

2003年度修士論文

高知市南海地震時における優先すべき 火災延焼遮断帯の提案

A Proposal of Fire-Breaks Priority of Kochi City Area
in Nankai Earthquake

2004年1月

指導教員 中田慎介

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻
社会システム工学コース 1065092
宮本 敏行

高知市南海地震時における優先すべき火災延焼遮断帯の提案

要旨

1. 背景

1-1 研究の背景

昭和 21 年の昭和南海地震では、全焼した家屋 2598 棟の被害が生じた。次回の南海地震では、昭和南海地震時と比べ家屋の増加により火災被害の増加が予想される（表 1）。しかし、現在高知市内における対策は、高知駅前やアーケード街の防火地域、上町、高知街、北町、南町周辺の準防火地域といった限られた地域内での対策が始まったばかりで、具体的な方策が定められていない。

表 1 高知市世帯数の推移

	世帯数
昭和南海地震の年 (昭和 21 年)	31255
平成 12 年	139997

このため、既存の市街地が密集する高知市中心部に着目し、都市火災に強い街づくりが必要となった。都市火災に強い街づくりには、河川、鉄道、道路、公園などの公共

参考文献：国勢調査 平成 12 年

施設を軸として、計画的に有効な焼け止まり線を構成することが必要となる。その焼け止まり線で、市街地を多数の区画に分けることで焼失被害を極小化することが出来る。しかし、すべての施設を一度に整備することは財政面上不可能であるため、最も効果的な路線を整備していくかが重要となる。

