

福井県及び周辺の地震活動とテクトニクス

岡本拓夫*・平野憲雄・和田博夫・西上欽也・竹内文朗・伊藤潔

* 福井工業高等専門学校

要 旨

福井県は、1948年に福井地震（M7.1）を被り、近代における最初の都市直下型地震の震災を経験した県である。余震活動も顕著に認められていたが、2003年末より直上で有感をもたらす地震の発生が、余震域で認められなくなった。このことは、福井地方気象台の報告書でもふれられている。同時に奥越を除く嶺北地域で、地震の発生数の減少が指摘されている。2007年12月21日にM4.5が鯖江市東部付近に発生したが、2004年10月5日のM4.8とは推定断層面が直交関係になっていることが確認できた。M3クラス以上は、嶺北地域では奥越付近のみに限定され、応力に揺らぎが発生している可能性を指摘できる。

キーワード：地震活動，メカニズム，活断層，歪集中帯

1. はじめに

福井県は本州の中央付近に存在し、敦賀湾－伊勢湾構造線によって太平洋と日本海の距離が近づいている（Fig.1）。付近には确实Iの活断層が存在し、歴史的にみても大地震が発生してきた。濃尾地震（1891, M8.0）、福井地震（1948, M7.1）が、特に福井県に被害が大きかったと考えられる。福井地震においては、坂井平野区において倒壊率100%の地域が認められ、震度7の導入のきっかけを作り、近代都市直下型地震災害の先駆けとなったイベントである。最近では、近隣で中越地震（2004, M6.8）、能登半島沖地震（2007, M6.9）、中越沖地震（2007, M6.8）が発生し、活発な活動を示している。県内では、2007年12月21日にM4.5が鯖江市東部付近で発生し、震度4が計測された。付近では、2004年の10月5日にM4.8が発生している。2007年と2004年の地震は、根尾谷断層系から福井地震断層系に至る地震活動帯の中で発生し、震央も近い。求められたメカニズム解もよく似ており、p-軸もほぼ同じである。しかし、再決定された余震の並びより推定される断層面は、ほぼコンジュゲートになっており、興味を示される。また、京都大学防災研究所北陸観測



Fig.1 Map of in and around the Fukui Prefecture

所により求められた震源情報より、これらの地震が発生した領域で地震活動が最も浅くなっていることが確認されている。これらの地震を含め、現在、福井県内で有感が計測されしかも県内で発生しているものは、奥越付近に特定されるようになり、本報告者ではこれらの現象の詳細を報告するとともに原因について言及を行う。

Relocated Hypocenter of Mainshock and Aftershock
of M4.5 (12/21, 2007) and Fault Plane Solution
($M \geq 0$, 12/21 ~ 12/26, 2007)

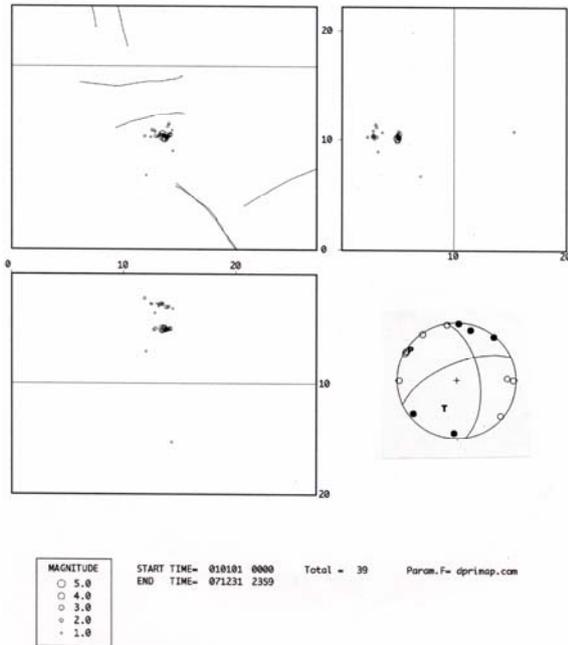


Fig2. Relocated hypocenter and fault plane solution.

