

中部日本の盆地, 活断層, 地殻応力 *

塚原弘昭 **

Basins, active faults and crustal stress in central Japan*

TSUKAHARA Hiroaki**

Abstract Many large basins lie on northeastern Honshu from Nagano to Aomori Prefecture. The basins are accompanied with reverse type active faults on the western and/or eastern edges. It means large basins in Honshu Island are formed by active reverse faults with east-west compression. On the other hand, in the western Honshu, except the areas of the root of the Noto peninsula and the Kinki triangle area, there is no large basin and no reverse fault. The boundary belt lies along northern part of the Hida Mountains and the Kiso Mountains. However, focal mechanisms of small to medium scale earthquakes occurring under the basins in Nagano Prefecture show strike slip type with east-west compression. The reason for this unfavorable phenomenon is interpreted as follows. Coexistence of two types of faults suggests that the difference between vertical stress and horizontal minimum compression stress is small in this area. Further, the stress condition estimated from small earthquakes indicates present existing stress state, because lots of small faults exist in the crust, and stress release happens with fault sliding of a fault with suitable direction for stress release. However, when the crustal stress, that is, elastic strain is accumulated in a wide area, the long active fault will be activated. After the 2011 Off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, seismic focal mechanisms of small to medium earthquakes reveal stress condition change in some areas. Especially, rather large stress change is observed in the Pacific coast area near the plate boundary of source region of the great earthquake. On the other hand, the direction of horizontal maximum compression stress in west-east is maintained in some inland areas. Although, the direction of horizontal maximum compression stress in west-east is disturbed just after a great earthquake, it is believed to be recovered gradually, because inland basins have been formed for long time by active reverse faults with north-south strike.

Key Words : Basin, crustal stress, active fault, central Japan, Nagano Prefecture

多数の大きな盆地が点在する東部と、 大きな盆地がない西部

第1図は、本州中央部の地形陰影図に、よく知られている活断層帯の概略位置を記入したものである。細い実線は逆断層、破線は横ずれ断層である。この地域に大きな正断層はない。南北に走る点線 A-A 付近（北半部は飛騨山脈北部、南半部は木曾山脈）を境にして、これより東方では逆断層型の大きな活断層が分布している。長野盆地西縁活断層帯（第1図の①）、糸魚川 - 静岡構造線活断層帯の北半部である松本盆地東縁活断層帯（同②の北半部）、伊那谷活断層帯（同⑥）などである。これらの逆断層型の長い活断層には大きな盆地が付随していることもわかる。①には長野盆地、②の北部に

は松本盆地、⑥には伊那谷などである（長野県内の活断層については、塚原 2011 参照）。

一方、点線 A-A より西側にある飛騨高原地域、木曾地域にも長い活断層が発達しているが、すべて横ずれ型の断層である。霧訪山（きりとうやま） - 奈良井活断層帯（第1図の③）、境峠（さかいとうげ） - 神谷（かみや）活断層帯（同④）、木曾山脈西縁活断層帯（同⑤）、阿寺（あてら）活断層帯（同⑦）などである。この地域には大きな盆地は見えず、横ずれの変位では大きな盆地を形成することはできないことを示している。

本州全体をみると、本州北東部、すなわち点線 A-A より北東部では、大きな活断層のほとんどすべてが逆断層である。この本州北東部には多数の盆地が点在し、それぞれの盆地の

2014 年 1 月 16 日受付、2014 年 11 月 25 日受理。

* 地学団体研究会第 66 回総会で発表。

** 長野支部、〒389-0812 長野県千曲市羽尾 1309 1309 Haneo, Chikuma, Nagano 389-0812, Japan



第1図 本州中部の活断層と盆地。

実線：逆断層，破線：横ずれ断層，点線 A-A：地表に現れている大きな逆断層型活断層の地域と横ずれ型活断層の地域の境界，点線 C-C：第2図の鎖線 C-C と同じ（第2図説明文参照）。①長野盆地西縁活断層帯，②糸魚川-静岡構造線活断層帯，③霧訪山-奈良井活断層帯，④境峠-神谷活断層帯，⑤木曾山脈西縁活断層帯，⑥伊那谷活断層帯，⑦阿寺活断層帯，⑧牛首活断層帯，⑨跡津川活断層帯，⑩庄川活断層帯，⑪濃尾地震活断層帯，⑫会津盆地。地形は国土地理院データをカシミール（杉本 2004）によって表現した。

Fig. 1 Active faults and basins in central part of Honshu Island.

