

光波測距による草薙断層と麻機断層の活動監視

新妻 信明¹

Monitoring on the activity of the Kusanagi and Asabata faults with laser ranging

Nobuaki NIITSUMA¹

Abstract Automatic laser ranging has been started systematically to monitor the activity of the Kusanagi and Asabata faults along the laser paths from the Crustal Activity Observatory of Shizuoka University to Yatsuyama, Yambara, Torisaka and Shizuhata.

The Udo Hills is tilting northwestward along the Kusanagi Fault and Asabata Pond is subsiding along the Asabata Fault by large-scale gravity collapse. The basal part of the collapsed Udo Block is riding on the subducting Philippine Sea Plate along the Suruga Trough. Tilt model along the faults was established and compared with the topography and geology. The gravitational collapses occurred on the northeastern corner of the submarine fan and delta body from the Abe River. The Kusanagi and Asabata faults are member of the multiple collapse system, and the other members are estimated at the southeast margin of Udo Hills.

Systematic offsets have been detected by comparing air temperature calculated from laser ranging data with the surface air temperature at the Shizuoka Station of the Japan Meteorological Agency. The offsets relate to the changes in the distance of the laser paths, caused by the crustal movement. The amount of the changes is more than several cm in laser path distance. The maximum distance appeared in the middle of April 1998 just before the earthquakes to the east off Izu Peninsula, and the minimum distance appeared in the early January 2000 after the Taiwan Earthquake of September 1999 for Yatsuyama and Yambara laser paths. The distance of the Yatsuyama path increased from March 2000, then decreased in the end of September 2000, which might be related with the earthquakes and eruption of Miyake Island and earthquakes near the Niijima-Kozushima.

Key words: laser ranging, Kusanagi Fault, Asabata Fault, multiple collapse system, Udo Hills, Asabata Pond, earthquake

緒言

草薙断層と麻機断層は、約10万年前の海岸平野を大規模な円弧すべりによって傾動させて有度丘陵および麻機沼を形成し、その下底は駿河トラフに沈み込むフィリピン海プレートに載り上げる活断層と考えられている(新妻, 1998). 草薙断層においては、1841年・1935年・1993年に地震が発生している(新妻, 1995b). 有度丘陵の南西部に位置する静岡大学地殻活動観測所では、1980年以來、光波測距儀・地震計・傾斜計を用いて地殻活動を観測している(檀原, 1981). 1992年には定常的光波測距のための反射プリズムを谷津山に、1993年には山原に設置し、

1995年から定常観測が開始された。

光波測距儀による定常観測により、光波測距には光路の気温が大きな影響を与えることが明らかにされた。この原理を逆用することによって光波測距儀を光路気温の精密測定機として使用する方法が開発され、静岡地方気象台における地表気温と光路気温を比較することによって、地殻変動による光路長の変動を検出することができるようになった。フィリピン海プレートの東西両縁で起こる地震との関係を解析した結果、検出された地殻変動はフィリピン海プレートの動きや応力状態と密接に対応していることが明らかにされている(新妻, 1998; 2000). 今回、光波測距の自動測定について改良を加え欠測を

¹静岡大学理学部地球科学教室, 422-8529 静岡市大谷836

¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Oya, Shizuoka, 422-8529 Japan

