

全国の耐震診断結果に基づく木造建物耐震性能指標の地域性分析  
 ANALYSIS ON REGIONAL CHARACTERISTICS OF  
 SEISMIC PERFORMANCE INDICES OF WOOD-FRAME BUILDINGS IN JAPAN  
 BASED ON THE RESULTS OF SEISMIC CAPACITY EVALUATION

小檜山雅之<sup>1</sup>, 山崎文雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学生産技術研究所, 助手 博士 (情報学)

Masayuki Kohiyama, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, kohiyama@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup> アジア工科大学院, 教授 工博

Fumio Yamazaki, Asian Institute of Technology, yamazaki@ait.ac.th

SUMMARY

The regionality of seismic performance indices is analyzed based on the results of seismic capacity evaluation employed to buildings of all over Japan. The evaluation results are aggregated into eight regions: Tohoku, Kanto, Hokushinetsu, Chubu, Kansai, Sanyo, Shikoku, and Kyushu, considering culture and climate. The distributions of the construction year and total area of floor space are examined of their similarity to those of Housing and Land Survey taken by the Statistics Bureau of Japan. Buildings in Tohoku show the lowest performance indices in eccentricity, but the highest in horizontal resistance. The ratio of buildings with construction year older than 1981 and area less than 50 m<sup>2</sup> should be adjusted to that of the survey result because they have poor performance indices.

キーワード: 耐震診断, 木造軸組構法, 耐震性能指標, 地域性

Key words: Seismic Capacity Evaluation, Wood-Frame Building, Seismic Performance Index, Regionality

1 はじめに

地震直後の被害推定や事前の被害想定ではさまざまな建物被害予測手法が用いられているが, その多くは既往の地震被害統計に基づいたものである。一方, 在来軸組構法の木造建物は, 気温・積雪などの気候や, よく用いられる構造・建材の違いにより, 屋根や基礎の形式, 壁量など耐震性に影響する要素が全国各地で異なっている。そのため, 被害統計に基づいた建物被害推定手法を異なる地域に適用する場合には注意を要する。

阪神・淡路大震災以降, 木造住宅の耐震性の向上を主な目的として, 多くの自治体で耐震診断助成制度が実施されてきている。各地域で建物診断データが集積されれば, その地域の建物群の耐震性能を把握することがある程度可能となり, これを被害推定手法に取り入れることで推定精度を高めることができると考えられる。著者ら<sup>1)</sup>は耐震診断データを活用し, 主に壁量に基づいた水平抵抗力の評価から固有周期の分布をもとめ, 診断評点の確率密度と応答スペクトルをもとに被害を推定する木造建物被害関数を提案している。

また著者ら<sup>2)</sup>は, 横浜市と姫路市の2つの自治体で行われた文献<sup>3)</sup>の診断法による木造住宅の耐震診断結果をもとに, 診断評点の分布に関し, 耐震性の地域的な特徴を分析している。その結果, 姫路市では1971年以前の古い建物で筋かいがあまり使われていないこと, 横浜市では同一市内でも区によって総合評点の分布が異なっていることを明らかにした。これより, 単純な建築年の区分だけでは建物被害予測精度の向上に不十分であり, 耐震診断データ等で地域の耐震性能の分布を把握することが不可欠であるといえよう。

前述の横浜市のように, 市内のような比較的面積が小さい単位においても, 都市形成過程の違いにより建物耐震性能の分布に差は見られる。しかし, 関東, 関西といった気候・風土で区分できる地域単位で耐震性の傾向を把握することは, 国家的視野での防災施策上, 有用であると考えられる。

本論文では全国の木造住宅で実施された文献<sup>4)</sup>の耐震診断法による診断結果を用い, 全国8つの地域の集計結果について, 評点分布傾向を分析し, その地域の特徴について述べる。

2 耐震診断データ

木造建物の耐震診断方法は、簡便さと精度の問題で多くの提案と議論がなされている。現在全国で広く実施されている診断法としては、旧建設省住宅局が監修し、一般向けの簡易な方法を解説した「わが家の耐震診断と補強方法<sup>3)</sup>」、ならびに、建築技術者用の詳細な評価法をまとめた「木造住宅の耐震精密診断と補強方法<sup>4)</sup>」(以下、精密法)がある。

