

地震災害時の潜在的危険度評価のための人間活動分布時空間解析に関する研究

電力中央研究所 正員 ○ 梶谷 義雄 建設技術研究所 正員 本久 仁美
 京都大学防災研究所 正員 多々納 裕一 京都大学防災研究所 正員 岡田 憲夫

1 はじめに

地震災害時における人命の損失を軽減するためには、構造物の耐震性などに加え、最終的に被害を受ける客体である人間の時空間分布を事前に把握しておくことが重要である。本研究では、人間活動の時空間分布を分析するための GIS 用データベースをパーソントリップ調査データを用いて構築し、任意の時間・空間における人間の活動分布とハザードの関係を分析するためのシステムを開発する。この際、家族や青年人口の「居合わせ」及び、外出先からの「かけつけ」を考慮した一般住民による救助・救出活動 (SAR 活動) モデルを構築し、地震災害に対する地域の潜在的危険度の時空間変化を把握するための方法を示す。

2 研究アプローチの概要

本研究で対象とする潜在的危険度とは ハザード (地震の発生位置・時間、発生強度など) エクスポージャー (被害客体:人口・資産など) バルナラビリティ (脆弱性:高齢者など) により規定される。これら、に伴う膨大な時間・空間情報を分析し、危険地域の診断を行うためには大量の時空間データを効率的に管理するシステムが必要となる。そこで本研究は、人間活動分布を把握するために、従来の地理空間情報に加え、時間情報管理が可能な GIS である「DiMSIS」を用いる。まず、1990 年度に行われたパーソントリップ調査の個人データに空間座標情報を持たせることにより、人間活動分布ができるだけ地図上で表示可能な時空間データベースを構築する。このことにより、活動分布の時空間変化状況の再現や任意の時空間断面における災害時の救出作業へのかけつけ状況分析などが可能となる。次に潜在的危険度の分析方法を紹介する。まず、阪神・淡路大震災時の建物被害データと人間活動の時空間分布との重なりから、小倉ら¹⁾の発生時刻別死者数推定式を利用して発生時刻別町丁目別の人的被害の試算を行い、閉じこめ者数の分布を推定する。その後の救出活動は以下のように考える。阪神大震災が発生したのが早朝であったため、ほとんどの地元青年人口が近隣住民と居合わせていたと予想される。しかし、もしも昼間に災害が発生していたら状況は異なっていたであろう。出身地域を離れた青年人口は、可能な限り出身地にかかけつけ、家族や隣人の救出

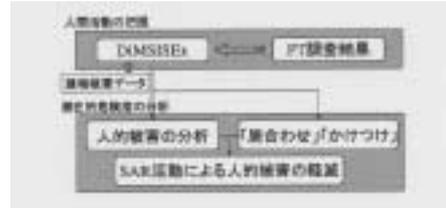


図-1：本研究のアプローチ

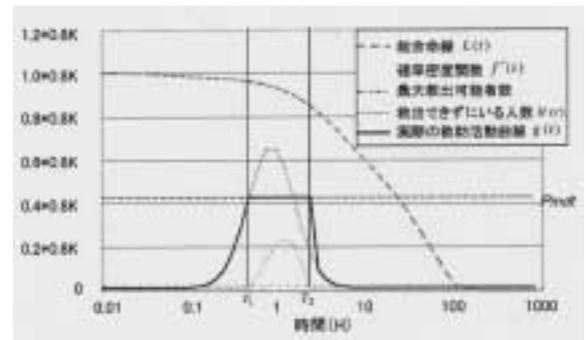


図-2：SAR 活動と総余命線

作業を行うものと考えられる。そこで、人的被害の軽減可能性として「居合わせ」している青年人口と徒歩による「かけつけ」可能な青年人口による SAR 活動の成果を分析し、閉じこめ者数と比較することで総合的な地域の潜在的危険度の分析を行う。その際、青年人口によって、時間 T までに救助される人数 (期待値) $G(T)$ 、及び生存救助される人数 (期待値) $I(T)$ に関するモデルを構築する。

家族・隣人による SAR 活動の曲線²⁾を閉じこめ者 1 人あたりが発見・救助されるまでの確率密度関数 $f(t)$ として考える。ここで、 $t=0$ における閉じこめ者が K 人とすると、阪神大震災時における青年人口により救助された閉じこめ者は全体の 80% であったため²⁾、 $0.8K$ を青年人口によって救出される閉じ込め者人口と想定する。以下、この人口を $f'(t) = f(t) \times 0.8K$ とおく。微小時間における最大救出可能人数を mdt (人 / 救出者 1 人) とし、青年人口を P 人とすると、時間 t における微小時間 dt の間に救出された人 $g(t)dt$ は、

$$g(t)dt = Pmdt \quad (f'(t)dt > Pmdt) \quad (1)$$

$$g(t)dt = f'(t)dt \quad (f'(t)dt \leq Pmdt) \quad (2)$$

となる。ただし、式 (1) の場合、救助活動者数が不足するために救助待ち状態の人が $f'(t)dt - g(t)dt$ (人) 生じる。

キーワード：人間活動分布、時間情報管理型 GIS、SAR(Search and Rescue) モデル

電力中央研究所 (〒 270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646, TEL 0471-82-1181, FAX 0471-95-8331)

