河道位数による流域人口分布の表現について

神戸大学大学院　学生員　○田中　千尋
神戸大学工学部　正会員　宮本　仁志
神戸大学工学部　ﾌｪﾛｰ会員　道奥　康治

１．はしがき

流域で一貫した土砂管理や水循環保全が重要となっている. 社会基盤自体が流域特性に依存していることを考慮すると, これらの問題のみならず生態環境評価や社会経済の持続可能な発展に関しても流域という視点からの一貫した特徴整理が必要と考えられる．本研究では，水資源の計画や開発において重要となる，社会経済指標のひとつである流域人口を対象として, 流域地形形態の特性を定量的に表現する河道位数則を用いた人口分布の表現手法を検討した.

２．対象流域

対象とした流域の地理的位置関係を**図-1** に，流域概要を**表-1** にそれぞれ示す．対象河川流域は兵庫県の一級河川である加古川・揖保川・円山川の 3 流域である．加古川，揖保川は瀬戸内海に, 円山川は日本海に流出する. 流域面積・人口とも加古川が最大であり，流域面積では揖保川が，人口では円山川が最小となっている.

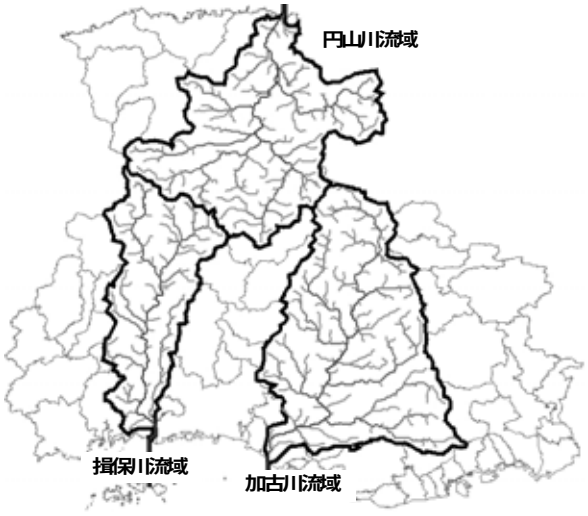

図-1 対象流域

流域人口分布 [1]を**図-2** に示す．いずれの流域においても下流にいくに従って人口が増加している．河口では日本海側より瀬戸内海側の流域の人口が多く，瀬戸内海側の 2 流域では流域面積に比例して人口が変化している．また，加古川流域では，海岸沿いの支川において，後述の位数の小さい上流部にもかかわらず大きな人口が分布している．これは人口集中の著しい都市が存在していることを示し，瀬戸内海沿岸に都市が発達している兵庫県の現状を反映している.

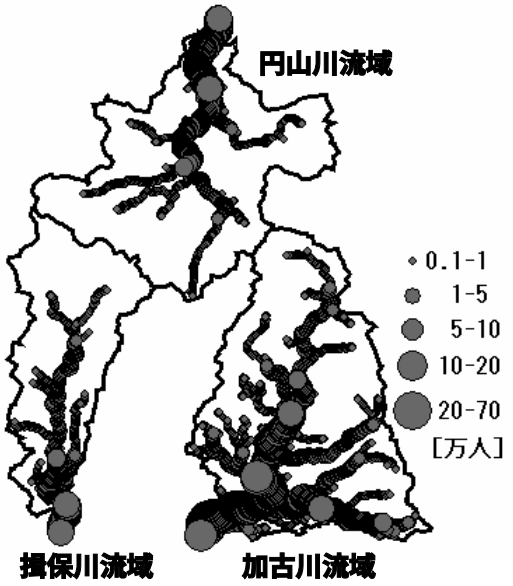

図-2 流域人口分布

３．河道位数による流域人口分布則

Strahler 位数 k の流域において, 位数 u ($1 \leqq u \leqq k$)の小流域での平均人口 $\overline{P_u}$ と平均小流域面積 $\overline{A_u}$ の間に，次式で示すべキの分布が成立するものと仮定する.

$$\overline{P_u} = j\overline{A_u}^m \tag{1}$$

ここに，j,m：流域毎に決まる係数である．一方，流域面積則は次式で与えられる [2].

$$\overline{A_u} = \overline{A_1}R_a^{u-1} \tag{2}$$

ここに，R_a：$(=\overline{A_u}/\overline{A_{u-1}})$, 流域面積比である．式(2)を式(1)に代入した後，両辺に対数変換を施して整理すると次式が得られる.

$$\log\overline{P_u} = \alpha u + \beta, \quad \alpha = \log R_a^m, \quad \beta = \log j\left(\overline{A_1}/R_a\right)^m \tag{3a,3b,3c}$$

キーワード　流域，河道位数，人口，水資源，GIS 解析
連絡先　〒657-8501　神戸市灘区六甲台町 1-1　神戸大学工学部建設学科　email: miyamo@kobe-u.ac.jp

表-1 流域概要

河川名	流域人口 [万人]	流域面積 A_k[km²]	幹川流路延長 [km]	河川数	総流路延長 L[km]	河川密度 $R_D=\Sigma L/A$	高低率 $R_f=$（最高点-河口）/ L	平均河川勾配 $R_c=$（源流-河口）/ L
揖保川	20	810	70	47	291	0.359	0.02044	0.02044
加古川	77	1520	96	110	678	0.446	0.00974	0.00886
円山川	15	1300	68	97	502	0.386	0.02182	0.00699

