

# 衛星データ利用のグリッド型震災人命危険度ポテンシャルモデル のための被覆分類による木造家屋分布の抽出

(株) 遥感環境モニター 正会員 ○金子大二郎  
松江工業高等専門学校 正会員 浅田純作

## 1. 目的

著者らは、これまでに、震災人命危険度のモデル化と、抜本的対策としての再開発地区の選定や、人的損失の減災対策としてのスーパー耐震橋梁や公園型避難歩行者専用橋の整備を提案してきた。本研究では、災害の最悪条件下の震災人命危険度をモデル化するために、主要な要因の一つである木造家屋率の分布の精度向上を図った。その目的は、木造家屋と広域避難地との相対位置を把握し、延焼時の避難を念頭にしたグリッド型人命危険度モデルに改良するためである。衛星データを利用した土地被覆分類により、木造住宅地域と避難地である公園と緑地を抽出した。この結果、GISによる手動入力とは別に、細密グリッド型の人命危険度モデルの電算処理化を図ることが可能となった。

## 2. 震災人命危険度モデルの改良

同時火災時の最悪条件想定型のモデルである、震災人命危険度モデルの改良を図る。モデルの主たる要因の一つである木造率は、区単位でのみデータが公開されている。一方で、GIS を使った丁目ごとの人命危険度の計算では、その平面分布のために手動の入力が必要である。これらの計算上の不便さと精度上の問題とを改善するために、衛星による広域的な平面分布の測定特性を利用し、木造家屋の分布を抽出する。同時に、避難地との相対位置関係を平面分布の形でグリッドデータ化した。これらは、避難距離と危険度モデルの電

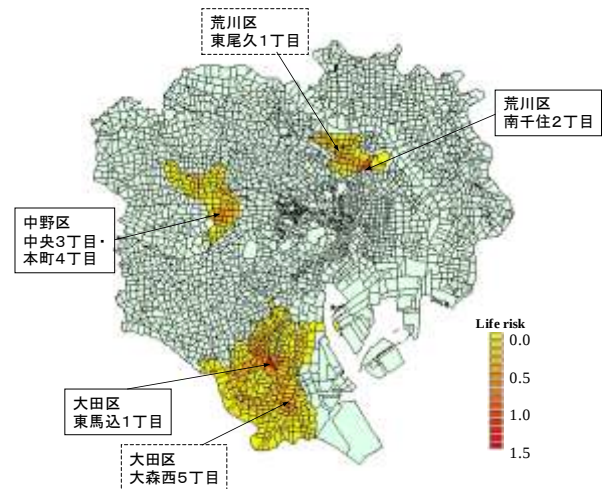
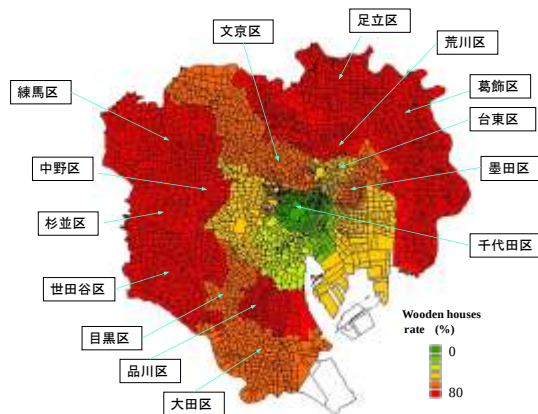


