

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K08136

研究課題名（和文）Webリソースを活用した土地利用データベース構築手法の開発

研究課題名（英文）Development of a method for building a landuse database using Web resources

研究代表者

岩崎 巨典（Iwasaki, Nobusuke）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・ユニット長

研究者番号：70354016

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、Web上に公開されている地図情報を利用して、土地利用データベースを構築する手法を開発することを目的とした。Web上には様々な形式で地図情報が公開されているが、そのうち、地図タイルと呼ばれる形式のデータを使用することとした。土地利用データは、近年急激に発展している深層学習の技術を用いて、地図タイルから土地利用図を作成するプログラムを開発した。開発したプログラムを使用して、日本版Map Warperで公開している旧版地形図から、土地利用データの作成が可能であることを確認した。今後、地図の解像度、凡例の彩色等を最適化することで、高精度の土地利用データベース構築が可能となると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果を活用することにより、土地の歴史性を反映させた環境保全や土地利用計画の策定が可能となる。また、生物多様性の保護や伝統的農村が持っていた生態系サービスの評価等において重要な情報を提供できる。また、これまで主に背景画像として利用されてきた地図タイルを、深層学習に用いたことは、空間情報の活用に新たな展開をもたらすものであり、今後、様々な分野での活用が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, it is aimed to develop a method for building a landuse database using the Web available map resources. Today, various formats of map data is available on the Web. In the meantime, it was decided to use Map tile data. And deep learning, which have developed rapidly in recent years, was used to generate landuse data from map tile, and it is developed a program for this object. The landuse data was building from map tile data derived from old topographic map published by Japanese MapWarper. In further research, it is required to determine optimal resolution of map tile and a coloration of map legend for constructing a highly accurate landuse database.

研究分野：地理情報学

キーワード：土地利用図 旧版地形図 深層学習 地図タイル 敵対的生成ネットワーク

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年、様々な分野で過去の土地利用や景観情報の重要性が増している。例えば過去の土地利用が種の分布や絶滅に影響を与えることが知られており、環境省による「生物多様性総合評価」においても生物多様性の指標として利用されている。さらには、人口減少期における都市・農村境界域の適切な計画のためのベースラインとしても、過去の土地利用は重要な情報である。研究代表者はこれまで、明治初期に作製された「第一軍管区・迅速測図」（以下、迅速測図）を利用して、土地利用変化の定量的評価や、WebGIS「歴史的農業環境閲覧システム」（HABS）^①による全図幅のデジタルデータ化を行ってきた。さらに科研費基盤研究（B）「関東地方の過去130年間の土地利用・景観変遷データベースの構築と公開」では、迅速測図全体を対象として100mグリッドの高空間解像度土地利用データベース「明治時代初期土地利用・被覆デジタルデータベース」^②の構築と公開を行った。

その分析から、関東地方全体において草地や灌木地といった二次的草地が急激に減少したことや、複雑な土地利用変化が起きていることを明らかとなった。しかし、地域によっては明治時代末から大正初期にかけて二次的草地への植林や開墾があったことが報告されているが、このような土地利用変化がどの程度一般的であったのかは明らかにできなかった。

この問題を解決するためには、広域を対象とした高時間解像度での土地利用データベースの構築が必要とされるが、その実現には専門家以外の幅広い層を取り込んだ共同作業が必要だろう。そのためには土地利用図作成の基礎となる地図データ、入力のためのソフトウェア、入力されたデータの共有が効率的に行われる必要がある。これまで研究代表者は、再配布可能なオープンデータやオープンソースソフトウェアを使用することにより、共同研究者間でデータやソフトウェアを共有し作業を行ってきたが、大容量のデータのやり取りや、環境構築作業などのため、共同作業の範囲を拡大することが困難であった。データ入力を行うためのWebGISシステムを構築する選択肢もあるが、開発や維持・管理に多大な労力と費用を要するため、実現が困難であった。

2. 研究の目的

しかしここ数年の間に、これらの問題を解決しうる技術革新が急激に進んでいる。まず地図データについては、「地図タイル」と呼ばれる形式での配信が急激に増加している。国土地理院が公開しているデータもタイル形式であり、旧版地形図についても今昔マップ on the Web 等で公開されている。これらのデータを利用することにより、作業に必要な背景画像を簡便に共有することが可能である。

