

地理情報システム (GIS) を利用した 福岡都市圏の地震危険度

永松義敬¹・松田泰治²・大塚久哲³・中尾由紀子⁴

¹ 学生員 九州大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (〒812 福岡市東区箱崎 6 丁目 10-1)

² 正員 工博 九州大学助教授 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区箱崎 6 丁目 10-1)

³ フェロー 工博 九州大学教授 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区箱崎 6 丁目 10-1)

⁴ 正員 住宅都市整備公団 (〒100 東京都千代田区九段北 1 丁目 14-6)

高度に都市化した地域で地震災害を完全に防止することは困難である。しかし地震時の被害規模や特徴を予測・把握し、防災対策などの震前対策を施すことにより災害を軽減することは可能であり、有効な手段である。

本研究では福岡県域に存在する断層を震源と仮定したの活動による福岡都市圏の表層加速度を推定し、加えて人口や木造建築物の分布状況のような都市の基礎データを基に、地震時の人的被害や建物危険度、社会に潜在的に存在する社会的リスクを予測・評価し、これを地理情報システム (GIS) を利用して視覚的に表示することで、福岡都市圏における総合的な地震危険度を評価した。

Key Words : equivalent linearization method, fatalities, structural hazards, societal risks

1. はじめに

現代の市民生活は、日常における種々の施設の健全な活動の上に成立しており、高度に都市化した地域において、特にこの傾向は顕著に見られる。土木の建築構造は現在、自然災害に対して十分安全なように設計されているが、新旧様々な構造物が混在して都市を形成していることを考慮すれば、先の兵庫県南部地震で経験したように、地震災害を完全に防止することは困難である。防災計画に役立つものとして、総合的な情報処理を駆使した地理情報システム (GIS) の活用が考えられる。GIS を用いて地震による被害の規模や特徴を予測し、それを基礎にした防災計画等の震前対策を施すことが、都市の地震災害を軽減するために重要であり、震前対策において効率的で有効な手段であると言える。このような状況を踏まえて、本研究は地理情報システム (GIS) を利用して、福岡県域に存在する断層を震源と仮定した加速度等の予測や、木造建築物による建物の危険度の評価、地震による人的な危険度を推定し、これらを基にした福岡都市圏における地震危険度を総合的に評

価した。

2. 解析手法

福岡都市圏を対象として、ボーリングデータを収集し、その全データを地盤モデル化する。これと平行して本解析で対象とする断層系について (図-1)、松田の式¹⁾により断層から発生する地震規模を推定して解析に利用する。本解析では想定地震を兵庫県南部地震同様の都市直下型地震とした解析を目的としているため、JMAKOBEN-NS を基盤入力波形として採用した。加速度の距離減衰式である Joyner and Boore の式²⁾により基盤の最大加速度を各ボーリング地点毎に計算し、その基盤最大加速度で入力地震波形の最大加速度調整を行い、各ボーリングデータ毎の入力地震波形を作成する。この波形をモデル化した地盤に入力し、等価線形化手法 (SHAKE) により地盤増幅を考慮した表層地震動を計算する。このようにして得られた表層加速度等の結果をもとに、GIS 上に表示することで、広域的な加速度等の分布状況を把握する。

