

10. 大阪府北部の地震 (2018 年 6 月 18 日, M6.1)

飯尾 能久 (京都大学防災研究所地震予知研究センター)

1. はじめに

大阪府北部の地震は、2018 年 6 月 18 日 7 時 58 分に、大阪府高槻市付近、深さ 13km を震源として発生した。気象庁マグニチュードは M6.1 である。この地震により、大阪市北区、高槻市、枚方市、茨木市、箕面市で震度 6 弱が観測された¹⁾。人的被害及び住家被害としては、死者 6、負傷者 369、全壊 18、半壊 512、一部損壊 55,081 と報告されている (2018 年 11 月 2 日時点)²⁾。

2. 余震活動

大阪府北部の地震の本震と 6 月中に発生した余震の震央分布を図 1 に示す。余震の震央分布は、有馬 - 高槻断層帯の地表トレースの付近にあるが、断層に沿う線状の分布を示すのではなく、複雑な分布を示していることが分かる。

本震発生直後から、余震域の直上において、京大・九大・東大地震研・関大合同地震観測班による臨時地震観測が行われ、約 100 点の高感度地震観測点が設置された。図 2 は、オンラインの 4 点と周辺の定常観測点 (防災科研、気象庁、産総研、京大による) を合わせて決定された余震分布である³⁾。余震の深さは 9km から 13km と、地震

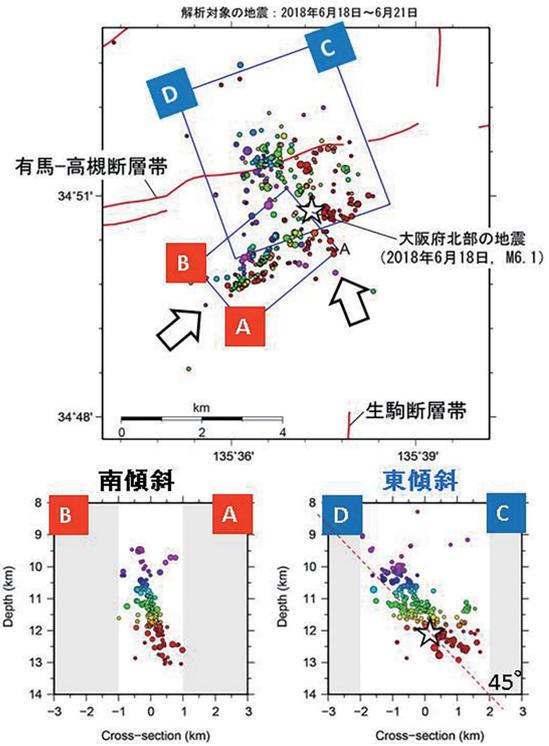


図 2 京大・九大・東大地震研・関大合同地震観測班による本震発生直後約 4 日間の余震分布。下側の 2 つのパネルは矢印の向きに見た余震の深さ分布。星印は気象庁による本震の震源。東京大学地震研究所 第 319 回地震調査委員会資料を加筆修正³⁾。

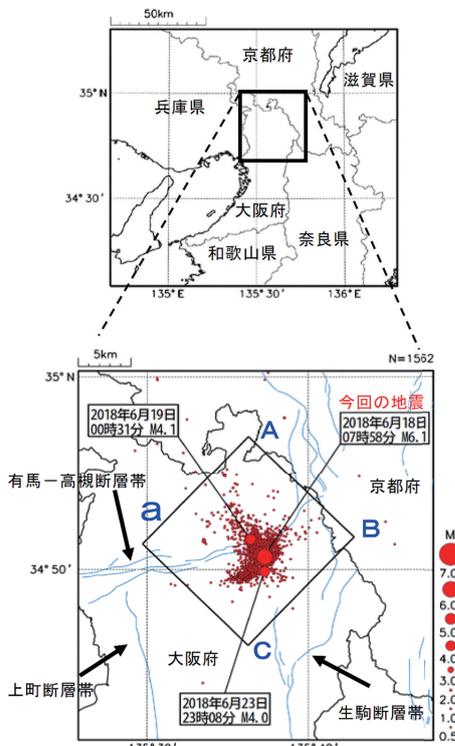


図 2-1 震央分布図 (2018 年 6 月 18 日 ~ 2018 年 6 月 30 日 深さ 0 ~ 20km, M0.5 以上)

