

母親の言語に対する新生児、乳児の反応に みられるエントレインメント現象のコンピ ューター分析による研究 第2報

研究第2部
副 所 長
研究協力者

加 藤 忠 明・澤 田 啓 司

高 橋 悦 二 郎

小 林 登

(東京大学医学部小児科)

多 田 裕

(都立築地産院小児科)

石 井 威 望・渡 辺 富 夫

林 俊 彦・吉 田 純

塚 田 光 彦・岩 田 洋 夫

(東京大学工学部産業機械工学科)

I はじめに

現在の小児科医には2つの役割が社会から期待されている。1つは身体的な病気に関して、患児の治療をしたり、その家族を指導したりする役割であり、今1つは小児一般の健全な成長、発育に関して関心を持ち、助言をすることである。現在の日夜変化する文明の中で、又、核家族化の社会の中では、若い両親は、経験をつんだ人達から適切なアドバイスを受ける機会が少なく、乳幼児期から小児期にかけて成長、発育する小児に対して不安をもつことが多い。これらの両親に対して理論にもとづいた適切な育児指導を行なうことが望まれるが、我々小児科医は必ずしもその面での研究を重視しておらず、又、訓練の機会も少ない¹⁾。欧米では小児科医の役割の約70%はこのような保健指導に費やされるといわれており、この傾向は日本でも今後強まると考えられる。

欧米での報告をみると、出生直後から親子関係の大切な点が指摘されている^{2,4)}。母子を出生後なるべく早期から接触させると、初産婦でも経産婦のような授乳のしかたをするようになり⁵⁾、母乳栄養の率が増え⁶⁾、乳児もよく笑い泣くことが減り⁷⁾、乳児期の体重増加も増し⁸⁾、感染症に罹患する率も減る⁹⁾といわれている。又、人間は互いに話合っている時、体の各部分を動かしながら話をしていく。この話しかけられた時に、それに同期して体動を起こす現象をエントレインメント¹⁰⁾というが、新生児が母親から語りかけられる時にも存在するといわ

れる¹¹⁾。成人が行なう組織化された言語行動によって新生児の連動行動が引き出され、新生児は人生の初期から言語を学ぶともいえる。これらの点は、新生児早期から新生児と母親との密接な関係があることを示している。昨年私達はコンピューターで、エントレインメントを分析する方法論を確立したので¹²⁾、今回はそれを使用し、対象例数を増やして分析した。

II 対 象

愛育病院で正期産児として出生し、特に問題なく発育している生後2～4日目の新生児14人を対象としたが、そのうち4人は生後1カ月目にも同様の観察を行なった。

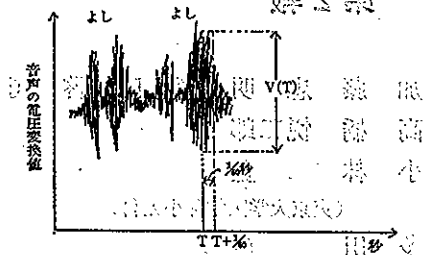
III 方 法

新生児を約30℃の保育器の中に入れ、その新生児に、母親がヨシヨシ等の決められた言葉で、又、自由に話しかけたり、雑音、拍手、機械音を聞かせたりした。母親の音声等を録音し、同時に新生児の四肢の動きをビデオテープにとり画像に再生し分析した。ビデオ全収録時間約10時間のうち、新生児が開眼し、動いてはいるが泣泣していない状態を34秒間位持続できた箇所は28箇所であった。この28例について音声と体動との相互関係をコンピューターで画像分析した。1980年に撮影・分析したものの11例、1981年のが17例であった。

① 音声の処理

録音された音声の電圧変換値を第1図のように1/60秒
 間隔で区切り、この間隔内での最大値と最小値の差を
 その時点での音の強さと考え $V(t)$ で示した。

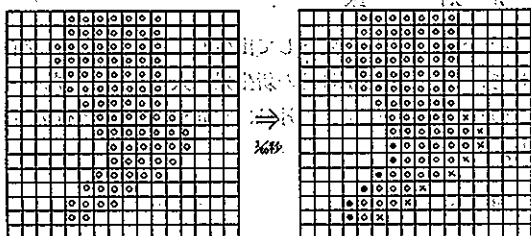
第1図 音声の処理



② 画像の処理 (静止画の処理)

