

# 南関東で発生した M 7 級地震に対する既往研究とデータの収集

—1894 年明治東京地震と 1895 年茨城県南部の地震—

石辺岳男<sup>1)\*</sup>・西山昭仁<sup>1)</sup>・佐竹健治<sup>1)</sup>・島崎邦彦<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 東京大学地震研究所

<sup>2)</sup> 震災予防協会

## Review of Previous Studies on M 7-class Earthquakes that Occurred in the Southern Kanto Region and Data Collection

—The 1894 Meiji Tokyo Earthquake and the 1895 Ibaraki-ken Nanbu Earthquake—

Takeo Ishibe<sup>1)\*</sup>, Akihito Nishiyama<sup>1)</sup>, Kenji Satake<sup>1)</sup> and Kunihiko Shimazaki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo

<sup>2)</sup> Association for Earthquake Disaster Prevention

### Abstract

The Earthquake Research Committee of the Headquarters of Earthquake Research and Promotion estimated the probability of an earthquake of magnitude around 7.0 occurring during the next 30 years as 70%. This is based on five earthquakes that occurred in the southern Kanto region (i.e., the 1894 Meiji-Tokyo earthquake, the 1921 and 1922 Ibaraki-ken Nanbu earthquakes, the 1922 Uraga-channel earthquake and the 1987 Chiba-ken Toho-Okai earthquake). However, it has been revealed that the Kanto region is situated on complicated tectonic conditions due to subduction of the Philippine Sea Plate and the Pacific Plate beneath the continental plate, and that various types of earthquake occur. Therefore, it is necessary to classify these earthquakes into interplate and slab earthquakes, and to estimate their recurrence intervals. In this paper, at the outset of such studies, we review previous studies on two earthquakes (the 1894 Meiji-Tokyo and 1895 Ibaraki-ken Nanbu earthquakes) that occurred in the Meiji era and collect the data.

**Key words:** M 7 class earthquakes, the 1894 Meiji Tokyo Earthquake, the 1895 Ibaraki-ken Nanbu Earthquake, the southern Kanto region

### 1. はじめに

首都機能が集中する南関東は、太平洋プレート（以下、PAC と略記）および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む複雑なテクトニクス下にあり、明治期以降にも、1894 年明治東京地震や 1923 年大正関東地震（Matsu'ura *et al.*, 1980 など）、1931 年西埼玉地震（Abe, 1974 など）などの多くの被害地震を

経験してきた。現在のところ、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。しかしながら、首都圏直下で発生する地震は、(1) 地表近くの活断層で発生する地震（1931 年西埼玉地震など）、(2) PHS 上面に沿うプレート

\*e-mail: ishibe@eri.u-tokyo.ac.jp (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

境界型地震（1923 年大正関東地震など）、(3)PHS 内部で発生する地震（1987 年千葉県東方沖地震〔Okada and Kasahara, 1990〕など）、(4)PAC 上面に沿うプレート境界型地震（2005 年千葉県北西部の地震など）、(5)PAC 内部で発生する地震（1992 年浦賀水道沖地震〔防災科学技術研究所, 1992〕など）に分類され（岡田, 1992）、多岐に及ぶ。

南海地震発生前後の西日本における地震活動の活発化（Utsu, 1974 など）と同様に、関東においても関東地震の発生に向かって徐々に被害地震発生が増加する傾向、あるいは関東地震間の震源域における地震活動が顕著に低調であることが指摘されている（今村, 1929; Shima-zaki, 1971; 津村, 1974; 中央防災会議, 2004 など）。岡田（2001）は、1923 年大正関東地震発生以降 60 年近くにわたり、東京で震度 V を観測しなかったが、1985 年と 1992 年に震度 V を観測したことから、静穏期から活動期に移行しつつある可能性と南関東直下地震発生の切迫性を指摘している。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 30 km～80 km で発生するマグニチュード（以下 M と略記）7 級地震の発生確率は、今

後 30 年間で 70% 程度と推定されており、切迫性が高い（地震調査委員会, 2004）。

上記の長期評価は、図 1 に示すように 1885 年以降に発生した 5 地震、即ち、1894 年明治東京地震、1895 年および 1921 年の茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震および 1987 年千葉県東方沖地震に基づいたものである。しかしながら、これらの地震は震源や発生機構が不明であったり、上記 (1)～(5) のいずれの地震であるかについて統一の見解が得られていなかったりする。このような背景から、上記の分類において、現在のところ、「関東地震」を除く (2) および (3)～(5) を一括して「その他の南関東で発生する M 7 級地震」と称し、確率を算出している。瀬野（2007）は、関東地震に関連した長期的な地震活動の変化を考慮すれば、過大評価であるとした。

今後、長期確率評価の高度化のためには、上記の 5 地震を上記 (1)～(5) に類型化してその素性を明らかにし、繰り返しの有無等を議論する必要がある。そこで、その手始めとして本稿ではこれら 5 地震のうち明治期に発生した 1894 年明治東京地震および 1895 年茨城県南部の地震の 2 地震を対象として、既往研究の整理とデータの収

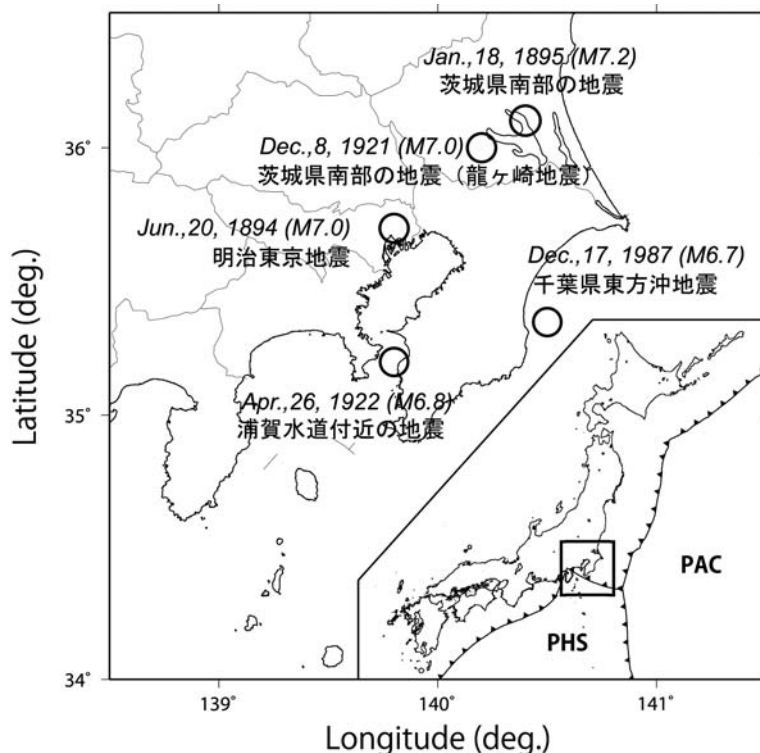


Fig. 1. Five earthquakes (i.e., the 1894 Meiji-Tokyo earthquake, the 1895 Ibaraki-ken Nanbu earthquake, the 1921 Ibaraki-ken Nanbu (Ryugasaki) earthquake, the 1922 Uraga-channel earthquake and the 1987 Chiba-ken Toho-Oki earthquake) used to estimate the occurrence probability of 'other M 7 class earthquakes have occurred in the southern Kanto region'. The epicenter and magnitude of the 1987 Chiba-ken Toho-Oki earthquake are based on the Japan Meteorological Agency (JMA), and others are based on Utsu (1979).

集を行った。大正期以降に発生した 3 地震については石辺・他 (2009) で、また整理したデータに基づく震源位置や発震機構の議論は、今後別稿で報告する。

## 2. 1894 年明治東京地震 (M 7.0; 宇津 (1979) による)

### 2-1. 概要と既往研究

1894 年明治東京地震の震源位置や発震機構についての既往研究を表 1 に纏め、以下にその概要を述べる。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、この地震によって東京で 24 名、神奈川で 7 名の計 31 名の死者を出した。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 (図 2)、一部で「煙突地震」などと呼ばれた [茅野, 1975a, 1989; 大迫・金子, 2004]。この地震は、震災予防調査会が発足後、はじめての大地震で東京・横浜を中心に多くの被害が発生したことから、詳細な被害調査が実施された (例えば、震災予防調査会, 1895a)。

地学雑誌 (1894) は、中央气象台、理科大学地震学教室 (本郷、一ツ橋) の検測値を報告し、官報や新聞紙面による東京や横浜などの被害を纏めた。中央气象台における観測記事として、「此地震は最初上下水平爾動一時に起り七秒時を経て俄然前記の最大水平動に達し爾後顕著なりしこと十七秒間にして漸次微弱となり静止せり」と記載がある。その一方で、本郷理科大学構内における検測では「地震は最初微動を以て始め夫より十秒間は微動なりしが急に激烈と為り最大水平動八十「ミリメートル」即ち曲尺二寸六分を呈せり」と記載されている。

大森 (1894a) は、震動ならびに被害の状況について述べ、その特徴を濃尾地震、熊本地震、鹿児島地震などと比較した (付録 A)。震度分布が、震源が深い地震に見られる特徴を示すことから、震源は深く 40 km 程度であろうと推定した。大森 (1894b) は、東京府下の被害 (死傷者・家屋被害・煙突被害・塙・堀・橋梁・崖岸・道路・堤防・水路) を整理した (付録 B)。大森 (1894c) は、理科大学 (現在の東京大学理学部) 地震学教室のユーイング円盤記録式強震計 (1 回転 118 秒) における初動 (図中においては初発) から 25 秒間の波形記録 (上下動成分は 22 秒間) を掲載し、本郷ならびに観音崎灯台に設置した地震計の検測記録 (水平動ならびに上下動の特徴、最大水平動、最大水平動の震動期 (周期)、最大加速度、震動の方向、震動継続時間) を報告した (付録 C)。注として「本図にては初発より第二秒と第三秒との間に於て著き

震動を現はせども、強震計の運転を始めたときは地動は頗る大にして、其以前数秒間に於て地は既に微動を呈しつつありしものなることを記憶せざるべからず、通常地震計の記録に由れば微動の時間は十秒程なりし」と、この強震計が運転を始めたときには既に大きな地震動が観測されていたこと、及び普通地震計における初期微動継続時間が 10 秒程度であったことが付記されている。なお、理科大学地震学教室報告 (1894)、建築雑誌 (1894a)、東京物理学校雑誌 (1894)、Sekiya *et al.* (1895)、関谷・大森 (1899)、Sekiya and Omori (1900)、大森 (1922) においても理科大学地震学教室で観測された地震波形記録とその検測値が報告されている。

中央气象台 (1894, 1895a, 1897) は、東京府下における被害状況を表にまとめ、周辺の神奈川、埼玉県などの被害状況や各測候所の報告を整理した。東京府のうち深川区 (現在の江東区の一部) で最も被害が多く、死者 8 名、重傷者 10 名、軽傷者 29 名である。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、木造構築物の被害が軽微であったことを報告した (付録 D)。

関谷・大森 (1899) は理科大学地震学教室に設置されたユーイング円盤記録式強震計 3 成分の波形記録の特徴について議論した (付録 E)。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、軟弱地盤であるために最大水平動が 130 mm、最大加速度がおおよそ  $1000 \text{ mm/sec}^2$  に及んだことを報告した。

大森 (1899a), Omori (1900) は、大森 (1894a, 1894b, 1894c) の被害調査、理科大学地震学教室のユーイング円盤記録式強震計に記録された地震波形から読み取られた検測値を整理した。また、東京における 250 基あまりの石灯籠、11 本の煙突の落下または転倒方向が、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 (付録 F)。さらに、東京において被害を受けた数個の煉瓦造家屋および煙突について、煉瓦の接合面での伸張抵抗力を評価した。

大森 (1899b) は、地震記録図から東京 (但し、中央气象台、理科大学地震学教室のいずれかは明記されていない) における初期微動継続時間を 6.8 秒と読み取り、その震央位置を「東京附近ニアリ、東北東ニ当ル」とした。

中央气象台 (1950)、気象庁観測部地震課 (1971) による震央は、 $139.9^\circ \text{E}$ ,  $35.7^\circ \text{N}$  の東京湾北部で、M は 7.5 とされている。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定の結果を報告した (図 3)。東

Table 1. Previous studies on hypocentral location, focal mechanism and magnitude of the 1894 Meiji-Tokyo earthquake.

| 文献                                                    | 震央位置(経度, 緯度)                                                                           | 震源の深さ                                                                   | マグニチュード            | 発震メカニズム                                                                                                    | 位置の解釈                 | 余震, 震度分布                                                                                                                                                     | 使用データ |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 大森(1899a)<br>大森(1899b)                                | -<br>「東京附近ニアリ, 東北東ニ<br>当ル」                                                             | 40km 程度                                                                 | -                  | -                                                                                                          | -                     | 余震, 震度分布                                                                                                                                                     |       |
| 中央気象台(1950)<br>萩原(1972a,b)                            | 35.7°N, 139.9°E<br>現在の東京都新宿区付近<br>(第 1 回には中央気象台<br>(1950)の震央位置 35.7°N,<br>139.9°E が記載) | 30km 以浅                                                                 | 7.5<br>6.4 または 6.7 | -<br>-                                                                                                     | -<br>-                | 震災予防調査会第 3 号(震災予防調査会, 1895a)に記<br>載の東京市および各県の警察署の被害報告から推定した<br>震度分布                                                                                          |       |
| 宇佐美(1973)                                             | 35.7°N, 139.8° E(推定誤差<br>は緯度・経度方向に±10 km<br>程度)                                        |                                                                         |                    |                                                                                                            |                       | 被害分布                                                                                                                                                         |       |
| 宇津(1979)<br>須藤(1977)                                  | 35.7°N, 139.8°E<br>中川河口付近<br>または岩槻の下方向(逆断層型<br>を仮定した場合)                                | やや深い地震<br>40km                                                          | 7.0<br>-           | -<br>正断層型                                                                                                  | -<br>-                | 被害分布, 最大振幅<br>ユーンイング田盤型地震計の S-P 時間, 国土地理院(1972)<br>の水準測量ならびに震度分布                                                                                             |       |
| 橋田・他(1993)                                            | 東京都東部, 千葉県との県境<br>あるいは東京湾北部(宇津,<br>1979 と同様)                                           | せいぜい, 50~60km                                                           | 6.7                | -                                                                                                          | PHS 内部                | 理科大学のユーンイング田盤記録式地震計, 東京・宇都宮<br>気象台における GME 普通地震計から読み取られた S-P<br>時間(7~8 秒), 東京・福島・宇都宮・長野・鉾子・名古<br>屋・岐阜・彦根の最大振幅                                                |       |
| 勝間田・他(1999)<br>(気象研究所地震火<br>山研究部, 2000・勝<br>間田, 2001) | 35.60°N, 140.05°E(東京湾北<br>部地震クラスターの北西端)を<br>仮定した場合                                     | 46km(S-P 時間 7 秒)<br>または 82km(S-P 時間 10<br>秒)                            | 6.6(~6.7)          | (173, 86, -76)<br>(279, 15, -164)<br>(震源の深さ 82km, 地震<br>計倍率 10 倍のとき)片方<br>の節面はほぼ南北に走<br>向をもち, 垂直に近い傾<br>斜角 | PHS 内部または<br>PAC 内部   | 理科大学のユーンイング田盤記録式地震計, 工科大学のグ<br>レー・ミルン田盤記録式地震計, 東京気象台における<br>GME 普通地震計の波形記録・大森(1899), 中央気象<br>台(1894)の報告および気象台の地震原簿による最大振<br>幅, 読み取られた S-P 時間は約 7 秒または約 10 秒. |       |
| 宇佐美(2003)<br>古村・他(2005・<br>2006)古村・竹内<br>(2007)       | 35.7°N, 139.8°E<br>35.7°N, 139.8°E<br>(宇津(1979)の震央位置を仮<br>定)                           | 55km(S-P 時間 7 秒)また<br>は 87km(S-P 時間 10 秒)<br><br>震源距離にして 40~<br>52km 以上 | 7.0<br>-           | (165, 70, -70)<br>どちらの震源深さでも推<br>定される発震機構は同じ                                                               | PHS 内部または<br>PAC との境界 | 理科大学のユーンイング田盤記録式地震計, 工科大学のグ<br>レー・ミルン田盤記録式地震計, 震度分布                                                                                                          |       |



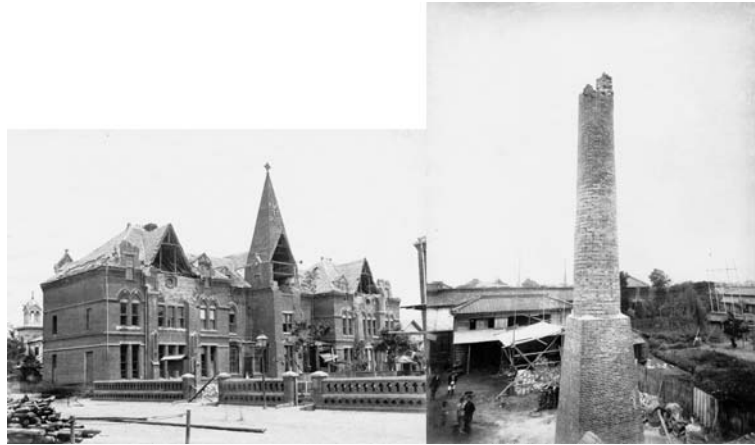


Fig. 2. Photographs of damage caused by the 1894 Meiji-Tokyo earthquake (left: southern face of Rikkyo university at Tsukiji; right: Kakizawa factory at Yokokawa, Honsho). These are in the possession of the National Museum of Nature and Science.

