

ドローンに登載したステレオカメラによる 海洋波面の 3 次元計測に関する研究

Study on 3D Measurement of Water Wave Profiles
using a Stereo Camera System Mounted on a Drone

水谷 夏樹 (MIZUTANI Natsuki)

上記タイトルと学内研申請時のタイトルが異なりますが、本報告内容は、次の科研費を獲得するための準備として行った研究となります。

近年、益々顕著となっている地球温暖化の影響を受け、台風の激甚化が懸念されている。大阪湾のような内湾では高潮や高波による災害発生が懸念されており、2018年の台風21号による関西国際空港連絡橋へのタンカー衝突は記憶に新しい。この台風では湾北部で高潮が発生し、高波の発生と併せて神戸から芦屋、尼崎にかけて広範囲に浸水被害が発生した。また、関西国際空港島では高波による破堤が生じ、滑走路が浸水するという甚大な被害が生じた。こうした内湾における沿岸災害は、台風の強靱化にともなって今後も発生頻度が高くなると予想されているが、内湾における波浪の予測は海底地形や周辺の陸上地形の複雑さもあって十分な精度で予測することは困難である。

現在の波浪予測手法による内湾の波浪予測精度が十分でない原因の一つとして、検証のための洋上の風速および波浪の観測が十分でないことが挙げられる。波浪の予測計算を行っても観測データが少ないことによって結果の検証を十分に行うことができない。大阪湾における波浪の観測は、国土交通省港湾局による神戸沖1点のみであり、洋上風速については関西国際空港および神戸空港のアメダス観測しかない。

こうした状況を踏まえて、本研究は大阪湾の洋上における波浪と風速の観測を行うための手法の開発を目指したものである。具体的にはドローンに2台の小型カメラと風速計を登載することによって、洋上の風速の鉛直分布とステレオカメラによる波面の3次元形状計測を同時に観測しようとするものである。実際の台風来襲時にドローンによる飛行観測は不可能であるが、現在の大型ドローンを用いれば風速15m/s程度まで飛行が可能であり、この風速であれば波浪の碎波現象まで捉えられることから、波浪予測手法の検証には要件を満たすものと考えている。

ドローンによる水面上の風速計測については、ドローン自身のブレード回転が風速計に与える影響について室内実験でPIV計測を行い、自然風の風速に対して1m/s程度の誤差に収まることを確認した。また、京都府八幡市の淀川御幸橋(宇治川)において現地観測を行い、水面上で何度かホバリング停止することによりドローンの高度とともに平均風速の鉛直分布を得る事ができることも確認できた(図1参照)。

一方、ステレオカメラによる波面の3次元計測については、一般的なステレオ3次元計測と比較して以下のような問題点がある。

1. 一般的なステレオ3次元測量で用いるような標定点（実際に測量値を与える点）を水面に置くことができない。
2. ドローンはホバリングにより停止できるとはいえ若干の動揺があり、一方、対象物である水面も移動するため、ステレオカメラ計測に必要なカメラパラメータを同定することが難しい。
3. カメラパラメータの同定については、水面における光の反射などを特徴点として抽出し、左右のペア画像で同一点となる特徴点のペアマッチングを行うが、穏やかな波面においてはこの特徴点の抽出が極めて少なくなることがペアマッチングの障害となる。

以上の課題に対し、現在は一定の高さから固定地面をステレオ撮影し、複数のペア画像データからカメラパラメータの同定アルゴリズムの構築を行っているほか、橋の上から水面を撮影し、RGB画像の色別の特性値や輝度の2次元勾配値（微分値）の分布など、水面画像に対する特徴量の抽出についても検討を行っている。

左右のペア画像データから3次元計測を行う過程で、F行列というカメラパラメータを決めるための行列を求める必要がある。現在は、OpenCVなどのライブラリが豊富にあり、計算すること自体はそれほど困難ではないが、奥行き方向に距離のある対象物の画像や今回対象としているカメラから一定距離の平面に近い画像など、対象とする画像によって結果のバラツキが大きいこともわかった。現在は、F行列のバラツキを抑えるためにどのような特性を持った画像を得れば良いのかについてもノウハウを蓄積しているところである。

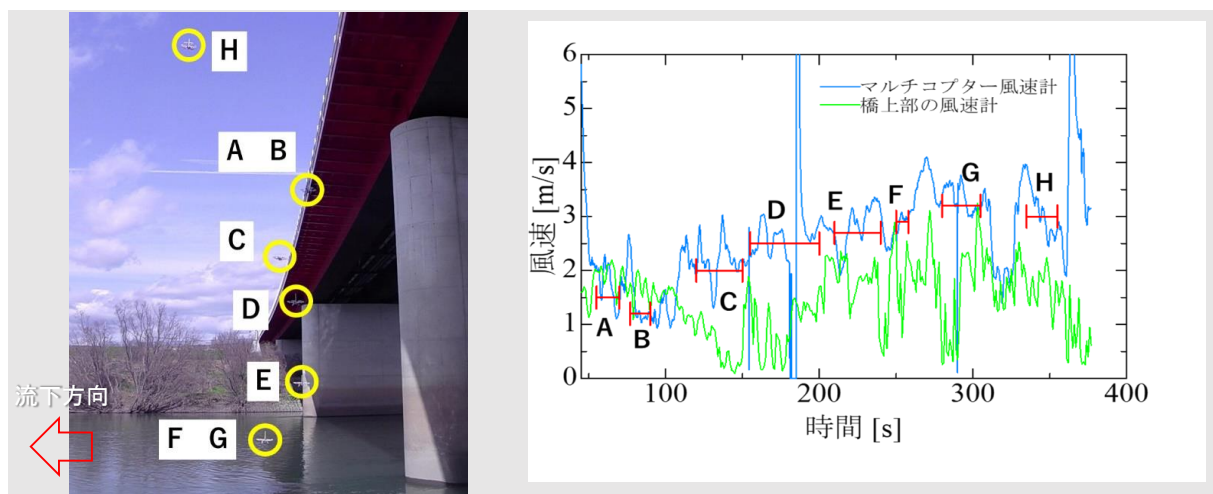


図1 淀川御幸橋（宇治川）下流側での計測時のドローンの位置とそれに対応する風速の時系列