震央分布図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

図 1 気象庁による余震の震央分布と周辺の活断層の分布¹⁾。

発生域の下半分となっている。図 1 の余震分布が複雑なのは、北側 (CD 内) の東に傾斜している分布と南側 (AB 内) のほとんど垂直で南に少し傾斜している分布の 2 つの面状の分布から構成されているためである。この付近では、東西の主圧縮応力による横ずれ型と逆断層型の微小地震が混在することが知られており⁴⁾、北側の余震分布は、断層の東側の岩盤が西側に対してせり上がる逆断層型の断層に伴うもの、南側は、断層の南東側が北西側に対して左へずれる横ずれ型の断層に伴うものであると推定される。

図 3 は、オフライン点も含めて決定された余震のメカニズム解の P 軸 (水平面へ投影) と T 軸の plunge の分布を示したものである⁵⁾。赤系統の余震は、T 軸が鉛直に近い逆断層型であり、北側に多いことが分かる。P 軸の方位と傾斜および T 軸の plunge とも色々な値をとっており、近年の内陸大地震で報告されているように、個々の余震の断層の大部分は、本震の推定断層面と平行ではなく、様々な向きを向いていることが分かる⁶⁾。このことから、余震域における応力場が、北側では逆断層型、南側では横ずれ型であると推定される。

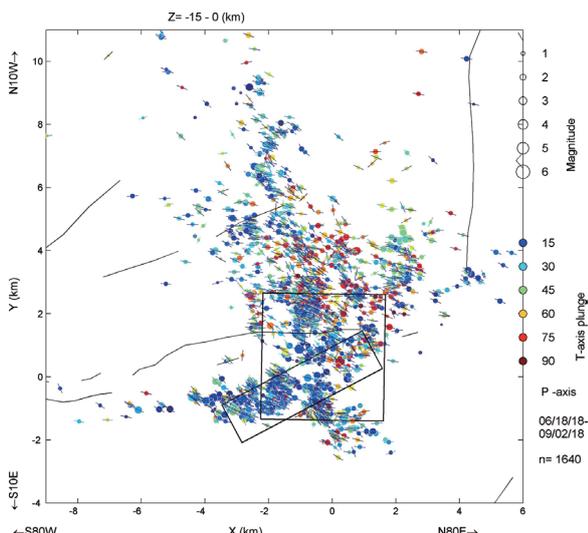


図3 京大・九大・東大地震研・関大合同地震観測班による余震のP軸の方位分布⁵⁾。○の塗りつぶしの色でT軸のplungeを示す。6月18日から9月2日までのデータ。四角は図4に示した2つの推定断層面を水平面に投影したもの。

3. 震源過程

強震記録から推定された大阪府北部の地震のすべり分布とすべり方向を図4に示す¹⁾。余震分布などに基づき、南側の高角の断層面 (N52°E, 77°南傾斜), および、北側の東傾斜の断層面 (N351°E, 50°東傾斜) を仮定し、マルチタイムウィンドウ波形インバージョン解析によって得られたものである。2つの断層面は破壊開始点で交わるように設定されている。図4の矢印が、推定断層の上盤側のすべりの方向を示している。図左の高角の断層面ではすべり方向が水平からやや上向きとなっており、余震活動から推定された横ずれ型の応力場と調和的である。右の東傾斜の断層面では、すべり方向はほぼ鉛直であり、これも推定された逆断層的な応力場と調和的である。

