

令和 3 年 5 月 18 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11374

研究課題名（和文）画像処理を用いた津波浸水予測ハザードマップ作成と避難経路案内システムの構築

研究課題名（英文）Construction of tsunami inundation map and evacuation route guidance system by image processing

研究代表者

飯國 洋二 (Iguni, Youji)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：80168054

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：土地利用分類図を作成するために必要な粗度係数を、衛星画像からfully convolutional networkを用いて推定する方法を提案し、高密度居住区以外では精度良く推定できることを示した。次いで、推定した粗度係数を用いたエネルギー保存法に基づいて津波浸水予測を行い、津波の到来方向と初期水位に応じた浸水深を高速に計算する方法を提案した。推定した浸水予測領域をもとに、移動距離、標高差、浸水深をバランス良く考慮した評価関数を作成し、その評価関数を最小化することで避難経路を生成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

衛星画像から画像処理を使って粗度係数が推定できれば、多くの人的コストがかかる土地利用調査をすることなく土地利用分類図が作成できる。これにより、土地利用分類図に依存する津波浸水予測ハザードマップを頻繁に更新できる。また、津波の到来方向と初期水位に応じた浸水深を高速に計算し、津波が及ぶ範囲と危険度を地図上に提示することで安全かつ迅速な避難を促すことができる。

研究成果の概要（英文）：We estimated roughness coefficients from satellite images by using fully convolutional network, and created a land use map from the roughness coefficients. We have shown that the land use map is accurate except for high-density living areas. We then created tsunami inundation map from the land use map according to direction of tsunami waves and tsunami height based on energy conservation equation. We designed a performance index that achieves a good trade-off between moving distance, elevation, and inundation depth, and generated an evacuation route according to the performance index.

研究分野：システム工学

キーワード：津波浸水予測 FCN 土地利用分類図 衛星画像

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

津波浸水予測ハザードマップは土地利用分類に依存するが、土地利用調査には多くの人的コストがかかるため頻りに更新されていなかった。また、津波浸水予測ハザードマップは津波の到来方向と初期水位にも依存するが、その作成に要する計算量が膨大であることから、地震発生後に津波の到来方向と初期水位が判明した後、それらデータに基づくハザードマップを作成することは困難であった。以上のことから、土地利用分類図と津波の到来方向と初期水位に応じたハザードマップを自動作成し、安全な避難経路を迅速に表示することが重要であった。

### 2. 研究の目的

国土地理院が提供する基盤地図情報(標高データ、海岸線データ、道路縁データ)と衛星画像を組み合わせることで、津波浸水予測ハザードマップをコンピュータを使って自動作成し、津波の到来方向と初期水位に応じた最適な避難経路を提示する。具体的には以下の課題に取り組む。

- (1) 局所フラクタル次元あるいは Fully Convolutional Network (FCN) を使って、衛星画像から土地利用分類図を自動作成する。
- (2) 津波の到来方向と初期水位を考慮した津波浸水深を高速に計算する。
- (3) 道路縁データから道路ネットワークを作成し、移動距離、標高差、浸水深を考慮したコスト関数を構築し、実際の地形と危険度を同時に考慮した避難経路探索路を提示する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 土地利用分類図の作成

ALOS オルソ補正画像プロダクトから衛星画像を取得し、赤緑青をそのまま RGB チャンネルに割り当てた RGB 画像と、近赤外線を利用した CIR (Color-infrared) 画像を作成した。ついで、FCN を使って粗度係数を推定した。ただし、FCN を学習させる際の真値は、JAXA が提供する土地利用土地被覆図、および国土交通省の国土数値情報ダウンロードサービスで提供されている都市地域土地利用細分メッシュデータを組み合わせて作成した。

#### (2) 津波浸水予測ハザードマップ作成

移動距離、標高差、浸水深の線形結合とするコスト関数を構築し、エネルギー保存法をつかって、津波浸水深を予測した。この予測値と、いくつかの自治体が提供しているハザードマップが示す浸水深との適合率と再現率、およびその F 値を比較評価した。

