

開発期間短縮を実現する燃費分析ツールの開発

金 チャドル* 李 善潑* 林 宰碩* 韓 昇燁*
金 槿洙* 李 在祥** 許 亨範**

抄 録

近年，社会からの環境ニーズのみならず，お客様である車両メーカーからも短期開発のニーズ及び開発費の削減ニーズが益々増えている．今回，開発した新しい燃費分析ツールで分析から仕様決定までのリードタイムを短縮させることを実現した．その結果，目標燃費を達成することと燃費実験の実施回数を削減することが可能となり，環境への貢献だけではなく，車両メーカーからのニーズにも応えることが出来た．本稿では，その燃費分析ツールの開発内容について紹介する．

1. はじめに

近年，社会からの環境ニーズとして CO₂ 排出量の低減要求が益々増えている．トランスミッション（以下 TM）の開発も燃費向上のために対策アイテムの発掘，及び提案することで，環境ニーズに貢献している．

一方，お客様である車両メーカーからも短期開発及び開発費削減のニーズがあるため，社会からの環境ニーズと併せて応える必要がある．

今回，その課題に対し，燃費波形分析から仕様決定までのリードタイムを短縮させる方策として燃費分析ツールを開発することとした．その結果，より短期間で燃費向上に貢献する仕様提案が出来た（Fig. 1）．また，実験実施数を減らすことで開発費の削減にも貢献出来た．本稿では，その燃費分析ツールの開発内容について紹介する．

2. 課題と改善の切り口

ジャトコでは Systems Engineering（以下 SE）の一つである V プロセスの概念を取り入れ，TM の開発を進めて来た．V プロセスの左側は設計を行うフェーズであり，右側は検証を行うフェーズである．

この V プロセスでの課題は以下である．

・設計フェーズ

車両燃費要求達成のために TM 達成方策を設計検討し，TM のハードウェア仕様とソフトウェア仕様に繋ぐ必要がある．

- 1) 設計するために，選定した車両，エンジン，TM の諸元を車両メーカーと事前すり合わせが必要である．
- 2) 燃費シミュレーションの精度を確保する必要がある．

・検証適合フェーズ

設計意図通りの燃費向上が成されていなかった場合は，早期，かつ，的確な原因分析を実行し，設計パラメータへのフィードバックが必要である．

- 1) 設計意図以外の挙動有無，及び，実験スタンバイ条件と設計時前提諸元との差異を，抜け漏れなく，実験波形から分析し，より短期間で対策仕様検討に繋ぐ．
- 2) 燃費性能を決める TM の適合パラメータは，運転性，音振性能，信頼性とトレードオフになるパラメータが多く，適合パラメータを変更する時は，トレードオフを考慮した対策仕様の提示

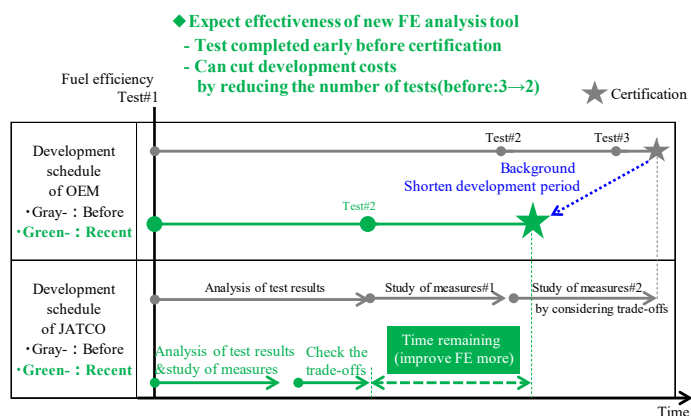


Fig. 1 Previous and recent development schedule

が必要である (Fig. 2).

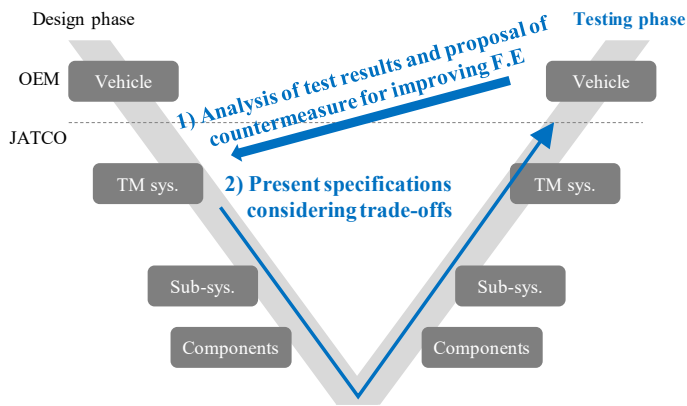


Fig. 2 Issues and V-process

今回は検証適合フェーズでの改善に焦点をおき、担当者が行っている検討行為を整理し、燃費実測波形の分析、及び、適合パラメータの燃費への寄与度分析を燃費分析ツールで自動化することとした。