次に、深層学習である。深層学習は人工知能一種であり、画像識別の分野でこれまでの機械学習で実現できなかった、高精度での画像識別を可能とした。また、機械翻訳や囲碁などのゲームにおいても、これまでにない成果を残している。地理空間情報に深層学習を応用した事例としては、空中写真や高解像度衛星画像などの画像を分類や地物の抽出が行われている。これらの技術を用いて土地利用データベースの構築を簡便に行うことが可能となれば、様々な分野での活用が期待される。

そこで本研究では、地図タイルとして公開されている旧版地形図等のデータを活用し、深層学習を用いた土地両図の作成手法を開発することを目的とした。さらに、作成したプログラムについては、Github と呼ばれるプログラム共有サイトに公開することで、専門家以外であっても土地利用図の作成に貢献できる体制を構築することとした。

3. 研究の方法

まず2016年度には、土地利用データベース構築の基礎資料となる明治時代後期から大正時代初期に作成された1/5万旧版地形図について、関東地方周辺の99図幅についてスキャンと幾何補正を行いGISデータとした。次に、深層学習の一種である畳み込みニューラルネットワーク（ConvNet）を用いて土地利用データベースの作成を試みた。分析対象範囲は1/5万地形図 竜ヶ崎（大正2年測量、大正5年発行）とした。学習データとして旧版地形図の画像を、教師データとして旧版地形図から作成した土地利用図の画像を用いた。学習データの地図タイル作成に当たっては、gdal2tiffs を用いて PNG 形式の画像を生成し、教師データについては、GeoTiff2UTFGrid を用いて TIFF 形式の画像を生成した。学習にあたっては、ズームレベル15、一辺約1.2kmの画像をデータとして用いた。

生成された土地利用図を図1に、地目毎の比較を表1にしめた。作成した土地利用データベースの精度は、タイル毎にみると75~85%と比較的高い精度を示す場合もあるが、50%程度と低い場合もあった。土地利用毎の精度では、水田や市街地のように地図記号が一定の密度で描画されている場合は良好で会ったが、広葉樹のように地図記号の密度が低い場合に悪かった。これは、空白の部分を「畑又は空地」として認識しているためである。また、地名等の注記がある部分は精度が悪く、ノイズのように分類結果となった。旧版地形図全体での精度は、畑又は空地で正答率が43.9%、広葉樹で23.5%と低く、個別タイル画像と同様の結果になった。一方で全体の地図正答率は73.6%であり改善の余地があるものの、深層学習を用いることにより、土地利用データベース構築の効率化が可能であることが明らかとなった。

