

アンケートによる横浜市内の震度分布の推定

—1986年6月24日午前11時53分房総半島南東沖地震時の場合—

精 木 紀 男^{*1}

藤 本 一 郎^{*2}

田 中 直 樹^{*3}

中 島 康 雅^{*4}

Study on Estimation of Seismic Intensity in YOKOHAMA CITY Caused by 1986 S-E OFF BOUSOU PENINSULA EARTHQUAKE.

by

Norio ABEKI

Ichiro FUJIMOTO

Naoki TANAKA

and

Yasumasa NAKAJIMA

Synopsis

We studied on the seismic intensity in Yokohama city caused by 1986 S-E OFF BOUSOU PENINSULA EARTHQUAKE.

The values of seismic intensity are estimated by 10,336 questionnaires that were answered by the teachers of high schools, junior high and primary schools in yokohama city.

Some maps of seismic intensity distribution have been made with those estimated values, and some discussions have been done on the some problem contented in the analytical results of questionnaire

§ 1. はじめに

大都市域の地震防災対策にとって、到来が予想される地震時に生じる被害の予測は、きわめて重要な作業であると言える。そこで、被害予測をするためには都市の現況の把握とともにその都市の地形や地盤等の状態の把握が要求される。

地震工学の発達にともない震源域や地下深部構造のデータも蓄積されつつあり、対象地域の地震動の予測も徐々に可能になりつつある。

しかしながら都市全域の詳細な地盤資料等を整えたり、予測した地震動の妥当性の確認をするために多数の地震計を設置したりすることはかなり困難で

*1・*2・建築学科 *3・*4 大学院工学研究科 昭和62年10月9日受理

ある。

そこでこれらの問題に対して、アンケートによる精密震度分布の推定がある程度有効であることに着目して筆者らのうち楢木は、横浜市港南区¹、秋田県²、千葉県安房郡³、東京23区¹（田中も加わる）、メキシコ市⁵および台湾の台北市等⁶で調査を行った。

東京23区の調査以後は、調査例が多く方法として評価の高い北大・太田らの方法⁷を用いて実施している。

ところで、横浜市は既に人口3百万人をこえる大都市であり、この地域の防災対策は単に横浜市自体に重要であるばかりでなく、国家的見地からみても極めて重要である。そこで、本研究は、横浜市の地震防災資料の蓄積に貢献する、その第1歩として市全域での震度分布の推定を行ったものである。

§ 2. 6月24日の地震概況⁸⁾

発生日時：1986年6月24日午前11時53分

震央地名：房総半島沖地震

震 源：北緯34° 50' N

東経140° 43' E

深 さ：73km

マグニチュード：6.5

各地の震度を図-1に示す。

§ 3. 調査の方法

3-1 調査地域と調査対象

調査地域は横浜市14区（当時）全区とした。調査対象の建物、市内の公立、私立を問わず全小、中、高等学校として、アンケートの回答は教職員にお願いした。

アンケートによるデータの確保は東京23区¹で行ったように例えば生徒の家庭等とした方が地域的に隙間なく均質に確保できるが、地震の発生時刻からして家庭の留守が予想されたのに対して、学校は午前の授業終了時寸前で地震当時の印象も鮮明で比較的ながく記憶に残る可能性が高いと判断した。