3. 改善のポイント

3.1 燃費分析ツールに必要な機能の定義

燃費分析ツールの目的は以下の三点である。

- 1) 分析の質が人によって変わることが無いようにする。
- 2) 分析した結果を自動で見える化し、車両メーカーと効果的にすり合わせを実施のうえ、早期対策仕様を決定する。
- 3) これまで検討に時間がかかっている工程を短縮させる。

上記の目的を達成させる為に下記の視点で整理した。

- 1) 担当者の作業レベルでの開発行為をプロセスフロー (Fig. 3) で整理し、燃費分析ツールに必要な機能を検討する。

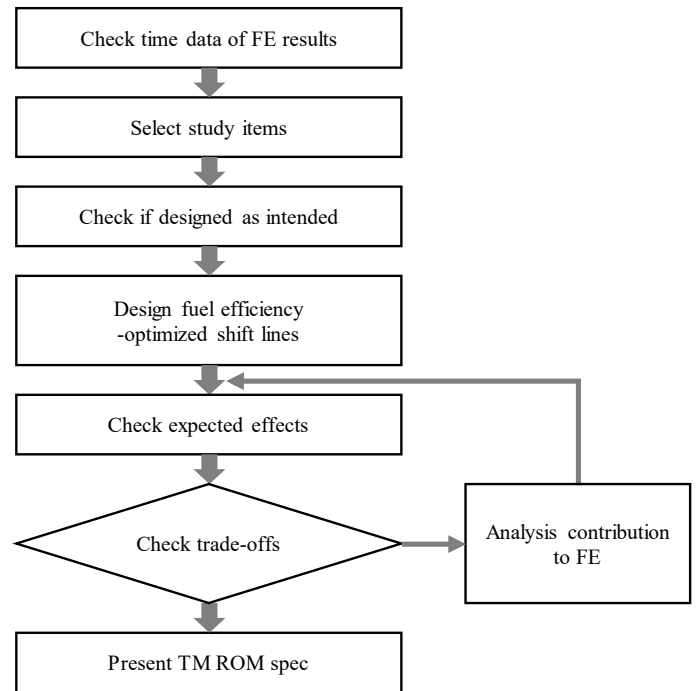


Fig. 3 Previous process flow

- 2) TM の燃費影響因子を整理し (Fig. 4), 各影響因子の項目について定量的に分析出来るようにする。

Not enough fuel efficiency	High engine energy loss	High fuel consumption during idling	High idling rpm
		Not enough time of coasting or fuel cut-off	High vehicle speed at lockup release
		Not enough trackability of optimum efficiency line	Not enough shifting performance
			Not enough engine torque
	High TM energy loss	High launching loss	High vehicle speed at lockup engagement
		High mechanical loss	High oil pressure
		High inertia loss	High TM inertia
		High shifting loss	High rpm use in shift schedule
	High wheel axle energy	High vehicle inertia	
		High road load	
	Not enough trackability of vehicle speed in FF mode		

Fig. 4 Factors influencing fuel efficiency

3) これまでの経験から、車両メーカーとのすり合わせ上、使用頻度の高いグラフ、表を自動作成出来るようにする。

必要な機能を要求 (Requirement)- 機能 (Function)- 手段 (Logic)(以下 RFL) で整理することで、今回開発する燃費分析ツールの構成、構造が完成出来た (Table 1)。

Table 1 Requirements and functional methods

Requirement	Function1	Function2
No change in analysis quality among employees	Compare design intent and test results	Check the intention of shift schedule
		Check the intention of lockup engagement
		Check the intention of sub-gear schedule
	Energy analysis in test results	Analysis of engine energy loss
		Analysis of transmission energy loss
Analysis of transmission output energy		
	Compare with F.E optimized shift schedule	
Decide the specifications for early contermesasures	Analysis of contribution to FE	Check the frequency of time use in test Check the frequency of energy use in test
Shorten the time of studying test results	Arrangement of study specifications	Select specifications of vehicle and TM Import control constant from ROM file
	Arrangement of test results	Automatically convert to proper format
		Match the time of test results
		Match the name of label
	Accumulate analysis results for experience	Save analysis results

