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. ジヤ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ば らくは主流である為,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.

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	\leftarrow
	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	0		0	-
	AT-CU	Integrated with case		Separately mounted (engine compartment)	←

Table 1 Major specifications



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 173mm) 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 173mm) 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 しメカロスを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. 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 の必要流用を判定し,MOP の みで必要流量が確保できると判断した時点で ELOP



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は, 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への中 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 り、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



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



鈴木 真悟





小栗 慎



8