Solid lines: reverse faults; Broken lines: strike slip faults, Dotted line A-A: boundary between active large reverse fault area and active large strike slip fault area and Dotted line C-C: see the caption of Fig.2. ① Naganobonchi-seien Active Fault, ② Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line AF, ③ Kiritoyama-Narai AF, ④ Sakaitoge-Kamiya AF, ⑤ Kisosanmyaku-seien AF, ⑥ Inadani AF, ⑦ Atera AF, ⑧ Ushikubi AF, ⑨ Atotsugawa AF, ⑩ Shogawa AF, ⑪ Nobi Earthquake AF, and ⑫ Aizu basin. The topographical map is drawn by the program Kashmir by Sugimoto (2004) using the data from Geospatial Information Authority of Japan.

縁には概ね南北に走る逆断層型の活断層が存在する。例えば会津盆地（第1図の⑫，その両縁には会津盆地西縁・東縁活断層が見える），さらに北には，米沢盆地，山形盆地，新庄盆地といった盆地があり，それらの東縁，あるいは西縁にも盆地の大きさに相当する長さの，逆断層型の活断層の存在が知られている（例えば，池田ほか 2002）。

これらの逆断層は，そのトレンチ調査の結果などから，千年から数千年に1回，マグニチュード7を越える地震を発生し，そのたびに1～数mの縦ずれを引き起こしてきたと考えられている（例えば，文部科学省地震調査研究推進本部 HP）。つまり，この地域の盆地は逆断層型活断層の活動の結果として形成されたということが出来る。

一方，点線 A-A より西の本州南西部では，中国地方まで大きな盆地は見えない。飛騨高原地域，木曾地域に見られる

ように，長い活断層は横ずれ断層型である。第1図には，長い横ずれ活断層が破線で示されている。

ただし，点線 A-A より西側ではあるが，第1図に見られるように，限られた地域，能登半島の付け根周辺，および琵琶湖-大阪湾-伊勢湾を結ぶいわゆる近畿三角帯（Huzita 1962）では逆断層が発達し盆地も現れている。

逆断層を生ずる応力状態と，横ずれ断層を生ずる応力状態の違い

横ずれ断層は，最大圧縮応力軸（圧縮を正）と最小圧縮応力軸が水平面内にある場合に出現する。一方，逆断層は，水平面内に最大圧縮応力軸と中間主応力軸がある場合に出現する。中間主応力軸とは，最大圧縮応力軸（最大主応力軸）と

最小圧縮応力軸（最小主応力軸）とに直交する軸である。横ずれ断層の場合には、中間主応力軸は鉛直である。なお、逆断層の場合には最小圧縮応力軸が鉛直である。いずれにしても、互いに直交する主応力軸3本の内で1本が鉛直あるいは鉛直に近いとき、地表に現れる断層は、正、逆、横ずれ断層のどれかに分類される。地表のごく近傍では主応力軸のうち1本がおおよそ鉛直になる。地球表層部である上部地殻内では、主応力軸の1本はほぼ鉛直に近いものが多い。

そこで、水平面内での最大の圧縮応力、最小の圧縮応力をそれぞれ水平最大圧縮応力、水平最小圧縮応力と記せば、上記の逆断層と横ずれ断層の生ずる応力状態の違いは以下のように表せる。

- ①「逆断層型応力状態」とは、圧縮を正としたとき、
水平最大圧縮応力 > 水平最小圧縮応力 > 鉛直応力。
- ②「横ずれ断層型応力状態」とは、
水平最大圧縮応力 > 鉛直応力 > 水平最小圧縮応力。

