

# 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

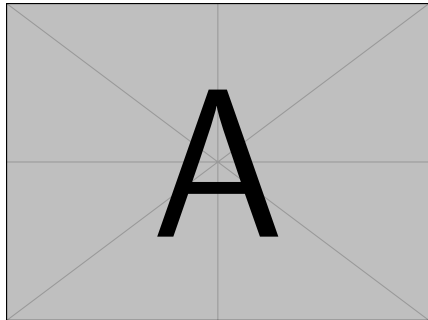
小スケールの統計は平均エネルギー散逸率  $\bar{\epsilon}$  と波数スケール  $k$  で決まる：

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

## 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

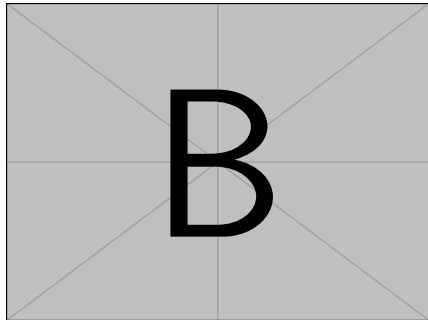
小スケールの統計は平均エネルギー散逸率  $\bar{\epsilon}$  と波数スケール  $k$  で決まる：

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

## 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

# 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	$\Delta x$	$0.01D$	$0.02D$
時間解像度	$\Delta t$	$1.0 \times 10^{-2}T$	$5.0 \times 10^{-3}T$
測定時間	$T_{\max}$	$10T$	$500T$

16×9

(Original size: 180×320 bp)

## 実験装置

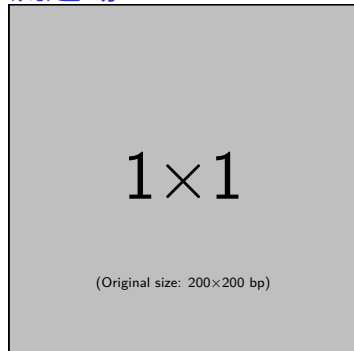
系の直径	$D = 100 \text{ mm}$
系の高さ	$H = 300 \text{ mm}$
系の周期	$T = 0.1 \sim 10 \text{ s}$

## 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 $\Delta x$	$0.01D$	$0.02D$
時間解像度 $\Delta t$	$1.0 \times 10^{-2}T$	$5.0 \times 10^{-3}T$
測定時間 $T_{\max}$	$10T$	$500T$

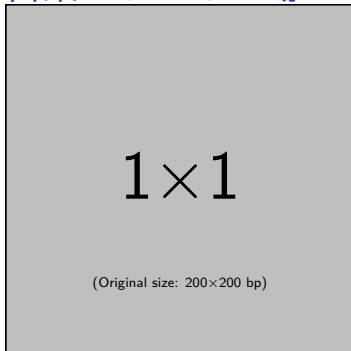
# 結果 1：大スケール構造と秩序構造

流速場



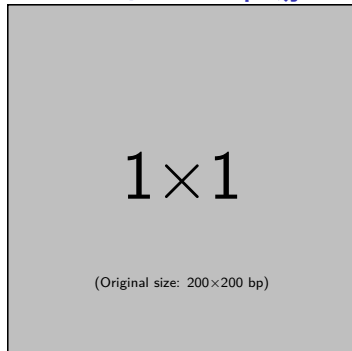
$$u(\mathbf{x}, t)$$

自乗ストレイン場



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

エンストロフィ場



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

▶ 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

$f(x, t)$

$1 \times 1$

(Original size: 200×200 bp)

$g(x, t)$

$1 \times 1$

(Original size: 200×200 bp)

$h(x, t)$

$1 \times 1$

(Original size: 200×200 bp)

- ▶ 補足情報 1
- ▶ 補足情報 2