

新型バッテリー式乗用カート「キャリーECO5-Z」

The New Model Golf Cart "CARRY ECO5-Z"

真田吉男* Yoshio Sanada 溝井洋一* Youichi Mizoi
吉岡達矢* Tatsuya Yoshioka 加納祥博* Yoshihiro Kanou 木村貴弘* Takahiro Kimura

既納品の買い替え促進および当社シェア拡大を図るため、新型バッテリー式乗用カート「キャリーECO5-Z」を開発した。「キャリーECO5-Z」は、従来カートでご好評頂いた部分を継承しながらデザインを一新し、「安全」「快適」「性能」をさらに高めている。「安全」では、撥水ウインドシールドによる視界性の向上と速度面などの保護機能を追加した。「快適」では、乗車空間の拡大、乗り心地を改善した。「性能」では、ディスクブレーキ採用、バッテリー消費電気を低減した。

Ten years have passed after we introduced electromagnetic induction-type riding golf cart, "CARRY ECO5". Since the introduction, we received many suggestions/ideas from our customers or golf players with their high reputation of us, "safety", "comfortable" and "good performance". Recently, we have launched a new designed cart, "CARRY ECO5-Z", with more safety of wide view and protection by water-repellent window shield, with more comfortability of wider sheet space, and with better performance by disk brake system. The battery energy consumption is also reduced along with this model-change.

〔1〕 緒 言

現在、日本には約2,400ヶ所のゴルフ場があり、その90%以上はゴルフカートを導入している。

当社は早くから環境問題に着手し、バッテリーメーカーとしての優位性を生かして、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」¹⁾、2006年にフルモデルチェンジの「キャリーECO5-II」²⁾を発売し、「環境」「快適」「安全」のキーワードのもと、市場から好評を得ており、これまでに納入したカートは15,000台を超えた。

ここ数年は、世界的不況のなかにあって、販売台数も減少傾向にある。しかし、バッテリー式のゴルフカートはエンジン式に比べ、音が静かであり、排気ガスの発生がなく、地球温暖化防止（CO₂削減）という観点からも、

エンジン式からバッテリー式への買い替えや移行は進んでいくと思われる。

市場では、セルフプレーへの移行が進み、従来以上に乗用カートの「安全」への要望が強くなっており、さらに乗車時の「快適性」も重要事項となっている。そのような背景のもと、既納品の買い替え促進および当社シェアの拡大を図るため、「安全」「快適」「性能」を向上させた新型バッテリー式乗用カート「キャリーECO5-Z」（以下、「ECO5-Z」と記す）を開発した。

「ECO5-Z」は、従来カートでご好評頂いた部分を継承しながら、「安全」「快適」「高性能」を開発コンセプトとして、①デザインの一新、②使いやすさ向上、③乗り心地改善、④安全性向上、⑤経済性向上などの対策をおこなった。以下にその技術内容を報告する。

*埼玉事業所

〔2〕「ECO5-Z」の概要と特長

「ECO5-Z」は、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、リモコンにより離れた場所からも、カートを発進、停止させることができる。また、ハンドルとアクセルペダル、ブレーキペダルの操作による手動運転に切り替えることもできる。

動力源は、12V、100Ah/5HRあるいは12V、150Ah/5HRの鉛蓄電池（以下、バッテリーと記す）4個を直列接続で、これをカート中央に搭載して、駆動用モータ、

操舵用モータ、ブレーキ用モータなどを駆動させ、最大20度の登降坂能力と、満充電からのスタートで1.5～2ラウンドの自動走行を可能としている。

「ECO5-Z」の主な特長を表1、「ECO5-Z」の仕様を表2に示す。

表1 「ECO5-Z」の主な特長
Table 1 Feature of "ECO5-Z".

項目	特長
デザイン	ボクシーフォルムを一新したデザイン 乗車空間の拡大化
使いやすさ	撥水・UVカット・ハードコート ウインドシールドの装備 前輪ディスクブレーキの採用 バッグ積載部の低床・幅広化
乗り心地	タイヤの変更（パターン、幅広化） 座席シートのソフト、大形化 センタースイング機構の変更 サスペンションの変更
安全性	視界性の向上（撥水ウインドシールドの装備、ウインドシールドの大形化） 保護機能の追加（加速制御など）
経済性	バッテリー消費量の低減

表2 「ECO5-Z」の仕様
Table 2 Specification of "ECO5-Z".

