

河川上流域土地利用算出プログラムの開発と公開

岩崎亘典*・稲生圭哉**・上田紘司***

Development of tool and database for estimating river basin land use

Nobusuke IWASAKI,* Keiya INAO** and Koji UEDA***

We developed a database and tools for estimating land use of river basin in Japan. The database that correlates land use and rice planting rates in river channels and watersheds was developed using numerical data from the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) and various statistical data from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). In addition, the estimating tools was developed to calculate the upstream basin, land use and rice planting rate at any point on the river using the database. The database was constructed with PostGIS and the estimation tool was developed using QGIS. These programs are available via github.

Keywords: 河川上流域 (Upper River Basin), 国土数値情報 (National Land Numerical Information), 農業統計 (Statistics of Agriculture), FOSS4G (Free and Open Source Software for Geospatial)

1. はじめに

1.1. 背景および目的

河川の水質は、周辺の自然環境や人の社会活動に起因する各種汚濁よりその程度が大きく異なる。環境省は、人の健康の保護および生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準として、河川を含む公共用水域の水質汚濁に係る環境基準を設定している。河川水質に影響を及ぼす要因の一つが流域内での土地利用である。このなかで農業面積は国土の約 12% を占め、多種多様な作目、品目による生産活動が行われている。こうした生産活動での農業資材の利用が、河川水質に影響を及ぼすことが懸念される。

わが国では、国土数値情報により流域や土地利用に関するデータが公開されており、山下ほか(2015)は、一級水系毎にその特性を検討した。また、岩崎ほか (2016) は、流量観測地点における水稻作付面積率を算定する手法を開発した。

しかし、国土数値情報の単位流域を基準として算出したため、単位流域の規模が大きくなると、本手法による算定誤差が大きくなった。また、国土数値

情報の土地利用では、農業に関する土地利用が「田」と「その他農用地」のみであり、普通畑や果樹園といった地目の違いや、作目毎の作付面積を算出することが困難であった。さらに、国土数値情報から流域内の土地利用を算出するには、独自に GIS データベースを構築するとともに、GIS アプリケーションに算出アルゴリズムを実装することが必要であり、GIS に精通した者でなければ作業が困難であった。本研究では、河川上の任意の地点の流域面積や、農業に関連する土地利用割合を簡便に算出するためのデータベースを構築するとともに、河川上流域土地利用算出プログラムを開発することを目的とした。

1.2. 河川上流域土地利用算出プログラム構築手順の概要

本研究では、日本全国を対象として、河川上の任意の地点の上流域の流域面積や土地利用率を算出するための河川の流路、流域、土地利用に関する GIS データベース (以降、河川流域・土地利用 DB とする) を構築した。また、これらのデータベースから、河川上流域を簡便に算出するためのプログラム (以

* 正会員 農研機構農業環境変動研究センター (Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO)
〒305-3604 茨城県つくば市観音台 3-1-3 E-mail : niwasaki@affrc.go.jp

** 非会員 農研機構農業環境変動研究センター (Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO)

*** 非会員 農研機構農業環境変動研究センター (現東京大学) (Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO) (Current position: Univ. of Tokyo)

降，河川上流域土地利用算出プログラムとする）を開発した。

河川流域・土地利用 DB の構築にあたっては，国土数値情報の河川第 3 版（以下，河川データ），流域メッシュ第 2.1 版（以下，流域メッシュ），土地利用細分メッシュ第 2.6 版（以下，土地利用メッシュ）を用いた。土地利用メッシュについては，作業時点（2019 年）において全国が整備されている最新版の 2014 年度版を用いた。日本全国のメッシュ数は約 4034 万であった。そこでデータベースの構築作業は，リレーショナルデータベース管理ソフトウェアである PostgreSQL に地理空間拡張機能である PostGIS を導入した環境で行った。

上記のような大規模 DB の構築には PostgreSQL および PostGIS が適しているが，開発したプログラムを広く利用するには，PostgreSQL は動作する環境の構築，管理が容易ではない。そこで，河川流域土地利用算出プログラムでは，上記の DB から必要な部分を抽出し，汎用的なファイル形式に変換した上で利用することとした。また，河川流域土地利用算出プログラムの開発にあたっては，無償で再配布が可能な FOSS4G を用いて開発することとした。

