

# 制御チーム 大阪大学大学院工学研究科 堀 司

CAE  
グループ

「3次元燃焼解析ソフトへの点火モデル組み込みと検証」

## 最終目標

スーパーリーンバーン（超希薄燃焼）に適した点火モデルを開発し、HINOCAに組み込み検証する。

## 実施課題

超希薄燃焼の点火位置、点火成否、点火遅れを予測し、火炎伝播モデルの初期値を与える点火モデルを開発。HINOCAへの組み込みと検証(Verification)を完了した。

## 達成内容

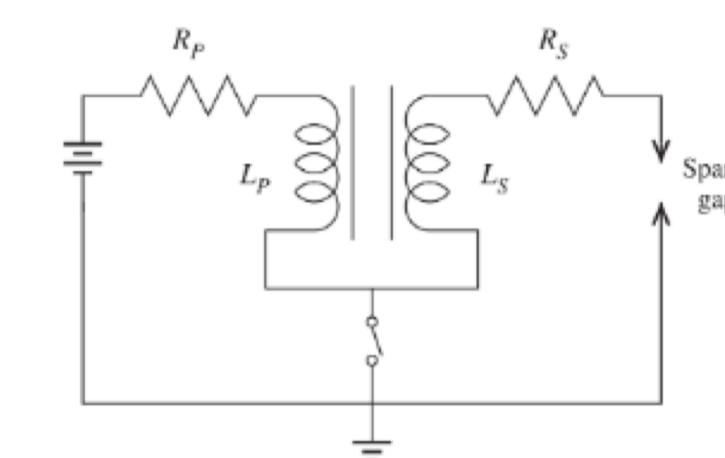
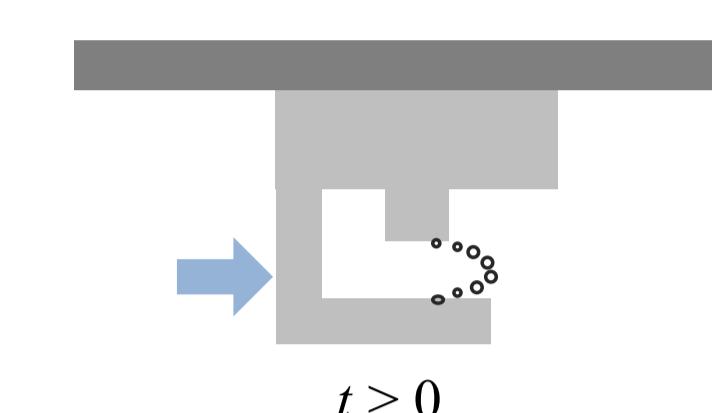
放電経路の伸長、再放電、電気回路のモデル、および、火炎核から定常火炎伝播に至る成長過程を考慮した火炎核成長モデルを開発した。これにより、低計算コストで、静止場、乱流場でのMIE（最小点火エネルギー）、MIE遷移を予測し、点火成否、点火遅れの記述を可能にした。

## 研究開発の内容

従来論文やガソリンチーム（着火向上班）で得られた実験や計算結果から、計算負荷、ロバスト性、予測精度などを考慮し、モデル式を選定した。さらに、空間0次元の計算で実験値と比較検証し、モデル式を改善した後、三次元のHINOCAに組み込んで検証した。

