

都市圏居住域の時間拡大性を考慮した地震危険性の長期評価

—札幌圏を例として—

正 会 員 岡 田 成 幸*
正 会 員 太 田 裕**

1. はじめに

地域地震防災計画立案に際し、当該地域の被害推定は最も基本の問題として位置づけられており、一般に次式で評価される。

$$R(n_j) = H \cdot V(n_j) \cdot P(n_j), \quad n_j: \text{被害項目} \cdots \cdots (1)$$

Risk: 地域が受ける被害の内容・程度

Hazard: 地域を襲う地震動強さ……[地震動特性]

Vulnerability: 被害関数 (壊れやすさ)……[地域特性]

Population: 被害対象の分布 (個数, パターン) 特性……[地域特性]

たとえば1次被害の主対象である住家については、当該地域の入力地震動強さ(H)を地盤を成層構造にモデル化した重複反射理論にもとづき評価し、これを想定入射波とし建物の弾塑性応答モデルを被害関数(V)にみたて、その応答量から被害の有無・程度を判定し、これに住家棟数分布(P)を考慮し、地域の被害を統計的に予測するのが一般である。この手法にもとづき、いくつかの都市圏^{1)~3)}においてはすでに行政レベルで被害推定が実施されている。ところで(1)式におけるこれら諸特性H, V, Pは数10年間という長い時間単位でみた場合、本質的に時間と共に変動する特性量である。しかし従来からの被害推定は、Hに関しては確率的に将来予測を加味したものはあるものの、いわゆる受け手の側の特性量V, Pの算定に関しては作業実施時点での資料を用いるにとどまっており、当座の防災対策資料として有効ではあるが、これは必然その地域のもつ危険ポテンシャルが将来的にも不変であるという仮定を前提として成り立っている。今までのところ数10年間という長期間にわたるその時間変動性を積極的にとり入れた長期的視点からの防災資料にまで発展させたものはあまりみない。本研究は、これに対して受け手側の特性量のうち、とくにPの時間変動が地域社会の被災危険度予測に及ぼす影響を調べ、地域長期防災計画への参考資料とすべ

く、札幌圏を事例として方法の開発を行ったものである。

第1図は札幌市における65年間の市街地の発展、いわばPの時間変化をみたものである。Pの時間依存性(居住域の拡大・地域社会の発展)は顕著であり、この状況変化(たとえば軟弱地盤への市街地の発展)が地域のもつ地震危険性に少なからぬ影響を与えることは予想に難くない。さらに札幌市の場合、その発展方向がたまたま将来懸念される想定地震源に向かっているという二重の危険性をはらんでいる点に注意を要する。人口規模10万人以上の都市では、都市のもつ大規模な雇用環境(経済的魅力)・生活の利便性(社会的魅力)等のゆえに自律的發展に向かうケースが多いとされており⁴⁾、第1図は大都市ならば通常にみられる現象であり、その地域の危険性は数10年間という時間スケールで大きく変化していることが十分に考えられる。このような場合、その程度が大きければ防災行政の観点から都市計画を見直さねばならなくなってくる。このための基礎資料として長期の被害予測が重要となる所以である。(1)式にもとづいている限り、この観点からの都市が抱える将来的危険ポテンシャルを見落としてしまう恐れがあり、従来からの被害予測手法に欠落している大きな問題点として指摘できよう。

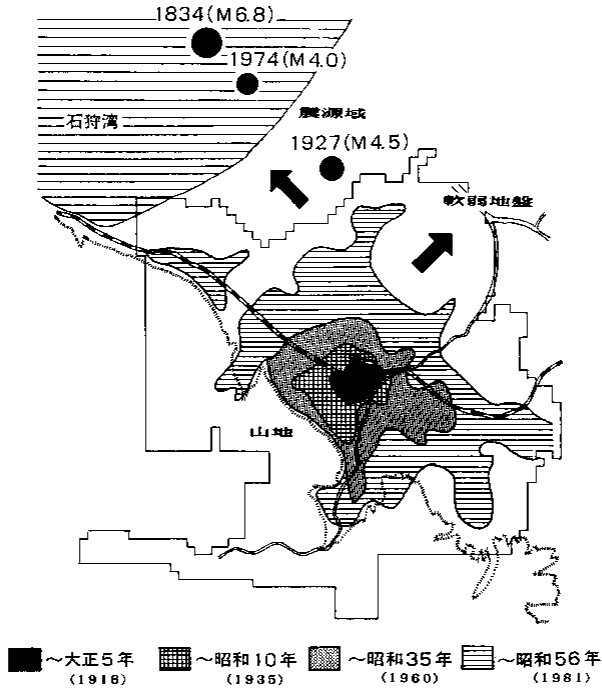
本研究は以上の点に鑑み、札幌圏(札幌市を含む11市町村)を対象として、地域の発展・衰退というごくありふれた社会現象が地震危険性に及ぼす影響の程度を下記のごとく時間経過で追ってみたものである。

$$R(n_j, t) = H \cdot P(n_j, t) \cdot V(n_j) \cdots \cdots (2)$$

初めての試みでもあり、木造住家被害に限定して話を進める。したがって、ここでは(2)式中の左辺R(n_j, t)は木造住家被害予想棟数の経年変化を表すことになる。本研究のねらいは被害の絶対数を議論することではなく、地域の発展という社会現象が地震による被災の危険性にどのように影響するものなのか、その一般傾向を調べることにある。したがって、被害の推定手法は次章で述べるごとく、できるだけ簡略なものにとどめた。

