

ハイブリッド型油圧ショベル

SH200HB-6

白 谷 竜 二

近年、地球温暖化や燃料枯渇の問題から、油圧ショベルの省エネ技術やハイブリッド化技術が注目されてきた。しかし、生産性向上と低燃費化はトレードオフの関係にあるため、これらの要求を満たすハイブリッド油圧ショベルの開発は難しい状況であった。

2009年に発売したハイブリッド型マグネット仕様機 SH200HB-5LM（以下「マグネット仕様 HB」という）のデータを分析する事により、油圧技術と電動化技術を融合化させ、生産性向上と低燃費化の二つの性能を両立させたハイブリッド型油圧ショベル SH200HB-6（以下「本製品」という）が開発可能となったので本稿で紹介する。

本製品は生産性向上を図ったハイブリッド型油圧ショベルとして、「アクティブ ハイブリッド ショベル」と名付けた。

キーワード：ハイブリッド、油圧ショベル、電動旋回モータ、環境対応、作業効率、省エネ

1. はじめに

近年における化石燃料の枯渇問題と低炭素社会の実現に向けた企業の取り組みの中で建設機械においてもハイブリッド化が進んできている。

産業界では自動車を先頭にハイブリッド化が進んでいるが、業種によっては仕様と要求されている内容が異なるため、同じハイブリッドと言っても機器構成が大きく異なってくる。

自動車は区間移動する事が主な目的であり、区間移動時の燃料消費量が重要視される。そのため巡航時の燃費はエンジン本体で改善し、加速減速時には電動モータを運用する事で全体の省エネが図られており、これらの基本システムを応用し、様々なハイブリッド自動車が作られている。

自動車のように法定速度が定まっている環境下での区間移動においては、システムや動力性能の違いによる移動時間の違いが発生しないため、省エネ効果の確認が容易である。

建設機械でも同様に燃料消費量は重要視されるが、機械の生産性（速度と作業量）も同時に要求されるため、生産性を満足した上での低燃費化が必要となる。しかしながら生産性向上と低燃費はトレードオフの関係にあるため、その両者を同時に達成する事は難しく、作業性能を落として一日の燃料消費量を少なくす

る事はできたとしても、従来の油圧機と同等の仕事进行处理する事は出来ない。そのため、各作業現場によって求められる作業量や工期が異なるショベルでは、必ずしも燃料消費量が削減できるとは限らず、また作業量を定量的に把握することも難しい。このように省エネの効果を実感することが難しい上に高価格である事がハイブリッドショベル普及の妨げとなっている。

そこで、2009年に開発したマグネット仕様 HB のデータを長期にわたり収集し、今回のハイブリッドショベル開発に活かすことで、燃費と作業性能の両立が可能となり本製品を市場投入する事ができた。

これまでの油圧ショベル開発は各社とも同じ目標に



写真—1 本製品

向かって進んできたが、ハイブリッドショベルに関しては、汎用の電気部品が無い事から各社独自に開発する必要があったため、コスト・省エネと作業性それぞれの目標が異なる形となり、更には得意とする作業分野にも違いが出てきた。

現在発売されているハイブリッドショベルは、搭載機器で分類すると高出力電動モータ搭載型と中低出力電動モータ搭載型に分別され、本製品は高出力型に分類される。

本製品の外観を写真—1に示す。

2. ハイブリッドシステムの概要

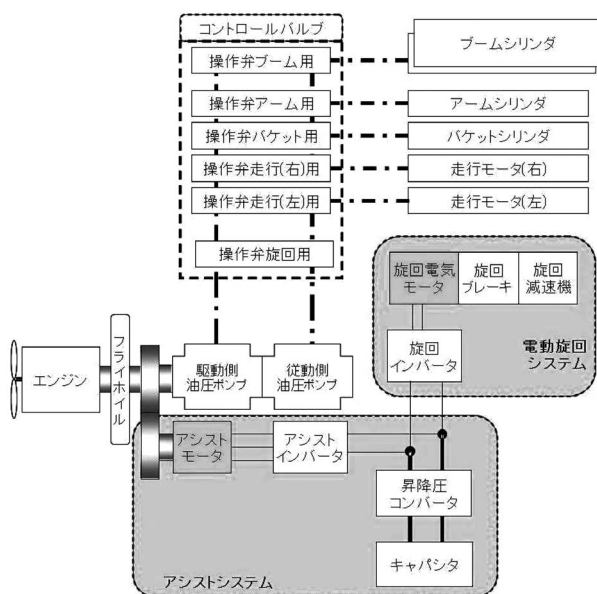
建設機械の生産量は自動車に比べ大変少ないため、ハイブリッド化を進める上では数量の問題で専用部品のコストが高く、販売台数の多い機種でなければ製品化が厳しい。