精密法は建築基準法で規定している所要壁量分の水平抵抗力と住宅1階の水平抵抗力の比から判定を行い、建物のほぼ弾性限の耐力が、供用期間中に1度遭遇すると想定される中地震による水平力を上回っているかを診断する。具体的には、A(地盤・基礎)、B×C(偏心)、D×E(水平抵抗力)、F(老朽度)の4つの評点の積で総合評点を求め、総合評点が1.5以上:安全、1.0以上~1.5未満:一応安全、0.7以上~1.0未満:やや危険、0.7未満:倒壊または大破壊の危険があると判定される。

本研究では日本木造住宅耐震補強事業者協同組合(以下、木耐協)が、2000年7月から2002年1月までの期間に無料耐震診断を行った結果を用いる。この耐震診断は全国を対象に行われ、診断方法は精密法によっている。

Table 1に本研究で用いる全国の地域区分と、その地域に含まれる入手データの棟数を示す。積雪地を考慮し、中部地方を日本海側の北信越と太平洋側の中部の2地域に分けている。関西については、1995年兵庫県南部地震で耐震性の低い建物が多く倒壊した影響を考え、もともとの建物耐震性を分析する目的から、兵庫県を除いている。また、北海道は40棟、山陰(鳥取・島根県)は24棟と少なく、沖縄県は0棟であるため、検討対象から除外している。山梨県は地域間の境界に位置しており、今回の検討には含めていない。なお、沖縄県以外にも岩手・長崎・佐賀県のデータは入手データに含まれない。

Table 1. Containing prefectures and number of acquired data of seismic capacity evaluation in each aggregate region

地域	都府県	棟数
東北	青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島	326
北信越	新潟・富山・石川・福井・長野・岐阜	288
関東	茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川	3,279
中部	静岡・愛知・三重	3,235
関西*	滋賀・京都・大阪・奈良・和歌山	685
山陽	岡山・広島・山口	114
四国	徳島・香川・愛媛・高知	105
九州	福岡・佐賀・長崎・熊本・大分・宮崎・鹿児島	159

\*:1995年兵庫県南部地震の影響を考え、兵庫県を除く

3 住宅・土地統計調査データとの比較

木耐協では、以下の3種類の広告で無料耐震診断を募っている。

- (1) 新聞記事の広告
- (2) 木耐協のインターネットホームページ
- (3) 調査員が配布したチラシ広告

借家人が居住する建物の耐震診断を行った場合、家主とのトラブルの可能性があるため、無料耐震診断は、建物の所有者が診断を依頼した場合に行われている。そのため、入手したデータにおける借家の割合は、存在してもごくわずかで、大半が一戸建てであると考えられる。

また、建物所有者が診断を希望する動機には、居住する建物の耐震性が影響している可能性がある。具体的には、建物の外観などから耐震性に対する不安が感じられ、診断を希望する場合には、実際に耐震性が低い可能性が高い。また、経済的に余裕があり建物改修に意欲的なため診断を希望する場合には、もともとの建物が安普請でなく、ある程度耐震性も高いものと推察される。反対に、経済的にゆとりがない場合には、居住建物の品質も高くなく、例えば診断して耐震性が低いと判定されても改修できないため、あきらめの心境から診断を希望しない場合もありえる。

そこで、平成10年住宅・土地統計調査<sup>5)</sup>(以下、住宅統計)と入手データとの比較を行い、どの程度ランダムにサンプリングされているか検討する。なお、本研究で用いた住宅統計データは専用住宅の集計値で、非木造建物が含まれる。今後木造建物のみデータを用い詳細な検討を行う必要がある。

まず建築年について、住宅統計における建築時期の集計年代区分を参考に、1944年以前、1945~1970年、1971~1980年、1981年以降の4つの年代で各地域ごとに集計した。Fig. 1に示す構成比より、いずれの地域のどの年代区分においてもその差は概ね10%以内に収まっていることがわかる。老朽化や改正前基準法の影響から耐震性の低さが懸念される1944年以前、1945~1970年の建物が、入手データに若干少ない傾向が認められる。しかし、その差はもっとも大きい九州の1945~1970年で9.2%である。

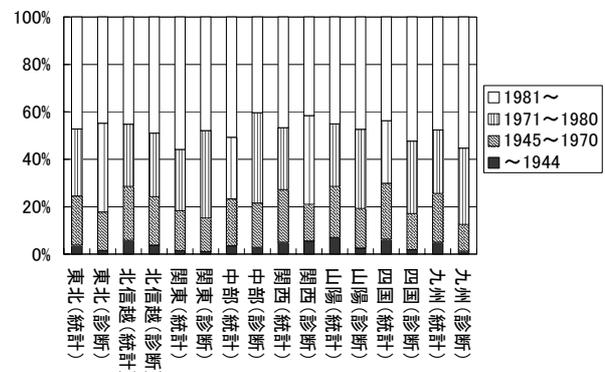


Fig. 1. Comparison of construction years between analyzed data and Housing and Land Survey taken by the Statistics Bureau of Japan

