審査の結果の要旨

氏名　新井 崇俊

都市における商業集積地は、地域社会あるいは人々の生活にとって不可欠な施設である。その立地やアクセスのための交通手段、経済状態等、施設を取り巻く環境の変化に応じて、利用者は購買行動を変化させている。そのことが施設の盛衰に大きな影響を与えている。施設の盛衰によって、その魅力が変化すると、さらに利用者の購買行動は影響され、その盛衰の状況はつぎつぎに変化する。こうした、施設を取り巻く環境の変化に応じた、ダイナミックな施設の消長のメカニズムを読み解き、その原理を明らかにすることは、商業集積地のみならず、都市や建築のあらゆる施設を対象とした計画学にとって重要な課題である。

本研究では、人々の確率的な選択行動を表現する、A.Wilson によるエントロピー最大化モデルの制約条件を緩和して、人口増加や地価変動などの環境の変化が商業集積地の施設規模分布の変化（バランス規模）に与える影響を考慮できるようにモデルを発展させている。そのうえで、売上と施設維持コストのバランスに応じ、施設が増床によって魅力度を向上させようとしている状況において、施設のバランス規模を検討している。さらに、人口増加や高齢化、地価の変動といった環境の変化を内生的変化と外生的変化に分け，それぞれの変化について、バランス規模の変化をシミュレーションすることで、商業集積地の消長の全体的な振る舞いが、どのように変化するか分析し、施設規模と魅力度の関係や、距離による購買行動の変化、地価の影響範囲などのパラメータとの関係を明らかにしている。

前述のフィードバックループを再現し、環境の変化を内生化するうえで、本研究では独自のマルチ・エージェントシステム（MAS）を実装して、モデルの定性的な分析を行っている。MAS は行為主体を一利用者や、一商業集積地とすることができるうえ、それらの相互関係を維持しながら多数連動させることができるので、都市のアクティビティのように、巨大で複雑な、解析的に解くことが難しい対象や創発的な現象をモデル化するうえでは、優位性が高い。ただし、初期依存性や経路依存性など、結果にばらつきがあるため、本研究ではそれらを考慮した分析がなされている。

さらに、新規の商業集積地が既存の地域に与える影響について分析している。施設規模や居住地までの距離以外に、施設の魅力を左右する競争能力（適応度）を重みとして与え、このばらつきの程度によって、商業集積地の共存状態から“一人勝ち”の状態へ相が転移することを明らかにしている。そして、売上を最大化しうる最適施設立地に、次々に新しい商業集積地が出店する場合の立地と規模の推移をシミュレーションしている。最終的には、実空間データを用いた分析として、東京都区部で同様のシミュレーションをおこない、人口や鉄道のネットワークによるメトリックの影響などを考慮したうえで、時系列的に、施設規模ごとの最適施設立地の推移を明らかにしている。

論文全体は、序章と結論を含め、全７章より成る。

序章（第１章）は、研究の背景と目的についての説明で、本論の構成についてまとめたうえで、本論で用いる用語について整理している。

第２章では、関連する既往研究を紹介し、本論を位置づけている。中心地理論や自己組織化モデル、空間相互作用モデルへと発展してきた、集積による中心地形成に関する研究の系譜について概説している。そして、新規商業集積地の出店に関する研究やMASの都市システムへの応用に関する研究、ネットワーク生成に関する研究といった、本研究に関わる研究の解説をしている。

第 3 章は、第 6 章で行う実空間データの分析の対象地である東京都区部の商業集積地を取り巻く諸環境について現状把握し、次章以降のシミュレーションモデルの構築のために考察を加えている。具体的には、人口変動や高齢者密度分布、地価分布と、商業集積地の規模分布の相関を明らかにしている。さらに、東京の鉄道ネットワーク上の距離分布を分析している。

第 4 章は､具体的なシミュレーションの方法の提案ならびに MAS シミュレータ実装の解説である。商業集積地の消長に影響を与えるパラメータとして、商業集積地の規模（売り場面積）や品揃えと魅力度、距離摩擦と魅力度の関係を定義している。そして Wilson の基本モデルをマルチ・エージェントシステムに組み込んだうえで、初期値依存性、経路依存性について考察を加えている。外生的環境の変化のケーススタディとして、地価変動と人口増加を考慮した場合に、人口一定の従来のモデルよりも Zipf のモデルとのフィットが良いことが実証されている。さらに、内生的環境の変化のケーススタディとして，人口変動と高齢化率変動が商業集積地のバランス規模に与える影響について分析している。このように独自のシミュレータを構築したことで、実際の都市の環境の変化を組み込んだ様々なケースのシミュレーションが可能になっている。

第 5 章は、既存の都市に新たに商業集積地が立地する場合について分析している。まず商業集積地がランダムな場所に出現する場合について、適用度という商業集積地の運用能力の高さあるいは競争力を新たにパラメータに加えている。その際，量子統計力学で用いられるボーズ統計を援用し、商業集積地の適応度分布を温度で表している。その上で，適用度のバラツキが大きい状態（気体の温度を低くした場合）では、多くの商業集積地が存続している共存状態から、商業集積地が勝ち組と負け組に二極化する状態に相転移することが解析的に明らかにされている。次に、最適な場所に出現する場合について，一次元都市とトーラス平面において立地ポテンシャルに応じた最適配置が次々になされる場合の各パラメータが既存商業集積地のバランス規模に与える影響や，新規商業集積地の立地場所の推移について分析し、新規商業集積地の規模をコントロールすることで、地域の近似的な均衡をもたらす方法の可能性について論じている。

第 6 章は、実空間データを用いた分析で、東京都区部の商業統計データ、人口データ、高齢者の分布、鉄道ネットワークによる距離分布を用いて、人口変動、高齢化、などの変化を内生化し、外生的に鉄道ネットワークが変化する場合と、東京都区部の立地ポテンシャルの評価を行いながら、本研究のシミュレーションが有用であることを示している。鉄道網の変化や出店規模に応じた、バランス規模や立地ポテンシャルが導出できることは、都市計画や店舗の出店戦略にとって極めて示唆的な結果を提示できる。

第 7 章は、本論の結論で、研究の成果を整理し、今後の発展の可能性について述べている。

以上要するに、本論文は、都市施設の盛衰が、様々な環境の変化に依存していることに着眼し、従来は人口一定、地価一定など実際の都市にはあり得ない限定的な状態でしかモデル化されていなかった自己組織化モデルあるいは空間的相互作用モデルを、マルチ・エージェントシステムの導入によって拡張し、環境の変化に応じたダイナミックな商業集積地の消長の全体的な状態を近似的に求めることが可能であることを示したものである。極めて独創的な研究として自己組織化モデルあるいは空間的相互作用モデルに関する研究の進展に大いに寄与するもので、実際の都市・建築空間への応用の可能性は大きく、示唆的な結果を得ることができる、すぐれた方法といえる。つまり、都市・建築の計画学の分野に、新たな都市計画や施設の配置理論を導入するもので、極めて有用であり、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。