

リチウムイオン電池搭載2人乗りカート 「キャリーECO2ML」の開発

2-Personal Golf Cart "CARRY—ECO2ML" Powered by Lithium Ion Battery

西野耕司* Kohji Nishino 真田吉男* Yoshio Sanada 大町彰一* Syoichi Omachi 溝井洋一* Youichi Mizoi
吉岡達矢* Tatsuya Yoshioka 加納祥博* Yasuhiro Kanou 越田佳男* Yoshio Koshida 木村貴弘* Takahiro Kimura

近年、ゴルフ場の環境に対する関心の高まりにより、電池式乗用カートの需要が伸びてきている。それとともに、カート専用道路のみの走行からフェアウェーへ乗り入れを要望する傾向も強くなってきた。また、ゴルフプレーが4人プレーだけでなく2人プレーが増加している。

このような顧客の要望に対し、鉛蓄電池搭載カートでは、質量が重く芝を傷める割合が多いためフェアウェーへの乗り入れはあまり行われていない。

今回、フェアウェーへの乗り入れを可能とするため、当社開発の軽量・高出力のマンガン系リチウムイオン電池を搭載した2人乗りカート「キャリーECO2ML」を開発した。

In recent years, the demand for riding golf cart powered by battery has been growing with the increasing interest in the environmental issues. Many golfers request not only cart-road driving but also fairway driving strongly. Besides, the number of the play of 2 people is increasing as much as that of 4 people.

In spite of this golfers request, most of golf courses do not accept fairway driving by riding golf cart with lead-acid battery in fear of the damage to the fairway turf.

We have developed 2-personal golf cart "CARRY-ECO2ML" in order to accept fairway driving, which is featured with high power and light weight supported by Mn-type lithium ion battery power system we developed.

〔1〕 緒 言

近年のゴルフ場の入場者数は横這い状態であり、ゴルフ場の経営効率向上と低料金化を可能にするためにセルフ化への移行が増加し、セルフプレーに対応した乗用カートを導入するゴルフ場が6割以上に達している。

新神戸電機㈱は、昭和57年に電磁誘導式ゴルフカートの市場に参入し、「キャリー」「キャリーⅡ」「キャリーⅢ」¹⁾を相次いで発売して好評を得てきた。また、近年の乗用ゴルフカートへのニーズの高まりを背景に、平成4年10月にエンジン駆動の電磁誘導式2人乗り「キャリー21」を、また平成8年3月に電磁誘導式5人乗り「キャリー215」²⁾を上市した。さらに平成11年7月には、環境に考慮して、排ガスのないクリーン、かつゴルフ場の雰囲気にあった静寂な乗用ゴルフカ

ートとして電磁誘導式バッテリー乗用カート「キャリーECO5」³⁾を、また平成12年4月にはマニュアル式バッテリー乗用カート「キャリーECO5M」を上市した。

ゴルフが4人プレーだけでなく2人プレーが多くなってきており、かつゴルフ場側としてもサービス向上策としてカート専用道路のみの走行からフェアウェーへの乗り入れを要望する傾向も強くなってきている。しかし、これまでの鉛蓄電池搭載カートでは、質量が重く芝を損傷しやすいため乗り入れはあまり行われていなかった。

今回、当社で開発した軽量・高出力マンガン系リチウムイオン電池を搭載し、フェアウェーの乗り入れを可能とした2人乗りカート「キャリーECO2ML」を開発したので、以下にその技術内容を報告する。

*名張工場

〔2〕「キャリーECO2ML」の概要と商品コンセプト

2.1 「キャリーECO2ML」の市場規模

「キャリーECO2ML」と同様の鉛蓄電池搭載2人乗りカートの日本での稼働台数は、約17,000台で全カートの約10%を占めており、販売量は約180台／月である。しかし、近年の2人でのプレーの増加、フェアウェーへの乗り入れの傾向、および海外では鉛蓄電池搭載2人乗りカートが主流であることなどから、今後、市場として拡大する可能性が高い。

