

論文のタイトル論文のタイトル

20〇〇年度 大阪大学大学院基礎工学研究科
機能創成専攻 修士論文公開講演会

阪大 太郎

〇〇研究室

20〇〇年2月〇〇日

目次

研究背景

乱流現象

乱流の普遍則

研究目標

解析手法

室内実験

結果 1

大スケール構造と秩序構造

結果 2

エネルギーの自己相関

結言

研究背景：乱流現象



1 × 1

(Original size: 200×200 bp)

乱流

- ▶ 流体が時空間的に乱れたふるまいを示す
- ▶ 決定論的な支配方程式に従うが、その非線形性から解析が困難

エネルギーカスケード機構

1. 大スケールへのエネルギー注入
2. 大 → 小スケールへのエネルギー伝達
3. 小スケールからのエネルギー散逸

「乱流の動力学」はきわめて重要な問題だが、
その完全な性質は明らかになっていない

研究背景：乱流現象



1 × 1

(Original size: 200×200 bp)

乱流

- ▶ 流体が時空間的に乱れたふるまいを示す
- ▶ 決定論的な支配方程式に従うが，その非線形性から解析が困難

エネルギーカスケード機構

1. 大スケールへのエネルギー注入
2. 大 → 小スケールへのエネルギー伝達
3. 小スケールからのエネルギー散逸

「乱流の動力学」はきわめて重要な問題だが，
その完全な性質は明らかになっていない

研究背景：乱流現象



1 × 1

(Original size: 200×200 bp)

乱流

- ▶ 流体が時空間的に乱れたふるまいを示す
- ▶ 決定論的な支配方程式に従うが、その非線形性から解析が困難

エネルギーカスケード機構

1. 大スケールへのエネルギー注入
2. 大 → 小スケールへのエネルギー伝達
3. 小スケールからのエネルギー散逸

「乱流の動力学」はきわめて重要な問題だが、
その完全な性質は明らかになっていない

研究背景：乱流の普遍則

相似則

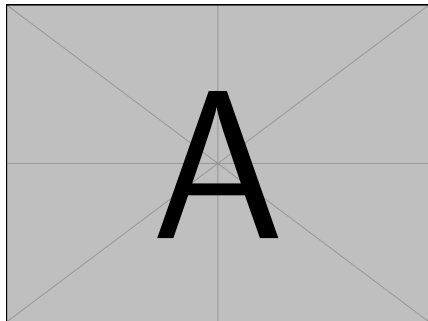
小スケールの統計は平均エネルギー散逸率 $\bar{\epsilon}$ と波数スケール k で決まる：

$$E(k) = C\bar{\epsilon}^{2/3}k^{-5/3}$$

散逸則

$\bar{\epsilon}(t)$ を大スケールの特徴速度 $U(t)$ と特徴長さ $L(t)$ で評価できる：

$$\bar{\epsilon}(t) = \overline{\Pi_L}(t) \propto \frac{U(t)^3}{L(t)}$$



研究背景：乱流の普遍則

相似則

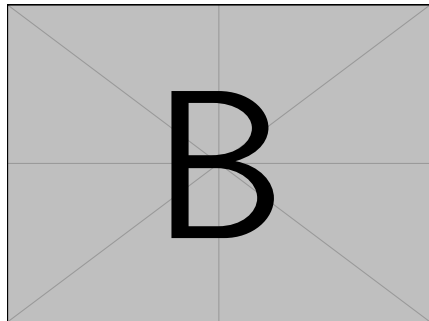
小スケールの統計は平均エネルギー散逸率 $\bar{\epsilon}$ と波数スケール k で決まる：

$$E(k) = C\bar{\epsilon}^{2/3}k^{-5/3}$$

散逸則

$\bar{\epsilon}(t)$ を大スケールの特徴速度 $U(t)$ と特徴長さ $L(t)$ で評価できる：

$$\bar{\epsilon}(t) = \overline{\Pi_L}(t) \propto \frac{U(t)^3}{L(t)}$$



研究目標研究目標研究目標研究目標研究目標研究目標

対象とする系

- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明

研究目標研究目標研究目標研究目標研究目標研究目標



1×1

(Original size: 200×200 bp)

対象とする系

- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明
- ▶ 対象とする系の説明

16×9

(Original size: 180×320 bp)

実験装置

系の直径	$D = 100 \text{ mm}$
系の高さ	$H = 300 \text{ mm}$
系の周期	$T = 0.1 \sim 10 \text{ s}$

実験条件

		条件 A	条件 B
測定領域	A	$(D/2)^2$	$(D/2)^2$
空間解像度	Δx	$0.01D$	$0.02D$
時間解像度	Δt	$1.0 \times 10^{-2}T$	$5.0 \times 10^{-3}T$
測定時間	T_{\max}	$10T$	$500T$

解析手法：室内実験

16×9

(Original size: 180×320 bp)

