

電磁誘導式立ち乗りカートターフエースの開発

Development of TURF ACE

仲井 政雄*

Masao Nakai

1 はじめに

日本国内には、現在約2000箇所のゴルフ場があり、これらのゴルフ場ではゴルフカーを始めとして各種のバッグ搬送具が使われている。ヤマハは1978年に乗用ゴルフカーを発売して以来乗用タイプ、立ち乗りタイプ合わせて約6万台を生産、販売してきた。

このうち立ち乗りカートはプレーヤーと共にフェアウェイ上を移動できるため質の高いプレーヤーサービスに適していると共にキャディの労力軽減にも寄与できる事より高い評価を得ている。一方、誘導線を埋設したカートパスを自動走行する誘導カートは芝生の保護や安全性を重視するゴルフ場に歓迎されている。さらに近年では立ち乗りカートの機能を有し必要時には誘導走行もできるゴルフカーの開発が囑望されてきた。

そのような中で“人にやさしく、芝にやさしく”をテーマに開発したのが“ターフエース”である。

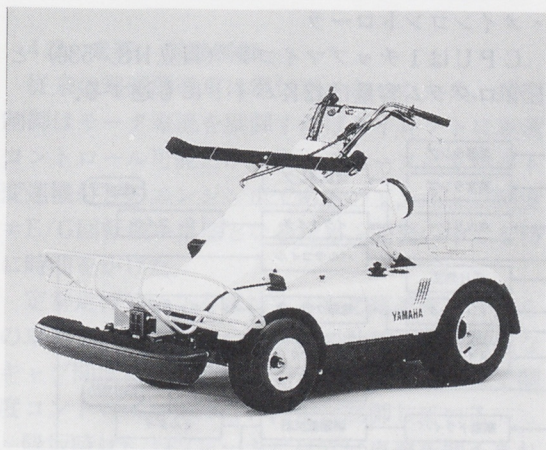


写真1 ターフエース

2 市場動向

図1にバッグ搬送具のタイプ別採用ゴルフ場率推移、また図2に販売台数推移を示す。

80年には電動カートがシェア68%を占めていたが91年には36.9%に迄減少し、代わって電磁誘導カート・立ち乗りカートが伸長してきた。電動カートは価格が安く、また取扱いも簡単な事からキャディ付きのゴルフ場で幅広く使用されていた。しかし85年頃よりキャディの高齢化、慢性的なキャディ不足、セルフ化等への対応として立ち乗りカートや電磁誘導カートが取り入れられてきた。

