

Evaluation of Accessibility to Offshore Wind Turbines by Crew Transfer Vessels Using Artificial Neural Network

ニューラルネットワークを用いた洋上風力発電アクセス船接岸可否の評価

東京海洋大学

吳 連慧

池谷 毅

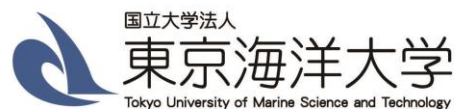
稲津 大祐

岡安 章夫

東京電力リニューアブルパワー株式会社

福本 幸成

佐藤 功也

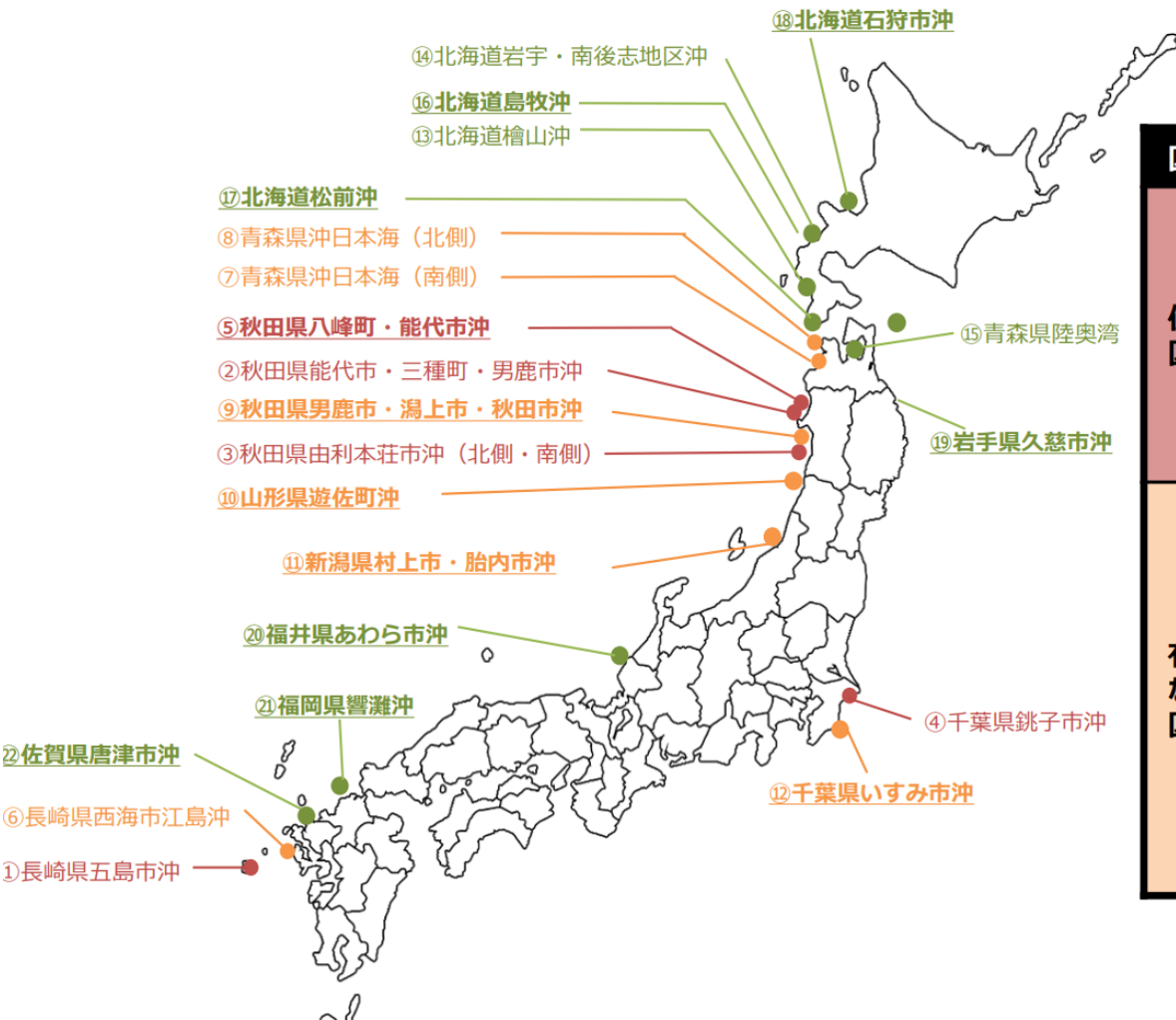


東京海洋大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。

TEPCO

東京電力リニューアブルパワー

● 2050年カーボンニュートラル実現に向けて洋上風力発電事業の本格的に始動



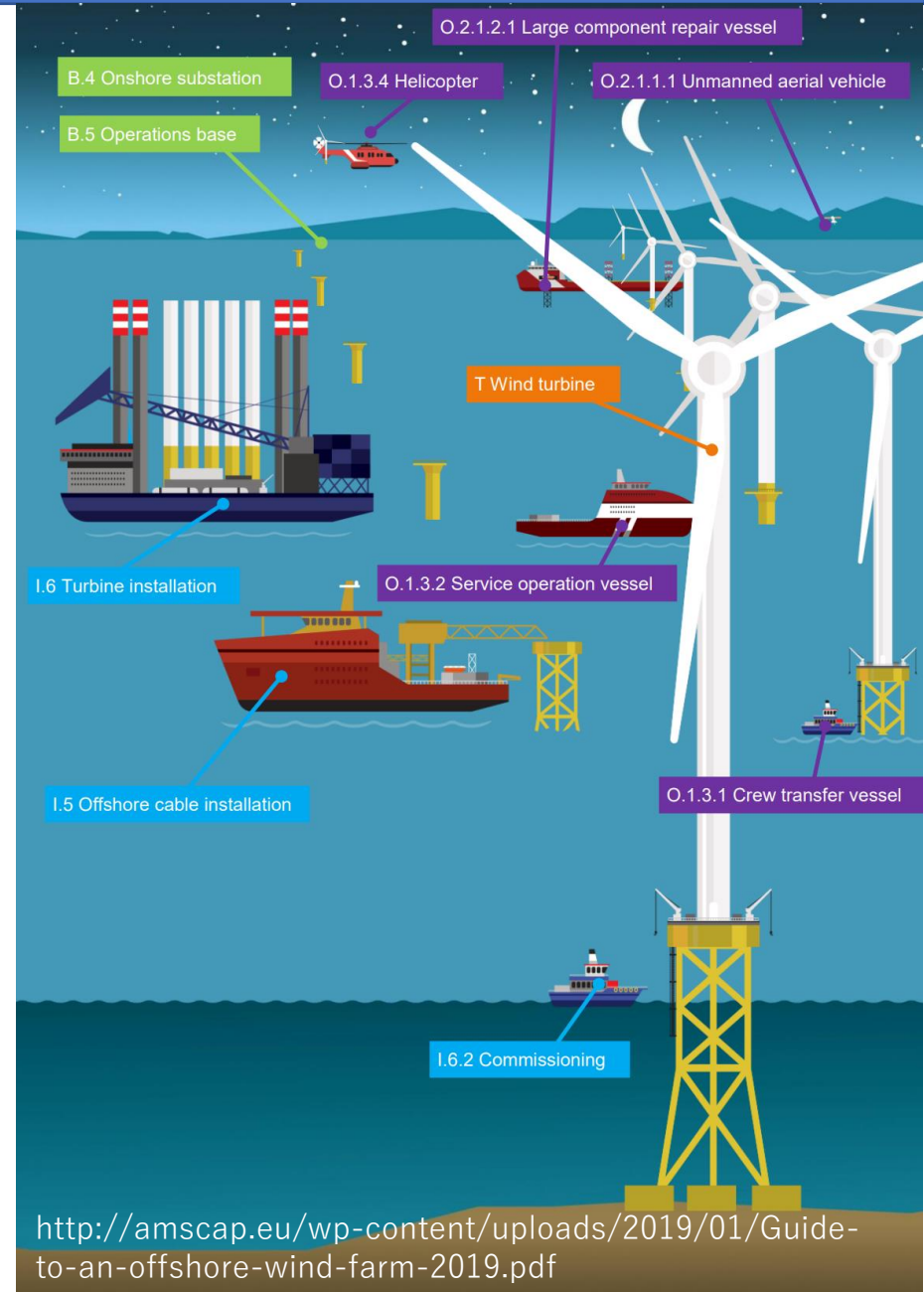
<促進区域、有望な区域等の指定・整理状況（2021年9月13日）>

区域名	万kW	区域名	
促進区域	①長崎県五島市沖	1.7	⑬北海道檜山沖
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	47.88	⑭北海道岩宇・南後志地区沖
	③秋田県由利本荘市沖（北側・南側）	81.9	⑮青森県陸奥湾
	④千葉県銚子市沖	39.06	⑯北海道島牧沖
	⑤秋田県八峰町・能代市沖	36	⑰北海道松前沖
有望な区域	⑥長崎県西海市江島沖	30	⑱北海道石狩市沖
