

胎児心拍数図自動解析

浜松医大産婦人科

寺尾俊彦 能登裕志
橋本裕 住本和博

I. 目的

分娩監視装置による連続モニタリングが産科臨床において、日常のルーチンワークとなってきた。しかし、胎児心拍数 (FHR) 曲線と陣痛 (UC) 曲線図の関係から、胎児の予備能 fetal distressなどを判断するには、熟練した医師のパターン認識力を必要とするし、また常時医師が監視装置の近くにいることは不可能に近い。そこで FHR と UC の関係を定量的に解析してパターン認識のアルゴリズムを開発して、臨床に应用することを研究目的とした。特に最近高性能なマイクロプロセッサが安価に提供されているので、これを用いたコンパクトな自動解析装置を開発できれば、どの施設でも、使用可能なため、その応用範囲は広くハイリスク妊娠の管理や分娩監視に極めて有用である。

II. 方法

A. ハードウェア (機器構成)

図1に胎児心拍自動解析装置の外観を示す。市販されている分娩監視装置に接続して自動解析する。

(1) 胎児心拍信号

図2に系統図を示す。心音信号、ドプラー信号、心電信号を S source Signal から入力し自己相関処理をして周期成分のみ抽出し心拍数に変換する。陣痛信号も同様に A/D 変換し入力する。

(2) 自動解析

解析処理は MPU 1, 3 の 2 つのマイクロプロセッサで行った。MPU 1 は演算および全体の制御を行いインテル 8085 を使用し、MPU 3 は出力制御を行いインテル 8080 を使用した。

(3) 出力部

プリンタはサーマル式のものを使用し、キャラクタ表示、グラフィック表示が両方とも可能とした。従来の記録紙よりも大きくみやすく表示し、微細変動も 32 秒毎に棒グラフで、時刻も 5 分毎

に表示する。また内診所見などのコメントもキーボードから自由に記録紙上に挿入できる。

(4) 警報機能

前面パネルのスライドスイッチによりパラメータの閾値および各パラメータに対応する重み付けが自由に行える。解析の結果、閾値を越えたパラメータの重みが加算され合計値が初期値を越えると警報を発す。

B. ソフトウェア

FHR の信号成分の中で特に周波数成分の高いノイズを除去し、6 分単位で、8 秒毎に解析処理を行った。まず心拍数領域を 0 ~ 9 bpm, 10 ~ 19 bpm ……、200 bpm 以上、0 ~ 4 bpm, 5 ~ 14 bpm …… 195 bpm 以上の 42 領域に分割し、頻度分布を算出し最も頻度の高い領域データを平均し、この値を基準胎児心拍数とした。この基準胎児心拍数からある値を減じた値を基準値とし、これを連続して 20 秒以上、下まわる部分を一過性徐脈 (deceleration) と認識した。UC の認識も deceleration 同様、ある基準値を算出し、この基準値を連続して 20 秒以上越える部分を UC と認識した。微細変動は Organ の index を用いた。短期微細変動 (STV) は隣接する心拍数差を統計し、32 秒毎にこの平均を求め、算出された平均値をもって STV とした。

$$STV : 1 / N - 1 \sum_{i=1}^{N-1} |f_{i+1} - f_i| \quad (32 \text{ 秒毎})$$

長期微細変動 (LTV) は、平均値からのばらつき、つまり標準偏差を 32 秒毎に求め、それぞれ数値と共に棒グラフ表示した。

$$LTV : \sqrt{1 / N - 1 \sum_{i=1}^N |f_i - \bar{f}|^2}$$

$$\bar{f} = 1 / N \sum_{i=1}^N f_i \quad (32 \text{ 秒毎})$$

認識した deceleration については、形状と

UCとの位相関係から次の4つのタイプに自動的に分類表示する。

- i) DECEL E (早発性徐脈)
- ii) DECEL V (変動性徐脈)
- iii) DECEL L (遅発性徐脈)
- iv) DECEL P (遷延性徐脈)

またそれぞれの deceleration について下記の5つのパラメータを解析印字する。

- i) 振 幅 (amplitude)
- ii) 遅延時間 (lag time)
- iii) 回復時間 (recovery time)
- iv) 持続時間 (duration)
- v) 徐脈面積 (dip area)

