

京都大学防災研究所 フェロー 亀田弘行

京都大学防災研究所 正会員 田中 聡

京都大学大学院 学生員 ○岩木 淳

1. 研究の目的と背景

広域ネットワークを構成するライフライン施設の地震対策は重要である。既存の構造物をいかに強くするか、耐震補強対策、また、今後つくられる構造物にどのぐらい耐震性を持たすか、耐震設計基準の見直しなど地震対策の努力がなされている。

本研究の背景となる全体計画では、交通システムの地震時における信頼性評価を行うことで交通システムの地震防災対策に貢献できることを目標にしている。本研究では地震外力の評価を対象としている。今回は、特に震度分布の形状、面積¹⁾、マグニチュードの関係の分析を行った。

本研究での外力評価は交通システム及びその他のライフライン施設の地震対策における想定外力として役立つと考える。

2. 震害空間データベース

以上のような目的のもと過去の地震及び被害に関する資料を整理し、震害空間データベースとしてGIS（地理情報システム）を基盤とする空間データ上に構築を行った。これらのデータを用いて震害分析を行っている。

データベース化対象となる地震として、濃尾地震（1891年）から新潟県北部地震（1995年）までの過去約100年間に起きた地震の中から、建物やライフライン施設に被害をもたらした主な地震50件を取り上げた。

また、データベース化の項目としては、ハザード指標として震度V、震度VI²⁾、震度VII³⁾、液状化の4項目を取り上げ、被害指標として道路被害、鉄道被害の2項目を取り上げた。

3. 分析方法

1) 面積補正のための等価円の採用

プレート境界型地震や震源が海岸付近の内陸型地震では観測される震度分布は陸上部のみであるため、海域部も含めた震度分布の全体形状が不明である。

そのため陸上部の震度分布の面積の計算では、面積を過小に評価することになる。そこで全体の形状を円形と仮定し、面積の補正を行った。

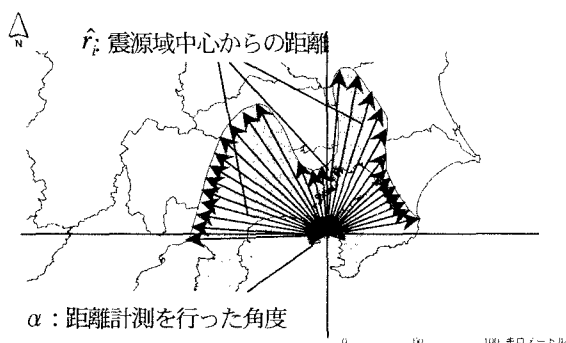


図1 関東地震（1923年、M7.9）による震度VIを例にした等価円の求め方

$$S = S_a \times \frac{360}{\alpha} = \sum_{i=1}^n S_i \times \frac{360}{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2} r_i^2 \times \frac{\pi}{180} \right) \times \frac{360}{\alpha}$$

S_i : 半径 r_i 、中心角1度の扇形の面積

S_a : 陸上部の面積 S : 面積の補正值

面積が等価な円は、上式から求められる面積 S となる円とした。（図1）

2) 最大円、最小円、平均円によるばらつきの検討

地震によって、地盤条件などにより同一震度のコンターの形状はそれぞれ違ったものとなる。そのため最小円、平均円、最大円を用いて震度分布のばらつきを検討する。また、震度分布は同一震度と見なされる被害地点を包絡線で結んだものであるため、同一震度内であっても揺れの大きさにばらつきがあると考えられる。

各地震の震度V、震度VIに対して「最大円」、「最小円」、「平均円」の3通りの円を求めた。（図2）

最大円・・・外接円

最小円・・・内接円

平均円・・・1) の等価円

ただし、各円の中心には、断層パラメータ⁴⁾が求められている地震については震源域中心を、その他

の地震については震央を用いた。また、地震ごとの震度分布の形状の違いによって震度のコンターと海岸線との交点を通る円を最大円、最小円とした。

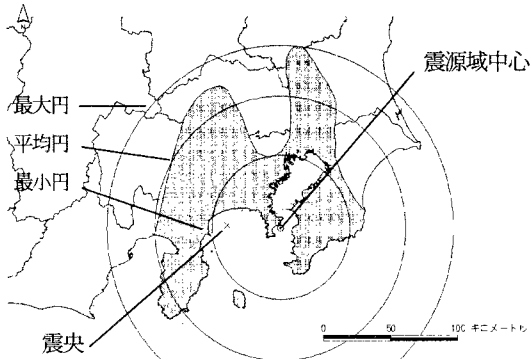


図2 関東地震（1923年、M7.9）の震度Ⅶに対する最大円、平均円、最小円

3) 楕円の導入

「円」の導入によって、震度分布の形状の評価を行った。しかし、地震によっては震度分布の形状は円形に当てはめにくい場合もある。そこで、震度分布の形状がもつ方向性を考慮し、震度分布の形状を「楕円」であると仮定し評価を行う。楕円の導入にあたっての条件は以下のとおりである。