社会状況の変化が被災環境に影響する傾向をつかむには、相当の長期的展望に立たねばならない。当該地域周

* 北海道大学 助手・工博
** 北海道大学 教授・理博
(昭和62年12月18日原稿受理)



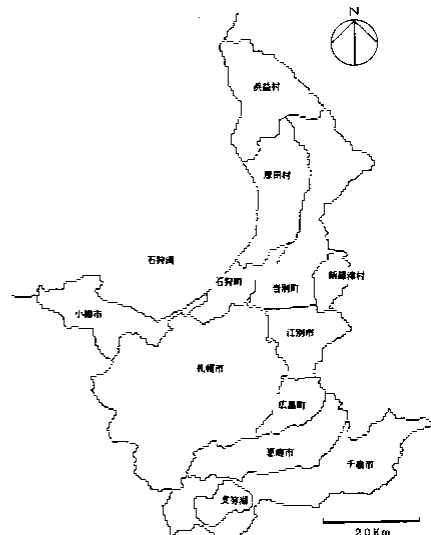
第1図 札幌市の居住域の拡大の様子

辺の地震活動度も考慮しここでは50年間の時間変化を追ってみることとした。

2. 予測算定の方法

2.1 対象地域

解析対象の中心となる札幌市は人口147万人（1985）をかかえる地方中核都市である。周知のように、ここでは北海道を代表する都市としての中枢管理機能の集中等による人口増加はここ数年目ざましく、その増分をまかなうために必然、住宅地の拡大が要求され、郊外へ向けて市街地が発展してきた。このような状況下で、隣接する市町村は通勤・通学圏として重要な役割をもつにいたり札幌市の人口分布推移・発展は近隣市町村とのかかわりを強くするにいたっている。この状況に鑑み、当該地域の総合的環境整備を目的とし札幌市を中心とする新札幌広域市町村圏振興計画（1981）⁹⁾が策定され、その中で札幌市・江別市・千歳市・恵庭市・広島町・石狩町・当別町・新篠津村・厚田村・浜益村が計画区域として指定されている。本論では、この10市町村に隣接最大都市である小樽市を含め算定対象地域とした。第2図に示す。当該地域は東西約80 Km、南北120 Kmにおよび、



第2図 被害算定対象地域

第1表 被害算定方法の概要

時刻算定	$\text{M} = 2.5 + 0.15 \times \log_{10} \frac{1}{1000} \times \frac{1}{(1 - \text{震害程度})^{0.5}}$
Hazard	$H = 10^{0.5 \times \text{M} - 1.5} \times 5000 \times \text{震害程度}$ $I = 10^{0.5 \times \text{M} - 1.5} \times 5000 \times \text{震害程度}$ $\times \frac{1}{\text{震害程度}^{0.5}}$
人口算定	$P = 10^{0.5 \times \text{M} - 1.5} \times 5000 \times \text{震害程度}$ $\times \frac{1}{\text{震害程度}^{0.5}}$ 震害程度: 1977-1980年国勢調査, 1981年国勢調査 震害程度: 1977-1980年国勢調査, 1981年国勢調査
震害算定	震害算定: 震害算定係数による 震害算定: 震害算定係数による
住宅被害	住宅被害: 住宅被害係数による 資料: 1977年国勢調査, 1981年国勢調査
震害算定	震害算定: 震害算定係数による 震害算定: 震害算定係数による

総面積は 3,786.54 Km² である。この地域を一辺 500 m の区画に分割し、各区画ごとに危険度を算定する。

2.2 方法・資料

(2) 式を算定の基本式とする。方法の概要および用いた資料の一覧を第1表に示す。

同式中、地域を襲う地震動強さの決定には、過去に発生した地震統計にもとづき一定期間内に期待される最大加速度等を定める確率論的な方法と、地震の発生する位置・規模を定めて地震動を算定する決定論的な手法がある。当該地域周辺の地震記録は少なく、その発生位置・規模についても不確定なところが多く確率統計の立場から利用するのは困難である。よって、ここでは想定地震を当該地域周辺の地震活動の考察より決定し、その地震に対して既存の震度推定式より地域の震度分布を計算する。

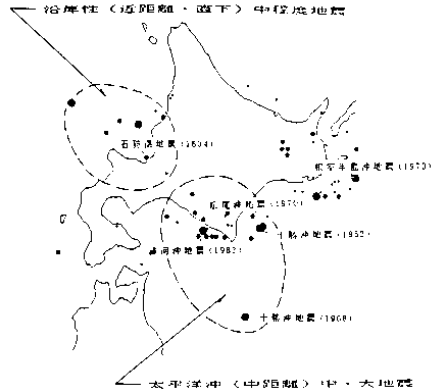
木造住宅棟数分布 $P(n_i, i)$ は以下の方法によった。基礎となる統計量として人口を用い、各市町村の将来人口を過去 20 年間の国勢調査資料²⁾をもとに今後 50 年間の推計し、シミュレーション的に地域内に分布させる。一方、住家形態と世帯数との関係を調査した資料³⁾より人口—住家棟数の関係を市町村別に求めておき、先の人口分布データから木造住宅棟数の地域分布の時間的変化を推計する。

話を簡単にするために、ここでは木造住宅の耐震性能は今後 50 年間で変化しないものと仮定し、被害関数 $V(n_i)$ として木造住宅被害率—震度の関係を振動型被害と非振動型（液状化）被害に分けて考え、1982 年浦河沖地震と 1983 年日本海中部地震における被害資料より実験式を求め、それを各 500 m 区画に適用する。以下にその詳細を述べる。

3. 算定

3.1 想定地震

第3図は有史以来北海道周辺で発生した主な地震の震央位置を示したものである⁴⁾。この図から、道東および口高沿岸にかけて分布する中〜大 (M 7 ~ 8 程度) 地震が目立つこと、日本海沿岸近くに中程度地震が点在する



