

地震研共同利用研究集会「火山現象の数値計算研究」

噴流の実験的、数値解析的研究

齋藤務

室蘭工業大学

航空宇宙システム工学専攻

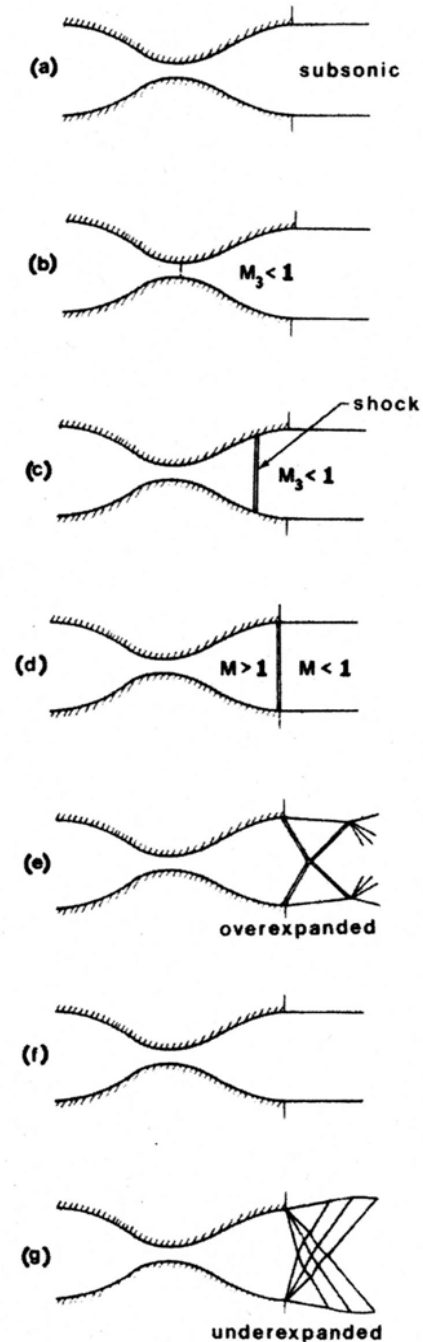
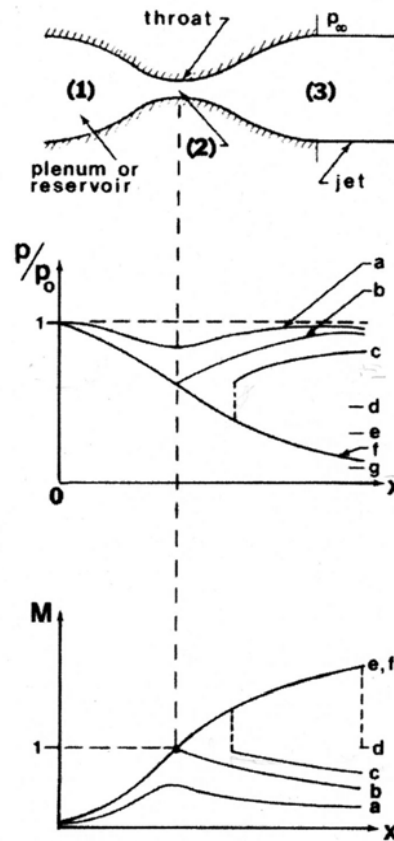
噴流とノズル流れ

航空宇宙分野の 主要研究テーマ

- ロケットノズル
 - ジェットエンジン
- etc.



