

1.0～2.0トン積みコンパクト電動フォークリフト 新型GENEO-Ecoreの開発

Development of New 1-2ton Electric 3-wheel counterbalanced Forklift Truck

伊藤 裕之^{*1}
Hiroyuki Ito

飛田 淳一^{*1}
Junichi Hida

各務 弘憲^{*1}
Hironori Kakami

福岡 仁^{*1}
Hitoshi Fukuoka

高橋 正幸^{*1}
Masayuki Takahashi

牧 国夫^{*1}
Kunio Maki

炭釜 康一^{*2}
Koichi Sumigama

*1 トヨタL&Fカンパニー 技術部 *2 トヨタL&Fカンパニー TMHG製品企画部

要旨

当社は1.0～2.0トン積みコンパクト電動フォークリフト「GENEO-Ecore(ジェネオエコア)」のモデルチェンジを行い、2015年の9月に米国、12月に日本で生産を開始した。今回のモデルチェンジでは、電動フォークリフトに常に求められる連続稼働時間の向上に取り組み、従来車に比べ約20%の長時間稼働を実現した。さらに、作業者の安全確保や操作性向上などのお客様のニーズにお応えするため、好評を得ている主力機種(GENEO エンジン式フォークリフト)のコンセプトを取り入れシリーズ化を行った。

キーワード: フォークリフト、電動、3輪、トヨタ、エコア

Abstract

The 1.0-2.0ton Electric 3-wheel counterbalanced Forklift truck had been model updated in September 2015 at North America and December at Japan. To meet the highly market demand such as longer operating time per charge, Newly developed AC motor & driver achieved 20% more operating time over previous models. Also, to respond the market needs of safety and easy operating, Same features as 8FBN and 8series IC trucks are introduced.

Keywords: Electric forklift, 3wheeler, Toyota Material Handling Group, 8FBE

1 はじめに

1.0～2.0トン積みコンパクト電動フォークリフトは、前輪左右に独立した2つのモータと、タイヤの操舵角が90°になる後輪を特徴とした3輪カウンタ電動フォークリフトであり、小回り性に優れ、狭い通路幅でも操作性が高く、保管スペースを効率化できることから、主に、運輸・倉庫業、および食品業を中心に幅広いお客様の物流現場で活用されている。

トヨタコンパクト電動フォークリフトは、2003年の前回モデルチェンジ以来、他社に先駆けて採用した(*自社調べ)ACモータ駆動システムに加え、トヨタ独自のSAS機能(マスト制御、ステアリング位置制御)、オープンステップ採用等による乗込み間口の拡大により、「使ってみて歴然と違いが判る、基本性能・操作フィーリングを持ったコンパクト電動フォークリフト」として多くのお客様にご愛用いただけてきた。

今回のモデルチェンジにあたって、電動フォークリフトに常に求められる基本性能である消費電力の低減＝連続稼働時間の向上に取り組むとともに、少子・高齢化の進展、女性オペレータ増加といった社会環境の変化に応えるため、使いやすさ、優れた安全性の実現に取り組んだ。一方、できるだ

け長く使っていただけるよう耐久性の向上もテーマの一つとした(写真1)。



写真1 新型GENEO-Ecore 1.0～2.0トン積みコンパクト電動フォークリフト
Photo1 1.0-2.0ton 3-wheel Electric Forklift 8FBE series

2 コンセプト

電動車の本質である3E(Environment・Ecology・Energy)技術開発によるエネルギー効率の向上をベースに以下の3つを開発のねらいとした。

- (1) 業界トップクラスの環境性能の実現
- (2) 使いやすさと優れた安全性の実現
- (3) ライフタイムコスト低減

3 製品の特長

(1) 業界トップクラスの環境性能の実現

新開発の高効率ACモータ、モータドライバ、および油圧コントロールシステム搭載により、消費電力を大幅に低減することで、クラストップの長時間稼働（従来車比較約20%向上*）を実現した。（*1.5トントヨタ作業サイクル稼働時間のもとの比較）

