バネ特性を有する円筒状磁石可動型リニア振動アクチュエータの設計に関する考察

正員 富 樫 仁 夫 (三洋電機)
 正員 植 田 哲 司 (三洋電機)
 正員 岸 本 圭 司 (三洋電機)
 正員 比 田 一 (三洋電機)

Considerations on Design for a Cylindrical Moving Magnet Type Linear Oscillatory Actuator having Spring Characteristics

Yoshio Tomigashi, Member, Tetsuji Ueta, Member, Keiji Kishimoto, Member,
 Hajime Hida, Member (SANYO Electric Co., Ltd.)

In recent years, linear oscillatory actuators (LOAs) employing mechanical resonance have been researched aiming at highly efficient actuators. This paper considers a cylindrical moving magnet type LOA having spring characteristics for resonant oscillation in the actuator itself. An equation to express the thrust of the proposed LOA is derived using a permeance model, and calculation results by the permeance analysis and magnetic field analysis are compared with actual measured results. The thrust constants by the permeance analysis and magnetic field analysis agree with the measurement, and the permeance analysis with a short calculation time is effective in calculation of the thrust constant. The magnetic field analysis is effective in the calculation of the spring characteristics of static thrusts. In addition, the optimization of the size of the proposed LOA based on the motor constant is investigated. A relational equation of the size of the LOA and the motor constant is derived. From calculation results on the motor constant using the permeance analysis and magnetic field analysis, the effectiveness of the permeance analysis with a short calculation time is confirmed. Moreover, by focusing on the motor constant below the same thrust constant, it is found that the coil resistance is effective as optimization indices identical to the motor constant.

キーワード：リニア振動アクチュエータ，静推力特性，パーミアンスモデル，モータ定数

Keywords: Linear Oscillatory Actuator, static thrust characteristics, permeance analysis, motor constant

1. まえがき

リニア振動アクチュエータ (LOA) は、直接往復運動が得られるため、スターリング冷凍機⁽¹⁾や人工心臓⁽²⁾などへの利用が検討されている。近年では、往復運動の効率的な駆動を目的として、機械的な共振を利用した LOA の研究も行われている⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。しかし、可動部重量とバネの機械的共振を利用した LOA には、強力な機械バネが必要となる。そこで、筆者らは LOA の一方式として、ディテント (変位による推力の変化) を利用してアクチュエータ自身にバネ特性を有する磁石可動型 LOA を開発し、機械バネ定数の低減を図っている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。アクチュエータ自身にバネ特性を持っている LOA は用途によっては機械バネなしでの駆動の可能性もある⁽¹⁰⁾。

一方、近年の省エネルギー化の流れと永久磁石の高性能化に伴い、モータの小型化、高効率化に関する検討もなされ、

現在、LOA の最適化の指標として、推力/入力比やモータ定数を最大にする構造の検討が行われている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

本論文では、まず、パーミアンスモデルおよび電磁界解析の計算結果と実測値の比較検証を行い、バネ特性を有する磁石可動型 LOA の特徴であるバネ特性 (バネ定数および有効ストローク長) と推力定数の設計に適した解析法について考察している。

次に、LOA の高効率化を実現するために、同一推力定数の下でのモータ定数に着目し、モータ定数に基づいた指標の導出とその指標を用いた LOA のヨーク積厚の最適化評価について考察している。

2. バネ特性を有する円筒状 LOA の構造

可動部重量と機械バネによる共振を利用した LOA は、可

動部重量と機械バネ定数から決まる共振周波数に往復運動する周波数を合わせて駆動する。そうすることによって、振動に要する加減速力をモータの推力として供給する必要がなくなるため、小さな推力で駆動でき、高効率である。筆者らは、ディテントにバネ特性を有し、これを共振バネの一部として利用して、機械バネがなくてもアクチュエータ自体にバネ特性を持つ図1のような構造の磁石可動型LOAを検討している。

磁石可動型LOAは可動子である磁石の位置によって磁束が変化するため、ディテントが発生する。通常、このディテントは好ましくなく、小さくなるような構造とする⁹⁾。図1のバネ特性を有するLOAでは、推力のバネ特性を共振バネの一部として利用するため、ディテントが大きくなるような構造としている。

本LOAは、電磁鋼板を積層したブロック状のヨークを円筒状に4つ並べたヨーク部とリング状のボビンに巻かれたコイルとから固定子が構成され、ヨークのギャップ部に可動子である永久磁石を配置した可動磁石型LOAの構造である。可動子の永久磁石は、ラジアル方向に異なった極性に着磁された2つの磁石がスラスト方向に対になって構成されている。

図1 可動磁石型LOAの構造

Fig.1 Structure of moving magnet type LOA.

