

コンピュータ画像処理による母子相互作用の研究

石 井 威 望 (東京大学工学部産業機械工学科)

序 論

母子間の情報伝達は成長後の会話の原始的形態であって、情報伝達の本質的メカニズムを解明する上で不可避の課題である。本研究においては、母親の語りかけに対する、新生児の身体運動にあらわれる反応について検討している。

本研究では、既に第1年度において計算機画像分析の手法を導入し、音声と体動との相関を客観的に定量化する分析手法を開発した。その分析の結果、新生児が母親の呼びかけを識別し、四肢を同期的に動かすことが明らかになった。

本年度においては、前記の分析手法を用いて、新生児の音声一体動同期現象の分析例をふやすとともに、成人の会話における音声一体動同期現象との比較など、その分析手法の応用例をふやしつつある。特に本年度は、母子双方の内部状態を客観的に把握することを目的として、母子双方の心電図を同時計測し、実験条件の安定化を試みた。

さらに、出生前の胎児期の母子相互作用についても超音波画像技術を応用して、実験方法の開発を進めている。現在予備実験的に胎児の心臓部の運動を画像分析することができるようになった。

実験方法

実験に使用した測定系統図を図1に示す。研究対象の新生児は生後1日～7日の健常児であり、さらにその後1ヶ月経過してから追跡調査している。母親の音声と新生児の体動はビデオタイム(最小単位 $\frac{1}{100}$ 秒)を介してビデオテープに収録される。テスト用の音声刺激としては、①母親が自由に語りかける場合(Free Talk)、②決まった言葉(「いい子ね」等)を書いたカードを次々に見せて発声してもらう場合(Pattern Talk)、③母親以外の人間による語りかけの場合(Stranger Talk)、④コンピュータで一樣乱数を使用して合成した雑音の場合(Random Noise)、その他(録音音声等)、を選定した。

さらに、母子双方の内部状態を客観的に、かつ

なるべく定量的に推定することを目的として、母子双方の心電図を同時計測した。具体的には、ポリグラフィシステム(日本光電社製、AB-620G, RMP-6008)を用いて心電図データを誘導し、1310 HzのサンプリングA/D変換して計測用マイクロコンピュータ(日立H68/TR)に取り込み、R-R間隔(心拍間隔)を計測した。

内部状態の把握のための心電図

コンピュータ分析の結果、音声による母子相互作用(音声一体動同期現象)が絶えず認められるわけではない。この理由として母子双方の内部状態の影響が考えられる。その内部状態の指標として、心電図上の変化に注目し、生体が示す生理学的反応を利用することを試みた。

一般にジェット機の操縦やコンピュータ端末の操作時において、操作者のR-R間隔は平均値の低下に加えて、その平均値まわりの分散が減少するという事実が発見されている。^{(1),(2)} 実験時の母親のR-R間隔の時系列的変化の一例を図2に示す。Pattern TalkやFree Talkにおいては、上記と同様の変化があらわれている。即ち、母親に新生児へのアテンションがかかっていることがわかる。

生後2ヶ月の乳児についてのR-R間隔とその分散の時系列的変化の一例を図3に示す。分散は過去40個のR-R間隔についてデータ収集ごとに算出している。俳句の録音音声、Stranger Talkにおいては、R-R間隔の分散が大きくなり、乳児の内部状態が変化したことがわかる。一方、母親のPattern Talkにおいては、その区間の1～2分前から終了までR-R間隔の分散が小さく、乳児が外界の刺激を受信するのに望ましい状態にあることが推定される。このPattern Talkの区間をコンピュータ分析した結果、音声一体動同時現象に有意な相関の存在が示された。即ち、乳児の内部状態が音声刺激を受信するのに望ましい状態であったために、乳児に母親の音声

刺激へのアテンションがかかり、反応を示したと考えられる。従って、新生児（乳児）のR-R間隔の分散をリアルタイムでモニタし、望ましい内部状態（R-R間隔の分散が小さく、精神的緊張度、集中度が高い状態）と推定される時点から音声刺激を与えるなど、実験条件の安定化を図ることが可能であると考えられる。