また乗用タイプは主にセルフプレー用に用いられ2人乗り・4人乗りがあるが、最近では4人乗りの需要が高まってきている。

なお、立ち乗り、乗用分野では90%以上をヤマハが占めている。

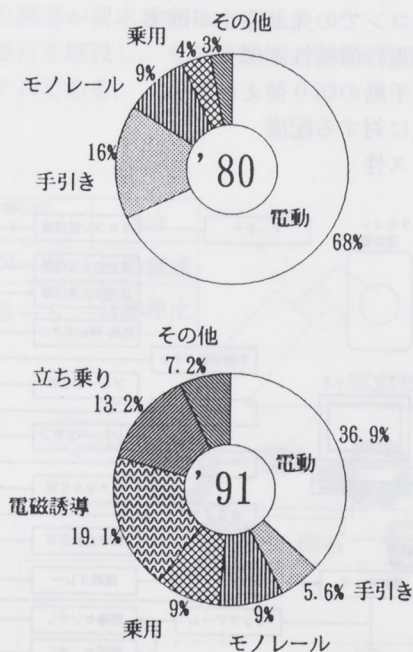


図1

* 特機事業部 特機第2技術部

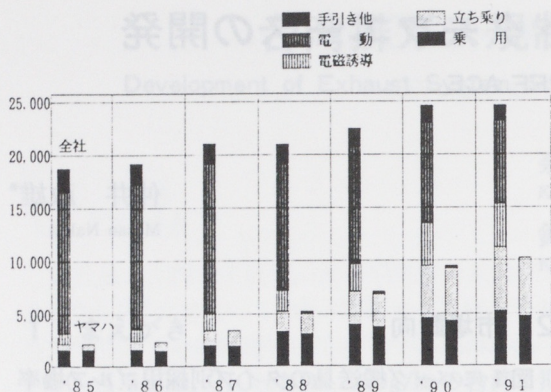


図2 タイプ別販売台数推移

3 開発の狙い

基本的には立ち乗りカートであり手動走行時には現行立ち乗りカート“ターフメイト”の感覚で運転できる事、電磁誘導時にはエンジン車である事を意識させない手軽さである事、をねらいとし以下の点に留意して開発を行なった。

- ①立ち乗り時の機動性確保
軽快感を損なわない事
ラフ路走行時のセンサ類の保護、信頼性
- ②誘導時の操作性は電気車並を確保
リモコンでの発進停止が確実
誘導走行信頼性確保
- ③誘導／手動の切り替えが簡単
- ④安全性に対する配慮
- ⑤サービス性

4 制御システム

走行コースに埋設した誘導線に交流電流を流すことにより発生する磁界を検出して、自動操舵走行する車両を電磁誘導車という。(図3)

これ以外の誘導方式としては、誘導線のかわりにフェライト磁石や磁気テープを使用したものもあるが、誘導ゴルフカーの多くは前述の電磁誘導方式をとっている。

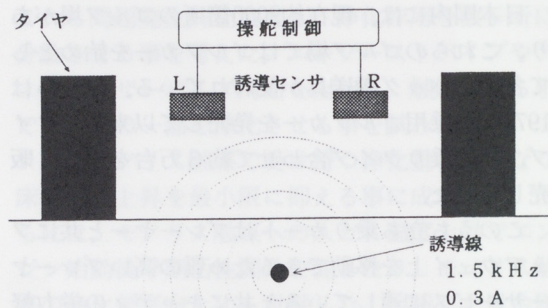


図3 電磁誘導のしくみ

図4にユニット構成を示す。

大きく、操舵、走行、制動、リモコン、定点、追突防止の各制御と安全監視、ダイアグノーシスといったシステムに分類され、それぞれメインコントローラにより制御されている。

