

地震時火災延焼シミュレーション(その1)

愛知工業大学 正会員 ○宮永 良一
愛知工業大学 学生員 和田麻理子
愛知工業大学 正会員 正木 和明

1. はじめに

火災延焼シミュレーションを実行するためには、対象地域に存在する膨大な数の戸別住宅、集合住宅、商店などの建物を取り扱わなくてはならない。これらの建物の形状、構造、階数、床面積等膨大なデータをどう収集し、データベース化し、モデル化するか、が重要な課題となる。本研究では、比較的小地域（建物数が数1000棟）を対象としたマイクロモデル、大都市（建物数が数10万棟）を対象としたマクロモデルの二つのケースについて、異なるシミュレーション方法を開発したので報告する。

2. ミクロモデル(比較的小地域を対象とする場合)

(1) 建物データベース

建物データベースは次の項目よりなっている。

- ・形状、重心 ・階数
- ・構造（裸木造、防火木造、非木造）

「都市計画図」、「住宅地図」または「数値地図 2500」から建物の形状・重心を読み込む。数値地図 2500 はラスターデータであるのでベクトルデータに直す必要がある。建物の階数は上記資料に記載されていない場合が多いので、現地調査を行う。構造は、木造と非木造の区別は成されている事が多いが、裸木造と防火木造の区別は現地調査による（ただし、裸木造は少ないので裸木造と防火木造をまとめて木造としても良い）。

(2) 建物間距離データベース

延焼過程をシミュレートする場合、隣棟間隔が必要となる。出火建物に対する隣棟は無限に在るので、対象とする区域を定める。ここでは、出火建物の重心から半径 40m以内に重心を持つ建物を対象とする（図1）。また隣の建物との距離は二つの建物の重心を結ぶ直線が建物の壁によって切断される間の距離とする。重心を結ぶ直線が他の建物によって遮られる場合には、延焼しないとする。これで一つの建物に対する隣棟距離が求まったので、同様の計算を対象地域内の全ての建物について行い、データベース化する。

(3) 発熱関数

出火し、建物が燃え上がり、発熱する。その発熱関数を与える（図2）。出火から時間を経るにつれて発熱量が多くなるが、時間 t_1 後からは一定となり、 t_2 から減少し鎮火する。 t_1 と t_2