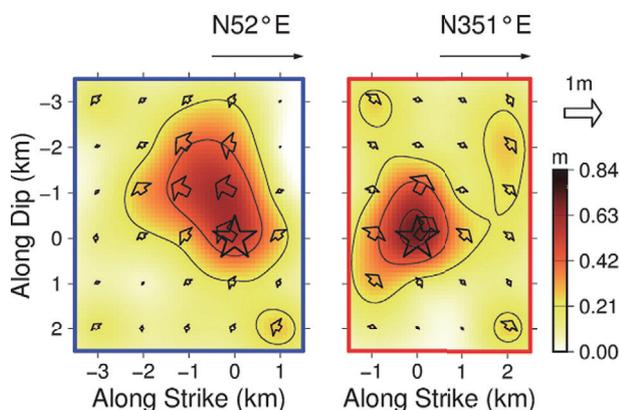


図4 大阪府北部の地震のすべり分布とすべり方向。左:南側の横ずれ型の断層。右:北側の逆断層型の断層。京都大学防災研究所地震災害研究分野(浅野公之)による¹⁾。星印は本震の震源(破壊開始点)。

4. 活断層

図1に青線で示されているように、余震域周辺には、有馬-高槻断層帯以外にも、上町断層帯や生駒断層帯など、多くの活断層が存在する。余震域は大阪平野の北東端付近に位置するが、隣の京都盆地には宇治川断層、盆地の西側には京都西山断層帯が存在する(図5参照)。推定された南側の高角の横ずれ型の断層の走向を、周辺の活断層の地表トレース等の向きと比較すると、有馬-高槻断層帯の大局的な方向とは約30度の差があるが、その東端付近の高槻-天王山間部分とは調和的な向きであり、また宇治川断層とは約10度の差となっている。

一方、北側の逆断層型の断層に関しては、断層面を45度で地表まで延長すると、上町断層の地表トレース付近に達する。しかしながら、上町断層帯における重点的な調査観測によると、上町断層の深部の傾斜はより高角度に推定されている⁷⁾。生駒断層帯については、南北に近い地表トレースを北方に延長すると余震域付近に達するが、生駒断層帯は東へ傾斜する逆断層であるので、深部においても同じように延長した場合、余震域付近では、その位置は東へ外れることになる。

有馬-高槻断層帯付近を境に北側が山地で南側が平野であることから、有馬-高槻断層帯は横ずれであるが北側隆起であると推定されている。上記の応力場を考慮すると、高角度で北へ傾斜している可能性が高いのに対して、南側の高角の横ずれ型の断層は南へ傾斜しており、また、図4のように推定断層の北側が沈降するセンスにある。これらの特徴は、有馬-高槻断層帯沿いの地溝帯の南側を限る断層と調和的である。

この地域では、阪神・淡路大震災以降、大規模な地下構造調査や主要な活断層を横切る反射法地震探査が行われてきた⁸⁻¹¹⁾。特に、大都市大震災軽減化特別プロジェクト(大大特プロジェクト)では、舞鶴から新宮にかけての大規模な地殻構造探査が行われ、生駒市から高槻市に至る区間ではバイプロサイズを震源とする詳細な反射法地震探査(生駒-高槻測線)も行われた¹²⁾。また、このプロジェクトの一環として、重力探査に基づいて大阪平野北東部の基盤構造が推定された¹³⁾。図5は、これらの結果を再検討して新たに推定された、この地域の活断層の分布である¹⁴⁾。有馬-高槻断層帯を構成する真上断層の東の延長は男山丘陵の南側の地質境界へ延びること、枚方とう曲の北方延長は淀川低地帯の南西縁を限って、上記の真上断層の東方延長部まで延びることが新たに提唱された。これにより、基盤構造や枚方丘陵の地質構造などをうまく説明出来ている。大阪府北部の地震の南側の高角の断層面は、新たに発見された枚方とう曲の北東への延長部や交野断層と調和的な向きとなっている。

