

製品紹介

油圧駆動式フォークリフト FH40-1/FH45-1/FH50-1 製品紹介

Introduction of Hydrostatic Transmission Forklift Model FH40-1/FH45-1/FH50-1

山本 弘幸
Hiroyuki Yamamoto
原田 康男
Yasuo Harada
平岩 秀幸
Hideyuki Hiraiwa

エンジン式4t系フォークリフトFHシリーズFH40/45/50-1を開発、市場導入した。本モデルは、当社のフォークリフトで初めて電子制御HSTおよび可変容量ポンプCLSSを搭載した機種である。燃費改善の技術内容について紹介する。

The 4-ton class engine powered forklift truck, FH series FH40/45/50-1, have been developed and introduced into the market as Komatsu's first forklift truck installed electronic controlled HST (Hydrostatic Transmission) and variable pump CLSS (closed-center load sensing system). New technologies and outline of the improvement for fuel efficiency in the new models are introduced.

Key Words: フォークリフト, HST, ハイドロスタティックトランスミッション, CLSS, クローズドセンタロードセンシングシステム, 低燃費, 環境, 安全, ICT

1. はじめに

近年、世界的な環境意識の高まりや原油高騰などにより、産業車両や建設機械にも、低燃費・環境負荷低減のニーズが急速に高まってきた。フォークリフトの開発・製造においても、上記への対応が重要な要素となっている。

従来型フォークリフトの走行駆動に使用されているT/C (Torque Converter) + T/M (Transmission) から、電子制御HST (Hydrostatic Transmission) を採用し、低燃費と環境負荷低減を実現、操作性を向上し、今回市場導入した新型油圧駆動式フォークリフト「FHシリーズ」(図1, 表1) の概要を紹介する。



図1 FH50-1外観写真

表1 主要スペック

項目		単位	開発機 FH50-1	現行機 FD50AT-10
性能・ 寸法	最大荷重	kg	5000	5000
	荷重中心	mm	600	600
	最高車速	km/h	23.5	25
	ホイールベース	mm	2000	2000
	トレッド 前輪/後輪	mm	1225/1120	1150/1120
	車両質量	kg	7380	7295
エンジン	製造メーカー	—	コマツ	コマツ
	型式名称	—	SAA4D95LE	SAA4D95LE
	気筒数/総排気量	—/cc	4/3260	4/3260
	定格出力	kW/rpm	50.8/2150	59.7/2400
	燃料タンク容量	L	105	98
情報	ICT	—	KOMTRAX	—

