

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25512008

研究課題名(和文) 宅地利用政策評価土地利用モデルの開発

研究課題名(英文) Land Use Models for Assessing Urban Land Use Policies

研究代表者

新井 健 (ARAI, Takeshi)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：60126266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)： 地方自治体の行政区域を対象とした住宅・宅地関連施策の評価への適用を意図した、街区(概ね1ヘクタール規模)単位の長期的な土地利用変化のシミュレーションモデル開発の基礎となる知見の獲得を目的として、(1)既成市街地内での土地利用の高度化過程についての住宅画地単位のシミュレーションモデル、(2)都市全域での長期的な市街化過程の街区単位のシミュレーションモデルを地図、公表統計資料、アンケート調査資料の解析結果に依拠して作成した。

研究成果の概要(英文)： This study aims to create an integrated model by which local governments in Japan can estimate and evaluate the effects of the urban land use policies on their communities. Long term dynamics of land use on individual block, the size of which is about 1 ha, will be simulated by the model. Within the fixed research period, two simulation models, which are the essential components of the integrated model, were constructed after the precise analyses of the data which were processed out of maps, quoted from statistical books and collected by the independent survey. One is a microscopic model of the urbanizing process and the decision and behavior of the individual head of a family in the housing market is simulated. The other is a cellular automata based model of the long term land use change in units of blocks. The results of analyses of the land use data surveyed in several local core cities of Japan suggest a simple stable principle in the mechanism of land use change.

研究分野：社会工学

キーワード：土地利用 セルオートマトン 住宅・宅地政策 シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

1990年代からの複雑系研究の進展に並行して、セルオートマトンが地域の土地利用動態を表現するモデルに応用され、多くの研究成果が得られている。

しかし、これまでの、セルオートマトンを応用して地域の土地利用動態をシミュレートするモデルの開発研究は、超長期にわたる大都市地域の市街地外延化や都市内の社会階層別住み分けのメカニズムに関する理論仮説を実験的方法により検証する目的のものが中心であり、都市・地域計画立案への応用を前提に現実の土地利用動態を精確に再現しようとする研究は、データ利用の制約などにより、極めて少数に留まっている。

しかも、国内でも環境政策、都市政策の立案過程で使用する目的で、地域の土地利用変化を表現できるセルオートマトンを適用したモデルの開発研究が進められているが、これまで提案されたセル単位の土地利用用途変更ルールでは、実際の土地利用変化を再現できる精度は60~70%を超えられていない。

従来ルールは、土地利用用途変更と各土地区画の周辺区画の用途、交通利便性、土地利用規制、地域経済成長率、などの変化の要因と考えられる変数の関係について多変量解析法などを適用して解析した知見を基礎に構成されているが、個々の土地区画の所有者、建築物の所有者と利用者といった、各区画の土地・空間利用用途を決める主体の意思決定行動を含めるには至っていない。

したがって、多様な土地利用関連政策が地域居住環境に与える長期的影響・効果を予測するツールとして、上述した課題を解決する方向で、セルオートマトンを基盤とした土地利用変化の長期シミュレーションモデルを開発する研究の意義は深いと考えられる。

さらに、国内で開発されてきた土地利用変化モデルの中で、実証研究を基礎とした、セルオートマトンの考え方を基礎とした土地利用動態シミュレーションモデルの開発研究には代表者をはじめ比較的少数の研究者しかたざさわっていないが、実証的な基盤の弱いモデルが多い欧米の研究者グループから注目・期待されている課題である。

2. 研究の目的

土地利用政策立案過程で使用する目的で、セルオートマトン(CA)を適用したモデルの研究が進められているが、実際の土地利用変化を再現できる精度は、高いとは言えない。その一因は、モデルでの用途変更ルールが、各土地区画の用途変更と、周辺区画の用途、交通利便性、土地利用規制等の変更要因との関係を基礎に構成され、各区画の用途変更を決める主体の意思決定を含めていないからだと考えられる。他方、CAの原則に立ち、各土地区画の用途変更と、周辺区画の用途の関係に着目したモデルの精度についての検討も必要である。

