

Title	MHDテイラークーエット流れの数値シミュレーション
Sub Title	Numerical simulation of MHD Taylor-Couette flows
Author	小林, 宏充(Kobayashi, Hiromichi)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2024
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2023.)
JaLC DOI	
Abstract	2050年までに、カーボンニュートラルを目指す日本において、今後、風力発電の大量導入が予定されている。恒常的に偏西風がある欧州に対して、日本では、頻繁に変わる風向に合わせて、翼のピッチ角を変更して、回転トルクが一定になるように制御をしている。このような機械的なピッチ角制御の代わりに、タービンのシャフト周りに液体金属などの電気伝導度を有する流体を閉じ込めた円筒を設置し、シャフトの軸方向に磁場を印加することで、トルクを制御しながら電気出力を得る装置が提案されている。 内円筒と外円筒の間に流体を満たし、内円筒のみを回転する流れは、テイラークーエット流れとして古くから知られ、乱流遷移の研究や物質混合の工学応用に利用されてきている。その流体を液体金属などの電気伝導性を有する流体とし、軸方向に印加する磁場強度を変化させた場合、流れと逆方向のローレンツ力が発生し、乱れが抑制される。内円筒付近には、流れ方向に引き延ばされた高速・低速のストリークと呼ばれる乱流構造が発生することが知られているが、磁場強度によってストリークがどのように変化するかは不明である。 本研究では、同装置内の電磁流体 (MHD) 二重円筒間流れ (テイラークーエット流れ) の物理現象を、数値計算によって検討した。その結果、次のことが明らかとなった。磁場強度を増加させていくと、円周方向に引き伸ばされたストリークは抑制されていき、上下壁から中央へ向かう斜めに伸びた高速ストリークが明瞭に表れる。このとき流路内には上下壁方向に軸をもつ準2次元渦が形成される。さらに磁場強度を増加させるとその高速ストリークも抑制される。磁場が印加されていない内円筒近傍には、内円筒壁からの乱れと上下壁からの乱れが存在するが、それらを磁場を印加することで分離して理解することに成功した。 Japan is aiming to realize carbon neutral by 2050, and is planning to introduce a large amount of wind power generation in the future. Unlike Europe, where there are constant westerly winds, in Japan, the pitch angle of the blades in a wind turbine is changed to match the frequently changing wind direction for keeping the rotational torque constant. Instead of such mechanical pitch angle control, the following device has been proposed. A cylinder containing a fluid with electrical conductivity such as liquid metal is installed around the turbine shaft, and a magnetic field is applied in the axial direction of the shaft to generate torque. The device obtains electrical output while controlling. A fluid is filled between the inner and outer cylinders and drives only by the rotating inner cylinder has long been known as Taylor-Couette flow, and has been used in research on turbulent flow transitions and in engineering applications for material mixing. When the fluid is an electrically conductive fluid such as a liquid metal and the strength of the magnetic field applied in the axial direction is changed, the Lorentz force in the opposite direction to the flow is generated and turbulence is suppressed. It is known that a turbulent flow structure called a high-speed/low-speed streak that is elongated in the flow direction occurs near the inner cylinder, but it is unknown how the streak changes depending on the magnetic field strength. In this study, we investigated the physical phenomena of the magneto-hydrodynamics (MHD) in double cylinder flow (Taylor-Couette flow) by using numerical calculations. As a result, the following was revealed. As the magnetic field strength increases, the streaks extending in the azimuthal direction are suppressed, and high-speed streaks extending diagonally from the upper and lower walls toward the center clearly appear. At this time, a quasi-two-dimensional vortex having axes in the axial direction is formed in the channel. Furthermore, increasing the magnetic field strength also suppresses the high-speed streak. Near the inner cylinder, where no magnetic field is applied, there are disturbances from the inner cylinder wall and disturbances from the upper and lower walls, but we succeeded in separating and understanding these by applying a magnetic field.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2023000010-20230208

保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2023年度 学事振興資金（個人研究） 研究成果実績報告書

