

67 電子制御化ディーゼル機関の運転について

その2 燃料噴射時期と吸排気弁開閉時期制御について

機関動力部

*石村恵以子、高杉 喜雄、菊地 正晃、桑原孫四郎、
西尾 澄人、張 潔、菅 進

1. 緒言

当所では燃料消費率と有害排ガス成分の同時低減を目指し、実験用中型中速4サイクルディーゼル機関の電子制御化を行い燃料噴射時期、吸排気弁開閉時期を変更できるようにした。従来の機関では燃料噴射ポンプあるいは吸排気弁は機械的にクランク軸と同期しているため、制御対象としての各時期の表示は必要ない。しかし、本装置ではコントロールユニットで電気信号が発せられ、燃料噴射ポンプあるいは吸排気弁が作動するまでには時間遅れがある。この時間遅れはほぼ一定であるため、回転速度により各時期は変化する。従って、各時期を目標値へと制御するため、燃料噴射・吸排気弁開閉時期表示システム（以下、表示システム）を構築し、各時期の表示を行った。しかし、この時間遅れは電磁弁作動に起因するバラツキを含むため、各時期の正確な把握が困難であった。今回、時間遅れの変動についての調査と、制御を容易にすることを目的に各時期の平均した表示を行った。同時に、ディーゼルエンジン分析計のデータから、制御を行う上でこの表示が有効であるか検討した。これらは実験機関を円滑に運転する上で必要であると同時に実用化電子制御機関の制御系を構築する上で参考になると考えられるので報告する。

2. 実験装置の概要

実験に使用した機関及び油圧駆動式電子制御装置は文献¹⁾の通りであるが、以下に追加を行う。実用化電子制御機関では自動的に最適燃焼を得るため、燃料噴射時期、吸排気弁開閉時期を指示する機能、そして指示通りに制御する機能が必要と考えられる。これに対し、本装置ではコントロールユニットのテンキーを手動操作し0.5度の精度で各時期の制御を行っている。バラツキに対しては燃料噴射装置シリ

ンダユニット用電磁弁ではディサ制御を行い小さく押さえている。また、表示システムの燃料噴射圧力曲線は燃料噴射ポンプ出口に圧力センサーを設け、その信号を増幅器を介し、ロータリーエンコーダ信号と同期させディスプレイ上に表したものである。

3. 時間遅れの変動について

燃料噴射ポンプあるいは吸排気弁が作動を始めるまでの時間遅れは、雰囲気温度、作動油温度等により変化し、時間遅れの変化は各時期の変動に直結すると考えられる。そこでテンキー位置、各作動油圧を一定として、排気弁開閉時期の変化を舶用特性25%負荷時にて起動直後から約1時間の計測を行った。結果を図1に示すが、縦軸を排気弁開閉時期、横軸を時間経過とし、時間遅れの変化を解りやすくするため10回のデータの移動平均で表示している。また、鎖線で囲った部分はバラツキがある状態での経過を示している。図から解るように起動から定常状態に至るまでには約20分程度かかるが、その差は4度程度である。また、定常状態後も微小な変動を含む