3.2 燃費分析ツールの作成

燃費波形分析から改善仕様提案までのリードタイムを短縮し、誰もが分析から仕様提案までの工程を漏れなく検討出来るようにした。更に、必要機能全てを一つのツールにまとめた (Fig. 5)。

・リードタイムの短縮

- 1) 波形を入力するだけで燃費測定が始まるゼロ点を自動的に探せるようにした (Fig. 6)。
- 2) データサーバと連携することで TM の ROM 仕様を読む時間や相場実績を確認する時間を削減した。

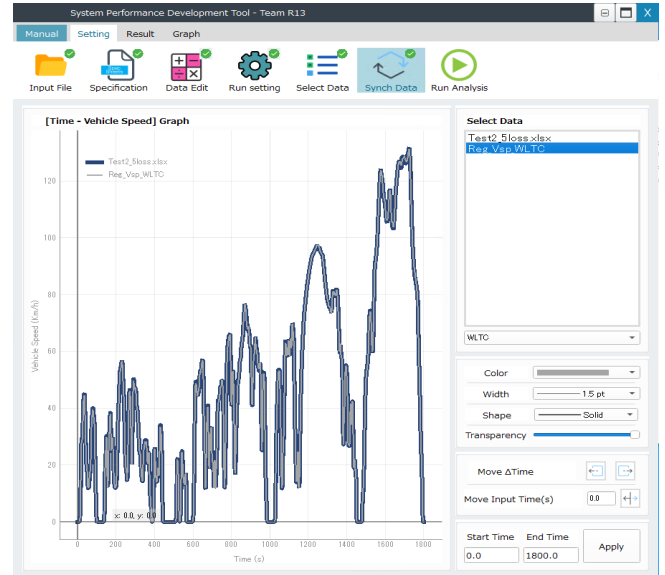


Fig. 6 Function to match the time of test results

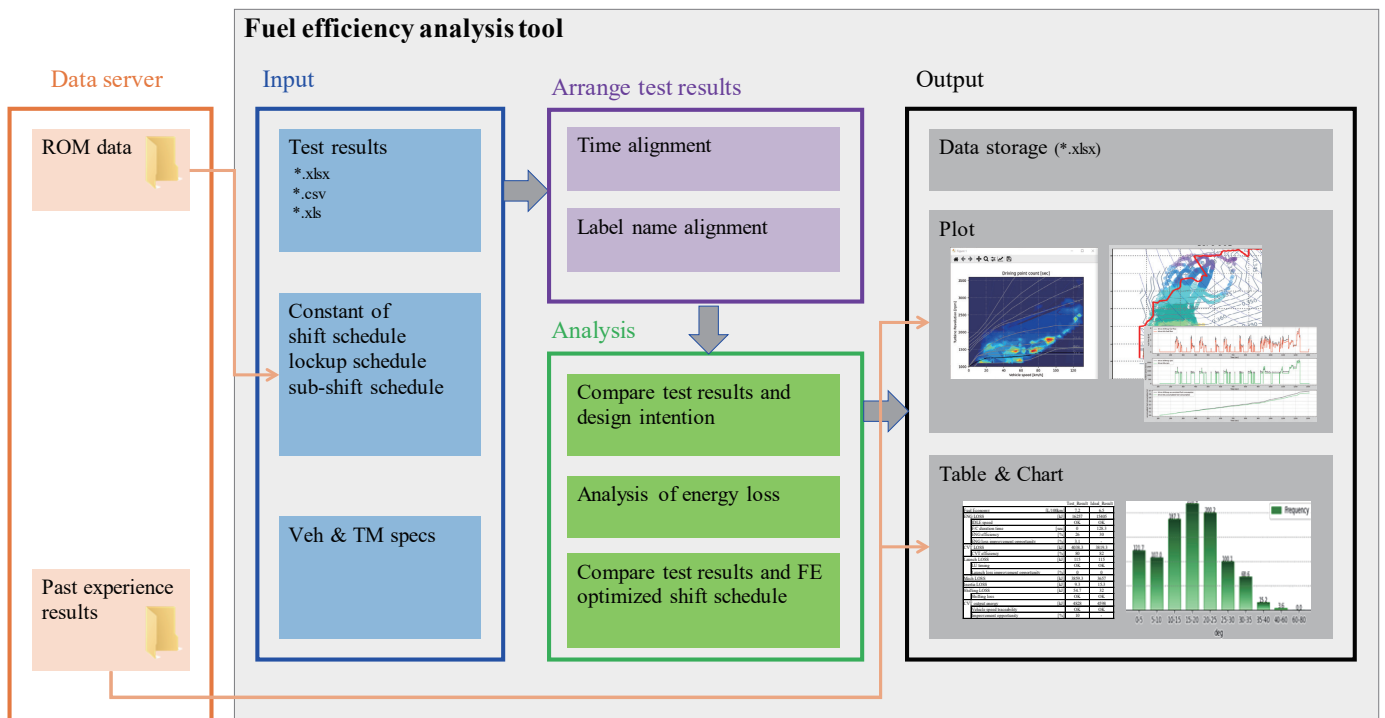


Fig. 5 Flowchart of inputs & outputs

・誰でも分析の質が従来と同等以上になる

1) ユーザインターフェースを作成し、誰でも簡単な操作だけで燃費分析が行われるツールが開発出来た。

一つのユーザインターフェースで諸元の入力と簡単な操作だけで燃費分析が行われるツールが開発出来た (Fig. 7)。

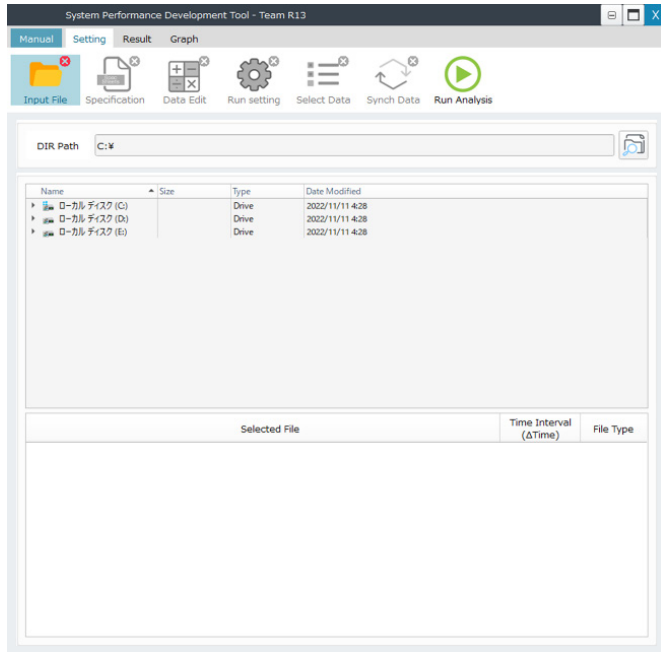


Fig. 7 Main interface display of new fuel efficiency analysis tool

3.3 TMの燃費影響因子の自動分析機能

TMの燃費影響因子を分類すると、大きく

- (1) メカニカルロス
- (2) 変速ロス
- (3) 発進ロス
- (4) イナーシャロス

である。燃費波形から上記4つの影響因子を定量的に計算し、設計計画値との比較、相場比較を実施のうえ、燃費目標未達に寄与している因子を特定出来るようにする必要がある。また、未達になっている因子が狙い値になっていない場合は、その要因を特定出来るようにする必要がある。

