

木造密集市街地における火災延焼リスクの
簡易的評価手法に関する研究

システム情報工学研究科
筑波大学

2006年7月

藤井正俊

論文要旨

1. 研究の背景

我が国の都市部には依然として広大な木造密集市街地が存在し、そこにおける災害時の潜在的リスクについて、建築物倒壊・火災延焼の危険性、また、それらにより増幅される避難の困難性などが、これまでに幾度となく指摘されている。

都市レベルでみた災害としての火災に着目した場合、建築物の倒壊などと比較して、発生原因が「他」に起因する可能性が大きく、被害拡大の不確実性が極めて高い点が大きな特徴として挙げられる。いわゆる「もらい火」「延焼火災」であり、1件の出火で多数の建築物が焼失する事態も度々発生し、貴重な人命・財産が奪われている。1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震の際の神戸市では、地震後10日間における火災発生件数が175件（建物以外からの出火を含む）であったのに対して、総焼失棟数は7386棟（ぼやを含む）にもおよんだ¹⁾。地震発生時の風向・風速記録として有名な神戸海洋気象台の観測記録²⁾によると、地震発生当日の風速はほとんどが3m/s以下の弱風下であったにもかかわらず、これほど多数の延焼火災が発生したことは、現代の都市でも市街地大火が起こり得るということを示すものとなった。

このように、震災などの大災害時においては危機的な状況となることはいうまでもないが、消防力が相当に整備された現代においてさえ、平常時の火災であっても延焼火災に拡大することは珍しくない。例えば1999年から2003年までの5年間をみると、火災件数は全国で毎年約33000件前後だが、うち、延焼火災は毎年約6300件前後であり、これは建物火災の実に2割弱が延焼火災に拡大しているということを示している³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

日本におけるこのような延焼火災の危険性は、狭小な敷地いっばいに木造系建築物が林立し、空地や緑地の割合が極端に少ない日本の都市市街地の特性に大きく起因するものであり、特に木造密集市街地の存在は看過することができない状況である。本研究では、このような市街地の延焼火災に対する危険性・脆弱性を「火災延焼リスク」と定義する。

このような状況を改善するために、様々な取り組みが行われている。市街地の物理的なストックの改善に着目した場合、代表的な手法としては

従来型の都市計画的事業手法（市街地再開発事業、土地区画整理事業などの面的手法）

防災特有の事業手法（都市防災不燃化促進事業、木造住宅密集地域整備促進事業など）

などが挙げられる⁸⁾。東京都ではさらに、より危険性が高く緊急に改善が必要とされる地域を指定し、上記の事業を複合的に活用しながら木造密集市街地の改善を図るための「防災都市づくり推進計画」⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾を策定している。

しかしながら、これらの整備事業がなかなか進まないのが実情であることは、既に数多

く指摘されているところである（例えば文献 12) 13) など）。特に、都市部の既成市街地内部（俗に言う、市街地の「あんこ」部分）では個々の敷地が狭小な上に複雑な権利関係・利害関係が絡むため、広範囲の合意形成が必要とされる面的事業手法はごく一部における適用に留まっている。そのため、個々の建築物の建て替えによる不燃化やそれに付随した細街路拡幅、あるいはポケットパーク整備などの、個別的日常的市街地更新の積み重ねにより徐々に全体を整備しようとする、いわゆる「修復型まちづくり」が、木造密集市街地改善手法の大きな柱の 1 つとして位置付けられるようになった。特に兵庫県南部地震以降はこの傾向が顕著であり、例えば前述の「防災都市づくり推進計画」^{9) 10) 11)}においても、修復型まちづくりは主要な枠組みの 1 つとなっている。

このような修復型の事業手法は、市街地再開発などに代表される面的な事業手法と比較すると、できるところから事業に取りかかることが可能であるという長所はあるが、反面、事業後の市街地像がイメージしにくく、事業効果の把握が困難であるという短所がある。また、限られた原資の中での事業遂行のため、事業の優先順位付けも重要である。したがって、客観的な手法による市街地のリスク評価・事業評価が極めて重要であると言える。

2. 主な関連既往研究

火災延焼の側面で見えた場合、市街地の火災延焼に対する危険性を算定する手法は様々存在する。火災の拡大状況を動的に把握あるいは記述しようとする試みは、古くは浜田式（1951）^{14) 15)} に始まり近年の東消式（1985、1990、1997、2001）^{16) 17) 18) 19) 20)} に至る①延焼速度式と、国土交通省（2003）^{21) 22)} や樋本（2005）²³⁾ の研究に代表される②物理的火災延焼モデルの、2 つに大別される。

①の延焼速度式とは、単位時間あたりの火災前面の進行度合いを、市街地状況（主に建築物の立地状況）・気象条件・時間などの関数として表現したものである。代表的な延焼速度式としては前述の浜田式の他に、純木造の市街地を対象としていた浜田式を防火造市街地に拡張した堀内式¹⁵⁾、さらにそれを簡易耐火造に拡張した室崎式²⁴⁾、などがある。初期のものについては非常に理想化された市街地を対象としているため現実の市街地の実態を反映しにくい。その後、実際の市街地に適用可能なものが提案されているが、いずれも延焼速度式が提案された当時の市街地火災の実態や実大火災実験に基づいて構築された経験式であるため、現在の難燃化がある程度進んだ市街地への適用に当たっては問題があることが指摘されている¹⁴⁾。そのため、実際の火災事例を基に統計的・演繹的に延焼速度を表現したものが提案されるようになった。著名なものとしては、東京消防庁式（東消式）¹⁶⁾、糸井川式（東消拡張式）^{17) 18)} などが挙げられる。

の物理的火災延焼モデルは、燃焼現象の物理的記述の論理的積み重ねによって火災延焼シミュレーションを構築したものである。これは極めて複雑かつ膨大な計算を必要とするものであり、近年のコンピュータの性能向上を抜きにして実現はあり得なかったと言える。したがって、実用的な研究の蓄積はさほど古くなく、前述の国土交通省（2003）^{21) 22)} や

樋本（2005）²³⁾の研究が主なものである。

一方、火災動態を視覚的に表現するために、①や②を基にした③延焼シミュレーションも数多く提案されている。特に、②物理的火災延焼モデルについては③延焼シミュレーションと一体で考えるべきものであり、分けて考えることはふさわしくないと言える。

近年の延焼速度式や延焼モデルにおいては、特にコンピュータの性能向上により、①②③の詳細化・精緻化は特筆すべきものがあり、極めて複雑かつ不確定性の高い延焼火災の現象解明が格段に進んだものと評価できる。しかし、まちづくりにおける実用面から見た場合、詳細化・精緻化に伴って必要なデータは極めて膨大かつ詳細なものとなった。建築物の構造や平面形状だけではなく、立体的な形状や開口部の位置まで必要とされる場合があり、それらの多くは新たな現地調査によるデータ整備が伴うものである。つまり、限定的な空間を対象とした詳細な実態解明においては、これらの手法の有用性は疑うまでもないが、限られた人的・物的・時間的資源の中で極めて広範囲の空間を対象としなければならないまちづくりの行政対応的側面から見ると、現実的な手法とは言えないことが指摘できる。また、市街地の様相以外にも様々な影響要因があり、例えば風などの気象条件に結果が大きく左右される。これらは火災現象の解明には必要不可欠な要素であるが、政策的コントロールが不可能な諸要因により結果が支配されるため、意思決定という側面から見ると、簡易性・実用性に欠けると言わざるを得ない。

これに対し、前述①～③の手法に頼るにはあまりに非効率な広範囲の空間規模を対象とする必要がある行政対応や政策的な見地からみた場合の、より大局的・集約的リスク算定を行うための手法として、不燃領域率（建設省、1982）²⁵⁾に代表されるような、市街地の特性をマクロに集計した④指標導出型の手法がある。このような、ある市街地領域の難燃性能を指標化するという発想自体は、まちづくり事業の現場においても非常に扱いやすい考え方であり、評価すべきである。しかし、これは元来、修復型まちづくりが対象とする地区レベルの空間スケールを対象としたものではなく、特によくこの類の評価指標の引き合いとして出される不燃領域率については、加藤（1997、1998）^{26) 27)}が明解に述べているように、計画指標として用いるには問題が多いことが既に指摘されている。

3. 研究の目的

(1) 課題認識の整理

修復型まちづくりを行う場合、建築物の建て替え・除却などの日常的な市街地更新の積み重ねとして事業が遂行されるため、従来の手法以上に地域性を考慮した地道な対応が要求される。人的・物的・時間的資源が限られている状況下では、必然的に事業対象を相当絞り込まざるを得ない。

そのような「どこで・何を整備するのか」という洗い出しにおいては、一般的に、
問題市街地候補の洗い出し（明らかに安全と考えられる地域をふるい落とす）
候補の詳細チェック（候補の中でよりリスクの高い地域を選別する）

適用整備手法の検討

整備優先順位の検討

といった流れで行われると考えることができる。④については、市街地の物的諸条件よりも、むしろ当事者間の合意形成やコスト等を考慮する必要があるため、本研究では対象外とする。①については、非常に広域的なスケール（例えば、場合によっては県全体というレベル）での検討が必要であり、前節で整理したうちの「不燃領域率」などのマクロ的指標が有効と考えられる。また、③においては、具体的に選定された市街地の中で、どこを不燃化し、どの道路を拡幅するかといった個別の議論が必要であり、延焼火災面での検討では延焼シミュレーションが有効である。

ところが、この 2 つを繋ぐ部分である②については、適当な手法が存在しない。マクロ的な手法では大局的過ぎ、シミュレーション的手法を適用するには非効率な、中間的な空間規模を対象とする必要があるためである。このような場面においては、現状では「不燃領域率」などのマクロ的指標が引き続き用いられることが多いが、前節でも述べたように、その問題点は既に指摘されている。このマクロ的手法とシミュレーションの手法の差を埋め、扱いやすいマクロ的データを用いてより精度の高い結果を得るための、「セミマクロ」的評価手法を構築することが求められていると言える。

(2) 研究の目的

本研究では、これまで述べてきた課題を解決するために、簡便、かつ、実用上問題のない精度を持った密集市街地の火災延焼リスク算定のための手法の開発を目的とする。「修復型まちづくり」の事業内容に着目し、延焼火災に対する事業効果を客観的に評価することに主眼を置き、既存の研究成果を取り入れつつ実務的に利活用可能な体系的手順を与えることを目指す。

4. 研究の概要

本研究は大きく 4 つのフレームから成る。

フレームⅠでは、火災延焼の拡大プロセスとそれを軽減するための修復型まちづくりの事業内容に着目し、市街地の延焼リスクを評価するための基本モデルを構築する。

フレームⅡでは、フレームⅠにおいて構築した基本モデルを市街地の集計データについて適用し、火災延焼リスクの概算を行うとともに、基本モデルが妥当性のあるものかどうか検討を行う。市街地の集計データについては、フレームⅢで取り扱う一棟単位のデータに比べて、入手が比較的容易であると考えられる。そのような入手が容易なデータを用いて、表計算ソフトレベルのスキルによってリスク概算を実現することも、要件の一つとする。

フレームⅢでは、より詳細な建築物一棟単位のデータを用いて、基本モデルをベースとした市街地の火災延焼リスクの評価手法の構築とその検証を行う。一棟単位の詳細なデータといえども、建築物一つ一つに事細かなデータを要求することは現実的ではなく、本研

究の目的に合致するものではない。市街地の地理情報の中で、建築物単位に大まかな規模や主要な構造が把握できれば、領域全体の火災延焼リスクを評価することができる手法を目指すものとする。

フレームⅣでは、実際に修復型まちづくりの事業が行われた（あるいは、行われている）市街地を数例取り上げ、ケーススタディを行う。フレームⅠ～フレームⅢにおいて構築した市街地の火災延焼リスク評価のスキームを適用し、現実の事業評価への適応性の検証を行う。

5. 各章の概要

<第1章 序論>

第1章では、研究の背景・目的・方法を示した。まず、本研究で扱う、延焼火災面からみた木造密集市街地のリスクの概念を定義した。次に、特に兵庫県南部地震以降、木造密集市街地改善手法の大きな柱となった「修復型まちづくり」について整理を行った。さらに、火災延焼に対する危険性を算定する手法についての主要な先行既往研究を整理した。それらを基に課題認識の整理を行い、本研究の目的を「簡便、かつ、実用上問題のない精度を持った、密集市街地の火災延焼リスク算定のための手法の開発」と定義した。また、本研究における研究フレームおよび研究方法を述べた。

<第2章 評価対象の検討>

第2章では、リスク評価モデル構築の前段階として、前提条件の整理を行った。

まず、本研究における建築物の分類として、「木造建築物」「防火造建築物」「準耐火造建築物」「耐火造建築物」の4種類を定義した。次に、既存研究を基に、本研究において構築するモデルの基礎概念の整理を行い、既存の代表的な物理的・火災延焼モデルの知見から「建築物内部の火災拡大」と「建築物間の延焼拡大」の2つのフェーズが、火災延焼拡大プロセスの主要な要素として位置付けられていることを示した。最後に、代表的な木造密集市街地改善事業である東京都の「防災都市づくり推進計画」の事業手法をまとめ、「火災延焼リスクを軽減する」という観点からみた修復型まちづくりの事業内容は、「燃え種の量」と「燃え種同士の距離」の2つの要素をコントロールすることに集約できることを指摘した。

以上により、これらの「物理的・火災延焼モデルからの知見」と「修復型まちづくりの要素」は、明快な対応関係を示していることから、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」と「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」を密集市街地の火災延焼の2つの基本的リスク因子と考え、本研究の評価対象要素と位置付けた。

<第3章 リスク評価基本モデルの構築>

第3章では、木造密集市街地における火災延焼リスクを簡易的に評価するための基本モデルを演繹的に構築した。

まず、本研究におけるモデルの諸条件を整理し、モデル空間の定義、建築構造の記述方

法の定義、および気象条件の扱いについての定義を行った。

次に、第 2 章において示された基本的リスク因子を用いて、本研究での評価に用いる基本モデルの構築を行った。2 つの基本的リスク因子、すなわち、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」をそれぞれサブモデルと位置付け、「みかけ可燃物量」「みかけ延焼確率」としてモデル化した。ここで構築したモデルは、「火災延焼の拡大プロセス」と「修復型まちづくりの要素」に着目し演繹的に構築したものであり、物理的な意味を持つ 2 つの値（「みかけ可燃物量」と「みかけ延焼確率」）が導き出される。この論理構造は極めて独自性の高いものであると言える。

<第 4 章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用>

第 4 章では、第 3 章において構築を行った基本モデルについて、比較的容易に入手が可能であると考えられる市街地の集計的データに対して適用し、木造密集市街地の火災延焼リスクの概算を行った。

まず、前提となる集計的データの想定および定義を行い、併せて、第 3 章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行った。ここで想定した集計的データは、データの収集およびハンドリングのいずれも簡便なものとした。

次に、研究対象である重点整備地域において、集計的データによる基本モデルに基づく 2 つの指標の算出、および、延焼シミュレーションを行い、前者を説明変数、後者を目的変数として、単回帰分析および重回帰分析により妥当性の検討を行った。いずれの分析においても、全ての変数の有意性は非常に高いが、回帰精度については「みかけ可燃物量」は低く、「みかけ延焼確率」については相対的にかなり高いという結果が得られた。この要因の一つとして、比較対象として用いている延焼シミュレーションの特性による影響が指摘でき、将来的には、様々な延焼シミュレーションによる比較検討が必要であると考えられる。

<第 5 章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用>

第 5 章では、基本モデルを詳細な建築物一棟単位のデータについて適用し、市街地の火災延焼リスクの評価手法の構築を行った。

まず、前提となる建築物一棟単位のデータの想定および定義を行い、併せて、第 3 章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行った。データについては、基本的には GIS データを想定しているが、仮にこのような GIS データが存在しなかった場合でも、限られた範囲であれば現実的な労力によって十分に収集が可能なデータとした。基本モデルの拡張については、建築物一棟単位のデータを生かし、「みかけ可燃物量」に対しては一棟単位での算出を行った後に全体の積算を行う手法を構築し、「みかけ延焼確率」に対しては建築物の建て詰まり度合いを考慮した「みかけ延焼危険量」の再定義を行った。

次に、研究対象である重点整備地域において、建築物一棟単位のデータにより基本モデ

ルに基づく 2 つの指標の算出、および、延焼シミュレーションを行い、前者を説明変数、後者を目的変数として、単回帰分析および重回帰分析により妥当性の検討を行った。いずれの分析においても全体として非常に良好な結果が得られた。ただし、重回帰分析については、まずまずの精度が得られたものの、多重共線性の疑いがあることが推察される結果となった。しかし、各単回帰分析については、精度は中高程度であり、かつ、各パラメータの有意性は非常に高いという結果が得られており、本研究において目指している「火災延焼リスクの簡易的な評価手法の開発」という目的に対しては、それぞれ独立したモデルとして扱うことで十分に役割を果たすものと考えられる。

最後に、マクロ分析（「集計的データ」を用いた場合の分析）とマイクロ分析（「一棟単位のデータ」を用いた場合の分析）の比較を行った。全体的な傾向としては、マクロ分析よりもマイクロ分析の方が明らかに精度が高いという結果が得られた。これは、各サブモデルをマイクロ分析用に拡張した効果が表れたものと考えられる。特に「みかけ可燃物量」について、その傾向が顕著であった。

以上を総合的に判断すると、集計的データによるマクロ分析は「みかけ延焼確率」のみを用いた大まかな傾向把握に用いるのが適切であり、また、建築物一棟単位のデータによるマイクロ分析は「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」を独立に用いた詳細分析に適していると言える。

<第 6 章 事例分析によるリスク評価およびまちづくり事業評価>

第 6 章では、具体的な市街地事例を取り上げ、複数時点の建築物データを用いて、火災延焼リスク・市街地改善事業の効果について、時系列分析によるケーススタディを行い、修復型まちづくりに対する延焼火災面からみた本モデルおよび手法の適用性を考察した。また、併せて、本研究の目的に照らし合わせた、まちづくり事業への適用手法の検討を行った。なお、これらの分析においては、プロット図を用いて、火災延焼リスクの変化を視覚的に把握することが可能な手法を提案した。

まず、全体傾向の把握を行った。全体としては市街地の経年変化により火災延焼リスクが安全側にシフトしていることが示されたが、個別に見た場合は若干危険側にシフトしている領域も存在することが明らかとなった。また、重点整備地域ごとのまとまりで見た場合は火災延焼リスクの顕著な地域差は存在せず、本研究において採用した分割方法により各領域の局所的な特徴を表現することに成功したものと考えられる。

次に、具体的な地域を取り上げてケーススタディを行った。その結果、準延焼遮断帯的性格を持った広幅員の路線型整備による市街地の区画化は、非常に有効であることが示唆された。また、本研究のモデルにより、延焼火災面からみて更新が大きかった地域と少なかった地域の相対的な差が的確に表現されていることが示された。しかし、時点間の変化が少ないサンプルに対しては、延焼シミュレーション結果の変化の方向とモデルの変化の方向が相反することがあり、モデルの振る舞いがデリケートな部分が存在することも明らかとなった。このことは今後、より実用的な手法へと洗練させる際に解決すべき重要な課

題であると考える。

最後に、本研究の目的に即したまちづくり事業における適応手法の検討、および、より一般的な市街地に対する本モデルの適用性の検討を行った。まちづくり事業における適応手法については、「モデルから算出される指標の値がより大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高い」という基本的立場を示し、また、ミクロ分析においては優先整備地域を選定する際の視覚化ツールとしてのプロット図の位置付けを示した。より一般的な市街地に対する本モデルの適用性については、本研究のモデルは相対的にリスクが高いと考えられる地域に対して適用するものであること、および、町丁目単位から地区計画レベルまで適用できる可能性があることを示した。

<第7章 結論>

本研究の結論は以下の通りである。

まず、木造密集市街地の火災延焼リスクを簡易評価するための基本モデルを構築した。この基本モデルは、「市街地の火災延焼の基本的なプロセス」と「火災延焼を軽減するための『修復型まちづくり』における対策」から火災延焼リスクの支配的要因を抽出し、そこから演繹的に構築した「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼確率」の2つのサブモデルにより構成されている。

次に、この基本モデルを実際のリスク評価に適用するための手法を構築し、延焼シミュレーション結果を用いてモデル式を構築した。この式は、都市計画的なレベルのデータによって簡易的に市街地の延焼面積（「仮の真の値」とした延焼シミュレーションの結果）を予測するものとなっている。また、この適応手法は、入力データ種類やデータ入手の難易までを考慮しており、難易度に応じて2種類の適用手法を提案した。

最後に、具体的な対象地区を設定し事業評価のケーススタディ、および、より一般的な市街地への適用性の検証を行った。その結果を基に、修復型まちづくりにおける、本研究において提案した基本モデルとその適用手法の意義を考察し、その有用性と限界を示した。

本研究は、特に、基本モデルの構築プロセス、および、基本モデルの適用手法について、極めて独自性の高い成果を上げたものとする。また、単にそれらの提案にとどまらず、具体的な市街地でのケーススタディによる実用性の検証まで踏み込んで考察を行ったことも特色である。更なる実用化に向けた課題は残るものの、社会的要請に即した一定の成果を得られたものと結論付ける。

参考文献

- 1) 神戸市消防局：神戸市における地震火災の研究、(財)神戸市防災安全公社、1996.11
- 2) 日本火災学会：兵庫県南部地震の火災調査整理報告書、1996.9
- 3) 消防庁：平成12年版消防白書、ぎょうせい、2000.12
- 4) 消防庁：平成13年版消防白書、ぎょうせい、2001.12
- 5) 消防庁：平成14年版消防白書、ぎょうせい、2002.12

- 6) 消防庁：平成 15 年版消防白書、ぎょうせい、2003.12
- 7) 消防庁：平成 16 年版消防白書、ぎょうせい、2004.12
- 8) 東京都：東京都震災対策事業計画 ～震災から首都東京を守る～（平成 14～16 年度）、2002.3
- 9) 東京都：防災都市づくり推進計画＜基本計画＞、1996.3
- 10) 東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3
- 11) 東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3
- 12) 岡田恒男：震災に対する事前対策は進んだか、建築雑誌、Vol.120、No.1528、pp12-13、日本建築学会、2005.2
- 13) 室崎益輝：大地震大火は防げるか 阪神淡路大震災から学ぶ、建築雑誌、Vol.120、No.1528、pp14-15、日本建築学会、2005.2
- 14) 日本火災学会：火災便覧第 3 版、共立出版、1997.5
- 15) 堀内三郎、保野健治郎、室崎益輝：新版 建築防火、朝倉書店、1994.8
- 16) 東京消防庁：地震時における市街地大火の延焼性状の解明と対策、1985
- 17) 糸井川栄一、塚越功：飛火を考慮した市街地火災の確率的延焼モデル、都市計画論文集、No.23、pp469-474、1988.11
- 18) 糸井川栄一、塚越功：市街地火災の延焼速度予測に関する研究、都市計画論文集、No.24、pp79-84、1989.11
- 19) 東京消防庁：直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策、1997
- 20) 東京消防庁：地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策、2001.3
- 21) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 22) 大宮喜文、林吉彦、岩見達也：市街地火災における延焼メカニズムの実験的解明、都市計画論文集、No.38-3、pp25-30、2003.10
- 23) 樋本圭佑：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、2005.3
- 24) 室崎益輝：市街地の難燃化効果と新延焼速度式に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集、No.22、1982
- 25) 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、1982
- 26) 加藤孝明：「不燃領域率 70%は必ずしも普遍的なものではない」－市街地延焼からみた市街地整備の整備目標についての基礎的考察、日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1、pp791-792、1997.9
- 27) 加藤孝明：延焼危険からみた市街地の防災性能の評価理論に関する基礎研究、東京大学学位論文、1998

木造密集市街地における火災延焼リスクの簡易的評価手法に関する研究

目 次

論文要旨	1
目次	11
図目次	15
表目次	18
第1章 序論	23
1.1 はじめに	23
1.1.1 背景	23
1.1.2 木造密集市街地の改善と「修復型まちづくり」	25
1.1.3 主な関連既往研究	26
1.2 研究の目的	28
1.2.1 課題認識の整理	28
1.2.2 研究の目的	28
1.3 研究の概要	29
1.3.1 研究のフレーム	29
1.3.2 研究の方法	29
1.3.3 論文の構成	30
参考文献	32
第2章 評価対象の検討	37
2.1 はじめに	37
2.2 建築物の分類	38
2.2.1 建築物の分類の法的根拠	38
2.2.2 火災研究で用いられる建築物の分類	43
2.3 火災延焼の支配的要因に関する既存知見の整理	44
2.3.1 国土交通省の研究	44
2.3.2 樋本の研究	48
2.4 対象事業の検討	51
2.4.1 評価対象選定の方針	51
2.4.2 「防災都市づくり推進計画」の概要	51
2.4.3 延焼火災面からみた評価対象事業の整理	53

2.5 本章のまとめ	54
資料	55
参考文献	66
第3章 リスク評価基本モデルの構築	69
3.1 はじめに	69
3.2 前提条件の整理	70
3.2.1 建築構造の表記方法	70
3.2.2 気象条件	70
3.3 「燃え種の量」のモデル化	71
3.3.1 本サブモデルの考え方	71
3.3.2 サブモデルの構築	71
3.4 「燃え種同士の距離」のモデル化	74
3.4.1 本サブモデルの考え方	74
3.4.2 サブモデルの構築	74
3.5 本章のまとめ	85
参考文献	86
第4章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用	89
4.1 はじめに	89
4.2 データの想定と基本モデルの拡張（その1：マクロ分析）	90
4.2.1 想定する「集計的データ」	90
4.2.2 「集計的データ」を前提とした基本モデルの拡張	90
4.2.3 「集計的データ」想定の意味	91
4.3 モデル検証方法の検討（その1：マクロ分析）	94
4.3.1 対象地域の細分化	94
4.3.2 分析に使用するデータ	97
4.3.3 分析方法	99
4.4 モデルの検証（その1：マクロ分析）	101
4.4.1 「みかけ可燃物量」の分析結果	101
4.4.2 「みかけ延焼確率」の分析結果	103
4.4.3 考察	105
4.4.4 サブモデルの統合	105
4.5 本章のまとめ	107
補注	108
参考文献	108

第5章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用	111
5.1 はじめに	111
5.2 データの想定と基本モデルの拡張（その2：マイクロ分析）	112
5.2.1 想定する「一棟単位のデータ」	112
5.2.2 「一棟単位のデータ」を前提とした基本モデルの拡張	112
5.2.3 「一棟単位のデータ」想定の意味	114
5.3 モデル検証方法の検討（その2：マイクロ分析）	116
5.3.1 対象地域の細分化	116
5.3.2 分析に使用するデータ	119
5.3.3 分析方法	122
5.4 モデルの検証（その2：マイクロ分析）	124
5.4.1 「みかけ可燃物量」の分析結果	124
5.4.2 「みかけ延焼確率」の分析結果	126
5.4.3 「みかけ延焼危険量」の分析結果	130
5.4.4 考察	134
5.4.5 サブモデルの統合	134
5.5 マクロ分析とマイクロ分析の比較	136
5.5.1 「集計的データ」による再分析	136
5.5.2 比較・考察	142
5.6 本章のまとめ	144
補注	145
参考文献	145
第6章 事例分析によるリスク評価およびまちづくり事業評価	149
6.1 はじめに	149
6.2 全体傾向の把握	150
6.2.1 分析方法	150
6.2.2 時点間の分布	150
6.2.3 時点間の変化量	152
6.2.4 地域別の分布	153
6.3 ケーススタディ①：路線型整備が行われた地区における事例分析	155
6.3.1 対象地区の概要	155
6.3.2 分析結果	159
6.4 ケーススタディ②：市街地改善の進展が遅い地区における事例分析	162
6.4.1 対象地区の概要	162
6.4.2 分析結果	167

6.5 まちづくり事業における適用性の検討	170
6.5.1 まちづくり事業における適応手法	170
6.5.2 一般的市街地の評価における本モデルの位置付け	171
6.6 本章のまとめ	174
補注	175
参考文献	175
第7章 結論	179
7.1 各章のまとめ	179
7.2 本研究の結論と今後の課題	183
7.2.1 本研究の結論	183
7.2.2 今後の課題	183
補注	186
参考文献	186
あとがき	189
初出一覧	191
付録	195
付録一覧	195
付録1	197
付録2	209
付録3	221
付録4	233

目 次

第 1 章 序論

図 1.1	神戸市兵庫区湊川町 1 丁目付近の延焼火災 (1995 年 1 月 17 日午前 6 時 50 分頃)	23
図 1.2	兵庫県南部地震の際の神戸海洋気象台による風速記録	24
図 1.3	研究のフレーム	29

第 2 章 評価対象の検討

図 2.1	国土交通省の研究における区画でみた市街地のイメージ	45
図 2.2	国土交通省の研究における区画の構造ごとの火災進行シナリオイメージ	46
図 2.3	国土交通省の研究における構造ごとの火災進行曲線	46
図 2.4	国土交通省の研究における市街地火災のシナリオイメージ	47
図 2.5	樋本の研究における建物内部の火災性状予測モデルの概念図	49
図 2.6	樋本の研究における建物間の火災拡大性状予測モデルの概念図	50
図 2.7	重点整備地域の位置	52

第 3 章 リスク評価基本モデルの構築

図 3.1	本研究における近似市街地のイメージ	75
図 3.2	平均的な隣棟間隔を定義するモデル空間の概念図	75
図 3.3	準耐火造の A_{ij} 推定の模式図	79
図 3.4	隣棟間隔と延焼確率 (加害側が木造、 $m=2, h=3[m]$ の場合)	83
図 3.5	隣棟間隔と延焼確率 (加害側が防火造、 $m=2, h=3[m]$ の場合)	83
図 3.6	隣棟間隔と延焼確率 (加害側が準耐火造、 $m=2, h=3[m]$ の場合)	84
図 3.7	隣棟間隔と延焼確率 (加害側が耐火造、 $m=2, h=3[m]$ の場合)	84

第 4 章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用

図 4.1	都市計画図の一例 (神戸市)	93
図 4.2	重点整備地域の位置 (再掲)	95
図 4.3	重点整備地域の細分化 (その 1)	96
図 4.4	重点整備地域ポリゴンの作成 (その 1)	98
図 4.5	重点整備地域ポリゴンによる空間検索 (その 1)	98
図 4.6	重点整備地域ポリゴンにより抽出された建築物データ (その 1)	99
図 4.7	延焼シミュレーション実行中画面	100
図 4.8	マクロ分析における「みかけ可燃物量」の散布図および回帰曲線	102

図 4.9	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰曲線	104
第 5 章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用		
図 5.1	「延焼経路ネットワーク」の設定	114
図 5.2	重点整備地域の位置（再掲）	117
図 5.3	重点整備地域の細分化（その 2）	119
図 5.4	重点整備地域ポリゴンの作成（その 2）	120
図 5.5	重点整備地域ポリゴンによる空間検索（その 2）	121
図 5.6	重点整備地域ポリゴンにより抽出された建築物データ（その 2）	121
図 5.7	「消火・救出活動支援演算装置（CAS-FiRE）」実行中画面	123
図 5.8	ミクロ分析における「みかけ可燃物量」の散布図および回帰曲線	125
図 5.9	ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の 散布図および回帰曲線（べき乗関数）	127
図 5.10	ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰直線	128
図 5.11	ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の 散布図および回帰曲線（平方関数）	129
図 5.12	ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の 散布図および回帰曲線（べき乗関数）	131
図 5.13	ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の散布図および回帰直線	132
図 5.14	ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の 散布図および回帰曲線（平方関数）	133
図 5.15	マクロ分析における「みかけ可燃物量」の散布図および回帰曲線（再分析）	137
図 5.16	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の 散布図および回帰曲線（再分析、べき乗）	139
図 5.17	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の 散布図および回帰直線（再分析、直線）	140
図 5.18	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の 散布図および回帰曲線（再分析、平方）	141
第 6 章 事例分析によるリスク評価およびまちづくり事業評価		
図 6.1	「みかけ可燃物量」の時点別の分布	151
図 6.2	「みかけ延焼危険量」の時点別の分布	151
図 6.3	「みかけ可燃物量」の時点間の変化量	152
図 6.4	「みかけ延焼危険量」の時点間の変化量	153
図 6.5	「みかけ可燃物量」の地域別の分布	154
図 6.6	「みかけ延焼危険量」の地域別の分布	154

図 6.7	ケーススタディ①の対象地区の位置(1)	155
図 6.8	ケーススタディ①の対象地区の位置(2)	156
図 6.9	ケーススタディ①の対象地区の建築物状況	157
図 6.10	ケーススタディ①の対象地区の現況写真(1)	157
図 6.11	ケーススタディ①の対象地区の現況写真(2)	158
図 6.12	ケーススタディ①の対象地区の現況写真(3)	158
図 6.13	ケーススタディ①の対象地区の現況写真(4)	159
図 6.14	「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区①の時点別の分布	160
図 6.15	「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区①の時点別の分布	160
図 6.16	「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区①の時点間変化量	161
図 6.17	「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区①の時点間変化量	161
図 6.18	ケーススタディ②の対象地区の位置(1)	162
図 6.19	ケーススタディ②の対象地区の位置(2)	163
図 6.20	ケーススタディ②の対象地区の建築物状況	164
図 6.21	ケーススタディ②の対象地区の現況写真(1)	165
図 6.22	ケーススタディ②の対象地区の現況写真(2)	165
図 6.23	ケーススタディ②の対象地区の現況写真(3)	166
図 6.24	ケーススタディ②の対象地区の現況写真(4)	166
図 6.25	「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区②の時点別の分布	168
図 6.26	「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区②の時点別の分布	168
図 6.27	「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区②の時点間変化量	169
図 6.28	「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区①の時点間変化量	169
図 6.29	「みかけ可燃物量 (マイクロ)」 対「みかけ延焼危険量 (マイクロ)」のプロット	171
図 6.30	都内全町丁目と重点整備地域の「みかけ延焼確率」の度数分布比較	172

表 目 次

第 1 章 序論

表 1.1	建物火災における全出火件数に対する延焼火災件数の割合	25
表 1.2	日本と諸外国との火災状況比較 (1992 年)	25

第 2 章 評価対象の検討

表 2.1	防火面から見た建築物の分類	39
表 2.2	防火面から見た建築構造の分類	40
表 2.3	防火面から見た建築性能の分類	41
表 2.4	防火面から見た建築材料の分類	42
表 2.5	東京消防庁「市街地状況調査」における建築物の分類	43
表 2.6	国土交通省の研究における区画の構造ごとの火災進行シナリオ	45
表 2.7	国土交通省の研究における延焼シミュレーションのサブモデル一覧	47

第 3 章 リスク評価基本モデルの構築

表 3.1	糸井川のパラメータ A_{ij}	76
表 3.2	構造別の建築物棟数	77
表 3.3	構造別の出火件数	77
表 3.4	構造別の類焼発生件数	77
表 3.5	東京都区部の市街地状況 (抜粋)	81
表 3.6	準耐火造に拡張されたパラメータ A_{ij}	82

第 4 章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用

表 4.1	マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰パラメータ	102
表 4.2	マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰精度	102
表 4.3	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ	104
表 4.4	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度	104
表 4.5	マクロ分析における重回帰分析の相関行列	106
表 4.6	マクロ分析における重回帰式パラメータ	106
表 4.7	マクロ分析における重回帰分析の回帰精度	106

第 5 章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用

表 5.1	「延焼経路ネットワーク」における構造別の延焼限界距離の定義	114
表 5.2	細分化された領域の各時点データにおける建蔽率および建築棟数の概要	118

表 5.3	マイクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰パラメータ	125
表 5.4	マイクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰精度	125
表 5.5	マイクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ（べき乗関数）	127
表 5.6	マイクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（べき乗関数）	127
表 5.7	マイクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ（直線）	128
表 5.8	マイクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（直線）	128
表 5.9	マイクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（平方関数）	129
表 5.10	マイクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰パラメータ（べき乗関数）	131
表 5.11	マイクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰精度（べき乗関数）	131
表 5.12	マイクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰パラメータ（直線）	132
表 5.13	マイクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰精度（直線）	132
表 5.14	マイクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰精度（平方関数）	133
表 5.15	マイクロ分析における重回帰分析の相関行列	135
表 5.16	マイクロ分析における重回帰式パラメータ	135
表 5.17	マイクロ分析における重回帰分析の回帰精度	135
表 5.18	マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰パラメータ（再分析）	137
表 5.19	マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰精度（再分析）	137
表 5.20	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の 回帰パラメータ（再分析、べき乗）	139
表 5.21	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（再分析、べき乗）	139
表 5.22	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の 回帰パラメータ（再分析、直線）	140
表 5.23	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（再分析、直線）	140
表 5.24	マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（再分析、平方）	141
表 5.25	マクロ分析における重回帰分析の相関行列（再分析）	142
表 5.26	マクロ分析における重回帰式パラメータ（再分析）	142
表 5.27	マクロ分析における重回帰分析の回帰精度（再分析）	142

第7章 結論

表 7.1	国土交通省のモデルによる発熱速度の計算結果	184
-------	-----------------------	-----

第 1 章

序論

第1章 序論

1.1 はじめに

1.1.1 背景

我が国の都市部には依然として広大な木造密集市街地が存在し、そこにおける災害時の潜在的リスクについて、建築物倒壊・火災延焼の危険性、また、それらにより増幅される避難の困難性などが、これまでに幾度となく指摘されている。

都市レベルでみた災害としての火災に着目した場合、建築物の倒壊などと比較して、発生原因が「他」に起因する可能性が大きく、被害拡大の不確実性が極めて高い点が大きな特徴として挙げられる。いわゆる「もらい火」「延焼火災」であり、1件の出火で多数の建築物が焼失する事態も度々発生し、貴重な人命・財産が奪われている。1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震の際の神戸市では、地震後10日間における火災発生件数が175件（建物以外からの出火を含む）であったのに対して、総焼失棟数は7386棟（ぼやを含む）にもおよんだ¹⁾（図1.1）。地震発生時の風向・風速記録として有名な神戸海洋気象台の観測記録（図1.2）²⁾によると、地震発生当日の風速はほとんどが3m/s以下の弱風下であったにもかかわらず、これほど多数の延焼火災が発生したことは、現代の都市でも市街地大火が起こり得るということを改めて示すものとなった。



図 1.1 神戸市兵庫区湊川町1丁目付近の延焼火災（1995年1月17日午前6時50分頃）³⁾

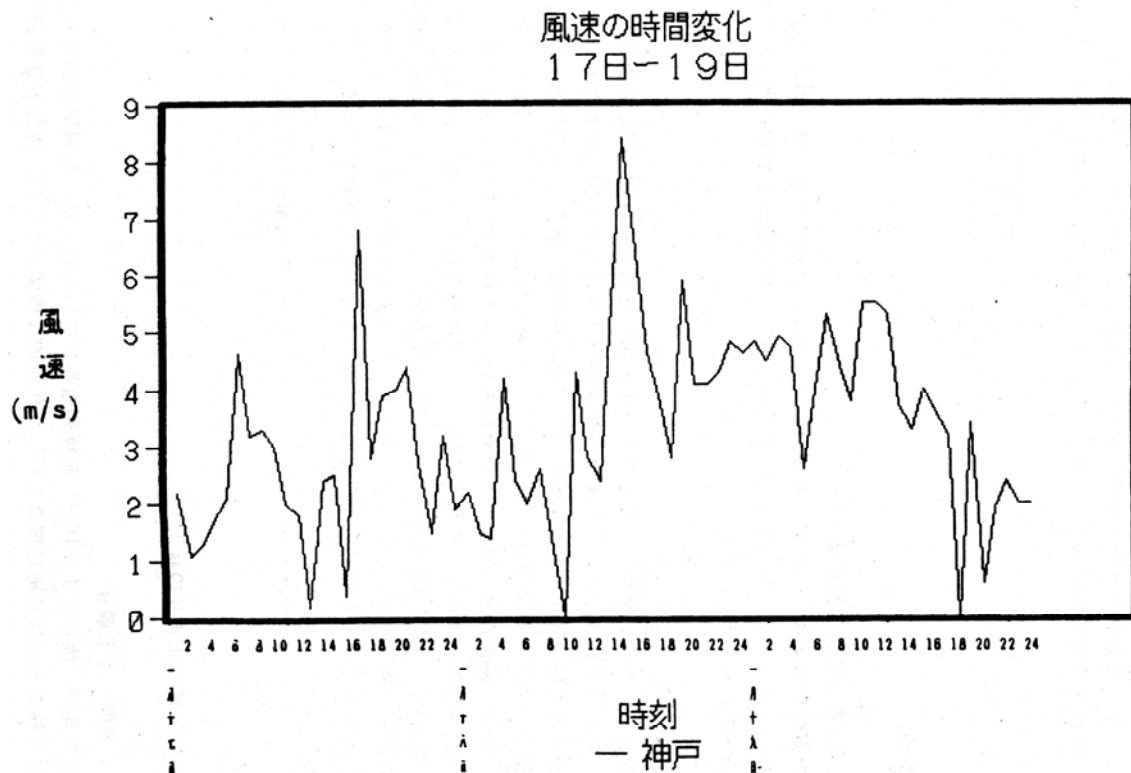


図 1.2 兵庫県南部地震の際の神戸海洋気象台による風速記録²⁾

このように、震災などの大災害時においては危機的な状況となることはいうまでもないが、消防力が相当に整備された現代においてさえ、平常時の火災であっても延焼火災に拡大することは珍しくない。例えば 1999 年から 2003 年までの 5 年間をみると、火災件数は全国で毎年約 33000 件前後だが、うち、延焼火災は毎年約 6300 件前後であり、これは建物火災の実に 2 割弱が延焼火災に拡大しているということを示している（表 1.1）^{4) 5) 6) 7) 8)}。さらに、諸外国の火災状況と比較すると（表 1.2）⁹⁾、日本は「火災千件当りの死者数」及び「火災一件当りの損害額」が諸外国に比べて高いことが分かる。これは、日本では火災一件当りの被害が諸外国に比べ大きいということを示すものであり、その一因が延焼火災であることは論を待たないところであろう。

日本におけるこのような延焼火災の危険性は、狭小な敷地いっぱい木造系建築物が林立し、空地や緑地の割合が極端に少ない日本の都市市街地の特性に大きく起因するものであり、特に木造密集市街地の存在は看過することができない状況である。本研究では、このような市街地の延焼火災に対する危険性・脆弱性を「火災延焼リスク」と定義する。

表 1.1 建物火災における全出火件数に対する延焼火災件数の割合^{4) 5) 6) 7) 8)}

	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	平均
全出火件数	33330	34028	34130	34171	32534	33638.6
延焼火災件数	6250	6505	6378	6655	5951	6347.8
全出火件数に対する 延焼火災件数の割合(%)	18.8	19.1	18.7	19.5	18.3	18.9

表 1.2 日本と諸外国との火災状況比較 (1992年)⁹⁾

	出火件数	人口一人当たり 出火件数	火災による 死者数	人口百万人当たり 火災死者数	火災千件当り 火災死者数	損害額 (億円)	火災1件当り 損害額(千円)
日本	54762	4.4	1882	15.2	34.4	1569	2865
アメリカ	1964500	77.0	4730	18.5	2.4	10506	535
イギリス	425804	73.6	807	13.9	1.9	1889	444
イタリア	160996	28.4	198	3.5	1.2	—	—
大韓民国	17458	4.0	510	11.7	29.2	84	483
ニュージーランド	21821	64.0	31	9.1	1.4	—	—
ノルウェー	12039	28.1	72	16.8	6.0	390	3242
デンマーク	64972	125.7	87	16.8	1.3	400	615

1.1.2 木造密集市街地の改善と「修復型まちづくり」

このような状況を改善するために、様々な取り組みが行われている。市街地の物理的なストックの改善に着目した場合、代表的な手法としては

従来型の都市計画的事業手法（市街地再開発事業、土地区画整理事業などの面的手法）

防災特有の事業手法（都市防災不燃化促進事業、木造住宅密集地域整備促進事業など）

などが挙げられる¹⁰⁾。東京都ではさらに、より危険性が高く緊急に改善が必要とされる地域を指定し、上記の事業を複合的に活用しながら木造密集市街地の改善を図るための「防災都市づくり推進計画」^{11) 12) 13)}を策定している。

しかしながら、これらの整備事業がなかなか進まないのが実情であることは、既に数多く指摘されているところである（例えば文献 14) 15) など）。特に、都市部の既成市街地内部（俗に言う、市街地の「あんこ」部分）では個々の敷地が狭小な上に複雑な権利関係・利害関係が絡むため、広範囲の合意形成が必要とされる面的事業手法はごく一部における適用に留まっている。そのため、個々の建築物の建て替えによる不燃化やそれに付随した細街路拡幅、あるいはポケットパーク整備などの、個別的な日常的市街地更新の積み重ねにより徐々に全体を整備しようとする、いわゆる「修復型まちづくり」が、木造密集市街地

改善手法の大きな柱の 1 つとして位置付けられるようになった。特に兵庫県南部地震以降はこの傾向が顕著であり、例えば前述の「防災都市づくり推進計画」^{11) 12) 13)}においても、修復型まちづくりは主要な枠組みの 1 つとなっている。

このような修復型の事業手法は、市街地再開発などに代表される面的な事業手法と比較すると、できるところから事業に取りかかることが可能であるという長所はあるが、反面、事業後の市街地像がイメージしにくく、事業効果の把握が困難であるという短所がある。また、限られた原資の中での事業遂行のため、事業の優先順位付けも重要である。したがって、客観的な手法による市街地のリスク評価・事業評価が極めて重要であると言える。

1.1.3 主な関連既往研究

火災延焼の側面を見た場合、市街地の火災延焼に対する危険性を算定する手法は様々存在する。火災の拡大状況を動的に把握あるいは記述しようとする試みは、古くは浜田式（1951）^{9) 16)}に始まり近年の東消式（1985、1990、1997、2001）^{17) 18) 19) 20) 21)}に至る①延焼速度式と、国土交通省（2003）^{22) 23)}や樋本（2005）²⁴⁾の研究に代表される②物理的火災延焼モデルの、2つに大別される。

①の延焼速度式とは、単位時間あたりの火災前面の進行度合いを、市街地状況（主に建築物の立地状況）・気象条件・時間などの関数として表現したものである。代表的な延焼速度式としては前述の浜田式の他に、純木造の市街地を対象としていた浜田式を防火造市街地に拡張した堀内式¹⁶⁾、さらにそれを簡易耐火造に拡張した室崎式²⁵⁾、などがある。初期のものについては非常に理想化された市街地を対象としているため現実の市街地の実態を反映しにくい。その後、実際の市街地に適用可能なものが提案されているが、いずれも延焼速度式が提案された当時の市街地火災の実態や実大火災実験に基づいて構築された経験式であるため、現在の難燃化がある程度進んだ市街地への適用に当たっては問題があることが指摘されている⁹⁾。そのため、実際の火災事例を基に統計的・演繹的に延焼速度を表現したものが提案されるようになった。著名なものとしては、東京消防庁式（東消式）¹⁷⁾、糸井川式（東消拡張式）^{18) 19)}などが挙げられる。

の物理的火災延焼モデルは、燃焼現象の物理的記述の論理的積み重ねによって火災延焼シミュレーションを構築したものである。これは極めて複雑かつ膨大な計算を必要とするものであり、近年のコンピュータの性能向上を抜きにして実現はあり得なかったと言える。したがって、実用的な研究の蓄積はさほど古くなく、前述の国土交通省（2003）^{22) 23)}や樋本（2005）²⁴⁾の研究が主なものである。

一方、火災動態を視覚的に表現するために、①や②を基にした③延焼シミュレーションも数多く提案されている。特に、②物理的火災延焼モデルについては③延焼シミュレーションと一体で考えるべきものであり、分けて考えることはふさわしくないとと言える。

近年の延焼速度式や延焼モデルにおいては、特にコンピュータの性能向上により、①②③の詳細化・精緻化は特筆すべきものがあり、極めて複雑かつ不確定性の高い延焼火災の

現象解明が格段に進んだものと評価できる。しかし、まちづくりにおける実用面から見た場合、詳細化・精緻化に伴って必要なデータは極めて膨大かつ詳細なものとなった。建築物の構造や平面形状だけでなく、立体的な形状や開口部の位置まで必要とされる場合があり、それらの多くは新たな現地調査によるデータ整備が伴うものである。つまり、限定的な空間を対象とした詳細な実態解明においては、これらの手法の有用性は疑うまでもないが、限られた人的・物的・時間的資源の中で極めて広範囲の空間を対象としなければならないまちづくりの行政対応的側面から見ると、現実的な手法とは言えないことが指摘できる。また、市街地の様相以外にも様々な影響要因があり、例えば風などの気象条件に結果が大きく左右される。これらは火災現象の解明には必要不可欠な要素であるが、政策的コントロールが不可能な諸要因により結果が支配されるため、意思決定という側面から見ると、簡易性・実用性に欠けると言わざるを得ない。

これに対し、前述①～③の手法に頼るにはあまりに非効率な広範囲の空間規模を対象とする必要がある行政対応や政策的な見地からみた場合の、より大局的・集約的リスク算定を行うための手法として、不燃領域率（建設省、1982）²⁶⁾に代表されるような、市街地の特性をマクロに集計した④指標導出型の手法がある。このような、ある市街地領域の難燃性能を指標化するという発想自体は、まちづくり事業の現場においても非常に扱いやすい考え方であり、評価すべきである。しかし、これは元来、修復型まちづくりが対象とする地区レベルの空間スケールを対象としたものではなく、特によくこの類の評価指標の引き合いとして出される不燃領域率については、加藤（1997、1998）^{27) 28)}が明解に述べているように、計画指標として用いるには問題が多いことが既に指摘されている。

1.2 研究の目的

1.2.1 課題認識の整理

修復型まちづくりを行う場合、建築物の建て替え・除却などの日常的な市街地更新の積み重ねとして事業が遂行されるため、従来の手法以上に地域性を考慮した地道な対応が要求される。人的・物的・時間的資源が限られている状況下では、必然的に事業対象を相当絞り込まざるを得ない。

そのような「どこで・何を整備するのか」という洗い出しにおいては、一般的に、
問題市街地候補の洗い出し（明らかに安全と考えられる地域をふるい落とす）
候補の詳細チェック（候補の中でよりリスクの高い地域を選別する）
適用整備手法の検討
整備優先順位の検討

といった流れで行われると考えることができる。④については、市街地の物的諸条件よりも、むしろ当事者間の合意形成やコスト等を考慮する必要があるため、本研究では対象外とする。①については、非常に広域的なスケール（例えば、場合によっては県全体というレベル）での検討が必要であり、前節で整理したうちの「不燃領域率」などのマクロ的指標が有効と考えられる。また、③においては、具体的に選定された市街地の中で、どこを不燃化し、どの道路を拡幅するかといった個別の議論が必要であり、延焼火災面での検討では延焼シミュレーションが有効である。

ところが、この2つを繋ぐ部分である②については、適当な手法が存在しない。マクロ的な手法では大局的過ぎ、シミュレーション的手法を適用するには非効率な、中間的な空間規模を対象とする必要があるためである。このような場面においては、現状では「不燃領域率」などのマクロ的指標が引き続き用いられることが多いが、前節でも述べたように、その問題点は既に指摘されている。このマクロ的手法とシミュレーション的手法の差を埋め、扱いやすいマクロ的データを用いてより精度の高い結果を得るための、「セミマクロ」的評価手法を構築することが求められていると言える。

1.2.2 研究の目的

本研究では、これまで述べてきた課題を解決するために、簡便、かつ、実用上問題のない精度を持った密集市街地の火災延焼リスク算定のための手法の開発を目的とする。「修復型まちづくり」の事業内容に着目し、延焼火災に対する事業効果を客観的に評価することに主眼を置き、既存の研究成果を取り入れつつ実務的に利活用可能な体系的手順を与えることを目指す。

1.3 研究の概要

1.3.1 研究のフレーム

本研究全体のフレームを図 1.3 に示す。

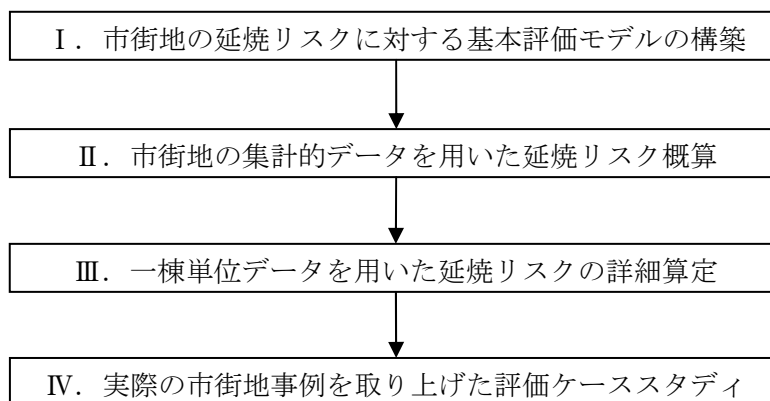


図 1.3 研究のフレーム

I では、火災延焼の拡大プロセスとそれを軽減するための修復型まちづくりの事業内容に着目し、市街地の延焼リスクを評価するための基本モデルを構築する。

II では、I において構築した基本モデルを市街地の集計データについて適用し、火災延焼リスクの概算を行うとともに、基本モデルが妥当性のあるものかどうか検討を行う。市街地の集計データについては、III で取り扱う一棟単位のデータに比べて、入手が比較的容易であると考えられる。そのような入手が容易なデータを用いて、表計算ソフトレベルのスキルによってリスク概算を実現することも、要件の一つとする。

III では、より詳細な建築物一棟単位のデータを用いて、基本モデルをベースとした市街地の火災延焼リスクの評価手法の構築とその検証を行う。一棟単位の詳細なデータといえども、建築物一つ一つに事細かなデータを要求することは現実的ではなく、本研究の目的に合致するものではない。市街地の地理情報の中で、建築物単位に大まかな規模や主要な構造が把握できれば、領域全体の火災延焼リスクを評価することができる手法を目指すものとする。

IV では、実際に修復型まちづくりの事業が行われた（あるいは、行われている）市街地を数例取り上げ、ケーススタディを行う。I～III において構築した市街地の火災延焼リスク評価のスキームを適用し、現実の事業評価への適応性の検証を行う。

1.3.2 研究の方法

1.3.2.1 対象地域と対象事業

本研究では、モデル構築の基礎資料および評価対象事業として、東京都の「防災都市づ

くり推進計画」¹¹⁾¹²⁾¹³⁾を取り上げ、この中で「重点整備地域」として指定されている11地域を対象とする。

1.3.2.2 使用するデータ

本研究では分析用のGISベースデータとして、東京都の「東京都都市計画地理情報システム」を使用する。このデータシステムは、東京都都市計画局が作成したGIS基盤データである。平成3～4年度公表のもの、平成8～9年度公表のもの、平成13～14年度公表のもの、3種類が存在する。本研究では3種類全てを用いており、特に断りがある場合を除き、全てこのベースデータを基に計算または集計したものである。

なお、「東京都都市計画地理情報システム」は、ベース地形図の調査時期と、データの公表時期は異なることに注意が必要である。ベース地形図は東京都1/2500地形図である。例えば、平成13～14年度公表の「東京都都市計画地理情報システム」については、ベース地形図の調査時期は平成8～11年度である。それ以外のデータについては、ベース地形図の調査時期は公表されていないが、それぞれ概ね5～7年ほど遡ると思われる。

1.3.2.3 モデルの検証方法

研究フレームのⅡおよびⅢにおいて、基本モデルにより算出した市街地の火災延焼リスク指標を検証するために、一棟単位の延焼シミュレーションを比較対象として用いる。このような手法をとるのは、火災延焼の研究においては実験的実証が事実上不可能なためである。近年の延焼シミュレーションは火災の現象面からみて論理的に妥当であり、かつ、相当程度精度が高くなったものとみなし、この結果を「仮の真の値」とし、これを予測するより簡易的な手法を構築しようとするものである。

1.3.3 論文の構成

本論文は、全7章で構成される。

<第1章 序論>

第1章では、研究の背景・目的・方法を示す。まず、本研究で扱う、延焼火災面からみた木造密集市街地のリスクの概念を定義する。次に、特に兵庫県南部地震以降に木造密集市街地改善手法の大きな柱となった「修復型まちづくり」について、整理を行う。また、火災延焼に対する危険性を算定する手法についての主要な先行既往研究を整理する。それらを基に課題認識の整理を行い目的を定義し、本研究における研究フレームおよび研究方法を述べる。

<第2章 評価対象の検討>

第2章は、研究フレームⅠの前半に相当する。リスク評価モデル構築の前段階として、まず、前提条件となる法的根拠等についての整理を行う。次に、既存研究および修復型まちづくりの事業計画を基に、「市街地の火災延焼の基本的なプロセス」および「火災延焼を軽減するための『修復型まちづくり』における対策」をまとめる。以上により、本研究において評価対象とする要素の抽出を行う。

<第3章 リスク評価基本モデルの構築>

第3章は、研究フレームⅠの後半に相当する。第2章でまとめた評価対象要素から、木造密集市街地における火災延焼リスクを簡易的に評価するための基本モデルを演繹的に構築する。

<第4章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用>

第4章は、研究フレームⅡに相当する。まず、第3章において構築した基本モデルを解釈・拡張することにより、入手が比較的容易であると考えられる建ぺい率・容積率などの比較的マクロな集計的データを用いて、また、仮にデータの計測が必要な場合であっても必要最小限の計測によって、当該市街地のリスクを概算するための適用手法を構築する。また、その手法により数値実験を行い、妥当性の検証を行う。

<第5章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用>

第5章は、研究フレームⅢに相当する。建築物一棟単位の規模や主要構造が把握可能な詳細な市街地データを用いて算定・分析が可能となるように、第3章において構築した基本モデルを解釈・拡張し、リスク評価を行うための適用手法を構築する。また、その手法により数値実験を行い、妥当性の検証を行う。

<第6章 事例分析によるリスク評価およびまちづくり事業評価>

第6章は、研究フレームⅣに相当する。東京都区部の具体的な市街地を取り上げ、複数時点の詳細な建築物データを用いてまちづくり事業の評価をケーススタディとして行い、修復型まちづくりに対する、延焼火災面からみた本モデルおよび手法の意義を考察する。

<第7章 結論>

第7章は本研究の結論、および、今後の課題を示す。

参考文献

- 1) 神戸市消防局：神戸市における地震火災の研究、(財)神戸市防災安全公社、1996.11
- 2) 日本火災学会：兵庫県南部地震の火災調査整理報告書、1996.9
- 3) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（日本建築学会、地盤工学会、土木学会、日本機械学会、日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告、建築編-6（火災、情報システム）、日本建築学会、1998.10
- 4) 消防庁：平成12年版消防白書、ぎょうせい、2000.12
- 5) 消防庁：平成13年版消防白書、ぎょうせい、2001.12
- 6) 消防庁：平成14年版消防白書、ぎょうせい、2002.12
- 7) 消防庁：平成15年版消防白書、ぎょうせい、2003.12
- 8) 消防庁：平成16年版消防白書、ぎょうせい、2004.12
- 9) 日本火災学会：火災便覧第3版、共立出版、1997.5
- 10) 東京都：東京都震災対策事業計画 ～震災から首都東京を守る～（平成14～16年度）、2002.3
- 11) 東京都：防災都市づくり推進計画＜基本計画＞、1996.3
- 12) 東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3
- 13) 東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3
- 14) 岡田恒男：震災に対する事前対策は進んだか、建築雑誌、Vol.120、No.1528、pp12-13、日本建築学会、2005.2
- 15) 室崎益輝：大地震大火は防げるか 阪神淡路大震災から学ぶ、建築雑誌、Vol.120、No.1528、pp14-15、日本建築学会、2005.2
- 16) 堀内三郎、保野健治郎、室崎益輝：新版 建築防火、朝倉書店、1994.8
- 17) 東京消防庁：地震時における市街地大火の延焼性状の解明と対策、1985
- 18) 糸井川栄一、塚越功：飛火を考慮した市街地火災の確率的延焼モデル、都市計画論文集、No.23、pp469-474、1988.11
- 19) 糸井川栄一、塚越功：市街地火災の延焼速度予測に関する研究、都市計画論文集、No.24、pp79-84、1989.11
- 20) 東京消防庁：直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策、1997
- 21) 東京消防庁：地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策、2001.3
- 22) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 23) 大宮喜文、林吉彦、岩見達也：市街地火災における延焼メカニズムの実験的解明、都市計画論文集、No.38-3、pp25-30、2003.10
- 24) 樋本圭佑：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、2005.3

- 25) 室崎益輝：市街地の難燃化効果と新延焼速度式に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集、No.22、1982
- 26) 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、1982
- 27) 加藤孝明：「不燃領域率 70%は必ずしも普遍的なものではない」－市街地延焼からみた市街地整備の整備目標についての基礎的考察、日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1、pp791-792、1997.9
- 28) 加藤孝明：延焼危険からみた市街地の防災性能の評価理論に関する基礎研究、東京大学学位論文、1998

第 2 章

評価対象の検討

第2章 評価対象の検討

2.1 はじめに

本章では、本研究の前提条件となる諸事項を整理する。

まず、本研究で扱う建築物の定義を行う。建築物はその主要部材により耐火性能が大きく変わる。したがって、火災の研究において少なからず建築物を扱う場合、その分類の定義は重要である。本項ではまず、建築物・建築行為の基本法である「建築基準法」における建築構造の法的根拠をまとめ、次いで、火災の研究で広く一般的に用いられる分類をまとめる。

次に、本研究において構築するモデルの基礎概念の整理を行う。本研究では、「火災延焼の拡大プロセス」と「それを軽減するための修復型まちづくりの事業内容」に着目して、延焼火災に対する事業効果を客観的・簡易的に評価するためのモデルを構築することを大きな目的としている。そのためにまず、既存の代表的な物理的火災延焼モデルである国土交通省の研究¹⁾²⁾および樋本の研究³⁾について、火災の拡大プロセスの観点から整理し、モデル化の基礎的知見とする。続いて、代表的な木造密集市街地改善事業である東京都の「防災都市づくり推進計画」⁴⁾⁵⁾⁶⁾を取り上げ、特に「火災延焼リスクを軽減するための修復型まちづくりの事業内容」に着目し、評価対象の検討を行う。

2.2 建築物の分類

ここではまず、建築物・建築行為の基本法である「建築基準法」における建築構造の法的根拠をまとめる。次いで、火災の研究で広く一般的に用いられる分類をまとめ、本研究において使用する建築物分類を示す。

2.2.1 建築物の分類の法的根拠

2.2.1.1 市街地の防火に係わる主な法令

市街地建築の防火に係わる主な法律としては、建築基準法・都市計画法・消防法がある。それらはそれぞれ、法、同法施行令、同法施工規則、告示の順で細目が定められる。そのうち、建築物単体の防火に関する規定は、建築の基本法である「建築基準法」およびその施行令、施工規則、告示により定められる。

2.2.1.2 建築基準法における防耐火上の建築物分類

ここでは、「建築基準法」および「建築基準法施行令」を基に、建築物の防耐火性能による分類・定義を、文献 7) および文献 8) を基に整理する。建築物の分類に係わる定義は、主なものとして以下の 4 種類がある。それぞれの詳細は、表 2.1～表 2.4 に示す。なお、以降、特別な記載がない限り、「建築基準法」を「法」、「建築基準法施行令」を「令」と略記する。

建築物全体としての分類 (表 2.1)

耐火建築物、準耐火建築物、木造建築物等

構造による分類 (表 2.2)

耐火構造、準耐火構造、防火構造、(準防火構造)

性能による分類 (表 2.3)

耐火性能、準耐火性能、防火性能、準防火性能、不燃性能 (これのみ材料性能規定)

材料の分類 (表 2.4)