第3図 札幌圏・北海道周辺の地震環境

こと、また大規模被害地震は内陸部に多くは存在しないことなどが分かる。したがって、札幌圏になんらかの被害を及ぼすと思われる地震は、1) 沿岸性(近距離・直下)中程度地震、2) 太平洋沖(中距離)中・大地震、このほかに3) 道外(遠距離)巨大地震の3種類である。

1) の地震の場合、M は 6 から 7 の中程度の規模ではあるが、札幌圏までの震央距離は近く当該地域に対してはいわゆる直下地震の性格をもっている。当該地域は高震度に見舞われ直接的被害として相当程度を覚悟しなければならないであろう。過去においては代表的なものとして 1834 年石狩湾地震 (M 6.8) がある。

2) を代表するものとしては 1952 年および 1968 年十勝沖地震 (M 8.1, M 7.9)・1970 年広尾沖地震 (M 6.7)・1982 年浦河沖地震 (M 7.1) 等がある。この地域の地震活動は活発かつ規模は大きい。しかし、札幌圏とは震央距離で 100 Km 以上離れており当該地域は震度 IV ~ V 程度にとどまることが多い。

3) は近い将来の発生が懸念されている駿河湾—東海沖地震がその典型であろう。この地震の場合、札幌圏においては直接的被害の発生はないものの、首都圏が破壊された場合、本州—北海道間の社会・経済ネットワークに支障をきたしその間接的な被害は無視し得ないであろう。

以上のうち、直接的被害が当該地域において最大であると思われる地震は 1) に属するものであり、そのうち過去における最大のもの、すなわち石狩湾地震相当をここでは想定地震として採用する。この地震の概要は以下のとおりである。民家の全壊が 23 戸、半壊 3 戸、その他の建物破壊 57 とかなりの被害を受け、また地割れや泥水の噴出した箇所があることから、非振動型による地震被害が発生したと予想される。マグニチュード・震央位置に関しては M 6.8、北緯 43 度 15 分、東経 141 度

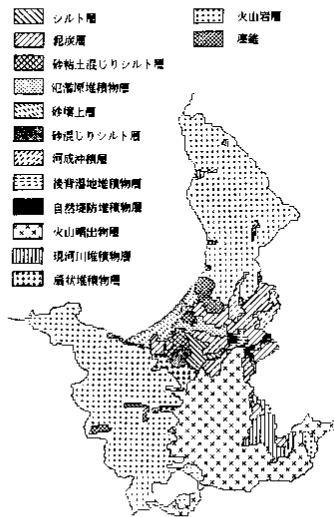
15分とされている。震源の深さについてはほぼ10 Km程度の極浅発地震であったと考えられる¹¹⁾。

3.2 震度分布の算定

札幌市については、1982年浦河沖地震の際に行った詳細震度調査をもとに筆者らにより震度推定式が提案されている¹²⁾。これは表層地質と軟弱層厚を地質地盤特性とし、Kawasumi¹³⁾による震度の距離減衰式を補正するものである。本論で解析対象とする11市町村については軟弱層厚の資料が不十分な箇所も多くあるため、表層地質のみを考慮した式に若干修正して用いることにする。

第2表 表層地質と標準的距離減衰式の震度補正値との関係

時代	地域区分名	地質成分	震度補正値
第3世	シルト層	シルト	0.61
	泥炭層	泥炭土	0.56
	砂粘土混じりシルト層	シルト、砂、粘土	0.43
	冠層堆積物層	礫、砂、粘土(補土)	0.41
	砂礫上層	砂礫土、砂	0.41
	河成沖積層	砂、粘土	0.39
	砂混じりシルト層	シルト、砂	0.28
	後背湿地堆積物層	粘土、シルト	0.21
	自然堤防堆積物層	砂、シルト	0.21
	現河川堆積物層	砂、礫、粘土	0.02
第4世	扇状堆積物層	砂、礫、粘土、シルト	-0.22
	火山噴出物層	火山灰質粘土	0.12
第5世	埋藏	礫、砂、粘土	-0.11
	新第三紀	火山岩層	安山岩



第4図 当該地域の表層地質分布

各区画の震度推定式は以下ようになる。

$$I_s = f(M, \Delta) + [\text{表層地質補正値}] \dots\dots\dots (3)$$

表層地質の区分名称および地質年代・地質構成と震度補正値との関係を第2表に示す(脚注)。これらの当該地域における分布を第4図に示す。(3)式で $f(M, \Delta)$ はKawasumiによるわが国における震度の標準的距離減衰式である。ところでこの式は地震の大きさ M が大きいときあるいは近距離において過大の震度を与えてしまう欠点をもっている。ここで想定した石狩湾地震の震源位置は当該地域と隣接しているため、この式をそのまま用いるには問題が多い。そこで以後に行う(3)式を用いた震度予測には、 $f(M, \Delta)$ として近距離への適用を意図した以下の修正式¹⁴⁾を用いる。

$$f(M, \Delta) = (5.5/I_{rm})^{0.7/rm} \cdot I(\Delta) \dots\dots\dots (4)$$

$$I(\Delta) = 2M - 4.602 \cdot \log \Delta - 0.00166 \cdot \Delta - 0.32$$

：河角式

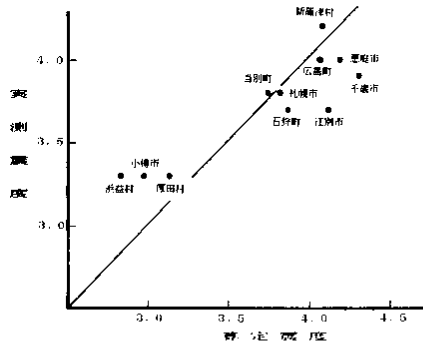
$$G(r/rm) = 2 / (1 + 0.5 \cdot 10^{0.37/rm})$$

