

慣性センサと風向・風速データを加味した船舶の横揺れ特性推定の考案

柴田 遥規[†] 鈴木 治[†] 中井 一文[†] 江崎 修央[†]

[†]鳥羽商船高等専門学校

1 はじめに

船舶には転覆，沈没事故が存在する．その原因として，復原力の喪失が考えられている．復原力とは，航行中に波などの外力が作用して左右どちらかに傾斜した際に，船の重心位置，浮心位置の位置関係から船体を元の姿勢に戻そうとする力のことである．そのため，復原力が小さい船では少しの外力でも転覆する可能性がある．また，航海中の風と波は操船性能を評価する外力である [1]．本研究では，各種のセンサから得られた船舶の横揺れ特性を評価することで転覆予兆を検出し，安全な航海ができることを目指す．また，風向・風速データから傾斜角の発生確率を推定し，船体への相対風向が船体の傾斜に影響するかどうか，風が大きければ船体が大傾斜する傾向があるかどうかを示す．

2 関連研究

横揺れ特性に関わりの大きい要素として波による変動が挙げられる．波の変動は海上での風の影響が大きい．特に，風向・風速によって波の状態が大きく変化し，風上から風下に向けて波エネルギーは伝搬する [2]．これらの原理を基に波の大きさと向きを推定するために本研究では風向・風速データと波のデータには相関があるものとして仮定し実験を行う．波による転覆のしやすさについては船体の正面方向に対して出会い角 $20 \sim 40^\circ$ 程度で転覆が発生しやすく，船速が高速のときは $0 \sim 50^\circ$ に広がりさらに転覆が起こりやすくなるという模型船による実験結果がある [3]．また，これらは必ず波下側に向かって転覆する．

3 システム構成

本研究にて扱う航海データと船体の傾斜角の関係について図 1 に示す．転覆の予兆検出に使用するデータとして加速度・風速・風向を用いて大傾斜が発生するかどうかの推定を行う．本稿では，加速度データによる傾斜角度に対して，船体の傾斜と直接関係するロール角を真値としてデータの有意性を確認する．また，風向・風速データの組み合わせから加速度の大きさの発生確率を推定する．

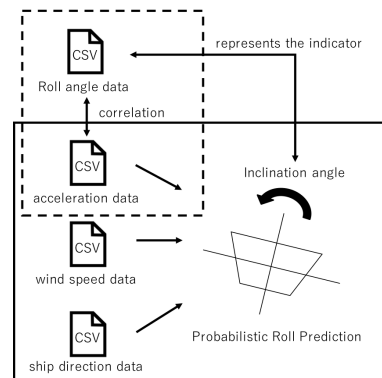


図 1: 船体運動の要因と傾斜角の推定

4 大傾斜の発生確率の推定

4.1 風向・風速を考慮したベイズ推定による加速度推定

波と風による外力は船舶の横揺れに対して大きな影響を与えると考えられる．そのため，風向風速データと加速度データとの相関関係を調べる．風向風速計のサンプリング周期 1 分に合わせ，加速度データは 1 分間の最大値を抽出した．傾斜を間接的にあらかず加速度の大きさの発生確率はベイズ推定により事後確率の算出を行う．海上での風速の状態を X ，風向の状態を Y ，船体の傾きをあらかず加速度の状態を Z としたとき，それぞれの状態の発生確率を $P(X), P(Y), P(Z)$ とする．加速度 Z が風速 X と風向 Y に依存して発生す

Estimation of Roll Characteristics of Ship Considering Inertial Sensor and Wind Data

Haruki SHIBATA[†], Osamu SUZUKI[†], Kazufumi NAKAI[†], Nobuo EZAKI[†]

[†]National Institute of Technology, Toba College

るとしたとき,

$$P(Z|X, Y) = \frac{P(X, Y|Z)P(Z)}{P(X)P(Y)} \quad (1)$$

となる. 本稿において発生確率は状態の観測値から算出するため, X, Y, Zは離散分布として扱い, 離散値は $X = \{X_1, X_2, \dots, X_9\}, Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_{12}\}, Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_{16}\}$ として扱う.