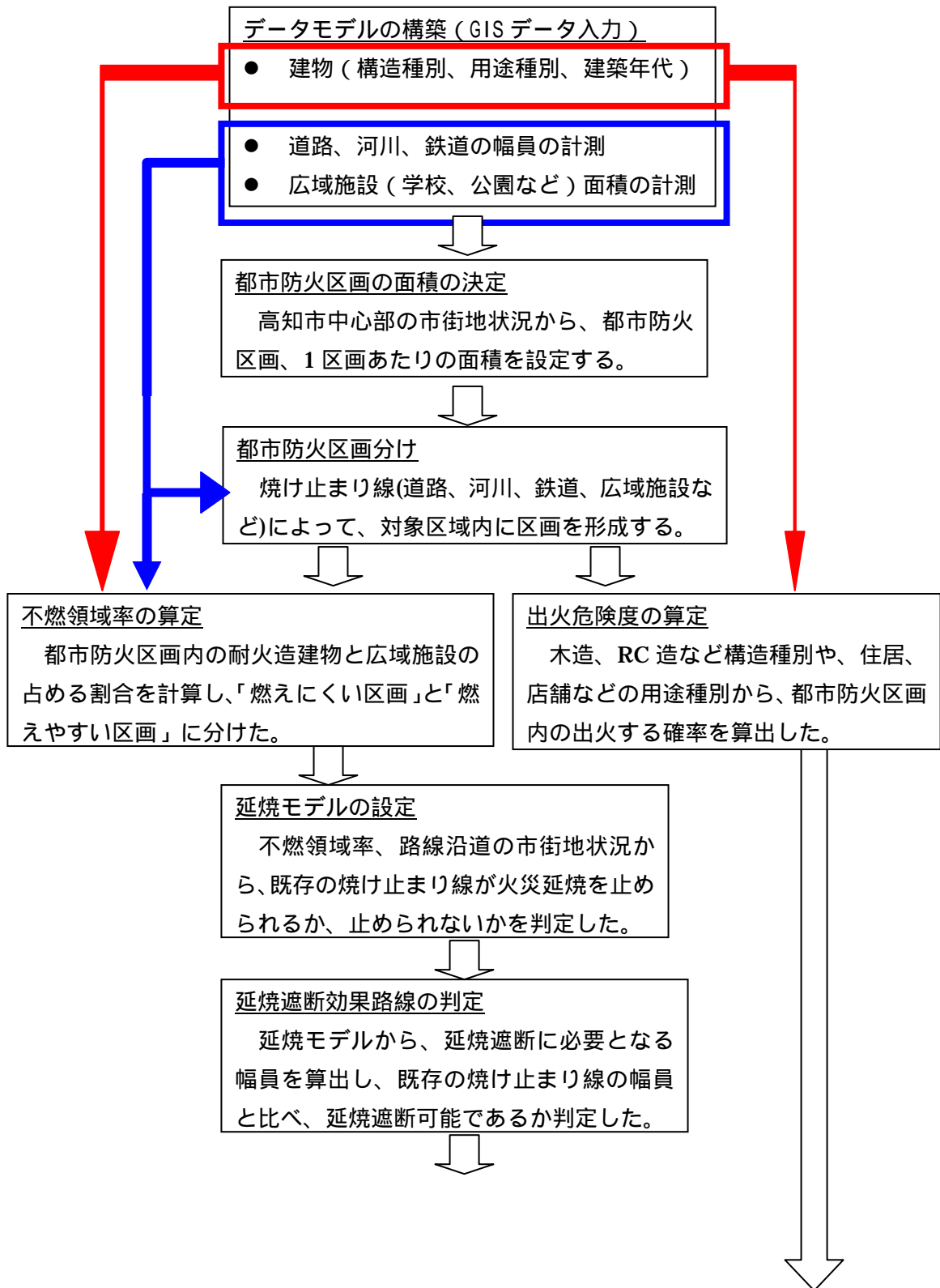
1-2 研究の目的

本研究の目的は、GIS（地理情報システム）上で、河川、鉄道、道路、公園などで仕切られたブロックの延焼特性を把握しつつ、この焼け止まり線で市街地を多数の区画に分断する「都市防火区画計画」を使い、優先すべき延焼遮断帯の提案を行うことである。この手法は、実際の都市防火行政などの現場で、利用できる都市防火計画・設計技法として期待されている。

