

1993年釧路沖地震による居住空間の被害の分布特性 及びその評価に関する研究

北原 昭男・藤原 悌三

STUDY ON DISTRIBUTION OF DAMAGE IN LIVING SPACE AND ITS ESTIMATION AFFECTED BY THE 1993 KUSHIRO-OKI EARTHQUAKE

By *Akio* KITAHARA and *Teizo* FUJIWARA

Synopsis

In this study, distribution of structural damage of houses in Kushiro City made by the 1993 Kushiro-oki Earthquake is mentioned. And, distribution of earthquake damage in living space obtained from questionnaire is also mentioned. Structural damage occurred in the area on the diluvial plateau. On the other hand, there was almost no damage on the alluvial soil. Overturning of furnitures and litter in the living space occurred severely in some area and its distribution characteristics was very complicated.

The estimation method for structural (direct) damage of building structures and functional damage of living space (including outbreak of fire, possibility of evacuation, occurrence of injury etc.) have been developed until now. In this study, this method was adopted into the building structure in Kushiro City. General tendency of the damage distribution was reappeared by this method.

1. 序 論

都市建築物群の耐震対策や都市耐震計画を策定していくためには、従来対象とされてきた構造被害や人的被害などの直接被害だけではなく、生活困窮度や経済的困窮度などの間接的な被害を定性的・定量的に推定していくことが重要である。そのためには構造物が破壊するかどうかという被害の評価だけでは不十分であり、より低いレベルの入力によって引き起こされる被害の様相をも明らかにしていくことが第一歩となる。この様な被害のうち最も重要であると考えられるのが、構造物の持つ居住空間としての機能が地震によって損なわれていくことであり、これらを定性的・定量的に評価していくことは都市防災にとって必要不可欠なものであると考えられる。これまでに、これらの構造物の機能に関する被害を、構造的な被害の推定に用いた手法と同様のものを用いて推定し、低い入力レベルから高いレベルまでの被害を統一された場において評価することを目的として研究を進めてきた^{1)~4)}が、その手始めとして、これまでの議論^{5),6)}に基づいて居住空間における地震被害の発生形態を整理した⁷⁾。それによると、構造体自身や非構造部材の直接的な被害は一次的な人的被害につながると共に復旧や修復を必要とし、これらが経済的な負担につながる。一方、直接的な構造被害とは別に、非構造部材の破壊や家具などの転倒によって室内は散乱し一次的な人的被害が発生し、さらには火災の発生や避難不可能な事態の発生の原因となり、これによって2次的な人的被害も引き

起こされる。これらの被害の流れも最終的には経済的な困窮につながっていく。この様に、火災や負傷者の発生、避難不可能な事態の発生などの2次的な室内被害には、室内の散乱に起因するものが多いことが明らかであり、地震時における室内の散乱状況を正確に評価することは是非必要であると考えられる。そこで、本研究では構造物などの直接被害の推定と同様に、地震応答計算に基づく応答推定手法を用いて家具の転倒や室内の散乱などを推定する手法を構築し、地震時における室内の被害状況を推定すると共に、この結果を基に、ETA や FTA の手法を用いて室内の2次被害を推定することを試みてきた⁷⁾。

1993年1月15日に発生した釧路沖地震では、強い地震動による崖くずれ・地滑り・液状化などの地盤変化に起因する被害が港湾や道路・鉄道において多数発生した。建築構造物についても、大きな被害はほとんどすべてこれらの地盤変状によるものであった。一方、地震動のレベルがかなり高かったにもかかわらず、地震の振動による構造的な重度の被害は少なく、地域によって壁のひび割れやガラスの破損、集合煙突の倒壊などの微少な被害が発生したのみであった^{8),9)}。しかしながら、家具の転倒や室内の散乱などの室内被害については多くの地域で発生したと報告されており、これによって多くの負傷者が発生したことも報告されている。都市における建築構造物群の構造的・機能的な安全性を評価していくためには、これらの被害の発生状況・分布特性を明らかにし、入力地震動の特性や地盤条件と被害との関係を明らかにすることは必要であるものと考えられる。ここでは、先日防災研究所により行なわれた地震被害調査によって得られた資料をもとに、主に釧路市内の住家の被害について、構造的被害およびその室内における被害の分布特性についてまとめた。さらには、これまでに開発してきた地震被害推定手法を用いて、これらの居住空間における構造的被害や室内被害を推定し推定手法の検証を行うと共に、地域的に被害程度が異なった原因について明らかにすることを試みた。

2. 釧路市内における構造的な住家被害の分布

釧路市は Fig. 1 の太い実線で分けた7つの地域に分けられる。ここでは、資料¹⁰⁾をもとに各地区の特徴

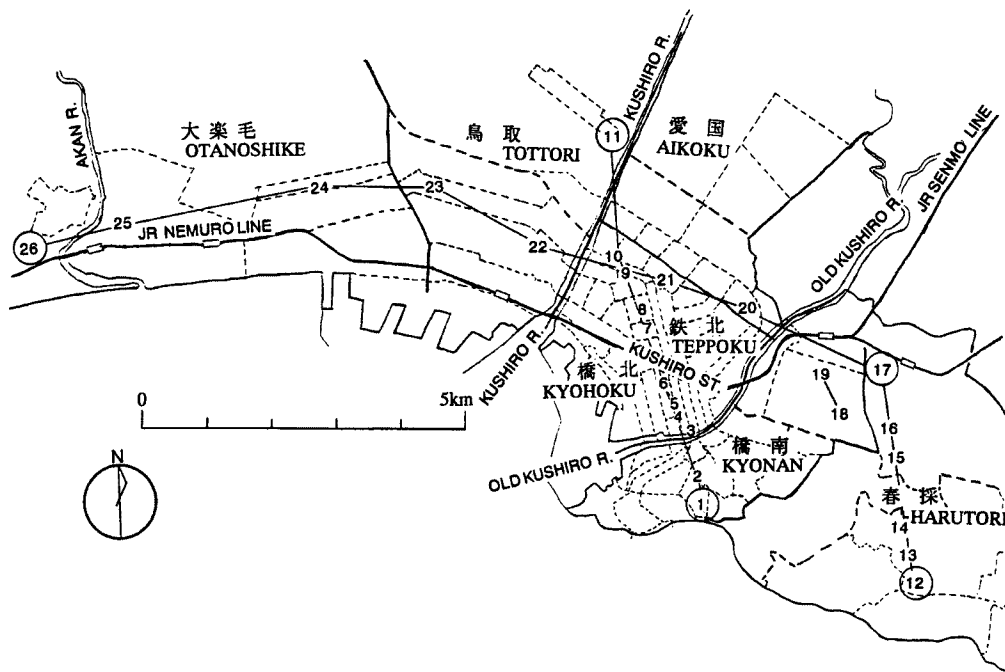


Fig. 1. Districts in Kushiro city.

