

◆ 流体・熱グループ ◆

混相流の熱流動数値シミュレーションと
その検証実験

岡山理科大学工学部

講師 桑木賢也

解析支援ネットOKAYAMA
流体熱力学グループ会合
(2006.9.7, 岡山理科大学)

混相流の熱流動数値 シミュレーションとその検証実験

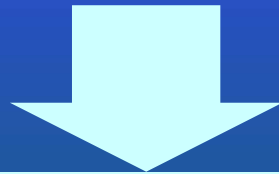
岡山理科大学工学部
機械システム工学科 講師
桑木 賢也

はじめに

○工業的数値シミュレーションの役割・・・

起こりうる失敗や破綻を未然に予測

→開発リスクを大幅に低減させる



工業上発生するトラブル要素を

組み込んだシミュレーション

粉体工学においては粒子間付着力

これまで行ってきた解析

(1) 密閉容器内の自然対流（単相流）

(2) 縦型円筒容器内の気液二相流解析

気泡流→二流体モデル（Euler的アプローチ）

(3) 流動層内の付着性粒子の流動解析

離散要素法(DEM)

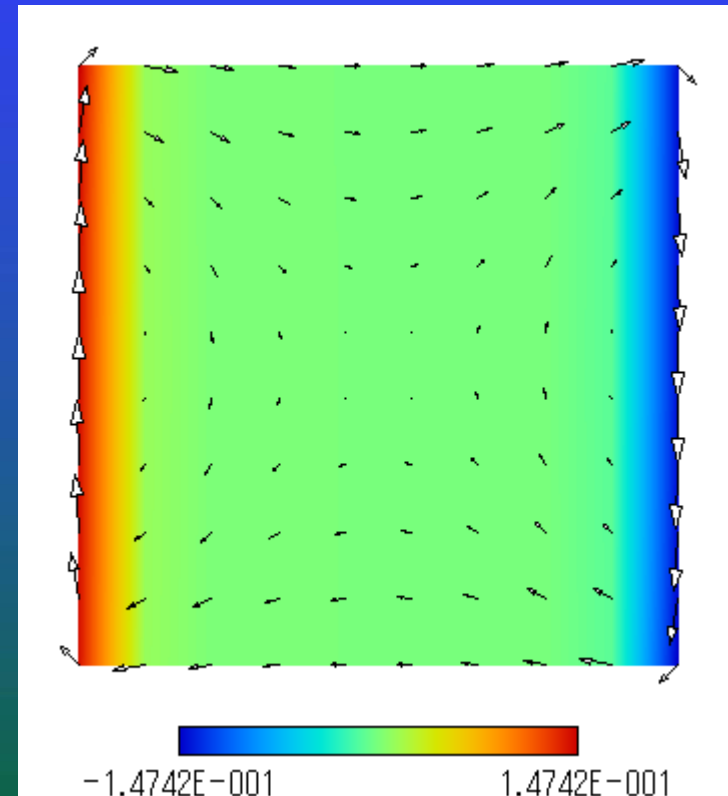
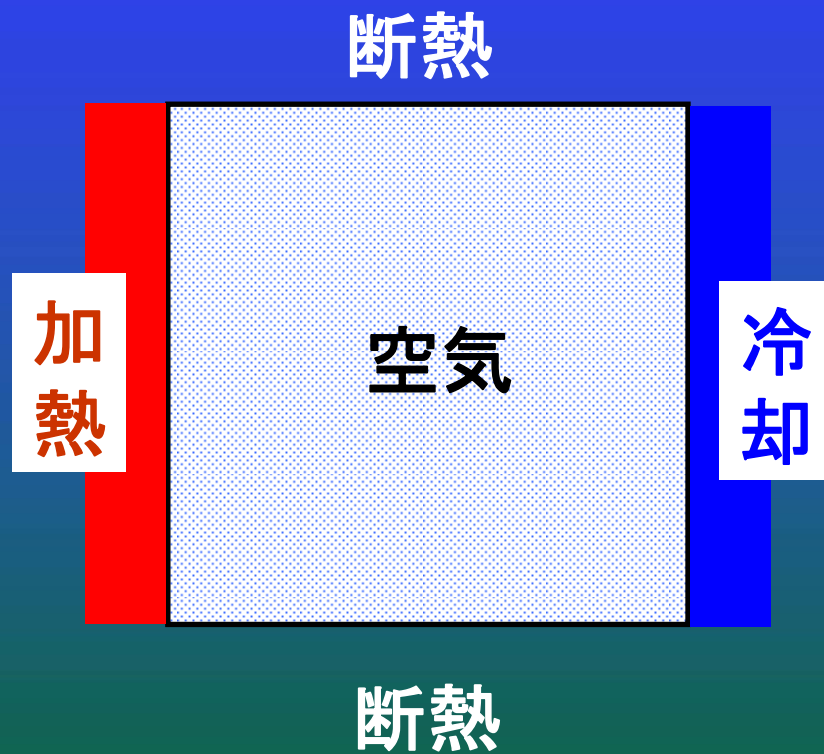
液架橋力、固体架橋力、Van der Waals力

