

# 衝撃波/境界層干渉にて衝撃波の強さが流れ場の三次元性に及ぼす影響の調査

EX25403



OKAYAMA UNIV.

岡山大学 大学院環境生命自然科学研究科 空気力学研究室  
 幡山 純 田中 健人 河内 俊憲

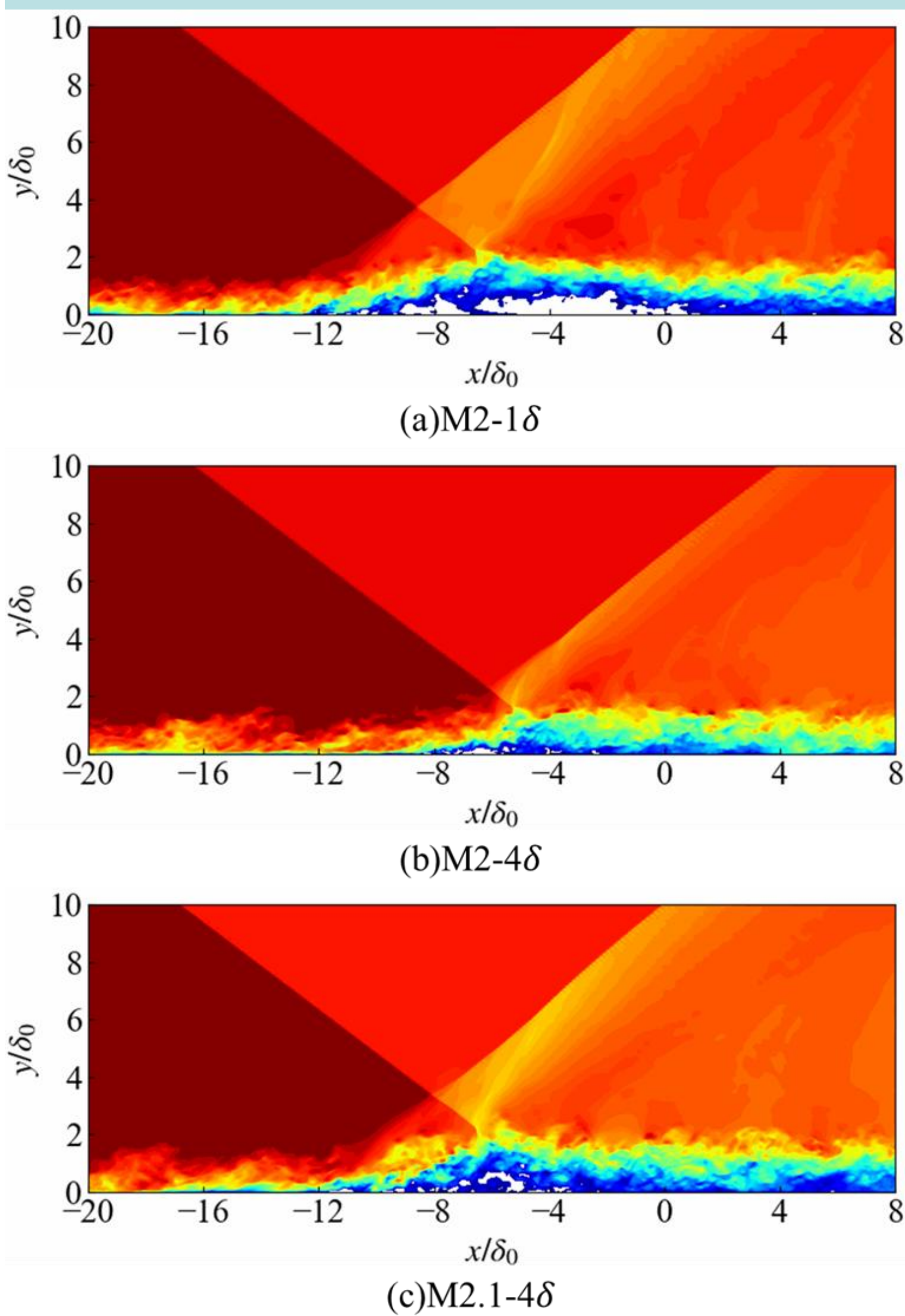
## 研究背景

- 衝撃波/境界層干渉 (Shock/Boundary Layer Interaction : SBLI) における三次元性
  - 風洞実験: 風洞サイズの制約を受ける
  - 数値計算: 周期境界条件によって側壁の影響を回避可能?
- SBLIの三次元性に関する先行研究
  - Morgan 2013:  $M_\infty = 2.28, \theta = 8^\circ$  の RANS
    - スパン幅  $L_z = 3\delta_0$  と  $L_z = 6\delta_0$  が良好に一致
    - 多くの研究で  $L_z = 5\delta_0$  程度とされる
- SBLIの大規模数値計算
  - Larsson 2022:  $M_\infty = 2.28, \theta = 10^\circ$  の LES
    - 壁圧のスペクトルはスパン幅の影響を受ける
  - Ceci 2023:  $M_\infty = 2.28, 8^\circ \leq \theta = 10.4^\circ$  の DNS (低 Reynolds 数)

