

JATCO TECHNICAL REVIEW

No.21

目次

巻頭言

電動化に取り組む意味	1
	西村 文孝

技術報告

遊星歯車機構を用いた小型高効率1軸e-Axle	3
	上原 弘樹 及川 翔太 横山 和彦
実験業務へのMBD活用による開発品質向上 ～AT開発におけるHILS適用～	7
	熊薮 伸也 田内 達夫 芹澤 謹男
実験業務へのMBD活用による開発品質向上 ～CVT開発におけるVRS適用～	11
	山形 大輔
少気筒エンジン向けJatco CVT-X用トルクコンバータ開発	15
	尾崎 光治 遠藤 雅重 渡邊 聡 松尾 道憲
CVTチェーン理想軌道と実軌道差に起因するトルク容量低下メカニズム解明	21
	渡邊 恭平 早川 純平 池田 篤史 豊原 耕平 早川 和宏
CVTチェーンノイズ抑制手法の開発	27
	李 敏庸 早川 和宏 崔 鍾允 長岡 文一 上田 知 佐野 公紀

油圧制御式自動車用変速機のスプールバルブに作用する 押し付け力を予測するためのパラメータ解明と手法開発	33
柳川 大輔	神谷 将弘
戸塚 翔	島田 勝
トゥンク イドリス	上蘭 直樹
CVTバルブボディ樹脂化によるボルト締結構造に関する研究	39
朴 鍾浩	崔 鍾允
金 大元	金 喆淳
児島 謙治	
AIによる鍛造設備故障診断システムの実用化	45
村野 正和	平久 稔男
遠藤 徹	高橋 元
ギヤホーニング盤の振動管理による歯車加工精度の安定化	49
松石 秀明	下坂 俊郎
中谷 勇哉	
サプライヤのモノづくり改革支援によるサプライチェーンの強靱化	53
	倉田 孝幸
人事総務部でのDX推進 ～デジタルイゼーションの手の内化～	59
	ドウソン マイケル

商品紹介

Dacia向け Sandero用 Jatco CVT7 (JF015E) の紹介	63
Renault向け Duster用 Jatco CVT8 (JF016E) の紹介	64
三菱自動車向け Outlander用 Jatco CVT8 (JF016E) の紹介	65
日産自動車向け AD & NV200バネット用 Jatco CVT7 W/R (JF020E) の紹介	66
日産自動車向け キャラバン用 7速AT JR710Eの紹介	67

トピックス

2021年のトピックス	69
-------------------	----

特許紹介

自動変速機用オイルポンプの空気抜き構造及び空気抜き構造組み付け方法	73
電動車両の制御装置及び制御方法	74



電動化に取り組む意味

専務執行役員 西村 文孝

“自動車業界は百年に一度の変革期に来ている”，とよく耳にする言葉である。

簡単にいうと電動化によって自動車という商品とそれを取り巻く環境が大きく変わるということと受け止めている。勿論ジャトコもその流れに乗り遅れないよう、そしてその先端を走ることができるよう、様々な施策を進めている。

既に世間ではe-Axleという名前で電動パワートレインに関わる新商品の発表や新技術の紹介が日を追うごとに増えている。これを刺激に切磋琢磨していくことで、より良い商品を市場に提供できる環境が形成されつつあると日々感じており、モノづくり企業としてその真価が問われる一方、今迄培ってきた実力が発揮できる好機とも言える。

ここで“変革期”と言うからには、単純にモーターで車を走らせるだけでは済まないという事も考えるべきポイントである。“電気を使って車を動かす”それによって今迄なかなか出来なかった事が容易に実現できる事象が多々出てきても不思議ではなく、それらをビジネスモデルの中に取り込むことができて初めて“変革期”を語る資格があると考える。自動車の性能・品質・カスタマーサービス等々それぞれについて所謂コネクティビティを軸に飛躍的な利便性の発展が期待でき、何よりもそれを使用するお客さまの目が肥えていくのと併せてその嗜好がどんどんと進化していくことは火を見るより明らかである。一度便利な物を使うとうちは戻れない、そのような事例は例えば個人で楽しむ音楽の保存はカセットテープ・CD・メモリそしてストリーミングサービスとデジタル化の波にのってものすごいスピードで進化してきた。携帯電話もしく、PCもしく、こういった事例は枚挙に暇がない。そしてそこに新たなビジネスの機会が生まれることにより、更なる業界の発展が期待できる。我々が身を置いている自動車業界においても、既に発売されている様々な電動車の運転席に座ると先の事例と同様“これからの車はこうなるのです”と、商品の進化をユーザーに問いかけているかのような印象を受けることが多々ある。

他方、地球環境に対するインパクトを軽減すること、温暖化対策としてCO₂に代表される排出物を最少に抑えることもここ最近の気候変動を鑑みて、全排出源の二割強を占めるとも言われている自動車業界に身を置く者としての責務であると痛感している。電気エネルギーをどう

やって作るかは論議されるところではあるが、それを差し置いても内燃機関から電気モーターへの置換は技術者として向かうべき主要方策であり、それと同時に温暖化ガスを出さない生産方法も挑戦すべき新たな課題である。百年に一度の変革期は好むと好まざるとに拘らず、こういう側面でもこれを受け入れ対処していくことが自動車製造を継続・発展していく上で必要不可欠である。

今ここに“電動化”というお題が我々の目の前にあるが、目指すべきものは今想像できる“電動化”だけではなく、もっと沢山の可能性があり、言い換えると“電動化”に取り組むということは“想像して”，“悩んで”，“考えて”，そして“未来を創造していくことを楽しむ”という事であって欲しい。そしてその先に今成しえていない世の中・環境への貢献ができれば製造者冥利につきる。この業界に携る一員として是非それを模索・研究し、問題解決に苦勞し、最後に社会・お客さま・そして自分達が納得のいく結果を掴むことのできるよう皆で頑張りましょうと申し上げたい。何しろ百年に一度の機会に身を置く幸運に恵まれたのだから。

遊星歯車機構を用いた小型高効率1軸e-Axle

上原 弘樹* 及川 翔太* 横山 和彦*

抄 録

遊星歯車機構をギヤボックスに用いた小型e-Axleを開発し、車両搭載性向上、ラゲッジスペース拡大、車両造形自由度の向上、空気抵抗の低減を実現した。段付き型遊星ギヤ構成を採用し、ユニット内のオイル流れを最適化することで優れた伝達効率と潤滑性能を両立した。

1. はじめに

自動車業界では持続可能な社会の実現のため、電気自動車やハイブリッド車などのパワートレインの電動化が進んでいる。温室効果ガスの大幅な削減を目指しさらなる小型軽量化と電動パワートレインの効率向上が普及拡大において必要不可欠であり、各社よりモータ・インバータ・ギヤボックス一体ユニット(以下 e-Axle)が開発されている。

本稿では遊星歯車機構を用いた1軸構造により小型高効率化を実現したe-Axle、特にギヤボックス部について説明する。

(2) 伝達効率はトップクラスを狙う。

(3) 低コスト及び小型化実現の為、オイルポンプを使用しない潤滑方式を採用する。

e-Axleを小型化することにより車両に対しては以下のメリットがある(Fig. 1)。

- ・2WD/4WDを問わず搭載可能
- ・ラゲッジルームの拡大
- ・衝突安全用の空間の確保
- ・ボンネット高さ抑制が可能となり造形自由度の向上、空気抵抗の低減

3. e-Axle仕様

2. 開発の狙い

1軸e-Axleの開発にあたり、以下3つを狙いとした。

- (1) 車両前後及び上下方向を大幅に小型化し、トップベンチマークの体積を実現する。

3.1 諸元

Table 1にe-Axleの主要諸元を示す。

Fig. 2に新型e-Axleの外観を示す。

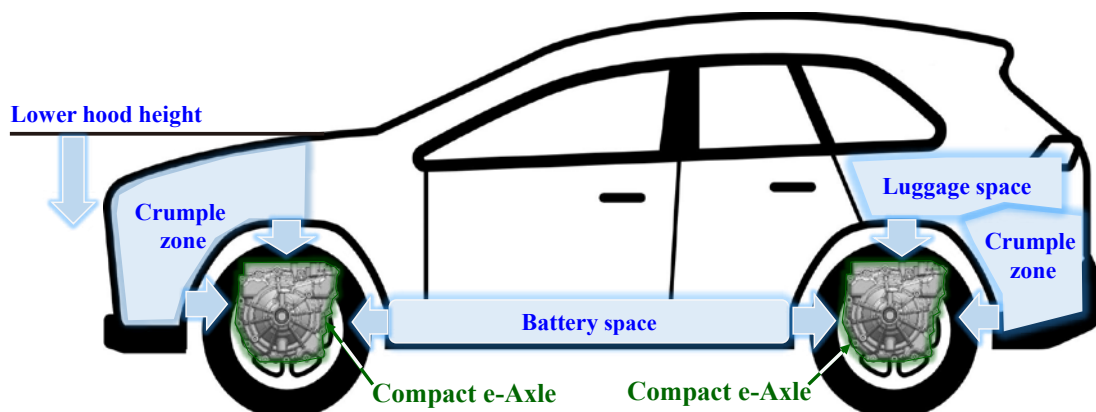


Fig. 1 Benefits for the vehicle of compact e-Axle

* イノベーション技術開発部

Table 1 e-Axle specifications

Max. electric motor power	150 kW
Max. electric motor torque	320 Nm
Max. electric motor speed	13,000 rpm
Gear ratio	9.692
Unit volume	65 L
Unit size	X:325 mm×Y:540 mm×Z:370 mm

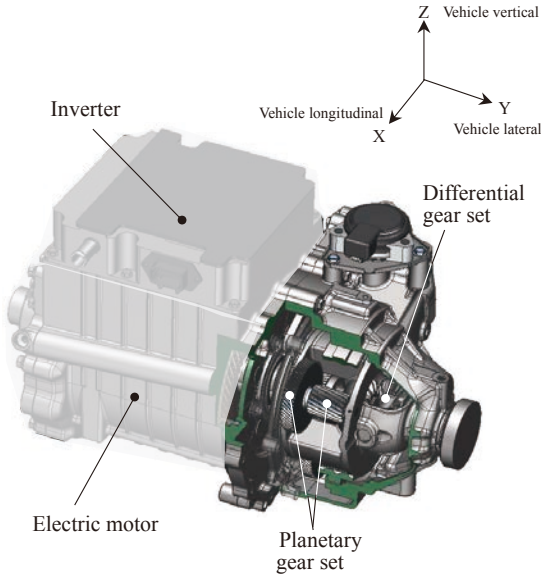


Fig. 2 Appearance of new compact e-Axle

3.2 小型化の狙い

Fig. 3に示すように1軸化により車両前後方向の寸法を短縮した。

e-Axleトルク密度はFig. 4に示すようにトップベンチマークを実現した。

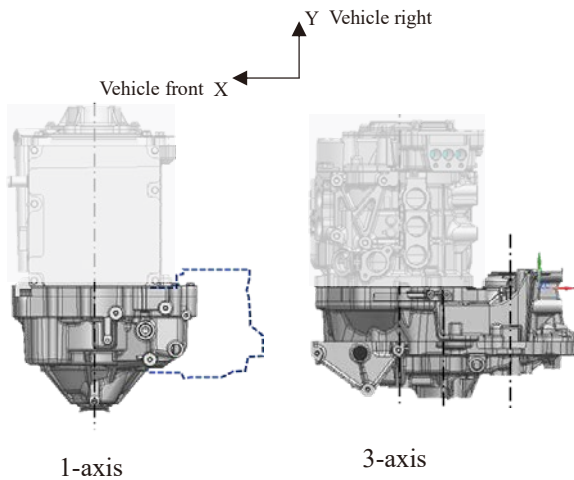


Fig. 3 New compact 1-axis e-Axle

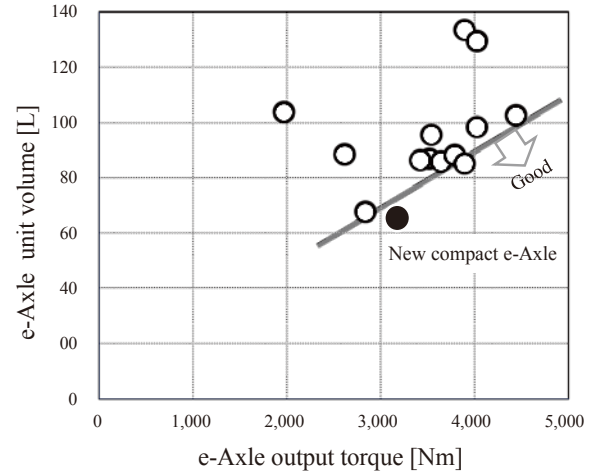


Fig. 4 e-Axle torque density

4. ギヤボックス

4.1 ギヤ仕様

ギヤ仕様については以下の要求を考慮しFig. 5に示すような段付き型の遊星ギヤを採用した (Table 2)。

- (1) 駆動力要求とモータトルク相場を考慮した9.4以上のギヤ比が確保可能なこと

Table 2 Planetary skeleton selection

	Single planetary gear set	Stepped planetary gear set	Dual planetary gear set
Gear ratio	-	+	++
Axial length	++	+	-
Efficiency	+	+	-

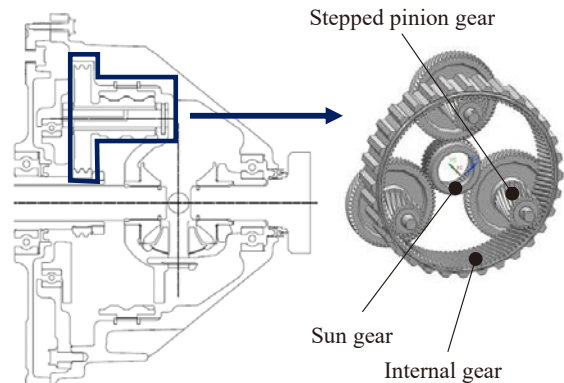


Fig. 5 Stepped pinion planetary gear set

- (2) コンパクトな軸長
- (3) トップクラスの伝達効率

4.2 ギヤ比選定

ギヤ比を増やすことでモータトルクを低減しモータ・インバータが小型化できる。一方でギヤ比を増加させると遊星ギヤの径方向の寸法が拡大する。

新型e-Axleでは搭載できる最大寸法のギヤ比9.692を確保しモータトルクを低減した(Fig. 6)。

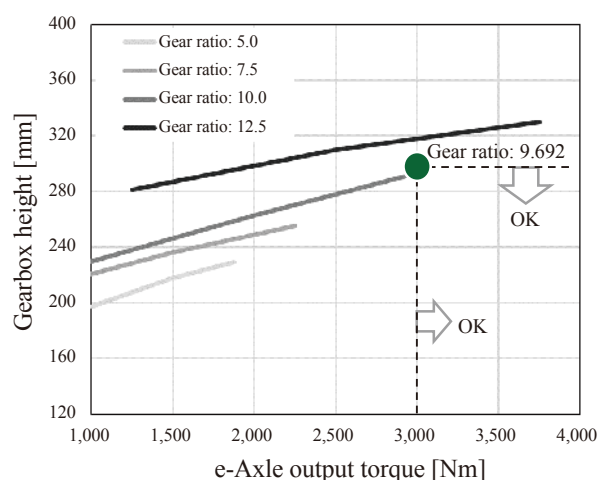


Fig. 6 Gear ratio optimization

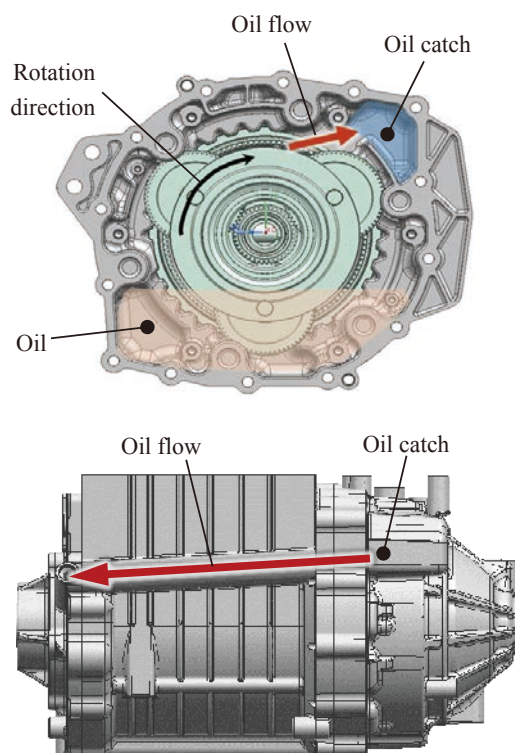


Fig. 7 Oil flow

4.3 ギヤ潤滑方式

ギヤのオイル攪拌により各部を潤滑するシステムとし、低コスト及び小型化を実現した。

4.3.1 潤滑油配分

ギヤの攪拌による潤滑を最適化する為、オイル供給先、かきあげ方、経路と循環のさせ方を工夫してFig. 7のような構造とした。

オイルキャッチ部を設けて、遊星ギヤでかきあげたオイルを保持しギヤボックスに対しモータを挟んだ反対側に位置する出力軸のベアリング・シール部へオイルを分配している。

4.3.2 潤滑シミュレーション結果

CFD解析を用いてユニット内のオイルの流れをシミュレーションしFig. 8に示すように各部の潤滑が成立することを確認した。

オイルキャッチ部へのオイル流入と遊星ギヤ部の潤滑が上手く配分できている。

さらに実験によりオイル流れを可視化し、シミュレーションの妥当性と潤滑の成立性を確認した。

4.4 伝達効率

3軸構造ギヤボックスに対し、伝達効率の感度の高い下記要素について損失を低減する設計を織り込んだ。

ギヤかみ合い：

段付き型遊星ギヤ構成により3軸構造と同等のかみ合い数を実現

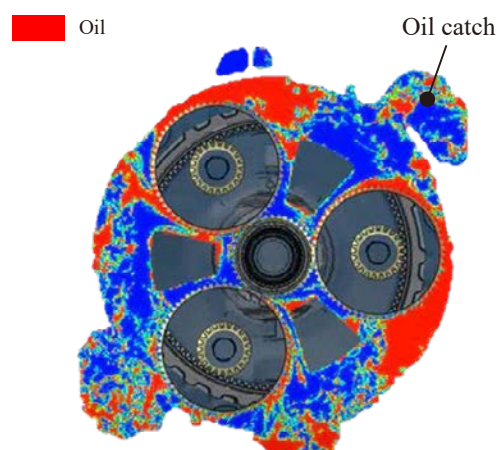


Fig. 8 Oil flow simulation

ベアリング：

段付き型遊星ギヤ構成により円すいころ軸受け廃止及び玉軸受け個数と荷重削減

オイル攪拌：

オイルキャッチ構造による攪拌抵抗の低減

これらのアイテムによって3軸構造ギヤボックスに対しFig. 9に示すようにフリクション損失をほぼ半減しトップレベルの伝達効率を実現した。

5. まとめ

遊星歯車機構をギヤボックスに用いた小型e-Axleを開発し、車両搭載性向上、ラゲッジスペース拡大、車両造形自由度の向上、空気抵抗の低減を実現した。

段付き型遊星ギヤ構成を採用し、ユニット内のオイル流れを最適化することで優れた伝達効率と潤滑性能を両立した。

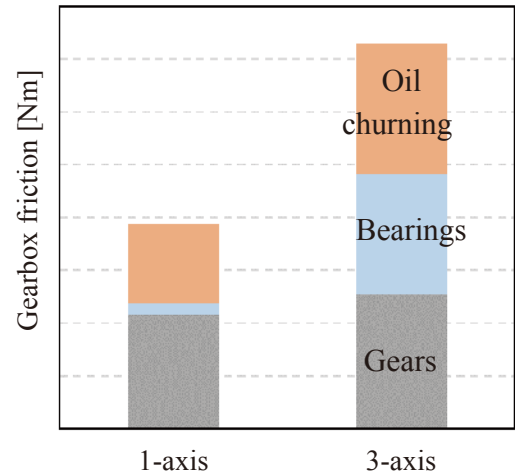


Fig. 9 Gearbox friction reduction

■ 著者 ■



上原 弘樹



及川 翔太



横山 和彦

実験業務へのMBD活用による開発品質向上 ～AT開発におけるHILS適用～

熊薮 伸也* 田内 達夫* 芹澤 謹男*

抄 録

近年、自動車に求められる要求の多様化高機能化により、時間や費用などの開発コストが増大傾向にある。特に実車を用いた実験の負担が大きく、品質を確保した上での効率化が求められている。

そこでオートマチックトランスミッション開発において、従来実車でしか評価できなかった実験を、エンジンとの協調制御が可能になるよう改良したHILSを用いた机上実験に置換し、効率的に先行評価することで、開発コストを抑えながら盤石な品質を作り上げた事例を紹介する。

1. はじめに

近年、自動車に求められる要求の多様化高機能化により、開発にかかる時間や費用が大幅に増大傾向にある。特に開発後期のリアルワールドの路面での実車評価にて発生する課題が大きな手戻り要因となり、開発コストを圧迫している。

上記課題を解決する為、ジャトコではMBD(Model Based Development)技術を用いて、実車実験の台上実験化／机上実験化を推進した。台上化／机上化により下記効果が期待できる。

- (1) シミュレーション機能を用いたリアルワールドの路面模擬条件の先行評価。
- (2) 膨大な条件に対し自動実験システムによる効率的評価。

本稿では、オートマチックトランスミッション(以下 AT)にMBD技術を活用したHILS(Hardware In the Loop Simulator)による机上化を適用し、開発コストと品質を向上させた事例を紹介する。

2. 課題

昨今燃費要求などからATの多段化が進んでいる。ジャトコでもFR向けに7速から9速への多段化が行われた結

果、Fig. 1のように変速種が1.6倍となった。さらに変速制御の複雑化によりアクセル開度を細かく振った条件や、高地や勾配路等の様々な環境条件も加え、実車実験では対応が難しい膨大な評価条件において常にスムーズさやレスポンスなどのAT変速性能を満足することが求められる。

対策としてステップATでは、以前から実車実験の代用として、AT車載コンピュータ(以下 ECU)の制御確認のための実験システムであるHILSを活用してきた。

しかし運転性確認ではエンジントルクを調整する協調制御の再現が必要で、従来のAT ECUのみのHILSは精度が悪く活用が限られていた。

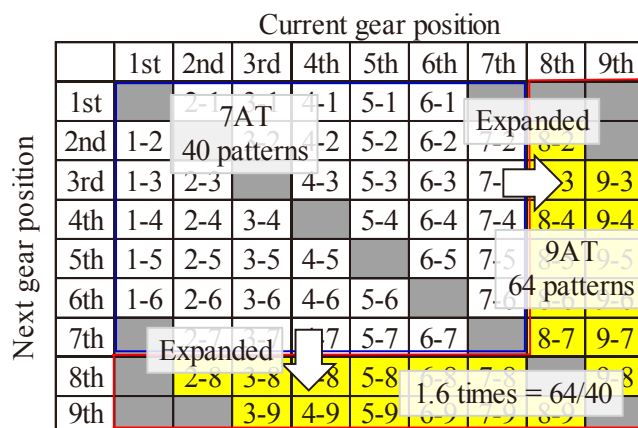


Fig. 1 The number of shift patterns

* ユニットシステム開発部

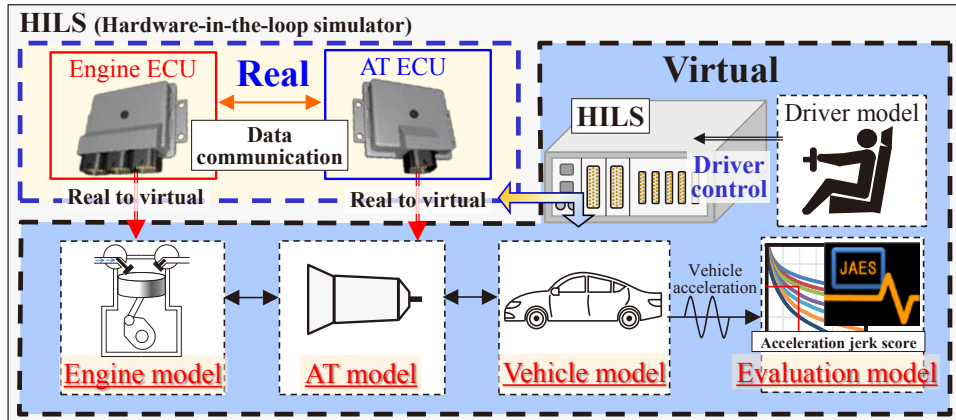


Fig. 2 HILS system with AT ECU + engine ECU

3. 解決手法

従来のHILS机上実験装置に下記の3項目の対策を行い、運転性確認が可能な精度に改良した。

- (1) エンジン協調制御のためAT ECUに加えエンジンECUも動作するHILSの開発。
- (2) 運転性評価のためのAT、車両モデルの高精度化。
- (3) 効率化のための自動評価システムの導入。

4. エンジン+AT ECU動作 9速AT用HILS

エンジン+AT複数ECU動作HILSをFR車用新型9速ATに対して開発した。Fig. 2にこのシステムの概要を示す。これはECU以外をシミュレーションモデルとした机上設備であり、自動実験システムにより環境条件含め膨大な条件を効率的に評価可能で、適合定数の広範囲探索、性能問題発生条件の絞り込みに適している。

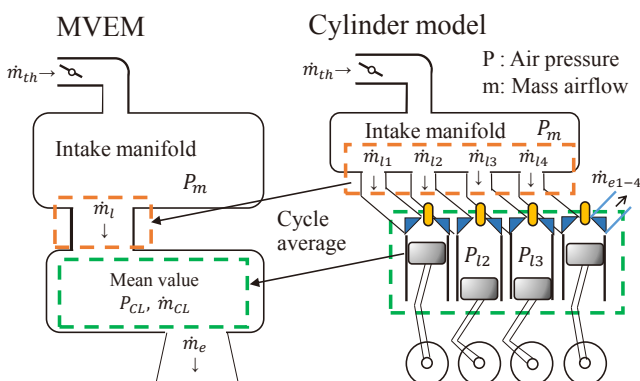


Fig. 3 Mean value engine model (MVEM)

4.1 エンジンモデルの改良

エンジンECU実機を動作させるためには、センサに送る空気量等の算出が必要である。しかし詳細なシミュレーション導入は非常に大きな手間と計算量がかかり、リアルタイム処理が必要なHILS設備では利用が難しい。そこで一般的にMean Value Engine Model(MVEM)と呼ばれる気筒による空気変動を平均化した値を使って演算する簡易モデルを採用し、空気量が算出できる手法(Fig. 3)を採用した。

エンジントルク等の算出には実験値をマップ化し参照する方式を使っている。

この手法により、両コンピュータ間の協調制御の再現が可能となった。この新規HILSの結果と、従来ジャスコ内標準のAT ECUのみのHILSの結果の対比をFig. 4に示

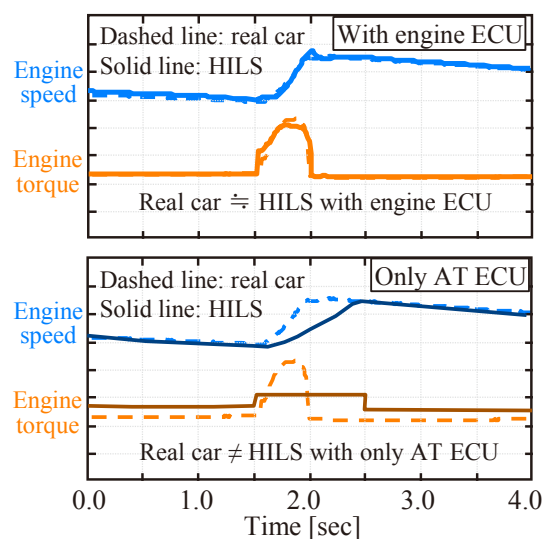


Fig. 4 Comparison of coordinated control for HILS system and real car

す。ダウン変速時に協調制御が働きトルクを上昇させて素早くエンジン回転を上昇させる同期制御の再現が出来るようになっていることがわかる。

4.2 ATモデルの改良

今回HILSでAT変速の運転性を評価するにあたり、以下のATモデルの改良を行っている。

- (1) 遊星歯車の要素ごと独立した慣性モーメントでの運動方程式を状態空間式で表現して演算。
- (2) クラッチの摩擦材のクリアランス状態に応じてのドラッグトルク演算。
- (3) 実験値を使用した回転速度と面圧によって変化するクラッチの摩擦係数のマップ参照演算。
- (4) 実験による合わせこみによる油圧値により変化する油の弾性係数のマップ参照演算。

これらにより、変速ショックの再現性が上がり運転性の評価が可能となった。

4.3 車両モデルの改良

AT単体の性能試験では、車両モデルとして単純重量モデルを使っていた。しかし、車両挙動を評価するにあたり、サスペンションなどによるバネ系の振動による影響を考

慮する必要がある。そこで、日産自動車と協業下でバネ要素を考慮し、低周波振動が評価可能な車両モデルを導入した。Fig. 5に従来モデルと実車のUp変速時の車両加速度の比較を示す。改良モデルでは、加速度による車体の傾きや揺り返し現象が付加されているため、実車加速度センサに近い車両加速度が再現されている。

4.4 自動評価システム

評価モデルとして「ISO2631-1全身振動の評価法」に基づいて、乗り心地指数をジャトコ社内評価スコアに変換する自社開発の「JAES : Jatco Auto Evaluation System」モデルを使用した。これにより運転操作から乗り心地の最終評価まで自動で行える自動実験システムとして運用した。

