

## 電磁誘導五人乗りゴルフカー

Golfcart Turf Liner

加地令一 Reiichi Kaji

●特機事業部 開発室

## 1 はじめに

近年、日本国内でも乗用タイプのゴルフカーの需要がめざましく、その中でもヤマハ発動機（株）（以下、当社という）が1994年に業界で初めて導入した5人乗りタイプG15Aが好調な販売を続けている。

また一方で、誘導線を埋設したカートパスを自動走行する電磁誘導カートが、プレーヤサービスを重視するゴルフ場に支持されて伸長してきている。当初はバッグのみを搬送するタイプ（以下、STD電磁という）だけであったが、その後、立ち乗り式や乗用タイプ（以下、乗用電磁という）が登場した。図1にタイプ別の販売台数推移を示す。

当社においても、1993年に立ち乗り式の電磁誘導カートG12Aを市場に導入したが、昨今の乗用化およびセルフ化の流れの中で、今後、乗用電磁のニーズが高まると予想され、5人乗り電磁誘導カートG17A「ターフライナー」（図2）を開発した。ここにその概要を紹介する。

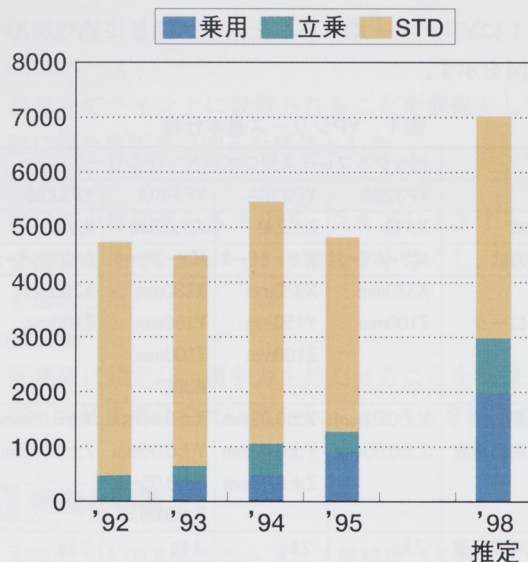


図1 タイプ別電磁カート販売台数の推移



図2 ターフライナー



## 2 開発の狙い

開発の狙いは、手動走行と自動走行（無人／有人）の両立であり、具体的には以下の3点を目標とした。

- (1) 手動走行時の機動性を確保する
  - (2) 有人での自動走行を実現する
  - (3) 自動走行時の操作性は従来（G12A）並とする
- 以上を達成する手段として、次の4項目を重点化して開発した。

- (1) G15Aをベースに最小限の変更で電磁誘導機能を付加する
- (2) 誘導関連部品のレイアウトの適正化
- (3) 誘導／手動切り替えの自動化
- (4) オートチョークの採用

## 3 特徴

ターフライナーのフィーチャーマップを図3に示す。基本的には5人乗りカートG15AにG12Aで開発した電磁誘導機能を付加したものであるが、自動走行時の重量が3倍以上の約800kg、および有人で自動走行を行う点で大きく異なっている。そのため、制動システムや安全監視システムなどに大幅な変更が必要となり、より高度で複雑な制御が必要となった。以下に各フィーチャーの詳細を説明する。

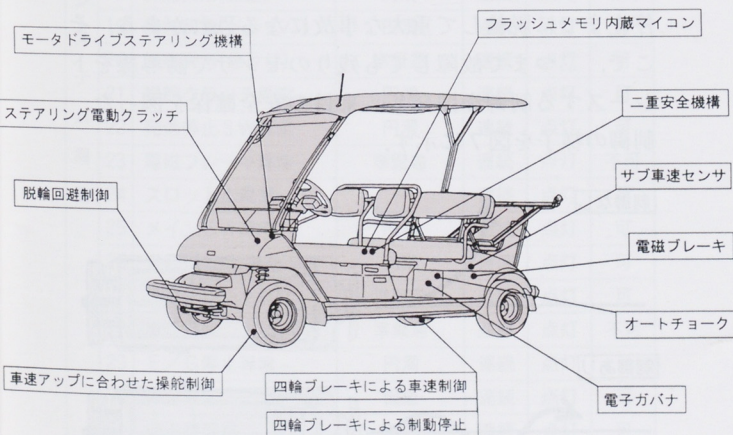


図3 「ターフライナー」のフィーチャーマップ

### 3.1 4輪ブレーキによる車速制御

自動走行時は通常8 km/h一定で走行させるため、スロットルとブレーキを常にマイコン制御している。今回、車重の大幅なアップにより、従来の発電制動方式よりも制動力を適正化できるDCモータで、ワイヤを引いて4輪ブレーキを作動させる方式を新規に開発した。

開発では、ドラムブレーキをモータで微妙にコントロールすることにおいて、様々な問題に直面した。特に路面のこう配が急激に変化する状況では、モータ電流とブレーキトルクがリニアでないため、タイヤロックや逆に車速が10km/hを超えてしまうなどの問題が発生した。また、スロットル制御と調和が取れず、キャブを開きながらブレーキをかけるといった矛盾する現象にも対応を要した。トライ＆エラーを繰り返しながら制御ソフトを作り込み、 $\pm 20^\circ$ のこう配変化でもぎくしゃくのない滑らかな走行を実現した。図4にブレーキシステムを示す。

