

# GISを用いた市街地火災延焼リスク評価システムの 入出力データ管理手法に関する検討

A Study of GIS Data Management for Fire Spread Risk Assessment of Urban Area

横山昇平<sup>1</sup>・樋本圭佑<sup>2</sup>・田中喙義<sup>3</sup>

Shohei Yokoyama, Keisuke Himoto and Takeyoshi Tanaka

<sup>1</sup>応用地質株式会社 (〒532-0021 大阪府大阪市淀川区田川北2-4-66)

OYO Corporation

<sup>2</sup>京都大学 次世代開拓研究ユニット (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

Pioneering Research Unit for Next Generation, Kyoto University

<sup>3</sup>京都大学 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

UFSM, an abbreviation of "Urban Fire Spread Model", has been proposed as a physics-based model to represent fire spread behavior in urban areas. It thinks that An urban-fire-spread risk assessment system employing the proposed model is widely spread, however, it tends to exhibit following problems.

1)A visual operation can not be used 2)Manipulatory platforms are not united

In this study, an interface to make input-data, such as information on buildings, geographic features, and weather conditions, necessary to analyze by the proposed model, and an interface to display analytical results by the proposed model on GIS. These interfaces enabled visible and united operation, and this study becomes foundation of the system which simulated and evaluated urban characteristics, such as a position of fire-fighting-water supply, road networks, and seismic ground motions.

**Key Words :** *risk assessment, urban fire, urban conflagration, geographic information system*

## 1. 研究の背景

多くの建物が建て詰まった状態にある密集市街地で発生した火災は、隣接する建物へと容易に延焼し、広範囲の領域を巻き込む市街地火災へと発展する可能性がある。大規模な延焼火災の危険性に曝される市街地は、大都市を中心に広く全国に分布しているが、京都などのように木造の伝統的建築物で構成される市街地もやはり密集市街地に分類され、同様な問題を抱えている。こうした市街地火災に対して対策を講じ、被害を最小限に食い止めるには、市街地の延焼危険性を定量的に評価するための手法が必要である。こうした目的の下、筆者らは、現象の物理的知見に基づく市街地火災延焼性状予測モデル（以下、田中・樋本モデルとする。）の開発を進めてきた<sup>1)</sup>。この田中・樋本モデルでは、火災建物からの輻射熱伝達、火災建物の風下側に形成される熱気流による対流熱伝達、また市街地風によって飛散する火の粉を建物間の火災拡大要因としており、こうした熱的環境に曝される個々の建物の火災性状を予測することで、市街地全体の火災延焼性状を予測している<sup>2)</sup>。

さて、この田中・樋本モデルのように、現象の物理的知見に基づいて定式化されたモデルでは、経験的な延焼モデルに比べ、延焼火災に対する様々な対策の有効性を合理的な尺度で評価できるという特長を有して

いる<sup>3)</sup>。ただし従来、田中・樋本モデルを利用して予測計算を実施するには、プログラミング言語に関する基礎的な知識が必要とされ、そのための入力データ（建物の形状や構造に関する条件、内部に積載される可燃物の条件、外気温や風向・風速といった気象条件、さらには出火の時刻や場所）の作成もテキストデータの編集によって行われてきたのが実状である。また、計算結果の可視化には、Virtual Reality Modeling Language形式（以下、VRML形式とする。）が採用されており、操作のプラットフォームは多岐にわたっている。こうしたことが田中・樋本モデルの防災計画の実務への導入を妨げてきた面があることも否めない。

そこで本報のシステム（以下、本入出力システムとする。）では、田中・樋本モデルを市販のGIS（Geographic Information System）ソフトウェアに載せて、GISを解析の統一プラットフォームとして採用することで、視覚的な操作により延焼シミュレーションを可能とすることを目的としている。これにより、都市防災に関する基礎的な知識とGIS操作に関する技術を有している者であれば、延焼動態を解析し、防災対策の有効性について検討を進めることが出来るようになる。また、この研究成果は今後、消防水利や道路幅員など種々の地理的データ、建物内部の壁や階などの空間データを評価する統合的な市街地延焼リスク評価システムの基幹システムとなる。