2. 開発のねらいと達成手段

(1) 燃費の低減

電子制御HSTにより、動力伝達ロスの低減

荷の重量にあわせてエンジン出力を制御し高負荷作業での低燃費化を実現

CLSS+可変ポンプにより作業機と走行同時操作時の油圧ロスの低減

(2) 操作性と作業性の向上

電子制御HSTの採用により、T/C車より容易な走行操作

が可能

クリーブレス・坂道発進・スイッチバック時の作業性の向上

(3) 安全性の向上

車速制限機能を標準装備

(4) ICT

「KOMTRAX」をフォークリフトとして初めて標準搭載



図2 FH50-1全体図

3. 主要コンポーネント

走行駆動系にホイールローダやブルドーザで実績のある独自の油圧システム「電子制御HST」、作業機系に油圧ショベルで採用の「可変ポンプ・CLSS」を搭載した。

また、コモンレール電子制御ディーゼルエンジンや車

体制御コントローラを含め、建設機械で培った技術を活かし、主要コンポーネントを自社開発・自社生産することにより、信頼性・生産性を高めている。

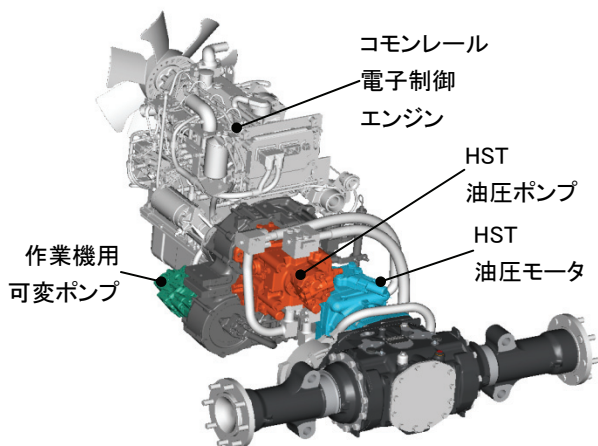


図3 主要コンポーネント

4. システムの概要

4.1 従来車（トルクコンバータ搭載車）

一般的な従来のT/C車の構成を図4に示す。

トランスミッションの出力軸には、クラッチが付き、インチングペダルを踏むと、動力が切断される。作業機を速く動かしたまま、ゆっくりと前進したい場合（荷役・走行同時操作）は、アクセルペダルを踏みこみ、エンジン回転を上げ、インチングペダルでクラッチの滑りを調整し、走行速度をコントロールする。

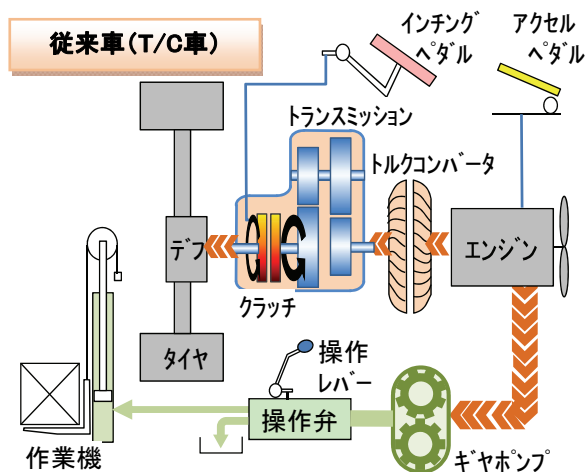


図4 一般的な従来車（T/C車）システム構成図

また一般的に、作業機の油圧システムにはギヤポンプが用いられるが、固定容量の為に作業機の動作とは関係なく、エンジン回転に応じた油量を供給する。

4.2 新型 FH シリーズ（HST 搭載車）

新型「FHシリーズ」HST搭載車のシステムの構成を図5に示す。

エンジンでポンプを回転し発生させた油圧を、モータ

でふたたび回転力に変換する。ピストンに接する斜板の角度を変え、ピストンのストロークを変化させることによって、連続的に作動油の流量を増減させ速度の調節を行う。斜板の角度によって正転、停止、逆転まで無段変速で制御することが出来る。斜板を中立にするとピストンのストロークが停止し、ブレーキをかけることと同じ効果を生む。

インチングペダルを踏み込むと、HSTポンプ斜板が中立になり、車両は停止する。荷役・走行同時操作時は、アクセルペダルを踏みこみ、エンジン回転を上げ、インチングペダルでコントローラからのHSTポンプ容量制御信号を変化させ、斜板の角度（油量）を調整し、走行速度をコントロールする。