(4) 熱可塑性樹脂粒子の表面改質時の熱流動解析

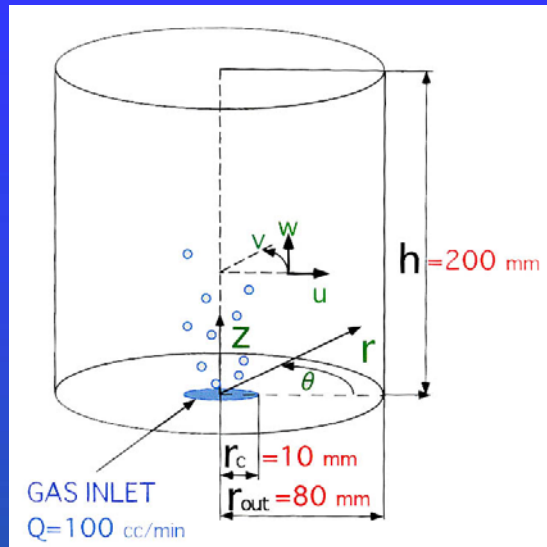
(5) DEMのための粒子間伝熱モデルの確立

可視化実験などによる実験的アプローチ

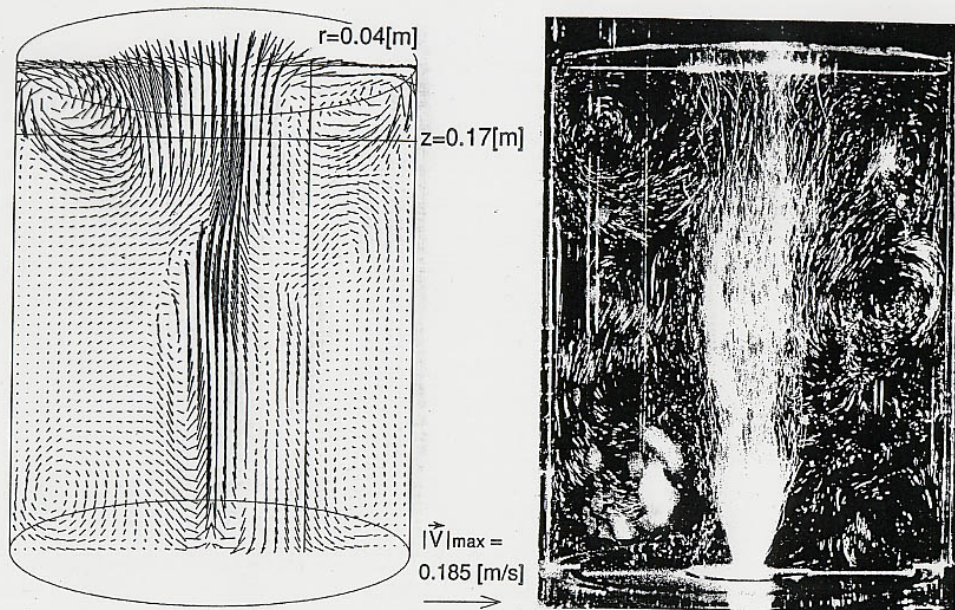