不燃材料、準不燃材料、難燃材料

表 2.1 防火面から見た建築物の分類

建築物の分類	建築基準法		建築基準法施行令	
耐火建築物	(1)主要構造部を耐火構造とし、かつ、外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火設備を設けたもの。	法第2条第9号の2イ(1)及びロ	/	
	(2) (主要構造部を耐火構造とし、かつ、外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火設備を設けたもの。)	法第2条第9号の2イ(2)及びロ	(1)当該建築物の構造・建築設備および用途に応じて、屋内において発生が予測される火災による火熱に、当該火災が終了するまで耐えること。	令第108条の3第1項第1号
準耐火建築物	(1)主要構造部を準耐火構造とし、かつ、外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火設備を設けたもの。	法第2条第9号の3イ	/	
木造建築物等	耐火建築物・準耐火建築物を除く建築物。	/	/	

表 2.2 防火面から見た建築構造の分類

構造の分類	建築基準法		建築基準法施行令	
	耐火構造	耐火性能を有する構造。	法第2条 第7号	(「耐火性能」を参照。)
準耐火構造	準耐火性能を有する構造。	法第2条 第7号の 2	(「準耐火性能」を参照。)	
防火構造	建築物の延焼を防止するための 防火性能を有する外壁・軒裏の構 造。	法第2条 第8号	(「防火性能」を参照。)	
準防火構造	(法令上の正式名称ではなく、準 防火性能を有する外壁・軒裏の構 造を一般的にこう呼ぶ。)		(「準防火性能」を参照。)	

表 2.3 防火面から見た建築性能の分類

性能の分類	建築基準法		建築基準法施行令	
耐火性能	通常の火災が終了するまでの間、当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために、当該建築物の部分に必要とされる性能。	法第 2 条 第 7 号	耐火時間 30 分～3 時間、非損傷性、（壁および床）遮熱性、（外壁および屋根）非発炎性	令第 107 条
準耐火性能	通常の火災による延焼を抑制するために、当該建築物の部分に必要とされる性能。	法第 2 条 第 7 号の 2	耐火時間 30 分～60 分、非損傷性、（壁・床および軒裏）遮熱性、（外壁および屋根）非発炎性、一般準耐火構造・特別準耐火構造	令第 107 条の 2、 第 115 条の 2 の 2
防火性能	建築物の周囲において発生する通常の火災による延焼を抑制するために、当該外壁または軒裏に必要とされる性能。	法第 2 条 第 8 号	30 分防火、（耐力壁の外壁のみ）非損傷性、遮熱性	令第 108 条
準防火性能	/	/	20 分防火、（耐力壁の外壁のみ）非損傷性、遮熱性	令第 109 条
不燃性能 （材料性能規定）	/	/	①【非燃焼性】燃焼しないものであること。②【非損傷性】防火上有害な変形・溶触・亀裂・その他の損傷を生じないものであること。③【非発煙性】避難上有害な煙またはガスを発生しないものであること。	令第 108 条の 2

表 2.4 防火面から見た建築材料の分類

材料の分類	建築基準法		建築基準法施行令	
	不燃材料	加熱開始後 20 分間、不燃性能の要件を満たしていること。	法第 2 条 第 9 号	
準不燃材料			加熱開始後 10 分間、不燃性能の要件を満たしていること。	令第 1 条 第 5 号
難燃材料			加熱開始後 5 分間、不燃性能の要件を満たしていること。	令第 1 条 第 6 号

2.2.2 火災研究で用いられる建築物の分類

火災研究において建築物を分類する場合、一般的に用いられるのは東京消防庁の「市街地状況調査」⁹⁾における方法である。これは、先に述べた建築基準法および同施行令・同施行規則・告示に則り、建築物を「木造建築物」「防火造建築物」「準耐火造建築物」「耐火造建築物」の4分類に定義したものである。詳細を表2.5に示す。また、これらのうち、木造建築物・防火造建築物をあわせて「木造系建築物」、準耐火造建築物・耐火造建築物をあわせて「非木造系建築物」と呼ぶ場合もある。

本研究においては、多くの他の火災関連の研究と同様に、上記の4分類を用いるものとする。

表 2.5 東京消防庁「市街地状況調査」における建築物の分類⁶⁾

構造区分	定 義
木造建築物	主要な構造部分が木造で、下記のいずれの区分にも属さない防火性能の低い建物。
防火造建築物	柱及び梁が木造で屋根及び外壁が準不燃材料（モルタル、しっくい、タイル、石、土、スレート、セメント板等）でできている建物。
準耐火造建築物	外壁が耐火構造で屋根が不燃材料（コンクリート、鉄鋼、アルミ、煉瓦、ガラス等）でできている建物。 柱及び梁が不燃材料で外壁及び屋根が防火構造でできている建物。 防火被覆した木構造の建物。
耐火造建築物	主要な構造部分（柱、梁、壁、屋根等）が鉄骨鉄筋コンクリート造、耐火被覆した鉄骨造、れんが造、石造等でできている建物。

2.3 火災延焼の支配的要因に関する既存知見の整理

ここでは、本研究において構築するモデルの基礎概念の整理の前半として、既存の代表的な物理的・火災延焼モデルである国土交通省の研究^{1) 2)} および樋本の研究³⁾ について、火災の拡大プロセスの観点から整理を行う。

2.3.1 国土交通省の研究^{1) 2)}

2.3.1.1 概要

この研究は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発」として、平成10年度～平成14年度（ただし平成10年度～平成11年度は建設省総合技術開発プロジェクト）に実施されたものである。大きく分けて下記の3つの課題からなる。

課題Ⅰ．地区の防災要素の影響評価手法の開発

- I-1 市街地火災を抑制する諸要因の抑止効果の分析
- I-2 地区施設等の救出・救護への効果分析
- I-3 地区施設等の避難問題への効果分析
- I-4 地区の防災要因の総合評価手法の開発

課題Ⅱ．地区の防災対策技術の開発

- II-1 各種市街地整備事業・計画技術等の防災対策への活用に関する研究
- II-2 地区施設等を活用した防災対策技術の開発

課題Ⅲ．計画支援技術・防災対策推進方策の開発

- III-1 防災まちづくりを支える住民の意識形成に関する研究
- III-2 地区施設等の整備における防災投資に関する研究
- III-3 防災まちづくり計画作成支援技術に関する研究

この中で、本項でレビューする火災延焼モデルは、主にI-1で述べられている。

2.3.1.2 市街地火災のシナリオとモデルの全体像

2.3.1.2.1 延焼単位

建築物単体の火災性状予測モデルでは、一般的に、延焼拡大の単位を建築物単位とするのではなく、全体を複数の要素に分割し個々のモデルを単純化する「ゾーンモデル」といわれる方法が用いられる。国土交通省のモデルでは、延焼拡大の単位として「区画」という空間概念を定義している。区画は「同時に盛期火災となり、かつ温度が一様に上昇する領域」と定義されている。例えば、内部に耐火壁等がない戸建住宅は、住宅一棟がそのまま区画となり、耐火建築物では、耐火性能のある壁（耐火壁等）・スラブ等により囲まれた空間が区画となる。すなわち、建築物によって、区画は1つである場合もあり、複数存在する場合もある。図2.1は、国土交通省の研究における区画でみた市街地のイメージである。

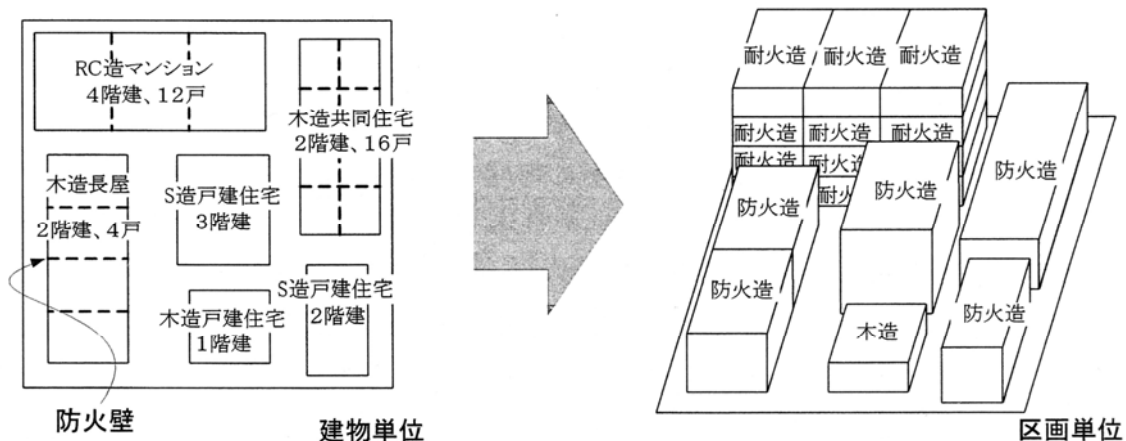


図 2.1 国土交通省の研究における区画でみた市街地のイメージ¹⁾

2.3.1.2.2 単体火災のシナリオ

延焼拡大の単位である「区画」を、耐火造・防火造・裸木造の 3 つのタイプに分類し、それぞれにシナリオを設定している。それぞれの分類ごとに、火災進行の時間変化を mode1～mode4 で表現している。また、区画の火災性状については、構造ごとに「火災進行曲線」とよばれる発熱速度曲線を仮定していることが大きな特徴である。詳細は表 2.6、図 2.2 および図 2.3 の通りである。

表 2.6 国土交通省の研究における区画の構造ごとの火災進行シナリオ¹⁾

構造区分	シナリオ
耐火造	外部からの加熱に対しては開口部を通して内部の可燃物が発火する可能性があるのみである。火炎や熱気流は開放またはガラスの脱落した開口部のみから噴出する。内部が燃え尽きても区画形状は保ったままである。
防火造	外部からの加熱に対しては開口部を通して内部の可燃物が発火する。その後開口部のみから火炎や熱気流が噴出するが、屋根や外壁は内部の燃焼が進むにつれて順次に崩壊し、最終的に全体が火災となり、やがて燃え落ちる。
裸木造	外部からの加熱に対しては、露出した木部に着火する。屋根や外壁は内部の燃焼とともにすぐに燃え抜け、全体が火災となり、やがて燃え落ちる。

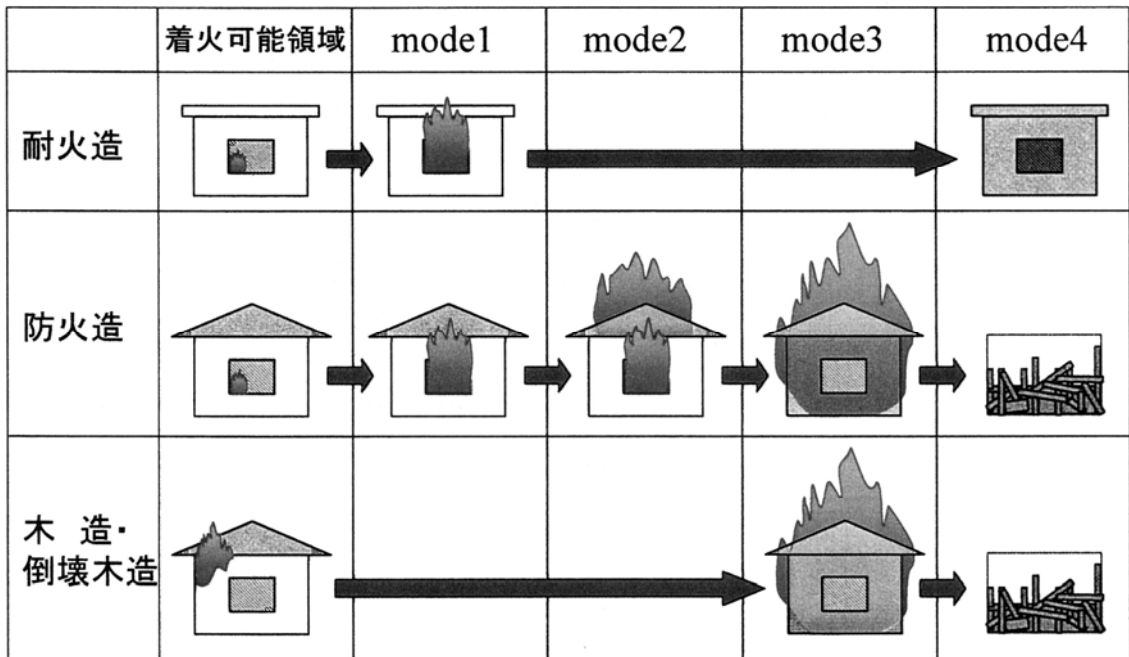


図 2.2 国土交通省の研究における区画の構造ごとの火災進行シナリオイメージ¹⁾

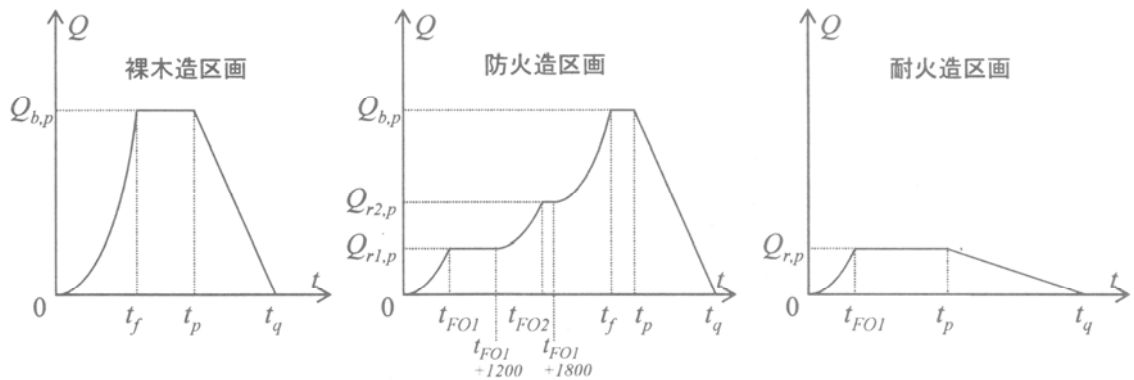


図 2.3 国土交通省の研究における構造ごとの火災進行曲線¹⁾

2.3.1.2.3 市街地火災のシナリオ

市街地火災のシナリオは、以下の4ステップからなる。

出火した区画は個別に火災が進行し、やがて鎮火に至る。

その間、外部に火炎・熱気流として熱を放出する。

区画外部へ放出された熱は放射熱・対流熱として周囲の区画を加熱する。

これにより温度が上昇しやがて着火し、その区画もまた個別に火災が進行する。

イメージ図を図 2.4 に示す。

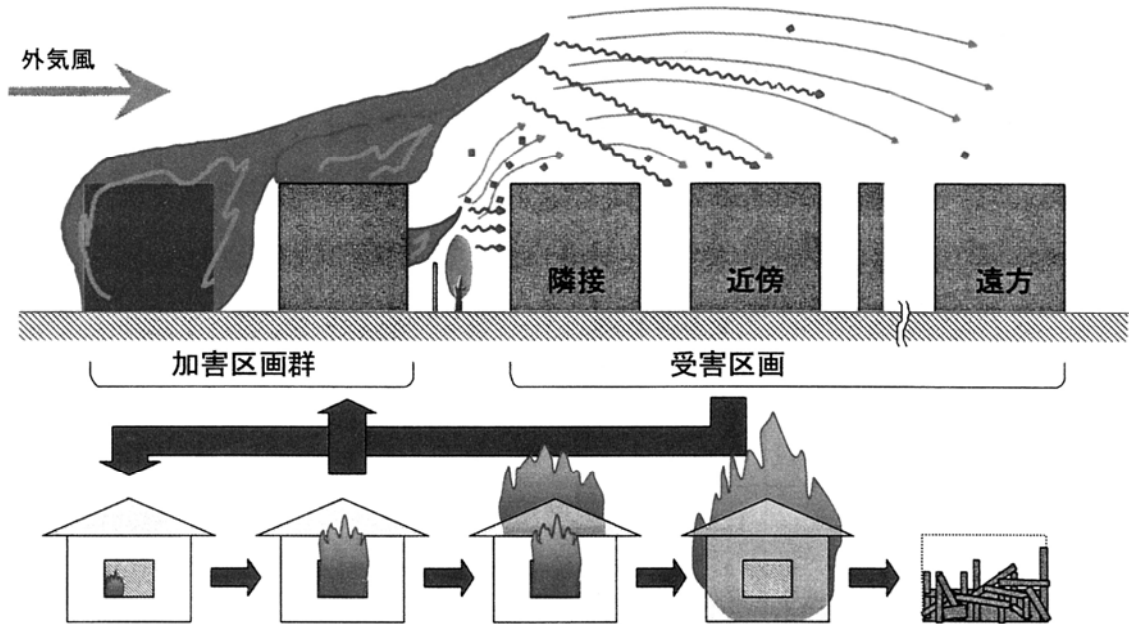


図 2.4 国土交通省の研究における市街地火災のシナリオイメージ¹⁾

2.3.1.2.4 モデルの全体構成

これまでにまとめた一連の火災進行シナリオは、表 2.7 に示す各サブモデルに分解される。これらのサブモデルの組み合わせにより、延焼シミュレーションが構築されている。

表 2.7 国土交通省の研究における延焼シミュレーションのサブモデル一覧¹⁾

個別区画の火災成長モデル		
a	可燃物量計算	区画を構成する躯体と、区画内部の収納物の可燃物量の計算
b	換気量計算	火災進展状況ごとの開口部、屋根、外壁を考慮した空気の供給量の計算
c	発熱速度計算	換気量と可燃物量から可燃物の燃焼の激しさの計算
区画外部に対する熱源のモデル		
d	火炎形状計算	各開口部、屋根上等、建物周囲に形成される火炎形状の計算
e	火炎合流判定	燃焼建物周囲の火炎が他の火炎と合流するかどうかの判定
到達する熱源のモデル		
f	気流温度計算	周囲の気流温度の計算
g	接炎判定	近傍の火炎に接するかどうかの判定
h	放射受熱量計算	周囲の火炎がどの程度の大きさに見えるかを幾何学計算
温度上昇と出火のモデル		
i	着火判定点計算	着火可能領域の中で、最も早く着火する可能性のある位置を計算
j	温度上昇計算	気流、放射の影響による着火判定点の温度変化を計算

2.3.2 樋本の研究³⁾

2.3.2.1 概要

この研究は、樋本の学位論文（2005.3、京都大学）として実施されたものである。論文は、大きく以下のような構成となっている。

建物内部の火災性状予測モデルの構築

建物間の火災拡大性状予測モデルの構築

火災拡大要素の物理的性状の定式化

- ・ 可燃物の燃焼モデルと区画火災への適用
- ・ 火災室開口から噴出する火炎・熱気流の温度と軌跡
- ・ 火災建物から放出される火の粉の飛散性状

実大火災実験および酒田大火との比較によるモデルの検証

実市街地（岐阜県高山市）におけるケーススタディ

2.3.2.2 モデルの構成

火災の拡大プロセスの記述に着目した場合、上記①②がそれにあたる。以下、それぞれをまとめる。

2.3.2.2.1 建物内部の火災性状予測モデル

樋本の研究における建築物単体の火災性状予測モデルは、国土交通省の方法と同様に、「ゾーンモデル」を基本としている。ただし、国土交通省の方法では「区画」の火災性状について構造ごとに「火災進行曲線」とよばれる発熱速度曲線を仮定しているのに対して、樋本の研究では、質量・エネルギー・化学種濃度（酸素と可燃性ガス）に関する保存式、および、気体の状態方程式を連立させ、支配方程式を導いており、この点が大きな特徴である。その後、開口および部材を経由した熱の移動を計算し、建築物内部の区画間の延焼の有無を判定している。図 2.5 に、樋本の研究における建物内部の火災性状予測モデルの概念図を示す。

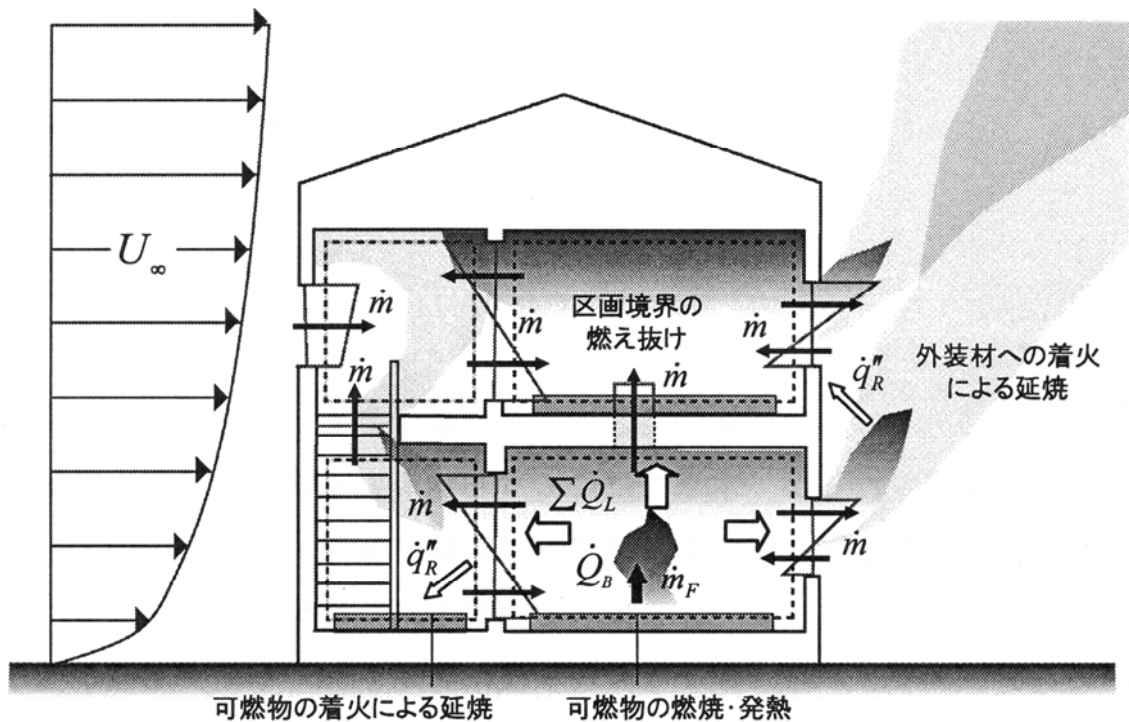


図 2.5 樋本の研究における建物内部の火災性状予測モデルの概念図³⁾

2.3.2.2.2 建物間の火災拡大性状予測モデル

樋本の研究における建物間の火災拡大性状予測モデルは、「火災建物からの輻射」「火災建物の風下に形成される熱気流」「火の粉の飛散（飛び火）」の 3 つの現象が考慮されている。このうち、「火災建物からの輻射」は火災室ガスと噴出火炎を熱源としている。火災室ガスについてはゾーンモデルによる建物内部の火災性状予測モデルの結果を利用し、噴出火炎については区画模型実験の結果から定式化を行っている。「火災建物の風下に形成される熱気流」からの影響については気流軸からの距離を基に温度上昇を算出している。

「火の粉の飛散（飛び火）」については、放出された火の粉の地表面上への落下は一般に離散的な分布をとることから、数値実験を基に確率的なモデルを構築している。図 2.6 に、樋本の研究における建物間の火災拡大性状予測モデルの概念図を示す。

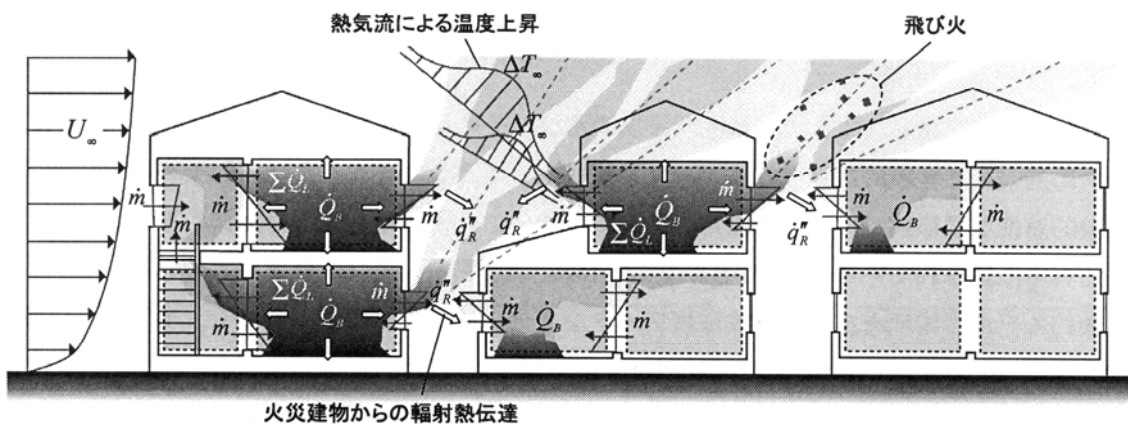


図 2.6 樋本の研究における建物間の火災拡大性状予測モデルの概念図³⁾

2.4 対象事業の検討

ここでは、本研究において構築するモデルの基礎概念の整理の後半として、代表的な木造密集市街地改善事業である東京都の「防災都市づくり推進計画」⁴⁾⁵⁾⁶⁾を取り上げ、特に「火災延焼リスクを軽減するための修復型まちづくりの事業内容」に着目し、評価対象の検討を行う。

2.4.1 評価対象選定の方針

本研究の対象の条件としては、次の2点が挙げられる。

延焼火災に対して危険度が高いと考えられる木造密集市街地であること。

当該地域・地区に関して、比較的詳細な改善事業計画（特に「修復型まちづくり」）が存在すること。

以上の条件から、本研究ではモデル構築のための基礎資料として、東京都の「防災都市づくり推進計画」⁴⁾⁵⁾⁶⁾を用いる。この計画の中で「重点整備地域」として指定された11の地域は、木造密集市街地の代表例であり、特に整備の緊急性を要する地域とされている。この重点整備地域については、明文化された整備方針の他に図面化された比較的詳細な整備計画が存在し、その利用価値は非常に高いと判断したことが、対象とした主な理由である。

2.4.2 「防災都市づくり推進計画」の概要

東京都「防災都市づくり推進計画」⁴⁾⁵⁾⁶⁾は、1995年の兵庫県南部地震の発生を受けた地域防災計画の見直しにあわせ、より危険性が高く緊急に改善が必要とされる地域を指定し、様々な事業手法を複合的に活用しながら木造密集市街地の改善を図ることを目的に策定されたものである。まず1996年3月に基本計画⁴⁾が策定され、翌1997年3月に具体的な整備計画⁵⁾が公表された。さらに、基本計画・整備計画はともに見直しが行われ、それぞれ2003年9月および2004年3月に改定が行われている⁶⁾。

この計画では、下記のように対象地域として2段階の指定がなされている。

- ・ 整備地域 (27 地域) : 地域危険度が高く、かつ、特に老朽化した木造建築物が集積するなど、震災時の甚大な被害が想定される地域 (詳細省略)
- ・ 重点整備地域 (11 地域) : 整備地域の中で、基盤整備事業などを重点化して展開し、早期に防災性の向上を図る地域

大森中地区 (大田区)

林試の森周辺・荏原地区 (品川区・目黒区)

世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区 (世田谷区)

中野南台地区 (中野区)

東池袋地区 (豊島区)

- 十条地区（北区）
- 大谷口地区（板橋区）
- 町屋・尾久地区（荒川区）
- 西新井駅西口周辺地区（足立区）
- 鐘ヶ淵周辺・京島地区（墨田区）
- 立石・四つ木地区（葛飾区）

重点整備地域の位置を図 2.7 に示す。また、文献 4) および文献 5) を基にまとめた各重点地域の概況について、本章末に資料 2.1～資料 2.11 として示す。また、「防災都市づくり推進計画」⁴⁾⁵⁾⁶⁾における整備計画図面を、付録 1 および付録 2 として添付する。



図 2.7 重点整備地域の位置

2.4.3 延焼火災面からみた評価対象事業の整理

木造密集市街地の改善事業と言っても、その具体的方法や空間的規模は大規模な面的事業から修復型事業まで様々であり、その全てを同一基準で評価することは困難である。そこで本項では、防災都市づくり推進計画を基にそれらの事業手法を整理し、本研究において対象とする事業、すなわち、火災延焼を軽減するという目的からみた市街地の「あんこ」部分に対する事業を明確にする。

2.4.3.1 事業の整理・分類

「防災都市づくり推進計画」⁴⁾⁵⁾⁶⁾の中で定められた11の重点地区に対して、図化された整備計画が存在することは既に述べた。それを基に、計画された（一部既に実施されたものを含む）事業内容を整理したところ、以下の8項目に分類が可能であった。

市街地の修復型整備（建築物の建替え・除却、それに伴う空地整備）
再開発事業・大規模な用途転換
幹線道路整備と沿道の不燃化
地区内避難路確保のための生活道路整備・ネットワーク化
鉄道路線の立体化
新規の避難所指定の促進と周辺地域の不燃化
公共施設等を核とした防災拠点整備
上記に付随したまちづくり・商店街振興

2.4.3.2 対象事業の選定・除外

本研究では密集市街地の延焼火災問題に焦点を当てている。したがって、上記分類の全てを対象とすることは不適切である。そこで、以下のような対象事業の選定・除外を行なった。

- (1) 延焼火災という観点で見た場合、⑦・⑧は該当しない。
- (2) 対象とする領域は市街地の「あんこ」部分であるため、③・⑤は除外される。
- (3) 本研究の目指す指標は、例えば建物一棟・街路一本に対する事業の積み重ねを評価しようとするためのものであり、大規模な事業は対象外である。したがって、②・⑥は除外される。
- (4) ①は、建築物の不燃化・空地の整備が行なわれる可能性があるため、対象とする。
- (5) は、道路も空地と見なした場合、空地率が上がる可能性があるため、対象とする。

以上より、火災延焼を軽減するという観点からみた場合の市街地の「あんこ」部分に対する事業内容は、大きくは「建築物の耐火化・不燃化」と「セットバック・道路拡幅・空地確保などによる建築物隣棟間隔の確保」、つまり、「燃え種の量」と「燃え種同士の距離」をコントロールすることに集約できると言える。

2.5 本章のまとめ

本章ではまず、本研究における建築物の分類の定義を示した。本研究では、建築物を耐火性能面から「木造建築物」「防火造建築物」「準耐火造建築物」「耐火造建築物」の4種類に分類した定義を用いる。

次に、本研究において構築するモデルの基礎概念の整理を行った。まず、既存の代表的な物理的火災延焼モデルの知見から、「火災延焼の拡大プロセス」をまとめた。それによると、「建築物内部の火災拡大」と「建築物間の延焼拡大」の2つのフェーズが、火災延焼拡大プロセスの主要な要素として位置づけられていることが明らかとなった。次いで、代表的な木造密集市街地改善事業である東京都の「防災都市づくり推進計画」の事業手法をまとめ、「火災延焼リスクを軽減するための修復型まちづくりの事業内容」に着目して評価対象の絞込みを行った。その結果、それらの事業は「建築物の耐火化・不燃化」と「セットバック・道路拡幅・空地確保などによる建築物隣棟間隔の確保」、つまり、言い換えると「燃え種の量」と「燃え種同士の距離」の2つの要素をコントロールすることに集約できることが示された。この「物理的火災延焼モデルからの知見」と「修復型まちづくりの要素」は、明快な対応関係を示しているといえる。

以上を踏まえると、密集市街地の火災延焼を考える場合、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」と「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」が重要なポイントであると考えられることができる。すなわち、修復型まちづくりにおいては、これら2つの基本的リスク因子を下げるための意思決定・施策実行が求められると言え、これを本研究の評価対象と位置付ける。次章では、この2つの基本的リスク因子を評価するモデルを構築する。

資料 2.1 大森中地区（大田区）

(1) 地区概況

面積：約 235ha

人口：43740 人

世帯数：19748 世帯

建築物不燃化率：23.7%

不燃領域率：36.7%

幅員 6m 以上道路率：10.8%

住民一人当空地面積：0.78 m²/人

- ・ 木賃アパートの老朽化が著しい.
- ・ 住工の混在.
- ・ 都市計画道路が未整備.
- ・ 京浜急行線により市街地が分断されている.

(2) 改善事業抜粋

面 基盤インフラ整備

不燃化と連動した商店街振興

糀谷駅周辺まちづくり

京急蒲田駅周辺まちづくり

線 骨格防災軸の形成＋避難道路の機能強化（環 8）

主要延焼遮断帯の形成（放 17 産業道路）

主要延焼遮断帯の形成（放 19 第一京浜）

補 36 の整備と延焼遮断帯の形成

補 39 の整備と延焼遮断帯の形成

呑川緑道軸の整備による防災空間の形成

地区内道路ネットワークの形成

京浜急行線の連続立体交差化

点 防災活動拠点の整備（5ヶ所）

資料 2.2 林試の森周辺・荳原地区（品川区・目黒区）

(1) 地区概況

面積：約 376ha（品川区側：約 182ha，目黒区側：約 194ha）

人口：77498 人（38949 人，38549 人）

世帯数：37318 世帯（18754 世帯，18564 世帯）

建物不燃化率：34.0%，26.8%

不燃領域率：44.1%，38.7%

幅員 6m 以上道路率：9.0%，13.0%

住民一人当空地面積：2.2 m²/人，1.8 m²/人

- ・ 品川区と目黒区にまたがった地区.
- ・ 建物の不燃化率は比較的高い水準である.
- ・ 細街路の割合が著しく高く，特に品川区では幅員 4m 未満の細街路が道路延長で 50% を占めている.

(2) 改善事業抜粋

- 面 主要生活道路整備及び建替え促進による密集市街地整備
林試の森公園の避難所指定の早期実現
避難所（林試の森公園：未指定）周辺の不燃化促進
武蔵小山駅周辺の立体交差化に伴う駅前広場・関連街路整備
南部地区センター周辺の整備
西小山駅北口周辺の整備
碑小学校周辺の整備
中央体育館周辺の整備
補 46 沿まちづくり
- 線 延焼遮断帯形成のための道路整備及び建物不燃化の促進（環 6 山手通り）
延焼遮断帯形成のための道路整備及び建物不燃化の促進（放 2）
延焼遮断帯形成のための道路整備及び建物不燃化の促進（補 26）
延焼遮断帯形成のための道路整備及び建物不燃化の促進（補 46 かむろ坂通り）
延焼遮断帯形成のための道路整備及び建物不燃化の促進（補 47）
地区内避難道路確保のための主要生活道路の整備
東急目蒲線の連続立体交差化
- 点 防災活動拠点の整備（12ヶ所）

資料 2.3 世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区（世田谷区）

(1) 地区概況

面積：約 124ha

人口：18692 人

世帯数：9385 世帯

建築物不燃化率：31.9%

不燃領域率：43.9%

- ・ 概ね住居系の土地利用.
- ・ 遠距離避難地域である.
- ・ 広い範囲で消防活動困難地域が存在する.
- ・ 地区内道路ネットワークが未形成.
- ・ 幅員 4m 未満の道路延長が約 40%を占める.

(2) 改善事業抜粋

- 面 若林公園および隣接する教育施設の避難場所指定の早期実現
避難場所（予定）の安全性を高めるための周辺の不燃化促進
密集市街地の改善に伴う消防活動困難地域の解消
- 線 避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（環 7）
避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（補 51 世田谷通）
避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（補 52）
避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（補 154）
避難導線としての地区内道路ネットワークの整備
避難導線の整備に伴う商店街の整備
- 点 防災活動拠点の整備（4ヶ所）

資料 2.4 中野南台地区（中野区）

(1) 地区概況

面積：約 96ha

人口：23510 人

世帯数：11649 世帯

建築物不燃化率：22.2%

不燃領域率：28.7%

幅員 6m 以上道路率：5%

住民一人当空地面積：0.30 m²/人

- ・ 共同住宅の比率が高い老朽木造住宅密集地域である。
- ・ 遠距離避難地域である。
- ・ 一人当りの空地面積が極めて低く、1500 m²以上の公園は 1ヶ所のみである。
- ・ 狭あい・行止まり道路が多い。

(2) 改善事業抜粋

面 東大付中・高および海洋研究所の避難所指定

避難所（予定）周辺の不燃化促進

不燃化に伴う商店街づくり・ゆとりあるまちづくり

基盤インフラ整備

線 避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（補 26 中野通り）

避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（補 62 方南通り）

避難道路整備および延焼遮断帯・避難道路沿道としての不燃化（補 63 本郷通り）

点 防災活動拠点の整備（1ヶ所）

資料 2.5 東池袋地区（豊島区）

(1) 地区概況

面積：約 123ha

人口：21482 人

世帯数：10667 世帯

建築物不燃化率：37.0%

不燃領域率：48.2%（雑司ヶ谷霊園除く）

幅員 6m 以上道路率：6.3%

住民一人当空地面積：0.38 m²/人

- ・ 地区内に広域避難場所あり。
- ・ 都市基盤が未整備のまま都市化した地域。
- ・ 主に木造賃貸住宅密集地・戸建住宅地・複合市街地（寺社・学校・業務施設・商店街）に分かれる。
- ・ 地区内の道路ネットワークが未整備
- ・ 幅員 4m 未満道路延長が約 63%を占める。

(2) 改善事業抜粋

- 面 雑司ヶ谷霊園（広域避難場所）の公園化
雑司ヶ谷霊園周辺の不燃化促進
東池袋 4 丁目再開発
街なみ環境整備事業等による住環境の改善（雑司が谷 1・2 丁目）
木造住宅密集地整備促進事業による木造密集地の改善（東池袋 4・5 丁目）
防災生活圈促進事業等による防災まちづくり（雑司が谷鬼子母神周辺）
- 線 道路整備と沿道まちづくり（環 5-1）
道路整備と沿道まちづくり（補 81）
道路整備と沿道まちづくり（補 175）
- 点 震災救援センターの防災機能強化（4ヶ所）
防災活動拠点の整備（1ヶ所）

資料 2.6 十条地区（北区）

(1) 地区概況

面積：約 95ha

人口：23258 人

世帯数：11321 世帯

建築物不燃化率：19.8%

不燃領域率：28.4%

幅員 6m 以上道路率：9%

- ・ 住宅が中心の土地利用状況であり，路線型の商店街が広く分布している．
- ・ 2 方向避難が不可能な行止まり道路が多い．
- ・ 公園等の空地が絶対的に不足している．
- ・ 埼京線により市街地が分断されている．

(2) 改善事業抜粋

面 十条駅周辺のまちづくり

線 延焼遮断帯形成のための沿道の耐震化・不燃化の促進（環 7）

延焼遮断帯形成のための沿道の耐震化・不燃化の促進（補 73）

延焼遮断帯形成のための沿道の耐震化・不燃化の促進（補 85）

JR 埼京線の連続立体交差化による市街地分断の解消

避難経路としてのプロムナード整備

資料 2.7 大谷口地区 (板橋区)

(1) 地区概況

面積：約 144ha

人口：28713 人

世帯数：14008 世帯

建築物不燃化率：25.9%

不燃領域率：36.9%

幅員 6m 以上道路率：8.0%

住民一人当空地面積：0.4 m²/人

- ・ 住宅地中心の土地利用状況である
- ・ 地区内に広域避難場所あり。
- ・ 東武東上線により市街地が分断されている。
- ・ 木造・老朽建物の更新が低迷している。

(2) 整備事業抜粋

面 広域避難場所の整備

大山駅周辺まちづくり

主要生活道路の整備および建替え促進による密集市街地の整備

共同建替えの推進による密集市街地の整備

線 延焼遮断帯形成のための沿道不燃化の促進 (放 8 川越街道)

延焼遮断帯形成のための沿道不燃化の促進 (補 26)

東武東上線の立体化

地区内避難路確保のための主要生活道路の整備

点 防災活動拠点の整備 (3ヶ所)

資料 2.8 町屋・尾久地区（荒川区）

(1) 地区概況

面積：約 267ha

人口：58721 人

世帯数：23613 世帯

建築物不燃化率：21.9%

不燃領域率：34.6%

幅員 6m 以上道路率：10.2%

住民一人当空地面積：0.6 m²/人

- ・ 木造住宅・工場併用住宅・軽工業事業所等の混在する地域である。
- ・ 地区内幹線道路にアクセスする区画道路が不連続な状態にある。
- ・ 地区内に広域避難場所あり。

(2) 改善事業抜粋

- 面 広域避難場所（尾久の原公園）周辺の重点的な不燃化
土地の高度利用促進（2ヶ所）
京成町屋駅周辺のまちづくり
- 線 主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化（放 11 尾久橋通り）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化（補 90）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化（補 193 旭電化通り）
延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化（補 93）
地区内避難道路確保のための主要補助幹線道路の整備（補 90）
地区内避難道路確保のための主要補助幹線道路の整備（補 306）
地区内避難道路確保のための主要補助幹線道路の整備（その他）
- 点 防災活動拠点の整備（1ヶ所）

資料 2.9 西新井駅西口周辺地区（足立区）

(1) 地区概況

面積：約 91ha

人口：15292 人

世帯数：6728 世帯

建築物不燃化率：27.5%

不燃領域率：37.0%

幅員 6m 以上道路率：6.5%

住民一人当空地面積：0.65 m²/人

- ・ 地区のほぼ中央に約 15ha の大規模工場敷地が存在する。
- ・ 上記以外にもまとまった工場地域がある
- ・ 工場群を取り囲むような形で住宅団地・木造密集市街地が形成されている。
- ・ 再開発・大規模土地利用転換等が予定されている。

(2) 改善事業抜粋

- | | |
|---|--|
| 面 | 公園の整備および中学校との一体的な防災活動拠点としての整備
大規模工場の土地利用転換誘導と併せた防災性の高い街区の形成
大規模敷地の将来的な土地利用誘導および整備
西新井駅西口駅前再開発および周辺地区整備
主要都市基盤整備のための代替種地（2ヶ所） |
| 線 | 骨格防災軸としての機能強化のための沿道不燃化（環 7）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化促進（補 100 尾竹橋通り）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化促進（補 138）
延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化促進（補 254）
地区内避難路確保のための主要道路の整備 |
| 点 | 防災活動拠点の整備（5ヶ所） |

資料 2.10 鐘ヶ淵周辺・京島地区（墨田区）

(1) 地区概況

面積：約 122ha

人口：23626 人

世帯数：9767 世帯

建築物不燃化率：12.4%

不燃領域率：31.3%

幅員 6%以上道路率：10%

住民一人当空地面積：0.70 m²/人

- ・ 住宅・店舗・作業所併用住宅・工場などが混在した地域である。
- ・ 平均敷地面積（147 m²）が区平均（169 m²）を大きく下回っている。
- ・ 幅員 4m 未満道路延長が約 47%を占めており，2 方向避難ができない行止まり道路も多い。
- ・ 白髭防災拠点に隣接している。

(2) 改善事業抜粋

面 重点地区整備のための代替種地（1ヶ所）

鐘ヶ淵駅周辺の施設整備

線 補 120 鐘ヶ淵通りの拡幅と基盤整備

骨格防災軸としての機能強化のための沿道不燃化促進（環 4 明治通り）

骨格防災軸としての機能強化のための沿道不燃化促進（補 13 水戸街道）

地区内避難路確保のための地区幹線道路の整備

点 防災活動拠点の整備（3ヶ所）

東武伊勢崎線と鐘ヶ淵通りの立体交差化

資料 2.11 立石・四つ木地区（葛飾区）

(1) 地区概況

面積：約 202ha

人口：32174 人

世帯数：13124 世帯

建築物不燃化率：28.7%

不燃領域率：40.4%

幅員 6m 以上道路率：11.9%

住民一人当空地面積：0.67 m²/人

- ・ 老朽化住宅・工場・商店等が混在する密集地域である。
- ・ 高齢化が進行している地域であり、過去5年間で65歳以上人口比率が12.6%から15.3%に上昇した。（平成9年3月現在）
- ・ 京成押上線により市街地が分断されている。
- ・ 荒川河川敷の広域避難場所に隣接している。

(2) 改善事業抜粋

- 面 新規避難地の確定および広域防災活動拠点の整備（区役所・公団青戸団地一帯）
四つ木駅周辺地区の整備
立石駅周辺地区のまちづくり
- 線 骨格防災軸としての機能強化のための沿道不燃化促進（補 13 水戸街道）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化促進（補 140 平和橋通り）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化促進（補 141 奥戸街道）
主要延焼遮断帯形成のための沿道の不燃化促進（補 274）
形成押上線の連続立体交差化
- 点 防災公園を核とする防災活動拠点の整備（1ヶ所）

参考文献

- 1) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 2) 大宮喜文、林吉彦、岩見達也：市街地火災における延焼メカニズムの実験的解明、都市計画論文集、No.38-3、pp25-30、2003.10
- 3) 樋本圭佑：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、2005.3
- 4) 東京都：防災都市づくり推進計画＜基本計画＞、1996.3
- 5) 東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3
- 6) 東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3
- 7) 高木任之：改訂版イラストレーション建築基準法、学芸出版社、2003
- 8) たかぎ・ただゆき：新世紀版イラスト建築防火、近代消防社、2001
- 9) 東京消防庁：東京都の市街地状況調査報告書（第7回）、2005.3

第 3 章

リスク評価基本モデルの構築

第3章 リスク評価基本モデルの構築

3.1 はじめに

本章では、前章において示された 2 つの基本的リスク因子、すなわち「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」および「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」について、簡易的に評価するための基本モデルを構築する。上記の 2 つの基本的リスク因子をそれぞれサブモデルとして位置付け、前者については可燃物量の概念を原単位的な考え方により単純化し、後者については糸井川の距離と延焼確率の概念¹⁾²⁾を応用して、それぞれ演繹的にサブモデルを構築する。

3.2 前提条件の整理

ここでは、モデル構築の前提条件の整理を行う。

3.2.1 建築構造の表記方法

本研究のモデルでは、建築構造種別のインデックスを多用するが、「加害側（火元側）」および「被害側」に分けて考える必要がある場合と、特に分ける必要がない場合がある。そこで、記載方法を以下のように統一する。なお、使用する建築構造種別は、第 2 章において定義した「木造建築物」「防火造建築物」「準耐火造建築物」「耐火造建築物」の 4 種別である。

3.2.1.1 加害側・被害側を分けて記載する場合

加害側の建築構造種別を i 、被害側の建築構造種別を j と記載する。種別表記は

$$\begin{aligned} \text{木造} & : i=1, j=1 \\ \text{防火造} & : i=2, j=2 \\ \text{準耐火造} & : i=3, j=3 \\ \text{耐火造} & : i=4, j=4 \end{aligned} \tag{3.1}$$

とする。

3.2.1.2 加害側・被害側を分けずに記載する場合

建築構造種別を k と記載する。種別表記は

$$\begin{aligned} \text{木造} & : k=1 \\ \text{防火造} & : k=2 \\ \text{準耐火造} & : k=3 \\ \text{耐火造} & : k=4 \end{aligned} \tag{3.2}$$

とする。

3.2.2 気象条件

本研究では、木造密集市街地の火災延焼リスクを、可能な限り簡便な方法で評価するためのモデル・方法論の構築を目的としている。したがって、モデル構築にあたっては、単純化のために政策的コントロールが可能な市街地の物的諸条件のみを考慮し、風や湿度など気象条件は考慮しないこととする。

3.3 「燃え種の量」のモデル化

3.3.1 本サブモデルの考え方

このサブモデルは、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」を記述したものである。建築物一棟あたりにどの程度火災に寄与する可燃物が存在するかを、「可燃物量」の概念を用いて原単位的な考え方によりモデル化を行った。

3.3.2 サブモデルの構築

3.3.2.1 可燃物量と火災荷重

建築物の可燃物の量を算定する手法としては、ある火災区画内に存在する可燃物の量を同じ発熱量の木材の量に換算した「等価可燃物量」と、等価可燃物量を火災区画の床面積で除し単位床面積あたりの値とした「火災荷重」が一般に用いられている。建築物内の可燃物は、建築物本体（壁・天井・床・間仕切りなど）や建具・内装材等からなる固定可燃物と、家具・書籍・衣類・寝具などからなる積載可燃物に分けられる³⁾。火災荷重についても同様である³⁾。

$$(\text{可燃物量}) = (\text{固定可燃物量}) + (\text{積載可燃物量}) \quad (3.3)$$

$$(\text{火災荷重}) = (\text{固定火災荷重}) + (\text{積載火災荷重}) \quad (3.4)$$

以下、可燃物量を基に検討を進める。

本研究では、一般的に入手可能な市街地データを利用することを前提としている。よって、基本モデルにおいてモデル化する範囲を次のように定義する。

- ・ 固定可燃物量：市街地データから建具・内装材を特定することは不可能なため考慮しない
- ・ 積載可燃物量：建築物の用途および床面積によっておおむね決まるとされるが⁴⁾、建築物の用途まで詳細に得られるデータは一般的ではないため、今回は考慮しない。

以上より、本研究では、建築物本体からなる可燃物量のみを扱うものとする。すなわち、「建築物本体からなる可燃物量を市街地データから概ね算出する」という方針の下で、本サブモデル構築を行う

3.3.2.2 建築物の展開図面積

総建築物棟数 N 棟の領域について考える。ある建築物について、形状は正四角柱、建築面積 s_b 、 m 階建て、一階層の高さ h であると仮定し、この建築物の展開図を考えると次のようになる。

$$1 \text{ 階部分} : 2s_b + 4h\sqrt{s_b} \quad (3.5)$$

$$2 \text{ 階以上部分} : s_b + 4h\sqrt{s_b} \quad (3.6)$$

ここで、ある階 (r 階) の天井はその上階 ($r+1$ 階) 部分の床と共通とみなすと、ある建築物全体で可燃物量に寄与すると考えられる展開図の面積 s_e は次のように表現できる。

$$s_e = (2s_b + 4h\sqrt{s_b}) + \{(m-1)(s_b + 4h\sqrt{s_b})\} \\ = s_b + m(s_b + 4h\sqrt{s_b}) \quad (3.7)$$

3.3.2.3 みかけ可燃物量

同一建築物の中で同時に燃焼する可能性のある範囲は、構造により差があることは明らかである。そこで、木造および防火造については建築物全体が、準耐火造については 2 階層が、耐火造については 1 階層が、それぞれ同時に燃焼するものとする。すなわち、

$$M = \begin{cases} m & (k=1,2) \\ 2 & (k=3) \\ 1 & (k=4) \end{cases} \quad (3.8)$$

と定義し、同時燃焼階層を考慮した s_e を S_e とすると、

$$S_e = s_b + M(s_b + 4h\sqrt{s_b}) \quad (3.9)$$

となる。また、同じ S_e であっても建築物の構造が異なれば火災に寄与する可燃物量が変化することは自明である。そこで、構造ごとの可燃物割合補正係数 α_k を導入する。 α_k については現段階では具体的な知見が得られていないため、仮定する必要がある。 α_k を建築物の「燃え方の激しさ」の相対比率、すなわち、単位時間あたりに放出する熱エネルギーの相対比率であると考えることができる。そこで、国土交通省の火災進行曲線⁵⁾ (第 2 章図 2.3 参照) からおおよそ次のように見積もる。

$$\begin{cases} \alpha_1 = 1.0 \\ \alpha_2 = 0.8 \\ \alpha_3 = 0.2 \\ \alpha_4 = 0.1 \end{cases} \quad (3.10)$$

ただし、特に α_2 、すなわち防火造の「燃え方の激しさ」は、相当範囲が広いものと考えられる。一括りに防火造と言っても、戦時下で生まれた「簡易防火構造」「防火改修」の流れを汲む従来の木造モルタル的な防火性能の低いものから、近年数多く建設されている「省令準耐」と呼ばれる準耐火造に近い防火性能を有するものまで、非常に多岐に渡る。それぞれの建築物の建築年代が特定されればある程度は仕分けができる可能性はあるが、一般的には、建築年代が判別可能な広範囲の建築物データを入手することは非常に困難である。よって、本研究では危険側に被害を想定する立場 (計画論的には安全側) を取り、従来型の木造モルタル的な、比較的防火性能の低い防火造を想定するものとする。

以上より、 S_e と α_k の積を「一棟あたりのみかけ可燃物量」と定義し、 u とする。

$$u = \alpha_k S_e \quad (3.11)$$

この u が、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」を支配するものとみなす。

さらに、領域内の全ての建築物の u を足し合わせ、総建築物棟数 N 棟で除せば、「この領域における平均的な一棟あたりの可燃物原単位面積 \hat{u} 」を求めることができる。この領域の l 番目 ($l=1,2,\dots,N$) の建築物の可燃物原単位面積 u_l とすると、 \hat{u} は次のように表すことができる。

$$\hat{u} = \frac{\sum_l u_l}{N} \quad (3.12)$$

3.4 「燃え種同士の距離」のモデル化

3.4.1 本サブモデルの考え方

このサブモデルは、「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうかが」を記述したものである。隣棟間の距離と延焼しやすさの関係については、糸井川（1988、1990）¹⁾²⁾により距離と延焼確率の関係として定式化されている。これは、ある一組の建築物の対に着目した場合には計算が可能だが、集団的な建築物群における延焼可能性を論ずることはできない。そこで本研究では、糸井川の式を基に、一定の広がりを持った市街地領域における指標に拡張することを試みる。

3.4.2 サブモデルの構築

3.4.2.1 距離と延焼確率の関係

延焼可能性のある2つの建築物に着目したとき、この建築物間の隣棟間隔を d とすると、放任火災時の構造 i から構造 j への延焼確率 p_{ij} は次の式で表すことができる¹⁾²⁾。

$$p_{ij}(d) = 1 - \exp\left(-\frac{A_i m h}{d^2}\right) \quad (3.13)$$

ここで、 A_i は加害側建築物および受害側建築物の構造で決まるパラメータ、 m は受害側建築物の階層数、 h は一階層の高さである。

3.4.2.2 領域の平均隣棟間隔

式(3.13)において、 d 、 m 、 h について、当該領域における平均値を求めることができれば、当該領域における平均的な p_{ij} を求めることができる。 m 、 h については、建ぺい率や個々の建築物データなどから求めることは容易である。具体的な方法についてはデータの粗細より定義しなおす必要があるため、第4章および第5章においてモデルの拡張として詳細に検討する。 d については、仮に市街地の地図的データがあったとしても、当該領域の形状、建築物形状、建築物の方向（角度）は多様であり、それらを抽象化した形での平均隣棟間隔を定義する必要がある。

ここでは、総面積 S 、総建築面積 S_b 、総建築物棟数 N 棟の領域について考える。まず、領域市街地の形状を正方形とし、建築物の配置をグリッド状に近似した街区モデルを考える。図3.1にその例を示す。領域内の建築物は、平均の建築面積・形状をもって一様に分布しているとみなす（図3.1、図3.2）。すなわち、この街区モデルでは全ての建築物が平均みかけ可燃物量 \hat{u} であると考ええる。なお、領域境界は道路端とする。なお、既往研究⁶⁾において、「ある一定の建築密度以上では、一般に建築物が一様分布した場合は被害が危険側に出る」と示唆されている。本研究における分析対象は、重点整備地域、すなわち、木造密集市街地であるため、定性的ではあるが被害が危険側に出る建築密度であると類推できる。したがって、この条件設定は、基本的には危険側に被害を想定する立場（計画論的には安全側）を取ることになり、計画論的には一定の根拠があるものと言える。

以上の仮定を置くと、ある領域の平均隣等間隔 \hat{d} は次のように定義することができる。

$$\hat{d} = \frac{\sqrt{S} - \sqrt{S_b}}{\sqrt{N} - 1} \quad (3.14)$$

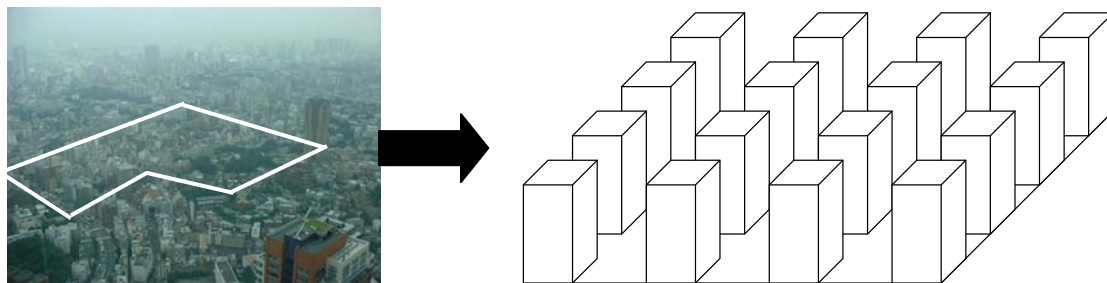
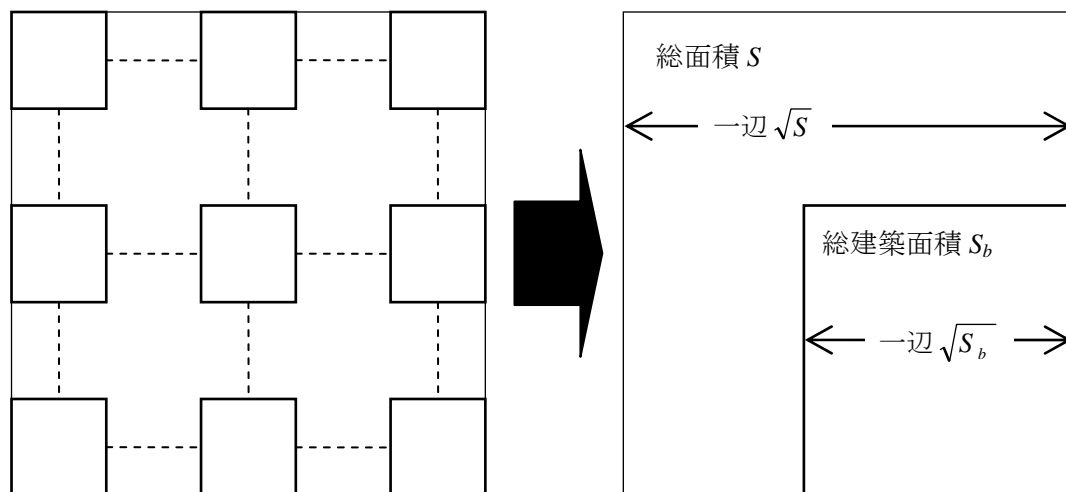


図 3.1 本研究における近似市街地のイメージ



左は、 \hat{d} のみかけ可燃物量を持つ N 棟の建築物が均等な隣等間隔でグリッド状に分布している状況。右は、それらを正方形に集積した状態。

図 3.2 平均的な隣棟間隔を定義するモデル空間の概念図

3.4.2.3 構造別の存在確率

以上より、当該領域における平均的な p_{ij} を求めることが可能となったが、 p_{ij} は火元および被害側の構造の全ての組み合わせパターン（16 パターン）だけ定義される。これでは、当該領域の代表値として用いることはできない。そこで、各構造ごとの存在確率を用いて補正した後に足し合わせることで、一定の広がりを持った市街地領域における指標に拡張する。

総建築物棟数 N 棟の領域のある火災において、加害側建築物から別の1棟に延焼したものととする。このとき、加害側建築物の構造が i 、被害側建築物の構造が j とし、以下のような近似的仮定を置く。

加害側建築物の構造が i である確率を式(3.15)の通りとする。ただし、 n_i は領域内に

における構造 i の建築物の棟数である。

$$q_i = \frac{n_i}{N} \quad (3.15)$$

受害側建築物の構造が j である確率を式(3.16)の通りとする。ただし、 n_j は領域内における構造 j の建築物の棟数である。

$$q_j = \frac{n_j}{N} \quad (3.16)$$

3.4.2.4 領域のみかけ延焼確率

以上より、分析対象とする領域が定義されると、式(3.13)および式(3.14)を用いて d に \hat{d} を代入し、その後、加害側および受害側の構造の全ての組み合わせパターン（16 パターン）それぞれの生起確率の和を計算することにより、「ある領域のみかけの延焼確率 \hat{p} 」を定義することができる。

$$\hat{p}(\hat{d}) = \sum_i \sum_j q_i q_j p_{ij}(\hat{d}) \quad (3.17)$$

3.4.2.5 パラメータ A_{ij} の拡張

A_{ij} の値および算出方法については文献 1) および文献 2) において示されているが、準耐火造については考慮されていない（表 3.1）。糸井川は構造別の建築物棟数、構造別の出火件数および類焼発生件数を用いて A_{ij} を算定しているが、糸井川が算定した当時は準耐火造の区分がなかったためである。

表 3.1 糸井川のパラメータ A_{ij} ²⁾

		受害側構造		
		木造	防火造	耐火造
加害側構造	木造	4.738	4.244	0.000874
	防火造	1.711	2.257	0.000292
	耐火造	0.000105	0.000123	0

本研究では準耐火造を考慮した 4 区分の建築分類を用いるため、ここではパラメータ A_{ij} を準耐火造にも適用可能となるよう拡張する。使用するデータは以下の通りである。

- ・ 構造別の建築物棟数：「東京都の市街地状況調査報告書」における都内全域の構造別建築物棟数について、第 6 回（平成 12 年）⁷⁾ と第 7 回（平成 17 年）⁸⁾ の算定値を平均（表 3.2）
- ・ 構造別の出火件数：平成 2 年 1 月 1 日～平成 10 年 12 月 31 日の間の東京消防庁管内における火災発生状況を基に集計⁹⁾（表 3.3）

- ・ 構造別の類焼発生 : 平成 2 年 1 月 1 日～平成 10 年 12 月 31 日の間の東京消防庁管内における火災発生状況を基に集計⁹⁾ (表 3.4)

構造別の建築物棟数を「東京都の市街地状況調査報告書」の第 6 回 (平成 12 年)⁷⁾ と第 7 回 (平成 17 年)⁸⁾ の平均としたのは、第 6 回が平成 8～9 年度 (ベース地形図は公表されていないが、概ね 5～7 年ほど遡ると思われる)、第 7 回が平成 13～14 年度 (ベース地形図は平成 8～11 年度調査) にそれぞれ公表された「東京都都市計画地理情報システム」を基に集計されているためである。また、類焼件数については、部分焼以上の 1 番目の類焼建物の件数を集計したものである。

表 3.2 構造別の建築物棟数⁷⁾⁸⁾

構造	第 6 回 (棟)	第 7 回 (棟)	平均 (棟)
木造	403364	311487	357425.5
防火造	1482942	1502763	1492852.5
準耐火造	321027	371357	346192
耐火造	381511	404570	393040.5

表 3.3 構造別の出火件数⁹⁾

構造	出火件数 (件)
木造	1623
防火造	2511
準耐火造	318
耐火造	1186

表 3.4 構造別の類焼発生件数⁹⁾

(件)		受害側構造			
		木造	防火造	準耐火造	耐火造
加害側構造	木造	570	462	47	131
	防火造	200	1066	56	210
	準耐火造	16	52	33	28
	耐火造	11	46	3	60

これらを用いて、文献 1)、文献 2) における木造・防火造のパラメータを基準として耐火造のパラメータ A_{ij} を推定する方法に従い、準耐火造のパラメータ A_{ij} を推定した。

まず、木造の被害性を 1 としたときの準耐火造の被害性を考えると、木造を加害側 ($i=1$)

とする準耐火造 (j=3) への延焼 (以降、これに類する表記を便宜的に「木造 (i=1) →準耐火造 (j=3)」あるいは単に「木造→準耐火造」と記述する) のし易さは、木造 (i=1) →木造 (j=1) に対して

$$\frac{(\text{木造} \rightarrow \text{準耐火造の件数})}{(\text{木造} \rightarrow \text{木造の件数})} \times \frac{(\text{木造混成比率})}{(\text{準耐火造混成比率})} \quad (3.18)$$

の比率であると考えられる。これを便宜的に ξ_{13}^{11} と書くこととする。同様に、防火造の被害性を 1 としたときの準耐火造の被害性を考えると、木造 (i=1) →防火造 (j=2) に対して

$$\frac{(\text{木造} \rightarrow \text{準耐火造の件数})}{(\text{木造} \rightarrow \text{防火造の件数})} \times \frac{(\text{防火造混成比率})}{(\text{準耐火造混成比率})} \quad (3.19)$$

の比率となると考えられる。これを便宜的に ξ_{13}^{12} と書くこととする。 ξ_{13}^{11} および ξ_{13}^{12} はそれぞれ

$$\frac{(\text{木造混成比率})}{(\text{準耐火造混成比率})} = \frac{\frac{(\text{木造建築物棟数})}{(\text{全建築物棟数})}}{\frac{(\text{準耐火造建築物棟数})}{(\text{全建築物棟数})}} = \frac{(\text{木造建築物棟数})}{(\text{準耐火造建築物棟数})} \quad (3.20)$$

$$\frac{(\text{防火造混成比率})}{(\text{準耐火造混成比率})} = \frac{\frac{(\text{防火造建築物棟数})}{(\text{全建築物棟数})}}{\frac{(\text{準耐火造建築物棟数})}{(\text{全建築物棟数})}} = \frac{(\text{防火造建築物棟数})}{(\text{準耐火造建築物棟数})} \quad (3.21)$$