成人間コミュニケーションにおける音声一体動同期現象

成人の会話においては、1～2秒の間隔で互いに話し声と体動とが相互作用を有しているといわれている。⁽³⁾ 第1年度に開発した音声一体動同期現象の分析手法を用いて、母子間のFree Talkに対応する実験として、成人の会話時の話し手の音声 $y(t)$ と聞き手のうなずき動作 $x(t)$ との相互相関係数 $C(\tau)$ ^(註)を区間 $-4 \leq \tau \leq 4$ 秒について算出した結果（以下、単に $C(\tau)$ 線図と呼ぶ）を図4（上図）に示す。 $\tau=0$ は体動データと音声データを時間軸上で全然ずらさずに $C(\tau)$ を計算することを意味する。 $\tau < 0$ の領域は、体動に対し音声刺激が先行する領域である。一方、 $\tau > 0$ の領域は、音声刺激に対し体動が先行する領域である。母子間のFree Talkにおける $C(\tau)$ 線図と同様、 τ が $\pm 1 \sim 2$ 秒付近に高い山がある。つまり、話し手と聞き手とは相互に同調している。このように成人の会話における $C(\tau)$ 線図と母子間のFree Talkにおける $C(\tau)$ 線図との波形パターンが類似していることから、成人の会話における本質的情報交換形態が既に新生児期に存在することが推定される。しかしこのような典型的な例が絶えず出現するわけではなく、話し手と聞き手の情報交換が円滑に進められたときに限られると考えられる。

一方、母子間のPattern Talkに対応する実験として、「よしよし」など決まった呼びかけに対して、成人が意識的に腕部を同期させて動かした場合の $C(\tau)$ 線図を図4（下図）に示す。母子間のPattern Talkにおける $C(\tau)$ 線図と同様、 $\tau = -0.4$ 秒付近にのみ高い山が存在し、 $\tau > 0$ では存在しない。

注)

$$C(\tau) = \frac{R_{xy}(\tau)}{\sqrt{R_x(0) R_y(0)}}$$

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T (x(t) - \mu_x)(y(t+\tau) - \mu_y) dt$$

ここで、T：記録時間長、 τ ：時間遅れ

μ_x ：xの平均値、 μ_y ：yの平均値

$R_x(0)$ ：xの分散、 $R_y(0)$ ：yの分散

分析結果

実験対象とした新生児は23人、乳児は10人である。ビデオ全収録時間約15時間の内、新生児が開眼し、動いてはいるが泣いてはいないという状態が40秒以上継続された箇所は77箇所であった。この分析箇所77例の分類を表1に示す。この例の内、 $C(\tau)$ 値が0.06以上（2変量正規分布を仮定、サンプル数2048、危険率1%以下）で、かつ $C(\tau)$ 線図の形状から推定して有意な相関の存在を示したものは26例で、その内の20例は母親の語りかけに対する場合であった。

結 論

実験時の生体情報（心電図）をバックデータとして、母子間及び成人間コミュニケーションにおける音声一体動同期現象を分析した結果、次の2つの結論を得た。

- (1) 新生児が母親の語りかけに対してアテンションがかかっているときは、その語りかけに対して四肢を同期的に動かす。
- (2) 成人同志の会話における音声一体動同期現象は、母親の語りかけと新生児の体動との間にも存在する。

また、母子双方の内部状態を把握する指標として、心電図（R-R間隔）を利用することの有効性を実証した。

参 考 文 献

- (1) Sekiguchi, C. et al. : "Evaluation Method of Mental Workload under Flight Conditions" Aviation, Space, and Environment Medicine, Jul. 1978
- (2) 石井, 渡辺: 生体情報を利用したマン・マシン・インターフェースの評価に関する研究, 機講論, No. 817-1, 1981
- (3) Condon W.S. et al. : Sound Film

Analysis of Normal and Pathological Behavior Patterns, J. Nerv. Ment. Dis., Vol. 143(4), 1966