2. データ

データは、京都大学防災研究所北陸観測所のデータファイルを使用した。解析には、Win システム、HyperDPRI を利用した。震源の再決定は、MJHD (Hurukawa and Imoto, 1992) を用いた。再決定に用いた波形は、京都大学以外にデータの一元化にともなって気象庁、防災科研のものも使用した。震度情報については、福井地方気象台より送って頂いている地震活動図報告のものを使用した。

3. 2007 年 12 月 21 日の M4.5 について

鯖江市東部で発生した M4.5 は、福井県に震度 4 をもたらした。地震の発生した地点は、根尾谷断層系より福井地震断層まで地震活動が認められる領域である。それぞれ、濃尾地震、福井地震の余震活動が続いていると考えられる。本地震は、それらの余震群の境に発生したと考えられ、余震分布も東西であると考えられる。Fig.2 に再決定された本震・余震の分布と本震のメカニズム解（下半球等積投影）を示す。震源の再決定には、MJHD 法を用いた。発生直後の余震のみの再決定ではあるが、本震・余震の並びより東西方向の断層面が推定される。求めたメカニズム解にも対応する面が認められ、東西の断層面

は、ほぼ間違いがないと考えられる。地上の断層トレースを確認すると、付近に東西のリニアメントが示されており、地形図より鯖江市河和田地区の谷に対応していると考えられる。河和田地区の谷は東西方向に走っており、ほぼ、対応が確認される。最近では、近傍で（今回よりやや南東）で M4.8（2004 年 10 月 5 日）が発生している。岡本他（2005）はこの地震を詳しく解析、断層面が温見断層の走向と一致すことを確かめている。すなわち、今回の地震断層面とは直交関係になっている。この様に局所的にメカニズム解や地上の断層トレースの走向が変わることより、テクトニクス的な原因を考察する必要が認められる。地震活動を注視すると、本地域西方には鯖江断層を中心とする地震発生の顕著な空白域が認められ、本地域付近で地震活動の地殻内の下限が浅くなっている（例えば岡本他，2004）。すなわち、地震活動の深さ分布に編曲点を与える様なテクトニクスが存在していると考えられる。

4. 最近の地震のメカニズム解

嶺北地域に発生する地震で、福井県内で有感を計測されるものは、その発生が近年、奥越付近に限られるようになってきた（例えば岡本他，2007）。メカニズム解を、fig.3 に示す。メカニズム解が示された地震は、福井県で有感が計測された地震である。岐阜ー福井県境を中心に発生していることが分かる。メカニズム解の p 軸は、ほぼ西北西ー東南東方向で一致している。この方向は、現在議論の対象になっている新潟ー神戸歪集中帯の圧縮軸と一致している。メカニズム解を求めた地震の分布は、この歪集中帯の福井県内のゾーンと一致している。またこれらの地震は、地表の断層トレースとの明確な対応は顕著ではなく、岡本他（2006）で指摘されている奥越の地震の発生特性と矛盾していない。また、近隣に認められる地表の断層トレースと推定断層面とが、まったく合わないケースも幾つか認められる。

5. 福井県の下で、今、何が起きているのか

2001 年 1 月 1 日より 2007 年 2 月 28 日までの $M \geq 1$ に関する嶺北地域における震央と地震の発生数の積算曲線を、fig.4a と 4b に示す。地震活動は、濃尾地震を発生させた根尾谷断層系より福井地震を発生させた福地震断層に至る地表断層トレース沿う活動が、顕著である。また、活動帯の西に存在する鯖江断層を中心とした地震活動の空白域や、東側にあたる奥越地域で塊状の地震活動が地表の断層トレースに関

