



Jatco

**JATCO
TECHNICAL
REVIEW**

No.22

目次

巻頭言

世界の変化とパーパス経営	1
	佐藤 朋由

技術報告

高効率ワイドレンジ新型CVTの開発	3
	鈴木 真悟 豊原 耕平 小栗 慎 松村 将矢
遊星歯車機構を用いた小型高効率1軸e-Axleの低コスト潤滑システムの開発	9
	長田 知大
基幹モデルプロセスによる運転性開発の効率化	14
	相澤 淳也 河住 拓郎 杉山 光史朗
開発期間短縮を実現する燃費分析ツールの開発	19
	金 チャドル 李 善潁 林 宰碩 韓 昇燁 金 槿洙 李 在祥 許 亨範
自動車用トランスミッション歯車の小型化を実現する非対称歯元形状の実用化	27
	深野木 邦彦 松尾 浩司 鈴木 義友
2種類の生物からヒントを得たクラッチテクスチャ技術 着想・設計・量産工法まで	32
	松尾 道憲

製造現場データのデジタル化推進と設備総合効率向上を支えるプラットフォームの構築 …	37
廣崎 誠	
熱処理治具の脱着作業自動化技術の開発 ……………	42
古谷 優	
CVT用プーリ コロ溝加工における加工開始溝の位置検出条件構築による黒皮残り対策 …	48
濱口 直紀 小谷 一貴	
中川 匡弘 山本 岳史	
平田 誠	
車両発生音解析アプリケーションの開発 ……………	53
齊藤 智 遠藤 斉	
AIを用いた金属組織判定 ……………	57
鈴木 智也	
DX推進：調達見積プロセスにおける電子化 ……………	61
井上 誠 宮本 悠平	
押見 淳一 小林 美恵子	

商品紹介

日産自動車向けキャラバン用7速AT JR711Eの紹介 66

日産自動車向けフェアレディZ用9速AT JR913Eの紹介 67

Renault向けAustral用 Jatco CVT-X (JF022E)の紹介 68

广汽三菱自動車向けOutlander用Jatco CVT-X(JF022E)の紹介 69

日産自動車向けセレナ用Jatco CVT8(JF016E)の紹介 70

特許紹介

自動変速機 71



世界の変化とパーパス経営

代表取締役社長 兼 CEO 佐藤 朋由

近年、世界の変化の速度が速くなっていると感じているのは私だけだろうか？

コロナ禍前から、地球温暖化問題を発端に、気候変動枠組条約締約国会議 (COP) で CO₂ 排出削減が論議され、今や先進国毎に色々な思惑を孕みながら各国独自の規制が導入されています。加えて、サステナビリティへの意識が高まり、SDGs に代表される差別や貧困、人権問題にまで踏み込んだ企業統治が要求される世の中になりつつあります。そんな歴史的変化の中で、新型コロナウイルス感染症が拡大しました。それを引き金に進んだリモートの世界は、IT の進化を加速しバーチャルな世界へ人々を誘い、自宅に居ながら生活のすべてを実現したことで産業構造まで変えたように感じています。半導体不足はそんな産業構造の変遷の中で起こりました。さらに、驚くべきロシアのウクライナ侵攻は当初の予想に反して長期化し、エネルギーや穀物等の資源問題まで引き起こして世界中のインフレを誘発しています。VUCA の時代と言われて久しいですが、最近では短期間に様々な激しい変化が起こり、時間までが巻き込まれて将来が見通し難しくなっているように感じます。

社長となったこの一年間、今後の企業はどう生き残ればよいのか、と自問自答する日々が続いています。明確な未来は見えなくても、行くべき方向は見えるのではないかと？ 変化が速ければ、変化についていく体力・組織力を身に付ければ良いのではないかと？ むしろ自ら変化を起こしてしまった方が楽ではないかと。

このような背景の中で、ジヤトコは今年度企業理念を見直し、新たに「技術と情熱でモビリティの可能性を拓ける」というパーパスを、企業理念の大きな柱として掲げました。予測不能な航海の先行を示す羅針盤として。また、変化を感じ変化を創り出すための拠り所として。速い変化の波に翻弄されることなく、向かうべき方向を見失わずに進むために、ジヤトコが社会に存在し貢献する意味を明確にすることで、社外の皆さまにジヤトコの価値をより理解していただけるように、また従業員が自社や自らの仕事に誇りを持てるように、そして何より変化の前に立ち自ら変化を起こすことを目指して、

このパーパスを掲げたのです。

ジャトコテクニカルレビューは、今号で第 22 巻となります。技術は我々の誇りとする大事な競争力の源泉ですが、当社も従来の AT/CVT 技術に加え電動化技術や DX へと、その技術の範囲を拡げつつあります。このジャトコテクニカルレビューも、「モビリティの可能性を拡げる」技術を取り上げていきますので、読者の皆さまにもその変化を感じていただければと思います。

世の中の、歴史の大きな流れは簡単には変えられません。しかしその流れを理解することはできます。流れに抗わず、理解し、情熱をもって新しい技術を追求め、その技術で新しいモビリティの世界の実現に貢献する。

「技術と情熱でモビリティの可能性を拡げる」というパーパスのもと、ジャトコは変化を起こし続けていきます。

高効率ワイドレンジ新型CVTの開発

鈴木 真悟* 豊原 耕平** 小栗 慎*** 松村 将矢****

抄 録

継続的な環境対応で電動化への過渡期の今、CVT には高効率化、ワイドレンジ化が求められている。

ジャトコはトルクコンバータ、チェーン、コントロールバルブなど従来技術を進化させると同時に、高出力電動オイルポンプを併用する Twin Oil Pump システムを採用して高効率の CVT を開発した。

1. はじめに

カーボンニュートラル実現に向け電動化シフトが加速している。しかし、内燃機関を持たない電動車両が世界中で普及するには、インフラ面などで克服すべき課題がまだまだ多く、内燃機関の車両もしくはは主流である為、その効率向上は必要不可欠である。本稿では、ダウンサイジングターボエンジン(以下 DST) との高い親和性を持つワイドレンジで且つ高効率な Jatco CVT-X(以下 CVT-X) の採用技術について紹介する。

2. CVT-X 概要

2.1 開発のコンセプト

世界的な環境対応として各社自然吸気エンジンから DST への変化が起きている。この DST の過給前発進レスポンス向上及び、巡航走行時の低回転化を実現させる為、プーリのレシオカバレッジを 8.2 とし、燃費向上の為、伝達効率の高いチェーン式のトルク伝達機構を採用した。更には、様々なフリクション低減アイテムの採用と共に、電動オイルポンプ(以下 ELOP) を併用する Twin Oil Pump system とする事でメカニカルオイルポンプ(以下 MOP) を小型化しメカロスを低減する。

2.2 諸元・主要技術

CVT-X 及び前型 Jatco CVT8(以下 CVT8) の主要諸元を Table 1 に示す。CVT-X は Fig. 1 の通り、副変速機等を持たないスタンダードな機構であり、トルクコンバータ、前後進クラッチ、遊星ギヤ、プーリ、チェーン、2 段減速ギヤ対で構成される。また Fig. 1 に示す主要技術は Fig. 2 に示す通り、30% のメカロス低減を実現し、伝達効率 90% 越えを達成した事で、US comb. で 8% の車両燃費向上に貢献している。本稿では、主要技術の中から「レシオカバレッジ 8.2」「Twin oil pump system」「Control valve」「トルクコンバータ」「シール付き樹脂バッフルプレート」について紹介する。

Table 1 Major specifications

Item		CVT-X (New CVT)		CVT8 (Current CVT)	
Torque capacity [Nm]		330		250 (mounted on previous car model)	380
Torque converter	Clutch / Oil flow route	Multiplate / 3-way		Single plate / 2-way	←
	Vibration damper	With pendulum damper	Long torsional damper	Long torsional damper	←
Variator system		Chain (3307 pitch)		Belt (28-10 layers)	Chain (3008 pitch)
	Ratio coverage	8.2 (2.95 - 0.36)		7.0 (2.64 - 0.38)	6.3 (2.43 - 0.38)
Gear ratios	Final gear	5.7 - 6.0		4.8 - 6.4	4.7 - 5.8
	Reverse gear	0.75		0.75	0.75
Size [mm]	Overall length	381	408	345	356
	Distance between prim.-sec. pulley shafts	180		173	173
Oil pressure control	Mechanical oil pump	12.7 cc/rev		14 cc/rev	18 cc/rev
	Electric oil pump	400 W		30 W (for stop-start)	-
Other	Shift-by-wire	○		○	-
	AT-CU	Integrated with case		Separately mounted (engine compartment)	←

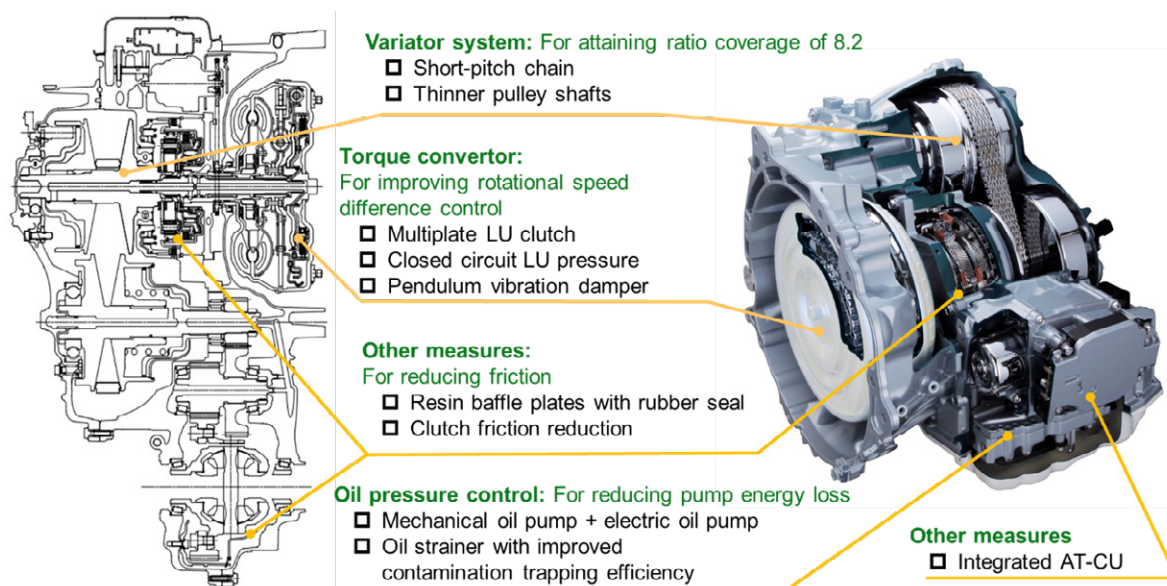


Fig. 1 Cross-sectional view and major technologies

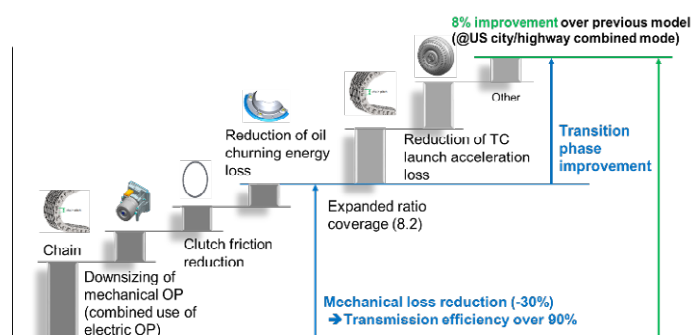


Fig. 2 Breakdown of 8% fuel economy improvement

3. 主要技術

3.1 レシオカバレッジ 8.2 の実現

レシオカバレッジを拡大する為には、プライマリプーリ、セカンダリプーリ共に、チェーンの大径巻き付き時と小径巻き付き時の半径比率を拡大する必要がある。

小径側の最小巻き付き半径を CVT8 と同じ設計でレシオカバレッジ 8.2 を実現させるためには、Fig. 3 に示す通り CVT8 に対しプーリ外径を 21% 拡大し、加えてプーリ軸間距離を 37mm 以上 ($210 \leftarrow 173\text{mm}$) 拡大が必要である。CVT-X では CVT8 に対し、Fig. 4 に示す通りチェーンをショートピッチ化する事で 15% の小径巻き付き化を実現すると共に、大径側ではチェーン伸び量、部品寸法公差を管理する事で、プーリ外径に対するチェーンの巻き付き半径比率を 98% まで効率的に使用し、プーリ外径により近い巻き付き半径を実現させる事で、プーリ外径を 4% 拡大、プーリ軸間距離を 7mm 拡大 ($180 \leftarrow 173\text{mm}$) に抑え、スペース効率良くレシオカバレッジ 8.2 を実現した。

3.2 Twin oil pump system

街中の流れに乗った走行時は、Fig. 5 に示す通り小型の MOP のみを用い、急加速 (Kick Down) や急減速の様な早い変速の為に大流量が必要となるシーン、アイドリングストップや低速走行時にエンジンを停止するコーストストップの領域では、ELOP を作動させることにより、常用領域で使う MOP を小型化しメカロス低減させることをコンセプトとする。CVT-X では、MOP のみで全ての流量を供給する場合に対し約 30% MOP を小型化し、5.4% のメカロス低減を実現した。

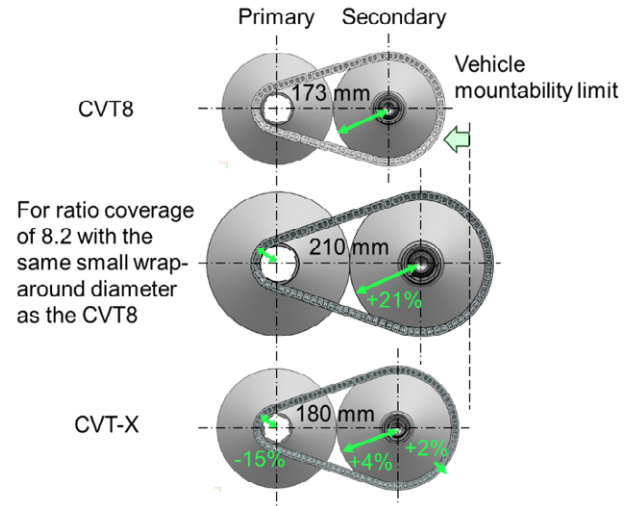


Fig. 3 Comparison of distance between pulley shafts based on wrap-around diameter

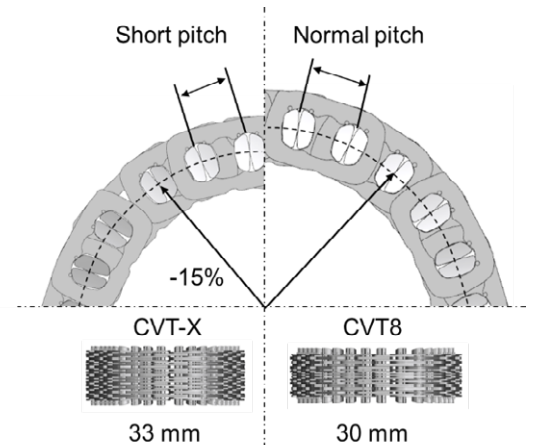


Fig. 4 Pitch comparison for previous and new chains

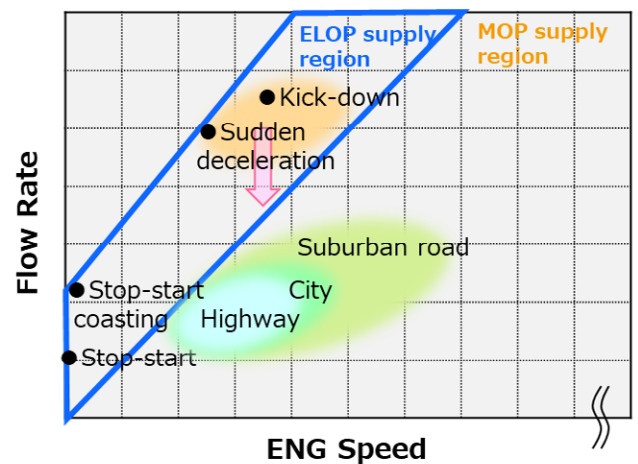


Fig. 5 Twin oil pump system concept

それぞれのオイルポンプは CVT CASE 内に配置し、Fig. 6 に示す通り共通のオイルパン、ストレーナから油を吸い上げ、コントロールバルブ経由で各部に油を供給する。ドライバがアクセルペダルを踏みこみ、加速意図があるシーンでは、早い変速に必要な流量をプーリに供給する為に ELOP を作動させる事で高レスポンスの Down Shift を実現させる。また、急ブレーキによる減速のシーンでは、停車後の再発進時駆動力確保の為に ELOP を作動させ、停車までの短時間での Down Shift を完了させる。これらは Fig. 7 のタイムチャートで示す通り、アクセル開度や車速、減速度等を元に ELOP の必要流量を判定し、MOP のみで必要流量が確保できると判断した時点で ELOP を停止させる事で、電力消費も Minimize 化している。

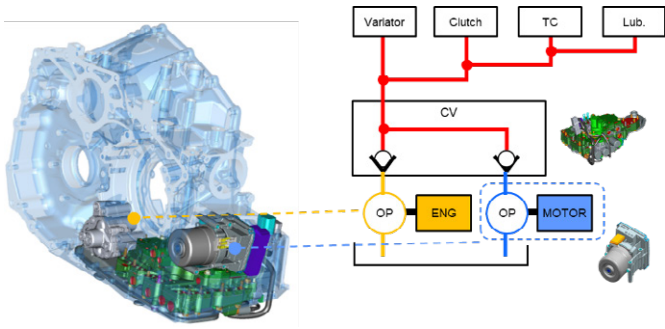


Fig. 6 Twin oil pump system layout

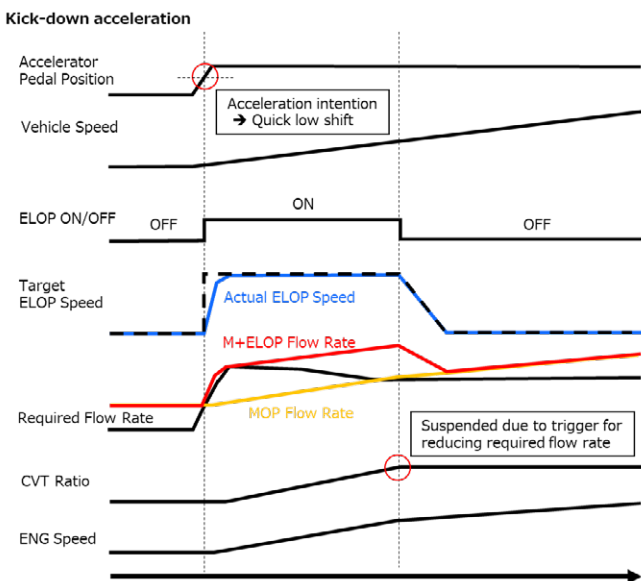


Fig. 7 ELOP time chart

3.3 Control valve

燃費向上と油圧安定性確保の為に、Control valve のリーク及び消費流量を低減する必要がある。CVT-X ではボディ・スプール諸元の最適化により代表点において、10% のリーク量低減を実現した。また、Fig. 8 に示す通り調圧に関わるポート部の中ぐり加工を採用する事によりボディ・スプールのラップ量バラツキの管理が容易となり流体力を抑える設計が可能となった。さらにボディへのハイシリコン材採用による耐摩耗性向上によってスプールの開口面積特性バラツキを抑制し、油圧特性解析精度が向上した。その結果、安定性と応答性のトレードオフを事前に解析する事も可能となり油圧制御性向上も実現している。

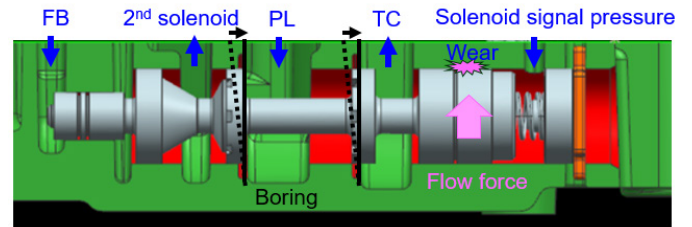


Fig. 8 Control valve (pressure regulator valve)

3.4 トルクコンバータ

トルクコンバータは ENG の駆動力を流体及び Lock up (以下 LU) クラッチ締結により伝達する。駆動力と燃費を高次元で両立させるためには、流体と LU クラッチのトルク分配をバランスさせる必要がある。CVT-X では、LU クラッチトルク伝達の制御自由度を向上させる機構として、Fig. 9 に示す様に、LU 専用油路を設定した。これにより油圧室ボリュームを 58% 削減し、LU クラッチによる ENG とタービンの差回転のコントロール性を向上させた。加えてこの差回転制御中は LU クラッチの摺動により発熱する為、LU クラッチの熱設計が必要となる。そこで CVT-X では Fig. 9 に示す様に多板クラッチを採用する事で、LU クラッチ摩擦材の面圧を 56% 下げ、摩擦材摺動面上昇温度を抑え、従来は低開度領域のみで実施していた発進 SLIP 制御を Fig. 10 に示す通り、全領域で実施することを可能とした。これら発進システムの変更により、1.3% の燃費向上を実現している。

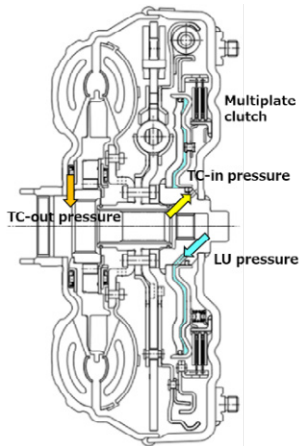


Fig. 9 3-way oil flow route of torque converter

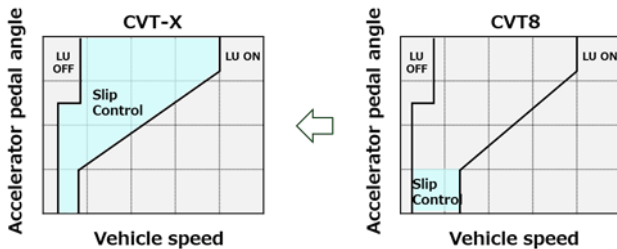


Fig. 10 Slip control region at vehicle launch

また、CVT-X では 3 気筒 DST との組み合わせラインナップがあり、気筒数減に伴うトルク変動増加の対応として、Fig. 11 に示す様にペンデュラム機構付きダンパを採用した。このペンデュラム機構付きダンパはトルク変動周波数に合わせ、振り子の原理でマスを逆位相に作動させ減衰力を得る構造であり、機構追加によるレイアウト拡大を抑制する為、多板クラッチで径を縮小しつつ、外周側にペンデュラム機構を組み合わせる事で、トルク伝達容量を確保し、性能を犠牲にしないコンパクトなレイアウトを作り込んだ。

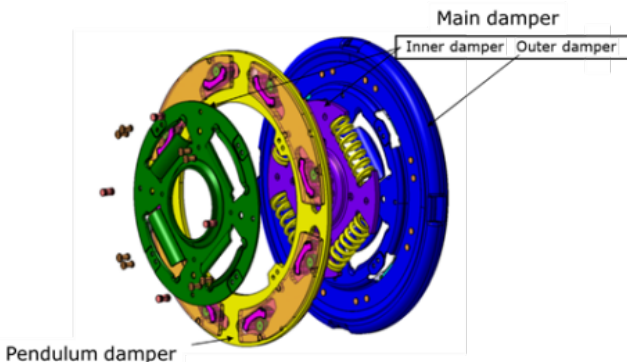


Fig. 11 Pendulum vibration damper

3.5 シール付き樹脂バッフルプレート

CVT 内で最も大きく、最下部に位置する DIFF ギヤは、油を攪拌し、メカロス悪化の要因となっている。その為、従来からバッフルプレートを設け、油の DIFF ギヤ室への流入を抑制している。CVT-X では更なるメカロス低減の為、Fig. 12 に示す通りバッフルプレートにゴムシールを設け、隙間をなくす事で油の流入を抑制し、攪拌抵抗を低減させる事で 5.1% のメカロス低減を実現した。またバッフルプレートを樹脂成型とする事で約 300g の軽量化を達成した。

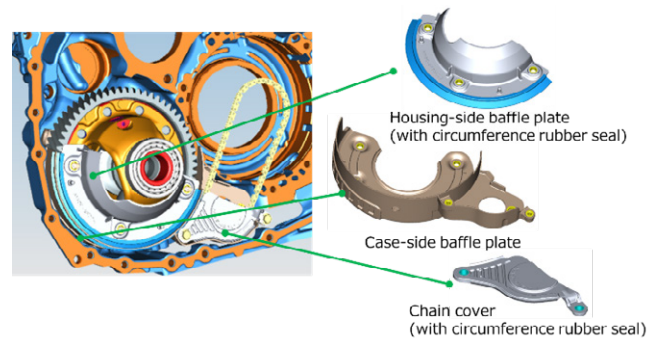


Fig. 12 Baffle plate

4. まとめ

新型 CVT-X は副変速機や直結機構を採用することなく、レシオカバレッジ 8.2 を達成した。更に US comb. 代表管理ポイントにおいてユニットフリクションを 30% 低減、伝達効率 90% の壁を越え、CVT として US comb. で 8% の車両燃費向上に貢献し、量産 CVT としての最終進化を遂げた究極の CVT となった。

5. 参考文献

- (1) 尾崎光治, 遠藤雅亜, 渡邊聡, 松尾道憲: 少気筒エンジン向け Jatco CVT-X 用トルクコンバータ開発, JATCO Technical Review No.21 pp.15-20
- (2) 水落知幸, 友田滋, 下河洋平, 塩見淳, 岡原博文: 環境性能を向上した Jatco CVT8 の技術紹介, JATCO Technical Review No.12 pp.11-19
- (3) 鈴木真悟, 豊原耕平, 河住拓郎, 遠藤雅亜, 小栗慎: 高効率ワイドレンジ新型 CVT の開発, 自動車技術会 2022 年春季大会学術講演会講演予稿集, 文献番号 20225135

■ 著者 ■



鈴木 真悟



豊原 耕平



小栗 慎



松村 将矢

遊星歯車機構を用いた小型高効率1軸e-Axleの 低コスト潤滑システムの開発

長田 知大*

抄 録

近年普及が進む電動車両において e-Axle の小型化，低コスト化が求められている．小型化を実現するため減速機に遊星歯車機構を用いた 1 軸 e-Axle において，オイルポンプを使用しない低コストでシンプルな構造の潤滑システムを構築した．ユニット内のオイル流れを最適化し，潤滑性能と優れた伝達効率を両立した．

1. まえがき

電動車の普及拡大に向け，モータ・インバータ・減速機を一体化した e-Axle の小型化，高効率化が進められている．e-Axle を小型化することで，ラゲッジスペースや居住空間の確保，近年大容量化が進むバッテリー搭載スペースの確保，衝突安全空間の確保などパッケージングの向上や搭載性向上により車両組立にかかるコスト削減など多くの利点を得ることができる．遊星歯車機構を減速機として使用した 1 軸 e-Axle は，従来の 3 軸タイプに対し e-Axle の高さ・前後長さを抑え小型化することができる．

本稿では 1 軸 e-Axle に採用した低コスト潤滑システムを紹介する．

2. 1 軸 e-Axle の構造と潤滑システム

2.1 1 軸 e-Axle の構造

1 軸 e-Axle の構造を Fig. 1 に示す．1 軸 e-Axle は減速機に遊星歯車機構を用いており，モータの回転軸と減速機の出力軸が同一軸上に配置される．減速機内は潤滑用のオイルが封入されている．モータ室に減速機のオイルが侵入しないよう，減速機とモータの間はオイルシールでシールされている．中空のモータ軸内を出力軸が貫通する構造をもち，中空のモータ軸内は減速機と連通しているため，モータを隔てて減速機と反対側にも軸受とオイルシールが配置される．今回開発した 1 軸 e-Axle では上記軸受は車両左側 (Left Hand) に配置されるため，本稿では以下 LH 軸受と呼ぶ．この減速機から離れた LH 軸受とオイルシールにも潤滑を行う．

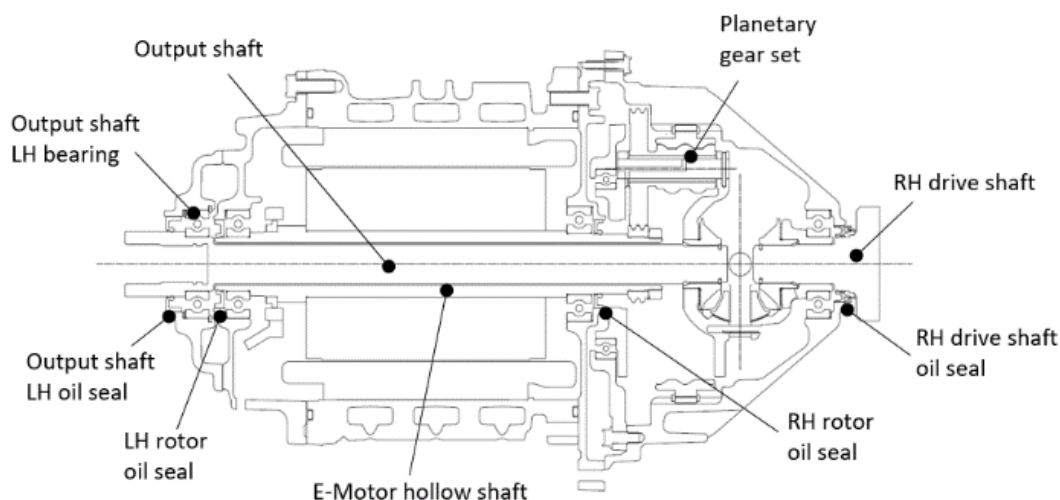


Fig. 1 1-axis e-Axle structure

* ユニットシステム開発部

2.2 潤滑システムの開発コンセプト

1 軸 e-Axle の潤滑システムの開発コンセプトとして以下の三点を狙いとした。

- (1) 遊星歯車機構は通常オイルポンプを用いて軸心へ強制的に潤滑するが、低コスト及び小型化実現のため、オイルポンプを使用しない潤滑方式とする。
- (2) 遊星歯車と LH 軸受にオイルを循環させるためオイルキャッチ構造を用いた潤滑方式を採用する。
- (3) オイル攪拌抵抗を最小限に抑え、高い伝達効率を両立させる。