項目	「ECO5-Z」（開発品）	「ECO5-II」（従来品）																								
型式	HIC-870	HIC-862/863																								
走行操舵	ハンドル操作/電磁誘導																									
定員	5名（65kg×5名=325kg）																									
積載	4バッグ+他小物=50kg																									
色	ホワイト/グリーンの2色																									
全長	3,470mm（バッグスタンド折畳み時2,970mm）	3,430mm（バッグスタンド折畳み時2,950mm）																								
全幅（前/後）	1,100mm/1,260mm	1,100mm/1,250mm																								
全高	1,830mm																									
ステップ	高さ：250mm、幅：1,100mm																									
最低地上高	115mm（サブフレーム）																									
トレッド	前：905mm、後：905mm	前：924mm、後：916mm																								
ホイールベース	1,900mm	1,800mm																								
質量	395kg（バッテリー除く）	410kg（バッテリー除く）																								
タイヤサイズ	205/50-10	18×7.00-8																								
最小回転半径	R3.2m（誘導線中心）（3.0km/hでR3.0m走行可）	R3.0m（誘導線中心）																								
登降坂角度坂能力	上り、下り：20°																									
速度	手動	<table border="1"> <thead> <tr> <th>勾配（°）</th> <th>0</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>勾配（°）</th> <th>0</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>速度（km/h）</td> <td>19.0</td> <td>13.0</td> <td>11.0</td> <td>9.0</td> <td>7.0</td> <td>速度（km/h）</td> <td>19.0</td> <td>13.0</td> <td>11.0</td> <td>9.0</td> <td>7.0</td> </tr> </tbody> </table>	勾配（°）	0	5	10	15	20	勾配（°）	0	5	10	15	20	速度（km/h）	19.0	13.0	11.0	9.0	7.0	速度（km/h）	19.0	13.0	11.0	9.0	7.0
	勾配（°）	0	5	10	15	20	勾配（°）	0	5	10	15	20														
速度（km/h）	19.0	13.0	11.0	9.0	7.0	速度（km/h）	19.0	13.0	11.0	9.0	7.0															
自動	低速：3.0、4.5、5.5 km/h 3モード 標準：6.5、8.5 km/h 2モード 高速：10.0、12.0 km/h 2モード																									
走行モータ	他励式直流モータ（DC48V、3kW）																									
減速機	減速比：1/13、デファレンシャル式																									
懸架方式	前輪	スイングアクスル式																								
	後輪	センタースイング式																								
ブレーキ	前輪	ディスクブレーキ																								
	後輪	ドラムブレーキ																								
バッテリー	100 Ah/5 HR×4個、150 Ah/5 HR×4個（オプション）																									

〔3〕 車体構造

3.1 デザイン

図1に「ECO5-II」、図2に「ECO5-Z」の外観写真を示す。「ECO5-Z」の各外装部品の名称を図3の側面図に示す。

従来機種の特長であったボクシーフォルムを一新し、センターポールを廃止することで、乗車空間をさらに拡大してゆったり乗車できるデザインにした。センターポールに代わる乗り降りの際の取っ手として、前席背もたれに大形のアシストグリップを採用した。また、ホイールベースを延長して、車体安定性向上と足元の広スペース化を図った。ホイールベースの延長と車内レイアウトの見直しにより室内空間が113%、床スペースが前110%、後114%（「ECO5-II」比）となり、乗降性と乗車時の居

住性が大幅に向上した。

外装部品は、大別するとフロントカウル、前席下のバッテリーを収納・保護するバッテリーカバー、リヤカウルに分かれており、従来機種はFRP（Fiber Reinforced Plastic：繊維強化プラスチック）で製作していたが、リサイクル性の環境負荷を考慮し、「ECO5-Z」では、材料にPP（Polypropylene：ポリプロピレン）を使用し、射出成形で製作した。また、フロントカウルの地面からの高さを低くし、ウインドシールドを大形化することで、前方の視界性を向上させた。

ルーフは、曲線状のスマートな形状とし、後部を延長することで後部座席の乗車者とリヤに設けたカゴへの雨だれ防止を考慮した。ルーフに溜まった雨水は、4本のポール（フロントポール、リヤポール）およびウインドシールド前面に排出される構造とした。



図1 「ECO5-II」外観
Fig.1 Installed golf cart "ECO5-II".



図2 「ECO5-Z」外観
Fig.2 Installed golf cart "ECO5-Z".

