

### 3.3.4 過去地震の類別化と長期評価の高度化に関する調査研究

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

1943 年鳥取地震などの活断層で発生した地震、1993 年釧路沖地震などの、深発地震や、やや深発地震についてクーロン応力変化 ( $\Delta CFF$ ) と現在の地震活動とを対比することで、現在の微小地震活動から首都直下の過去の地震について情報が得られる可能性を明らかにする。首都圏 M7 級地震をプレート境界地震とスラブ内地震に類型化し、それぞれの平均再来間隔の推定や規模予測を行うとともに、最新活動時期から確率予測を試みる。首都圏の古地震年表、歴史地震年表により、震源間の相互作用の有無を検討する。また、プレート構造調査、地殻構造調査の成果等を踏まえた解析を行うことにより、首都直下の地震について再評価し、地震調査研究推進本部、地震調査委員会が「その他の南関東の地震」としてまとめて評価を行った M7 程度の地震の震源域の位置（プレート境界地震、スラブ内地震）、繰り返しの有無等を推定する。

##### (b) 平成 21 年度業務目的

新たな構造モデルを用いて最近の地震の震源再決定を行い、首都直下で発生した M7 級の類型化のために 1921 年茨城県南部の地震 (M7.0)、1895 年茨城県南部の地震 (M7.2) などの深さの推定を行う。このために引き続き過去の地震記象と現在の地震観測記録との対比、古い地震の観測記録等に基づく震源再決定や最近の地震の精度良い相対的震源決定などを行う。

#### (2) 明治以降に南関東で発生した M7 級地震に対する既往研究とデータの整理

首都機能が集中する南関東は、太平洋プレート（以下 PA と略記）およびフィリピン海プレート（以下 PH と略記）が陸のプレートの下に沈みこむ複雑なテクトニクス下にあり、明治以降にもたとえば 1894 年明治東京地震や 1923 年大正関東地震、1931 年西埼玉地震など多くの被害地震を経験してきた。現在、相模トラフ沿いのプレート間で発生する「関東地震」の平均再来間隔は 200-400 年程度と見積もられており（地震調査委員会，2004）、1923 年大正関東地震からの経過時間を考慮するとその切迫性は低いと考えられる。

その一方で、地震調査研究推進本部の長期評価において、南関東を中心とした 30km 以深で発生する M7 級地震の確率は 30 年間で 70%程度と推定されており（地震調査委員会，2004）、切迫性が高い。首都圏直下で発生する地震は (1) 活断層で起こる浅い地震（1931 年西埼玉地震など）、(2) 陸のプレートと PH とのプレート境界の地震（1923 年大正関東地震など）、(3) PH 内部で発生する地震（1987 年千葉県東方沖地震など）、(4) PH と PA とのスラブ境界の地震（2005 年千葉県北西部の地震など）、(5) PA 内部で発生する地震に分類される（例えば、岡田，1992）。

長期評価確率は図 1 に示す 5 地震、即ち 1894 年明治東京地震、1895 年および 1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震と 1987 年千葉県東方沖地震に基づいたものであるが、これらの中には震源位置やその発生機構について統一の見解が得られていない地震が多い。こういった背景から、現在のところ上記分類のうち「関東地震」を除く (2)、(3) ~ (5) を一括して「その他の南関東で発生する M7 級地震」と称し、上記の確率が算出されている。この評価は、長期的な地震活動の変化を無視したポアソン過程によるため、危険度を過大評価しているという指摘がある（瀬野，2007）。今後、長期確率評価の高度化のためには、1703 年元禄関東地震より前の関東地震の履歴を解明し、大地震活発化の

時期を予測する必要がある。また、上記 5 地震を上記 (1) ~ (5) に類型化してその繰り返しの有無等を議論する必要がある。そこで、その手始めとして、これら 5 地震について既往研究を総括するとともにデータの整理を行った。

## 1. 1894 年明治東京地震

1894 (明治二十七年) 年 6 月 20 日に東京・横浜などに被害を及ぼした「明治東京地震」と呼ばれる地震が発生した。この地震により東京で 24 名、神奈川で 7 名の計 31 名の死者を出した (例えば、宇佐美, 2003)。死者はいずれも、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った。耐震性が不十分であった煉瓦造の西洋式建築や煙突等に大きな被害を及ぼしたことから、一部で「煙突地震」などと呼ばれていたと伝えられている [茅野, 1975, 1989; 大迫・金子, 2004]。

被害などの全体的状況は、中央气象台 (1894, 1897) や震災予防調査会 (1895) などに、地震後の被害状況について大森 (1899) による現地調査報告がある。中央气象台 (1897) によると、東京府内のうち深川で最も被害が多く、死者 8 名、重傷者 10 名、軽傷者 29 名となっている。また、石造、煉瓦造、土蔵造、木造に分類した際の破損割合がそれぞれ 3.47、10.21、8.50、0.48%と、煉瓦造の構造物が多大な被害を受けたのに対し、木造構築物の被害は顕著に軽微であったことが報告されている。

大森 (1899) は、この地震によって発生した被害状況について詳細に報告し、その広域震度分布図 (図 2) を作成した。また、この地震に伴う余震が顕著に不活発であること、および有感半径に比べて震央付近の震動及び被害が少ないことから、震源が深い地震であろうと推定した。さらには、東京において 250 基あまりの石灯籠、11 の煙突についてその落下方向を調査し、この転倒方向が東京帝国大学に設置された強震計に記録された最大水平動方向と一致することを明らかにした。

関谷・大森 (1899) は理科大学 (現在の東京大学理学部) 地震学教室に設置されたユーイング円盤記録式強震計 (1 回転 118 秒) 3 成分の波形記録を報告し、その特徴について議論した。また、一ツ橋に設置された地震計は、本郷のような良好な波形記録が得られなかったが、軟弱地盤のために最大水平動が 130mm、最大加速度がおよそ 1000mm/秒に及んだと報告している。