研究代表者	所属	法学部	職名	教授	補助額	300千円 (A)
	氏名	小林 宏充	氏名（英語）	Hiromichi Kobayashi		
研究課題（日本語）						
MHDテイラークエット流れの数値シミュレーション						
研究課題（英訳）						
Numerical simulation of MHD Taylor-Couette flows						
1. 研究成果実績の概要						
2050 年までに、カーボンニュートラルを目指す日本において、今後、風力発電の大量導入が予定されている。恒常的に偏西風がある欧州に対して、日本では、頻繁に変わる風向に合わせて、翼のピッチ角を変更して、回転トルクが一定になるように制御をしている。このような機械的なピッチ角制御の代わりに、タービンのシャフト周りに液体金属などの電気伝導度を有する流体を閉じ込めた円筒を設置し、シャフトの軸方向に磁場を印加することで、トルクを制御しながら電気出力を得る装置が提案されている。 内円筒と外円筒の間に流体を満たし、内円筒のみを回転する流れは、テイラークエット流れとして古くから知られ、乱流遷移の研究や物質混合の工学応用に利用されてきている。その流体を液体金属などの電気伝導性を有する流体とし、軸方向に印加する磁場強度を変化させた場合、流れと逆方向のローレンツ力が発生し、乱れが抑制される。内円筒付近には、流れ方向に引き延ばされた高速・低速のストリークと呼ばれる乱流構造が発生することが知られているが、磁場強度によってストリークがどのように変化するかは不明である。 本研究では、同装置内の電磁流体（MHD）二重円筒間流れ（テイラークエット流れ）の物理現象を、数値計算によって検討した。その結果、次のことが明らかとなった。磁場強度を増加させていくと、円周方向に引き伸ばされたストリークは抑制されていき、上下壁から中央へ向かう斜めに伸びた高速ストリークが明瞭に表れる。このとき流路内には上下壁方向に軸をもつ準2次元渦が形成される。さらに磁場強度を増加させるとその高速ストリークも抑制される。磁場が印加されていない内円筒近傍には、内円筒壁からの乱れと上下壁からの乱れが存在するが、それらを磁場を印加することで分離して理解することに成功した。						
2. 研究成果実績の概要（英訳）						
Japan is aiming to realize carbon neutral by 2050, and is planning to introduce a large amount of wind power generation in the future. Unlike Europe, where there are constant westerly winds, in Japan, the pitch angle of the blades in a wind turbine is changed to match the frequently changing wind direction for keeping the rotational torque constant. Instead of such mechanical pitch angle control, the following device has been proposed. A cylinder containing a fluid with electrical conductivity such as liquid metal is installed around the turbine shaft, and a magnetic field is applied in the axial direction of the shaft to generate torque. The device obtains electrical output while controlling. A fluid is filled between the inner and outer cylinders and drives only by the rotating inner cylinder has long been known as Taylor-Couette flow, and has been used in research on turbulent flow transitions and in engineering applications for material mixing. When the fluid is an electrically conductive fluid such as a liquid metal and the strength of the magnetic field applied in the axial direction is changed, the Lorentz force in the opposite direction to the flow is generated and turbulence is suppressed. It is known that a turbulent flow structure called a high-speed/low-speed streak that is elongated in the flow direction occurs near the inner cylinder, but it is unknown how the streak changes depending on the magnetic field strength. In this study, we investigated the physical phenomena of the magnethydrodynamnics (MHD) in double cylinder flow (Taylor-Couette flow) by using numerical calculations. As a result, the following was revealed. As the magnetic field strength increases, the streaks extending in the azimuthal direction are suppressed, and high-speed streaks extending diagonally from the upper and lower walls toward the center clearly appear. At this time, a quasi-two-dimensional vortex having axes in the axial direction is formed in the channel. Furthermore, increasing the magnetic field strength also suppresses the high-speed streak. Near the inner cylinder, where no magnetic field is applied, there are disturbances from the inner cylinder wall and disturbances from the upper and lower walls, but we succeeded in separating and understanding these by applying a magnetic field.						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			