

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 田中陽輔

大都市およびその近郊における土地利用は急激に変化している。とりわけ、高度成長期からバブル期にかけての変化が著しい。農地であったものが、宅地や商業地、あるいは業務地や公園へとその姿を変えている。小規模な画地が統合されて再開発されることもあるし、逆に大規模な跡地が複合施設や集合住宅に変化することもある。こうした土地利用の変遷は、ミクロには経済的な効率性に基づく市場原理や個別の事情が複雑に絡み合って生じたもので、その将来像を一般的に予測することは困難であるが、マクロには政策的な誘導や社会的な要請に応えたものになっていて、ある種の規則性のもとにパターン化されている。

本論文は、こうした大都市における土地利用の形態的な変遷過程を、隠れマルコフ過程(HMM)を用いてモデル化し、将来予測に役立つツールにする試みである。

論文は、第0～6章で構成されていて、最後に関連資料がAppendixとして付加してある。第0章は序論で、本論文の目的と背景について述べ、「予測モデル」で「トレンド型アプローチ」の都市モデルを確率過程を用いて確立するとしている。

第1章と第2章は基礎理論編で、第1章では、先ず、都市空間に対する解説があり、これまでの土地利用モデルの系譜をまとめている。第2章では、研究手法であるHMMの基本的な性質を確率論を用いて説明し、どのような流れで理論的な解析がなされるかを示している。

第3章と第4章は応用理論編で、第3章では、土地利用の変遷をどのようにHMMの情報源にするかについて解説があり、次いで、生成される系列パターンの頻度分布について、中心極限定理が成立する場合としない場合に分けて考察し、成立する場合は正規分布になり、成立しない場合でも2項分布で近似できることを確かめている。第4章では、HMMを用いた土地利用推定の流れを示し、次いで、それが可能かどうかを人工的に作成したデータを用いて実験している。その際に評価尺度として適合度と相互情報量を用いているが、結論として、土地利用分布に偏りがある場合は推定が困難であるが、そうでない場合は可能で、HMMが通常のマルコフモデルよりも良好な結果になることを示している。

第5章は実証研究編で、国土地理院が作成している首都圏細密情報データ(10mグリッド)を用いて、実際に土地利用推計がどの程度可能かを調べている。首都圏に5km四方の区画を設定し、それを2.5kmずつ移動させながら内部の土地利用の変化を予測している。具体的には、1974年から94年にかけて5年間隔で作成された5時点のデータに対して、先行する4時点のデータからモデル学習を行い、HMMのパラメータを推定し、最終年度の土地利用

を予測している。この操作を、HMMの潜在状態数を4、8、12、16と変えながら行なっているが、良好な結果が得られたのは、潜在状態数が12と16の場合で、これらについては、適合度分布と相互情報量分布について詳細な検討を行っている。その結果として、小規模で多変動的な土地利用形態に対しては良好な結果が得られるが、大規模な土地に対しては推定が困難であるとしている。また、HMMのパラメータの吸収性が結果に影響しているとしている。

これまでの実験は設定した区画内の全数を用いて推定していたが、計算の負荷を軽減するために、さまざまな大きさの標本窓を適用して無作為に抽出する方法について検討している。この場合、全体的にノイズが混じった結果になり、標本窓の大きさと推定結果に強い相関は見られない。次に、標本窓を用いないで無作為抽出を行っているが、この場合は、相互情報量の変化は小さいが、適合率の著しい低下が生じることがわかり、大局的な予測は可能なことが明らかになっている。

第6章は結論と今後の展望で、各章で明らかになったことのまとめを行ない、結論として、土地利用の変化の推定にHMMを用いることが妥当であることを実証できたとしている。また、将来的な研究課題として、HMMのパラメータの確率過程的、線形代数的な体系化が必要なこと、標本抽出方法の改善が必要なことを指摘している。

以上要するに、本論文は、大都市の土地利用の変遷という、因果関係が必ずしも明白でない事象に対して、HMMという確率過程を導入することにより、そのトレンドを外挿する手法を提案したもので、基礎理論編と応用理論編でその前提となる数学的な裏付けを行ない、実証研究編では電算機を用いたシミュレーションを行なって、論としての正当性を一連の操作として示している。土地利用の将来予測は、単に政策的な課題であるのみならず、都市の発展や衰退を予測する上でも重要で、マクロな見地から、国土や地域の将来計画を策定する上でも有用な手法である。本研究により、HMMを活用した手法が有効であることが明らかになったが、今後は、より、広範でかつ多様な状況に適用できるものに改善することが望まれる。この手法は土地利用のみならず、時空間的に変化を続けるさまざまな事象に適用可能で、その応用範囲は非常に広い。これは都市・建築の計画学の分野に新たな方法論を導入するものとして、その意義は極めて大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。