国土地理院 (1972) は、明治東京地震前後において行われた水準測量の結果を報告した。

萩原 (1972) は震災予防調査会 (1895) に報告されている東京市および各県の警察署の被害報告から震度を推定した (図 3)。そして震度 4 以上の地域の面積から、勝又・徳永 (1971) のマグニチュード推定式

$$\log S_4 = 0.82M - 1.0 \quad (\text{単位は km}^2)$$

を用いて M6.4 と、震度 5 以上の面積から村松 (1969) の式

$$\log S_5 = M + 6.8 \quad (\text{単位は cm}^2)$$

を用いて M6.7 とそれぞれ推定し、その震源は深くても 30km 程度であろうとした。ここで M はマグニチュード、 $S_4$ 、 $S_5$  はそれぞれ震度 4、震度 5 以上の地域の面積である。

茅野 (1975, 1989) は、震災予防調査会 (1895)、中央气象台 (1897) と当時東京大学理学部地球物理学教室に保存されていた新聞の切り抜き帳を併せ読み、被害の特徴を論じている。また、全国の震度分布図 (強震・弱震・微震に分類) や関東地方の震度分布図 (12 階級方式) を作成し、中央气象台 (1894) が報告している振幅からマグニチュードは  $6 \frac{3}{4}$  であると推定した。新聞記事、气象台年報、理科大学地震学教室における観測から S-P 時間を 7 秒あるいは 14 秒と 10 秒になるとし、震央を東京直下に仮定するとその深さは 50km~70km 程度であると推定した。

勝又 (1975) は、地震報告および中央气象台年報地震の部を資料として、震度分布図を作成し、その震源位置を千葉県中西部、マグニチュードを 7.0 と見積もった。

須藤 (1977) は初期微動継続時間ならびに S 波振動方向の解析から震央が中川の下流むしろ河口付近

であるとの推定結果（須藤，1976）の妥当性を国土地理院（1972）の水準測量結果ならびに萩原（1972）の震度分布と照らし合わせることで再検討を行った。国土地理院（1972）の報告した水準測量に基づく変位が 1894 年明治東京地震によってもたらされたものであると仮定すると、正断層型の断層モデルが地震前後の水準測量データをよく説明できるとした。また、この断層モデルはプレートテクトニクスの立場からは解釈し難いとして逆断層を仮定した場合、岩槻の下方に断層を仮定すると地殻変動を説明することができるとした。

宇津（1979）は、被害分布からその震央を北緯 35.7 度、東経 139.8 度とし、長野・名古屋および境の 3 地点の最大振幅からマグニチュードを 7.0 とした。地震規模に比べて被害が軽微であったことからやや深い地震に分類している。また、この地震発生の 2 年前から東京から東京湾の直下で M5 地震が頻発していたこと、当日 5 時 16 分の地震（東京の震度 1）が前震であった可能性を指摘している。

橋田ほか（1993）は、震央は震度分布から判断して宇津（1979）の結果のように東京都東部、千葉県との県境あるいは東京湾北部であるとした。また、ユーイング円盤型記録式地震計、東京におけるグレー・ミルン・ユーイング（以下、GME と略記）普通地震計から S-P 時間を 7~8 秒と読み取り、震源の深さをせいぜい 50~60km であるの見積もった。地震原簿に記録された最大振幅からそのマグニチュードを 6.7 と推定し、深さから PH スラブ内地震で 1987 年千葉県東方沖地震と大きさならびにタイプが同じ地震であるとした。更に、同年 10 月 7 日に発生した地震について東京の GME 普通地震計記録から S-P 時間が 14 秒程度であること、宇都宮の最大振幅が東京よりも大きいことから、震源は東京湾よりも北で、茨城か埼玉県の深さ 120km、即ち沈み込む PA 内部で発生した地震であるとし、そのマグニチュードは勝又の式から 6.6 程度であるの見積もった。

地震調査委員会（1999）は、沈み込んだ太平洋プレート内部の地震であるとした。

勝間田・他（1999）、気象研究所地震火山研究部（2000）、勝間田（2001）は、東京気象台におけるグレー・ミルン・ユーイング（以下 GME と略記）普通地震計、関谷・大森（1899）が報告している理科大学（東京大学理学部）のユーイング円盤記録式強震計、工科大学（現在の東京大学工学部）における GME 式円盤記録式地震計記録と最大振幅記録を使用して震源位置や発震機構を推定し、この地震が深さ 50km または 80km 程度で発生した PH 内あるいは PA 内で発生した地震であるとした。また、国土地理院（1972）が報告した水準測量をすべて地震時のものとするとその規模が大きすぎることから、これら水準測量が余効変動などを含んでいる可能性を指摘した。

古村ほか（2005, 2006）は、ユーイング円盤記録式地震計を山田（2004）の手法により直交座標系に変換し、S-P 時間から震源の深さを 40-52km 以深と推定した。また、古村・竹内（2007）は、PA 内の地震に見られる異常震域が観測された震度分布に見られないことから PH 海プレート内地震であると考え、FDM シミュレーションから PH 内あるいは PH と PA との境界で発生したと仮定した場合、観測された広域震度分布をよく説明することができることを示した。

この領域においては、同月 10 月にも M6.7 の地震が発生した。宇津（1979）は、この地震が 6 月 20 日とあまり離れていない場所で発生したとしており、地震調査委員会（1999）もこの地震が明治東京地震の余震であると解釈した。その一方で、S-P 地震及び震度分布からより深い領域で発生した地震であるという報告があり〔橋田・他，1993；勝間田，2001；古村・竹内，2007〕、この地震が（狭義の）余震であったか否かについても解釈が分かれる。

これらの既往研究を総括すると、震央位置について再検討の必要性を指摘した研究があるものの、既往研究の間に震央位置については大きな相違は見られない。その一方で、震源の深さに関して、沈み込む PH 内、PH と PA との境界、あるいは PA 内のいずれの地震であるかについて見解が異なる。関谷・大森（1899）による理科大学地震学教室のユーイング円盤記録式強震計 3 成分の波形記録、東京気象台の GME 普通地震計、工科大学の GME 円盤記録式地震計記録が残されているが、読み取られた S-P 時間が 7 秒あるいは 14 秒と 10 秒（茅野，1975）、7~8 秒（橋田，1993）、7 秒または 10 秒（勝間田ほか、

1999 ; 勝間田, 2001)、工科大学記録から 5.6~7.0 秒、理科大学記録から 6.9 秒 (古村ほか, 2005, 2006) と相違が見られる。結局のところ、現在残されている数少ない波形記録から読み取られた S-P 時間が、そのまま震源深さと類型化の相違に結びついている。

