

## - 2 火災風洞と CFD を用いた市街地火災の延焼シミュレーションモデル

### Study on Development of Urban Fire Simulation Model using Fire Wind Tunnel Experiments and CFD Results

(研究期間 平成 16~17 年度)

防火研究グループ  
Dept. of Fire Engineering

林 吉彦  
Yoshihiko Hayashi

In this paper a series of study on the development of the urban fire simulation model using Fire Wind Tunnel experiments and CFD (Computational Fire Dynamics) results is presented. First, the existing simulation model was verified by comparing its results of the urban fires followed by the 1995 Kobe earthquake with the investigation conducted by the Tokyo Fire Department. Next, the existing urban fire simulation model was modified, namely, change of wind direction and wind speed was applied to the model on the basis of CFD results. Then, spot fires by fire brands were also applied to the model referring to the CFD results and so on. Finally, experimental study on a compartment fire affected by external wind was conducted using Fire Wind Facility in BRI.

**【研究目的及び経過】** 木造密集市街地は全国的にも数多く存在する。このような地域では、地震直後に同時多発的に火災が発生すると、一部の放任火災は市街地火災へ進展する可能性がある。特に強風下ではその危険性が高くなる。火災に強いまちづくりが急がれる所であるが、新たな延焼遮断帯の整備など大規模な対策を講じるには限界があるため、ポケットパーク整備など小規模な対策の積み重ねを中心に進めて行かざるを得ない。そのような対策の効果を事前評価するために、市街地火災の延焼シミュレーションモデルの活用が有効と考えられる。本研究は、既存の延焼シミュレーションモデルの精度向上を目的とし、実験的、数値的アプローチにより検討を行った。以下に概要を記す。

#### 【研究内容】

##### 既存の延焼シミュレーションモデルの検証

1995 年兵庫県南部地震に伴う神戸での市街地火災を再現した。東京消防庁では、長田区、須磨区を中心に 11 箇所の実態調査が行われたが、その中の 4 箇所を対象に予測を行い、その結果を実態調査結果と比較した。神戸海洋気象台で観測された地震発生当日の気象データを基に各箇所の火災時間帯に応じて風向と風速を決定し、延焼シミュレーションモデルの初期条件として使用した。延焼シミュレーションモデルでは建物構造として、耐火造、準耐火造、防火木造、裸木造の選択が可能であるが、当該調査では木造、非木造の区分となっているため、防火木造または耐火造として予測計算を行った。開口部については、外壁面積に対する開口面積の割合を隣棟距離に応じて決定した。これは、名古屋市那古野地区および京都市西陣地区で行われた開口部調査に基づくものである。安全側に評価するため、開口部には延焼を遮断する

ようなガラスは設置しなかった。延焼シミュレーションモデルでは建物の地震被害を考慮することが可能であるが、各建物の地震被害の程度が明確でなかったため、そのような条件設定は行わなかった。

4 箇所の火災は 1 箇所を除き地震直後の出火によるものであり、風速 3m/s 前後の条件下で風下方向に限らず隣接建物へ延焼を引き起こし、延焼範囲を拡大していった。経過時間毎の着火棟数と延焼速度を比較すると、全般に予測結果の方が調査結果を上回るものとなった。消火活動による火災抑制効果を考慮しなかったこと、風向・風速を平均化して処理したこと、燃烧性状に影響を及ぼす流入風速を過大に評価したことなどが原因として考えられる。

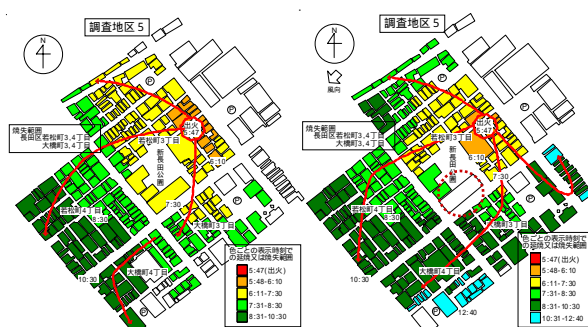


図 1 延焼動態の比較 (左：調査結果、右：予測結果)

延焼シミュレーションモデルの改良 (風向と風速に追従したモデルの構築)

市街地火災性状は気象風の影響を受けるため、そのモデル化にあたっては気象風の影響を考慮する必要がある。延焼シミュレーションモデルにおいても気象風に依存するモデルとなっている。しかしながら、対象領域のすべてにおいて風向・風速は不変のままであり、局所的な風

