

H-581, H-197 および H-582 形磁気テープ装置

H-581, H-197 and H-582 Magnetic Tape Station

牧田 睦男* 早川 亘* 倉根 是昭*
Mutsuo Makita Wataru Hayakawa Koreaki Kurane

内 容 梗 概

HITAC 3010 などの電子計算機システム用として製造した一群の磁気テープ装置 H-581, H-197, H-582 形について、その仕様、構造の概要と特長を述べた。これらの磁気テープ装置は、その特長ある大容量の重量検出形バッファと、精密な走行系を有し、さらにデュアル・レコーディングの採用により、高度の信頼度が達成されている。

1. 緒 言

デジタル電子計算機に使用される磁気テープ装置⁽¹⁾⁽²⁾は、高速の入出力装置、大容量の補助記憶装置として、欠くことのできない重要な装置であって、電子計算機処理装置の能力の増大および処理の迅速化の点から、より高速でより高い信頼性をもつことが要求されている。

H-581, H-197 および H-582 形磁気テープ装置は、この要求を満たすよう開発された装置で、主として HITAC 3010 電子計算機システムに接続して多数納入され、予期どおりの成績を収めている。

以下、装置の概要ならびに特長について説明する。

2. 概 要

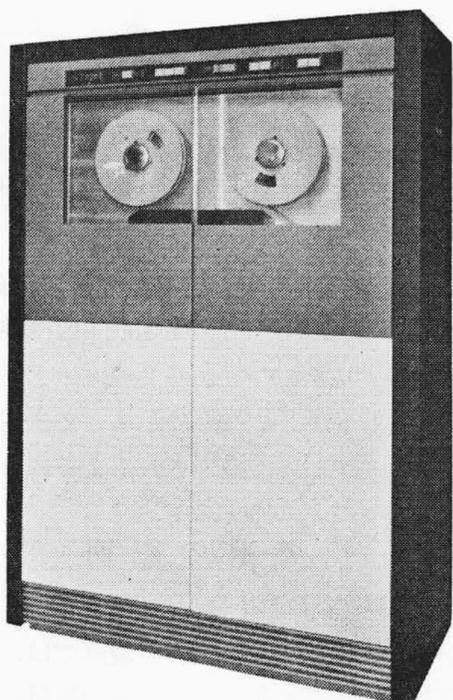
第1図は、H-197 形磁気テープ装置の外観であるが、H-581, H-582 形も類似の外観を備えている。また、装置のおもな仕様および入出力信号の種類は、それぞれ第1, 2表に示すとおりである⁽³⁾⁽⁴⁾。磁気テープ装置の高信頼性に関連して、本装置のおもな特長をあげれば次のとおりである。なお、各項目の詳細については後述する。