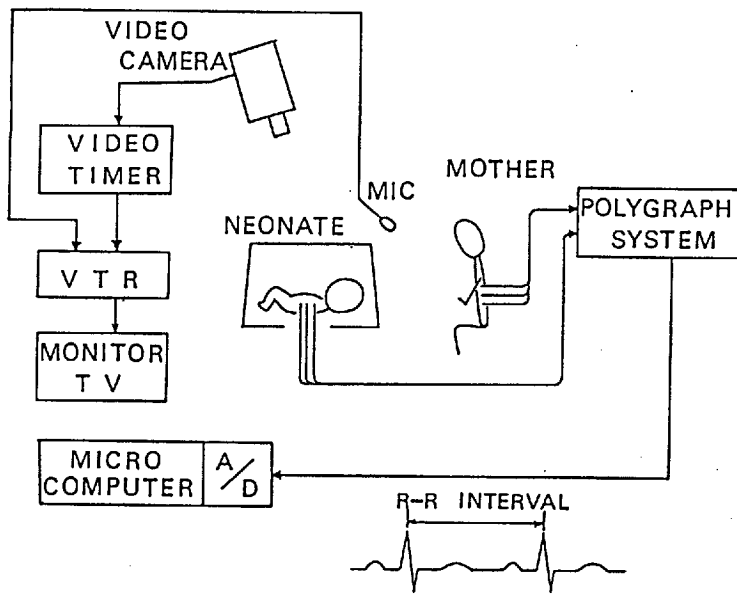


図1 測定系統図

R-R INTERVAL (SEC)

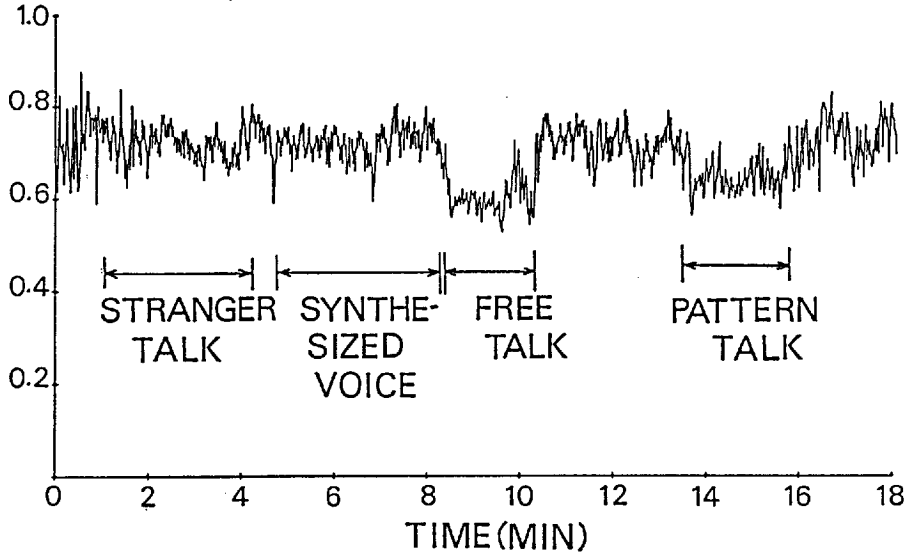
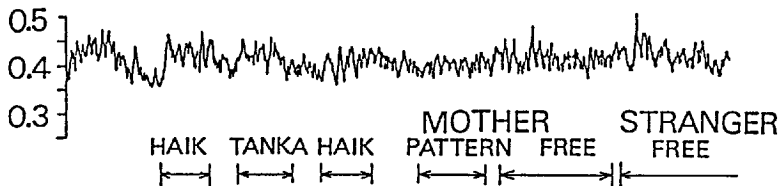


図2 母親のR-R間隔の時系列的変化

R-R(sec)