の関係を用いると、

$$\frac{(\text{木造} \rightarrow \text{準耐火造の件数})}{(\text{木造} \rightarrow \text{木造の件数})} \times \frac{(\text{木造建築物棟数})}{(\text{準耐火造建築物棟数})} = \xi_{13}^{11} \quad (3.22)$$

$$\frac{(\text{木造} \rightarrow \text{準耐火造の件数})}{(\text{木造} \rightarrow \text{防火造の件数})} \times \frac{(\text{防火造建築物棟数})}{(\text{準耐火造建築物棟数})} = \xi_{13}^{12} \quad (3.23)$$

となり、建築物棟数で計算が可能となる。ところで、式(3.10)を A_{ij} について解くと、

$$A_{ij} = -\frac{d^2 \ln\{1 - p_{ij}(d)\}}{mh} \quad (3.24)$$

となる。これを用いて、ある代表隣棟間隔 d_0 において、木造→木造を基準とした場合の $p_{13}(d_0)$ の値が 1: ξ_{13}^{11} となるようなパラメータ A_{ij} を求める。このときの A_{ij} を、便宜的に $A_{13}(d_0, \xi_{13}^{11})$ と書くこととすると、以下のように表すことができる。

$$A_{13}(d_0, \xi_{13}^{11}) = -\frac{d_0^2 \ln\{1 - p_{11}(d_0) \cdot \xi_{13}^{11}\}}{mh} \quad (3.25)$$

同様に、木造→防火造を基準とした場合の $p_{13}(d_0)$ の値が 1: ξ_{13}^{12} となるようなパラメータ A_{ij} を求める。このときの A_{ij} も同様に、便宜的に $A_{13}(d_0, \xi_{13}^{12})$ と書くこととすると、以下のように表すことができる。

$$A_{13}(d_0, \xi_{13}^{12}) = -\frac{d_0^2 \ln\{1 - p_{12}(d_0) \cdot \xi_{13}^{12}\}}{mh} \quad (3.26)$$

今回は、木造→準耐火造のパラメータ A_{13} として、この $A_{13}(d_0, \xi_{13}^{11})$ と $A_{13}(d_0, \xi_{13}^{12})$ の平均を採用する。すなわち、

$$A_{13} = \frac{A_{13}(d_0, \xi_{13}^{11}) + A_{13}(d_0, \xi_{13}^{12})}{2} \quad (3.27)$$

となる。以上を模式的に表したものが図 3.3 である。同様にして、防火造→準耐火造のパラメータ A_{23} については、防火造→木造および防火造→防火造を基準として、以下のようになる。

$$\frac{(\text{防火造} \rightarrow \text{準耐火造の件数})}{(\text{防火造} \rightarrow \text{木造の件数})} \times \frac{(\text{木造混成比率})}{(\text{準耐火造混成比率})} = \xi_{23}^{21} \quad (3.28)$$

$$\frac{(\text{防火造} \rightarrow \text{準耐火造の件数})}{(\text{防火造} \rightarrow \text{防火造の件数})} \times \frac{(\text{防火造混成比率})}{(\text{準耐火造混成比率})} = \xi_{23}^{22} \quad (3.29)$$

$$A_{23} = \frac{A_{23}(d_0, \xi_{23}^{21}) + A_{23}(d_0, \xi_{23}^{22})}{2} \quad (3.30)$$

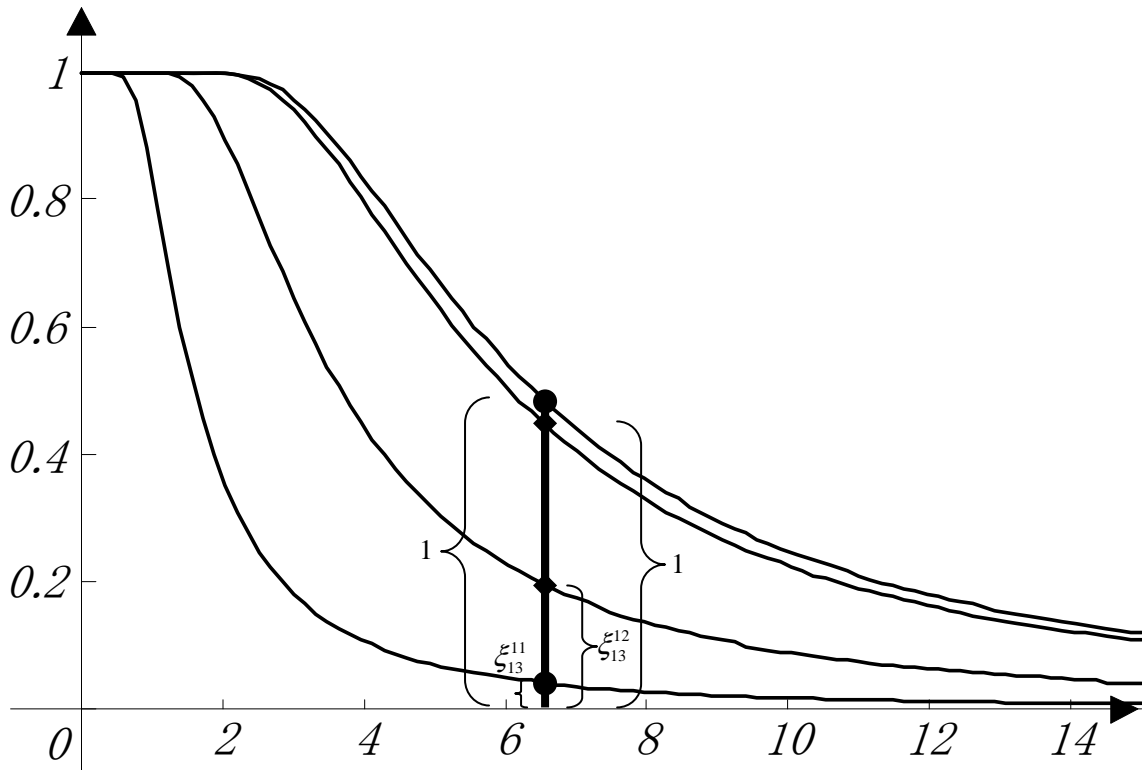


図 3.3 準耐火造の A_{ij} 推定の模式図

準耐火造を火元とする場合は、混成比率で補正する必要はなく、例えば準耐火造→木造であれば、木造→木造および防火造→木造を基準として、以下のようになる。

$$\frac{(\text{準耐火造} \rightarrow \text{木造の件数})}{(\text{準耐火造からの全出火件数})} \div \frac{(\text{木造} \rightarrow \text{木造の件数})}{(\text{木造からの全出火件数})} = \xi_{31}^{11} \quad (3.31)$$

$$\frac{(\text{準耐火造} \rightarrow \text{木造の件数})}{(\text{準耐火造からの全出火件数})} \div \frac{(\text{防火造} \rightarrow \text{木造の件数})}{(\text{防火造からの全出火件数})} = \xi_{31}^{21} \quad (3.32)$$

$$A_{31} = \frac{A_{31}(d_0, \xi_{31}^{11}) + A_{31}(d_0, \xi_{31}^{21})}{2} \quad (3.33)$$

同様に、準耐火造→防火造の場合は、木造→防火造および防火造→防火造を基準として、以下ようになる。

$$\frac{(\text{準耐火造} \rightarrow \text{防火造の件数})}{(\text{準耐火造からの全出火件数})} \div \frac{(\text{木造} \rightarrow \text{防火造の件数})}{(\text{木造からの全出火件数})} = \xi_{32}^{12} \quad (3.34)$$

$$\frac{(\text{準耐火造} \rightarrow \text{防火造の件数})}{(\text{準耐火造からの全出火件数})} \div \frac{(\text{防火造} \rightarrow \text{防火造の件数})}{(\text{防火造からの全出火件数})} = \xi_{32}^{22} \quad (3.35)$$

$$A_{32} = \frac{A_{32}(d_0, \xi_{32}^{12}) + A_{32}(d_0, \xi_{32}^{22})}{2} \quad (3.36)$$

最後に、準耐火造→準耐火造の場合は、木造→木造および防火造→防火造を基準とする。まず、木造の加害性を 1 としたときの準耐火造の加害性の比率は、式(3.31)と式(3.34)の平均とする。つまり、木造の加害性を 1 としたときの準耐火造の加害性の比率を便宜的に ψ_{30}^{10} と書くと、

$$\psi_{30}^{10} = \frac{\xi_{31}^{11} + \xi_{32}^{12}}{2} \quad (3.37)$$

となる。また、木造の受害性を 1 としたときの準耐火造の受害性の比率は、式(3.22)と式(3.28)の平均とする。つまり、木造の受害性を 1 としたときの準耐火造の受害性の比率を便宜的に ψ_{03}^{01} と書くと、

$$\psi_{03}^{01} = \frac{\xi_{13}^{11} + \xi_{23}^{21}}{2} \quad (3.38)$$

となる。ここで、木造に対する準耐火造の加害性・受害性を考慮した木造→木造に対する準耐火造→準耐火造の延焼危険性の比率は、式(3.37)と式(3.38)の積で表すことができるものと考えられる。すなわち、

$$\xi_{33}^{11} = \psi_{30}^{10} \cdot \psi_{03}^{01} \quad (3.39)$$

となる。防火造→防火造に対する準耐火造→準耐火造の延焼危険性の比率も同様に考える。まず、防火造の加害性を 1 としたときの準耐火造の加害性の比率は、式(3.32)と式(3.35)の平均とする。つまり、防火造の加害性を 1 としたときの準耐火造の加害性の比率を便宜的に ψ_{30}^{10} と書くと、

$$\psi_{30}^{20} = \frac{\xi_{31}^{21} + \xi_{32}^{22}}{2} \quad (3.40)$$

となる。また、防火造の受害性を 1 としたときの準耐火造の受害性の比率は、式(3.23)と式

(3.29)の平均とする。つまり、防火造の被害性を1としたときの準耐火造の被害性の比率を便宜的に ψ_{03}^{01} と書くと、

$$\psi_{03}^{02} = \frac{\xi_{13}^{12} + \xi_{23}^{22}}{2} \quad (3.41)$$

となる。ここで、防火造に対する準耐火造の加害性・被害性を考慮した防火造→防火造に対する準耐火造→準耐火造の延焼危険性の比率は、式(3.40)と式(3.41)の積で表すことができるものとする。すなわち、

$$\xi_{33}^{22} = \psi_{30}^{20} \cdot \psi_{03}^{02} \quad (3.42)$$

となる。以上求めた ξ_{33}^{11} および ξ_{33}^{22} より、求める A_{33} は、

$$A_{33} = \frac{A_{33}(d_0, \xi_{33}^{11}) + A_{33}(d_0, \xi_{33}^{22})}{2} \quad (3.43)$$

となる。

以上において、建築物の階層 m および建築物1階層の高さ h は、 $m=2$ 、 $h=3$ [m]（全ての建物が2階建、1階層の高さが平均3m）と仮定して計算を行う。また、代表隣棟間隔 d_0 については、3.4.2.2で定義を行った「平均隣棟間隔」の考え方を採用することとし、本研究における対象地域は全て東京都区部のため「東京都の市街地状況調査報告書」⁷⁾⁸⁾における東京都区部の数値を用いて決定することとする。ただし、「東京都の市街地状況調査報告書」⁷⁾⁸⁾においては市街地面積、平均建ぺい率が集計されており、これを用いるために式(3.14)の S_b を変形する。 S_b は当該領域の面積 S 、当該領域の建ぺい率 R_b により、

$$S_b = S \cdot R_b \quad (3.44)$$

と表される。よって式(3.14)は、

$$\hat{d} = \frac{\sqrt{S} - \sqrt{S \cdot R_b}}{\sqrt{N} - 1} = \frac{\sqrt{S}(1 - \sqrt{R_b})}{\sqrt{N} - 1} \quad (3.45)$$

と変形することができる。先と同様に、「東京都の市街地状況調査報告書」の第6回（平成12年）⁷⁾と第7回（平成17年）⁸⁾の平均をとることとし、 S を東京都区部での市街地面積、 R_b を東京都区部での建ぺい率、 N を東京都区部での建築棟数と読み替えると、それぞれ表3.5のとおりとなる。

表 3.5 東京都区部の市街地状況（抜粋）⁷⁾⁸⁾

	第6回	第7回	平均
市街地面積 (m ²)	626879266	628546896.28	627713081.14
建ぺい率 (%)	38.0	42.9	40.45
建築棟数 (棟)	1678935	1663523	1671229

以上より、代表隣棟間隔 d_0 を求めると、

$$d_0 \approx 6.712 \text{ [m]} \quad (3.46)$$

となる。ここでは簡単のために、

$$d_0 \approx 6.5 \text{ [m]} \quad (3.47)$$

とする。

表 3.6 に、準耐火造を考慮したパラメータ A_{ij} を示す。また、図 3.4～図 3.7 に、 $m=2$ 、 $h=3$ [m] の場合の p_{ij} のプロットを示す。これを見ると、準→防の A_{ij} がやや高い値となっている。これは、準→防の発生件数自体が準→木より多いことに加え、比較対照である防→防の A_{ij} がもともと比較的大きな値であるためと考えられる。

表 3.6 準耐火造に拡張されたパラメータ A_{ij}

		被害側構造			
		木造	防火造	準耐火造	耐火造
加害側構造	木造	4.738	4.244	0.9293	0.000874
	防火造	1.711	2.257	0.4541	0.000292
	準耐火造	0.7719	1.456	0.2861	0.000630
	耐火造	0.000105	0.000123	0.000032	0

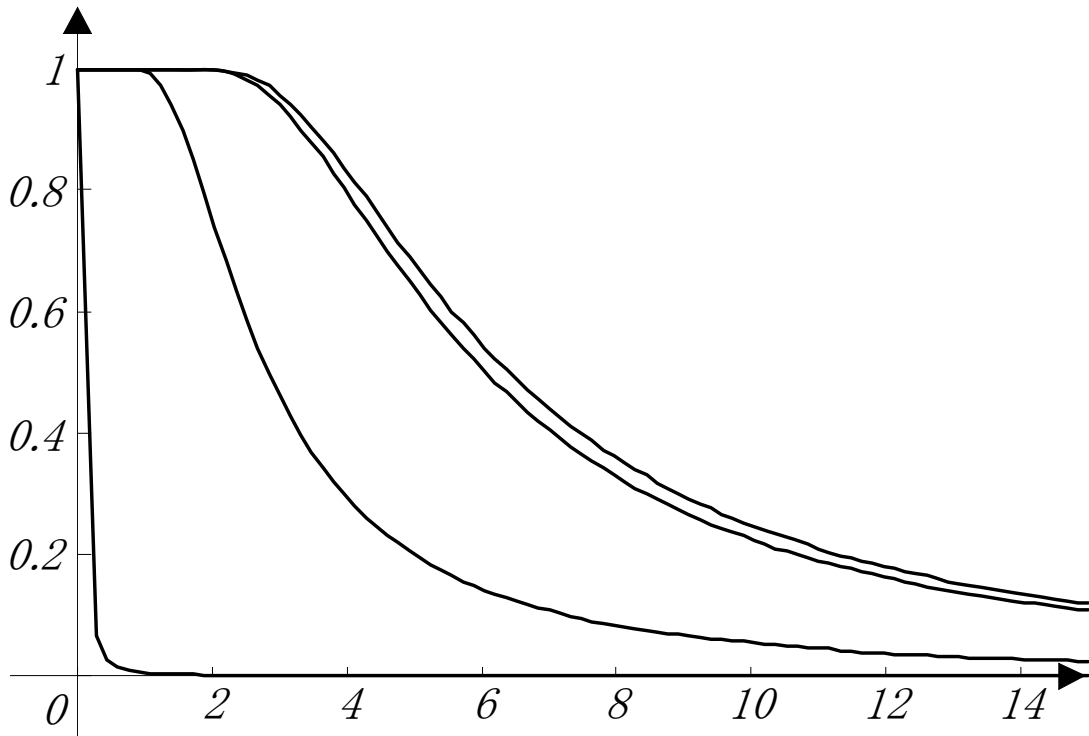


図 3.4 隣棟間隔と延焼確率（加害側が木造、 $m=2, h=3[m]$ の場合）

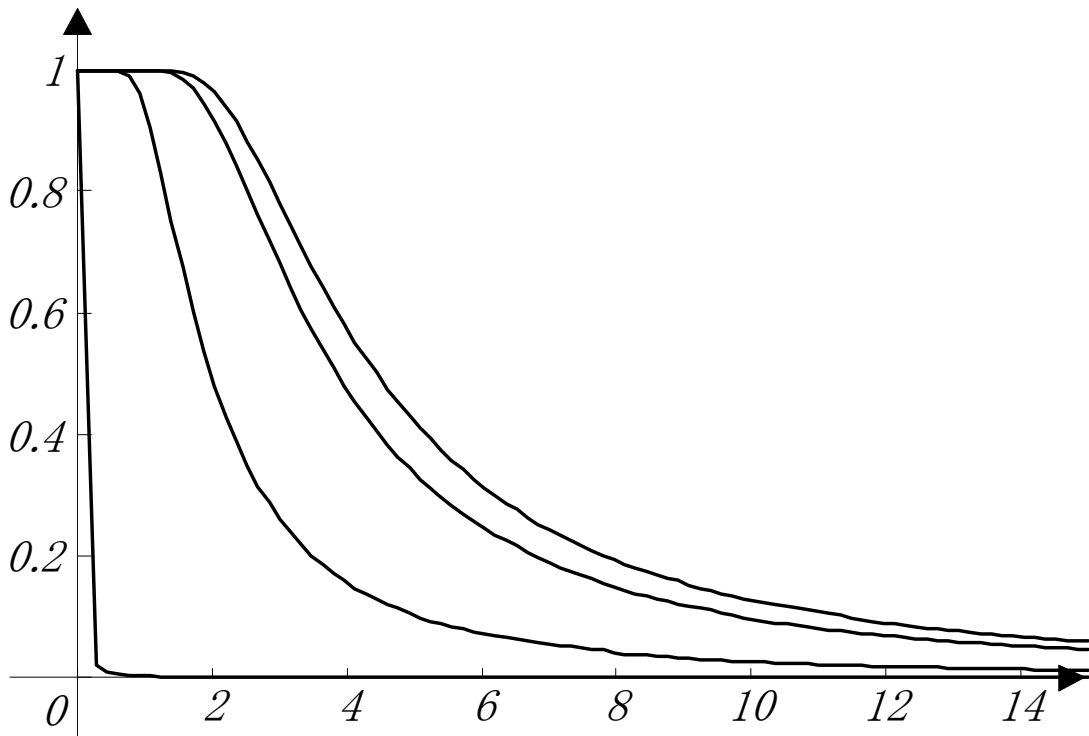


図 3.5 隣棟間隔と延焼確率（加害側が防火造、 $m=2, h=3[m]$ の場合）

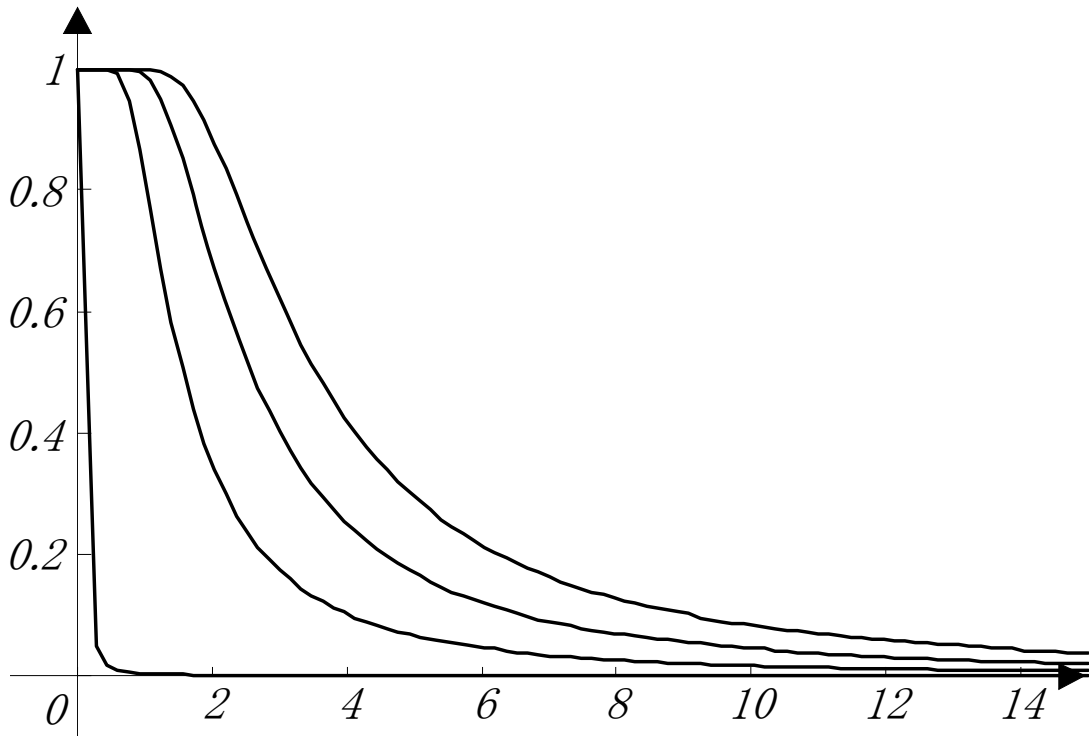


図 3.6 隣棟間隔と延焼確率 (加害側が準耐火造、 $m=2, h=3[m]$ の場合)

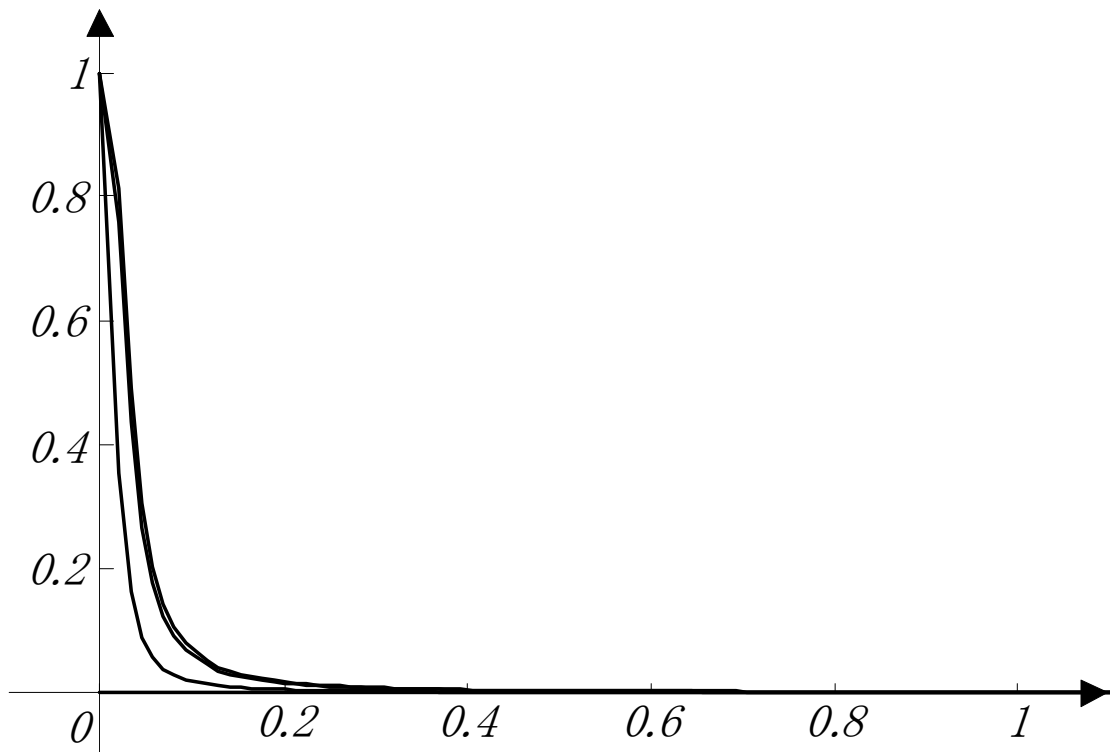


図 3.7 隣棟間隔と延焼確率 (加害側が耐火造、 $m=2, h=3[m]$ の場合)

3.5 本章のまとめ

本章ではまず、本研究におけるモデルの諸条件を整理し、モデル空間の定義、建築構造の記述方法の定義、および気象条件の扱いについての定義を行った。

次に、前章において示された 2 つの基本的リスク因子、すなわち「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」および「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」について、それぞれをサブモデルと位置付け、基本モデルの構築を行った。前者については、建築物の展開図の面積が可燃物量の原単位であるという考え方に基づいた「みかけ可燃物量」を構築した。後者については、糸井川の距離と延焼確率の概念¹⁾²⁾を、領域の平均隣棟間隔と構造別の存在確率を用いることにより一定の広がりを持った市街地領域における指標に拡張した「みかけ延焼確率」を構築した。また、糸井川の距離と延焼確率の概念¹⁾²⁾において考慮されていなかった準耐火造に対応するため、パラメータ A_{ij} の拡張も行った。

本章で構築したモデルは、火災延焼の「火災延焼の拡大プロセス」と「修復型まちづくりの要素」に着目し演繹的に構築したものであり、物理的な意味を持つ 2 つの値（「みかけ可燃物量」と「みかけ延焼確率」）が導き出される。この論理構造は極めて独自性の高いものであると言える。

次章以降では、集計的マクロデータ、および、建築物一棟単位のデータを想定して、計算に用いる基礎データの粗細や入手の難易を考慮した基本モデルの拡張を行い、実際の市街地データを用いてモデルの妥当性検証を行う。

参考文献

- 1) 糸井川栄一、塚越功：飛火を考慮した市街地火災の確率的延焼モデル、都市計画論文集、No.23、pp469-474、1988.11
- 2) 糸井川栄一、塚越功：建物火災時の自然鎮火率推定について、都市計画論文集 No.25、pp709-714、1990.11
- 3) 日本火災学会：火災便覧第3版、共立出版、1997.5
- 4) 建設省：総合技術開発プロジェクト「建築物の防火設計法の開発」報告書、第4巻 耐火設計法、1988.12
- 5) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 6) 加藤孝明：延焼危険からみた市街地の防災性能の評価理論に関する基礎研究、東京大学学位論文、1998
- 7) 東京消防庁：東京都の市街地状況調査報告書（第6回）、2000.3
- 8) 東京消防庁：東京都の市街地状況調査報告書（第7回）、2005.3
- 9) 火災予防審議会、東京消防庁：地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策、2001.3

第 4 章

市街地の集計的データを用いた リスク概算への適用

第4章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用

4.1 はじめに

市街地の火災延焼リスクを評価する際、どのようなベースデータを用いるかは極めて重要な問題である。序論においても指摘した通り、本研究では、マクロ的な手法では大局的過ぎ、シミュレーション的手法を適用するには非効率な、中間的な空間規模を対象とした「セミマクロ」的評価手法の構築を目的としている。例えば建築物一棟一棟のより詳細なデータを用いることは精度を上げることにつながるが、人的・物的・時間的な様々な制約がある中では現実的ではない。実用的な扱いやすさを重視し、表計算ソフトレベルのデータおよびスキルにて、現実的なレベルの精度を持った手法の構築を目指している

そこで、使用するベースデータの粗細を想定し、モデルを含む評価フレーム全体について適応性の検証を行う。本研究においては、以下の2種類のベースデータを想定する。

建ぺい率などに代表される、市街地の集計的データ

建築物単位でおおまかな規模や主要構造が記載された建築物一棟単位のデータ

この2つのデータを想定した意義については本章および次章において後述する。

本章においては、比較的容易に入手が可能であると考えられる市街地の集計的データを用いて、木造密集市街地の火災延焼リスクの概算を試みる。本研究においては、以降、この分析のことを便宜的に「マクロ分析」と呼ぶ。

はじめに、適用する集計的データの具体的な要件を想定し、それに合わせて、前章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行う。次に、集計的データから、基本モデルに基づく2つの指標を算出する。最後に、対象市街地に対して延焼シミュレーションを実施し、その結果を比較対象として分析することにより、本研究における基本モデルの、集計的データに対する適応性・妥当性を検討する。

4.2 データの想定と基本モデルの拡張（その1：マクロ分析）

4.2.1 想定する「集計的データ」

今回の分析の前提として、以下のような市街地の集計的データを使用することを想定する。

領域の総面積 S
構造別の建築物棟数 n_k
構造別の総建築面積 S_{bk}
構造別の総延床面積 S_{fk}
領域内の建蔽率 R_b

「⑤領域内の建ぺい率」については、「①領域の総面積」および「③構造別の総建築面積」より計算を行う。

$$(\text{領域内の建ぺい率}) = R_b = \frac{(\text{総建築面積})}{(\text{領域の総面積})} = \frac{\sum_k S_{bk}}{N} \quad (4.1)$$

また、基本モデルを計算する上では、これらのデータ以外に「一棟あたりの建築面積」および「一棟あたりの階層数」が必要となるが、これらについては次項においてデータの粗細に合わせて再定義し、基本モデルの拡張を行う。

4.2.2 「集計的データ」を前提とした基本モデルの拡張

ここでは、集計的データに合わせた基本モデルの拡張を行う。それに先立ち、基本モデルの式を再掲する。まず、「みかけ可燃物量」について式(3.5)～式(3.12)をまとめると、次のようになる。

$$\hat{u} = \frac{\sum_k \alpha_k \{s_{bk} + M(s_{bk} + 4h\sqrt{s_{bk}})\}}{N} \quad (4.2)$$

また、「みかけ延焼確率」については、式(3.13)～式(3.17)より、次のようにまとめられる。ただし、式(3.17)と異なり、展開したことにより右辺に \hat{d} が表れないため、誤解のないよう左辺の表記を $\hat{p}(\hat{d})$ から \hat{p}_d に改める。

$$\hat{p}_d = \sum_i \sum_j \frac{n_i n_j}{N^2} \left(1 - \exp \left[- \frac{A_{ij} m h (\sqrt{N} - 1)^2}{(\sqrt{S} - \sqrt{S_b})^2} \right] \right) \quad (4.3)$$

以上において、各パラメータは以下の通りである。

N : 領域内の建築物棟数
 S : 領域の総面積

S_b : 領域内の総建築面積
 n_i : 領域内の構造 i の総建築棟数
 n_j : 領域内の構造 j の総建築棟数
 l : 領域内の建築物通し番号
 s_{bl} : ある建築物 l の建築面積
 m : 階層数
 h : 1階層あたりの高さ
 A_{ij} : 構造別のパラメータ
 α_k : 構造別の補正係数

このうち、 A_{ij} および α_k は既知である。また本研究では、 h については

$$h=3(m) \quad (4.4)$$

と仮定する。さらに、前項で想定した集計的データを考慮すると、 N 、 S 、 S_b 、 n_i 、 n_j も既知となる。よって、集計的データにあわせて解釈が必要なものは、 s_{bl} および m である。これらについて、集計的データを基に次のように解釈する。まず、 s_{bl} については、構造ごとの平均値 s_{bk} ' を求め、代用とする。すなわち、

$$\hat{s}_{bk} = \frac{(\text{構造ごとの総建築面積})}{(\text{構造ごとの建築物棟数})} = \frac{S_{bk}}{N} \quad (4.5)$$

を用いる。また、 m については当該領域の平均値 m' を求め、代用とする。すなわち、

$$m' = \frac{(\text{総延床面積})}{(\text{総建築面積})} = \frac{\sum_k S_{fk}}{\sum_k S_{bk}} \quad (4.6)$$

を用いる。これらを用いると、式(4.2)および式(4.3)は、次のように書き直される。

$$\hat{u}_1 = \frac{\sum_k \alpha_k n_k \{ \hat{s}_{bk} + M(\hat{s}_{bk} + 4h\sqrt{\hat{s}_{bk}}) \}}{N} = \frac{\sum_k \alpha_k n_k u_k}{N} \quad (4.7)$$

$$\hat{p}_{d1} = \sum_i \sum_j \frac{n_i n_j}{N^2} \left(1 - \exp \left\{ - \frac{3A_{ij} m' (\sqrt{N} - 1)^2}{(\sqrt{S} - \sqrt{S_b})^2} \right\} \right) \quad (4.8)$$

\hat{u}_1 については、各構造ごとの平均値による \hat{u}_k を算出し、構造別棟数による重み付け平均を \hat{u}_1 としている。また、 \hat{p}_{d1} については、当該領域の建築面積および延床面積から算出した平均的な階層数 m' を受害側の階層数 m の代表値として用いている。なお、ここで n_k は、領域内の構造 k の総建築棟数である。

4.2.3 「集計的データ」想定の意味

ここで想定した集計的データは、都道府県（区市町村に委託される場合が多い）において実施される都市計画基礎調査^{注1)}の結果として公表されることも多く、特定の自治体のみ

でしか整備されていない GIS データなどと比較すると、入手が容易である。また、データは一般的に、表計算ソフトレベルで扱うことが可能であると考えられるため、GIS 等の高度な技能を必要とせず、手法の簡便性の点からも検討する意義は高い。

さらに、仮にこれらの集計的データが入手できなかった場合でも、本研究が対象とするような市街地では都市計画図（図 4.1 に例示¹⁾）が存在し、当該領域の面積や建ぺい率は読み取ることができる。それらを計画上の将来像と仮定して分析することは十分意義がある。例えば、一般的に都市計画図には建ぺい率と容積率が記載される。また、対象とする領域の総面積は、都市計画図などの地図上で計測が可能である。これらと上記①～⑤の対応関係をみると、

領域の総面積：地図上で計測

構造別の建築物棟数：地図上でカウント

構造別の総建築面積： $(\text{建築面積}) \approx (\text{建ぺい率}) \times (\text{総面積})$

構造別の総延床面積： $(\text{延床面積}) \approx (\text{容積率}) \times (\text{総面積})$

領域内の建蔽率：都市計画図に記載

となる。問題は構造および構造ごとの規模の差をどう判断するかである。これについては現地調査を行うことが唯一の方法であると考えられるが、地図上で建築物の確認が可能であれば、この程度の調査は十分に実施可能である。

以上より、ここで想定した集計的データによる分析は、簡便性もさることながら、汎用性が相当高いと考えられ、火災延焼リスクの「概算」という目的に対しては非常に適していると言える。

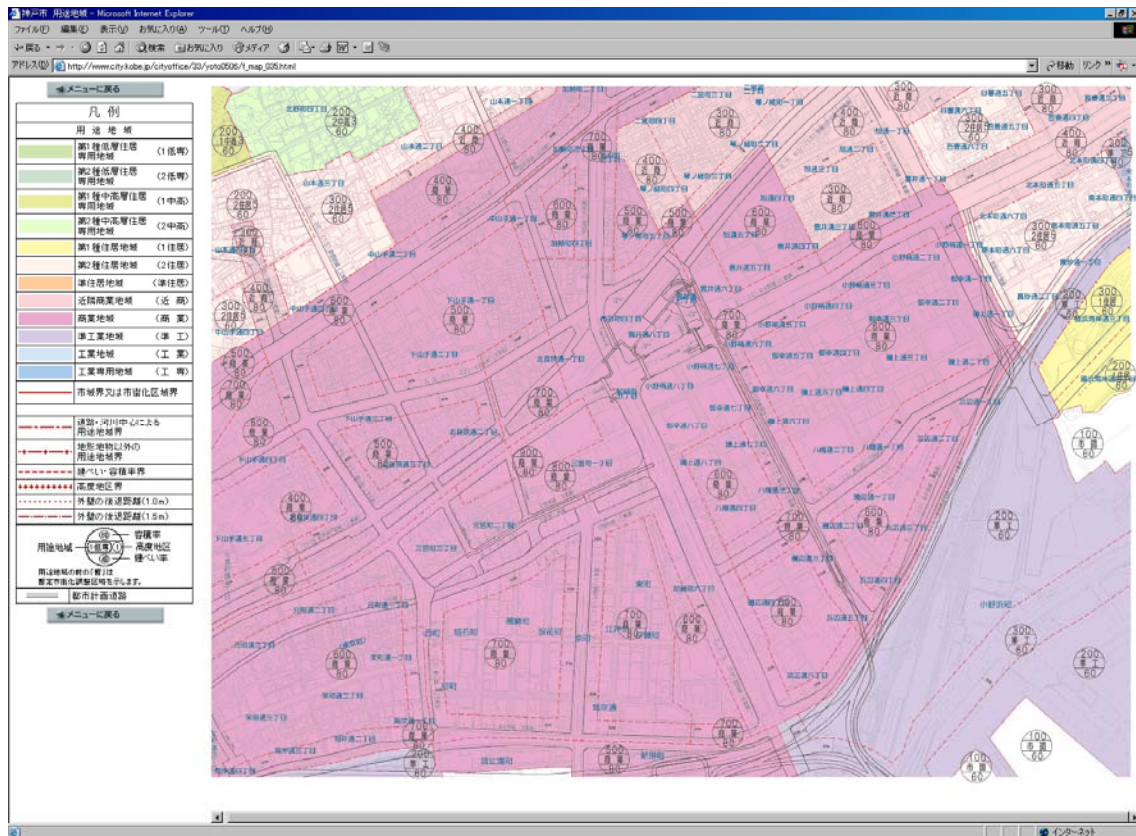


図 4.1 都市計画図の一例 (神戸市) ¹⁾

4.3 モデル検証方法の検討（その1：マクロ分析）

4.3.1 対象地域の細分化

本研究の対象地域については、第2章で述べた通り、東京都の「防災都市づくり推進計画」^{2) 3) 4)}において「重点整備地域」として定められた以下の11地域である。位置は図4.2に再掲する。

- 大森中地区（大田区）
- 林試の森周辺・荏原地区（品川区・目黒区）
- 世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区（世田谷区）
- 中野南台地区（中野区）
- 東池袋地区（豊島区）
- 十条地区（北区）
- 大谷口地区（板橋区）
- 町屋・尾久地区（荒川区）
- 西新井駅西口周辺地区（足立区）
- 鐘ヶ淵周辺・京島地区（墨田区）
- 立石・四つ木地区（葛飾区）



図 4.2 重点整備地域の位置（再掲）

しかし、11の重点整備地域は、それぞれ約100～400haという規模である。これは「不燃領域率」が対象としている100ha程度という規模以上であり、修復型まちづくりが対象とする地区レベルの空間スケールからは程遠い。そこで、下記の通り、各地域の細分化を行うこととした。

各地区の整備計画を東京都「防災まちづくり推進計画」^{2) 3) 4)}を基に整理したところ、地区内の街路を対象とした、道路拡幅・沿道不燃化等による路線型の整備が存在することが明らかとなった。そこで、そのような街路では将来的に「準延焼遮断帯」的な効果が期待できるものと仮定し、これを用いて地区の細分化を行なった。以下、細分化の条件を示す。

- (1) 路線型の整備計画が存在する街路については「準延焼遮断帯」的効果が得られるものと仮定し、この街路を用いて重点整備地域の細分化を行う。

(2) 細分化の際の境界は、分割要素となる路線型街路（道路）が対象領域に接する街路端（道路端）であり、当該街路（道路）は対象領域に含まれない。

(3) これらの街路に囲まれた領域が大規模な空地・公園・工場・水面などであった場合は、分析対象から除外する。

この結果、各重点地区はそれぞれ 3～35 分割され、対象領域数は 157 となった。またその面積は 4321.5m^2 (0.43ha) ～ 502008.6m^2 (50ha) 建ぺい率は約 24～60%、建築棟数は 31～2955 棟となった。細分化の状況を図 4.3 に示す。

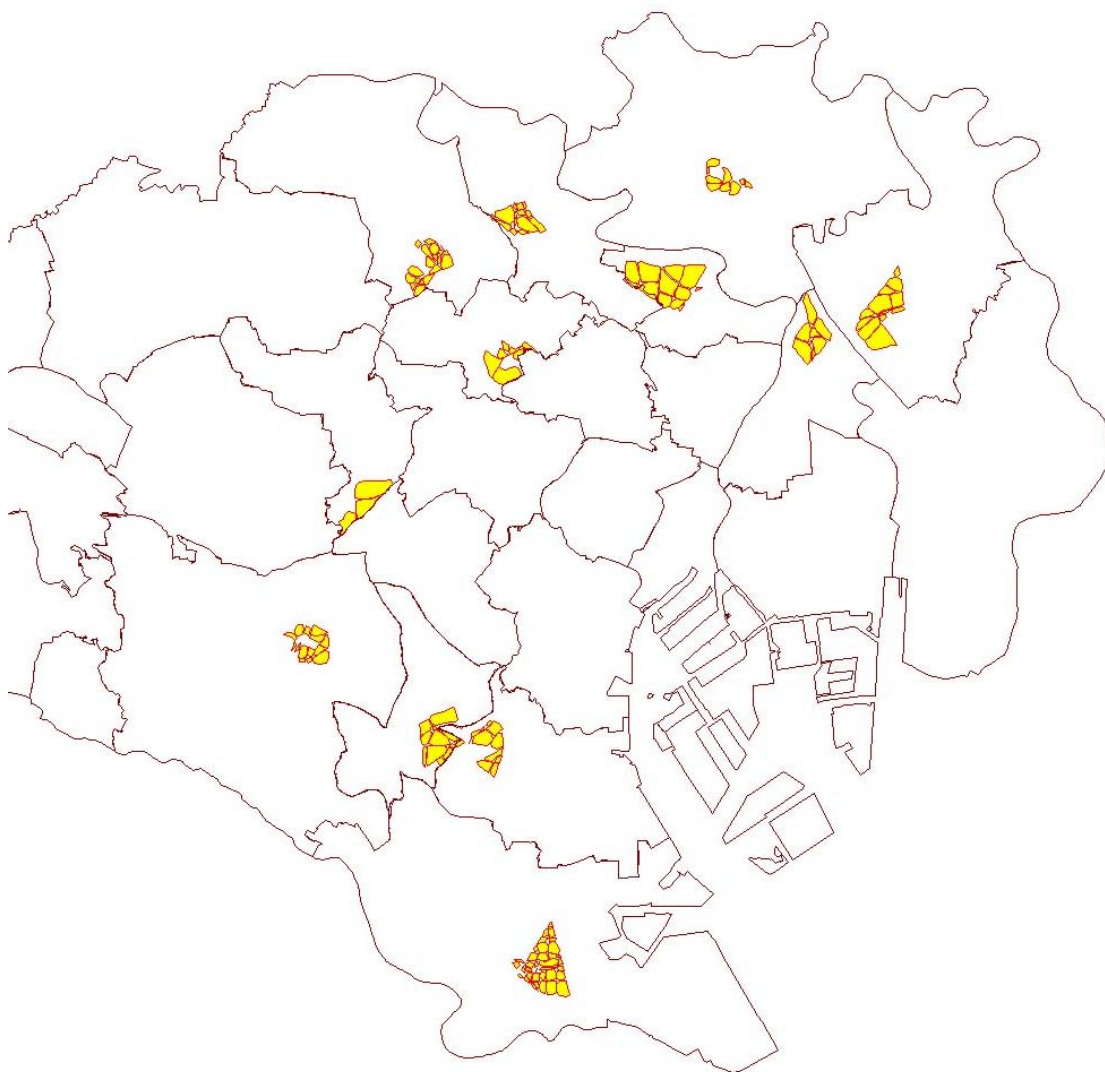


図 4.3 重点整備地域の細分化（その 1）

4.3.2 分析に使用するデータ

本章の分析では、平成 8 年度の東京都都市計画地理情報システムをベースデータとして用いる。前項に示した 157 の各領域ベースで、4.2.1 において想定した集計的データ、すなわち、

領域の総面積 S
構造別の建築物棟数 n_k
構造別の総建築面積 S_{bk}
構造別の総延床面積 S_{fk}
領域内の建蔽率 R_b

について、計算を行った。これらを基にモデルに基づく指標である「みかけ可燃物量 \hat{u} 」および「みかけ延焼確率 \hat{p}_d 」を算出する。指標算出までのステップを以下に示す。

- (1) 一般道路・高速道路・河川・鉄道の地上部の境界線を用いて重点整備地域の境界をトレースし、重点整備地域ポリゴンを作成する。(図 4.4)
- (2) 使用する建築物データが含まれるレイヤに、作成した重点整備地域ポリゴンを用いて空間検索(地図上におけるフィルタ)を掛け(図 4.5)、重点整備地域内の地図データ及び属性データを抽出する。(図 4.6)
- (3) 抽出された建築物データを用いて、①～⑤のデータを計算する。
- (4) ①～⑤を用いて、「みかけ可燃物量 \hat{u}_1 」および「みかけ延焼確率 \hat{p}_{d1} 」を算出する。

(1)および(2)の作業により、東京都全体(島しょ部除く)の約 260 万件の建築物データより、重点整備地域内の約 12 万件の建築物データが抽出された。この抽出されたデータは、付録 3 として添付する。ただし属性データは省略する。

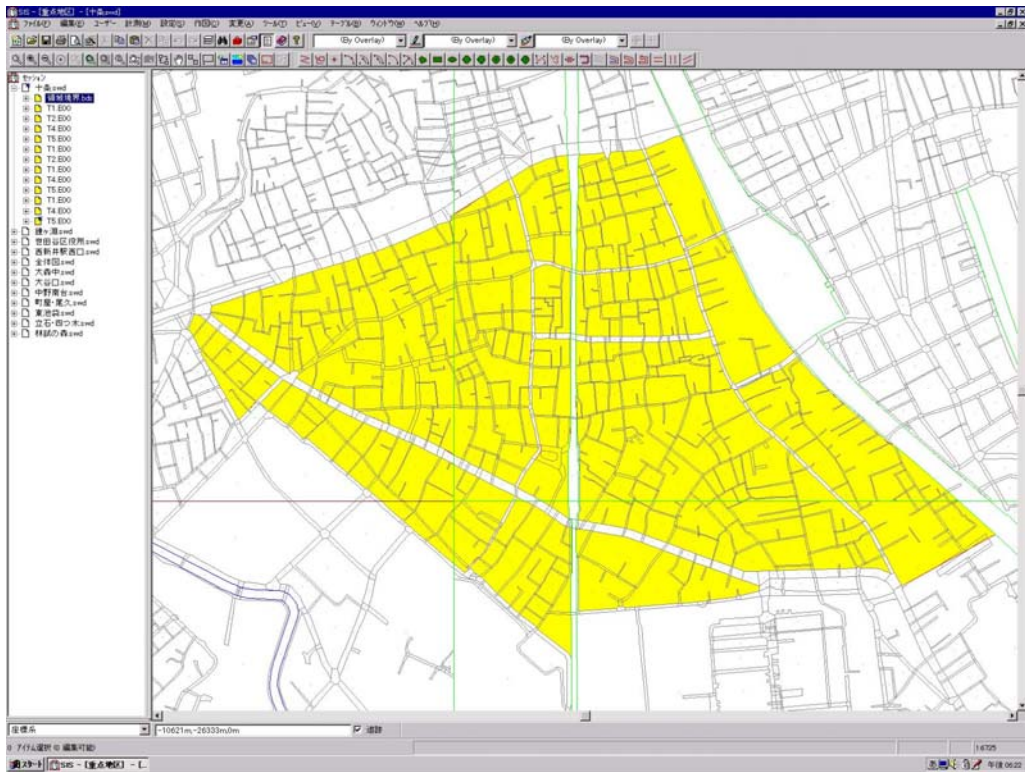


図 4.4 重点整備地域ポリゴンの作成 (その 1)

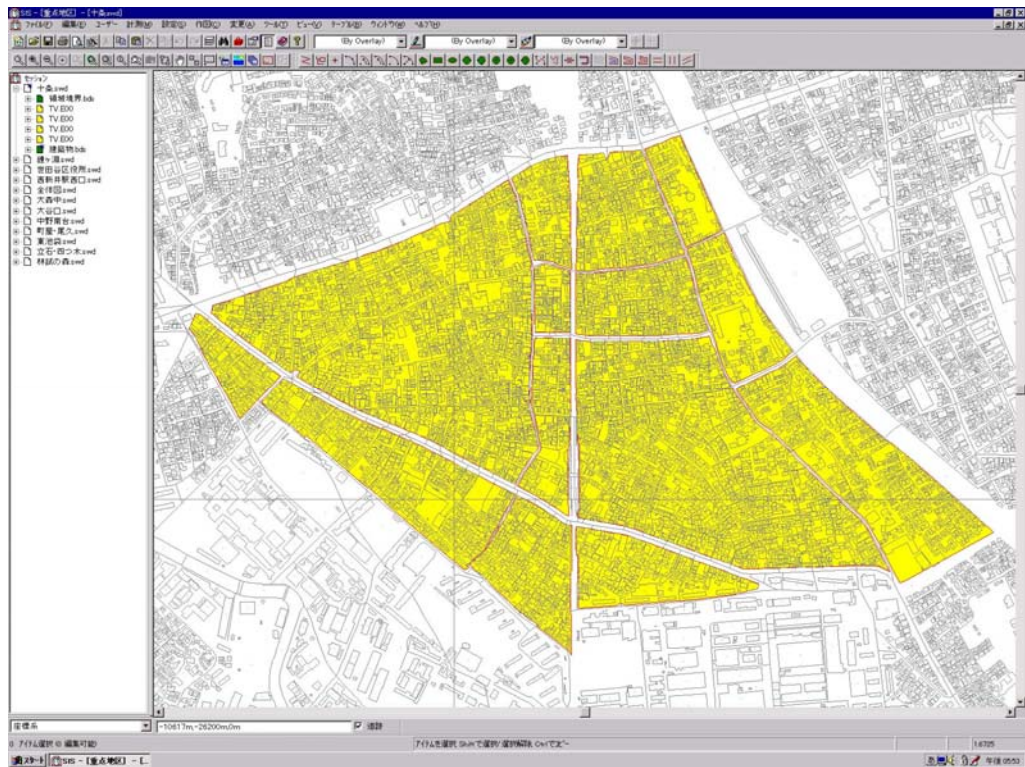


図 4.5 重点整備地域ポリゴンによる空間検索 (その 1)

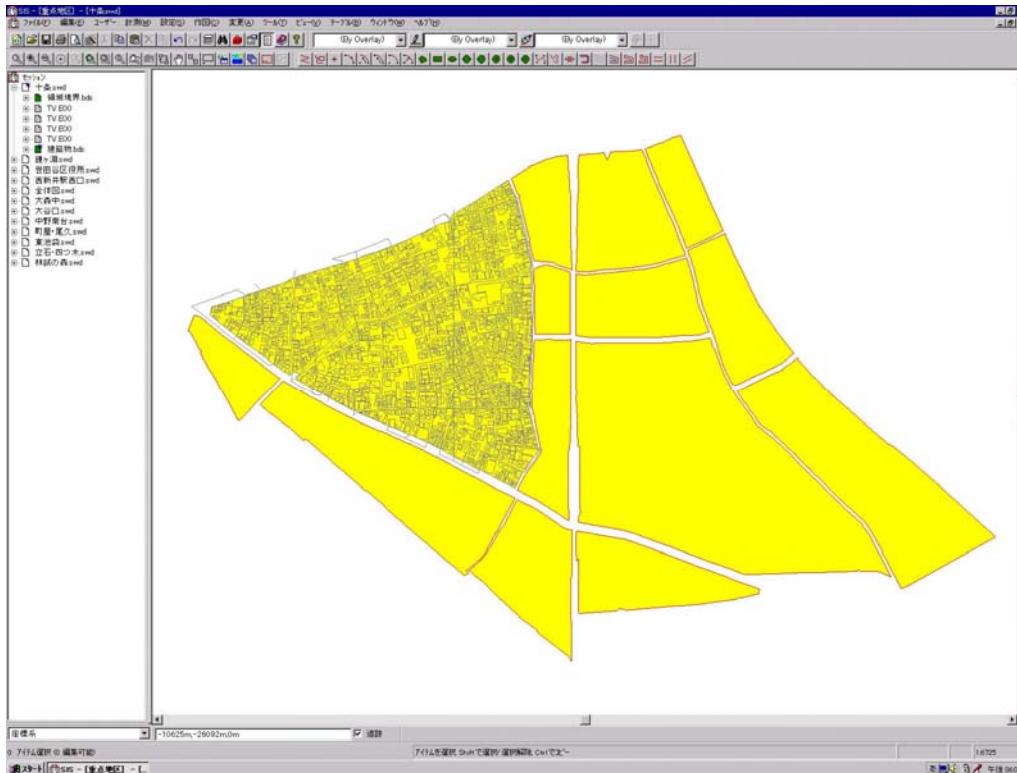


図 4.6 重点整備地域ポリゴンにより抽出された建築物データ (その 1)

4.3.3 分析方法

4.3.3.1 分析のステップ

分析は以下のステップで行う。

- (1) 集計データを用いて、各領域ごとに基本モデルに基づく指標の計算を行う。ただし、基本モデルは集計データに合わせた拡張を行う。
- (2) 東消式を用いた既存の延焼シミュレーションにより、各領域における出火後 1 時間の平均的な延焼面積^{注 2)}を計算する。シミュレーション実行中画面のスナップショットを図 4.7 に示す。
- (3) (1)の結果を説明変数、(2)の結果を目的変数として、回帰分析を行う。

4.3.3.2 出火点の設定と計測する延焼面積

4.3.2 において細分化を行なった領域は、面積・形状共に非常にばらつきのあるものである。したがってシミュレーションの運用に当たっては、領域全体をまんべんなくかつ平均的に計測する必要があり、そのためには、領域の面積に応じた出火点数を与える必要がある。そこで、出火点が各領域に平均的に分布するように面積に応じて 1~20 の出火点を設定した。1 回の計算において出火は 1 箇所のみとし、当該領域内で出火点を変えながら延焼シミュレーションを繰り返し行い、その延焼面積を平均することにより「平均的な延焼面積」を求めている^{注 2)}。

4.3.3.3 気象条件の設定

本研究では単純化のために気象条件は考慮しないこととしている。そのため、延焼シミュレーション実行時の風速は 0 とした。また、東消式においては湿度の設定が必要だが、これについては 50% としてシミュレーションを行った。

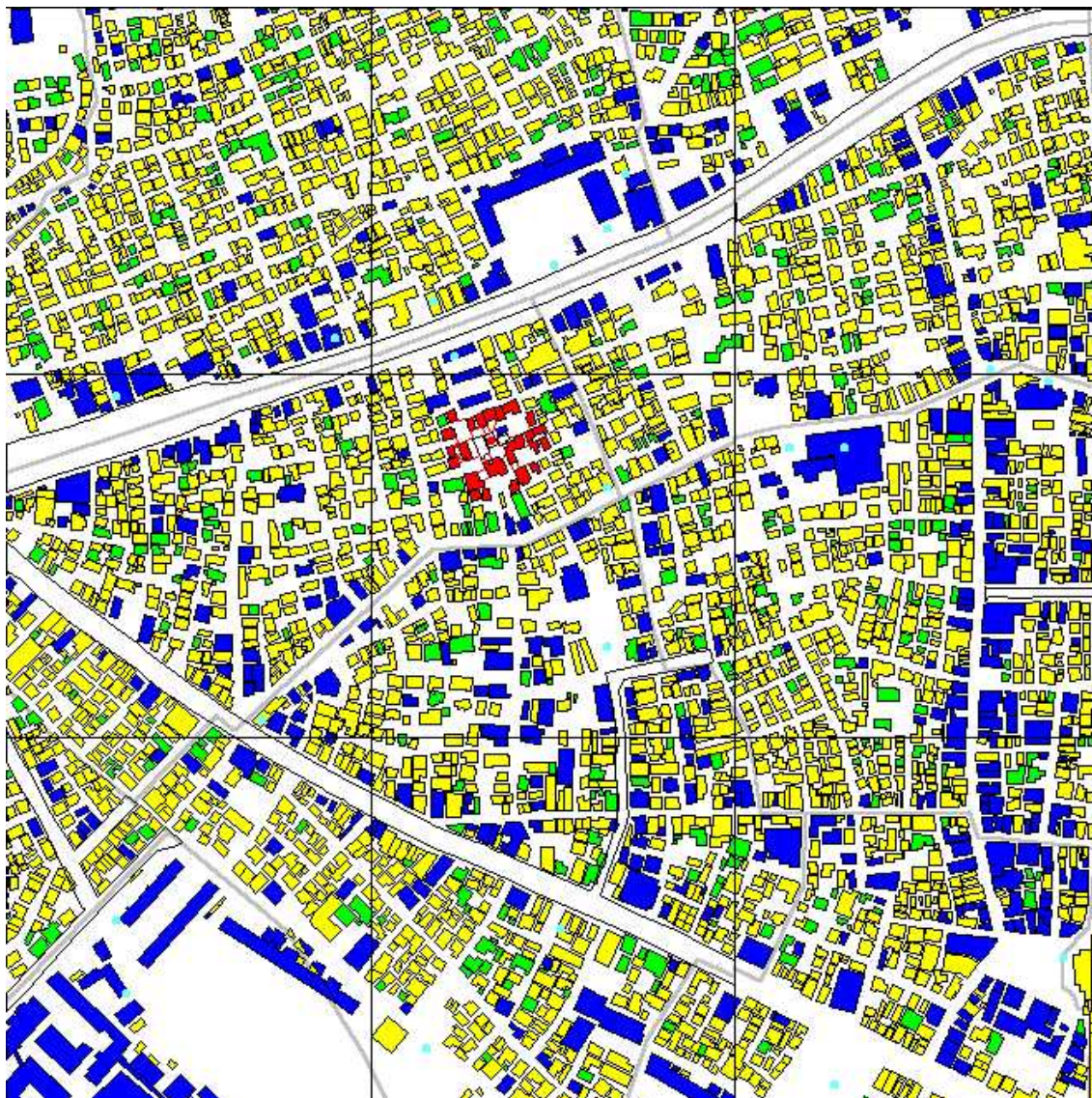


図 4.7 シミュレーション実行中画面

4.4 モデルの検証（その 1：マクロ分析）

以下、先に述べた各ステップに従い、分析結果を順次説明する。

4.4.1 「みかけ可燃物量」の分析結果

ここでは、各領域の「平均的な一棟あたりのみかけ可燃物量 \hat{u}_1 」を x_1 、「出火後 1 時間の平均的な延焼面積」^{注2)}を y とする。157 の各領域について、 x_1 および y をそれぞれ計算・計測した結果を図 4.8 の散布図に示す。

散布図を見た限りでは相関が低いことが伺えるが、回帰分析により確認を行うこととする。建築物のみかけ可燃物量がゼロとなると延焼面積もゼロとなることは自明である。また、みかけ可燃物量が増加しているにもかかわらず延焼面積が減少することはあり得ない。したがって、回帰関数は原点を通る単調増加関数であると考えられることができる。そこで、関数を式(4.9)のようにべき乗と仮定し回帰分析を行うと、表 4.1 および表 4.2 のような結果が得られた。また、回帰曲線は図 4.8 に併せて示す。

$$y = a_1 x_1^b \quad (4.9)$$

結果を見ると、表 4.1 より、変数・定数項ともに有意性は非常に高いが、表 4.2 における精度を示す値は、いずれも高いとは言い難い。

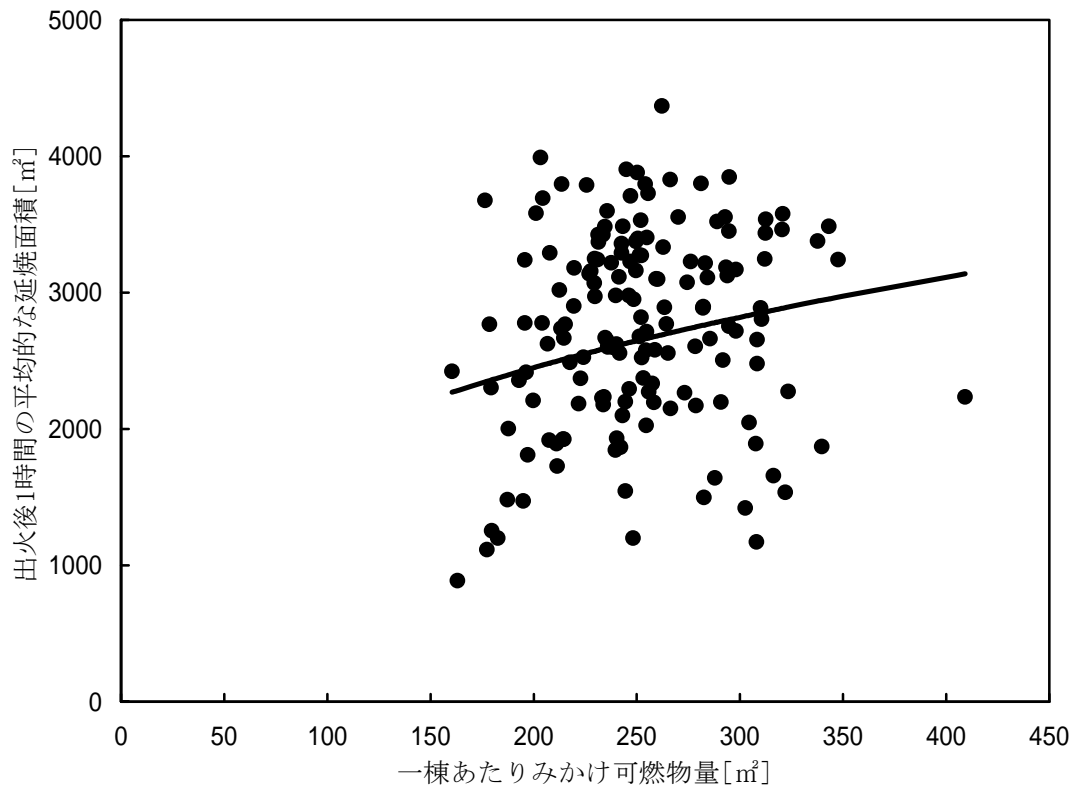


図 4.8 マクロ分析における「みかけ可燃物量」の散布図および回帰曲線

表 4.1 マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰パラメータ

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_1	0.402	0.216	2.732	0.007	**
定数項 a_1	278.6		1.215	0.226	

** : 1%有意、* : 5%有意

表 4.2 マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰精度

決定係数	0.0375
修正済決定係数	0.0312
相関係数	0.1936
修正済相関係数	0.1766

4.4.2 「みかけ延焼確率」の分析結果

ここでは、各領域の「みかけ延焼確率 \hat{p}_{d1} 」を x_2 、「出火後 1 時間の平均的な延焼面積」^{注 2)} を y とする。157 の各領域について、 x_2 および y をそれぞれ計算・計測した結果を図 4.9 の散布図に示す。

本サブモデルについては、散布図を見る限り直線または平方関数的な分布を読み取ることができる。みかけ可燃物量と同様に、本サブモデルについても、みかけ延焼確率がゼロとなれば延焼面積がゼロとなることは論理的に明らかであり、また、みかけ延焼確率が増加しているにもかかわらず延焼面積が減少することはあり得ない。したがって、回帰関数は原点を通る単調増加関数であると推察される。よって、関数を式(4.10)のようにべき乗と仮定し回帰分析を行うと、表 4.3 および表 4.4 のような結果が得られた。また、回帰曲線は図 4.9 に併せて示す。

$$y = a_2 x_2^{b_2} \quad (4.10)$$

本サブモデルについては、有意性・精度ともに非常に良好な結果が得られた。「みかけ延焼確率 \hat{p}_{d1} 」(x_2) は、概ね隣棟間隔に支配されている。火災工学的に考えると、受熱エネルギーは熱源からの距離の二乗に反比例して小さくなる。つまり、隣棟間隔が短くなると、受熱量は急激に増加する。また、 x_2 がどれだけ大きくなったとしても、全体の延焼速度は建築物内部の延焼速度（棟内延焼速度）以上にはならないため、ある一定時間における延焼面積は頭打ちが発生するはずである。したがって、カーブが原点近くで急激に立ち上がり、 x_2 が大きくなるにつれて傾きが緩やかになることは、概ね合理的であると判断される。

