1946 年南海地震直前の南海地域における地震活動の低下

高知大学理学部附属高知地震観測所* 木 村 昌 三

高知大学** 岡 野 健之助

A Lowering of Seismic Activity in the Nankai District, Southwest Japan, Just before the 1946 Nankai Earthquake

Shozo KIMURA

Kochi Earthquake Observatory, Faculty of Science, Kochi University,
Asakura-honmachi 2-17-47, Kochi 780, Japan

and Kennosuke OKANO

Kochi University, Akebono-cho 2-5-1, Kochi 780, Japan

(Received August 8, 1994; Accepted April 13, 1995)

We examine the decreasing of seismic activity which occurred in Shikoku, and the Wakayama and Tanba districts prior the 1946 Nankai earthquake, southwest Japan. Considering the effect of the Second World War, the seismic observation for that period by the Japan Meteorological Agency was not in sufficient conditions. Thus, the idea of seismicity lowering on the area has not been generally accepted, notwithstanding some studies on the subject were previously presented. This study proves however the lowering was not caused by the insufficient seismic observation. We give an explanation for the cause of lowering of seismicity. We also showed that the crustal seismic activity in Shikoku in terms of earthquake occurrence gradually decreased with time after the 1946 earthquake. The decrease in seismicity could be anticipated to continue till the next Nankai earthquake in the above mentioned districts. Accordingly, the lowering of seismic activity is expected as a precursor of the great Nankai earthquake, in particular in the Wakayama district where the usual seismic activity is comparatively high compared to other districts.

Key words: 1946 Nankai earthquake, Lowering of microseismic activity, Change in number of felt earthquakes.

§ 1. はじめに

大地震の予知を目指してその先行現象を捉える研究が数多く行われてきた結果、東海地震についてはかなり有望な成果が得られている [例えば、茂木(1982)] とされている。しかし南海地震に対してはいまだ有効な手段が見いだされていないといつてよいであろう。筆者等は 1967 年に地震予知計画による微小地震の観測を開始して以来一貫して四国の地震活動を研究して来た。その成果として現在に至るまで四国の地震活動が漸次低下しつつあることを推定しようようになった [木村(1992)]。この活動低下が事実であつて次の南海地震の直前まで続

くのであれば、この低下を大地震発生前の先行現象として役立てることができるのではないかと期待し、1946 年の南海地震発生直前の地震活動を気象庁のデータによって調べたところやはり活動の低下が見られた。これと同じような活動低下は既に和歌山周辺においても認められることが報告されている [関谷・涌井(1972)] が、これは戦中・戦後の社会混乱の影響によるものとして特に注目されていない。しかし現在四国において進行している活動低下を考えると、あながち観測の不備として片付けてしまうのは妥当ではないと思うので少し詳しく調べて見た。

* 〒780 高知市朝倉本町 2-17-47

** 〒780 高知市曙町 2-5-1

§2. 地震活動

震源データとしては気象庁の観測結果を額・吉井(1986)がFDにコンパイルした「micro SEIS」を用いた。1946年の南海地震発生前後は敗戦時をさして極端に社会が混乱状態にあったので、気象庁の地震観測もまた不充分であった。その間の事情は1946年の南海地震の余震の再調査を行った竹内・他(1987)によって記されているが、詳細は不明な点が少なくないようである。

まず Fig. 1 に1926年から1959年の間に四国から紀伊半島地域に起こった地震の震央分布を示す。Fig. 1の領域における地震活動の時間的推移をFig. 2に示す。東南海地震と南海地震は特に大きな円で示してあるが、南海地震発生直前には四国周辺での地震活動は明らかに低くなっている。これについては OKANO and KIMURA (1979) によっても指摘されているが、その当時四国西部の観測点のほとんどが停止状態にあったこと[竹内・他(1987), 浜田(1994)]を考えると観測の不備が主な原因であることは当然考えられるところである。

南海地震直前におけるこの特徴が和歌山周辺の地震活

Fig. 1. Epicenter distribution in and around Shikoku and Kii peninsula, southwest Japan adopted in Fig. 2. The data period is from 1926 to 1959.

Fig. 2. Space (longitude)-time variation of earthquakes in the area shown in Fig. 1. The upper large circle shows the 1944 Tonankai earthquake and the lower, the 1946 Nankai earthquake.

