

*The First International Symposium on
Linear Drives for Industry Applications
May 31 - June 2, 1995, Nagasaki, Japan*

第1回産業用リニアドライブ国際シンポジウム

LDIA'95

報告書

1996年3月

社団法人 電気学会

第1回産業用リニアドライブ国際シンポジウム組織委員会



会場全景 (ルネサンス長崎・伊王島)



会議場 (ラルゴホール)



長崎大学学長 横山氏 御挨拶



組織委員長 信州大学 山田教授 御挨拶



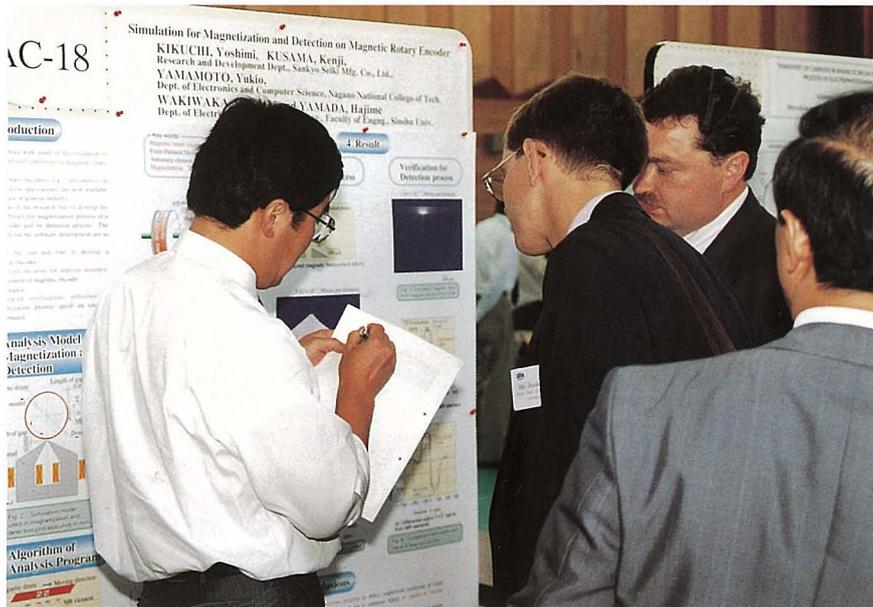
Welcome Party 風景



Banquet 風景



Oral Session 風景



Poster Session 風景

目次

1.	国際会議の名称	.....	1
2.	会議の目的	.....	1
3.	会議開催期間及び会場	.....	1
4.	主催機関などの名称	.....	2
5.	会議開催に至る経緯	.....	3
6.	各委員会などの構成	.....	4
7.	会議の概要	.....	6
8.	参加国及び参加者数	.....	8
9.	各セッションでの発表の概要	.....	9
10.	会計収支	.....	21
11.	謝辞	.....	22
付録	学界情報 LDIA'95-Nagasaki (電気学会論文誌 D, Vol.115-D, No.8, pp.1078)		

報告書

1 国際会議の名称

和文名: 第1回産業用リニアドライブ国際シンポジウム

英文名: The First International Symposium on Linear Drives
for Industry Applications (LDIA'95)

2 会議の目的

産業用リニアモータドライブをとりまく最新の研究成果に関する国際的な研究議論の場を提供し、広く内外にこの技術分野の交流を図り、リニアドライブ技術のさらなる発展に寄与することを目的とする。

3 会議開催期間及び会場

開催期間: 1995年5月31日(水)~6月2日(金)

会場: ルネサンス長崎・伊王島

4 主催機関などの名称

主催: 社団法人 電気学会
共催: 長崎大学
協賛: 社団法人 日本機械学会
社団法人 日本 AEM 学会
社団法人 精密工学会
社団法人 日本鉄鋼協会
長崎県
長崎市
伊王島町
財団法人 ナガサキテクノポリス財団
財団法人 旭硝子財団
後援: 長崎コンベンション・ビューロー

協賛会社: 三菱重工業株式会社
オリエンタルモーター株式会社
沖電気工業株式会社
新日本製鐵株式会社
東海旅客鉄道株式会社
三菱電機株式会社
株式会社 東芝
富士電機株式会社
神鋼電機株式会社
株式会社 高岳製作所
富士電気化学株式会社
オリオン機械株式会社
株式会社 神戸製鋼所
株式会社 日立製作所
東洋電機製造株式会社
株式会社 明電舎

5 会議開催に至る経緯

磁気浮上鉄道の研究開発に関する磁気浮上システム国際会議 (MAGLEV) は、1984 年以降、関係する各国の持ち回りで開催されている。日本においては 1985 年、1989 年と電気学会主催で開催しており、共に正田英介東京大学教授が中心となり成功裏に実施されてきた。

その後、磁気浮上システム国際会議は、92 年フランス、93 年アメリカで継続的に開催されているが、その内容が輸送機関に偏ってきており、世界の研究者の中には、89 年の会議のように産業システムも併せて論じたいという声も少なくなかった。しかし磁気浮上システム国際会議は、輸送を中心として 95 年ドイツ、97 年日本での開催の方針が打ち出されており、このような産業応用の会議を希望する声には応えられない。本会議は、このような状況を補うため上記のような交通中心の国際会議では充分論議を尽くさない内容に関し、研究者相互の情報交換を行なう場として位置付けられている。

以上のように、産業応用として顕著な発展がみられる FA 関連、搬送システム、小型輸送システムなどに用いられる産業用リニアモータを主な対象として討論するべく、リニアドライブ技術委員会を中心に本会議の開催が提案され、電気学会にて主催が決定された。ただちに、当時リニアドライブ技術委員長であった山田一信州大学教授を委員長として組織委員会が構成され、具体的な計画が進められた。会期は、内容的にも関連が深い国内の会議である、第 7 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウムと連続する期間が選ばれた。