また、バッテリー交換を容易に行えるオプションを充実。交換による停車時間を短くし、長時間のオペレーションに対応できるようにした。

(2) 使いやすさと優れた安全性の実現

従来車で好評のコンパクトボディ（全長・全幅・全高、低フロア高）はそのままに、小径ハンドル、リヤアシストグリップ、ミニレバー（オプション）を新規採用し操作性を向上するとともに、バックレスト、ルーフ、メータ配置を工夫することで優れた視野の実現、大型アシストグリップにより乗降性の向上を行い、すべてのオペレータにやさしい作業環境の実現に努めた。

安全面においては、作業中の安全と作業効率の向上に貢献する当社独自のシステム「SAS」に、積荷の高さ、重さ、旋回半径によって旋回速度を自動で制御する機能を日本国内のカウンタータイプフォークリフトで初めて標準搭載した（*自社調べ）。

また、車両後方の床面に青色の光点を表示し、周囲の作業者にフォークリフトの接近を知らせるブルーライトを新規オプション設定した。

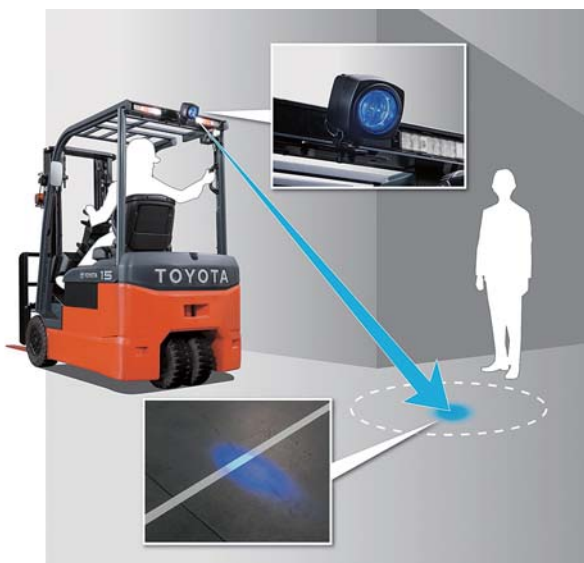


図1 ブルーライト
Fig.1 Blue Light

(3) ライフタイムコスト低減

ぶつけやすい部位のサイドカバーを鉄板から鋳物にすることによりダメージを軽減、車体強度の耐久性を向上させた。

コントローラの配置、防水構造を見直し、IPX4の耐水レベルを達成し、電動フォークリフトの屋外使用の不安感を払拭した。

一方、バッテリーの長寿命化のために、バッテリーの液量と液温に応じて警告通知や車両性能を調整し、バッテリーへのダメージを未然に防ぐバッテリー保護機能を採用した。

また、LEDライトについては、ヘッドライト、リヤコンビネーションランプ、後部作業灯、回転灯などの部位でもオプション選択できるようにした。新開発のLEDヘッドライトは、長寿命・省電力だけでなく、ぶつけにくく、優れた視野を提供する小型形状とする一方、標準バルブタイプ以上の広い照射範囲と明るさを持たせた。



LED



従来バルブ

図2 LEDヘッドライトと従来品との明るさ比較
Fig.2 LED Head Light and comparison with conventional bulb

(4) デザインコンセプト

このモデルの特徴であるコンパクト車ならではの俊敏性を強調するために、よりコンパクトに、安全を意識した安定性を感じさせるデザインとした。

Compact:

無駄なマスを削ぎとり品質感のある面で構成
コーナーRを大きくとり小回り性を強調

Stable:

バンパー機能を持つ低重心な土台で安定感を表現

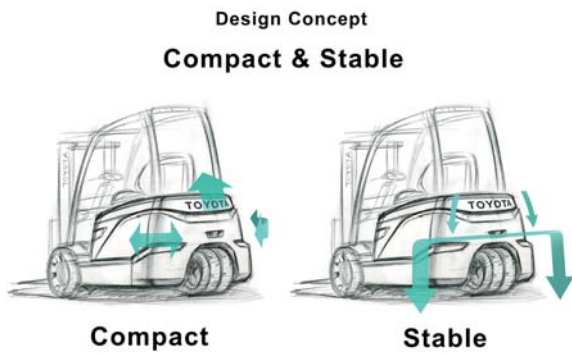


図3 イメージデザイン
Fig.3 Design image

4 開発内容

■長時間稼働

リーチフォークリフト(2012発売)、オーダーピッキングトラック(2013年発売)に引き続き、自社開発のACモータ、モータドライバシリーズを採用した。従来品と比較し、以下の技術を織込みそれぞれの損失を約30%低減し、効率向上を図った。

(1) 新型ACモータ

- ①コイル巻線方法の見直し
- ②ロータダイカストの高充填化
- ③鉄心スロット形状見直し
- ④低損失電磁鋼板の採用

(2) 新型モータドライバ

- ①構成部品の最適配置によるパワー回路の低インダクタンス化
- ②低損失トランジスタの採用
- ③低損失変調方式採用

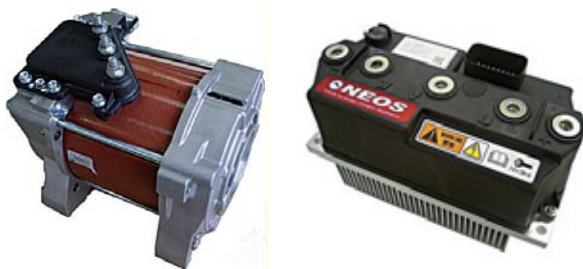


写真2 新型ACモータ&モータドライバ
Photo2 New Motor and Motor driver

■優れた安全性の実現

(1) 揚高・荷重センシング旋回速度制御

2012年発売のALOMA向け4輪カウンタ電動フォークリフト8FBNにつづき、『揚高・荷重センシング旋回制御』を搭載した。図4に示すように揚高、積載負荷、旋回半径を検知し、車両の左右安定性を維持するように旋回速度自体を制限し、“不安

定な状態になりにくくする”機能である。3輪カウンタフォークリフトは左右の前輪を別々のモータで駆動するシステムで構成され(図5)、操舵輪をステアリングエンドまで切った状態で旋回する時は、内輪を逆回転させることにより旋回半径を小さくしている。新型車では新たにタイヤ角エンドを自動学習して、3輪カウンタフォークリフト特有の動作領域でも、オペレータに違和感を感じさせることなく、安心感を与えられる旋回フィーリングを実現。従来車からの安全機能(SAS・OPS)と同様に車両旋回時の左右安定性と作業性を両立させた。