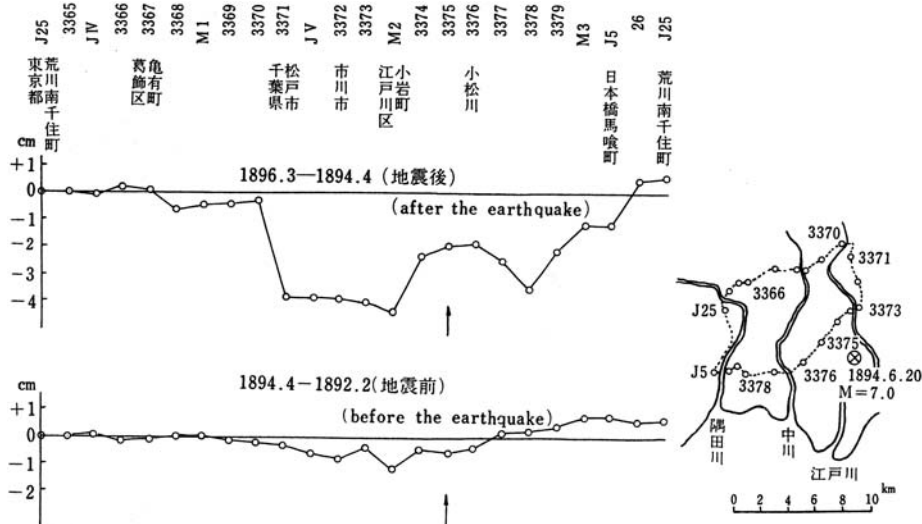


Fig. 3. Leveling survey conducted before and after the 1894 Meiji-Tokyo earthquake (from Geographical Survey Institute, 1972)

京都荒川区南千住町を不動点とした場合、地震前後の上下変動(1894年4月～1896年3月)は松戸から市川市を通り日本橋まで、全体として約4cm沈下し、震央に近い小松川が約2cm隆起した。

萩原(1972a, b)は、震災予防調査会(1895a)による東京市および各県の警察署の被害報告から震度分布を推定した。震度Ⅵは、本所・深川両区だけで、軟弱地盤による影響を受けているとした。震度Ⅴの区域は北の方に伸び、その中心は現在の東京都新宿区あたりになる。震度Ⅳ以上の地域の面積から、勝又・徳永(1971)の式

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

を用いて M 6.4 と、震度Ⅴ以上の地域の面積から村松

(1969)の式

$$\log S_5 = 0.82M + 6.8 \text{ (単位はcm}^2\text{)}$$

を用いて M 6.7 とそれぞれ推定した。ここで、 $S_4$ 、 $S_5$ はそれぞれ、震度Ⅳ、震度Ⅴ以上の地域の面積である。1952(昭和27)年7月18日吉野地震(M 7.0, 深さ70km)の震度分布と様式を全く異にすることから、震源は深くても30km程度であろうとした。萩原(1972b)は、震度Ⅴ域の中心から東京都新宿区あたりが震央であろうと推定した。

宇佐美(1973)は、被害から震央を35.7°N, 139.8°Eと推定し、その推定誤差を緯度・経度方向共に±10km程度と見積もった。茅野(1975a, 1989)は、震災予防調査

会（1895a）、中央气象台（1897）と東京大学理学部地球物理学教室に保存されている新聞の切り抜きを併せ読み、被害の特徴を論じた。東京近郊における12階級方式の震度分布図を作成し、震災予防調査会（1895a）の被害統計を整理した被害表を作成した。中央气象台（1894）の報告による最大振幅からM 6 3/4であるとした。また、新聞記事や、气象台年報・理科大学地震学教室における観測記録から地震動の始めから急に大きくなるまでをS-P時間と考え、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震源深さは50～70 km程度であると推定した。茅野（1989）は、煉瓦接合にまだセメントが広く用いられておらず、一般に石灰と砂の混合物が用いられていた背景が、特に煉瓦造の建物・煙突・塀などの被害を多くした要因であるとした。また、茅野（1975a）が整理した被害について、若干の修正を行った（表2、表3）。

茅野（1975b）は、震災予防調査会報告・中央气象台年報および新聞記事などの資料を整理し、付属資料として掲載した。神林・勝又（1975）は、地震報告および中央气象台年報地震の部などを資料として、震度分布を掲載している。勝又によって再調査された震源位置は千葉県中西部？、Mは7±とされている。

須藤（1976）は、東京大学地震研究所に保存されているグレー・ミルン円盤記録式地震計に残された波形記録を用いて、この地震計がP波初動と同時に起動したと仮定すると、震央は東京から50 km程度離れた場所であるとした。また、円盤上に記録された波形記録を直交座標に変換し、S波の後続相について議論した。須藤（1977）は、初期微動継続時間（6.6–7.0秒）とS波振動方向の解析から推定した震央（中川の下流むしろ河口付近）の推定結果の妥当性を国土地理院（1972）の水準測量結果ならびに萩原（1972a）の震度分布と比較することで検討した。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る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、この断層モデルがプレートテクトニクスの立場から解釈し難いとして、逆断層を仮定した場合には、断層面を岩槻の下方に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139.8°E, 35.7°Nとし、長野（M 7.2）・名古屋（M 6.8）および境（現在の境港）（M 7.1）の3地点の最大振幅から推定されたMの平均値からM 7.0とした。震度Ⅳ以上の地域の面積から勝又・徳永（1971）の式を用いてM 7.1と推定した。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

地震に分類した。また、この地震の2年前から東京あるいは東京湾の直下あたりでM 5前後の地震が増えていたことを報告し、当日5時16分の地震（東京の震度Ⅰ）が前震であった可能性を指摘した。

橋田・他（1993）は、震度分布から震央は宇津（1979）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、東京におけるユーイング円盤記録式地震計、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、震源の深さはせいぜい50～60 kmであると推定した。地震原簿に記録された最大振幅からM 6.7と推定し、深さからPHS内部で発生した地震で1987年千葉県東方沖地震と、大きさとタイプ（PHSスラブ内破壊）が同じであるととした。

地震調査委員会（1997, 1999）は、沈み込んだPAC内部の地震であるとした。中央气象台（1897）、萩原（1972）による震度分布図ならびに中央气象台（1895a）に基づいた東京における被害状況図を掲載した。

勝間田・他（1999）、気象研究所地震火山研究部（2000）、勝間田（2001）は、中央气象台におけるGME普通地震計、関谷・大森（1899）などが報告した理科大学地震学教室のユーイング円盤記録式強震計、工科大学におけるグレー・ミルン円盤記録式地震計の波形記録を用いて震源位置や発震機構を推定した。関谷・大森（1899）、工科大学「速度器」、東京气象台のGME普通地震計からS-P時間は約10秒、工科大学「地上」「2カイ」からは約7秒とそれぞれ読み取れることから、S-P時間は約7秒あるいは約10秒であるとした。現在、地震活動が活発な東京湾北部の地震クラスターを震央と仮定した場合、深さ50 km（S-P時間7秒）、または80 km（S-P時間10秒）程度でPHS内部、あるいはPAC内部で発生した地震であるとした。発震機構や地震モーメントは、震源位置や地震計倍率によって変化するが、震源を140.05°E, 35.60°N、深さ82 km、地震計倍率を10倍と仮定した場合、南北走向のほぼ垂直な正断層（走向173°、傾斜角86°、すべり角-76°）と推定した（図4）。深さ80 kmに活発な地震活動がみられ、最大振幅から推定したMとモーメントマグニチュードの差が小さくなることから、深さ80 kmのPAC内部で発生した地震である可能性がやや高いとした。発震機構は東京湾北部から千葉県中部の深さ80 km付近に発生する地震としては典型的なものであり、PHSとPACの衝突による圧力による地震であったと解釈した（勝間田, 2001）。また、大森（1899a）、中央气象台（1894）、及び气象台の地震原簿に記載された最大振幅を用いて、Katsumata（1999）の手法からM 6.6（勝

Table 2. Damage in the Tokyo Metropolitan area due to the 1894 Meiji-Tokyo earthquake (from Kayano, 1989).

| 区又は警察管内                                                                                                                                         | 死 傷 |     |     |     |       |      |       |      |      |     |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|------|-------|------|------|-----|--|
|                                                                                                                                                 | 家屋  |     |     | 煙突  |       | 塙壁破損 | 崖・石崖崩 | 地盤亀裂 | 地盤陥落 |     |  |
|                                                                                                                                                 | 全潰  | 半潰  | 破損  | 全潰  | 一部潰半潰 | 箇所   | 壊箇所   | 箇所   | 箇所   |     |  |
| 麹町<br>神田<br>日本橋<br>京橋<br>芝<br>麻布<br>赤坂<br>四谷<br>牛込<br>小石川<br>本郷<br>下谷<br>浅草<br>本所<br>深川<br>水上<br>品川<br>新宿<br>板橋<br>千住<br>小松川<br>八王子<br>府中<br>青梅 | 2   | 10  | 351 | 17  | 132   | 206  | 4     | 1    |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 2   | 19  | 152 | 1   | 17    | 1    |       | 1    |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     | 8   | 2   | 849 | 2     | 6    |       | 1    |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 1   | 29  | 1   | 569 | 1     | 8    | 44    |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 2   | 6   | 1   | 4   | 14    |      | 5     |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     |     |     | 3   | 24    |      | 17    |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 5   | 13  | 1   | 177 | 36    | 51   | 6     |      |      | 1   |  |
|                                                                                                                                                 |     |     |     | 1   | 3     |      | 3     |      |      | 3   |  |
|                                                                                                                                                 |     |     |     |     | 10    |      | 1     |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 1   | 2   |     | 110 | 5     |      | 3     |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     | 5   |     | 105 | 6     |      | 4     |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     | 3   | 3   | 185 |       |      |       |      | 1    |     |  |
|                                                                                                                                                 |     |     | 1   | 115 |       |      |       |      | 1    |     |  |
|                                                                                                                                                 | 1   | 6   | 1   | 94  | 11    | 14   |       | 1    |      | 2   |  |
|                                                                                                                                                 | 8   | 8   | 6   | 5   | 14    | 8    |       |      | 1    |     |  |
|                                                                                                                                                 |     | 39  | 1   | 294 | 1     | 16   |       |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 2   | 1   | 5   | 388 |       |      |       | 12   |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     |     | 3   |     |       |      | 8     |      | 1    |     |  |
|                                                                                                                                                 |     |     | 649 | 25  |       |      | 1     |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 2   |     | 59  | 2   | 74    |      |       | 5    |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     | 1   | 18  |     | 7     |      |       |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 4   | 1   | 145 | 3   | 2     | 11   |       | 220  | 1    |     |  |
|                                                                                                                                                 |     | 1   | 7   |     | 4     | 10   |       | 7    |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 1   |     | 12  |     |       |      | 2     | 2    |      |     |  |
|                                                                                                                                                 |     |     | 34  |     |       |      |       |      |      |     |  |
|                                                                                                                                                 | 1   |     | 3   |     |       |      | 7     | 1    |      |     |  |
| 東京府下計                                                                                                                                           | 24  | 157 | 22  | 68  | 4922  | 41   | 335   | 453  | 262  | 309 |  |
|                                                                                                                                                 |     |     |     |     |       |      |       |      | 71   | 7   |  |

Table 3. Damage in Kanagawa prefecture due to the 1894 Meiji-Tokyo earthquake (from Kayano, 1989).

| 郡市名    | 死 | 傷  | 家屋 |    | 煙突崩壊 | 橋梁破損 | 山崩 | 塙壁破損 | 石垣崩 | 地盤亀裂 | 堤塘破損 |
|--------|---|----|----|----|------|------|----|------|-----|------|------|
|        |   |    | 全潰 | 半潰 |      |      |    |      |     |      |      |
| 横浜市    | 4 | 34 | 1  | 9  | 172  | 2    | 3  | 18   | 8   | 22   |      |
| 久良岐郡   |   |    |    |    | 4    |      | 27 |      | 1   | 12   |      |
| 橋本郡    | 3 | 4  | 4  | 20 | 17   | 4    | 10 | 13   | 4   | 71   | 13   |
| 都筑郡    |   |    |    |    | 1    | 1    | 1  | 1    |     | 43   | 2    |
| 三浦郡    |   |    |    |    | 4    |      |    |      |     |      |      |
| 鎌倉郡    |   | 1  |    | 3  | 128  | 3    | 6  | 2    | 1   | 61   |      |
| 高座郡    |   |    |    | 1  | 70   |      |    | 1    |     | 1    |      |
| 大住郡    |   |    | 1  |    | 94   | 1    |    |      |     | 13   |      |
| 海老郡    |   | 1  |    |    | 4    |      |    |      |     | 4    |      |
| 足柄上郡   |   |    |    |    | 10   |      |    |      |     | 10   |      |
| 足柄下郡   |   |    | 1  |    | 6    |      |    |      |     | 1    |      |
| 愛甲郡    |   |    |    |    | 9    |      |    |      |     | 3    |      |
| 津久井郡   |   |    |    |    |      |      |    |      |     |      |      |
| 神奈川県下計 | 7 | 40 | 7  | 33 | 977  | 11   | 47 | 35   | 14  | 241  | 15   |

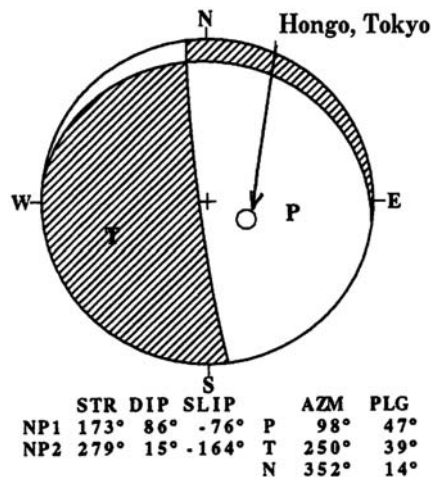


Fig. 4. Focal mechanism of the 1894 Meiji-Tokyo earthquake (from Katsumata et al., 1999).

間田・他, 1999) または M 6.7 (気象研究所地震火山研究部, 2000), 勝又 (1964) の手法から M 6.6 とそれぞれ見積もった。

宇佐美 (2003) は震央を, 139.8°E, 35.7°N, M を 7.0 と推定し, 東京府, 神奈川県被害表ならびに中央気象台 (1897), 萩原 (1972a, 1972b) の震度分布を掲載し, 被害の概要を述べている。

古村・他 (2005, 2006), 古村・竹内 (2007) は, 本郷・一ツ橋・観音崎などで観測されたユーイング円盤記録式地震計を山田 (2004) の手順に従って直交座標系に変換した。読み取った S-P 時間 (5.6~7.0 秒) から震央を東京湾北部と仮定すると, 震源距離は少なくとも 40~52 km 以上で, PHS 内部または PHS と PAC が接する場所に相当するとした。また, 観測された広域震度分布に PHS 内部の地震の特徴が見られることを指摘し, 地震波動伝播の FDM シミュレーションから PHS 内部あるいは PHS と PAC との境界で発生した地震とした場合に, 計算震度分布が日本列島全域の広域震度分布をよく説明できることを示した。

これらの既往研究を整理すると, 震央については再検討の必要性を指摘した研究があるものの, 大きな相違は見られない。その一方で, 震源の深さについては, 沈み込む PHS 内部, PHS と PAC との境界, あるいは PAC 内部のいずれであるかについて見解が大きく異なり, 一部地殻内地震である可能性を示唆した研究もある。震源の深さの相違は, 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。

同年 10 月 7 日の地震 (M 6.7; 宇津 (1979) による) について, 宇津 (1979) は, 明治東京地震とあまり離れていない場所で発生した地震とし, 宇佐美 (1973) は明治

東京地震の余震あるいは双子地震であるとした。地震調査委員会 (1999) もこの地震が余震であると解釈した。その一方で, S-P 時間や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], この地震が余震であったか否かについて解釈が分かれる。大森 (1899b) による東京における初期微動継続時間は明治東京地震では 6.8 秒, 10 月 7 日の地震では 16 秒と大きく異なる。なお, 大森 (1899b) による 10 月 7 日の地震の震央は「東京ヨリ東北東ノ方, 海中」とされている。また, 10 月 7 日の地震の震度分布 (中央気象台, 1895b) は, 明治東京地震と大きく異なり, PAC 内地震の特徴である, 東北~北海道の太平洋側で震度が大きくなる「異常震域」が見られる (図 5)。

## 2-2. データ

表 4 に, 1894 年明治東京地震に関する資料を整理し, 以下に概要を述べる。関谷・大森 (1899) などで報告された理科大学地震学教室のユーイング円盤記録式強震計の記録 (図 6), 工科大学におけるグレー・ミルン式円盤記録式地震計及び東京・宇都宮気象台における GME 普通地震計の地震波形記録が残されている。工科大学に設置されていたグレー・ミルン円盤記録式地震計には「工科大 2 階」「本部」「天文台」「本郷地中」「工科大学地上」の 5 記象が東京大学地震研究所に所蔵されている (岩田・野口, 2000, 2003a, 2003b, 2004)。近年, 長野地方気象台において 2000 枚を超える明治時代の地震波形記録が発見され, その中に 1894 年明治東京地震の GME 普通地震計記録が含まれることが報告されている (大沼, 2004)。

最大振幅は, 関谷・大森 (1899), 気象集誌 (1894) による東京 (本郷, 一ツ橋) と観音崎, 中央気象台 (1894), 気象集誌 (1894), による東京 (中央気象台), 宇都宮, 長野, 名古屋, 境 (現在の境港), さらに気象台地震原簿による銚子, 福島, 新潟, 岐阜, 彦根の観測値がある。勝間田・他 (1999) には, 茅野 (1975a) の推定したもの, 濱松 (1966, 1981) および気象庁観測部地震課 (1968a, b, c, d, e) から推定した設置地震計が記載されている。表 5 に, 勝間田・他 (1999) による最大振幅や設置地震計を示す。

被害などの全体的状況は, 地学雑誌 (1894), 大森 (1894b), 気象集誌 (1894), 滝 (1894), 塚本 (1895), 中央気象台 (1894, 1895a, 1897) や震災予防調査会 (1895a, 1895c) などに, 地震後の被害状況についての現地調査報告には, 大森 (1894a), 大森 (1899a), Omori (1900) がある。煙突や橋梁等, 建築構造物被害について議論したものに





Fig. 5. Seismic intensity distribution map of earthquake on 7, Oct. 1894  
(from Central Meteorological Observatory, 1895b).

Table 4. Documents on the 1894 Meiji-Tokyo earthquake.

|                   | 文献                                                                                                   |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地震波形 (デジタルデータ化含む) | 5), 6), 8), 10), 18), 21), 23), 25), 29), 30), 31), 35), 36), 39), 40), 42), 43), 45), 47), 48), 49) |
| 検測                | 1), 2), 5), 6), 7), 8), 9), 18), 20), 21), 22), 23), 25), 37), 39), 40), 42), 47), 48), 49)          |
| 被害                | 1), 2), 4), 11), 12), 13), 14), 15), 16), 17), 19), 22), 24), 32), 38), 41), 44), 46)                |
| 水準測量              | 28)                                                                                                  |
| 震度                | 1), 3), 19), 22), 26), 27), 32), 34), 41), 44)                                                       |
| 新聞記事              | 33)                                                                                                  |

1)中央気象台(1894, 1895a, 1897)2)地学雑誌(1894)3)大森(1894a)4)大森(1894b)5)大森(1894c)6)理科大学地震学教室報告(1894)7)関谷(1894)8)建築雑誌(1894a)9)気象集誌(1894)10)東京物理学校雑誌(1894)11)滝(1894)12)中村・他(1895)13)塚本(1895)14)安永・他(1895)15)田邊・石黒(1895)16)震災予防調査会(1895a)17)震災予防調査会(1895c)18)Sekiya and Omori (1895) 19)大森(1899a)20)大森(1899b)21)関谷・大森(1899)22)Omori (1900) 23)Sekiya and Omori (1900) 24)大森(1907)25)大森(1922)26)萩原(1972a)27)萩原(1972b)28)国土地理院(1972)29)那須・他(1973)30)那須・他(1974a)31)那須・他(1974b)32)茅野(1975a)33)茅野(1975b)34)神林・勝又(1975)35)那須・他(1976)36)須藤(1976)37)須藤(1977)38)茅野(1989)39)橋田・他(1993)40)勝間田・他(1999)41)地震調査委員会(1997, 1999)42)気象研究所地震火山研究部(2000)43)岩田・野口(2000, 2003a, 2003b, 2004)44)宇佐美(2003)45)大沼(2004)46)大迫・金子(2004)47)古村・他(2005)48)古村・他(2006)49)古村・竹内(2007)

中村・他(1895), 安永・他(1895), 田邊・石黒(1895), 大森(1899a), Omori (1900), 大森(1907) などがある。

震度分布図として, 大森(1899a), Omori (1900), 中央気象台(1894, 1895a, 1897)による広域震度分布図が, 東京近郊における震度分布図として震災予防調査会

(1895a)に基づいた萩原(1972a, 1972b)および茅野(1975a)がある。図7に中央気象台(1897), 大森(1899a), 萩原(1972a, 1972b), 茅野(1975a), 神林・勝又(1975)および宇佐美(2003)による震度分布図を示す。

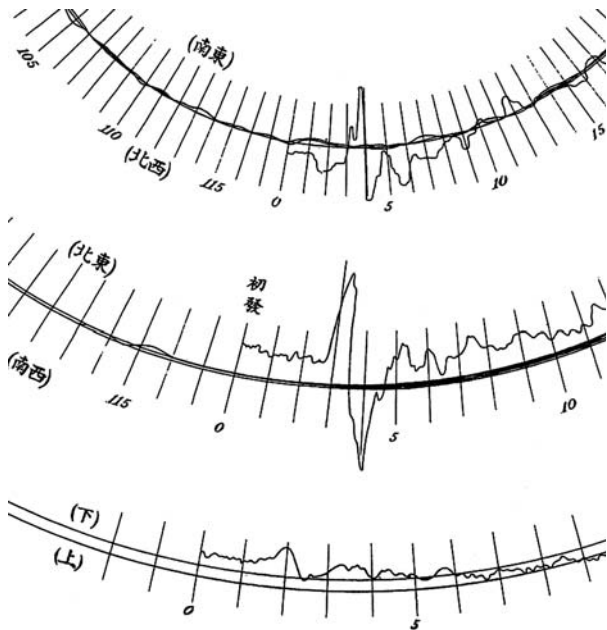


Fig. 6. Seismic waveform of the 1894 Meiji-Tokyo earthquake observed by Ewing-type strong motion seismograph at the Seismological Institute, Hongo, Tokyo (from Sekiya and Omori, 1899).

