

ペン書き直記式心音計の一形式について

(テープレコーダによる速度変換方式の検討)

岩手医科大学 M E 研究部門

佐藤 忠一 平野 三千代

同 第一生理教室

石塚 恒雄 布川 茂樹

緒 言

現在、わが国では心音図記録法として電磁オシログラフによる写真現像方式が広く用いられている。その性能はすぐれているが、処理が煩瑣で熟練を要することが難点とされてきた。そのため、操作の簡単な直記式心音計が望まれている。直記式心音計で最初に問題となるのは記録器の応答度である。心音図で臨床上要求される周波数範囲は20~600Hzであるが、この広範囲な周波数帯域に対し忠実に応じ得る記録器は得難い。直記式心音計にはジェット方式、スクラッチ方式などすぐれたものがあるがまだ国産化されていない。スクラッチ方式では高音域に変調方式を用いている。記録器が応じ難い周波数帯域については応じ得る周波数に変換して記録する訳であるが、変調方式もその一つである。国内で製作されている直記式心音計は主として熱ペン式であり変調方式を採用している。変調方式には心音の原波形の検波、積分、変調などの過程で位相や振幅に歪みを生ずる欠点がある¹⁾。

そこで著者等は写真式に匹敵する記録が得られ直記式の簡易さを備えたものを期待して、テープレコーダの速度変換による心音図の直記式記録を検討した。この方法は心音を速いテープ速度で録音し、再生速度を録音時の1/nにすることにより、周波数を1/nに変換して記録器に描かせる方式である。その際記録器の紙送り速度も写真式の1/nにすると、写真式と等しい記録速度が得られる。著者等は最初、できるだけ忠実な周波数特性を得るためデータレコーダを用いて1/25と1/5の速度変換を試みたが、1/25では20~600Hzの周波数帯域にわたり写真式よりも鮮明度がすぐれ、十分に忠実な記録が得られた。しかし1/25変換では再生に25倍の時間を要するので、1/5変換をも試み、これも写真式に匹敵する記録を得た²⁾。しかしデータレコーダの使用は装置が大掛りで高価になるので、テープレコーダを利用し、速度変換方式の実用化を検討した³⁾。その結果1/2変換では高音域で若干の歪みが見られたが、1/4変換では殆んど写真式に匹敵する記録が得られたので報告する。

実験方法及び対象

フクダ電子製AC-21S心音心電計の出力をシンクロスコープでモニタしながら通常の写真式記録を行ない、同時に心音の低音域(フィルタL)と心電図は変換を行わず記録器に描かせ中音域(フィルタM)と

高音域（フィルタH）は速度変換を行なった後記録する。1/2変換にはTEAC製A-6010テープデッキを用い19cm/secで録音しこれを9.5cm/secで再生し三栄測器製8S11-3Aレクタグラフによりインク書き記録した。1/4変換にはソニー製TC-560Dテープコーダを用い19cm/secで録音しこれを4.75cm/secで再生し記録した。基礎的検討の際1/25, 1/5変換には日本光電製SDR-803Bデータレコーダを使用した。なお全装置の周波数特性の検定にはNFブロック製FG-104TU超低周波発振器を用いた。

心音図検査の対象はとくに問題の多い高音域を検討する意味で外来および入院患者から適宜、症例を選んだ。

実験結果

記録器の周波数特性は振幅によって変化するがレクタグラフの周波数特性を（Fig 1）に示す。20Hzにおいて記録振幅を40%, 20%, 10%とし、入力電圧は一定のまま周波数を高くすると、それぞれ40Hz, 60Hz, 80Hzまで一様な記録が得られ、それ以上では振幅は次第に減少する。20Hzでの記録振幅を10~20%とし、これを基準（100%）とすれば120Hzにおいて60%の記録振幅が得られた。心電図、心音図の低音域（フィルタL）は20~120Hzの周波数帯域に含まれ、速度変換を要しないので直接に記録した。それ以上の周波数帯域では速度変換の必要がある。データレコーダによる場合、20Hzでの記録振幅を10~20%とすると1/25変換では約2000Hzまで、1/5変換でも約400Hzまではほぼ一様な記録が得られた（図2）。テープレコーダによって上述のデータレコーダの場合と同様の実験を試みた。録音レベル一定（OVU）とし、1/2, 1/4変換を行なった際の録音再生特性を 図3 に示す。図の曲線は横軸を再生時の周波数にとったものである。1/nの速度変