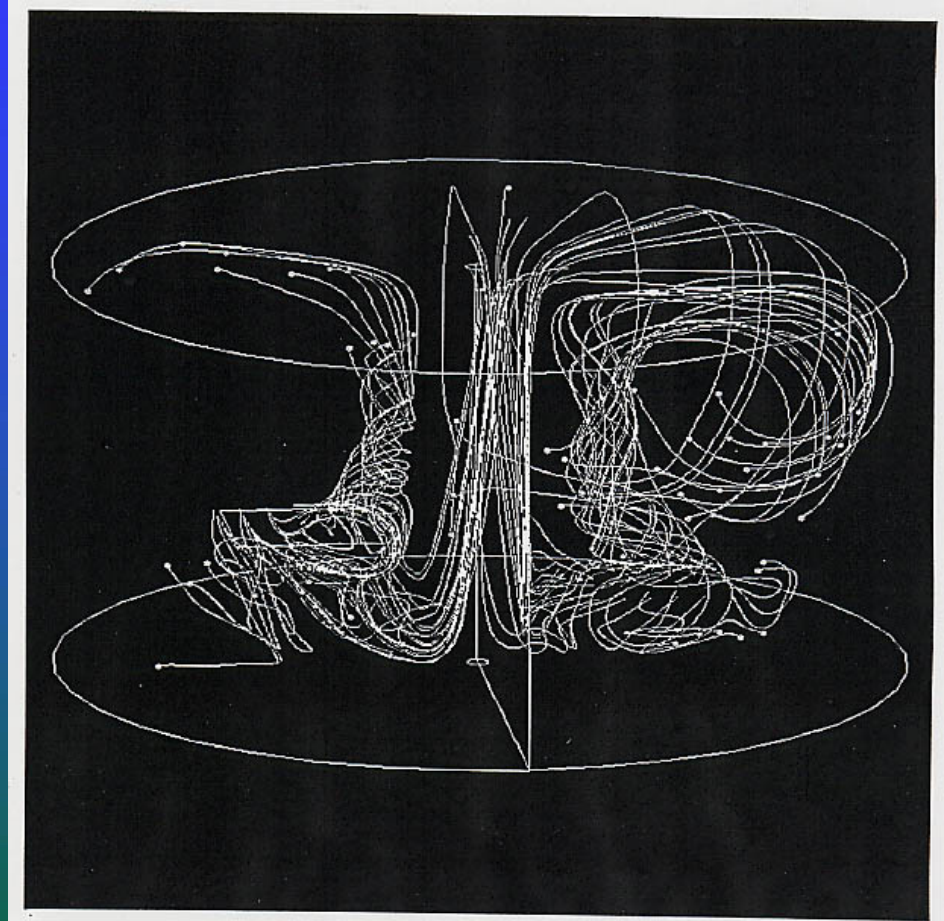
(1) 自然対流のシミュレーション



(2) 気泡流周りの流れ



気泡塔内の流動解析

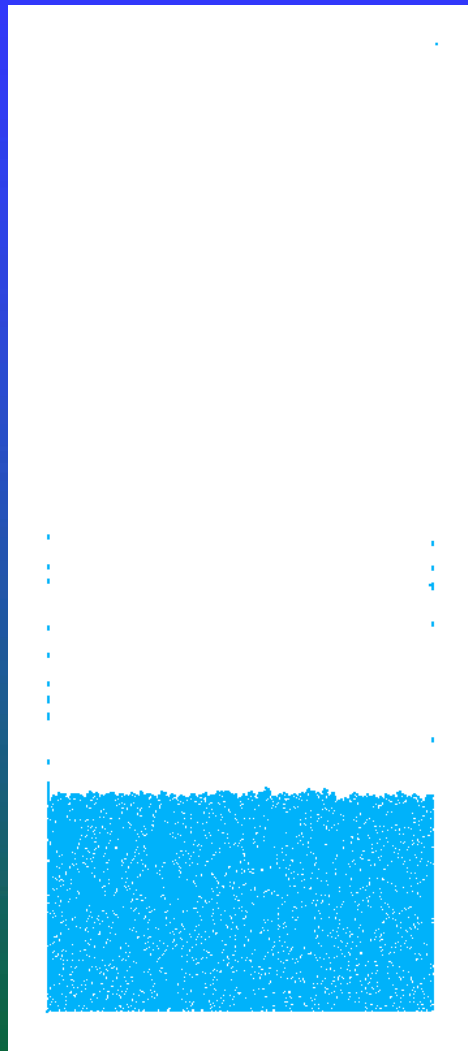


流線

(非定常なので流跡線、流脈線には一致せず)

