

胎児をとりまく音環境*

志村洋子**・ 山内逸郎***・ 福原博篤****
(埼玉大学)(国立岡山病院)(国立音楽大学)

胎児をとりまく音環境は、母体子宮内音と外部から伝搬された音から構成されていると考えられている。

胎児の聴覚器官は、出生前の約13週頃には既に形態学的に成熟したものであることが報告され¹⁾、出生予定日の3ヶ月前の胎児が、外部からの音に対してさまざまに反応することも明らかにされており²⁾³⁾、胎児の状態の評価にも活用されている。また、新生児には出生後のしばらくの間、胎内音(子宮内動・静脈血流音)による鎮静効果が認められることから⁴⁾、胎内音を記憶していると考えられている。

このように、胎児期からの聴覚能力の発現が知られてからは、胎内すなわち子宮の内因的な音環境についての研究が進み、さらには胎外から伝搬する外因的な音環境についても探究する研究が行われている⁵⁾。

ところで、母親と新生児・早期乳児の相互作用(interaction)の研究が進む中で、母児間の音声を通しての交流が、児の発達にとって大きな意味を持つことが明らかになってきている⁶⁾⁷⁾。また、出生直後の新生児は男性より女性の音声を好み、とりわけ母親の音声を偏好する傾向があることも報告されている⁸⁾。

これらのことは、児が出生以前に胎内において、胎外からの音や音声を聞いている可能性を示すものであり、かつ、胎内へ音声がかなりの明瞭さで伝搬していることを示していると考えられる。

本稿では、人間の最も安住の地であり、そして根源的音環境ともいえる胎内そのものの音環境、ならびに胎内への音の伝搬を中心に考察し、現在注目され過ぎてきている「胎教」の音響的な意義についても考えてみたい。

1. 胎内の音環境

胎児のいる子宮内の音響環境については、先駆的な研究として室岡による子宮内音の録音とその分析があげられる⁹⁾。

室岡は、陣痛をつけるためのゴム製 bougie の先端に超小型のマイクロフォンを取りつけて子宮内音の録音を行っている(図-1)。

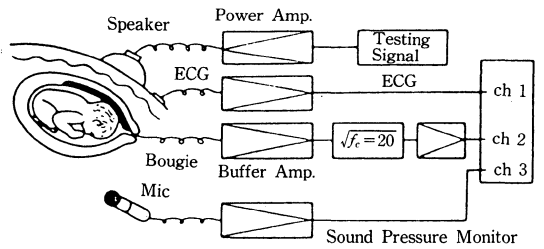


図-1 実験のブロックダイアグラム
(室岡, 1982, 臨床婦人科産科, Vol. 36, No. 11)

その結果胎内音は、図-2に示されるような低音域の周波数成分が優勢な拍動性のもので、これらの音の主要素は、母体の子宮体に密接している大動脈からの音振動であり、その他、子宮動脈、胎盤・臍帯の血流音、胎児自身の心拍音も含まれていると報告している。さらに、母体の大動脈からの拍動は、著しい低周波数の振動、すなわち「ゆれ」であり、

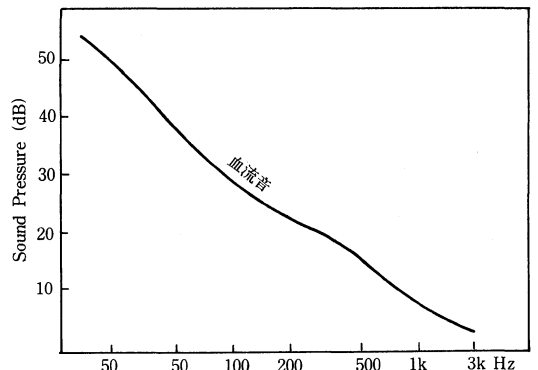


図-2 子宮内音の周波数スペクトラム
(室岡, 1982, 臨床婦人科産科, Vol. 36, No. 11)