この他、過強陣痛、NST時の acceleration を認識する。また特に注意すべき異常パターンが存在した場合、下記のメッセージを記録紙上に印字すると共に警報を発す。

i) CONTINUOUS SILENT PATTERN

30分間連続して、微細変動が設定したSTV、LTVよりも小さく、acceleration が認められなかった場合、つまり non reactive な状態が30分以上持続した場合発す。

ii) CONTINUOUS TACHYCARDIA

基準胎児心拍数の上限設定値を連続して30分以上越える頻脈状態が持続するとこのメッセージを印字して警報を発す。

iii) MARKED BRADYCARDIA

基準胎児心拍数の下限設定値を連続して90秒以上下まわる徐脈状態が持続するとこのメッセージと共に警報を発す。

iv) PERIODIC DECEL L

18分間に陣痛とほぼ同数の遅発性徐脈が存在した場合このメッセージと共に警報を発す。

Ⅲ. 結 果

操作は応答形式で容易に行え、最初にパラメータの閾値の設定、重み付けを行い、校正 (calibration) 後、図3に示すように、①患者名、②日付、③時刻を入力するだけで後は自動的にパラメータの閾値と重みをリストアップし、解析する。この症例は、点滴誘発を計ったもので、最初の陣痛に対し、遷延性徐脈が発生し、DECEL P と認識したものである。3.2秒毎に棒グラフと数値で、左が STV、

右がLTVを示し、微細変動が定量的にかつ一目に判定可能である。図4(a)は遷延性徐脈の認識例で遅延時間 (LAG) はそれぞれの DECEL に対し、5.5秒、6.3秒と判定している。図4(b)は変動性徐脈の認識例で、陣痛に対し、不規則に deceleration が発生している。図4(c)は微弱な陣痛に対し、変動性の振幅の4.9bpmの遅発性徐脈が発生し、続いて遷延性の MARKED BRADYCARDIA に移行し、帝王にいたった症例であり、警報が鳴り続いた。以上のように、123症例、518 DECEL について、分娩時に胎児心拍数解析を行い、表1に示すように5075陣痛に対する DECEL 出現の判定に対しては99%、その DECEL のタイプ分類に対しては83%の正診率を得た。警報に関しては、吸引、鉗子、帝切など急速遂娩を必要とした異常分娩に対しては、100%警報を発したが、警報を発しながら正常分娩に至った症例が20%あった。これは重み付けの設定値が最適でなかったために起因するもので、今後最適警報アルゴリズムを確立し、より信頼性の高い装置にしたいと考えている。また NST 時においても微細変動が棒グラフと数値で表示されるため、逐自的な変化がたやすく把握でき、分娩時同様、NST 時においても自動解析可能である確信を本装置を開発することによって得られた。



圖 1 胎兒心拍自動解析裝置外觀

表 1 Comparison of FHR pattern diagnosis performed visually and with TOCOPUTER in 123 cases, 518 DECELS, 5075 UCs.

		Machine diagnosis					Total	Rate
		DE	DV	DL	DP	NOR		
Visual diagnosis	DE	153	11	17	0	10	191	80 %
	DV	19	168	5	0	6	198	85 %
	DL	9	3	86	2	8	108	80 %
	DP	0	0	0	21	0	21	100 %
	NOR	20	8	11	3	4515	4557	99 %
Total		201	190	119	26	4539	5075	
Rate		76 %	88 %	72 %	81 %	99 %		

