

5人乗りゴルフカー開発

Development of a Five-Passenger Golf Car

加治屋 晋一 勝田 悠馬 宮内 泰寛 櫻木 伊織 安西 賢汰 澤村 充
四俵 海太 池田 桂一郎



Abstract

In 1975, "Yamaha Motor Co., Ltd." (hereinafter referred to as "the Company") launched its first golf car, the "YG-292". In 2025, the Company's golf car business will celebrate its 50th anniversary. In June of this year, the Company released two new five-passenger electric golf cars for the Japanese domestic market — the "G30Es" and "G31Eps" (see Table 1). Like the current lineup, both are available in electromagnetic induction type* and manual-drive type versions. In addition to the quiet operation characteristic of electric vehicles, these models deliver powerful, smooth, and stable driving performance. Looking ahead to the next 50 years, these models carry forward the core concepts of the current generation — "a comfortable mobility space," "a sense of security in driving characteristics," and "outstanding operational reliability." At the same time, they achieve further evolution in driving performance and realize a higher-level balance between economic efficiency and environmental performance. The following sections outline the development objectives and key features of these models.

* Automatic driving system that operates by following an induction wire embedded in the ground.

1 はじめに

1975年に「ヤマハ発動機株式会社」(以下当社)が初のゴルフカー「YG-292」を発売し、2025年にゴルフカー事業は50周年を迎える。

本年6月、当社は日本国内向けの5人乗り電動ゴルフカー「G30Es」および「G31Eps」を発売した(表1)。現行モデルと同様に、電磁誘導式*および手動走行式の2機種をそろえ、電動ならではの静肅性に加え、力強く滑らかで安定感のある走行性を備える。

本モデルは、次なる50周年に向けて現行モデルの基本コンセプトである“快適な移動空間”、“安心感のある走行特性”、“優れた運行信頼性”を踏襲しつつ、走行性を進化させ、経済性と環境性を高次元で両立させた。以下に、開発の狙いと特徴を示す。

※埋設した誘導線に沿って走行する自動運転システム

表1 仕様諸元表

	電磁誘導式バッテリーモデル		マニュアル式バッテリーモデル			
	G30Es		G31Eps			
バッテリー容量	4kWh	6kWh	4kWh	6kWh		
型式	JB0 JB4 JB1 JB7					
駆動方式	AC モーター					
定格出力	5.0kW					
走行方式	電磁誘導		マニュアル			
乗車定員	5人					
バッテリータイプ	リチウムイオンバッテリー					
公称電圧	51.2V					
充電器方式	車載式定電流充電器					
登降坂性能	20度登降坂					
手動時走行速度	0~19km/h					
誘導時走行速度	通常8km/h 高速10km/h 低速6km/h 徐行 3km/h		—			
ブレーキ方式	油圧式4輪ディスク及びモーター回生ブレーキ					

2 開発の狙い

本製品は、基本コンセプトを踏襲しつつ、新設された LSM (Low Speed Mobility) 事業の起点となるモデルとして車両コンポーネントを刷新し、走行性の進化を図った。

また整備性向上、用途にあわせた駆動バッテリーの容量選択を達成するため、従来モデルでは1つの制御ユニットによる車両・走行・充電の集中制御としていたが、本モデルでは新たに分散協調型制御を採用した。

新設された車両制御ユニット(以下 VCU)とすべての制御コンポーネントは CAN 通信で接続され、集中制御している。各コンポーネントは、個別に搭載されたコントロールユニットにより、正確かつ迅速に動作する。主な利点は以下の通りである。

1. 各コンポーネントが個別に最適制御されることでシステム全体の制御性および効率が向上
2. 一部のシステム障害が全体に波及することを防ぎ、信頼性が向上
3. 機能向上や電子部品等の廃番対応などのアップデートをコンポーネント単位で実施可能となり、柔軟性が向上
4. 機能追加やバリエーションモデルへの対応において、拡張性が向上