### 3. 1895年茨城県南部の地震 (M7.2; 宇津 (1979) による)

#### 3-1. 概要と既往研究

表6に1895年茨城県南部の地震の震源位置や発震機構についての既往研究を纏め、以下にその概要を述べる。1895年1月18日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い揺れを発生させ、6名(震災予防調査会, 1895b; 神林・勝又, 1975)または9名(宇津, 1999)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死者1, 負傷者31, 家屋全壊4, 半壊5, 破損615などの被害が発生した。利根川下流域の地震と呼ばれた。

震災予防調査会(1895b)は、この地震による各警察署管轄内の被害状況報告を取りまとめた。中央气象台(1895c)は、地震および被害の概要について述べ、茨城県・東京都・埼玉県被害表を作成した。また、銚子・中央气象台・横浜・観音崎・福島・長野・彦根・名古屋の検測記録が整理されている(付録G)。大森(1899b)は、地震記録図から東京(但し、中央气象台, 理科大学地震学教室(本郷, 一ツ橋)のいずれかは明記されていない)における初期微動継続時間を11.3秒と読み取り、その震央位置を「東京ヨリ東北, 海中」とした。

中央气象台(1950), 気象庁観測部地震課(1971)における震央は、 $140.4^{\circ}\text{E}$ ,  $35.9^{\circ}\text{N}$ の霞ヶ浦南方の利根川下流域, Mは7.3とされている。宇佐美(1973)は、震度V域

の中心から震央を、 $140.3^{\circ}\text{E}$ ,  $36.2^{\circ}\text{N}$ と推定した。また、震央の推定誤差を経度方向に $\pm 20\text{ km}$ , 緯度方向に $-30 \sim +10\text{ km}$ と見積もった。

石橋(1975)は、中央气象台(1895c)の報告と新聞記事から震度分布を出し、震源位置を議論した。有感半径が非常に大きく、相当な規模の地震であったにも関わらず、関東地方の震度分布には被害の中心がみられない。また、地盤の悪さに対応して震度V域が広く分布するが、震度VIはないことから、深さ数十kmの上部マントルで発生した地震であるとした。震央は宇佐美(1973)とほぼ一致する霞ヶ浦北西部付近と推定した。

神林・勝又(1975)に記載された、勝又によって再調査された震央は鹿島灘, Mは $7\frac{1}{4}$ ±となっている。中央气象台(1895c)と石橋(1975)に基づいた震度分布が掲載されている。

宇津(1979)は、震央を $140.4^{\circ}\text{E}$ ,  $36.1^{\circ}\text{N}$ の茨城県南部とし、やや深い地震に分類した。8箇所における最大振幅の平均からM7.1, 震度分布からM7.3-7.4と推定されるため、M7.2とした。同日9時14分にM $5\frac{1}{2}$ 程度の地震が本震からあまり離れていない場所であったこと、及び余震がほとんど無かったことを報告した。

橋田・三上(1992)は、経験的グリーン関数法により中央气象台の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の地震の87型電磁式強震波形を用い、M7.2と推定した。また、低角逆断層型の発震機構を持つ1989年の地震波形から1895年の地震波形をある程度合成できることから、1895年茨城県南部の地震が低角逆断層型の発震機構であった可能性を示唆した。

宇佐美(2003)は、震央を $140.4^{\circ}\text{E}$ ,  $36.1^{\circ}\text{N}$ の霞ヶ浦付近, Mを7.2と推定し、茨城, 東京, 埼玉, 神奈川, 栃木の被害一覧表ならびに、中央气象台(1895c)の震度分布を掲載し、被害について「局部的被害はそれほど大きいとはいえないが被災範囲が広い。とくに被害の大きかったのは茨城県の鹿島・新治・那珂・行方各郡と水戸で、東京の下町にもかなりの被害があった。このほか、千葉県では銚子で小被害, 松戸で土蔵の落壁および亀裂あり。佐原町では倒潰家屋1, その他土蔵の破損等数十。取手で土蔵の半潰1, 土蔵壁の破損。また、福島県猪苗代・群馬県佐波郡でも小被害。」と述べた。

茨城県南西部では、図8に示すように鬼怒川沿いの深さ約40-60kmのPHS上面で発生するもの(鬼怒川側クラスター)と、筑波山付近の深さ約60-80kmのPAC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

Table 5. Maximum amplitudes observed during the 1894 Meiji-Tokyo earthquake (from Katsumata *et al.*, 1999; Seismology and Volcanology Research Department, the Meteorological Research Institute, 2000).

| 観測点       | 最大動                                  | 水平動の振動方向  | 地震計               | 文献          |
|-----------|--------------------------------------|-----------|-------------------|-------------|
| 東京(本郷)    | 73 mm(水平 2 成分の合成全振幅)                 |           | ユースイング強震計         | 関谷・大森(1899) |
| 東京(一ツ橋)   | 130 mm(水平 2 成分の合成全振幅)                |           |                   | 関谷・大森(1899) |
| 東京(中央気象台) | 水平動 76 mm, 上下動 18 mm                 | 南東 - 北西   |                   | 中央気象台(1894) |
| 観音崎       | 水平動 19 mm(水平 2 成分の合成全振幅?) 上下動 2.5 mm | 北西 - 南東   |                   | 関谷・大森(1899) |
| 銚子        | 水平動 5.4 mm, 上下動 1.4 mm               |           | ミルン式地震計(?)        | 気象庁地震原簿     |
| 宇都宮(測候所)  | 東西動: 振り切れ, 南北動: 13.5 mm, 上下動 10.2 mm |           | ミルン式地震計           | 中央気象台(1894) |
| 長野        | 水平動: 20 mm, 上下動: 3 mm                |           | 普通地震計(?)          | 中央気象台(1894) |
| 福島        | 水平動: 3.5 mm                          |           | 験震器あるいはプレー・ミルン地震計 | 気象庁地震原簿     |
| 名古屋       | 水平動: 4.2 mm                          | 南南東 - 北北西 | 錠形自記地震計           | 中央気象台(1894) |
| 新潟        | 水平動: 1.4 mm                          |           | ミルン普通地震計          | 気象庁地震原簿     |
| 岐阜        | 水平動: 2.8 mm, 上下動: 0.3 mm             |           | 簡易地震計             | 気象庁地震原簿     |
| 彦根        | 水平動: 5.7 mm, 上下動: 1.9 mm             |           | ミルン普通地震計          | 気象庁地震原簿     |
| 境         | 水平動 2.1 mm                           | 南北        | 感震器               | 中央気象台(1894) |

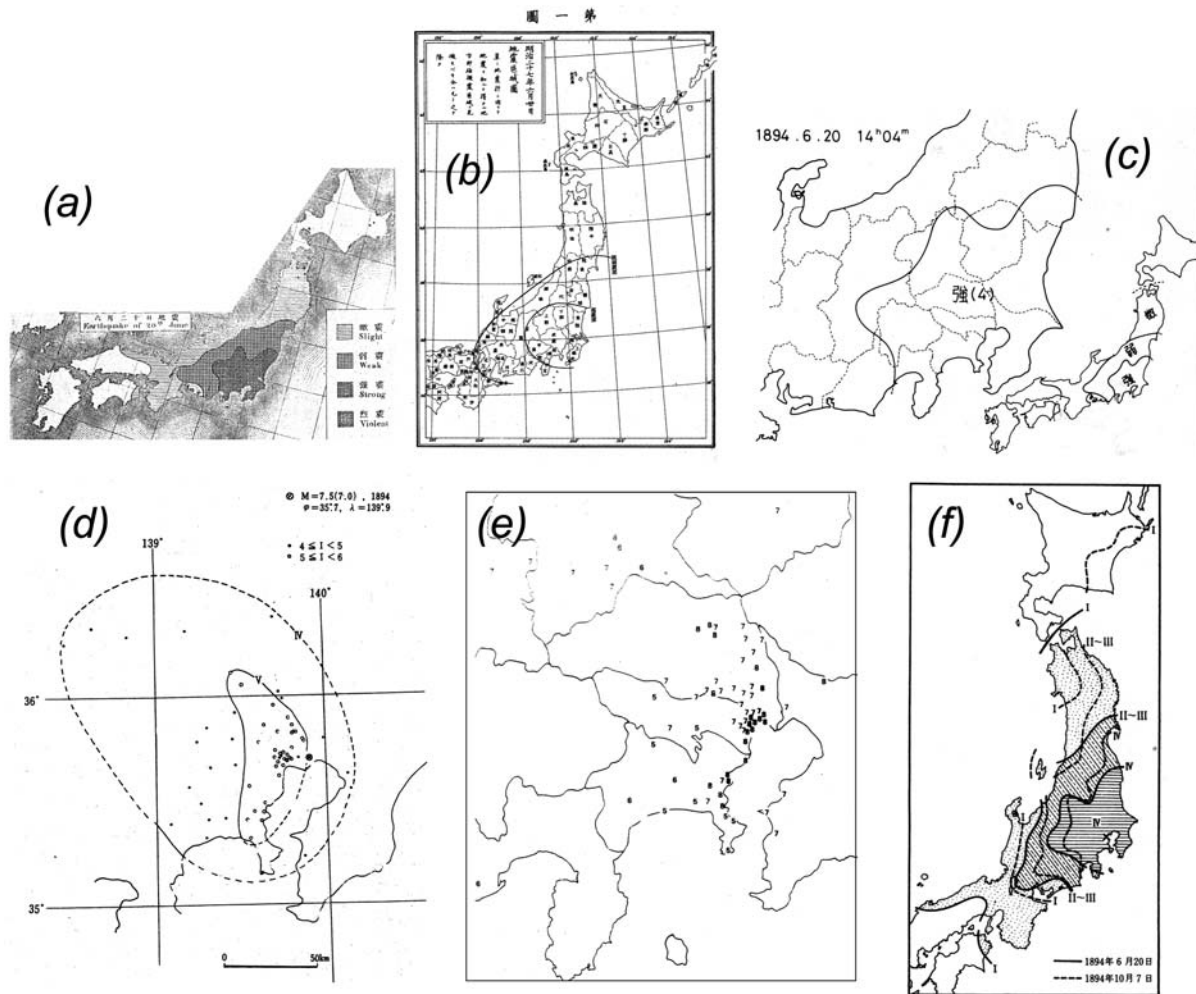


Fig. 7. Seismic intensity distribution map of the 1894 Meiji-Tokyo earthquake by (a) Central Meteorological Observatory (1895a), (b) Omori (1899a), (c) Kanbayashi and Katsumata (1975), (d) Hagiwara (1972a, 1972b), (e) Kayano (1975a) and (f) Usami (2003)

間田, 2001), 1895 年 1 月 18 日の地震 (M 7.2) はどちらかのタイプの地震であった可能性が指摘されている。神林・勝又 (1975) で推定された震度分布は, 烈震域 (震度 VI) が見られる一方で, 石橋 (1975) や宇佐美 (2003) では見られない。また, 宇佐美 (2003) では強震域が茨城県の南西部に限られる一方, 石橋 (1975) では東京を含む関東平野の広域が強震域になっているなどの相違が震度分布に見られる。

### 3-2. データ

表 7 に, 1895 年茨城県南部の地震に関する資料を整理し, 以下に概要を述べる。GME 普通地震計, 中央気象台強震計, 及び東京大学保存の今村式強震計の地震波形記録などが残されている。「小松川」「本郷地上」「一ツ橋」「工科大学 2 階」のユーイング円盤記録式地震計記録の 4 記象がマイクロフィルムとして東京大学地震研究所に保存されているが (岩田・野口, 2000, 2003a, 2003b, 2004),

「強震計は時計仕掛に損所を生じ十分の記録を得ずユーイング地震計は中頃震動大にして精測の範囲を超えたるに依り最大の震動を知るに由なし」(建築雑誌, 1895b) とある。

震度分布として, 中央気象台 (1895c), 神林・勝又 (1975), 石橋 (1975) および宇佐美 (2003) がある (図 9)。地学雑誌 (1895; 付録 H), 建築雑誌 (1895a) に中央気象台の検測値が報告されている。また, 中央気象台 (1895c) に中央気象台ならびに各測候所の検測値が整理されている。被害状況について, 震災予防調査会 (1895b), 野口 (1895), 山崎 (1895), 中央気象台 (1895c), 建築雑誌 (1895a), 塚本・他 (1896) による報告がある。

### 4. おわりに

本稿では, 「その他の南関東で発生する M 7 級地震」の発生確率の評価基準となっている 5 地震のうち, 明治



Table 6. Previous studies on hypocentral location, focal mechanism and magnitude of the 1895 Ibaraki-ken Nanbu earthquake.

| 文献          | 震央位置(経度, 緯度)                                       | 震源の深さ  | M   | 発震メカニズム                                                | 位置の解釈     | 使用データ                                                                 |
|-------------|----------------------------------------------------|--------|-----|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| 大森(1899b)   | 東京ヨリ東北, 海中                                         |        |     |                                                        |           |                                                                       |
| 中央気象台(1950) | 140.4° E, 35.9° N(霞ヶ浦南方の利根川下流域)                    |        | 7.3 |                                                        |           |                                                                       |
| 宇佐美(1973)   | 140.3°E, 36.2°N(推定誤差は経度方向に±20 km, 緯度方向に-30~+10 km) |        |     |                                                        |           |                                                                       |
| 石橋(1975)    | 宇佐美(1973)の推定した震央(140.3°E, 36.2°N)とほぼ一致する霞ヶ浦北西部付近   | 数十 km  | -   | -                                                      | 上部マントルの地震 | 中央気象台の報告ならびに新聞記事                                                      |
| 宇津(1979)    | 140.4°E, 36.1°N の茨城県南部                             | やや深い地震 | 7.2 |                                                        |           | 最大振幅, 震度分布                                                            |
| 橋田・三上(1992) | -                                                  | -      | 7.2 | 1989 年の地震(低角逆断層)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可能性. | -         | 東京における GME 普通地震計波形記録と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 |
| 宇佐美(2003)   | 140.4°E, 36.1°N の霞ヶ浦付近                             |        | 7.2 |                                                        |           |                                                                       |

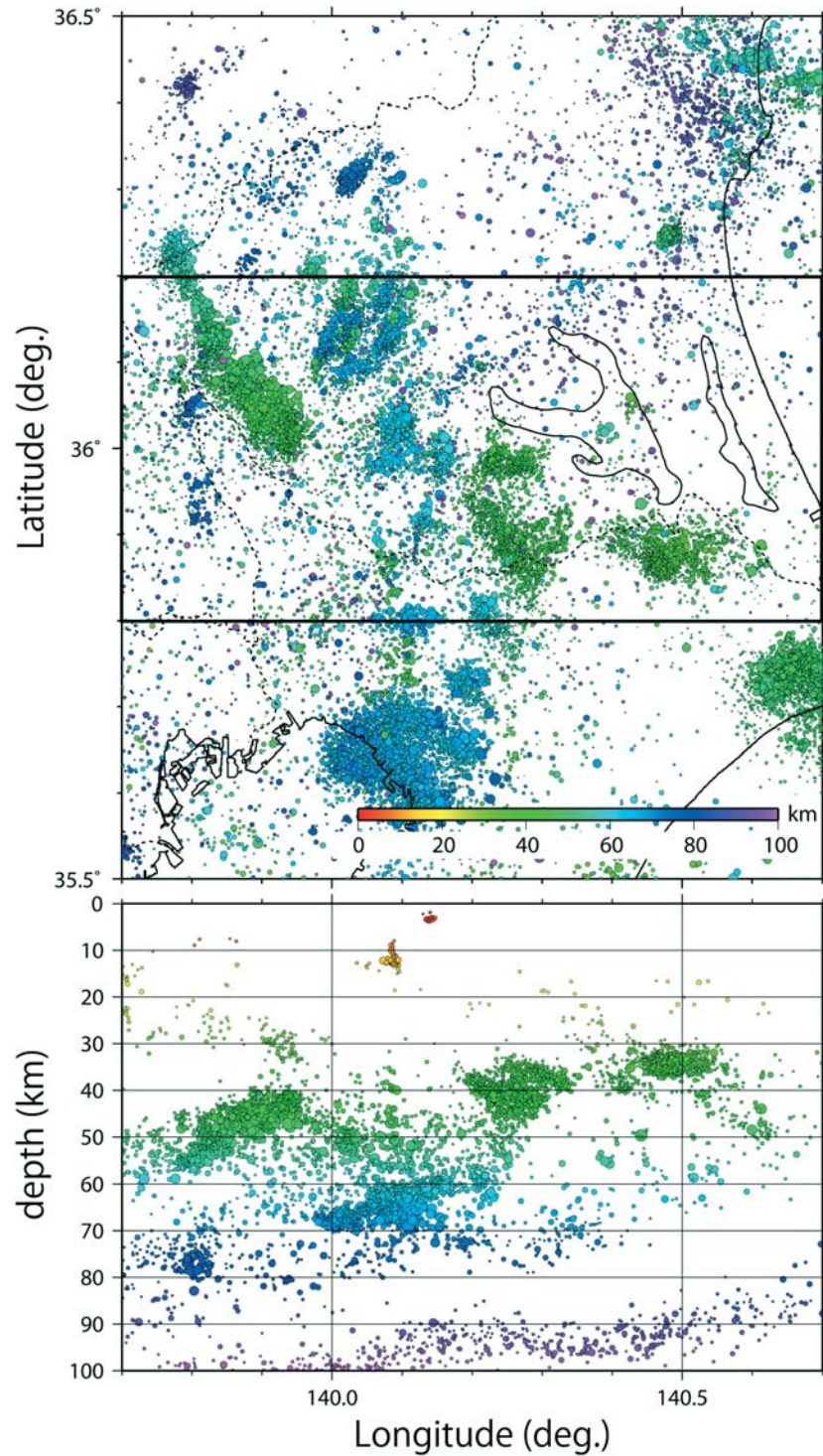


Fig. 8. Hypocentral distribution in southwestern Ibaraki prefecture from the unified JMA catalog (Oct. 1997–May 2008, hypocentral depth  $\leq 100$  km,  $M \geq 1.5$ ).