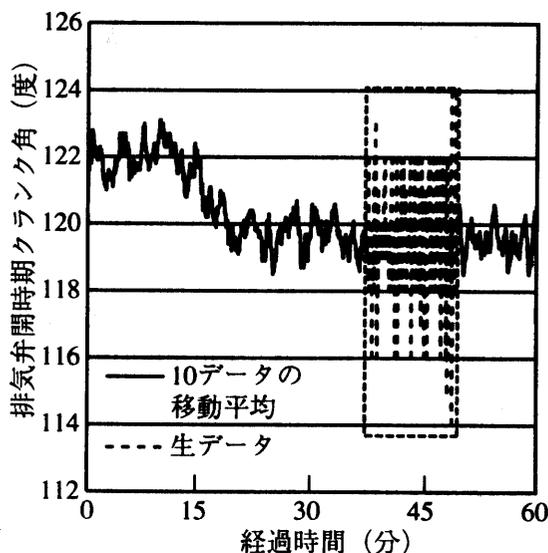


図1. 時間遅れの時間経過による変化

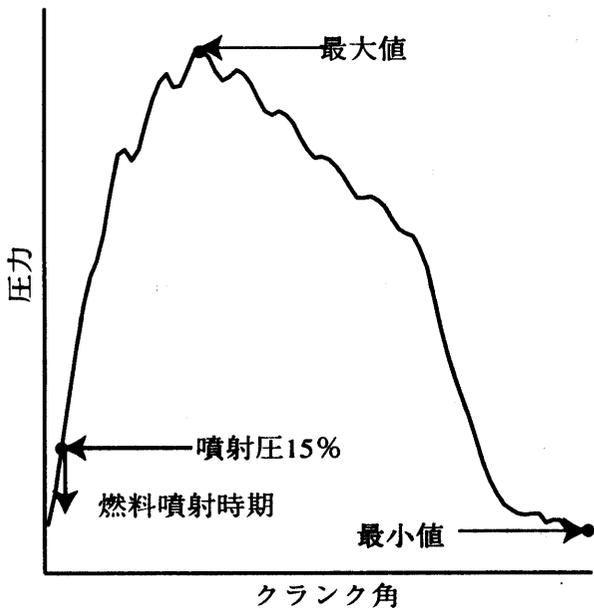


図2. 燃料噴射圧力線図

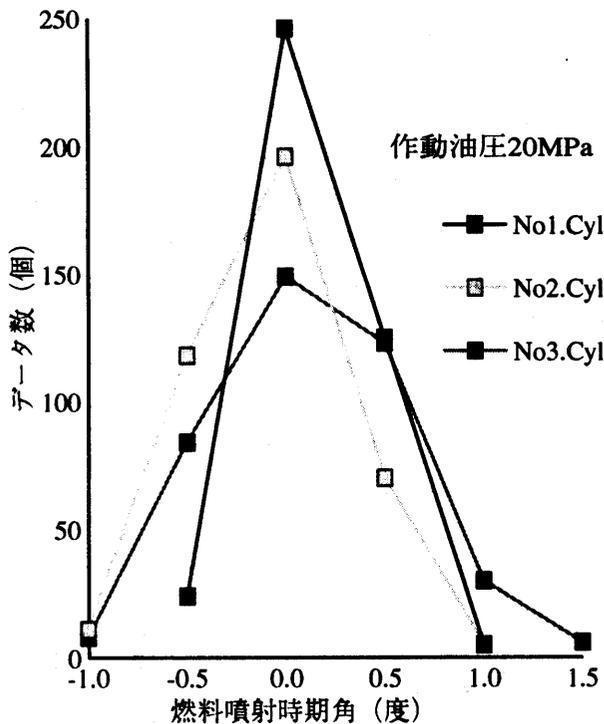


図3. 燃料噴射時期のバラツキ (400点計測)

のが解る。このような変動に対して、現状は安定を待って実験を行っているが、実用化機関では自動的に補正することが必要と考えられる。

4. 平均表示の方法

4. 1. 燃料噴射時期について

燃料噴射時期については図2に示すように表示システムから得られた燃料噴射圧力曲線の15%値が示すクランク角度とした。しかし、一回毎の燃料噴射時期はバラツキのため一定せず、YSK System社製ディーゼルエンジン分析計(以下、分析計)から得られる着火時期との整合が困難であった。この対策として燃料噴射時期を平均して表示すれば着火時期と整合がとれると考え、まず、バラツキの分布を測定した。図3は船用特性50%負荷でのバラツキを示す。図から、各シリンダで違いはあるが、 $\pm 1.0 \sim 1.5$ 度の範囲に全てが収まる事が解る。また、負荷上昇とともにバラツキの範囲は大きくなる傾向にあるが、違いはわずかである。このため、燃料噴射圧力曲線上に現れるノイズの影響を考慮して12回のサンプリングを行い、最高値、最低値を除いた10回の平均を燃料噴射時期として表示した。

4. 2. 吸排気弁開閉時期について

吸排気弁開閉時期については、図4に示す揚程曲線から開閉時期を求めていた。しかし、バラツキのため、更に、この曲線は押棒の横揺れ、タペットクリアランス等の影響を含むため、目測結果は一定せず、開閉時期の設定が困難であった。この対策として、燃料噴射時期と同様、平均化を試みた。まず、個々の揚程曲線形状は比較的安定していることに注目して、各弁開閉中の中間点が示すクランク角度からバラツキを調査した。図5に船用特性50%負荷での、排気弁開閉動作時中間点のバラツキを示す。図から排気弁開時期で ± 4 度の範囲に全てが収まる事が解る。従って、各中間点について燃料噴射時期と同様の方法で平均し、予め求めた補正值を加減して開閉時期とした。

5. 平均した各時期の有効性について

5. 1. 燃料噴射時期について

平均した燃料噴射時期を基にテンキー操作を行うと、操作に応じた変化を示す。しかし、電子制御化の目的の一つは負荷あるいは回転数に応じ、適切な着火時期を得ることにある。ここでは各負荷における着火時期と着火遅れの関係を調査した。なお、着火