	⑦青森県沖日本海（南側）	60	⑲岩手県久慈市沖（浮体）
	⑧青森県沖日本海（北側）	30	⑳福井県あわら市沖
	⑨秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖	21	㉑福岡県響灘沖
	⑩山形県遊佐町沖	45	㉒佐賀県唐津市沖
	⑪新潟県村上市・胎内市沖	35,70	
	⑫千葉県いすみ市沖	41	

【凡例】
 ● 促進区域
 ● 有望な区域
 ● 一定の準備段階に進んでいる区域
 ※下線は2021年度新たに追加した区域
 ※容量の記載について、公募後の案件は選定事業者の計画に基づく発電設備出力量、それ以外は系統確保容量

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて洋上風力発電事業の本格的に始動
- 洋上風力発電工事を安全・効率的に進めるため、船舶作業可否の事前予測が大事

- 施工安全の確保
- 工程スケジュールの策定
- コストの削減
- . . .



● 先行研究



➤ 波浪モデル

琴浦毅ほか：波浪推算の計算領域が海上作業可否の判定精度に及ぼす影響，土木学会論文集 B3（海洋開発），2011.

➤ 機械学習

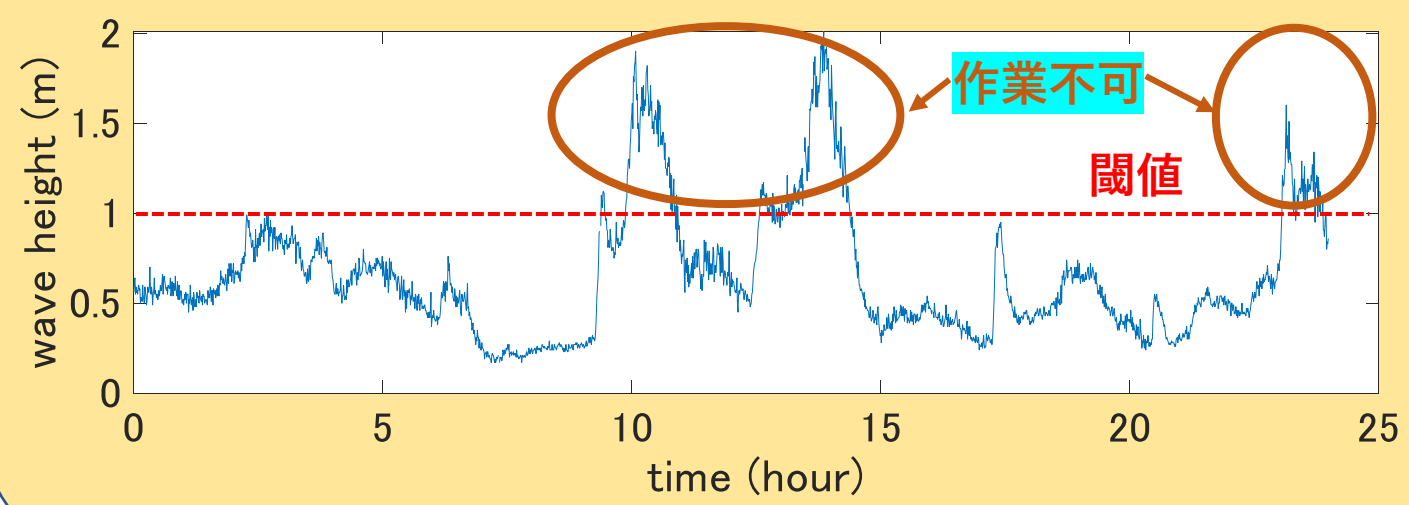
Tracey H. A. TOMほか：全球波浪予報値のニューラルネットワーク変換による高精度1週間波浪予測の試み，土木学会論文集 B2（海岸工学），2019.

井手喜彦ほか：海上工事における施工可否判断の高精度化を目的とした機械学習の適用，土木学会論文集 B3（海洋開発），2021.