本州の地殻応力状態を、水平最大圧縮応力方位と断層型で分類する

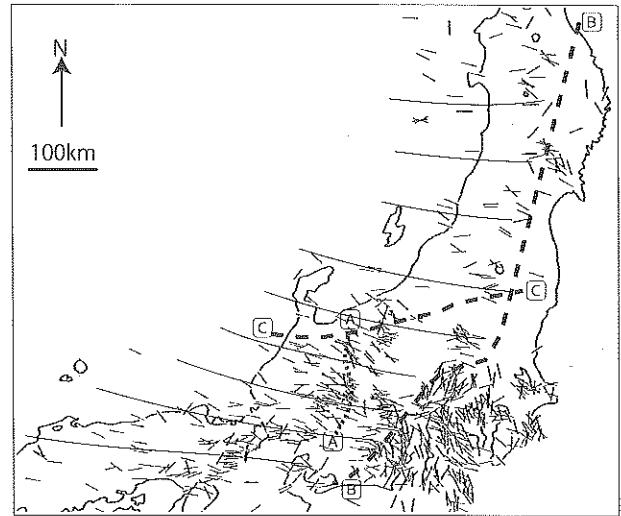
本州の水平最大圧縮応力方位を第2図に示す。塚原(1999)の図の一部、本州部分に示されている応力方位である。短い線分は地殻応力の直接測定データおよび、深度35kmより浅い地殻内に震源を持つ中小地震の発震機構解から得た水平最大圧縮応力方位である。塚原(1999)の元のデータは塚原・小林(1991)、塚原・池田(1991)にあるので、この図に示される応力方位は、1995年の兵庫県南部地震(M7.3)や2011年の東北地方太平洋沖地震(M9.0)が起きる前の応力状態である。

第2図に示されるように、破線B-Bを境にして、西側では水平最大圧縮応力方位はほぼ東西ないし東北東-西南西である。破線B-Bより西の地域に描かれた細い曲線群は、水平最大圧縮応力方位の概略の軌跡である。一方、破線B-Bよりも東側では応力方位が不ぞろいである。

さらに、破線B-Bより西側地域の中小地震の断層型に着目すると、塚原(1999)も指摘しているように、破線C-Cを境にして明瞭に違いがあり、北は逆断層型、南は横ずれ断層型である。ただし、近畿地域中部の近畿三角帯は、破線C-Cの南にありながら逆断層型の応力状態である(第3図のグレーの地域R:これについては後述する)。

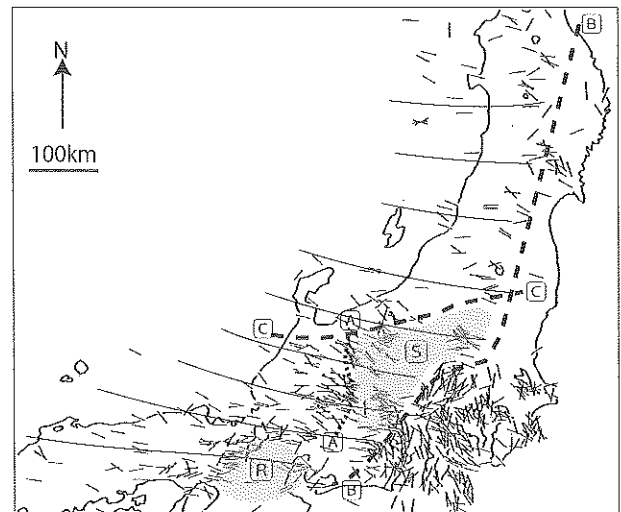
中小の地震から推定した応力状態と、大きな活断層の活動履歴から推定した応力状態とは一致しない地域がある

前述のように、中小地震の発震機構解から推定される破線B-Bの西側の応力状態は、破線C-Cを境にして北が逆断層型、南が横ずれ断層型である。しかし、第1図で見ると、活



第2図 水平最大圧縮応力方位分布図。地殻応力測定データと35kmより浅い地震の発震機構解データが示されている。細線は平均的応力方位の軌跡を示す。データは塚原・小林(1991)、塚原・池田(1991)による。点線A-Aは第1図の点線A-Aと同じ。破線B-Bについては本文参照、破線C-Cは、中小の浅発地震の逆断層と横ずれ断層の発生地域の境界。

Fig. 2 Horizontal maximum compression stress direction. Stress measurement data and data estimated from the focal mechanisms of shallow (<35 km) earthquakes are shown. Thin lines indicate the average trajectory of the direction. Data from Tsukahara and Kobayashi(1991) and Tsukahara and Ikeda (1991). Dotted line A-A:the same as dotted line A-A on Fig.1, Broken line B-B:see text, and Broken line C-C: boundary between reverse fault area and strike slip fault area of small to medium shallow earthquakes.



