

Discussion Paper Series No.111
Department of Urban Engineering, The University of Tokyo

リモートセンシングによる土地被覆情報と

居住者属性分類情報を用いた広域的土地利用把握の試み

**Estimating land use in wide region from remote sensing land cover data and
demographic categorization data**

相 尚寿*1・貞広 幸雄*1

AI Hisatoshi, SADAHIRO Yukio

*1 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻
Department of Urban Engineering, The University of Tokyo

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻
Department of Urban Engineering, The University of Tokyo
7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan

リモートセンシングによる土地被覆情報と居住者属性分類情報を用いた 広域的土地利用把握の試み

相 尚寿・貞広 幸雄

Estimating land use in wide region from remote sensing land cover data and demographic categorization data

AI Hisatoshi, SADAHIRO Yukio

Abstract: To overview land use pattern in metropolitan area beyond municipality borders is important as fundamental information for city and regional planning. Although remote sensing is a powerful tool to overview land use in wide region, it cannot provide detailed building use. In this study, we use land cover data by remote sensing and demographic categorization, which is based on nation-wide population census, to estimate land use. First, we use land cover data to find urbanized area. Land use estimation of several land use types such as agricultural land, forest and so on are fixed at this step. Second, the areas whose land cover is built up area are divided into two groups by its population density and land use estimation will be applied to each group. The third step is the application of land use estimation, which is based on cross tabulation of land use data and demographic categorization in sample region. Finally, we discuss the estimation error between known land use data in sample region and land use estimation and the challenges for accuracy improvement.

Keywords: 広域的土地利用 (Land use in wide region)、居住者属性 (demographic categorization)、土地利用推定 (Estimation of land use)

1. はじめに

都市計画において検討すべき課題は、人口減少や高齢化への対応、環境負荷低減、防災や防犯など多岐にわたっており、各々が相互に関連している場合も少なくない。また、都市圏全体など広域におよぶ議論では、地域によって抱える課題が異なることも想定され、地域の実態に即した課題の把握と対応策の検討が求められる。この中で土地利用は地域の課題把握に有用な情報の一つである。例えば中心業務地区のような商業地では巨大な昼間人口を抱えることから交通混雑の解消や大災害時の避難誘導、住宅地では高齢者をはじめとする交通弱者のモビリティ確保や地域防犯などが課題となりうる。しかし、リモートセンシングにより農地や森林と市街地とを判別することは可能であっても、市街地を細分化して建物用途を含む土地利用を広域に把握するためには、

緻密な現地調査が必要であり、情報の収集や更新は容易ではない。

他方、居住者属性情報は、国勢調査などにより定期的かつ全国的に調査が行われており、情報の入手および更新が比較的容易に可能である。本稿では、地域の土地利用の傾向と居住者属性の傾向には一定の関連があるものと考えられる点に着目し、リモートセンシングによる土地被覆情報と居住者属性情報を用い、広域的な土地利用の推定を試みる。

2. 対象地と利用データ

土地被覆データは、国土数値情報で公開されている「土地利用細分メッシュデータ(2006年)」を用い、居住者属性データはアクトン・ウインズ(株)によるMosaicJapanを用いた。MosaicJapanは居住者属性に基づき町丁目単位で類型化を行った、マーケティング

グ利用に主眼をおいたデータであり、町丁目ごとに居住者属性による類型が対応付けられている。これを東京大学空間情報科学研究センターのアドレスマッチングサービスにより空間データに変換した(図1)。

