

# 深層学習による海岸保全施設の劣化の新たな予測手法

## A new methodology of deterioration prediction using deep learning scheme for coastal facilities

熊谷 兼太郎<sup>\*1</sup>  
Kentaro Kumagai

藤井 直樹<sup>\*2</sup>  
Naoki Fujii

<sup>\*1</sup> 京都大学経営管理大学院  
GSM, Kyoto University

<sup>\*2</sup> 東電設計株式会社  
Tokyo Electric Power Services CO.,Ltd.

A new framework of a methodology of deterioration prediction using deep learning scheme for coastal protection facilities was proposed. As a basic examination, a deterioration prediction model was developed based on an inspection report of damaged facilities and observed data of wind-direction from 1966 to 1985. According to the simulation results, an average value of accuracy rate of the model was 0.44. Although sufficient accuracy could not be obtained in this trial, points to be considered for further investigations were discussed.

### 1. 序論

我が国の海岸に設けられた護岸、堤防等の海岸保全施設の延長は 9,600 km に達する。その維持管理は、主に巡視・点検という人の手で行われている。海岸保全施設の維持管理を効率的に行うには、施設の劣化状況を適切に予測する必要がある。

コンクリート構造物の劣化は塩害、中性化、アルカリシリカ反応、凍害、乾燥、摩耗等の多様な機構で生じる。例えば塩害は、コンクリート中の塩化物イオンに起因して鋼材が腐食する現象である。塩化物イオンは、建設時にコンクリート中に入る場合と海からの飛来等により建設後に入る場合とがある。そのうち建設後に入る場合については、表面から浸透していく塩化物イオンの濃度を表面濃度、経過時間、拡散係数等で定式化する手法が提案されている。しかし正確な予測は困難で、また、表面濃度測定のためにコア採取、化学分析等が必要である(和泉ら, 2016)。

そこで、これまでにない劣化の新たな予測手法として、多数の劣化事例(ビッグデータ)を用いて劣化の特徴量を発見するアプローチをとることを考える(図-1)。海岸保全施設の点検結果は蓄積されてきているし、また、劣化を引き起こす要因のうち環境要因(気温、湿度、海からの塩分を運ぶ風等)は、気象官署等の全国約 1,450 地点の観測値を長期間にわたって入手できる(気象庁, online)。こうしたビッグデータの解析は、深層学習の利用が期待されている分野である。さらに、鬼頭(2015)、吉野(2010)等を参考にすれば、地球温暖化等の長期の気象変化をふまえたシナリオを想定することがある程度可能となっている。想定シナリオを反映させた想定気象データを用意して、施設の劣化予想をある程度の精度で行うことが期待できる。

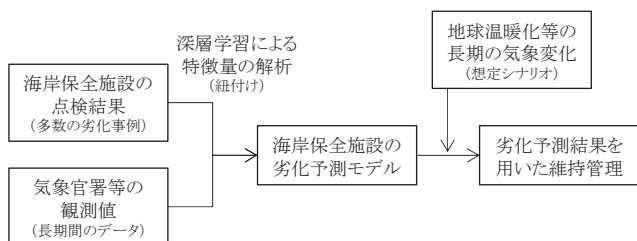


図-1 新たな予測手法の枠組み

このように、海岸保全施設の劣化の特徴量を発見して劣化予測モデルを構築し、長期の気象変化をふまえた想定シナリオに基づいて劣化予測を行う枠組みを考えた。

本研究は、深層学習により海岸保全施設の多数の劣化事例について施設建設後の環境要因と紐付けた特徴量の解析を行う、海岸保全施設の劣化の新たな予測手法について検討した。

### 2. 予測手法及び予測結果

既に述べた通り、劣化は多様な機構で生じる可能性があるが、海岸保全施設は海からの影響を受けやすいとの特徴を有した施設であると考え、ここでは基礎的な検討として、大胆な仮定ではあるが劣化の代表的な機構が塩害であると仮定した。また、ここでは基礎的な検討として塩化物イオンが建設後にコンクリート中に入る場合に注目した。塩化物イオンは空気中を飛来するか波しぶきによって運ばれてくるので、海からの風を代表的な環境要因として仮定した。

#### 2.1 劣化事例の抽出と気象データの作成

中島ら(1996)のデータベースから、劣化あり(Positive 群)と劣化なし(Negative 群)のそれぞれ 10 例を抽出した。施設の種類の、直接海に面していて波返し(パラペット)を有する護岸を主として選定した。両群の施設はいずれも建設後平均経過年数が 21.7 年(1985 年時点)で、青森県～長崎県の範囲に所在する。

それぞれの施設の最寄り気象官署等の 20 年間(1966～1985 年, 出典:気象庁 online)の気象観測値(日最多風向)を地点ごとに 1 枚の PNG 形式の画像として可視化した。図-2 に、そのうち 1 地点の例を示す。1 つの図は 86×86 格子で構成されており、左下隅の格子が 1966 年 1 月 1 日の値、その一つ上りが同年 1 月 2 日の値、…となる。上まで達すると左から 2 列目一番下の格子に続く。1985 年 12 月 31 日の値は右上隅付近となる。海風(0 度)が赤色、陸風(180 度)が青色である。なお、静穏・欠測の日については 180 度の値を与えた。また、元々の風向のデータは 16 方位で示されているが、施設ごとに海岸線に直交し海に向かう方向(海風となる方向)を 0° として時計回りに角度を与えるようにデータを修正している(図-3)。