体動を示す画像データは、左右の上下肢のうち1肢の
 みをビデオテープよりひろいだし、そこを 16×16 のマ
 トリクスとしてとらえた。それぞれ静止画面に対応したマ
 トリクスを考え、ある静止画面と1/60秒後の静止画面の
 対応する要素の輝度の変化のあったものの個数を数え上
 げ、その個数をその時点 t における体動の大きさ $Z(t)$
 とした。第2図に示すように丸印をもった左図が右図の
 ようになった場合、●印が新しく追加され、×印が消え
 た部分となる。●印と×印を合計すると輝度の変化のあ
 ったものの合計となり、第2図では14である。即ち Z
 $(t)=14$ となるが、これはコンピューター分析しやす
 する為、カメラに対して垂直な面内の動きのみを示して
 いることになる。

第2図 The matrix of the body movement.



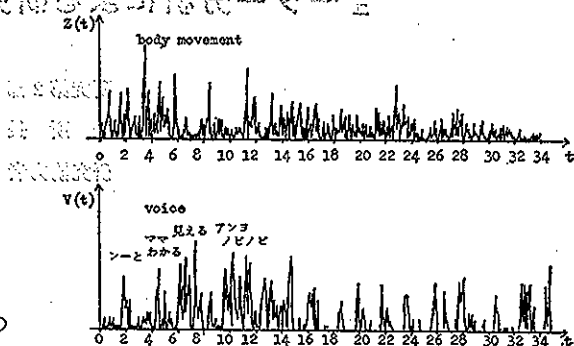
③ 音声と画像の相関

第3図上段の図は、横軸に時刻 t をとって、縦軸に体
 動の大きさ $Z(t)$ を34秒間プロットした結果である。第
 3図下段の図は、横軸に時刻 t をとって、縦軸に音の強
 さ $V(t)$ をプロットした結果である。上段の体動と下段
 の音の強さとの相互関係を分析する為、相互相関関数 Y
 (τ) とその相関図を考えた。

$$Y(\tau) = \sum_{i=1}^n V(t+i\tau) \times Z(t+i\tau), \tau = \frac{1}{60} \text{秒}$$

これが音声と体動の相互相関関数であり、この τ の値が
 -2 秒から $+2$ 秒までの範囲で1/60秒毎にコンピュー
 ー計算した結果が相関図である。

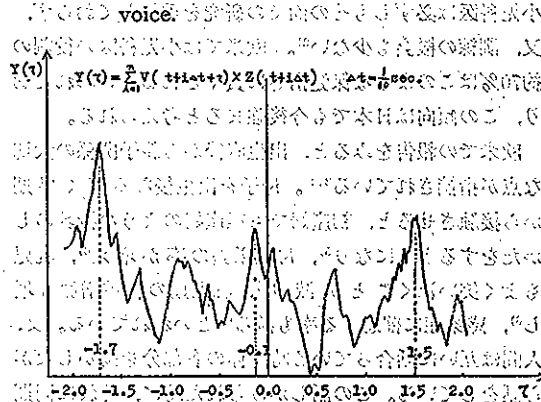
第3図 The body movement & the voice.



④ 相関図の分析

相関図の1例を第4図に示すが、この図では $\tau = -$
 $1.7, -0.1, +1.5$ の時にピークがある。この例から、
 相関図を分析するに際して次のような意味づけを考
 えた。 τ が負の領域でピークを示す時は、声をかけられた
 新生児が声に反応して体動を生じていることを示し、第
 4図で $\tau = -1.7$ の時は、音声の1.7秒後に体動を生じや
 すいことを示している。 τ が正の領域でピークを示す時
 は、新生児の体動を見て声をかけており、 $\tau = +1.5$ の時
 は、体動の1.5秒後に音声が生じやすさを示してい
 る。 $\tau = 0$ 付近でピークを示す時は、音声に対して反
 射的に体動をおこしていることを示している。又、第4図
 とは別の相関図の何例かは、はらきりしたピークを示さ
 ず、この場合は音声と体動との相関が乏しいものと考え
 られた。

第4図 The correlation of the movement & the voice.



