

リニアドライブ技術委員会及び 関連調査専門委員会活動報告

正田英介 野中作太郎 松村文夫
(東京大学) (九州大学) (金沢大学)

1) まえがき

近年、リニアモータは産業界の各分野においてその利用が活発化している。その代表的利用としては輸送システム、のみならず工場内搬送システム、ロボット、NC工作機などのFA機器から情報端末機、事務機などのOA機器と幅広く展開しており、今後もこれらの応用分野は拡大しつつある。

この背景としては永久磁石材料、鉄心材料などの高性能化とコストの低減を含む実用化レベルへの進展などが挙げられよう。

また、別の観点から各産業機器のニーズの高度化が進み、アクチュエータとしてはダイレクトドライブや非接触運転など従来のメカニズムでは困難もしくは複雑となる要求条件が増加してきた。これらの対応にはリニアモータが便利であるばかりでなく、システムの小型化、軽量化、無保守化などの利点を有することからその利用がより現実となって来つつある。このような背景から、電気学会では磁気アクチュエータ調査専門委員会(1980～1983)、リニア電磁アクチュエータ調査専門委員会(1983～1986)、そしてリニア電磁駆動システム調査専門委員会(1986～1989)と、リニアモータに関する調査研究を行ってきた。これらの技術進展の過程でリニアモータ、およびリニアアクチュエータの技術も単体としてのハードウェアの問題からその制御技法や支持機構との組み合わせなどドライブシステムの問題へと発展してきた。このような、リニアモータの研究開発の内容および利用法の拡大から、1調査専門委員会で取り扱う範囲を大幅に越え、電気学会内に新たにリニアドライブ技術委員会の設置を望む声が高まり、昭和63年度発足となった。さらに、その下部機関として新たにリニアモータ解析手法調査専門委員会と磁気浮上方式調査専門委員会を設け、研究領域の枠を拡大させ時代の要求に対応することとなった。

本報告書はこれらのリニアモータ関連委員会における具体的活動内容を公開するものである。

2) リニアドライブ技術委員会活動報告

本技術委員会は昭和63年4月1日正式発足となったが、準備委員会を62年9月よりスタートさせ3回の準備委員会と1回の見学会(埼玉博、HSST、リムトレイン)を開催している。この結果として、63年4月の発足当初より2つの下部委員会の活動および技術委員会主催のリニアドライブ研

研究会の4月、5月開催が可能となった。

以下に項目毎に活動状況を報告する。

1. 調査専門委員会の方針検討および設置準備

- ・傘下の調査専門委員会の運営指針の決定
- ・「リニアモータ解析手法」調査専門委員会の新設・発足 (63.4.1)
- ・「磁気浮上方式」調査専門委員会の新設・発足 (63.4.1)
- ・「超電導リニアドライブ」調査専門委員会の設置準備 (64.4.1予定)
- ・「リニアモータFA応用」調査専門委員会の設置準備 (64.4.1予定)

2. 研究会の実施

- 63.4 金沢 (磁気浮上) 発表11件、約110名 企画:MLV委員会
- 63.5 長野 (人工心臓) 発表7件、約60名 企画:AHA委員会
- 63.10 東京 (テーマなし) 発表15件、約100名 企画:LED委員会
- 63.11 福岡 (電磁界解析) 発表10件、約90名 企画:LMA委員会
- 64.2 東京 (テーマなし) 発表9件 (予定)

3. 見学会の実施

- 63.7 JR鉄道技術総合研究所 宮崎実験線 見学試乗 参加45名
- 63.12 都営12号線モデル車 (リニアモータ駆動) 見学試乗 参加35名

4. 部門誌特集号への協力

- 63.5 「磁気浮上・リニアドライブ」特集

5. シンポジウム開催

- 63.8 産業応用部門全国大会「加工産業におけるリニアモータの適応」
6テーマ 参加60名

6. 国際協力

- ・63.4 研究会でのProf.Eastham、Prof.Parker(Queen's Univ. Canada)の講演
- ・10th Maglev Conf. (Hamburg, June' 88)への主要メンバーの参加
- ・リニアモータ解析国際協力組織(日、加、英、米、西独)への参加
- ・11th Maglev Conf. (Yokohama, July' 89)の企画
- ・ICEM' 88 (Pisa, Sept.' 88)への主要メンバーの参加

