

モンゴル・ダルハン市の拡大と水需要予測の試み

Experimental Forecast of Expansion of Darkhan, Mongolia and Water Demand

○齋藤大貴*・メンドバヤル**・平松研**・千家正照**・大西健夫**

Hiroki Saito*, Mendobayar**, Ken Hiramatsu**, Masateru Senge**, Takeo Onishi**

1. はじめに

ダルハン市(Darkhan)はウランバートル市から約 220km 北に進んだ場所にあるモンゴル第 2 の都市である。モンゴルの人口はウランバートルに極度に集中しているため、ダルハン市の人口は 8 万人程度ではあるものの、ロシアや中国に延びる鉄道交通の要所にあり、鉄鋼業を中心とする工業都市として発展することが期待されている。ダルハン市の西側にはトール川(Tuul River)が流れるが、冬季に凍結するためか、水源としては地下水のみが使われており、近年の人口の増大あるいは工業の発展により地下水位は低下傾向にある。ただし、工場やゲルとよばれる遊牧民の簡易住居での揚水量は明らかでない。社会主義国家であった影響もあり、都市開発は原則として政府の計画に沿って行われるが、実際には遊牧民の不法な都市定着が多く、自己増殖的な拡大の傾向が見られる。

本研究では、相対的に移動しやすい住居であるゲルを考慮に入れながら、ダルハン市の拡大をセルラオートマトン法(CA)で再現することを試みた。また、併せて簡易なシステムダイナミクス手法(SD)を導入し、都市の拡大と水資源との相互作用を表現し、ダルハン市の水需要と都市発展の予測をシナリオベースで行った。

2. 手法

CA は簡易な規則の組み合わせにより複雑性を持つ現象を表現する手法であり、都市の拡大を示すモデルにはしばしば利用される。Tobler(1979)が地理的な問題において動的な空間モ

デルとして CA の可能性を示し、Couclelis(1985)は仮想都市の拡大に CA を適用して見せた。現実的な都市を再現する場合、都市計画や経済活動などが必須となるため、本来の簡易な規則という CA の優位性が失われることが多いが、Batty and Xie(1994)のモデルは簡易な規則を維持しており、かつ汎用性が高いという特徴を持っている。本研究では、同モデルをベースにゲルという北アジア遊牧地域の特徴的な要素とそれに関わるエージェントを組み入れたモデルを作成することを目指した。

土地利用形態としては、アパート、ゲル、工場、商業、道路、駅、未利用地の 7 種とし、セル上に設定する。ただし、100m 四方のセルを使用したため、道路および駅については他の土地利用と共存できるものとし、かつ、これらについては都市計画上設定されるため、モデルにおいては外部から与えるデータとした。ゲルは一時的な居住地であり、人口密度が高くなると((1)式で与えられるポテンシャル PT の上限に達すると)容易に他の郊外あるいは都市にエージェントが移動する。

$PT = RU \cdot \{AR + AS + (CP - DL)\} \cdot SL$ (1)
ここで、 RU は近隣の住居数、 AR は道路からの距離指標、 AS は駅からの距離指標、 DL はエージェントを示す発展度、 CP は許容量、 SL は勾配の指標である。なお、 AR と AS については実測データに基づく関数となっている。人口は過去の資料からロジスティック関数で示され、その上で水資源の状況により変化させるもの

*水資源機構, **岐阜大学, *Japan Water Agency, ** Gifu University

Keywords:土地利用計画・セルラオートマトン・水資源

とし、人口増減率 λ と修正人口増減率 λ' は(2),(3)式で表される。

$$\lambda = (PP_{t+1} - PP_t + DC_t) / PP_t \quad (2)$$

$$\lambda' = \lambda - (WR_0 - WR_t) / WR_0 = \lambda - \delta \quad (3)$$

ただし、 PP は推定人口、 DC は生存率 σ から決まる減少数、 WR_0 は初期水資源量、 WR_t は時刻 t の水資源量である。この人口増減率を基に新たに都市に流入してゲルを作成するエージェントとゲルの発展度を向上させるエージェントを発生させ、親エージェントからの距離と候補セルのポテンシャルに基づく確率 P_{ij} で位置を決定する。発展度を高めるセルの場合、ポテンシャルを超えるとゲルからエージェントはアパートに流入し、アパートが発達あるいは拡大する。