5. エンジン+AT複数ECU動作HILSの活用

ジャトコ9速ATに対してエンジン+AT複数ECUを実機動作させるHILSの実験での利用例を紹介する。

5.1 環境条件振り実験

シミュレーション上の値を変更することで勾配路の試験が容易に可能となった。これを利用し下り勾配でのみエンジンECUとの協調制御で発生が疑われる問題点に対し、下り勾配の勾配度と、減速度の発生条件を割り出し、メカニズムの解明と修正制御の作成に役立てた。

5.2 HILSによる自動化の利用

各変速種を確認していく定型メニューについて実車実験では約5,000パターン7.5ヶ月かかるが、HILSでは昼夜連続運転を行い7日で終らせることが可能となった。この結果から性能で懸念点が生じそうな領域を割り出し、実車での詳細試験の領域絞り込みを行っている。また小規模なスペック変更や、制御の変更時にパターンを再利用して差異を確認でき、効率的に品質確認ができるようになった。

5.3 定数適合の広範囲探索

机上で簡単にECU適合定数の変更ができることを生かし、実機では時間がかかる複数定数の広範囲探索を行った。Fig. 6はクラッチ締結と解放油圧の適合定数を振り、

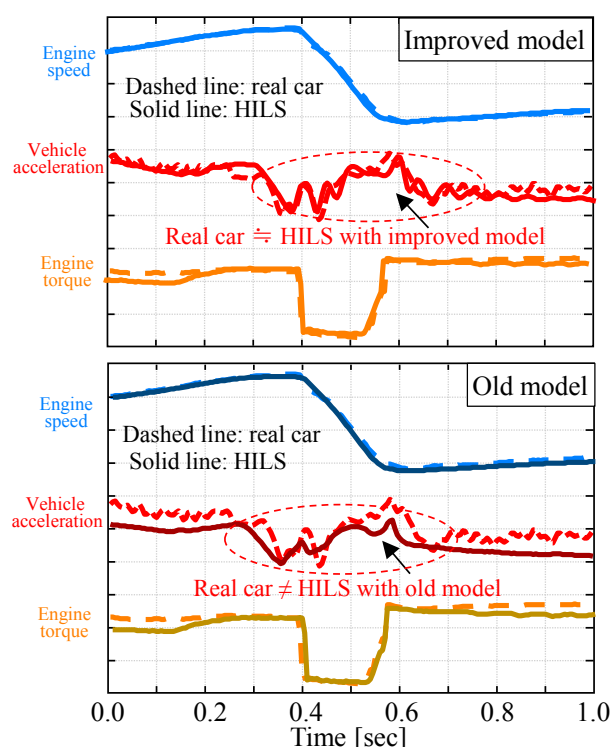


Fig. 5 Comparison with improved vehicle model

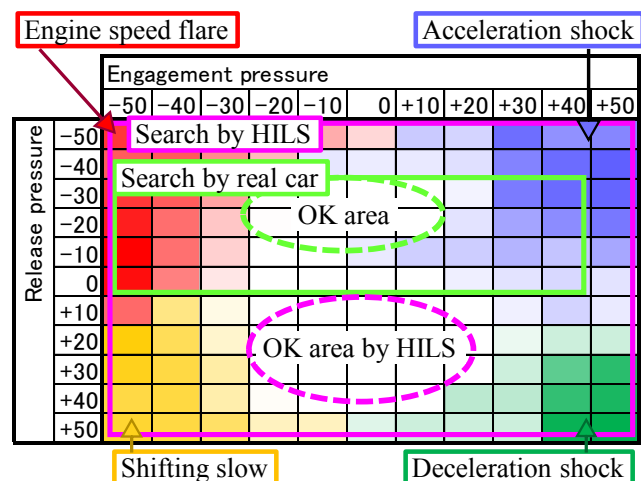


Fig. 6 Calibration constant search by HILS and real car

自動実験システムの利点を生かした定数や条件の広域探索による絞り込みと、実機による高精度な現象解析をそれぞれの特徴に合わせた用途で使い分けて開発品質の更なる向上を目指す。

評点モデルの結果が悪い領域を色で示した図である。この図のように実車実験では探し切れていなかった解放油圧が高い範囲での成立範囲を見つけ定数適合に貢献した。

6. まとめ

自動車の多様化高機能化による開発コストの高騰という課題、特にATの多段化による実験条件の爆発的増加に対し、机上実験で確認できる範囲を広げるため、HILSシステムにエンジンECUを組み入れ以下の改良を行った。

- (1) エンジンECUが動作する必要最低限なエンジンモデルを作成し、エンジン協調制御の再現性を向上させた。
- (2) AT、車両モデルを高度化し変速ショックの再現性を向上させた。
- (3) 自動実験システムにより効率的な多くの条件振りを可能とした。

この改良したHILSを利用し以下の成果を得た。

- (1) 環境条件含めたメッシュの細かい実験を低コストかつ高再現度で実現し、ECU制御開発に貢献した。
- (2) 実車に先駆けた課題の早期発見、適合定数の広範囲探索、絞り込みを実現した。

現時点では精度が完全では無い為、全ての実験をHILS机上実験に置き換えられるわけでない。そこでHILS

■ 著者 ■



熊薨 伸也



田内 達夫



芹澤 謹男

実験業務へのMBD活用による開発品質向上 ～CVT開発におけるVRS適用～

山形 大輔*

抄 録

近年、自動車に求められる要求の多様化高機能化により、開発コストが増大傾向にある。特に実車を用いた実験の負担が大きく、品質を確保した上での効率化が求められている。

本稿では、CVT開発において、従来実車でしか評価できなかった実験を、MBD技術によるバーチャル部分と実機を使うリアル部分を適材適所で使い分けるVRSシステムを用いて台上化し、効率的に先行評価することで、開発コストを抑えながら盤石な品質を作り上げた事例を紹介する。

1. はじめに

近年、自動車に求められる要求の多様化高機能化により、開発にかかる時間や費用が大幅に増大傾向にある。特に開発後期のリアルワールドの路面での実車評価にて発生する課題が大きな手戻り要因となり、開発コストを圧迫している。

上記課題を解決する為、JATCOはMBD (Model Based Development) 技術を用いて、実車実験の台上実験化／机上実験化を推進した。机上化／台上化により下記効果が期待できる。

- (1) シミュレーション機能を用いたリアルワールド路面を模擬した条件の先行評価
- (2) 自動実験機能による膨大な条件の効率的評価

本稿では、実際のCVT開発において、MBD技術を導入したVRS (Virtual and Real Simulator) システムを用いて実車実験を台上化することで、開発コストを抑えながら盤石な品質を作り上げた事例を紹介する。

2. 課題

CVTは、ベルト・プーリを用いて無段変速可能なバリエータ機構を持ち、各プーリへの緻密な油圧制御により、変速の安定性を確保し、トルク伝達を可能としている (Fig. 1)。

加えて、高地や勾配路等の様々なリアルワールドの路

面にて、想定されるあらゆる運転操作において、常に変速の安定性を確保し、車両としての運転性を満足することが求められる。

上記の確認の為、テストコースやリアルワールドの路面での多くの実車実験が必要となるが、要求の多様化高機能化により、その全てを実車で確認することが困難になりつつある。

その解決策として、JATCOはMBD技術を用いた実車実験の机上化／台上化を推進し、開発コストと品質の両立を目指した。

ただし机上化／台上化の際、課題となるのが実車挙動の再現精度である。特に評価対象であるCVTまで含めて全てをモデルで代用する机上化の場合、CVTの特徴であるバリエータ機構+油圧制御機構を、運転性評価が

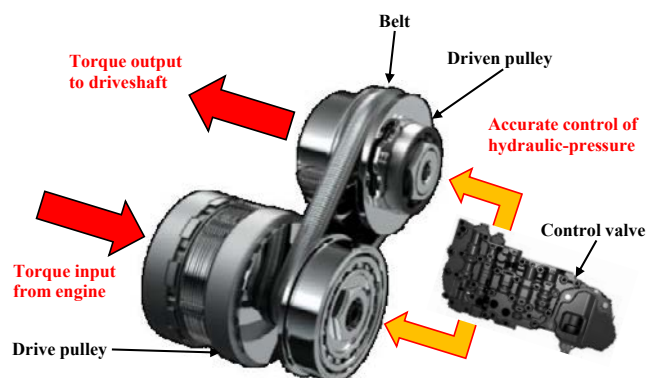


Fig. 1 Variator system of CVT

* ユニットシステム開発部

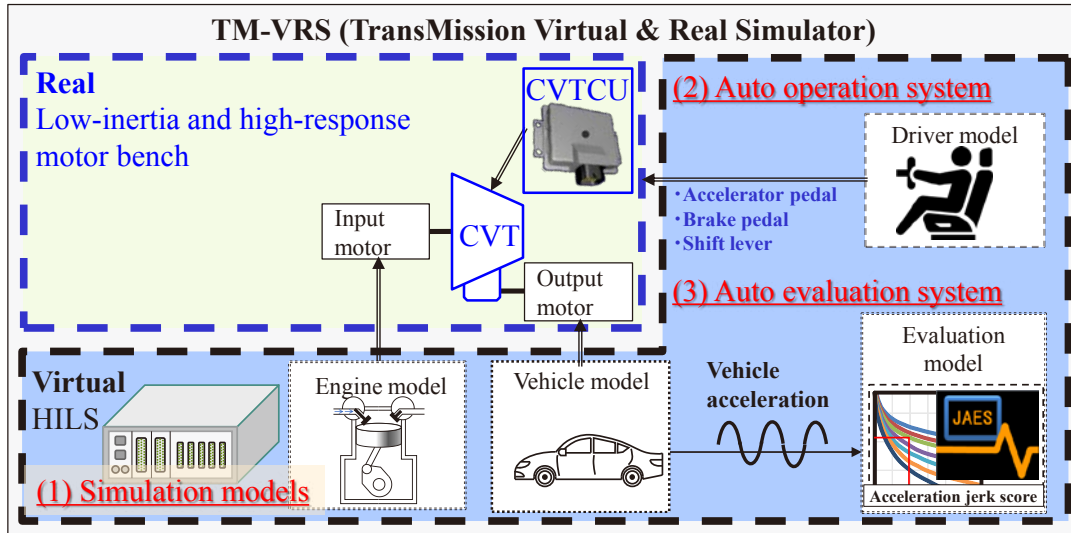


Fig. 2 TM-VRS System

可能なレベルまで求めると、極めて計算時間が長くなる高精度モデルが必要となり、机上化のメリットである多くの実験条件の効率的評価が困難になる課題があった。

3. 解決手法

上記の精度と効率のトレードオフ課題に対する現実的な方策として、モデル化困難で精度が求められる部分に実機、それ以外の部分をMBD技術によるシミュレーションモデルに置き換える、つまり、リアルとバーチャルを適材適所で使い分けるVRSシステムを活用して実車実験の台上化に取り組んだ。

なお本稿はJTR No.17の「バーチャルエンジンを使ったトランスミッションの運転性の検証が可能なVRSテストベンチの開発」（以下前稿）を、実際のCVT開発に適用した事例である。

4. TM-VRSシステム

Fig. 2にTM-VRSのシステム図を示す。低慣性で高応答なモーターベンチに、HILSによるモデルシミュレーション（Fig. 2(1)）、自動操作システム（Fig. 2(2)）、自動評価システム（Fig. 2(3)）を追加した設備である。

高応答モータ+モデルシミュレーションにより実車挙動を再現させ、自動操作システムと自動評価システムからなる自動実験機能を活用することで膨大な条件の効率的な

評価が可能となる。

4.1 エンジンモデル

エンジンモデルは、前稿やステップATのようにエンジンコントローラ実機を用いたバーチャルエンジンシステムではなく、CVT評価に必要な特性を絞って再現した簡易エンジンモデルを採用した。

上記はエンジン同時開発等でバーチャルエンジンシステムをタイムリに構築できないという実運用上の課題に対する対策として用意したものであり、CVTは、変速時に遊星ギヤのクラッチ架け換え用エンジン協調制御が必要なステップATに比べ、必要なエンジン協調制御が限られる為、簡易モデルでの置き換えが可能となった。

4.2 車両モデル

車両モデルは、走行抵抗のみの簡易モデルだった前稿に比べ、ステップAT同様、日産自動車との協業の下、サスペンションやエンジンマウント等の振動特性を持つ車両モデルを導入することで、運転性評価に重要な車両Gの再現精度を向上させた。

4.3 自動評価システム

自動評価システムで用いる評価モデルは、前稿およびステップAT同様のものを導入した。これにより自動操作システムで取得した膨大なデータを効率的に判断可能である。

5. TM-VRSによる実車再現精度

システムのパート毎の実車再現度を確認する為、Fig. 3～5に分けて、実車とTM-VRSの時系列の挙動を比較した。実験条件はアクセル全開発進とし、黒線が実車実験データ、赤線がVRS実験データを示す。

Fig. 3にエンジンモデルが影響するアクセル操作とエン

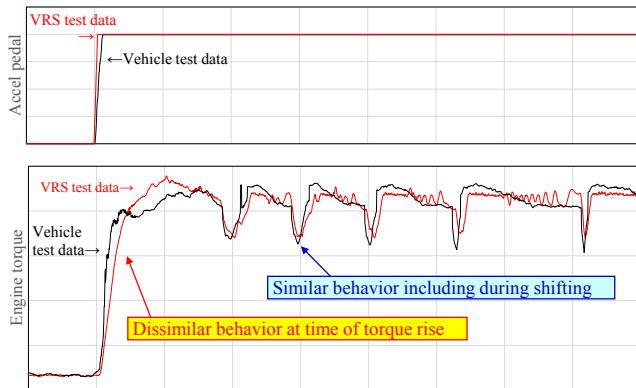


Fig. 3 Engine torque behavior comparison

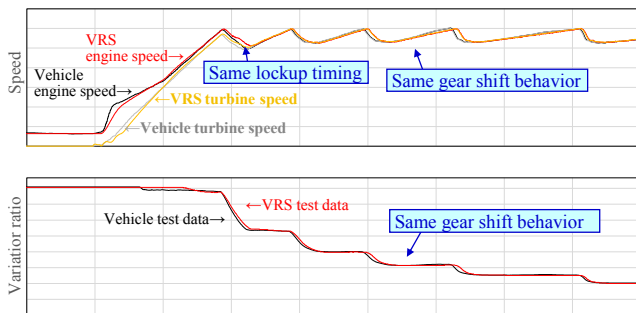


Fig. 4 CVT internal behavior comparison

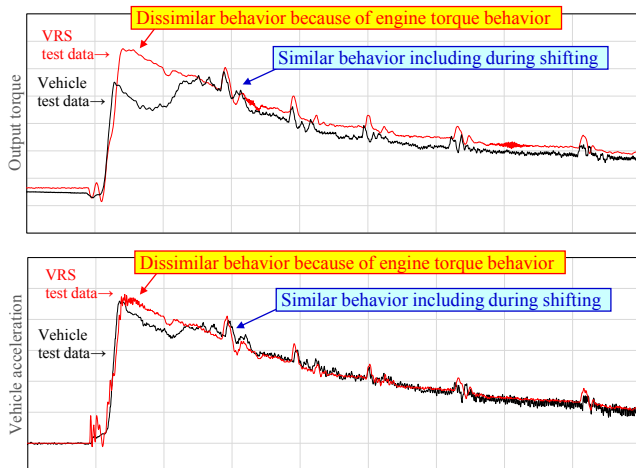


Fig. 5 Vehicle acceleration behavior comparison

ジントルクの時系列比較波形を示す。立上り時を除き、定常時や変速時のエンジントルク挙動が再現できた。

Fig. 4にエンジンモデル、CVT実機が影響するエンジン回転数、タービン回転数と変速比の時系列比較波形を示す。いずれも実車と同等の挙動を再現できた。

Fig. 5に最終的な出力である出力軸トルクと車両Gの時系列比較波形を示す。エンジントルク立上り時の挙動を除き、車両Gを再現できた。

6. 開発課題の発見と解決

Fig. 6にCVT開発時に実車に先駆けて台上実験で発見した開発課題の事例を紹介する。

本現象は、低車速のマニュアル変速時にバリエータ機構が不安定になり、車両振動が発生する現象であり(Fig. 6左波形)、実機CVTと高精度な車両モデルを用いたTM-VRSだからこそ発見できた現象と言える。

この現象を実車に先駆けて発見し、解決することができた(Fig. 6右波形)。

7. 現時点の課題と運用の効果

現時点の課題として、実車実験を完全に台上実験に置換できているわけではない。しかし、下記に示すそれぞれの特長に合わせて使い分けることで、盤石な品質確認と効率化を両立させている。

台上実験は、多くの条件を広く見るのに適する。具体的には、モデルシミュレーション機能によりリアルワールド路面を模擬した様々な環境条件の評価が、実車実験に比べて早い段階で可能になる。また週末を含む昼夜稼働可能な自動実験機能にて、膨大な条件を効率的に評価することが可能になる。事実としてリアルワールドで3ヵ月かかる実車実験が1週間で可能になった。その結果、開発課題が懸念される条件を早期に抽出することが可能となった。加えて環境条件や運転操作の再現性の高さを活かし、制御定数等のソフト変更や部品バラツキ等のハード変更の影響をダイレクトに評価可能である。

実車実験は、限られた条件を深く見るのに適する。具体的には、台上実験で発見された不具合が懸念される条件の確認や、人間による最終的な判断を下す等で使い分けている。

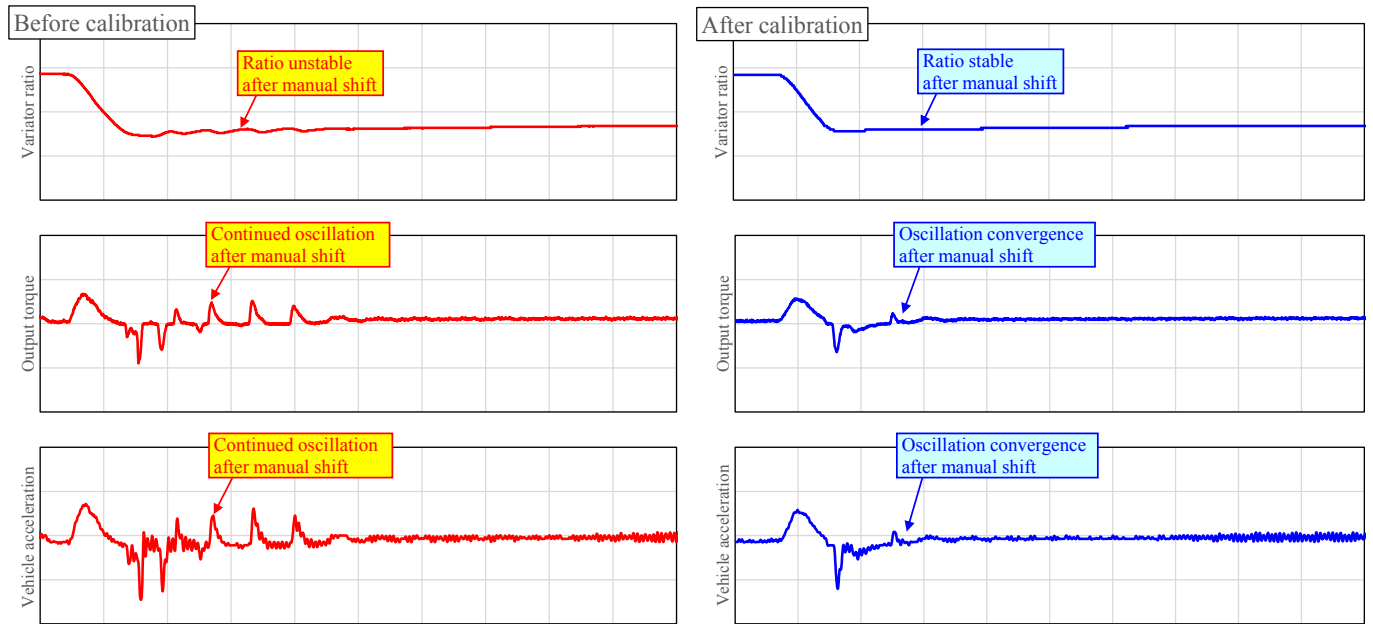


Fig. 6 Problem solution before in-vehicle validation

8. まとめ

自動車の多様化高機能化による開発コストの高騰という課題に対し、TM-VRSシステムを用いた実車実験の台上下化というアプローチを実際のCVT開発に適用し、下記成果を得た。

- (1)最適なエンジンモデル選択と、車両モデルの精度向上により、実車実験の台上下置換が可能になった。
- (2)自動操作／自動評価機能により、膨大な条件の評価が効率的に可能となった。
- (3)実車に先駆けたリアルワールド路面模擬条件の評価による、開発課題の早期発見および解決が可能になった。

今後のCVT開発において、TM-VRSを用いた台上下実験を標準的なプロセスとして採用し、開発品質の更なる向上を目指す。

■ 著者 ■



山形 大輔

少気筒エンジン向けJatco CVT-X用トルクコンバータ開発

尾崎 光治*

遠藤 雅亜*

渡邊 聡*

松尾 道憲**

抄 録

少気筒過給エンジンは燃費向上を図れるが、アイドル時の振動や、過給域と未過給域のトルク差が大きく、また低回転域から加速する時のトルク変動が増加してしまう。その為、Jatco CVT-Xでは車内騒音改善対応が必要となった。

騒音振動課題に対応しつつ、燃費性能と動力性能を成立させるため、Jatco CVT-X用トルクコンバータに採用したペンデュラムダンパ適用事例と流体性能特性の改善事例を紹介する。

1. はじめに

近年、燃費の更なる改善を目指して、少気筒過給エンジンが台頭してきた。Jatco CVT-X(以下 CVT-X)も、3気筒過給エンジンへCVTとして初適用する事となった。

少気筒化により、特に低車速領域で、従来のエンジンに対してより大きなトルク変動が発生する。燃費向上の為には、低車速域からのロックアップが有効だが、従来以上の制振が必要となった為、CVT-Xではペンデュラム機構付きダンパで解決を図る事とした。

ペンデュラム機構のダンパは、大きなトルク変動を減衰させようとする、搭載スペースが必要になる。狭いスペースに収める場合、減衰性能低下と耐久性低下が懸念される為、それらを考慮しながら、ペンデュラム機構ダンパのマス、バネ仕様を選定する必要がある。

また、トルクコンバータにはトルク増幅機能がある。発達性能向上に対してはトルク増幅が大きい方が良いが、アイドル時のエンジントルク変動が大きい場合、車体振動を助

長してしまう懸念がある。

そこで、車体振動の抑制に貢献しつつ、動力・燃費性能を満足する流体性能へのチューニングを行った。

本稿では、これらの課題解決事例を紹介する。

2. ペンデュラム機構ダンパの課題と方策

3気筒過給エンジンでは、低回転から大トルクを発生出来るが、トルク変動も増加してしまう(Fig. 1)。

ロックアップ状態での車内騒音を従来並みに抑えるため、従来のダンパに対して燃費要求条件で14dB以上、Wide-Open Throttle(以下 WOT)条件で18dB以上のドライブシャフトトルク変動低減が必要である(Fig. 2)。

上記の目標を達成する為、ペンデュラム機構を付けたダンパを採用した(Fig. 3)。

ペンデュラム機構ダンパは、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る。ペンデュラムマスが振れすぎた場合、他部品と干渉が発生する。この現象を振り切れと呼ぶ。

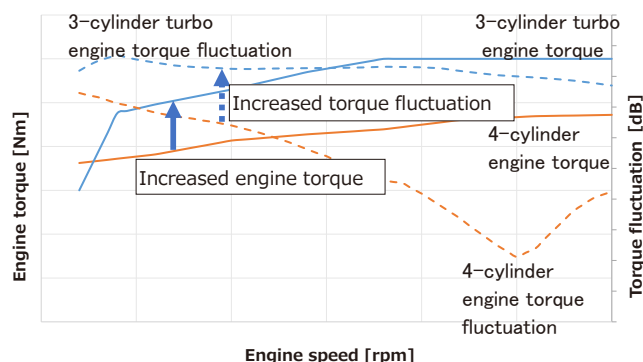


Fig. 1 Engine torque and torque fluctuation

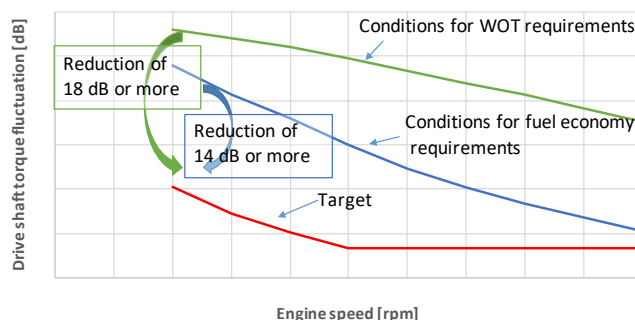


Fig. 2 Targets for reducing drive shaft torque fluctuation

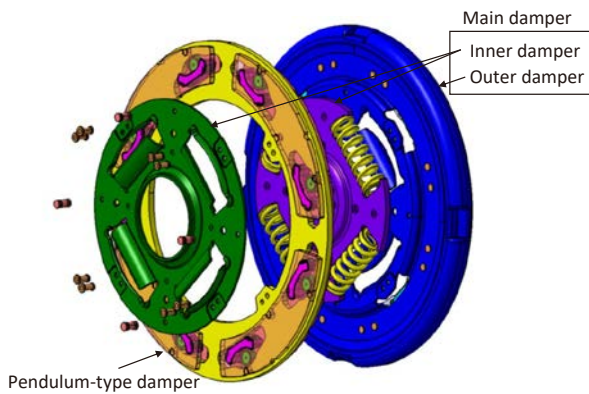


Fig. 3 Structure of pendulum-type damper

ペンデュラムマスの振り切れが発生すると、異音・振動の発生、耐久性の低下が課題となる。

そのため、通常使われる領域では振り切れが発生しない設計が必要となる。

2.1 検討手法

一般的に、大きなトルク変動入力に対し、ペンデュラムマスの振り切れが発生しないように、マストロークを設定すると、大きなマスが必要となり、スペースが必要となる。しかし、レイアウト要求から小型化も必要な為、ダンパの振り剛性、ペンデュラムマスのサイズを設計し、減衰効果とマス振り切れ課題のバランスをとる仕様設定を行った。

ドライブシャフトのトルク変動検討は、Fig. 4のモデルを用いた。ペンデュラムマスのサイズ及び、ダンパのバネ剛性(K1, K2)をパラメータとして、燃費要求条件の成立性検討を行った。また、同時にマスの振り切れ限界領域も確認した。

マスのサイズを大きくすると、トルク変動の低減効果が高い。しかし、搭載要件の制約から上限が決まるため、搭載性からの規制値を軸長の上限值とし、メインダンパ

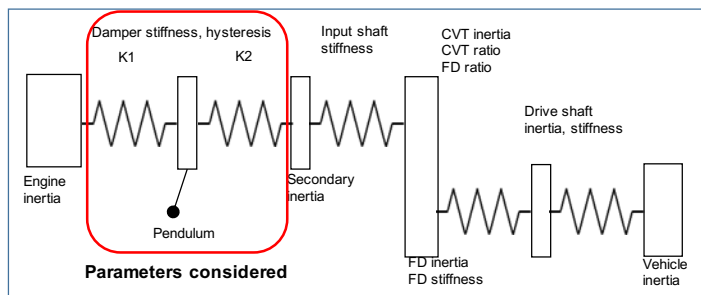


Fig. 4 Analysis model

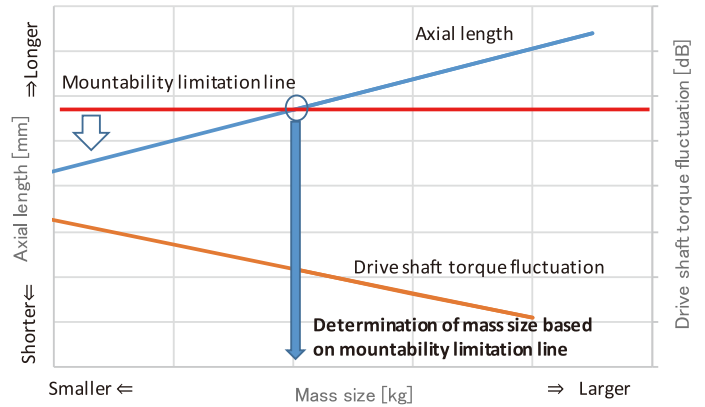


Fig. 5 Sensitivity of axial length and drive shaft torque fluctuation to mass size

の既存スペースを確保した上で、マスのサイズを決定した (Fig. 5)。

一方、メインダンパは、バネ剛性を小さくすると、ペンデュラムの振り切れ回転を小さく出来る。しかし、必要以上に低剛性にする、強度確保のためにバネサイズアップが必要になり、メインダンパが大きくなり制約であるレイアウトを満たさなくなる。

ダンパの既存スペース内でバネ剛性を振り、燃費要求条件のドライブシャフトトルク変動レベルと、WOT条件のペンデュラムマス振り切れ発生回転確認を行い、両立するバネ剛性を決定した。