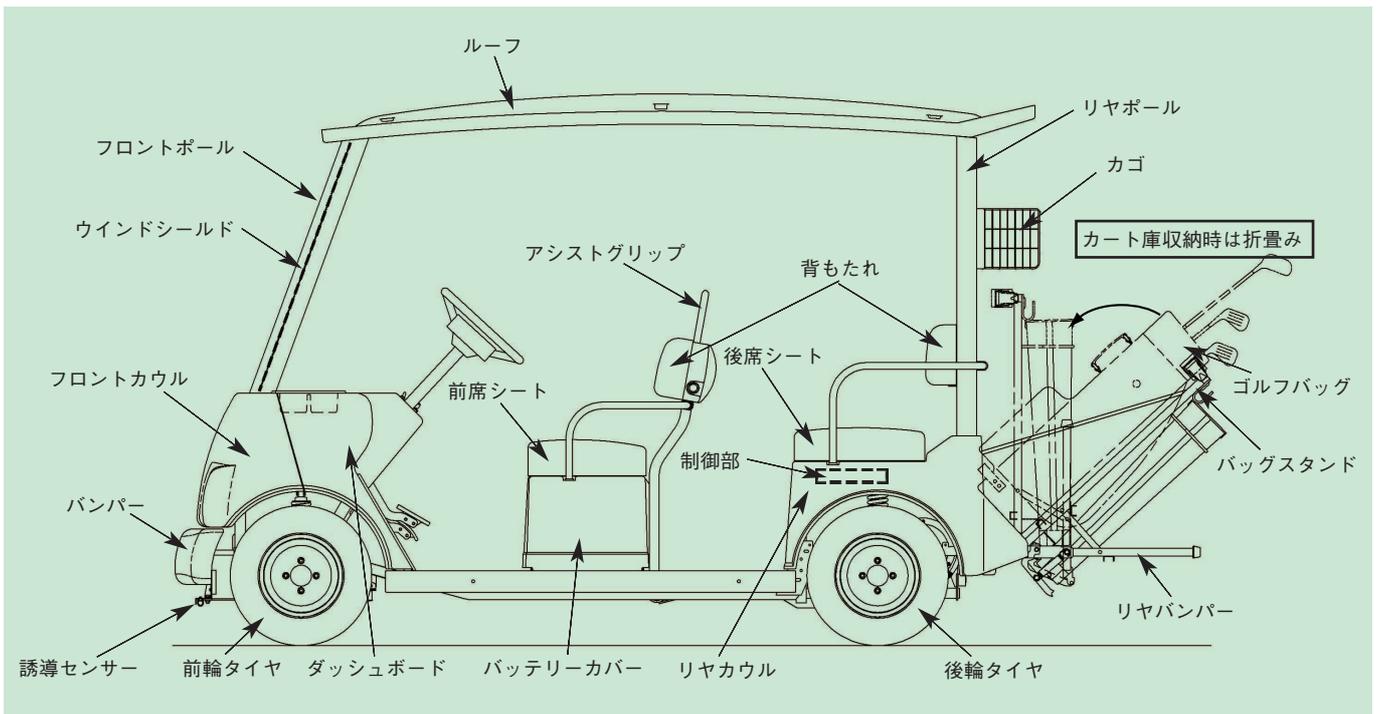


図3 「ECO5-Z」側面図
Fig.3 Side elevation of "ECO5-Z".

3.2 各部の機能

「ECO5-Z」の車体質量は395kg（バッテリー含まず）で、各 부품の軽量化や部品点数を11%削減（「ECO5-II」比）したことにより、15kg低減（4%減）した。以下に「ECO5-Z」で改善した主な機能について説明する。

(1) ウインドシールド

カートの前部には、雨を防ぐためウインドシールドを設けている。このウインドシールドの材料には、ゴルフボールから乗車者を保護するため、従来機種より耐衝撃性の高いPC（Polycarbonate：ポリカーボネート）を使用しているが、PCは耐候性が悪く変色しやすいという欠点がある。「ECO5-Z」では、ウインドシールドの表面をハードコートでコーティングし、欠点を改善すると共に、UVカットおよび撥水効果を付加し、紫外線カットと雨天時の視界性を向上させた。さらに、ウインドシールド面積を41%（「ECO5-II」比）大形化することで前方視認性も向上させた。また、オプションとして上下に開放できるスライドウインドシールドを用意し、快適性がさらに向上した。

(2) バッグ積載部

カート後部には、ゴルフバッグを積載するバッグスタンドを設けており、このバッグスタンドはカート庫収納時の省スペース化を図るため、リヤバンパーと連動して折り畳める構造となっている。近年ゴルフバッグは大形化傾向にあり、「ECO5-Z」では大形ゴルフバッグの積載と積み下ろしを容易にするために積載部を幅広化と低床化した。

(3) 座席シート・背もたれ

座席シートと背もたれを柔らかくし、路面からの衝撃を吸収するとともに、前席背もたれを10度傾斜させ、また後席シートの奥行きを60mm延ばし大形化することで乗り心地を向上させた。