2.2 商品コンセプト

マニュアル式は運転者の操作により走行するため、操作性と同時に走行安全性の確保が重要である。「キャリーECO2ML」は、操作性、安全性の確保のほかに、フェアウェーの乗り入れを可能とするため、①アルミフレーム、および軽量・高出力マンガン系リチウムイオン電池の採用による軽量化の実施、②登降坂路が多い国内のゴルフ場に対応するため、登坂時にエンジンカートに負けない速度の確保、③消費電力の低減による2ラウンド走行が可能なことの3項目を条件として開発した。

表1に「キャリーECO2ML」の商品コンセプトを示す。

2.3 構成

「キャリーECO2ML」の動力源の電池は、当社で開発した

容量90Ahのマンガン系リチウムイオン電池を16セル直列接続した構成で、平均作動電圧は60Vである。駆動モータには、直流他励式電動機を搭載した。加減速には、アクセルペダルの踏み込み量と降坂時の駆動モータによる回生制動、およびブレーキペダルの操作による油圧式ドラムブレーキが利用され、停止には電磁ブレーキが作動するシステム構成である。ステアリングはステアリングホイールよりギヤボックスを介して前輪に操舵力を伝える方式となっている。

フレームは、軽量化のためアルミ材を採用した。

制御部は、メインコントローラ、モータコントローラ、バッテリーコントローラ、セルコントローラ、充電コントローラからなる。

メインコントローラはカートの走行、停止の統合制御と故障警報等の表示を制御する。モータコントローラは、駆動モータの制御をする。バッテリーコントローラは、その下部にあるセルコントローラの3つの通信情報に基づきセル間の容量調整を制御し、セル状態のアラーム信号をメインコントローラへ通信する。

「キャリーECO2ML」の仕様を他社の同等機種と対比して表2に示す。また、「キャリーECO2ML」の外観写真を図1に示す。

表1 「キャリーECO2ML」の商品コンセプト

Table 1 Merchandise Concept of "CARRY-ECO2ML".

項目	開発コンセプト
操作性	①軽い操作で戻りの良いステアリング ②アクセルの踏み込み量に応じた走行速度
安全性	①自動パーキングブレーキ採用によるパーキング忘れ防止 ②駆動モータの回生ブレーキによる下り坂での加速防止 ③4輪ドラムブレーキによるスリップ防止（オプション）
フェアウェー乗り入れ	①フレームのアルミ化およびリチウムイオン電池搭載による軽量化 ②踏圧の軽減
エンジンに負けない登坂力	①リチウムイオン電池搭載による登坂路でのエンジン式カートに負けない速度の確保
2ラウンド走行	①軽量化による消費電力の低減 ②リチウムイオン電池を2モジュール搭載することによる容量増加

表2 「キャリーECO2ML」の仕様

Table 2 Specification of "CARRY-ECO2ML".

No.	項目		仕様	
1	品名		ECO2ML	A社
2	外形寸法 (mm)	全長	2,500	2,620
		全幅	1,100	1,200
		全高	1,830	1,760
3	輪間距離 (mm)		前：910，後：910	前：880，後：980
4	軸間距離 (mm)		1,450	1,660
5	登降坂能力 (度)		20	20
6	最小回転半径 (m)		2.7	2.7
7	最高速度 (km/h)		21	21
8	搭載電池		マンガン系リチウムイオン電池 (60V)	液入り鉛蓄電池 8V×6個=48V
9	質量 (kg)	本体	220	240
		電池	64	159
		乗員+バッグ	180	180
		総質量	464	579
10	制動ブレーキ		後輪油圧+モータ回生	後輪ワイヤ式+モータ回生
11	パーキングブレーキ		自動パーキング式	ペダルロック式

〔3〕車体構造

3.1 フレーム構造

「キャリーECO2ML」のフレームの外観写真を図2に示す。フレームには軽量化のためアルミ材（A6063, A5052）を採用した。さらに電池収納ケース、制御ケース、サイドプロテクタをフレームと一体化することにより部品の点数減をはか



図1 「キャリーECO2ML」の外観
Fig.1 Appearance of "CARRY-ECO2ML".