ベクトル線図だけでは3次元構造が分かりにくい

(3) 流動層のシミュレーション



解析手法:DEM(離散要素法)

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_{fp} - V_p \nabla P + \vec{F}_{collision} + \vec{F}_{cohesive} + \vec{F}_{wall}$$

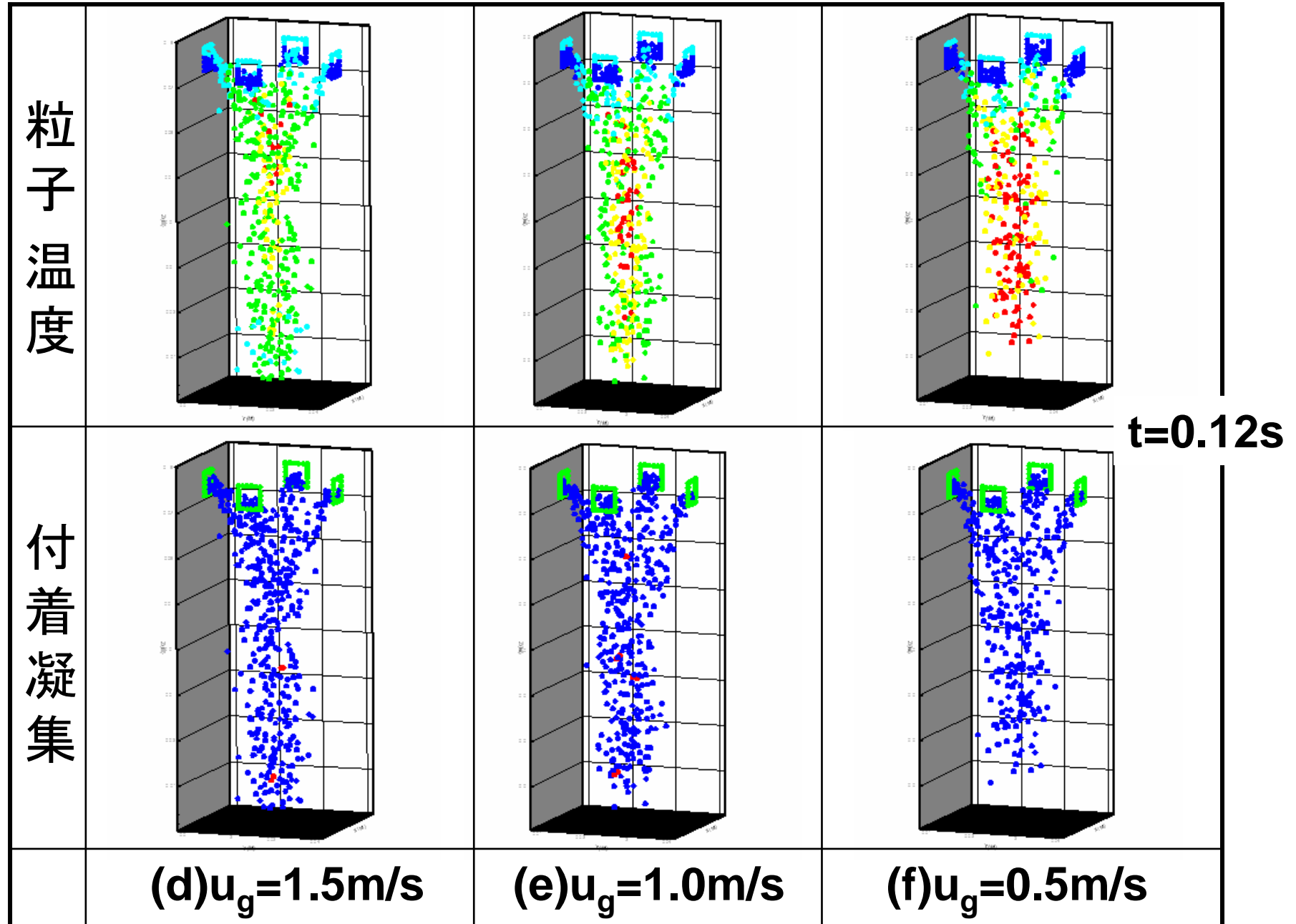


付着力

DEMに組み込み得る
付着力、伝熱、反応に
関する構成方程式は
確立されていない
ものが多い

(a) 付着性なし(dry) (b) 液架橋粒子(wet)

(4) 熱可塑性樹脂粒子表面改質時の熱流動シミュレーション結果



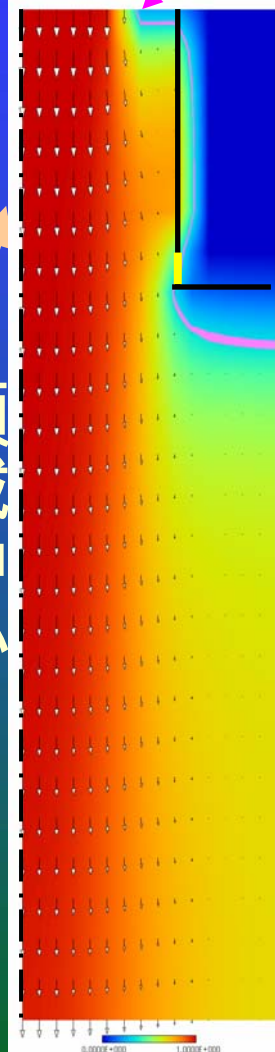
流体の速度ベクトル線図・温度分布(t=3.0s)