次に各地点の予測された表層加速度、速度等のデータと、平成2年の国勢調査の福岡県の人口分布、築25

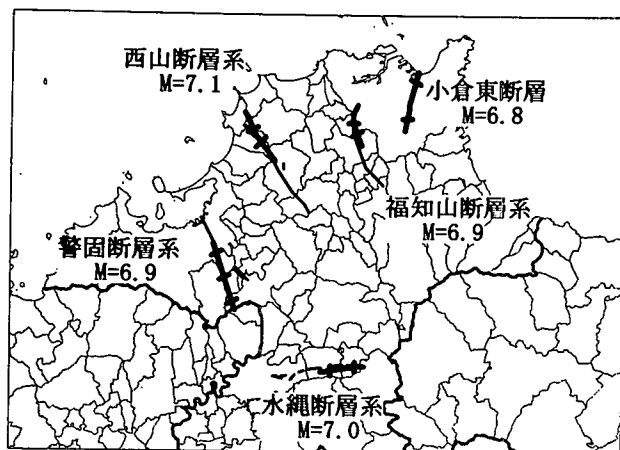


図-1 解析対象断層図

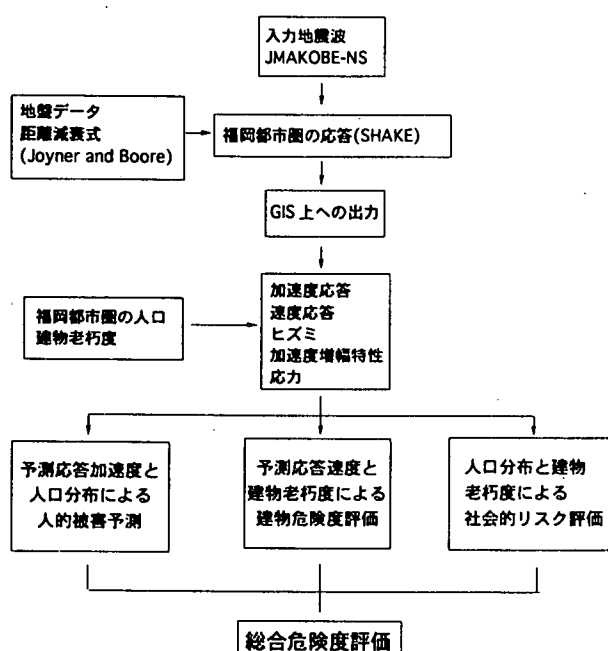


図-2 解析フロー図

年以上の木造建築物の割合を地域別に抽出した。これらのデータを基に、予測加速度と人口分布より人的危険度 (A) を決定する。また各地域における老朽建物割合と予測応答速度により、建物危険度 (B) を推定し、建物老朽度と人口分布より、社会そのものが潜在的に有している社会的リスク (C) も推定した。図-2に本研究の解析フローを、また以下に人的危険度 (A)、建物危険度 (B)、社会的リスク (C) 総合危険度 (S) の詳しい解析手法を順に示す。

(1) 人的危険度 (A) の算出

本解析では、想定した地震に対して、先に予測した地表加速度を基にして、以下の式 (1)³⁾ により地震動

表-1 人的危険度 5段階評価表

負傷者数	人的危険度評点
1000人以上	5
100人以上1000人未満	4
10人以上100人未満	3
1人以上10人未満	2
1人未満	1

表-2 建物老朽度と人口分布 5段階評価表

正規分布における百分率	人口分布評点 および老朽度評点
80%以上	5
60%以上80%未満	4
40%以上60%未満	3
20%以上40%未満	2
20%未満	1

に対する負傷者率を各メッシュ毎に算定し、その負傷者率を各メッシュの人口に乘じることにより、各メッシュの負傷者を推計する。

$$\log Y = -4.061 + 0.01X \quad (1)$$

X: 予測地表加速度

Y: 負傷者率

この計算により得られた負傷者数をもとにして5段階の得点評価を行い、地震により発生する人的な被害を人的危険度として評価する。今回解析に利用した人的危険度の5段階評価表を表-1に示す。

(2) 建物危険度 (B) の算出

古い木造建造物を対象として、想定した地震における建物危険度を算出し、それを5段階評価して、GIS上に表記する。本解析では平成2年の国勢調査から、築25年以上の木造建築物の割合を各丁目単位でデータベース化し、それを建物老朽度と定義して、5段階評価を行った。さらに各想定地震動により建物に加わるエネルギーを考慮するために、先に計算で得られている予測応答速度を2乗することで、エネルギーとして利用し、これを速度2乗値と定義して、5段階評価した。この建物老朽度と速度2乗値の両評点から、建物危険度を2つの指標の和として表現し、最終的な5段階評価として表示した。表-2、表-3、表-4に建物

