

ガソリン / LPG エンジン式小型フォークリフト

FOZE 0.9 ~ 3.5 トン

高 辻 昌 宏・二 井 伸 夫

フォークリフトは倉庫内の軽作業から港湾でのコンテナ運搬まで、様々な物流シーンで使用される車両であるが、環境保護や労働人口減少などの背景から、「経済性」「作業性」「安全性」が要求されている。今回開発したガソリン / LPG エンジン式小型フォークリフト（以下、本車両）は、燃料消費量改善と新構造の車両操作装置を採用することで、それらの要望に応えることができた。その概要について説明する。
キーワード：荷役車両、フォークリフト、LPG、燃費、トランスミッション

1. はじめに

小型フォークリフト（最大荷重 0.9 ~ 3.5 トン）の国内市場は、年間約 7 万台の規模であるが、環境保護や経済性の観点から、近年はバッテリー式フォークリフト（以下、バッテリー車）を選択される傾向がある。しかし屋外での厳しい作業環境や、充電時間が長いというバッテリー車特有の問題から、エンジン式フォークリフト（以下、エンジン車）を要望されるユーザも多い。

エンジン車は、ディーゼルエンジン搭載車（以下、ディーゼル車）とガソリン / LPG エンジン搭載車（以下、ガソリン / LPG 車）に分けられ、ディーゼル車が主流となっているが、ガソリン / LPG 車は、運輸業をはじめ食料品業、紙・パルプ業などで年間約 1 万台の需要がある。

本車両は、先に発売したディーゼルエンジン搭載モデルのラインナップ追加として、低燃費・低排出ガスを実現したガソリン / LPG エンジンを搭載し、様々なユーザに貢献できる車両を開発した。本稿ではそれらの特長について紹介する。

2. 本車両の特長（写真—1）

（1）経済性

本車両では、国土交通省平成 19 年規制、環境省 2007 年基準に適合し、ECM（Engine Control Module）制御の最適化による低燃費・低排出ガスを実現させたガソリン / LPG エンジンを搭載した。車両モデルに合わせて搭載エンジンを区別し、最大荷重 0.9 ~ 2 トン車に排気量 2.1 L エンジン、2 ~ 3.5 トン車に排気量



写真—1 車両外観

2.5 L エンジンを搭載した。

フォークリフトの作業モードは、「荷役」と「走行」に分けられるが、アクセルペダル操作によって必要な車両動力性能をコントロールする。その際、エンジン回転数や負荷の状況によりアクセルペダル開度（操作量）に対するエンジンスロットル開度を適切に制御し、過剰な吸入空気量を抑え、車両動力性能に影響を及ぼさず無駄な燃料消費を防ぐことで、燃費の改善を行った。

あわせてトルクコンバータ式トランスミッションについても新規設計し、油圧部品の圧損低減を行ったことで、表—1 のように 2 トン車（FGE20T5S）では、燃料消費量をガソリン仕様で 10%、LPG 仕様では 14% の改善を行った。その結果、二酸化炭素排出量を約 14% 削減することができた。

また、オペレータが車両から降車する際にはエンジンを自動停止させ、ペダル操作でエンジン再始動が可能な「エンジンオートストップ&オートスタート」を

表一 1 車両諸元 (標準仕様)

			FGE20T5S	FHGE35T5S
車両	最大荷重	kg	2,000	3,500
	最大揚高	mm	3,000	3,000
	上昇速度 (全負荷)	mm/s	620	450
	走行速度 (全負荷)	km/h	19.0	19.0
	けん引力 (全負荷)	kN	16.9	18.2
	全長	mm	3,305	3,875
	全幅	mm	1,065	1,280
	全高	mm	2,115	2,160
	ガソリン燃費	L/h(%) ^{**}	5.86 (10)	7.36 (11)
	LPG 燃費	kg/h(%) ^{**}	3.65 (14)	4.74 (10)
エンジン	型式	-	GCT K21	GCT K25
	排気量	cc	2,065	2,488
	定格出力	kW/rpm	38.5/2,700	43.1/2,700
	最大トルク	Nm/rpm	147/2,000	166/1,600

※旧モデルからの改善値

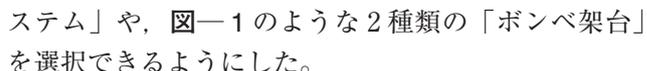
オプション設定し、車両の乗降が多い作業環境では、更に経済性に貢献することが可能である。

