

倒壊建物と炎上車両を考慮した地震火災危険分析*

Analysis of fire risk considering collapsed structures and automobiles under a great earthquake*

二神透**・木俣昇***

By Tohru FUTAGAMI**・Noboru KIMATA***

1. はじめに

阪神淡路大震災から8年が経過した今、多くの自治体が防災計画の見直しを行ってきた。また、東南海・南海地震を想定した地域防災計画の策定を行っている自治体もある。阪神淡路大震災の教訓は、一口に言えば、行政・消防の初動体制の遅れであろう。それらの原因は、初動体制を立ち上げるための情報収集システムの不備、例えば、電話の不通による消防・救急・行政・病院・警察等の連絡体制が困難であったことがあげられよう。今後起こりうる都市直下地震でも、災害発生時に的確な情報収集がなされなければ、各組織が有機的に有効な体制を組むことができないため、被害を軽減することは困難となる。

一方で、先般の災害は、地震の発生する季節・時間帯を考慮した防災計画の重要性を示している。阪神淡路大震災は、発生した時間帯が早朝であったため、犠牲者の9割が自宅等の建物・家具による圧死であった。残りの1割の犠牲者は、焼死である。このことより、住宅の耐震化を図っていくことが、市民の命を守るという観点から最優先されるべき対策であろう。しかし、財政的な問題より、住宅の耐震診断・耐震化の費用は住民個人に負担を強いることとなる。一方、阪神淡路大震災後の、都市計画的な防災に関する法律も整備されたが、根本的な耐震化・不燃化の解決には時間を要する。大震時の被害を事前に想定することは、事前対策・防災啓蒙とい

*キーワード：防災、地震火災、シミュレーション、

** 正員，学博，愛媛大学総合情報メディアセンター

(松山市文京町3，

TEL089-927-9837，FAX089-927-9837)

E-mail futagami@dpc.ehime-u.ac.jp

***正員，工博，金沢大学工学部土木建設工学科

う点で有効であるが、様々なリスクを想定し、発災時の被害予測に役立てることが、住民の生命・財産を守る上で肝要となろう。

著者らは、上述した火災リスクに着目し、車両の延焼危険性に着目し、道路空間の自動車等を媒介とした延焼危険性のリスクを考慮したシミュレーション・システムを開発している¹⁾。車両の延焼に関するデータは限られているが、文献[2]では、東京消防庁の車両火災実験を基礎とした、単独車両の熱量モデルを提案している。その特徴は、火災実験から得られた回帰式を用いて、車両が炎上した場合の、輻射熱・対流熱を算定し、車両間の延焼、木造建物への延焼を判断するモデルである。本稿では、さらに、倒壊建物を考慮した車両火災と延焼リスク分析の枠組みについて述べるとともに、構成したシステムの適用可能性について検討を行う。

2. 車両火災リスク算定システム

著者らは、車両延焼火災のモデルを従来の建物間のモデルに組み込み適用研究を行っている。しかし、大震時の建物倒壊による延焼への影響には言及していない。建物の倒壊は、道路閉塞の要因ともなるが、このことは火災の延焼危険性から見れば、延焼遮断空間が連続空間へと変化することを意味する。特に、倒壊した建物が車両に近接することにより、車両への類焼危険性は大きくなる。その一方、建物が倒壊することによる、火災高さへの影響、逆に、輻射熱からの受熱地点の変化により、類焼危険性が変化する。そこで、本稿では、従来の研究の枠組みを整理し、倒壊建物と車両配置に伴う火災リスク算定モデルを構築する。