● 先行研究



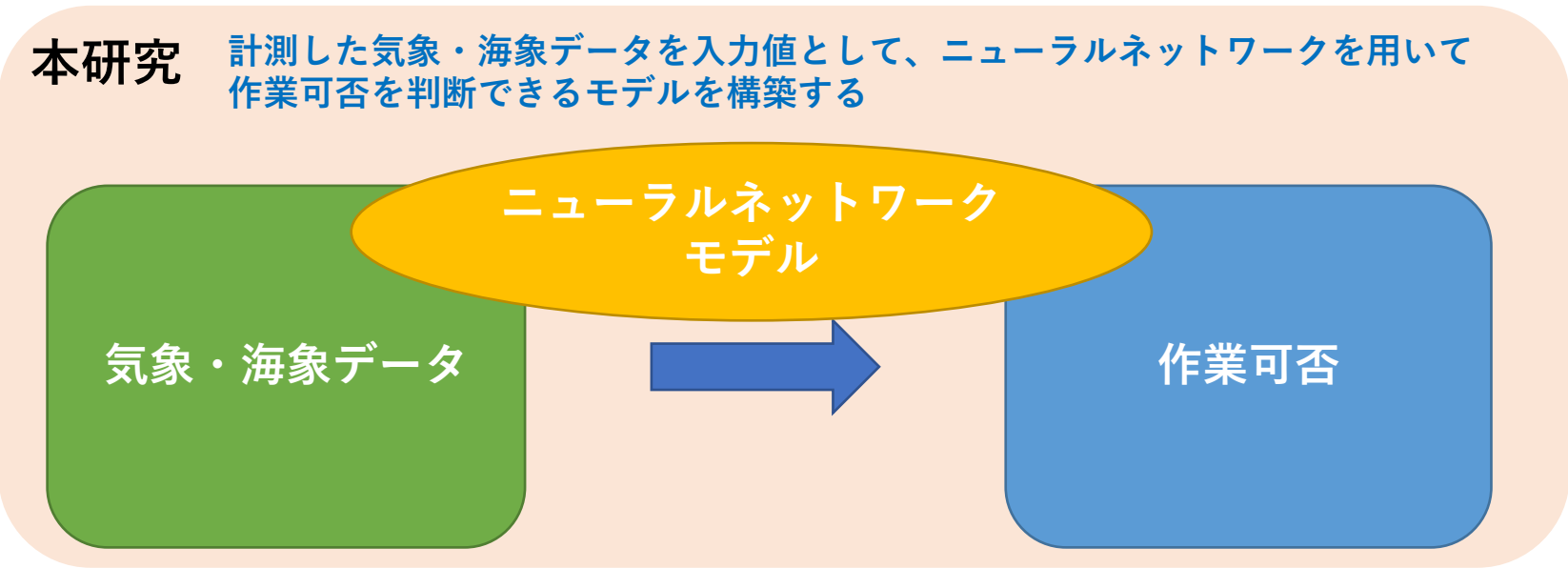
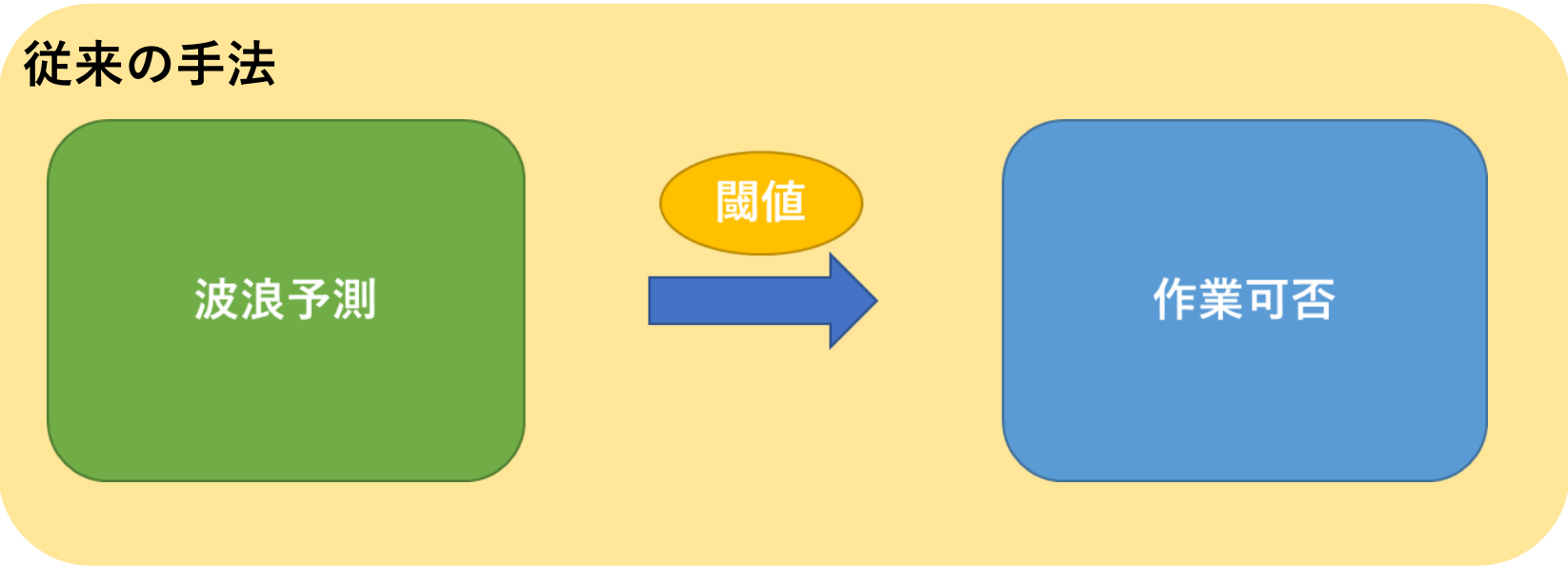
閾値で作業可否を判断するの例



