

「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート 《キャリーECO5-Ⅱ》」の開発

Golf Cart "CARRY-ECO5-Ⅱ" installed High Power Batteries

加納祥博* Yoshihiro Kanou 真田吉男* Yoshio Sanada 大町彰一* Shoichi Ohmachi 溝井洋一* Youichi Mizoi
吉岡達矢* Tatsuya Yoshioka 越田佳男* Yoshio Koshida 木村貴弘* Takahiro Kimura 阿部一太* Kazuta Abe

当社は、1999年に業界初の「電磁誘導式バッテリー乗用カート《キャリーECO5》」を発売し、その後堅調に販売を続け、2005年にはフルモデルチェンジの《キャリーECO5-Ⅱ》を発売した^{1) 2)}。この分野において最近の市場動向を見ると、韓国がゴルフ発展期を向かえ、新設ゴルフ場の増加とともに、ゴルフカート需要も急伸している。

しかし韓国ゴルフ場でのカート使用方法は国内と異なり、ラウンド時間短縮のため、自動走行と手動走行を併用した使用方法をとっている。

そこで今回「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-Ⅱ》」を開発して韓国の市場に提供することにした。韓国の市場要求に適合させるため、手動走行時の上り坂の速度を向上させた。また、下り坂については、アクセルワークおよび走行路勾配により、駆動モータの回生制御およびブレーキモータを制御して加速を抑制し、手動走行性能の向上と安全性を高めた。

Electromagnetic induction type riding golf cart "CARRY ECO5" with power source of batteries and motor was introduced for the first time in Japanese golf industry in 1999. Thereafter new model "CARRY ECO5-II" was released in 2005 after some improvement and getting high reputation in domestic market as well as in South Korean market now. And, Korean market is under expansion of golf courses and increasing players.

However, direction of the golf cart is different in South Korea, where players prefer to play in shorter time by manual driving and not much automatic driving. Therefore, some modification was required to keep competitiveness in South Korean golf cart market and new designed "CARRY ECO5-II" using high power batteries was developed.

Manual driving in the uphill is adjusted to get certain speed and acceleration in the downhill is restrained as the regenerative braking of the drive motor and brake motor are controlled by acceleration work and inclination. Then we improved the manual driving performance and safety of our product.

〔1〕 緒 言

バッテリー式のゴルフカートはエンジン式のゴルフカートに比べて音が静かであり、排気ガスによる大気汚染の問題もなく、環境問題への観点から関心を集めている。

当社の電磁誘導式バッテリー乗用カート《キャリーECO5》《キャリーECO5-Ⅱ》（以下、現行品と記す）は「デザイン」「機能」「安全」の対応機種として、市場から好評を得ている。

一方、ゴルフカートの市場動向をみると、海外の韓国においてゴルフ発展期を向かえ、ゴルフ場入場者数は増加している。しかし、入場者数が増加しているにもかかわらず韓国内のゴルフ場は約290ヶ所しかなく、ゴルフ人口に対しゴルフ

場の数が圧倒的に少ない状態である。このような需要過多に対応するため、韓国内でのプレースタイルはキャディー付きが基本であり、キャディーがカートを手動走行することが多い。セルフプレーが広がりつつある我が国では自動走行が主であるが、韓国では手動走行の比率が高く手動走行の性能向上が求められている。

そこで、この需要に対応することを目的として、「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-Ⅱ》」を開発した。

現行品の特長である、スマートなデザイン、乗り心地の良いクッション性、自動走行時の滑らかな走行性、接近センサによる安全性を維持しながら、韓国市場の要求に応えるため、手動走行性能を向上させた。以下にその技術内容を報告する。

*埼玉事業所

〔2〕「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」の概要と特長

「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」は、これまでの電磁誘導式バッテリー乗用カート《キャリーECO5》および《キャリーECO5-II》と同様、ゴルフコース内の地中に埋設した誘導線の磁界を検出して自動走行する電磁誘導式で、リモコンによる遠隔操作によって、カートの発進および停止ができる。また、ハンドルとアクセルペダルおよびブレーキペダルの操作による手動運転にも切り替えることができる。

