

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月11日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01339

研究課題名(和文)人工知能を用いたリアルタイム高潮予測システムの構築

研究課題名(英文)Construction of AI-assisted Real-time water level prediction system

研究代表者

古山 彰一 (Furuyama, Shoichi)

富山高等専門学校・電子情報工学科・教授

研究者番号：90321421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：富山湾沿岸域について人工知能を用いた水位予測システムについて検討を行った。本研究ではニューラルネットワーク(NN)を用いることで予測する事を試みた。天文潮予測だけでは考慮されない、気象の影響や地形の影響も含めた予測が可能となる。本研究では過去24時間の1時間ごとの水位データから、将来24時間の1時間ごとの水位を予測する事を検討した。過去に取得された2008年12月17日から2009年2月3日に富山湾沿岸域で取得された水位データを用いて、NNを用いた水位予測を行い平均誤差が3cmと小さい結果が得られた。本手法がリアルタイム潮位予測に適用可能であることを示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウォーターフロント計画や、居住地の設定、防波堤等の沿岸構造物、港湾整備などを考える際には、高波や津波などの短期的に突発的に生じる災害以外にも、地球温暖化による水位変動を考慮した潜在的な洪水リスクについても長期的に検討する必要がある。本研究は実際に観測されたデータをもとに将来予測を行う事から、このような長期的な観点での減災、防災に大きな役割を果たし社会的意義は大きいと考えられる。学術的な意味としては、情報科学的なエリアである人工知能および高性能処理の部分と、海外防災などの社会基盤分野との融合があげられ、専門性、社会性の両面で大きな意義がある。

研究成果の概要(英文)：A water level prediction system by artificial intelligence (AI) for coastal region of Toyama-bay was developed. We try to predict the tide level using the neural network (NN). If it is NN, you can predict the tide level taking into consideration the influence of the atmospheric pressure. The tide level is predicted using the tide level data for the past 24 hours as the input value to the NN. The tide level data is transmitted in real time from the Toyama-bay, and by adjusting the composition of NN, the learning pattern, etc.
Method: Observed data from 17/12/2008 to 3/2/2009 at NIT Toyama was tried on the system. The system predicts for future 24 hours tide from past 24 hours tide data by NN. Result: The predicted tide was compared with training data. The predicted tide was reasonable agreed with real observed tide data. As a result, it was possible to predict the tide level with an average error of 3 cm, which allows learning to be completed within one hour.

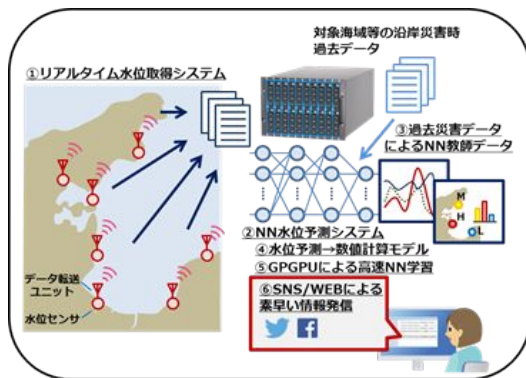
研究分野：情報科学

キーワード：人工知能 ニューラルネットワーク 海岸工学 水位予測

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本国において高潮や高波、さらには津波による沿岸域での災害は非常に深刻な問題である。地球温暖化による海域での絶対的な水位上昇が今後とも続く傾向の中、近年たびたび発生する爆弾低気圧や巨大台風の来襲による高潮発生など、本国沿岸域での水災害は頻度・規模ともに増大傾向にある。これらの災害から住民を守るためには高速でかつ高精度な災害予測を可能とする警報システム構築が必要不可欠であり、さらにはその情報をタイムリーに広く発信する事が重要となる。この様な警報システムを構築するためには以下の項目を検討する必要がある。



リアルタイム水位取得システム構築
NNを用いた水位予測システム構築
過去の災害データを利用したNN教師データの生成
水位予測システムデータを利用した数値計算モデル構築
GPGPUを用いたNN学習部分の高速化
SNSへの情報発信

