

日本の一級水系109流域の形状比と起伏量比

山下重紀郎・岩井優祈・川添 航・佐藤壮太・鈴木修斗

キーワード：GIS, 国土数値情報, 一級水系, 流域形状比, 流域起伏量比

I はじめに

自然環境と人間活動との関係の分析は、地理学の本質的課題の1つであるが、河川や湖沼といった水環境の分析においては、流域という空間ユニットに着目することが重要である。とくに、2007年の地理空間情報活用推進基本法の施行以降、GISで分析可能なさまざまな地図データや統計データが整備・公開されるようになったことで、それらを用いた定量的・空間的な流域環境解析を行った研究が蓄積されている。

そのような研究の例をいくつか挙げると、中山(1998)は、阿武隈山地を対象に、DEM(数値標高モデル)から抽出した流域区分ごとに11の地形特徴量を計測し、多変量解析によって類型化した。王尾(2008)は、メッシュ単位の地形、地質、土壌、土地利用などのデータを用いて、関東地方の4流域の景観特性を分析した。大西(2013)は、日本の一級水系109流域を対象に、CO₂固定容量、クーリング容量、生活容量、水資源容量、木材資源容量の5つの指標を用いて環境容量を試算した。江藤・大西(2018)も日本の一級水系109流域を対象に、人口・世帯数の推計を基に将来の土地利用変化を分析した。筆者もまた、一級水系109流域を対象に、人口特性や土地利用特性、水需給特性などを比較分析してきた(山下, 2006; 山下, 2013; 山下ほか, 2015; 山下, 2019)。

本稿も一級水系109流域を対象とするが、上記の一連の先行研究では扱っていない地形的特徴に着目する。具体的には、山下(2009)が那珂川と鬼怒・小貝川の各支流域における相対的な集水能力の推測に用いた、流域形状比と流域起伏量比という2つの指標を取り上げる。

流域形状比は、流域の水平的な地形特徴量を表す代表的な指標であり、流域最大辺長の2乗を流域面積で除した値で示される。すなわち流域形状比とは、流域の最大辺長を一辺とする正方形の面積と流域面積との比であり、値の小さい流域ほど河川の流路延長に対して集水面積が広いことを意味し、大きい流域ほど形状が細長く集水面積が狭いことを意味する。一方、流域起伏量比は、流域の垂直的な地形特徴量を表す代表的な指標であり、流域最高高度と最低高度との差を幹川流路延長で除した値で示される。すなわち、値が小さい流域ほど平坦であり、大きい流域ほど急峻ということになる。

本稿ではまず、GISと河川や流域、標高のデータを用いて、日本の一級水系109流域の形状比と起伏量比を算出する手順を解説する。次に、109流域の形状比と起伏量比の相対比較を行い、地域的傾向を把握する。最後に、109流域の地形的特徴から推測される集水能力を相対比較し、流域の水需給特性との関係について考察する。

II 使用データと分析手順

本稿の分析に使用したデータは第1表の通りである。これらはいずれも、国土交通省の国土数値情報ダウンロードサービスのホームページ (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>) より無償でダウンロードした。ダウンロードしたデータの加工・集計・解析処理には、ArcGIS10.2.2を用いた。

II-1 流域ポリゴンデータの作成手順

まず、流域・非集水域ポリゴンデータから、一級水系109流域のポリゴンデータを作成した。その手順は以下の通りである。

ArcMapを起動しダウンロードしたデータを追加する。「ジオプロセッシング」メニューの「ディゾルブ」を開き、「入力フィーチャ」として追加したデータを選択する。このデータの属性テーブルには、5桁の水系域コードが含まれているため、「ディゾルブフィールド」として、水系域コードのフィールド名(W12_002)を選択する。「出力フィーチャクラス」として、ディゾルブ処理によって作成されるデータの保存先とファイル名を任意に指定し、「OK」をクリックする。

出力されたデータから一級水系109流域のポリゴンを選択した上で、テーブルオブコンテンツのレイヤ名のところで右クリックし、メニューから「データ」の「データのエクスポート」を選択する。「エクスポート」のところが「選択フィーチャ」、「座標系の選択」のところが「レイヤのソースデータと同じ座標系」になっているのを確認し、「出力フィーチャクラス」でデータの保存先とファイル名を指定し、「OK」をクリックする。