の概要について簡単に触れる。旧釧路川河口付近（橋南地区の南部）は釧路における発祥の地であり、明治維新直後より第二次大戦前まではこの橋南地区南部が発展の中心であった。その後旧釧路川をわたり橋北地区に発展の中心は移り、現在ではこの地区には市役所などの官公庁や商業施設が集積し釧路の政治・経済の中心となっている。この地区は世帯数は少ないものの、釧路市における高層住宅の多くが集まっている。春採地区は地区の中心に位置する太平洋炭坑の住宅地として昭和初期より開発が始まり、特に昭和40年代より大きく発展してきた住宅地区で、現在では文教地区でもある。世帯数は一番多く、また戸建住宅が多い。鉄北地区は戦後大型店舗が進出しそれに伴って発展した商業・住宅地区で共同住宅が多く、鳥取地区は明治初期に鳥取県士族が入植した所で、現在は純住宅地である。愛国地区は、昭和40年代以降に開発されてきた住宅地域で橋北や鉄北地区と並んで共同住宅が多い。特に美原地区は釧路市では最も新しい新興住宅地である。

Fig. 2 には、釧路市災害対策本部より得られた資料（1993年1月20日現在）をもとに、釧路市内における全壊・半壊住宅および火災発生場所を示した。全壊住家は緑ヶ岡5丁目・6丁目の崖崩れによる6棟のみ

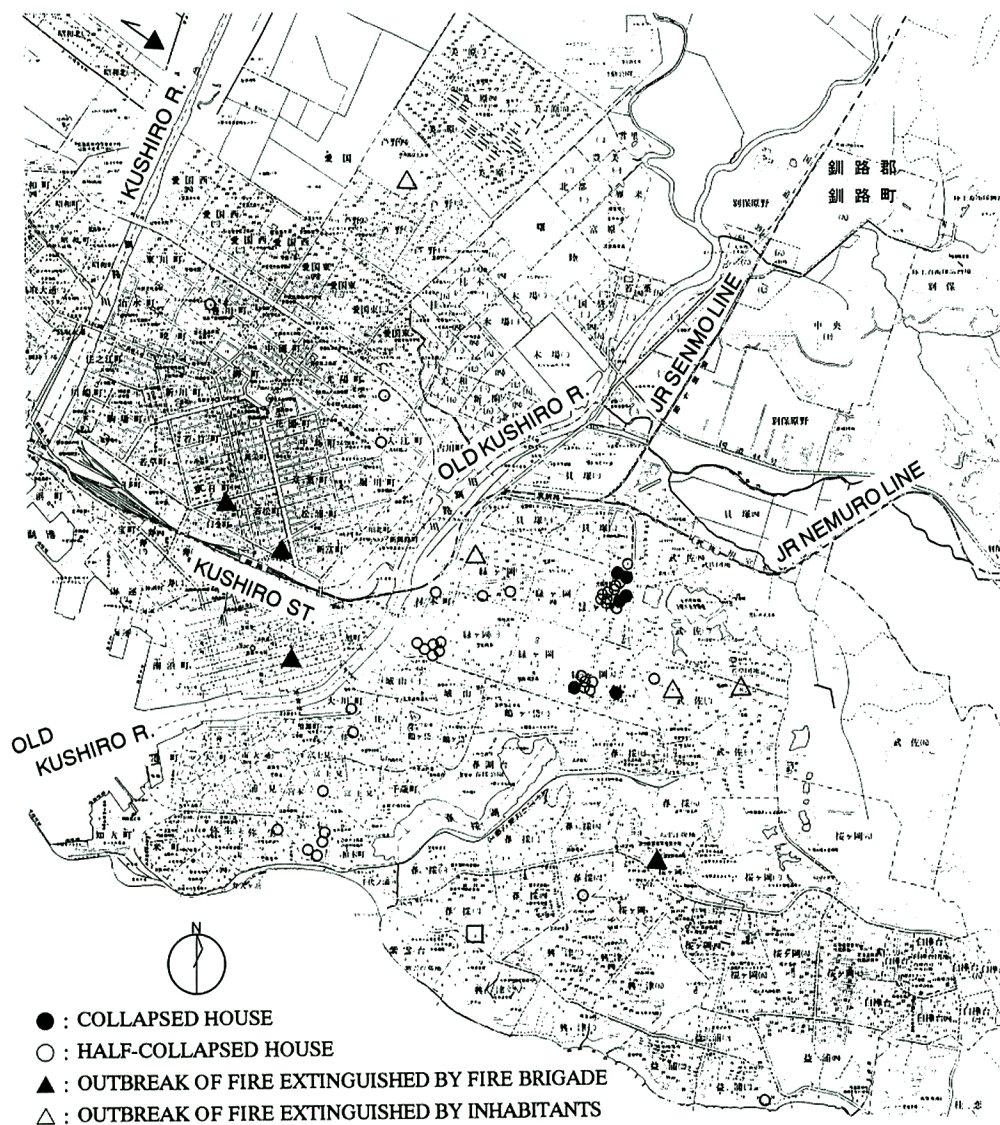


Fig. 2. Distribution of severe structural damage and outbreak of fire in Kushiro city (as of January 20, 1993).

である。半壊住家は39棟で、主に崖崩れの発生した緑ヶ岡やその周辺に多く分布しており、その他の地区では、旧釧路川以東のいくつかの地域で被害が散見される以外はほとんど見られない。また、火災の発生は合わせて9件で、その発生地点は構造被害の分布とはあまり関係なく市内に分布している。そのうち、実際に消防車が出動して消火したのは5件で、その他は住民によって消し止められた⁹⁾。また、炎上した5件の全てが住民が不在の場合であった。これからも住民による初期消火が重要であることが明らかである。出火原因について見ると、ストーブの転倒やストーブに家具・衣類などが落下し出火するなど、ストーブを原因とするものが6件あった。夕食時は過ぎていたためコンロなどからの出火がなかったことは幸いであった。ストーブには地震に対する消火装置を備えた物もあったが、釧路は厳寒地であるためストーブはどの家庭でも大型であり、そのため消火装置が作動してから実際に消火されるまでに時間がかかり、その間に可燃物に着火したものと考えられる。また、釧路市には高品質の石炭を産出する太平洋炭坑があり石炭が安価に供給されるため、まだかなりの旧式の石炭ストーブが使われている。釧路地震による負傷者の症状では、火傷がかなりの割合を占めており他の地震の被害とは異なった傾向を示しているが、この原因の多くは上記の石炭ストーブが倒れるのを防ぐためにストーブを支えていたことによるものと言われている。

Fig. 3 には一部壊の住家の分布を **Fig. 2** と同様に資料をもとに黒丸で示した。一部壊の建物をみると、その分布は旧釧路川以東の洪積台地上の地域にかなりの数が集まっており、特に、緑ヶ岡、武佐、材木町など台地の頂部もしくは縁端部で多く被害が発生していることが読み取れる。一方、旧釧路川以西の沖積層上の地域では、被害は非常に少なく、特に釧路川以西の鳥取・大楽毛地区ではほとんど被害は報告されていない。各地区で世帯数・住宅数のばらつきがあるので、ここでは各町ごと（面積の広い緑ヶ岡・武佐地区については各丁目ごと）に、一部壊以上の建物棟数を各地区の住宅戸数で割った被害率を求め、**Fig. 4** に示し