本報では、GIS上で田中・樋本モデルに関わる入出力データの操作を行うインターフェースの流れを整理し、GISによる一元的な入出力データ管理手法について検討を加える。

## 2. GISを用いた火災延焼リスク評価のための入出力データ操作の流れ

田中・樋本モデルでは、表1のデータを入出力データとして取扱う。

従来、田中・樋本モデルによる計算では、図1に示すとおり、入力データのうち、概要・ノード・壁データについては建物情報のテキストデータから情報を抽出し、入力データの形式に合わせて編集を行っていた。また、田中・樋本モデルの解析結果は、VRML形式での表示にあわせたフォーマットで作成され、延焼の様子は時間ごとの画像データとして処理されていた。

表1 田中・樋本モデルの解析に用いられる入出力データ（各csv形式）

データ名（入力）	内容
概要	建物種別や階高等の各建物情報と、気象条件等の市街地情報
ノード	各建物のノード(隅角部)座標
壁	構成ノード等、壁面の情報
開口	開口部の位置と大きさ
形態係数	建物間の延焼における輻射熱算定に用いる係数
開口部材の熱物性	部材（開口部）の熱物性
壁の熱物性	部材（壁）の熱物性
データ名（出力）	内容
延焼動態	燃焼状態を時系列に追跡した可視化結果
その他任意の計算変数	延焼予測計算の過程で利用されている変数は、どのようなものでも出力できる。

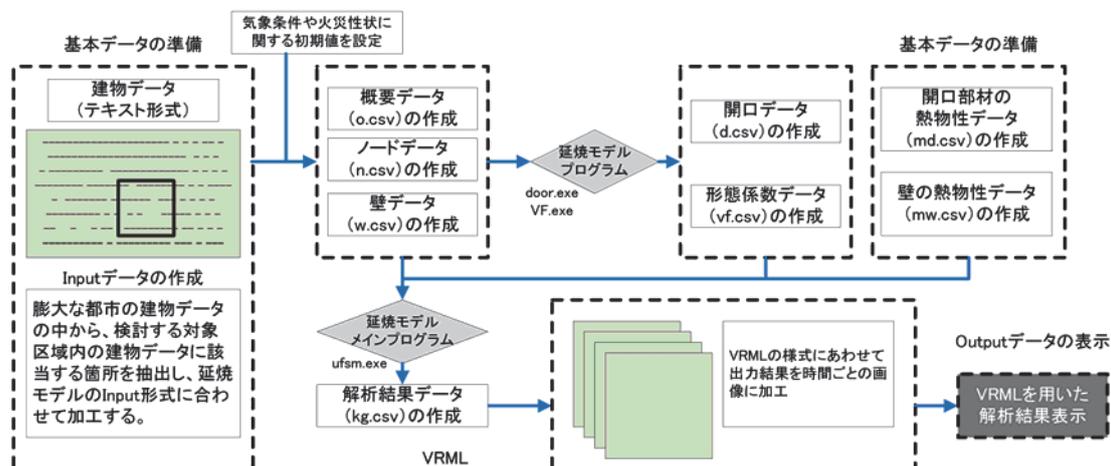


図1 従来の田中・樋本モデルでの作業の流れ

一方、本研究で構築したGISを用いた入出力データ作成は、地図上での操作やGIS上からの外部プログラムの起動により行うことができる。出力結果は、GISデータに付与し、再びGIS上で表示を行う。(図2)

以下に、本入出力システムを活用した入力データ作成の流れを説明する。本入出力システムは、ArcMap9.2を用いて開発しており、これを用いた検討は、Pentium(R)4、CPU3.2GHzの環境下で行った。

まず、本入出力システムでの解析に用意するGISデータは、表2のとおりである。今回は、立命館大学21世紀COE『文化遺産を核とした歴史都市の防災研究拠点』の成果である京都市3次元データを活用した。

