

# 動力熱工学研究室

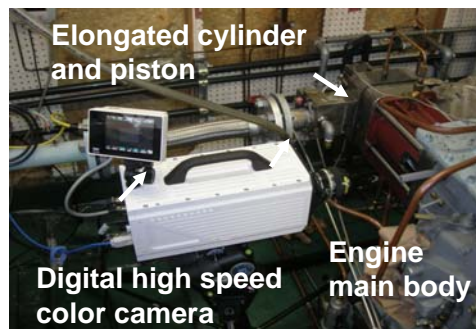
岡山大学大学院自然科学研究科  
(工学部機械工学科)

教授 富田 栄二  
准教授 河原 伸幸  
講師 吉山 定見  
助教 坪井 和也

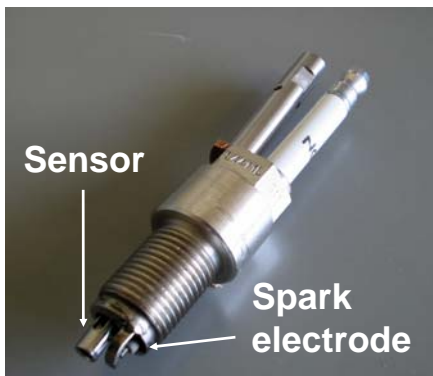
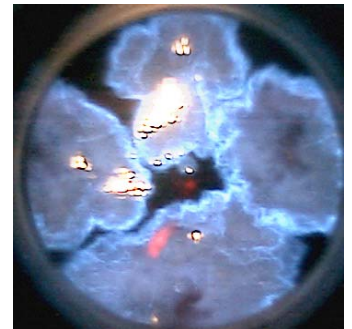
<http://powerlab.mech.okayama-u.ac.jp>



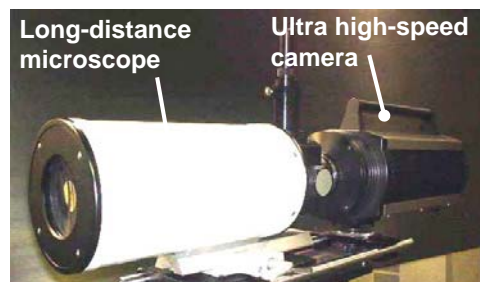
点火プラグ実装型濃度センサ



シリンダ内火炎の可視化



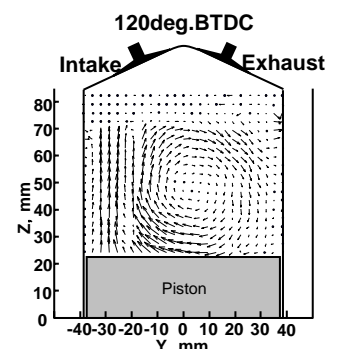
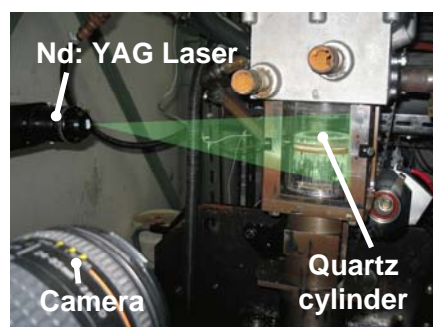
シリンダ内ガス温度計測センサ