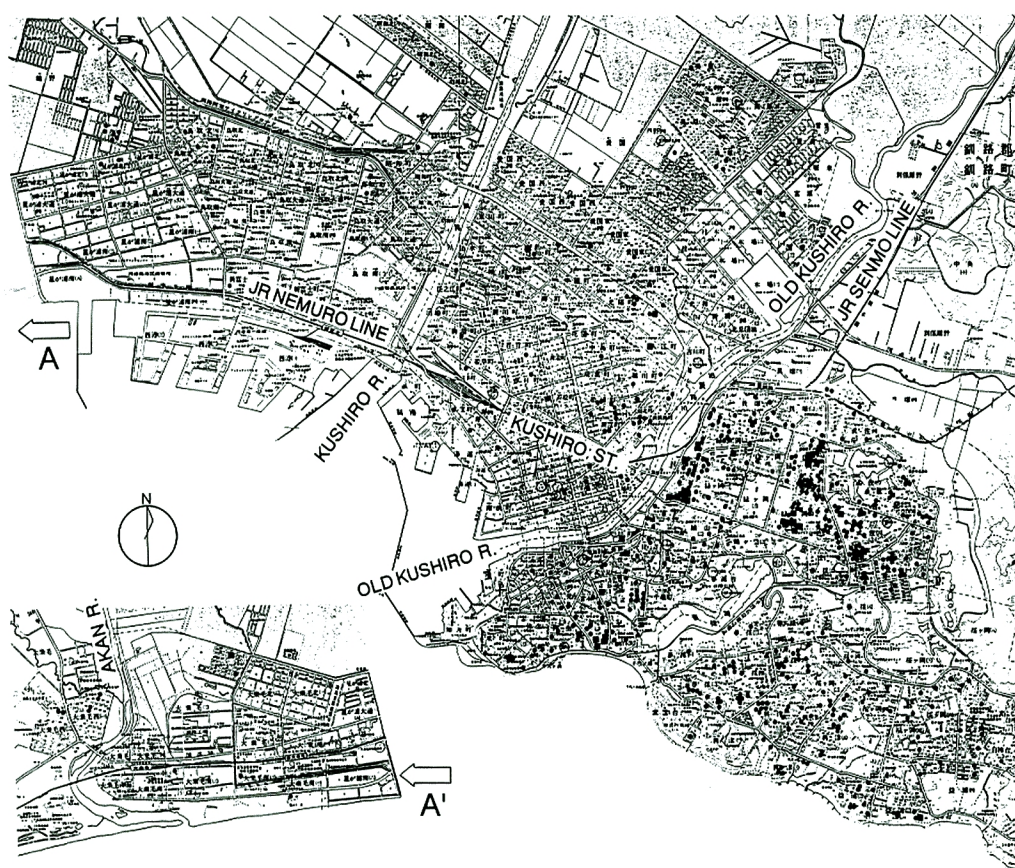


Fig. 3. Distribution of damaged houses in Kushiro city. (as of January 20, 1993)

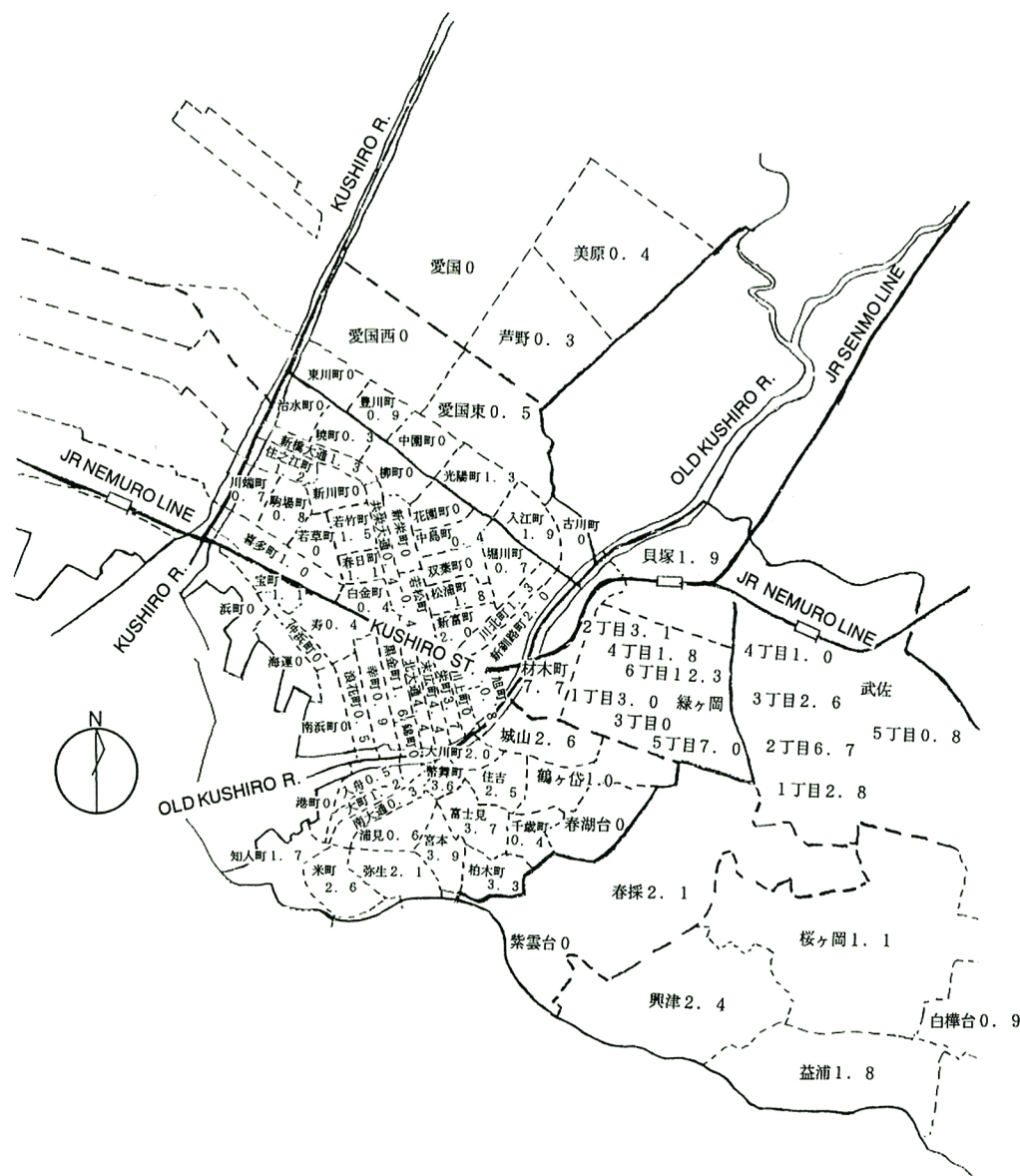


Fig. 4. Damage ratio over slight damage in Kushiro city. (as of January 20, 1993)

た。各地区の住宅戸数は平成2年度の国勢調査の結果（各地区の人口，住宅の種別毎の構成比など）を用いて推定した。これによると，緑ヶ岡6丁目では12.3%ともっとも高く，次いで同5丁目，武佐2丁目，材木町等で6%以上の値を示している。しかしながら，宮城県沖地震では一部壊以上の被害率の最大値は約70%にまで達しているのに比べると，地震動の強さの割には被害はかなり少なかったともと考えられる。その他の旧釧路川以東の地区では，台地上の地区で2～3%の値を示しているが，春採湖周辺や桜ヶ岡などの比較的低い地区では小さな値となっている。旧釧路川以西の地域では，釧路駅南の橋北地区や駅のすぐ北の川沿いの地域でやや高い値を示した以外は1%以下の値であった。この様に，住家の構造的な被害は概して旧釧路川以東の洪積台地で発生していることがわかる。

3. 釧路市内の室内被害の分布

室内の被害について、調査の際にいくつかの地域で住民から聞いたところによると、武佐や緑ヶ岡では地震時に家具やストーブの転倒、収納物の落下などが生じ、室内は非常に散乱した様子であった。また、気象台や図書館など公的な建物が集まる幣舞町付近でも、室内において家具や収納物が散乱し、建物機能が失われる状況が発生していた。一方、液状化が発生したと伝えられている北部の美原や芦野地区では、室内の散乱はそれほどひどくはなかったとも言われている。

各戸の室内の被害の様子を直接調査することは不可能であり、従ってその分布特性を探るのは難しいが、今回の調査においては、北海道釧路江南高校において地震直後に行われた、約200名の生徒を対象とした自宅の室内被害に関するアンケート調査の結果を得ることができた。その質問の内容には、1) 自分の部屋の被害の状況を図示する、2) 自宅全体の被害を記す、などが含まれている。家屋の種類、自室の位置(階数)等は今回のアンケートでは明らかではなく、また、自由記述式の設問なので評価しづらい回答も存在するが、ここではこれらの被害図や被害に関する記述をもとに、各家庭の家具の転倒・家具や机上の物の移動(滑り)・室内の散乱の各状況について0(被害無し)から4(重い被害)の5段階に評価することを試みた。各レベルの評価はおおよそ下に示した目安を用いた。

