磁気テープ駆動系における リール慣性モーメント推定とテープ走行制御

正員 柳 原 徳 久 (日 立)

非会員 寺 山 孝 男 (日 立)

非会員 酒 井 和 夫 (日 立)

非会員 大和田 信 義 (日 立)

Tape Transport Control and Estimation of Reel Inertia for Magnetic Tape Drives

Norihisa Yanagihara, Member, Takao Terayama, Non-member, Kazuo Sakai, Non-member,
Nobuyoshi Oowada, Non-member (Hitachi, Ltd.)

The moment of inertia of the tape reel of VTR varies depending on the reel size and the volume of the tape winding around the reel. Due to the variation, the tension control of the tape in the reel-to-reel drive is difficult.

To overcome this problem, the paper presents a new method to identify the tape reel without using additional sensors. Based on this identification scheme, the tape transport control is also presented to achieve the precise tension/speed control.

This real-time identification approaches are presented for spinning and running. When the tape reels start spinning up, the tape speed is changed stepwise, by which the inertia of the reel can be estimated using the variation of the tape tension at each reel. The process is repeated to improve the accuracy of identification. Under running condition, the changing inertia can be calculated from the tape radii of two reels. The changing tape radius can be detectable with the speed of capstan.

The validity of the proposed method has been approved by experiments using VTR.

キーワード：磁気テープ，VTR，パラメータ同定，テープ張力，張力制御，リール制御，慣性モーメント

1. まえがき

磁気テープは他の記憶装置に比し安価に大容量の情報を記録できる特徴を有し、コンピュータ用の外部記憶装置（磁気テープ装置）、VTR等に広く用いられている。これらの装置では一般に、リールに巻かれた磁気テープが別のリールに巻き取られる間に磁気的な記録再生が行われる構成になっている。テープ駆動制御（リールサーボ）系は、これら2つのリール間で磁気テープの張力と速度を制御し、安定に走行させることが要求される。

磁気テープが巻かれたリールの慣性モーメントはリールサイズとテープ量によって決まるが、その値はテープの走行につれてテープの量が変化するので、使用中は常時変動するものとして扱わなければならない。リールサイズは、記憶容量の違いにより数種類あり、それに応じてリール慣性モーメントも異なる。一例として、放送局等で使用されている1インチCフォーマットVTR、ハイビジョンディジタルVTRのようなオープンタイプのVTRのリール慣性モーメントの代表値を表1に示す。ここに示すように、

リールの種類、テープの量によってリール慣性モーメントが大きく異なり、例えば最小の6.5"リールと最大のリール14"リールでは、実に20倍以上の相違がある。このような相違によるリール慣性モーメントの変化をいかに補償するかが、リールサーボ系の大きな課題の一つである。不適切なリール慣性モーメントの設定によりリール制御系が不安定になると、最悪の場合磁気テープを損傷し、磁気テープ上の情報そのものを喪失する可能性があり、実用上この課題の解決法が強く望まれる。

表1 リール種類とリール慣性モーメント
Table 1. Reel size and reel moment of inertia.

Reel size (inch)	6.5	9	10.5	12	14
Tape radius (m)					
Minimum	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058
Maximum	0.082	0.114	0.133	0.150	0.178
Reel inertia (kgm ²)					
Minimum	0.0029	0.0052	0.0074	0.0105	0.0196
Maximum	0.0049	0.0126	0.0212	0.0330	0.0633

例えば、カセット型の1/2インチコンボジットVTRでは、3種類(S,M,L)のカセットサイズを判別するための機構が規定されており⁽¹⁾、カセットサイズに応じた制御が行われている。⁽²⁾ しかしながら、表1に示したオープンタイプのVTRではリールサイズを判別する規定がないために、独自に判別し、適切な制御を行う必要がある。

メカニカルなセンサを用いない慣性モーメントの同定方法としては、オブザーバを用いる方法⁽³⁾⁽⁴⁾が知られている。これらの方法は速度の変化(加速度)から慣性モーメントを推定する方法であるが、VTR等では、2つのリールはテープを介して連結されており、速度の変化は必ずテープ張力の変化を引き起こす。そのため、慣性モーメントの変化とテープ張力による負荷トルクの変化を分離する必要がある、高帯域な張力センサと速度検出のための高精度なエンコーダを必要とする問題がある。

