

第四世代ACコントローラ

🔌 フォークリフト、排ガス規制、PMモータ、防じん防水、環境対応

* 原 正二 Shoji Hara * 若松隆仁 Takanori Wakamatsu

概要

産業機械の代表格であるフォークリフト国内販売は、燃料費の低減や、温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）の排出量削減の面からバッテリー車の割合が増えている。

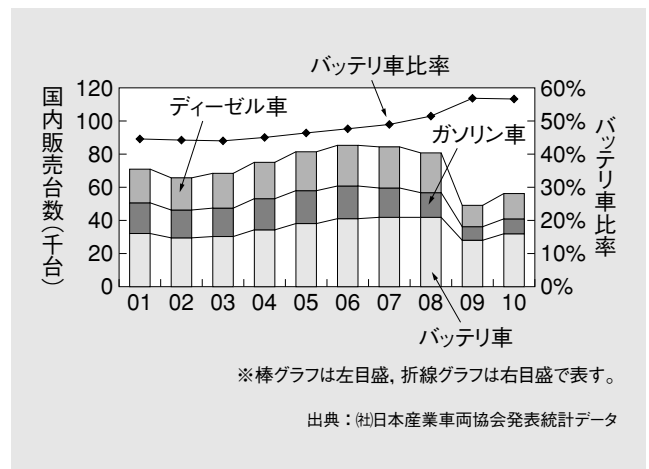
当社は、バッテリー式フォークリフトのモータを制御するコントローラを長年にわたり開発・生産しており、今回新たに低損失MOSFETを採用した高効率なコントローラを開発した。誘導電動機（IM）だけではなく永久磁石同期電動機（PMモータ）もオプションで対応可能にした。また従来品より防じん性・防水性を大幅に向上させIP54レベルを実現した。さらに製品に含まれる環境負荷物質を低減し、RoHS指令とREACH規則に対応した。本製品は構内運搬車やパレード車などそのほかの電動車両にも適用可能である。



第四世代ACコントローラ AC400L

1. ま え が き

一般自動車の排ガス規制強化を受けて、産業機械などの特殊自動車も国内の法律で定格出力ごとに2011年から段階的に排ガス規制が強化されている。この状況で産業機械の代表格であるフォークリフトの国内販売は、排ガスを出さない、騒音が小さいといった特長からバッテリー車の割合が増えている。**第1図**にフォークリフト国内販売推移を示す。バッテリー車の増加傾向は今後も続くと考えられる。当社は30年以上にわたり産業車両用電装品を開発・生産しており、この中でバッテリー式フォークリフト用モータとコントローラは主力製品となっている。今回、従来機種より高効率・小形・保護構造を向上した第四世代ACコントローラ（以下、AC400シリーズ）を開発したので、本稿でその仕様や特長などを紹介する。



第1図 フォークリフト国内販売推移
棒グラフは左目盛、折線グラフは右目盛で表す。バッテリー車の比率が2008年に50%を超えた。今後も増加が見込まれる。

2. 製品仕様

機種構成は小容量のSタイプ（以下、AC400S）

*ロジスティクス工場



第1表 AC400シリーズ製品仕様

製品仕様の特長は、環境負荷物質を低減しRoHS指令・REACH規則に対応していることである。

形式	AC400S		AC400L	
	バッテリー公称電圧 (V)	48 (36)	72/80	48 (36)
最大電流 (Arms) [3分定格, ベース温度80℃以下]	330	250	500	370
寸法/質量 (端子ボルト含まず)	W132.0×H80.3×D250.0mm/2.4kg		W292.0×H80.3×D228.5mm/3.8kg	
適用モータ/モータ周波数	IM, PMモータ/0~250Hz			
制御モード	速度, トルク制御			
動作周囲温度/保存温度	-20~+40℃ (-40℃で起動可) / -40~+85℃			
保護構造	IP54			
冷却方式	車両カウンタウエイトへの放熱/強制空冷 (オプション: ヒートシンク, ファン)			
取り付け場所	車両ルーム内 (取り付け面に凹凸のないこと。放熱用グリスを塗布すること。)			
通信	CAN-BUS, RS-232-C			
規格	UL583準拠 (ただしコントローラ単体ではなく車両で取得), EN1175-1			

