博士学位論文 審査結果の要旨

Abstract of review result

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 博士（後期）課程

Doctoral thesis defense committee

博士学位論文審査委員会

Main examiner 主査	Shirai, Katsuaki 白井 克明
Examiner 審査委員	Tsunoda, Kazumi 角田 和巳
Examiner 審査委員	Yahagi, Yuji 矢作 裕司
Examiner 審査委員	Ono, Naoki 小野 直樹
Examiner 審査委員	Naka, Yoshitsugu 中 吉嗣
Examiner 審査委員	

氏　名 Applicant's Name	Masud Ibrahim Abubakar (マスード イブラヒム アブバカール)
論文題目 Thesis title	Investigation of Complex Flow Behavior of Rotating Flow Driven by Corotating Disks Mounted in Non-Axisymmetric Enclosure (容器内の積層回転円盤に駆動される回転流れの複雑挙動の解明に関する研究)

〔論文審査の要旨〕

本研究は容器内で積層回転円盤に駆動される回転流れの複雑挙動の解明を目的としたものである。このような回転流れは惑星物理学で扱われる天体の流れからタービンなど産業機器に至るまで幅多く見受けられる。本研究では、情報ストレージ機器のハード・ディスク・ドライブ (HDD) を念頭に、従来研究の軸対称 HDD モデルと異なり、シュラウド開口部と模擬アームを有する非軸対称 HDD モデルでの流れを扱った。屈折率整合を施した全透明モデルを用いて流れの可視化と粒子画像流速解析 (PIV) 計測に基づき流れ挙動を実験的に調べた。円盤平行断面での二次元流速場の分析に基づき、以下の知見が得られた。1) 当該の流れはハブ付近の剛体回転領域と周囲のせん断流領域に分割され、分割境界位置はアーム挿入角度に依存することが見出された。2) アーム挿入に伴う流路狭窄の影響による周方向流れおよび開口部の存在に基づく加減速の機構が解明された。3) 従来の軸対称モデルで見出された円盤垂直断面での二次流れ構造が非軸対称モデルでも形成されることが示唆された。4) 高せん断ひずみ速度の領域が局所的に存在するが、流れは完全な乱流に発達することなく層流に留まることが示された。5) 非軸対称モデルの流れは大まかに主要な 6 領域に分類されることが提案された。各領域での流れ機構が明らかにされ、HDD を含む回転流体機器の設計開発に有用な知見が得られた。

最終審査は 2026 年 2 月 6 日(金) 13:00～15：00 に対面・遠隔でハイブリッド開催され、申請者による論文内容の発表 1 時間に続き、公聴会形式で 1 時間の質疑応答が実査された。審査委員会は 5 名の審査委員により構成され、予備審査で指摘された事項への対応状況が確認された。研究業績についても、査読付き論文等が博士学位取得の基準を十分に満たすことが確認された。さらに国際会議での受賞も確認された。最終的に学位論文と発表・質疑応答の内容全体を慎重に審議した結果、従来研究に対し上記の新たな知見が得られたことが高く評価され、審査委員会は 5 人全員が合格と判定した。また、博士論文の出版前に、審査結果に影響のない範囲で論文原稿の修正箇所が指摘された。

以上に基づき、本研究は積層回転円盤に駆動される回転流れの複雑流動挙動に対して産業応用に繋がると見込まれる新たな知見を得たものであり、学術的に高く評価され、博士 (工学) の学位に十分値する成果である。

English Version

(Please see the Japanese version for the details.)

This doctoral thesis aimed to clarify the complex behavior of rotating flow driven by corotating disks mounted in an enclosure. This type of flow is widely encountered from astrophysical flows in planets to industrial turbines. Among them, the doctoral study focused on fluid flow in hard disk drive (HDD) used for information storage. In contrast to the past studies on flows in axisymmetric configuration, the present study focused on non-axisymmetric flow with a shroud opening equipped with an intrusive arm. The study was performed based on experimental works through flow visualization and the velocity measurement with particle image velocimetry (PIV) in a transparent model under the condition of refractive index matching. Based on the analysis of two-dimensional velocity fields, the following new findings were obtained: 1) The flow is radially divided into two regions - solid body rotation in the inner area and the shear flow in the outer one, with the dividing point dependent on the insertion angle of the arm. 2) The acceleration and deceleration mechanism was clarified on the circumferential flow due to the arm insertion and the existence of the shroud opening. 3) Existence of the secondary flow in the plane vertically to the disks found in the axisymmetric model in the past was implied in the non-axisymmetric model. 4) Despite the local existence of the region with high shear strain rates, the flow remains laminar without development into full state of turbulence. 5) The flow is divided into 6 major regions, and the flow behaviors in the respective regions were clarified, which brings new insights into the development of rotating fluid machinery including HDD.

The final examination was held on February 6th, 2026, at 13:00 in a hybrid format combining on-site and remote participation. The public defense consisted of a one-hour presentation followed by a one-hour question-and-answer discussion session with the examination committee including public discussion. The committee consisting of 5 members convened and examined the response state of the applicant to the issues raised at the preliminary examination. The outcomes of publications of the research work through the doctoral study are admitted satisfying the requirement for the regulation of the doctoral degree. Moreover, a prize award for the applicant at an international conference was recognized. The committee carefully examined throughout the doctoral thesis, presentation, and question-and-answer discussion. Subsequently, all five members of the committee judged the thesis to be acceptable for the degree. Minor revisions to the manuscript were recommended, within the range of the examination outcome.

In conclusion, the doctoral thesis effectively exploits the complex behavior of rotating fluid flow driven by corotating disks mounted in an enclosure, gained new insights which would lead to the application in industry, and has been academically highly admitted. The achievements presented in the thesis are considered fully worthy of the degree of Doctor of Engineering.