期に発生した2地震について既往研究を整理すると共に、既存の資料について収集を行った。今後は、整理された既往研究を踏まえて、収集された資料からこれらの地震が(1)地表近くの活断層で発生する地震、(2)PHS上面に沿うプレート境界型地震、(3)PHS内部で発生する

地震、(4)PAC上面に沿うプレート境界型地震、(5)PAC内部で発生する地震のいずれであったのか、類型化を試みる予定である。しかしながら、例えば1855(安政二)年江戸地震など明治期以前に発生した被害地震についても、その震源の深さは様々な見解があり(萩原, 1972a;

Table 7. Documents on the 1895 Ibaraki-ken Nanbu earthquake.

| 項目               | 文献                          |
|------------------|-----------------------------|
| 地震波形(デジタルデータ化含む) | 12), 13)                    |
| 検測               | 2), 5), 6), 7), 9)          |
| 被害               | 1), 3), 4), 5), 7), 8), 14) |
| 震度               | 7), 10), 11), 14)           |

1) 震災予防調査会(1895b)2) 地学雑誌(1895)3) 野口(1895)4) 山崎(1895)5) 建築雑誌(1895a)6) 建築雑誌(1895b)7) 中央気象台(1895c)8) 塚本・他(1896)9) 大森(1899b)10) 石橋(1975)11) 神林・勝又(1975)12) 橋田・三上(1992)13) 岩田・野口(2000, 2003a, 2003b, 2004)14) 宇佐美(2003)

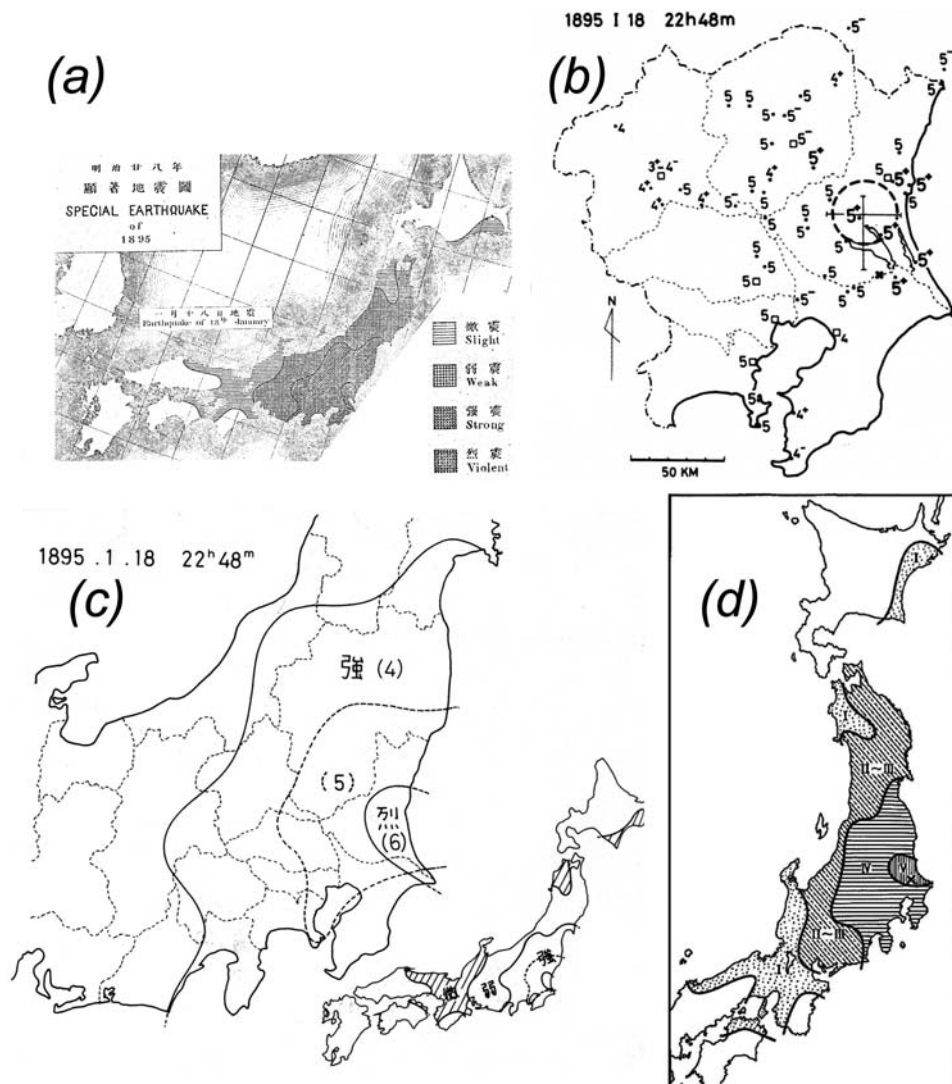


Fig. 9. Seismic intensity distribution map of the 1895 Ibaraki-ken Nanbu earthquake by (a) Central Meteorological Observatory (1895c), (b) Ishibashi (1975), (c) Kanbayashi and Katsumata (1975) and (d) Usami (2003)

宇佐美, 1976; 大竹, 1980; 引田・工藤, 2001; 古村, 2003; Bakun, 2005; 引田, 2006; 中村・他, 2007), 将来首都圏に被害を及ぼし得る地震像の解明には, 計器観測以前に

発生した歴史地震の特徴を明らかにすることも必要であろう。また, 関東地震の発生前後に被害地震が頻発することが議論されており, 実際に評価基準となっている 5



地震のうち、1987年千葉県東方沖地震を除く4地震が1923年大正関東地震の発生前30年間に発生した。大地震が活発化する時期を予測するためには、1703年元禄関東地震より前の関東地震の履歴解明が必須である。

## 謝 辞

本稿は東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター・地震研究所、古村孝志教授の査読により大幅に改善された。気象庁地震予知情報課の武田清史氏には、気象庁保管の地震原簿ならびに地震波形記録のマイクロフィルムスキャン作業について便宜を図っていただいた。地震研究所所蔵の古地震記象については野口和子技術職員にご指導いただいた。国立科学博物館所蔵の1894年明治東京地震による被害写真は、大迫正弘氏に提供していただき、掲載の許可をいただいた。震源分布図には一元化気象庁震源カタログを使用させていただいた。図の作成にはThe Generic Mapping Tools (GMT: Wessel and Smith, 1991)を用いた。ここに記して感謝申し上げる。なお、本研究は平成21年度「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏周辺でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等」における「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」の一環として実施された。

## 参考文献

- Abe, K., 1974, Seismic displacement and ground motion near a fault: The Saitama earthquake of September 21, 1931, *J. Geophys. Res.*, **79**, 4393-4399.
- Bakun, W.H., 2005, Magnitude and location of historical earthquakes in Japan and implications for the 1855 Ansei Edo earthquake, *J. Geophys. Res.*, **110**, B02304, doi: 10.1029/2004JB003329.
- 防災科学技術研究所, 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.
- 地学雑誌, 1894, 本月廿日東京四近の烈震, 地学雑誌, **6**, 357-359.
- 地学雑誌, 1895, 本月十八日の強震, 地学雑誌, **7**, 56.
- 中央防災会議, 2004, 「首都直下地震対策専門調査会(第12回)」, 地震ワーキンググループ(平成16年11月17日)報告書, 26 pp.
- 中央气象台, 1894, 六月二十日午後二時零四分, 中央気象台年報第2編, 戊辰38-47.
- 中央气象台, 1895a, 六月二十日午後二時零四分, 明治廿七年地震報告, 38-47.
- 中央气象台, 1895b, 十月七日午後八時三十分, 明治廿七年地震報告, 49-51.
- 中央气象台, 1895c, 一月十八日午後十時四十八分常陸地方ノ地震, 明治廿八年地震報告, 30-38.
- 中央气象台, 1897, 六月二十日午後二時零四分, 中央気象台年報第二部地震之部 1894年, 38-47.
- 中央气象台, 1950, 日本におけるおもな地震の規模表(1885-1950), 中央気象台地震年報 1950, 99-184.
- 古村孝志, 2003, 1855年安政江戸地震の広域震度分布と震源パラメータ: 数値シミュレーションによる考察, 日本地震学会 2003年秋季大会講演予稿集, B052.
- 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, 103.
- 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**, 64.
- 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, 1972a, 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.
- 萩原尊禮, 1972b, 東京の被害地震, 地質工学, **8**, 6-11.
- 濱松音蔵, 1966, 気象官署における地震計観測の履歴表, 地震2, **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, 220.
- 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, B65, 163.
- 引田智樹, 2006, 震度データに基づく安政江戸地震の震源位置・規模の推定, 日本地震学会 2006年秋季大会講演予稿集, D006.
- 引田智樹・工藤一嘉, 2001, 経験的グリーン関数法に基づく1855年安政江戸地震の震源パラメーターと地震動の推定, 日本建築学会構造系論文集, **546**, 63-70.
- 今村明恒, 1929, 関東並に近畿地方に於ける地震活動の循環と大震前の諸現象とに就て, 地震, **1**, 4-16.
- 石橋克彦, 1975, 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)—地震活動状況に関する考察—, 132-136.
- 石辺岳男・西山昭仁・佐竹健治・島崎邦彦, 2009, 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収集—1921年茨城県南部の地震, 1922年浦賀水道付近の地震および1987年千葉県東方沖地震—, 地震研究所彙報, **84**, 183-212.
- 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, 1997, 『日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴—』, 391 pp.
- 地震調査委員会, 1999, 『日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴—(追補版)』, 395 pp.
- 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, 31 pp.
- 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, 東京都防災会議東京直下地震に関する調査研究(その3)—地震活動状況に関する考察—, 53-103.
- Katsumata A., 1999, Attenuation function of displacement



- amplitude for magnitude calculation, *Papers in Meteorology and Geophysics*, **50**, 1-14.
- 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 **2**, **52**, 81-89.
- 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, 1964, 深い地震の Magnitude を決める一方法, 地震 **2**, **17**, 158-165.
- 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.
- 茅野一郎, 1975a, 明治 27 年東京地震の被害について, 東京都防災会議東京直下地震に関する調査研究 (その 3) —地震活動状況に関する考察—, 123-131.
- 茅野一郎, 1975b, 明治 27 年東京地震に関する資料 (付属資料Ⅱ), 東京都防災会議東京直下地震に関する調査研究 (その 3) —地震活動状況に関する考察—, 317-.
- 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.
- 建築雑誌, 1894a, 六月二十日強震波線図, 建築雑誌, **8**, 249-251.
- 建築雑誌, 1894b, 煉瓦煙突危害予防等調査報告, 建築雑誌, **8**, 306-308.
- 建築雑誌, 1895a, 一昨夜の強震, 建築雑誌, **9**, 47-48.
- 建築雑誌, 1895b, 地震学教室地震検測, 建築雑誌, **9**, 48-49.
- 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.
- 気象庁観測部地震課, 1971, 東京有感地震資料 (1885 年-1970 年) 163 pp.
- 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**, 156 pp.
- 気象集誌, 1894, 六月二十日関東ノ強震, 気象集誌, **13**, 325-326.
- 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.
- Matsu'ura, M., T. Iwasaki, Y. Suzuki and R. Sato, 1980, Static and Dynamical Study on Faulting Mechanism of the 1923 Kanto Earthquake, *Journal of Physics of the Earth*, **28**, 119-143.
- 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.
- 中村亮一・植竹富一・佐竹健治・遠田晋次・宇佐美龍夫・島崎邦彦・渡辺 健, 2007, 関東地域の三次元減衰構造・異常震域とそれに基づく 1855 年安政江戸地震の震源深さの推定, 歴史地震, **22**, 101-107.
- 中村達太郎・曾瀬達藏・片山東熊・辰野金吾, 1895, 東京附近震災被害建物等調査報告, 震災予防調査会報告, **4**, 13-90.
- 那須信治, 1974, 大地震の地動, 防災科学技術, **26**, 2-3.
- 那須信治・森岡敬樹・稲葉正雄, 1973, 大地震動の数値化と解釈 (その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造系 48 (構造系), 661-662.
- 那須信治・竹内盛雄・森岡敬樹・稲葉正雄, 1974a, 大地震動の数値化と解釈 (その 4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造系 49 (構造系), 385-386.
- 那須信治・竹内盛雄・森岡敬樹・稲葉正雄, 1974b, 大地震動の数値化と解釈 (その 5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造系 49 (構造系), 387-388.
- 那須信治・竹内盛雄・森岡敬樹・山田 真, 1976, 大地震動の数値化と解釈 (その 6) —上下動の地動—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造系 51 (構造系), 445-446.
- 野口孫市, 1895, 明治二十八年一月十八日強震被害調査報告, 震災予防調査会報告, **7**, 39-44.
- 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, 東京大学地震研究所彙報, **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, **2**, 69 (A69).
- 岡田義光, 2001, 南関東直下地震の切迫性, 月刊地球号外, **34**, 94-104.
- 大森房吉, 1894a, 本年六月二十日ノ強震及ビ其余震ニ就キテ, 東洋学芸雑誌, **154** (11), 379-382.
- 大森房吉, 1894b, 東京府下震災被害表, 東洋学芸雑誌, **154** (11), 382-385.
- 大森房吉, 1894c, 雑報 (強震波線図・地震検測報告), 東洋学芸雑誌, **154** (11), 385-388.
- 大森房吉, 1899a, 明治二十七年六月二十日東京激震ノ調査, 震災予防調査会報告, **28**, 71-78.
- 大森房吉, 1899b, 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.
- Omori F., 1900, Note on the Tokyo Earthquake of June 20th 1894, *Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign language*, **4**, 25-35.
- 大森房吉, 1907, 煙突の震害, 東洋学芸雑誌, **24**, 261.
- 大森房吉, 1922, 東京にて感じたる激震強震の強震計記録図, 学芸 (東洋学芸雑誌), **39** (489), 2-5.
- 大沼啓人, 2004, 長野地方気象台で見つかった明治時代の地震波形記録, 社団法人日本地震学会ニュースレター, **16**, No. 2.
- 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.
- 大竹政和, 1980, 関東・東海地域のテクトニクスの統一モデルと南関東直下の地震の発生メカニズム, 防災科学技術, **41**, 1-7.
- 理科大学地震学教室報告, 1894, 六月二十日強震波線図, 地質学雑誌, **1**, 531-534.
- 関谷清景, 1894, 明治二十七年六月二十日午後二時二十二分秒地震検測報告, 地質学雑誌, **1**, 501-503.
- 関谷清景・大森房吉, 1899, 明治二十七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.
- Sekiya S. and F. Omori., 1895, The Diagram of the Semi-Destructive Earthquake of June, *J. Coll. of Sci. Imp. Univ. Tokyo*, **7**, 289-292 (1).
- Sekiya S. and F. Omori., 1900, The Diagram of the Semi-destructive Earthquake of June 20th 1894 (Tokyo), *Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign language*, **4**, 35-38-1.
- 瀬野徹三, 2007, 首都圏直下型地震の危険性の検証—本当に危険は迫っているのか?—, 地学雑誌, **116**, 370-379.
- Shimazaki K., 1971, Unusually low seismic activity in the focal region of the great Kanto earthquake of 1923. *Tec-*

- tonophysics*, **11**, 305-312.
- 震災予防調査会, 1895a, 地震其他地異彙報, 震災予防調査会報告, **3**, 142-171.
- 震災予防調査会, 1895b, 地震其他地異彙報, 震災予防調査会報告, **4**, 95-113.
- 震災予防調査会, 1895c, 東京震害状況, 建築雑誌, **9**, 235-267.
- 須藤 研, 1976, 1894, 95 年の 2 つの東京被害地震の地震記録, 地震学会講演予稿集, **2**, 127.
- 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.
- 滝 大吉, 1894, 山形県及東京府下震災被害之図, 建築雑誌 110 号付録, 造家学会.
- 田邊朔郎・石黒五十二, 1895, 東京附近地震被害橋梁調査報告, 震災予防調査会報告, **4**, 91.
- Tanabe S., B. Mano, 1900, Cheminees d'usine ayant souffert des secousses de tremblement, *Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign language*, **3**, 87-88.
- 東京物理学校雑誌, 1894, 六月廿日強震波線図, 東京物理学校雑誌, **3** (27), 269-.
- 塚本 靖, 1895, 本郷小石川牛込四ツ谷赤坂麻布六区震害報告, 震災予防調査会報告, **7**, 31-38.
- 塚本 靖・野口孫市・山崎定信, 1896, 一月の東京地震報告, 建築雑誌, **10**, 36-50.
- 津村建四郎, 1974, 関東地方の地震活動—微小地震活動を中心として—, 垣見俊弘・鈴木尉元編「関東地方の地震と地殻変動」ラティス刊, 227-249.
- 宇佐美龍夫, 1973, 関東地方の古い地震震央位置の範囲, 関東大地震 50 周年論文集, 1-12.
- 宇佐美龍夫, 1976, 新資料による安政江戸地震の調査, 東京大学地震研究所彙報, **51**, 209-230.
- 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, 605 pp.
- Utsu T., 1974, Space-time pattern of large earthquakes occurring off the Pacific coast of the Japanese islands, *Journal of Physics of the Earth*, **22**, 325-342.
- 宇津徳治, 1979, 1885~1925 年の日本の地震活動—M 6 以上の地震及び被害地震の再調査—, 東京大学地震研究所彙報, **54**, 253-308.
- 宇津徳治, 1999, 地震活動総説, 東京大学出版会, 876 pp.
- Wessel, P. and W.H.F. Smith, 1991, Free software helps map and display data, *EOS Trans. AGU*, **72**, 441.
- 山田 眞, 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, B-2, 構造 II, 振動, 原子力プラント 565-566.
- 山崎定信, 1895, 明治二十八年一月十九日東京震災被害家屋調査報告, 震災予防調査会報告, **7**, 45-47.
- 安永義章・眞野文二・田邊朔郎, 1895, 東京附近地震被害工場煙突調査ノ件, 震災予防調査会報告, **5**, 1-13.