流域内における水稻作付率やその他農作物の地目別，作物別作付面積の算出に当たっては，各種の農林水産統計と世界農業センサスデータを用いることとした。

2. 河川流域・土地利用データベースの構築

2.1. 河川上流域抽出アルゴリズム

河川流域・土地利用 DB の構築にあたり，河川の上流域を抽出するためのアルゴリズムを検討した。岩崎ほか（2016）では，上流域の土地利用算出に，国土数値情報の単位流域を基準として上流域を抽出した。しかし，単位流域が大きい場合に，誤差が大きくなる問題があった。そこで，単位流域内の上流域の抽出については Iwasaki et al. (2012) の手法を活用した。概要は，以下の通りである（図 1）。

- (1) 流域メッシュと河川データを関連づけるため，単位流域内のあるメッシュについて（図 1A の黄色で示したメッシュ），その流域内の河川上の最も近い地点を決定する（図 1A, ①）
- (2) その地点から単位流域の最下流部までの距離を算出し（図 1A, ②赤矢印），メッシュ内に格納する（図 1A, ③）。
- (3) ユーザが任意に選択した河川上メッシュの最下流部からの距離よりも大きな値を持つメッシュを上流域として集計する（図 1B, ④黄色の領域）。その際，市町村毎に土地利用の集計を行う。
- (4) 選択した単位流域の上流に位置する単位流域を抽出し，(3) と同様に，市町村毎に土地利用

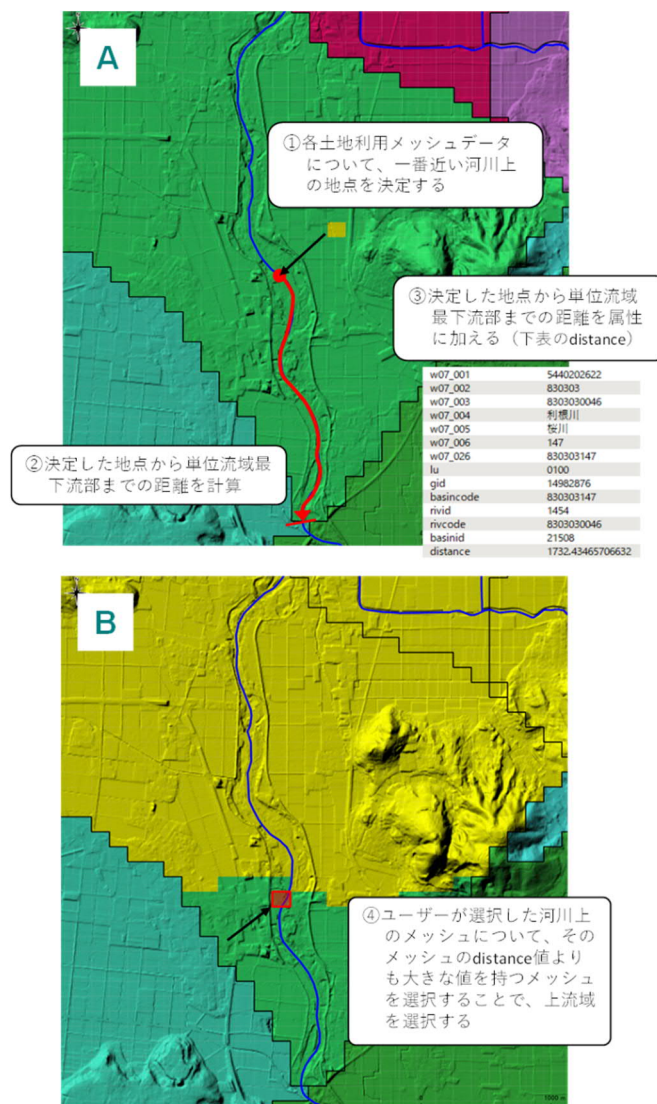


図 1 河川上任意地点の上流域検索アルゴリズム

の集計を行う。なお、計算を高速に行うための、支流域ごとに土地利用メッシュ数を集計したテーブルを事前に作成し、これらの値を算出に用いることとした。

2.2. 河川流路データの整備

Iwasaki et al. (2012) で取り扱った河川データは、単位流域内の流路が一本であった。しかし河川データに含まれる河川の流路データは、単位流域に複数の河川が含まれている。そこで、河川データに含まれる「河川コード」を参考として、単位流域内の流路が一本の線分となるよう処理した。