$$rm = 10^{0.5M - 2.37}$$

ここに、 M は気象庁マグニチュード、 Δ は震央距離[Km]、 r は震源距離[Km]である。

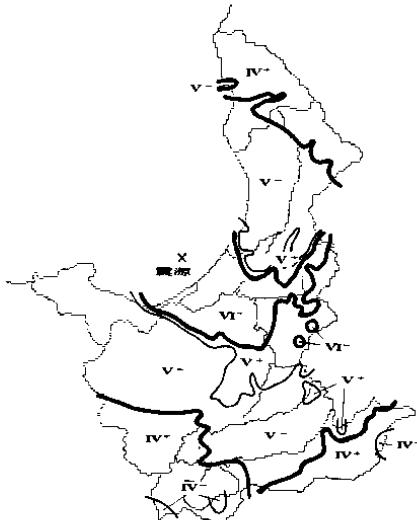
(3)式の適用妥当性を検討する。第5図はこの式を用いて1982年浦河沖地震の当該市町村の震度を算定し、アンケートによる実測震度と比較したものである。両者の間に0.9程度の強い相関が認められる。このことから、当該地域の予想震度分布図の作成に当たって上式を使用して差し支えないとの結論を得た。

3.1章で想定した地震について算定した震度分布を第6図に示す。ここでは気象庁震度階の各ランクをさらに2分割し+を附して表現している。震度分布は同心円とはならず、表層地質の震度への影響がかなり大きいこ



第5図 アンケートによる実測震度と計算式による算定震度の関係

(脚注) 当該地域の表層地質には既存研究の札幌市域¹²⁾と異なるものも含まれているが、1982年浦河沖地震のアンケートによる詳細震度資料をもとに震度補正値との関係の評価し直してある。



第6図 想定震源 (M 6.8) による震度分布

とを物語っている。震源近傍で砂質地盤の広がっている石狩町・泥炭層で覆われている札幌市北部は震度VIの大きな揺れに見舞われると予想される。この結果は被害状況の記述より判定した1834年石狩湾地震の際の石狩町北部の震度VIに一致している。また、ここで対象とした札幌圏のほぼ全域が震度V以上となることが示されている。

3.3 住家棟数およびその分布の将来推計

札幌圏の今後50年間の住家棟数の推移を各区画単位で推定する。基本となる統計量に人口を用い、それを住家棟数に変換する方法をとる。

(1) 人口推定

本論では市町村単位で人口を予測し、それを地域内に分布させ各区画の人口を算定する。将来の人口を予測する方法には大きく、要因予測と傾向予測がある¹⁵⁾。前者は人口の増加(減少)要因を「出生」「死亡」「流入」「流出」の4つに分解し、それぞれについて地域内の変化傾向を求め、それらを合計することにより予測していくものであるが、諸要因の相互連関性が十分に把握されていないことが多く一般に難しいとされている。後者は地域内の過去の人口増加(減少)傾向をそのまま将来にまで延長するものである。ここでは後者の立場をとり単純に市町村の過去の人口資料に人口成長(衰退)モデル曲線を当てはめ、それにより以後の50年間の人口の推移を推定する。市町村単位でみた場合、人口の流出入制御要因としては自然的要因とし都市のもつ経済的・社会的魅力による吸引力があり、また地域内人口密度により無制

限的自然増加が物理的に抑制されている。一方で、都市計画法で定めるところの市街化区域・市街化調整区域等の指定による行政政策的要因が強く関与する場合もある。人口成長(衰退)モデルにはこれらの要因をパラメータとしてとり定める Oppenheim¹⁶⁾のロジスティック関数

$$P_t = 1 / \left(\frac{1}{P_0 - b/a} \cdot \exp[-a \cdot t] + b/a \right) \quad (5)$$

を用いる。ここに P_t は予想人口、 P_0 は $t=0$ 年における人口、 a および b はパラメータであり、 a は街のもつ人口吸引力を、 a/b が最終到達人口を表している。各市町村ごとに1955年から1980年までの5年おきの国勢調査資料¹⁷⁾に対して(5)式を最小2乗法的に当てはめる。このとき各市町村で政策の基本として想定している今後約20年間の将来見込み人口も各役場に問い合わせ参考にした。また、現在の都市計画区域の面積から各市町村の人口収容容積を計算し、それを上限とした。

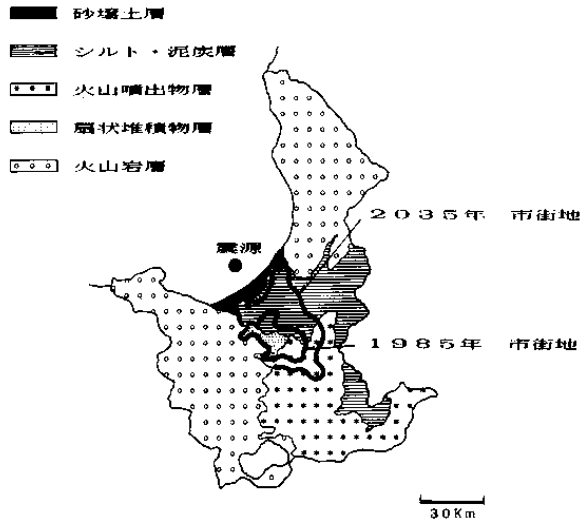
計算の第一段階として、現在指定されている市街化調整区域を撤廃し、行政的な人口流出入制御をしない場合を考える。この方法によると現在の札幌圏総人口210万人(1985)が50年後には、このままの人口増加が続けた場合、2倍以上にまで増えることが予想される。なお、当該地域で人口増加の市町村は札幌市およびその近郊都市(千歳市・江別市・恵庭市・石狩町・広島町)であり、その他は減少している。