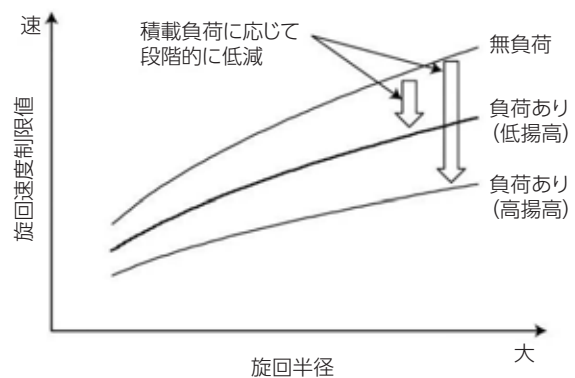


図4 旋回半径と車速制限値
Fig.4 Vehicle speed and Turning radius

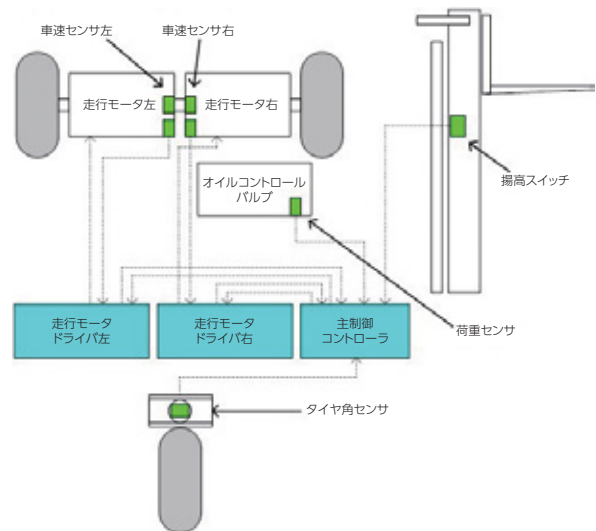


図5 制御ブロック図
Fig.5 Block Diagram of Automatic Turn Speed Control

■ライフタイムコスト削減

(1) バッテリ保護機能

バッテリーに搭載されたバッテリー液面・液温検知ユニット(図6)でバッテリーの状態を検知し、その状況に応じて、警告通知や、車両の性能制限を行う、以下の4つの機能がある(表1)。



図6 システム構成図
Fig.6 System Configuration

表1 従来車と新型車の機能比較表
Table1 Comparison Table with Previous model

機能名	-:非搭載 ○:搭載 ★:搭載(新機能)	
	従来型	新型
①バッテリー液面警告	○	○
②バッテリー液面検知車両性能制限	-	★
③バッテリー液温警告	-	★
④バッテリー液温検知車両性能制限	-	★

①バッテリー液面警告

バッテリーの液面が低下した場合に液面警告インジケータの点灯と警告ブザーでオペレータに通知し、バッテリー液の補充を促す。

②バッテリー液面検知車両性能制限

バッテリー液面が低下したまま長時間使用された場合に車両の性能を制限し、メンテナンスを促すとともにバッテリーへのダメージを軽減させる。

③バッテリー液温警告

バッテリー液温が高い場合にバッテリーオーバーヒート警告インジケータの点灯と警告ブザーでオペレータに通知し、電流消費を抑える稼働条件への見直しを促す。

④バッテリー液温検知車両性能制限

バッテリー液温が高い状態で使用された場合に車両の性能を制限し、電流消費を抑える稼働条件への見直しを促すとともに、バッテリーへのダメージを軽減させる。

(2) バッテリーデータログ機能

車両の稼働・バッテリーの充電情報などを自動で記録。データに基づいた使用状況の確認を可能にし、必要に応じてオペレーションの見直しや車両仕様の変更提案に活用でき、お客様の大切なバッテリーの寿命延長にも貢献する。

データログ機能で記録されるデータは以下のとおり。

①機台稼働状況

- ・稼働日数
- ・キーオン時間

②バッテリーメンテナンス状態

- ・液面警告時間

③充電状況

- ・充電開始残量
- ・最小バッテリー残量

④バッテリー使用状態

- ・平均バッテリー液温度
- ・最高バッテリー液温度
- ・バッテリー液温度一定値越え積算時間
- ・バッテリー放電量
- ・充電回数

これらのデータは、車載のディスプレイで数値表示、グラフ表示ができるほか、QRコードでも表示ができる(図7)。スマートフォンやタブレットなどでQRコードを読み取り、データをパソコンに送信すると、表計算ソフトで管理が可能(図8)。



