

入口条件が対向衝突噴流の混合へ与える影響

長尾 隆央, 松野 伸介
株式会社IHI 基盤技術研究所 熱・流体研究部

林 光一
青山学院大学 機械創造工学科 航空宇宙システム研究室

1.30.2014



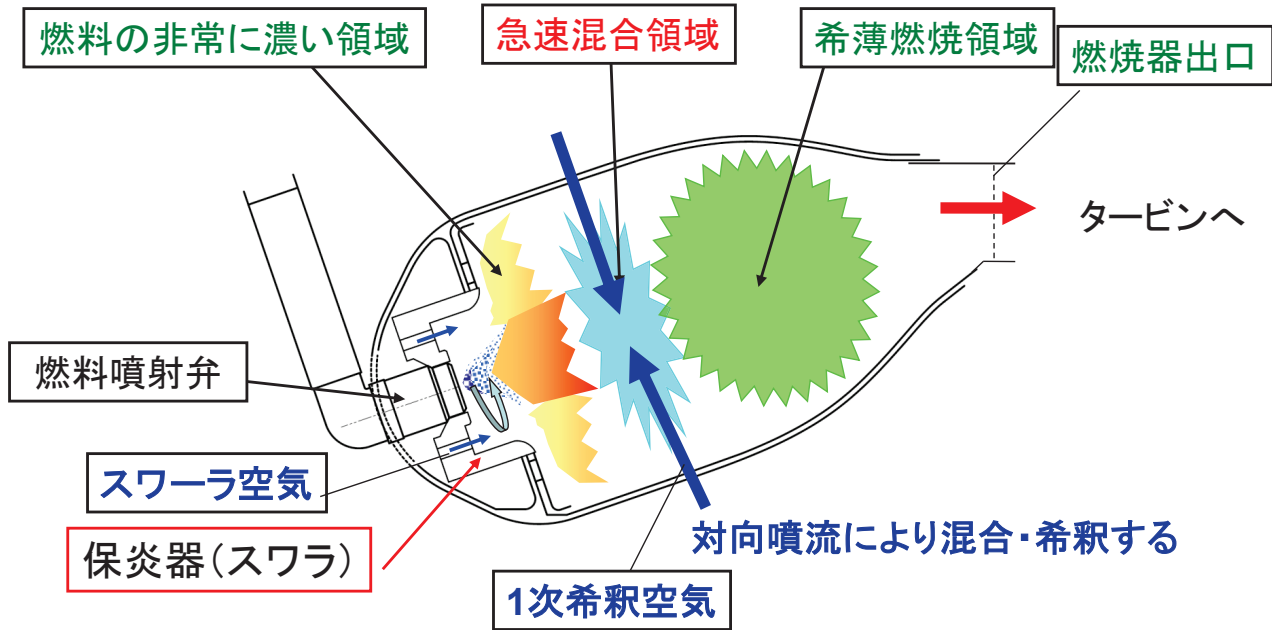
IHI Corporation

Fluid Dynamics Group
Heat & Fluid Dynamics Department
Research Laboratory
Copyright © 2013 IHI Corporation All Rights Reserved.

Contents

- 背景
- 先行研究
- 目的
- 流路形状と条件
- 数値解析手法
- 結果
- まとめ

背景 航空用ガスタービン燃焼器



タービン翼は燃焼器排気に高温のホットスポットがあると損傷を受ける可能性があるため、出口温度分布はよく調整される必要がある。

対向噴流は強い混合により燃焼に良い役割を果たすが、噴流の運動量が高い場合CFD(定常RANS)による予測が難しい場合がある

3

先行研究 一噴流による混合－

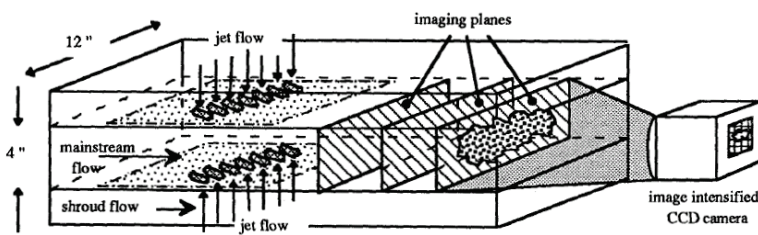


Figure 1: Experimental Configuration used to Measure Planar Concentration Distributions

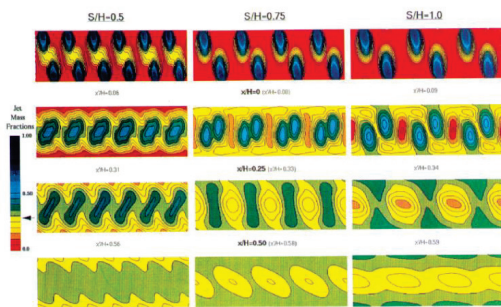
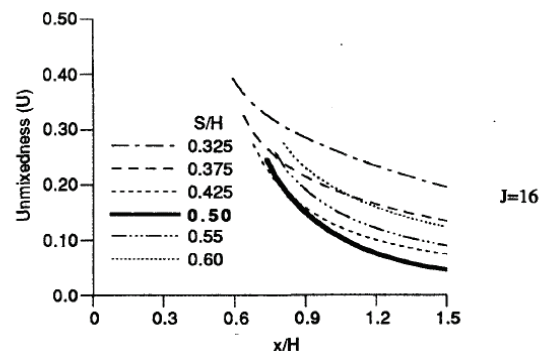