動に見られることを指摘した関谷・涌井(1972)は、1945年7月の和歌山測候所の戦災による焼失を考慮して、和歌山に最も近い淡路島の洲本測候所におけるS-P時間や和歌山における震度観測に基づいてその可能性を検証している。ただそのデータの取り扱いについて問題があるという考えもあるので必ずしも支持されていない。

Fig. 2から東南海地震発生直前にもその余震域に同じような地震活動の低下を見ることができる。これについては力武(1986)が大志万(1985)の私信を受けて、第2種空白域と呼んで紹介しているが、この地域はもともと地震活動が低いということから注目されることが少ない。

以上の現象について筆者等もまた観測の不備を主な原因とすることを否定するものではないが、上記3例についてFig. 2を見ると、すでに1941年頃から地震活動が次第に低下しているように見えるので再検討してみる価値があるものと思う。

1946年の南海地震に伴って四国周辺ばかりでなく、近畿地方の丹波山地においても地震活動が高まったことは周知のことであって、宇津(1977)はこれを広義の余震と述べている。ということは、これらの地域で地震活動が高まったのは南海地震の影響を受けたからと考えられるので、上記のような発生直前の活動低下がこの地域にもまた起こったのではないかと期待して四国および和歌山と併せて調べた。これら3地域の範囲をFig. 3に示す。Figs. 4~6にそれらの地域における地震について年毎の地震数の変化を区域内の震央分布と共に示す。図から明らかなようにいずれの地域においても南海地震発生直前に活動の低下を見ることができる。なお、南海地震の発生が1946年12月21日であるので、これらの図

Fig. 3. Map showing three districts set up for examining seismic activities before and after the 1946 Nankai earthquake. Solid circles show the stations used for examining the number of felt earthquakes.

Fig. 4. Epicenters located by JMA in the Shikoku district (upper) and the yearly frequency of those earthquakes (lower).

Fig. 5. Same as Fig. 4 except in the Wakayama district.

§ 3. 四国地方における地震活動の時間的变化

四国地方の地震活動が1967年の微小地震観測開始以来次第に低下しつつあることはこれまでも発表してきた [例えば, OKANO and KIMURA (1979), 木村 (1992)] が, ここで最近の1993年までの観測結果を加えて示

では21日以後11日間の地震を翌年の1947年に加えて示している。

Fig. 6. Same as Fig. 4 except in the Tanba district.

す。Fig. 7 に地殻地震（主に上部地殻内のいわゆる $V_p = 6 \text{ km/s}$ 層内に起こる地震）とマントル地震（マントル最上部層内に起こる地震）について発生数の時間的変化を示す。マントル地震については多少の減少傾向は見られるもののそれ程の変化が認められない。一方、地殻地震については明らかに活動の低下が認められる。すなわち M が 4.0 以上の地震は 1984 年以降全く姿を消し（1994 年 6 月に 10 年ぶりで $M_{\text{JMA}} = 4.0$ の地殻地震が発生した）、 M が 3.5 以上の地震もまた発生しない年が見られるようになってきている。 M が 3.0 以上の地震の数が年々減少していくのも一見して明らかである。Fig. 8 は両方の地震についてそれぞれの放出エネルギーの時間変化を示したものである。地殻地震はマントル地震に比べて震源距離が小さいので M の小さい地震がより検知されやすいために観測される地震数は多いが、放出エネルギーは桁違いに小さいことが分かる。ちなみにマグニチュード頻度分布における関係式の b 値は地殻地震では 0.98、マントル地震では 0.72 となり、マントルに比べ地殻の方が小さい地震の観測される割合は高い [例えば、木村 (1992)]。

次に 1946 年の南海地震発生前後の状況をも見るために気象庁のデータを使用して微小地震観測開始以前の活動状況をも調べた。この場合地震計の感度や震源決定精

Fig. 7. Yearly variation in seismic activity of the crustal (upper) and mantle (lower) earthquakes ($M \geq 2.5$) in and around Shikoku obtained by the microseismic observation.

Fig. 8. Accumulated energy release diagrams for crustal and mantle earthquakes.

Fig. 9. Variation of earthquake occurrence arranged separately according to the focal depth (after 1967) or the direction of pressure axis (before 1967). Bars drawn upwards and downwards correspond to crustal and mantle earthquakes, respectively. Dotted bars show earthquakes ($M > 4.0$) with unknown focal depths.