(1) デュアル・レコーディング

磁気テープ上の各文字を構成するビットは、それぞれ2トラックに並列に記録されるために、情報の信頼度が高い。

(2) チェック機構

情報および入出力信号に対して完備したチェック回路を有



第1図 H-197 形磁気テープ装置

* 日立製作所神奈川工場

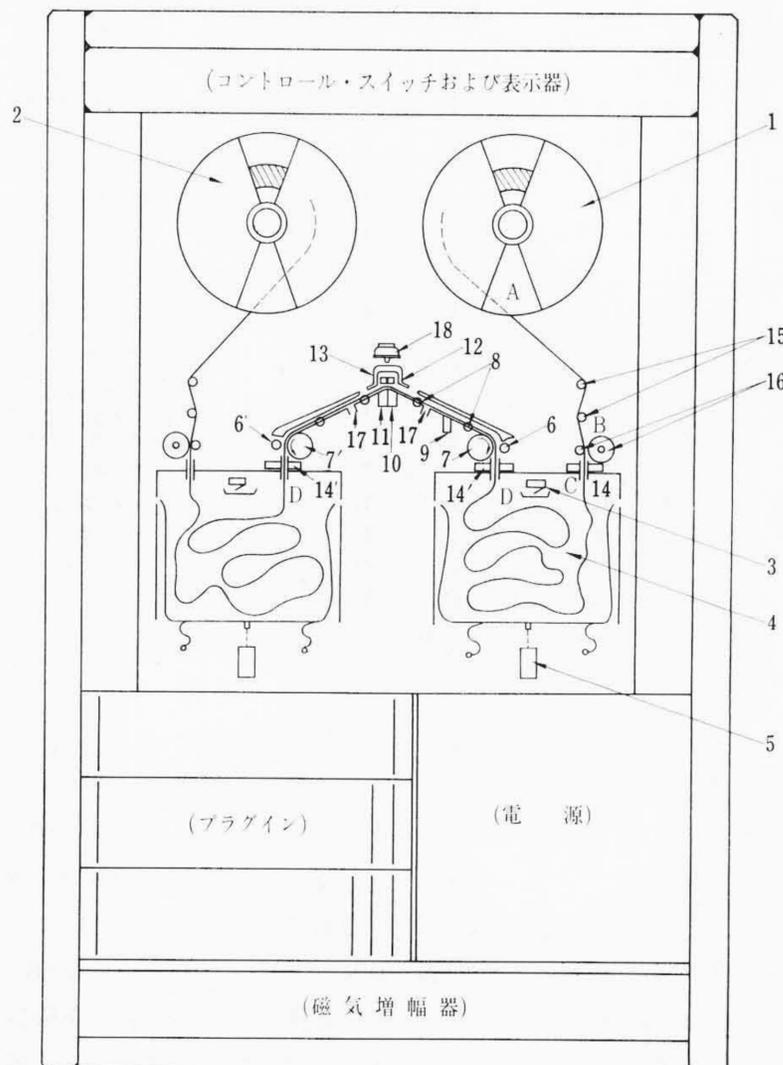
する。

(3) テープ走行特性

磁気テープの走行特性、すなわち、磁気テープを高速で、しかも安定に起動、停止または逆転させること、テープの損傷を防ぐことなどには多くの困難な問題を含むが、本装置では重量検出式バッファおよび巧妙、精密な走行系の採用によって、この問題を解決し、安定なテープ走行を得ている。

3. 構造および動作説明

第2図は、テープ通路の機構説明図である。図は、テープを装着した状態を示し、テープは右側にあるサプライ・リール(1)より、



- | | |
|-------------------|----------------------------|
| 1: サプライ・リール | 12: プレーキ・シュー |
| 2: テークアップ・リール | 13: シールドおよびテープ・パッド |
| 3: ビン (バッファ) | 14, 14': ホト検出部 |
| 4: セーフティ・スイッチ | 15: ガイド・ポスト |
| 5: 差動変圧器 | 16: 張力機構 |
| 6, 6': プレッシュ・ローラ | 17: 真空クリーナ(H-581はない) |
| 7, 7': キャプスタン・ローラ | 18: プレーキ・アクチュエータ |
| 8: サファイア・ガイド | |
| 9: 消去ヘッド | H-581は書込、
読出兼用ヘッド
のみ |
| 10: 書込ヘッド | |
| 11: 読出ヘッド | |

第2図 磁気テープ装置の機構説明図

第1表 磁気テープ装置の仕様

形 名	H-581	H-197	H-582
項 目			
パ ッ フ ァ 形 式	重 量 検 出 式	重 量 検 出 式	重 量 検 出 式
使 用 リ ー ル 径 (mm)	267	267	267
磁 気 テ ー プ (幅×長)	19.05 mm×730 m	19.05 mm×690 m	19.05 mm×730 m
テ ー プ 走 行 速 度 (m/秒)	2.54	2.54	2.54
最 高 情 報 処 理 速 度 (字/秒)	33,300	55,000	66,600
情 報 密 度 (字/mm)	333/25.4	550/25.4	666/25.4
記 録 方 式	R Z	N R Z	N R Z
磁 気 ヘ ッ ド	シングル・ヘッド・デュアル・レコーディング 直 流 消 去	ツ ー ・ ギ ャ ッ プ ・ ヘ ッ ド ・ デ ュ ア ル ・ レ コ ー デ ィ ン グ 交 流 消 去	ツ ー ・ ギ ャ ッ プ ・ ヘ ッ ド ・ デ ュ ア ル ・ レ コ ー デ ィ ン グ 交 流 消 去
ト ラ ッ ク 数	16 $\left[\begin{matrix} 6; \text{情 報} \\ 1; \text{パ リ テ ィ} \end{matrix} \right] \times 2$	16 $\left[\begin{matrix} 6; \text{情 報} \\ 1; \text{パ リ テ ィ} \\ 2; \text{タ イ ミ ン グ} \end{matrix} \right] \times 2$	16 $\left[\begin{matrix} 6; \text{情 報} \\ 1; \text{パ リ テ ィ} \\ 2; \text{タ イ ミ ン グ} \end{matrix} \right] \times 2$
チ ェ ッ ク	エ コ ー チ ェ ッ ク ロ ー (ROW) パ リ テ ィ	リ ー ド ・ ア フ タ ・ ラ イ ト ・ チェック ロ ー (ROW) パ リ テ ィ ガ ー ド ・ キ ャ ラ ク タ	リ ー ド ・ ア フ タ ・ ラ イ ト ・ チェック ロ ー (ROW) パ リ テ ィ ガ ー ド ・ キ ャ ラ ク タ
逆 方 向 読 出	可 能	可 能	可 能
イ ン タ ー ・ ブ ロ ッ ク ・ ギ ャ ッ プ (mm)	約 11	約 20	約 20
消 費 電 力 (kVA)	1.1	1.5	1.5
外 形 寸 法 (幅×奥×高) (m)	1.25×0.47×1.75	1.16×0.48×1.68	1.25×0.47×1.75
備 考	ET, ETW 検出は金属はく接触式	H-582, H-582-×50 で書込まれた テープを読出すことができる	