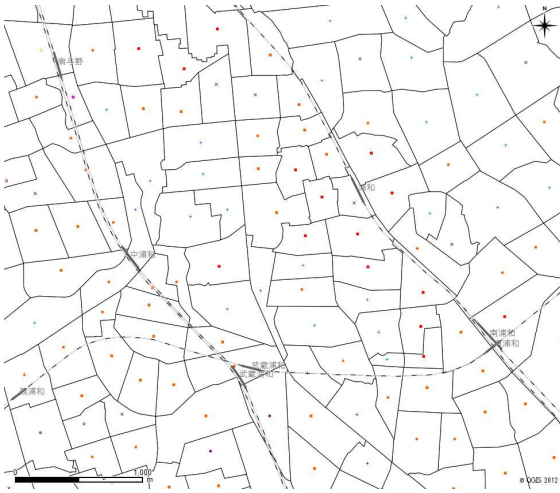


図1 空間データに変換された居住者属性類型

分析対象地は土地利用データが連坦して入手できる埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県とした。各都県の都市計画基礎調査で用いられている土地利用の種類が各都県で異なるため11分類に集約して(表1)、土地利用分類別面積を町丁目単位に集計した。次に土地利用分類別面積構成比をもとにクラスタ分析を行い、町丁目を類型化した。この類型すなわちクラスタを当該町丁目の土地利用類型として解釈し、土地利用推定の教師データとした。上記の類型化手順については相(2011)、Ai(2012)を参照されたい。土地利用類型は10類型(下線部：■は地図中の色に対応)を得た。市街地では特定の建物用途に特化した住宅地■、商業地■、工業地■、特定施設が立地する公共施設■、公園■、一般的な市街地である住商混在■があり、市街地以外は農地■、森林■に大別される。このほかに、再開発中や造成中の地域が該当する空地■と、地域内の一部で市街化の進行が見られる郊外住宅■をあわせた10類型である。

表1 本研究で用いる土地利用分類

土地利用分類	対応する各都県の土地利用の種類・説明
住宅地	独立住宅、集合住宅
商業地	事務所、商業、住商併用、宿泊
工業地	工場、住居併用工場、倉庫運輸
公共施設用地	官公庁、教育文化、厚生医療、供給処理
道路	道路
公園	公園、運動場
農地	田畑、農林漁業
森林	森林、山林
その他自然地	原野、荒地、耕作放棄地
空地	屋外利用地、未利用地、用途改変中
水面	河川、水路

※相(2011)より編集して再掲

3. 分析方法

本研究の土地利用推定は3段階に分けられる。第1段階は土地被覆から市街地すなわち建物用地の抽出を行う。次に第2段階として市街地に該当する町丁目を人口密度の大小によってグループ分けを行う。最後に第3段階において教師データをもとに作成した土地利用推定を適用する。なお、第2段階で人口密度によるグループごとに異なった土地利用推定ルールを適用する。

第1段階は町丁目ごとの土地被覆を調査し、市街地すなわち建物用地の地域を抽出する。町丁目の重心を算出し、その重心が含まれるメッシュの土地被覆をもって当該町丁目の土地被覆を代表させる。このとき、建物用地によって代表された町丁目について市街地に該当すると想定し、居住者属性に基づく土地利用推定を適用する。一方、田、その他の農用地に代表された町丁目については土地利用類型が農地、土地被覆が森林で代表された町丁目は土地利用類型も森林、土地被覆が荒地で代表された町丁目は土地利用類型が空地、土地被覆が幹線交通用地で代表された町丁目は工業であるとして土地利用推定を終了する。その他の用地、河川地及び湖沼、海浜、海水域については対応する土地利用類型がないため、該当土地利用なしとして土地利用推定を適用しない。

建物用地で代表された町丁目については、教師データでの分析結果を参照して土地利用を推定する。

土地利用推定ルールは以下の手順で設定した。まず、教師データにおいて MosaicJapan の居住者属性類型と相(2011)による土地利用類型の全ての組み合

わせについて該当町丁目数を算出する(クロス集計表を作成する)。各々の居住者属性類型の中で最大数を占める土地利用類型を推定結果として採用して土地利用推定ルールとする。例えば、居住者属性類型でA01に該当する町丁目数が100であり、このうち60が教師データで土地利用類型が商業地、30が住宅地、10が公園であるとき、居住者属性類型がA01である町丁目は商業地であると推定する。なお、最大数となる土地利用類型が複数あるときは土地利用類型を一意に推定できない。

