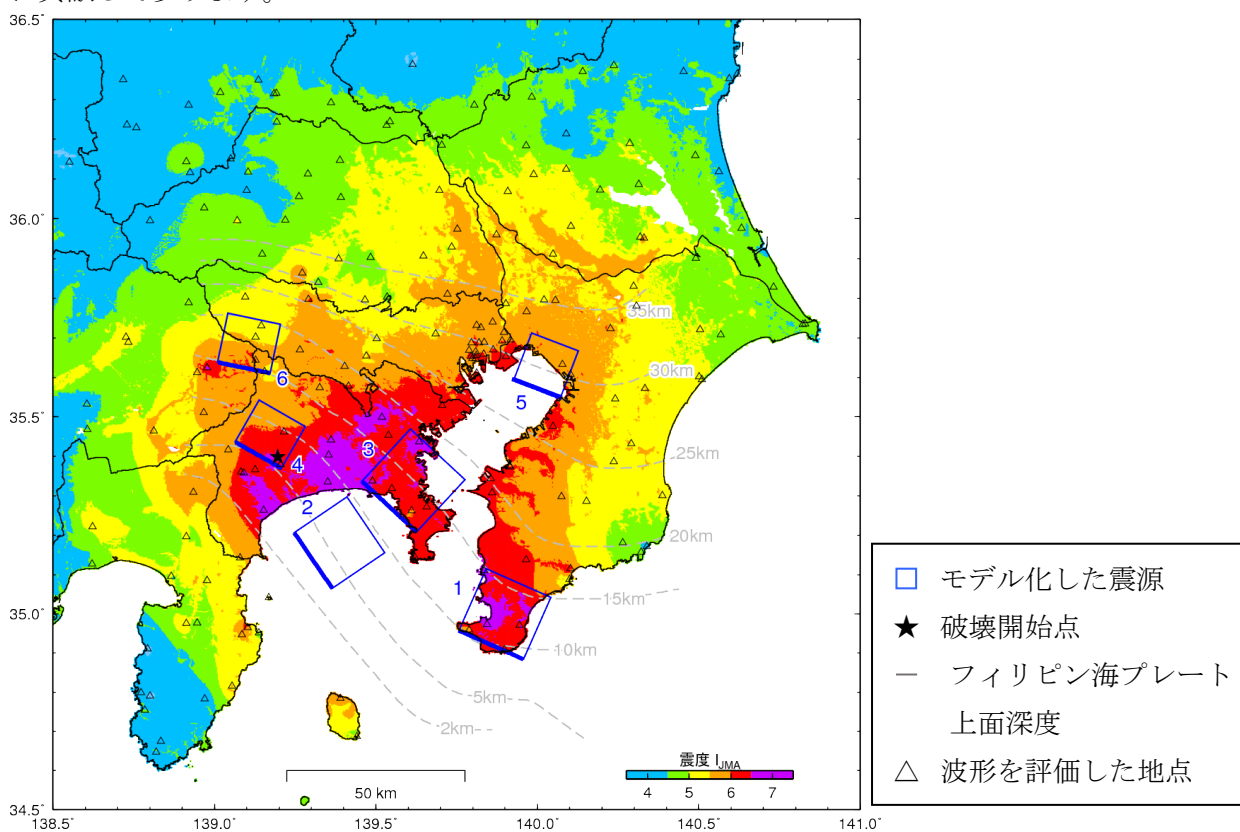


世界初！関東大震災の詳細な震度分布と 同様の地震が現在発生したときの震度曝露人口を推定

株式会社小堀鐸二研究所（本社：東京都港区、代表取締役社長：中島正愛）は、震度分布から震源を物理的にモデル化する手法を開発しました。このたび、本手法を用いて1923年関東地震（関東大震災）が発生した1923年当時の被害から推定される比較的粗い震度分布をもとに震源を詳細にモデル化、それを使い250mメッシュというこれまでにない詳細な区分で、首都圏の震度分布を推定しました。さらに、この震度分布と人口集計値を組み合わせることで、同様の地震が現在発生したとき、東京23区内で大きい揺れに曝される人口（震度曝露人口）は震度6弱以上が約800万人、震度6強以上が約80万人となることを推定しました。これらはいずれも世界で初めての推定となり、この成果の一部は海外の権威ある学術誌 *Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA)* に掲載されました。