## 2. 1895 年茨城県南部の地震

1895 年 1 月 18 日 (M7.2) に茨城県南部で発生した地震は、関東地方の広範囲にわたり強震動を与え、6 名の死者を出し、東京の下町にもかなりの被害が発生した (宇佐美, 2003)。しかしながら、1894 年明治東京地震に比べると調査報告、既往研究ともに顕著に少ない。

勝又 (1975) は、震度分布を推定し、震源位置を鹿島灘、マグニチュードを 7 1/4 と見積もった。

石橋 (1975a) は、中央気象台の報告と新聞記事から推定した震度分布に基づいて震源位置を議論した。有感半径が非常に広く、相当な規模の地震であったにも関わらず、関東地方での震度分布図には震度 6 が見られず、震度 5 の地域が広く分布していることから浅い地震ではなく深さ数十 km で発生した地震であったとした。震央位置は宇佐美 (1973) の推定した震央 (北緯 36.2°、東経 140.3 度) とほぼ一致する霞ヶ浦北西部あたりと推定した。

宇津 (1979) は、震源位置について震央を北緯 36.1 度、東経 140.4 度、やや深い地震に分類した。マグニチュードは 8 箇所における最大振幅の平均が 7.1、震度分布から 7.3~7.4 と推定されるために、7.2 とした。同日 9 時 14 分に M5 1/2 程度の地震がこの地震からあまり離れていない場所であったこと、余震がほとんど無かったことを報告している。

橋田・三上 (1992) は、経験的グリーン関数法により中央気象台の GME 地震計の解析を試みた。経験的グリーン関数として 1989 年 4 月 26 日に深さ 65km で発生した M5.4 の地震波形を用いている。地震のマグニチュードを 7.2 と推定し、低角逆断層の発震機構を持っていた 1989 年の地震波形から 1895 年の波形をある程度合成できることから低角逆断層の発震機構を持っていた可能性が高いとした。

この領域では、図 4 に示すように鬼怒川沿いの深さ約 40-60km のフィリピン海プレートの上面で発生するもの (鬼怒川クラスター) と、筑波山付近の深さ約 60-80km の太平洋プレートの上面で発生するもの (筑波側クラスター) の、2 つの活発な地震活動が観測されており (たとえば野口, 1998; 勝間田, 2001)、1895 年 1 月 18 日の地震 (M7.2) はどちらかのタイプの地震であったと現在のところ考えられている。

神林・勝又 (1975) では烈震域が有る一方で、石橋 (1975)、宇佐美 (1973) では強震に留まるなど、震度分布に相違が見られる (図 5)。現在も活発な地震活動が観測されている地震クラスターとの関連を示唆する報告がある一方で、具体的に震源深さについて地震波形記録を用いて議論した既往研究は現在のところ、見当たらない。

## 3. 1921 年茨城県南部の地震 (竜ヶ崎地震)

1921 年 12 月 8 日に茨城県南部を震源として発生した、通称「竜ヶ崎地震」は、千葉県北西部と茨城県南西部を中心とした関東内陸に、道路の亀裂や墓石の転倒、壁塀の崩壊などといった被害を及ぼした。東京・銚子・水戸・熊谷・横浜・宇都宮・横須賀・飯田で震度 4 が観測されている。この地震は、1895 年茨城県南部の地震と同様に、茨城県南西部に位置する活発な 2 つの地震クラスターのいずれかで発生したと現在のところ考えられている。中央気象台 (1921)、牛山 (1922b)、大森 (1922)、勝又 (1975) や石橋 (1973a, 1973b, 1975b) によって震源決定が行われている (図 6)。また、石橋 (1973b, 1975b) や勝間田 (2000)、気象研究所地震火山研究部 (2000) によって発震機構解が議論されている。

中央気象台 (1921) は、観測された初期微動継続時間からその震央を東経 140 度 1、北緯 35 度 8 なる龍ヶ崎附近であるとしている。この地震によって北は釧路より南は大阪地方に至るまでが有感であったこと、及び震央付近においては強震 (弱キ方) 程度で普通この程度の地震にある石燈の倒

壊や壁の亀裂、地面の小亀裂等が観測された程度で顕著な被害は現地調査からは認められなかったとしている（気象集誌 41 年号「十二月八日夜千葉懸印旛沼附近の小破壊的地震に就きて」参照）。また、各測候所における震度及び微動計による観測記録が列記されている。余震が 50 数回、そのうち有感地震が 24 回と活発な余震活動が観測されたことが付記されている。

牛山（1922a）は、各測候所から報告された地震記象から震源を推定し千葉県印旛、手賀沼付近の湖沼地帯の地下を中心として発生した地震であるとしている。これは結局のところ中央气象台（1921）による震源位置に対応している。また、各測候所による初動方向や初期微動継続時間、調査員による調査報告が取りまとめられている。

牛山（1922b）は、2 地震観測点における初動継続時間の比を用いて震源決定を行い、東京の北東に位置する江戸川流域（流山－岩槻－草加－野田－松戸の付近）と推定した。

Omori（1922）は、大森公式を用いて東京・水戸・銚子の 3 点における S-P 時間を用いて震源決定を行い、北緯 35 度 55 分 48 秒、東経 140 度 20 分 38 秒、深さ 29km と推定した。Omori（1922）の東京における S-P 時間は 8.8 秒（地震学教室ならびに一ツ橋の強震計記録に基づく）である一方で、中央气象台（1921）は 6.3 秒、牛山（1922a）は 6.2 秒と大きく異なっているため、牛山（1922a, 1922b）や中央气象台（1921）による震源位置とは離れている。

石橋（1973a）は、当時の刻時精度に比べて信頼性の高い、S-P 時間を用いて津村（1970）による作図解法により震源決定を行った。具体的には、東京、水戸、銚子の 3 点を用い、筑波を参考にしている。東京における S-P 時間として、Omori（1922）に掲載されている本郷、一ツ橋の強震波形記録から再検出して得られた、本郷の水平 2 成分の平均値 8.5 秒を用いている。水戸と銚子は、両測候所が東京大学地震学教室に送った観測表に従い、その震源を北緯  $36^{\circ} 3.1'$ 、東経  $140^{\circ} 10.6'$ 、深さ 63km と推定した。また、10 個の余震のデータに基づき余震の平均的な震源位置の推定を行い、本震の位置から  $S30^{\circ} E$  の方向に 30km ずれていることから断層面の走行がこの方向にあると推定している。石橋（1973b, 1975c）には、節面はユニークではないと付記した上で初動極性によるメカニズム解が記載されている。

