

補助事業番号 2024M-468

補助事業名 2024年度 風力タービンを加速させる3次元流体計測技術の開発 補助事業

補助事業者名 東京農工大学・助教・大友衆示

1 研究の概要

低コストで3次元流れ場を計測することのできる新技術 color-PTVと、3次元渦度場から物体に加わる力・トルクを計算することが可能なインパルス理論・Vortex Force Map (VFM) 法・Vortex Moment Map (VMM) 法を融合することで、3次元流れ場計測から右図による力・トルクの定量的・定性的評価まで同時に行うことのできる新たな流体計測技術を創出する。

2 研究の目的と背景

「出力」「コスト」「強度」の風車3大課題が未解決であるために、日本の風車の導入が世界的に遅れをとっている。日本は他国と比べて圧倒的に厳しい気候条件にさらされているが故に、この3大課題の解決なくして風車の普及はありえない。これら3大課題は、風車ブレードが大気境界層、大気乱流、突風などによって生じる複雑な3次元渦構造に起因しているが、この3次元渦構造がブレードに及ぼす力・トルクを直接評価する手法が存在しない。また、現在の3次元流れ場計測手法は高コストであり、風力開発を加速させられる基幹技術の誕生が期待される。

3 研究内容

(1) Vortex Force Map (VFM)法を用いたブレードに働く空気力の推定

(<https://shuji-otomo.net/Research.html>)

2次元流れのブレードに働く空気力を、VFMを用いることで流れ場から推定することに世界で初めて成功した(下図左プロット)。さらに、非定常空気力の寄与度分布を可視化することにも成功した。個々の渦がどのように空気力に寄与しているか一目瞭然となる。

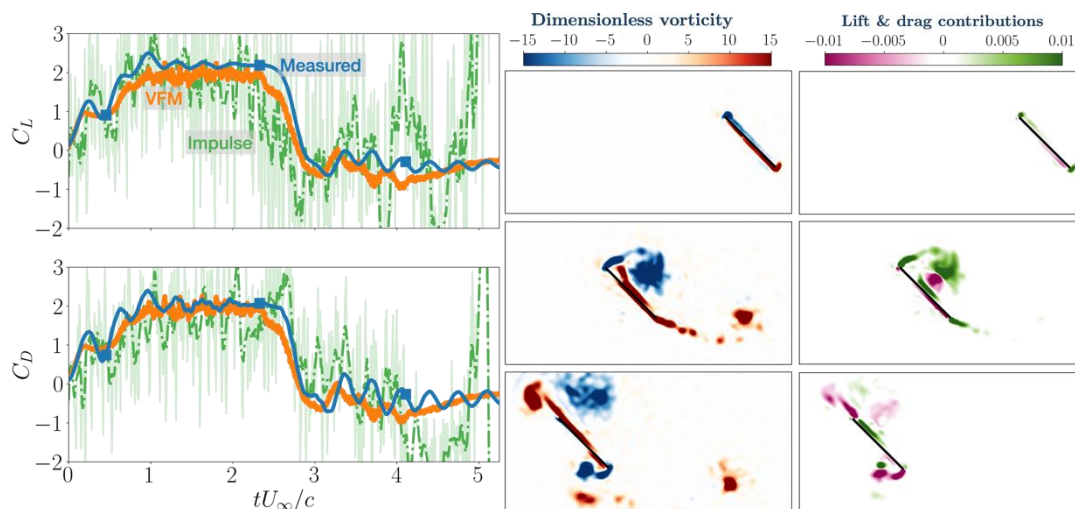


図 1 : (左) 空気力の時間経過, (中央) 渦度, (右) 空気力の寄与度分布

(2) デルタ翼後流に形成される渦による揚力の可視化 (<https://shuji-otomo.net/Research.html>)
デルタ翼後流の流れ場データから、インパルス法を用いることで、揚力の寄与度分布の可視化に成功した(下図)。デルタ翼後流に、プロジェクターを用い3つのカラー層を照射することで、3面の速度場を同時に計測することができるcolor-coded PIVと呼ばれる技術を用いて得られた流れ場に対して、インパルス法を適用し、定量的な空気力評価手法を提案した。

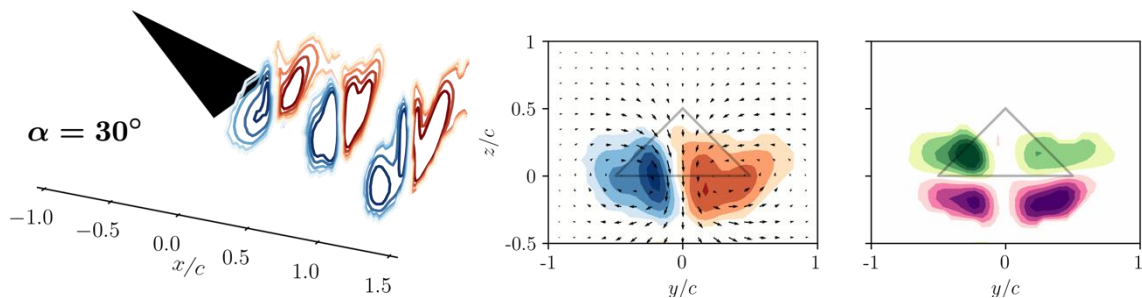


図 2 : (左)デルタ翼後流渦, (中央)流れ場・渦度, (右)揚力寄与度分布

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

流れ場とカ・トルクを評価する肝心の基幹技術が存在しないために、風車を含めた工業製品のR&D試行錯誤サイクルが律速となっているが、本技術を用いることでその解決につながるはずである。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで空気力学の基礎研究を主に遂行してきたが、本研究では初めて実験流体力学を用いた新たな計測手法開発に取り組んだ。これまで培ってきた空気力学の知識が大いに役立ち、結果として精度の高い非定常空気力評価手法の開発に至った。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[論文] Ōtomo, S., Gehlert, P., Babinsky, H., & Li, J. (2025). Vortex force map method to estimate unsteady forces from snapshot flowfield measurements. *Experiments in Fluids*, 66(3), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00348-025-03962-w>

[学会] 大友衆示, Pascal Gehlert, Holger Babinsky, Juan Li, “Vortex Force Map 法による PIV 速度場からの非定常空気力推定”, 日本機械学会 第 102 期流体力学部門 講演会, 長岡, 2024/11/19 – 2024/11/20

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの
上記論文.

(2)(1)以外で当事業において作成したもの
特になし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東京農工大学工学部(トウキョウノウコウダイガクコウガクブ)

住 所： 〒184-8588

小金井市中町2-24-16

担 当 者： 助教・大友衆示(オオトモシュウジ)

担 当 部 署： 機械システム工学専攻

E - m a i l： otomo@go.tuat.ac.jp

U R L： <https://shuji-otomo.net>

<https://shuji-otomo.net/Research.html>