(Received October 30, 2009)

(Accepted January 4, 2010)

## 付録 A. 本年六月二十日の強震及びその余震について〔大森 (1894a) による〕の現代語訳.

### Appendix A. Strong earthquake and its aftershocks of 20, June 1894 (from Omori, 1894).

去る明治 22 年 7 月 28 日の熊本地震以来、強震が頻繁に発生して明治 24 年 10 月 28 日の濃尾地震、同年 12 月 9 日の能登地震、明治 26 年 9 月 7 日の鹿児島地震、明治 27 年 3 月 22 日の北海道地震と今回の東京地震で計 6 回になる（尚、このほかに明治 26 年 6 月 13 日の北海道地震、明治 27 年 1 月 10 日の尾張地震なども非常に強かった）。これら 6 回の地震で最大のものは北海道地震であり、次いで濃尾地震である。今回の東京地震は、甚大ではなく、また震動も非常に強くはなかったため、非常に大きな損害を被らなかったことは実に幸いである。

地震現象は多い少ないという周期を示し、特にその最多の時期に数多くの強震が引き続いて発生することが多い。近頃も恐らく地震発生が最多の一時期であって、既に北海道地震・濃尾地震のような大きな地変の発生後であれば、今後数年間は甚だしい大地震は発生しないと思える。

今回の地震の際に観測された東京市内における震動は、築地・本所・深川・芝などの低地において最も大きく、その地動の最大加速度は物体転倒の調査から推察すると 1 秒につき 1000 mm 近い。他の地震と比較すると、1891 年濃尾地震の際の名古屋における地動の強さの 3 分の 1 または 2 分の 1 に相当し、なお同地震の際の根尾谷における地動のおよそ 10 分の 1 であった。また、北海道地震の際の根室・釧路などにおける地動とほぼ同程度であり、鹿児島地震や熊本地震の震央地におけるものよりは非常に弱かった。東京市中においても本郷など高地における震動は弱く、その最大加速度は下町の 2 分の 1 程度であった。

私は震災予防調査会の命令により、東京付近の被害状況を調査したが、横浜の震度は東京よりも若干弱く、それよりも南の鎌倉辺りに至ると一層弱くなり格別の被害は見られない。東京より北に位置する草加・鳩ヶ谷・川口付近における震度は非常に強く、特に鳩ヶ谷・川口の震度は東京の深川辺りの震度と同程度である。浦和・中野・千住などの震動はいくらか弱い。また、東京よりも西では震動は次第に軽減し、例えば新宿における震度は本郷よりも少し弱い。

震動の最も激しかった場所、つまり震央とみなすべき地域は岩槻近傍より東京を経て東京湾の西部に延びる一

帯である。その方向は南北であり、ちょうど武蔵平原の最も低い窪地に相当し、この地下において断層を生じて地震を発生させたのであろう。このように、有名な安房国北部から相模国三浦郡まで延びる一種の地裂線とは、直接の関係は全くないようである。

強震（大地震）の発生後には、その震央及び近傍において数日もしくは数年間にわたり、時々余震（震動及び鳴響）が発生することを本誌第 152 号に詳述したが、今回の地震ではわずかに数回の余震が観測されたのみである。このことは、かなり例外的な感じがしないとは言えないようだが、これは恐らく余震が少なかったのではなく、後述のように、地震の大きさに比べて震源が深かったために、余震の大部分は地表に達しなかったことが原因であろう。地震当日の夜、多くの余震が発生するはずと考え、時々微動計を調べたが特別の異常は見られず、地面は既に静穏の状況に復帰していた。

今回の地震は東北方向の青森、及び西南方向の境（現、境港）測候所でも観測されたが、これらの特別な観測を除けば、つまり有感区域は非常に広域ではなく東北方向では仙台近傍から、西南方向では大阪近傍までに限られた。その有感半径は平均 70~80 里（約 275~314 km, 1 里は約 3.927 km）であった。濃尾地震の震域半径は 130 里以上であり、熊本地震及び鹿児島地震はそれぞれ、45 里と 40 里であった。

このように、今回の東京地震は熊本・鹿児島の 2 地震より有感面積が大きい。つまり、地震の規模が大きかったにも関わらず、その震央における震動が逆にこれらの 2 地震よりも弱かったのは、その震源が深かったことが原因であろう。つまり理論上、等一弾性体中における震動の振幅並びに最大加速度は、震源からの距離に反比例するものである（そのため、震源が深かったことが原因であると考えられる）。

私が以前計算したところ濃尾・熊本・鹿児島の 3 つの地震は、いずれも地表に割合近いところに震源があり、その「深さ」（つまり震源域の中心とみなせる点の深さ）は地下 1 里から 4 里であるとした。震源が浅い場合は、その震央における地動の「強さ」は甚大であるが、そこから四方に離れるに従って距離と共に急速に減少する。震源が深い場合は震央における地動の「強さ」は弱く、

また震央からの距離に従って減少する割合もわずかである。前記の3地震の場合、震度は震央からの距離と共に急速に減少したが、今回の地震において震度分布は震央からの距離によって大きな相違が見られず、例えば東京の西に近接する地域においても、群馬・長野両県下のある部分においても震度に大差がないようである。私はまだ計算を試みていないが、今回の地震の震源は前記の諸地震の場合により深く、10里（約39km）前後であろうか。

余震回数は震央あるいはその近傍では多いが、そこからの距離と共に急速に減少する。1, 2の例を挙げると、鹿児島地震については鹿児島県給黎郡知覧村（つまり震央の場所）では、明治26年9月7日午後9時から同10日午後9時までの3日間で117回の地震を記録した。しかし、知覧村より直径で7里の距離にある鹿児島市では、同じ3日間でわずかに6回の地震を感じただけであった（鹿児島地震は明治26年9月7日午前2時46分に起こ

た）。また、本年（明治27年）1月10日に名古屋近傍で発生した強震では、その震央近傍の小折村で1月中に366回の地震を記録したが、小折村より直径で5里余りの距離にある津島町では、1月中にわずか17回の地震を感じただけであった。

前述のような理由で、今回の地震はやはり多数の余震を伴ったが、その少数のものだけが地表に達したものと解釈できる。

今回の地震における震動時間は4, 5分程で特に長くはなく、一般に震動時間は地震の大きさと共に増加するものである。濃尾地震の震動時間は東京でも12分あり、北海道地震の震動時間は北海道根室・釧路の海岸で30分近くであったのと同じである。また、振動の性質も単純で、つまり最大の振動は1回でほかは全てその余波に過ぎず、従って物体の転倒並びに回転の現象も複雑ではなく、これら物体の転倒や回転及びその他については、後日詳細に論じる予定である。

## 付録 B. 東京府下震災被害表〔大森（1894b）による〕の現代語訳。

### Appendix B. Table of damage in the Tokyo Metropolitan area (from Omori, 1894b).

以下に掲載する昨年（6月）20日の東京府下被害の概要は、その筋からの報告に基づいたものであり、非常に正確なものである。

#### 1. 死傷

（死）、死人総数は24人であり、全て市部の者で、郡部では1人もいなかった。深川区が最多で8人、次いで赤坂区の5人である。上記24人のうち6人は煙突の崩壊のため、6人は煉瓦造の塙（垣）・塙崩壊のため、2人は高階から飛び降りたために死亡した。そのほかは煉瓦製のタンク・煉瓦造の家屋・煉瓦造の倉庫・玄関屋根・土蔵壁などの崩壊が死亡の原因である。

（重傷）、重傷を負った者は34人であり、そのうち1人のみが郡部である。深川区が最多で10人である。次は赤坂区で8人である。上記34人のうち13人は煙突の崩壊のため、9人は煉瓦造の塙・塙崩壊のため、1人は避難の際に物に接触して負傷した。そのほかは煉瓦製のタンク・土蔵壁・煉瓦造の倉庫・玄関瓦屋根の崩壊や、高階から飛び降りて負傷した者である。

（軽傷）、軽傷を負った者は123人で、そのうち7人が郡部である。深川区が最多で29人、次いで京橋区で24人である。上記123人のうち28人は高階から飛び降りたため、22人は避難の際に様々な物に接触したため、21

人は煉瓦造の塙・塙崩壊のため、14人は屋上の瓦が落下したために負傷した。そのほかは煉瓦製タンクの崩壊・煙突の崩壊、避難の際に転倒するなどして負傷した者である。

そのほかに家畜類の被害は馬1頭が重傷を負い、1頭が圧死したのみである。

#### 2. 家屋

（全潰）、全潰家屋は22棟であり、そのうち3棟は郡部である。本所区が最多で6棟である。次は深川区で5棟である。そのうち石造はなく、煉瓦造の平屋1棟、土蔵造の平屋1棟、同2階建2棟、木造平屋17棟、同2階建以上1棟である。そして、以上22棟のうち20年以上前に建築されたものが9棟である。

（半潰）、半潰家屋の総数は68棟であり、全て市部である。深川区が最多で34棟である。次は本所区で5棟である。そのうち石造平屋1棟、煉瓦造の平屋1棟、同2階建以上4棟、土蔵造平屋11棟、同2階建以上12棟、木造平屋33棟、同2階建以上6棟である。

（破損）、破損家屋の総数は4922棟であり、そのうち927棟は郡部である。日本橋区が最多で849棟である。また四谷区が最小で93棟である（市部のみについて）。この4922棟のうち、石造平屋34棟、同2階建以上20棟、煉



瓦造平屋 92 棟, 同 2 階建以上 173 棟, 土蔵造平屋 815 棟, 同 2 階建以上 2258 棟, 木造平屋 997 棟, 同 2 階建以上 533 棟である。

### 3. 煙突

(全潰), 製造所用のものは総数 7 本であり, そのうち 3 本は郡部である。この 7 本のうち, 3 本は南へ, 2 本は北へ, 1 本は東へ, 1 本は東南へ向かって倒れた。また暖炉用のものは総数 34 本で, そのうち 13 本は郡部である。この 34 本のうち, 15 本は北へ, 7 本は東へ, 7 本は西へ, 4 本は南へ, 1 本は西北へ向かって倒れた。

(半潰), 製造所用のものは総数 54 本であり, そのうち 6 本は郡部である。この 54 本のうち, 20 本は東へ, 12 本は北へ, 6 本は南へ, 5 本は西へ, 5 本は東北へ, 3 本は西南へ, 2 本は東南へ, 1 本は西北へ向かって倒れた。また暖炉用のものは総数 209 本であり, そのうち 4 本は郡部である。この 209 本のうち, 70 本は北へ, 50 本は西へ, 44 本は南へ, 30 本は東へ, 7 本は西北へ, 3 本は東北へ, 3 本は西南へ, 2 本は東南へ向かって倒れた。

(一部潰), 製造所用のものは総数 110 本であり, そのうち 35 本は郡部である。この 110 本のうち, 71 本は単に亀裂が生じたにとどまり, そのほかは破損して 24 本は西南へ, 6 本は北へ, 4 本は東南へ, 3 本は南へ, 1 本は東へ, 1 本は西へ向かって倒れた。

また暖炉用のものは総数 415 本で, そのうち郡部は 90 本である。この 415 本のうち, 382 本は単に亀裂が生じ

たとにとどまり, そのほかは破損して 10 本は南へ, 8 本は西南へ, 7 本は東へ, 3 本は西へ, 3 本は北へ, 2 本は東南へ向かって倒れた。

以上を総計すれば単に亀裂が生じたものは 453 本であり, ほかの 376 本のうち 108 本は北へ, 70 本は南へ, 66 本は東へ, 66 本は西へ, 38 本は西南へ, 11 本は東南へ, 10 本は東北へ, 7 本は西北に向かって倒れた。

### 4. 塙塙, 橋梁, 崖岸, 道路, 堤防, 水路

(塙塙破損), 総延長は 1558 間 1 尺 (約 2835.9 m, 1 間は約 1.82 m, 1 尺は約 0.303 m) であり, そのうち 75 間 5 尺は郡部に属する。この総延長の内訳として, 石造のものは 136 間 1 尺, 煉瓦造のものは 816 間 4 尺, 土造のものは 453 間 1 尺, 木造のものは 152 間 1 尺であった。

(橋梁), 総数は 3 箇所であり, そのうち 1 箇所は郡部である。総延長は 20 間 1 尺であり, 郡部のものは 2 間である。但し全て石造である。

(崖または石垣崩壊), 総数は 71 箇所であり, そのうち 18 箇所は郡部である。総延長は 163 間 5 尺であり, そのうち 18 間 1 尺が郡部のものである。

(道路, 堤防破壊), 郡部において 5 箇所あるのみで, 延長は 1400 間である。

(水路樋管破損), 市部において鉄管 1 箇所, 木管 6 箇所であった。

尚, このほかに地盤の亀裂及び凹落が数多く発生したが, いずれも小規模のものであるので省略する。

## 付録 C. 雑報 (強震波線図ならびに地震検測報告) [大森 (1894c) による] の現代語訳。

### Appendix C. Record of seismic waveform and report of seismological data (from Omori, 1894c).

#### ◎強震波線図

巻頭の図版に示した本 (明治 27) 年 6 月 20 日の強震の波線図は, 本郷の理科大学地震学教室に設置された強震計が自動的に記したものであり, 実際の地動を示している。同学においてこのような完全な強震記録が得られたのはこれが最初である。実際, 西洋ではいまだかつて観測されたことが無いものであるということだ。原図は 118 秒で 1 回転する円盤の上に記録されているが, 紙面の都合上, 初発から 25 秒まで (但し上下動は 22 秒まで) をここに掲載した。別項の理科大学地震学教室報告中の最大地動・振動期・最大加速度は, この図から検測されたものである。

(注意) 本図では, 初発から 2 秒と 3 秒の間に顕著な震動が現れるが, 強震計が運転を始めたときには既に地動

は非常に大きく, それ以前の数秒間において地面は既に微動し始めていたことに留意する必要がある。通常地震計の記録によれば, 微動継続時間は 10 秒ほどである。

#### ◎地震検測報告

明治 27 年 6 月 20 日の強震について, 理科大学地震学教室の報告は以下のとおりである。

#### ○本郷検測

今回の地震は去る明治 13 年に元東京大学において地震実験室を創設して以来の大地震であり, 多分長年感じることのなかった大地震である。以下に本学地震学教室において検測した概要を掲載する。

地震の発生時 午後 2 時 40 分 10 秒 (中央气象台測定)  
水平動 (横動) 地震は最初, 微動から始まり 10 秒間は微動が継続したが, 急に激烈となり最大水平動 73

mm つまり曲尺で2寸4分が観測された。震動の最も著しかったのはこの1回で、引き続き十数回の激しい揺れを感じた。特に震動が強かったのは最初の1分間程度であった。

上下動（堅動） 最大上下動は最大水平動と同時に現れ、その振幅は10mmつまり曲尺で3分3厘に達した。水平動の振動周期 最大水平動の振動周期は1.8秒である。つまり地面は2秒弱毎に1回ずつ往復運動した。

振動の方向 振動の方向は少し錯綜するが、前記の最大水平動は南から70度西の方向であった。

最大加速度 以上の最大水平動及びその振動周期から計算すると、最大加速度は440 mm/sec<sup>2</sup>である。

最大加速度は地震の破壊力を計算するのに用いる率数（指標）であり、濃尾地震においては震源近傍で最大加速度は3400 mm/sec<sup>2</sup>から10000 mm/sec<sup>2</sup>に達した。

震動継続時間 約4分30秒継続した。濃尾地震において東京では震動が12分継続し、両者の性質に差異が見られる。

付記

以上の験測は、強震計と呼ばれる特に大きな震動を記録させる地震計によって計算されたものである。地震動の性質、つまり多くの上下動を示し、震動が急激なこと、震動継続時間がむしろ長くなかったことなどから推察すれば、震源位置はあるいは東京付近にあるのではなからうか。本学内に立柱の八方に直径2寸ほどの鉛球8個を配置し、地震の震力（揺れの力）を概算する用途に役立てていた。今までの地震においてこの鉛球が落下するこ

とは無かったが、今回の地震では東北方面の1球を除いて全て落下した。

本学が位置する本郷の地は東京の山の手に属し、むしろ地盤が堅硬な関東ローム層であるため、下町の地盤が軟弱な所に比べれば震動は小さかった。

濃尾地震の際にその震源地においては、曲尺で45寸から1尺に近い水平動があったと計算された。今回の大地震では非常に大きな水平動が観測されたにも関わらず、割合に損害が大きくならなかったのは、強烈な震動の数が多くなかったことによるのだろう。

○相模国観音崎灯台地震験測

本学より事前に観音崎灯台へ地震計を設置し、その観測係を同灯台に依頼していた。今回の地震に際して地震計が記録した波線図が送られてきたので、これに基づいて地動の様子を計算したところ以下のようであった。

最大水平動 19mm つまり曲尺で6分3厘

振動周期 1.2秒

主な振動方向 西北・南東

最大加速度 262 mm/sec<sup>2</sup>

最大上下動 2.5mm

主要な振動の継続時間 1分

前記の観測によれば、観音崎における震動は東京の73mmに比べれば小さい。但し、観音崎の地質は第三紀に属する柔らかい岩石である。

以上は、先日官報に報告した験測報告（概報）に訂正を加えたものであり、また神田区（現在の千代田区北東部）一ツ橋外実験室の験測は現在精算中であるので省略する。

## 付録 D. 六月二十日午後二時零四分〔中央气象台（1895a）による〕の現代語訳。

### Appendix D. 14: 04 of 20, June, 1894 (from Central Meteorological Observatory, 1895a).

この地震は、武蔵平原地方を激動させた強震で、東京市付近において非常に大きな損害を発生させた。総面積は12900 方里で、本年の顕著な地震の中で2番目の面積である。強震部は、武蔵・相模・安房・上総・下総・常陸の全域、伊豆北東部（3割）・駿河東部（2割）・甲斐東部（6割）・信濃南東部（3割）・上野南部（9割）・下野南部（7割）・磐城南西部（5割）であり、その面積は2750 方里である。また弱震部は、西は近江から北方の一部は越後から日本海に出て、一部は太平洋の海岸に沿って陸前の北部に達し、南は遠く伊豆の御蔵島辺りに及ぶ。つまり、陸地においては近江・美濃・岩代の全域、駿河西

部（8割）・三河東部（5割）、尾張北東部（8割）・伊勢北東部（2割）・近江東部（5割）・飛騨南東部（7割）・信濃北西部（7割）・越後中央部（9割）・羽前南部（5割）・陸前南西部（7割）・磐城北東部（5割）・下野北部（3割）・上野北部（1割）・甲斐西部（4割）・伊豆南西部（7割）などを含み、その面積は4050 方里である。また微震部は、本州の東北一体の地に及び、西は伯耆の境（現、境港）から阿波の徳島辺りにまで伝播し、その面積は6100 方里である。

強震部内における震動の概況を記すと、東京市内においては安政年間の烈震（1855〈安政二〉年の江戸地震）

以来今まで一度もなかった強震であり、中央気象台の観測によれば午後 2 時 4 分 10 秒に少し緩慢な微動からはじまり、14 秒経過後に最大震動となり、水平動は南東・北西の方向において 1.3 秒間につき 76 mm を示し、上下動は 1.0 秒間につき 18 mm を示した。その最大加速度は  $888 \text{ mm/sec}^2$  である。