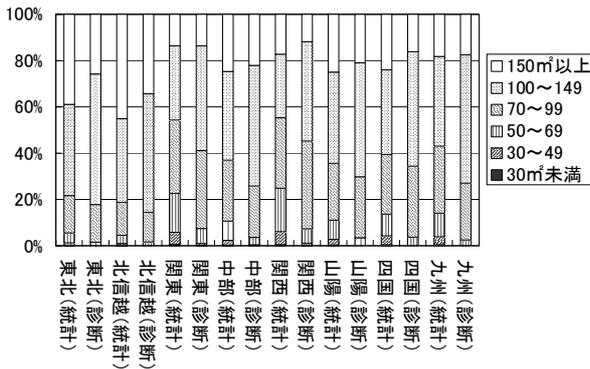


Fig. 2. Comparison of total areas of floor space between analyzed data and Housing and Land Survey taken by the Statistics Bureau of Japan

次に、延べ面積について、30㎡未満、30～50㎡未満、50～70㎡未満、70～100㎡未満、100～150㎡未満、150㎡以上の6つの区分で各地域ごとに集計し、その比を求めたものを Fig. 2に示す。100～150㎡未満で入手データのほうが15%程度大きい傾向がある。また、30㎡未満、30～50㎡未満、50～70㎡未満で入手データのほうが少なく、もっとも差の大きい関西の50～70㎡未満で12.6%である。

入手したデータは診断希望者が所有する建物の耐震性能分布を表している。しかし、建築年・延べ面積の分布を見る限り、概ねよい対応を示して入るものの、厳密には各地域からランダムサンプリングされたとはいえない。特に建築年が古く、延べ面積の小さい建物は密集市街地に多く、耐震性が低い可能性がある。建築年・延べ面積と耐震性能の関係については5章で考察を行う。

4 地域集計結果の分析

入手したデータの単純な集計結果について、地域間の差異を分析する。基礎形式の分布 (Fig. 3) については、鉄筋コンクリート基礎の普及率は全国でほぼ同じく40%程度である。ひび割れのあるコンクリート造布基礎の比率は九州で比較的小さい。評点 A (地盤・基礎) の分布 (Fig. 4) では、九州の点数が高く、東北で0.6以下の低い評点の割合がやや大きい。

評点 B×C (偏心) の分布 (Fig. 5) については、評点0.6前後で東北・関西がやや多く、0.8前後で東北・北信越・山陽が多い。四国・九州は評点の低いものが少ない。なお、星野ら<sup>6)</sup>は、北陸3県の住宅金融公庫仕様の在来木造住宅105棟を調査し、耐力壁の平面的配置に問題があることを指摘しており、分析結果と整合する。

評点 D×E (水平抵抗力) の分布 (Fig. 6) については、北信越・四国・関西で評点の低いものが多い。一方、東北・九州では比較的評点が高いものが多い。鈴木・後藤<sup>7)</sup>は地震被害のあった釧路、珠洲、八戸、阪神地域の木造建物について、設計図書から推定される耐震性能指標量を比較し、阪神地域の1階の壁量不足が目立つことを指摘している。

