

# 福島浮体式洋上風車向け ライザーケーブルの挙動解析

籠浦 徹<sup>\*1</sup>  
榎原 広幸<sup>\*2</sup>  
村田 雅彦<sup>\*3</sup>

藤井 茂<sup>\*1</sup>  
佐々木 隆博<sup>\*1</sup>  
田口 悠嘉<sup>\*3</sup>

Dynamic Analysis of Riser Cable with FUKUSHIMA FOWT(Floating Offshore Wind Turbine)

by Toru Kagoura  
Hiroyuki Sakakibara  
Masahiko Murata  
Shigeru Fujii  
Takahiro Sasaki  
Yuka Taguchi

**Key Words:** Dynamic Analysis, Riser Cable, Lazy Wave

## 1. 緒 言

浮体式洋上風力発電向けライザーケーブルの設計において、ライザーケーブルの動的挙動と動的挙動及び疲労寿命予測が重要となる。福島プロジェクトにおいて2MW浮体に敷設された22kVライザーケーブル挙動として3軸加速度を計測し、計測した3軸加速度と2MW浮体の6自由度運動データ（実測データ）を与えたライザーケーブルの挙動解析結果を評価した。本論文では計測値及び挙動解析値の評価内容について述べる。

## 2. ライザーケーブルシステム設計

### 2.1 Fukushima PJ の概要

福島プロジェクトにおける送電システムの概要をFig 1に示す。Fukushima PJでは3タイプの風車浮体が設置され、送電システムとして動的挙動に耐えられるライザーケーブルを適用している。<sup>1)</sup>

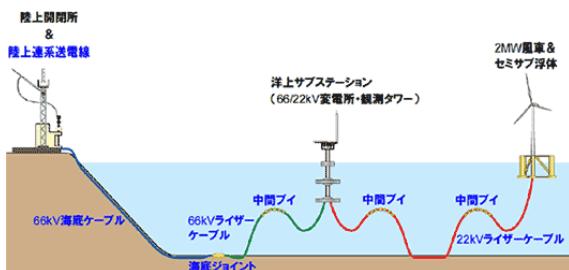


Fig. 1 Transmission and Substation System.

### 2.2 ライザーケーブルシステム設計の概要

ライザーケーブルシステム設計では、海象条件、浮体最大移動量や浮体動搖特性、浮体係留設計条件などを基にライザーケーブルの海中挙動をシミュレーションによって予測し、機械強度や曲率半径、耐久性等を

満足させるライザー形状等を検討する。ライザーケーブルシステム設計フローをFig 2に示す。ライザー形状は中間ブイを設置したLazy Wave方式を選択し、浮体最大移動量に対する静的挙動解析、浮体最大動搖に対する動的挙動解析を行ってその成立性を確認した。<sup>2)</sup>

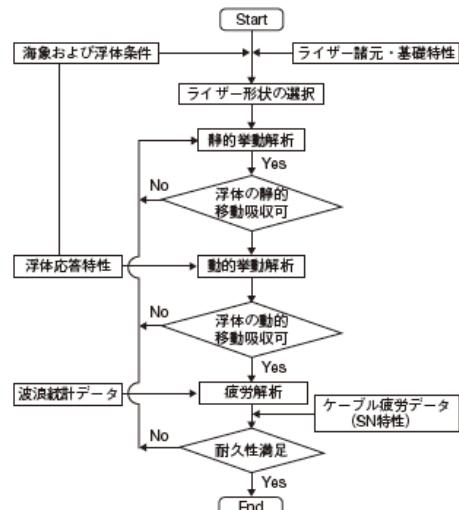


Fig. 2 Design Flow of Riser Cable System.

## 3. ライザーケーブル挙動

### 3.1 挙動計測

2MWライザーケーブルの上端（浮体底部）近傍に3軸加速度センサを3箇所設置し、ライザーケーブル加速度を計測した。Fig 3に計測イメージを示す。加速度センサのX軸はE方位、Y軸は北方位、Z軸はケーブル軸方向に概ね合わせて設置している。

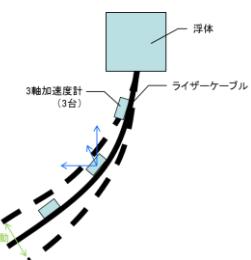


Fig. 3 Measured cable acceleration.

\*1 古河電気工業㈱研究開発本部

\*2 古河電気工業㈱エネルギーインフラ統括部門

\*3 古河インフォメーション・テクノロジー㈱

原稿受付 平成28年9月23日

秋季講演会において講演 平成28年11月21, 22日

©日本船舶海洋工学会

### 3.2 挙動解析

ライザーケーブルの挙動解析は、2MW 浮体の 6 自由度運動データ（実測データ）をライザー上端の強制運動データとして入力し、加速度センサ位置と同位置における 3 軸方向加速度の時刻歴データを出力した。

## 4. 計測データと挙動解析の比較

### 4.1 加速度データ比較

計測された実測データと挙動解析にて出力された解析データを比較して Fig.4～Fig.9 に示す。Fig.4～Fig.6 は有義波高約 5m 条件、Fig.7～Fig.9 は有義波高約 3m 条件でのデータである。センサ設置角度に若干の軸ずれが生じており、実測データと解析データにシフト分が認められるものの、加速度変動に関しては極めて良く一致していることが確認された。

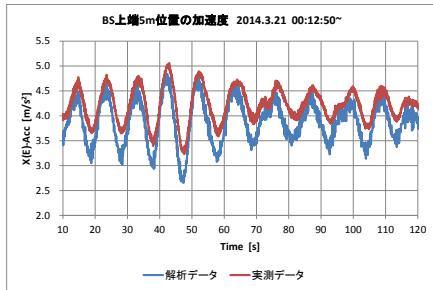


Fig. 4 X(E)-Acc.