また、外装およびフレームは従来モデルから流用しているが、刷新した制御系コンポーネントの搭載性および冷却性を確保するため、最適化を施している。



図1 VCU

3-2. 駆動バッテリー（内製リチウムイオンバッテリーパック）

新たに開発されたリチウムイオンバッテリーパック(図2)は、長期間使用されるゴルフカーの特性を考慮し、セルの正極材に長寿命かつ熱安定性に優れるリン酸鉄(LFP)を採用した。また、ゴルフ場の使用環境に応じて、4kWh および6kWh の2種類から選択可能とした。

内蔵されたバッテリーマネジメントシステム(BMS)は、VCUとの組み合わせにより、バッテリーを適切に管理している。開発設計は当社が担当し、製造はヤマハモーター・パワープロダクツ株式会社が担い、四輪車の駆動用電池パックとして、当社初の完全内製化を実現した。

また整備性向上、交換性向上のため搭載されているリヤシート下のフレームを分割式とし、アクセスしやすいようにした。



図2 リチウムイオンバッテリー

3 新規設計コンポーネントの紹介

本モデルで刷新された主なコンポーネントは、以下の通りである。

3-1. VCU (Vehicle Control Unit)

車両全体を制御するコントロールユニット(図1)である。高性能マイコンを採用し、制御周期の高速化および誘導線検出回路の応答性改善を図った。また、従来アナログ回路で構成されていた誘導走行回路をソフトウェア処理に変更することで、誘導線の検出および追従性を向上させ、電磁誘導走行時の乗り心地を改善するとともに、コスト低減を実現した。これにより、複雑なカーポート上でもより滑らかな走行が可能となった。

3-3. 車載充電器

上記駆動バッテリーと制御用12V バッテリーを同時に充電可能なマルチ充電器(図3)である。設定により、多様なバッテリーに対して適切な充電制御を行うよう設計されている。また、従来モデルと同等の効率を維持しつつ、パワースイッチング制御技術の進化により、スイッチング損失低減を図るPhase Shift Full Bridge 回路と交流の無効電力の最小化を図るPower Factor Correction 回路技術の導入により、力率を50%以上改善したこと、ゴルフ場の配電盤容量低減を可能とし、電気料金の削減に貢献する。



図3 車載充電器

3-4. 駆動モーター

従来のDCモーターに替えて、速度およびトルクの制御精度に優れるACモーター(図4)を採用した。きめ細やかな回生制御とブラシレス構造により、車両性能を維持したまま、高効率化およびメンテナンスフリー化を実現した。



図4 駆動モーター

3-5. MCU (Motor Control Unit)

前述のACモーターと組み合わせることで、力強く安定感のある走行と、きめ細やかな回生制御による高効率化を実現しているMCUである(図5)。また、フレーム下部に導風板を追加し、走行風をMCUの冷却に積極的に活用することで、従来の外装を流用しながら、刷新したコンポーネントのレイアウト(図6)を成立させている。



図5 MCU

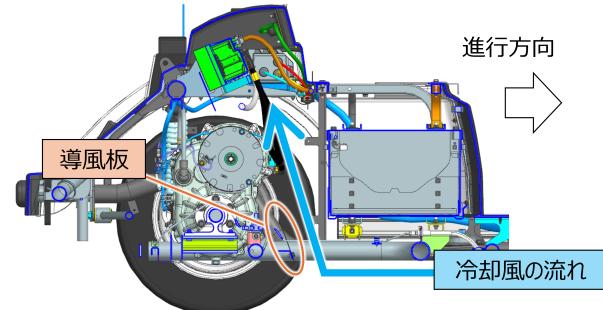


図6 冷却を考慮したレイアウト

3-6. 油圧ユニット(ブレーキシステム)

新規開発の油圧ユニット(図7)はVCUおよびMCUとの協調制御により、回生ブレーキ制御と連動した滑らかで安定感のある制動を実現している。



図7 油圧ユニット

3-7. アクセルペダル

新規開発のアクセルペダル(図8)は従来の金属製ペダルに対し、四輪車で使用実績のある樹脂製汎用モジュールを流用、アームとペダル部分のみを車体に合わせて最適設計した。また、スプリングには圧縮ばね2段構造を採用した。