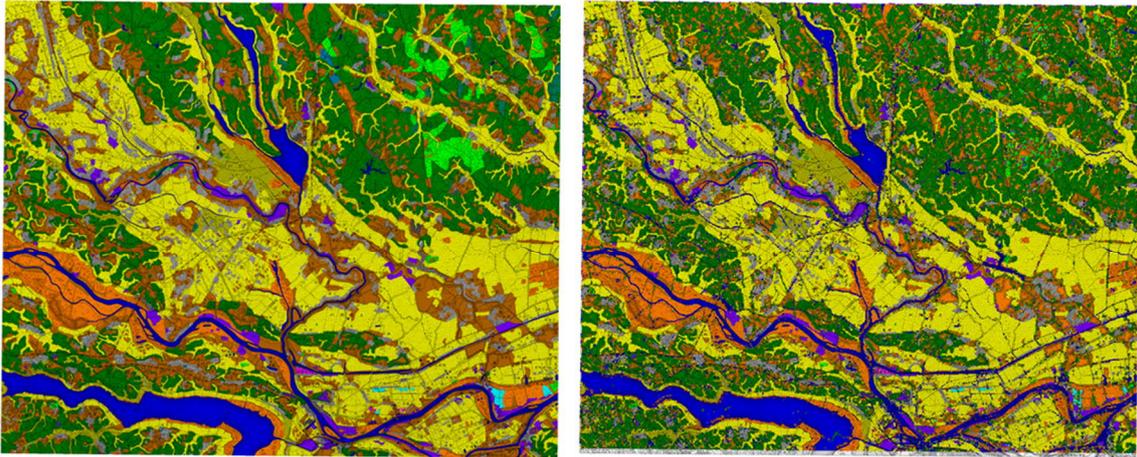


図1 教師用画像（左）と人工知能により生成した画像の比較

表1 CNNによる土地利用の分類結果精度（%）

		土地利用図								
		畑又は空地	桑畑	広葉樹林	針葉樹林	荒地	市街地	水	水田	沼畑
分類結果	畑又は空地	43.9	2.1	25.4	5.2	3.7	2.9	0.2	1.2	0.5
	桑畑	2.4	78.1	4.4	0.6	0.9	0.8	0.5	0.4	0.2
	広葉樹林	0.2	0.0	23.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
	針葉樹林	28.3	5.8	35.0	82.1	4.6	4.1	0.7	5.1	5.0
	荒地	8.7	3.2	3.8	3.1	78.9	1.0	2.6	1.9	2.6
	市街地	2.6	1.7	0.5	0.6	0.4	78.4	0.2	1.2	0.7
	水	4.0	4.1	1.3	1.7	4.4	6.5	90.4	1.8	3.4
	水田	7.1	2.0	3.8	3.7	2.5	4.3	0.7	86.2	4.9
	沼畑	0.8	0.2	0.2	0.6	0.8	0.8	0.3	1.3	81.6

2017年度には、初年度にGISデータ化した1/5万旧版地形図を結合し、統合されたGISデータへ変換した。さらに、関東から東海地方の一部について作成された1/2万旧版地形図、200枚についても、幾何補正を行った。また、地図タイルを深層学習に用いる事例については、旧版地形図のみでなく、空中写真、DEM、地形表現図などについても適応可能であることを確認し、汎用的なデータとして有効であることが確認された。この成果については、「Deep Learningでの地図タイル活用の検討」として、2017年度人工知能学会において発表した。

分類手法については、敵対的生成ネットワーク（GAN）という手法を用いて土地利用図を作成することを試みた。本手法の実施にあたってはpix2pixというGANのフレームワークを、Web上で公開されている地図タイルに適用可能としたpix2pix for Map Tileを開発した。その

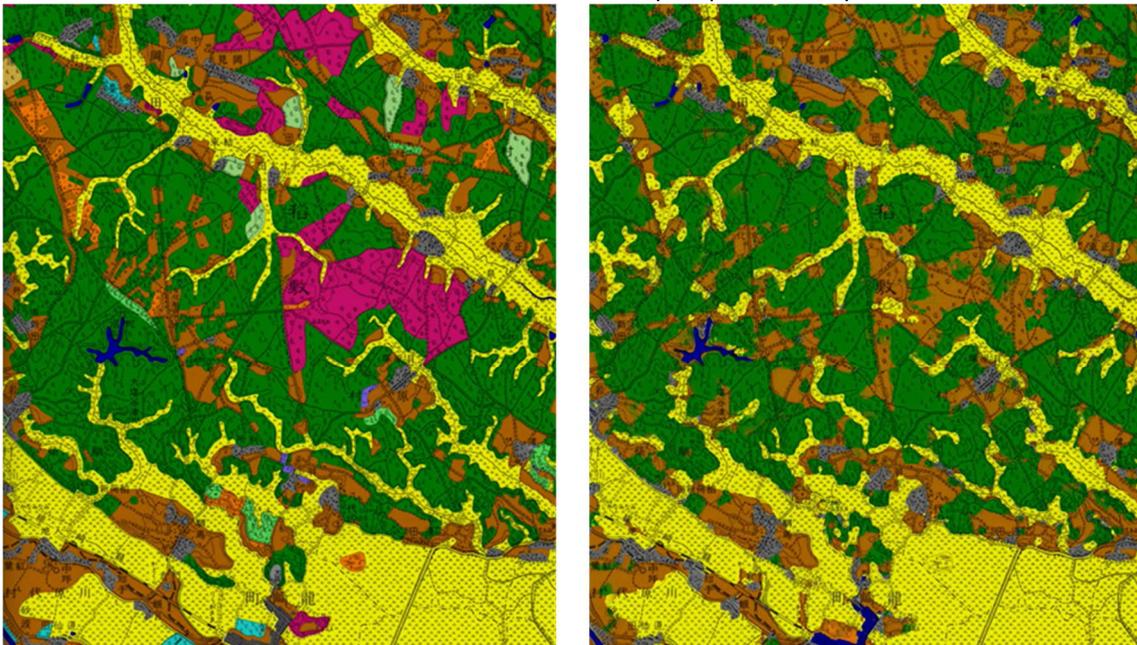


図2 pix2pix for MapTileをに用いた教師用画像（左）と人工知能により生成した画像の比較

結果、高精度の分類を行うためには、人間にとって理解しやすい形ではなく、学習をするプログラムにとって分類しやすい凡例で彩色することが重要であることが示唆された。なお、開発したプログラムは、プログラム共有サイトである Github にてオープンソースで公開した³⁾。

