



燃焼シミュレーションによるノック抑制機構の解明

燃焼研究室 小島晋爾

A Knock Suppression Mechanism Clarified by Combustion Simulation

Shinji Kojima

1. まえがき

トヨタ自動車は最近、ガソリンエンジンの燃焼室形状に工夫を加え、大幅な出力向上に成功した。この成功の要因は、スキッシュ形状を斜めにしたことによる充填効率の向上と圧縮比の向上(ノック抑制)である。そして、斜めスキッシュ形状(Fig. 1)*のノック抑制機構の解明には、燃焼の数値シミュレーションが大きな役割を果たした。

2. 火炎加速によるノック抑制

未燃部の自着火以前に火炎伝播が完了すればノックは起こらない。そのため、従来は、とにかく火炎伝播を速めればノックは抑制される、と考えられて来た。しかし、今回、自着火反応モデル¹⁾を用いた数値シミュレーションにより、ノック抑制に最適な火炎加速時期が火炎伝播末期(燃焼後半)に存在することが明らかとなった²⁾。(Fig. 2: MBT-KLが小さい程、ノックしにくいエンジンである。)

3. 斜めスキッシュ型燃焼室における火炎加速

燃焼後半の火炎加速によるノック抑制が、斜めスキッシュ型燃焼室で起きていることは、モデル実験火炎観察及び指圧測定によって確かめられた。すなわち、スキッシュ部における火炎伝播速度が従来型形状に比べて大きく、ノック発生有無との間に相関がある(Fig. 3: 火炎伝播速度大ならば、熱発生率すなわち指圧の立上がりは大きい)²⁾。

4. 火炎加速メカニズム

燃焼室内火炎の数値シミュレーション結果に基づき、斜めスキッシュ形状における火炎加速メカニズムは次のように理解される²⁾。

① 膨張行程における逆スキッシュ流(スキッシュ領域内へのガス流)

が、斜めスキッシュ形状の入口で剥離を伴う剪断流となり、強い乱れを生む(Fig. 4)。この乱れが、火炎伝播速度を増大させる。

② 逆スキッシュ流は、スキッシュ部の容積増大(主室より大きな膨張比)による吸い込み作用であるが、火炎帯及び既燃部の発熱・膨張がもたらす火炎前方への押し込みによって強化される。

5. まとめ

斜めスキッシュ形状のノック抑制機構を数値シミュレーションとモデル実験により解明した。その機構の本質は、燃焼後半の火炎加速である。

(*この形状は、既にプリウス、セルシオ、センチュリーなどのエンジンに採用されている。)

参考文献

- 1) 小島晋爾, 勝見則和: "ガス燃料の統一的素反応群モデル", 燃焼の科学と技術, 5(1998), 269
- 2) 小島晋爾, ほか4名: 日本機械学会第75期通常総会講演会講演論文集(III), (1998), 513

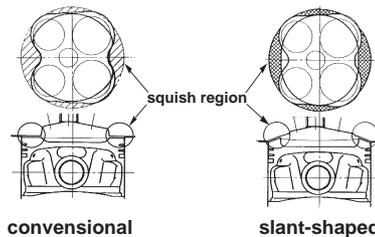


Fig. 1 Conventional and slant-shaped squish chambers.

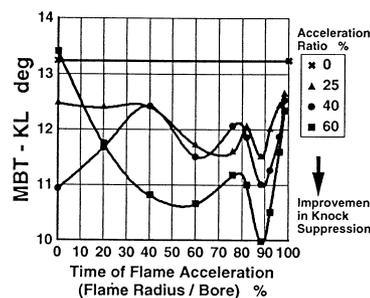


Fig. 2 Difference between MBT and knock limit (KL) (compression ratio of 10, 1600rpm: results of computer simulation).

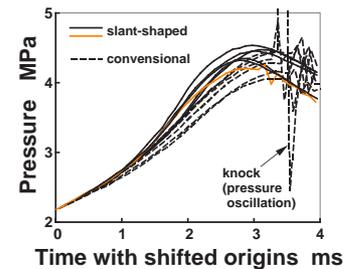


Fig. 3 Pressure rise in the latter half of combustion, which correlates with knock occurrence (experiment).

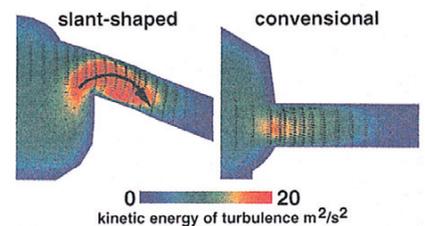


Fig. 4 Flow pattern and turbulence distribution in and about squish region (16 degATDC: results of computer simulation).