



ダイレクトドライブアクチュエータの小型化技術

Technologies Behind the Downsizing of Direct Drive Actuator

霧森 宏樹 Hiroki Tsurumori

これまで液晶製造装置や電子部品製造装置、自動車部品組立装置などでは、ダイレクトドライブ(DD)アクチュエータを用いたインデックステーブルが利用されてきた。また近年ではスマートフォンやタブレットをはじめとしたコミュニケーションデバイスの製造装置や、医療機器、コネクタ、スイッチなど小物部品の製造装置においてもDDアクチュエータが使用されている。

上記のようなシステムにおいて、近年では装置の小型化・軽量化や環境対応のために小型のDDアクチュエータの要求が増えており、当社では業界最小となるDDアクチュエータを開発した。本製品は、「位置検出器の小型化」、「巻線システムの小型化」、「ドライバ・コントローラの小型化」により、使い勝手は同等で、従来の最小機種との体積比で約70%減となる小型化を実現した。

本稿ではこれらの小型化の技術を紹介する。

Until recently, direct drive (DD) actuators have been used mainly in indexing tables employed in such equipment as LCD manufacturing equipment, electronic parts manufacturing equipment, and automobile parts assembly equipment. However, DD actuators are now also being used in equipment for manufacturing communication devices, including smartphones and tablets, and in equipment for manufacturing small components such as medical devices, connectors, and switches. Since the applications described above require smaller, lighter, environmentally-friendly equipment, the demand for smaller DD actuators has increased in recent years, and to meet this demand, CKD has developed the smallest DD actuator in the industry. This DD actuator, compared with the smallest conventional model, maintains the same level of usability but is about 70% smaller in volume, which was accomplished by downsizing the position detector, the winding system, and the driver and controller.

This paper describes these downsizing technologies.

1 はじめに

大きなトルクと位置決め精度を必要とする用途、例えば液晶製造装置や電子部品製造装置、自動車部品組立装置などでは、ダイレクトドライブ(DD)アクチュエータを駆動源としたインデックステーブルが使用されてきた。また近年ではスマートフォンやタブレットをはじめとしたコミュニケーションデバイスの製造装置や、医療機器、コネクタ、スイッチなど小物部品の製造装置においてもDDアクチュエータが使用されている。

これらの用途では、インデックステーブル上にワーク保持のために空気圧機器(小型エアシリンダなど)が搭

載されることが多い。あるいは揺動(往復運動)によるワークの搬送にDDアクチュエータを使用する場合は、ワークのピック&プレース用に空気圧機器が使用される。いずれの場合においても空気圧機器用の配管チューブは、DDアクチュエータの中空穴を用いて配管される(Fig. 1)。

左記のような装置において、当社では業界最小となるDDアクチュエータを開発し、これまで以上に空気圧機器との共存性を高めた。本稿では、小型DDアクチュエータの概要と特徴について紹介する。

2 小型DDアクチュエータの概要

小型DDアクチュエータは、モータとそれを動かすためのドライバ・コントローラで構成される。小型DDアクチュエータの外観を示す(Fig. 2)。



Fig. 1 使用事例



Fig. 2 小型DDアクチュエータ外観

DDアクチュエータはギアやベルトなどを介さずに直接負荷を駆動するため、過負荷時のギアの破損や、ギアの摩耗による位置決め精度の変化を心配する必要がないところが長所として挙げられる (Fig. 3)。