また、作業機の油圧システムにも、可変ポンプが用いられ、操作弁からの信号により必要な油量だけ供給している。

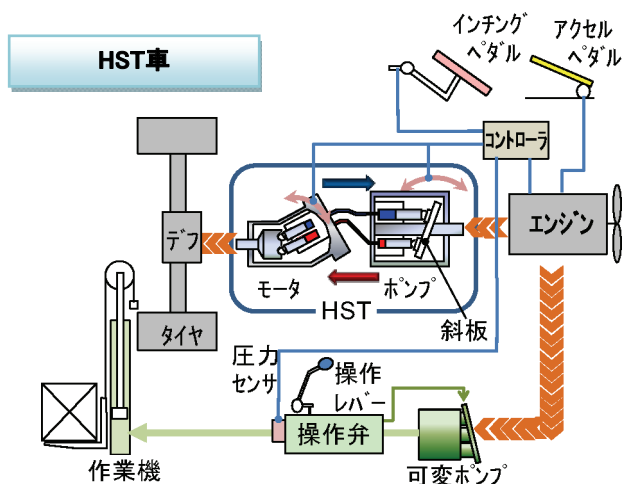


図5 HST車システム構成図

5. 燃費低減

5.1 フォークリフトの使い方

フォークリフトは狭い場所で稼働することが多く、加速・停止（前後進の切り替え）及び荷役・走行同時操作の頻度が多い。特に高負荷・高稼働な現場になるほどこのような使い方が顕著になり、また燃料消費量も多くなることから燃費低減に対するユーザの関心も大きい。このような燃費低減によるユーザメリットが大きな作業現場を考慮し、以下の様な燃費低減技術を織り込んだ。

5.2 燃費低減技術

① HSTによる発熱ロス・滑りロス低減

T/C車の、荷役・走行同時操作では、インチングペダルでクラッチの滑りを調整し、速度をコントロールするた

め、クラッチの滑りロスや発熱ロスが発生する。(図4)
 一方HST車では、クラッチを滑らせる代わりにポンプ斜板の角度を変え、油量を減らすことによって、車速をコントロールするので、発熱ロスや滑りロスを発生しない分、燃費低減になる。(図5)

② 低車速域で高効率

フォークリフトに一般的に使用されているトルクコンバータ(3要素1段2相式)では、フリーホイールにより高速域での効率は高いが、低車速領域では攪拌ロスが大きくHSTより効率が悪い。(図6)

そのためHST車は走行の加速性が良くなるが、その分エンジン吹け上りを抑えるようコントロールし、走行性能を変えずに、加速時の燃費を低減させている。

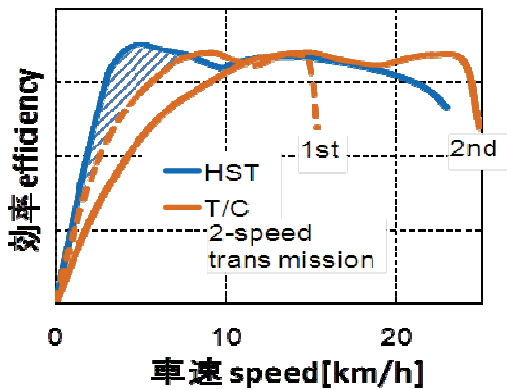


図6 走行効率

③ エンジン出力最適化

前記①, ②により、作業性をほとんど損なうことなく、従来形T/C車よりエンジン最大出力を約15%低減することができ、燃費低減になる。(図7 ③)

④ 低速マッチング

一般的に、エンジン定格回転速度付近の燃料消費率よりも、最大トルクが得られるエンジン回転速度付近の燃料消費率の方が小さい。

エンジンに対するHSTポンプの吸収トルクのマッチング点を、トルクコンバータの吸収トルクより最大トルク付近に設定した。これにより、加速時に燃料消費率の小さい範囲を極力長く使うことができようになり燃費低減につながった。(図7 ④)

⑤ 無負荷時エンジントルクカーブ切り換え

フォークリフトは、積荷を持っている時(負荷時)と、持っていない時(無負荷時)の車体重量の差が大きい。無負荷時の無駄な加速を抑えるため、積荷の重量をセンサーで検知し、積荷が軽い時はエンジン出力を抑制するこ

とで燃費低減につなげた。(図7 ⑤)