3. バネ特性を有するLOAの推力特性の解析法に関する考察

バネ特性を有するLOAでは、ディテントのバネ特性を共振バネの一部として利用するため、推力定数だけでなく静推力特性に含まれるバネ定数を設計段階で精度良く知る必要がある。また、推力をバネとして利用するための有効ストローク（推力が変位に比例して変化する範囲）の設計が必要である。これら、推力定数、バネ特性（バネ定数および有効ストローク）を検討するためには簡単な解析手法が望ましい。そこで本章では、パーミアンズモデルによる磁気回路解析および電磁界解析から得られた計算結果と試作機による実測値を比較して各項目に対する簡易で有効な解析手法について考察する。

<3.1>円筒状磁石可動型LOAのパーミアンズモデル

図2はバネ特性を有するLOAのエアギャップ部の磁路を単純化して表現した解析モデルである。本モデルでは外側ヨークが実際は図1のように左右対称ではないが、単純化のために非対称の影響を無視している。この単純化したモデルの磁気等価回路は図3のようになり、(1)~(3)式が得られる。

図2 パーミアンズモデル

Fig.2 Permeance model of the LOA.

図3 LOAの磁気等価回路

Fig.3 Magnetic equivalent circuit of the LOA.

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= l_g / (\mu_0 w (s - t/2 - x)) \\ R_2 &= R_6 = l_g / (\mu_0 w (t/2 + x)) \\ R_3 &= R_7 = l_g / (\mu_0 w (t/2 - x)) \\ R_4 &= l_g / (\mu_0 w (s - t/2 + x)) \\ R_5 &= \pi / (2\mu_0 w \ln(1 + \pi(s - t/2 - x)/(2l_g))) \\ R_8 &= \pi / (2\mu_0 w \ln(1 + \pi(s - t/2 + x)/(2l_g))) \end{aligned} \right\} \dots(1)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{m1} &= l_m / (\mu_0 w (s - t/2 - x)) \\ R_{m2} &= l_m / (\mu_0 w (t/2 + x)) \\ R_{m3} &= l_m / (\mu_0 w (t/2 - x)) \\ R_{m4} &= l_m / (\mu_0 w (s - t/2 + x)) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

$$\left. \begin{aligned} \phi_1 &= (H_c l_m + NI) / (R_1 + R_5 + R_{m1}) \\ \phi_2 &= (H_c l_m + NI) / (R_2 + R_6 + R_{m2}) \\ \phi_3 &= (H_c l_m - NI) / (R_3 + R_7 + R_{m3}) \\ \phi_4 &= (H_c l_m - NI) / (R_4 + R_8 + R_{m4}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $R_1 \sim R_8$ ：磁気抵抗、 $R_{m1} \sim R_{m4}$ ：磁石の内部

磁気抵抗、 $\phi_1 \sim \phi_4$: 磁束、 l : 極の長さ、 s : 磁石の長さ、 l_g : ギャップ、 l_m : 磁石の厚さ、 w : 奥行き、 N : 巻数、 I : 電流、 f : 推力、 x : 変位、 μ_0 : 真空の透磁率

静推力 f は次式に示す磁気エネルギー W_m の偏微分で求められるため、(5)式に示す微小変位 Δx を考えた仮想変位法で計算することができる。

$$W_m = \frac{1}{2} \phi_1^2 (R_1 + R_5 + R_{m1}) + \frac{1}{2} \phi_2^2 (2R_2 + R_{m2}) + \frac{1}{2} \phi_3^2 (2R_3 + R_{m3}) + \frac{1}{2} \phi_4^2 (R_4 + R_8 + R_{m4}) \quad \dots (4)$$

$$f = \frac{\partial W_m}{\partial x} = \frac{\Delta W_m}{\Delta x} \quad \dots (5)$$

