

琵琶湖周辺の地震活動について(Ⅱ)

琵琶湖周辺地震活動研究グループ

ON THE ACTIVITY OF EARTHQUAKES IN THE AREA AROUND LAKE BIWA

By Research Group of Seismicity around Lake Biwa

Synopsis

The change of the mode of the crustal movement in the vicinity along the west coast of Lake Biwa was reported in 1973 by Danbara using the results of leveling plane survey. And he suggested to carry out leveling plane survey again in near future.

It is made sure by the survey in 1976 there is not large crustal movement around this region during 1971—1976.

Meanwhile the investigation of seismicity revealed clearly that there is no micro-earthquakes in the area along the eastern coast of Lake Biwa where was a great deal of damage by the large earthquake M 7.4 in 1819. The above area might be called a kind of blank area of earthquake.

The precise studies of micro-earthquakes mechanism concluded some earthquakes are thrust types in mechanism of earthquakes around Lake Biwa. This result is expected from the geological backgrounds which are active dip-slip type faults system, subsidence of Lake Biwa and up-heaval of mountains around the lake.

The observation of velocity of seismic waves was took place along the large fault, Hanaore in the west-side of Mt. Hira in the western coast of Lake Biwa.

1. は じ め に

1973年、地震予知連絡会において、植原¹⁾は、琵琶湖西岸の地殻隆起の mode の変化に注目して、水準測量の改測を上昇速度を検討する為にも強く提案した。この提案にもとずき、琵琶湖周辺域の地球科学的総合調査が始められた²⁾。

水準測量については、植原の図 (Fig. 1) によると1886年以来北上りの変動を続けている。観測点の地質は、小松・堅田間が、北良山脈を造っている granite であり、他の地点は、古琵琶湖層か古生層上と考えられる。そして、構造地質から、比良山塊は第四紀を通じて、上昇隆起を継続する一方、琵琶湖は西方に傾動沈降している。この様に考えると、植原の示した図がより明瞭に把握される。大津・堅田間の古琵琶湖層の変動、堅田・小松間の granite そして北方の古生層に続いて granite の変動と三個のブロックを形成していることが解る。

植原の注目した場所は、三ブロックの中の、比良山塊域であり、比良山の上昇隆起運動から、隆起速度は1mm/年程度が想定されている。従って、1948年から1971年の約20年間の2~3cmの上昇は、大津市の開発による地盤沈下を考慮に入れると、そんなに大きい量とはいえない。しかし琵琶湖西岸には多くの活断層系が発達しているにもかかわらず、近年には、大地震の発生が認められていない。従って、詳しく、地殻の変動の様子を調べる事は、大切なことといわねばならない。又、最近の土地開発、市街化による、地下水量の減小に伴う地盤沈下の地殻活動に受ける影響も、自然のバランスの中で捕えねばならない。

以上の観点から1976年に琵琶湖一周ルートについて水準測量が実施された。Fig. 2

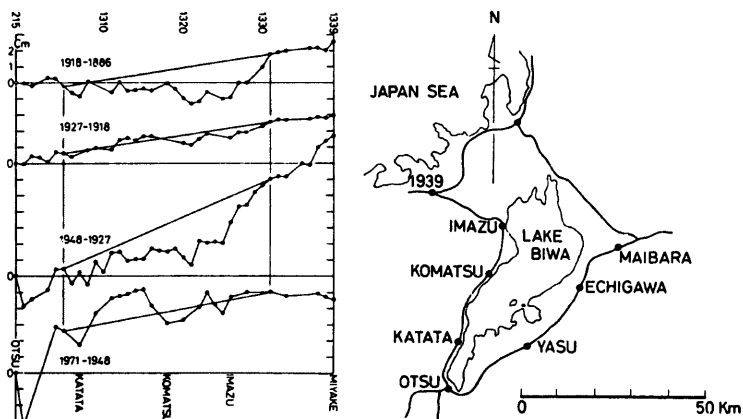


Fig. 1. Levelling lines and vertical movements in the west line around Lake Biwa, until 1971

