

地図データベースを利用した高速延焼予測システムの開発

5 R - 4

高橋一重 長尾真紀子 沼上英雄 澤田順夫

(株) 東芝

1. はじめに

近年、都市防災の重要性が指摘され始めている。特に、地震については、東海沖地震、東京直下型地震等の大地震の発生が予想されている。大地震の2次災害である火災は都市に大きな被害を与えるため、その対策が望まれている。

我々は、都市防災をGIS (Geographical Information System) の応用として捉え、地図利用情報管理システムMINDS-10上に延焼予測システムを開発した。本システムは、大地震による同時多発広域大火災が実際に起こったと想定して、何時間後にはどの程度まで延焼するかを予測する。以下に、本システムの予測方式、及び延焼シミュレーション結果について述べる。

2. 浜田モデル

延焼予測の基本となる延焼モデルとしては、世の中で一番実績のあるモデルである浜田モデルを選択した。このモデルは、浜田の延焼速度式に基礎を置いている。

はじめに、浜田の延焼モデルを簡単に説明する。浜田モデルでは、建物に対して出火状態か未出火状態の2種類の状態のうち一方が、各時点で割り当てられている。延焼は隣接する建物間でのみ生じ、出火状態の建物から隣接する未出火状態の建物へのみ生じる。未出火状態は延焼がなければ未出火状態のまま留まり、出火状態から未出火状態への遷移はないとする。

次に、隣接建物の延焼メカニズムについて説明する。出火建物と隣接する未出火建物とを、最短ラインで結ぶ。このラインに沿って、出火建物から未出火建物へと延焼すると考える。ただし、延焼速度としては、後で述べる浜田の延焼速度式を用いる。そして、出火建物から未出火建物までラインに沿って延焼した時点で、未出火建物が未出火状態から出火状態に遷移する。ここで、複数の出火建物がひとつの未出火建物と隣接していると、どれかのラインに沿って、はじめてその未出火建物に延焼した時点で未出火建物が延焼状態に遷移するものとする。

浜田モデルにおける延焼速度は風向き、風速(w)、建物が出火してから時間(T)、延焼方向に対する建物長(a)、建物間距離(d)、耐火ランク別建物面積比率(b1, b2, b3)のみから計算される。耐火ランク別建物面積比率は、純木造建物、防火木造建物、耐火造建物の面積比(b1+b2+b3=1)であり、建物の耐火度を延焼速度に反映させる延焼速度比(N)を計算するために用いる。

延焼速度 =

$$N = \frac{(a + d) * (1 + \text{const1} * w + \text{const2} * w * w)}{3 + (3/8) * a + (8 * d) / (1.15 * (5 + w / \text{const3}))}$$

ただし、延焼速度比(N)は次式である。

$$\text{延焼速度比}(N) = (b1 + b2) * (b1 + b2) / (b1 + b2 / 0.6)$$

また、const1, const2, const3は、風向きと建物が出火してから時間(T)によって変わる。

3. 浜田モデルの修正

浜田モデルでは、隣接建物をラインで結んだ建物ネットワークデータが必要である。隣接関係の簡易的決定方法としては、従来から、建物の重心間の距離で判定する方法が用いられることが多い。しかし、この方法では、形状のある建物の隣接関係データを正しく生成することは困難である。したがって、データ作成は、人手による入力に頼らなければならず、かなりの作業を必要とする。しかも、隣接関係データ量が多いため、シミュレーション速度が遅くなると予想される。そのために、我々は延焼単位として、建物以外のものを選択することにした。

建物以外の延焼単位として従来から用いられる延焼単位としては、地番界とメッシュがある。延焼情報を避難誘導の情報として用いるという点からみると、地番界での延焼情報は荒すぎるのが欠点である。それに比べて、メッシュはそのサイズによって延焼情報の細かさやデータ量を調節できるメリットがある。以上の理由で、延焼単位としてメッシュを採用することにした。