石橋（1975a, 1975b）はこの震源位置を津村（1973）の速度構造ならびに本郷・水戸・銚子・筑波における S-P 時間を用いて議論し、その震源位置を北緯 36 度 4 分、東経 140 度 10 分、深さ 53km であると推定した。また、震源の推定誤差を緯度経度方向ともに 4km、深さの標準偏差 3km と見積もった。S-P 時間の読み取り誤差を考慮しても、震源の深さが 40–60km に収まることから、現在も地震活動が活発な茨城県南部の深さ数 10km の地震の巣（坪井, 1967）で発生した地震であろうと結論付けた。また、余震が多かったのが浅い地震という説もあるが、むしろ深い地震であったにも関わらず余震が活発であったことが特異であろうと述べている。

勝又（1975）は、S-P 時間を用いて震源再計算を行い、震源位置を北緯  $36^{\circ}09'\pm 4'$ 、東経  $140^{\circ}03'\pm 3'$ 、深さ 10km、マグニチュード 6.7 と推定した。

宇津（1979）は、21 ヶ所の最大振幅から M7.0 を得た。震源位置は石橋（1975b）を参考にして、北緯 36.0 度、東経 140.2 度、震源のやや深い地震に分類し、マグニチュードの割に余震が少なかったことを報告している。また、1923 年大正関東地震発生前 2 年間に 1921 年茨城県南部地震と 1922 年の浦賀水道付近の地震を含んだ 4 回の被害地震が発生し、これらの地震が関東地震の広義の前震である可能性を指摘した。

勝間田（2000）、気象研究所地震火山研究部（2000）は、この地震の発震機構と地震モーメントを東京大学及び熊谷気象台の地震記象から推定した。勝間田（2000）による地震モーメントは約  $5.6 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$  であり、その発震機構解は節面の一つが走行 288 度、傾斜角 79 度、すべり角  $-34$  度の、圧縮北東－南西方向の圧縮軸をもつ地震で、PH と PA のスラブ境界で発生する西ないし北西傾斜の低角逆断層型のメカニズム、茨城県南西部地震クラスターの典型的な発震機構（例えば、笠原, 1985）とも

異なる。

中央気象台 (1921)、牛山 (1922)、大森 (1922)、勝又 (1975) や石橋 (1973,1975) によって震源決定が行われているが、東京における S-P 時間が 6.3 秒 (東京気象台, 1921)、6.2 秒 (牛山 1922)、8.8 秒 (大森, 1922)、8.5 秒 (石橋, 1973) と異なるために震源位置が大きく異なる。

#### 4. 1922 年浦賀水道付近の地震

この地震は 1922 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・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地震で、東京と横浜で 1 名ずつ計 2 名の死者を含む大きな被害をもたらした。中央気象台 (1922a)、中村 (1922a, 1922b)、大森 (1922)、勝又 (1975)、石橋 (1975a, 1975b)、宇津 (1979)、宇佐美 (2003) によって震源決定がなされているが、図 7 に示すように推定された震源位置は浦賀水道に留まらず、広範にわたる。

勝又 (1975) は、S-P 時間を用いて震源再計算を行い、震源位置を北緯  $35^{\circ}13'\pm 3'$ 、東経  $139^{\circ}59'\pm 3'$ 、深さ 30km、マグニチュード 6.9 と推定した。

石橋(1975a, 1975b)は、東京 (本郷) の 10.4 秒・東京 (一ツ橋) の 10.8 秒・横須賀の 6.3 秒・沼津の 11.1 秒・熊谷の 14.0 秒・水戸の 16.0 秒の S-P 時間を用いて多層構造モデルのもとで震源決定を行い、震源位置が北緯 35.16 度、東経 139.69 度、深さが  $71\pm 21$ km であると推定した。なお、Omori(1922b)の論文の地震記象を再検測した本郷・一ツ橋における S-P 時間を信頼度が高いとして圧倒的な重みをかけている。また、他の 4 点の読み取り誤差を大きく取っているために、同じく石橋 (1975a, 1975b) において震源決定がなされている 1921 年竜ヶ崎地震に比べて推定誤差がかなり大きい。

宇津 (1979) は、震源位置を北緯 35.2 度、東経 139.8 度の千葉県西岸、やや深い地震であるとした。

勝間田 (2001) は PH 内部から PA 上面までの間に発生したやや深い地震であるとしている。この領域では一元化以降の震源分布からは 70km と 90km の深さにおいて地震活動がみられる。1992 年 2 月 2 日に浦賀水道付近の深さ 90km 付近で M5.7 の地震があり、発震機構は太平洋プレート上面付近のプレート内で発生した東落ち高角逆断層型であると推定されている (地震予知連絡会, 1992)。

#### 5. 1987 年千葉県東方沖地震

1987 年 12 月 17 日に千葉県東方沖で発生した地震は、房総半島九十九里浜付近の深さ約 50km で発生した。Okada and Kasahara (1990)は、関東東海地殻活動解析システム (Hamada et al., 1985) で観測された初動極性からその震源メカニズムを推定した (図 8 左)。また、地震後に観測された余震分布からはほぼ南北走行をもった右横ずれの垂直な震源モデルを提示し、PH の東端近くで、PH の先端が割れるような地震であったと考えられている。地震調査委員会 (1999) は、沈み込む PH 内地震であるとした。気象庁検測データにおける初動極性から推定されるメカニズム解 (図 8 右) (石辺・鶴岡, 2009) もほぼ垂直な横ずれ型であり、Okada and Kasahara (1990)と調和的である。この震源域においては、この地震の余震活動が現在も観測されている。

#### 参考文献

Central Meteorological Observatory, 1922b, Seismological Observation in Tokyo (Jan.-April, 1922), Seism, Bull.

Cent. Met. Obs., Japan, 1, No. 1, 1-12.

中央気象台 (1897) : 中央気象台年報第二部地震之部 1894 年, 38-47.

中央気象台(1921) : 気象要覧, 265.

中央気象台(1922a) 気象要覧, 第 269 号.