これにより、コスト低減を図りつつ、スプリング、摺動部が樹脂ケースに内蔵される構造により給脂不要な、メンテナンスフリーを実現している。



図8 アクセルペダル

4 製品の特徴

前述の新コンポーネントを活用し、さらなる商品性の向上を実現した。

4-1. 快適性向上

電磁誘導走行時において、新たに採用したACモーターとVCUおよびMCUの2つのコントローラの組み合わせにより、滑らかで快適な乗り心地(図9)を実現した。

VCUの高性能化に伴い、自動操舵もより精密な制御が可能となり、車両の挙動が抑えられ、搭乗者の疲労低減に寄与する。



また、前方車両から発信される電波を検出して自動減速・停止する前方車両検知システム(図10)は、従来モデルに対し停止に必要な制動距離は同等のまま、停止直前の減速度を緩和することで特に停止時の不快な挙動を低減した。

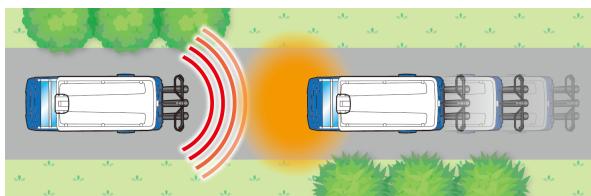


図10 前方車両検知システム

4-2. 経済性向上

ACモーターおよびMCUによる効率向上に加え、新設された駆動バッテリーとACモーター、VCU、MCUの組み合わせにより、最適な回生ブレーキ制御を実現し、消費電力を従来比30%低減^{*}した。

これにより、バッテリー容量を従来モデルの8kWhから6kWhへ削減しながら、満充電1回あたりの航続ラウンド数を従来モデルと同等としている。さらに、重量増加を抑えることで、走行性の向上および消費電力の低下を実現し、コスト低減にも貢献している。

安定性と長寿命を兼ね備えたLFPリチウムイオンバッテリーは、新車購入後の7年長期保証を実現した。また、ブラシレス構造のACモーターと、制御バッテリーにMFバッテリーを採用することで、メンテナンスに要する手間を大幅に削減した。

^{*}当社標準コースによる測定結果

4-3. 環境性向上

新設されたコンポーネントおよびワイヤーハーネスには、鉛フリーはんだを採用し、環境負荷の低減に配慮した。また、リチウムイオンバッテリーは共同回収システムに参画することで、環境負荷への対応に加え、リサイクルにも取り組んでいる。

5 おわりに

ゴルフカーには、ゴルファーがプレーに専念できる快適な移動手段であること、ならびに10年以上使用されることが多いため、ゴルフ場にとって信頼性の高い車両であることが求められる。

また、リゾート地やテーマパークで使用されるランドカー、工場搬送車(SF-Ve)、グリーンスローモビリティ(GSM)などのベースモデルとして、多様な環境下で活用されている。

今回開発した新モデルは、新たに採用したコンポーネントおよび制御システムにより、走行性、制御性、信頼性、拡張性にすぐれた高いロバスト性を備えた車両であり、これらに応える製品である。

多様な場面において、利用者の期待を超える安心かつ快適な移動手段として、本モデルが貢献することを期待する。

■著者



加治屋 晋一
Shinichi Kajiyama
LSM開発部



勝田 悠馬
Yuuma Katsuda
LSM開発部



宮内 泰寛
Yasuhiro Miyauchi
LSM開発部



櫻木 伊織
Iori Sakuragi
LSM開発部



安西 賢汰
Kenta Anzai
LSM開発部



澤村 充
Mitsuru Sawamura
モビリティシステム
開発本部
企画部



四俵 海太
Kaita Shidawara
モビリティシステム
開発本部
企画部



池田 桂一郎
Keiichiro Ikeda
モビリティシステム
開発本部
企画部