出典: MHI HP

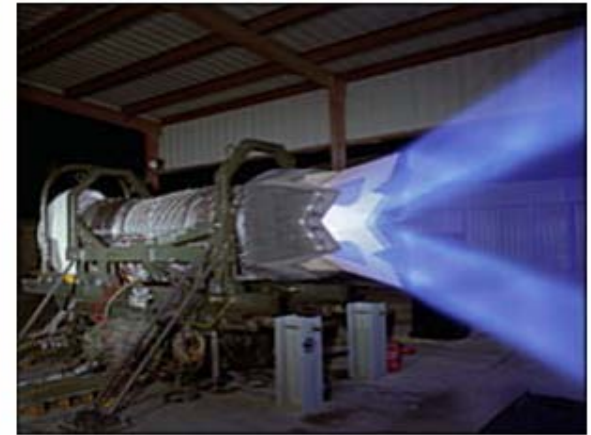


ノズル出口圧力比を変えたときのノズル内の流れ

underexpanded

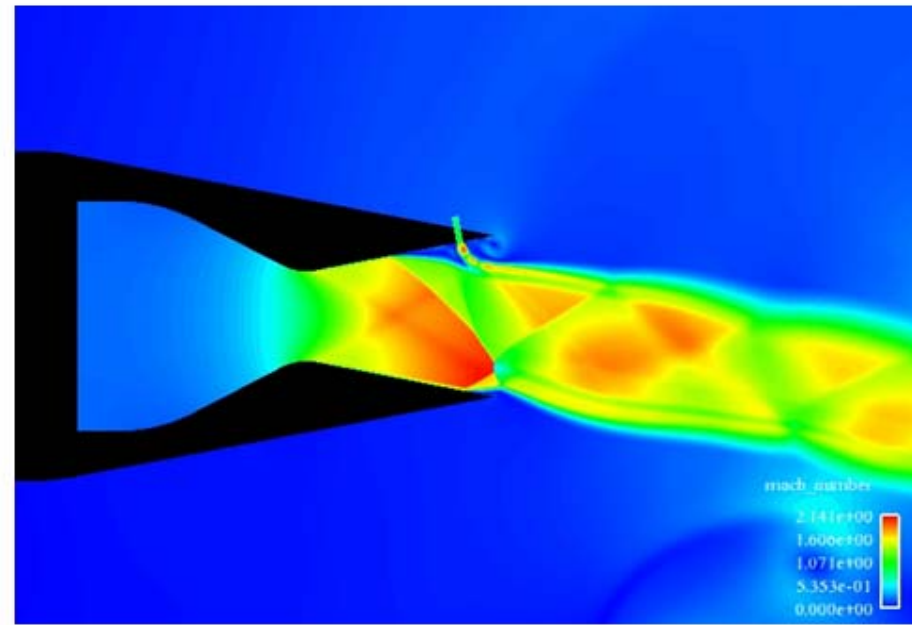
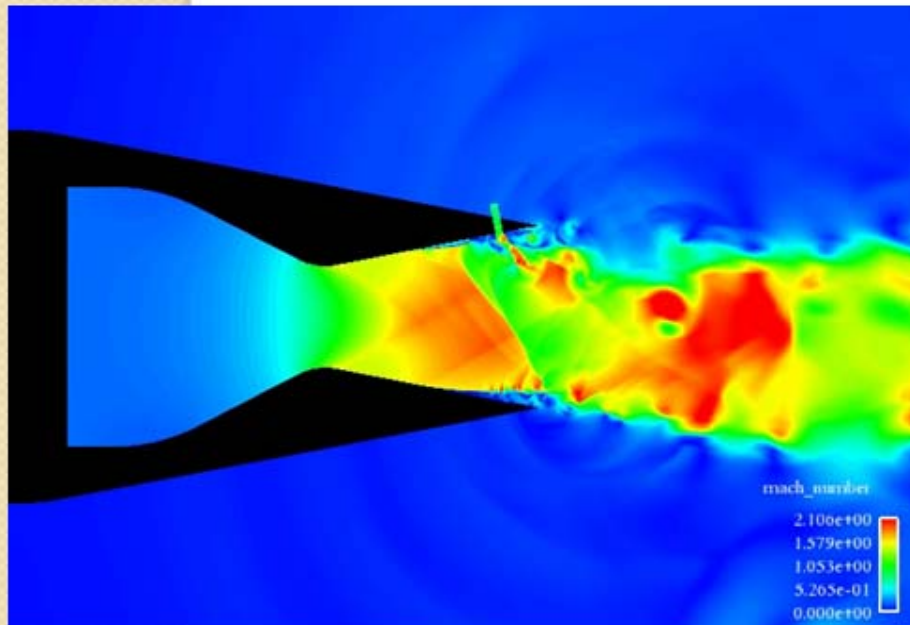
Fluidic Thrust Vectoring (FTV)

F22 Raptor and
F119 Turbo-fan
engine



Without turbulence mode

Spalart-Allmaras