・メインコントローラ

CPUは1チップマイコン(日立H8/536)としプログラム容量は42Kバイトにも達する。

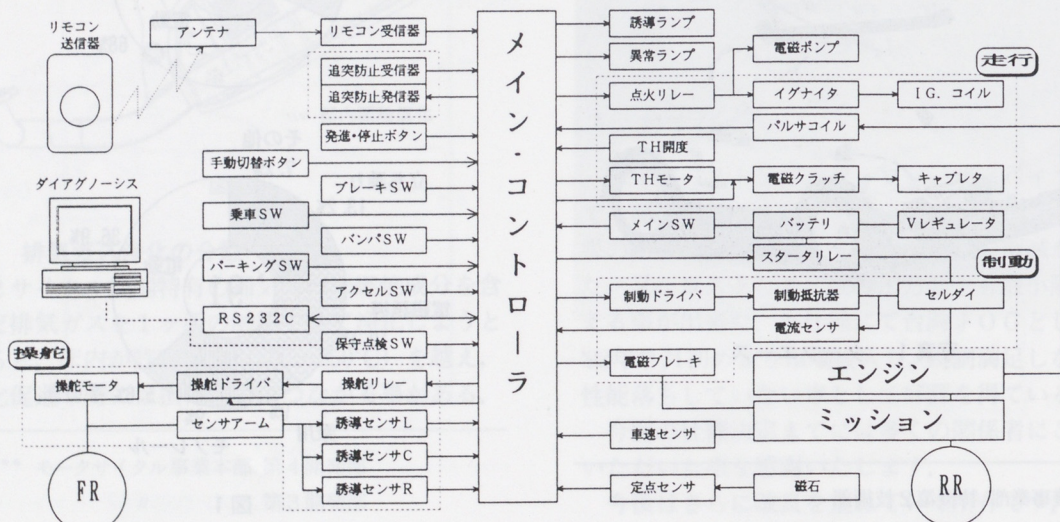


図4 ユニット構成図

プログラムはC言語による開発としモジュール構成化したことにより、複数のメンバーでのプログラミングが可能となった。

ハード回路はチップ部品を多用することで小型化できた。（全部品438点中チップ部品377点、チップ化率86%）

何らかの原因でマイコンが不動作になっても、ハード回路により手動走行は可能とした。

また、ゴルフカーは走行中以外はエンジンを停止させているのでメインSWの切り忘れが懸念される。その対応として、車両停止後1時間にて自動的に電源OFFするオートパワーオフ機構を織り込みバッテリ上がりを防止した。

4.1 操舵制御

前述の磁界の強さを左右の誘導センサにより検出し、誘導線からの偏差量（ズレ量）を計算し、

偏差量 =
$$\frac{\text{左センサ出力} - \text{右センサ出力}}{\text{左センサ出力} + \text{右センサ出力}} \times \text{係数}$$

偏差量に応じた電流をステアリングモーターに流すことにより、誘導線を的確にトレースする。

P I D制御により±30mmの精度で走行可能である。

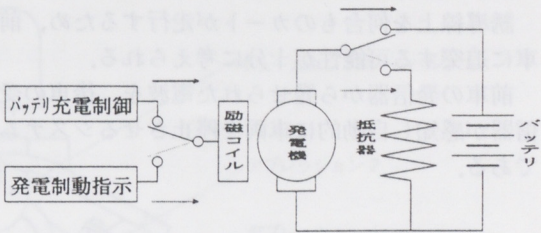
(P I D：Proportional, Integral and Derivativeの略でフィードバック制御の一種である。)

4.2 走行、制動制御

従来の電磁誘導車は電気車であったため、速度制御はモータ電流を制御すればダイレクトに車速コントロール可能だが、ターフェースはVベルト変速機付きのエンジン車であるので、キャブ開度≠E/G回転数≠車速となるため、開発の中でも特に時間をかけた。

定常走行6 km/hを維持するため車速センサからの車速データを基にC P Uにて計算された最適なキャブ開度になる様にステップモータにて開度コントロールを行ない、走行制御している。

降坂時はE/Gブレーキだけでは車速を抑えきれないため、発電制動によりブレーキ力をUPさせている。発電機は通常はバッテリ充電のために使われているが、制動時には抵抗器に切り替えることでC P U指示通りの安定したブレーキ力を得ることができる。



車両停止時も同様に発電ブレーキにより制動を行ない、停止後は電磁ブレーキによりパーキングロックさせている。

以上により±0.4km/hの精度で走行、0.3G以下の滑らかな加減速を可能とした。

4.3 リモコン

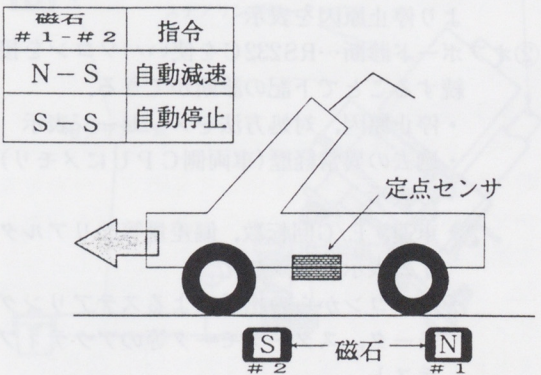
自動走行させるには当然遠隔操作も必要になってくる。

操作を容易にするため送信器はボタン1つとし停止中に押せば発進、走行中に押せば停止するシステムとした。FM40MHz帯を採用し256台の識別ができ、80m以上の遠隔操作が可能である。

