

京都大学工学部

学生員

○本久 仁美

京都大学大学院

学生員

梶谷 義雄

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 阪神・淡路大震災は、数多くの人命が失われる大惨事となった。人的被害の軽減方策を検討する際には、まず、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。それに加えて、地域が持つ災害に対する備えの程度も重要な要因であろう。本研究では、人間の時空間分布を時空間データベースとして構築し、任意の時間・空間における人間の活動分布を再現するための方法論を提示するとともに、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)の可能性を考慮して地域の災害に対する脆弱性の程度を把握するための方法を示す。

2 研究アプローチの概要 まず、人間活動を把握するために、PT調査結果の個々人のデータをDiM-SISExに入力し、人間活動の時空間データベースを構築する。従来の地理空間情報に加え、時間情報管理を併せ持つ次世代時間管理型GIS「DiM-SISEx」を情報システムとして利用することで、人間活動を任意断面で切り出すことや個々のデータに目的や性別などの属性を持たせることが可能となり、以下で行う潜在的危険度を分析することが可能となる。

次に、構築した人間活動の時空間データベースを用いて、神戸市を対象地域とした潜在的危険度の実証分析を行う。流れとしては、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。次いで、発生時刻別の滞在地内の高齢者と青年人口との「居合わせ」、及び外出先から徒歩で帰宅できる青年人口数を所要時間ごとに合計して「かけつけ」を分析する。最後に、人的被害の軽減可能性として、「居合わせ」ている青年人口と「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を分析した。そ

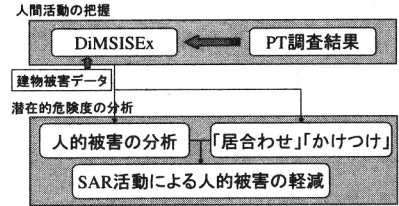


図1: 本研究のアプローチ

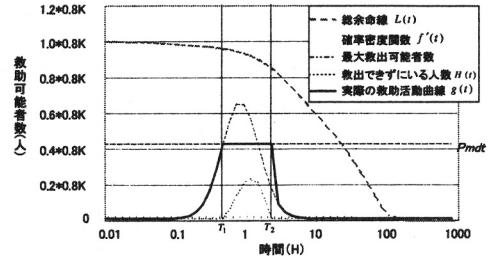


図2: SAR活動と総余命線

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） $I(T)$ のモデルを構築した。

家族・隣人によるSAR活動の曲線²⁾を時間確率密度関数として回帰した曲線 $f(t)$ を、閉じこめ者1人あたりの救助されるまでの時間的確率密度関数と考え、 $G(T)$ を求める。ここで、 $t=0$ における閉じこめ者が K 人とする、青年人口により救助される閉じこめ者は全体の80%であるため²⁾、 $0.8K$ である。以下、 $f'(t) = f(t) \times 0.8K$ 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、時間 t における微小時間 dt の救出された人 $g(t)dt$ 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)の時は、十分なSAR活動が行えておらず、救助可能でありながら救助できていない人が $f'(t)dt - g(t)dt$ （人）残ってしまうこととなる。この残ってしまった人数を $H(t) = F(t) \times 0.8K - G(t)$ とおき、時間 t における救助可能な人数を $H(t) + f'(t)dt$ と考えると、式(1)式(2)は、以下で与えられる。

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

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

以上から、 $g(t)$ を求めると、

$$g(t) = \begin{cases} f(t) \times 0.8K & (0 < t \leq T_1) \\ Pm & (T_1 \leq t \leq T_2) \\ H(t) + f(t) \times 0.8K & (t \geq T_2) \end{cases} \quad (3)$$

となり、 $G(T)$ は $g(t)$ を積分したものとなる。

また、 $I(T)$ 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 実証分析 長田区と中央区を対象地域とした潜在的危険度の分析を行ったが、分析結果の詳細は講演時に示すとして、ここではいくつか例を示す。

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ことが分かった。また、昼間時における青年人口の分布は、周辺地域から商業地区への流入など、地域的特色に反映していることが分かった。

また、大規模災害時の地域の潜在的危険度としては、震災発生後の人的被害に比例した閉じこめ者数の分布と、3時間の青年人口によるSAR活動の成果を加味した分布(3時間後の閉じこめ者及び死亡者の分布)を比べると、居合わせ率の高い夜間ではあまり差異が生じていないのに対し、商業地区に青年人口が集中する昼間時では、商業地区における潜在的危険度が低下しているなどの差異が生じていることが分かった。この例として、12時に震災が発生した時の閉じこめ者数の分布を図3に、3時間後の閉じこめ者及び死亡者の分布を図4に示す。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。図5に示すようにかけつけ者の多い昼間時には、かけつけ者による生存救助者も1割を越えていることから、震災時の人間活動分布だけでなく、その後に派生的に起こる人間活動分布も重要であることが分かった。

4 結論 本研究では、時々刻々と変化する人間活動の時空間分布が、大規模災害時の潜在的危険度を決定する大きな要因の1つとなっており、人間活動の時空間データベースの構築の重要性が再確認された。また、SAR活動による成果を考慮することで、地域における潜在的危険度に違いが生じたことから、地域における総合的な潜在的危険度を分析するには、地震動などによる直接的な要因だけでなく、その後

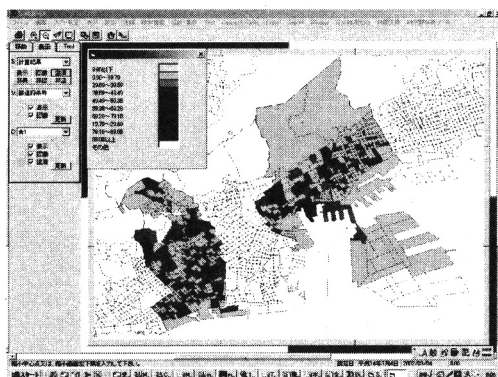


図3：震災直後の閉じこめ者(10段階評価)

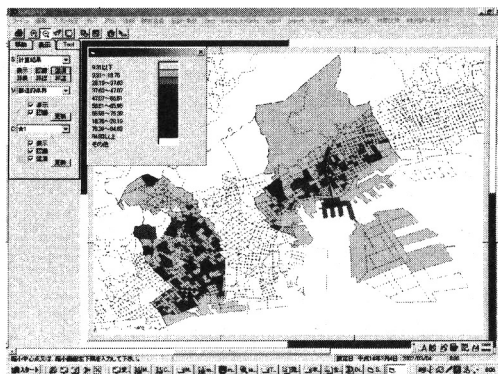


図4：3時間後の閉じこめ者及び死亡者(10段階評価)

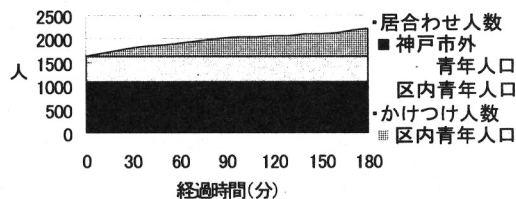


図5：「居合わせ」及び「かけつけ」人口の推移(中央区、正午震災、65歳以上人口467人)

のSAR活動といった派生的な人間活動、及びそれを行える青年人口の分布といった総合的な分析が重要であることが分かった。

＜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