この地震による被害が最も甚大であった地方は、東京湾の北部に沿った低湿部、つまり横浜以东～東京にいたる沿岸部一帯であり、この辺りの家屋はおおよそ多少の損害を被り、特に煉瓦造の土蔵の破損が甚だしく、煉瓦製の煙突は半分以上が崩壊または挫折した。これより内陸にいくに従って次第に震力は弱くなるといっても、浦和や八王子付近でもまだ家屋に小破損がみられ、物品の破損が少なくない。反対に東京湾の南部に沿った安房や上総地方は震動がずっと弱く、わずかに時計が運動を停止し液体が溢れ出たに留まった。これは、幾分かは地質の相違によるものと考えられるが、本（明治 27）年 10 月 7 日の地震と比較して考えれば、地質上の相違は震動の強弱にこのような大差を生じることはない。その上、震源地がもしも房総半島以北にある場合には、上総国の夷隅・望陀 2 郡の沿岸部はかなりの強震となるであろう。だが、今回の地震ではこのことがなかっただけでなく、本土から直径 30 余里に位置する伊豆の御蔵島において、わずかに微震であった事実と照らし合わせて考えれば、東京湾の北側は南部に比べて震度が絶対的に強く、従って震源地も東京市の近傍に存在すると推定される。

しかしながら、強震の地方においても地勢によって多少震度に強弱の差が見られる。東京市内における家屋破損の状況を調査すると、その震度は低地で強く高台で弱いことは一般の現象である。特に、低地の高台に近接した所、もしくは高台の間に存在する低湿部は震動が割合強く、土地の亀裂もそのような場所に多かったことは、低地と高台との振動期が異なっていたからである。そのため、物体の転倒、家屋の破損などから算出した最大加速度の値は深川・本所付近において約  $1000 \text{ mm/sec}^2$  であり、牛込・四谷・小石川などの高台においてはおよそ  $700 \sim 800 \text{ mm/sec}^2$  であった。震動の方向は各所様々で同様ではなく、これは東京市が震源に近かったために上下動を激しく感じたことによる。しかし、ある 1 ヶ所における物体の転倒方向はしばしば一定であった。例えば、深川八幡宮の境内における石灯籠や石碑の転倒はいずれも東西方向であり、品川の高台における共同墓地の石碑は概ね北東-南西方向に向かって倒れ、家屋の破損や煙突の挫折の方向と全く一致することは、海岸に接する場所で地勢に支配されたことが大きかった。

警視庁の調査による東京府内の震災被害表を掲載すると以下のようである。

#### 東京府内震災被害表

本表の死者数には震災の当時、重傷を負ったために後日死亡した者を含めた。家畜類の死傷は馬 1 頭が重傷を負い、1 頭が圧死しただけである。本表中の全潰及び半潰とは倒壊して使用に耐えられないもの及び大破の大きなものを含む。破損とは一部分の損傷に留まるものをいう。煉瓦造と石造の破損は概ね石材の接合部に発生した。特に煉瓦造の煙突に崩壊したものが多く、土蔵では壁・瓦の落下や亀裂などの損害が最も多かった。なお、破損建物の種別による破損の程度を提示すると以下のようになる。

表によると破損の程度は煉瓦造が最大であり、10 棟につき 1 棟の割合で破損が生じた。木造が最も少なく 200 棟中にようやく 1 棟程度の割合で破損が生じた。

#### 煙突の破損

倒壊した煙突の数は 376 本で、南北方向に 178 本が倒れ、東西方向に 132 本と南北方向に倒れたものの方が 46 本多かった。各区について調べたところ、麴町・神田・小石川などでは南北方向に多く倒れ、赤坂・牛込・深川などは東西方向に多く倒れた。その他は様々であった。

垣・塀・橋梁・崖岸・道路・堤防・水路  
(延長は間で表示する)

水道樋管の破損は、麴町において木管の破損が 1 ヶ所延長 5 間 5 尺（約 10.6 m）、赤坂で 3 ヶ所発生したが、いずれも小破損であった。また、四谷において 2 ヶ所延長 2 尺（約 0.6 m）、鉄管の破損が麻布における 1 ヶ所で延長はわずかであった。

#### 地盤の変状（延長は間で表示する）

本表中、麴町・本所・深川などにおける亀裂は全て溜池または池沼を埋め立てた場所であり、その地質が軟弱であることが原因である。青梅町におけるものなどは 5 年前に傾斜した土地を平坦化するために盛り土をしたものである。品川管内における田畑の亀裂は一六郷川沿岸の地で噴出した黒砂は同川底の砂石と同じである—この地域は昔河川であったところを埋め立てたものである—という。千住と小松川両所における亀裂はいずれも淡黄色または黒灰色の泥砂を噴出し、著しいものは数尺の高



さに噴出したものがある。また、その噴出時間も早いものは数分間で停止したが、1日または2日間にわたって継続したものがある。噴出した土砂の量は通常34升(約61.3リットル)から67升(約120.8リットル)ほどであった。

地盤陥落のうちで赤阪区におけるものは、水道敷地の大下水に沿って陥没したものであって、恐らく地盤が堅固でなかったことに起因する。また、本所区における地盤陥落のうちの1つは数十年前に溜池を埋め立てた場所であり、陥没とともに地盤に亀裂が生じ、そこからおよそ15時間にわたって土砂を噴出した。他の1つは、陥落の部分が楕円形状で地上から高さおよそ5尺(約1.5m)ほど噴水したがしばらくして止まった。この近傍では一帯に無数の小亀裂が生じた。その他、深川・品川などにおける地盤陥落はいずれも埋立地で生じており、堅固な地盤では少しも変状を示さなかったようである。

なお、この他に井戸水に変状を示したものも多く、水量が増減し、中には地震の2日ほど前から増水したものがあつた。また、水質が白濁色または淡褐色に変化するものがあり、一様ではないが多くのものは数日後に元に戻った。しかしながら、本所区における58ヶ所の井戸水はおおよそ1尺5寸〜4尺(約0.5〜1.2m)増水し、十数日後も減水しなかった。また、南足立郡江北村におけるある井戸は従来、淡褐色の水質であつたが地震後およそ30〜40分で無色透明の清水に変わったという。

なお、東京市内における建築物被害分布の状況を一目瞭然なものにするために、巻末に東京地震被害一覧図を掲載する(ただし、図中の黒点は家屋・土蔵の破損もしくは障壁・煙突などの崩壊した位置を示したもので、点の大小は破損の大小に準じる。▲印は石碑・石灯籠の転倒が10基以上あつた場所であり、▲▲, ▲▲▲, ▲▲▲▲はそれぞれ50基, 100基, 200基以上転倒した場所を示す。また→印は土地に亀裂が生じた場所を示し、矢印の向きは亀裂の方向を示す)。

埼玉県管内における被害は、障壁の亀裂、物品の損傷に留まり、決して大きくはなかつたが、管内全般にわたって多少の損害が発生した。特に、浦和・鳩ヶ谷辺りが最も震動が強く、家屋・土蔵の小破損があり、地面に亀裂が生じたところが非常に多かつた。江戸川沿いの堤防はいたるところで崩壊や亀裂を生じ、大きなものは延長数十間に及んだ。西宝珠花地先の堤防は大きな亀裂が7ヶ所発生してその延長は280間(約509.6m)である。また、庄内古川の堤防は2ヶ所にそれぞれ10余間(約18.2m)の亀裂が発生した。菖蒲町字三箇辺りにおいては道路・田畑の区別なく無数の亀裂が生じ、連続して2

町(約218m)余りに及んだ。亀裂口からは泥水とともに細砂が噴出し、田畑に多少の被害を及ぼした。この辺りにおける家屋は所々で屋根瓦が落下し、土蔵の壁は所々で崩壊を生じた。特に陶器商店における物品の損傷が多い。飯能町久美山中においては、激しい揺れのために山腹がおおよそ350〜360間(約637〜655m)崩落した。

鳩ヶ谷町は震動が一層強く、建築物の被害も多かつた。土蔵の崩壊が10棟、家屋の破損が5棟であつた。川口町は家屋・土蔵の破損あわせて25棟で、南平柳村においては稲田1反歩ほどで一面に亀裂が生じ、多量の泥砂を噴出した。同所では家屋の小破損が50棟、土蔵の大破が3棟あつた。富多村字上吉または鴻巣常光寺村辺りでは5間〜10間(9.1〜18.2m)くらいの亀裂が多く、泥水と共に灰白色の土砂を噴出した。過半の墓碑は転倒し、土蔵の壁や鉢巻などの崩壊が各所であつた。越ヶ谷においては井戸水が混濁したところが多く、これは強震の際に井戸の底から土砂が流出したためであり、その量は5〜6尺(約1.5〜1.8m)に及んだために流路を塞いで流水を防ぎ留めた。地面の亀裂は特に大きなものが40余ヶ所、いずれも少量の土砂を流出した。その他、この辺りにおける被害状況は大同小異である。

宇都宮測候所では、発震後10秒に非常に大きな水平動があり、東西方向の指針は円筒外に飛び出したが、南北の指針は2.1秒間につき13.5mmの振幅を示した。また、上下動は26秒時において最大に達し、1.4秒間につき10.2mmの振幅となつた。震動時間は2分55秒でその方向はほぼ南東-北西方向であつた。芳賀郡真岡町においては、最初は極めて微動であつたが次第に震動がおおきくなり、およそ50秒経過した後に1分間にわたって強震動を発生し、それから次第に微弱になつたが終始上下動を伴い、マレット円筒地震計の最大円柱は北西に向かつて倒れた。熊倉町字島五行の川岸は1坪(約3.3m<sup>2</sup>)ほど崩壊し、近傍の地盤には幅2寸(約6cm)、長さ1間半(約2.7m)程度の南北走向の亀裂が生じた。相模国鎌倉辺りにおいても震動が強く、家屋の庇を破損し、あるいは壁土が崩壊し、道路は所々に亀裂が生じるなど、家屋に幾らかの被害もないことは稀であつた。

観音崎灯台においては南西-北東方向において急激な上下・水平動を併発し、その震動時間は3分10秒の長さに及び、燈心繰上げ鉤及び滴油受けなどが揺れ落ち、しまつてあつた火舎(火入れ)10数本が倒れた。また羽田灯台においては多くの物品が転倒し、灯籠のガラス板(ガラス板)やガラス瓶を破損し、各部屋の壁は所々落下して家屋は2寸(約6cm)ほど傾斜した。浦賀及び横須賀などに停泊していた艦船では地震の際にあたかも物体



に衝突したような動揺を感じ、海面は少し異常な動揺を示した。三浦郡佐島辺りにおいては、震動を感じると海の波は急に動揺を止めて海面は一時非常に静穏になったという。陸上においては棚上の物品が落下し、土蔵の壁や水田などに小亀裂が生じた。

長野地方においては発震時午後 2 時 4 分 22 秒であり、最初は緩慢で少し大きな揺れから始まり、30 秒後に最大震動に達し、水平動は 1.1 秒間につき 20 mm、上下動は 3 mm の振幅を観測した。それから 2 分間は明らかな震動が継続したが、次第に微弱となって静止した。そのため、震動時間はとても長くほとんど 8 分間に及んだ。

名古屋市においては、午後 2 時 4 分 44 秒に南北の方

向において微弱な震動から始まり、16 秒後に南南東-北北西の方向の最大水平動を記録し、1.2 秒間につき 4.2 mm の振幅を記録した。27 秒にやや強い南東-北西方向の震動があり、2 分 40 秒で静止した。この地震は、その震動の性質が大変緩慢で人々が感じた震動は弱かったが、振子時計の運動が停止したものがあつた。また、境（現、境港）測候所においては、午後 2 時 7 分に非常に微小な震動から始まり、6 秒後にやや顕著になり、10 秒後において南北の方位に 1.9 秒間につき 2.1 mm の最大水平動を記録した。それから一時微弱となったが、47 秒後において再び顕著に大きくなり、震動時間およそ 1 分 20 秒で静止した。

## 付録 E. 明治二十七年六月二十日東京激震の地震計記録図

〔関谷・大森（1899）による〕の現代語訳。

### Appendix E. Seismogram of destructive earthquake occurring on 20, June, 1894 (from Sekiya and Omori, 1999).

以下に掲載するのは理科大学の報告として明治 27 年中既に官報に掲載したものに若干の訂正を加えたものである。

理科大学地震学教室においては、大小強弱の地震を験測するために各種の地震計を設置した。そのため、去る明治 27 年 6 月 20 日午後 2 時過ぎに発生したような強震を測定するには、特に強烈震のみを記録させる強震計という機械があり、ここに掲載するのはつまり当日の地震の記録図である。全ての普通の小地震では地動が小さいためにその大きさを数倍に増大して記録するが、強震計は地動の大きさをそのまま記録させる装置である。実際に、強震計で今回のような鮮明な記録図を得ることができたのはこれが最初である。地震験測が進歩したわが国においてもまだそのようであり、ましてや外国においてはいまだかつて観測されたことが無いものといっても過言ではない。

この地震計は地震時に、地動を分解して、回転している板面に破線を書かせるものである。つまり、ここに掲載した記録図には 3 つの波線が記録されており、内輪は南東及び北西方向の水平地動を示し、中央の輪は北東及び南西の水平地動を示している。また外輪は上下動を示している。この 3 種類の波線を合成して 1 つにすれば、元に戻って運動全体を表すという原理であり、地動の大小やその方向を知ることができる。

この波線図は 118 秒ごとに 1 回転する円板面に表れ出たものである。図中に数字を付記してある小画線の間は

つまり 1 秒間に相当する。これによって、何秒目には地面がどの方向に向かってどれほど動いたかを知ることができる。またその緩急も計算することができる。また波線の長さから震動が継続した時間がわかり、そのほか地動に関する諸般の性質を研究することができる。

地震の発生時刻

午後 2 時 4 分 10 秒

水平動

地震は最初は微動で発生する（但し、微動は普通の地震計においては十秒間であったことを示したが、この強震計はその微動を記しておらず、ここに示した波線図で初発と記している点においては既に数 mm の振幅があるが、今この図ではこの起点を初動とする）。内輪を見ると、1 秒後には既に顕著な震動があり、2.5 秒から 3.5 秒に至って急に激震となり地面は 37 mm 動いた。これに続いて 73 mm つまり曲尺で 2 寸 4 分の地動が示されており、これを本震の最大水平動とする。そして、その反動として 42 mm 動いた。震動が最も激しかったのはこの数回であり、続くおよそ 1 分間は震動が強かったが、これらの値に比べれば小さいものであった。但し、40 秒から 51 秒の間において、また 70 秒から 78 秒の間においてしばしば大きな震動が現れたが、このときは既に振動周期が緩慢になっており、その前のような激烈なものとはならなかった。恐らく今回の大地震においてこのような大きな水平動が観測されたにも関わらず、その割に損害が大きくならなかったのは、強烈な震動の回数が多

くなかったことによるのであろう。

#### 水平動の振動周期

前述の最大水平動を 0.9 秒間に決定すると、つまり地面は 1.8 秒ごとに 1 往復震動した。

#### 振動の方向

前述の最大水平動は、南から 70 度西に向かって動き、またこの前後における主要な震動も概ねこの方向及びその反対方向に動いた。また府下（現在の東京都内）の各所にある 250 基の石灯笼について、その転倒方向を調べたところ、その大多数はこの方向に転倒していることが明らかになった。このことから物体が倒れた方向は、最大水平動の方向と一致することが確認された。

#### 上下動

最大上下動は、2 秒において水平動が激発しようとする際に観測され、10 mm つまり曲尺で 3 分 3 厘に達した。これに続いて 30 秒間は多少の上下動があった。

#### 最大加速度

以上の最大水平動及びその振動周期より計算すれば最大加速度は 1 秒につき 444 mm となる。今回の激震において、山の手に属しその地盤が堅硬な本郷では、最大加速度は前述のように 1 秒につき 444 mm であったが、下町の軟弱地盤の所ではおよそ 1000 mm に達した。そもそも最大加速度は地震の破壊力を示す率数（指標）であるが、このことから、前記の数値に達する場所においては現在各所に建設されている煙突に大きな破損を発生させ、そのほかの構造物に今回のような損傷を与えることが認知された。既に、濃尾地震が発生した際に本委員等の 1 人が、震源付近における最大加速度は 1 秒につき 3000～4000 mm から 10000 mm に近かったはずと計算しているが、恐らく大地震の破壊力を数字によって算出したのはこれらの観測が最初である。

#### 振動継続時間

地震はおよそ 4 分 30 秒継続した

#### 付記

神田区一ツ橋の外地震実験室においても強震計を設置していたが、不幸なことに器械に欠点があり、本郷のような良質な記録図を得ることができなかったのは大変残念である。但し、一ツ橋の強震計において観測された最大水平動がおよそ 130 mm、つまり曲尺で 4 寸余り（これから推算される最大加速度はおよそ 1 秒当たり 1000 mm である）であることを示しているのは、少々大きすぎるのではないかという疑問の余地が残るものの、十分思案すればあるいは実際に地面はこのように動いたのではなかろうか。その理由は、一ツ橋の実験室のある地盤は軟弱地盤で、普通の地震の際にもその震動は地盤が堅硬な本郷に比べれば、2 倍から 3 倍の大きさになるのが普通である。今回の本郷における地動が 2 寸 4 分で、この場所とほとんど同様に堅硬な地盤の中央气象台において曲尺で 2 寸 5 分を示した。そのため、通常の割合から考慮すれば、一ツ橋において先の 2 ヶ所のほとんど 2 倍の地動があったのは原理に外れてはいないようである。しばらくは疑問が残る。

#### 相模国観音崎灯台地震観測

大学より事前に観音崎灯台へ地震計を設置し、その観測係を同灯台に依頼していた。今回の地震に際して地震計が記録した波線図が送られてきたので、これに基づいて地動の様子を計算したところ以下のものであった。

最大水平動 19 mm つまり曲尺で 6 分 3 厘

振動周期 1.2 秒

主な振動方向 西北・南東

最大加速度 262 mm/sec<sup>2</sup>

最大上下動 2.5 mm

主要な振動の継続時間 1 分

前記の観測によれば、観音崎における震動は東京の 73 mm に比べれば小さい。但し、観音崎の地質は第三紀に属する柔らかい岩石である。

## 付録 F. 明治二十七年六月二十日東京激震の調査〔大森（1899a）による〕の現代語訳。

### Appendix F. Research on destructive earthquake occurring in Tokyo on 20, June, 1894 (from Omori, 1899a).

〔1〕明治 27 年 6 月 20 日午後 2 時 4 分 10 秒に発生した地震は東京においては、安政 2（1855 年）江戸地震以来の最激震である。震動区域（つまり一般の人々が震動を感じた区域）の半径が 70～80 里でその陸地の総面積は約 7000 平方里に達した。もちろん同等の大きさ、つまり震動区域を有する地震は決して珍しいものではなく、

今回のような地震は日本では年に数回も発生しているが、幸いなことにその多くは震源が海域にあるために被害を生じるまでには至らない。今回の震害の概略を挙げると、家屋の全潰は少なかったが、東京市中とりわけ低い土地においては煉瓦造の家屋が大破損を受けたものが多く、特に家屋の暖炉用の煙突や製造所の煙突の多数は

破壊するに至った。土蔵の壁土には所々亀裂が入り、もしくは壁土が揺り落とされ、石碑・石灯籠の類も転倒するものが非常に多く、また稀に低湿地などにおいて地面に小さな亀裂が生じ、その中から水が噴出した場合もあった。死傷者数を挙げると、東京・神奈川・埼玉の 1 府 2 県を合わせて死者 26 人、負傷者 171 人であった。

