年-2005年の年毎の主ひずみ解も合わせて示した。光波の結果は両主軸ともに伸びである。一方、伸縮計3成分から求めた値では最小歪が縮みとなる。大きさとしてはいずれも最大で平均、年 $3E-7$ 程度であり、ほぼ同じ結果となっている。連続観測結果ではほぼ北東-南西方向にあるE2成分の年間歪レートが約 $3E-8$ でゼロに近く、3成分からの主値計算では一意的に解が出ることから他の2成分が大きな伸びとなっても節線がE2方向に近い解となり、最小解としては負の値が出る。これに対して光波測線では北東-南西方向としては後に追加した「蜷尻」「高房台」が最も近い方位で、これが伸びを示しているのが全体として全方向が伸びの解となる。したがってこの違いは宮崎平野の南部と北部の差である可能性も否定できない。これらの点は次章で述べる新GPS網の観測が進めば明らかになるかもしれない。

寺石ら(2006)による連続観測結果にみる経年変化では伸縮計3成分ともに1994年末と2000年末に経年変化の変化点がある。光波測量では連続観測結果ほど明瞭な変化はみられないが本稿で単調とみなし

Electro-optical Survey

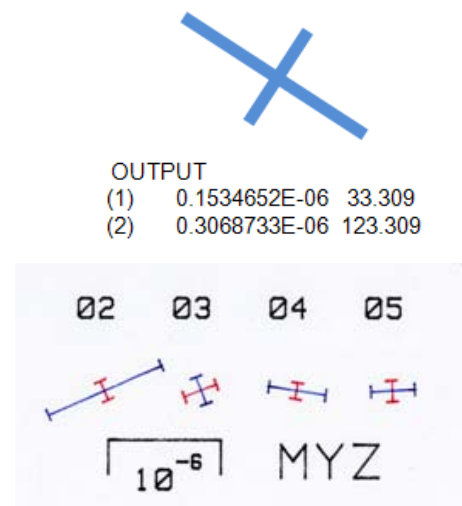


Fig. 4 Principal strain solutions by mean strain rates in the electro-optical distance measurement in Miyazaki network and annual strain rates with extensometers at Miyazaki observatory.

ている時期は変曲点で区切られる第3の時期にあたる。

5. GPS観測網

光波測量はman powerを必要とするのと、設立当初は見晴らしのいい場所を選んでいたら30年以上の歳月が視界を遮りがちとなり続行が困難となってきたため、GPS観測を取り入れ代替えの観測網とすることにした。前述のようにGEONET点と組み合わせ構成している。光波測量データの処理と同様に広域の歪主軸を求めることを念頭に大・小2種の正三角形を形成するようにしたのが特徴で、GPS観測網としては珍しい形となっている。(Fig. 5) いわゆる菱形基線網であり、長基線が25213m-21331m、短基線が13349m-12104mである。「佐土原」「田野」がGEONET点、残りの「高岡」「生目」「木花」が今回新たに設置した点である。いずれもステンレス柱の頂部にアンテナを取り付けている。すでに予備的な観測を始めており、現在30秒サンプリングであるが、1 Hz収録も取り入れていく予定である。今後第8次地震予知計画事業の中で「日向灘の地震活動と南九州の火山活動の相互作用および応力伝播・物質移動過程のモデル化」課題の中で遂行される予定である。

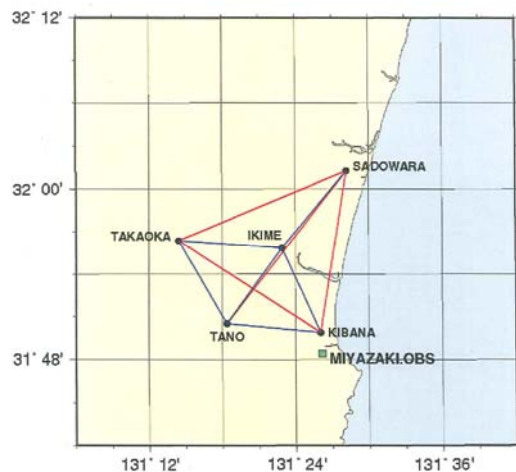


Fig. 5 Newly constructed GPS network including two GEONET stations.

6. 最後に

測地測量網の「世代交代」にあたり、光波測量結果の報告を中心にまとめた。この光波測量は当時の宮崎地殻変動観測所のルーティン観測網として始まり、初代所長の高田理夫、その後、古澤 保の両教授の指揮・指導のもとで行ってきたが、観測点の設置・維持にあたり宮崎市・延岡市を初め関係各位のお世話になってきた。またGPS観測網では新たに九州電力宮崎支社にもお世話になっている。これまでのご協力にあらためて感謝するとともに、今後のご協力も合わせてお願いする。

また 宮崎観測所にとって、日向灘の北端、豊後水道で周期的に発生するスロースリップイベントは、本稿で特に触れなければならない項目ではないが、宿毛での連続観測に現れることでもあり、観測所の研究対象として重要な現象である。地理院データを系統的にチェックするなど目を離さず独自観測の結果と合わせて解析をおこなっていく必要があると考えている。

参考文献

- 大谷文夫・寺石眞弘・園田保美・古澤 保(1994) ; 九州東南部における光波測量(1981年-1993年), 京都大学防災研究所年報, 第37号 B-1, 233-240.
京都大学防災研究所地震予知研究センター (1997) ; 1996年10月19日および12月3日に発生した日向灘の地震(共にM6.6)について, 地震予知連絡会会報57号, 628-637.
高田理夫・古澤 保・大谷文夫・寺石眞弘・園田保美(1982) ; 九州東南部における光波測量(序報), 京都大学防災研究所年報, 第25号 B-1, 23-30.
寺石眞弘・大谷文夫・園田保美・古澤 保(1999) ; 日向灘地殻活動総合観測線による地殻変動連続観測 - 1996年10月, 12月の地震(共にM6.6)に関連した地殻活動 -, 京都大学防災研究所年報, 第42号 B-1, 135-142.
寺石眞弘・園田保美・大谷文夫・大志万直人(2006) ; 日向灘地殻活動総合観測線における地殻変動連続観測 - 最近15年間(1991-2005)の観測結果 -, 京都大学防災研究所年報, 第49号 B-1, 253-260.

Geodetic Observation at the Miyazaki Observatory

Fumio OHYA, Masahiro TERAISHI, Yasumi SONODA, Yasuyoshi FUJITA and Naoto OSHIMAN

Synopsis

The crustal movement observations by electro-optical distance measurements had been carried out repeatedly at the Miyazaki and Nobeoka region for the purpose of the comparison with the results of the continuous observation by extensometers in the observation vaults. The principal strains solutions in two method are not same completely. Recently GPS network was constructed including neighboring GEONET stations, which consists of some equilateral triangles and that is available in the calculation of the principal strains around the Miyazaki plane.

Keywords: geodetic survey, Hyuganada, crustal movement, electro-optical distance measurement, GPS survey