この土地利用推定ルールは、人口密度(2005年国勢調査)によって異なるルールを適用する。人口密度の基準はDIDの定義を援用し、40人/haとした。40人/ha以上および未満の町丁目に対する土地利用推定ルールは表2と表3に示した通りである。居住者属性に対して、どの土地利用類型を推定結果とするかを示している。なお、土地利用類型推定欄の-については当該居住者属性に対する土地利用類型の推定結果が一意に定まらないため、推定が行わないことを意味する。

表2 人口密度40人/ha以上の場合の土地利用推定

居住者属性	土地利用類型推定	居住者属性	土地利用類型推定	居住者属性	土地利用類型推定
A01	住宅	D17	住宅	H33	住宅
A02	住宅	E18	混在	H34	住宅
A03	混在	E19	住宅	H35	住宅
A04	混在	E20	住宅	I36	混在
B05	混在	E21	住宅	I37	混在
B06	混在	E22	住宅	I38	混在
B07	混在	E23	混在	I39	住宅
B08	-	F24	住宅	I40	混在
C09	-	F25	住宅	I41	-
C10	混在	F26	住宅	J42	混在
C11	混在	F27	住宅	J43	-
C12	混在	G28	混在	J44	公共
D13	混在	G29	混在	J45	住宅
D14	住宅	G30	混在	K46	混在
D15	商業	G31	混在	U00	住宅
D16	住宅	G32	混在	情報なし	住宅

表3 人口密度40人/ha未満の場合の土地利用推定

居住者属性	土地利用類型推定	居住者属性	土地利用類型推定	居住者属性	土地利用類型推定
A01	商業	E19	郊外	I36	工業
A02	商業	E20	-	I37	郊外
A03	公共	E21	農地	I38	工業
A04	商業	E22	-	I39	郊外
B05	混在	E23	商業	I40	郊外
B06	商業	F24	森林	I41	郊外
B07	商業	F25	郊外	J42	農地
B08	工業	F26	混在	J43	郊外
C09	公共	F27	混在	J44	農地
C10	商業	G28	工業	J45	農地
C11	公共	G29	工業	K46	郊外
C12	郊外	G30	農地	K47	郊外
D13	商業	G31	郊外	K48	農地
D14	森林	G32	商業	K49	郊外
D15	商業	H33	商業	K50	-
D16	-	H34	郊外	U00	混在
D17	混在	H35	商業	情報なし	工業
E18	混在				

4. 推定結果と教師データの一致・不一致

本稿で提案した土地利用推定による推定結果の評価にあたっては、土地利用推定を教師データと同一の対象地に適用し、教師データの土地利用類型と推定された土地利用が一致するか否かに注目する。

教師データと推定結果が一致する場合としては、以下の2種類が考えられる。

C1: 土地被覆から土地利用を推定した結果(農地、森林、空地)が教師データと一致する場合

B1: 土地被覆が建物用地であり居住者属性による土地利用推定ルールを適用した結果が教師データと一致する場合

一方、教師データと推定結果が一致しない場合もしくは推定結果を検証できない場合としては、次のものが考えられる

C0: 土地被覆から推定した土地利用(農地、森林、空地、工業)が教師データと一致しない場合

B0: 土地被覆が建物用地であり居住者属性による土地利用推定ルールを適用した結果が教師データと一致しない場合

D0: 土地被覆が建物用地であるものの居住者属性による土地利用推定が一意に定まらないため推定が行えない場合

O0: 土地被覆「その他の用地」に対応する土地利用類型がないため土地利用推定が行えない場合

- W0: 土地被覆「河川地及び湖沼」「海水域」「海浜」に対応する土地利用類型がないため土地利用推定が行えない場合
- N0: 土地被覆データが欠落しており土地利用推定が行えない場合
- X0: 教師データである土地利用データが欠落しており推定結果の検証が行えない場合