3) リニア電磁駆動システム調査専門委員会活動報告

本調査専門委員会はリニアドライブ技術委員会を初め傘下の関連委員会の母体として大役を果たしてきた。調査期間も昭和63年3月で終了するが、すでに技術報告書原稿執筆も終えて、印刷の段階である。本委員会の活動状況を表1に示すが、平均出席者20名、多数の提出資料と活動のアクティブさを物語っている。

表 1

リニア電磁駆動システム調査専門委員会活動状況

昭和63年12月12日現在

開催日時		開催場所	資料数	参加者	併設事業(関連)
61年6	6/7	電気クラブ	15部	28人	
	7	7/18 蔵前工業会館	14	26	
	9	10/3 古河電工	8	24	・CTM実験線見学会
	10	10/31 信州大学	24	22	・リニアモーター研究会・山田研見学会・懇親会
	11	11/28 電気クラブ	17	28	
	12	1/9 武蔵工業大学	16	28	・海老原研見学会
62年1	1/31	九州大学	15	21	・宮崎実験線見学会・野中研見学会・懇親会
	2	2/27 富士通小山工場	10	24	・富士通小山工場見学会
	3	3/20 蔵前工業会館	7	25	・リニアモーター応用ハンドブック出版記念会・懇親会
	4	4/17 小野測器本社	9	26	・ショールーム見学会等
	5	5/15 大阪中央電気クラブ	12	23	・[リニアモーター見学]・拡大幹事会
	6	6/13 電気クラブ	11	28	・リニアモーター研究会・幹事会
	7	7/10 東京大学	15	28	・正田研見学会
	9	9/18 蔵前工業会館	16	28	
	10	10/16 建設会館	5	22	
	11	11/14 湯河原厚生年金会館	7	26	・リニアモーター研究会・懇親会
	12	12/11 電気クラブ	12	23	
63年1	1/8	電気クラブ	11	25	
	2	2/26 電気クラブ	10	25	
	3	3/31 小野測器本社	5	21	
	5	5/27 東京大学	12	29	
	7	7/15 電気クラブ	7	20	
	7	7/23 JR総研宮崎試験場	(3)	(46)	・JRリニアモーターカー見学試乗会
	8	8/19 愛知県産業貿易館	16	29	・産業応用部門全国大会
	10	10/28 電気クラブ		12	・リニアドライブ 研究会
	12	12/9 競馬交通局馬込換車場	(4)	(41)	・都営12号線リニア地下鉄見学試乗会
		計 24回	284 部	579 人	幹事会4回 見学会11回 懇親会4回 研究会4回

4) リニアモータ解析手法調査専門委員会活動報告

本委員会は、各種リニアモータの解析手法の体系化と高度化ならびに設計手法の確立を行うために昭和63年4月に新設されたものである。

本委員会の調査検討事項としては、

- (1) 各種リニアモータの解析手法の分類と相互関係の明確化
- (2) リニアモータ解析手法の適用領域の明確化
- (3) リニアモータ設計手法の確立
- (4) リニアモータ計測法の評価

等であり、これらにより、以下の効果を予想している。

- (1) リニアモータ解析法の体系化
- (2) 産業界に適した解析手法の開発
- (3) 設計手法の確立による設計の合理化と最適化
- (4) リニアモータの高性能化によるドライブ技術の発展