次に、河川データに含まれる河川始点と終点の情報を元に、河川の流下方向を決定した。なお、本手法では、標高差のない平地において流路方向に誤りが見られ、その際は手動で修正した。

作成したデータについて、下流に位置する流路のIDを付与し、ネットワーク構造を持つデータとして整備した。さらに、河川上流の検索を高速化するために、河川最下流部から支流域コードを付与した。

2.3. 流域・土地利用メッシュデータの作成

流域メッシュと土地利用メッシュについて、細分メッシュコードを鍵として結合し、土地利用・流域結合メッシュデータを作成した。各メッシュについて、2.1.で示した手順で河川下流端点からの距離を算出し、データ内に格納した。なお、流域メッシュには河川データと共通の河川コードが含まれており、これらを鍵として両者を連携させた。

3. 市町村別水稻作付率および普通畑・果樹園作付面積率データの構築

3.1. 市町村別水稻作付率および普通畑・果樹園作付面積率データの構築

岩崎ら（2016）は、農林水産統計を用いて都道府県別に水稻作付面積比を算出し、国土数値情報から算出した「田」の面積に乘じることで、水稻作付面積を算出する手法を開発している。水稻の作付面積率の推定については、市町村を単位として、本手法を用いることとした。

普通畑・果樹園作付面積率データの整備に当たっては、農林業センサスを用いて市町村毎の主な作目を含む普通畑、果樹園の作付面積に関するデータベースを構築した。農林業センサスは、本研究実施時に最新である 2015 年農林業センサスを利用した。具体的には、農林業センサスの都道府県別統計書の「販売目的の作物の類別作付（栽培）経営体数と作付（栽培）面積（以下、作物作付面積）」および「販売目的で栽培した果樹類の品目別栽培経営体数と栽培面積（以下、果樹類栽培面積）」を用いて、作物作付面積および果樹類栽培面積を市町村単位で整理した。以上により構築した市町村別の水稻、普通畑および果樹園の作目別作付面積比に関するデータベースの一例を表 1 に示した。

上流域の土地利用を求める際は、市町村毎に土地利用面積を集計し、「その他農用地」および「田」の面積を求めた。集計した「その他農用地」の面積を統計情報から求められた地目・作目の面積比に応じ

表 1 市町村別の水稻、普通畑および果樹園の作目別作付面積比のデータ（例）

市町村コード	市町村名	田 稲	その他農用地			果樹			
			普通畑、その他畑 麦類	雑穀	豆類	温州みかん	りんご	ぶどう	
02201	青森市	0.646	0.0000	0.5534	0.0192	0.0000	0.0000	0.0128	
02202	弘前市	0.547	0.0018	0.0000	0.0426	0.0000	0.9032	0.0000	
02203	八戸市	0.362	0.0000	0.1260	0.0878	0.0000	0.2176	0.0019	
02204	黒石市	0.564	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.9940	0.0000	
02205	五所川原市	0.628	0.1406	0.0306	0.2895	0.0000	0.4189	0.0007	
02206	十和田市	0.419	0.1749	0.2742	0.2083	0.0000	0.0081	0.0008	
02207	三沢市	0.246	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
02208	むつ市	0.094	0.0000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0000	0.0000	
02209	つがる市	0.532	0.1231	0.0200	0.3711	0.0000	0.0823	0.0014	
02210	平川市	0.616	0.0000	0.0000	0.0960	0.0000	0.8606	0.0053	
02301	平内町	0.382	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
02303	今別町	0.184	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

て按分し、地目・作目の面積を求めた。市町村毎の水稲作付面積比を同様に算出し、国土数値情報の「田」の面積に乘じることで、水稲作付面積を算出した。以上により、対象流域内における水稲作付面積、普通畑および果樹園での地目・作目別面積を算出した。

