

執筆者Profile

田中 和義

1992年 富士通エフ・アイ・ピー株式会社入社。

1999年 現在，システム本部科学技術システム部所属。

論文要旨

樹木は葉に含まれる水分によって炎を防ぐ防火効果があることが，これまでの研究で知られている。この研究では，樹木の防火効果の有無を判定するのに手計算で値を算出し，防火効果の有効性を判定していた。

そこで判定に要する時間の短縮と計算精度をあげる目的で，コンピュータの中の三次元空間上に，家の壁と樹木と炎をそれぞれの形状とパラメータをもつデータとして配置し，炎から家の壁に届く熱を樹木がどれだけ防ぐか計算して，被熱の割合に応じて壁面の色を変えることで，防火効果の有効性を判定するという手法を開発した。

この手法により，計算時間の短縮を実現しただけではなく，これまで一カ所の比熱量で危険度を判定していたものが，壁面すべてが危険度の判定範囲となった。

今後は開発した手法を使って，都市火災や火災時の地上温度の算出などへの応用が見込まれてる。

論文目次

1 . はじめに	1
1 . 1 研究の経緯	
1 . 2 樹木の防火効果	
1 . 3 従来の評価手法の問題点	
2 . 目的	2
2 . 1 業務の目的	
3 . システム化の検討	3
3 . 1 処理の流れ	
3 . 2 データ入力システムの検討	
3 . 3 演算処理システムの検討	
3 . 4 結果表示システムの検討	
4 . 評価手法の決定	6
4 . 1 安全な遮蔽物の目安	
4 . 2 従来の樹木の防火効果の評価手法	
4 . 3 新しい評価手法	
4 . 4 投影法について	
4 . 4 . 1 投影法の採用	
4 . 4 . 2 投影法の利点	
5 . システムの評価	11
5 . 1 野外実大実験	
5 . 2 評価	
5 . 2 . 1 評価モデル作成	
5 . 2 . 2 評価モデルの結果表示	
5 . 3 評価のまとめ	
6 . 今後の展開	15
7 . おわりに	16

図表一覧

図 1	処理の流れの概要図	3
図 2	図脳 R A P I D 3 D のモデリング画面例	4
図 3	E s f i t のモデルデータ表示例	5
図 4	M i c r o s o f t E x c e l での結果表示例	5
図 5	従来の評価手法	7
図 6	新しい評価手法	8
図 7	樹冠の形状と樹主毎の遮蔽率の例	9
図 8	熱源を電球（光）にみたてた投影法	10
図 9	野外実大実験の配置図	11
図 1 0	点火後 2 分 30 秒後の演算結果	13
図 1 1	点火後 6 分 25 秒後の演算結果	13
図 1 2	点火後 9 分後の演算結果	13
図 1 3	点火後 24 分後の演算結果	14

1. はじめに

1.1 研究の経緯

本研究は、弊社（富士通エフ・アイ・ピー株式会社，以下F I Pと記述）が，科学技術振興調整費（生活・社会基盤研究）による「地震防災のための公園緑地計画及び市街地火災に関する研究」の一環として，建設省建築研究所（以下建築研と記述）殿，及び財団法人都市緑化技術開発機構（以下緑化機構と記述）殿^{*1}と共同で行ったものである。

1.2 樹木の防火効果

過去の火災において，「隣の家が火事になった時，家と家の間に木が植えてあったので燃え移らずにすんだ」とか，「大火事の時に樹木に囲まれた公園に逃げて助かった」という実話がある。これは樹木が葉に含まれる水分によって炎を防ぎ，延焼を抑制する効果があるからである。樹木は放水のように直接鎮火させるような効果は期待できないが，樹木がある場所で火災の延焼を防ぎ，自然鎮火させる効果が十分期待できる。

最も効果的な方法は，常緑広葉樹の鬱蒼（うっそう）とした森林を防火帯として配置する方法であるが，見通しが悪くなり，日照も悪化するという問題がある。また，この方法は，都市部において実現することがほぼ不可能である。そこで，限られたスペースに景観，環境を損ねずになおかつ防火効果を併せ持った樹木を効率よく配置する研究が進められていた。

1.3 従来の評価手法の問題点

従来行われてきた，樹木の防火効果の評価手法を簡単に説明すると以下のとおりになる。

机上で仮想の火災を起こす。

火災が起きた場所の風下に当たる任意の場所を受熱点と定める。

火災と受熱点の間に森（樹木）を配置し，森全体がどれだけ輻射熱（ふくしゃねつ）を遮るのか解析する。

受熱点の被受熱量から，延焼の可能性を算出し，森の延焼抑制効果を評価する。

これまでの評価手法は，樹木の遮蔽効果を数量的に評価できる手法である。しかしながら，対象が森など樹木が密集している場合を想定しているため，都市部の限られたスペースに防火を目的として，効率よく樹木を配置する研究にそのまま適用するには，判定に用いる計算結果の精度に難があった。

上記の理由から，樹木を火災の延焼抑制に利用するためには，より精度の高い評価手法の開発が必要になった。

^{*1} 建築研殿と緑化機構殿は，都市における緑化のための植栽植物の開発，育成，管理に関する技術および良好な緑化空間の創出に関する技術について研究開発を進めており，同時に樹木による火災の延焼を抑制する効果についても積極的に研究に取り組んでいる。