しかし、この関数 $Y(\tau)$ の絶対値は、録音レベルの
 値、録画した新生児の大きさ、撮影中の照明状況、画像

処理中の域値にも依存する値であるので、これらを取り除く為、2種類の工夫を行なった。1つは調査した11例の相関図(1980年に撮影・分析したもの全例)の縦座標の相対変位を比較するため、各グラフにつき最大値±最小値の値を求めたことである。もう1つは $Y(\tau)$ の値の凹凸を少なくする為、フーリエ変換等により平滑化を行ない、又、相関図どおしの比較をしやすくするように $Y(\tau)$ を $V(t)$ と $Z(t)$ の標準偏差で割ったことである。これを $Y'(\tau)$ と表現する。

IV 結 果

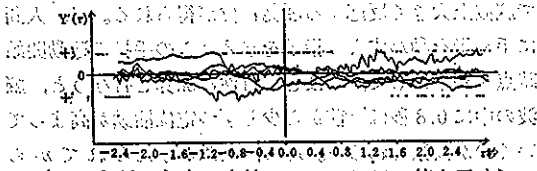
① 人間の音声と雑音の区別
第1表は、11例の相関図で最大値±最小値の値を求めたものであるが、人の声では全て1.26以上であるのに、それ以外の対照群では全て1.17以下であった。これはMann-Whitney U testによる検定で、危険率1%で有意に差があることになる。音声刺激のない時やノイズの時には、音と体動との相互関係は乏しいが、人の声には体動が関連していることが危険率1%で示された。他の群どおしでは有意差は見出されなかった。

第1表 Maximum value of $Y(\tau)$
Minimum value of $Y(\tau)$

pattern talk of mother	1.39, 1.71, 1.86
free talk of mother	1.26, 1.31, 1.44
free talk of doctor	1.32, 1.44
noise	1.14, 1.17
no voice	1.03

② 雑音、合成音、拍手による相関図
雑音3例、合成音1例、拍手1例と新生児の体動との相関図を第5図に示した。この図では τ が変化しても $Y'(\tau)$ の値は全て-0.06~+0.06の範囲に入っていた。

第5図 雑音等による相関図

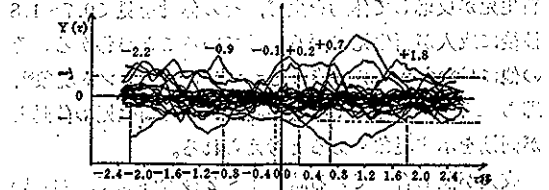


(0の上下のうすい点線は+, -0.06の値を示す)

③ 人間の音声による相関図
人間が語りかけた22例の相関図を第6図に示した。この図で τ の値が-2.2~-0.9, -0.1~+0.2, +0.7~+1.8の3つの範囲の時、 $Y'(\tau)$ が正のピークを示すことが多く、音声と体動との相関がこの3つの範囲で生じやすいことを示唆している。 $Y'(\tau)$ の値が±0.06以上になった例を観察すると、22例中、-2.2~-0.9の範囲で6

例、-0.1~+0.2の範囲で2例、+0.7~+1.8の範囲で5例がピークを示した。

第6図 人間の音声による相関図(※)



(※: 图中 $Y(\tau)$ は $Y'(\tau)$ の誤り)

④ 相関の高い τ 値
第4図の症例では $Y'(\tau)$ の値が±0.06以上にはならず、±0.06以下の値でピークを示した。③のように±0.06以上の値でピークを示した時は音声と体動との相関が明らかにあり、+0.06以下の値でピークを示した時は不明瞭ながらも相関を示したと考え、ピークを示した τ の値を第2表に示した。相関が明らかでない値には*印をつけた。人間の音声と新生児の体動との相関を調べた22例中、何らかの相互関係のあるものは、この表より11例あったことを示している。このうち τ 値が負の値をとった8例は、語りかけられた新生児がそれに反応して体動していることを示している。

第2表 ピークを示した τ 値

人間の音声	新生児	τ 値
決められた言葉での母親の呼びかけ	2日目 女児右手	-1.6*
	2日目 男児右手	+1.7*
	4日目 男児右足	+1.1*
	4日目 男児左手	-0.9*
	5日目 女児左手	-1.3, +0.1, +0.7*
自由な言葉での母親の呼びかけ	1ヵ月目 女児左足	+1.1*
	2日目 男児右手	-2.1*, +0.1*
自由な言葉での医師(男)の呼びかけ	4日目 男児右手	-2.1*, +1.2*
	4日目 男児右足	+0.1*
自由な言葉での医師(男)の呼びかけ	1ヵ月目 女児右手	-1.7*, +1.5*
	1ヵ月目 女児左足	-1.8, +0.1, +1.5*

