

自動車用火花点火エンジンにおける  
ノッキング指標に関する研究

2017 年度

横尾 望

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	横尾 望
主論文題名： 自動車用火花点火エンジンにおけるノッキング指標に関する研究				
(内容の要旨) 地球温暖化に対応するために、自動車の燃費は大幅な低減が求められており、エンジンの熱効率向上が重要である。エンジンの熱効率に影響するノッキングは、燃料の着火特性によって発生時期が決まる。そこでノッキングの発生時期を予測する為には、エンジン諸元や運転条件から燃焼室内の圧力や未燃ガス温度の時間変化を明らかにしておくことや、燃料の化学反応を理解することが重要である。 そこで本研究では、実験と数値シミュレーションによる検討から、燃料の化学反応とノッキングの指標、及びエンジン運転時のノッキングの関係を明らかにして、エンジン運転条件毎に重みのことなるノッキングの指標を化学反応から明確にすることを目的としている。  第1章は序論であり、エンジンと市販ガソリンの変遷、燃料組成とノッキング指標、ノッキング指標とエンジンの異常燃焼に関する既往の研究についてのまとめを行った上で、本研究の目的と構成について述べている。 第2章では、高圧縮比エンジンを用いてノッキング特性について実験を行い、エンジン圧縮比、エンジン回転速度、及び市販ガソリンのノッキング指標である RON の違いが、エンジン燃焼室筒内の圧力と未燃ガス温度の時間変化に対して与える影響を明確にし、ノッキングの発生時期への影響を考察している。 第3章では、第2章で行なったエンジン実験により得られたエンジン燃焼室内の圧力と未燃ガス温度の時間変化、及び、燃料の RON の違いによるノッキング発生時期の変化について、0次元の詳細反応計算を用いて解析し、それぞれの因子が混合気の化学反応に与える影響を明らかにしている。また、詳細反応計算から初期温度を推定することでノッキングの発生時期付近の反応特性について検討を加えている。 第4章では、市販ガソリンのサロゲート燃料と PRF の詳細反応計算の比較から、RON と MON の計測条件で生じている化学反応の違いを考察している。またエンジン実験結果についても同様の計算を行うことで、過給ダウンサイズエンジンのノッキングが同じ RON であれば MON は低いほうが良いという事象に対しても、化学反応での説明を可				

能にしている．さらに市販ガソリンのサロゲート燃料と PRF の着火遅れ時間の  $p$ - $T$  マップを作成して比較をすることで、ノッキングに対する RON 以外の指標が影響する  $p$ - $T$  領域を簡易的に推定している．この  $p$ - $T$  マップを用いることで詳細反応計算の結果をエンジン開発者が活用しやすいツールに変換することが可能となると考える．

第 5 章では、エンジン開発においてノッキングの発生時期の予測に多用される Livengood-Wu 積分を用いる際の課題について、燃焼室筒内の圧力と未燃ガス温度の時間変化、及び着火遅れ時間の特性に着目して検討を行っている．その結果として、Livengood-Wu 積分を用いたノッキング発生時期の予測には、温度の正確な推定と着火遅れ時間の適切な推定が重要であることを明らかにしている．

第 6 章では、全体を総括し、本論文の結論を述べている．

以上の成果は、エンジンのノッキングと燃料の化学反応を結び付けており、将来の燃料の方向性を検討する際に重要な知見と考える．成果の活用により、燃料を活用した高効率エンジンの開発が進み、将来のモビリティ社会がより便利で豊かなものとなることが期待されている．

## Thesis Abstract

No. \_\_\_\_\_

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	Nozomi Yokoo
Thesis Title Study of knocking indicators for automobile spark ignition engines			
Thesis Summary  <p>To correspond to the global warming, enhancing engine thermal efficiency is required to improve fuel consumption of the automobile. Engine thermal efficiency is affected by knocking whose occurrence timing is governed by the ignition characteristics of the fuel. Therefore, in order to estimate knocking occurrence timing, it is important to clarify pressure and unburned gas temperature in the cylinder chamber by using the engine specification and operating condition. It is also important to understand the fuel chemical reaction.</p> <p>In this study, relationship between the fuel chemical reaction characteristics, knocking indicator, and the engine knocking phenomenon is clarified. Then, this study also clarifies the impact of knocking indicators which depend on the engine operating condition from the viewpoint of the chemical reaction consideration.</p> <p>In Chapter 1, this paper summarizes the engine history, market fuel history, and past studies related to the relationship between fuel components and knocking indicators, and the relationship between knocking indicators and the engine abnormal combustion. Then, purpose of this study is clarified.</p> <p>In Chapter 2, experiments with high compression ratio engines are conducted to clarify the knocking characteristics. As a result, the effect of engine compression ratio, engine speed, and fuel RON on pressure and unburned gas temperature's time change in the combustion chamber are clarified. Then, their effects on the knocking occurrence timing are considered.</p> <p>In Chapter 3, the experimental data in Chapter 2 is analyzed by using 0 dimensional detailed chemical reaction calculations. Then, the scrutiny on how those factors, pressure and unburned gas temperature's time change in the combustion chamber effect on the chemical reaction of charge mixtures are clarified. In addition to that, in order to analyze the chemical reaction close to the knocking occurrence timing, initial temperature of the unburned gas is estimated by the detailed chemical reaction calculation. Then, the results with the temperature are discussed.</p> <p>In Chapter 4, from the comparison of detailed reaction calculation of surrogate fuels to express market gasolines and PRFs, the difference of the chemical reaction under RON and MON measurement conditions is considered. With similar comparison of the engine experimental results, it is found that RON and sensitivity (<math>S=RON-MON</math>) is more suitable as knocking indicator to explain knocking for turbocharged downsizing engine than RON.</p>			

In addition to that, from the comparison of the ignition delay time  $p$ - $T$  map of both market gasoline surrogate fuel and PRF, it is simply estimated that the  $p$ - $T$  area where knocking cannot be explained by RON. Using this method, it is possible to exchange the results of detailed reaction calculation to the estimation tool of knocking indicators, which is convenient for engine engineer.

In Chapter 5, the issues of knocking prediction with “Livengood-Wu integral method”, which is often used in the engine development, are studied with consideration of pressure and unburned gas temperature’s time-history and charge mixture’s ignition delay characteristics. It becomes clear that utilization of the suitable ignition delay time and accuracy of estimated temperature are important to improve knocking prediction accuracy.

In Chapter 6, all chapters are summarized and conclusion of this study is described.

Those results enable us to connect the engine knocking and fuel chemical reaction theory and will help to plan the future fuel direction. Then with those results, it is expected to be progressed of the development of high efficiency engine with fuel potential, and mobility society will become more fullness and convenience in the future.