

## 中央構造線における光波測量

尾上謙介・細 善信・藤田安良・土居 光・田中寅夫\*

\* 名城大学理工学部

### 要 旨

中央構造線は活断層の分布からいくつかのセグメントに分かれると考えられている。これらの活断層を監視するために、四国の川之江、阿波池田、紀伊半島の粉河、五条の各地域で光波測量を実施した。20年間以上の中央構造線での光波測量の結果、各セグメントにより変動の違いが見られ、変動は中央構造線の活断層について述べられている右横ずれ変動の断層運動と調和している。しかし中央構造線での観測期間中の変動は、ひずみ速度で約  $1 \times 10^{-7}$ /年程度で、西南日本で平均して見られる弾性変形として考えられる範囲にある。

キーワード：中央構造線、活断層、光波測量、基線網、弾性変形

#### 1. はじめに

中央構造線はフォッサマグナと並ぶ日本では最大級の地質構造線の一つで、東西に総延長 1000km にも及び、西日本を南北に外帯と内帯に分割する巨大な構造線である。中央構造線は数多く分布する活断層の活動履歴からいくつかの活動セグメントに分かれると考えられている。現在の中央構造線での地震活動は低く、山崎断層や跡津川断層で見られるような微小地震の明瞭な断層に沿った線上の分布は認められていない。しかし、最近の国土地理院 GPS 地殻変動観測によると西日本の外帯と内帯ではその地殻水平変動に顕著な違いが見られ、中央構造線付近を境に応力蓄積が推定されている。将来、活動が予想される中央構造線の活断層が、固着しているのか、或いは何らかの運動を示しているのかを知ることは断層運動のメカニズムを解明

するために重要であると考えられる。我々は中央構造線の活断層をモニターするために、比較的簡単に行える距離測量の一つである光波測量を中央構造線上の四国の 2ヶ所(阿波池田および川之江)と紀伊半島和歌山県粉河において 1978 年から(田中他、1980)、そして奈良県五条では 1994 年から開始した。また中央構造線から北に約 20km のところに位置する屯鶴峯観測所周辺では 1994 年から別の基線網で光波測量を始めた。これらの観測結果について報告する。

#### 2. 基線網と測量

中央構造線上の基線網は四国の川之江(愛媛県)、阿波池田(徳島県)と紀伊半島の粉河(和歌山県)、五条(奈良県)の 4ヶ所の地域に設けられた。中央構造線上の 4ヶ所の基線網と屯鶴峯基線網(奈良県)の概略の位置を

Fig.1 に示す。

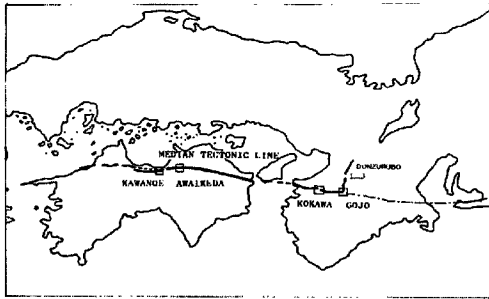


Fig. 1 Location of networks for Electro-Optical Distance Measurement.

## 2. 1 測量基線網

川之江(KAWANOE)では基線網開設当初、具定展望台(Fig.2aのGJT)と佐札に、阿波池田(IKEDA)では船原(Fig.2bのFNH)と峰久保(同MKB)のそれぞれ2ヶ所に測距儀設置基点が設けられて、活断層(地質調査所、1993)を境に数多くの基線が設けられた(田中他 1980)。しかしその後基線上の樹木の成長や、基点の基礎石の破壊によりかなりの基線が測量不能になった。現在まで測量の継続可能な基線は、川之江では具上展望台を基点とする天満土居(TMD)、上市(KMI)、池の奥(IKO)の3基線のみで、阿波池田では船原を基点とする、榎山(KSY)、里川東(SGH)、聖郷神社(HGJ)の3基線で