古村孝志・室谷智子・中村操(2005) : 1894 年明治東京地震の強震動と震源像, 日本地震学会 2005 年秋季大会講演予稿集, B097.

- 古村孝志・中村操・室谷智子・山中佳子 (2006) : [講演要旨] 明治東京地震の震源像と強震動, *歴史地震*, **21**, p64.
- 古村孝志・竹内宏之(2007) : 首都圏直下の地震と強震動—安政江戸地震と明治東京地震—, *地学雑誌*, **116**, 431—450.
- 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.
- 濱松音蔵 (1966) : 気象官署における地震計観測の履歴表, *地震*, **19**, 286-305.
- 濱松音蔵 (1981) : 地震観測史, *地震2 (suppl.)*, **34**, 73-92.
- 橋田俊彦・勝間田明男・三上直也 (1993) : 1894 (明治 27 年) に東京を襲った 2 つの地震, *地球惑星関連学会 1993 年合同大会予稿集*, F21-07.
- 橋田俊彦・三上直也 (1992) : 明治—昭和初期の地震記象の解析—GME 普通地震計と CMO 強震計の例—, *地震学会講演予稿集 1992 年秋季大会*, p163.
- 石橋克彦 (1973) : 大正 10 年竜ヶ崎地震の震源位置について—アーツ 1 号が発見した「線」との関連— (速報), *地震*, **26**, 362—367.
- 石橋克彦 (1975a) : 東京に被害を与えた明治・大正期の地震の震源位置の再検討, *東京都防災会議東京直下地震に関する調査研究 (その 3)*, 132—136.
- 石橋克彦 (1975b) : 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, *地震第 2 輯*, Vol.28, 347-364.
- 石辺岳男・鶴岡弘 (2009) : 気象庁総合検測値データを用いた初動メカニズム解の推定とその特徴  
日本地震学会 2009 年秋季大会講演申し込み
- 岩田孝行・野口和子 (2000) : 東京大学における地震観測及び機械式地震計の名称と分類について, *東京大学地震研究所技術研究報告*, **6**, 78-94.
- 岩田孝行・野口和子 (2003a) : 東京大学における機械式地震計の地震記象 (第 1 報), *東京大学地震研究所技術研究報告*, **9**, 31—55.
- 岩田孝行・野口和子 (2003b) : 東京大学における機械式地震計の地震記象 (第 2 報), *東京大学地震研究所技術研究報告*, **9**, 56-110.
- 岩田孝行・野口和子 (2004) : 東京大学におけるユース式地震計の歴史地震記象, *東京大学地震研究所技術研究報告*, **10**, 58-76.
- 地震調査委員会, 『日本の地震活動<追補版>』, 391pp, 1999.
- 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.
- 地震予知連絡会 (1992) : 1992 年 2 月 2 日浦賀水道付近の地震, *地震予知連絡会会報*, **48**, 112-120.
- 神林幸夫・勝又護 (1975) : 東京の被害地震の表およびその震度分布図付震度 IV 以上の地震, *東京直下地震に関する調査研究 (その 3)*, 東京都防災会議, 53—103.
- 勝間田明男・橋田俊彦・三上直也(1999) : 明治の東京地震 (1894 年) の震源パラメーターについて, *地震第 2 輯*, **52**, **1**, 81—89.
- 勝間田明男(2000) : 1921 年 12 月 8 日に茨城県南西部で発生した地震の発震機構と地震モーメント, *地震*, **2** 輯, 53, 83—88.
- 勝間田明男(2001) : 古い強震計の記録からよみとれる明治以降の南関東地域の地震の特性, *月刊地球号外 No.34*, 61-69.
- 勝又護・徳永規一 (1971) : 震度 IV の範囲と地震の規模および震度と加速度との対応, *気象庁技術報告*, **76**, 39—41.
- 勝又護(1975) : 大正時代の地震活動について, *東京都防災会議東京直下地震に関する調査研究 (その 3)*, 117—122.

- 茅野一郎(1975): 明治 27 年東京地震に関する被害について, 東京直下地震に関する調査研究 (その 3), 東京都防災会議, 123-131.
- 茅野一郎(1989): 明治中期の“煙突地震”明治 27 (1894) 年 6 月 20 日東京・横浜の地震. *地震ジャーナル*, **8**, 30-37.
- 気象庁観測部地震課, 1968a, 地震観測業務履歴 (2), 測候時報, **34**, 78-83.
- 気象庁観測部地震課, 1968b, 地震観測業務履歴 (3), 測候時報, **34**, 111-119.
- 気象庁観測部地震課, 1968c, 地震観測業務履歴 (4), 測候時報, **34**, 139-149.
- 気象庁観測部地震課, 1968d, 地震観測業務履歴 (5), 測候時報, **34**, 179-185.
- 気象庁観測部地震課, 1968e, 地震観測業務履歴 (6), 測候時報, **34**, 202-208.
- 気象研究所地震火山研究部 (2000): 南関東地域における応力場と地震活動予測に関する研究, *気象研究所技術報告*, **40**, 156pp.
- 国土地理院 (1972): 明治 27 年の東京湾北部の地震前後の水準測量, *地震予知連絡会会報*, **7**, 25-26.
- Morioka T (1980): The ground motion of the great Kanto earthquake of 1923, *Trans. of Architectural Inst. Japan*, **289**, 79-88.
- 村松郁栄 (1969): 震度分布と地震のマグニチュードとの関係, *岐阜大学教育学部研究報告*, 自然科学, **4**, 168-176.
- 中村左衛門太郎, 1922a, 四月十六日の東京附近の強震に就て, *気象集誌*, **1**, **41**, 139-156.
- Nakamura S., 1922b, On the Destructive Earthquake occurred near Tokyo on the 26<sup>th</sup>, April 1922, *Seism. Bull. Centr. Met. Obs., Japan*, **1**, No. 1, 39-44.
- 那須信次 (1971): 列強震の地動 (2), *建築技術*, **237**, 123-134.
- 野口伸一 (1998): 関東地域の地震活動・発震機構・火山フロントとフィリピン海および太平洋プレートの沈み込み, *地震研究所彙報*, **73**, 73-103.
- 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.
- 岡田義光 (1992): 首都圏直下に発生する地震のタイプわけ, *地震学会講演予稿集*, A69.
- 大森房吉 (1894): 本年六月二十日の強震及び其余震に就きて, *東洋学芸雑誌*, **154**, 379-382.
- 大森房吉 (1894): 東京府下震災被害表, *東洋学芸雑誌*, **154**, 385-389.
- 大森房吉(1899): 明治二十七年六月二十日東京激震の調査, *震災予防調査会*, **28**, 71-78.
- 大森房吉 (1922): 東京にて感じたる激震強震の地震計記録図, *東洋学芸雑誌*, **489**, 2-5.
- Omori, F. (1922): On the Severe Earthquake of Dec. 8, 1921, *Seismological Notes*, **2**, 1-21.
- Omori, F. (1922b): The semi-destructive earthquake of April 26, 1922, *Seismological Notes*, **3**, 1-30.
- 大森房吉 (1922): 東京にて感じたる激震強震の地震計記録図, *東洋学芸雑誌*, **489**, 2-5.
- 大迫正弘・金子隆一 (2004): 1894 年の東京地震の写真資料, *国立科学博物館研究報告 E 類*, **27**, 9-19.
- 関谷清景・大森房吉(1899): 明治二十年六月二十日東京激震ノ地震計記録図, *震災予防調査会報告*, **28**, 97-99.
- 震災予防調査会 (1895): 地震その他地異彙報, 震災予防調査会報告第 3 号.
- 須藤研(1977) 東京地震 (明治 27 年 6 月) の断層模型, *地震学会講演予稿集*, **1**, 144.
- 坪井忠二 (1967): 「新・地震の話」, 岩波書店, 211pp.
- 宇佐美龍夫 (2003): 「最新版・日本被害地震総覧・416-2001」, 東京大学出版会, pp605.
- 牛山高見(1922a): 12 月 8 日夜千葉県印旛沼附近の小破壊的地震に就いて, *気象集誌*, **41**, 4-13.
- 牛山高見(1922b): 初動微動時の比を用いて震源を求むる作図一附 大正十年十二月八日夜東京強震の震源につきて, *気象集誌*, **41**, 114-119.
- 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.