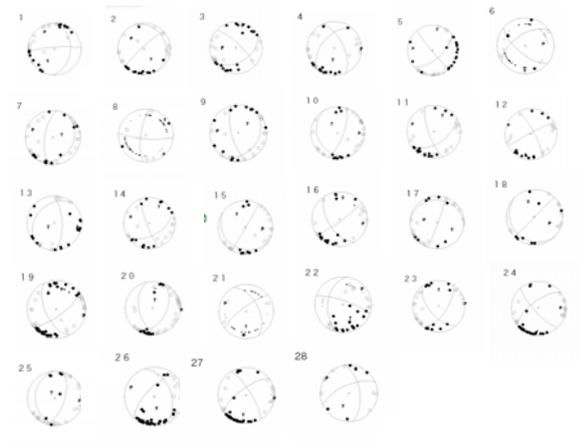
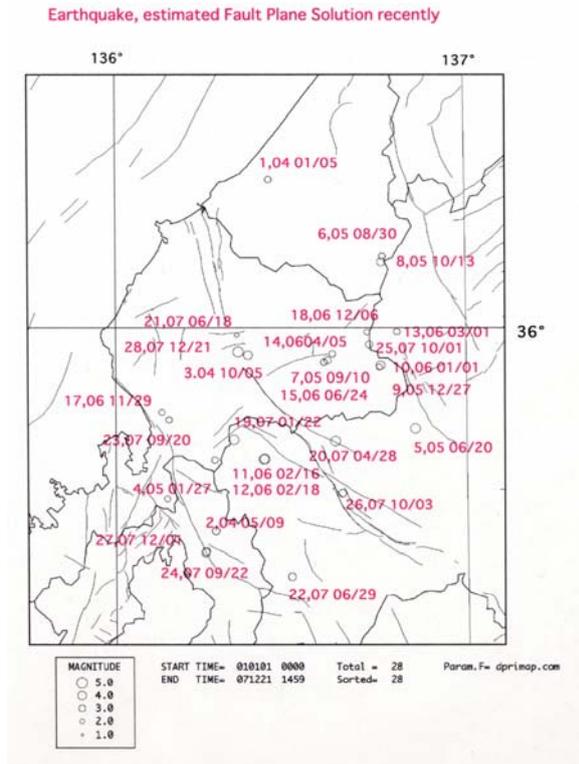


Fig.3 Fault plane solution which occurred at Reihoku region recently.

係なく分布している様子が、顕著に分かる。地殻内地震の深さ分布に着目すると、平野（私信）の指摘や竹内他（2007）の福井地震断層に沿う断面図でも確認できるが、福井市、鯖江市と池田町の接する辺りで最も浅くなっていることである。特に福井地震断層より海に向かって顕著に深くなっていく。この特徴は、岡本他（2002）の報告では、福井地震断層北部の地震を再決定した結果、地震群を形成しながら深くなっているとして確認できる。この一番浅くなって付近が、今回のイベント（2007, M4.5）が発生したところである。この地域には鉱泉が存在し、

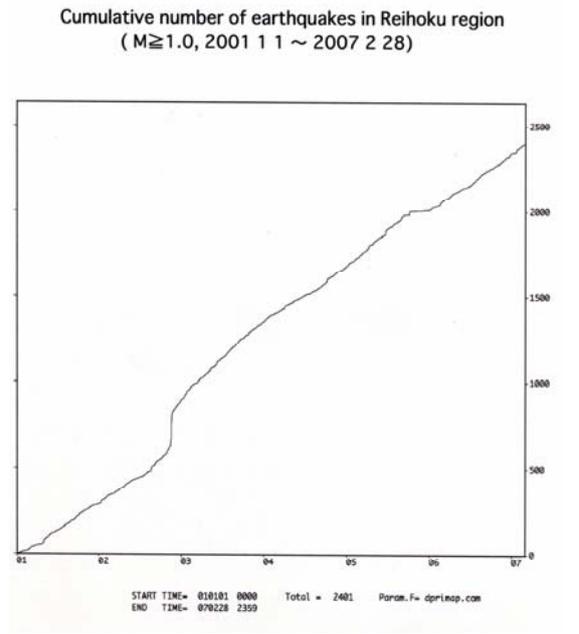
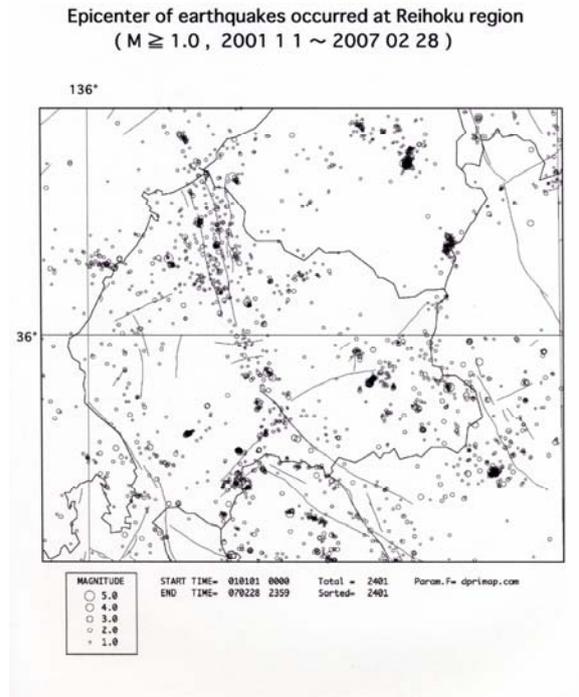
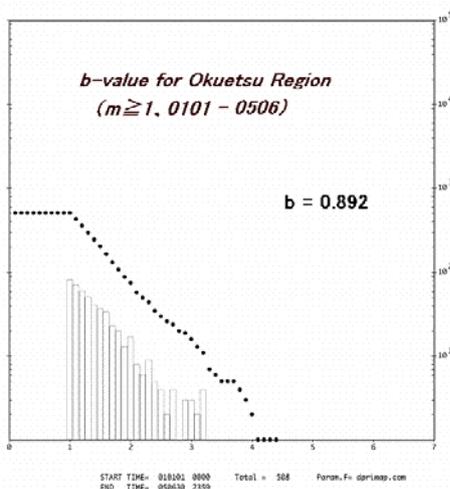
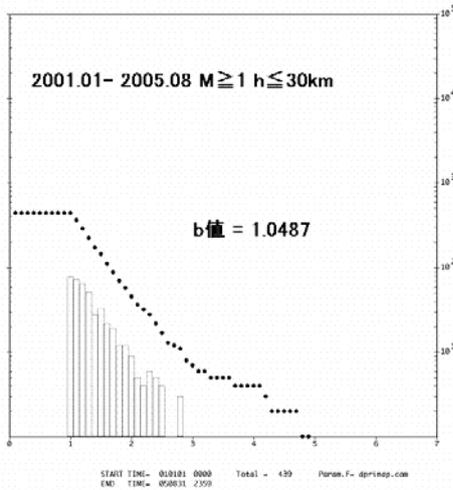