ある。川之江基線網では恋ヶ池(KGI)を1995年に設置したが、1999年に測定不能となった。阿波池田基線網については2000年に峰久保-聖郷神社基線の測量が可能となった。現在の川之江と阿波池田の各基線網をFig.2a, b に示す。

粉河(KOKAWA)は活断層(建設省国土地理院、1996)を境に北側の中津川(NTG)に測距儀設置基点を、その南側に岡田(OKD)、新田広芝(SHS)、古和田(FWD)、背の山(SYM)、東浜田(HST)、そして名山(NYM)に反射基点を設置し、6基線が設けられた。しかし川之江や阿波池田の基線網と同様、基線上の障害物や基点の破損により現在測量継続可能な基線は背の山(SYM)と名山(NYM)の2基線のみである。基線網をFig.2c に示す。

五条(GOJO)の基線網は1994年の開設で、小島(KJM)を測距儀設置基点にして山内(YUC)、西谷(NTN)、久留野(KRN)、西佐味(NSM)の4基線からなっている。基線網をFig.2d に示す。

屯鶴峰基線網(DONZURUBO)はFig.2e に示すように、測距儀設置基点の二上山(NJO)と、反射基点の関谷(SKY)、分川(BKW)、下田(SMD)、畝傍山(UNB)、畝傍山麓(UBF)、耳成山(MNM)からなる6基線で構成されている。各基線網の各基線距離をTable 1 に示す。

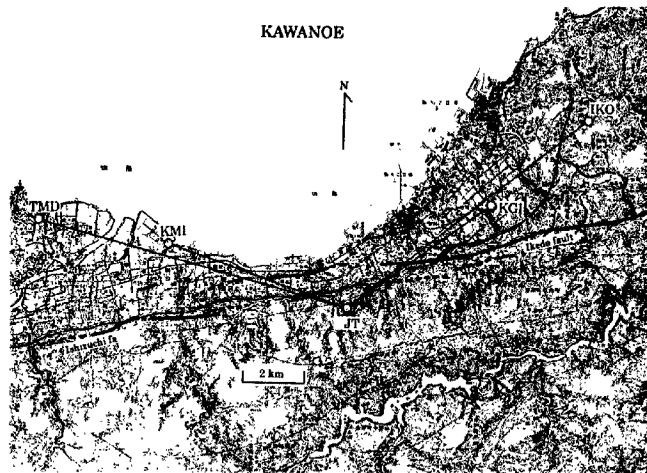


Fig. 2a Kawano network.

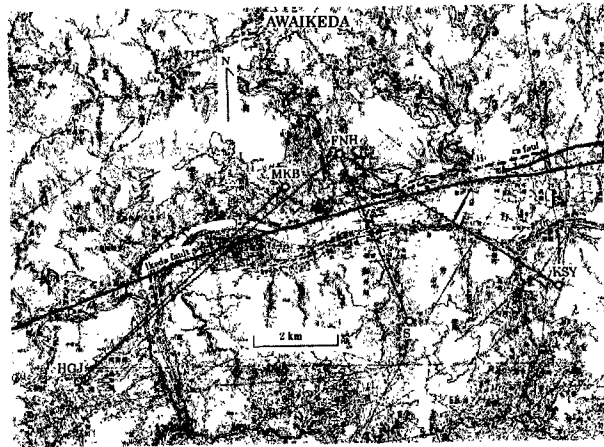


Fig.2b Awaikeda network.