2. 目的

2.1 業務の目的

顧客である建研殿と緑化機構殿より出されていた要求の中で、最も実現の要望が強かったのは以下の3項目である。

(1) 精度の高い樹木の防火効果の評価手法の開発

これまでの樹木の防火効果の評価手法は、樹木群を1枚のスクリーンとみなして防火効果の評価していた。本業務では、各樹木を独立した立体物として扱い、各樹木の配置位置や樹種、生育状態を考慮する、より精度の高い評価手法を開発する。また、これまでの評価手法では、防火効果を1地点での受熱量で判定していた。本業務では、受熱点を受熱面として受熱面の各部位での受熱量を計算する。

(2) 結果表示のビジュアル化

計算結果を座標と数値の羅列ではなく、可視化することで防火効果の評価を容易にする。

(3) 評価手法のシステム化

これまでの評価手法で使用していた計算式をプログラムに適用し、評価手順をシステム化することで防火効果の評価にかかる時間を短縮する。

本業務では、この要望の実現を目標とし、樹木の防火効果の評価するための、延焼シミュレーションシステムの構築を行った。

3. システム化の検討

3.1 処理の流れ

延焼シミュレーションシステムは、次の三つのサブシステムに分けて構成し処理を行うことにした(図1)。

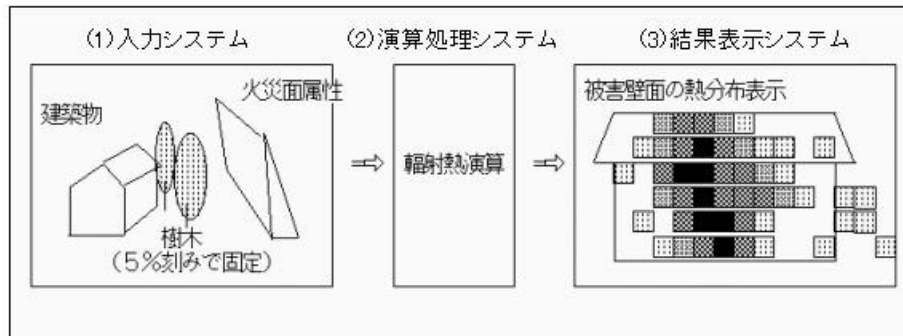


図1 処理の流れの概要図

(1)データ入力システム

炎や樹木、受熱面は、縦・横・奥行きという立体で構成されている。計算の精度をあげるためには、火災面、樹木、受熱面を平面に置き換えることなく、独立した3次元の立体物として扱う必要がある。さらに樹木等の諸元とお互いの位置や距離は、より正確に設定される必要がある。

そこで火災面、樹木、受熱面をシステム上に正確に配置するために、それぞれをオブジェクト化し、コンピュータ上の3次元空間に座標化して配置することで、樹木の防火効果のモデルデータを作成できるシステムとする。

(2)演算処理システム

作成されたモデルデータは、演算処理システムに読み込んで、遮蔽率(しゃへいりつ)などのパラメータを与えて演算処理を行う。

火災面を立体化した場合、輻射熱は火災面全面から一定のエネルギー量で放射される。この輻射熱(ふくしゃねつ)エネルギーは、樹木の樹冠を通過することで遮蔽減衰されて受熱面に到達する。しかし輻射熱が複数の樹木を通過する場合や、逆に何も通過せずに素通りしてしまうケースなど、色々な伝達経路が考えられる。3次元空間での輻射熱の演算は、火災面と受熱面の間に配置される樹木の本数、各樹木間の距離、及び樹冠の高さなどの位置関係を考慮して演算を行う必要がある。

そこで、従来の手法で採用している延焼遮断効果算定法を基に、3次元空間でのオブジェクトの位置関係を演算結果に反映する手法を新たに考案した。

(3)結果表示システム

従来の評価手法では、燃え移る壁の一点所を受熱点と定めて、その部位の被受熱量で全体の安全性を評価していた。本業務では、壁全体の安全性よりも壁の部位による被受熱量の変化を調べるために、演算結果の表示は、被受熱面壁(受熱面)をグリッドで分割し、被熱の割合に応じて表示する色を変える、コンターマップとして表示することにした。

3.2 データ入力システムの検討

データ入力システムは、コンピュータの3次元空間の中に火災面、樹木、建物等をオブジェクトとして配置し、モデルデータを作成する。使用するアプリケーションには、モデリングの機能を有するCADソフトウェアを選定することにした。

