

ダイナモ試験システムを用いた小型電動駆動機器の開発

酒井 宣年*

抄 録

農業用機械等に適すると考えられる小型電動駆動機器を開発するため、小型、高トルクのモータと、低圧直流電圧入力およびトルク/速度指令対応のドライブユニットの仕様決定から試作を実施し、その特性を検証した。試作したモータおよびドライブユニットはキャタピラ型の小型車両に搭載し、フィールド試験検証を行ない、これまでの電動機器以上のパワーと利便性があることが確認された。

1 はじめに

本県は農林業が盛んであり、エンジン駆動の農機具が多く使用されている。近年、作業員の高齢化により、機器のエンジン始動性や燃料運搬作業等の困難さが問題となっており、これらの作業の削減や効率化から電動化への要望が急速に高まっている。電動機器は機械的駆動部のみならずモータおよびドライブユニットなどの電気機器から構成されているため、電力変換とその制御技術は重要な要素となる。

本研究では農業用機械等に適すると考えられる小型電動駆動機器の開発を目的とし、モータおよびドライブユニットの仕様の決定及び試作を行い、さらに特性およびフィールド検証を行なってその有効性を検証した。

2 モータの試作・評価

モータは多種存在するが、本研究における小型電動駆動機器へ搭載するモータの重点項目は次の通り。

- ① 小型かつ軽量
- ② 大容量、高トルク
- ③ 本開発における費用、期間での成果達成
- ④ 量産時における低価格の実現

これらを考慮し、モータ種類の検討を行ない、PMSM（永久磁石同期モータ）を選定した。PMSMは構造的に表面磁石型（SPM）と埋め込み磁石型（IPM）の2種に大別されるが、目的とする用途では過渡的な変動が大きいこと、また制御方式がIPMでは複雑化す

ることから、本研究においてはSPMを採用した。

モータ容量については開発目的から運搬としての用途が広く見込まれる。小型運搬車両として市場での一般的な傾向が400 Wであることから、最低容量を400 Wより検討を行なった。モータ開発は通常、ステータの金型、コイル巻線の設計製作、ロータの削り出し、磁石加工などモータ自身の開発と、それを駆動するためのドライバ（DC/AC インバータ）の開発が必要となる。そこで以下項目に適合するモータメーカーへ試作を依頼した。

- ① 本件の仕様に近いモータ標準機器、ドライバ標準機器を有すること
- ② 巻線およびロータ加工を自社で行ない、設計変更対応が容易であること
- ③ ドライバ制御技術を自社で有しており、設計変更対応が容易であること

以上の内容に適合する、株式会社ワコー技研のACサーボモータについて、②項、③項の要望から外形寸法400 Wと同ステータを用いてのトルクおよび回転数を限界まで上げる検討を相互に行ない表1の仕様を決定した。

試作したモータとドライブユニットを図1と図2に示す。またモータ単独での性能評価を行なった特性グラフを図3に示す。

* 電子技術担当

表 1 試作モータおよびドライバ仕様

(a) モータ仕様

		開発品	400W 標準品
モータ種類		SPM	SPM
定格出力	W	750	400
定格トルク	N・m	2.38	1.91
瞬時最大 トルク	N・m	4.76	3.92
定格回転数	rpm	3000	2000
トルク定数	N・m/A	0.128	0.188
ロータ イナーシャ	kg・m ²	3.0× 10 ⁻⁴	3.0× 10 ⁻⁴
パワーレート	kw/s	19.2	12.3
定格電流	Arms	21	12.5
最大電流	Arms	42	25
外形寸法	mm	□87×175	□87×173

※ ギア取付けを考慮しフランジ特殊加工実施のため2mm 大きい

(b) ドライバ仕様

出力方式	3 相 PWM 方式正弦波電流制御
入力電圧	DC22～56V
定格電流	21.2Arms
最大電流	42.4Arms
制御方式	トルク制御／速度制御
指令方式	アナログ電圧指令型速度／トルク制御



