

## 東京都地理情報システムを用いた土地・建物の密集状態の分析

1. はじめに
2. 東京都東部の土地利用の分析
3. 建物データを用いた有効空地の分析
4. 建物構造を考慮した隣棟間隔の分析
5. おわりに

島田由起\*  
 吉川徹\*\*  
 阪田知彦\*\*\*  
 青木隆道\*\*\*\*  
 堀彰男\*\*\*\*

### 要 約

本研究は、地理情報システム（GIS）技術を利用して、防災の観点を考慮しつつ、土地と建物の両面から東京の市街地の密集状態を把握することを目的として行った。

この目的のため、まず東京23区を中心とした東京都東部の土地利用を分析した。分析にあたっては1989、94年の国土地理院細密数値情報の10メートルメッシュデータを用いた。対象地域は500メートル四方のグリッドに分割して、集計単位とした。分析対象とする土地利用は工業用地、一般低層住宅地、密集低層住宅地、空地とした。そして土地利用構成比、時系列変化、およびjoin分析の変形である辺率によって隣接集塊性を把握した。

続いてこの結果から、墨田区京島2丁目、豊島区南長崎3丁目、世田谷区北沢4丁目、杉並区今川1丁目を対象地域として選び出した。これらの町丁目について、まず建物の影響を受けない空地である有効空地を抽出して分析した。さらに、木造建物・防火造建物・耐火造建物といった建物の構造種別を考慮して、建物の隣棟間隔を建物のクラスタリングによって分析した。

### 1. はじめに

本研究は、地理情報システム（GIS）技術を利用

して、土地と建物の両面から東京の密集度を把握することを目的として行ったものである。

東京は歴史的に幾多の地震災害を乗り越えてきた。関東大震災以来は地震災害には遭遇していな

\*NTT東日本株式会社

\*\*東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻・都市研究所兼任研究員

\*\*\*東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻（博士課程）

\*\*\*\*東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻（修士課程）

いが、新潟地震をきっかけとして1970年代以降ハード・ソフトをあわせて防災への営々たる努力が重ねられている。それにもかかわらず、地震災害への備えは完全であると言い切ることはできない。地震災害に対する東京の弱点として、建物の大部分は木造で人口も建物も高密度である点や、人口や交通量が多く、土地利用が混在している上に、道路や空地が不足した基盤未整備の木造密集市街地も多い点などが指摘されてきた。

そこで、本稿では東京では土地利用がどのように混在し、建物がどのくらい密集しているか数値的かつ視覚的に把握することを目的とする。

防災を考慮しつつ土地利用混合を分析するには、土地利用構成比に加えて、同種や異種の土地利用の集塊・隣接の度合いの分析も重要である。このための分析手法として、玉川（1982、1986）や吉川（1995、1997、1998、1999）などのメッシュ土地利用データを基本としたjoin分析がよく使用される。

また、建物が密集している度合いを示す尺度としては、一般に建蔽率が用いられている。しかし、災害時の延焼防止や避難路の確保などの防災上の問題、あるいは日照や通風といった都市環境の問題、景観などの諸問題を扱うには、これだけでは十分とは言えない。すなわち、これらの問題においては、建物間の隣棟間隔が重要な事項のひとつであり、ただ単に建築面積としての建蔽率だけではなく、建物同士の配置具合を考慮した指標が必要となってくる。この観点からの既往研究としては、有効空地に着目した東京大学工学部都市工学科日笠研究室（1978）、腰塚ら（1988、1989）、野沢（1992）、郷田（1997）、建物の隣棟間隔に着目した槻橋ら（1996）、斉藤（1999）、延焼に着目した糸井川（1988、1990）、加藤、小出（1999）、加藤、久貝ほか（1999）が挙げられる。

以上の既往研究を踏まえて本研究では、まず東京23区を中心として東京都東部の土地利用分析を行なうことで、広域的に密集度について把握した。さらに詳細な分析の対象地域として4町丁目を選び、これを単位として、建物の影響を考慮した有効空地の分析、建物構造を考慮した建物の隣棟間

隔の分析によって、局所的に密集度を把握して考察を行なった。

## 2. 東京都東部の土地利用の分析

### 2. 1 対象地域、集計単位、使用データ

対象地域は東京都の23区から多摩地区の多摩川北岸の立川市までとする。これを500メートル四方のグリッドに分割して、集計単位とした。使用する土地利用データは、1989、94年の国土地理院細密数値情報（建設省国土地理院監修、1998）の10メートルメッシュ土地利用データである。

### 2. 2 分析方法

まず土地利用を論じる場合に基本となる土地利用構成比について分析を行い、時系列変化を調べた。特に、比較的建物が多く密集している住宅地に着目して、工業用地、一般低層住宅地<sup>a</sup>、密集低層住宅地<sup>b</sup>、および防災を考える上で重要である空地系（ここでは、農地、道路用地、公園緑地とする）の分布について分析した。