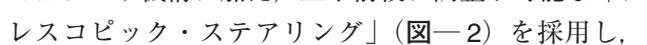
以上のような開発項目により、経済性に配慮した車両を実現できた。

(2) 作業性

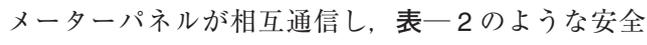
フォークリフトは様々な荷役作業が行われるため、作業内容により運転操作が異なる。走行系の動力伝達は、トルクコンバータ車 (以下、トルコン車) の場合、インチングペダルで機械的に行う構造が一般的であるが、本車両ではそれらを電子制御化し、様々な運転操作が可能となる「電子制御トランスミッション」をオプション設定した。本内容については、3章で詳細説明する。

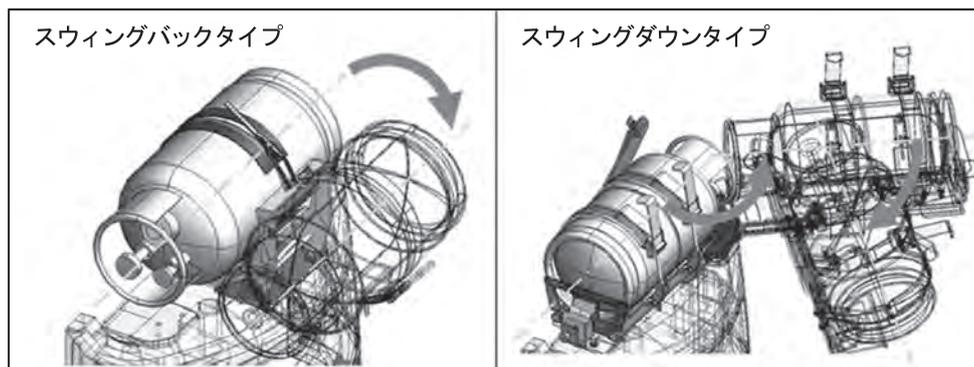
またLPG仕様車は、燃料補給のためにLPGボンベを交換する必要がある。作業途中に効率良くLPGボンベ交換作業が行えるように、「LPGガス残量警告シ

ステム」や、のような2種類の「ボンベ架台」を選択できるようにした。

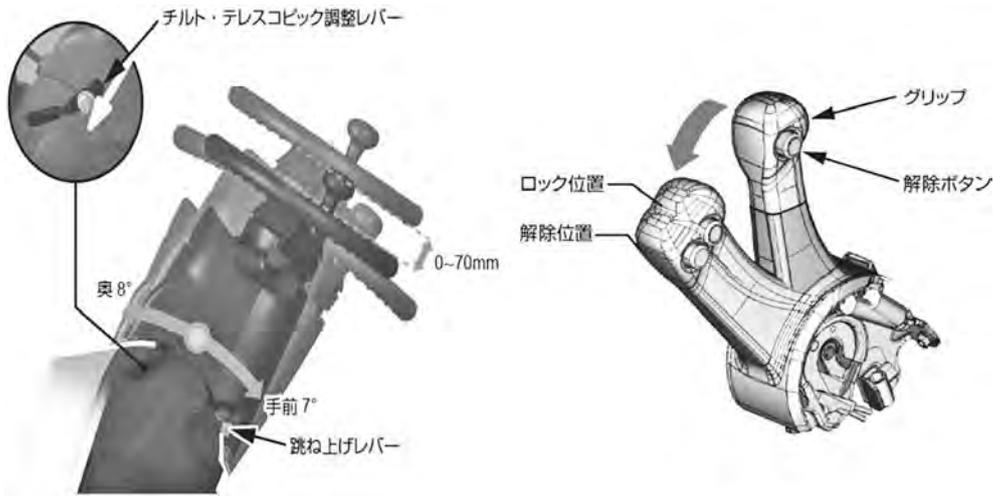
フォークリフトのステアリング位置調整は、車両前後に調整可能なチルト機構が一般的であるが、本車両ではチルト機構に加え、上下前後に調整が可能な「テレスコピック・ステアリング」()を採用し、オペレータの体格や好みに合わせ、最適なポジションで作業ができるようにした。また、新規構造のパーキングブレーキレバー ()を開発し、操作力を従来車から24%低減した。

(3) 安全性

フォークリフト起因の死傷災害では、「はさまれ・巻き込まれ」、「墜落・転落」の順に件数が多いが、本車両では、VCM (Vehicle Control Module)、ECM、メーターパネルが相互通信し、のような安全装備で作業をサポートし、災害リスクを低減した。



図一 1 LPG ボンベ架台



図一 2 テレスコピック・ステアリングと新形状パーキングブレーキレバー

表一 2 安全装備

マストロック (リフト/テイルトロック)	標準装備
AT ニュートラル自動復帰機能※1	
パーキングブレーキ掛け忘れブザー	
シートベルト未装着警告ブザー	
パスワードエントリー機能	オプション
最高速切り替え制御	
チルト水平サポート	
グッドランニングシステム※2	