3-2 調査票の配布と回収

配布と回収の方法は圧倒的に数の多い市立と数の

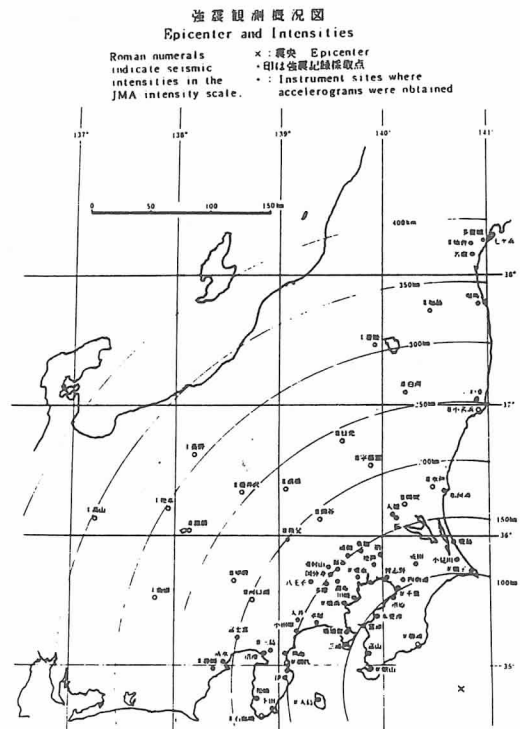


図-1 震央と各地の震度⁸⁾

少ない県立及び私立とをわけて以下のように行った。
横浜市立小、中、高等学校：

横浜市災害対策室と教育委員会の協力を得て、教育委員会を通して、配布と回収を行った。

小学校319校、中学校142校、高校8校、合計469校分の調査票を1校毎に封筒詰めし、宛名記入の上、1986年7月4日に教育委員会に託した。

ほとんどは教育委員会への返送で回収されたが一部直接筆者らに送られてきたものもある。

県立・私立の学校：

筆者らから直接各学校長宛に依頼状と共に調査票を郵送して、回答後同じく郵送によって返送してもらった。

なお、1校当りの調査票は25票程度の回収を目標として27票配布した。

回収段階で2カ月程度後に返送されてきたものもあったが、それらもデータとして採用した。

3-3 調査票と震度の推定

アンケートの調査票は35の質問項目からなる北大・太田等の方法で用いている用紙をそのまま使い、震度の推定もその方法を準用している。この方法は、建物の構造・階数・新旧による条件係数と21項目の回答から震度の強弱を評価する震度係数とを用いて、調査票1枚の震度を求める。

今回の調査では1枚毎に求められた震度から各学校ごとの平均値を求めてその学校の震度とした。

§ 4. 調査結果

4-1 回収率

調査票の回収状況を表-1に示す。横浜市内の学校で回収されなかったものの殆どと県立・私立の学校の一部は、各々の学校行事などで校舎内にほとんど人がいなかった場合である。

市立校は極めて高い回収率であったが、郵送による学校の場合は通常のアンケート調査と同じレベルにとどまった。このような調査に対する公的機関の理解と協力が極めて重要であることを示している。

表-1 調査票の回収率

回収学校数/配布学校数

回収担当	横浜市教育委員会			本 学	
学校種別	市立小	市立中	市立高	県立高	私立高
鶴見区	18／20	8／9	1／1	2／3	4／5
神奈川区	19／19	7／7	0	0／2	2／4
西区	7／8	7／7	0	1／1	0／1
中区	8／8	4／5	2／2	2／3	3／6
南区	16／17	7／8	1／1	1／2	2／2
港南区	22／22	6／9	1／1	1／3	0
保土ヶ谷区	21／21	7／8	1／1	3／3	1／1
旭区	28／29	11／13	0	2／5	1／1
磯子区	17／17	4／7	0	2／4	1／1
金沢区	15／18	9／9	0／1	2／3	1／3
港北区	24／29	10／10	0	1／4	3／6
緑区	41／45	16／20	0	3／7	1／2
戸塚区	51／54	13／25	1／1	6／10	0／1
瀬谷区	9／12	5／5	0	2／2	0／1
各回収率	92.8	79.9	87.5	53.8	55.9
担当別回収率	88.8			54.7	
総合回収率	83.5				

(回収枚数 10336 (69.4%) 実質枚数 10292 (69.1%))

4-2 推定震度分布

4-2-1 全体平均および各区毎の平均推定震度

表-2に各区毎と横浜市全体の推定震度の平均値を示す。これより、横浜の震度は3.34と推定され気象庁発表の震度4に比べてやや低めとなった。区毎の震度を地図上に示すと図-2となる。

表-2 横浜市内の震度

区 名	有効枚数	平均震度
鶴 見	761	3.21
神 奈 川	611	3.27
西	285	3.35
中	419	3.39
南	626	3.44
港 南	676	3.47
保土ヶ谷	734	3.44
旭	927	3.31
磯 子	542	3.39
金 沢	684	3.44
港 北	802	3.32
緑	1,306	3.18
戸 塚	1,591	3.41
瀬 谷	363	3.29
横浜市全体	10,318	3.34

(但し、有効桁数は2桁である)