当社は、上記の評価結果が首都圏の地震防災対策の充実や安心安全なまちづくりに寄与することを願うとともに、今後も国内外で発生した地震に関する研究をより一層推進することで、日本の国土強靱化に貢献して参ります。



問い合わせ先

企業名 株式会社小堀鐸二研究所

代表メール info@kobori-takken.co.jp

<概要>

1923 年関東地震（関東大震災）は再来が懸念されている地震の一つです。巨大地震は、同じ場所で繰り返し発生することが知られており、1923 年当時の震度分布を調べることで、同様の地震が将来発生したときの震度を推定できます。1923 年当時の揺れについては、被害調査に基づいた震度分布の推定が既に行われています。ただし、被害調査に基づいているため、当時の市町村ごとの比較的粗い震度分布でした。

一方、揺れの推定方法として、震源や地盤をモデル化し、これに基づいて地震波形や震度などを推定する方法があります。この方法を用いれば、地盤情報のある地点であれば、どこでも揺れを推定することができます。まず、地盤については、国立研究開発法人防災科学技術研究所から約 250 m メッシュの情報が公開されています。これによって、1923 年当時の市町村よりも細かい区分で揺れを推定できるようになりました。

次に、震源のモデル化については、例えば 2011 年東北地方太平洋沖地震では、日本国内の数多くの地震計で時刻歴波形が観測され、それらを使って詳細な震源のモデル化を行うことができました。これに対し、1923 年関東地震は、観測された時刻歴波形がわずかであり、かつ短周期成分（細かい揺れ）を記録する地震計も当時は存在しませんでした。そのため、詳細な震源のモデル化が課題でした。こうした中、震度分布から震源を物理的にモデル化する手法を当社が新たに開発し、1923 年関東地震に初めて適用しました。これによって、これまで推定できなかった震源を詳細にモデル化することができました。

以上の地盤情報と震源モデルにより、これまでにない詳細な 250 m メッシュでの震度を推定できました。

また、250 m のような詳細な区分での震度推定ができなかったことから、1923 年関東地震と同様の地震が現代に発生した場合の被災者数も不明でした。これに対し、今回は 2020 年国勢調査による 250 m メッシュの人口の集計値を、上述の震度分布と組み合わせることによって、現代の都心部で大きい震度に曝される人口（震度曝露人口）を初めて推定することができました。

上記、いずれの推定も世界で初の成果となります。

当社としましては、以上の評価結果が、首都圏の地震防災対策の充実や安心安全なまちづくりに役立つものとなることを願うとともに、今後も国内外で発生した地震についての研究をより一層推進することにより、耐震技術の更なる発展と社会実装の実現を目指して参ります。

<評価結果1：首都圏全体の震度分布>

1923年関東地震をモデル化した震源と250 mメッシュの詳細震度分布を図-2に示します。6個の青い四角が市町村ごとの震度分布を用いてモデル化した震源（強震動生成域）です。これらの強震動生成域は、灰色破線で示したフィリピン海プレート上面に位置しています。

まず、図に三角で示す国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）の観測点位置で1923年関東地震の波形をシミュレーションしました。これらの地点では、観測記録に基づいた地盤増幅が既に評価されており、より精度の高い波形と震度の推定が可能です。

次に、上述のシミュレーション結果を用い、さらに国立研究開発法人防災科学技術研究所による約250 mメッシュの地盤情報と組み合わせることで、250mメッシュの詳細震度分布を推定しました。

シミュレーション結果は、震度階級が6強～7（赤色と紫色）の地域が神奈川県南部や千葉県南部に広く分布しており、東京湾岸にも6強（赤色）の地域が見られます。6弱（橙色）の地域は東京都東部、千葉県西部、埼玉県東部、神奈川県北部、山梨県東部、静岡県東部など広範囲に分布しています。