った。フレームの強度解析結果に基づき、応力の高いところには、厚さ10mmのアルミ板にて補強することにより耐応力性を強化した。また、フロント部は足回りの部品を別ユニットにすることにより、組立性を改善した。

3.2 懸架構造

図3に「キャリーECO2ML」の懸架構造を示す。

前輪は、後輪に対し輪荷重が小さく、また負荷による変化も少ないので、構造が簡素でバネ下重量が軽量化できるスイングアーム式の左右独立懸架を、後輪はフレームにタイヤ、

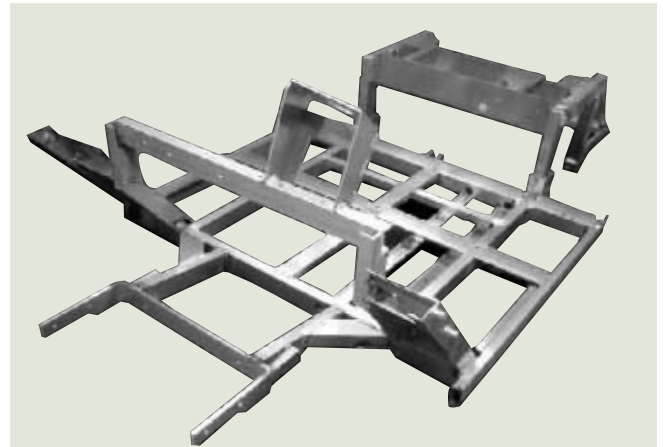


図2 フレームの外観
Fig.2 Appearance of the Frame.