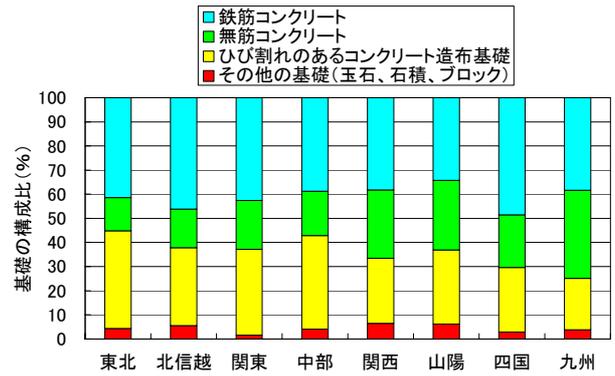


Fig. 3. Ratios of Foundation Types

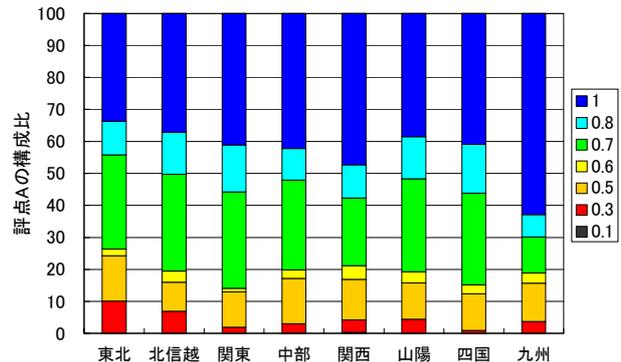


Fig. 4. Score ratios of index A: foundation and soil

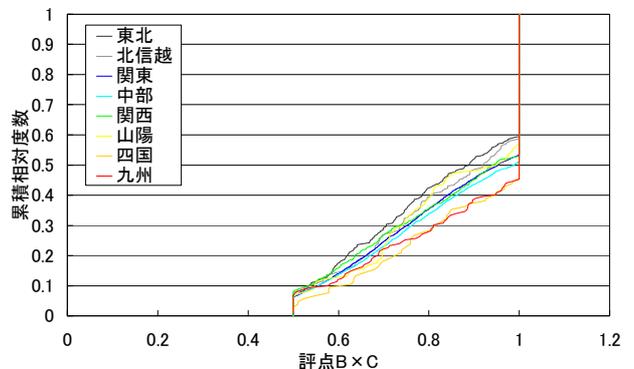


Fig. 5. Cumulative distributions of index B×C: eccentricity

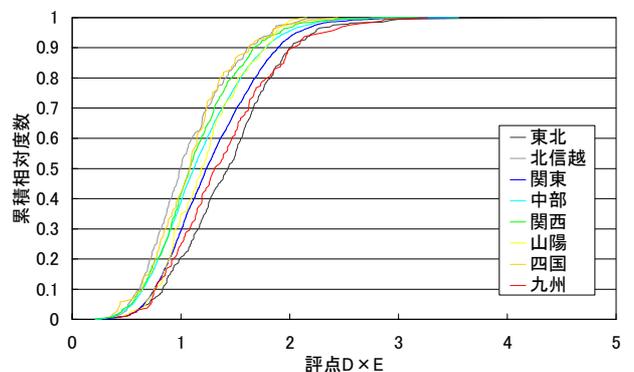


Fig. 6. Cumulative distributions of index D×E: horizontal resistance

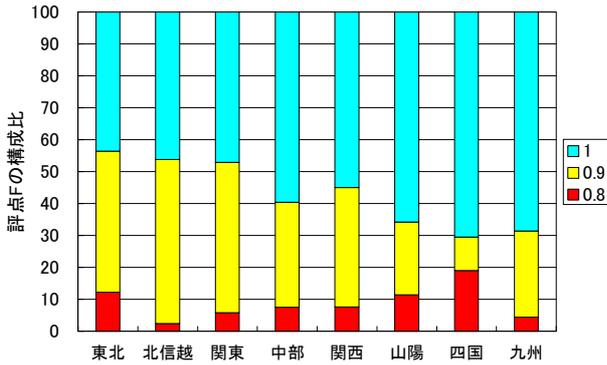


Fig. 7. Score ratios of index F: deterioration

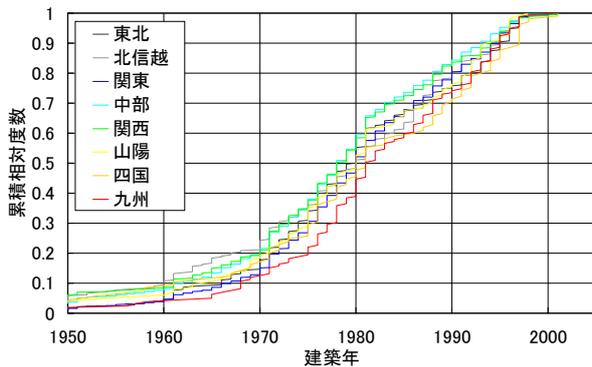


Fig. 8. Cumulative distributions of construction year

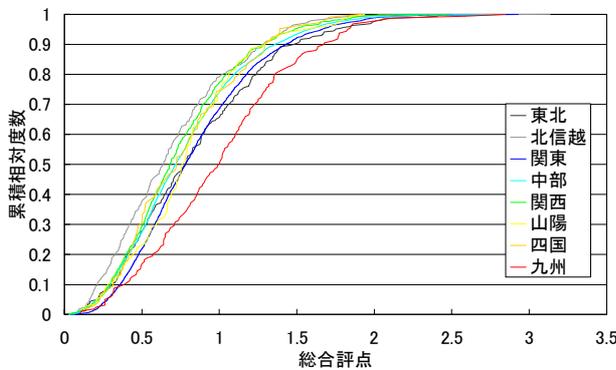


Fig. 9. Cumulative distributions of seismic performance index

また、珠洲（北信越内に含まれる）では伝統的な通貫工法が用いられていることも指摘しており、精密法ではその耐震性が評価されない点を考慮する必要がある。

評点 F（老朽度）の分布（Fig. 7）では、東北で老朽化が進んでいると判定されたものが多く、九州では少ない。なお、建築年の分布（Fig. 8）に関しては、北信越・関西で古い建物の割合が比較的大きく、九州で小さい。Fig. 1 から、特に九州で 1970 年以前の建物比率が住宅統計と比べて少ないことが結果に影響していると考えられる。

総合評点（Fig. 9）では、北信越・関西・四国で評点の低い建物が多く、九州で評点の高い建物の割合が大きいという結果となった。なお、九州のデータについてはさらにサンプル数を増やし検討を行う必要がある。

