位置フィードバックを用いない地上一次側間欠配置 リニア同期モータの負荷角一定制御

学生員 金 容載* 正 員 和多田雅哉*
正 員 鳥居 肅* 正 員 海老原大樹*

Constant Load Angle Control of the Discontinuous Primary Linear Synchronous Motor without Position Feedback

Yongjae Kim*, Student Member, Masaya Watada*, Member, Susumu Torii*, Member,
Daiki Ebihara*, Member

Permanent magnet type linear synchronous motor (PM-LSM) that is utilized for the discontinuous primary has been proposed to satisfy the requirements include the speeding up the transportation system and simplifying the maintenance as a result, synchronization and a positioning method are established. However, velocity pulsation of the secondary occurs when the secondary mover overlaps with the primary section. This paper describes the examination of constant load angle control without position feedback with the aim to suppress the velocity pulsation, which happens in the re-acceleration part.

キーワード：リニア同期モータ，一次側間欠配置，中間加速部，速度脈動，負荷角一定制御

Keywords: linear synchronous motor, discontinuous arrangement, re-accelerator, velocity pulsation, constant load angle control

1. まえがき

近年，機械的変換機構を介さずに動力を伝達することができるリニアモータが搬送装置の駆動源として着目され，リニア誘導モータやリニア同期モータ（Linear Synchronous Motor 以下 LSM）を用いたものが実用化されている⁽¹⁾。著者らはリニア誘導モータに比べて電力効率が良い，停止時の位置決め保持能力も持つ，高エネルギー磁石材料を用いた永久磁石型リニア同期モータ（PM-LSM）に着目し，搬送装置への適用に取り組んできた。

一般に，リニアモータを用いた搬送装置では一次側を全長配置する地上一次側設置方式が適用されているが，厳密な定速性を必要しない長距離搬送用途であれば，間欠配置の適用が可能である。よって随時推力を与えるのではなく，加減速運転が必要となる部分にのみ LSM の一次側を配置する地上一次側間欠配置 LSM が当研究室で提案されている⁽²⁾。図 1 に一次側間欠配置方式における，台車の運転パターンの一例と，従来の連続配置方式における運転パター

ンの比較を示す。そのシステムにおける大きな問題点として同期化や位置決め手法が挙げられる。この問題については当研究室において検討が行われ，台車の速度・位置検出する光学式センサを一次側に設置することで水平形状及び，勾配形状での同期化手法が確立されている⁽³⁾。また，位置決めは ± 1 [mm] 以内での減速停止が可能であることが確認されている⁽⁴⁾。さらに，電機子と界磁が素子化された LSM の研究が行われ，LSM の特殊性を標準化してより高機能を発現できる方法が報告されている⁽⁵⁾。しかしながら，一次

図 1 連続配置と間欠配置との運転パターンの比較

Fig. 1. Typical driving patterns of continuous and discontinuous arrangement.

* 武蔵工業大学工学部電気電子情報工学科
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1
Department of Electrical, Electronics and Computer Engineering
Musashi Institute of Technology
1-28-1, Tamazutsumi, Setagaya, Tokyo 158-8557

側間欠配置方式は惰性走行から再加速へ移る際、加減速時に速度脈動が起こることが問題となっている。この状況では振動、騒音、同期はずれなどの問題から利用分野として、半導体製造ライン、位置決め精度を必要とするライン、低振動、低騒音雰囲気での利用には不向きである。現在まで惰性走行から再加速へ移る際、台車の位置に対する加速度を決定する駆動パターンを用い、中間加速部に起こる速度脈動について検討を行ってきた⁽⁶⁾。

本稿では、中間加速部においての速度脈動低減を目指し台車の位置に対する加速度を決定する駆動パターンを用い、搭載負荷重量および指令加速度を変えても負荷角を一定(負荷角 90°)で駆動できるよう、負荷角一定制御を行った結果について報告する。

2. 位置フィードバックを用いない地上次側間欠配置リニア同期モータ

2.1 実験装置の構成と仕様 図2に実験装置の概観を、図3に一次側配置の概略を示す。一次側ブロックは走行路全長 6500 [mm] にわたって複数個間欠配置が可能である。一次側ブロックは打ち抜き鉄心を積層し、これに3相コイル巻線を施している。占積率は 38.96% 、定格電流は 1.3 [A] 、定格起磁力は 410.8 [A] である。二次側台車はネオジム系希土類磁石 (NEOMAX-30SH) を磁路鉄板にスキュー配置している。図4に二次側台車の低部を示す。このスキュー配置により、完全対向時のコギングを低減することが可能