(4) タイヤ

ホイールサイズを8インチから10インチ、タイヤサイズを18×7.00から205/50-10に変更した。また、手動走行時のフェアウェイ乗り入れを考慮し、タイヤの幅広化とタイヤパターンの変更により、走行ノイズを4%、最大踏圧を29%（「ECO5-II」比）低減した。

3.3 ブレーキ

(1) ブレーキ構造

ブレーキシステムは、停止した場合のパーキングブレーキに電磁ブレーキを使用し、走行時の常用ブレーキと

して4輪油圧式の機械ブレーキ、走行時の補助ブレーキとして走行モータの回生ブレーキを備えている。

電磁ブレーキは、走行モータを接続したトランスアクスルに取り付けられており、カートが停止すると自動的に働くようになっている。

4輪油圧式の機械ブレーキには、大別してディスクブレーキとドラムブレーキがあるが、それぞれ表3のような利点、欠点がある³⁾。

「ECO5-Z」では、両方の利点、欠点を考慮し、前輪にディスクブレーキ、後輪にドラムブレーキを採用し、それぞれの利点を生かしたシステムとした。

ディスクブレーキの欠点であるブレーキの効きが弱い点は、キャリパーのホイールシリンダ径を大きくするとともに、ロータ径を大きくすることで解消した。

(2) ブレーキ制御

図4にブレーキ構造を示す。手動走行時は、ブレーキペダルから加えられた踏力がシリンダプッシュロッドを介してマスターシリンダに入力され、4輪油圧式の機械ブレーキに液圧がかかり、制動力が発生する。また、傾斜センサーで勾配、速度検出器で走行速度を検出し、走行速度と勾配に応じて、走行モータコントローラで回生ブレーキ力を変化させ、停止時や減速時に補助ブレーキをかける。

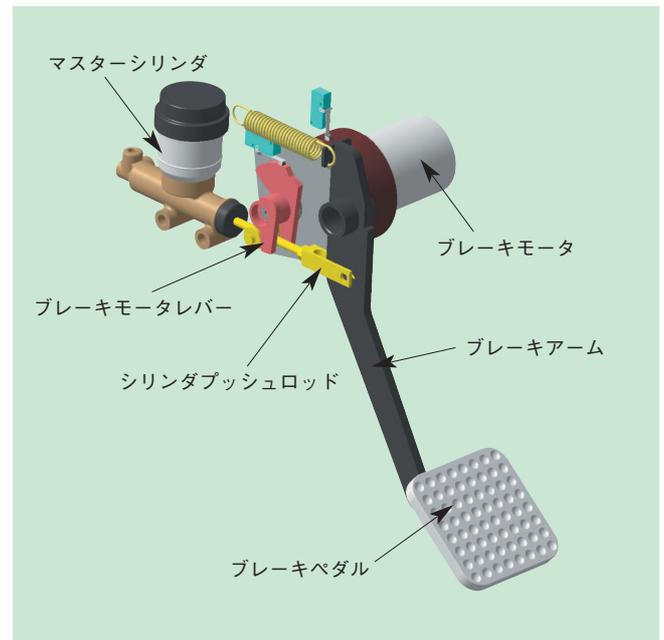


図4 ブレーキ構造
Fig.4 Braking mechanism.

表3 ブレーキ比較

Table 3 Brake comparison.

	利点	欠点
ディスクブレーキ	入力に対し出力が安定 水付着時の回復が早い 冷却効果が良い	ドラムブレーキに比べブレーキの効きが弱い ドラムブレーキに比べサイズが大きい（質量が重い） 剥き出しで水や泥が付着しやすい
ドラムブレーキ	サーボ効果がありブレーキの効きが強い 小型にすることができる（質量が軽い） 覆われていて水・泥が付着しにくい	環境変化に敏感で効きが不安定 水付着時の回復が遅い 冷却効果が悪い

自動走行時は、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ブレーキモータレバーが回転し、シリンダプッシュロッドを押し制動力が発生する。ブレーキモータに印加する電圧を変化させトルクを制御し、さらに走行モータコントローラで回生ブレーキ力を変化させることで、状況に応じたスムーズな減速や停止を可能としている。

3.4 フレームと懸架構造

フレームは、車両全体を支える梯子形のパイプフレームを骨格構造とするメインフレームと、後輪車軸を支えるサブフレームの2つに分割した。メインフレームとサブフレームの主要部に材料強度の高い丸パイプを使用して強度を確保し、撓みを抑えた。

サブフレームは、メインフレームと3ヶ所で連結した。図5に「ECO5-Z」のサブフレームアセンブリを示す。1ヶ所目は、メインフレームの中央部との間に防振ゴムを介して連結した。路面から振動が加わった場合などは、この連結した取付軸を中心に回転し、車体を揺動させる機構（以下、センタースイングと記す）となっている。