図7 データの画面表示
Fig.7 Recorded Data on Display

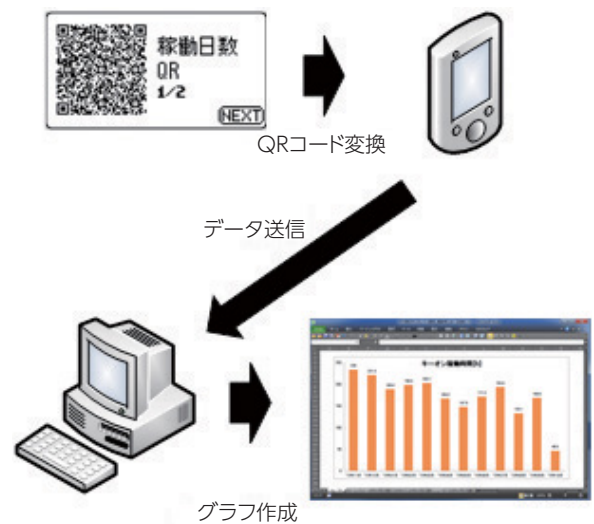


図8 QRコードによるデータ管理
Fig.8 Exporting data using QR code

■テレマティクスサービス(稼働管理システム)

フォークリフト向けテレマティクスサービス「TOYOTA T_Site」を新規オプション設定した。フォークリフトに搭載された各種センサからの稼働データを、通信システムを通して収集し、走行時間や稼働率など様々な情報をお客様のパソコンや

タブレット端末で閲覧可能にするサービスで、車両の効率的な利用やオペレータの最適配置などにより、物流コスト低減や現場改善、安全管理に活用いただくものである。

本サービスは、今回の新型車への搭載を皮切りに、今後、他の機種にも順次搭載拡大を計画している。



図9 情報の流れ
Fig.9 Flow of information



図10 TOYOTA T_Site ホーム画面
Fig.10 TOYOTA T_Site web-site

「TOYOTA T_Site」の機能は以下のとおり。

1) 稼働状況管理

車両・オペレータ・拠点毎のキーオン時間・荷役時間・走行時間・稼働率等の稼働状況が把握可能。

2) バッテリー状態管理

バッテリー状態の把握、充電・放電の使用状況を視える化。

3) 車両衝撃検知

車両に搭載されたセンサで衝撃の検知状況が把握可能。車両衝撃が大きい場合は管理者へ直ちに通知が可能なくみになっており、車両損傷の未然防止に貢献する。

4) オペレータアクセス管理

オペレータのPIN※コードと運転可能な車両をWeb画面で設定可能。オペレータ別に車両性能の設定を変えることも可能。

※PIN (Personal Identification Number) :
個人認証番号

5 まとめ

今回モデルチェンジを行ったコンパクト電動フォークリフトは、当社がこれまで全世界に展開してきた技術の上に立ち、省電力化による連続稼働時間延長と使いやすさ、優れた安全性の実現により、必ずやお客様の高い支持を得られるものと確信する。今回開発した製品をきっかけにこのクラスのフォークリフトだけでなく、トヨタフォークリフトとそのコンポーネントが更に広くご愛顧いただけることを願っている。

最後に今回の開発に当たり、多大な協力・サポートをいただきました社内外の関係者各位に、深く感謝いたします。

■ 著者紹介 ■



伊藤 裕之



飛田 淳一



各務 弘憲



福岡 仁



高橋 正幸



牧 国夫



炭釜 康一

開発者のコメント

新型車を導入する北米、一般輸出地域、日本それぞれのお客さまのニーズに最大限お答えするため、市場調査に加え、先行開発車のデモを実施。商品－製品のコンセプトづくりをじっくり行いました。最終的に、日米モデルで異なった動力性能とすること、別々のブレーキシステムを採用することにしました。1978年に電動三輪を日本で初めて発売して以来、市場をリードしてきたトヨタL & Fだからこそ、新型車のライバルは従来型でした。異なったシステムでありながら、これまでのお客さまが違和感を覚えないよう、同じ操作感とすること、かつ、明らかに良くなっているとわかってもらえることの二律背反のチューニングを試行錯誤しながら、それぞれ作り込みました。

生産準備については先回の開発同様、米国生産拠点からの立ち上げでしたが、試作車段階から米国、日本の生準・開発メンバーが一緒になって準備を進行。相互に情報と課題を共有することでスムーズな生産立ち上がりことができました。今後の開発においても、開発、生産準備の各部署が一体となり、発生する課題に共に立ち向かう風土づくりに勤め、レベルアップを図って行きたいと思います。