<3.2>電磁界解析モデル

電磁界解析では 2 次元解析モデル (要素数: 1002、接点数: 1062) と 3 次元解析モデル (要素数: 16560、接点数: 18860) を作成し、市販の電磁界解析ソフト JMAG-Works を用いて計算した。3 次元解析では対称性を考慮した 1/8 モデルである。なお、2 次元解析では有限要素法と境界要素法を併用し、3 次元解析では有限要素法のみを用いて計算される。

<3.3>試作機との比較

図 4 は静推力特性をパーミアンモデルおよび電磁界解析 (2 次元解析、3 次元解析) で計算した結果と試作機による実測結果との比較である。試作機の機械的仕様および磁気的仕様は表 1 の通りである。

図 4 静推力特性の計算値と実測値

Fig.4 Calculated results and experimental results of the thrust characteristics.

電流を流さないときの静推力特性がディテントであり、電流を流したときの推力との差が電流により発生した推力、電流が 1A のときの差が推力定数となる。そして、本 LOA ではディテントがほぼリニアに変化する範囲でこのバネ成分の推力を共振バネの一部として利用し、電流により発生する推力を出力として取り出すための推力として使用する。

図 4 の結果から、推力定数については各解析法とも実測に

近い結果が得られていることがわかるが、バネ特性については各解析手法で結果に相違が見られる。

パーミアンモデルは磁路を簡易化しているためにストローク端でディテントの低下が見られない。電磁界解析ではストローク端でのディテントの低下が見られ有効ストロークの設計に有効である。バネ定数は 2 次元解析では実測よりも大きな値を示し、3 次元解析では実測と良く一致している。ブロック状ヨークの積厚方向の端部での漏れ磁束による影響を考慮できる 3 次元解析がバネ定数を精度良く知るためには最も有効であると考えられる。

推力定数については、パーミアンモデルでも実測と 5% 程度の誤差で一致した。3 次元電磁界解析には時間がかかることを考えると、計算時間が短くてすむパーミアンモデルが推力定数の検討には有効な解析法であると考えられる。したがって、4 章のモータ定数に基づく最適化の検討では、推力定数の計算にパーミアン法を用いて行っている。

表 1 試作機の仕様

Table.1 Specifications of the LOA.

項目	記号	数値	単位
ヨークの外径半径	r_1	63	mm
ヨークの内径半径	r_2	21	mm
ヨークの長さ	L	70	mm
ヨーク突部の長さ	l	16	mm
ヨークの積厚	w	34	mm
永久磁石の厚さ	l_m	6	mm
永久磁石の長さ	s	32	mm
エアギャップの長さ	l_g	2	mm
コイルの巻数	N	579	ターン
永久磁石の保磁力	H_c	1003	kA/m
永久磁石の残留磁束密度	B_r	1.33	T
ヨークの材質	電磁鋼板 (35H360)		

4. モータ定数に基づく円筒状磁石可動型 LOA のヨーク積厚の最適化

小型・高効率化を目指した最適化の指標として、推力/入力比に着目した方法が提案されている。これは、推力/入力比を最大すなわち銅損を最小にするものである⁽⁷⁾。一方、回転形モータで定義されているモータ定数に相当するリニアモータにおけるモータ定数 (以下、モータ定数) を指標とする方法がある⁽⁸⁾。推力/入力比とモータ定数は同じような意味を持つが、単位が N/W と $N/W^{1/2}$ の違いがある。単位を変形すると $(N/A/(A\Omega))$ と $(N/A/\Omega^{1/2})$ という形になる。 N/A は推力定数の単位、 Ω はコイルの抵抗の単位であり、その機器 (LOA) に固有な定数の単位である。このことから、推力/入力比は機器固有の定数以外に駆動条件 (駆動電流) にも依存する指標で、モータ定数は機器固有の定数以外には依存しない指標であることが分かる。本論文では、後者のモータ定数に基づいて最適化の検討を行う。なお、推力/入力比を用いても同様な検討が可能である。

図5 LOAの解析モデル

Fig.5 Analytical model of the LOA.