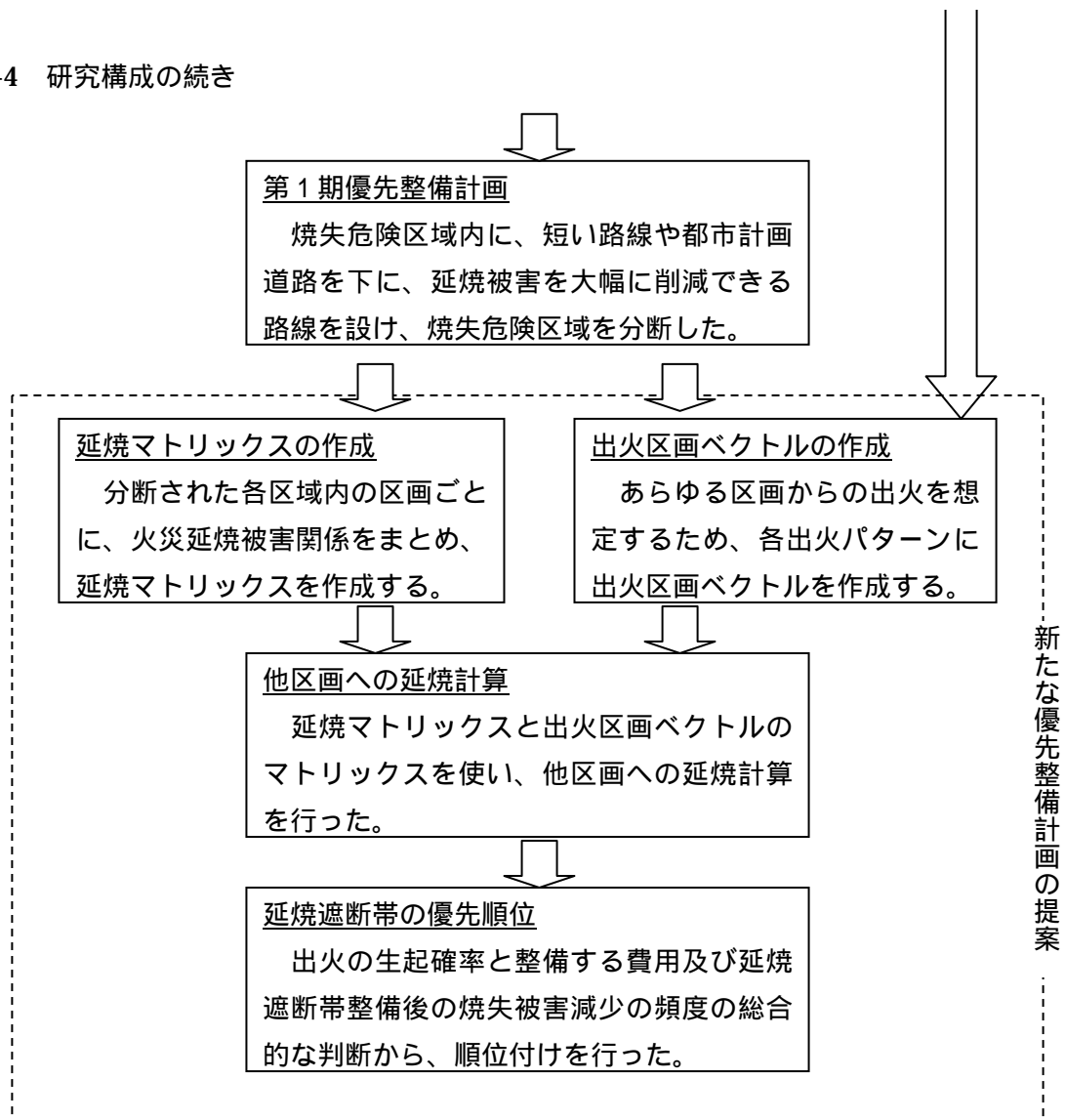
1-3 既往研究の状況と本研究の位置づけ

旧建設省が行った既往研究(昭和 57 年)では、都市防火区画分けで区切られた区画で、特に出火危険度の高い区画を重視し、これを封じ込めることを第一としている。だが、出火危険度の高くない区画に出火が起これば、焼失被害が広域に及ぶ恐れが出てくる。よって、この点にも着目し、既存の方法に新たな改善策をも付け加えて、新たに優先すべき延焼遮断帯の策定を行った。

1-4 研究の構成



1-4 研究構成の続き



2. 対象区域の延焼遮断効果路線の判定と、第1期優先整備計画の策定

2-1 都市防火区画計画の設定

都市防火区画計画とは、木造家屋が密集する市街地大火の危険性の高い地域に、焼け止まり線のネットワークを作ることによって、大地震事の同時多発火災による焼失被害面積を極小化しようとする延焼遮断計画である。ここでは、河川、鉄道、道路、公園などの火災の延焼を防ぐ焼け止まり線を「延焼遮断帯」とし、そ

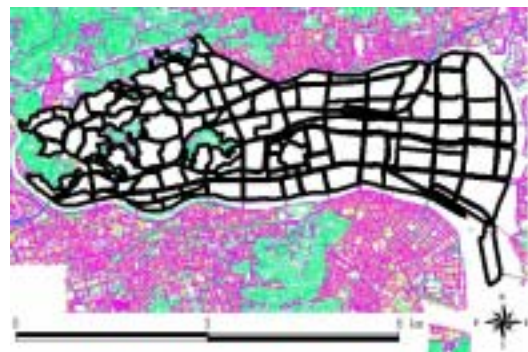


図1 都市防火区画の設定

の延焼遮断帯で区切られた区画を「都市防火区画」とした。

各区画に1世帯でも出火すれば、区画内全体に延焼を引き起こすと想定し、各区画間の火災延焼を有効に遮断することが、都市防火区画の目的となる。火災延焼を遮断する延焼遮断帯の候補路線を延焼遮断帯候補路線と設定し、都市防火区画分けを行った(図1)。図1のように、都市防火区画は128区画のブロックに分割した。

2-2 対象区域の第1期延焼遮断優先整備計画の策定

都市防火区画間の火災の燃え広がる様子を探るため、各々の都市防火区画内の燃えにくい建物や広場の占める割合から、「不燃化区域(燃えにくい区域)」と「焼失危険区域(燃えやすい区域)」に分けた(図2)。前者は不燃領域率(区画面積あたり、耐火造建物などの延焼を妨げる面積の占める割合)が70%以上とし、後者は不燃領域率が70%未満を占める区域とした。また、都市防火区画の出火危険度は、木造、鉄筋コンクリート建物などの構造種別や住居、店舗などの用途種別から求められる。