次に、このように求められた市町村人口を地域内に分配する。その際、「都市地域内の人口密度は、都市の中心を頂点として、それを隔てるにしたがい低くなる」という経験的事実にもとづいて行った¹⁸⁾。すなわち、人口は市町村内の核となる人口集中地区から周辺に向けて指数関数的に減少していくものと仮定する。人口を分配するときに関与する変数は、人口集中地区を原点としたときのそれからの距離 r であり、 τ は確率変数

$$\tau_j = -1/a \cdot \ln(1 - ay_j) \quad (6)$$

で与えた。ここに j は区画番号であり、 y_j は $U(0,1)$ の一様乱数とした¹⁹⁾。 a は市街地の発展速度であり、資料のある1916年から1981年までの札幌市の地理的人口分布⁴⁾に適合するように数値を決定した。また地域の発展方向は $0 \sim 2\pi$ の範囲で一様乱数で与え、非居住域(山岳地域等)には発展しないものとした。この方式で人口を各市町村の500m区画に分配するわけであるが、このとき区画内の人口密度上限を現在の用途地域区分よ

(脚注) 上の仮定に従い、確率変数 τ_j が以下の確率密度関数(区画 j の人口に相当) $P(\tau_j)$
 $P(\tau_j) = e^{-a\tau_j}$, $\tau_j > 0$
 に従うとすると、その累積分布関数 y_j は
 $y_j = \int_0^{\tau_j} e^{-a\tau} d\tau = 1/a \cdot (1 - e^{-a\tau_j})$
 となる。したがって確率変数 τ_j は(6)式で与えられる。



第7図 算定した居住域の拡大の様子

り住居地域 (100人/ha)・工業地域 (20人/ha)・商業地域 (20人/ha) のように定めた。一方、人口減少については当該市町村にあっては区画の区別なくランダムに減っていくものとした。

(2) 住家棟数推定

上記の方法によって求められた人口分布を木造住家棟数分布に変換する。人口集中の大きい札幌市では1980年現在全住家における共同住宅の占める割合が40%と大きく、一方札幌市のベッドタウンである石狩町は新興住宅地が発展しており一戸建住宅が90%を占めるなど都市により住家の形態別占有率は大きく異なる。住家を形態別に一戸建・長屋建・共同住宅の3種類に分類し、各市町村ごとにそれらの比率およびそれぞれの世帯人口をここ数年間の統計資料⁹¹⁾から算出した。これを人口分布にかけ合わせて木造住家棟数を求めた。

第7図に住家棟数からみた市街地の広がりを、1985年と2035年の場合について示す。図では300棟以上の区画を線引きして示している。札幌圏内の住家棟数が現在の40万棟から2倍以上に増加している。その広がりは30 Kmから50 Kmへと伸展している。そしてその方向は南西部は火山岩の山地が迫っているため延びられず、北から北東部にかけての砂礫土およびシルト・泥炭層の軟弱地盤へと著しく、大きな問題として指摘できる。またその方向は想定震源へ向かっている。つまり、札幌圏は地震による被災危険を高める方向へと市街化を進めており、その傾向は時間と共に急である。大都市発展に付随する問題点として1章で指摘した事柄をシミュレーション的に実証できた。なお、石狩町がドーナツ状に市

街化されているのは石狩湾新港建設計画により一部が工業地帯に指定されており都市計画区域から除外されているためである。

3.4 住家被害棟数分布の予測

被害棟数の算定は震度と被害率との関係にもとづき、500 m区画単位で行う。このときの震度-被害率の関係は、1834年石狩湾地震では地盤の液状化に関する記述があること、また札幌圏の北部では砂質地盤が発達していることから想定地震においても液状化による被害が考えられるので振動型被害と非振動型(液状化)被害に分けて考える。震度と被害率の関係は正規分布曲線で近似するのが一般的となってきたが、ここでは簡単に以下の対数関係を仮定する。

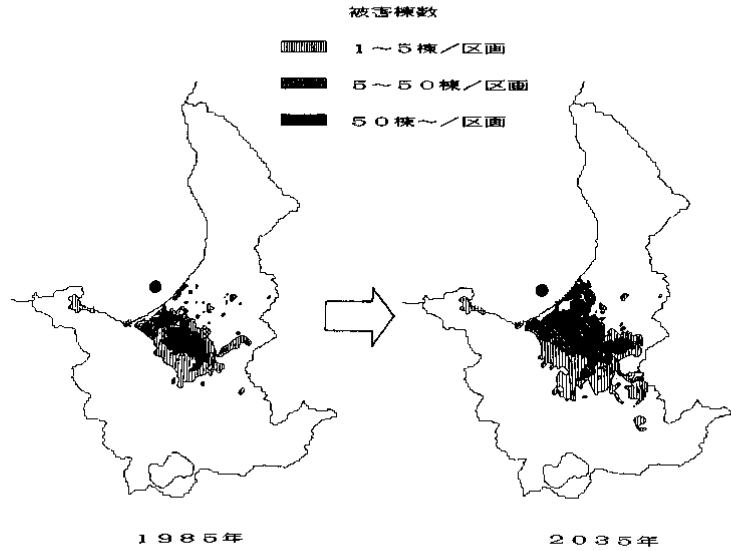
$$\log V = a + b \cdot I \dots\dots\dots (7)$$