<4.1> モータ定数に基づく指標の表現式の導出

コイルの長さを L_c 、コイルの断面積を A_c 、コイルの巻数を N とすると、コイルの抵抗 R は次式で求められる。

$$R = (\rho \times L_c) / (A_c \times \xi / N) \quad (\Omega) \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここで、 ρ ：銅の抵抗率、 ξ ：コイルの占積率

モータ定数 K_m は推力定数 K_f を用いて次式で表される。

$$K_m = K_f / \sqrt{R} \\ = K_f / \sqrt{(\rho \times L_c) / (A_c \times \xi / N)} \quad (N/\sqrt{W}) \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここで、推力定数 K_f について考えてみる。推力定数 K_f は大きいほど同一推力を得るのに小さな電流でよいが、推力定数 K_f は誘起電圧定数 K_v と同じであるため、誘起される電圧が大きくなる。インバータ駆動される LOA は駆動電源から端子の最大電圧には制限があり、実際には電源電圧と駆動周波数およびストロークから推力定数 K_f は目標仕様として与えられる。したがって、モータ定数 K_m を大きくするということは、 K_f が目標仕様として与えられて一定値であると考え、コイルの抵抗 R を小さくすることに他ならない。すなわち、推力定数 K_f が同一の条件下ではコイルの抵抗 R ((6) 式) を指標としても、モータ定数を指標としたのと同様な最適化となる。モータ定数という直感的とはいえない数値を扱うのに比べて、コイルの抵抗値 R は効率との関連性が直感的に分かりやすくなる。

次に、LOA の各寸法とこれら評価指標との関係式を導出する。LOA の各寸法を図5のような記号で表すと、次のような関係式を得る。

$$r_3 = r_1 - t_3 - 2l_g - l_m \quad (m) \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$h_c = r_3 - r_4 = r_3 - \sqrt{(w/2)^2 + (w/2 + t_1)^2} \quad (m) \quad \dots\dots(9)$$

$$l_c = L - s - t/2 - t_2 \quad (m) \quad \dots\dots\dots(10)$$

更に、コイルの長さ L_c およびコイルの断面積 A_c は次式で求められる。

$$L_c = 2\pi \times (r_3 + r_4 + \delta_2) / 2 \times N \\ = \pi(r_3 + \sqrt{(w/2)^2 + (w/2 + t_1)^2} + \delta_2)N \quad (m) \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$A_c = (l_c - 2\delta_1) \times (h_c - \delta_2) \quad (m^2) \quad \dots\dots\dots(12)$$

上式を用いて、(6)、(7)式を評価指標として最適化の検討ができる。

<4.2>ヨーク積厚の最適化

前節では、LOA の各寸法と評価指標との関係式を導出した。本節では、高効率化を目指してモータ定数 K_m を大きく、コイルの抵抗 R を小さくする LOA の構造について検討する。

まずは、ヨークの積厚 w と独立して2次元で検討できる寸法について考える。これらの寸法は、後述するヨーク積厚の最適化の検討においては定数として扱うことができる。エアギャップの長さ l_g は、可動子の磁石保持部（非磁性体）の厚さも考慮し、その厚さを含めた磁気回路のギャップの長さとする。磁石の厚さ l_m は磁石の減磁が起こらない厚さとし、磁石の部分的な減磁の考慮はパーミアンスモデルでは困難なために2次元の電磁界解析を用いて検討する。ヨークの幅 $t_1 \sim t_3$ は磁気飽和が起こらないように磁束密度を計算して幅を決める。ここで、外側ヨークはコイルを鎖交する磁束に加え、コイルを鎖交せずに可動子周辺で磁束が一巡する経路があるために可動子近くの磁束密度が高くなる。このため、 t_3 は t_1 、 t_2 とは異なる厚さにする必要がある。可動子近くの外側ヨークの磁束密度をパーミアンスモデルで計算することは困難であるため、ヨークの幅 $t_1 \sim t_3$ についても2次元の電磁界解析を用いて検討する。

次に、ヨークの積厚 w に依存する寸法について考える。導出した各寸法の関係式を用いて、まず、外径 r_1 を一定として考えてみると、ヨークの積厚 w を大きくするほどコイルに鎖交する磁束が増えるが、その反面、内側ヨークの角が接する径が広がるためにコイルの高さ h_c 、つまりは巻線の断面積 A_c が小さくなるというトレードオフが存在する。このトレードオフによって最適なヨークの積厚 w が存在する。また、この最適なヨークの積厚は外径 r_1 にも依存して変化する。したがって、外径 r_1 とヨークの積厚 w 、または、コイルの高さ h_c をパラメータとして寸法の最適化が行える。今回は外径 r_1 とヨークの積厚 w をパラメータとして、最適化の評価指標であるモータ定数 K_m やコイルの抵抗 R を計算することとし、各寸法において推力定数 K_f