続いて、低層住宅地から空地系への隣接量を把握するために、join分析の変形である辺率（吉川、1999）を用いて分析を行った。その手法は、低層住宅地の各メッシュについて、その周囲の4本の辺（join）のうち空地系に接している辺の比率を求めて、その平均値（低層住宅地に隣接する空地系の辺率）を採るものである。この値が大きいほど、低層住宅地は空地に多く接していると考えられる。

### 2. 3 土地利用構成比とその変化

図1に、土地利用構成比とその1989年から94年までの変化を図示した。これをもとに土地利用構成と時系列変化について考察する。

#### (1) 工業用地

工業用地は、墨田、葛飾、荒川、足立、江東などの城東地域と大田、品川、目黒の城南地域に多く分布している。城東地域には日用消費財工業の

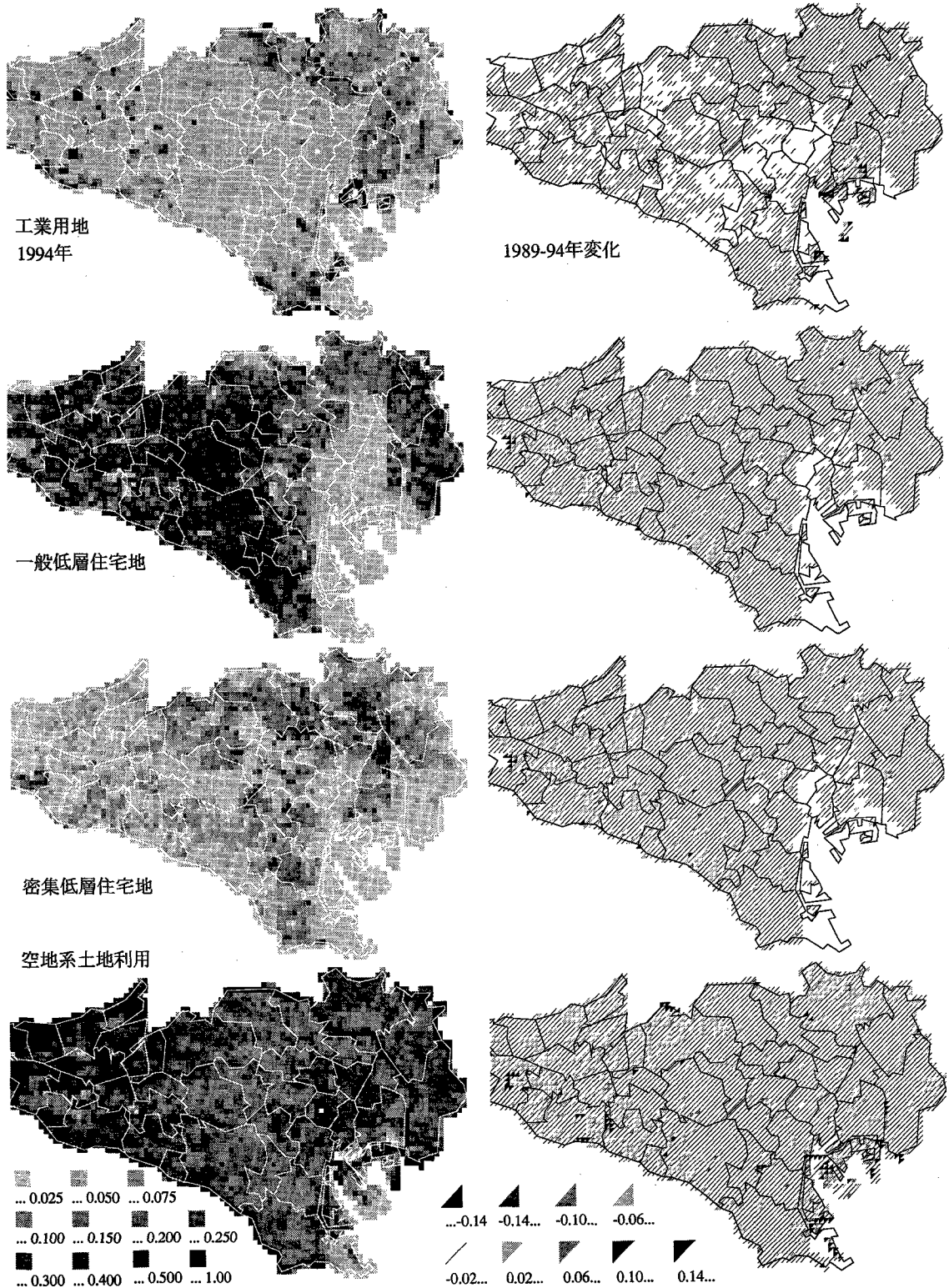


図1 東京都東部の土地利用構成比とその時系列変化

中小零細工場、城南地域には京浜工業地帯からの下請けである機械金属工業の中小工場が集まっているとかねてより指摘されている(関、1995)。時系列変化をみると江東区など臨海地域で増減が目立つ。