以上の手順で、一級水系109流域のポリゴンデータを作成した。

第1表 使用データ一覧

流域界	国土数値情報流域・非集水域ポリゴン
河川	国土数値情報河川ライン
標高	国土数値情報標高・傾斜度3次メッシュ

II-2 流域形状比の算出手順

流域形状比を算出するのに必要な値は、流域面積と流域最大辺長である。その算出手順は以下の通りである。

まず流域面積であるが、ArcMapを起動し、II-1で作成した一級水系109流域のポリゴンデータ(以下、流域ポリゴンと表記)を追加する。流域ポリゴンの属性テーブルを開き、「テーブルオプション」から「フィールドの追加」を選択する。名前に“area”と入力し、タイプから“Float”を選択し、全桁数に“6”，小数点以下桁数に“1”と入力する¹⁾。新しくできた「area」のフィールド名のところで右クリックし、「ジオメトリ演算」を選択する。「プロパティ」が“面積”になっていること、「データソースの座標系を使用」にチェックが付いていることを確認して(もし違っていたらそのようにする)、「単位」から“平方キロメートル”を選択して、「OK」をクリックする。

次に流域最大辺長であるが、ArcMapに河川ラインデータを追加する。メニューバーにある「計測」ツールを用いて、各流域の河口を始点として、そこからもっとも遠い流域界上の地点までの直線距離を確認して記録する。値の単位は流域面積に合わせてkmとする。

以上の手順で算出された流域面積と流域最大辺長の値から、各流域の形状比を算出する。

II-3 流域起伏量比の算出手順

流域起伏量比を算出するのに必要な値は、流域最高高度と最低高度、そして幹川流路延長である。

まず流域最高高度と最低高度であるが、ArcMapを起動し流域ポリゴンと標高・傾斜度メッシュデータ(以下、地形データと表記)を追加する。この地形データは、1次メッシュ単位でファイルが提供されており、属性情報がテキストデータになっているので、以下の手順にあるような統計情報として値を確認するために、数値データに変換する必要がある。

地形データの属性テーブルを開き、「テーブルオプション」から「フィールドの追加」を選択す

る。名前に“elev_h”と入力し、タイプから“Float”を選択し、全桁数に“6”，小数点桁数に“1”と入力する¹⁾。新しくできた「elev_h」のフィールド名のところで右クリックし、「フィールド演算」を選択する。「フィールド」から“G04a_003”（最高標高に該当する項目名）をダブルクリックし、「OK」をクリックする。もう1度、「テーブルオプション」から「フィールドの追加」を選択する。名前に“elev_l”と入力し、タイプから“Float”を選択し、全桁数に“6”，小数点桁数に“1”と入力する¹⁾。新しくできた「elev_l」のフィールド名のところで右クリックし、「フィールド演算」を選択する。「フィールド」から“G04a_004”（最低標高に該当する項目名）をダブルクリックし、「OK」をクリックする。この作業を、流域ポリゴンと重なる1次メッシュ単位の地形データすべてに対して行う。

以上の作業を終えたら、次にフィーチャ選択アイコンをクリックし、地図上で1つの流域をクリックする。「選択」メニューから「空間検索」を選択する。「ターゲットレイヤ」として当該流域と重なる地形データ（1次メッシュ）をすべて選択し、「ソースレイヤ」として流域データを選択し、「選択フィーチャを使用」にチェックをつけ、「ターゲットレイヤフィーチャの空間選択方法」として“ソースレイヤフィーチャに含まれる”を選択し、「OK」（または「適用」）をクリックする。選択した地形データの属性テーブルを開き、「elev_h」のフィールド名のところで右クリックし、「統計情報」を選択し、「最大値」の数字を確認する。選択した地形データ（1次メッシュ）が複数ある場合は、それらの「最大値」も確認して、流域内における最大値（最高標高）を記録する。同じく、「elev_l」のフィールド名のところで右クリックし、「統計情報」を選択し、「最小値」の数字を確認する。選択した地形データ（1次メッシュ）が複数ある場合は、それらの「最小値」も確認して、流域内における最小値（最低標高）を記録する。