2.2.1 オイルキャッチ構造を用いた潤滑方式

Fig. 2 にオイルキャッチ構造を用いた潤滑方式について示す。

遊星歯車機構の回転による飛沫油を、ケース上部に配置したオイルキャッチで捕捉する。オイルキャッチで捕捉したオイルは、e-Axle ケースの油穴を通して遊星歯車と LH 軸受へ分配される。

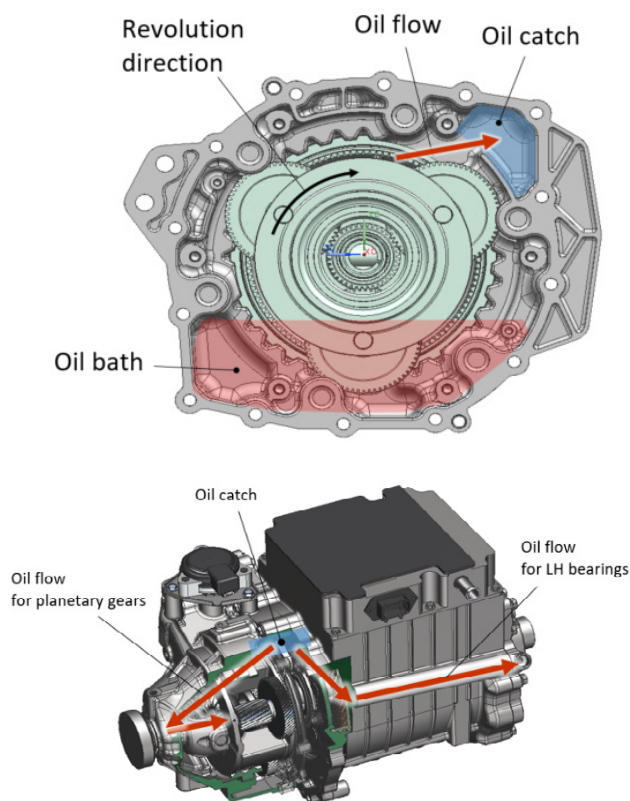


Fig. 2 Lubrication system for 1-axis e-Axle

2.2.2 遊星歯車機構の潤滑

遊星歯車機構はピニオンギヤが自転しながらサンギヤのまわりを公転する。Fig. 3 に示すように、低回転時にピニオンギヤが油没するようにオイルレベルを設定し、油没したピニオンギヤの自転により遊星ギヤの回転中心にオイルを掻きこむことで遊星歯車各部を潤滑できるようにした。

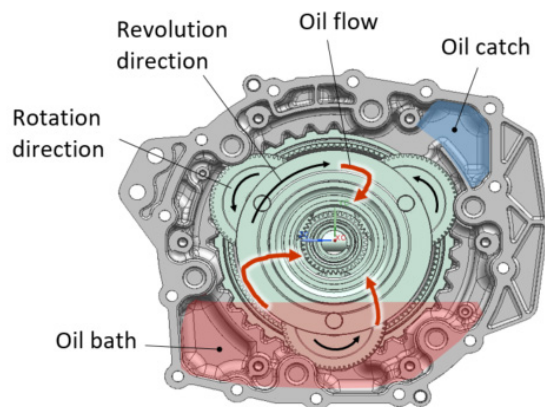


Fig. 3 Oil flow under low speed

回転数が上がると遠心力によりピニオンギヤの掻き込みによる潤滑は減少していくが、オイルキャッチへの飛沫油は増加するためオイルキャッチで捕捉したオイルをケースの油路を通して遊星歯車の回転中心へ供給するようにした。Fig. 4 に示すように、遊星歯車の回転中心に到達したオイルは、遠心力により遊星歯車各部位へ供給される。

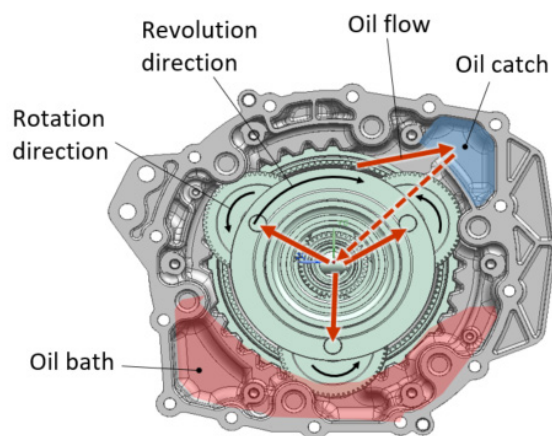


Fig. 4 Oil flow under high speed

2.2.3 LH 軸受の潤滑

Fig. 5 に LH 軸受の潤滑経路を示す。

LH 軸受には回転上昇とともにオイルキャッチからの潤滑が到達するが、回転開始直後は潤滑が不足する懸念がある。そのため、LH 軸受の下半分が停止時から油没するよう、LH 軸受側のオイルレベルを減速機側よりも高く設定した。オイルキャッチから供給されたオイルは、中空のモータ回転軸内を通して減速機へ戻すことで、オイルを循環させる構造とした。

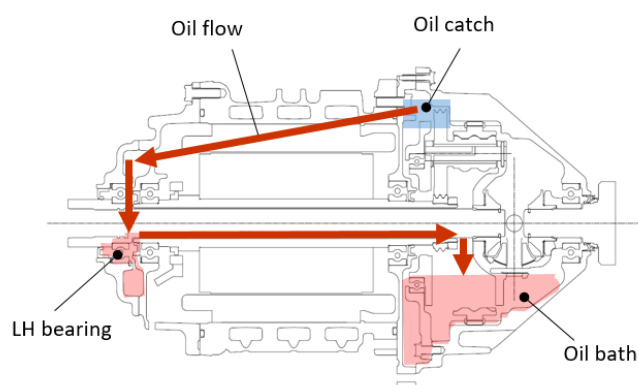


Fig. 5 Oil flow for LH bearing

3. 潤滑システムの課題と成立性

3.1 オイルキャッチ構造を用いた潤滑方式の成立性

オイルキャッチ構造を用いた潤滑方式を成立させるには、遊星歯車機構からの回転飛沫を効率良く捕捉できるオイルキャッチを設計する必要がある。

流体解析で減速機内部のオイルの流れをシミュレーションし、可視化実験により解析結果の妥当性を検証した。Fig. 6 にオイル流れの解析結果を、Fig. 7 に透明樹脂ケースを用いた可視化実験の外観を示す。解析結果を実機で検証することで、オイルキャッチを最適な位置と形状に配置することができた。

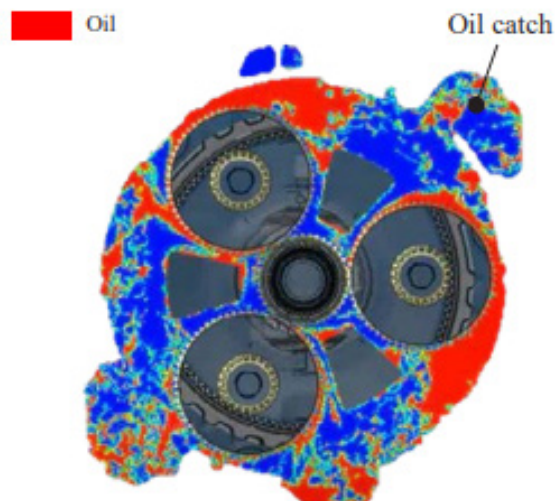


Fig. 6 Oil flow simulation

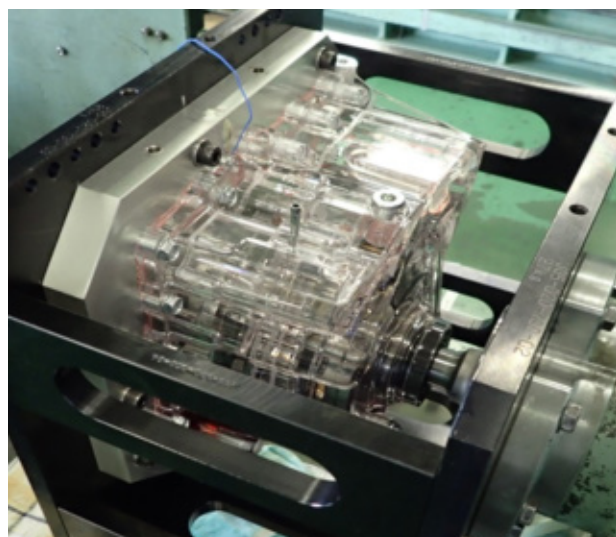


Fig. 7 Oil flow visualization test

3.2 遊星歯車機構の潤滑の課題と成立性

2.2.2 項で記載したとおり，停止～低速域で支配的となるピニオンギヤの掻き込み潤滑と，中高速域で支配的となるオイルキャッチ潤滑は，それぞれ回転数に対して背反する特性となっている．そのため全回転域で遊星歯車機構に必要な潤滑量を安定的に供給できるようにすることが課題となる．

ピニオンギヤの掻き込み潤滑とオイルキャッチ潤滑の潤滑量をそれぞれ実測し，遊星歯車機構の潤滑成立性を検証した結果を Fig. 8 に示す．ピニオンギヤの掻き込み潤滑とオイルキャッチ潤滑を組み合わせることで，全回転域で遊星歯車機構に安定的に潤滑を供給することができた．

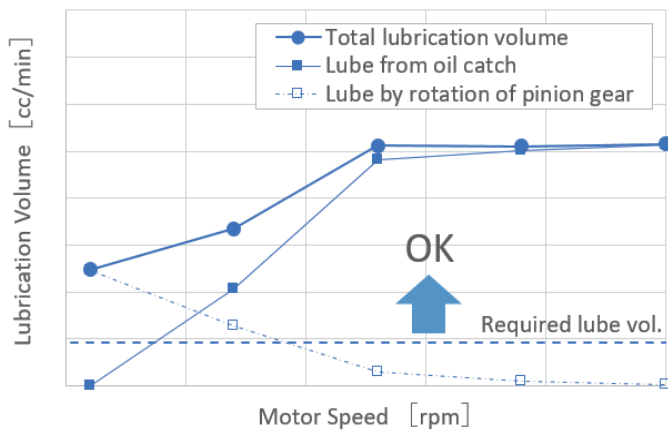


Fig. 8 Results of planetary gear lubrication volume measurement

3.3 LH 軸受潤滑の課題と成立性

2.2.3 項で記載したとおり，LH 軸受は停止時から油没しているため，オイル攪拌抵抗の増加が懸念される．

そこで，オイルキャッチ部にオイルを積極的に溜めて減速機側の動的オイルレベルを下げることで，オイル攪拌抵抗を低減させた．潤滑性能と動的オイルレベルを下げることによるオイル攪拌抵抗の低減が両立するように，オイルキャッチ容積を設計した．

オイルキャッチにオイルを溜めることによるオイルレベル低下の効果の検証のため，オイルキャッチ部の可視化実験，減速機のオイルレベル測定を実施した．また減速機の伝達効率測定を実施し，従来

3 軸タイプに対する優位性を確認した．

Fig. 9 にオイルレベル測定結果を示す．比較のためにオイルキャッチ構造を無効化したユニットも同様に測定した．可視化実験結果とオイルレベル測定結果より，想定通りに動的オイルレベルが低下することを確認できた．

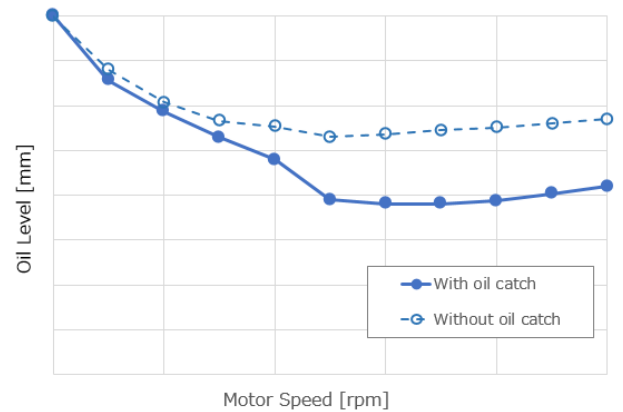


Fig. 9 Results of gearbox oil level measurement

Fig. 10 に 1 軸 e-Axle と従来の 3 軸 e-Axle の減速機のトルク損失を示す．オイルレベル低下によるオイル攪拌抵抗低減の効果，および円すいころ軸受を使用しない 1 軸 e-Axle の軸受構造による機械損失低減の効果により，3 軸タイプの減速機に対してトルク損失をほぼ半減することができた．

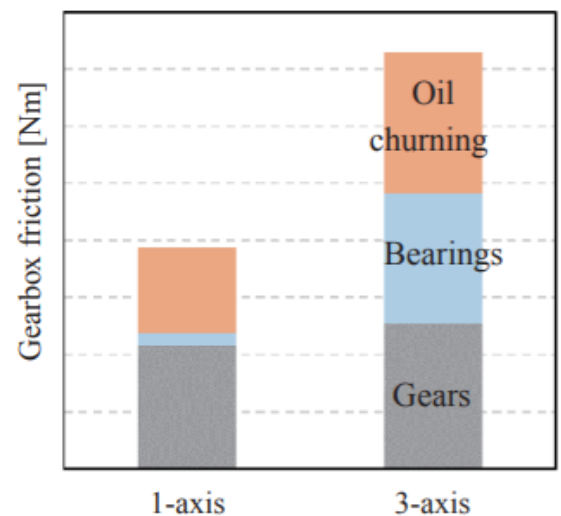


Fig. 10 Gearbox friction loss

4. まとめ

遊星歯車機構を用いた 1 軸 e-Axle において、オイルポンプを使わないシンプルな構造の潤滑システムを構築した。ユニット内のオイル流れを最適化し、潤滑性能と攪拌抵抗の低減を両立させ、低コスト小型高効率 1 軸 e-Axle を実現した。

5. 参考文献

- (1) 上原弘樹, 及川翔太, 横山和彦: 遊星歯車機構を用いた小型高効率 1 軸 e-Axle, JATCO Technical Review No.21, pp.3-6, 2022

■ 著者 ■



長田 知大

基幹モデルプロセスによる運転性開発の効率化

相澤 淳也*

河住 拓郎**

杉山 光史朗***

抄 録

近年、パワートレインユニットの開発期間を短縮することが求められており、ジヤトコでは Model Based Systems Engineering による開発プロセスの革新を進めている。運転性の目標を達成するための開発において、手戻り減少による開発の短縮化が実現され始めているが、Model Based Systems Engineering の効果を最大限に発揮するために、システム及びサブシステムの設計初期段階で精度の高いモデルによる設計を実現することが必要となる。今回、新たなモデル開発プロセスを導入することで運転性開発の効率向上につなげた。本稿ではその事例を報告する。

1. はじめに

昨今では、Model Based Systems Engineering (以下 MBSE) に対する設計者の認知度が向上し、モデルの活用が増えたことで、設計・試作・実験のサイクルの繰り返しを減らしてきた。

モデルの活用範囲は、開発 V プロセス左バンクのシステムやサブシステム階層の設計領域と右バンクの HILS(Hardware In the Loop System) 等の実物を併用した検証領域にまで、開発 V プロセスの幅広い範囲で活用されてきた (Fig. 1)。

開発短縮化の効果を最大限に発揮するために、要求に応じた精度の確保と開発計画に合わせたモデルの構築が必要である。

本報告では、モデル開発プロセスを新規に作り上げ、モデル構築の効率化とモデル精度を向上した取り組みについて示す。

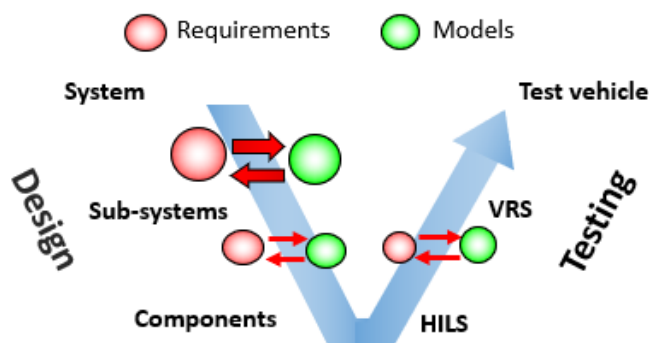


Fig. 1 Model application to V-shaped development process

2. 運転性開発におけるモデル課題

運転性は、車両の加減速や前後進切り替え時においてドライバにとって不快感のない性能を実現するための指標であり、ユニットの商品価値を決める上で重要な設計項目である。

運転性を評価するための運転条件は、車両の走行環境、車速状態、ドライバ操作の組み合わせで多数存在することから、モデルで運転性の設計を実現するためには、高精度で広範囲に検討出来るモデルが設計活用時に必要とされる (Fig. 2)。

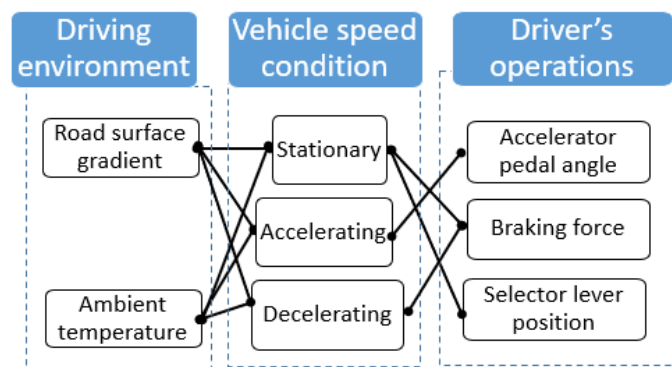


Fig. 2 Combinations of driving conditions

しかし、従来のモデル構築と設計活用では設計精度が十分とは限らず、開発後期で設計の仕様変更が発生していた。

以下にそのモデル構築課題を示す。

2.1 モデル構築工数の増加

これまでのモデル構築は、運転条件ごとに計測した実験結果と同等の精度になることを目指し、各条件に分けてモデル化してきたことから、単一モデルで検討出来る範囲が狭く、性能予測したい運転条件が拡大されるほどモデルの数は増加し続けていた (Table 1)。

Table 1 Modelling according to driving conditions

		Vehicle speed condition		
		Stationary	Accelerating	Decelerating
Accelerator pedal angle	Large	・	Model A	・
	Small	・	Model B	・
Braking force	Strong	Model C	・	Model D
	Weak	・	・	Model E
Selector lever position	D	Model F	・	・
	R	Model G	・	・

モデルを活用した設計検討の過程で部品寸法の変更や機能追加が発生した場合、モデル構成やパラメータの修正が必要となる。

その修正はそれぞれのモデルに発生するため、モデルの増加と共に更新の工数が膨大となっていた。

また、変更情報を共有する際にはモデル構築者と設計者の間で受け渡した情報が個人同士だけの認識にとどまっており社内では共有化されていなかった。

そのため、モデル構築の範囲や設計者が変わるたびにパラメータの変更履歴や詳細内容を人に聞きまわりながら調査し、情報入手先の確認とパラメータの基となる前提条件の認識合わせや回答の待ち時間が発生し、情報の取得に時間がかかっていた。

その結果、モデル構築のための工数が不足し、設計検討時に必要なモデルが十分に確保しきれていなかった。

2.2 個別モデル活用による設計精度の低下

モデルの精度を担保するためには、モデルのパラメータ情報を適切に設定しておく必要がある。パラメータは部品の寸法公差や劣化状態、設計要求値と実験値で差が生じ、開発の進行状況で変化する。

ここでも個人間に頼った情報連携により確認の抜け漏れが発生し、検討に適さないパラメータを含む

モデルが存在することで、設計精度の低下につながっていた。

さらに、これまでのモデルはモデル構築者やそれぞれの設計者が個別で作成しており、設計者個々の判断でモデルを選び活用してきた。そのことで検討に適切なモデルの存在が認識出来ず、精度が不足したモデル活用による設計検討となっていた。

以上の課題を解決するために、高精度で効率的なモデル構築のプロセスを導入することとした。

3. 基幹モデルプロセスのコンセプト

ここでモデルのありかたについて考えると、モデルのパラメータや特性が実物の挙動を再現できる範囲の運転条件であれば、モデルを分けずに予測検討が可能である。

しかし、これまでは条件ごとに分けて数多くのモデルを構築しており、ありがたい姿ではなかった。

モデルをシステム全体で定期的に統合し、検討できる範囲を広げながら数を極力減らすことでモデルを更新する工数の低減が狙える。

モデル範囲を広げることにより部品要素が増えるため、これまで検討出来なかった運転条件の拡大につながり、運転性開発全体の設計精度向上になると考え、モデル構築の進むべき方向性とした (Fig. 3)。

このモデルを基幹モデルと位置づけ、運転性の開発全体で活用していくことにした。

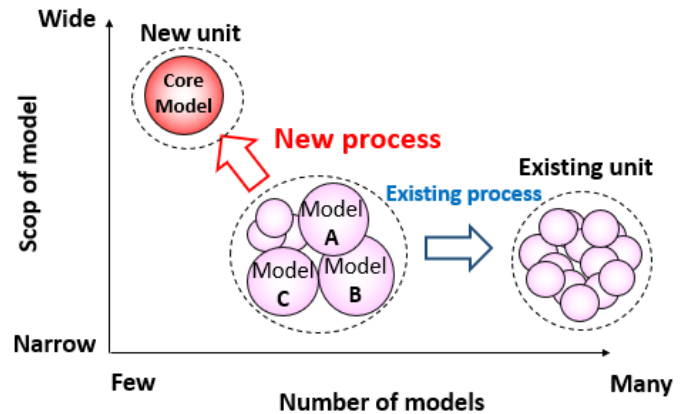


Fig. 3 Direction for model construction

開発の進行に伴って設計の詳細度は高まり、検討条件の変更やパラメータの変化が起こるため、モデル構築者は設計検討後の仕様変更や新たな条件の要求を素早くモデルに反映させ、精度を高めていく必要がある。設計者は更新されたモデルで設計検討し、開発の手戻りを減らしていくことが重要である。

この基幹モデルの活用と更新のサイクルを効率的に行うための新たなプロセスとして基幹モデルプロセスを構築した。

これを実現するための具体的な取り組みを次章に示す。

4. 基幹モデルプロセス実現に向けた方策

4.1 モデルの基準化による精度向上

基幹モデルのコンセプトは、高い精度と広い汎用性を両立するモデルである。

このモデルは設計検討に応じて入出力の応答変化が実物と同等に再現されることが理想であるため、それに必要な要素レベルを定義した (Table 2)。

この定義を基に、統合する個別モデルを選定し、不足している箇所は新たに特性値を取得した。

Table 2 Definitions of model elements

Model scope	LV.1 Linear elements (Map)	LV.2 Nonlinear elements (fundam. eqs.)	LV.3 Nonlinear elements (fundam. eqs. + characteristics)
Hydraulic pressure elements		Pressure Transfer function $P(s)=G(s)\cdot Q(s)$	• Pressure loss in passages • Oil leakage amount • Lack of balance in oil supply volumes
Launch elements		Hydraulic coupling Torque transmission eq. $T=\tau\cdot Ne^2$	• Damping coef. • Volume transient change • Pressure response/balance
Forward/reverse changeover elements		Clutches Torque transmission eq. $T=\mu\cdot R\cdot F$	• Vehicle sensitivity • Pressure response/balance

ドライバの意図に応じて油圧を早く応答させることで、車の変速性能や前後進切り替え時の運転性を向上させることが出来る。

このように、ユニットの運転性全体に大きく寄与するのが油圧要素であり、重点的にモデル改良した。その内容を以下に示す。

油圧システムは、複数のバルブと複雑な形状の油路で構成されている。モデルに考慮すべき非線形要素は、油路の曲がりや絞りによる圧力損失、油路からの油抜け、各部へ供給する油量の収支不足である。

従来は非線形要素を適正にモデル化する明確な基準が定められていなかった。

今回はこれまでの油圧設計と実験による経験則を活かし、圧力損失は基準を超える構造のみモデル化することで、高い精度を保ちながら、不必要な計算負荷を掛けないモデルを構築した (Fig. 4)。

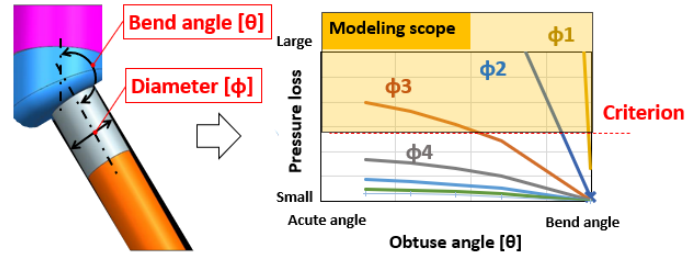


Fig. 4 Standardization of hydraulic pressure model

部品間の隙間による油の抜けや分岐が複数ある油路においては、精度よく予測するために 3D 流体解析を実施し、特性値を正確に導いた (Fig. 5)。

得られた非線形要素の特性値をシステム全体の 1D モデルに反映し精度向上に繋げた。

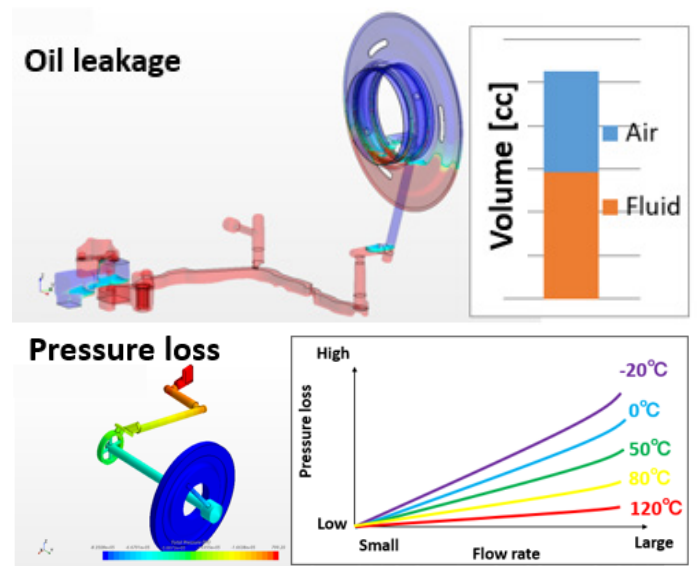


Fig. 5 Characteristics obtained by 3D CFD simulation

4.2 基幹モデルプロセスによるモデル構築工数削減

2.1 章で述べた情報収集時に発生する時間を低減するためには、モデルのパラメータ情報を容易に見付け出す必要がある。そこで基幹モデルに設定されているパラメータ全てをリスト化し、一つの定型フォー

マットを作り上げた。

モデル構築者はこのフォーマットにモデルの構成要素やパラメータ情報を詳細に記述することで、設計者はモデルに必要な情報を認識しやすくなった。

設計者はパラメータの変更があった場合は、その情報を主体的に共有することで、双方の問い合わせと回答の回数を減らし効率的な情報連携を可能とした。

これらの方策がどれも欠けることなく実行するために、モデルに関わる開発者の役割と受け渡すべきドキュメントの内容を明確にした (Fig. 6)。

この基幹モデルを進化させながら継続的に設計精度を向上していくプロセスを開発プロジェクトに適用した。

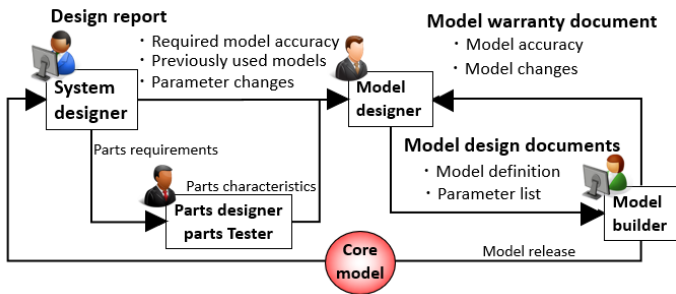


Fig. 6 Core model process

5. 基幹モデルプロセス適用の効果

運転性を実現するためのユニット機能は、クラッチによる前後進の切り替え、加減速に必要なプーリの変速、トルクコンバータのロックアップ等があり、それぞれについて基幹モデルを活用しモデル設計を実施した。

特に従来の開発で後期に設計変更が発生していた前後進切り替え時の性能について、重点的にモデルを活用していくこととし、その事例を以下に示す。

前後進切り替え時の性能は、セレクト操作後からタイヤに駆動力が発生するまでの時間 (以下 ラグ) と、クラッチ締結時におけるトルク変動の二つの指標で評価しており、トレードオフ関係にある双方を同時に低減することが求められている。

その成立性を設計するためには、クラッチの締結と解放機能を持つピストンの移動量と締結時のトル

ク変化を予測する必要がある。

ラグへの寄与が高い要素として油路の穴 (以下 オリフィス) があり、ピストンを移動させるための油の流入量を抑える機能をもつ (Fig. 7)。

クラッチ締結時におけるトルク変動への寄与が高い部品要素として皿バネ (以下 Dish) の剛性があり、ピストンの押し付け力に応じた反作用の力をもつ。

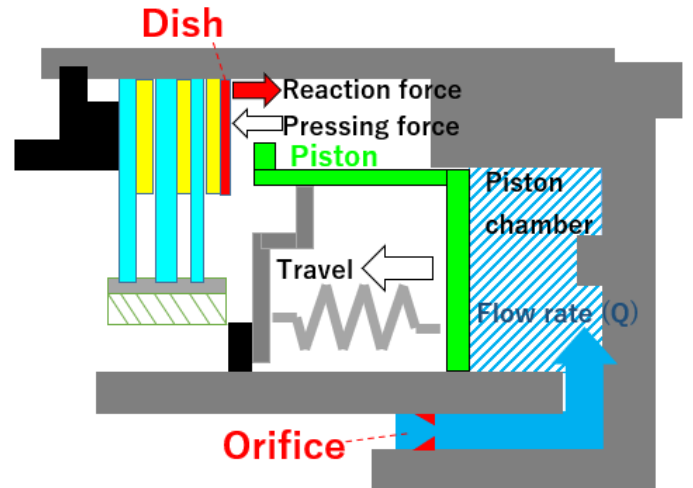


Fig. 7 Configuration of forward/reverse changeover system

従来は、ピストン室に流れる油の流入量とクラッチ締結部品の仕様差が与える性能感度を正確に予測出来ていなかったため、設計と実験による試行錯誤が繰り返されてきた。

今回は、基幹モデルによりオリフィスの径と Dish 剛性の変更によるラグとトルク変動が精度よく予測できるようになったため、前後進の切り替え性能を満足する最適な仕様を基幹モデルで決めることが出来た (Fig. 8)。

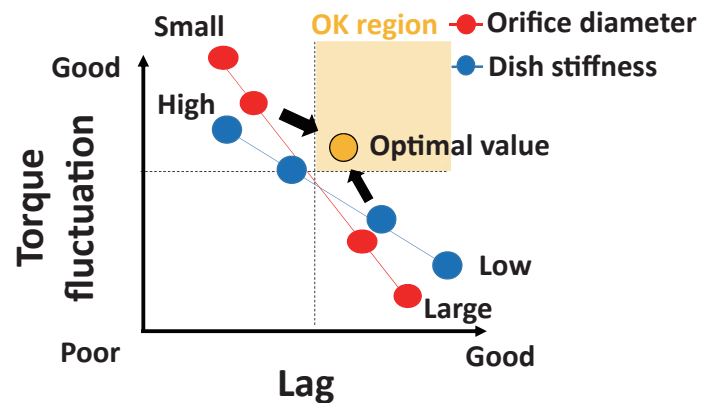


Fig. 8 Optimal design for selector lever performance

後に行った確認実験でモデルと同等の結果が得られ、性能を満足できていたことから、基幹モデルによる設計精度向上の効果が示された。

また、基幹モデルプロセスによるモデル情報収集の工数削減とモデル数の削減により、モデル構築工数は従来に比べ 75% 減となる効果が得られた。

以上のことから、基幹モデルプロセスの導入により、運転性における設計・実験の繰り返しが減少されたため、開発効率化の大きな貢献につながった。

6. まとめ

開発における設計検討は日々行われており、同時にモデルを短期間で開発しタイムリに適用できないことがこれまでの課題であった。

今回導入した基幹モデルプロセスは、開発に関わる多数の関係者が効率的にモデルを構築し活用するための有効的な手法となった。

特に検討精度不足の主要因であった油圧システムのモデル基準を定義しモデル構築したことが、運転性の検討精度向上と手戻りの抑制になり、開発工数削減につながった。

今後は、本プロセスを全ての性能に拡大し、開発全体の効率化を目指していく。

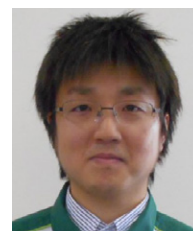
■ 著者 ■



相澤 淳也



河住 拓郎



杉山 光史朗

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

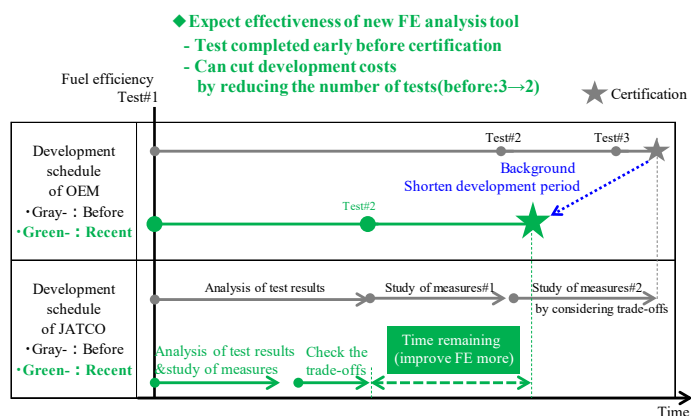


Fig. 1 Previous and recent development schedule

が必要である (Fig. 2).