度を考えて Fig. 9 のように示した。同図は四国付近における M が 4 以上の地震についてのものである。同図の中で上に立てた棒は地殻内の、下向きの棒はマントル内の地震についてのもので、上下に記入してある破線はいずれとも判断しかねる地震である。1967 年 4 月の微小地震観測開始以後は高知地震観測所の震源データによって区別した。この図からもまた南海地震発生前においては地殻地震の活動が極端に低下していて、そして発生直後から活動が活発になり現在まで漸次低下を続けていることが明瞭である。この場合、1967 年以前の気象庁によって決められた震源の深さからは、地震が地殻内かマントル内かを定めることは困難であることが多いので、そのような場合は P 波初動の押し引きの分布からどちらに属する地震かを判定した。判定は OKANO *et al.* (1980) によるメカニズムの解析結果に基づき、地殻地震は東西方向、マントル地震は南北方向の P 軸を持つとい

う性質を利用した。P 波初動の押し引きの分布は ICHIKAWA (1965) の論文を引用した。

§ 4. 議 論

南海地震発生後に余震またはそれに類する地震活動のあった地域、すなわち四国、和歌山および丹波山地の各地域において地震発生直前に注目すべき活動低下が見られることを示した。しかしこれらの低下は戦争の影響を受けて観測が不充分であったために震源が決定できない地震があったからであるとも考えられるのであるが、現在進んでいる四国における地震活動の低下から次の南海地震の直前を推測すると、ありえないことでもないので観測の不備だけに帰するのは早計のように思われる。

そこでこのことをさらに気象庁地震課 (1971) および大阪管区気象台 (1990) の震度観測の報告を用いて検討した。これらはそれぞれの地域の地震活動だけを示すも

Fig. 10. Temporal variation in yearly number of felt earthquakes in Wakayama, Sumoto, Tokushima and Kochi reported by JMA and in Yuasa by Shinya (1953). Numbers at the bottom correspond to the earthquakes listed Table 1.

Table 1. List of major earthquakes indicated by the numbers at the bottom in Fig. 10.

No	Date	Mag.	Name of Earthq.	No	Date	Mag.	Name of Earthq.
1	Sep.1923	7.9	Kanto	14	Jul.1952	6.8	Yoshino
2	May 1925	6.8	Kita-tajima	15	Nov.1953	7.4	Off Boso Pen.
3	Mar.1927	7.3	Kita-tango	16	Jul.1955	6.4	S. Tokushima Pref.
4	Nov.1930	7.3	Kita-izu	17	Feb.1961	7.0	Hyuganada
5	Feb.1936	6.4	Kawachi-yamato	18	Aug.1961	7.0	Kita-mino
6	Jan.1938	6.8	Off Tanabe Bay	19	Mar.1963	6.9	Off Echizen Cape
7	Sep.1943	7.2	Tottori	20	Jun.1964	7.5	Niigata
8	Dec.1944	7.9	Tonankai	21	Apr.1968	7.5	Hyuganada
9	Jan.1945	6.8	Mikawa	22	Aug.1968	6.6	Off W. Ehime Pref.
10	Dec.1946	8.0	Nankai	23	Sep.1969	6.6	C. Gifu Pref.
11	Jun.1948	6.7	Hidaka River	24	Aug.1984	7.1	Hyuganada
12	Jun.1948	7.1	Fukui	25	Sep.1984	6.8	W. Nagano Pref.
13	Mar.1952	6.5	Off Daishoji				

のではないが、やはりそれぞれの地域の地震活動を反映しているし、震度は地震計に見られる故障や感度の変更には無関係なのでほぼ定常的に観測されたデータとして

有用である。Fig. 3 に黒丸で示した観測点高知、徳島、洲本（淡路島）、和歌山および和歌山県湯浅〔新屋（1968）〕において観測された有感地震についての年毎の

Fig. 11. Temporal variation in monthly number of felt earthquakes in Wakayama, Tokushima and Kochi reported by JMA.