Figure 10. Jet Mass Fraction Color Maps for Perpendicular Shotted Slits: Momentum Flux Ratio of 100, Mass Flow Ratio of 0.300 (Cyclic Boundary)

Holdemanらによるジェットと主流の運動量を変えて実験・CFDを行った研究では、時間平均の混合場について検討された。

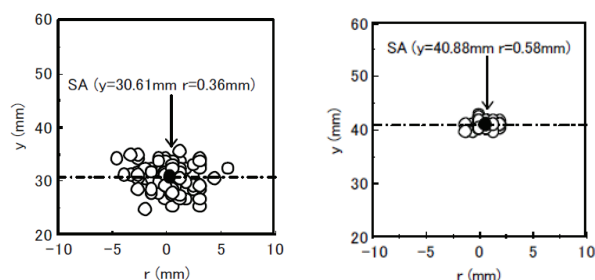
非定常の挙動についての考察は少ない

また、噴流近傍における混合についても詳しく見られていない

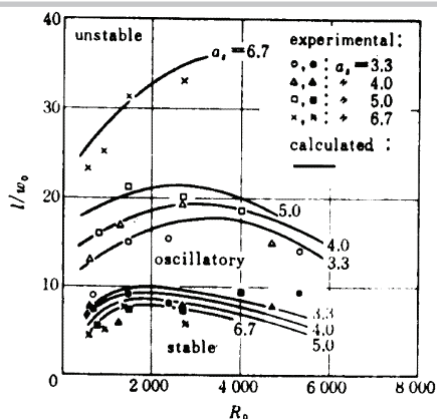


噴流の貫通力と混合は穴形状、直径、間隔、ダクト高さ、運動量比によって特徴づけられる

先行研究 — 衝突噴流基礎 —



噴流の乱れ度で安定性・衝突位置が異なる。よどみ点形成位置は変動強度に影響を受ける。(牧らの研究)



山本らによると、矩形断面噴流は必ずしも衝突面が安定せず、互いにすれ違う発振現象を引き起こすことがあるが、円形噴流では発振は起こらないという現象が報告されている

噴流の周囲条件によって対向噴流挙動や安定性は大きく変わる可能性がある。噴流衝突面の安定性が混合に与える影響は未知数

5

先行研究 — 単一噴流と直交流 —

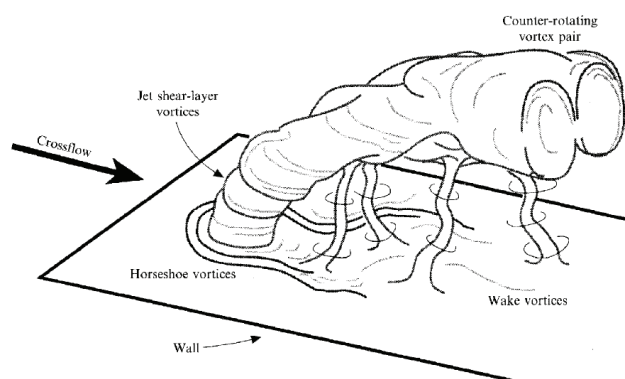
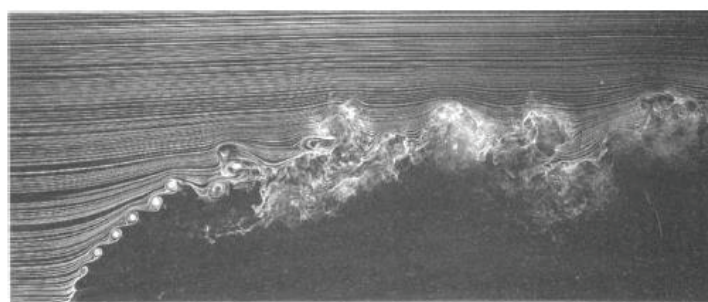


FIGURE 1. Cartoon depicting four types of vortical structure associated with the transverse-jet near field: jet shear-layer vortices at the perimeter of the bending jet, the developing counter-rotating vortex pair, horseshoe vortices on the wall, and wake vortices extending from the wall to the jet.