向・風速を考慮したモデルとはなっていない。ここでは、延焼シミュレーションモデルを改訂し、時々刻々と変化する風向と風速に追従できるようにした。また、火災家屋の燃焼状況に大きく影響する開口流入風を適切に予測するために、当該家屋外壁の風圧係数の見直しを行った。単純街区を対象に CFD (Computational Fluid Dynamics、計算流体力学) により求めた壁面風圧を簡便な形にモデル化し、延焼シミュレーションモデルに組み込みを行った。流入風を抑制し、市街地火災性状を適切に予測するモデルの構築が達成できたと言える。

延焼シミュレーションモデルの改良 (火の粉による跳躍延焼モデルの組み込み)

遠方への延焼である落下火の粉からの伝導伝熱による延焼については、火の粉による跳躍延焼シミュレーションモデルの計算結果を基にモデル化を行い、延焼シミュレーションモデルに組み込んだ。浜田式による予測結果と比較、検証を行った。

外気風を考慮した区画火災性状の実験的検討

強風下では火災家屋から風下未燃家屋群へ急速な延焼が見られる。この内比較的近隣への延焼要因である開口噴出火炎を火災風洞実験で再現し、火災性状のモデル化を行った。延焼シミュレーションモデルに組み込まれている小規模実験結果<sup>1)2)3)4)</sup>に基づく火災性状のモデル化の妥当性を検討する手掛かりとする目的で実施された。本実験結果より、火災長さ、火災傾き、開口噴出火炎中心軸温度についてモデル化を行った。将来的には発熱速度を統一してモデル化を行う等、課題も残されているが、本研究の提案式やプロセスにおいて、既往のモデル化の妥当性を検討するのに有益な知見が得られた。既往のモデルを組み込んだ延焼シミュレーションモデルの改良に繋げていく予定である。

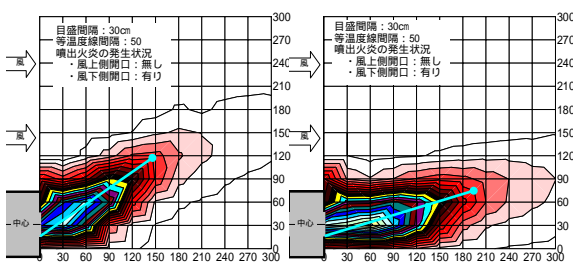


図 2 火災温度分布 (左: 4m/s 下、右: 6m/s 下)

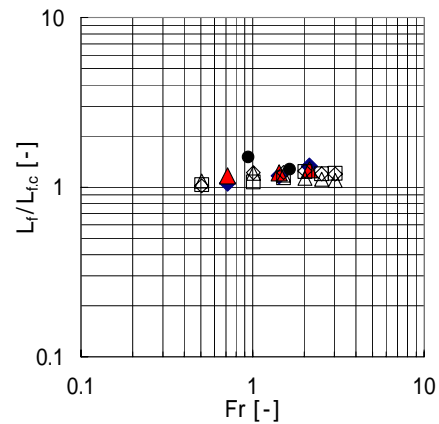


図 3 無次元火災長さ

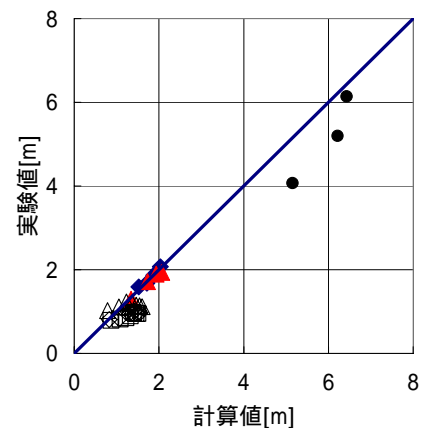


図 4 火災長さのモデル化

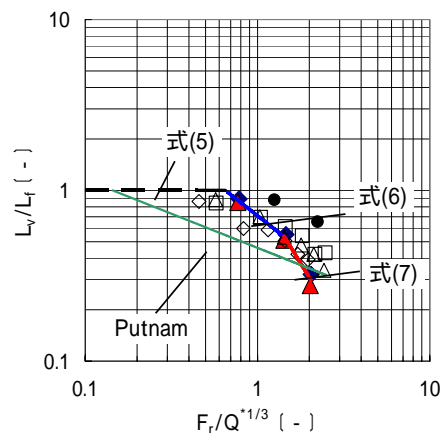


図 5 火災傾斜のモデル化

【参考文献】

- 1) 大宮喜文他: 有風下における建物周囲に形成される火災性状、日本火災学会計画論文集、pp.142-145、2000
- 2) 高橋祥央他: 有風下における実規模開口噴出火災性状に関する研究、日本火災学会、2005
- 3) 横井鎮男: Study on the Prevention of Fire-spread、建築研究所報告 34号、1960
- 4) Abott.A.Putnam: A Model Study of Wind-blown Free-burning Fires, Tenth Symposium on Combustion, pp.1039-1046、1965