インジェクタ近傍微粒化過程の可視化



分光計測センサ



シリンダ内流れ場(PIV)計測

# 赤外吸収法を利用した点火プラグ実装型センサによる燃料濃度測定

## In-Situ Fuel Concentration Measurement Near Spark Plug by 3.39 μm Infrared Absorption Method

### 研究の背景および目的

#### 内燃機関への要求

燃費向上  
クリーンな排気ガス

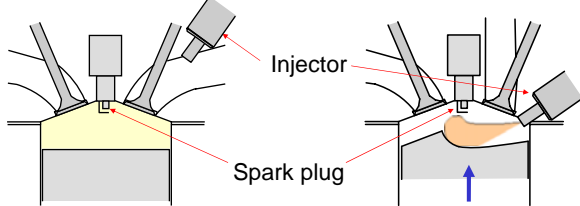
高効率エンジンの開発

{ 希薄層状 } 混合気 → 点火プラグにおける初期火炎核形成  
燃焼のサイクル変動の一要因

点火プラグ近傍燃焼濃度を把握することが非常に重要になる

#### 希薄燃焼エンジン

#### 筒内直噴エンジン



希薄な均一混合気

層状吸気

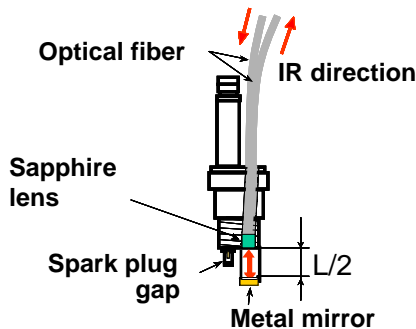
#### 研究の目的

{ 高応答  
高精度  
時系列 }

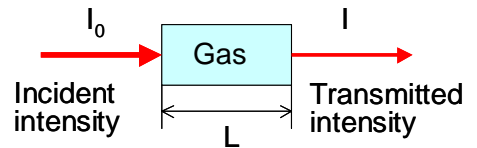
点火プラグ近傍燃料濃度計測

赤外吸収法を用いた点火プラグ近傍燃料濃度計測センサの開発

### 開発した点火プラグセンサ



### 赤外吸収法の原理



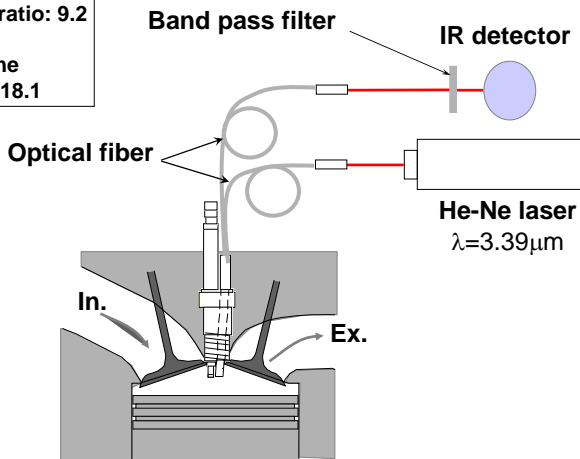
#### Lambert-beerの法則

$$\log \left( \frac{I}{I_0} \right) = -\varepsilon CL$$

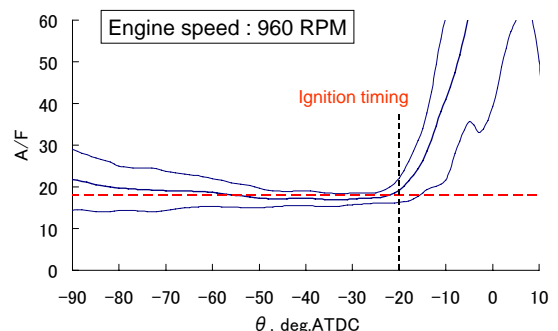
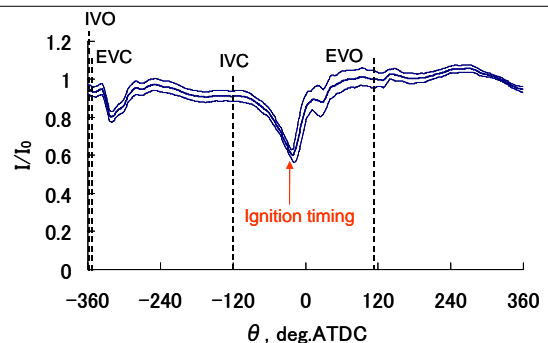
I : Transmitted intensity  
I<sub>0</sub> : Incident intensity  
ε : Molar absorption coefficient [cm<sup>2</sup>/mol]  
C : Molar concentration [mol/cm<sup>3</sup>]  
L : Measurement length [cm]