本研究では特に ~ のNNに関する各種検討部分が研究のコア部となるが、その中でも の予測データから数値計算を行い、タイムリーにシミュレーション結果を配信する事や、即座に情報発信を行うために不可欠な のNN学習高

速化部分が最重要かつ新規性の強い部分となる。これらの技術を用いることで、高速で高精度な災害予測を実現し、減災に直結する警報システム構築を目的とする。

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか？

申請者のこれまでの研究実績と、本研究で明らかにする事項を、特に本研究の最重要部である上記 の項目に関連して述べる。

- A) に関連して、富山湾沿岸部における水位予測ニューラルネットワークシステムの構築
- B) に関連して陸上遡上を伴う浸水のシミュレーションモデル構築
- C) に関連してGPGPUを用いた高速計算アルゴリズムの開発

A)の水位予測ニューラルネットワークシステム構築部であるが、これまで過去24時間の水位観測データを利用して、将来24時間の水位変化をニューラルネットワークシステムにより予測するシステムを構築した。予測精度と中間層数の関連を調べ妥当な予測を行うことができたが、ニューラルネットワークの学習に時間がかかる事や、毎時に予測を行うためには逐次観測データを新規水位教師データとしてニューラルネットワークに入力し学習させる必要があり、計算リソースの点から、バックテストは可能であったがリアルタイムシステム構築までは至らなかった。また別の取り組みとして、理論的に求められる天文潮と実際に観測された水位差が大きい場合に、気象的な異常が起きていると想定し twitter にその状況を自動的に投稿するシステム構築を行った(左上図の場合はその差が10cm以上ある場合に高潮襲来の警告 tweet を行った例)。この技術を応用し、本研究では富山湾沿岸域や、実際に高潮被害が起きた三河湾周辺域で水位予測、および、警報システムの構築を行う。

B)に関しては適応格子法を用いた高精度で高速な数値シミュレーション手法の開発を行ってきた。左中下図で示すように、海水の遡上により陸海境界位置が変化した場合に、その境界エリア付近に高精度な計算グリッドを配置することで、効率的に高精度な数値計算を実現する手法である。この手法の海岸工学エリアへの適用はあまり例がなく本申請者が得意とする部分でもあり、本研究の特筆すべき特徴であると言える。この技術を用いることで、人工知能で得られた予測データの検証、もしくは逆に想定される高潮被害をこのシミュレーションより解析し、その結果を人工知能の学習データとして採用する事を試みる。

C)に関して申請者は特にGPGPUを用いた数値計算部分で多くの業績を有する。A)でも示したようにニューラルネットワークに関する実績に比較的新しい技術となるGPGPU計算を応用することで、人工知能を用いたより高精度な水位予測を試みる。

2. 研究の目的

本研究の学術的な特色は情報科学的見地、海洋科学的見地、土木工学的見地の複合になっている事である。本研究でのコアとなるニューラルネットワーク関連部分は、過去のデータから将来予測を行うという点では広く利用されてきた技術ではあるが、リアルタイムで取得したデータをその教師データとして利用し、数時間後という比較的短時間の将来予測を行う試みはあまり例がなく、実際に災害が起こった場合の迅速な警報発令システムとして非常に有効な手法であると期待できる。本研究ではさらに情報科学分野でビッグデータに関する研究で脚光を浴びているGPUを用いた強化学習技術も取り入れることから、より高速で高精度な予測計算を実現する事が期待できる。以上の事は申請者が情報科学を専門としている事により実現可能であり、本研究の学術的特色、独創的な点になると考えられる。また申請者らは、海洋科学関連の業績や土木工学関連についての業績も有し、この複合的な研究テーマを包括的に実現でき、それも本研究の特色の一つともいえる。本研究から得られる結果と意義であるが、本研究の目的でもある「人工知能を用いた高速で高精度な水位予測」から得られるデータは、現実的に被害

を軽減させることが可能であり有効な結果をもたらすものである。悲惨な浸水被害を今後少なくするためにも、この研究を今このタイミングで早急に行うことが非常に重要である。特にウォーターフロント計画や、居住地の設定、防波堤等の沿岸構造物、港湾整備などを考える際には、沿岸の水位上昇高さだけでなく、陸上遡上も考慮してこれまで以上に詳細にそのリスクを検証し沿岸環境を構築していくことが必要である。その際に、ここで構築されたシステムは非常に強力なツールとして利用されると考えられ、本研究は重要な意義を持つ。