次に幹川流路延長であるが、ArcMapに河川

ラインデータを追加する。属性テーブルを開き、「テーブルオプション」から「フィールドの追加」を選択する。名前に“riv_length”と入力し、タイプから“Float”を選択し、全桁数に“7”，小数点以下桁数に“1”と入力する¹⁾。新しくできた「riv_length」のフィールド名のところで右クリックし、「ジオメトリ演算」を選択する。「プロパティ」が“長さ”になっていること、「データソースの座標系を使用」にチェックが付いていること、「単位」が“メートル”になっていることを確認して（もし違っていたらそのようにする）、「OK」をクリックする。この河川ラインデータは、都道府県単位でファイルが提供されているので、一級水系がない沖縄県を除く46都道府県のファイルに対して、同様の作業を行う。

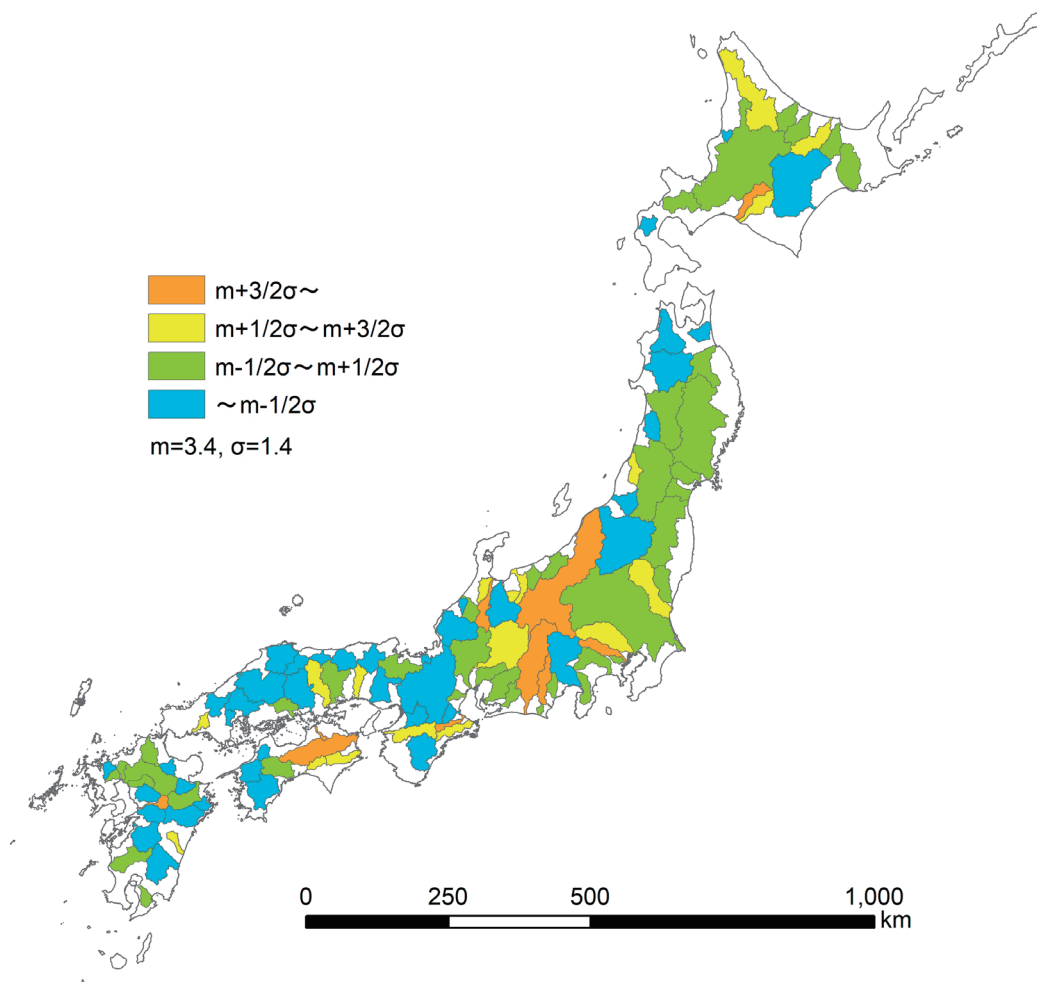
以上の作業を終えたら、「選択」メニューから「属性検索」を選択する。「レイヤ」として河川データを選択し、下欄に検索式として、“W05_004” = ‘一級河川名’を入力する（例：“W05_004” = ‘天塩川’）。当該河川が複数都道府県にまたがる場合は、他の都道府県の河川データにも同様の検索を行う。河川データの属性テーブルを開き、「riv_length」のフィールド名のところで右クリックし、「統計情報」を選択し、「合計値」の数字を記録する。当該河川が複数都道府県にまたがる場合は、それらの河川データの「合計値」を合算して、幹川流路延長を算出する。

