

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\*

A Study on a risk analysis of automobile affected by a conflagration under a great earthquake\*

財間 圭史\*\*, 二神 透\*\*\*

by Keiji ZAIMA, Tohru FUTAGAMI

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、神戸市を中心とする広範囲な地域に甚大な被害をもたらし、我が国がこれまで内包してきた都市構造の脆弱性を露呈するに至った。木造密集市街地に被害が集中した一方、路上及び駐車場における車両、あるいは倒壊建物の下敷きとなった車両に着火炎上した例も報告されている。

表1に地震発生後10日間における兵庫県及び大阪府下で発生した火災発生件数と車両火災発生件数を記す。これらは、地震発生時刻が生活時間帯と重なれば、路上に存在する車両が避難、救助、消火などの活動をより困難なものとし、また倒壊建物の下敷きなどによって、破損車両自体が出火原因となるなど少なからぬ影響を与えるであろうことを示唆している。しかしながら、従来の地震被害予想シミュレーションなどにおいて車両火災が考慮されることはごく稀なことであった。これは主に以下の理由によるものである。

- 1) 車両単独火災による周囲への影響は小さい
- 2) 地震火災下での実データが薄給
- 3) モデル導入にあたりデータ項目が多岐に涉り 収集・取り扱いが困難

本研究では、車両は可燃物であり延焼助長要因になり得るとの見解の上、基礎的研究として地震火災下における車両火災に着目し、過去各種機関等により実施された実大実験などのデータを通し、車両の炎上動態を把握し、併せてモデル化及び考察を行うことを目的とする。

表1 日別、消防本部別火災発生件数

	兵庫県	大阪府	合計
17日	173(2)	27	200(2)
18日	21	6	27
19日	22(1)	5(1)	27(2)
20日	10(1)	6	16(1)
21日	7(1)	3(1)	10(2)
22日	6	4(1)	10(1)
23日	7(1)	7	14(1)
24日	6(1)	1	7(1)
25日	15(1)	5	20(1)
26日	5	4	9
合計	272(8)	68(3)	340(11)

( )内の数字は車両火災件数

2. 車両火災のモデル化

(1) 車両の段階的状態変化のモデル化

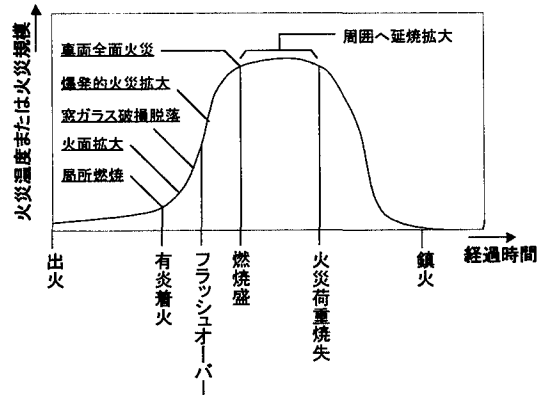


図1 車両火災の時間推移

衝突の際生じるような電気系のスパーク、ショート等、車両内部に起因するような車両火災の挙動は火災伝達経路、窓ガラスの破損脱落時期など不確定要素に大きく依存しており、これら単独車両火災をモデル化するのは非常に困難である。しかしながら、

\*キーワード: 防災計画, 計画情報

\*\*学生員 愛媛大学大学院理工学研究科環境建設工学専攻 (松山市文京町3番)

\*\*\*正会員 学博 愛媛大学講師 工学部環境建設工学科 (松山市文京町3番、TEL089-927-9837、FAX089-927-9837)

地震時を始めとする市街地火災下における車両は風上炎上物より大量の熱量を安定して一定時間受けることなどからその挙動性状は比較的同一性がみられ、およそ図1のような状態推移を示すものとする。以下に車両の着火判定について取りまとめる。

車両が他の火源により延焼する場合、持続燃焼するかどうかの目安はタイヤの着火判定が担っているといわれており一般にある物質に着目した場合の熱収支と温度の関係は次の式で表される。

$$C \cdot W \cdot \frac{dT}{dt} = A(q_1 - q_2) \quad \dots(2-1)$$

$C$  : 比熱 (J/gK)

$w$  : 質量 (g)

$T$  : 温度 (K)

$t$  : 時間 (s)

$A$  : 電熱面積 (cm<sup>2</sup>)

$q_1$  : 受熱量 (kcal/m<sup>2</sup> · hr)

$q_2$  : 放熱量 (kcal/m<sup>2</sup> · hr)

上式の  $q_2$  については、次の近似が一般に成り立つ。

$$q_2 = k(T - T_0) \quad \dots(2-2)$$

$k$  : 車両部材係数

$T_0$  : 外気温 (K)

(3-1)及び(3-2)より

$$T - T_0 = \frac{q_1}{k} \left( 1 - \exp \left( - \frac{Ak}{Cw} (t - t_0) \right) \right) \quad \dots(2-3)$$