Fig. 6は、ダンパのバネ剛性を振った時のこもり音検討結果で、バネ剛性は、Aの剛性が高く、Cが低い仕様である。

バネ剛性が低いC(青ライン)のドライブシャフトトルク変動レベルが一番小さいが、高剛性のA(緑ライン)まで燃費目標のドライブシャフトトルク変動値を達成できる。

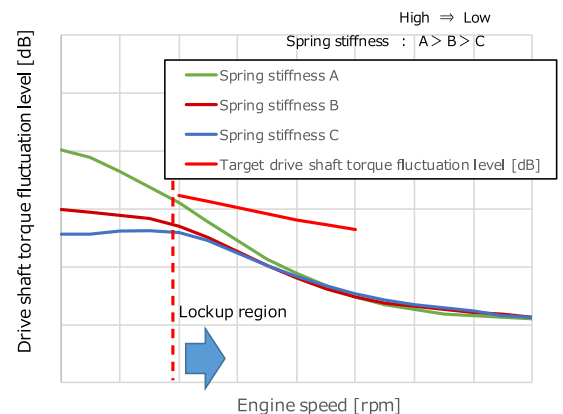


Fig. 6 Booming noise simulation results for various spring stiffness values

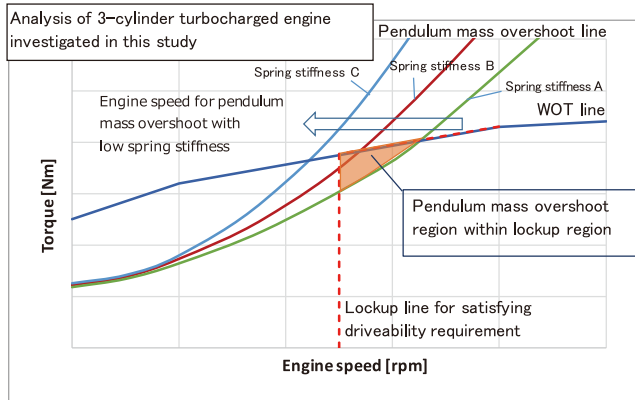


Fig. 7 Engine speed for occurrence of mass overshoot at each stiffness level

Fig. 7は、ダンパのバネ剛性毎に、エンジントルクとそれに発生しているトルク変動を入力した時のペンデュラムマスの振り切れ回転を検討した結果である。

ダンパのバネ剛性を低くすると、マスの振り切れが発生する回転数を低くすることが出来、バネ剛性Cで、運転性を満足する回転数を満足する。

限られたスペースの中で、燃費要求に対するこもり音とWOT条件での振り切れを両立する仕様を決定した。

2.2 達成度

Fig. 8にエンジン回転数とエンジントルクのマップにおけるロックアップ可能領域を示す。

ペンデュラムのマスサイズ、ダンパのバネ剛性、及び、レイアウトのバランスを取ることで、Dレンジで、燃費要求を満足するロックアップ領域を設定出来た。

また、駆動力重視となるWOT条件においても、振り切れなくロックアップできる領域を運転性要求線まで満足した。

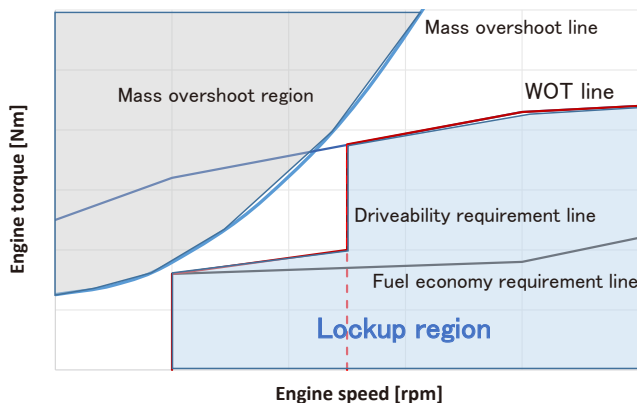


Fig. 8 Lockup region and mass overshoot region

これにより、動力性能と実用燃費に貢献する設定が出来た。

3. 流体性能の課題と方策

次に、Dレンジアイドル時の振動課題を回避しつつ、燃費性能、動力性能を満足する流体性能の改善事例を紹介する。

3気筒過給エンジンは、アイドル時のトルク振動が大きく、車体振動を助長する懸念がある。

振動対策として、ドライブシャフトへの入力トルクを下げる事により改善が見込まれ、トルクコンバータの出力トルクを下げる方策が考えられる。

トルクコンバータの出力トルク(T_o)は、次式で表され、トルク容量係数(τ)、エンジン回転数(N_e)、及び、トルク比(t)に対して、以下関係にある。

$$T_o = \tau \times N_e^2 \times t$$

よって、トルク容量係数とトルク比を下げる事により出力トルクの低減が見込める。

但し、トルクコンバータのトルク容量係数は、全体的に下げてしまうと、加速時にエンジン回転が吹き上がり、運転性、及び、燃費が悪化してしまう。

その為、高速度比側のトルク容量係数は、高いまま維持する必要がある。

そこで、アイドル時に使用されるストールを含む低速度

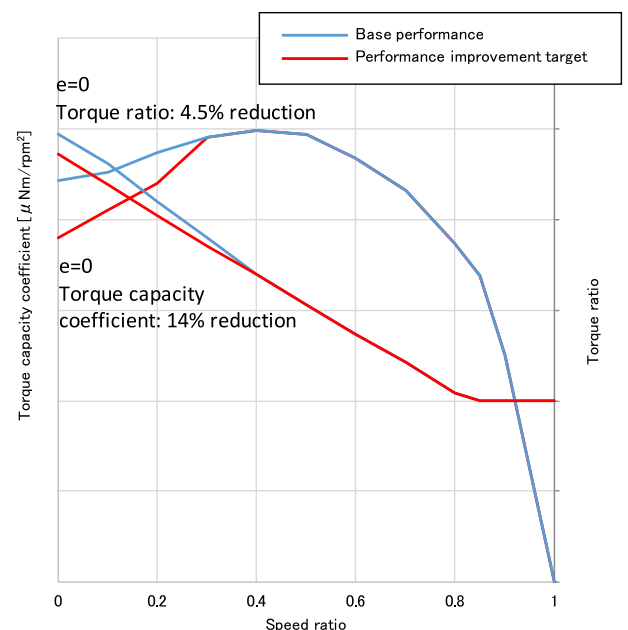


Fig. 9 Targets for improving hydrodynamic performance

比のトルク容量係数とトルク比を下げる事により、アイドル時振動を回避しつつ、燃費性能、動力性能を満足する流体性能の改善を図った。

上記を達成させる流体性能の改善目標は、ベースの性能に対し、低速度比(速度比0.4以下)のトルク容量係数とトルク比を下げ、速度比0.4以上の領域は、維持させる事とした。

Fig. 9は、流体性能の改善目標性能を示す。

3.1 流体性能検討手法

低速度比のトルク容量係数、トルク比を下げるには、ステータの形状で流れの剥離量を増やすのが効果的である。そこで、ステータの先端部の形状振りによる性能感度を取得し、性能チューニングを実施した。

Fig. 10は、解析によるストール時のステータ周辺の流速分布である。

ストール時は、矢印の方向より油が流入し、ステータの翼に当たり、翼の腹側と背側に分流される。

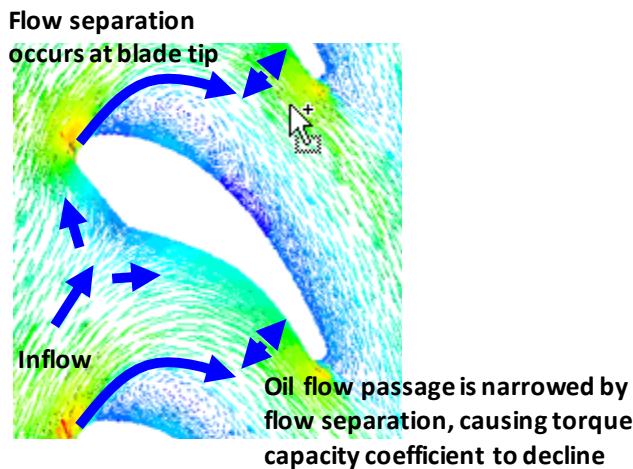


Fig. 10 Flow velocity distribution around the stator

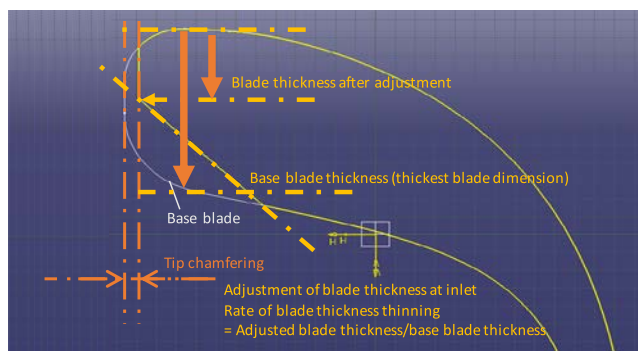


Fig. 11 Cross-sectional view of stator blade: Schematic diagram of tip chamfering

この時、ステータの先端形状により剥離域が決まり、その剥離量を増やす事でトルク容量係数、トルク比を下げる事が出来る。

剥離量を増やす方策としては、流入側であるステータ先端のカット量を変更すること、及び、翼の入口部の板厚を調整することが挙げられる。

ベースのステータに対し、先端のカット量と板厚調整による性能感度を取得し、翼形状を決定した(Fig. 11)。

3.2 性能感度取得結果と達成度

Fig. 12は、ステータの先端カット量によるトルク容量係数の性能変化率のグラフである。

実験的に先端のカット量に対するトルク容量係数感度を取得した結果、カット量に対して低減効果が大いことを確認した(赤ライン)。

しかし、実際には生産性を考慮し、エッジ部にR形状を施す必要があり(Fig. 13)、それを考慮して性能取得した結果、同じカット量で11%から7%程度への低減効果となり、性能低減効果は小さくなることが分かった。

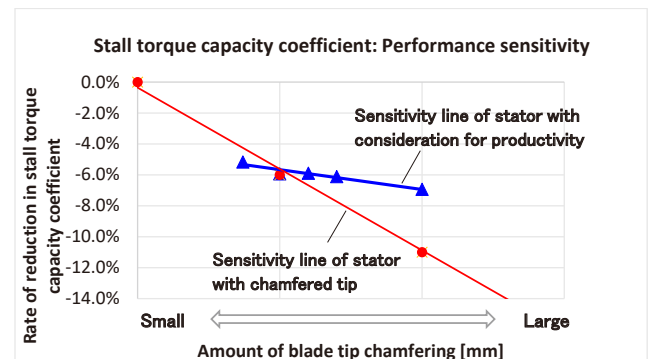


Fig. 12 Stall performance sensitivity to blade tip chamfering

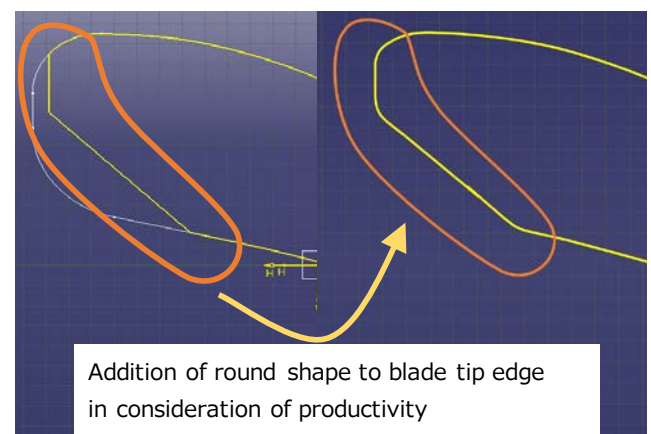


Fig. 13 Stator geometry considering productivity

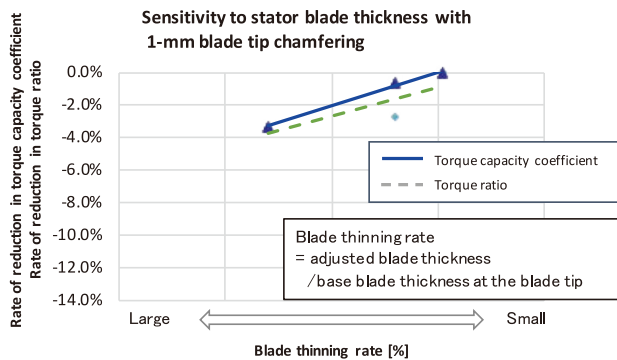


Fig. 14 Sensitivity of torque capacity integer to blade thickness

次に、翼の板厚調整による性能感度を取得した(Fig. 14)。薄翼化する事で、ストールのトルク容量係数及びトルク比低減に効果が有ることを確認した。

先端カット及び薄翼化をすると、低速度比以外の中高速度比のトルク容量係数の低下も伴うため(Fig. 15)、アイドル時の振動対策に対する貢献度、及び、中高速度比側の性能低下による動力・燃費性能への影響を考慮し、仕様を決定した。

達成度は、ストールのトルク容量係数低減目標14%に対し、8.3%低減、トルク比4.5%低減目標に対し、4.5%低減を達成した(Fig. 16)。

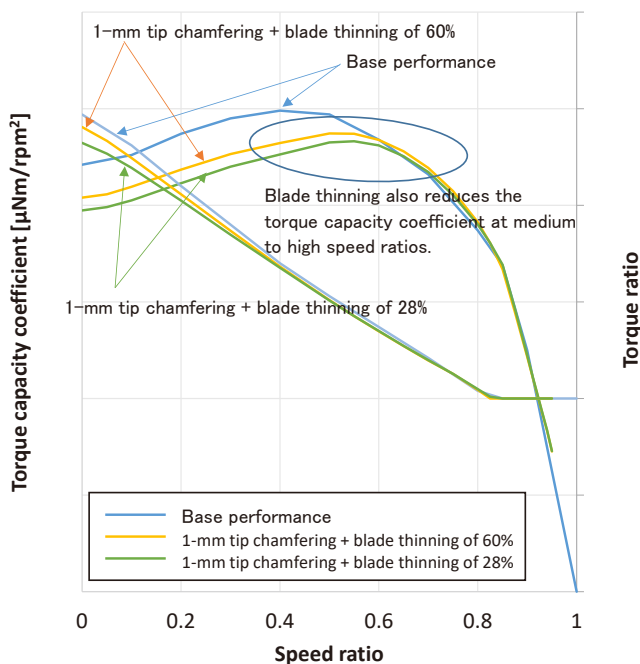


Fig. 15 Overall performance results for blade geometry variation

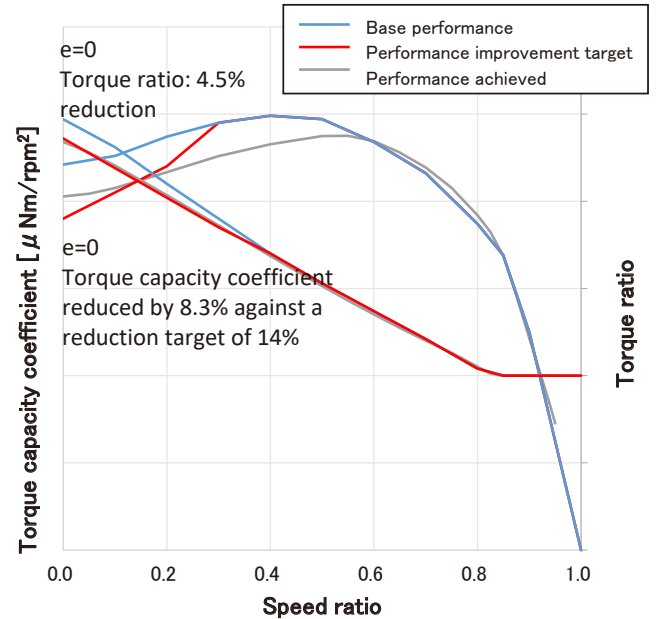


Fig. 16 Level of hydrodynamic performance achieved

速度比0.6以降は、トルク容量係数、トルク比とも、ベース性能を維持し、動力・燃費性能への影響を抑える事が出来た。

4. まとめ

3気筒過給エンジンへの初適用に当たり、限られたスペースの中で、ペンデュラム機構付きダンパのペンデュラムマス振り切れ課題、アイドル時の振動課題、両者を満足する仕様を決める事が出来た。

- (1) 燃費要求を満足するロックアップ領域を達成し、WOT条件に於いては、ダンパのバネ剛性の調整により、ペンデュラムマスの振り切れなく運転性を満足するロックアップできる領域を達成した。
- (2) アイドル時の振動に対しては、トルクコンバータの性能チューニングにより、トルク容量係数を8.3%の低減、トルク比4.5%の低減を達成し、振動対策に貢献しつつ、動力・燃費性能を満足する性能を達成した。

■ 著者 ■



尾崎 光治



遠藤 雅亜



渡邊 聡



松尾 道憲

CVTチェーン理想軌道と実軌道差に起因するトルク容量低下メカニズム解明

渡邊 恭平*

早川 純平*

池田 篤史*

豊原 耕平*

早川 和宏*

抄 録

CVTチェーンにおいて、プーリ推力に対しトルク容量がリニアに増加しない現象が発生した。この現象はチェーン巻付半径の理想軌道からのずれが原因であることを、動解析と実測で確認した。軌道のずれはプーリシーブ剛性に起因しており、トルク容量の予測が可能になるとともに適切なプーリ剛性設計が可能となった。

1. はじめに

無段変速機(以下 CVT)において変速機能を担うバリエータは、Fig. 1のようにプーリとチェーンで構成されている。

プーリ油圧室に油圧を付加することでプーリ推力が発生し、その推力でプーリ、チェーン間の摩擦力を発生させ、

トルク伝達を行っている。一般的にはトルク容量はプーリ推力に比例すると考えられている。

高トルク容量バリエータ開発時において、プーリ推力及びトルクが高い領域で、Fig. 2のようにプーリ推力に対し伝達トルク容量が比例しない現象が確認された。本稿ではチェーンの走行半径変化に着目し、この現象のメカニズム解明を行ったので報告する。

2. トルク容量低下の原因調査

2.1 トルク容量計算式

摩擦伝達によるトルク容量は式(1)で示される。

$$T = F \times R = \sum (\mu \times N \times r) \quad (1)$$

T : トルク容量

F : チェーンとプーリの摩擦力

R : チェーンの巻付半径

μ : 各ピンの摩擦係数

N : 各ピンにかかる1本あたりのクランプ力

r : 各ピンの巻付半径

プーリ推力及びトルクが高い領域でトルク容量がプーリ推力に比例しない原因として、推力やトルクの増加に従って μ , N, rが変化しているためと推測し、2.2章以降で各パラメータの変化代を確認した。

2.2 巻付半径の変化

プーリ推力一定でトルクに対する巻付半径変化を測定

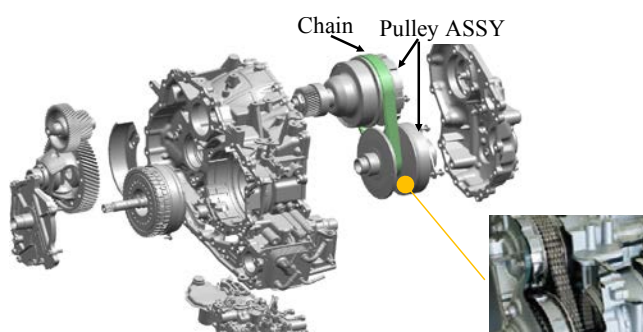


Fig. 1 Structural parts of CVT

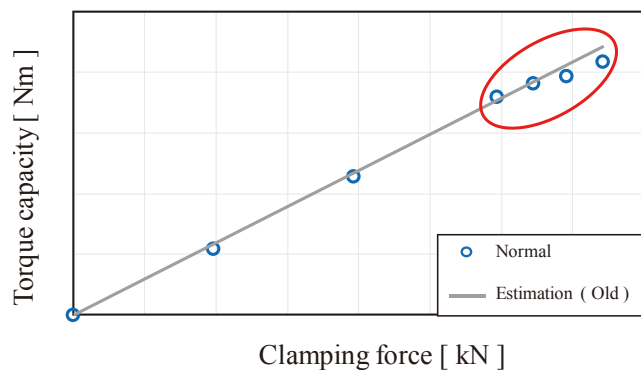


Fig. 2 Torque capacity measurement result

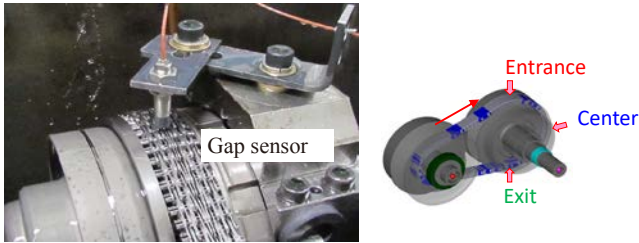


Fig. 3 Gap sensor installation position

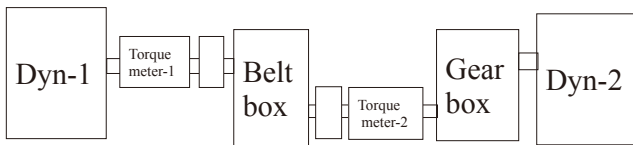


Fig. 4 Variator test bench overview

するために、Fig. 3のようにセカンダリプーリのチェーン巻付部入口、中央、出口にGapセンサを配置し、プーリ巻付部の巻付半径を確認した。Fig. 4のように、バリエータ単体試験機を用いて実験を行った。

Table 1の実験条件にてトルク0Nm時を0mmとしたトルクに対するSec巻付半径変化の測定結果をFig. 5に示す。参考文献(2)でも述べられているが、チェーン巻付半径はトルクの増加に従って入口側は変化せず、中央及び出口

Table 1 Measurement condition

Ratio	-	Low
Input speed	Ni	3,000 rpm
Input torque	T	0→390 Nm
Sec. pulley clamping force	Fs	70 kN

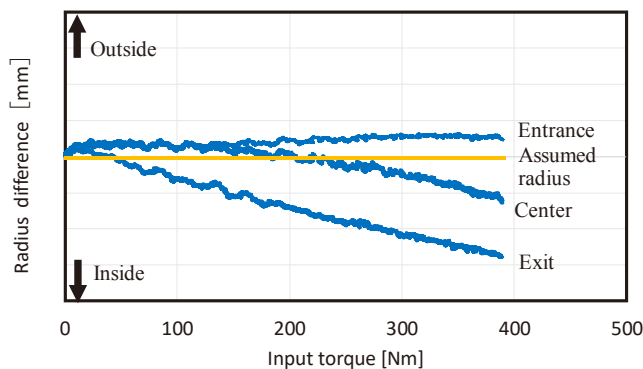


Fig. 5 Radius shift test result

は内径側に変化している結果が得られた。Fig. 6にこの現象を模式的に表したものを示す。

Fig. 5の結果のように、チェーンの巻付半径が入口から出口に従って変化するのは、トルクの増加に伴ってチェーン張側の張力が増加するために、張側に近い出口側でチェーンがより内径側の軌跡を通る影響と考える。

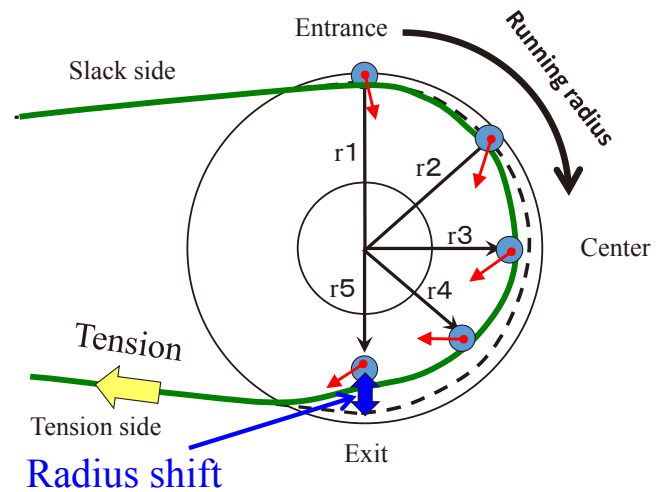


Fig. 6 Radius shift overview

2.3 各ピンにかかる1本あたりのクランプ力の変化

次に各ピンにかかる1本あたりのクランプ力の変化を確認するために、Fig. 7に示すようにチェーン内のロッカーピン1本に歪ゲージを貼付け、Table 2の条件で、セカンダリプーリ入口から出口までの歪量測定を行った。その結果をFig. 8に示す。

歪量はSec推力に比例しており、セカンダリプーリのチェーン巻付部の入口側から出口側にかけて歪量が増加していることが分かる。

Fig. 8の結果のように、出口にかけて歪が大きく増加する理由は、2.2章で述べたように、チェーン張側に近い出口にてチェーンがより内径側の軌跡を通る結果、ピンがよりプーリ内径側部分で挟まれることで、ピン自体により大きな反力が発生するため出口に向かって歪量が大きくなると推測した。

従来の設計手法では、プーリに巻き付いているピンには、ピン～シーブ面間の巻付半径や発生する荷重は一定であるものとして計算していた。しかし、Fig. 5, Fig. 8の結果のようにピンは出口に向かいプーリ内径側に変位することで、ピン～プーリ間の巻付半径と発生する荷重は出口に向かい刻一刻と変化している。このため、プーリに巻付

いているピン1本1本の状態に応じた巻付半径 r やクランプ力 N を(1)式に当てはめて設計計算に織り込む必要があると考えた。

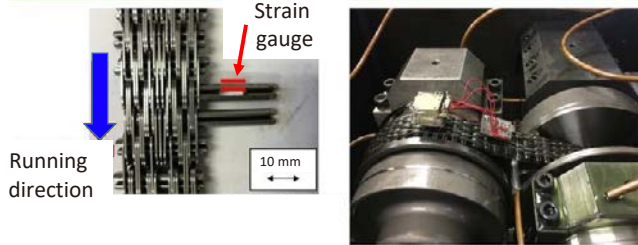


Fig. 7 Locations of strain gauges set on surfaces of pin

Table 2 Measurement condition

Ratio	-	Low
Input speed	Ni	500 rpm
Input torque	T	100 Nm
Sec. pulley clamping force	Fs	30, 50, 70, 80 kN

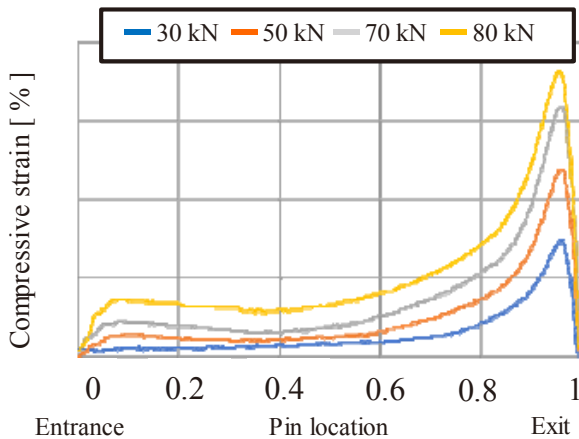


Fig. 8 Measurement of strain gauges set on surfaces of pin

2.4 摩擦係数 μ の推定

一般的に、摩擦係数は滑り速度や垂直荷重によって変化し、Stribeck曲線上で表される境界潤滑～混合潤滑領域では、油膜厚さ h の増加と共に摩擦係数は小さくなる⁽³⁾。2.3章で明らかになったように、プーリとチェーンピン端面間では、半径変化に伴う滑り速度変化も起きていると考えられる。チェーン巻付部のピン位置各々の滑り速度とピン荷重を用いて摩擦係数を推定することが今回のメカニズム解明においては必要である。そこで、プーリとチェーンの接触部は線接触であると考え、線接触下での油膜厚さをDowson-Higginsonの式(2)で求める。

$$\frac{h_{\min}}{R} = 2.65 \left(\frac{\eta_0 \bar{u}}{ER} \right)^{0.7} (\alpha E)^{0.54} \left(\frac{W}{ERL} \right)^{-0.13} \quad (2)$$

$h_{\min}$: 最小油膜厚さ

η_0 : 動粘度

$\bar{u}$: 滑り速度

E : ヤング率

α : 圧力粘性係数

W : 荷重

R : 等価曲率半径

(2) 式のヤング率 E などを定数とおき、摩擦係数は油膜厚さに対して負の1次相関関係となると仮定すると、(2)式は(2-1)、(2-2)式で置き換えられる。この仮定が正しいか実測から確認した。

$$h_{\min} = a \cdot \bar{u}^{0.7} \cdot W^{-0.13} \quad (2-1)$$

$$\mu \propto 1/h_{\min} \quad (2-2)$$

a : 定数

ここで荷重 W と滑り速度 $\bar{u}$ に対する摩擦係数 μ を求める必要があるが、チェーン運転状態ではピン1本の μ を測定することは難しいため、Fig. 9のようなPin-on-disk方式にて、単品状態で摩擦係数測定を実施した。

荷重を500～1,600N/本の範囲で滑り速度を変化させて摩擦係数を測定した結果をFig. 10に示す。Fig. 10の測定結果を用いて、横軸に滑り速度と荷重の積をとり $\bar{u}^{0.7} \cdot W^{0.13}$ として計算し、縦軸にその時の摩擦係数をFig. 11に示す。この結果から、摩擦係数は油膜厚さに対して負の1次相関であることが分かり、 μ は(2-1)、(2-2)で仮定した式を使って予測できることが分かった。