電源は、48Vから56Vの鉛蓄電池（以下、バッテリーと記す）に変更した。走行用モータは直流他励式電動機を搭載し、登降坂能力は最大20度で1.5～2ラウンドの走行を可能としている。

「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」は、手動走行性において以下に挙げる特長を有している。

【登坂力】 上り坂での速度向上

【操作性】 アクセルの踏み込み量に応じた走行速度

【安全性】 アクセルを放すことにより自動的に停止，下り坂での加速抑制，緩やかな発進

【2ラウンド走行】 下り坂での回生電流によるバッテリー充電量の増加およびパワー部の配線見直しによる消費電力損失の低減

表1に「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」の仕様、図1に外観写真を示す。

表1 「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」の仕様

Table 1 Specifications of High-Power Battery Installed Golf Cart "CARRY-ECO5-II".

項目		ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》					
型式		HIC-865					
走行操蛇		ハンドル操作／電磁誘導					
定員		5名 (65 kg×5名=325 kg)					
積載		4 バッグ+他小物=50 kg					
色		ホワイト／グリーンの2色					
全長		3,430 mm (バッグスタンド折畳時 2,950 mm)					
全幅 (前/後)		1,250 mm/1,350 mm					
全高		1,830 mm					
ステップ		高さ：250 mm, 幅：1,100 mm					
最低地上高		115 mm (センタースイング支点)					
トレッド		前：920 mm, 後：920 mm					
ホイールベース		1,800 mm					
質量		410kg (バッテリー除く)					
最小回転半径		3.0m (誘導線中心)					
登降坂角度坂		上り, 下り：20°					
速度	手動	勾配 (°)	0	5	10	15	20
		速度 (km/h)	19.5	17.0	14.5	12.0	8.4
	自動	低速：3.0～5.5 km/h					
		標準：6.5～8.5 km/h					
		高速：10.0～12.0 km/h					
走行モータ		他励式直流モータ (DC56V, 3kW)					
減速機		減速比：1/13, デファレンシャル式					
前輪懸架方式		マクファーソン式					
後輪懸架方式		センタースイング式					
電池容量		150 Ah / 5 h (56V : 8V×7個)					
接近センサ機能		減速+停止					

〔3〕車体構造

3.1 バッテリー搭載構造

現行品の電源は電圧48Vのバッテリーであるが速度向上のため電圧8Vのバッテリーを7個直列に接続した電圧56Vのバッテリーとした。図2にバッテリー搭載構造を示す。

3.2 フレーム強度解析^{3) 4)}

バッテリー積載質量が17%増加したことによりフレームに掛かる荷重が増えるため、FEM (有限要素法：Finite Element Method) による応力の解析をした。解析条件としてゴルフ場での実測最大上下加速度を静的加重として加えた。フレー



図1 「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」外観

Fig.1 Exterior of High-Power Battery Installed Golf Cart "CARRY-ECO5-II".

ム応力解析の結果を図3に示す。解析結果により応力の高い箇所にはリブ等の補強を入れ、応力を分散させた。その結果、応力は使用材料の10⁷回許容応力以下となり、強度的に問題がないと判断した。また、凹凸路走行および逆カント走行にてフレームの耐久評価を実施し、鋼材のひびや破損が無いことを確認した。

[4] 走行制御⁵⁾

4.1 制御部の構成

「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」の制御部の構成を図4に示す。走行制御部は、大別してメインコントローラ、走行モータコントローラ、操舵・ブレーキモータコントローラと走行モータ、操舵モータ、ブレーキモータおよび傾斜センサ、速度検出器を含む各種センサ部、表示部で構成している。

今回、「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリーECO5-II》」用に開発した走行モータコントローラ、メインコントローラの走行モータ制御およびブレーキモータ制御について以下に述べる。