また、従来の油圧型の建設機械は油圧機器メーカーの部品をベースに開発が可能であったが、ハイブリッド型油圧ショベルの開発では機器が一般的に存在していないため市場拡大の妨げになっている。

本製品を開発するにあたり、新たに以下の部品を新規開発した。

- ・水冷高出力型電動旋回モータ&減速機
- ・高出力発電・電動機用モータ
- ・長寿命高性能キャパシタ
- ・小型インバータ&コンバータ
- ・高機能ハイブリッドコントローラ

図—1に本製品のハイブリッドシステムの構成を示す。



図—1 ハイブリッドシステム構成

近年、ハイブリッド機器の高電圧化が進んでいるが、機器の汎用性を持たせることとコスト・安全性を考慮し、400 V以下で運用可能な機器として開発した。

3. ハイブリッドシステム構成部品と効果

本製品はすでに製品化しているマグネット仕様HBと同様に電動化部品として、旋回用と発電・電動機用として2個のモータを有し、更に小型化したハイブリッドコントローラと耐久性に優れたキャパシタで構成される。

(1) 電動旋回装置

電動モータはショベルで必要とされる高出力・高トルク・高効率と搭載性を両立するために、油圧モータと比較して高回転化が必要となってくる。

本製品用に新たに開発した電動旋回装置は下記部品の組合せで構成される。

- ・水冷高出力型の電動旋回モータ（新開発）
- ・低騒音型の高速段減速装置（新開発）
- ・高耐久性ブレーキシステム（新開発）
- ・信頼性の高い油圧機用減速機（従来機）

これらの組合せと掘削作業に合わせた制御ソフトウェアの開発でスムーズな加減速と最高回転時の低騒音が可能となった。

写真—2に電動旋回装置を示す。

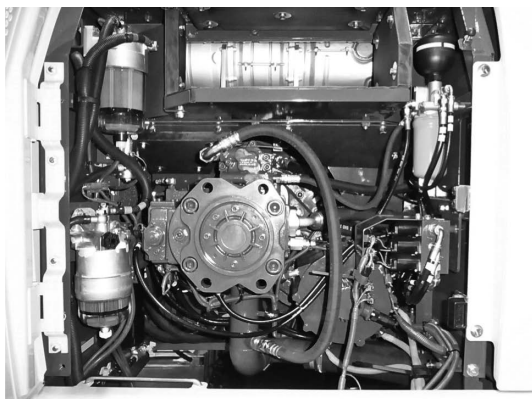


写真—2 電動旋回装置

(2) 発電・電動機用モータ

発電・電動機モータは、電動旋回モータと蓄電装置へ供給するための必要な電力を発電する。また、エンジンを効率的に動かすために負荷のコントロールも行っている。高出力型モータでエンジンの負荷軽減と最適運用を行うことで、省エネと運動性能の両立を可能とした。

写真—3に発電・電動機モータを示す。



写真一3 発電・電動機モータ

(3) 蓄電システム

発電・電動機モータで発電された電気と旋回用電動モータで回生される電気を蓄電、または蓄えた電気を状況に応じて各電動システムに供給する。

今回新たに開発したシステムはキャパシタ（写真—4）を使用しているが、キャパシタの運用システムを見直すことと建設機械の使用環境に適した制御により、寿命を従来品の1.5～2倍とする事が可能となった。