V 考 察

以上の結果より $Y'(\tau)$ の値が±0.06の範囲に全て入る

音、雑音、合成音、拍手には新生児の体動と相互関係は乏しいが、人間の声は新生児の体動と相互関係があると結論される。人間が新生児に語りかけて0.9~2.2秒後に新生児が反応して体動を生じ、その体動を見て0.7~1.8秒後に成人が新生児に語りかけていることがわかる。その他にCondonらが指摘したエントレインメント現象⁹⁾、即ち±0.1秒の範囲で成人の語りかけと新生児の体動とが同期を示す現象もあると考えられる。

成人が話し合っている時、1~2秒の間隔で、お互いの話し声とお互いの体動とが相互関係をもっているといわれている¹⁰⁾。この相互関係が、私達の研究で新生児と成人(母親等)の間にも存在すること、又、その相互関係が22例中11例で存在することが判明した。従って以下の点が考察される。

① 新生児の聴覚
成人の音声と新生児の体動とに相互関係があることは、新生児にも音声に反応する特異系が存在することを意味している。新生児の脳は未熟で、髄鞘形成が不十分で、シナプス形成も未発達な点を考えると、成人の声に反応して0.9~2.2秒後に新生児が体動を生ずるのは、脳幹部の反応と考えられる。この反応が22例中8例で生じていることは、新生児が聴くことに注意を集中している時だけこの反応が生じることを示している。

② 新生児は人間の声と他の物の音とを区別できる
人間に対する反応と物体に対する反応の違いは生後数週間以内になるといわれている¹¹⁾が、生後2日目の新生児でも人間の声と物体の音とを区別できることが、私達の研究によって示された。この事実は、他の多くの研究と同様に、出生後早期から母児の接触が大切であることを示している。新生児期から母親と母親以外の看護婦や医者を区別できるかどうかは、今後の研究によらねばならないが、新生児期から赤ちゃんを人間として扱わなければならないゆえんである。

③ 両親と児の相互関係
新生児は周囲の人に何かして欲しいと感じた時にそれを表現し、その表現を周囲の人は敏感にとらえ、新生児に働きかけ、それに対して新生児が反応するところに相互関係が成立する¹²⁾。この相互関係がコンピューター分析で生後2日目の新生児でも証明された。出生直後より新生児を家族の一員として迎えることが大切と考え、母児同室制や或いは、産院をホテル形式にして家族を住ませる計画¹³⁾の良い点が理解できる。

④ 言語の発達
人間の音声と新生児の体動が同期を示すことは、乳児が自分で言語を話せるようになる以前に、何回も何回も

複雑な社会生物学的なエントレインメントをおこし、自分の文化圏の言語を学んでいくことになる。新生児の時期から自分の内部に存在する遺伝情報と、外部に存在する言語体系との間の連絡を取りつつ、自己の遺伝情報に肉付けを行ないながら言語を吸収していくと考えることは非常に興味深い。本研究は言語の学習能力、学習過程を研究するのに新しいアプローチのしかたを提供するものとなる。

⑤ 同期を示す現象

哺乳動物は日周期リズムをもって生活しているが、その生体時計は、生後1度も明暗の交代をしなくても形成されるといわれている¹⁴⁾。そしてその生体時計が形成されるのに、母親が重要な役割を果たしていることが明らかになってきている¹⁵⁾。妊婦の胎内にいる胎児は、妊婦が昼と夜の区別をするのと同じように、昼と夜の区別をしている¹⁶⁾。この区別が出生直後より不明瞭になり、授乳時間以外の大部分の時間を新生児は寝て過ごすようになる。これが生後2ヵ月前後で、夜に主に寝て昼に主に起きてようになるのは、母親との接触が大切だといわれている¹⁷⁾。昼間母親が起きている時に主に赤ちゃんの世話をし、母親と赤ちゃんとの相互関係が昼間に主にでき、夜は休んでいることが多いと、本来赤ちゃんに備わっている昼夜を区別する能力がびき出されると考える。即ち、母親の生体時計に赤ちゃんが同期する訳である。この同期をつかさどる現象の脳内の中枢核として視交叉上核(SCN)や視床下部腹内側核(VMH)があげられている¹⁸⁾。従ってこのSCNやVMHが、乳児と母親との相互関係、エントレインメントを生じさせるのに重要な役割を果たしているかもしれない。

⑥ 反応時間

人間の指や手に電気刺激を与え、その回数を数えるよう被検者に指示を与えると、刺激時点から0.3秒の潜時で脳波上大きく反応する誘発電位が得られる。又、人間に手や指を動かすよう指示を与え、この手指の運動開始時点を基準にして、脳波を逆行性に加算を行なうと、脳波の中に0.8秒ほど前から少しずつ電位活動が高まっていくのが観察される¹⁹⁾。即ち、刺激が与えられてから $0.3+0.8=1.1$ 秒前後で反応して手や指を動かす訳であるが、私達の研究でもこの時間が成人で0.7~1.8秒、新生児で0.9~2.2秒という結果がでており、他の研究とも一致すると考えられる。