以上の手順で構築した河川流域・土地利用データベースに含まれるテーブルとその関係を図 2 に示した。

4. 河川上流域土地利用算出プログラムの開発

4.1. 河川流域・土地利用データベースの変換

河川上流域土地利用算出プログラムにおいて河川流路ネットワーク・土地利用データベースを利用するにあたり、維持管理に労力を要する PostgreSQL データベースから、汎用性の高い形式に変換することとした。一般に用いられる GIS ファイル形式としては Shapefile 形式があるが、この形式は作成できるデータのサイズに制限があり、さらに日本語の文字列を扱う場合に文字化けが生じるなどの問題がある。そこで、より大容量のデータも扱え、日本語のデータを問題なく扱える SpatiaLite 形式を用いることとした。SpatiaLite 形式への変換には、全国を対象に構築したデータベースを、都道府県単位に分割する機能を有した Python スクリプトを作成し、用いた。

4.2. 河川上流域土地利用算出プログラムの開発

変換したデータを用いて河川の上流域を算定するためのプログラムを、FOSS4G の代表的なデスクトップ GIS である QGIS を用いて作成した。なお、QGIS 自体の改良や、プラグインとして機能を追加するのではなく、API を利用した独自アプリとして開発した。開発したプログラムの起動時の画面構成を図 4 に示す。マップウィンドウには、背景として国土地理地図が表示され、その上に流域境界、河川流路およびその流下方向が表示される。また、参考情報として、環境基準点の位置や土地利用図を表示可能である。凡例ウィンドウでは、各データの表示・非表示の切り替えができる。なお、地理院地図はインターネット経由で取得されるので、ネットワークに接続されたパソコンでプログラムを実行する必要がある。

流域面積および流域内の土地利用面積の算出は、ユーザがマップウィンドウで表示されている河川上の任意の地点をカーソルでクリックする方法と、対象とする複数地点の位置情報（緯度、経度）を入力した CSV 形式のファイルを読み込んで、複数の地点について一括で算出する方法がある。地図上で対象地点を指定する場合には、ツールバー上の解析対象