上式は、「地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究」(平成元年3月 東京消防庁)において風下家屋の着火時間判定で示された手法で、熱伝導計算により求めた受熱量と着火温度に達するまでの時間の関係式である。車両においても、関係式が成り立つものとして、表2のデータを上式で回帰し以下のようなパラメータを得た。併せて東京消防庁で示されている防火木造建物及び裸木造建物についてのパラメータも示す。これらは後述の車両火災が風下に与える熱影響分析の際にも用いるものとする。

表2 受熱量と着火温度に達するまでの時間の関係

受熱量(kcal/m <sup>2</sup> · h)	12000	12600	13500	14400
着火温度に 達するまでの時間(s)	1時間 以上	1560	480	250

防火木造の場合  $k = 0.0033$  ,  $Cw/A = 3.0$  ,  
 $t_0 = 0$

裸木造の場合  $k = 0.0033$  ,  $Cw/A = 0.14$  ,  
 $t_0 = -6.0$

車両の場合  $k = 0.0061$  ,  $Cw/A = 0.18$  ,  
 $t_0 = 0$

## (2) 車両単体火災が周囲に与える放射量

一般に、風上家屋から風下家屋への熱影響効果モデルは各種提案されているが、気流熱が考慮された建設省建築研究所モデルが一般的に用いられている。本モデルにおける車両火災も上述の建設省建築研究所モデルに準ずる形で開発を行った。東京消防庁をはじめ過去に実施された車両火災実験より得られた知見及びデータを整理し回帰分析を行うなどして図2のような車両放射熱モデルを導いた。ここで風下への熱影響は輻射熱と気流熱の相乗効果と捉えるため炎上車両から風下に位置する受熱点への放射熱量は以下のように示すことが可能である。

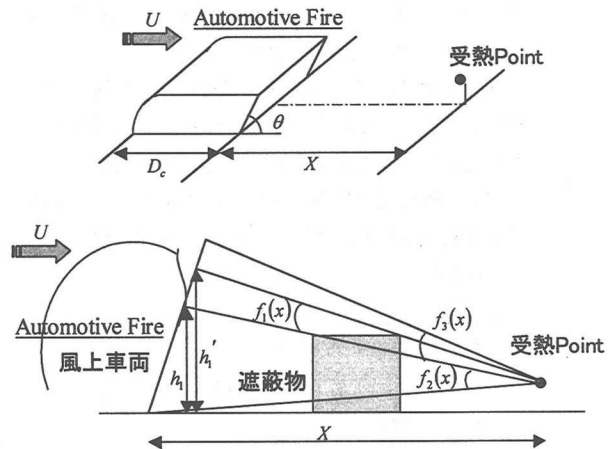


図2 車両放射熱モデル

**車両火災の傾き及び高さ**

$$\theta = \sin^{-1}(2/U)^{0.2} \quad \dots(2-4)$$

$\theta$  : 火炎傾き (°)

$U$  : 風速 (m/s)

$$H_c = 0.7(10^3/U)^{0.2} \quad \dots(2-5)$$

sub to  $U \geq 2$

$H_c$  : 車両火炎高さ (m)

**輻射熱について**

$$R_c = E_c \cdot \sum_{r=1}^n \tau_i e_i f_i(x) \quad \dots(2-6)$$

$R_c$  : 車両輻射熱 (kcal/m<sup>2</sup>·h)

$E_c$  : 車両火災輻射発散強度 (27430kcal/m<sup>2</sup>·h)

$f_i(x)$  : 距離  $x$  範囲の形態係数

$\bar{\tau}_i$  : 遮断壁  $i$  の平均透過率

$e_i$  :  $f_i(x)$  に対応する炎面の平均輝面率

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

$h'_i, h'_{i+1}$  : 対象となる炎面の上限・下限高さ(m)

**気流熱について**

$$T_{ac} = 17.75 \cdot \frac{D_c U}{X} \left( \frac{1}{X + D_c/2} \right)^{0.8} \quad \dots(2-7)$$

$T_{ac}$  : 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)

**風下への放射熱量**

(2-6)及び(2-7)より

$$E = 40T_{ac} + R_c \quad \dots(2-8)$$

$E$  : 放射熱量 (kcal/m<sup>2</sup>·h)

**3. モデルを用いた車両火災リスク分析**

(1) 風下への熱影響分析

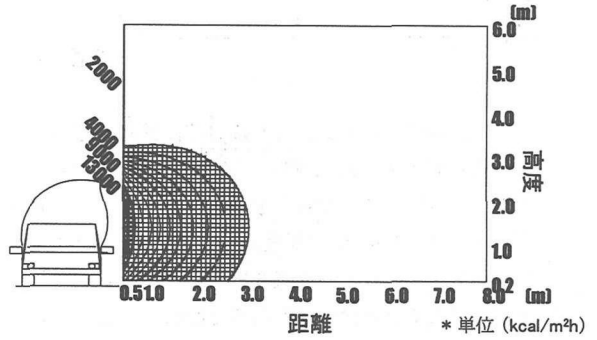


図3 車両火災による風下への放射分布

(風速 1m/s)