本稿では、図1に示すように、対象空間を、20mの幹線道路とし、沿道には木造建物が立ち並び、

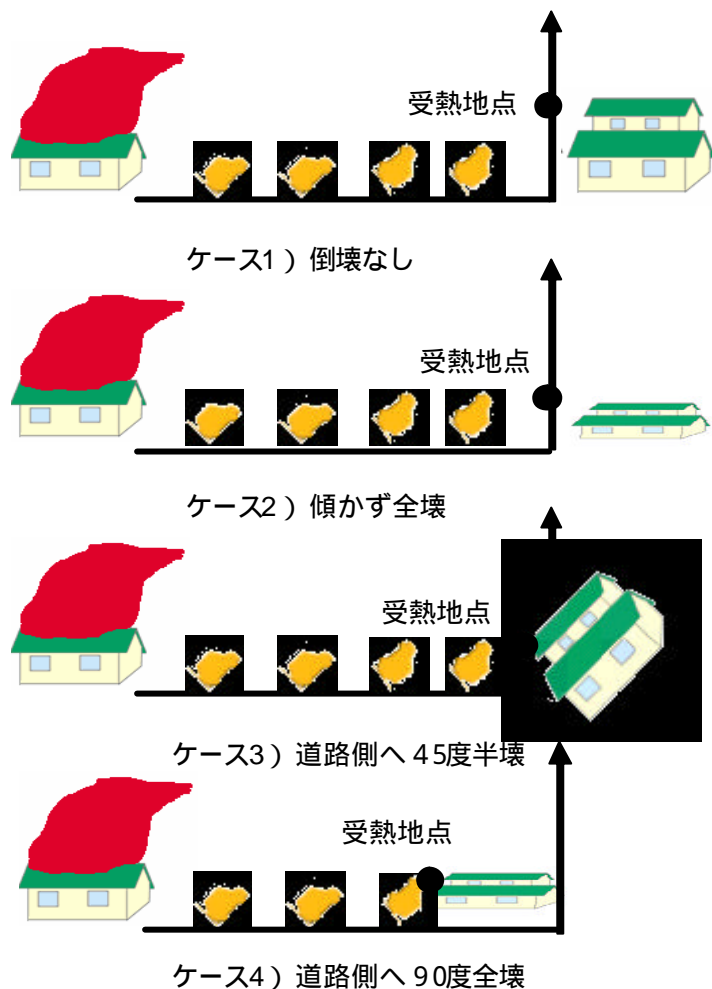


図1 建物倒壊と車両を想定した4つのケース

火災の延焼を想定した上で、風下側の建物の状態を、倒壊なし、その場で全壊、道路側へ傾き半壊、道路側へ全壊の4ケースを想定した。

表1に、本稿で取り扱う建物倒壊と、車両パターンについて記す。まず、著者らは、風上側建物が倒壊したケースについては、火災の高さが大幅に低減し、結果として20mの幹線道路風下の木造建物への熱量の影響が少なくなるため、今回は対象外とした。一方、表中の二重丸で示す、風上・風下建物倒壊なし（配置パターンが、渋滞時のまま放置、左端停車して放置）の算定は、既存研究で報告済みである¹⁾。しかし、文献[2]において、車両が炎上する際の輻射・対流熱算定モデルを精緻化しているため、新たなモデル式で再度計算を行いたいと考えている。一方、風下側の建物が、半壊・全壊したケースについては、車両の配置パターンも考慮したうえで、再度、火災リスクの算定を行う。そのためには、延焼

表1 既存研究との関連表

	風上側	倒壊あり		倒壊なし	
風下側		車両配置1	車両配置2	車両配置1	車両配置2
倒壊あり					
倒壊なし					

モデルのシステムへの組み込みと、風下側の建物倒壊ケースを取り入れたアルゴリズム化の必要がある。

3. 車両炎上モデル

著者らは、文献[2]において、車両火災実験から得られたパラメータを用いた車両炎上熱量算定式を提案している。その結果、車両火災輻射発散強度は、 $27,430\text{Kcal/m}^2\text{h}$ となった。車両からの受熱地点への熱量の関係は、図3に示すように、風速： U の気象条件下、炎上奥行き： D_c 、傾いた火炎面から受熱地点の輻射熱を算定するモデルである。図中、下のモデル図は、炎上しない車が遮蔽物として作用する場合のモデル図である。

