

VI-3 同時多発火災時の延焼・火災旋風発生予測システムの開発

Development of Urban Fire Simulation Model predicting Fire Whirls applied to Integrated Earthquake Disaster Simulation System

(研究期間 平成 14～18 年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

林 吉彦
Yoshihiko Hayashi

In this study, urban fire simulation model developed by Building Research Institute and National Institute for land infrastructure Management was revised based on fire wind tunnel tests and numerical results using CFD (Computational Fluid Dynamics) concerning urban fire spread due to radiation of flames under wind, spot fires by fire brands and so on. Generation of fire whirls causing severe damage especially to refuges can be also predicted by the revised urban fire simulation model. The simulation also predicts fire spread under water discharged by residents. Being applied to the Integrated Earthquake Disaster Simulation System by a special team of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, the simulation model functions well and predicts urban fire spread in corporation with other sub models, for example a model of fire fighting activity by residential people.

[研究目的及び経過]

全国的にも数多く存在する木造密集市街地では、大地震直後に同時多発火災が発生すると、通常の消防力では対応が困難になる。本研究では、市街地火災の延焼メカニズムについて、火災風洞実験と数値シミュレーションを積み重ね、火災旋風の発生条件や火の粉による飛び火現象の解明に努めた。これらの結果に基づき、市街地火災の延焼シミュレーションモデルを構築し、震災総合シミュレーションシステムに組み込んだ。物理現象に基づくモデルを使いながら計算は簡素化を図り、震災総合シミュレーションシステムの中の種々のサブシステムと時系列に連携しながらリアルタイムに火災延焼を予測可能とした。

[研究内容]

有風下火災モデルについては、火災風洞を用いて系統的な実験を実施した(写真 1、2)。実験結果を整理したものを図 1 に示す。防火木造で屋根が抜け落ち、開口噴出火炎と屋根噴出火炎が併わさった状態を示している。火炎は風速の増加とともに風下に傾斜していくが、その長さは風速にかかわらずほぼ同じことがわかる。火炎が開口からの噴出に限られる耐火造の場合も同じ傾向を示した。有風火炎長さ、傾斜角度については、既往の知見や本実験結果から定式化を行った¹⁾²⁾。

火の粉による飛び火については、当初、実験的、数値的検討結果を基にモデルの構築を目指したが(写真 3、図 2)、計算に時間を要し、リアルタイム予測ができないため、経験的知見に基づき、延焼速度を恣意的に速めるモデルを構築した。火炎軸の±15 度以内の風下側着火点の受熱量を、風速や火源からの距離をパラメータとして割り増すモデルとしている。