### 5 建築年・延べ面積と評点の関係

入手したデータと住宅統計との比較した結果、入手データに特に建築年の古いものと延べ面積の小さい建物が少ない傾向があることが明らかとなった。Fig. 2 で延べ面積 30 m<sup>2</sup>未満と 30～50 m<sup>2</sup>未満の構成比は、最も大きい関西で 4.6%と非常に小さい。そのため、延べ面積の小さい建物が評点分布全体に与える影響は小さいと考えられる。

しかし、各地域における木造軸組構法建物の母集団の耐震性能を正確に推定するためにはこれらがどういった評点分布をしているか検討しておく必要がある。そこで、もっとも棟数の多い関東について、3 章と同じ建築年ならびに延べ面積の区分でそれぞれ集計し、評点の差異を分析する。建築年については 1944 年以前、1945～1970 年、1971～1980 年、1981 年以降の 4 つの区分でそれぞれ 37、460、1212、1570 棟、延べ面積については 30 m<sup>2</sup>未満から 150 m<sup>2</sup>以上までの 6 つの区分でそれぞれ 6、29、212、1103、1482、447 棟である。30 m<sup>2</sup>未満は棟数が少なすぎ分布を議論できないが、以下の図では参考として示す。

まず、基礎形式の分布（Fig. 10, 11）については、建築年が新しく、面積が大きくなるにつれ鉄筋コンクリート基礎の普及率が増す傾向にある。しかし、評点 A の分布（Fig. 12, 13）では、1944 年以前でやや評点が高いほかは、それほど分布に大きな違いが現れていない。

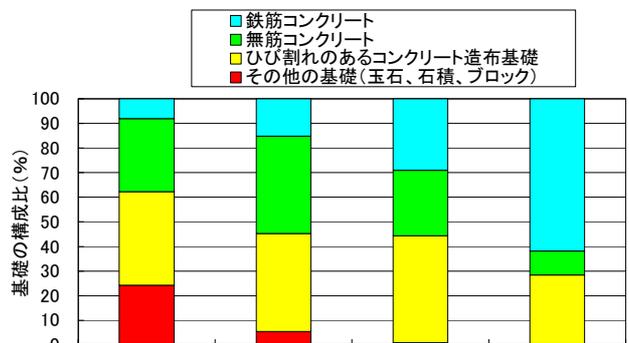


Fig. 10. Ratios of Foundation Types in Kanto according to construction year

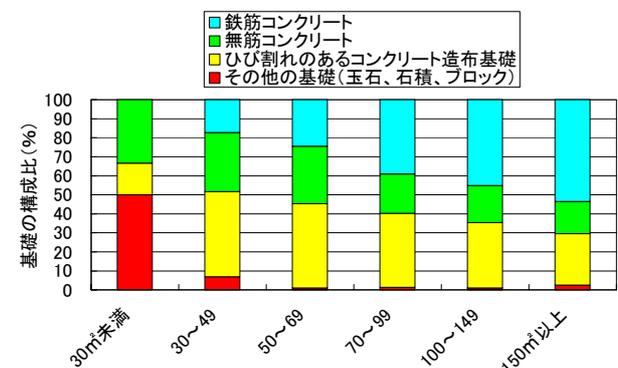


Fig. 11. Ratios of Foundation Types in Kanto according to total area of floor space