⑦ 疾病の早期発見

自閉症、失語症、精神分裂病患者等では今まで述べた母児の相互関係やエントレインメントは生じにくいといわれている²⁰⁾。私達のコンピューター分析の手法を用い

て、これらの疾病の早期発見も可能となるかもしれない。

今後、新生児が注意を集中している状態かどうか観察しながら、症例数を増やし、テープレコーダーに吹き込んだ母親の声、母親以外の女性の声（看護婦等）男性の声（父親等）等についても調べ、新生児の男女差、低出生体重児、乳児の月齢による変化等も調査していきたい。

VI ま と め

生後2日目～1カ月目の新生児も、人間の音声と他の雑音とを区別でき、人間の声に反応して体動を生じたり、エントレインメントを起こすことが判明した。その体動を周囲の人（母親等）が見て、それに反応して声をかけることもあり、すでに生後2日目の新生児でも、母児の相互関係が密接にあることが判明した。

本研究の要旨は第84回日本小児科学会にて発表した。

なお本研究の研究費は厚生省母子相互作用研究班の研究費とカルピス三島財団研究費による。

文 献

- 1) 小林登：新生児期の母子関係、育児学の理論体系を求めて、周産期医学，8(1)：6～12，1978。
- 2) Brazelton T. B.: The parent-infant attachment. Clin. Obst. Gyn. 19 (2): 373-389, 1976.
- 3) Helping mothers to love their babies. Brit. Med. J. 3: 595-596, 1977.
- 4) Newman L. F. et al: Early human interaction: Mother and Child. Prim. Care, 3 (3): 491-505, 1976.
- 5) de Chateau P. et al: Long-term effect on mother-infant behaviour of extra contact during the first hour post partum I. First observations at 36 hours. Acta Paediatr. Scand. 66: 137-143, 1977.
- 6) Sosa R. et al: The effect of early mother-infant contact on breast feeding, infection and growth. Ciba Found Symp. 45: 179-193, 1976.
- 7) de Chateau P. et al: Long-term effect on mother-infant behaviour of extra contact during the first hour post partum II. A follow-up at three months. Acta Paediatr. Scand. 66: 145-151, 1977.
- 8) Condon W. S. et al: Neonate movement is synchronized with adult speech: interactional participation and language acquisition. Science, 183: 99-101, 1974.
- 9) 加藤忠明，他：母親の言語に対する新生児、乳児の反応にみられるエントレインメント現象のコンピューター分析による研究，第1報，日本総合愛育研究所紀要，第16集，57～59，1980。
- 10) Condon W. S. et al: Sound film analysis of normal and pathological behavior patterns. J. Nerv. Ment. Dis. 143 (4): 338-347, 1966.
- 11) Brazelton T. B.: The infant as a focus for family reciprocity. from: The child and its family edited by Michael Lewis et al, Plenum Publishing Corporation: 29-43, 1979.
- 12) Thoman E. B.: How a rejecting baby affects mother-infant synchrony. A Ciba Found Symp. Parent-Infant.: 177-191, 1975.
- 13) Annexton M.: Parent-infant bonding sought in birthing centers Jama, 240 (9): 823, 1978.
- 14) Deguchi T.: Circadian rhythms of enzyme and running activity under ultradian lighting schedule. Am. J. Physiol. 232: E375-E381, 1977.
- 15) 出口武夫：松果体の生体時計機能，脳の統御機能1，生体リズム，医歯薬出版，第1版：61～79，1978。
- 16) Mac Farlane J. A.: The psychology of child-birth. Cambridge. Massachusetts: Harvard University Press, 1977.
- 17) Klaus M. H. et al: Maternal-infant bonding. St Louis: The C. V. Mosby Company. 1976.
- 18) 入沢宏，他：研究のストラテジー，脳の統御機能1生体リズム，医歯薬出版，第1版：1～11，1978。
- 19) 竹下研三：ヒト脳の機能と臨床神経生理学，脳と発達，13(4)：2，1981。
- 20) Condon W. S. et al: in Schizophrenia: Current concepts and research. D. V. Siva Sankar Ed. (P. J. D. Hickville, N. Y.) 812-837, 1971.