VARIANCE

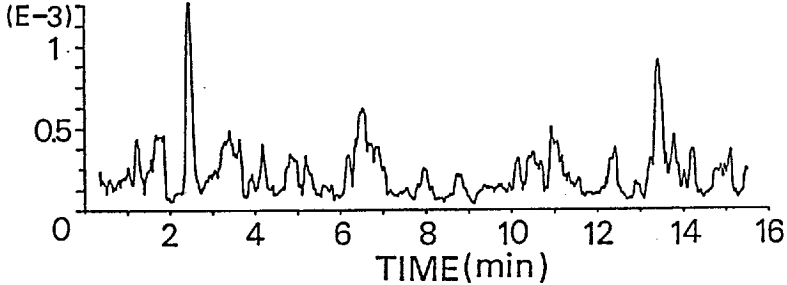


図3 乳児のR-R間隔とその分散の時系列的変化

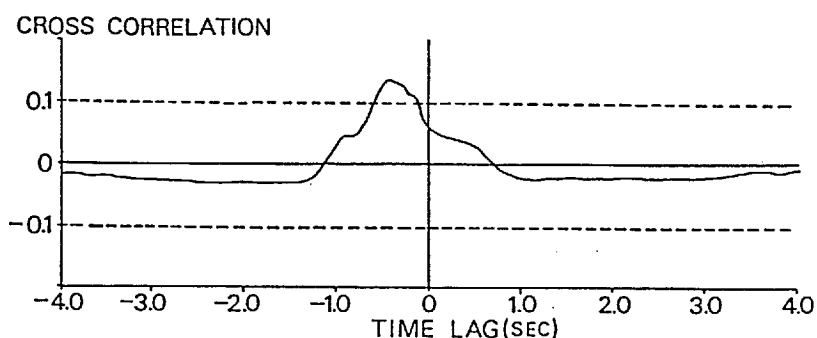
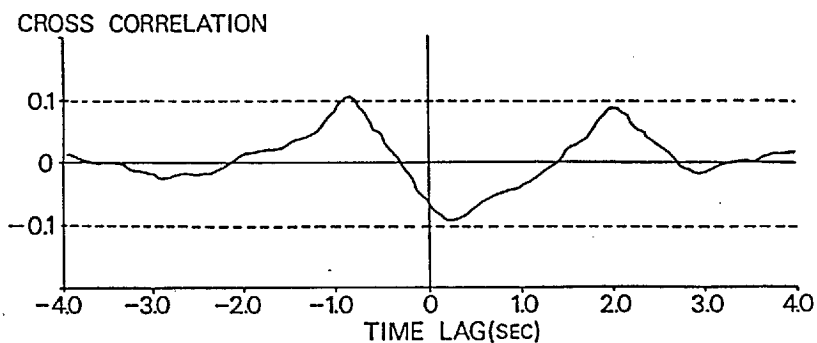
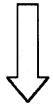


図4 成人間コミュニケーションにおけるFree Talk (上図) とPattern Talk (下図)の $C(\tau)$ 線図
(分析対象時間 $T=34$ 秒, サンプル数2048)

表1 分析結果

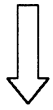
AFTER-BIRTH	VOICE STIMULUS	NO. of ANALYSES	NO. OF SIGNIFICANT CORR.
1-7 DAYS	PATTERN TALK	20	8
	FREE TALK	14	7
	STRANGER TALK	16	5
	RANDOM NOISE	4	0
	THE OTHERS	2	0
20-61 DAYS	PATTERN TALK	8	4
	FREE TALK	4	1
	STRANGER TALK	6	1
	RANDOM NOISE	3	0

1981年 12月 現在



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



序論

母子間の情報伝達は成長後の会話の原始的形態であって、情報伝達の本質的メカニズムを解明する上で不可避の課題である。本研究においては、母親の語りかけに対する、新生児の身体運動にあらわれる反応について検討している。

本研究では、既に第1年度において計算機画像分析の手法を導入し、音声と体動との相関を客観的に定量化する分析手法を開発した。その分析の結果、新生児が母親の呼びかけを識別し、四肢を同期的に動かすことが明らかになった。

本年度においては、前記の分析手法を用いて、新生児の音声-体動同期現象の分析例をふやすとともに、成人の会話における音声-体動同期現象との比較など、その分析手法の応用例をふやしつつある。特に本年度は、母子双方の内部状態を客観的に把握することを目的として、母子双方の心電図を同時計測し、実験条件の安定化を試みた。さらに、出生前の胎児期の母子相互作用についても超音波画像技術を応用して、実験方法の開発を進めている。現在予備実験的に胎児の心臓部の運動を画像分析することができるようになった。