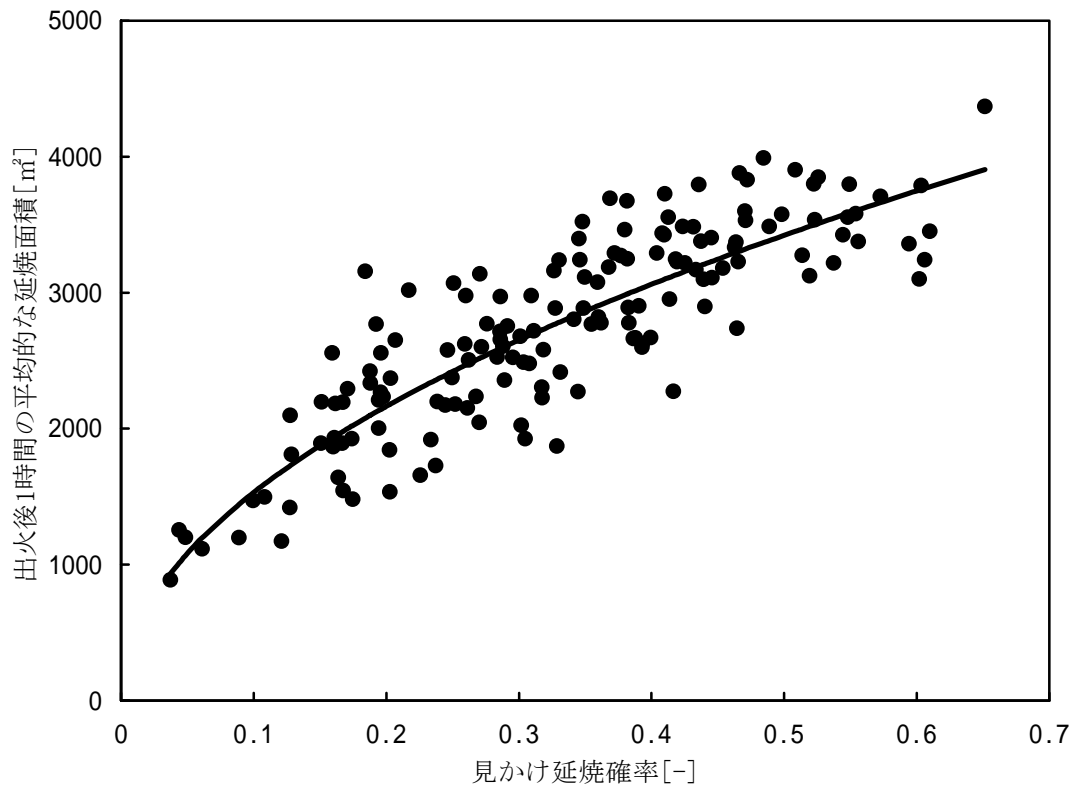


図 4.9 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰曲線

表 4.3 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_2	0.500	0.874	22.29	0.000	**
定数項 a_2	4840		33.78	0.000	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 4.4 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度

決定係数	0.7645
修正済決定係数	0.7629
相関係数	0.8743
修正済相関係数	0.8735

4.4.3 考察

ここまでの分析では、「みかけ可燃物量」の回帰精度が低く、「みかけ延焼確率」の回帰精度が相対的にかなり高いという結果が得られた。この理由の一つとして、比較対象として用いている延焼シミュレーションの特性による影響が考えられる。現状では、東消式による建築物一棟単位延焼のシミュレーションを比較対象とし、回帰モデルを構築している。第2章でも述べているが、これはつまり、「東消式に基づく延焼面積を本モデルの指標によって簡易的に予測する」ことと同義である。この延焼シミュレーションにおいては、着火した建築物が次の延焼拡大の原因となるかどうかについて、耐火造については事実上そこで延焼拡大が終了し、準耐火造についてはその規模によって次の延焼拡大の火元となるかどうかが決まされ、延焼拡大の主要な原因である木造・防火造については無条件に次の隣接建物への延焼着火計算の対象としている。このことが、「みかけ可燃物量」の精度・寄与度を下げる主な要因である可能性がある。現段階では、個別の建築物の内部火災性状を組み込んだとされる文献 5)、文献 6) のシミュレーションモデルを自由に利用できる状況とはなっておらず、東消式を用いた建物単位延焼シミュレーションを用いざるを得ないが、将来的には、内部火災性状を十分に考慮したモデルを比較対象として分析することが必要であろう。

さらに、「みかけ可燃物量」について、モデルの意義を考える。実際の修復型まちづくりにおいて隣棟間隔を広げるということは、建築物の除却などを行わない限りは極めて困難であると考えられ、すなわち「いかにして建築物内部の火災を火災延焼に寄与する段階まで成長させないようにするか」は非常に重要な要素であることは疑う余地がない。つまり、修復型まちづくりにおいては、基本的には建築物の可燃物量を減らす努力をした上で、実現可能な僅かなセットバックを一体として行うという考え方が現実的な姿であろう。したがって、「みかけ可燃物量」のサブモデルを無視することは現段階では合理的とは言えず、今後の詳細なモデル検討やケーススタディを通して、本モデルを利用した事業評価の枠組みも併せて、有用性を検討して行く必要があると考える。

4.4.4 サブモデルの統合

ここでは4.4.3の考察を受け、4.4.1および4.4.2の結果を用いて、サブモデルを結合する。本研究におけるモデル構築の演繹的な考え方に戻ると、2つのサブモデルは「①建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」と「②延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」を表現したものである。これらサブモデルの上位概念である火災延焼被害の程度の大きさを考えた場合、①と②がともに発生しないと被害は拡大しない。つまり、この2つのサブモデルの結合には、線形結合ではなく積型の非線形結合が適当であると言える。よって、仮説モデル式を以下の通りとする。

$$y = c_0 x_1^{c_1} x_2^{c_2} \quad (4.11)$$

次に、式(4.11)の両辺の自然対数をとってモデル式を線形化し、重回帰分析により係数 c_1, c_2 および定数項 $\ln(c_0)$ の決定を行った。

$$\ln(y) = \ln(c_0) + c_1 \ln(x_1) + c_2 \ln(x_2) \quad (4.12)$$

分析結果は表 4.5～表 4.7 に示す通りである。

まず、表 4.5 から、多重共線性は存在しないと判断される。総合的に判断すると全体として非常に良好な結果が得られていると言え、表 4.6 からは、いずれのパラメータも有意性は非常に高いことが判断できる。ところで、4.4.1 および 4.4.2 の結果もあわせて考えると、現段階において本モデルでは「みかけ延焼確率」が支配的である。しかし、表 4.4 と表 4.7 を比較すると若干ではあるが回帰精度は向上しており、4.4.3 において考察を行った通り、今後の一棟単位のデータを用いた詳細な分析の中で更に検討を加える必要があると考える。

表 4.5 マクロ分析における重回帰分析の相関行列

	$\ln(x_1)$	$\ln(x_2)$	$\ln(y)$
$\ln(x_1)$	1.0000		
$\ln(x_2)$	0.3055	1.0000	
$\ln(y)$	0.1936	0.8743	1.0000

表 4.6 マクロ分析における重回帰式パラメータ

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
$\ln(x_1)$	-0.156	-0.083	2.038	0.043	*
$\ln(x_2)$	0.516	0.902	21.91	0.000	**
定数項 $\ln(c_0)$	9.378		21.33	0.000	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 4.7 マクロ分析における重回帰分析の回帰精度

決定係数	0.7704
修正済決定係数	0.7674
重相関係数	0.8777
修正済重相関係数	0.8760

4.5 本章のまとめ

本章では、前章において構築を行った基本モデルについて、比較的容易に入手が可能であると考えられる市街地の集計的データに対して適用し、木造密集市街地の火災延焼リスクの概算を行った。

まず、前提となる集計的データの想定および定義を行い、併せて、前章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行った。ここで想定した集計的データは、都市計画基礎調査の結果として公表される程度のものを想定しており、GISデータなどと比較すると入手が容易である上に、表計算ソフトレベルで扱うことが可能である。また、仮にこれらの集計的データが存在しなかった場合でも、都市計画図を計画上の将来像と仮定し、現実的な分量の現地調査によりデータを収集することが可能なものとした。ここで想定した集計的データによる分析は、簡便性もさることながら、汎用性が相当高いと考えられ、火災延焼リスクの「概算」という目的に対しては非常に適している。

次に、研究対象である重点整備地域において、集計的データにより基本モデルに基づく2つの指標の算出、および、延焼シミュレーションを行い、前者を説明変数、後者を目的変数として、単回帰分析および重回帰分析により妥当性の検討を行った。いずれの分析においても総合的に判断すると良好な結果が得られた。しかし、個別の変数を見ると、「みかけ可燃物量」については変数・定数項ともに有意性は非常に高いが回帰精度が低く、「みかけ延焼確率」については回帰精度・有意性ともに相対的にかなり高いという結果が得られており、現段階において本モデルでは「みかけ延焼確率」が支配的である。この要因の一つとして、比較対象として用いている延焼シミュレーションの特性による影響が指摘でき、将来的には、様々な延焼シミュレーションによる比較検討が必要であると考えられる。また、単回帰分析の結果と重回帰分析の結果を比較すると若干ではあるが回帰精度は向上しており、4.4.3において考察を行った通り、今後の一棟単位のデータを用いた詳細な分析の中で更に検討して行く必要があると考える。

補注

- 1) 「都市計画基礎調査」とは、都市計画法第6条に定められた都道府県の事業である。それによると、「都市計画法第6条（都市計画に関する基礎調査） 都道府県は、都市計画区域について、おおむね5年ごとに、都市計画に関する基礎調査として、国土交通省令で定めるところにより、人口規模、産業分類別の就業人口の規模、市街地の面積、土地利用、交通量その他国土交通省令で定める事項に関する現況及び将来の見通しについての調査を行うものとする。この場合において、都道府県は、関係市町村に対し、資料の提出その他必要な協力を求めることができる。」と定められている。
- 2) 一般的に火災による面的な損害を言う場合、「延焼面積」と「焼失面積」が用いられることが多い。定義が明示されているものとしては、東京消防庁の「延焼危険度測定」がある。そこでは、延焼面積は「延焼している建物を囲む最も外側の範囲（延焼範囲）の市街地面積」、焼失面積は「延焼範囲内にある焼失建物の延べ床面積の合計」と定義されている。本研究では前者を用いている。

参考文献

- 1) 神戸市 Web サイト、用途地域の検索、<http://www.city.kobe.jp/cityoffice/33/yoto/index.htm>
- 2) 東京都：防災都市づくり推進計画＜基本計画＞、1996.3
- 3) 東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3
- 4) 東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3
- 5) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 6) 樋本圭佑：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、2005.3

第 5 章

建築物一棟単位のデータを用いた リスク算定への適用

第5章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用

5.1 はじめに

本章では、前章に引き続き、ベースデータの粗細を想定した上での、モデルを含む評価フレーム全体について適応性の検証を行う。前章においても述べたとおり、本研究においては、以下の2種類のベースデータを想定している。

建ぺい率などに代表される、市街地の集計的データ

建築物単位でおおまかな規模や主要構造が記載された建築物一棟単位のデータ

このうち、①については前章においてマクロ分析として検討および分析を行った。

本章においては、より詳細な建築物一棟単位のデータを用いて、基本モデルをベースとした市街地の火災延焼リスクの評価手法の構築とその検証を行う。本研究においては、以降、この分析のことを便宜的に「ミクロ分析」と呼ぶ。

はじめに、適用する集計的データの具体的な要件を想定し、それに合わせて、基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行う。一棟単位の詳細なデータといえども、個々の建築物に事細かなデータを要求することは現実的ではなく、本研究の目的に合致するものではない。市街地の地理情報の中で、建築物単位に大まかな規模や主要な構造が把握できれば、領域全体の火災延焼リスクを評価することができる手法を目指すものとする。次に、建築物一棟単位のデータから、基本モデルに基づく2つの指標を算出する。最後に、対象市街地に対して延焼シミュレーションを実施し、その結果を比較対象として分析することで、本研究における基本モデルの、建築物一棟単位のデータに対する適応性・妥当性を検討する。

5.2 データの想定と基本モデルの拡張（その2：マイクロ分析）

5.2.1 想定する「一棟単位のデータ」

建築物の一棟単位の詳細なデータといえども、個々の建築物に立体的な形状や開口部の状況などの事細かなデータを要求することは現実的ではなく、本研究の目的に合致するものではない。市街地の地理情報の中で、建築物単位に大まかな規模や主要な構造を把握する程度が現実的である。そこで、今回の分析の前提として、以下のような市街地の一棟単位のデータを使用することを想定する。

- 個々の領域の形状
- 個々の建築物の形状
- 個々の建築物の構造 k
- 個々の建築物の階層数 m

基本的には GIS のポリゴンデータ、および、その属性データを想定する。なお、領域や建築物の面積等は、ポリゴンデータから計測可能であるものとしている。

5.2.2 「一棟単位のデータ」を前提とした基本モデルの拡張

ここでは、一棟単位のデータに合わせた基本モデルの拡張を行う。まず、前章と同様に、基本モデルの式を再掲する。まず、「みかけ可燃物量」については式(3.5)～式(3.12)をまとめると、次のようになる。

$$\hat{u} = \frac{\sum_l \alpha_k \{s_{bl} + M(s_{bl} + 4h\sqrt{s_{bl}})\}}{N} \quad (5.1)$$

また、「みかけ延焼確率」については、式(3.13)～式(3.17)より、次のようにまとめられる。ただし、式(3.17)と異なり、展開したことにより右辺に \hat{d} が表れないため、誤解のないよう左辺の表記を $\hat{p}(\hat{d})$ から \hat{p}_d に改める。

$$\hat{p}_d = \sum_i \sum_j \frac{n_i n_j}{N^2} \left(1 - \exp \left[- \frac{A_{ij} m h (\sqrt{N} - 1)^2}{(\sqrt{S} - \sqrt{S_b})^2} \right] \right) \quad (5.2)$$

以上において、各パラメータは以下の通りである。

- N : 領域内の建築物棟数
- S : 領域の総面積
- S_b : 領域内の総建築面積
- n_i : 領域内の構造 i の総建築棟数
- n_j : 領域内の構造 j の総建築棟数
- l : 領域内の建築物通し番号

s_{bl} : ある建築物 l の建築面積

m : 階層数

h : 1 階層あたりの高さ

A_{ij} : 構造別のパラメータ

k : 構造別の補正係数

このうち、 A_{ij} および k は既知である。また、 h については、前章と同様に、

$$h=3(m) \quad (5.3)$$

と仮定する。基本的には、前項で想定した一棟単位からすべてのパラメータを求めることができる。 \hat{u} については、基本モデルの定義の通り、上記のパラメータより一棟一棟の u を直接計算し、それらを当該領域において平均することにより算出を行う。これを \hat{u}_2 とする。

一方、 \hat{p}_d を求める際には構造ごとの平均建築階層数が必要となる。前章では、データの制約から、当該領域全体の平均階層数にて代用したが、一棟単位のデータからは、構造別の平均値を求めることが可能である。ここでは次のように定義する。

$$m_k'' = \frac{(\text{構造}k\text{の建築物の階層数の総和})}{(\text{構造}k\text{の建築物の棟数})} = \frac{\sum_l m_{kl}}{n_k} \quad (5.4)$$

これを用いると、式(5.2)は、次のように書き直される。

$$\hat{p}_{d2} = \sum_i \sum_j \frac{n_i n_j}{N^2} \left(1 - \exp \left\{ - \frac{3A_{ij} m_k'' (\sqrt{N} - 1)^2}{(\sqrt{S} - \sqrt{S_b})^2} \right\} \right) \quad (5.5)$$

5.2.2.1 「みかけ延焼確率」への建て詰まり度合い的概念の導入

基本モデルの \hat{p}_d は、領域内の建築物の一対一の関係に対して定義されている。したがって、建築物の建て詰まり度合い、すなわち、密度的な概念は、建築物の隣棟間隔によって間接的に考慮しているものの、モデルの構築過程で直接的に考慮しているわけではない。一般的に、このような概念を考慮しようとした場合、建築物のポリゴンデータが必要であり、集計データを考慮する必要がある基本モデルにおいては、検討の範疇外としている。

一方で、本章における「一棟単位のデータ」とは、GIS のポリゴンデータ、および、その属性データを想定している。したがって、基本モデルの拡張において、簡便性を損なわない建て詰まり度合い的概念の導入を検討すべきであると考えられる。ここでは、「延焼限界距離」¹⁾ の考え方を応用して、これらの実現を試みる。

まず、問題を簡単にするために、延焼限界距離内にある建築物間では延焼する可能性があり、延焼限界距離外にある建築物間では延焼する可能性がないものと仮定する。この考え方は、既に既往研究において「延焼経路ネットワーク」²⁾ として検討がなされている。文献 2)、においては、一辺が $L(m)$ の規模構造別の延焼限界距離は、それぞれ表 5.1 のように定義されている。これらを用いて、建物の構造・規模に応じて表 5.1 から計算される延焼限界距離の 1/2 の距離までバッファを発生させ、それらのバッファが交わる建築物に対し

て「延焼経路ネットワーク」を設定する。これを概念的に示したものが図 5.1 である。

表 5.1 「延焼経路ネットワーク」における構造別の延焼限界距離の定義²⁾

	延焼限界距離(m)
木造	$12 \times (L/10)^{0.422}$
防火造	$6 \times (L/10)^{0.322}$
準耐火造	$3 \times (L/10)^{0.181}$
耐火造	$3 \times (L/10)^{0.181}$

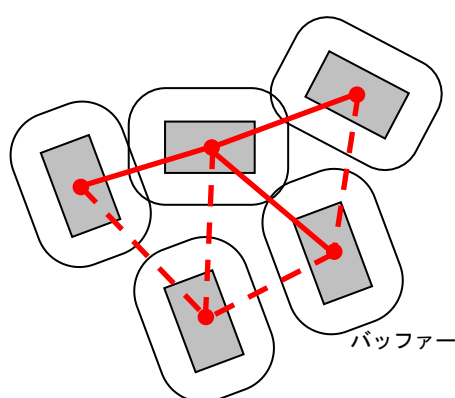


図 5.1 「延焼経路ネットワーク」の設定²⁾

(建築物を結ぶ線分のうち、実線で示されたものが設定された「延焼経路ネットワーク」)

ある領域の l 番目 ($l=1,2,\dots,N$) の建築物に関する延焼経路ネットワークが λ_l 本存在したものとすると、当該領域全体において、一棟あたりの平均的な延焼経路本数 Λ は、

$$\Lambda = \frac{\sum_l \lambda_l}{N} \quad (5.6)$$

と表される。この Λ と \hat{p}_{i_2} の積をとることにより、当該領域の建て詰め度合いを考慮するものとする。 Λ はゼロまたは正の実数、 \hat{p}_{i_2} は確率であるため、その積はゼロまたは正の実数となる。そこで、この積を当該領域の「みかけ延焼危険量 U 」として定義する。

$$U = \Lambda \cdot \hat{p}_{i_2} \quad (5.7)$$

5.2.3 「一棟単位のデータ」想定 of 意義

本章で想定した「一棟単位のデータ」は、前章における「集計的データ」と比較すると、一般的なデータとは言い難い。しかし、近年、行政により都市計画情報の GIS データとしての整備は着実に進行しており、今後も拡大するものと推測される。

一方で、仮にこのような GIS データが存在しなかった場合でも、本研究で想定したデータは、写真判読または地図判読、および、建築物の外観目視により、収集が可能なデータ

である。集計的データと比較すると手間はかかるが、限られた範囲であれば十分に実施可能であると考えられる。

また、データのハンドリングを考えると、GIS データを想定してはいるものの、分析に当たっては属性データのみハンドリングで可能なため、表計算ソフトレベルで扱うことが可能である。したがって、手法の簡便性という点からも、十分に実用的であると言える。

以上より、ここで想定した集計的データによる分析は、「実用上問題のない精度」と「現実的な手間」を両立する手法を構築するという目的を実現するために、極めて重要な位置付けであり、検討する意義が非常に高いと考えられる。

5.3 モデル検証方法の検討（その2：ミクロ分析）

5.3.1 対象地域の細分化

対象地域については、本章においても前章と同様に、東京都の「防災都市づくり推進計画」^{3) 4) 5)}において「重点整備地域」として定められた以下の11地域である。位置は図5.2に再掲する。

- 大森中地区（大田区）
- 林試の森周辺・荏原地区（品川区・目黒区）
- 世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区（世田谷区）
- 中野南台地区（中野区）
- 東池袋地区（豊島区）
- 十条地区（北区）
- 大谷口地区（板橋区）
- 町屋・尾久地区（荒川区）
- 西新井駅西口周辺地区（足立区）
- 鐘ヶ淵周辺・京島地区（墨田区）
- 立石・四つ木地区（葛飾区）



図 5.2 重点整備地域の位置（再掲）

今後の分析（特にケーススタディ）において、複数時点のデータ（それぞれ平成 3～4 年度公表、平成 8～9 年度公表、平成 13～14 年度公表の東京都都市計画地理情報システム）を用いて時系列の分析を行う必要があり、そこでは基本的に一棟単位のデータを用いた分析手法を用いる。その際、細分化された領域がそれぞれの時点のデータにおいて一致している必要がある。したがって、一棟単位のデータを用いた分析手法の評価・検証を行う前に、重点整備地域の細分化方法を見直す必要がある。

前章においては、以下に示す基準で、対象地域である 11 の重点整備地域を 157 の領域に細分化した。

- (1) 路線型の整備計画が存在する街路については「準延焼遮断帯」的効果が得られるものと仮定し、この街路を用いて重点整備地域の細分化を行う。

(2) 細分化の際の境界は、分割要素となる路線型街路（道路）が対象領域に接する街路端（道路端）であり、当該街路（道路）は対象領域に含まれない。

(3) これらの街路に囲まれた領域が大規模な空地・公園・工場・水面などであった場合は、分析対象から除外する。

本章以降では、これらに加え、以下の細分化条件を追加する。

(4) (1)のうち、同一の街路により3時点全てのデータ（平成3～4年度公表、平成8～9年度公表、および、平成13～14年度公表の東京都都市計画地理情報システム）の細分化ができない場合は、当該街路による細分化は行わない。

以上の条件により細分化を行った結果、各重点地区はそれぞれ3～19分割され、対象領域数は一時点あたり79（3時点合計で237）となった。それぞれの領域の面積は3202.2m²（0.32ha）～1407585.9m²（141ha）であり、各時点データにおける建ぺい率および建築棟数の概要は表5.2の通りである。また、細分化の状況を図5.3に示す。

表 5.2 細分化された領域の各時点データにおける建蔽率および建築棟数の概要

	平成3～4年度公表	平成8～9年度公表	平成13～14年度公表
建ぺい率（%）	7.9 ～ 62.3	12.3 ～ 62.4	11.6 ～ 62.6
建築棟数（棟）	3 ～ 5894	9 ～ 5673	7 ～ 5714

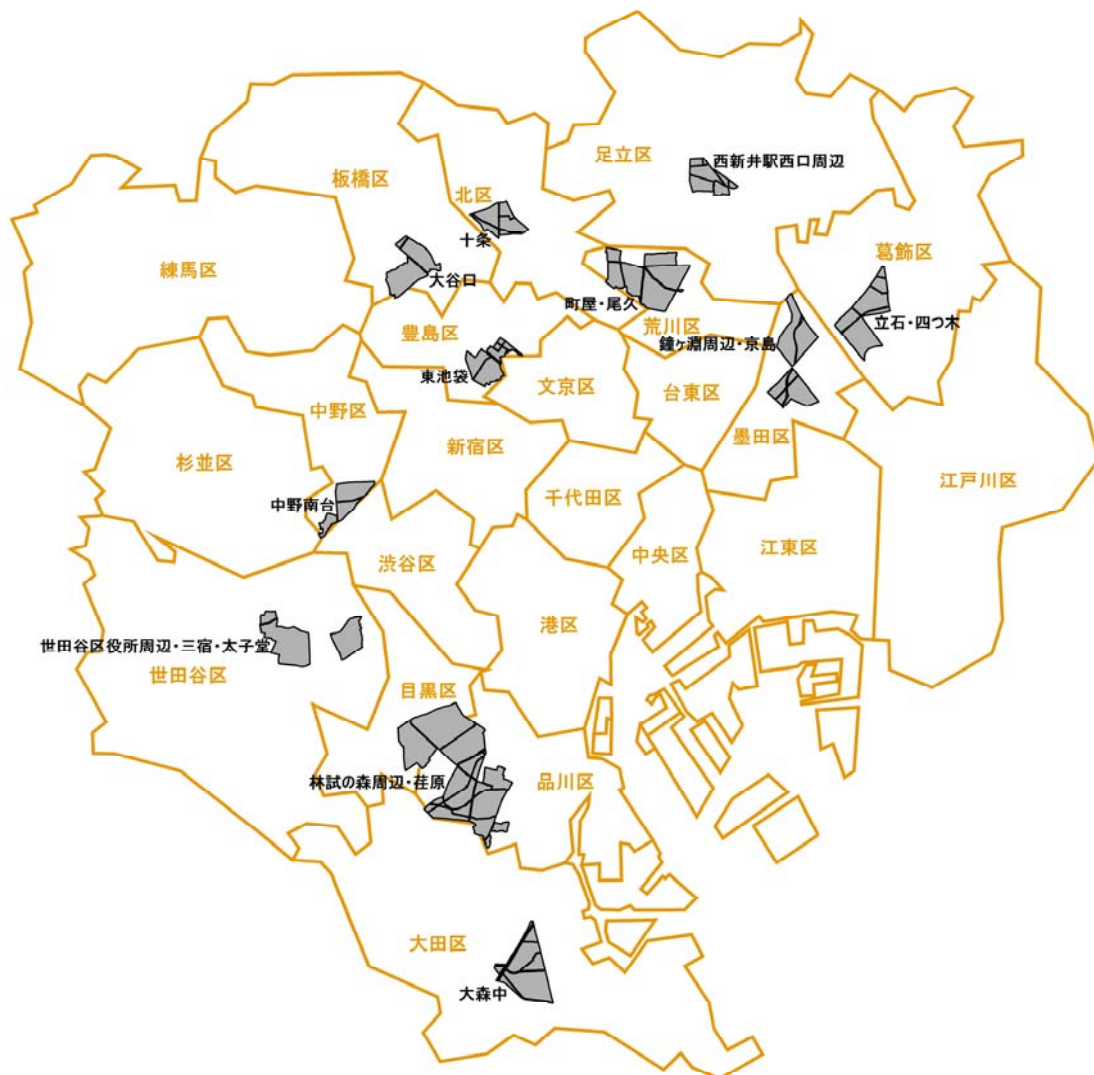


図 5.3 重点整備地域の細分化（その 2）

5.3.2 分析に使用するデータ

本章の分析では、これまでに公表されている全ての東京都都市計画地理情報システム（平成 3～4 年度公表、平成 8～9 年度公表、および、平成 13～14 年度公表の 3 時点分）をベースデータとして用いる。前項に示した一時点あたり 79（3 時点合計で 237）の各領域ベースで、5.2.1 において想定した集計的データ、すなわち、

- 個々の領域の形状
- 個々の建築物の形状
- 個々の建築物の構造 k
- 個々の建築物の階層数 m

について、計算を行った。これらを基にモデルに基づく指標である「みかけ可燃物量 \hat{u}_2 」「み

かけ延焼確率 \hat{p}_{d_2} 」および「一棟あたりの平均的な延焼経路本数」を算出する。また、 \hat{p}_{d_2} および より「みかけ延焼危険量 U 」を計算する。指標算出までのステップを以下に示す。

- (1) 一般道路・高速道路・河川・鉄道の地上部の境界線を用いて重点整備地域の境界をトレースし、重点整備地域ポリゴンを作成する。(図 5.4)
 - (2) 使用する建築物データが含まれるレイヤに、作成した重点整備地域ポリゴンを用いて空間検索(地図上におけるフィルタ)を掛け(図 5.5)、重点整備地域内の地図データ及び属性データを抽出する。(図 5.6)
 - (3) 抽出された建築物データを用いて、「みかけ可燃物量 \hat{u} 」「みかけ延焼確率 \hat{p}_{d_2} 」および「一棟あたりの平均的な延焼経路本数」を算出する。なお、領域面積および建築面積については、形状データより計算可能なものとする。
 - (4) 「みかけ延焼確率 \hat{p}_{d_2} 」および「一棟あたりの平均的な延焼経路本数」より、「みかけ延焼危険量 U 」を計算する。
- (1)および(2)の作業により、東京都全体(島しょ部除く)の約 260 万件の建築物データより、重点整備地域内の約 12 万件の建築物データが抽出された。この抽出されたデータは、付録 4 として添付する。ただし属性データは省略する。

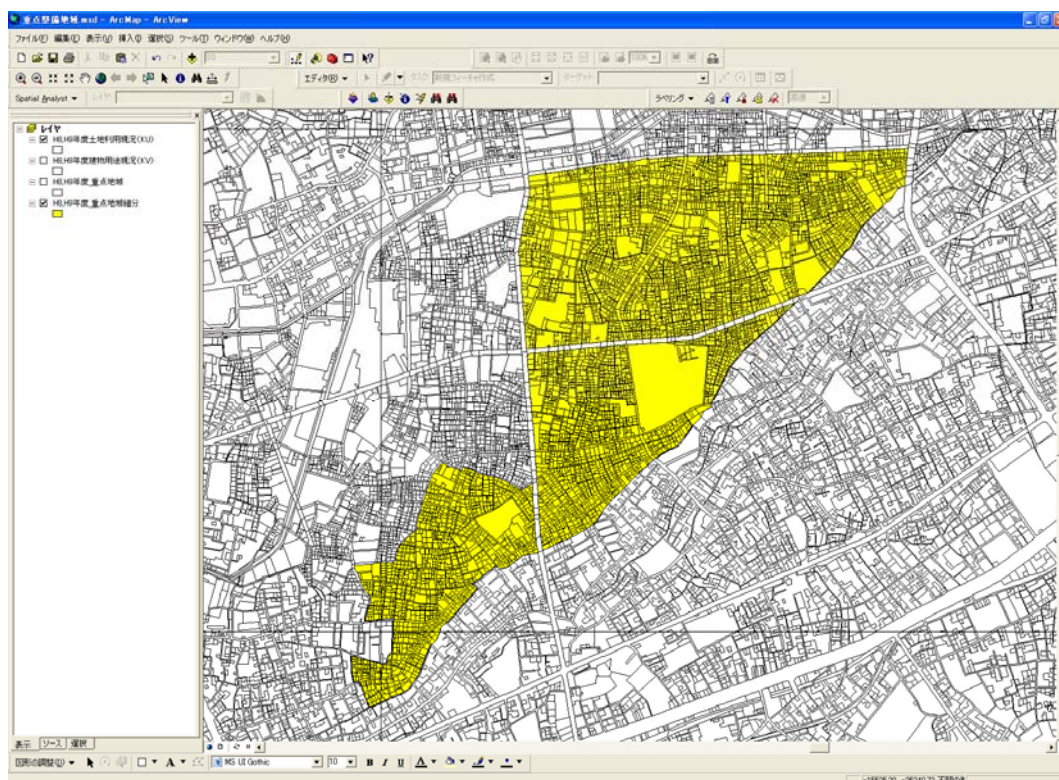


図 5.4 重点整備地域ポリゴンの作成 (その 2)

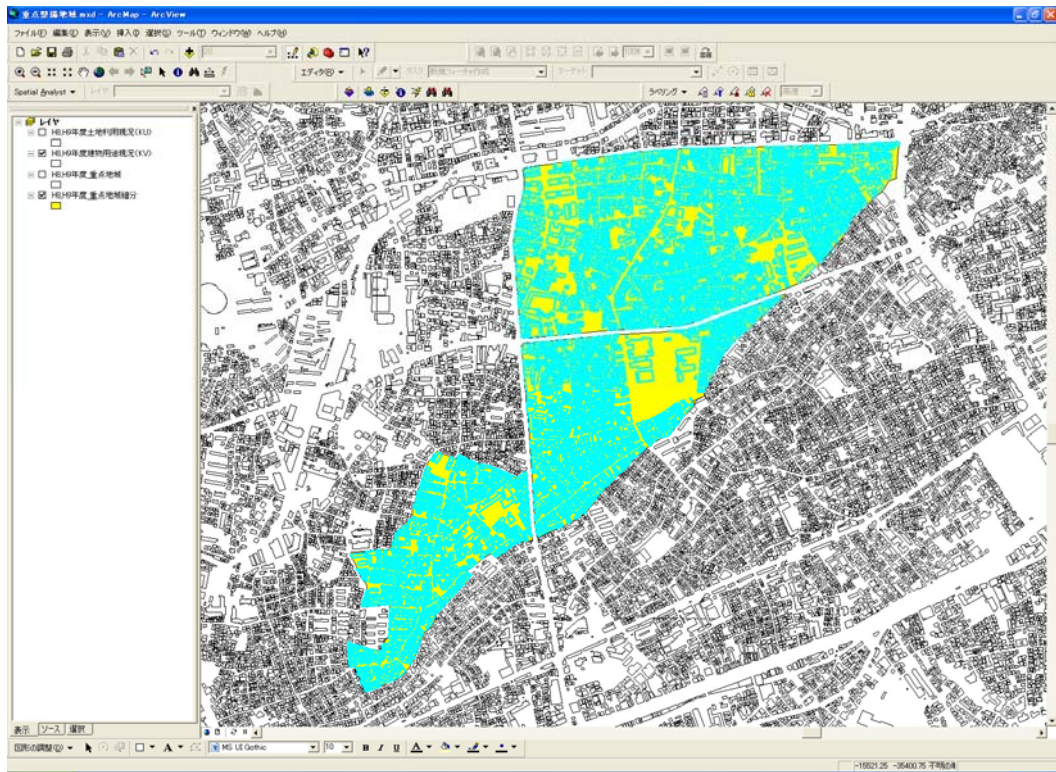


図 5.5 重点整備地域ポリゴンによる空間検索 (その 2)

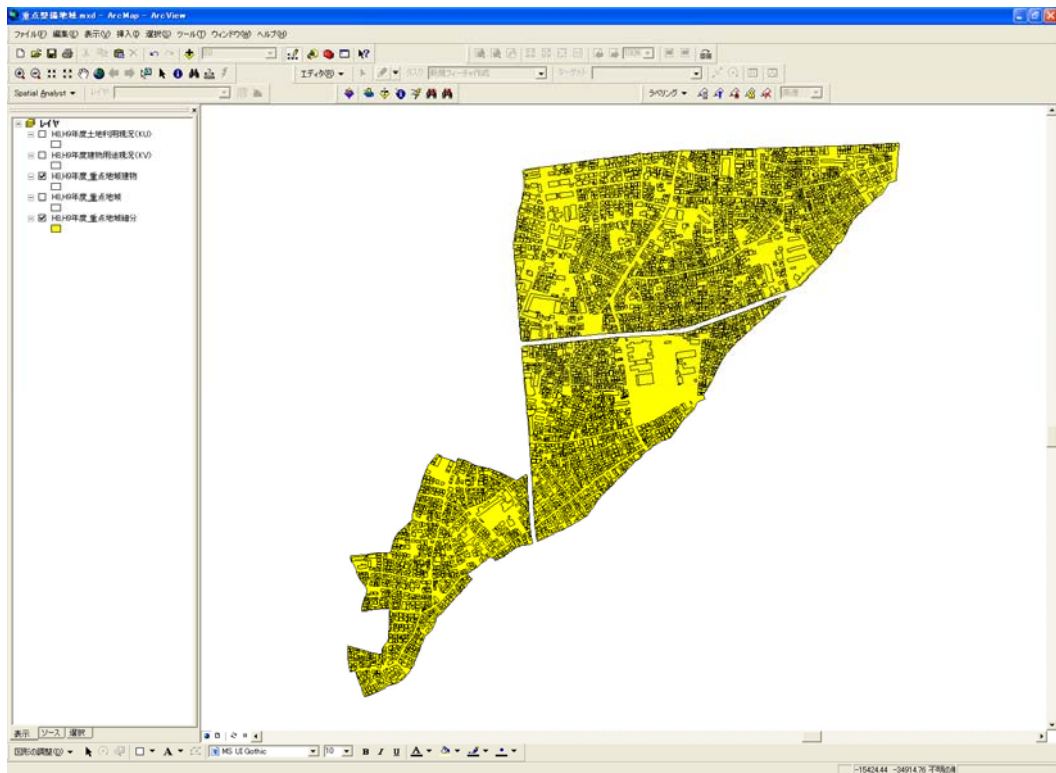


図 5.6 重点整備地域ポリゴンにより抽出された建築物データ (その 2)

5.3.3 分析方法

5.3.3.1 分析のステップ

分析は以下のステップで行う。

- (1) 集計データを用いて、各時点の各領域ごと（3 時点合計で 237 領域）に基本モデルに基づく指標の計算を行う。ただし、基本モデルは一棟単位のデータに合わせた拡張を行う。
- (2) 延焼シミュレーションにより、各領域における出火後 1 時間の平均的な延焼面積^{注1)}を計算する。使用する延焼シミュレーションについては次項に示す。
- (3) (1)の結果を説明変数、(2)の結果を目的変数として、回帰分析を行う。

5.3.3.2 使用する延焼シミュレーション

本章以降の分析においては、複数時点のベースデータを使用する必要があるため、延焼シミュレーションのベース地図を柔軟に入れ替える必要がある。そこで、その要件を満たす延焼シミュレーションシステムとして、「大都市大震災被害軽減化特別プロジェクト」の一環で筑波大学にて開発された「消火・救出活動支援演算装置 (CAS-FiRE)」⁶⁾⁷⁾を用いることとした。なお、この延焼シミュレーションは、延焼速度式として東消式 2001 を採用している。「消火・救出活動支援演算装置 (CAS-FiRE)」の実行中画面のスナップショットを図 5.7 に示す。

5.3.3.3 出火点の設定と計測する延焼面積

5.3.1 において細分化を行なった領域は、前章における細分化と同様に、面積・形状共に非常にばらつきのあるものである。したがってシミュレーションの運用に当たっては、領域全体をまんべんなくかつ平均的に計測する必要があり、そのためには、領域の面積に応じた出火点数を与える必要がある。「消火・救出活動支援演算装置 (CAS-FiRE)」は、出火範囲・同時出火件数・シミュレーション繰り返し回数を与えると、出火点をランダムに発生させてシミュレーションを繰り返し行う機能がある。そこで、各領域に対して面積に応じて 1~100 の出火点を設定し、1 回の計算において出火は 1 箇所のみとし、当該領域内で延焼シミュレーションを繰り返し行い、その延焼面積を平均することにより「平均的な延焼面積」を求めることとした^{注1)}。

5.3.3.4 気象条件の設定

前章と同様に、本章においても単純化のために気象条件は考慮しない。よって、延焼シミュレーション実行時の風速は 0、また、東消式において設定が必要な湿度については 50% としてシミュレーションを行った。

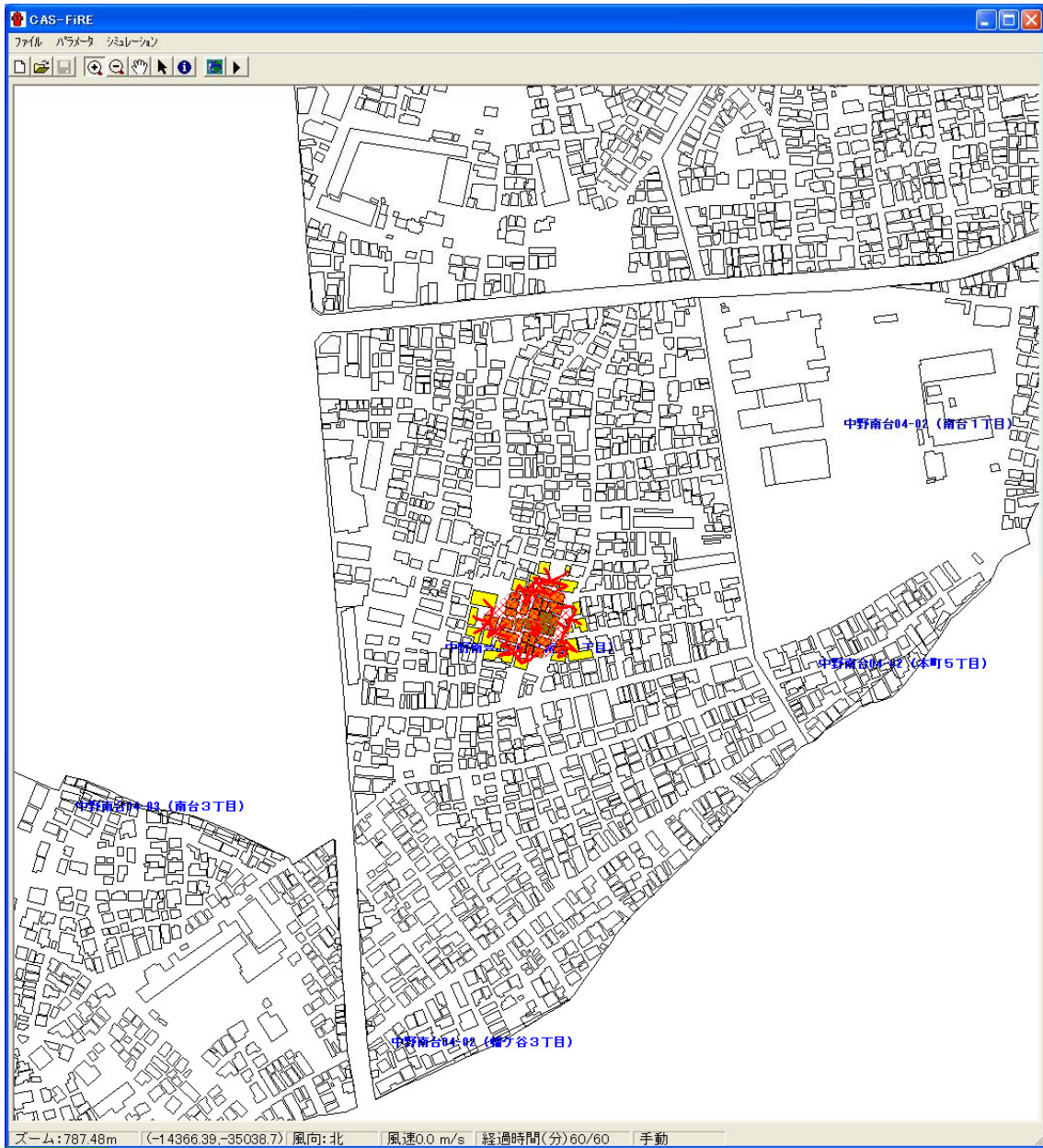


図 5.7 「消火・救出活動支援演算装置 (CAS-FIRE)」 実行中画面

5.4 モデルの検証（その2：マイクロ分析）

以下、先に述べた各ステップに従い、分析結果を順次説明する。

5.4.1 「みかけ可燃物量」の分析結果

ここでは、各領域の「平均的な一棟あたりのみかけ可燃物量 \hat{u}_2 」を x_3 、「出火後1時間の平均的な延焼面積」^{注1)}を y とする。3時点合わせた237の各領域について、 x_3 および y をそれぞれ計算・計測した結果を図5.8の散布図に示す。

散布図を見ると、下に凸の二次関数的な分布を読み取ることができる。建築物のみかけ可燃物量がゼロとなると延焼面積もゼロとなることは自明である。また、みかけ可燃物量が増加しているにもかかわらず延焼面積が減少することはあり得ない。したがって、回帰関数は原点を通る単調増加関数であると考えることができる。そこで、関数を式(5.8)のようにべき乗と仮定し回帰分析を行うと、表5.3および表5.4のような結果が得られた。また、回帰曲線は図5.8に併せて示す。

$$y = a_3 x_3^{b_3} \quad (5.8)$$

結果を見ると、仮説モデル式をべき乗としたものの、ほぼ線形の結果が得られた。表5.3より、回帰精度は極端に高いわけではないが、中程度のまずまずの値である。また、表5.4より、変数 x_3 の有意性は非常に高く、また、定数項についても、設定した有意水準には達していないものの、極端に悪い値ではない。よって、モデル全体としては比較的良好な回帰結果が得られたものと考えられる。ただし、みかけ可燃物量が無限に大きくなると延焼面積も無限に大きくなるということもあり得ない。両変数ともに、現実的・実用的な値域があるはずであり、この結果はその範囲における局所的な傾向であると考えるのが妥当であると判断される。

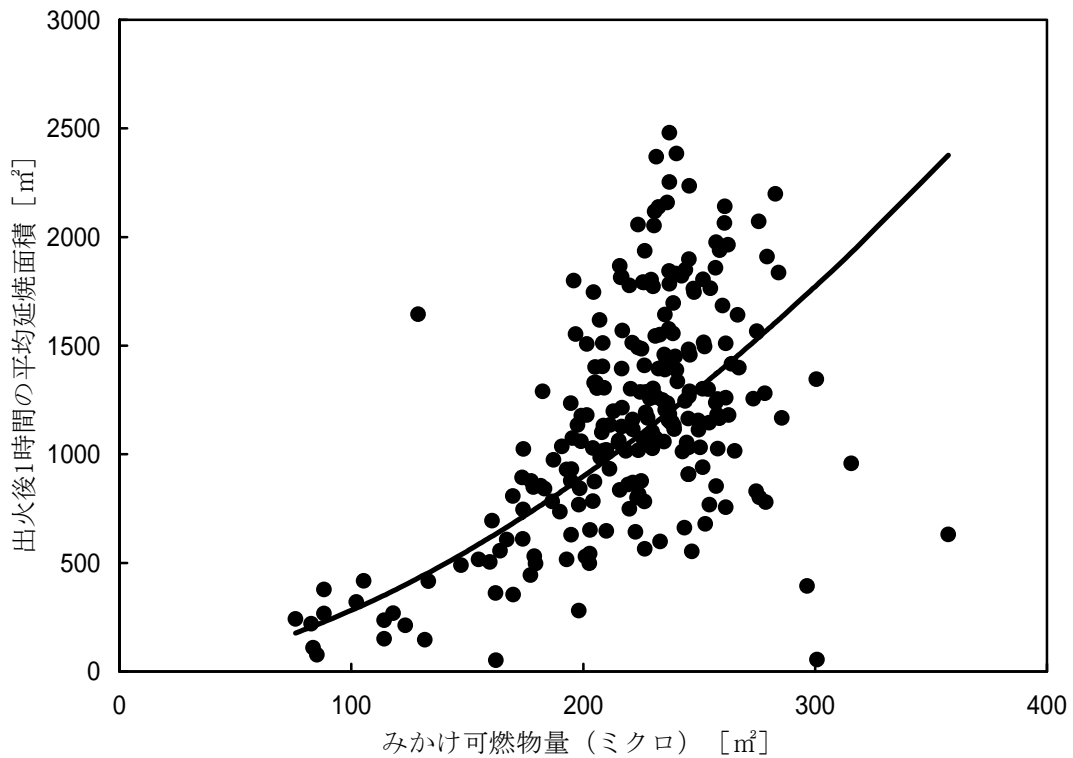


図 5.8 ミクロ分析における「みかけ可燃物量」の散布図および回帰曲線

表 5.3 ミクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰パラメータ

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_3	1.676	0.638	12.70	0.000	**
定数項 a_3	0.125		1.411	0.160	

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.4 ミクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰精度

決定係数	0.4071
修正済決定係数	0.4046
相関係数	0.6380
修正済相関係数	0.6361

5.4.2 「みかけ延焼確率」の分析結果

ここでは、各領域の「みかけ延焼確率 \hat{p}_{i_2} 」を x_4 、「出火後 1 時間の平均的な延焼面積」^{注 1)} を y とする。3 時点合わせた 237 の各領域について、 x_4 および y をそれぞれ計算・計測した結果を図 5.9（および図 5.10、図 5.11）の散布図に示す。

本サブモデルについては、散布図を見た限りは直線または平方関数的な分布を読み取ることができる。みかけ可燃物量と同様に、本サブモデルについても、みかけ延焼確率がゼロとなれば延焼面積がゼロとなることは論理的に明らかであり、また、みかけ延焼確率が増加しているにもかかわらず延焼面積が減少することはあり得ない。したがって、回帰関数は原点を通る単調増加関数であると推察される。よって、関数を式(5.9)のようにべき乗と仮定し回帰分析を行うこととする。

$$y = a_4 x_4^{b_4} \quad (5.9)$$

また、プロットを見る限りでは直線または平方関数的な傾向も見ることができるため、原点を通らない（つまり、切片を持つ）関数についても、参考までに分析を行うこととする。仮説モデル式を式(5.10)および式(5.11)のように直線および平方関数と仮定し回帰分析を行う。

$$y = \hat{a}_4 x_4 + \hat{b}_4 \quad (5.10)$$

$$y = \hat{a}_4 \sqrt{x_4} + \hat{b}_4 \quad (5.11)$$

以上の仮説モデル式についてそれぞれ分析を行い、表 5.5～表 5.9 のような結果が得られた。また、回帰曲線はそれぞれ図 5.9～図 5.11 に併せて示す。

本サブモデルについては、いずれの回帰においても、有意性は変数 x_4 および定数項ともに非常に高く、また、精度についても全体的に高めの結果が得られた。特に、仮説モデルを直線とした場合の当てはまりが最も良いという結果が得られた。ただし、3 つのモデル式ともに、結果に大きな差があるわけではない。したがって、論理的に考えた場合、前節における集計値による分析の場合と同様に、原点を通る単調増加関数、かつ、傾きが次第に緩やかになる曲線、すなわち、べき乗が最も適切であると判断される。

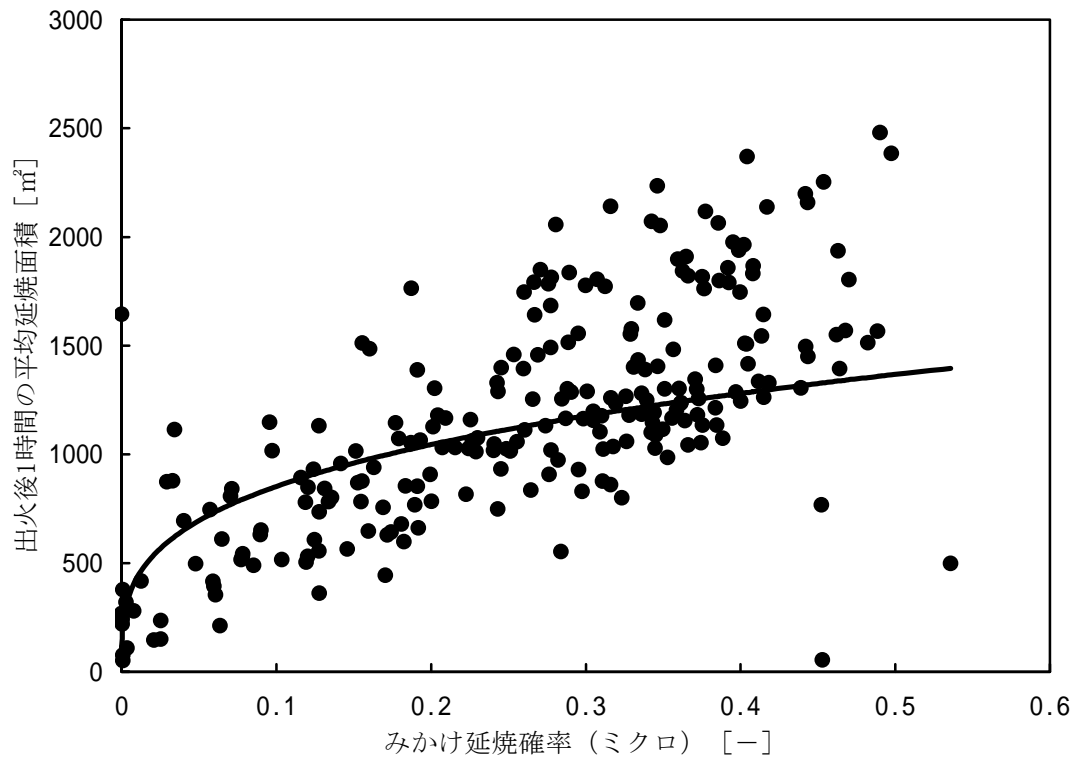


図 5.9 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰曲線（べき乗関数）

表 5.5 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ（べき乗関数）

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_4	0.294	0.661	13.48	0.000	**
定数項 a_4	1676		20.63	0.000	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.6 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（べき乗関数）

決定係数	0.4362
修正済決定係数	0.4338
相関係数	0.6605
修正済相関係数	0.6586

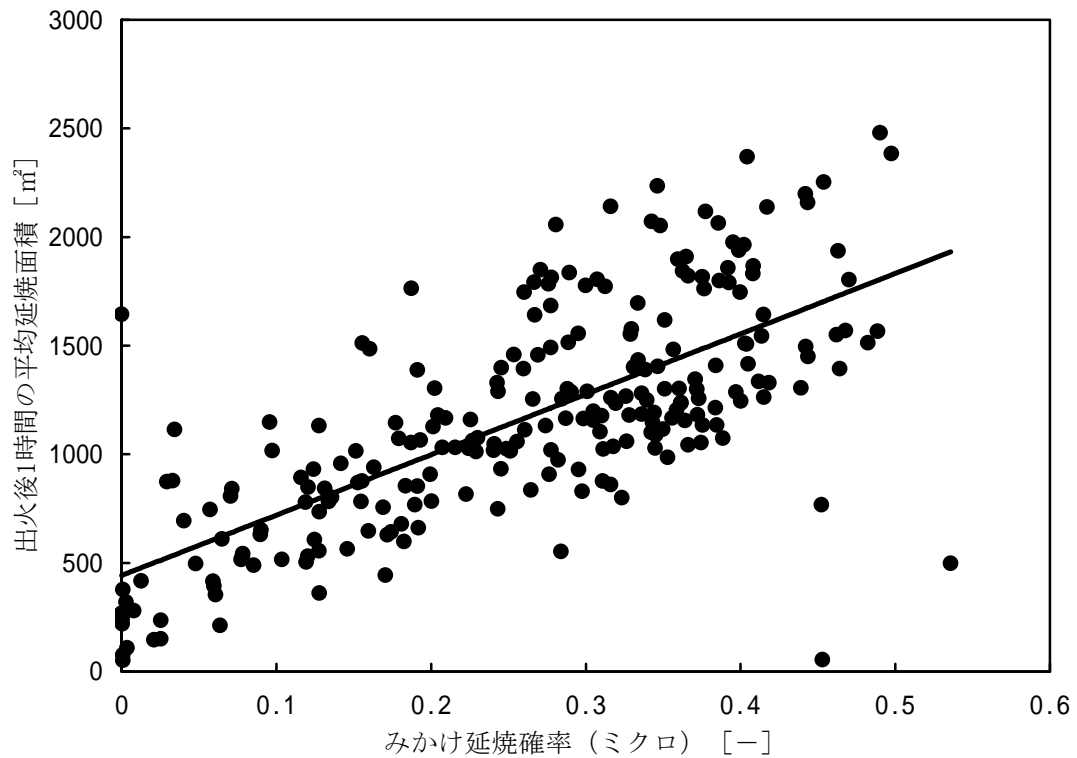


図 5.10 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰直線

表 5.7 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ (直線)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_4	2781	0.710	15.46	0.000	**
定数項 a_4	441.9		8.448	0.000	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.8 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度 (直線)

決定係数	0.5042
修正済決定係数	0.5021
相関係数	0.7101
修正済相関係数	0.7086

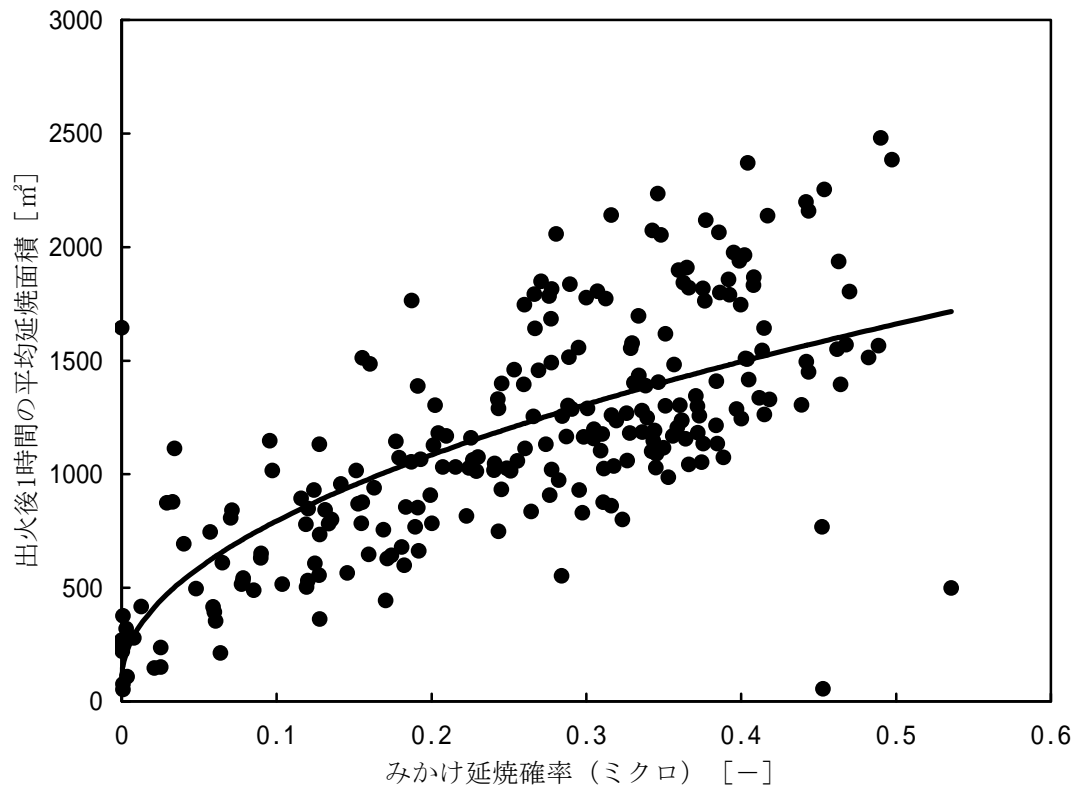


図 5.11 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰曲線（平方関数）

表 5.9 ミクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度（平方関数）

決定係数	0.4969
修正済決定係数	0.4947
相関係数	0.7049
修正済相関係数	0.7043

5.4.3 「みかけ延焼危険量」の分析結果

ここでは、各領域の「みかけ延焼確率」と「一棟あたりの平均的な延焼経路本数」の積である「みかけ延焼危険量 U 」を x_5 、「出火後 1 時間の平均的な延焼面積」^{注1)}を y とする。3 時点合わせた 237 の各領域について、 x_5 および y をそれぞれ計算・計測した結果を図 5.12～図 5.14 の散布図に示す（ただし、図 5.12～図 5.14 のプロットは全て同一であり、以下の回帰分析のために分けたものである）。

本サブモデルについては、「みかけ延焼確率」と同様の分布傾向を読み取ることができる。よって、分析についても同様に、仮説モデル式を式(5.12)～式(5.14)のようにべき乗・直線・平方関数と仮定し回帰分析を行うこととする。その結果、それぞれ表 5.10～表 5.14 のような結果が得られた。また、回帰曲線はそれぞれ図 5.12～図 5.14 に併せて示す。

$$y = a_5 x_5^{b_5} \quad (5.12)$$

$$y = \dot{a}_5 x_5 + \dot{b}_5 \quad (5.13)$$

$$y = \ddot{a}_5 \sqrt{x_5} + \ddot{b}_5 \quad (5.14)$$

本サブモデルについては、全体的な傾向はみかけ延焼確率とよく似た結果が得られた。いずれの回帰においても、有意性は変数 x_5 および定数項ともに非常に高く、また、精度についても全体的に高めの結果が得られた。特に、仮説モデルを平方関数とした場合の当てはまりが最も良いという結果が得られた。「みかけ延焼確率」の分析結果と比較すると、それぞれの分析の精度に若干の差はあるが、極端に開きがあるわけではない。論理的には、前節における集計値による分析の場合と同様に、原点を通る単調増加関数、かつ、傾きが次第に緩やかになる曲線、すなわち、べき乗が最も適切であると考えられる。

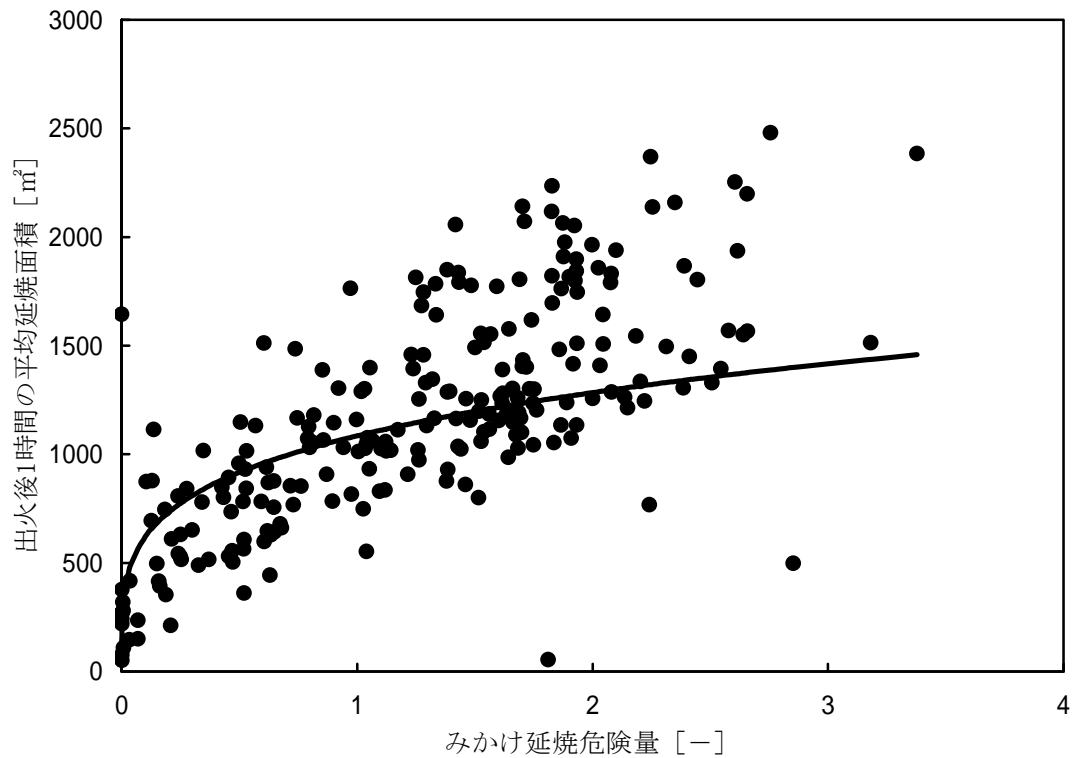


図 5.12 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の散布図および回帰曲線（べき乗関数）

表 5.10 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰パラメータ（べき乗関数）

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_5	0.243	0.679	14.17	0.000	**
定数項 a_5	1085		32.92	0.000	**