表-3 速度2乗値5段階評価表

速度2乗値(kine ²)	速度2乗値評点
5000以上	5
1000以上5000未満	4
500以上1000未満	3
100以上500未満	2
100未満	1

表-4 建物危険度5段階評価表

速度2乗値評点+老朽度評点	建物危険度評点
9点-10点	5
7点-8点	4
5点-6点	3
3点-4点	2
1点-2点	1

表-5 社会的リスク5段階評価表

人口分布評点+老朽度評点	社会的リスク評点
9点-10点	5
7点-8点	4
5点-6点	3
3点-4点	2
1点-2点	1

表-6 総合危険度5段階評価表

総合危険度S	総合危険度評点
60.6以上	5
46.2以上60.6未満	4
31.8以上46.2未満	3
17.4以上31.8未満	2
17.4未満	1

老朽度、速度2乗値、建物危険度の5段階評価表を示す。

(3) 社会的リスク (C) の算出

社会的リスクとは、地震自体の要素を除外して、街の構成要素のみを考慮した場合の社会潜在的な街の危険度を評価しようとするものである。本解析では社会的リスクを人口分布の評価値と建物危険度の評価値の和と定義しており、この結果より、評点を再度5段階評価して表示している。表-2に人口分布、表-5に社会的リスクの5段階評価表を示す。

(4) 総合危険度 (S)

総合評価として、総合危険度を定義し、上記で得られた人的危険度A、建物危険度B、社会的リスクCを指標にして、総合危険度を評価する。これら3つの指標を図-4のようなレーダーチャートの形で図示することで、直感的に各メッシュ毎の危険度の特徴の把握を可能とする。さらに各指標の5段階評価をもとに式(2)により総合危険度を点数化し、5段階評価を行い、最終的な危険度の判定とする。

$$S = A \cdot B + B \cdot C + C \cdot A \tag{2}$$

表-6に総合危険度の5段階表を示す。

4. 解析結果

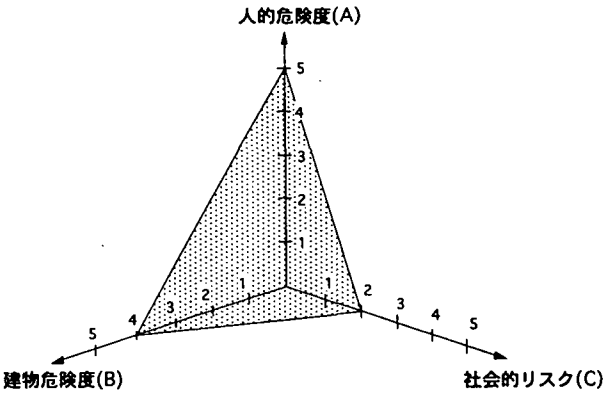


図-3 レーダーチャート

図5～図8に人的危険度、建物老朽度、社会的リスク、総合危険度を推定した図を示す。この解析の基礎データである等価線形化手法による表層加速度、表層速度の結果によると、福岡県域に存在する5断層の活動による福岡都市圏への影響は、警固断層系と西山断層系の活動によるものが最も大きい。さらに福岡都市圏における活断層による表層加速度、表層速度の傾向として、警固断層系を境として、福岡都市圏北部、及び東部方面の予測加速度が大きく評価されているが、予想加速度としては最大でも400gal程度のものであり、中規模的な加速度である。予測速度については、地盤種別による速度の分布形態の違いは認められない結果となっている。