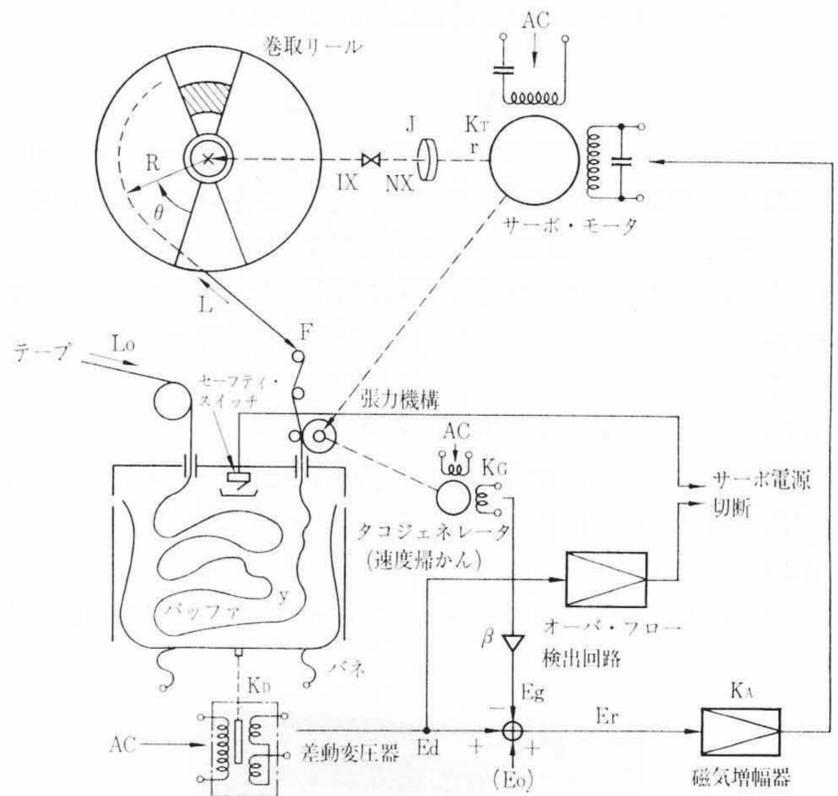
第2表 磁気テープ装置の入出力信号

形 名	H-581	H-197	H-582	備 考
入 力 信 号				
ラン/ストップ	L	L	L	走行指令
リバース/ホワード	L	L	L	走行方向の指令
ライト/リード	L	L	L	書込指令
ライト・クロック	P	P	P	書込情報をストロブする
リワインド	P	P	P	巻戻し指令
ライト・インフォメーション	7P	7P	7P	書込情報
出 力 信 号				
ラン/ストップ	L	L	L	走行の確認
リバース/ホワード	L	L	L	走行方向の確認
ライト/リード	L	L	L	書込動作の確認
オペラブル/ノンオペラブル	L	L	L	磁気テープ装置がリモートで操作可能か否か確認
エコー・チェック	P	—	—	書込電流の確認
リード・アフタ・ライト	—	P	P	書込情報の確認
パリティ・チェック	L	L	L	テープ始端を示す
BT	L	L	L	テープ終端の予告
ETW	L	L	L	読出情報の
リード・インフォメーション	7P	7P	7P	読出情報のタイミング・パルス
リード・クロック	P	P	P	

Lは、レベルによる信号の受渡し、Pはパルスによる信号の受渡し、また数字は並列に送られる信号の本数を示す。

ガイド・ポスト(15)、張力機構(16)を経て、右側のビン(バッファ)(3)にはいる。さらに、ガイド部分、ヘッド上部を経て、キャプスタン・ローラ(7')とプレッシャ・ローラ(6')の間を通り、左側のビン(3)を経てテークアップ・リール(2)にいたる。キャプスタン・ローラ(7, 7')は、それぞれ矢印の方向に定速で回転している、パネル背面のアクチュエータの動作により、プレッシャ・ローラ(6')が圧着されると、テープは、ヘッド上を定速で、右から左へ(FWD方向)走行する。逆にプレッシャ・ローラ(6)が圧着されると、逆方向(REV方向)に走行する。停止時は、ブレーキ・シュー(12)がテープにブレーキをかける。テープ走行系DD'間には、サファイア・ガイド(8)が設けられており、長期にわたって安定なテープ走行が保証されている。

