

## 12 - 18 1885 年以降に南関東で発生した M7 級地震の類型化

### Classification of Magnitude 7 Earthquakes in Tokyo Metropolitan Area since 1885

東京大学地震研究所

Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

首都機能が集中する南関東では、太平洋プレート（以下 PAC と略記）とフィリピン海プレート（以下 PHS と略記）が陸のプレートの下に沈みこんでおり、(1) 活断層で起こる浅い地震、(2) 陸のプレートと PHS とのプレート境界の地震、(3) PHS スラブ内部で発生する地震、(4) PHS と PAC とのスラブ境界の地震、ならびに (5) PAC スラブ内部で発生する地震と、様々な型の地震が発生している。南関東の 30 km~80 km で発生する M7 級地震の今後 30 年発生確率は 70%程度と推定されており、切迫性が高い<sup>1)</sup>。この確率は、1885 年以降に発生した 5 つの被害地震（1894 年明治東京地震、1895 年及び 1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震及び 1987 年千葉県東方沖の地震）に基づくが、これらの地震は震源や発震機構が明らかにされていないものが多い。

そこで本研究では、収集した既往研究とデータ<sup>2), 3)</sup>に基づく解析から、これら 5 地震の震源域等の推定を行った。その結果、1894 年明治東京地震は、PHS 内あるいは PAC 上面で発生した地震であったと考えられる。1895 年茨城県南部の地震は PAC 内の地震であったと考えられる。1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震、1987 年千葉県東方沖の地震<sup>4)</sup>は、いずれも PHS 内で発生した横ずれ型地震であった可能性が高い。

明治東京地震 (M7.0<sup>5)</sup>) は、1894 (明治二十七年) 年 6 月 20 日に発生し、東京・横浜などに被害を及ぼし、東京で 24 名、神奈川で 7 名の計 31 名の死者が生じた。死者の大半は、当時流行となっていた煉瓦造の構造物や煙突などの重量物の損壊・崩壊によるものであり、一部で「煙突地震」と呼ばれた。この地震の震源深さは既往研究で大きく異なり、地殻内地震の可能性を示唆した研究もある。この相違は、現存する少数の地震波形記録から読み取られた S-P 時間の相違によるところが大きい。本研究においても、帝国大学の本郷構内における S-P 時間は約 7~10 秒とばらつく。萩原<sup>6)</sup>ならびに中央气象台<sup>7)</sup>に基づく震度分布は同心円状である(図 1a)。一方、同年 10 月 7 日の地震では、PAC 内地震の特徴である「異常震域」が見られる(図 1b)。また、本郷における S-P 時間は、明治東京地震では約 7~10 秒、10 月の地震では約 17 秒と大きく異なる。このことは、当時の震度分布から深さの議論が可能であり、明治東京地震が少なくとも PAC 内地震ではなかった可能性を示唆する。

茨城県南部の地震 (M7.2<sup>5)</sup>) は 1895 (明治二十八年) 年 1 月 18 日に発生し、関東地方の広範囲にわたり強い揺れを発生させ、6 名または 9 名の死者を出し、42 戸の家屋が全壊した。茨城県で特に大きな被害が発生したが、東京でも下町を中心に被害が発生した。本研究では、東京における S-P 時間(11.3 秒)<sup>8)</sup>と宇津<sup>5)</sup>の震央(霞ヶ浦北西部)に基づき、震源深さを 80 km 程度に推定した。復元された波形記録から読み取られた S-P 時間は、ばらつきがあるものの大森<sup>8)</sup>と調和的である(図 2)。観測された震度分布は根室方面まで有感域が伸びており、PAC 内地震に特徴的な分布を示す。

1921 年茨城県南部の地震 (M7.0<sup>5)</sup>) (竜ヶ崎地震) は、1921 (大正十) 年 12 月 8 日に茨城県南部を震源として発生し、千葉県北西部と茨城県南西部を中心とした関東地方の内陸に、道路の亀裂や墓石の転倒、垣や塀の崩壊などの被害を及ぼした。気象庁速度構造を仮定して S-P 時間に基づき推定された震源は、石橋<sup>9)</sup>とほぼ同様の霞ヶ浦西方の深さ 53 km 程度に推定された(図 3)。初動から