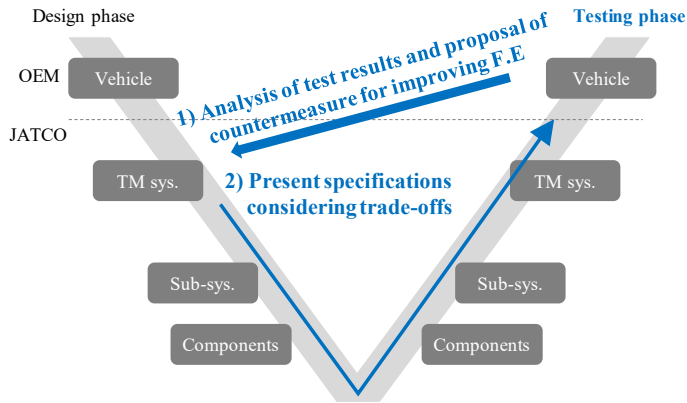


Fig. 2 Issues and V-process

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。

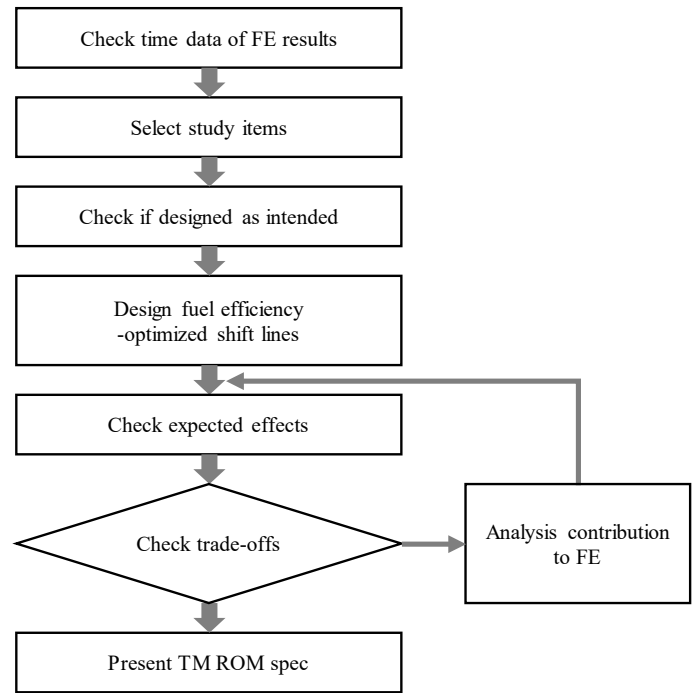


Fig. 3 Previous process flow

- 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 FE 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 countermeasures	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
	Arrangement of test results	Import control constant from ROM file
		Automatically convert to proper format
		Match the time of test results
	Accumulate analysis results for experience	Match the name of label
		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。

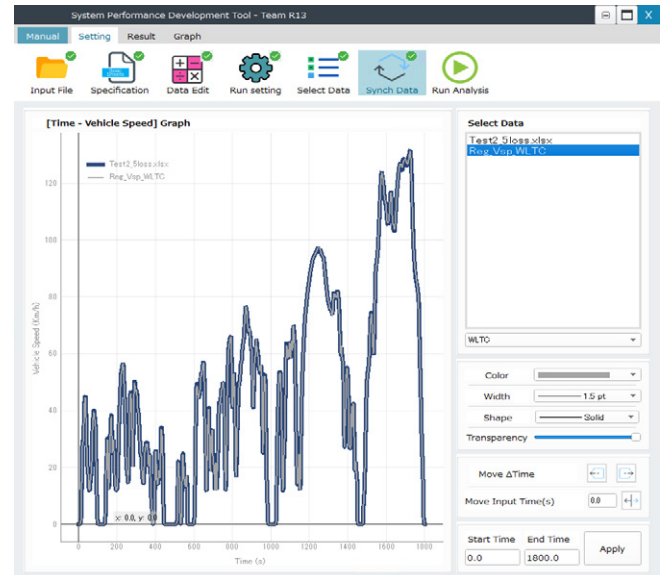


Fig. 6 Function to match the time of test results

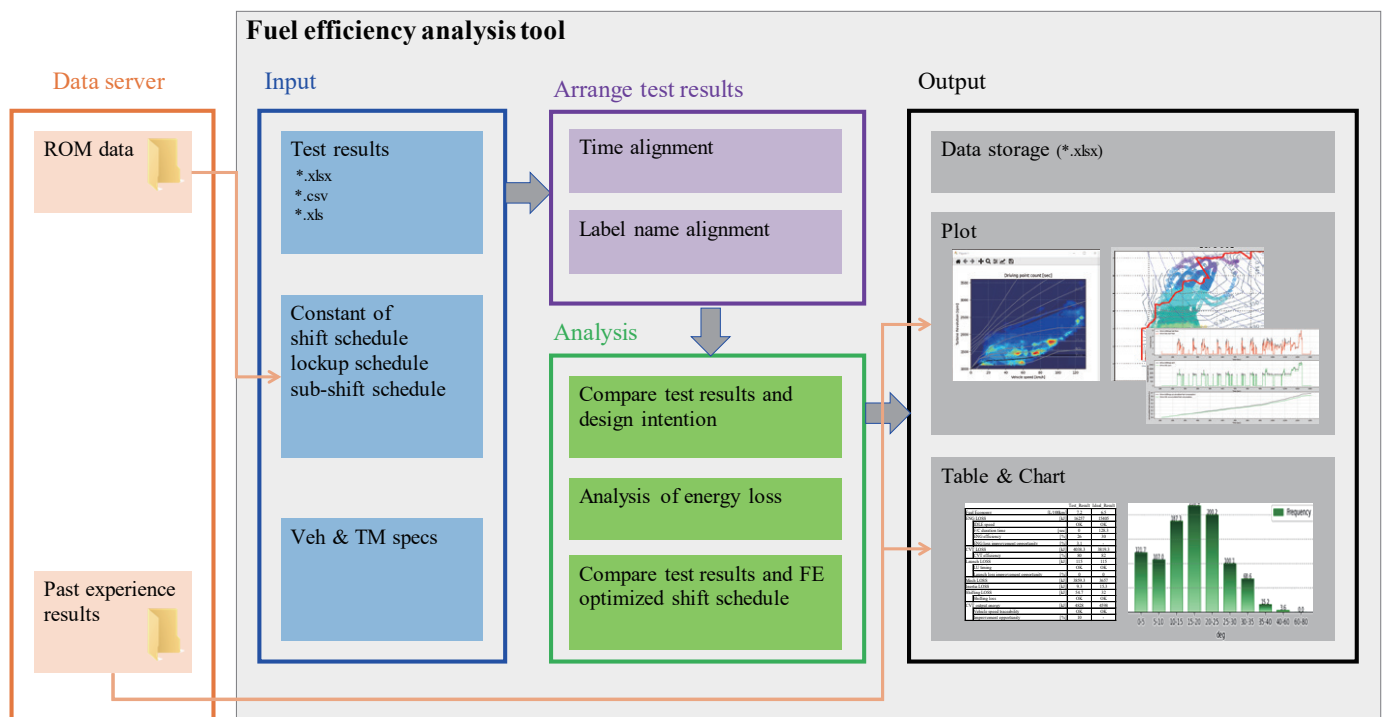


Fig. 5 Flowchart of inputs & outputs

・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)。

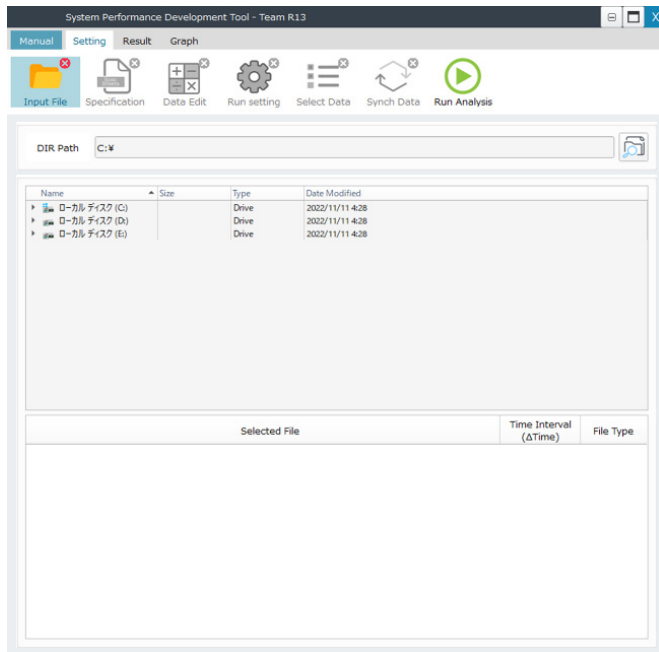


Fig. 7 Main interface display of new fuel efficiency analysis tool

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).

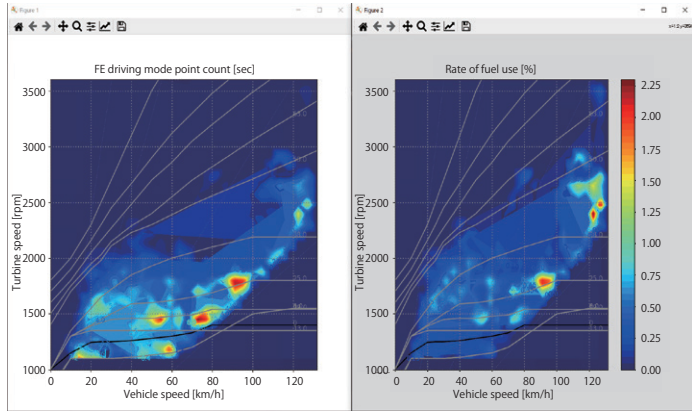


Fig. 8 Contours of proportion of FE driving mode and fuel use in shift schedule

- 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).

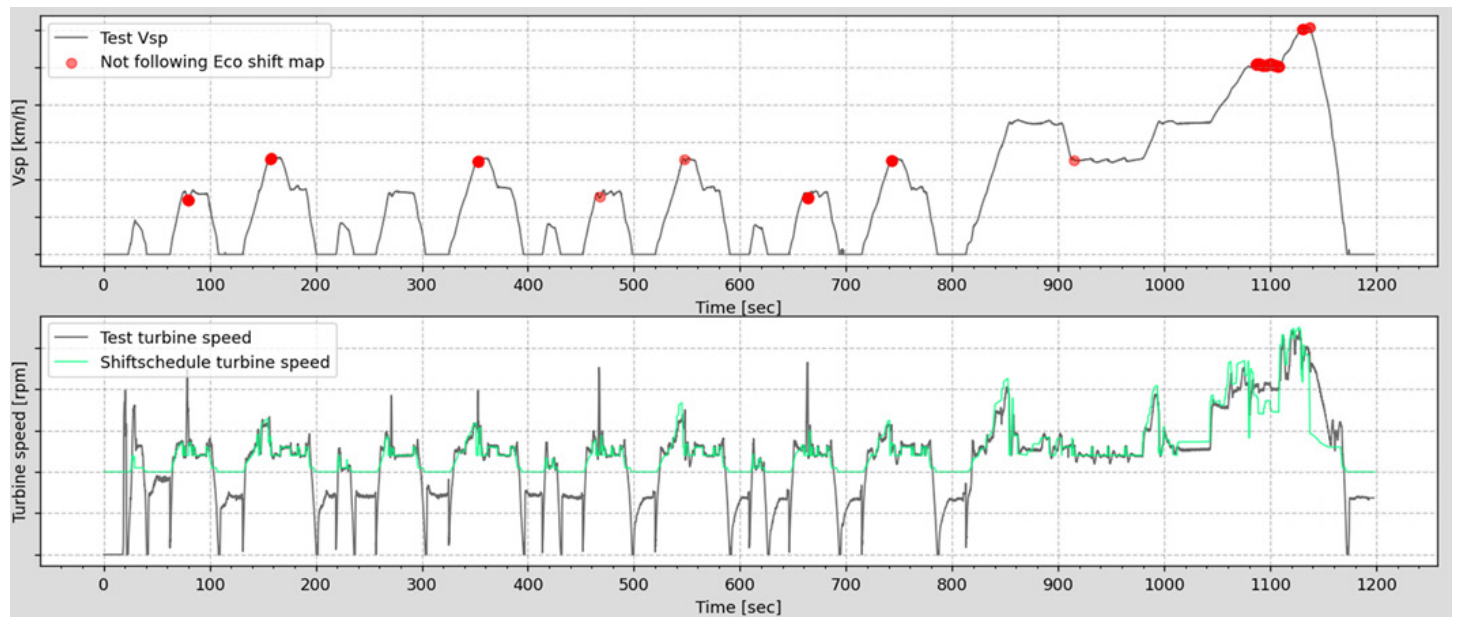


Fig. 9 Function to check the intention of shift schedule

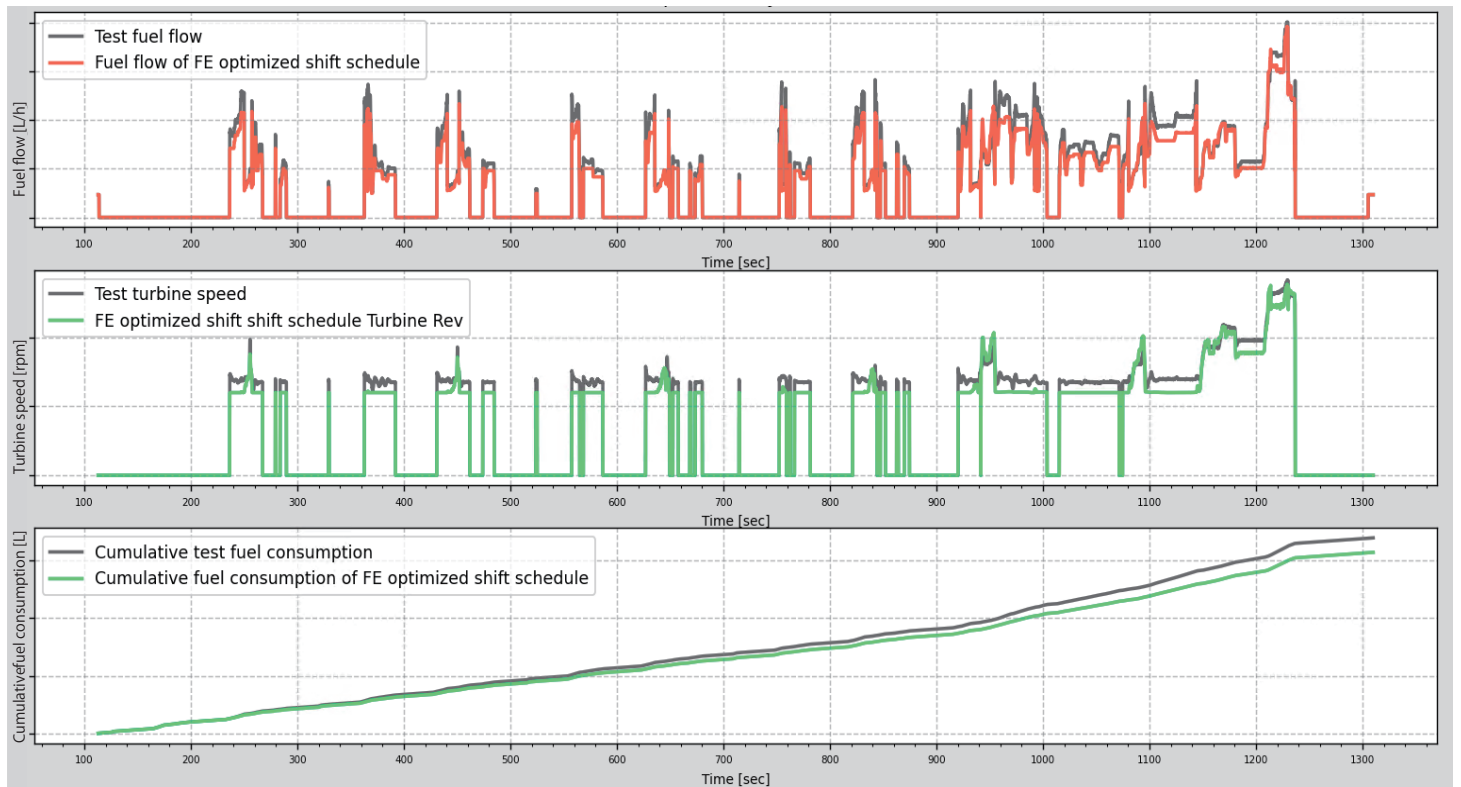


Fig. 10 Function to compare test results and FE optimized shift schedule

- 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出来た。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。

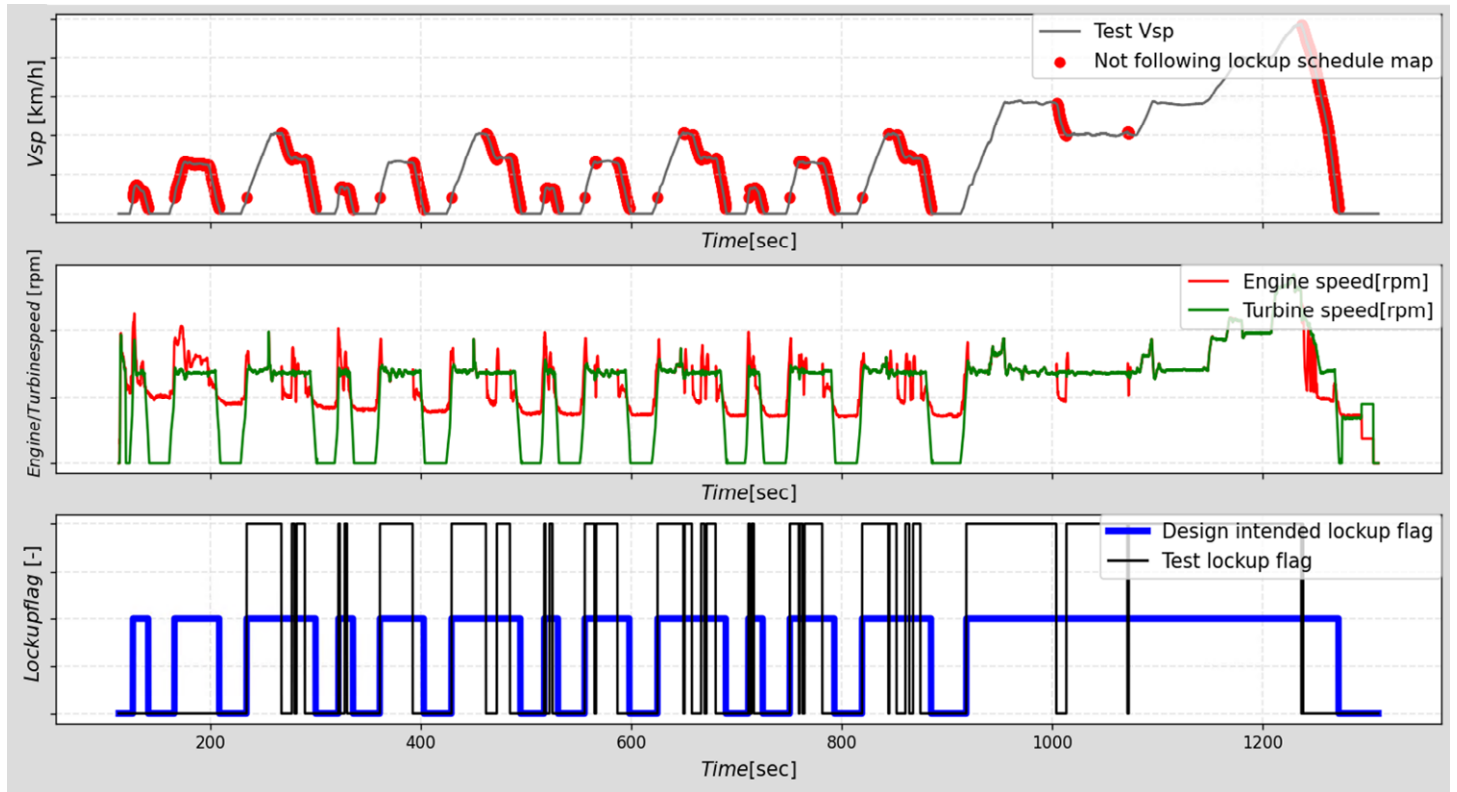


Fig. 11 Function to check the intention of lockup engagement

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。

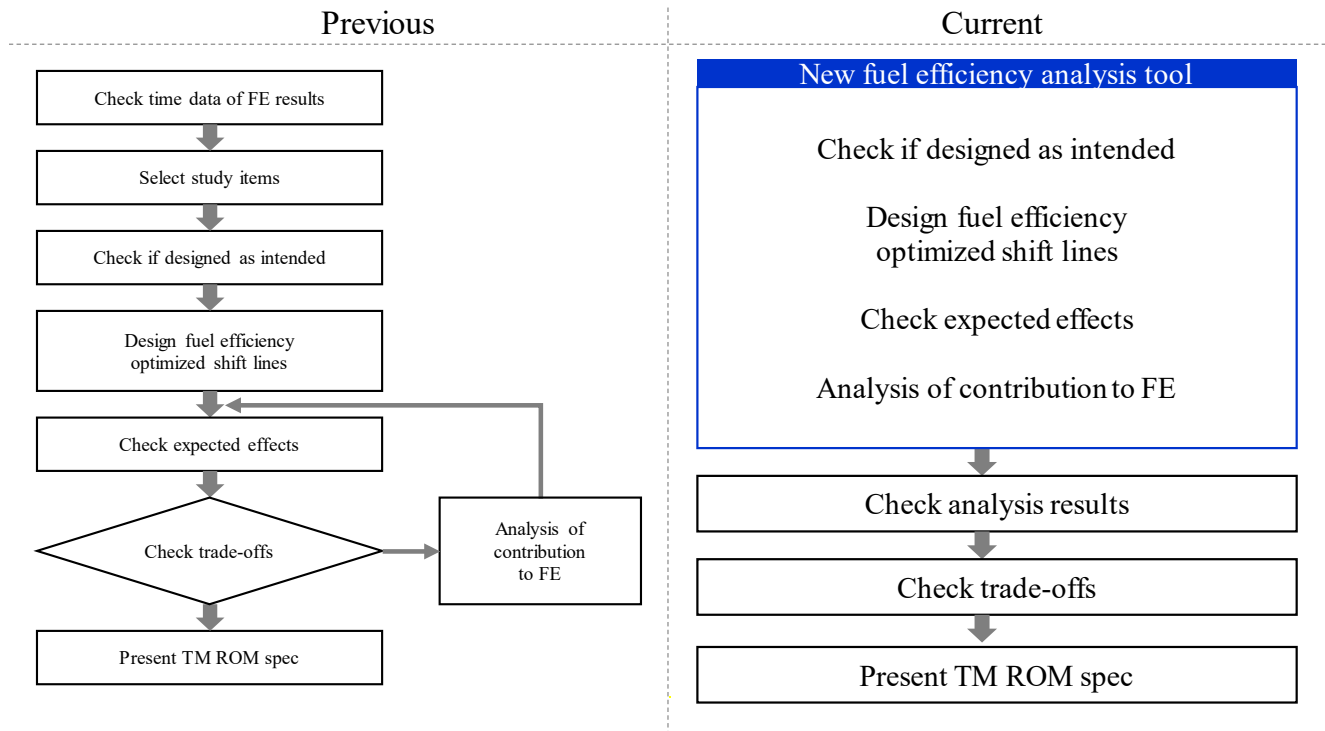


Fig. 12 Previous and current process flow

■ 著者 ■



金 チャドル



李 善潁



林 宰碩



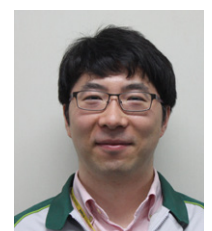
韓 昇燁



金 槿洙



李 在祥



許 亨範

自動車用トランスミッション歯車の小型化を実現する 非対称歯元形状の実用化

深野木 邦彦* 松尾 浩司* 鈴木 義友**

抄 録

自動車用トランスミッション歯車の歯元折損に対し、強度向上の設計手法を提案する。

歯元折損強度向上には、歯元の曲率半径を大きくすることで歯元に発生する応力を緩和できる。

歯元の曲率半径は、工具刃先の半径が Drive 歯面側と Coast 歯面側で対称形状である事により制約がある。

本研究では歯元に非対称形状を有する歯車設計手法と、安定した加工品質が得られる工具設計手法を提案し、有効性を検証するとともに、歯元折損寿命の高寿命化ができることを確認した。これらのことから、本提案設計手法を導入することにより歯元折損強度の高寿命化に対し有効であることが実証できた。

1. 現状

近年、自動車の燃費向上、衝突安全性の確保等の観点から、自動車用トランスミッションにはより一層の小型・軽量化が求められている。その結果、トランスミッション歯車には更に厳しい環境状態下での耐久信頼性が必要となっている。

本稿では自動車用トランスミッション歯車の損傷モードである歯元折損強度に焦点を当て、歯元折損強度を向上できる新しい歯車設計手法を提案する。従来の歯元折損強度の設計手法は、歯元折損疲労の S-N 線図を用いて、自動車市場の走行シーンにおける入力トルクとその入力回数（以下 市場負荷頻度）から、修正マイナ則を用いて目標サイクル数を設定し、これを満足する歯元曲げ応力を Criterion として設定する。そして、この Criterion を満たす歯車諸元の設計を行う。

歯元折損強度を向上するためには、歯元に発生する曲げ応力を小さくする必要がある。歯元の曲率半径を大きくすることで応力集中を緩和することが重要な因子となる。この歯元の曲率半径は、歯切り工具（以下 ホブ）の成立条件によりその大きさが制約され、この制約はホブ刃先の半径が Drive 歯面側と Coast 歯面側で対称形状である事に起因する。また、市場負荷頻度は Coast 側に比べて Drive 側が大きいいため、Drive 歯面側の歯元折損強度で歯車サイズ

が決定されることになる。したがって、歯元に非対称の曲率半径を有する歯車、すなわち、Drive 歯面側の曲率半径が大きく、Coast 歯面側の曲率半径が小さい歯車を実現できれば、歯車の小型化が可能となる。

そこで、本研究では歯元に非対称形状を有する歯車設計手法とこれを量産で安定した加工品質が得られるホブ設計手法を提案する。次に、本提案法で設計した歯車を用いた CVT ユニットの耐久実験により、本提案手法の有効性を検証し、歯元折損寿命の高寿命化ができることを確認する。最後に、非対称の曲率半径を有する歯車の量産実用化について報告する。

2. 非対称歯元 R 強度設計の考え方

先に述べたとおり、歯元折損強度は歯元曲げ応力が重要なファクタとなることは周知の事実である。著者らは、久保・梅沢の方法 Fig. 1⁽¹⁾ にて同時接触線上の荷重分布計算を行い、この荷重分布から歯元曲げ応力を計算し、歯元折損強度の設計を行っている。

* 部品システム開発部

** 技術統括部

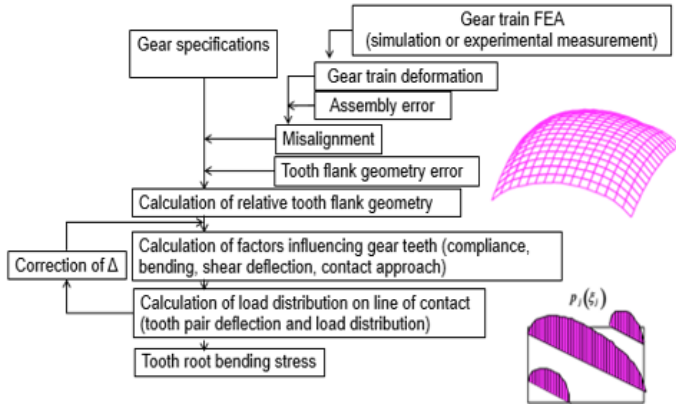


Fig. 1 Flow chart of the calculation of tooth root stress using the equation proposed by Kubo and Umezawa

この計算法で用いる歯元曲げ応力は、会田・寺内⁽²⁾の引張り側曲げ応力の計算式を用いて、

$$\sigma_t = \left(1 + 0.08 \frac{S}{\rho}\right) (0.66\sigma_{Nb} + 0.40\sqrt{\sigma_{Nb}^2 + 36\tau_N^2} + 1.15\sigma_{Nc}) \quad \dots (1)$$

で算出できる。

ここで、 S は危険断面位置における歯厚、 ρ は歯元曲率半径、 σ_{Nb} は公称曲げ応力、 τ_N は公称せん断応力、 σ_{Nc} は圧縮応力を意味する。この時、 ρ は工具刃先形状が成立する寸法で与える必要がある。

式 (1) は、対称の歯元曲率半径を有する歯車を基に導かれた式であるが、本研究では、歯のたわみが変わらなければ、非対称歯元形状を有する歯車であっても、式 (1) を適用できると考えた。具体的には、危険断面位置における歯厚 S を従来の対称歯元形状を有する歯車と同じにし、Drive 歯面側と Coast 歯面側の、各々の歯元曲率半径 ρ を式 (1) に適用し、非対称の歯元曲率半径を有する歯車の曲げ応力を計算する。

3. 非対称歯元形状を有する歯車の設計手法構築

本研究では、Fig. 2 に示す中・大型車向け CVT ユニットの 2 次減速歯車対を用いて、設計手法を構築することとした。Table 1 に歯車諸元を示す。

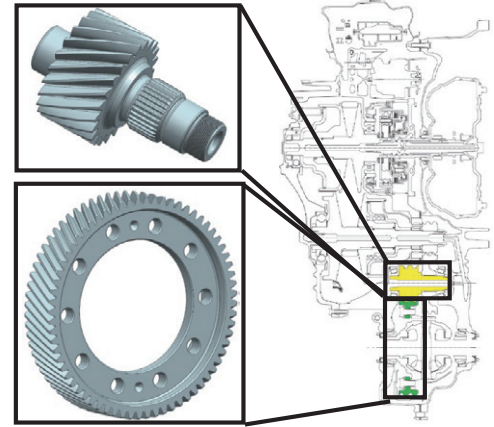


Fig. 2 Continuously variable transmission unit for medium to large passenger cars and a second reduction gear pair.