〔2〕今回の地震の際に観測された東京市内における震動は、築地・本所・深川・芝などの低地において最も大きく、その地動の最大加速度は物体転倒の調査から推察すると 1 秒につき 1000 mm 近くあり、そこでほかの地震の場合と比較すると、濃尾地震の際に名古屋における地動の強さの 3 分の 1 または 2 分の 1 に相当し、なお同地震の際に根尾谷における地動のおよそ 10 分の 1 であった。また、北海道地震の際に根室・釧路などにおける地動とほぼ同程度であり、鹿児島地震や熊本地震の震央地におけるものよりは非常に弱かった。東京市中でも本郷など高地での震動は弱く、その最大加速度は下町の 2 分の 1 程度であった。

〔3〕私は震災予防調査会の命令により、東京付近の被害状況を調査したが、横浜での震度は東京よりも若干弱く、それよりも南の鎌倉辺りに至ると一層弱くなり格別の被害は見られない。東京よりも北に位置する草加・鳩ヶ谷・川口の付近における震度は非常に強く、特に鳩ヶ谷・川口での震度は東京の深川辺りの震度と同程度である。浦和・中野・千住などでの震動はいくらか弱い。このようにまた東京よりも西では震動は次第に軽減し、例えば新宿における震度は本郷におけるものよりも少し弱い。

震動の最も激しかった場所、つまり震央とみなすべき地域は岩槻近傍より東京を経て東京湾の西部に延びる一帯である。その方向は南北であり、ちょうど武蔵平原の最も低い窪地の部分に相当し、この地下において断層を生じて地震を発生させたのであろう。このように、有名な安房国北部から相模国三浦郡まで延びる一種の地裂線とは、直接の関係は全くないようである。

〔4〕強震（大地震）の発生後には、通常その震央及び近傍において数日もしくは数年間にわたり、時々余震（震動及び鳴響）が発生するが、今回の地震ではわずかに数回の余震が観測されたのみである。このことは、かなり例外的な感じがしないとは言えないようだが、これはおそらく余震が少なかったのではなく、後述のように、地震の大きさに比べて震源が深かったために、余震の大部分は地表に達しなかったことが原因であろう。地震当日の夜、多くの余震が発生するはずと考え、時々微動計を調べたが特別の異常は見られず、地面は既に静穏の状

況に復帰していた。

〔5〕今回の地震は東北方向の青森、及び西南方向の境（現、境港）測候所でも観測されたが、これらの特別な観測を除けば、つまり有感区域は非常に広域ではなく、東北方向では仙台近傍から、西南方向では大阪近傍までに限られた。その有感半径は平均 70～80 里であった。濃尾地震の震域半径は 130 里以上であり、熊本及び鹿児島島の 2 つの地震はそれぞれ、45 里と 40 里であった。

このように今回の東京地震は、熊本・鹿児島島の 2 つの地震よりも有感面積が大きい、つまり地震が大きかったにも関わらず、その震央における震動が逆にこれらの 2 つの地震の場合よりも弱かったのは、その震源が深かったことが原因であろう。つまり理論上、等一弾性体中における震動の振幅並びに最大加速度は、震源からの距離に反比例するものである。

〔6〕震動の性質は、今回の激震は東京帝国大学地震学教室に設置された強震計に完全に記録されており、その調査については別に故理学博士関谷清景委員と本委員の連名で報告として提出しており、そちらを参照されたい。

上記の強震計記録によると、本郷における最大水平動は 73 mm であるが、最大上下動はわずかに 10 mm で非常に微少であったので、地面は主に水平面に振動したものとす。従って、煙突・家屋そのほか各種の被害も、この水平動によって生じたものと認めるべきである。

震動の性質についてもまた非常に単純であり、初期微動の直後に 1 回の最大震動が来て、その後は単なる小さい余震に過ぎない。恐らく、大地震の場合には震央付近の地方における震動の様子はおよそこのようなものであり、地動は決して震央より遠距離の地域、もしくは通常の小地震の振動のように、非常に錯綜したものではないと思われる（本会報告書第 3 号 本委員提出の庄内地震概報告を参照）。それゆえ東京における（石碑や石灯籠などの）物体の転倒方向がある一方に集中して反対の方向に少ないという事実は、濃尾地震の際に名古屋及びそのほかの地域でも同様に確認されており、この仮説を確かめる気配を有するものである。

既に震動の性質が簡単であると述べたので、もちろんその方向が存在することも分かった。つまり前述の最大水平動は南から 70 度西に向かって動いたものである。

〔7〕石碑・石灯籠の倒れた方向 この激震によって転倒した物体の調査として、私は東京市内における石灯籠の円柱状の台柱を持つもの 152 基、同じく角形状の台柱を持つもの 83 個、そのほかの石灯籠及び石碑の頭部が落下したものの 21 基の合計 245 基を観察し、その転倒方



向を第 1 表に示す.

第1表から、245基の石灯籠の転倒した方向は不規則ではなく、その大部分は西南西の方向に向かって倒れたことが分かる。つまり、東西に区分すると83基は東の方向へ、162基は西の方向へ倒れ、また南北に区分すると86基は北の方向へ、153基は南の方向へ倒れた。そして、一方向とその正反対の方向を同一と見なしてこれら245基全ての方向を(磁力偏倚の差を修正して)平均すると、北71度東から南71度西という結果を得た。但し最大数は北71度東には向かず、南71度西の方向に向かって倒れたものとする(この時の最大水平動は南西方向に71度の方向であったと考えられる)。この結果は、前述の強震計記録と全く同一であり、その物体の大多数は最大水平動の方向、つまり南71(原文では70)度西の方向に向かって転倒し、その反対方向にはわずかに少数のみが倒れたことが分かった。

第1表の結果は付録図1のように図示すると明瞭になる。図中の各×点は1基の石灯籠がその位置によって示される方向に倒れたことを示し、もし1基以上の石灯籠が同じ方向に倒れた場合には、その数に相当する多数の×点を同一方向の半径上に記載している。但し、この図では円柱状の台柱を持つ石灯籠152基のみに限定している。

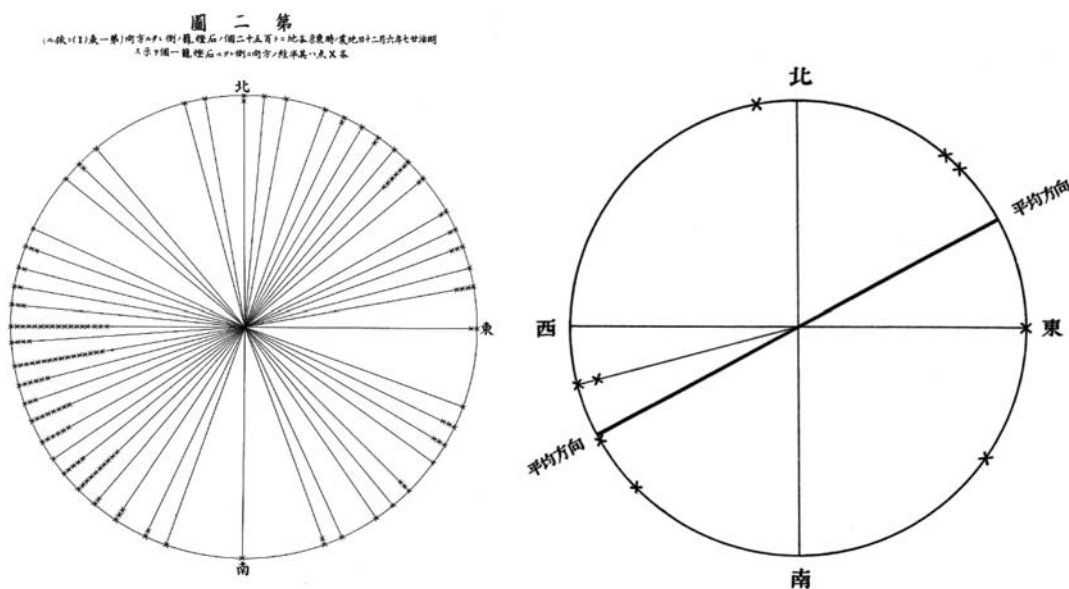
〔8〕煙突頭部の落下した方向 市内製造所煙突でこの  
激震によって破壊し、その頭部が地上に落下したもの 11

個は参照第 1 (本委員提出) 第 25 章に示してある。その 11 個のうち 1 つだけはその落下方向が不明であるが、ほかの 10 個について落下方向を平均するとおよそ東北東-西南西方向になり、つまりこの場合は煙突頭部の落下の方向が、石灯籠の転倒方向に近似していることが分かった。前章と同一の方法でこれら 10 個の煙突頭部の落下方向を第 3 図に示す。

〔9〕煉瓦の接合力の評価 市内（東京市）において震害を受けた数個の煉瓦造家屋及び煙突について、煉瓦の接合面での伸張抵抗力を評価した。その結果を第2表に示す。

以上の7箇所を平均すれば煉瓦の接合面での伸張抵抗力は、1平方インチあたり44ポンドとなる。この数字は、通常の煉瓦造家屋などの煉瓦接合力をおよそ示すものと見なすべきである。一方で、注意すべき事柄は、第2表での評価はむしろ諸々の煉瓦構造中の最良な部分を代表するものであり、接合力が弱いために自然に煉瓦同士が離れたもの、もしくは強弱試験器に取り付けたときに接合面から破壊したものに、その伸張抵抗力がほとんどゼロに近い分は含まれていない。そのためこれらの諸々の種類の構造全体についてみれば、その煉瓦の接合力は更に前述した平均数よりも一層弱いものとなることを記憶しないわけにはいかない。

明治32年5月10日書き記す



付録図 1. (a) 石灯籠 (円柱状の台柱) の転倒方向. 図中の各×点は 1 基の石灯籠がその位置によって示される方向に倒れたことを示す. (b) 10 個の煙突頭部の落下方向



付録 G. 一月十八日午後十時四十八分常陸地方の地震  
〔中央气象台（1895c）による〕の現代語訳。

Appendix G. Earthquake in the Hitachi district occurring at 22: 48,  
18, Jan., 1895 (from Central Meteorological Observatory, 1895c).

この地震は常陸地方より武蔵平原を震動させる地震の中で最大であり、その震動区域は非常に広大である。その総面積は 12800 方里でわが国の顕著な地震の中で稀に見る広震域である。特に最も強烈なのは霞ヶ浦近傍で家屋の倒壊や人・家畜の死傷がでた。これから水戸付近に至るに従って次第に被害も軽度になるが、なお煙突の崩壊、障壁の亀裂などの被害があり、実際の震力にはそれほどほどの差はないようである。さて、霞ヶ浦近傍の地は第四紀洪積層に属し、特に鹿島半島は全て土砂の累積した土地であるので、震動は割合に緩慢であるが振幅は大きく、粗末な造りの家屋に対する被害は反対に大きかった。その他一般の建築物に多少の被害が発生したのは、常陸全域と武蔵・下総の過半数から上野・下野・磐城の一部分で、その面積は約 1000 方里である。普通の強震部は、上総・下総・武蔵・相模・安房・伊豆・甲斐・上野・下野・磐城・岩城の全域、駿河東部（7 割）・信濃南東部（2 割）・越後南部（3 割）・陸前南部（3 割）・羽前南部（2 割）であり、その面積は約 4290 方里である。また、弱震部は、遠江・伊勢・飛騨の全域、駿河西部（3 割）・越中東部（6 割）・越後北西部（7 割）・羽前北部（8 割）・羽後南部（7 割）・陸前北部（7 割）・陸中南部（8 割）・陸奥南東部（6 割）であり、その面積は 4830 方里である。その他の微震部は、西は伯耆中部から讃岐・阿波を通る 1 線を境界としてこれ以东一帯の地域で、北は本州の全部と北海道南海岸の一部に及ぶ面積約 3680 方里である。

この地震は、昨（明治 27）年 6 月の明治東京地震に比べてなお一層強烈であった。局部的な被害はそれほど大きくないが、震災区域は非常に広域に及び、その中で特に利根川沿岸地方が最も強く、鹿島・新治・郡珂・行方郡内において家屋の倒壊、道路の破損などが少なくない。上野地方では従来地震が少なく、震災を被ることが稀であったが、今回の地震は同地方南東部に位置する各町村において天井の壁が落下あるいは煙突が大破したところ数十ヶ所に及ぶなど、この一帯は震力が強かった。これらの事実について考えると震源は深く、地表における被害の大小は主に地質の硬軟に基づくようである。実際に霞ヶ浦近傍において被害が多かったのに対し、川を隔

てた鉾子地方では少し震力が強かったが、わずかに仮葺屋根の瓦が落下し振り時計が停止した程度で留まり、家屋に著しい被害はなかった。これらの現象は全く異なる地質によるものであり、鉾子半島は第三紀層に属する硬砂質の岩石に覆われているため、震動は常に急激であるが被害は逆に少ない。また、震央部における震動の方向は主に南南東-北北西であった。東京及び宇都宮の両測候所において観測された最大震動の方向は、震央部における震動の方向を表示するかのようになり、烈震部の領域も同方向に向かって拡張した。元来、震動の方向は土地によって多少特有の方向があり、一般に地震の方向を表わさないが、地質構造がおよそ一様で十分震源に近い場合には、その場所の最大震動の方向は震源の方位と合致するものである。反対に、複雑な地質またはある特別の関係がある地方では、震動の方向が多少変向され震源に関わらず常に一定の方向を有することがある。例えば、海岸に接する場所や断崖に沿っている地方においては、震動が来る方向に関わらず、専ら海岸あるいは断崖に垂直な方向に動きやすく、この方向に亀裂が生じやすい。この原理は、ただ海岸や断崖に接した地方のみならず、新古紀両層が交錯する地方などにおいては、例えある一定の方向から震動が来ても、地面は正しくその方向に震動することができずに、周辺の関係から必ずしも震動しやすい方向へ偏向する。特に地層の走向は震動の方向を変え一因であるので、地形上の関係により震動の方向がまさしく常に一定になるところがある。震動の方向は場所によって多少卓越した方向を有するが、もしも震源が近傍にあり急激な烈震動を感じるような場合には、地面はその特有の方向に震動することができず、震動の来た方向に震動する。そのため、今回の場合も烈震部のうちにおける震動の方向は極めてよく一致している。

各府県における一般被害の概況は、水戸市内においては同日午前 9 時 10 分ごろやや強い地震があったが、その後は何の兆候もなく午後 10 時 50 分に突然大地震が発生した。その震動時間は約 5 分で多数の家屋・土蔵が損傷・崩壊し、安政年間（安政江戸地震、1855 年）以来の大地震であった。その被害表を以下に示す。

茨城県管内震災被害表（液類は石で表す）

|     | 圧死 |   | 負傷 |   | 破損した官公署及学校 | 全潰家屋 | 半潰家屋 | 破損家屋 | 全潰土蔵 | 半潰土蔵 | 破損土蔵 | 塀壊倒 | 煙突崩壊 | 酒の損害 | 醤油の損害 | 亀裂地 | 陥落地 | 橋梁落 |
|-----|----|---|----|---|------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|-----|-----|-----|
|     | 男  | 女 | 男  | 女 |            |      |      |      |      |      |      |     |      |      |       |     |     |     |
| 水戸市 | 1  | - | 4  | 6 | 6          | 4    | 2    | 29   | 5    | 1    | 55   | 8   | 5    | 104  | 10    | -   | -   | -   |
| 東茨城 | -  | - | -  | - | 4          | 6    | 1    | 140  | -    | -    | 32   | 10  | 3    | 36   | 1     | 4   | -   | -   |
| 西茨城 | -  | - | -  | - | 1          | -    | -    | 8    | -    | -    | 2    | -   | -    | -    | -     | -   | -   | -   |
| 那珂  | -  | - | 1  | 4 | 1          | 5    | 2    | 132  | -    | -    | 21   | 3   | 2    | 15   | 5     | 17  | -   | -   |
| 久慈  | -  | - | -  | - | -          | 1    | 4    | 62   | -    | 1    | 2    | 14  | 4    | 48   | -     | -   | -   | -   |
| 多賀  | -  | - | -  | - | -          | -    | 1    | 3    | -    | -    | 3    | 2   | -    | -    | -     | -   | 1   | -   |
| 鹿島  | 2  | 1 | 4  | 3 | 5          | 9    | 37   | 81   | -    | 3    | 6    | 1   | 1    | 3    | 1     | -   | -   | -   |
| 行方  | -  | - | 4  | 1 | 3          | 4    | 2    | 35   | -    | -    | 2    | 13  | -    | -    | -     | 7   | 1   | -   |
| 信太  | -  | - | -  | - | 1          | -    | -    | 1    | -    | -    | 8    | -   | -    | -    | -     | -   | -   | -   |
| 河内  | -  | - | -  | - | 5          | -    | 1    | 6    | -    | -    | 2    | 1   | -    | 2    | -     | 10  | 1   | 1   |
| 新治  | -  | - | 2  | 1 | 6          | 3    | 1    | 435  | -    | -    | 176  | 3   | 17   | 93   | 24    | -   | -   | -   |
| 筑波  | -  | - | -  | - | 1          | 1    | -    | 77   | -    | 2    | -    | 10  | -    | -    | -     | -   | -   | -   |
| 真壁  | -  | - | 2  | 1 | -          | -    | 1    | 25   | 1    | 2    | 2    | 5   | -    | 29   | 3     | -   | -   | -   |
| 結城  | -  | - | -  | - | -          | -    | -    | 5    | -    | -    | -    | -   | -    | 120  | -     | -   | -   | -   |
| 岡田  | -  | - | -  | - | 2          | 2    | 1    | 28   | -    | -    | 44   | -   | -    | 11   | -     | 4   | -   | -   |
| 豊田  | -  | - | -  | - | 2          | -    | -    | 79   | -    | -    | 2    | 5   | -    | -    | -     | 1   | -   | -   |
| 西葛飾 | -  | - | -  | - | -          | -    | -    | 2    | -    | -    | 1    | -   | -    | -    | -     | -   | -   | -   |
| 猿島  | -  | - | -  | - | 2          | 1    | -    | 7    | -    | -    | 10   | -   | -    | 2    | -     | 4   | -   | -   |
| 北相馬 | -  | - | 1  | - | 2          | 1    | -    | 35   | -    | -    | 7    | 1   | 1    | 3    | 2     | 2   | -   | 1   |
| 総数  | 4  |   | 34 |   | 41         | 37   | 53   | 1190 | 6    | 9    | 375  | 76  | 33   | 466  | 46    | 49  | 3   | 2   |

## 備考

那珂郡における亀裂 17 ヶ所のうち 1 つは那珂川沿岸で延長 5 町（約 545 m）余り、幅 5 寸（約 15 cm）余りの規模である。その他はすべて畑地で、長さ 6 間（約 10.9 m）～10 間（18.2 m）くらいで全て泥土を噴出した。多くの亀裂は東西方向である。

また、同郡前渡村大字前浜字渋田の溜池の長さ 5 間（約 9.1 m）、高さ 1 丈（約 3 m）ほどの堤防の中央 4 間（約 7.3 m）が崩壊し、その直下の民家に泥土が深さ 2 尺 4～5 寸（約 73～76 cm）くらい入り込み、家具や穀類が流出した。家族は裏口からかうじて丘に避難することができた。