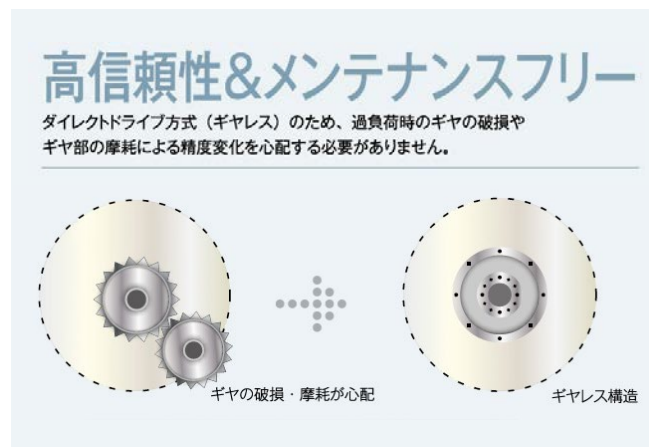


Fig. 3 DDアクチュエータの特徴

3 DDアクチュエータの小型化技術

小型DDアクチュエータの開発にあたって、主に「位置検出器」、「巻線システム」、「ドライバ・コントローラ」の小型化を行った。

Fig. 4にモータの内部構造を示す。

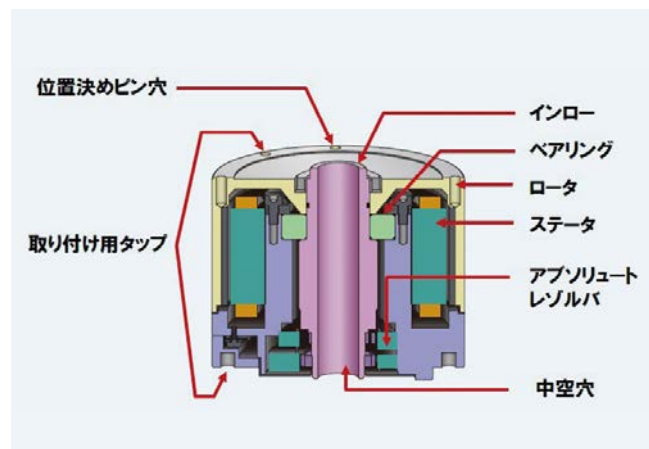


Fig. 4 モータ内部構造図

3-1 位置検出器の小型化

DDアクチュエータが使われる装置では、DDアクチュエータの位置決め精度が装置の組立精度や検査精度に直結するため、高分解能な位置検出器が搭載される。当社のDDアクチュエータは、自社開発したアブソリュートレゾルバを搭載している。当社のレゾルバは、単極 (1x) と多極 (nx) のレゾルバを組合せてアブソリュート位置を検出している。

従来、コイルを基板にはんだ付けにて固定していた構造を見直し、コイル自身のワイヤーを配線として使用することで基板とはんだ付けを削減し、体積70%減の小型化を実現した (Fig. 5、Fig. 6)。

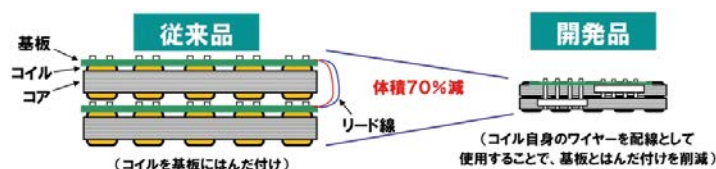


Fig. 5 レゾルバの模式図

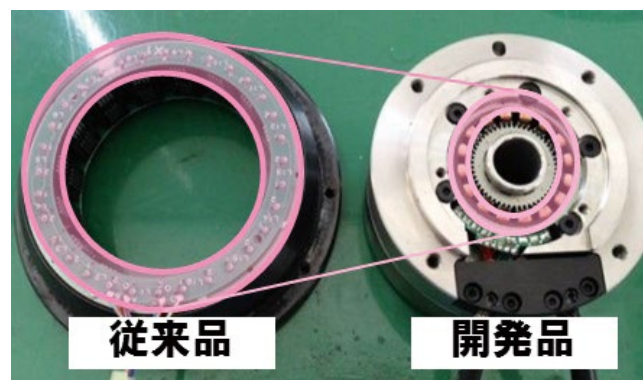


Fig. 6 小型化したレゾルバ

一般的に、小型化すると多極レゾルバの極数が減少し分解能が低くなることで位置決め精度が劣化する。少ない極数であっても、従来機と同等の検出分解能を得られるよう、位置検出のアルゴリズムを再設計した。

またレゾルバを単純に小さくすると作業が細かくなり、製造工程にも影響が出てしまう。

当社のレゾルバは組立後にデジタル補正処理を行うことで、製造工程に負担をかけずに高い位置決め精度を実現できる。このデジタル補正技術を小型DDアクチュエータ用に最適化することで、割出し精度 $\pm 90''$ および繰返し精度 $\pm 10''$ を実現した。