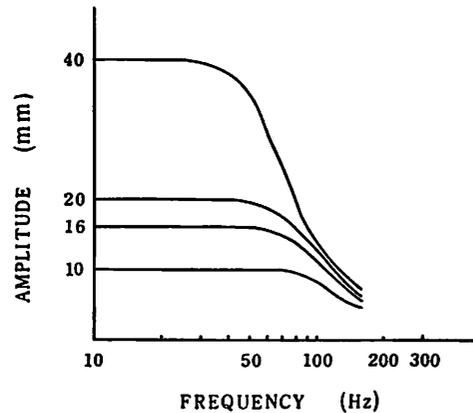
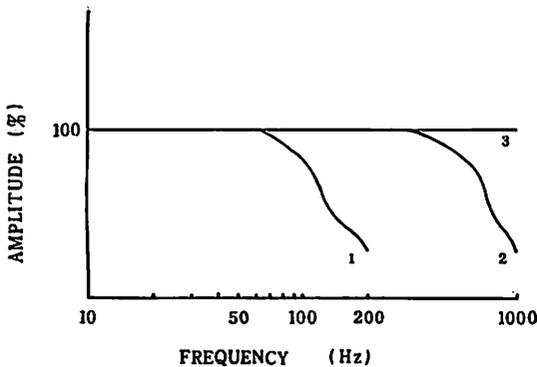


図1 レクタグラフの振幅別周波数特性



← 図2 速度変換方式による記録システムの周波数特性（データレコーダ使用）

1. はレクタグラフで直接記録した周波数特性
2. は1/5変換した場合の周波数特性
3. は1/25変換した場合の周波数特性

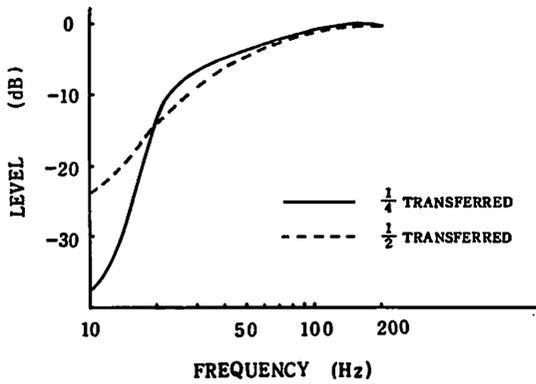


図 3 テープレコーダの録音再生特性

横軸は $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ 変換した時の周波数 (即ち録音時の周波数は、この2倍, 4倍となる。)

$\frac{1}{4}$ 変換 (ソニー製TC-560D テープコーダ)

$\frac{1}{2}$ 変換 (TEAC製A-6010 テープデッキ)

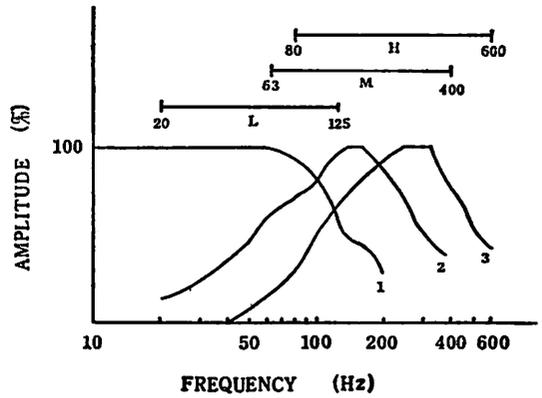


図 4 速度変換方式による記録システムの周波数特性 (テープレコーダ使用)

図のL, M, HはフィルタL, M, Hを示し, 数字はJIS規格で決められた周波数帯域の両端の周波数 (Hz) を表わす。

- 1 : レクテグラフで直接記録した周波数特性
- 2 : $\frac{1}{2}$ 変換した場合の記録システムの周波数特性 (TEAC)
- 3 : $\frac{1}{4}$ 変換した場合の記録システムの周波数特性 (ソニー)