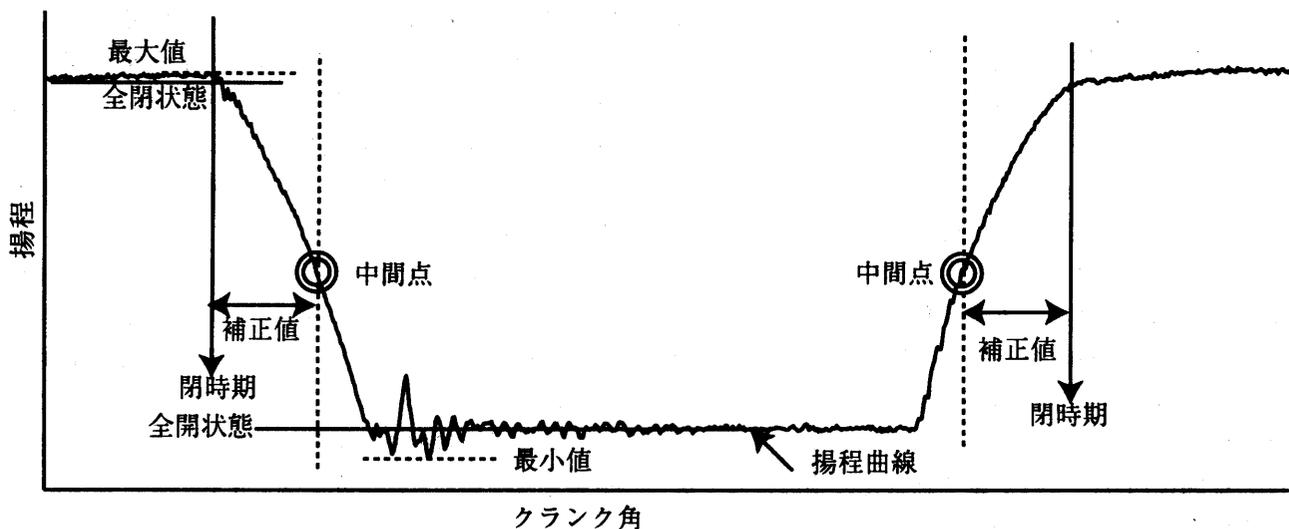


図4. 吸排気弁揚程線図

時期は分析計から得たものであり、着火遅れは平均した燃料噴射時期と着火時期の差とした。図6に結果を示すが、各シリンダで多少の相違はあるが、着火遅れは燃料噴射時期に応じて同じ傾向で変化している。テンキーの操作が0.5度単位で行われることからすれば、この相違は運転上、誤差と見ることができ。換言すれば、平均した燃料噴射時期と着火遅れのデータ

からテンキー操作を行い、希望する着火時期を容易に求めることが可能である。

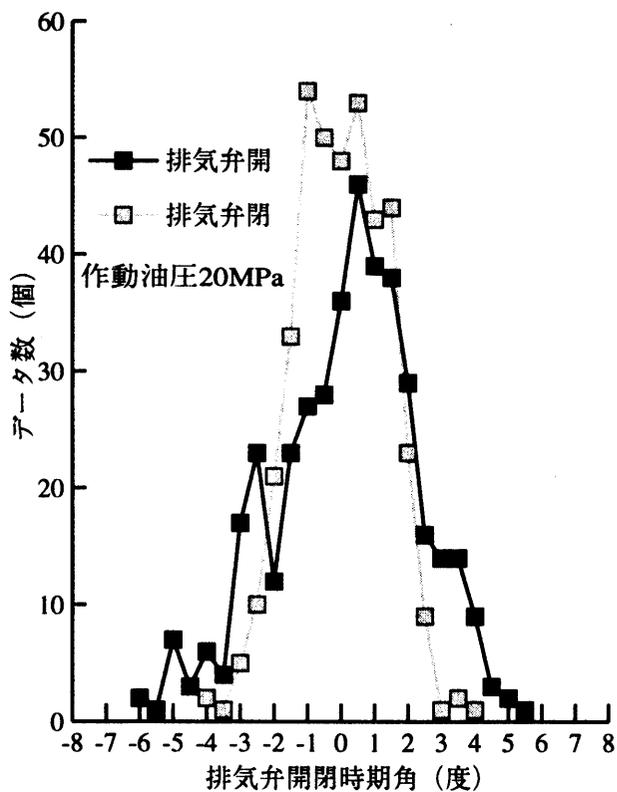


図5. 排気弁開閉時期のバラツキ (400点計測)

