

# 制御チーム クラスター大学09

CAE  
グループ

## 東京大学工学系研究科

寺島 洋史

「自動車エンジン燃焼室3次元CFDソフトへのArrhenius型反応高速計算手法の組み込み」

### 目的

超希薄燃焼など極限的条件におけるエンジン燃焼現象に対しては、熱・流体だけではなく化学反応現象の詳細な理解に基づく解析が必要とされる。本研究では、アレニウス型反応モデルから成る詳細化学反応機構をCFDへ効率的に組み込むことが可能な高速計算手法を発展的に開発し、CFDコアソフトへ組み込むことを目的とする。

#本研究開発は、ガソリン燃焼、損失低減チームでの研究開発と連携している

### 研究方法

詳細反応機構を用いた燃焼CFD解析における計算時間占有部分を特定し、

- ① 硬直性が強い化学反応方程式に対する高速かつ堅牢な時間積分法
- ② 多数の化学種から成る流体輸送係数モデルの高速計算法
- ③ 計算機並列技術などを駆使し、CFDコアソフトへの高効率な実装を研究開発し、流体と化学反応の両観点からの高速化を図る。

### 進捗状況

\*考慮する反応機構の大きさ（化学種数や反応数）や問題に依存する

(1) Morii, Terashima, Koshi, Shimizu, Shima, AIAA 2014-3920, submitted

従来の陰的時間積分法では計算時間の約90%\*を占有する化学反応方程式の計算に対して、準定常仮定による定式化と質量保存則に基づく陽的時間積分ERENA法<sup>(1)</sup>を発展的に開発・導入し、大幅な計算時間の短縮（373化学種へプタンで2-3桁）に成功。

#### 1. Time integration with QSSA

$$Y_s^* = Y_s^m \exp\left(-\frac{\Delta t^*}{\tau_s^m}\right) + C_s^m \tau_s^m \left[1 - \exp\left(-\frac{\Delta t^*}{\tau_s^m}\right)\right]$$

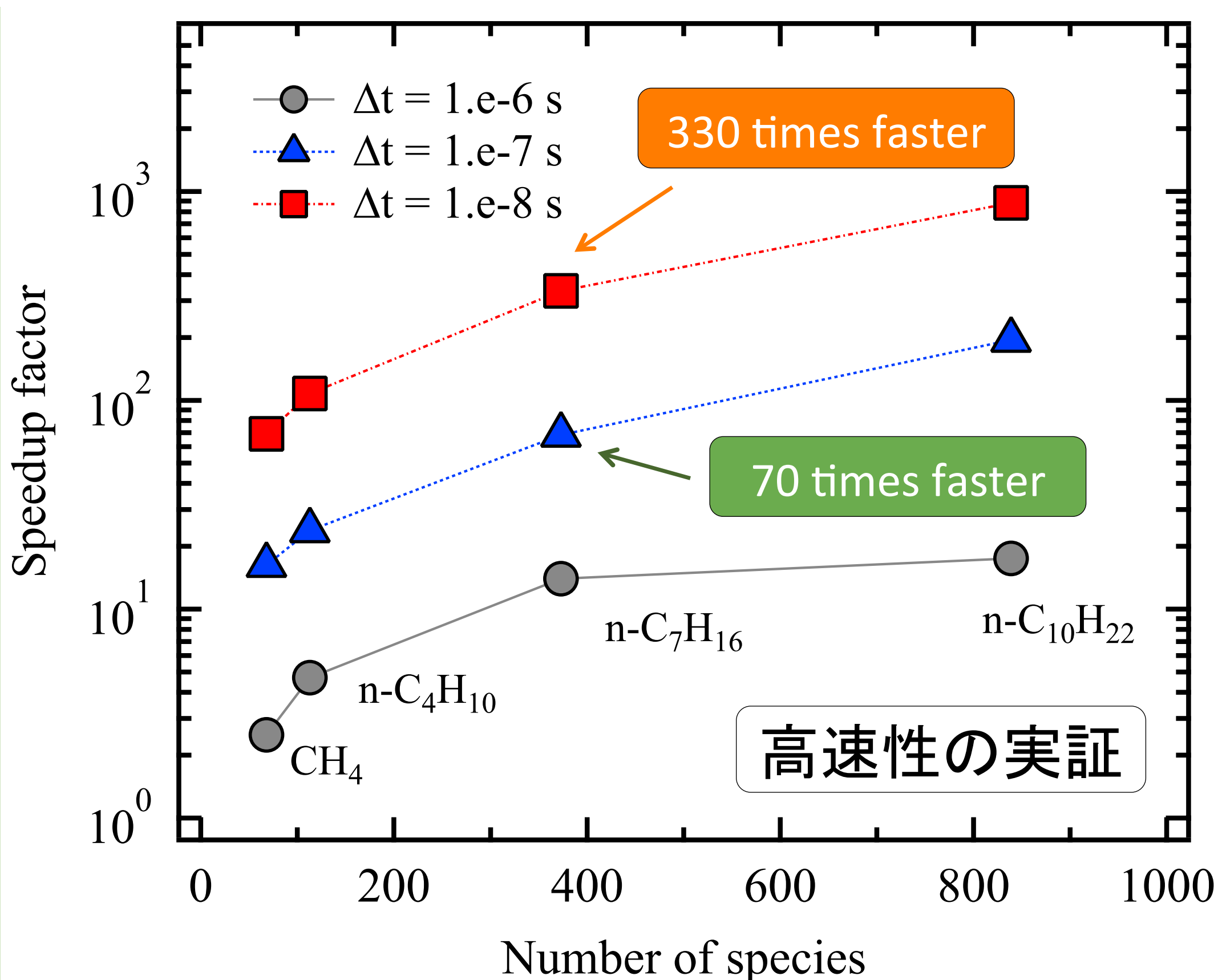
#### 2. Preservation of mass conservation