## 研究目的

衝撃波が弱い条件と強い条件でスパン幅の影響を調査

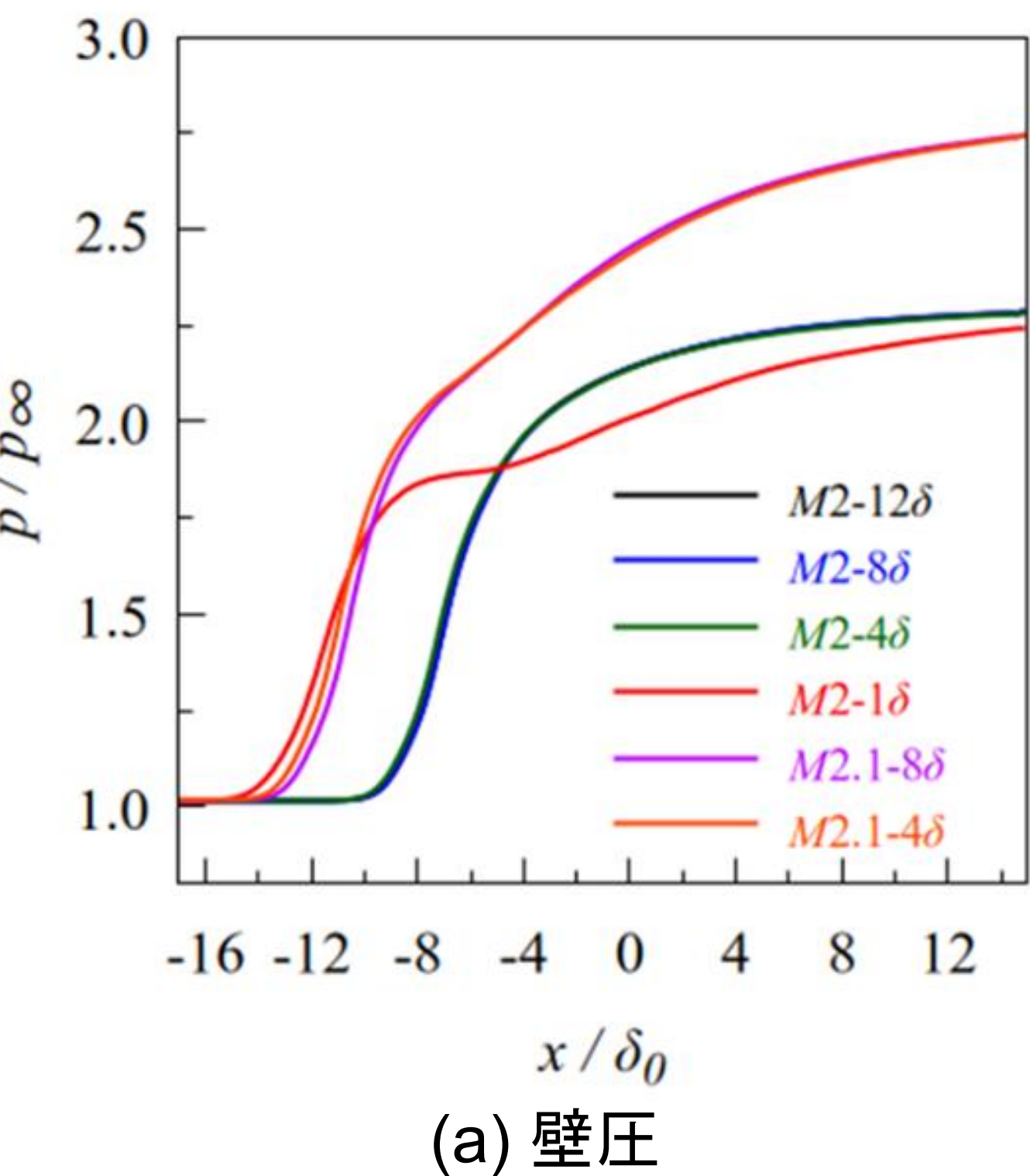
## SBLIの可視化&統計量



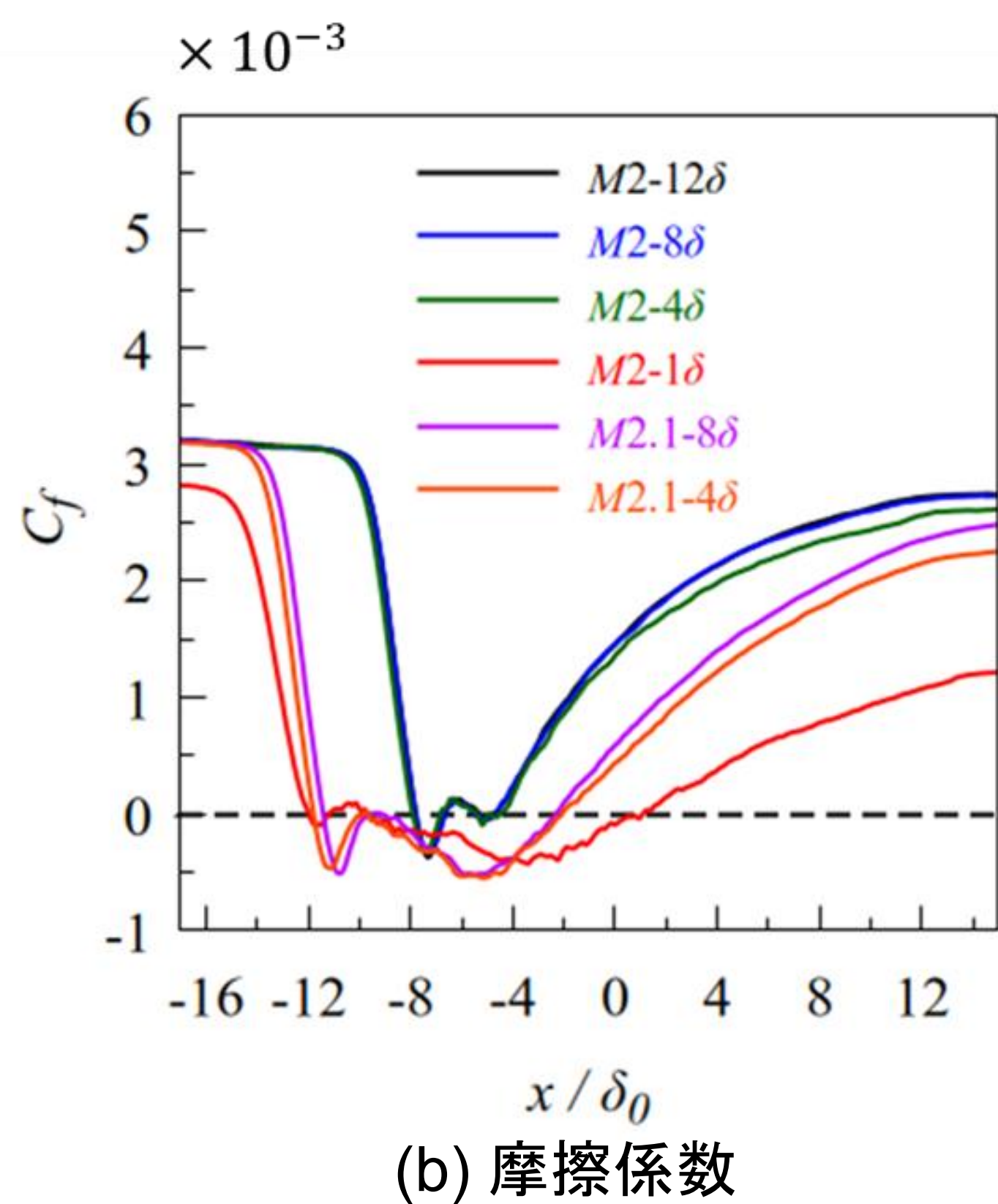
- M2-1 $\delta$ : 形状係数が上昇
  - 大規模なはく離
- M2-4 $\delta$ : 衝撃波が弱い
  - あまりはく離しない
- M2.1-4 $\delta$ : 衝撃波が強い
  - M2-4 $\delta$  よりはく離する