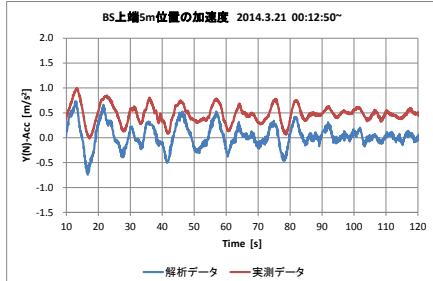


Fig. 5 Y(N)-Acc.

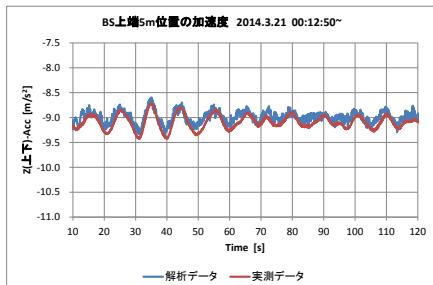


Fig. 6 Z-Acc.

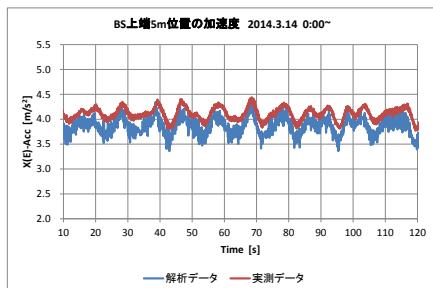


Fig. 7 X(E)-Acc.

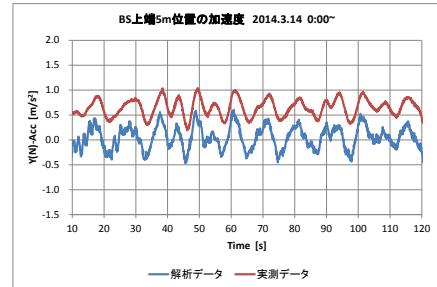


Fig. 8 Y(N)-Acc.

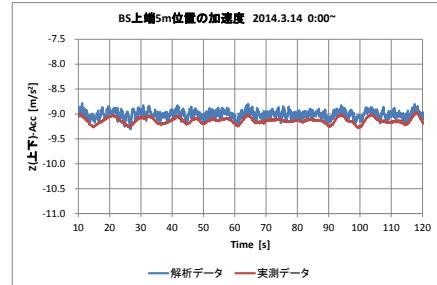


Fig. 9 Z-Acc.

### 4.2 曲率データ比較

計測された加速度データからセンサの角度を算出してケーブル曲率変化を推定した結果と、浮体の 6 自由度運動データから解析した曲率変化を Fig.10 に示す。3 箇所に設置したセンサのうち上部と中間部の 2 箇所のセンサから推定したケーブル曲率と中間部と下部の 2 箇所のセンサから推定したケーブル曲率は、いずれも 2 点で推定であることから挙動解析結果よりややマイルドな変動となっているが、概略の曲率変動は表現できていることが確認された。

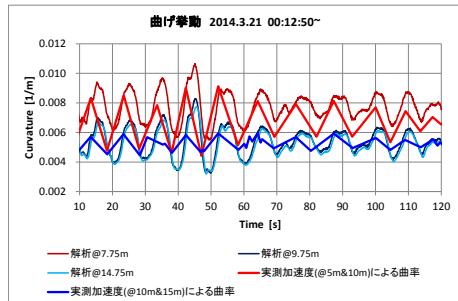


Fig. 10 Curvature Change at Riser Top

## 5. まとめ

2MW ライザーケーブルの実測データと浮体運動データを入力した挙動解析を比較評価し、以下の知見を得た。

- ・実測加速度データと解析データは良く一致しており、浮体運動データにてケーブル挙動を検証することができることを確認した。
- ・実測加速度データから推定したライザー曲率についても概ね挙動解析と一致しており、加速度データで挙動推定可能であることがわかった。ただし挙動推定精度を上げ、より厳しい曲げ挙動を推定するためにはセンサの設置間隔の短ピッチ化と多点化が必要と思われる。この点については今後の福島 PJ において改善を図る予定である。

浮体式発電システムの送電システムとして必要なライザーケーブルは世界でもまだ十分な実績があるとは言えず、設計手法としても十分に確立されているものではないが、本研究において それぞれ波浪応答特性の異なる 3 タイプの浮体に接続されたライザーケーブルの挙動検証を通して最適ケーブルシステムの設計手法の確立を目指す予定である。

### 謝 辞

本研究は、経済産業省の福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業として実施されており、東京大学の石原 孟教授を始め、関係者には感謝の意を表します。

### 参 考 文 献

- 1) 福島洋上風力コンソーシアム
- 2) 榊原広幸 他 : Fukushima FORWARD Project における送電システムの開発（その 2），古河電工時報，第 135 号，2016.