* Sound Environment Surrounding the Fetus
** Yoko Shimura (Saitama University)
*** Itsuro Yamanouchi (Okayama National Hospital)
**** Hiroatsu Fukuhara (Kunitachi College of Music)

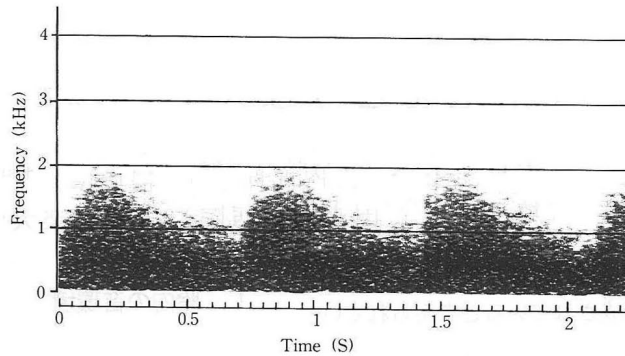


図-3 子宮内動脈血流音のソナグラム
(本図は、室岡による胎内音レコードを筆者がソナグラフィした)

「胎児は常時拍動性のゆれの環境下におかれている¹⁰⁾」と室岡は結論づけている。

この録音された胎内音には、泣いている新生児に鎮静効果が認められ、病院内の新生児室等での臨床にも、また現在ではレコードや乳用児用品(ぬいぐるみの中にエンドステープが挿入されているもの)としても一般的になってきている。

新生児への鎮静効果について佐々木¹¹⁾は、子宮内音・スランパートーン・超音波ドプラ母体大動脈性信号・成人心音及びメトロノーム音の5種類の音を新生児に提示し、その反応をみる実験を行っている。その結果、メトロノーム音・成人心音以外の3種類の音には鎮静作用が認められると報告している。

このようにみえてくると、図-3に示したような規則的な雑音ともいえる胎内音は、新生児が慣れた音環境として体得しており、出生後の鎮静作用はそれを求める本能によってもたらされると考えられている。しかし、子宮内での胎児の成長・発達に伴い、児の聴覚能力の整備・向上とともに耳そのものが母体腹壁近傍に近づき、さらには密着するようになる。つまり、児の成長とともに、胎外の音を予想以上に明瞭に聞いている可能性が高くなると考えられ、片耳では外界音を、もう一方の耳では胎内音を聞く、というような音響環境が想定できるのである。

胎児の両耳が羊水に浸った状態、さらには血流音等の内因性の音のみが音環境である状態とは異なり、児は胎外からの音響的に variety に富んだ音を聞いて成長・発達していくと思われる。

2. 胎内への音の伝搬

胎内の音環境を構成する要素には、前項でみた子宮内血流音などの他に、胎外から伝搬する音があげられる。この伝搬する音を利用して、産科領域の臨床では、胎児の well-being の診断の中で、胎外か

らの音・振動刺激に対する児の fetal heart rate の変動に関連して判定するテストが行われている。

このような胎外からの音に対する児の反応をみる方法は、古くは1925年に Peiper ら¹²⁾ によって報告され、その後 Sontag ら¹³⁾、Dwornick ら¹⁴⁾、Grimwade ら¹⁵⁾ によって、ある種の振動性刺激に対し胎児の心拍数が増加すること、音刺激が胎児の胎動と心拍数を増加させること、等が見い出され実証されている。

しかしながら上述した診断に使われる音刺激となる音源は、例えば 120dB, 1,220Hz の音を 1sec.あるいは 74dB, 75Hz の音を 3sec.とといった機械的なものであり、人の音声や音楽というような、胎児が日常聞くであろう可能性のある音で反応がみられているわけではない。その意味で、胎内に人声や音楽がどのように伝搬しているのか、さらにはそれらの伝搬が音響学的にどのような様相であるのかは、興味の持たれる所である。