・家具の転倒

レベル4：部屋中のほぼ全ての家具が転倒

3：タンスなどの幅厚の物は転倒していないが、その他の本棚などの家具はほぼ全て転倒

2：本棚などの比較的厚みの薄い家具がいくつか転倒

1：不安定な物などのいくつか転倒

0：転倒物なし

・家具などの移動・滑り

レベル4：部屋中のほぼ全ての家具がかなり移動

3：ほぼ全ての家具が少し移動

2：いくつかの家具が移動・机上の物の多数が落下

1：机上の物などのみが滑って落下

0：移動した物無し

・室内の散乱

レベル4：部屋中が足の踏み場もないほどに散乱

3：部屋の床面積の半分以上に収納物などが散乱

2：部屋の床面積の数10%程度に収納物が散乱

1：机上の物や不安定な物が落下して散乱

0：散乱せず

これらの結果をもとに **Fig. 5** には家具の転倒に関して、**Fig. 6** には室内の散乱状況に関して、それぞれ被害の分布を示した。家具の転倒については被害の傾向は明確には分からないが、ランク2以上の大きな被害はいくつかの地域で局所的に発生しているのが見て取れる。その多くは湿原や河川の縁の特に地盤が軟弱であろうと考えられる場所で発生しているように読み取れる。また、美原や橋北地区においてもいくつかの重い被害が発生しているが、これらの地域は多層建ての住宅が多数存在するので、あるいは自宅が多層建物の上階に位置し、その結果応答が増幅された可能性も考えられる。一方、橋南や春採地区の南部、鉄北地区、一部を除く鳥取地区および大楽毛地区では家具の転倒はほとんど発生していない。室内の散乱については、被害は家具の転倒よりは全市域に広がっており、ほとんどの地域ではランク2程度の散乱は発生している。この分布と家具の転倒の分布と比較すると、散乱が卓越して発生する地域、家具の転倒が卓越する地域、同程度に発生する地域がそれぞれ存在することが読み取れる。最後に家具の散乱、家具の移動、室内散乱のそ

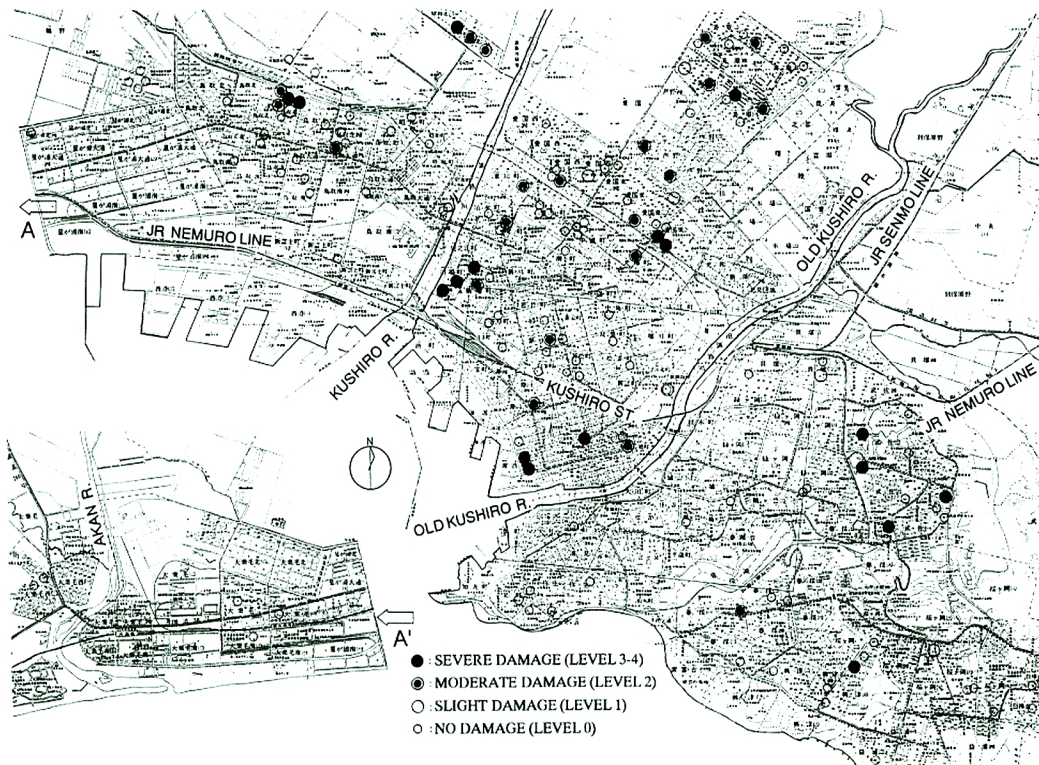


Fig. 5. Distribution of indoor damage (overturning of furnitures) by questionnaire.

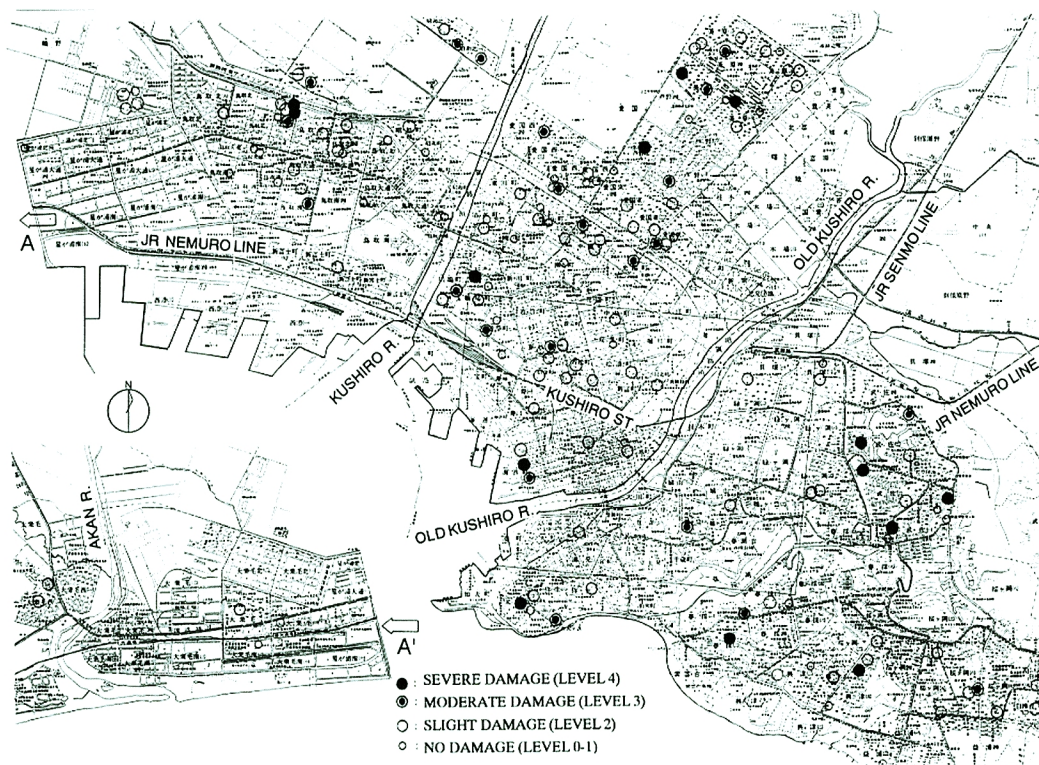


Fig. 6. Distribution of indoor damage (scattering in living room) by questionnaire.