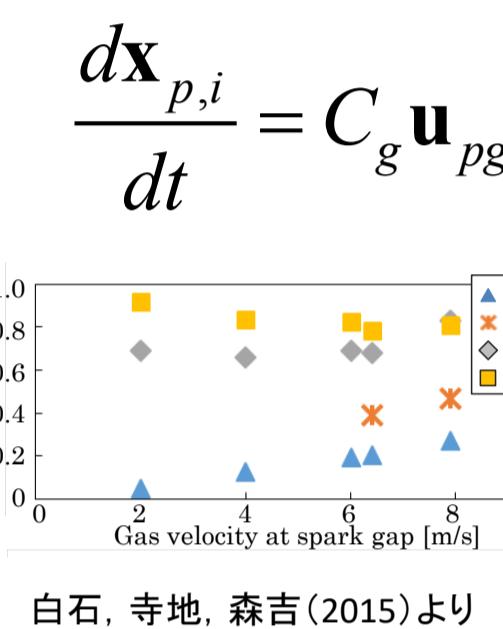
## SIP後の展開、発展性

- 点火モデルの改善（乱流が火炎核成長に及ぼす効果、プラズマの影響など）
- 点火モデルのさらなる検証



### 放電経路伸張

放電経路をバーセル近似  
局所流速を用いて伸張を考慮



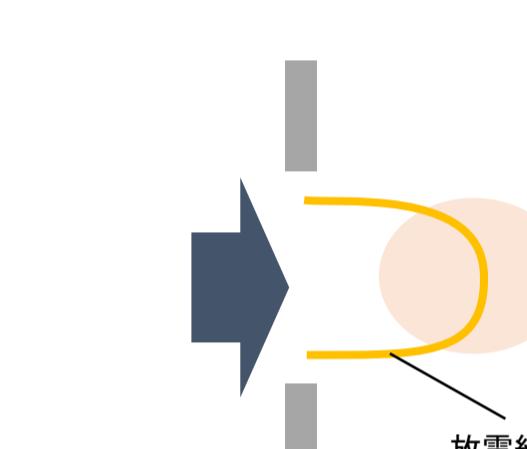
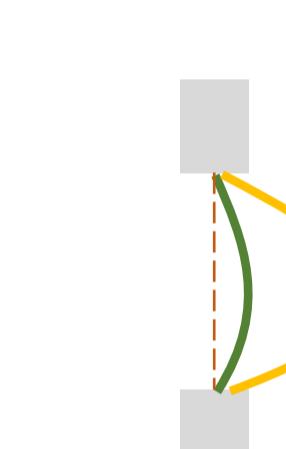
白石、寺地、森吉(2015)より  
いずれの影響をモデル化

二次回路のエネルギー式から放電エネルギーの時間変化、放電期間を計算

$$\frac{dE_{spk}(t)}{dt} = -V_{ie} i_s(t)$$

$$L_s = \frac{2E_{spk}(0)}{i_s^2(0)}$$

$$i_s(t) = \sqrt{\frac{E_{spk}(t)}{L_s}} = i_s(0) \sqrt{\frac{1}{2} \frac{E_{spk}(t)}{E_{spk}(0)}}$$



放電経路  
(伸長)

### 再放電

放電ギャップの電圧降下が一定  
値を超えると、新しい放電経路を作成

$$V_{ie}(t) = V_c + V_a + V_{gc}$$

$$V_{gc} = 40460 I_{spk} t_s^{-0.32} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{0.51}$$

$$V_c = 3 \frac{B}{A} \log \left( 1 + \frac{1}{\gamma} \right)$$

$$V_a = 18.75$$

$$\frac{dr_K}{dt} = \frac{\rho_u}{\rho_K} S_{eff}$$

$$\Omega \cdot T_f + \Omega_0 \cdot Q = \frac{1}{4\pi} R^2 e^{-ULR} = \exp \left[ \frac{Z}{2} \frac{T_f - 1}{\sigma + (1-\sigma)T_f} \right]$$

$$U = \frac{S_{eff}}{S_L^0} \quad Q = \frac{\bar{Q}}{4\pi \lambda \delta \left( \bar{T}_{ad} - \bar{T}_c \right)}$$