※1 パーキングブレーキを掛けないまま、シートから離れると自動でニュートラル位置に切り替わる。
 ※2 路面から荷物に伝わる振動・衝撃を緩和することで、快適で安全な作業を実現。

3. 電子制御トランスミッション

(1) 電子制御トランスミッションの概要

フォークリフトのトランスミッションは、トルコン車とマニュアルトランスミッション車（以下、クラッチ車）などがあるが、現在の市場はトルコン車が主流である。しかし前述のとおり、作業内容により運転操作が異なるため、クラッチ車を要望されるユーザも少なくない。クラッチ車は、ダイレクトに動力伝達する構造であり、微速操作や瞬発的な操作が可能となる。このような動力伝達を調整できる機能は、トルコン車に勝るものである。

本車両では、クラッチ車の設定を廃止しトルコン車のみを開発したが、トランスミッションの電子制御化による多機能化で、更なる操作性・耐久性を向上させると共に、クラッチ車並みの運転操作が可能となる、電子制御トランスミッションを合わせて開発し、商品力向上とクラッチ車を要望するユーザに対応した。今回開発した電子制御トランスミッション開発の狙いを

表一 3 電子制御トランスミッション開発の狙い

制御項目	狙い		
	操作性向上	耐久性向上	クラッチ車対応
車両発進特性制御	◎	○	
スイッチバック制御		◎	
インチング制御	○		◎

制御毎にまとめた（表一 3）。

(2) 電子制御トランスミッションの構成

図一 3 は、トルコン車のトランスミッションについて、標準仕様（機械式）と電子制御仕様の構成を比較したものである。

トルコン車には、クラッチ車のクラッチペダルと同じ機能をもつインチングペダルを装備し、インチングペダルを踏み込むことで動力伝達を断つことになる。

標準仕様（機械式）の場合、インチングペダルとインチングバルブがワイヤケーブルで接続され、ペダルストロークに合わせてインチングバルブを機械的にコントロールし、ON-OFF タイプの前後進ソレノイドバルブを介して、クラッチへ油圧を掛け、前輪を駆動する。

電子制御トランスミッションでは、ON-OFF タイプの前後進ソレノイドバルブの代わりに、PWM (Pulse Width Modulation) ソレノイドバルブを採用した。インチングペダルのストロークをセンサで検出し、前後進 PWM ソレノイドバルブを電子制御することによりクラッチ圧を制御し、前輪を駆動する。