5. 地震活動

図 6 に示すように、近畿地方中北部では、北摂・丹波山地の直下にかたまりとなった地震の活動域があるのに対して、有馬 - 高槻断層帯付近を境に、その南側では微小地震の活動は非常に低い¹⁵⁾。ただし、有馬 - 高槻断層帯の地表トレースの数 km 南に、N70°E 方向に並ぶ地震の線上配列が知られていた¹⁶⁾。これは、図 6 に示されている 1987 年の M4 クラスの地震をきっかけとして見つかったものであり、また、兵庫県南部地震の最大余震は、実はこの線上配列で起こっている。大阪府北部の地震はその線上配列の東端付近で発生した。

北摂・丹波山地の地震の活動域の直下には、顕著な S 波の反射面が存在することが知られている¹⁷⁾。最近、満点計画による稠密地震観測データを用いて、傾斜層を考慮したイメージングが行われ、図 7 に示すような S 波の反射面が捉えられた¹⁸⁾。反射面の北端付近には深部低周波地震の活動域があり、反射面は深部からの流体の通路である可能性が指摘されている。反射面は有馬 - 高槻断層帯に向かって浅くなっているが、その南側でどうなっているかは、現時点ではまだよく分かっていない。

6. おわりに

大阪府北部の地震は、近畿地方中部の活断層の密集している領域で発生した。余震の震央分布は、有馬 - 高槻断層帯の地表トレース付近に推定されているが、余震分布から推定された本震の断層の走向・傾斜は、有馬 - 高槻断層帯の主部とは調和的ではない。ただし、この地域は地形や地殻構造が急変する付近であるため、活断層

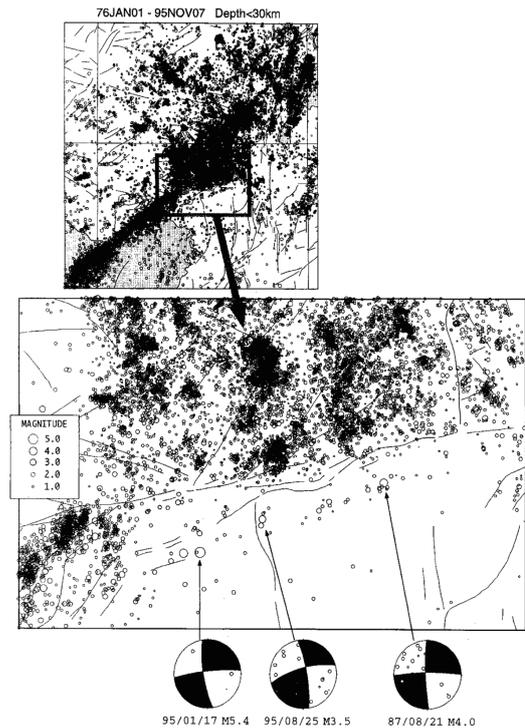


図 6 有馬高槻断層帯の南側にみられる微小地震のリニアメントと主な地震のメカニズム解¹⁵⁾。M5.4の地震が兵庫県南部地震の最大余震。京都大学防災研究所(1996)に加筆修正。星印が大阪府北部の地震の震央。

との位置関係については、3次元の速度構造等を考慮したさらに詳細な検討が必要である。周辺の活断層は、上町断層などの南北に近い走向の逆断層、交野断層や有馬 - 高槻断層帯の高槻 - 天王山間のように北西 - 南東走向の横ずれ型の断層など、近畿地方の大局的な応力場に調和的なものから、有馬 - 高槻断層帯の主部のように、かなり東西に近い走向の横ずれ型の断層、花折断層のように南北に近い走向の横ずれ型の断層など、広域的な応力場とは必ずしも調和的でないように見える活断層も存在し、それらがどうして活動するかも含めて、大阪府北部の地震との関係の解明が重要である。図 7 に示した S 波の反射面や深部低周波地震の解析が一つの鍵となると考えられる。北側の東下がりの逆断層を西へ向かって延長すると上町断層の地表トレース付近に達するが、上町断層の詳細な深部形状は今のところ不明であり、それとの関係も今後の課題となる。ただし、大阪府北部の北側の断層が、南側の高角の断層より南側に延びていない場合、つまり、高角の断層を突っ切っていない場合は、淀川地溝内に逆断層が続かないと考えられるため、上町断層との関係は薄いことになる。余震分布等を詳しく検討することにより、大阪府北部の地震の 2 つの断層の相互関係を明らかにすることが重要である。