「ECO5-Z」では、センタースイング方式の回転方向を抑制し、防振ゴムとサブフレームに車体がねじれた場合のロール剛性を持たせることにより、乗り心地の向上を実現した。センタースイング方式において、防振ゴムはカートの発進・ブレーキ時の衝撃吸収、カーブ走行時のロール剛性、バンプ走行時のクッションの役割を果たす重要なものである。2ヶ所目は、メインフレームの後部と、左右のサスペンションで連結させた。サスペンションは、バネ定数および減衰率の変更と取付部のブッシ

ュを大きくしてクッション性の改善を図った。3ヶ所目は、ラテラルロッドを通じてメインフレーム後部に連結させ、横荷重を抑えた。

3.5 フレーム強度解析

フレームの強度を調べるため、FEM（有限要素法Finite Element Method）によりコンピュータ応力解析を実施した。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荷重として加えた。フレーム応力解析の結果を図6に示す。解析結果で応力の高い箇所にはリブ等の補強を追加し、応力を分散させた⁴⁾。その結果、応力は使用鋼材^{5) 6)}の許容応力以下となり、強度的に問題がないと判断した⁷⁾。

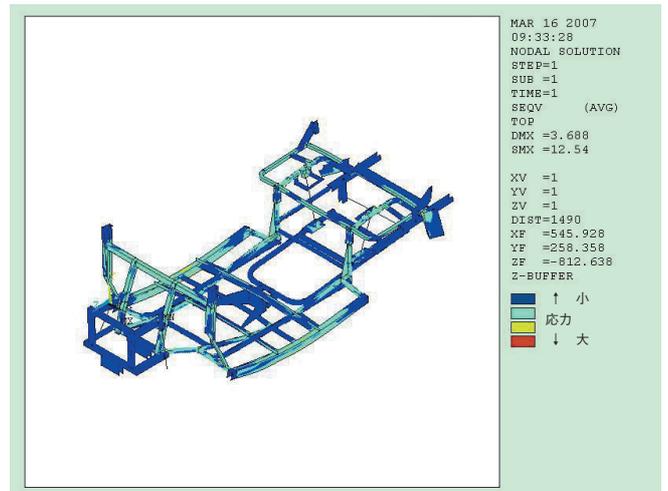


図6 フレーム応力解析結果
Fig.6 Result of frame stress analysis.