Nozzle pressure ratio = 4.4: Flow Mach number

ノズルおよび噴流の数値計算手法と、 実験手法の火山研究への応用

Ogden et al.: Numerical simulations of volcanic jets:
Importance of vent overpressure,
Journal of Geophysical Research, Vol.113, B02204, 2008

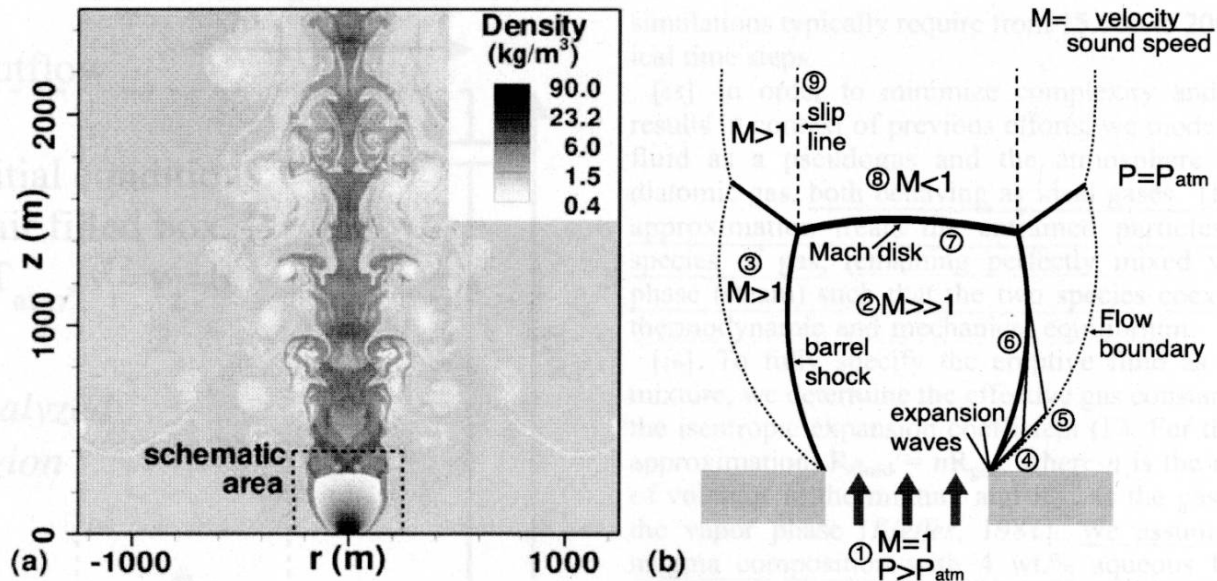
噴煙柱: gas-thrust region , convection-dominated plume