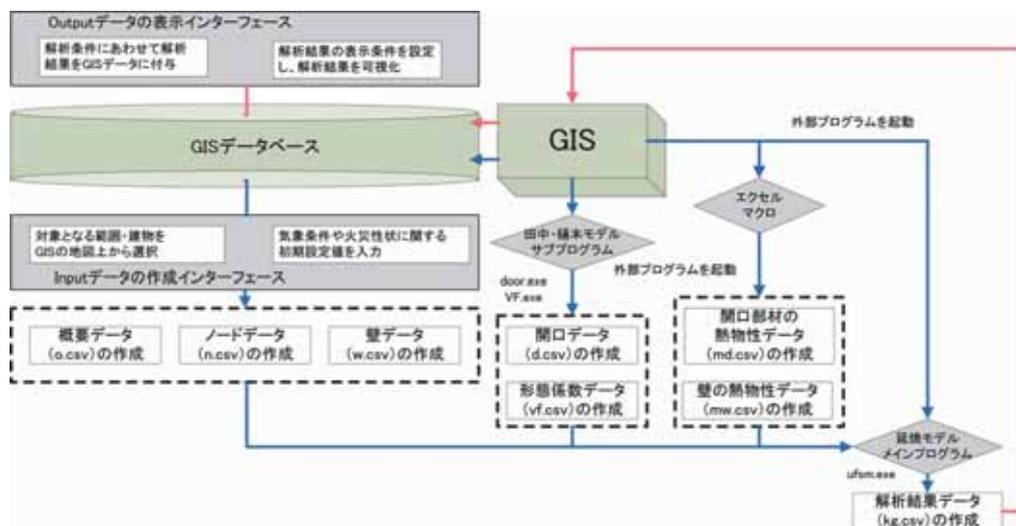


図2 本入出力システムを用いた作業の流れ

表2 本入出力システムでの解析に必要なGISデータの属性値

属性値	内容
建物形状	建物のポリゴンデータ。
建物番号	市街地データ内の全ての建物の通し番号。
建物種別	都市計画図の分類では普通建物、堅牢建物等に区分される。詳細調査に基づいて、裸木造、防火木造といったように詳細な分類とすることも可能である。
1F床面積	GIS建物形状データから値を算出。
重心 (X、Y)	GIS建物形状データから値を算出。
標高 (床面、屋根)	地形情報や空中写真情報に基づいた標高情報。
建物高さ	(屋根標高) - (床面標高)
階数	詳細調査結果があれば、その値を採用できるが、建物高さから推計することも可能である。今回は、平均階高が3.5mとなるように、建物高さから階数を推計した。
階高	(建物高さ) ÷ (階数)

概要・ノード・壁データについては、用意したGISデータを用いて、本入出力システムで作成したインターフェースにより、GIS画面上での建物の選択や、気象条件等に関する値の入力によって作成することができる(図3)。ユーザーが設定する項目は、以下の6項目である。

- 1) 可燃物密度
- 2) 固定可燃物の初期露出表面積比
- 3) 外気温、風向、風速
- 4) 解析範囲 (地図上から選択)
- 5) 出火建物 (地図上から選択)
- 6) 出火室