4.4 定点制御

指定された地点での自動停止、指定された範囲での減速が要求される。

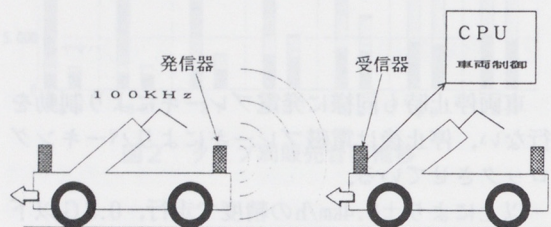
磁石を埋設し、その極性により車両制御するシステムである。



4.5 追突防止システム

誘導線上を何台ものカートが走行するため、前車に追突する可能性が十分に考えられる。

前車の発信器から発せられた電波を、後車の受信器が感知し自動的に車両を停止させるシステムである。



4.6 安全監視

誘導走行中には人を乗せない設計のためマイコンにて各種センサ情報を分析し、誤操作した場合は自動的に車両を停止させる。(警告)

また、車両に異常が生じた場合にも検出し自動停止させるシステムとしている。

警告、異常を合わせて30項目におよぶ監視を行ない、常に制御システムの安全性を確保している。

4.7 ダイアグノーシス

以上の様に誤操作、異常時には自動停止するが停止原因を究明することは困難であるため自己診断機能も同時に開発した。

- ① オンボード診断…インパネ警告灯の点滅回数により停止原因を表示
- ② オフボード診断…RS232Cを使いパソコンを接続することで下記の診断ができる。
 - ・ 停止原因、対処方法をメッセージ表示
 - ・ 過去の異常経歴(車両側CPUにメモリ)の表示
 - ・ 車速、E/G回転数、偏差量等のリアルタイム表示とグラフ化
 - ・ パソコンからの指示によるステアリングモータ、スタータモータ等のアクティブテスト

このダイアグノーシスにより市場でのトラブルシューティングはもちろんの事、車両開発においても非常に有用であった。

5 構造

5.1 エンジン関係

ターフメイト(JJ4)の4サイクル125ccエンジンをベースとし、始動性改善、低速運転時のエンジン信頼性向上を図った。

5.1.1 始動性改善

ゴルフカーは発進停止のたびにエンジンの始動停止を繰り返すため低温から高温まで始動性の確実さを要求される。従来モデルは、冷機時はマニュアルチョークに頼っているが、本モデルは無人状態で始動させる必要もありオートチョークを採用する事とした。

当初は発電機用E/Gに使用しているヒーター付きバイメタルとデプレッションの組み合わせタイプにてスタートしたが、プラグかぶり問題が懸念されたためバイメタルと2段デプレッションの組み合わせタイプに変更した。(図5)

スクーター等に使用しているスタータタイプはスロットル全開にて始動する事の多いゴルフカーには向かないため採用しなかった。

- ・ バイメタル
E/Gルーム温を感知し初期開度を設定する
- ・ デプレッション1
吸気マニホールドの負圧により持続可能な開度まで開く
- ・ デプレッション2
吸気マニホールドの負圧により全開まで開く
- ・ チェックバルブ
エキパイの温度を検出しE/G暖機時、負圧通路を開きデプレッション2を作動させる
- ・ バキュームコントロールバルブ
吸気マニホールド負圧を増幅してデプレッションに伝える

5.1.2 低速運転時エンジン信頼性向上

手動走行時定常10km/hに対し誘導走行時は6km/hと低くそれにともないE/G回転数も低下するためプラグ汚損、シリンダヘッド廻りのカーボン堆積等が懸念された。対応としてオートチョークを含めてのキャブセッティングの見直し、プラグの変更を行ない目標を達成した。