本報告では、リール慣性モーメントの変化によって、テープ張力制御系の特性が変化するテープ送り系の特徴に着目し、定常走行時の外乱入力に対するテープ張力の時間応答からリール慣性モーメントを推定する方法を提案する。本手法はリールの加速度情報を必要とせず、従来の機構系(テープ走行系)に新たなセンサを追加することなく、簡単な演算処理によってリール慣性モーメントを推定できるという特徴がある。

2. VTRテープ走行系の構成と制御法

本章では、本論文で制御対象としているVTRのテープ走行系と走行制御法およびその特性について述べる。

〈2.1〉VTRテープ走行系の構成⁽⁵⁾

図1にVTRテープ走行系を示す。テープが供給側(S)リールから送りだされ、巻き取り側(T)リールに巻取られるFWD(Forward)走行時について説明する。Sリール

図1 VTRテープ走行系

Fig. 1. VTR tape transport system arrangement.

から送り出されたテープは、Sテンションアーム、消去ヘッド、ドラム、キャプスタン、タイマローラ、Tテンションアームを通り、Tリールに巻取られる。テンションアームは、テープ張力を検出するためのもので、バネ支持されており、テープ張力によってその位置が変化する。タイマローラは、テープ走行によって受動的に回転し、テープ速度を検出する。

テープを送るには、キャプスタンによる方法と、リール間で直接送る方法の二つがある。表2に制御モードを示す。

記録・再生などの低速走行時にはキャプスタン駆動が用いられる。この場合、S、Tの各リールに直結されたリールモータには、各テンションアームにより検出された張力信号がフィードバックされ、独立に張力制御が行われる。

早送り・巻き戻しなどの高速走行時には、リール駆動が用いられる。早送りなどのFWD(Forward)走行時、Tリールモータにはタイマローラによって検出された速度信号がフィードバックされて速度制御が行われ、SリールモータにはSテンションアームにより検出された張力信号がフィードバックされて張力制御が行われる。巻き戻しなどのREV(Reverse)走行時は、逆にTリールからテープが送り出され、Sリールに巻取られる。

表2 VTRテープ走行制御モード

Table 2. Tape transport control mode.

Mode		Capstan	S・Reel	T・Reel
Low-speed	FWD	Speed	Tension	Tension
	REV			
High-speed	FWD	—	Tension	Speed
	REV		Speed	Tension

FWD: Forward REV: Reverse

〈2.2〉テープ張力制御系のモデル化と特性

図2にキャプスタン駆動時のテープ駆動系の模式図を示す。Sリール側とTリール側は、張力制御系として同じ構成となっており、以下、Tリール側を例にして説明する。

図2 テープ駆動系模式図

Fig. 2. Simplified tape drive system.

Tリールの回転角速度を ω_T 、慣性モーメント J_T 、モータ電流を i_T 、モータトルク定数を K_t とするとリールの運動方程式は(1)式となる。ここで、Tリールモータ側ではT側のテープ張力 T_T にテープ半径を乗じた $R_T T_T$ が負荷トルクとなる。

$$J_T \frac{d\omega_T}{dt} = K_t i_T - R_T T_T \quad \dots\dots\dots(1)$$

また、Tテンションアームは取り付け軸を中心に張力 T_T に

よって回転する。Tテンションアームの回転角を θ_{TT} とすると、(2)式の運動方程式が得られる。

$$J_{TT} \frac{d^2\theta_{TT}}{dt^2} + C_{TT} \frac{d\theta_{TT}}{dt} + K_{TT}\theta_{TT} = M_{TT}T_T \quad \cdots(2)$$

ここで、 J_{TT} はテンションアームの慣性モーメント、 C_{TT} は粘性係数、 K_{TT} は弾性係数である。 M_{TT} はバネの取り付け位置、角度などによって決まる変換係数である。

Tリールテープ巻き取り速度 V_{TT} は(3)式となる。

$$V_{TT} = R_T \omega_T \quad \cdots(3)$$

Tリール側テープ張力 T_T は、キャプスタンからTリールまでのテープ長によって変化する。キャプスタンのテープ送り速度を V_c とし、テープの弾性係数を K_T とすると T_T は(4)式で表される。

$$T_T = K_T \left[\int (V_{TT} - V_c) dt - X_{TT} \theta_{TT} \right] \quad \cdots(4)$$