FricとRoshkoに代表されるように、単一噴流が直交流に流入する流れは詳細に研究されており、このような系においては多くの研究者によって乱流や混合挙動が明らかになりつつある。それに対して、対向噴流が直交流に流入する流れについては十分に理解はされていない。

先行研究 — 流入条件 —

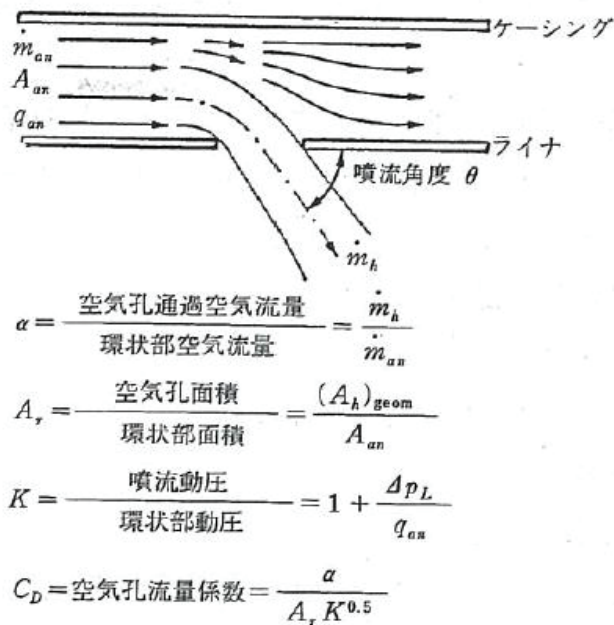


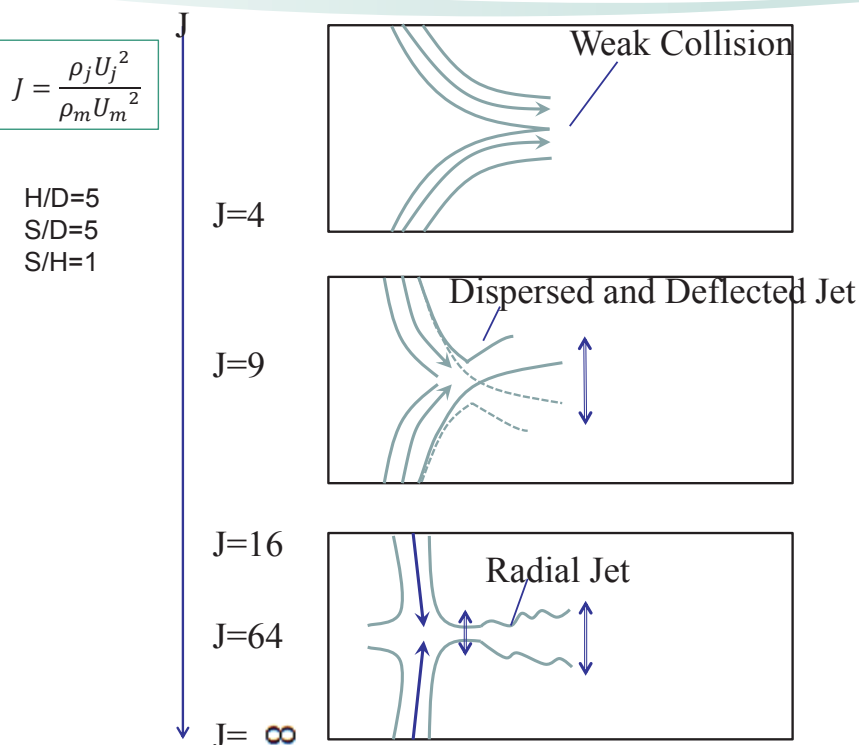
図 4.3 ライナ空気孔を通過する流れ

ガスタービンの燃焼工学 Lefevre

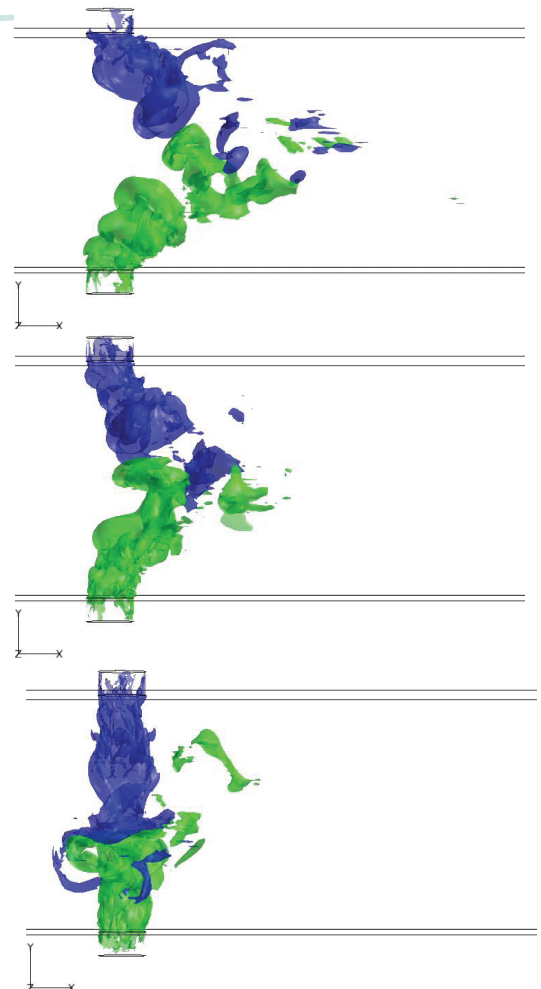
Lefevreらは噴流の燃焼器への流入条件により、噴流の角度と損失係数、軌道が異なるとしているが、非定常的な挙動については言及していない