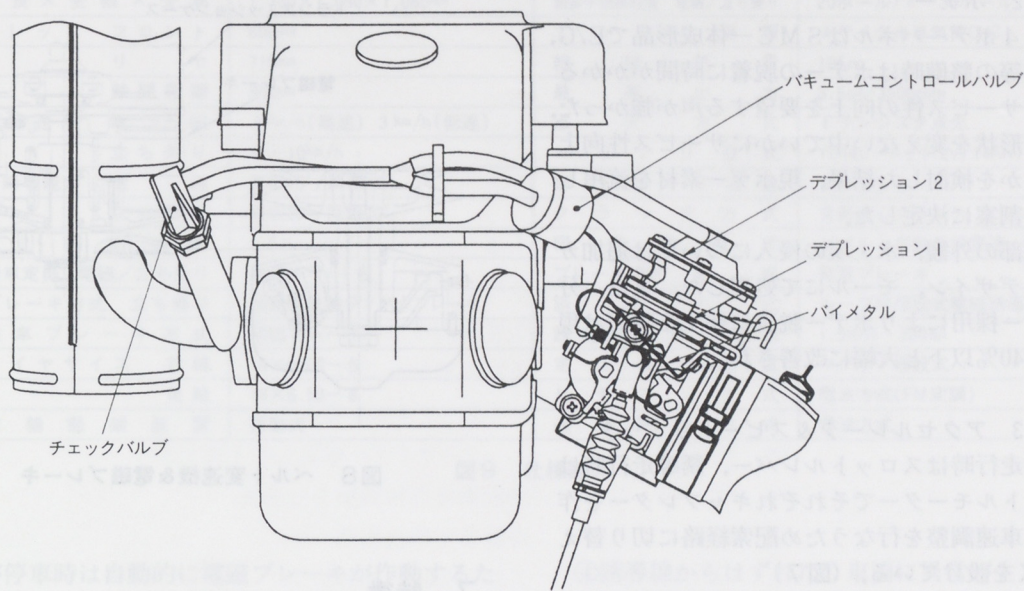


図5 オートチョークシステム

5.2 車体関係

J J 4並の機動性を確保するために車両は同サイズにする事を基本としてレイアウトした。メインコントローラを始めとする制御関連部品はステアリングシャフト廻りに集中配置する事によりメンテナンス性を良くすると共に、埃、泥水に対する配慮をした。また誘導センサ、定点センサ等はラフ路での立ち乗り走行を考慮し他社電磁車より高い位置にレイアウトした。

5.2.1 ステアリング

誘導走行時はセンサアームに取り付けられた誘導センサにて誘導線を検出しステアリングモーターにて操舵を行なう。(図6)

- ステアリングモーター
ギヤ減速機付きDCモーター使用。手動走行時には逆駆動され操作の抵抗となるため、アーマチャーにスキューを付ける事により滑らかな操作感が得られた。
- センサアーム
ステアリングシャフトに連動して左右に揺動し誘導線をトレースしていく。センサアーム廻りのガタは操舵性能(車両のふらつき、発振、脱輪等)に悪影響を及ぼすため軸受け部はボールベアリング支持とした。

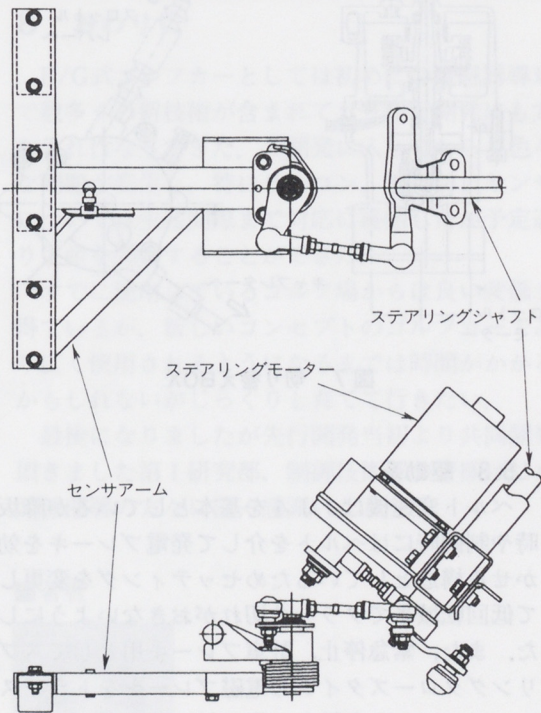


図6 ステアリング廻り

5.2.2 ボデー

J J 4 ボデーパネルはS M C 一体成形品でE/G、駆動系等の整備時はボデーの脱着に時間がかかるため、サービス性の向上を要望する声が強かった。ボデー形状を変えない中でいかにサービス性向上を図るかを検討した結果、現ボデー素材を流用しての分割案に決定した。

