

地下水涵養域の分析を目的とした広域的土地利用モデルの構築

○熊本大学 工学部 学生員 内野宏樹

熊本大学 政策創造研究教育センター 正会員 柿本竜治

1. はじめに

近年、熊本の貴重な地下資源であり、同時に生活用水の大部分を占める地下水が急速に減少してきており、同様に江津湖などの代表的な湧水池からの湧水量も減少している。熊本県と熊本市が共同で行った地下水総合調査で得られた空中写真による判読、解析によると、水が地下に浸透し難い非涵養域（市街地、宅地等）の熊本都市圏全体に占める割合は過去 40 年間で 2.4 倍になっており、面積で言うと、概ね 130 万 km^2 増加しており、これは 2005 年当時の熊本市の約半分の面積に相当する。その大きな原因として、これまでの熊本都市圏における工業・住宅団地や大規模ショッピングセンター等の度重なる開発が挙げられる。

土地利用政策は不可逆的なので、土地利用に関わる政策の影響を予め分析するにはシミュレーションが有効である。本研究では、生活用水をほぼ 100% 地下水で賄っている地域である熊本都市圏（熊本市、菊池市、宇土市、合志市、植木町、菊陽町、大津町、益城町、御船町、甲佐町、嘉島町、城南町、富合町、西原村。）を対象に、土地利用シミュレーションモデルを構築することを目的とする。本稿では、シミュレーションのフレームとモデルの 1 部を示す。

2. 涵養・非涵養域の変遷

ランドサットデータを用いて、3 次メッシュ単位で作成した熊本都市圏の涵養、非涵養域の状況（1990～2006）を図 - 1 に示す。また、各メッシュの涵養、非涵養域の面積

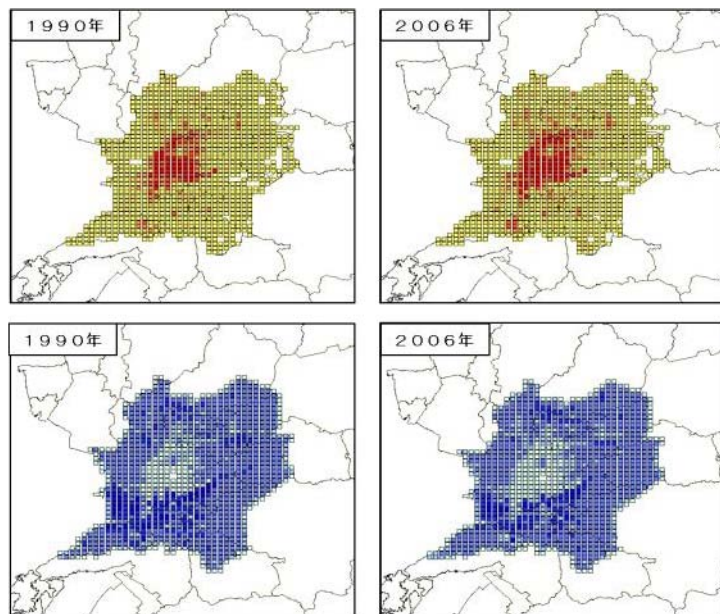


図 - 1 熊本都市圏の涵養、非涵養域の状況

を集計して作成したグラフを図 - 2 に示す。図 - 1 より非涵養域は北東部や南部に拡大していることが分かり、圏域各地の湧水池の湧水量や地下水量に影響を与えていると考えられる。

3. 土地利用シミュレーション

シミュレーションを行う上で、各用途（市街地、住宅地、工業地、水田、草地、農地、林地）を工業、商業、住宅、空地、林地に分ける。ここで言う空地とは水田、草地、農地を指し、立地可能面積に相当するものとする。

各メッシュの立地選択は「土地が主体を選ぶ」という考え方により付け値競争モデルで行う。付け値は各用途が土地にとってどれだけの価値があるかで決まり、用途により変数は異なる。工業と住宅は各メッシュで前期に創出された付加価値額への近さを表す付加価値近接性、商業は各メッシュの前期の純需要への近さを表す純需要近接性を用いる。また、同じ用途は近接することから、各メッシュ間の所要時間を共通変数とする。シミュレーションの前提として次の 3 点が挙げられる。①工業、商業、住宅の面積は減少しない。②可住地面積は年次間で変化しない。③今期の立地可能面積は空地面積に等しい。土地利用シミュレーションの具体的な流れを図 - 3 に示す。

