

令和3年6月15日

報道機関 各位

東北大学流体科学研究所

短い円柱の空気抵抗は円板に近づく
- 磁力浮遊させる風洞実験により超低細長比円柱の空力特性を解明 -

【発表のポイント】

- ・ 物体を磁力で浮遊させた状態で空気抵抗を正確に計測する実験技術を確立。
- ・ これまで計測が不可能だった、非常に短い円柱の空気抵抗の計測に初めて成功。
- ・ 円柱を短くすると、空気抵抗は円板の空気抵抗に滑らかに収束することを示した。
- ・ 本技術は、脱炭素社会の実現に向けた輸送機器の性能向上や、宇宙機の帰還カプセルの設計に活用されることが期待出来る。

【概要】

物体の空気抵抗を正確に予測することは、脱炭素社会の実現に向けた輸送機器（自動車、航空機等）の高効率化に必要な基礎技術の一つです。東北大学流体科学研究所の大林茂教授の研究グループは、磁力支持天秤装置¹を用いた風洞実験とシミュレーションに基づいて、これまで計測が困難だった超低細長比円柱²の空力特性を明らかにしました。これにより、流れに沿って置かれた円柱の空気抵抗は、円柱を短くしていくと円板の空気抵抗に滑らかに収束することを世界で初めて示しました。本成果は、輸送機器における空力設計の高度化や、はやぶさ等の帰還カプセルの空力特性の予測精度向上に繋がると期待されます。

本研究は、米国現地時間 2021 年 5 月 27 日に学術専門誌「Physical Review Fluids」に Editor's Suggestion の論文として掲載されました。

本研究は、科研費・基盤研究(A)（一般）2018～2020「非定常3次元渦流れの計測融合シミュレーション法の開発」の成果です。

【詳細な説明】

<背景>

空気中を移動する鈍頭物体³の背後では、気流が回り込むことで複雑な流れが形成され、物体に大きな空気抵抗が発生します。航空機や自動車などの輸送機器では、このような鈍頭物体が部品の一部として使われる場合も多く、その空気抵抗を正確に調べることで高い燃費性能を実現する設計に繋がります。また、はやぶさ等の宇宙機の再突入カプセルは鈍頭物体であり、大気圏突入時の安定性を事前に予測する上でも重要な基礎現象です。鈍頭物体の典型的な例として円柱や直方体が挙げられますが、その形状を特徴付けるパラメータとして「細長比」があります。細長比は物体の細長さを表す量であり、例えば細長比が0の円柱は円板となり、逆に大きな細長比を持つ円柱は棒のようになります。「気流に沿う方向に置かれた円柱や直方体の細長比を変化させると空気抵抗がどのように変わるか」という問題は流体力学の基礎研究の一つとして多くの研究者により取り組まれ、古くは1907年のエッフェル塔での実験まで遡ります。これまでに細長比が0.5以上の円柱についてその抵抗値が詳細に調べられ、細長比を6付近から下げていくと抵抗が緩やかに低下し、細長比が1.5から2付近を境に急激に上昇することが報告されていました。しかし、細長比が0.5よりも小さな領域で抵抗がどのように変化するかは不明でした。その理由として、抵抗を計測するために気流中で円柱を後ろから支持材で固定する必要があり、低細長比の円柱の場合には円柱背後の流れが支持材と干渉するため正確な抵抗計測が困難だったことが挙げられます。

<本研究で達成した内容>

東北大学大学院工学研究科の桑田政英氏（大学院生）、阿部圭晃助教（流体科学研究所）、横田翔氏（大学院生）、野々村拓准教授（大学院工学研究科）、澤田秀夫特任教授（流体科学研究所）、焼野藍子助教（流体科学研究所）、浅井圭介教授（工学研究科）、大林茂教授（流体科学研究所）らの研究グループは、磁力支持天秤装置（図1）により円柱を磁力により浮遊させることで、気流への支持材の影響が排除された正確な抵抗計測を実現し、さらにシミュレーションを用いた抵抗予測も併用することで、細長比が0.5以下の超低細長比円柱の空気抵抗を世界で初めて明らかにしました。これにより、細長比が0.5以下の領域では抵抗がほとんど変化せず、円板の抵抗に滑らかに収束していくことが分かりました（図2）。また流れの可視化により、円柱背後で流れが逆流する領域は細長比が小さくなると逆に大きくなることなど、これまで明らかでなかった超低細長比円柱の背後に生じる複雑な流体现象を観測することにも成功しました。同時に、流れのシミュレーションによる抵抗予測も行い、実験により得られた抵抗と良い一致が得られることを確認しています。本研究の成果は、超低細長比形状