以下、種々のパラメータを定式化すると、

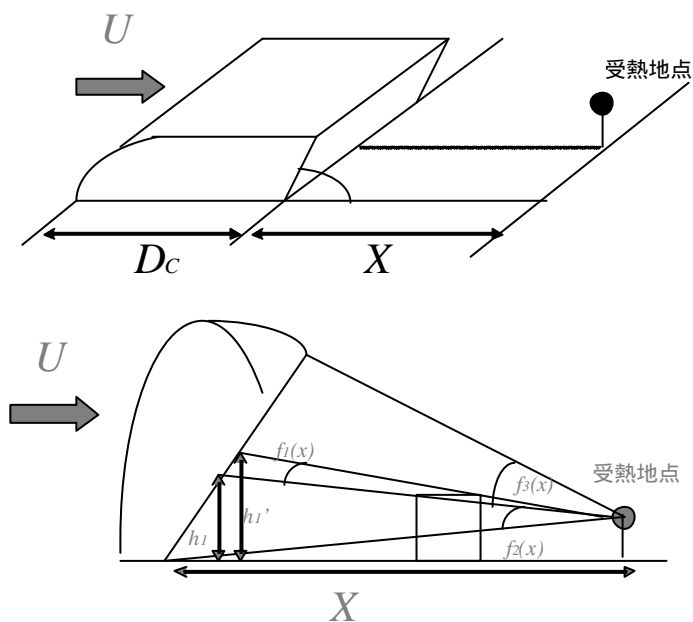


図3 車両火災と受熱地点の関係

a) 車両火災の傾きおよび高さ

$$q = \sin^{-1} (2/U)^2 \quad (1)$$

q : 火災傾き (°)

U : 風速 (m/s)

$$H_c = 0.7 (10^3/U)^2 \quad (2)$$

sub to $U \geq 2$

H_c : 車両火災高さ (m)

b) 輻射熱について

$$R_c = E_c \cdot \sum_{r=1}^n t_i e_i f_i(x) \quad (3)$$

R_c : 車両輻射熱 (kcal/m²·h)

E_c : 車両火災輻射発散強度 (27430kcal/m²·h)

$f(x)$: 距離 x 範囲の形態係数

t_i : 遮断壁 i の平均透過率

e_i : $f(x)$ に対応する炎面の平均輝面率

$$e_i = \frac{h'_i + h'_{i+1}}{2H_0} \quad (4)$$

h'_i, h'_{i+1} : 対象となる炎面の上限・下限高さ (m)

c) 気流熱について

$$T_{ac} = 17.75 \cdot \frac{D_c U}{X} \left(\frac{1}{X + D_c/2} \right)^{0.8} \quad (5)$$

T_{ac} : 車両火災気流温度 (°C)

D_c : 車両同時延焼奥行 (1.695m)

U : 風速 (m/s)

X : 火災域からの距離 (m)

d) 風下への放射熱量

$$E = 40T_{ac} + R_c \quad (6)$$

E : 放射熱量 (kcal/m²·h)

e) 着火から炎上ピークまでの時間

$$T_c = 23.445 - 4.56 \log(R(x)) \quad (7)$$

ただし $R(x) \geq 7300 \text{kcal/m}^2 \text{h}$

T_c : 車両の延焼時間 (分)

$R(x)$: 車両の受熱量 (kcal/m²h)

で与えられる。

4. シミュレーションへのシステム化

前節で述べたように、風下側の倒壊建物の延焼リスクを算定するためには、建物の状態を想定する必要がある。そこで、シミュレーションでは、図1で示した4つにケースについて建物の状態を想定することにした。以下、シミュレーション・アルゴリズムおよびパラメータを示す。

