

鯖江市付近に認められる低地震活動域周辺で発生する地震の特徴

岡本拓夫*・平野憲雄・竹内文朗・西上欽也・和田博夫

* 福井工業高等専門学校

要 旨

福井県及び周辺は、濃尾地震（1981, M8.0）や福井地震（1948, M7.1）に代表される内陸型地震の発生が認められる地域で、現在でも余震活動や断層に沿う線状の地震活動が存在する。その中で地震の発生が少ない地域も存在する。帯状に地震の発生が認められる中にある低活動域（以下空白域という）として、特に鯖江市付近を中心とする地域が顕著である。この周辺では地殻内の地震発生の下限が最も浅くなり、また、空白域の東西で主圧力軸の向きが変化していることが分かったので、詳しく報告する。

キーワード：地震活動，空白域，活断層，主圧力軸

1. はじめに

福井県及びその周辺における地震活動の特徴は、根尾谷断層系や福井地震断層のように大地震の発生を伴った活断層に沿う地震活動である。この活動は一連の様に認められるが、鯖江市東部付近で東西の走向を持つリニアメント（殿上山断層：でんじょうさんだんそう）で遮られていることが指摘されている（岡本他，2008b）。また、殿上山断層付近で地震活動が最も浅くなることも報告されている（岡本他，2008b）。京都大学防災研究所地震予知研究センター北陸観測所（以下北陸観測所）は、1976年より付近の地震活動の詳細な把握を行っており、それらを均質なデータとしてファイル化している。福井県及びその周辺においては、地震活動帯の中に低活動領域（以下空白域）がいくつか認められ、特に鯖江市周辺が顕著である（北陸観測所私信）。鯖江市付近に認められる空白域の中心には、鯖江断層のリニアメントが認められ、近年のトレンチ調査では活断層であると確認されている（岡本他，2007，山本他，2008）。鯖江市周辺は、福井県嶺北地方の中心部に位置し、また交通網も集中していることにより直下型地震が発生した場合に大変な被害が予測されるとともに、交通網や導水等ライフラインにかかわる被害も甚大になる。すなわち、福井県の災害復帰までが、その迅速性に問題をきたすことになる。鯖江市付近に認められる空白域の物理的性質を明らかにす

ることは、福井県にとって緊急性の高い課題であると認識される。本研究では、空白域の状態を報告するとともに、発現の物理を推定する。また、強震動予測の必要性を示す。

2. データ

北陸観測所には1976年よりの震源情報がファイル化されており、システムの変更や人員の配置の関係より検知能力に変遷があるものの（例えば竹内他，2007）利用できる状態にある。今回使用したデータは上宝観測所，阿武山観測所，北陸観測所のデータを利用して作られた震源ファイルである。ファイルは1976年より2008年の再検出された震源情報である。各震源図においては、表示エリアにおいて同じ検知能力であると思われるマグニチュードの下限と期間について示している。

解析方法であるが、震源決定はシステムの変更に伴って異なっている。そのため期間を分けて示す場合が多い。観測所の初期のころのデータは、竹内・平野（1985）で詳しく述べられている。本稿の最近の地震活動は、Win-system により再決定され震源を用いて示してある。また、特定地震群の震源を再決定するには、MJHD (Hurukawa and Imoto, 1992) を用いた。発震機構は前田の方法を利用して、下半球等積投影で示した。

震源のプロットには、HyperDPRI を用いて示した。

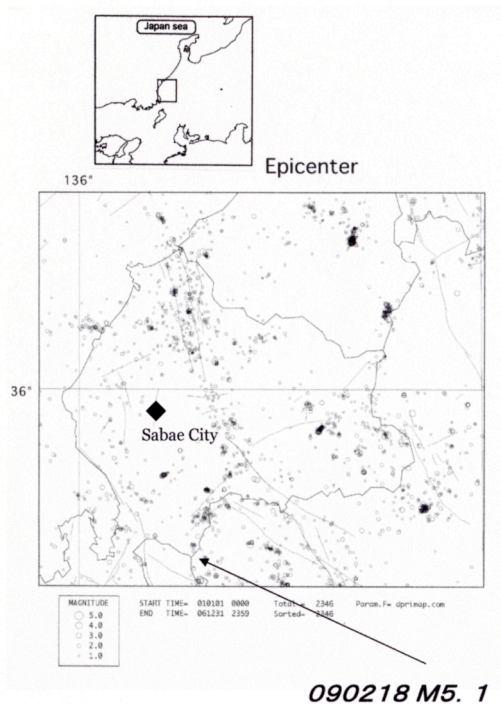


Fig. 1 Recent seismicity in Reiho region. From '01 Jan. to '06 Dec.. M is greater than 1.0. H is less than 30km.