実験装置

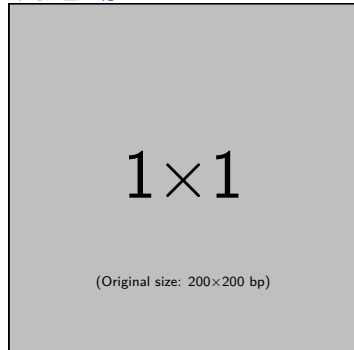
系の直径	$D = 100 \text{ mm}$
系の高さ	$H = 300 \text{ mm}$
系の周期	$T = 0.1 \sim 10 \text{ s}$

実験条件

	条件 A	条件 B
測定領域 A	$(D/2)^2$	$(D/2)^2$
空間解像度 Δx	$0.01D$	$0.02D$
時間解像度 Δt	$1.0 \times 10^{-2}T$	$5.0 \times 10^{-3}T$
測定時間 T_{\max}	$10T$	$500T$

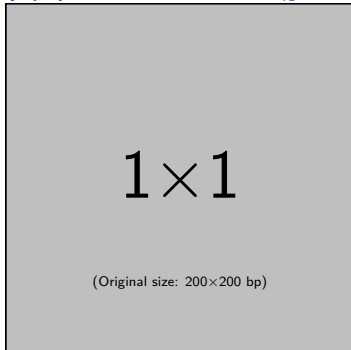
結果 1：大スケール構造と秩序構造

流速場



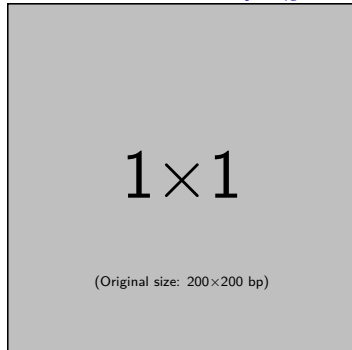
$$u(\boldsymbol{x}, t)$$

自乗ストレイン場



$$S(\boldsymbol{x}, t)$$

エンストロフィ場



$$\Omega(\boldsymbol{x}, t)$$

▶ 大スケール構造の逆相関 → 秩序的な構造

結果2：エネルギーの自己相関

16 × 9

(Original size: 320 × 180 bp)

- ▶ 自己相関を $C_0 \exp[-\tau/\tau_0]$ でフィッティング
- ▶ 普遍的な時定数 $\tau_0 = 12 \rightarrow$ 三桁の Re で $\mathcal{O}(10T)$ の大スケール運動

閉じた系の乱流の時間変動と空間構造を解析

16×9

(Original size: 180×320 bp)

空間間欠性

- ✓ 小スケール構造のクラスタ (PIV)
- ✓ 逆相関する大スケール構造 (PIV)

時間非定常性

- ✓ $\mathcal{O}(10T)$ の長時間相関 (PIV)

非平衡なカスケード

- ✓ 主流と二次流の間の時間遅れ (DNS)

局所平衡仮説の破れを示唆する結果
→ 動力学に基づいた新理論の基礎

閉じた系の乱流の時間変動と空間構造を解析

16×9

(Original size: 180×320 bp)

空間間欠性

- ✓ 小スケール構造のクラスタ (PIV)
- ✓ 逆相関する大スケール構造 (PIV)

時間非定常性

- ✓ $\mathcal{O}(10T)$ の長時間相関 (PIV)

非平衡なカスケード

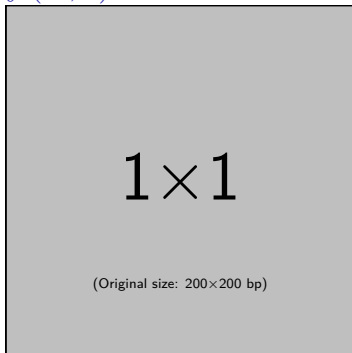
- ✓ 主流と二次流の間の時間遅れ (DNS)

局所平衡仮説の破れを示唆する結果
→ 動力学に基づいた新理論の基礎

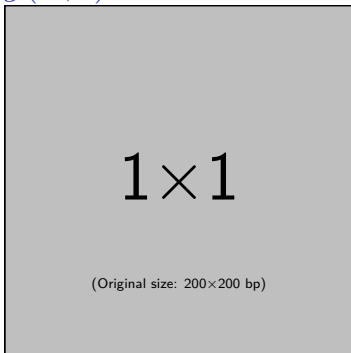
補足スライド

補足スライド：補足トピック1

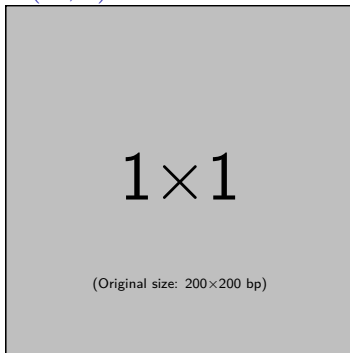
$f(x, t)$



$g(x, t)$



$h(x, t)$



- ▶ 補足情報 1
- ▶ 補足情報 2