図1 点火モデルの概要

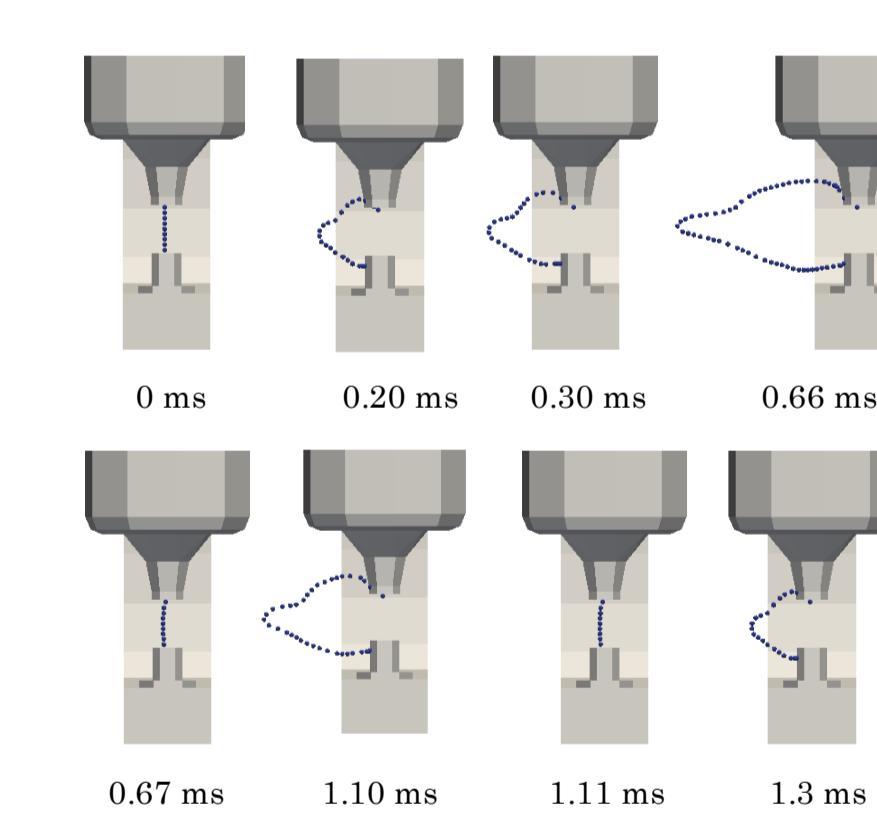


図2 HINOCAでの検証（非燃焼）

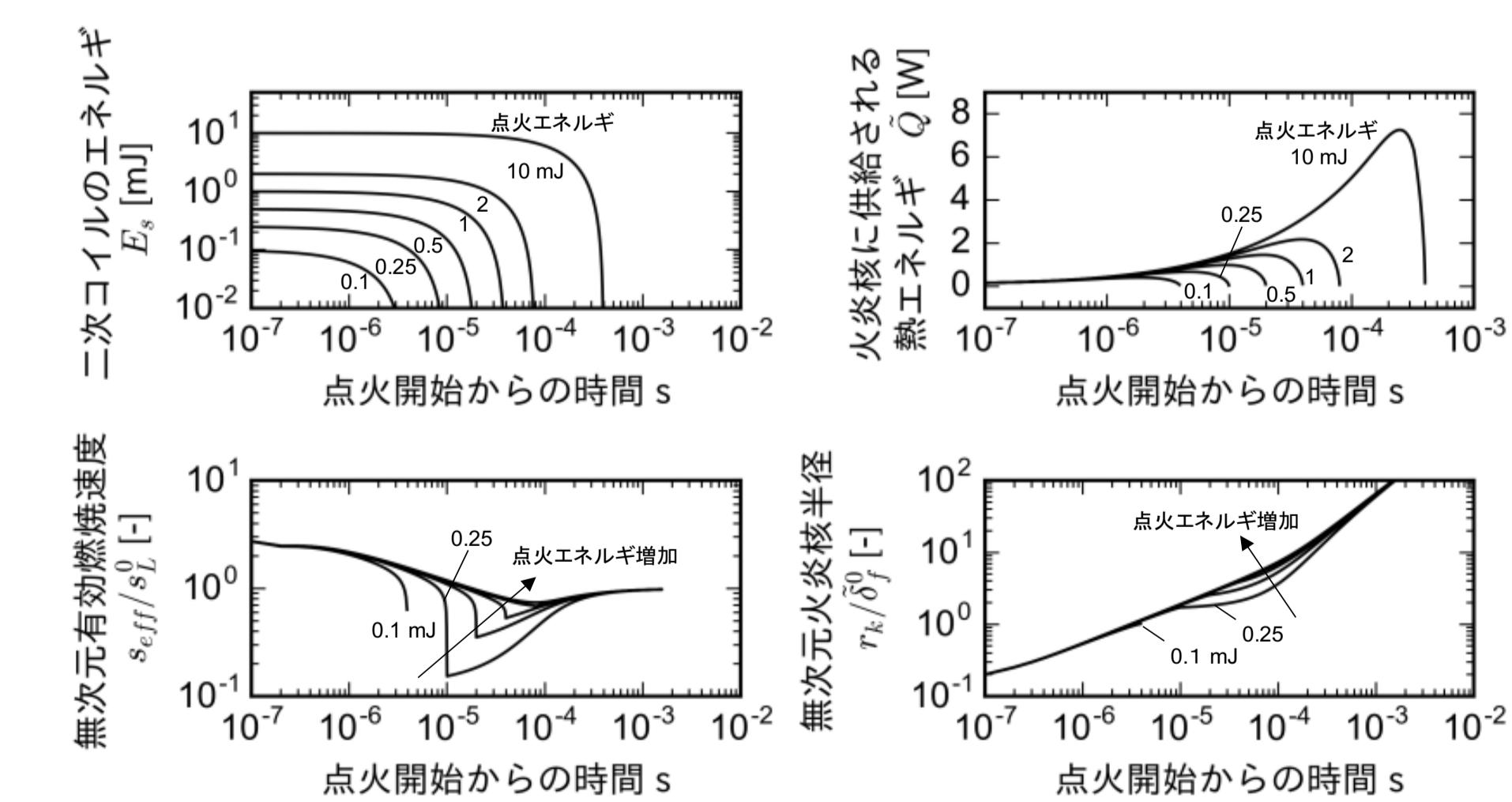