が同一とするために、図6のようにコイルの巻数 N を調整して繰り返し計算している。

図6 計算フロー
Fig.6. Flow chart

<4.3> 計算結果および考察

今回、エアギャップの長さ l_g は可動子の磁石保持部の厚さ1mmを含めて2mmとした。エアギャップは特性に大きく影響するため、エアギャップ長の低減については今後の課題である。磁石の厚さ l_m は電流による逆磁界とパーミアンス係数が小さくなる可動子の位置を考慮して、減磁の起こらない境界の厚さの6mmとし、ヨークの幅 $t_1 \sim t_3$ は磁束密度が1.8T以下になるように決定した。なお、 t_3 は外側ヨークの可動子近くの磁束密度が高くなるため、 t_1 、 t_2 とは異なる厚さになっている。これら、評価指標の計算において定数とする各寸法を表2にまとめる。推力定数 K_f は60N/A(変位0mm)、銅の抵抗率 ρ は $1.673 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ 、コイルの占積率 α は0.70とした。

図7にモータ定数 K_m の分布をパーミアンスモデルで計算した結果を示す。実測との比較は寸法を変更した多くの試作が必要となり困難なため、電磁界解析(2次元)で計算した結果との比較を行った。両手法で近い分布が得られており、パーミアンスモデルが有効であると考えられる。

表2 LOAの定数
Fig.2 Constant of the LOA.

項目	記号	数値	単位
外側ヨークの長さ	L	70	mm
内側ヨークの幅	t_1	8	mm
底ヨークの幅	t_2	8	mm
外側ヨークの幅	t_3	9	mm
ヨーク突部の長さ	t	16	mm
永久磁石の厚さ	l_m	6	mm
永久磁石の長さ	s	16	mm
エアギャップの長さ	l_g	2	mm
コイルボビンの内面厚さ	δ_1	2	mm
コイルボビンの側面厚さ	δ_2	1	mm

図8は同一推力定数の下でパーミアンスモデルを用いてコイルの抵抗 R を計算した結果である。モータ定数の分布と比較して、同様な分布であることが分かる。

図7、8の分布は外径 r_1 を広げるほどモータ定数が大きく(抵抗が小さく)なって高効率になることと、同一外径では最適なヨークの積厚(図8の破線)が存在することが分かる分布である。

表1に示した試作機の外径 $r_1=63\text{mm}$ の場合(推力定数:約60N/A)、ヨークの積厚 $w=32\text{mm}$ の時が最適であり、その時、線径0.85mm、コイルの巻数約610ターンとなる。表1に示した試作機の寸法は、ヨークの積厚 $w=34\text{mm}$ であり、最適形状よりも少しヨークの積厚が広い形状となっているが、銅損の差は定格時でも0.2W程度と小さい。また、バネ定数はヨークの積厚に比例して増加することから、試作機はほぼ最適形状で、ややバネ定数を重視した設計となっていると考えることができる。

図7 モータ定数の計算結果($\alpha=0\text{mm}$, $K_f=60\text{N/A}$)
Fig.7 Calculated results of motor constant
($\alpha=0\text{mm}$, $K_f=60\text{N/A}$).

図8 コイル抵抗の計算結果($\alpha=0\text{mm}$, $K_f=60\text{N/A}$)
Fig.8 Calculated results of coil resistance
($\alpha=0\text{mm}$, $K_f=60\text{N/A}$).

5. バネ特性と共振バネ定数の関係

最後に、本LOAのバネ特性と共振に必要なバネ定数との関係について述べる。バネ特性を有するLOAの共振周波数は次式で与えられる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_r}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{sp} + K_{mag}}{m}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

ここで、 f は共振周波数、 K_r は共振バネ定数、 K_{sp} は機械バネ定数、 K_{mag} は磁気バネ定数、 m は可動部重量
試作機の磁気バネ定数は約 18,000N/m、可動部重量（シャフト等含む）が約 0.8kg である。駆動周波数として 60Hz を考えているため、共振バネ定数は約 104,000N/m となり、機械バネ定数は 86,000N/m が必要となる。共振バネ定数の約 17%に本 LOA のバネ特性を利用できる見通しである。