#### (2) 一般低層住宅地

一般低層住宅地は、都心部とその他の地域で傾向が明確に異なる。特に多く分布するのは杉並や世田谷で、区内の大部分を占める。その他、武蔵野市、小金井市などの中央線沿線の地域に多く分布していることがわかる。1989～94年には、市部での増加が目立ち、鉄道駅から遠い地域でも増加が見られるようになった。

#### (3) 密集低層住宅地

密集低層住宅地は、工業用地が多く分布する地域と重なる傾向にあり両者が混在していることがわかる。墨田を中心とする地域と大田区である。その他、中野、練馬、杉並にまたがる地域、豊島、北、板橋の城北地域、世田谷、渋谷にまたがる地域に多い。時系列変化は比較的小さいが、足立、墨田では減少している。

なお、一般低層住宅地と密集低層住宅地の分布には、両者の分類の問題などにより、地図に特有のパターンが出てしまうことがある。上記の結果はそれを勘案して解釈する必要がある。

#### (4) 空地

空地は、オフィスが集中する都心部には多く、逆に一般低層住宅地が多い地域では少ない。一般低層住宅地と同様、中央線沿線の地域では、空地は少なくなっている。

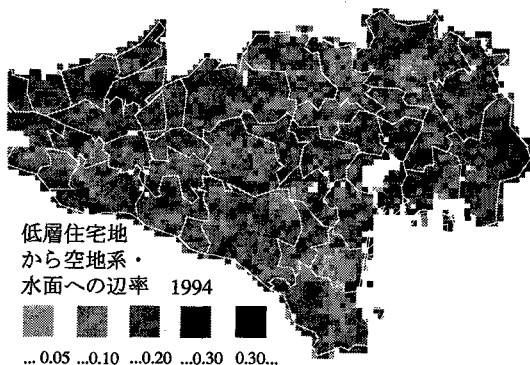


図2 低層住宅地に隣接する空地の分布

## 2. 4 辺率による隣接性の分析

図2は、一般低層住宅地と密集低層住宅地を合わせた低層住宅地に隣接する空地系に水面を加えた辺率を求めたものである。台東、文京、墨田で割合が高いのは、広い道路が多いからだと考えられる。全体的に山手線の外側と中央線沿線の地域は、空地に接する割合は少ないことが読み取れる。

## 3. 建物データを用いた有効空地の分析

### 3. 1 対象地域、使用データ

土地利用構成比の分析結果と東京都住宅局(1997)「木造密集地域整備プログラム」の「早急に整備すべき市街地」から、対象地域として4町丁目を選定した(図5)。住宅地と工業用地が混在する墨田区京島2丁目(以下、京島)、密集低層住宅地の豊島区南長崎3丁目(以下、南長崎)、一般低層住宅地の世田谷区北沢4丁目(以下、北沢)、それらと比較のための杉並区今川1丁目(以下、今川)である(表1)。

なお、使用する建物データは1996年の東京都都市計画地図情報システムの建物用途データであり、(株)インフォマテイクスのGISであるSISを使って解析を行った。

### 3. 2 市街地密集度指標としての有効空地

建物の密集度を示す最も基本的な指標は建蔽率である。建蔽率を1から引けば空地率が求められる。しかし建蔽率や空地率だけでは、それぞれの建物の相互の位置関係や隣棟間隔、空地の規模など、建物の密集度を論じるために不可欠な情報が得られない。特に本研究では防災を考慮しているので、実際に有効な空地に着目した分析を行いたい。

そこで、東京大学工学部都市工学科日笠研究室(1978)、腰塚ら(1988、1989)、野沢(1992)、郷田(1997)らによる有効空地の研究を参考に、建物から $r$ (m)だけ張り出している部分(図3)(以下、バッファと呼ぶ)を使用困難な微少な空地として建物に含め、残った土地を有効空地と定義