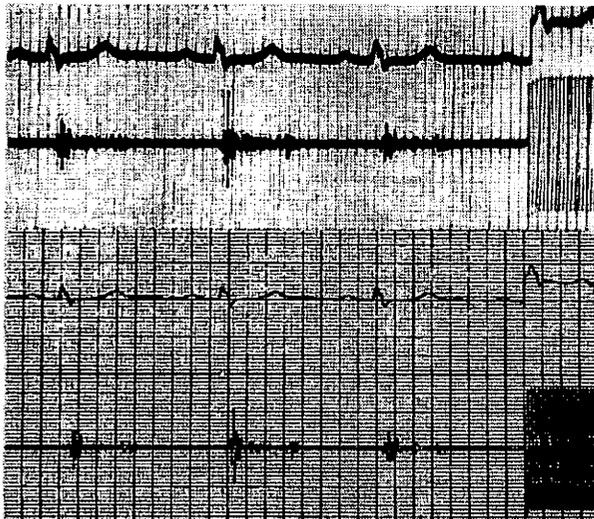


図 5A T. Y. 32歳 ♂
ASD Erbの領域
低音域
記録速度 50mm/sec

換を行なった場合再生された出力の周波数は録音時の $1/n$ となる。この $1/n$ に変換された出力とレクチグラフの周波数特性を組み合わせ曲線を描き横軸を録音時の周波数にとったものが本方式の記録システムの特性になる。図4に $1/2$, $1/4$, 変換した際の総合特性を直記式心音計のJIS規格のフィルタ帯域と対比して示す。

図5に実際の記録を示す(図5A~5D)。

考案

心音図検査法として直記式が望まれる。直記式心音計にはジェット方式、スクラッチ方式などがあり、いずれもすぐれているがジェット方式は記録がにじみ易い。スクラッチ方式は記録にかすれを生じ高音域では変調方式を採用している。変調方式は波形をもとのままの形で観察できないという欠点がある¹⁾。上述の如く、従来の直記式心音計には夫々不満な点がある。それ故、上述の種々の方式と著者等の速度変換方式の問題点について検討して見たい。

直記式：心音計のJIS規格⁴⁾ではフィルタLの周波数特性を20~125Hzに定めている。20Hzで記録振幅を10~20mmとし、これを基準とすると、著者等が用いた記録器レクチグラフの周波数特性80Hzはまではほぼ同様、100Hzで70%、120Hzでも60%の記録振幅が得られる。従って心電図、心音図の低音域は速度変換を行わず直接記録することにした。

中音域(フィルタM)と高音域(フィルタH)の心音に対しては記録器のペンが十分に

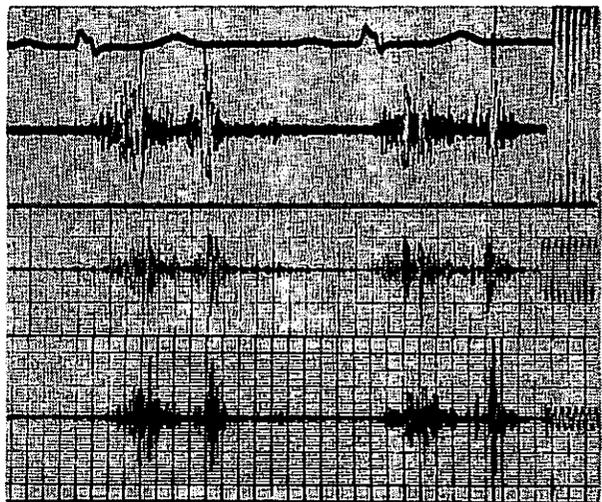
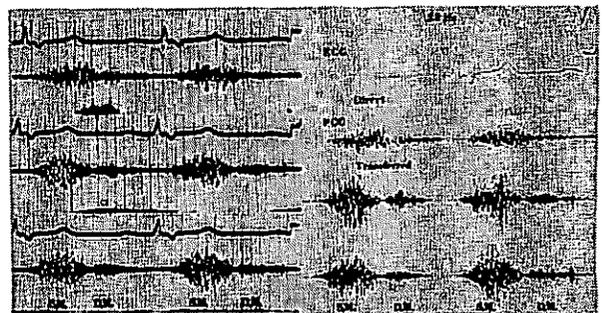