本阿弥らの研究によると、燃焼器上流にあるダンプディフューザでは、プレディフューザからの流れが鈍頭部に衝突する部分で流れの振動が発生し、流速に影響を与えている。

我々の以前の研究



対向衝突噴流はジェットと噴流の運動量比Jによって3つに分類できる。対向衝突流の混合は衝突面の不安定性によるものであると考えられる。



目的

最終目的

ジェットエンジン燃焼器内部の混合挙動を理解する

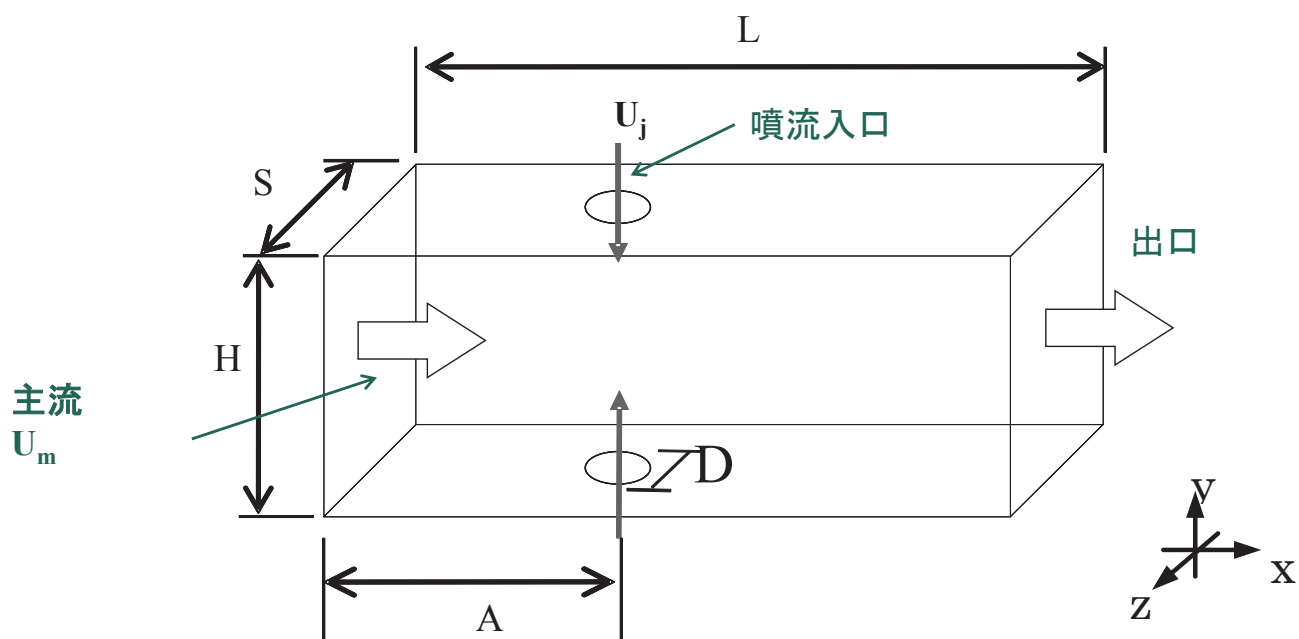
本発表では

噴流入口条件の違いが対向衝突噴流へ与える影響を明らかにする

- ・ 数値計算により対向噴流混合を解析する
- ・ 入口上流条件の異なる形状の比較を行う

9

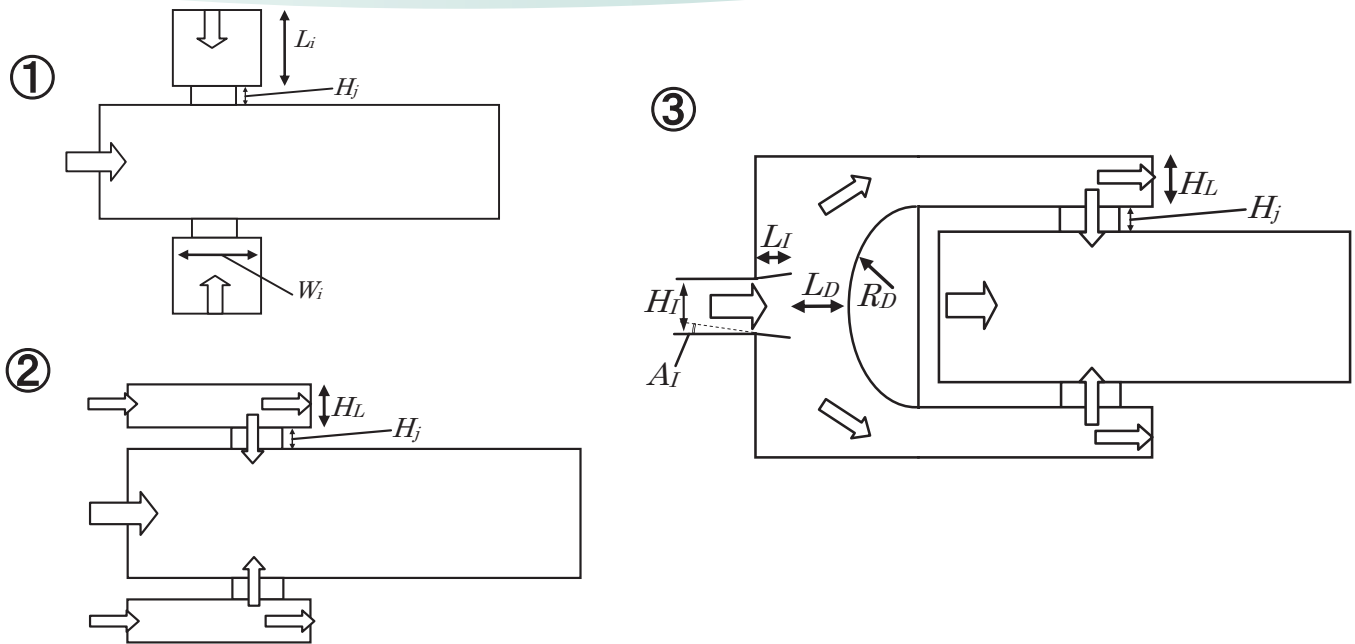
解析形状 ダクト内部



$A=95, D=20, L=590, S=100, H=100$ [mm]

側面(Z軸垂直境界)は周期境界

解析形状 噴流上流の違い