そこで、地方自治体の行政区域を対象とした住宅・宅地関連施策の評価への適用を意図した、街区(概ね1ヘクタール規模)単位の長期的な土地利用変化のシミュレーションモデルを上述した2つの視点に配慮して作成することを目的とする。

3. 研究の方法

具体的な研究課題を、「既成市街地内での土地利用の高度化過程を表現する、世帯・住宅画地単位の行動モデルの作成」と「都市全域での長期的な市街化過程を表現する、街区単位のCAを応用したモデルの作成」として研究を進めた。

前者については、東京都内の典型的な住宅地域を事例地域として、1950年代から2010年代にわたる、住宅用画地の用途変更、敷地分割の事例を、住宅地図を経年比較することにより収集し、データベースに整理した。

さらに、2010年代に地域内の戸建住宅に転居してきた世帯主を対象に、世帯の属性、前住地などについてのアンケート調査を実施し、転居世帯の行動仮説設定のための資料とした。

モデルは、先行研究で採択された仮説と独自の調査結果を基礎に、個々の住宅画地の現在の所有・利用世帯の利用継続・利用中止(相続・売却)、新規所有利用世帯の占有規模、世帯属性、が決まる過程をエージェントベースのアルゴリズムにより表現している。

後者については、国内の県庁所在都市(福井、金沢、富山、福島、仙台、山形、秋田、盛岡、長野)を対象として、市域内の街区単位の非都市的土地利用用途(農地、林地など)から都市的土地利用用途(住宅地、商業地など)への変化過程をセルオートマトンの概念を適用してモデル化するために、「国土数値情報」所載の街区単位のデータ、各都市の都市計画図と都市計画関連資料を収集し、それらを用いて、用途変化と関連要因の関係を分析・同定することにした。

とくに、地理的条件の似た、北陸地方3都市間の比較と東北地方5都市間の比較により、用途変化と関連要因の関係の普遍性について検討をしている。

4. 研究成果

(1) 土地利用の高度化過程の世帯単位のモデル

①概要

日本の大都市では、1950年代以降の人口集中に伴う旺盛な住居需要に対して、既成市街地では住宅の高層化、狭小住宅の高密度建設と、郊外でのベッドタウンの開発、により高地価・高家賃での住居が供給されてきた。土地利用の高度化(高層化・高密度化)が進行してきた既成市街地では、初期の開発時点では個々の住宅画地(敷地)が適正規模であった住宅地区でも、相続税負担が主な原因となって土地が切売りされ、住宅画地の小規模

化・細分化が進行している。さらに、2015年には相続税の内容が改正され、課税対象者が拡大されたことに加え、団塊の世代が世代交代する時期を控えていることから、今後、大都市の住宅地区では、敷地分割の活発化に伴う居住環境の悪化が一層懸念される。

しかし、これとは逆に、敷地の細分化や小規模化が居住世帯の増加、特に若年層の転入を促進することにより、人口減少や高齢化に歯止めがかかるとの意見もある。従って、たとえば、最低敷地規模規制の強化策の導入についても、住宅地区の活性化の観点からは、再検討する必要があると言える。

そこで、最低敷地規模規制の強化（あるいは緩和）策の導入が、住宅地区の土地利用変化と人口動態に与える影響を推計することを意図して、敷地分割の活発化が予想される住宅地区を対象にして、「土地の相続に伴った敷地分割のモデル（敷地分割モデル）」と「分割された敷地の規模に応じて、世帯属性の異なる世帯が転入するモデル（世帯転入モデル）」とで構成される「既成市街地内の土地利用の高度化過程を表現する、世帯・住宅画地単位の行動モデル」を作成した。