3-2 巻線システムの小型化

従来はマグネットワイヤとコアの間を絶縁するために、絶縁紙を挟みマグネットワイヤを巻いていた。このため絶縁紙の厚みや余分な隙間ができてしまっていた。これに対しDC24Vを電源として駆動するモータとすることで、AC100VやAC200Vを電源とする従来機では採用できなかった新しい絶縁工法である紛体絶縁塗料を採用することができた (Fig. 7)。紛体絶縁塗料の採用により、コイルエンド高さを抑え、コイルスロット幅を極限まで小さくすることができ、小型化に寄与した。



Fig. 7 新絶縁工法の巻線システム

ただし、紛体絶縁塗料の場合、絶縁距離を塗料の膜厚で管理する必要がある。0.2mm～0.3mmの膜厚に入る工程を確立し検査・管理している。

Fig. 8に開発時のコア切断写真を示す。

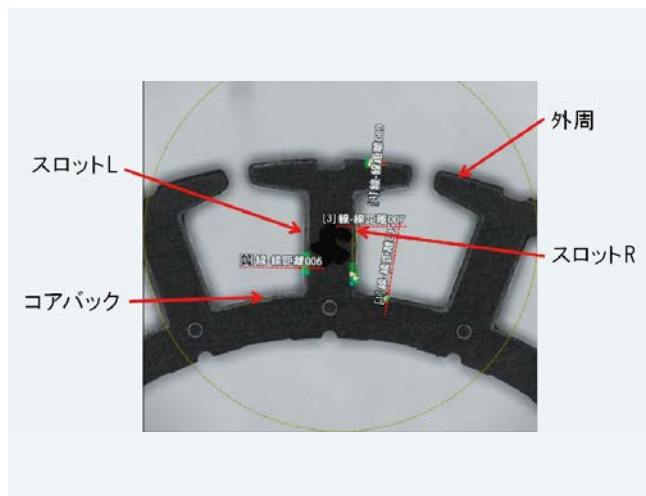


Fig. 8 コア切断写真

3-3 ドライバ・コントローラの小型化

ドライバ・コントローラは従来機の4枚基板構成に対し、3枚基板構成となっている(Fig. 9)。小型化だけを考えれば1枚基板構成としたほうが有利だが、小型化と従来機種相当の使い勝手を両立させるために、3枚基板構成を採用した。

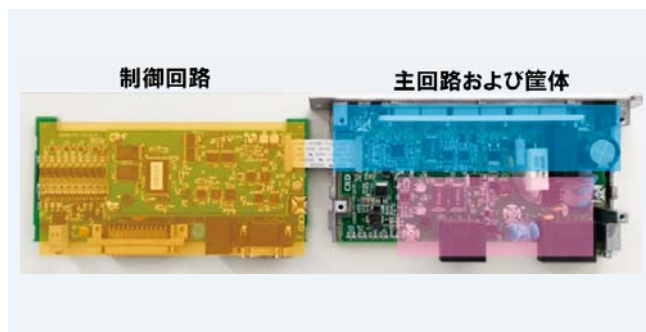


Fig. 9 ドライバ・コントローラ構成

①制御回路

従来機では表示基板に7セグLED×2個とゲイン調整用のディップスイッチ×2個が搭載されていた。7セグLEDはチップLEDに変更し、ゲイン調整は調整用パソコンツールを用いた調整に変更しスイッチを削減した。スイッチを削減することで直観的な操作感を損なわないようにするために、パソコンソフトのゲイン調整機能を刷新しAI調整機能を搭載している(Fig. 10)。AI調整機能を使えば、これまで熟練者が行っていたゲイン調整と同等の調整を数回クリックするだけで再現することができる。ゲイン調整のアルゴリズムは、実際に熟練者がゲインを調整する際のノウハウをデータ化し用いた。