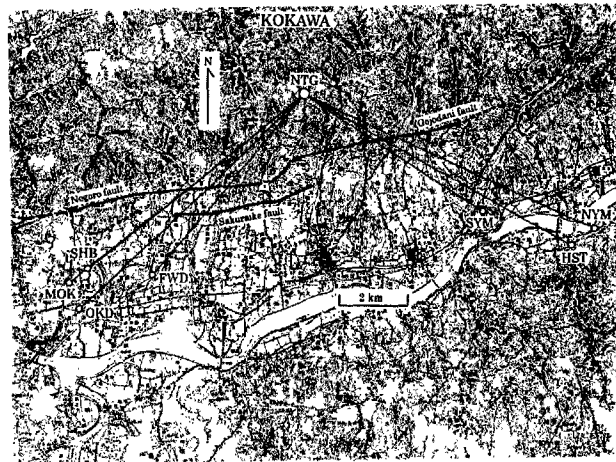


Fig.2c Kokawa network

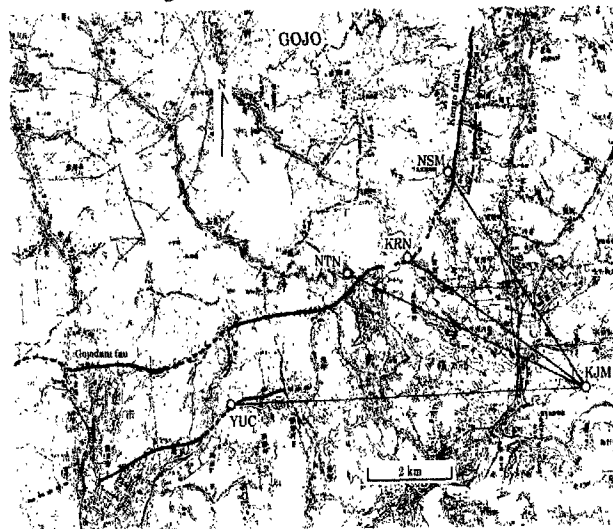


Fig.2d Gojo network

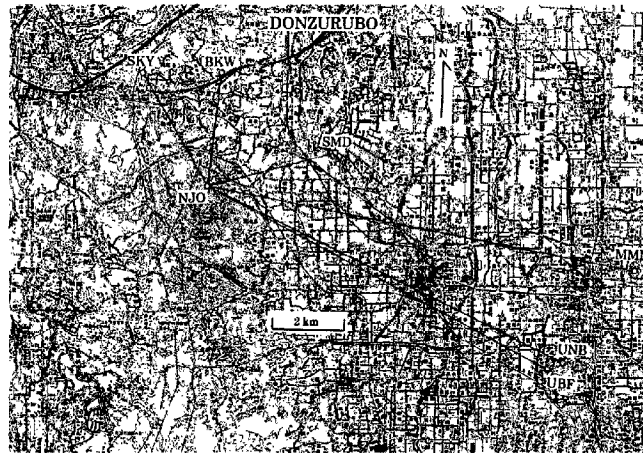


Fig.2e Donzurubo network.

Table 1

Kawanoe '83~'02

Base Line	Distance (m)	Displacement rate (mm/y)	Strain rate (1E-7/y)
Tenmadoi(TMD)	10,250.1	-2.34	-2.28
Kamiichi(KMI)	6,105.3	+0.02	+0.03
Ikenooku(IKO)	9,706.8	+0.34	+0.36

Awaikeda '78~'02 \* FNH, \*\* MKB

Hijirigojinja(HGJ)*	7,061.9	+0.53	+0.67
Hijirigojinja(HGJ)**	6,467.3	+1.95	+3.02
Satogawahigashi(SGH)	4,282.3	-2.24	-5.24
Kasiyama(KSY)	6,044.0	-0.76	-1.26

Kokawa '79~'01

Senoyama(SYM)	5,977.7	+1.35	+2.26
Higashishibuta(HST)	8,585.9	+0.96	+1.20
Nayama(NYM)	9,018.0	+1.25	+1.39
Kowada(FWD)	6,551.1	+2.47	+3.77
Okada(OKD)	8,634.1	+1.51	+1.75
Sindenhirishiba(SHB)	7,743.7	+2.07	+2.67

Gojo '94~'01

Nishiasmi(NSM)	5,168.2	-2.58	-4.98
Kurono(KRN)	4,282.3	-1.99	-4.09
Nishitani(NTN)	6,044.0	-3.46	-5.73
Yamauchi(YUC)	8,380.0	-2.82	-3.37

Table 1 (Continue)