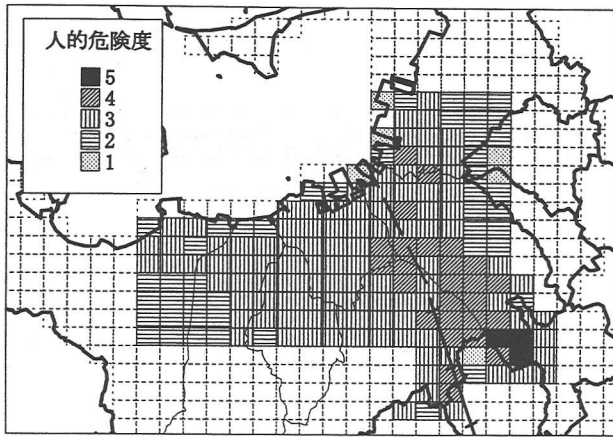


図-5 人的危険度（想定地震：警固断層系）

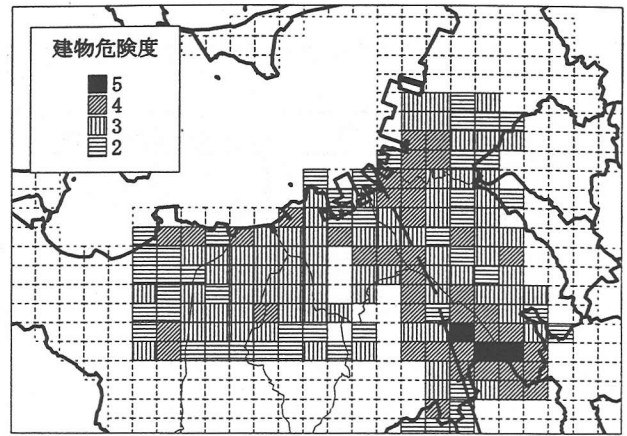


図-6 建物危険度（想定地震：警固断層系）

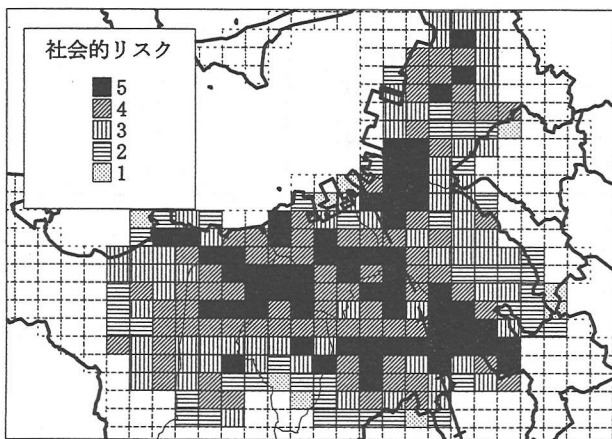


図-7 社会的リスク

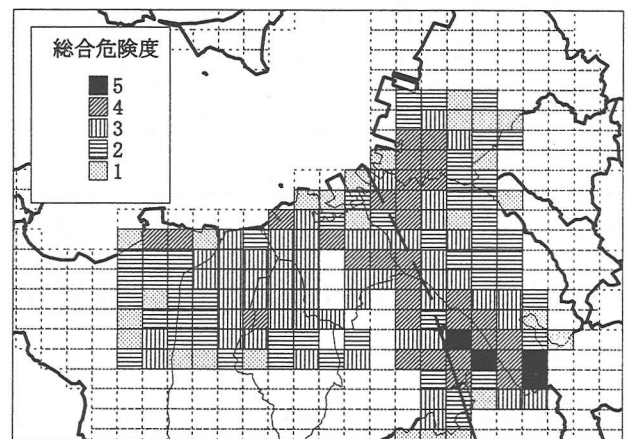


図-8 総合危険度（想定地震：警固断層系）

人的危険度の解析結果（図-5）と建物危険度（図-6）からは、福岡都市圏において断層上から北東側にかけて危険度が高いと予測され、社会的リスク（図-7）の評価は都心、副都心地域のリスクが大きく、それ以外は比較的小さくなっている。

これらを踏まえて算出された総合危険度（図-8）は、加速度の分布同様、福岡都市圏の東部と福岡市南部の春日市周辺が、他の地域と比較して危険度が高く評価されている。西部については社会的要因により高いリスクを示している地区があったものの、地震による被害は他地域に比べ相対的に小さく、社会的要因を排除する対策を今後講じることで、より安全な状態に改善可能である。今回の解析では福岡の都心である天神地区周辺のような経済中心地において比較的安全側に解析結果が評価されているが、日中の活動人口を対象とした解析ではなく、夜間人口を基準に評価を行ったためであると考えられる。

参考文献

- 1) 松田 時彦: 活断層から発生する地震の規模と周期について, 1975 年
- 2) William B. Joyner and David M. Boore:
Peak Horizontal Acceleration And Velocity From Strongmotion Records Including Records From The 1979 Imperial Valley, California, Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 71, No. 6, pp. 2011-2088, December 1981
- 3) 呂 恒俊: 地震時の人的被害発生機構に関する研究、パシフィックコンサルタンツ株式会社、総合研究所 1996 年 3 月