表1 対象4町丁目の諸元

町丁目名	市街地面積 (㎡)	法定建蔽率	法定容積率	道路率 (*1)	空地率 (*2)	建物棟数	建物構造構成比 (%)			建物用途構成比 (%)					
							木造	防火造	耐火造 (*3)	施設・事務所	住商併用	専用住宅	住工併用	工場	その他
京島2	77,093	60%	200%	4.2%	1.5%	656	27.7	68.3	4.0	2.4	19.2	66.8	10.4	1.2	-
南長崎3	147,117	60%	200%	6.3%	1.6%	919	7.4	84.5	8.1	4.5	4.8	89.5	0.3	0.9	-
北沢4	179,547	50%	150%	1.0%	1.7%	835	11.3	83.2	5.4	3.0	14.8	80.0	1.3	0.9	-
今川1	135,964	50%	100%	10.4%	10.2%	332	9.9	75.6	14.5	1.7	5.2	91.5	0.1	0.1	0.1

東京都都市計画地図情報システムと東京都消防庁 (1995) より作成した。

- \*1 震災時通行可能道路で、(1) 地盤軟弱地域で7.5m、(2) (1)以外の地域で6.5m、(3) 空地、耐火造建物等に面した道路で5.5mの幅員を有する道路が市街地面積に占める割合である。
- \*2 大規模空地で、(1) 幅員40m以上の河川、軌道等及びこれに連なる用地からなる不燃領域、(2) 短辺40m以上で面積が3000㎡以上の公園、墓地、運動場及びその他の空地で当該部分にある建物の建蔽率が2%以下の不燃領域が市街地面積に占める割合である。
- \*3 東京都都市計画地図情報システムの建物用途データで分類されている簡易耐火造は、防火造に含めた。

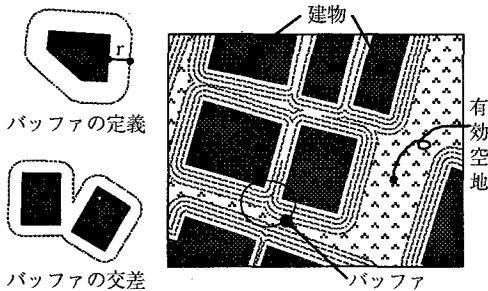


図3 バッファの定義

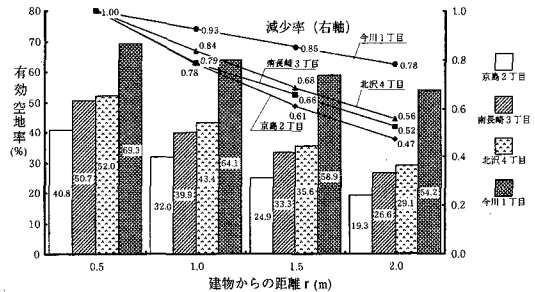


図4 対象4町丁目における有効空地率の変化と減少率

する。

ここでは、対象地域の建物1棟1棟からの距離がそれぞれ0.5m、1.0m、1.5m、2.0mのバッファを作成した。図6の左列に京島2丁目の例を示す。

### 3. 3 有効空地率による分析

バッファと建物を合わせた総面積を計測し<sup>3)</sup>、市街地面積からそれを取り除いた面積の割合(有効空地率)を求め、建物からの距離が大きくなるにつれて有効空地の減少の様子を表した(図4)。

今川は、有効空地率が非常に高く、バッファが2.0mのときであっても80%近くであった。減少率のラインはほぼ直線を描いている。南長崎と京島の減少率を比較すると、建物からの距離が0.5mと1.0mのときはほぼ同じであるが、距離が大きくなるにつれて、南長崎は傾きが緩やかになっている。これは、建物から離れた所にまとまった空地が多いことによるものと考えられる。

## 4. 建物構造を考慮した隣棟間隔の分析

### 4. 1 構造別の密集性

延焼防止の観点からは、木造の多いところは防火造の多いところよりも相対的に隣棟間隔は広くなければならない。このことから、建物の隣棟間隔や密集性の分析にあたっては、建物の構造種別を考慮する必要があると考えられる。

建物の密集性については前述の有効空地に関連した研究の他に、最近の研究として次のものがある。齊藤(1999)は千葉県浦安市を対象に近接する建物の数、距離、規模の分布を求めている。また、加藤、小出(1999)、加藤、久貝ほか(1999)は、格子状市街地や連続空間でのポアソン分布によるランダムな市街地の理論モデルにおいて、木造建物の延焼現象をパーコレーションによってモ