次に、焼失危険区域での都市防火区画内の火災延焼の可能性を検証するにあたり、都市防火区画内の不燃領域率と、路線沿道の市街地状況などから、火災の延焼遮断に必要とする路線幅員(d_1)を算出した。算出した d_1 から図1の都市防火区画の縁の路線幅員(d)を引いた値を延焼遮断判定(d')とし、表2に定めるとおり延焼遮断力のランク付けを行った(図2)。不燃化区域は延焼拡大する恐れはないが、焼失危険区域は火災が拡大する恐れのある区域ゆえ、どの路線を優先して延焼遮断帯を設定していけば良いかを判定する。対象区域内で不燃化区域、延焼遮断効果道路等で第一期優先整備計画を策定した(図3)。

表2 延焼遮断力のランク付け

延焼遮断力ランク	d' : m
A	焼け止まる($d' \leq 0$)
B	$0 < d' \leq 5$ m
C	$5 < d' \leq 10$ m
D	$10 < d' \leq 20$ m
E	$d' > 20$ m

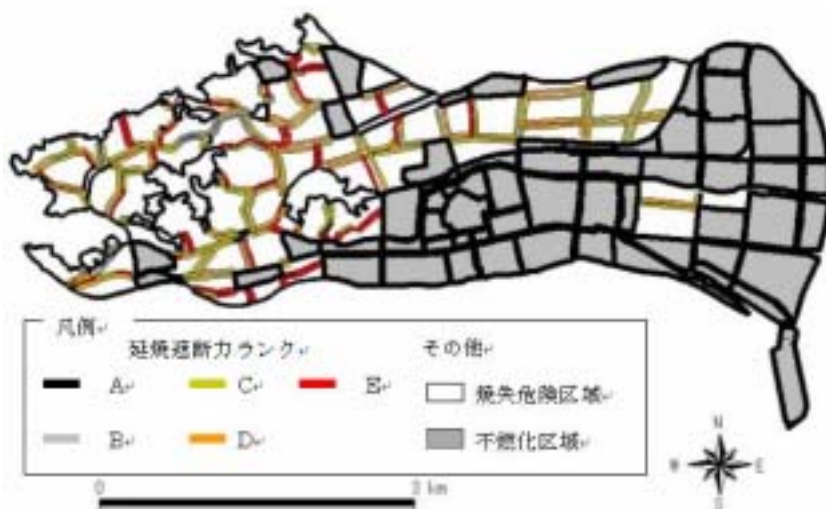


図2 延焼遮断効果の判定



図3 第1期優先整備路線整備後の区域分け

3. 新たな優先整備計画の提案

3-1 新たな優先整備計画の提案

第1期延焼遮断優先整備計画で焼失危険区域がA~Iの9つに分割できたが、そのうち1つを例にとり解析手順を以下に示す。

図4の江ノ口近辺(図3のD区域)の地図でここから、旧建設省が行った既往研究では、GISデータから想定出火区画(黄色区画)の設定を行い、想定出火区画を封じ込めることを優先とされ、赤

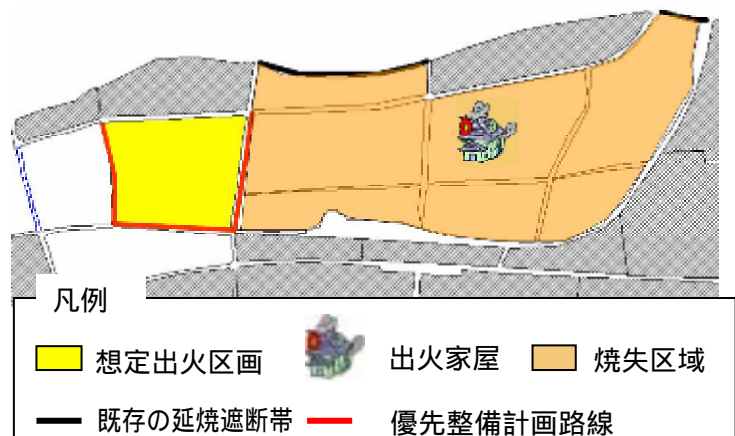


図4 第2期優先整備計画の問題点

線で表示された路線が優先整備計画路線と提案するのみで終結している。しかしこの場合、出火危険度の高い区画からの延焼は抑えられるが、図3の焼失区域で表現した出火危険度の高くない区画から出火すると、広範囲に延焼する恐れがある。この点に着目して、本研究では、より効果的な延焼遮断帯の設定手法を新たに提案することが必要と考えられた。