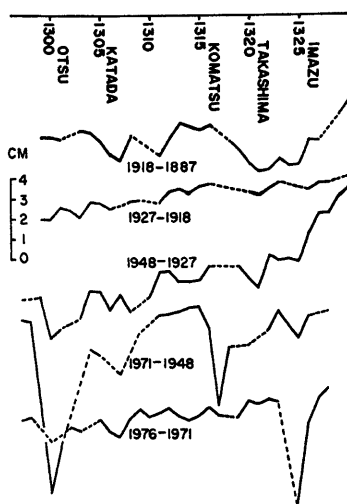


Fig. 2. Vertical movements in the west line around Lake Biwa, until 1976.

改測量による数年間の結果からは大きな変動は期待できないが、それでも、三つのブロックの運動として捕えることは出来よう。しかし観測精度等を考慮すれば、明らかな変動は1971年以来なく、比較的静穏であったと結論づけられるであろう。

2. Seismicity

第一報で述べた分布と大きな変化は見られず、淀川の東部は、淀川を境界にして、西部に比して地震活動

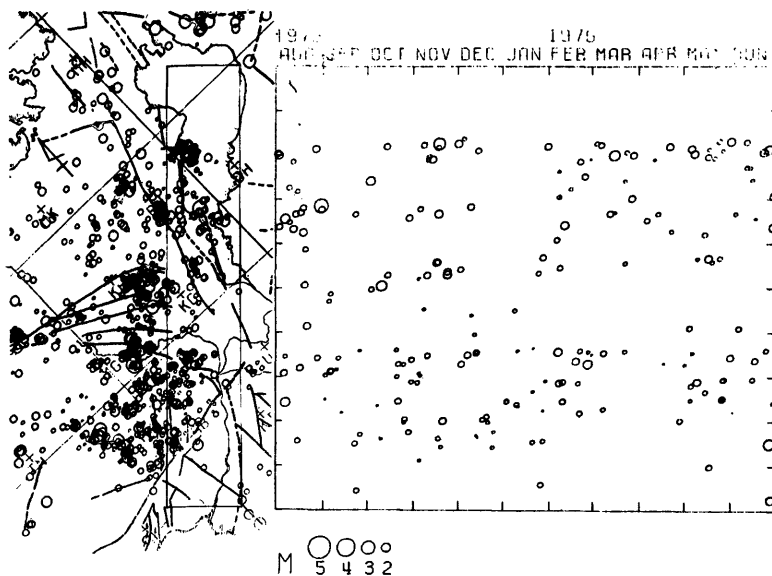
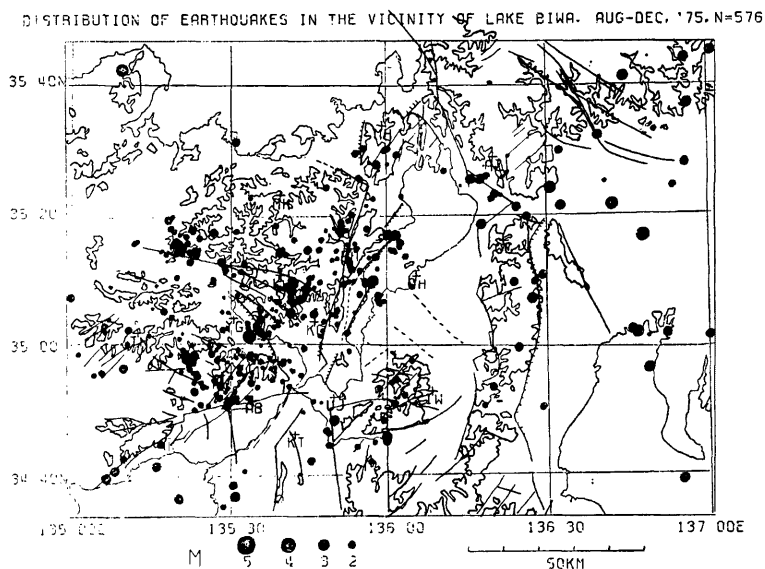


Fig. 4. Variation of seismicity dependent upon time along the west coast of Lake Biwa.