6 各委員会などの構成

組織委員会

委員長	山田 一	(信州大学)
副委員長	海老原 大樹	(武蔵工業大学)
	山田 英二	(長崎大学)
顧問	正田 英介	(東京大学)
	野中 作太郎	(近畿大学)
委員	大熊 繁	(名古屋大学)
	大塚 省三	(東芝)
	阪部 茂一	(三菱電機)
	佐藤 修一	(新日本製鐵)
	武田 洋次	(大阪府立大学)
	永井 正夫	(東京農工大学、日本機械学会交通・物流部門長)
	平根 喜久	(関西大学)
	細田 義門	(住友電気工業)
	牧 直樹	(日立製作所)
	松本 陽	(運輸省交通安全公害研究所)
	三輪 喜久男	(三菱重工業)
	山口 仁	(富士電機総合研究所)
	鹿野 快男	(東京農工大学)
	荻田 充二	(神鋼電機)
	藤原 俊輔	(鉄道総合技術研究所)
	松浦 雄一郎	(広島大学)
	松村 文夫	(金沢大学)
	脇若 弘之	(信州大学)
	小豆沢 照男	(東芝)
	北野 淳一	(東海旅客鉄道)
	曾根 悟	(東京大学、交通・電気鉄道技術委員会委員長)
	石崎 彰	(東京電機大学、回転機技術委員会委員長)
	榊 陽	(千葉大学、マグネティクス技術委員会委員長)
	谷 順二	(東北大学、日本機械学会機械力学・計測制御部門長)
	宮 健三	(東京大学、日本 AEM 学会会長)
	樋口 俊郎	(東京大学、精密工学会)
	田中 省吾	(日立金属)
	古賀 高志	(東洋電機製造)
	中村 功	(神戸製鋼所)
	中村 亨	(明電舎)
	伊藤 俊一	(関西電力)
	沢 邦彦	(富士電機)
幹事	川西 利昌	(日本大学)
	大崎 博之	(東京大学)

実行委員会

委員長	海老原 大樹	(武蔵工業大学)
副委員長	山田 英二	(長崎大学)
	大崎 博之	(東京大学)
顧問	正田 英介	(東京大学)
委員	会田 宏	(電気学会)
	小豆沢 照男	(東芝)
	遠藤 研二	(富士電機総合研究所)
	小山 純	(長崎大学)
	荻田 充二	(神鋼電機)
	川西 利昌	(日本大学)
	北野 淳一	(東海旅客鉄道)
	阪部 茂一	(三菱電機)
	柴田 将之	(日立製作所)
	武田 洋次	(大阪府立大学)
	綱島 均	(神戸製鋼所)
	寺嶋 正之	(明電舎)
	中川 聡子	(東京電機大学)
	中村 雅憲	(東洋電機製造)
	引原 隆士	(関西大学)
	藤崎 敬介	(新日本製鐵)
	藤沢 友二	(日本鋼管)
	藤原 俊輔	(鉄道総合技術研究所)
	細田 義門	(住友電気工業)
	水野 勉	(アマダ)
	水間 毅	(運輸省交通安全公害研究所)
	横井 利彰	(武蔵工業大学)
	脇若 弘之	(信州大学)
	渡辺 利彦	(富士電気化学)
幹事	古関 隆章	(東京大学)
	鳥居 肅	(武蔵工業大学)

事務局

〒158 世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 電気電子工学科
LDIA'95 事務局 海老原 大樹・鳥居 肅
電話: 03-3703-3111 内線 2764 FAX: 03-5707-2212

7 会議の概要

今回の会議は、長崎という開催地にふさわしい、三菱重工業(株)長崎製作所への5月31日午後の Technical Visit から始まった。同日夕刻から、会場の伊王島・ルネサンス長崎にて、Registration と Welcome Party が始まった。当初の予定を越える数の参加者が既に事前登録していたが、さらに多数の、海外の企業や学生を含めた当日登録の参加者を得た。このため、Welcome Party 会場は収容予定人員をはるかに越える参加者で満員となり、相互交流の雰囲気が盛り上がった。

明けて6月1日は、朝から Registration が開始されるとともに、会議のセッションが始まった。午前中は、Opening Address に続いて Keynote Speeches、Survey Lecture と続く、会議の基調をなす一連の講演が、大ホールで行なわれた。午後からは、Poster Session が隣接する Villa Olympica で行なわれた後、ホールを区切って2並列の Oral Session が行なわれた。これらの発表の詳細は、第9章「各セッションでの発表の概要」で述べられている。この日の Technical Session 終了後、Banquet が行なわれた。伊王島町長や来賓の先生方のスピーチに加えて、山田英二長崎大学教授の特別の計らいで「蝶々夫人」の歌の上演などもあり、楽しい雰囲気の中で、出席者の間で歓談が行なわれた。

翌6月2日は、前日同様の2並列の Oral Session と昼の Poster Session が行なわれた。同時に、昼食の時間を利用して会談が行なわれ、数年のうちに次回会議を日本で開催したいとの意向が述べられた。全ての Technical Session が終了後、これらをまとめる Closing Address が開かれ、各 Topic ごとの担当者によるまとめが行なわれた。これによって、今回の会議の意義と次回への展望が明確にされ、会議自体が引き締まったということで好評であった。