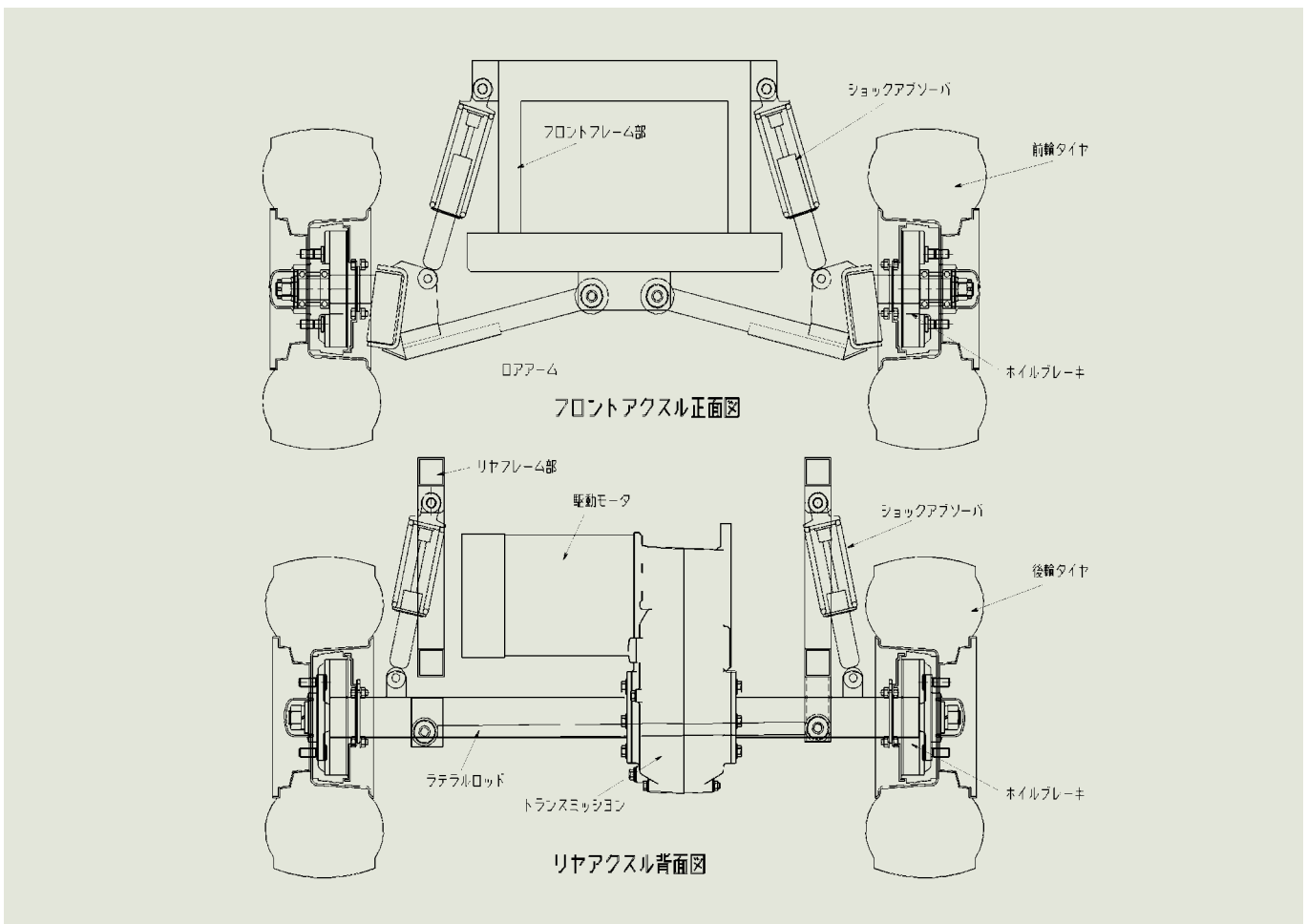


図3 「キャリーECO2ML」の懸架構造
Fig.3 Suspension Structure of "CARRY-ECO2ML".

ホイールブレーキ、トランスミッション、駆動モータにより構成されたリヤアクスルを懸架した3リンク方式を採用した。ショックアブソーバはオイルダンパ内蔵型とし、乗り心地の向上を図った。

3.3 ブレーキ装置

ブレーキには油圧式の2輪ドラムを採用し、高効率で均一な制動力を確保した。また、駆動モータの回生制動力と併用することでより安全、かつなめらかな制動が可能のように工夫した。特に、急な登降坂のあるゴルフ場においては、さらに余裕をもって安全に停止ができるようオプションにより油圧式の4輪ドラムブレーキの採用も可能にした。

駐車ブレーキは、「キャリーECO5」「キャリーECO5M」と同様に、安全性を確保するために電源が遮断したときにブレーキが掛かる負作動型の電磁ブレーキをトランスミッションの1段目に搭載した。その結果、停止時は自動的にパーキングロックすることになり、走行時は走行指令によりブレーキを開放し、走行可となる。

〔4〕カートの制御

4.1 制御方式の構成

「キャリーECO2ML」の回路構成を図4に示す。回路は大別して、(1)電池、(2)セルコントローラ、(3)バッテリーコントローラ、(4)モータコントローラ、(5)メインコントローラ、(6)充電コントローラ、(7)充電器から構成されている。それぞれには図4に示すように入出力系があり、これらをマイコンで制御した。以下各回路について説明する。

4.2 電池

電池は当社で開発したマンガン系リチウムイオン電池を搭載している⁴⁾。この電池はマンガン系正極と、非結晶炭素の負極から構成されるタイプである。1モジュールは、円筒形電池8本(8セル)が直列に接続された構成になっており、

電圧、温度の検出機能を持つセルコントローラ基板と一体となっている。「キャリーECO2ML」は2モジュール搭載している。

マンガン系リチウム電池の仕様を表3に、外観写真を図5に示す。

表3 マンガン系リチウムイオン電池仕様

Table 3 Manganese System Lithium Ion Battery Specification.

項目	モジュール (IM90-8)
外形寸法	290 W×440 L×186 H mm
質量	29.3 kg
公称電圧	30 V
容量	90 Ah
エネルギー密度	93 Wh/kg
エネルギー密度	114 Wh/dm ³
出力密度-DOD85%	350 W/kg
冷却方式	空冷 (内部通風)

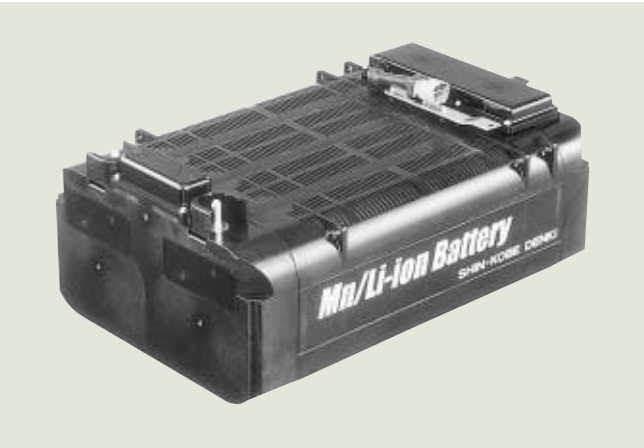


図5 「マンガン系リチウムイオン電池」の外観
Fig.5 Appearance of "Manganese System Lithium Ion Battery".