大阪府北部の地震は、微小地震のリニアメントの東端で発生したが、兵庫県南部地震の最大余震はリニアメン

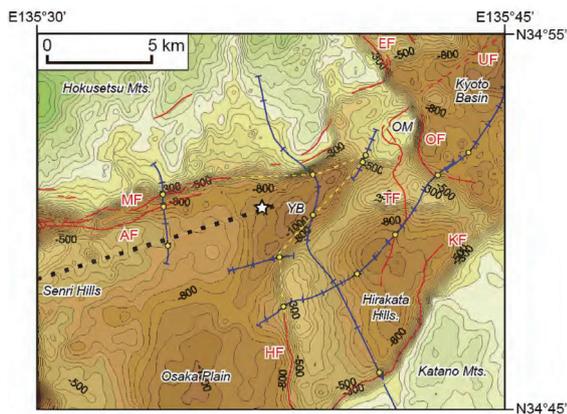


図 5 地下構造探査結果の再解釈から新たに発見された埋没活断層(黄色の破線)¹⁴⁾。赤線は以前から特定されている活断層。MF: 真上断層, AF: 安威断層, EF: 円明寺断層, UF: 宇治川断層, OF: 男山断層, TF: 田口断層, KF: 交野断層, HF: 枚方とう曲。背景は重力基盤地図¹³⁾。青線: 反射法探査測線, 測線上の黄色の円は、反射法で特定された断層の位置。青点線は微小地震活動の線上配列(リニアメント)。星印は、大阪府北部の地震の震央。OM: 男山丘陵, YB: 淀川地溝。

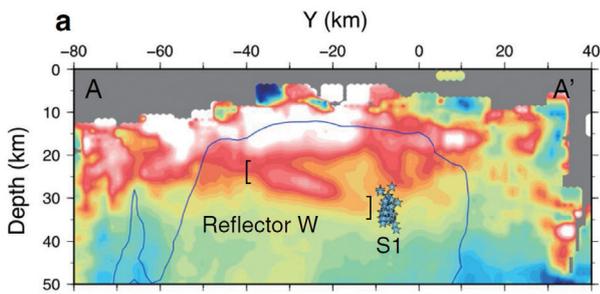


図 7 有馬 - 高槻断層帯の北側にみられる S 波の反射面 (Reflector)¹⁸⁾。南北断面における相対的な S 波の反射強度 (A が南)。断面の位置は大阪北部の地震の震源の約 5km 西。S1 は気象庁による深部低周波地震。有馬 - 高槻断層帯は Y=-40 付近を通る。

トの西端付近で起こった。そもそも、六甲 - 淡路島断層帯から有馬 - 高槻断層帯は、1596 年の慶長の大地震で活動したと考えられるが¹⁹⁾、それにも関わらず 1995 年兵庫県南部地震が六甲 - 淡路島断層帯で発生し²⁰⁾、その最大余震と今回の地震が有馬 - 高槻断層帯付近のリニアメントの西端と東端付近で発生した理由を明らかにする必要がある。