伝搬の様相を知る先駆的研究に、山内が行ったヒト胃中及びサル子宮内を使用した伝搬音測定実験及びその音響分析があげられる¹⁶⁾。山内は、成人男子の胃、アカゲザル・ニホンザルの妊娠子宮内にエレクトレットコンデンサマイクロホンを挿入し、被験者自身の音声、テレビ・レコードからの音・音楽、ブザー音の伝搬を調べ、環境の中でのあらゆる音響は胎内に到達しており、音色・音量共に高域減衰により、変化・減少が生じると結論している(図-4)。

この山内の研究に端を発して、筆者らはさらに伝搬の本質を調べるために、同様の実験を行った¹⁷⁾。我々は medical ethics をおかす恐れが全くない研究者自身の胃を使用して、妊娠子宮にみためで行った。実験の目的は、1) 環境音が体外から皮膚を通過して胃内に伝搬されるとき、音響学的にどのよう

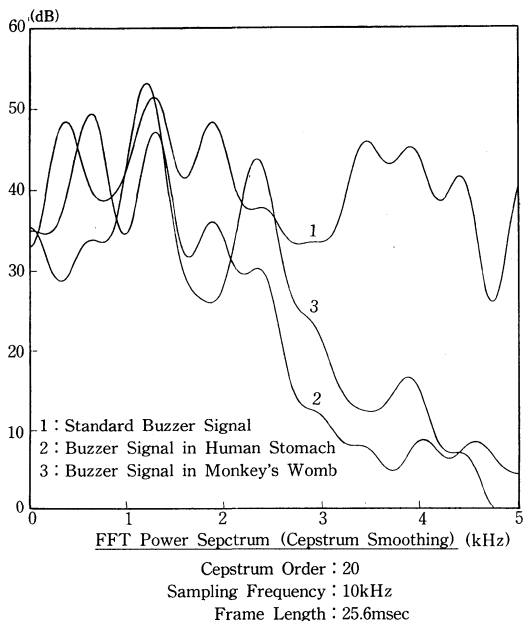


図-4 胃中及びサル子宮内へのブザー音の伝搬 (山内, 1982, 臨床婦人科産科, Vol. 36, No. 2)

な変化がみられるか、2) 被験者が発声した音声 が直接胃内に伝搬される時、音響学的にどのような変化がみられるか、の2点である。

実験の方法は、半自由音場とみなせる室内に被験者を位置させ、超小型エレクトレットコンデンサマイクロホン2本(ほぼ同一感度とみなせるもの)を、1本は体外近傍に置き、もう1本は胃内に挿入して行った(図-5)。なお実験時には羊水量とほぼ同容量約400ccの水を飲んで行った。

まず環境音として、被験者から1.5m離れた位置にスピーカを置きピンクノイズを発生させ、体外及び胃内で同時に録音した。音の入射方向は、立位、座位、背臥位でそれぞれ、矢状方向・前額右左・前額左右方向である。これらの録音は、FFT分析器

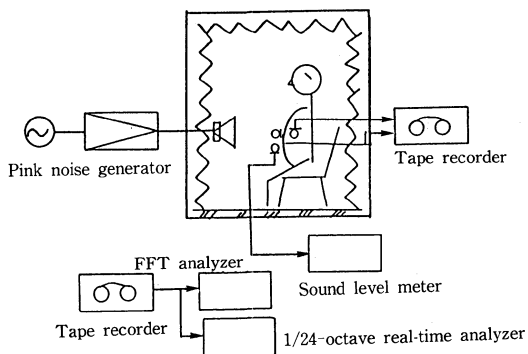


図-5 実験のための測定システムの構成

で各々のフーリエスペクトルを演算し、二本のマイクロホンで得られた音圧レベルの差を算出した。

次に、被験者が発声した音声(自己発声音)について、胃内及び口唇前方約20cmにマイクロホンをセットし、日本語5母音、台詞、及び歌唱を同時に録音した。録音はFFT分析器及び $1/24$ オクターブ実時間分析器でスペクトル分析を行い、各々のマイクロホン出力の音圧レベルの比較を行った。