$L_i = 5/2D$, $W_i = 5/2D$, $H_L = 3/4D$, $H_j = 1/2D$, $H_i = 5/4D$, $L_i = 5/4D$, $A_i = 5\text{deg.}$, $L_D = 15/4D$, $R_D = 11/4D$

- ① 垂直方向からの流入 (Vertical)
- ② 水平方向からの流入 (Horizontal)
- ③ ダンプディフューザを有する流入 (Dump)

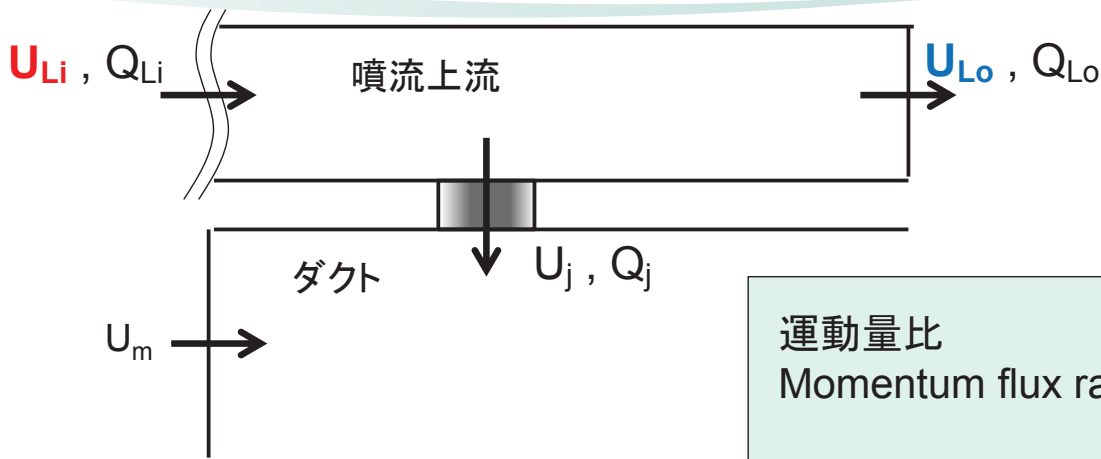
Copyright © 2013 IHI Corporation All Rights Reserved.

11

数値解析手法

解析コード	Advancesoft/Frontflow/Red 4.1
支配方程式	Navier-Stokes
流体	Incompressible Perfect Gas
乱流モデル	dynamic Smagorinsky LES
入口条件	一様流入
壁面条件	対数則
メッシュ	非構造(六面体)
離散化	二次精度中心差分と一次精度風上のブレンド(8:2)
並列化	空間分割, 64CPU