テンションアームはテープバッファの機能を兼用しており、比較的柔らかいバネで支持されているため、アームが回転することによってテープ長が変化しテープ張力が変動する。この現象を記述するため、(4)式ではアームの回転角をテープ長の変化に変換する係数を X_{TT} としている。

(1)～(4)式を基に張力制御系をブロック図で表すと、図3となる。図3において、 K_a は電流アンプのゲイン、 K_{PT} はテンションアームの回転角を検出するセンサの感度である。また、 $C(s)$ は、張力制御系を安定化する補償器であり、実際には位相遅れ進みの特性を持つものである。

図3より、張力制御系の開ループ伝達関数 $G_o(s)$ は、(5)式となる。

$$G_o(s) = \frac{b_0 C(s)}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} \quad \cdots(5)$$

$$b_0 = K_a \cdot K_t \cdot K_{PT} \cdot \frac{R_T}{J_T} \cdot K_T \cdot M_{TT}$$

$$a_4 = J_{TT}$$

$$a_3 = C_{TT}$$

$$a_2 = K_T + K_T \cdot M_{TT} \cdot X_{TT} + \frac{R_T^2}{J_T} \cdot K_T \cdot J_{TT} \quad \cdots(6)$$

$$a_1 = \frac{R_T^2}{J_T} K_T \cdot C_{TT}$$

$$a_0 = \frac{R_T^2}{J_T} K_T \cdot K_{TT}$$

ここで、補償器 $C(s)$ は、位相遅れ進み補償であり、(7)式で表される。

$$C(s) = K_c \frac{T_2 s + 1}{T_1 s + 1} \cdot \frac{T_4 s + 1}{T_3 s + 1} \quad \cdots(7)$$

図4に張力制御系の開ループ特性($G_o(s)$)のボード線図を示す。計算に用いた各定数は表3の通りである。表3のモータ、テープ、テンションアームの各定数は、設計仕様

図3 テープ張力制御系ブロック図

Fig. 3. Block diagram of tension control system.

値である。リールサイズは12", テープ半径 R_T が0.1mの場合とし、補償器の各定数(設計値)は

$$K_c=4.86, T_1=11.5, T_2=6.8, T_3=0.01, T_4=0.11$$

である。図で、太線が測定値、細線が(5)式より求めた計算値である。図より、測定結果と計算結果がよく一致しており、モデルが妥当であることがわかる。なお、図4において0.8Hz近傍のピークは、リール慣性とテンションアームの弾性による機械共振、90Hz近傍のピークはテンションアームの慣性とテープ弾性による機械共振である。

図4 張力制御系の開ループ特性

Fig. 4. Bode diagram of eq(5).

表3 張力制御系の定数

Table 3. Tension control system parameters.

Reel	Moment of inertia	J_T	$1.72 \times 10^{-1} \text{ (kgm}^2\text{)}$
	Tape radius	R_T	$1.0 \times 10^{-1} \text{ (m)}$
Motor	Amp gain	K_a	8.0 (A/V)
	Torque constant	K_t	$1.25 \times 10^{-1} \text{ (Nm/A)}$
Tape	Tape elasticity	K_T	$9.50 \times 10^3 \text{ (N/m)}$
Tension arm	Moment of inertia	J_{TT}	$8.73 \times 10^{-5} \text{ (kgm}^2\text{)}$
	Viscous coefficient	C_{TT}	$8.82 \times 10^{-3} \text{ (Nms)}$
	Elastic coefficient	K_{TT}	$1.56 \times 10^{-1} \text{ (Nm)}$
	Torque coefficient	M_{TT}	$6.0 \times 10^{-2} \text{ (m)}$
	Displacement coefficient	X_{TT}	$5.0 \times 10^{-2} \text{ (m/rad)}$
	Sensitivity	K_{PT}	1.87 (V/rad)

(5),(6)式から b_0 がリール慣性モーメントとテープ半径の比(J/R)に反比例することがわかる。これより張力制御系の開ループ伝達特性のゲインが J/R に反比例すると考えることができよう。これを検証したのが図5で、ここでは J/R をパラメータとしたボード線図を示している。この結果から、 J/R が小さいほど、すなわちリール慣性モーメントが小さいほどゲインが高くなっていることがわかる。そのため、位相余裕、カットオフ周波数も変化する。

ここでは、T側のみ示したが、S側においても同様である。このゲイン特性が J/R に反比例して変化する性質を利用して、慣性モーメントを推定する方法につきいかに説明を進めることとしたい。

図5 J/R による開ループ特性($G_o(s)$)の変化

Fig. 5. Bode diagram of open loop characteristics ($G_o(s)$) for J/R .