図1 避難の要衝となる重点整備地区の荒川，中野，大田・品川の各区における震災人命危険度分布の計算結果

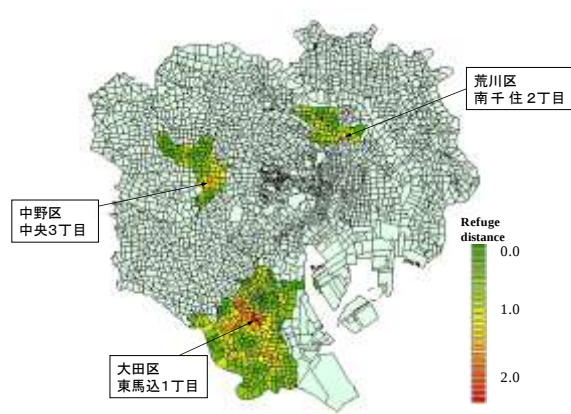
算処理化が可能となると共に、減災対策に有用である。

## 3. 衛星データによる土地利用分類と木造率

最初に、対象地域の選定について述べる。著者らはこれまでに、交通の要衝の地域であることが避難の際の重要な要因である視点から、荒川区、中野区、大田区・目黒区の3地区を選定し、区内の密集市街地を対象として震災人命危険度のモデリングと危険度の計算を進めてきた（図1）。その結果、同時火災時の避難対策として大田区・目黒地区へスーパー耐震橋梁か公園型避難歩行者専用橋の必要性を唱えてきた。本研究では、



(3) 木造率



(4) 避難距離

図2 荒川，中野，大田・品川区の木造率と避難距離分布

もう一つの重要密集地域であって、関東大震災の際に大きな被害を出した荒川区・墨田区を、研究対象地域に選んだ。これらの地区は、荒川水系の低地帯にあって軟弱地盤上にあり、震度が大きくなり易い地理的条件を持っているためである。なお、この地盤条件については、別途に検討したい。次に、火災時の人命危険度の重要な要因である木造率が、各区について高い密度で公開されていない。これまでの人命危険度の計算では、区単位であってデータ密度が不十分であった(図2)。このため、衛星データにより木造住宅の分布を抽出し、高密度化を図った。最初に、国土地理院が提供する細密数値情報により、選定した重点整備地域がある荒川区周辺について、その土地利用の概況を図3に示した。関東大震災時の被害地域を重点として荒川・墨田区方面を中心に分類地域を選定した。都心部である千代田区と異なり、高層ビルが無い住宅密集地域であることが、図中の小さな土地利用区分の混在状況によって判別することができる。この地区は、これまでに東京都や(独)都市再生機構、あるいは企業によって防災計画や都市再開発が進められている。次に、2005年のTerra衛星ASTERセンサーによるデータと、衛星データの中で最も古い1987年のLandsat衛星のTMデータより、土地利用・被覆の変化を最尤法によって分析した。郊外の代表的な土地被覆(図-4)を使いながら試行的に分類を繰り返し、細密数値情報の土地利用(図3)と見比べながら最終分類結果とした(図4)。木造住宅地区を示す灰色部が55.3%であった。公開された区平均の木造率よりもやや小さい。図5に示した二つの観測年の分類結果から、大きな土地利用変化はないことが分かる。衛星スケールによる人命危険度の分布が、土地被覆変化の視点から判断すると、10年前とあまり変わらないが、隅田川や荒川を越えて、東京東部に住宅の拡大が進んでいることが分かる。この傾向は、関東大震災の時点では隅田川までが住宅域であったことを想起すると、震災によって大火となる可能性のある地域が、荒川東部へ拡大したことを意味する。

これらの前提の下に、以下のような要因とデータに基づき、人命損失の危険性を定式化し、震災人命危険度として定義した。GISと衛星による面的データ、および、人命に関わる都市統計データを用い、震災人命危険度を次の様に考察した。最



図3 国土細密数値情報による都心の土地利用目的による分類(参考値)

初に、関東大震災と阪神大震災の被害データを詳しく調査すると、倒壊と火災に関連する木造率が主たる要因である。倒壊による危険と火災による死亡から推論し、木造率が危険度に及ぼす影響については級数的に増大するとして、2乗と設定した。一方、人命の視点からは人口密度が主要因の一つであることから、危険度は人口密度に比例するとした。さらに死亡者の多くが高齢者である実態から、高齢化率 $AG_t$ をモデルに組み入れた。高齢化社会における $AG_t$ は、人口密度の要因への割増係数と考えることができる。次に、避難距離の要因は、距離が増すに従い経路に発生する建築物の倒壊による避難の障害、避難する人々の集中による混雑と群衆事故、避難路に発生している同時多発火災の危険性(微粒子を含む煙、有毒ガスの呼吸器問題を含む)等を意味し、距離に対し級数的に危険度が高まると考え、その2乗に比例するとした。また、大都市での巨大

