

研究種目：基盤研究 (C)  
研究期間：2006～2008  
課題番号：18510154  
研究課題名 (和文) 1923 年関東地震の大規模余震群による本郷での観測記録のアーカイブ化と地震動評価  
研究課題名 (英文) Archiving seismograms of aftershocks of the 1923 Kanto earthquake recorded at Hongo, Tokyo, Japan  
研究代表者  
片岡 俊一 (KATAOKA SHUNICHI)  
弘前大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号： 60333712

## 研究成果の概要：

1923 年関東地震の余震のうち連携研究者が所属する機関で保有している 13 個の余震記録を整理し、地動を推定した。ついで、大規模な余震の一つである 1924 年 1 月 15 日に発生した丹沢を震源とする地震の震源モデルを復元地動を参考に求めた。さらに、この震源モデルから首都圏各地の広帯域の地震動を予測した。その大きさは現行設計レベルよりも概ね小さいものであることが分かった。また、数値実験により今村式 2 倍強震計の飽和記録の復元の精度を確認した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	600,000	0	600,000
2007 年度	800,000	240,000	1,040,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	390,000	2,290,000

研究分野： 複合新領域

科研費の分科・細目： 社会・安全システム科学

キーワード： 地震動, 地震計

## 1. 研究開始当初の背景

首都圏を含む南関東において今後 30 年間にマグニチュード 7 クラス (以下, M7 クラス) の地震が発生する確率は 70% 程度と高い。M7 クラスの地震が起きれば、首都圏では甚大な被害が発生する可能性がある。被害を低減するためには、M7 クラスの地震による地震動を推定する必要がある。そのためには、その地域で過去に起きた同規模の地震による地震動を評価することは大変有益である。

このような地震として、1923 年関東地震の余震群がある。これら余震群は東京本郷において複数の地震計で不完全ながら観測され

ており、本研究課題のメンバーはこの記録を使って地震動評価を行ってきた。

また、東海地震や東南海地震、南海地震などのマグニチュード 8 クラスの地震の発生確率も高い。このような M8 クラスの地震では、余震の規模も M7 程度となり、余震自体による被害も考えられる。この問題に対しても、関東地震の余震を研究する必要性は認識されていた。

## 2. 研究の目的

本研究では、連携研究者が保有している、

東京本郷において観測された 1923 年関東地震の余震記録から長周期地震動（概ね周期 1 秒から 15 秒程度の範囲）を推定する。ただし、当時の地震計は、その諸定数が不明確のものがある。また、記録の一部が飽和しているなどの記録としての問題点もある。そこで、推定した地震動を既往の地震動記録や理論計算結果と比較することでその推定結果の妥当性を示し、その結果とともに一般に公開する。

その際に行う理論計算では、関東平野の地盤構造を 3 次元的にモデル化し、断層震源はアスペリティを含むモデルを用いることから、本郷における地震動だけではなく関東平野一円の地震動を評価できる。この結果を用いて、超高層建築、免震建築、大型タンクなどの長周期構造物の応答を評価し、余震の地震動の強さを把握する。これを通して、首都圏における M7 クラスの地震による地震動を考える。

### 3. 研究の方法

まず、地震記録から各種処理を行い、最後に地震計の特性を補正して地動を推定する。ついで、推定した地震動同士の比較、あるいは既往の地震動記録や理論計算結果と比較することで、その推定結果の妥当性を示す。最終的には、比較結果とともに地震動記録、推定地動を一般に公開する。

### 4. 研究成果

#### (1) 余震記録の整理

当初予定していた 13 個の余震記録および地震計の特性を補正した地動を整理した。この作業に関する報告は連携研究者の所属機関に非公開資料として保存されていたので、公開できるように内容を整えた。

さらに、成果(2)で示す、丹沢地震を観測した 3 つの地震計、今村式 2 倍強震計、教室強震計、Ewing 型強震計の記録を比較した。その結果、3 つの地震計にはそれぞれ欠点があるものの、適切な処理を行えば 3 者の記録は良く対応することが分かった。

表-1 本研究で整理した地震

月日、時分	震源域	M
09/01 12:39	三浦半島沿岸	6.6
09/01 12:48	東京湾	7.0
09/01 14:23	神奈川県西部	6.7
09/01 16:38	山梨県東部	6.8
09/02 11:46	房総半島沖	7.3
09/02 18:27	房総半島沖	7.1
09/02 22:09	神奈川県西部	6.5
09/08 18:09	神奈川県西部	5.9

09/26 17:24	伊豆大島近海	6.7
10/04 00:54	神奈川県西部	6.4
10/05 11:23	神奈川県西部	6.1
11/23 11:32	神奈川県東部	6.2
01/15 05:50	神奈川県西部 (丹沢)	7.3