ソフトウェア選定の際に最も重要と考えられる、以下の4項目を満たすソフトウェアを選定した。

- (1)市販のソフトウェアで入手が容易
- (2)Windows NTで動作する
- (3)操作方法が簡単
- (4)一般的なファイルフォーマットで出力が可能

上記の条件より既存のソフトウェアについて検討し、図脳RAPID 3D(フォトン社)を選定した(図2)。

図脳RAPID 3Dで作成したモデルデータは、DXF形式で演算処理システムに受け渡すことにした。

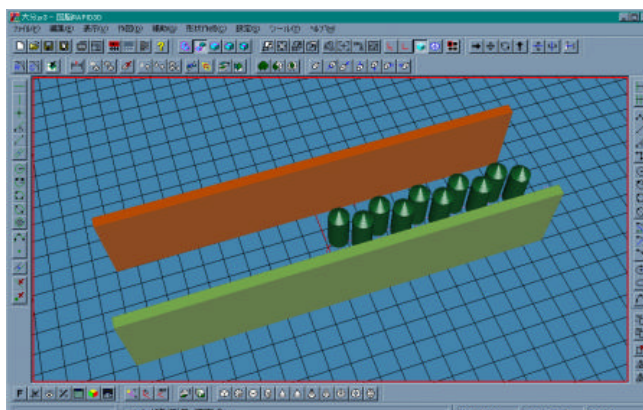


図2 図脳RAPID 3Dのモデリング画面例

3.3 演算処理システムの検討

演算処理システムは、モデルデータの諸元と遮蔽率や風速などのパラメータを基に、火災面からの放射熱演算を行う。また、新たに検討した投影法等の計算式のプログラム化が必要であるため、プログラム言語によるシステム開発を行った(図3)。

当初，データ入力システムでは，モデルデータへのパラメータ入力のみを行うことにしていたが，オブジェクトの高さなどの諸元に関する項目についても設定できるよう，建研殿と緑化機構殿より追加要求があった．そこでモデルデータの簡易編集機能を付け加えて，演算処理システムにデータを読み込んだ後もモデルデータの修正を行うことができるようにした．

演算結果は，Text形式で出力した．

なお作成したシステムの名称を建研殿と緑化機構殿と協議し，「E s f i t (Estimation System of Fire Trees) V e r . 1 . 0」と命名した．

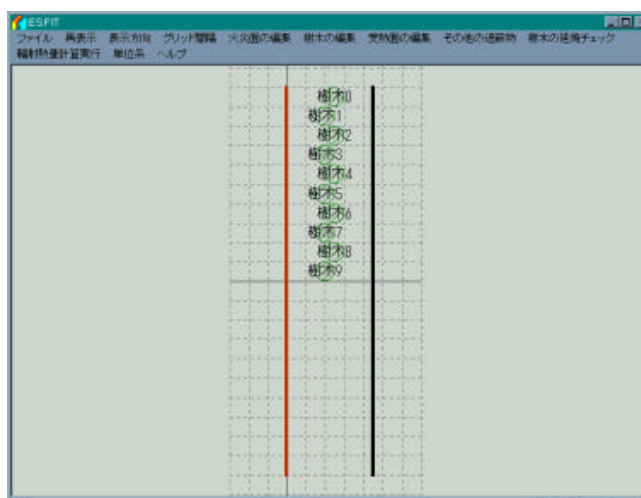


図3 Esfitのモデルデータ表示例

3.4 結果表示システムの検討

結果表示では，受熱点の温度分布図を表示する．これにより使用するアプリケーションには，数値を可視化する機能をもつ，次の4項目を満たすソフトウェアを選定することにした．

- (1)演算結果を可視化する
- (2)解析結果の表示機能が豊富
- (3)市販のソフトウェアで入手が容易
- (4)Windows NTで動作する

上記の条件より，演算処理システムで演算した結果(Text)を，Microsoft Excelのマクロ機能を使って読み込み，ワークシートに値セットした後でグラフ表示することにした(図4)．

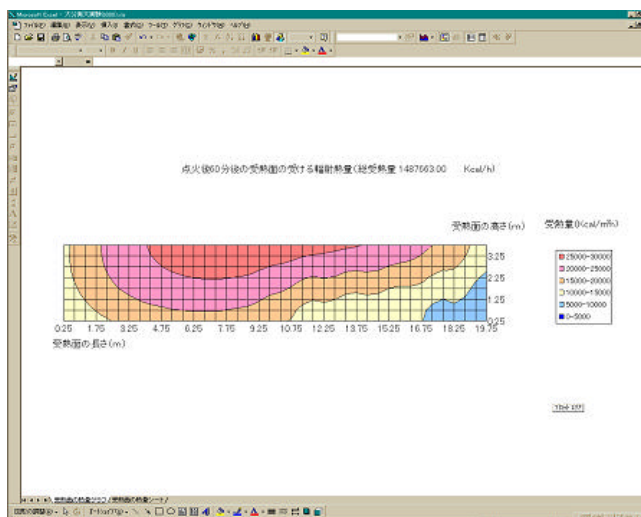


図4 Microsoft Excelでの結果表示例

4. 評価手法の決定

4.1 安全な遮蔽物の目安

樹木の防火効果を評価する上で目安となるのは、保護する壁が燃え上がらないことである。物が燃える指標として、発火限界という値が使われている。以下が壁の原料となる木材と、熱を遮蔽する樹木（針葉樹）の発火限界である。

木材の発火限界： $4,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}^{*2}$

樹木の発火限界： $12,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ （針葉樹）

壁の材料を木材にした場合は、 $4,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 以上の輻射熱を受けると発火し、火災が始まる。また樹木も針葉樹の場合は、 $12,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ （針葉樹）以上で燃え始める。

このことから、理想的な輻射熱の遮蔽を行う樹木（群）は、測定地点（隣家の壁面）が木造の場合、被受熱量が $4,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 以下になる場合である。