### 実用エンジンにおける性能評価

Bore: 89 mm  
Stroke: 96 mm  
Compression ratio: 9.2  
Fuel: Iso-octane  
Air fuel ratio : 18.1



実験装置の概略



実用エンジンにおける透過率および空燃比

# レーザ干渉法を利用した小型温度センサによる未燃ガス温度計測

## Transient Temperature Measurement of Unburned Gas Using Laser Interferometry with a Fiber-Optic Sensor

### 背景および目的

#### 最近のエンジン研究

- エンジン開発のため、シリンダ内燃焼現象の把握が必要
  - エンジンシリンダ内計測手法の開発
  - 数値計算(CFD)による燃焼状態解析

#### 計測手法

- 点火プラグ近傍燃料濃度および乱れの計測
- 未燃焼ガスの温度履歴計測
  - 燃料濃度 → 赤外吸収法  
水素火炎検出法(FID)
  - 乱れ → 光ファイバレーザ・ドップラ流速計 (FLDV)
  - 温度 → ラマン散乱法(CARS法)  
**レーザ干渉法**

#### 目的

レーザ干渉法において光ファイバを用いた温度計測センサの開発

### 温度計測法の原理

火炎伝播による未燃ガスの圧縮

Gladstone-Dale の式

$$n_i = 1 + \frac{\rho R_G}{M_i}$$

屈折率一位相の関係

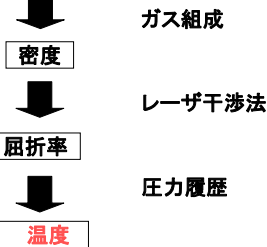
$$n_i = \frac{\psi_i \lambda}{2\pi L_i}$$

理想気体の状態式

$$\rho = \frac{m_i}{V_i} = \frac{P_i M_i}{R_0 T_i}$$

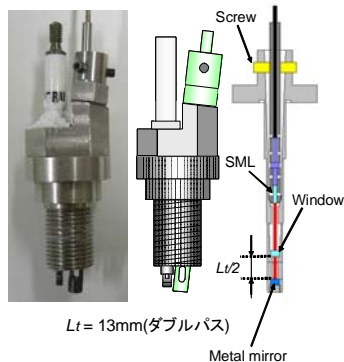
温度～圧力、位相変化の関係式

$$T_i = \frac{2\pi P_i R_G T_{i0} L_i}{2\pi P_{i0} R_G L_i + \psi_i T_{i0} R_0 \lambda}$$

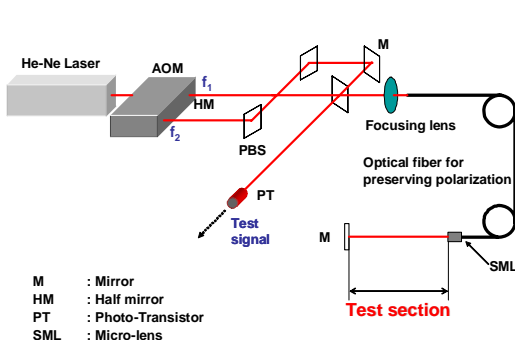


$n$ : Refractive index  $\psi$ : Phase shift  $\lambda$ : Wavelength  
 $\rho$ : Density  $M$ : Molecular weight  $m$ : Weight  
 $T$ : Temperature  $R_G$ : Gladstone-Dale constant  $R_0$ : Gas constant  
 $V$ : volume  $L$ : length of line  $P$ : pressure