②研究の位置づけ

敷地分割または統合などの敷地変容に関する研究は大別して、「敷地変容のモデル化に関する研究」と「敷地変容後の住宅に転入した居住者に関する調査研究」がある。前者には、「土地の地代と土地の維持費用の関係性から、土地利用推移の概念的なモデルを構築した研究」や「画地統合・分割モデルを合わせたモデルを用いて、敷地規模の将来状況及び、敷地の小規模化に対する敷地規模規制の抑制効果を明らかにした研究」などがあり、後者には、「東京都文京区の敷地分割戸建住宅に住む居住者へのアンケート調査結果から、対象居住者は年収が高く、近隣から転居した者が多いという傾向を明らかにし、敷地分割された戸建は都心回帰の受け皿とは見なし難いと言及している」研究や「世代交代期の郊外戸建住宅地でのアンケート調査結果から、敷地分割と居住者の移動は関係が深いことを明らかにして、敷地分割規制のない住宅地での、敷地規模を維持したまま若年層の転入を誘導する方策の必要性と、敷地規模規制のある住宅地での、住宅更新を滞らせない規制の必要性を主張する」研究がある。

以上のような先行研究に対して、この研究では、敷地分割モデルと世帯転入モデルを統合したモデルによるシミュレーションで、敷地分割と分割した敷地への世帯転入を同時に扱うことができ、敷地規模規制政策などの関連施策が、既成市街地の住宅地区の環境水準の向上と地区の活性化への影響を把握できる。

③研究対象地域

本研究では、1950年代に住宅地開発が旺盛であった、東京都世田谷区の旧世田谷5丁

目地区、現在の世田谷区桜丘1-5丁目（桜丘地区）を対象地区として選定した。選定した理由は、世田谷区が様々な敷地細分化の研究で取り上げられている、同区内でも、1950年代に市街地開発が活発であった地区である、地区の大半が住宅系用途地域に属している、人口が増加し続けている、からである。

最も古い桜丘地区の住宅地図（1962年）に載っている1195戸の敷地（戸建住宅）状況を約5年ごとに住宅地図から観測して、敷地分割件数を把握した。なお、敷地が分割され、分割された敷地に2戸以上の住宅が建設される状況を敷地分割と定義し、住宅地図から観測した。また、敷地分割件数とは1195戸の中で分割が発生した敷地の数を表し、分割敷地数とはその敷地が分割した数を表している。ここで、図1は敷地分割件数の推移を示しており、特に、バブル崩壊直後の1990～1994年には、バブル崩壊により地価が下落した結果、相続税を支払うことが可能な事例が増加したため、分割件数が減少したと推察される。

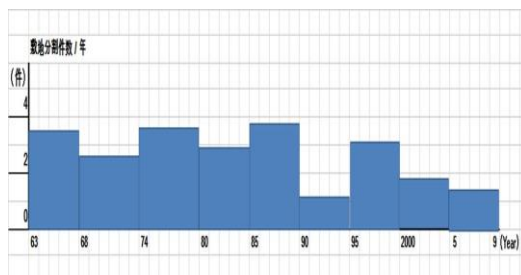


図1 敷地分割件数の推移 (1963-2009)

桜丘地区において、近年敷地分割または新規分譲があったと考えられる戸建住宅の居住者に対してアンケート調査を行い、2005年以降の入居者を「近年入居した居住者」と定義して、当該世帯の、世帯人員、世帯主年齢、従前の居住地、敷地面積のデータを収集した結果から、子育てファミリー世帯やその予備軍である夫婦世帯の割合が高い、世帯主の年齢は30歳未満や60歳以上の事例が少ない、大半は東京都内からの転居であり、特に世田谷区内からの割合が高い、敷地面積は、70m²以上100m²未満の割合が最も多く、敷地規模が小さくなるほど世帯主の年齢が低くなる傾向がある、ことが読み取れている。

