

延焼火災とヒートアイランド

Spreading Fires and the Urban Heat Island Effect

柴田 卓弥 桑名 秀明 高木 賢二 近藤 宏二
Takumi Shibata, Hideaki Kuwana, Kenji Takagi and Koji Kondo

I. はじめに

広域・複合災害に対処するには発生前の予測・計画が重要である。ここでは当社技術研究所が保有する予測技術の中で、都市スケールの災害に関連する技術として延焼火災とヒートアイランドを取り上げ、その概要を紹介する。

II. 延焼火災

1. 近年の延焼火災

近年において、市街地における大火（焼損面積 33,000 m² 以上）規模の大規模火災は、少ない状況にある。しかし、以前年報に報告¹⁾したように、建物火災のうち 16%前後の割合で近隣への延焼が発生している（Fig.1）。平時には消火活動が機能するが、地震時の火災など、活動に困難さが伴うと、大規模に拡大することが懸念される。

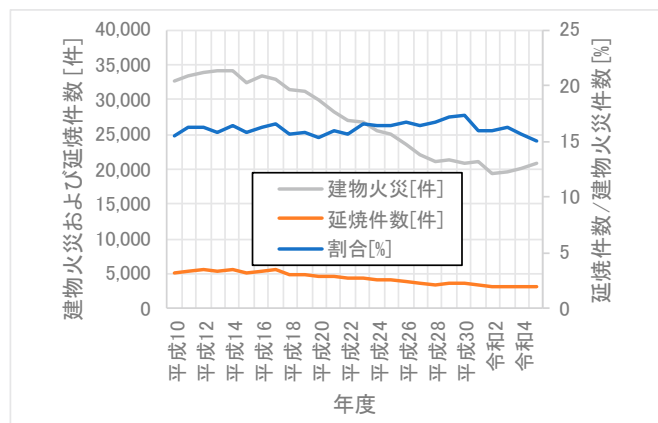


Fig.1 建物火災のうち延焼にいたる火災の件数と割合
(Number and Percentage of Building Fires that Spread)

2. 市街地延焼シミュレーション

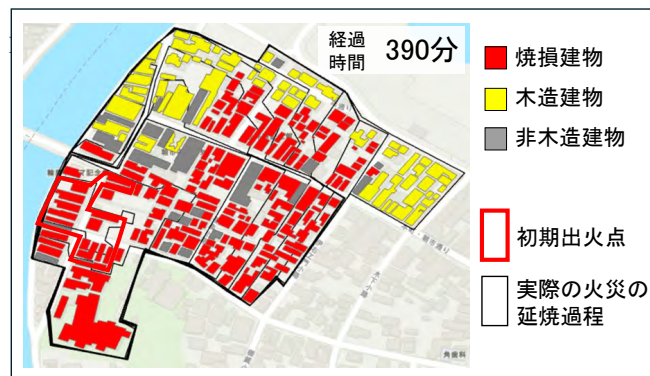
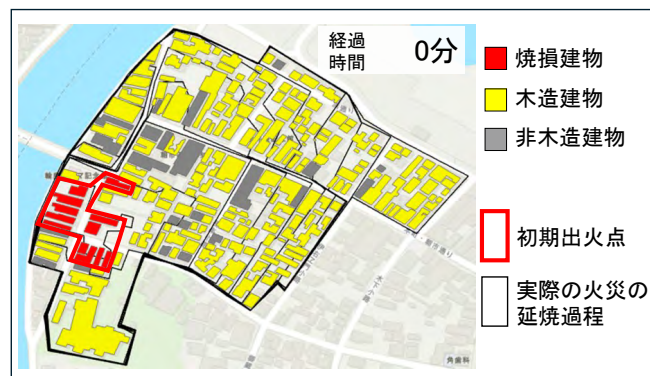
(1) シミュレーションの概要

地震火災等の大規模な延焼火災の被害を予測する技術が、市街地延焼シミュレーションである。このシミュレーションは、地図上に配置した建物の構造データに基づいて、特定の建物の出火に伴う市街地火災の延焼過程をコンピュータ上で計算するものである。火災の延焼速度は、風速の感度を補正した東京消防庁の延焼速度式²⁾により計算しており、気象条件として風速と風向を設定可能である。

(2) 能登半島地震に伴う市街地火災の再現

2024年1月1日に発生した能登半島地震では、輪島市朝市通りにて広範囲の市街地火災（焼損面積 49,000 m²）が発生した。現場は木造家屋の密集地帯であったが、地震に伴う消火活動の困難さにより延焼が進み、近年では類を見ない規模の焼損面積となった³⁾。本稿では延焼シミュレーションを用いて、この火災の延焼過程を再現した。