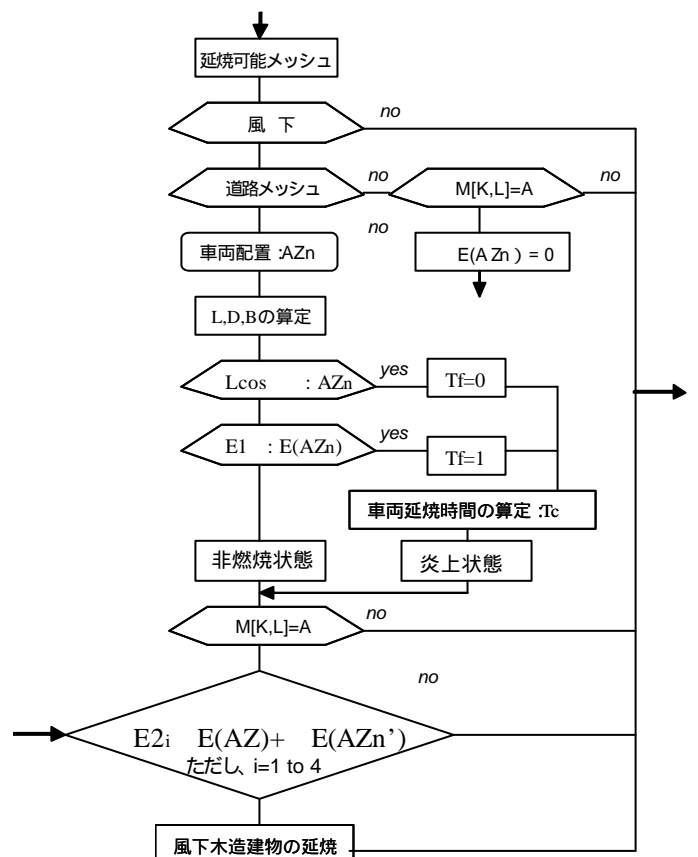


図4 シミュレーション・アルゴリズム

表2 パラメーター一覧

パラメータ	内容
M[K,L]=A	風下二次近傍メッシュ
AZ n	n 番車両配置(x,y)座標
L	火炎長さ(m)
D	火炎奥行き(m)
B	火炎長さ(m)
Lcos	火炎前面距離(m)
Tf	車両着火時間(min)
Tc	車両延焼時間(min)
E1	車両耐火限界値(Kcal/ m ² h)
E(AZn)	車両受熱量(Kcal/ m ² h)
E(AZn')	車両輻射熱量(Kcal/ m ² h)
E(AZ)	市街地火災輻射受熱量(Kcal/ m ² h)
E21	木造建物耐火受熱量(Kcal/ m ² h) :倒壊なし
E22	傾かず半壊
E23	道路側へ半倒壊
E24	道路側へ全壊

図4より、延焼可能メッシュの風下1次近傍に、道路メッシュが存在する場合、入力されている車両配置データ：AZnが車両延焼計算の対象となる。延焼可能メッシュの火炎前面距離が車両に達するならば、車両は瞬時(Tf=0)に発火する。車両へ火炎が達せず、可燃メッシュからの輻射受熱量：E(AZn)が車両耐火限界値よりも大きければ、発火時間1分(Tf=1)を与える。発火した車両は、車両延焼時間：Tcを算定し、式(6)の風下への放射熱量を算定し、風下1次近傍への車両の延焼の可否ならびに、風下木造建物の受熱量E2i(ケース1から4)の延焼危険性を算定することになる。

5. おわりに

本稿では、幹線道路に車両が存在する場合の火災リスクについて、建物倒壊との関連よりリスク分析の枠組みを示した。基本的には、道路沿道の木造建物の倒壊状態により、車両を媒介とする風下沿道建物への火災危険性を評価することになる。建物の倒壊については、道路を挟んで風上側の延焼建物が倒壊すれば、熱量が大幅に低減するため、風下側の建物について4つのケースを想定して、火災リスクを算定するアルゴリズムを提案した。

今後、倒壊建物と車両配置パターンを考慮したシミュレーション・システムを構成し、図5に示す松山市の幹線道路に適用し、風下側建物の状態と火災リスクについて、車両の配置を含めて検討したいと考えている。

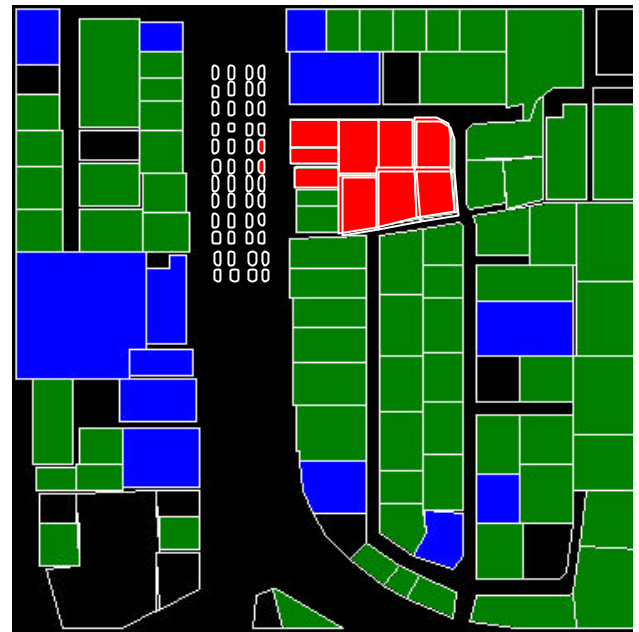


図5 松山市幹線道路への適用(倒壊なし)

<参考文献>

- 1) 二神、木俣、和田：路上車両火災を考慮した地震時火災シミュレーションに関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，No.16，pp. 349-356，1999．
- 2) 財間、二神：大震時火災下における車両火災リスク分析に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，No.23(1)，pp.287-290，2000．
- 3) 二神、財間：地震火災下における路上車両群延焼動態分析、土木学会四国支部第6回技術研究発表会講演概要集、pp.358-359，2000．
- 4) 日本火災学会編：火災便覧、共立出版、1997．