これらの特徴から、十分な資金力があり、子育てなどの観点から戸建を志向している世帯主が30・40代で、既に世田谷区内に居住し、結婚や出産、子供の成長を契機に、近隣の戸建住宅に転居した事例が典型であると推察される。また、同区内で近年建設された戸建住宅は比較的小規模であるので、先行研究での指摘と同様に、世田谷区でも小規模戸建住宅は都心回帰の受け皿とは見なし難い。すなわち、敷地分割に伴った敷地の小規模化は、住宅価格を抑制しうるため、若年層の転入を促進する可能性があると考えられる。

④モデルの概要

本研究のモデルは「敷地分割モデル」と「世帯転入モデル」で構成され、構造計画研究所開発の「artiso 2.6」を用いて構築している。

・初期設定

初期設定では「空間属性」と「住宅属性」と「世帯属性」が決定される。まず、空間属性としては、シミュレーション空間および戸建住宅の配置を決定する。シミュレーション空間に関しては事例地区の形状に対応させて、10m×10mのグリッドで構成し、戸建住宅の配置(1195戸)に関しては、最も古い1962年の住宅地図を用いて決定した。次に、住宅属性として、敷地面積と延床面積を統計資料に依拠して推計した確率分布から決定し、世帯属性は、各世帯員の年齢および家族構成を国勢調査のデータから推計した確率分布から決定している。

また、1962年をシミュレーションの開始時点とした上で、1期1年として終了時点として2050年に設定した。

・敷地分割モデル

本研究では、「土地相続の際、自己資金だけでは相続税を払うことができない場合に、土地を切り売りして相続税を支払う」という現象をモデル化することにより、敷地分割モデルの構築を試みた。

・被相続人の死亡

世帯主とその配偶者が死亡した時にのみ相続が発生するものとする。なお、死亡の判定は年齢別の死亡率と一様乱数の関係から決定される。

・相続人数の決定

被相続人の家族構成が「両親+子供世帯」の場合は、子供が相続人となる。なお、子供の人数に関しては、母親の出生時年齢を25~30歳と仮定した上で、出生動向基本調査から得られた母親の出生年代別の出生子供数を参考に確率的に決定している。また、子供の年齢に関しては、被相続人の死亡時の年齢から出生年齢を差し引いた値を、全ての子供に一律で与えている。

一方、被相続人の家族構成が「夫婦のみ世帯」の場合は、世帯主または配偶者の兄弟姉妹が相続するものとする。そのため、相続人の数は上記と同様に、年代別の出生子供数を参考に決定した。なお、この場合における相続人の兄弟姉妹の年齢は被相続人と同じとする。

被相続人の死亡により相続人が発生した直後に、相続人の家族構成および各世帯員の年齢が決定する。

・相続税及び相続人の自己資金の計算

法定相続人が複数いる場合は、相続された土地は一旦共有相続される。そして、基本的な相続税の計算式から各相続人の相続税が決定される。しかし、相続税の計算で用いる税率や基礎控除は、各年によってその値が異なっているため、この税率や基礎控除について可能な限り当時の値を採用した。また、相続税には様々な特例が存在しているが、その

中でも、「小規模宅地の特例」の減額割合や適用対象面積についても可能な限り当時の値を採用している。一方、各相続人の自己資金に関しては、住宅・土地統計調査の「世帯年収別世帯主年齢」と家計調査の「年間収入階級別貯蓄」を統合して推計した「世帯主年齢別貯蓄」の確率分布を基に決定し、被相続人の自己資金に関しても相続人と同様の確率分布から決定した。相続税額が自己資金額よりも大きい場合、相続人は自分の持ち分の土地を切り売りして相続税を支払うとし、そうでない場合は、自分の持ち分の土地を切り売りすることなくそのまま継承すると仮定した。