テープの始端、終端は、H-197では、テープ上に設けられた透明な窓をランプとホット・トランジスタで検出することにより判別される。すなわち、テープの書始め位置BT(Begining of Tape)は、左側のホット検出部(14)で検出される。またテープの終端が近いこと



第3図 重量検出方式バッファとリール制御系統図 (図中の記号については(1)~(8)式参照)

を警告する ETW (End of Tape Warning) およびテープの終端 ET(End of Tape) は、左右のホット検出部(14)で検出される。このほかに、テープの取りはずしのときにリーダー・テープの端を示すリーダー・マーカなどがあるが、これらは、すべて透明窓の形状およびテープ上に占める位置によって識別されるようになっている。

4. 各部の説明

4.1 重量検出形バッファとリールの巻取り制御

第2図のビン(3)で示すように、この装置では、リール巻取機構の制御に、大容量の重量検出形のバッファを採用している。

第3図は、ビン(バッファ)とリール制御の関係を示す。

ビンの中のテープは常に約6mになるように制御されていて、テ

ープ量が、これより増減するとその重量差が、差動変圧器で検出され、サーボ増幅器によって、巻取リールに直結したサーボ・モータを正逆方向に駆動する。図中、張力機構は、巻取リールのテープ巻取張力を一定に保つためのもので、この張力機構の後部には、タコジェネレータが連結され、テープ巻取速度を検出し、リール制御信号に帰還されているので、きわめて、おだやかなリール巻取りを行ないリールに巻かれたテープの損傷を防いでいる。

4.2 リール制御系の解析

上述の重量検出式リール制御について、制御動作の解析をつぎに示す⁽⁵⁾。第3図において、

検出器の出力電圧

$$E_d = K_D y \dots\dots\dots (1)$$

サーボ増幅器入力電圧

$$E_r = E_d - E_g \dots\dots\dots (2)$$

サーボ・モータ出力トルク

$$T = K_A K_T E_r - r N s \theta \dots\dots\dots (3)$$

サーボ・モータの負荷トルク

$$T = J N s^2 \theta + \frac{FR}{N} \dots\dots\dots (4)$$

磁気テープのたるみ量

$$y = L_0 - L \dots\dots\dots (5)$$

磁気テープの巻取り量

$$L = R \theta \dots\dots\dots (6)$$

速度帰還電圧

$$E_g = \beta K_G N s \theta \dots\dots\dots (7)$$

サーボ・モータ所要出力

$$P = T N s \theta \dots\dots\dots (8)$$

ただし、 L_0 : テープ送り込み量

R : 巻取り半径

θ : 巻取りリールの回転角度

F : テープ巻取り張力

K_D : たるみ量検出器の y に対する感度

K_T : サーボ・モータトルク定数

r : サーボ・モータ制動定数

J : サーボ・モータ軸換算の慣性能率

N : 歯車比 (サーボ・モータ軸回転数/巻取りリール回転数)

K_A : サーボ増幅器増幅度

K_G : タコジェネレータ感度定数

s : ラプラス変換の複素パラメータ

β : 速度電圧の実効帰還率

V : テープ送り速度

これらの式を、たるみ量 y について解くと、

$$y = \left\{ 1 - \frac{1}{\tau_0^2 s^2 + 2\zeta\tau_0 s + 1} \right\} L_0 \dots\dots\dots (9)$$

となる。

ただし、

ループゲイン

$$K = K_A K_T K_D$$

時定数

$$\tau_0 = \sqrt{\frac{JN}{RK}} \dots\dots\dots (10)$$

制動定数

$$\zeta = \frac{r + K_A K_T \beta K_G}{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{JKR}}$$

磁気テープが速度 V で起動したときの過渡応答は、

$$\left. \begin{aligned} L_0 &= 0 & t < 0 \\ &= Vt & t \geq 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

とおき、

$$y(t) = \left\{ 2V\zeta\tau_0 \left[1 - e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \cosh\left(\frac{\sqrt{\zeta^2-1}}{\tau_0}t\right) \right] - \frac{V\tau_0(2\zeta^2-1)}{\sqrt{\zeta^2-1}} \left[e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \sinh\left(\frac{\sqrt{\zeta^2-1}}{\tau_0}t\right) \right] \right\}$$