Table 1 Geometries of target gear pair

			Reduction gear	Final gear
Module	m_n	mm	2.48	←
Pressure angle	α_n	deg.	19	←
Helix angle	β	deg.	28(LH)	28(RH)
Number of teeth	z	-	23	68
Tip diameter	d_a	mm	71.9	195.3
Root diameter	d_f	mm	58.24	181.84
Facewidth	b	mm	38.9	38

自動車市場の走行時は一定の入力トルクで使用されることはなく、様々な入力トルクで、かつ、加速減速を繰り返しており、歯車に入力されるトルクは Drive 側、Coast 側で異なる。この市場負荷頻度の例を Fig. 3 に示す。

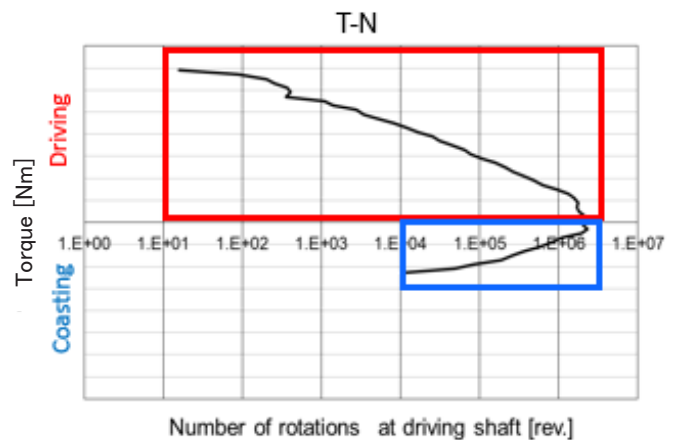


Fig. 3 Field loading frequency

この図より、Coast 側に比べて、Drive 側に入力される市場負荷頻度の占める割合が支配的である事がわかる。一方、Coast 側は市場負荷頻度が小さいために、この負荷頻度による Coast 歯面側の歯元折損強度は疲労限設計となっている。したがって、トランスミッション歯車は、Drive 歯面側と Coast 歯面側で、同一の歯元折損強度を有する必要はない。

そこで対象歯車の Drive 歯面側と Coast 歯面側の隅肉曲率半径を意図的に異なる大きさにする事で、それぞれ必要な強度を確保する。すなわち Drive 歯面側の曲率半径が大きく、Coast 歯面側の曲率半径が小さい歯車とする。この時、側の市場負荷頻度から、歯元曲げ応力を Criterion 以下となるように Drive 側の歯元曲率半径を決定し、Coast 側の市場負荷頻度から、疲労限度となる歯元曲げ応力以下となるように Coast 歯面側の曲率半径で設計する。

一方で、Drive 歯面と Coast 歯面の曲率半径が異なる歯車を加工するホブに関しては、工具寿命とホブ加工工程後の歯面加工工程の加工精度を考慮する。ホブ刃先半径 R が過度に小さい場合、ホブ刃先欠けや、早期クレータ摩耗が発生して大幅な寿命低下により、コスト UP を招くことが予測される。そのため、Coast 歯面側のホブ刃先半径 R は、ホブ製作上で必要な最小半径以上を確保することを考慮する。また、ホブの刃先半径 R が Drive 歯面と Coast 歯面で異なる場合、歯面仕上げ工程での左右歯面の歯元の取り代が同一とならないと、歯面仕上げ工程で用いる工具の左右刃先の切削負荷が異なり、振動が発生し、加工後の歯面にうねりが発生する事が予測される。そこで、Fig. 4 のように非対称の歯元曲率半径を有する歯車であっても歯元側の加工取代を同一とするために、ホブ加工後のアンダーカット開始径を統一できるプロチューバランス形状を設計した。

以上に述べた考え方に基づき、具体的な設計を行う。対称歯車を適用する車両の市場負荷頻度より、歯元曲げ応力の Criterion を Drive 歯面側は 1,220MPa, Coast 歯面側は疲労限設計とし、これを満足するための工具刃先半径 R を Drive 歯面側は 1.116mm, Coast 歯面側は 0.372mm に設計した。

この工具刃先半径 R であれば、歯元折損強度を満足し、かつ生産性も確保できる。また、歯面加工工程で安定した加工品質を得るために、対象歯車のアンダーカット開始径を統一するホブ設計手法も併せて織り込む。具体的な工具寸法と歯元形状を Fig. 5 と 6 に示す。

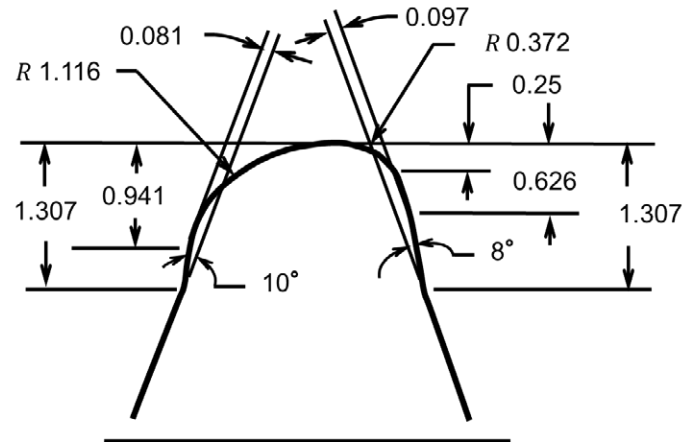


Fig. 5 The specific tool dimensions

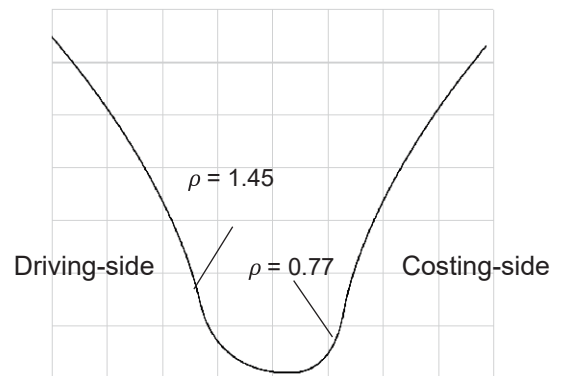


Fig. 6 Tooth root geometry

非対称歯元曲率半径を有する歯車の効果を予測する。ここでは、Table 1 に示した歯車諸元にて、歯元曲率半径を対称・非対称の2種類で、歯元曲げ応力の Criterion を満足する歯幅の設計を行い、この歯幅の差異から体積を算出する効果のイメージ図を

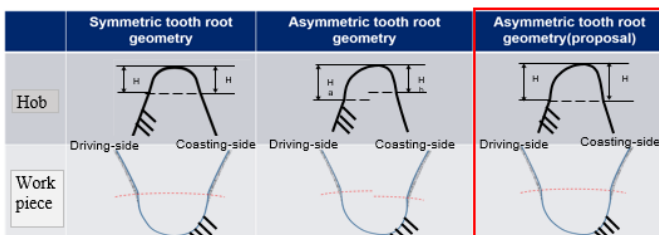


Fig. 4 Comparison of hob and workpiece

Fig. 7 に示す．結果として 9.5% の小型化が見込まれ小型化に大きく貢献できる．

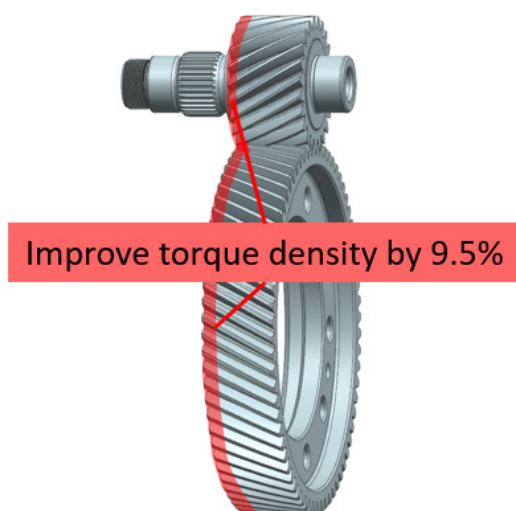


Fig. 7 Concept for improving torque density

耐久実験を行う上で，その耐久に用いる対象歯車の精度を把握することが耐久評価では重要である．本研究では，歯元折損強度に着目していることから，歯元形状の測定を行った．

本研究で設計したホブを用いて加工した歯車の歯元形状が，設計意図どおりに加工されていることを評価するためには幾何学的に示す必要があり，歯元形状は軸直角断面上で評価する事となる．したがって，ホブ歯形寸法から，歯車の軸直角断面上の歯元隅肉曲線の式を算出し，Fig. 8 のようにシミュレーションを可能とした上で，机上と実形状の重ねあわせを実施した．

Fig. 9 に示すように，実形状がシミュレーションと一致し，予測通りの歯元形状を有した歯車を獲得できた．

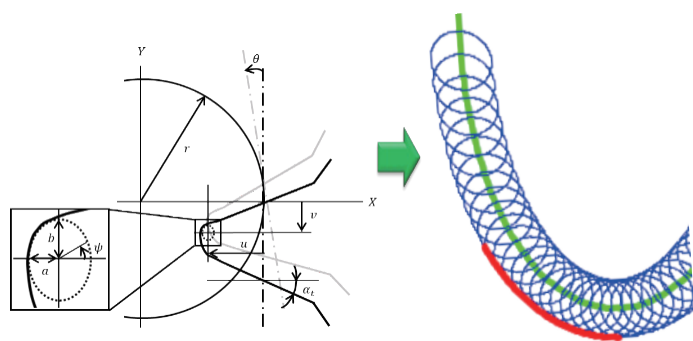


Fig. 8 Simulation for calculating the tooth root geometry in the perpendicular cross section

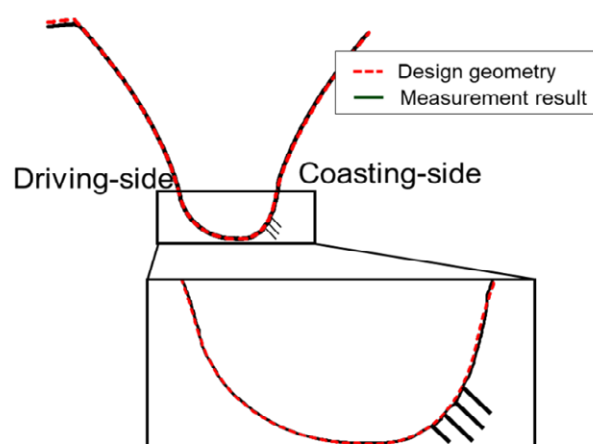


Fig. 9 Comparison of calculated and measured geometries

4. 実験検証

歯元折損強度の評価は，Fig. 10 に示す設備（以下モータダイナモ）で行った．実験スタンバイ写真を Fig. 11 に示す．

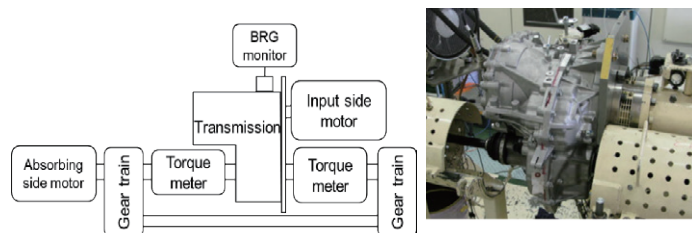


Fig. 10 Outline of test stand Fig. 11 Photo of test stand

対称歯車を CVT ユニットに組み込み，モータダイナモにセッティングし，入力側モータで回転を与えて，この吸収側モータでブレーキをかけることで，所定の入力トルクを発生させ，回転数とトルクを一定の条件下で，歯元折損が発生するまで耐久実験を行った．

4.1 実験結果

歯元折損のサイクル数と算出した歯元応力を S-N 線図にまとめた。Fig. 12 にその結果を示す。図中の赤丸は非対称歯元曲率半径を有する歯車を示し、黒丸は対称の歯元曲率半径を有する歯車を示す。

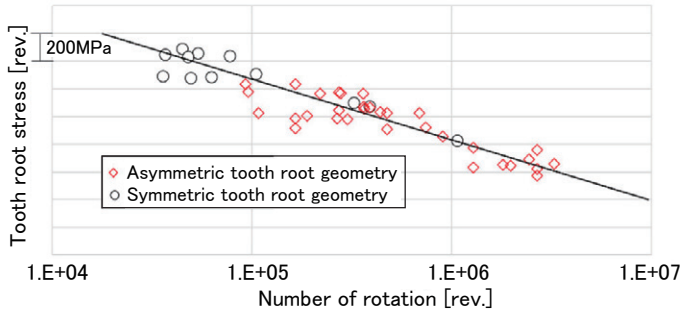


Fig. 12 S-N diagram

本結果から、対称の歯元形状、非対称の歯元形状であっても、同一の S-N 線上に実験結果がプロットされていることを確認できる。したがって歯元応力計算法は、非対称歯元曲率半径を有する歯車にも適用できる事を確認できた。

また、歯元形状を非対称化する事により、対象歯車の応力比、対象歯車対の体積比についての計算値と実験結果から算出したこれらの比較を Table 2 示す。

Table 2 Comparison of estimated and experimental results for calculating size effect accurately

	Volume reduction ratio [%]
Estimated	9.5
Experimental result	10

本結果から、両者の差が小さい事から非対称歯元形状の小型化に対する有効性が立証できた。

5. 結論

自動車用トランスミッション歯車の歯元折損強度向上による小型化を目的に、自動車の市場負荷頻度を考慮して非対称の歯元曲率半径を有する歯車を設計する手法の検討を行った。

これにより、従来の設計手法による歯車重量から 10% の小型・軽量化を達成し、非対称歯元曲率半径を有する歯車を導入した CVT ユニットの量産化することができた。

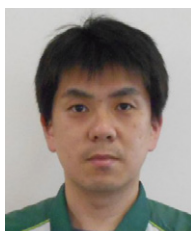
6. 参考文献

- (1) Kubo, A. and Umezawa, K., On the Power Transmitting Characteristics of Helical Gears with Manufacturing and Alignment Errors (1st Report): Fundamental Consideration, Transactions of the JSME (in Japanese), Vol. 43, No. 73, (1977), pp. 2271-2783.
- (2) Aida, T., and Terauchi, Y., On the Bending Stress of Spur Gears (2nd Report): The Stress Concentration Factor and the Equation for the Calculation of Bending Stress of Gear Teeth), Transactions of the JSME (in Japanese), Vol. 27, No. 178, (1961), pp. 868-876.
- (3) Fukanoki, K., "Practical application of asymmetric tooth root geometry for downsizing automotive transmission gears," VDI International Conference on Gears 2022, September 12-14, 2022, Germany, pp. 197-213.

■ 著者 ■



深野木 邦彦



松尾 浩司



鈴木 義友

2種類の生物からヒントを得たクラッチテクスチャ技術 着想・設計・量産工法まで

松尾 道憲*

抄 録

ジヤトコでは、クラッチの本質課題であるスティックスリップに対して、2匹の生物からヒントを得て、従来の摩擦材でなく相手面にテクスチャ加工を施すことで、クラッチの摩擦安定性・長寿命化を実現した。着想、設計、量産を視野に入れた工法などについて説明する。

1. はじめに

人が住める地球環境を維持するために、世の中では従来以上に持続可能性のあるものが求められている。自動車業界においてもその責任は大きく、カーボンニュートラルに限らず、車のライフ延長など、あらゆる分野で改革が必要である。

現在、イノベーションの創出と基盤技術開発に従事し、従来にはない技術の発想を求められる立場にあり、その中で生物模倣に着目した。

生物は、地球が誕生してから、今の形にたどり着くまでに長い歴史の上で進化を遂げてきた。そこから学び、活かすということは、持続可能性を学びながらも、イノベーションを探索できる切り口だと考えており、今回開発した技術においても、2種類の生物からヒントを得た。

キリギリスとカエルの足に見られる六角形は、スティックスリップ抑制やグリップ向上の機能があるとされていたため、クラッチの構成部品である鉄プレートに対して、微細な六角形の溝を入れるテクスチャ技術を開発した。

結果として、クラッチの「大幅な摩擦特性の改善」という自然界からの恩恵を受けることが出来た。着想から量産工法までの内容を紹介する。

2. 着想、適用部位の選定

2.1 着想

従来にはない技術の発想を求めて、自動車業界以外のヒントに着目し、自然界の情報をリサーチした。

人間が考える範疇を大きく超えたものを探すには、長い歴史が積み重ねてきた、生物の知恵を借りることが最適だと考えた。

自然界の中でも、特に昆虫を中心に情報調査を行った。昆虫は、外殻がロボットのように感じられ、複雑ながらシンプルさを兼ね備えているため、工業製品へのアイデアが出しやすく、多くの事を学べると感じていた。

昆虫類や、それを対象にしている技術などを調べていくと、生物模倣というジャンルがあり、アリの生態系を活かしたロボットや、ハエの脳、フナムシの足など、あらゆる分野で非常に面白い研究が進んでいることがわかり、その中にキリギリスの足裏について記事があった。

キリギリスの足の裏には、六角形のテクスチャがあり、スティックスリップを抑制するという期待値がある。シリコン材を使った摩擦の実験結果としては、スティックスリップがなくなり、スムーズな摩擦特性になる結果が示されていた (Fig. 1)⁽¹⁾⁽²⁾。

*イノベーション技術開発部

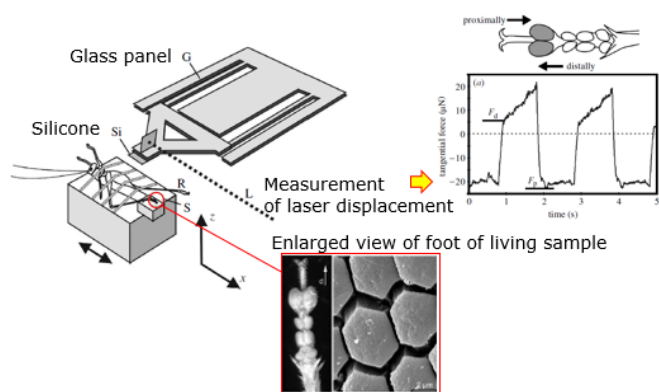


Fig. 1 Information extract for the bottom of katydid feet

さらに、生物の足裏についてリサーチをした。キリギリスに近い印象のあるバッタに着目すると、足に6角形模様がないようであった。バッタは飛んで逃げ、キリギリスは走って逃げる、といった違いがあることが分かった。

キリギリスと同じ、後ろ脚で蹴る印象のあるカエルに着目すると、足に6角形構造があり、医療の分野で研究がされていた。主にグリップ性向上機能について着目して書かれていた (Fig. 2)⁽³⁾。

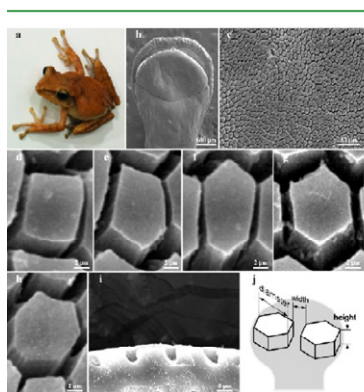


Fig. 2 Information extract for the bottom of frog feet

ここで注目した点は、「昆虫類」と「両性類」という異なる種族で、かつ、住む環境も違うであろう2匹が足の裏に6角形を有していること、各々着目されている機能が違う点であり、6角形が摩擦面に与える「良い効能」が複数あると考え、テクスチャを検討することとした。

2.2 適用部位

2.2.1 どの部品に適用するか？

我々の製品に活かすには、トランスミッションのどの部品にテクスチャを入れるかも、効果を発揮する確率を上げるために非常に重要になる。

トランスミッション内部には、軸やベルト・プーリ、ギヤ表面、クラッチなど、あらゆる場所に摩擦面が存在するが、6角形の持つ機能が欲しい場所としては、クラッチ部品が適当だと考えた (Fig. 3)。



Fig. 3 Candidate parts for texture adaptation

何故クラッチがいいのか。クラッチはギヤ段を切り替えるタイミングで、締結・解放を繰り返す。締結時には徐々にクラッチに押しつけ力を加えながら係合させるが、その遷移中に滑り状態が存在する。滑り現象があると、摩擦部の自然現象であるスティックスリップが起きることがあり、スティックスリップはユーザに不快な振動を与えるという課題がある。

通常、クラッチの摩擦は設計コントロール下であり、スティックスリップの発生率は非常に少ないが、使用に伴う劣化によってスティックスリップが起きることがある。

キリギリスは自然界において、スティックスリップを抑制しているため、自社製品のスティックスリップ現象にも試す価値があると考えた。また、カエルで着目されているような、グリップ力の向上も併せて期待できる。

クラッチは摩擦で締結し、駆動力を伝達しているが、締結時にもエネルギーが必要である。グリップ力が上がるということは摩擦係数が上がることで、押しつけ力が下がることも期待できる。

2.2.2 クラッチ部品のどこに適用するか?

クラッチとしては、摩擦材と鉄プレートの2か所が適用先として考えられるが、今回は鉄プレート面を選択した。

従来の感覚では、鉄側へテクスチャを入れると、やすりのようになり、摩擦材のセルロース材等を摩滅させてしまう懸念があった。しかし、生物もセルロース性の葉の上で生活をしていると考えれば、その領域まで面圧を下げれば成り立つ可能性があると考えた (Fig. 4)。

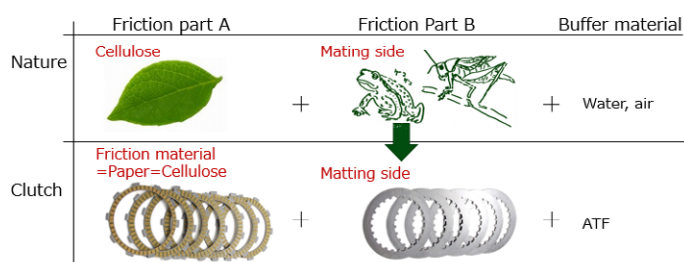


Fig. 4 Conceptual representations of adaptation locations

3. 設計

3.1 面圧を計算する

細かな寸法についてはフェルミ推定を用いて設計した。油中環境下や、鉄の剛性など、動物の生活環境と異なる点も多く、量産まで視野に入れると、全てを設計することは難しい。開発コンセプトとしては「地球上で生物が生活する面圧程度で使うこと」とした (Fig. 5)。

The aim was to use the texture at surface pressures below that at the bottom of the creatures' feet so as to be innocuous to the friction material paper.



Fig. 5 Representation of concept

インターネット上には、昆虫が好きな方のブログがあり、キリギリスの質量について、一部の情報を見つけることが出来た。キリギリスの精巣は1～13.8%を占め、重量は2.7～70.1mgとあり、そこから、体重を491.9mgとした。

キリギリスを研究する論文 (3) には足裏の画像データがあり、6角形の面積を計測し、 $1.67576 \times 10^{-11} \text{m}^2$ を仮置きし、1本の足のサイズを全長から割り出して、足1本の数を見積もった (Fig. 6)。

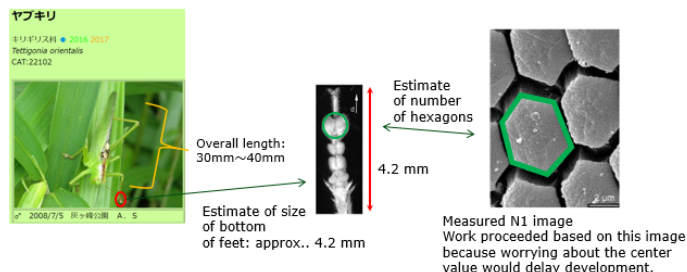


Fig. 6 Enlarged view of the bottom of katydid feet

次に、仕事をする6角形の総数を算出することにした。キリギリスの足は6本あるが、それは静的な状態であって、実際に移動する際は後ろの太い足2本に重心が集まるのでは? という仮定のもと、今回は後ろ足2本に集中する場合の足の面圧で計算をした。これらの情報から、足裏で体重を支える6角形は約7万個程度あると仮定し、指標となる6角形1つの面圧を決めた。

同様な検討をカエルでも行ったが、サイズ、面圧共に、オーダが近い結果となったため、キリギリスの計算結果を使った。

3.2 サイズ 自動車部品ヘリサイズ

クラッチへの適用に関しては、面圧が高いトルクコンバータ単板ロックアップクラッチの面圧をベースに検討を行い、上記のロックアップクラッチ設計に合わせて、生物の6角形を拡大し、一辺約120μmの6角形が導き出された。

3.3 溝幅、溝深さの設計

溝幅、溝深さに関しては幅50μm、深さ20μmとした。

これは写真からは計測できなかった為、油膜厚さと、油が流れ込める余裕度で仮決めをした。そして、試作及び量産工法を考慮し、コストなども参考に、総合的に決めた。

3.4 6角形の向き

カエルの足を研究する論文(5)では、6角形の向きについて、角を先に向けるか、辺を先に向けるかで液体の流れに差異が生じることが述べられていた。角を向けたものを Corner-Sliding(以下 CS)、辺を向けたものを Side-Sliding(以下 SS) と呼び、本稿でもその名称を使用する。

さらに、クラッチへ微細溝を適応することで、溝を流れる油によるミクロな冷却向上の効果も期待した。ただし、クラッチは回転部品であり、正6角形をそのまま配置すると、時計の12時、6時方向と、3時、9時方向で、6角形の向きが変わり、回転による影響(油と摩擦面の状態)が、部位ごとに異なる可能性があると考えた。そのため、6角形を放射上に角度を少しずつ変えて、回転方向対して同じ向きになるように6角形を配置した(Fig. 7)。

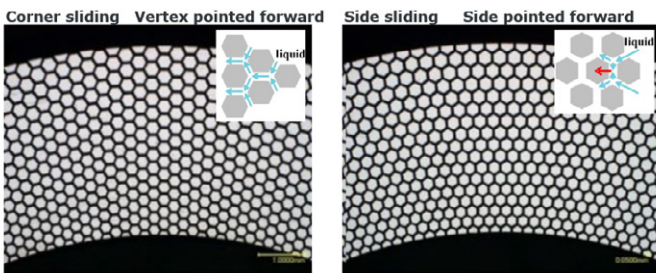


Fig. 7 Prototype test pieces directionally aligned
(Left: CS; right: SS)

4. 検証結果

4.1 試作

まず、フェムト秒レーザー技術を活用して最初の試作を試みた。

摩擦材を攻撃しないためには、HAZ (Heat-Affected Zone) による盛り上がりを抑えながら精密に加工する必要があるが、本工法を選択することにより、意図通りとなった(Fig. 8)。

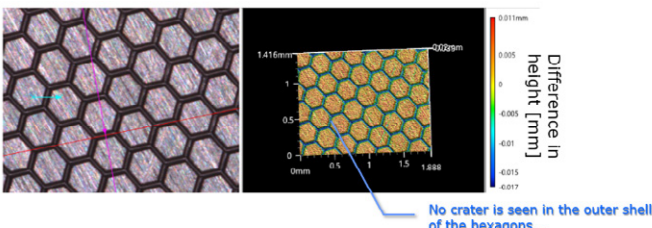


Fig. 8 Appearance of texture prototype

4.2.1 結果 μ 性能の改善効果

縦軸に μ 、横軸に滑り速度である差回転をとった性能を μ -V 特性という。右肩下がりとなる特性を負勾配といい、スティックスリップの要因となる。負勾配気味のクラッチを用意し、鉄側プレートをテクスチャ有り品に交換すると、特性が正勾配になることが確認できた。また、油温や面圧に対するロバスト性も向上し、負勾配が顕在化しやすい低温、低面圧状態でも性能が安定した。Fig. 9 に 40℃、0.2MPa での特性を示す。

