

Residential Area Modelling Using Cellular Automata with Estimated Water Resources - A Case Study in Darkhan, Mongolia -

|       |                                                                                                                      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| メタデータ | 言語: English<br>出版者:<br>公開日: 2019-01-10<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: Mendbayar Otgonbayar<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/77261">http://hdl.handle.net/20.500.12099/77261</a>                      |

|               |                                                                                                                                                                                                    |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名 (本 国 籍)   | Mendbayar Otgonbayar (モンゴル国)                                                                                                                                                                       |
| 学 位 の 種 類     | 博士 (農学)                                                                                                                                                                                            |
| 学 位 記 番 号     | 農博甲第 6 9 5 号                                                                                                                                                                                       |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 3 0 年 9 月 2 1 日                                                                                                                                                                                 |
| 研 究 科 及 び 専 攻 | 連合農学研究科<br>生物環境科学専攻                                                                                                                                                                                |
| 研究指導を受けた大学    | 岐阜大学                                                                                                                                                                                               |
| 学 位 論 文 題 目   | Residential Area Modelling Using Cellular Automata<br>with Estimated Water Resources - A Case Study in<br>Darkhan, Mongolia -<br>(推定した水資源量を基にしたオートセルラマトンによ<br>る居住地域のモデル化— モンゴル国ダルハン市におけ<br>る事例研究—) |
| 審 査 委 員 会     | 主査 岐阜大学 准教授 大西 健夫<br>副査 岐阜大学 教 授 平松 研<br>副査 静岡大学 准教授 今泉 文寿<br>副査 岐阜大学 教 授 千家 正照                                                                                                                    |

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究は、経済発展が急速に進むモンゴル国ダルハン市を対象に、水資源を制限要因とする CA を用いた都市モデルを構築することを目指したものである。

学位論文は 6 つの章からなり、第 1 章では序論として研究の背景、第 2 章ではセルラオートマトン（以降、CA と記述する）の詳細と既往の研究紹介、第 3 章では対象地域であるモンゴル国ダルハン市に関する地域紹介、第 4 章では CA を用いた都市モデルの概要とモデルのプラットフォームの紹介、第 5 章ではシステムダイナミクスを組み込んだ水資源を制限要因とする CA を用いた居住地域の土地利用モデルの詳細とシナリオベースの予測結果、第 6 章ではすべての研究のまとめと今後の研究展開について示している。

ここ数十年で世界における都市は拡大を続けている。特に経済成長が顕著なアジア地域における都市の発展は極めて急速である。都市の発展は経済活性化などを伴い、一般的には好ましいこととされるが、一方で、急速な発展は交通渋滞、資源やインフラの不足などの諸問題を引き起こし、負の側面も小さくはない。そのため、様々な要因を検討した上で、都市を健全に発展させる計画作成が極めて重要となる。都市の拡大が本質的に極めて小さな出来事の集積で発生する複雑系に属することから、複雑な問題を取り扱うのに優れた機能を示す CA がしばしば用いられる。本研究は、モンゴル特有の土地利用形態と水資源賦存量の制約を組み込んだ CA 都市モデルの構築を試みたものである。

本研究では、セルの状態と発達度、インフラからの距離の影響という規則の緩和に加え

て、ロジスティック関数の導入による人口モデル、水資源と人口増加との相互作用を与えるシステムダイナミクスモデルという外部モデルの導入、そして、ボックスカウント法を用いたフラクタル次元によるキャリブレーションにより、より現実的な地域モデルとしての CA モデルが構築されているといえる。

セルの状態は、土地利用、発達度、ポテンシャルによって管理され、地理条件やインフラなどにより一定の制限もかけられている。インフラなどは外部のファクターとして与えられ、原則としてエージェントをベースとした発達度をもとに都市の拡大を表現したモデルとなっている。地域性を示した土地利用としてはゲルが導入されている。ゲルは遊牧民のテント状の住居であるが、近年は遊牧民も都市郊外に集まりつつあり、性質が変化しつつあることに着目し、遷移と定住についての規則を定義している点は特徴的である。また、居住地の遷移にインフラや商業地などの影響を実証データに基づく距離減衰効果として組み込んでいることが確認できる。