火口での噴出圧力と、火口径により、滞在(静止)衝撃波形状が影響を受ける

B02204

OGDEN ET AL.: IMPORTANCE OF VENT OVERPRESSURE

B02204



研究目的（計画）

爆発的噴火に見られる噴煙柱の振舞いを
数値解析および実験により研究する

数値解析： 二次元軸対称計算（三次元計算も可）
重力
火口形状
噴出気体（疑似気体、Dusty-gas）

実験： 吸い込み式風洞（建設予定）
アセトンを用いたLIF法
シュリーレン法、ホログラフィー干渉計法、等
圧力測定

Numerical Method

- Basic equations

Two-dimensional, axi-symmetric Euler equations

$$\mathbf{U}_t + \mathbf{F}(\mathbf{U})_r + \mathbf{G}(\mathbf{U})_z = \mathbf{S}(\mathbf{U})$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ E \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ u(E + p) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + p \\ v(E + p) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S} = -\frac{1}{r} \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 \\ \rho uv \\ u(E + p) \end{bmatrix}$$

- Numerical Method

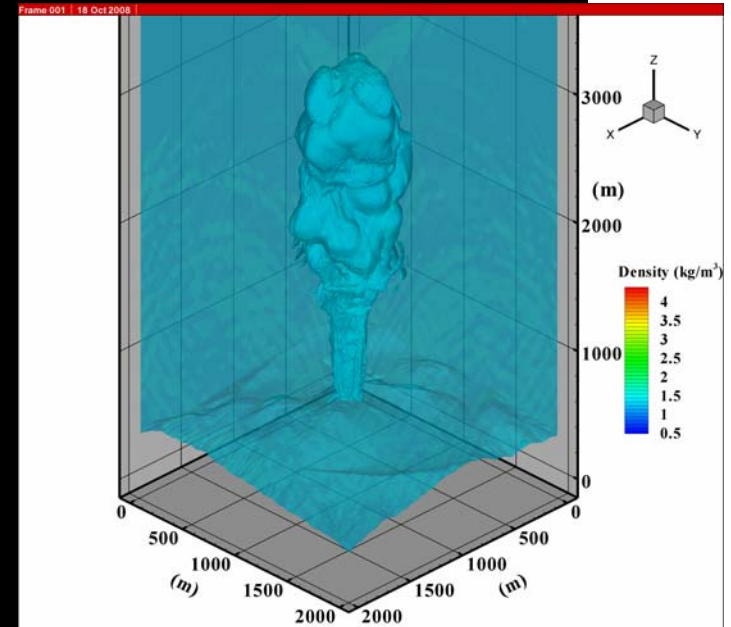
Numerical Scheme WAF (Higher order Godunov type)

Numerical flux	HLLC approximate Riemann Solver
----------------	---------------------------------