以上の手順で算出された流域最高高度と最低高度、幹川流路延長の値から、各流域の起伏量比を算出する。

Ⅲ 各流域の地形的特徴とその地域的傾向

Ⅲ-1 流域形状比

一級水系109流域の形状比を示したのが第1図である。流域形状比がもっとも小さいのは、中国地方の千代川流域の1.7である。それも含めて、平均値より1/2標準偏差以上小さい流域は40あり、主に東北地方の日本海側と近畿地方以西の西日本の流域が該当する。これらは、相対的に流域の形



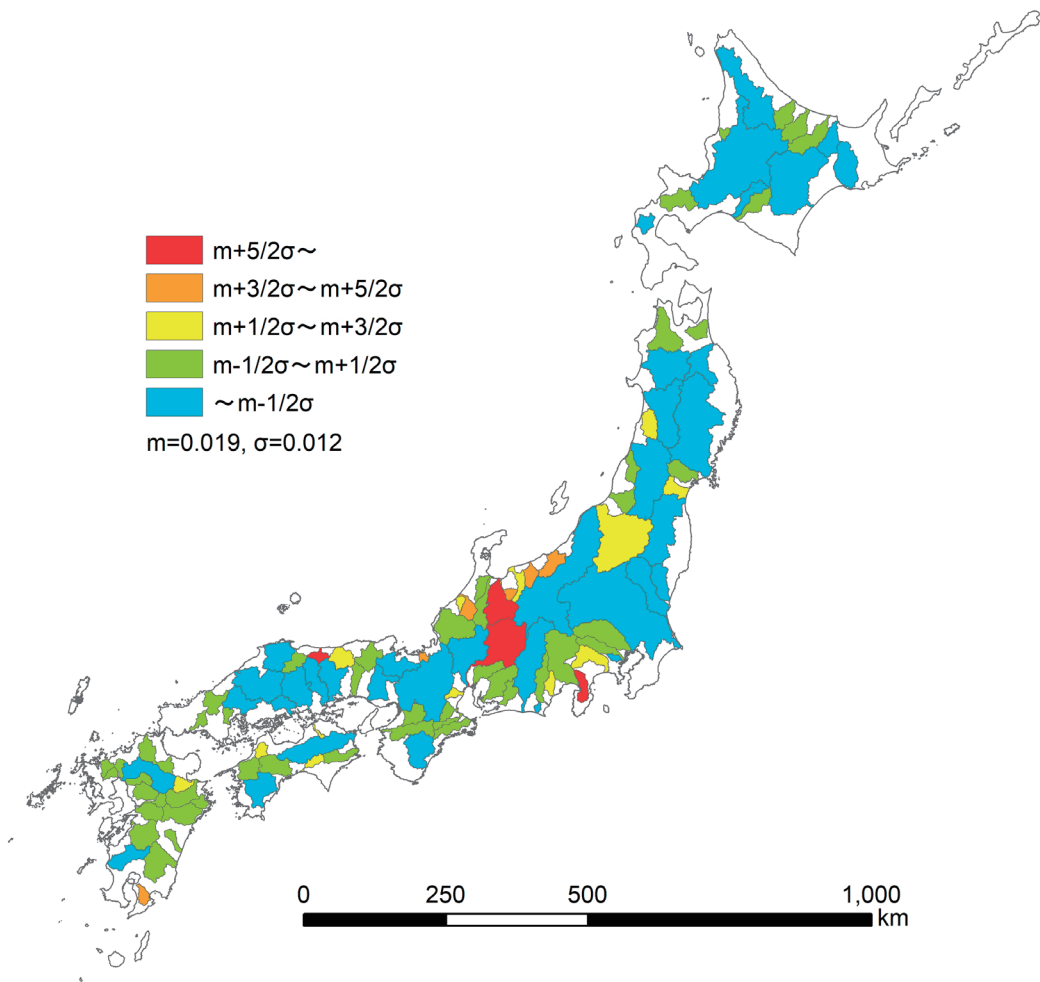
第1図 一級水系109流域の形状比

状が方形あるいは円形に近く、幹川流路に対して集水域の面積が広い流域である。一方、流域形状比がもっとも大きいのは、北陸地方の庄川流域の8.0である。それも含めて、平均値より1/2標準偏差以上大きい流域は28あり、なかでも北海道や北陸・中部地方、および近畿・四国地方の中央構造線に沿った地域に、とくに値の大きい流域が分布する。これらの流域は相対的に形状が細長く、幹川流路に対して集水域の面積が狭い流域である。

Ⅲ-2 流域起伏量比

一級水系109流域の起伏量比を示したのが第2図である。流域起伏量比がもっとも小さいのは、

関東地方の鶴見川流域の0.003である。それも含めて、平均値より1/2標準偏差以上小さい流域は36あり、全国に広く分布している。これらは相対的に平坦な流域であり、鶴見川流域や中部地方の菊川流域などのように、上流域に標高の高い山間部を含まず標高差が小さい流域と、関東地方の利根川流域や北陸地方の信濃川流域に代表される。