4.2 走行モータコントローラ

走行モータコントローラはメインコントローラより出力される指令値により、走行モータの電機子電流と界磁電流を制御する。走行モータコントローラはあらかじめ電機子電流に対応した界磁電流を決定するための4つのモードを持ちメインコントローラからの指令によりモードを変更する。モードを変更することにより走行モータの最高速度、トルク、回生力を変更できるようにした。電機子電流と界磁電流の関係の一例を図5に示す。

また、現行品に比べて回生電流を増加させることにより、下り坂の制動力を強め、急な下り坂でも速度の加速抑制を可能とした。また回生電流をバッテリーに戻し、充電することで走行距離を増加させた。

4.3 メインコントローラ

メインコントローラには16ビットシングルチップマイクロコンピュータを採用し、走行、操舵、ブレーキ制御および運転制御全体を一括して制御している。メインコントローラの走行モータ制御およびブレーキモータ制御について以下に述べる。

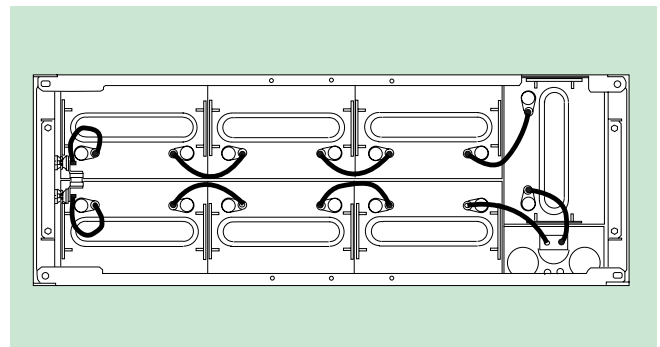


図2 バッテリー搭載構造
Fig.2 Batteries.

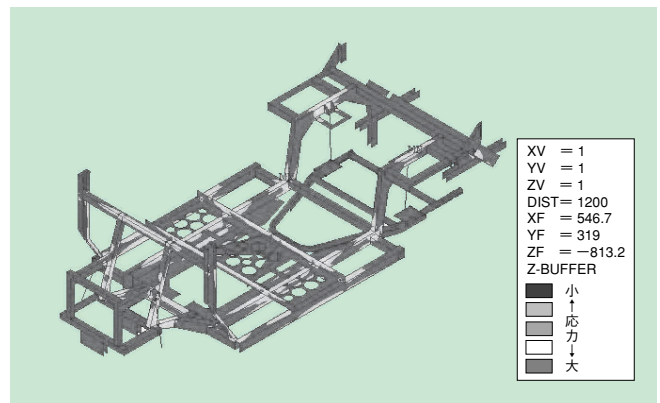


図3 フレーム応力解析結果
Fig.3 Frame Stress Analysis.

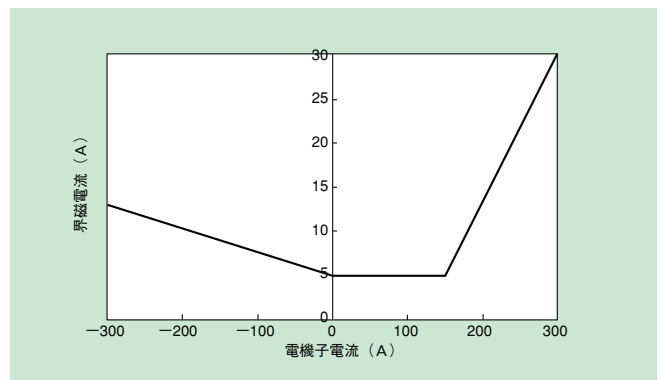


図5 電機子電流と界磁電流の関係の一例(低トルク、高速用)
Fig.5 Example of Relationship between Field Current and Armature Current.
(Case of low torque and high speed)