図4の区域を図5のように区画に番号を振り分ける。

次に、それぞれの区画から出火した場合の隣り合わせの区画に及ぼす延焼状況を調査する。その様子を図6で表現する。縦横軸方向に各区画番号を記入し、区画番号が重なる左上から右下への対角線上の区画を出火区画とし、黒色で表示する。横方向が延焼区画を表わし、出火区画に隣接する区画が延焼するのであれば、灰色

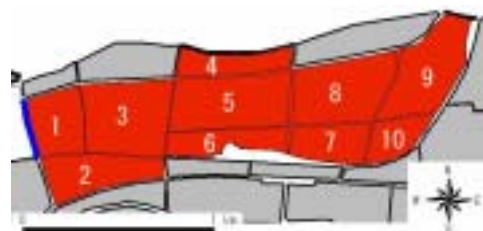


図5 区画番号の配分

で表示する。次に、図 6 から黒色及び灰色で塗られている枠を 1 と表示し、それ以外の枠を 0 と表示させ、図 7 の通り行列式を導き出し、これを延焼マトリックス M と定義する。

次に出火区画ベクトル f の算出をする。出火するパターンは区域内の全ての区画をランダムに出火区画として想定することが出来る。ここでは一例として、出火する区画を図 5 の区画番号 3 と 8 で想定し、出火する区画をベクトル 1、出火しない区画をベクトル 0 と置いて、図 8 の行列式で表示する。次に、この出火パターンにおける、延焼遮断帯を設ける。区画の間に延焼遮断帯を設け、それを 1 つと数え設定していくが、図 5 の区域では、1 箇所の延焼遮断帯では、ほとんどの区域が焼失してしまうため、一度に、2 つの延焼遮断帯の設定を行う。まず、図 5 の区画 8 から 9 への延焼を遮断する延焼遮断帯と区画 7 から 10 への延焼を遮断する延焼遮断帯を設ける。図 7 の行列数式で、8 行 8 列目のベクトル 1 は区画 8 の出火区画を表わしている。横方向が、延焼を表わしているのので、区画 8 から 9 への延焼を示している 8 行 9 列のベクトル 1 に、延焼を遮断することを位置づけるためベクトル 0 に変換する。これと同じく、7 行 10 列のベクトル 1 も 0 に変換する。この変換された行列式を延焼マトリックス M^+ と定義し、図 8 に示す。赤色で表示した数値が 0 に変換したベクトルである。

以上の設定から他区画への延焼状況は延焼マトリックス M^+ と出火区画ベクトル f の行列式で延焼演算（以下の式）することで導きだせる。

$$\text{延焼区画ベクトル } f' = M^{+T} \times f \quad T \text{ は } M^+ \text{ に対する転置}$$

演算後 f' 内に 0 以外の数値が入っているということは新たな出火点と見なすことが出来るので、0 以外の要素をベクトル 1 に変換し、その延焼区画ベクトル f' を図 10 に示す。 f' 内の区画の要素が 0 値であれば、その区画は延焼拡大していないし、数値が 1 になっていれば延焼拡大しているとみなすことが出来る。本例では、図 10 の赤字で示すとおり、出火区画 3 及び 8 の隣接している区画のいくつかの区画（区画 1,2,5,6）が延焼しているため、この一巡目

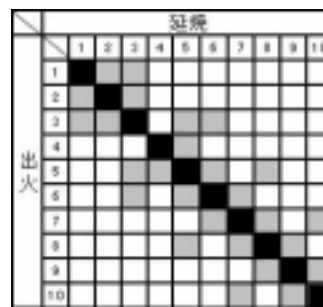


図 6 隣の区画の加害と被害の関係

$$M_D = \begin{pmatrix} 1110000000 \\ 1110000000 \\ 1110110000 \\ 0001100000 \\ 0011110100 \\ 0010111000 \\ 0000011101 \\ 0000101110 \\ 0000000111 \\ 0000001011 \end{pmatrix}$$

図 7 延焼マトリックス M

$$\text{出火区画ベクトル: } f = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

図 8 出火区画ベクトル f

$$M^+_D = \begin{pmatrix} 1110000000 \\ 1110000000 \\ 1110110000 \\ 0001100000 \\ 0011110100 \\ 0010111000 \\ 0000011101 \\ 0000101110 \\ 0000000111 \\ 0000001011 \end{pmatrix}$$