また、従来品より更に高温性能を強化したことにより、気温の高い地区での稼働余裕を高めた。



写真一4 キャパシタモジュール

(4) ハイブリッドコントロールシステム

マグネット仕様 HB ではコントローラ・インバータ・コンバータが一体型であったが、分離型にする事により搭載の自由度が増し、機械操作時の視界性をより向上させた機械に仕上げる事が可能となった。

コントロールシステムは旋回電動モータ・発電・電動機・キャパシタだけでなく、エンジンや油圧動力と操作系を含め、より効率的でスピーディに機械をコントロールしている。

性能においても従来型に更に改良を加え、よりきめ細かい制御が可能となり、ハイブリッド機としての性能を向上させる事が可能となった。

4. ハイブリッド技術の運動性能への適用

ハイブリッド型油圧ショベルの技術は省エネが優先し運動特性へ展開されていない。それどころか、電動機器の搭載の影響や省エネ性能を重視するあまり、従来可能であった予備の油圧回路を搭載していない機械や、作業内容によっては油圧機の性能を満足していない機械もある。

本製品ではハイブリッドの市場のみならず油圧機の市場へ入り込んで行くため、省エネ性能は当然改良し運動性能においても油圧機以上を目指し、従来備えていた各種アタッチメントを操作するための予備機能も全て搭載可能とした。

電動旋回を用いる場合、一般的には単なる独立旋回制御と考え、他のアクチュエータとの複合操作になると旋回性能を絞るという安易な方法をとる場合が多いが、本製品では単純に旋回を絞るという考えではなく、アクチュエータの移動方向や位置を考慮し、ハイブリッドコントローラが最上位で油圧系と電動系をコントロールするシステムとした。

(1) バケットサイズアップ

省エネという考えの中でワンサイズ大きなバケットを装着することにより、少ない回数で決まった作業量を完了し燃料消費を抑える方策を試みた。当然、1サイクルの作業スピードは従来機と同等以上を目標としている。

一般的には、バケットのサイズアップにより速度の低下と燃費の悪化が予測されるが、発電・電動機によりエンジンを効率良く動作させるシステムを開発した事で速度と作業量を確保し省エネ化が可能となった。

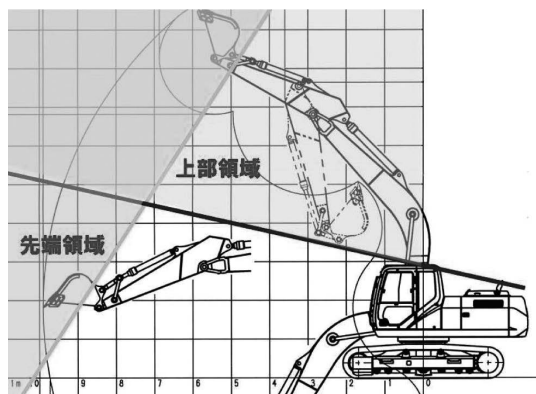
(2) 作業における安全性向上

ハイブリッドコントローラで油圧系と電動系をコントロールする事を可能とした事で、機械の状態を把握し本体が不安定になりやすい姿勢やバケット位置では、実作業に問題の無い範囲で機械の速度をコントロールし、気を使うことが無く、より安全な作業を可能とする MSC（モーションスタビリティコントロール）を標準装備した。

MSC エリアであってもアタッチメントの運動方向も加味した制御を行っているため、違和感なく安全でスピーディな作業が可能である。

図—2に MSC システムの制御エリアの概念を簡易的に示す。（実際のエリアとは異なる）

安全については、本製品のベースとなる油圧機で搭



図ー２ MSC システム (概念図)

載している後方270度の視界を確保したFVM(フィールドビューモニター:NETIS登録)システムも標準搭載し、安全性を考慮した機械に仕上げている。

図ー3にFVMシステムを示す。

(3) スムーズな旋回動作

油圧機では、旋回モータの操作性を他のアクチュエータの油と分流調整することで作り込むため、他のアクチュエータの負荷変動により操作性が変化するという難しさがある。

本製品では電動旋回を採用することにより、回転センサーで旋回速度およびトルクを検出することが可能であるため、他のアクチュエータの状態をみて、ハイブリッドコントローラの判断により、作業に必要なスピードとスムーズな旋回を可能とした。