の鈍頭物体が受ける空気抵抗を初めて明らかにしたことで、同様の形状を有する輸送機器の空力性能改善や、鈍頭物体の空力安定性の改善に生かされることが期待されます。

【謝辞】

本研究は、JSPS 科研費 JP18H03809 の助成を受けたものです。

【論文情報】

タイトル Flow characteristics around extremely low fineness-ratio circular cylinders
著 者 Masahide Kuwata, Yoshiaki Abe, Sho Yokota, Taku Nonomura, Hideo Sawada, Aiko Yakeno , Keisuke Asai, and Shigeru Obayashi
掲 載 誌 Physical Review Fluids
D O I 10.1103/PhysRevFluids.6.054704
U R L <https://journals.aps.org/prfluids/abstract/10.1103/PhysRevFluids.6.054704>

【用語の説明】

- 1 磁力支持天秤装置：磁気力で風洞模型を気流中に支持すると同時に、気流から受ける流体力を測定する装置。
- 2 超低細長比円柱：直径に対して長さが非常に短い円柱を意味し、本論文では直径に対して 0.5 以下の長さの円柱と定義。細長比が 0 の場合は円板となる。
- 3 鈍頭物体：飛行機の翼のように滑らかで圧力抵抗の少ない流線型ではなく、切り立った先頭部を有する圧力抵抗の大きな物体を指す。例えば球や直方体がこれに相当する。

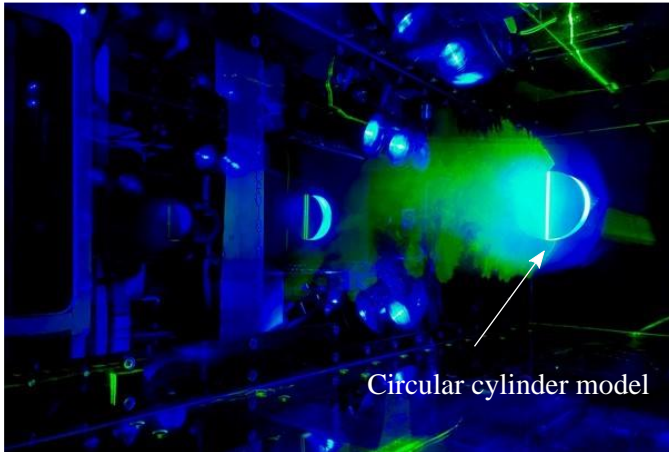


図 1 : 磁力支持天秤を用いた風洞実験の様子

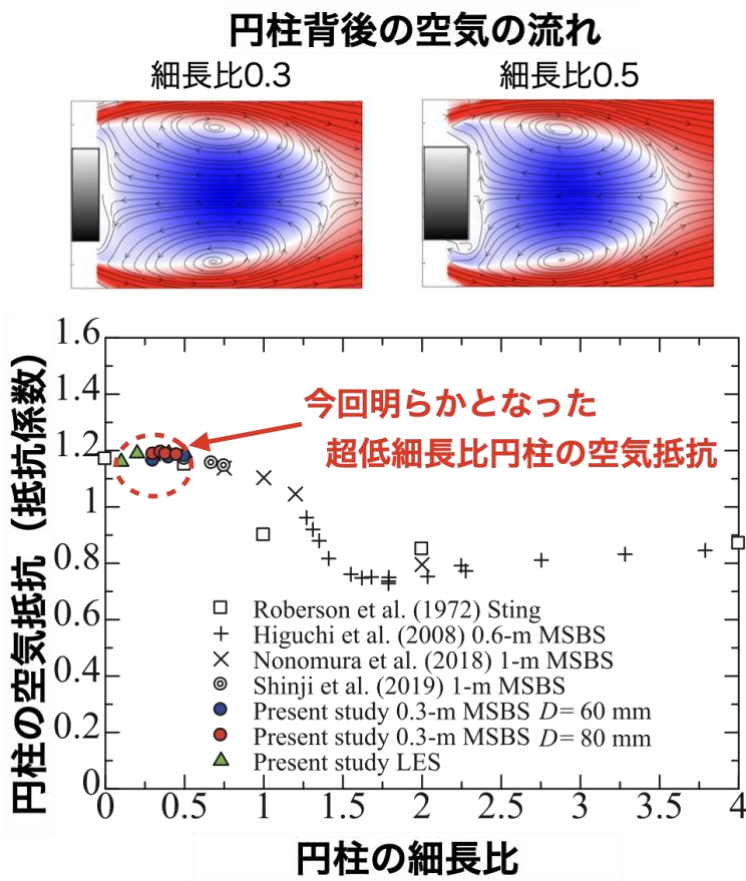


図 2 : 細長比と円柱の空気抵抗の関係

【内容についてのお問い合わせ先】

東北大学流体科学研究所 助教 阿部 圭晃

電話 022-217-5260

E-mail yoshiaki.abe@tohoku.ac.jp

【報道についてのお問い合わせ先】

東北大学流体科学研究所 広報戦略室

電話 022-217-5873

E-mail ifs-koho@grp.tohoku.ac.jp