となる。使用した永久磁石は $BH_{\max} = 238.5\text{ [kJ/m}^3\text{]}$ である。図5に実験装置の断面図を示す。二次側台車の支持機構としてV字型走行路(レール)をV字型ガイドホイールが走行するVガイド・システムを採用した。このガイドシステムを用いることにより、左右の揺れを調節することができる。また、二次側台車に負荷を搭載することにより、レールとホイールとの摩擦が低減できる特徴がある。さらに、この実験装置はプレートの厚さを変えることにより、一次側と二次側とのギャップ長を変化させることが可能である。表1に実験装置の仕様を、図6に実験装置のシステム構成を示す。それぞれ、台車の速度・位置検出はフォトインタラプタを一次側に設置し、長さが既知である遮光板を二次側台車に取り付け、遮光の時間間隔から速度情報

図4 二次側台車

Fig. 4. The secondary mover.

図5 実験装置の断面図

Fig. 5. The cross section of the experimental device.

表1 実験装置の仕様

Table 1. Specification of the experimental device.

Item	[Unit]
Primary	
Pole Pitch τ	33[mm]
Length of the Stator (per unit)	324[mm]
Magneto motive force mmf	410.8[A]
Secondary	
Number of magnet	8[Pole]
Magnet	• Length
	28[mm]
	• Width
	45[mm]
	• Thickness
	3[mm]
	• Maximum energy product $BH_{\max}$
	238.5[kJ/m ³]
Force	160[N]
Air-gap	gap 4.0-8.0[mm]

図2 実験装置概観

Fig. 2. Outline of experimental device.

図3 一次側配置の概略

Fig. 3. Schematic representations of the primary.

図 6 実験装置のシステム構成

Fig. 6. Configuration of the experimental device.

図 7 台車の位置-速度特性（加速時）

Fig. 7. Characteristics of the velocity with respect to position when the mover runs through beyond the re-accelerator.

が得られる。その速度情報を PC (パソコン) に取り込み、3 相コイル巻線の各相にそれぞれ接続した定電流型 PWM サーボアンプによって励磁を行う。また評価用のシステムとして、駆動系とは完全に独立した位置計測センサとしてアブソリュート型リニアスケール (サンテスト (株): 全長 4000 [mm], 分解能 0.1 [mm]) を用いて、二次側台車の位置と速度、加速度の状態を計測し評価、検討を行う。

2.2 進入加速変化時の二次側台車の挙動 二次側台車は「始動部」において設定した速度まで加速された後、搬出される。そして無励磁走行後、「中間加速部」に進入した際の速度を検出し、同期引き込みを行う。その後、台車は再加速され搬出に至るまで位置フィードバックを用いずに一連の駆動パターンにより駆動する。図 7 に無励磁走行区間から再加速へ移る際の中間加速部における加減速時の台車の挙動を示す。設定した運転条件は、指令加速度をパラメータとし、ギャップ長 $g = 5.0$ [mm], 搭載負荷重量 $m = 0.0$ [kg], 再加速部への進入速度 $v_i = 1.0$ [m/s] である。そして励磁電流 I は 1.3 [A] 一定である。実験に用いた再加速部の一次側の長さは 324 [mm] である。図 7 より、二次側台車は指令値に対して加速している。それは同期引き込み手法によって同期化が可能であることを示している。しかし、図 7 のように加速度を変化しても、加速時に二次側台車に速度脈動が起こっていることが分かる。

図 8 加速度一定の駆動パターン

Fig. 8. Constant acceleration drive pattern.