境界条件



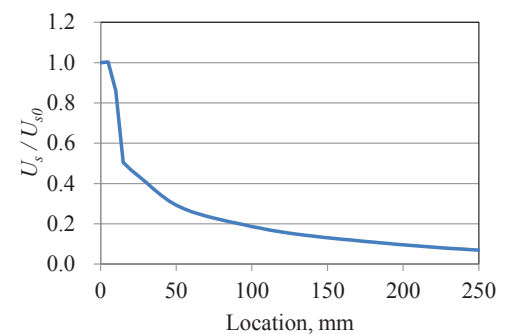
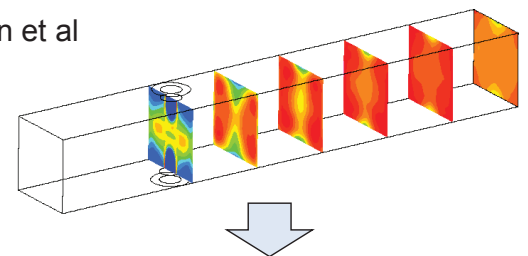
	運動量比 J	噴流 U_j	主流 U_m	噴流上流入口 U_{Li} (流量 Q_{Li})	噴流上流出口 U_{Lo} (流量 Q_{Lo})
Vertical	16	20	5.0	-	-
Horizontal_1	16	20	5.0	$0.251U_j$ ($2Q_j$)	$0.126U_j$ (Q_j)
Dump	16	20	5.0	$0.251U_j$ ($2Q_j$)	$0.126U_j$ (Q_j)
Horizontal_2	16	20	5.0	$0.377U_j$ ($3Q_j$)	$0.251U_j$ ($2Q_j$)

13

非混合度 Unmixedness : U_s

空間的に混合していない割合

Holdeman et al



$$U_s = \frac{C_{rms}}{C_{avg}}$$

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - C_{avg})^2}$$

n = データ取得点数 (代表断面の全格子点)

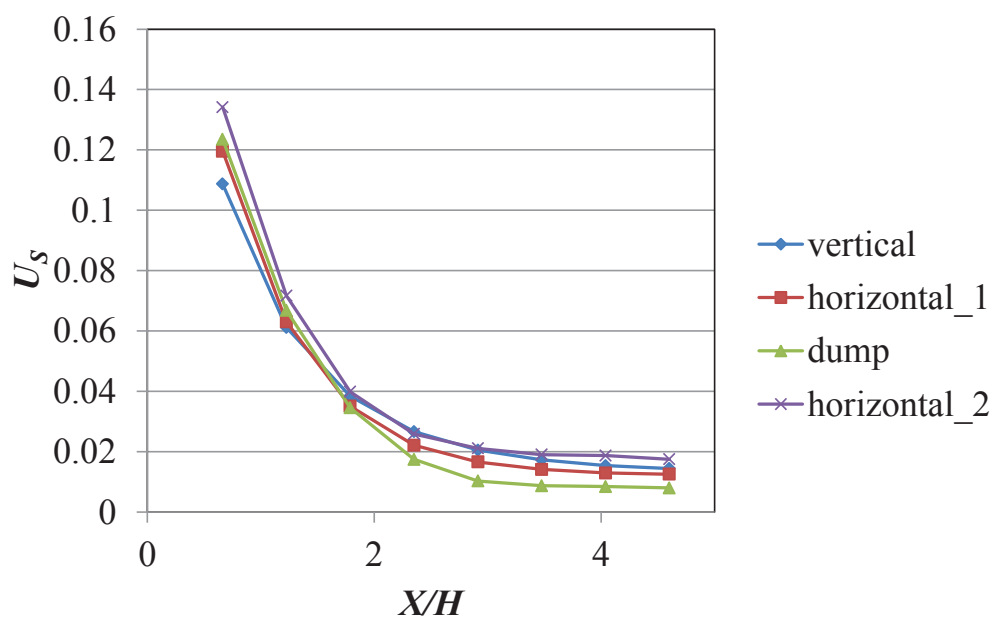
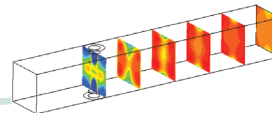
 C_i = データ取得点における濃度 C_{avg} = 完全混合時の濃度 C_{rms} = 全取得点の完全混合からの差のRMS U_s は時間平均された結果で評価される

結果

Copyright © 2013 IHI Corporation All Rights Reserved.