図 9 延焼マトリックス M^+

の延焼区画ベクトル f' を改めて f と定義する。この二巡目の出火区画ベクトル f を新たに設定し、再び行列演算 $f' = M^T \times f$ を行えば、更にその先の延焼拡大を計算することが出来る。こうして繰り返し演算を行い、最後に求められた延焼区画ベクトル f' の値 (f' 内のベクトル値が 0 で無ければ全て 1 に変換されている値) と最後に用いた出火区画ベクトル f の値を比較し、同じであれば「もうこれ以上は延焼拡大しない」ことになる。 f' がもうこれ以上変動が見られなければ、 f' 内のベクトル 1 で表示されている区画の全建築面積 A_i を算出する。次に焼け残り面積 NA を次の式で計算する。

$$\text{延焼区画ベクトル: } f' = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

図 10 一巡目の延焼区画ベクトル f'

$$\text{焼け残り面積 (ha)} \quad NA = A_c - \sum_i A_i$$

A_c : 区域内の全建築面積 (ha)

A_i : 焼失区画内の全建築面積 (ha)

この焼け残り面積 NA の値が最も大きい値が延焼遮断効果の最も有効なケースである。そこで、 NA が最大値のときに設定した延焼遮断帯の位置を本出火パターンにおける最適な延焼遮断帯とした。これをあらゆる出火パターンを想定し、出火パターンごとに、最適な延焼遮断帯の位置を算出した。

4. 結論

以上の計算過程によって導かれた延焼遮断帯に、出火の生起確率 (各区画の出火が起こる確率) や整備コスト (延焼遮断帯の整備費用) などの重み付け計算を行った結果、図 11 のような順位付けとなった。順位付けをすることで、どの路線を優先して整備するかを策定することが出来た。1つの路線に順位が重なっているのは、各区画の延焼規模が異なることで、区画間の火災の燃え移る勢いが加害 (火災を与える側) と被害 (火災をもらう側) では異なる。このため、加害と被害によって火災延焼を遮断に必要な整備コストが異なるので、1つの路線に2つの順位がつけられている。