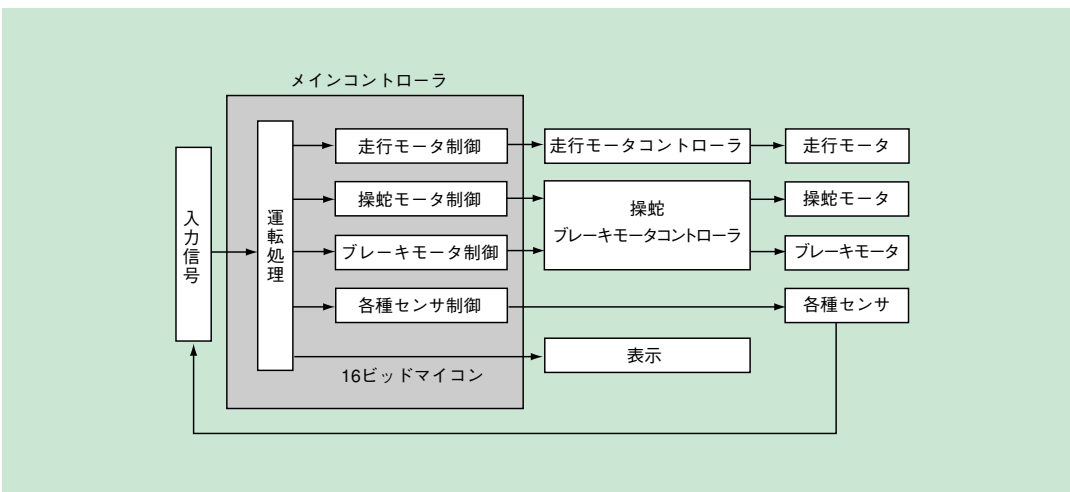


図4 制御部の構成
Fig.4 Control System Chart.

4.3.1 走行モータ制御

手動走行時の速度は、走行モータの回転数を検出する速度検出器により目標速度に実車速度を近づけるようにフィードバックして制御している。アクセルの踏み込み量に応じた目標速度を設定し、アクセルを放した場合も目標速度に沿って緩やかに速度を下げて停止する。アクセルの踏み込み量と目標速度の関係を図6に示す。狭い場所での運転を配慮し、アクセルの踏み込み量が少ないとき（80%以下）は目標速度を従来の50%と低く設定することにより、低速時の速度調整を容易にして安全性を高めた。また、カートに設置した傾斜センサにより走行路の勾配を検出して走行モータのトルクと回生力を制御する。走行路の勾配に対し走行モータのトルクと回生力を走行モータコントローラのモードを変更することにより、上り坂の速度向上および下り坂の速度抑制を可能とした。下り坂の発進においても安全性を高めるため加速を抑制して緩やかな発進特性とした。

プログラムを記憶するROM（Read Only Memory）にはフラッシュメモリタイプを採用し、車載状態でのプログラムの書き換えを可能とした。制御プログラムのパラメータである制御系ゲインや走行路の勾配によるトルク、回生力の変更条件をゴルフ場実車走行にて確認し、手動走行の滑らかさを向上させた。