15

Effect of reaction on unmixedness

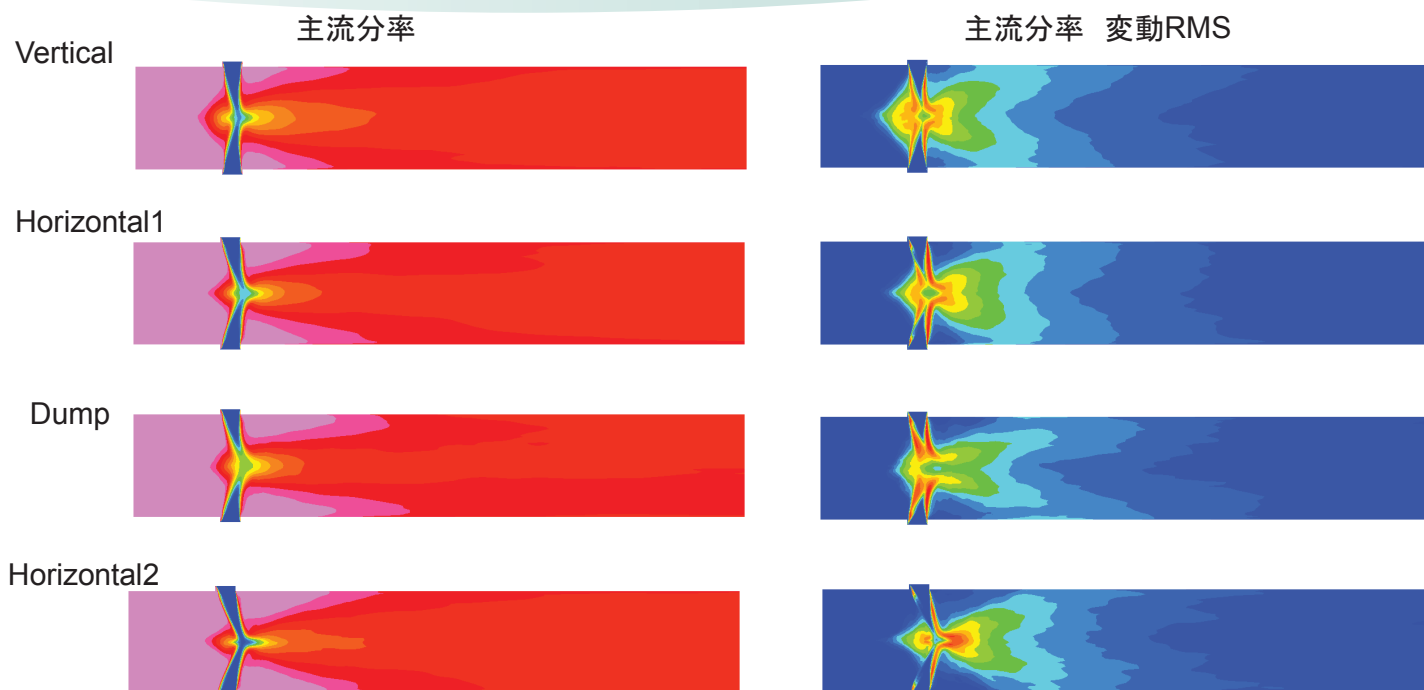


- ・出口における U_s は, Horizontal2 > Vertical > Horizontal1 > Dump の順になった.
- ・噴流近傍では, Dump > Horizontal1 > Vertical となっているが, 中間で逆転する. 噴流噴出角度が影響しているものと考えられる.
- ・上流部水平方向速度は U_s を大きくする影響がある.
- ・上流にダンプディフューザがある場合は U_s を小さくする影響がある.

Copyright © 2013 IHI Corporation All Rights Reserved.

16

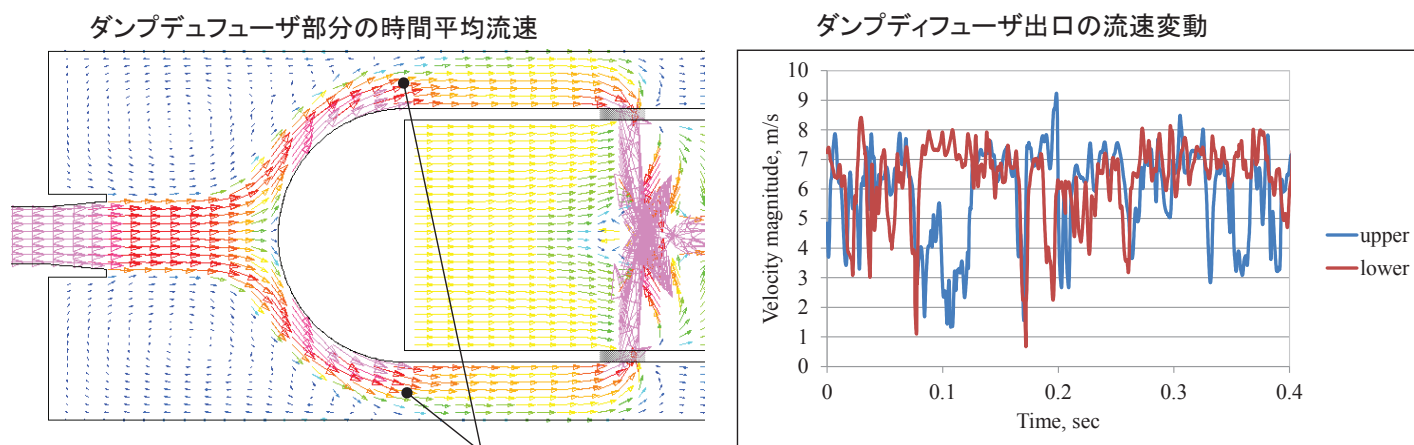
結果（時間平均）



- ・上流の水平速度が大きいほど噴流角度が斜めになることが確認できた (水平速度: Vertical<Horizontal1=Dump<Horizontal2)
- ・水平速度成分が同じでも (Horizontal1とDump) 変動RMS分布が異なる
- ・上流の水平速度成分が大きいHorizontal2では貫通度大きい