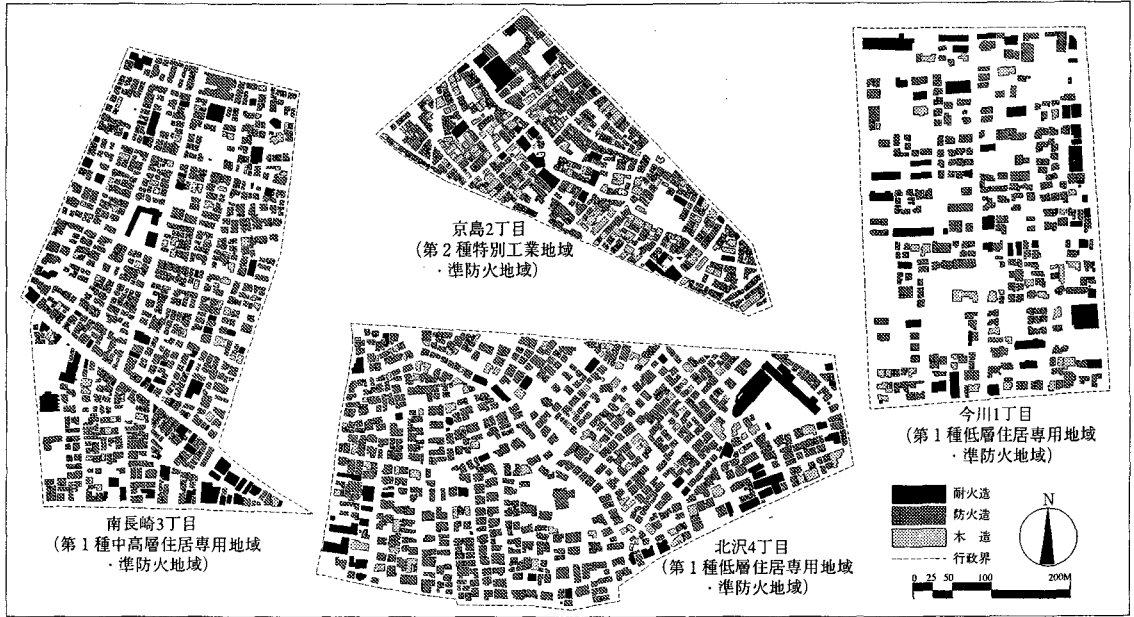


図5 対象地域（地域指定と構造別建物分布）

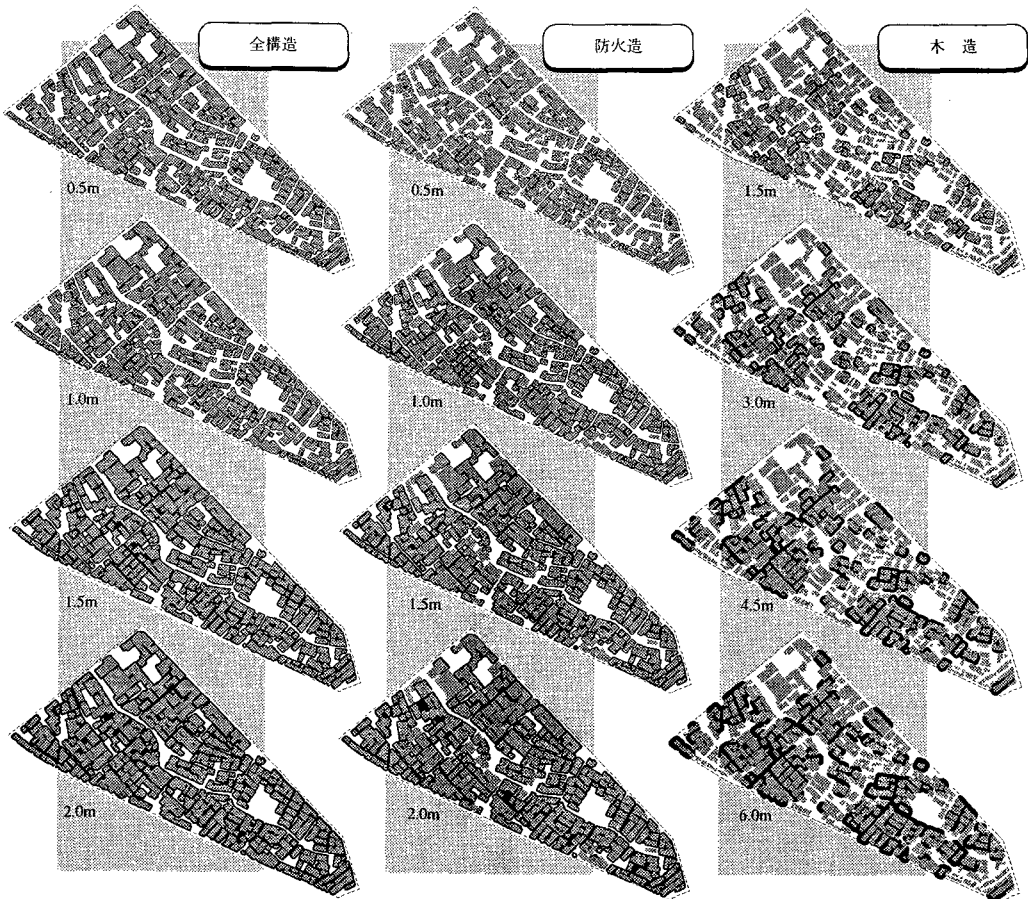


図6 建物データへのバッファ生成の例（京島）

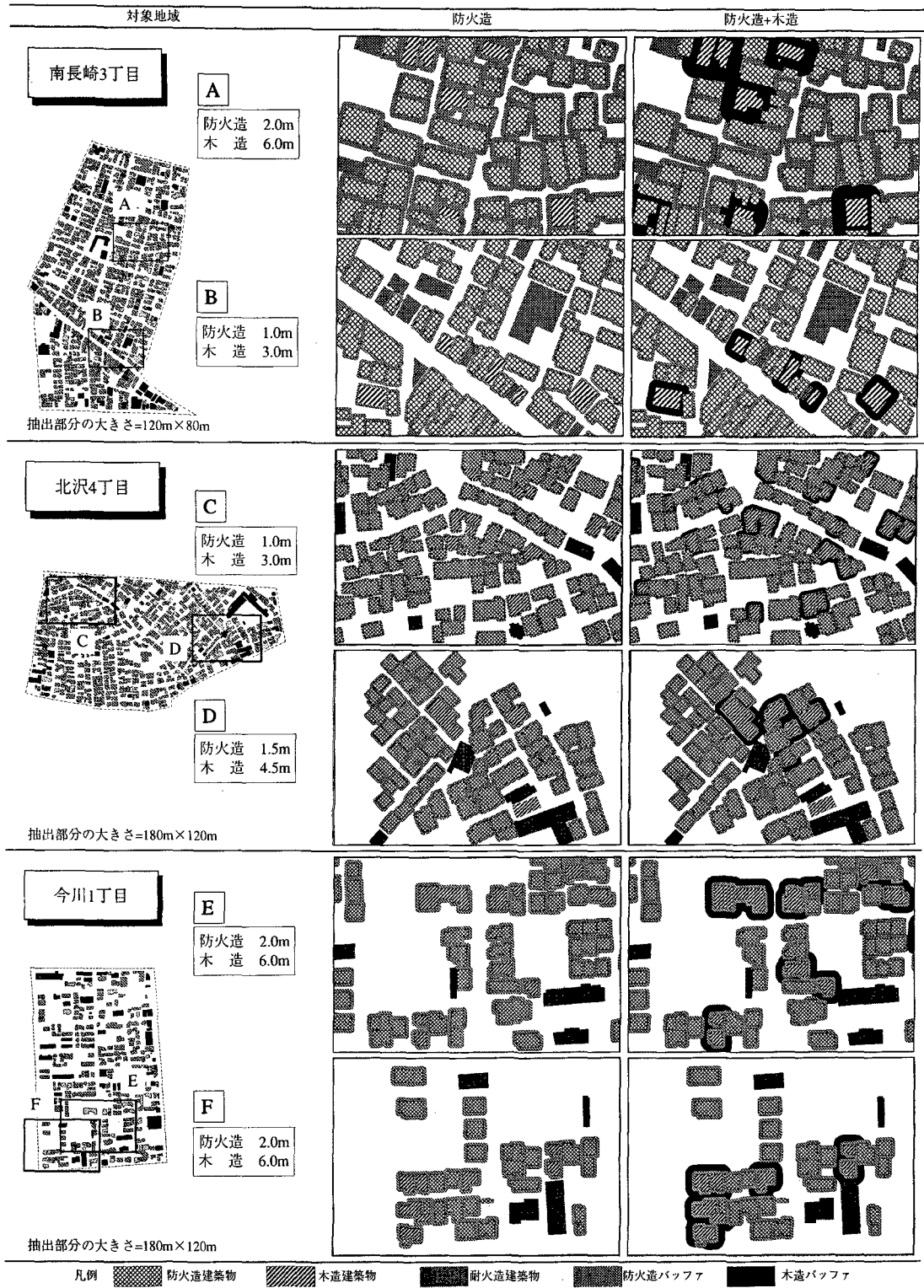


図7 構造別の延焼モデルに基づいた建物クラスタリング

デル化した。一方、浅見（1983）は人口ドットマップの点（建物を目途として点が打たれている）から一定の距離の円を発生させるクランピング法によって、また槻橋ら（1996）は建築を点とした最近隣距離法によって、クラスタリングを試みている。しかし、建物の構造種別を考慮した観点から実際の市街地での建物の隣棟間隔や密集性を分析した例は見当たらない。そこでここでは、建物構造別の隣棟間隔に着目した分析を試みる。