なお、測定の結果 CS、SS 共に差が大きく出なかったため、本論文では CS を対象に述べる。

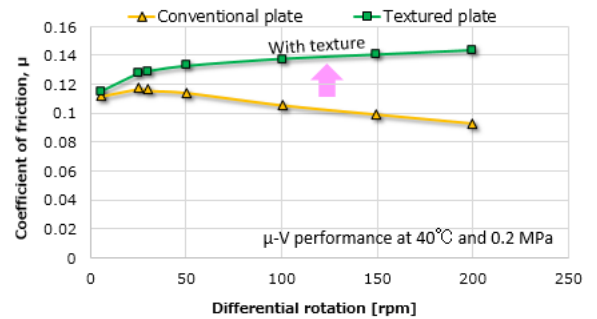


Fig. 9 μ -V performance

4.2.2 結果 μ の負勾配に至るまでの耐久寿命

クラッチの寿命を図る LVFA 試験機を使い、耐久試験を行った。供給する油温は 120℃で温調し、一定時間毎に 40℃、80℃、120℃で摩擦特性を測定したところ、 μ -V 特性が負勾配となり基準を下回るまでの時間が、従来品に対し 65% 伸び、特に低面圧の伸びが顕著であることがわかる(Fig. 10)。

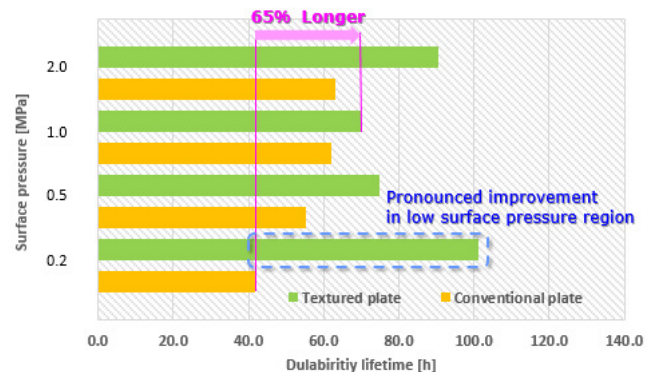


Fig. 10 Difference in service life due to the effect of the texture

4.2.3 考察

この結果は、従来鉄プレートに無かった機能や効果が付与されたことによるもので、

- A) 「六角形パッドが高差回転領域での μ を安定化」させ、
- B) 「溝が低温、低面圧域での、摩擦面の油膜適正化を助けることで μ を安定化」、
- C) さらに「溝の油が冷却性能を向上させた」

ことにより、摩擦特性の改善と、寿命が延びる効果が得られたと考える。

5. 量産にむけて

幅 50 μ m 深さ 20 μ m の溝を、それ以上のうねりを持つ鉄板に打つには相当な技術が必要である。自動車部品に採用するには、生産規模や生産速度も重要な要素である。

企画段階で、技術面と量産規模が両立可能なメーカを検討したところ、日本国内に精密プレス技術を持つ会社があった。試作検証後、そちらで試作型の作成を行い、プレスによるトライアルを開始した。プレス条件の見直し等、改善を繰り返しながら、現在開発を進めている。

量産工法でのトライアルがスムーズに進んだことで、単品試験に限らず、車載条件での制御確認、バラツキ検討など、前倒しでの検討が可能となった。

6. まとめ

- (1) 生物からヒントを得て、クラッチ摩擦特性の安定性が大幅に改善できた。特に「低温への適応」は、始動後に捨てる熱が少ない電気自動車への貢献が期待でき、「長寿命化」においても、自動車のロングライフ化など、車の新しい使われ方に貢献できると考える。

- (2) 生物を工業製品に適用する際には、モチーフ化することが難しいが、足裏自体が六角形というシンプルな構造であったため、フェルミ推定的な設計が可能で、意図した機能を得ることができた。

7. 参考文献

- (1) Stanislav Gorb, Biological microtribology: anisotropy in frictional forces of orthopteran attachment pads reflects the ultrastructure of a highly deformable material, Proceedings of the Royal Society B, pp. 1239-1244 (2000).
- (2) 下村政嗣：生物の多様性に学ぶ新世代 バイオミメティック材料技術の新潮流，科学技術動向，2010 年 5 月号 No.110, pp. 9-28 (2010)
- (3) Huaway Chan, Bioinspired Surface for Surgical Graspers Based on the Strong Wet Friction of Tree Frog Toe Pads, ASC APPLIED MATERIALS & INTERFACES, Volume 7, Issue 25, pp. 13983-13995 (2015).
- (4) Alexey Tsipenyuk, Use of biomimetic hexagonal surface texture in friction against lubricated skin, Journal of the Royal Society Interface, 11, pp. 1-6 (2014).
- (5) Fandong Meng, et al., Tree frog adhesion biomimetics: opportunities for the development of new, smart adhesives that adhere under wet conditions, PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY A, Volume 377, Issue 2150, p.17 (2019)
- (6) 松尾道憲：2 種類の生物からヒントを得たクラッチテクスチャ技術 着想・設計・量産工法まで，自動車技術会シンポジウム「動力伝達系の最新技術 2022」，文献番号 20224625

■ 著者 ■



松尾 道憲

製造現場データのデジタル化推進と設備総合効率向上を支えるプラットフォームの構築

廣崎 誠*

抄 録

今後電動化によるコスト・品質競争の厳しさに打ち勝つため、製造現場の設備総合効率向上は必須である。それを実現するには、IoTで現場情報をデジタル化して見える化し、分析して活用することが求められている。今回それを支えるデータ収集、転送、保管、見える化までの一貫したプラットフォームを構築したので報告する。

1. ジャトコを目指す Smart Factory

ジャトコでは工場内のデータをデジタル化し、設備総合効率（以下 OEE）を向上させる活動を Fig. 1 に示すように Smart Factory 活動と称し、下記の 3Step を設定のうえ推進中である。

Step1: 不良と設備停止時間を最小化する工場

Step2: 不良を流さない、ラインを止めない工場

Step3: 最高効率を維持できる工場

なお、2022 年現在、進捗状況は Step1 と Step2 の間であり、Step 3 への移行は 2030 年代を目標としている。

最高効率維持工場を達成する取り組みとして OEE を現状から大幅に向上させる必要がある。

ジャトコの実績 OEE は 80% 前後であり、Step2 で

は 90%, Step3 では 100% を目指す必要がある。

2. 現状把握

2.1 製造現場の 6 大 OEE ロス

OEE を向上させるには、いかにロスを最小限にするかが重要である。OEE を低下させるロス要因として、下記 6 大設備ロスがある。

- 故障ロス
- 段取り、調整ロス
- 空転、チョコ停ロス
- 速度低下ロス
- 不良、手直しロス
- 立ち上げ、歩留りロス

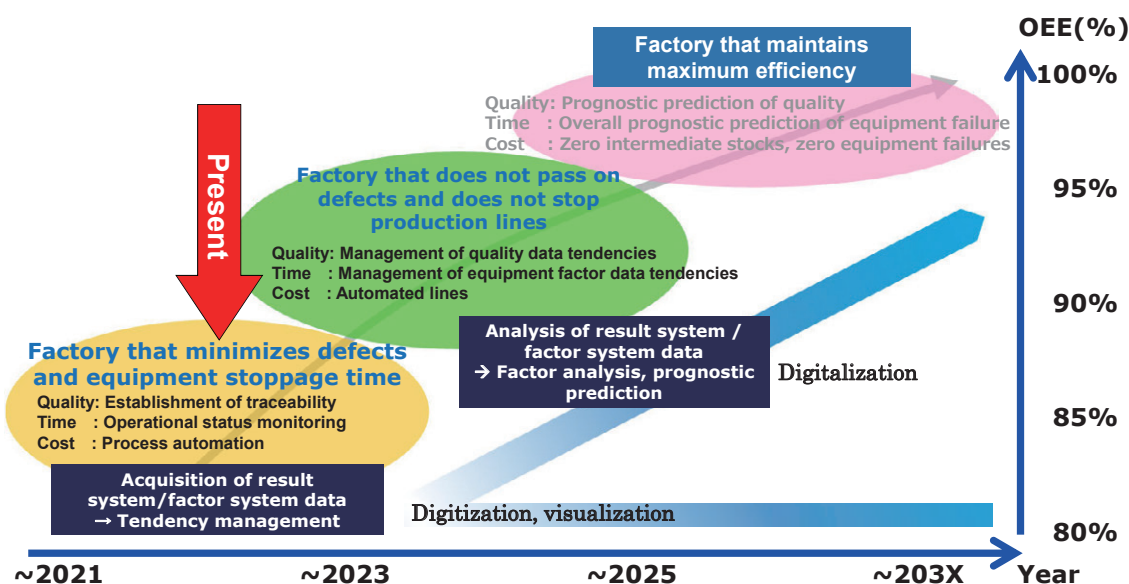


Fig. 1 Roadmap to JATCO's Smart Factory

* デジタルイノベーション推進部

これらのロス进行消するためには、ロスを迅速に発見し対策すること、事前に予知予防することが必要である。

2.2 現場データ収集の課題と対策

ロス消消のためには、製造現場のデータを迅速に収集し、そこからロスを洗い出し対策する必要があるが、下記の現状でロス消消が遅延している。

- 作業者がライン停止に気づかず、ロスを放置する。
- 設備チェックに時間がかかり、ライン対応が遅れる。
- 問題発生時の調査リードタイムが長く、ロスが長引く。

この3つの現状に対して分析をすると、Table 1 に示すような課題が判明した。

対策として、ライン稼働状況のリアルタイム把握や、傾向管理の実施によるロスの予知予防が必要である。これらを実施するために、今回 IoT ツールを活用し、現場のデジタル化を進めた。

2.3 IoT ツール活用のメリット

IoT ツールを活用するメリットは以下である。

- データを紙のようなアナログデータではなく、デジタルデータで取り扱うため、検索、加工、閲覧が柔軟に実施可能である。
- 設備や品質情報などのデータ処理を人に依らず IoT ツールで置換可能である。
- 近年多くの IoT ツールが廉価で販売されており、費用対効果の大きな改善が可能である。

2.4 データプラットフォーム構築の必要性

Table 1 の対策を実施し、設備や測定設備付 PC といった異なる入力からのデータ取得と活用が可能となる。しかし、取得したデータがそれぞれで異なる形式の場合、その後の見える化と分析が煩雑となるため、統一したデータ形式に変換する必要がある。

また、収集データを各人の個別 PC など、独立したストレージに保存した場合、活用範囲が限定される。多部署でデータ共有、分析、活用するためには、統一した場所にデータ保管し、全社で見える化が可能なプラットフォームを構築する必要がある。

Table 1 Issues delaying elimination of losses and countermeasures

Present situation	Issues	Countermeasures
Employees do not realize the line has stopped and neglect losses.	Employees have no means of confirmation except looking at the line directly.	Automatically collect and visualize data on the operational status of the line.
Checking the equipment takes time, so dealing with line issues is delayed.	Checking equipment is time consuming because many items have to be written on paper by hand.	Digitize hand-written tasks to shorten employee man-hours and increase their line monitoring time.
Long lead time is needed for investigation when a problem occurs, thus prolonging losses.	It takes a long time to find the true cause of a problem after it occurs because of investigations.	Predict problems in advance or take immediate action based on management of equipment and quality tendencies

3. プラットフォームの開発コンセプトと構築

3.1 プラットフォームのコンセプト

本プラットフォームのコンセプトは下記である。

- 異なる種類の入力を取り込み可能であること。
- 各種データを同じ形式で見える化可能であること。

これらを実現するプラットフォームの処理の流れを下記のように設定した。

- 異なる種類の入力をデジタル化する。
 - デジタル化したデータを同じ形式に変換する。
 - 変換したデータを同じ場所に保管する。
 - データを同一のフォーマットで見える化する。
- この流れを図にしたものが Fig. 2 である。

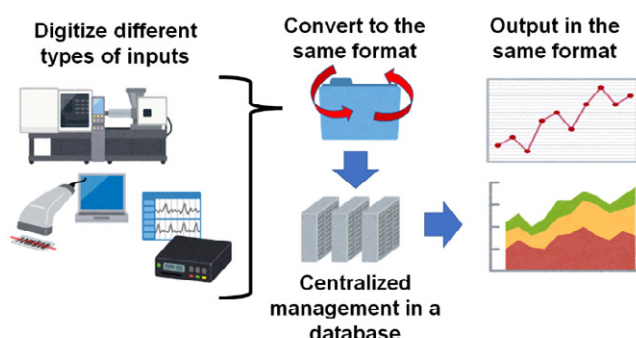


Fig. 2 Platform development concept

3.2 異なる種類の入力のデジタル化例

本項では、前項で挙げている異なる種類の入力についての具体例を説明する。

1) 設備稼働状況データ

各設備の制御に使われている PLC^{*1} の信号を収集対象とする。

PLC 内の信号をモニタリングし、適時出力することで、設備の稼働状況をリアルタイムに把握する。本方法は PLC 信号のモニタリングが可能であれば、どのラインでも対応可能である。

2) チェックシートデータ

作業者が手書きしているチェックシートを対象とする。

入力フォーマットを PC へ取り込み、これまで作業者が手書きしていた要素を PC の入力へ切り替え、入力データを集約する。

本方法は、チェックシートの入力フォーマットを PC へ取り込むことができれば、どのショップのラインでも対応可能である。

3) 品質計測データ

三次元測定機などで計測し、機付の PC やストレージに蓄積しているデータを対象とする。

PC やストレージを社内ネットワークに接続し、内部に蓄積されているデータを社内データサーバへ保存する。

本方法は、測定結果がデジタルデータとして保存されていれば、どの測定機でも対応可能である。

3.3 プラットフォームの構築

本項では、コンセプトに基づいて、どのようにプラットフォームを構築したか説明する。全体像については Fig. 3 に示す。

本活動にて構築したプラットフォーム名称を EQ-Connect(Easy, Quick, Equipment, Connect からの造語) と名付けて、社内統一規格として適用中である。

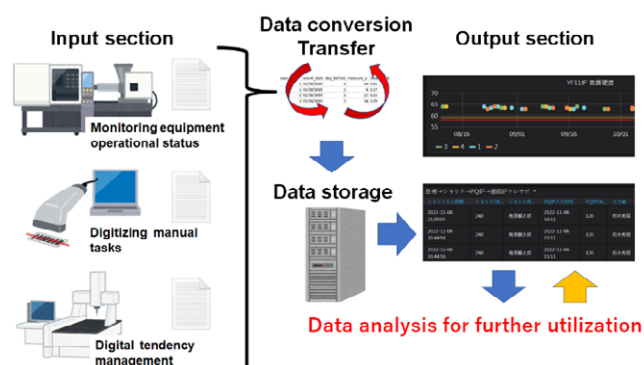


Fig. 3 Platform configuration

1) 入力部分

前項で述べた各種の入力データをプラットフォームに取り込むために IoT ツール導入をする。

各案件で、プラットフォームを活用するユーザ^{*2}と協議し、必要なデータの洗い出しを実施し、入力データの仕様策定を行う。

2) データ変換部分

入力データは、文字列処理に強いプログラム言語を使用して、行と列で構成されるリスト形式に変換し、共通の形式とする。

変換の際、設備の出力異常値や、作業者がデータ入力ミスした場合などに、想定外のデータが入力される場合がある。その際に変換プログラムが停止しないよう、各種エラー対応を想定したプログラムとし、ロバスト性を高めている。

3) データ転送部分

前項で変換したリストデータを各端末から保管サーバへ移動する。

データ移動にはバッチファイル^{*3}を用い、タスクスケジューラにて指定の時間間隔でバッチファイルが実行されるよう設定した。これらは Windows の標準機能で、データの転送を確実に実施可能である。

4) データ保管部分

保管サーバは、社内に設置し社内ネットワークに接続されたサーバとした。

このサーバにリレーショナルデータベース^{*4} (以下 RDB) を構築し、データが転送されてきたタイミングでデータ内のリストをテーブルに書き込むプログラムを内製した。

内製プログラムは書き込みリストを容易に変更可能な仕様としており、水平展開が容易に実施できるようにしている。

5) 出力部分

見える化には、市販の BI ツール^{*5}、WebAccess を導入した。RDB のデータを読み出し、表やグラフで表示するソフトウェアである。

4. EQ_Connect による成果

4.1 OEE に対する効果

2022 年 12 月現在、主要生産ラインにおける EQ_Connect 導入進捗は 4 割ほどである。導入したラインにてデータが見える化、分析した結果、下記の効果が現れている。

- 工場内や事務所に設置したモニタで WebAccess のデータを表示することで、ラインの稼働状態をリアルタイムに把握でき、ロス発生時に迅速な対応が可能となった。
- 設備のデータを収集することで、人の手による設備チェックの手間が低減され、ライン対応できる時間が増えた。
- 問題発生時、既に収集、蓄積している精度の高いデータを用いて分析、活用することで短いリードタイムでロス対策が可能となった。
- 人によるデータ準備の必要がなくなり、問題の分析、対策へ時間を割くことが可能となった。

EQ_Connect を導入したラインでは、以上の施策で OEE が約 5% 向上した。

4.2 今回の活動による二次的効果

本活動で、データの見える化と活用まで行って、初めてデータの価値と重要性をユーザに認識してもらうことができた。

データの重要性を認識したユーザからは、様々なデータを EQ_Connect 化したいという要望や、データの分析についての相談も増え、データ活用意識を持ったユーザが増加している。

また、EQ_Connect の展開活動を進める中で、既にデジタル化されたデータを保管するのみの部署が多かった。それらのデータを EQ_Connect に繋げて見える化し水平展開することが可能となった。

5. 今後の展望

今回構築したプラットフォームは、簡易に運用ができるように作成しているが、一貫した運用習熟についてはある程度の教育期間が必要である。今後も運用継続をするために、数名以上の運用できるメンバを育成していきたい。

また、EQ_Connectを全社に定着させるため、スピード感のある導入活動が必要である。

各案件は、入力の種類により、パターン化が可能であり、案件に応じて変更可能なEQ_Connect 接続パッケージを準備し、水平展開を早めていきたい。

脚注

*¹ PLC:

Programmable Logic Controller の略。マイクロプロセッサを内蔵し、ユーザーが変更可能なプログラムによって生産設備を制御する。

*² ユーザ:

本プラットフォームで対象とするユーザは、製造作業員、製造管理者、技術員など、データを必要とするメンバである。

*³ バッチファイル:

サーバ接続、データコピーなど一連の命令をひとつのファイルに記述し、順番に自動実行できるようにしたファイル。

*⁴ リレーショナルデータベース:

行と列の形で関連性を持って構成されたデータの集合体。

*⁵ BI ツール:

企業が持つ各種のデータを見える化、分析して、経営や業務に役立てるソフトウェア。

BI= ビジネスインテリジェンス = 経営判断の略。

■ 著者 ■



廣崎 誠

熱処理治具の脱着作業自動化技術の開発

古谷 優*

抄 録

CVT 用プーリ生産ラインにおいて、コスト低減を目的に全ての手作業の自動化を目指しているが、プーリを熱処理用台車に投入する工程の自動化が実現できていない。本工程の中には、2 段に重ねた熱処理治具の脱着作業を含むが、量産では熱処理治具が繰り返し熱処理炉に投入され、熱影響による治具の変形・曲がり次第に大きくなるため、特に熱処理治具の脱着作業の自動化が極めて困難となる。今回、大きく変形・曲がりが生じた熱処理治具であっても自動脱着が可能となる技術開発を行ったので報告する。

1. はじめに

ジャトコの CVT 用プーリ生産ラインでは、コスト低減を目的に、自動化を推進している。Fig. 1 にプーリラインの生産工程を示す。図中の青枠で示した工程は自動化済みだが、赤枠で示した工程は自動化できておらず、手作業の状況である。自動化ができていない工程は、台車内のプーリ有無検知や台車位置ずれ検知など、種々の課題がある。これらの中でも、Fig. 1 の二重赤枠で示す工程で行う熱処理治具の脱着作業は、エルゴノミクスの観点からも自動化の要求が特に高く、自動化を実現する技術開発を実施したので報告する。

2. 熱処理治具の脱着作業

2.1 熱処理治具と熱処理用台車

熱処理治具とは、プーリを熱処理炉内に搬送する際にプーリを並べるための耐熱合金製の治具である。本熱処理治具はプーリと共に熱処理炉内へ投入される。Fig. 2 に熱処理治具の外観および

部品構成を示す。熱処理治具は、Post, Bottom grid, Support grid から構成され、Post は Bottom grid にネジ止めされ、Support grid は Post に固定されている。

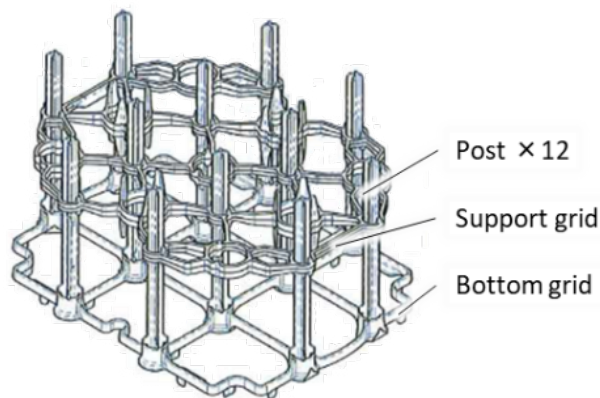


Fig. 2 Heat treatment jig

Fig. 3 に熱処理用台車の外観を示す。台車上に2列2段で熱処理治具を積載し、プーリを投入する。



Fig. 1 Pulley production line processes

* 部品システム開発部

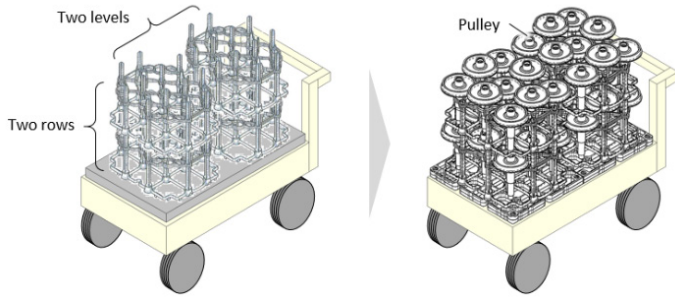


Fig. 3 Heat treatment jig trolley

2.2 熱処理治具の脱着作業

Fig. 4 にプーリを熱処理用台車に投入する工程の作業フローを示す。これらの作業を Fig. 3 に示した台車上で行う。熱処理治具は2段に重ねているため、下段の熱処理治具へプーリを投入するためには、上段の熱処理治具の脱着作業が必要となる。本作業は台車あたり2回繰り返すことになるが、熱処理治具は約15kgと重いため、エルゴノミクスの観点からも自動化の要求は大きい。

2.3 熱処理治具の変形・曲がり

プーリはトルク伝達の要求機能から、表面硬度を高めるために熱処理を施す。この時、耐熱合金製である熱処理治具にも熱処理歪が生じる。プーリの熱処理工程では、熱処理炉内を約900℃まで熱し、その後冷却する。熱処理1回あたりの歪み量は数十μm程度であるが、熱処理治具は量産の中で繰り返し熱

処理炉に投入されるため、その変形・曲がり次第に大きくなる。

Fig. 5 に大きく変形・曲がりが生じた熱処理治具の事例を示す。Post は大きく曲がり、最大で約10mmの曲がりが発生している。

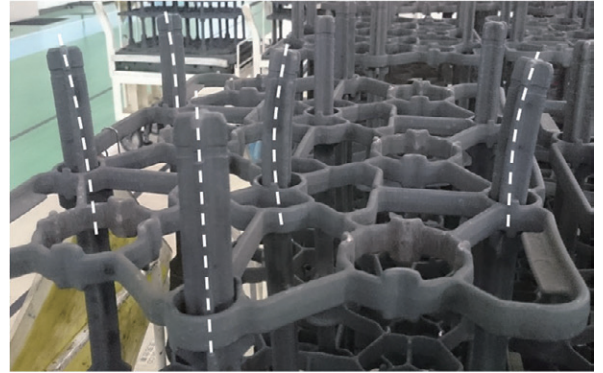


Fig. 5 Heat treatment jig

2.4 プーリ投入作業自動化の問題

Fig. 6 に熱処理治具に生じる変形・曲がりを示す。生産ラインでは数十個の熱処理治具を使用しており、熱処理治具の変形・曲がりの大きさは一様ではない。

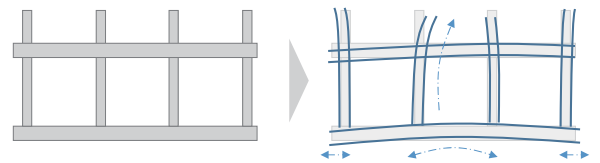


Fig. 6 Deformation/bending of heat treatment jigs

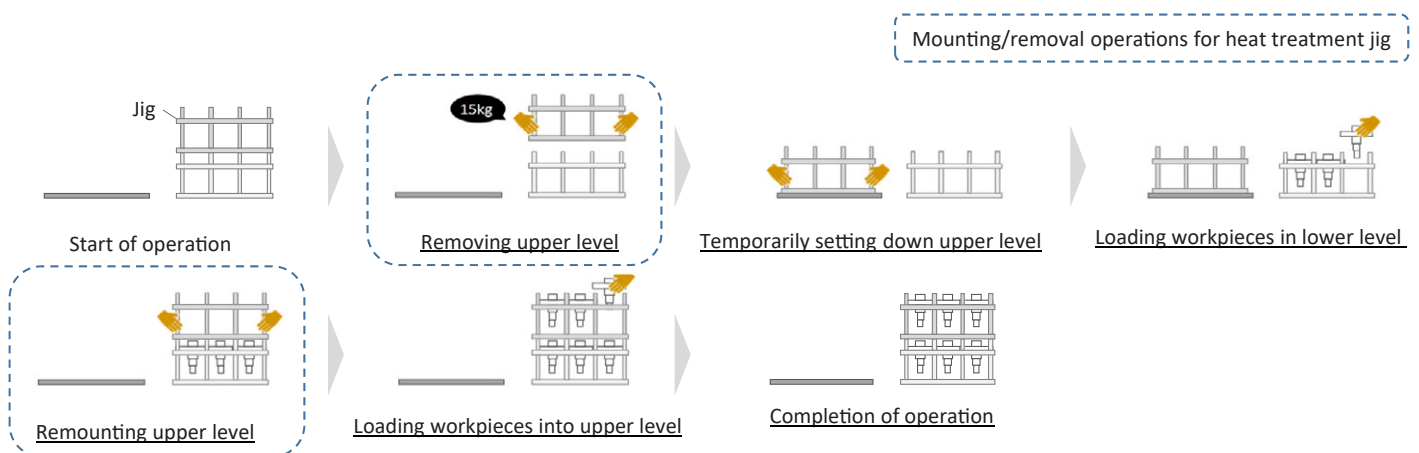


Fig. 4 Process of loading pulleys in jigs on trolleys for heat treatment

熱処理治具の脱着作業を自動化するためには、熱処理治具をクランプする必要がある。一般的に、このクランプにはエアシリンダを用いる。熱処理治具の構成から、クランプ部位は Bottom grid 部の側面が適していると考えられるが、以下の問題点が挙げられる。エアシリンダを用いてクランプする場合、決まった位置に固定されたセンサによりクランプ完了確認を行うが、大きく変形・曲がりが生じた Bottom grid をクランプする際に固定センサによるクランプ完了確認が取れず、クランプ不良が発生することが予測される (Fig. 7)。これがプリー投入作業自動化の問題となる。

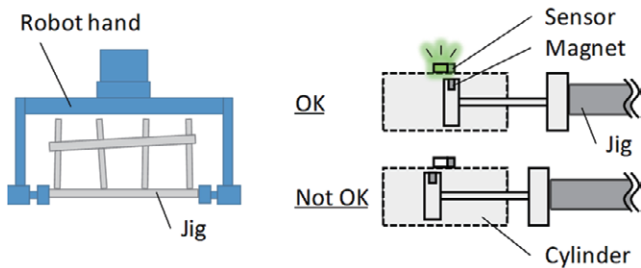


Fig. 7 General clamping system

3. 仕様検討

3.1 設備仕様

Fig. 8 に設備仕様の概要を示す。今回、多関節ロボットと 3D カメラを使用する設備仕様を検討した。

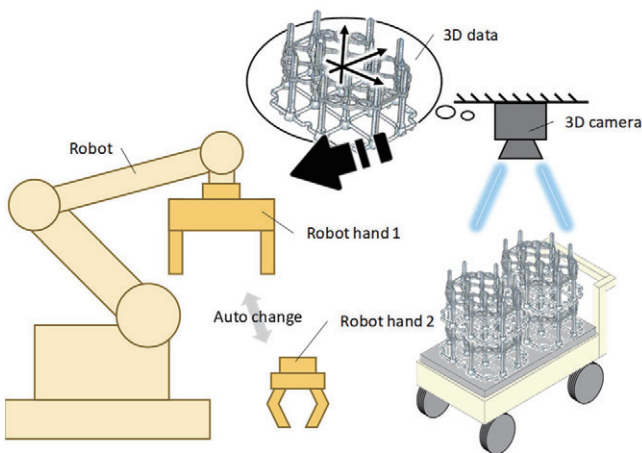


Fig. 8 Outline of equipment specifications

3D カメラとは、被写体の形状、位置、姿勢を 3 次元的に捉えることのできるカメラである。台車および台車上の熱処理治具は、台車の入れ替え毎に数十ミリの位置ずれが発生する。したがって、3D カメラによって熱処理治具の位置情報を取得してロボットへ入力することにより、ロボットハンドを熱処理治具の上空へアプローチすることを可能とする。なお、本設備ではプリーの投入も行うため、熱処理治具の脱着作業とプリー投入作業の各々に適したロボットハンドに脱着可能となる装置を取り付けた。

3.2 クランプ方式の検討

2.4 で述べた通り、一般的なクランプ方式では熱処理治具の変形・曲がりに対応することができないことは明白である。そこでクランプ方式のベンチマークを行った。

Fig. 9 にベンチマークした結果を示す。

Clamping system	Flexibility	Load capacity	O : Good X : Poor	
			Cost	Durability
Suction	O	X	O	X
Spring	O	X	O	O
Interchangeable soft/hard gripper mechanism	O	X	X	X
Cooperative linkage mechanism	O	X	X	X
Locking cylinder	O	O	O	O

Fig. 9 Benchmarking of clamping systems

ここで、今回のクランプ方式に求められる機能は、熱処理治具に変形・曲がりがある場合でも確実にクランプ可能なフレキシブル性である。これに加え、15kg と重量物である熱処理治具を搬送するための可搬重量、さらには、量産適用するにはコストと耐久性も重要な指標となる。これらの観点から、採用するクランプ方式としてロックシリンダ方式が最適であると考えた。