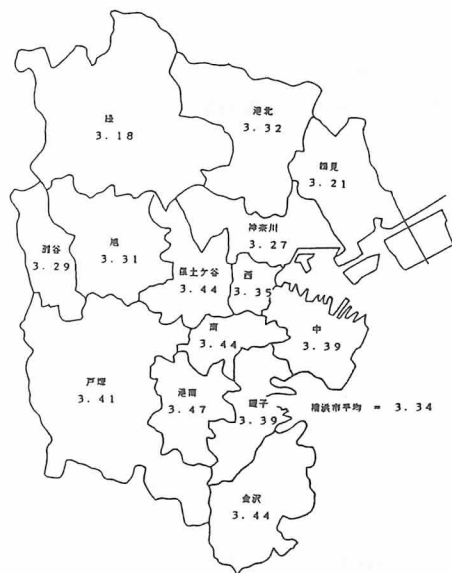
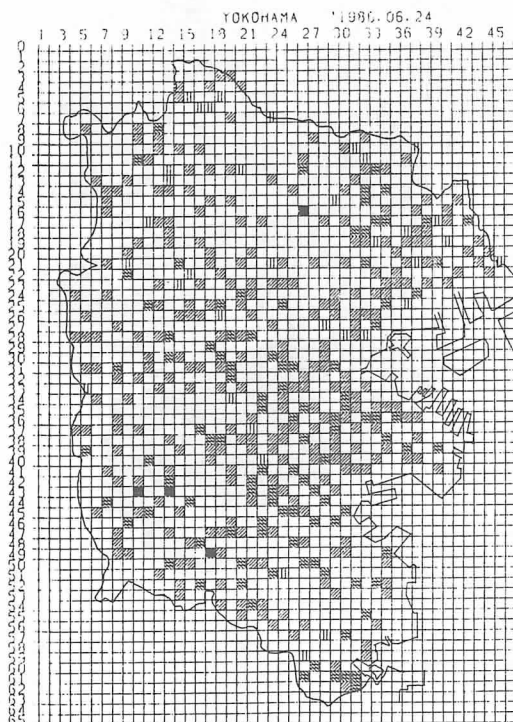


図-2 横浜市各区平均震度

4-2-2 震度分布

横浜市を500m×500mにメッシュ分割した地図上で各学校の位置を確認して、メッシュ毎に求めた推定震度を、図-3に示す。



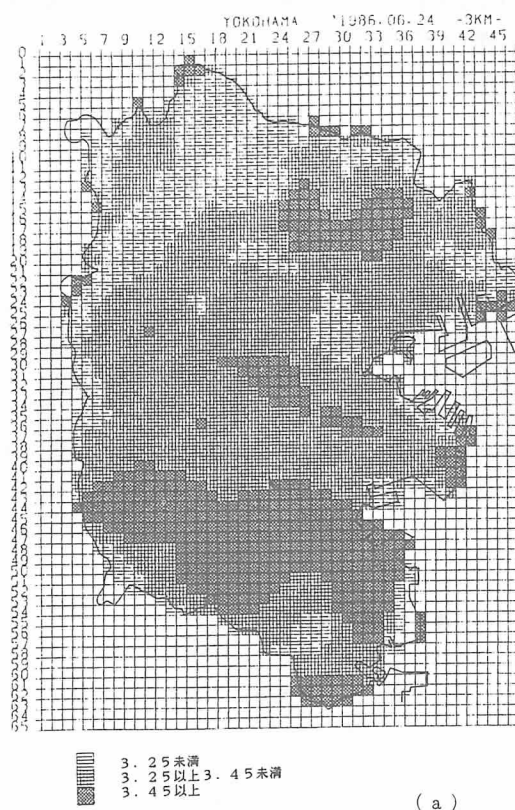
地震時の推定震度

■	4.0以上	□	4.0未満
▨	3.5以上	▤	3.5未満
▧	3.0以上	▩	3.0未満
▪	2.5以上	▫	2.5未満
▬	2.0以上	▭	2.0未満
▮	1.5以上	▯	1.5未満
▰	1.0以上	▱	1.0未満
▲	0.5以上	△	0.5未満
▴	0.0以上	▵	0.0未満

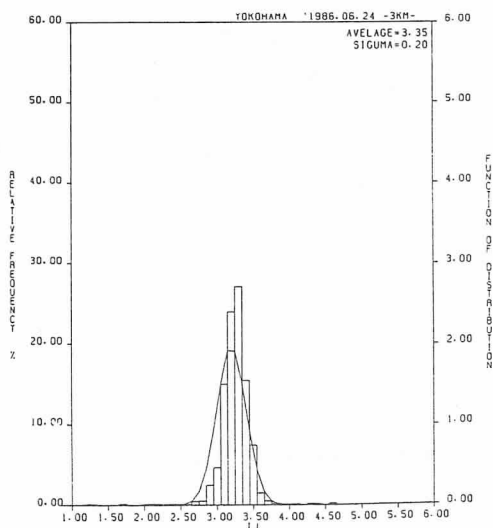
図-3 横浜市内の推定震度分布
(メッシュ500m×500m)