また、火災時に炎から発生する輻射熱エネルギーは、輻射発散強度という値が使われている。輻射発散強度とは、1時間に 1m^2 の炎から発生する輻射熱エネルギーである。

炎の輻射発散強度： $44,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$

4.2 従来の樹木の防火効果の評価手法

従来の樹木の防火効果の評価手順（図5を参照）を以下に記述する。

輻射熱エネルギーの算出

熱エネルギーの元になる火炎面（火事を起こした家の壁に相当）の規模（幅、高さ、奥行き、風向きなどにより変化する）より、火炎面から放出される全輻射熱エネルギーを求める。

距離の算出

輻射熱エネルギーを受ける受熱点（隣家の壁に相当）までの直線距離を求める。

樹木群の遮蔽能力の算出

火炎面と受熱点の間の樹木群の規模（幅、高さ、奥行き、遮蔽率など）より、樹木群の遮蔽能力（平均）を求める。

*2 参考までに、 $4,000\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}$ のエネルギーとは人間の成人男子が5分程度浴びるだけで、皮膚の表面が赤くなり、それ以上の被熱に耐えられないレベルのエネルギーである。

被受熱量の算出

熱エネルギー，受熱点までの距離，樹木の遮蔽能力，それぞれの値を延焼遮断効果算定法に代入して手計算で受熱点での受熱量を求める．

抑制効果判定

受熱点での受熱量が壁面が燃え上がらない安全なレベルの範囲内であれば，樹木群は延焼を抑制する効果があると判定する．

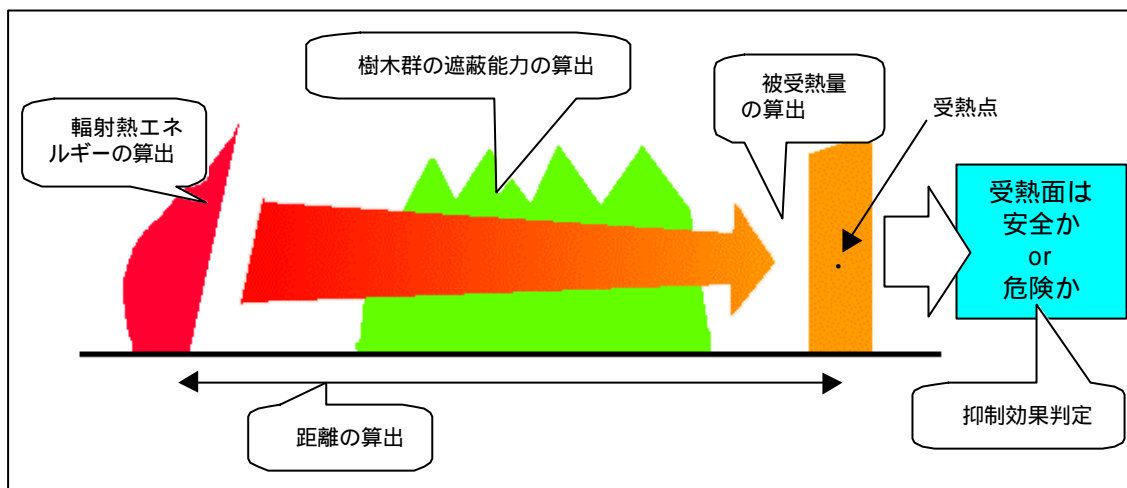


図5 従来の評価手法

この評価手法には二つの解決すべき課題がある．

一つは，個々の樹木の特性が反映されにくいという点である．個々の樹木をまとめて樹木群(森)として扱い，樹木それぞれの大きさや遮蔽能力などを平均して，1枚の熱遮蔽スクリーンとみなしているため，本来の樹木の高さ，樹冠部(葉の付いている箇所)の形状，樹木間の距離などの特性が，直接計算に反映されていない．例をあげると，樹木群に延焼抑制効果があると判定された場合でも，樹木群の間に隙間があり火炎面と受熱点の間に遮るものがない箇所がある場合は，上記の手法で求めた受熱量より値が高くなり壁の一部が燃える可能性がある．

二つ目は，受熱量を求める受熱点が一か所のみということである．炎が燃え移る隣家の壁を受熱部に想定しているが，従来の評価方法では壁の一か所での受熱量で壁全体の安全性を判断していた．そのため壁の中で最も危険な箇所や比較的安全な箇所を判断することは困難であった．