** : 1% 有意、* : 5% 有意

表 5.11 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰精度（べき乗関数）

決定係数	0.4609
修正済決定係数	0.4586
相関係数	0.6789
修正済相関係数	0.6772

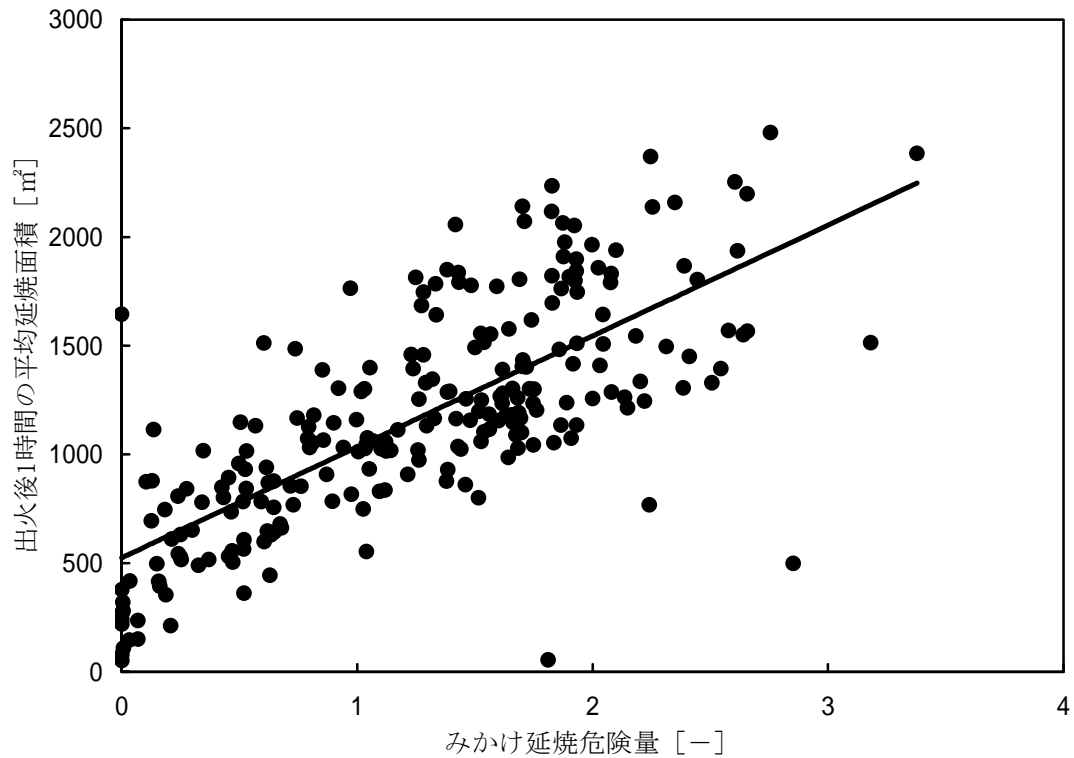


図 5.13 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の散布図および回帰直線

表 5.12 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰パラメータ（直線）

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_5	510.2	0.741	16.90	0.000	**
定数項 a_5	524.1		11.90	0.000	**

** : 1% 有意、* : 5% 有意

表 5.13 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰精度（直線）

決定係数	0.5485
修正済決定係数	0.5465
相関係数	0.7406
修正済相関係数	0.7393

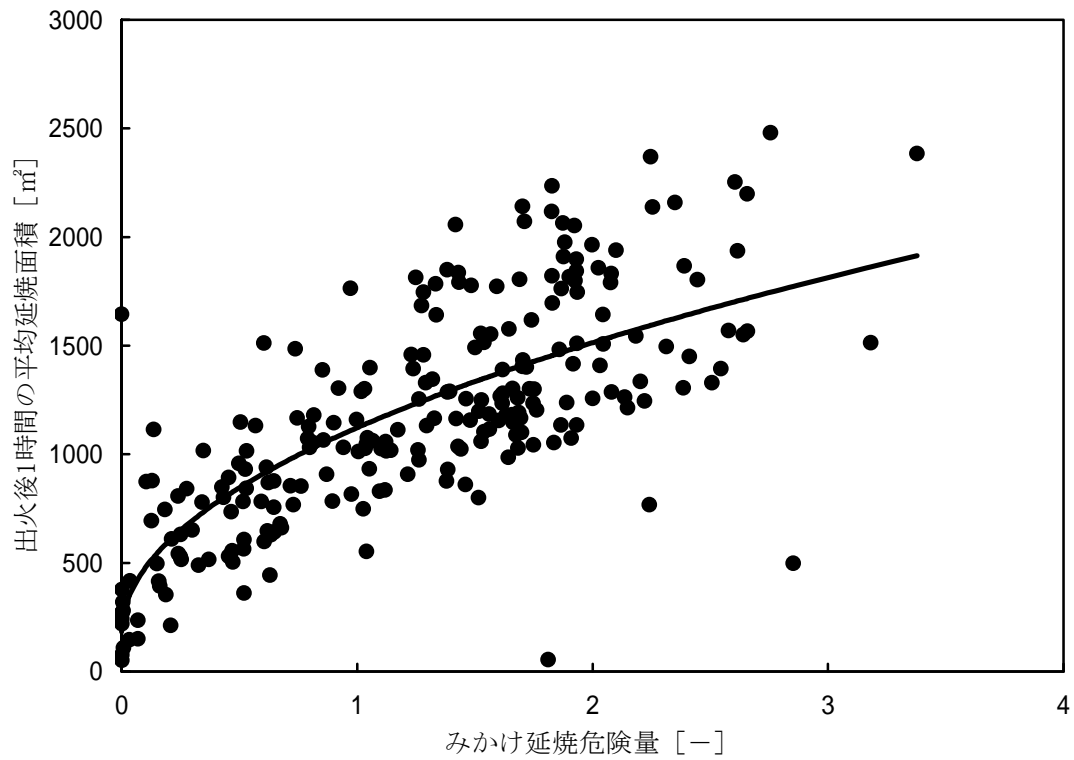


図 5.14 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の散布図および回帰曲線（平方関数）

表 5.14 ミクロ分析における「みかけ延焼危険量」の回帰精度（平方関数）

決定係数	0.5606
修正済決定係数	0.5587
相関係数	0.7487
修正済相関係数	0.7475

5.4.4 考察

ここまでの分析では、いずれの分析についても、回帰精度は中高程度、有意性は極めて高いという結果が得られた。単回帰分析の結果としては、いずれもまずまず良好な結果であると言える。

また、本章では、「みかけ延焼確率」を、「延焼経路本数」を用いて「みかけ延焼危険量」としてモデルの拡張を行った。この両者を比較すると、全体の分布傾向は非常に似ているが、後者の方が回帰精度は明らかに向上している。これは、モデルの拡張により、計測指標の分散が小さくなったためであると考えられる。このことは、プロット図からも読み取ることができる。

5.4.5 サブモデルの統合

ここでは前項の考察を受け、本章におけるこれまでの分析結果を用いて、サブモデルを結合する。なお、用いる変数は「 y ：出火後 1 時間の平均延焼面積」「 x_3 ：みかけ可燃物量」「 x_4 ：みかけ延焼危険量」とする。「みかけ延焼危険量」については、これまでの結果を見ると、べき乗・直線・平方関数の回帰において、精度に極端な差があるわけではない。そこで、簡単のために、前章と同様に仮説モデル式を積型の非線形結合と仮定した。

$$y = d_0 x_3^{d_1} x_5^{d_2} \quad (5.15)$$

次に、式(5.15)の両辺の自然対数をとってモデル式を線形化し、重回帰分析により係数 d_1, d_2 および定数項 $\ln(d_0)$ の決定を行った。

$$\ln(y) = \ln(d_0) + d_1 \ln(x_3) + d_2 \ln(x_5) \quad (5.16)$$

分析結果は表 5.15～表 5.17 に示す通りである。

まず、単回帰の精度と比較して、重回帰分析の回帰精度がさほど向上していない点が指摘できる。一方、表 5.15 から、多重共線性の疑いがあることが推察され、これが精度向上を阻害している要因であると考えられる。ただし、独立の単回帰分析についてはそれぞれ良好な結果を示しており、本研究が目指す「火災延焼リスクの簡易的な評価手法」という目的に対しては十分に役割を果たしていると考えられる。したがって、これらの分析結果を用いる際は結合したモデルを用いるのではなく、それぞれ独立したモデルとして扱うことが妥当であると判断される。

表 5.15 ミクロ分析における重回帰分析の相関行列

	$\ln(x_3)$	$\ln(x_5)$	$\ln(y)$
$\ln(x_3)$	1.0000		
$\ln(x_5)$	0.7463	1.0000	
$\ln(y)$	0.6380	0.6789	1.0000

表 5.16 ミクロ分析における重回帰式パラメータ

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
$\ln(x_3)$	0.779	0.297	4.269	0.000	**
$\ln(x_5)$	0.164	0.458	6.587	0.000	**
定数項 $\ln(d_0)$	2.785		2.826	0.005	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.17 ミクロ分析における重回帰分析の回帰精度

決定係数	0.4998
修正済決定係数	0.4956
重相関係数	0.7070
修正済重相関係数	0.7040

5.5 マクロ分析とミクロ分析の比較

本節ではマクロ分析（「集計的データ」を用いた場合の分析）とミクロ分析（「一棟単位のデータ」を用いた場合の分析）の比較を行う。しかし、マクロ分析を行った前章からは、領域の細分化条件、および、延焼シミュレーションを変更しており、単純比較はできない。そこで、本章における条件の下で、再度、マクロ分析を改めて行い、その結果を用いてミクロ分析との比較検討を行うこととする。

5.5.1 「集計的データ」による再分析

5.5.1.1 「みかけ可燃物量」の再分析結果

ここでは、各領域の「平均的な一棟あたりのみかけ可燃物量 \hat{u}_2 」を x_1' 、「出火後 1 時間の平均的な延焼面積」^{注1)} を y とする。3 時点合わせた 237 の各領域について、 x_1' および y をそれぞれ計算・計測した結果を図 5.15 の散布図に示す。また、関数を式(5.17)のようにべき乗と仮定し回帰分析を行い、表 5.18 および表 5.19 のような結果が得られた。回帰曲線は図 5.15 に併せて示す。

$$y = a_1 x_1'^{b_1'} \quad (5.17)$$

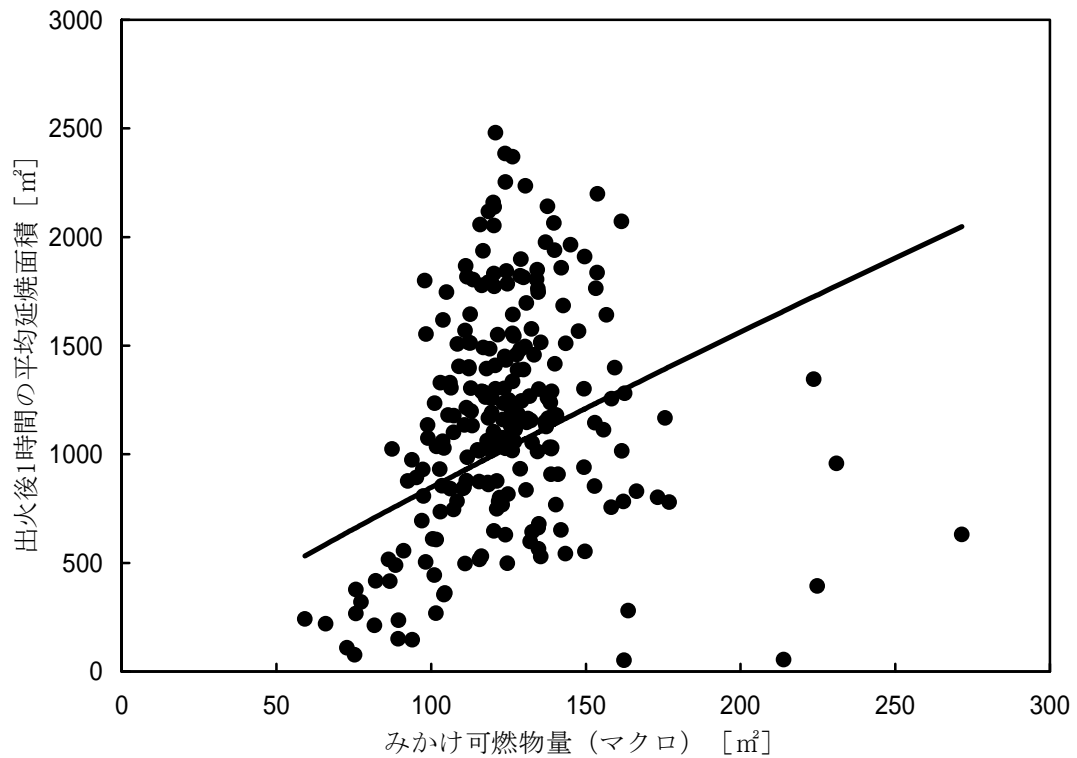


図 5.15 マクロ分析における「みかけ可燃物量」の散布図および回帰曲線（再分析）

表 5.18 マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰パラメータ（再分析）

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_1'	0.885	0.279	4.447	0.000	**
定数項 a_1'	14.40		1.045	0.297	

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.19 マクロ分析における「みかけ可燃物量」の回帰精度（再分析）

決定係数	0.0776
修正済決定係数	0.0737
相関係数	0.2786
修正済相関係数	0.2714

5.5.1.2 「みかけ延焼確率」の再分析結果

ここでは、各領域の「みかけ延焼確率 $\hat{p}_{\hat{a}_2}$ 」を x_2' 、「出火後 1 時間の平均的な延焼面積」^{注1)}を y とする。3 時点合わせた 237 の各領域について、 x_2' および y をそれぞれ計算・計測した結果を図 5.16～図 5.18 の散布図に示す（ただし、図 5.12～図 5.14 のプロットは全て同一であり、以下の回帰分析のために分けたものである）。また、関数を式(5.18)～式(5.20)のようにべき乗と仮定し回帰分析を行い、それぞれ表 5.20～表 5.24 のような結果が得られた。回帰曲線はそれぞれ図 5.16～図 5.18 に併せて示す。

$$y = a_2' x_2' \quad (5.18)$$

$$y = \hat{a}_2' x_2' + \hat{b}_2' \quad (5.19)$$

$$y = \hat{\hat{a}}_2' \sqrt{x_2'} + \hat{\hat{b}}_2' \quad (5.20)$$

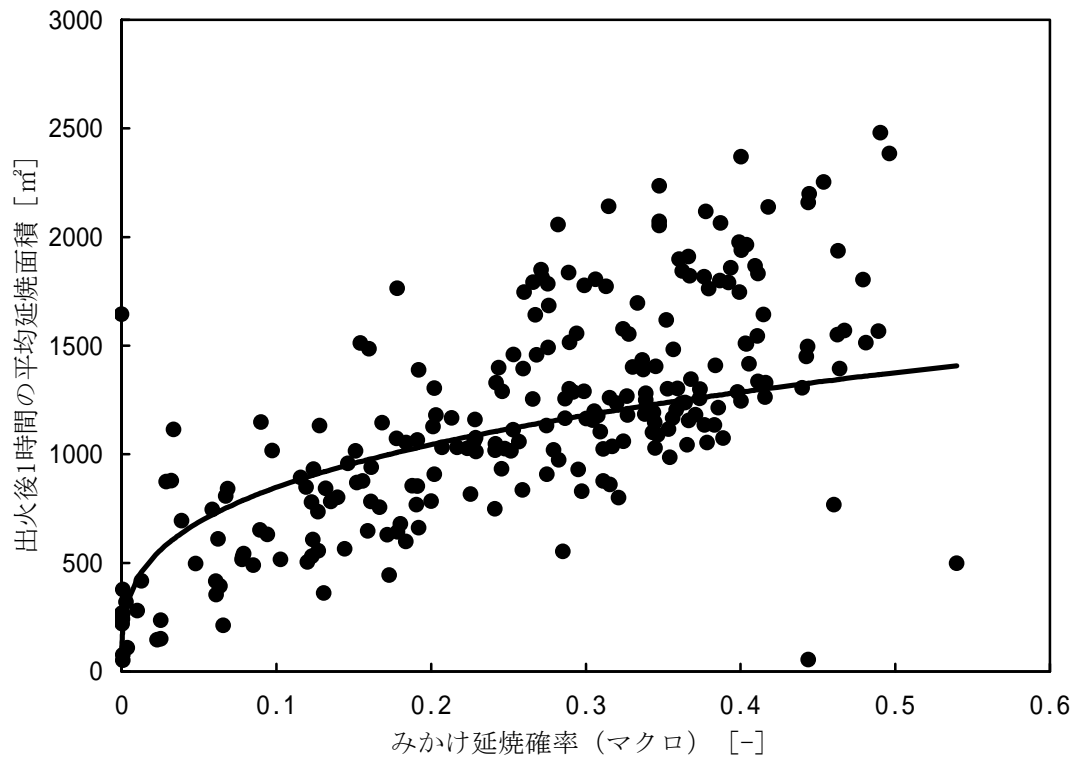


図 5.16 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰曲線
(再分析、べき乗)

表 5.20 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ (再分析、べき乗)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_2'	0.301	0.665	13.66	0.000	**
定数項 a_2'	4840		20.59	0.000	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.21 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度 (再分析、べき乗)

決定係数	0.4426
修正済決定係数	0.4402
相関係数	0.6653
修正済相関係数	0.6635

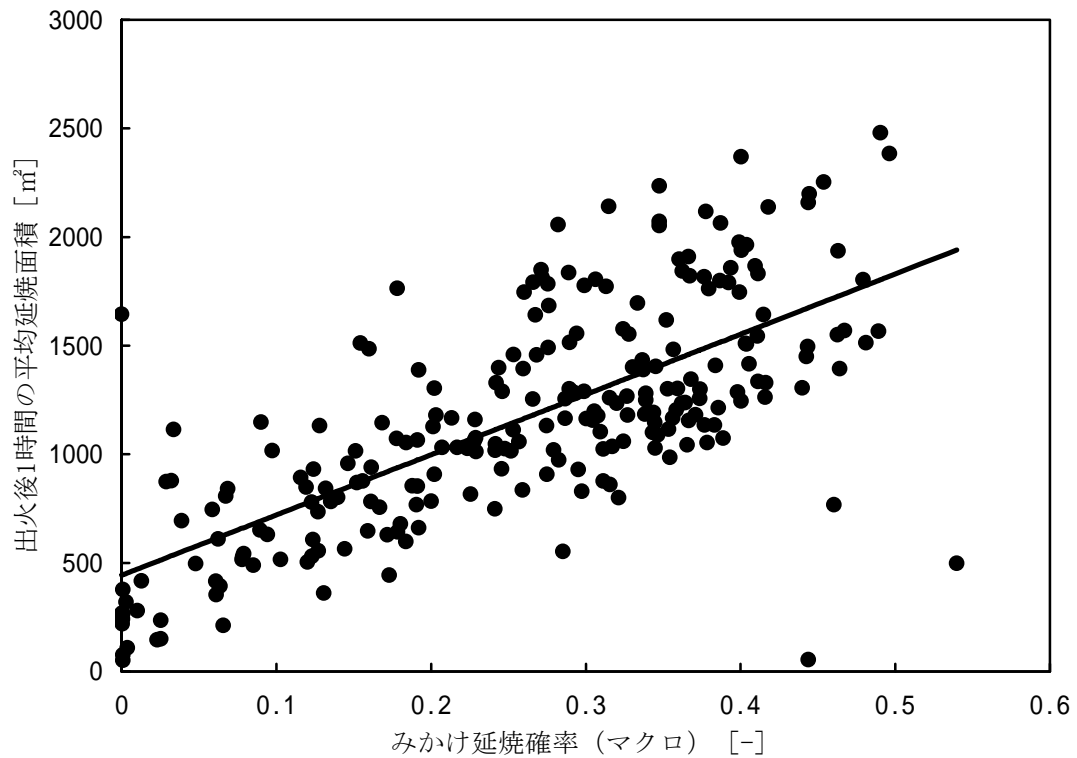


図 5.17 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰直線
(再分析、直線)

表 5.22 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰パラメータ (再分析、直線)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
x_2'	2773	0.709	15.40	0.000	**
定数項 a_2'	443.5		8.466	0.000	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.23 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度 (再分析、直線)

決定係数	0.5023
修正済決定係数	0.5002
相関係数	0.7088
修正済相関係数	0.7073

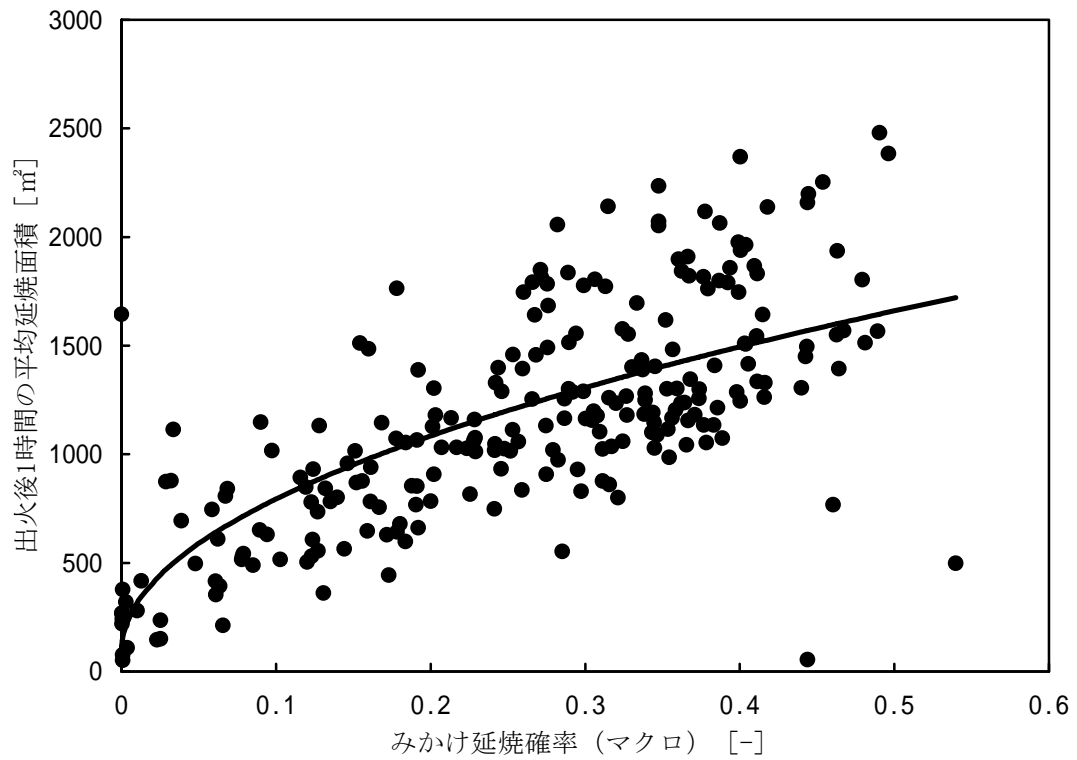


図 5.18 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の散布図および回帰曲線
(再分析、平方)

表 5.24 マクロ分析における「みかけ延焼確率」の回帰精度 (再分析、平方)

決定係数	0.4949
修正済決定係数	0.4927
相関係数	0.7035
修正済相関係数	0.7020

5.5.1.3 サブモデルの結合に関する再分析

ここでは、5.5.1.1 および 5.5.1.2 と同様の考え方で、再度サブモデルの結合を行う。仮説モデル式については、前章と同様に積型の非線形結合と仮定した。

$$y = c_0' x_1' x_2' \quad (5.21)$$

次に、式(5.21)の両辺の自然対数をとってモデル式を線形化し、重回帰分析により係数 c_1', c_2' および定数項 $\ln(c_0')$ の決定を行った。

$$\ln(y) = \ln(c_0') + c_1' \ln(x_1') + c_2' \ln(x_2') \quad (5.22)$$

分析結果は表 5.25～表 5.27 に示す通りである。なお、表 5.25 より、多重共線性の疑いはないものと推察される。

表 5.25 マクロ分析における重回帰分析の相関行列（再分析）

	$\ln(x_1')$	$\ln(x_2')$	$\ln(y)$
$\ln(x_1')$	1.0000		
$\ln(x_2')$	0.3916	1.0000	
$\ln(y)$	0.2786	0.6653	1.0000

表 5.26 マクロ分析における重回帰式パラメータ（再分析）

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T 値	P 値	判定
$\ln(x_1')$	0.068	0.021	0.402	0.688	
$\ln(x_2')$	0.297	0.657	12.39	0.000	**
定数項 $\ln(c_0')$	7.103		8.593	0.005	**

** : 1%有意、* : 5%有意

表 5.27 マクロ分析における重回帰分析の回帰精度（再分析）

決定係数	0.4430
修正済決定係数	0.4382
重相関係数	0.6656
修正済重相関係数	0.6620

5.5.2 比較・考察

全体的な傾向を比較すると、マクロ分析よりもマイクロ分析の方が精度が向上している。特に「みかけ可燃物量」の精度向上が顕著である。プロットを比較してみると（図 5.8 および図 5.15）、マクロ分析における「みかけ可燃物量」は、マイクロ分析と比較した場合、かなり収束した値を取っていることが分かる。この原因として考えられるのが、マクロ分析に

における「みかけ可燃物量」の計測指標の算出方式である（式 4.7）。マクロ分析における「みかけ可燃物量」の算出方法では、計算の早い段階から領域の代表値・平均値をより多く用いている。そのために領域ごとの特徴が出にくいと考えられ、そのため計測指標がより収束したものと推察される。

「みかけ延焼確率」については、マクロ分析とマイクロ分析では、算出方法に大きな差はない。そのため、回帰精度についても似たような傾向が現れている。一方、「みかけ延焼確率」をマイクロ分析向けに拡張した「みかけ延焼危険量」については、精度が明らかに向上している。プロットを比較してみると、全体的に分散が小さくなっていることを読み取ることができ、各建築物の「延焼経路本数」を用いた拡張により、計測指標の分散が小さくなったためであると考えられる。したがって、マイクロ分析を代表する場合は、「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量」の組み合わせとすべきであろう。

重回帰分析についてみると、精度・有意性ともに向上が見られる。ただし、マイクロ分析では多重共線性の疑いが指摘できる。そのため、特に「みかけ可燃物量」の単回帰精度が大きく向上しているにもかかわらず、重回帰分析においてはそこまでの向上が見られない。なお、マクロ分析では、多重共線性は存在しないと判断される。

最後に、マクロ分析とマイクロ分析のそれぞれの用途を考える。集計的データを用いたマクロ分析では、「みかけ延焼確率」に対して「みかけ可燃物量」の寄与度は無視しても差し支えないレベルであると言える。よって、マクロ分析は「みかけ延焼確率」のみを用いた大まかな傾向把握に用いるのが適切である。一方で、建築物一棟単位のデータを用いたマイクロ分析では、「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」のいずれも良好な回帰精度を持つ一方で、この2変数間には多重共線性が疑われる。したがって、マイクロ分析は「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」を独立に用いた詳細分析とするのが適切であると考えられる。

5.6 本章のまとめ

本章では、基本モデルを詳細な建築物一棟単位のデータについて適用し、市街地の火災延焼リスクの評価手法の構築を行った。

まず、前提となる建築物一棟単位のデータの想定および定義を行い、併せて、前章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行った。まず、データについては、基本的には GIS データを想定しているが、仮にこのような GIS データが存在しなかった場合でも、限られた範囲であれば現実的な労力で十分に収集が可能なデータとした。また、分析に当たっては属性データのみハンドリングで可能なため、表計算ソフトレベルで扱うことが可能である。したがって、手法の簡便性という点からも、十分に実用的であると言える。基本モデルの拡張については、建築物一棟単位のデータを生かし、「みかけ可燃物量」に対しては一棟単位での算出を行った後に全体の積算を行う手法を構築し、「みかけ延焼確率」に対しては建築物の建て詰まり度合いをより考慮した「みかけ延焼危険量」の再定義を行った。

次に、研究対象である重点整備地域において、建築物一棟単位のデータにより基本モデルに基づく 2 つの指標の算出、および、延焼シミュレーションを行い、前者を説明変数、後者を目的変数として、単回帰分析および重回帰分析により妥当性の検討を行った。いずれの分析においても全体として非常に良好な結果が得られた。各単回帰分析については、精度は中高程度であり、各パラメータの有意性は非常に高いという結果が得られた。また、「みかけ延焼確率」を「みかけ延焼危険量」へ拡張したことにより、精度の向上に成功した。重回帰分析については、まずまずの精度が得られたものの、多重共線性の疑いがあることが推察される結果となった。ただし、単回帰分析についてはそれぞれ良好な結果を示しており、本研究が目指している「火災延焼リスクの簡易的な評価手法」という目的に対しては、それぞれ独立したモデルとして扱うことで十分に役割を果たすものと考えられる。

最後に、マクロ分析（「集計的データ」を用いた場合の分析）とミクロ分析（「一棟単位のデータ」を用いた場合の分析）の比較を行った。全体的な傾向としては、マクロ分析よりもミクロ分析の方が明らかに精度が高いという結果が得られた。これは、各サブモデルをミクロ分析用に拡張した効果であると考えられる。特に「みかけ可燃物量」について、その傾向が顕著であった。

以上を総合的に判断すると、集計的データを用いたマクロ分析は「みかけ延焼確率」のみを用いた大まかな傾向把握に用いるのが適切であり、また、建築物一棟単位のデータミクロ分析は「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」を独立に用いた詳細分析に適していると言える。

補注

- 1) 一般的に火災による面的な損害を指す場合、「延焼面積」と「焼失面積」が用いられることが多い。定義が明示的に示されているものとしては、東京消防庁の「延焼危険度測定」がある。そこでは、延焼面積は「延焼している建物を囲む最も外側の範囲（延焼範囲）の市街地面積」、焼失面積は「延焼範囲内にある焼失建物の延べ床面積の合計」と定義されている。本研究では前者を用いている。

参考文献

- 1) 堀内三郎、保野健治郎、室崎益輝：新版 建築防火、朝倉書店、1994.8
- 2) 高堀章、糸井川栄一 他：震災時における消防力運用管理システムの開発、地域安全学会梗概集、2004.11
- 3) 東京都：防災都市づくり推進計画＜基本計画＞、1996.3
- 4) 東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3
- 5) 東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3
- 6) 高堀章、糸井川栄一、熊谷良雄、中野孝雄、藤井(齋藤)正俊、他：実践的消防業務に即した消防活動支援システムの開発－「消火・救出活動支援演算装置」の開発(その1)－、地域安全学会梗概集、No.16、pp.49-52、2005.5
- 7) 藤井(齋藤)正俊、糸井川栄一、熊谷良雄、林吉彦、中野孝雄、他：「消火・救出活動支援演算装置」における延焼計算の妥当性検証と消防活動シミュレーションの特性分析－「消火・救出活動支援演算装置」の開発(その2)－、地域安全学会梗概集、No.16、pp.53-56、2005.5

第 6 章

事例分析によるリスク評価
およびまちづくり事業評価

第6章 事例分析によるリスク評価およびまちづくり事業評価

6.1 はじめに

本章では、本研究の評価モデルを具体的な市街地事例に適応したケーススタディ、および、本研究の目的に照らし合わせたまちづくり事業への適用手法の検討を行う。

まず、重点整備地域全体を対象として、経年変化や地域別特性などの全体傾向の把握を行う。

次に、具体的な市街地を数例取り上げ、そこにおける市街地更新の特徴を現地調査により把握した上で、複数時点の建築物データを用いて、火災延焼リスク・市街地改善事業効果について時系列の分析を行う。前章において構築した建築物一棟単位のデータによる火災延焼リスク算定モデルを用いて、モデル上での変動を分析する。

最後に、本研究の目的に立ち返り、一般的なまちづくり事業の現場における、本研究において構築したモデルの適応手法の検討を行う。

6.2 全体傾向の把握

6.2.1 分析方法

本節では、東京都の「防災都市作り推進計画」^{1) 2) 3)}において重点整備地域全体を対象とした時系列分析を行い、全体傾向を把握する。データは「平成 3～4 年度公表」および「平成 13～14 年度公表」の東京都都市計画地理情報システムを用いることとし（ただし分析③は後者のみ）、この間^{注1)}の変化を分析する。分析項目は以下の 3 点である。

分析① 時点別の分布

モデルに基づく各指標および延焼シミュレーションの結果のプロットにおいて、全体の分布に変化があるかどうかを分析する。

分析② 時点間の変化量

分析①の視点を変えたものである。モデルに基づく各指標の変化量について着目し、分析を行う。

分析③ 地域別の分布

この分析は、時系列の分析とは多少異なる。本研究においては、11 の重点整備地域をさらに細分化しているが、元の 11 地域において特性に差があるかどうかについて、分析を行う。

6.2.2 時点間の分布

まず、モデル全体の分布変化を把握する。図 6.1 および図 6.2 は、「建築物一棟単位のデータによる火災延焼リスク算定モデル」のグラフにおいて、「平成 3～4 年度公表」および「平成 13～14 年度公表」のデータのみをプロットし、それぞれをマーク分けしたものである。図 6.1 は「みかけ可燃物量」、図 6.2 は「みかけ延焼危険量」のグラフである。

結果を見ると、いずれのグラフにおいても、全体として安全側にシフトしていることが分かる。

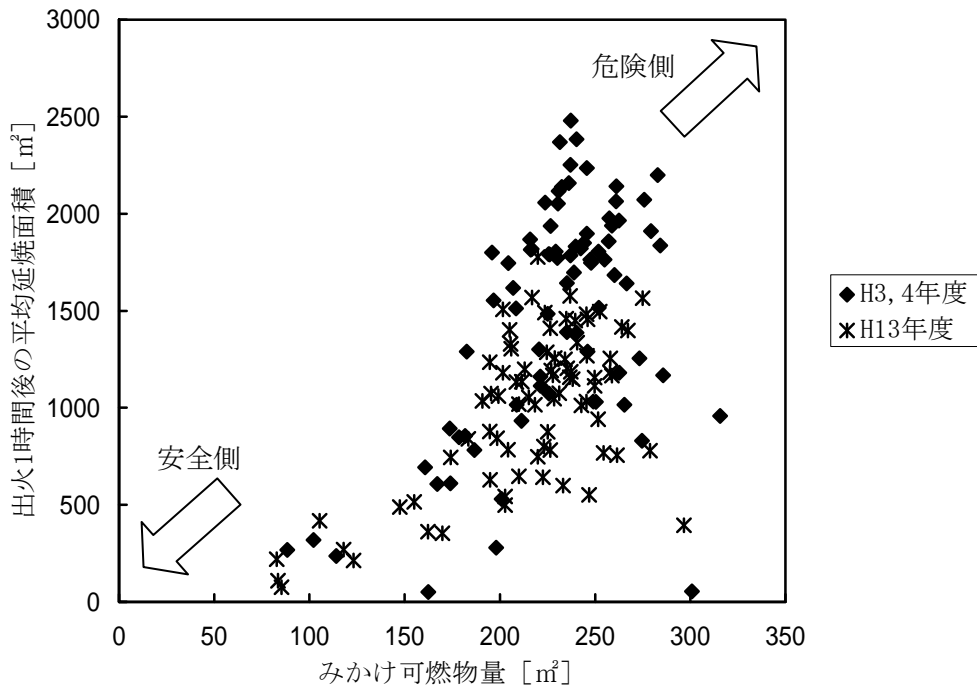


図 6.1 「みかけ可燃物量」の時点別の分布

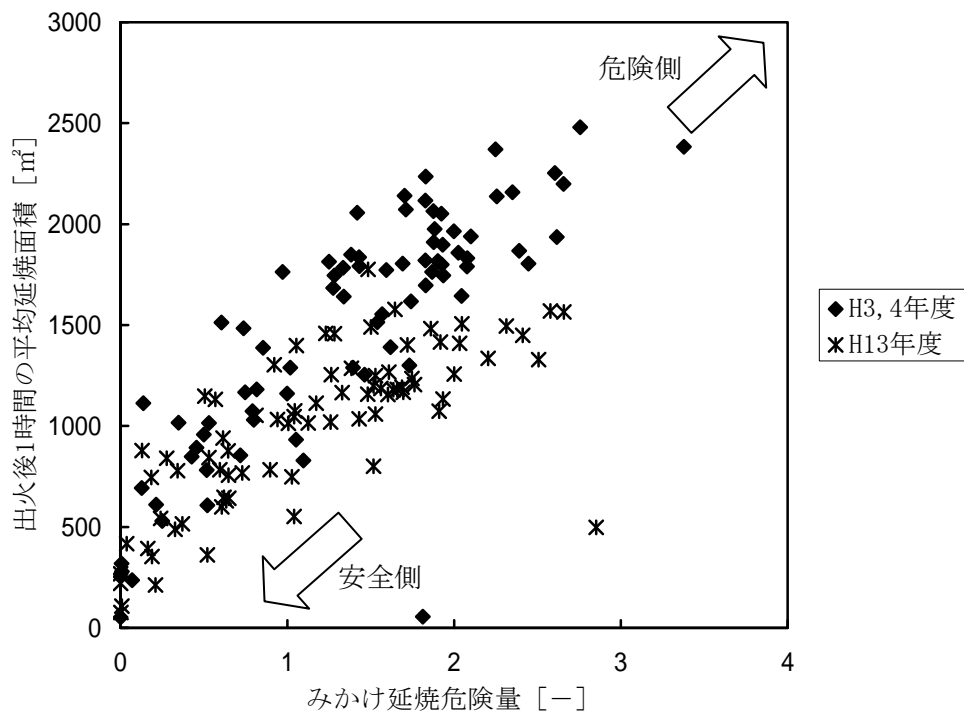


図 6.2 「みかけ延焼危険量」の時点別の分布

6.2.3 時点間の変化量

次に、それぞれのモデル指標について、時点間での変化量を把握する。図 6.3 および図 6.4 は、「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼危険量」のそれぞれについて、横軸に平成 3,4 年度、縦軸に平成 13 年度の値をとり、プロットしたものである。グラフ上の対角線は、縦軸・横軸が同じ値となる場所であるから、プロットがこの線より下にある場合は当該領域の指標は安全側にシフトしたと考えることができ、また同様に、プロットがこの線より上にある場合は当該領域の指標は危険側にシフトしたと考えることができる。

結果を見ると、6.2.2 の分析と同様に全体としては安全側にシフトしているが、個別に見た場合は若干危険側にシフトしている領域も存在することが分かる。特に「みかけ可燃物量」の方がその傾向が顕著である。

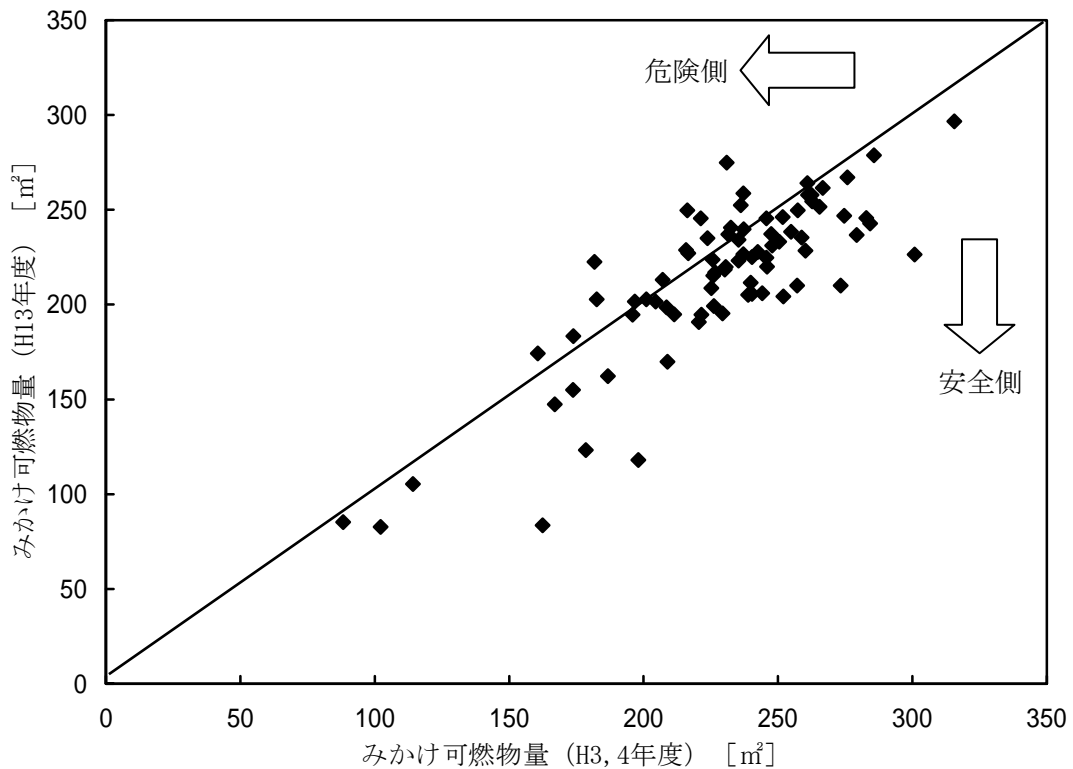


図 6.3 「みかけ可燃物量」の時点間の変化量

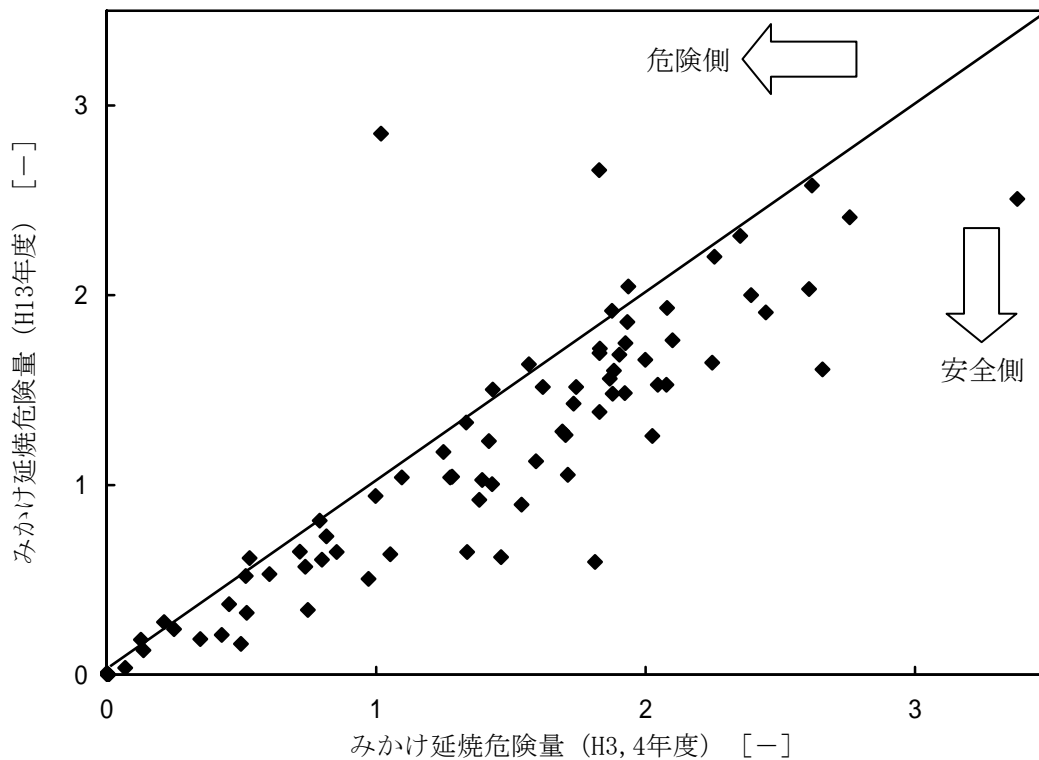


図 6.4 「みかけ延焼危険量」の時点間の変化量

6.2.4 地域別の分布

ここでは、モデル指標において地域的に分布傾向に差があるかどうかを見る。本研究においては、11の重点整備地域をさらに細分化しており、それら11地域において特性に差があるかどうかについて、分析を行う。図 6.5 および図 6.6 は、「建築物一棟単位のデータによる火災延焼リスク算定モデル」のグラフにおいて、「平成 13～14 年度公表」のデータのみをプロットし、重点整備地域ごとにマーク分けしたものである。

結果を見ると、重点整備地域ごとでは、顕著な分布の偏りは存在しないことが分かる。このことは、本研究において採用した細分化方法により、各領域の局所的な特徴を現すことに成功していることを示していると言える。

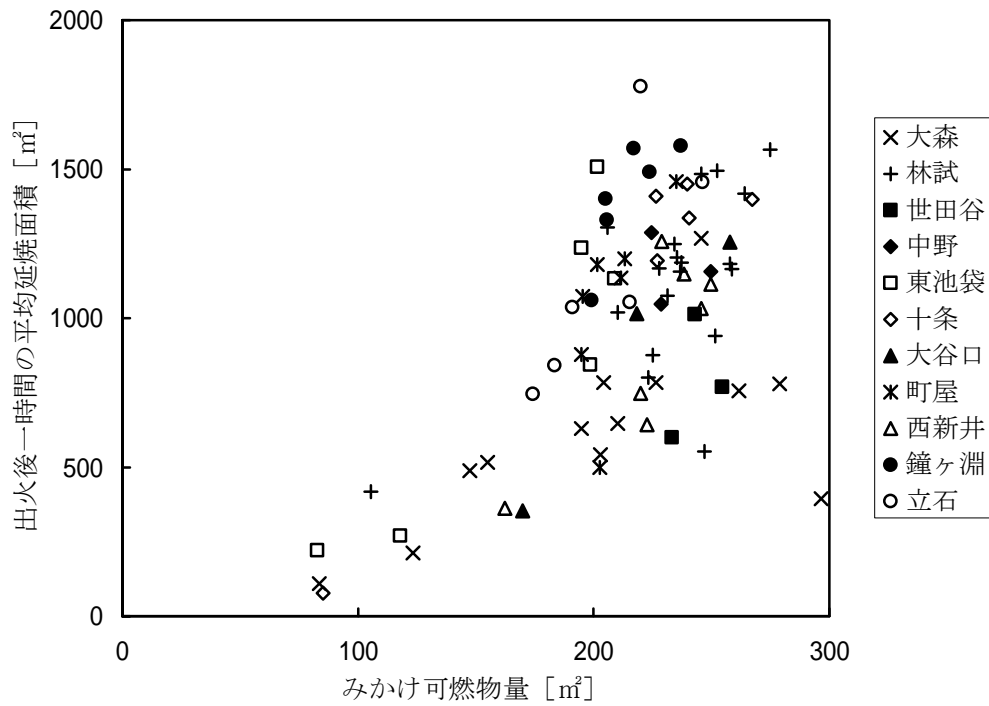


図 6.5 「みかけ可燃物量」の地域別の分布

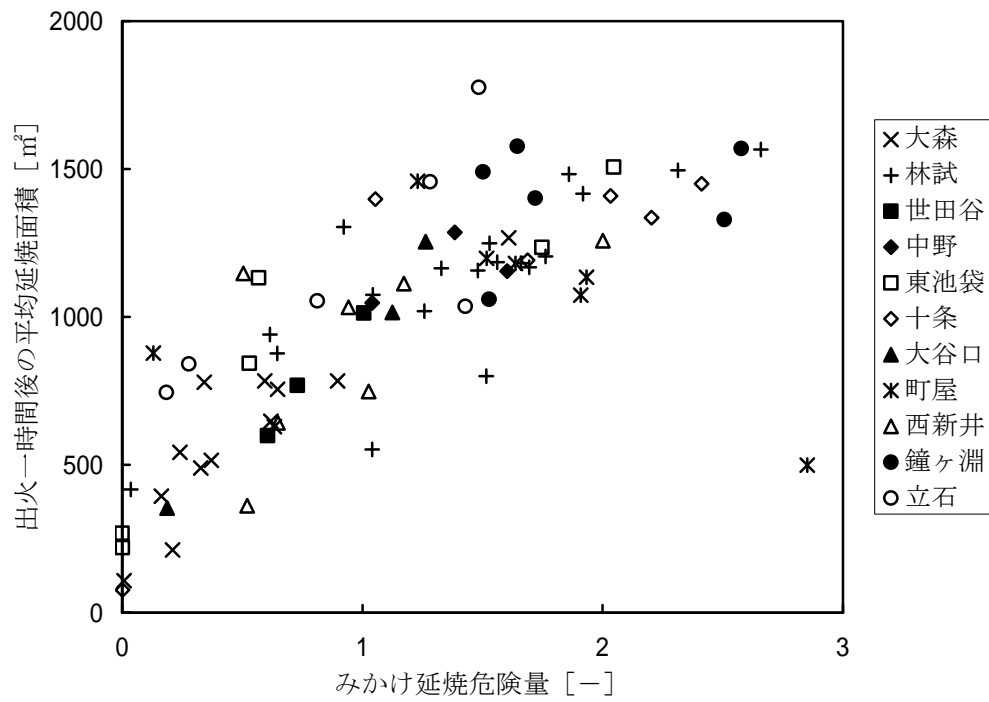


図 6.6 「みかけ延焼危険量」の地域別の分布

6.3 ケーススタディ①：路線型整備が行われた地区における事例分析

6.3.1 対象地区の概要

本項におけるケーススタディ対象地区は、以下の通りである。

重点整備地域⑧「町屋・尾久地区」内

荒川区 町屋2丁目～4丁目、東尾久6丁目

対象地区の位置を図 6.7 および図 6.8 に示す。



図 6.7 ケーススタディ①の対象地区の位置(1)

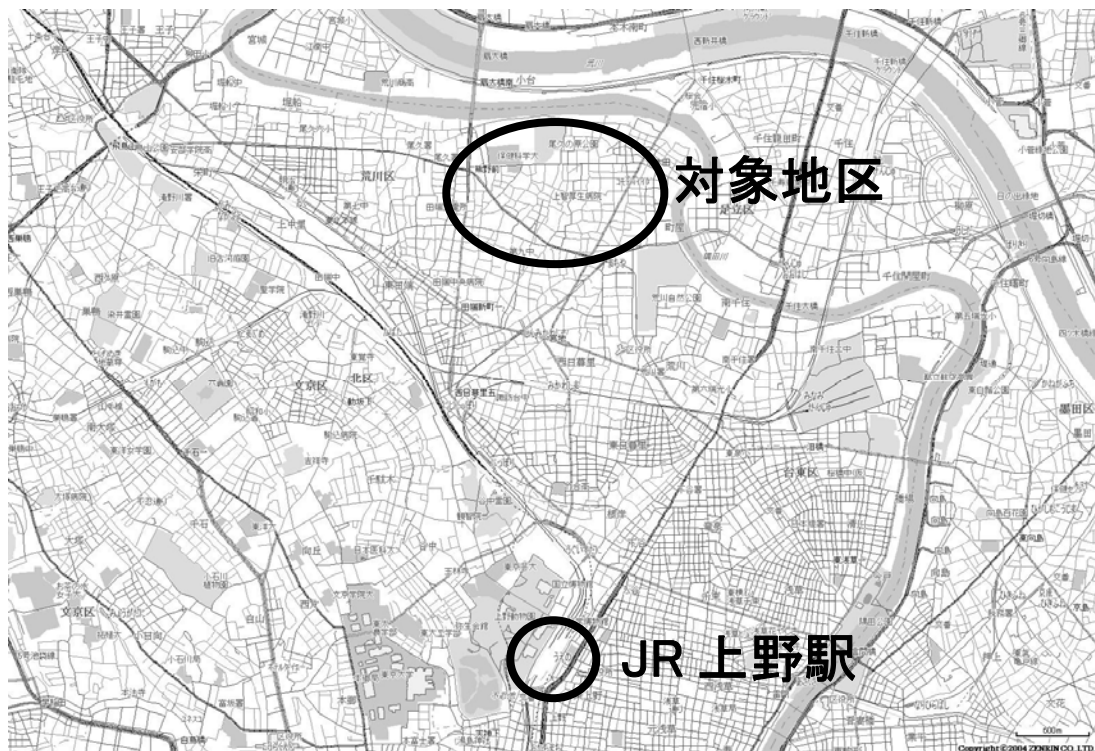


図 6.8 ケーススタディ①の対象地区の位置(2)

6.3.1.1 現況

図 6.9 は「平成 3～4 年度公表」および「平成 13～14 年度公表」のデータをオーバーレイした建築物の状況である。また、図 6.10～図 13 は、この地区の現況写真である。

この地区は、東は尾竹橋通り、南から西は都電荒川線に面している。住宅を中心とした典型的な木造密集市街地である。特徴的な市街地整備事業として、地区の中心を南北に縦断する比較的広幅員の都市計画道路の整備があげられる（図 6.10、図 6.11）。火災延焼の面から見ると、準延焼遮断帯的性格を持った街路であると言える。しかし、それ以外の部分の建築物更新はそれほど進んでいないのが現状である（図 6.12、図 6.13）。

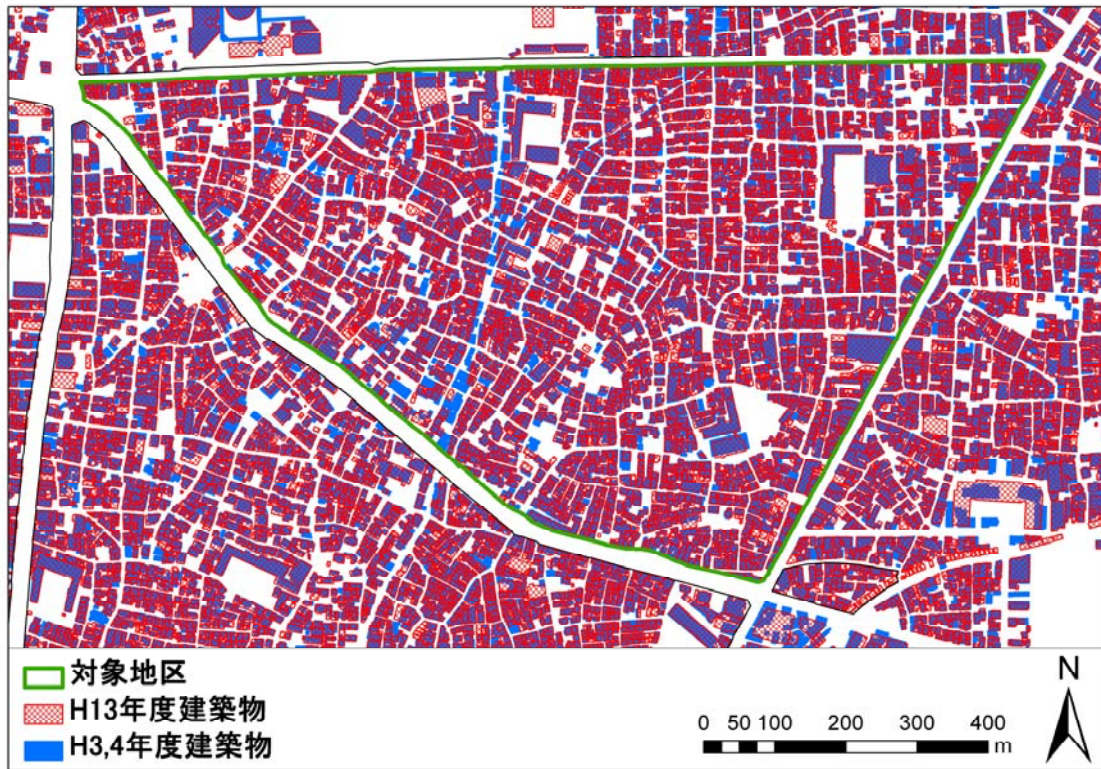


図 6.9 ケーススタディ①の対象地区の建築物状況



図 6.10 ケーススタディ①の対象地区の現況写真(1)



図 6.11 ケーススタディ①の対象地区の現況写真(2)



図 6.12 ケーススタディ①の対象地区の現況写真(3)



図 6.13 ケーススタディ①の対象地区の現況写真(4)

6.3.2 分析結果

図 6.14 および図 6.15 は、「平成 3～4 年度公表」および「平成 13～14 年度公表」のデータによる「建築物一棟単位のデータによる火災延焼リスク算定モデル」のグラフ上で、この地域の 2 時点の状況をプロットしたものである。また、図 6.16 および図 6.17 は、「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼危険量」の時点間変化量のグラフ上で、この地域の状況をプロットしたものである。

これらを見ると、いずれのグラフにおいてもかなり安全側にシフトしていることが確認できる。準延焼遮断帯的性格を持った広幅員の路線型整備による市街地の区画化は、非常に有効であることを示唆する結果であると言えよう。

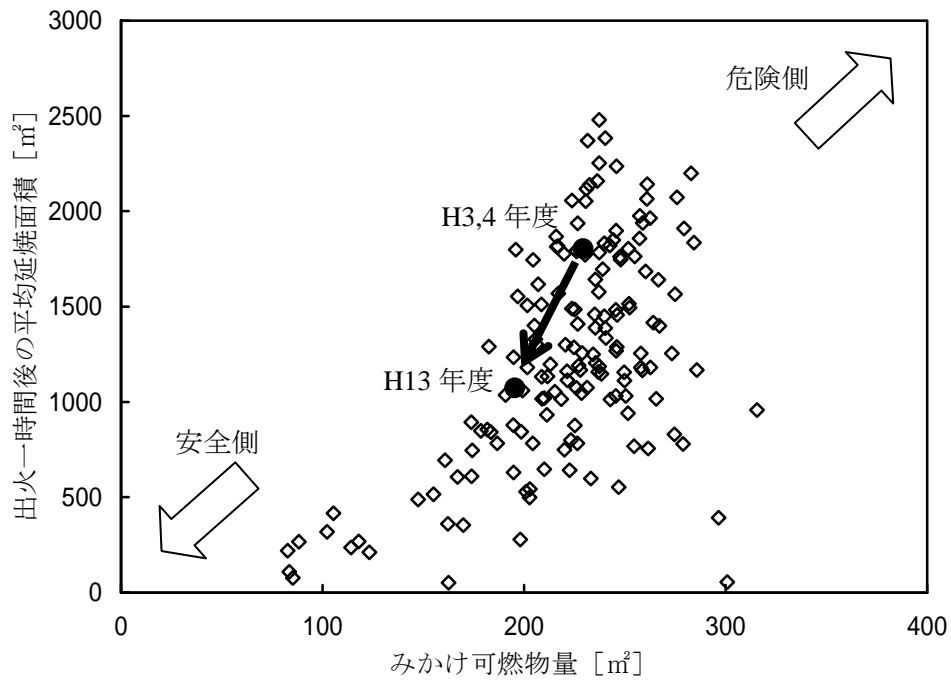


図 6.14 「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区①の時点別の分布

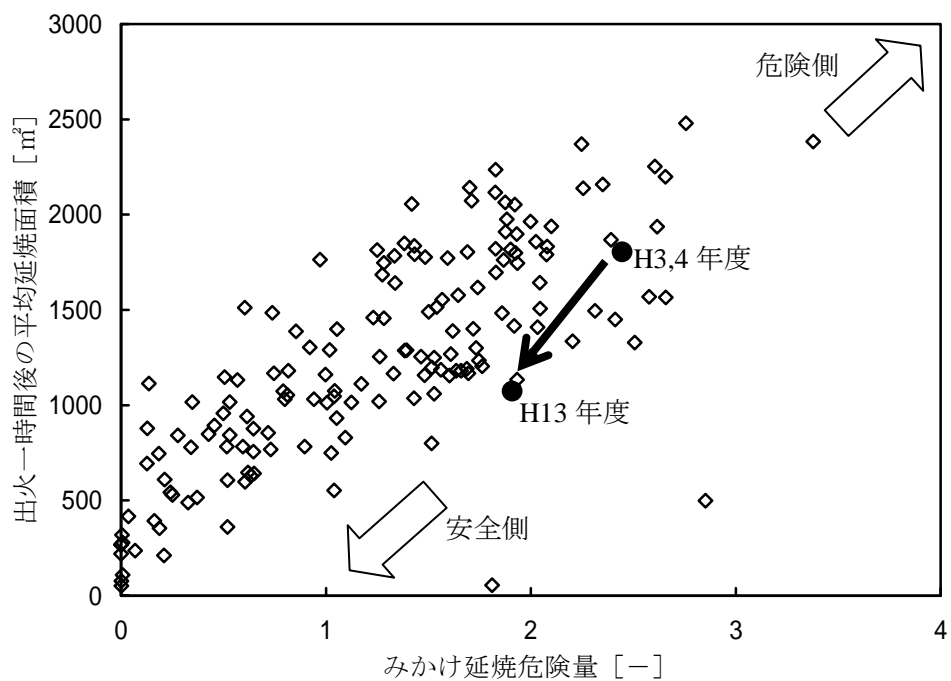


図 6.15 「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区①の時点別の分布

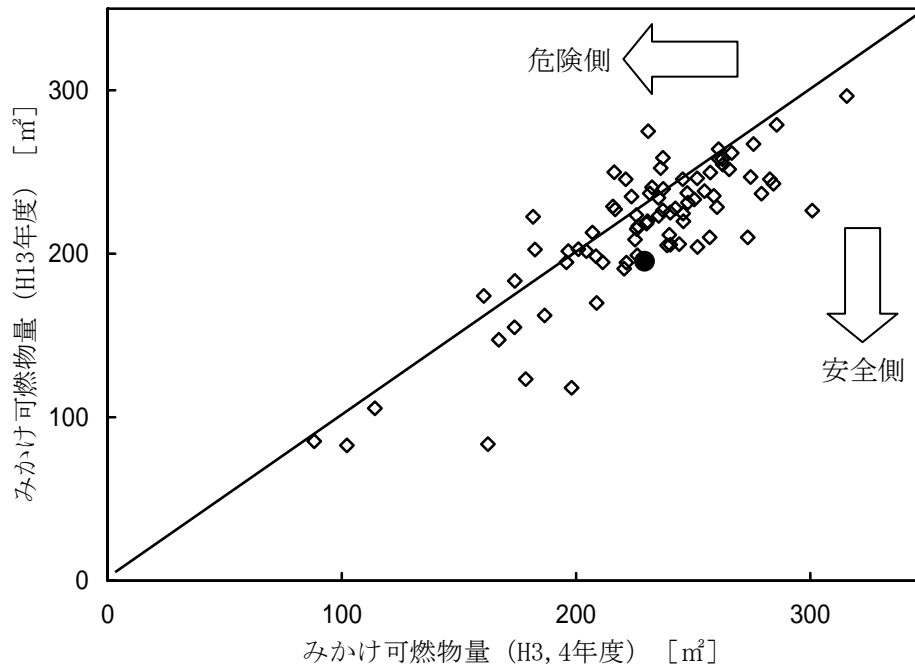


図 6.16 「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区①の時点間変化量

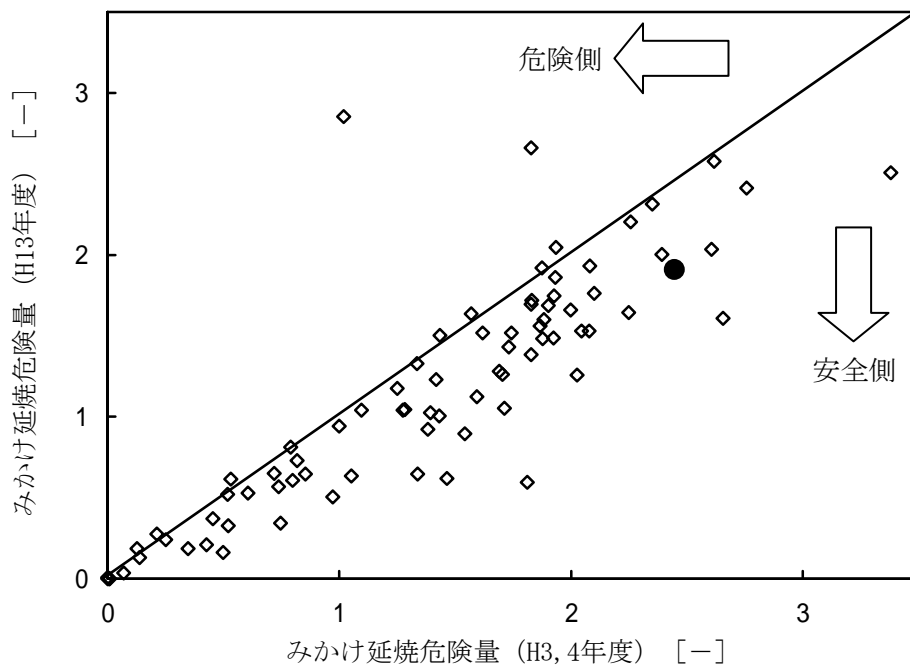


図 6.17 「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区①の時点間変化量

6.4 ケーススタディ②：市街地改善の進展が遅い地区における事例分析

6.4.1 対象地区の概要

本項におけるケーススタディ対象地区は、以下の通りである。

重点整備地域⑧「町屋・尾久地区」内

荒川区 東尾久4丁目～5丁目、西尾久1丁目～2丁目

対象地区の位置を図 6.18 および図 6.19 に示す。



図 6.18 ケーススタディ②の対象地区の位置(1)