17

ダンプディフューザを有するケースの噴流上流流速



- ・約30%の流速変動が存在する
- ・衝突の影響で流速の偏りが生じている
- ・上流変動が噴流の変動を強めたため、混合に影響を与えたと考えられる。

主流分率の瞬時分布

Vertical

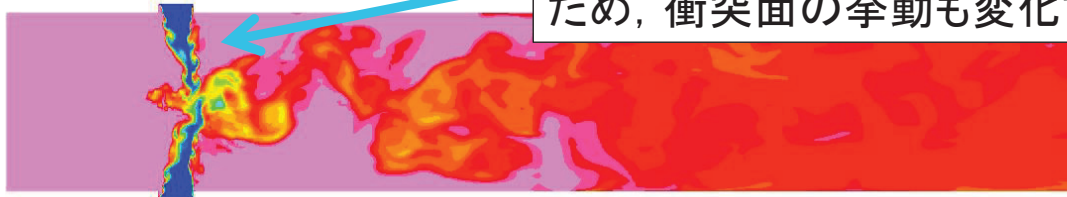


Horizontal1

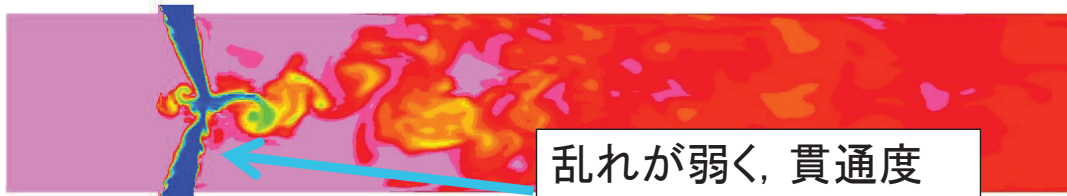


Horizontal1よりも乱れが強い
ため、衝突面の挙動も変化する

Dump



Horizontal2



乱れが弱く、貫通度
が強い

Copyright © 21

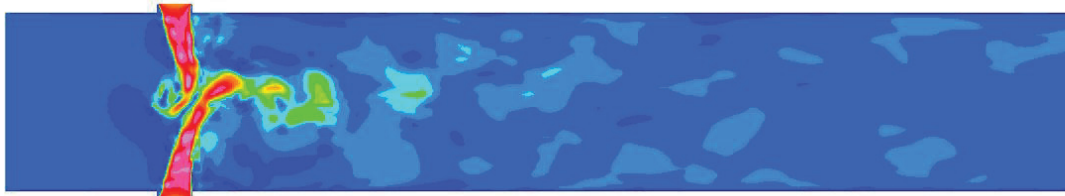
19

流速分布の瞬時分布

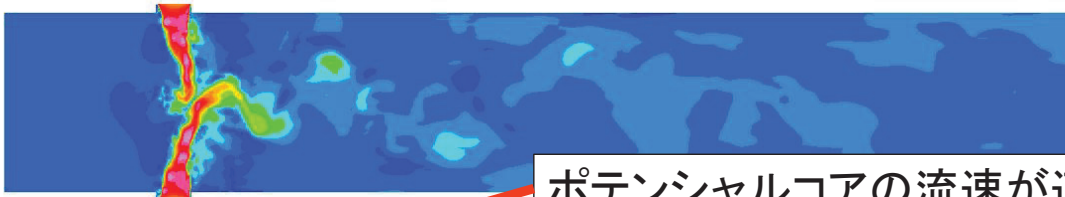
Vertical



Horizontal1

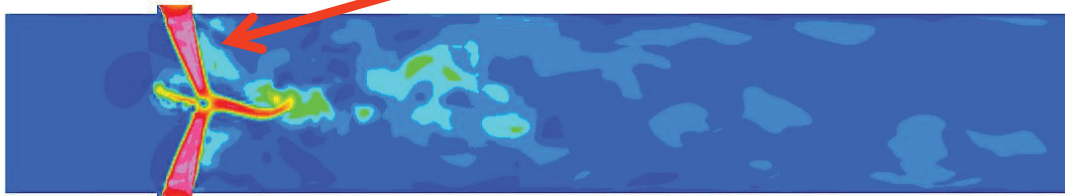


Dump



ポテンシャルコアの流速が速い

Horizontal2



Copyright ©

20

- 上流部水平方向速度は未混合度 U_s を大きくする影響がある。
 - 水平方向速度が大きいほど噴流が斜めになる。斜めになると噴流同士の衝突が弱くなる可能性がある
 - 噴流が傾くほど噴流自体の乱れ度が減少している。剥離位置が明確になることが原因の可能性があるが調査中。
 - 水平速度が大きいと貫通度が大きい。乱れ度が減少したためか、水平方向成分が加算された影響か、有効断面積の減少により流速が増加した影響が挙げられる
- ダンプディフューザがある場合は U_s を小さくする影響がある。
 - 噴流上流部の流速変動が増加するため、噴流自体の乱れが増加する
 - 噴流の乱れが増加すると、衝突面の挙動が変化し、混合に影響を与える
- 影響を明確に考察するため、より多くのパラメータを考慮した解析を行う必要がある。



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立てる用途に限定して無料配布しています。
このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。
このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。