なお、Technical Visit 以外の、会議の全日程を次頁に示しておく。

Date	Time	Largo Hall (Oral Session)		Villa Olympica (Poster Session)	
		A	B		
May 31	18:00	Registration			
Wed	19:00	Welcome Party			
June 1 Thu.	9:00	Opening Addresses			
	9:30	Keynote Speeches			
	10:50	KN-1, KN-2			
	11:00	Survey Lectures			
	12:00	SL-1, SL-2			
	12:00	Lunch			
	13:00			TR-8-12, ML-6-12 FA-8-16, MC-5-8 NA-9-15, AC-11-14	
	14:50				
	15:00	Transportation - I	Motor Control - I		
	16:20	TR-1- TR-4	MC-1-4		
16:30	Transportation - II	Numerical Analysis - I			
17:30	TR-5 -7	NA-1 -3			
19:00	Banquet				
June 2 Fri.	9:00	Magnetic Levitation - I	Numerical Analysis - II		
	10:40	ML-1 -5	NA-4 -8		
	10:55	Factory Automation - I	Actuators - I		
	12:15	FA-1 -4	AC-1 -4		
	12:15	Lunch			
	13:15			TR-13-19, ML-13-17 FA-17-23, MC-9-12 NA-16-23, AC-15 -20 RT-4	
	15:15				
	15:30	Factory Automation - II	Actuators - II		
16:30	FA-5 -7	AC-5 -7			
16:45	Related Topics - I	Actuators - III			
17:45	RT-1 -3	AC-8 -10			
17:50	Closing Address				

8 参加国及び参加者数

参加国数は 11、参加者数は 182 であった。その詳細は下記の通りである。今回の特徴として、韓国から学生も含めて多くの参加者があったことが挙げられる。なお、本国際会議の全参加者リストを、インターネット上で公開している。

(URL: http://www.eml.ee.musashi-tech.ac.jp/ldia95_list)

	参加者数			発表数		
	一般	学生	計	Oral	Pos.	計
Japan	102	33	135	29	49	78
Korea	15	9	24	3	5	8
Germany	5	1	6	2	2	4
Italy	4	0	4	1	4	5
U.K.	3	0	3	2	1	3
U.S.A.	3	0	3	0	0	0
P.R.China	2	0	2	1	1	2
South Africa	1	1	2	1	2	3
Canada	1	0	1	1	1	2
Poland	1	0	1	2	2	4
Ukraine	1	0	1	1	0	1
Foreign	36	11	47	14	18	32
Total	138	44	182	43	67	110

9 各セッションでの発表の概要

論文応募状況 (小豆澤)

本シンポジウムは第1回目であるので、論文委員会としては次回以降もシンポジウムを継続して開催できるような状況を目指すことを基本方針として取り組んだ。具体的には、

- (a) 投稿論文数が少しでも多くなるよう PR 活動を実施する、
- (b) 応募された論文は内容に明らかな疑義がない限り採択する、
- (c) ポスタセッションを活用して内外研究者同士のコミュニケーションを図る、

こととした。Abstract 締切の段階での申し込みは、15 カ国から 139 件であった。その後、阪神大震災の影響もあってキャンセルがあり、Full Paper 締切の段階で 12 カ国 118 件となった。さらに開催日までにもキャンセル (ポルトガル 4 件、伊 3 件、中 2 件、ウクライナ 2 件、台湾 1 件) があり、最終的に発表されたのは、Key Note Speeches & Survey Lectures の計 4 件を含めて 110 件であった。

開催日寸前になって 2 件の発表申し込みがあり下記のように対処した。

4 月 29 日に南アフリカ Witwatersrand 大の Dr.R.J.Cruise から LDIA'95 に発表申し込みを受けたので、

- (a) 既に締め切りを過ぎているので論文番号をつけない、
- (b) ポスター (6/1) の空きスペースを使って良い、
- (c) フルペーパーの予稿集への掲載は時間的に不可、
- (d) 参加費の他に料金請求はしない、

という条件でポスタ発表を許可した。

5 月 18 日に米国 SunpowerInc. の Dr.M.Hummon からオーラルにキャンセルがあったら発表したいとの申し出を受けたので、発表の内容が学術的なものであるならポスタ発表を許可するが、製品紹介であるなら展示ブースを用意してある (協賛金 5 万円必要)、と伝えたところ、結局展示することになった。

開催期間中にキャンセル対応として下記の変更を行った。

- (a) TR-2 がキャンセルのため TR-14 をオーラルに変更。
- (b) 6/2 のポスタ FA-3 と MC-10 の 2 件を、帰国便の関係で 6/1 のポスタに変更。

- (c) 最終的に発表がキャンセルされた論文 12 件は以下の通り。TR-2, TR-8, ML-4, FA-16, MC-11, MC-12, NA-6, NA-8, NA-9, NA-18, NA-22, AC-1

座長の変更は下記の通りであった。

- (a) RT-I の Prof. Weh はキャンセル。MC-I の Prof. Kim は Prof. Kano に変更。
(b) AC-I の Prof. Pagano は Prof. Koseki に変更。AC-II の Prof. Chen はキャンセル。

Keynote Speeches(大崎)

シンポジウムの開会式に引き続いて、ラルゴホールにおいて基調講演が行われた。第一回シンポジウムのテクニカルプログラムのスタートを飾るのに相応しい、リニアドライブ分野はもちろん、電気工学分野で幅広く活躍されているドイツ・ブラウンシュバイク工科大学の H. Weh 教授および東京大学の正田英介教授より、産業用リニアドライブについて興味深い講演があった。

最初に演台に立った Weh 教授の講演題目は、“Linear Electromagnetic Drives in Traffic Systems and Industry” であり、鉄道など大型の輸送・搬送システムを主な対象として、ドライブシステムの構成、リニア誘導モータとリニア同期モータの特徴とそれらの比較、高温超電導のリニアドライブへの応用などの話があった。特に「いかなる場合にもリニアモータドライブは回転型モータドライブと競合することは不可能である」という言葉は印象的であり、リニアドライブ自身の特徴だけでなく、そのシステムとしての特徴をより強く生かすことのできる応用分野あるいはシステム構成はどんなものかリニアドライブ研究者はもう一度考えてみる必要がある。また、Weh 教授が長く研究してきた電磁力密度の高い横方向磁束型 (Transverse flux type) のモータについても紹介があり、それを使った浮上・推進兼用型のモータは興味深いものであった。