2.3 進入加速変化時の速度脈動の原因 位置フィードバックを用いない地上次側間欠配置リニア同期モータの二次側台車の加速度はあらかじめ設定された駆動パターンに従って運転する。図 8 に二次側台車の位置に対して加速度が一定となる駆動パターンを示す。この駆動パターンを用い、駆動させた場合の結果が図 7 である。ここで、(1) 式にモータの要求推力 (ma) と発生推力 ($Ki \sin \delta$) との関係を示す。

$$F = ma = Ki \sin \delta \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 m [kg]: 台車質量, a [m/s²]: 加速度, i [A]:

電流, K [N/A]: 推力定数, δ [deg]: 負荷角

常に加速度が一定ということは二次側台車が進入時でも搬出時でも完全対向時と同じ推力を発生することとなる。しかし、二次側台車が一次側に進入及び搬出時に発生する推力と完全対向時の発生推力が異なるため、負荷角が変動する。これが、二次側台車の速度脈動を生じる主因である。

3. 進入加速変化時の速度脈動抑制

3.1 速度脈動抑制方法 負荷角の変動によって無励磁走行区間から二次側台車が再加速へ移る際に速度脈動が起こることから、速度脈動を無くするためには (1) 式の負荷角が一定になるようにすればよい。図 9 に台車の励磁開始点から一次側完全対向までの同期化時の発生推力特性を示す。図 9 は励磁電流の位相を変化させ、静推力特性を測定し、それを重ねたものである。この時の励磁電流は 1.3 [A] 一定である。負荷角が一定になるようにするため、まず図 9 の同期化時によるモータ発生推力の特性から推力定数の検討を行った。図 10 に台車の位置に対する推力定数の変化を示す。図 10 は図 9 のそれぞれの最大値を取った値とそれぞれの最小値を取った値を平均し、この値を (1) 式に代入し、導出した。図 10 より、二次側台車の位置に対し、推力定数はほぼ直線的に変化していることが分かった。一次側固定子ブロック形状は入口端と出口端とで対称であることから、一次側出口端における推力定数の特性も入口端の推力特性と対称である。よって、中間加速部における推力定数の変化は図 11 に示すような台形となる。

以上のことから推力定数の変化に合わせ、モータの要求推力と発生推力が釣り合うようにすることで負荷角が一定になると考えられる。以下に負荷角を一定にする方法を挙げる。

図 9 同期化時のモータ発生推力

Fig.9. Static force-position of the mover measured from 0 to 300 [mm].

図 10 台車の位置に対する推力定数の変化（進入部）

Fig.10. The change coefficient of thrust force with respect to the position (entry part).

図 11 中間加速部における推力定数の変化

Fig.11. The change coefficient of thrust force in re-acceleration part.

- (1) 推力定数の変化に応じて加速度を変化⁽⁶⁾
- (2) 要求推力の変化に応じて電流値を変化

手法(1)については従来加速度一定で駆動させていた方法から推力定数の変化に応じて加速度を決定する駆動パターンにすることにより負荷角の変動が54[%]小さくなった。そして安定した駆動を得ることができた⁽⁶⁾。しかしながら手法(1)でも速動脈動が生じる。さらに、この速動脈動を抑制するために、要求推力の変化に応じて電流値を変化させる方法、すなわち負荷角一定制御法を考えた。本稿では手法(2)について検討を行う。

図 12 負荷角一定制御の概念図

Fig.12. Outline of the load angle constant control.

図 13 中間加速部における指令電流パターン

Fig.13. The reference current pattern.

3.2 負荷角一定制御による速度脈動抑制法 駆動 原理として負荷角一定時の発生推力の変化を図12に示す。負荷角を一定とし電機子電流の振幅を制御することで要求推力が得られることが分かる。この制御法では負荷角を最大値($\delta = 90$ [deg])一定で設定することにより要求推力に対して最小電力で駆動することができる。したがって、各位置に対する要求推力の変化に応じて指令電流パターンを導出すれば中間加速部で起こる速度脈動は抑制できると考える。図13に中間加速部における指令電流パターンを示す。まず、負荷角90 [deg]一定の時の最大電流値を求める必要がある。そのため電流値を変化させ、各電流値の発生推力特性を測定した測定に用いた条件は台車重量4.7 [kg] (台車自重)、ギャップ長 $g = 5.0$ [mm]、負荷角90 [deg]に設定し、電流を0 [A]から1.3 [A]まで変化させた。図14に電流値に対する発生推力特性を示す。図14より、モータの推力定数 K はギャップ長 $g = 5.0$ [mm]の時、52.85 [N/A]となった。よって、指令加速度と搭載負荷重量が変化しても負荷角90 [deg]一定の時、モータの要求推力と発生推力が釣り合うような最大電流値を決定する式は(2)式となる。

$$I_m = \frac{(M + m)a^*}{K} \text{ [A]} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 m [kg] : 搭載負荷重量, M [kg] : 台車自重, a^* [m/s^2] : 指令加速度, K [N/A] : 推力定数 ($K = 52.85$ [N/A])

台車の位置に対する加速度を(1)式に代入すると各位置に対する要求推力が分かる。この要求推力に合わせ、各位置の電流値を決定する手法を示す。図15は搭載負荷

図 14 電流値に対する発生推力特性
(負荷角 $\delta = 90$ [deg], ギャップ長 $g = 5.0$ [mm] の時)
Fig. 14. Characteristics of the static force with respect to the current value. (Load angle $\delta = 90$ [deg], Air-gap $g = 5.0$ [mm])

図 15 電流値に対する発生推力のグラフ
Fig. 15. The graph of the static force toward the current value.