多賀郡における家屋破損のうち、落石のため家屋の敷居が折れ雨戸が破れたものや、7 尺（約 2.1 m）ほど前方に押し出され倒壊したものがあつた。陥没地は幅 4 間（約 7.3 m）、深さ 3 尺（約 91 cm）余りで、また落石のために伝馬船 2 艘が大破した。

河内郡における亀裂はいずれも幅 3 寸～6 寸（約 9～18 cm）、長さ 3 間～10 間（約 5.5～18.2 m）、深さ 3 尺～4 尺（約 0.9～1.2 m）である。また、土砂を噴出した場所

は 28 ヶ所あっていずれも四方が 4 尺～6 尺（約 1.2～1.8 m）ほどの大きさである。橋梁の落下は里道に架設した土橋であり、現在のところ渡し舟で通行している。

岡田郡では亀裂が 4 ヶ所で発生し、その幅は 3 寸（約 9 cm）、長さは 4 間（約 7.3 m）くらいで少々噴水の様子が見られた。豊田郡の亀裂の 1 つは河岸の砂原地で北から南に向かって長さ 10 間（約 18.2 m）、幅 1 尺（約 30 cm）くらいである。また、鬼怒川の護岸工事現場で張石が陥没あるいは突出した所が数ヶ所ある。

西葛西郡では、渡良瀬川の堤防復旧工事現場で 2 ヶ所埋没があり、そのうち 1 つは幅 10 間（約 18.2 m）、長さ 20 間（約 36.4 m）、深さ 1 丈（約 3 m）くらいで、もう 1 つは幅 16 間（約 29.1 m）、長さ 50 間（約 91 m）、深さは 6 尺（約 1.8 m）くらいである。猿島郡における亀裂 4 ヶ所はすべて堤防であり、そのうち 1 ヶ所は境町元六本樋の新堤防「ノリ」から西斜めに走り、長さ 130 間（約 237 m）くらい、幅は広い所で 3 尺（約 91 cm）狭い所で 5 寸（約 15 cm）くらいであり、所々に直径 2 尺（約 61 cm）、深さ 2 尺 5 寸（約 67 cm）くらいの穴を生じ、水及び砂などを噴き出す様子が見られた。北相馬郡においては鬼怒

川沿岸の砂地において亀裂が発生し、利根川に架かる鉄道工用の仮橋が落下した。

なお、本表に記載の外洋酒店・薬局・紺屋などに多少の損害があった。各所における墓碑の転倒は数え切れないほどである。

下野国宇都宮地方においては午後 10 時 48 分 54 秒に発震し、17 秒後に少し顕著な水平動が、32 秒後に最大水平動が観測された。北北西-南南東の方向に 2.1 秒間につき 22.9mm の振幅を示し、5 分間で静止した。また、上下動は初動から 20 秒後に最大に達し、1.3 秒間につき 11.2mm の振幅が観測された。芳賀郡真岡町では昨（明治 27）年 6 月 20 日の明治東京地震に比べてなお一層強く、安政年間以後の強震動であった。余震回数が多く、本震発生後 2 日間に微震 24 回と鳴動 3 回を観測した。家屋は全壊 1 棟、半壊 3 棟で破損がひどく、土蔵は新旧の区別なく過半で腰瓦または壁が脱落し、建具類の転倒したものが多い。障子・雨戸は外れ、また振り時計はその大半が停止したが、中には停止後に再び動き始めたものもある。地震発生直後に数ヶ所の井戸を調査したが、異常は認められなかったという。陶器店において多くの商品が棚から落下・損傷し、そのために 1 名負傷した。石碑・石塔なども多くが転倒したが、その方向は場所により様々で一定していない。また、足柄郡足柄町において震動は上下動から始まり、次第に水平動となって北東-南西の方向に 4 分間にわたって強震動が継続した。特に郡の南西部が最も激烈であり、倉庫 2 ヶ所が大破、4 ヶ所が小破であり、近傍の家屋では大半で雨戸が外れ、棚上の物品が落下するなどの多少の被害が発生した。道路における亀裂は大きいもので延長 6 間（約 10.9m）余りに及び、振り時計の過半は停止し、安政年間の地震よりもなお一層強かったという。引き続いて 6 回の余震が発生した。また、下都賀郡鹿沼・塩谷郡矢板辺りにおいても近年稀な強震で牆・壁の亀裂や欠損したものが多く、引き続いて数回の余震があった。

銚子測候所では、午後 10 時 47 分少し急な震動から始まり直ぐに強烈な震動となって、26 秒後に南北成分の指針は 0.9 秒間につき 51mm の大振幅を観測した。また、上下動は発震後 18 秒で最大に達し、0.5 秒間につき 1.0 mm の振幅を観測した。同所においては西向きの振り時計が多く停止し、仮葺屋根の瓦や石が落下した所がある。東葛飾郡松戸町では土蔵の壁の落下や亀裂、戸・障子のゆがみ、ガラス窓の破損などの被害が各所に発生し、昨年 6 月 20 日の強震に比べて一層強かった。また、北相馬郡取手町では午後 10 時 50 分ごろ上下・水平動が同時に起こり、土蔵の壁が落下し 1 棟の家屋が半壊し、

近年稀な強震であった。これ以降引き続いて 14 回の微弱な余震が発生した。香取郡佐原町においても震動が特に強く、烈震動が 2 分間にわたり人家 1 棟が倒壊した。その他、底の落下、土蔵の大破が数十棟に及び、障壁の亀裂や欠損したものに至っては無数であった。特に利根川沿岸では堤防や田野などの一帯に小亀裂が生じ、その中の数ヶ所では裂口から土砂が噴出した。豊田郡宗道寺村は上下動が特に強く、引き続いて 3 回の微震が発生した。震動の際には常に 5~6 秒の鳴動があり、所々で牆・壁の崩壊や、敷居の落下などの被害が発生した。鬼怒川では地震の際に異常な波浪を生じ、堤防や石張などは凹落してその場所から土砂が噴出した。また、安房国北条町では午後 10 時 50 分に強烈な水平動から始まり、西または北向きの時計は大半が停止した。当該地方では、昨年 6 月 20 日の強震に比べて震度は若干弱かったが、震動時間はこれよりもなお一層長くおよそ 5 分程度に及んだ。

中央气象台の験測によれば、午後 10 時 48 分 24.5 秒にやや急激な震動から始まり、最大水平動は南南東-北北西の方向に 0.9 秒間につき 41 mm、最大上下動は 0.7 秒間につき 11 mm の振幅を観測した（東京地震記事参照）。東京市内では古い家屋・土蔵などが小破損し、人や家畜にも死傷者が生じた。その被害表は以下のようである。

表中の即死者は避難の際に煉瓦塀が頭上に崩落したためで、その他の負傷者もだいたい避難の際に誤って負傷したものである。また、建物の全壊・半壊はともにおよそ土蔵の壁または煉瓦造の煙突などの崩落によって損傷したもので、破損は瓦や壁の崩落・亀裂などでどれも軽微なものが多かった。橋梁の破損は吾妻橋で筋違の釣金具が脱落して垂れ下がったに過ぎなかった。また、地盤の亀裂は極めて少なく、本所区内における凹落は、昨年 6 月の強震の際に凹落して砂や水の噴出した箇所を埋め立てた場所で、深さ 4 寸（約 12cm）、広さ 4 坪（約 13.2 m<sup>2</sup>）ほどである。

神奈川県横浜では午後 10 時 48 分に発震し、その性質は大変急激であったが、主に水平動で震動時間は約 4~5 分間であった。同市における被害は、粗末な造りの煉瓦または石造の家屋、あるいは土蔵・煙突・石塀などの小破損に留まり、昨年 6 月の強震に比べれば被害ははるかに少ない。つまり、煉瓦家屋の破損は 64 棟、土蔵の破損 19 棟、木造家屋の破損 29 棟でその他は煙突・電話・電線などの破損がそれぞれ 4, 5 ヶ所あった。ただ陶器店などにおける商品の損傷は少なくなく、避難の際に屋上の瓦や石が落下したために死傷した者が 4 人いた。

観音崎灯台では南北の方向において上下・水平両方向

東京市震災被害表

|     | 死 | 傷  |    | 全潰     |             | 半潰     |             | 破損     |             | 塙<br>破<br>損 | 電<br>柱<br>転<br>倒 | 石<br>垣<br>崩<br>壊 | 用<br>悪<br>水<br>路<br>溜<br>池<br>堰<br>溝<br>渠<br>等<br>破<br>損 | 橋<br>梁<br>破<br>損 | 地盤     |        | 煙突     |        |
|-----|---|----|----|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|-------------|------------------|------------------|----------------------------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
|     | 女 | 男  | 女  | 住<br>家 | 不<br>住<br>家 | 住<br>家 | 不<br>住<br>家 | 住<br>家 | 不<br>住<br>家 |             |                  |                  |                                                          |                  | 亀<br>裂 | 凹<br>落 | 全<br>損 | 破<br>損 |
| 麹町  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | 12     | 13          | 1           | -                | -                | -                                                        | -                | 2      | -      | -      | 1      |
| 神田  | 1 | 4  | 2  | -      | -           | -      | -           | 59     | 70          | 3           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | 3      |
| 日本橋 | - | -  | 1  | -      | -           | 1      | 2           | 53     | 95          | 4           | 2                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 京橋  | - | -  | -  | -      | -           | -      | 1           | 57     | 4           | 4           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 芝   | - | -  | 1  | -      | -           | 2      | -           | 62     | 48          | 3           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 麻布  | - | 1  | 2  | -      | -           | 1      | 1           | 23     | 31          | 7           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 赤坂  | - | 1  | 2  | -      | -           | -      | -           | 77     | 67          | 3           | -                | 5                | -                                                        | -                | 1      | -      | -      | -      |
| 四谷  | - | -  | -  | 1      | -           | -      | -           | 1      | 12          | -           | -                | -                | 4                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 牛込  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | 5      | 2           | 7           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | 1      |
| 小石川 | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | 11     | 8           | -           | -                | 3                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 本郷  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | 16     | 19          | 2           | -                | 1                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 下谷  | - | -  | 1  | -      | -           | -      | -           | 88     | 38          | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | 2      | 3      |
| 浅草  | - | 1  | 1  | -      | -           | -      | -           | 34     | 42          | 3           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | 3      |
| 本所  | - | 1  | 1  | -      | -           | -      | 1           | 41     | 71          | 3           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | 1      | -      | 27     |
| 深川  | - | -  | -  | -      | 1           | -      | -           | 18     | 59          | 3           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | 2      |
| 水上  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | 1      | -           | -           | -                | -                | -                                                        | 1                | -      | -      | -      | -      |
| 品川  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | -      | -           | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 新宿  | - | 1  | -  | -      | -           | -      | -           | -      | 20          | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | 1      | 1      |
| 板橋  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | 2      | 8           | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | 3      | 5      |
| 千住  | - | 3  | 8  | 1      | 3           | 1      | 1           | 55     | 44          | 2           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | 9      | 9      |
| 小松川 | - | -  | -  | 2      | -           | -      | -           | -      | -           | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | 4      |
| 八王子 | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | -      | -           | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 府中  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | -      | 26          | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 青梅  | - | -  | -  | -      | -           | -      | -           | -      | -           | -           | -                | -                | -                                                        | -                | -      | -      | -      | -      |
| 合計  | 1 | 12 | 19 | 4      | 4           | 5      | 6           | 615    | 677         | 45          | 2                | 9                | 4                                                        | 1                | 3      | 1      | 15     | 68     |



の振動を同時に併発し、特に強烈な震動が5分間継続した。灯台内で点灯中の火舎（火入れ）および滴油受け操揚げ釦などが揺り落ち、休憩所室内の壁および各部のセメント塗り胴壁の蛇腹部分に10数ヶ所の亀裂が生じた。その最大のものは6尺（約1.8m）余りで小さいものでも1尺（約30cm）以上であった。劔崎灯台では少し緩慢な水平動から始まり、最初は南北動であったが直ぐに上下動となって点灯用の火舎が7個破損し、また屋根瓦・壁などの損傷が著しく、振子時計は全て停止した。震動時間は3分30秒で次第に静止した。

埼玉県管内においては北足立・南埼玉両郡が最も震動が強く、特に浦和・岩槻辺りにおいて被害が大きく、家屋・土蔵などの破損、道路の亀裂、煙突の崩壊などの被害については、昨年6月の強震と比べてもなお一層大きかった。しかし、その多くは局部的な損害に留まり、家屋の倒壊は発生しなかった。その被害は以下であった。

表中の土地の亀裂は、長さ3町（約327m）以内、幅5尺（約1.5m）、深さ4尺（約1.2m）ほどであり、多くのものは泥砂を噴出した。また、耕地の陥没は5間（約9.1m）四方であり、およそ1尺（約30cm）余り陥没した。ともに堤防の外で湿潤な土地である。

南埼玉郡黒浜村字黒浜では荒川堤防240間（約437m）のうち、小亀裂の生じた場所が数十ヶ所あり、近傍の耕地は一帯に亀裂が生じ土砂を噴出した。井戸水も多くは濁って使用できなくなった。

上野国佐位郡では最初から強い水平動で始まり、北西-南東方向に向かって3分間震動した。倒壊した家屋はなかったが、底や壁の破損したものは少なくない。石碑・石灯籠の転倒、藍瓶・水瓶などで液の溢れ出たものが多いが、いずれも方向は一定でない。邑楽郡館林辺りでは、

20年来今まで一度もなかった強震であり、棚上の器物が落下し、障壁に亀裂が生じるなど家々で多少の被害が生じた。

福島測候所では午後10時48分急激な震動で始まり、18秒後に南西-北東方向に向かって最大水平動19.7mmを観測した。その後、直ぐに震動は一旦弱くなったが再度強震動があり、室内に設置された器械が著しく揺れ動いた。その後次第に緩慢・微弱となって3分46秒後に静止した。南会津郡猪苗代町でも珍しい強震であり、棚上の器物があちこちで落下し、家屋においても多少ゆがみが生じ、戸障子の開閉が大変不自由になった。また、道路においては所々に小亀裂が生じ、中には青砂を噴出した所もあったがおおむね軽微である。その方向はいずれも南北で延長4~5尺（約1.2~1.5m）に過ぎない。

長野測候所では午後10時48分20秒に少し緩慢な震動で始まり、水平動は発震後1分5秒後に最大に達し、北東-南西方向に2.5秒間につき21mmの振幅を観測した。その後、1分25秒間は少し大きな振幅が持続したが、次第に微弱となって5分13秒後に遂に静止した。また上下動は最初、非常に緩慢であったが26秒後に少し急激になって28秒後に0.5秒間につき3.0mmの最大振幅を観測した。これ以降、再び緩慢・微弱となって次第に静止した。南佐久郡臼田町では地震前に西方から大風が襲来するような鳴動があって、直ぐに震動は感じなかった。最初は非常に緩慢でほとんど人体には感じられなかったが、次第に強震動となって東・西に面した振子時計は大半が運動を停止した。

名古屋測候所では午後10時48分35秒に非常に緩慢な水平微動から始まり、1分1秒後に北東-南西方向に向かって1.3秒間につき18.1mmの最大振幅を観測した。また、上下動は発震後1分13秒に0.9秒間につき1.0mm

埼玉県管内震災被害表

| 郡名  | 神社仏<br>閣破損 | 家屋<br>破損 | 土蔵<br>破損 | 官庁<br>破損 | 工場<br>破損 | 障壁<br>破損 | 土地<br>亀裂 | 煙突<br>破損 | 陥落または<br>凸凹 | 井底<br>噴砂 |
|-----|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| 北足立 | 10         | 100      | 54       | 5        | 2        | 10       | 48       | 4        | -           | -        |
| 南埼玉 | 2          | 95       | 26       | 2        | -        | 7        | 31       | 1        | -           | 5        |
| 北埼玉 | -          | -        | -        | -        | -        | -        | 14       | -        | 2           | -        |
| 入間  | -          | 5        | 4        | -        | -        | -        | -        | -        | -           | -        |
| 大里  | -          | 5        | -        | -        | -        | -        | 1        | -        | -           | 5        |
| 北葛飾 | -          | 1        | 1        | 1        | -        | -        | 35       | 1        | 1           | -        |
| 中葛飾 | -          | 4        | 4        | -        | -        | -        | 5        | -        | -           | -        |
| 計   | 12         | 210      | 89       | 8        | 2        | 17       | 134      | 6        | 3           | 10       |

の最大振幅を観測し、震動時間 4 分 18 秒で遂に静止した。このように、この地方においては振幅が大きかったが、その周期が長かったために人体が受けた感覚は弱く、ただ振り時計が運動を停止したに過ぎなかった。

岐阜測候所では午後 10 時 49 分 58 秒に発震し、最初に鳴動はなく中頃に至って少し風の音のような鳴動が発生したが、震動は終始緩慢であり、発震後 50 秒間ごく微小の震動が継続した。これから 5 秒間ほど少し強く、55 秒時に南東-北西方向に向かって 0.6 秒間につき 6.5 mm の最大水平動、同じく 1.2 mm の上下動を観測した。その後、なお 15~16 秒間は震動がやや顕著であったが、次第に微弱となって静止した。その震動時間は 6 分 57 秒で近頃では長い震動であった。

彦根測候所では発震後 28 秒から次第に顕著となって 41 秒において上下動が加わり、これと同時に南東-北西方向に向かって 1.1 秒間につき 7.1 mm の最大水平動を観測した。上下動はこれから 4 秒後に 0.9 秒間につき 2.7 mm の最大上下動を観測した。その後、なお 3~4 mm の振幅の震動が 20~30 秒間程度継続したが、次第に微弱となって静止した。その震動の性質は非常に緩慢で、ほとんど人体には感じられなかった。また、境（現、境港）では、発震後 76 秒で 1.2 秒間につき 12.3 mm の最大東西動を観測した。その後、震動は直ぐに微弱となったが、26 秒後に南北動が少し大きくまた急激となり、これから数秒後に再び緩慢となって 2 分 13 秒後に遂に静止した。

## 付録 H. 明治二十八年一月十八日の強震〔地学雑誌（1895）による〕の現代語訳。

### Appendix H. Strong earthquake occurring on 18, Jan., 1895 (from Journal of Geography, 1895).

昨年 6 月 20 日の烈震（1894 年 6 月 20 日明治東京地震）が発生して以来、東京では時々弱震や微震などが発生し、人心が色々と穏やかでなかったが、本月（1 月）18 日に人々が就寝する時間帯に、かなりの地震によって揺り起こされて屋外に飛び出した人が多かった。場所によっては土蔵の鉢巻が落下し、瓦が滑り落ち、けが人が少し出たことが警察の報告に見られる。今回の地震は、昨年 6 月の明治東京地震に比べれば少し劣るけれども、震動区域が広範であること、震動継続時間が長かったことなどは、非常に注目すべき点である。中央気象台の観測は

左（以下）のとおりであった。

発震時 明治 28 年 1 月 18 日午後 10 時 48 分 24 秒

震動の時間 4 分 4 秒

震動の方向 南南東-北北西

最大水平動 0.9 秒間につき 41 mm（曲尺で 1 寸 3 分 5 厘強）

最大上下動 0.7 秒間につき 11 mm（曲尺で 3 分 6 厘強）

性質 急

記事 一