図3 火炎核成長過程の解析

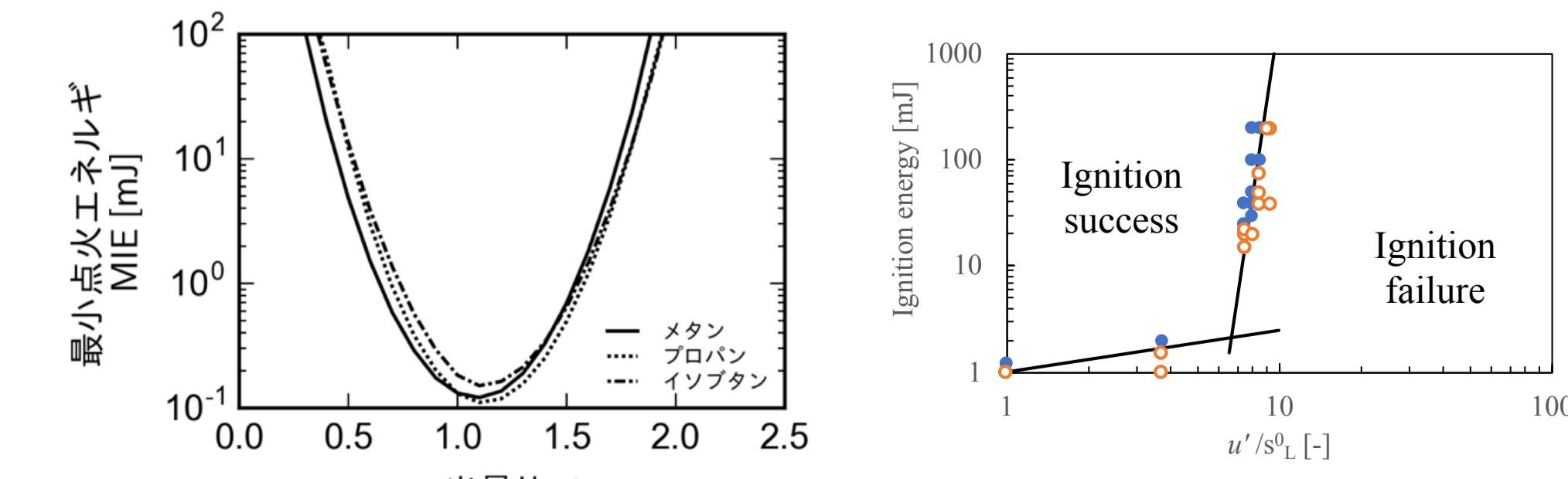


図4 静止場のMIE（左）とMIE遷移の予測（右）

\*MIE遷移は東大の実測値を用いてモデル検証済み