シミュレーション上の建物配置と初期出火点を Fig.2 に示す。今回の火災では、出火した建物が特定されていないため、最初に火災が確認された時点での出火していた建物を初期出火点とした。気象条件は、火災当時の気象データに基づいて、風向を南南西、風速を 3.0 m/s とした。



シミュレーション上の390分時点での実行過程をFig.3に示す。実際の火災と同様に、木造建物の配置に沿って延焼が進展していることが確認できる。Fig.4には、実際の火災とシミュレーションで得られた焼損棟数の時刻歴推移の比較を示す。焼損棟数の増加速度は、実際の火災と同様の傾向を示している。ただし、300分以降の焼損棟数については、実際の火災の方がシミュレーションよりも多い傾向がある。この要因には実際の火災では確認された飛び火の影響があると考えられる。今回のシミュレーションでは単純化のため省略したが、より高い精度で再現する場合には、飛び火による出火を組み込むことも可能である。

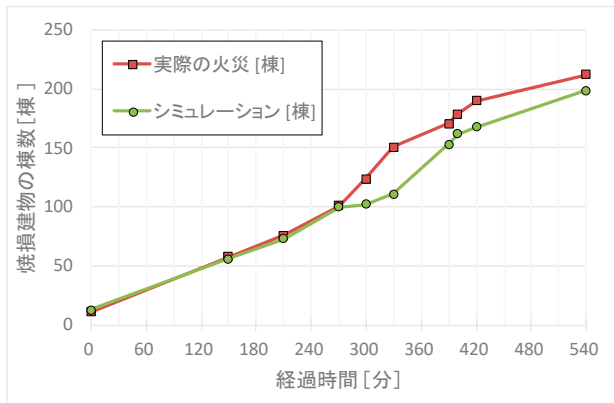


Fig.4 焼損建物の棟数の推移

(Changes in the Number of Buildings Damaged by Fire)

3. 適用方法

市街地延焼シミュレーションを用いて、空き家除却の有無や隣接建物からの離隔などを変数としたシミュレーション結果から、火災危険度の違いを簡易に示すことができる。計画地および周辺地域の火災危険度を事前に把握することにより、適切な安全計画を初期から選択することが可能となる。

4. 今後の展望

今後は避難等の人間行動を組み込む予定である。延焼火災の進展を考慮した、適切な避難経路・参集経路を示すことを検討していく。

III. ヒートアイランド

1. 開発の背景

ヒートアイランド現象などにより高温化する都市部では、熱中症が深刻となり日中の外出を避ける傾向や、高齢者や乳幼児が熱中症になるなどの問題も生じている。例えば、近年では東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会、2025年日本国際博覧会（大阪・関西万博）などでも真夏の暑さ対策が課題のひとつとなっている。大規模な建築計画や地域開発に際してこうした問題に対処するには、居心地のいい屋外空間をつくり、風の流れや日射の影響などに配慮することが

重要となる。このためには自然の力を有効活用し、人が居心地よく感じる建物の配置や植栽などを実現する建物設計のエビデンスとして、建物周辺の温熱環境を予測するシミュレーション技術が必要となる。

2. 熱ストレス

熱ストレスの評価は気温や湿度、風速や日射などの環境要素と、人間の活動状態や着衣量といった人体要素を考慮した人体熱モデルを用いて評価する必要がある。

日本では環境指標を代表する暑さ指数（WBGT）を用いて熱ストレス評価を行うことが多い。WBGTは気温、湿度、風速、輻射熱によって計算され、人間の活動状態によりWBGTの基準値（18～33℃）が定められている⁴⁾。また、ヨーロッパでは幾つかの方法が運用されており、例えば、ドイツでは人体の熱反応をモデル化した人体熱モデルで計算した深部体温や発汗量などから基準（VDI3787）⁵⁾を定めている。

3. 鹿島都市気候評価システム（KaUCES）⁶⁾

本システムでは、土地の利用状況や、建物の立体的な形状を再現した街区の詳細なモデルを作成し、街区内の熱環境および風環境を予測する。また、環境要素のほとんどを予測することにより、人体への熱ストレス（VDI3787）や体感温度（SET*）が評価できる。体感温度であるSET*（Standard Effective Temperature）は、温度、湿度、風速、放射熱、着衣量、活動量を考慮した快適性指標で、人間が一定の環境で感じる温熱感覚を統一的に評価でき、室内外の温熱環境評価に用いられている。