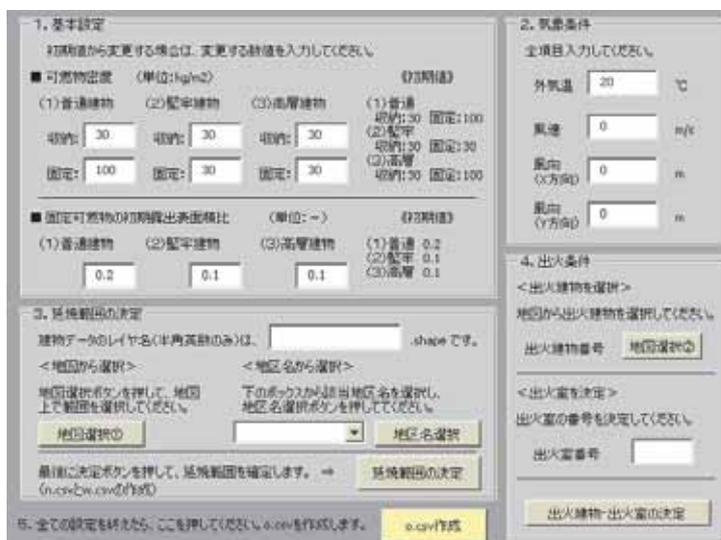


図3 概要・ノード・壁データの設定画面

開口・形態係数データについては、田中・樋本モデルにおいて概要・ノード・壁データからこれらを作成するプログラムが用意されており、GIS上ではこの外部プログラムを呼び出すインターフェースを用意した。開口・形態係数データは、このプログラムを用いて、GISのバックグラウンドで作成される。

開口部材と壁部材の熱物性データについては、GIS上から別途エクセルマクロを起動するインターフェースを用意した。起動させたエクセル上で、熱伝導率や比熱、含水率や燃え抜けの限界時間など、各種必要項目を入力することで、開口部材と壁の熱物性データを作成することができる。例として、壁部材の熱物性の設定画面を図4に示す。

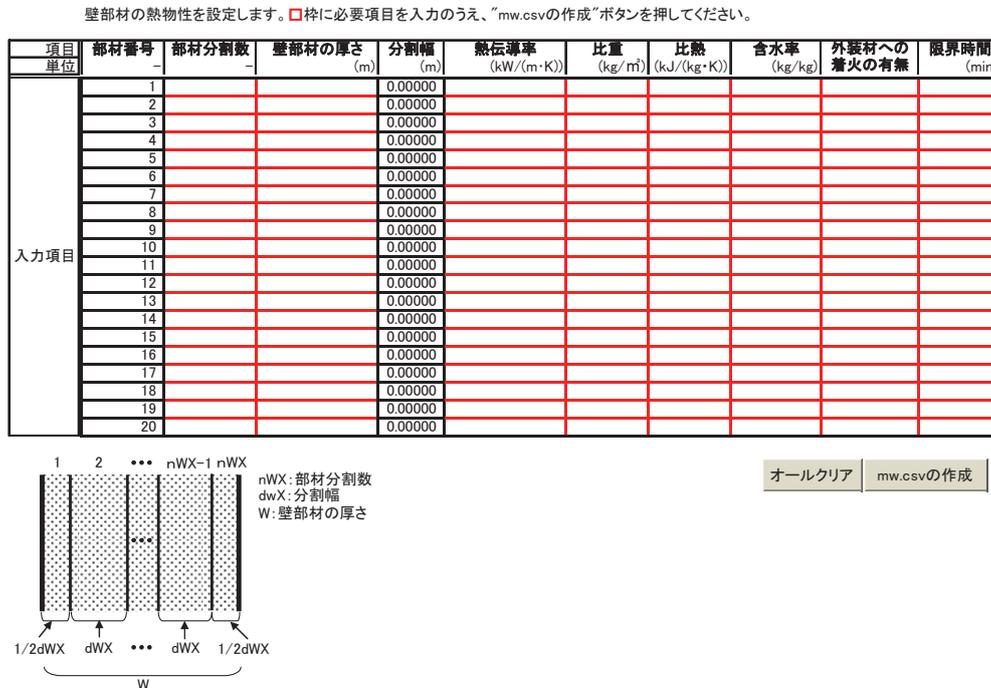


図4 壁部材の熱物性の設定画面

これまでの一連の延焼計算の入力データ作成にあたっては、対象範囲の建物情報をテキストデータの中から抽出する作業と比較し、GISを用いた本入出力システムを活用することで、大幅な作業改善を行うことができた。参考として、検討に際して対象とした約8,000棟の概要・ノード・壁データを作成するのに要した時間は約3分間であった。

こうして本入出力システムを用いて作成した延焼計算の入力データを用いて、延焼動態の解析を行う。解析結果のうち、任意の計算変数についても入出力システムでの取扱いを検討しているが、本報では、表3に示す延焼動態に関する情報を解析結果として取扱う。