6. あとがき

バネ特性を有する磁石可動型 LOA の特徴であるバネ特性および静推力特性の解析法について検討を行い、以下の事項を明らかにした。

- ・バネ特性を有する円筒状可動磁石型LOAのパフォーマンスモデルを導出し、実測値と比較検討した結果、推力定数の計算に有効である。
- ・共振に利用するバネ特性を精度良く得るには3次元解析が最も有効である。

また、モータ定数に基づいた指標を用いて円筒状可動磁石型 LOA のヨーク積厚の最適化についても考察し、以下の事項を明らかにした。

- ・LOA の最適化の指標としてモータ定数が有効であり、同一推力定数の下でのモータ定数に着目すると、コイル抵抗もモータ定数と同様に指標として有効である。
- ・モータ定数に基づく最適化に今回導出したパフォーマンスモデルが有効である。

（平成 12 年 10 月 2 日受付、平成 13 年 6 月 5 日再受付）

文 献

- (1) 山田一 編：「リニアモータ応用ハンドブック」、工業調査会、p.346-347、(1986)
- (2) 海老原大樹、脇若弘之：「Ⅲ．人工心臓駆動アクチュエータ」、電学論、Vol.115-D、No.3、p.190-191、(1995)
- (3) 鈴木素子・山口昌樹・鹿野快男：「リニア振動アクチュエータの共振振動に関する一考察」、平 10 電気学会全大、No.1064、p.5-124、(1998)
- (4) 江澤光晴・矢島久志・脇若弘之・伊藤治雄・福田直紀・春山勝彦：「携帯電話用リニア振動アクチュエータと回転型振動モータの比較」、平 10 電学産業応用全大(II)T-48、(1998)
- (5) 本橋良・藪内英一・山田富男・清水順治・小豆澤茂和：「シェーバ用リニア振動アクチュエータの開発」、松下電工技報、No.62、p.24-28、(1998)
- (6) 山川悟・真田雅之・森本茂雄・武田洋次：「ばね共振を用いたリニアパルスモータによるリニアコンプレッサの基礎的検討」、平 9 電気学会全大、No.1195、p.5-175、(1997)

- (7) 水野勉・宮下利仁・矢島久志・唐玉琪・山本秀夫・渋谷浩洋・山田一：「円筒状コイル可動形リニア直流モータの推力／入力比に関する考察」、電学論、Vol.118-D、No.4、p.444-449、(1998)
- (8) 富樫仁夫：「リニア振動アクチュエータの解析事例」、J MAG User Conference '99 講演論文集、p.4.1-4.4、(1999)
- (9) 植田哲司、富樫仁夫、岸本圭司、安富文夫：「バネ特性を有するリニア振動アクチュエータ」、平 12 電学産業応用全大、p.1151、(2000)
- (10) 脇若弘之・矢島久志・江澤光晴・伊藤治雄・福田直紀・松廣勝仁：「磁気ばねを利用した携帯電話用リニア振動アクチュエータの提案」、第 11 回電磁力関連のダイナミックスシンポジウム講演論文集、p.391-394、(1999)

富 樫 仁 夫 (正員) 1965 年 8 月 29 日生。90 年 3

月茨城大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 4 月三洋電機(株)入社。現在、研究開発本部メカトロニクス研究所勤務。主として、モータ・アクチュエータとその応用システムの研究開発に従事。

植 田 哲 司 (正員) 1972 年 10 月 25 日生。97 年 3

月同志社大学工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 4 月三洋電機(株)入社。現在、研究開発本部メカトロニクス研究所勤務。主として、モータ・アクチュエータの研究開発に従事。

岸 本 圭 司 (正員) 1960 年 7 月 7 日生。86 年 3 月

京都大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 4 月三洋電機(株)入社。現在、研究開発本部メカトロニクス研究所パワーエレクトロニクス研究室長。主として、パワーエレクトロニクス技術とその応用システムの研究開発に従事。

比 田 一 (正員) 1971 年 7 月 28 日生。97 年 3

月大阪府立大学大学院工学研究科電気・情報系専攻修士課程修了。同年 4 月三洋電機(株)入社。現在、研究開発本部エコ・エネシステム研究所勤務。主として、高効率モータ・アクチュエータの研究開発に従事。