続いて基調講演を行った正田教授からは、“Linear Drives for Industry Applications in Japan - history, existing state and future prospect -” と題し、リニアドライブシステムの特徴、日本における各種産業の中でのリニアドライブの応用の概要、および将来動向について、短い時間の中でたいへん豊富な内容のお話があった。磁気浮上鉄道から OA システムまで様々なリニアドライブ応用の現状の紹介の中で、落下式微小重力実験施設の制動部へのリニアモータ応用など新しいものが出てきており、正田教授はこのようなハイテク機器へのリニアドライブ応用が将来的にますます期待され、その支えとなるのは制御技術やパワーエレクトロニクス技術であると指摘している。また、高温超電導バルク材の応用を Weh 教授同様、強く期待しており、磁気浮上への応用の例などが紹介された。

以上の 2 件の講演は、産業応用リニアドライブシステムとしては比較的大型のものを対象とした内容であり、その意味ではシンポジウムが扱う応用分野全体のうち

の大型のものに重点をおいたと言えるが、ドライブシステムとしての考え方や周辺技術の進展など、リニアドライブ分野の研究開発者が共通に深い興味を持つものであった。

Survey Lectures(小豆澤)

基調講演に引き続き、2件の Survey Lectures が行われた。本セッションは、産業用リニアドライブに関しては先進国と考えられる日本と韓国における研究開発の現状を、両国における産業用リニアドライブ技術研究の先駆者ともいえる信州大学の山田一教授と、韓国・Hangyang Univ. の Prof. Dal Ho Im に講義して頂くことを企画したものである。

まず、本シンポジウムの組織委員長である信州大学の山田一教授が “Research Activities of Scientific Papers on Linear Drives in the Transactions of IEE and Magnetics of Japan” と題する講演を行った。講演ではここ数年の間に日本国内の学会や研究会で発表された論文を機種別に整理した結果をもとに、日本における研究開発の動向が報告された。搬送システムなど中規模システムへの応用例にはリニア誘導モータを使用した例が多いが、OA 機器など小規模システムへの応用はリニア直流モータの適用例が多い。最近では FA への応用として永久磁石を使用して大推力のリニア同期モータを研究している例が目される。

次に、Hangyang Univ. の Prof. Dal Ho Im の代理で同研究室の Dr. Jung-Pyo Hong が “Present Status of the Research on Linear Electric Motors in Korea” と題する講演を行った。韓国では、Hangyang Univ. を中心にして常電導磁気浮上車両・リニア誘導モータ駆動エレベータ・3次元高速搬送システムなどの試作研究が産学協同の形で盛んに行われている他、数カ所の大学でも磁気浮上鉄道などリニアドライブシステムの研究が行われていることが紹介された。日本も同様であるが、韓国での研究成果についても英語で書かれた論文の発表が少ないため、内外の参加者から多くの質問を受けていた。

Transportation(T.R.Eastham)

Papers presented in the Transportation Sessions (the numbers below prefixed by TR) at LDIA '95 can be conveniently placed in three categories :

1. New ideas:

- Magnetic wheel 1, 18
- Elevators 4, 13, 14, 15
- Maglev concepts 6

2. Improvements or better understanding of established applications:

—EDS linear express	5, 16, 19
—Suspension and propulsion	3, 17
—LIM-in-track	10
—Eddy current brake	9

3. Analysis and design methodology:

—LIM design	7, 11
—LIM analysis	8, 12

While most papers originated from Japan, there was some international representation: Japan 14, Korea 2, Italy 1, Ukraine 1.

In addition, one paper from Portugal was not presented. The messages that I heard in the transportation sessions were that:

- (a) Analysis and design methodologies for linear induction motors have become quite sophisticated, and are now surely adequate for the design and evaluation of these drives for a range of transportation applications.
- (b) A systems engineering approach must be used. Thus, in addition to the design of the motor itself, detailed consideration must be given to power conditioning and sensors and, more generally, to techno-economic factors in the implementation of drive systems.
- (c) Vertical transportation is becoming an important new domain. The increasing density of our cities is stimulating architects to design tall (1 km) megopolis' for the next century. New concepts for elevator drive systems are needed. There is an opportunity for much inventive thought in this new area of transportation.
- (d) Advanced permanent magnets and high temperature superconductive materials offer the potential for linear motor designs with unprecedented force densities. Again, much inventive thought is needed to exploit these advantages for drives of the future.

Thus, while linear drives are indeed special purpose machines, they are likely to be applied to an increasingly wide range of novel industrial applications. LDIA should, I believe, become an on-going series of conferences to help advance this process.

Magnetic Levitation(中川)

(a). 磁気浮上部門での論文採択状況

LDIA'95においては、磁気浮上に関して17件の論文が採択された。口頭発表5件、ポスター発表12件が、その内訳である。今回の口頭およびポスター発表の振り分けに際しては、LDIA'95論文委員会の方針として、論文内容が口頭発表に適しているか、もしくはポスター発表の方がその成果をよりアピールし得るかの判断をもとに、国内外の講演バランスや産学のバランスなども考慮して進められた。以下に、磁気浮上セッションにおいて発表された論文をいくつかの観点から分類した。

(i) 国別分類

磁気浮上関連論文17件の国別の構成は、日本から12件（口頭3件、ポスター9件）、韓国から1件（ポスター1件）、イタリアから1件（ポスター1件）、ドイツから1件（口頭1件）、中国から1件（口頭1件、ただし発表は著者の出国上の都合によりキャンセル）、日本とオーストラリアの共著で1件（ポスター1件）である。