3. 1 生産額配分

本研究では、各用途の立地はランダム付け値モデルを用いて行う。各用途の付け値を推定するが、その付け値関数

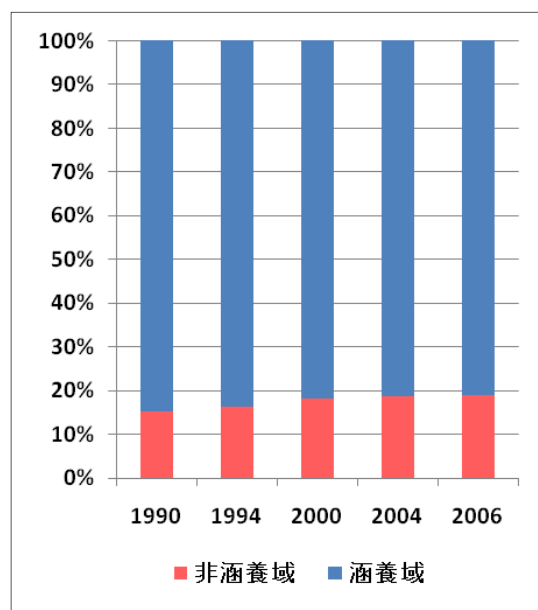


図 - 2 熊本都市圏の涵養、非涵養域の経年変化

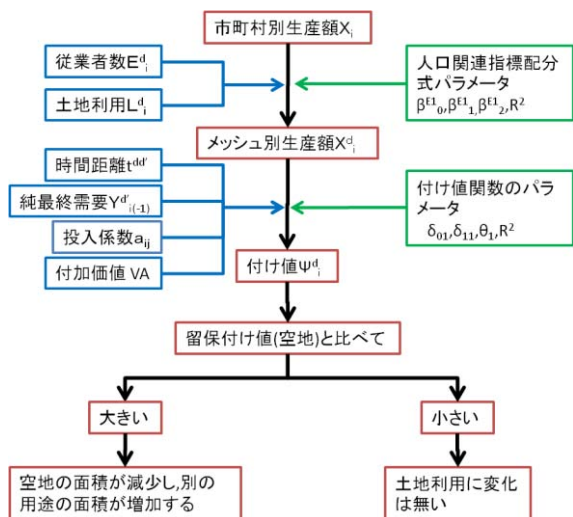


図 - 3 シミュレーションの流れ

を推計する際に必要な値として、各メッシュにおける活動別（産業別）生産額がある。式(1)の生産関数よりメッシュ単位で算出される生産額の大きさに比例して、各メッシュに市町村別の生産額を配分する。なお、各産業の生産関数は、各メッシュの土地面積と労働を生産要素とする。

$$\hat{X}_i^d = \beta_{i0}^E (L_i^d) \beta_{i1}^E (E_i^d) \beta_{i2}^E \quad (i=1,2,3) \quad (1)$$

人口関連指標配分式パラメータの推計結果は表 - 1 に示す。

表 - 1 人口関連指標配分式パラメータ推計結果

	β_{i0}^{E1}	β_{i1}^{E1}	β_{i2}^{E1}	R^2
従業者 1次産業	3.9453 0.853	0.8571 42.317		0.958
従業者 2次産業	169.766 3.1	0.9272 17.297	-0.1403 -1.771	0.841
従業者 3次産業	-512.696 -2.478	1.222 33.035	0.1297 3.032	0.958