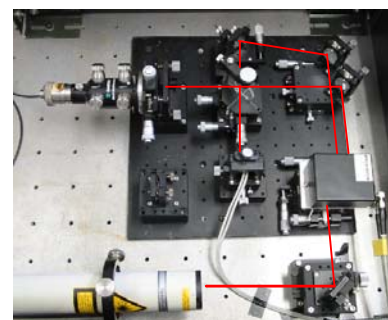
### 開発した温度計測センサ



### 光ファイバを用いたヘテロダイン干渉系



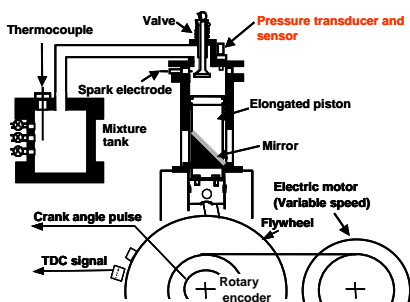
M : Mirror  
 HM : Half mirror  
 PT : Photo-Transistor  
 SML : Micro-lens



Optical setup

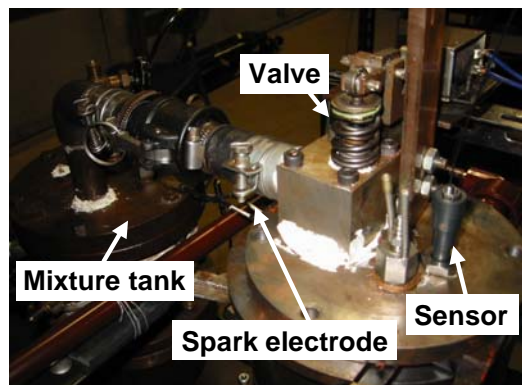
### 試験エンジン

Bore: 78 mm  
 Stroke: 85 mm  
 Compression ratio: 11.2



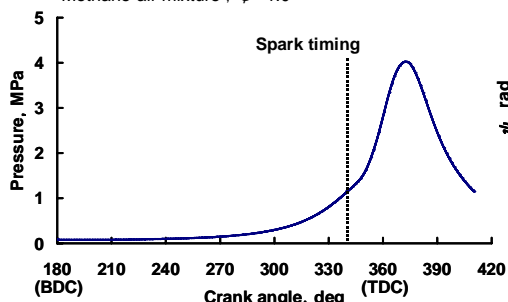
### エンジンの操作

- TDCにピストンを設置し、バルブを開けておく
- 混合気タンクとシリンダに混合希ガスを充填する
- エンジンをモータにより駆動する
- ピストンがBDC付近でバルブを閉じる
- TDC前20°にて点火を行う

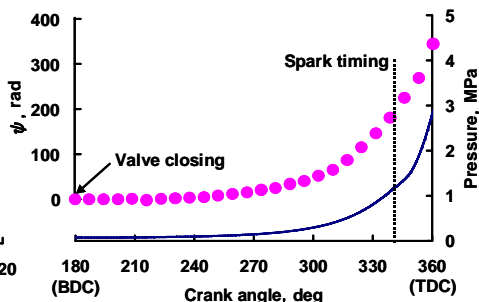


### 試験エンジンによる未燃焼ガス温度計測

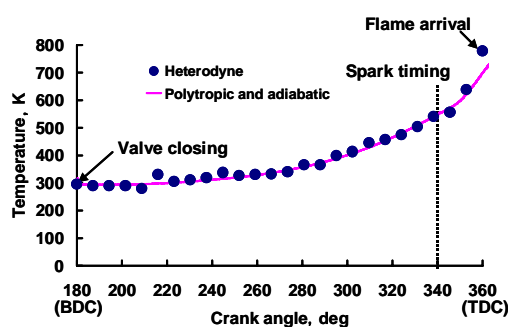
Methane-air mixture,  $\phi = 1.0$



シリンダ内圧力履歴



シリンダ内圧力と位相変化の関係



試験エンジンにおける未燃焼ガス温度変化