

## 札幌市における建物倒壊に伴う死者発生危険度の変化



中嶋 唯貴 (なかしま ただよし)

北海道大学大学院工学研究院助教

2009年名古屋工業大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)(公財)地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所を経て、2012年より現職。平成22年度地域安全学会論文賞受賞。

### 1 はじめに

平成28年熊本地震により、87名が犠牲になった(2016年8月10日現在)<sup>1)</sup>。震度7を二度記録した益城町においては、4月14日の地震で7名、16日の地震で12名が倒壊した建物の下敷きになり死亡し19名が犠牲となった。いまだ建物倒壊による人的被害の発生を完全に防ぐには道半ばであることが熊本地震により明らかになった。我が国においては、1995年に発生した兵庫県南部地震により、建物倒壊に伴い多数の死者が発生して以降、地震に伴う建物倒壊から人命を守るべく少しずつではあるが、耐震診断費用の補助や耐震改修補助など防災対策が実施されてきている。さらに、近年においては、地震死者の半減という施策の効果と目標を掲げ、内閣府をはじめ各種自治体において被害想定が行われ、その結果を基に耐震改修促進計画の立案・見直しや減災戦略の立案が行われてきている。加えて、社会における建物の更新により、全国的に見れば死者は減少してきている<sup>2)</sup>。これらの政策や住民の移住・建て替えの結果、災害はその質と量において時間と共に変化し以下のように表すことができる。

$$D(t) = H(t) \cdot \Sigma P(t) V(t) \dots (1)$$

ここに、Dは災害の質及び量、Hは災害入力の大さき、Vは住家等の被災対象脆弱性であり、Pはその空間内分布を意味し、都市が成長・縮小を見るようにこれらの要素は時間(t)と共に常に変動しており、D(t=0)は現時点で想定される被害量を示している。2011年の東日本大震災以降、災害を意識した都市計画の要求がより一層高まっているにもかかわらず、地震被害想定等においては現時点におけるマネジメントに留まっており都市の変遷を考慮した防災政策を立案・実施できていない。そこで、本研究では減災戦略策定を視野に札幌市を対象とし、1940年代から1990年代までの地震に伴う死者発生リスクの変遷を評価することとする。

### 2 評価の流れ

#### (1) 用いる統計資料

推定死者数の変遷を評価するために、各種統計情報<sup>3)</sup>

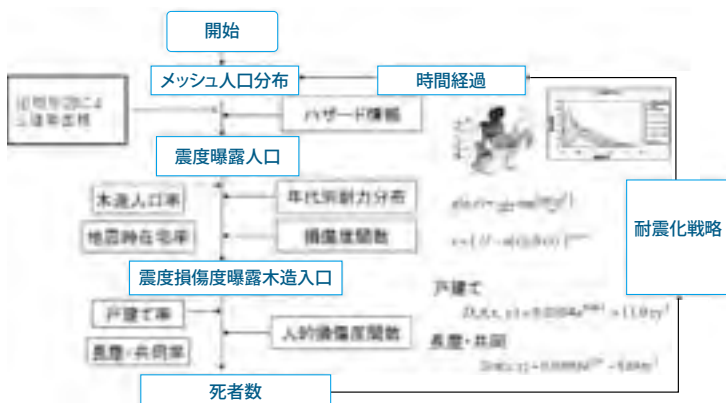
を用いる。用いるデータは昭和20年、昭和45年、平成7年における国勢調査と昭和23年、昭和43年、平成5年における住宅統計調査報告である。また、人口を250mメッシュに配分するために、1940年代、1960年代、1990年代の旧地形図を用いる。ハザード情報として月寒断層による想定地震<sup>4)</sup>を用いることとする。

## (2) 評価手法

著者らは、時間経過を評価可能なマクロ死者予測手法を提案している。人口・住宅・地域の住宅強度を用いて死者を評価する手法である。下記に概要と流れ(図1)を示す。(詳細な算出法は文献<sup>5)</sup>参照)