ただし、 $\zeta \geq 1$

$$y(t) = \left\{ 2V\zeta\tau_0 \left[1 - e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \cos\left(\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\tau_0}t\right) \right] - \frac{V\tau_0(2\zeta^2-1)}{\sqrt{1-\zeta^2}} \left[e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \sin\left(\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\tau_0}t\right) \right] \right\}$$

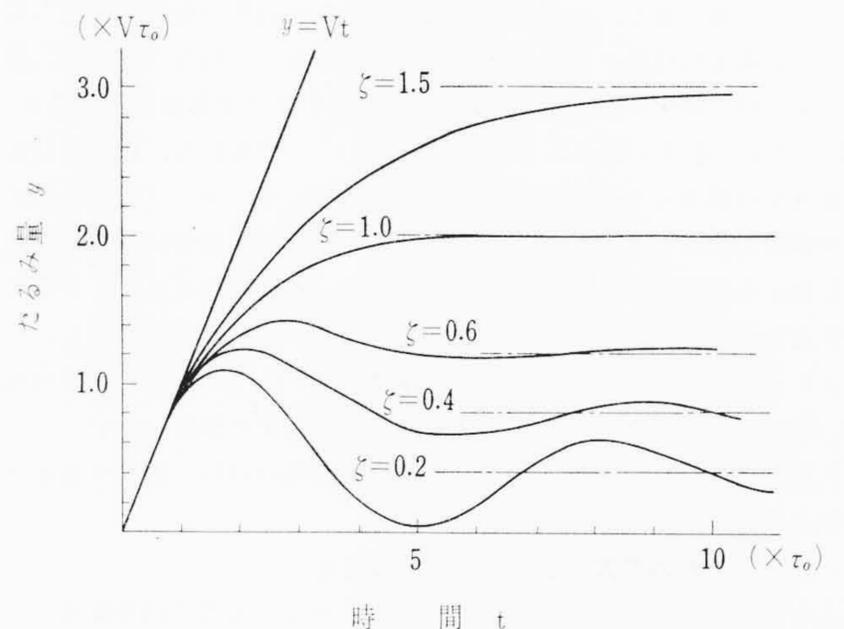
ただし、 $\zeta < 1$

..... (12)

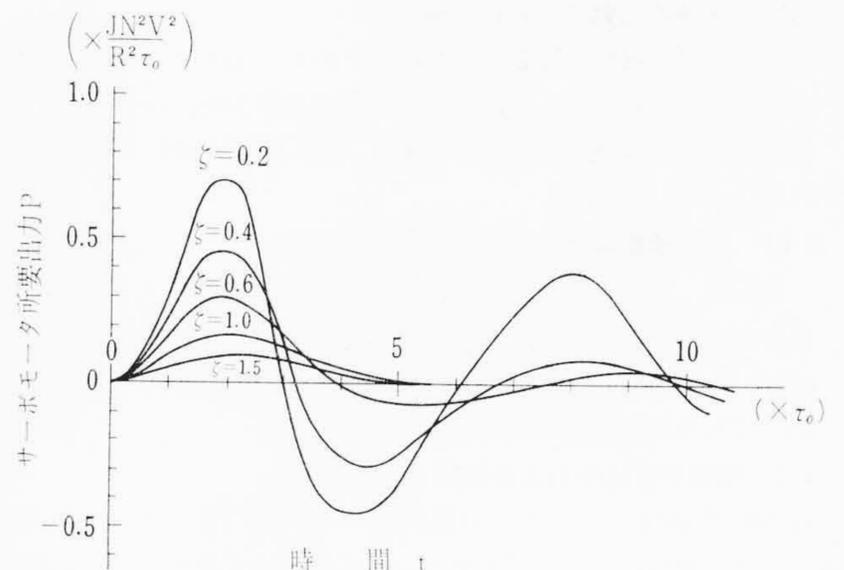
すなわち、バッファ内部の磁気テープのたるみ量 $y(t)$ は、時間とともに第4図のように変化する。

同様に、これに対応するサーボ・モータの所要出力 $P(t)$ は、次式で与えられ、第5図が得られる。

$$P(t) = \frac{JN^2V^2}{R^2\tau_0} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\zeta^2-1}} e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \sinh\left(\frac{\sqrt{\zeta^2-1}}{\tau_0}t\right) \right\} \times \left\{ 1 - e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \left(\frac{\zeta}{\sqrt{\zeta^2-1}} \sinh\left(\frac{\sqrt{\zeta^2-1}}{\tau_0}t\right) \right) \right\}$$



第4図 たるみ量の時間的变化 (ランプ入力に対する連続線形巻取りサーボ系の応答(12)式参照)