3. リール慣性モーメント推定法

〈3.1〉リール慣性モーメント推定原理

テープがキャプスタンにより一定速度で送られているとき、その速度を変化させると張力制御系の遅れにより張力変動が生ずる。実際にキャプスタンによってテープ速度を20.1cm/s変化させたときの張力変動を図6に示す。

図6 テープ速度変化時の張力変動

Fig. 6. Responses of tape speed and tension variation.

この張力変動、正確にはテンションアームの回転角 $\Delta\theta$ の大きさは制御系の特性によって変化する。この張力変動 $\Delta\theta$ とリール慣性モーメント J との関係を解析する。

キャプスタンによるテープ速度の変化は、張力制御系か

ら見ると外乱である。そこで、外乱 V_c に対する伝達関数 $G_d(s)$ を求めると(8)式となる。

$$G_d(s) = \frac{b_1 s}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0 + a_{00} c(s)} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$b_1 = -K_{PT} \cdot K_T \cdot M_{TT} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$a_{00} = K_a \cdot K_i \cdot K_{PT} \cdot \frac{R_T}{J_T} \cdot K_T \cdot M_{TT}$$

ここで、 $G_d(s)$ の分母の各係数の値を比較する。表4は12"リールを用いた場合の $R_T = 0.1m$ の時の各係数と、 $a_2 \sim a_{00}$ の最小値および最大値である。

表4 $G_d(s)$ の特性方程式の係数

Table 4. Coefficients of characteristic equation ($G_d(s)$).

	$R_T = 0.1 m$	minimum	maximum
a_4	8.73×10^{-5}	—	—
a_3	8.82×10^{-3}	—	—
a_2	2.92×10^1	2.89×10^1	2.92×10^1
a_1	5.21×10^1	2.85×10^1	5.33×10^1
a_0	9.26×10^2	5.06×10^2	9.48×10^2
a_{00}	3.23×10^4	1.87×10^4	3.36×10^4

表4より、 a_{00} の係数が他に比して大きい点に着目して、 $G_d(s)$ を低周波領域では、

$$G_{d0}(s) \approx \frac{b_1 s}{a_{00} c(s)} \quad \dots\dots\dots(10)$$

と近似する。この近似の妥当性を検討するために、原式(8)式と近似式(10)式の外乱特性を比較する。

前述のように補償器 $C(s)$ は、(7)式で表される位相遅れ進み補償器であるから、これを用いて(10)式は(11)式のように書き改められる。

$$G_{d0}(s) = \frac{b_1}{a_{00}} \frac{(T_1 s + 1)(T_3 s + 1)s}{(T_2 s + 1)(T_4 s + 1)} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$= \frac{1}{K_a K_i} \frac{J_T}{R_T} \frac{(T_1 s + 1)(T_3 s + 1)s}{(T_2 s + 1)(T_4 s + 1)}$$

図7に、外乱に対する伝達関数 $G_d(s)$ のボード線図(計算値)を示す。図7より、外乱特性 $G_d(s)$ は、低周波領域(数Hz以下)では、 $G_{d0}(s)$ で近似でき、 J/R に比例したゲイン特性を持つと考えて良い。図8には J/R の変化に対する $G_d(s)$ の計算結果を示しているが、数Hz以下の領域では、 J/R に比例してゲインが変化していることがわかる。

以上の議論により $G_d(s)$ が低周波数領域では J/R に比例することが確認されたので、線形領域内では、低周波の外乱に対する時間応答も J/R に比例的に変化すると考えてよからう。

図7 外乱に対する周波数特性

Fig. 7. Comparisons of disturbance characteristics.

図8 J/Rによる外乱特性(Gd(s))の変化

Fig. 8. Bode diagram of disturbance characteristics for J/R (calculated).