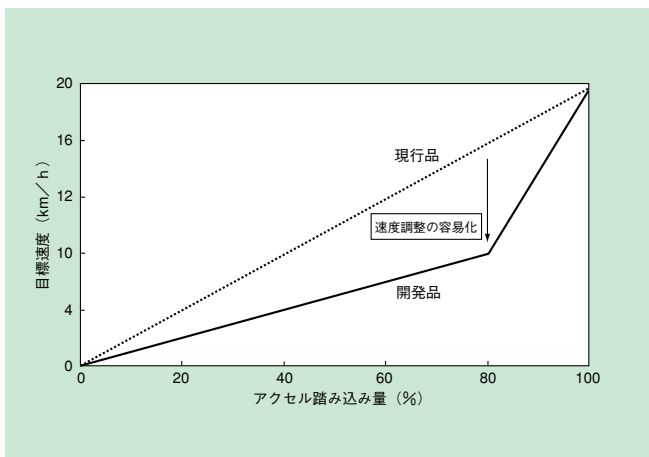
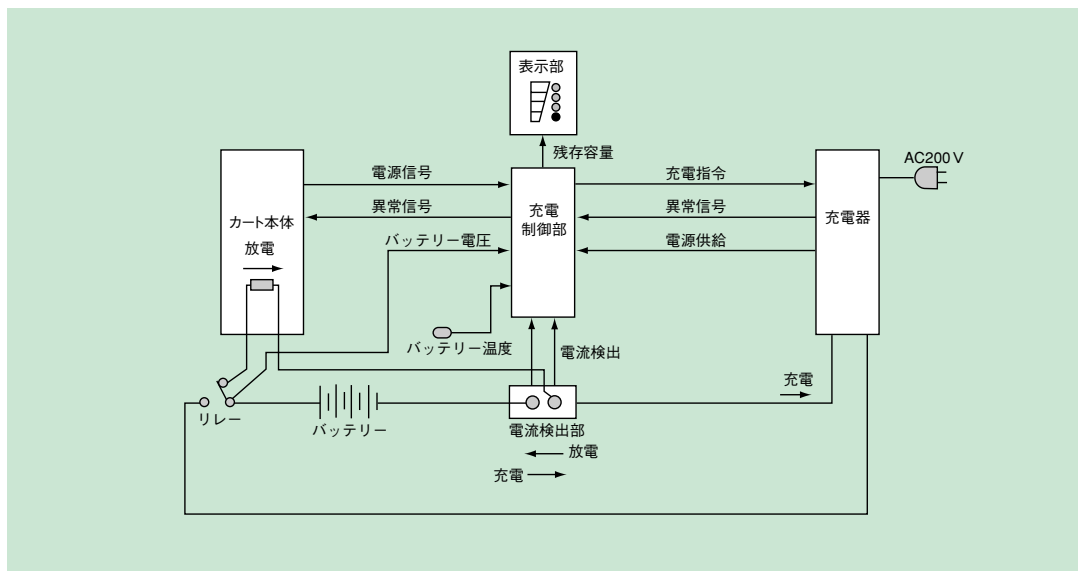


図6 アクセルの踏み込み量と目標速度の関係
Fig.6 Relationship between Target Speed and Throttle Ratio.

図8 充電システムの構成

Fig.8 Construct of Charge System.



4.3.2 ブレーキモータ制御

ブレーキモータ制御は四輪の油圧ドラムブレーキにかかる油圧をブレーキモータで変化させることにより制御する。図7にブレーキ構造を示す。制動指令を受けるとブレーキモータの出力軸に取り付けられたレバーが回転し、シリンダプッシュロッドを押し制動力が発生する。これにより、ブレーキモータのトルクを制御することで制動力を加減し、滑らかな減速や停止をする制動力を得ている。

通常手動走行時は走行モータの回生力により制動をかけるが、回生電流によりバッテリー電圧が上昇した場合の過電圧防止のため、四輪油圧ドラムブレーキを併用して制動力を補う。停止動作時は速度低下に伴い回生電流が減少して回生力が低下するため、四輪油圧ドラムブレーキの制動を併用して停止する。停止後は電磁ブレーキによりパーキングロックして停止を保持する。

[5] 充電システム

「ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート《キャリア ECO5-Ⅱ》」の充電システムの構成を図8に示す。

