

地震被害の早期把握と逐次推定更新のための 人工衛星 SAR 強度画像の活用

岐阜大学工学部 学生会員 ○神谷涼介

岐阜大学工学部 正会員 能島暢呂

(独) 防災科学技術研究所 EDM 松岡昌志

岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 杉戸真太

岐阜大学大学院工学研究科 学生会員 濱本剛紀

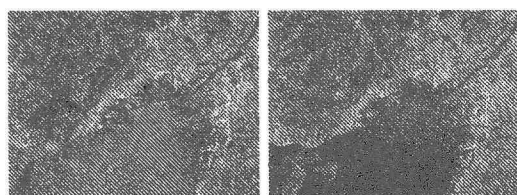
1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震の教訓から、被災地域の早期検知の重要性が指摘され、広域性、同時性に優れた人工衛星リモートセンシング情報の活用が検討されている。既往研究¹⁾では、地震後に入手される地震動情報と人工衛星リモートセンシング画像の統合処理によって被害推定を逐次更新する手法が提案されている。これは、無被害地域(大破率 0%)と建物大破率 100%地域との二群判別を確率評価することを目的としたものである。本研究では、建物大破率の分類を 4 種類(0%, ~25%未満, ~50%未満, ~100%未満)として、建物の被災状況をより詳細に把握できるように手法を拡張し、推定精度の向上を図ることを目的とする。

2. 地震前後の SAR 強度画像の特性

兵庫県南部地震の前後における ERS/SAR 強度画像の後方散乱強度の変化を図 1(a),(b) に示す²⁾。無被害地域と建物大破率 100%地域からそれぞれ 2000 個ずつ画素を抽出し、後方散乱強度の特性を調べた結果、差分値 y_1 [dB] と空間相関値 y_2 の二変数を用いて被災地を判別できることが分かった。線形判別手法を用いると y_1 と y_2 を次式のように合成変量 Z に 1 次元化できる。

$$Z = -2.14y_1 - 12.47y_2 + 4.18 \quad (1)$$



(a) 地震前 (1994/10/12) (b) 地震後 (1995/5/23)
図 1 地震前後における ERS/SAR 画像

図 1(a),(b) は Z をモノクロ 256 階調で表示したものである。本研究では図 1(a),(b) において、4 種類(ランク 0:0%, ランク 1:~25%未満, ランク 2:~50%未満, ランク 3:100%)の建物大破率ランクに属する任意地点から 2000 画素ずつ抽出したデータを用いる。後方散乱強度の差分値と空間相関値をプロットした散布図を図 2 に示す。簡単のため式 (1) より、合成変量 Z に 1 次元化した頻度分布を図 3 に示し、大破率別の構成比率を図 4 に示す。本研究ではこの結果を用いて、先に示した 4 群への帰属確率の評価を行う。