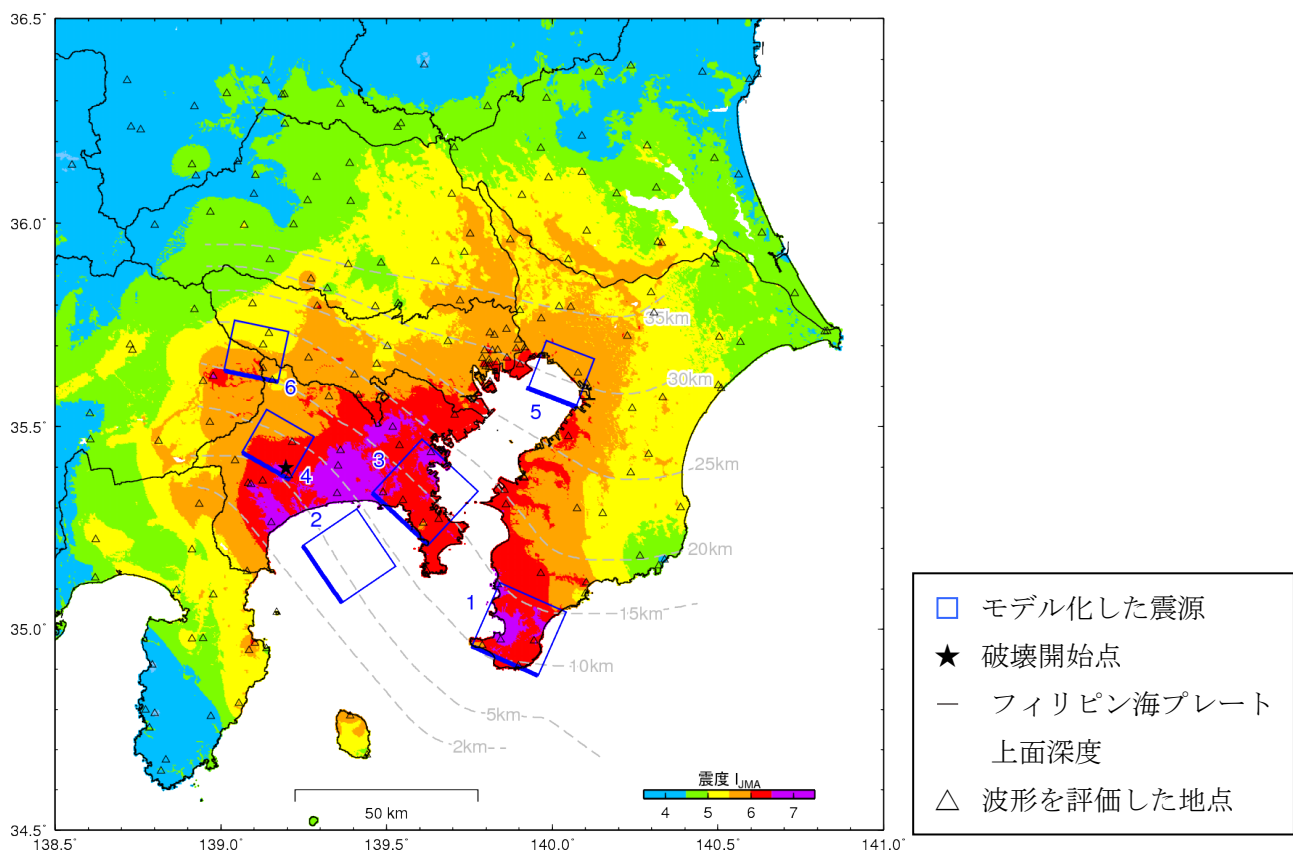


図-2 1923年関東地震をモデル化した震源と250 mメッシュの詳細震度分布

<評価結果 2：東京23区の震度分布>

東京23区の詳細震度分布を図-3に示します。揺れの大きさは地盤の影響を強く受けます。

王子や浅草付近を境に急激に震度が変化しており、東側で大きく西側で小さい傾向がみられます。東側は後背湿地や三角州、海岸低地などの一般的に地盤が軟弱な地域、西側は火山灰台地であり東側と比べて硬質な地盤に分類されます。蒲田などの多摩川沿いは後背湿地や三角州、海岸低地の地域であり、東京23区内で比較的震度が大きい傾向にあります。

震源を詳細にモデル化できたことにより、任意地点の震度のシミュレーションが可能となりました。その利点の一つとして、1923年当時は陸地のなかった大正時代以降の埋め立て地の震度も推定できることが挙げられます。図-3の白線が1920年の海岸線であり、それより海側は埋立地です。同図より、大正以降の埋立地はその近辺の埋立地以外の地域よりも揺れが大きく、計測震度6.0（6強）以上の地域が多いことが分かります。

