

土木学会第 71 回年次学術講演会 (平成 28 年度)

ドップラーライダーを用いた浮体式洋上風況観測手法の提案と検証

東京大学大学院工学系研究科	総合研究機構	正会員	○山口 敦
東京大学工学部	社会基盤学科	非会員	因幡拓興
東京大学大学院工学系研究科	社会基盤学専攻	フェロー会員	石原 孟

1. はじめに

洋上における新しい風況観測手法として、浮体上に設置したドップラーライダーによるリモートセンシングが期待されているが、この手法による計測には浮体動揺に起因する計測誤差が含まれるため補正をする必要がある。動揺補正手法に関する研究としては Wolken-Möhlmann and Lange^[1]や、山口・若林^[2]があるが、これらの研究は平均風速に着目したものであり、乱流強度の精度の検証は行われていない。実際、山口・若林らの方法に基づきシミュレーションを行うと乱流強度を常に過大評価する。

本研究では、従来のドップラーライダーの動揺補正手法の問題点を明らかにするとともに、ドップラーライダーの計測原理に基づき、平均風速と乱流強度の両方の計測に適用可能な動揺補正手法を提案し、数値シミュレーションを用いて検証する。

2. 新しい動揺補正手法の提案

浮体動揺は3軸方向の並進成分と3軸周りの回転成分の合計6成分の時刻歴として記述できる。これらの運動により、観測の対象となる相対風速、ライダーの照射方向、計測高度が変化するために誤差が生じる。一方、ライダーは直近の4秒間の観測値を用いて風速を毎秒算出する。従来の動揺補正手法^[2]では4秒間の計測期間における浮体の代表的な動揺および動揺速度を用いることで補正を行っていたが、それらの値は各視線風速の観測値の誤差をもたらした動揺・動揺速度とは各計測時刻において一致しない。このため、瞬間風速を過大評価あるいは過小評価することにつながり、乱流強度を常に過大評価することがわかった。図4に従来の手法を用いた場合に乱流強度の過大評価をもたらす例を示す。

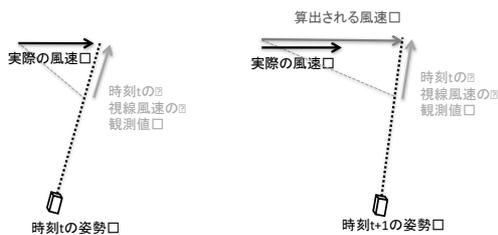


図1 傾斜角の変化に起因する誤差の例

本研究では、この問題を解決する補正手法を提案する。まず浮体の動揺速度に起因する誤差は、毎秒の視線風速の観測値に対し直接補正する。次に浮体の回転成分の変化に対しては、観測範囲における風速が水平に一樣であることを仮定して毎秒の視線風速の観測値と同時刻の浮体動揺角度を用いて計測システムを再構築し、風速を算出するようにした。図2に従来手法と本手法の計測手法の違いを示す。従来手法では、代表的な傾斜角を用いる近似を行っていたが、本手法では近似を行わずに風速を算出することを可能にした。

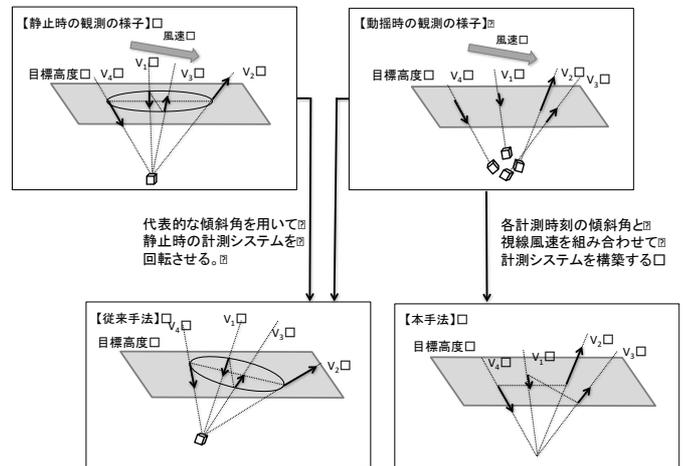


図2 従来手法と本手法の計測システムの比較

また、ドップラーライダーによる風速算定では、数秒間の風速場が一定であると仮定しているため、高周波成分を観測できない。高周波成分は10分間の平均風速には影響しないが乱流強度に影響し、高周波成分の欠測は乱流強度の過小評価につながる。本研究では、参照風速に移動平均をした場合の乱流強度の値とライダーによる計測値との比較により、計測できない高周波成分は周期が3秒以下の成分であるとし、それらの乱流強度への平均的な寄与は10.1%であることを求めた。この値を用いてライダーによる乱流強度の計測結果に割り増しを行うことにより、高周波成分の欠測を補正することができる。毎秒風速を算出するのに、4つの視線風速データが必要であり、その計測の時間間隔は3秒であることから、3秒以下の成分を欠測とすることは妥当であるといえる。

土木学会第 71 回年次学術講演会(平成 28 年度)