$$Y_s^{m+1} = \frac{1}{\sum_{s=1}^N Y_s^*} Y_s^*$$

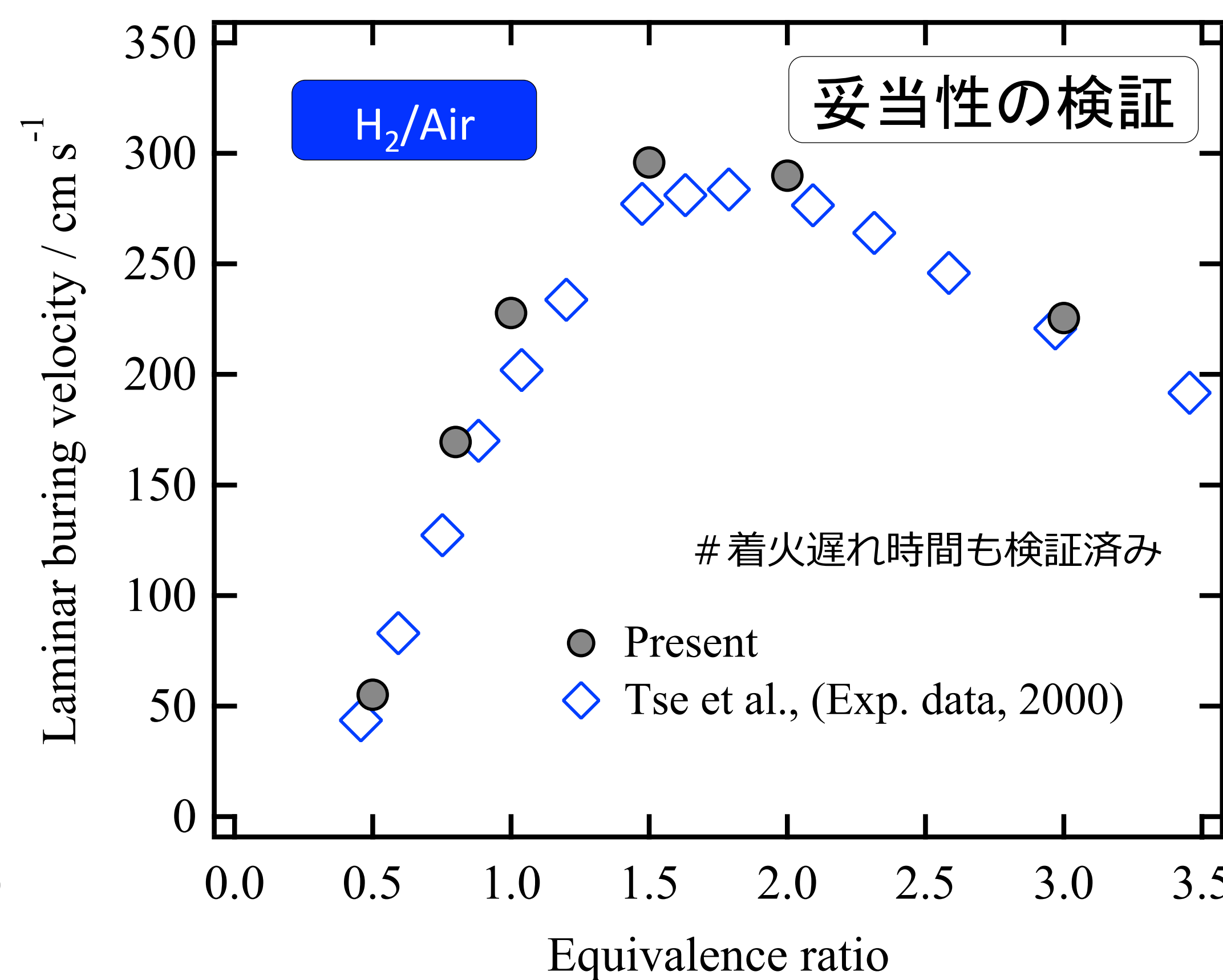
#### 3. Semi-implicit treatment for energy

$$\Delta T^m = -\frac{1}{c_v^m} \sum_{s=1}^N e_s^m \Delta Y_s^m$$

→ Fast and robust explicit time integration method



Comparison of CPU times between conventional VODE and ERENA in various 0-D ignition problems



Comparison of 1-D laminar burning velocities with an experimental data in coupling with a CFD solver

### 今後の予定

2014	2015	2016	2017	2018
化学反応方程式に対する高速時間積分法の開発	多成分流体輸送係数の高効率計算モデル開発	開発手法のCFDコアソフトへの実装と妥当性検証	詳細反応機構の簡略化手法開発	CFDコアソフトへの実装と妥当性検証の完了