第5図 起動時(RAMP入力)におけるサーボ・モータ所要出力((13)式参照)

$$+ \cosh \frac{\sqrt{\zeta^2 - 1}}{\tau_0} t \Bigg\}$$

ただし、 $\zeta \geq 1$
または、

$$P(t) \doteq \frac{JN^2V^2}{R^2\tau_0} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \sin \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\tau_0} t \right\} \\ \times \left\{ 1 - e^{-\frac{\zeta}{\tau_0}t} \left(\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\tau_0} t + \cos \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\tau_0} t \right) \right\}$$

ただし、 $1 > \zeta$

.....(13)

巻取サーボ系の時定数 τ_0 を一定とすれば第4図からたるみ量を大きくとるに従って、制動定数 ζ が大きくとれるので、その巻取り動作は、非常におだやかになるが、また、このように ζ を大きくすると第5図に示すように、サーボ・モータの所要パワーも、非常に小さくて済む利点がある。また、 ζ を一定として考えると、たるみ量は $V\tau_0$ に比例し、サーボ・モータの所要出力は $JN^2V^2/R^2\tau_0$ に比例するので、バッファ容量に比例して τ_0 を大きくとることにより、これに逆比例してサーボ・モータの出力を減らすことができる。

本装置では、約6mのバッファ容量を有し、テープ速度約2.5m/sに対して、リール巻取用のサーボ・モータは50W定格のものを使用し、 $\zeta=1.0\sim 1.5$ 、 $\tau_0=0.2\sim 0.3$ 秒程度で、十分安定な動作が得られている。もし、これをたるみ許容量1m内外の在来の方式(真空柱方式またはテンション・アーム方式など)で行なう場合は、数百Wのサーボ・モータを要し、 ζ をかなり小さくする必要があるので、 ζ を1より小さく選ぶことは望ましくない。すなわち、正逆走行を適当な周期でくり返すと、サーボ系が共振して、テープのたるみが許容値を越すことがあるため、このような周期の命令に対して制限を加える場合も起こり得る。これに反し、本装置のように ζ が1より大きい場合は、正逆方向の送りをどのように組み合わせても、バッファ内部の磁気テープのたるみ量は $\pm 2\zeta V\tau_0$ を越えることはないので、テープ走行に対するプログラム実行上の制限はない。

以上に述べたことを含めて、重量検出方式の特長を要約すると次のようになる。

(1) きわめて大きなバッファ容量をもつ

他の方式では、通常1m内外であるが本方式では約6mのバッファが得られる。

(2) したがって巻取動作は、おだやかで、テープの損傷が少なく、巻取モータも小出力のものでよい

(3) 高速の起動停止特性が得やすい

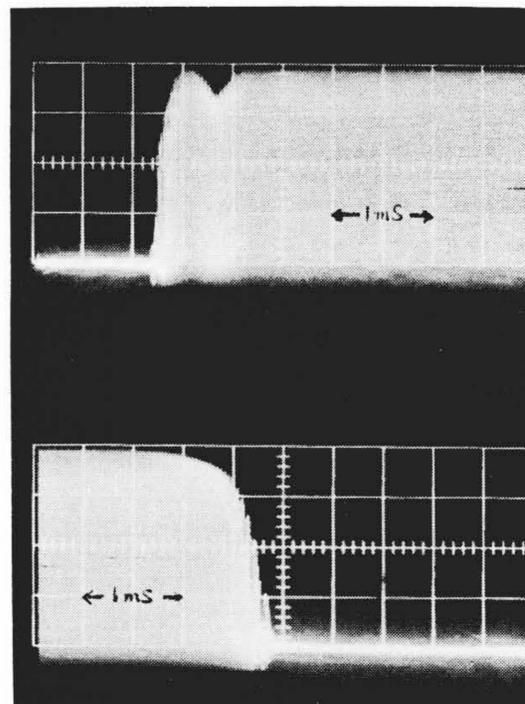
テープ送り機構(第2図のDD'間)におけるテープ背張力が小さく、起動停止に際して、テープに無理な張力がかからない。このため非常に高速の起動(約3ms)、停止(約2.5ms)特性が得られる。

(4) 電源接断に伴う停止位置のずれがない

使用中、電源を切断しても、テープ送り部分のテープには、背張力がかからないので、再起動時に停止位置がずれることはない(他のバッファ方式では、電源再起動時に左右の張力不均一のため、ずれる可能性もある)。