熱風

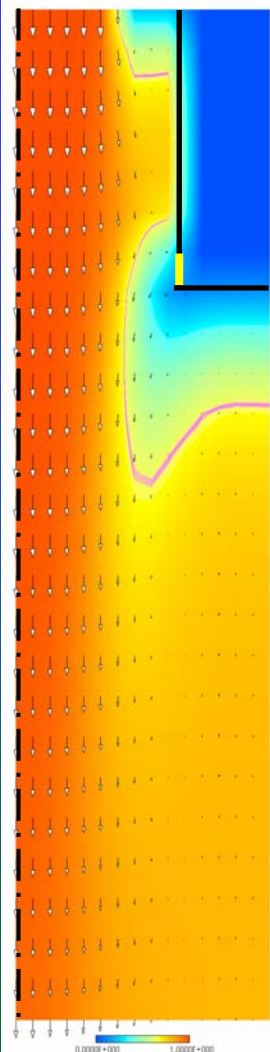


粒子の融点(135°C)≒表面改質温度

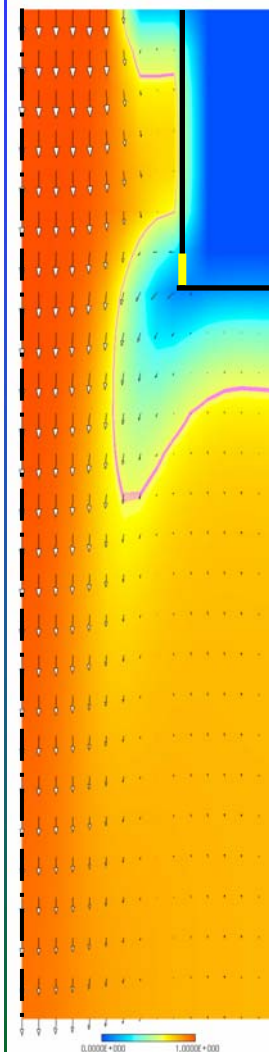
領域中心



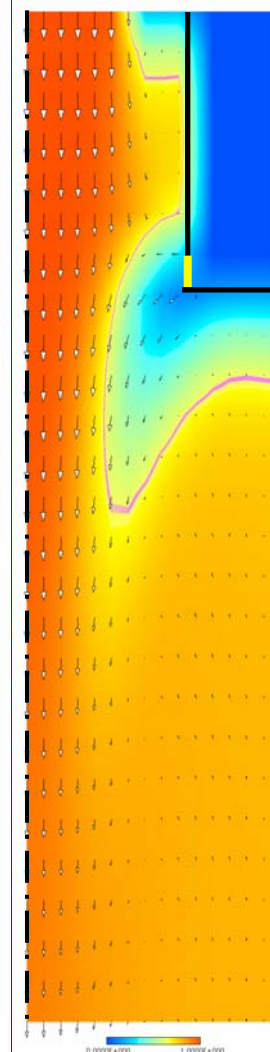
