jh190036-NAH

松尾亜紀子 (慶應義塾大学)

気液二相デトネーションに対する大規模数値解析

研究背景

デトネーションとは衝撃波を伴い予混合気中を超音速で伝播する燃焼波であり，
意図しないデトネーションは甚大な被害をもたらす．

⇒ デトネーションの発生抑制と被害低減（安全工学）の観点から研究が進められており，
水液滴を用いたデトネーションの消炎に関する研究が行われている．

Thomas et al. (Exp.) (Combust. Sci. Technol. 1990):
- 細かい水液滴(150-300 μm)によって，デトネーションが消炎した事を報告した．
- 大きな水液滴（500-1100 μm）ではデトネーションを消炎できなかった．

Niedzielska et al. (Exp.) (J. Loss Prevent. Process Ind., 2017):
- 大きな水液滴（500 μm）によってデトネーションが消炎する可能性を示唆した．
- 細かい水液滴(215 μm)ではデトネーションは消炎しない事を報告した．

先行研究では異なる結論を報告しているため，
デトネーションを消炎させるため水液滴の条件に対する一般的な指針は得られていない．
⇒ **デトネーション伝播中における水液滴の分裂挙動**を明らかにする必要がある．

支配方程式(Eulerian-Lagrangian手法)と計算対象

気相：体積平均化された二次元圧縮性Navier-Stokes方程式

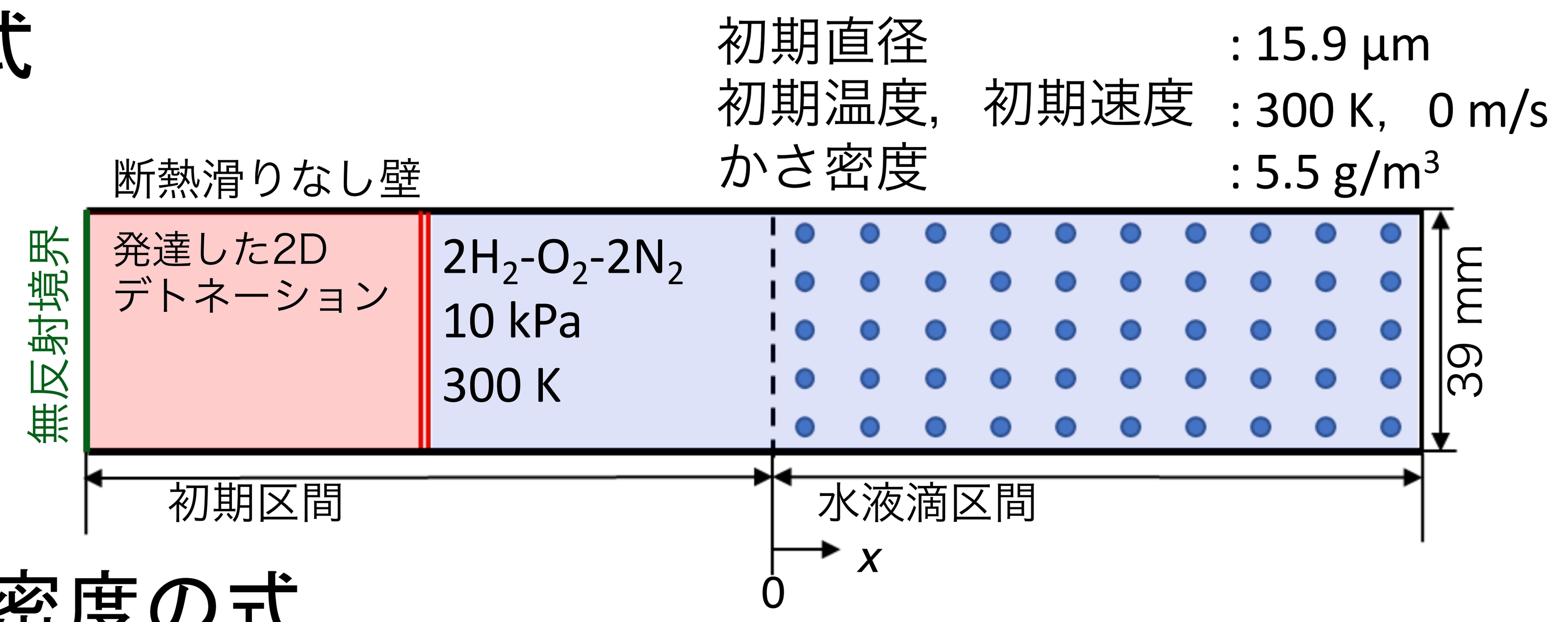
Unsteady term / Convective term / Diffusive term / Nozzling term / Reaction term / Interphase exchange term