宇津徳治(1982): 日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の表: 1885 年~1980 年, 地震研究所彙報, 57, pp. 401-463.

宇津徳治(1985): 日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の表: 1885 年~1980 年(訂正と追加), 地震研究所彙報, 60, pp. 639-642.

山田真 (2004): 東京における濃尾地震の円盤地震記録の解析, 2004 年日本建築学会大会学術講演梗概集, 565.

安永義章・真野文二・田辺朔郎 (1895): 明治二十七年六月二十日東京付近地震被害工場煙突調査及び煉瓦接合強弱試験成績, 震災予防調査会報告, 5, 1-13.

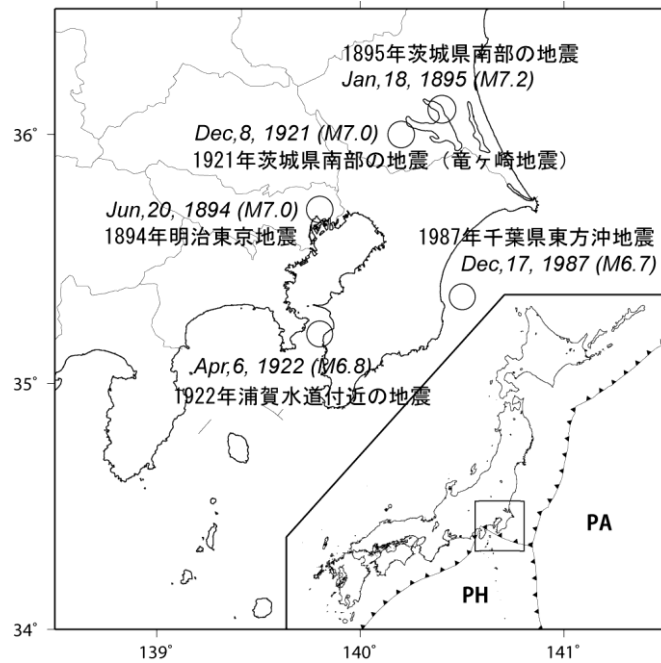


図 1. 地震調査研究推進本部の長期評価における「その他の南関東で発生する M7 程度の地震」の基準となった 5 地震

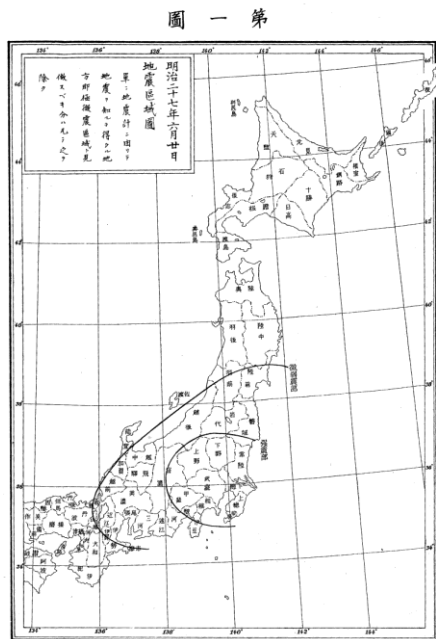
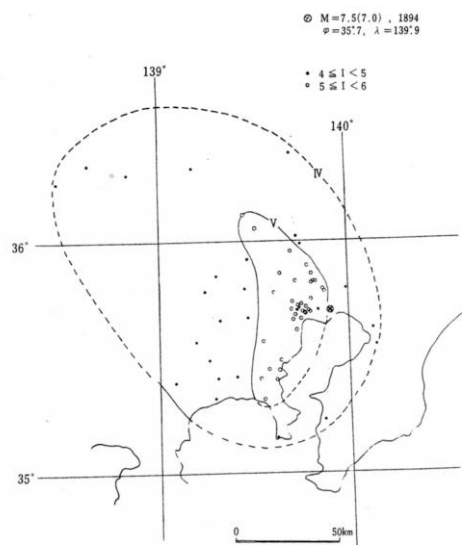


図 2. 大森 (1899) による広域震度分布



第 1 図 明治 27 年東京地震の震度分布  
Fig. 1 Distribution of seismic intensities of the Tokyo earthquake in 1894