数の推移を Fig. 10 に示す。参考としてこの期間に起こった主要な地震を図の最下段にナンバーをつけて示す。これらのナンバーに対応する地震を Table 1 に示す。この図から、南海地震前年の 1945 年における有感地震は、その前年の 1944 年の東南海地震の余震活動を考慮すると、その活動が低下していることが推定できる。1946 年は和歌山を除いて数が増加しているが、これは同年 12 月に起きた南海地震の余震がその年に入れて数えられているためである。地震発生直前までの地震活動が極めて低いことは月毎の数の変化を見れば更に明らかである。Fig. 11 に和歌山、徳島、高知における月毎の有感地震数の変化を示す。一見して東南海地震（1944 年 12 月）直後から地震が極端に少なくなったことが明白である。このように南海地震直前の地震活動の低下はこれらの震度報告からも伺い知ることができる。

ところで和歌山における変化を見ると他の地域とはかなり様子が異なる点に気づく。中でも南海地震直前の活動低下がいかに極端であって、東南海地震の余震活動が低下した 2 ヶ月後からは有感回数が月に 1 回程度と急激に減って、その低活動が南海地震まで続いている。また余震が多数観測されたであろう南海地震直後においてもその数が極めて少なく、南海地域の洲本、徳島、高知と比べて遙かに少ないことは気になるところである。その後の 1947～1948 年でも地震の数は他の地域と同じ程度で、普段の和歌山における高い地震活動を考えると理解し難い部分である。これらは資料の不備によるものであろうか。あるいは和歌山地域特有のものであるかもしれない。和歌山測候所は 1945 年 7 月の空襲によって焼失し、読み取り原簿を除いて地震計と地震記録紙を失ったので資料の不備は当然考えられる。ところが幸いにして、和歌山測候所（1953）によって「昭和 21 年末の南海大地震前に極端に減少している」と表現されてお

り、また渡辺（1952）は前記気象庁地震課のデータを使用して同じ趣旨の論文を書いている。これらの報告は南海地震後間もない、記憶も確かであると思われる時期に書かれているので信頼のおけるものである。以上のように不明確な部分もあるが、和歌山における南海地震直前の低地震活動については事実である可能性は極めて高い。

それでは次に来るべき南海地震までの地震活動はどうであろうか。Fig. 10 の年毎の有感回数の推移を見ると、南海地震の余震活動が静まり、現在ではほぼ定常的であるように見えるが、これらの図の中にも活動の低下が続いていると見えるものもある。洲本の年毎の変化は低下を示しているし、和歌山でも全体的に見ると低下の傾向を見ることができる。高知の年変化にはそのような低下は著しくないが、有感となる M の大きなものが多いマントル地震を含めて数えているこの図には注目される程の変化が出ないの不思議ではなく、地殻地震だけを見れば漸次減少していることは明らかである（Fig. 7）。それは和歌山についても言えることであって、地殻地震だけをとることができれば活動の低下がさらに明瞭になるであろう。

この四国周辺における地殻地震についての活動低下のメカニズムについては既に OKANO and KIMURA (1979) が述べているところであるが、ここで再度考えを示しておく。四国地方においては、地殻地震の P 軸の方向は E-W であり、マントル地震のそれは N-S である [OKANO *et al.* (1980)]。マントルの地震を起こす力は、南海トラフから沈み込むフィリピン海プレートによって加えられるとする考えが一般的であるが、日本列島の南下によるとする考えもある [岡野 (1988)]。いずれにしても大陸と海洋の基盤の間に働く相対的な力によるものと考えられるが、その方向は N-S から NW-SE である。

すると地殻内に働く E-W の力はどこから与えられるのであろうか。現在主として考えられているのは日本海溝に東から沈み込む太平洋プレートによる力である。しかしグローバルなテクトニクスを考えると、その力が薄い地殻にだけ加わり、その直下に接するマントルには影響が及ばないというのも納得のいかないことである。そこで次のように考えてみた。