そのため、下記の1)～4)を対応することで自動分析機能を実装した。

- 1) 燃費波形を入力することで(1)～(4)の燃費影響因子ロスが計算出来るようにした。
- 2) ROMから読み込んだ変速線及びロックアップ締結の値を自動計算し、実測値と設計意図の値を比較出来る機能を実装した。
- 3) 過去実績の結果をデータサーバから読み込んで、燃費波形から(1)～(4)の燃費影響因子ロスの相場比較が出来るようにした。
- 4) 各ロスが設計計画値とずれている場合は、その要因分析が出来る機能を実装した (Table 2). 例) 変速線、ロックアップ機構の締結領域

Table 2 Results of energy loss analysis

		Test result	Ideal result
Fuel efficiency	[L/100km]	7.2	6.5
Engine loss	[kJ]	16257	15405
Idle speed		OK	OK
Fuel cut-off duration time	[sec]	0	128.3
Engine efficiency	[%]	26	30
Engine loss improvement opportunity	[%]	3.1	-
CVT loss	[kJ]	4038.3	3819.3
CVT efficiency	[%]	80	82
Launch loss	[kJ]	115	115
Lockup timing		OK	OK
Launch loss improvement opportunity	[%]	0	0
Mech loss	[kJ]	3859.3	3657
Inertia loss	[kJ]	9.3	15.3
Shifting loss	[kJ]	54.7	32
Shifting loss		OK	OK
CVT output energy	[kJ]	4828	4598
Vehicle speed traceability		OK	OK
Improvement opportunity	[%]	10	-