ここにVは木造住家被害率、Iは震度、aおよびbはパラメータである。この関係式を震度と被害について詳細に調査されている1982年蒲河沖地震と1983年日本海中部地震にあてはめ、それぞれのパラメータを決定した。求められた関係式は以下のとおりである。

$$\begin{cases} \log V = -7.08 + 1.38 \cdot I ; \text{振動型被害} \\ \log V = -5.68 + 1.22 \cdot I ; \text{非振動型被害} \end{cases} \dots\dots\dots (8)$$

なお、この関係はほかの地震(1952年・1968年十勝沖地震、1978年伊豆大島近海地震、1978年宮城県沖地震)についても大きく違わないことを確かめてある(脚注)。

(脚注) 詳細にみると被害率-震度の関係は地域・年代により系統的に異ってはいるが⁹⁷⁾、ここでは居住域(P)の時間拡大性に焦点を絞って議論を進めるために、被害関数(V)については簡単に(8)式で考えることにする。



第8図 木造住家被害棟数分布の変遷

この関係式を用いて木造住家被害棟数を算定する。また、当該地域の地盤の液状化の有無は地質分類と液状化限界震央距離とを考慮して¹⁴⁾判定した。

第8図に以上の方法で求めた被害予測分布の変遷(1985年と2035年)を示す。500m区画内の全壊・半壊・一部破損の合計棟数が示されている。これは行政による区域制限を解除し、市街化が自然に進展するとした場合である。同じ地震を想定しているにもかかわらず、被害棟数は1万棟から5万棟へと増加している。

4. 考察

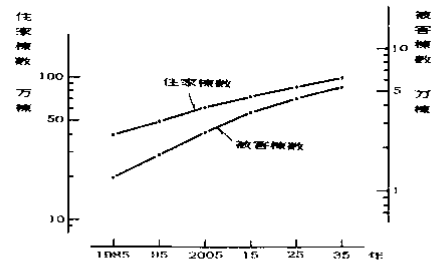
4.1 被災環境変動要因の影響

札幌圏内の住家棟数が増加すれば圏内の平均的被害率が時間によらず一定であったとしても予想被害数が増えるのは自然である。しかし、第7図より明らかなように当該地域の場合、市街が時間と共に

- 1) 想定地震源に向かって延びている(震源距離の影響)
- 2) 軟弱地盤地帯へと広がっている(地盤の影響)。

これらの被災環境変化、すなわち高震度が予想される地域への市街地の発展が圏内の平均的被害率をおしあげ、被害をさらに拡大するように思われる。これらの影響を調べてみる。

第9図は札幌圏の予想住家棟数と被害棟数を時間で追ったものである。住家棟数・被害棟数共に増加傾向にあるがその傾きは被害棟数の方が急である。すなわち、圏内の被害率が時間と共に大きくなっていくことを示している。

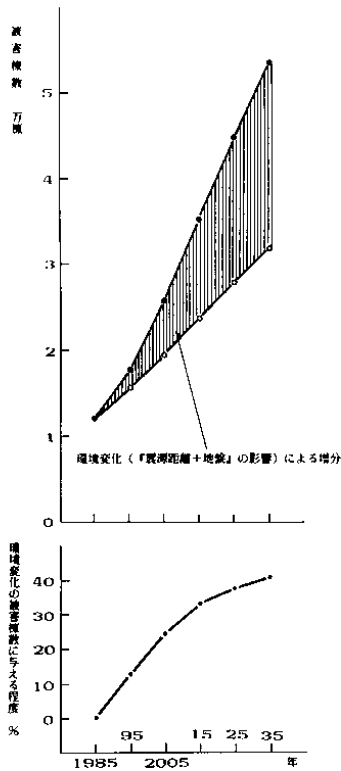


第9図 予想住家棟数と被害棟数の変遷

第10図は被害棟数の変遷をみたものであるが、現在(1985年)の圏内の平均被害率が将来も不変であると仮定した場合の予想被害棟数と比較してある。両者の差分(斜線部分)が上記の環境変化(「震源距離+地盤」の影響)による被害増分と考えられる。この影響の程度は時間と共に大きくなり、50年後には全被害の40%にも達することになり、到底見逃せる数字ではない。地域の被災環境変化を考慮した長期の被害予測が極めて重要であることを如実に物語っているといえよう。従来の被害予測法ではこの種の危険要因は見逃してしまう。