度は低い。(c. f. Fig. 10). 又東岸の地震の抜ける処には、あい変わらず地震の発生を見ない。丹波山地での地震は、震源の深さが深くなる傾向もより明瞭に見られる。しかし、地形と比較して見ると、違った関係も見られる。**Fig. 3** は、標高 400m のコンターと活断層の分布を seismicity map に記入された結果である。丹波山塊や、琵琶湖東岸の山地には地震の分布が稍低く、山塊の周辺部に多い。このことは中国地方全般についても言えることである。

しかし、この地域での地震の起り方は、一般的に定常的な様相を表わしていると考えられる。

時間軸に対する分布を示すと (**Fig. 4, 5**) 淀川下流域地帯の地震は、特別な形式をもたず定常的に発生し

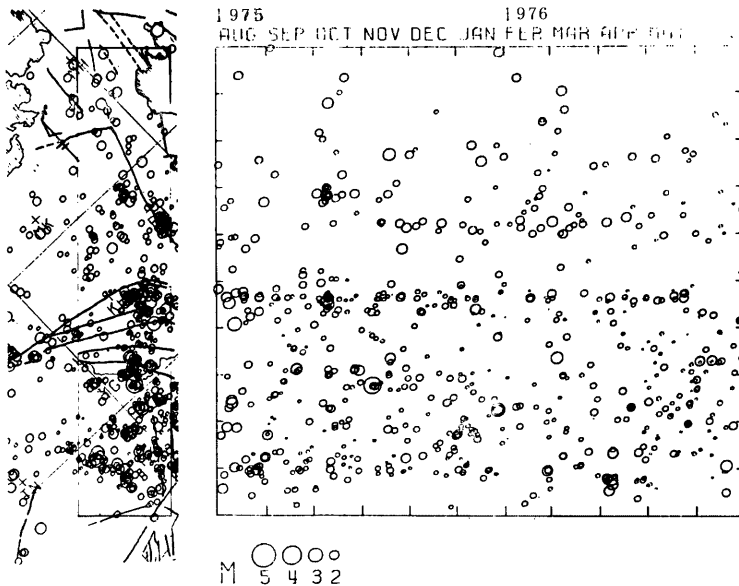


Fig. 5. Variation of seismicity dependent upon time along the western coast of Lake Biwa.

ている。又、空白域には地震の決まることはまれである。即ち、地震の発生する場所は限られていて、大体一定の時間間かく内に発生していると考えられる。すると大きな河川や山塊が地震の発生にかかわっているという事も何か本質的なことといわねばならない。淀川沿いには地震がなく、木津川に沿うように地震が見られる。このような活動は大規模な古い断層に沿っては地震がなく、小規模な従って若い断層に沿って活発な地震活動が見られるのと似ている。山塊の周りに地震が多いのは、比良山脈が他の地殻と異った運動をすることにも表われるように山塊自身が一つのブロックであることを示しているものと考えてよい。これらの事は、観測・研究が進めば自然明らかになるだろう。

3. 地震の発震機構と地殻活動

近畿地方の地震のメカニズムについては多くの研究³⁾が成されている。近畿地方の地震は東西水平主圧力による横じりの断層型のメカニズムとして説明されている⁴⁾。しかし、琵琶湖周辺に於いては、同じ東西水平応力下であって、異った型のメカニズムになる。琵琶湖北東部では、渡辺⁵⁾らが1971年以来、多くの観測点の

観測結果から、逆断層型のメカニズムを発表している。この湖北地方は、柳瀬断層で代表される断層があり、断層沿いに1909, 1911年と、比較的大きい地震（姉川地震）があり、姉川地震の余震域周辺に引き続いて地震が頻発している。Fig. 6 は、湖北地方の地震について求めたメカニズムである。西岸の微小地震については、明らかでなかった発震機構が、やはり逆断層型であることが解り、琵琶湖受び周辺の造構運動を統一的に考えるのに有力な手がかりとなる。地質学的な、いつて見れば、静的な運動の解明が地震という動的証拠により造構運動の解明を一層おし進めた。即ち、琵琶湖周辺の山塊は、急激な隆起運動により、沈降す



Fig. 6. Distribution of earthquakes mechanism in the northern area around Lake Biwa, open parts; dilatation, solid parts; compression.