これを確認するために、図6に示すようにキャプスタンによりテープ速度を変化させた場合の、張力変動の最大値 ($\Delta\theta$) を数種類のリールを用いて測定した。この結果を、図9に示す。同図において、実線が計算値、プロット点が実測値である。ここで、SリールとTリールで比例定数が異なるのは、テンションアームの特性 (バネ定数など) がS側とT側で異なるためである。計算結果と実測値が良く一致しており、張力変動の最大値 $\Delta\theta$ と J/R とは比例関係にあることが確認されている。即ち

$$\begin{aligned} J_S / R_S &= K_S \Delta\theta_{TS} \\ J_T / R_T &= K_T \Delta\theta_{TT} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(12)$$

ここで、 K_S, K_T : 比例定数

$\Delta\theta_{TS}$: Sテンションアーム回転角

としてよい。(12)式より各リールの張力変動 $\Delta\theta$ を検出することにより、リール慣性モーメントとテープ径の比 (J/R) を同時に求めることができる。なお、 $\Delta\theta$ の検出においては、ローパスフィルタにより高周波の雑音を低減している。

〈3.2〉リール慣性モーメント推定動作

実際のリール慣性モーメント推定の動作を図10に示す。本図では初期のテープ起動時に、テープ速度を意図的に3

図9 張力変動と J/R との関係

Fig. 9. Relations between tension variation and J/R.

回変化させるようにしている。テープを装着すると強制的に推定動作に入るのではなく、テープ速度指令発生後の加速中に、図示のように3段階指令を与え、この間にモーメント推定を行う。なお、図には慣性推定動作中の様子しか示していないが、実際にはこの後指令速度まで加速される。

1回目に(12)式を用いて張力変動から J/R を検出する。2回目、3回目には検出した J/R の値に基づいてリールを制御し、残った張力変動に応じて J/R の補正を行う。

図10 慣性モーメント推定時の各部の波形

Fig. 10. Responses of tape speed and two tension variations under estimation.

補正時の制御は、キャプスタンによるテープ送り速度とリールによるテープ送り速度が一致するように、各リールモータに電流を供給する。この時のブロック図を図11に示す。

図11のブロック図を図3のブロック図と比較すると、逆モデルを用いた外乱補償ループが追加されている点異なるだけである。図における delay とは、1秒の時間遅れを示し、1回目の動作で推定した J/R を基に2回目の動作

〈4.2〉 リール駆動時

リール間でテープを送る場合、SおよびTの2つのリールを制御して、テープ張力とテープ速度を制御する必要がある。この時、張力と速度の干渉を低減する手法として、Tリール電流をSリールにフィードフォワードするという方式が提案されている。⁶⁾ 本報告では、従来のTリールのみ速度フィードバック制御する手法を改善する方式として、リール慣性モーメントから適正な速度基準信号を算出し、実際のテープ速度との誤差信号をSリールにもフィードバックすることにした。図13にFWD走行時の制御ブロック図を示す。

図13 早送り時の制御ブロック図

Fig. 13. Block diagram of tension and speed control system (high speed).

図において、S側にも速度エラー信号にリール慣性モーメントとテープ半径の比 J_s/R_s を乗算し、フィードバックする。これによって、加減速時のSリールとTリールのテープ加速度を一致させることができ、過渡的な張力変動を低減できる。図中の $Cs(s)$ は、速度制御系の補償器を表している。

図の張力制御系には、張力誤差をフィードバックするループと張力負荷 (RT) を補償するためのフィードフォワードループの2つのループがある。フィードバックループにはキャプスタン駆動時と同様に J/R のゲインを挿入し、リール慣性モーメントの変化を補償している。

なお、本制御系のSリールとTリールは、同じモータ、アンプを用いており、同一の補償器で速度制御、張力制御とも同じ特性としている。

図14に、(a)従来方式と(b)本方式の実験結果を示す。実験は、テープが停止している状態から12m/sまで加速し、その後減速して停止状態にもどるモードで行った。リールはS、Tとも最大の14"リールで、Tリールに大部分のテープがまかれた状態 ($R_s=6cm$, $R_T=17cm$) であった。図にはテープ速度とSテンションアームにより検出された張力

(a)従来方式 (Conventional method)

(b)本方式 (Proposed method)

図14 早送り時のテープ速度とテープ張力

Fig. 14. Response waveforms of tape speed and tension.