- ① メッシュの人口を、旧地形図から自動抽出した建築面積の比で250mメッシュに配分し、ハザード情報(震度)を加えることで震度曝露人口を生成する。
- ② 地震発生時における木造住宅の居住人口を、地域別の木造人口率と地震時在宅率から求め、住宅損傷度を勘案しつつ比例配分することにより木造住宅の損傷度別の人口(木造住宅損傷度曝露人口)を求める。地域データとして住宅の建築年代分布が入手できるので年代別の耐震評点分布(年代別耐力分布)と木造住宅損傷度関数を用いて地域の損傷度別住宅頻度を求め、住宅形式別の居住人口より比例配分を行う。
- ③ 住宅形式別(戸建て率・長屋共同率)の人的損傷度関数を使って、震度損傷度曝露木造人口を死者数に変換する。

図1 評価手法



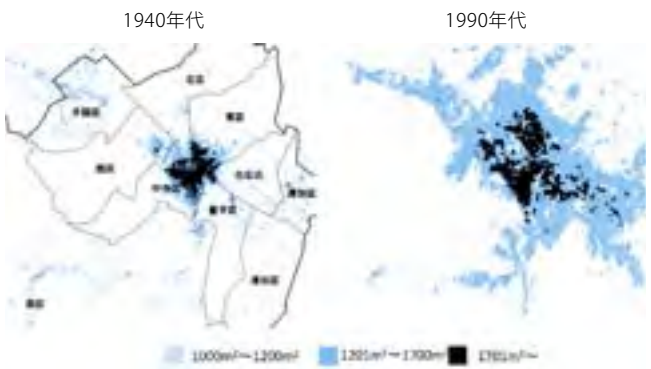
## 3 札幌市の都市の変遷と想定地震との関係

近年、少子高齢化や過疎化など地域社会の変化に係り、都市は年々変化していくものである。札幌市においても例外ではない。そこで本論では、建物分布・人口分布・住宅の耐震性能の変遷を検討する。

### (1) 建築面積分布の変遷

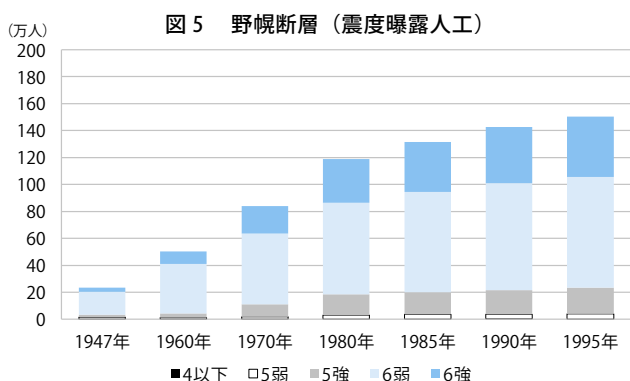
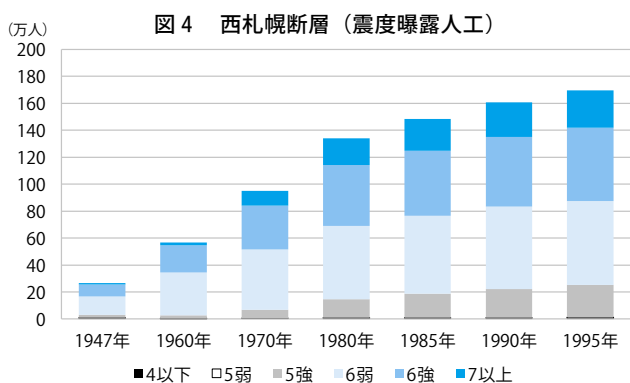
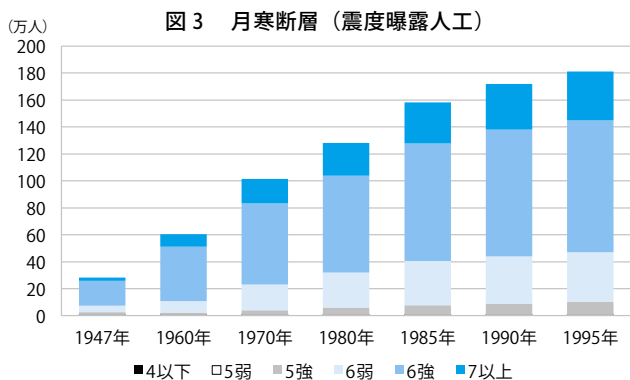
各年代の人口分布を構築するため、旧地形図より画像処理技術を用いて建築面積を抽出する手法<sup>6)</sup>を札幌市に適用し、250mメッシュでの建築面積分布を作成する。図2に、1940年代と1990年代の建築面積分布を示す。1940年代に比べ、1990年代においては都市が大きく拡大していることが見て取れる。