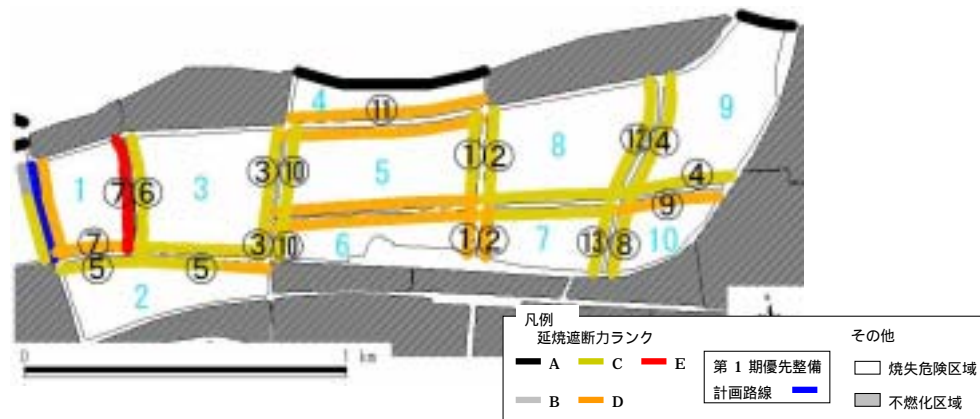
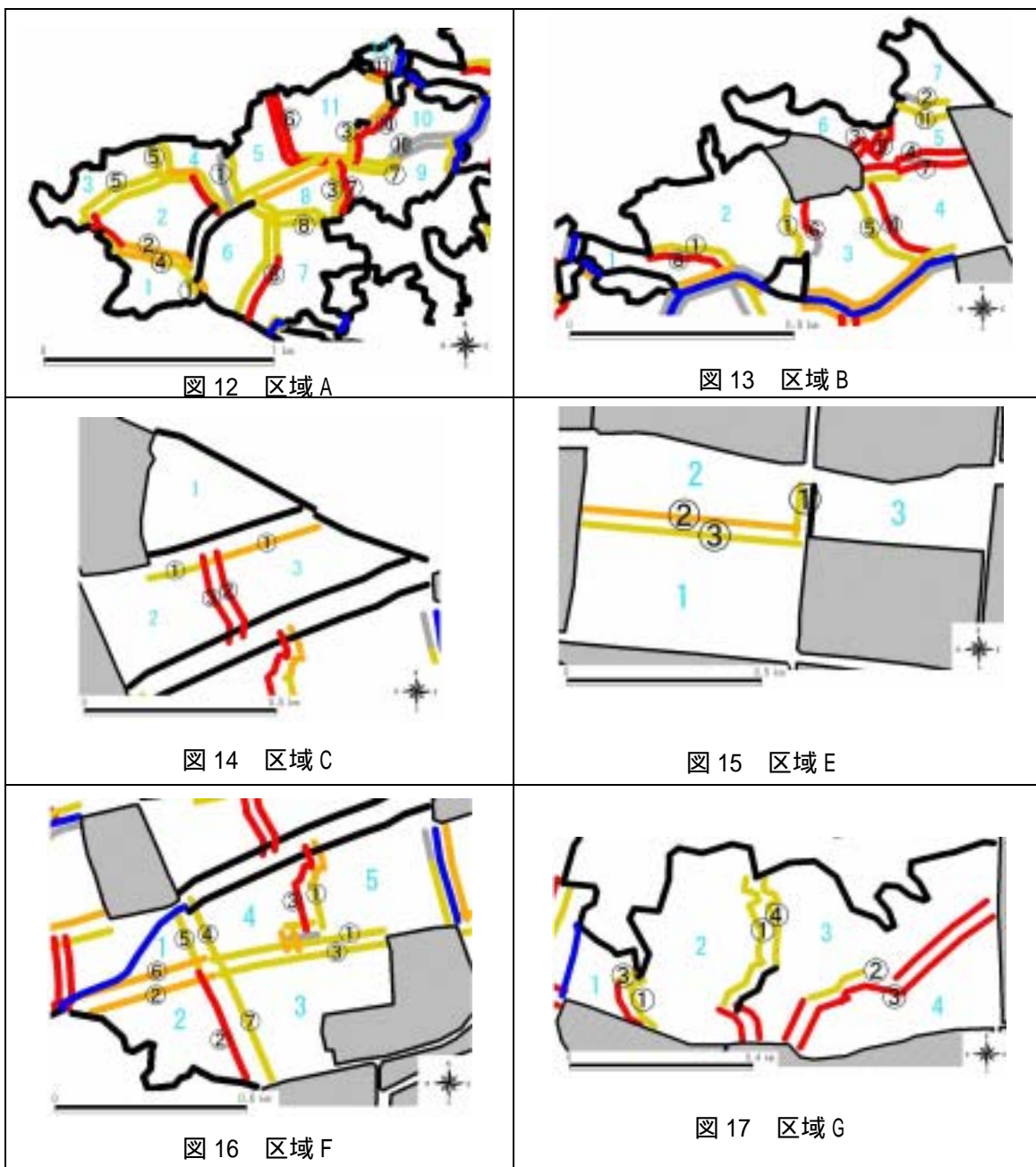