・分割区画数および分割区画面積の決定

土地を切り売りして相続税を支払う場合、切り売りする土地の面積(売却敷地面積)は、最低敷地規模面積(Lmin)を分割の単位として、相続税を払うためにはLminを何個売ればよいか(売却敷地数)を計算する。次に、切り売りされた敷地が何個に分割されるか(分割敷地数)が決まり、さらに分割された各敷地の面積(分割敷地面積)が決める。なお、これらの分割敷地数や分割敷地面積は、売却敷地数のうち、いくつの敷地が一塊となって新たな敷地を形成するか(統合敷地数)によって決定する。

・居住継承の決定

相続人が継承した土地に居住(居住継承)するか否かは「居住継承率」を閾値として判定する。居住継承が決定した相続人は継承した敷地に居住するが、居住継承しない相続人は敷地を保有し続ける。

・世帯転入モデル

このモデルでは、敷地分割モデルで分割された敷地に対して転入する世帯の属性が決定される。世帯属性の決定アルゴリズムは初期設定と同様であるが、世帯主年齢を決定する確率分布として、アンケート調査結果を反映させており、家族構成の決定についても、同様である。さらに、世帯の転入後、世帯の世帯主およびその配偶者が死亡した場合は、敷地分割モデルにより、敷地分割の有無が判定される。

⑤モデルの妥当性と課題

敷地分割モデルの妥当性の検証作業として、1963~2009年までのシミュレーション実行結果(100回分の結果)と住宅地図からの観測結果(実績値)を、敷地分割件数および一敷地当たりの分割敷地数について比較した。敷地分割件数に関しては、図2に示すように、1968-1973年と1990-1994年において再現性が十分とはいえないが、シミュレーション結果が観測結果の範疇にあることから、ある程度現実の敷地分割の発生状況を再現できていると考える。また、一敷地当たりの分割敷地数に関しては実績値平均が3.1、シミュレーション値平均が2.7と1割程度の差にとどまり、シミュレーション値の方が実績値よりも大き

いが、シミュレーションでは、敷地形状を考慮していないので、分割の仕方に制約がなく、実際よりも多く分割されたのが一因と推察される。

世帯転入モデルの妥当性と、統合したモデルの妥当性の検証については、事例地区の対象住宅・画地についての、1963年から現在に至る人口・世帯動態とシミュレーション結果との対照により可能であるが、限定された世帯の長期の動態の資料の入手が困難であるので、今後の課題とする。

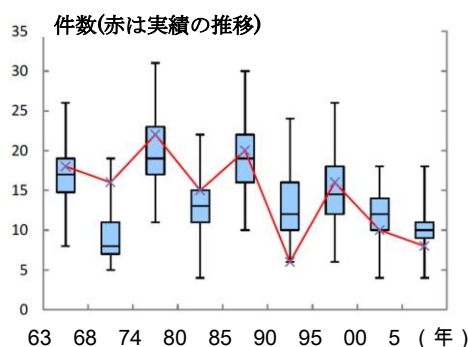


図2 敷地分割件数の計算値と実績値の比較

(2) 都市の市街化過程の街区単位 CA ベースモデル

①概要

CA ベースの土地利用動態のモデルは多数開発されているが、CA の原則である、隣接するセルのみの影響によってどれだけ土地利用変化の特徴を捉えることができるか、隣接するセルの影響のみを考慮したシミュレーションによってどの程度まで現実の土地利用変化を再現することができるのかの検証は十分ではない。また、日本国内を CA を応用した研究は少なく、文化の異なる海外で開発されたモデルが必ずしも国内の地域に当てはまるとは言いきれず、新たに国内の地域を対象にした CA による研究を行う意義は十分にあると考えられる。そこで、本研究では国内の地域を対象にした CA による宅地化プロセスのモデル化、近傍条件による土地利用遷移のルール of 解明を目的に、類似した属性を有する都市間の実績とその背後にあるルールを比較分析し、かなり共通のルールを発見できたと考えられる。