以下に、延焼単位をメッシュにするために、浜田モデルをどのように修正したかについて説明する。図1のように、メッシュの中央に正方形の建物がメッシュ内の建べい率の分だけ存在するものとする。隣接関係は、メッシュの8近傍で定めた。延焼方向に対する建物長は、建物に対応するメッシュ内の正方形の一辺の長さとした。建物間距離は、(8近傍の意味で)となりあったメッシュの中央にある建物間の最短距離とした。以上のように定めることによって、浜田の延焼速度式を用いることができる。大きなメリットとして、延焼単位の隣接関係のデータが不要になった。

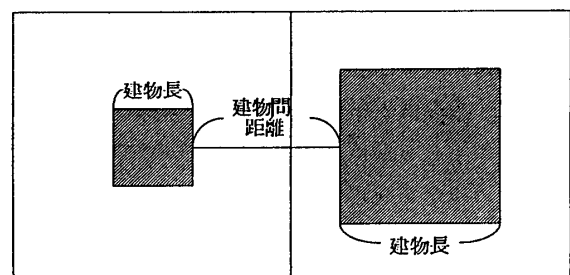


図1 メッシュの建物への変換

もともと浜田モデルでは、ある建物が延焼すれば隣接するすべての延焼可能な建物もある程度の時間がたてば必ず延焼する。したがって、延焼するはずのないメッシュでも、延焼可能領域を少しでも含むならば延焼する可能性がある。この不都合を取り除くために、延焼阻止要因を含むメッシュ（大きな道路、川、公園等）を対話的にマスク領域として入力して、マスク領域は延焼しないようにした。



図2 北風（上から下） 3 m/s 3点出火後2時間でのシミュレーション結果例 メッシュサイズは 12.5 m 四方とした



図3 北風（上から下） 3 m/s 3点出火後2時間でのシミュレーション結果例 メッシュサイズは 50 m 四方とした

4. シミュレーション結果

地図利用情報管理システムMINDS-10のデータベース中の新宿区建物データの一部分を、シミュレーション用データに自動変換して、延焼予測を行うシステムを開発した。このシステムでは、約30分間隔で現況データのフィードバックを行うことを想定した。この想定のもとでは、次の現況データを入力するまでの延焼予測をすればよいので、延焼予測のミクロな意味での精度よりも、延焼結果が自然であることのほうが重要である。従って、従来から延焼について指摘されている一般的な性質をこの延焼シミュレーションが満たしているかどうかを確認することにした。

時間刻みを1分としてシミュレーションした。その結果、図2のように、従来言われているとおり風下方向に速く延焼する様子を確認できた。また大きな道路では延焼がストップすることも確認できた。防火度の高い建物では、延焼しないかまたは延焼する速度が遅く、延焼阻止物へは延焼しないことが確認できた。

シミュレーション速度は、メッシュサイズを 12.5 m 四方として、 100×100 メッシュの地域を対象とした場合には、2時間後までの延焼予測計算が、1分弱であった。

また、メッシュサイズを変更してのシミュレーションの結果、図3を図2と比較してわかるように、メッシュサイズが小さいときには燃えない領域でも、メッシュサイズが大きくなると燃えるという傾向はあるものの、あまり大きな延焼結果の差はなかった。メッシュサイズが 10 m から 50 m の間ならば、似たような延焼状況を示すと考えられる。

5. おわりに

地図データベースを利用して、延焼シミュレーション用のデータを生成して、高速に延焼予測するシステムを地図利用情報管理システムMINDS-10上に開発した。

今後は、延焼シミュレーション以外の種々のシミュレーションをMINDS-10上で開発する予定である。

最後に本開発で用いた新宿区データの利用に関して、工学院大学の太庭常良教授に感謝致します。

一参考文献一

- 1) 建設省監修：都市情報データベースUIS（1987）。
- 2) 国土開発技術研究センター：都市防火対策手法成果集版（1983）。
- 3) 恒川他：地図利用情報管理システムMINDS-10の関連9件、第37回情処全大、1Q-6,7,8,9,10、4R-5,6,7、5V-4（1988）