E-mail: senniit@ipc.shizuoka.ac.jp

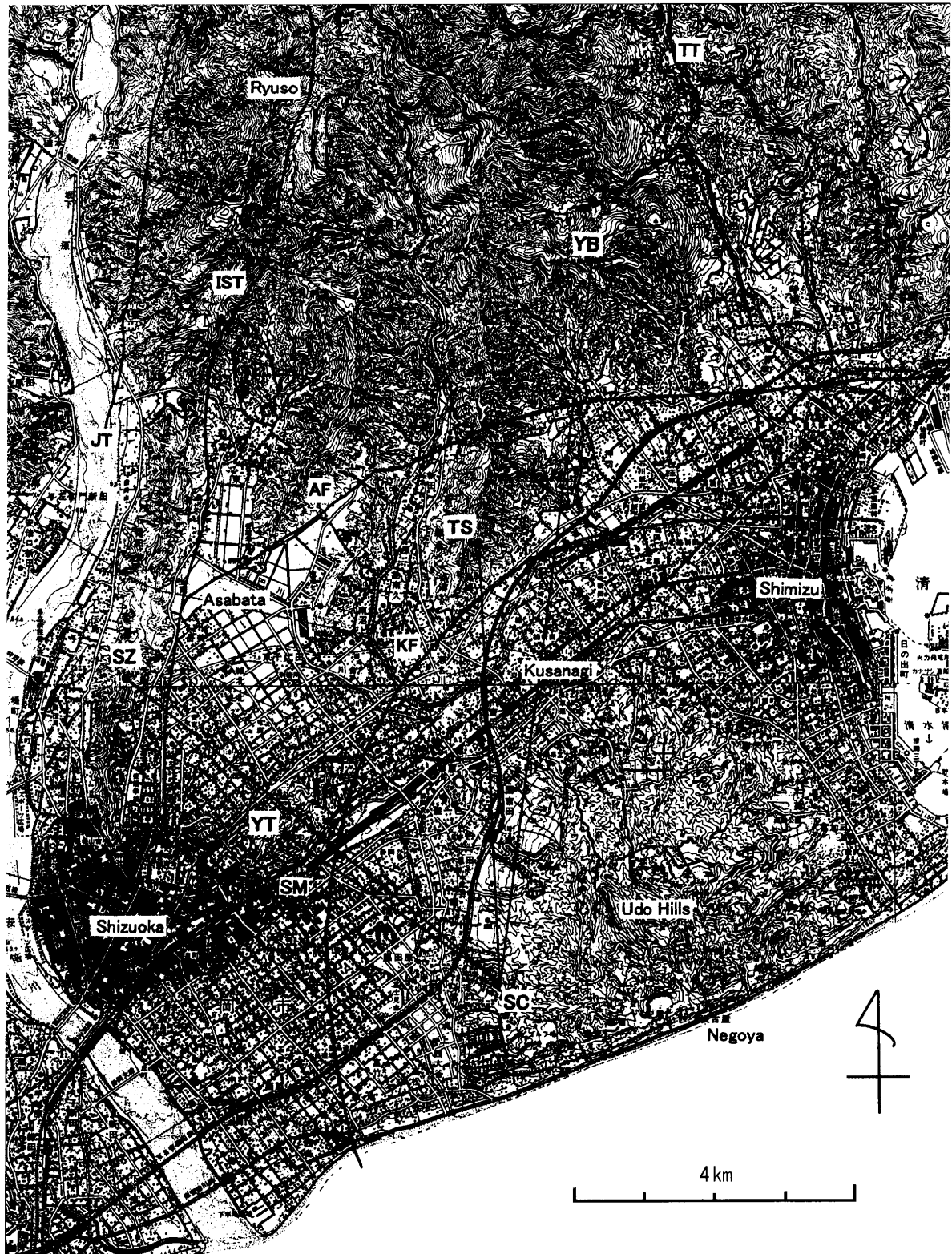


図1 静岡の地形区分と草薙・麻機活断層および光波測距光路図。

Laser paths for monitoring on activities of the Kusanagi and Asabata faults.

曲線curves：断層fault；IST：糸魚川-静岡構造線Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, JT：十枚山構造線 Jumaiyama Tectonic Line, TT：田代峠衝上断層 Tashirotoke Thrust, KF：草薙断層Kusanagi Fault, AF：麻機断層Asabata Fault.

直線straight lines：光波測距光路laser path；SC：静岡大学地殻活動観測所 Crustal Activity Observatory of Shizuoka University, YI：谷津山 Yatsuyama, YB：山原Yambara, TS：鳥坂Torisaka, SZ：賤機Shizuhata, YW：八幡山, SM：静岡地方気象台Shizuoka Station of the Japan Meteorological Agency.

表 1 静岡大学地殻活動観測所から草薙断層と麻機断層を常時監視観測を行っている光路。 List of laser paths for monitoring on the activities of the Kusanagi and Asabata faults.

光路名 laser path	反射プリズム設置位置 position of reflecting prisms				基準距離 base distance
	北緯 latitude (N)	東経 longitude (E)	標高 height	名称 location	
谷津山 Yatsuyama	34° 58' 49.27"	138° 24' 18.85"	108m	東海大学鉄塔 Tower of Tokai Univ.	3708.568m
山原 Yambara	35° 03' 21.30"	138° 27' 12.93"	448m	NTT 無線中継所 NTT Antenna	10552.989m
鳥坂 Torisaka	35° 01' 10.00"	138° 26' 09.00"	220m	NTT 反射板 NTT Reflecting Plate	6464.669m
賤機 Shizuhata	35° 00' 04.00"	138° 22' 47.00"	150m	松田氏農園 Orchard of Mr. MATSUDA	6934.180m
測定位置 measuring position	34° 57' 39.19"	138° 26' 18.25"	108m	静岡大学地殻活動観測所 Crustal Activity Observatory Shizuoka University	