3. ベイズ確率の方法による統合処理法

図 4 に示した SAR 画像の特徴を 2 個のパラメータ

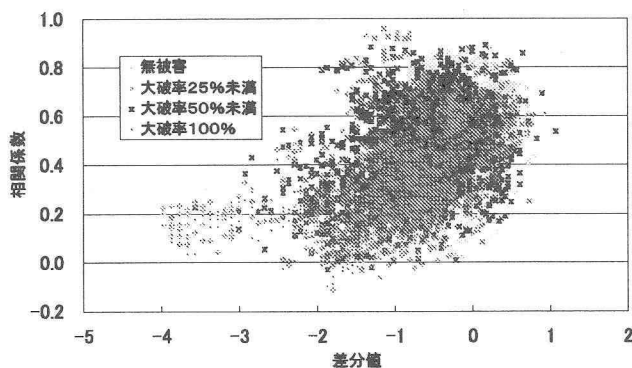


図 2 大破率ランク別の差分値と空間相関係数の散

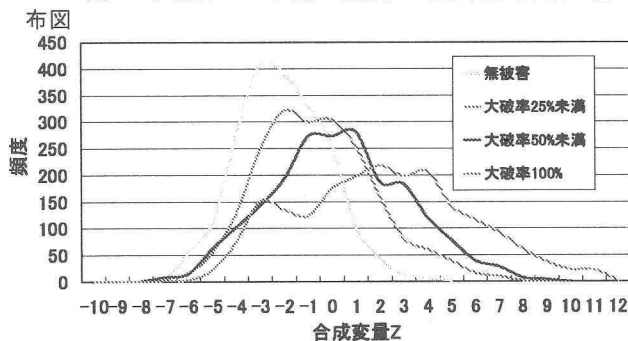


図 3 大破率ランク別の合成変量 Z の頻度分布

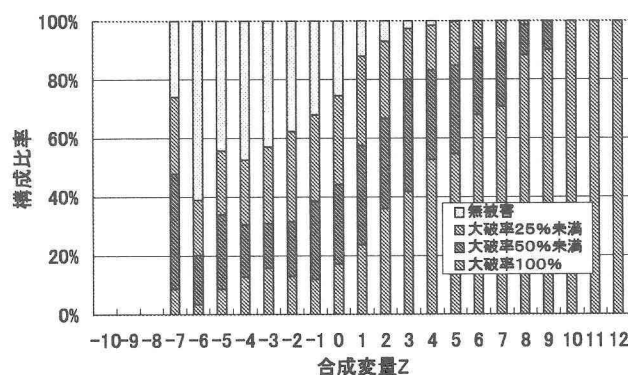


図 4 大破率ランク別の合成変量 Z の構成比率

b_0 と b_1 を持つロジスティック関数 $f_i(z)$ でモデル化し、尤度関数として利用する。ただし添字 i は大破率ランク i に対応し、 $f_i(z)$ は、ランク i 以上となる確率を表す。

$$f_i(z) = \frac{e^{(b_0 + b_1 z)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 z)}} \quad (2)$$

ここでは、 $f_1(z), f_2(z), f_3(z)$ の標準偏差を一定と仮定して図 5 のように定め、ケーススタディーに使用する。

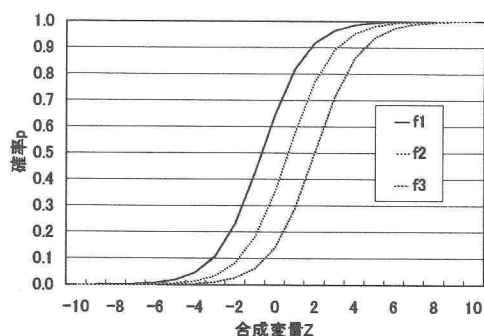


図5 ランク1~3の非超過確率

被害の状態を θ_i と表したとき、震度情報 I と fragility 関数により、被災ランク i となる確率を $p(\theta_i|I)$ として求めておく。続いて SAR 情報の分析により同地点で合成変量 z が得られたとすると、ベイズ確率の方法により $p(\theta_i|I)$ は次式のように事後確率 $p(\theta_i|I, z)$ に更新される。

$$p(\theta_i|I, z) = \frac{p(z|\theta_i)p(\theta_i|I)}{\sum_i p(z|\theta_i)p(\theta_i|I)} = \frac{f_i(z)p(\theta_i|I)}{\sum_i f_i(z)p(\theta_i|I)} \quad (3)$$

4. 兵庫県南部地震を対象とした適用事例

兵庫県南部地震での震度情報と人工衛星画像に基づく情報の統合処理による被害推定のケーススタディーを示す。ここでは、神戸市須磨区の大字 54 町についての結果を示す。1 次情報としての「震度情報」に関しては、大字単位での低層独立建物の全壊率から推定された震度データを用いて図 6 のように設定した¹⁾。この震度情報と fragility 関数から被害確率を算出する。さらに、2 次情報として対象地域の SAR 画像情報を入手したと仮定して、その後方散乱強度の差分値と空間相関値から式 (1) を用いて合成変量 Z に 1 変量化する。図 7 にその分布を示す。この合成変量 Z と式 (2) から尤度を求める。