推定された発震機構は、震源の精度を考慮しても横ずれ型であり、低角逆断層型にはならない。この領域の深さ 50 km 程度では、1921 年茨城県南部の地震と類似したメカニズム解を持つ地震が発生しており、起震応力場として矛盾しない。さらに、観測された震度分布は同心円状であり、PAC 内地震の特徴は見られない。

浦賀水道付近の地震 ( $M6.8^5$ ) は、1922 (大正十一) 年 4 月 26 日に発生し、京浜、三浦、房総の東京湾沿岸一帯に家屋や土蔵の破損、水道管の破裂やがけ崩れなどの被害を与えた。東京と横浜で 1 名ずつ、計 2 名の死者が生じた。様々な既往研究によって震源決定が行われているが、推定された震源は浦賀水道に留まらず、広範にわたる。本研究では、残された波形記録から読み取った、または原簿に残された S-P 時間に基づき、千葉県南西部の深さ 53 km 程度に決定した (図 4)。初動から推定した発震機構は、既往研究による震源の相違を考慮しても横ずれ型または正断層型であり、逆断層型にはならない。房総半島南西部から浦賀水道に至る領域の深さ 50 km 程度には、1922 年浦賀水道付近の地震と類似したメカニズム解の地震が広く分布している (図 5)。また、震度分布に PAC 内地震の特徴は見られない。

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震後に、震源域の近傍において震源分布やメカニズム解に明瞭な変化が観測されている。関東地震の発生前後においても同様のことが考えられ、現在の地震活動 (起震応力場) が、時間的・空間的にどの程度定常的であるのか、あるいは地震サイクルを通してどのように変化するのか理解を進めることは重要である。

(石辺岳男・室谷智子・佐竹健治・島崎邦彦・中川茂樹・酒井慎一・平田直・西山昭仁)

#### 参考文献

- 1) 地震調査委員会 (2004). 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価, 31pp.
- 2) 石辺岳男・西山昭仁・佐竹健治・島崎邦彦 (2009a). 南関東で発生した M7 級地震の既往研究とデータの整理—1894 年明治東京地震と 1895 年茨城県南部の地震, *地震研究所彙報*, **84**, 149-182.
- 3) 石辺岳男・西山昭仁・佐竹健治・島崎邦彦 (2009b). 南関東で発生した M7 級地震の既往研究とデータの整理—1921 年茨城県南部の地震, 1922 年浦賀水道付近の地震ならびに 1987 年千葉県東方沖地震, *地震研究所彙報*, **84**, 183-212.
- 4) Okada, Y. and K. Kasahara (1990). Earthquake of 1987, off Chiba, central Japan and possible triggering of eastern Tokyo earthquake of 1988, *Tectonophysics*, **172**, 351-364.
- 5) 宇津徳治 (1979). 1885~1925 年の日本の地震活動—M6 以上の地震及び被害地震の再調査—, *地震研究所彙報*, **54**, 253-308.
- 6) 萩原尊禮 (1972). 明治 27 年東京地震, 安政 2 年江戸地震, 元禄 16 年関東地震の震度分布, *地震予知連絡会会報*, **7**, 27-31.
- 7) 中央气象台 (1895). 六月二十日午後二時零四分, *明治廿七年地震報告*, 38-47.
- 8) 大森房吉 (1899). 地震ノ初期微動ニ関スル調査, *震災予防調査会報告*, **29**, 37-45.
- 9) 石橋克彦 (1975). 多層構造モデルのもとで多点の S-P 時間をもちいた古い地震の震源再計算, *地震*, **28**, 347-364.