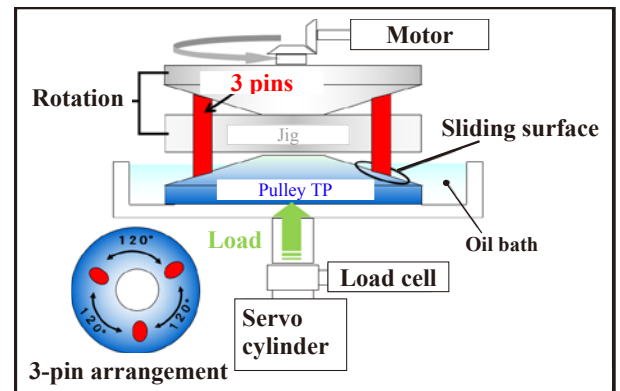


Fig. 9 Pin-on-disk overview

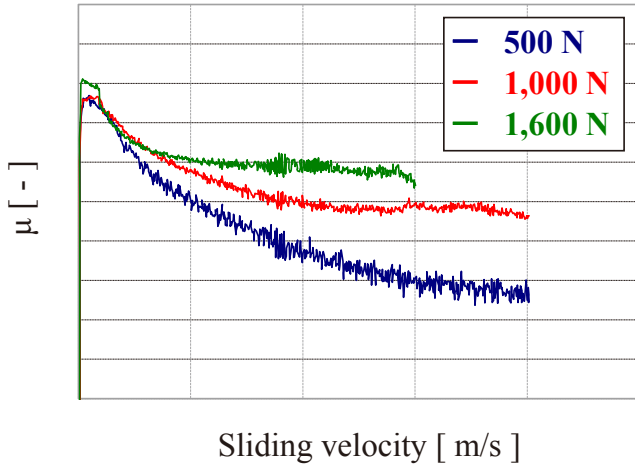
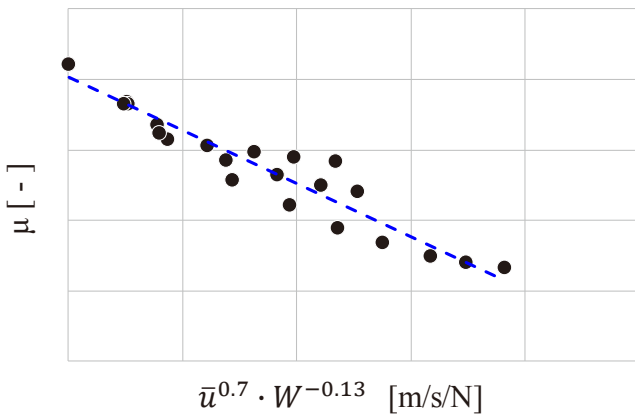
Fig. 10 μ measurement result

Fig. 11 Friction coefficient result

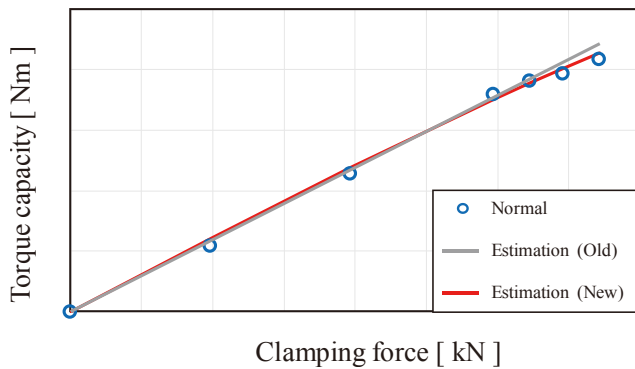


Fig. 12 Comparison of torque capacity between estimation and experimental value

2.5 実測結果を反映したトルク容量計算

実測や計算で得られた μ , N , r を式(1)に当てはめて、トルク容量を計算した結果、Fig. 12のように実験値に近い値で計算できるようになった。

3. 推力に対しトルク容量が比例しないメカニズム解明

3.1 トルク容量が比例しないメカニズム

2章で精度よくトルク容量が求められることが分かったので、プーリ推力に対し伝達トルク容量が比例しないメカニズムを検討する。

式(1)のトルク容量計算では、 $\Sigma(\mu \times N \times r)$ のうち、 Σr が理論計算に対し小さくなっていることが2章の結果で明らかになっている。 Σr が小さくなると伝達トルク容量が低下するのに加え、内径側への変化が大きくなることで滑り速度も増加する。 μ は滑り速度が増加すると小さくなる特性から、プーリ推力及びトルクが高い領域では、 $\Sigma(\mu \times r)$ が低下することで伝達トルク容量が比例しないメカニズムと推測した。

3.2 プーリ倒れ剛性違いでのトルク容量感度検証

r や μ の低下に影響するパラメータは、プーリ倒れ剛性と考えた。今回はFig. 13のようにプーリ背面(パークロック部_赤丸部)を削って、意図的に倒れ剛性を低くするとトルク容量が低下をするか実測検証を行った。

その結果、倒れ剛性を低くしたプーリはFig. 14のようにトルク容量が更に低下する傾向がみられた。この結果から、高推力でのトルク容量低下の軽減にはプーリ剛性向上が必要であることが分かった。

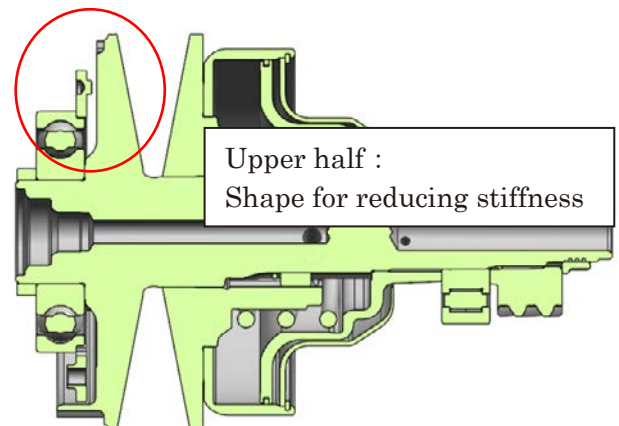


Fig. 13 Overview of pulley stiffness change

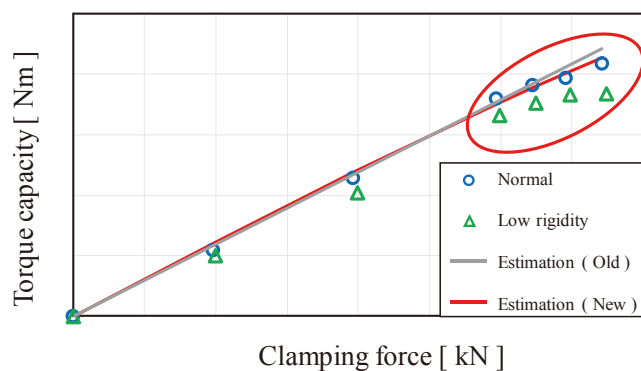


Fig. 14 Torque capacity result between low rigidity pulley and normal pulley

4. まとめ

- 個々のピンの巻付半径, クランプ力, 摩擦係数を実測及び計算値で確認し, その結果を用いてトルク容量を計算することで, トルク容量がプーリ推力に比例しない現象を再現することができ, メカニズム解明ができた.
- 高推力でのトルク容量低下を軽減するにはプーリ剛性向上が必要であることが分かった.

5. 参考文献

- (1) 養賢堂 (1974) 『潤滑ハンドブック』 P.265
- (2) Nilabh Srivastava, Imtiaz Haque: A review on belt and chain continuously variable transmissions (CVT): Dynamics and control, Mechanism and Machine Theory 44 (2009)
- (3) 養賢堂 (1999) 『トライボロジー概論』

■ 著者 ■



渡邊 恭平



早川 純平



池田 篤史



豊原 耕平



早川 和宏

CVTチェーンノイズ抑制手法の開発

李 敏庸* 早川 和宏** 崔 鍾允*
長岡 文一** 上田 知*** 佐野 公紀***

抄 録

近年CVTではチェーンの採用が増えており、チェーンノイズ低減が重要な課題となっている。

本開発では、チェーン剛性とプーリクランプ力のバランスがチェーンノイズと相関のあることを明らかにし、ハードウェアを変更することなくノイズを抑制できる手法を構築した。

1. はじめに

無段変速機(以下 CVT)で変速機能を担っているバリエータはプーリとベルトで構成されている。ベルトはPull式チェーン(以下 チェーン)とPush式ベルト(以下 ベルト)の2種類があり、高トルク対応の車には主にチェーンを採用している(Fig. 1)。チェーンはベルトよりフリクションが小さい長所があるが、チェーンノイズが課題となるので、小ピッチ化及び遮音材の採用などで対応してきた。

近年、自動車業界の要求で高トルク対応の車にも小型化が必要となった為、今までより小さいプーリに大きいクランプ力を用いることが必要となった。従来より大きいクランプ力を使うことで従来のチェーンノイズと異なるマイクロリップによるチェーンノイズが課題となったが、ハードウェア変更無くチェーンノイズが抑制できる手法を開発したので紹介する。

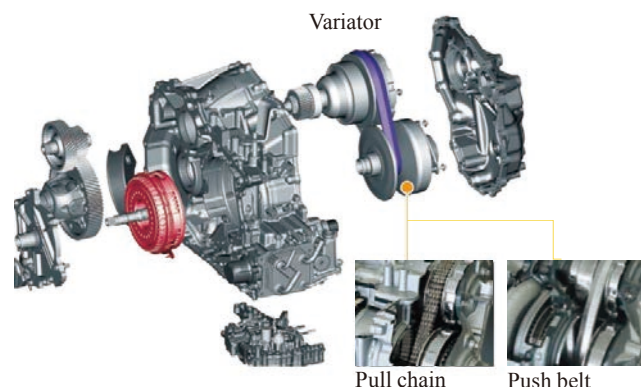


Fig. 1 Structural parts of CVT

2. チェーンの構造とノイズ

2.1 チェーンの構造

Fig. 2にチェーンの構造とチェーンが曲がる時の動きを示す。チェーンはピンとリンクプレートの2種類の部品で構成される。ピンを背中合わせに組み合わせた2本1対のピンを複数枚のリンクプレートでつなぐ構造である。チェーンを曲げる際にピン同士が転がり接触をする構造を採用して摩擦損失が低減できるのでフリクションが小さい長所がある。

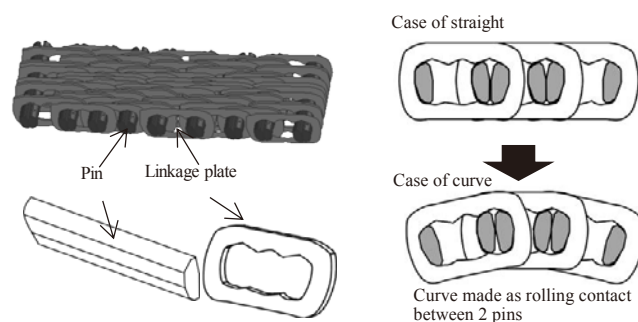


Fig. 2 Structural parts of chain

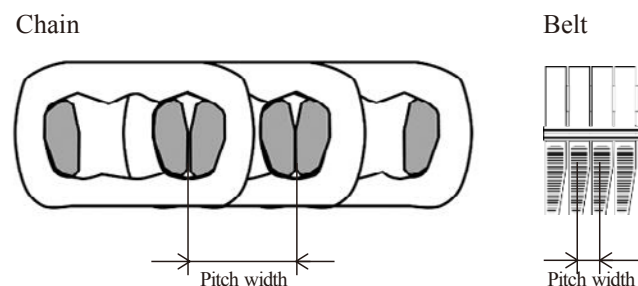


Fig. 3 Comparison of pitch width

* ジャヤコ 韓国エンジニアリング社 部品開発室

** 部品システム開発部

*** ユニットシステム開発部

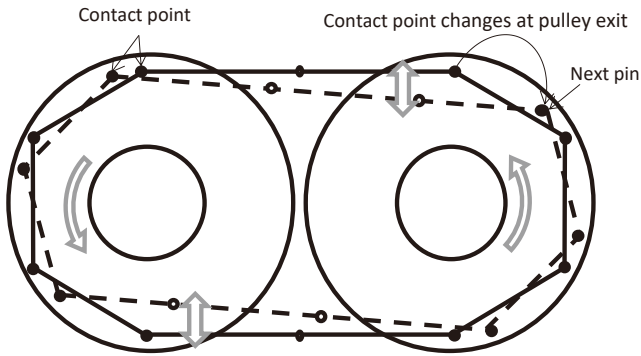


Fig. 4 String vibration due to polygonal motion

Fig. 3にチェーンとベルトのピッチ幅を示す。チェーンはベルトよりピッチ幅が大きい特徴がある。ピッチ幅が大きいとチェーンのピンがプーリに巻き付いた時、多角形巻き付きとなる。多角形巻き付き状態のピンがプーリから出た後はすぐ後ろの次のピンがチェーン張力を支えることになる。この動きを繰り返すことでチェーンの直線部の弦振動が発生し、ノイズに繋がる(Fig. 4)。このことからチェーンの方がベルトよりノイズに不利であるのが知られている。

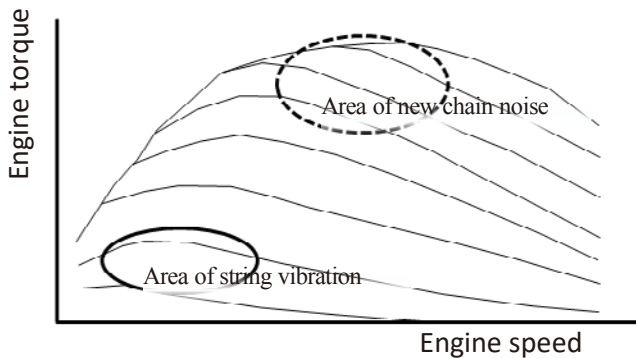


Fig. 5 Areas of chain noise occurring on an engine map

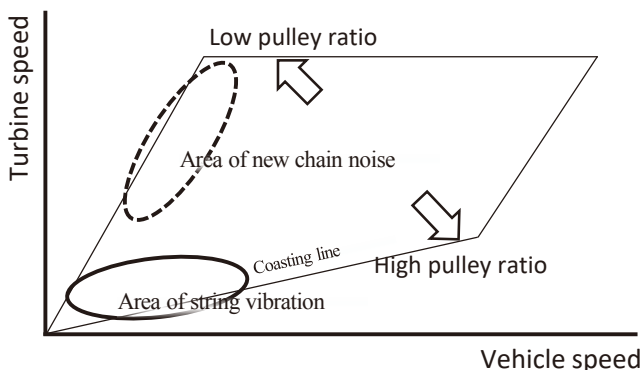


Fig. 6 Areas of chain noise occurring on a shift schedule

2.2 チェーンノイズ

Fig. 5にエンジン性能マップ上のチェーンノイズ発生領域を示す。実線の領域は従来のピッチ幅起因の弦振動によるチェーンノイズの発生領域である。このチェーンノイズはコースト走行、もしくは緩加速中で発生する(Fig. 5とFig. 6の実線の領域)。その理由は入力トルクが小さい場合はチェーンの張力が小さくなり弦振動が起きやすくなるためである。

今回の新たなチェーンノイズはLowプーリ比を使う急加速のシーンで発生した(Fig. 5とFig. 6の点線の領域)。急加速のシーンでは高いトルクが入力されるのでチェーンスリップを防ぐ為にクランプ力を上げているが、高いクランプ力が入力されるとチェーンのピンにはプーリの半径方向に弾性変形によるマイクロスリップが発生する。このマイクロスリップはチェーンの構造上、従来のCVTでも発生する現象であるが、プーリ小型化による走行半径の小径化に伴いマイクロスリップが大きくなることで、今回新たなチェーンノイズとして顕在化した。

Fig. 7ではチェーンにクランプ力を入れた場合にピンに入る力とその力によるピンの弾性変形を示す。プーリのピンとの接触面をシーブ面と呼び、シーブ面とピンは角度 θ をもって接触しているので、クランプ力を掛けるとクランプ力と張力の反力となる f_a と f_b が発生する。この力の影響でピンはプーリの半径方向に変形され、シーブ面とピンの間にマイクロスリップ V が発生する。その時プーリとピンの接触点もプーリの半径方向に移動する為、可変プーリの軸方向変位 X が発生する。プーリが回転するとチェーンのピンがシーブ面に連続的に接触を繰り返す為、可変プーリの軸方向変位 X も繰り返し変動し、可変プーリの振動となる。

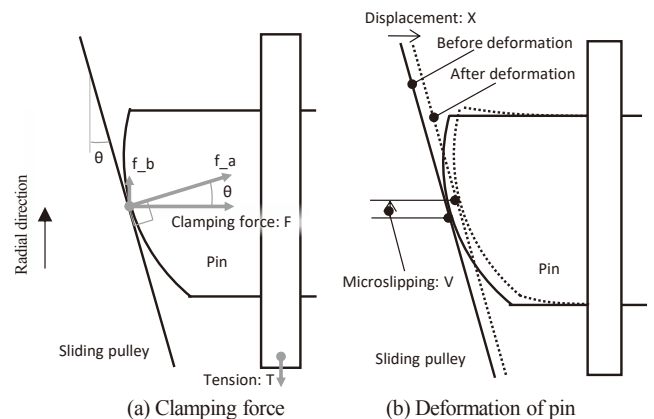


Fig. 7 Pin deformation under clamping force

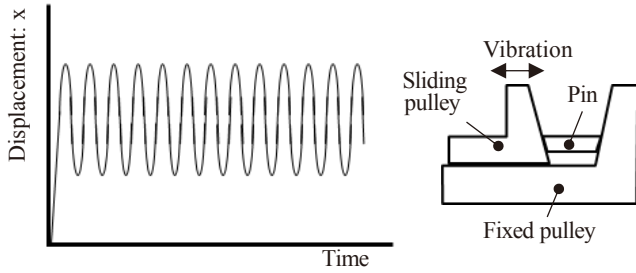


Fig. 8 Vibration of sliding pulley

今回プーリの小型化に伴い従来よりチェーンの最小走行半径を小さくした。最小走行半径が小さくなるとプーリに接触されるピンの本数も少なくなる。この理由で従来のチェーンよりピン一本当たりに入力されるクランプ力が大きくなった。その結果、Fig. 8のイメージのように可変プーリの軸方向振動が大きくなることで新たなチェーンノイズの発生に繋がったと推定される。

3. チェーンノイズに関係あるパラメータ選定

上記の2.2章で記述したとおり、今回顕在化したチェーンノイズはマイクロスリップを起因として可変プーリの振動が大きくなることでノイズに繋がるメカニズムである。従って、このマイクロスリップを小さくすることでチェーンノイズ

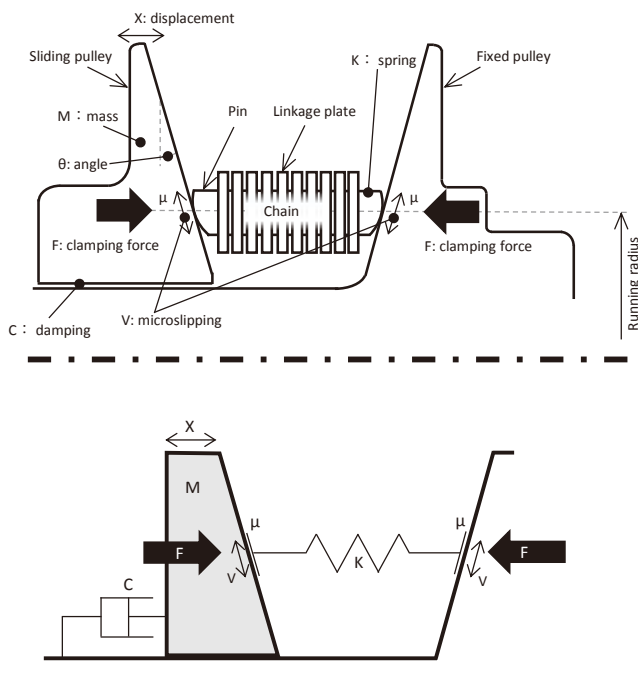


Fig. 9 Modeling of CVT variator

は抑制できると考えた。マイクロスリップに関係あるパラメータを抽出する為、バリエータのモデル化を行った。

3.1 バリエータのモデル化

このマイクロスリップに関係あるパラメータを抽出する為、バリエータを減衰振動系としてモデル化した図を示す(Fig. 9)。振動が発生する可変プーリのマスを M 、プーリに巻き付いているピンのトータル剛性のバネ定数を K 、可変プーリの動きに伴う摺動抵抗をダンパー C 、可変プーリとピンの間の摩擦係数を μ 、クランプ力を F 、その時のマイクロスリップによる可変プーリの変位を X で定義した。

3.2 パラメータ選定

Fig. 6に示す領域でマイクロスリップによるチェーンノイズが発生していることから、この領域内の様々な運転シーンを想定してこのマイクロスリップを抑えるのが必要である。Fig. 9で示したバリエータモデルの中で運転中にコントロールできるパラメータは走行半径によって変わるピンのトータル剛性 K とその時のクランプ力 F である。

●クランプ力 F ：バリエータがトルクを伝達する時ピンとプーリ間のクランプ力でトルク容量をコントロールしているが、このクランプ力を下げるとトルク伝達容量が不足する。また、クランプ力を上げすぎると2.2章で説明した通りマイクロスリップの増加により可変プーリの振動 X も大きくなる(Fig. 8)。そのため、トルク伝達容量が確保でき、かつマイクロスリップ抑制が両立できるクランプ力を設定する必要がある。

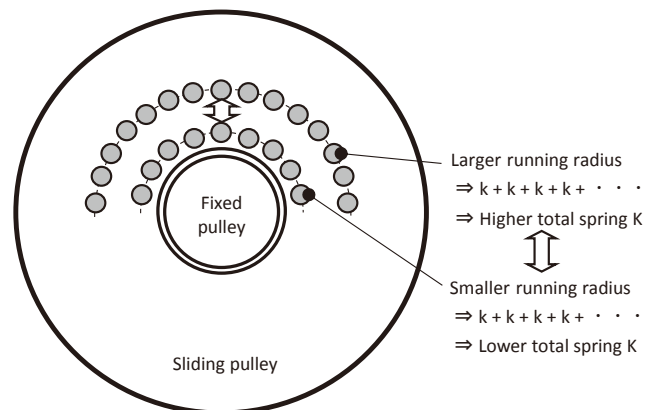


Fig. 10 Total spring K according to running radius

•ピンのトータル剛性K：運転条件によってプーリ比が変化する場合、Fig. 10のようにチェーンの走行半径が大きくなるとプーリに巻き付くピンの本数も増えていく。ピン1本の剛性をkとすると巻き付いているピンは並列バネに置き換えることができる。この並列バネから構成されるピンのトータル剛性Kは走行半径が大きくなると共に増加する。このピンのトータル剛性Kが高いほど可変プーリの変位Xは抑制される。

4. パラメータ感度確認

4.1 クランプ力Fと振動レベルの感度

ある運転条件におけるクランプ力と振動レベルの感度取得実験を行った。ここで、振動レベルはCVTユニットのサイドカバーに加速度センサを配置することで振動レベルを計測した。実験の結果、クランプ力Fと振動レベルは正の一次相関であることが確認できた (Fig. 11)。

4.2 ピンのトータル剛性Kと振動レベルの感度

ある運転条件における走行半径と振動レベルの感度取得実験を行った。走行半径を大きくすると3.2章に記述した通りプーリに巻き付くピンの本数が多くなりピンのトータル剛性Kも大きくなる。実験の結果、ピンのトータル剛性Kと振動レベルは負の一次相関であることが確認できた (Fig. 12)。

5. 管理式の提案と検証

クランプ力Fとピンのトータル剛性Kに対するそれぞれのチェーンノイズ感度は上記実験で確認できたが、車の運転条件下では二つのパラメータがお互いに連動されてコントロールしている。一つの関数で判断できるようにする為、摩擦係数とクランプ力の関係式(ストライベック式)にピンのトータル剛性を掛けた式を判断式として提案する。また、この値をSEV (Self Exciting Vibration) 値と呼ぶ。

$$\text{SEV値} = (\eta * V / F) * K$$

ここで η はピン-プーリシーブ間の油の粘度である。上記で提案したSEV値を変化させた場合のサイドカバー振動レベルの感度確認を行った (Fig. 13)。実験の結果、SEV値を大きくするとサイドカバーの振動レベルが低減出来ることを確認した。このことからFig. 6に示す領域内の

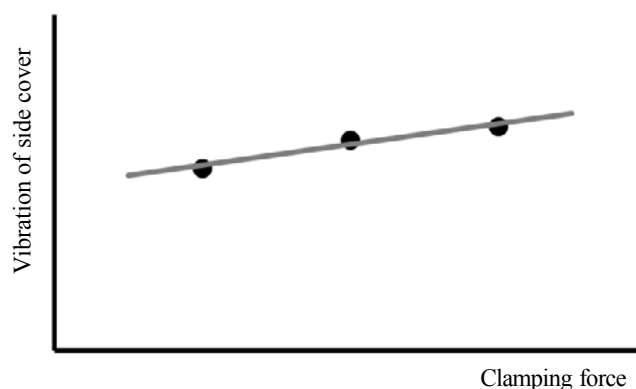


Fig. 11 Clamping force vs. vibration of side cover

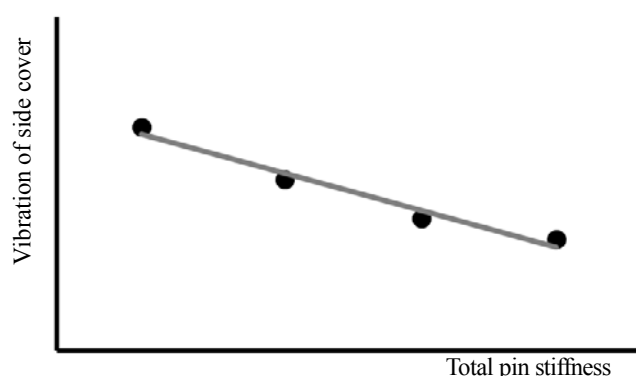


Fig. 12 Total pin stiffness vs vibration of side cover

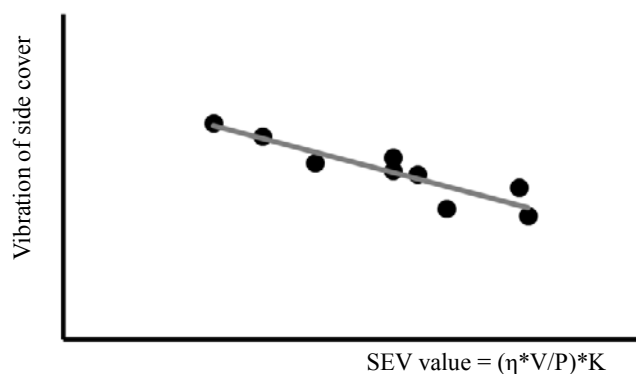


Fig. 13 Validation results for SEV value

様々な運転シーンにおいてもSEV値を用いることで振動レベルを抑制できることが分った。

6. まとめ

今回プーリの小型化に伴い従来よりチェーンの最小走行半径を小さくした。このことから従来のチェーンノイズと異なるマイクロスリップによるチェーンノイズが課題となった

が、ハードウェア変更無くチェーンノイズが抑制できる手法について以下にまとめる。

- (1) プーリ小型化によりピン一本当たりに入力されるクランプ力が大きくなった。その結果、可変プーリの軸方向振動が大きくなることで新たなチェーンノイズの発生に繋がったと推定される。
- (2) サイドカバーの振動レベルはクランプ力 F と正の一次相関であり、ピンのトータル剛性 K とは負の一次相関であることが確認できた。
- (3) (2)で得られた結果を一つの管理式で判断できるSEV値を提案、SEV値とサイドカバーの振動レベルは高い相関関係があることが確認できた。

今回得られた結果を実車に適用、クランプ力とピンのトータル剛性をSEV値管理式で適切にコントロールすることでマイクロスリップによるチェーンノイズを抑えることができた。

7. 参考文献

- (1) 幸書房(2014)『トライボロジー入門』
- (2) 理工学社(2003)『トライボロジー』
- (3) グランプリ出版(2004)『無段変速機CVT入門』

■ 著者 ■



李 敏庸



早川 和宏



崔 鍾允



長岡 文一



上田 知



佐野 公紀

油圧制御式自動車用変速機のスプールバルブに作用する押し付け力を予測するためのパラメータ解明と手法開発

柳川 大輔* 神谷 将弘* 戸塚 翔*
 島田 勝** トウシク イドリス*** 上蘭 直樹****

抄 録

自動車用自動変速機で使用されているコントロールバルブ内には調圧しつつ流量過剰分をドレインする弁がある。弁周辺の流れは複雑で流れる際に弁に様々な力を与え、摺動抵抗が増加する事で弁の応答が遅くなることや、コントロールバルブボディに押し付けられる事でボディが摩耗する懸念がある。しかし、弁に作用する力を流体解析により計算することはできたが、解析結果が正しいかわからなかった。そこで本研究ではロードセルを用いて荷重の実測を行った。結果、流体解析による計算結果と実測結果の傾向の一致を確認でき、解析結果が妥当であることがわかった。

1. はじめに

自動車用自動変速機は複数の油圧回路への油の供給と調圧のためにコントロールバルブを使用している。コントロールバルブ内には調圧しつつ流量過剰分をドレインする弁がある。ドレインする際には弁に流れによる押し付け力が作用し、弁に様々な影響を与える。

しかし、従来は弁に作用する押し付け力を流体解析により計算することはできたが、押し付け力の測定が困難だったため、解析結果が正しいかどうかはわからなかった。そのため仕様変更可否の判断は実験による応答性や摩耗の評価が必要である。仕様変更時には実験による判断

となるため、トライアンドエラーが生じており、開発期間に影響が出る。

本稿では、弁に作用する押し付け力を直接測定できる実験装置を製作し実測を行い、流体解析の妥当性を確認した結果について報告する。

2. 弁の構造と感度確認寸法

今回実験対象としたのはFig. 1に示す構造の弁で、上流から下流へ油が流れる際に流れによって弁に流体による押し付け力が作用する。押し付け力により弁のフリクションが増加し、制御において重要な特性である応答性に遅れ