図5B T. Y. 32歳♂

ASD Erbの領域
中音域
記録速度 100mm/sec
上段：写真式
中段： $1/2$ 変換
下段： $1/4$ 変換



写真式 直記式

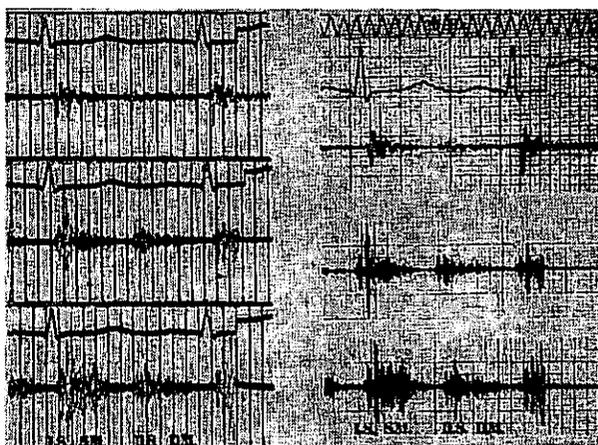
図5C O. S. 18歳♂

フォロー術後(P I)
Erbの領域
記録速度 100mm/sec
上段：低音域(直記式は直接記録)
中段：中音域(直記式は $1/4$ 変換)
下段：(" ")

低音域 (直記式では直接記録) →

中音域 (直記式では $\frac{1}{4}$ 変換) →

高音域 (直記式では $\frac{1}{4}$ 変換) →



写真式

直記式

Fig. 5 D S. Y. 57歳 ♂

動脈瘤 AI

Erdの領域

記録速度 100mm/sec

応答できないので速度変換を行なった。データレコーダを利用した場合、 $\frac{1}{25}$ 変換では2000Hz付近まで一様の記録が得られ、心音凶の記録には $\frac{1}{5}$ 変換でもほぼ満足し得る結果が得られた²⁾。変換比を大きく選ぶと高音域

での周波数特性は向上するが、再生処理時間が延長するので実用的には変換比は小さい方が望ましい。そこで装置の簡略化の意味もありテープレコーダにより $\frac{1}{2}$ 変換を試みた。しかし $\frac{1}{2}$ 変換では高音域特性の改善が不十分であるので $\frac{1}{4}$ 変換を検討した。テープレコーダを用い速度変換を行なうとテープレコーダのイコライザの効果が加わるので高音域特性はデータレコーダで速度変換を行なった時に期待される特性をやや上回る。 $\frac{1}{4}$ 変換の周波数特性は記録振幅が10~20mmの場合、200~350Hzの範囲で平坦な記録が得られる。この振幅を100%とすると120Hz及び400Hzで70%の記録振幅が得られた。変換比が大である程、低音側の減衰は著しくなる。これらはいずれもテープレコーダのイコライザ特性の影響と考えられる。過渡特性による歪みは $\frac{1}{2}$ 変換の記録に多少見られるが $\frac{1}{4}$ 変換では写真式に匹敵する記録が得られた(図5B, ASDの $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ 変換参照)。

以上の結果から本方式を実用化する場合、変換比は $\frac{1}{4}$ とするのが適当と思われる。

本方式記録システムの周波数特性は記録器とテープレコーダとの総合特性であり、これは他方式の記録器の特性に該当する。現状では直記式心音計のJIS規格に対して本方式の中音域、高音域での記録に若干の不満がある。しかしテープレコーダのイコライザや心音計のフィルタの特性を本方式に適したものとし、よりすぐれた直記式記録器と組み合わせることにより、さらにすぐれた特性が得られるであろう。著者らは、暫定的に中音域のフィルタとして、低音部の減衰の少ない M_1 を使用することにした。