表 4 教師データと土地利用推定の一致・不一致

一致		不一致						
C1	B1	C0	B0	D0	O0	W0	N0	X0
2249	7436	2732	6585	106	1690	328	1	482

表 4 は、教師データに対して 3 章で述べた土地利用推定を適用した結果である。全体で 21609 町丁目のうち、教師データである土地利用データの欠損が 482 町丁目、土地被覆データの欠損が 1 町丁目、土地被覆データに対応する土地利用類型が存在しないため土地利用推定を行えない事例が 2018 町丁目であった。

残る 19108 町丁目について、土地利用推定を適用したところ、推定結果と教師データの土地利用類型が一致したのは 9685 町丁目、一致しなかったのは 9423 町丁目であり、半分強の町丁目で推定結果と教師データが一致した。

空間的な分布を概観すると、対象地西側や房総半島の山間部あるいは埼玉県北部の平野部で、土地被覆に基づく土地利用推定(農地、森林、空地、工業のいずれか)が教師データとよく一致している(C1)。他方、千葉県北東部や埼玉県南部あるいは神奈川県中西部では土地被覆に基づく土地利用推定が教師データと一致しない例が目立つ(C0)。これらの地域は、町丁目内に森林や農地と住宅などの建物用地が混在していると考えられ、町丁目を代表する土地被覆を重心によって判定していることによって生じる問題であると考えられる。