4.3 新しい評価手法

新しい評価手順（図6を参照）を以下に記述する。

火災面の分割

熱エネルギーの元になる火災面を 10cm×10cm の格子（グリッド）に分割し，各面ごとの輻射熱エネルギーを求める。

受熱面の分割

熱を受ける受熱面を 10cm×10cm の格子（グリッド）に分割する。

樹木の遮蔽率の設定

モデルデータの中の樹木一本毎に任意の遮蔽率（0.0～1.0）を設定する。

輻射熱の投影

火災面の格子の中心点から樹木に向かって輻射熱を放射すると，受熱面には輻射熱の遮蔽箇所が樹木の影となって投影される。

分割された受熱面の受熱量算出

すべての火災面の格子から放射された輻射熱の影を重ねて，受熱面の 10cm×10cm の格子ごとに被輻射熱量を求める。

結果の可視化

受熱面上の受熱量分布を表示する。

抑制効果判定

可視化された受熱量のコンターマップから壁面の安全な箇所と危険な箇所を判定する。

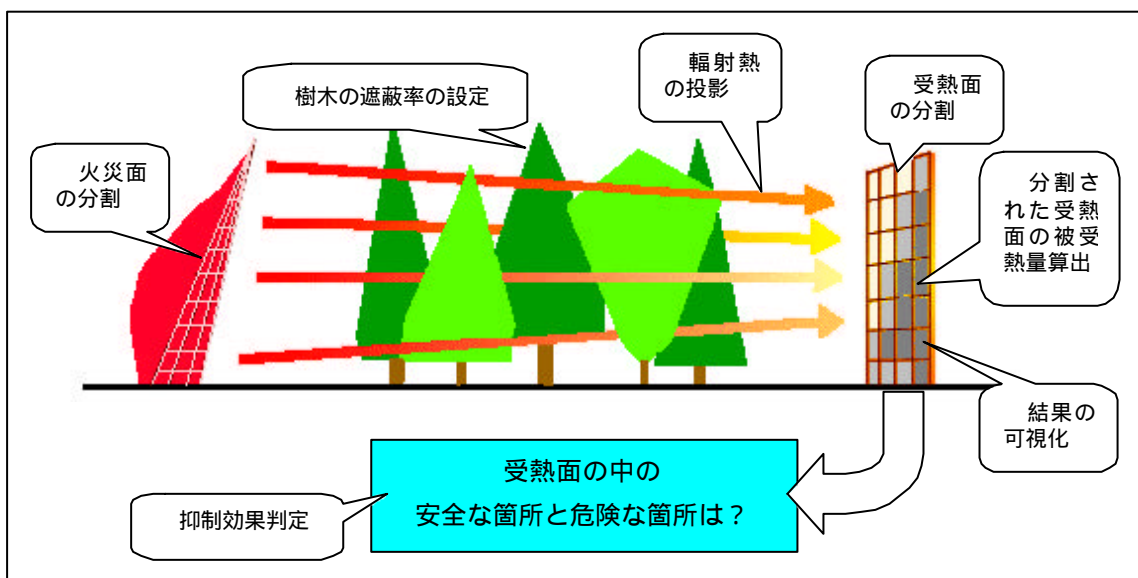
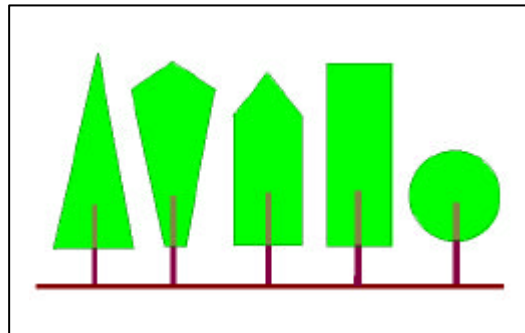


図6 新しい評価手法

新しい評価手法では，まず演算に樹木の特性を反映するという課題から解決した。

投影法を使った演算では，受熱面に映る木の影が重要になる．そのため樹木の樹冠部の形状は，最も一般的な5種類に分類しモデリングすることにした（図7）。



樹種	遮蔽率
サンゴジュ	0.67
シラカシ	0.51
イチョウ	0.41
クヌギ	0.38
カイズカイブキ	0.69
サワラ	0.42

図7 樹冠の形状と樹種毎の遮蔽率の例

またモデリングした樹木ごとに樹種を想定し、輻射熱を遮る係数となる遮蔽率を設定することにした(図7)。樹木の遮蔽率は、樹種や生育状態、季節により値が異なるが、これまでの研究と事例などから数値化されている。演算時には、想定した条件にあった任意の遮蔽率を設定し演算する。

続いて、延焼抑制効果評価の判定方法の変更を行った。

受熱量を求める箇所を点ではなく面にしたことで、壁面が燃える燃えないを判定するだけでなく、危険な箇所と安全な箇所を判定することが可能になった。さらに結果を可視化することで、壁面の安全性の判定を容易にした。

輻射熱演算の基幹技術となる投影法については、次節で解説する。

4.4 投影法について

4.4.1 投影法の採用

従来の評価手法の問題を解消するために、新しい評価手法では熱を樹木に投影し受熱面に映った影から輻射熱量を判定する投影法という手法を採用した(図8)。輻射熱エネルギーは炎や熱源から放射されるエネルギーで、途中で遮るものがない場合は真っ直ぐ進む性質がある。

この性質は、光にとってもよく似ている。光も遮るものがない場合は真っ直ぐ進んで、何かに遮られると後ろには光が当たらない影の部分ができる。遮蔽物が半透明の場合は、減衰されて通過し背後にできる影も色が薄くなる。輻射熱の場合は遮蔽物が樹木なので、熱が完全に遮断されずにある程度減衰しながらもエネルギーが通過する。このように輻射熱と光エネルギーには、多くの共通点がある。



図8 熱源を電球(光)にみたてた投影法

光を投影して背後にできる影を計算する時には、光の投影法という技法が用いられてきた。この手法をベースに、熱エネルギーの距離減衰を計算する式と、樹木の遮蔽率による熱エネルギー減衰を式に組み込んで輻射熱の投影法を完成させた。

4.4.2 投影法の利点

投影法をつかう利点は、二つある。

一つは、遮蔽物の形が複雑でも対応できることである。投影法の場合、遮蔽物の影がそのままエネルギーを減衰する範囲になるので、モデリングされた3次元形状さえあれば、どのような形でも演算することができる。例えば、枝に葉が一枚一枚繁っているような状態でも演算は可能である（葉が繁っている状態をモデリングするにはかなりの労力が必要なので今回は樹冠部を4種類のパターンに分けて対応した）。

二つ目の利点は、火災面と受熱面の面積に制限がないことである。輻射熱演算は、向かい合った火災面と受熱面間の空間を演算範囲にしているため、火災面、受熱面の大きさに関係なく演算を実行できる。このことから連続した広範囲の火災についても、評価が可能であると考えられる。

5. システムの評価

5.1 野外実大実験

本業務で作成したシステムを使用して、建研殿が実際に行った野外実大実験のデータをもとに評価モデルを作成し、樹木の延焼抑制効果を検証した。この野外実大実験について以下に説明する。

野外実大実験とは、大分県佐賀関町で1979年に行われた実験で、古い住宅を使い、住宅の間に軒(1階)の高さと同じくらいの樹木を並列に配置し、片方の家屋を燃焼させて、間の樹木はどれだけ炎を遮蔽できるか検証する実験である。

実験の方法は、4.5mの間隔を開けて建つ、正面が20mの建物(木造平屋建て)の間に建物に平行して10m分だけ樹木(サンゴジュ)を10本千鳥状に配置し、建物内部2か所に点火して人工の火災を起こした(図9)。当時、火災を起こした建物から隣家の方向に向かって2.0m/secの風が吹いていたので、炎が隣家に燃え移ることが想定されていた。この時樹木のある所とない所で、延焼に差がどうかを観察した。

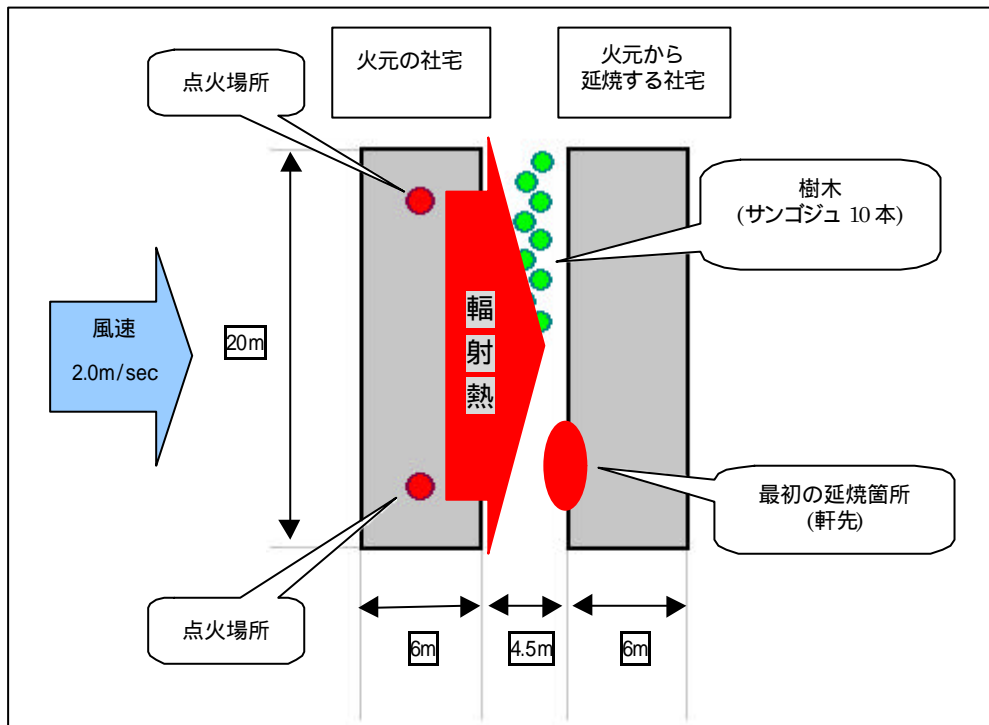


図9 野外実大実験の配置図

実験の結果、炎は樹木のない所で、輻射熱による自然発火により6分25秒後に燃え移った。燃え移った箇所は、軒先であった。樹木のある所では、樹木を超えて延焼することはなく、16分から24分後に最初に自然発火した箇所から燃え広がり、建物は全焼した。間に植えた樹木は、樹冠の一部が延焼したが最後まで残り、防火に役立つことが立証された。

5.2 評価

前節で紹介した野外実大実験の実験データを元に評価モデルのモデリングを行い、(輻射熱演算を行って、実大実験の結果と比較した。

5.2.1 評価モデル作成

野外実大実験のデータをもとに評価モデルを作成した。評価モデルには以下のオブジェクトを配置した。

(1) オブジェクトの諸元

a. 火災面

高さ	:	400cm
前面長さ	:	2000cm
風速	:	2.0m/sec
風向	:	火災面から受熱面方向
輻射熱	:	44000Kcal/m ² h

c. 樹木 (合計 10 本)

高さ	:	300cm
樹冠高さ	:	250cm
枝下長さ	:	50cm
樹冠半径	:	50cm
遮蔽率	:	0.5 (輻射熱を 50% 遮蔽)

b. 受熱面

高さ	:	400cm
全面長さ	:	2000cm

(2) オブジェクト間の距離

火災面と受熱面の距離	:	450cm
火災面と樹木(幹の中心)の距離	:	200 ~ 250cm
受熱面と樹木(幹の中心)の距離	:	200 ~ 250cm

5.2.2 評価モデルの結果表示

作成した評価モデルを演算処理システム「E s f i t Ver. 1. 0」で演算し、結果をMicrosoft Excelでグラフ表示した。E s f i tで出力した演算結果は、1時間(60分間)の輻射熱の積算が数値となって表示される。このままでは、実大実験の結果と比較できないので、結果を出力したMicrosoft Excelのワークシートを操作し、点火後2分30秒後(点火後の経過監視サンプルとして設定)、6分25秒後(実験での発火時間)、9分後(システムでの発火時間)、24分後(実験での建物全焼時間)の輻射熱の累積した被輻射熱量をそれぞれグラフで表示した。

グラフは、受熱面から火災面側をみる視点で作成した(火が燃え移らんとしている建物の中から火元の建物をみている状況を想像して欲しい)。

(1) 2分30秒後(図10)

受熱面の10m付近を境に左右で比熱量が異なっている。0~10mまでは樹木はなく、10~20mからは樹木が植えられていることから、樹木による遮蔽を受けていると思われる。

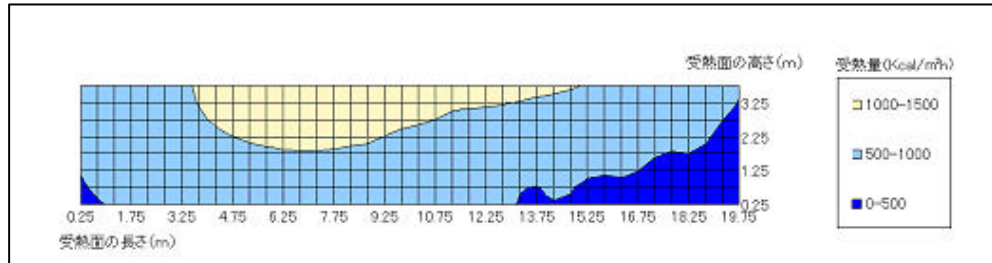


図10 点火後2分30秒後の演算結果

(2) 6分25秒後(図11)

実大実験では、自然発火が認められた時間であるが、「E s f i t」による計算では、まだ受熱量が木材の発火限界の4,000Kcal/m²h以下である。

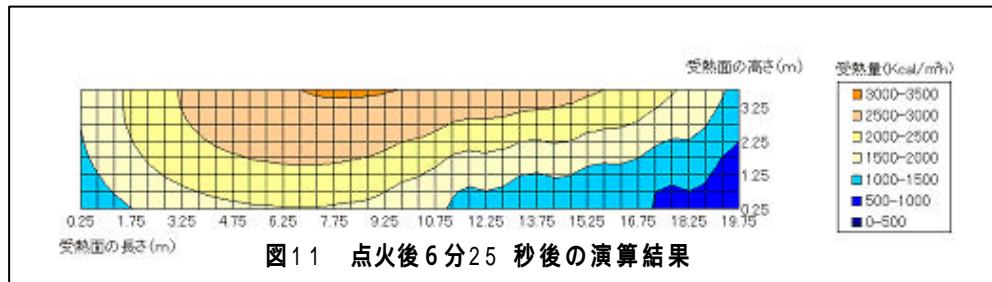


図11 点火後6分25秒後の演算結果

(3) 9分後(図12)

受熱面7m付近の上部で発火限界の4,000Kcal/m²hを超えているので、自然発火したと考えられる。

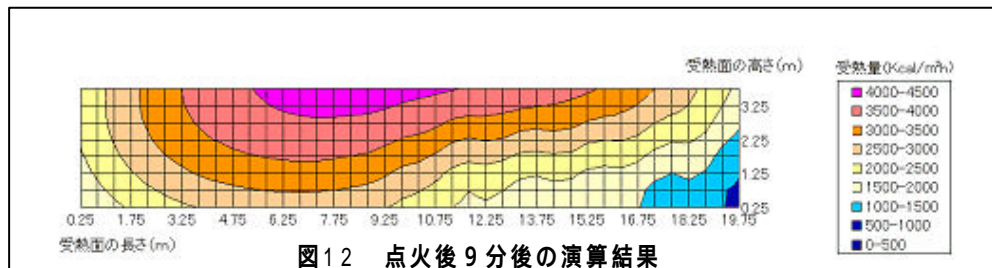


図12 点火後9分後の演算結果

(4) 24分後(図13)

受熱面の大部分で発火限界を超えている。実大実験では、この時間に燃え移った建物が全焼している。

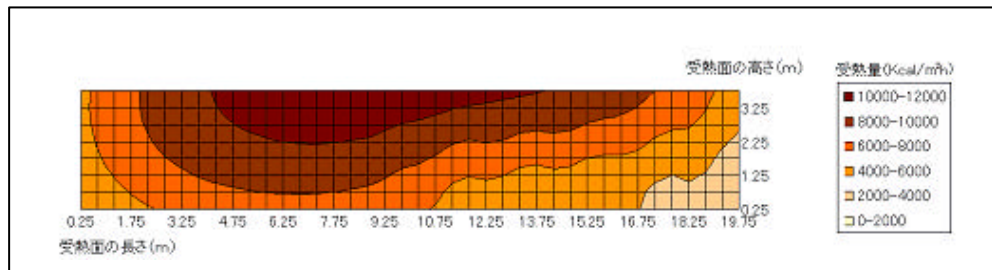


図13 点火後24分後の演算結果

5.2.3 結果の考察

演算結果のグラフより、輻射熱は、受熱面の中心部（10m）付近から樹木のある20m付近まで減衰されていた。減衰された場所は、樹木が植えてある場所で、このことからシステム上でも樹木は輻射熱を遮蔽していることが確認された。輻射熱が集中したのは、受熱面の上部で、実大実験でも自然発火したのは軒先だったことから、輻射熱演算のシステムへの組み込みも正しく行われたと思われる。

自然発火の時間が、実大実験では6分25秒後で、当システムの結果では8分30秒から9分後であり、2分30秒程度の差が生じた。

自然発火の場所が、実大実験では2m付近で、本システムの結果では7m付近であり、5m程度の差が生じた。実大実験では最初に延焼する隣家の着火点が2m付近であり、自然発火地点が着火点に隣接していることから、火災面全面からの輻射熱で演算する当システムの結果と差異が生じたと考えられる。

5.3 評価のまとめ

実大実験の結果と評価モデルの結果を厳密に比較すると、発火場所や発火時間に相違が見られるが、当システムで樹木の配置位置や樹種、生育状態による遮蔽効果の違いを評価することは十分可能である。

結果表示のビジュアル化については、導入後の効果が最も高く、結果の表示から分析まで延焼抑制効果を判定するまでの時間は、以前に比べて大幅に短縮された。また結果をワークシートで簡単に配布できるため、汎用性がひろがり、樹木の延焼拡大抑制効果という一見すると難しい研究を、一般のパーソナルコンピュータで簡単に検証、分析できるようになったことは、当初想定した業務の目的以外に生じた重要な副産効果であった。

今回の実大実験のシステム上での検証結果より、本システムは顧客である建研殿と緑化機構殿より高い評価を頂いた。

6．今後の展開

本業務は、樹木の延焼抑制効果の評価だけではなく、当部門が推進している「防災」に関する分野での応用が見込まれる。以下に応用内容を記述する。

(1)地上の受ける輻射熱量の評価について

輻射熱を演算する方法として、受熱面に樹木の遮蔽範囲を投影する手法を利用した。この手法を用いる場合、樹木の遮蔽範囲を直線と平面の交点から算出するため、受熱面の角度や方向の自由度が高い。そこで演算結果の拡張として、受熱面上の被受熱量だけではなく、地上に対しても受熱量を算出することが可能である。

(2)公園設計への適応

樹木が多い公園は、避難場所として指定されることが多い。本業務を利用して火災時の公園の安全箇所を特定することが可能である。また公園設計時に使用することで、より延焼効果の高い樹木の配置を検証することができる。

(3)都市火災への適応

現在のシステムは、市街地で一軒の家が燃えるような条件での延焼を想定しているが、今回採用したアルゴリズムを応用し、複数の火災面や複数の受熱面に対応することで、さらに規模の大きい都市火災への適応が可能である。ただし、配置物が増えて分割面が増大すると演算に時間がかかるので、処理時間を短くするために、演算範囲から外れている配置物を演算時に無視したり、各オペレーションシステムに合わせて処理に必要なプログラムを変えるなどの手法で、処理の高速化を図る必要がある。

7. おわりに

乾いた木は良く燃えるが生木は燃えにくいのは、経験的にわかっている。それなら生きた木は炎にどれくらい耐えられるのだろうか？というのが開発当初の自分の持つ率直な疑問であった。開発を進める過程で読んだ文献や評価システムでの演算結果をみて、樹木が景観を保ちながら防火に役立つさりげない存在であることに驚いたり感心したりして、いまでは最初の疑問が、樹木は防火に役立つという確信にまで変わっている。

これまでの作業と検討内容から考察すると、業務の目的をほぼ達成できたと思う。今後は、今回開発した評価手法を応用し、現在主流となっている難燃素材でできた住宅への対応や、大規模な市街地火災や多様な建物火災にシステムを対応させるなどの改良を行い、適応範囲を広げることが必要と思う。

最後に本業務の開発を担当していただいた、弊社科学技術システム部白石行広殿とインターネットシステム部神涼郁夫殿、そして開発にあたり沢山の資料と助言、ご指導頂いた建設省建築研究所岡田潤殿と財団法人都市緑化技術開発機構野島義照殿に深く感謝の意を表す次第である。

[参考文献]

- ・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報告書，建設省，1982.12
- ・岩川信文：建築研究報告 NO.105 都市における樹木の防火機能に関する研究，建設省建築研究所，1984.1
- ・防災植樹のすすめ-震災が街を襲う日-，社団法人ゴルファーの緑化促進協力会，1997.9