図-6は実験に使用したマイクロホンの周波数特性を示したものである。

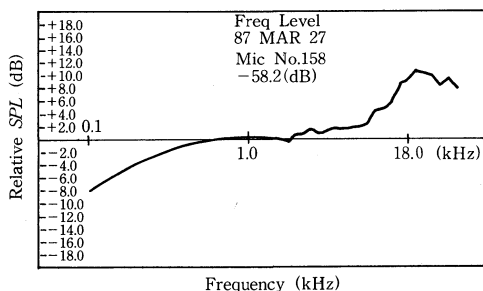


図-6 エレクトレットマイクロホンの周波数特性

実験の結果は以下の通りであった。

まず、環境音としてのピンクノイズの胃内への伝搬には2KHz~3KHzの周波数範囲で、胃泡に起因すると思われる共鳴のピークが出現した。この共鳴周波数とみられる帯域での体内外の音圧レベルの違いを検出してみると、立位・座位のいずれの状態でも矢状方向及び前額方向左から右への入射において、図-7、図-8が示すように、レベル差が小さいかまたは胃内の方が大きくなる結果であった。つまり体の位置や姿勢で伝搬の様相が変化するといえ、これは体内臓器位置と関係するものと考えられる。

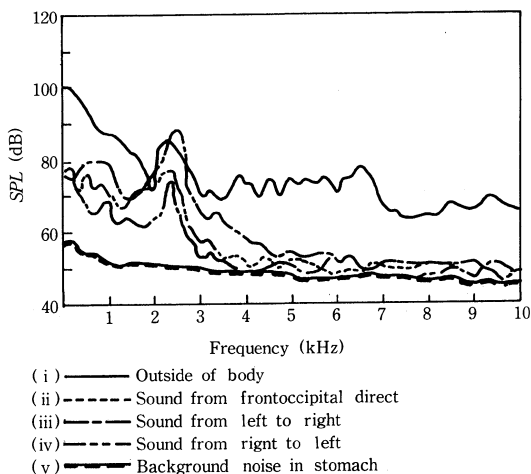


図-7 立位

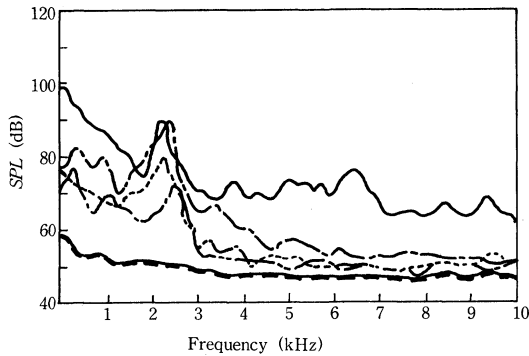


図-8 坐位

また、胃の共鳴と思われる周波数帯域以上（約3KHz以上）では、体内の音圧レベルは約20dBの減衰がみられた。胃の共鳴周波数と思われるものは被験者により異なっており、これは胃の大きさ、胃内容の量などに関係すると思われる。さらに胃内の気泡による共鳴は、子宮内では見られないものと思われる。今後気泡をぬいた実験を重ねることによって、より伝搬の様相が明確になろう。

次に、自己発声音の伝搬についてみると、呼吸・吸気いずれの場合でも、母音の第1・第2ホルマント付近の周波数までは体内外の音圧レベルの差はほとんどみられなかった。ピッチ周波数や、口腔全体が影響する第1ホルマント付近までの低周波数域においても、音圧レベルの差はなかった。しかし、第3ホルマントとその周辺の3KHz～5KHzの帯域では、差が顕著に現われている。また、台詞・歌などの長時間の平均スペクトルを見ると、3KHz以下の中低域周波数では胃内の方がその音圧レベルが大きい傾向がみられた（図-9）。