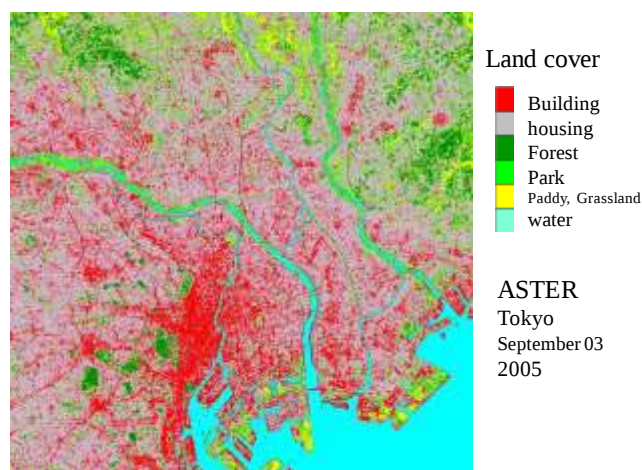


図4 震災時火災のための家屋抽出用の土地被覆分類

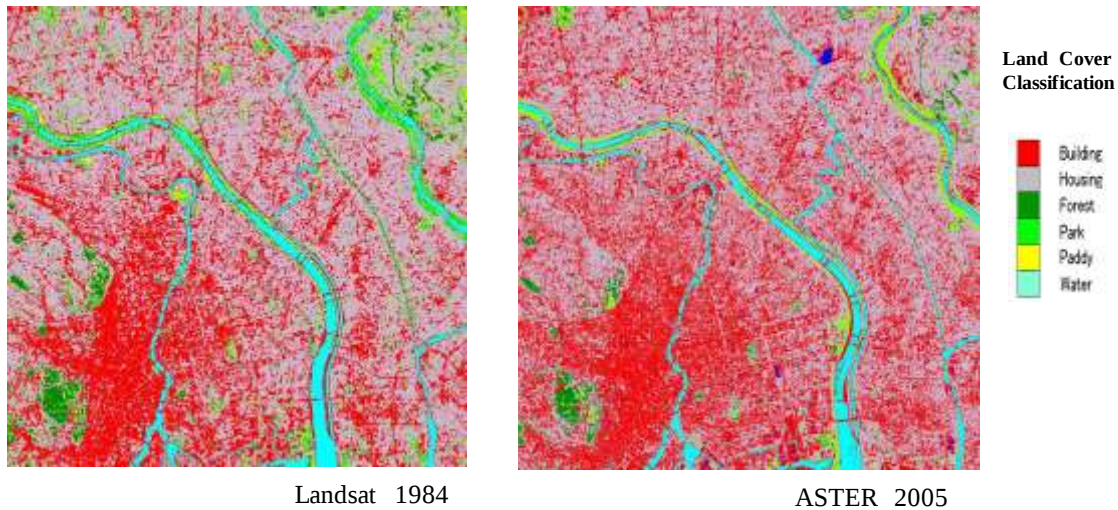


図5 震災による延焼のための東京の土地被覆と住宅地分布の抽出（関東大震災時の被害地域を重点として荒川・墨田区方面）

震災の例が稀であるため、危険度をモデル化するための設計概念は、関東大震災や阪神大震災時のデータに依存し、基礎的な情報が限られる。そのため、モデリングに有効な数値データが十分でない。したがって、検証の困難なモデルの係数や定数を努めて削減し、震災人命危険度のポテンシャルを式（1）で定義した。本研究で定義する人命危険度は、地震による人命の損失に最も関わる三種類の原因として、木造家屋を対象に、①建築基準法に示された水平地震力による倒壊と、②同じく木造家屋の火災、および、③大都市における木造住宅の同時火災によって顕著な延焼となった際に、避難地に達することできなかった場合の人命損失、以上の三種類の事態を想定して定義してきた。

$$R_{isk1} = \left\{ \left( \frac{D_{hp}}{D_{p0}} \right) \cdot AG_r \right\} \cdot WH_r^2 \cdot \left( \frac{D_{ist}}{D_0} \right)^2 \quad (1)$$