防止するとともに、光路を2本増設することによって2本の活断層の変位をそれぞれ2方向について定常的に監視する体制が確立された。また、草薙・麻機の2本の活断層による有度丘陵の隆起傾動と麻機沼の沈降について傾動運動を検討したので報告する。

観測法の改善

光波測距は、静岡大学地殻活動観測所の整準台(檀原, 1981)に設置した六桜精密社製のAuto-Ranger JXを用い、1996年1月からMS-DOSプログラムによって自動測定を行った。1998年3月には、測距儀に垂直微動装置を取り付け、計算機制御によって最大受光位置を走査し、自動測距を実現した(新妻, 1998)。1998年11月から2台の測距儀を1台の計算機で交互に自動測定できるように改良し、谷津山と山原の交互観測が開始された(新妻, 2000)。

2000年3月にBorland社C++ TCW5言語によるWindows 95/98用に開発したプログラムLR1の実動試験を開始した。従来使用していたMS-DOSによる測定制御においては、測距儀からRS232Cによって測距値を受領する際に、1日に1回程度計算機が作動凍結を起こすために、毎朝夕に計算機を再起動しなければ完全な観測記録を得ることができなかった。今回、開発したLR1においては、RS232C通信に起因する作動凍結は起こらず、1週間の連続測定も可能になった。

LR1は、2台の光波測距儀を自動制御し、測定結果を取り込み、制御状態と測定結果を画面に表示し、解析結果を計算機内蔵のハードディスクと外付けのフロッピーディスクに保存する。測定は測距儀からの測定値を10回受領し、その平均値と標準誤差を算出して1測定とし、2台の測距儀について1台の計算機で交互測定するが、それぞれの光路について約10分毎の測定結果を得ることができる。

光波測距儀が使用するレーザー光は、光路の気温構造により屈折し、受光位置が変化するため、測距開始前に測距儀の垂直微動を計算機制御のステップモータを用い

て走査し、受光強度の最大位置において測距を行っている(新妻, 1998)。これまで使用してきたステップモータ(多摩川精機TS3118N54; 12V0.16A)では、力不足のため計算機がモータ駆動信号を発したにもかかわらず駆動しないことが起こることと、気温の季節変化に伴って固定具が伸縮し、固定位置を調整しなければならなかった。2001年1月に大きなモータ(Oriental Motorの24V0.2A; 1.80Deg/step; VEXTA stepping motor; PX244-04A)に交換し、安定な自動制御が可能になり、長期間の光路屈折記録を取ることが可能になった。

LR1においては、制御する2台の測距儀を赤・黒の2色で表示分けし、測距前の最大受光位置走査状態を垂直微動位置・受光強度曲線として表示するとともに、測距結果から算出された光路気温の平均値・標準偏差と最大受光位置の測定時刻による変動をグラフとして表示し、測定状況と測定結果を一目で確認できるようにした。また、計算機に接続する測距儀の受光特性、設置位置、測定光路、光路の基準距離を個別に設定することができる。これらの制御には東芝のサブノート計算機Libretto70を使用している。測定結果は、コマ区切りとするテキストファイル形式のCSVファイルとして保存されるが、約1週間分にあたる3000測定について保存できる。

CSVファイルとして保存された測定結果は、静岡地方気象台から入手した気圧・気温・蒸気圧とともに表計算ソフトウェアExcelによって解析し、解析結果をCSVファイルに保存する。解析結果ファイルは、Windows 95/98用に開発された汎用作図プログラムGraph1によって作図を行うことができる。

測距光路の充実

レーザー光の反射には、1992年に谷津山の東海大学の鉄塔に設置した反射プリズム(新妻・小田川, 1993)と1993年に清水市山原のNTTの無線中継所鉄塔に設置した反射プリズム(新妻ほか, 1996)を使用してきた(図1)。