3. 研究の方法

本研究は以下のフェーズで遂行される。

「開発」: ニューラルネットワークシステム構築、リアルタイムデータ取得システム構築、シミュレーションモデル検討。

「高度化」: ニューラルネットワークシステムの信頼性向上。

「汎用化」: システム運用、情報公開

平成 28 年度は「開発」フェーズを主に、平成 29 年度以降は「高度化」「汎用化」を行う。

表 1: 担当と年度ごとの研究内容

	平成 28 年度 (開発フェーズ)	平成 29 年度 (高度化フェーズ)	平成 30 年度 (汎用化フェーズ)
水位予測システム構築	・ニューラルネットワークシステム構築	・ニューラルネットワークシステム高速化	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの社会実装 ・ユーザからのフィードバック情報のフォロー ・安定化
水位予測システム高精度化	・浸水シミュレーションモデル構築 ・高精度地形データ取得	・シミュレーションモデル高精度化 (水槽実験データとの比較検討)	
リアルタイム水位データ取得システム構築	・水位データ取得センサの設置 ・リアルタイムデータ取得システム構築	・安定運用に向けたシステム調整 ・データ解析	
データ公開	-	・SNS と連携した情報の発信 ・シミュレーション結果の Web ページ発信	

研究は表 1 に示したフローと担当で行われる。

「平成 28 年度」

「開発」フェーズを行う。ここでは表 1 で示した「ニューラルネットワークシステム構築」「シミュレーションモデル構築」「リアルタイムデータシステム構築」を行う。

・ニューラルネットワークシステム構築。

申請者は過去に、過去 24 時間分の水位データから将来 24 時間後の水位、もしくは波高を予測できるニューラルネットワークシステムを構築した経験がある。実際にニューラルネットワークを用いて予想した水位が実際に観測された水位との間に差が出た場合に、異常もしくは異常候補潮位として警告を発令する事を目指したものであったが、リアルタイムで毎時間観測データを取得しつつニューラルネットワークシステムを学習させ続けることが計算リソース不足の問題で実現までは至らなかった。本研究では次年度以降の GPU を用いた強化学習アルゴリズムを考慮に入れ、計算効率を特に意識したニューラルネットワークシステム構築を行う。

・シミュレーションモデル構築。

シミュレーションモデルを構築する目的は、沿岸域での水位の異常上昇が陸域にどの程度の被害(浸水)を及ぼすかを明確に示すためである。本研究で構築する高潮警報システムが警報を発令した場合に本シミュレーションモデルで浸水範囲の予測計算を即座に行う。本シミュレーションを実現するためには沿岸域での詳細な地形データや、高精度な海水陸上遡上の数値計算モデルが必要となる。

・リアルタイムシステム構築。

本研究では対象エリアにリアルタイム(もしくは数時間程度毎の準リアルタイム)データ取得システムを設置する。またこの段階で将来の情報発信を想定し、SNS(twitter を想定)を用いたリアルタイム水位情報自動発信システム開発に着手する。

平成 29 年度以降

「高度化」と「汎用化」を行う。高度化については「ニューラルネットワークによる水位予測精度の向上」、「ニューラルネットワーク学習部の高速化」、「シミュレーションモデルの高精度化、高速化」があげられる。汎用化については「データ公開・社会実装・安定化」となる。

「高度化」

・ニューラルネットワークによる水位予測精度の向上

過去12時間程度の観測データを利用して、将来6時間、12時間、24時間程度の水位予測をニューラルネットワークで行う予定にしている。しかしながら特徴的な事象のみを学習した場合には過学習により安定した予測値が得られない事が懸念されるため、ニューラルネットワークの特徴を踏まえたチューニングが必要となる。その際に、さまざまな状況での高潮データが必要となるが、本研究で構築するシミュレーションモデルにより高潮が想定される状況を再現し、そこから得られるデータをニューラルネットワーク学習データとして用いることを検討する。