Flux limiter	van Leer
--------------	----------

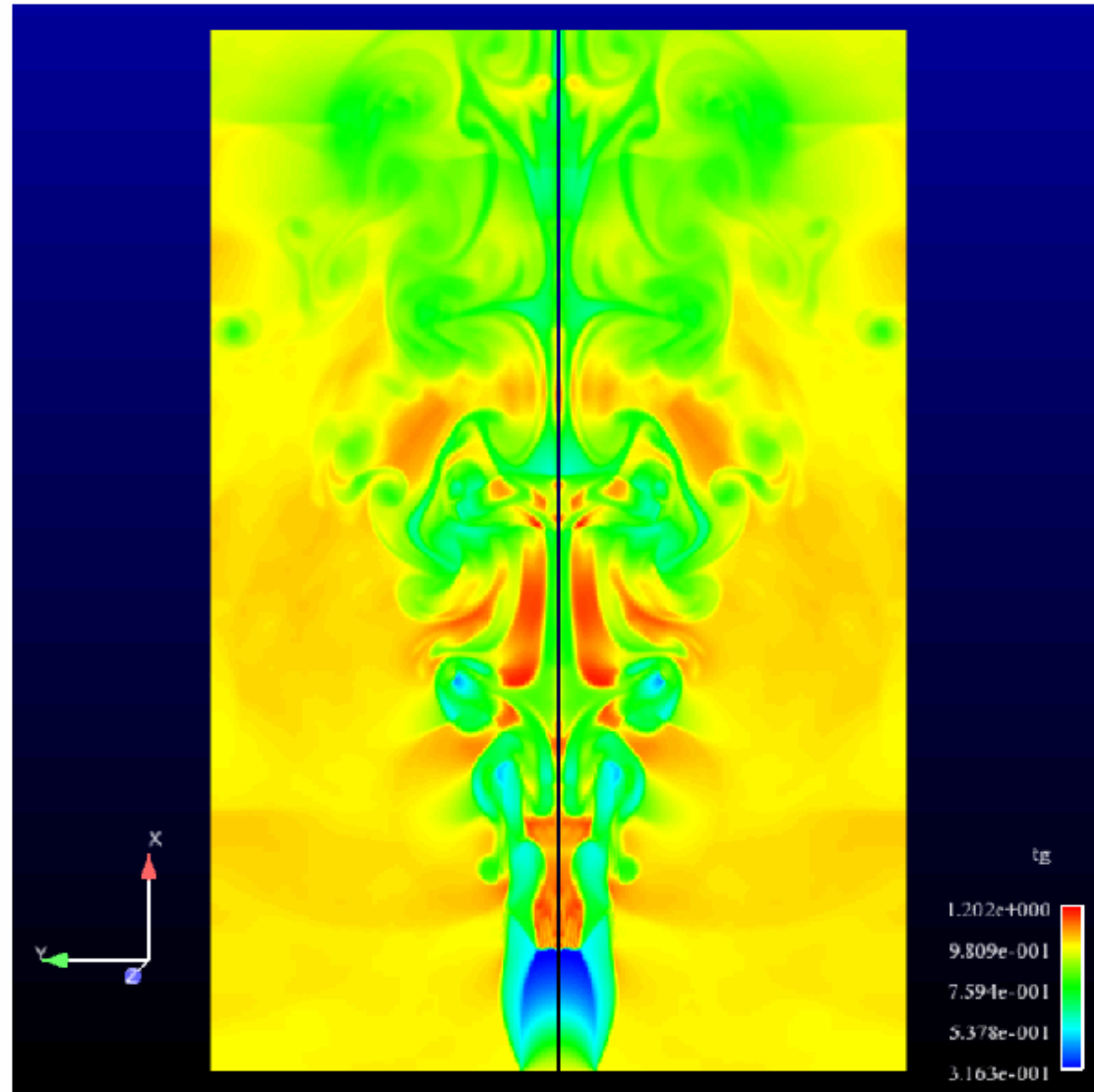
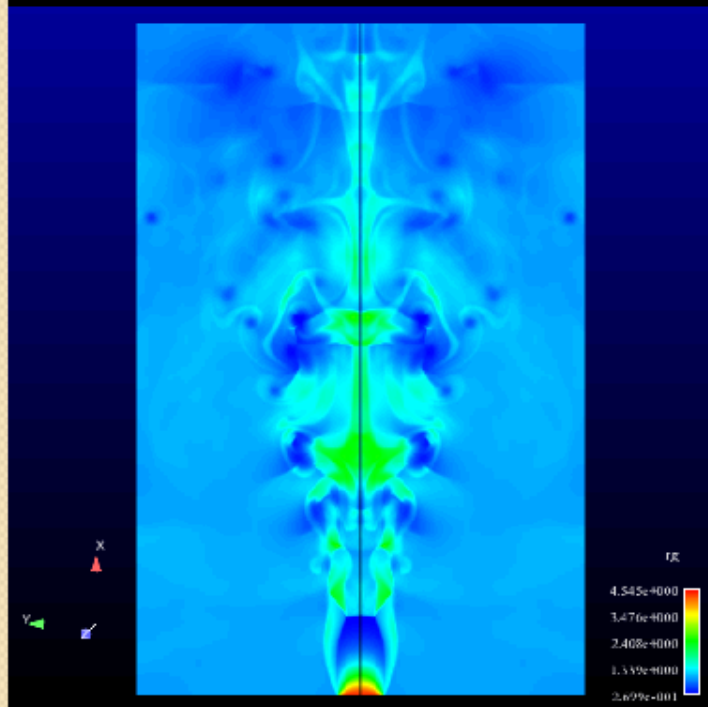
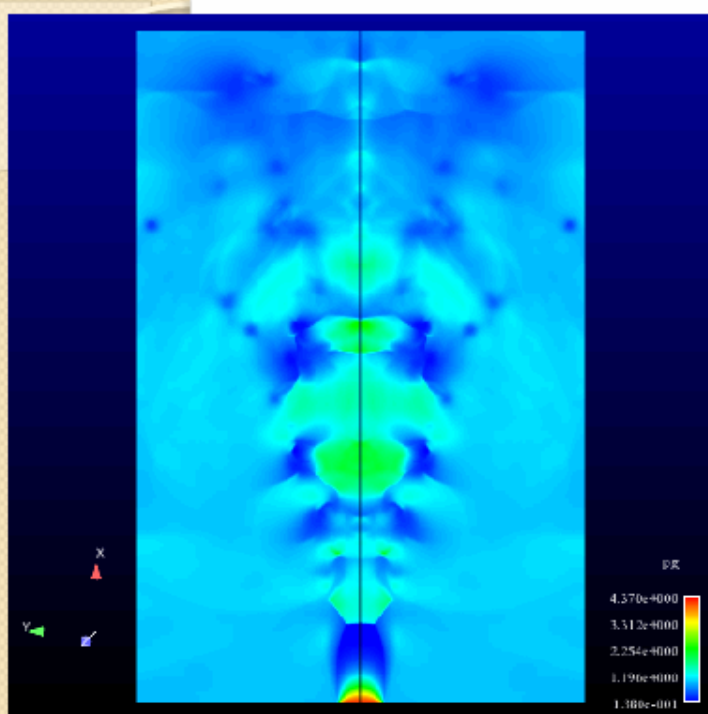
Application to studies of eruption cloud