DE: DECEL E, DV: DECEL V, DL: DECEL L,
DP: DECEL P, NOR: NORMAL PATTERN

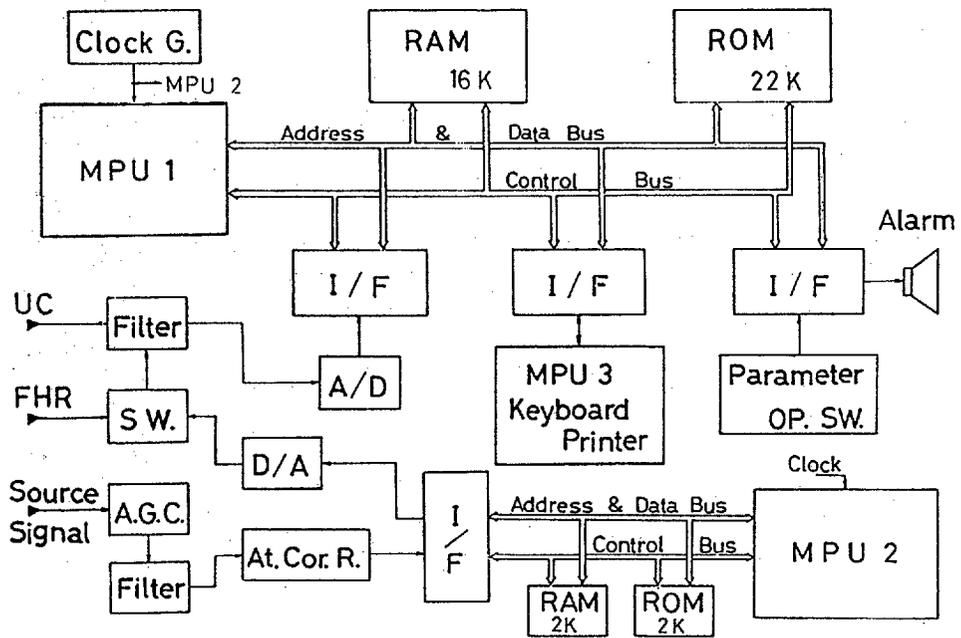
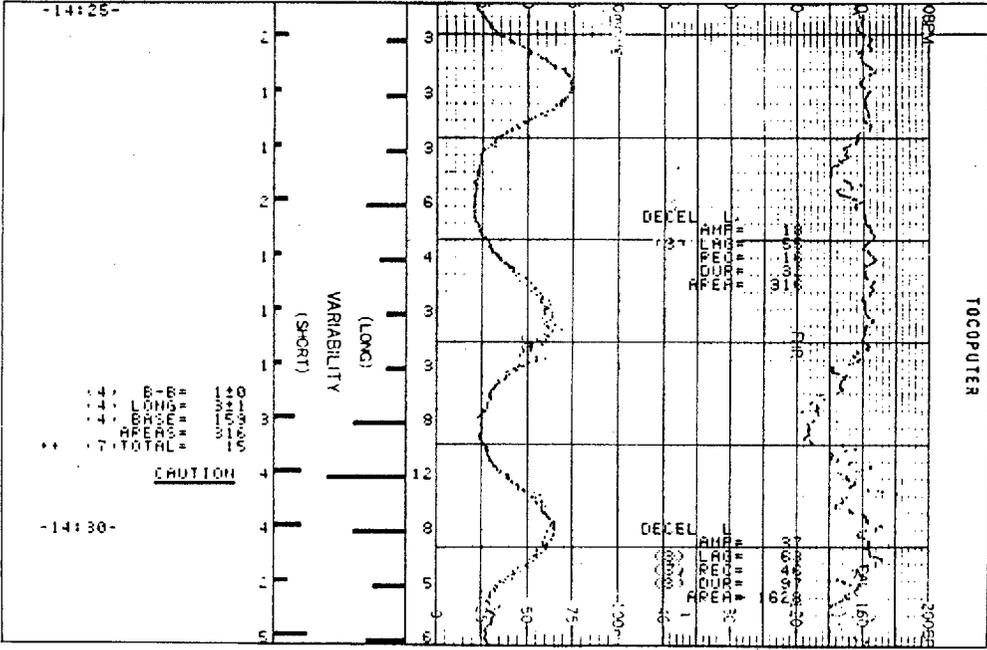
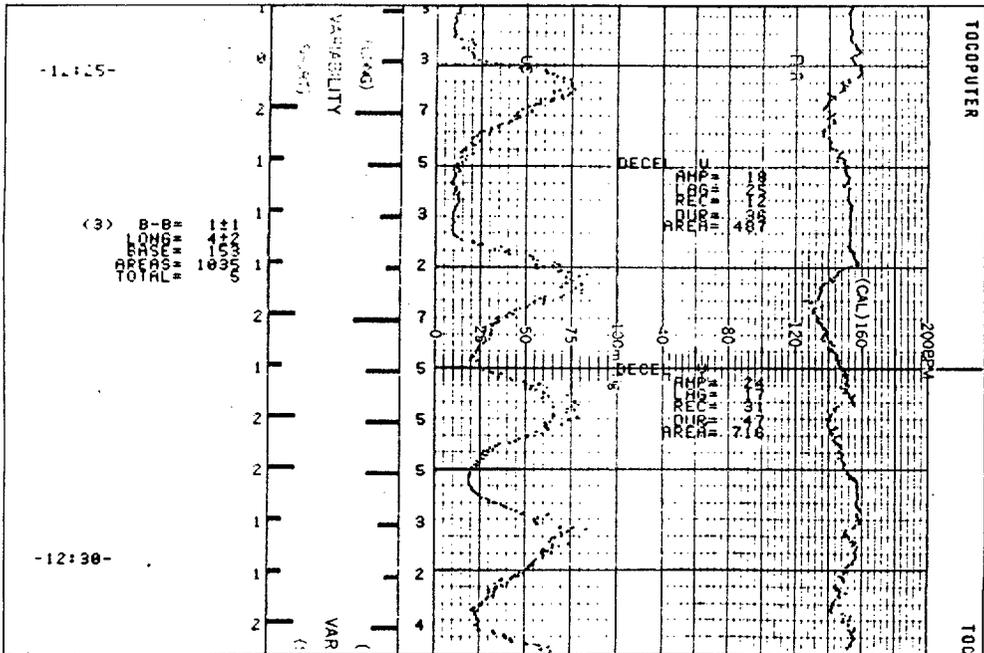