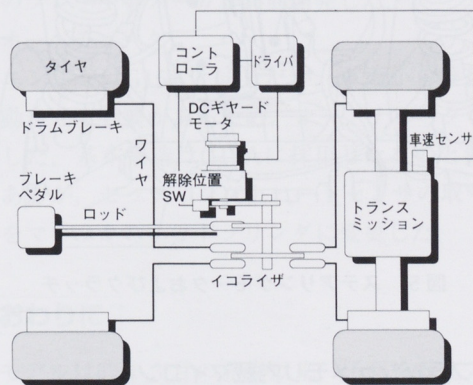


図4 ブレーキシステム

### 3.2 4輪ブレーキによる制動停止

停止時のフィーリングにも気を使い、減速度0.1G以下のスムーズな停止を実現するため、従来の車速だけによる制御に加え、減速度を一定に保つ制御を新たに開発した。

さらに走行中に異常が発生した場合、従来はパーキング用の電磁ブレーキにより緊急停止させていたが、乗員が前に飛び出すのを防止するため、4輪ブレーキによる準緊急停止モードを新設し、0.2G以下となるようにモータを制御している。



### 3.3 車速アップに合わせた操舵制御

自動走行時の最高車速は従来 6 km/h が一般的であったが、乗用での移動を考慮し 10 km/h にアップされた。それに伴い操舵制御を見直し、トレース能力を向上させた。また乗員に違和感のないハンドリングが得られるよう各制御定数の最適化を図った。

### 3.4 ステアリング電動クラッチ

自動走行時はハンドルが勢よく回って危険なため、モータから切り離しロックする構造としている。一般的にこのクラッチはレバーを動かして切り替えているが、G17A は使い勝手を向上させるため電動クラッチを初めて採用した。図 5 にステアリングモータおよびクラッチを示す。

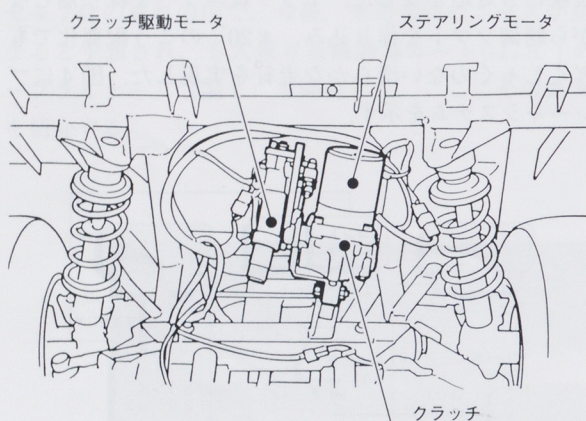


図5 ステアリングモータおよびクラッチ

### 3.5 フラッシュメモリ内蔵マイコン

コントロールユニットのハード回路も従来より進化している。人間の脳にあたるCPUは、制御の高度・複雑化に伴い日立H8/536からH8/538となり、プログラム容量もG12Aの1.5倍の56Kバイトへ達している。

またハードの信頼性向上と将来の機能アップを考慮して、従来のソケットはめ込み式のワンタイムROMから、基板実装されたフラッシュメモリへ変更し、オンボードでプログラムの書き換えを可能とした。

### 3.6 電子ガバナ

乗用ゴルフカーは安全上、手動時の車速を 19 km/h で抑えるために遠心ウェイトを用いた機械式ガバナを

装備している。従来はマイコンが故障しても手動走行可能とするため、機械式ガバナをそのまま用いていた。

G17Aではハードの信頼性も向上し、手動時も積極的にマイコンでの制御を行うことになり、その一環としてアクセルワイヤを廃止したDBW（ドライブ・バイ・ワイヤ）による電子ガバナを、当社として初めて採用した。図6に電子ガバナシステムを示す。

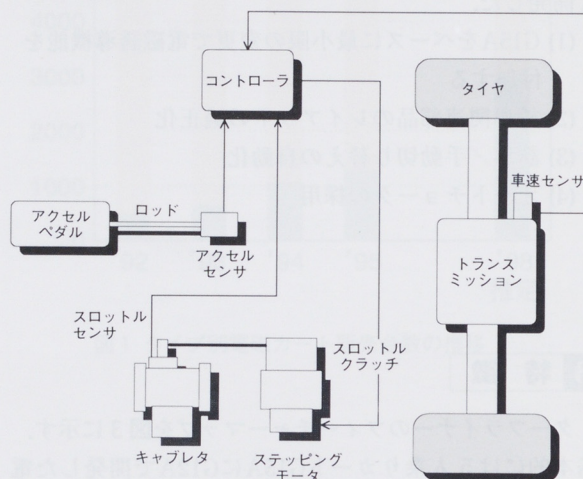


図6 電子ガバナシステム

### 3.6 脱輪回避制御

電磁誘導の原理は、車両前部の三つのセンサにより誘導線の磁界を検出して、左右のセンサ出力が常に同じ値になるように、操舵モータを制御するものである。

センサが故障した場合は車両を自動停止させるが、停止までに脱輪して重大な事故になる恐れがある。そこで、二つまで故障しても残りのセンサで誘導線をトレースする制御を開発し、乗員の安全確保を図った。制御の様子を図7に示す。