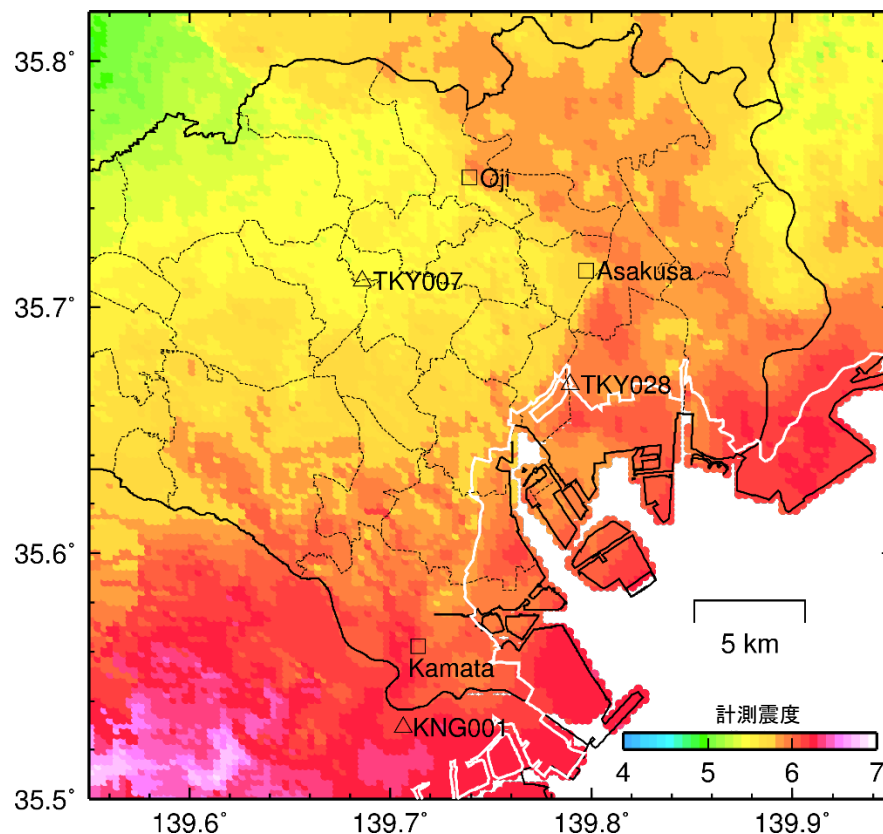


図-3 東京23区の詳細震度分布（図-2の東京付近を拡大した図）

白線：1920年（大正時代）の海岸線

＜評価結果 3：東京23区と神奈川県横浜市の震度曝露人口＞

東京23区と神奈川県横浜市を含む都市部の震度曝露人口の分布を図-4に示します。(a)は震度6弱以上の場合、(b)は震度6強以上の場合です。この図は、図-3の震度分布に、2020年国勢調査の人口データを組み合わせて作成しました。

図-5に、東京23区と神奈川県横浜市の震度6弱以上の震度曝露人口の集計値を示します。なお、曝露人口は国勢調査に基づきますので、発生時刻等は関係なく、在宅時の人口です。

- ・東京23区：震度6弱以上の場合(図-4(a))、北西部を除くほぼ全ての地域が含まれ、250 mメッシュに1000人以上となる人口密集地域が多く、曝露人口は約800万人となります(図-5(c))。これは東京23区全体の人口約970万人の約80%に相当します。震度6強以上の場合(図-4(b))は、大田区・江戸川区・江東区などのごく限られた一部の地域となり、曝露人口は約80万人となります。
- ・横浜市：東京23区よりも人口密度は低いですが、ほぼ全域で震度6弱以上と震度6強以上の曝露人口はほぼ同じ約350万人となります(図-5(c))。横浜市は震度7の地域の割合も比較的高く、震度7の曝露人口は約90万人であり、横浜市の中でも緑区・中区・南区は10万人を超えています(図-5(b))。