山原光路は10 km以上と最も長く、夏季には霞がか

かり、測定できない状態が続くので、2000年6月にNTT無線中継所鉄塔に設置した3素子の反射プリズムを6素子の反射プリズムに交換した(図2 a)。この交換

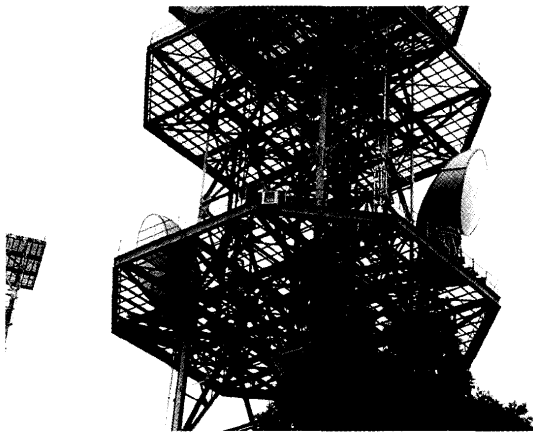
によって、これまでのレーザーの最大受光強度が3.1-3.4Vであったのが、4-4.7Vに増大した。

これまで山原光路に使用していた3素子の反射プリズムを、2000年6月、NTTの鳥坂マイクロ波反射板に設置し、鳥坂光路を確保し、測定を開始した(図2 b)。

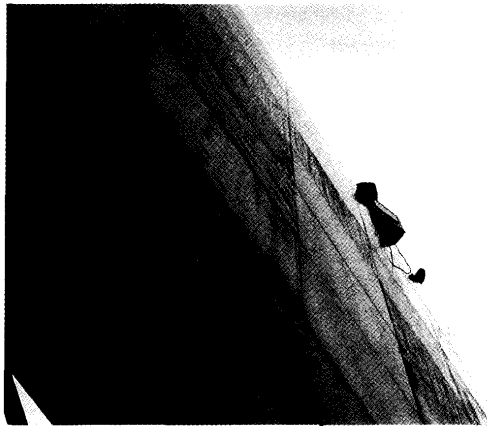
2000年7月には、谷津山の東海大鉄塔の反射プリズム点検を行い、配電箱のガラス窓とプリズムを清掃した(図2 c)。

2000年12月には、2万5千分の1図幅「清水」の南西端にある192.0m三角点の南東約90mの松田八郎氏農園鉄索固定台に3素子反射プリズムを納めた配電箱を設置し、賤機光路を確保し、測定を開始した(図2 d)。2001年1月、配電箱のガラス窓が水蒸気で曇るために、配電箱に乾燥剤シリカゲルを入れ密封した。他光路の配電箱は、湿気がこもらないように、底部に穴を開け、虫よけの網を張って開放型としてきたが、賤機については地面に近いために開放型では水蒸気によって曇ったものと考えられる。

今回の鳥坂と賤機への反射プリズム設置によって、麻機断層・草薙断層について南北方向と北西-南東方向の測線を確保でき、両断層の動きを監視する体制が整えることができた(図1, 表1)。



a



b



d



c

図2 静岡大学地殻活動観測所から定常観測を行っている光波測距用反射プリズム。Box containing the reflectal prisms for laser ranging.

- a. 山原NTT無線中継所鉄塔に取り付けられた反射プリズム。NTT Yambara Antenna.
- b. 鳥坂NTT超短波反射板上部への反射プリズム取り付け作業。NTT Torisaka Micro Wave Reflecting Plate.
- c. 谷津山東海大学鉄塔に取り付けられた反射プリズム。Yatsuyama Tower of Tokai University.
- d. 賤機山の松田八郎氏農園に設置した反射プリズム。Shizuhata Orchard of Mr. Hachiro MATSUDA.