発足以来昭和63年12月までに5回委員会を開催し、現在までは以下に示すような論文や資料をもとに、それらの内容について検討・討議を行ってきた。

リニア誘導モータの解析手法とその妥当性を検証した論文として

1. 低速リニアインダクションマシンの特性
2. 横方向起磁力を考慮したリニアインダクションマシンの磁束密度
3. 高速LIM用中空アルミニウムリアクションレールの効果に関する実験的研究
4. 高速リニアインダクションモータにおける中空アルミニウムリアクションレールの効果
5. 有限長正弦波一次表面電流を仮定したLIM解析の問題点
6. 単層巻線高速LIMにおける交番起磁力の影響
7. 有限長一次鉄心を考慮した単層巻線高速LIMにおける交番起磁力の影響
8. Simplified Two-dimensional Analysis of Linear Induction Motors.
9. Field Analysis of Single-Sided Linear Induction Motor Using Finite Element Method.
10. 有限要素法と境界要素法を併用した片側式短二次リニア誘導機の解析
11. 新都市交通用リニア誘導モータの特性に関する実験的研究
12. Test Facility and Test Results of Single-Sided LIM for Urban Transit.
13. Examination with Test Facility on Dynamic Characteristics of LIM for Urban Transit.
14. 新都市交通用リニア誘導モータの特性と速度制御について

磁気浮上式リニア同期モータの解析手法に関して

1. Theory of a Controlled-PM Linear Synchronous Motor.
2. Running Simulation of Controlled-PM LSM Type Low-Speed Maglev Vehicle.
3. 吸引形磁気浮上車用VR形リニアリラクタンスモータの検討
4. 吸引電磁石をVR形LSM電磁子と兼用する磁気浮上車の検討
5. 電磁子を吸引形電磁石と兼用する磁気浮上車用LSMの検討
6. 超電導反発形磁気浮上車の集電用コイルを考慮したクライオスタット外槽の渦電流解析
7. End Effects of Magnetically Levitated Train with Concentricly Arranged SCM's.

リニアパルスモータの解析手法に関して

1. An Analysis of the Detent Force in the Linear Pulse Motor.
2. 円筒形リニアパルスモータの磁石配置に対する静特性の比較解析
3. The Research on Thrust Force Characteristics of the Cylindrical Type Linear Pulse Motor.
4. アクチュエータの性能評価項目

リニアモータの設計手法に関して

1. 車両推進用片側式リニアインダクションモータの設計について
2. 誘導電磁力・発熱分布最適化のための二次計画法の一適用法
3. Reduction of Vertical Force of Single-Sided Linear Induction Motors for Urban Transit.
4. 都市交通用SLIMの定格点の設定について

委員会の他に、マグネティックス・リニアドライブ合同研究会を昭和63年11月18、19日に九州大学にて開催。リニアドライブ技術委員会、リニア電磁駆動システム、磁気浮上方式調査専門委員会との合同で、7月23日に宮崎JRリニアモータ試験車の見学試乗会を、また12月9日に都営12号線新都市交通用リニアモータ試験車の見学試乗会を行った。さらに、1988年6月に西ドイツのハンプルクで開催された「第10回磁気浮上システムに関する国際会議 (Tenth International Conference on Magnetically Levitated Systems)」および9月にイタリアのピサで開催された「電気機械に関する国際会議 (International Conference on Electrical Machines)」にも委員の積極的参加を得た。

5) 磁気浮上方式調査専門委員会活動報告

1. 本委員会の目標と委員構成

本委員会は、磁気浮上方式及びその関連事項について調査研究し今後の発展の方向を探る目的で昭和63年4月に発足した。活動内容としてはおよそ次のような範囲の調査研究を目標としている。

- (1) 各種磁気浮上方式の調査と原理上の分類
- (2) 各種磁気浮上方式における特徴と特性の検討
- (3) 制御形磁気浮上における制御方式の調査と検討
- (4) 磁気浮上と各種の電磁アクチュエータとの組合せにおけるそれぞれの特徴の調査

委員数は発足当初は30名であったが、現在は32名となっている。各委員の専門分野と関心の深い分野はおよそ表2の通りである。

表 2 委員の専門分野と関心の深い分野
(人数は複数分野の重複を含む)

専門分野	専門とする委員数	とくに専門ではないが関心の深い委員数	合計
磁気浮上方式の原理	11名	11名	22名
磁気浮上式鉄道	9名	6名	15名
磁気浮上式搬送システム	9名	16名	25名
磁気軸受	17名	9名	26名
磁気浮上の制御方式	16名	14名	30名
磁気浮上と電磁アクチュエータとの組合せ問題	6名	12名	18名
電磁界解析手法	3名	5名	8名