Fig. 3 Seismicity gap recognizes in and around the Sabae City. From '76 to '08. M is greater than 2.0.

3. 地震活動帯の中の空白域

福井県及び周辺では活断に沿う地震活動が顕著であるが、地震活動を伴う活断層と伴わない活断層のトレースが存在する。Fig. 1に最近の嶺北地方の地震活動を示す。期間は2001年の1月から2007年の12月までである。マグニチュードの下限は1、深さの下限は30kmである。岡本他(2008a)でもふれているが、活断層のトレースに沿ってではなく、地震群の塊としてトレースからはみ出しながら分布しているように認識できる。特に奥越付近ではトレースに関係なく、地震群の塊が群れをなしながら存在している様子が分かる。その中で全く周辺にも地震の発生がないトレースも存在している。地震群の塊の分布を帯と考えた場合、その中で全く地震の発生が伴わない顕著な地域として鯖江市周辺が挙げられる。この低活動域(空白域)は、北陸観測所が地震の観測を開始して以来引き続き認められるもので、中心付近に断層のトレースを伴うことも特徴的である。トレースの一つ鯖江断層は、岡本他(2007)、山本他(2008)、鯖江断層を調べる会(2009)で詳しく報告されており、次章で紹介する。空白域周辺の特徴として、Hirano(1998)によれば空白域周辺で地殻内地震の下限が最も浅くなることが指摘されている。岡本他(2008)は、このことを最近の地震活動の特徴的分布からも確認している。空白域の東部で最も下限が浅くなる付近では地表部に東西の活断層のトレース

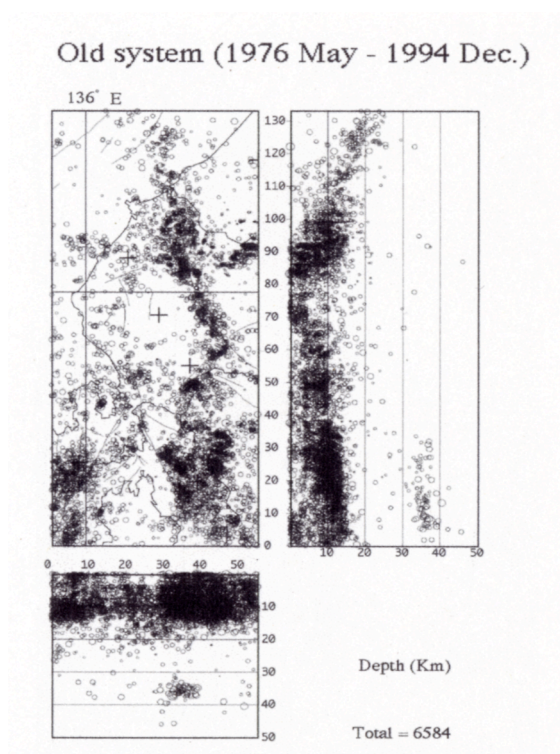


Fig. 2 Distribution of hypocentral depth in and around the Fukui Prefecture after Hirano (1998).