写真 1 無風下の火炎形状



写真 2 有風下の火炎形状



写真 3 火の粉飛散の実験の様子

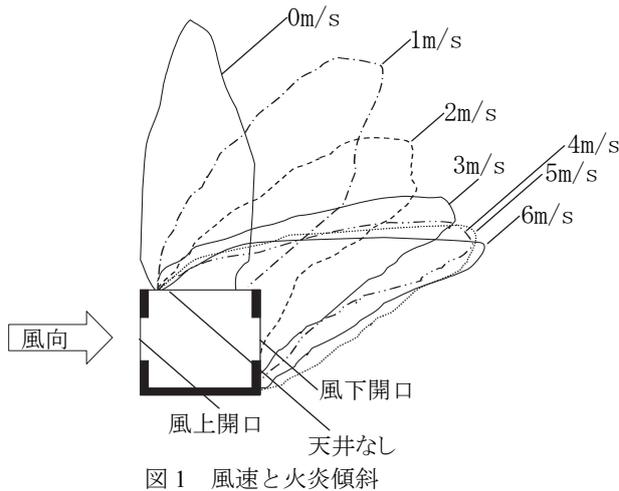


図1 風速と火炎傾斜

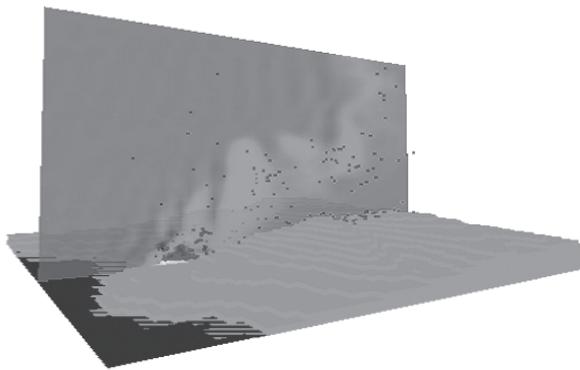


図2 火の粉飛散の数値予測

火災旋風は炎の竜巻であり、火の粉と強風をもたらしながら一瞬にして周辺を火の海にするものである。関東大震災では旧陸軍被服廠跡空地に出現し、避難していた4万人の大半が犠牲になった。これ以外にも東京と横浜で大小130個の発生が記録されている。火源と気象風の条件が揃えば容易に発生すると考えられるが、既往の研究では十分な解明がなされなかった。本研究では、旧陸軍被服廠跡空地の幾何学的状況を模型実験で概略再現し(写真4、5)、火災旋風の生成を確認し、その発生条件を明らかにした。延焼シミュレーション内では、火災旋風の発生により甚大な被害が予想される広域避難場所を対象とし、火災旋風発生に繋がる火災域を広域避難場所の風上側で同面積程度とし、その範囲内の80%を超えた家屋が炎上しており、流入気象風速が3~5m/sの場合、火災旋風の発生を警報する。

震災総合シミュレーションシステムは、消火活動をエージェントシミュレーションによって表現する。消火活動の効果を評価するために、本研究では、火災に対する放水の影響のモデル化を行った。焼失面積と放水量に関する東京消防庁のデータを基にモデルを構築した。焼失面積の時系列量は、計算で既知となる焼失可燃物質量

の時系列量から算出している。焼失面積に対して所定の水量を上回ったときに消火するものとしている。この方法では、初期消火の効果を評価することが可能である。

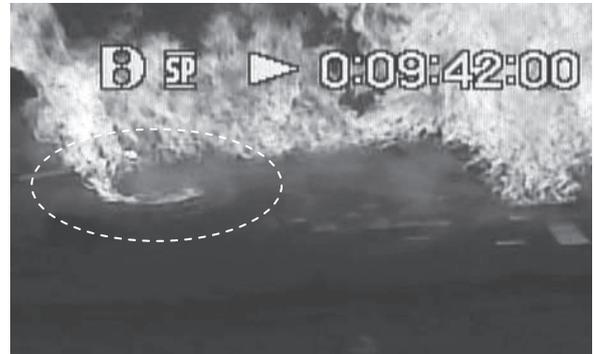


写真4 広域火炎が小渦に誘引される様子

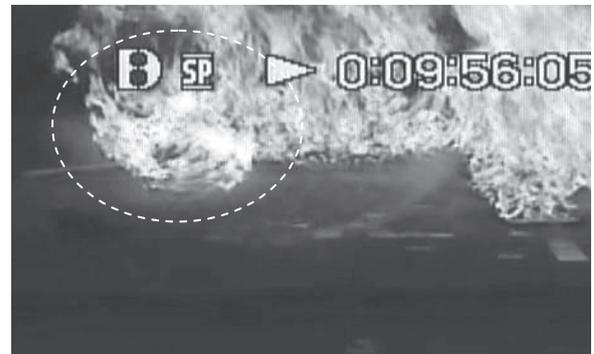


写真5 火災旋風の生成

[研究結果]

延焼シミュレーションモデルは、起動時において、震災総合シミュレーションシステムから建物群の幾何学的情報と可燃物質量等の情報を取得する。時系列のシミュレーションが始まると、風向・風速、出火状況、放水量を取得し、放水の影響を加味した延焼計算を行って、個々の建物の火災の進行状況を震災総合シミュレーションシステムに返す。これを繰り返しながら、震災総合シミュレーションシステムの中の種々のサブシステムと時系列に連携しながらリアルタイムに火災延焼を予測可能とするに至った。

[参考文献]

- 1) E.Zukoski, T.Kubota and B.Cetegan, 1980/1981, Entrainment in Fire Plume, Fire Safety Journal, Vol.5, pp.107-121
- 2) 大宮喜文, 堀雄児, 2001, 火災区画外への余剰未燃ガスを考慮した開口噴出火炎性状, 日本建築学会計画系論文集, 545, pp.1-8
- 3) P.H.Thomas, 1962, The Size of Flames from Natural Fires, Ninth International Symposium on Combustion