図 2 Block Diagram



4(a) DECEL L



4(b) DECEL V

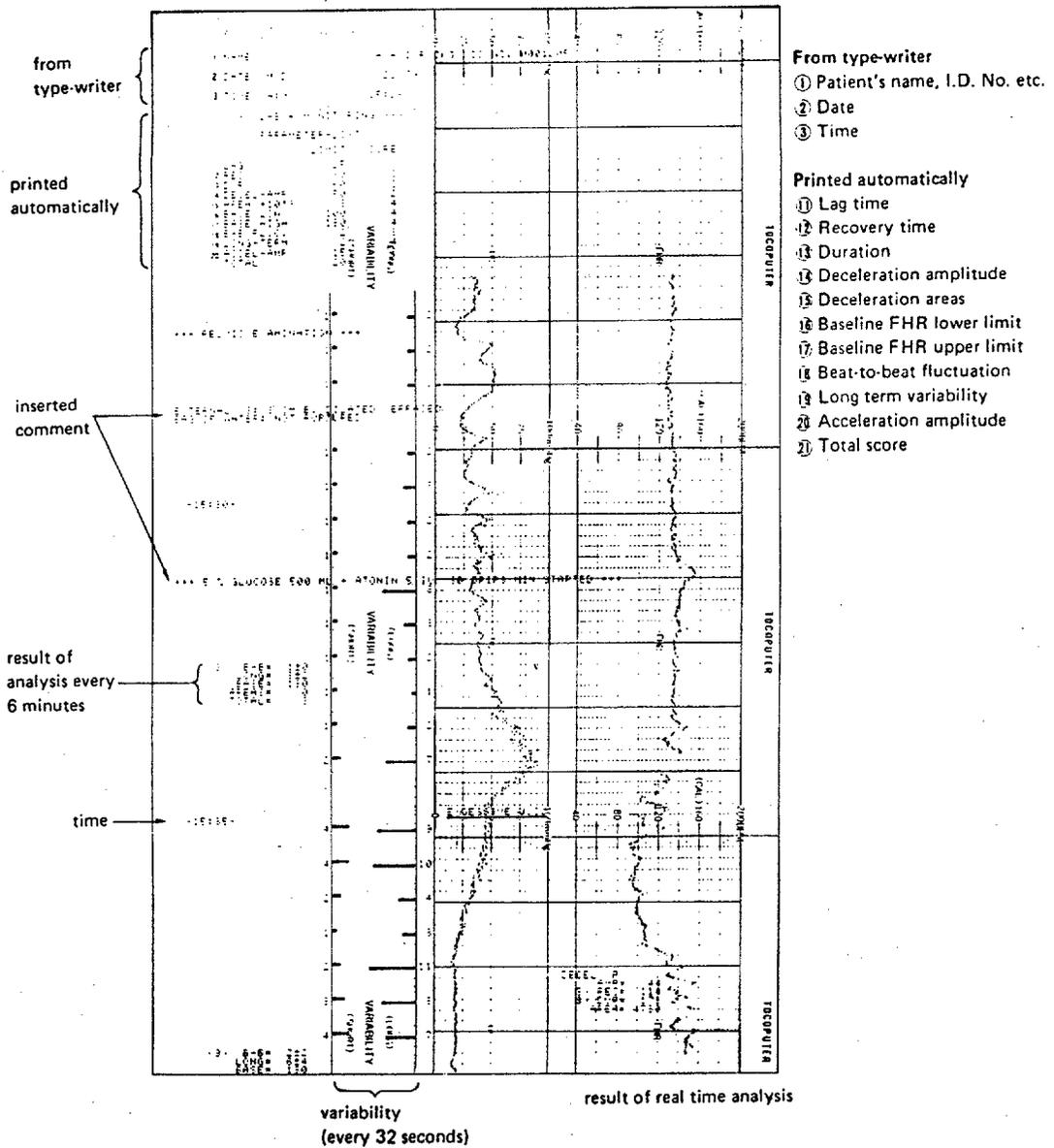
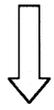
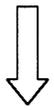


图3 出力例



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



1. 目的

分娩監視装置による連続モニタリングが産科臨床において、日常のルーチンワークとなってきた。しかし、胎児心拍数(FHR)曲線と陣痛(UC)曲線図の関係から、胎児の予備能 fetal distress などを判断するには、熟練した医師のパターン認識力を必要とするし、また常時医師が監視装置の近くにいることは不可能に近い。そこで FHR と UC の関係を定量的に解析してパターン認識のアルゴリズムを開発して、臨床に応用することを研究目的とした。特に最近高性能なマイクロプロセッサが安価に提供されているので、これを用いたコンパクトな自動解析装置を開発できれば、どの施設でも使用可能なため、その応用範囲は広くハイリスク妊娠の管理や分娩監視に極めて有用である。