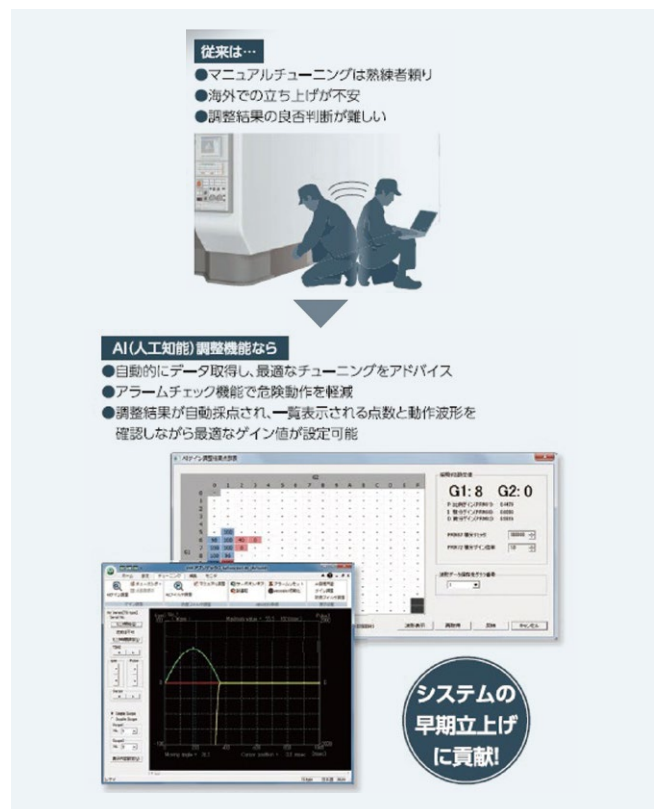


Fig. 10 AI調整機能

②主回路・電源回路

MOS-FETによる駆動回路の小型化にも取り組んだ。またモータと合わせてDC24V仕様としたため、P-N間のコンデンサも小型の物を採用できた。

さらに電子部品もDIP品をSMT品に変更して部品高さを抑えることで、基板間距離も高さを抑えている。

4 小型化による環境負荷低減

モータ、ドライバ・コントローラおよびケーブルで、従来は最小機種で7.3kgだった重量が、小型DDアクチュエータにより2.7kgまで74%もの削減になった。例えば愛知～東京までの輸送にかかるCO²排出量を算出すると、従来機の約60%減となり、環境負荷を低減することができた。(Fig. 11)

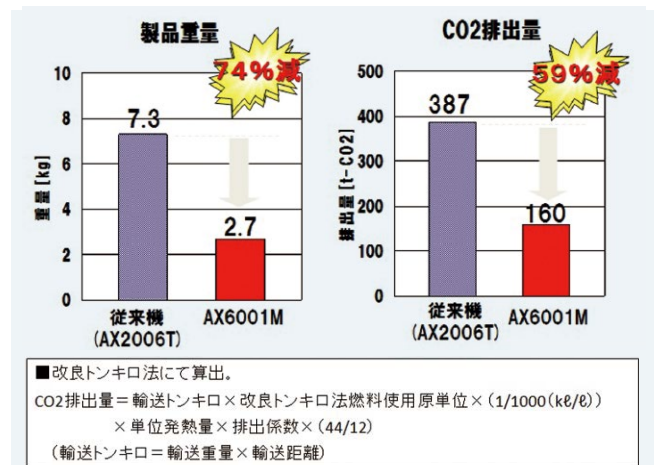


Fig. 11 輸送時のCO²排出量

5 おわりに

以上紹介した小型DDアクチュエータはこれまでのダイレクトドライブ方式の使い勝手を保ちながら小型化することで、例えば中型・大型のテーブルのインデックステーブル上に、小型DDアクチュエータを搭載するなど、これまでのDDアクチュエータとは異なる使われ方もされている。

ユーザの新しい発想を促し、DDアクチュエータの新しい用途を開拓していくことで顧客満足度の向上に繋がると確信している。

執筆者プロフィール



鶴森 宏樹 Hiroki Tsurumori

コンポーネント本部
FAシステムBU 第2技術部
Engineering Department No. 2
FA System Business Unit
Components Business Division

■ 出典 ■

- 1) 出願特許：多段式レゾルバ 特許第5547687号(特開2012-249417)
- 2) 経済産業省 物流分野のCO²排出量に関する算定方法ガイドライン