Time = 0.000100

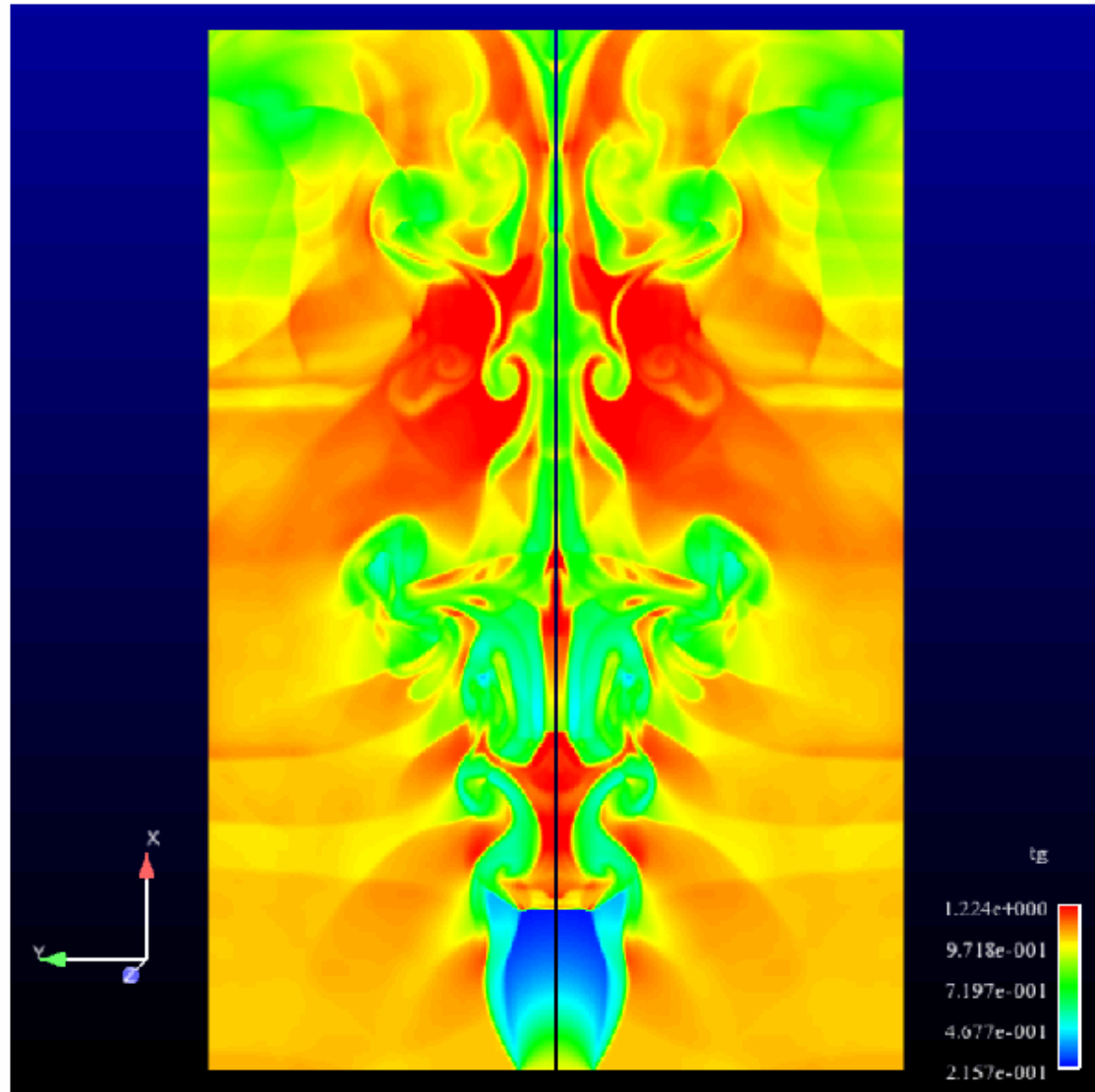
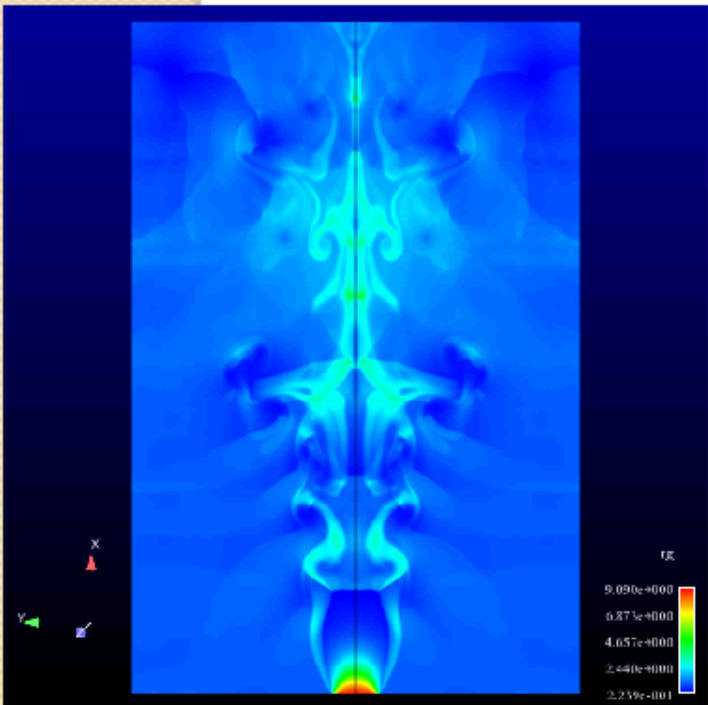
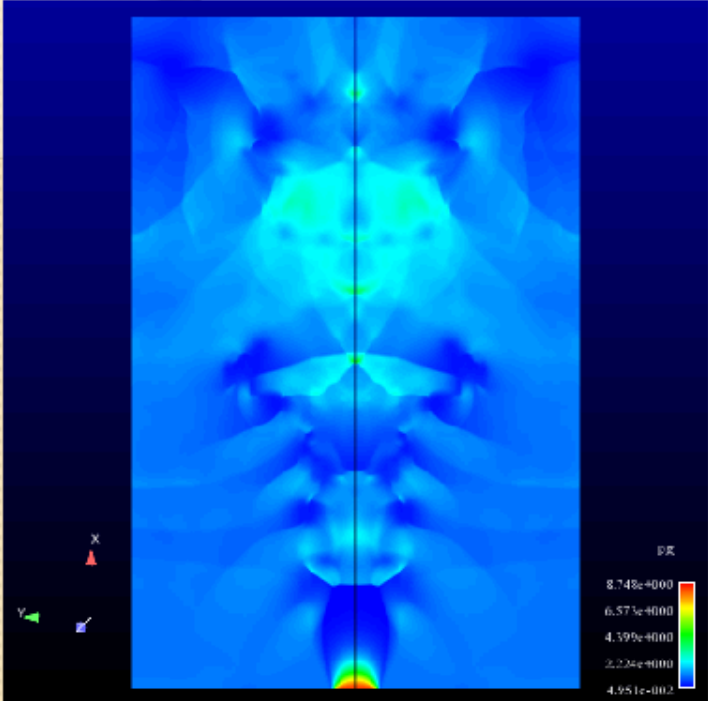