・ニューラルネットワーク学習部の高速化

毎時に観測データを取得し、そのデータを教師データとして新たに入れ込みニューラルネットワークを学習させ将来予測を行うため、学習に要する時間はできるだけ短くする必要がある。近年、GPUを用いた強化学習がビッグデータ研究分野で脚光を浴びており、この手法を用いて高速な学習を実現する。また、この高速学習が可能となることで情報提供を迅速に行えるだけでなく、検討できる観測パラメータを増やせるため、より高精度な水位予測が可能になると期待できる。

・シミュレーションモデルの高精度化、高速化

シミュレーションモデルの高精度化にまず欠かせないのは、陸上域での建物データを含む詳細な地形データである。28年度に取得したこれらのデータをシミュレーションモデルに挿入し、実際に浸水シミュレーションを行う。これは富山沿岸域を中心に行う。また広範囲を詳細な計算グリッドで計算を行うことが必要なため膨大な計算量になることが予想されるが、これはGPGPUを用いて大規模計算に対応する。

「汎用化」

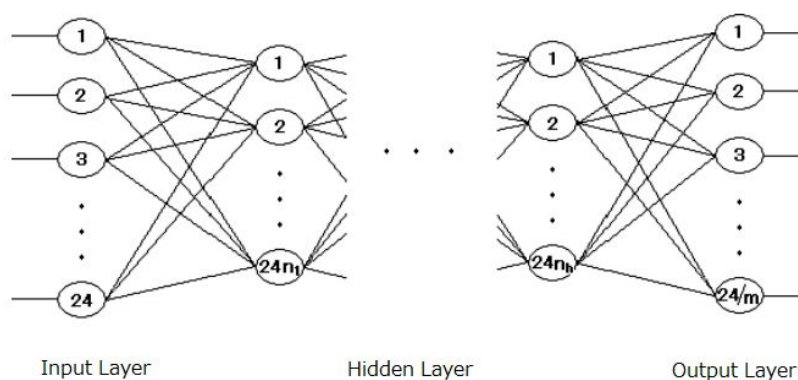
汎用化の部分では、本研究から得られた情報をどのように発信するかが主な研究対象となる。発信情報としては以下のものを検討する。

- ・リアルタイム潮位データのリアルタイム配信。および予測潮位配信、高潮警告の自動配信
- ・高潮警報時の冠水シミュレーション結果の公開ページへのリンク

広く一般に情報提供する方法としてはtwitterを活用する。警告発生時だけではなく、日常から潮位予測などを発信する事でフォロワー数を多く保つことを試みる。また有事の際には警報を即座に発信し、浸水予測マップなどのシミュレーション結果を公開したWebページへの誘導を試みる。

4. 研究成果

Fig.1: Neural Networks for Tide Prediction System



富山湾沿岸域について人工知能を用いた水位予測システムについて検討を行った。本研究ではニューラルネットワーク(NN)(Fig.1)を用いることで将来の潮位予測をする事を試みた。天文潮予測だけでは考慮されない、気象の影響や地形の影響も含めた予測が可能となる。本研究では過去24時間の1時間ごとの水位データから、将来24時間の1時間ごとの水位を予測する事を検討した。過去に取得された2008年12月17日から2009年2月3日に富山湾沿岸域で取得された水位データを用いて(Fig.2(Left)), NNを用いた水位予測を行い平均誤差が3cmと小さい結果が得られた(Fig.2(Right))。本手法がリアルタイム潮位予測に適用可能であることを示すことができた。またこれらの手法で得られた結果をTwitterで配信するためのテストも行われた。Fig.3ではまだテスト段階での情報であるため日時などは伏せてあるが、今後、予測精度の検証、改善が進んだのち、このような形式でデータ公開を行う予定である。