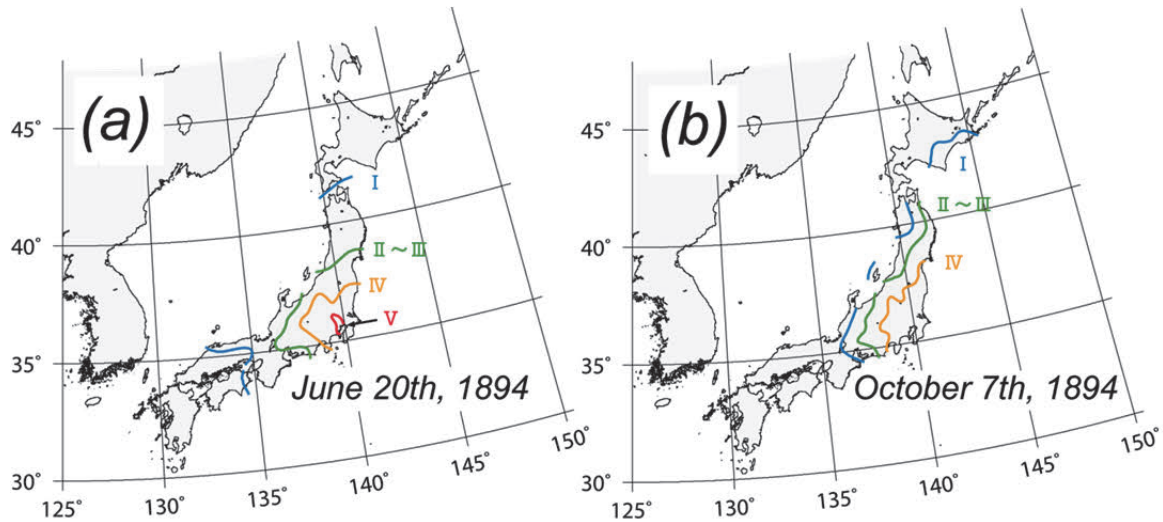


図 1. (a) 1894 年明治東京地震の震度分布<sup>6) 7)</sup>. (b) 1894 年 10 月 7 日の地震の震度分布<sup>7)</sup>.

Fig. 1. (a) Distribution of seismic intensity from the 1894 Meiji Tokyo earthquake<sup>6) 7)</sup>. (b) Distribution of seismic intensity from the earthquake of October 7<sup>th</sup>, 1894<sup>7)</sup>.