#### (3) 道路ネットワークの構築

基盤地図情報から画像処理で道路の中心線を表す線幅 1 の道路位置画像を生成した。次いで、道路位置画像を画像処理することで、道路上の端点・交点をノード、xy 座標値と標高値をノード値、ノード間の点列長を枝とする道路ネットワークを構成した。そして、ダイクストラ法を用いて実際の地形と危険度を同時に考慮した避難経路を提示した。

### 4. 研究成果

#### (1) テクスチャ解析に基づく土地利用分類

衛星画像において、居住区は複雑な建物の繰り返し、森林域は類似の樹木の繰り返し、田畑やグラウンドなどの平坦地は低周波の領域で構成されたテクスチャ領域と見なすことができる。また、図形の複雑さはフラクタル次元で評価できる。そこで、衛星画像の各小領域ごとに局所フラクタル次元を計算し、その平均ヒストグラムの類似度に基づいて土地利用を分類した。次に、国土地理院が提供する基盤地図情報から標高データと海岸線データを抽出し、海岸線の内側の水域を淡水域、外側の水域を海域に分類した。このように衛星画像のテクスチャ解析と基盤地図情

報を利用することで、土地利用分類図を作成し、既存のハザードマップと比較評価をしたところ、ある程度の有効性を示すことができた。

#### (2) Fully Convolutional Network による粗度係数推定

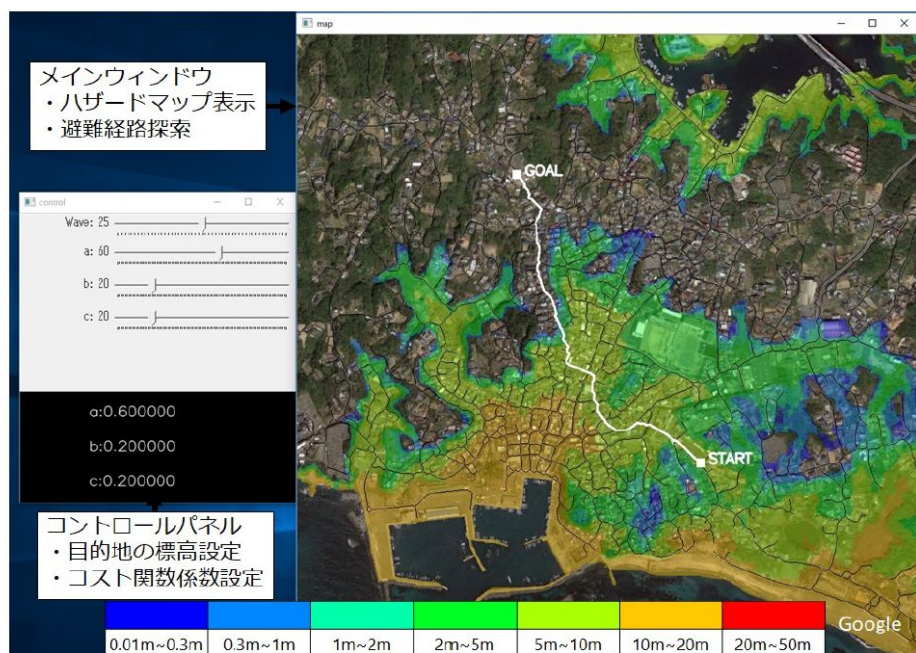
テクスチャ解析に基づく方法では土地利用分類性能が不十分であった。そもそも土地利用分類図を作成する目的は、津波浸水深を推定するために必要な粗度係数を推定するためであった。そこで、衛星画像に対し、Fully Convolutional Network (FCN)、具体的にはスキップ構造 5 の VGG16 を fine-tuning した FCN により粗度係数を直接推定した。学習データとして、RGB 画像、CIR 画像、RGB 画像と CIR 画像を統合した画像を用いた結果、統合した画像を用いた場合が最も絶対誤差が小さく、平均で大阪府 0.0026、愛知県 0.0033、福岡県 0.0020 となり、ほぼすべての場合でテクスチャ解析に基づく方法より良好な結果が得られた。ただし、粗度係数 0.08 の高密度居住区で誤差が大きく、大阪府 0.03、愛知県 0.02、福岡県 0.003 となった。