リニアドライブ関連では諸外国に比して日本の研究者が圧倒的な多数を占めている現状からも、このような国別の分布は予期されたことであった。また以前は国内研究者が海外へ留学するという形での技術交流が主流であったが、近年諸外国の研究者が国内の研究組織に合流する形での技術交流が増えている。この点からも今後は国外の研究組織との共同研究論文も、日本主導の形で増えることも期待したい。

(ii) 研究組織の分類

磁気浮上関連論文17件の内、大学単独の研究機関によるものが10件（口頭3件、ポスター7件、うち口頭1件がキャンセル）、メーカー単独の研究機関によるもの2件（口頭1件、ポスター1件）、大学とメーカーのいわゆる産学共同によるもの5件（口頭1件、ポスター4件）が、この内訳である。

今回のLDIA'95において、上記の数値を用いて算出すれば産学共同による論文の比率は30%にもものぼる。これら5件は全て国内からの論文であることを考慮すると、今後ともこの傾向は維持されるものと考えられる。リニアドライブ技術は、理論と解析・試作と実験・製品化の三者の融合が特に重視される研究領域の一つである。従って我が国の研究組織において近年掲げられている“産学共同プロジェクト”を実践する上で、今後一層この方向が進展することを期待したい。

(iii) 浮上方式別分類

採択論文 17 件の浮上方式別分布は、超電導タイプの浮上方式 2 件（口頭 1 件、ポスター 1 件）、電磁石タイプの浮上方式 7 件（口頭 2 件、ポスター 5 件）、永久磁石と電磁石の併用形浮上方式 5 件（口頭 2 件、ポスター 3 件、内 1 件はキャンセル分）、永久磁石と機械機構の併用形浮上方式 2 件（ポスター 2 件）、その他の要素技術論文 1 件である。

超電導タイプの研究は特に 2 件とも、いわゆるリニアモーターカーのダンプ特性の解析に関するものであった。これは超電導タイプの浮上方式を採用する上では回避できない問題であり、営業化を視野に入れた研究であることがうかがえる。

次に電磁石による吸引浮上方式を用いる研究では、制御技法の優劣が浮上特性に大きく貢献することから、本 LDIA'95 においても、高度な制御技術の導入がなされている。制御の手法によって浮上システムにかなりの自由度が生じることから、最近の制御理論のいち早い採り入れが、今後とも期待される。

永久磁石と、電磁石の併用タイプには、今回 2 種類の研究報告がなされている。1 つは吸引タイプで他方は誘導反発タイプである。昨今の永久磁石の急激な性能向上と、形状のコンパクト性などから、高価で脆いという欠点を解決しながらも、今後多方面での使用が期待される所である。また永久磁石と機械機構とを結合させることにより、電気を流さないタイプの磁気浮上方式の提案もなされている。本方式においても、吸引式と反発式の 2 種類の装置に関して研究発表がなされた。

(b) 磁気浮上研究における動向

今回、LDIA'95 磁気浮上セッションにおいて発表された 17 件の論文のみから、最近の磁気浮上研究の総括をするのは無謀であるが、以下の 3 点を列挙させていただきたいと考える。

- (a) 磁気浮上技術の産業界への浸透
- (b) 浮上方式の新しい構成
- (c) 付加価値を得るための高度な制御理論の導入

まず第 1 点に関して、従来磁気浮上といえは磁気浮上式鉄道と直結して考えるのが一般的であった。このことは、磁気浮上技術の進歩が、歴史的に見て鉄道技術の一分野として発展してきた経緯からも明らかである。しかし近年、各種産業界に本技術が浸透してきていることが今回の発表でもうかがえる。例えば、高速サーボ系に適用される磁気ベアリング、鉄鋼産業における鋼板浮上装置、半導体産業にお

るクリーンルーム内搬送装置、ロボットハンドなどの研究がそれである。この他にも今回の LDIA'95 には発表されていないが、衛星関連機器、無重量カプセルへの応用など枚挙にいとまがない。

第 2 点に関しては、(a) の (iii) で述べたように、超電導技術が進展し、永久磁石特性が著しく改善され、高速信号処理技術による高度制御技術の導入が容易になったことなど、磁気浮上システムを構築する上での救援体制が整ったことなどが、大きく貢献していると考えられる。従って、浮上方式そのものに、現在大きな柔軟性が生じているのである。

第 3 点に関しては、本会議でもいくつかの論文が散見されるように、特に電磁石形の浮上方式で顕著に見られる傾向であろうと考える。即ち、電磁石式吸引浮上方式は本来不安定であるため、何らかの制御を施す必要が生じる。そこで一旦補償器を導入するからには、最近の高度な制御技術を駆使して、浮上特性以外に付加価値を考慮した補償器の設計が行われている。例えば、制振制御がその好例であろう。またオブザーバの理論によるセンサー数の低減でシステムの低価格化やコンパクト化、センサレス制御系の構築なども図られている。

Factory Automation(J.F.Gieras)

The total number of papers presented in Sessions on "Factory Automation" was 23 (7 oral and 15 poster). In general, these papers can be classified in the 3 following groups:

- (a) Study, Design, and Simulation (7 papers or 30.4 %):
FA1, FA10, FA11, FA18, FA21, FA22, FA23;
- (b) Applications or/and Experimental Tests (16 papers or 69.6 %):
FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7, FA8, FA9, FA12,
FA13, FA14, FA15, FA16, FA17, FA19, FA20;
- (c) Carriers, Conveyance Systems, Linear Tables (7 papers or 30.4 %):
FA4, FA7, FA12, FA14, FA15, FA17, FA19.