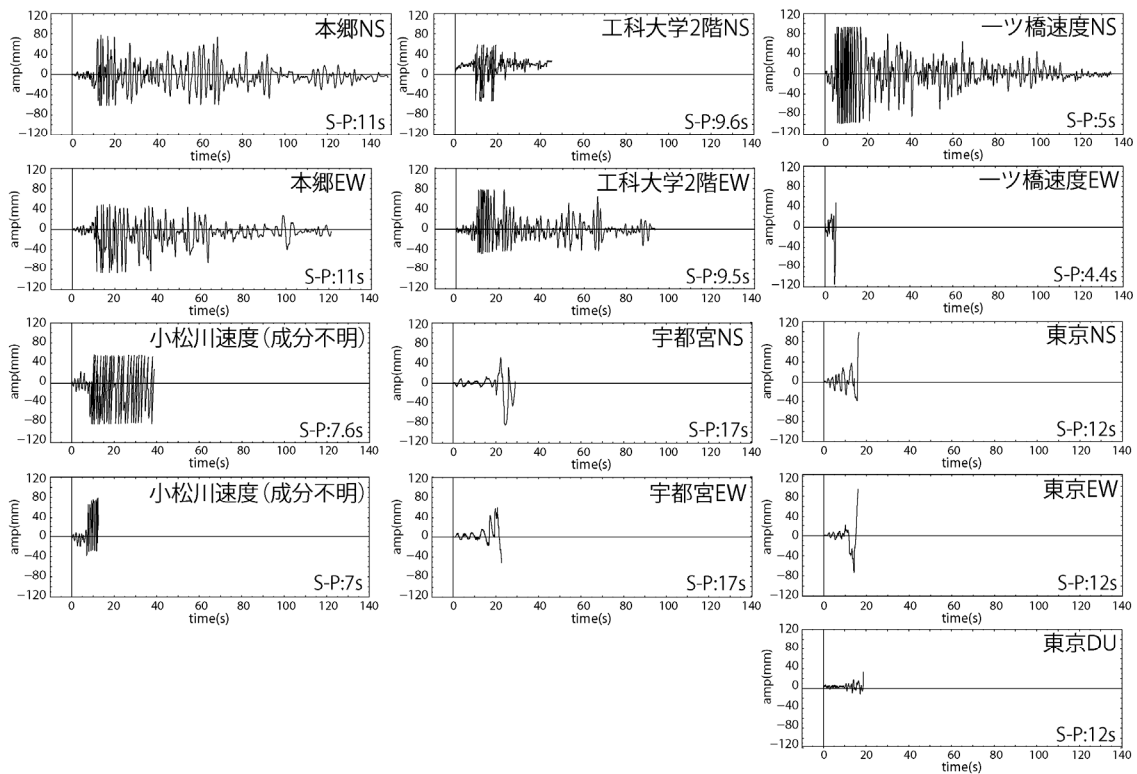


図 2. 1895 年茨城県南部の地震の地震波形記録と S-P 時間. 中央気象台の東京, 宇都宮以外の観測点は円盤記録を復元した. 一ツ橋速度計の記録は同日の別の記録の回転速度を用いて, 宇都宮は中央気象台報告の S-P 時間 (17 秒) に合うように紙送り速度を推定して, それぞれ復元した.

Fig. 2. Seismic waveform records and S-P times of the 1895 Ibaraki-Ken Nambu earthquake. Disk seismographs were reconstructed except for the records at Tokyo and Utsunomiya stations from CMO. Velocity seismometers at Hitotsubashi were reconstructed by assuming the rotation velocity for the other earthquake on the same day. Seismic waveforms at Utsunomiya were reconstructed by assuming that the S-P time is 17 secs, which is reported by CMO.