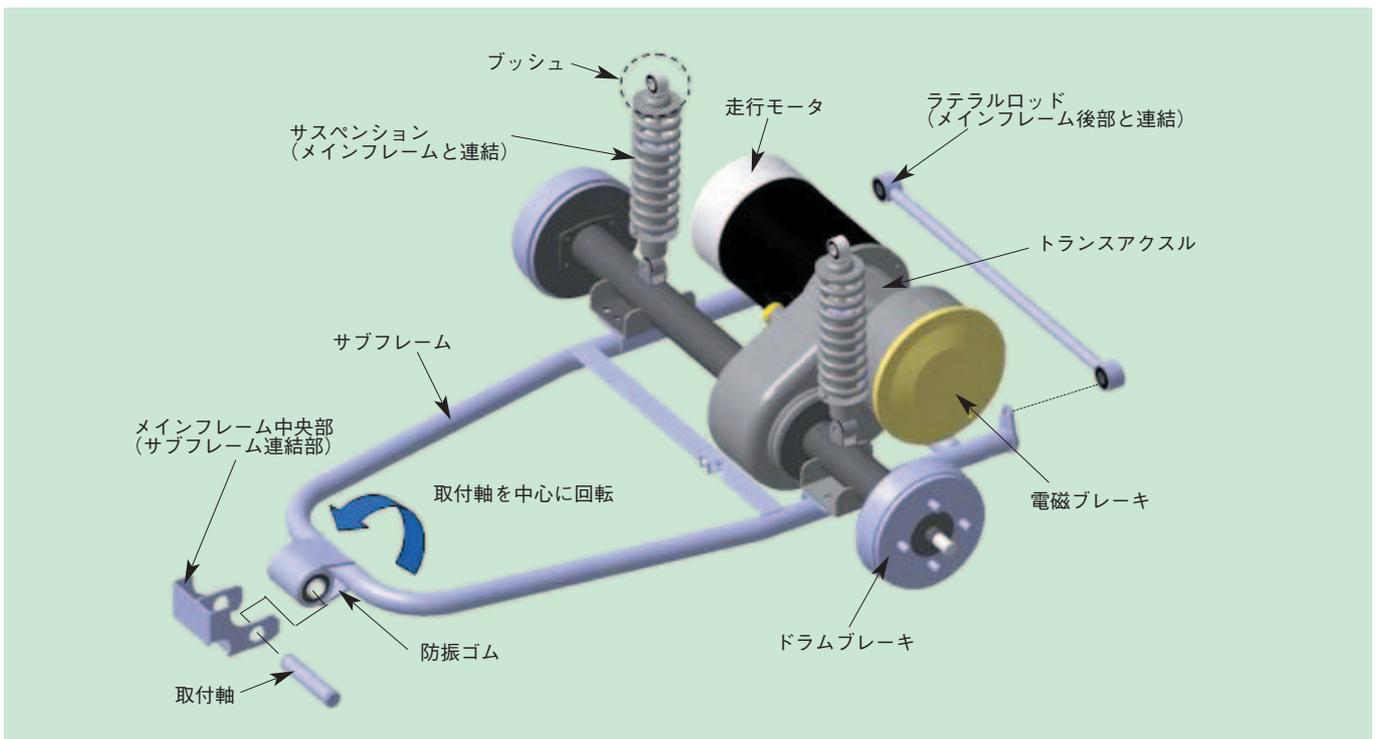


図5 「ECO5-Z」のサブフレームアセンブリ
Fig.5 Sub-frame assembly of "ECO5-Z".

3.6 ステアリング構造

図7に「ECO5-Z」のステアリング構造を示す。

手動運転時のハンドルからの操舵入力と自動運転時の操舵モータからの操舵入力を、オートギヤで切り換えており、操舵入力が入るとタイヤに接続されたナックルが回転し、舵を切る機構となっている。左右のナックルはタイロッドで接続されている。また、左側のナックルにはセンサロッドが接続され、ナックルと連動して誘導センサーが回転する構造となっている。

「ECO5-Z」では、(1) タイヤのサイズ変更、前輪ディスクブレーキを採用することにより、サスペンション下の重量が増え、ハンドルの操舵トルクが増加する。また(2) ホイールベース延長により最小旋回半径が大き

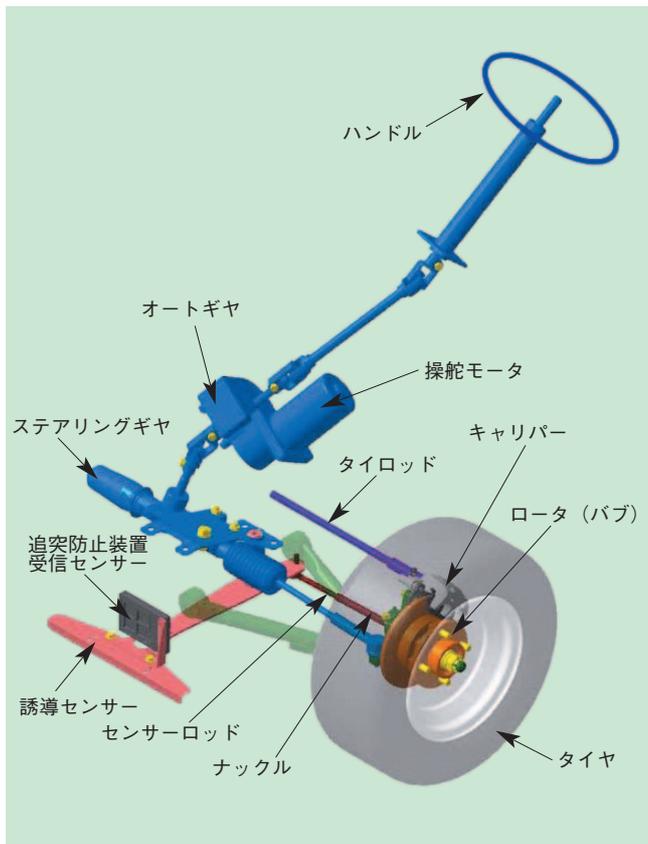
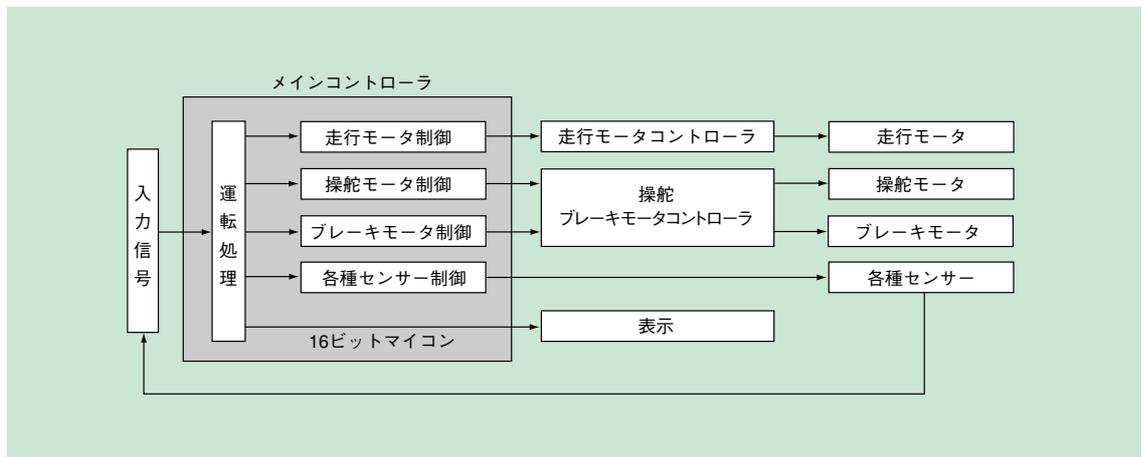