図 16 加速度に対する電流値
Fig. 16. Current value toward the acceleration.

重量 8.6 [kg], 台車の自重 4.7 [kg], 指令加速度を 2 [m/s²] とした場合の電流値に対する発生推力のグラフである。この条件を (2) 式に代入すると、最大電流値が得られる ($I_m = 0.503$ [A])。各位置に対する電流値を決定する手法は図 15 を用いて説明する。例えば、ある位置の加速度が 1.005 [m/s²] の場合、(1) 式に代入し計算すると要求推力は 13.37 [N] となる。図 15 より、負荷角 90 [deg] 一定に保つためには電流の値を点線に示すように発生推力が 13.37 [N] となる 0.253 [A] を決めればよい。この方法で中間加速部全

体における指令電流パターンが求められる。図 16 に図 15 の結果を基にし、加速度と電流値の関係を示す。そして、(3) 式に加速度と電流の関係を示す。

$$i(t) = \frac{I_m}{a^*} \times a \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 a^* [m/s²] : 指令加速度, a [m/s²] : 加速度, i [A] : 指令電流, I_m [A] : 電流の最大値

(3) 式に従って、各区間における指令電流パターンを導出する。各区間に対する加速度は加加速度 j [m/s³] を一定とし、時間に対する距離の式から導出する⁽⁶⁾。それぞれの指令電流パターンを (4) 式から (6) 式まで示す。但し、(4) 式は進入部における指令電流パターンで、(5) 式は完全対向部における指令電流パターンである。そして、(6) 式は搬出部における指令電流パターンである。

$$i(t) = \frac{I_m}{a^*} \times \left(\frac{3v_i a^* + \sqrt{9v_i^2 a^{*2} + 6x_e a^{*3}}}{6x_e} t + \frac{a^*}{p} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$i(t) = I_m \dots\dots\dots (5)$$

$$i(t) = \frac{I_m}{a^*} \times \left(-\frac{3v_i a^* + \sqrt{9v_i^2 a^{*2} + 6x_c a^{*3}}}{6x_c} t + a^* \right) \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 a^* [m/s²] : 指令加速度, p [pole] : 二次側の極数, v_i [m/s] : 進入速度, I_m [A] : 電流の最大値, x_e [m] : 励磁開始点から二次側台車が一次側に完全対向するまでの距離, x_c [m] : 励磁開始点から二次側台車が一次側を完全に抜けるまでの距離

4. 速度脈動抑制手法の実験的検証

図 17 に負荷角一定制御法による台車の速度-位置特性を示す。設定した運転条件は指令加速度 a^* を 2 [m/s²] とし、台車重量 $m = 4.7$ [kg] (自重), ギャップ長 $g = 5.0$ [mm], 進入速度 $v_i = 1$ [m/s] とした。この時の負荷角は 90 [deg] 一定であり、最大電流値 I_m は 0.18 [A] である。実験に用いた再加速部の一次側の長さは 2 ユニット 714 [mm] である。また、図 18 には台車位置に対する負荷角の変動を示す。図 17 より、指令電流パターンで駆動させると従来加速度一定で駆動させていた方法より、無励磁走行区間から再加速へ移る際、加速時の台車の速度脈動は抑制できることが分かる。しかし、両方のパターン同様に搬出部で速度が減少している。搬出部で速度が減少している原因として、出口端の吸引力及び支持機構の摩擦による影響であると考えられる。出口端における吸引力は台車の進行方向の逆方向力、すなわち引き戻す力として働く。しかし、新たに提案した手法には端部における影響は考慮していないため、搬出部の速度が減少する結果になっていると考えられる。さらに図 18 より、従来の加速度一定の駆動パターンにより駆動させた場合 -51 [deg] ~ 90 [deg] まで (完全対向部まで) の負荷角の変動に対し、指令電流パターンにより駆動