図-3の状態では、震度分布の市全域の傾向の把握は困難であるので、このような不等間隔データに有効な鏡味の平滑化法⁸⁾を適用して、3段階に平滑化すると図-4(a)のようになる。ここでは平滑化手法の前提になるデータ数を満たすために当該メッシュの影響半径を3kmとした。図-4(b)はこの場合の震度の分布関数を示したものである。

今回の地震の場合、図-1で明らかのように震央と調査地域との距離が125km程度でありさらに横浜市が東西に約20km、南北に30数kmの広がりがあるので、図-4(a)の分布には距離減衰の影響も含まれているといえるが、かなり表層地盤の特徴を示してい



(a)



(b) 震度の分布関数

図-4 平滑化後の震度分布 (R=3km)

と思われる。ただ、横浜の場合、海岸沿岸部は殆ど埋立地であるにも関わらず、図-4 のようにとくに北部の沿岸部の震度が大きくないのは予想と異なるが、これは、沿岸部のほとんどを工場或は港湾施設が占め学校がないためにデータが得られていない(図-3 参照)ことによるものと思われ、このような地域のデータ収集に工夫が求められているといえる。

図-5 (a) は平滑化の影響半径を7kmにして局地的な地形地質の影響をなくしたもので、(b) はその場合の震度の分布関数である。これよりマクロにみて横浜市南部に特徴がみられると同時に、ある程度距離減衰の傾向を示しているといえる。ただ距離減衰については図-1 の気象庁発表の各地の震度や強震記録などと関連してさらに検討する必要がある。

4-3 建物階数と推定震度

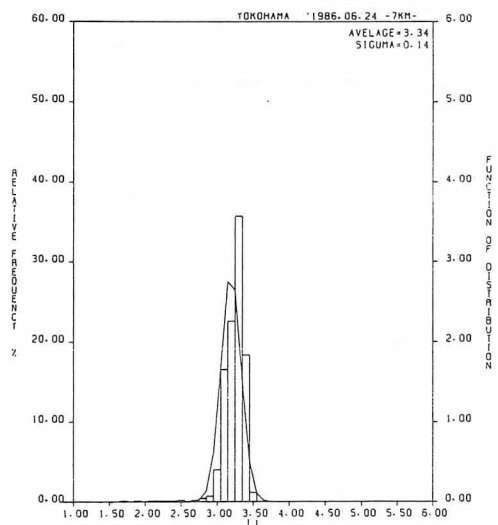
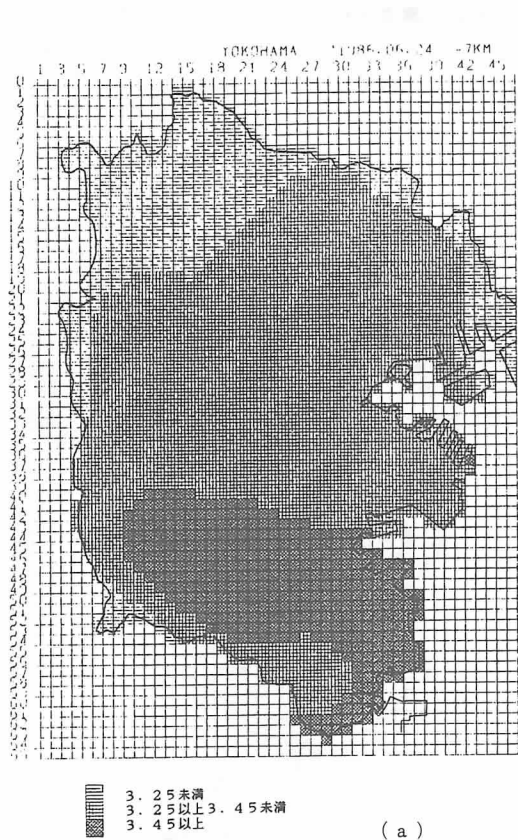
この調査で用いたアンケート調査法はかなりの実績があるとはいえ、大都市での調査はそれほど多くない。また、対象建物が主として木造の住宅であることから、今回のように構造的に類似性の高いRC校舎が対象の大部分であった場合の回答傾向を分析しておくことは意義のあることと考える。