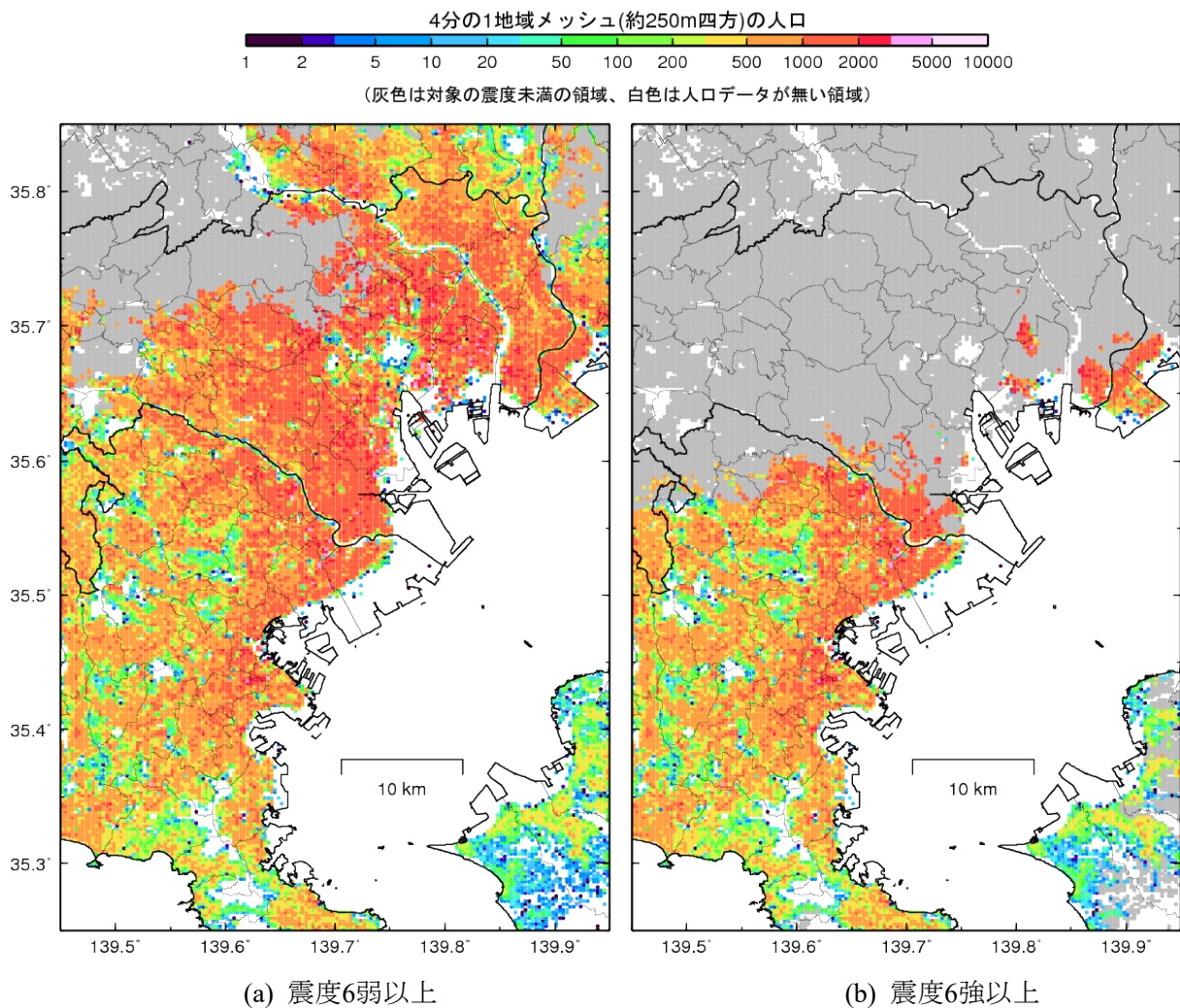
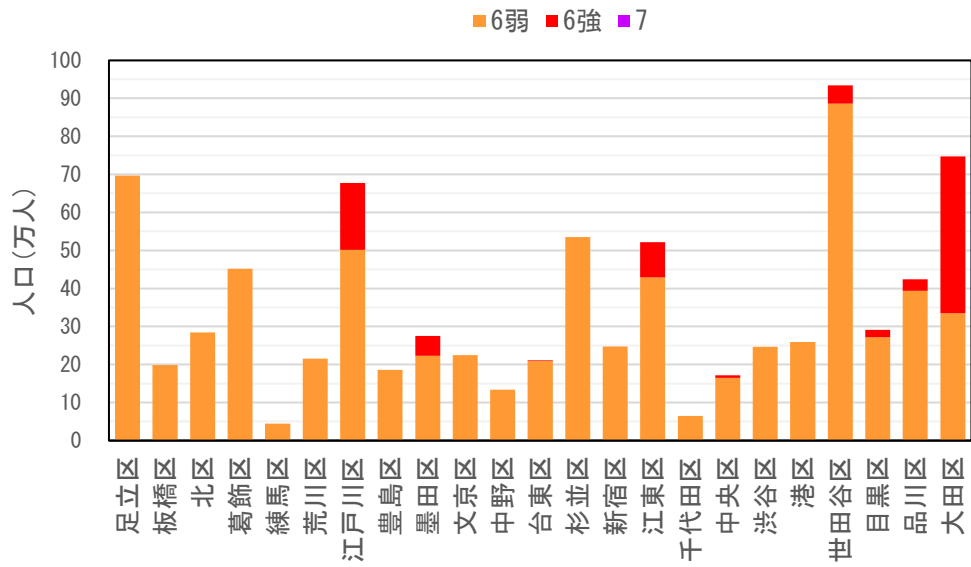
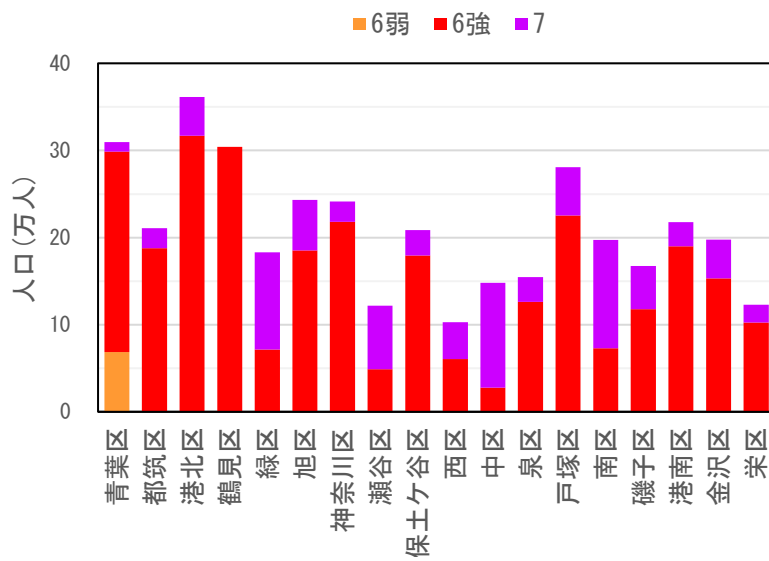