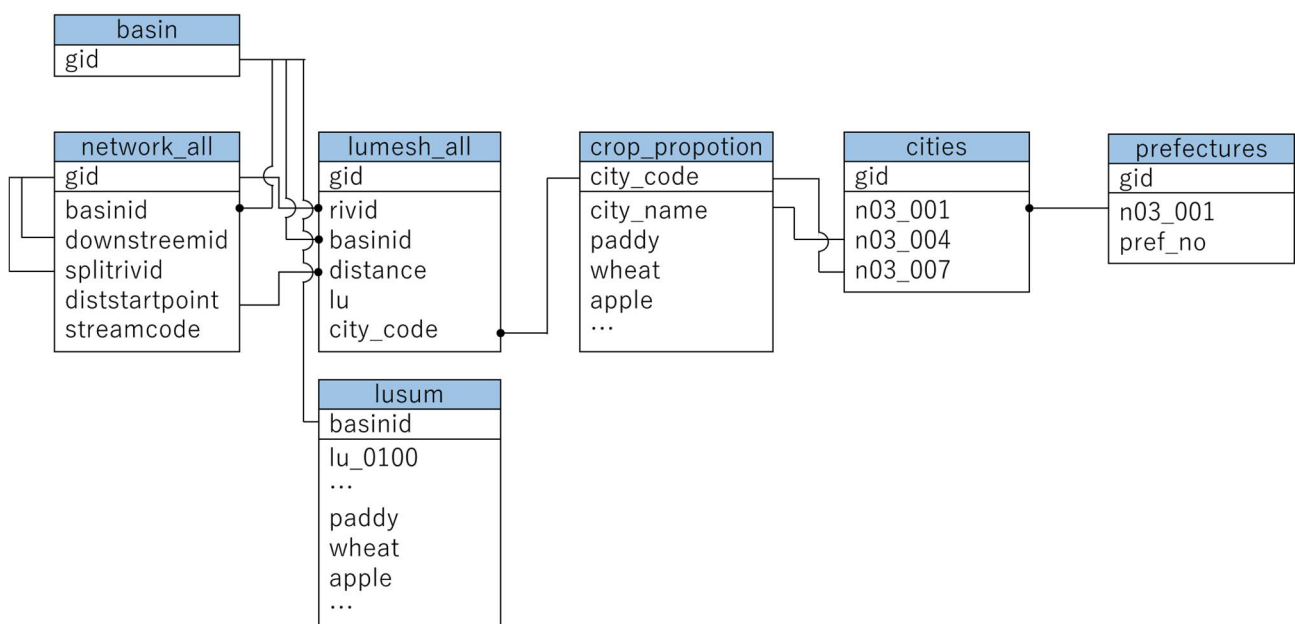


図 2 河川流域・土地利用データベースに含まれるテーブルとその関係

指定ボタンをクリックしてから、地図上で対象地点をクリックする。

地図上で対象地点を指定した場合の解析結果を図4に示す。マップウィンドウ上に対象地点と、解析

結果である上流域が表示される。集計結果ウィンドウには、対象地点の座標、河川名、各土地利用面積およびその流域内での比率（%）が表示される。なお、ここで表示される面積は、国土数値情報の細分