KaUCESのシステムフローをFig.5に示す。本システムは、計算領域の大きさや求める物理量に応じた3つのサブシステム（広域気象、風環境、熱環境）によって構成されており、サブシステムごとに最適な計算手法を適用しているため、高い計算効率と信頼性を確保している。

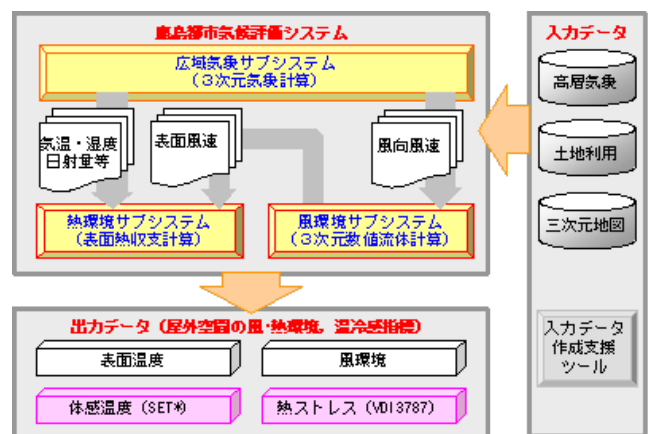


Fig.5 KaUCES システムフロー
(System Flow of KaUCES)

4. 適用事例⁷⁾

Fig.6 に大学キャンパス計画を対象として、真夏の正午の体感温度を評価した事例を示す。将来計画では計画建物による日射遮蔽効果と風通しの改善、緑化計画により、敷地全体で夏季の温冷感が向上することを体感温度 (SET*) の分布から確認した。この評価では、400km 四方の気象場から始めて、最終的に街区内の微気象を再現しており、街区の微気象の予測結果に基づいて、街区内の体感温度の分布を評価した。

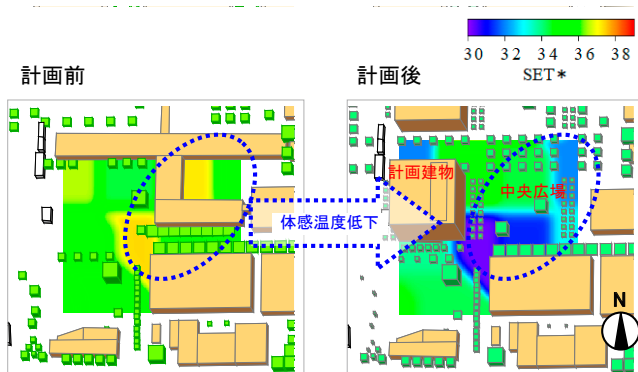


Fig.6 大学キャンパスにおける体感温度 (SET*) 分布
(Distribution of Perceived Temperature: SET* on University Campus)

IV. おわりに

広域・複合災害への対処に必要な予測技術として、都市スケールでの延焼火災とヒートアイランドを取り上げ、それらのシミュレーション技術について紹介した。

今後はこれらシミュレーション技術の実案件への適用とさらなる精度向上を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 桑名秀明；延焼シミュレーションに資する延焼火災の実態，鹿島技術研究所年報，第 70 号，2022，pp. 287-192.
- 2) 佐々木克憲；延焼予測と消防力運用のシミュレーションを利用した地震時の都市火災リスク評価に関する研究，日本火災学会論文集，64 巻 3 号，2014，pp.29-37.
- 3) 消防長官の調査報告第 3 回輪島市大規模火災を踏まえた消防防災対策のあり方に関する検討会；参考資料 2 令和 6 年能登半島地震に伴い石川県輪島市で発生した大規模市街地火災に係る消防庁長官の火災原因調査報告書，2024.5.28，
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-149/02/shiryoul.pdf
- 4) 平成 21 年 6 月 19 日付け基発第 0619001 号「職場における熱中症の予防について」に基づく，職場における熱中症予防対策，厚生労働省労働基準局.
- 5) VDI 3787; Environmental meteorology Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level.-Part 1: Climate., 1998.
- 6) 高木賢二他；鹿島都市気候評価システム：KaUCES を用いた屋外風・温熱環境評価，鹿島技術研究所年報，第 59 号，2011，pp.145-154.
- 7) 井田卓造他；建物周辺屋外環境の温熱環境設計手法の開発（その 1）評価手法の概要とキャンパス将来計画への適用，日本建築学会学術講演梗概集，(2008)，pp.595-596.