

## 情緒反応を観測するための高速信号処理システムの開発 (分担研究：相互作用と乳幼児の心理行動発達に関する 基礎的研究)

石井威望\*、広瀬通孝\*、岩田洋夫\*\*、上田 篤\*\*\*、中垣好之\*

**要約：**本報告は、情緒反応を観測するための生体情報の処理を高速で行うデジタル信号処理システムの開発と、その動作結果について述べたものである。このシステムは、パーソナル・コンピュータに内蔵される、A/Dコンバータと高速信号処理用プロセッサによって構成される。処理対象となる生体情報としては、顔面皮膚温・体動・心拍間隔を想定している。これらの中で、心電図に関しては実際に高速信号処理を行うプログラムを作成し、その結果周波数分析やフィルタ処理が実時間で行えることが確認された。

**見出し語：**情緒反応、DSP、顔面皮膚温、体動、心拍間隔

### 1. はじめに

著者らの研究グループでは、情緒反応を観測するために生体情報の測定（特に顔面皮膚温度の測定、体動計測、心拍間隔の測定）を行っている。これらの生体情報のデータ処理は、計算量が多いため、多くの時間を要する。実験効率を上げるためには、リアルタイムでデータ処理が行えることが望ましい。

これまで、サーモグラフィによる顔面皮膚温度測定では、1画面の画像処理を行うのに4～5 secのデータ処理時間が必要であった。この計測システムでは、速い動きに対しての測定に限界がある。また、心拍間隔計測の場合、これまでは1min間毎に心拍間隔の分散を計算するという比較的計算の少ない方法を採用してきたが、将来はより詳細な解析が必要になることが予想される。

そこで、これらの生体情報のデータ処理を高速に行うために、専用ハードウェアの開発を行っている。

### 2. 高速信号処理システムの概要

図1は今回試作した高速信号処理システムの概要である。このシステムは、パーソナルコンピュータの内部に設置可能な小型A/DボードおよびDSP(Digital Signal Processor)ボードから構成されている。このシステムでは、たとえばデータ・レコーダ等からの信号を入力して計測が行われる。その演算処理された結果がハードディスクに格納されるようになっている。図2はDSPのボードのシステムの構成図である。図中のLSI(77230)がプログラム制御方式の高速デジタル信号処理用プロセッサでDSPと呼ばれているものである。このプロセッサはプログラムによりフィルタ演算やFFT(Fast Fourier Transform)などの所望のデジタル信号処理が可能であり、汎用性の高いLSIである。図3はDSPの実物である。

図4に今回使用したDSPの演算能力を示す。このDSPは32ビットの浮動小数点演算を高速で実行できるアーキテクチャを採用している。

\* 東京大学工学部 (Faculty of Engineering, Univ. of Tokyo)

\*\* 筑波大学構造工学系 (Institute of Engineering Mechanics, Univ. of Tsukuba)

\*\*\* 岐阜大学教育学部 (Faculty of Education, Univ. of Gifu)

図4からもわかるように32ビットの浮動小数点の加減算、乗算は $0.15 \mu\text{sec}$  (1マシン・サイクル)で完了する。また、1024点のFFT演算は12.3msecで実行が行われる。つまり、DSPは積和演算を高速に実行するワンチップ・マイクロコンピュータで、用途としてはモデルなどのデータ通信あるいは音声通信用に開発されたものである。

### 3. DSPの性能評価

まず、DSPの性能評価として胎内の音声信

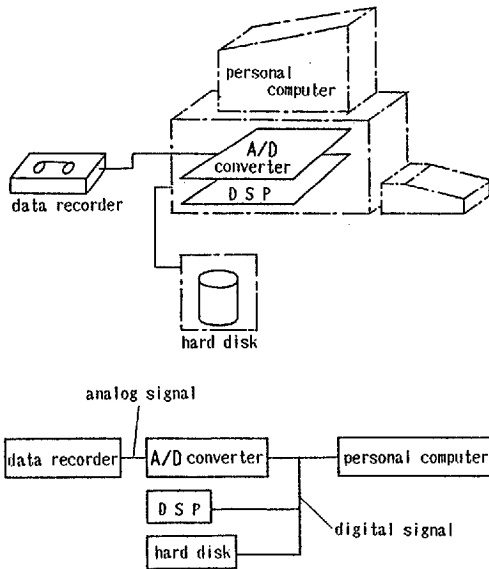


図1 計測システムの概略

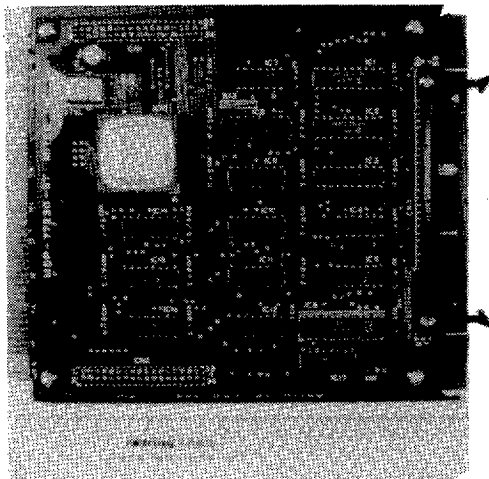


図3 DSPボード

号の処理を行ってみた。この音声データは、妊婦の腹部に聴診器を固定することにより、取得されたものであって、母体の体内音に混ざって胎児の心音が計測されている。図5は約8sec間の音声信号に対して、128msec毎にFFTを行った結果である。このとき、A/Dコンバー