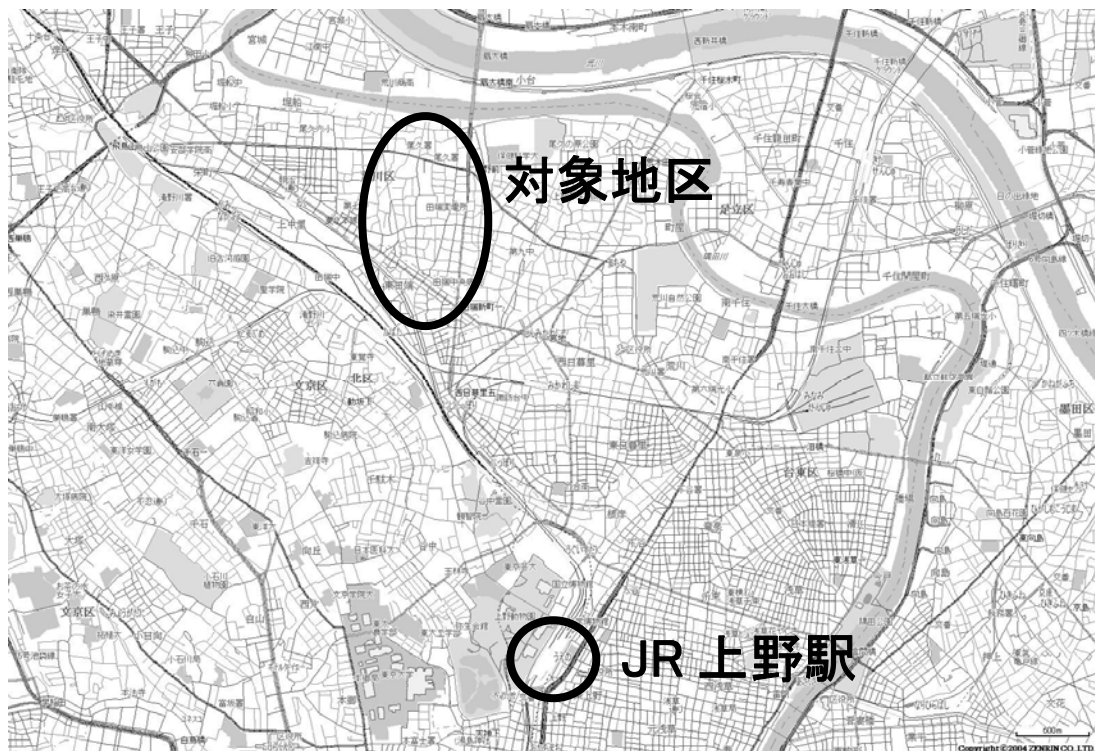


図 6.19 ケーススタディ②の対象地区の位置(2)

6.4.1.1 現況

図 6.20 は「平成 3～4 年度公表」および「平成 13～14 年度公表」のデータをオーバーレイした建築物の状況である。また、図 6.21～図 6.24 は、この地区の現況写真である。

この地区は、北は都電荒川線、東は尾久橋通り、南は明治通りに面している。ケーススタディ①の対象地区と同様に、住宅を中心とした典型的な木造密集市街地である。工場併設の住宅が多いことが特徴である。なお、地区のほぼ中央に、東京電力田端変電所がある(図 6.21、図 6.22)。

地区内の建築物更新は、集団的なものはあまり行われておらず、個別の更新がほとんどである。また、ケーススタディ①の対象地区のような路線型の整備も行われていない(図 6.23、図 6.24)。全体として整備の進展が遅い地区であるといえる。

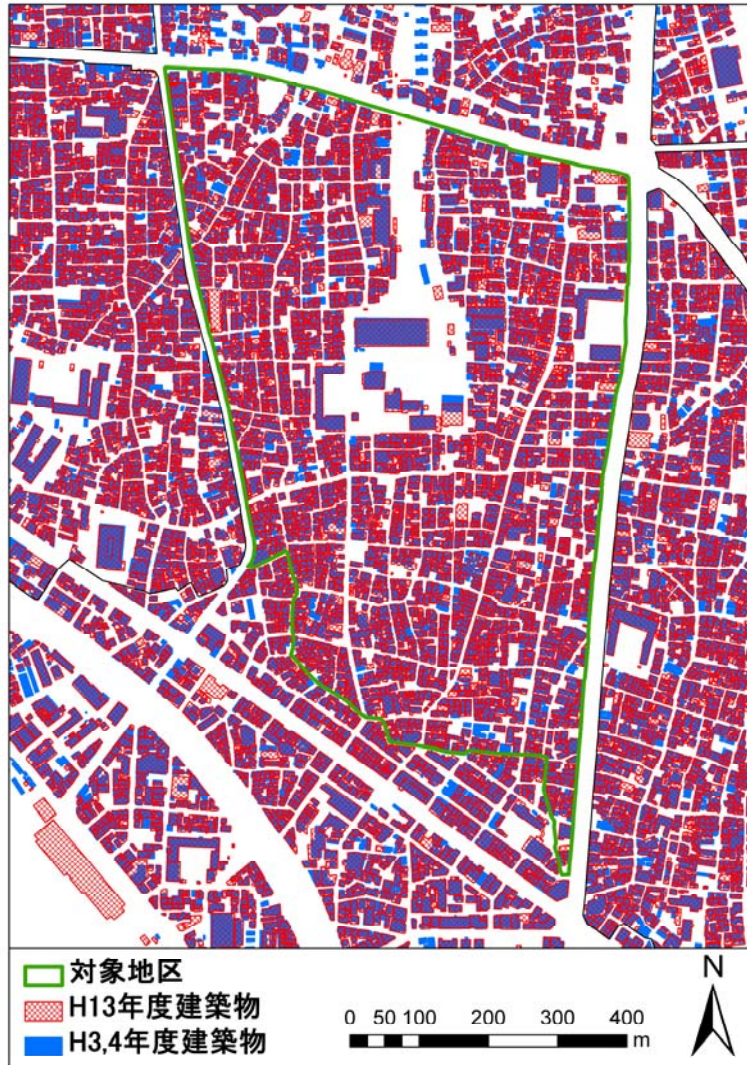


図 6.20 ケーススタディ②の対象地区の建築物状況



図 6.21 ケーススタディ②の対象地区の現況写真(1)



図 6.22 ケーススタディ②の対象地区の現況写真(2)



図 6.23 ケーススタディ②の対象地区の現況写真(3)



図 6.24 ケーススタディ②の対象地区の現況写真(4)

6.4.2 分析結果

図 6.25 および図 6.26 は、「平成 3～4 年度公表」および「平成 13～14 年度公表」のデータによる「建築物一棟単位のデータによる火災延焼リスク算定モデル」のグラフ上で、この地域の 2 時点の状況をプロットしたものである。また、図 6.27 および図 6.28 は、「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼危険量」の時点間変化量のグラフ上で、この地域の状況をプロットしたものである。

ケーススタディ①と比較すると、まず、変化の量そのものが小さいことが分かる。また、また、いずれのプロットにおいても、変化の方向は安全側ではない。したがって、ケーススタディ①の結果を総合して考えると、延焼火災面からみて大きな更新が行われた地域と更新が少なかった地域を、相対的に表現することに成功していると結論付けられる。

しかし、時点別の分布（図 6.25 および図 6.26）を見ると、延焼シミュレーション結果の変化の方向が被害量が小さくなる向きであるのに対して、モデルの変化の方向は僅かではあるが被害量が大きくなる向きとなっており、相反する結果となっている。このことは、本研究におけるモデルが、時点間の変化が少ないサンプルに対して振る舞いが非常にデリケートであることを示している。この原因として、延焼シミュレーションと比較して本研究のモデルにて過大評価している要素、また、過小評価あるいは無視している要素の存在が挙げられよう。例えば、前者の例として、建築物の高さ方向の規模が挙げられる。本モデルでは木造系の建築物においては階層数が高ければ高いほど、「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」ともに被害量が大きくなる方向に働くが、シミュレーションでは必ずしもそうとは言えず、同時に炎上する範囲や熱気流の影響範囲などが考慮されている⁴⁾⁵⁾。この問題は現時点での大きな限界であると言え、今後、手法として改善すべき大きな課題であると考えられる。

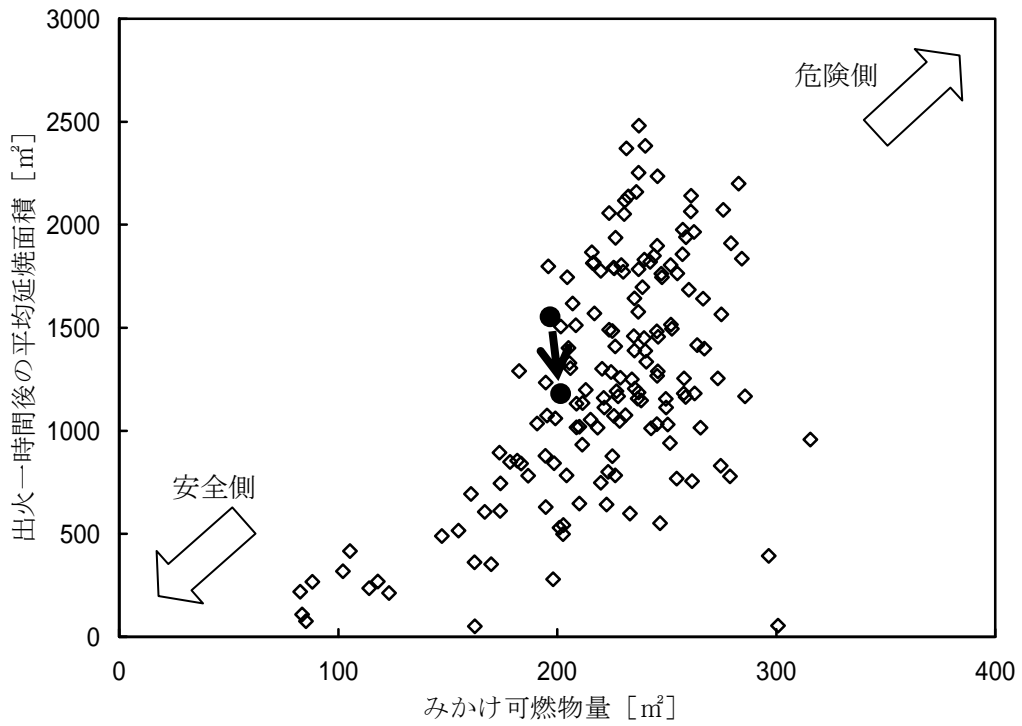


図 6.25 「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区②の時点別の分布

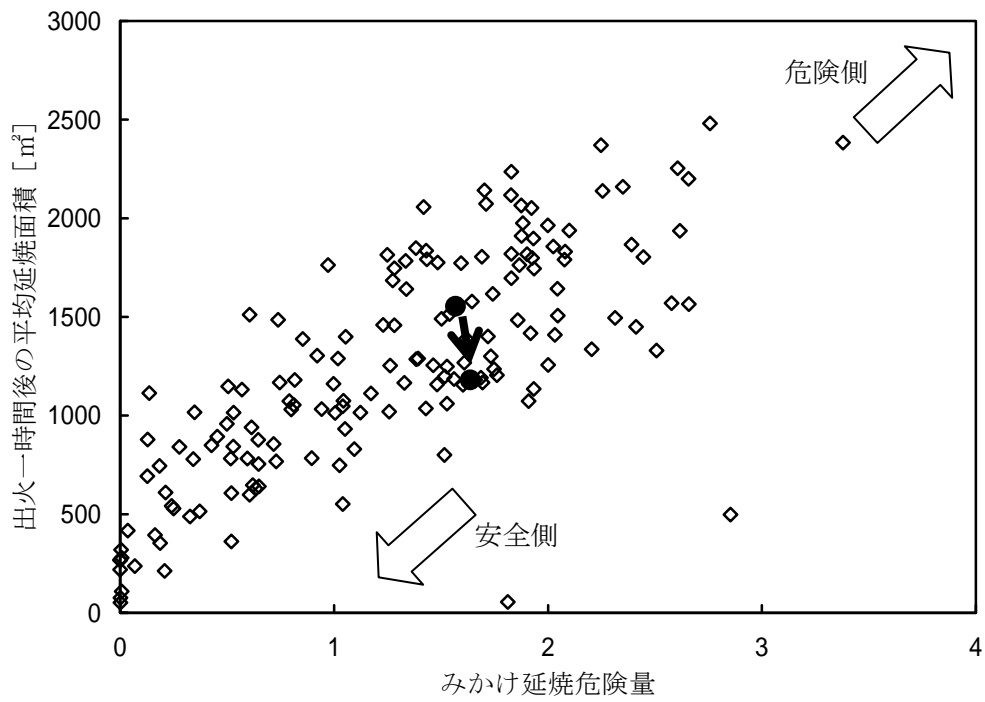


図 6.26 「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区②の時点別の分布

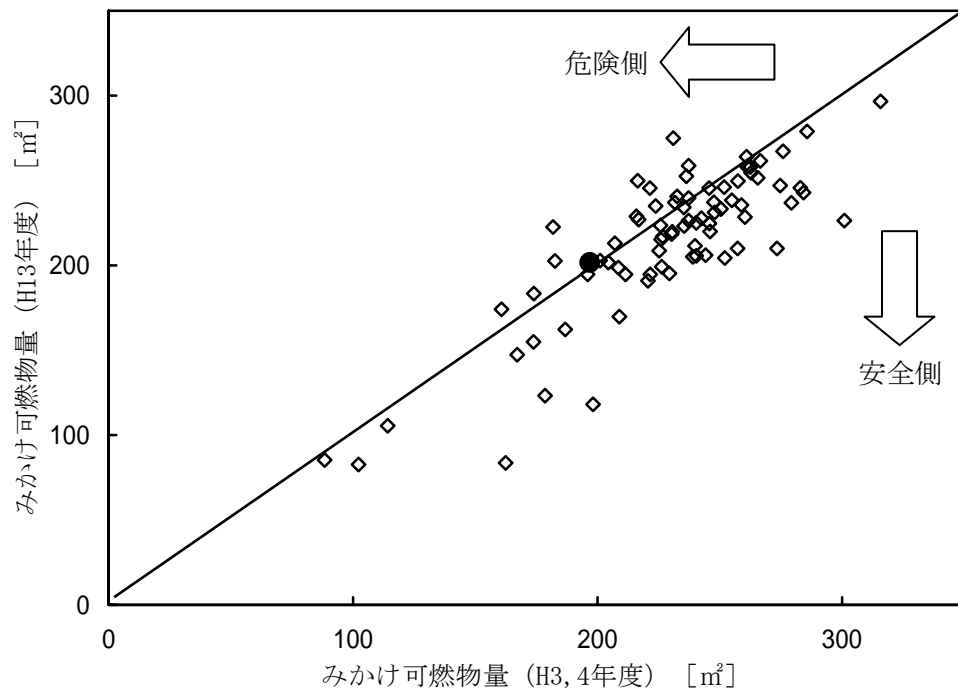


図 6.27 「みかけ可燃物量」におけるケーススタディ対象地区②の時点間変化量

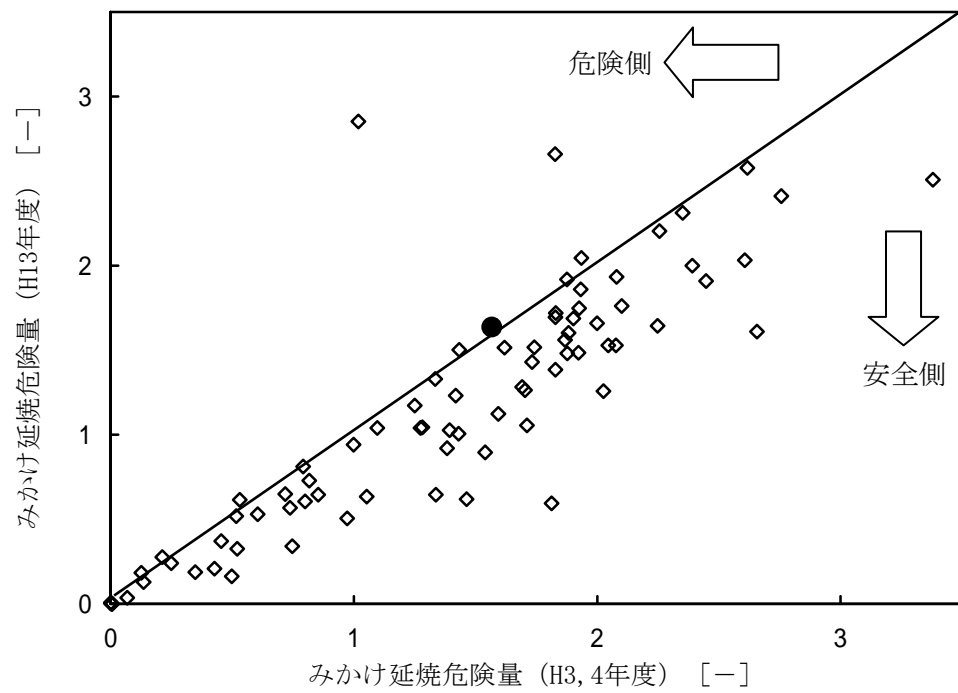


図 6.28 「みかけ延焼危険量」におけるケーススタディ対象地区①の時点間変化量

6.5 まちづくり事業における適用性の検討

ここでは本研究の目的に立ち返り、本研究にて構築したモデルおよび評価手法の適用性の検討を行う。

6.5.1 まちづくり事業における適応手法

6.5.1.1 本研究の目的の再認識

まず、本研究の課題認識を振り返ることとする。本研究が対象とする修復型まちづくりにおいては、事業対象を相当絞り込まざるを得ないことを指摘した。そのような「どこで・何を整備するのか」という洗い出しにおいては、一般的に、

問題市街地候補の洗い出し（明らかに安全と考えられる地域をふるい落とす）

候補の詳細チェック（候補の中でよりリスクの高い地域を選別する）

適用整備手法の検討

整備優先順位の検討

といった流れで行われると考えることができ、そのうち、本研究では、適当な手法が存在しない②に対して効果的な手法を構築することを目指してきた。具体的には、マクロ的な手法では大局的過ぎ、シミュレーション的手法を適用するには非効率な、中間的な空間規模を対象とする手法と位置付けている。すなわち、本研究で構築したモデル指標を算出した次のステップとして、整備の優先順位が高い地域をどう選別するかについて、具体的な手順を示す必要がある。

6.5.1.2 優先整備地域の選定手法

これまでの分析において、本モデルにおいて構築したモデルは、「仮の真の値」として設定した延焼シミュレーションの結果と良好な相関関係を持つことが示された。したがって、「モデルから算出される指標の値がより大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高い」というのが基本的な考え方となる。以下、マクロ分析・ミクロ分析それぞれにおいて、具体的な手法を検討する。

6.5.1.2.1 マクロ分析を用いた優先整備地域の選定手法

マクロ分析については、第4章および第5章において、「みかけ延焼確率」のみを用いた大まかな傾向把握に用いるのが適切であるとの結論を得ている。したがって、この場合は、「みかけ延焼確率」の値がより大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高いと考えるのが妥当であろう。

6.5.1.2.2 ミクロ分析を用いた優先整備地域の選定手法

ミクロ分析については、第5章において、「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」それぞれに説明力があるが、多重共線性の疑いがあるため、それぞれを独立に用いた詳細分析に適しているとの結論を得ている。したがって、重回帰分析の結果をそのまま用いることができないため、それぞれのモデルから得られた指標の値を相互比較し

ながら、両指標が総合的により大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高いとしなければならない。これをより直感的に判断しやすくするためには、何らかの工夫が必要である。そこで、「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量」をそれぞれ x 軸・ y 軸にとったプロットを考える（図 6.29）。

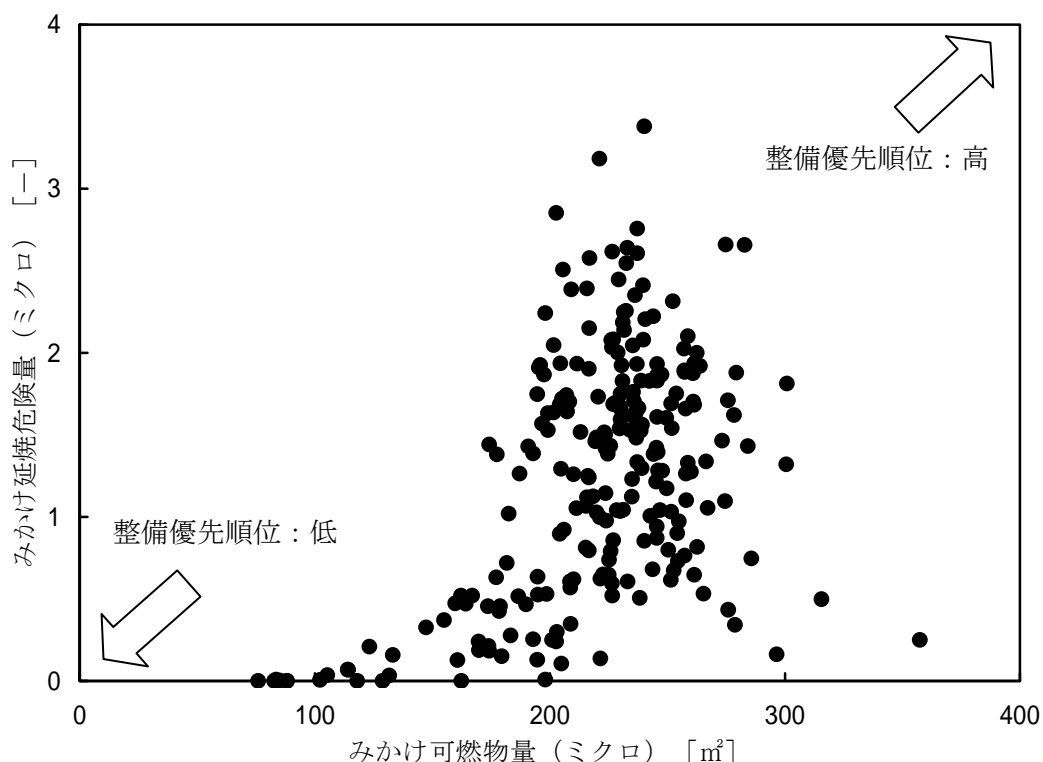


図 6.29 「みかけ可燃物量 (マイクロ)」対「みかけ延焼危険量 (マイクロ)」のプロット

基本的な考え方は、「モデルから算出される指標の値がより大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高い」であり、すなわち、図 6.29 のグラフの右上方向に位置する領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高いと考えることができる。したがって、図 6.29 のグラフは、マイクロ分析によって優先整備地域を選定する際の視覚化ツールであると位置付けられる。

6.5.2 一般的市街地の評価における本モデルの適用性

本研究では、ここまでは重点整備地域を対象としてモデルの検証を進めてきた。しかし、今後、より一般的な市街地におけるまちづくり事業に活用しようとした場合、次の 2 点の課題を挙げるができる。

そもそも、重点整備地域ではない一般的な市街地に適応可能なのか
本研究のモデルの適応可能な空間規模ほどの程度なのか

3章において詳細に述べているように、本研究の成果の一つとして、独創的なモデル導出過程を提案した点が挙げられるが、その導出過程ゆえに、厳密な意味での適用範囲の数値を提示することができず、「少なくとも、本研究において検証した空間規模においては適用可能」という記述しかできないという限界を持ち合わせている。したがって、②に対する厳密な定義を行うことは、現段階では不可能である。

しかし、少なくとも、重点整備地域以外の一般的市街地において、本研究のモデルを適用することが可能かどうかを検討することは極めて重要である。そこで、より広範囲の一般的な市街地において本モデルによる指標を計算し、重点整備地域の算出結果と比較することで、一般的市街地に対する適用性を検討することとする。

図 6.30 は、以下の i) および ii) の度数分布を比較したヒストグラムである。

- i) 都内全町丁目：「東京都の市街地状況調査（第7回）」⁶⁾における東京都内 5187 町丁目の市街地状況データを基に算出した「みかけ延焼確率（マクロ）」
- ii) 重点整備地域：第5章において算出した重点整備地域の「みかけ延焼確率（マクロ）」

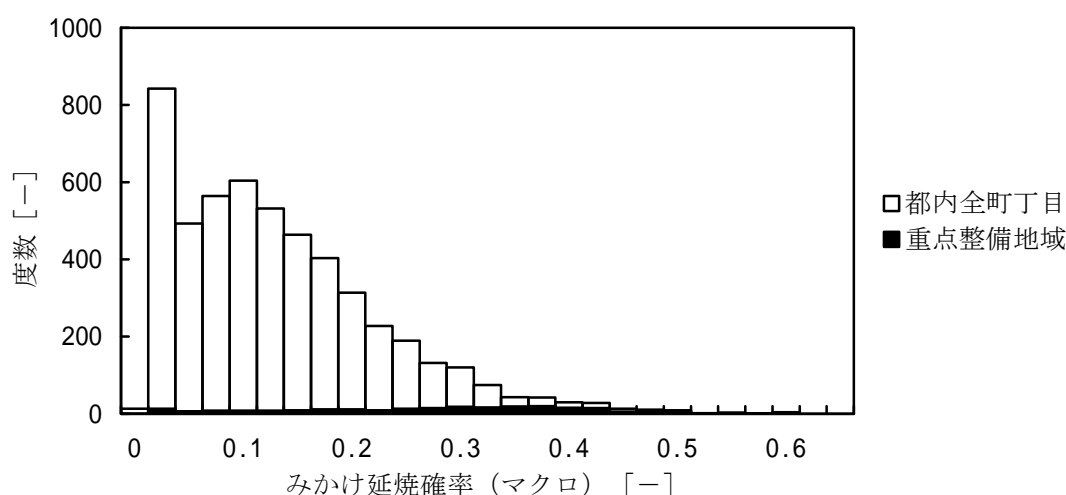


図 6.30 都内全町丁目と重点整備地域の「みかけ延焼確率」の度数分布比較

ここで、都内全町丁目のデータを一般的な市街地の代表と考え、重点整備地域との指標の分布を比較する。ヒストグラムから、都内全町丁目の度数分布は、火災延焼リスクが相対的に低い側に偏った分布であることが分かる。これに対して、重点整備地域の度数分布は、0.35 付近が最大度数を取り、火災延焼リスクが相対的に高い側に偏った分布となっている。このことは、重点整備地域を対象としたことで、全体の中から比較的火災延焼リスクの高い地域を抽出できていることを示している。したがって、本研究のモデルは、市街地全体の中の、火災延焼リスクが相対的に高いと考えられる地域に適したものであることを示していると言える。

ところで、重点整備地域よりも火災延焼リスクが低いと考えられる地域において、本研

究のモデルによる指標がどのような分布を取るかについては、本研究では示されていない。しかし、少なくとも重点整備地域における指標よりは概ね低い値を取るであろうし、また、別途何らかの手法で「問題市街地候補の洗い出し（明らかに安全と考えられる地域をふるい落とす）」が行われた後に本手法を用いることを前提とすれば、火災延焼リスクが低いと考えられる地域において指標がどのような分布となるかは大きな問題ではない。

以上より、若干定性的ではあるが、本モデルの適用可能範囲として、次の 2 点を示すことができる。

- (a) 一般的な市街地における、相対的にリスクが高いと考えられる地域に対しての適用には適しており、この用法を逸脱しないことが望ましい。
- (b) 少なくとも、本研究で対象とした地域計画レベルの空間規模に対しては適応可能である。また、町丁目単位での算定でも極端な度数分布ではなかったことから、町丁目レベルでも適用の可能性はある。

6.6 本章のまとめ

本章では、具体的な市街地事例を取り上げ、複数時点の建築物データを用いて、火災延焼リスク・市街地改善事業効果について時系列の分析を行った。また、併せて、本研究の目的に照らし合わせた、まちづくり事業への適用手法の検討を行った。これらの分析においては、プロット図を用いて、火災延焼リスクの変化を視覚的に把握することが可能な手法を提案した。

まず、全体傾向の把握を行った。全体としては経年に伴う市街地更新により安全側にシフトしていることが示されたが、個別に見た場合は若干危険側にシフトしている領域も存在することが明らかとなった。また、重点整備地域ごとのまとまりで見た場合、火災延焼リスクの顕著な分布の偏りは存在しないことも分かった。このことは、本研究において採用した細分化方法により、各領域の局所的な特徴を現すことに成功していることを示していると言える。

次に、具体的な地域を取り上げてケーススタディを行った。その結果、準延焼遮断帯的性格を持った広幅員の路線型整備による市街地の区画化は、非常に有効であることが示唆された。また、本研究のモデルにより、延焼火災面からみて大きな更新が行われた地域と更新が少なかった地域の相対的な差が的確に表現されていることが示された。しかし、時点間の変化が少ないサンプルに対しては、延焼シミュレーション結果の変化の方向とモデルの変化の方向が相反することがあり、モデルの振る舞いが非常にデリケートであることも明らかとなった。このことは今後、より実用的な手法へと洗練させる際に解決すべき大きな課題であると考えられる。

最後に、本研究の目的に即したまちづくり事業における適応手法の検討、および、より一般的な市街地に対する本モデルの適用性の検討を行った。まちづくり事業における適応手法については、「モデルから算出される指標の値がより大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高い」という基本的立場を示し、また、ミクロ分析においては優先整備地域を選定する際の視覚化ツールとしてのプロット図の位置付けを示した。より一般的な市街地に対する本モデルの適用性については、本研究のモデルは相対的にリスクが高いと考えられる地域に対して適用するものであること、および、町丁目単位から地区計画レベルまで適用できる可能性があることを示した。

補注

- 1) 第1章でも述べたが、本研究における分析のGISベースデータとして用いている「東京都都市計画地理情報システム」は、平成3～4年度公表のもの、平成8～9年度公表のもの、平成13～14年度公表のもの、3種類が存在するが、ベース地形図（東京都1/2500地形図）の調査時期と、GISデータの公表時期は異なることに注意が必要である。例えば、平成13～14年度公表の「東京都都市計画地理情報システム」については、ベース地形図の調査時期は平成8～11年度である。それ以外のデータについては、ベース地形図の調査時期は公表されていないが、それぞれ概ね5～7年ほど遡ると思われる。本章の分析では、平成3～4年度公表、および、平成13～14年度公表の「東京都都市計画地理情報システム」を用いているが、上記の理由により、「概ね10年間の変化」と考えるのが適切である。

参考文献

- 1) 東京都：防災都市づくり推進計画＜基本計画＞、1996.3
- 2) 東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3
- 3) 東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3
- 4) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 5) 大宮喜文、林吉彦、岩見達也：市街地火災における延焼メカニズムの実験的解明、都市計画論文集、No.38-3、pp25-30、2003.10
- 6) 東京消防庁：東京都の市街地状況調査報告書（第7回）、2005.3

第 7 章

結論

第7章 結論

7.1 各章のまとめ

<第1章 序論>

第1章では、研究の背景・目的・方法を示した。まず、本研究で扱う、延焼火災面からみた木造密集市街地のリスクの概念を定義した。次に、特に兵庫県南部地震以降、木造密集市街地改善手法の大きな柱となった「修復型まちづくり」について整理を行った。さらに、火災延焼に対する危険性を算定する手法についての主要な先行既往研究を整理した。それらを基に課題認識の整理を行い、本研究の目的を「簡便、かつ、実用上問題のない精度を持った、密集市街地の火災延焼リスク算定のための手法の開発」と定義した。また、本研究における研究フレームおよび研究方法を述べた。

<第2章 評価対象の検討>

第2章では、リスク評価モデル構築の前段階として、前提条件の整理を行った。

まず、本研究における建築物の分類として、「木造建築物」「防火造建築物」「準耐火造建築物」「耐火造建築物」の4種類を定義した。次に、既存研究を基に、本研究において構築するモデルの基礎概念の整理を行い、既存の代表的な物理的火災延焼モデルの知見から「建築物内部の火災拡大」と「建築物間の延焼拡大」の2つのフェーズが、火災延焼拡大プロセスの主要な要素として位置付けられていることを示した。最後に、代表的な木造密集市街地改善事業である東京都の「防災都市づくり推進計画」の事業手法をまとめ、「火災延焼リスクを軽減する」という観点からみた修復型まちづくりの事業内容は、「燃え種の量」と「燃え種同士の距離」の2つの要素をコントロールすることに集約できることを指摘した。

以上により、これらの「物理的火災延焼モデルからの知見」と「修復型まちづくりの要素」は、明快な対応関係を示していることから、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」と「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」を密集市街地の火災延焼の2つの基本的リスク因子と考え、本研究の評価対象要素と位置付けた。

<第3章 リスク評価基本モデルの構築>

第3章では、木造密集市街地における火災延焼リスクを簡易的に評価するための基本モデルを演繹的に構築した。

まず、本研究におけるモデルの諸条件を整理し、モデル空間の定義、建築構造の記述方法の定義、および気象条件の扱いについての定義を行った。

次に、第2章において示された基本的リスク因子を用いて、本研究での評価に用いる基

本モデルの構築を行った。2つの基本的リスク因子、すなわち、「建築物単体の火災が延焼火災に寄与するまで発展しうるかどうか」「延焼火災に寄与するまで発展した建築物単体火災が、隣棟との相互関係の中で延焼に至るかどうか」をそれぞれサブモデルと位置付け、「みかけ可燃物量」「みかけ延焼確率」としてモデル化した。ここで構築したモデルは、「火災延焼の拡大プロセス」と「修復型まちづくりの要素」に着目し演繹的に構築したものであり、物理的な意味を持つ2つの値（「みかけ可燃物量」と「みかけ延焼確率」）が導き出される。この論理構造は極めて独自性の高いものであると言える。

<第4章 市街地の集計的データを用いたリスク概算への適用>

第4章では、第3章において構築を行った基本モデルについて、比較的容易に入手が可能であると考えられる市街地の集計的データに対して適用し、木造密集市街地の火災延焼リスクの概算を行った。

まず、前提となる集計的データの想定および定義を行い、併せて、第3章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行った。ここで想定した集計的データは、データの収集およびハンドリングのいずれも簡便なものとした。

次に、研究対象である重点整備地域において、集計的データによる基本モデルに基づく2つの指標の算出、および、延焼シミュレーションを行い、前者を説明変数、後者を目的変数として、単回帰分析および重回帰分析により妥当性の検討を行った。いずれの分析においても、全ての変数の有意性は非常に高いが、回帰精度については「みかけ可燃物量」は低く、「みかけ延焼確率」については相対的にかなり高いという結果が得られた。この要因の一つとして、比較対象として用いている延焼シミュレーションの特性による影響が指摘でき、将来的には、様々な延焼シミュレーションによる比較検討が必要であると考えられる。

<第5章 建築物一棟単位のデータを用いたリスク算定への適用>

第5章では、基本モデルを詳細な建築物一棟単位のデータについて適用し、市街地の火災延焼リスクの評価手法の構築を行った。

まず、前提となる建築物一棟単位のデータの想定および定義を行い、併せて、第3章において構築した基本モデルをそれらのデータが適用可能となるよう拡張を行った。データについては、基本的にはGISデータを想定しているが、仮にこのようなGISデータが存在しなかった場合でも、限られた範囲であれば現実的な労力によって十分に収集が可能なデータとした。基本モデルの拡張については、建築物一棟単位のデータを生かし、「みかけ可燃物量」に対しては一棟単位での算出を行った後に全体の積算を行う手法を構築し、「みかけ延焼確率」に対しては建築物の建て詰まり度合いを考慮した「みかけ延焼危険量」の再定義を行った。

次に、研究対象である重点整備地域において、建築物一棟単位のデータにより基本モデ

ルに基づく 2 つの指標の算出、および、延焼シミュレーションを行い、前者を説明変数、後者を目的変数として、単回帰分析および重回帰分析により妥当性の検討を行った。いずれの分析においても全体として非常に良好な結果が得られた。ただし、重回帰分析については、まずまずの精度が得られたものの、多重共線性の疑いがあることが推察される結果となった。しかし、各単回帰分析については、精度は中高程度であり、かつ、各パラメータの有意性は非常に高いという結果が得られており、本研究において目指している「火災延焼リスクの簡易的な評価手法の開発」という目的に対しては、それぞれ独立したモデルとして扱うことで十分に役割を果たすものと考えられる。

最後に、マクロ分析（「集計的データ」を用いた場合の分析）とマイクロ分析（「一棟単位のデータ」を用いた場合の分析）の比較を行った。全体的な傾向としては、マクロ分析よりもマイクロ分析の方が明らかに精度が高いという結果が得られた。これは、各サブモデルをマイクロ分析用に拡張した効果が表れたものと考えられる。特に「みかけ可燃物量」について、その傾向が顕著であった。

以上を総合的に判断すると、集計的データによるマクロ分析は「みかけ延焼確率」のみを用いた大まかな傾向把握に用いるのが適切であり、また、建築物一棟単位のデータによるマイクロ分析は「みかけ可燃物量」「みかけ延焼危険量（みかけ延焼確率）」を独立に用いた詳細分析に適していると言える。

<第 6 章 事例分析によるリスク評価およびまちづくり事業評価>

第 6 章では、具体的な市街地事例を取り上げ、複数時点の建築物データを用いて、火災延焼リスク・市街地改善事業の効果について、時系列分析によるケーススタディを行い、修復型まちづくりに対する延焼火災面からみた本モデルおよび手法の適用性を考察した。また、併せて、本研究の目的に照らし合わせた、まちづくり事業への適用手法の検討を行った。なお、これらの分析においては、プロット図を用いて、火災延焼リスクの変化を視覚的に把握することが可能な手法を提案した。

まず、全体傾向の把握を行った。全体としては市街地の経年変化により火災延焼リスクが安全側にシフトしていることが示されたが、個別に見た場合は若干危険側にシフトしている領域も存在することが明らかとなった。また、重点整備地域ごとのまとまりで見た場合は火災延焼リスクの顕著な地域差は存在せず、本研究において採用した分割方法により各領域の局所的な特徴を表現することに成功したものと考えられる。

次に、具体的な地域を取り上げてケーススタディを行った。その結果、準延焼遮断帯的性格を持った広幅員の路線型整備による市街地の区画化は、非常に有効であることが示唆された。また、本研究のモデルにより、延焼火災面からみて更新が大きかった地域と少なかった地域の相対的な差が的確に表現されていることが示された。しかし、時点間の変化が少ないサンプルに対しては、延焼シミュレーション結果の変化の方向とモデルの変化の方向が相反することがあり、モデルの振る舞いがデリケートな部分が存在することも明らか

かとなった。このことは今後、より実用的な手法へと洗練させる際に解決すべき重要な課題であると考ええる。

最後に、本研究の目的に即したまちづくり事業における適応手法の検討、および、より一般的な市街地に対する本モデルの適用性の検討を行った。まちづくり事業における適応手法については、「モデルから算出される指標の値がより大きな領域ほど、延焼火災面からみてより整備優先順位が高い」という基本的立場を示し、また、ミクロ分析においては優先整備地域を選定する際の視覚化ツールとしてのプロット図の位置付けを示した。より一般的な市街地に対する本モデルの適用性については、本研究のモデルは相対的にリスクが高いと考えられる地域に対して適用するものであること、および、町丁目単位から地区計画レベルまで適用できる可能性があることを示した。

7.2 本研究の結論と今後の課題

7.2.1 本研究の結論

本研究ではまず、木造密集市街地の火災延焼リスクを簡易評価するための基本モデルを構築した。この基本モデルは、「市街地の火災延焼の基本的なプロセス」と「火災延焼を軽減するための『修復型まちづくり』における対策」から火災延焼リスクの支配的要因を抽出し、そこから演繹的に構築した「みかけ可燃物量」および「みかけ延焼確率」の2つのサブモデルにより構成されている。

次に、この基本モデルを実際のリスク評価に適用するための手法を構築し、延焼シミュレーション結果を用いてモデル式を構築した。この式は、都市計画的なレベルのデータによって簡易的に市街地の延焼面積（「仮の真の値」とした延焼シミュレーションの結果）を予測するものとなっている。また、この適応手法は、入力データ種類やデータ入手の難易までを考慮しており、難易度に応じて2種類の適用手法を提案した。

最後に、具体的な対象地区を設定し事業評価のケーススタディ、および、より一般的な市街地への適用性の検証を行った。その結果を基に、修復型まちづくりにおける、本研究において提案した基本モデルとその適用手法の意義を考察し、その有用性と限界を示した。

本研究は、特に、基本モデルの構築プロセス、および、基本モデルの適用手法について、極めて独自性の高い成果を上げたものとする。また、単にそれらの提案にとどまらず、具体的な市街地でのケーススタディによる実用性の検証まで踏み込んで考察を行ったことも特色である。後述する課題は残るものの、社会的要請に即した一定の成果を得られたものと結論付ける。

7.2.2 今後の課題

7.2.2.1 モデリングの観点からの課題

モデリングの観点からの課題として、まず、延焼シミュレーションの特性による影響を排除する必要性が挙げられる。特に、第4章マクロ分析における「みかけ可燃物量」のサブモデルの回帰精度が低かったことは、この影響が大きいためであると考えられ、今後、様々な種類の延焼シミュレーション等による比較検討を行う必要があると考える。

次に挙げられる課題は、時点間の変化が少ないサンプルに対しては、本研究において構築したモデルが非常にデリケートな振る舞いをみせる点である。「事業評価」という側面から見れば、それなりの事業に対する評価ができれば良いと考えることもできるが、今後、より実用的な手法とする際には解決すべき課題であるとする。

モデルの詳細については、一部のパラメータ (α_k , M) において既存の知見からの設定が困難であったため経験的・常識的判断から設定したが、これらについては別途、何らかの手法で精緻に決定する必要があると考える。例えば、 α_k について見ると、国土交通省のモデル¹⁾を用いた計算実験により「建築物がどれだけ激しく燃えるか」を表すと解釈が可能な

「発熱速度」を求めることができる。下記に一例を示す。

表 7.1 国土交通省のモデルによる発熱速度の計算結果^{注1)}

	最大発熱速度 [MW]	平均発熱速度 (盛期まで) [MW]	平均発熱速度 (鎮火まで) [MW]
耐火造、非木造	41662.8	20453.1	20127.5
準耐火造、非木造	41662.8	24090.6	23171.6
準耐火造、木造	55913.2	37760.8	34853.1
防火造、木造	92913.9	64662.1	56315.5
防火造（省令準耐）、木造	92913.9	51687.8	49215.6
裸木造、木造	125586.0	90821.4	76879.9

※計算条件は省略

これらは建築物の詳細な条件を設定しないと求めることができないため、直ちに本研究に
 応用できるものではないが、今後の方向性は十分に示唆している。ただし、この α_k の課題
 は、建築火災研究・都市火災研究全体としての課題も内在していると考えられ、それを踏
 まえた上での再検討が必要であると認識している。この点については、7.2.2.3 にて詳しく
 述べる。

また、本研究では「積載可燃物量」をモデル化の対象外としたが、今後は考慮を検討す
 る必要がある。積載可燃物量については建設省の研究²⁾により建築物の用途別にある程
 度想定が可能であるとされているが、同時に、用途以外の要因（例えば業種・事業規模な
 どの社会的要因や個別の事情など）にも大きく左右されるとも指摘されており、それによ
 りモデルのロバスト性が著しく損なわれる恐れがあるため、慎重な検討が必要である。

7.2.2.2 計画論的観点からの課題および実務的観点からの課題

計画論的な観点からの大きな課題として、まず、整備目標値を導出する必要性が挙げら
 れる。本研究において提案したモデルは簡易的に市街地の延焼面積予測するものとなっ
 ているが、その数値の持つ意味はあくまで「延焼面積」であり、評価対象地域同士の比較に
 においては相対比較までにとどまっている。事業を遂行する上で、「ここまで整備すれば確実
 に安全である（安全側基準値）」あるいは「ここまで整備すれば危険域ではない（危険側基
 準値）」といった絶対的な目標基準値は、事業対象の戦略的な変更などを行う上で不可欠で
 あり、極めて重要な課題と位置付けられるものであろう。本研究のモデルにおいても、例
 えば「みかけ可燃物量」では延焼面積の値が急激に立ち上がる傾向が、また、「みかけ延焼
 危険量（みかけ延焼確率）」では延焼面積の値が頭打ちとなる傾向が伺え、この辺りから何
 らかの閾値を導出できる可能性は見出すことができる。

実務的な観点からの課題としては、モデルの実用上の不備の洗い出しが不十分である点
 が挙げられる。今後、更なるケーススタディの積み重ねを行うことにより、実務的な実績・

ノウハウを蓄積することが重要であると考え。

7.2.2.3 都市火災研究としての課題

本研究では、「木造・防火造・準耐火造・耐火造」の4種類の建築物分類を用いた。これは建築基準法の分類をベースとした考え方であり、火災研究の分野では広く一般に用いられている。しかし、例えば一括りに「防火造」と言っても、戦時下で生まれた「簡易防火構造」「防火改修」の流れを汲む従来の木造モルタル的な防火性能の低いものから、近年数多く建設されているいわゆる「省令準耐」と呼ばれる準耐火造に近い防火性能を有するものまで、非常に多岐に渡るのが実情である。これは、防火造を含む木造建築物の防火規定は性能規定化が進まず、従来通りの仕様規定にとどまっている点が大きな要因であると指摘されている³⁾。

一方で、リスク算定や危険度算定等を行う際、前提条件に幅がある場合は、危険側に被害を想定する立場（計画論的には安全側）を取ることが一般的である。しかし、前述のように、特に防火造においては防火性能の範囲が極めて広いため、算定結果が危険側に寄り過ぎる恐れがある。

ところで、政策的見地から見ると、木造密集市街地の火災延焼リスクを考える上で重要な都市計画法の地域地区の一つである「準防火地域」を考えた場合、市街地防火対策としては、木造を防火造に建て替えるということは重要な位置付けとされている。ところが、前述の問題を踏まえると、準防火地域における市街地防火対策の効果を評価することは、極めて困難であると言わざるを得ない。また、そもそも「準防火地域」指定は、歴史的経緯やこれまでの役割はともかくとして、放任火災（とりわけ震災時など同時多発火災）に対しては安全性を担保することが困難であるとの指摘もある³⁾⁴⁾。実際、東京都においては、準防火地域に要請されている一般的な市街地防火性能が十分な地震時市街地火災リスクを防除できないという認識から、東京都建築安全条例に基づいて、特に知事が指定する区域の準防火地域においては、原則として、全ての建築物は、準耐火建築物以上とするなどの措置（地域地区とは別に新たな防火規制）を講じている。

すなわち、現行の建築基準法をベースとした防火性能による建築物の区分は、特に「防火造」が持つと考えられる防火性能の幅が非常に広いため、建築構造面はともかく、性能評価という側面から見た場合、その区分自体が実態と合わなくなっている可能性が示唆される。この問題は建築防火研究・市街地防火研究における喫緊の課題であろう。

補注

- 1) この数値計算結果は、国土交通省国土技術政策総合研究所の岩見達也主任研究官のご厚意によりご提供いただいたものである。この場を借りて深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、2003.3
- 2) 建設省：総合技術開発プロジェクト「建築物の防火設計法の開発」報告書、第4巻 耐火設計法、1988.12
- 3) 糸井川栄一：木造市街地の安全と地域制の行方、2001年度日本建築学会大会（関東）研究協議会「木造建築の新しいあり方とその防火性能評価手法」資料、2001.9
- 4) 糸井川栄一、塚越功、青木義次：防火地域制と市街地の防火目標に関する一考察、都市計画論文集 No.26-A、pp211-216、1991.11

あとかき
初出一覧

あとがき

本学位論文は、筆者が筑波大学大学院（博士課程システム情報工学研究科リスク工学専攻および修士課程環境科学研究科）に在籍した延べ 5 年と数ヶ月の研究成果をまとめたものです。修士課程修了後に日本電気株式会社に就職し、その後そこから派遣される形で、再度、筑波大学大学院にて研究・研鑽を積みました。直接の研究成果以外の様々な事柄も考えると、約 10 年弱の年月を経たということになります。その間、当然のことながら、多くの方々に有形無形でお力添えいただきました。末筆ながらここに感謝の意を述べさせていただきます。

筑波大学大学院システム情報工学研究科の熊谷良雄科長。筆者の大学院在籍期間を通じ指導教員として、また、本学位論文の主査として、一方ならぬご指導をいただきました。修士課程を修了し、一職業人となっていた筆者が再び学府の門を叩くきっかけを与えてくださったのも熊谷先生でした。加えて、単に研究指導のみならず、公私共に大変お世話になりました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

筑波大学大学院システム情報工学研究科の糸井川栄一教授。筆者の大学院在籍期間を通して、熊谷先生に勝るとも劣らないご指導をいただきました。また、本学位論文の副査としてもご指導いただきました。さらに、筆者の修士課程在籍時には、先生は建設省建築研究所都市防災情報研究室室長（当時）として、研究設備のご提供、ならびに、研究のご指導をいただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

筑波大学大学院システム情報工学研究科の稲垣敏之教授・大村謙二郎教授・鈴木勉教授。先生方には本学位論文の副査としてご指導いただきました。また、大村先生・鈴木先生には、修士論文の際にも副査としてご指導いただきました。ありがとうございました。

筑波大学大学院システム情報工学研究科の村尾修助教授。筑波大学都市防災研究室の一員としてご指導いただきました。ありがとうございました。

筆者は、日本電気株式会社の国内留学派遣生として、筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科リスク工学専攻に派遣されておりました。派遣前の準備段階から 3 年間に渡る派遣期間を通じて、大変多くの方々にお力添えをいただきました。特に、日本電気株式会社第一公共システム開発事業部の納富研造事業部長・松尾昇部長・山崎不二人マネージャ（組織名・職名は筆者派遣当時のもの）には、筆者の国内留学の希望をご快諾いただいただけでなく、社内の調整等にも大変ご尽力いただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。また、これ以外にも事業部・人事部等の関係各位には多大なご協力をいただきました。ありがとうございました。

国土交通省国土技術政策総合研究所の岩見達也主任研究官には、本論文の数値計算の一部について、研究成果をご提供いただきました。ありがとうございました。

独立行政法人建築研究所の林吉彦上席研究員には、研究会等を通じて様々なアイデア・ご示唆をいただきました。ありがとうございました。

東京都都市整備局の関係者の皆様には、研究に使用したデータ（東京都 1/2500DM 地形図、ならびに、東京都都市計画地理情報システム）を快くご提供いただきました。ありがとうございました。

株式会社システムソフトの渡辺正樹氏・森島千瑞子氏（現：カテナ株式会社）には、本研究の延焼シミュレーションで使用した「消火・救出活動支援演算装置（CAS-FiRE）」の開発に当たりご協力いただきました。ありがとうございました。

熊谷先生の秘書の勝山和代氏には、論文の校正で大変お世話になりました。細部にわたって非常に丁寧なチェックをしていただき、本当にありがとうございました。

筑波大学大学院数理物質科学研究科の青木貞夫教授。筆者は学類（学部）時代は筑波大学第三学群基礎工学類（当時）にて青木先生の研究室に在籍しておりました。修士課程進学に当たり、先生の期待に応えず全く畑違いの分野に飛び込む私を先生が温かく送り出してくれたからこそ、今の私があるといっても過言ではありません。先生の教えは、今の私の礎となっております。ありがとうございました。

筆者は多くの学友にも恵まれました。特に中野孝雄氏・梅本通孝氏は、もともと古い付き合いではありましたが、同時期に熊谷先生の下で博士号を目指したこともあり、何かと相談に乗っていただきました。また、非常に多くの刺激もいただきました。お二方以外にも、多くの先輩・同輩・後輩に恵まれ、厳しいながらも楽しく充実した研究生生活を送ることができました。ありがとうございました。

ここにお名前を挙げさせていただいた皆様以外にも、数多くの方々にお力添えをいただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

いつも遠くで見守ってくれていた両親に、心より感謝いたします。私を信じて、好きなことを好きなように好きなだけやらせていただきました。これから少しでも恩返しができると思います。そして、最後になりましたが、私の最も傍でいつも支え続けてくれた、妻と我が子に感謝を捧げ、結びといたします。

2006年7月

藤井正俊
(旧姓：齋藤)

初出一覧

- (1) 齋藤正俊、熊谷良雄、糸井川栄一：火災延焼からみた木造密集市街地改善プログラムの評価手法とその適用性に関する研究、地域安全学会論文集、No.1、pp57-62、1999.11
- (2) M. SAITO-FUJII, Y. KUMAGAI and E. ITOIGAWA, “A STUDY ON A SIMPLIFICATION OF THE RISK EVALUATION MODEL FOR FIRE SPREADING IN WOODEN BUILDING CONGESTION AREAS”, Proc. of 1st International Conference on Urban Disaster Reduction, Kobe, Japan, Jan., 2005
- (3) M. SAITO-FUJII, Y. KUMAGAI and E. ITOIGAWA, “A Simplified Method for the Fire Spreading Risk Evaluation in Wooden Building Congestion Areas”, Proc. of Modeling Decisions for Artificial Intelligence 2005, Tsukuba, Japan, July., 2005
- (4) 齋藤正俊、熊谷良雄、糸井川栄一：簡易的火災延焼リスク算定のための基本モデルの構築と市街地集計データを用いたリスク概算の試みー木造密集市街地における火災延焼リスクの簡易的評価手法に関する研究(その1)ー、日本建築学会計画系論文集、No.604、pp115-122、2006.6

付録

付録一覧

付録 1：重点地区整備計画図

第 4 章の重点整備地域細分化に使用したもの。

「東京都：防災都市づくり推進計画＜整備計画＞、1997.3」より引用。

付録 2：重点整備地域整備計画図

第 5 章の重点整備地域細分化に使用したもの。

「東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3」より引用。

付録 3：重点整備地域 GIS データ（その 1）

第 4 章の分析に使用したデータ。

「東京都都市計画地理情報システム」のうち、平成 8～9 年度公表のデータを基に作成。
ただし、ここでは属性データは省略する。

付録 4：重点整備地域 GIS データ（その 2）

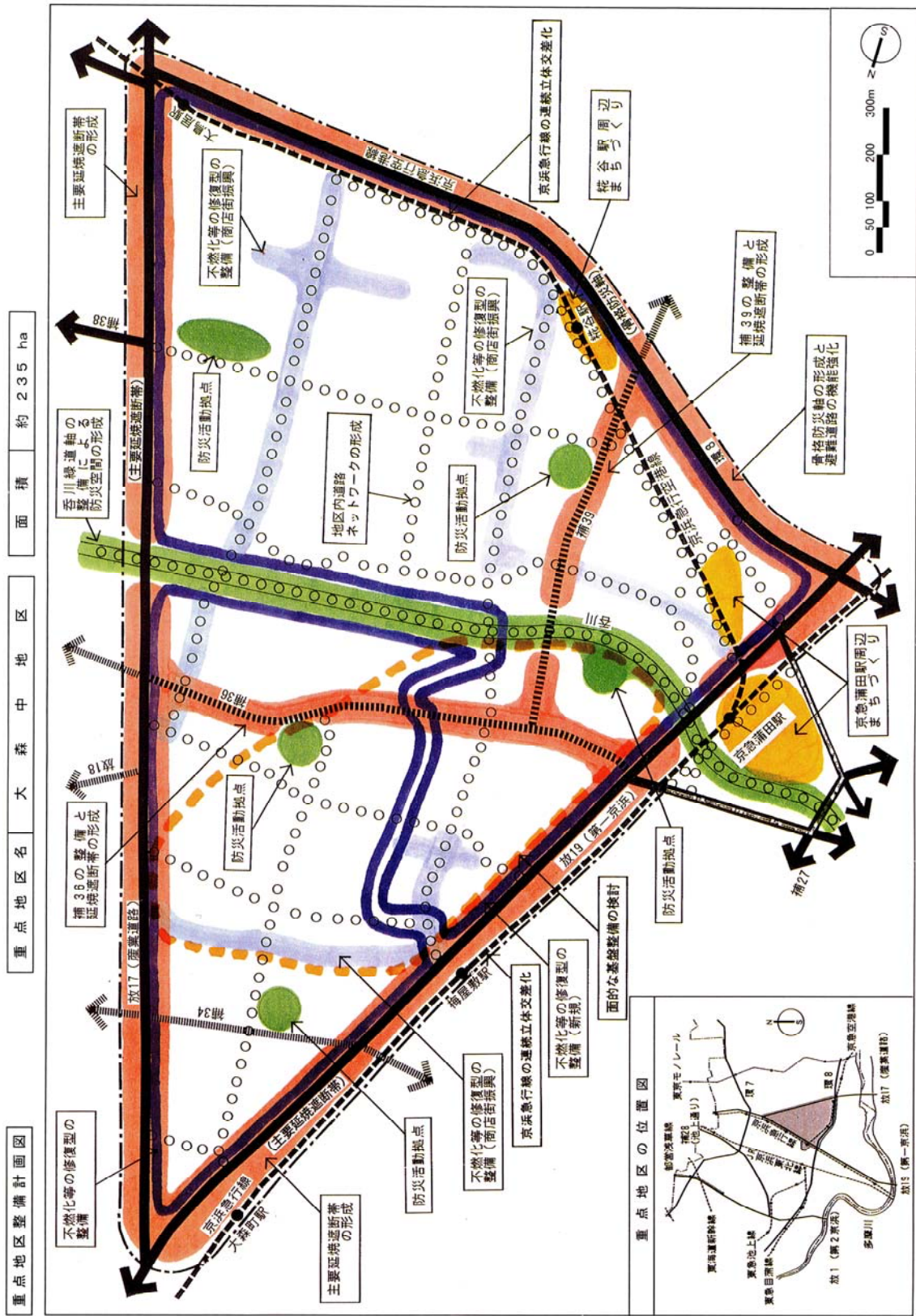
第 5 章、第 6 章の分析に使用したデータ。

「東京都都市計画地理情報システム」のうち、平成 3～4 年度公表・平成 8～9 年度公表・平成 13～14 年度公表の 3 時点のデータを基に作成。ただし、ここでは平成 8～9 年度公表のデータを基に作成した分のみ掲載する。また、属性データは省略する。