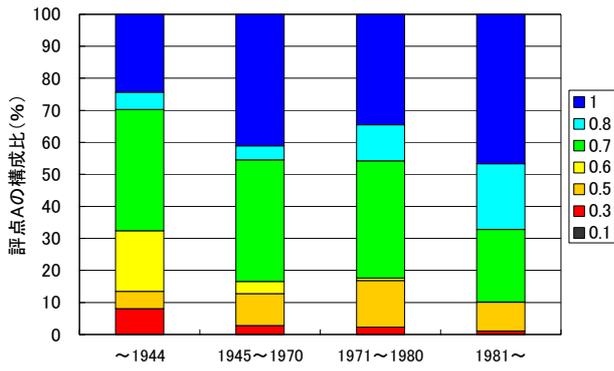


Fig. 12. Score ratios of index A in Kanto according to construction year

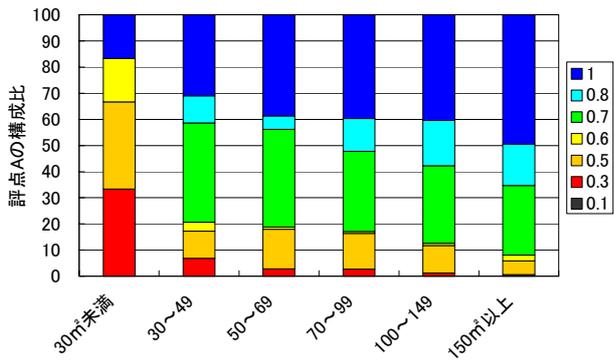


Fig. 13. Score ratios of index A in Kanto according to total area of floor space

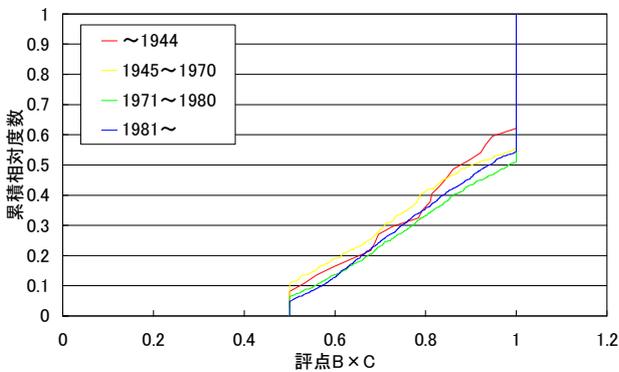


Fig. 14. Cumulative distributions of index B x C in Kanto according to construction year

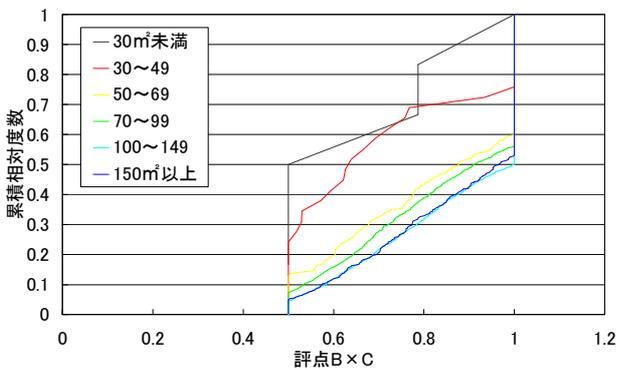


Fig. 15. Cumulative distributions of index B x C in Kanto according to total area of floor space

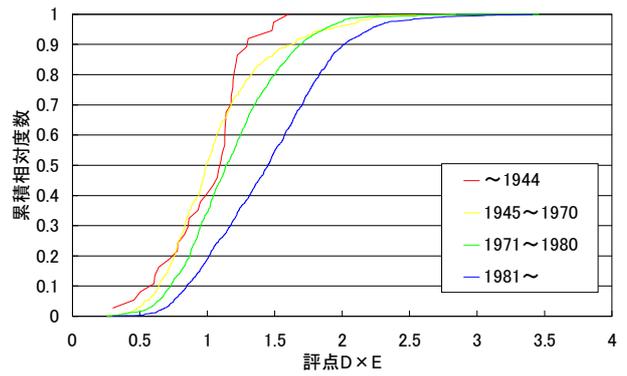


Fig. 16. Cumulative distributions of index D x E in Kanto according to construction year