図 17 負荷角制御一定制御による台車の位置-速度特性

Fig. 17. Characteristics of the velocity with respect to the position. (Weight load $m = 0$ [kg], Maximum current value 0.18 [A])

図 18 負荷角制御一定制御による台車の位置-負荷角特性

Fig. 18. Characteristics of the Load angle with respect to the position. (Weight load $m = 0$ [kg], Maximum current value 0.18 [A])

図 19 搭載負荷重量 $m = 3.8$ [kg] の時の台車の位置-速度特性

Fig. 19. Characteristics of the velocity with respect to the position. (Weight load $m = 3.8$ [kg], Maximum current value 0.322 [A])

させた場合、負荷角の変動は 49 [deg] ~ 90 [deg] (完全対向部まで) となり、指令電流パターンの方が小さいことが分かった。そして、両パターンの搬出部を比較すると、加速度一定の駆動パターンは搬出直後からリニア同期モータの安定範囲の負荷角 90 [deg] を超え、同期はずれ(脱調)となっている。加速度一定の駆動パターンは一定の励磁電流

図 20 搭載負荷重量 $m = 10.3$ [kg] の時の台車の位置-速度特性

Fig. 20. Characteristics of the velocity with respect to the position. (Weight load $m = 10.3$ [kg], Maximum current value 0.568 [A])

図 21 搭載負荷重量 $m = 20.6$ [kg] の時の台車の位置-速度特性

Fig. 21. Characteristics of the velocity with respect to the position. (Weight load $m = 20.6$ [kg], Maximum current value 0.957 [A])

を投入するため、二次側台車が一次側に進入する際に二次側台車と一次側の間で働く吸引力によって要求推力と発生推力のバランスがくずれ、負荷角の変動が大きくなったと考える。それに対し、指令電流のパターンは搬出直後から速度は減少しているが、同期はずれなく駆動している結果となった。また、加速度一定の駆動パターンで駆動させた場合 39.293 [J] の投入エネルギーを要したが、指令電流パターンで駆動させることにより、投入エネルギーが 6.837 [J] まで減少した。

続いて、二次側台車の錘を乗せ、台車の速度-位置特性の検討を行った。図 19 から図 22 に搭載負荷重量を変化させた時の台車の速度-位置特性を示す。設定した運転条件は指令加速度 a^* を 2 [m/s²] とし、台車重量 $m = 4.7$ [kg] (自重)、ギャップ長 $g = 5.0$ [mm]、進入速度 $v_i = 1$ [m/s] とした。この時の負荷角は 90 [deg] 一定であり、図 19 は最大電流値 $I_m = 0.322$ [A]・搭載負荷重量 $m = 3.8$ [kg]、図 20 は最大電流値 $I_m = 0.568$ [A]・搭載負荷重量 $m = 10.3$ [kg]、図 21 は最大電流値 $I_m = 0.957$ [A]・搭載負荷重量 $m = 20.6$ [kg]、図 22 は最大電流値 $I_m = 1.245$ [A]・搭載負荷重量 $m = 28.2$ [kg]

図 22 搭載負荷重量 $m = 28.2$ [kg] の時の台車の位置-速度特性

Fig.22. Characteristics of the velocity with respect to the position. (Weight load $m = 28.2$ [kg], Maximum current value 1.245 [A])

である。図 19 から図 22 より、二次側台車の搭載負荷重量を変化させても、安定した加速特性を得ることが確認できる。しかし、図 19 から図 22 より、搭載負荷重量を変化させた時、搭載負荷を載せない時（図 17）と比べ、指令速度に対する速度脈動を少し生じている。これは台車に慣性力が働いているためであると考えられる。

以上のことから加速度一定の駆動パターンに比べ、指令電流パターンで駆動させると同期はずれを防ぎ、より安定した再加速特性を得ることが確認できた。

5. まとめ

本論文で提案した負荷角一定制御による速度脈動抑制法では搬出部では速度が減少したが、完全対向部までの台車の位置に対する負荷角の変動は加速度一定の駆動パターンにより指令電流パターンの方が 71 [%] 小さくなった。そして、搭載負荷重量が既知であれば位置フィードバックを用いない制御でも安定した加速特性を得ることが確認できた。加えて、指令電流パターンで駆動を行うことにより、最大電流値が従来加速度一定で駆動させていた方法に比べ軽減可能であり、投入エネルギーを比較した結果、指令電流パターンの方が 82.6 [%] の減少となっている。

