

第Ⅶ部門

リンクマグニチュードを用いた土地利用・人口の流域分布モデル

神戸大学大学院 学生員 ○橋本 翼 神戸大学大学院 正会員 宮本 仁志  
 神戸大学大学院 学生員 石田 和也 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はしがき

健全な河川環境を保全するためには、適正流量の維持や水質改善、生態系保全などに加えて、土地利用・人口など人間活動負荷の流域分布を適切に把握することが重要となる。上流の社会環境変化は河道ネットワークを通して下流の河川環境に影響を及ぼす。したがって良好な河川環境保全のためには、流域一貫の自然・社会環境の統合管理が必要となる。本報では、河道ネットワークの代表的な位数化指標であるリンクマグニチュードを用いて、土地利用・人口の流域分布を統一的に表現する数理モデルを検討した。

2. 対象流域と解析データ

対象流域は日本の一級水系 109 流域である。面積規模、気象、経済など自然・社会環境に関して、流域ごとに多様な特性を呈する。解析データは平成 9 年度の土地利用分布<sup>1)</sup>と平成 17 年度国勢調査の人口データである。土地利用については流域全域に対する面積占有率を考慮して、田、農用地、森林、建物用地、河川湖沼の 5 種類を対象とした。

図-1 に人口の流域分布を例示する。図-1 (a) に示す淀川流域(8,240km<sup>2</sup>)では、大阪の市街地を含む下流域において人口密度が高くなっている。上流域における人口密度は相対的に低い。一方、図-1 (b) に示す鶴見川流域(235km<sup>2</sup>)は流域全体が首都圏に属するため、全域で人口密度が高い。このように、土地利用・人口は流域ごとに様々な特徴をもって分布する。

3. リンクマグニチュードを用いた土地利用・人口の流域分布モデル

土地利用・人口の流域分布は、リンクマグニチュード  $i$  を用いて以下のべき乗則で表現されると仮定する。

$$\overline{LU\#}_i = \overline{LU\#}_1 \cdot i^{\lambda_{LU\#}}, \quad \overline{PO}_i = \overline{PO}_1 \cdot i^{\lambda_{PO}} \quad (1a,b)$$

ここに、 $\overline{LU\#}_i$ ,  $\overline{PO}_i$ : リンクマグニチュード  $i$  の流域における各土地利用の平均面積, 平均人口である。土地利用・人口に関する等比数列型位数則モデル<sup>2)</sup>および位数とマグニチュードの関係<sup>3)</sup>を用いると、式(1)のべき指数  $\lambda_{LU\#}$ ,  $\lambda_{PO}$  は次式で表される。

$$\lambda_{LU\#} = \frac{\log R_{LU\#}}{\log R_B}, \quad \lambda_{PO} = \frac{\log R_{PO}}{\log R_B} \quad (2a,b)$$

ここに、 $R_B$ : Horton の分岐比,  $R_A$ : 流域面積比,  $R_{LU\#}$ ,  $R_{PO}$ : 土地利用, 人口の位数則モデル<sup>2)</sup>の公比である。 $R_{LU\#}$ ,  $R_{PO}$  はともに  $R_B$ ,  $R_A$  の関数となり<sup>2)</sup>, また  $R_B$  と  $R_A$  の間には明確な相互関係<sup>4)</sup>があるため、 $\lambda_{LU\#}$ ,  $\lambda_{PO}$  は 109 流域で一定となることが予想される。

4. 結果と考察

淀川流域の建物用地と鶴見川流域の人口に関して、リンクマグニチュード  $i$  との関係を図-2 に示す。淀川の建物用地に関するマグニチ

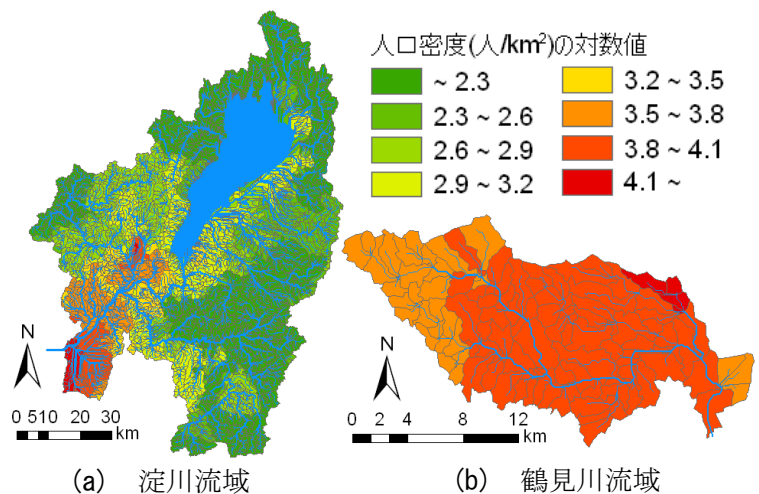


図-1 人口の流域分布

ュードモデル(式(1))の決定係数  $r^2$  は 0.84, 鶴見川の人口に関するマグニチュードモデルの決定係数  $r^2$  は 0.99 となり, 両者ともその適合性は高い。

図-3 に, 109 流域の土地利用・人口に対する決定係数  $r^2$  の度数分布を示す。大半の流域でモデル(式(1))と土地利用・人口データの間には高い相関が見出され, リンクマグニチュードを用いたべき乗型数理モデルの有効性が確認される。決定係数  $r^2$  が小さくなる例としては, 黒部川の建物用地( $r^2=0.10$ )や多摩川の田( $r^2=0.37$ )が挙げられる。黒部川流域における建物用地の分布は 0.4%, 多摩川流域における田の分布は 0.7%であり, 流域における面積分布率が極端に小さくなる土地利用区分ではモデルの適合性が低くなる場合がある。