### 計算条件

	$M_\infty$	$\theta$	$L_z$
M2-1 $\delta$	2	8	$\delta_0$
M2-4 $\delta$	2	8	$4\delta_0$
M2-8 $\delta$	2	8	$8\delta_0$
M2-12 $\delta$	2	8	$12\delta_0$
M2.1-4 $\delta$	2.1	9.8	$4\delta_0$
M2.1-8 $\delta$	2.1	9.8	$8\delta_0$



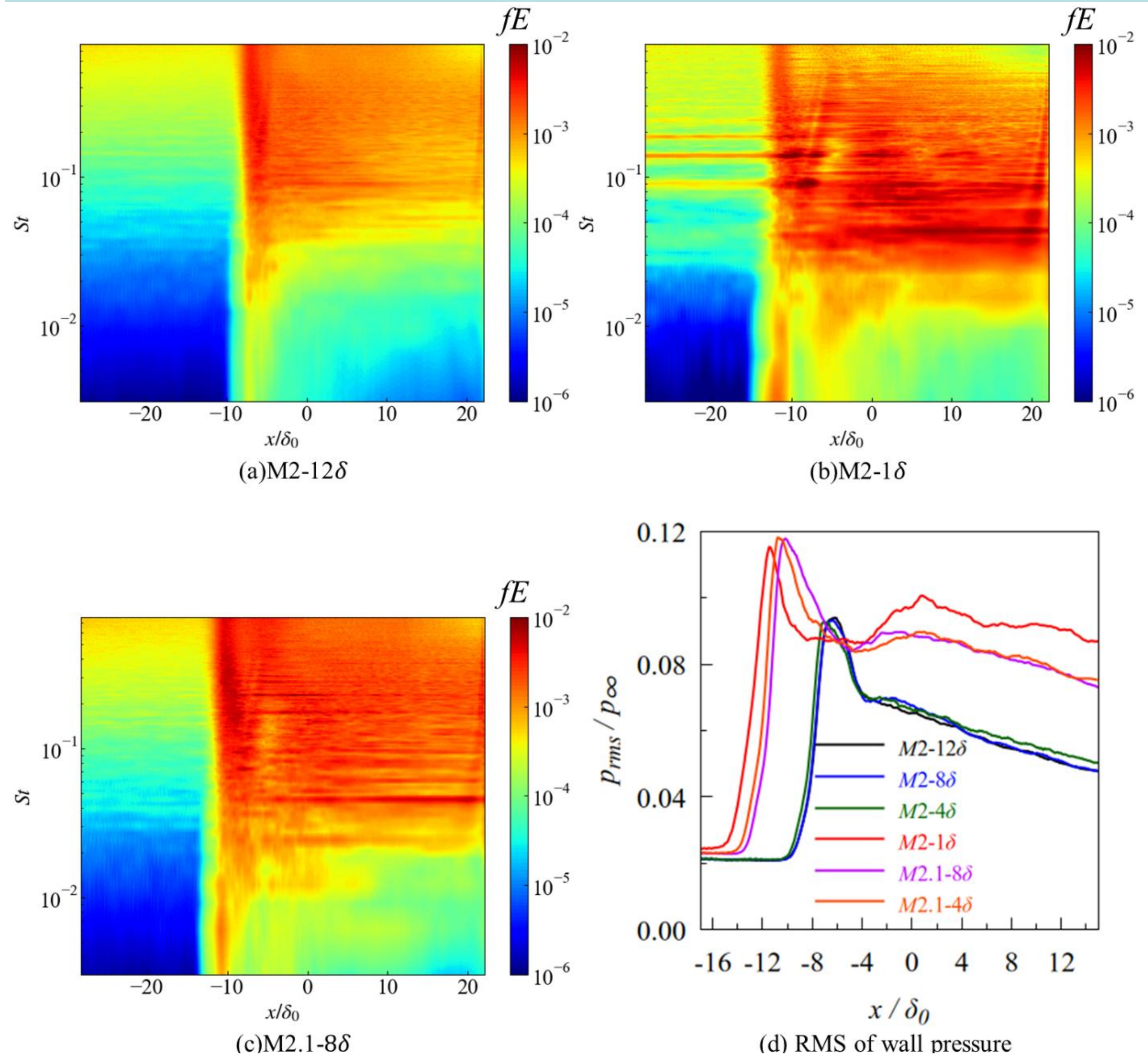
(a) 壁圧



(b) 摩擦係数

- M2-4 $\delta$  と M2-8 $\delta$  の上流での壁圧 & 摩擦係数が一致
  - $\theta = 8^\circ$  でははく離はスパン幅の制約を受けない
- M2.1-4 $\delta$  と M2.1-8 $\delta$  の壁圧 & 摩擦係数が一致しない
  - $\theta = 9.8^\circ$  でははく離はスパン幅の制約を受ける