TMの燃費影響因子を網羅的に自動で分析出来るようにした。従って、誰でも抜け漏れなく、より短時間で燃費目標未達に寄与している因子が特定可能となった。

3.4 使用頻度の高いグラフの自動見える化

分析した結果を基に対策仕様を早期立案するためには、仕様変更に伴うトレードオフを考慮した仕様決定が必要となる。その為、関係部署、及び車両メーカーとのすり合わせが必要である。検証適合フェーズで変更頻度の高いパラメータを優先的にすり合わせする為の見える化機能を実装した。

- 変速適合

- 1) 変速線上に燃費モード走行比率，燃費消費比率をコンタ図でプロット出来るようにした (Fig. 8).

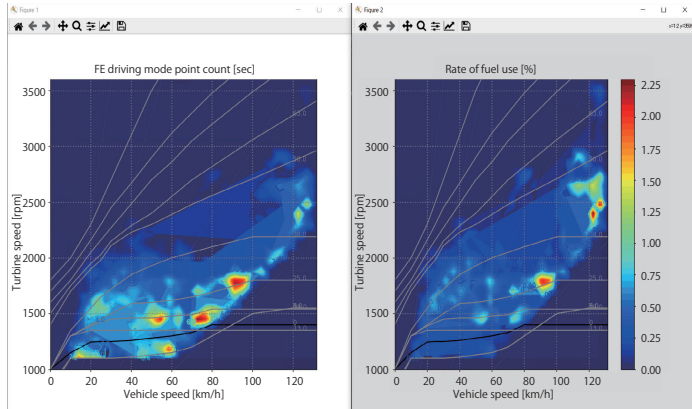


Fig. 8 Contours of proportion of FE driving mode and fuel use in shift schedule

- 2) タイムチャートで設計予測の回転と実測の回転を重ね書きし，設計予測とずれている箇所をハイライトする機能を実装した (Fig. 9).
- 3) 燃費として理想的な回転と実測した回転をタイムチャートで重ね書きし，理想値とずれている箇所をハイライト，かつ，理想値に近づけることでどれぐらいの燃費改善が見込めるのかを自動計算する機能を実装した (Fig. 10).