Donzurubo '94~'01

Sekiya(SKY)	3,895.1	-0.83	-2.12
Bunkawa(BKW)	3,269.1	-1.00	-3.06
Shimoda(SMD)	3,313.7	+0.14	+0.43
Miminashiyama(MMN)	11,405.0	-1.39	-0.01
Unebiyama(UNB)	10,272.3	+1.00	+0.97
Unebiyamafumoto(UBF)	9,836.1	-1.10	-1.22

## 2. 2. 測量

1978年の基線網開設当初から1986年までの光波測量にはAGA ジオディメーター6 BL型(No.63194) 測距儀が使用されていたが、1993年以降は精度の良いウィルド・ディストマツトDI300が使用された。ジオディメーター6 BLとディストマツトDI3000については同時の比較測定がされていないために、器差は京都大学の宇治構内に設置された20.050mの標準基線での測定から求められた(田中他、1999)。この測定から器差は53mmとされた。

四国の基線網の測量は1年或いは数年に1回の割合で行っているが、粉河、五条そして屯鶴峯基の線網では1993年から1998年の間は約1ヶ月に1回割合で測量を行った。

川之江、阿波池田、粉河基線網での測量開始は1978年からであるが、川之江基線網では測距儀設置の具上展望台基点が1981年に破壊されたために、使用可能なデータは再開された1983年からになる。

測量の際には、測定開始と終了時に基線両端の地表気圧と、地上約5m高での気温を測定し、基線両端の測定値を平均して気象補正に使用した。

## 3. 結果と考察

川之江、阿波池田、粉河、五条そして屯鶴峯の各基

線網の観測結果をそれぞれ Fig.3a,b,c,d,e に示す。各基線網の測定期間についてトレンドを調べるために最小二乗法による直線近似を行った。測量期間の測定値の分散を評価して標準偏差を求めた。各図においてトレンドを太い実線で、標準偏差を太い点線で示す。また各基線の変位速度とひずみ速度を Table 1 に示す。次に各基線網について均一なひずみ場であると仮定し、ひずみ速度について主ひずみの方向を求め、それを Fig. 4 に示した。阿波池田と屯鶴峯基線網については組み合わせのことなる2組の結果を重ねて示す。

川之江では西端に位置する天満土居基線は明瞭な縮み傾向を示すのに対して東端の池の奥基線は若干の伸びを示す。しかし天満土居基線とその方位が4度北よりにある上市はほとんど変化を示さない。Fig.aに見られるように川之江基線網は扇状の配置で、適切なひずみ場を反映する構造になっていないために、また天満土居とほとんど方位が変わらない上市のひずみ変化が天満土居とは大きく異なる事から、主ひずみの方向は Fig.4 に示すように定まらない。上市は海岸の河口付近の三角点を利用しているが、天満土居との間にある河川に沿ってなんらかの構造が存在し、影響していることが考えられる。

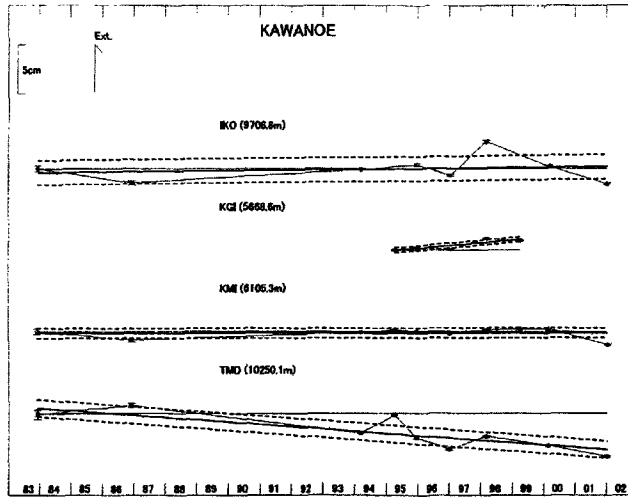


Fig.3a The observed result of E.D.M. in Kawano network.

Thick straight lines represent liner fitted line.

Thick dotted lines are standard deviations.

