

多自由度モータとその要素技術

多自由度モータとその要素技術調査専門委員会編

目 次

1. 多自由度モータの研究動向		5. 駆動制御技術	
1.1 まえがき	3	5.1 まえがき	23
1.2 国際会議に見る多次元ドライブ	3	5.2 多自由度超音波モータの駆動技術	23
1.3 多次元ドライブの研究動向	4	5.3 多軸アクティブ除振装置の駆動技術	24
1.4 まとめ	5	5.4 サーフェスモータの駆動技術	26
2. 多自由度モータの設計解析技術		5.5 おわりに	27
2.1 はじめに	5	6. 多自由度モータの評価技術と評価方法	
2.2 各種多自由度モータとその解析手法	5	6.1 はじめに	27
2.3 まとめ	11	6.2 1自由度モータの特性評価	27
3. センシング技術		6.3 多自由度モータの特性評価	29
3.1 はじめに	11	6.4 あとがき	30
3.2 一次元リニアセンサの代表的構成	11	7. 応用事例	
3.3 平面センサの代表的構成	12	7.1 まえがき	30
3.4 球面センサ	13	7.2 多自由度モータの応用事例	31
3.5 まとめ	14	7.3 おわりに	36
4. 材料および支持機構		8. 今後の調査の進め方	
4.1 はじめに	15	8.1 はじめに	38
4.2 磁性材料	15	8.2 現在の研究動向	38
4.3 磁気回路	17	8.3 ニーズの例	38
4.4 多自由度モータの支持機構	19	8.4 多自由度モータの研究例	38
4.5 まとめ	22	8.5 今後の研究と発展の方向性	40
		8.6 おわりに	41

多自由度モータとその要素技術調査専門委員会委員

委員長 矢野 智 昭 (産業技術総合研究所)
幹 事 百目 鬼 英 雄 (武蔵工業大学)
渡 辺 利 彦 (F D K)
幹事補佐 乾 成 里 (日本大学)
委 員 海老原大樹 (五島育英会)
大 井 英 司 (オリエンタルモーター)
大 崎 博 之 (東京大学)
大 橋 健 (信越化学)
荻 田 充 二 (科学技術振興機構)

委 員 竹村 研治郎 (東京工業大学)
土 屋 淳 一 (首都大学東京)
遠 山 茂 樹 (東京農工大学)
富 田 良 幸 (住友重機械工業)
平 田 勝 弘 (大阪大学)
堀 越 敦 (日本精工)
前 野 隆 司 (慶應義塾大学)
脇 若 弘 之 (信州大学)
涌 井 伸 二 (東京農工大学)

1. 多自由度モータの研究動向

1.1 まえがき

高性能・高精度化が進むモーションコントロールの分野において、非線形摩擦の問題がクローズアップされ、回転モータと減速機の組み合わせは、精度上の限界が近づいている。このような中であって、ダイレクトドライブが行える利点が再認識され、リニアモータを利用したドライブシステムが採用され、工作機などで効果をあげている。リニアモーション分野は多軸での利用が一般であり、リニアモータを直交2軸に構成することで、X-Y ステージ、製図機などが実用化されている。さらに進めて1台のモータだけで、2次元駆動が可能なサーフェスモータやプレーンモータと呼ばれるモー

タの研究・開発が試みられている。さらに曲面モータ、球面モータの提案もなされ、多自由度モータの研究が活発化している。

このような状況を受け、電気学会産業応用部門では2002年4月から2004年3月までの2年間、リニアドライブ技術委員会の傘下に多次元ドライブシステム調査専門委員会を設置し、その調査結果は報告書として刊行されている⁽²⁾。その結果をふまえ、2004年4月から2006年3月までの2年間、多自由度モータとその要素技術調査専門委員会を設置し、課題解決に焦点を当てて調査を行った⁽¹⁾。

一方、日本機械学会機素潤滑設計部門でも多自由度アクチュエータを含む次世代アクチュエータ研究の活発化を受け、アクチュエータシステム技術企画委員会のメンバーを中心として2002年4月から2003年3月まで科研費補助金(基盤研究(c)(1))「次世代アクチュエータ技術の予測調査研究」を行った⁽³⁾。この調査研究結果を受けて2004年4月から2009年3月までの5年間、科研費特定研究「ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」を行っている⁽⁴⁾。このように活発化する国内の活動とともに、海外でも多自由度ドライブの研究が行われており、多数の国際会議でさまざまなアイデアが提案されている。

2005年に開催されたアクチュエータに関連する研究会だけでも表1.1に示すものが挙げられ関心の高まりを感じる。本稿では、ここ数年開催された国際会議での発表から、主として電磁形に対する多次元ドライブの発表を調査した結果をまとめ、国際会議から見た多次元開発動向を概観する。

1.2 国際会議に見る多次元ドライブ

多次元ドライブの発表の場としての国際会議は、電磁形の場合リニアドライブの国際会議であるLDIA、また、モータとそのドライブ技術に関する国際会議であるICEM及び日本・韓国・中国持ち回りで開催が予定されているICEMS、IEEEのIEMDCが主なものと思われる。

しかし、多自由度ドライブはリニアモータに関連する会議での発表が主であり、IEEE関連ではほとんど発表されていない結果となった。以降、代表的な会議での発表件数を示す。

1.2.1 LDIAに見る多次元ドライブ

International Symposium on Linear Drives for Industry Applications(以降LDIA)は3年毎に開催される日本発のリニアモータに関する唯一の国際会議として成功を収めており、多次元ドライブに関しての発表も多数行われている。第4回はバーミングハムで2003年に開催された。多次元ドライブに関するセッションとしてPlaner Machinesが設定されており、日本から7件、オランダ、ブラジル各1件の計9件の発表があった。

2005年には第5回として淡路島で開催された。多次元ドライブに関するセッションとしMultidimensional Driveが設定されており、日本4件、スペイン1件の計5件が発表さ

表 1.1 アクチュエータ関連の研究講演会(2005年, 国内外)

Month	Place	Conference name	Organizer
1	Tokyo	Actuator Symposium	SRPA
	U.S.A.	18th MEMS	IEEE
3	Hakone	10th Robotics Symposia	JSME/RSJ/SICE
	Gifu	MAGDA2005	AEM
4	Spain	Robotics & Automation	IEEE
	Nagoya	Intermag Conference	IEEE
6	Seoul	ICMMDT	JSME
	Kochi	SEAD17	AEM
	Kobe	ROBOMECH2005	JSME
	Hong Kong	Robotics & Biomimetics	IEEE
	Kobe	Safety, Security & Rescue Robotics	IEEE
8	Fukui	Japan Industrial Society Conference	IEEJ
	Canada	Intelligent Robots & Systems	IEEE/RSJ
9	Tokyo	Mechanical Engineering Congress 2005	JSME
	Kanagawa	The 23rd Annual Conference of the Robotics Society of Japan	RSJ
	U.K.	8th Climbing & Walking Robots	CLAWAR
	Awaji Island	Linear Drives for Industrial Applications	IEEJ
10	Hanoi	Applied Electromagnetics and Mechanics	AEM
	U.S.A.	4th Sensors	IEEE
	U.S.A.	11th Robotics & Applications	IASTED
11	Hamamatsu	Workshop on Linear Drive	IEEJ
	Tokyo	36th Robotics	IFR
	U.S.A.	Mechanical Engineering Congress	ASME/MED
12	Okayama	Actuator Symposium	SRPA
	Tsukuba	Humanoid Robots	IEEE/RSJ