分割部の外観、水・埃の侵入については追加カバーのデザイン、モールにて処理した。また、分割ボデー採用によりボデー脱着に要する時間は現行の約40%以下と大幅に改善された。

5.2.3 アクセルレタ&スピードリミッタ

手動走行時はスロットルレバー、誘導走行時はスロットルモーターでそれぞれキャブレターを作動させ車速調整を行なうため配索経路に切り替え用BOXを設けている。(図7)

手動走行時の車速制御はJ J 4 と同様の機械式のガバナを使用している。

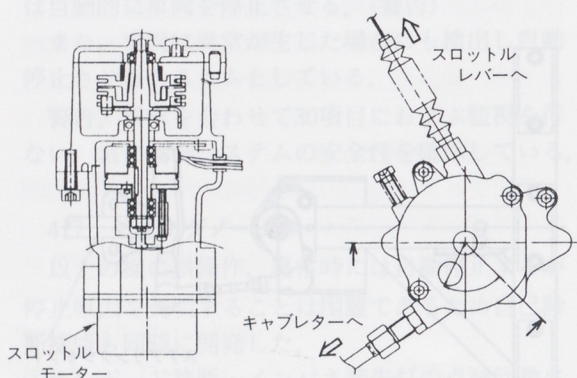


図7 切り替えBOX

5.3 駆動系

ベルト変速機はJ J 4 を基本としているが降坂時や制御時にはベルトを介して発電ブレーキを効かせる構造としているためセッティングを変更して低回転域までクラッチ切れがおきないようにした。また、緊急停止、駐車ブレーキ用としてスプリングクローズタイプの電磁ブレーキをトランスミッションの入力軸上に取り付けた。(図8)

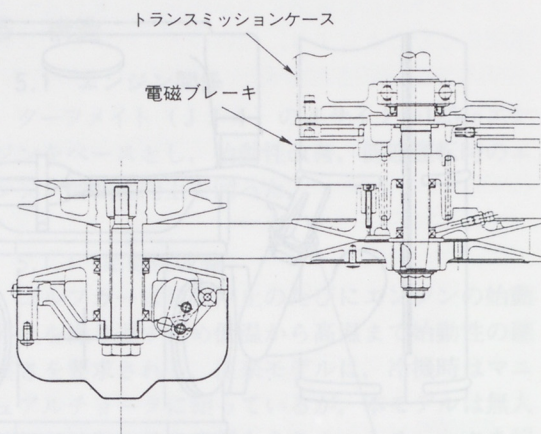


図8 ベルト変速機&電磁ブレーキ

7 特徴

7.1 特徴

- ①手動立ち乗り走行によりフェアウェイ上をプレーヤーの近くまでいく事ができプレーヤーサービスの向上、プレーのスピーディー化がはかれ、またキャディの労力軽減にもつながる。
- ②グリーン廻りは誘導にて先送りができキャディワークに余裕が生まれる。
- ③急カーブ、橋、狭い道等は誘導走行で安心。
- ④芝への影響が心配される雨天時はカートパス誘導走行のみで利用できる。
- ⑤誘導走行のみとする事でセルフプレーでも安心して利用できる。

7.2 操作性

- ①メインスイッチで使用モードの選択ができる。
(写真2)
 - ・OFF…すべての回路が切れる
 - ・ON…電磁誘導、立ち乗りの両運転が可能
 - ・ノンストップ…電磁誘導時自動停止定点を通過
 - ・セルフ…電磁誘導でのセルフプレー専用モード、キーを抜きモードを固定できる
- ②電磁誘導から立ち乗りへの切り替えはインパネの手動切り替えボタンを押すだけ、また誘導走行するときは誘導線上に車両を乗せリモコンのボタンを押せば発進可能
- ③電磁誘導可能な線上にくと緑色の誘導ランプが点灯して知らせる
- ④立ち乗り走行時の操作はターフメイトと同じだ