$u_d = 0.0 \text{ m/s}$



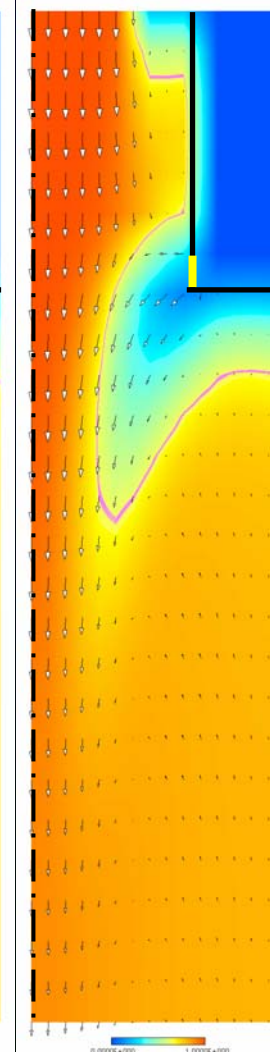
$u_d = 0.1 \text{ m/s}$



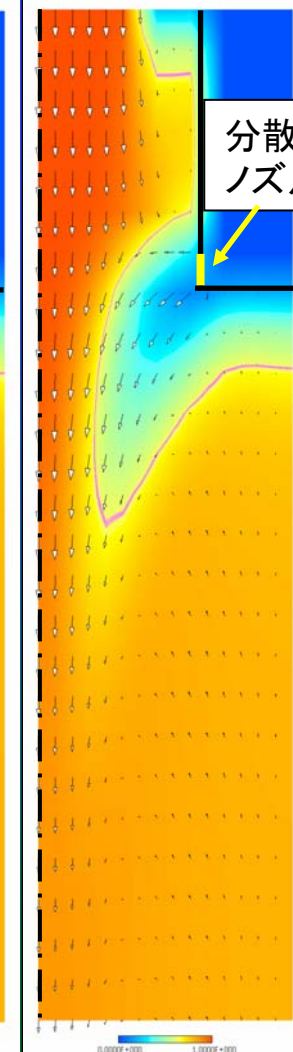
$u_d = 0.2 \text{ m/s}$