図 1 試作したモータ



図 2 試作したドライブユニット

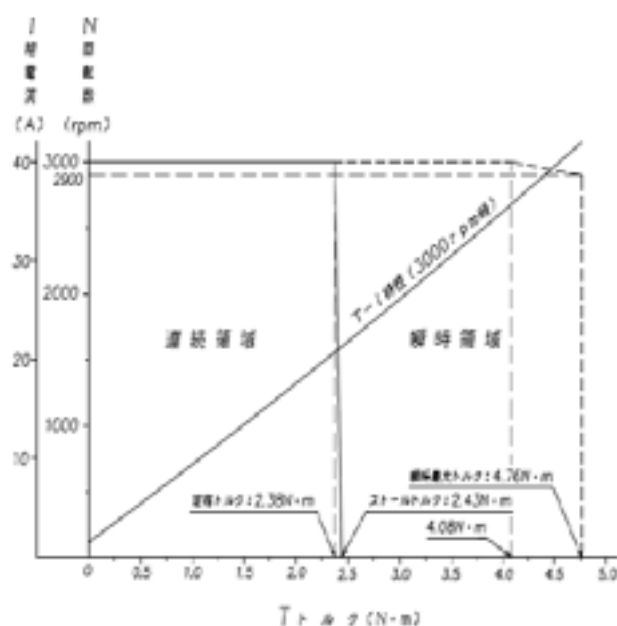


図 3 モータ特性

2 フィールド実証検証

キャタピラ型の小型車両に試作したモータを採用して、フィールド検証を行なった。試作品である電動車両には 1:40 のディファレンシャルギアが採用されており、試作したモータを取り付け可能とするため、モータ軸およびフランジに追加工を実施。また前進後進、速度調整などのヒューマン動作とモータドライブユニットのインターフェイスとなる上位制御を組み込みことで図 4 と図 5 の 2 台の試作を行なった。



図 4 試作モータを取付けた小型電動車両
試作 1 号機

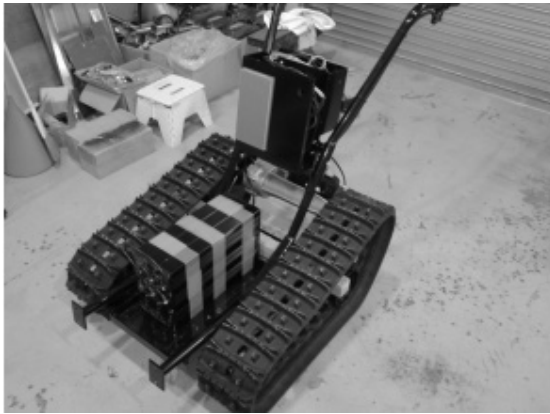


図5 試作モータを取付けた小型電動車両
試作2号機



図6 上り試験の様子

試作1号機ではモータの制御方式(トルク/速度)の検証とディファレンシャルギアとのマッチング試験を実施した。片手操作が可能であるなどの機動性に優れていることを確認する。但し、モータトルク性能に車体強度が耐えられないなど機械的問題があった。またスタート時の加速は良好であるが、停止時において、自動車のABS機能に相当する減速機能が必要であるなど電気制御的課題を抽出した。

試作1号機の強度不足の問題点を反映させ、三角キャタピラ型での試作2号機の製作を実施した。制御面ではモータドライバとのインターフェイス内に運転/停止指令に加え、停止時における減速指令を含むより詳細なトルク/速度指令を行なう上位コントローラを搭載した。

図6および図7に実証試験時の様子を記載する。図6では階段を上る検証を行ない、トルク制御が正常に機能することで途中停止や滑りをおこすことなく、安定な動作を確認した。また、図7では階段を下る検証を行ない、速度制御による安定した動作が行えることを確認した。さらに重量物の加圧運搬試験も行ない、良好な結果を得た。なお、試作機器の最高速度は 47 m/min であり、平面時かつ摩擦係数を 0.2 (ゆるい砂地・粘土質の道路) とした場合の最大積載重量は約 400 kg である。



図7 下り試験の様子

4 まとめ

農業用機械等への活用を目的に、直流での駆動を基本とした小型、高トルクのモータおよびドライブユニットを開発試作し特性検証を行なったところ良好な結果を得た。キャタピラ型小型運搬車両に採用し、除雪ダンプとしてのフィールド試験検証を行なったが、これまでの電動除雪機以上のパワーと利便性があると報告を受けている。

実用化に向けては防水性能など様々な問題はあるが、応用展開に向けての提案を進めていきたい。