表3 延焼動態の計算結果 (csv形式)

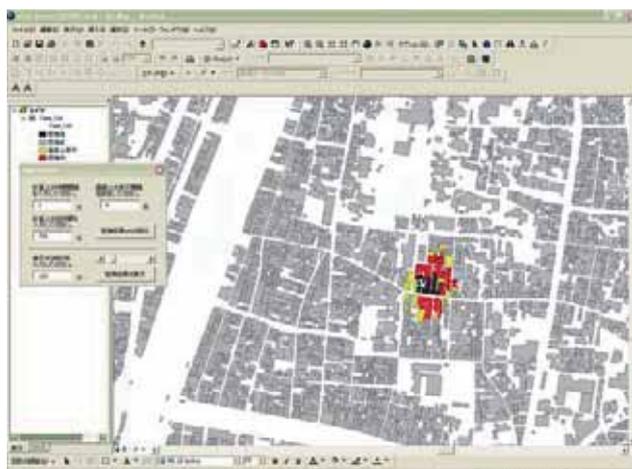
属性値	内容
建物温度(時刻0)	ここでは延焼動態の指標として、各建物における時間ごとの温度を取扱っているが、燃焼前・燃焼中・燃焼後といったフラグをたてることも可能である。
...	
建物温度(終了時刻)	

この解析結果をGISデータの建物属性値に組み入れ、GIS上で建物の延焼動態に関する表示を行うことができる。

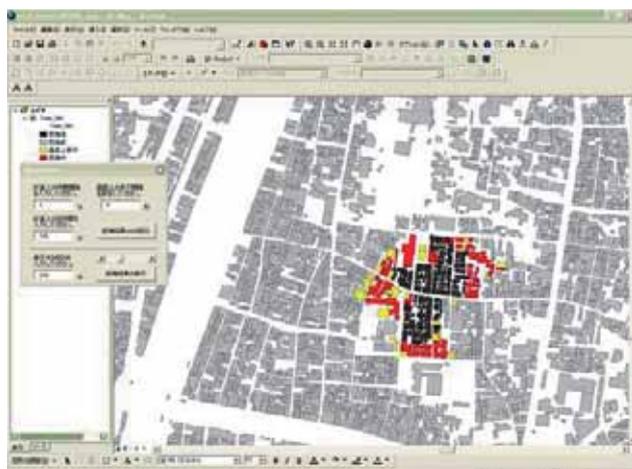
まず、本入出力システムの結果出力インターフェースを用いて、延焼の計算上の設定である時間間隔や総計算時間などを入力した上で、プログラムを起動すると解析結果データであるcsvデータを読み取り、GISデータの建物属性値に書き込む。

これにより表2に加え、表3の属性値を持ったGISデータが作成され、これを用いて出力結果の表示を行う。

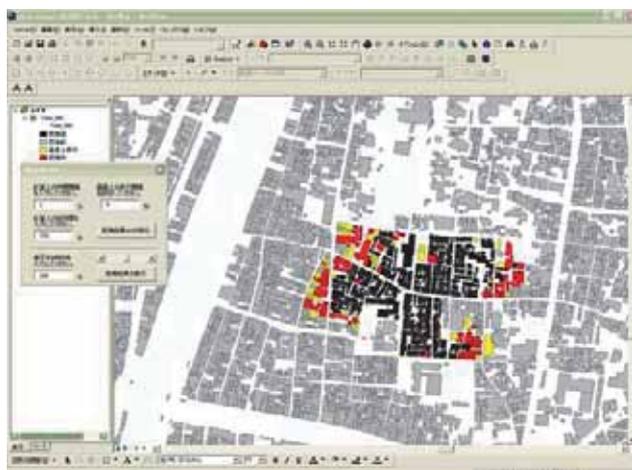
出力結果は、図5に示すように時系列の建物温度の変化を表示させて、燃え広がりの様子を表現させている。