図7 ステアリング構造
Fig.7 Steering wheel mechanism.

図8 制御部の構成
Fig.8 Control system chart.



なる。これらの問題解決策として、図7に示すステアリング構造部品の配置変更と最小旋回半径を満足するリンクを計算した。リンク計算結果に基づいた各部品設計により、最大操舵トルクの19%低減（「ECO5-II」比）し、最小旋回半径R3.2mを確保した。

〔4〕 走行制御

4.1 制御部の構成

「ECO5-Z」の制御部の構成⁸⁾を図8に示す。走行制御部は大別して、メインコントローラ、メインコントローラからの制御指令に応じて走行モータを駆動する走行モータコントローラ、操舵モータを駆動する操舵・ブレーキモータコントローラ、傾斜センサーを含む各種センサー部、表示部で構成している。今回、「ECO5-Z」で主となるメインコントローラ、走行モータコントローラについて説明する。

4.2 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、走行モータ、操舵モータ、ブレーキモータ制御および運転制御全体を一括して制御している。また、バッテリーを常に最適な状態で使用できるようにバッテリーの充放電も管理している。

「ECO5-Z」では、メインコントローラ用の基板に充電制御機能を追加することにより、充電制御部で計測したバッテリーの充放電電流やバッテリー容量などを走行制御のパラメータとして取り込み、バッテリーの状況に応じた複雑な制御を可能にした。また、プログラム変更により、走行モータ、操舵モータ、ブレーキモータ制御の改善を行い、走行の滑らかさを向上させた⁹⁾。

4.3 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。走行モータのトルク、回生力を状況に応じて制御し、スムーズな走行を実現した。また、「ECO5-II」に比べ、下り坂の回生電流を増加させ、バッテリーに戻して充電することにより、バッテリー消費電気を低減した。

〔5〕保護機能

安全性能を向上するため、「ECO5-Z」で新たに追加した保護機能について以下に説明する。

5.1 加速制御

手動運転時の下り坂の速度超過防止のため、速度を抑える機能（加速制御）を追加した。図9に下り坂走行特性を示す。アクセルペダル踏込時は、一定速度以上にならないようにアクセル指令値に応じた速度に制御し、アクセルペダルを放すとゆっくり減速して停止させるよう制御する。

5.2 バッテリー電圧低下制御

自動走行時、バッテリー電圧が停止電圧以下になった場合、カートはバッテリー電圧低下で停止する。特にラウンド終わりの急な登り坂走行時は、バッテリーの放電深度が深いいため、一時的にバッテリー電圧が低下して、ラウンド終了前に停止する場合がある。

「ECO5-Z」では、バッテリー電圧低下による停止を抑制するため、停止電圧より高い電圧で保護電圧を設定し、バッテリー電圧が保護電圧以下になった場合は、自動的に走行速度を落とす機能を追加した。

5.3 走行モータ保護

連続走行などによる走行モータの過負荷を防止するため、走行モータ保護を追加した。走行中は温度センサーにより、連続で走行モータの温度を計測し、1段目の設定温度を超えた場合は、カートの走行速度を減速させることで、走行モータの負荷を低減し、走行モータの発熱を抑制する。さらに温度が上昇し、2段目の設定温度を超えた場合はカートを自動的に停止させる。

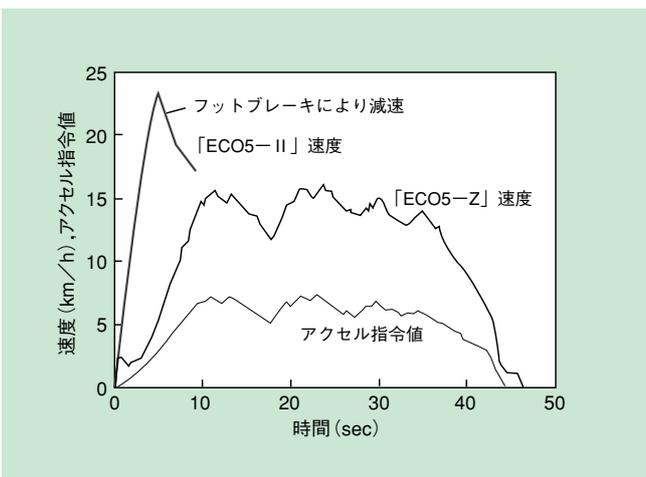


図9 下り坂走行特性（下り15度）

Fig.9 Driving characteristic in a decline.