上流域に標高の高い山間部を含むものの流域面積が広く幹川流路延長が長い流域に大きく二分される。一方、流域起伏量比がもっとも大きいのは、中部地方の木曾川流域の0.065である。それも含めて、平均値より1/2標準偏差以上大きい流域は23あり、北陸地方に集中しているほかは、各地方



第2図 一級水系109流域の起伏量比

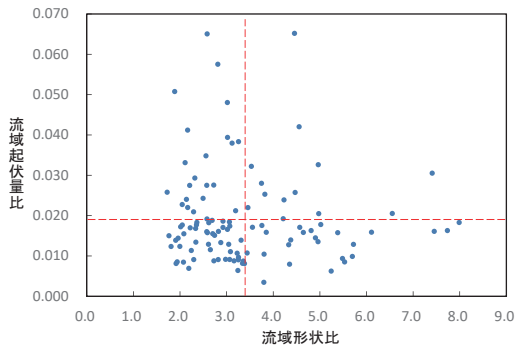
に点在している。これらは相対的に急峻な流域である。

Ⅲ-3 地形的特徴からみた流域の集水能力の相対比較

山下（2009）でも述べられているが、流域形状比が小さい流域ほど、河川の流路延長に対する集水面積が広く、相対的に集水能力の高い流域であるといえる。一方、流域起伏量比の小さい平坦な流域は、農地や市街地として開発されやすく水需要が大きい反面、値の大きい急峻な流域は、上～中流域に標高が高く傾斜のある山間地を抱えており、そうしたところではダムなどの水資源開発が

行われやすい。すなわち、流域形状比が小さく、流域起伏量比が大きい流域ほど、相対的に水源地域としての適地に恵まれており集水能力も高いと推察される。ここではそのような観点に基づき、109流域の集水能力を相対比較してみたい。

109流域の形状比と起伏量比を散布図で表したのが第3図である。図中の縦と横の破線はそれぞれ、流域形状比と流域起伏量比の平均値である。図の左上にプロットされる、流域形状比が平均以下であり流域起伏量比が平均以上である、相対的に集水能力の高い流域には、22が該当する。それらのうち流域面積がもっとも大きく水資源賦存量ももっとも多いのは（山下，2019）、北陸地方の