4.2 防災行政的制御の効果

ところで、行政的には都市計画法にもとづくところの市街化調整区域の指定により私的開発行為の制御を行っている。これは指定区域においては一定の要件に該当し

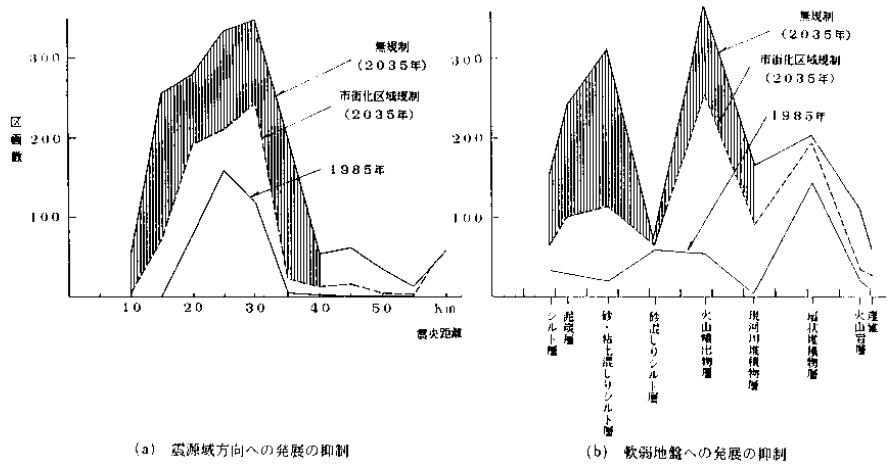


第10図 被災環境変化が木造住宅の予想被害棟数に与える影響

ない限り市街化を促進する恐れのある建築物等の建設に知事の許可を必要とするものであり、私的開発の抑制を意図している。札幌市はたまたま軟弱地盤地帯の多くが市街化調整区域に一致しており、行政政策的強制力としてこれを厳守することにより地震危険地域への居住域拡大を抑制できる可能性がある。当該地域を例に防災へのこの効果を次にみでみる。



第11図 市街化区域の分布（1985年）

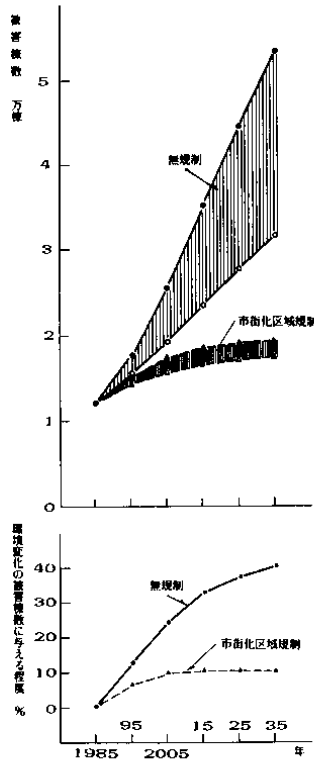


(a) 震源域方向への発展の抑制

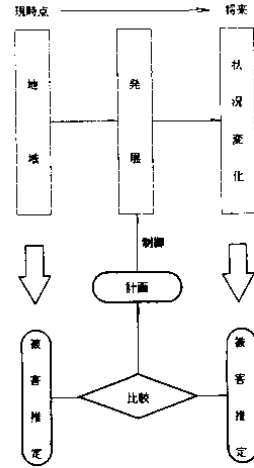
(b) 軟弱地盤への発展の抑制

第12図 市街化区域規制による危険域の市街化抑制効果

第11図は札幌圏の1985年現在の市街化区域を示したものである。現在の市街化調整区域を将来的にも厳守するものと仮定し同図に示した市街化区域外への人口流出の規制を設けた場合、市街の発展の仕方の違いをみたのが第12図である。同図(a)は横軸に震央距離をとり、縦軸に市街化された区画の数を取っている。1985年現在、市街地は震央距離15kmから45kmの範囲に分布しているのが、無規制の場合50年後には、震央距離10kmにまで近づく。市街化調整区域規制を続けることにより、近距離内の市街化区画数を低くすることが期待でき危険地域への発展をある程度抑えることができる。同図(b)は地質区分別にみた市街化区画数である。横軸の間隔は第2表中の震度差を示しており、左に行くほど地盤の軟弱さの程度が大きく危険度が高くなっている。斜線部分が行政計画により危険度緩和が期待できる区画である。シルト・泥炭といったいわゆる軟弱地域への市街化発展は約1/3に低減することができる。



第13図 被災環境変化が木造住家の予想被害棟数に与える影響—無規制と市街化区域規制の場合との比較—



第14図 地震防災的観点からみた都市計画の方法

このように現在の市街化区域の規制を保持することにより地震危険域(震源近傍・軟弱地盤)への発展はある程度抑えることが期待できる。第13図は被害棟数の時間変遷を区域規制を保持した場合と解除した場合を比較して示している。図中の斜線の意味は第10図と同様である。その効果は図より明らかである。

防災政策的には、以上のような人口移動((2)式中のP)の制御が極めて有効であることが判明したが、一方で建設者は1987年に宅地供給を一つの目的として地方都市を中心に市街化調整区域の規制緩和を発表している事実がある。この方向での政策は今後とも実施される可能性があり、開発という名のもとに地域の地震危険性を無意識のうちに高めている恐れがある。この事実に鑑みた場合、建物強度((2)式中のV)の増強によって付加災害の低減を計ることも同時に大切となってこよう。周知の知識範囲でも例えば、家屋屋根・外壁材等を軽量化して建物への地震入力小さくしたり、構造的に斜材を多くしかつ継手・仕口の改良により住家の耐力・変形能力を高めることが考えられる。また、平面・立面計画上で家屋の凹凸を少なくしたり、耐力壁のバランス配置を考慮して地震時の住家のねじれを防ぎ接合部の応力集中を防ぐ工夫は有効であろう。札幌圏では液状化により地震危険度が高くなっている地域が多い。その対策として基礎は独立基礎をやめ、布基礎鉄筋コンクリートとし液状化等の地盤破壊に伴う建物の不等沈下を防ぐ対策は極めて有効となろう。なお、これらの木造住家の耐震化対策に関しては杉山(1986)¹⁹⁾に詳しい。