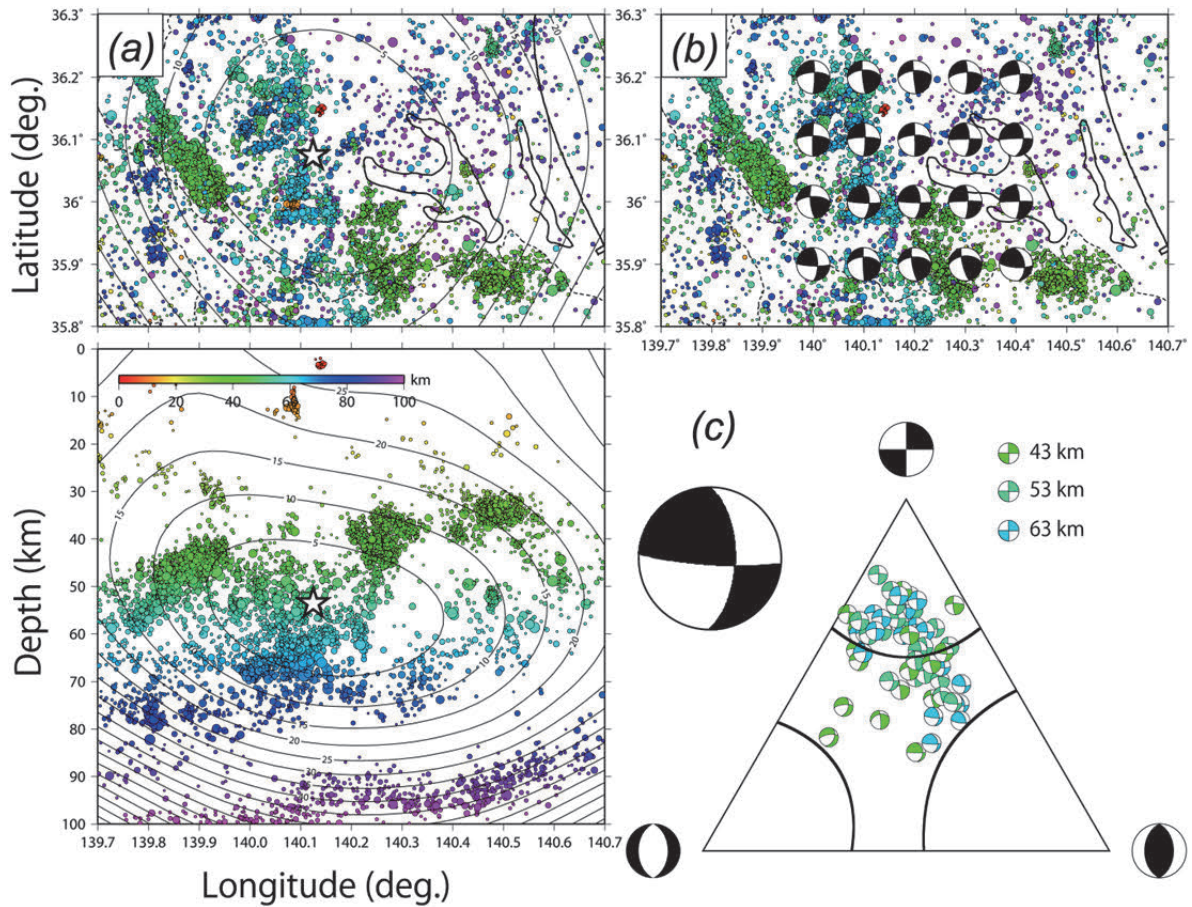


図3. (a) S-P時間から3次元グリッドサーチにより推定された1921年茨城県南部の地震の震源(星印). コンターはS-P時間の残差の二乗和を表す. 丸は気象庁一元化震源(1997年10月~2008年1月)のDouble-Difference法による再決定震源を表す. (b) 1921年茨城県南部の地震の発震機構の震源位置による変化(深さ53 km). (c) (左) 1921年茨城県南部の地震の発震機構, (右) 震源位置を変化させた場合に推定された発震機構の三角ダイアグラム.

Fig. 3. (a) The hypocenter of the 1921 Ibaraki-Ken Nambu earthquake (white star) estimated from S-P times by using three dimensional grid searching technique. The contour lines show the spatial variations of square sum of S-P time residuals. The colored circles depict the relocated hypocenters of the Japan Meteorological Agency (JMA) unified catalogue using the Double-Difference method. (b) Spatial variations of initial-motion focal mechanisms for the assumed hypocenters arranged around the preferred hypocenter of the 1921 Ibaraki-Ken Nambu earthquake (depth = 53 km). (c) Initial-motion focal mechanism of the 1921 Ibaraki-Ken Nambu earthquake (left) and triangle diagram of focal mechanisms for assumed hypocenters arranged around the preferred hypocenter (right). The colors indicate the hypocentral depths.

