

氏名（本籍）	CHANTSAL NARANTSETSEG（モンゴル国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第629号
学位授与日付	令和4年3月25日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	Evaluation of long-term changes of flood risk with deep learning and flood simulation （深層学習と洪水シミュレーションによる洪水リスクの長期的変化の評価）
学位論文審査委員	（主査）教授 篠田 成郎 （副査）教授 小林 智尚 准教授 児島 利治

論文内容の要旨

土地利用・土地被覆の変化が防災、農業、水資源などに与える影響については、様々な研究が行われている。土地利用・土地被覆の変化が何らかの事象や現象に与える影響を調べるためには、複数の期間の土地利用データが必要である。土地利用変化の研究に最もよく使われるデータの 하나가、衛星画像の土地利用分類結果である。衛星画像は広域で最新の情報を提供することが容易なため、1972年のLansat-1の打ち上げ以来、衛星画像を用いた土地利用データの作成が続けられている。衛星画像を用いた土地利用データは、地域スケールから地球スケールまで様々なものがあるが、地球観測衛星が打ち上げられる以前の土地利用データは比較的少ない。日本において利用可能な1970年以前の土地利用データとしては、全国土地利用データベース（LUIS; Land Use Information System）がある。LUISは明治・大正、昭和中期、昭和末期の各時期に対して整備された土地利用データであり、過去の土地利用とその変遷を見ることができる貴重なデータである。しかし、その空間分解能は2kmと粗いため、詳細な解析のために、対象地域を限定して新規に過去の土地利用データを作成する研究がいくつか発表されている。一方、土地利用変化が一部の事象・現象に与える影響に関する研究に加え、一部の事象・現象が土地利用や人口に与える影響に関する研究も行われている。洪水事象が氾濫原の土地開発に与える影響は「堤防効果（levee effect）」と呼ばれ、定住氾濫原における水文過程と社会過程の複合メカニズムとして、近年注目されるようになってきた。日本では明治以降、河川改修が盛んに行われ、堤防効果により河道周辺の土地利用が大きく変化したと考えられている。しかし、前述のように1970年代以前の詳細な土地利用データを入手することは困難であり、これまでいくつかの研究で行われてきたように、限られた地域のみ地形図を目視で読み取るしかないのが現状である。そこで本論文では、「堤防効果」に関する知見を得るために、過去の土地利用情報を効果的に入手する手法として、深層学習を用いた地形図の土地利用分類手法の開発を行った。分類精度評価を行うため、土地利用の真値として国土数値情報の土地利用メッシュデータを用い、国土数値情報の更新時期に対応する数値地図25000(地図画像)を分類対象とした。画像処理に有利なCNN（Convolutional Neural Network）と複数の学習結果のアンサンブル平均を行うことにより、総合精度で90%程度の実用レベルの精度を定常的に示すことができる手法を提案した。本手法を旧版地形図に適用することにより、目視判読によらず高精度な過去の土地利用データを取得することができる。次に、2次元洪水シミュレーションと過去の地形図から作成した土地利用データを用いて、長期的な洪水リスク変化とそれに対する土地利用・河川インフラの変化について検討を試みた。洪水

氾濫シミュレーションの結果から、河川整備が進むにつれて、同じ災害規模での洪水氾濫域が減少していることが示された。しかし、都市部に限って言えば、大規模水害と中規模水害の浸水域はほぼ同じであり、河川整備が進んでも洪水リスクはそれほど改善されない。一方、小規模水害の都市部での浸水面積は、過去の 3.82km²から現在の 0.48km²へと劇的に減少している。以上の結果から、大規模・中規模災害に対する河川改修による洪水リスクの低減は、河川周辺の都市化と競合していることが示唆された。都市部での河川整備による洪水リスク軽減は、主に小規模災害への影響が大きく、大規模・中規模災害にはほとんど影響がないことがわかった。

論文審査結果の要旨

本論文では、河川インフラの向上による水害危険度の変化に対して、土地の開発・土地利用に与える「堤防効果」に着目し、1) データの少ない 1970 年以前の詳細な土地利用データを容易に作成する手法の提案と、2) 2 次元氾濫モデルと旧版地形図から作成した土地利用データを用いて、過去と現在の岐阜市の水害危険度の変化について検討を行っている。提案された土地利用データ作成手法は、近年その利用範囲が広がっている深層学習の技術を活用し、従来の衛星画像分類手法より高精度の分類精度を示すことができている。国土数値情報の更新作業の簡便化、デジタル化されていない海外の地図からの土地利用データの作成等、幅広い分野で応用できる可能性がある。また、複数規模の水害を想定した 2 次元氾濫シミュレーションでは、小規模の洪水に対しては、河川インフラの整備が進んだ現在では浸水被害はほとんど発生しないが、現在の河川インフラでも氾濫が発生する大規模洪水に対しては、浸水面積は同様であり、都市化が進んだ現在では、都市域の被害が大きくなることが示唆された。

これら 2 つの研究を通じて、今後も様々な分野で応用可能な新手法の提案、今後の河川行政や都市計画に有用な情報を示すことができている。本論文は、下記の発表論文 1)および 2)の内容を取り纏めたものであり、学術的にもその価値は認められている。

学位論文審査委員会では、以上の学位申請論文および発表論文（原著 2 編）を慎重に検討した結果、提出された論文は上述のように工学的価値が高く、かつ、学術的に完成された内容を有しているものと認め、論文審査に合格と判定した。

最終試験結果の要旨

学位論文審査委員会では、申請者に対し、学位論文公聴会等において、学位審査論文や発表論文の内容、および、それに関連した解析方法や評価方法の事項についての質疑を行うとともに、別途関連の研究状況とそれらの成果を実際に適用する場合の問題点の解決への展望など、細部にわたる口頭試問を行った結果、適切な解答等を得たので、最終試験に合格と判定した。

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

- 1) Long-term Changes in Flooding Around Gifu City (2019) K. Toshiharu, Ch. Narantsetseg, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W8, 421-427.
- 2) 深層学習を用いた地形図の土地利用分類 (2021) 児島 利治・Chantsal NARANTSETSEG・大橋 慶介, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.77, 400-411.