#### 2.2 予測手法

機械学習のライブラリである Google 社の TensorFlow Ver. 1.5.0 を使い、足立(2017)を参考に、畳み込みニューラルネット

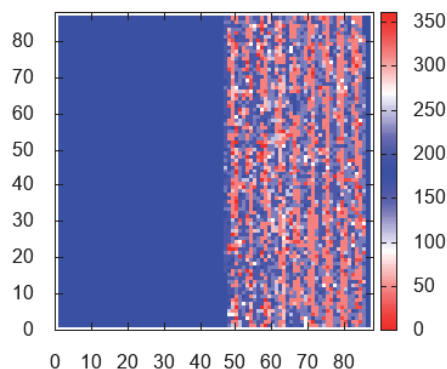


図-2 可視化した日最多風向の例  
(海風となる方向から時計回り, 凡例の単位:度)

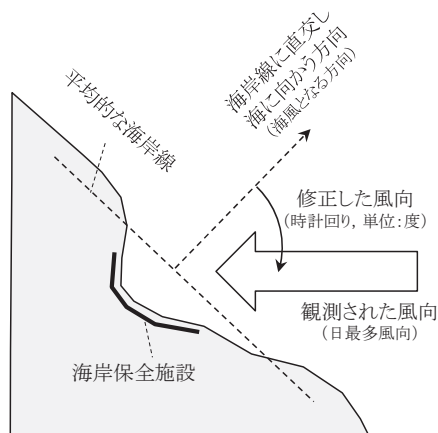


図-3 海風となる方向を基準とした風向データの修正

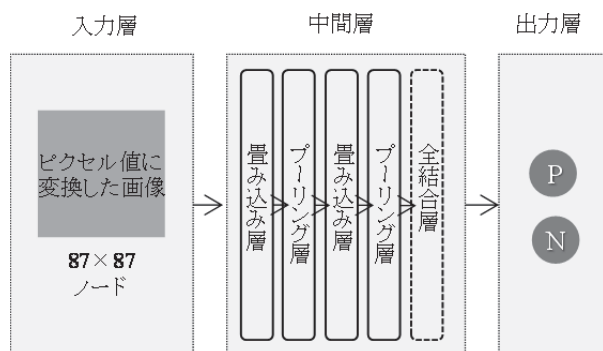


図-4 畳み込みニューラルネットワーク

ワーク (Convolutional Neural Network) の画像分類器を作成した。画像分類器はまず、与えられた画像を学習用データと、モデルの精度を検証するためのテスト用データとにランダムに分ける。次に、学習用データを用いて教師あり学習を行う。図-4に、足立(2017)を参考に作成した概略図を示した。CNNの入力層は  $87 \times 87$  ノード、畳み込み層・プーリング層はそれぞれ2層とした。劣化あり(P)または劣化なし(N)の2クラスに分類するモデルが出来ると、モデルに基づいてテスト用データを P または N に分類してみて、モデルの精度を示す正答率を算出する。

## 2.3 予測結果及び考察

劣化予測モデルの正答率平均値は 0.44 となり、今回は十分な精度は得られなかった。

その原因として、空気中を飛来するか波しぶきによって運ばれてくる塩化物イオンについて、ここでは基礎的な検討として日最多風向だけを指標として分析を試みたが、風向だけではなく例えば風速も含めた複合的な指標による分析が必要なが考えられる。

収集できた劣化事例の制約から、今回は、1985 年以前に建設された比較的古い構造物を分析の対象にした。このような場合は、建設後にコンクリート中に入る塩化物イオンだけでなく、建設時にコンクリート中に入る塩化物イオンの存在についてどう考慮するかという点が今後の課題である。ただし、1986 年から生コンクリートに含まれる塩化物イオンの総量が規制されたことに伴い、建設時に入る塩化物イオンによる塩害は少なくなったとされる(和泉ら, 2016)。従って、この点については、1986 年以降に建設された比較的新しい構造物を中心に十分な数の劣化事例を収集すれば、大きな課題とはならない可能性がある。また、環境要因だけでなく、かぶり不足、コンクリートの品質不良等の施工不具合についてどう考慮するかという点が今後の課題である。

また、気象官署等は 1 か所である程度の地理的範囲をカバーしているため、同じ気象条件となる範囲内に複数の海岸保全施設が含まれる場合がある。劣化事例の収集にあたっては出来る限り近傍の施設が同様の劣化度を示している施設を代表として抽出するように試みたが、収集できた劣化事例の制約からこの点は必ずしも十分に考慮できていないため、今後の課題である。

## 3. 結論

深層学習による海岸保全施設の劣化の新たな予測手法の枠組みを提案した。基礎的な検討として、風向データに基づいて劣化予測モデルを構築した結果、正答率平均値は 0.44 であった。今回は十分な精度は得られなかったが、その原因として考えられる点を今後の課題として整理した。

## 参考文献

- [和泉ら 2016] 和泉意登志・竹田宣典・神谷清志・古賀裕久・鳥取誠一・長尾覚博・濱幸雄・前田俊也・横関康祐:コンクリートの劣化と補修がわかる本 update, コンクリート新聞社, 127 p., 2016.
- [気象庁 online] 気象庁:過去の気象データ・ダウンロード, <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>, 最終閲覧日 2018 年 2 月 28 日.
- [鬼頭 2015] 鬼頭昭雄:日本の気候はどうなるか, 異常気象と地球温暖化, 岩波書店, pp. 129-151, 2015.
- [吉野 2010] 吉野正敏:地球温暖化時代の異常気象, 成山堂書店, 201 p., 2010.
- [中島ら 1996] 中島晋・横田弘・関根好幸・山道広人:海岸保全施設の改良・更新事例集, 港湾技術研究所資料, 運輸省港湾技術研究所, No. 848, 316 p., 1996.
- [足立 2017] 足立悠:初めての TensorFlow, リックテレコム, pp. 114-129, 2017.