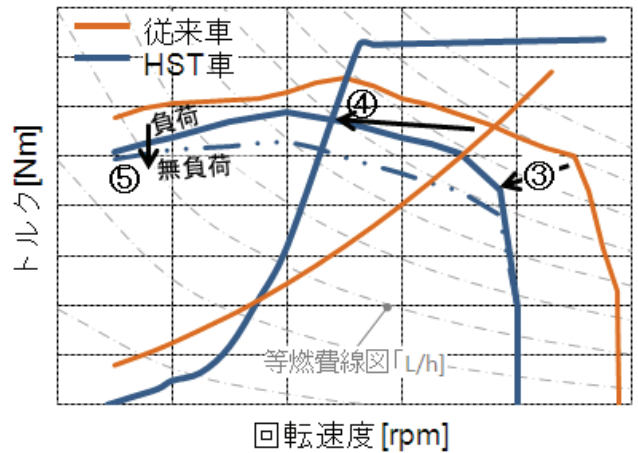


図7 エンジンとのマッチング線図

⑥ CLSS (Closed-center Load Sensing System) + 可変ポンプシステム

CLSS+可変ポンプシステムは、当社の従来車から搭載しており、燃費低減に貢献している。

一般的なフォークリフトの作業機油圧システムには、主にギャポンプ(固定容量)を用いたシステムのため、必要以上の油量を供給し、ロスが多くなっていた。

HST車には当社の従来車同様、CLSS+可変ポンプシステムを採用し、作業機を動かす時、ポンプ吐出圧と各作業機の負荷圧の差圧が一定になる様に制御することによって、必要な油量だけ供給するので、油圧ロスが少ない。(図8)

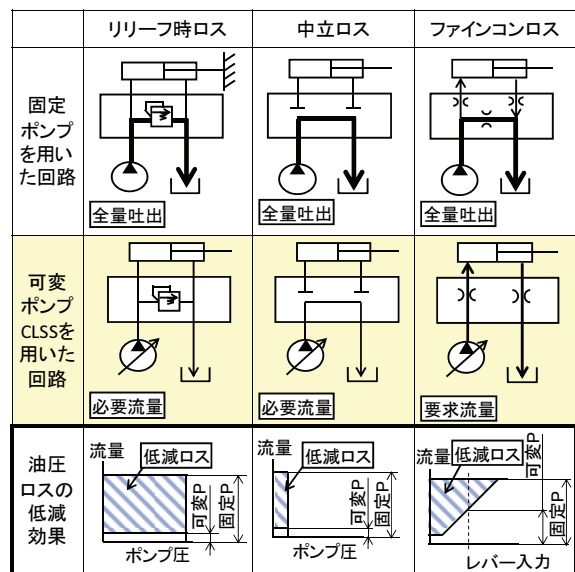


図8 作業機油圧ロスの低減効果

6. 成果

6.1 燃費低減

図9は、社内測定コース別の燃費低減効果である。

いずれのコースでも燃費低減効果が得られており、特にトラックへの積み込み作業を想定した短い距離でスイッチバックが多い高負荷コース（Aコース）では29%の効果を得られた。

図11は、高負荷コース（Aコース）でのエンジン回転とトルクの頻度分布を表している。円が大きいほど頻度が高いことを示している。大きな円が、燃料消費量の小さい側へ移動していることがわかる。特に、加速時のエンジン回転速度の変化が少なく、燃費消費量の小さい範囲を長く使うことができ、狙い通りの結果を得ることができた。