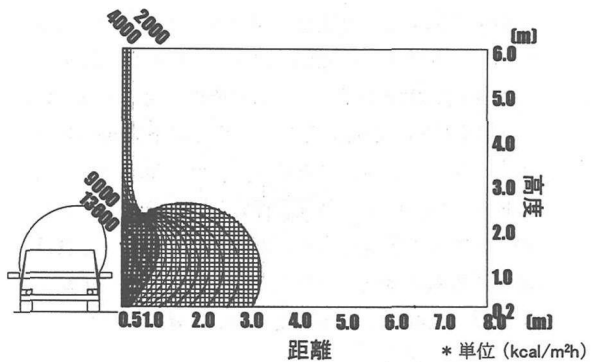


図4 車両火災による風下への放射分布

(風速 3m/s)

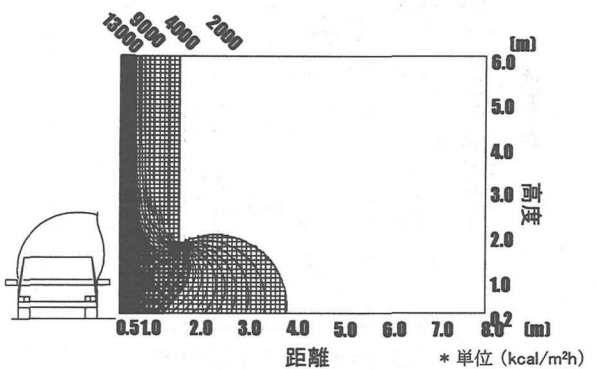


図5 車両火災による風下への放射分布

(風速 12m/s)

表3 火災車両による風下延焼限界距離

風下対象物	通常時 (風速 3m/s 以下)	強風時 (風速 3m/s 以上)
車両	0.9	1.7
防火木造	1.6	2.2
裸木造	3.3	3.9
人	4.9	5.2

単位；m

(2-6), (2-7)及び(2-8)式を用いて任意の風速下における車両火災の風下方向への放射熱量の分布図を図3, 4, 5に示す。これらを基に風下対象物別に車両の炎上時間(約 20 分程度)内に延焼するおそれのある距離を示したものを表3に示す。これによると車両間による延焼はあまり活発では無く、よほど接近した状況を除くと車両を媒体として次々に延焼するような状況は考えにくいといえる。

しかしながら地震火災下のように卓越した熱量を放射する風上炎上家屋を考慮すべき状況においては家屋、車両による相互効果により不燃領域上においても深刻な状況が発生しうる可能性は否定できない。図6に家屋間の延焼の際対象とする風下方向高度6m地点へ与える放射熱量を示す。これを車両火災による地震火災への助長効果と捉えると大きくはないものの一定の影響度を示すことが確認できる。これは路上に複数の車両群が存在し、かつ道路が狭幅員であれば車両群からの影響度は決して軽視できないことを容易に想像させる。

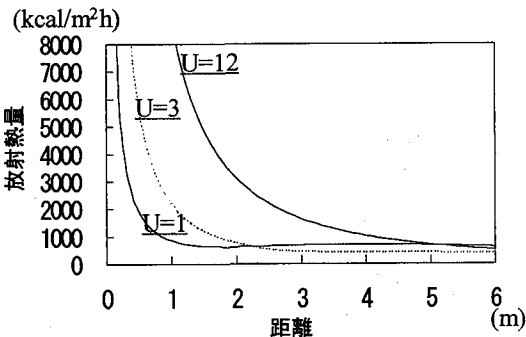


図6 車両火災による風下方向  
高度6m地点に与える熱影響

(2) 今後の課題

本研究の問題点及び今後の課題としては以下のこと

が上げられる。

- 1)今回対象外に設定した多車種等への検討
- 2)被災時の状況想定への検討
- 3)評価法の検討

4. おわりに

今回、過去に行われた実験等から得られた知見及びデータに着目し、車両炎上動態モデルとして着火温度時間判定と車両放射熱のモデル化を行った。

また、同モデルを用いて分析を行った結果、過去の知見等においてしばしば指摘されてきた「建物に比べ車両の火災規模ははるかに小さく周囲への熱影響も決して大きくない」ことを裏付ける結果に至った。しかしながら一方で移動体である車両は風上炎上建物との相対的位置関係において様々な状況が想定され状況下によっては影響度も少なくないことが十分予想される。

〈参考文献〉

- 1)平成7年兵庫県南部地震被害調査報告(速報),建設省建築研究所,1995.
- 2)東京消防庁:市街地火災における自動車の延焼性状に関する研究,平成六年三月.
- 3)東京消防庁:地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究,平成元年三月.
- 4)日本火災学会編:火災便覧第3版,共立出版,1997.
- 5)建設省建築研究所:建設省総合技術開発プロジェクト「都市防火対策手法の開発」,昭和57年
- 6)JAF MATE社:JAFユーザーテスト84,1984
- 7)松川 渉:大震災時における路上自動車群の延焼に関する研究(1),火災 vol. 31 No. 5, pp. 17-25.
- 8)松川 渉:大震災時における路上自動車群の延焼に関する研究(2),火災 vol. 31 No. 6, pp. 11-18.
- 9)二神透,財間圭史:地震火災下における車両群延焼動態分析,土木学会四国支部第6回究技術研究発表会講演概要集, pp. 358-359, 2000.