- ・中心は、震源域中心または震央とする（「円」の場合と同じ）
- ・長軸、短軸は震源域の向きと平行または直交する
- ・楕円の面積と平均円の面積は等しい
- ・離心率 e は、中心からの計測距離 $\hat{r}_i$ と楕円の半径 r との差の二乗和 $\sum \Delta^2$ が最小となる値とした

$$\min \sum \Delta^2 = \min \sum (r(e) - \hat{r}_i)^2$$

4. 分析結果

最大円、平均円、最小円それぞれの半径を最大距離、平均距離、最小距離とし、直線回帰を行った。（図3）

円の導入によって震度分布の形状のばらつきの評価を試みた。震度Ⅴ、震度Ⅵともに回帰直線の傾きは最小、平均、最大の順に小さくなる。また、震度Ⅴにくらべ震度Ⅵのほうが回帰直線の傾き、ばらつきともに大きい。

5. まとめ

本研究では地震外力の評価を対象とし、震度分布の形状、面積、マグニチュードの関係の分析を行った。地震動を評価するにあたっては、震源での断層

破壊、地盤条件、地震動の伝播等、不確定性な部分が多い。そのため、円、楕円といった簡便な方法で外力評価を行うことは交通施設のような広域ネットワークの評価に有効であると考えられる。さらに、多くの各震度分布に適する楕円を求め、震度分布の形状の傾向とそれぞれ円、楕円との適合性を今後検討しなければならない。また、不確定性を評価し、地震危険度解析を行う予定である。

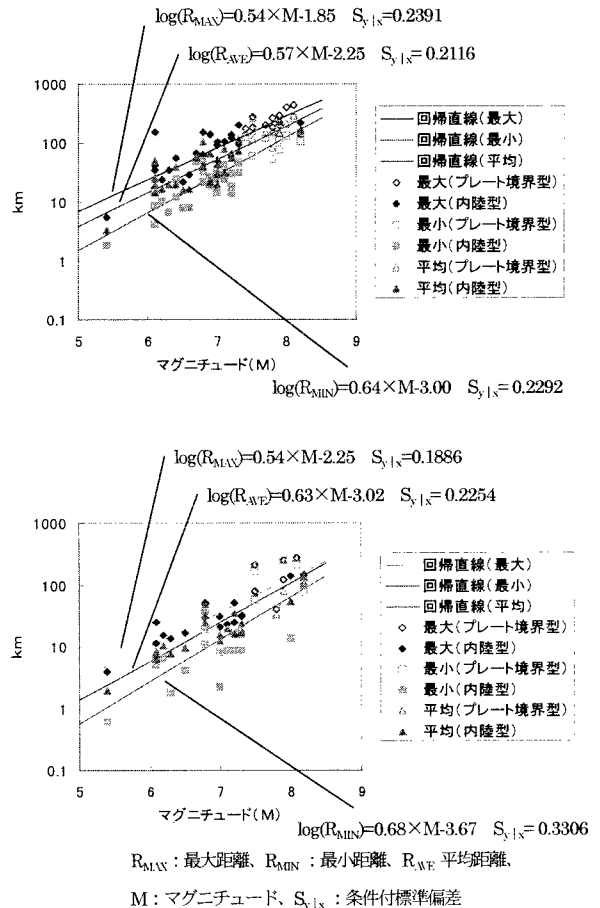


図3 最大距離、平均距離、最小距離と

マグニチュードの関係（上：震度Ⅴ、下：震度Ⅵ）

参考文献 1) 村松郁栄：震度分布と地震のマグニチュードとの関係、岐阜大学教育学部研究報告、pp168-176、1969、2) 宇佐見龍夫：新編日本被害地震総覧、東京大学出版会、1996、3) 武村雅之・諸井孝文・八代和彦：明治以降の内陸浅発地震の被害から見た強震動の特徴－震度7の発生条件－、1997、4) 佐藤良輔編著：日本の地震断層パラメーター・ハンドブック、鹿島出版会、1989