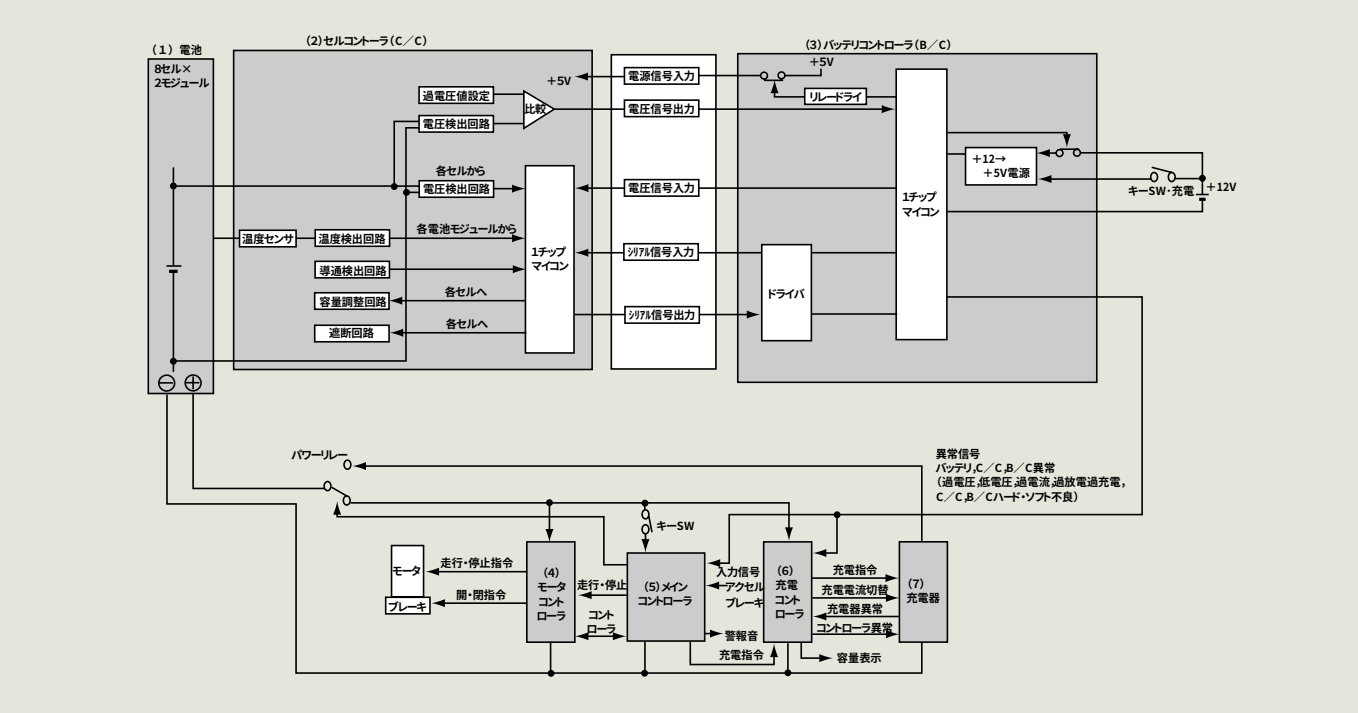


図4 「キャリーECO2ML」の制御回路ブロック図
Fig.4 Control Circuit Block Figure of "CARRY-ECO2ML".