以上の情報の統合処理による各被災ランク 0~3 の帰属確率の分布を図 8 に示す。南部地域では、震度と SAR 情報による合成変量 Z が共に高い値であるために、大破率が高くなる確率が大きく評価されている。逆に両者が共に低い北部地域では、大破率が低くなる確率が高く評価されている。

さらに各大破率ランクの代表値を 0%, 12.5%, 37.5%, 75% として各地点における大破率の平均値を表した分布を図 9 に示す。この図から須磨区南部の地域では大破率 50% 前後の被害が見られ、中部から北部一帯ではほぼ無被害に近い結果となった。これにより、いわゆる「震災の帯」が強調され、認識しやすくなっていることが確認できる。

このような結果から、震度情報と人工衛星画像に基づく情報の統合処理による被害推定の逐次更新を行うことで、それぞれの情報を効果的に扱うことができ、より詳細な被害確率の把握が可能であると考えられる。

5. おわりに

空間相関値と差分値の一次元化および尤度関数の設定において、多群判別の精度向上を図ることが今後の課題である。

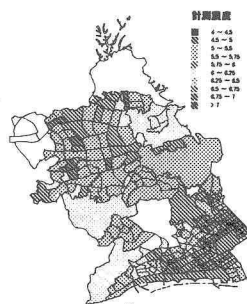


図6 震度情報

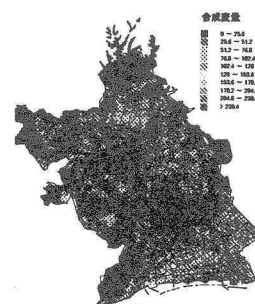
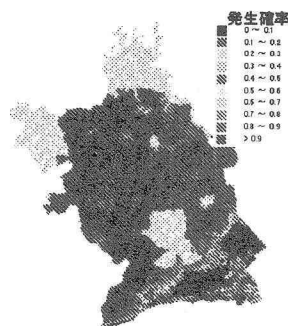
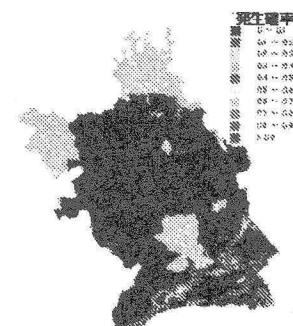


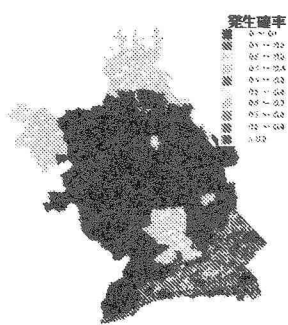
図7 合成変量Zの分布



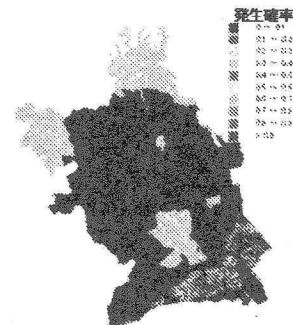
(a) 無被害確率



(b) 大破率 25%未満確率



(c) 大破率 50%未満確率



(d) 大破率 100%確率

図8 統合処理による被害確率の更新

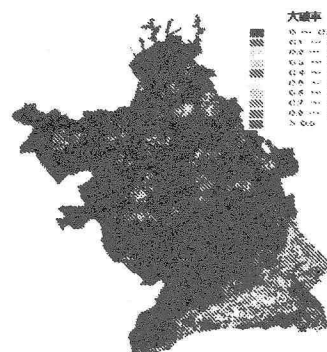


図9 推定更新された大破率の平均値の分布

謝辞 本研究は文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の一環として行われたものである。

参考文献

- 1) 能島暢呂・松岡昌志・杉戸真太・立石陽輝・金沢伸治：建物被災地域の早期把握のための震度分布と人工衛星 SAR 強度画像の統合処理法，地域安全学会論文集 No.4, 2002.11, pp.143~149.
- 2) 松岡昌志・青木久・山崎文雄：人工衛星画像を用いた 1995 年兵庫県南部地震による被害地域の判読，理化学研究所，地震防災フロンティア研究センター，2001.1.