5. おわりに

以上の例にみられるように、(1)式における地震の

受け手の側の特性量 (P , ここでは扱わなかったが V) の時間依存性も考慮しなければ地震危険度 (R) を正当評価できない場合もある。当該地域はこの典型例となっており、この意味から将来の長期にわたる被害予測とそれに立脚した都市計画の側面からの防災行政が重要となつてこよう。都市計画は防災の観点のみから決まってくるものでもないが、区域規制緩和が促進するなかでは都市の将来計画立案の際に、長期的被害推定を実施し、現状との比較において地域に内在する地震危険性をえぐり出し、都市計画を進める上での資料としていくといったような検討(第14図参照)も必要なのではないだろうか。地域の被災環境の急激な変化に対応していくために、比較的短い期間で想定被害を見直していくことが一般には行われているようではあり、有効な一方法とは思われるが、本論のような数10年間という長期的視座からの被害想定が、当該地域の防災計画の将来的方向を具体的に浮かび上がらせる意味で重要であろうと考える次第である。

本論は、被害の予測という観点からは、被害として木造住家しか取り上げておらずまたその方法も単純で厳密性において不十分であり、それ自体改良すべき点は多々残されているものの、都市圏のもつダイナミックな被災ポテンシャルを考慮した点において新しい試みであり、その結果、いくつかの重要事項

1) 地震の受け手側の危険度が時間と共に増大していくこと

2) 行政政策でその危険度をある程度制御できるということ

3) その意味で、都市圏地震防災は長期的被害予測を実行し、都市計画的側面からも検討すべきであること、などをかなり一般的に示し得た点を強調しておきたい。最近では1次被害のみならず地域活動の低下・被害の広域化といった高次の被害連関を考慮した被害予測手法も提案されてきている³⁰⁾。希望的には1次~高次災害も含め、今後いろいろの地域で、これらの点に留意した調査研究の実施が強く望まれるところである。

この調査研究の資料収集および計算の一部は当研究室の宮川忠芳氏(現札幌市職員)の協力によるところが大

きい。また、解析は北海道大学大型計算機センター(課題番号A10417, A10418)を利用して行った。

参考文献

- 1) 東京都:東京区部における地質被害の想定に関する報告書, 1978.
- 2) 埼玉県:埼玉県地震被害想定調査報告書, 1982.
- 3) 千葉県:昭和56年度千葉県大規模地震被害想定調査(第1次調査)報告書, 1981.
- 4) 国土地理院:都市機能図, 札幌, 1971.
- 5) 佐賀利雄:成長する都市 衰退する都市, 時事通信社, 1983.
- 6) 札幌広域市町村圏振興協議会:新札幌広域市町村圏振興計画, 1981.
- 7) 総理府統計局:国勢調査, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980.
- 8) 総理府統計局:国勢調査, 1980.
- 9) 総理府統計局:住宅統計調査報告, 1978.
- 10) 活断層研究会(編):日本の活断層, 1980.
- 11) 阿部勝征:札幌市とその周辺の地震活動, 自然災害資料解析, 8, 1-9, 1981.
- 12) 岡田成幸, 宮川忠芳, 太田 裕:高密度震度調査にもとづく地域内震度予測式の構成—札幌市を例として—, 日本建築学会構造系論文報告集, 348, 52-59, 1985.
- 13) Kawasumi, H.: Intensity and Magnitude of Shallow Earthquakes, *Travaux Scientifique, Publ. BCSI, Ser. A*, 19, 99-114, 1954.
- 14) 太田 裕・鏡味洋史:震度分布の簡易予測法—アンケート調査からの成果を利用して—, 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 281-282, 1978.
- 15) 大友 薫:地域分析入門, 東洋経済新報社, 1982.
- 16) Oppenheim, N.: *Applied Models in Urban and Regional Analysis*, Prentice-Hall, 31-44, 1980.
- 17) 鏡味洋史:建物被害からみた耐震性変化の事例研究, 第20回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 164-167, 1983.
- 18) 古藤田喜久雄・若松加寿江・大矢雅彦:地形分類による液状化予測図作成の試み, 第20回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 180-183, 1983.
- 19) 杉山英男:木造の家は地震に強いのか, 講談社, 1985.
- 20) 太田 裕・鏡味洋史:北海道内市町村別地震危険度評価, 北海道における地震災害の地域特性に関する調査研究, 北海道庁, 141-222, 1987.

SYNOPSIS

UDC : 550.344 : 550.34

LONG TERM ESTIMATION OF SEISMIC RISK IN A TEMPORALLY EXPANDING URBAN AREA

—Case study for the region of Sapporo, Japan—

Dr. SHIGEYUKI OKADA and Dr. YUTAKA OHTA,
Members of A. I. J

In this paper we enforce the estimation of seismic damage from a new view-point of considering temporal and spatial growth of a region. It is quite natural that the risk potential inherent to a region, i. e., the potential loss of an earthquake receiver side, such as seismic resistivity of buildings and their distribution pattern, should be gradually changing in the longer term of several decades. This is due to such facts as the increasing diversity of modern buildings and the expansion of residential areas in some large cities over the surrounding land. Most of the past studies are insufficient in a point that the probable damages in a region were estimated in no much attention to such changeability of risk potential. This paper introduces a case study for long term estimation of the seismic risk in an expanding urban area of Sapporo Region, Japan.

First, the seismic intensity distribution in Sapporo Region is estimated for the presumed earthquake which might occur at Ishikari Bay near this region. Then, the probable damage of dwelling houses is estimated for occurrence at any time during the next 50 years considering the time-dependent growth of the urban area. The urbanized Sapporo area has rapidly been growing toward the presumed source region and the projected areas for new suburbia are sited on soft soil deposits of peat and clayey silt etc., which correspond to the high intensity zones for the Ishikari Bay earthquake. Therefore, considering the future growth of urban area, the estimated damage rate of residential buildings would be doubled after 50 years.

This tells the definite importance of long term land use planning, especially in urban and vicinity area, in consideration of the time dependency of risk potential in the receiver side as well as seismic activities influencing the region.