Initiation of eruption cloud instability due to gravity,
flow vel. = 800 m/s

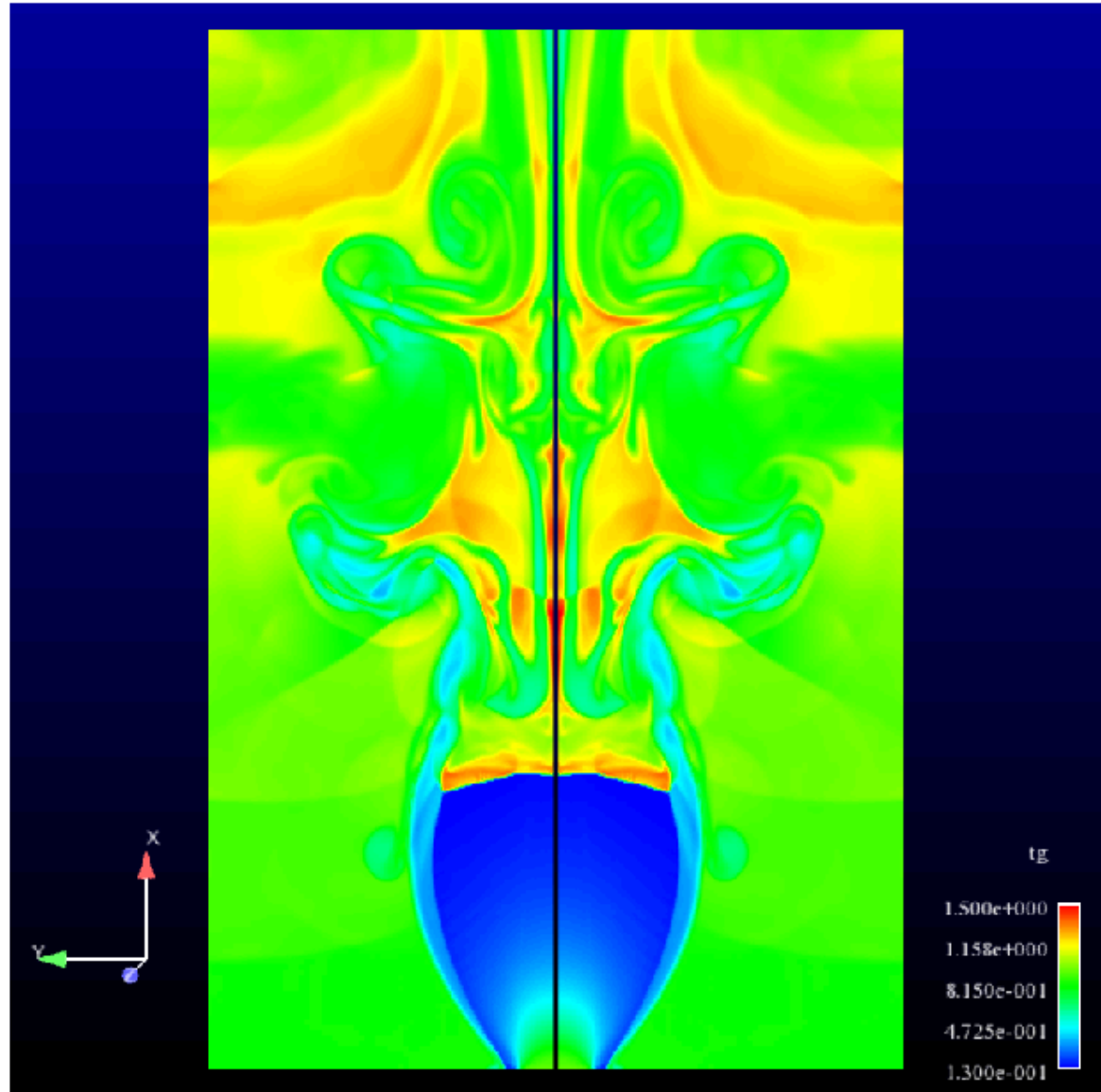
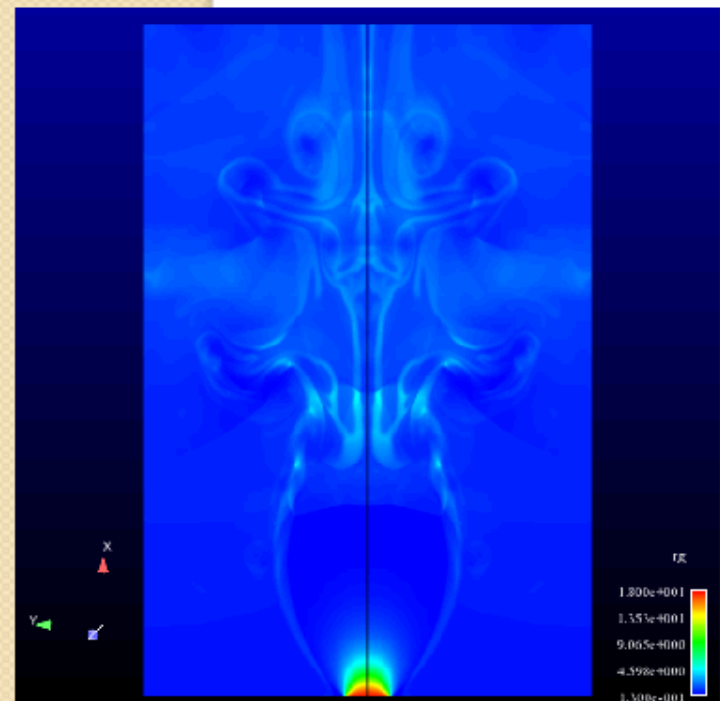
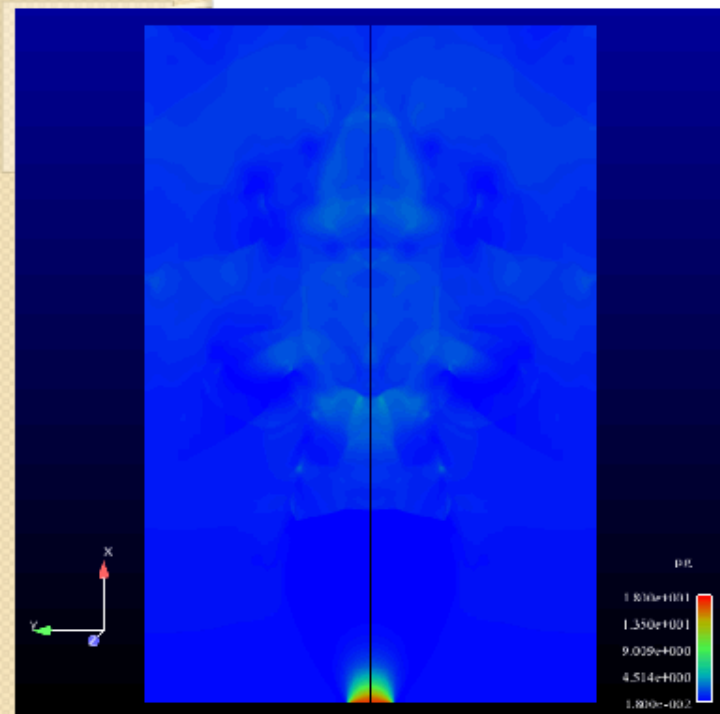
Pressure ratio = 5.