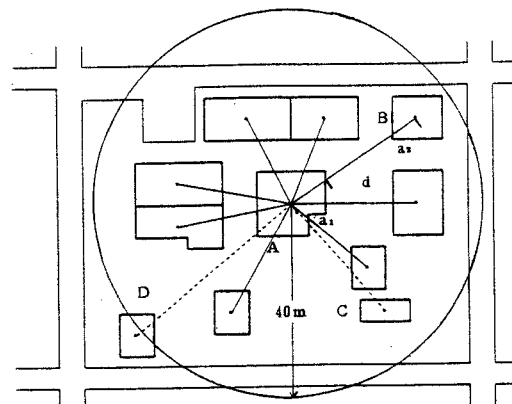


図1 建物間距離の計算

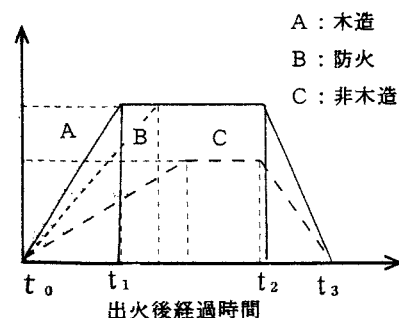


図2 構造別の発熱関数

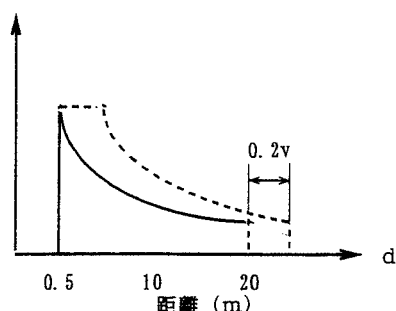


図3 距離減衰

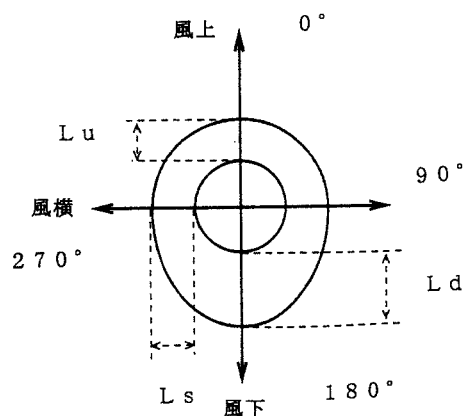


図4 風向き別延焼距離

の時間間隔は建物の床面積によって決定される（床面積が大きければ時間間隔を長くする）。

（４）輻射熱減衰曲線

燃焼中の建物から発散される輻射熱は距離とともに減衰する（図３）。ただし、20m以遠では打ち切る。

（５）隣棟の出火

図２に与えられた発熱量に、図３で与えられた減衰を乗じて、隣棟に伝えられる熱量が計算される。この熱量は時間とともに蓄積される。規定の熱量を越えたと出火する。

（６）風速・風向

風が在る場合、延焼速度が速くなる。風下に最も速く、風上で最も遅くなる（図４）。具体的には図３に示される減衰曲線を移動する事によって延焼速度を変化させる。

（７）シミュレーションの実行

出火点を与え、分刻みでシミュレーションを実行する。延焼方向は360度方向について、1度ずつの方向に計算する。一つの建物に2方向から延焼するケースが考えられるが、一度出火した建物には延焼しないとする。非木造建物については、他の建物から燃え移るが、他の建物へは燃え移らないとするモデル、やはり燃え移るとするモデルが考えられる。

3. マクロモデル(大都市を対象とする場合)

（１）ブロックのデータベース

従来このような大都市全体を扱う場合、幅広道路（20m程度）によって区切られた広域ブロックを一つのユニットとして取り扱っていた。しかし、このようなモデルでは、道路による延焼阻止などを取り入れることが出来ない。かといって、前述のような建物形状を取り入れたミクロモデルではデータ量が多すぎる。そこで、幅4mの道路で区切られた街区（ブロックと呼ぶ）を一つのユニットとするモデルが考えられる。名古屋市には約2万のブロックがある。この程度のデータであれば取り扱いが容易である。

まず建物の形状を読みとる（ミクロモデルと同様である）。また、道路で区切られたブロックの形状を読み取る。ブロック内に存在する建物の総床面積（階数を考慮）を構造別（裸木造、防火木造、非木造）に計算し、ブロック面積で除して敷地率・混在

率を求める。ブロック内の延焼速度は敷地率（木造が多いほど速い）、敷地率（建物が多いほど速い）から計算する。

（２）風速、風向

風速と風向を考慮して延焼速度を変える。

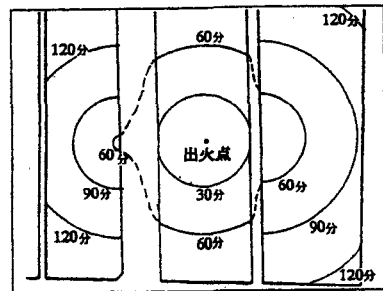
（３）隣のブロックへの延焼

ブロック中心から延焼が開始する。延焼はブロック辺まで到達する（図５）。ここで隣のブロックへ燃え移るが、燃え移りに要する時間は道路幅によって決定される（幅が広いほど延焼に時間がかかる）

（図６）。風が在る場合には図５の曲線を右にずらす。燃え移った延焼はそのブロックの混在率、敷地率によって決められた延焼速度で拡大していく。

（４）シミュレーションの実行

出火ブロックを与え、その重心を出火点として分刻みで、延焼方向は1度刻みで、延焼前面距離を計算していく。ブロックの辺に到達すると、隣のブロックへの延焼時間を計算開始する。一度燃焼したブロックへは他から延焼しないとする。



街区モデル。ブロック内では同心円状に延焼。道路を挟んだ隣ブロックへの延焼を示す。

図５ ブロック間延焼

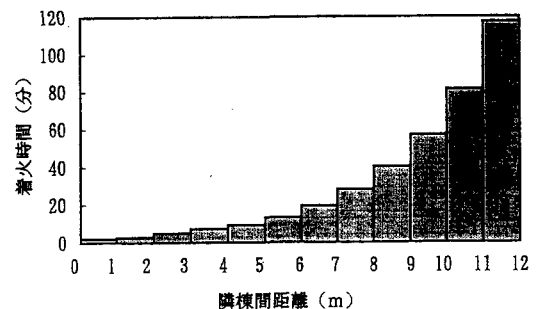


図６ ブロック間着火時間

4. まとめ

今回対象地域規模が異なる二つのシミュレーション手法を開発した。これらのシミュレーションはリアルタイムで可能であり、地震直後の初動体制の確立などに有効であろう。