問題点：

- ① 波浪情報だけで十分？
- ② 異なる船舶に対する単一の閾値を使うのが適切？

目的



利用したデータ

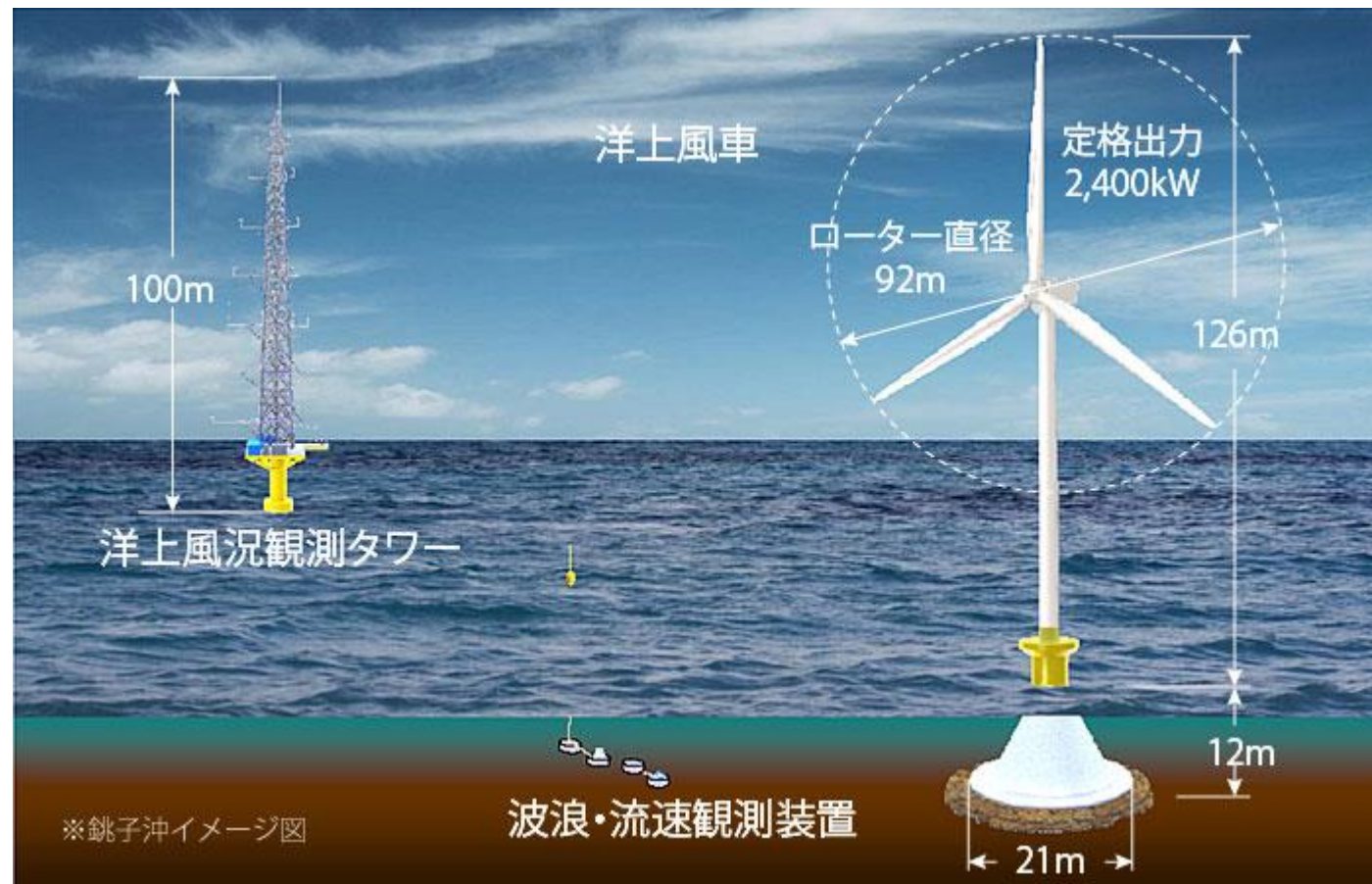


銚子洋上風力発電実証研究プロジェクト

実証研究期間

平成21年8月～平成25年1月 = 風車の開発・建設

平成25年1月～平成29年3月 = 実証運転・研究



† 洋上風車

発電容量

2.4MW

ハブ高

海面高さ約80m

ローター直径

約92m

† 洋上風況観測タワー

全高

海面高さ約95m、
支持構造物約25m

構造

鋼管トラス構造

基礎構造

重力式

利用したデータ

日本国内で初めて開発・建造
CTV (Crew Transfer Vessel / 人員輸送船)