ここに，α，β：流域毎に決まる係数である．これより，式(1)の仮定のもとでは人口 $\overline{P_u}$ の対数が位数 u に比例することになる．

4．位数と流域人口の関係

対象流域の河道位数と人口密度分布の関係を調べ，上述の流域人口分布則の適用性を検討する．揖保川河道網における位数 u とマグニチュード i[3]の分布を**図-3** に示す．共に位数 1 に対応する河道は同じ空間スケールで定義している．河口での位数 k は 6 であり，対応するマグニチュード i_{max} は 2016 となる．マグニチュードはすべての支流の合流を考慮に入れるため，その最大値は上流部での水源地数と一致する．

加古川における流域人口 P_u と対応する面積 A_u の関係を**図-4** に示す. 図の両軸は対数表示となっており，人口 P_u は全流域人口 $\overline{P_k}$ で，小流域面積 A_u は全流域面積 $\overline{A_k}$ でそれぞれ無次元化している．これより，両対数グラフ上における人口 P_u と流域面積 A_u はほぼ線形関係にあり，式(1)の仮定が成り立っていることが見てとれる. **図-5** に流域人口 $\overline{P_u}$ と位数 u の関係を示す．人口 $\overline{P_u}$ は全流域人口 $\overline{P_k}$ で無次元化して表示している．ここに示す $\overline{P_u}$ と位数 u の関係は式(3a)で示す比例関係を満たしていることがわかる．流域における違いはこの関係からは見出せない．

以上より，河道位数則は流域の人口分布の表現として有用であることがわかった．今後，流域の人口分布に見合った水資源最適配分を河道位数をもとに検討していく予定である．

【参考文献】1)総務省統計局「統計 GIS プラザ」：http://gisplaza.stat.go.jp/GISPlaza/. 2) 土木学会水理委員会：水理公式集[平成 11 年版]，土木学会，pp.28-29, 1999. 3) 岩佐・小林：土木学会論文報告集, Vo l.273, pp.47-58, 1978.

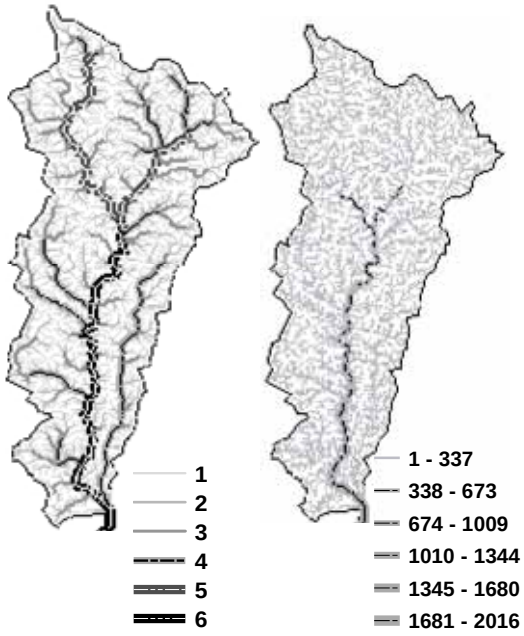

図-3　揖保川の河道網における位数 u(左図) とマグニチュード i(右図)の分布

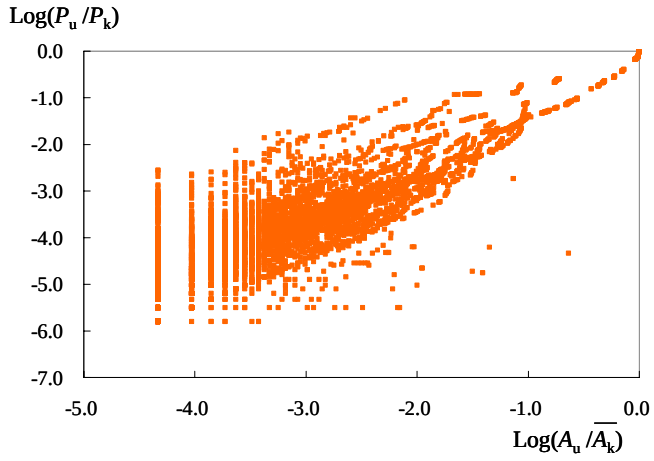

図-4　加古川における流域人口と面積の関係

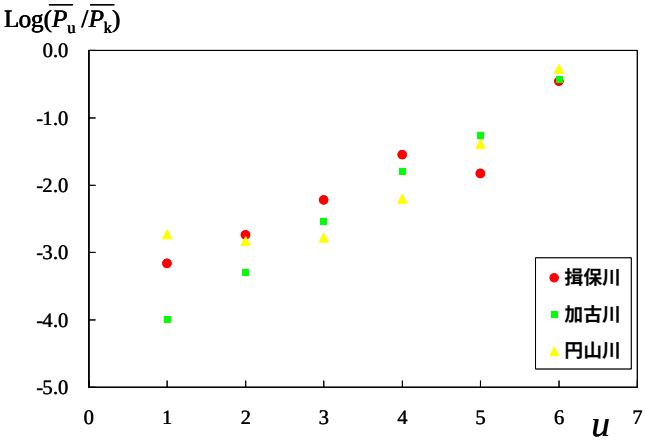

図-5　位数と流域人口の関係