上段：パラメータ，下段：t 値

3. 2 付け値関数

商業、工業、及び住宅の付け値関数は、ポテンシャル型変数の線形結合を想定しており、各メッシュで先述の付加価値近接性と純需要近接性を用いることにした。なお、付け値関数のパラメータ推計はH2時点の土地利用状態に基づいており、農業主体に関する付け値を留保付け値としてリファレンスとし、対数線形回帰式を連立することにより求めている。また本研究ではフレームを作成することを目的とするため、メッシュ間の所要時間を推定するに当たり、交通ネットワークは考慮せず、直線距離で推計している。以下に付け値関数、留保付け値で用いたポテンシャル変数（表 - 2）、推計したパラメータ（表 - 3）を示す。

$$\psi_2 = \delta_{02} + \delta_{12} \Sigma_d VA_{-1}^d \exp[-\theta_2 t^{dd}] \quad (2)$$

$$\psi_3 = \delta_{03} + \delta_{13} \Sigma_d (\Sigma_j a_{3j} X_{j(-1)}^d + Y_{3(-1)}^d) \exp[-\theta_3 t^{dd}] \quad (3)$$

$$\psi_4 = \delta_{04} + \delta_{14} \Sigma_d VA_{-1}^d \exp[-\theta_4 t^{dd}] \quad (4)$$

$$\text{留保付け値} : -1.761 \times 10^{-3} VL_{d1} \quad (5)$$

表 - 2 ポテンシャル変数

付加価値近接性	$\Sigma_d VA_{-1}^d \exp[-\theta_2 t^{dd}]$
純需要近接性	$\Sigma_d (\Sigma_j a_{3j} X_{j(-1)}^d + Y_{3(-1)}^d) \exp[-\theta_3 t^{dd}]$
t^{dd} : メッシュ d - d' 間の所要時間 $Y_{3(-1)}^d$: メッシュ d の前期の当該財に対する純最終需要（在庫純増、輸移出入は含まない） a_{ij} : 投入係数	

表 - 3 パラメータの推定結果

	δ_{01}	δ_{11}	θ_1	R^2
工業	-4.2455 9.012	2.1938×10^{-3} 7.246	0.39649	0.454
商業	-0.7466 9.1.502	5.1458×10^{-3} 7.366	0.47181	0.463
住宅	0.34105 0.733	1.8384×10^{-3} 5.503	0.43807	0.325

上段：パラメータ，下段：t 値

3. 3 立地選択とその増加分

各メッシュにおける各主体の土地面積の占有比率によって立地選択を表現するが、先述の前提を受けて、差分近似により占有確立((6)式)を占有増確立((7)式)に変換する。

$$p_i^d = \exp[\psi_i^d] / \Sigma_j \exp[\psi_j^d] \quad (6)$$

$$\gamma_i^d = \frac{K_i^d \exp[\psi_i^d]}{\Gamma^d \exp[\psi_i^d]} \quad (7)$$

ここに、 Γ^d は $\Sigma_i \gamma_i^d = 1$ とするような定数である。

$$K_i^d = \max \left\{ \Delta \psi_i^d - \frac{\Sigma_j \Delta \psi_j^d \exp[\psi_j^d]}{\Sigma_j \exp[\psi_j^d]}, 0 \right\}$$

$$\gamma_i^d = \frac{K_i^d}{\Gamma^d} \frac{1}{\Sigma_j \exp[\psi_j^d]} \quad (8)$$

$$K_1^d = \max \{ (1 + \Delta \psi_1^d) \Sigma_j \exp[\psi_j^d] + \exp[\psi_1^d] - \Sigma_j \Delta \psi_j^d \exp[\psi_j^d], 0 \}$$

この占有増加率 γ_i^d を用いると、主体 i の今期の土地利用面積は以下の式で表現される。

$$L_i^d = L_{i(-1)}^d + \gamma_i^d LAD_i^d \quad (9)$$

$$L_i^d = \gamma_i^d L_{i(-1)}^d \quad (10)$$

4. おわりに

本稿では、土地利用のシミュレーションを行うためのフレームと個別のモデルを示した。メッシュ間の所要時間に交通ネットワークを考慮していない点等、様々な問題点はあるので、今後より精緻なシミュレーションを行うに当たっては、検討が必要である。なお、本研究のシミュレーション結果については発表時に示す。

<参考文献>

- (1) 柿本竜治・溝上章志・赤倉史明「土地利用－交通モデルの結合手法に関する一提案とその適用分析」1995年
- (2) 熊本市HP
<http://www.city.kumamoto.kumamoto.jp/kankyo/data/kanyou.html>