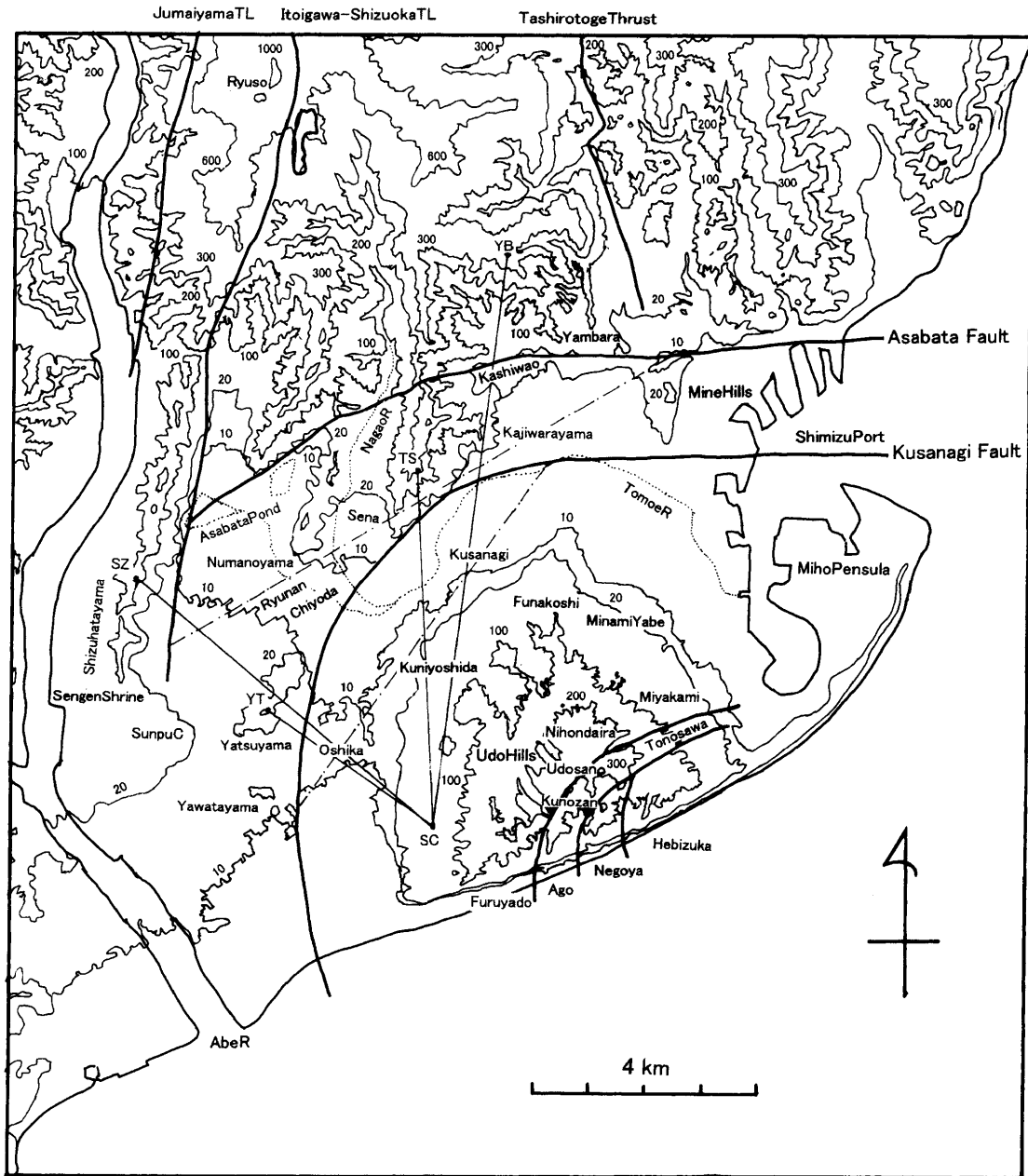


図3 多重円弧すべり断層と静岡地域の地形と地質構造線. Multiple collapse system, topographic contours and geologic faults in Shizuoka area
 10m・20m・100m・200m・300m・600m・1000m等高線 (国土地理院2万5千分の1および5万分の1地形図にもとづく).
 1点鎖線は傾動軸. One dot broken lines represent plange axes for the tilt models along the Asabata and Kusanagi faults.

静岡・清水市街の地形と地質

静岡市街の地形は、安倍川沿いに南に向かって低くなるが、駿府城付近は標高24mと標高20m等高線が東に張り出し、10m等高線は駿府城を中心とする約2.5kmの同心円状となっている(図3)。この円錐状の平地の中には谷津山と八幡山が在り、それらの南東側に有度丘陵が北西に傾動して存在する(図4)。有度丘陵の北西部は日本平を中心とする半径約4.5kmに沿って標高10mの等高線が位置している。駿府城と日本平を中心とする10mの等高線は小鹿でかろうじて接している。小鹿の低地は、東方で巴川流域となり草薙を通り、清水港

に到っている。有度丘陵を取り囲む円弧状の低地と谷津山・八幡山の境界には草薙断層の存在が推定されている(新妻・中野, 1991)。八幡山-谷津山と続く丘陵地はその北東方で巴川に切れ、沼の山、更に長尾川に切れ、梶原山に連続する。

静岡市街の北西には南北に伸びる賤機山があるが、駿府城の北西で平野に没し、賤機山の西側を流下する旧安倍川の土砂が駿府城を要とした扇状地を形成している。土砂の及ばない麻機沼は標高6-7mと極めて低く、安倍川と麻機の標高の差は山頂から明瞭に分かり、静岡市は、中部電力設立前にこの落差を利用して発電しようとして計画したとのことであった(図5)。巴川が注ぐ清水