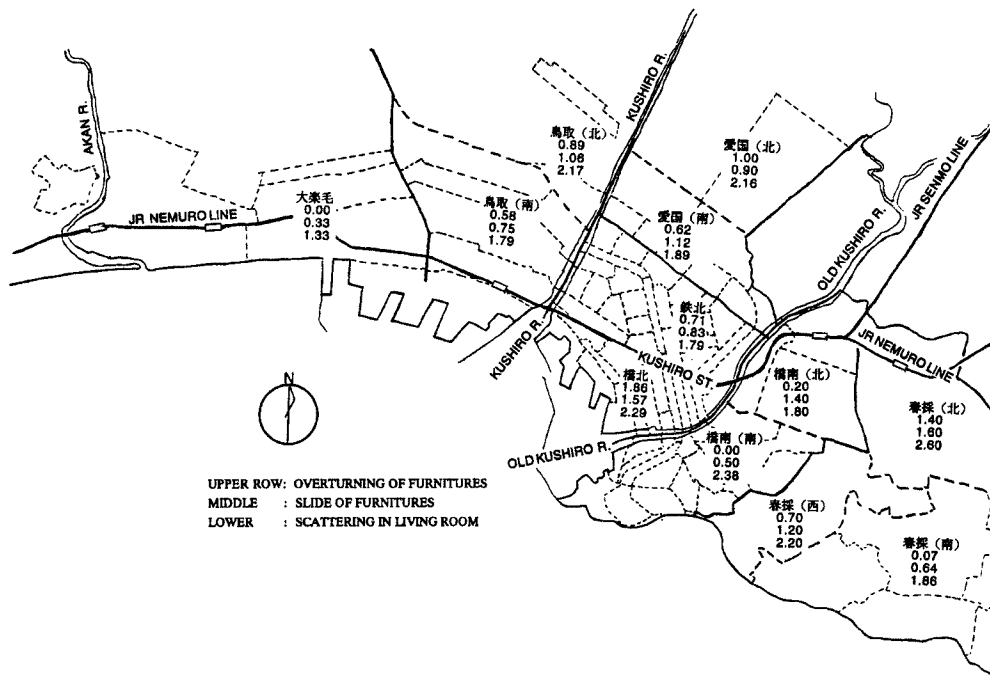


Fig. 7. Average level of indoor damage at each district of Kushiro city.

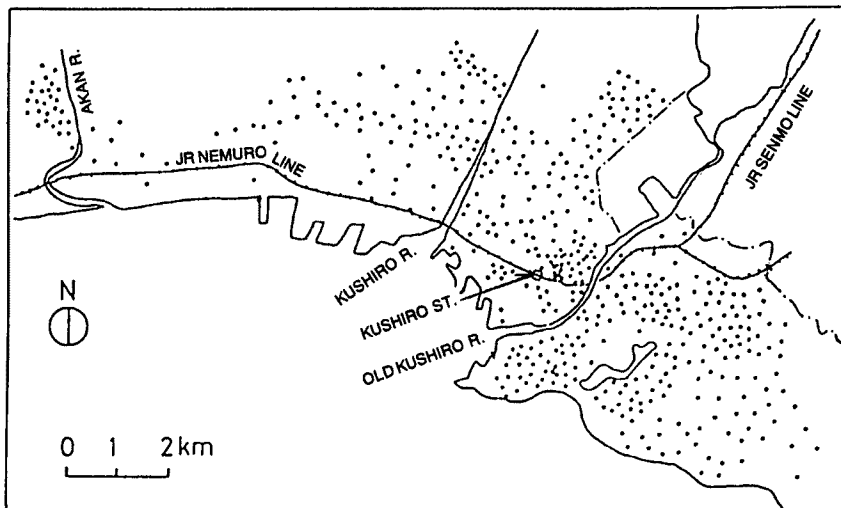


Fig. 8. Distribution of injured people in Kushiro city.¹¹⁾

それぞれの評点を各地区で平均して Fig. 7 に示した。室内の散乱は春採(北・西)・橋南(南)・橋北で平均2以上の大きな値を示した。しかし、春採北・橋北では家具の転倒も1以上であったのに対し、橋南(北・南)では転倒はほとんど見られなかった。この様に、釧路川以東の地区ではそれぞれの被害状況は異なった複雑な傾向を示している。また、総体的には沖積地盤上の地区では西に行くほど被害が小さくなる傾向を示しているが、北部の湿原に近い愛国(北)や鳥取(北)では比較的大きな室内被害が生じている。

Fig. 8 には、村上・坂井ら¹¹⁾によってまとめられた、釧路市内における負傷者の分布を示す。負傷者は市内全域に亘って広く分布しているが、地域的にはかなり分布密度が異なっていることが見て取れる。そこ

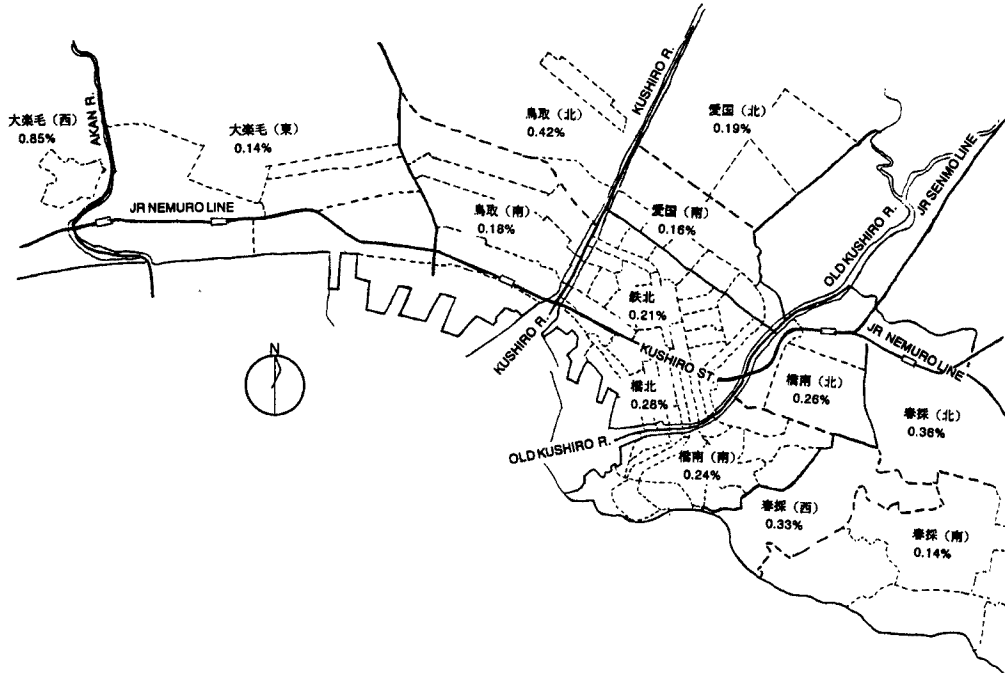


Fig. 9. Ratio of injured people at each district of Kushiro city.