#### (3) ハザードマップの評価

A 市、B 市、C 市を対象として、初期位置から最終避難場所への避難経路周辺の浸水深を計算した。ただし、津波の到来方向と初期水位は、各自治体が設定している既定値に設定した。そして、各自治体が提供しているハザードマップの浸水深との適合率、再現率、F 値を比較評価した。その結果、F 値は A 市 0.826、B 市 0.705、C 市 0.76 となった。

#### (4) 道路位置画像と道路ネットワークの作成

基盤地図情報から道路縁データを抽出し二値化、オープニング処理、細線化により、道路の中心線を表す線幅 1 の線画像、つまり道路位置画像を生成した。その際、オープニング処理で用いる構造化要素は 4 近傍、膨張・収縮処理回数を 3 とすることにより、実際の道路図との一致精度が向上することがわかった。次いで、道路位置画像を画像処理することで道路ネットワークを構成し、移動距離、標高差、浸水深を考慮したコスト関数を構築し、実際の地形と危険度を同時に考慮した避難経路を提示した。ただし、道路ネットワークから移動距離と標高差を、ハザードマップから浸水深差を取得した。そして、距離に関する重みを大きくすると移動距離が短くなる経路を、標高差に関する重みを大きくすると標高差を小さくする経路を、浸水深に関する重みを大きくすると浸水深が浅くなる経路を優先する避難経路が生成できることを確認した。津波浸水予測ハザードマップと避難経路案内システムを下図に示す。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 中西創, 吉田大海, 飯國洋二	4. 巻 74
2. 論文標題 テクスチャ解析を用いた更新が容易な津波浸水予測ハザードマップ作成法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文誌	6. 最初と最後の頁 56-66
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 有
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11件（うち招待講演 0件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Kazuki Kurihara, Hironi Yoshida, Youji Iiguni
2. 発表標題 Low-Light Image Enhancement via Adaptive Shape and Texture Prior
3. 学会等名 SITIS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuma Takiguchi, Arata Kawamura and Youji Iiguni
2. 発表標題 Distant Sound Source Suppression Based on Multichannel Nonnegative Matrix Factorization with Bases Distance Maximization Penalty
3. 学会等名 SITIS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳勇思, 吉田大海, 飯國洋二
2. 発表標題 マルチスケール画像分解と領域分割を用いた画像中の影除去
3. 学会等名 画像関連学会連合会第6回秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Hosoda, A. Kawamura, and Y. Iiguni
2. 発表標題 Image-to-sound transformation using inpainting technique
3. 学会等名 NOLTA2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 W. Noguchi, A. Kawamura, and Y. Iiguni
2. 発表標題 Effective Sound Source Separation Using Single Voice Activity Segments for Binaural Sound
3. 学会等名 APSIPA2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.Murakami, A.Kamuram, Y.Fujisaka, N.Hiruman, Y.Iiguni
2. 発表標題 Distant Sound Suppression Using Spectral Phase Variance for Two-Channel Blind Source Separation
3. 学会等名 APSIPA2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長縄祐太郎, 吉田大海, 飯國洋二
2. 発表標題 色彩を考慮したラプラシアンピラミッドに基づくカラー画像の高解像度化
3. 学会等名 画像電子学会 第286回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本健太郎, 吉田大海, 飯國洋二
2. 発表標題 Saliency Mapを用いた単一画像からの霧の除去
3. 学会等名 画像電子学会 第286回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中雄基, 吉田大海, 飯國洋二
2. 発表標題 領域境界を考慮したPoisson合成による画像修復
3. 学会等名 画像電子学会 第286回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗原一樹, 吉田大海, 飯國洋二
2. 発表標題 Variational Retinex Modelと活性化マップを用いた夜間低照度画像の鮮明化
3. 学会等名 画像電子学会 第286回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永野靖子, 吉田大海, 飯國洋二
2. 発表標題 構造と彩度に基づく複数の揺らめき表現を付加した動画生成
3. 学会等名 画像電子学会 第286回研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------