Fig. 10 にロックシリンダの概要を示す。ロックシリンダは停止した位置でロッドを固定することができる機構を有し、一般的なシリンダの様に決められた位置で停止する必要がないため、熱処理治具に倣っ

てクランプすることが可能となる。

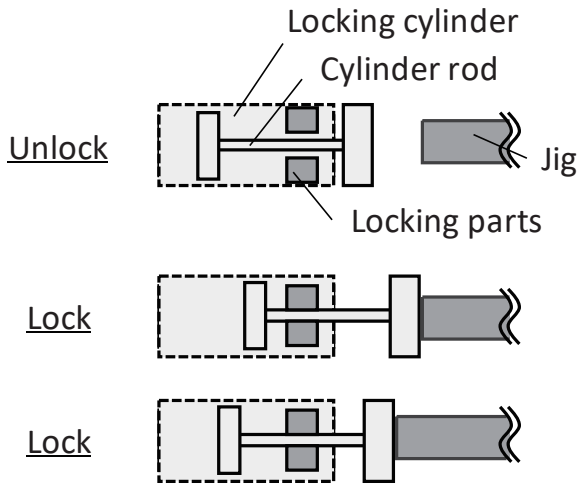


Fig. 10 Locking cylinder

3.3 ロボットハンド仕様の検討

Fig. 11 にロックシリンダを用いて熱処理治具の Bottom grid をクランプした場合のイメージを示す。

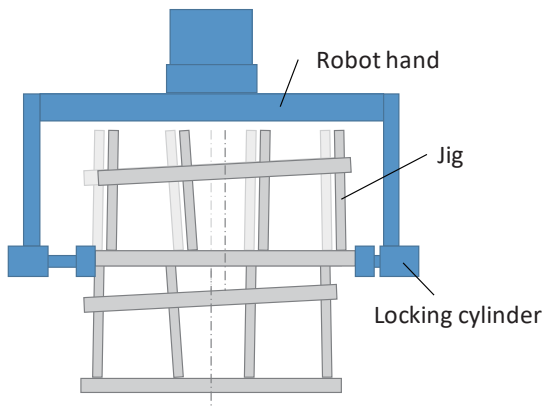


Fig. 11 Clamping system using a locking cylinder

ロックシリンダは一定の反力を得ない限り、前進端まで前進し続ける特性があるため、クランプする際に上段の熱処理治具の位置をずらしてしまう。このことは、上段の積戻し位置を再現できなくなることを意味する。そこで熱処理治具を固定しつつ、熱処理治具に倣ってクランプすることができる方法の検討を行った。Fig. 12 にクランプ方法を示す。

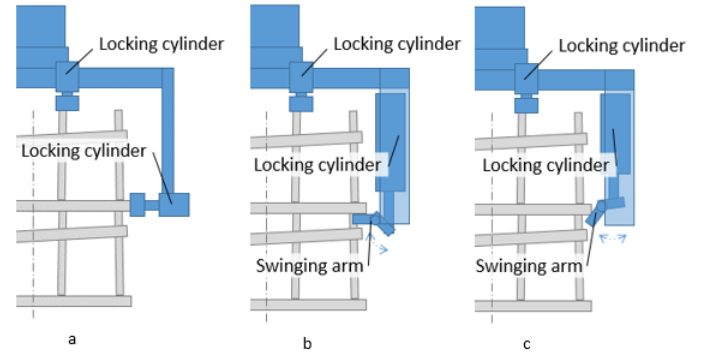


Fig. 12 Clamping method

熱処理治具を固定するために、まず、上段治具を下段治具に押し付ける。ここでもロックシリンダを採用することで、Post の変形に対応する。シリンダの先端に装着する“Post 押さえ”は熱処理治具廃却時の Post 変形・曲がりに対応できるサイズに設計した。次に、Bottom grid をクランプするが、水平方向にクランプすると搬送中の慣性力に対してクランプ力が不足し、熱処理治具が落下する懸念があるため、Fig. 12-b に示すスイングアームを採用することにより、上下方向から挟み込む仕様を考案した。しかし、この方式ではスイングアームが下段の熱処理治具に干渉するため、クランプが不可能である。そこで、この干渉を避けるために、スイングアームの支点をオフセットして斜めにアームを押し付ける方法を考案した (Fig. 12-c)。これにより、干渉を回避できるだけでなく、上下左右の位置ずれも防止することができる考えた。本考案方法で設計したロボットハンドの 3D モデルを Fig. 13 に示す。

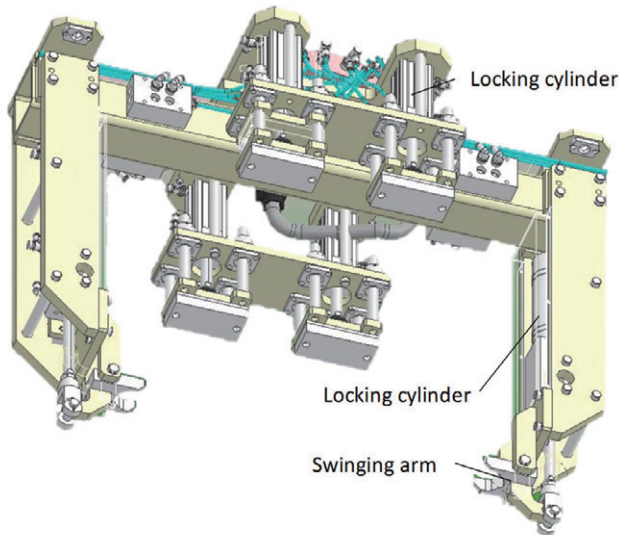


Fig. 13 Robot hand

3.4 熱処理治具仮置き仕様の検討

次に、Fig. 4 に示した ”上段仮置き” の作業について検討した。この作業を自動化するためには、ロボットハンドで上段の熱処理治具を取り出した後、プーリを下段治具に投入するためのプーリ用ロボットハンドへ切り替える必要がある。この時、Fig. 14-a に示す様に、熱処理治具とロボットハンドを別々に仮置きすると、熱処理治具とロボットハンドの位置関係にずれが生じ、上段の積戻し位置が再現できなくなる。そこで、ロックシリンダはエア供給が止まるとロックがかかる特性を活用し、ロボットハンドが熱処理治具をクランプした状態で、ロボットハンドと熱処理治具を一体で仮置きする方法を考案した (Fig. 14-b)。この方法により、仮置き時の位置関係のずれも抑制することが可能となる。

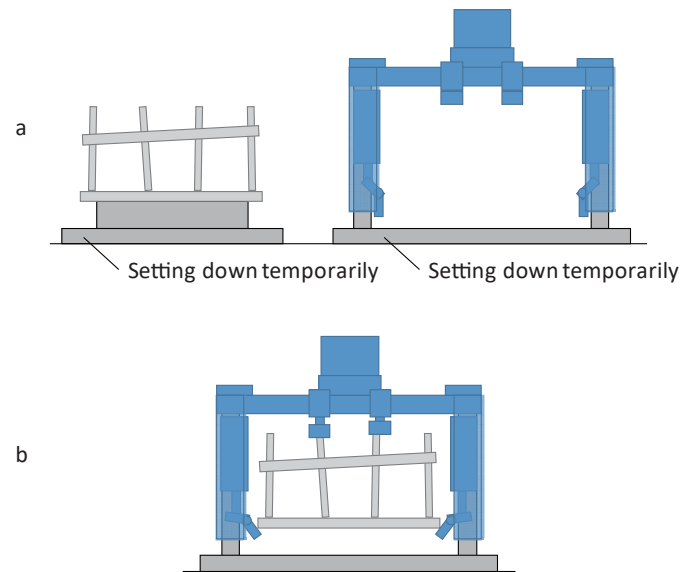


Fig. 14 Specification for temporarily setting down heat treatment jig

4. 量産適用

考案した方法を実現できる設備を設計・製作し、生産ラインに設置して量産トライアルを行った。Fig. 15 にプーリ生産ラインに設置した設備の外観を示す。トライアルは、変形・曲がりの異なる複数の熱処理治具を用いて行った。その結果、様々な変形・曲がりを有する熱処理治具でも安定してクランプすることが確認でき、取り出し作業と積戻しを含めた全てのプーリ投入工程の作業の自動化を実現し、量産適用することができた。

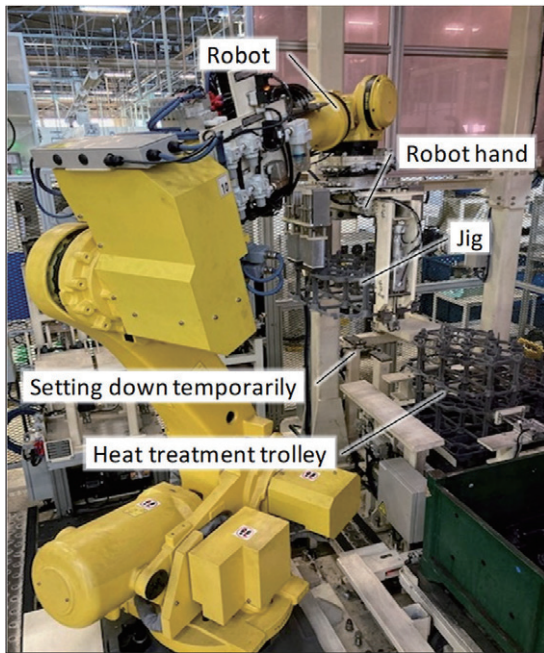


Fig. 15 Appearance of equipment

5. まとめ

本技術開発により、大きく変形・曲がりをもつ熱処理治具の脱着作業の自動化が可能となった。これにより、重量物を取り扱う熱処理治具への投入作業が不要となり、コスト低減および作業環境を改善することができた。

なお、今回設置した設備はプーリ生産ライン用に開発したものであるが、ギヤなどの生産ライン、治具にも応用することができる。今後、本技術を用いてさらなるコスト低減および作業環境の改善に取り組みたい。

■ 著者 ■



古谷 優

CVT用プーリ コロ溝加工における加工開始溝の位置検出条件構築による黒皮残り対策

濱口 直紀* 小谷 一貴* 中川 匡弘** 山本 岳史** 平田 誠**

抄 録

自動車用自動変速機で使用されるプーリ部品には、可動側プーリを軸方向にスムーズに摺動させる為のコロ溝と言われる3つの溝がある。立ち上げ当初より一部のコロ溝の片側に黒皮残りが発生する慢性的な課題があった。

本稿では、軸外径フレとコロ溝位置関係における取り代の影響の見える化と検証を実施し、コロ溝位置検出と新たに軸外径フレの測定値を組み合わせる事で黒皮残りの発生を解決する技術を報告する。

1. はじめに

セカンダリ固定側プーリ（以下 セカンダリプーリ）のコロ溝黒皮残りとは、3つのコロ溝に対し、分割角度、R径、接触角、Over Ball Diameter（以下 OBD）を完成規格内で加工しても、軸外径フレの影響でコロ溝の左右溝肩部分の取り代が偏り、取り代が無くなる事で研削ができず加工残りが発生する事である。

2. コロ溝黒皮残りの概要

2.1 プーリ加工工程とコロ溝加工について

セカンダリプーリのコロ溝黒皮残りとは加工工程を示す (Fig. 1-1, 2)。

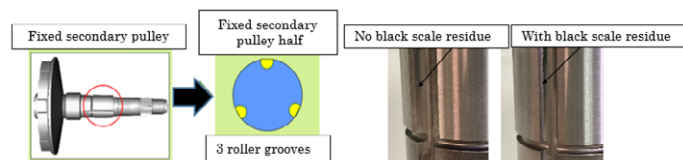


Fig. 1-1 Diagram of fixed secondary pulley half and appearance of black scale residue

生加工、熱処理、曲がり直しを実施後、仕上げ加工の初工程でセンタ修正し、その後の工程でコロ溝研削加工を実施する。

コロ溝研削加工は軸外周のコロ溝を近接の割り出しセンサで検出後、コロ溝の中央の位置決めを行い最初の加工溝を加工する。

残り2本の加工溝は最初の加工溝位置より120度分割を実施し加工を行う (Fig. 2)。

この時に砥石位置に対して加工される溝の位置がズレる為、取り代が偏り加工残りする部分が発生する。

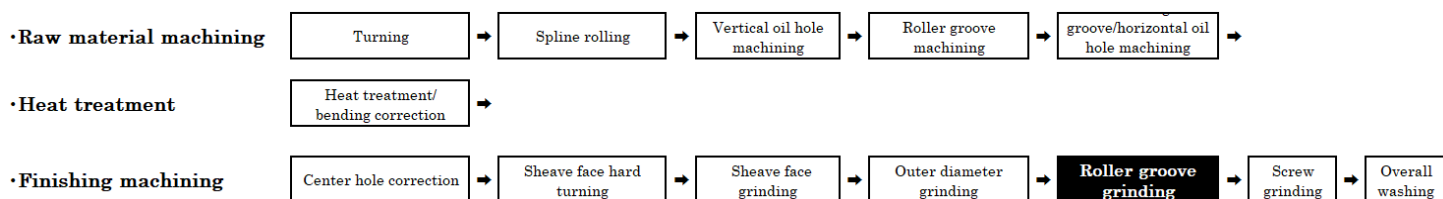


Fig. 1-2 Diagram of machining processes

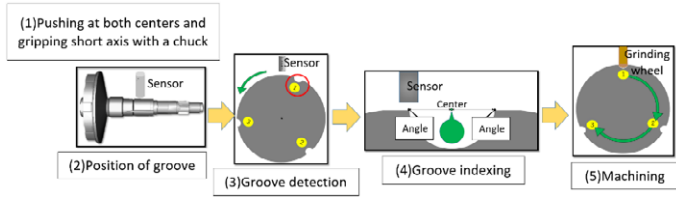


Fig. 2 Indexing motion for machining roller grooves

2.2 ワークの軸外径フレとコロ溝黒皮残りとの関係

コロ溝黒皮残り発生ワークの軸外径フレ調査を行った結果、フレ量が多いワークでの不良発生が90%以上であった。

軸外径フレの大きいワークで再現テストを行った結果、黒皮残りの発生するワークと発生しないワークがある事が判明した。

2.3 機械センタとワークセンタの偏芯の関係

黒皮残りの発生しているワークは以下の事が分かった (Fig. 3)。

- (1) 軸外径フレが大きい事。
- (2) 軸外径フレの最大凸部又は最小凹部の位相がコロ溝位置の位相と近い。
- (3) 熱処理歪や仕上げ初工程のセンタ修正の影響で偏芯となる。

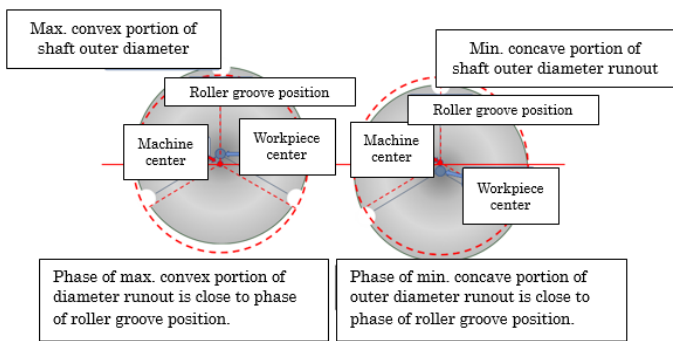


Fig. 3 Positional relationship between shaft outer diameter runout and roller groove

軸外径フレ最大凸部の位相とコロ溝位置の位相が近いワークでの検証結果を Fig. 4 に示す。

位相が近い溝を0度溝とし右回りに120度溝、240度溝とする。

- 0度溝から加工したものが上段の図で、黒皮残りは発生していない。
- 120度溝から加工したものが中段の図で、240度溝で黒皮残りが発生している。
- 240度溝から加工したものが下段の図で、120度溝で黒皮残りが発生している。

黒皮残りのワークは、ワーク軸外径フレの影響でワークセンタ位置と機械センタ位置の偏芯が発生し、フレ量の最大凸部又は最小凹部の位相がコロ溝位置の位相と近い場合、0度溝以外から加工するとコロ溝の位置ズレが大きくなる事で発生する。

3. コロ溝黒皮残りの発生メカニズムの解析

3.1 コロ溝位置ズレと黒皮残りの解析

コロ溝とフレ量の最大凸部又は最小凹部の位相が近い場合と離れた場合でコロ溝位置ズレの比較を実施し、位相が近い場合に最もズレ量が小さくなるかの検証を行う為、各要素からコロ溝の左右溝肩部の取り代量を求める計算式を考えた (Fig. 5)。

各要素とは、基準軸直径、軸外径とフレ量（凹凸）、コロ溝 OBD、コロ溝位置、分割角度である。

取り代の算出方法は、基準コロ溝円 (2) と基準軸外径円 (1) の交点からフレ発生時の加工前コロ溝円 (3)、軸外径円 (4) の交点の差を求めたものである。

プラス座標が右肩部取り代、マイナス座標が左肩部取り代となる。この取り代からコロ溝位置ズレ量を求めた。

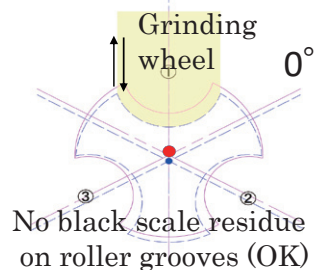
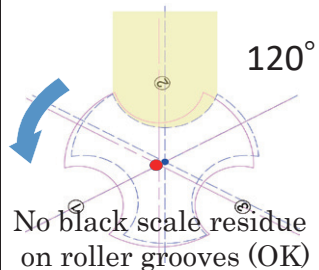
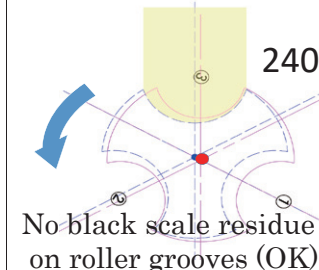
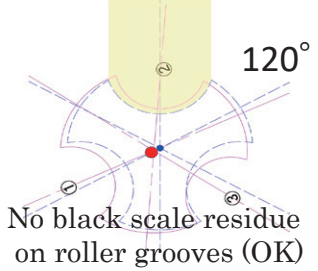
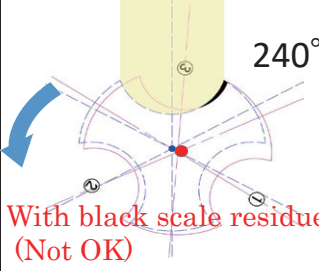
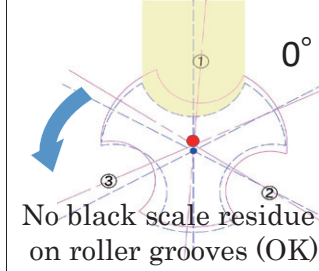
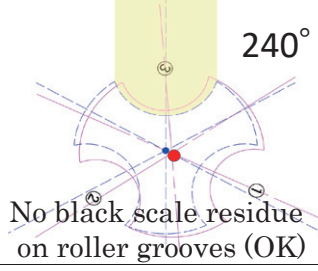
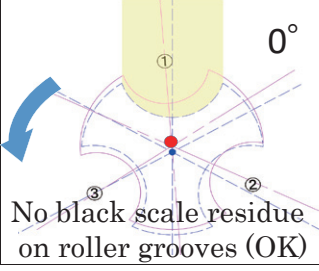
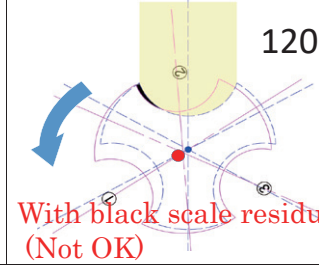
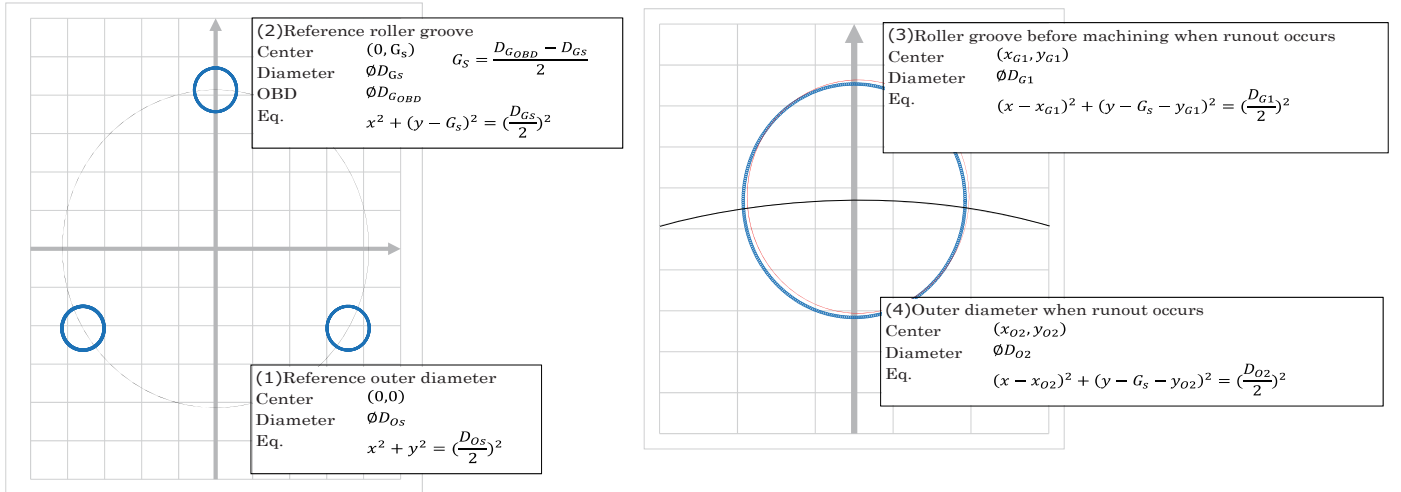
	Detected groove	Groove machined after	Groove machined after
Start at position of 0° groove	 Grinding wheel 0° No black scale residue on roller grooves (OK)	 120° No black scale residue on roller grooves (OK)	 240° No black scale residue on roller grooves (OK)
Start at position of 120° groove	 120° No black scale residue on roller grooves (OK)	 240° With black scale residue (Not OK)	 0° No black scale residue on roller grooves (OK)
Start at position of 240° groove	 240° No black scale residue on roller grooves (OK)	 0° No black scale residue on roller grooves (OK)	 120° With black scale residue (Not OK)

Fig. 4 Validation diagram of misalignment when roller groove is at maximum runout point



Calculation equation on right shoulder (mm)

$$= x_{S1} - x_{G1} - D_{G1} \cos \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{y_{O2} - y_{G1}}{x_{O2} - x_{G1}} \right) + \cos^{-1} \left(\frac{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2 + D_{G1}^2 - D_{O2}^2}{D_{G1} \sqrt{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2}} \right) \right\}$$

Calculation equation on left shoulder (mm)

$$= -x_{S2} + x_{G2} + D_{G1} \cos \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{y_{O2} - y_{G1}}{x_{O2} - x_{G1}} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2 + D_{G1}^2 - D_{O2}^2}{D_{G1} \sqrt{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2}} \right) \right\}$$

Fig. 5 Calculation equation for machining allowance on right/left shoulders and relate elements

3.2 取り代計算式と黒皮残りの検証

計算式を利用しフレ量の最大凸部又は最小凹部の位相がコロ溝位置の位相と近い場合に、コロ溝位置ズレが最も小さくなるかをコロ溝と軸外径フレの位相図 (Fig. 6) のように、0 度から 30 度毎に軸外径フレ最大凸部、最小凹部を設定し検証を実施した。

- 0 度と 60 度はコロ溝の軸線上にある為、検証結果は同じとなる。
- 30 度と 90 度はコロ溝位置から 30 度の位置にあり検証結果は同じとなる。

上記により 0 度と 30 度の位置で検証を実施した。

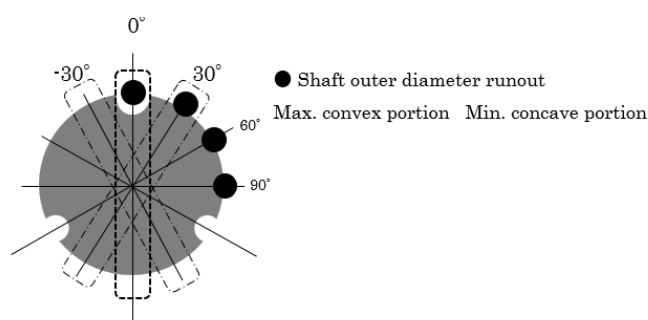


Fig. 6 Phase diagram of roller grooves and shaft outer diameter runout

Fig. 7-1 のグラフは縦軸が CAD によるコロ溝位置ズレ量、横軸が計算式によるコロ溝位置ズレ量とした。

結果、相関がある事が分かる。

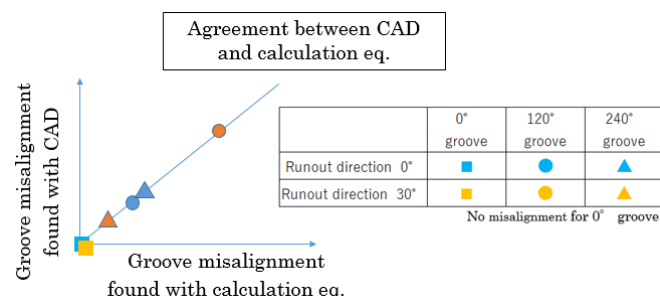


Fig. 7-1 Validation of misalignment found with CAD and with calculation equation

Fig. 7-2 のグラフは縦軸が計算式によるコロ溝位置ズレ量、横軸の上段が軸外径フレ最大凸部、最小凹部の角度、下段が加工開始溝とした。

結果、位相が 0 度の時に 0 度溝から加工した場合が最も位置ズレが小さくなる。

また位相が 30 度の時にも 0 度溝から加工した場合は位置ズレが小さくなる。

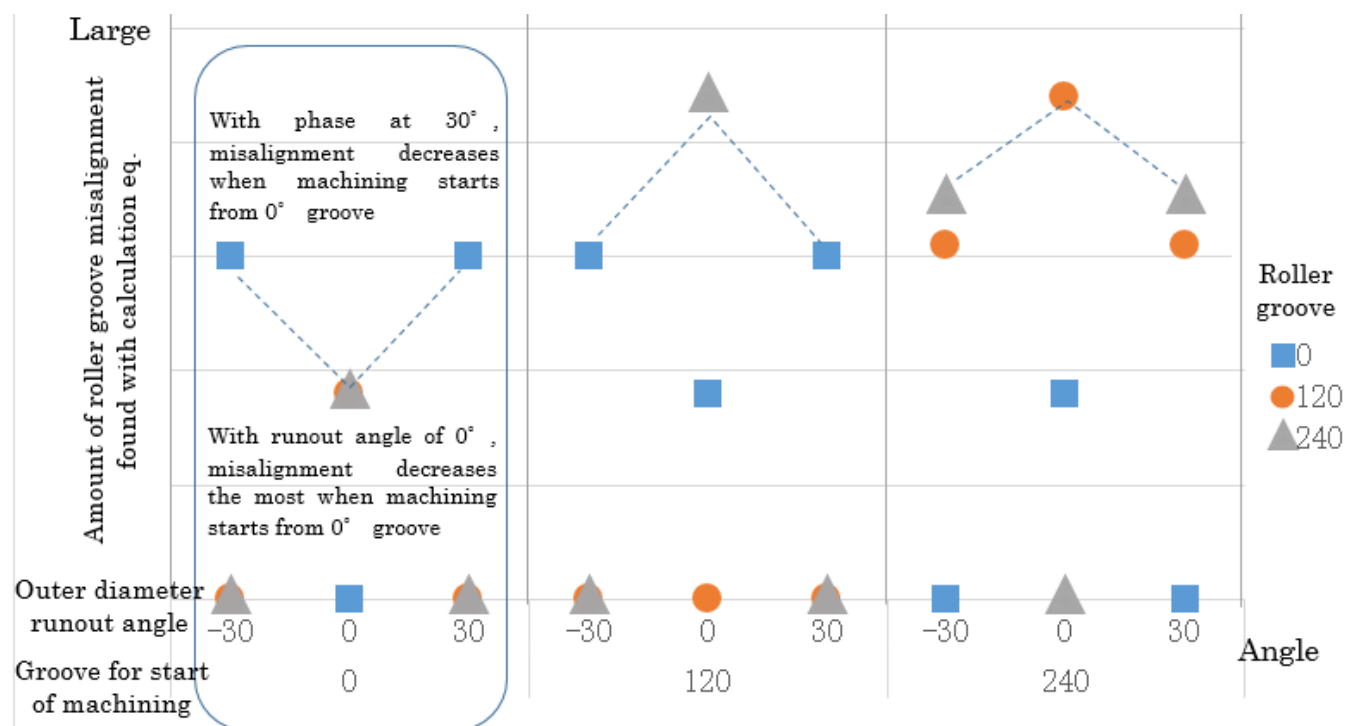


Fig. 7-2 Validation of risk for occurrence of black scale residue

よって加工開始溝を 0 度とした場合、位相が 0 度と 30 度のどちらでも位置ズレが最小になり黒皮残りの発生を抑制する事が出来る。

4. 対策と効果

4.1 加工開始溝の検出方法の構築

検出した最初の溝を基準として軸外径フレを測定し、最大凸部もしくは最小凹部の領域にあるコロ溝を自動検出のうえ、その溝から加工開始するプログラムを作成した。

加工開始溝を指定しコロ溝とフレ量の最大凸部又は最小凹部の位相が最も近い溝から加工する事で位置ズレを抑制でき、黒皮残りの発生しない方法を構築した (Fig. 8)。

4.2 改善効果

コロ溝研削前に加工開始溝を自動検出するプログラムの反映実施以後は黒皮残り発生 of 慢性不具合はゼロとなった。

自動検出プログラム追加における動作遅延分はサイクル短縮で対策済みである。

5. まとめ

加工開始溝違いにおける各コロ溝の位置ズレを計算式で求め、図表に落とし込む事により、コロ溝黒皮発生 of メカニズムを明らかにした。

加工開始溝指定有りのプログラムを採用する事で黒皮残りの発生対策が出来た。

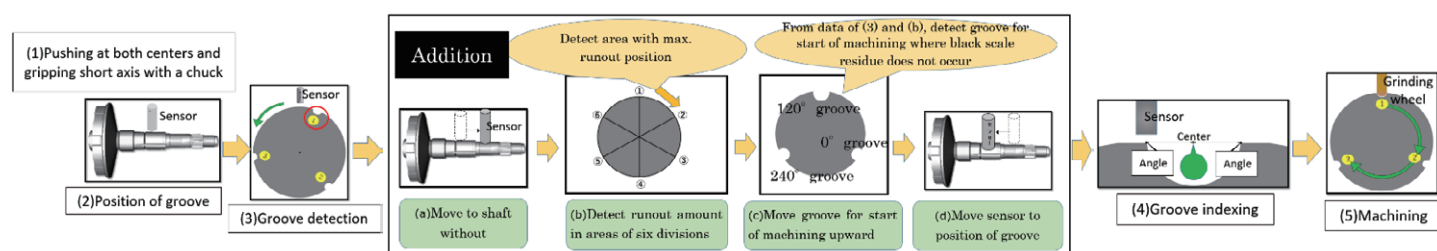


Fig. 8 Indexing motion after addition of actions for specifying groove for start of machining