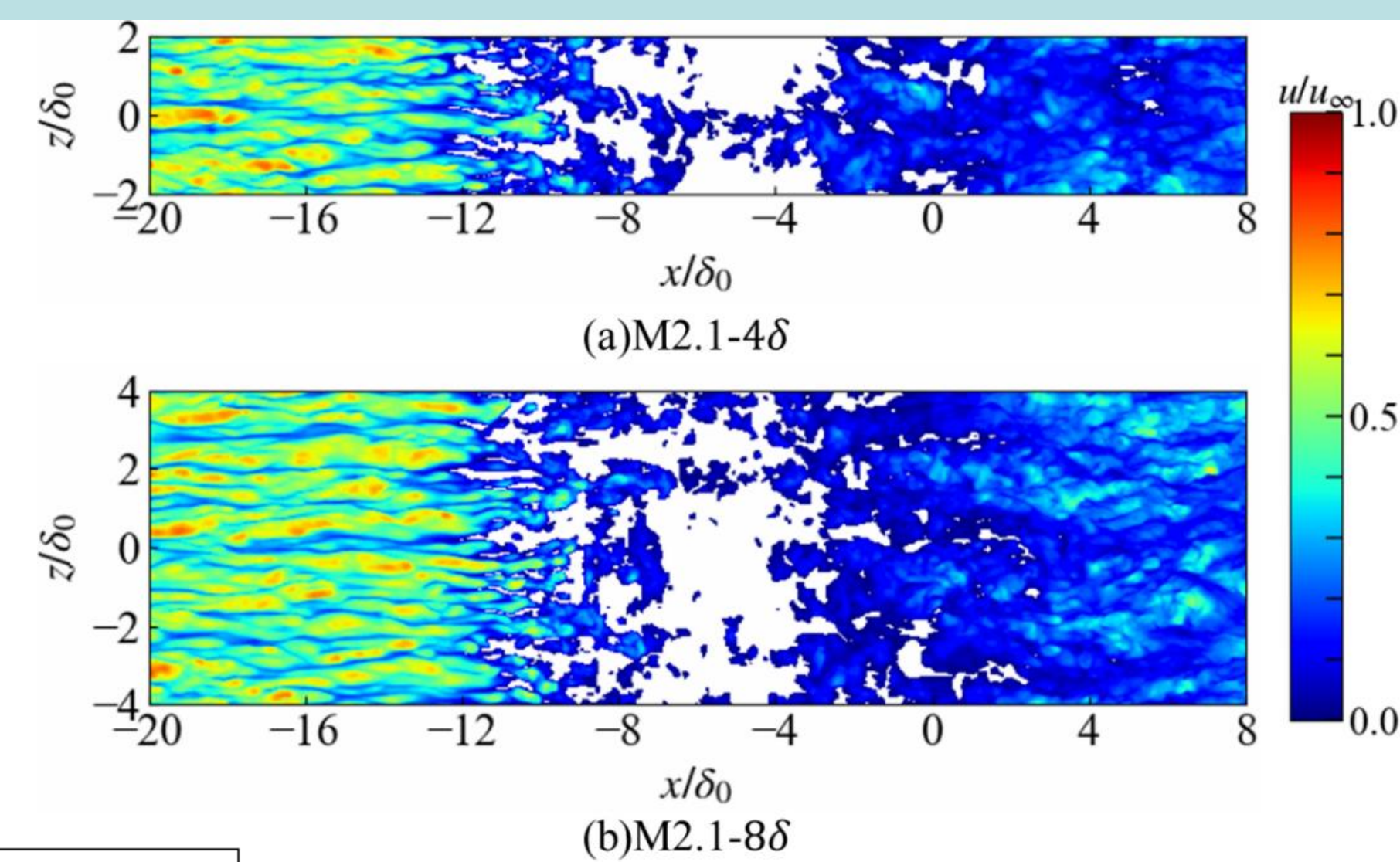
## 反射衝撃波の低周波の振動



- M2-1 $\delta$  では  $St < 0.01$  における壁圧のスペクトルが上昇
  - 大規模なはく離により反射衝撃波が激しく振動
- M2.1-8 $\delta$  では  $St < 0.01$  における壁圧のスペクトルが上昇
  - 強めの衝撃波を入射させたことで反射衝撃波が激しく振動