表4 バッテリー消費電力量

Table 4 Battery energy consumption.

項目		「ECO5-II」（従来品）	「ECO5-Z」（開発品）
当社フィールド試験コース走行時の消費電力量	放電量	50.7 Ah (100%)	61.8 Ah (82%)
	回生量	2.7 Ah (100%)	6.7 Ah (248%)

条件：積載荷重 375 kg

5.4 追突防止装置

後続より走行して来たカートが追突しないように追突防止装置（自動走行時のカート同士の衝突防止システム）を備えている。追突防止装置は、受信センサーと送信センサー、アンブ部から成り、先行カートからの信号を受信する機能と、後続カートに送信する機能とを有し、先行カートとの間隔が所定の距離以下になったら制御信号を出し、カートを停止させる。

「ECO5-II」は、受信センサーをフロントカウル内に固定していたが、「ECO5-Z」では、コース上の誘導線の磁界を検出する誘導センサーの取付部に固定した。誘導センサー取付部は、操舵に追従して向きが変わるため、従来の固定式から可動式とすることでコーナーでの制御信号の受信遅れがなくなり、安全性が向上した。

〔6〕走行試験

6.1 耐久評価試験

ゴルフ場での実走行による応力と頻度の測定結果をもとに、自動および手動で悪路走行耐久試験を実施し、フレームおよび各部品に問題がないことを確認した。

6.2 保護機能

ゴルフ場および当社フィールド試験コースでの走行試験を実施し、加速制御、バッテリー電圧低下制御、走行モータ保護などの保護機能に問題がないことを確認した。

6.3 バッテリー消費電力量

当社フィールド試験コース（ゴルフ場1.5ラウンド相当の勾配分布・走行距離）での走行試験を実施し、バッテリー消費電力量を確認した。表4にバッテリー消費電力量測定データを示す。バッテリー放電量は、「ECO5-II」に対し18%低減しており、回生電流は148%増加した。軽量化、回生電流の増加によるバッテリー消費電力量の低減効果が検証できた。

〔7〕結 言

「安全」「快適」「高性能」の開発コンセプトのもと、以下の特長を持つ「ECO5-Z」を開発した。

【安全】

- (1) 加速制御により、手動運転時の下り坂走行時の安全性を向上した。
- (2) バッテリー電圧低下制御により、バッテリー電圧低下を抑制した。

- (3) 追突防止装置を可動式とし、自動走行時の安全性を向上した。

【快適】

- (1) デザインの一新により乗車空間を13%（「ECO5-II」比）拡大し、ゆったり乗車できるデザインにした。
- (2) 撥水・UVカット・ハードコート of ウインドシールド装備により、雨天時の視界性の向上と使いやすさを向上した。
- (3) シート・背もたれを柔らかくし、路面からの衝撃を吸収するとともに、後席シートの大形化で乗り心地を向上した。
- (4) センタースイング，サスペンション，タイヤのパターン変更で乗り心地を向上した。
- (5) バッグ積載部を広くし，低床化することで，バッグ積載時の積み下ろしを容易にし，使いやすさを向上した。

【性能】

- (1) 前輪にディスクブレーキ，後輪にドラムブレーキを採用し，様々な条件下で安定した制動力を確保した。
- (2) 軽量化と回生電流を増加することで，バッテリー消費量を18%低減（「ECO5-II」比）した。
- (3) ステアリング構造の配置変更により，操舵トルクを19%低減（「ECO5-II」比）し，最小旋回半径R3.2mを確保した。

【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) 矢島悦次郎他：若い技術者のための機械・金属材料，丸善（1979）。
- 6) 上田祐男：破壊の基礎，パワー社（1995）。
- 7) 屋谷勝他：構造物の信頼性設計法，鹿島出版（1993）。
- 8) 加納祥博他：ハイパワータイプ・バッテリー乗用カート「ECO5-II」の開発，新神戸テクニカルレポート，No.18，p.21（2008）。
- 9) 土屋武士他：現代制御工学，産業図書（1991）。