3. シミュレーションによる検証

仮想的な風速場と動揺データを用いて誤差を含む視線風速の観測値を作成し、それらを従来手法と本手法により補正して風速を算出し、もとの風速場と比較することにより検証を行う。仮想風速場は、岩谷らにより開発され石原らにより3方向成分に拡張された乱流作成手法⁴⁾を用い、自然風の鉛直分布とパワースペクトル、変動成分の空間的相関を再現した風速を発生させた。乱数シード、乱流強度、平均風速を変えることにより10種類の仮想風速場を作成した。動揺データは福島浮体式サブステーションでの2種類の10分間の観測データを最大傾斜角が5,10,15,20度になるよう補正した合計8種類を用いた。異なる仮想風速場と動揺データの全ての組み合わせで合計80ケースのシミュレーションを行った。使用した動揺データの一例を図3に示す。

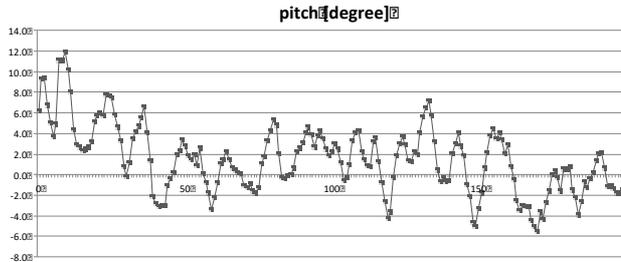


図3 動揺データの例 y軸周りの回転(ピッチ角)

図4にシミュレーション結果の時刻歴データの例を示す。従来手法には瞬時風速の過小評価と過大評価が見られるのに対し、本手法ではどの時刻においても参照風速値とよく一致している。

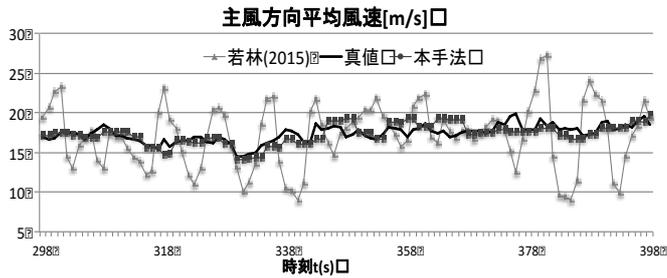


図4 シミュレーション結果の時刻歴データの例

合計80ケースのシミュレーションによる平均風速と乱流強度の計測精度の検証結果を図5に示す。平均風速については動揺の大きさに依らず、従来手法、本手法のいずれも精度よく計測している。一方、乱流強度は従来手法では動揺が大きくなるほどに過大評価しているのに対して、本手法では常に精度をよく計測していることがわかる。

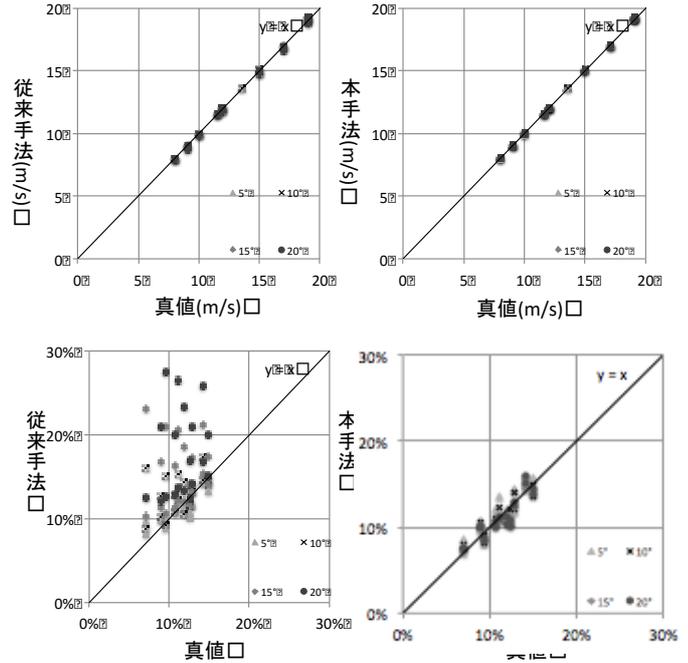


図5 平均風速と乱流強度のシミュレーション結果の比較

4. 結論

本研究では、ドップラーライダーの計測原理に基づき浮体動揺に起因する計測誤差に対する補正手法を提案するとともに、シミュレーションにより検証をし、以下の結論を得た。

- 1) 従来手法では、視線風速の計測と浮体の動揺角度・動揺速度が一致していなかったため、瞬間風速を過大あるいは過小評価し、乱流強度を過大評価していた。
- 2) 提案した手法は、視線風速計測時と同時刻の動揺速度・動揺角度を用いて補正を行うとともに、評価時間の違いによる乱流強度の誤差を補正した。この手法により、従来手法の問題点が解決され、乱流強度の計測精度が向上した。

参考文献

[1] G.Wolken-Möhlmann, B.Lange, Simulation of motion-induced measurement errors for wind measurements with LIDAR on floating platforms. Proceedings of ISARS conference, Paris, 2010
 [2] 山口敦, 若林蘭, ドップラーライダーを利用した浮体式洋上風況観測システムの開発およびシミュレーションと実測による検証, 2015
 [3] 石原孟, ファバンフック, 山口敦, 実測風速を組み込んだ風力発電設備支持物の風応答予測, 第20回風工学シンポジウム, pp.265-270, 2008