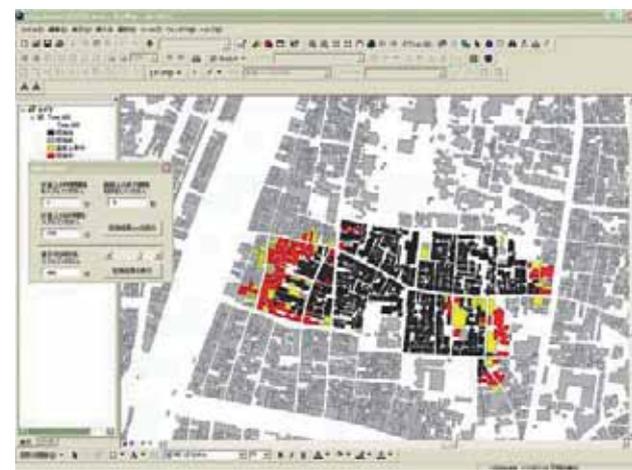
燃焼開始から60分後



燃焼開始から120分後



燃焼開始から180分後



燃焼開始から240分後

図5 ArcGIS上での延焼動態の表示例 (■：温度上昇中、■：燃焼中、■：燃焼後)

延焼計算の出力作業にあたって参考として、検討に際して対象とした約8,000棟についての解析結果のcsvデータを読み取り、GISデータの建物属性値に書き込む作業に要した時間は、約3時間である。これについては、現在、延焼計算の結果を田中・樋本モデルでの出力結果表示に用いるVRML形式に近い様式で作成しており、これを改善することで、今後の改良が期待できる。GISデータに書き込んだ情報を出力結果として表示する作業には、時間を要しない。

### 3. まとめと今後の展開

入力データ作成と解析結果表示をGISで操作可能としたことで、視覚的で容易な操作が可能となった。特に入力データの作成は、解析の対象範囲を選択したり、出火建物を設定したりといった作業を、膨大なテキスト情報の中からの抽出ではなく、視覚的に行えるようにしたことで、大幅な操作性の向上、時間短縮を行うことができた。

一方で、解析結果表示については、延焼計算の結果、作成されるデータをGISデータに載せる際に長時間を要し、これについては今後の改善を必要とする。

このほか、GIS操作の手順では操作の簡便化やユーザーの種々の要求に応じる仕様の柔軟性に改善の余地がある。

さらに、本入出力システムは、現状評価だけでなく、防災対策の効果を評価するシステムとして発展させることを想定している。特に、京都市に代表される歴史的な木造密集市街地の対策としては、道路の拡幅や耐火建築への建替えといった防災対策を行うことが歴史的な環境を損ねることにつながる場合がある。そこで想定される対策としては、消防水利の適正な配置や、一部の壁や間仕切りの耐火化といったものとなる。防災対策を評価するシステムとして本研究を位置づけた場合、現在はGISデータの建物形状の変更や、建物属性値のうち建物種別の変更といったように建物単位で、防災対策を反映させることはできるが、壁単位・階単位で建物の改変を評価することはできない。

消防水利や道路幅員、地震動など種々の地理的データや、消防に係る人の配置、可搬ポンプの配置などの社会的データを載せることで、可搬ポンプを移動させる住民の行動を反映した計算を行うことで、可搬ポンプの活用による地域消防力の向上の効果を評価するシステムを構築することも想定される。

今後は、本入出力システムを発展させ、田中・樋本モデルを用いた延焼危険性総合評価ツールとして、例えば、間仕切り壁の改変・補強や、窓ガラスの材質の変更といった建築部材スケールの対策から、細街路の広幅員化や消防水利の適正配置といった都市計画的なスケールの対策まで、従来のツールでは検討できなかった、これら空間スケールの異なる様々な対策の有効性を定量的に評価できる都市計画ツールとしていきたい。

## 参考文献

- 1) 樋本：都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発，京都大学学位論文，2005.
- 2) 樋本・田中：都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発，日本建築学会環境系論文集，No.607，pp.15-22，2006.
- 3) 樋本・秋元・北後・田中：伝統的木造密集市街地の延焼火災リスク評価に関する基礎的研究，歴史都市防災論文集 Vol.2，2008.