■ 著者 ■



濱口 直紀



小谷 貴



中川 匡弘



山本 岳史



平田 誠

車両発生音解析アプリケーションの開発

齊藤 智* 遠藤 斉*

抄 録

車両から発生する音の解析は、専用の機器やソフトウェアが必要であるため、世間一般では広く行われていない。

そこで、スマートフォンを利用すれば誰でも容易に音データの解析ができるようになると考え、スマートフォンで撮影した動画を自動解析できるアプリケーションを開発した。今回はその活動を紹介する。

1. まえがき

市場にてユーザ所有の車両から『気になる音』が発生した場合、ユーザ自身が最寄りの販売店に車両を持ち込み、アドバイスや改善処置を希望することがある。

車両が持ち込まれた販売店のテクニシャンは、指摘された音の発生源を特定し、ユーザが希望する場合は改善処置を講じる。

しかしながら、音の解析は非常に難易度が高いが故に、発生源の特定に苦慮するケースがしばしば発生している。

そのようなケースでは、販売店のテクニシャンがボイスレコーダ等で当該音の収録を行い、車両メーカーのサービスセンタに音データを送付しアドバイスを求めることになる。

問い合わせのあったサービスセンタの担当者は、販売店のテクニシャンに代わって当該音の解析を実施し、発生源の目星が付けば販売店のテクニシャンにその旨を伝える。しかし、音データのやり取りのみでは、販売店のテクニシャン同様に、サービスセンタの担当者も発生源の特定に苦慮するケースが発生する。

今回は、このような問題を解決するため、音の専門家ではなくても容易に音の発生源を特定できるアプリケーションを開発したので、その活動を紹介する。

2. 音の解析の難しさ

音の解析において、そもそもネックになっているものは何なのか。それは音を可視化することである。

従来、音を可視化する際は、先ず初めに音データのFFT処理を行い、続いてFFT処理後のデータを基にスペクトログラムの描画を行う (Fig. 1)。

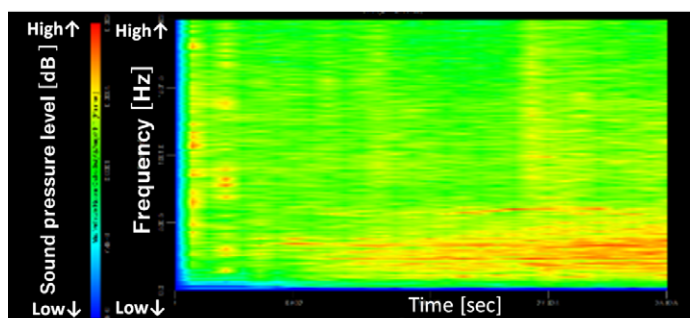


Fig. 1 Spectrogram analysis

スペクトログラムは横軸が時間、縦軸が周波数、色の濃淡が音圧レベルを表しており、このスペクトログラム化を行うことによって以下のようなメリットを享受することができる。

- 指摘された音の周波数を確認することができる
- 時間の変化に対する周波数の変化を確認できる

更に、音データと同時に収録された ENG 回転数データや車速データがある場合は、回転次数比分析を行うことも可能である。

このように、FFT 処理及びスペクトログラム化を行うことによって、多くのメリットを享受することができるが、一般的にこれらの解析を実施するため

には専用の機器やソフトウェア、音に関する専門知識が必要であるため、幅広く行えていないというのが現状である。

3. 可視化により特定できる範囲

過去 1 年間にサービスセンタに問い合わせのあった 100 件超の案件について、販売店で収録した音を現場で可視化できたと仮定した場合、どの程度その場で発生源が特定可能であるかを調査した。

その結果、Fig. 2 に示す通り、スペクトログラム化により発生源が特定可能になると、推定される案件が全体の約 21% を占めており、更にスペクトログラムと ENG 回転情報、そして車速情報を同時に閲覧可能であった場合は、発生源が特定可能になると推定される案件が約 37% も増加することがわかった。合計すると、現場で音の発生源を特定可能な案件は約 58% に上ることがわかった。

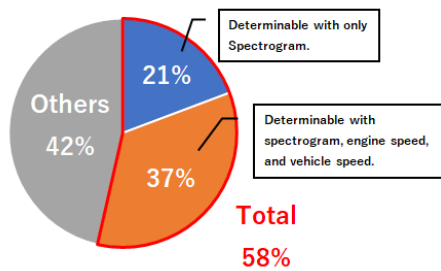


Fig. 2 Breakdown of sound sources determinable by visualization

この 58% を現場で特定可能とするために、以下 2 点を目標に活動を進めることとした。

- ENG 回転情報，車速情報，音データの同時取得方法の確立
- 簡単に音データを可視化できるアプリケーションの開発

4. 収録ツールの検討

4.1 データ収録機の要件定義

『ENG 回転情報，車速情報，音データの同時取得方法の確立』を実現するため、収録ツールに求める要

件は以下の通りである。

- 安価
- ENG 回転情報，車速情報，音データの同時取得が可能
- 車両音振測定に要求される周波数帯，300Hz ～ 8kHz の音を収録可能

4.2 収録ツールの決定

リストアップされた要件を満たす収録ツールとして、スマートフォンを利用することとした。

スマートフォンを利用する大きなメリットとして、既に世間一般に広く普及しているため、新たな機器を購入する必要性がなくなることが挙げられる。

これによってツール購入に掛かるコストを大幅に削減することができる。

また、車両のメータ類を撮影範囲に収めて動画を撮影することによって、ENG 回転情報，車速情報，音データの同時取得を実現することができる (Fig. 3)。

これもスマートフォンを収録ツールに選定した大きな理由の 1 つである。



Fig. 3 Simultaneous recording of engine speed, vehicle speed and sound data

収録性能の面では、一般的なスマートフォンに搭載されているマイクロホンの収録可能周波数は、約 100Hz ～ 10kHz とカーメカなどが使用する計測用マイクロホンの 20Hz ～ 20kHz と比較し狭くなっている。しかし、この約 100Hz ～ 10kHz という数値は、従来販売店のテクニシャンが使用しているボイスレコーダと同等のレベルであり、また車両音振測定に求められる周波数帯域は 300Hz ～ 8kHz 程度であるため問題なく利用可能であると判断した。

5. アプリケーションの開発

5.1 アプリケーションの要件定義

『簡単に音データを可視化できるアプリケーションの開発』を実現するため、アプリケーションに求める要件は以下の通りである。

- 操作が容易
- スペクトログラムと動画を同時閲覧可能
- スペクトログラム上のカーソルと動画再生時間の連動
- 収録データとサンプルデータのスペクトログラムを比較可能
- 収録データとサンプル音の聴感での比較が可能

リストアップされた要件を基に仕様を決定し、アプリケーションの開発を行った。

5.2 アプリケーションの開発

アプリケーションは、画面の視認性や操作性を考慮しパソコン上で動作するデスクトップアプリケーションを採用した (Fig. 4)。

また、撮影した動画をアプリケーション上にドラッグ＆ドロップするだけで、FFT 解析からスペクトログラム描画までを全自動で行える仕様とし、ユーザビリティを向上させた。

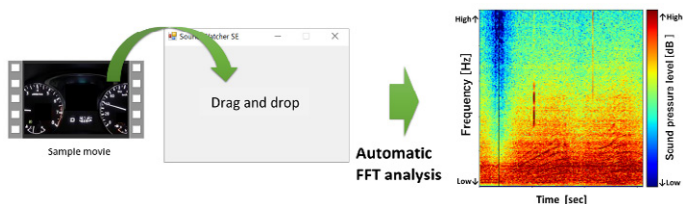


Fig. 4 Application for automatic FFT analysis

ユーザインターフェースの面では、車両の挙動とスペクトログラムを常に比較しながら解析できるように、スペクトログラムを左に、スマートフォンで撮影した動画を右に配置するデザインを採用した (Fig. 5)。

また、音が発生するタイミングを容易に確認できるように、動画の再生時間と連動してスペクトログラム上を移動するカーソルを配置した。

これにより、色の濃淡と音の発生タイミングから、気になる音の周波数を容易に確認できる。

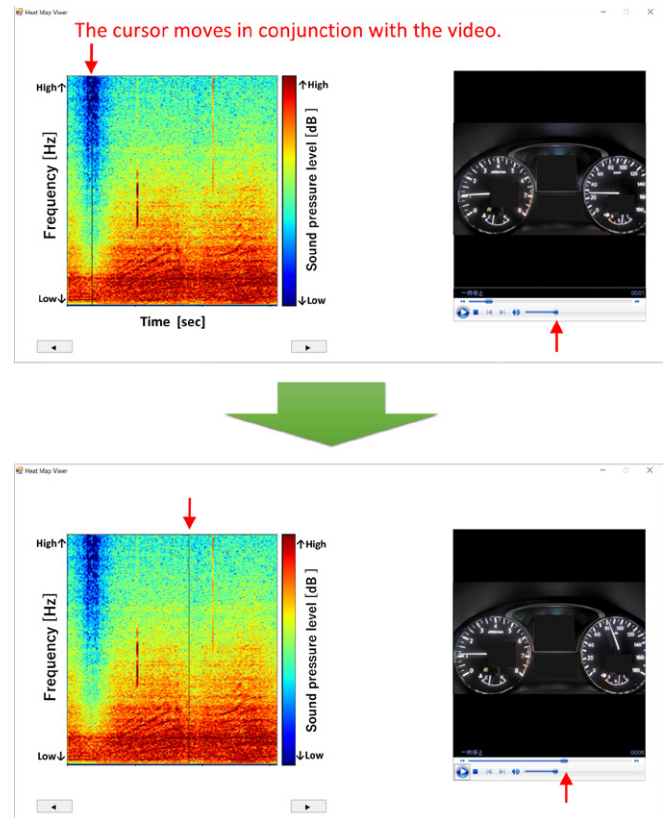


Fig. 5 Movement of spectrogram cursor linked to video of vehicle instruments

更にアプリケーションには、音の発生源、発生周波数、音の大きさ、擬音語、スペクトログラムの見栄えの特徴等の付加情報を添えた過去データのサンプル画像を組み込んだ。

これによりユーザは、現場で収録した音のスペクトログラムと、予め組み込まれたサンプル画像を比較することで、音の発生源をより容易に絞り込むことが可能となる (Fig. 6)。

見栄えの特徴のみならず、周波数などの情報を比較することで、より高い精度で判定が可能となる。

6. まとめ

従来のFFT解析には、専用の機器やソフトウェアが必要であったが、収録ツールとしてのスマートフォンの利用、そしてスマートフォンで撮影した動画を自動解析できるアプリケーションを開発したことで、これまで現場で特定できなかった音の発生源について、半数以上を特定することが可能となった。今後は、最終的な判断までを自動で行えるツール開発を目標として、活動を継続する。

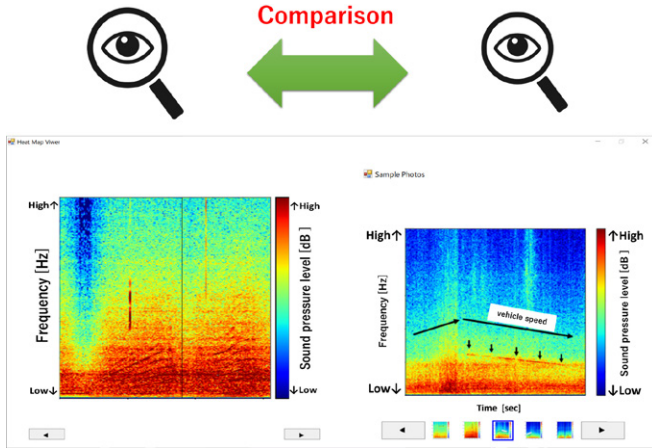


Fig. 6 Comparison of recorded data and previous data

また、サンプル画像のみならず、サンプル音も聞くことができるため、視覚による判定に聴覚による判定も加わり、こちらも判定精度を向上させる要因になっている (Fig. 7).

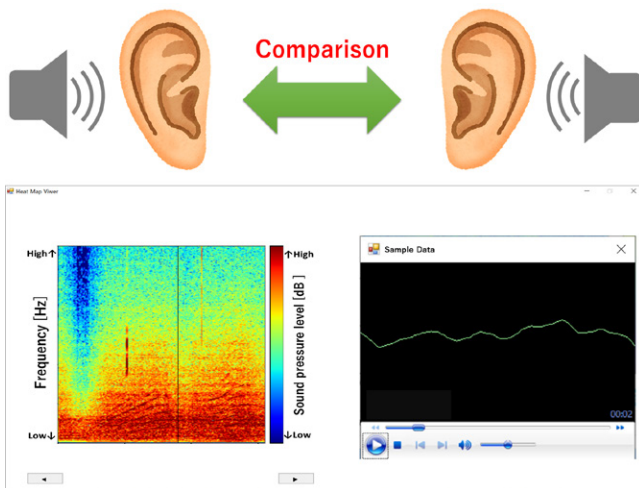


Fig. 7 Comparison of recorded sound and sample sound

■ 著者 ■



齊藤 智



遠藤 斉

AIを用いた金属組織判定

鈴木 智也*

抄 録

金属部品の性能確認において、金属組織検査は重要である。

しかし、その検査内容の難しさから十分な経験が求められ、検査員の練度による検査結果のバラツキが生じていた。

そこで、鉄系金属組織の判定を補助する目的で AI を用いた金属組織分類ツールの作製に取り組み、分類できる金属組織を確認し、一定の効果を得られたので報告する。

1. はじめに

CVT 及び AT の製品や生産設備などに使用されている金属部品が設計意図通りの性能を満たしているかを確認するために、特に鉄系金属においては金属組織検査が重要となる。

その金属組織検査では試料の作製とその観察、判定をしなければならないが、金属組織は材料の種類や加工条件、熱処理条件等により複雑に変化する。

検査員には、十分な経験が求められることから、検査員の練度による判定結果のバラツキが生じている。

今回、鉄系金属組織の判定を補助する目的で AI を用いて金属組織 8 種類の分類に取り組んだので報告する。

2. 現状について

金属組織検査の手順と内容を Fig. 1 に示す。

金属組織検査には、試料作製工程の切断、埋込、研磨、エッチングそして最後に、作製した試料の観察による判定がある。

研磨、エッチングにおいては技能が必要であり、判定には知識が必要である。

特に判定では、知識として視覚的な経験が必要で、検査経験の少なさから来る判定結果のバラツキが課題となっており、海外を含む各拠点での金属組織検査の判定レベルを合わせる上でも課題となっている。

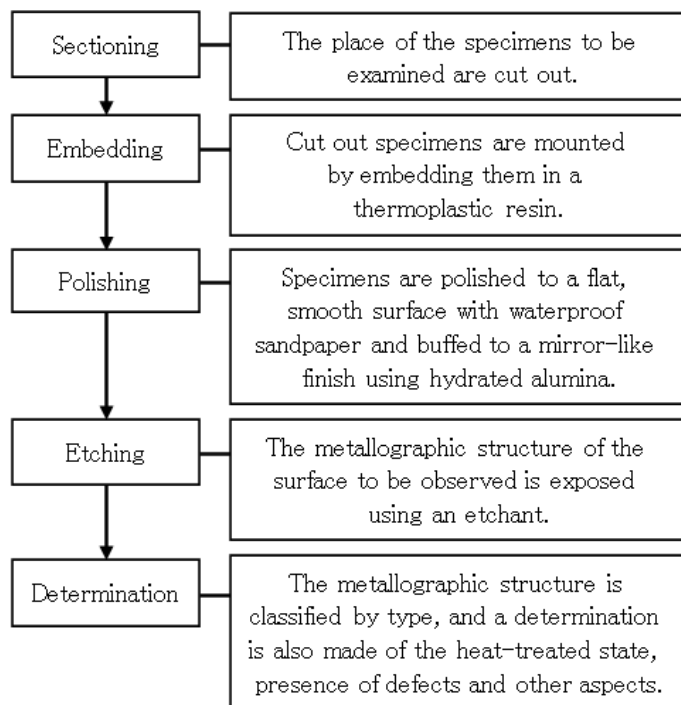


Fig. 1 Metallographic examination procedure and descriptions

バラツキの要因としては次の二点がある。

- 1) 研磨時の疵(きず)、エッチング時の滲み(にじみ)などの画像自体に起因するもの、
- 2) 判定する際の金属組織の分類に対する経験に起因するもの、

2.1 研磨、エッチングの影響

まず 1) について、研磨、エッチングはその後の判定において重要な手順となり、適切な処理が正確な判定に繋がる。

* ジャトコ エンジニアリング (株) 品質保証部

研磨では、研磨不足により、疵やムラが発生し、エッチングでは、腐食の過不足、及び洗浄不足による滲みが発生する。

これらの事象が後の判定に影響を与えている。

2.2 金属組織の分類

2) については、材料の種類や加工、熱処理条件等で金属組織の状態が変わるため、一般的な見本金属組織と異なって観えることがあり、分類できず誤判定される原因になっている。

代表でソルバイトの見え方の違いを Fig. 2 に示す。

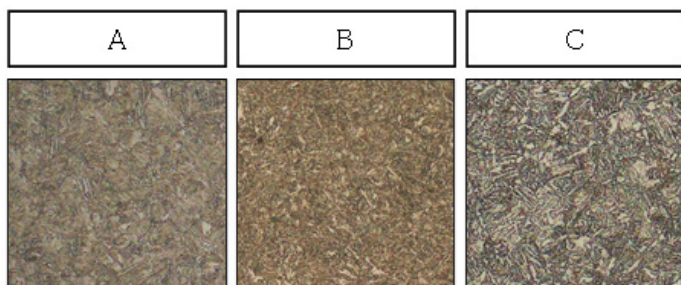


Fig. 2 Metallographic structure of sorbite

3. 金属組織分類ツールの作製

2 章で挙げた要因を加味し適切な判定をするためには金属組織画像を正確に分類する必要がある。

対策としては、注意点のメモや大量の見本画像の

用意などあるが何れも検査員の経験に頼る割合が大きい。

そこで今回は、熱処理組織で例えると表面はマルテンサイト、内部はソルバイトになっているかを観察している画像から自動で分類するツールの作製に取り組んだ。

自動化する方法を調べると様々な画像処理を施したり、ロジックを作製したりと作製の難易度が高いことが分かった。

さらに調べると AI を用いて自動化できることが分かり、上記よりも手順が少なく汎用性が高いため、これを採用することにした。

尚、ツールの使用者は、検査経験 1, 2 年程度の検査員と想定した。

4. AI に学習させる画像の選定

金属組織検査は、案件毎に検査員 1 人が全ての工程を行うものとし、金属組織の分類を正確に行えるようにするため、試料作製時の不確定要素を考慮した低品質の画像も混ぜて学習を行った。

試料作製時の代表的な不確定要素を Fig. 3 に示す。

熟練者が試料作製した高品質の画像のみを学習させた場合、実際に分類する画像が低品質だと上手く分類されない。

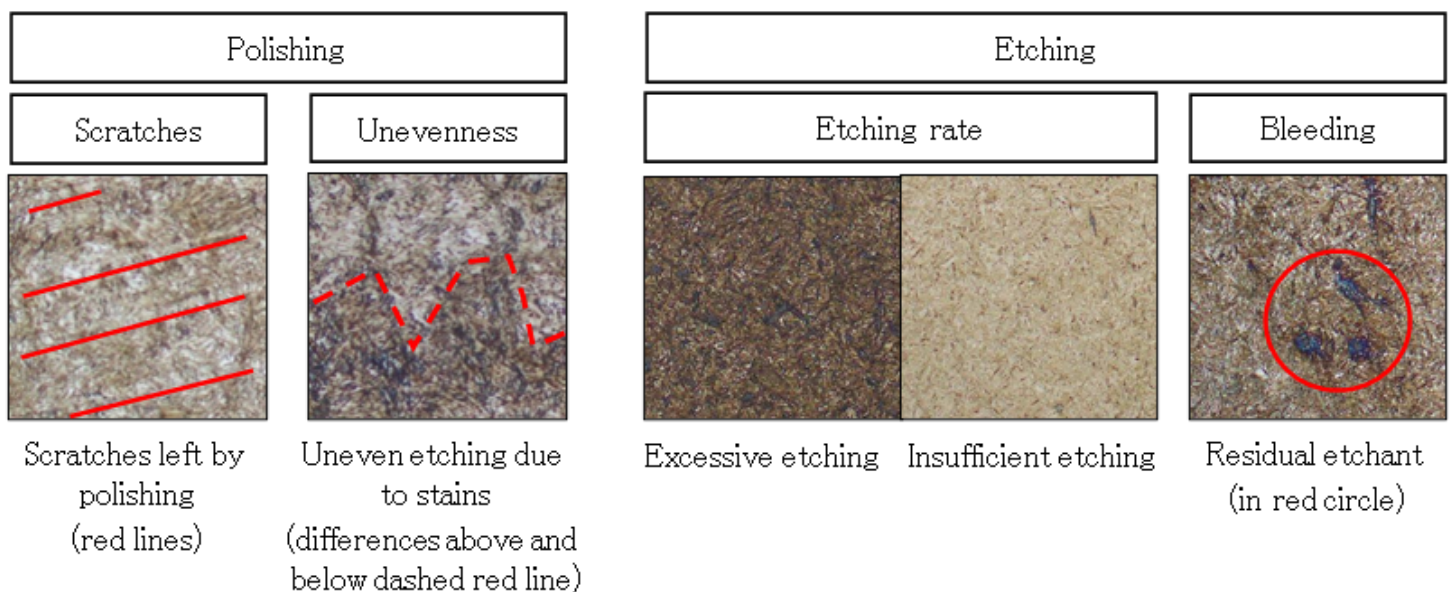


Fig. 3 Typical uncertain elements at the time of specimen preparation

疵を例にすると、疵が少なければ高品質、疵が多ければ低品質の画像とし、低品質の画像であるほど、ツールの正解率が下がることになる。

高品質の画像と低品質の画像を学習させることで、低品質の画像も分類できるように汎用性を持たせる必要がある。

4.1 疵

疵の発生要因は、研磨不足などによるものが多い。

疵の入った画像を含ませることである程度、疵の入った画像に対しても分類できることを狙う。

4.2 ムラ

上記の研磨不足やその後の洗浄不足などで腐食時にムラができる。

試料の材料などにより、ムラの発生、程度が異なるため、発生し易い材料だけを対象にムラの写った画像を含ませ、部分的にムラが写っている画像でも分類できることを狙う。

4.3 腐食程度

腐食の濃淡は、様々な要因が絡んでくるが腐食液に漬ける秒数のバラツキが主となっている。

腐食液に漬ける秒数を変え、意図的に腐食の濃淡を変化させた画像を含ませることで腐食程度に差があっても分類できることを狙う。

4.4 滲み

滲みは、主に腐食後の洗浄不足等により、試料の隙間から滲み出た残留腐食液が原因で発生する。

発生し易い材料に絞り、滲み程度を変えた画像を含ませることで多少滲んでしまった画像でも分類できることを狙う。

4.5 画像選定の効果

以上の内容で汎用性を高めるための画像を選定し、学習を行い、学習結果を踏まえながら学習する画像枚数の割合を調整した。

代表で疵について学習させた結果を Fig. 4 に示す。

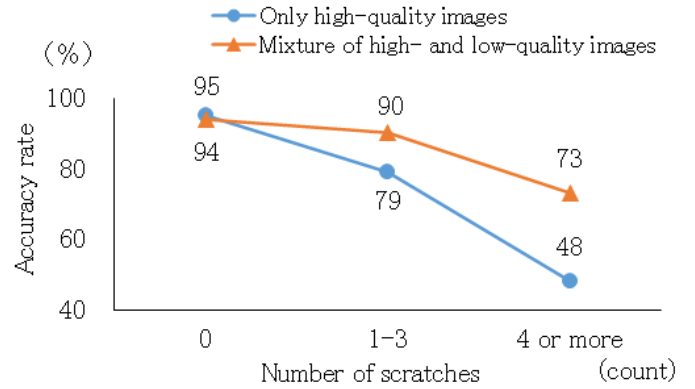


Fig. 4 Accuracy rate as a function of the number of scratches

高品質画像のみと高品質、低品質画像混合の学習結果を比較すると後者は、疵が付いている場合でも正解率が高い結果となった。

5. 効果の考察

学習した画像とは別に検証用の画像を事前に用意し熟練者に確認して貰い、それを作製したツールで分類した結果、熟練者の正解率 100% に対し、ツールの正解率は 90% となった。

正解した 90% の中には、見た目の変化が大きいソルバイトなども含まれており、本件の目的であった知識不足からくる誤判定を補助することができ、分類のバラツキを少なくすることが可能であると判断した。

不正解の 10% は、塑性変形を起こしている物やトルースタイトなどであった。

塑性変形を起こしている物やトルースタイトは、熟練者でも分類が難しいことから想定通りの結果となった。

6. まとめ

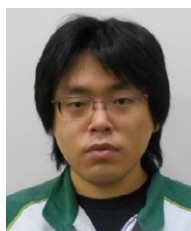
- 1) AI を用いて金属組織判定を補助できることを確認した.
- 2) 画像の品質を考慮して正解率を上げるためには、不確定要素を確認し、それを学習に織り込むことが重要であることを確認した.
- 3) 想定していた内容でツールを作製することができ、人が行う検査と AI に任せられる検査を確認した.

7. 今後の課題

今回作製したツールは、分類する機能のみのため、試料作製が上手くいかず低品質の画像になった場合などに、助言が表示されるような機能を実装し研磨が足りない、エッチングが濃いなどの内容で前工程の矯正を促したい.

また、分類できる金属組織を増やし、分類精度を上げて同様な検査をしている拠点へ展開できるよう改善を行っていく.