で、この図より Fig. 1 に記した各地区毎の負傷者数を読み取り、この値を平成2年度の国勢調査による各地区の人口で割って負傷率を求め、Fig. 9 に示した。鉄北地区や採地区では負傷者数は多いものの人口も多いため、負傷率にするとそれぞれ0.21%、0.14%と、それほど大きな値にはならなかった。一方、大楽毛の阿寒川以西や鳥取地区の北部では0.85%、0.42%とかなり大きな値を示している。一般には、負傷率は、Fig. 7 に示した室内の散乱率の大きい地区（春採（北）、春採（西）、橋南（南）、橋北、鳥取（北））で相対的に大きな値を示している。負傷者の発生の多くが家具の転倒を含む室内の散乱によって引き起こされていることが示されているものと考えられる。

4. 住家の構造被害及び室内被害の推定

これまでに研究を進めてきた地震応答計算に基づく構造物の被害推定手法⁴⁾を用いれば、構造物の加速度・速度・変位応答などを求めることができ、これより概略的に構造的な被害を求めることができる。また、これらの推定応答量を用いて家具の転倒や収納物の散乱などを含む室内散乱状況を明らかにすることも可能である⁷⁾。ここでは釧路市内における構造被害、室内被害の分布特性を探るため、およびこの手法の妥当性を検証することを目的として、上記の推定手法を適用することを試みた。

最初に、入力として釧路気象台87型強震計で記録された波形のうちNS成分を用い、構造物の応答推定手法を用いて枠組壁工法による2階建て木造住宅、旧設計基準によるRC造2階建ておよび新基準によるRC造5階建て建物について、各フロアの応答加速度、応答層間変位（変形角）、家具の転倒率を求め、これをもとに室内の散乱率を算出し、Fig. 10 に示した。図の横軸は構造物のせん断耐力を示すパラメータ C_y で、標準設計のレベルは木造の場合で0.2、RC造の場合で1.0となる。図中口は1階（床）の、×は最上階（床）の応答もしくは被害を示している。ここで、家具の転倒率は各フロアの加速度応答、速度応答の最大値から既往の実験結果等をもとに算出し、散乱率は室内の家具の転倒による閉塞面積と家具などからの落下物の飛散面積の集合和を可住面積で割ったものとして求めた。 C_y が大きくなるにつれ最上階床の加速度は大きく

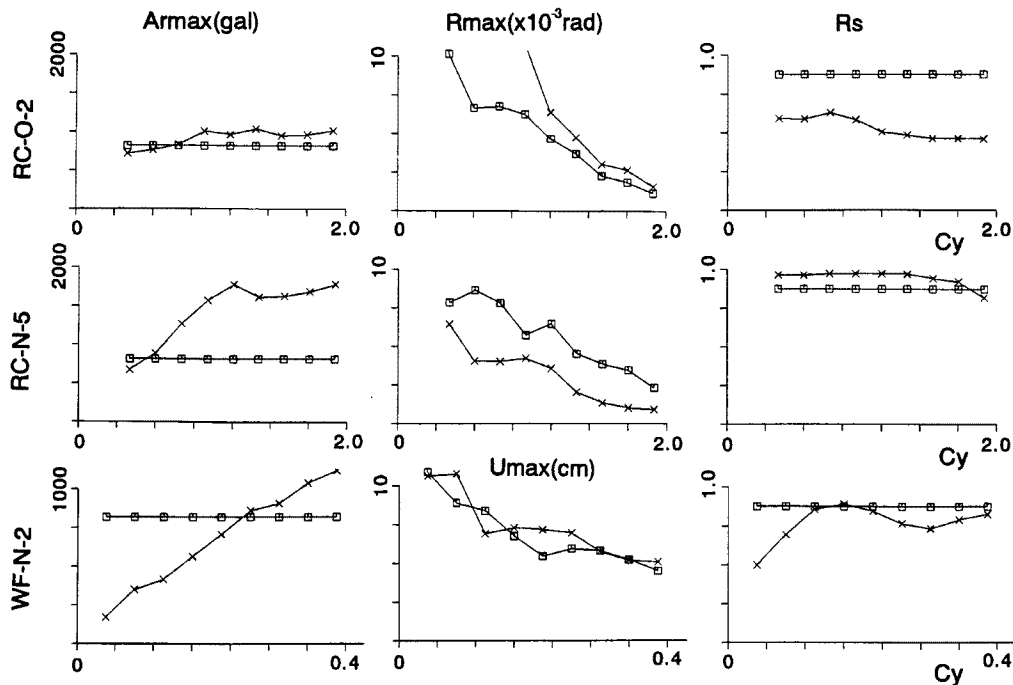


Fig. 10. Estimated responses and damages of houses using of earthquake motion observed by Kushiro meteorological observatory. (□: damage of first floor, ×: damage of top floor)

なり、層間変位は1階、最上階共に小さくなる傾向を示す。しかしながら、 C_y が基準値以下になると変位は半壊の目安である 5×10^3 rad あるいは 5 cm を越えるようになり、実際の被害の状況とは合わない結果となっている。また、室内散乱については、地動のレベルが極めて大きいため、1階床における散乱率は全ての場合に最大値（ほぼ1.0）を示している。最上階については2階建て RC 造ではやや低減されている。全体的に応答レベルは実際の被害状況よりはかなり大きくなる傾向を示しており、気象台の記録をそのまま用いることには問題があるように思われる。しかし、構造物が比較的強い場合、応答変位すなわち構造的な被害は余り大きくならないのに対し、室内散乱は非常に激しいという実被害における傾向は同様に示している。

次に、各地点での応答・被害を推定する。まず基盤地震動として釧路港 -77 m での観測記録を参考にし、卓越振動数 4 Hz、減衰0.7としたフィルターおよび指数型の包絡線関数を用い、位相に一様乱数を与えて模擬地震動を作成した。最大加速度は釧路港 -77 m の記録内の EW 成分の値 262 gal となるようにした。さらに、Fig. 1 に示した橋南地区から愛国地区(地点1-11)、桜ヶ岡から武佐(12-17)、武佐から大楽毛(17-26)の3つの側線上の地点および緑ヶ岡の2地点(18, 19)の表層地盤について、北海道建築士会釧路支部のまとめたボーリングデータ¹²⁾ および地質断面図を参照して成層地盤としてせん断質点系にモデル化した。このモデルを用いて各地点の伝達関数を求めて Fig. 11 に示した。各図中の数字の内、最上段は地点番号を示し、その下の数値は1次、2次のピークの振動数をそれぞれ示している。なお、Q値はすべての層で20と仮定した。1から11の側線では、橋南地区(1, 2)ではピークは 2 Hz 程度であるのに対し、橋北地区(3, 4)では逆に 2.5~3 Hz と高くなっている。鉄北地域以北(7~11)では 1~1.5 Hz 程度の低い値を示した。地点12から19では桜ヶ岡(12~14)でかなり高い数値を示している。20から26にかけては湿原に近い地点でもあり、1~1.5 Hz 付近に第一のピークがあるが、多くの地点で 4 Hz 付近にも顕著なピークが見られる。続いて、上記のモデルおよび基盤地震動を用いて弾塑性地震応答解析によって各地点表層の地震動を推定した。さらに、この表層地震動を用いて、これまでに開発してきた手法により在来軸組工法による2階建ての古い木造住宅および比較的新しい枠組壁工法による2階建て木造住宅、旧基準によるRC造2階建て、新基