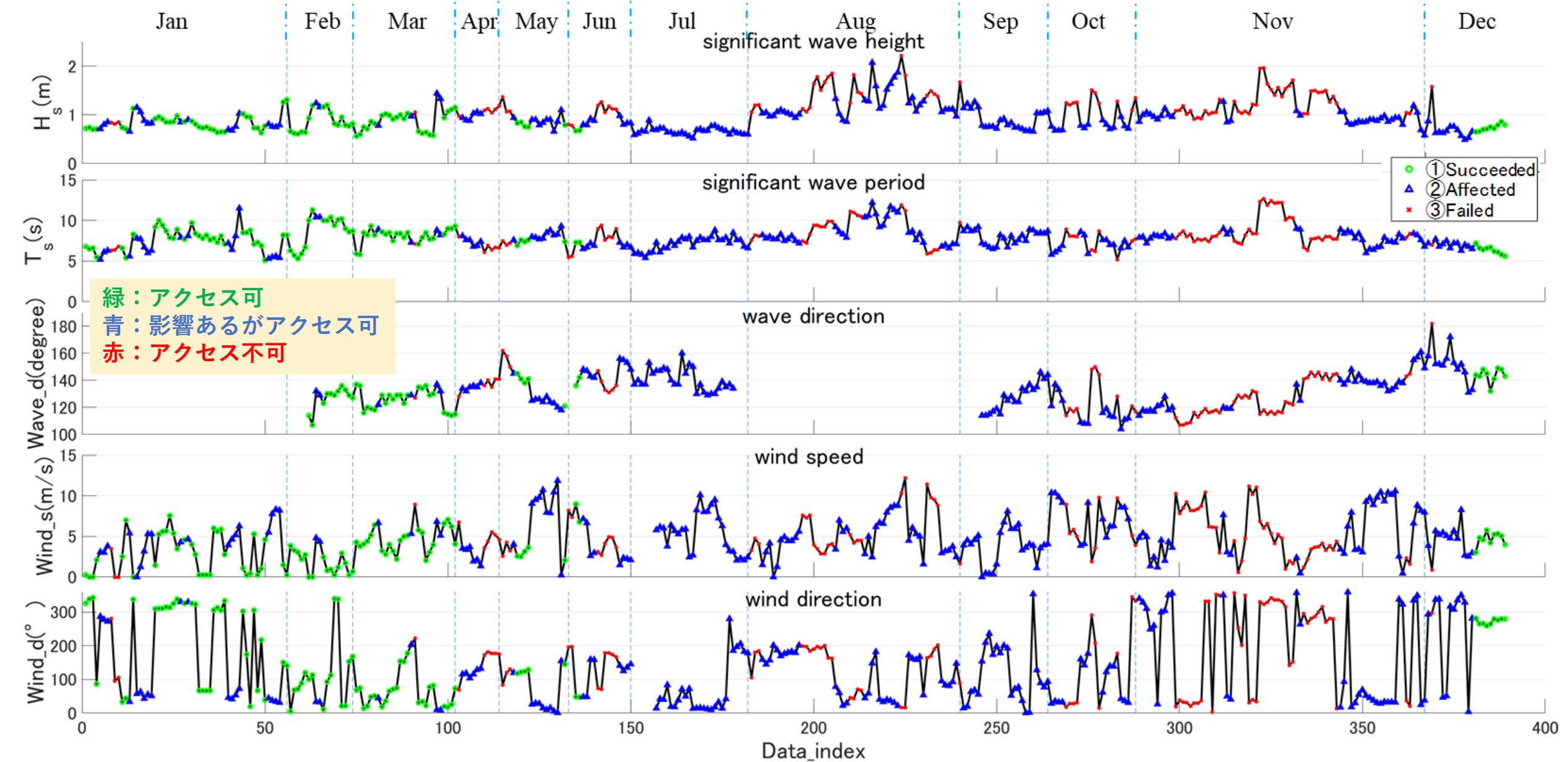
アクセス可
影響あるがアクセス可
アクセス不可

交通船から風車へのアクセス