4.3 セルコントローラ

セルコントローラは各セルの電圧検出をし、バッテリーコントローラと協調して容量調整をしている⁵⁾。

(1) セル電圧検出機能

常時、各セルの電圧を計測して、正常状態あるいは過放電／過充電などの異常状態をバッテリーコントローラへ信号出力する。

(2) 容量調整機能

計測したセル電圧により、電池容量のバラツキをなくすように、セルの充電レベルを合わせる。

(3) 電池モジュール温度計測機能

温度センサにより、電池モジュール温度を計測し、バッテリーコントローラへデータを通信する。

4.4 バッテリーコントローラ

(1) 全体監視機能

セルコントローラを通じ、電池の電圧と温度の状態を監視し、その状態における処理判断をセルコントローラとメインコントローラに通信する。

(2) セル異常判定機能

セルコントローラからのセル電圧計測値を読み込み、正常状態あるいは過放電／過充電の異常状態をメインコントローラへ信号出力する。

(3) 電池過熱判定機能

セルコントローラからモジュール温度計測値を読み込み、65℃／2 sec継続検出にて異常をメインコントローラへ信号出力する。

(4) セルコントローラ異常判定機能

セルコントローラに状態データを要求して読み込み、正常状態あるいはセルコントローラ通信異常、およびセルコントローラハード異常をメインコントローラへ信号出力する。

4.5 モータコントローラ

駆動モータの電機子電流、および界磁電流を制御して起動、加減速を行い、走行速度をアクセルの踏み込み量に応じた速度になるように制御している。また、降坂時は再生制動により加速を抑える。また、走行指令により、ブレーキを開放し、停止時にブレーキを閉じる働きをする。

4.6 メインコントローラ

メインコントローラは、入力（アクセル、ブレーキ等）信号、およびバッテリーコントローラからの異常信号を処理し、走行、および停止や故障警報音を出力する働きをする。

また、充電時に異常が発生した場合は、バッテリーコントローラから異常信号を受け取り、充電を停止させる働きをする。

4.7 充電コントローラ、および充電器

充電は、定電流による4段切り換え方式としている。商用電源が入力された際、電池電圧が基準値（4.125V／セル）以下であると、1段目（10A）の定電流充電を開始する。充電中の電池電圧はセルコントローラで常時監視され、電池電圧が基準電圧に達するとセルコントローラ→バッテリーコントローラ→メインコントローラ→充電コントローラ→充電器に充電中止信号を出力し、1段目（10A）の充電を中止させる。充電中止後、電池電圧が4.075V／セルに下がるとセルコントローラ→バッテリーコントローラ→充電器に充電開始信号を出力し、2段目（5A）の充電を開始させる。同様の制御を

繰り返し、10A→5A→4A→1Aまで充電電流を下げ、1A時に電池電圧が基準電圧4.125V／セルに達すると充電を停止させ、充電完了する。

また、電池の残存容量を表示する「残存容量表示ランプ」を操作パネル部に取り付けており、点灯・消灯により電池の充電量、放電量が一目で確認できるようにしている。

〔5〕性 能

5.1 操作性

図6に「キャリアECO2ML」のハンドルの操作力を当社製「キャリアECO5M」と対比して示す。「キャリアECO2ML」は「キャリアECO5M」に対し、同じハンドル操作角度において、据えきりトルクが40%以上軽くなり、軽い力でハンドル操作することできる。

5.2 踏圧

フェアウェーの乗り入れを可能にするのに最も重要な点は、踏圧である。表4に踏圧の測定結果を示す。

タイヤの幅を220mmから267mmに変更することにより、人、および電動カートが芝生に踏み込んだ時の踏圧である19.6N/cm²以下に軽減でき、フェアウェーへのカートの乗り入れが可能である。

5.3 速度特性

各勾配における走行速度を図7に示す。15°、20°は目標速度に対し早く、登降坂路の多い国内のゴルフ場でも十分満足する登坂力を得ることができる。

表 4 踏圧の比較

Table 4 Comparison of Pressure.