All types of linear motors have been covered by the papers presented in Sessions on "Factory Automation", i.e.:

- (a) Linear induction motors:
application to a hammer (FA5), glass sheet sinkage (FA6), study of forces (FA9), disc motor with surface winding (FA18), ladder type LIM optimization (FA22), application to suspension systems (FA17).

- (b) Permanent magnet linear synchronous motors:
arrangement of permanent magnets (FA1), reduction of detent forces (FA10), maglev carrier (FA12), high accuracy positioning table (coreless) (FA14), table with reluctance sensors (coreless) (FA15).
- (c) Linear d.c. motors:
application to control of hydraulic valve (FA2, FA13), applications to medical equipment and trainers (FA16).
- (d) Linear reluctance motors: improved L_d/L_q ration (FA4).
- (e) Linear piezoelectric motors: small actuator - oiled or soaked surface (FA8).
- (f) Various linear motors:
linear motors in offices and hospitals (FA19), motion control in factory automation (FA23).

In addition, maglev, superconductivity, and sensors have been covered, i.e.:

- (a) Maglev: convayance systems (FA7), solidification of molten metal (FA21).
- (b) Superconductivity: gradient levitation systems (FA11).
- (c) Sensors: displacement sensors (FA20).

It is necessary to emphasize that in the majority of papers theoretical results or computer simulation have been validated experimentally. The average quality of all the papers was in between "good" and "very good".

Motor Control(Kano,Y.)

Linear Motor needs good characteristic motor itself, good sensor and control technique for effective driving. There are a few sensors measuring position, velocity and acceleration of mover of Linear Motor. Without these sensors, linear motor dose not move well. These sensors are special one for linear motor and are apt to be built in the linear motor. Several new sensors are developed for linear motor. On the other hand, control technique of linear motor is also necessary for linear motor system. Traditional PID control techniques and new control techniques are investigated.

In this session, these control techniques are mentioned and summarized for utilization of linear motor system. There are 118 presentations in the first international symposium on Linear Drives for Industry applications. In this symposium, there

are twelve presentations about motor control. It is about 10% for all presentations. All of these presentations are investigated by researchers of Japanese and foreign universities. It is a little queer phenomenon but for better dynamics of linear motor, it may be on the stage of control for practical usages.

Only three presentations are done by Japanese researchers in twelve presentations. In the field of factory automation, seventeen investigations are presented by Japanese researchers in the total twenty three presentations. Comparing the number of them, it may be said that linear motor is in the practical stage of use in Japan. But it is necessary to investigate fundamental control technique for more practical and useful operation of linear motor.

Most of these twelve investigations of linear motor driving are for Linear Induction Motor. It is necessary for linear dc motor or linear pulse motor in the nature of things to control precise positioning or precise speed. It is interesting phenomena that linear induction motor is going to be controlled for the purpose of precise control. It should be common sense that linear motor is used for long stroke, high power and large scale system. But they intend to use it for precise usage by special control technique. This is the most interesting phenomena in this international symposium. Several key words are found in this control methods: vectorial feeding technique, two degrees freedom control, fuzzy control, robust control and variable parameters control. Control technique of linear motor will be studied for better static and dynamic control.

Numerical Analysis(高橋)

(a) 概要

“Numerical Analysis” Session では、Proceedings に掲載された 23 論文のうち 18 論文の発表があった。発表論文の多い国の順に挙げると、日本 (9)、南アフリカ (3)、ポーランド (2)、イタリア (1)、カナダ (1)、韓国 (1)、中国 (1) の順になり、これらは、すべて大学からの発表である。解析手法及び運動の考慮の有無により分類すると、2次元解析が主体で、解析手法としては有限要素法 (10 件)、次いで解析的手法 (7 件) が多い。

(b) 注目すべき手法

- i. 運動及び端子電圧を考慮した三次元過渡うず電流解析法…電源、回路抵抗等を含んだ電気回路の方程式と、可動物体の運動方程式を電磁界の方程式と連立させることにより、電源回路と、物体の運動を考慮した、交流電磁石の三次元過渡解析を可能にした。この際、有限要素として辺要素を用いて、計算時間の短縮を図っている (NA-21)。
- ii. 積分方程式を用いた三次元うず電流解析…うず電流による浮上力を

- 利用した永久磁石回転形磁気車輪の浮上力、推力、横方向力を解析するために、積分方程式を用いた三次元うず電流解析法により、各車輪の位置に対するうず電流の変化を解析している (NA-17)。
- iii. 最適設計…重回帰分析モデルを、ギャップ磁気抵抗分布の高調波成分を最小にするようリニアパルスモータのスロット形状の決定に適用している (NA-20)。Rosenbrock 法と有限要素法を併用することにより、鉄心の非線形性まで考慮して、推力が最大となるようリニア DC モータの形状の決定を行っている (NA-3)。
 - iv. オブジェクト指向プログラミングの検討…短期間で信頼性の高いプログラムが作れ、かつ変更も容易なオブジェクト指向言語を用いて、リニアモータ解析用のプログラムを作る際の階層ネットワーク構造について検討している (NA-16)。
 - v. 解析的手法…等価回路を用いた解析的手法により、インバータ駆動時の解析を行う方法 (NA-13) や、不平衡負荷時の解析法 (NA-11) が提案された。

(c) 今後の動向

- i. 短い計算時間で、導体の運動を考慮した三次元うず電流解析が可能な手法の開発が望まれる。その際、一般の設計者が容易に使えるようなユーザーフレンドリーなプレ・ポストプロセッサが必要不可欠である。
- ii. TEAM 国際ワークショップでソフトウェアの検証が行われているが、リニアモータの分野でも検証用モデルを製作して、同一モデルを多数の機関で計算及び測定を行って比較検討することにより、ソフトウェアの精度向上が望まれる。
- iii. インバータ駆動リニアモータ等の鉄損の精度良い推定法を開発して、機器効率の推定法の精度向上を図る必要がある。
- iv. 各種の最適設計法の比較検討を行って、どのモデルにどの手法が最適かを明らかにするとともに、今後三次元の過渡うず電流まで考慮した最適設計法が開発が望まれる。
- v. オブジェクト指向プログラミング法の有用性の検討を行う必要がある。

Actuator (Kano, Y.)