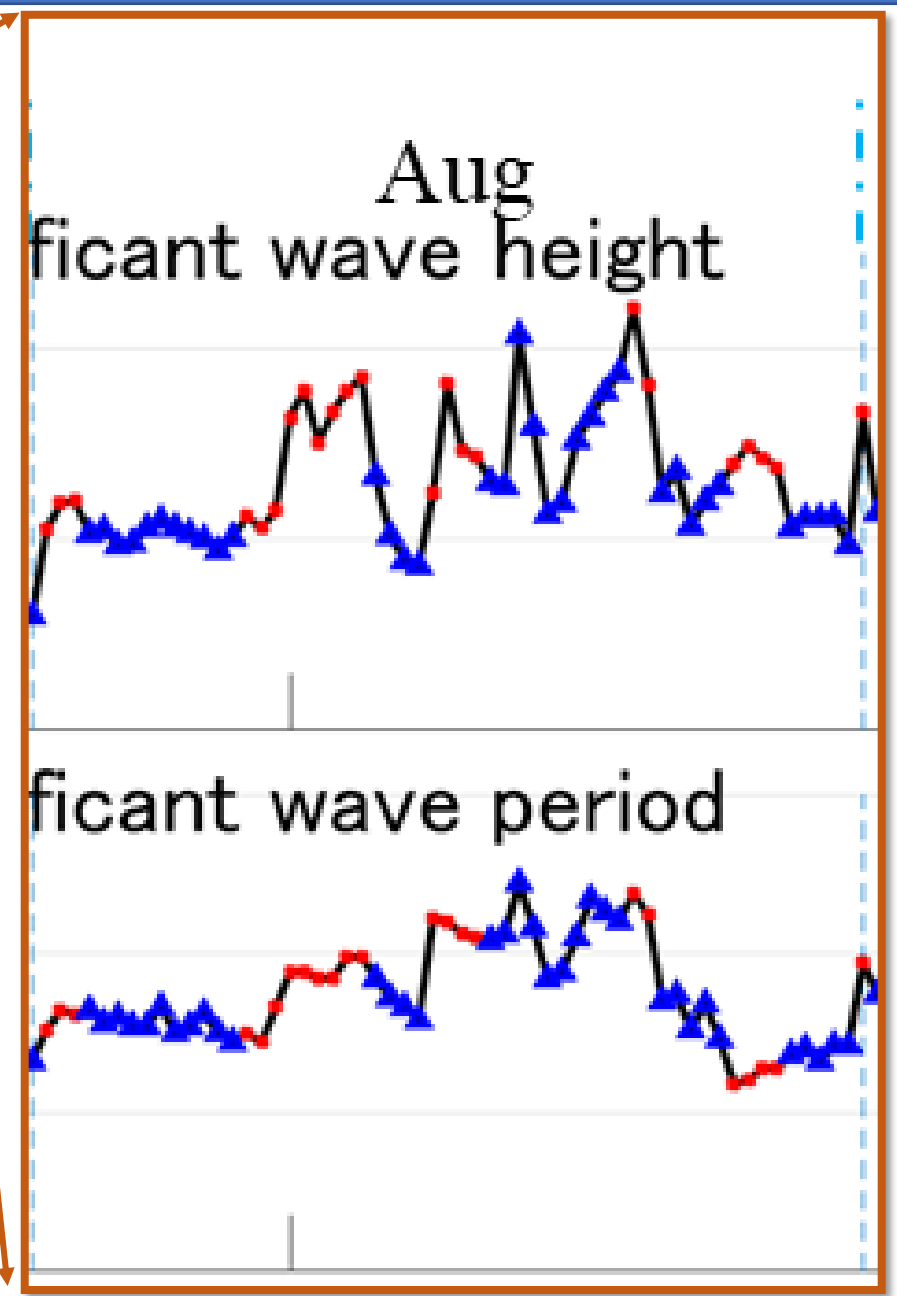
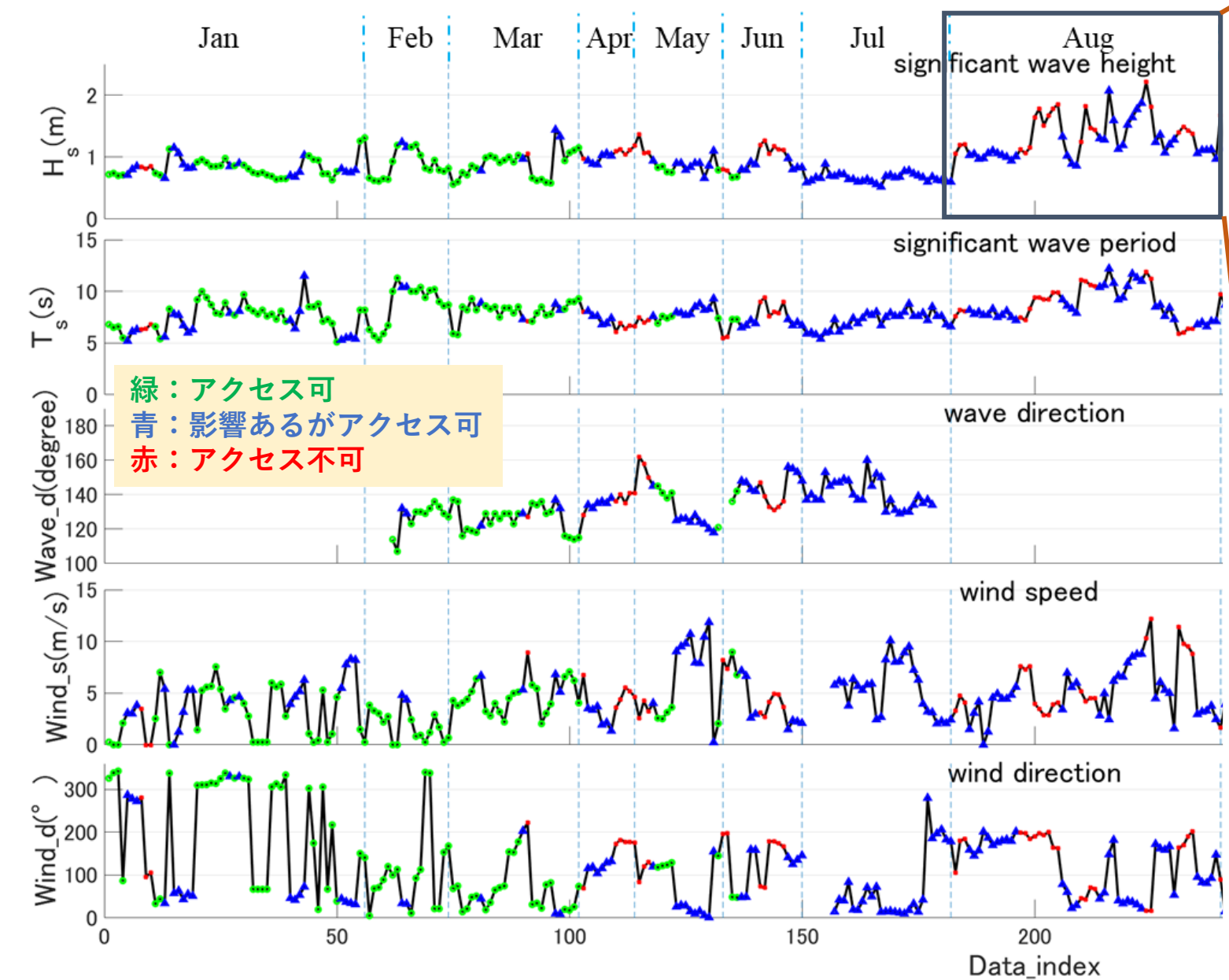
「PORTCAT ONE」