②対象地域

都市としての広がり観測するため、ある程度以上の都市規模である都市を対象とする。また、スプロールした都市を対象としているため、スプロールを示す指標の一つでもある世帯当たりの保有自動車台数が多い地域を対象とする。また、市街地の拡大の過程を観察するため、複数ではなくひとつの市街地を中心に市街地化が拡大した地域を対象とする。また、近くに位置する都市を複数対象にすることによって都市間の関連性や影響を観察することができる。そこで、主に、東北地方の県庁所在都市を対象とする。

③分析方法

土地利用を指標として用いる場合はメッシュ単位で土地利用図を作成することが望ましい。そのデータは国土数値情報サービスにて無償で提供されているのでその土地利用細分メッシュデータを用いる。メッシュの大きさは3次メッシュ 1/10 細分区画 (100m × 100m) である。提供されているデータは1976 (昭和 51) 年、1987 (昭和 62) 年、1991 (平成 3) 年、1997 (平成 9) 年、2006 (平成 18) 年、2009 (平成 21) 年の6時点分である。本研究では10年間ごとの変化を分析するため、1976年、1987年、1997年、2006年の4時点分のデータを使用する。また、都市地域データの都市地域区分データを用いることで、市街化区域や市街化調整区域の線引きによる影響を考察する。

前述のように CA の基本特性は、状態、近傍、遷移ルールの3つからなる。該当セルの特性を表わす状態は、国土数値情報から得られた土地利用種別を使用する。国土数値情報の土地利用メッシュデータを始め、一般的な土地利用図は年度によって異なるが、11~15種類に分類される。本研究ではこの土地利用の種類を、自然的土地利用 (田、畑、果樹園、その他の樹木畑、森林、荒地、海浜)、都市的土地利用 (建物用地、幹線交通用地、その他の用地) の大きく2つに分類する。水系的土地利用 (湖沼、河川地、内水地) は都市的土地利用への遷移数がいずれも30未満であるため自然的土地利用として扱った。

近傍とはそのセルの周辺のセル群であり、通常は隣接するセルを指す。近傍には、上下左右の4セルのみを考慮するノイマン近傍と周囲8セルの状態を考慮するムーア近傍という2種類の典型的な定義がある。今回は周囲8セルを考慮するムーア近傍を用いて分析を行う。自然的土地利用のされていた土地の周囲8セルの内、都市的土地利用をされていたセル数0セル~8セルのそれぞれの条件において、次の時期に都市的土地利用に変化したセル数、つまりは近傍条件ごとの遷移割合を求める。

各年度間の遷移割合は以下の (i) 式にて算出する。

$$Z(t, t+dt, k) = (Y(t, t+dt, k)) / (X(t, k)) \quad (i)$$

t : 1976年, 1987年, 1997年, 2006年

k : t年における周囲の都市的土地利用セル数の個数 (0 ≤ k ≤ 8)

Z : (t, t+dt, k) : t年→t+dt年の変化における近傍条件 k の遷移割合

X(t, k) : t年における近傍条件 k の自然的土地利用セル数

Y(t, t+dt, k) : t年に自然的土地利用で t+dt年に都市的土地利用に遷移したセル数

また、今回取り扱うデータは1976年、1987年、1991年、1997年、2006年、2009年の6種類で、調査年度の間隔が一定でないため、これを1976~1987年の11年間、1987~

1997年の10年間、1997～2006年の9年間の約10年間ずつの3期間で変化を観察する。その際に、年数の差を考慮するためにそれぞれの期間での遷移割合を一定の統一した年数に換算する必要がある。本研究ではべき乗則に従い、便宜的に10年間で換算する。10年間に換算した遷移割合 Z^* を以下の (ii) 式により求める。

$$Z^*(t, t+dt, k) = 1 - \{1 - Z(t, t+dt, k)\}^{(10/dt)} \quad (ii)$$

3期間それぞれを10年間に換算した遷移割合を平均して30年間での平均の遷移割合 $Z^{**}(k)$ を以下の (iii) 式により求める。

$$Z^{**}(k) = 1 - \{(1 - Z^*_1) * (1 - Z^*_2) * (1 - Z^*_3)\}^{(1/3)} \quad (iii)$$