地下の部分にはその上に存在する岩石による圧力が封圧に近い状態で加わっているとみなせる。そこに前述した N-S 方向の力がマントルに加わるのであるが、四国の下では上部地殻とマントルの間に塑性を持つと考えられている下部地殻が存在する [岡野・木村 (1983)] ので力はそのまま上部地殻に伝わらない。室戸岬付近の下に見られる、上部地殻と最上部マントルがそれを介して接するようになっている緩衝帯 [木村・岡野 (1992)] を通して伝達されるであろう。したがってゆっくりとマントルから加わる力は上部地殻にはあまり大きく作用しない。しかし、この普段働いている N-S 方向の力に急激な変化があると、それが上部地殻に影響を及ぼし、上部地殻内の地震活動に変化を与えると考える。南海地震が発生するとマントルにおける N-S 方向の応力が急激に低下するので、その作用が上部地殻に及んで地殻内に働く E-W 方向の応力が相対的に急激に高まり、E-W 方向の P 軸を持つ地殻地震の活動が高くなる。これがマントル内に発生した余震とは別に地殻内に誘発された地震であり、その E-W 方向の応力がその後の地殻地震を発生させる。そしてその発生に伴って次第に歪エネルギーを失い、またマントルに働く N-S 方向の力の作用が地殻にも加わって、E-W 方向の応力が相対的に次第に小さくなっていくので地殻内の地震活動が低下していく。このように考えると、N-S 方向の応力が非常に高まる南海地震発生直前においては、上部地殻の地震活動に著しい低下が期待できる訳である。マントル地震と地殻地震のそれぞれの P 軸の方向がほぼ直角であるということは両者の力系が密接な関連を持つとする根拠と考えてよいであろう。このような特徴は東海地方においても見られ、P 軸がほぼ E-W 方向である 1945 年 1 月の三河地震 [ICHIKAWA (1965)] は 1944 年 12 月の東南海地震により誘発された地震と考えられる。また 1707 年の宝永、1854 年の安政南海地震の直後に高知市周辺において鳴動を伴った、おそらく震源が極めて浅い地震が、現在では微小地震もほとんど観測されていないごく浅い部分 ($V_p=6$ km/s 層より上部) に発生したと推定される記述が残っていることも説明できる。

以上の考察から、四国においては主役を演じる起震力は南北方向の力であると推定するのであるが、これは

Fig. 8 に示されているように、深さの異なる二つの領域に発生した地震の放出エネルギーを比較すれば、マントル地震の方が桁外れに大きいことから疑問のないところである。一般に南海地震の発生後四国の東・中部において地殻地震の活動が高くなった印象が強いので、しばしば現在でも地殻地震の方が活動が高いと考えられるようであるが、エネルギー的にはマントル地震の方がはるかに大きいのである。

さて南海地震直前に地震活動の低下が事実起こるものとして、連鎖的に発生してきた東 (南) 海地震と南海地震についてのメカニズムを考えてみる。昭和の場合、この二つの地震は余震域が明瞭に分かれていて、それぞれの余震域は紀伊半島の先端付近で東と西に接している。そこでいま東南海地震が起こったとすると、紀伊半島の東側の震源域に働く南北方向の応力は急激に低下するので、あたかも並列する支えの一方が外れ、力が他の一方だけにかかる状態となって、西側の南海地震の震源域に働く南北方向の応力がより高まる。そのためにその上にある地殻に働いている東西方向の応力が相対的に急激に低くなって地殻地震の活動が急激に低下する。そして南海地震の震源域には南北方向の力がより強く加わって応力を高め南海地震の発生を促すと考えれば、二つの地域に見られる大地震の連鎖的発生も、直前の地震活動の低下も一応の理解が得られる。

この東海地震と南海地震の連鎖的発生は安政と昭和の地震では東海地震の方がそれぞれ一日と二年前に起きているが、宝永地震ではその前後関係は明らかでなくほぼ同時に起きた [宇佐美 (1984)] とされている。ただ「山内氏時代史稿」によると「午ノ刻に至り暫くゆらりゆらりと静に地震す、夫より次第にゆり出て天地と一ツに成様に家も蔵も崩れあやも見合せ難し」とあるので、この「暫くゆらりゆらりと静に地震す」を東海地震による震動と解釈すれば、東海地震の方が数分程度先に発生したと考えられる。そうすると、宝永、安政、昭和の東海と南海の連鎖地震はすべて東海地震が先に発生している訳である。いつも東海地震の方が先に起こるという性質があるのであろうか。といって次の場合もまた東海地震が先に起こるという保証があるわけではないが、考えに入れておいてよいかも知れない。

以上のように、1946 年の南海地震の直前には四国、和歌山、丹波山地では極端に地殻地震の活動が低下したことが必ずしも観測の不備によるものではないことが分かった。それ故次の南海地震の前にも地震活動の低下が充分期待できるので、地震発生の時期を予測する手段として利用する価値があるものと思う。特に和歌山は微小地震の頻発地域なので地震活動の変化を監視するには最