マグニチュードの下限、震源の下限、期間は各震源図に示されている。

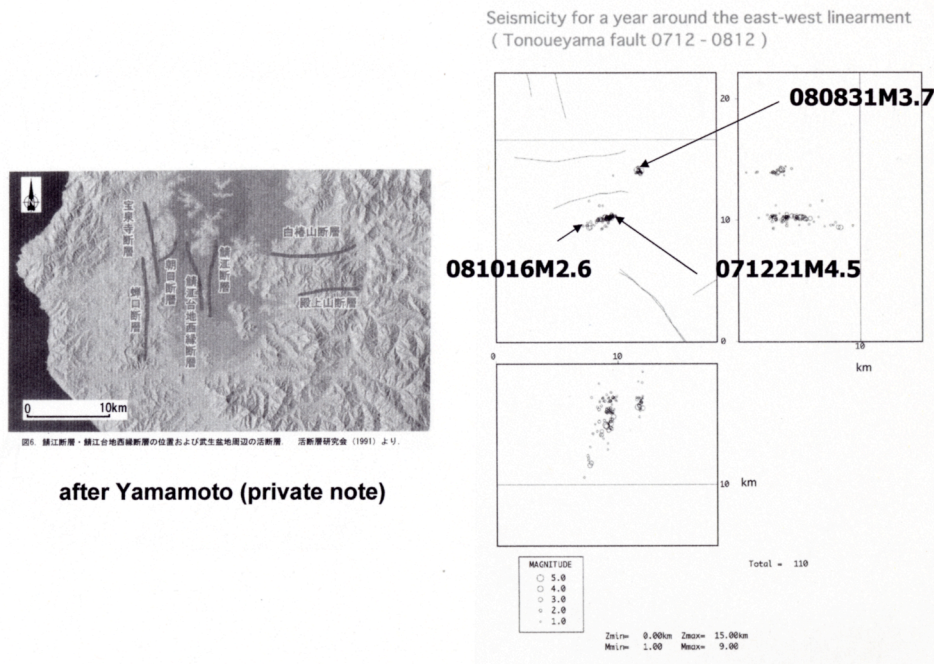


Fig. 4 Distribution of active fault in Sabae region and migration of earthquake occurred at east side.

が存在し、近年東西を断層面とする地震のマイグレーションが発生した。このことについては、他の章で詳しく述べる。Fig. 3に鯖江市付近の空白域付近を大きく表示した震央図を示す。期間は1976年より2008年の12月までで、マグニチュードの下限は2である。M2以上としたのは、期間を通しての検知能力がほぼ一定であると認識できるからである。震央の分布の特徴として、空白域の南縁部において弧状の活動が認められることである。弧状の配列はエッジと認識でき、明瞭な境界の態をなしている。空白域周辺のテクトニクスに関する議論は、他の章で詳しくふれる予定である。

以上空白域についてまとめると、福井県嶺北地方の中心付近に活断層の存在する低地震活動領域が存在し、周りの活動と明瞭な境界をなしている。周りの地震活動の下限も浅く、空白域形成の物理を明らかにすることは、重要な課題であることが認識できる。

4. 鯖江断層について

鯖江断層は福井県嶺北地方の中心部、鯖江台地の東縁を形成しているリニアメントである。日本の活断層（1991）によれば長さ8kmであるが、岡本他（2007）によればより南北により長い可能性がある。このリニアメントが活断層であるかどうか、多くの研究者によって調べられてきた。見野（1986）は、湧水の分布、地上踏査、放射線探査より活断層の可能

性を指摘した。鯖江断層を調べる会（私信）は、見野の結果や空白域の存在からトレンチ調査の実施を計画した。結果、活断層であることを確認した。これらの結果は、岡本他（2007）や山本他（2008）でまとめられており、少なくとも500年以前で4500年前以降に最新活動があったことが分かっている。鯖江断層は活断層であると考えられ、その活動度や最新の活動情報の解明が待ち望まれる。すなわち、空白域との関連やその物理の解明が可能になると考えられる。

5. 周辺の最近の顕著な地震活動

空白域東部で地殻内地震の下限が最も浅くなることは、前章で少しふれた。本章では、その特徴を明らかにする。最も特徴的であったのは、一昨年度から昨年度にかけて殿上山断層付近で認められた地震活動のマイグレーションである。Fig. 4にマイグレーションの様子を示す。一連の活動の中で最も浅い活動は2008年8月31日のM3.7で、再決定の結果、本震及び余震群の深さは5km以浅であった。この地震に先行して2007年12月21日にM4.5が発生している。本震・余震の深さは8km以浅である。再決定の結果、推定断層面の走向は、地表付近に認められる殿上山（てんじょうさん）断層にほぼ平行していることが分かる。これらの結果は、福井地震断層に沿う地震活動と濃尾地震断層に沿う地震活動が殿上山断層に代表される東西のリニアメントで遮られていること