ダルハン市は国策により工業化が進められており、ダルハン市外部からの移入人口が多く、本来の CA のように内部的にその人口増加を推定することは困難である。このことから、モデルでは過去データを基にロジスティック関数で人口増加を表現するとともに、乾燥地帯であるダルハンの都市拡大の制限要因として水資源賦存量を想定し、水源賦存量と人口増加とを連動させるシステムダイナミクスの仕組みを構築している。キャリブレーションには、ボックスカウント法によるフラクタル次元が用いられ、都市形状により評価するものとしている。

シミュレーションはシナリオベースで行われ、シナリオ 0：現状の条件が維持される場合、シナリオ 1：水資源が徐々に不足していく場合、シナリオ 2：水資源が不足してきたときに新規の水資源開発が行われていく場合を設定した。シナリオ 0 では水消費が比較的少ないゲルが増加し続ける一方で、生活用水が多くなるアパートは一定値に収束していく傾向を示した。シナリオ 1 で当初 20 年間はゲルよりもむしろアパートが増加していくが、水資源量の低下とともに徐々に都市自体が衰退していく。シナリオ 2 ではゲルの増加はシナリオ 0 とよく似た傾向を示すが、水資源の減少に伴いアパートの増加は制限されてくる。ただし、新規水資源の開発後はゲルよりもアパートの増加が著しくなることが示された。

シミュレーション結果は都市拡大の可能性を示す一例に過ぎないが、水資源量の変化によりゲルとアパートの拡大に差異があることが示されており、今後の都市計画を考える際には水資源量が一つの大きな決定要因となることが明らかとなっている。一方で、外部要因による人口増加の外挿やセルスケールの選択においても改善の余地があり、より実用的なモデルとするためには一層の改善が必要であるとの結論を得たとされている。

以上のとおり、本研究は地域性を考慮した CA 都市モデルを開発し、ダルハン市における都市拡大を予想している。モデルは、ゲルという土地利用形態や、システムダイナミクスによる水資源賦存量による人口増加抑制、さらには外的要因を考慮した人口表現法を導入することで、地域性を考慮したものとなっている。シナリオベースの計算により、水資源量がゲルとアパートの増加に強い影響を示すことが示唆され、ダルハン市においては水資源量が都市計画で、重要な支配要因となることが明らかとなっている。本研究手法は、ダルハン市における都市計画を進める上で、有益なツールとなりうるとの結論を得ている。

本論文で得られた知見は、計 2 報の基礎論文に公表されており、地域に対応したモデル

規則の緩和と外部モデルの導入によりモンゴル国ダルハン市のように比較的地域性が強い都市においても一定水準の都市拡大の予測が可能であることを示したものであり、将来的に、地域性の強い乾燥地域における地域計画、土地利用計画、都市計画の構築に貢献するモデルの開発として評価できる。

## 審 査 結 果 の 要 旨

申請者は、本研究を通して経済発展が急速に進むモンゴル国ダルハン市を対象に、水資源を制限要因とするセル・オートマトン（Cellular Automaton: CA）を用いた都市モデルを構築し、構築したモデルを用いてシナリオベースシミュレーションにより、将来の都市発展の見通しを検討したものである。主要な知見は、(1) 水資源の制約を考慮した都市発達を再現可能なモデル構築を試み、モンゴル固有の居住形式であるゲルを考慮した、遷移と定住についての規則を定義することで、都市発達の再現性を得た点。(2) 乾燥地帯であるダルハンの都市拡大の制限要因として水資源賦存量を想定し、水源賦存量と人口増加とを連動させるシステムダイナミクスの仕組みを構築した点、(3) 複数のシナリオのもと、今後の都市計画を考える際には水資源量が一つの大きな決定要因となることを明らかにした点である。シミュレーション結果は、一例に過ぎないものの、今後の都市計画を考える際には水資源量が一つの大きな決定要因となることが明らかとなっている点に社会的意義があるものと考えられる。

## 基礎となる学術論文

1. Mendbayar Otgonbayar, Hiroki Saito, Badarifu, Ken Hiramatsu, Takeo Onishi and Masateru Senge: Residential area modelling using cellular automata with Estimated Water Resources – a case study in Darkhan, Mongolia -, Journal of Rainwater Catchment Systems, 23(2), pp.11-17, 2018
2. Mendbayar Otgonbayar, Badarifu, Tharangika Ranatunga, Takeo Onishi, Ken Hiramatsu: Cellular Automata Modelling Approach for Urban Growth, Review in Agricultural Science (Accepted)