There are many kind of Linear Actuator, Linear DC Motor, Linear Induction Motor, Linear Pulse Motor, Magnetostrictive Actuator(thrust actuator using Magnetostrictive Material), Inchworm Mechanism Actuator and so on. Linear Actuator

needs good characteristic Actuator itself, good sensor and control technique for effective driving. Usual electoromagnetic motor or actuator has been studied and several new actuators are investigated. In this session, these electoromagnetic motors, actuators and the new actuator using new materials are mentioned and summarized here for utilization of linear actuator system.

There are 118 presentations in the first international symposium on Linear Drives for Industry applications. In this symposium, there are twenty presentations about actuator. It is about 17% for all presentations. Most presentations are investigated by researchers of Japanese and foreign universities or colleges.

Most of these twelve investigations of linear motor or actuator are for usual linear electoromagnetic motor or actuator. It should be common sense that linear motor is used for long stroke, high power and large scale system. It is necessary for linear electromagnetic motor or linear actuator in the nature of things to control precise positioning or precise speed. They are easily controlled for the purpose of rough position and speed control. But they are intended to be used for precise usage by special control technique. Control technique of linear motor or actuator will be studied for better static and dynamic control.

On the other hand, another linear actuator has also been developed for new linear actuator system. One is the Magnetostrictive Actuator (thrust actuator using Magnetostrictive Material). The second is Inchworm Mechanism Actuator using dielectric materials. The third is a remarkably interesting capacitance motor which is a kind of electrostatic actuator and has large thrust instead of its volume. The fourth is usual ultrasonic actuator. These motor or actuator will be improved for new practical or useful usage. But it is necessary to investigate fundamental research for more practical and useful operation of new type linear motor or actuator.

Several new sensors are developed for linear motor, that is, measuring position, velocity and acceleration of mover of Linear Motor. Without these sensors, linear motor or actuator does not move well. These sensors are special one for linear actuator and are apt to be built in the linear actuator itself. Both actuator and sensor should be investigated at the same time.

Related Topics(中川)

LDIA'95においては、その他の部門という事で4件の論文が採択された。その他の部門という一見軽視されがちであるが、リニアドライブにとって重要であり、また内容の濃いものであった。しかし採択数が4件であるため、本稿により読者に満足していただけるような統括を行うことが難しいことを始めにお断りしておきたい。

(i) 国別分類

その他の部門全 4 件の内、日本から 3 件（全て口頭）、ポーランドから 1 件（ポスター）が、国別分布である。

(ii) 研究組織の分類

論文 4 件に関して、大学単独組織のもの 3 件（口頭 2 件、ポスター 1 件）、産学共同組織のもの 1 件（口頭）が、組織別分布である。これら 4 件をもって産学共同研究の比率を示すのは無謀ともいえるが、一応参考までに示すと 25%ということになる。

iii) 内容別分類

本セッションにおいては物性的なアプローチからの浮上方式を用いた装置の紹介、例えば高温超電導体と軟磁性体の組合せによる浮上力や高温超電導体と永久磁石の組合せによる浮上力を用いた装置に関する発表がそれぞれ 1 件ずつあった。また、高温超電導体のシールド効果を検討した発表が 1 件あり、これら 3 件は口頭発表された。またポスターとしては、リニアモーターの金属粉技術への応用に関する発表が 1 件なされた。

なお、本国際会議の論文集の目次（論文題目、著者名、所属）を、インターネット上で公開しているので、必要な方は参照されたい。

(URL: http://www.eml.ee.musashi-tech.ac.jp/ldia95_proc)

10 会計収支

本会議の1996年2月20日現在の会計収支を以下に示す。参加者数が予想を上回ったこと、会場関係の支出が抑えられたことにより、剰余金が出る見込みである。この中から電気学会の国際会議準備金への繰り入れ金を支出し、残部は数年後に開催予定の次回の準備金として役立てる予定である。

収入の部	
電気学会より借入	1,000,000
電気学会産業応用部門より	108,182
寄付・特別参加・企業参加・展示	2,620,000
参加費(一般・143名)	5,250,000
参加費(学生・50名)	312,000
論文集購入	400,000
晩餐会参加費(一般参加者以外)	60,000
論文超過頁代	50,000
利息	5,786
収入総計	9,805,968
支出の部	
電気学会に返済	1,000,000
印刷費	1,837,402
招待費	905,000
会議会場借り上げ費	211,000
会議費	580,370
関連行事費	1,921,253
会議関連雑費	19,570
委員会会場費など	188,351
事務局発生費	298,263
支出計('96.2.20現在)	6,961,209
支出見込み	
報告書印刷費	300,000
事務局発生費追加分	35,000
次回会議準備金	2,509,759
支出総計	9,805,968
差引残高	0

11 謝辞

第1回産業用リニアドライブ国際シンポジウムは成功裏に終了した。参加者数が200に迫る勢いであったことは、発展途上であるこの分野への潜在的な各方面の関心の高さを物語っている。すなわち、本シンポジウムの開催は時宜を得たものであり、研究者に発表及び情報交換の場を与えるという所期の目的を達成できたと考ええる。発表論文数から顧みるに、日本がこの分野での高い技術的ポテンシャルを持つことは明らかである。これは各国からの参加者も異口同音に語っていたことであり、これからもこの分野で世界のイニシアティブを握った活発な活動が望まれるところである。