第3図 水平最大圧縮応力方位分布図(第2図と同じ)と応力状態の特異な地域RとSの位置を示す。

Fig. 3 Horizontal maximum compression stress direction, the same as Fig.2, and location of the specific stress condition areas R and S are shown.

断層①、②(の北半部)、⑥は逆断層でありながら破線C-Cよりも南にあるとともに、それぞれ大きな盆地も伴っている。第3図でグレーで示したSの地域がそれである。中小地震

の発震機構解は横ずれ断層型であるのに、地表に出現している大きな活断層は逆断層なのである。

S 地域では、盆地を形成した逆断層はほぼ東西方向の水平最大圧縮応力によって活動しており、この地域の中小地震もほぼ東西方向の水平最大圧縮応力により発生しているので、水平最大圧縮応力方位に関しては不一致はない。違いは、盆地を形成した逆断層からは、水平最小圧縮応力 > 鉛直応力、が想定されるのに対し、中小地震の発震機構解からは、鉛直応力 > 水平最小圧縮応力、が示される点である。

以上のことから、S 地域では、鉛直応力と水平最小圧縮応力の値の差が小さいために、ときによって逆断層が活動したり、横ずれ断層が活動したりするのではないだろうか。

では、現時点では、S 地域の応力状態は、水平最小圧縮応力 > 鉛直応力、なのか、あるいは、鉛直応力 > 水平最小圧縮応力、なのであろうか。中小の地震を発生させる中小の既存の断層は、地下に無数に存在し、様々な方向を向いているにちがいない。その中から、現在蓄積されている地殻応力を解消するのに最適な向きを持った断層がずれて地震を発生させる。一方、地表にまで現れている大きな活断層は数が限られている。また、これらは長い歴史の産物でもあり、その大きな断層面は必ずしも現在の地殻応力を解消するのに最適な方向を向いているとはかぎらない。しかし、東西方向の圧縮応力が広範囲に蓄積すると、この大きな既存の活断層面がずり破壊を起こすのではないだろうか。すなわち、最適な方位を持った小さな活断層を伸展させて、新たな活断層面を作り、広範囲の弾性歪を解消するよりも、既存の大きな活断層の方が小さな応力の蓄積ですべてしまうと考えると理解できる。したがって、第3図のS 地域において現在の地殻応力状態を、より正しく反映しているのは中小の地震の発震機構解から推定される横ずれ断層型応力状態ではあるが、広域に弾性歪が蓄積し、中小の地震ではそれを解消しきれないとき、地表にまで現れている大きな活断層が活動するのであろう。つまり、過去の古傷を利用した大きな活断層が活動しつつ、一方で、現在の応力状態を反映した中小地震も同じ地域で発生しているのであろう。長い歴史の中で、現在は、この地域において大きな逆断層型と中小の横ずれ断層型の断層のずれ活動が共存している。その原因は、この地域が、現在の応力状態の境界線 C-C に近く、鉛直応力値と水平最小圧縮応力値との差が小さいためであろう。

近畿地域中央部の琵琶湖-伊勢湾-大阪湾を結ぶ近畿三角帯（第3図でグレーで示したRの地域）では、水平最大圧縮応力方位はほぼ東西であり、横ずれ断層型応力状態の西南日本の応力方位と滑らかに連続しているが、中小地震の発震機構解から得られるデータは逆断層型であり、地表にも逆断層型の活断層と盆地が見られる。本州の南西部の中で、この小さな地域だけが東北地方と同じ応力状態である。その原因については後述する。

なぜ東日本は逆断層型、西日本は横ずれ型？

東日本では、太平洋プレートの西進を直接強く受けるので、東西方向の圧縮力が高く、逆断層型の応力状態にあると推察される。水平圧縮力が一方向から長時間加えられ続けると、それと直交する方向では、側方が開放されていれば側方の圧縮力は生じないが、水平方向は通常岩石が詰まっており、側方の歪みは解放されないで、側方も圧縮状態になる。一方、鉛直方向では、地表面で鉛直方向の変位は自由なので、水平方向から力を加えられても、長時間後には塑性変形（脆性破壊によるものも含む）による隆起が進み、鉛直応力はその深度の上に乗っている岩石重量によって生ずる応力（上載岩圧）に落ち着く。即ち、この地域では逆断層型応力状態（水平最大圧縮応力 > 水平最小圧縮応力 > 鉛直応力）が長い時間の経過後の安定的応力状態ということになる。第2・3図の破線 C-C より北、B-B より西の地域はその典型である。