これらのことから、本手法により、従来の方式と比較して、はるかに高品質かつ高効率な駆動ができたと結論づけられる。

(平成 15 年 6 月 26 日受付, 平成 15 年 12 月 1 日再受付)

文 献

- (1) M. Karita: "Present Status of Linear Drives for Industry Applications in Japan", The Third International Symposium on Linear Drives for Industry Appl. (LDIA 2001), pp.462-467 (2001)
- (2) K. Seki, M. Watada, S. Torii, and D. Ebihara: "Discontinuous Arrangement to Long Stator Linear Synchronous Motor for Transportation System", International Conference on Power Electronics and Drive System (PEDS97), pp.697-702 (1997)

- (3) M. Kajioaka, K. Oka, M. Watada, S. Torii, and D. Ebihara: "Optimal Drive Control Timing in Discontinuous Arranged Linear Synchronous Motor Transfer System", Symposium on Power Electronics, Electricdral Drives, Automation & Motion (speedam 2000), pp.A2-25-A2-30 (2000)
- (4) A. Nishino, M. Kajioaka, M. Watada, S. Torii, and D. Ebihara: "A Consideration of Positioning Method for the PM-LSM with Discontinuously Arranged Primary", 2001 National Convention Record IEE Japan, No.5-068 (2001) (in Japanese)
西野旭・梶岡守正・和多田雅哉・鳥居 肅・海老原大樹:「一次側間欠配置方式 PM-LSM における位置決め手法の考察」, 電気学会全大, No.5-068 (2001)
- (5) M. Yamaguchi, et al.: "Driving Characteristics of Linear Synchronous Motor With Unitized Armature and Field System", IEEJ Trans., Linear Drive, LD-99-55 (1999) (in Japanese)
山口昌樹・中井郁哉・鹿野快男・村田 究・南 秀明:「電機子と界磁地上一次側間欠配置リニア同期モータを用いる搬送システムの提案」, 電気学会リニアドライブ研資, LD-99-55 (1999)
- (6) Y. Kim, M. Watada, S. Torii, and D. Ebihara: "The Discontinuous Primary Linear Synchronous Motor in order to Decrease the Velocity Variation of Ejection in the Re-accelerator", IEEJ Trans., Linear Drive, LD-02-81 (2002) (in Japanese)
金 容載・和多田雅哉・鳥居 肅・海老原大樹:「一次側間欠配置リニア同期モータの再加速部における搬出時の速度変動抑制」, 電気学会リニアドライブ研資, LD-02-81 (2002)

金 容 載 (学生員) 1973 年 7 月 27 日生。1996 年 2 月韓国

朝鮮大学工学部電気工学科卒業。2002 年 3 月武蔵工業大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年、同大学博士後期課程入学。現在に至る。主に地上一次側間欠配置リニア同期モータの速度脈動抑制法の研究に従事。日本 AEM 学会会員。

和多田 雅 哉 (正員) 1961 年 9 月 4 日生。1984 年 3 月武蔵

工業大学工学部電気工学科卒業。同年 4 月、(株)アマダ入社。技術研究所にてリニアアクチュエータの研究開発に従事。1988 年 4 月武蔵工業大学技術員, 1995 年 4 月同技士, 1998 年 4 月同講師, 2002 年 4 月同助教授, 現在に至る。リニアモータおよび人工心臓の研究に従事。工学博士。IEEE, 日本 AEM 学会, 日本人工心臓器学会, 日本エム

イー学会会員。

鳥 居 肅 (正員) 1965 年 8 月 6 日生。1988 年東京大学工

学部電気工学科卒業。1993 年同大学大学院博士課程修了。工学博士。同年 4 月より武蔵工業大学工学部電気電子工学科助手, 1995 年 4 月同講師, 2001 年 4 月同助教授, 現在に至る。リニアモータおよび超電導応用の研究に従事。IEEE, 日本 AEM 学会, 低温工学会会員。

海老原 大 樹 (正員) 1938 年 11 月 21 日生。1962 年武蔵工業

大学卒業。1993 年 4 月同教授, 現在に至る。各種リニアモータの磁界解析および開発に関する研究に従事。工学博士。IEEE, 日本 AEM 学会, 日本応用磁気学会会員。