(3) 電子制御の特長

(a) 車両発進特性制御

前後進ソレノイドバルブの電子制御化により、車両発進時のクラッチ油圧立ち上がり特性を変化させ、

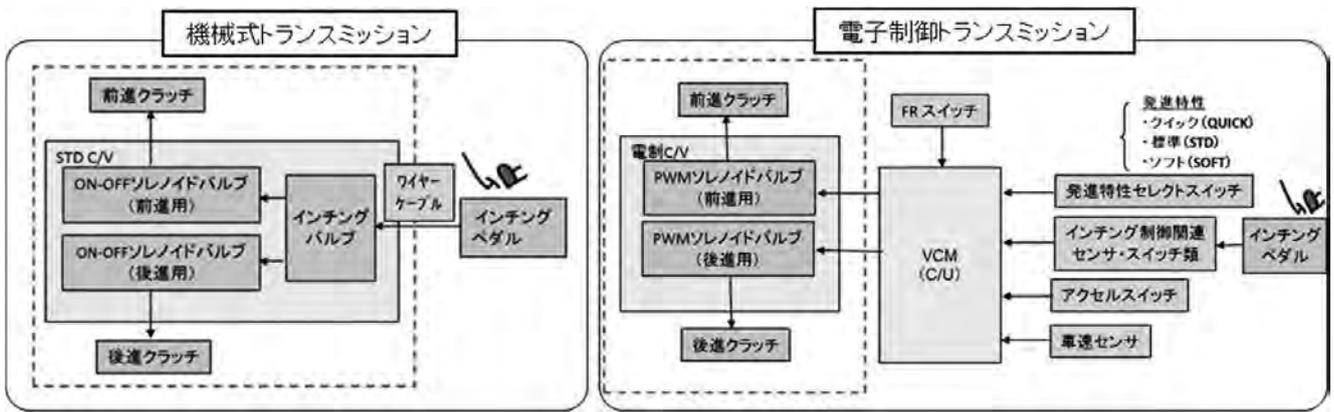


図-3 トランスミッションの構造比較

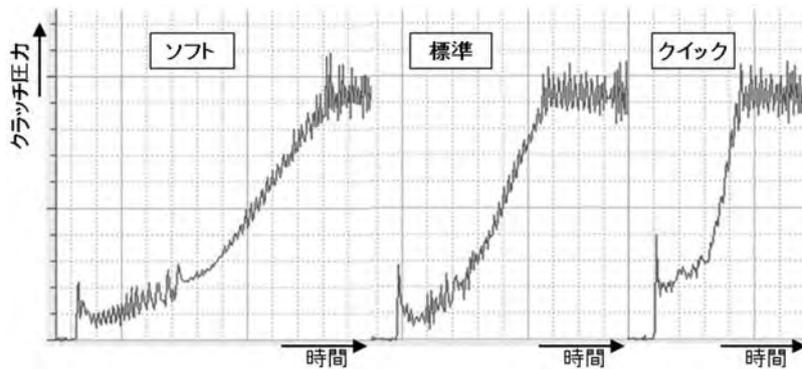


図-4 車両発進特性格ラッチ油圧波形

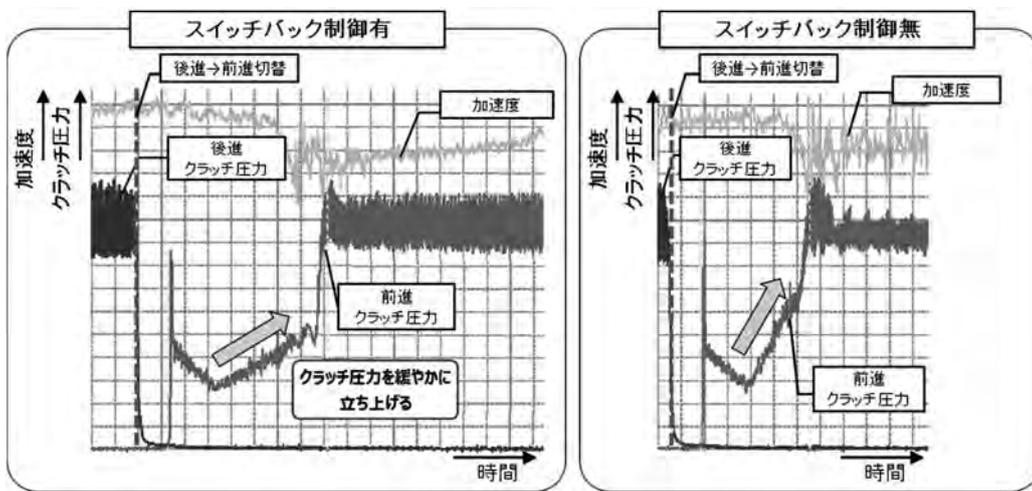


図-5 スイッチバック制御特性

ユーザの使用条件に合った三種類（ソフト、標準、クイック）の発進特性を選択できる仕様とした（図-4）。これにより、スピードを求める作業から荷崩れを心配する作業まで、幅広く対応することができる。

(b) スイッチバック制御

前後進を頻繁に行う作業環境では、車速が確実に落ちる前に前後進を切り替える場合があり、駆動系部品の故障やタイヤ早期摩耗に繋がることもある。そこで、車速 3 km/h 以上でアクセルペダルを踏んだまま

前後進切替を行った際は、クラッチ圧を緩やかに立ち上げる制御を取り入れた（図-5）。

その結果、タイヤ摩耗量は 36% 削減し、クイック発進特性時での比較では、衝撃は 25% 低減することが可能となり、車両のランニングコスト低減、路面環境の改善及び耐久性向上に貢献することができる。

(c) インチング制御

電子制御によって機械式におけるインチング特性のバラツキを排除し、ペダルストロークとブレーキ液圧

に対するクラッチ圧を制御することで、クラッチ車並みの微速操作が可能となった。

また、クラッチ車と同様に瞬発的な操作が可能となるよう、インチャング時のクラッチ油圧を急激に立ち上げる特性を選択可能としたことにより、瞬発的な操作にも対応した。

4. おわりに

エンジン車は、排出ガス規制エンジンや車両コントローラ搭載などにより電子制御化され、環境に優しく細かな車両制御が可能となった。その結果、本稿で紹介した電子制御トランスミッションも商品化することができ、お客様には大変満足を頂いている。今後は、更なる経済性と環境保護への貢献を目指すとともに、

オペレータの作業負荷低減や省人化に配慮した、更に価値の高い車両を提供できるように取り組む所存である。

JICMA

【筆者紹介】

高辻 昌宏 (たかつじ まさひろ)

ユニキャリア(株)

開発本部 GRDC2部 エンジン車開発グループ

シニアマネージャー



二井 伸夫 (ふたい のぶお)

ユニキャリア(株)

開発本部 GRDC1部 ドライブトレイン開発グループ

アシスタントマネージャー