Fig.4a Epicenter of earthquake occurred at Reihoku region. 4b Cumulative number corresponds to 4a.

東西にその分布が認められる（現在、岡本が詳細調査中）。ただし、東西のリニアメントに対応する地震活動は認められない。この東西のリニアメントの影響が、地震活動の深さ分布に影響を与えている可能性が考えられる。鉱泉は、池田町より鯖江市の中心付近（現在は無いが、以前、弁天の湯として存在していた）まで点在し、同質に近い成分が推定されている（鯖江断層を調べる会の現地調査）。東西に延び

b-value for Fukui Earthquake Fault Area



b-value for Tsuruga Area

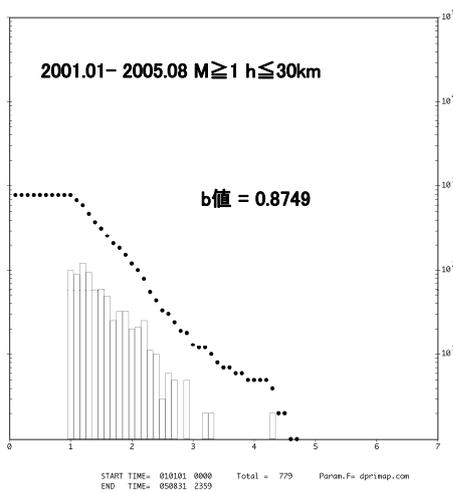


Fig. 5a The b-value for Fukui Earthquake fault region. 5b The b-value for Okuetsu region. 5c The b-value for Tsuruga region.

る構造が、根尾谷断層系—福井地震断層系の地震活動を遮るように入り、鉱泉が存在するように地下の情報が地上にまで伝わりやすい、すなわち、地震活動を浅くするように働いていると考えられる。この構造が、濃尾地震の破壊進行を止め、福井地震の破壊進行を止めたと推察できる。

現在、奥越付近でのみ大きめの地震が発生しているが、福井地震断層、奥越付近、敦賀付近の b 値を見てみると、奥越付近と敦賀付近が小さいことが分かる。Fig. 5a, b, c にそれぞれの b 値を示す。各 b 値を計算した期間は、奥越地域が 2001 年 1 月 1 日～2005 年 6 月 30 日、他が 2001 年 1 月 1 日～2005 年 8 月 31 日で、最尤法を用いて求めた。2 つの b 値の小さいエリアは、歪集中帯に属するエリアに相当する。また、 b 値が小さいことと有感地震の発生が奥越付近で顕著なってきたことは、矛盾しない。