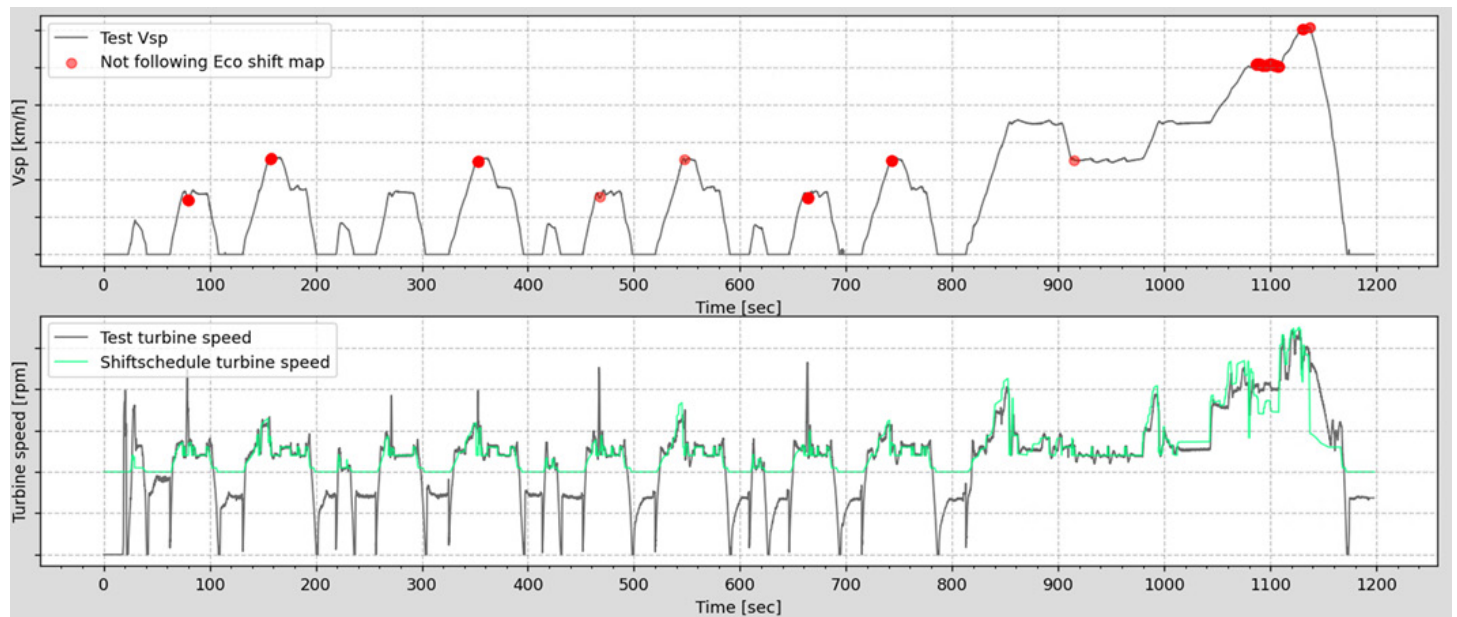


Fig. 9 Function to check the intention of shift schedule

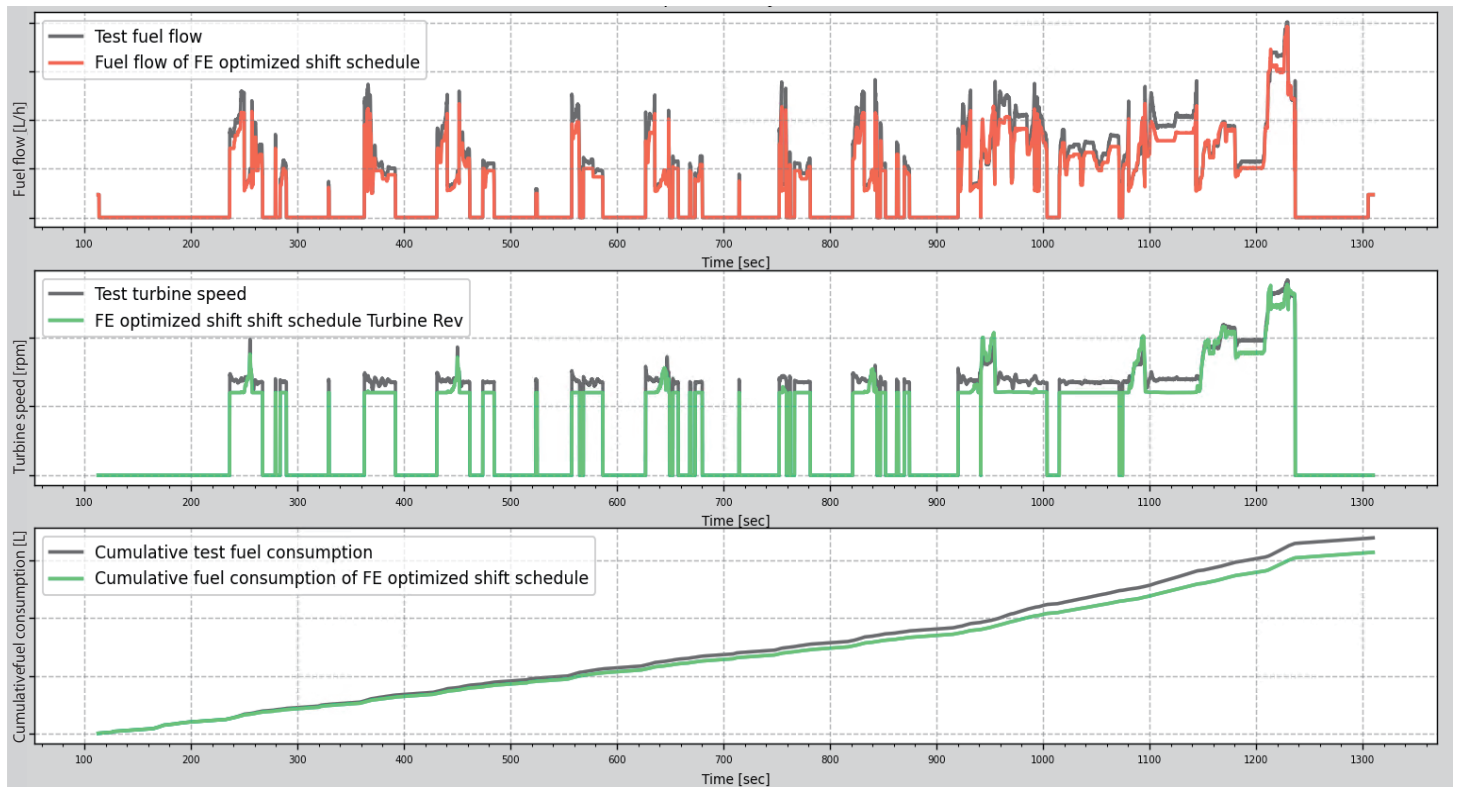


Fig. 10 Function to compare test results and FE optimized shift schedule

- ロックアップ適合

- 1) タイムチャート上で、設計意図と実測のロックアップ締結領域を重ね書きし、意図通りでない動きがある箇所をハイライトする機能を実装した (Fig. 11).