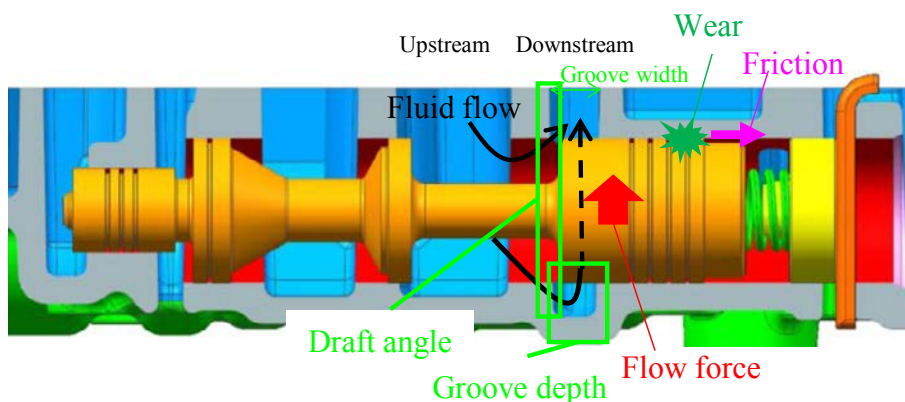


Fig. 1 Loading forces acting on the spool valve and their effects

* 部品システム開発部

*** 工務部

** ジャトコ エンジニアリング(株) 部品システム開発部

**** ジャトコ エンジニアリング(株) 実験部

が生じる。また、弁が挿入されているコントロールバルブボディに押し付けられることでボディが摩耗する懸念がある。

今回の実験は抜き勾配とグループ深さ2つの寸法に関して実測による感度取得を行った。これらの寸法は流体解析結果から押し付け力への感度があると考えている寸法である。

抜き勾配とはボディの壁面の傾斜角度の事でFig. 2の角度を抜き勾配とする。 casting時に型を抜き易くするにつける傾斜で、ボディ側にもその傾斜が残ってできるものである。グループ深さはFig. 3の通り、溝の深さとした。

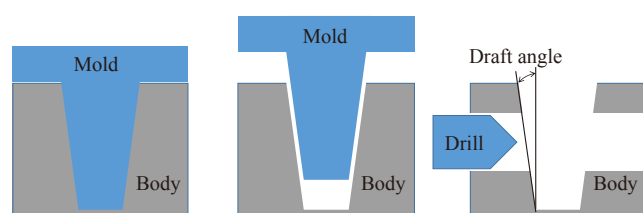


Fig. 2 Definition of draft angle

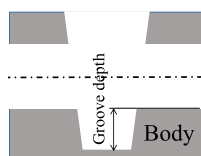


Fig. 3 Definition of groove depth

3. 実験スタンバイ

コントロールバルブボディ内にある弁がボディを押す力を直接測定するのは困難だが、測定子を介して弁が押す力をロードセルで測定できるように工夫した。測定子の位置は解析結果と実機の摩耗痕から弁がボディに押し付けられている位置を確認して、その位置に穴を開けて測定子を設置した。測定子は治具を貫通させて、上方に設置したロードセルと接触させる構造とした。これにより弁に作用する押し付け力が測定子を介してロードセルで測定可能となった。

実験スタンバイはFig. 4の様にコントロールバルブ実機の弁周辺を切り出した治具に、Fig. 5のアタッチメントパーツを使い弁周辺の寸法を可変とする構造とした。これにより弁周辺寸法の感度取得をできるようにした。

また、実験中に弁が適切なストローク位置で測定子を推せるように、弁先端と治具にネジを切り治具の外からス

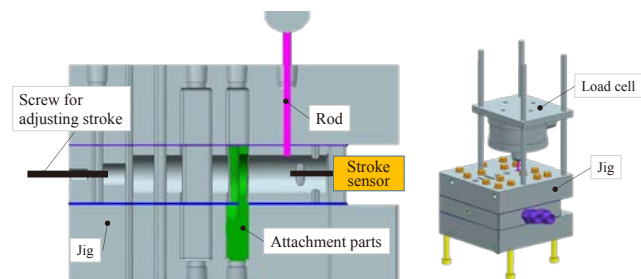


Fig. 4 Structure of jig, attachment parts and rod

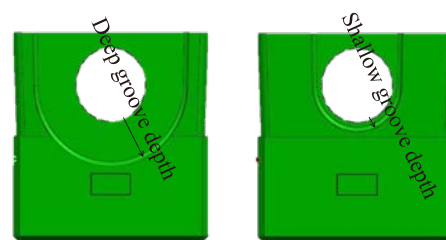


Fig. 5 Attachment parts

トローク量を調整できる構造とした。

上述のスタンバイで上流の油圧を変化させた時のロードセルにかかる押し付け力の出力確認を行った結果をFig. 6に示す。

実験仕様は抜き勾配2deg, グループ深さ11.5mmを使用した。横軸は時間で縦軸は油圧とロードセルにかかる押し付け力とし、赤が油圧で黒が押し付け力を示す。

上流の油圧が高くなると共に押し付け力は上昇し、油圧変化に追従した押し付け力の測定結果が得られた。これは上流と下流に差圧ができる事で流量が増加し、流体による押し付け力が増加した結果と考えられる。本スタンバイにて押し付け力が測定できることが確認できた。

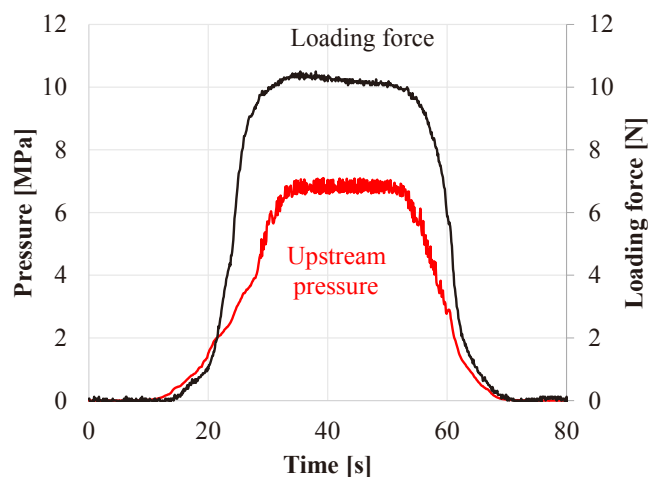


Fig. 6 Output of load cell related pressure

4. 解析モデル

上述の治具、アタッチメントパーツ、弁を3Dモデリングし、流体解析にて測定子位置に作用する流体力による押し付け力を解析する。

解析モデルの例をFig. 7に示す。今回測定する押し付け力はFig. 8に示すスプールとボディ間の環状隙間部に作用するので、環状隙間部のメッシュを細かくすることで計算精度を上げた。

解析条件は実験条件と合わせ、共に上流側の圧力を5.7MPa、下流側の圧力を0.7MPa、油温を50℃として、弁の仕様をφ17の弁とした。

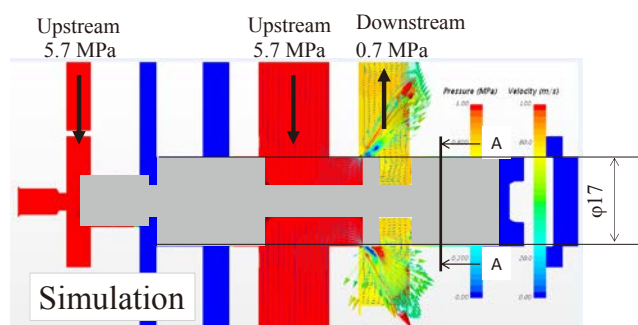


Fig. 7 Simulation model

Clearance:
Space between spool and body

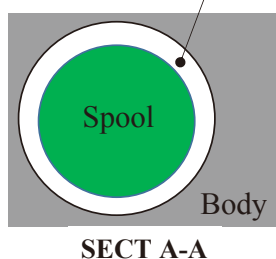


Fig. 8 Definition of clearance

5. 実測結果と解析の比較

抜き勾配感度の結果をFig. 9に示す。グラフは横軸にその抜き勾配を取り、縦軸は押し付け力をプロットした。青が実測結果で赤が解析結果である。抜き勾配の無い0deg条件では6.3Nの押し付け力が測定できた。抜き勾配を大きくしていくと押し付け力が大きくなり、2degの条件では19.3Nの押し付け力が測定できた。また同条件を流体

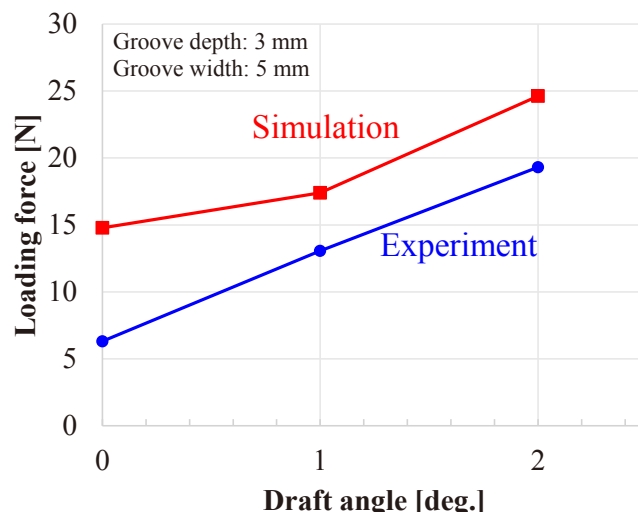


Fig. 9 Loading force as a function of draft angle

解析で計算すると抜き勾配の無い0deg条件では14.8Nとなり2degの条件では24.6Nとなった。

実測結果と解析結果の絶対値には若干の乖離があるものの、実験結果と解析結果は同様の傾向と感度があり解析の妥当性が確認できた。

押し付け力に抜き勾配感度がある理由としては、抜き勾配により回路面、背面側に圧力アンバランスができ、回路面側に押し付けられるためと考えられる。

抜き勾配が大きくなると回路面側と背面側の弁の開き量に差ができ、回路面側の弁の開口量が広がる(Fig. 10)。そのため、回路面側の流量が多くなるので流速は背面側よりも早くなり、回路面側の圧力が低くなるため圧力差ができ、回路面側のスプール周辺部圧力が局所的に低くなりFig. 11に示す通り圧力アンバランスができる。

次にグループ深さ感度をFig. 12に示す。横軸はグループ深さで縦軸は押し付け力、青が実測結果で赤が解析結果である。グループ深さに関しては深さが3mmの時に11.2Nとなり深くすると押し付け力は低下しグループ深さ11.5mmで3.3Nほどとなる。解析結果ではグループ深さが

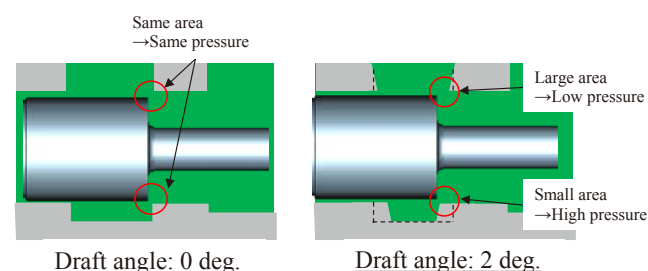


Fig. 10 Effect of draft angle

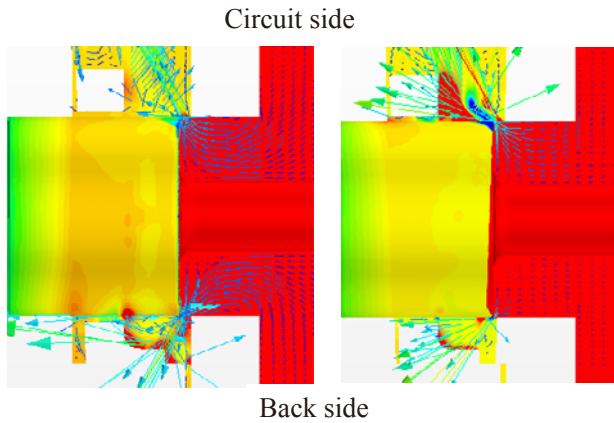


Fig. 11 Simulation results for draft angle

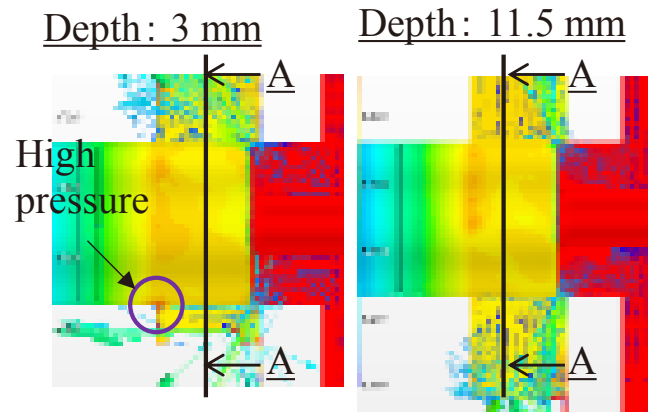


Fig. 13 Simulation results for groove depth

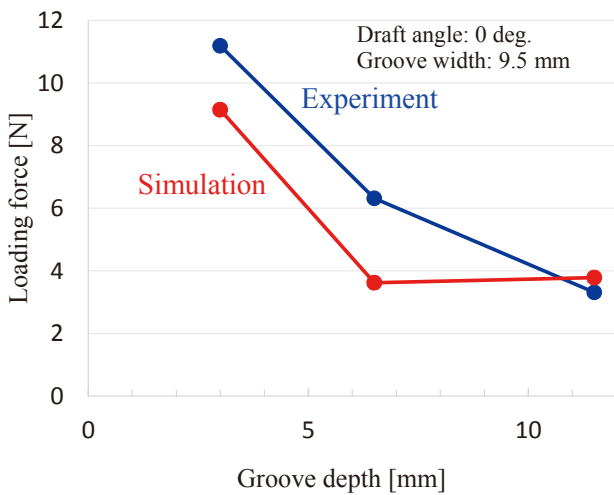


Fig. 12 Loading force as a function of groove depth

3mmの時に9.1Nでグループ深さが11.5mmの時は3.8Nとなる。

実測結果と解析結果は若干の乖離があるが、抜き勾配同様に傾向は合っている。

押しつけ力にグループ深さ感度がある理由としては、以下の2点の作用が考えられる。

- (1) スプールへの衝突による圧力上昇による回路面への押しつけ
- (2) 背面、回路面間の圧力勾配による背面側の圧力上昇による回路面への押しつけ

Fig. 13に示す(1)のスプールへの衝突は背面側のグループ部に出た油が回路面側に向かう時に発生する(Fig. 14)。グループ深さが深い場合には衝突する前に流れが広がり衝突の作用は小さいが、グループ深さが浅い場合には衝突による作用が大きく圧力上昇が見られる。

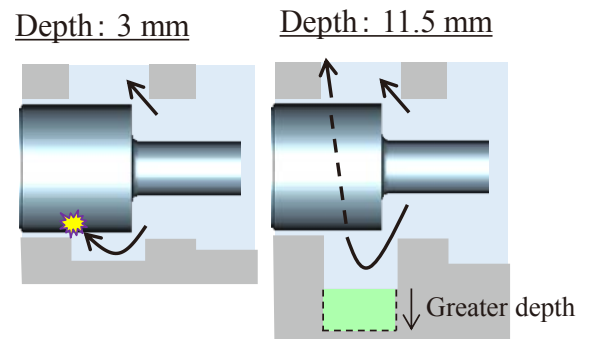


Fig. 14 Effect of groove depth

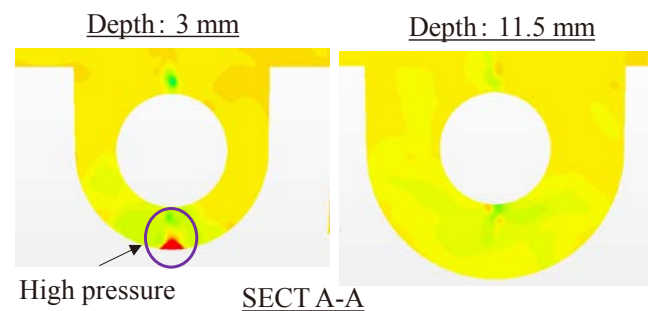


Fig. 15 Simulation results for groove depth in sect A-A

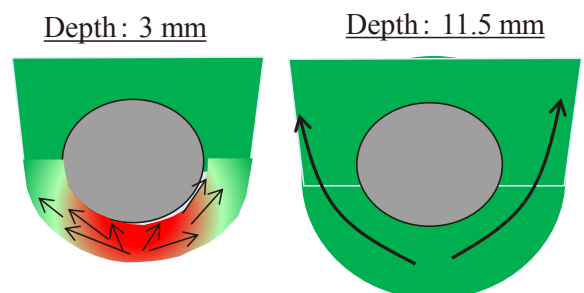


Fig. 16 Effect of pressure drop

また, Fig. 15に示す(2)の圧力勾配は背面側のグループ部に出た油が回路面側に向かう時にスプール～ボディ間を流れる事で流れ方向に発生する. これはグループ深さが浅い方が流路が狭くなるため顕著であり, グループ深さが深い場合には影響は小さい(Fig. 16). その結果回路面側に比べて背面側の圧力が高くなり押し付け力が増加する.

6. まとめ

- (1) 弁周辺を切り出した治具, ロッド, ロードセルを使用することで, 測定の困難な弁に作用する押し付け力を直接測定することができた.
- (2) 実測結果と解析結果の比較から絶対値には若干の乖離があるが寸法感度は実測, 解析で傾向が合っており, 解析結果は妥当である事が確認できた.
- (3) これにより, 開発段階において実験前に設計判断ができるようになった.

7. 参考文献

本論文は2021年10月の第11回JFPS国際会議にて発表された内容である.

- (1) Kenji Sakakibara, “Development of a hydraulic control system for a new JATCO wide-range CVT,” 10th International CTI Symposium USA. Automotive Transmissions, HEV and EV Drives, USA, 2016, B2_Sakakibara_Jatco_paper, pp. 5-6
- (2) Masaru Shimada, “Application of CFD to develop a control valve spool featuring reduced fluid force,” 2017 JSAE Congress (Autumn), No. 20176045

■ 著者 ■



柳川 大輔



神谷 将弘



戸塚 翔



島田 勝



トゥンク イドリス



上蘭 直樹

CVTバルブボディ樹脂化による ボルト締結構造に関する研究

朴 鍾浩*

崔 鍾允*

金 大元**

金 喆淳*

児島 謙治***

抄 録

自動車のエネルギー効率向上のため、自動車部品の軽量化の重要性が高まっている。また、CVTの油圧を供給する機構であるコントロールバルブにも軽量化が求められている。軽量化の方法の一つとしてプラスチック材を使うこともある。コントロールバルブのボディはボルトで固定されており、ボアの変形を抑えながらオイル漏れを防止する必要がある。しかし、プラスチック材は剛性が低いため、アルミニウム材の設計手法をプラスチック材のコントロールバルブボディに適用することはできない。

本研究では簡易モデルの有限要素法を通じて締結力に及ぼす変数の影響を確認し、プラスチック材コントロールバルブに求められる油圧性能を満足できることを実験で確認した。

1. はじめに

自動車産業は、世界各国の厳しい環境規制に直面しており、自動車排出ガスと燃費基準値が上方調整されている。これに対応するために、車両の軽量化技術の重要性が高まっている。自動車の重要部品である自動変速機も各部品の軽量化のための研究を行ってきている。

自動変速機内部部品の一つであるコントロールバルブは、オイルポンプで発生する流量を各作動要素に最適な油圧、流量に制御して供給する。ハウジングを除く内部部品全体重量の約10%を占めているので、軽量化の要望が高まっている。すでに高油圧回路とボア部を除いた

電装品などを固定する目的のバルブボディはアルミから樹脂に変える研究が進められている。

ボア部を樹脂化するためには、ボルト締付力などの外力に対する変形を抑制しつつ、流体の要求性能を満足させる必要がある。樹脂材はアルミ材よりも剛性が低いため、アルミボディ形状の設計方法を流用するのは難しい。

本研究では、ボルト締結構造の樹脂材コントロールバルブボディ変形に対して解析予測手法の深掘りと物づくりし油圧性能を実物検証した。

2. コントロールバルブボディ構成と樹脂化の課題

Fig. 1にコントロールバルブの形状を示す。構成部品の役割は、以下の通りである。

- 1) バルブボディ：油圧を供給する油路、スプールと一緒に油圧を調節するボアで構成されバルブ部品の組み立てのための本体の役割。
- 2) スプールバルブ：入力油圧とスプリング力によって往復運動し、油路の開閉による油圧の調整。
- 3) セパレートプレート：複数のバルブボディ間の油路を繋ぐ。かつ部品間の密閉機能でオイルの漏れの防止。
- 4) 電装品（ソレノイド、センサ、配電盤等）：電気信号から制御弁を作動させ、動作条件の検出。

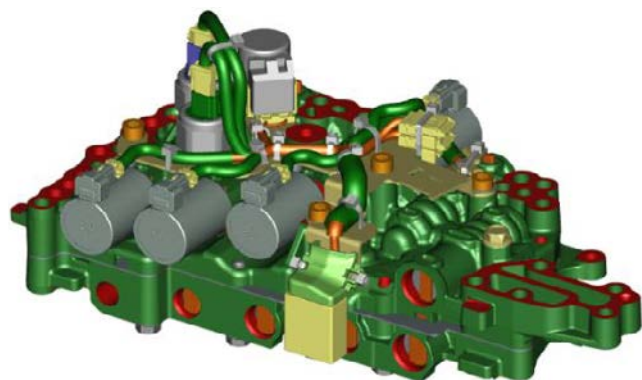


Fig. 1 Structure of control valve

* ジャヤトコ 韓国エンジニアリング社 部品開発室

** ジャヤトコ 韓国エンジニアリング社 システム開発室

*** 部品システム開発部

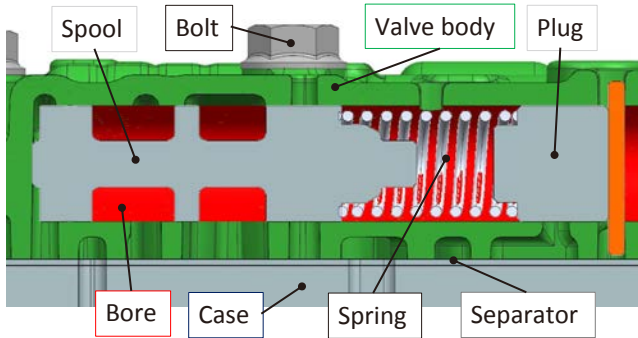


Fig. 2 Structure of spool valve

- 5) ボルト, ナット: コントロールバルブの構成部品とコントロールバルブをケースに締結及び固定.

本研究では樹脂化の対象となる部品は, Fig. 2で示すようにバルブボディ, スプールバルブであり, 影響を与える機能は次の通りである.

- 1) 油圧制御と分配: スプールの軸方向往復運動によって油路入出力ポートの開閉を通じた油圧の生成および分配し, 必要な部品に油を供給.
- 2) 油量確保: 部品間の密閉力を維持してオイル漏れを防止.

2.1 樹脂コントロールバルブの脆弱性と課題

一般的に, 樹脂の剛性は, アルミニウムの6%に過ぎず, 入力荷重による変形に敏感なので, 樹脂材のコントロールバルブ設計の際には, 以下の二つ懸念点について考慮する必要がある.

- 1) ボルト締付力によるボディの過渡変形: コントロールバルブ固定用ボルト締結時のボルト締付力により, バルブボディが変形されるが, その中で構造的に空間であるボアが相対的に大きく変形することになる. ボアが過度に変形すると, スプールの摺動に必要な最小のスペースを確保できず, スプールの動きが妨げられ, 油圧調整不良や油分配の異常を起こす.
- 2) ボルト締付力不足による密閉性が不足: ボルト締結により部品を固定するだけでなく, 締結時の面圧を利用した部品間の密閉性を確保する機能もある. ボルトの締付力が不足すると, バルブボディとセパレート, ケースの間に隙間が大きくなって, この隙間を介してオイルのリークが発生し, 各部品に必要な流量が不足することになる.

油圧異常と流量の不足は, 自動変速機全体の機能に深刻な問題を起こすので, ボルト締結の構造と力の関係を把握することが重要である.

3. バルブボディの変形の解析的研究

3.1 軸力の影響範囲

バルブボディに変形を起こす要因としてボルトの締付トルクによる軸力がある. ボルト軸力によるボディの変形の影響範囲は, 締結ボルトと被締結ボディとの間のバネ定数を求める方法で計算する. Shigley方法では, 被締結体の締結時剛性に影響を及ぼす範囲に基づいて被締結体のバネ定数をFig. 3および式(1)により求める.

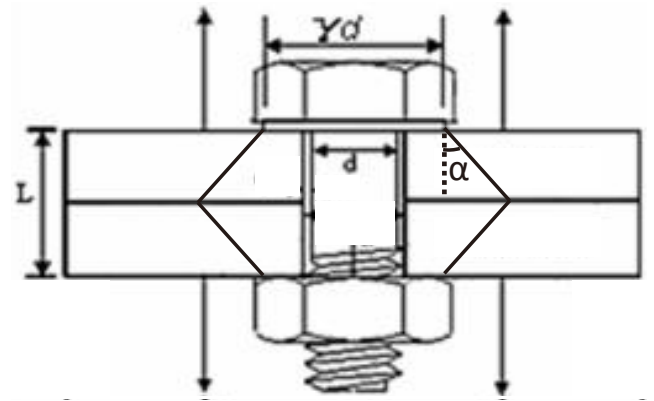


Fig. 3 Shigley's method for tightening structure

$$k_f = \frac{\pi d E \tan(\alpha)}{2 \ln \left(\frac{(L \tan(\alpha) + \gamma d - d)(\gamma d + d)}{(L \tan(\alpha) + \gamma d + d)(\gamma d - d)} \right)} \quad (1)$$

上の式, k_f : 被締結体のバネ定数

γd : ボルト座面の直径, d : ボルトシャंकの直径,

L : ボディの厚さ

α : 被締結体の締結時剛性の影響範囲

E : Young's modulus

一般的に被締結体のバネ定数 α の値を 30° と仮定して計算が被締結体の形状が複雑で厚い場合, 数式の適用が困難である.