第2表 AC400シリーズ制御仕様

制御仕様の特長はPMモータにも対応できることで、システム効率向上を図ることができる。

モータ制御	IM/PMモータ対応可能 (ベクトル制御) 回生制動 (アクセルオフ回生・ブレーキペダル回生・ディレクション回生) インテング制御 (アクセル&ブレーキ同時操作でトルク低減) 坂道降坂抑制制御 油圧モータ制御時, 油圧パワステ用信号 (パルス, アナログ) 入力により動作可能
制御機能	マスターコントローラ (車両統括コントローラ) 無しでシステム構築可能 (アクセルなどの信号を直接接続, 動作可能) バッテリー残量計機能 (BDI制御) 対応可能 (実績有り) 電磁ブレーキコイル駆動出力
安全保護機能	CANライン異常時独立運転可能 (安全な場合) 温度検知&保護 (出力低減) 動作 (モータ, コントローラ主回路) バッテリー電圧低下時出力低減動作 モータ回転センサ破損時の急激な動作変化の保護 ピッチング制御 (走行中の車両振動抑制制御) 各種自己診断保護動作とエラーメッセージデータ通信 (CAN通信)
通信機能	CANラインを使ったパラメータ (運転フィーリング関連) 調整可能 CANラインを使った内部プログラム書き換え可能

と大容量のLタイプ (以下, AC400L) のそれぞれに、バッテリー電圧を48Vと72Vの2種類とした。合計4種類の品ぞろえで、小形から大形車両まで幅広く適用可能とした。第1表にAC400シリーズの製品仕様を、第2表に制御仕様を示す。AC400SとAC400Lの外観を第2図と第3図に、主要寸法を第4図と第5図に示す。

3. 特 長

3.1 アルミ金属基板主回路モジュール

低損失MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor



第2図 AC400S

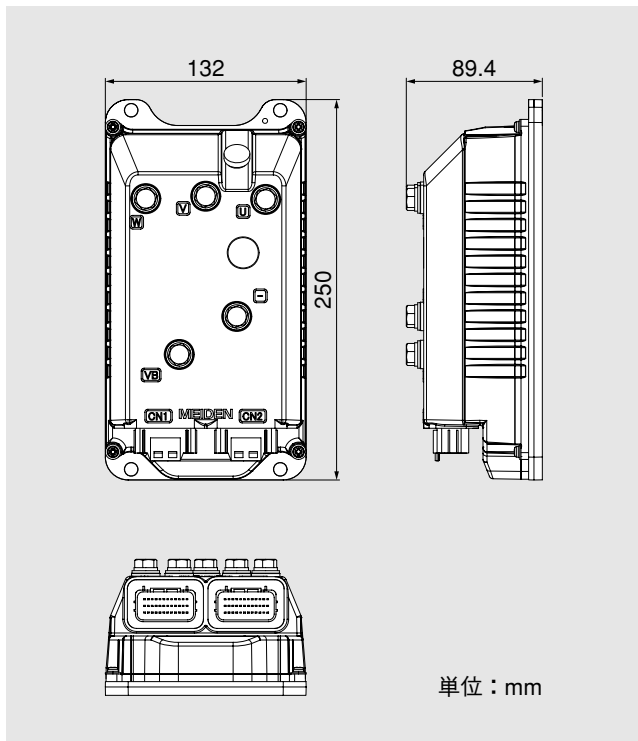
電流小容量Sタイプの外観を示す。樹脂カバーで全体を覆い、防じん防水性能が大幅に向上した。



第3図 AC400L

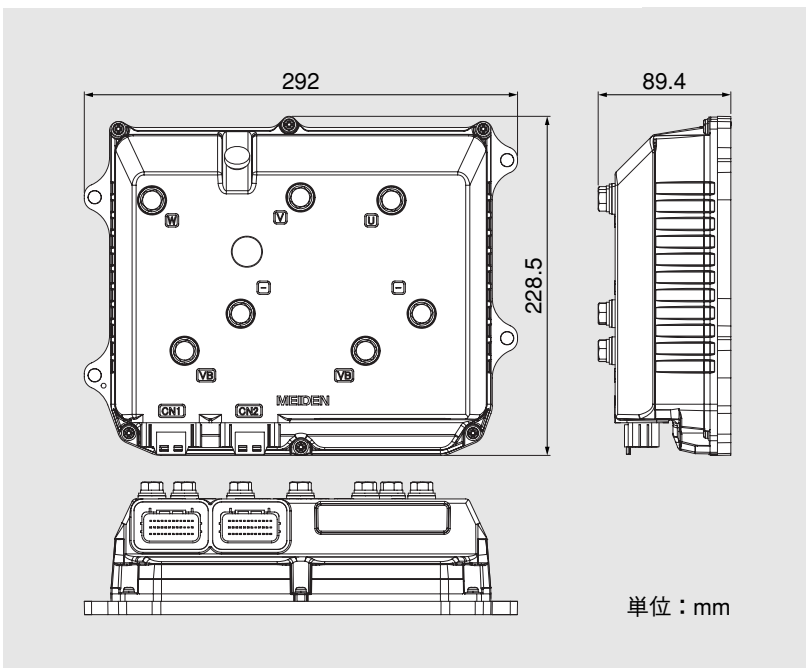
電流大容量Lタイプの外観を示す。樹脂カバーで全体を覆い、防じん防水性能が大幅に向上した。