Z^*_n : n番目の時期における遷移割合

④分析結果

対象都市の内、岩手県盛岡市を取り上げ、土地利用の変化実績から求めた近傍条件ごとの遷移割合を図3に示す。また、盛岡市、宮城県仙台市、秋田県秋田市、山形県山形市、福島県福島市の30年間の平均の遷移割合も図4に示す。

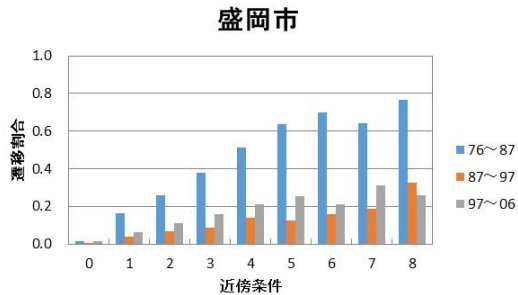


図3 近傍条件(k)と遷移割合(Z^*)の関係

図3からは、1976～87年に遷移割合が高く、高速道路や新幹線などの主要な交通網の開通した時期に重なっている。また、時期によって遷移割合にはかなりの差が見られる。これは他の4都市でも同様で、それぞれ遷移割合が高い時期も異なる。しかしながら図4を見ると、遷移割合の高い時期が異なる都市でも、30年間の平均の遷移割合をみると、近接していることが分かる。

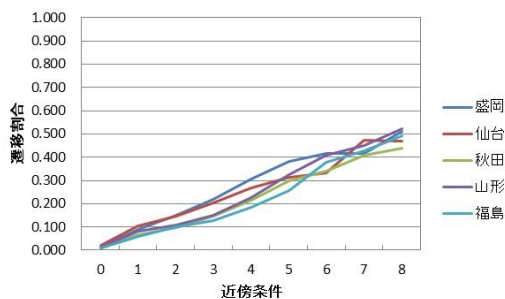


図4 5都市のkと Z^{**} の関係の比較

⑤考察

研究期間内に、金沢市、富山市、福井市の北陸地方の県庁所在地3都市、長野市、松本市を対象として、東北地方5都市と同じ方法

で、非都市的土地利用の街区が都市的土地利用に用途遷移する割合(Z^{**})と近傍条件(k)の関係を計算した。これらの都市でも、 Z^{**} はkに対して単調に、ほぼ直線的に増加し、k=6以上では、最大0.2程度の差が見られるが、よく似た形状を呈していることも分かった。

このような、長期的な土地利用変化のルールが、国内の中心都市には共通に当てはまると推察され、今後さらに、別の中心的都市でも当てはまるか、の検証が必要と思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 木村駿介、新井健、森本英嗣、空き家バンクの運営実績向上施策に関するシミュレーション分析、公益社団法人日本都市計画学会都市計画報告集、査読無、12巻、2013、48-53.

<http://www.cpij.or.jp/com/ac/report/2013.html>

[学会発表] (計3件)

- ① 村中博紀、新井健、A Simple Relationship between Neighborhood and Land Use Change: An Empirical Study in Japan、The 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management、2013年7月2日～5日、Utrecht (オランダ)
- ② 新井健、森本英嗣、Analysis of the long-term effects of lot size regulations on the age composition in urban residential area、The 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management、2015年7月7日～10日、Boston (米国)
- ③ 新井健、鈴木太典、Relationship between the Frequency of a Cell's Land Use Transitions and Its Neighborhood: Cases in Local Major Cities in Japan、2015 KAGIS Fall Conference & International Symposium on GIS、2015年11月5日～7日、Pusan (韓国)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新井 健 (ARAI, Takeshi)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：60126266