3.2 簡易モデルを用いた軸力の影響範囲の解析

ボルト締結構造と変形の間関係を把握するためにパラメータの研究を実施した. まず, ボディ素材による軸力の影響範囲の違いを比較するためにFig. 4のようにボディ, セ

Table 1 Condition of simulation model

Part	Material	Mesh
Body	Plastic/Aluminum	3D/Tet
Separator	Steel	3D/Tet
Case	Aluminum	3D/Tet
Bolt/Nut	Steel	1D

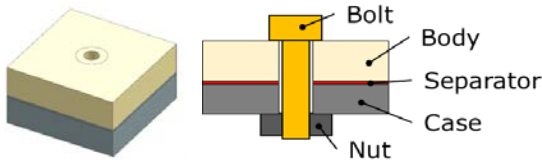


Fig. 4 Simple model for simulating tightening

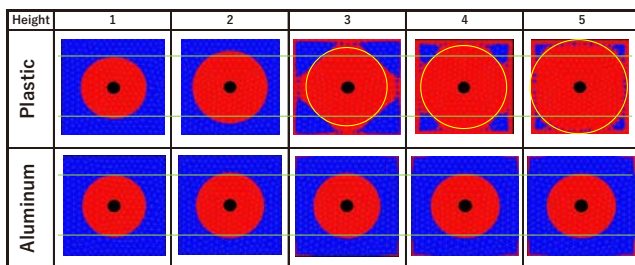


Fig. 5 Comparison of surface pressure of simple models

プレートプレート、固定体で構成された単純な長方形のモデルで検討した。

ボディは厚さに応じた面圧分布を見るために十分な広さを持つ立方体モデルに厚さを5段階で設定し、その他の部品の形状は、同じように固定させた。樹脂材とアルミ材のボディをそれぞれ5段階の高さについて解析を実行した。解析モデルの材料とメッシュはTable 1の通りである。

その結果、Fig. 5のように厚さが厚くなるほど、ボルト締付力の影響を受ける範囲がますます広がることを確認することができた。

高さを振ったモデルの面圧分布解析結果をFig. 6に断面で示した。一定厚さの以上になるとShigley方法で提示している線形分布とは異なって、面圧領域が2次曲線の形で拡大され、最も厚いモデルでは、樹脂材の方がアルミ素材よりも19%広い範囲で面圧が発生した。

なお、二つの材料の応力もFig. 7のように2次曲線分布となっていて材料の違いにより生じた応力の値は異なるが、圧縮応力の分布は樹脂材の場合がアルミ材より広く増加することを確認できた。

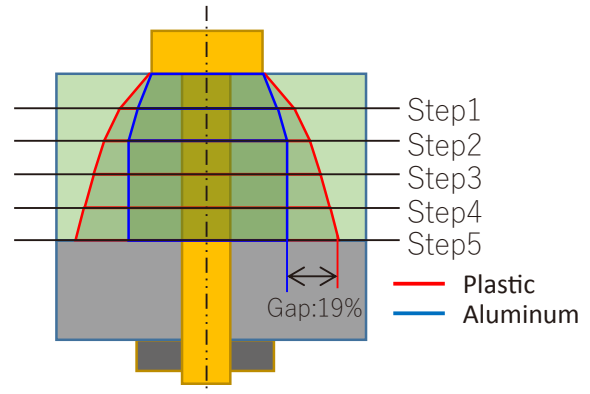


Fig. 6 Surface pressure range for different materials

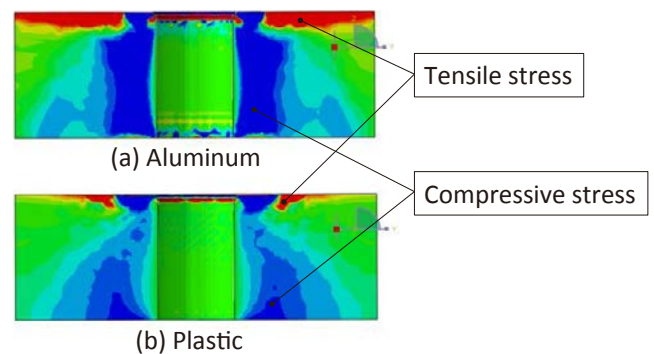


Fig. 7 Comparison of stress distribution

面圧は二つ被締結体の圧縮変形による接触圧力を示すパラメータである。上記の範囲をボルト軸力による被締結体の変形分布で見ることができ、これらの面圧と応力分布の比較結果を利用して締付力によるボディの変形の影響範囲を予測することが可能である。変形によるスプール動きに影響を及ぼす部位であるボアの位置に影響範囲から離れて設定することでボアの変形量を減らせる。

3.3 ボアモデルを用いた軸力の影響範囲の解析

ボアの変形を抑制しつつ、部品間に必要な面圧を出せるボルトの締結構造を把握するために簡易モデルでボルト締結時の軸力による変形の影響範囲を予測する方法を利用して、パラメータ解析検討を行った。

1) 解析モデルと方法

解析モデルは、Fig. 8のように一つの穴とボルトの締結構造を考慮したバルブボディである。ボルトの数、ボディ長さとボルト間の距離は締結による密閉性の影響を考慮し、簡易モデルの解析結果を利用して設定した。

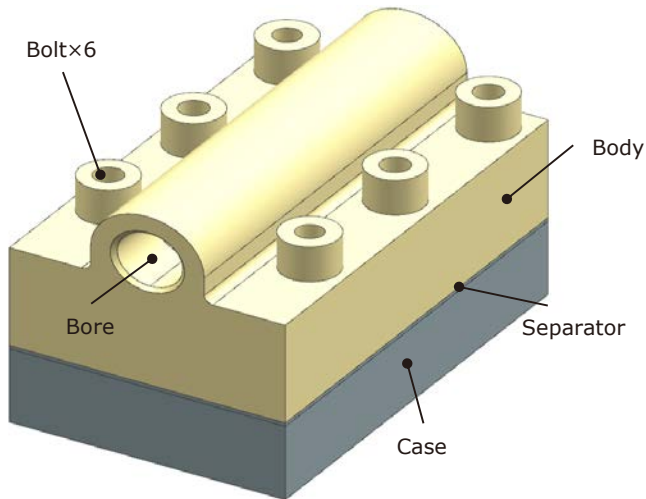


Fig. 8 Simulation model with shape of bore

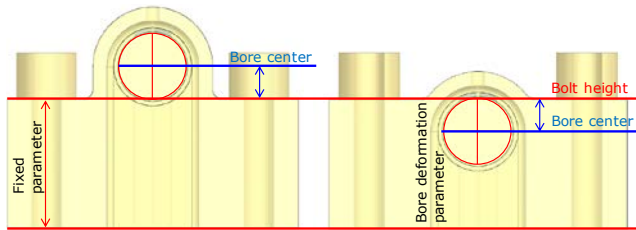


Fig. 9 Bore deformation parameter

ボアがあるボディのみ樹脂材を設定しそれ以外の部品は、簡易モデルと同じである。

解析はFig. 9, Fig. 11のように二つのパラメータを変化させながらボアの変形量と被締結体間の発生面圧を確認した。

Bore deformation parameter：ボディ厚さを固定しボア中心位置とボルト高さ関係の変化によるボア変形量を確認した。

Bore deformation parameterの解析結果Fig. 10に示すように、ボルトの高さが穴の中心よりも高くなる場合には、ボアの変形が急激に大きくなり、低くなる場合には、ボアの変形が減ることが分かる。

Contact pressure parameter：ボア中心位置とボルトボス高さの関係を固定してボディ厚さの変化による面圧の半径を確認した。

Contact pressure parameterの解析結果は、Fig. 12に示すようにボディの厚さが厚くなるほど有効面圧の範囲も増加することを確認した。

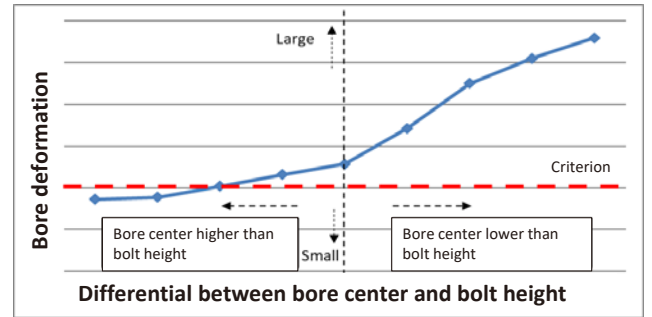


Fig. 10 Simulation results for bore deformation

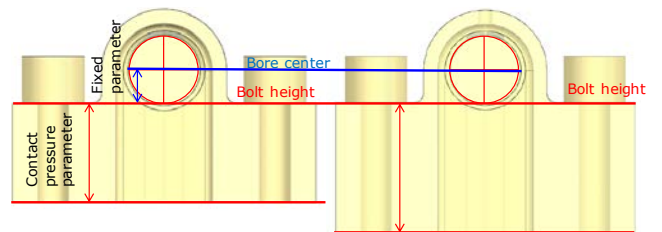


Fig. 11 Contact pressure parameter

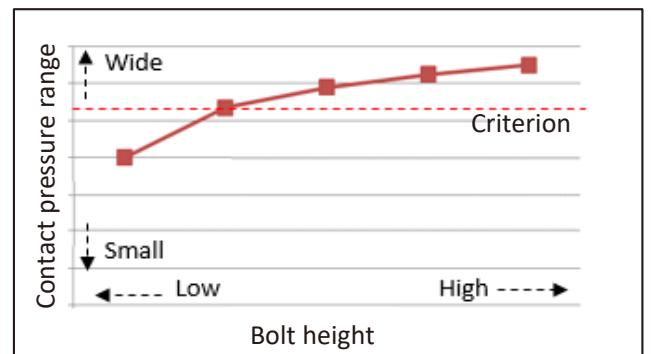


Fig. 12 Simulation results for contact pressure range

二つの感度グラフ (Fig. 10, Fig. 12) を通じて、ボア変形や有効面圧半径の感度を確認し、それぞれの要求特性を満たせるボルト締結構造の形状決定ができた。

4. 実験的検証

解析結果からボアの中心位置が高いほどボアの変形は減り、ボディ厚さが厚いほど有効面圧の範囲は広がるが、重量も増加するため、それぞれの基準を満たしている結果の中で最も重量を減らせた仕様を持って実験との比較モデルを決定した。このモデルのボア変形の解析と実験結果を比較した。

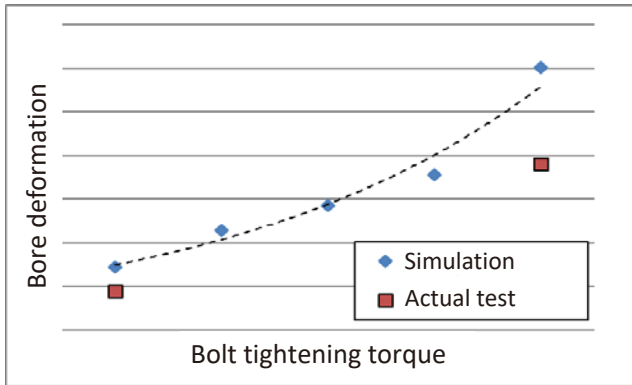


Fig. 13 Comparison between simulation and experiment

4.1 ボア変形解析と実験の結果の比較

Fig. 13で同じ形状の樹脂バルブボディに対してボルトの締付トルクに変化を与えボアの変形量を測定し、解析の結果と比較した。低トルク条件では、61.7%、高トルク条件では、63.4%の差が発生したが、解析と実験の傾向の一致は確認できた。

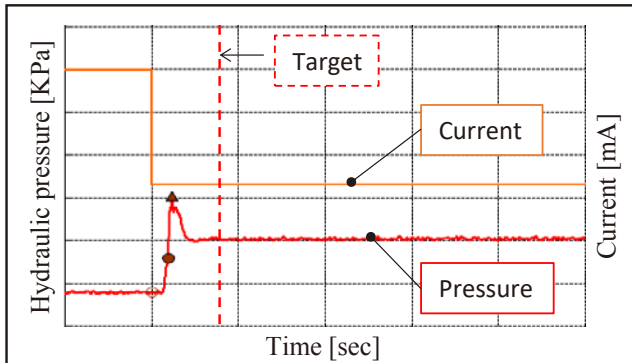


Fig. 14 Hydraulic response

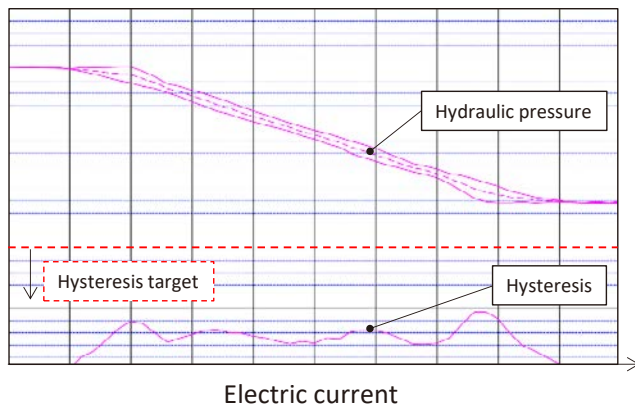


Fig. 15 Hydraulic sweep characteristic

4.2 樹脂コントロールバルブの油圧性能実験確認

同モデルを持って油圧性能を検証する実験を行った。まず、時間に応じた指示電流と油圧を測定した。Fig. 14のように電流が指示した後、必要とされる油圧まで目標時間内に到達することを確認した。

また、一定な大きさで油圧の変化を与えながら、ヒステリシス油圧を測定し、Fig. 15のように油圧の変動が目標値以内であることを確認した。

5. 結論

本研究では、コントロールバルブボディの樹脂化に伴うボルト締結構造を分析した結果、以下のような結論を得られた。

- 1) 被締結体の材料に応じて、ボルト軸力の伝達範囲が変化することと解析的に予測可能であることを確認した。
- 2) 樹脂バルブボディボア変形の予測が可能になり、構成部品を単に固定する部分だけでなく、スプールの摺動部まで樹脂化できるのを確認した。
- 3) 樹脂バルブボディのパラメータ解析的研究を通じてボアの変形抑制と油圧性能の満足を両立させるボルト締結形状を提案した。

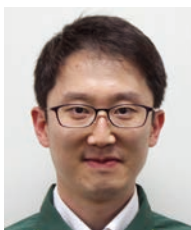
6. 参考文献

- (1) Takahiro Yamamori, Takashi Shibayama, Izumi Amemiya: Automatic Transmission for Automobiles, September 2005.
- (2) Nawras Haidar, Salwan Obeed and Mohamed Jawad: Mathematical representation of bolted-joint stiffness: A new suggested model, Journal of Mechanical Science and Technology 2011.
- (3) Jian Wang, Qimin Li, Changwei Yang, Yidan Huang, Caizhi Zhou: A Simple Model for Elastic-Plastic Contact of Granular Geomaterials, Hindawi 2018.
- (4) Shigley's Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering, 2014.

出典：韓国語を日本語に翻訳したものを掲載

・2020韓国自動車工学会秋季学術大会, 朴 鍾浩,
A Study on Bolt Fastening Structure of Plastic Valve
Body for CVT, P.88～93, 2020 KSAE, 2020.

■ 著者 ■



朴 鍾浩



崔 鍾允



金 大元



金 喆淳



児島 謙治

AIによる鍛造設備故障診断システムの実用化

村野 正和*

平久 稔男*

遠藤 徹*

高橋 元*

抄 録

近年、鍛造設備は全自動生産が進み制御方式が複雑となり、設備故障時の原因特定に時間を要していた。そこでAIを用いてベテラン保全員が持つ暗黙知を形式知化し、設備故障診断システムの開発に取り組んだ。

その結果、故障原因の診断時間を削減するシステムの実用化に至ったので、ここに紹介する。

1. はじめに

近年、鍛造設備は搬送装置の全自動化が進み、高効率生産となっている。そのため、従来の設備に比べ制御方式が複雑になり、故障が発生した際の故障真因の特定が難しい。故障を修理する保全員が実施する故障診断の手順やそれに掛かる時間は、その保全員個々の知識・技能によって差が生じる。

今回、AIを使いベテラン保全員が持つスキル=暗黙知を織り込んだ設備故障診断システムを作成しMTTR (Mean Time To Repair : 平均復旧時間) 短縮の効果が得られたので紹介する。

2. 現状について

2.1 鍛造設備の現状

組立、鋳造、加工、鍛造設備のMTTR(平均復旧時間)をFig. 1に示す。鍛造設備は組立、鋳造、加工と比べ故障から復旧に要する時間が長い。

鍛造設備の故障復旧時間の作業割合をFig. 2に示す。鍛造設備の故障復旧時間の作業割合をみると修復時間の次に診断時間が長いことがわかる。

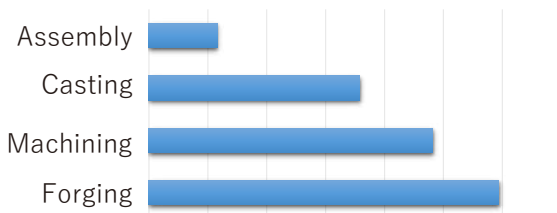


Fig. 1 Analysis of mean time to repair (MTTR)

組立設備は1990年代から自動化が進み設備構成が確立、蓄積したデータと技能が確実に伝承されており診断時間も短い。

一方、鍛造設備はここ10数年で急激に自動化が進み、既存の大型鍛造設備間を自動化、搬送装置で接続しラインが構成されている。制御方式の複雑化とあわせ故障原因也多岐にわたるため診断時間に保全員の熟練度の差が顕著に表れることが故障復旧時間を長くする要因となっている。

2.2 故障復旧方法

保全員が行っている故障復旧方法のフローをFig. 3に示す。ベテラン保全員と若手保全員の故障復旧に掛る時間を分析した結果、診断時間に40分の差があることがわかった。

このベテラン保全員と若手保全員との診断時間の差を明確にするため、ベテラン保全員に故障診断の手順の聞き取りを行いながら、下の3つの視点で比較し、何が違うのかの調査を行った。

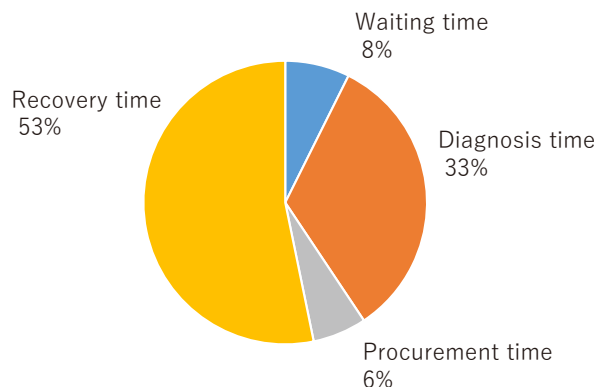


Fig. 2 Percentage breakdown by task of MTTR for forging equipment

* 工務部

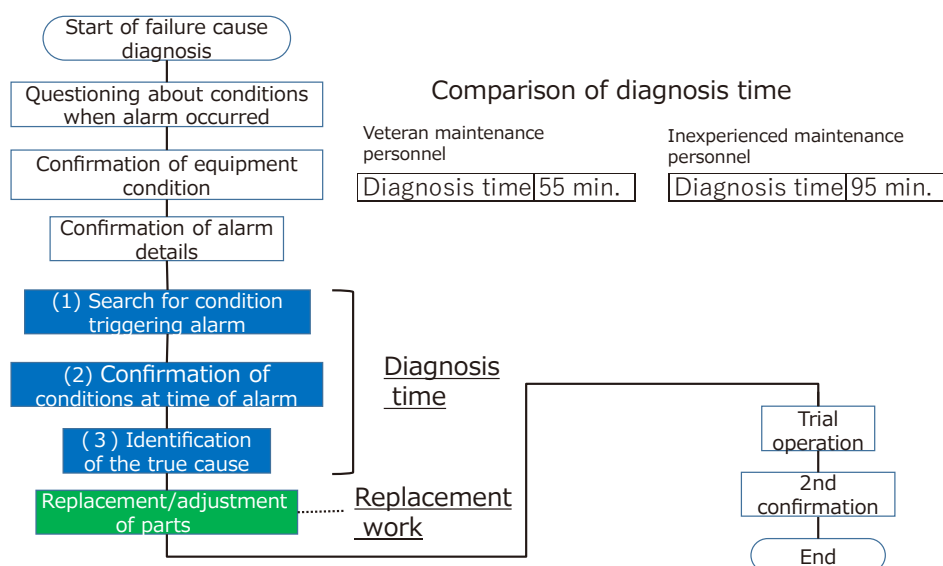


Fig. 3 Flow of failure recovery

(1) アラーム発生条件の探索

ベテラン保全員は現場に到着すると設備の状態とアラーム内容から、以前同じようなことが無かったかを考え、故障原因のいくつかの候補をあげる。

この候補の数が若手保全員との差となっていた。

(2) アラーム発生時の状態を確認

ベテラン保全員は日頃から正常に稼働している設備の状態をよく観察し記憶している。そして故障診断時はアラーム発生時の状況を再現させたり、設備を操作したりして、その動作や信号を正常時と比較することにより故障原因候補を絞り込んでいた。

この絞り込む時間の差が若手保全員との差となっていた。

(3) 故障原因の特定

ベテラン保全員は(1)や(2)の手法を使いながら頭の中でなぜなぜ分析を行い、原理原則に基づいて素早く故障の原因を特定していることがわかった。

この原因特定の正確さが若手保全員との差となっていた。

そこで、保全員の熟練度による診断時間の差を埋めるためモデルラインを設定し設備故障診断システムを開発することとした。

3. 設備故障診断システムの開発

3.1 開発のねらい

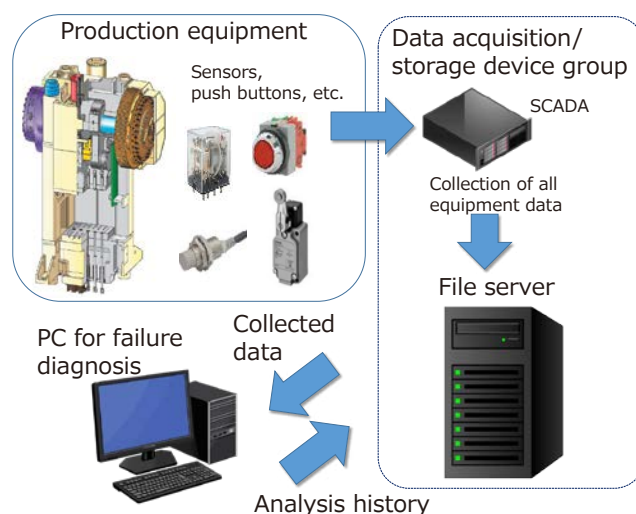
本設備故障診断システムの目的は、誰でも最短でベテラン保全員と同じ故障診断を行なえるようにすることであ

る。したがって、このシステムを活用することにより、ベテラン保全員の持っている知識技能が効率よく習得できるようになる。

3.2 システム構成

このシステムは設備の正常な状態を、AIに学習させ、アラームが発生した時に自動で故障原因を特定するものである。

システム構成図をFig. 4に示す。そのシステム構成は大きく2つからできており、設備に設置されたセンサや押しボ



SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)
This computer system provides remote centralized monitoring and control at one location of various production machines at the plant and elsewhere. It collects and centrally records data from sensors and other devices.

Fig. 4 System configuration

タンなどのデバイスの状態データをリアルタイムで収集するSCADAとそのデータを保存するファイルサーバから構成されるデータ取得装置群と、もう一つはサーバへ蓄積されたデータを使って故障分析をおこなうAIを搭載したPCである。このPCは、データのやり取りや学習、分析を行っている。

3.3 正常稼働データの学習方法

設備の正常な状態を学習させるため、ファイルサーバから設備のアラームが発生していない時の稼働データを、AIを搭載した故障分析PCに読み込む。

多量のデバイスデータを毎回計算して学習することは、故障分析PCのCPU負荷が大きくなるため、平均と分散の計算には「Welfordの方法」とよばれる方法を使った。その計算方法は前回の差分を算出して偏差としてサイクル線図に反映を繰り返す。学習したサイクル線図例をFig. 5に示す。サイクル線図の学習はセンサや押しボタンなど約8,000個の全てデバイスを1サイクル分、時系列データやタイミングを学習して標準偏差と現在のデータを波形として記録する。

なお、例として平均の「Welfordの方法」の計算式は以下のとおり。

$$\mu_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

上記の漸化式は以下のとおり。

$$\mu_{n+1} = \frac{1}{n+1} (x_{n+1} - \mu_n) + \mu_n$$

μ_{n+1} : 更新された平均

μ_n : 前回計算した平均

x_{n+1} : 新しく得られた収集データ

n : 収集データ数

3.4 故障原因別データベース

故障原因特定をより早く、正確におこなうために、これまでに発生した故障原因のデータベースを作成しておくことが重要となる。

故障履歴をリスト化し、アラームが発生したタイミングや故障毎の原因デバイスなどをまとめ、故障原因別データベースを作成した。

3.5 故障診断の仕組み

設備のアラームが発生した瞬間に“現在のサイクル線図”を輪切りにする。輪切りした“現在のサイクル線図”と“学習したサイクル線図”を比較して全てのデバイスデータから平均 $\pm 3\sigma$ を超えるデバイスを故障原因候補として絞り込む。

絞り込んだ故障原因候補と故障原因別データベースの原因と突き合わせ、マッチングしたデバイスを故障原因として特定する。マッチングしたデバイスが複数ある場合は、アラームが発生したタイミングをデータベースと突き合せ、一致するデバイスを故障原因として特定する。

3.6 AI故障診断システムの効果

正常に稼働している状態を学習し、アラーム発生時にサイクル線図を比較することにより、故障原因候補の絞り込みが可能となった⁽¹⁾。またベテラン保全員の知見を活用することにより原因特定の判定精度を向上させた。

診断時間は保全員の熟練度に左右されることなく、最短で故障要因を探索できるシステムとなり、実用化に至った。システム導入後の診断時間改善結果をFig. 6に示す。

今回のシステムではベテラン保全員が持つ故障原因候補を絞り込む技能をAIで自動化することによりアラーム発

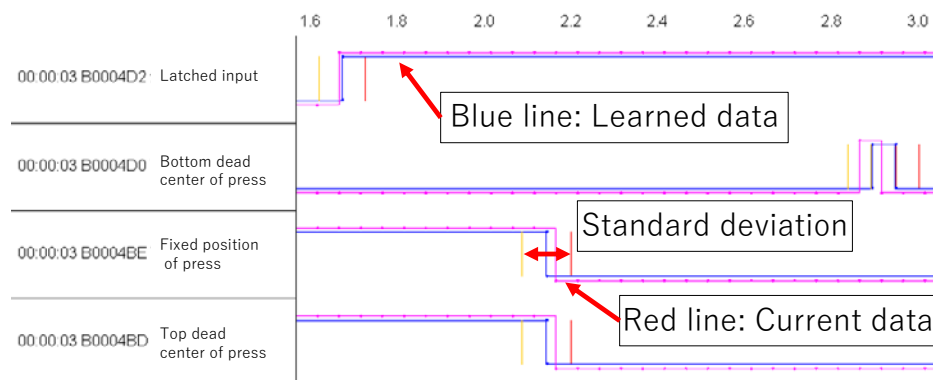


Fig. 5 Learning screen of a cycle diagram

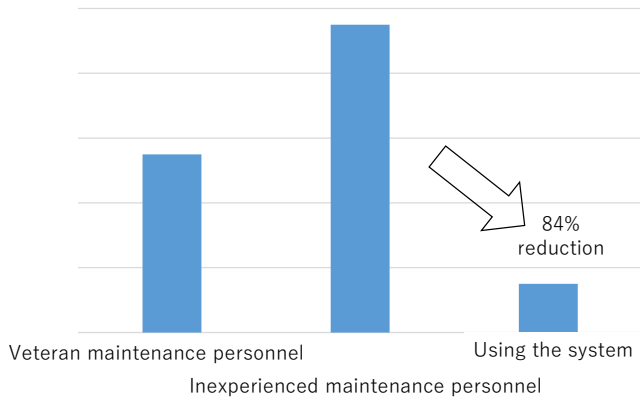


Fig. 6 Effect on improving diagnosis time

生時の状況再現や設備操作を省略でき、原因特定に辿り着く時間が大幅に短縮できた。

その結果、AI故障診断システムを使うことで故障診断時間を84%削減することができた。

4. 今後の課題

ベテラン保全員の故障診断方法の分析により、従来、保全員がどのようなロジックで故障原因の診断を行っているのかが分かりベテラン保全員が持つ暗黙知を形式知にすることができた。

今後は他の生産ラインにも水平展開を進め、このシステムを活用しながら従来、行なってきた教育方法についても改善していきたい。

5. 参考文献

- (1) 佐野容士他：ICTミリ秒分析による圧延条件の最適化, プラントエンジニア, 日本プラントメンテナンス協会, 第53巻 第12号

■ 著者 ■



村野 正和



平久 稔男



遠藤 徹



高橋 元

ギヤホーニング盤の振動管理による 歯車加工精度の安定化

松石 秀明* 下坂 俊郎* 中谷 勇哉*

抄 録

トランスミッションの品質課題の一つにギヤ精度に起因するゴーストノイズがある。今回、ギヤホーニング盤による加工時に突発的に発生する異常振動が歯面に転写されてゴーストノイズにつながることを突き止めた。そこから設備振動をモニタリングすることで異常振動を検出し、不良品の流出防止を図る技術を確認した。

1. はじめに

トランスミッションから発生する音振に関する課題のひとつに異常歯面形状に起因するゴーストノイズがある。この異常歯面形状の発生原因となるギヤホーニング工法に着目し、その原因究明を行った。その結果、異常歯面形状はギヤホーニング盤の異常振動に起因しているため、振動レベルの大きさを検知でき、この振動レベルを全数監視することで、安定した生産品質を確保できたので報告する。

2. ゴーストノイズ

2.1 ゴーストノイズについて

トランスミッションから発生するギヤノイズとしては、かみ合いに起因するギヤノイズと傷に起因する打音、バックラッシュに起因するガタ打ち音がある。この内、かみ合いに起因するギヤノイズには、かみ合い歯数と一致した次数成分（かみ合い1次成分と呼ぶ）、その整数倍の次数成分及び整数倍以外の次数成分を持つゴーストノイズがあ

る。このゴーストノイズは車室内で耳障りな異音として聞かれる為、その撲滅が要求されている。

2.2 ゴーストノイズの解析事例と発生原因

ゴーストノイズを指摘されたトランスミッションの車室内音の分析データをFig. 1に示す。横軸に車輪軸1回転当たりの次数、縦軸に時間（加速/減速で走行）、色の違いで騒音レベルを表している。このデータでは、かみ合い1次成分からずれた0.8次成分が他の次数成分と比較し高くなっていることが分かる。

次に、このトランスミッションを使用して部品の組み替え実験を行い、発生源となる歯車部品を特定した。その歯車精度を調査したところ、歯面測定データ（Fig. 2）に異常なうねり形状が見られることが分かった。

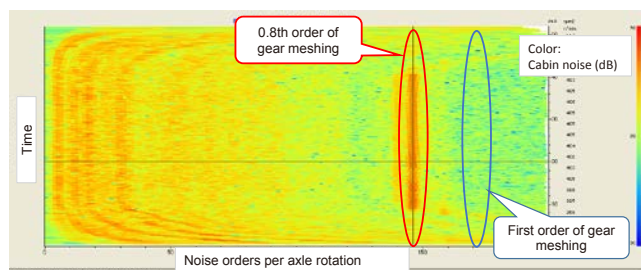


Fig. 1 Cabin noise data at the time of ghost noise detection



Fig. 2 Gear data measured at the time of ghost noise detection: Measurement of tooth trace of all teeth

* 部品技術部

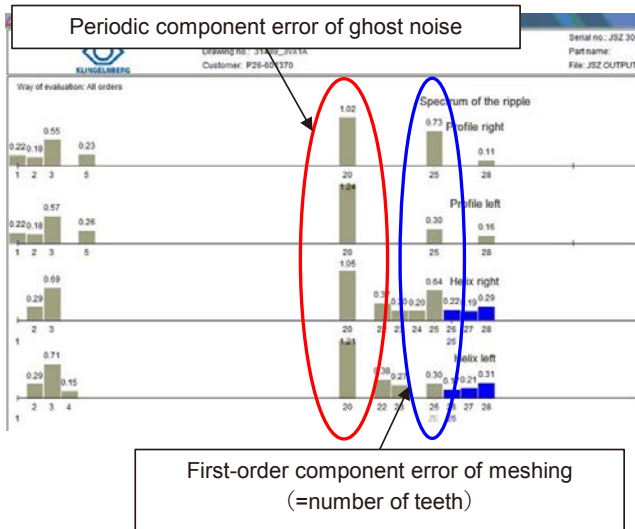


Fig. 3 Gear data measured at the time of ghost noise detection: Measurement of periodic component error

さらに、この歯面測定データのスペクトル分析を行うと、車室内騒音で検出された0.8次成分に相当するスペクトルが高い値となり、ゴーストノイズと次数が一致した。Fig. 3に歯すじ測定データのスペクトル分析結果を示す。