表-3 は階別平均推定震度を示したものである。また、これを図であらわすと図-6、図-7 のようになる。太田等の推定法では構造と階数の違いに対して表-4 のように、比較的新しい木造1階を基準に条件係数の形で既に調整することになっている。条件係数の評価が適切であれば表-3 および図-6、図-7 のような差は生じないはずである。表-3 より判断して、構造物の階層別の震度は条件係数の範囲を越えて差があることを示している。

4-4 男女および年齢別の回答傾向

建物が構造的に類似していると同時に回答者の職業がすべて学校教職員であることから、男女、年齢の違いがどの様に表れるかを調べた。

表-5 にその結果を示す。アンケートには建物の被害や置物の転倒など物理現象についての質問と揺



(b) 震度の分布関数

図-5 平滑化後の震度分布 (R = 7 km)

表-3 階別平均推定震度

階 別	1 階建て (有効枚数)	2 階建て (有効枚数)	3 階建て (有効枚数)	4 階建て (有効枚数)	5 階建て以上 (有効枚数)
1 階	3.46 (373)	3.43 (248)	3.41 (1039)	3.45 (1642)	3.62 (126)
2 階	—	3.32 (240)	3.27 (992)	3.32 (1450)	3.45 (159)
3 階	—	—	3.29 (764)	3.29 (1355)	3.35 (55)
4 階	—	—	—	3.38 (1162)	3.34 (56)
5 階以上	—	—	—	—	3.50 (55)
平 均	3.46 (378)	3.36 (492)	3.32 (2814)	3.35 (5660)	3.48 (457)

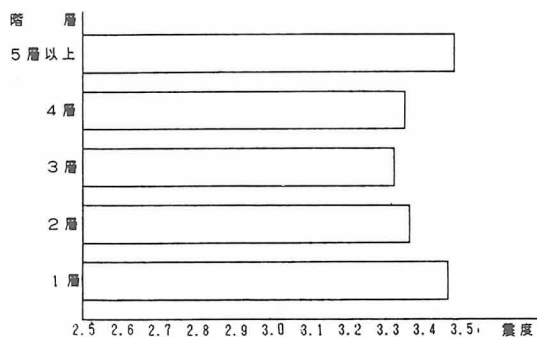


図-6 同一階層建物毎の平均震度

表-4 構造・階数による条件係数⁷⁾

造物種別	階 数	新旧度	条件係数
木 造	1	新	1.000
		旧	1.039
	2	新	1.059
		旧	1.098
鉄 筋	1	新	0.973
		旧	0.995
	2	新	1.015
		旧	1.005
鉄 骨	> 3	新	1.026
		旧	1.047
ブロック ・その他	1	新	0.984
		旧	1.005