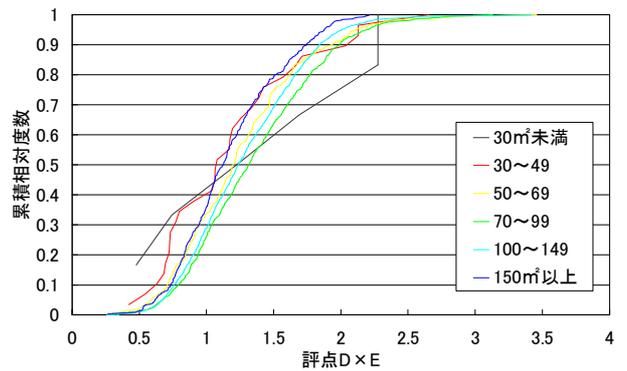


Fig. 17. Cumulative distributions of index D x E in Kanto according to total area of floor space

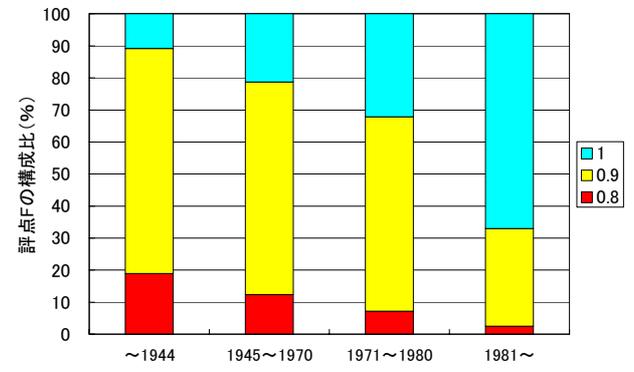


Fig. 18. Score ratios of index F in Kanto according to construction year

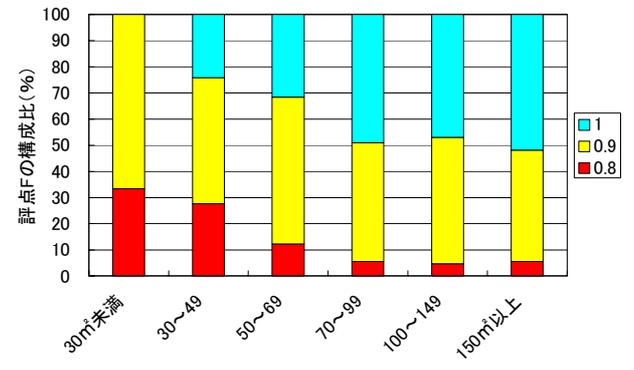


Fig. 19. Score ratios of index F in Kanto according to total area of floor space

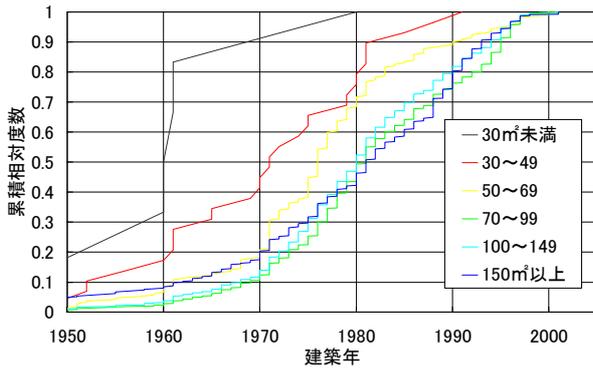


Fig. 20. Cumulative distributions of construction year in Kanto according to total area of floor space

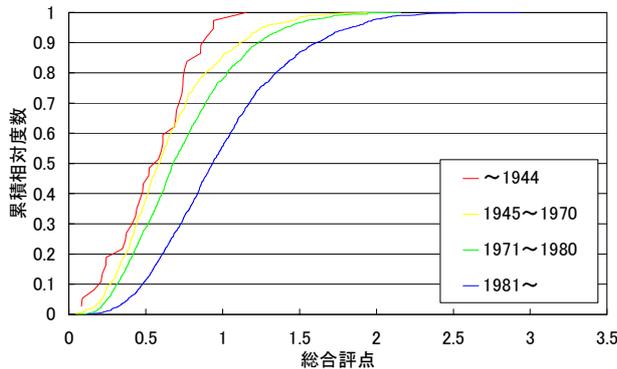


Fig. 21. Cumulative distributions of seismic performance index in Kanto according to construction year