この会議の実現には、学界・産業界の多方面の方々から、有形無形の御協力と御援助を頂いた。これらと、組織委員会・実行委員会の委員ならびに事務局関係者各位の努力により、会議を成功裏に終えることができたことに、まず謝意を表したい。またこの会議は、事務局を東京に置きながら、長崎という遠隔の地のすばらしい会場を使って開催することができた。会場及び宿泊先の確保、会議会場の設定、当日の運営など、現地でなければ不可能な様々な事柄を細々に至る注意のもとに実行して下さった長崎委員会その他現地の方々に、心から御礼申し上げたい。

さらに、組織する側のみならず、112編の研究発表とそれに伴う情報提供及びこれに対する貴重な討論をして頂いた、各国からの参加者の方々、さらに参加者の会議への出席をお認め頂いた諸機関の、積極的な会議への御協力にも感謝の意を表したい。

以上、本国際会議が、今後の産業用リニアドライブ技術の発展に寄与するとともに、これに関する国際交流に貢献できたならば、関係者一同の望外の喜びであることを記して、本報告書の結びとしたい。

学 界 情 報

国際会議レポート

第1回産業用リニアドライブ国際シンポジウム LDIA'95-Nagasaki

The First International Symposium on Linear Drives for Industry Applications

リニアドライブ関連の国際会議としては、過去11回、うち2回は日本で開催されている磁気浮上鉄道国際会議(Maglev)が有名であるが、近年のリニアドライブ技術の産業分野への発展を受けて、本シンポジウムが電気学会主催で企画され、去る5月31日から6月2日まで、長崎の沖合に位置する伊王島の施設で開催された。

日本のリニアドライブ関係者はもちろんのこと、招待講演を行ったドイツ・Braunschweig工科大学のWeh教授を始め、各国の著名なリニアドライブ研究者が参加した。参加者数と発表数を表1に示す。参加者は圧倒的に日本が多かったが、海外からも計47名の参加を得た。中でも今回は多数の韓国からの参加者があったことが注目される。また、今年度東京大学に着任されているカナダ・Queen's大学のEastham教授をはじめ、客員で日本に滞在されている海外の研究者が数名参加されたことも、最近の学界の傾向として興味深い。

研究発表は、Weh教授と東京大学の正田教授のKeynote Speechesに始まり、信州大学の山田一教授と韓国・漢陽大学のIm教授によるSurvey Lecturesの後に一般セッションに移った。発表分野はTransportation, Magnetic Levitation, Factory Automation, Motor Control, Numerical Analysis, Actuators及びRelated Topicsの7分野に分けられ、それぞれOralとPosterの発表が行われた。超精密位置決め、リニアドライブの自由度を生かした新機構の提案などが注目を集めていた。同時に、特化した研究対象に閉じこもりがちな応用研究であるが、特にPosterの発表会場で、写真1のように各企業の研究者や学生たちが、楽しげかつまじめに、互いの研究の情報交換を行っている姿が印象的であった。

表1 LDIA'95 国別参加者数及び発表数

	参加者数			発表数		
	一般	学生	計	Oral	Pos.	計
Japan	102	33	135	29	49	78
Korea	15	9	24	3	5	8
Germany	5	1	6	2	2	4
Italy	4	0	4	1	4	5
U.K.	3	0	3	2	1	3
U.S.A.	3	0	3	0	0	0
P.R.China	2	0	2	1	1	2
South Africa	1	1	2	1	2	3
Canada	1	0	1	1	1	2
Poland	1	0	1	2	2	4
Ukraine	1	0	1	1	0	1
Foreign	36	11	47	14	18	32
Total	138	44	182	43	67	110

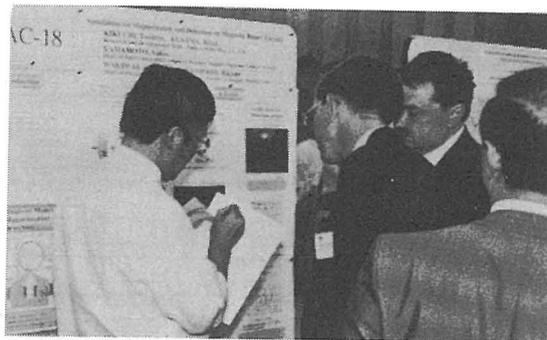


写真1 熱心に討論を行う参加者



写真2 BanquetにおけるWeh教授の乾杯スピーチ

また、ビデオを用いた発表や、近年安価に作成できるようになった、色をふんだんに使ったポスターによる発表も多く、複雑な研究内容をわかりやすく説明し、かつ目立つための工夫と努力が感じられた。

6月1日の晩にはBanquetが行われた。伊王島町長のあいさつに続き、写真2に示すWeh教授の"Keep the Gap!"の乾杯スピーチで幕を開けたBanquetは、現地の総指揮を取っていただいた長崎大学の山田英二教授の特別のはからいで、長崎にちなんでオペラ「蝶々夫人」の一節が披露されるなど、趣向にも富んだ楽しい一幕であった。今回は会場が島にあるという特殊な条件のもとで開催されたシンポジウムであったが、長崎市内から高速船で20分という交通の便を生かして、市内に宿を取って毎日会場に船で通った方、宿は島の施設に取ったけれども夜な夜な市内に繰り出された方、と様々な参加形態が存在したようである。事務局である筆者は残念ながらずっと島に缶詰で、明けた土曜日は激しい雨であったことが今でも心残りである。

なお、会議の最後には、Closing Addressとして各セッションのまとめが行われ、リニアドライブ技術の今後の方向性が示されると同時に、次回は1997年秋に東京近辺で開催される予定であることが発表された。

鳥居 肅 (武蔵工業大学)
(平成7年6月28日受付)