一方、西日本が横ずれ断層型の応力状態になるためには、鉛直の圧縮応力よりも、南北の圧縮応力の方が小さくなければならない。つまり、南北の方向に継続的な伸張変形を許す地殻活動が必要とされる。西日本では、太平洋プレートから遠いために、このプレートの西進によって引き起こされる東西の圧縮力は東日本よりは弱いであろうことは理解できる。しかし、弱いといえども東西圧縮が長時間続いた後には水平面内の圧縮応力はどの方向も鉛直応力より大きくなり、東日本と同じ逆断層型応力状態となってしまう。このような矛盾については、塚原・池田（1991）以来指摘されてはいたが解明されていなかった。日本列島の地殻変動の原動力として、太平洋プレートの西進も含めて、他のプレートとの相互運動を考慮に入れた地殻変動の三次元的な定量的検討が必要であった。

これを定量的に考察できるようにしたのは松浦らの研究グループのプレートの沈み込み・衝突におけるモデル計算であった（例えば、松浦 1998）。長・桑原（2011）は、このモデル計算の手法に、日本海溝の位置を固定せず、西へ動くこと（日本海溝の西進）も考慮に入れて日本列島陸域に蓄積される応力状態を算定した。(a)太平洋プレートのもぐり込み、(b)フィリピン海プレートのもぐり込み、(c)伊豆半島の衝突、(d)日本海溝の西進、これら4つのファクターを考慮し、それぞれの動きを定量的に算入し、地殻応力状態を算出した。その結果、上記(a)～(d)の寄与率を勘案し、適切な数値の仮定のもとで、(1)東北地方では東西の水平最大圧縮応力による逆断層型の応力状態、(2)西日本では東西の水平最大圧縮応力による横ずれ断層型の応力状態、(3)伊豆半島を含む関東地域の複雑ではあるがランダムではない応力状態、(4)近畿三角帯の東西の水平最大圧縮応力による逆断層型の応力状態、をすべて満足させるモデルが実現できることを示した。長・桑原（2011）は、上記の(d)日本海溝の西進、を考慮に入れたモデルで初めて西日本の横ずれ断層型の応力

状態が出現できた、と述べている。

ただし、これとまったく別のモデルで類似の結果が出る可能性を否定するものではないので、これが唯一のモデルだということではない。しかし、大変複雑に見える日本列島の応力状態も、可能性のありそうなプレートモデルをもとにしてモデル計算すれば、矛盾の少ない応力状態が実現できるという点で、応力状態の今後の変動予測にも利用できる可能性が開けた。

応力状態の長期変動

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震(M9.0)以降、陸上でも多数の地震が発生した。東北地方北部では、中小地震から得られた応力状態を平均すると、水平最大圧縮応力方位が地震前と比べて反時計回りに30度程回転し、かつ鉛直応力が最小主応力ではなく中間主応力になったので、断層型は横ずれ型に変化したとの報告がある(小菅ほか2012)。福島県南部太平洋岸では、南北引張の正断層型の地震(福島県浜通りの地震, M7.0, 引間2012)が発生した。さらに、茨城県と千葉県の県境付近の太平洋岸では、東西の引っ張り応力による中小の地震が増えたとの報告もある(今西ほか2013)。また、飛騨山脈焼岳の北方で、誘発地震が発生した。この地域は従来ほとんどが横ずれ型断層であったが、この地震群の発震機構解は北西-南東圧縮の逆断層型であった(大見ほか2012)。

以上のように、巨大地震の後に発生した中小の地震の発震機構解は、巨大地震発生前と異なっているように見える。しかし、福島県浜通の地震、茨城県・千葉県境の地震が発生した地域は、従来から発震機構解が周囲と異なる局地的に特異な地域で、この地域で巨大地震前に起きていた中小の地震は数少ないものの、巨大地震後の発震機構解と同じであったとの報告もある(Imanishi et al. 2012; 今西2013)。また、焼岳付近の誘発地震については、大見ほか(2012)によると、巨大地震前に大勢を占めていた北西-南東圧縮の横ずれ断層型の地震は、山脈の稜線より東側に起きており、西側の数少ないデータによると西側は巨大地震前も逆断層型であったとのことである。今回誘発されたのは稜線より西側であり、そこで発生した地震群が逆断層であるのは、巨大地震前と同じであると述べている。