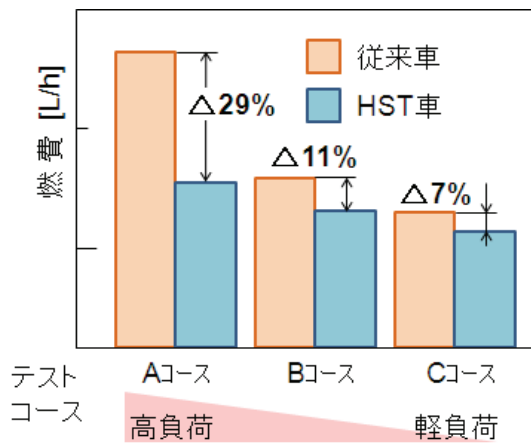


図9 社内コースでの燃費低減結果

また、実際に試験的に導入した製紙工場での高負荷ユーザーデータでは、当社の従来車に比べ、最大30%の燃料消費低減を達成した。（図10）

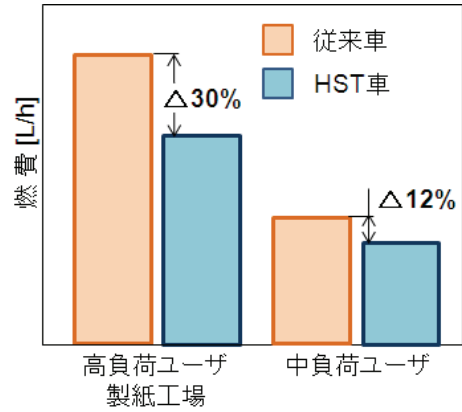


図10 ユーザでの燃費低減効果

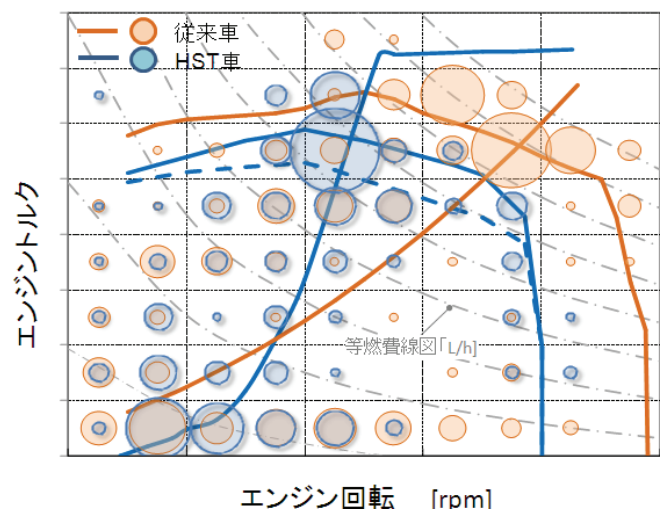


図11 高負荷コースでの頻度分布と燃費マップ

HST車が燃費低減に有効な業種（図12）



図12 フォークリフト使用業種例

6.2 操作性と作業性の向上

電子制御HSTによって、切替え時の斜板を連続的にコントロールし、一旦停止せずにアクセルONのままでもショック無く、前後進の切替えができるようになり、従来車の様なブレーキ操作が不要になった。

また、HSTの特徴でもある斜板中立時のブレーキにより、坂道でのずり下がりも少なく、オペレータの疲労軽減に貢献している。

6.3 安全性

車速制限機能を標準装備し、狭い場所での作業時の速度抑制や、工場内で決められた制限速度に対し4段階で最高速度を設定できる。

6.4 ICT（Information and Communication Technology）

車両遠隔管理システム「KOMTRAX」をフォークリフトとして初めて標準搭載した。位置や稼働状況、燃料消費量などの機械情報の「見える化」により、きめ細かくサポートできる様になった。

7. おわりに

パワートレーン開発センタ、油機開発センタとの連携により、コマツとしては、はじめて電子制御HST、CLSS油圧システムを搭載したフォークリフトの製品化を実現した。

今後、さらにHST、CLSS搭載機種拡大を図るとともに、更なる技術躍進に努め、ユーザにとって魅力ある製品に成長させ続けていきたいと考える。

筆者紹介



Hiroyuki Yamamoto

やまもと ひろゆき
山本 弘幸 1981年、コマツ入社。

現在、ユーティリティ技術本部
開発センタ所属



Yasuo Harada

はらだ やすお
原田 康男 1975年、コマツ入社。

現在、ユーティリティ技術本部
開発センタ所属



Hideyuki Hiraiwa

ひらいわ ひでゆき
平岩 秀幸 1992年、コマツ入社。

現在、ユーティリティ技術本部
開発センタ所属

【筆者からひと言】

2011年のユーティリティ事業の合併により、コマツ技術を結集し商品競争力の高いフォークリフトが完成したと思います。

IPA、油開セ、PT開セ、シス開セ、試験センタおよび栃木工場を始めとした生産部門、また調査にご協力いただいたお客様、販売店の方々に厚くお礼申し上げます。