項目		質量(kg)	踏圧 (N/cm ²)
人間		65	0.20～0.23
電動カート		170	0.20～0.22
キャリアECO2ML	タイヤ幅 220mm	464	前輪 0.20, 後輪 0.24
	タイヤ幅 267mm		前輪 0.17, 後輪 0.17

注1：電動カートの踏圧は、当社製フォアサム（4 バッグ（50kg）積載時）での測定値を示す。

注2：キャリアECO2MLは、乗車2人（130kg）+ 4 バッグ（50kg）積載時の測定値を示す。

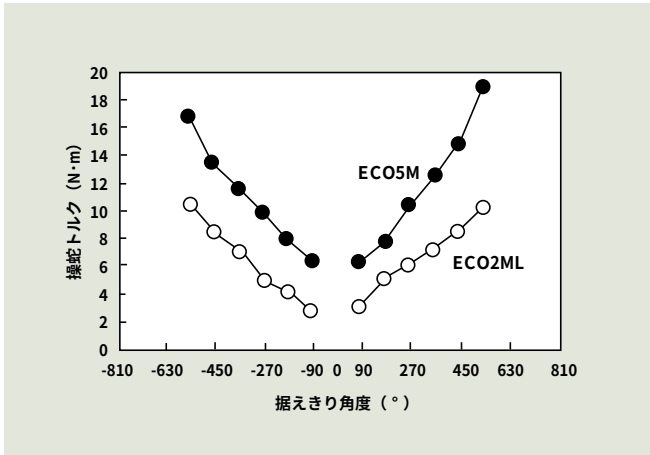


図 6 ハンドルの操作力比較
Fig.6 Operation Power Comparison of the Handle.

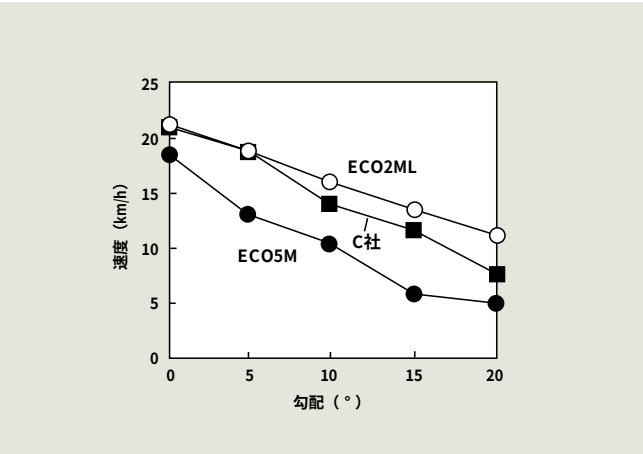


図7 各勾配における速度
Fig.7 Speed in Each Slope.

5.4 消費電気量

丘陵コースのゴルフ場の標準勾配（当社基準による）における消費電気量，およびAゴルフ場における消費電気量を測定した結果を表5に示す。

「キャリーECO2ML」の動力源の電池は，90Ahのマンガン系リチウムイオン電池であるから，2ラウンド走行も可能である。

表5 「キャリーECO2ML」の消費電気量
Table 5 The Consumption Volume of "CARRY-ECO2ML".

項目	2ラウンド走行時の消費電気量
標準勾配	47 Ah
Aゴルフ場	40 Ah

〔6〕結 言

フェアウェーの乗り入れを可能とした2人乗りカート「キャリーECO2ML」を開発した。

本カートは当社で開発した軽量・高出力マンガン系リチウムイオン電池を搭載し，「キャリーECO5M」同様，排ガスのないクリーン性とゴルフ場の雰囲気にもマッチした静粛性，およびモータ駆動による滑らかな走行性を有している。

また，ハンドルの操作は軽く，登降坂道路が多い国内のゴルフ場に対応した登坂力を持ち，かつ消費電力を低減したため，2ラウンド走行も可能である。

〔参考文献〕

- 1) 真田吉男 他：電磁誘導式ゴルフカート「キャリーⅢ」，新神戸テクニカルレポート，No.9，p.31（1998）.
- 2) 西野耕司 他：電磁誘導式ゴルフカート「キャリー215」，新神戸テクニカルレポート，No.8，p.33（1996）.
- 3) 北口淳一 他：電磁誘導式バッテリー乗用カート「キャリーECO5」，新神戸テクニカルレポート，No.10，p.15（2000）.
- 4) 弘中健介 他：電気自動車用マンガン系リチウムイオン電池，新神戸テクニカルレポート，No.10，p.3（2000）.
- 5) 工藤彰彦 他：電気自動車用リチウムイオン電池セルコントローラの開発，新神戸テクニカルレポート，No.11，p.15（2001）.