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_g \rho_g\right) + \nabla\cdot\left(\alpha_g\rho_g\mathbf{u}_g\right) = M_{g-p}^{mas}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_g \rho_g \mathbf{u}_g\right) + \nabla\cdot\left(\alpha_g\rho_g\mathbf{u}_g\mathbf{u}_g\right) + \nabla\left(\alpha_g p_g\right) - \nabla\cdot\left(\alpha_g\boldsymbol{\tau}_g\right) - p_g\nabla\alpha_g = \boldsymbol{M}_{g-p}^{mom} + \boldsymbol{f}_{g-p}^{mom}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_g e_g\right) + \nabla\cdot\left[\alpha_g\left(e_g + p_g\right)\mathbf{u}_g\right] - \nabla\cdot\left(\alpha_g\boldsymbol{\tau}_g\cdot\mathbf{u}_g\right) + \nabla\cdot\left(\alpha_g\mathbf{q}_g\right) + p_g\frac{\partial\alpha_g}{\partial t} = M_{g-p}^{ene} + f_{g-p}^{ene} + q_{g-p}^{ene}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_g\rho_g Y_{g,k}\right) + \nabla\cdot\left(\alpha_g\rho_g Y_{g,k}\mathbf{u}_g\right) - \nabla\cdot\left(\alpha_g\mathbf{j}_{g,k}\right) = \alpha_g\dot{\omega}_{g,k} + M_{g-p}^{sp}$$