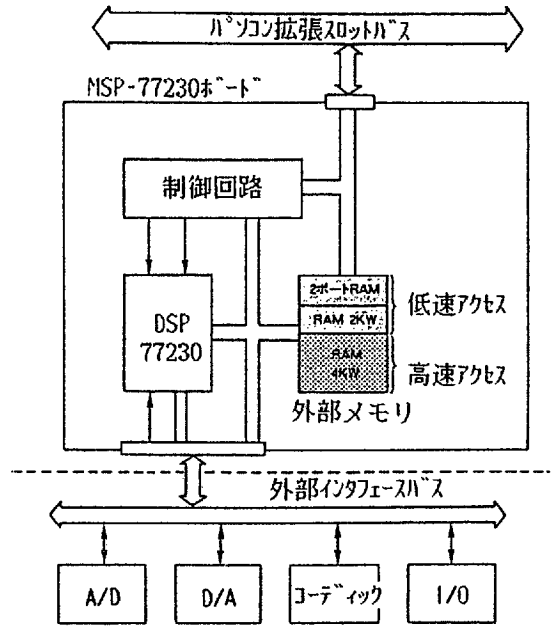


図2 DSPボードのシステム構成

Calculation	exec. time
arith. calc. add.	$0.15 \mu\text{sec}$
sub.	$0.15 \mu\text{sec}$
mul.	$0.15 \mu\text{sec}$
div.	$9.0 \mu\text{sec}$
sin	$10.8 \mu\text{sec}$
cos	$10.8 \mu\text{sec}$
atan	$40 \mu\text{sec}$
signal proc. BIQUAD filter	$0.9 \mu\text{sec}$
FIR filter	$5.25 \mu\text{sec}$
complex FFT (512 pts.)	$4.7 \text{msec}$
complex FFT (1024 pts.)	$12.3 \text{msec}$

図4 DSPの演算時間

データのサンプリングタイムは 0.25 msec で、128 msec の処理区間には 512 個のデータが含まれている。図 5 の下半分は音声の原信号であり、上半分は FFT の結果（パワーの強い部分をきい値処理によって抽出したもの）を示している。この FFT 処理をパーソナル・コンピュータ本体のみで行うと数十分の処理時間を要するのに対し、DSP を使用すると数 sec のオーダーで処理を完了する。

#### 4. DSP の心電図への利用

本研究では、DSP の生体情報処理への応用として、まず心電図のデータ処理を行った。図 6 はサンプリングタイム 2 msec (500 Hz) で計測したときの心電図と FFT によってそのスペクトル解析を行ったものである。図 6 の下