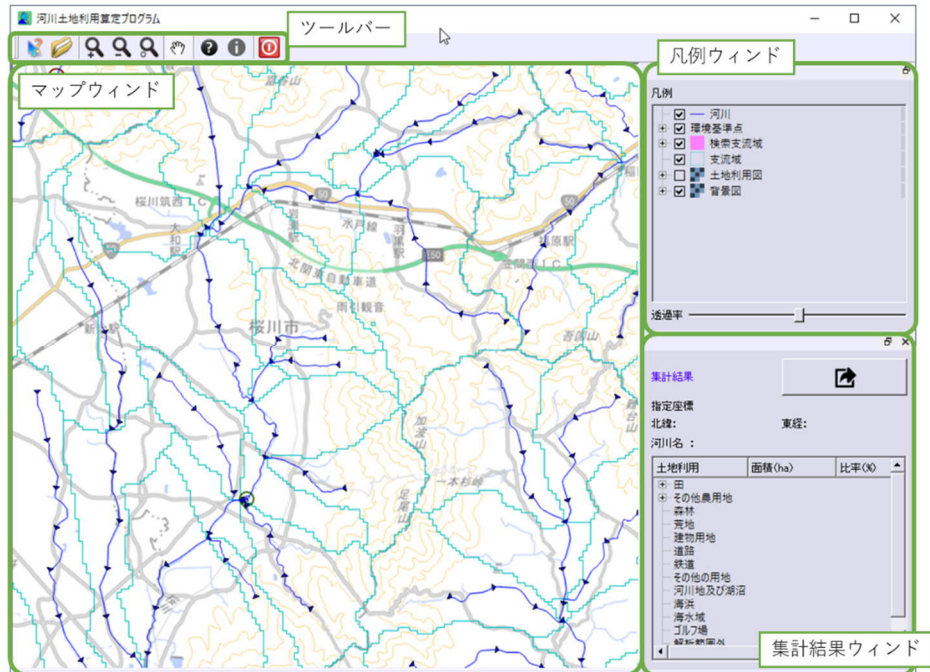


図 4 河川流域土地利用算出プログラムの起動画面

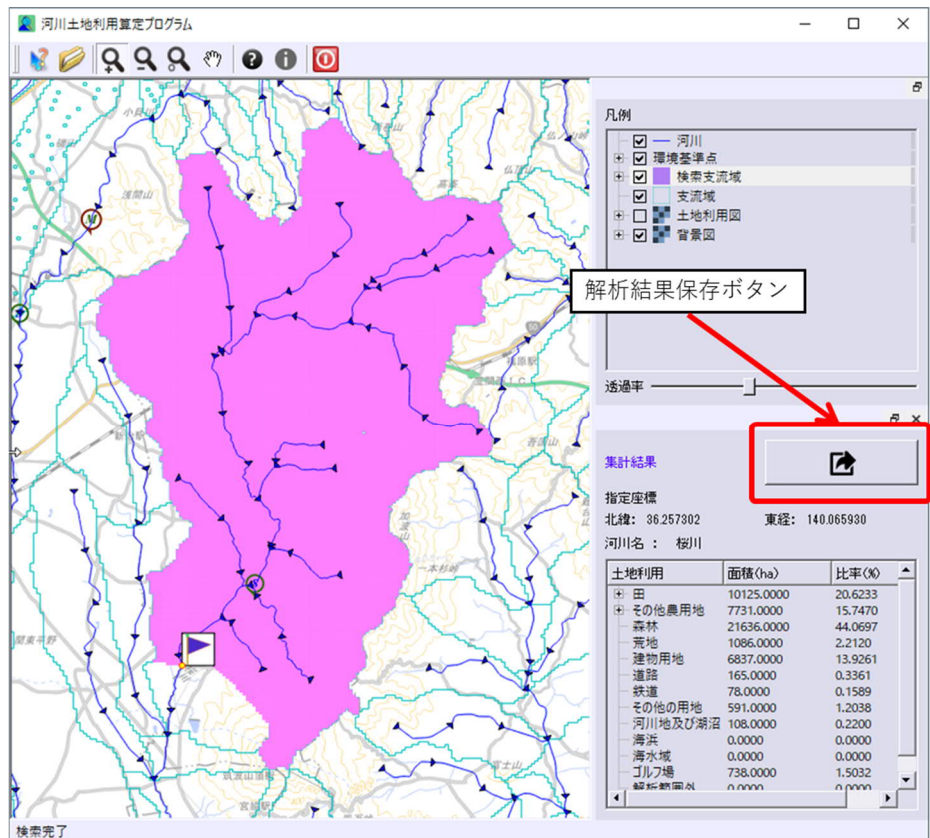


図 3 地図上で対象地点を指定した場合の結果表示例

土地利用メッシュ 1 つの面積を 1 ha として計算したものであり、実際の面積とは異なる。

また、土地利用の「田」および「その他農用地」の左にある＋記号をクリックすると、田では「水稻作付面積」が、その他農用地では「普通畑、その他畑」と「果樹」の地目別面積が表示される。さらに、「普通畑、その他畑」と「果樹」の左にある＋記号をクリックすると、それぞれ主要品目の作付面積が表示される。

解析結果保存ボタンをクリックすることで、集計結果を CSV 形式のファイルとして保存することができ、エクセル等の表計算ソフトで利用可能である。

開発したプログラム及び都道府県別に抽出したデータベースは、Github¹⁾にて公開している。公開可能なファイルサイズの制限から、都道府県別のデータおよび背景画像として用いた国土数値情報土地利用ラスタファイルは、別サイトに配布している。プログラムのライセンスは GNU General Public License v2.0、データのライセンスは国土数値情報の非商用である。

5. おわりに

以上のように、国土数値情報と作物統計および農林業センサスを用いることで、河川上の任意地点における水稻作付面積や、普通畑および果樹園の地目別・作目別の作付面積を算定するプログラムを開発、公開した。本手法で算出した作付面積は、統計情報を市町村単位で集計し、それを按分して求めたものである。そのため、実際の作付面積と一致しない場合もあることに留意する必要があるが、流域内における土地利用の概況を把握するためには、活用が可能であると考えられる。

謝辞

本研究は、平成 25～27 年度環境省委託業務「農薬水域生態リスクの新たな評価手法確立事業（調査研究）」および平成 30～31 年度環境省請負業務「農薬の水域生態リスク管理手法の確立業務」として行った。また、農研機構農業環境変動研究センターの

横山淳史博士および永井孝博士には、論文とりまとめるにあたって貴重なご助言を賜った。記して謝意を示す。

注

- 1) <https://github.com/q-japanese-river-basin/QJRB/>

参考文献

- 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。「人文地理学研究」、35, 1-14.
- 岩崎亘典・稲生圭哉・永井孝志（2016）河川上流側の水稻作付面積率の算定手法の開発－国土数値情報と農林水産統計情報に基づく解析－。「GIS－理論と応用」、24（1）、31-38.
- Iwasaki, N., Inao, K., Iwafune, T., Horio, T. and Obara, N. (2012) Coupling of the PADDY-Large model with geospatial information for predicting paddy pesticide behavior in river basins. *Limnology*, 13, 221-235.