地殻応力状態が、巨大地震の前後で変化したことは確かである。巨大地震震源域のプレート境界に近い太平洋岸地域では、特に大きな変化が観測された。一方、内陸部では依然として東西の水平最大圧縮応力が保たれている地域もある。内陸の盆地は、南北走向の活逆断層によって長時間かけて形成されたことから考えると、東西の水平最大圧縮応力は、巨大地震直後には乱されても、定常的なプレート運動によって、やがて、盆地形成を継続できる東西が最大水平圧縮応力である状態にもどると考えられる。

地殻応力からみた長野県の盆地 —まとめにかえて—

長野県内には、長野盆地、松本盆地、伊那盆地などの大きな盆地がいくつも存在する。さらに、長野県より北東側、東北地方青森県にかけて、大きな盆地が点在している。盆地の縁には逆断層型の活断層が発達しているが、この地域全体に大きな横ずれの活断層や正断層はほとんど見えない。このことから、本州東北部の大きな盆地は逆断層の活動によって造られてきたことがわかる。一方、長野県の西側、岐阜県から山口県まで、能登半島の付け根付近と近畿三角帯を除いては、大きな盆地は存在せず、横ずれ型の活断層が発達している。長野県の西部がその境界になっており、境界は飛騨山脈(北アルプス)北半部から木曾山脈(中央アルプス)辺りを通る。

ところが、逆断層を伴っている長野県の盆地の地殻内で発生している中小の地震の発震機構解は横ずれ断層を示し、地表に現れた活断層の示す地殻応力状態とは矛盾するようにみえる。本州の中で、このように広い地域で、逆断層と横ずれ断層が共存しているところはない。

盆地を形成した逆断層型の活断層および、この地域の横ずれ断層型の中小地震は、ほぼ東西方向の水平最大圧縮応力により生じており、水平最大圧縮応力方位に関しては不一致はない。違いは、盆地を形成した逆断層からは、水平最小圧縮応力 > 鉛直応力、が想定されるのに、中小地震の発震機構解からは、鉛直応力 > 水平最小圧縮応力、が導かれてしまう点である。この地域では、鉛直応力と水平最小圧縮応力の値の差が小さいために、ときによって逆断層が活動したり、横ずれ断層が活動したり、変動していると推定される。

中小の既存の断層は地下に無数にあるので、地殻応力を解消するのに最適な向きの面を持った断層がずれて地震を発生する。したがって、現在の応力状態を、より正しく反映しているのは中小の地震の発震機構解であり、それは横ずれ断層型応力状態である。しかし、広範囲に弾性歪が蓄積すると、中小の断層を新たに伸展させるより、既存の大きな活断層面がずり破壊する方が、現在のところ、小さな応力ですむために、古傷である大きな活断層が現在でも活きている。現在の長野県とその周辺は、大きな逆断層型と中小の横ずれ断層型の断層のずれ活動が共存している状態といえる。

2011年3月の東北地方太平洋沖地震(M9.0)は、本州の地殻応力状態にも影響を与えた。前述のように、大地震の後、中小の地震発震機構解が、地域によっては地震前と異なるとの報告も多数ある。長野県に発生した誘発地震の中で最大の地震(震源地:栄村)「長野県北部の地震」(2011年3月12日, M6.7)は、この付近で発生する従来の地震と同じく、水平最大圧縮方位は北西-南東で、逆断層型であった(気象庁地震予知情報課2011)。長野県内の地殻応力状態は、プレート間巨大地震の震源域から遠く離れていたために、発生する地