充電システムは、大別して充電器、充電制御部、バッテリーおよび表示部で構成される。主となる充電器と充電制御部に

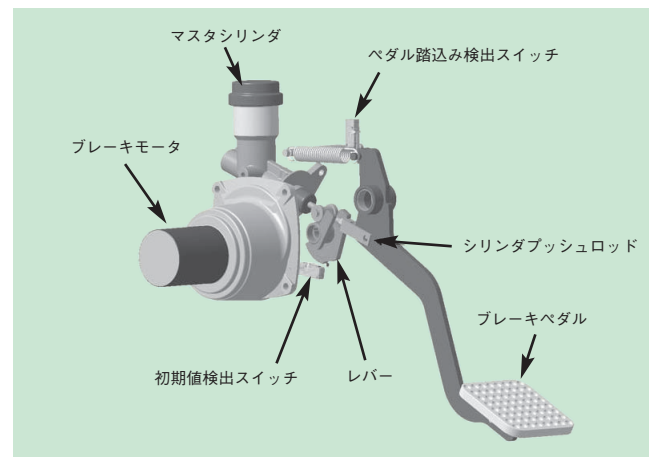


図7 ブレーキ構造
Fig.7 Braking Mechanism.

ついて説明する。

5.1 充電器

充電器は、設備工事と毎日の充電作業の簡素化に配慮して車載方式とし、電源コンセントがあればどこでも充電を可能にしている。

充電方式は、充電制御部からの電流指令に応じて電流を流す定電流の多段切換充電とし、電流切換電圧を見直すことで現行品と同様のバッテリー寿命を確保した。

充電方式の概要を図9に示す。

5.2 充電制御部

充電制御部は、充電器への充電電流指令のほかに、バッテリーの充放電電流を電流検出部により常に計測、積算することで充放電量を記憶し、放電量に適した充電を実施する役割を果たしている。充電中はバッテリー電圧を監視しており、バッテリーの温度により変化する電流切換電圧に達した時点で充電電流を切り換える。充電異常が発生した場合はバッテリー残容量を表示する表示部の点滅回数により異常内容を表示するようにした。さらにマイコンのメモリに記憶した放電量や充電量のデータが、電源の遮断により消去されるのを防止するため、マイコンが動作停止するまでの間にEEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory) に記憶させる方式とした。

[6] 走行試験

6.1 手動走行速度

上り勾配における走行速度は現行品の速度に比べ最大で約32%向上することを確認した。上り坂における現行品と開発品の速度比較を図10に示す。

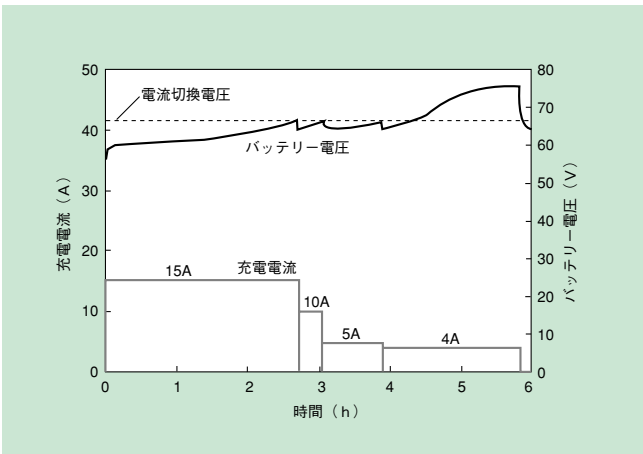


図9 充電方式の概要

Fig.9 Charge Procedure.

表2 2ラウンド走行時のバッテリー消費量

Table 2 Battery Consumption at Two-Rounds.

項目		開発品	従来品
2ラウンド走行時の消費量	消費量	69.6 Ah (97%)	71.4 Ah (100%)
	回生量	9.2 Ah (164%)	5.6 Ah (100%)

条件：丘陵コース、36ホール、5人乗車、4バグ

6.2 手動下り坂発進特性

下り坂での発進は緩やかに発進して安全性が向上されていることを確認した。また、下り坂においても加速を抑制し、ブレーキペダルを踏むことなく、アクセルの踏み込み量に応じて速度調整が可能であることも確認した。下り坂走行特性を図11に示す。

6.3 バッテリー放電量

本開発において実際のゴルフ場で走行試験を実施し、今回の回生電流増加によるバッテリー充電の有効性を確認した。表2に2ラウンド走行のバッテリー消費量測定データを示す。