一方で、セルも(4)式のようにポテンシャルの状態と水資源の状況により一定割合で衰退することとする。

$$\text{if } n(t) = 1, PT < PT_{av}, \text{ and } \text{rand}(\lambda + PT) < \sigma + w_{dif}, \text{ then } n(t+1) = 0 \quad (4)$$

ここで $n(t)$ はセルの状態、 $\text{rand}(x)$ は $0-x$ の乱数、 w_{dif} はシナリオで決まる水資源による制約である。

水需要 WD はセルの状態に応じて求めるものとし、ゲル、アパート、工場の順に増大させることで、水資源量は(5)式で表現した。

$$WR_t = WR_{t-1} - WD_{t-1} + WS_{t-1} \quad (5)$$

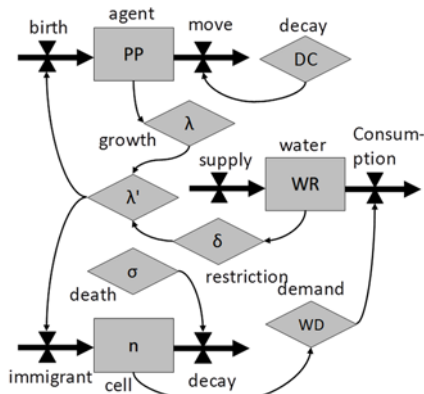


図1 SDチャート

ここで WS は水資源の定常的な増加量である。

モデルには、エージェント、都市、水資源を要素とした簡易なシステムダイナミクス(図1)を導入し、キャリブレーション(図2)にはBC法によるフラクタル次元を用いた。

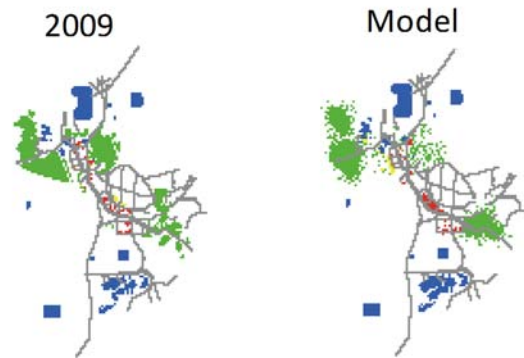


図2 実測データと計算データ (緑がゲル、赤がアパート、青が工場を示す.)

3. シナリオ

1)水資源に制約がない, 2)水資源が不十分, 3)人口が急増するなどのシナリオを設定した。図3は工場の急増による各要素の時間変化を示したものである。

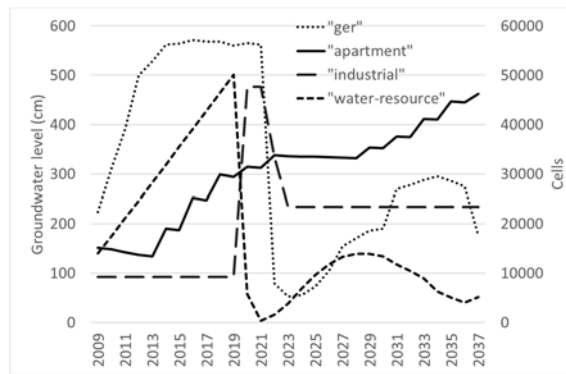


図3 工場拡大時の各要素時間変化

4. まとめ

ゲルという特徴的な要素を組み入れたモデルを構築し、ダルハン市の拡大について一定の傾向を示しえたが、高い精度の将来予測を行うためには、水資源の制約やゲルとアパートの関係などにさらなる改善が必要である。

参考文献: Tobler(1979) Cellular geography. In: Philosophy in Geography; Couclelis(1985) Environ. Plann. A 17, 585-596; Batty, Xie(1994) Plann. B: Plann. Design 21, s31-s48.