図 3. 萩原 (1972) による震度分布

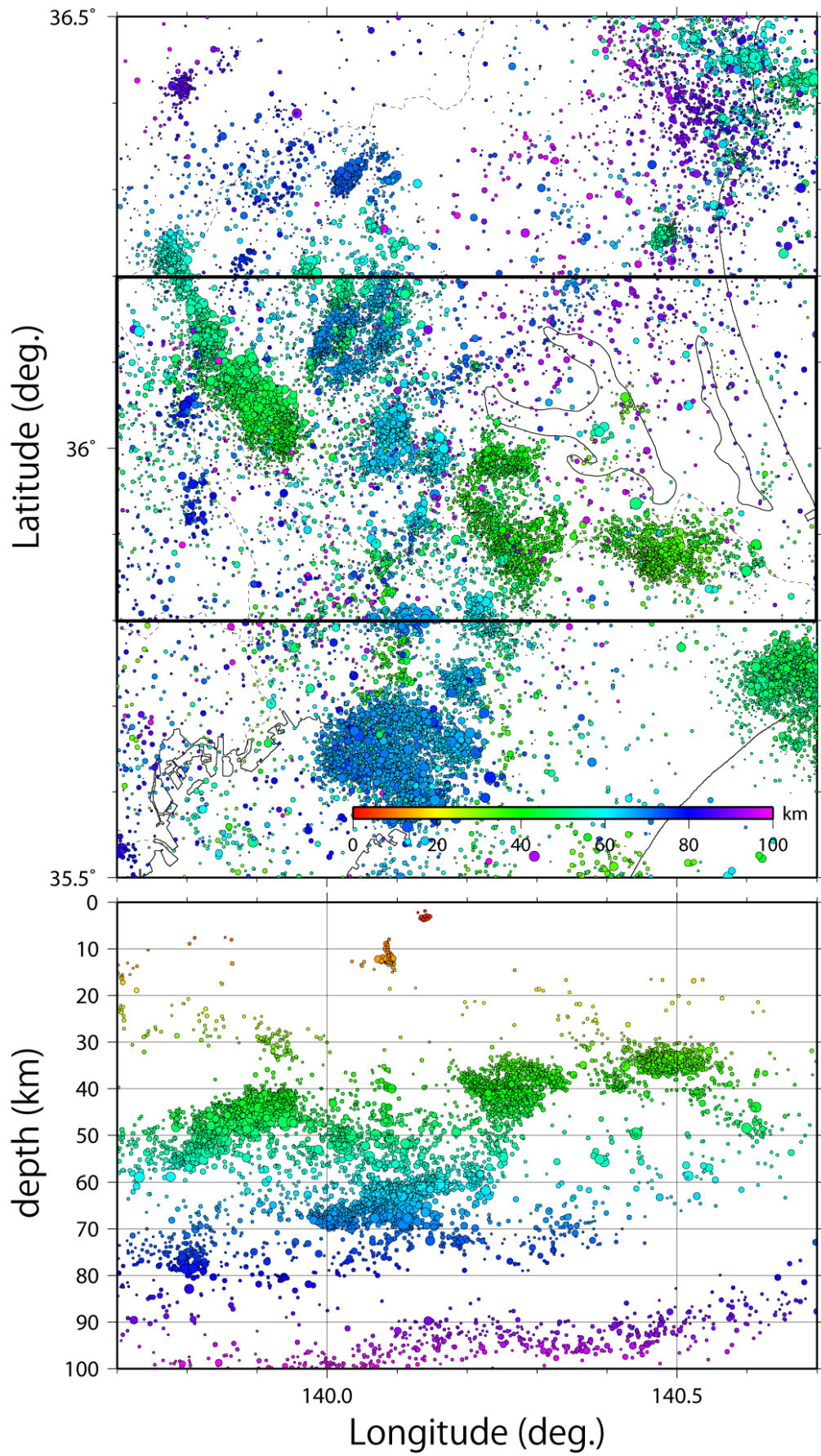
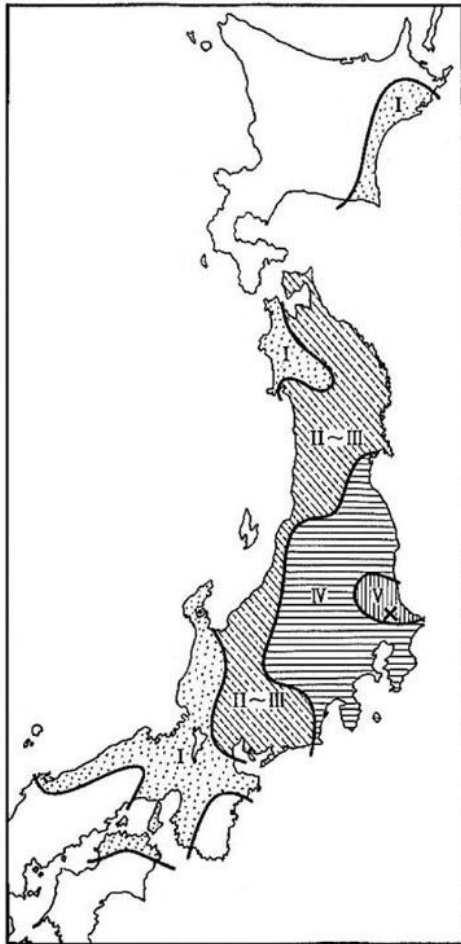


図 4. (a) 茨城県南西部の地震活動 (1997 年 10 月以降の一元化気象庁震源カタログ、100km 以浅)  
 (b) 矩形領域の東西断面図



発震日時	1895(明28) 1月18日22時48分	利根川下流域
震源規模	J; 35.9° N 140.4° E M; 7.3 K; 鹿島灘? M; 7¼土 I*; 36.2 140.3 U; 36.2 140.3 やや深い?	
震度	東京, V	
記事	被害の範囲は広く, 死者6, 家屋全潰42, 茨城県で被害大, 東京では死者1, 負傷者31, 家屋全潰4, 半潰5, 破損615, 非住家全潰4, 半潰6等, 下町で被害多し。 * 震度Vの範囲は石橋による。III-3参照	
文献	震災予防調査会報告 1895, 4, 95. 地学雑誌 1895, 7, 56. 建築雑誌 1895, 9, 47, 48. 1896, 10, 36.	