回生電流増加により現行品に比べ、回生量が64%向上して消費量が3%低減したことにより、上り坂の速度を向上させても2ラウンド走行が可能であることを確認した。

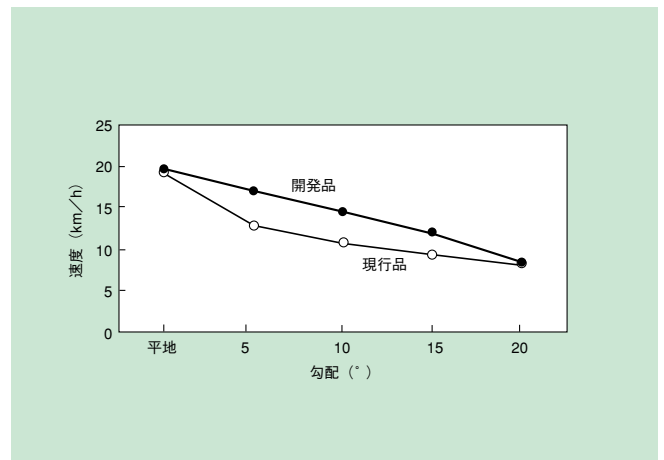


図10 上り坂における速度比較

Fig.10 Comparison of Speed in Uphill.

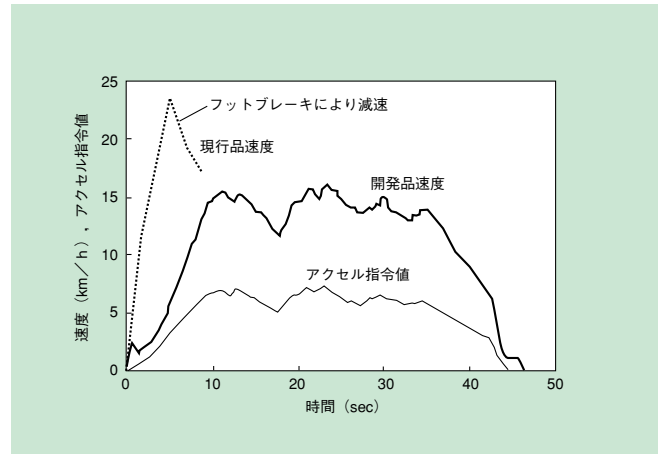


図11 下り坂走行特性 (下り15度)

Fig.11 Driving Characteristic in a Downhill. (Decent 15 degrees)

〔7〕 結 言

- (1) 走行路の勾配検出による速度制御技術によって、上り坂および下り坂の手動走行性能を向上させた。
 - ①上り坂速度を現行品に比べ最大で32%向上した。
 - ②下り坂でブレーキペダルを踏むことなくアクセルの踏み込み量に応じた速度で走行し、加速を抑制した。
 - ③下り坂の発進において、緩やかに発進して安全性を向上させた。
- (2) アクセルや勾配の条件に応じてコントローラのモードを変更することにより、走行モータのトルクや下り坂の回生力を適切にして滑らかな手動走行性能とした。
- (3) 回生電流をバッテリーに充電することにより上り坂の速度を向上させても2ラウンド走行を可能とした。

〔参考文献〕

- 1) 西野耕司他：“電磁誘導式バッテリー乗用カート「キャリアECO5」”，新神戸テクニカルレポート，No.10，P.15（2000）。
- 2) 吉岡達矢他：“電磁誘導式バッテリー乗用カート「キャリアECO5」のモデルチェンジ”，新神戸テクニカルレポート，No.16，P.33（2006）。
- 3) 社団法人自動車技術会：自動車技術ハンドブック 1～4 巻（1991）。
- 4) 中原一郎：材料力学（上巻），養賢堂（1989）。
- 5) 土屋武士他：現代制御工学，産業図書（1991）。