用途	交通船兼作業船
LBD	19.55 (LOA) × 6.3 × 1.8 (m)
総トン数	19ton
定員	船員 2名 その他 12名
主機	ヤンマー 6AY-WET 540kw × 1,842min-1 × 2基
特殊装置	ウォータージェット推進装置、接舷用船首ゴムフェンダー
速力	航海速力 20.0kt
竣工日	平成27年12月17日

利用したデータ

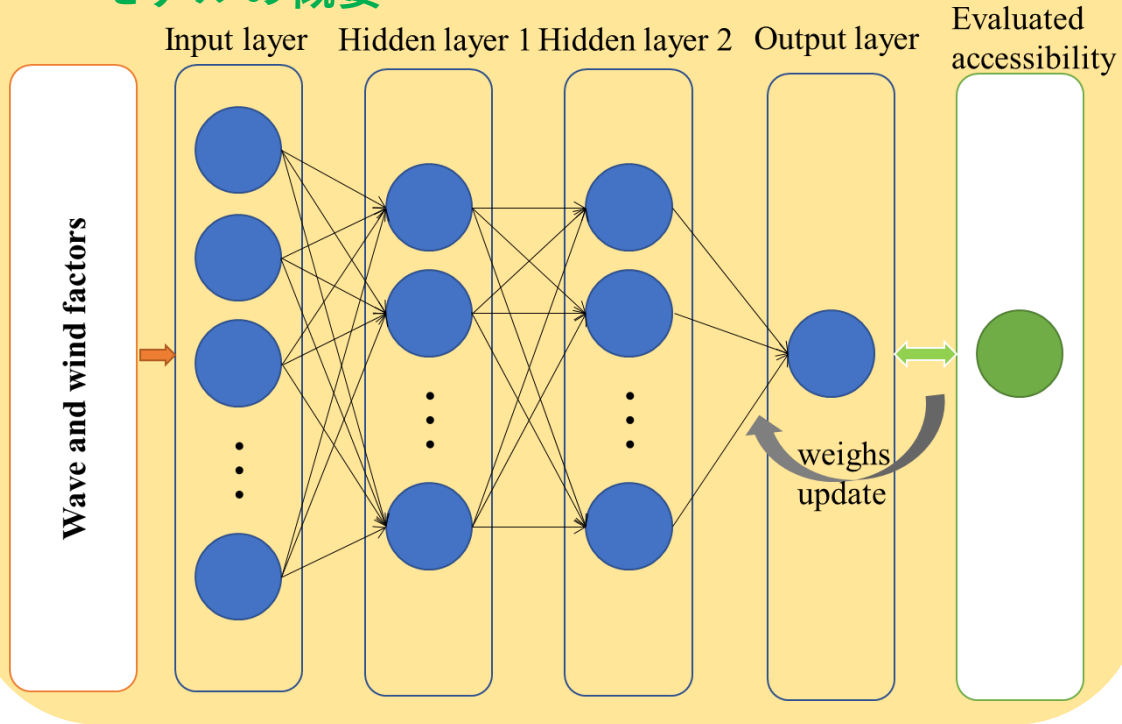


利用したデータ

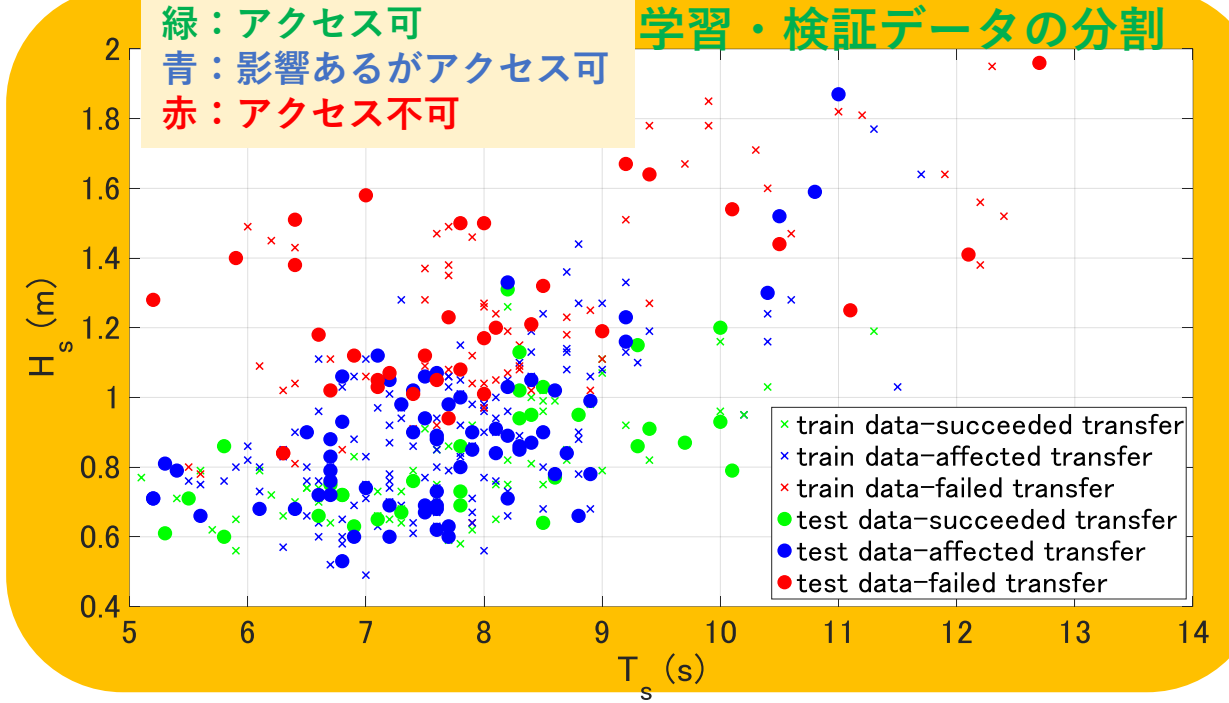


ニューラルネットワーク

モデルの概要



学習・検証データの分割



実験ケースの概要

Case No.	Classification type	Input data
Case 1	Binary classification	1) 2)
Case 2		1) 2) 3)
Case 3		1) 2) 3) 4)
Case 4	Multiclass classification	1) 2)
Case 5		1) 2) 3)
Case 6		1) 2) 3) 4)

Input data: 1) wave height; 2) wave period; 3) wind speed; 4) wind direction

評估指標

混淆行列

		Predicted Label	
		Negative	Positive
True Label	Negative	True Negative (TN)	False Positive (FP)
	Positive	False Negative (FN)	True Positive (TP)

評估指標

正解率 $Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$

適合率 $Precision = \frac{TP}{TP+FP}$

再現率 $Recall = \frac{TP}{TP+FN}$

結果

実験ケースの概要

正解率 %

Case No.	Classification type	Input data	1st	2nd	3rd	mean
Case 1	Binary classification	1) 2)	85.3	84.5	86.0	85.3
Case 2		1) 2) 3)	86.8	87.6	86.0	86.8
Case 3		1) 2) 3) 4)	87.6	88.4	87.6	87.9
Case 4	Multiclass classification	1) 2)	65.9	63.6	65.9	65.1
Case 5		1) 2) 3)	63.6	65.9	70.5	66.7
Case 6		1) 2) 3) 4)	65.1	66.7	67.4	66.4

Input data: 1) wave height; 2) wave period; 3) wind speed; 4) wind direction

二分類：アクセス可
アクセス不可

アクセス可
三分類：影響あるがアクセス可
アクセス不可

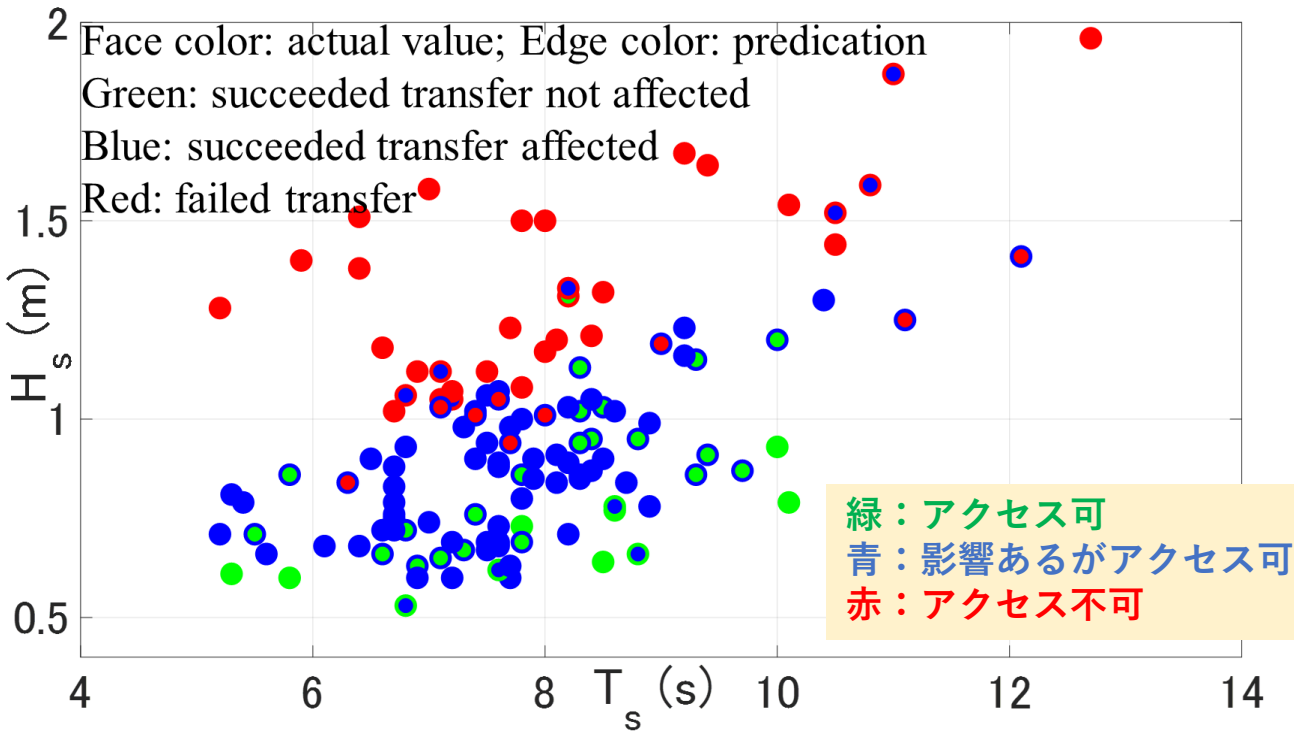
ケース 6 における適合率と再現率

Evaluated accessibility	Precision	Recall
Succeeded	61.9	43.3
Affected	67.1	77.3
Failed	71.9	69.7