参考文献

- 地震調査委員会, 2018. 2018 年 6 月 18 日大阪府北部の地震の評価.
http://www.kaiho.mlit.go.jp/syokukai/soshiki/soumu/seika/h19/h19_05.pdf.
- 大阪府防災・危機管理指令部, 2018. 大阪府北部を震源とする地震に関する被害状況等について.
<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/33785/00294862/201811021400zentai.pdf>.
- 東京大学地震研究所, 2018. 2018 年 6 月 18 日大阪北部の地震後の地震活動. 第 319 回地震調査委員会資料.
- Iio, Y., 1996. Depth-dependent change in the focal mechanism of shallow earthquakes: implications for brittle-plastic transition in a seismogenic region. *J Geophys Res* 101:11209-11216.
- 飯尾能久・片尾浩・富阪和秀・澤田麻沙代・澁谷拓郎・長岡愛理・中川潤・大柳修慧・原将太・阪口光・阿武山サポーター有志・松本聡・松島健・神菌めぐみ・酒井慎一・増田正孝・田中伸一・林能成, 2019. 大阪府北部の地震の余震域とその周辺の応力場. 日本地震学会講演予稿集 S08-25.
- Yukutake, Y., Y. Iio, H. Katao, and T. Shibutani, 2007. Estimation of the stress field in the region of the 2000 Western Tottori Earthquake: Using numerous aftershock focal mechanisms. *J. Geophys. Res.*, 112, B09306, doi:10.1029/2005 JB004250.
- 地震調査研究推進本部, 2013. 上町断層帯における重点的な調査観測 平成 22～24 年度 成果報告書.
- 川崎慎治・戸田茂・中川康一・小林芳正, 1994. 有馬 - 高槻構造線東端部における反射法地震探査. *地震* 2, 47, 173 - 182.
- 戸田茂・川崎慎治・竹村恵二・岡田篤正, 1995. 反射法地震探査の断面に見られる有馬 - 高槻構造線に沿う地溝帯. *地震* 2, 48, 511 - 520.
- 京都市, 2001. 平成 13 年度京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書.
<https://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/KyotoCty6frm.htm>.
- 大阪府, 2002. 平成 14 年度大阪平野地下構造調査に関する調査成果報告書.
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Osaka7frm.htm>.
- 伊藤潔・佐藤比呂志・梅田康弘・松村一男・澁谷拓郎・廣瀬一聖・上野友岳・森下可奈子・伊藤谷生・平田直・川中卓・黒田徹・阿部進・須田茂幸・斎藤秀雄・井川猛, 2005. 近畿圏における大大特プロジェクト I の地下構造調査, 京都大学防災研究所年報, 48B, 243 - 258.
- 赤松純平・中村佳重郎・西村敬一・駒澤正夫, 2007b. 大阪盆地北東部の脈動による地盤震動特性と重力基盤構造との関係について, 京都大学防災研究所年報, 50B, 133-142.
- 堤浩之・飯尾能久, 2019. 地形・地質・物理探査データに基づく 2018 年大阪府北部の地震の震源域周辺の活構造の再検討, *地震* 2, 72, 57-67.
- 京都大学防災研究所, 1996. 兵庫県南部地震余震域周辺の地震活動. *地震予知連絡会会報*, 55, 508-515.
- 飯尾能久, 1989. 有馬・高槻構造線の南側で発生した小地震 (M = 4.2) について. *地震予知「きんき・けいはんしん」研究論文集*, 412-415.
- 片尾浩, 1994. 近畿地方の微小地震活動域直下に存在する顕著な地殻内反射面. *地球惑星科学関連学会 1994 年合同大会予稿集*, E12-05.
- Katoh, S., Iio, Y., Katao, H., Sawada, M., Tomisaka, K., Miura, T., and Yoneda, I., 2018. The relationship between S-wave reflectors and deep low-frequency earthquakes in the northern Kinki district, southwestern Japan. *Earth, Planets and Space*, 70(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0921-6>.
- 寒川旭, 1992. *地震考古学*. 中央公論社, 251.
- 飯尾能久, 2015. 兵庫県南部地震とはどんな地震だったのか?. *地震ジャーナル*, 59, 1-12.