

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：38005

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04180

研究課題名（和文）Spectral structure of turbulent Taylor-Couette flows

研究課題名（英文）Spectral structure of turbulent Taylor-Couette flows

研究代表者

チャクラボルティ ピナキ (Chakraborty, Pinaki)

沖縄科学技術大学院大学・流体力学ユニット・教授

研究者番号：90745928

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000 円

研究成果の概要（和文）：乱流理論の基礎概念はスモールスケール普遍性である。この原理では、流れにも関わらず、全ての乱流においてスモールスケールの統計的構造は普遍と想定している。乱流テイラー・クーエット(TC)流れに関する以前の結果は、TCのスペクトル構造がスモールスケール普遍性を破っていることを示唆している。この研究プロジェクトでは、OIST-TC実験装置を利用して、特殊なフライングホットワイヤ法を用いた乱流TCに関するエネルギー・スペクトルの測定を行った。先行研究と比べて、私たちの結果は乱流TC流れに関するスモールスケール構造がスモールスケール普遍性とよく一致することを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Our study shows that, contrary to what is widely believed to be the case, small-scale universality prevails in turbulent Taylor-Couette (TC) flow, with the implication that Kolmogorov's theory can be used to elucidate the mysteries of turbulent TC flow.

研究成果の概要（英文）：A fundamental concept in the theory of turbulent flows is "small-scale universality". It posits that the statistical structure of the small scales in all turbulent flows is universal, irrespective of the flow. Results from previous studies on turbulent Taylor-Couette (TC) flow suggest that its spectral structure violates small-scale universality. In this research project, we have conducted measurements of the energy spectra in turbulent TC flow using unique flying hot-wire experiments in the OIST-TC setup. In contrast with previous studies, our results show that the spectral structure of small scales in turbulent TC flow is in excellent accord with small-scale universality.

研究分野：Turbulent flows

キーワード：Taylor-Couette flow small-scale universality energy spectrum

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1 . 研究開始当初の背景

Our current understanding of turbulent flows is founded on Kolmogorov's theory of small-scale universality. Surprisingly, unlike other canonical turbulent flows which lend support to Kolmogorov's theory, turbulent Taylor-Couette (TC) flow appears to violate the theory. Previous studies, starting with the pioneering work of Lewis & Swinney (G. S. Lewis & H. L. Swinney, Velocity structure functions, scaling, and transitions in high-Reynolds-number Couette-Taylor flow, *Physical Review E* 59, 5457, 1999), show that the energy spectrum, $E(k)$, for TC flow has no regime of power-law scaling. Indeed, Lewis & Swinney remark that "there is no inertial range, and this flow is fundamentally different from fully developed isotropic turbulence and from turbulent pipe or channel flow, where an inertial range exists and Kolmogorov's $-5/3$ law holds at much lower Reynolds numbers". Subsequent studies have also borne out this finding. It appears that the spectral structure of turbulent TC flow is a puzzle.

2 . 研究の目的

We experimentally study the spectral structure of turbulent TC flow. To that end, unlike previous studies, we focus not on the spectral exponent of $E(k)$ (the $-5/3$ law), but rather on data collapse. We measure $E(k)$ for a wide range of flow configurations (with the inner cylinder rotating, the outer cylinder rotating, and both cylinders rotating) and test for small-scale universality.

3 . 研究の方法

We conduct experiments using the OIST-TC setup. The cylinders are 60.2 cm long, with the inner cylinder radius = 11.9 cm and outer cylinder radius = 16.0 cm. The cylinders rotate independent of each other; the fluid is air. We measure $E(k)$ in the mid-gap region using constant-temperature-anemometry (CTA). Specifically, we measure the azimuthal velocity time series using CTA and invoke Taylor's frozen-turbulence hypothesis to compute $E(k)$ from this time series. A distinctive feature of our experiments is the "flying wire" arrangement, wherein the CTA probe is mounted on, and rotates with, the inner cylinder. (To our knowledge, this is the first flying-wire experiment in TC flow.) This arrangement allows us to measure $E(k)$ with the cylinders rotating independently, affording a broad swath of the flow phase space. Further, the flying-wire arrangement results in more accurate measurements of $E(k)$.

4 . 研究成果

The results from our experiments, which will be reported at a later stage, lend strong support to the notion that the spectral structure of small scales in turbulent TC flow is in excellent accord with Kolmogorov's theory.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1 . 著者名 Cerbus Rory T., Liu Chien-chia, Gioia Gustavo, Chakraborty Pinaki	4 . 巻 6
2 . 論文標題 Small-scale universality in the spectral structure of transitional pipe flows	5 . 発行年 2020年
3 . 雑誌名 Science Advances	6 . 最初と最後の頁 eaaw6256 1~6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/sciadv.aaw6256	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6 . 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------