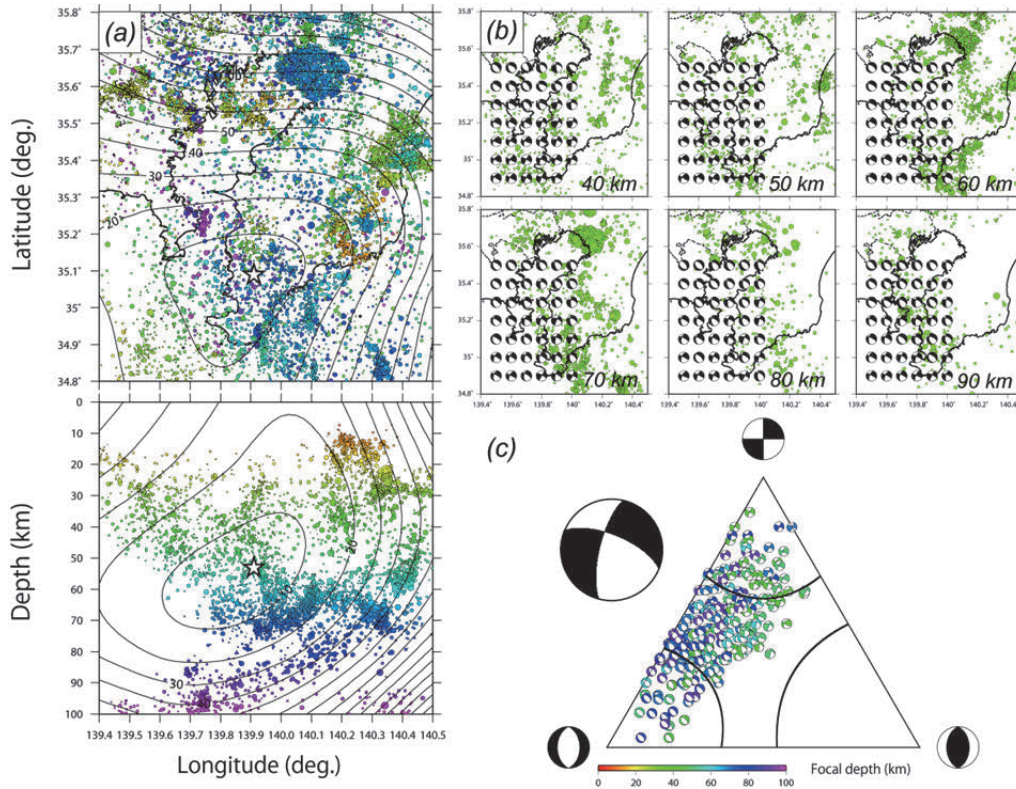


図 4. (a) S-P 時間から 3 次元グリッドサーチにより推定された 1922 年浦賀水道付近の地震の震源 (星印). シンボルは図 3 と同様. (b) 1922 年浦賀水道付近の地震の発震機構の震源位置による変化. 緑丸はそれぞれの深さ $\pm 5$  km の地震を表す. (c) (左) 1922 年浦賀水道付近の地震の発震機構, (右) 震源位置を変化させた場合に推定された発震機構の三角ダイアグラム.

Fig. 4. (a) The hypocenter of the 1922 Uruga channel earthquake (white star) estimated from S-P times by using three dimensional grid searching technique. The other symbols are the same as in Fig. 3. (b) Spatial variations of initial-motion focal mechanisms at the depth of 40-90 km. (c) Initial-motion focal mechanism of the 1922 Uruga channel earthquake (left) and triangle diagram of focal mechanisms for assumed hypocenters arranged around the preferred hypocenter (right). The colors indicate the hypocentral depths.

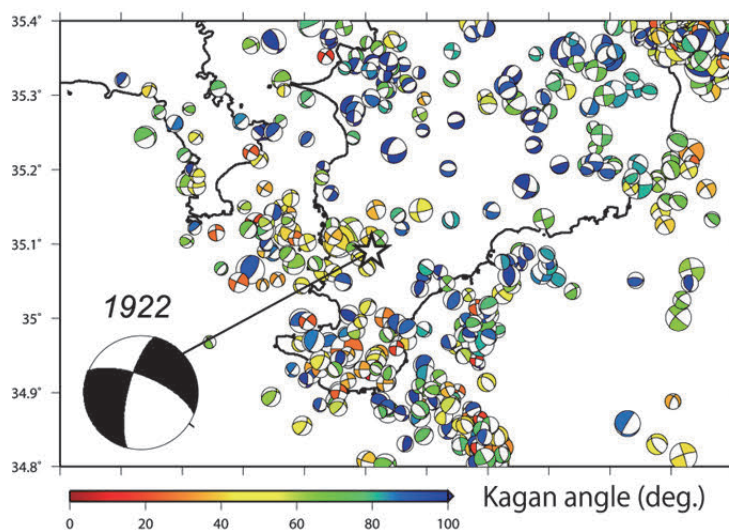


図 5. 1922 年浦賀水道付近の地震の発震機構と近年に周辺で発生した地震の発震機構 (防災科学技術研究所による) との Kagan 角. 星印は本研究で決定された 1922 年浦賀水道付近の地震の震源.

Fig. 5. Kagan angles between the focal mechanism of the 1922 Uruga channel earthquake and focal mechanisms of recent earthquakes (from the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention).