

森林火災延焼拡大モデルにおける遺伝的アルゴリズムを用いた地域パラメータの探索

上間 弥[†]

琉球大学理工学研究科

情報工学専攻[†]

wata@eva.ie.u-ryukyu.ac.jp

赤嶺 有平[‡]琉球大学工学部情報工学科[‡]遠藤 聡志[‡]本間 利久^{*}木村 圭司^{*}北海道大学情報科学研究科^{*}

1 はじめに

シベリアで森林火災が発生してしまうと、その広大さと降水量の少なさゆえに、消火活動は困難を極める。そこで我々は、効果的な消火活動を手助けするために、森林火災の延焼予測を行う研究を行っている[1]。

本研究では、延焼予測において必要な風速・風向きや気温・湿度等の環境要因とは別の、風の影響度や傾斜の影響度などの測定及び特定が難しいパラメータを、遺伝的アルゴリズムを用いて探索することを目的としている。

以前の方法では広大な地域の一点のみの気象データを利用していた。本研究では新たに実験地域一面の、メッシュ気象データを用いて実験を行った。

2 探索するパラメータ

火災の燃え広がり方は気候や植生等、様々な影響によって地域ごとに異なると考えられる。

環境要因に関する影響度を求めることにより精度の高いシミュレーションを行えると考え、これまでは延焼速度式の中で経験や実験に基づいて設定されていた固定値をパラメータとして探索する。

延焼速度式

延焼予測に使用する延焼速度式は、1990 年消防庁消防研究所の論文『パソコンを用いた林野火災の延焼予測に関する研究』[2]を参考に行っている。延焼速度は主に風とその他の影響（地形・植生・傾斜等）によって決定される。

風の影響

任意方向への単位時間あたりの延焼速度で円を描くと、風の影響によって図 1 のように楕円が形作られる。

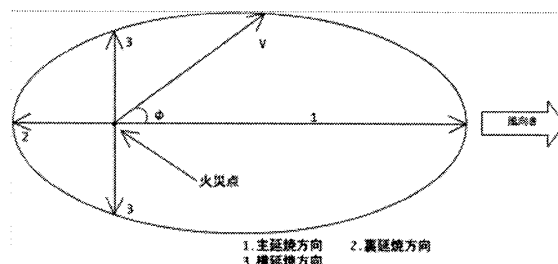


図 1：風の影響が形作る延焼速度の楕円

主延焼方向は風向きと同じ方向であり、最も延焼速度が速くなる方向である。裏延焼方向は主延焼方向から 180 度回転した反対方向で、最も延焼速度が遅くなる。横延焼方向は主延焼方向から 90 度回転した垂直方向である。また、各方向の延焼速度をそれぞれ、主延焼速度・裏延焼速度・横延焼速度と呼ぶ。風の影響による主延焼速度は次の式(1)によって求められる。

$$V_w = 1 + W_c \cdot U \quad (1)$$

V_w : 風の影響のみの延焼速度

W_c : 風の影響力

U : 風速

また、横延焼速度(V_s)と裏延焼速度(V_B)は次の式(2)、(3)で求められる。

$$V_s = V_w \cdot 10^{-0.12U} \quad (2)$$

$$V_B = V_w \cdot 10^{-0.214U} \quad (3)$$

そして、任意方向(θ)の延焼速度(V_E)は次の式(4)、(5)で表される。

$$V_E = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \theta / V_w^2 + \sin^2 \theta / V_s^2}} \quad (-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2) \quad (4)$$

$$V_E = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \theta / V_w^2 + \sin^2 \theta / V_B^2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (-\pi \leq \theta < -\pi/2) \\ (\pi/2 < \theta \leq \pi) \end{array} \right\} \quad (5)$$

その他の影響

最終的な延焼速度(V)は湿度・植生・傾斜を考慮した次の式にて求められる。

$$V = (V_E + (H_c / RH) \cdot (1 + veg \cdot m)) \cdot 2^{TH/Sc} \quad (6)$$

An experiment of searching parameters depending on region for forest-fire spread model with Genetic Algorithm

[†]Wataru UEMA · Dept of Information Engineering University of the Ryukyus

[‡]Yuhei Akamine · University of the Ryukyus

[‡]Satoshi ENDO · University of the Ryukyus

^{*}Toshihisa HONMA · Hokkaido University

^{*}Kieji KMURA · Hokkaido University

RH:湿度(%)
veg:植生指数
TH:傾斜角

H_C :湿度の影響度
 m :植生指数係数
 S_C :傾斜の影響度

以上の延焼速度式から環境要因以外の変数を探索するパラメータとして選択した。しかし、湿度と植生指数はデータが得られなかったため、固定値を入力し、パラメータの探索は行っていない。また、延焼速度を操作する変数「主延焼係数(M_C)」を探索するパラメータに含めた。この主延焼係数が延焼速度を定数倍することにより、時間スケールの調整を行うことができる。

以下に本研究にて探索するパラメータを示す。

W_C :風の影響度
 S_C :傾斜の影響度
 M_C :主延焼係数

3 評価関数

遺伝的アルゴリズムの評価関数を以下のように設定した。

1. パラメータを与えて、シミュレーション上の時間で初期状態から教師状態までと同じ期間のシミュレーションを行う。
2. その後、以下の式(7)を用いて評価値を算出する。

$$Fitness = \frac{RM \cdot C - IM}{TB - IB} \quad (7)$$

ここで、各変数の意味は次の通り。

RM:実行結果と教師状態が一致したセル数
IM:実行結果と初期状態が一致したセル数
TB:教師状態の燃焼セルの数
IB:教師状態の燃焼セルと初期状態の燃焼セルが一致した数
C:実験的な係数

つまり、初期状態からの変化を比較して評価値を算出している。

4 実験

火災発生後 72 時間が経過した状態を初期状態とし、教師状態はその 24 時間後とした。

実験条件

- 風速・風向きは時系列データを使用
- 植生指数は係数も含めて 1.1 とする
($1 + \text{veg} \cdot m = 1.1$)
- 湿度は影響度も含めて 0.15 とする
($H_C / RH = 0.15$)
- 個体数 100, 世代数 100
- 遺伝的操作の割合
 - エリート保存…0.06
 - 交叉…0.6

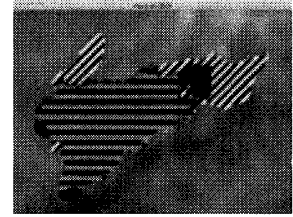
➢ 突然変異…0.34

実験結果

上記の実験条件で実験を行ったところ以下の結果が得られた。



本研究の実験結果



初期状態及び教師状態との合成画像



以前の実験結果



初期状態及び教師状態との合成画像

合成画像の内、黒一色の部分が実験結果、横縞の部分が初期状態、ゼブラ模様の部分が教師状態である。

以前の評価値	評価値	風の影響度	傾斜の影響度	主延焼係数
0.164974	0.281388	2.348819	5.429723	1.565521

探索結果

5 考察

以前の実験結果と比べると、教師状態外へのはみ出しが少なくなり、評価値が上昇している。

今後の展望として、より評価値を高めるために、パラメータ探索範囲の広範囲化、及び個体数・世代数を増加させての実験などを行う。

謝辞

本研究は科研費（20241042）の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 北方森林火災シミュレーション (2005)
北海道大学情報科学研究科 木村圭司・本間利久
北海道大学低温科学研究所 中右浩二・串田圭司・福田正己
北海道大学工学研究科 早坂洋史
- [2] パソコンを用いた林野火災の拡大予測に関する研究 (1990)
消防庁 消防研究所