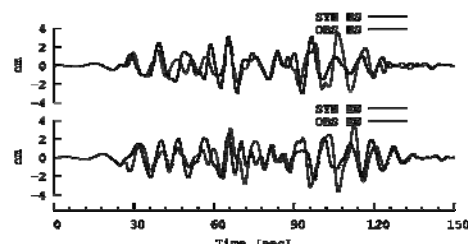
#### (2) 丹沢地震による地震動の推定

1923 年関東地震の余震群のなかで、知見の蓄積が最もある 1924 年 1 月 15 日に起きた丹沢地震（通称、M7.3）の地震動を推定した。具体的には、アスペリティを有する震源モデルを作成し、3 次元有限差分法と経験的グリーン関数法のハイブリッド法で首都圏各地の地震動を推定した。経験的グリーン関数を用いているため、地動を評価した地点は原則として K-NET 観測点である。

東京本郷における推定地震動と観測記録を図 1 に示すが、両者はよく一致していることが分かる。また、当時の震度観測点である中央气象台、甲府気象官署、三島気象官署における地動を推定し、その結果から計測震度を算出した。求めた計測震度は当時の震度とほぼ同じであった。

図 1 東京本郷における推定地震動と観測記録

tanazama\_casac14\_2flt.flt2\_SouthHyp.sec Disp. Comp\_w\_RMC 0.07-0.3333333Hz



録（太線が推定、細線が観測）

得られた地震動は震源直上（KNG014 山北）では、工学的基盤面で最大加速度 850cm/s/s、最大速度 40cm/s となった。広域において推定した地震動の最大値を距離減衰の形で図 2 に示す。図に示すように最大加速度、最大速度とも既往の距離減衰式と対応していた。また、最大値の空間分布を図 3 に示す。

断層直上の推定地動を設計用スペクトルと比較した結果が図 4 である。これによると、周期 0.5 秒以下において推定地動は国土交通省の告示による損傷限界のスペクトルを上回るが、それより周期が長い場合は下回る。堆積層が厚い KNG002（横浜）における比較を図 5 に示す。やや長周期帯域においては、概ね安全レベルより小さいことがわかる。結局、この地震による地震動は、現行設計レベルよりも小さいことが分かった。

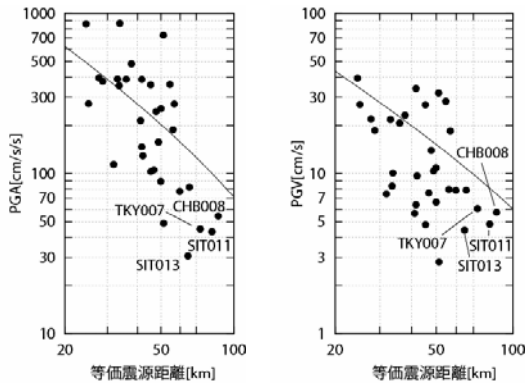


図2 丹沢地震の推定最大加速度(左)と推定最大速度(右)。実線は司・翠川の経験式

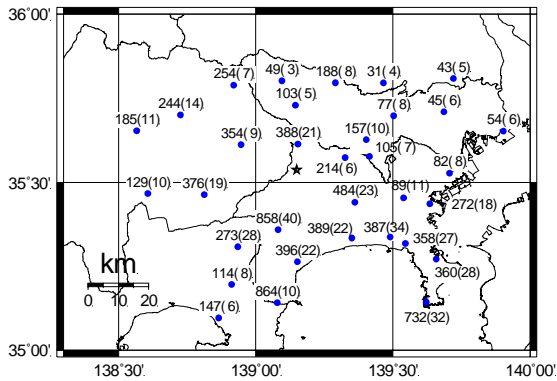


図3 工学的基盤上面における水平動の最大値分布。括弧の外が最大加速度 (cm/s/s)、括弧内が最大速度 (cm/s)

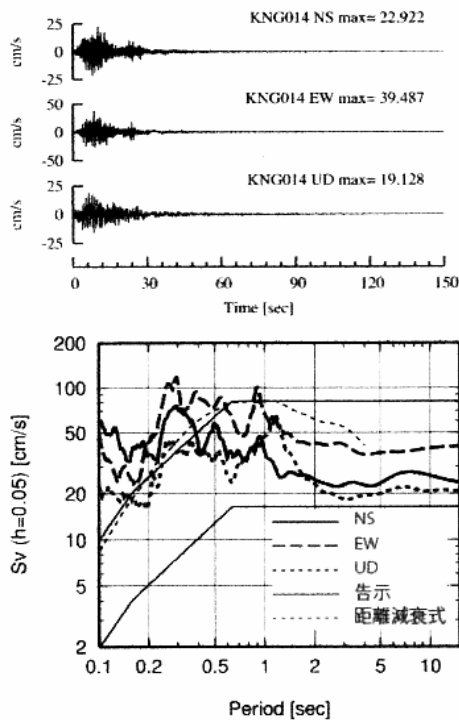


図4 KNG014における推定地動(上)と応答スペクトル(下)