4.3 情報の書込みおよび読出し

H-581形磁気ヘッドは、直流消去ヘッドと、16トラックの書込み、読出し兼用のヘッドが1ブロックに組み込まれている。この16トラックの書込み、読出しヘッドは、2トラックずつ対になっており、6個の情報(2⁰~2⁵)1個のパリティ(P)および1個のタイミン



第6図 起動停止特性

H-582形磁気テープ装置の特性例を示す。上図はラン命令がきてから、下図はストップ命令がきてからのテープ送り速度の変化状況を示す。いずれも左端が指令のきた瞬間である。

第3表 磁気ヘッドのおもな仕様

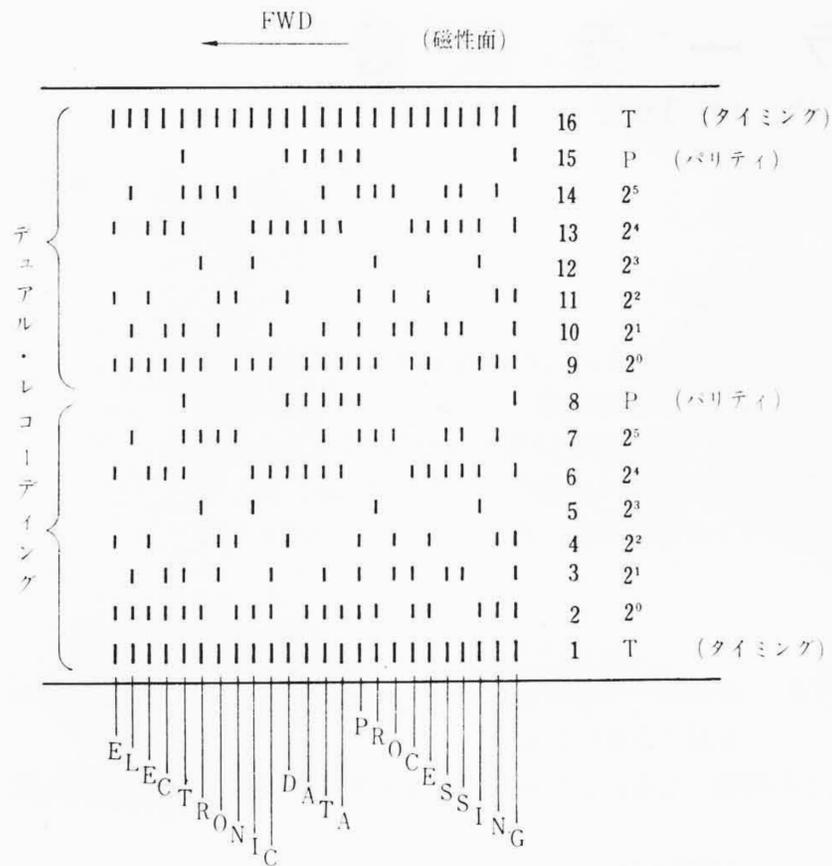
項番	形名	H-581		H-197		H-582	
		書込	読出兼用	書込	読出	書込	読出
1	トラック数	16		16	16	16	16
2	トラック幅	0.495		*0.772 0.467	*0.698 0.394	*0.772 0.467	*0.698 0.394
3	トラックピッチ	1.15		1.09	1.09	1.09	1.09
4	ギャップ間距離			5.08		5.08	
5	書込方式	RZ		NRZ		NRZ	
6	読出電圧	4.5~7 mVpp		11~17 mVpp		14~21 mVpp	
7	処理速度 kc/s	33		55		66	
8	書込電流 (mA)	35		50		50	
9	クロストーク (dB)	26		30		30	
10	クロスカップリング (dB)			20		20	
11	消去ヘッド	DC消去		AC消去		AC消去	
12	備考	*はタイミングトラックの仕様である。項番6,7,9,10はテープ速度2.54m/sでの仕様である。					

第4表 磁気テープのおもな仕様

項番	形名	H-581	H-197	H-582
1	リール寸法 (直径)	267 mm 特殊リール	267 mm 特殊リール	267 mm 特殊リール
2	リール材質	プラスチック	プラスチック	金属
3	長さ (m)	730	730	730
4	幅 (mm)	19.05	19.05	19.05
5	仕上厚さ (mm)	0.048	0.048	0.046
6	弾性伸び	1%以下/680g	1%以下/680g	1%以下/680g
7	使用条件			
	処理速度 kc/s	33.3	55	66.6
	記録法	RZ	NRZ	NRZ
8	テープ速度m/s	2.54	2.54	2.54
	マ	BT	透明窓	透明窓
	ー	ETW	金属ハク	透明窓
	カ	ET	金属ハク	透明窓