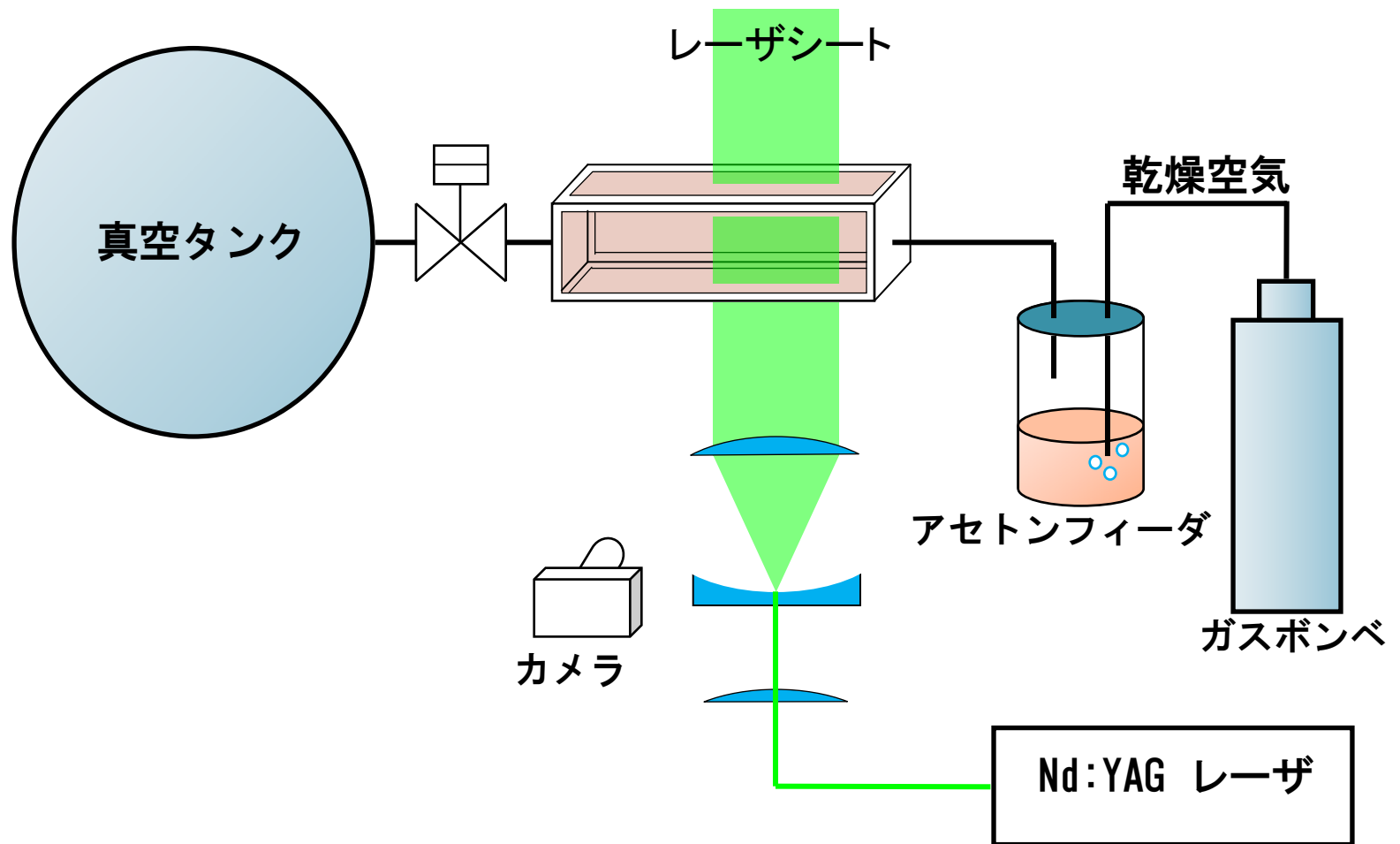
Pressure ratio = 10.



Pressure = 20.



アセトンLIF法の実験構成



まとめ

- 爆発的噴火における噴煙柱の振舞いの研究の一環として、火口での圧力が大気圧より高い場合について数値模擬および実験を行い、
 - ★重力
 - ★火口形状などの影響を調べる事を計画している。
- 計算および実験条件を決めるため、噴火口における噴流の状態(圧力、流速、密度、比熱比 etc.)に関するデータが必要。