も適しているであろう。

§5. おわりに

これまであまり取り上げられなかった1946年の南海地震直前の地震活動の低下を見直したところ、低下は観測の不備によるのではなく、事実である可能性の高いことが分かった。しかし次の南海地震発生直前における地震活動のレベルについては手がかりが揃っているわけではない。地震という現象が確率的な現象なので、その発生時期を予測するためにはその確率を少しでも高めていくしかないと考えている。

この研究は多くの方々の援助を受けて行われた。特に和歌山地方の地震活動については和歌山地方気象台に面倒な調査を依頼したにもかかわらず、丁寧なご回答をいただいた。気象庁のデータ等に関しては、気象庁の浜田信生博士から再三にわたって調査結果と筆者等の考えについて有益なコメントをいただいた。また東京大学地震研究所和歌山地震観測所の中村正夫氏にいただいた和歌山の地震活動についてのご意見は論文を書き進めていく上で貴重であった。さらに東京大学地震研究所の額縁一起、吉井敏尙博士作成のFDが図の作製を極めて容易にし、それがこの研究を行うきっかけを作ってくれたといつてよい。これらの方々に心から御礼申し上げます。高知大学高知地震観測所の川谷和夫技官による長年にわたる細心な観測と記録の読み取りは地震活動の変化を調べる上で欠くことのできないものでした。

この論文は青木治三（名古屋大学理学部）、安藤雅孝（京都大学防災研究所）両査読者の適切なご指摘によって問題点をより深く掘り下げることができ、いろいろな点で改善されました。査読者のお二方に厚く御礼を申し上げます。

文 献

浜田信生, 1994, 私信.
ICHIKAWA, M., 1965, The mechanism of earthquakes

occurring in central and southwest Japan and some related problems, *Pap. Met. Geophys.*, **16**, 104-156.

木村昌三, 1992, 四国付近における地震活動の経年変化, 地震学会講演予稿集, No. 2, 73.

木村昌三・岡野健之助, 1992, 四国におけるマントル地震の特徴, 高知大学理学部紀要, **13**, 物理学編, 1-12.
気象庁地震課, 1971, 日本における震度観測の記録, 気象庁技術報告第76号, 気象庁, 222 pp.

額縁一起・吉井敏尙, 1986, 地震データベース利用システムの開発 (2)—PCへの移植—, 地震学会講演予稿集, No. 2, 247.

茂木清夫, 1982, 日本の地震予知, サイエンス社, 352 pp.

岡野健之助, 1988, 四国の地震, 土佐出版社, 210 pp.
OKANO, K. and S. KIMURA, 1979, Seismicity characteristics in Shikoku in relation to the great Nankai earthquakes, *J. Phys. Earth*, **27**, 373-381.

岡野健之助・木村昌三, 1983, 四国地方における V_p/V_s と地震活動との関連, 地震 **2**, **36**, 431-437.

OKANO, K., S. KIMURA, T. KONOMI and M. NAKAMURA, 1980, Focal mechanism in Shikoku, Japan inferred from microearthquake observations, *Mem. Fac. Sci. Kochi Univ.*, **1**, Ser. B, 1-13.

大阪管区気象台, 1990, 近畿・中国・四国の有感地震, 大阪管区気象台, 211 pp.

力武常次, 1986, 地震前兆現象, 東京大学出版会, 232 pp.

関谷 溥・涌井仙一郎, 1972, 大地震前後の地震活動 (III) (1944年東南海地震, 1946年南海道地震), 地震予知連絡会会報, **7**, 50-54.

新屋兼次郎, 1968, 和歌山県湯浅における地震観測, 地震研彙報, **46**, 161-173.

竹内 新・吉川一光・浜田信生, 1987, 1946年南海道地震の余震分布の再調査, 地震学会講演予稿集, No. 1, 15.

宇佐美龍夫, 1984, 宝永地震の震度分布, 地震予知連絡会会報, **31**, 468-472.

宇津徳治, 1977, 地震学, 共立出版, 302 pp.

和歌山測候所, 1953, 紀伊半島の地震について, 紀淡海峡頻発地震調査報告, 大阪管区気象台, 35-43.

渡辺正之, 1952, 和歌山の地震と地盤変動, 研究時報, **4**, 733-736.