2018 年度には、前年度に作成した pix2pix for Map tile を用いて、1/5 万旧版地形図・龍ヶ崎を例として、深層学習による土地利用図の作成を試みた。その結果、CNN を用いて分類したときと同様に、地形図の凡例が密な場合は正しく分類されるが、疎な場合は誤分類が生じやすいことが確認された (図 2)。また、学習を行う順番によって、地図記号を十分に学習できる場合と、学習できない場合があることが確認された。これらの成果は、2018 年 12 月にスリランカ共和国モラツワ大学で開催された FOSS4G ASIA 2018 において報告した。

またこれまで、分類用の画像については旧版地形図を独自に幾何補正し、利用することとしていた。しかし 2016 年度から立命館大学が公開している日本版 Map Warper において、米国スタンフォード大学が所有している旧版地形図が地図タイルとして提供開始された。そこで、独自に整備した旧版地形図に加え、これらのデータを分類用画像として利用できることを確認した。また学習用データについては、これまではベクトル形式の GIS データをラスタ画像変換してから使用していた。今後、より高度な分類が可能となるよう、ベクトル形式でデータを発信するベクトルタイルの生成も試み、試験的に農林水産省が公開している筆ポリゴンについて、ベクトルタイルへの変換を行った。本データについては平成 30 年 4 月にライセンスが変更になりオープンデータとなったことから、試験的に公開している。

2019 年度には、pix2pix for MapTile の動作環境を、Python2.7 から Python3.7 への移植作業を行った。また、関東地方における土地利用図を作成するために、立命館大学が公開している日本版 Map Warper を利用して、関東平野旧版地形図の合成データを作成した (図 3)。以上のプログラムとデータセットを用いて、関東地方の旧版地形図に基づく土地利用図の作成を試み