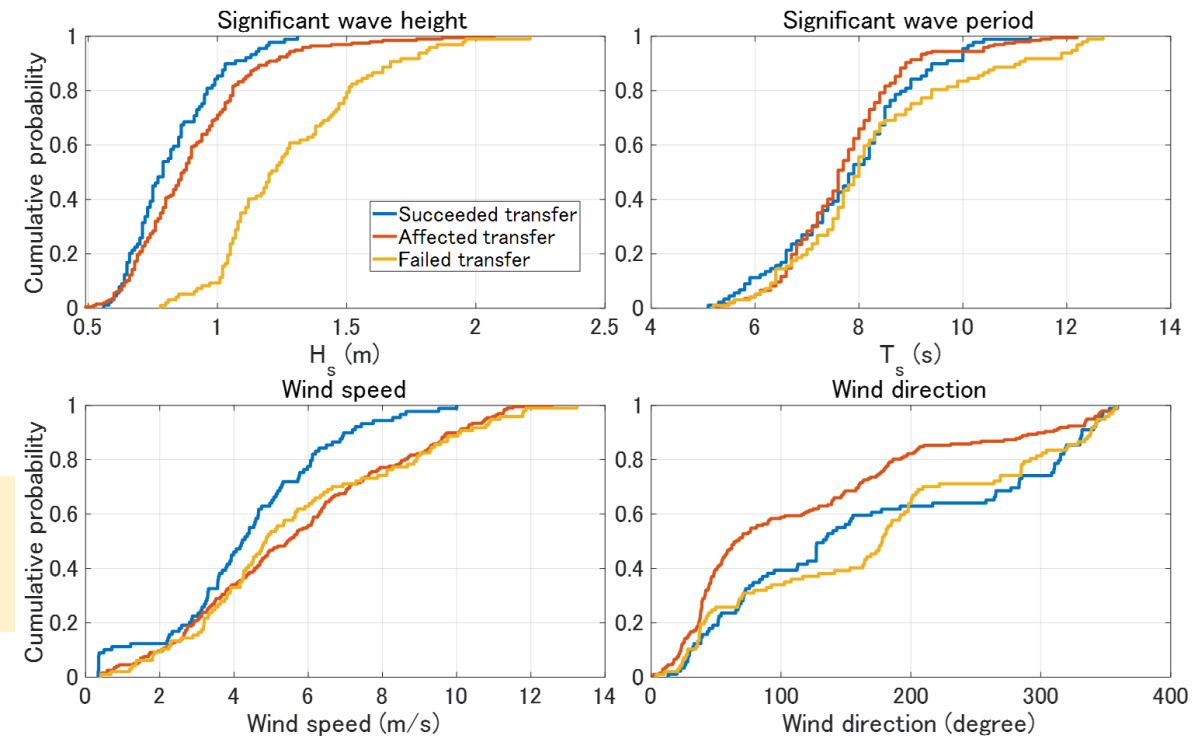
- 二分類の正解率は 85%、三分類は 65%
- 入力値の種類を増やすと正解率が微上昇
- アクセスできた試験をできないと判断した割合が多いです

結果

ケース 5 における予測値と真値

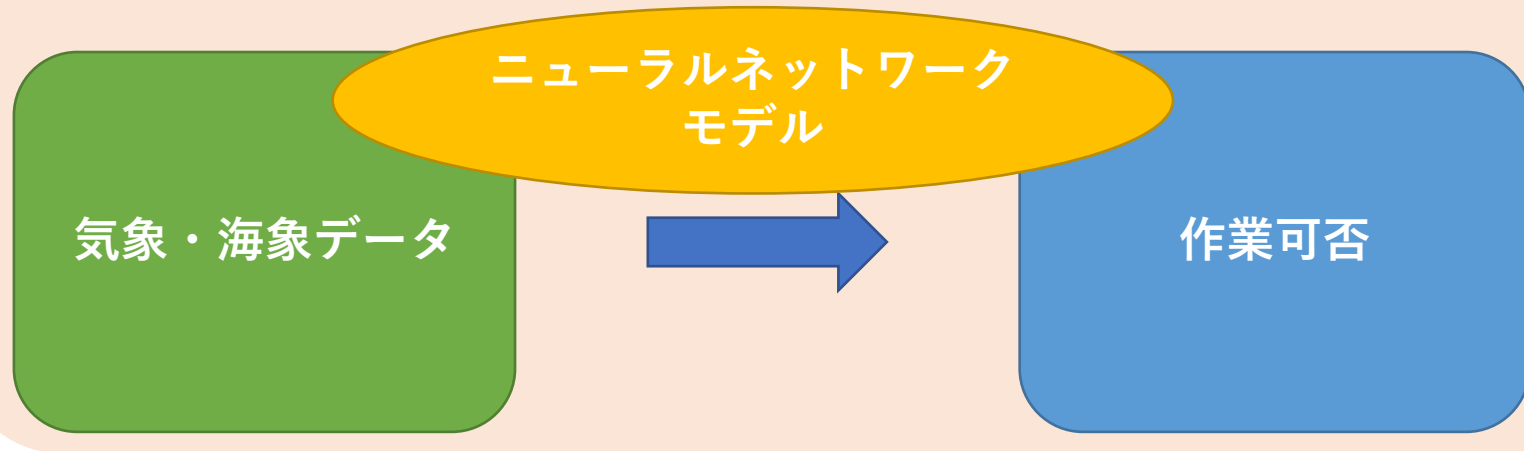


カテゴリーごとの累積分布



まとめ

計測した気象・海象データを入力値として、ニューラルネットワークを用いて作業可否を判断できるモデルを構築する



- 気象・海象データを入力値として、ニューラルネットワークを用いて作業可否を判断できるモデルを構築した
- 二分類の正解率は85%、三分類は65%
- 入力値の種類を増やすと正解率が微上昇
- 誤差の原因の一つはデータの客観性
- 洋上風力発電事業の施工計画・管理への寄与が期待できる