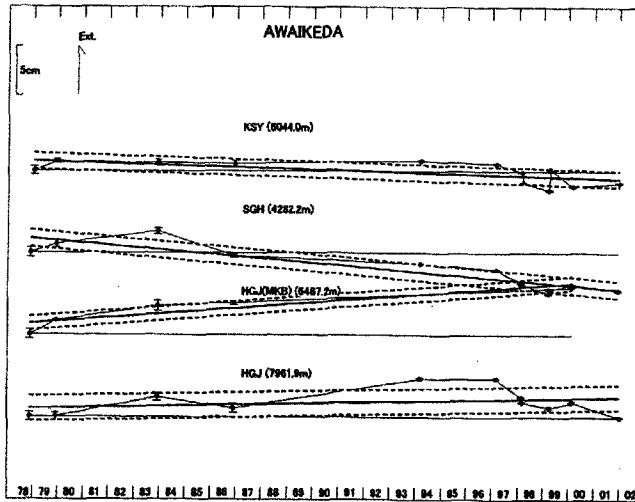


Fig.3b The observed result of E.D.M. in Awaikeda network.

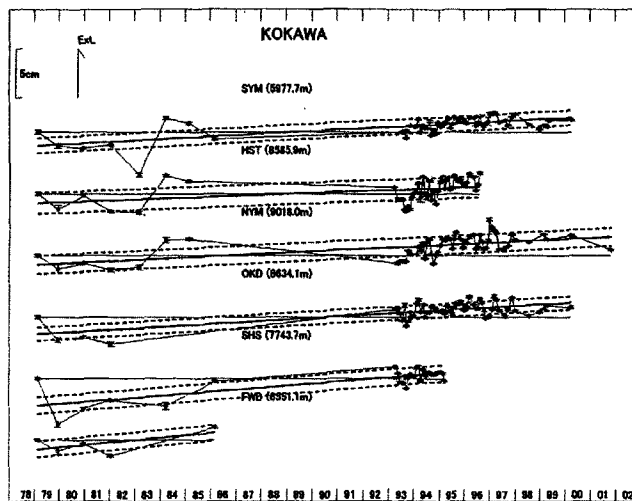


Fig.3c The observed result of E.D.M. in Kokawa network.

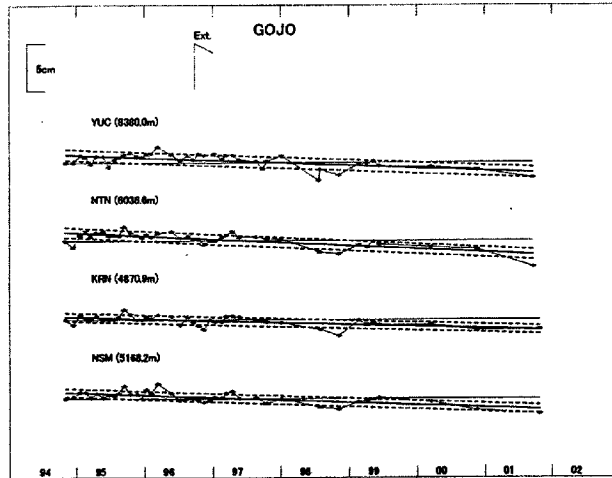


Fig.3d The observed result of E.D.M. in Gojo network.

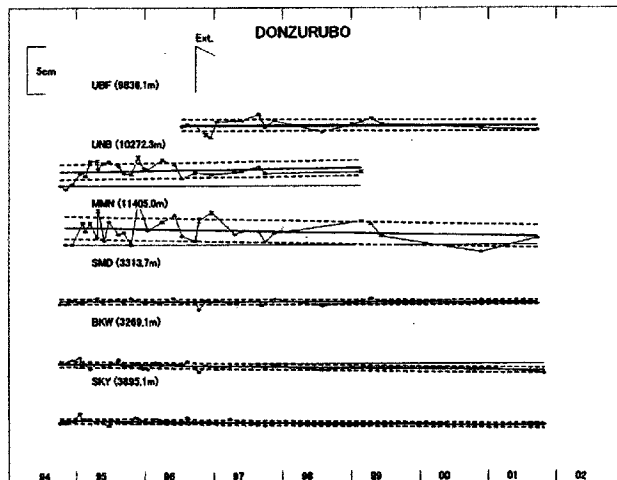


Fig.3e The observed result of E.D.M. in Donzurubo network.