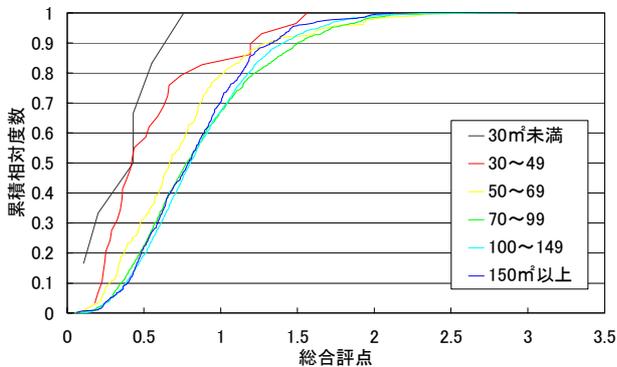


Fig. 22. Cumulative distributions of seismic performance index in Kanto according to total area of floor space

評点 B×C (Fig. 14, 15) では、30～50㎡未満で評点 1 未満の点数の低いものが著しく多い。密集市街地の建物が片面開口などで偏心しやすいことが影響していると考えられる。建築年については古いものがやや評点が高い。

評点 D×E (Fig. 16, 17) では、建築年が古くなるにつれ評点が高くなる傾向がある。1981 年以降は評点が高くなる。延べ面積では、30～50㎡未満で評点 0.8 未満が多い。

評点 F (Fig. 18, 19) では、建築年が古くなるにつれ評点が高くなるが 1980 年前後で差が激しい。30～50㎡未満で腐食・蟻害があると判定されたものが 30% 近くと多い。延べ面積区分ごとの建築年 (Fig. 20) に関しては、30～50㎡未満の 40% が 1970 年以前に建設されており、比率が他

の面積区分の倍以上となっている。

総合評点 (Fig. 21, 22) では、1980 年以前、30～50㎡未満が著しく耐震性が低くなっている。以上から、特に耐震性の低い建物を議論する際には、1980 年以前、延べ面積 50㎡未満の構成比を住宅統計等に合致させる必要があるといえよう。なお、地域的な違いが存在しうるので、関東以外の地域についても同様な分析を行う必要がある。

## 6 まとめ

全国で行われた耐震診断の結果をもとに、木造建物の耐震診断評点の地域的な傾向を分析した。その結果、東北は他地域より偏心の評点が高い建物が多く分布している一方で、水平抵抗力の評点が高い建物が多い傾向などが明らかとなった。

用いた耐震診断データは住宅・土地統計調査結果と比して、建築年が古く面積が小さい建物がやや少ない。関東のデータについて建築年・延べ面積と評点の関係を分析したところ、建築年 1980 年以前、延べ面積 50㎡未満の建物の耐震性が著しく低く、地域の建物母集団の耐震性の議論には、それらの構成比を考慮すべきことが明らかとなった。

今後、さらに多くのサンプルデータをもとに、詳細な住宅・土地統計調査の結果などを併用して、木造建物の耐震性能の地域性に関する分析を行う必要がある。

## 謝辞

本研究では日本木造住宅耐震補強事業者協同組合より提供された耐震診断データを用いた。記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 小檜山雅之, 山崎文雄: 耐震診断データに基づく地域性を考慮した木造建物被害関数, 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集, p. 157, 2001.
- 2) 石原祐紀, 小檜山雅之, 山崎文雄: 耐震診断結果に基づく木造建物耐震性能の地域性分析, 第 1 回日本地震工学研究発表・討論会梗概集, p. 87, 2001.
- 3) 建設省住宅局監修, (財)日本建築防災協会・(社)日本建築士会連合会編: わが家の耐震診断と補強方法, 1985.
- 4) 建設省住宅局監修, (財)日本建築防災協会・(社)日本建築士会連合会編: 木造住宅の耐震精密診断と補強方法, 1985.
- 5) 総務省統計局統計センター: 日本の住宅・土地 - 平成 10 年住宅・土地統計調査の解説 - 統計表, <http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/1998/11.htm>, 2001.
- 6) 星野志保, 鈴木有, 後藤正美: 多雪地域北陸に建つ在来木造住宅の耐震性能簡便評価法 - (その 1) 耐震性能調査とその結果 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-1, pp. 183-184, 1997.
- 7) 鈴木有, 後藤正美: 最近の被害地震による主要被災地の木造被害と耐震性能の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. C-1, pp. 19-20, 1995.