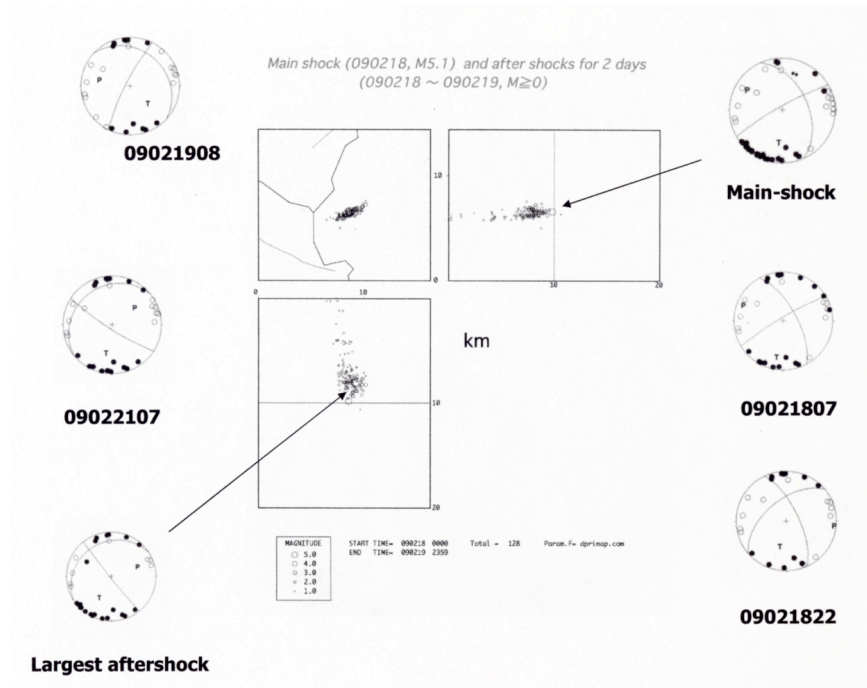


Fig. 5 Distribution of main shock and after shock, M5.1 Feb. 18, 2009 with fault plane solution.

を意味している。岡本他（2008b）によって指摘されている様に、濃尾地震（M8.0, 1891）や福井地震（M7.1, 1948）の断層面破壊の伸長を遮るバリアーになった可能性が考えられる。この地震の発生後、東西に広がるようにM3クラスが発生した。メカニズムや余震の広がりより推定断層面は東西に近く、殿上山断層のリニアメントが福井地震断層より濃尾断層系に至る地震活動を遮っている可能性を裏付けている。

2009年2月18日に福井県・岐阜県県境付近でM5.1の地震が発生した。付近でM5クラスの発生は珍しく、M5.1の特徴を明らかにする必要がある。付近の地形的特徴は、分水嶺に近く比較的急峻なところである。Fig. 5に本震・余震群の分布とM3クラス以上のものの発震機構を示す。余震分布の並びは西南西-東北東方向を示し、本震の推定断層の一つと一致している。M3クラスの余震の発震機構を時間順に見ていくと、徐々に断層面解のdipが変化しながら最大余震の発生を迎えていることが分かる。変化としては断層面のdipが小さくなり、最大余震は本震と異なる断層面で発生した可能性がある。地表付近に認められるリニアメントと、推定され断層面の走向で一致するものはない。本震の発生は最下限からで、特徴的なパターンを示していると考えられる。鯖江付近の空白域からはやや距離が離れているものの、テクトニクスを考えると重要な地震であると思われる。

6. 空白域の回りの地震のメカニズム

本章では鯖江市付近の空白域近傍で発生する地震の発震機構を求めることで、空白域周辺のテクトニクスについて言及する。前章でもふれたが、空白域周辺では幾つかの地震活動群が近年発生した。地震群を代表する地震について発震機構を求め、示している（岡本他, 2008a）。本章ではそれらの幾つかを空白域をクローズアップさせた図に併記し、その特徴を明らかにする。Fig. 6に結果を示す。福井地震断層より濃尾断層系に至る地震活動や遮る殿上山断層に沿う活動の発進機構についてそのp軸が東西からやや北西方向にふっているのに対して、空白域の西側（北西や南東側）の地震のp軸はほぼ東西である。地震発生状況で西側の地震のサンプリングが一樣ではないので、断定はできないがその傾向は強いと考えられる。東西方向が広域な主圧力軸であるので、やや北にふるグループが空白域によると断定はできないが、影響を受けている可能性を示しているのかもしれない。2009年2月18日のM5.1のp軸もやや北にふるグループである。

7. おわりに

鯖江断層を中心として鯖江市付近に半径10km程度の明瞭な地震活動の空白域が認められる。この空白域の境界では、弧状に並ぶ地震分布も認められる。鯖江断層は活断層で、過去に活動した形跡を有する。空白域の周辺では、地殻内地震の発生の下限が最も浅くなり、その東西で主圧力軸の方向が変化してい