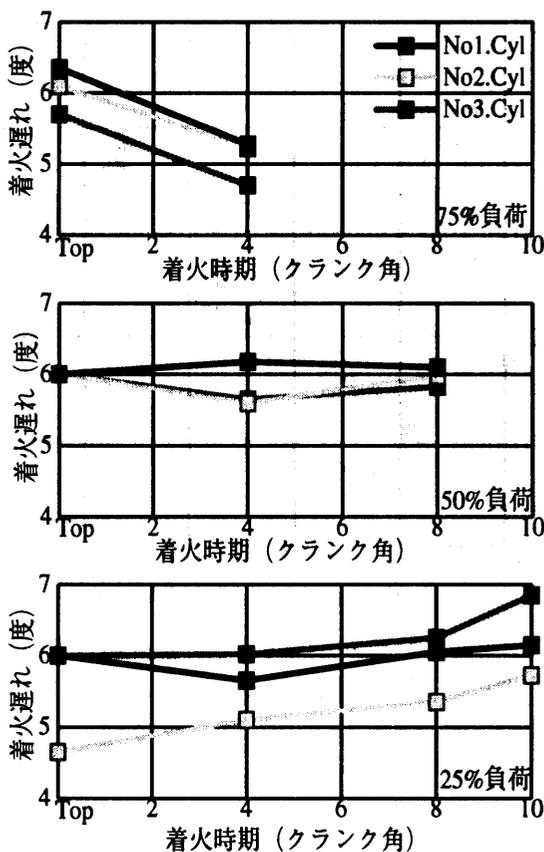


図6. 船用特性各負荷における着火遅れ

5. 2. 平均した吸排気弁開閉時期の有効性について

平均した各弁の開閉時期を基にテンキー操作を行うと、それに応じた変化があるが、平均した開閉時期はあくまでも表示であり、実際の開閉時期と一致しているとは限らない。ここでは分析計から得た排気弁開閉時期を実際の開閉時期として、平均した開閉時期との比較を行った。図7に縦軸に分析計から得た排気弁開閉時期、横軸に平均した開閉時期を取り両者の関係を示した。同時に、カム駆動時の排気弁開閉時期を参考として、縦軸に分析計から得た値、横軸に取扱説明上の値を示すが、両者の差は17.5度であった。今回は両者の差は4度のももあるが、多くは1~2度の範囲にあり、これが電子制御化の特徴として挙げられる。実験では吸排気弁開閉時期変更を10度単位で行うため、この程度の差であれば指標としての役割を果せるものと考えられる。因みに、両者の関係から適正な補正值の選定、あるいは中間点の取り方の変更等により更に差は小さくなる考えられる。

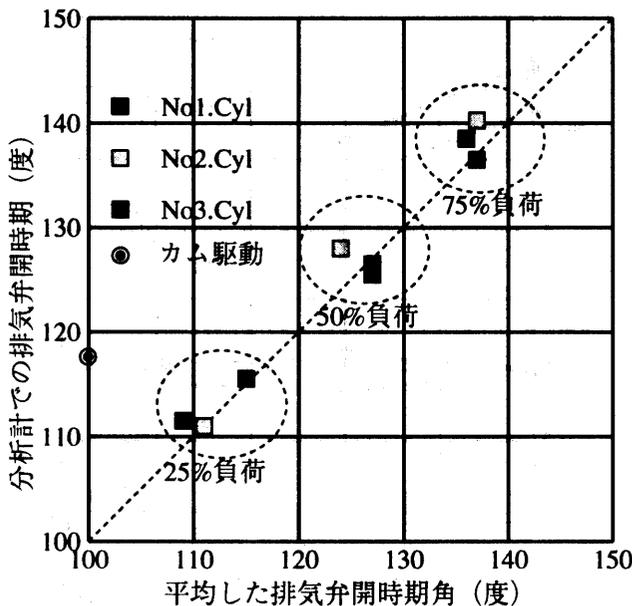


図7. 平均した排気弁開閉時期と分析計から求めた開閉時期の関係

6. 結語

排気弁が作動するまでの時間遅れは時間経過と共に変化し、定常状態までに4度程度の変化があった。表示システムを使って得られたバラツキは燃料噴

射時期で±1.0~1.5度、吸排気弁開閉時期で±4.0~6.0度程度である。以上をふまえ、各時期の平均を行った結果、平均した燃料噴射時期と着火遅れから容易に希望する着火時期を得られるようになった。また、平均した排気弁開閉時期は運転の指標として使用できることが解った。

以上の結果を得たが、平均した表示により、実験は迅速に行われるようになった。しかし、バラツキ自体が無くなった訳ではなく、機関の信頼性確保のためには極力少なくする必要がある。また、バラツキが燃料消費率あるいは有害排ガス物質に与える影響等についても調査が必要と考える。

参考文献

- 1)電子制御化ディーゼル機関の運転 その1 吸排気弁開閉時期の設定について、高杉喜雄他、第64回マリンエンジニアリング学術講演会学術論文集
- 2)電子制御式燃料噴射装置について、石村恵以子他、第63回マリンエンジニアリング学術講演会学術論文集
- 3)油圧駆動電子制御システムによるエンジン性能の向上 その1 油圧作動式燃料噴射、給排気弁駆動機構、佐藤修一他、Journal of the M.I.S.I. Vol.26, No.6