109 流域すべてについて建物用地面積  $\overline{LU^C}_i$  とリンクマグニチュード  $i$  との関係を図-4 に例示する。図中のプロット群は, 平均的な勾配  $\lambda_{LUC}$  とそれからの分散でほぼ表現されると考えられる。他の土地利用や人口についても同様の傾向が示される。図-4 においてプロット群の分布に幅ができるのは, 一次流域における土地利用・人口分布に確率的なランダム性が存在し<sup>2)</sup>, 一次流域の平均土地利用面積・平均人口が流域間で一定とならないためである。以下に検証するようにマグニチュードモデル(式(1))のべき指数  $\lambda_{LU\#}$ ,  $\lambda_{PO}$  は流域間で一定値をとるため, 一次流域のモデル値  $\overline{LU^{\#}}_1$ ,  $\overline{PO}_1$  に流域ごとの土地利用・人口分布の特徴が表れることになる。

表-1 に, 全 109 流域に関するべき指数  $\lambda_{LU\#}$ ,  $\lambda_{PO}$  の平均および標準偏差を示す。各項目の標準偏差が示すように  $\lambda_{LU\#}$ ,  $\lambda_{PO}$  のばらつきは小さく, 上述の予想どおり, ほぼ一定値をとることがわかる。表-1 に示す  $\lambda_{LU\#}$  の値より, 下流に向けて面積増加が一番大きいのは河川湖沼となり, 次いで建物用地, 田, 農用地, 森林と続く。 $\lambda_{LU\#}$  は流域の土地利用分布に関する日本の一級水系の平均像をよく表す指標といえる。

以上より, 本報ではリンクマグニチュードを用いて流域の土地利用・人口分布が統一的に表現されることが確認された。今後は, 水資源としての河川流量<sup>4)</sup>を考慮し, リンクマグニチュードを基軸として土地利用や人口など社会環境が流域の河川流量や水資源配分に与える影響を検討する予定である。

【参考文献】1) <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>. 2) 宮本, 橋本, 道奥: 河道位数を用いた土地利用と人口の流域分布モデルと流域間比較, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.1105~1110, 2009. 3) 岩佐, 小林: マグニチュード理論による河道網の連結構造に関する統計則と指標, 土木学会論文報告集, 第 273 号, pp.35-46, 1978. 4) 宮本, 橋本, 道奥: 河道リンク/マグニチュードと流域面積・河川流量の関係, 水工学論文集, 第 54 巻, 2010.(印刷中)

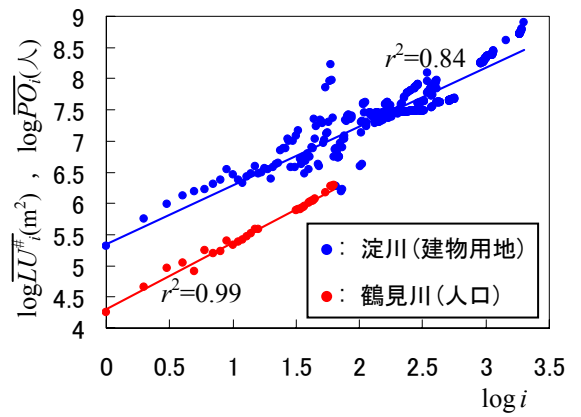


図-2 マグニチュードモデルの適合性

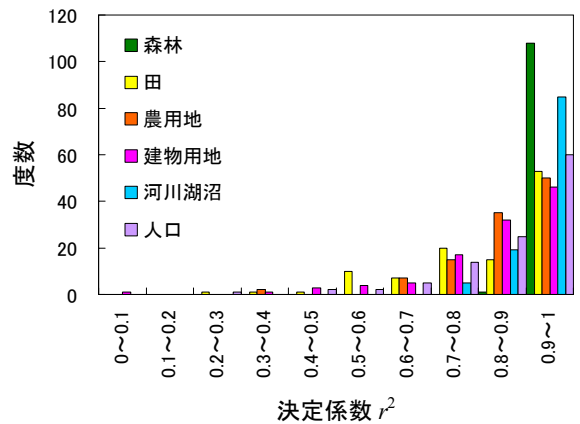


図-3 決定係数  $r^2$  の度数分布

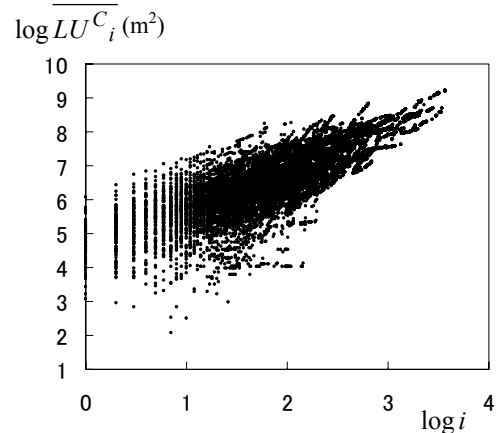


図-4 リンクマグニチュードと建物用地

表-1  $\lambda_{LU\#}$ ,  $\lambda_{PO}$  の平均値・標準偏差

	森林 $\lambda_{LUF}$	田 $\lambda_{LUP}$	農用地 $\lambda_{LUA}$	建物用地 $\lambda_{LUC}$	河川湖沼 $\lambda_{LUW}$	人口 $\lambda_{PO}$
平均値	1.02	1.17	1.14	1.23	1.40	1.02
標準偏差	0.04	0.14	0.13	0.18	0.18	0.08