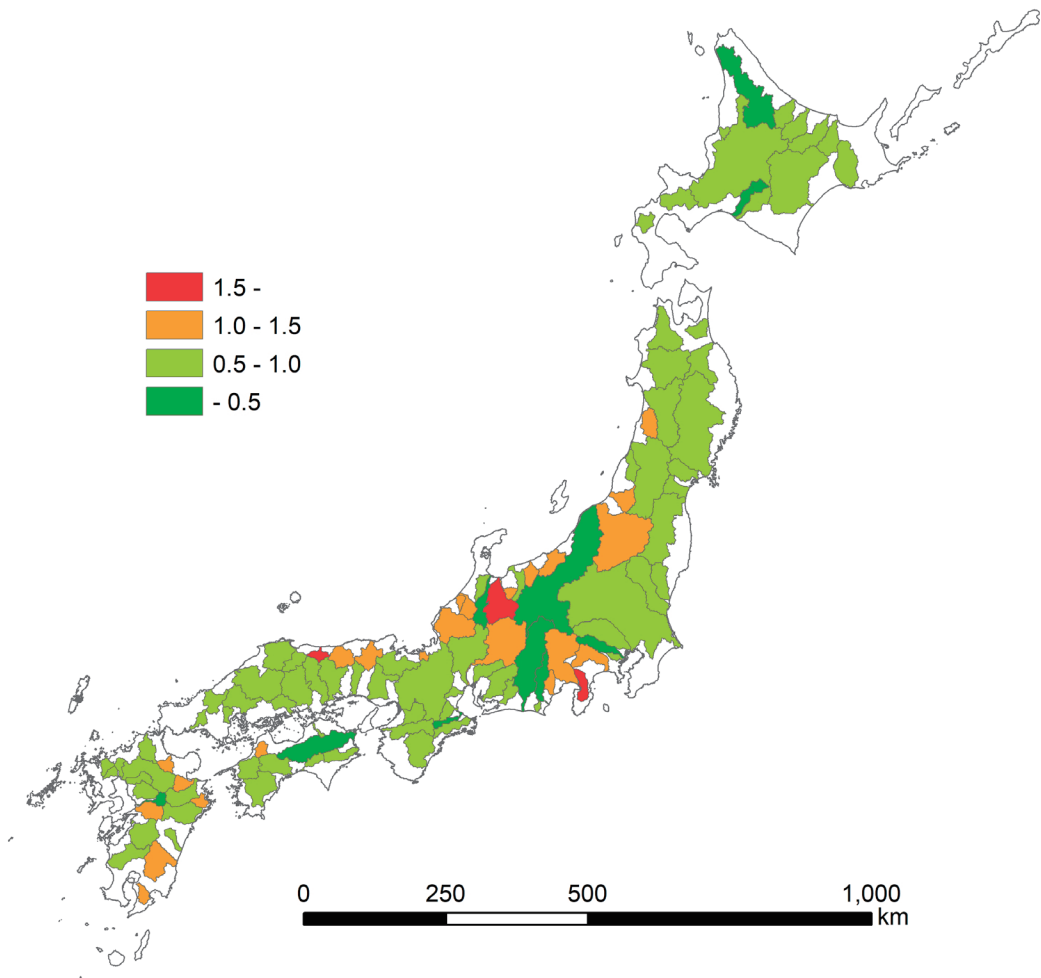
第3図 流域形状比と流域起伏量比の散布図

阿賀野川流域であり、関東地方の富士川流域、北陸地方の神通川流域がそれに次ぐ。

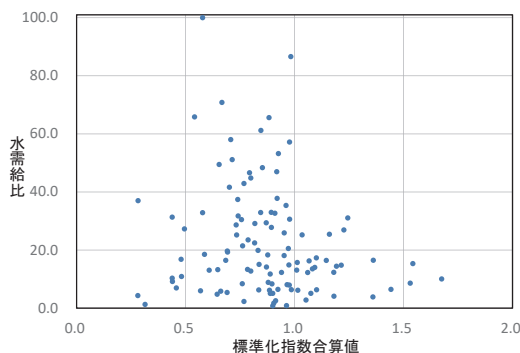
次に、109流域の形状比と起伏量比の値をそれぞれ

標準化した。ただし流域形状比に関しては小さいほど集水能力が高いため、小さいほど1に近い値とした。そして両方を足し合わせた指標（0～2の値を取る）を主題図で表したのが、第4図である。値が1.0以上の相対的に集水能力の高い流域は26が該当し、本州の日本海側と九州地方に多く分布する。なかでも、北陸地方の神通川流域、中部地方の狩野川流域、中国地方の天神川流域は、1.5以上でありとくに高い。