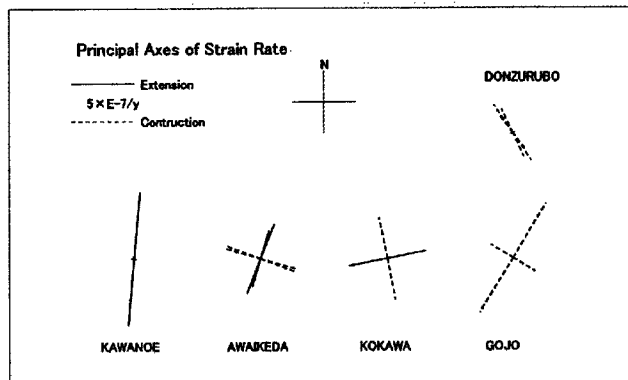


Fig.4 Principal axes of horizontal strains of E.D.M. networks.

阿波池田基線網は船原と峰久保の両基点と西端の聖郷神社の基線は伸びを示す。それに対して里川東と樫

山基線は縮みを示す。Fig.4 に示すように、里川東、  
檜山そして聖郷神社の3基線から求めた主ひずみの方  
向は、北北東-南南西方向に伸びを、東南東-西北西  
方向に縮みとなる。西日本は南東から北西方向に向か  
ってフィリピン海プレートが南海トラフ沿いにアム  
ールプレート下に沈み込んでいると考えられており、池  
田基線網で見られる東南東-西北西方向の縮みの一部  
はこれらのプレート運動による応力場を反映している  
ことが考えられる。また、聖郷神社基線が伸び、檜山  
基線が縮みを示すことは、右横ずれ運動と考えられて  
いる断層運動によっても説明できる。中央構造線を境  
に、その周辺には多くの地すべり地の存在が知られて  
いる。測距儀設置基点の船原地区も地すべり地形に類  
似の地形であるが、観測期間中に明瞭な地すべり運動  
が存在した証拠はない。しかし1997年から阿波池田  
の3基線に見られる縮みの変化はこの地すべり運動に  
よる可能性が考えられる。

粉河基線網のすべての基線は伸びの変化を示す。こ  
こでは、岡田(OKD)、背の山(SYM)、名山(NYM)の3  
基線のひずみ速度から主ひずみの方向を求めた。Fig.4  
に示すように、東北東-西南西方向に最大伸びを北北  
西-南南東方向に最大縮みを示すが、粉河では縮みを  
示す基線はない。粉河地域での活断層の分布は、雁行  
構造を示しており、複雑なひずみ場が想定される。一  
方、プレート運動から推定される紀伊半島の応力場か  
ら主ひずみの最大圧縮軸と同じ方向の北北西-南南東  
方向に縮みを示すことは推定されるが、さらに検討し  
たい。

五条基線網は4基線すべてが縮み変化を示す。主ひ  
ずみの方向は最大縮み方向が北東-南西を示し、北西  
-南東方向も縮みを示す。中央構造線の活断層は五条  
地域で東西方向から北方に向かってほぼ90度方向を  
変えており、プレート運動による応力場が加わり、複  
雑なひずみ場の形成していると考えられる。

屯鶴峯基線網は中央構造線の各基線網と比べると各  
基線の変動は小さく、ほとんど変動は見られない。因  
みに各基線の種々の組み合わせによる主ひずみの方向  
を求めると、ほぼ南東-北西の最大縮みを示す。