#### 4. 2 建物の構造別の隣棟間隔と延焼確率

建物の構造別の隣棟間隔と延焼確率の関係については、糸井川（1988、1990）の分析結果がある。この結果によると、木造から木造、木造から防火造への延焼確率の違いは大きくない。そこで、延焼先の構造は考慮に入らず、木造が発火点のときはすべて同じと想定する。防火造についても同様に、何に移るかを考慮せずに発火点が防火造のときだけを考える。耐火造については糸井川（1990）より燃え移らないものとする。

糸井川（1988、1990）から、延焼確率が0.5のとき、出火点が木造の場合の隣棟間隔は約6mであるのに対して、防火造の隣棟間隔は約4mである。延焼確率が0.25と0.75の場合においても、木造と防火造それぞれの隣棟間隔を出した。その結果、延焼確率が同じときの出火点が木造と防火造の隣棟間隔比は、おおよそ1.5：1と考えられる。

この構造別の隣棟間隔比を考慮した図を図6の右2列に示す。図の中央列は、すべての建物から同じ幅のバッファを出したもので、発火点が防火造である延焼の状態に対応する。右列は、建物構造を考慮して延焼確率が同じになるように幅を定めてバッファを出したものであり、発火点が木造である延焼の状態に対応する。例えば、耐火造以外の建物すべてにバッファ0.5mを与えると、隣棟間隔は1.0mになる。これを防火造の隣棟間隔と考えれば、同じ延焼確率の木造の隣棟間隔は1.5mである。このように、防火造が1.0m、1.5m、2.0mのバッファを作図すれば、それに対応する隣棟間隔比を考慮した木造のバッファは、3.0m、4.5m、6.0mとなる。

#### 4. 3 建物のクラスタリング

さらに詳細に検証するため、対象地域の4町丁目ごとに、建物構造を考慮した隣棟間隔によって建物のクラスタリングを行った。比較のために、防火造のバッファと木造のバッファの図を重ね合わせて特徴をつかむ作業を行った（図7右列）。

木造は、防火造と防火造のブリッジ効果を果たしてしまい、防火造だけのときはなかったつながりが対象地域の至るところにできてしまうことがわかった（図7のA、C、D、F）。これは、木造が大規模な延焼を助長する可能性があることを表している。逆に、同じ木造のバッファを6.0mにとったものでも、図7のEのように、隣棟間隔が広いために木造が防火造と防火造のつなぎ目の役目をしていない例も見られた。

また、図7のDやFは、耐火造があるためにクラスターが遮断されている例である。もしこの建物が木造あるいは防火造であったならば、これが逆にブリッジとなってクラスターが連続してしまい、延焼の可能性が高まることになる。

#### 5. おわりに

本稿では、土地と建物の両面から、密集度についての分析を行った。実際の建物の形状、属性を用いることで、数値的かつ視覚的な分析を行うことができた。各地域の特徴をまとめる。

京島は、南長崎、北沢と比べて、空地率は変わらないが、有効空地率はかなり低く、密集していることがわかった。また、木造が30%近くを占めているので、構造別の隣棟間隔の分析では、延焼の危険性がかなり広範囲に渡っていた。

南長崎と北沢は数値に大きな差はなかったが、長崎を横切る目白通り沿いの密集度が高かった。

他の3つの地域と比較のために選んだ今川は、専用住宅が90%を越えているのにもかかわらず、耐火造が多く、道路率、有効空地率も他の地域より高かったのが特徴である。今川のように、建物からのバッファを2.0mつまり隣棟間隔を4.0mとっても有効空地率は80%近くであった。



## 注

- 1) 一般低層住宅地とは、3階以下の住宅用建物からなり、1区画あたり100m<sup>2</sup>以上の敷地で、建物の密集していない住宅地である。
- 2) 密集低層住宅地とは、3階以下の住宅用建物からなり、1区画あたり100m<sup>2</sup>未満の敷地で、建物の密集している住宅地である。
- 3) 1996年の東京都都市計画地図情報システムの行政界データを(株)エーアンドエーのCADソフトウェアであるMiniCADで計測した。SISとMiniCAD上での計測精度については、小数点第2位以下に若干の測定値の違いが見られたが、これはソフトの内部精度に依存することでもあるので、安全圏に収まっていると考える。