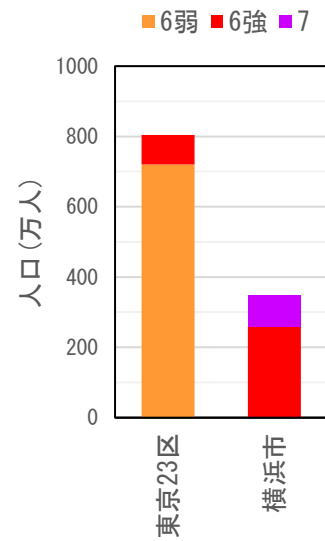
図-4 都市部（東京23区と神奈川県横浜市周辺）の250 mメッシュの震度曝露人口の分布



(a) 東京23区の各区



(b) 神奈川県横浜市の各区



(c) 両都市の全域

図-5 東京23区と神奈川県横浜市の震度6弱以上の震度曝露人口

<評価結果 4：2011年東北地方太平洋沖地震との比較>

首都圏でも揺れの大きかった2011年東北地方太平洋沖地震の都心部での震度を、1923年関東地震のシミュレーション結果と比較して表-1に示しました。東北地方太平洋沖地震に比べて関東地震の計測震度は、K-NET*新宿で0.6、K-NET越中島で0.8、K-NET川崎で1.0大きくなりました。（3地点の位置は図-3に記載しています。）

最も計測震度の差が大きいK-NET川崎をみると、気象庁によれば東北地方太平洋沖地震の震度5強は「物につかまらなないと歩くことが難しい」、関東地震の震度6強は「はわないと動くことができない」とされています。1923年関東地震による都心部における揺れの大きさが推察されます。

* K-NET は、国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網の一つです。

表-1 都心部における 1923 年関東地震のシミュレーション結果と
2011 年東北地方太平洋沖地震の観測記録の震度の比較

	K-NET 新宿 (TKY007)	K-NET 越中島 (TKY028)	K-NET 川崎 (KNG001)
1923 年関東地震 シミュレーション	5.4 (震度 5 強)	5.9 (震度 6 弱)	6.1 (震度 6 強)
2011 年東北地方太平洋沖地震 観測記録	4.8 (震度 5 弱)	5.1 (震度 5 強)	5.1 (震度 5 強)