最後に、流域形状比と流域起伏量比の標準化指数の合算値と、山下（2019）で試算した109流域の水需給比（総水需要に対する水資源賦存量の割合）との散布図を、第5図に示した。この図によると、標準化指数合算値が1.0以上の相対的に集



第4図 流域形状比と流域起伏量比の標準化指数の合算値



第5図 標準化指数合算値と水需給比の散布図

水能力の高い26流域は、いずれも水需給比が40.0未満であり、地形的特徴からみても水需給比からみても、水資源に余裕のある流域であるといえる。一方で、水需給比が高く相対的に水需要の大きい流域は、いずれも標準化指数合算値が0.5～1.0であり、地形的特徴からみると、やや水能力の低い流域に分類されることが分かる。

本研究は、2017～2019年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（C）（代表者：山下亜紀郎，課題番号：17K03236）の成果の一部である。なお本稿で作成した主題図とGISデータベースは、研究代表者のホームページ（<http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~akio/>）にて公開する予定である。

[注]

1) 項目名や全桁数、小数点以下桁数は任意である。

[文献]

- 江藤菜々子・大西暁生（2018）：日本109水系における将来土地利用変化の推計。水文・水資源学会誌，**31**，364-379。
- 王尾和寿（2008）：流域圏における水系を視点とした景観特性の分析－那珂川、霞ヶ浦、鬼怒川、小貝川の各流域を事例として－。地学雑誌，**117**，534-552。
- 大西文秀（2013）：『流域圏からみた日本の環境容量－日本のバイオリージョン・全国109流域3D-GIS MAP－』大阪公立大学共同出版会。
- 中山大地（1998）：DEMを用いた地形計測による山地の流域分類の試み－阿武隈山地を例として－。地理学評論，**71A**，169-186。
- 山下亜紀郎（2006）：日本の一級水系における流域特性とその地域的傾向。CSISディスカッションペーパー，**79**，1-6。
- 山下亜紀郎（2009）：都市用水の水利体系と流域の地域的條件－那珂川流域と鬼怒・小貝川流域を事例として－。地学雑誌，**118**，611-630。
- 山下亜紀郎（2013）：水需給ポテンシャルの変化からみた日本の一級水系流域の地域的傾向。GIS－理論と応用，**21**，107-113。
- 山下亜紀郎・金 延景・石坂 愛（2015）：GISとメッシュデータを用いた日本の一級水系の流域特性分析。

IV おわりに

本稿では、日本の一級水系109流域を対象に、GISと国土数値情報のデータを用いて、水平的な地形特徴量を表す流域形状比と、垂直的な地形特徴量を表す流域起伏量比を算出する手順を解説した。そしてそれによって算出された値を用いて、間接的ではあるが、各流域の集水能力を相対比較した。

本稿の分析によって、流域形状比や流域起伏量比は、流域ごとに多様であり、したがって地形的特徴からみた流域の集水能力も多様であることが明らかとなった。その上で、集水能力の高い流域で水需給比が低いこと、水需給比の高い流域が集水能力のやや低い流域に分類されることが示された。

人文地理学研究, **35**, 1-14.
山下亜紀郎 (2019) : メッシュデータを用いた流域環境解析 - 土地利用と水需給に着目して -. 環境科学
会誌, **32**, 印刷中.

英文タイトル

Basin Form Ratio and Basin Relief Ratio of Japanese Major 109 River Basins

YAMASHITA Akio, IWAI Yuki, KAWAZOE Wataru, SATO Sota, SUZUKI Shuto