ここに、 $R_{isk}$ ：震災人命危険度、 $D_{hp}$ ：人口密度（人/km<sup>2</sup>、町丁目単位）、 $WH_r$ ：木造率（%、区単位）、 $D_{p0}$ ：基準人口密度=4000（人/km<sup>2</sup>）、 $D_{ist}$ ：避難場所までの距離（km）、 $D_0$ ：基準危険距離（1.5km）、 $AG_r$ ：高齢化率（%）

なお、震災人命危険度の数値を他地域と比較することが可能となるよう、危険度を普遍化する。基準人口密度や、避難時に危険とされている標準的な距離で割ることによって、人命危険度の無次元化を図っている。この際、基準の人口密度 4,000（人/km<sup>2</sup>）は、総務省が人口集中地区の定義に使用している数値である。また、避難の際の基準の危険距離は、研究使用例

（1.5km）と防災ガイドラインの基準値 2km を参考にしている。ガイドラインは 2km（災害下の状況と、子供・高齢者等の要因から所要 1 時間以上）と指定しているが、現実には、市民は約 1 km 離れると危険なため避難地へ避難しなくなるという実態報告（災害対応の避難者アンケート調査結果）がある。そこで本研究では、基準の距離に 1.5km の値を採用した。なお、首都直下地震時の出火件数 354（中央防災会議推定）、また、出火件数 1145、延焼件数 375（東京都推定）の値と、東京都 23 区の面積 621km<sup>2</sup> から火災の平均出火密度を計算すると、中央防災会議の小さい出火件数値を採用しても、推定される火災延焼密度は、1 km<sup>2</sup> 当たり 0.57 件である。すなわち、1.75km<sup>2</sup> に 1 件の延焼となり、平均

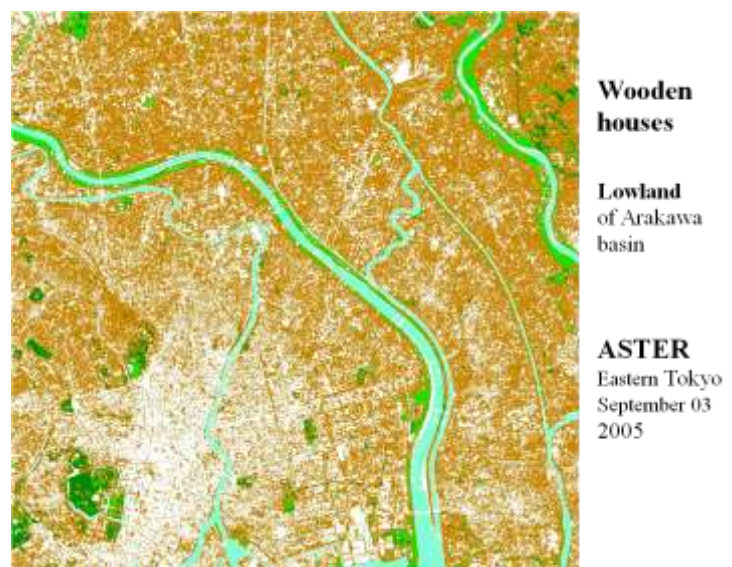


図6 延焼と避難のための木造住宅と避難地の抽出によるグリッドデータ作成（細密木造率と避難距離計算用）

避難距離は、1.3km 四方に1件の延焼となる。同様に東京都による375件の場合には、1.29km 四方に1件となり、ほぼ同一である。したがって、避難時の危険性を考慮した火災件数の視点からも、類似の値となることから、採用した基準値1.5kmは妥当と考えている。