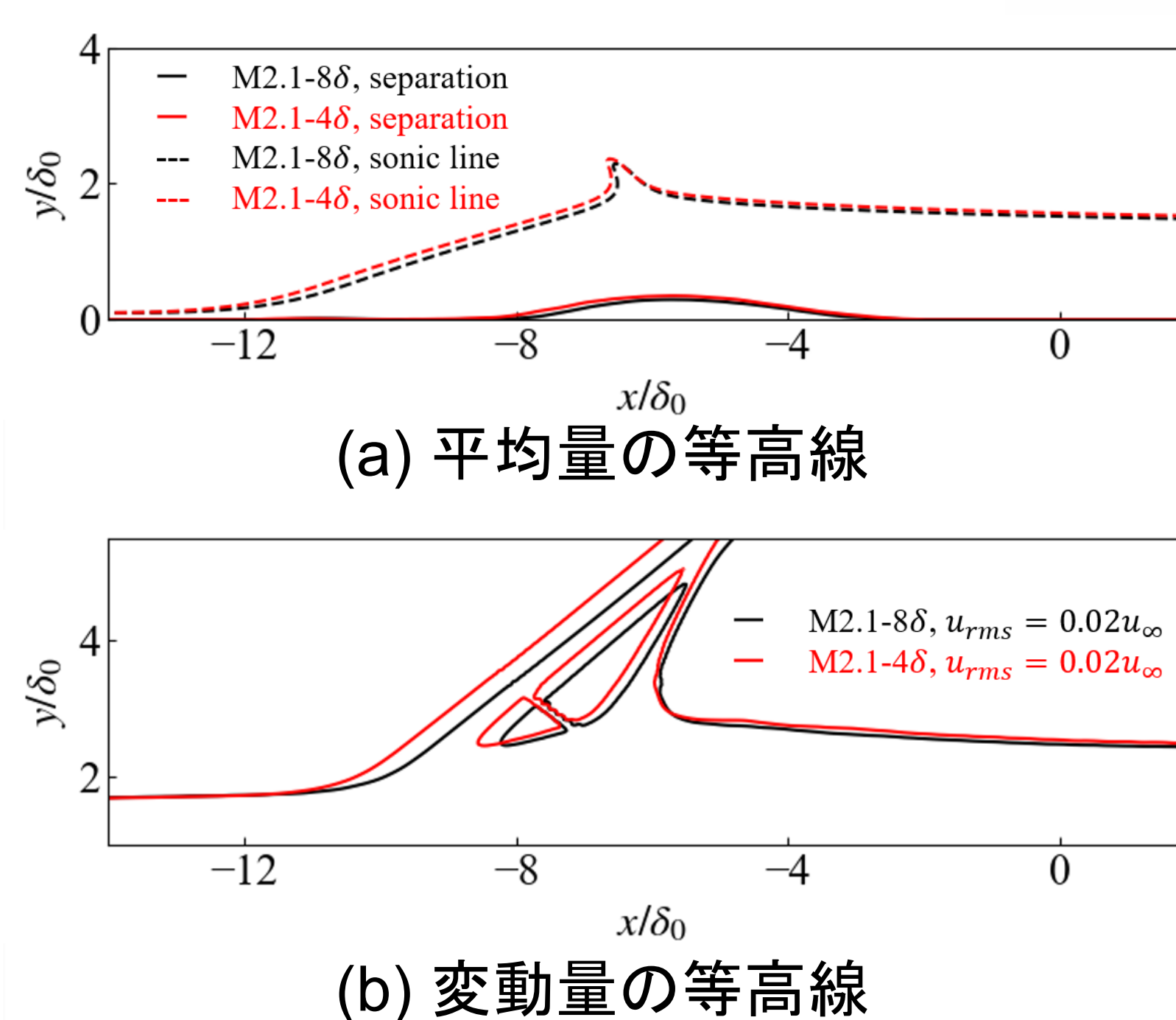
## はく離の様子

- 上流から高速域がくると、はく離泡が分断される
- スパン方向に一様でない三次元的なはく離
- M2.1-4 $\delta$  と M2.1-8 $\delta$  での特性の違いは可視化のみからは判断できない



瞬時場の可視化

- 上流の境界層では M2.1-4 $\delta$  と M2.1-8 $\delta$  の平均と変動が一致
- はく離泡の形状と、反射衝撃波の足の位置が一致しない
- はく離泡の三次元性がスパン幅の制約を受けている



(a) 平均量の等高線

(b) 変動量の等高線

## まとめ

- M2-1 $\delta$  では境界層がスパン幅の制約を受ける
- M2 でははく離の三次元構造をとらえるのに  $L_z = 4\delta_0$  程度で十分
- M2.1 でははく離の三次元性がスパン幅の影響を受けやすい
  - 反射衝撃波の足の位置がずれる

問い合わせ先: 岡山大学 大学院環境生命自然科学研究科 幡山 純

E-mail [jhatayamai@s.okayama-u.ac.jp](mailto:jhatayamai@s.okayama-u.ac.jp)

GitHub <https://github.com/htymjun> ← 本研究で使用したコードを公開

空力研HP