図 11 延焼遮断帯の優先順位

図 11 の延焼遮断帯の優先順位付けを図 3 の A~I の区域全てに策定した（図 12~19）。
 図 12~19 の凡例は、図 11 の凡例と同じとする。



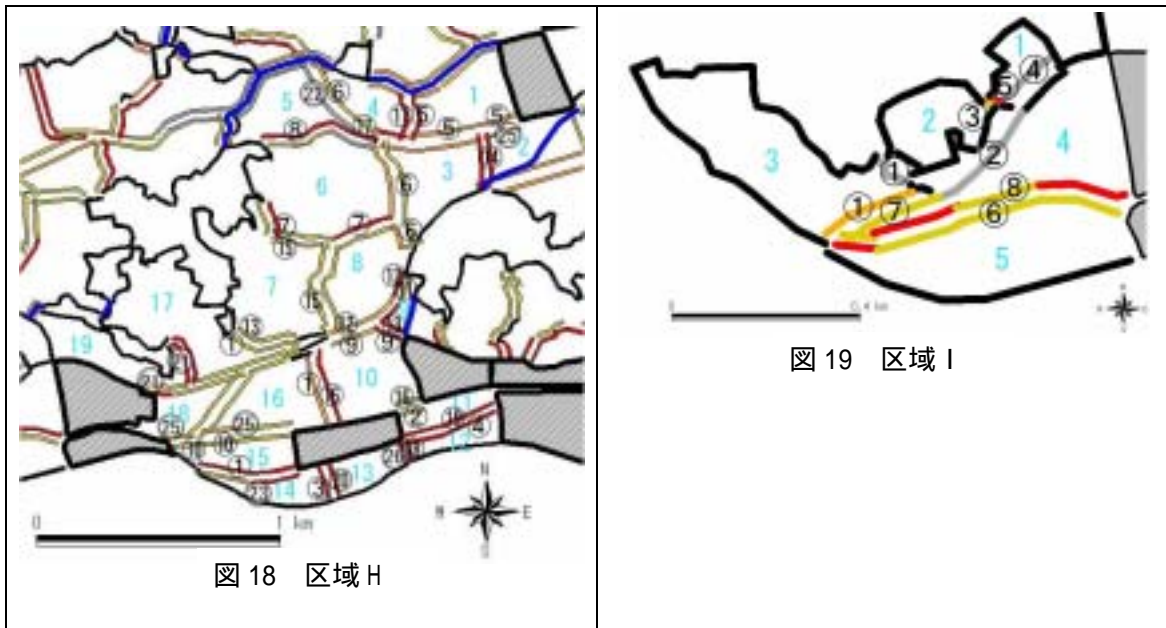


図 19 区域 I

5. 考察

- 1) 既存の優先すべき延焼遮断帯の設定手法は、出火危険度の高い区画や風向を考慮し、延焼遮断帯を設ければ妥当とするアナログ手法であったが、本研究手法では、全ての区画を出火区画として延焼演算を行なったデジタル手法を用いることで、優先順位が明確になる結果となった。
- 2) 出火の生起確率と延焼遮断帯を整備する費用及び延焼遮断帯整備後の焼失被害減少の頻度の総合的な判断が可能となった。

6. 今後の課題

全体的な順位を見てみると、最も優先整備すべき 1 位に指定した路線は有効と判断できそうだが、2 位以下は有効とは言えない。図 12 の区域 A の優先整備順位を例として説明する。1 位の路線である区画 1-6 間及び 4-5 間を整備することで、市街地を均等に東西に分断されたが、2 位の路線は区画 1-2 間となっており、ここを整備したとしても、区画 1 のみの焼失が抑えられるだけで、効果的な優先順位とはいえない。これは、出火の生起確率（各区画の出火が起こる確率）や整備コスト（延焼遮断帯の整備費用）などの重み付け計算を行った結果、整備コストの重み付けが強いため、延焼遮断力ランクの高い路線が順位の上位を占めることとなった。このため、上記の三つの要素の位置づけが正しいか考察していかないといけない。

Abstract

A Proposal of Fire-Breaks Priority of Kochi City Area in Nankai Earthquake

Toshiyuki MIYAMOTO

There were a lot of fire damages in last Shouwa Nankai Earthquake. Next Nankai Earthquake it is expected that the fire damages will increase more than those in the last Shouwa Nankai Earthquake because now the numbers of timber buildings increased at the range of three times. This research proposed urban fire disaster mitigation after the earthquake in the central outskirts area of Kochi city, where are important bases of a governors office, a city hall and a fire authorities etc are located. The targets of this research work is to compose some deliberately available firebreaks considering existing firebreaks institutions such as rivers, railroads and parks etc. The urban area can be divided into lots of parts with firebreaks. If such divided area can be smaller, the expected fire damage will be smaller. However, all of urban areas can't be promptly divided with these firebreaks because of financial limits. Then it is important to decide firebreaks precedence.

Basing on "an urban fire prevention section planning", the urban area were divided into limited numbers of areas. The urban fire prevention sections are controlled by surround firebreaks, if one household breaks out in a section, fire spread gives strong damage to all over the other section. So, it is important to set firebreaks effectively in this urban area.

The firebreaks setting in urban areas are proposed by an urban fire mitigation method published from former Ministry of Construction 1982. However, this method showed that the burned-out area is defined only in the most dangerous area. If one area where fire ignition risk isn't high breaks out, the priority equipment planning for precedence preventing will not be reasonable. So, this paper proposed new urban fire mitigation method revising such methodology.

The firebreaks setting priority which is newly proposed in this paper gave better effects to the existing method.