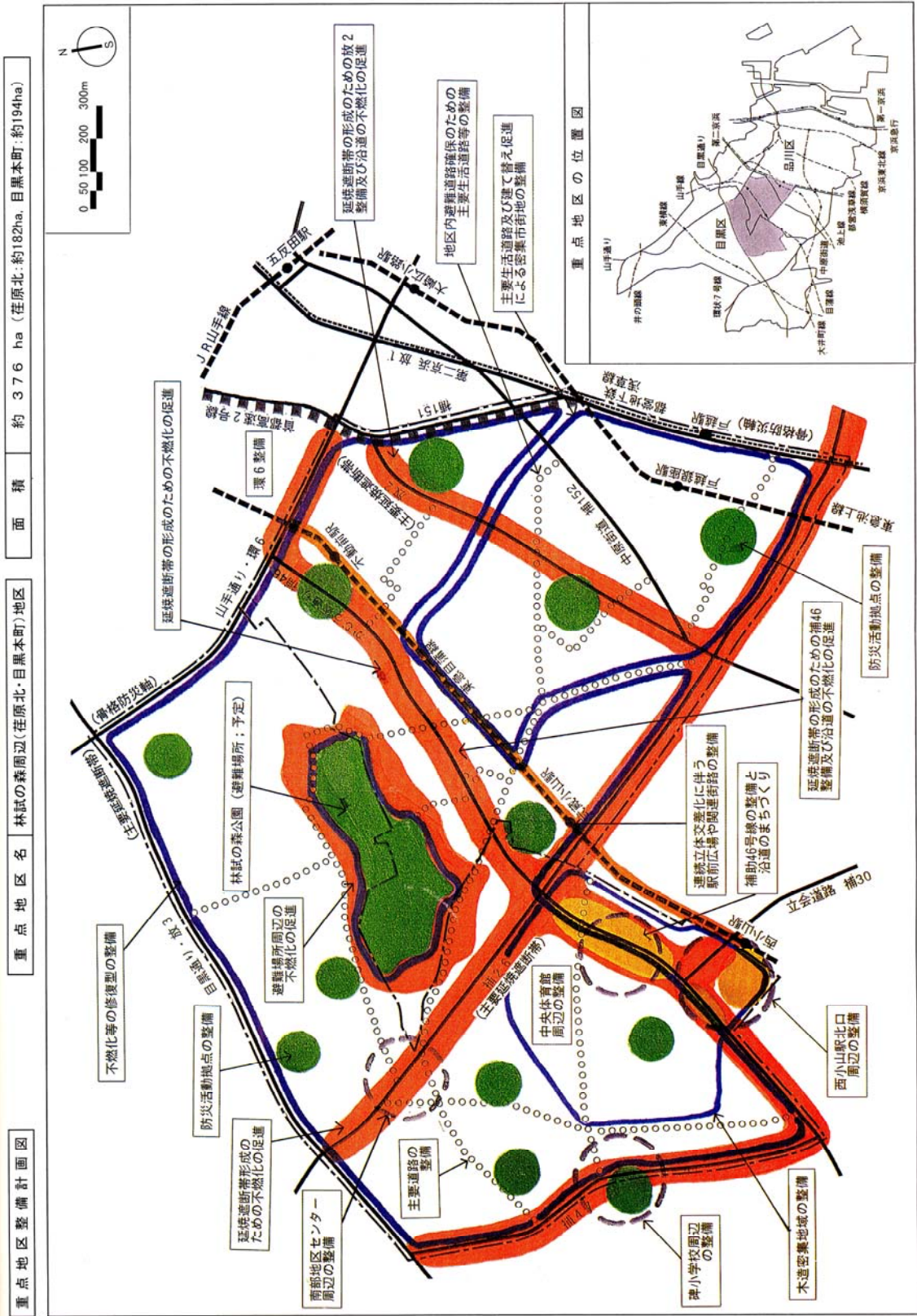
付録 1：重点地区整備計画図

第 4 章の重点整備地域細分化に使用したもの。

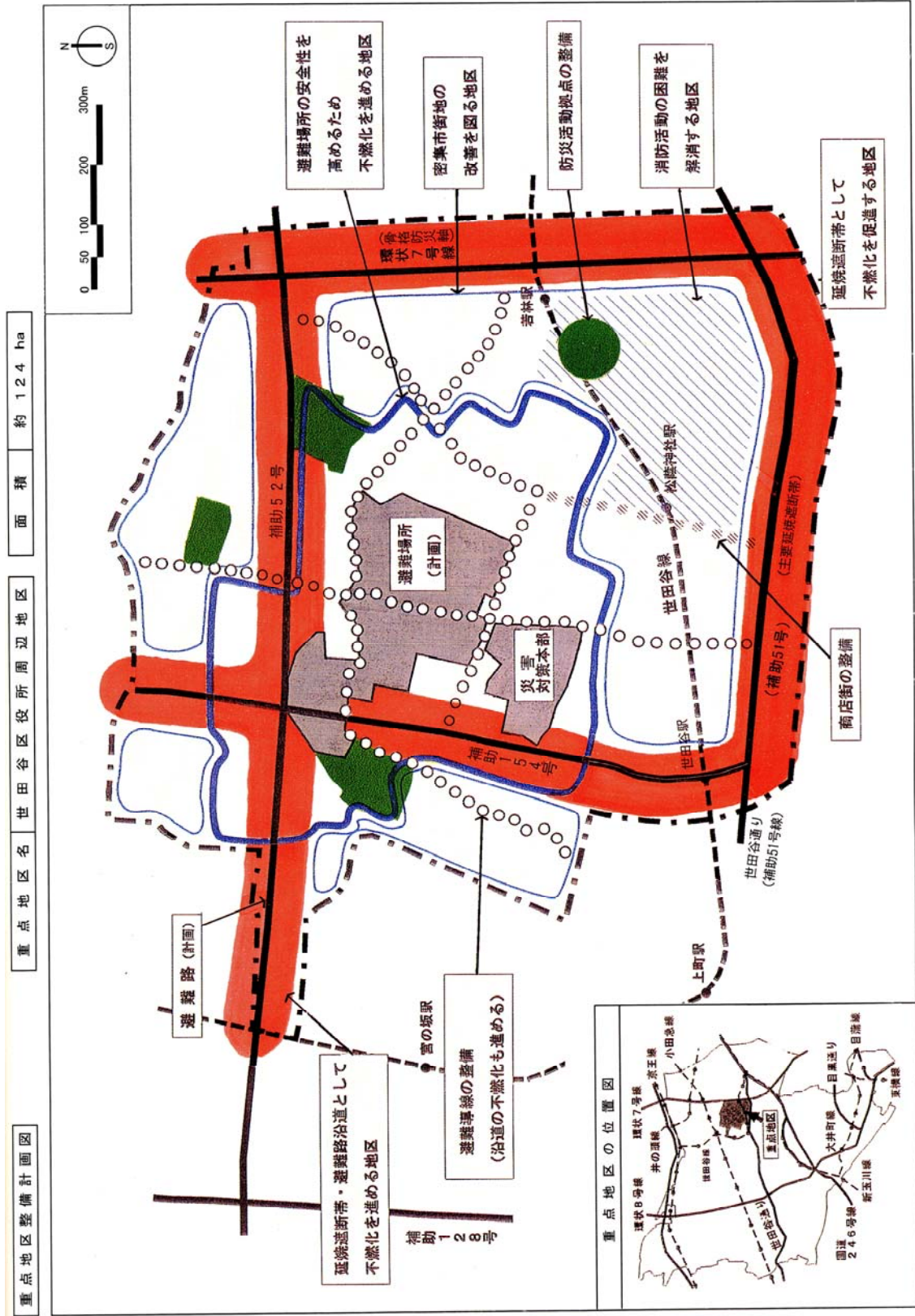
「東京都：防災都市づくり推進計画〈整備計画〉、1997.3」より引用。



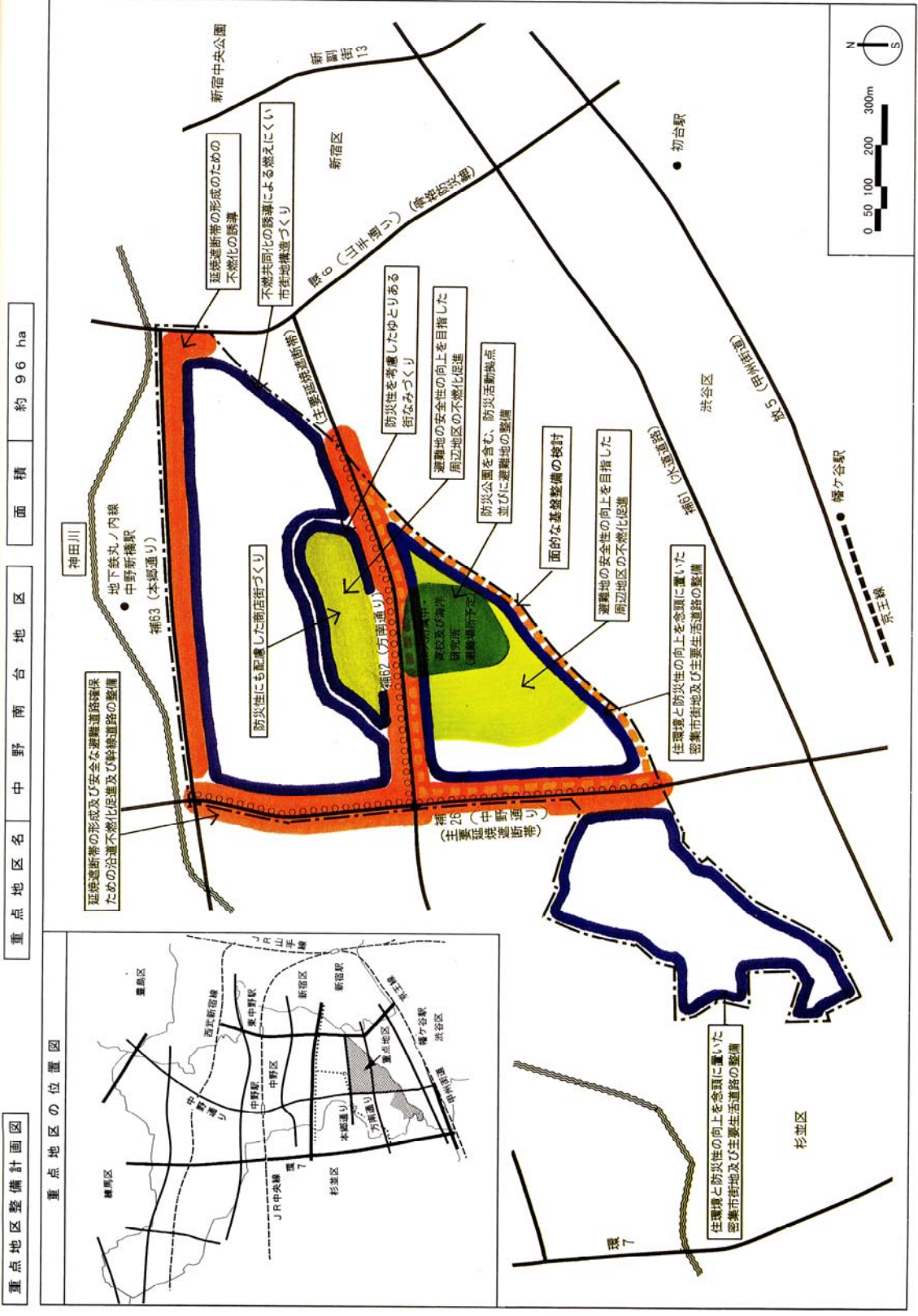
付図 1.1 大森中地区



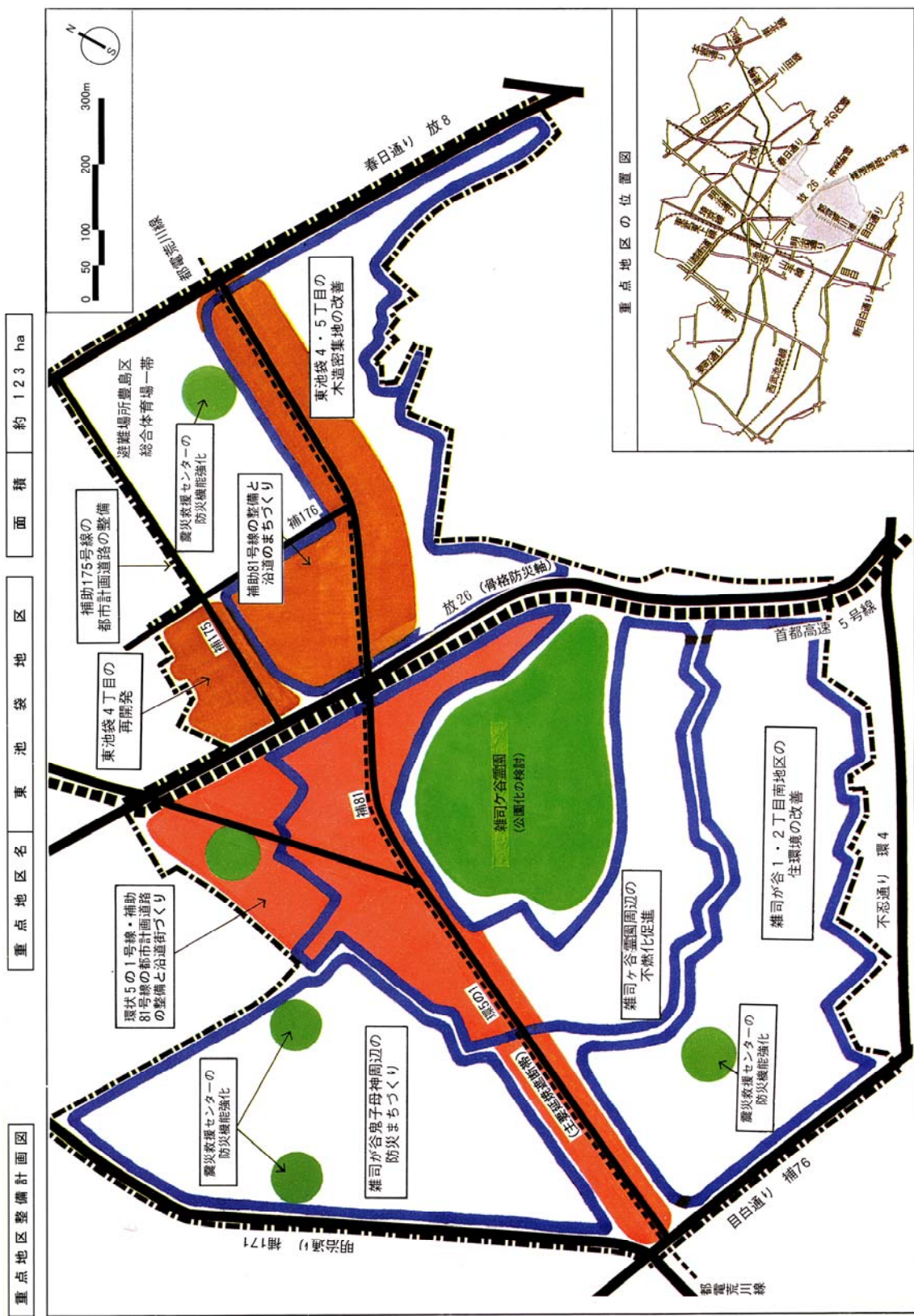
付図 1.2 林試の森周辺地区



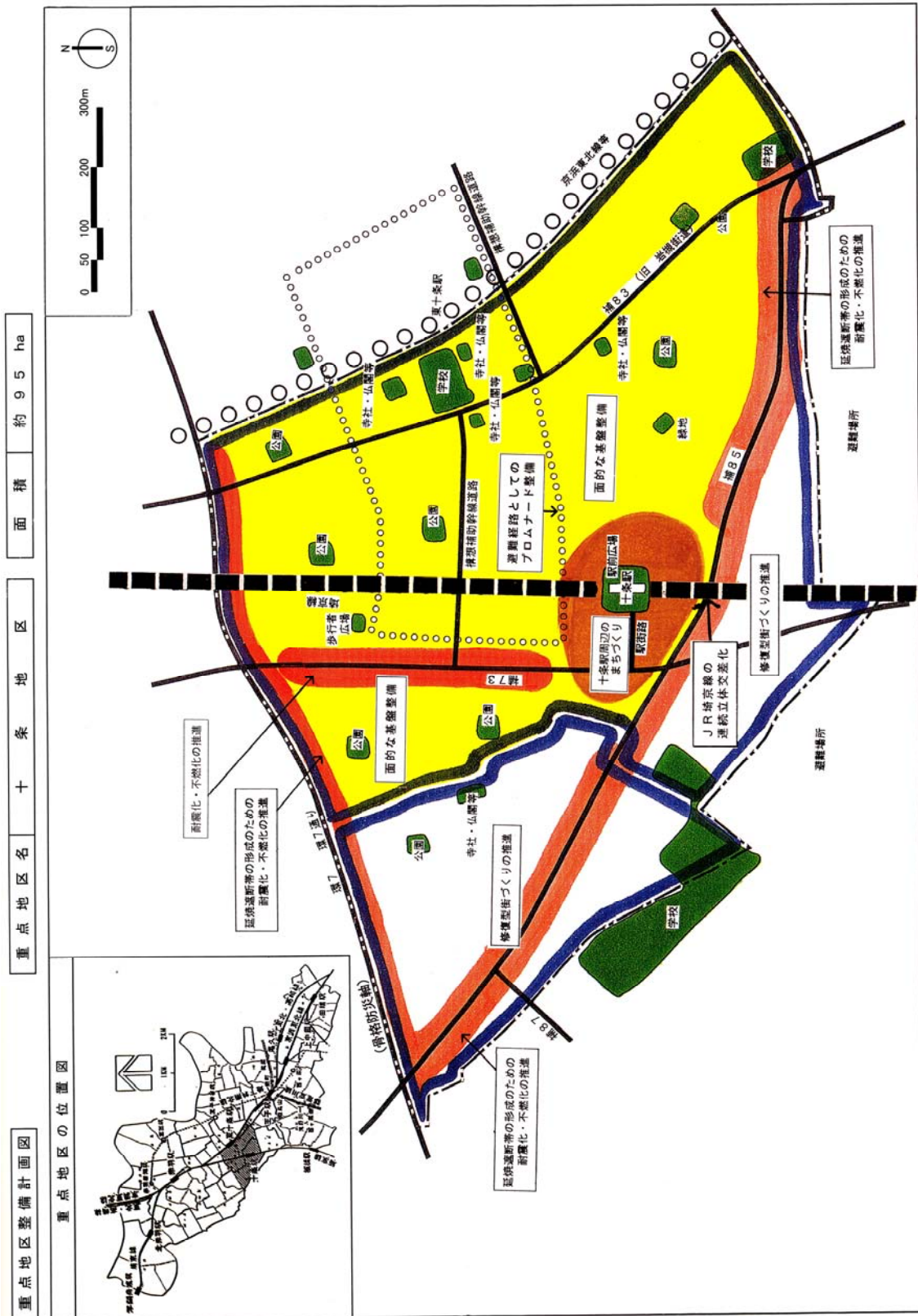
付図 1.3 世田谷区役所周辺地区



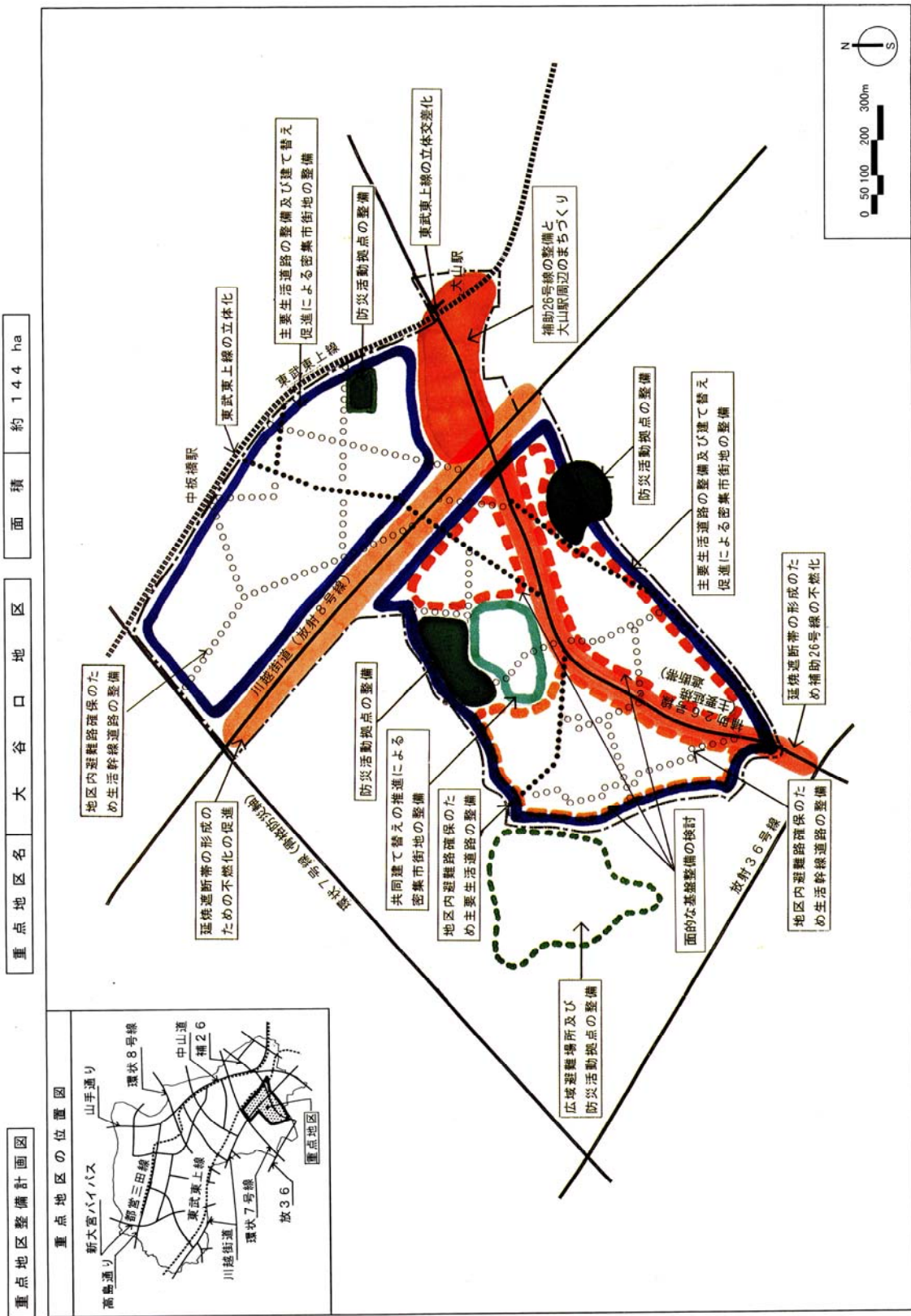
付図 1.4 中野南台地区



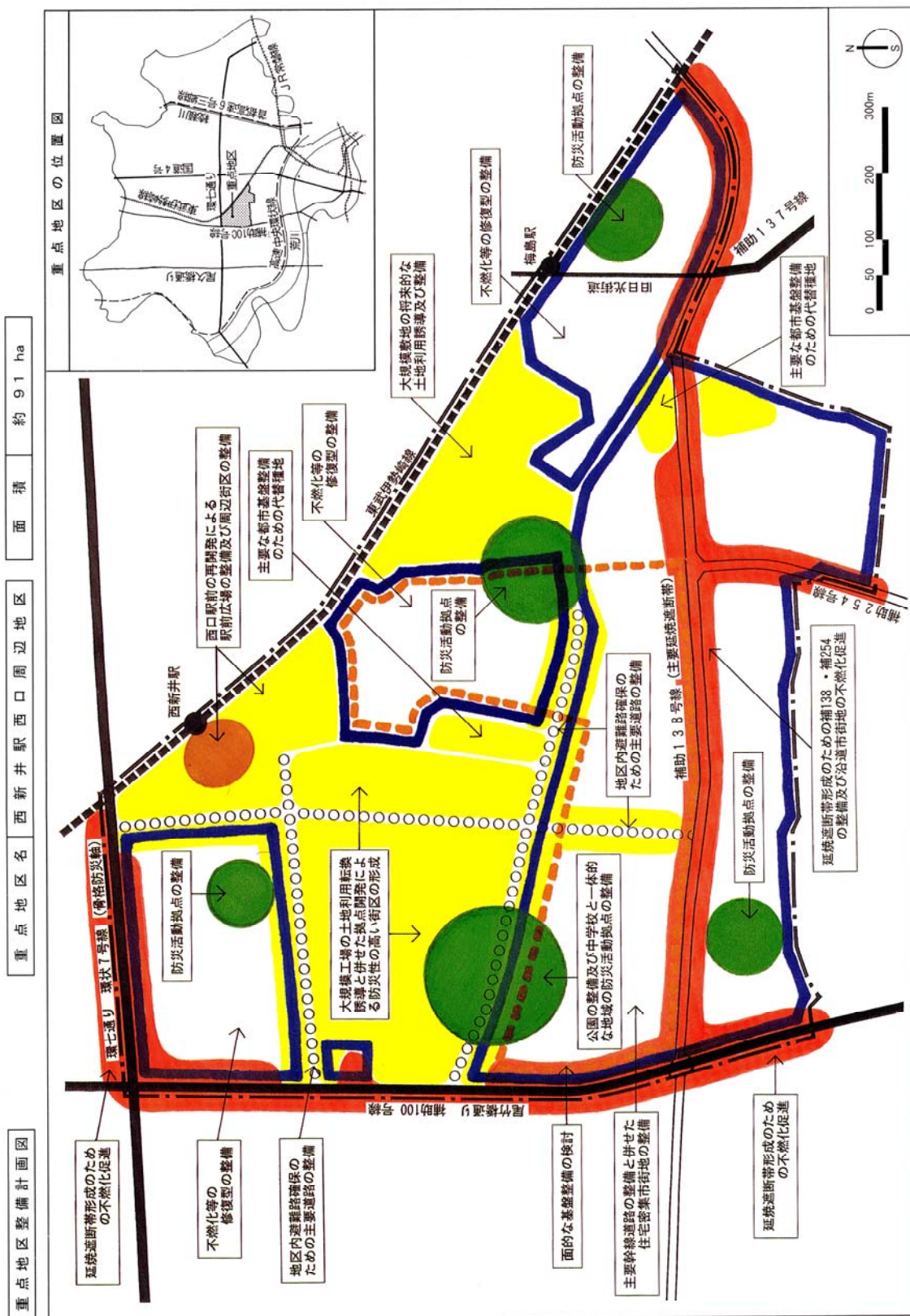
付図 1.5 東池袋地区



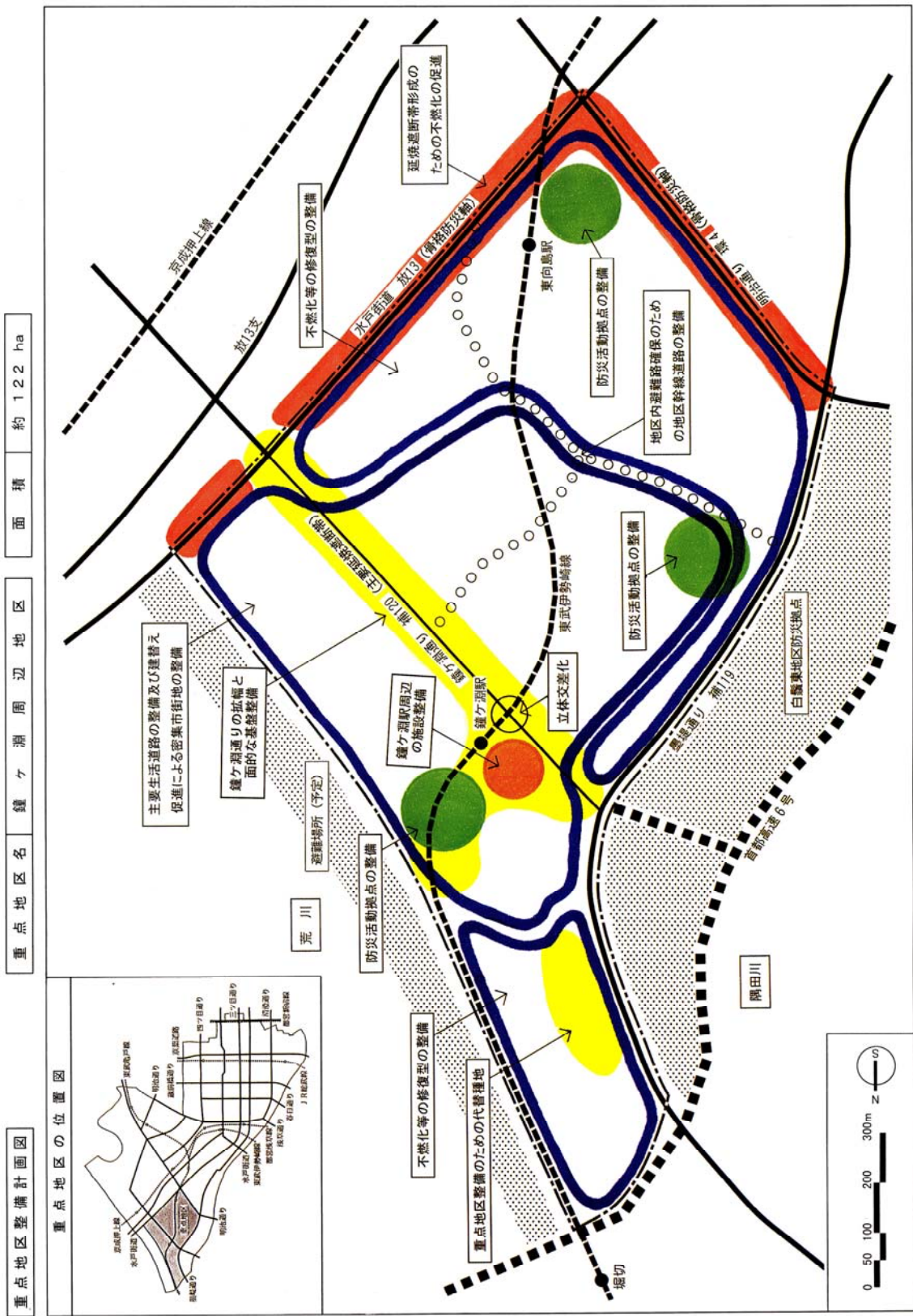
付図 1.6 十条地区



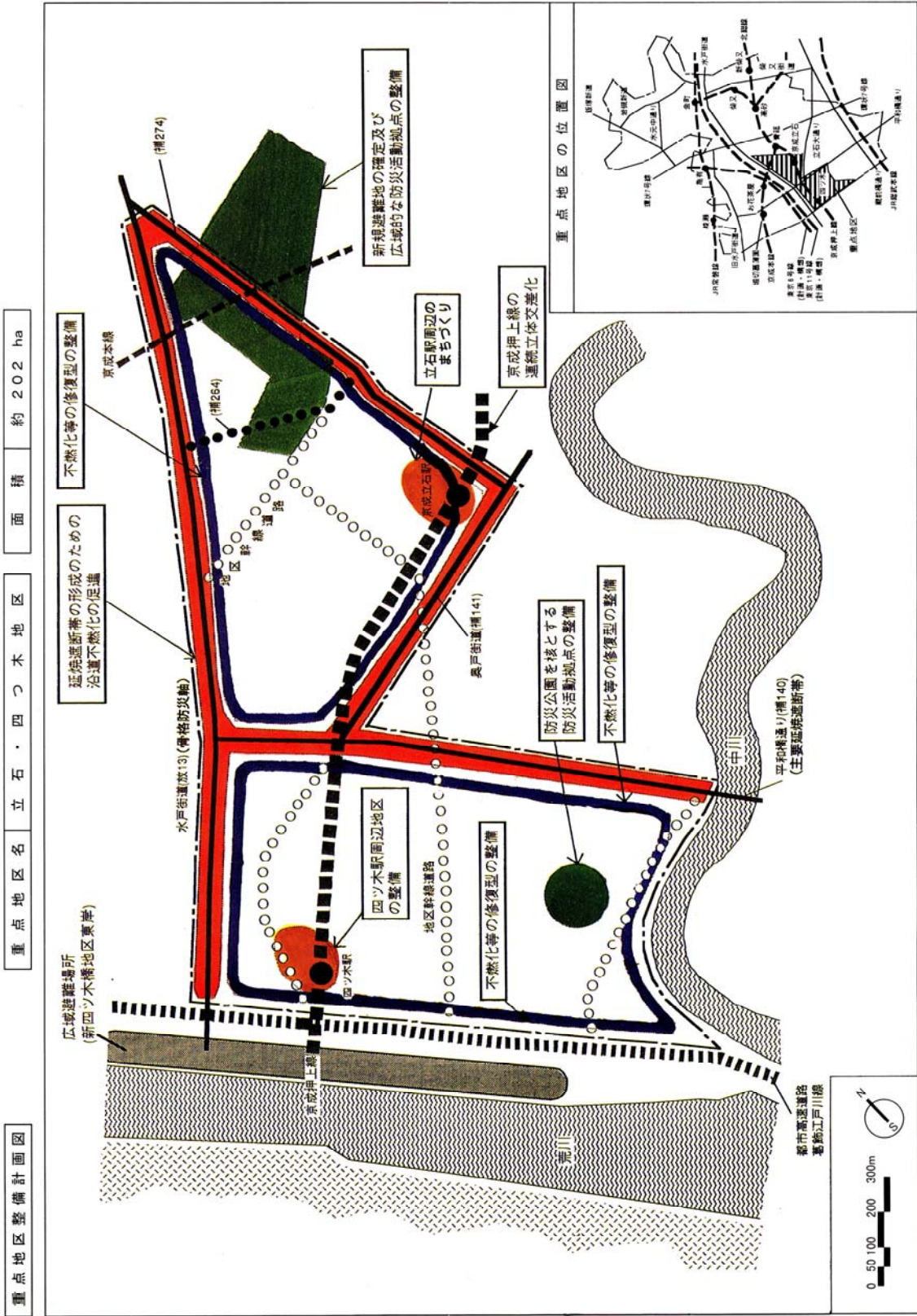
付図 1.7 大谷口地区



付図 1.9 西新井駅西口周辺地区



付図 1.10 鐘ヶ淵周辺地区



付図 1.11 立石・四つ木地区

付録 2 : 重点整備地域整備計画図

第 5 章の重点整備地域細分化に使用したもの。

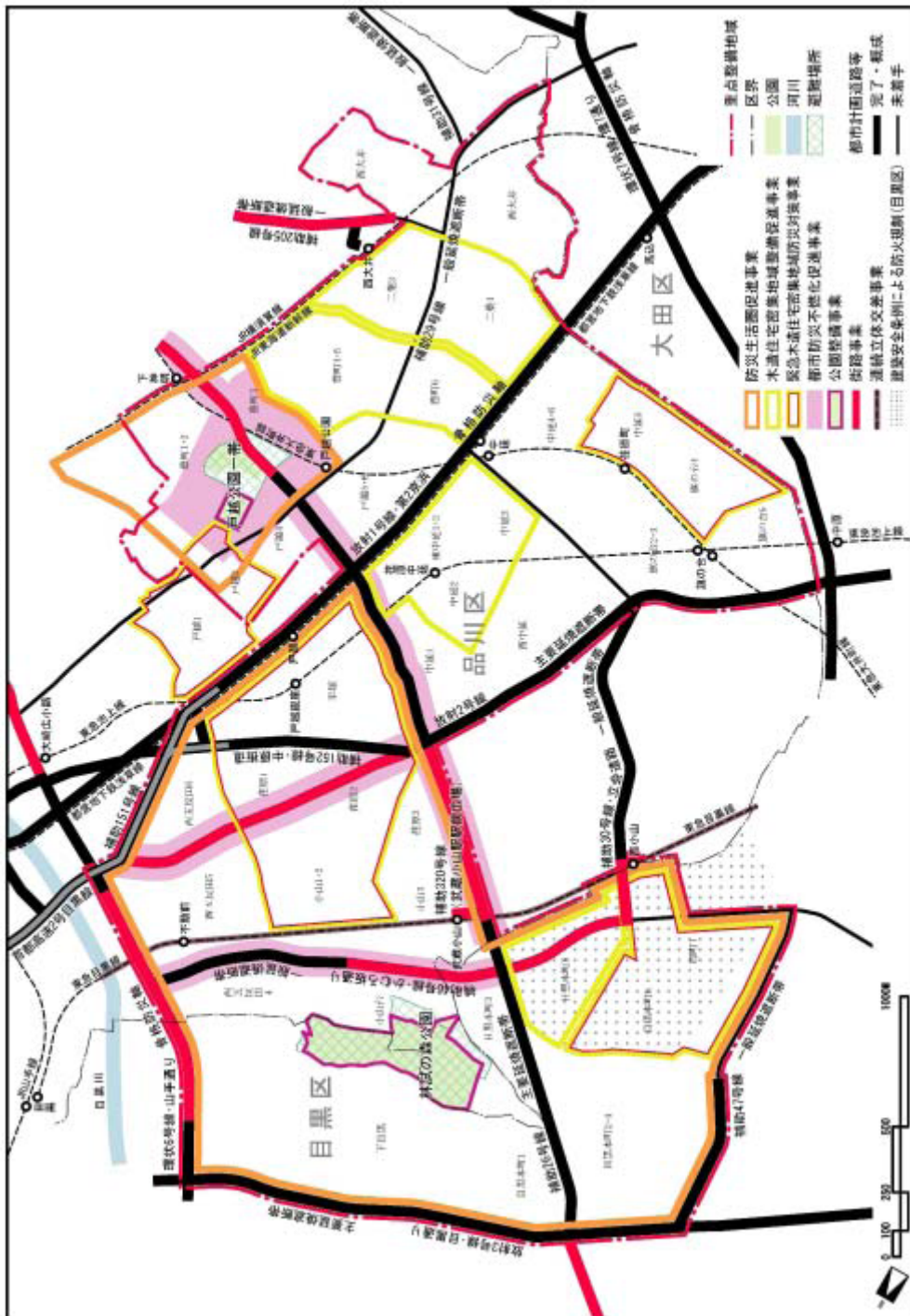
「東京都：防災都市づくり推進計画、2004.3」より引用。

大森中地区整備計画図



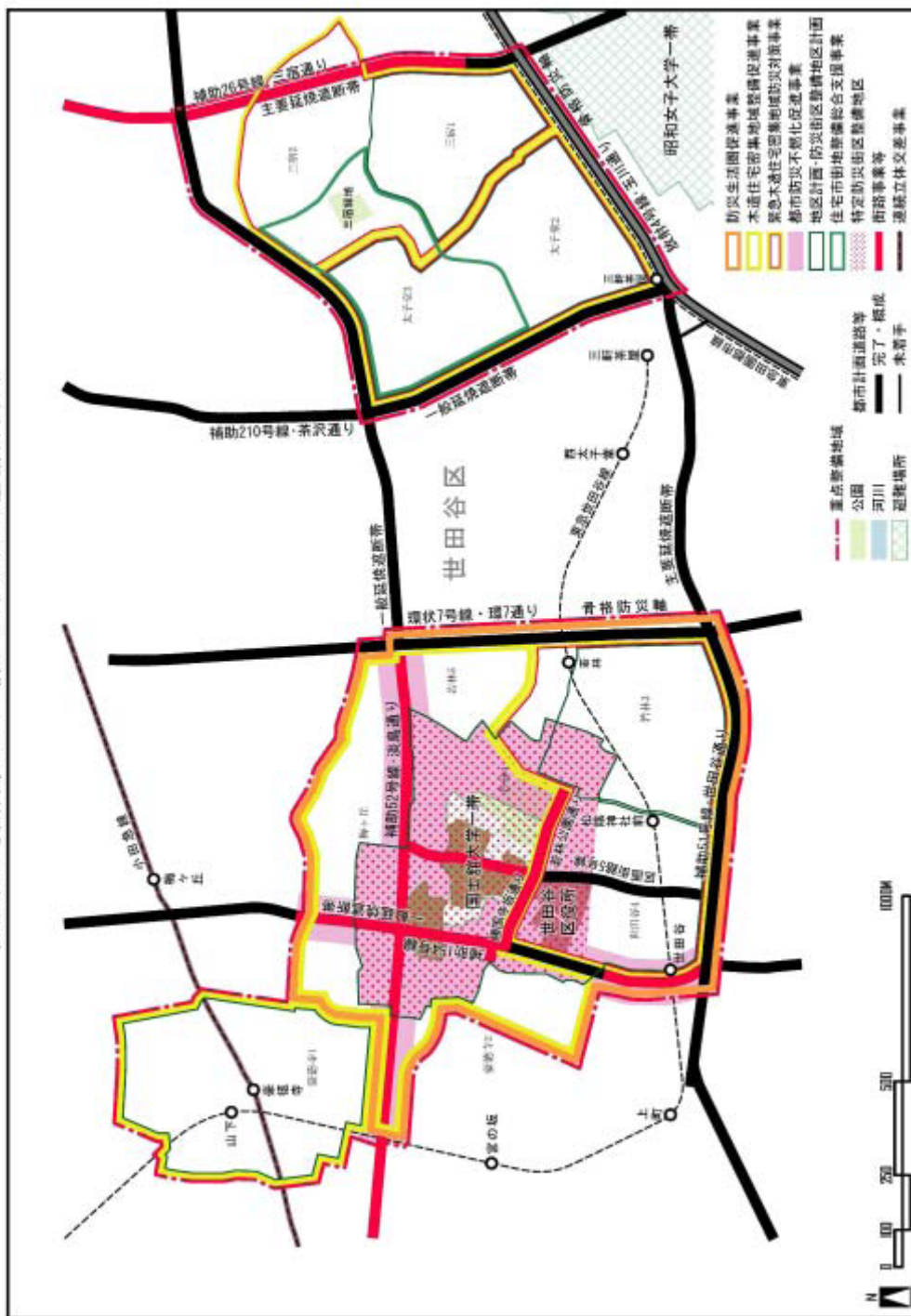
付図 2.1 大森中地区

林試の森周辺・荏原地区整備計画図

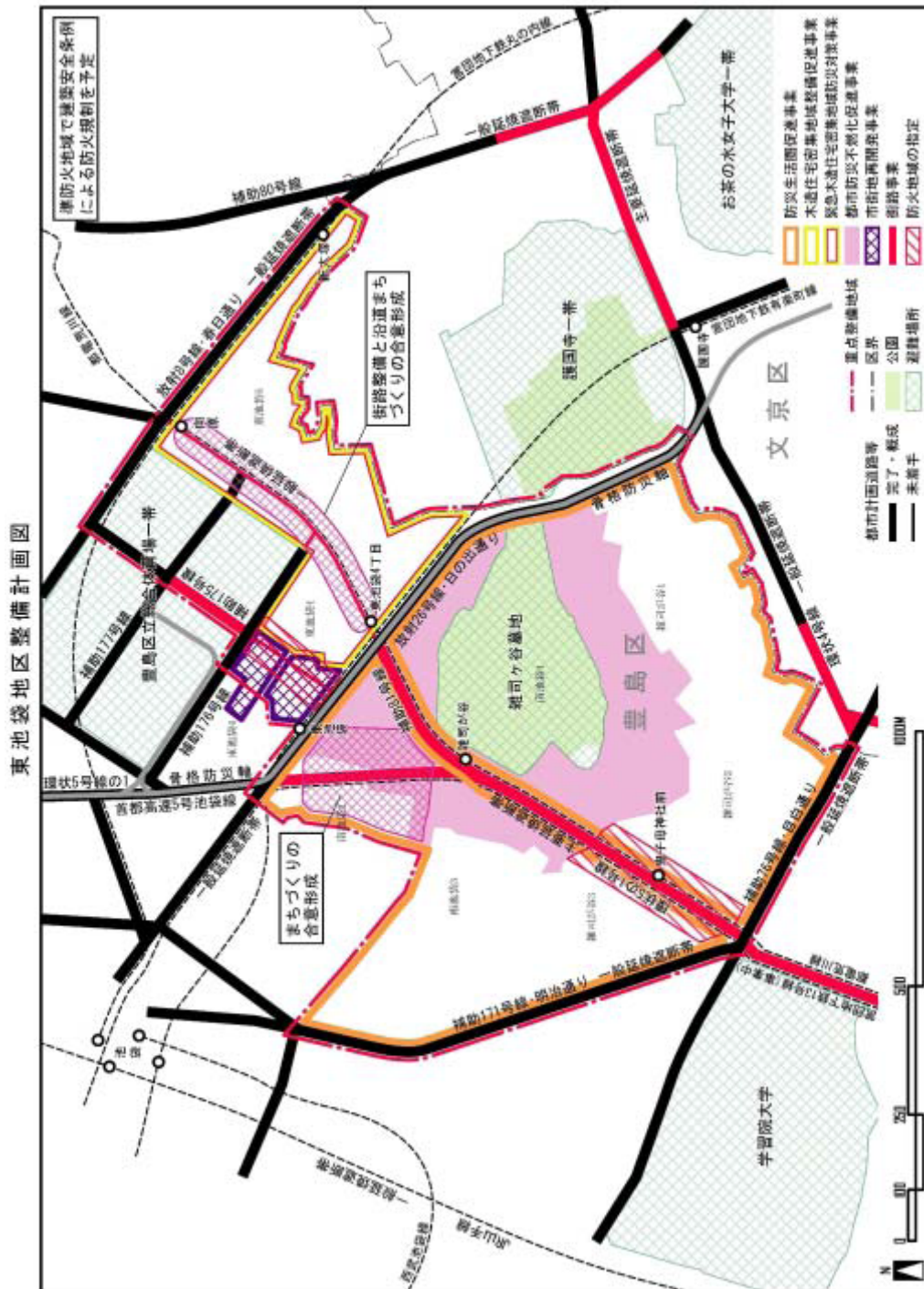


付図 2.2 林試の森周辺・荏原地区

世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区整備計画図

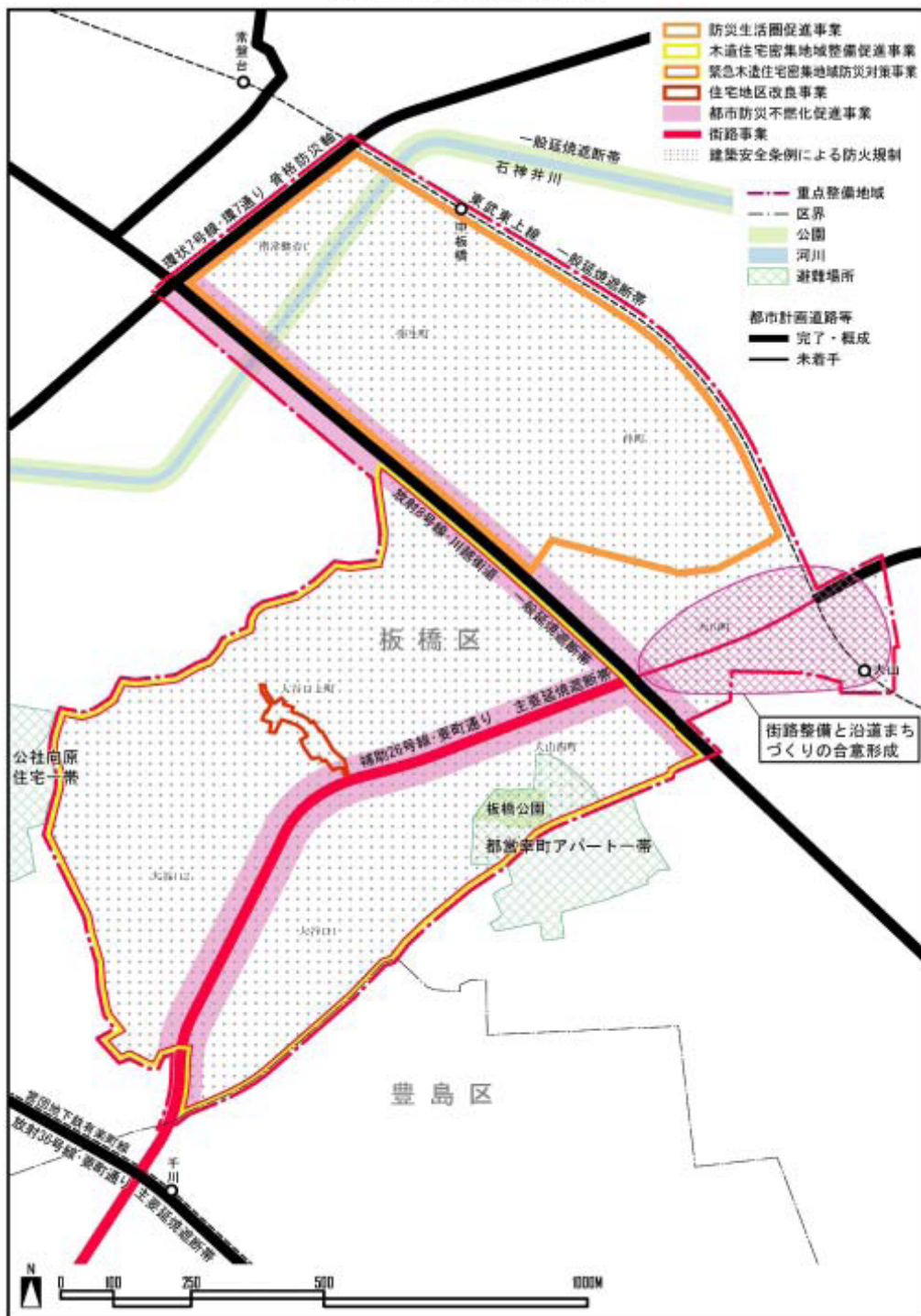


付図 2.3 世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区

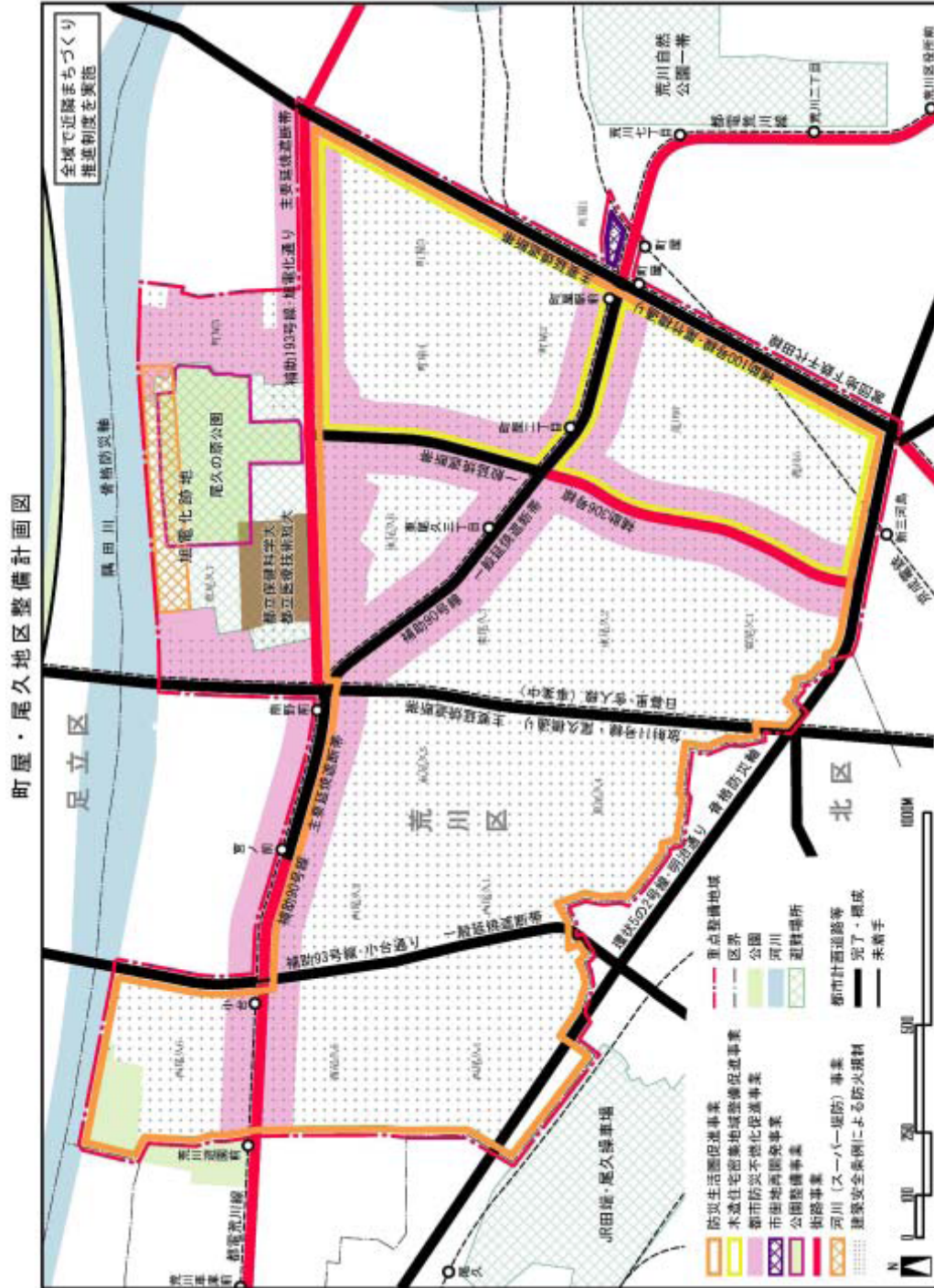


付図 2.5 東池袋地区

大谷口地区整備計画図

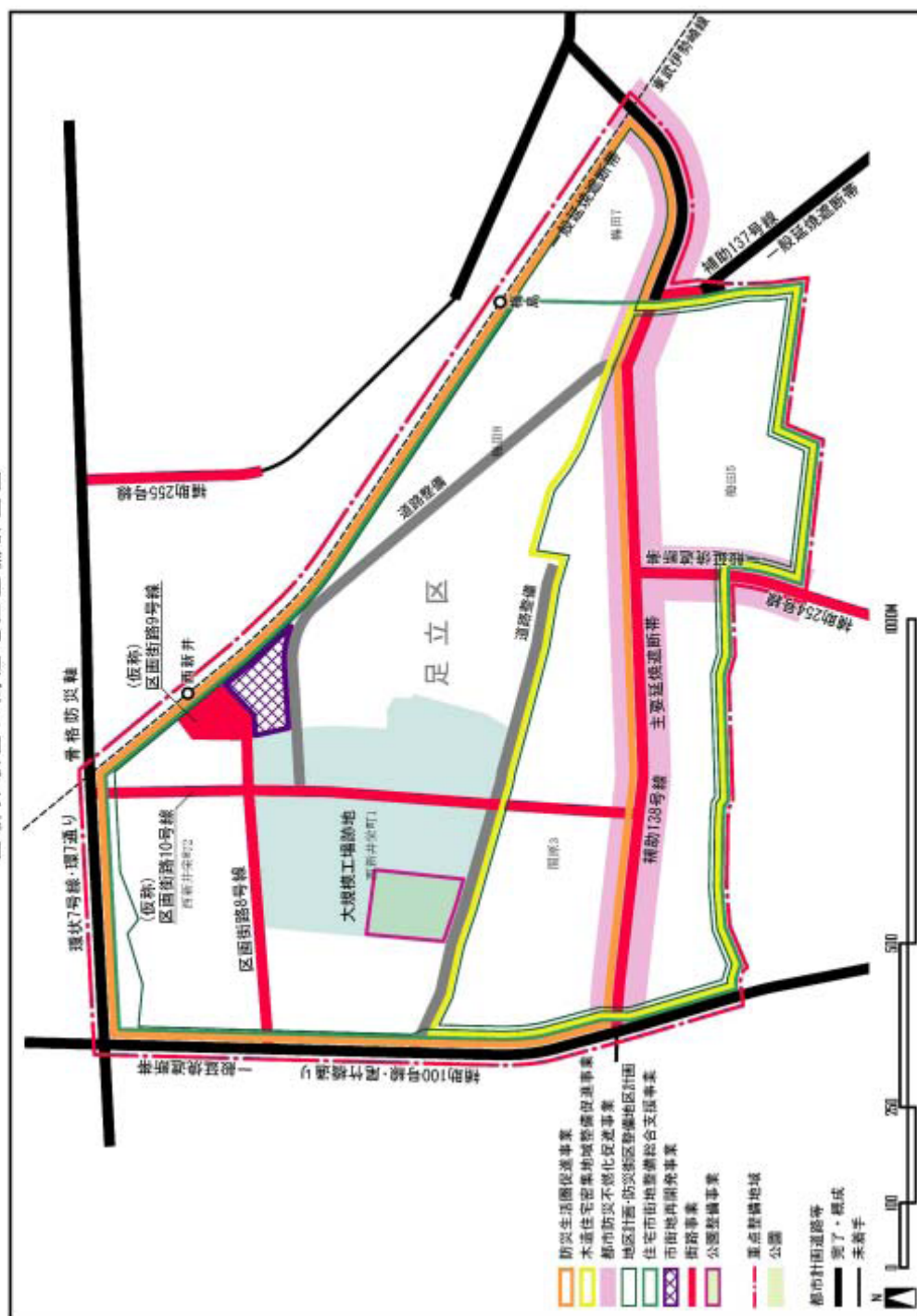


付図 2.7 大谷口地区



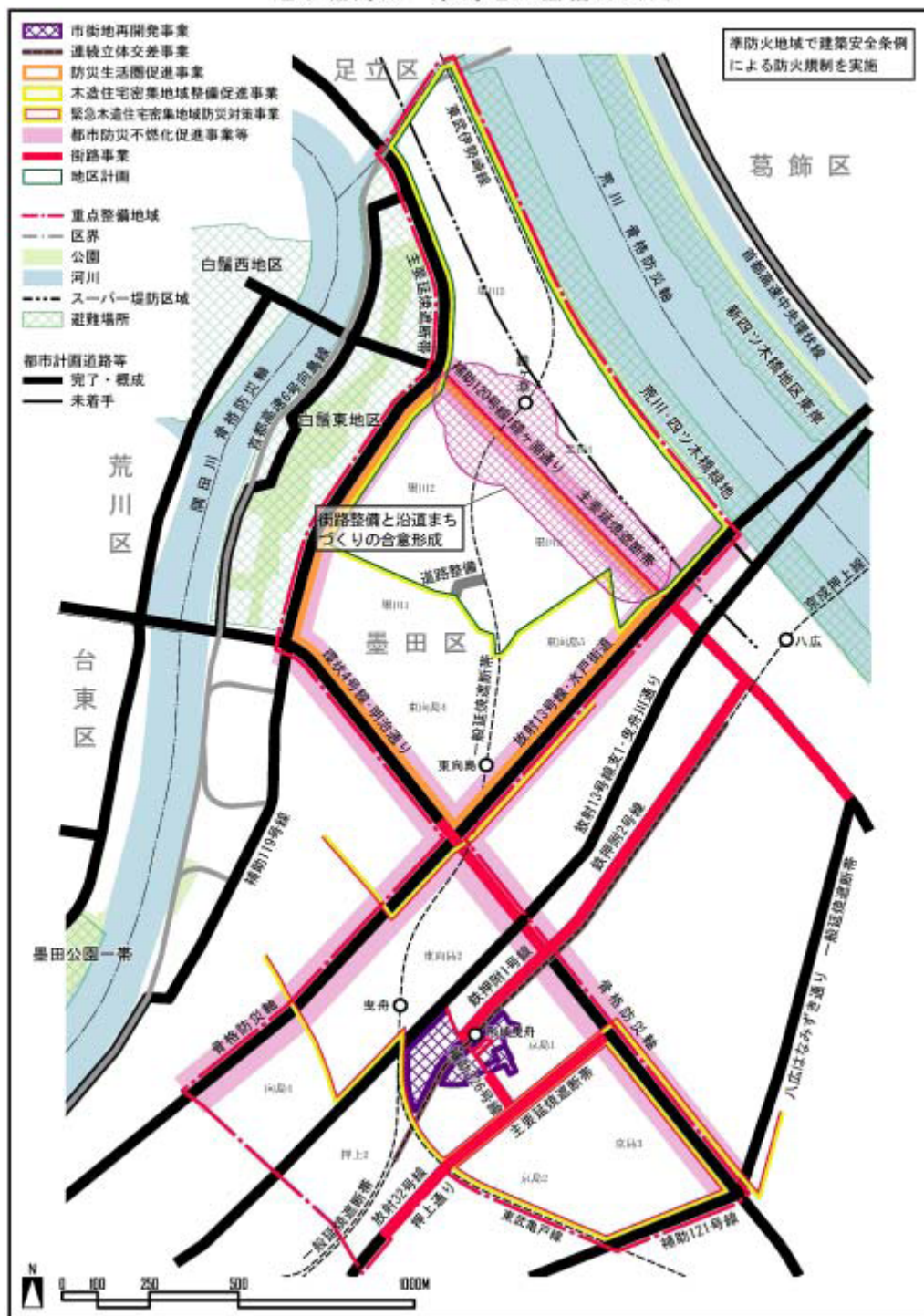
付図 2.8 町屋・尾久地区

西新井駅西口周辺地区整備計画図



付図 2.9 西新井駅西口周辺地区

鐘ヶ淵周辺・京島地区整備計画図



付図 2.10 鐘ヶ淵周辺・京島地区

立石・四つ木地区整備計画図

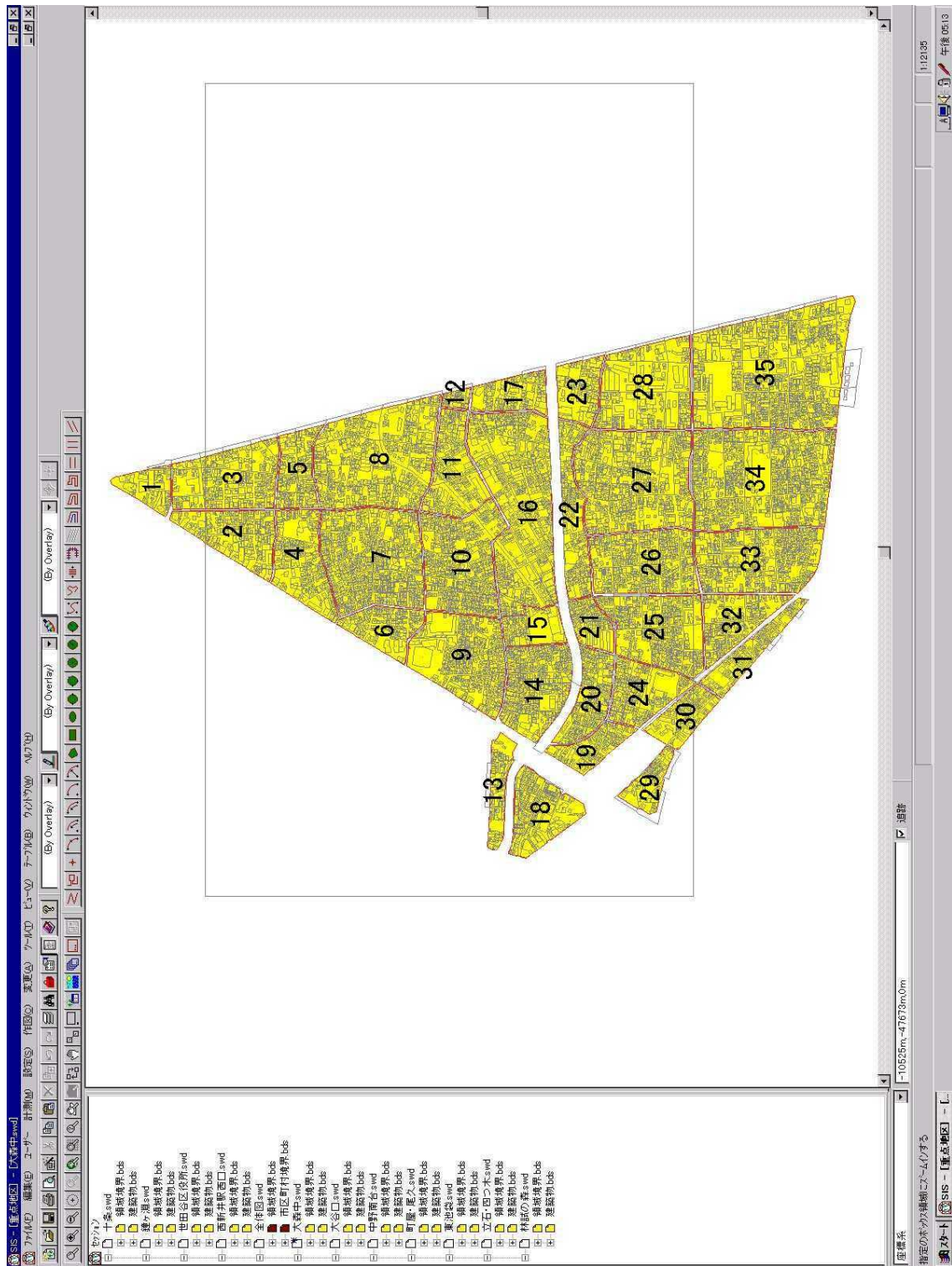


付図 2.11 立石・四つ木地区

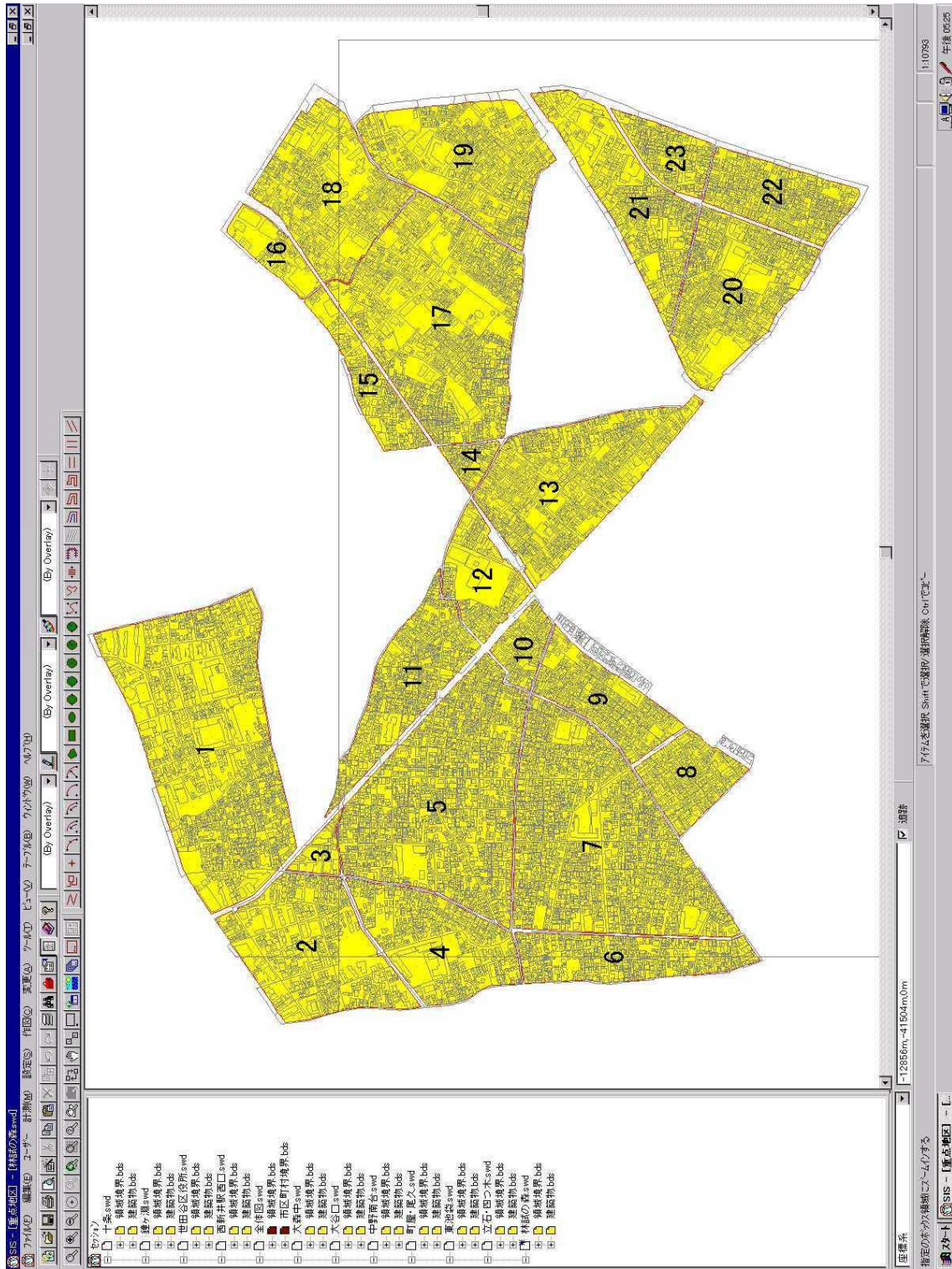
付録 3 : 重点整備地域 GIS データ (その 1)