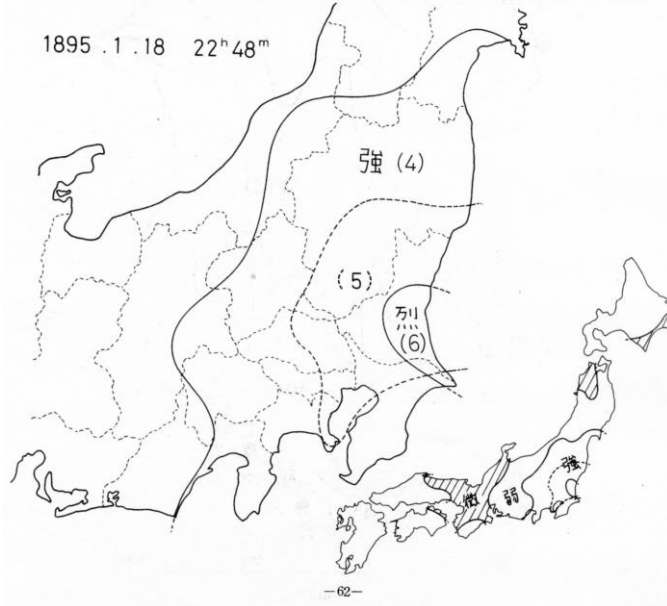


図5. 1895年茨城県南部の地震による震度分布 (左; 宇佐美 (1996)、右; 勝又 (1975))

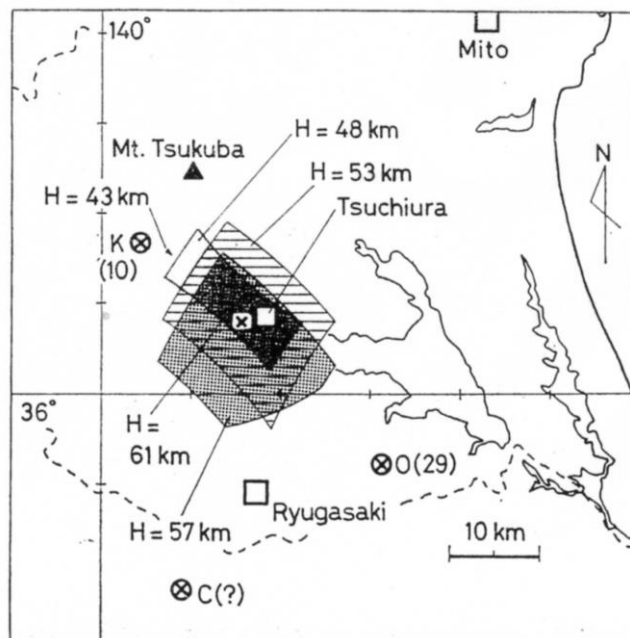


図6. 1921年茨城県南部の地震(竜ヶ崎地震)の震源位置に対する既往研究〔石橋, 1975による〕

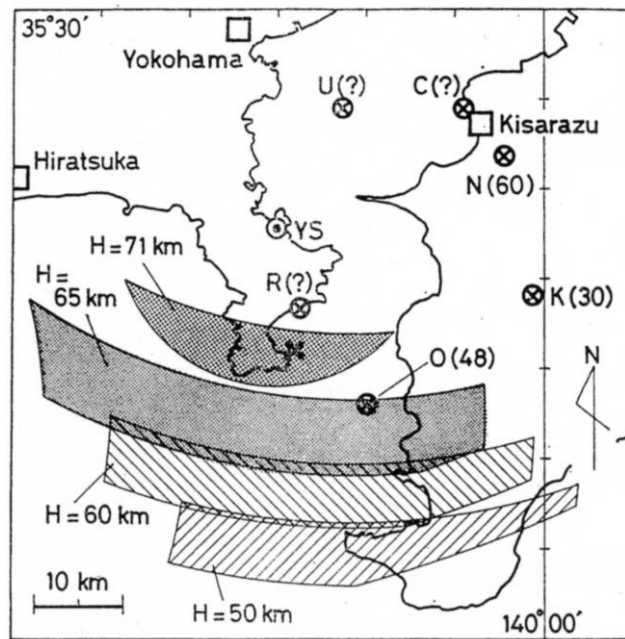


図 7. 1922 年浦賀水道付近の地震の震源位置に対する既往研究 [石橋, 1975 による]

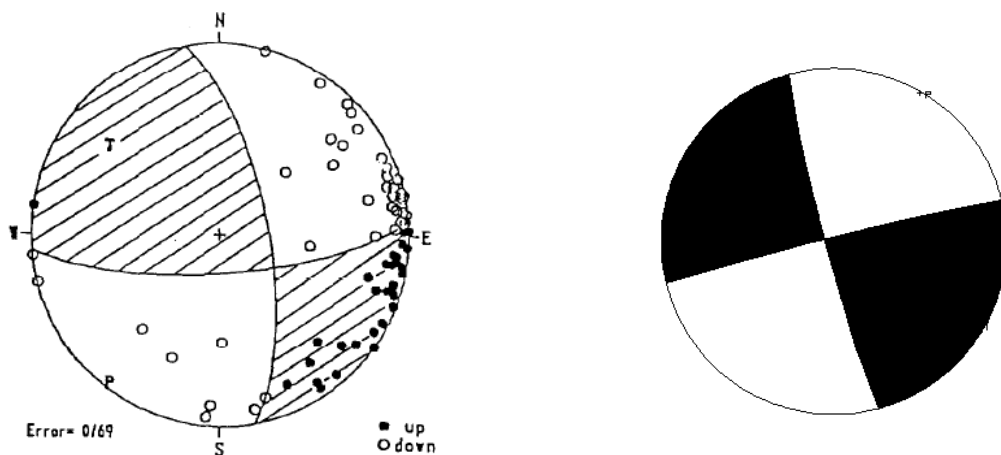


Fig. 2. Focal mechanism of the Chiba earthquake of Dec. 17, 1987 (lower hemisphere).

図 8 左：関東東海地殻活動解析システムにおける初動極性から推定される震源メカニズム (Okada and Kasahara, 1990) 右：気象庁検測データにおける初動極性から推定される震源メカニズム (石辺・鶴岡, 2009)