図2 建築面積分布



### (2) 各震度に曝される人口の変化

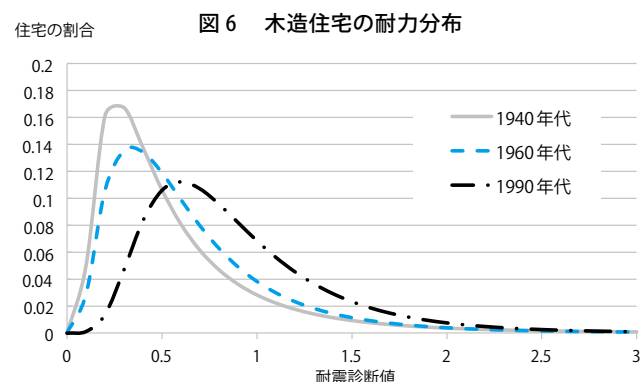
札幌市周辺においては、北海道により月寒断層・西札幌断層・野幌断層の3地震が想定されている。この3地震がそれぞれ発生した場合の各震度に曝される人口(以後震度曝露人口と呼ぶ)を示したのが図3~5である。すべての地震でその人口が増加しているのがわかる。次に各想定地震の震度データを加味した震度曝露人口を算出した。3地震に共通し、全期間(1940年代~1990年代)において震度曝露人口は増加しており、札幌の都市圏が高震度地域に拡大し続けていることがわかる。特に、全地域が震度6強の揺れに見舞われる月寒地震に対しては、1940年代~1960年ごろにかけての高震度域への人口集中が著しい。しかし一方で、1970年~1980年にかけて高震度領域の人口割合が減少



し、震度の低い地域の開発がより進んでいる。1980年以降は3地震においてほぼ震度曝露人口の構成割合は変わらず、人口の増加に応じて高震度域に居住する人口が一定割合で増加する傾向にあるといえる。近年は札幌市東部の開発が進んでおり、当該地域に高震度をもたらす野幌丘陵断層地震における震度6弱以上の曝露人口増加傾向が著しい。このように居住空間の分布の変遷は、地震ごとに大きく異なることがわかる。

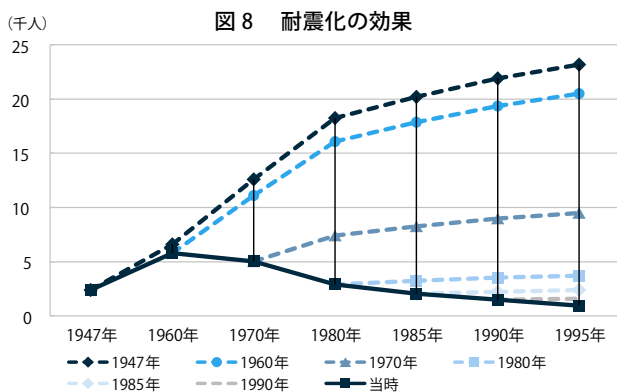
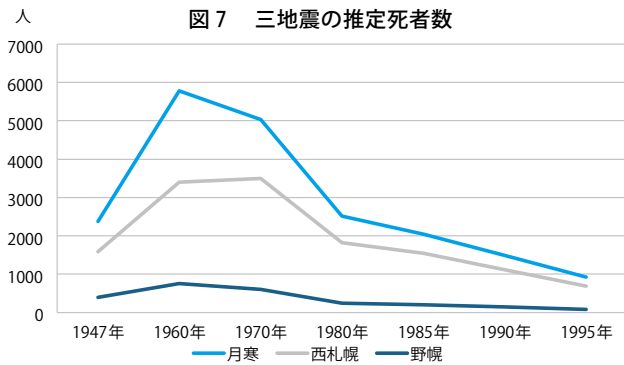
### (3) 地域の木造耐力分布の作成