使用頻度の高いグラフを自動的に可視化することで、燃費への影響度が大きい領域と優先度が高い領域が判別できるようになった。また、意図通りでない動きがある領域について、詳細要因分析が必要な部分を絞り込み、効率的に検討出来るようにした。

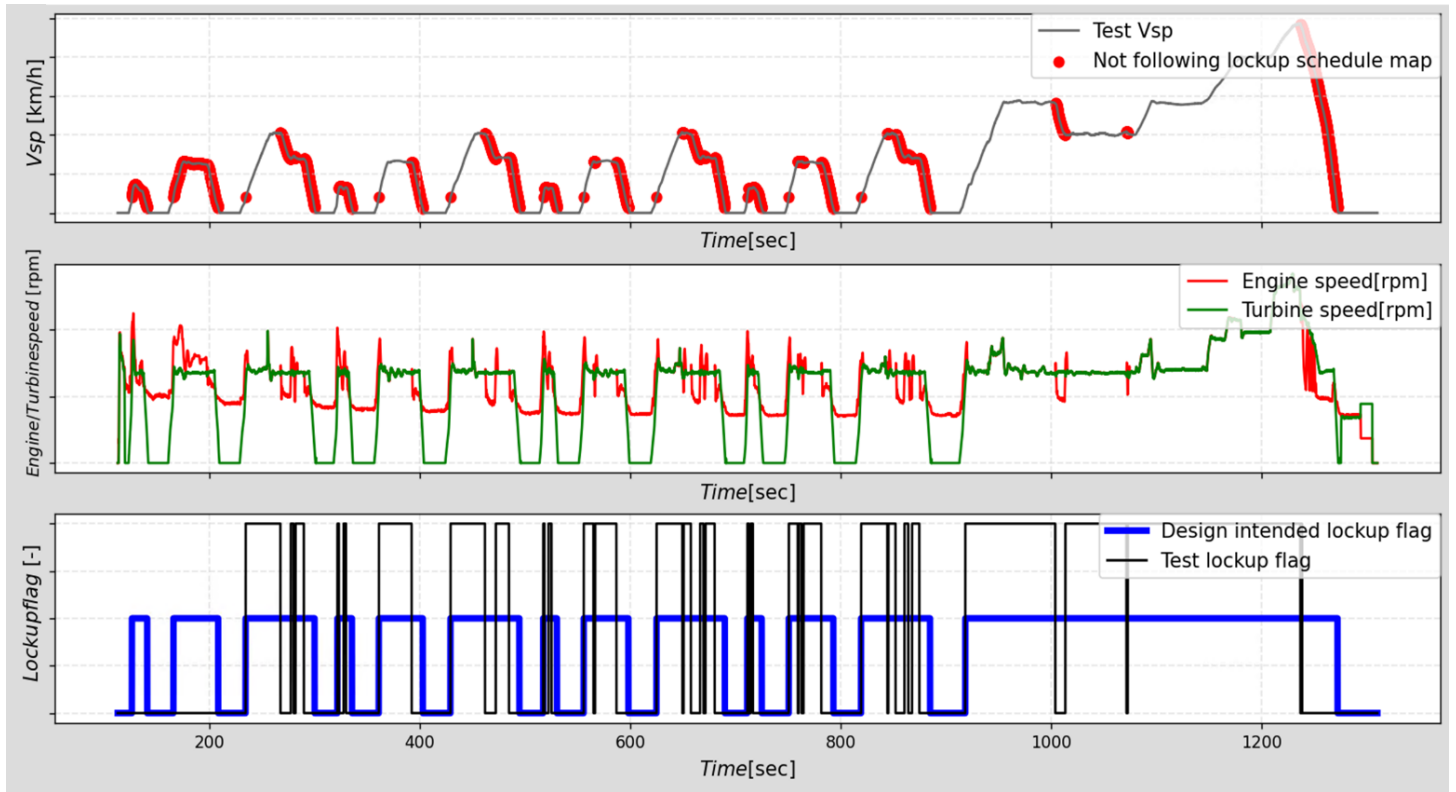


Fig. 11 Function to check the intention of lockup engagement

4. まとめ

開発した燃費分析ツールを使うことで作業工程のリードタイムが 60% 効率化でき、波形分析と方策を検討する時間を削減した (Fig. 12)。また、本ツールを使うことで、短期間で目標燃費を達成することが