Field-Effect Transistor) をアルミ金属基板に実装した新開発の主回路モジュールを採用した。インバータ効率の向上による車両冷却構造の簡易化と薄形状のアルミ金属基板の採用により、コントローラ寸法を従来比86%に小形化できた。小形化



第4図 AC400S主要寸法

電流小容量Sタイプの主要寸法を示す。従来製品と比べ容積・質量が86%に小形・軽量化した。



第5図 AC400L主要寸法

電流大容量Lタイプの主要寸法を示す。従来製品と比べ容積は78%に小形化、質量は68%に軽量化した。

により搭載場所の省スペース化に貢献できる。

3.2 適用モータ

交流化の流れを受け、電動車両では十数年前から近年のバッテリー車比率の増加や大出力に対応するため、誘導電動機 (IM) に加えIMより高効率

の永久磁石同期電動機 (PMモータ) にも対応可能とした。PMモータ駆動によりシステム効率の向上を図ることができる。

3.3 保護構造

新開発のアルミ金属基板主回路モジュールは取り付け面への伝熱に優れ実装面側の放熱が少ない。コントローラ内の温度が上がらないため密閉構造が可能になった。信頼性向上のため防水コネクタを採用し、保護カバーを密閉構造とすることで、防じん性と防水性を大幅に向上させJIS C 0920のIP54レベルを実現した。これにより車両の取り付けスペースにほこりや水が浸入しないよう配慮する必要がなくなった。

3.4 環境対応

(1) RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令対応 AC400シリーズは鉛・カドミウム・水銀・六価クロムなどの特定有害6物質を含有しておらず、欧州環境規制のRoHS指令に対応している。

(2) REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) 規則対応 製品含有化学物質を(社)日本自動車工業会の帳票 (JAMAシート) で調査しデータを保管している。欧州環境規制のREACH規則に対応した化学物質情報を提供できる体制を構築している。

3.5 安全規格

AC400シリーズはバッテリーを動力とする産業車両の安全性に関する北米規格のUL583とEN1175-1に準拠している。

3.6 制御性能

デジタル入力・アナログ入力・パルス入力に対応しているため走行系・油圧系など幅広く適用でき、ベクトル制御により滑らかなモータ駆動が可能である。さらにインチャージ制御や坂道後

退抑制制御などの機能により安全かつ快適な動作が可能である。

3.7 通信機能

個々のコントローラの内部情報をCAN (Controller Area Network) 通信により共有でき、複数の

コントローラを組み合わせたシステムを容易に構築できる。またCAN通信を用いてパソコンから内部プログラムの書き換えができ、メンテナンス性を向上させた。

3.8 自己診断機能

電源電圧異常・アクセル信号オープン/ショート検知・オーバヒート検知・主回路オープン/ショート検知・車速センサ断線検知などの自己診断機能がある。自己診断結果は特殊な診断ツールを用いることなくオンボードLEDで表示できる。さらに前述の通信機能を用いてデータ送出手ができる。

3.9 カスタマイズ対応

適用モータの容量と個数に応じてAC400シリーズを組み合わせ、コンタクタやヒューズなどを実装して銅バーで接続したコントローラASSYを提供できる。また、ヒートシンクや冷却ファンを搭載スペースを考慮して設計し提供できる。さらに車両の運転フィーリング、操作性及び補器類(ウィンカー、ブザー)の制御をお客様の好みに応じて設計することができる。

4. む す び

今後は、更に大容量の機種を開発して品ぞろえを増やし、フォークリフトだけでなく幅広い用途に適用していきたい。そして電動車両の増加によるCO₂削減に少しでも貢献し、地球環境の保全に役立たせる所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



原 正二 Shoji Hara

電動車両用電装品の開発・設計に従事



若松隆仁 Takanori Wakamatsu

電動車両用電装品の開発・設計に従事