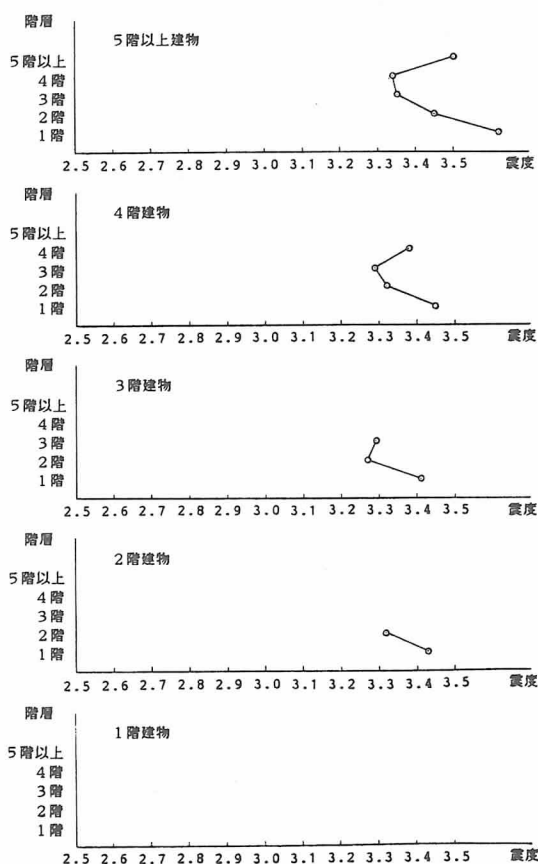


図-7 階層による震度の相違

表－5 男女別の推定震度

年 齢	物理的質問平均震度		心理的質問平均震度		全質問平均震度		
	男 性 (有効枚数)	女 性 (有効枚数)	男 性 (有効枚数)	女 性 (有効枚数)	男 性 (有効枚数)	女 性 (有効枚数)	全 体 (有効枚数)
20—29	3.44 (886)	3.43 (1383)	2.84 (866)	3.37 (1367)	3.22 (887)	3.43 (1383)	3.35 (2274)
30—39	3.36 (1805)	3.31 (2480)	3.01 (1772)	3.39 (2419)	3.24 (1808)	3.39 (2484)	3.33 (4295)
40—49	3.40 (872)	3.36 (1204)	3.10 (846)	3.50 (1186)	3.31 (877)	3.46 (1208)	3.40 (2092)
50—59	3.35 (760)	3.33 (641)	3.05 (746)	3.44 (636)	3.26 (765)	3.43 (643)	3.34 (1416)
60—	3.32 (44)	3.12 (20)	3.05 (42)	2.97 (18)	3.25 (45)	3.15 (20)	3.22 (65)
男女別 総 合	3.38 (4399)	3.35 (5781)	3.00 (4304)	3.41 (5680)	3.25 (4414)	3.42 (5792)	—
項目別 総 合	3.36 (10287)		3.23 (10094)		3.34 (10318)		

れの感じや地震時のこわさ等について聞く生理的・心理的質問項目が含まれているが、これらについて男女、年齢別にみるとかなりの違いが示されていることが分かる。即ち、物理的項目だけでみると男女、年齢による違いは殆どみられない。一方、心理的項目による推定値はかなりの違いがみられ、とくに男女の差が極端に大きく表れている。したがって、全項目による推定もこの影響をうけて、平均値に対して男性のみによる推定値はやや小さく、女性のみによる場合はやや大きくなっている。

太田などの推定方法ではこの点についての配慮はなされていないが、今後検討の必要があろう。

§ 5. まとめ

気象庁が震度4と発表した地震について精密震度分布調査を行った結果、時間的に正午直前であったこと、建物が均一に近いこと、回答者の職業が同一でレベルが高いことなどの条件に恵まれ優れたデータが得られた。今後、横浜の地形・地盤等との対応や距離減衰の影響を除去し、表層地盤の影響のみに変換する作業が残されている。さらに、今後機会と

諸機関の理解を得て同様の調査を再度行うことによってより信頼の高い結果が得られるものである。

謝辞：

本調査は横浜市災害対策室のご理解と教育委員会ならびに市内の市立および県立、私立の小、中、高等学校の諸先生方の全面的なご協力によって実行できたものである。夏休み直前の学期末の多忙な時期のご協力に心からのお礼を申し上げます。

関東学院大学の1986年度の卒業研究生木村聡、鈴木信男、小林秀樹、根本真、柳原成浩、榛葉隆の諸君には調査票の発送、データの整理に尽力頂きました。(本研究は著者の一人中島と木村、鈴木、小林の卒業研究の一部をなすものである。)さらに、東京都立大学望月利男教授、塩野計司助手には貴重な助言とご指導を頂きました。併せて感謝申し上げます。

なお、本研究は、一連の都市における震度分布の推定調査の一環をなすものであり、それらの調査費用の一部として昭和59年度関東学院大学工学部工学会研究補助費の援助を受けたことを付記します。

参 考 文 献

- 1) 精木・藤本・高橋：アンケート調査による横浜市港南区の地震被害分布調査と震度の推定・日本建築学会大会学術講演梗概集・1984年10月他
- 2) 精木・高橋：1983年日本海中部地震時における秋田県内の被害と震度に関する中学校単位のアンケート調査・第21回自然災害シンポジウム・1984年10月他
- 3) 精木：南房総地域の震度分布—1984年9月19日の房総沖地震の場合—・関東学院大学工学部工学会講演論文集・1986年11月
- 4) 精木・望月・塩野・田中：アンケートによる東京区部の推定震度分布・第7回日本地震工学シンポジウム・1986年11月他
- 5) 望月・精木・任本・Lカーサベルデ：アンケートによるメキシコ市内の震度分布・日本建築学会メキシコ地震災害調査速報・1986年1月他
- 6) 精木：アンケートによる台北市の推定震度分布—1986年11月5日午前5時20分の地震の場合—・日本建築学会大会学術講演梗概集・1987年10月
- 7) 太田・後藤・大橋：アンケートによる地震時の震度の推定・北大工学部研究報告第92号・1979年
- 8) 国立防災科学技術センター：強震速報No.31・1986年9月
- 9) 鍾味：空間的に分布する地震工学データの自動化表現・第6回日本地震工学シンポジウム・1982年12月