この人数を $H(t) = F(t) \times 0.8K - G(t)$ とおき、さらに時刻 t における救助可能人数を $H(t) + f'(t)dt$ とすると、式 (1) 及び式 (2) は、以下ようになる。

$$g(t)dt = Pmdt \quad (H(t) + f'(t)dt > Pmdt) \quad (3)$$

$$g(t)dt = H(t) + f'(t)dt \quad (H(t) + f'(t)dt \leq Pmdt) \quad (4)$$

以上から、 $g(t)$ を求めると、

$$g(t) = \begin{cases} f(t) \times 0.8K & (0 < t \leq T_1) \\ Pm & (T_1 \leq t \leq T_2) \\ H(t) + f(t) \times 0.8K & (t \geq T_2) \end{cases} \quad (5)$$

となり、 $G(T)$ は $g(t)$ を積分したものとなる。

また、生存救助される人数 $I(T)$ は、図 2 の総余命線²⁾ $L(t)$ を考慮し、 $i(t) = g(t) \times L(t)$ を積分したものとなる。

3 神戸市長田区及び中央区における実証分析

分析システムの性質上、様々な時間・空間における分析が可能であるが、紙幅の都合により、神戸市の長田区と中央区を対象地域とした潜在的危険度の分析例をいくつか示すことに留める。人間活動の時空間分布としては、青年人口の行動範囲は広く、高齢者や子供の移動はほとんどないようである。また、昼間時における青年人口の分布は、商業地域や住居地域などによって流入・流出のパターンが異なっている。図 3 は 12 時に震災が発生した時の閉じこめ者数の分布、図 4 はその 3 時間後の 15 時における閉じこめ者数の分布を示しており、3 時間の間に行われた救助活動によって、長田・中央区両地域とも閉じこめ者数が減少していることが分かる。また、「居合わせ」と「かけつけ」の分析結果の例として中央区の 12 時の図を図 5 に示す。0 分における高齢者と青年人口の比が「居合わせ」であり、その後の増加量が「かけつけ」である。中央区における神戸市外の若者の居合わせ数が多くあり、この地域の救助者数増加に貢献している。また、図 5 に示すようにかけつけ者の多い昼間時には、かけつけによる救助活動者も 3 時間後には全体の救助活動者の 1 割もの数にのぼっており、人間活動分布の状態が救助者数にも大きく影響していることが分かる。以上は昼間の分析であるが、夜間や早朝、通勤時間帯などによって結果は全て異なってくる。また住居地域、商業地域などの地域特性によっても潜在的危険度の時間帯別の変化は異なっている。

4 おわりに

本研究では、人間活動の時空間分布に着目し、人間活動時空間データベースの構築、及び時間情報管理型 GIS をベースとした潜在的危険度評価システムの開発を行った。その

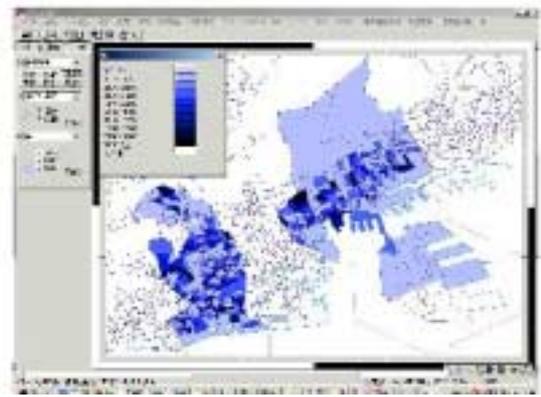


図-3：震災直後の閉じこめ者（中央区，長田区，正午発災）

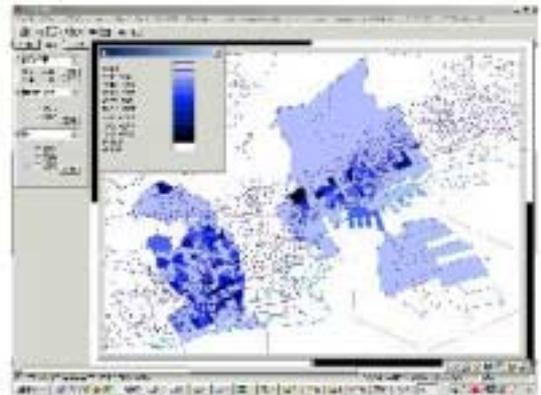


図-4：3時間後の閉じこめ者及び死亡者（中央区，長田区，正

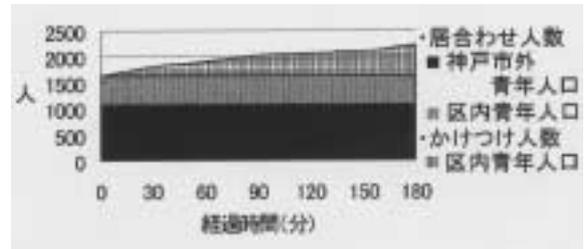


図-5：「居合わせ」及び「かけつけ」人口の推移（中央区，正午発災，65歳以上人口 467人）

際、SAR 活動の視点から救助活動者である青年人口の「居合わせ」及び「かけつけ」を考慮したモデルを提案した。実証分析における時間帯別の潜在的危険度の変化から、就業状態などの地域特性が潜在的危険度に与える影響が定量的に明らかになった。今後の課題としては、移動経路の考慮や救出後の病院までの運搬等により詳細な救出・救助モデルへの発展が考えられる。

<参考文献>

- 1) 小倉正臣，鈴木祥之，藤原悌三：阪神・淡路大震災における死傷者発生要因に基づく人的被害推定に関する研究，総合防災研究報告，第 5 号，1997.11
- 2) 太田裕，小山真紀，和藤幸弘：震度余命特性曲線の試算 1995 年兵庫県南部地震の場合，東濃地震科学研究所報告，Seq.No.3，地震時の人的被害に関する総合研究（2）ワークショップ特集，財団法人 地震予知総合研究振興会，pp.97-104，2000.3