大振幅の心音を記録する場合、ペンへの負担が大きく波形に歪みを生じ、記録器の性能を劣化させる恐れがある。そのため圧縮回路を有する非直線増幅器をとり入れ、大振幅を制限することが望ましい⁵⁾。なおテープレコーダによるワウ・フラッターが記録振幅に影響を及ぼす懸念がある。しかし心音に含まれる周波数

は一様でなく同一周波数が一定振幅で持続することは少ないこと、さらに心音そのものが一回の心周期毎にかなり変化するため記録の判読の際ワウ・フラッターの影響は少ない。

本方式を実用化するにあたっては、心音図を歪みなく通常のテープレコーダに録音、再生する際の技術的困難をさける意味と、操作を簡略化する意味で 図 6 に示す

構成が望ましい。この構成によれば、心音図の L と心電図は直接ペン書きで記録され、その際同時に同一心周期の心音図 M と H に相当する電気信号がテープレコーダに録音される。この M と H の信号は、後で 1/4 に速度変換されてペン書きで記録される。心電図および L の記録と速度変換された M と H の記録は同時に行なわれているので、校正信号を基準とすれば心周期および時相を完全に一致させることができる。

校正信号としては普通 50Hz が使用されているが本方式ではこの付近の周波数特性の減衰が大きいため、70-100Hz の信号が適当と思われる⁶⁾⁷⁾。

以上、直記式心音計の J I S 規格を考慮しつつ速度変換方式を検討した。記録振幅の点で若干の問題は残るが振幅を 10~20mm とすれば高音域でも臨床的には概ね満足できるものと思われる。

ま と め

- 1) 直記式心音計の一つの考え方として速度変換方式を検討した。
- 2) テープレコーダによる 1/4 変換と直記式記録器の組み合わせにより記録上の歪みも少なく臨床的に満足し得る成績を得た。
- 3) 本方式に適したフィルタと圧縮器の採用により一層、性能の向上が期待される。

ご指導ならびにご援助を頂いた本学第一生理 三田俊定教授、中央臨床検査部長 猪狩忠教授、第三外科新津勝宏教授、貴重なご助言を頂いた慈恵医科大学第一内科 吉村正蔵教授、東京大学第二内科坂本二哉博士に感謝致します。

引用文献

- 1) 吉村正蔵, 小沢仁, 小原誠, 瀬古雅弘, 岡本芳法, 福田僚, 額田興: 熱ペン式心音計の使用経験. 医科器械学雑誌 36: 32, 1966.
- 2) 佐藤忠一, 石塚恒雄, 布川茂樹: データの速度変換と掃引発振器による校正を用いた直記式心音計の研究. 第 8 回日本 ME 学会大会予稿集: 300, 1969.
- 3) 佐藤忠一, 平野三千代, 石塚恒雄, 布川茂樹: データの速度変換による直記式心音計の実用化研究. 臨床病理. Vol. 17 補冊 (第 16 回日本臨床病理学会総会特集): 20, 1969.
- 4) 変調直記式心音計規格. 医用電子と生体工学 7: 124, 1969.
- 5) Sakamoto, T., Sato, C., Yamada, T., Uozumi, Z. & Ueda, H.: Better resolution in clinical phonocardiography. II. The use of compressor phonocardiograph. Jap. Heart J. 7: 460, 1966.
- 6) 吉村正蔵, 須階二郎, 佐藤泰雄: 心音図学. P. 297, 301, 医学書院, 東京, 1962.
- 7) 上田英雄, 海渡五郎, 坂本二哉: 臨床心音図学 (増 2 版). P. 47, 南山堂, 東京, 1967.

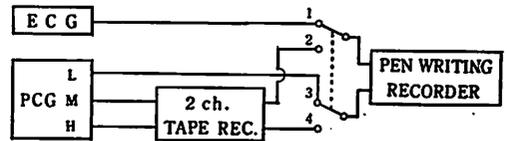


Fig. 6 速度変換方式のブロック図

スイッチが 1.3 の時 ECG, PCG の L を記録
 スイッチが 2.4 の時 PCG の M, H を記録