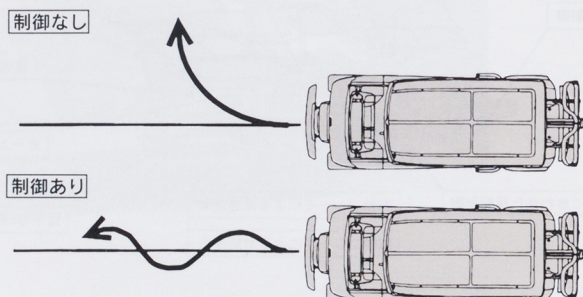


図7 脱輪回避制御



### 3.7 二重安全機構

自動車工業会の安全等級1級（現時点ではまだ草案の段階）に準ずる信頼性を確保するため、車速オーバ、脱輪、並びに主要な各センサ／アクチュエータの異常はすべて二重のフェールセーフシステムとし、車両を停止させるようにしている。また安全上重要な項目については、バックアップシステムも設けている。表1に警告／異常検出項目を示す。

表1 警告／異常検出項目

	NO	警告,異常の内容	停止モード	ブザー	ランプ	復帰
警告	1	ブレーキSW作動	円滑	無	点滅	可
	2	アクセルSW作動	円滑	無	点滅	可
	3	バックSW作動	円滑	連続	点滅	可
	4	ニュートラル	円滑	連続	点滅	可
	5	モード切替警告	円滑	無	点滅	可
	6	ハンバSW作動	緊急	無	点滅	可
	7	追突防止センサ作動	準緊急	無	点滅	可
	8	障害物センサ(近)作動	準緊急	無	点滅	可
	9	障害物センサ(遠)作動	減速	無	無	可
システム異常	10	CPU暴走	—	—	—	可
	11	バッテリー電圧低下	—	無	無	可
	12	バッテリー電圧異常	円滑	連続	点灯	可
	13	制御電圧異常(+15V)	円滑	連続	点灯	可
	14	制御電圧異常(+5V)	—	—	—	—
	15	リモコン異常	円滑	連続	点灯	可
	16	操舵異常(ロック)	円滑	連続	点灯	可
	17	操舵異常(脱輪)	緊急	連続	点灯	可
	18	操舵異常(偏差)	円滑	連続	点灯	不可
	19	操舵異常(ドライバ)	円滑	連続	点灯	可
	20	操舵異常(センサ)	準緊急	連続	点灯	可
	21	操舵クラッチ異常	円滑	連続	点灯	可
	22	発進停止SW異常	円滑	連続	点灯	可
	23	電磁ブレーキ異常	準緊急	連続	点灯	不可
	24	スロットル異常	—	連続	点灯	可
	25	メインSW異常	円滑	連続	点灯	可
	26	定点情報異常	円滑	連続	点灯	可
	27	メカブレーキ異常	準緊急	連続	点灯	可
	28	車速異常	準緊急	連続	点灯	不可
	29	E/G停止異常	円滑	連続	点灯	可
	30	停止異常	緊急	連続	点灯	可
	31	後退量異常	緊急	連続	点灯	可
	32	E/G過回転	円滑	連続	点灯	可
	33	車速センサ異常	準緊急	連続	点灯	可

### 3.8 その他の特徴

その他、以下に挙げる特徴を織り込んでいる。

#### (1)モータドライブステアリング機構

モータ出力には余裕をもたせ、タイヤパンク時でも十分な操舵性能を確保した。耐脱輪性について市場では好評である。

#### (2)サブ車速センサ

車速センサが故障すると、当然車速コントロールが設定値より外れるため、サブ車速センサを新たに追加し、2つのセンサ値に一定以上の差が生じた場合、車両を自動停止させ2次の不具合を未然に防ぐシステムとした。

#### (3)電磁ブレーキ

4輪ブレーキはモータに通電していないと制動力が得られないため、パーキング用として従来と同じように、通電しないときにロックされる負作動型電磁ブレーキを装備している。今回、車重が大幅にアップしたため4倍以上のトルク容量が必要となり、新たに軽量コンパクトで同等の電力消費のブレーキをメーカと共同開発した。

#### (4)オートチョーク

エンジンはG15Aと同じだが、車両から離れて始動させる必要があるため、オートチョークを採用した。基本構造はG12Aに採用したものと同じであるが、セッティング上ヒートセンサの取り付けをマフラからヘッドシリンダに変更した。

## 4 おわりに

本モデルは昨年3月の発売以来、予想を超える好調な販売が続いている。商品力も他社を上回るでき映えと市場の評価も高い。

乗用電磁ゴルフカーの市場は、今後さらに伸びていくと予想されるが、有人での自動運転を知能化させていくため、さらに改良を重ねていく所存である。

#### 著者



加地 令一