土地被覆で建物用地に代表された町丁目には表 2 または表 3 の土地利用推定ルールが適用される。結果と教師データが一致した(B1)は、東京都心部から

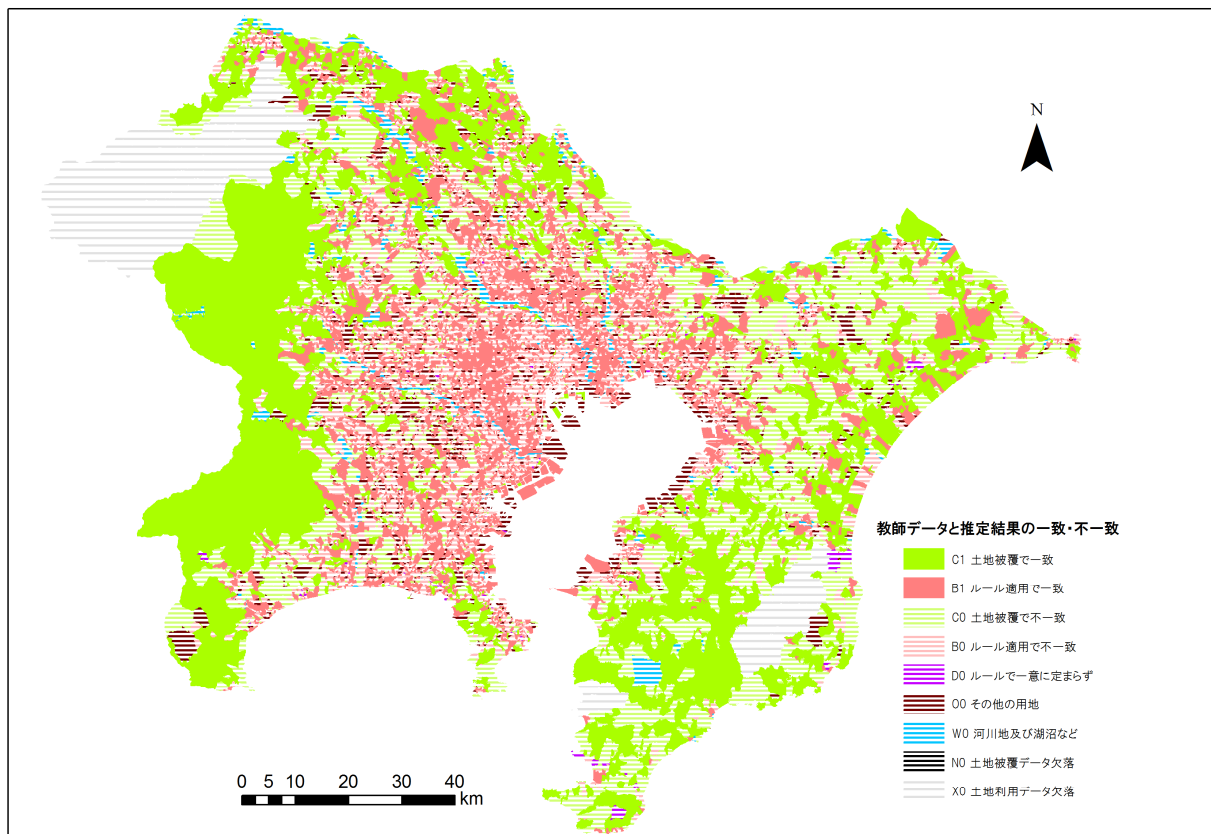


図 2 教師データと土地利用推定結果の一致と不一致の空間分布

10km 程度の距離の町丁目に多く見られる。これと対照的に東京都心部および都心から 20~30km 圏の町丁目では、土地利用推定ルールを適用したものの推定結果と教師データが一致しない(B0)町丁目が多くみられる。この地域では土地利用の傾向と居住者属性の対応関係が見出しにくい地域であると考えられる。B0 は推定結果と教師データが一致しない要因のうち、最大のものであることから、推定方法の改善が全体の推定精度向上に与える影響も大きい。土地利用の傾向と居住者属性の関係や推定精度向上の可能性については議論を継続する必要がある。

土地被覆に対応する土地利用類型を定義していない事例(O0 と W0)は広範囲に分布している。当然の結果ではあるものの、土地被覆「河川地及び湖沼」「海水域」「海浜」に該当する W0 は主に江戸川、荒川、多摩川流域に連続して見出される。一方、土地被覆「その他の用地」に該当する O0 は東京湾岸の工業地帯、羽田空港、成田空港、横田基地などが面積の大半を占めているものの、その他にも多数が広範囲に分布しており、一方で相対的に数が少ないため空間的な分布傾向を見出しにくい。

土地利用推定ルールで一意に土地利用推定結果を定めることができない事例である D0 は、さらに数が少ないため、空間的な分布傾向を議論することは困難であろう。

5. 土地利用推定の精度向上に向けた考察と課題

前章で整理した教師データと土地利用推定結果が一致しない事例のうち N0 と X0 に関してはデータ欠落が原因であり手法の妥当性の議論には直接寄与しない。このため 4 章でも空間的な分布傾向の議論は行わなかった。

O0 と W0 は土地被覆による把握は可能であるものの対応する土地利用類型を定義していないため土地利用推定結果を得ることができていない。例えば W0 が主要河川沿いに集中している結果は、河川沿いの土地に加えて河道部分までを町丁目ポリゴンに含んでいるために重心が河川地に入った例が多いこ

とを示しており、実際に「その他の用地」や「河川地及び湖沼」などが面積の大半を占める町丁目が存在することは考えにくい。このため、土地利用類型を見直すことよりも、町丁目と土地被覆メッシュのデータを重ねた際、町丁目の土地被覆をいかに代表させるかという議論に還元されるものと考えられる。C0 についても類似した議論が可能である。例えば空間的な分布の観察でも述べた通り、住宅地と森林が混在する町丁目は一般的に想定されるものの、その重心がどちらの土地被覆メッシュに含まれるかで推定結果が変化するため、町丁目を代表する土地被覆の選定方法には議論の余地があると考えられる。C0 に該当する町丁目は 2732 に達しており、教師データと推定結果が不一致になる件数としては 2 番目に多い。土地被覆によって土地利用推定が終了し、その結果が教師データと一致する場合である C1 の町丁目数は 2249 に留まっており、町丁目の代表的な土地被覆を適切に抽出する方法の検討は重要な課題であると言えよう。