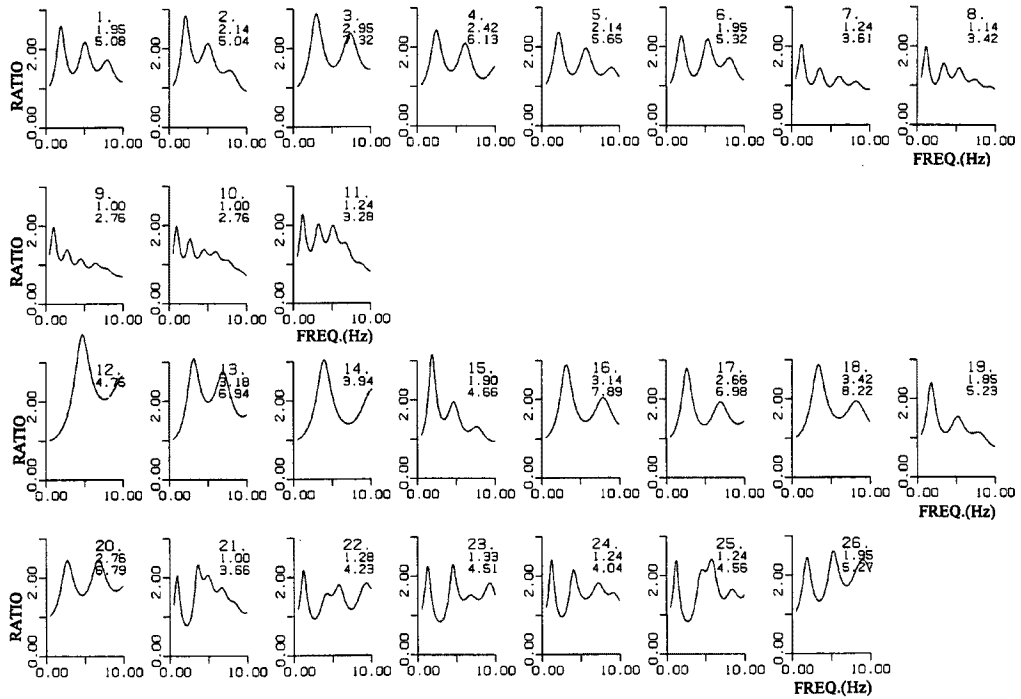


Fig. 11. Transfer function of each site in Kushiro city.

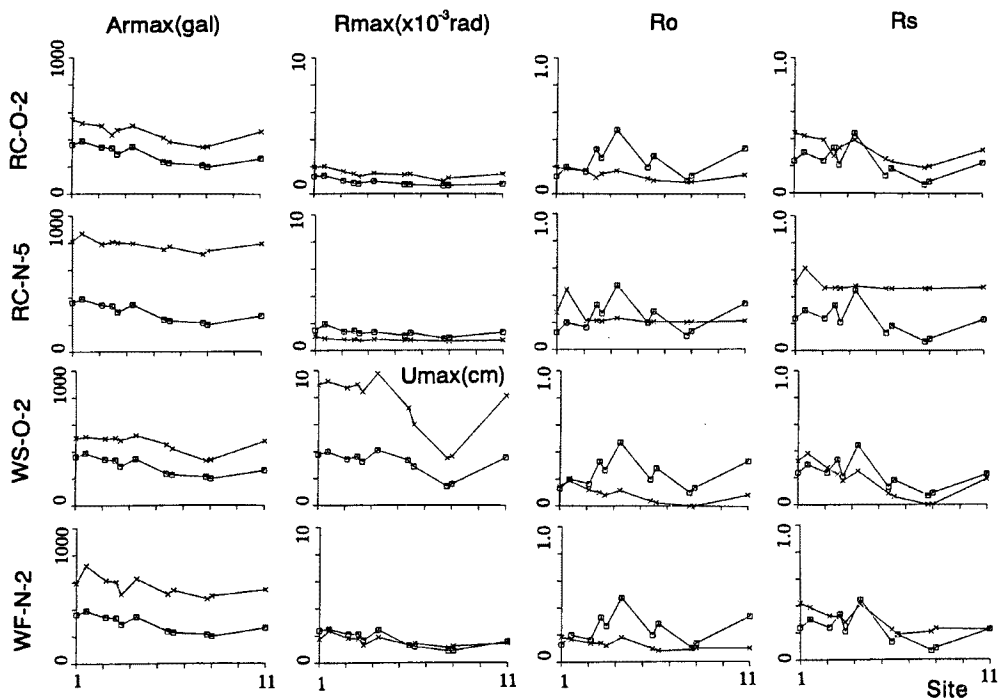


Fig. 12. Estimated responses and damages of houses at site 1 to 11. (□: damage of first floor, ×: damage of top floor)

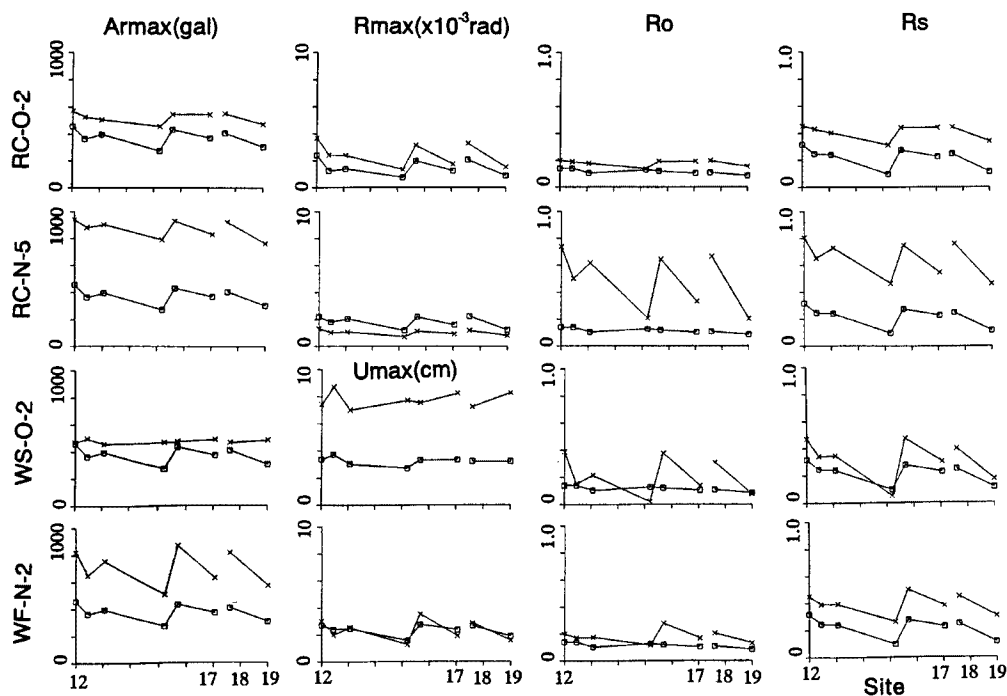


Fig. 13. Estimated responses and damages of houses at site 12 to 19. (□: damage of first floor, ×: damage of top floor)

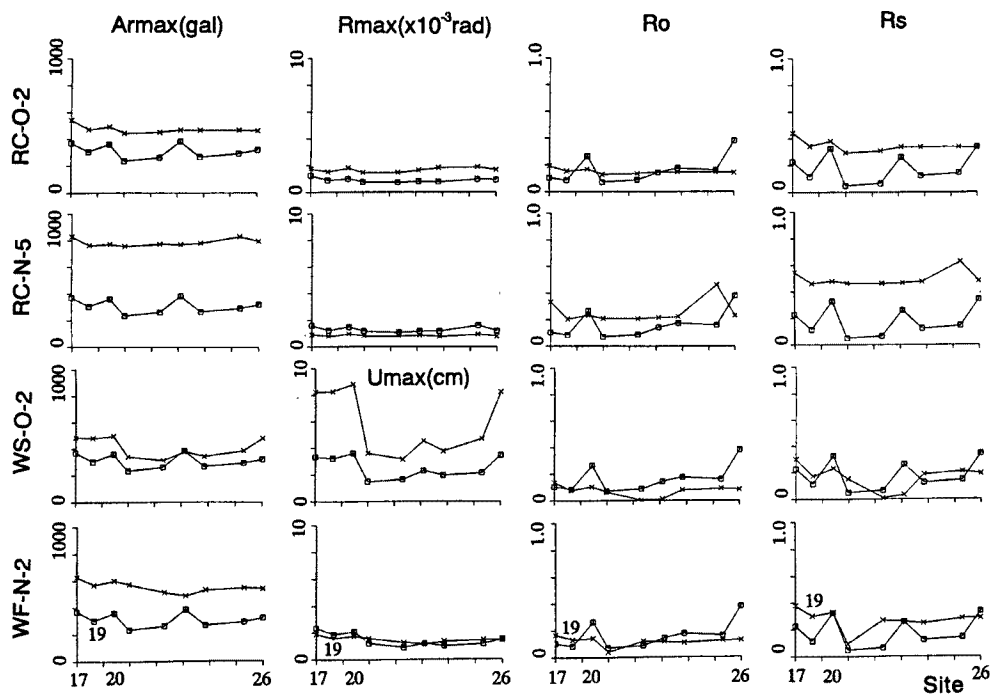


Fig. 14. Estimated responses and damages of houses at site 17 to 26. (□: damage of first floor, ×: damage of top floor)