震の断層型まで変わるほどの大きな変化はなかったと思われる。

謝辞：本報告をまとめる機会を与えていただいた竹下欣宏氏をはじめとする長野総会シンポジウム世話人の皆様、特集号編集責任者原山 智氏に感謝する。また、二人の査読者（富樫 均氏、高橋 康氏）には有益なコメントをいただいた。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 長 郁夫・桑原保人 (2011) 日本列島の応力蓄積過程をモデル化するための予備的解析。活断層・古地震研究報告, 11:331-350.
- 引間和人 (2012) 2011年4月11日福島県浜通りの地震 (Mj 7.1) の震源過程－強震波形と再決定震源による2枚の断層面の推定－。地震, 64:243-256.
- Huzita K (1962) Tectonic development of the Median zone (Setouti) of southwest Japan, since the Miocene - with special reference to the characteristic structure of central Kinki area -. Jour Geosci Osaka City Univ, 6:103-144.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編 (2002) 第四紀逆断層アトラス。東京大学出版会, 東京, 254p.
- Imanishi K, Ando R and Kuwahara Y (2012) Unusual shallow normal-faulting earthquake sequence in compressional northeast Japan activated after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. Geophys Res Lett, 39: L09306, doi:10.1029/2010GL051491.
- 今西和俊・武田直人・桑原保人 (2013) 2011年東北地方太平洋沖地震の発生後に活発化した霞ヶ浦南端直下の正断層型地震活動。地震, 66:47-66.
- 気象庁地震予知情報課 (2011) 2011年3月12日長野県・新潟県県境付近の地震 (M6.7) について。地震予知連絡会会報, 86:468-473.
- 小菅正裕・渡邊和俊・橋本一敷・葛西宏生 (2012) 2011年東北地方太平洋沖地震後の東北地方北部での誘発地震活動。地震, 65:69-83.
- 松浦充宏 (1998) 地震発生過程のモデリングと予測。地震, 50 (別冊):213-227.
- 文部科学省地震調査研究推進本部 HP
http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02_danso.htm
- 大見士朗・和田博夫・濱田勇輝 (2012) 飛騨山脈焼岳火山周辺における東北地方太平洋沖地震後の群発地震活動。地震, 65:85-94.
- 杉本智彦 (2004) すぐできるカシミール3D 図解実例集。実業之日本社, 東京, 199p.
- 塚原弘昭・池田隆司 (1991) 本州中央部の地殻応力方位分布－応力区とその成因－。地質雑, 97:461-474.
- 塚原弘昭・小林洋二 (1991) 中・西部日本の地殻応力。地震, 44:221-231.
- 塚原弘昭 (1999) 日本列島の現在の地殻応力場。月刊地球, 21:660-666.
- 塚原弘昭 (2011) 長野県の地震入門。しなのき書房, 長野, 155p.

塚原弘昭, 2015. 中部日本の盆地, 活断層, 地殻応力. 地球科学, 69, 3-8.

TSUKAHARA Hiroaki, 2015. Basins, active faults and crustal stress in central Japan. Earth Science (Chikyu Kagaku), 69, 3-8.

要 旨

本州東北部, 長野県から青森県には多数の大きな盆地がある。その盆地の西または東, あるいは両方の縁に, 逆断層型の活断層がある。このことは, 本州東北部の大きな盆地は, 東西圧縮の逆断層型の活断層によって形作られたことを意味する。一方, 本州西部では, 能登半島の付け根付近と近畿三角地帯を除いて大きな盆地と逆断層がない。両地域の境界帯は飛騨山脈の北部から木曾山脈に沿って伸びる。しかし, 長野県の盆地の下で発生している小中地震の発震機構解は東西圧縮の横ずれ型を示している。この矛盾する現象の理由は次のように解釈される。逆断層型と横ずれ型の地震が共存していることは, 鉛直応力と水平最小圧縮応力の差が, この地域では小さいことを暗示している。さらに, 小さな地震から推定される応力状態が, 現在この地域に存在する応力状態を示している。なぜなら, 地殻中には無数の小さな断層があり, 応力解放に適した方向の断層のすべりによって応力解放が成されるからである。しかし, 地殻応力, 即ち弾性歪が広い範囲に蓄積されたときには長い活断層が活性化されるだろう。2011年3月の東北地方太平洋沖地震以降, 中小の地震の発震機構解が, 複数の地域で応力状態が変化したことを示している。なかでも巨大地震震源域のプレート境界に近い太平洋岸地域では, 特に大きな変化が観測された。一方, 内陸部では東西の水平最大圧縮応力が保たれている地域もある。内陸の盆地は, 南北走向の逆断層型活断層によって長時間かけて形成されたことから考えると, 東西の水平最大圧縮応力は, 巨大地震直後には乱されても, 次第に元にもどると思われる。