$u_d = 0.3 \text{ m/s}$



$u_d = 0.4 \text{ m/s}$

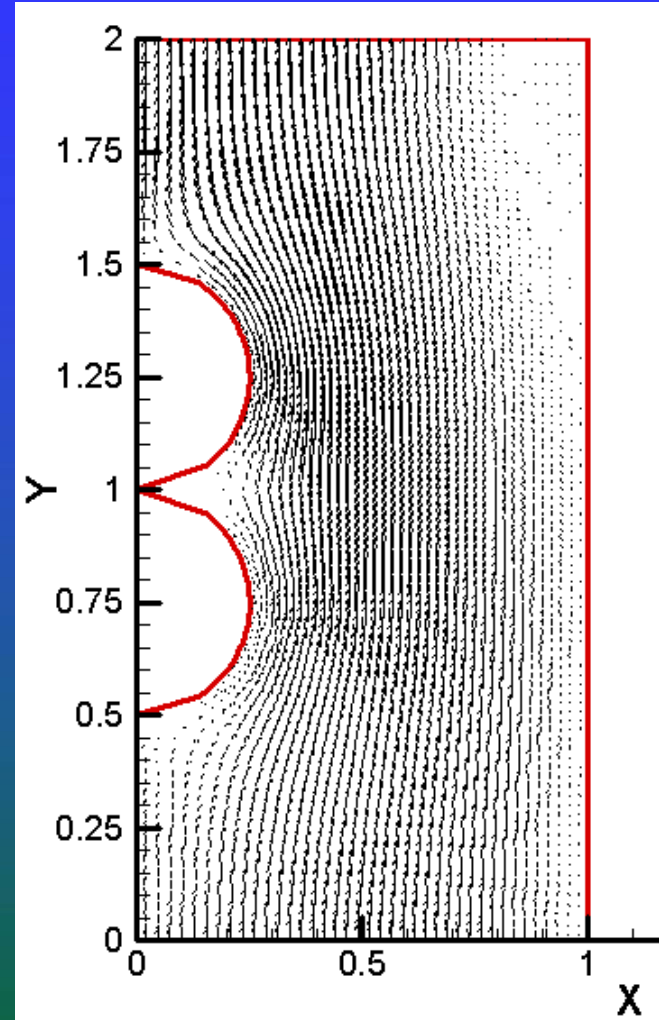
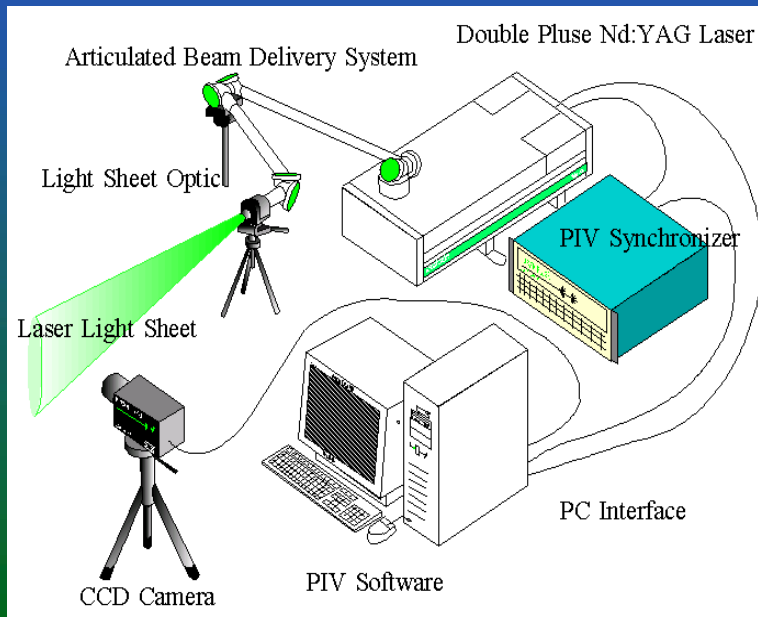
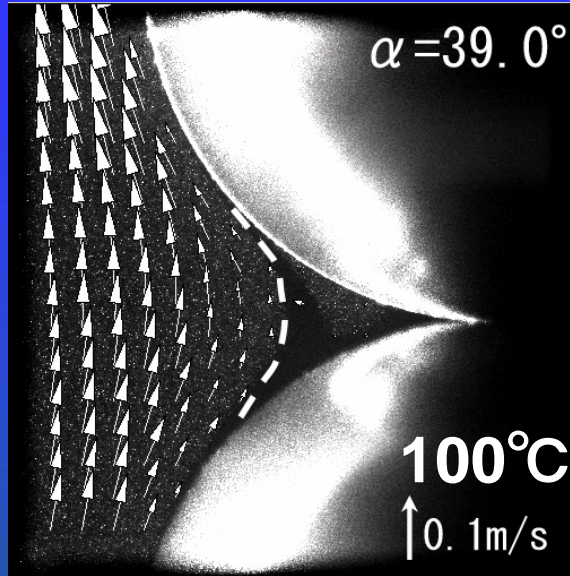