準による RC 造 5 階建ての 4 種の建物について、各階のフロアの最大応答加速度・層間変位（RC 造については層間変形角）を求めた。また、これらの応答量をもとに Fig. 10 と同様に、家具の転倒率や室内の散乱率を算出し Fig. 12～Fig. 14 に示した。構造物の強さ C_y は既往の壁量調査を参照して平均的な値を用いている。また、図中横軸は各地点の相対距離を表し、図中口は 1 階（床）の、×は最上階（床）の応答もしくは被害を示している。

最大応答加速度のうち口は地上の最大加速度を示しているが、橋南地区の南（地点 1, 2）では 400 gal 程度と気象台の記録に比べるとかなり小さな値となった。相対的には、橋北地区の各町（3～6）や武佐 2 丁目（16）、緑ヶ岡 5 丁目（18）、桜ヶ岡（12～14）で 400 gal を越える大きな値を示し、一方、北部の地域では 220～320 gal 程度であった。

変位応答については、一般的には在来工法による古い木造住宅以外の建物では、全ての地区において構造被害の発生する応答量（例えば、RC 造では 5×10^{-3} rad、木造では 5 cm）には達していなかった。相対的には武佐 2 丁目（16）、緑ヶ岡 5 丁目（18）で応答量が大きくなっており、また、橋南、橋北地区（地点 1, 2, 5, 6）でもやや変位が大きくなる傾向を示し、Fig. 3 の被害分布とかなり一致した性状を示した。

家具の転倒率については、地点 4～6 で大きな値を示しており、Fig. 7 の橋北地区での被害の大きさとよく一致している。また、武佐についても実際の被害と同様に大きな値となっている。一方、桜ヶ岡（地点 13, 14）では実被害、推定共に比較的小さかった。桜ヶ岡や橋南地区においては、RC 造の 5 階建ての最上階では、他の建物とは異なり大きな推定値を示した。室内散乱についても、家具の転倒の場合とほぼ同様に、武佐や橋北地区では非常に大きな値を示し実際の被害と良い対応を示したが、他の地点でもある程度の被害は発生していた。しかし、いくつかの地区では推定値がやや大きな値になるなど、分布性状を十分に追えていない地区もあった。

この様に、本解析によって、被害の分布特性のおおよそは追うことができたが、実際の被害状況とやや異なった値を示す地点もあった。その原因としては、入力地震動の評価に多くの不完全な点があることが考えられる。特に基盤地震動の設定や地盤のせん断質点系へのモデル化などには多くの議論の余地があろう。また、アンケート調査の結果にも種々の不明な点（構造物の種類や階数など）が存在することも原因に挙げられよう。また、本手法そのものにも改善しなければならない点が多くあり、今後は、これらの点についてより詳細に検討していく必要があると考えられる。

5. 結 論

本報では、建物の構造被害、室内被害の分布特性を調査によって得られた資料をもとに明らかにすると共に、これまでに開発してきた被害推定手法を用いてその分布性状を表現することを試みた。その結果として以下の諸点が挙げられる。

- 1) 建築物に関する大きな被害は全て地盤の変状によるもので、振動による被害は比較的軽かった。しかし、微少な被害は、旧釧路川以東の台地上の地区でかなり発生している。一方、旧釧路川以西の沖積地や湿原付近の埋立地ではあまり被害が報告されていない。
- 2) アンケート調査の結果では、地区によって建物そのものの被害に比べて家具の転倒や室内の散乱等は激しく発生している。これら室内被害は家具の転倒が顕著な地区、室内の散乱が顕著な地区が存在するなど、非常に偏った複雑な被害分布性状を示している。
- 3) これまでに開発してきた推定手法によって実際の構造物や室内の被害分布の推定を行った。その結果、構造的な被害の分布の傾向、家具の転倒や室内散乱などの被害の発生傾向などを概略追うことができた。また、このことは同時に、今回の推定に用いた各地点の入力地震動（各表層地盤をせん断質点系に置換し地震応答解析によって求めたもの）が各地点の地震特性を概略には表現し得ていることを示しているものと考えられる。しかし、推定結果と実際の被害分布では、細部には異なる部分も多く、手法自体の

評価, 入力地震動の評価などを含め, より詳細な検討が必要であるものと考えられる。

今後は, これらの被害発生状況と地震動・地盤特性等との関係をより詳細に解明し, 本推定手法の精度を向上していくために研究を進めていくと共に, 居住空間の持つ機能を生活困窮度や経済的困窮度などの指標を用いて評価していくことを試みる予定である。

末筆ながら, 現地調査にご協力頂いた関係者各位およびアンケート調査の結果を提供して頂いた釧路江南高校の佐藤裕之氏に深甚なる謝意を表します。本研究における数値計算には京都大学防災研究所都市施設耐震システム研究センターのNEWS NWS-3860を使用した。

参 考 文 献

- 1) 北原昭男・藤原悌三：都市における建築構造物の地震被害推定に関する基礎的研究（その1）—木造構造物の地震応答推定—, 京都大学防災研年報, 第31号 B-1, 1988, pp.105-126.
- 2) 北原昭男・藤原悌三：都市における建築構造物の地震被害推定に関する基礎的研究（その2）—低層鉄筋コンクリート構造物の地震応答推定—, 京都大学防災研年報, 第32号 B-1, 1989, pp.149-163.
- 3) 北原昭男・藤原悌三：都市における建築構造物の地震被害推定に関する基礎的研究（その3）—木造構造物の地震被害推定—, 京都大学防災研年報, 第33号 B-1, 1990, pp.163-177.
- 4) 北原昭男・藤原悌三：建築構造物群の震害予測に関する研究, 京都大学防災研究所都市耐震センター研究報告, 第5号, 1991, pp.11-39.
- 5) 亀田弘行・岩井 哲・北原昭男・能島暢呂：都市耐震のための研究領域の分析, 土木学会関西支部都市防災シンポジウム講演集, 1987, pp.207-216.
- 6) 亀田弘行・岩井 哲・北原昭男・能島暢呂：都市震害のシステム分析序論, 京大防災研年報, 第31号 B-2, 1988, pp.67-91.
- 7) 北原昭男・藤原悌三：居住空間の構造的・機能的な地震被害の推定, 京都大学防災研年報, 第35号 B-1, 1992, pp.35-50.
- 8) 藤原悌三・岩井 哲・北原昭男：1993年釧路沖地震被害調査報告（その1 建築構造物の被害概況）, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第33号構造系, 1993年6月, (投稿中).
- 9) 北原昭男・藤原悌三・岩井 哲：1993年釧路沖地震被害調査報告（その2 建築物および室内の地震被害の分析特性）, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第33号構造系, 1993年6月, (投稿中).
- 10) 釧路市：目でみる釧路の歴史, 1992年8月.
- 11) 村上ひとみ・坂井 忍・村上公一・高井伸雄：1993年釧路沖地震の人間行動調査—負傷者の発生と病院の対応—, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 1993年3月.
- 12) 北海道建築士会釧路支部：釧路市の地盤, 1982.