年代別に被害推定を行うには、推定当時の木造住居の耐力分布を知る必要がある。そこで、全国の年代別耐力分布と劣化係数を用いて札幌市の耐力分布を推定する。住宅土地統計より札幌市における木造住居築年代割合を考慮し、対象年代別耐力分布を構築した。結果を図6に示す。1940年に比べ1990年には分布がかなり右側に移動しているのがわかる。建て替えや更新による住宅性能の向上により、年々木造住宅の耐震性能が向上してきている。



### 4 推定死者数の変化

作成した震度曝露人口・木造住宅の耐力分布を用いて、3地震による死者数・死亡率推定を行う。推定には、中嶋・岡田の手法<sup>5)</sup>を用いた。各年代の推定死者数・死亡率と耐震性能向上の影響を考慮した推定死者数を図7に示す。3地震共に死者数は減少しており、都市の危険領域への拡大の影響よりも建築物の耐震性向上の効果が上回ることがわかる。この数値は既述のとおり、都市圏の拡大及び建物の耐震性それぞれの時間変動性を考慮した総合結果である。加えて、建物の耐震性向上の効果を把握するために、月寒断層を対象として、耐震性が変化しない場合をシミュレーションし図8の破線で示す。この結果、都市拡大のみの影響を想定すると死者数は増加し続けることとなるが、建物の耐震性能向上により1960年以降死者数が減少する傾向にあることがわかった。ただし、この結果は地域



を単位として死者数を評価したマクロ解析によるものである。住家個別に見た場合は、住家耐震性能は経年劣化しており個々の死亡率は時間と共に高くなる。地域としてみた場合、地域内の住家建替えや耐震改修が進んでいるために地域の死亡率を低下させているということである。住家耐震化を促進させることの重要性が一段と協調される結果であり、この変化を良しとして個々の世帯の耐震化施策を停滞させることは厳禁である。

## 5 おわりに

今回の研究では札幌市を対象として3地震の災害量(死者数)について時代変遷を追いながら検討した。結果、札幌市においては建物の耐震性の向上により、想定される死者数は減少してきていることが判明した。今後は、死者低減速度を上げるべく、本研究で得

たデータを基本情報とし都市計画や耐震化戦略の立案を実施していく。また、本論は建物倒壊による死者の変遷を評価しているが、人的被害においては家具の転倒・散乱を原因とするものも多数発生している。家具の転倒散乱に起因する人的被害の発生リスクの変遷についても検討していく所存である。

## 謝辞

本研究を遂行するに当たり、想定地震の震度分布を北方建築総合研究所からご提供いただいた。また、国土地理院の地形図を利用させていただいた。加えて、被害評価には北海道大学大学院工学研究科の村口紗也氏の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 熊本県：熊本地震に係る被害状況等について(第149報)。
- 2) 中嶋唯貴：近年の住環境の変化とその影響による木造家屋住者の地震時死者発生リスクの変遷, 地域安全学会論文集, No.15, 241-247, 2011年11月。
- 3) 総務省統計局HP <http://www.stat.go.jp> (2016年8月10日現在)。
- 4) 戸松誠・南慎一：北海道における想定地震のグループ化による想定地震決定に関する研究, 日本建築学会北海道支部, 研究報告集 No83, 2010, 7。
- 5) 中嶋唯貴・岡田成幸：時間軸上の死者低減率最大化を主目標とした木造住宅耐震化戦略の策定—東海・東南海連動型地震を対象とした東海4県への適用事例—, 日本建築学会構造系論文集, 623, 79-86, 2008, 1。
- 6) 気仙誠・岡田成幸・中嶋唯貴：地震防災学的観点からの都市施設の時空間変遷視覚化の試み, 日本建築学会技術報告集 No47, 89-95, 2015, 2。

\* 中嶋唯貴「札幌圏における都市の拡大と地震リスクの変遷に関する研究」『北海道開発協会平成27年度助成研究概要・詳細』(一財)北海道開発協会ホームページ