第 4 章の分析に使用したデータ。

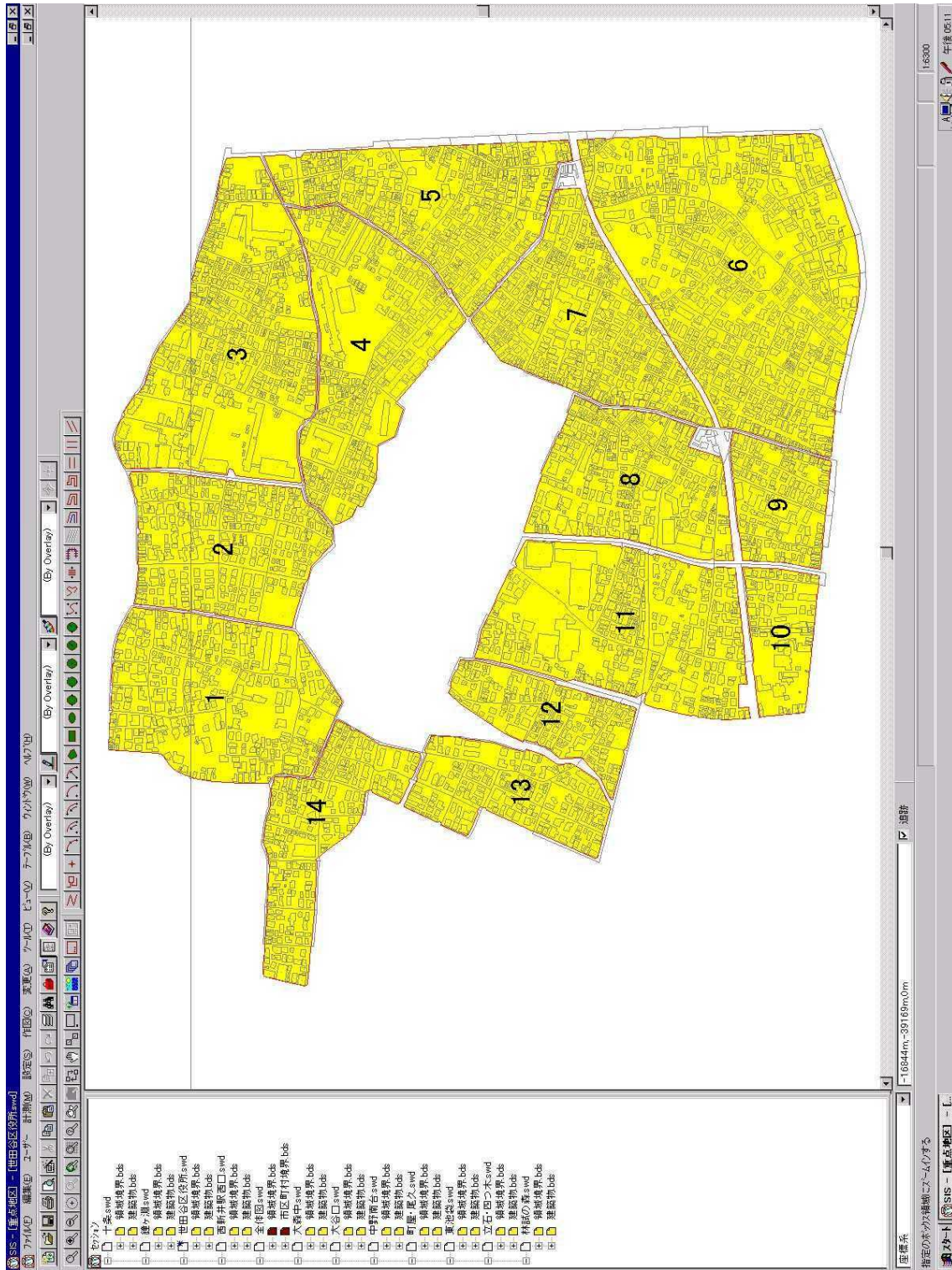
「東京都都市計画地理情報システム」のうち、平成 8~9 年度公表のデータを基に作成。ただし、ここでは属性データは省略する。



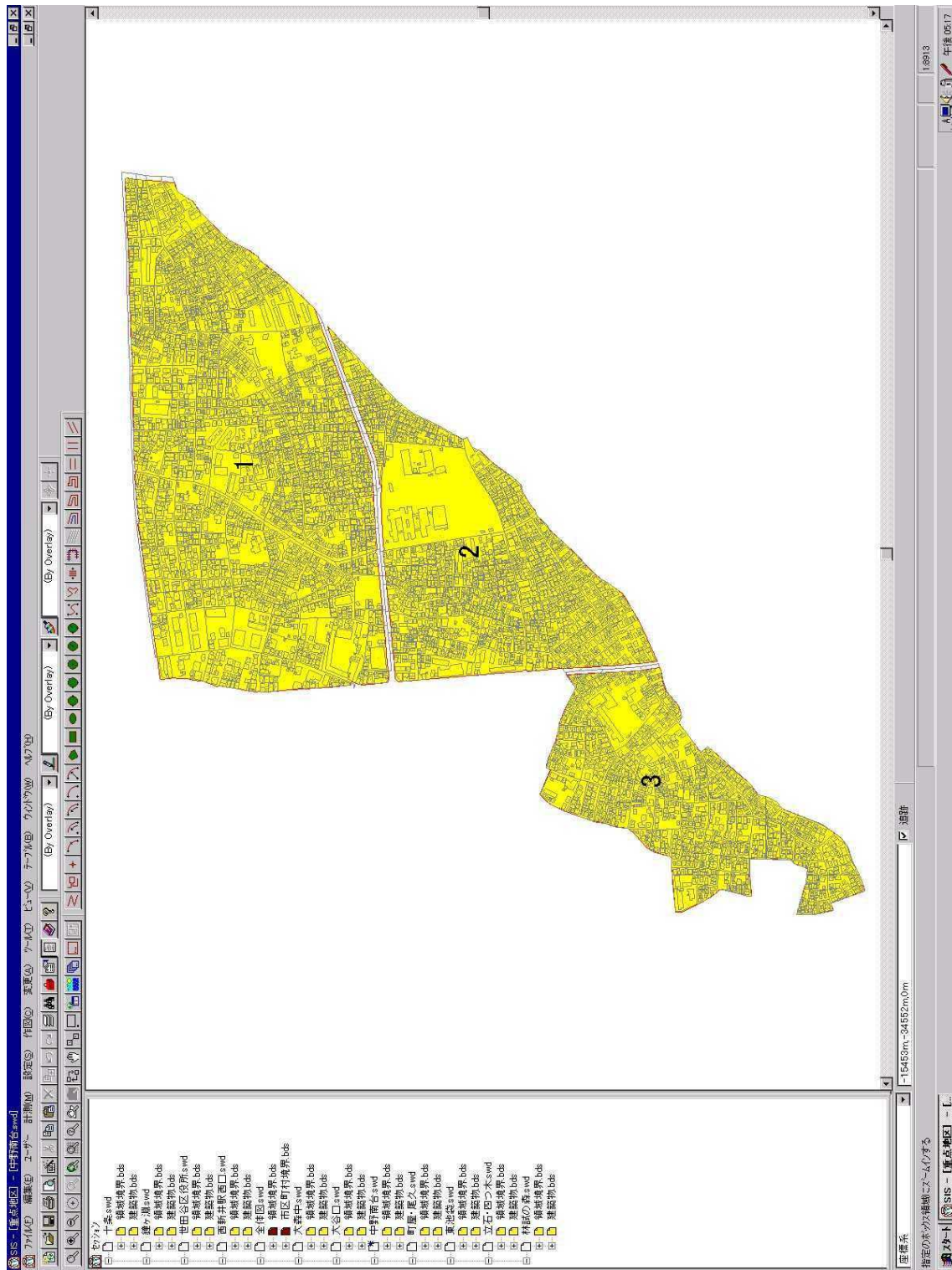
付図 3.1 大森中地区



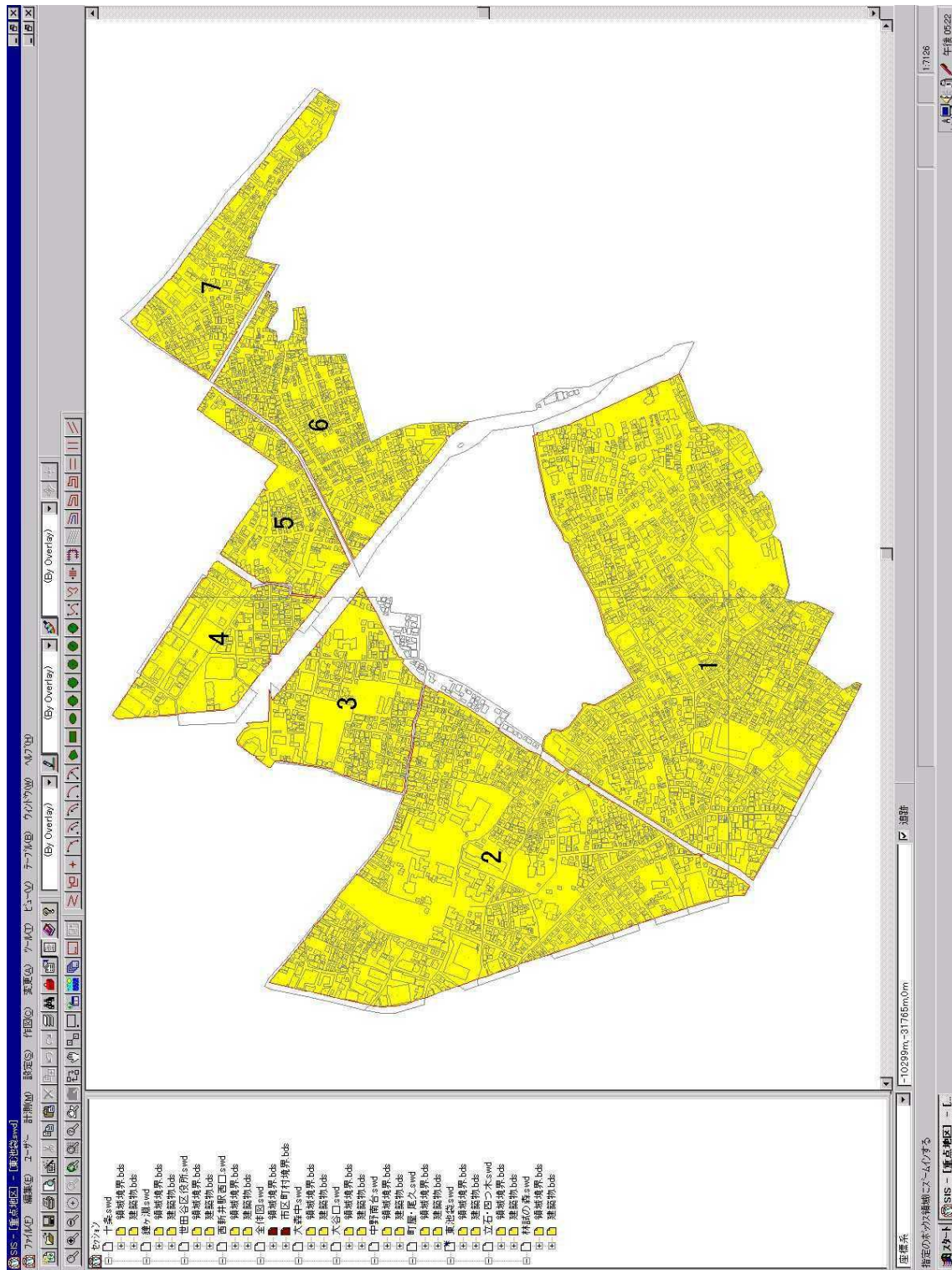
付図 3.2 林試の森周辺地区



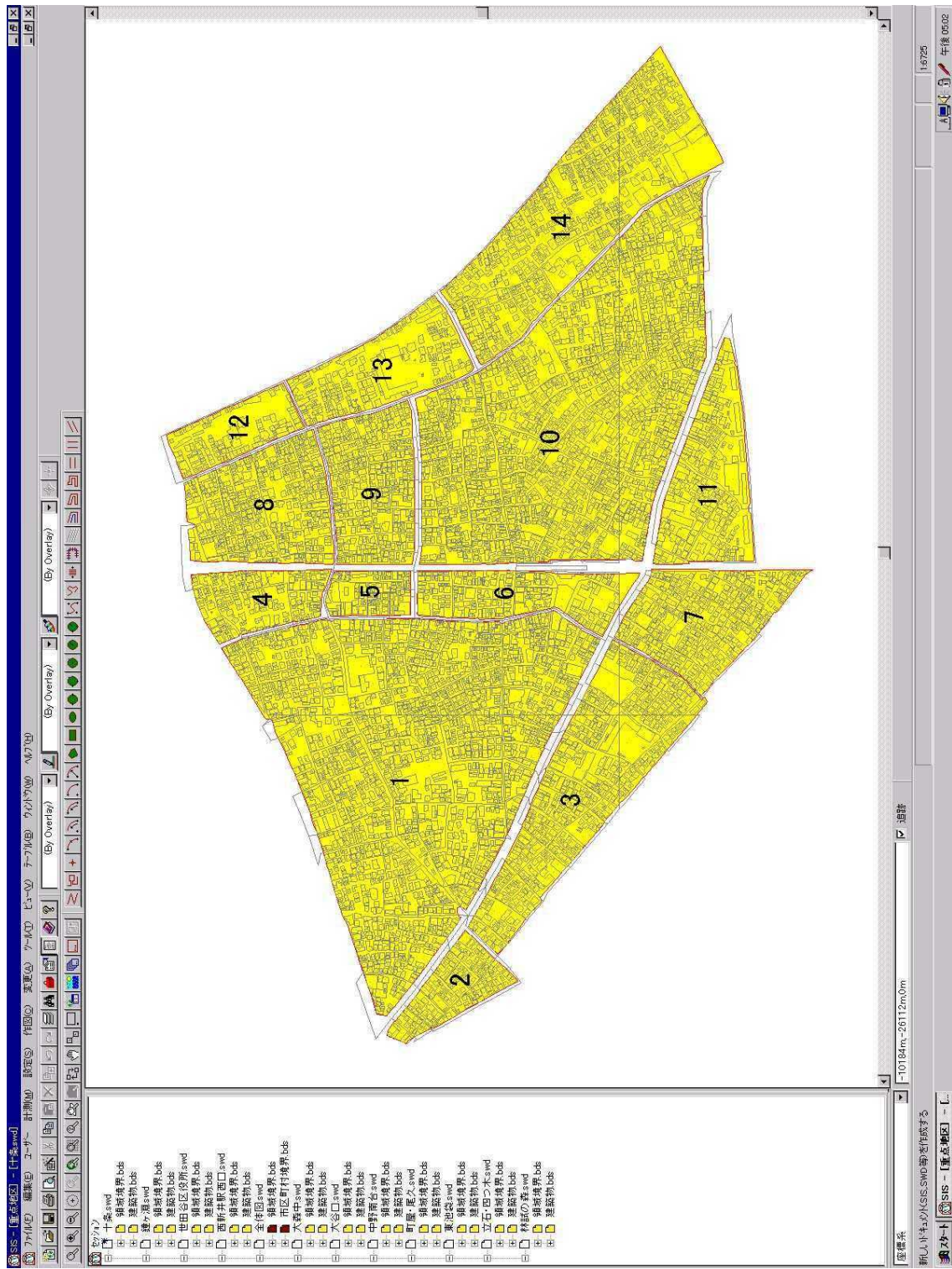
付図 3.3 世田谷区役所周辺地区



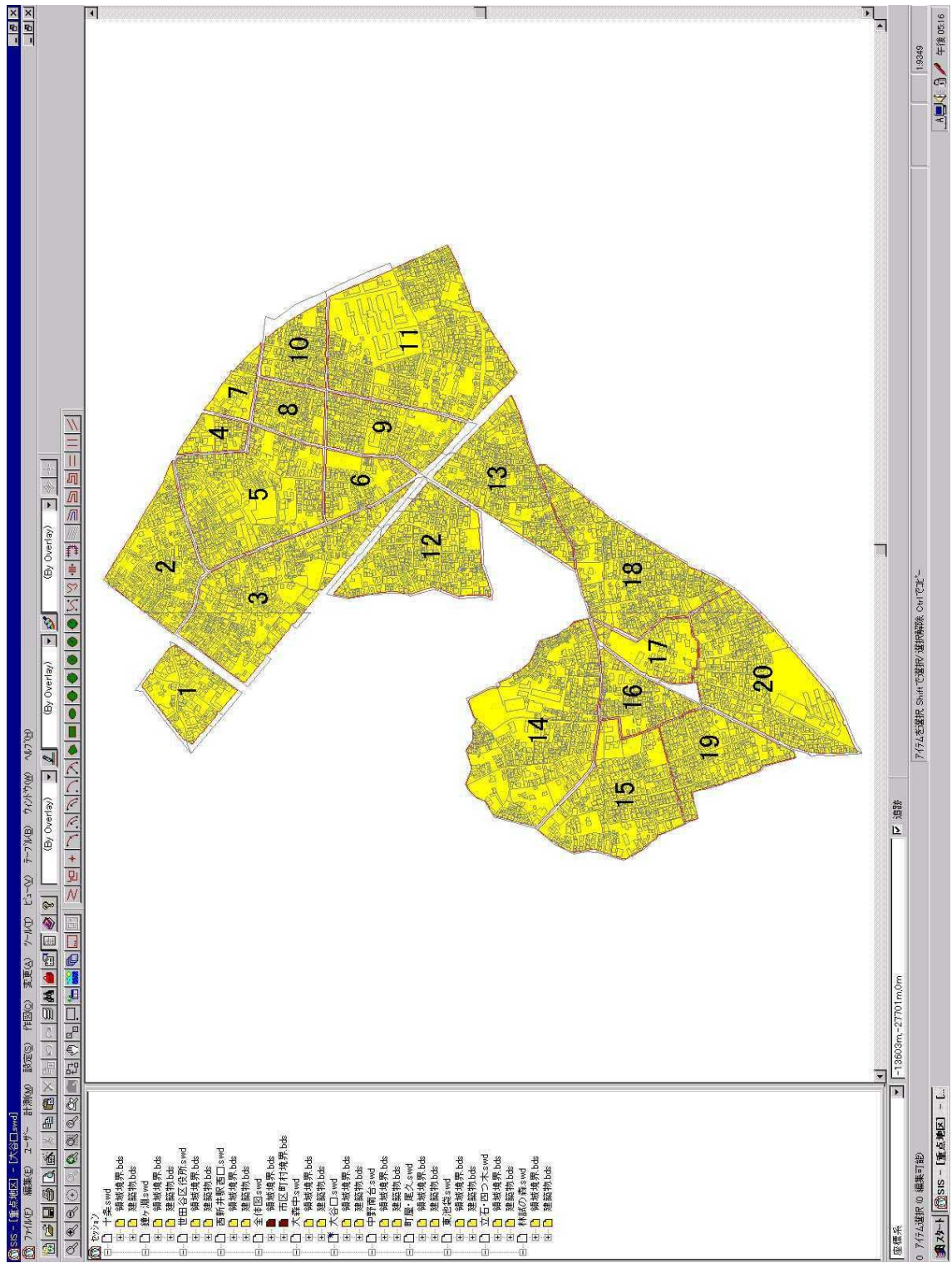
付図 3.4 中野南台地区



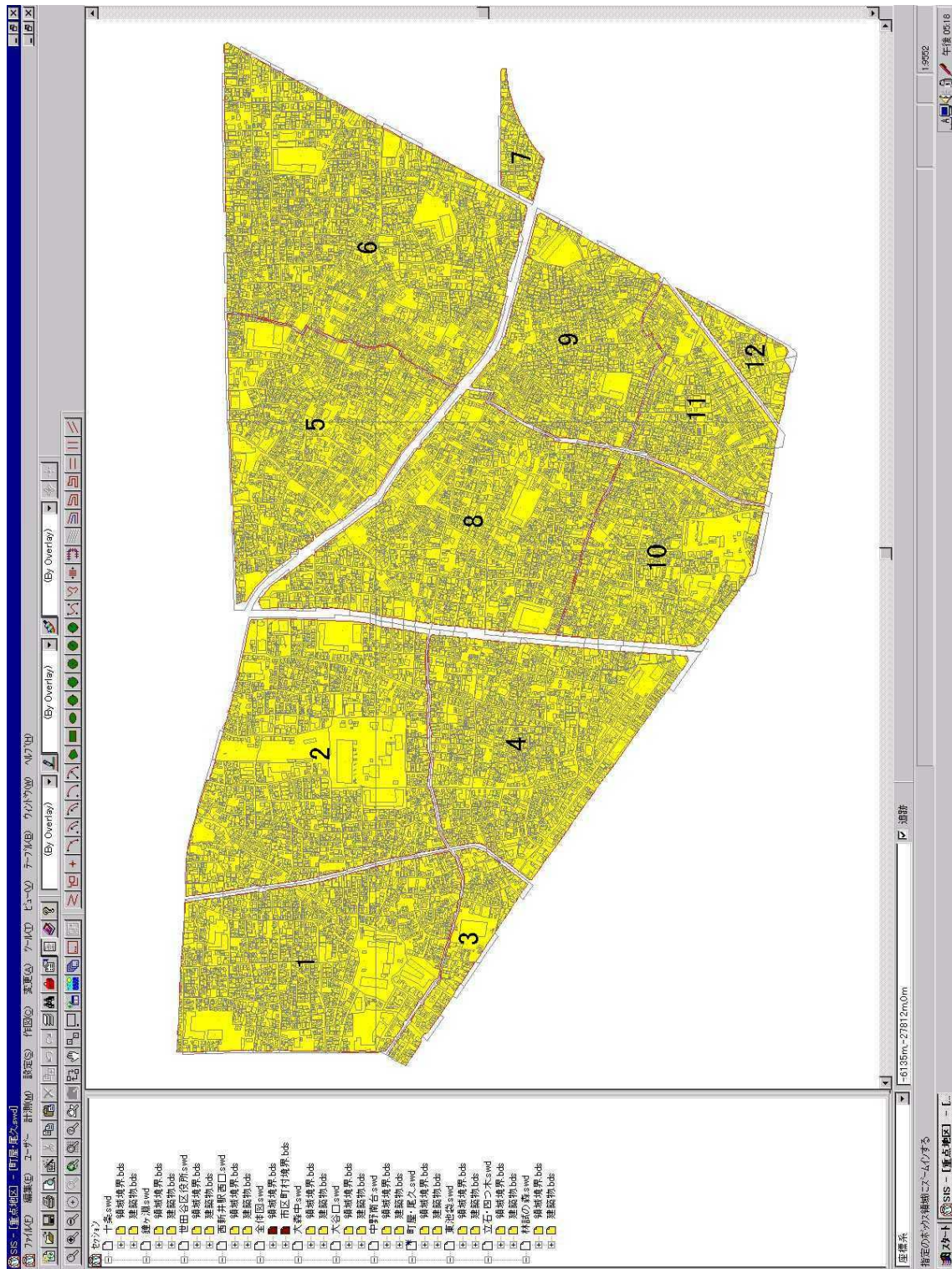
付図 3.5 東池袋地区



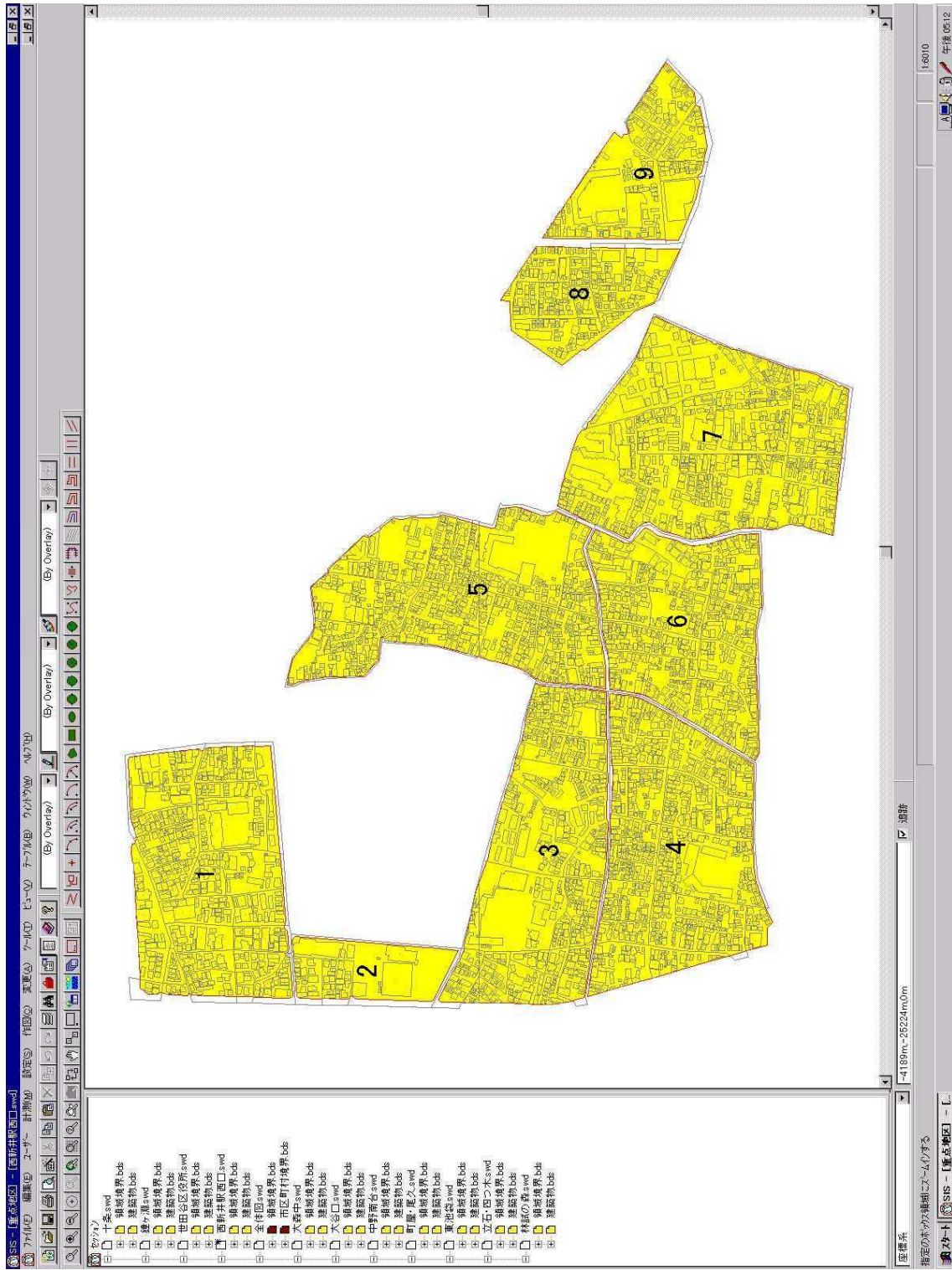
付図 3.6 十条地区



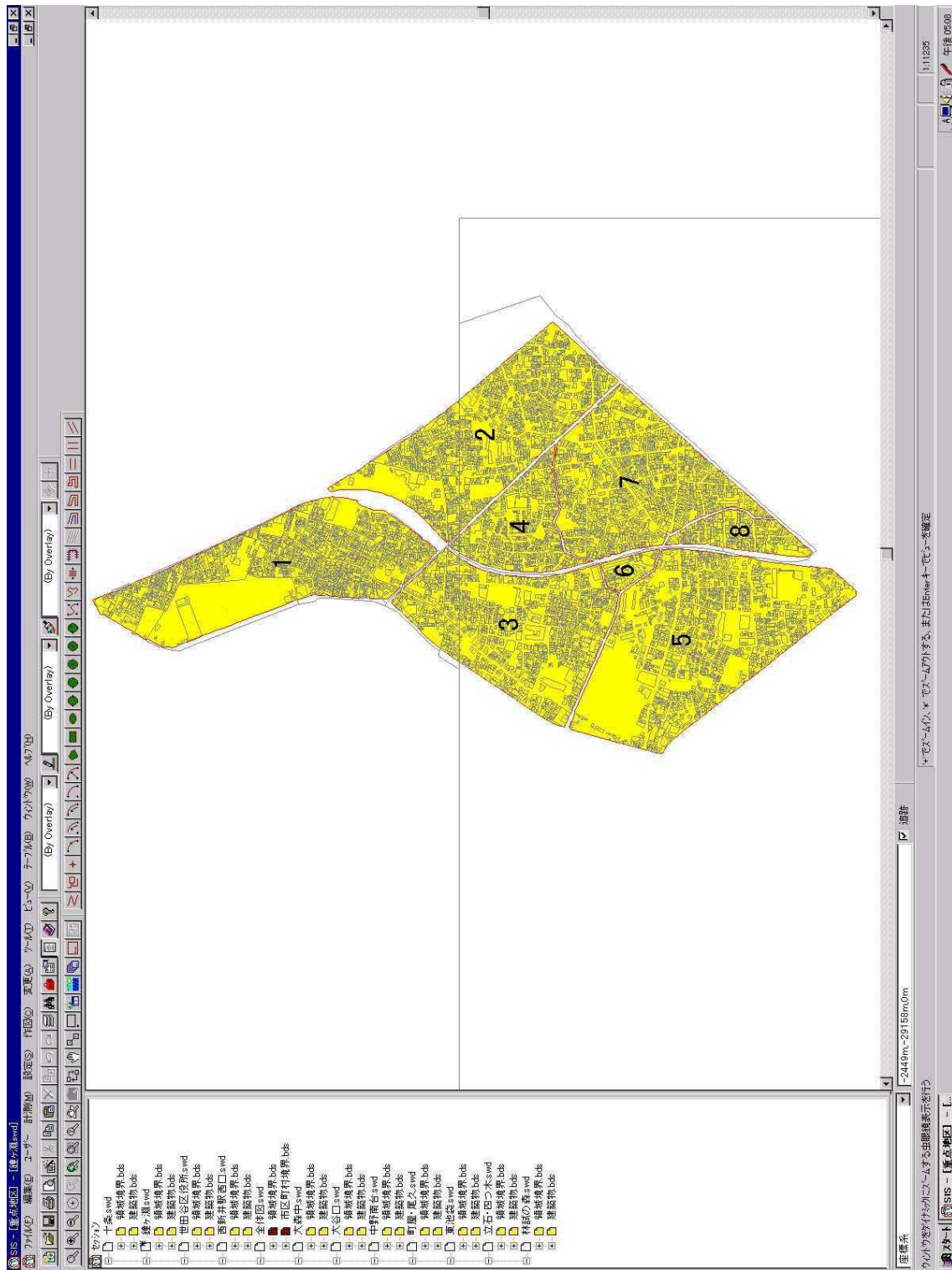
付図 3.7 大谷口地区



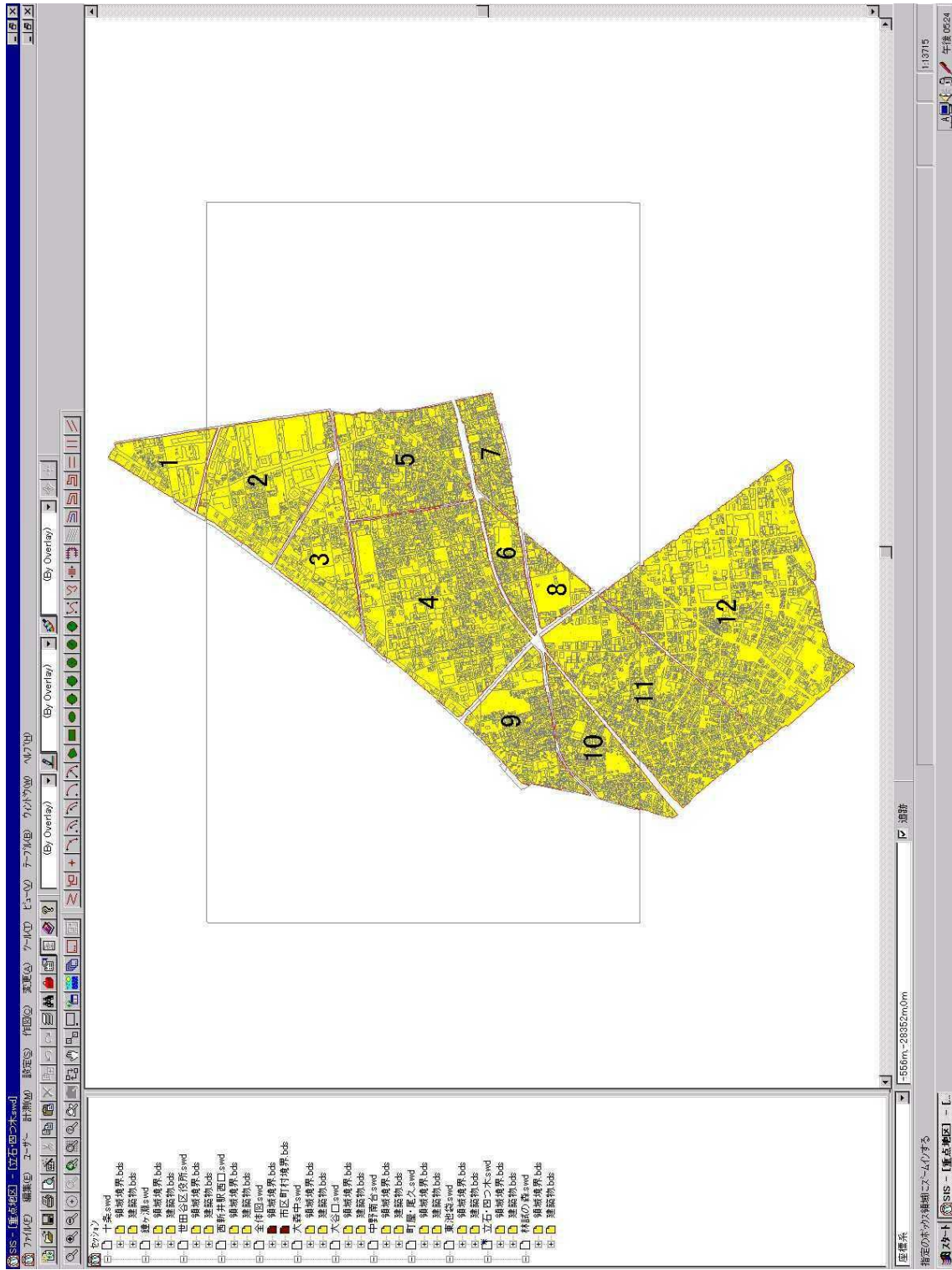
付図 3.8 町屋・尾久地区



付図 3.9 西新井駅西口周辺地区



付図 3.10 鐘ヶ淵周辺地区

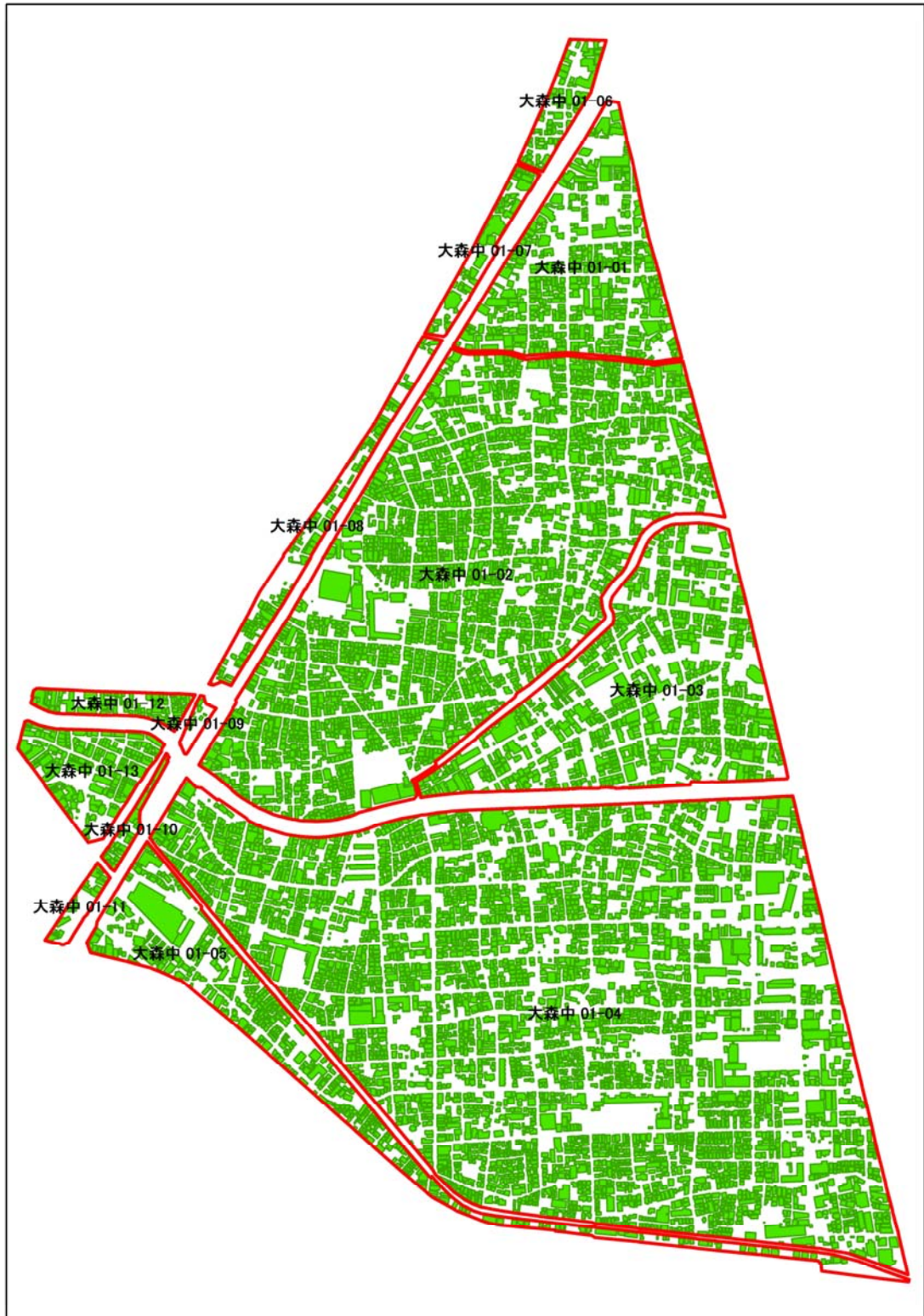


付図 3.11 立石・四つ木地区

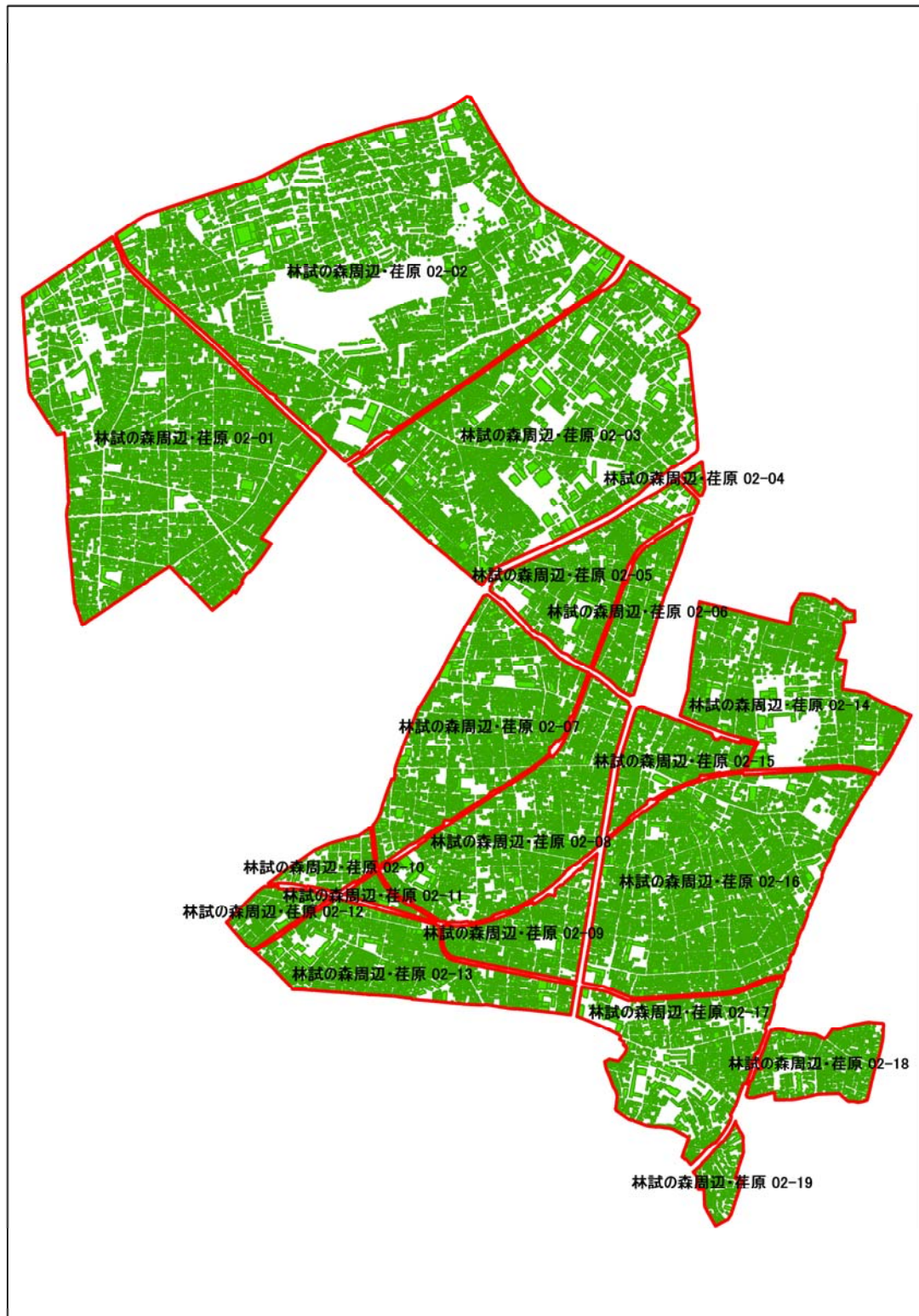
付録 4 : 重点整備地域 GIS データ (その 2)

第 5 章、第 6 章の分析に使用したデータ。

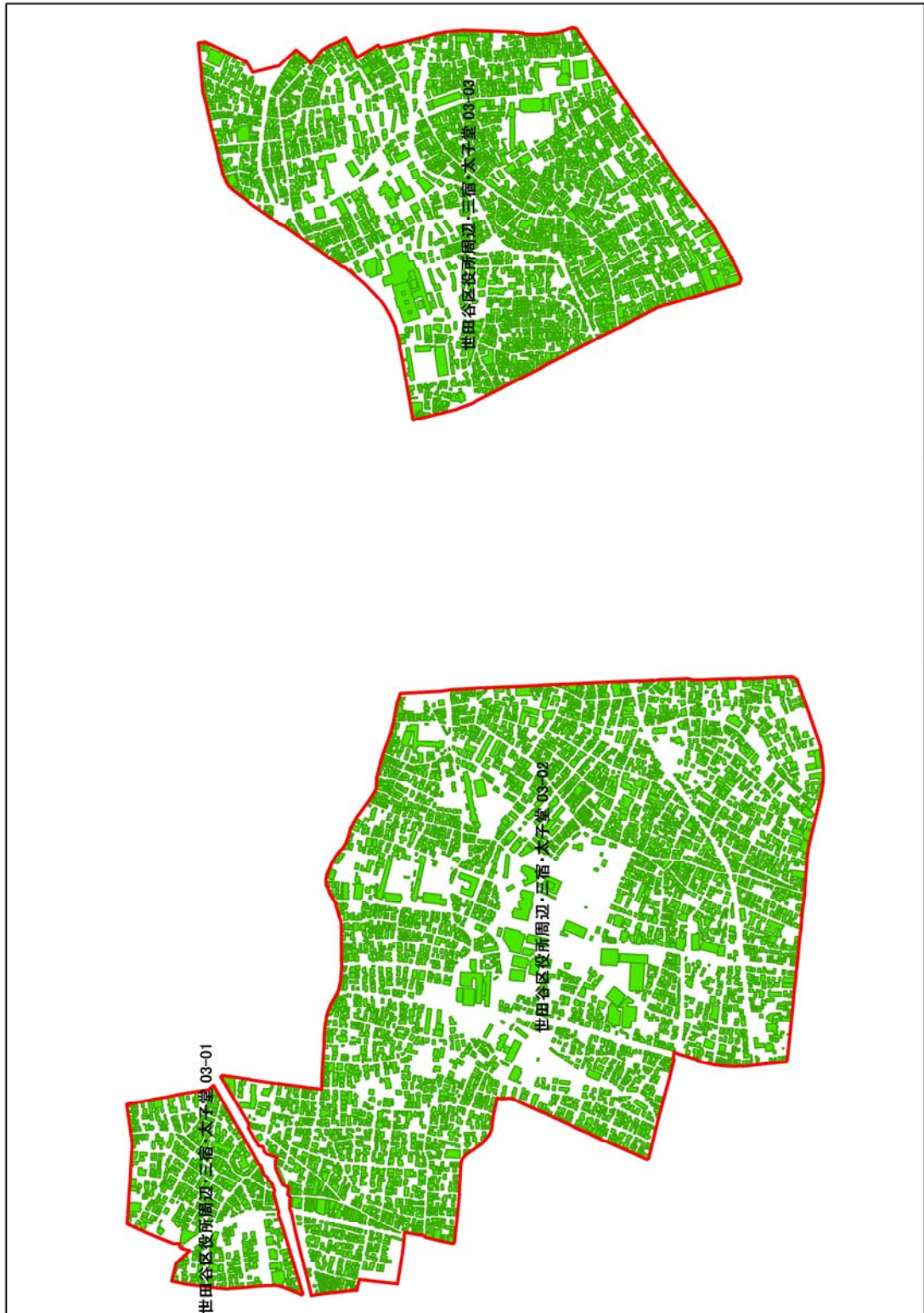
「東京都都市計画地理情報システム」のうち、平成 3～4 年度公表・平成 8～9 年度公表・平成 13～14 年度公表の 3 時点のデータを基に作成。ただし、ここでは平成 8～9 年度公表のデータを基に作成した分のみ掲載する。また、属性データは省略する。



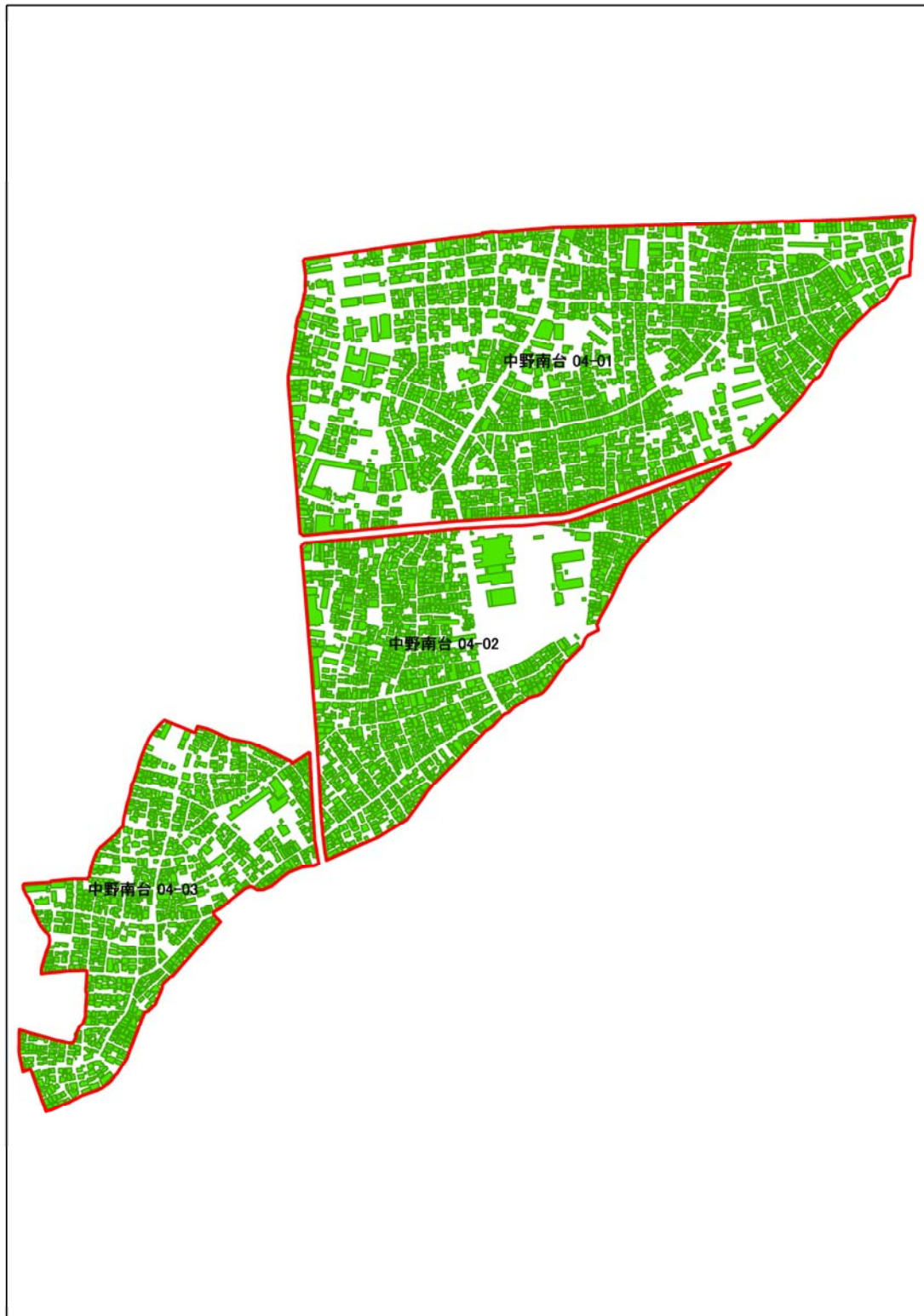
付図 4.1 大森中地区



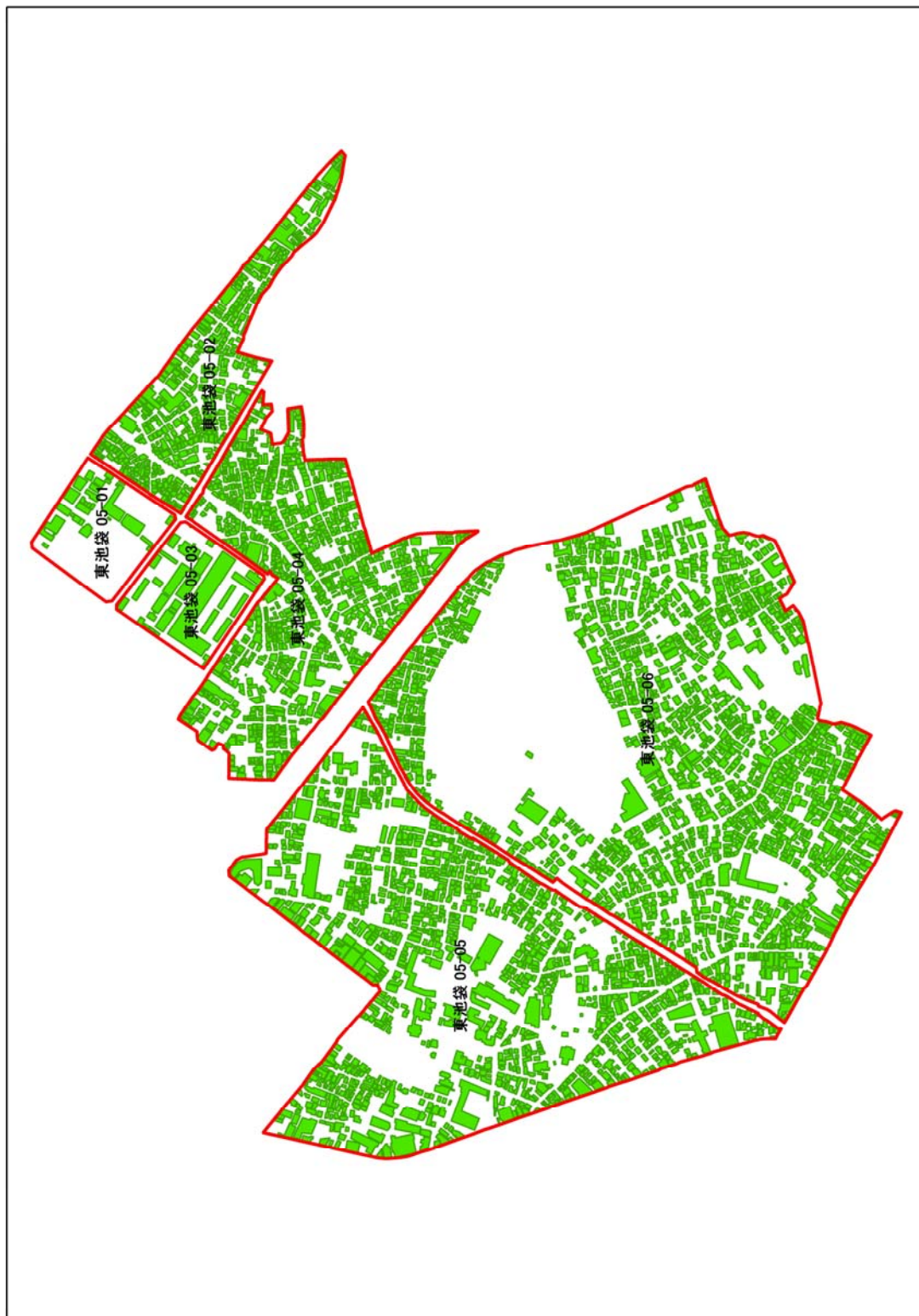
付図 4.2 林試の森周辺・荏原地区



付図 4.3 世田谷区役所周辺・三宿・太子堂地区



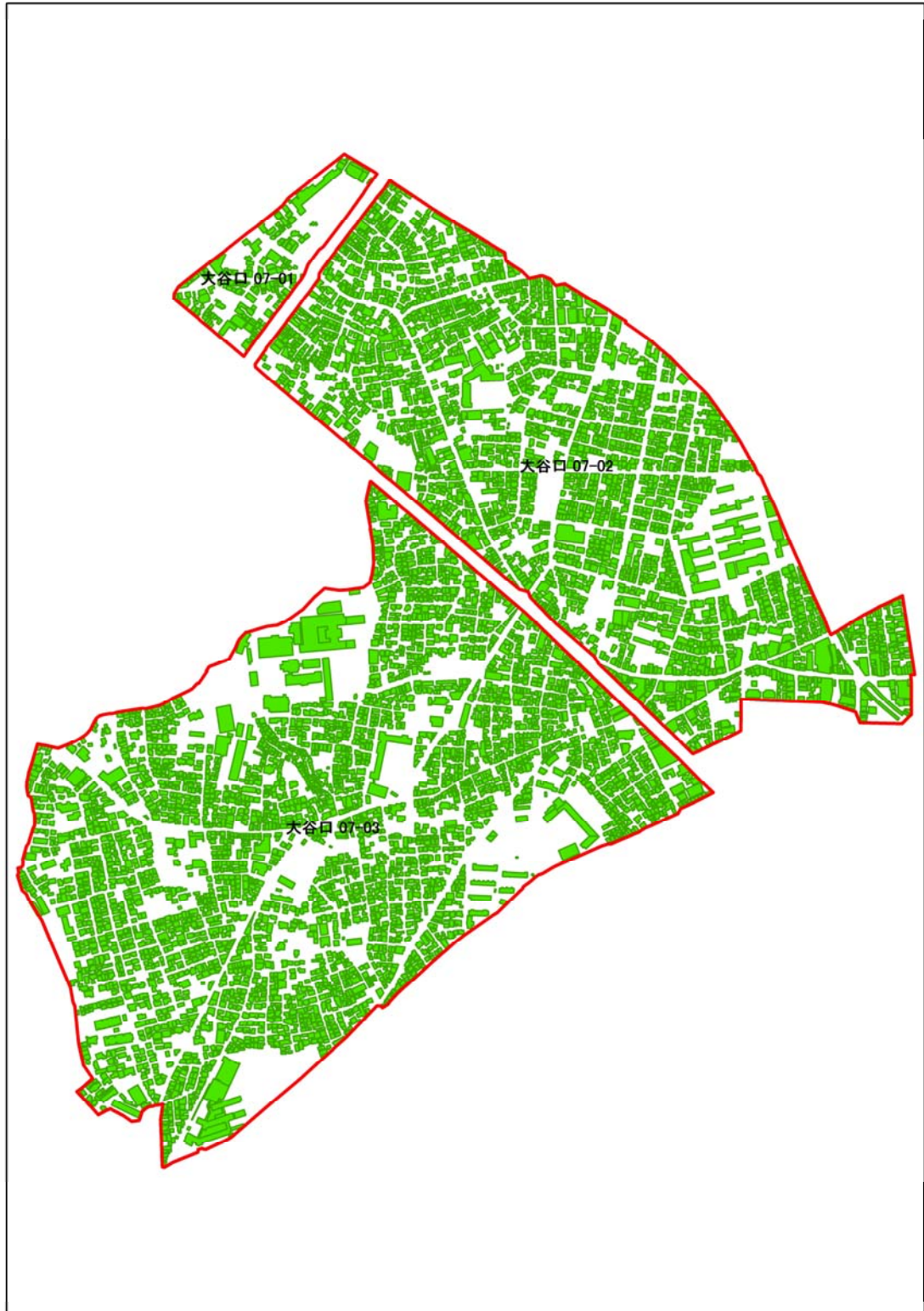
付图 4.4 中野南台地区



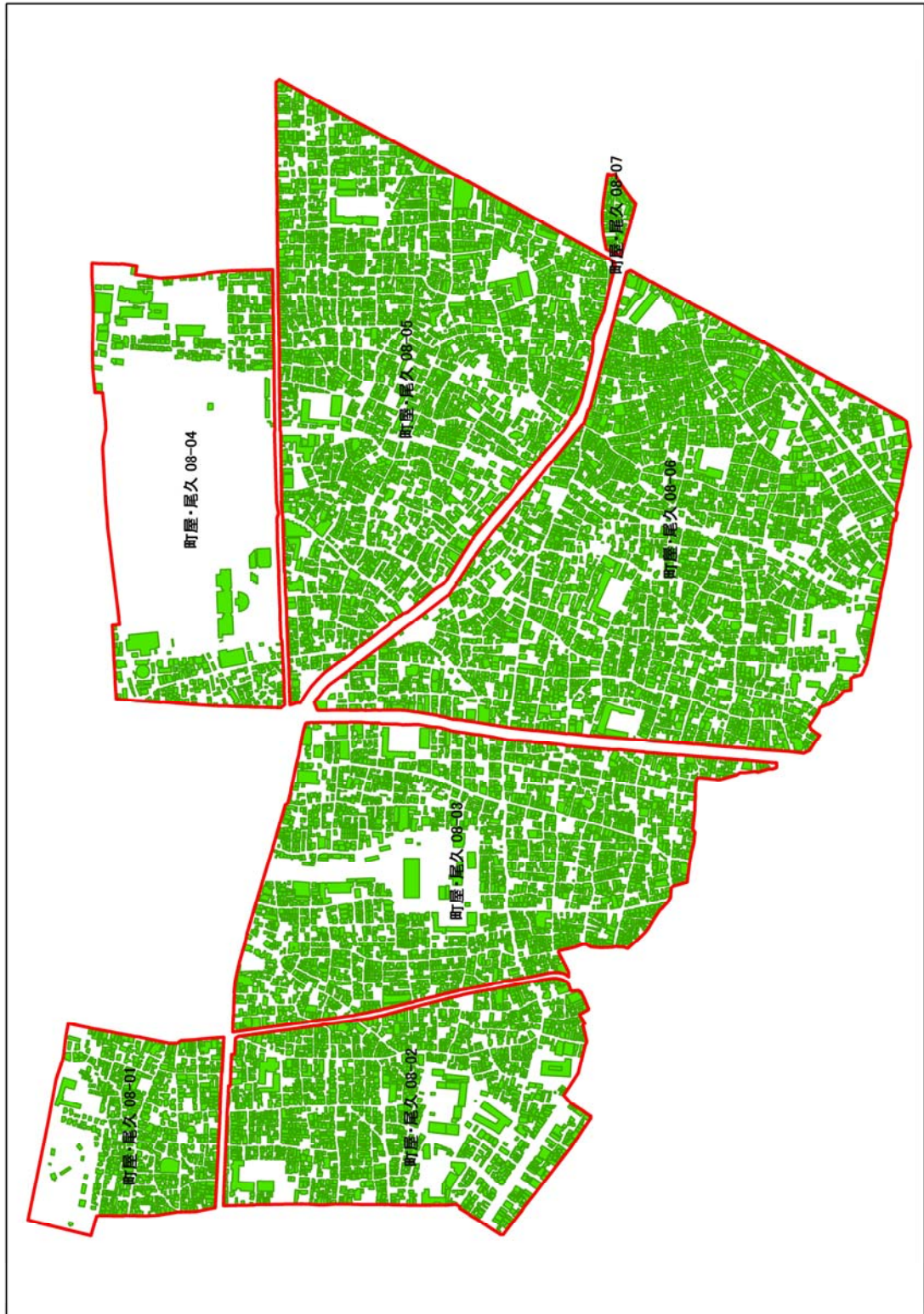
付図 4.5 東池袋地区



付图 4.6 十条地区



付図 4.7 大谷口地区



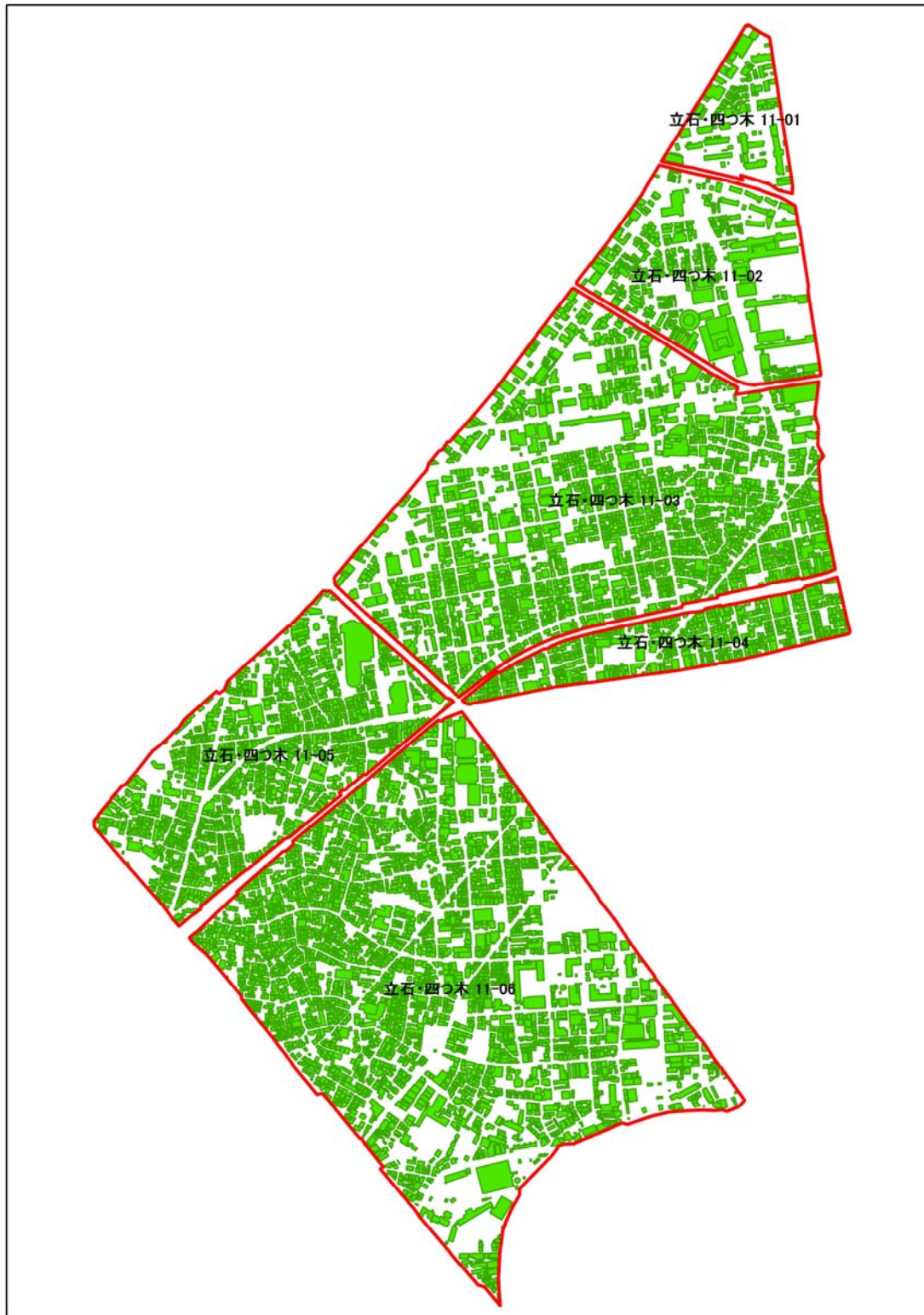
付图 4.8 町屋・尾久地区



付図 4.9 西新井駅西口周辺地区



付図 4.10 鐘ヶ淵周辺・京島地区



付図 4.11 立石・四つ木地区