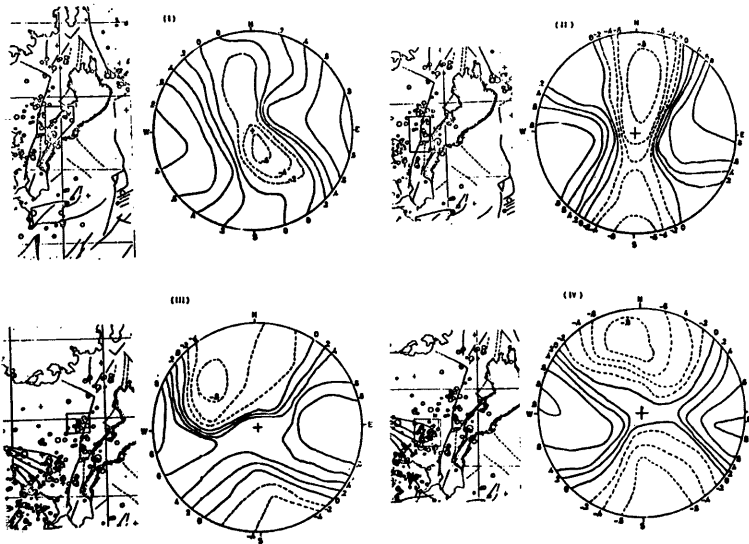


Fig. 7. Smoothed radiation pattern of micro-earthquakes mechanism around the west coast area of Lake Biwa.



Fig. 8. Relation active faults distribution and earthquakes mechanism, open circle; quadrant type, solid circle; thrust type, solid line: direction of principal stress.

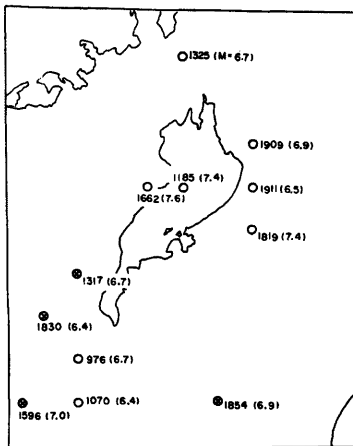


Fig. 9. Distribution of the large earthquakes around Lake Biwa.

る琵琶湖を押しつぶすように作用して、沈降を一層速めているといつてよい。Fig. 7 に、西岸の代表的地域の微小地震のメカニズムを重ね合わせによる smoothed pattern として示してある。湖岸の地震は、逆断層型であるが、花折断層西部では地震のメカニズムは、四象限型の横切り型となる。以上の結果を琵琶湖周辺の断層と地震のメカニズムと関係づけて、図示すると Fig. 8 となる。白丸は strike-slip 型を、黒丸は thrust 型を表わし、棒線で、応力の方向を示している。琵琶湖の沈降を表わす断層系と、その断層と力関係で矛盾しない地震のメカニズムの分布であることが理解されよう。

4. 琵琶湖周辺の被害地震⁵⁾

西岸に1662年に起った地震は、内陸の地震としては最大級のものと考えられ、最近の調査によると、花折断層系の運動に帰因すると思われる。一方東岸では1819年に大地震が彦根南方で発生し、琵琶湖周辺一帯と伊勢湾沿岸部に多大の被害を与えている。20世紀に入ってから北湖地方に、姉川地震(1909年)が最大のもの

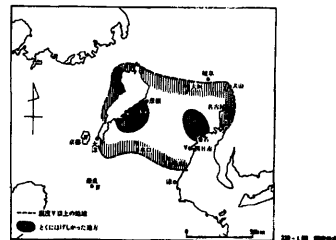
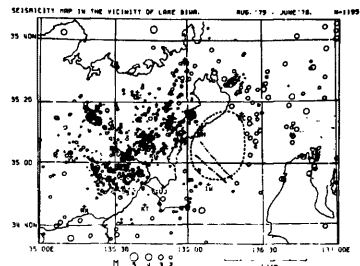


Fig. 10. Seismicity map and damaged region caused by the large earthquake 1819.