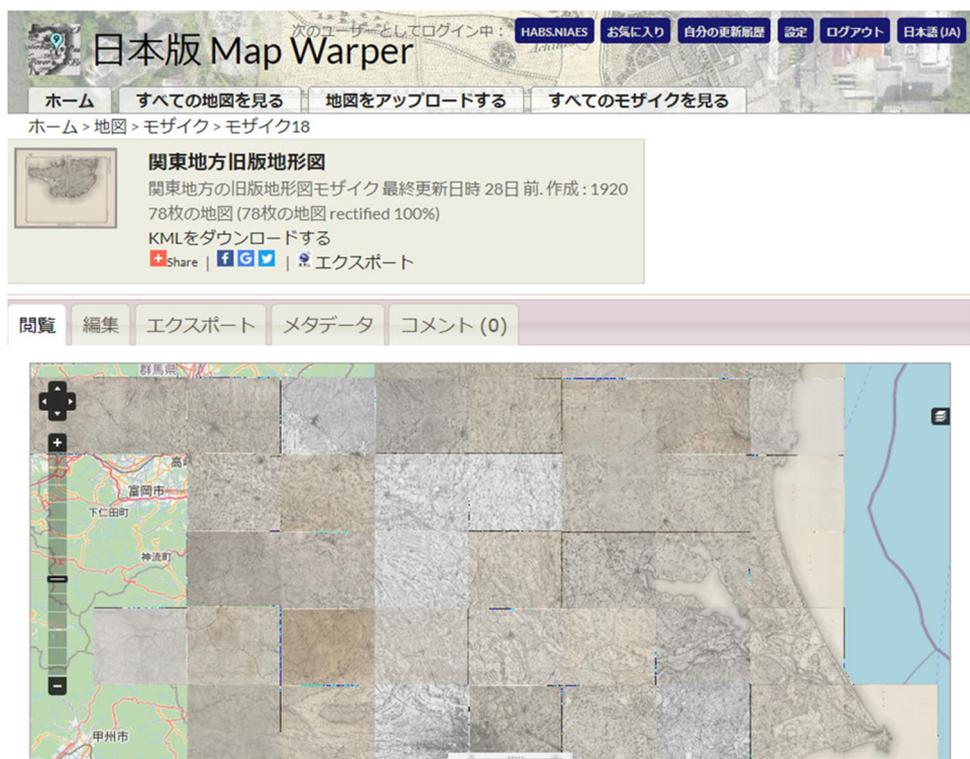


図 3 土地利用データベース作成に用いた旧版地形図

た。その結果、広域にわたって土地利用図の作成を行うことは可能だったものの、教師画像として用いた 1/5 万地形図・龍ヶ崎と地形条件が異なる場合、精度が低くなった。これは、龍ヶ崎の大部分を台地、沖積低地が占めているため、タイルに等高線等が入る場合に、誤判別が多くなったためと考えられた。

4. 研究成果

以上のように、研究目的とした Web リソースを活用した土地利用データベース構築に関する手法の開発は、一定の成果を上げることができた。しかし、作成された土地利用図の精度については、まだ十分ではない。これらは、本研究により明らかになったとおり、学習を行う順番によって、地図記号を十分に学習できる場合と、学習できない場合があることが原因だと考えられる。高精度の分類を行うために学習回数、ズームレベル等の変更を試みたが、十分な精度を得ることができなかった。また、学習用データも、龍ヶ崎のみを用いたことも、精度が低くなった原因だと考えられる。今後、こうしたハイパーパラメータの最適化を自動的に可能とするプログラム等を開発に取り組むと共に、高精度の識別を可能とするような学習用データセットの構築を引き

続き試みるものとする。

また本研究では、主に旧版地形図から土地利用図を作成すること進めてきたが、深層学習による地図データの生成は、他の地理空間情報についても活用可能であることが確認できた。開発したプログラムは汎用的に利用できることから、地図タイル化されたビッグデータの活用が、さらに進むことが期待される。

<引用文献>

- ① 歴史的農業環境閲覧システム <https://habs.dc.affrc.go.jp>
- ② 明治時代初期土地利用・被覆デジタルデータベース
https://github.com/HabsNiaes/habs_luccdb
- ③ pix2pix for Map Tile https://github.com/NARO-41605/pix2pix_map_tiles
- ④ 日本版 Map Warper 関東地方 <https://mapwarper.h-gis.jp/layers/18>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 岩崎巨典、デビット スプレイク	4. 巻 554
2. 論文標題 「迅速測図」ってなに？ 明治の地図から見える土地利用の変遷	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 自然保護	6. 最初と最後の頁 8-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 岩崎巨典
2. 発表標題 Pix2pix for Maptileによる土地利用図作成範囲の拡大
3. 学会等名 FOSS4G 2019 KOBE.KANSAI
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎巨典
2. 発表標題 FOSS4GとDeep Learningを用いた旧版地形図からの土地利用図作成
3. 学会等名 FOSS4G 2018 Okayama.KANSAI
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobusuke IWASAKI, David S. Sprague, Naoki Ishitsuka, Toshihiro Sakamoto
2. 発表標題 Developing a Deep Learning tool for MapTiles
3. 学会等名 FOSS4G ASIA 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩崎 巨典 和山 亮介
2. 発表標題 Deep Learningでの地図タイル活用の検討
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩崎巨典、デイビッド スプレイク、小野原彩香
2. 発表標題 Classification of land use/cover change in the Kanto region, Japan using FOSS4G and Open Data
3. 学会等名 FOSS4G 2016 Bonn (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>pix2pix for Map Tile https://github.com/NARO-41605/pix2pix_map_tiles pix2pix for Map Tile Python3 https://github.com/NARO-41605/pix2pix_map_tiles_python3 歴史的農業環境閲覧システム http://habs.dc.affrc.go.jp 明治時代初期土地利用・被覆デジタルデータベース https://github.com/HabsNiaes/habs_luccdb 農地の区画情報（筆ポリゴン）・つくば市 https://wata909.github.io/tsukuba_mvt/ 筆ポリゴン表示サイト https://habs.dc.affrc.go.jp/spatial_data/maff_fude_id2/</p>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考