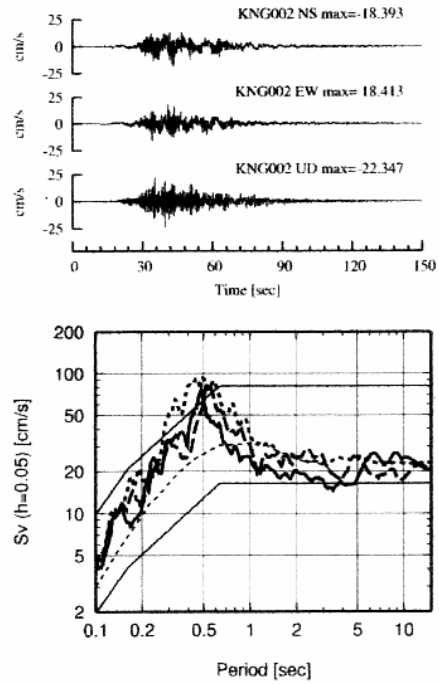


図5 KNG002における推定地動(上)と応答スペクトル(下)

### (3) 今村式2倍強震計の衝突の復元に関する検討

1923年当時に使用されていた今村式2倍強震計は、地動が大きくなると記録が飽和する特徴がある。この記録の飽和は以前より補正されているが、その精度の確認は十分とは言えなかった。

飽和は地震計の減衰装置内の衝突に起因するので、この衝突を数値モデルで表した。このパラメータを用い、正弦状地動に対して衝突を考慮した応答計算を行い、さらにそれをこれまで提案されている復元方法で復元した。

復元精度を推定値と正解の2乗和の差のルートで評価すると、正弦6波の場合は図-3のようになる。図から、地動速度が25cm/s以下であれば、±10%程度の誤差で復元できることが分かった。誤差は地動速度に比例し、地動速度が25cm/s以下であれば、地動速度が大きくなるにつれて、誤差から正から負に変化する。図では、誤差評価を波形の2乗和のルートで行っているが、最大値(正のピーク値)、最小値(トラフ値)で行ってもほぼ同じ結果であり、加振波数を1波としても同じであった。

また、この一連の作業を通じて、衝突モデルが作成できたこと、地動が正弦状であると考えた場合、記録に飽和が生じる範囲が分かったことも成果と言えよう。

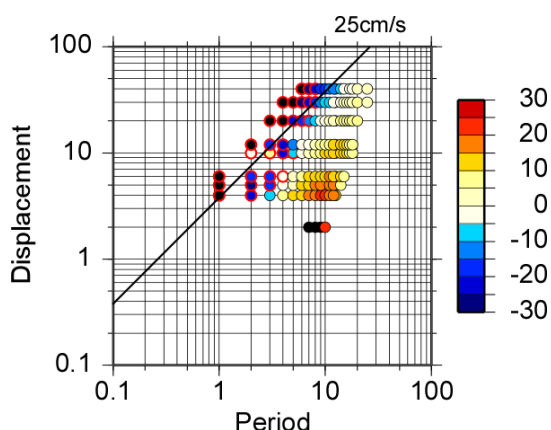


図3 飽和波形の復元精度

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0件)

[学会発表] (計 3件)

- ① 早川崇、1924年丹沢地震(M7.3)の震源断層モデル、日本地震学会秋季大会、2007年10月26日、仙台国際センター
- ② 片岡俊一、今村式2倍強震計による飽和記録の修復精度に関する検討、日本建築学会大会(九州)、2007年8月31日、福岡大学
- ③ 早川崇、1924年丹沢地震(M7.3)の震源断層モデル、日本建築学会大会(九州)、2007年8月31日、福岡大学

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

整理した地震動記録と推定地動および関連資料については、以下の URL で公開する予定にしている。

<http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~kataoka>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

片岡 俊一 (KATAOKA SHUNICHI)  
弘前大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号： 60333712

### (2) 研究分担者

佐藤 俊明 (SATO TOSHIAKI) (2006～2007)

清水建設技術研究所・企画グループ・グループ長

研究者番号： 80393560

宮腰 淳一 (MIYAKOSHI JUNICHI) (2006～2007)

清水建設技術研究所・施設基盤技術センター・研究員

研究者番号： 00393570

早川 崇 (HAYAKAWA TAKASHI) (2006～2007)

清水建設技術研究所・施設基盤技術センター・研究員

研究者番号： 10393563

### (3) 連携研究者

佐藤 俊明 (SATO TOSHIAKI) (2008)

清水建設技術研究所・企画グループ・グループ長

研究者番号： 80393560

宮腰 淳一 (MIYAKOSHI JUNICHI) (2008)

清水建設技術研究所・施設基盤技術センター・研究員

研究者番号： 00393570

早川 崇 (HAYAKAWA TAKASHI) (2008)

清水建設技術研究所・施設基盤技術センター・研究員

研究者番号： 10393563