■ 著者 ■



鈴木 智也

DX推進：調達見積プロセスにおける電子化

井上 誠* 宮本 悠平* 押見 淳一* 小林 美恵子*

抄 録

サービス&サポート調達部は見積依頼から発注先選定までの調達業務について、手作業や紙出力など従来の手法を踏襲してきた。ジャトコでは近年全社的な DX 推進に取り組んでおり、本稿ではクラウドやアプリを活用して多大な効果を生み出した“調達見積プロセスの電子化”の活動を紹介する。

1. はじめに

コロナ禍において、在宅勤務の推進や SDGs への取組を背景に、ジャトコでは DX 推進による工数削減やペーパーレスへの取組を進めている。

資材や工事等を手配しているサービス & サポート調達部においても各種 DX 推進に取り組んでおり、調達専用システムの改修や汎用ソフト・アプリの活用等により、様々な効果を出している。

本稿ではそれら活動の中でも特に全社的な活動により、多大な効果を生み出すとともに汎用ソフトを活用し安価に改善を行った事例を紹介する。

2. サービス & サポート調達部の活動

2.1 現状

サービス&サポート調達部はジャトコ社内の生産設備や工具、物流、サービス、試作部品などを調達するために、ジャトコ専用の購買システムを使い、価格と発注先を決めている。

経費の手配については経費購買システムを用いて工場で使用する物品や工事を発注しており、代表的な品目は切削工具、設備補修部品、工事作業となる。

Fig. 1 の左の円グラフは経費見積の全体数を表している。発注件数は年間約 21 万件で、そのうち 60%が継続発注、40%が限定発注である。

継続発注とは継続的にリピート購入する物で、事前取引先と価格を決めておき、必要な時に都度発注する。

限定発注とは、発注するタイミングにおいてその都度見積を取得し、要元部署で内容を確認した後、最終価格と発注先を決めて発注する。

限定発注の場合は既存の経費購買システム以外に手作業やペーパーワークが欠かせない。

Fig. 1 の右の円グラフは限定発注の要元部署をまとめたもので、90 部署・約 1,800 名が調達システムを利用している。

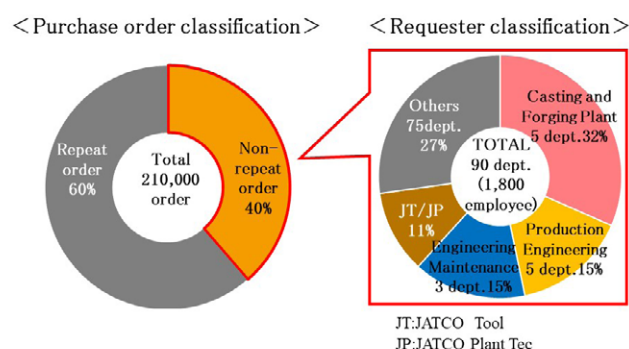


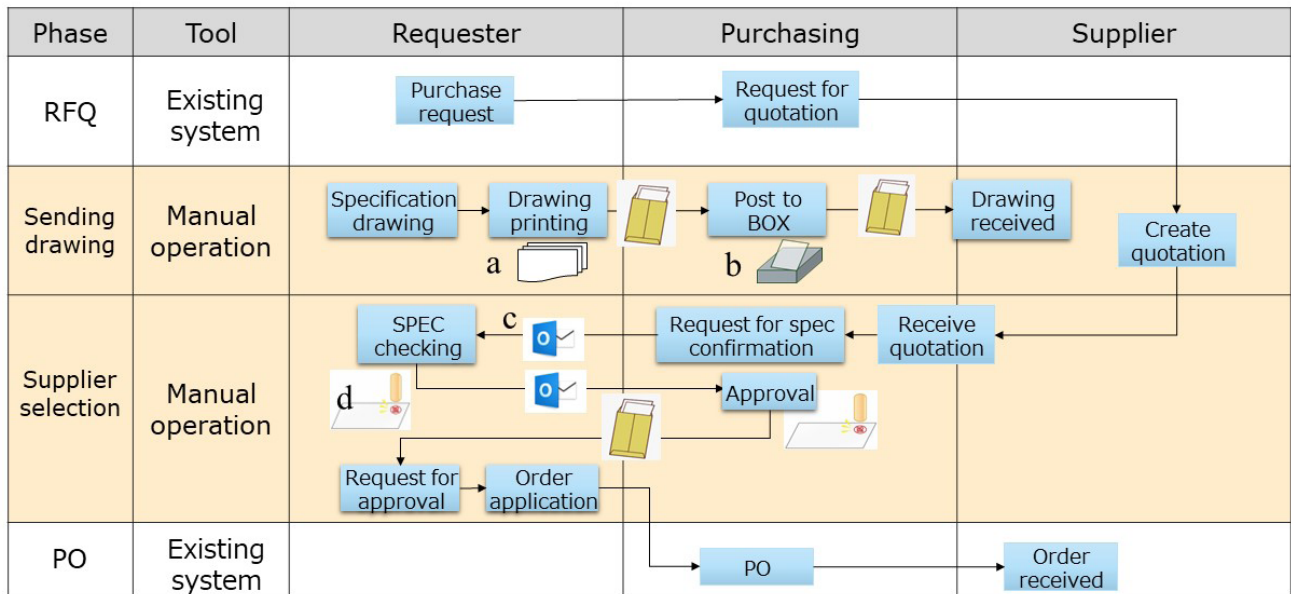
Fig. 1 Purchase order classification

2.2 課題

限定発注のプロセスの流れは、まず要求元にて見積依頼と仕様書を作成し、調達経由でサプライヤへ送付する。サプライヤは仕様に合わせた見積書を作成し調達へ提出する。調達は仕様確認のために要求元へ見積書を送付し、内容確認後、調達にて最終価格と発注先を承認する。要求元にて社内上申後、発注となる (Table 1)。

* サービス&サポート調達部

Table 1 Process flow for issuing non-repeat orders



この中で、いまだ手作業やペーパーワークを必要としている a～d の作業が課題であり、印刷業務や工数の削減を図る必要があった。

- a: 紙の印刷
- b: 紙の郵送
- c: E-mail 作成
- d: ハンコの押印

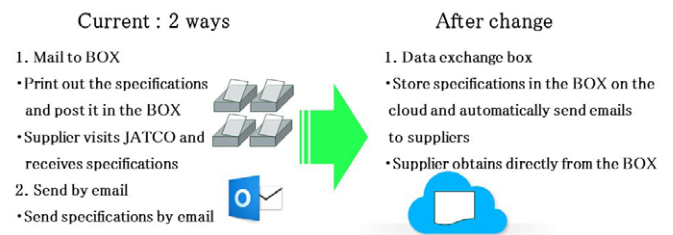


Fig. 2 Methods of sending specification documents

3. 改善内容

3.1 データ交換 BOX

課題であった「a: 紙の印刷」と「b: 紙の郵送」を廃止するために、社外のサプライヤとデータを共有できるツールを採用した。

現状は仕様書を印刷して社内に設置している BOX へ投函し、サプライヤが回収にくる方法か、もしくはメールで送付する 2 通りがあった。

改善後はデータ交換 BOX として、クラウド上にサプライヤごとの専用フォルダを作成し、そこに資料を保管することで電子化した。また、資料をフォルダに保管した際に、サプライヤへ連絡メールを自動送付する機能も追加した (Fig. 2)。

これらの機能を用いて以下の効果を得た。

- (1) 紙の削減
- (2) サプライヤへの資料送付のリードタイム短縮
- (3) サプライヤへの資料送付通知の自動化

セキュリティ面を考慮してサプライヤごとのパスワードを設定し、誤配信を無くした。

3.2 業務改善アプリ

残りの課題である「E-mail 作成」、「承認依頼」、「ハンコ押印」を廃止するために業務改善アプリを作成した。

3.2.1 プロセスフローの可視化

現状のプロセスを整理したプロセスフローを基に、業務改善アプリのオペレーションフローを作成し、承認ルートを可視化した (Fig. 3)。

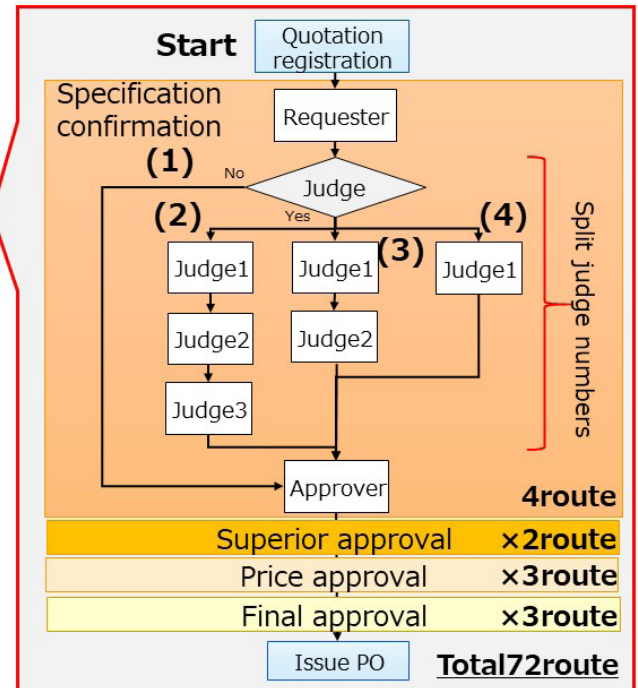
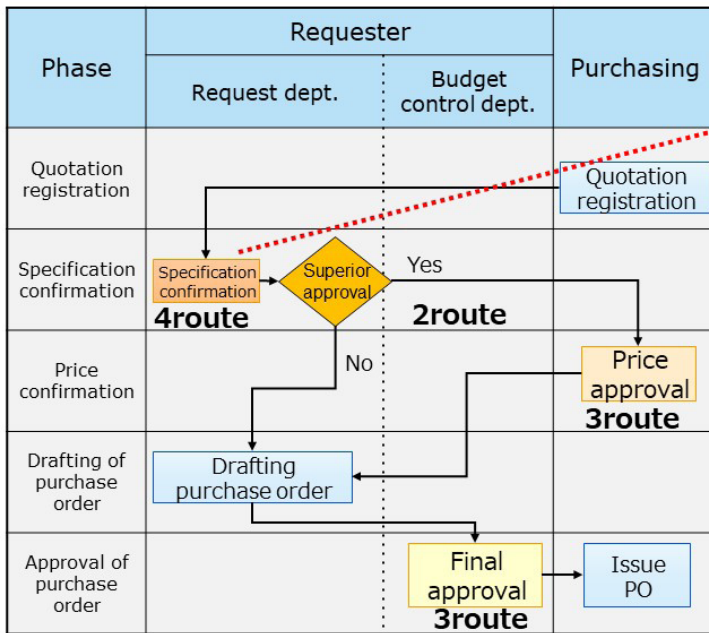


Fig. 3 Visualized approval routes

左の図は全体のプロセスフローで、「仕様承認」「上申」「価格承認」「決裁」の4つのポイントで承認ルートに分岐が必要となる。

右の図は要求元の「仕様承認」フェーズの分岐フローを詳細に表したものである。この「仕様承認」フェーズでは(1)～(4)の4ルートに分岐する。

同様に「上申」の有無で2ルート、調達の「価格承認」で3ルート、「決裁」で3ルートの分岐となり、各フェーズの分岐の組み合わせにより合計で72ルートとなる。

複雑なフローを可視化することで抜け漏れなく、正確なプログラムを作成するためのコンセプトが確立した。

3.2.2 アプリ化したプロセス

アプリ化したプロセスは以下の通りである (Table 2)。

A: 見積情報登録

- ・調達部門が見積情報と見積書をアプリに入力
- ・要求元へ確認依頼のメールが自動送付

B: 仕様確認

- ・要求元はアプリを開いて内容を確認し、必要事項を入力して登録
- ・承認者が承認完了すると調達部門へメールが自動送付

C: 価格承認依頼&承認

- ・調達担当者は発注先選定と最終価格承認を依頼
- ・調達承認者は内容確認後、承認登録
- ・要求元に価格承認結果のメールが自動送付

D: 上申&発注申請

- ・要求元は社内上申を行い、結果をアプリに登録
- ・調達部門へ発注依頼のメールが自動送付

この見積書の授受プロセスや承認方法についても、各部署で種々あったが、各部の要望を満たす申請ルートを構築し、システム化に成功した。

3.2.3 アプリ作成において工夫したポイント

アプリ作成時の工夫した点は以下の通りである。

(1) 見積情報登録画面

見積情報登録の入力画面では、入力工数の増加を避けるため、最低限の必要な入力内容に絞った。

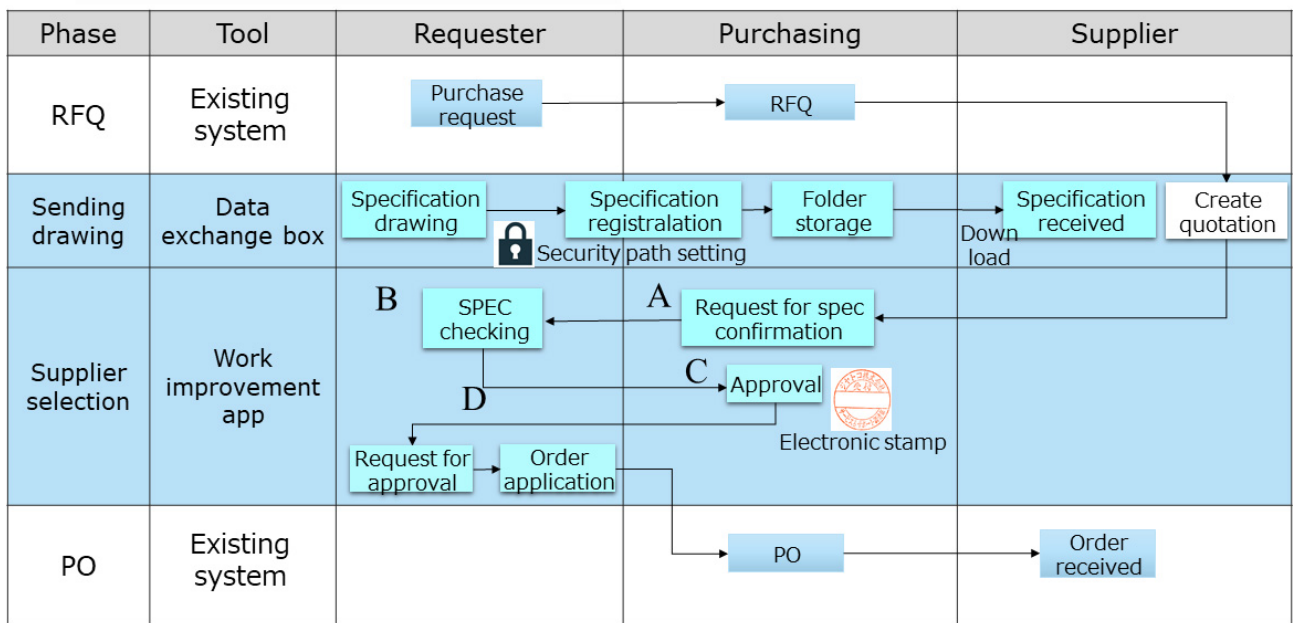
(2) 見積書の添付機能

見積書の添付機能を付け、詳細内容を知りたい場合は簡単に見積内容が確認できるようにした。

(3) 承認権限

承認者テーブルを設けて承認権限を持つものの以外は承認不可とした。

Table 2 Process flow after digitization



3.2.4 アプリの機能

業務改善アプリの機能を活用したことで、次の4項目を実現し、工数削減や紙の印刷廃止に貢献した。

(1) 承認セキュリティの向上

データへのアクセス権を付与することで、承認セキュリティを強化した (Fig. 4)。

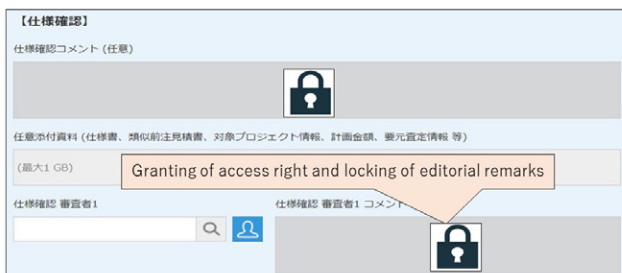


Fig. 4 Improvement of approval security

(2) ハンコレスのワンクリック承認

ワンクリックで「承認」もしくは「差戻」ができるようにした。この機能により承認のための印刷や押印を廃止した (Fig. 5)。

(3) 一覧表でステータス確認

アイテムを一覧で表示可能にして、各ステータスを可視化した。ステータスが分かるため、作業漏れの防止等の効果がある (Fig. 6)。

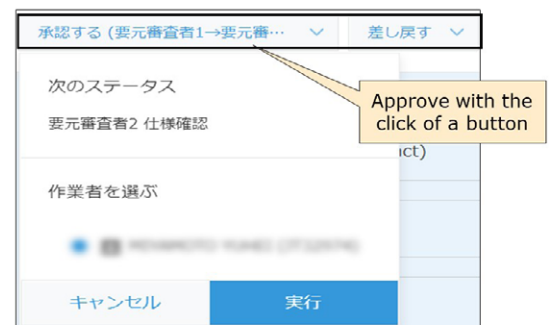


Fig. 5 One-click approval

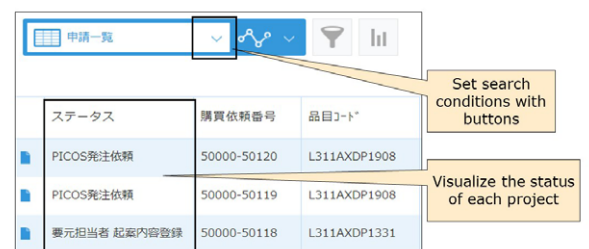


Fig. 6 Status confirmation

(4) 承認依頼を申請する E-mail の自動作成

通知メールを自動作成し送信することで、手動での作成が不要となった (Fig. 7)。



Fig. 7 Automatic creation of e-mail

3.2.5 一括承認機能

関係部署とのトライアルを進める中で、業務改善アプリでは1案件ごとにファイルを開いて承認する必要がある、今までに比べて工数がかかる問題があった。

そのため複数のアイテムを一覧で表示して内容を確認でき、一度に承認するための一括承認機能を作成することにチャレンジした。承認プロセスの分岐が多く、プログラミングが複雑となったが、合計40個のプログラムを作成することで一括承認プログラムが完成した。

この一括承認機能により、一覧リストでの内容確認が可能となり、効率の良い承認プロセスを確立した (Fig. 8)。

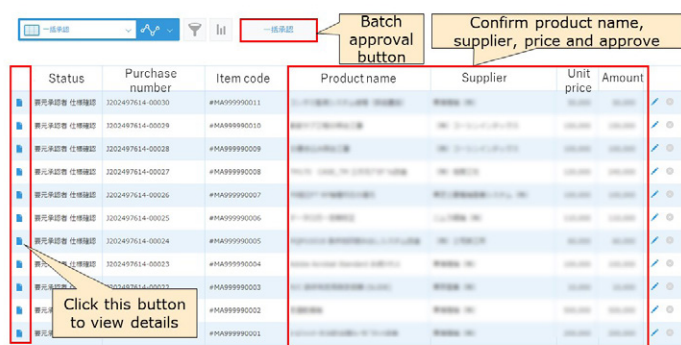


Fig. 8 Screen of batch approval

4. まとめ

課題として挙げた内容に対して各種改善を行い、大幅な効果を生み出した。

1. 取引先とデータ交換 BOX を共有し、見積依頼書、仕様書の印刷と送付を廃止できた。
2. 業務改善アプリを作成することで見積プロセスの全てを電子化することができた。

これらの改善により得られた効果は次の通りである。

- a. 紙の印刷削減 11 万枚 / 年
 - b. ハンコの押印削減 5 万回 / 年
 - c. 作業工数削減 4,000 時間 / 年
- 最終的に年間2,000万円の効果を得ることができた。この他にも以下の定性的な効果があった。

- ステータスの可視化による進捗管理の容易化
- システム化による紙紛失等の作業ミス防止
- アクセス権付与による承認セキュリティの強化
- 承認及び部門間連絡のリードタイム短縮

5. 今後の取組

本取組に関しては、全体工数は削減できたものの、サプライヤの見積情報をアプリへ手で入力しているため、登録作業に工数がかかっている。

今後、業務改善アプリのアップロード機能を活用して見積情報登録作業の効率化を進めたい。また、ロボティック・プロセス・オートメーションを活用して、見積書の添付作業を自動化する等、更なる工数低減を目指していく。

サービス&サポート調達部では様々なアプリや汎用ソフト、プログラムを活用したロボット作業の拡大と、更なる効率化を求め、DXを推進する。

■ 著者 ■



井上 誠



宮本 悠平



押見 淳一



小林 美恵子

日産自動車向け キャラバン用7速AT JR711Eの紹介

2022年4月に日産自動車株式会社より日本で発売された「キャラバン」の新ディーゼルエンジン(4N16)車に、FR車用7速AT JR711Eが搭載された。

今まで「キャラバン」に搭載していた5速ATに対して、多段化したワイドレンジによって動力性能と燃費性能の両立を実現するとともに高速走行時の静粛性向上に寄与している。

更に、追加されたマニュアルモードにより意のままのドライビングも実現している。

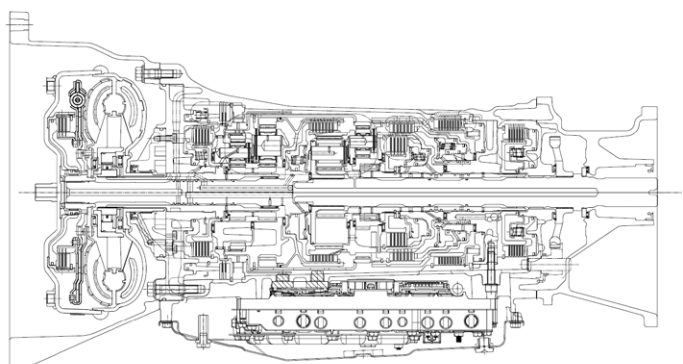


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JR711E

Torque capacity	370 Nm	
Torque converter size	260 mm	
Gear ratios	1st	4.886
	2nd	3.169
	3rd	2.027
	4th	1.411
	5th	1.000
	6th	0.864
	7th	0.774
	Rev.	4.041
Ratio coverage	6.31	
Final gear ratio (reference)	3.700	
Selector positions	P, R, N, D + Manual shift	
Overall length	756 mm	
Weight (wet)	101kg	

※2.4L 4WD



Nissan Caravan

日産自動車向け フェアレディZ用9速AT JR913Eの紹介

2022年7月に発売された日産自動車の新型「フェアレディ Z」に、FR 車用 9 速 AT JR913E が搭載された。

前型「フェアレディ Z」に対し大幅に出力が向上された 3.0L 直噴ターボエンジンと高い伝達効率を有する JR913E により、エンジンが生み出すトルクを余すことなくタイヤに伝えることで高い動力性能を実現した。

また変速ショックの低減と変速スピードの向上によりスポーツカーにふさわしい変速性能の向上を実現し、運転性能の飛躍的な向上に貢献した。

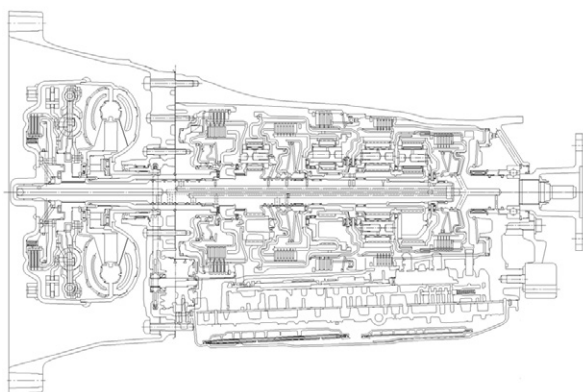


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JR913E

Torque capacity	700 Nm	
Torque converter size	260 mm	
Gear ratios	1st	5.425
	2nd	3.263
	3rd	2.249
	4th	1.649
	5th	1.221
	6th	1.000
	7th	0.861
	8th	0.713
	9th	0.596
	Rev.	4.799
Ratio coverage	9.1	
Final gear ratio (reference)	3.133	
Selector positions	P, R, N, D + Manual shift (Paddle) (Park & Shift by wire)	
Gear box length	439.5 mm	
Weight (wet)	99.5 kg	



Nissan Fairlady Z

Renault向け Austral用 Jatco CVT-X(JF022E)の紹介

2022 年 10 月から欧州市場で販売を始めた Renault のフラッグシップ車両である新型「Austral」車両に Jatco CVT-X (JF022E) が搭載された。

JF022E のワイドレシオカバレッジとフリクション低減技術，ツインオイルポンプシステムにより，Renault の最新 1.3 リットル 4 気筒ターボチャージャ付きエンジンの性能を最大限に引き出し，燃費性能と運転性能の向上に貢献している。

欧州市場のニーズを反映したジヤトコ初の惰行中にエンジンを停止させるセーリングストップ技術及び SUV 車両のコンセプトに合わせた最適チューニングにより実現した燃費性能とダイナミックな運転性能がお客さまから高い評価を得ている。

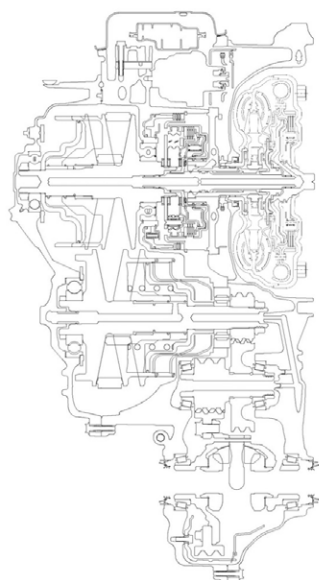


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF022E

Torque capacity	330 Nm
Torque converter size	230 mm
Pulley ratios	2.953 - 0.361
Ratio coverage	8.18
Reverse gear ratio	0.745
Final gear ratio	5.676
Selector positions	P, R, N, D + 7step manual shift mode (Park & Shift by wire)
Overall length	381.8 mm
Weight (wet)	103.4 kg



Renault Austral

広汽三菱汽車向け Outlander用 Jatco CVT-X(JF022E)の紹介

2022 年11 月に中国で発売された広汽三菱汽車の新型「Outlander」に、Jatco CVT-X(JF022E) が搭載された。

2021 年に北米で発売された三菱自動車の新型「Outlander」に対し、1.5L 直噴ターボエンジンの搭載および48V マイルドハイブリッドシステムが採用された。本CVT はエンジン効率の良い領域を積極的に使いながらターボ過給時に立ち上がるトルクを駆動力としてタイヤに確実に伝え、且つマイルドハイブリッドシステムによるトルクアシストに加え変速スピード向上によりドライバのアクセル操作に追従した素速い加速を実現した。

また、三菱自動車グループ向けとして変速機構にチェーンを初採用し、メカフリクションの徹底的な低減により高出力と低燃費の向上に貢献しており、お客様からの高い評価を得ている。

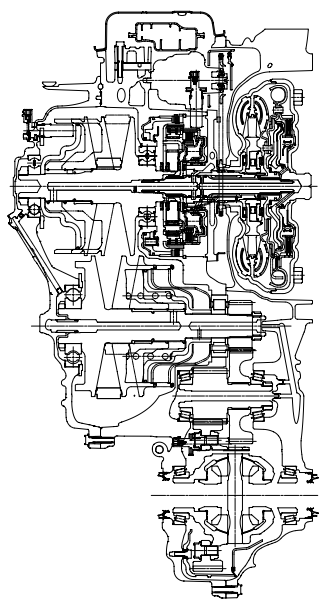


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF022E

Torque capacity	280 Nm
Torque converter size	230 mm
Pulley ratios	2.870 - 0.361
Ratio coverage	8.0
Reverse gear ratio	0.745
Final gear ratio	6.036
Selector positions	R←N←H→N→D/M (Paddle shift only) + P button
Overall length	392.5 mm
Weight (wet)	103.0kg (2WD) / 103.8kg (4WD)



GAC Mitsubishi Outlander

日産自動車向け セレナ用 Jatco CVT8(JF016E)の紹介

2022 年12 月に日本でフルモデルチェンジされた日産自動車株式会社の新型セレナにJatco CVT8 (JF016E) が搭載された。

JF016E では制御の安定性と応答性を両立した新設計コントロールバルブの採用による飛躍的な変速レスポンスの向上および大幅なフリクションの低減により、MR20 エンジンの性能を引き出し、動力／運転性能のフィーリング向上と燃費性能向上に貢献している。

また、日産初となるボタン式シフトの導入に対応した次世代シフトバイワイヤシステムを採用した。

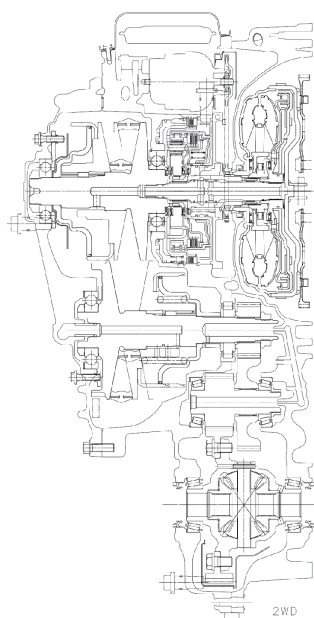


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF016E

Torque capacity	250 Nm
Torque converter size	236 mm
Pulley ratios	2.631 - 0.378
Ratio coverage	7.0
Reverse gear ratio	0.745
Final gear ratio	5.385
Selector positions	P, R, N, D/M + Manual shift (Paddle) (Park & Shift by wire)
Overall length	358.8 mm
Weight (wet)	95.1 (2WD) / 95.6 (4WD)



Nissan Serena

特 許 紹 介

本特許は、技術報告「高効率ワイドレンジ新型 CVT の開発」で紹介した Jatco CVT-X の音振性能改善に関するものである。

1. 自動変速機

(Fig. 1)

出願番号 : 特願 2017-138492

出願日 : 2017.7.14

特許番号 : 特許第 7117831 号

登録日 : 2022.8.4

発明の名称 : 自動変速機

発明者 : 湯川 洋久, 山下 勝則

【発明の概要】

自動変速機ケースの外周に電動オイルポンプを付設する場合、パワープラント共振の節（振幅の小さい箇所）であるプライマリプーリ軸 X1 から離れるほど、音振性能が悪化するという問題がある。

本発明の自動変速機では、電動オイルポンプ 21 のプライマリプーリ 3 側の端部 21a を、オイルクーラ 20 のプライマリプーリ 3 側の端部 20a よりも、プライマリプーリ 3 に近い位置に配置する。

これにより、オイルクーラに比べて高い音響パワーレベルを持っている電動オイルポンプ 21 を、パワープラントのパワープラント共振の節に近づけたことから、音振性能の悪化を抑制できる。

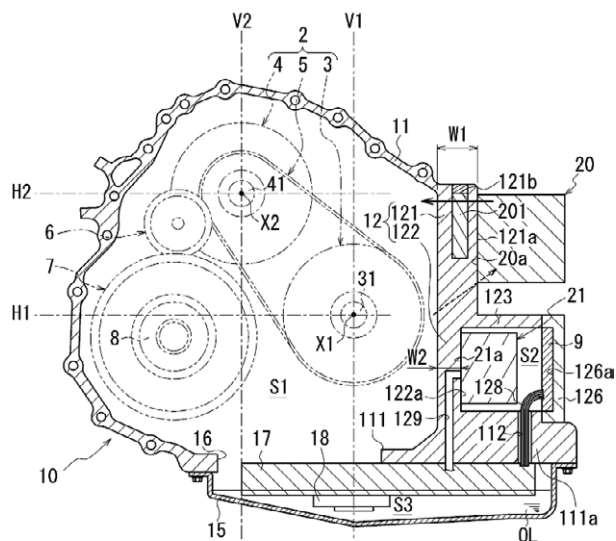


Fig. 1

発行人 (Issuer)

大 曾 根 竜 也
Tatsuya OSONE

CTO
Chief Technology Officer

編集委員会 (Editorial Committee)

編集長 (Chief Editor)

日 比 利 文
Toshifumi HIBI

イノベーション技術開発部
Innovative Technology
Development Department

副編集長 (Deputy Editor)

矢 部 康 志
Yasushi YABE

イノベーション技術開発部
Innovative Technology
Development Department

委員 (Members)

島 田 秀 一
Syuichi SHIMADA

技術統括部
Engineering Management Department

杉 本 正 毅
Masaki SUGIMOTO

技術統括部
Engineering Management Department

鈴 木 義 友
Yoshitomo SUZUKI

技術統括部
Engineering Management Department

道 岡 浩 文
Hirofumi MICHIOKA

開発部門
R&D Division

小 野 山 泰 一
Taiichi ONOYAMA

開発部門
R&D Division

鈴 木 勝 則
Katsunori SUZUKI

開発部門
R&D Division

荒 巻 孝
Takashi ARAMAKI

開発部門
R&D Division

梅 里 和 生
Kazuo UMESATO

開発部門
R&D Division

疋 田 義 人
Yoshito HIKIDA

調達管理部
Purchasing Administration Department

中 野 晴 久
Haruhisa NAKANO

コーポレート品質保証部
Corporate Quality Assurance Department

市 川 隆 義
Takayoshi ICHIKAWA

法務知財部
Legal & Intellectual Property Department

稲 葉 哲 也
Tetsuya INABA

ジャトコ エンジニアリング (株)
エンジニアリング事業部
Engineering Division,
JATCO Engineering Ltd

溝 口 裕 幸
Hiroyuki MIZOGUCHI

ジャトコ エンジニアリング (株)
部品システム開発部
Hardware System Development Department,
JATCO Engineering Ltd

ジャトコ・テクニカル・レビュー No.22

JATCO Technical Review No.22

© 禁無断転載
発行 2023 年 3 月
発行所 ジャトコ株式会社
イノベーション技術開発部
〒 417-8585
静岡県富士市今泉 700-1
TEL: 0545-51-0047 (代)
FAX: 0545-51-5976
編集 E-グラフィックス コミュニケーションズ株式会社
東京都三鷹市牟礼 6 丁目 25 番 28 号

March 2023
Distributor Inovative Technology Development
Department
JATCO Ltd
700-1 Imaizumi, Fuji City, Shizuoka
417-8585, Japan

Copyrights of all articles described in this Review have been preserved by JATCO Ltd. For permission to reproduce articles in quantity or for use in other print material, contact the editors of the Editorial Committee.

ジャトコ株式会社

〒417-8585 静岡県富士市今泉700-1

TEL 0545-51-0047(代) FAX 0545-51-5976

www.jatco.co.jp