各委員のこのほかの専門は、プラズマ、小形モータ、リニアモータ、センサ、電気機器制御、電気鉄道、航空電子機器、産業電力応用、メカトロニクス、人工衛星姿勢制御、工作機械、気体軸受、流体機械、振動・制御、制御理論など磁気浮上技術をとりまく広い範囲にわたっている。

2. 活動状況

委員会は年間6回の開催を目標とし、現在まで、金沢、東京、京都、東京、金沢と各地で開催してきた。本年度最終として、2月には東京での開催を予定している。委員の地域的分布が関東21名、北陸2名、東海1名、関西5名、中国1名、九州2名であることも考慮して、地方での開催にも力を入れている。委員会への出席者は過去5回の平均が24.2名であり、76%の高率を保っている。

発足時の4月には、本委員会主催による第1回リニアドライブ研究会を開催し11件の発表と約60名の参加者を得た。

定例の委員会に付帯して、金沢大学松村研究室の見学と、島津製作所分析センター・同試験センターの見学を行い見聞を広め、さらに2回の懇親会も行って委員相互間の融和をはかるとともに情報交換に役立てている。

現在までの5回の委員会に提出され、紹介・討論された資料は59件であり、このうち委員会運営等に関する資料を除くと技術資料は43件である。

この技術資料を磁気浮上技術の応用分野別にみると、電気鉄道14、軸受9、搬送システム2、風洞2、サーボダンパ2、アンテナ駆動機構1、スライダ1、つりあい試験機1、クリーンルーム用アクチュエータ1、計33件となっている。その他磁気浮上技術一般に関するもの10件である。

また、この技術資料を浮上技術の方式別にみると、常電導吸引制御形磁気浮上（永久磁石複合形を含む）、超電導コイル電流制御形磁気浮上、永久磁石反発形磁気浮上、超電導反発形磁気浮上（高温超電導によるものを含む）、超電導誘導反発形磁気浮上、圧縮性スクイーズ膜による空気浮上など多種にわたっている。

3. 主な関連行事

発足以後の関連の大きな行事としては、2つの国際会議がヨーロッパで開かれたことである。一つは、6月スイスで開かれた第1回磁気軸受に関する国際シンポジウムであり、発表36件中、日本から13件があり、このうち本委員会委員によるものが9件を占めていた⁽¹⁾。他の一つは、同じ6月に西ドイツで開かれた第10回磁気浮上システム国際会議であり、発表46件中、日本から23件があり、このうち本委員会委員によるものが8件を占めていた⁽²⁾。

4. 今後の予定

本年4月の電気学会全国大会においては、本委員会からの提案によるシンポジウム「磁気浮上技術と応用の現状」が採択されており、7件の講演・討論と総合討論が予定されている。また、6月には機械学会主催、電気学会協賛によるシンポジウム「電磁力関連のダイナミックス」が3日間にわたって行われ、本委員会委員もパネラーや基調講演者、一般講演者として積極的に参加する予定である。

また、7月には磁気浮上システムとリニアドライブに関する第11回国際会議が横浜で開催され、これにも昨年以上の論文が寄せられる見込である。

定例の委員会は、本年度と同様な方針で行うほか、年度末で予定の調査期間を終るので、最終報告書を作成することを含んで各回の審議を進める予定である。また、本委員会主催によるリニアドライブ研究会も1回開催する予定である。

6) あとがき

リニアドライブ技術委員会および三調査専門委員会は以上のような活発な活動を続けてきた。今後も積極的な調査活動、研究会開催などを通じて電気学会会員に対し貢献してゆく予定である。学会会員各位の御協力をいただければ幸いである。

参考文献

- (1) 松村：「First International Symposium on Magnetic Bearings 報告」、電気学会リニアドライブ研究会資料、LD-88-28、89/98（昭63）
- (2) 正田・海老原：「海外におけるリニアドライブ技術の動向」、電気学会リニアドライブ研究会資料、LD-88-29、99/109（昭63）