6. まとめ

2007 年 12 月 21 日に、鯖江市東部で M4.5 が発生した。本震や余震の震源は浅く、余震の並びやメカニズム解より推定された断層面は、ほぼ東西であった。この地震の発生過程は、根尾谷断層系—福井地震断層系に沿って発生している地震とは異なったものだと考えられる。すなわち、根尾谷断層系—福井地震断層系の活動を東西に遮る構造に伴って、発生した地震であると推察される。有感地震の発生状況、 b 値の違い等を考慮すると、この東西のリニアメントが境界を示しているのかもしれない。

次に、この境界が存在する意味を考える。根尾谷断層系と福井地震断層系のリニアメントを確認すると、東西のリニアメントと交わる辺りで微妙に角度がずれている様に見受けられる。この変曲点的な振る舞いと東西のリニアメントの存在、地殻内地震活動が局所的に浅くなることを考慮すると、応力の揺らぎがこの辺り変曲点として発生している可能性が考えられる。応力の揺らぎが発生している可能性が高いと考え、隣接する鯖江断層を中心とする地震活動の空白域との関係、特に鯖江断層が活断層と確認された（例えば、岡本他、2007）ので、空白域の意味づけまで含めて考察していくことが、こからの課題となるのであろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、防災科学技術研究所・井元政二郎博士、建築研究所国際地震工学センター長・古川信雄博士、関東学院大学・前田直樹教授、京

都大学防災研究所・片尾浩准教授には、解析ソフトの件でお世話になりました。福井地方気象台よりは、地震活動図（月報）を送って頂いております。福井工業高等専門学校地球物理学研究会の学生には、研究の遂行に協力して頂いております。これらの方々に、記して感謝致します。

参考文献

- 岡本拓夫・和田博夫・平野憲雄・竹内文朗・伊藤潔・渡辺邦彦・西上欽也・前澤廣道（2002）：北陸地方西方沿岸及びその周辺域における最近の地震活動について，京都大学防災研究所年報，第45号B，pp. 595-600.
- 岡本拓夫・平野憲雄・竹内文朗・西上欽也（2004）：福井県嶺北地方における最近の地震活動，京都大学防災研究所年報，第47号B，pp. 757-763.
- 岡本拓夫・平野憲雄・竹内文朗・西上欽也（2005）：2004年10月5日に池田町付近で発生したM4.8 (JMA) のじしんについて，京都大学防災研究所年報，第48号 B，pp. 217-221.
- 岡本拓夫・平野憲雄・竹内文朗・西上欽也・渡辺邦彦（2006）：福井県奥越地域における最近の地震活動，京都大学防災研究所年報，第49号B，pp. 283-288.
- 岡本拓夫・平野憲雄・和田博夫・竹内文朗・西上欽也・渡辺邦彦（2007）：福井県嶺北地域における地震の発生特性，京都大学防災研究所年報，第50号B，pp. 327-331.
- 岡本拓夫・橋本たづの・山本博文・小嶋啓介・井上哲夫（2007）：鯖江断層トレンチ調査－経緯－，福井工業高等専門学校研究紀要，第41号，pp. 105-112.
- 鷺谷 威・井上正明（2003）：測地測量データで見る中部日本の地殻変動，月刊地球，Vol.25，No.12，pp.918-928.
- 竹内文朗・渋谷拓郎・平野憲雄・和田博夫・渡辺邦彦・松村一男・西上欽也・大谷文夫・岡本拓夫（2007）：北陸観測所30年間の地震観測．京都大学防災研究所年報，第50号B，pp. 289-295.
- Hurukawa, N. and Imoto, M. (1992): Subducting oceanic crusts of the Philippine Sea and Pacific plates and weak-zone normal compression in the Kanto district Japan, *Geophys. J. Int.*, 109, pp. 639-652.

Seismicity and Tectonics in and Around the Fukui Prefecture

Takuo OKAMOTO*, Norio HIRANO, Hiroo WADA, Kin'ya NISHIGAMI, Fumiaki TAKEUCHI and Kiyoshi ITO

* Fukui National College of Technology

Synopsis

In and around the Fukui Prefecture, several large active faults exist and some destructive earthquakes occurred recently. These are very characteristics. Small and micro earthquakes occur along the large active fault. But now, earthquakes caused the felt area in Fukui Prefecture occur only at Okuetsu area in Reihoku region. Okuetsu area exists in the NKTZ. The b-value of Okuetsu area is relatively low against any other Reihoku region. On Dec. 21-th 2007, an earthquake with M4.5 occurred at the eastern part of Sabae City. We will explain these phenomena in detail.

Keywords: seismicity, fault plane solution, active fault, NKTZ