#### 4. グリッド型モデルへの改良

前述に考察したモデルにつき、これまでの丁目単位のGIS表示による人命危険度の表示から、グリッド型のモデルへの改良を図る。衛星による平面データを直接に変数として採用した。都心東部の荒川低地帯について、木造住宅と公園・林地のみを抽出した(図6)。抽出された木造住宅の位置座標(x, y)と、ASTER センサーの可視域分解能  $d_{res}=15m$  を使って、震災の火災時における当該住宅のピクセル位置から広域避難地への距離は、次式により計算することができる。

$$D_{ist}(i, j) = \text{Min} \left\{ d_{res} \cdot [x(i, j) - x_{ref}(i_n, j_n)]^2 + y(i, j) - y_{ref}(i_n, j_n) \right\} \quad (2)$$

ここに、 $x(i, j)$ 、 $y(i, j)$ は衛星データを使った土地被覆分類によって木造住宅と判別された家屋のピクセル位置であり、 $x_{ref}(i_n, j_n)$ 、 $y_{ref}(i_n, j_n)$ は、個々のピクセルから広域避難地までの直線距離である。広域避難地は、図6に示した緑色の地区であり、衛星のピクセル数から位置座標を知ることができる。延焼のための木造率は、例えば10ピクセル(150m)四方の平均値とすれば良い。この方法により、震災時の人命危険度モデルの木造率や位置情報を細密化することが可能となる。同時に、人口密度の要因を同様に組込むと、これまでのモデルを15mメッシュの細密なグリッド型の人命危険度ポテンシャルモデルに改良することができる。

#### 5. おわりに

本研究は、近代社会において最も重視すべき人命の損失を回避する視点に重きを置き、大都市における震災時の同時火災に起因する大火の際の人命損失を減災しようとした。このために、衛星データを使いながら、震災人命危険度モデルの改良を進めた。この人命危険度の主たる要因の中で、木造家屋の割合と位置の精度向上を図った。一方で、モデルの電算処理化を目指し、衛星利用のグリッド型人命危険度ポテンシャルモデルを目指している。このため、ASTER衛星を使った土地被

覆分類により、木造家屋と避難地のみ抽出し、グリッドデータとして作成した。得られた木造住宅と避難地との位置関係から、避難距離を電算処理化することが可能となり、細密なグリッド型人命危険度ポテンシャルモデルに改良することが可能となった。

#### 参考文献

- 1) 井田三郎：地震時の地域危険度評価，安全工学，Vol.23, No.6, 1984年，pp.336-345.
- 2) 糸井川栄一：震災時の火災延焼シミュレーション，－現状報告・将来の行方－，予防時報，No.217, 2004，pp. 30-35.
- 3) 梶谷 司、金子大二郎：震災広域緑地避難への火災人命危険度のGISと衛星データによる推定法、土木学会第62回年次学術講演会、Vol.IV-140、2007年、pp.1-2.
- 4) 金子大二郎・江原 圭吾、GISと衛星データによる首都震災時の人命危険度と再開発優先地域の抽出、第64回土木学会全国大会年次学術講演会概要集、Vol. IV、2009年、pp.195-196.
- 5) 金子大二郎、浅田純作、横山功一、GISと衛星データによる首都震災時の人命危険度のモデル化と再開発優先地域の抽出、第13回日本地震工学シンポジウム論文集、G020-Thu-PM-1、2010年、pp.1-10.
- 6) 金子大二郎、浅田純作、スーパー耐震橋梁と公園型避難歩行者専用橋の条件と概念図、日本地震工学会・大会・2011梗概集、2011年、pp.242-243.
- 7) 谷口仁士、飯田汲事：都市における地震時出火・拡大延焼に関する被害予測、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.357, 1985年、pp.52-61.
- 8) 竹内吉平：大震火災の被害予測手法と結果の概要、近代消防'96年2月臨時増刊号、1996年、pp.132-144.
- 9) 損害保険料率算出機構：市街地特性を考慮した地震火災の延焼危険評価手法の開発、地震保険研究6, 2005年、69p.
- 10) 亀野弘昭、川村達彦：「東京都の地震時における地域別延焼危険度測定(第7回)」について、安全工学、Vol.46, No.5, 2007年、pp.295-302.
- 11) 熊谷良雄：地震火災の特徴と減災に向けて、予防時報、No.230, 2007年、pp.36-41.

キーワード 震災、減災、火災、人命危険度、リモートセンシング