であるが、規模は小さく1911年に、余震とも考えられる地震が同地方に起ったが被害域は比較的狭かった(Fig. 9)。この姉川の地震は柳瀬断層系の断層活動が原因であったと考えられ、被害、地変の情報から判断すると現在も存在する Dip-slip 型のメカニズムであった。

約一年の琵琶湖周辺の seismicity map (Fig. 10) からうかがえるように、姉川地震の発生した地域には活発な地震活動が存在しているが、破線で囲んだ地域は、現在地震が全くない場所で、1819年の最大被害地区である。地震の空白域として注目すべき場所であろう。住宅地、工業地区として急速に開けて行く地域である上に古琵琶湖層が厚く堆積している為地震観測に不利な地帯である。周辺の観測網により監視する必要がある。

5. V_P/V_S の観測

琵琶湖西岸で地震波速度を調べる為、既設の観測点以外に花折断層に沿って静原、古知谷、平、村井、掠川に臨時点を設けて約一カ月間、和歌山近辺で多く発生する地震と福井方面の地震をねらって臨時観測を行った。和歌山で期間中2個の比較的大きい ($3 < M < 4$) 地震が発生して解析できた Fig. 11。花房・倉吉の大爆破による地下構造を参考に考えると 6.1 km/sec の層を屈折して伝った波についての V_P/V_S を表わしているであろう。発震時間は、和歌山地震観測所で決まった震源を用いて決めた。W1, W2 共に V_P/V_S の値は1.70~1.75を示した。阿武山地震観測所の観測結果は $V_P/V_S = 1.68 \sim 1.69$ と稍小さいが、両者の相違については種々考えられるが別の機会に触れることにしたい。

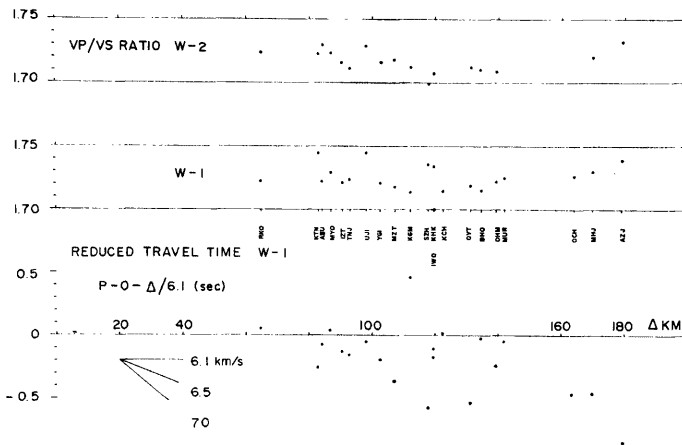


Fig. 11. V_P/V_S ratio of w-2 and w-1, and reduced travel time of w-1.

謝 辞

和歌山地震観測所の中村正夫氏には、地震のデータをいただいた。「琵琶湖周辺の地震活動の研究」のグループの人々の協力と議論に感謝致します。本研究は、科学研究費補助金(002021) 受び東京海上火災各務記念財団の援助によってなされたことを付記する。(見野記)

参 考 文 献

- 1) 檀原 毅：琵琶湖周辺の上下変動，地震予知連絡会会報，10，1973，pp.68-70.

- 2) 三木晴男他：琵琶湖周辺の地震活動について, 京都大学防災研究所年報第19号B-1, 1973, pp. 13-20
- 3) Ichikawa, M. : Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan, and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, 1926—1968. Geophys. Mag., 35, 1971 p. 207-274
- 4) Nishida, R. : Earthquake generating stress in eastern Chugoku and northern Kinki districts Bull. Disast. Pisast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ, Vol. 22, Part 3, 1973, pp. 197—233.
- 5) 渡辺邦彦, 他：北陸地方南部の微小地震活動(1), 地震学会春季大会講演予稿集 No. 1, 1973.
- 6) 宇佐美竜夫：日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 1975.