出来た。目標燃費達成までの実験実施数を削減出来たことで、燃費認証までの残り時間を有効に活用し、更なる燃費改善アイテムを発掘することも可能となった。更に、開発中に発生したトレードオフ時にも、燃費への影響有無がすぐ確認出来るため、燃費認証に向かう仕様の調整がスムーズに進むようになった。

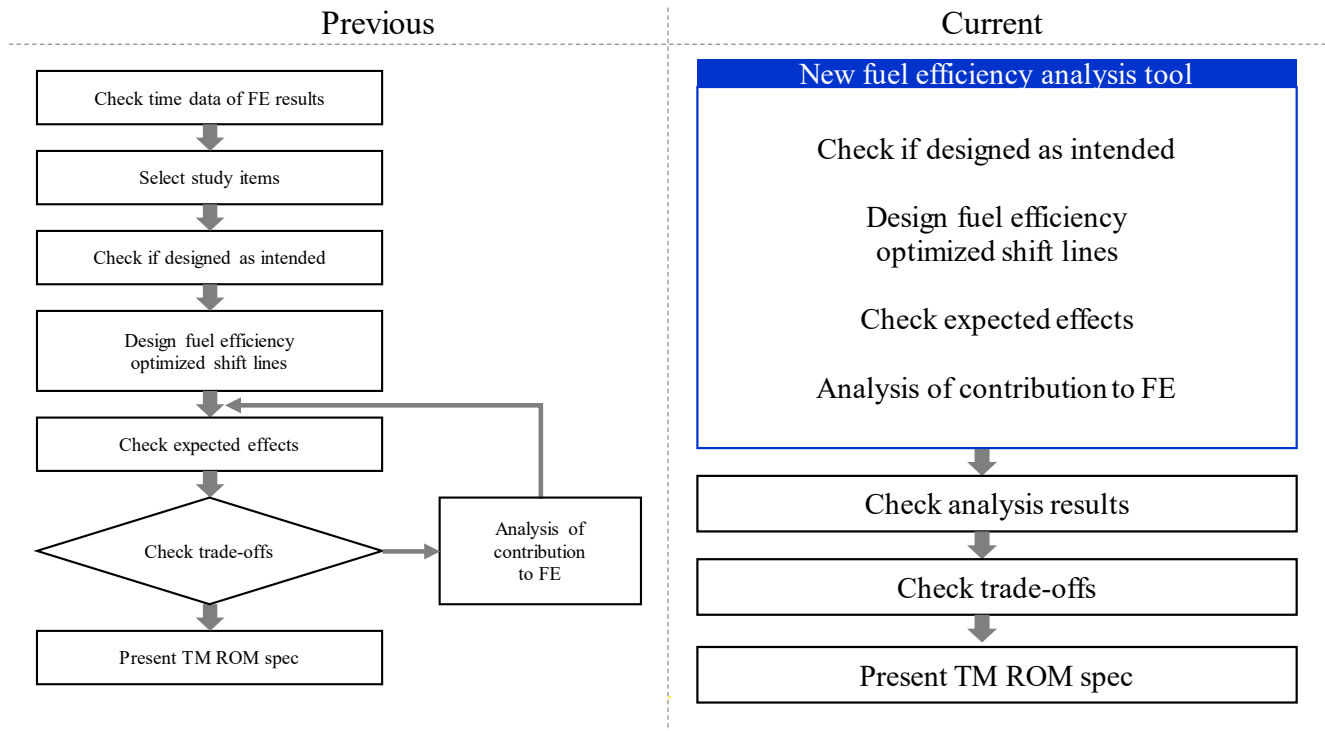
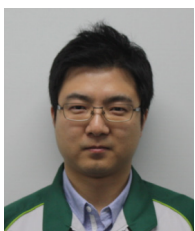


Fig. 12 Previous and current process flow

■ 著者 ■



金 チャドル



李 善潁



林 宰碩



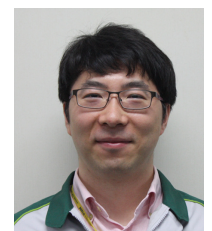
韓 昇燁



金 槿洙



李 在祥



許 亨範