以上のことから、今回調査したゴーストノイズの真の原因は歯車部品の歯面うねり形状であり、この歯面形状を詳細に分析することでゴーストノイズの発生原因が特定できることが分かった。

3. ギヤホーニングとは

3.1 ギヤ加工工程

ギヤ加工工程の順序をFig. 4に示す。

ホブ加工、シュービング加工の後、浸炭焼き入れを行うが、焼き入れ時に熱処理歪が発生し、歯形・歯すじ形状が崩れる。そこで、ギヤホーニング加工を行い、歯面形状を滑らかに整えることで、ギヤノイズの発生を抑制している。

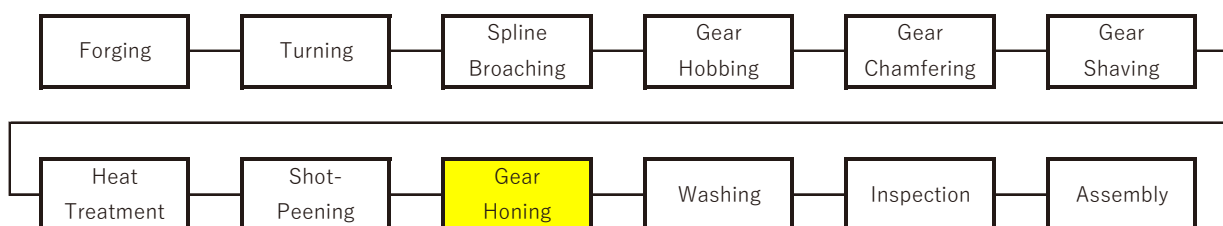


Fig. 4 Outline of gear manufacturing processes

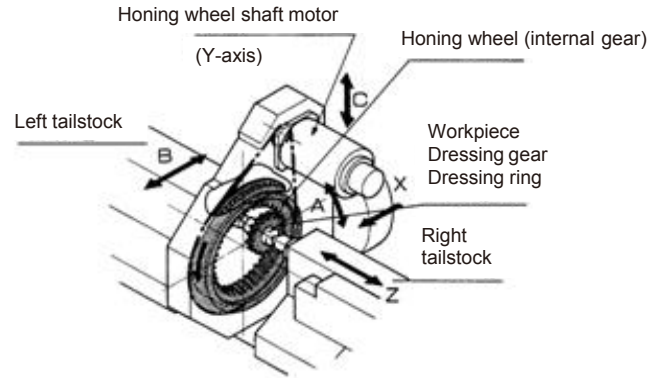


Fig. 5 Configuration of gear honing machine

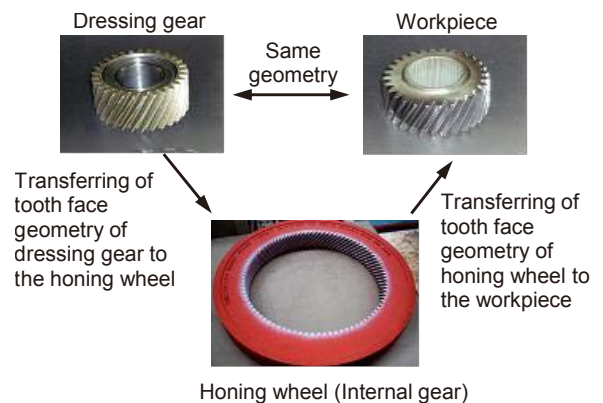


Fig. 6 Honing wheel, dressing gear and workpiece

3.2 ギヤホーニング加工

ギヤホーニング盤は、内歯車形状の砥石と歯車部品をかみ合わせ、押し付けながら回転させることで生じる微小切込みと歯面滑りにより、歯車部品の歯面を高精度に仕上げる工法である。

Fig. 5に設備概要を示す。

内歯車砥石の歯面は、完品の狙い精度で製作されたダイヤモンド電着ドレスギヤを用いて歯面ドレスを行うことで、砥石歯面が高精度に成形される。次に、この砥石で歯面仕上げ加工を行うことで、砥石精度が部品に転写され(Fig. 6)、高精度な歯面が得られる。

このギヤホーニング工法は、砥石精度を歯車部品の歯面に転写するので、回転の変動や軸間距離の変動が発生すると歯面の接触状態が変化し、精度に悪影響を与えてしまう。そのため、軸間距離が変動する要因となる振動が加工中に発生すると、歯面のうねり形状が発生しやすくなる。ギヤホーニングは最終的に歯面形状を決める工程なので、今回の調査品で発見された歯すじのうねり形状は、この工程で発生していると推定した。

4. ギヤホーニング盤の振動計測

4.1 ギヤホーニング盤の振動計測位置

今回着目した歯面のうねり形状がギヤホーニング工程で発生するかどうか調査するため、ギヤホーニング加工中の状態をモニタする方法を検討し、砥石とワーク間のかみあい反力を支持する心押し台の振動を計測することにした。

4.2 設備振動の計測方法

計測については、一般的な設備振動計測に用いられている加速度センサとアンプを設備に取り付けて行った。この振動計測システムの構成をFig. 7に示す。

4.3 計測する設備振動の周波数について

ギヤホーニング盤の振動計測値の評価に当たって、ゴーストノイズにつながる振動周波数について検討した。ゴーストノイズが発生したギヤは0.8次成分のスペクトル(=周期成分誤差)を持っており、ギヤホーニング加工中の振

動の影響を受けていると想定すると、ワーク軸回転数から振動周波数を計算することができる。今回はワーク軸回転数が3,052rpm、ワーク1回転当たりの発生次数が0.8次であったため、

$$\text{振動周波数[Hz]} = \text{回転数[rpm]} \times \text{歯数(25歯)} \times 0.8 / 60 \approx 1,017\text{Hz}$$

となり、約1kHzの振動の影響を受けたと推定される。

また、芯押し台に治具を介してワークをクランプした状態で、インパクト加振によるワークの加振点応答関数を測定したところ、上述の約1kHzに固有値を持つ事が確認できた。

加振点応答関数の結果をFig. 8に示す。

そこで、1kHz付近の振動に着目して振動レベルを評価することにした。

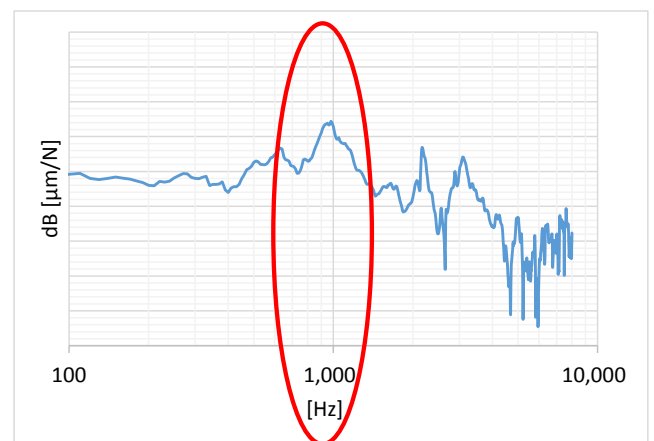


Fig. 8 Frequency response function data

4.4 歯面形状のスペクトル分析値とギヤホーニング振動値との関係

ギヤホーニング盤の1kHz周辺の振動加速度ピーク値と、歯面形状のスペクトル量(0.8次成分)との相関関係を調査した結果をFig. 9に示す。この図より両者には高い相関があり、歯面形状スペクトル評価はギヤホーニング盤振動レベル評価により代用できることが分かった。

5. ギヤホーニング盤 振動監視装置

このように、特定周波数の振動加速度と歯面形状のスペクトル量には高い相関性が見られることから、振動を監視すれば不良品の検知が可能であると言える。また、振

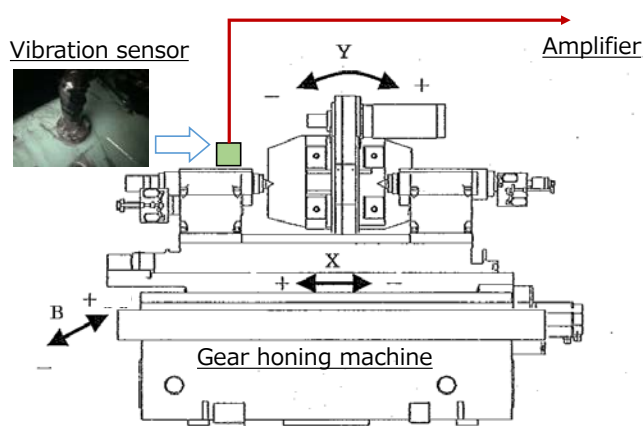


Fig. 7 Vibration measurement on gear honing machine

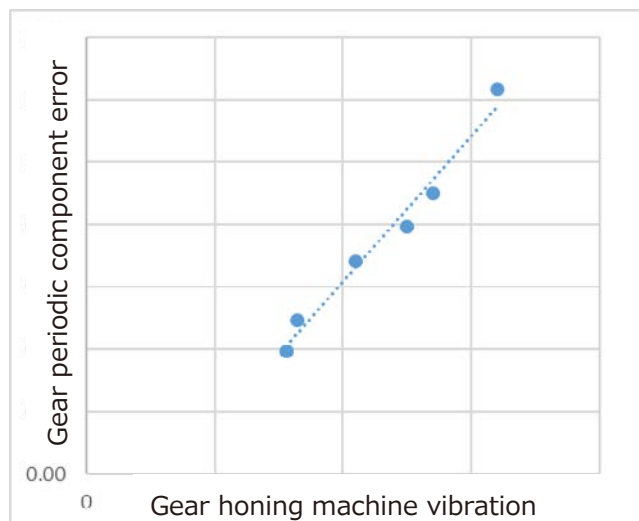


Fig. 9 Graph of gear periodic component error vs. vibration values

動レベルを一定量に抑えることができれば、ギヤの歯面形状のスペクトル量を低く抑えることができるので、生産品質の安定化につながることが期待される。

量産ラインでの日々の振動監視データ例をFig. 10に示す。

計測された振動値に対して、Fig. 10に示すように判定ライン(赤ライン)を設定し、NG品の流出防止を行っている。これにより歯車の全数保証が可能となった。

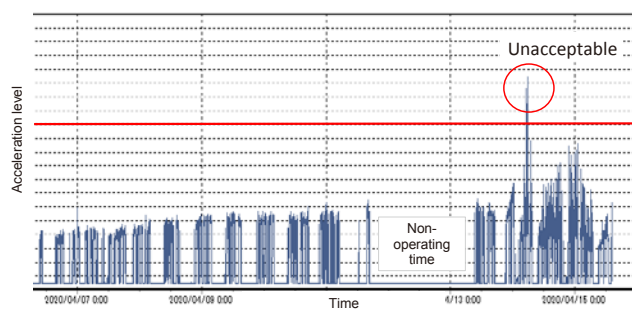


Fig. 10 Vibration monitoring data on gear honing machine

6. まとめ

トランスミッションから発生する音振に関する課題のひとつである異常歯面形状に起因するゴーストノイズの原因究明を行った。

①ゴーストノイズの原因は歯面うねり形状に起因する周期成分誤差であることが分かった。

②周期成分誤差の評価はギヤホーニング盤の振動レベルの評価で代用できることが分かった。

上記のことから、ギヤホーニング盤の振動レベルを監視すれば不良品の流出を防止できる。

■ 著者 ■



松石 秀明



下坂 俊郎



中谷 勇哉

サプライヤのモノづくり改革支援による サプライチェーンの強靱化

倉田 孝幸*

抄 録

本稿では、部品サプライヤの競争力向上をサポートする調達部門の「調達エンジニアリング」活動について、近年注力している事業継続マネジメントやデジタル変革の事例を織り込み紹介する。ジャトコは、サプライヤのモノづくり改革を支援することにより、サプライチェーンの一層の強靱化を目指している。

1. はじめに

ジャトコは、2003年よりサプライヤ協働のモノづくり改善活動をスタートさせた⁽¹⁾。初期にはC：コスト低減に注力していたが、その後品質健康診断によるQ：品質改善を追加した⁽²⁾⁽³⁾。

2004年の中部地震以降は、サプライヤとのBCM（Business Continuity Management、事業継続マネジメント）への取り組みも始まり、生産拠点の分散、在庫の確保等の施策により、以降の地震、洪水等の自然災害でもD：デリバリの確保に一定の成果を得てきた。さらに近年、半導体工場の火災、感染症パンデミックなど影響が広範囲、長期化する事案も発生しており、サプライチェーンの一層の強靱化、およびニューノーマル時代の協働方法への関心が高まっている。

本稿では、最近の自然災害によるサプライヤBCM支援、パンデミック下のICTを活用したリモート改善の取り組み等の事例を交え、サプライヤモノづくり改革支援の現状と今後を紹介する。

2. 調達モノづくりサポート部の活動

サプライヤにも生産技術、工程技術の機能はあるが、会社の規模や方針により体制や実力にはばらつきがあり、ジャトコ特有のQDCマネジメントには即応できないこともある。調達モノづくりサポート部は生技エンジニアリング機能として、サプライヤとジャトコを跨ぐQDC課題を解決するこ

とを活動範囲としている（Table 1）。

品質向上、原価低減等の定常的な活動だけでなく、非定常に発生する諸問題についても柔軟に対応している。次項で2021年度に発生した非定常な取り組み事例を紹介する。

Table 1 Activities of Purchasing Monozukuri Support Department

Objective	New products	Existing products
Q Quality	- Support for production preparation • Simultaneous engineering • 4M interviews/ design reviews • PPAP (Production Parts Approval process)	- Quality checkup score improvement • Process improvements, GK (workplace management) • Failure analysis and recurrence prevention
D Delivery	- Project schedule management	- BCM • Serious failure support
C Cost	- Production design - Investment reduction proposals - Planned JEPS (Jatco Excellent Production System)	- Improvements based on IE (industrial engineering) methods - Tooling improvements/ logistics improvements - Introduction of in-house process improvements
M Management	- Employee education support • Information on JATCO in-house training programs • QC circle activities • Monozukuri exchange meetings	

* 調達モノづくりサポート部

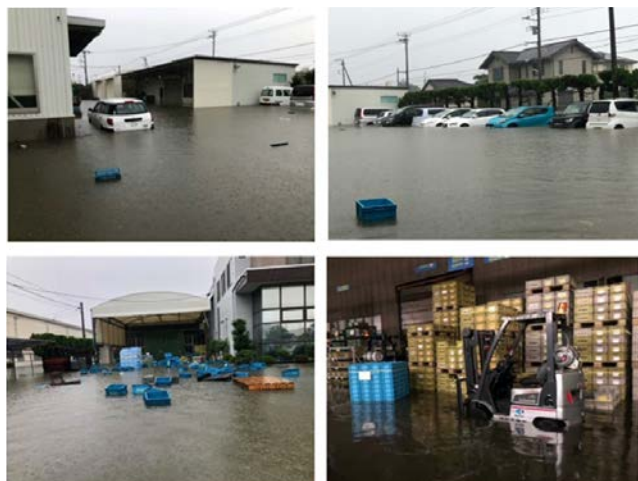


Fig. 1 Flooding caused by torrential rainfall in eastern Shizuoka prefecture (July 2021)

3. 取り組み事例

日本は毎年のように自然災害に襲われ、豪雨による水害や土砂崩れを被災するサプライヤもある。また、2020年のCOVID-19の感染拡大により、サプライヤの工場へ出張して三現主義的な活動をするのが難しくなっていることも課題である。

ここで、サプライヤ水害被災によるBCMとリモート改善活動の事例を紹介したい。

3.1 部品サプライヤの床上浸水被災

2021年7月、静岡県東部に前線停滞による豪雨が発生した。ジャトコの本社地区駐車場も一部浸水する被害があったが、取引先サプライヤでは工場床上まで浸水があった(Fig. 1)。

Fig. 2にジャトコのサプライヤリスクマネジメントのスキームを示す。調達管理部が、Fig. 3のようなクラウドネットワークを通じたサプライヤリスク管理をしている。平時はサプライヤの復旧リードタイム情報をデータベース管理しておき、有事には被災状況の報告を求めるシステムである。

サプライヤの復旧支援が必要な場合には、工務部のSSKTと呼ばれる改善機動チームが出動する。過去には佐賀の豪雨水害、熊本の地震被害や、茨城の火災など有事の際に活躍してきた。

しかしながら実際に被災があった場合には、サプライヤからの情報は混乱、遅延し、そのため実働部隊の出動

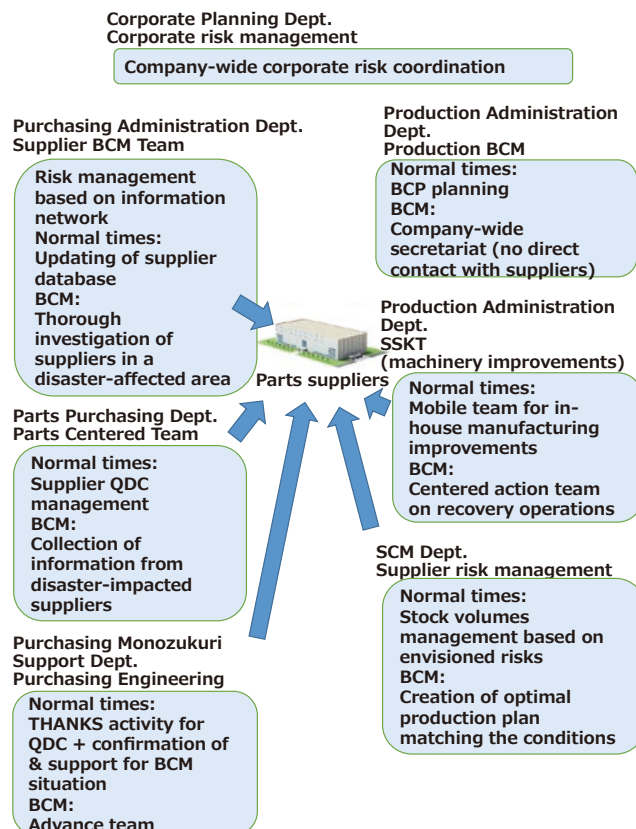


Fig. 2 Supplier BCM scheme

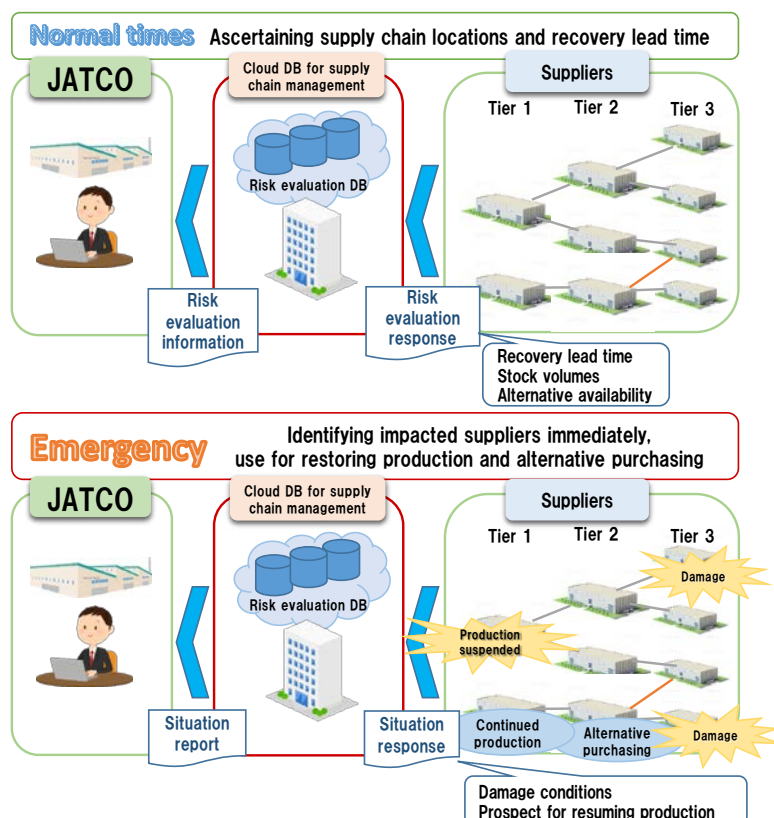


Fig. 3 Supply chain database management

判断に時間がかかる場合もある。現地到着してから改めて情報収集の開始が必要になることも多く、この問題に対処するため2021年度には緊急時の初動体制を見直した。被災情報があれば、サプライヤから追加情報を得る前に部品調達部と調達モノづくりサポート部が先遣隊として現地に向かい、情報収集と実働部隊の支援の要否、規模、必要機材の見立てを行うという行動ガイドである。

今回の静岡県東部の浸水被災では、この作成したばかりの行動ガイドが活きた。復旧活動初日の朝からメンバが現地に入り、在庫状況、被災状況を確認後、ホットラインで工務部に出動要請、その後SCM部、サプライヤと連携し復旧計画を立案、初日の午後にはSSKT復旧チームも合流、すぐに支援活動を開始するという一連の流れをスムーズに進捗させた。

海外送達部品に空輸が発生したものの、ジャトコの組立ラインのスケジュールには大きな影響を与えることなく、2週間ではば復旧作業を完了した。サプライヤにも平時から在庫や工場設備の情報を正確に把握しておいていただくことが重要、という反省も得られたので、リスクのあるサプライヤには実際に工場を訪問して現場確認し、併せてBCMをキーポイントとしたコミュニケーションを構築する活動をスタートさせた。

3.2 部品サプライヤとのリモート改善活動

THANKS活動(Trusty and Harmonious Alliance Network Kaizen activity with Suppliers, サプライヤ協働による生産ライン改善活動)はサプライヤの工場を訪問し、三現主義でサプライヤ、ジャトコが知恵を出し合い改善を進めていく活動である。しかし、2020年初頭から世界的なパンデミックへと拡大したCOVID-19感染症の影響により、海外

への渡航制限、国内でも移動や対面活動の自粛が要求されるようになった。その後、Web会議アプリケーションはより親しまれるようになるのだが、ここでは2020年秋頃、まだリモート会議に慣れていなかった頃の海外サプライヤとの活動事例を紹介する。

生産現場改善をWeb会議で進めるため、サプライヤのマネージャの方にWebカメラを接続したPCを現場に持ち込んでいただき、現場改善の手法に則った現場観察、改善アイテム出しを実施した(Fig. 4)。

双方が慣れないリモート環境での活動であり、どこまでできるのか不安な面もあったが、実際に取り組んでみると想定外に良い面も見えてきた。

まず、多数の参加者が同時に同じ作業点を集中して見られることである。特に組立工程のように狭い生産ラインでは、通常観察者は1~2名程度しか作業点に近寄ることができない。ところがライブカメラを使用した生中継では、

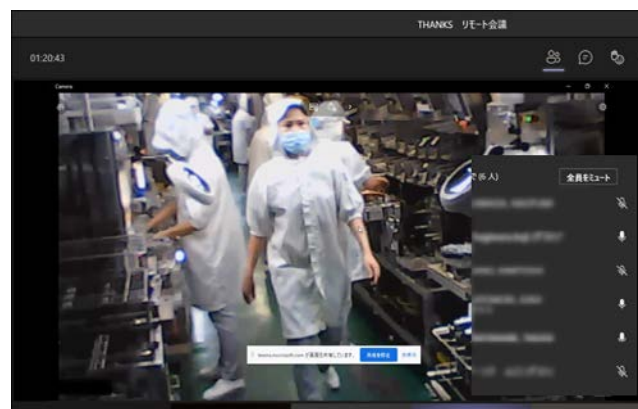


Fig. 5 Live online meeting via a Web application



Fig. 4 Remote improvement at an overseas plant



Fig. 6 Work observation

会議に参加できる多数の目で同じ作業を確認することができる(Fig. 5, Fig. 6)。「海外工場現場の一つの作業」を、両社の担当からマネージャまでが同時に確認することにより、気づきや改善のアイデアがかえって多数出るということもあった。今回の事例では、普通なら出張には同行しないマネージャが自宅からリモートで参加し、内製工場の作業方法との違いを指摘することにより、作業改善、ダブルチェックの廃止ができた。

次に、頻度と時間の面で効率的なミーティングができることが挙げられる。ミーティングのための移動という付加価値のない時間が無くなるため、高頻度かつ短時間のミーティング設定が可能となった。例えば朝30分の打ち合わせをしてその日のトライアル内容を決め、準備、トライアル後夕方に結果確認の30分の打ち合わせをする、といったことがロスなくできるようになった。もちろん三現主義による現場確認は絶対に必要なものではあるが、三現とリモートをうまく組み合わせることにより活動のスピードアップが図れることがわかった。結果的に本事例では、一度も海外出張をすることなく、年度目標以上の改善案件を積み上げることができた。

4. 今後の課題

デジタル領域のハード/ソフトウェアの進歩に伴い、モノづくり活動のDX(Digital Transformation, デジタル変革)にも取り組んでいる。現場で現物を扱う緊急対応や改善活動については、その手順は変わらないものの、ドローンやスマートグラスなどの新しいデバイスを活用することにより更なるスピードアップと効率化が図れると考えている。

前述のBCM事例は浸水被害のものであったが、日本では地震リスクへの対応も必須である。生産工場が地震被災した場合、建屋の安全性が確認できるまでは工場内に入って生産設備の被害状況を調査することすらできない。そこで、まだ構想レベルの案ではあるが、家庭用のドローンを使って建屋診断前に工場内の確認ができないかを検討している。機器、資格、適用法令、トレーニング方法等を工務部と連携して調査している。

リモートコミュニケーション用のツールとしては、現在はPCやスマートフォンを生産現場に持ち込むことが主流ではあるが、安全性、操作性の観点からウェアラブルデバイスもトライアルしている。MR(Mixed Reality, 複合現実)



Fig. 7 Smart googles for mixed reality



Fig. 8 Smart glasses

を扱えるスマートゴーグルや、ビデオ通話用スマートグラス等を実際に入手して使用感、操作性等を確認している。MRは現実の視界に仮想モデルやPC画面を重ねて見たり、現実の設備や機器をスキャンしてデータ化したりすることができる。しかしながらスマートゴーグルは、装着時に重量感があること、通信容量が大きくなること、といった課題もある(Fig. 7)。

一方Fig. 8のようなスマートグラスはハンズフリーのスマートフォンとも言え、その手軽さから当面採用していきたいデバイスである。

5. 終わりに

生技エンジニアリング機能としての調達モノづくりサポート部の活動内容を紹介した。サプライヤBCMの領域では、有事にまず一歩動くという行動力が重要であり、支援の固有技術は無くともプロセス的にネックを洗い出し、その解決のために社内外のネットワークを動かすPowerを持つことを目標としている。そのためにも平時、サプライヤのQDC競争力向上活動に加えBCM準備状況の確認とサ

ポートを行い、現場を確認しておくとともに、サプライヤとのコミュニケーションを構築している。

こうした活動を通しサプライチェーンの一層の強靱化を進めている。

6. 参考文献

- (1)川田尚史: サプライヤとの連携によるTHaNKS活動の取り組み, JATCO Technical Review No.14 pp.79-83
- (2)長谷川公一, 金子忠司: お取引先さまのさらなる品質向上を目指した「品質健康診断」, JATCO Technical Review No.17 pp.89-94
- (3)金子忠司: 品質健康診断と改善活動による品質リスクの低減, JATCO Technical Review No.18 pp.85-90

■ 著者 ■



倉田 孝幸

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of multiple sets of three horizontal dashed lines, designed to help children learn letter formation and alignment. The lines are evenly spaced across the entire page, providing ample space for practicing various letters and words. There is no text or other markings on the page.