$u_d = 0.5 \text{ m/s}$

分散エア
ノズル

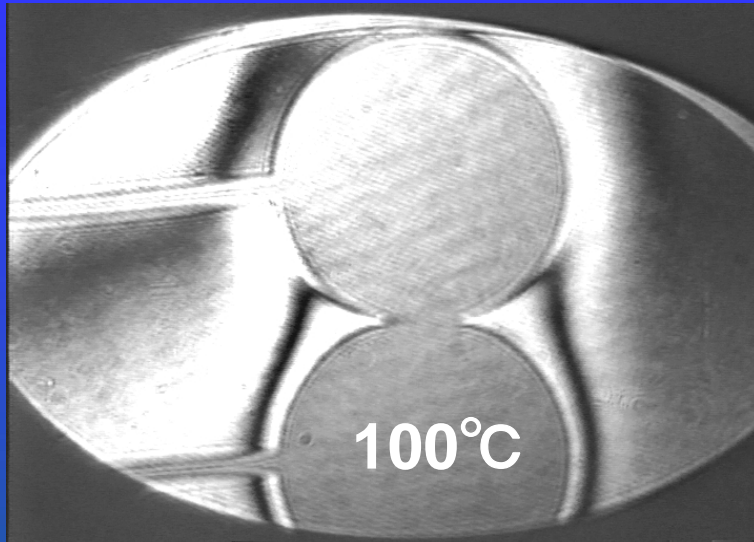


(5) シミュレーションの検証 1



←PIVシステム (Particle Imaging Velocimetry, 粒子画像流速測定法)

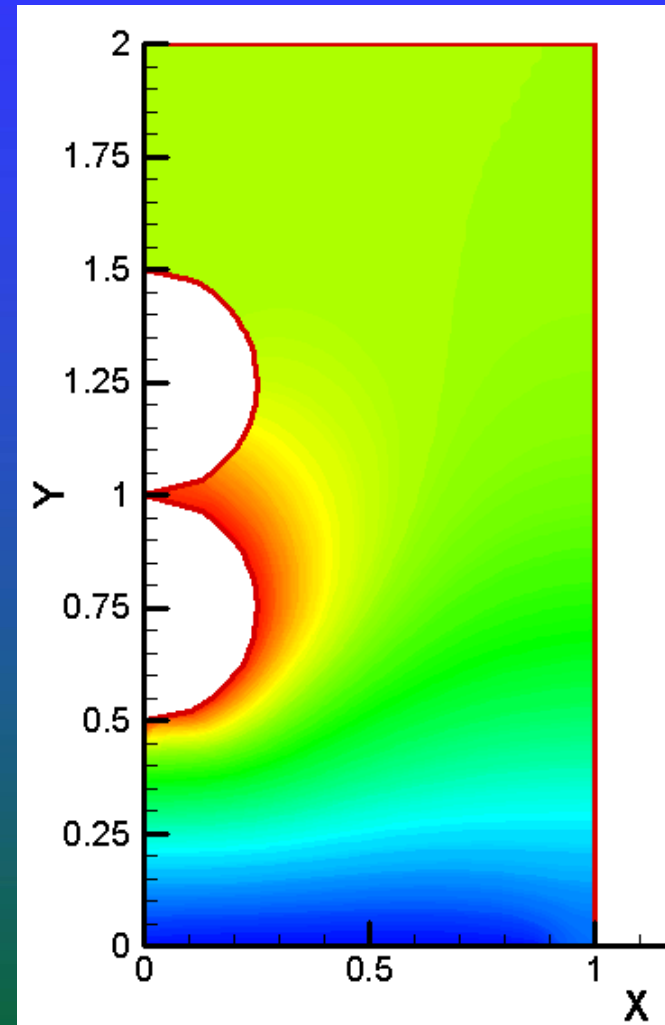
(5) シミュレーションの検証 2



マッハツェンダー干渉計による可視化結果



赤外線熱画像解析装置



さいごに

実際の工業プロセスの熱と流れをシミュレーションする場合



シミュレーションに組み込むための構成方程式が
不明な点が多い
(必ずしも必要な構成方程式が汎用コードにあるとは限らない)



実験を行うなどしてモデル化し、構成方程式を作る

構成方程式の検討

シミュレーションの検証



共同研究の必要性