Fig.2 Dataset for Neural Networks

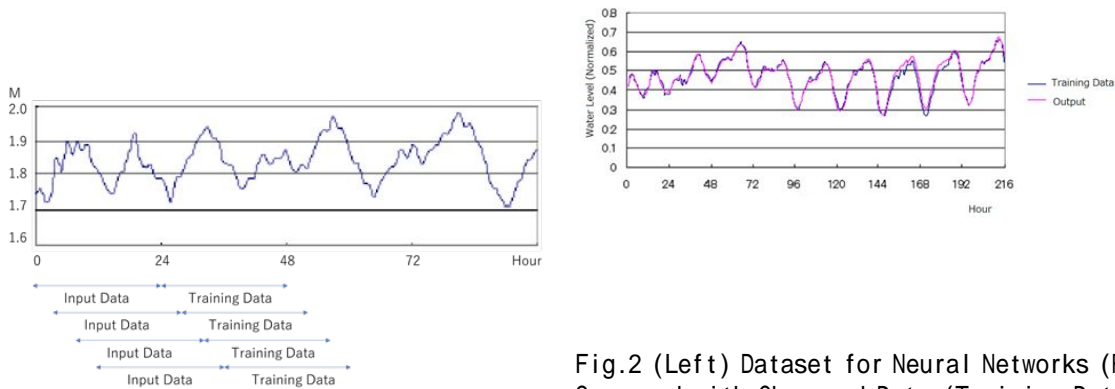


Fig.2 (Left) Dataset for Neural Networks (Right) Compared with Observed Data (Training Data) and Predicted Data by Neural Networks (Output)

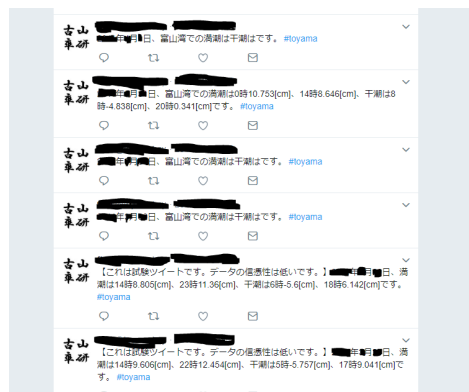


Fig.3 Spreaded Prediction Data on Twitter

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

古山彰一、藤島政樹、竹内克輝、永井孝、奥村浩、「人工知能サーバと連携した水質測定システムの構築」分析化学(2019年) Accepted (印刷中) (査読付き論文)

水本巖、古山彰一、鈴木信雄、小木曾正造、「IoTを用いた海洋情報取得システム - 富山湾の寄り回り波観測 - 」科学・技術研究、第7巻1号(2018年6月30日) (査読付き論文)

古山彰一、中村尊、小林龍弥、藤島政樹、間中淳、入江光輝「色情報を用いた水質調査用Androidアプリケーションの開発」、沙漠研究 27-1, pp.59-63(2017) (査読付き論文)

〔学会発表〕(計 23 件)

Shoichi Furuyama, Kazuki Koshimoto, "Development of water level prediction system by artificial intelligence", IFE2018

S.Furuyama, T.Nakamura, M.Fujishima, T.Kobayashi, A.Manaka, "A Development of Environment Measurement Software on Android Device", EIW2018, Mar., 2018, Lavar, France

Shoichi Furuyama, Yuki Ueda, "Multi-GPGPU Tsunami Simulation at Toyama-bay", iGNITE2016 on AIP Conference Proceedings 1865, 090004 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.499340>

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://twitter.com/toyamabay>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：千葉元

ローマ字氏名：Chiba Hajime

所属研究機関名：大島商船高等専門学校

部局名：その他部局等

職名：教授

研究者番号(8桁)：20369961

研究分担者氏名：水本巖

ローマ字氏名：Mizumoto Iwao

所属研究機関名：富山高等専門学校

部局名：その他部局等

職名：教授

研究者番号(8桁)：40239257

研究分担者氏名：加藤茂

ローマ字氏名：Kato Shigeru

所属研究機関名：豊橋技術科学大学

部局名：工学(系)研究科(研究院)

職名：教授

研究者番号(8桁)：40303911

研究分担者氏名：岡辺拓巳

ローマ字氏名：Okabe Takumi

所属研究機関名：豊橋技術科学大学

部局名：工学(系)研究科(研究院)

職名：助教

研究者番号(8桁)：50464160

研究分担者氏名：有田守

ローマ字氏名：Arita Mamoru

所属研究機関名：金沢工業大学

部局名：工学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：80378257

(2)研究協力者

なし

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。