磁気ヘッド書込読出条件については第3表を参照のこと

グ(T)に対応して使われる。このため、読出しの際、テープの欠陥などがあって、1トラックの読出し電圧が多少低下したとしても、読出し動作には支障なく、信頼度の高い記録が保証される。書込み



第7図 磁気テープ上の記録例
(H-197形磁気テープ装置における
デュアル・レコーディングの例)

に際しては、ヘッドに流れる電流でエコー・パリティ・チェックを行なっている。

H-197 および H-582 形磁気ヘッドは、上記のデュアル・レコーディング方式に加えてリード・アフタ・ライト・チェック方式を採用し書込みを行ないながら、その情報を読み取って、記録された情報が正しいかどうかパリティ・チェックを行なう。このため、磁気ヘッドはおのおの 16 個の書込みヘッドおよび読出しヘッドが、一つのブロックに組み込まれたツー・ギャップ・ヘッド構造となっている。

H-197 あるいは H-582 形磁気テープ装置では、書込みあるいは読出し時の情報が誤っている場合、テープは自動的に戻され（ロールバック）、引き続いて同じ命令が実行される。また、誤操作によりファイルを消失しないように、ライト・イネイブル・リングをリールに密着したときのみ書込みを可能としている。

H-197, H-582 では、ヘッドのギャップの機械的なズレなど、スタティックなスキューを補正する回路が組み立てられており、これにより高密度な書込みにもかかわらず装置間のテープの互換性が完全に保証されている。

4.4 制御回路および制御機構

操作の容易さと、信頼度の向上をはかるため、この磁気テープ装置では、このほかにも次のような回路および制御機構をもっている。

(1) テープの取付けおよび取はずし

装置に備え付けのテークアップ・リールに付属しているリーダー・テープが左右のピンおよびヘッド上を經由して、第2図のB点まで通っているため、任意のサブライ・リールを装置右側のハブに装着し、そのテープの端をリーダー・テープに接続(スプライス)

し、スレッド(thread)の押ボタンを押すと、テープは、自動的にBT (Beginning of Tape すなわち書込み可能な位置) まで走行して停止する。逆に取りはずしの際は、リワインドが終了してからリムーブ (Remove) の押ボタンを押すと、リーダー・テープの端が、右側のB点近くまできて停止するので、ここで、サブライ・リールを取りはずせばよい。この間の操作は、約1分くらいで終了することができる。

(2) リモート・ロックアウト

保守などで、装置を計算機本体と切離してローカルに操作する場合、計算機本体側にはノン・オペラブルの信号が送られ自動的に機械を保護する。

(3) ローカル・ロックアウト

装置がリモート状態のとき、ローカル・スイッチを除いて、他のすべてのローカル操作の制御は動かない。

(4) オペラブル状態の表示

装置が計算機本体より操作可能な状態のとき、この表示が行なわれる。

(5) テープ終端での自動停止

テープが終端 (End of Tape) に達したときは、テープがリールからはずれることを防ぐために自動的に停止する。

(6) マスタ・ファイルの保護

前述のように、ライト・イネイブル・リングを装着しない限り、情報が書込まれたり、消去されたりすることを禁止する。

(7) デュアル・レコーディングおよび書込み時のチェック

前述のとおりである。

4.5 電源回路

これらの磁気テープ装置には、全半導体回路に直流電圧を供給する安定化電源と、各種回転機に所要の交流電圧を供給するための交流電源が組込まれている。これら出力回路の一部に異常な電流が流れたり、短絡などが起きると、内蔵の異常電圧検出機構が動作して、全体の電源が切断される。

また電源の投入切断時には、回路に供給される各種直流電圧は、すべて同一の割合で、時間とともに徐々に昇圧あるいは降圧されるので、電源の投入、切断時に装着されているテープの損傷や、情報の消失事故は完全に防止されている。

5. 結 言

以上述べた H-581, H-197 および H-582 形磁気テープ装置は、HITAC 3010 その他の電子計算機システムの標準入出力装置として開発され、現在まで多数生産納入されている。信頼度に重点をおいた設計によりきわめて高い信頼度を有し、いずれも良好な成績をもって実用に供せられている。

終わりに、種々ご指導いただいている顧客各位、日立製作所関係事業所および神奈川工場関係者各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

(1) 川又見： デジタルテープ録音 (共立出版)
 (2) 古谷： デジタル記録, 信学誌 Vol. 44, No. 11 (昭 36-11)
 (3) 古谷： 日立評論 43, 87 (昭 36-9)
 (4) 三井, 牧田, 西： 日立評論 46, 56 (昭 39-9)
 (5) J.G.Truxal: Automatic Feedback Control System Synthesis (McGraw Hill) (1955)