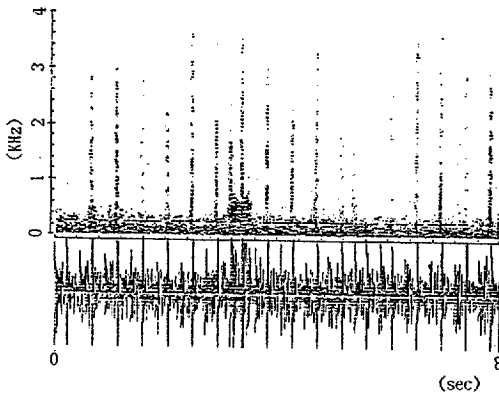


図 5 DSP による胎内音声の処理例

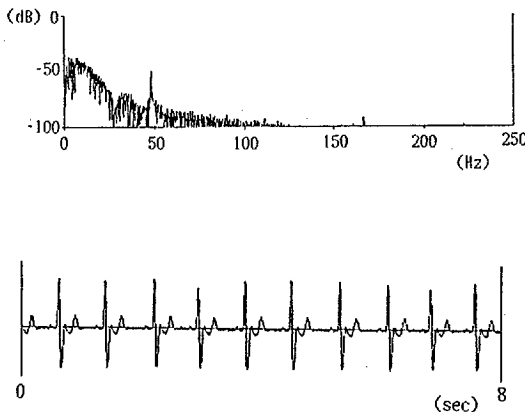


図 6 スペクトル解析の例

図は約 8 sec の心電図のデータである。上図は、心電図に含まれている周波数成分の分布のグラフである。横軸は周波数で、縦軸は利得 (dB) である。本来ならば、心電図の周波数分析を行うと 1 Hz 近辺が一番強くなるはずであるが、図 6 では少し弱くなっている。この低周波数領域の成分はサンプリング間隔を広くとりデータ取得時間を伸ばすことによって、調べることが可能である。図 6 の心電計測のデータに対して FFT を行なうと、パーソナルコンピュータ (NEC 9801) では、その処理時間が 4~5 min 必要であるがこの処理を DSP で演算させると 50 msec で完了する。図 6 のスペクトル解析のグラフを観察すると周波数の 50 Hz 付近に一つの大きな山が存在していることがわかる。これは、必電図の中に 50 Hz のノイズが混在していることを意味している。このノイズは AC 100V 電源に起因すると考えられる。そこで、このノイズを除去する方法として DSP のフィルタ演算処理を行った。DSP でフィルタ演算を行わせることにより、このノイズはリアルタイムで除去できる。図 7 に心電図の原信号に 50 Hz のノイズが含まれている信号と DSP によって、その 50 Hz の周波数を除去した例が示めされている。この周波数の除去はプログラミングで行うことができるので、任意の周波数に対して対処することが可能である。心電図で 0.1 Hz 以下の低周波数を除去すると安静時と作業時 (暗算作業時) の心拍間隔の分散値の違いがより明確になったという報告<sup>(1)</sup>がある。以上が DSP を心電計測に利用した例である。

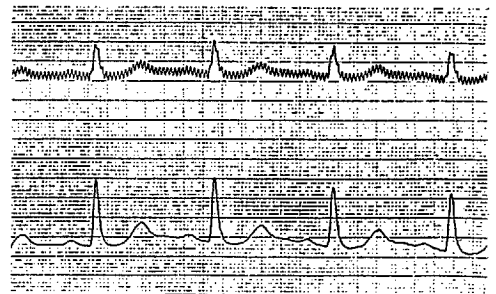


図 7 フィルタ処理の例

## 5. DSPの顔面皮膚温度測定への利用

顔面皮膚温度の計測方法は、最初にサーモグラフィによって顔面のサーモグラム(温度分布図)を求める。次に、サーモグラム内の任意の領域(四角い枠)を設定し、その領域内の輝度の変化の計算をコンピュータで行わせている。この輝度の計算は画面の1画素ずつマッチング演算が行われるため、膨大な計算量が必要となる。この計算は、アルゴリズムに改良をほどこしても、1画面の平均顔面皮膚温度を計算するのに4 sec ないし5 sec の時間を要する。現在、使用しているサーモグラフィは1sec間に20フレームの動画像を得ることができるので、その速さに追従できる程度のデータ処理速度が必要である。この顔面の平均皮膚温度の計算もDSPで行わせると概算で0.5 sec程度で完了する。現在、ハードウェア及びソフトウェアの開発段階であるが、顔面皮膚温度のデータがより速いサンプリング間隔で取得できることになる。

## 6. 体動計測へのDSPの利用

著者らのグループでは、サーモグラムから体動の計測を行っている。現在は、ビデオポジションアナライザでサーモグラム中にX-Y座標をスーパーインポーズして、顔面の座標値をパーソナルコンピュータで自動計測している。顔面の座標値は、顔面のサーモグラムの中心の値(すなわち、顔面の中心)としている。顔面の

重心を計算するとほぼ顔面の中心と一致する。つまり、顔面の重心を求めれば、体動(顔の移動)が求まることになる。この重心計算は膨大な計算量になり、そのデータ処理にはかなりの時間を要する。重心計算は1画素の積和計算の繰り返しであり、この処理をDSPで行わせればより高速で行うことが可能である。DSPのソフトウェア上の問題がいろいろと存在するが、体動の自動解析が可能になるように現在検討を進めている。

## 7. まとめ

生体情報の高速処理システムのハードウェア及びソフトウェアの開発を行った。本年度の成果を要約すると次のようになる。

- 1) プログラム制御方式の高速デジタル信号処理用プロセッサ(DSP)の生体計測への利用を提案した。
- 2) DSPを心電計測に利用して、その性能(演算速度等)を確認した。
- 3) 顔面皮膚温度計測及び体動計測へのDSPの利用を現在検討中である。

## 参考文献

- (1) 大須賀他:メンタルワークロードの指標として用いるための生理反応に関する基礎的検討、第3回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、111-116、1987

## Abstract

Development of a High Speed Processing System to Observe Emotional Responses

Takemochi Ishii, Michitaka Hirose, Hiroo Iwata, Atusi Ueda, Yoshiyuki Nakagaki

The emotional state is considered closely related to physiological signals. The authors have developed a data acquisition system to observe emotional responses. Cardiac pulse and the skin temperature of face are selected as indices of the emotional state. However, because of limitation of data processing speed, data analysis is still in the preliminary stage. The authors have newly developed a system capable of high speed data acquisition. The system is composed of a personal computer equipped with a digital signal processor (DSP) and A/D converter. DSP software is developed and it is proved that the system can execute FFT (fast fourier transform) and Biquad filter in real time.



## 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



要約:本報告は、情緒反応を観測するための生体情報の処理を高速で行うデジタル信号処理システムの開発と、その動作結果について述べたものである。このシステムは、パーソナル・コンピュータに内蔵される、A/D コンバータと高速信号処理用プロセッサによって構成される。処理対象となる生体情報としては、顔面皮膚温・体動・心拍間隔を想定している。これらの中で、心電図に関しては実際に高速信号処理を行うプログラムを作成し、その結果周波数分析やフィルタ処理が実時間で行えることが確認された。