4.2 風向・風速と加速度のデータセット

風速データは取得した最大値, 最小値から 2[m/s] ごとに区切り 9 段階に分類している. 相対風向については正面を 0°として左側がマイナス, 右側がプラスとなっている. また, 30°ごとに区切っており, 12 段階に分類している. 加速度データについては加速度センサの測定範囲である ± 2g を 16 段階に分類している.

5 実証実験

5.1 ベイズ推定による傾斜角の発生確率の算出

2017 年 11 月 10 日~12 日と 2018 年 6 月 5 日~8 月 6 日にかけてデータ取得を行った. そのうち, 運航中の約 18 時間分のデータを分析しベイズ推定を行い, 加速度の発生確率を算出する. 算出方法については, 予め船舶から取得した風向・風速と加速度の取得データに基づいて事後確率を算出する. 発生確率が最大となる加速度だけを抽出し, 各風向・風速における加速度の傾向を比較する. 発生確率が最大となる加速度データを 3 次元グラフにしたものを図 2 に示す.

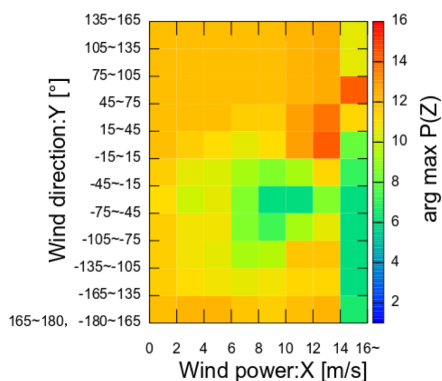


図 2: 風向・風速を加味した加速度データの発生確率

上記の結果より加速度が上昇するのは風速 14[m/s], 風向-15~45°の時に最大風速のときに加速度が上昇すると予測される. 本稿の実験では風速 16[m/s] 以上のデータが少ないため発生確率は著しく低かった. 本稿にて加速度が大きくなった風速 14[m/s] での相対風向を加味した加速度の発生確率のイラストを図 3 に示す. 色の意味は図 2 に準ずる.

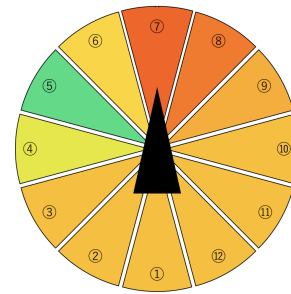


図 3: 風速 14[m/s] での加速度データの発生確率

上記より, 背面からの風については発生確率が最大となる加速度は同程度であった. しかし, 正面と前方右方向にて, 加速度の上昇が見られ, 前方左側からの風については加速度の下降が見られた. これらの結果より, 乗船者の位置や荷重の重心位置が右側に寄っていたことなどが推測できる. 従来の研究において高速である船舶では波の出会い角 0~50°において転覆しやすくなるとされている. 本研究で使用した船舶では検証方法が異なるため範囲が狭まってしまったが, 従来の研究と同様の傾向を調査することができた. さらに実際の船舶を用いてデータ分析を行ったため, それぞれの船舶に適したデータセットを作成することができる. よって, 今回の手法は従来の手法より有意であると言える.

6 おわりに

風速・風向・横揺れ特性の評価を行っている研究は少なく, 船舶の運航は航海士の経験則によるところが大きい. そのため, 各種の計測器が導入可能な昨今においても, 毎年のように転覆事故は発生している. 本研究による横揺れ特性の可視化により, 経験則のような暗黙知を形式知に変えられる可能性がある. 今後は加速度データのトレンドを加味して精度を上げ, リアルタイムに船員へ危険通知をするシステム開発を行う.

参考文献

- [1] 藤原敏史, 上野道雄, 二村正 船体に働く風圧力の推定. 日本造船学会, 1998, 第 183 号
- [2] 川島利兵衛, 佐藤要, 武田誠一 流れのある海面における波浪推定, 日本航海学会第 96 回公演会, 1997.5
- [3] 菅信, 猿田俊彦, 田口晴邦, 安野三樹雄 斜め追波中の船の転覆について, 日本造船学会論文, 1990, 第 167 号