(4) お客様評価

本製品を造成、解体、ダンプ積み込み等の現場でお客様に使用して頂き、ハイブリッド機としての評価と

従来油圧機との比較評価を行った。

ハイブリッド機の位置づけを従来油圧機以上のポジションとしながら、制御性を活かし油圧機の置き換えでは無く、違和感の少ない、従来機に優る操作性に仕上げたので、その評価を目的とした。

評価結果からは、従来の油圧機に対する慣れから多少の違いを感じるが、すぐに順応し意図した性能を実感してもらえたと自負している。

写真ー5にヤードでの作業状況を示す。



写真ー5 積み込み作業

5. ハイブリッドの燃費効果

掘削作業においては、旋回エネルギーの一部が土に吸収されるため、電動旋回モータによる回生効率が低くなる場合があります、作業により省エネ率が大きく異なる。

また、お客様の作業内容によってエンジンの負荷が異なったり、アイドルング比率が違うことも省エネ率がばらつく要因である。

本製品はエンジンを効率良く稼働させるシステムを

FVM(フィールド ビュー モニター)

作業視界・安全性を大幅に高める先進のFVM(フィールド ビュー モニター)

- 後方270°を上方からの目線で視認可能
- 高性能カメラにより夜間作業でも見やすい映像
- 独自の画像処理による死角のない画像 ※特許申請中

後方視界 270度 を達成!

**国土交通省のNETIS(新技術情報提供システム)に登録
公共事業で加点対象のメリット**

NETIS登録番号:KT-110057-A
NETIS:New Technology Information System

昼間時モニター画面

夜間時モニター画面

サイドカメラ (左右)

リヤカメラ

FVMは住友重機械工業株式会社の登録商標です。

図ー3 FVM システム

装備しているため、旋回による回生効率が少ない場面においても省エネ効果が得られる。また、同クラスのモデルに対しワンサイズ大きなバケットを装着しながら低燃費化も実現しており、実作業量に対する燃料削減率は大きいものとなっている。

6. おわりに

本稿で紹介した本製品 SH200HB-6 はハイブリッド型油圧ショベルの市場が伸び悩む中で、油圧機に優る部分が多いため、お客様の要望に応じて油圧機と共存できる機械である。

ハイブリッド型油圧ショベルが既存市場に入り込んで行くために、本来のニーズである従来の運動性能を備えた上で低燃費化を目指し開発を進めてきた。ま

た、ハイブリッドシステムの制御を応用し、電動と油圧の融合を図ることにより、操作性と安全性を油圧機から更に一歩進めた機械として市場に投入する事が可能となった。

今後は、ハイブリッド型油圧ショベルの開発によって得られた技術を必要に応じて油圧機に展開していく事と、電動化技術を活用した次世代モデルの形を見出し、新たな市場を開拓するための研究を行っていく。

JCM A

【筆者紹介】

白谷 竜二（しらたに りゅうじ）
住友建機㈱
技術本部 技術部 第三開発グループ
主任技師



橋梁架設工事の積算 ——平成 25 年度版——

■改訂内容

1. 鋼橋編

- ・大型クレーンによる橋体大ブロック架設歩掛の追加
- ・橋梁補修（落橋防止システム工、桁補強材取付工、座屈拘束ブレース設置）歩掛の追加
- ・少数 I 桁橋（全断面現場継手溶接工）歩掛の改訂
- ・積算例題の見直し

2. PC橋編

- ・PCケーブル工にポリエチレンシース使用時の諸雑費率を追加
- ・PC橋片持架設工に側径間部吊支保工積算要領の追加
- ・地覆高欄作業車設備の供用日数算出式を追加
- ・外ケーブルPCケーブル工のケーブル組立用架台を諸雑費率化 ほか

■B5判／本編約1,100頁（カラー写真入り）
別冊約120頁 セット

■定価

非会員：8,400円（本体8,000円）
会 員：7,140円（本体6,800円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外600円

沖縄県 590円（但し県内に限る）

■発刊 平成25年5月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>