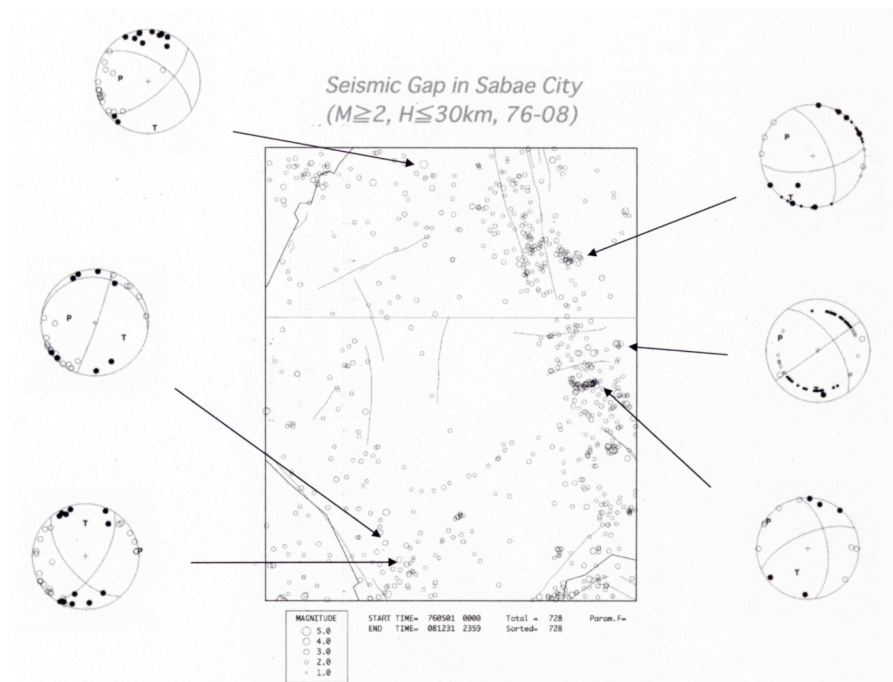


Fig. 6 Fault plane solutions of earthquakes occurred around the seismicity gap

ることが分かった。これらの結果より、空白域の物理的性質を調べることがますます重要で、緊急性の高いテーマであることが強く認識できた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり終始コメントを下された京都大学防災研究所川崎一郎教授、解析方法でお世話になった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、多面にわたり協力して下さった福井高専地球物理学研究会の諸氏に記して感謝致します。

参考文献

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.
 岡本拓夫・平野憲雄・和田博夫・西上欽也・竹内文朗・伊藤潔 (2008a) : 福井県及び周辺の地震活動とテクトニクス, 京都大学防災研究所年報, 第51号B, pp. 235-239.
 岡本拓夫・平野憲雄・和田博夫・竹内文朗・西上欽也 (2008b) : 2007年12月21日に鯖江市東部付近で発生したM4.5について, 月刊地球, Vol.30, No.9

pp.431-438.

活断層研究会 (1991) : 新編「日本の活断層」, 東京大学出版会.

鯖江断層を調べる会 (2009) : 私信.

見野和夫 (1986) : 北陸地域南部の活断層 (2), 地震, 第2, 39, pp.567-577.

竹内文朗・平野憲雄 (1985) : 北陸微小地震観測所の震源マップの概要について, 京都大学防災研究所年報, 第28号B-2, pp. 157-170.

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.

山本博文・岡本拓夫・小嶋啓介・木下克美・江戸信吾 (1990) : 鯖江断層の地形的特徴とトレンチ調査, 月刊地球, Vol.30, No.10, pp.489-496.

Hirano T. (1998): Upgrading the Seismic Observation and Analysis System for Advanced Application of the Database, Dr. Thesis, Kyoto-U.

Hurukawa N. and Imoto (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.

Properties of Earthquakes Occurred around the Seismicity Gap in Sabae City

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

* Fukui National College of Technology

Synopsis

Hokuriku Observatory, D. P. R. I., Kyoto University has been studying the seismicity in and around the Fukui Prefecture since 1976. One of the most distinct characters of seismicity is the clear seismic gap in Sabae City. The Sabae fault (an active fault) is in the center part of this seismic gap. Directions of P-axis for the earthquakes occurred around the seismic gap differ east side to west side. To study the physics of seismic gap acquires greater importance for disaster prevention in Fukui Prefecture.

Keywords: seismicity, seismic gap, active fault, P-axis