D0 は当該居住者属性類型のうち教師データにおける最多の町丁目数が該当する土地利用類型を土地利用推定結果とするルールを適用する際、最多の町丁目数となる土地利用類型が複数ある場合に推定結果を一意に定められないために生じる問題である。例えば町丁目数で第 2 位となる土地利用類型も含めたルール設定を行うなど改良の余地は大いに残されている。

B0 は当該居住者属性類型の町丁目のうち最多の土地利用類型を推定結果としたことに関連して、このとき最多ではなかった土地利用類型の町丁目数が該当する。仮にある居住者属性類型に該当する町丁目数が 100 あり、そのうち 51 の土地利用類型が住宅地で、49 が住商混在であるなど、ほぼ該当数が二分されていた場合、当該居住者属性の町丁目の約半数が B0 に含まれてしまうため、土地利用推定の精度を大きく低下させる要因となりうる。実際に B1 の 7436 町丁目に対して B0 は 6585 町丁目に達しており、土地利用推定の精度低下の大きな要因となっていること

が確認できる。この問題についても B0 と同様に土地利用推定ルール設定の改良によって克服すべきものであると考えられる。人口密度、高齢化率、産業別従業者比率などの複数の居住者属性情報を加味することにより、土地利用推定の精度向上が図れる可能性は残されている。

6. まとめ

本稿では、リモートセンシングによる土地被覆データと、マーケティング用データとして整備されている居住者属性情報を組み合わせることにより、広域的な町丁目別の土地利用の傾向を簡便に把握する方法の提案を試みた。土地被覆に基づき市街地以外の土地利用推定を行い、土地被覆で建物用地に該当すると考えられる市街地に対しては居住者属性情報に基づいて設定した土地利用推定ルールを適用した土地利用推定を試みた。上記の土地利用推定を教師データである 1 都 3 県に適用したところ、約半数の町丁目教師データの土地利用類型と推定結果が一致した。

さらに、教師データの土地利用類型と推定結果が一致しない場合の要因を整理し、それらの要因の該当町丁目数や該当町丁目の空間的分布の観察を通じて、土地利用推定の精度向上にあたって検討すべき課題について考察した。課題としては、(1) 各町丁目を代表する土地被覆を決定する際に町丁目重心が含まれるメッシュの土地被覆を用いる方法が適切であるか、(2) 市街地において居住者属性類型を用いて土地利用推定を行うルール設定を行う際に、教師データにおける最大数の土地利用類型を無条件に推定結果として提示することが適切であるか、の 2 点が挙げられた。前者については土地被覆メッシュの重心

を求めて、町丁目に包含される重心数をもとに、町丁目を代表する土地被覆を決定する方法が考えられる。後者については教師データにおいて最大数の土地利用類型だけでなく第 2 位の該当数の土地利用類型を加味した土地利用推定ルール設定や、人口密度、高齢化率、産業別従業者比率など複数の居住者属性情報を加味した推定が検討されうると考えられる。

謝辞

本研究は、東京大学グローバル COE「都市空間の持続再生学の展開」の一環である。土地利用データは、埼玉県都市情報システム（埼玉県都市計画課：2005 年 10 月 1 日基準）、千葉県都市計画データベースシステム（千葉県都市計画課：2001 年）、都市情報システムデータ（神奈川県都市計画課：2006 年 3 月 31 日時点）、東京都都市計画地理情報システム（東京都都市整備局：区部 2006 年度、多摩部 2007 年度）の提供を受けた。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 相尚寿 (2011): 土地利用に基づく 1 都 3 県の町丁目類型化と人口・世帯数分析, 地理情報システム学会学術講演論文集, 20, CD-ROM.
- AI, Hisatoshi (2012) “Land use pattern categorization and population analysis of local districts in Tokyo metropolitan area,” *paper presented at the International Symposium on Urban Planning 2012, Taipei, Taiwan, August 2012.*

※別添付録として、町丁目別に、土地被覆、人口密度、土地利用推定結果、教師データとの一致・不一致をまとめ、収録する。