計算対象と計算条件

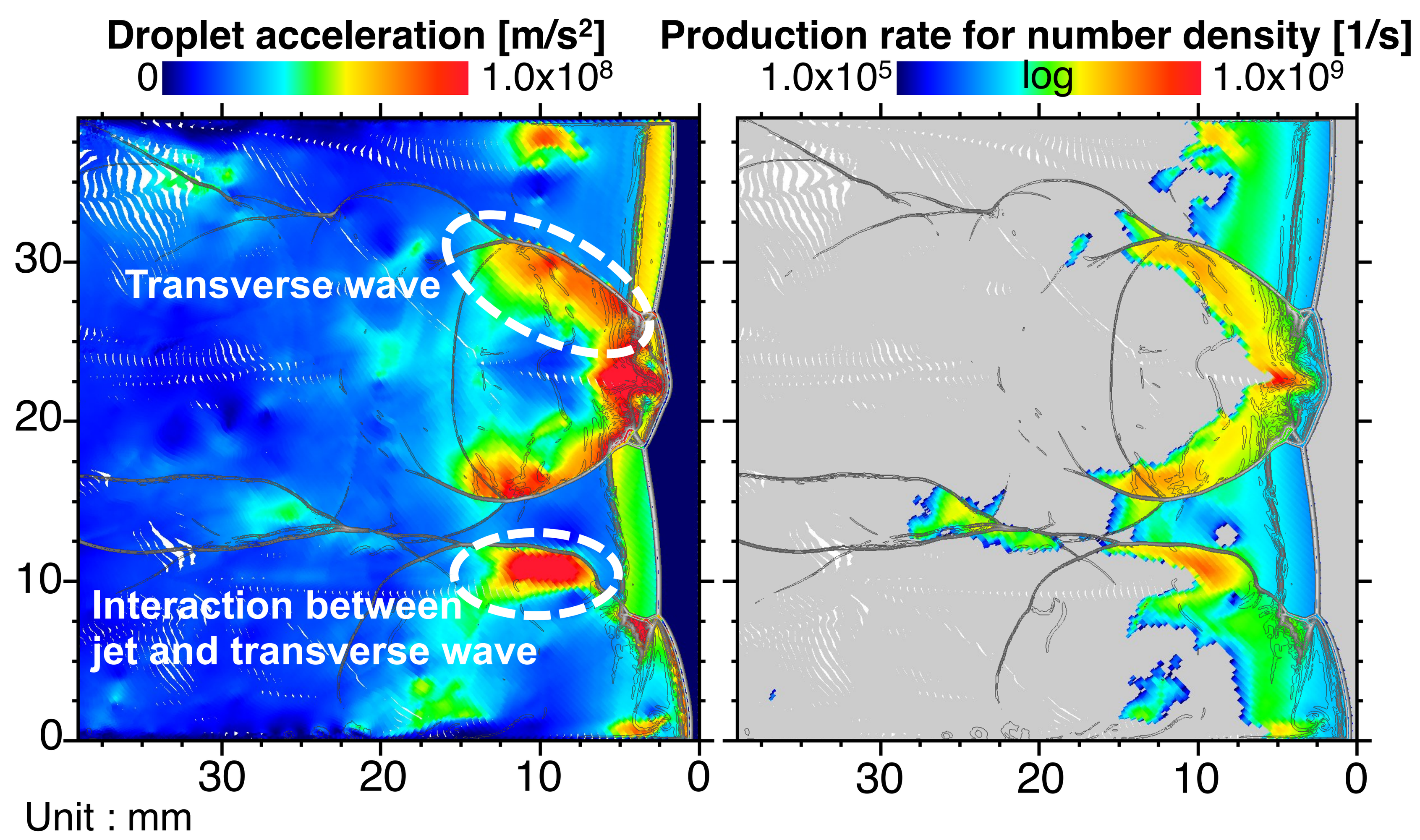
液滴：Newtonの運動方程式,エネルギー式，質量の式，数密度の式

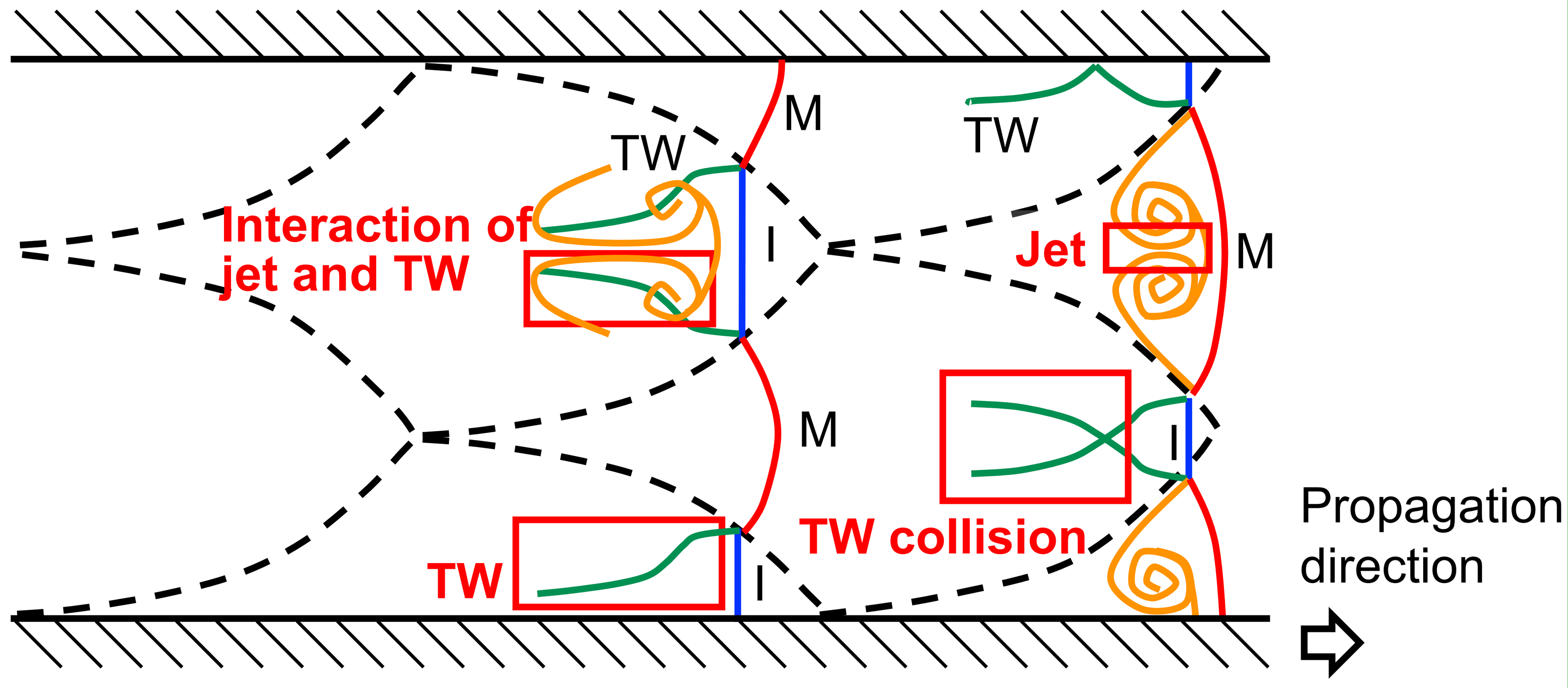
Unsteady term / Interphase exchange term

$$m_{p,i}\frac{d\mathbf{u}_{p,i}}{dt} = \mathbf{f}_{drag,i} + \mathbf{f}_{pres,i} \qquad m_{p,i}c_{p,i}\frac{dT_{p,i}}{dt} = q_{conv,i} + q_{evap,i} \qquad \frac{dm_{p,i}}{dt} = \dot{m}_{p,i} \qquad \frac{dn_{p,i}}{dt} = \dot{n}_{p,i}$$

液滴の蒸発と分裂を考慮した．

結果と考察





デトネーション伝播中における水液滴の分裂過程
I: 先行衝撃波，M:マッハ衝撃波，TW:横波

デトネーションの伝播中において水液滴の分裂は先頭波面後方において，
ジェット，横波およびジェットと横波の干渉によって不均一に生じる．