## 参考文献

- 浅見泰司「クランピング法による幹線道路付近の人口分布の分析」、『日本都市計画学会学術研究論文集』18, p.31-36, 1983.
- 郷田桃代「既成市街地における建物と空隙の立体的特性に関する研究-東京の高密度地域を対象としたケーススタディーを通して-」、『日本都市計画学会学術研究論文集』32, p.493-498, 1997.
- 糸井川栄一「飛火を考慮した市街地火災の確率延焼モデル」、『日本都市計画学会学術研究論文集』23, p.469-474, 1988.
- 糸井川栄一『市街地における出火・延焼危険評価手法に関する基礎的研究』東京工業大学学位論文, 第3章, p.99-186, 1990.
- 加藤孝明・小出治「市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察-不燃領域率による性能基準の一般化-」、『日本建築学会計画系論文集』516, p.185-191, 1999.
- 加藤孝明・久貝壽之・小出治・南部世紀夫・出原至道「市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察(その2)-有限領域への展開-」、『日本建築学会計画系論文集』525, p.241-248, 1999.
- 建設省国土地理院監修『数値地図ユーザーズガイド(第2版補訂版)』日本地図センター, 1998.
- 腰塚武志「隣棟密度に関する理論的研究」、『日本都市計画学会学術研究論文集』23, p.19-24, 1988.
- 腰塚武志・古藤 浩「隣棟密度による有効空地の推定」、『日本都市計画学会学術研究論文集』24, p.337-342, 1989.
- 野沢康「低層高密度住宅市街地における街区空地による環境整備手法の研究」東京大学大学院工学系研究科博士論文, 1992.
- 斉藤千尋「配置構成による建物の独立性」、『日本都市計画学会学術研究論文集』34, p.649-654, 1999.
- 関満博『地域経済と中小企業』ちくま新書, 筑摩書房, 1995.
- 玉川英則「土地利用の秩序性の数理的表現に関する考察」、『日本都市計画学会学術研究論文集』17, p.73-78, 1982.
- 玉川英則「都市内における土地利用の秩序性の計量的表現に関する研究」東京大学工学系研究科都市工学専門課程博士論文, 1986.
- 槻橋修・原広司・藤井明・南泰裕「住居配置の幾何学的形態に関する研究-その1; クラスター分析を利用した最小全域木の描画」、『日本建築学会大会学術講演梗概集』E-1, p.751-752, 1996.
- 東京大学工学部都市工学科日笠研究室『住宅市街地の計画的制御の方策に関する研究(I)』第一住宅建設協会, 1978.
- 東京都住宅局『木造住宅密集地域整備プログラム』1997.
- 東京都消防庁『東京都の市街地状況調査報告書』1995.
- 吉川徹「メッシュ当たりの同一辺数による土地利用の集塊性の分析手法」、『総合都市研究』56, p.61-71, 1995.
- 吉川徹「メッシュデータに立脚した土地利用の集塊性の把握手法について」、『日本建築学会計画系論文集』495, p.147-154, 1997.
- 吉川徹「同辺率にもとづく東京都多摩地域南部の土地利用の集塊性の分析」、『総合都市研究』66, p.69-76, 1998.
- 吉川徹「メッシュデータに立脚した同種・異種土地利用の集塊性の把握手法」、『日本建築学会計画系論文集』520, p.227-232, 1999.

## Key Words (キー・ワード)

Geographical Information System (GIS) (地理情報システム), Tokyo (東京), Land Use (土地利用), Disaster Prevention (防災), Structure of Building (建物構造), Distance between Buildings (隣棟間隔)

## An Analysis of Agglomeration of Land Use and Congestion of Buildings using the City Planning GIS of Tokyo Metropolitan Government

Yuki Shimada\*, Tohru Yoshikawa\*\*, Tomohiko Sakata\*\*\*, Takamichi Aoki\*\*\* and Akio Hori\*\*\*

\*Nippon Telegraph and Telephone East Corporation

\*\*Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

\*\*\*Graduate Student, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

*Comprehensive Urban Studies*, No.71, 2000, pp.165-174

The aim of this study is to analyze agglomeration of land use and congestion of buildings in terms of earthquake disaster prevention using GIS ( geographical information systems ).

First, the land use of the eastern part of Tokyo Metropolis, which includes Tokyo 23 Ku area, is analyzed. This analysis uses the 10 meter grid land use data of Tokyo Capital Region in year 1989 and in 1994, which are supplied by the Geographical Survey Institute, Ministry of Construction of Japan. This study area is divided into 500 meter grid districts, which are used as aggregation units. The analyzed land use categories are industrial area, normal and congested residential areas of low-rise detached houses, and open space. The maps of the land use ratios of each 500 meter grid district are made and studied. The characteristics of agglomeration of land use is also analyzed using edge ratios, which are derived from JOIN COUNT statistics.

Second, considering the result above, four districts, which are Kyojima 2 Chome in Sumida Ku, Minami Nagasaki 3 Chome in Toshima Ku, Kitazawa 4 Chome in Setagaya Ku and Imagawa 1 Chome in Suginami Ku, are selected as study districts for detailed analysis. Effective open spaces, which are of a certain distance from buildings, are extracted in these study districts. The distances between buildings are also studied using a clustering method which considers the structure of the buildings in terms of fire proofing.