中央構造線の断層運動は右横ずれといわれており、  
川之江、阿波池田での光波測量はこの断層運動に調和  
した観測結果が得られている。とは言え、光波測量期  
間のトレンドの変化は最大でも6cm以下であり、ひず  
み速度に換算すると $10^{-7}$ /年程度で変動は弾性変形  
として説明できる範囲にある。阿波池田地区では中央  
構造線トラバースGPS稠密観測が行われ、定常深部  
すべりの存在が示唆されている(田部井他、2001)。こ  
れらを合わせて考えると、中央構造線の活断層周辺で  
は西南日本で平均的なひずみが蓄積されつつあること  
が推測される。今後さらに観測を続けて検討したい。

#### 4. まとめ

これまでの中央構造線における光波測量結果をまと  
めると以下である。

1. 川之江、阿波池田、粉河、五条の各基線網はそれ  
ぞれ異なったひずみ場を示し、中央構造線の各セグメ  
ントの活断層の存在により影響されていることが考え  
られる。

2. 中央構造線の断層運動は右横ずれといわれており、  
川之江、阿波池田基線網の変位はこの断層運動と調和  
している。しかし、光波測量の観測期間の変位は全体  
で最大でも6cm以下で、ひずみは $10^{-6}$ オーダーであ  
る。ひずみ速度に換算すると $10^{-7}$ /年であり変動は  
弾性変形として考えられる範囲にある。

#### 謝 辞

光波測量の測距儀DI3000の使用および解析につい  
ては地震予知研究センター中村佳重郎氏と大谷文夫氏  
に御世話になりました。御礼申し上げます。光波測量  
の開始以来多くの方々の協力により測量が続けられて  
きました。御協力いただいた方々に厚くお礼申し上げ  
ます。また地すべりの情報は徳島観測所の末峰助教授  
にいただきました。お礼申し上げます。

#### 参考文献

建設省国土地理院(1996):都市圏活断層図 X近畿圏南



- 部地区  
 田中寅夫・細 善信・土居 光・小泉 誠・和田安男・  
 加藤正明・和田博夫・三雲 健 (1980) : 跡津川断  
 層、上宝および中央構造線における光波測量、  
 京都大学防災研究所年報、第 23 号 B-1,pp.37-46.  
 田中寅夫・細 善信・和田安男・土居 光・尾上謙介  
 (1999) : 跡津川断層における光波測量 (1971~  
 1998)、京都大学防災研究所年報、第 42 号  
 B-1,pp.129-133  
 田部井隆雄 (2001) : 中央構造線断層帯の深部構造と  
 現在の運動様式に関する測地学的研究、平成 10 年  
 度~平成 12 年度科学研究費補助金(基盤研究 (B  
 (1))研究成果報告集、課題番号 10440129  
 地質調査所(1993) : 中央構造線活断層系(四国地域)ス  
 トリップマップ、構造図、1 : 25,000.

### **Electro-Optical Measurements on Median Tectonic Line**

Kensuke ONOUE, Yoshinobu HOSO, Yasuyoshi FUJITA, Hikaru DOI and Torao TANAKA\*

\* Faculty of Science and Technology, Meijo University

#### **Synopsis**

The Median Tectonic Line (M.T.L.) in west Japan is one of the greatest fault systems which consists of many active fault groups of the first class. For the purpose of monitoring of fault movement on M.T.L., we made 4 networks for Electro-optical Distance Measurement (E.D.M.) on M.T.L., that is, Kawanoe and Awaikeda on Shikoku Island and Kokawa and Gojo on Kii Peninsula. The observations by E.D.M. at Kawanoe and Awaikeda networks have been carried out for over 20 years. The patterns of changes in each network differ from each other. Results observed in Kawanoe and Awaikeda show the displacement rate of 0~2.3mm/year and patterns of the changes correspond to right lateral fault movements that were inferred from research by trenches of faults and geological surveys. However, if we assume an uniform strain field in these networks, then the strain rate is about 0.1 micro Strain/year which corresponds to the average strain on normal fields in west Japan.

**Keywords:** Median Tectonic Line; Active Fault; Electro-optical Distance Measurement; Base Lines; Elastic Deformation