信号 (実線) および張力目標値 (波線) を示してある。なお、停止時には、2つのリールがバランスして動き出さないようにS側、T側のテープ張力が設定されており、各リールモータは所定の張力となるようにテープを引っ張っている。

図14(a)の従来方式において張力変動が大きいのは、速度目標値が適切でないこと、張力誤差によってSリールが駆動される構成となっていること、テープの加速減速を妨げないように張力の目標値を加速中は低く、定常、減速中は高く設定するなど走行中に変更していること、などに起因している。特に減速時に張力が大きく低下している。これは、Tリールの減速が急すぎて、Sリールが減速しきれないためである。

図14(b)の本方式を従来方式と比較すると、本方式は張力にかかわらずテープ速度を制御することが可能な構成であり、テープ張力が加減速中もほぼ一定で、張力変動が非常に小さいことがわかる。特に従来方式に見られるような減速時の大きな張力変動を低減させることができています。また、加速時と減速時の加速度がほぼ同じであり、適切な速度制御が行われていることがわかる。

なお、停止時の方がテープ走行時よりテープ張力が低いのは、テープ保護のために停止時の張力を低く設定しているためである。

以上の結果から、本制御方式はテープ加減速中も張力をほぼ一定として、従来方式よりも張力変動を大幅に低減できることがわかる。

5. あとがき

VTRなどの磁気テープ駆動系を対象に、テープ張力制御および速度制御の安定化と性能向上を目的として、可変パラメータであるリール慣性モーメント推定法とそれに基づく制御方法を提案した。本手法は、制御系のゲイン変動を可変パラメータであるリール慣性モーメントの変化としてとらえる方法であり、これによりテープ速度の加速減速などの過渡的な張力変動が大幅に低減できることを示した。

本手法は、現状の機構系に新たなセンサを付加する必要がない、また高精度なセンサを必要としない、という点で実用的な手法と考えられる。

なお、本論文の内容については、名古屋工業大学電気情報工学科、松井信行教授の多大なご助言があったことを付記し、紙面を借りて謝意を表す。また、本制御法の開発をご指導頂いた(株)日立製作所 家電・情報メディア事業本部、川村俊明氏、映像情報メディア事業部、井上博史氏、両氏に謝意を表す。

(平成 9 年 4 月 28 日受付, 平成 9 年 9 月 30 日再受付)

文 献

- (1) SMPTE244:「Proposed American National Standard for composite digital video recording 19mm Type D-2」Doc., vol.16, 87(1987)
- (2) 鹿庭・西島他:「コンポジットデジタルVTR(D2)用テープ駆動制御システム」, テレビジョン学会技術報告画像情報記録, vol.14, No.41, p7, 1990
- (3) 佐藤・松井:「負荷トルクオブザーバを用いたイナーシャ推定法」, 電学論D, vol.112, p.181, (平3)
- (4) 堀・亀井:「低精度エンコーダを用いるサーボモータの高性能制御」, 電学論D, vol.114, p.424, (平5)
- (5) 稲津・泰他:「画像の記録と再生」, コロナ社, p324, (昭53)
- (6) 永山・田丸:「磁気テープの高速位置決め法」, 通研実報, vol.29, No.6, p.1149, 1980

柳原 徳久

(正員) 1960 年 3 月 2 日生まれ。1984 年 3 月名古屋工業大学大学院修士課程修了。同年 4 月(株)日立製作所入社。主として情報機器関連の制御系の研究開発に従事。現在, 同社機械研究所第二部主任研究員。

寺山 孝男

(非会員) 1946 年 10 月 22 日生まれ。1971 年 3 月早稲田大学理工学研究科修士課程修了。同年 4 月(株)日立製作所機械研究所入社。情報関連機器の研究開発に従事。現在, 同社計測機器事業部副技師長。医用関連機器の開発を担当。

酒井 和夫

(非会員) 1948 年 2 月 26 日生まれ。1971 年 3 月千葉工業大学機械工学科卒業。同年 4 月(株)日立製作所機械研究所入社。情報関連機器の研究開発に従事。現在, 同社ストレージシステム事業部主任技師。情報周辺端末機器の開発を担当。

大和田 信義

(非会員) 1949 年 2 月 16 日生まれ。1972 年 3 月埼玉大学理工学部機械工学科卒業。同年 4 月日立電子(株)入社。業務用VTRの開発に従事。1987 年(株)日立製作所入社。現在, 同社映像メディアシステム本部屋外ビジョン推進センタ主任技師。