6 仕様諸元

図9に仕様諸元を示す。

全 長 × 全 幅 × 全 高	1,760×1,060×1,080mm	舗装平坦路燃費 電磁/立ち乗り	20ホール/ℓ 30ホール/ℓ
トレッド フロント	600mm	エ ン ジ ン 種 類	4 サイクル単気筒OHC
リ ヤ	710mm	総 排 気 量	125cc
軸 間 距 離	900mm	最 高 出 力	3.5ps/3500rpm
走 行 速 度 電 磁	6 km/h(高速) 3 km/h(低速)	点 火 方 式	トランジスタ点火
立 ち 乗 り	0 ~ 10km/h	バ ッ テ リ 型 式	YB14L-A 2 (12V/14AH)
登降坂能力 電 磁	登坂15°/降坂10°	燃 料 タ ン ク 容 量	6 リットル
立 ち 乗 り	登坂20°/降坂20°	ク ラ ッ チ 方 式	自動遠心クラッチ
最 小 回 転 半 径	1.8 m	変 速 機 型 式	Vベルト自動無段変速
乗車定員 電磁/立ち乗り	乗車不可/1名	ブレーキ方式 電 磁	発電ブレーキ
ブレーキ方式 立ち乗り	機械式後輪ディスクブレーキ	誘 導 方 式	ループ線埋設式電磁誘導
駐 車 ブ レ ー キ 方 式	電磁ブレーキ	誘 導 周 波 数 ・ 電 流	1.5KHz・300mA
タイヤサイズ 前 輪	14×6.00-6	定 点 信 号 装 置	マグネット埋設式
後 輪	16×6.50-8	リ モ コ ン 方 式	電波方式(FM変調)
前 輪 懸 架 装 置	揺動式	追 突 防 止 方 式	電波方式

図9 仕様諸元

- が停車時は自動的に電磁ブレーキが作動するためパーキングレバー操作は不要である
- ⑤前後進切り替えレバーを“手押し”位置にすればトランスミッションがニュートラルとなり手で軽く押す事ができる。

- ④誘導線からはずれたり車両に異常が生じた場合は自動停止
- ⑤誘導走行中ステップに人が乗るとステップスイッチが作動し自動停止

8 おわりに

E/G式ゴルフカーとしては初めての電磁誘導車で数多くの新技術が含まれており先行開発にも力を入れ行なってきた。X開発に入ってから色々な問題が発生し、特にリモコン、追突防止センサについては生産間際まで対応に終始したが予定通り生産を開始することができた。

すでに使用しているゴルフ場からは良い評価を得ているが、新しいコンセプトのゴルフカーであり広く使用されるようになるまでは時間がかかるかもしれないがじっくりと育てて行きたい。

最後になりましたが先行開発当初より共同開発頂きました第1研究部、制御技術部の皆様はじめ関係部署の方々に深く感謝いたします。

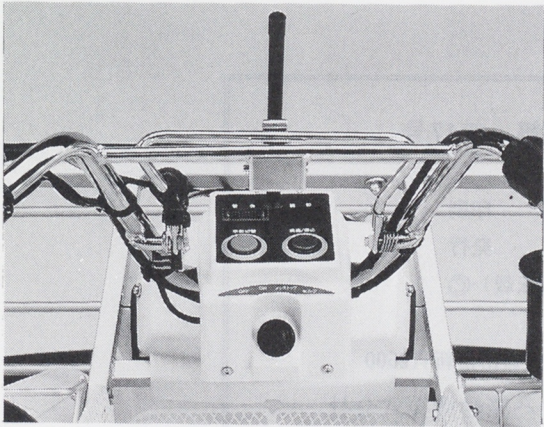


写真2 インパネ廻り

- 7.3 安定性
- 誘導走行時は当然の事ながら人による操作ができないため様々な安全機構を織り込んでいる。
- ①急カーブ、急な下り坂では3 km/hに自動減速し走行
- ②前車の発信する電波を感知して停止させる追突防止センサ
- ③衝突時にはバンパの作動によりスイッチが入り自動停止

■著者

仲井 政雄