人事総務部でのDX推進 ～デジタルイゼーションの手の内化～

ドウソン マイケル*

抄 録

人事総務部は、社内外の環境変化や、人事総務部のお客さまである社員のニーズの変化に柔軟に対応するため、レガシー基幹システムを活用しながら、周辺業務のデジタル化を実施した。この取り組みにより一人でデジタル化を進められる人材が増え、部署全体のDX推進の一步に繋がられた。

1. 現状

1.1 背景

人事総務部では、社内外の環境変化や、人事総務部のお客さまである社員（以下 お客さま）ニーズの進化に柔軟に対応するため、よりタイムリに、且つ質の高いサービスの提供を目指している。

しかしながら、基盤となる社員情報は、稼働後長期間を経過したレガシー基幹システムを中心に回っており（Fig. 1）、社員リスト等の作成においては、データのダウンロードから、情報の追加削除等多くの手作業が毎回発生し、部全体のオペレーションの中でも、お客さま用のデータ作成と提供で大きな工数と作業リードタイムを生んでおり、多くの改善が必要であった。

これまでも人事総務部では、部内にDX（Digital Transformation）推進チームを作成し、様々な視点で業務プロセスの改善には取り組んできたものの、抜本的な効率化の実現に向けては、基盤となる社員情報の持ち方などが、改めて課題として浮き彫りとなってきた。

1.2 デジタル化方針

そこで、ICTツールを活用した業務改革（デジタル化）を目指し、その方針を大きく以下の2案で検討した。

－案1－大型システムの導入

既存レガシー基幹システムと、その周辺の業務システムをすべてカバーできる、新しいシステムの導入。

－案2－複数小型システムによる連携

レガシー基幹システムを活用しながら、周辺業務のデジ

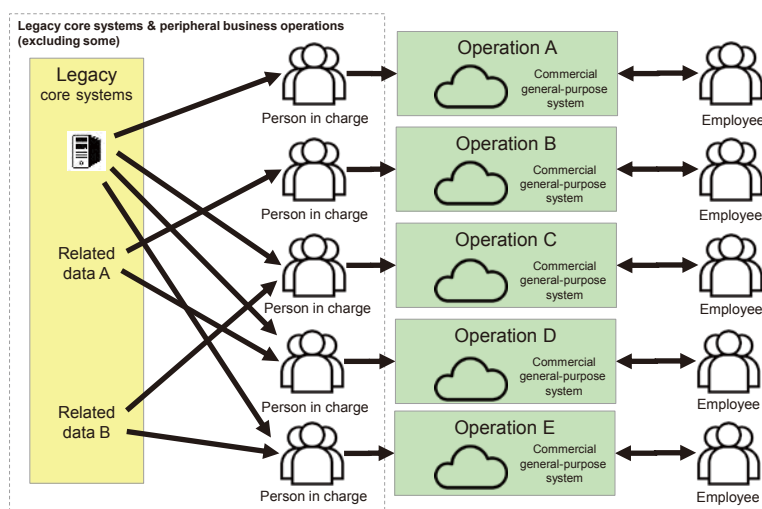


Fig. 1 Legacy core systems

* 人事総務部

タル化を実施。目的別市販汎用システムの導入。

検討の結果、

- (1) 自分達の手で導入できる
- (2) 立上のリードタイムが短い
- (3) 社内ニーズにスピーディに対応できる

以上の3点を重視し、案2にチャレンジすることとした。

レガシー基幹システム周辺業務のデジタル化に当たっては、対象業務の種類が多く、一本の市販汎用システムでは中々カバーしきれないものである。今回は、各業務プロセスでの市販汎用システムの導入が進んでいることにより、データのダウンロードなど、レガシー基幹システム周辺業務への要求が急速に増していることから、リードタイムを優先し、部署内のDX推進チームを中心に自分達の手で改善することとした。

その内容を次に紹介する。

2. 改善

2.1 目的

今回の改善の目的は、次の2点とした。

- ・データ作成業務の効率化
- ・情報提供のリードタイム短縮

2.2 アプローチ

アプローチとしては、QCストーリー的にまずは徹底的な現状把握とプロセスの可視化、無駄の排除に取り組み、その後“デジタル化”に向けてICTツールの選定と、デジタル化の実行という3つのステップを構えた。

1) 業務プロセスの可視化と無駄の排除

まず取り組んだのは、現状の業務プロセス可視化と課題抽出に取り組み、部内各チーム代表と以下のことを実施した。

お客さま用レポートの作成頻度をリストアップし、レガシー基幹システム周辺業務のアウトプットを可視化した。例えば、“社員基本情報1”は毎月1回作成する、など。

次はそれぞれのアウトプット作成用に、レガシー基幹システムからダウンロードされるデータや関連データをリストアップし、業務のインプットを可視化した。例えば、“社員基本情報1”に必要なのは“社員名簿A”と、“社員連絡先一覧B”、など。

次はインプットからアウトプットを作成する作業のステップをフロー図にし、可視化した。例えば、“社員基本情報1”を作成するには、“社員名簿A”をダウンロードし、“社員連絡先一覧B”と結合し、不要なデータフィールドを削除し、半角全角を統一し、後工程のために保存する、など。

最後にフロー図に対し重複作業の確認と、Eliminate-Reduce-Combine-Simplifyの考え方で無駄取りをするステップを特定した。例えば、“社員基本情報1”と“社員基本情報2”とも、“社員名簿A”を使うが、それは現状では2回もダウンロードされているから、それを1回に減らし共用とする、など。

上記において最も苦労したことは、手作業の頻度・時間を正確に把握することであった。結果が纏まるまでには、上記の活動を何度も開催し、時間をかけて論議する必要があったが、一方で、このSTEPをしっかりと実施したことにより、デジタル化すべきプロセスの明確化が図られた。

2) デジタル化アイテム決めとICTツールの選定

デジタル化アイテムの決定に当たっては、前ステップと同じメンバで以下のことを実施した。

無駄を排除して適正化したフロー図を再度評価し、人の作業が多くリードタイム・作業時間がかかっている工程の要因を分析した。

ICTツールについて社内外から情報収集し、それぞれの機能/特徴について調査を行った。例えば、ICTツールの一つであるRPA (Robotic Process Automation) は、システムからデータをダウンロードする人間のPC操作を記録し、あとからその操作を再現することでその作業を自動化できる、など。

次は各要因に対し、各ICTツールを、有効性と実現性の2軸で評価し、最も有効なツールを決めた。例えば、レガシー基幹システムからのダウンロードについてRPAの有効性は高いが、実際に使うにはスキルが必要なため実現性の評価では低い、など。

最後に、各要因とそのデジタル化に採用されたツールを“デジタル化アイテム”にまとめ、それぞれのデジタル化前と後のイメージを図化した。

以上の検討作業により、合計5件のデジタル化アイテムを決定した。

3) デジタル化アイテムの実行

デジタル化の実行は、部署内のDX推進担当がアイテム毎にその業務担当とペアを組み以下のことを実施した。

各アイテムの対象データの内容とその情報セキュリティ上の扱いについて確認し、デジタル化する際の対応を決定した。例えば、“社員基本情報1”には個人情報があり、取り扱いに注意が必要で、デジタル化作業の際は指名されたメンバのみアクセスを許可する、など。

次はデジタル化アイテムの出来栄え10%の“試作品”を1週間程度で開発し、前ステップのデジタル化前後のイメージ図に対し実現性を確認した。例えば、“社員基本情報1”を作る際、数千件のデータ処理が必要だが、試作段階ではデータの規模をコンパクト化して実際にその処理が可能か、など。

次は各デジタル化アイテムを大まかなスケジュールにアレンジした上で、以下の2点のポイントを意識しながら作業ベースのスケジュールに落としこんだ。

- i. スキル取得の時間確保
- ii. 難易度に応じた進捗確認の頻度決め

デジタル化のスキル取得のための時間確保は、OFFJT (Off-the-job-training) とOJT (On-the-job-training) の両面に対応した。ICTツールの基礎知識(10%)は以下2点のOFFJT方法で取得し、実践力(90%)は社内エキスパートとのコミュニケーションによるOJTで取得した。

- ・社内勉強会の受講
- ・ウェブ動画の視聴

デジタル化アイテムの進捗確認の頻度は、その難易度

に応じ決めた。例えば、難易度が高いものは毎日20分程度のカジュアルな打ち合わせで進捗を確認したが、難易度が中位のものは週1回1時間を目安とした。

以上の取り組みで、レガシー基幹システムの人事データを基盤としながらも、従来手作業に頼らざるを得なかった周辺業務がデジタル化された(Fig. 2)ことにより、用途に応じて必要な情報を取り出せる共通のデータプラットフォームを構築することが出来た。

その改善効果を次に紹介する。

2.3 改善効果

“レガシー基幹システム周辺業務のデジタル化”後の状態はFig. 2に示す。

また、2つの目標の改善効果はTable 1に示す。

2.4 副次的効果

上記改善効果に加え、今回のデジタル化がきっかけで、以下の副次的効果もあった。

1) 人財育成

副次的効果の一つは部員の育成につながったことである。以下の効果が確認できた。

業務改善において、ICTツール活用に対する消極的な意識が改善した。今回のデジタル化アイテムを通じ、多くの部員がデジタル化の“初体験”ができた。これにより活動前と後とは未知なICTツールへの不安が減り、今後の業務改善の中でツールを積極的に検討導入する姿勢が

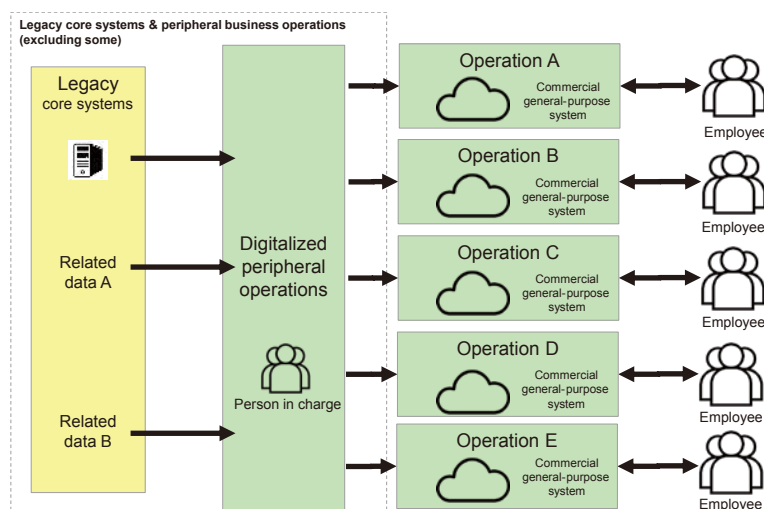


Fig. 2 Digitalization of peripheral business operations of legacy core systems

Table 1 Effects of improvements

Aim	Impact
① To make the work of producing data more efficient	Reduced man-hours by about 70%
② To shorten the lead time for providing data	Reduced response time by about 95%

た時間を上手く活用しながら、培ってきたデジタル化ノウハウと合わせて、更なるサービス向上につなげDXを推進していきたい。

みられるようになった。

デジタル化人財の育成につながり、一人でデジタル化できる部員が増えた。今回のデジタル化アイテムがきっかけになり、部内で約7割がツールを開発できるまでレベルアップできた。今後は、ツールの水平展開や改善までを部内で完結できる見込みである。

2) 更なるデジタル化への相乗効果

もう一つの副次的効果は、周囲の部員のモチベーションアップがあった。今回のデジタル化アイテム実行の際、部内で活動への関心が高まり、当初デジタル化アイテムに関わらない部員・チームも、途中から加わり、お互いモチベートしあう“相乗効果”につながった。そこから当初予定していなかった追加改善効果も得られた。

2.5 振り返りと結論

今回は、“レガシーシステム活用+目的別市販汎用システムの導入”という方針であった。その中、“レガシー基幹システム周辺のデジタル化による、業務効率化・レスポンスタイムの短縮”へ取り組んできた。

そのデジタル化は容易なものではなかったが、人事総務部のメンバは自分達の手で改善したい!との思いで挑戦し、業務効率化・お客さまレスタイムとも改善に成功した。また、その取り組みを通じて、人財育成などの副次的効果も手に入れることができたことを考えると、今回の3stepによるアプローチは、今後職場主体のDXを進めようとしている場合、一つの参考例になるのではないかと考えている。

3. 今後

今回の取組みでデジタルライゼーションを手の内に入れてきた人事総務部では、手作業によるオペレーションが減り、お客さまへのレスタイムが早くなった。今後は、効率化し

■ 著者 ■



ドウソン マイケル

Dacia向け Sandero用 Jatco CVT7 (JF015E) の紹介

2021年1月から欧州市場で販売を始めたルノーグループDaciaの新型「Sandero」車両にJatco CVT7 (JF015E) が搭載された。

JF015Eの副変速機によるワイドレシオカバレッジと低フリクションの特長、加えて大幅に見直した制御により、最新1.0リットル3気筒ターボチャージャー付きエンジンと組み合わせ、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ハッチバック車両のコンセプトに合わせたチューニングによりダイナミックさと静粛性の両立が実現され、お客さまから高い評価を得ている。

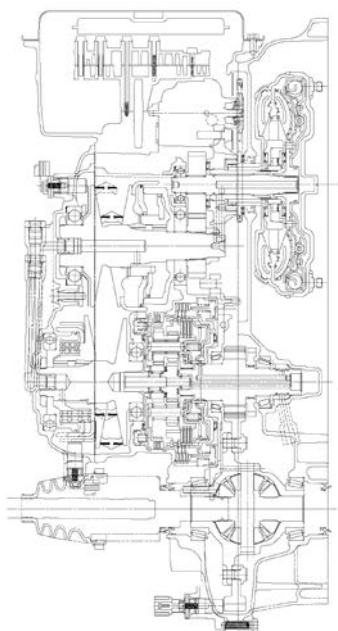


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF015E

Torque capacity	142 Nm
Torque converter size	205 mm
Pulley ratios	2.200 - 0.550
Auxiliary transmission gear ratios	1st 1.821 2nd 1.000 Rev. 1.714
Ratio coverage	7.3
Final gear ratio	3.882
Selector positions	P, R, N, D, L
Overall length	334 mm
Weight (wet)	70.1 kg (2WD)



Dacia Sandero

Renault向け Duster用 Jatco CVT8 (JF016E) の紹介

2021年3月からロシア市場で販売を始めたルノーの新型「Duster」車両にJatco CVT8 (JF016E) が搭載された。

JF016Eの特長である優れた変速レスポンスと大幅なフリクション低減により、ルノーの最新1.3リットル4気筒ターボチャージャー付きエンジンと組み合わせ、燃費性能と運転性能の向上に貢献している。

ロシア市場のニーズを反映したSUVの4WD車両のコンセプトに合わせた最適チューニングにより、4X4 LOCKモードでのダイナミックな走行を実現し、お客さまから高い評価を得ている。

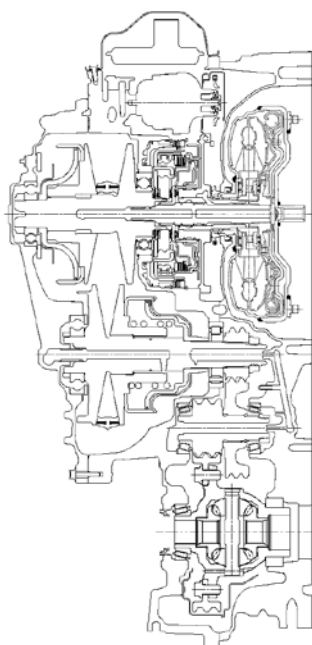


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF016E

Torque capacity	250 Nm
Torque converter size	235 mm
Pulley ratios	2.631 - 0.378
Ratio coverage	7.0
Final gear ratio	5.694
Selector positions	P, R, N, D +7-step manual shift mode
Overall length	375.2 mm
Weight (wet)	95.2 kg (4WD)



Renault Duster

三菱自動車向け Outlander用 Jatco CVT8 (JF016E) の紹介

2021年4月に北米で発売された三菱自動車の新型「Outlander」に、Jatco CVT8 (JF016E) が搭載された。

新型「Outlander」はルノー・日産・三菱アライアンスによる共同プロジェクトで車両開発され、本CVTは三菱自動車向けとして新型コントロールバルブ及びシフトパイワイヤシステムを初採用し、優れた変速性能を実現した。また新型2.5Lエンジンの性能を十分に引き出し、高出力と低燃費の両立に貢献しており、お客様から高い評価を得ている。

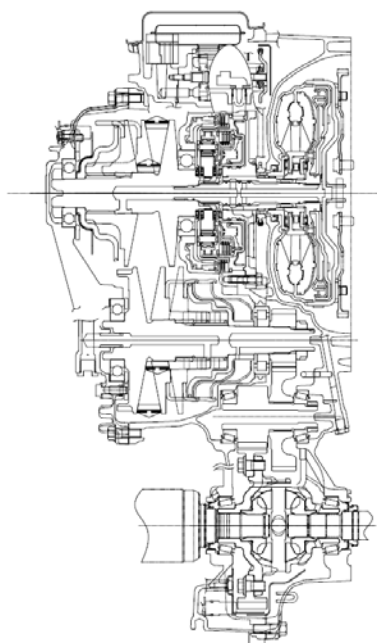


Fig. 1 Main cross-sectional view

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	5.694
Selector positions	R ← N ← H → N → D/M + P button
Overall length	362.3 mm
Weight (wet)	94.0 kg (2WD) / 94.8 kg (4WD)



Mitsubishi Outlander

日産自動車向け AD & NV200バネット用 Jatco CVT7 W/R(JF020E)の紹介

2021年5月に日産自動車の「AD」と、7月に「NV200バネット」の日本向け車両がマイナーチェンジされ、2WD仕様にJatco CVT7 W/R (JF020E)が搭載された。

Jatco CVT7 W/Rの特長であるワイドレシオガバレッジと低フリクション化による効果、また「AD」、「NV200バネット」として初採用となるアイドリングストップ機能を追加したことにより、燃費性能向上に大きく貢献した。

Jatco CVT7 W/Rとして日本の商用車初採用となり、遊星歯車の強化により、商用車特有の長距離走行に必要な耐久性を確保した。

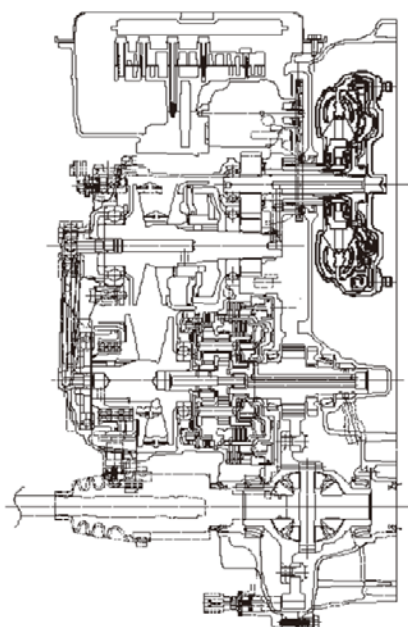


Fig. 1 Main cross-sectional view

Table 1 Specifications of JF020E

Torque capacity	147 Nm
Torque converter size	205 mm
Pulley ratios	2.200 - 0.458
Auxiliary transmission gear ratios	1st 1.821 2nd 1.000 Rev. 1.714
Ratio coverage	8.7
Final gear ratio	4.055
Selector positions	P, R, N, D, L
Overall length	376.7 mm
Weight (wet)	73.4 kg



Nissan AD



Nissan NV200 Vanette

日産自動車向け キャラバン用 7速AT JR710Eの紹介

2021年10月に日産自動車より日本で発売された「キャラバン」のガソリン車(2L/2.5L)に, FR車用7速JR710Eが搭載された. このJR710Eを初めてキャブオーバータイプの車両に適用した. 今まで「キャラバン」に搭載していた5速に対して, 7速化によるワイドレンジ, 多段化に加え, ロックアップ領域拡大により, 車両の燃費性能, 排気性能, 動力性能, 静粛性, 運転性向上に大きく貢献している. また, 追加されたマニュアルモード機能に対してもお客様からの好評を得ている.

Table 1 Specifications of JR710E

Torque capacity	178 Nm	
Torque converter size	250 mm	
Gear ratios	1st	4.783
	2nd	3.102
	3rd	1.984
	4th	1.371
	5th	1.000
	6th	0.870
	7th	0.775
	Rev.	3.858
Ratio coverage	6.31	
Final gear ratio (reference)	3.700	
Selector positions	P, R, N, D + M shift	
Overall length	769.5 mm	
Weight (wet)	92 kg	

※ 2L 2WD

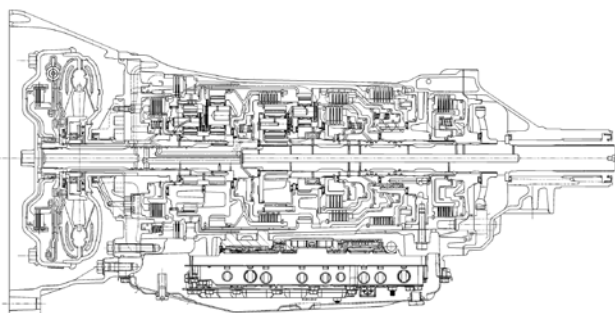


Fig. 1 Main cross-sectional view



Nissan Caravan

Memo

2021年のトピックス

1. JSAE春季大会と秋季大会への参加

JSAE主催の春季大会及び秋季大会において計4件の学術講演を実施した。

5月26日から28日にかけて春季大会が開催された。春季大会は新型コロナウイルスの影響によりオンラインで開催され、当社の従業員が「耐熱強度材料を用いたマグネシウムダイカスト量産技術の開発」と題し、新型FR 9速オートマチックトランスミッションマグネシウムケースのダイカスト量産技術について発表した。ジャトコ 韓国エンジニアリングの従業員が「CVTチェーンノイズ抑制手法の開発」と題し、チェーン剛性とプリークランプ力のバランスがチェーンノイズと相関のあることを明らかにしノイズ抑制手法について発表した。

10月13日から15日にかけて秋季大会が実施された。秋季大会も春季大会同様にオンライン開催であった。当社の従業員が「CVTチェーン理想軌道と実軌道差に起因するトルク容量低下メカニズム解明」と題し、CVTチェーンの軌道ずれによるトルク容量メカニズムについて発表した。同じく、当社の従業員が「ギヤホーニング盤の振動管理による歯車加工精度の安定化」と題し、ゴーストノイズ抑制に繋がるギヤホーニング盤の適切な振動管理について発表した。

2. JFPSフルードパワー国際シンポジウムへの参加

10月12日・13日にオンラインにて「第11回JFPSフルードパワー国際シンポジウム」が開催された。当社の従業員が「Clarification of Parameters and Development of a Method for Estimating Loading Forces Acting on The Spool Valve of a Hydraulically Controlled Automotive Transmission」と題し、流体解析で求めたコントロールバルブ内のスプールにかかる力の確からしさを実験にて検証したことを発表した。

3. 「MBD推進センター」に参画

ジャトコを含む国内自動車メーカー・部品メーカーの10社および(財)日本自動車研究所(JARI)は、MBD(Model Based Development)を全国の自動車産業に普及するための組織である「MBD推進センター」略称：JAMBE (Japan Automotive Model-Based Engineering center)の設立に合意し、9月24日に発足イベントとしてメディア向け説明会を行った。当社役員がオンライン参加しステアリングコミティ委員として同センターへの想い・期待について語った。



出典：「MBD推進センター」

4. Jatco CVT7搭載車がインドの有力カー雑誌でCOMPACT SUV OF THE YEARを受賞

Jatco CVT7が搭載されている日産マグナイトがインドの有力カー雑誌「BBC TopGear India」でCOMPACT SUV OF THE YEARを獲得した。Jatco CVT7の車両への貢献は以下の3つである。

・D-step制御(*1)によるラバーバンドフィール(*2)低減

- ・副変速機によるワイドなギヤ比がもたらす力強い加速感
- ・CVTならではのスムーズシフト(変速の応答性が良い)

*1: ATのような変速のさせ方をする制御。

*2: アクセルON時、エンジン回転数が先にふけ上がり、後から加速が追い付いてくる状態。



5. GMMC様より品質優秀賞受賞

3月22日に広汽三菱汽車有限公司様(以下 GMMC様)よりジャトコ(蘇州)自動変速機有限公司(以下 JSZ)に「品質優秀賞」が授与された。GMMC様が取引のある300余りのサプライヤーのうち10社だけの受賞である。GMMC様からは「JSZはFY20の製品品質が優れており、日々迅速かつ効率的に品質課題を解決し客先の依頼事項にも積極的に対応している。強い客先意識を持って良い製品を提供すると同時に上質なサービスを提供することも大切にしている」とのコメントを頂いた。



6. 健康経営優良法人(ホワイト500)に認定

ジャトコ及びジャトコ エンジニアリング(以下 JE)が「健康経営優良法人2021(ホワイト500)」に認定された。これは経済産業省が優良な健康経営を実践している法人を顕彰するもので、ジャトコ及びJEは2019年、2020年に続き3年連続でのホワイト500認定となる。



ジャトコ及びJEは、食育やウォーキングなどのイベントによる健康増進活動や、壁新聞などによる社内での周知啓発活動を行っている。また、健康を経営活動の一つと位置付け、経営層からのメッセージも社内外に積極的に発信している。これらの活動が認められた結果となる。

7. スポーツ庁から「スポーツエールカンパニー2021」に認定

スポーツ庁では、「働き盛り世代」のスポーツ実施を促進しスポーツに対する社会的機運の醸成を図ることを目的として、従業員の健康増進のためにスポーツ活動の促進に積極的に取り組む企業を「スポーツエールカンパニー」として認定している。この度、「スポーツエールカンパニー2021」としてジャトコ、ジャトコ エンジニアリング、ジャトコ ツール、ジャトコ プラントテックの4社が認定された(認定企業は623社)。始業前のラジオ体操実施やインストラクターによる体操・ストレッチのイベント、ウォーキングイベントの開催など運動機会を提供し、社員の健康促進につながる活動を実施していることが評価された。



8. 「優秀改善事例 全国大会2021」で銀賞受賞

10月28日に、「優秀改善事例 全国大会2021」がオンライン開催された。本大会は、6月の「改善事例発表大会2021」地区予選で、「優秀改善賞」に選ばれた優秀な事例が一堂に会して発表を行うもので、全国から20チームが参加し、当社は日産圏で唯一の全国大会出場となった。1,000名以上が視聴し投票で賞を競い当社は銀賞を受賞した。



今回のテーマ「トルクレンチ結束バンド切れの撲滅」は、入社2年目で初のテーマリーダーとして奮闘した若手女性社員がまとめた改善事例であった。

10. 地元富士市の新型コロナウイルスワクチン接種に協力

ジヤトコの医療スタッフが、地元富士市が実施する65歳以上の高齢者ワクチン接種に協力することになった。行政と連携し政府が掲げる“7月末までの接種完了”の実現に向けて貢献した。



9. 静岡地区QCサークルさつき大会でトルクリチェッカーサークルが「地区長賞」受賞

ジヤトコ エンジニアリングのトルクリチェッカーサークルが5月21日に開催された第6,311回静岡地区 QCサークルさつき大会に出場し、「地区長賞」を受賞し、静岡地区代表として9月に開催された東海支部チャンピオン大会への出場権を獲得した。



Memo

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2. 電動車両の制御装置及び制御方法

(Fig. 2)

出願番号 : 特願2015-230721

出願日 : 2015.11.26

特許番号 : 特許第6653556号

登録日 : 2020.1.30

発明の名称 : 電動車両の制御装置及び制御方法

発明者 : 望月 智夫, 大島 憲一, 宮崎 浩,
鳥沢 雄二, 他3名

【発明の概要】

本発明は、車両停止時に、シフトレンジが走行レンジとされてドライブシャフト等にクリープトルクが蓄積されている状況下で、シフトレンジが非走行レンジに切り替えられた場合であっても、車両前後G変動の抑制が可能な電動車両の制御装置及び制御方法を提供することを目的とする。

本発明は、電動車両が停止状態で且つ電動モータにクリープトルクを発生させている特定状態において、シフトレンジが走行レンジから非走行レンジに切り替えられときには、電動モータのクリープトルクを段階的に低下させるトルク低下制御を行なうと共に、摩擦係合要素を緩やかに解放する解放制御を行なう。これにより、停止状態において動力伝達系に蓄積されていたクリープトルクが解放される際に発生する車両前後G変動を抑制できる。

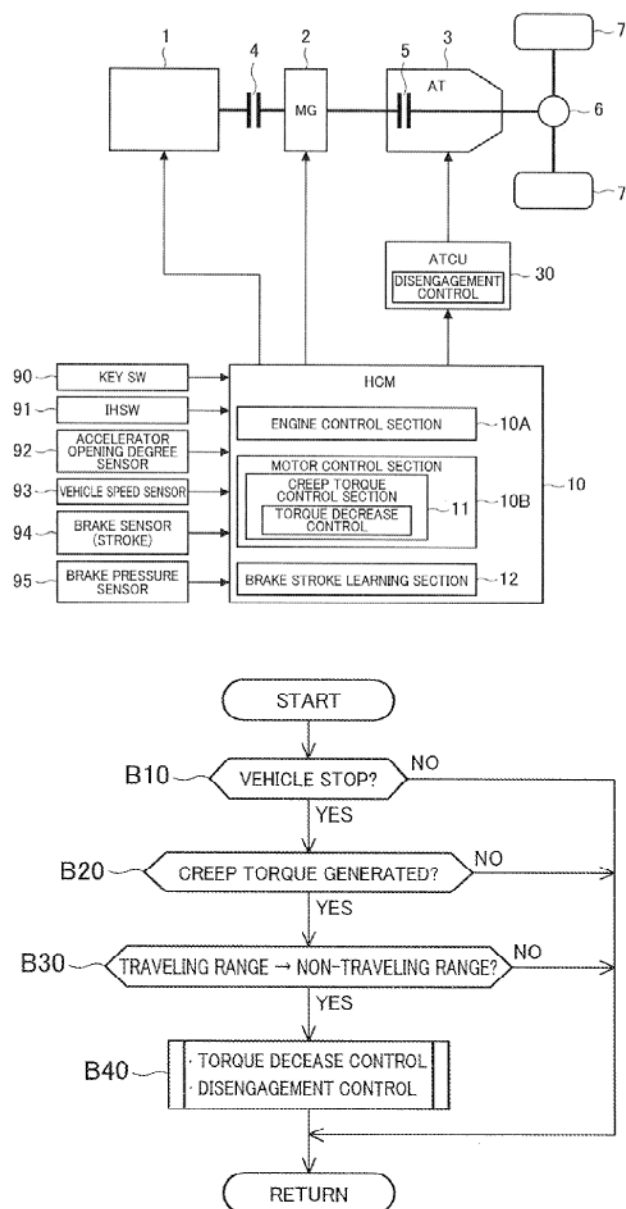


Fig. 2

発行人 (Issuer)

大 曾 根 竜 也
Tatsuya OSONE

常務執行役員
Corporate Vice President

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

グローバル広報部
Global Communications Department

委員 (Members)

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

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

高 取 和 宏
Kazuhiro TAKATORI

ジャトコ エンジニアリング (株)
車両適用開発部
Vehicle application Development Department,
JATCO Engineering Ltd

編集 (Editor)

サワディセービ
ステイーブン ピーラポン
Steven Veerapon SAWADISAVI

グローバル広報部
Global Communications Department

ジャトコ・テクニカル・レビュー No.21

JATCO Technical Review No.21

© 禁無断転載

発 行 2022 年 3 月
発 行 所 ジャトコ株式会社
グローバル広報部
〒 417-8585
静岡県富士市今泉 700-1
TEL: 0545-51-0368
FAX: 0545-52-8286
印 刷 所 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 2022
Distributor Global Communications 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 0545-51-0368 FAX 0545-52-8286

www.jatco.co.jp