このように、被験者の音声の特徴的な周波数は環境音よりも大きなエネルギーで胃内に伝搬しており、

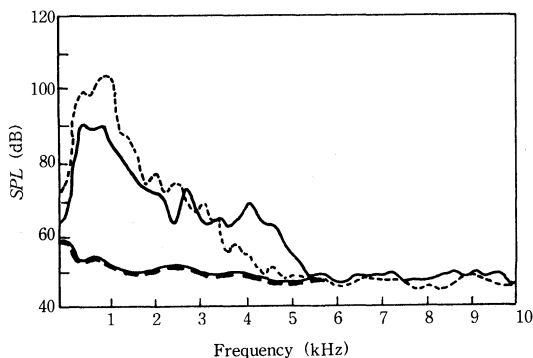


図-9 子守歌歌唱時

それはとりわけ低・中域の周波数で顕著なことがわかった。これは空気伝搬音というよりも、それぞれの周波数が振動として伝搬しているの、妊婦であれば胎児への音伝達の大きな要素と考えられる。

また、胃内の暗騒音の測定結果から、胎内音の主要因である血流音様なものは測定できず、マイクロホンを抜く際、心臓に近い部分を通過するときに捕捉した血流音は、胃内の暗騒音より音圧として低いものであった。

以上の結果は胃を子宮にみたてた実験によるものであったが、胎児が血行性の胎内音よりも、母親の音声に、そして外界の環境音、会話音声、母親の活動音及び振動等にとりまかれ、これらを最も大きな音環境としていることが推察できる。

3. おわりに

胎児のいる子宮内は、母親の自己発声音や血流音ばかりでなく腸内雑音やせき・くしゃみなどの音も入り、かつ外界からの音も明瞭に入ってくる、豊かな音響環境ということが出来る。

胎児が外界の音を聞いていることが一般的になったことで、古くから伝えられてきた「胎教」が一躍脚光をあびるようになってきた。昔からの胎教の意義「母親が快い雰囲気の中にいることで胎児の成長及び胎内環境も良好になる」といったものではなく、早期教育をめざすものになりつつある。絵カードなどを示しながら、その内容をお腹に語りかけるメソッド、胎児向けコンサート、名曲カセットテープと枚挙にいとまがない。

これらは「教える」、「教育」の色あいが濃く、また科学的装いをこらしてあり、現代の母親の心を強く捕らえるようである。しかし、前項までみてきたように母親自身の音声はひずみ、胎内へはプロソディ要素は伝わるものの子音は不明瞭で、胎児への「説明」の内容の伝搬は期待できない。また、語りかけ用の筒（日本ばかりでなくCaliforniaのperinatal Universityでも使用されている）等を使って腹壁近くで話しても、体内伝搬のエネルギーが大きいため、明瞭度は変わらない。つまり、「胎教」は教育的意味あいよりもむしろ「胎響」としての意味のまさるものなのである。

このように、胎教の教育的意義について、その効果がまったく検証されていない現在、胎児をとりまく音環境の様相への正しい認識が最も必要とされるものである。

最後にここで強調したいことは、出生後、児が母の音声のイントネーションに反応することからわかるように、胎内において児は、すでに聴覚を通し

て母子関係をむすんでいくことである。つまり母親の音声は、胎児をとりまく音環境の主要素といえ、根源的音環境というべきものであることを示していると考えられる。

参 考 文 献

- 1) S.K. Boshier: Morphological and functional changes in the cochlea associated with the inception of hearing. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 37, (1975).
- 2) L.W. Sontag. and R.F. Wallace: Changes in the rate of the human fetal heart in response to vibratory Stimuli. *Am. J. Dis. Child.*, 51, (1936).
- 3) D. Querleu, X. Renard and G. Crepin: Perception auditive et reactivite foetale aux stimulations sonores. *J. Gyn. Obst. Biol. Reprod.*, 10, (1981).
- 4) H. Murooka et al: Analyse des sons intra-utérins et leurs effets tranquillisants sur le nouveau-né. *F. Gyn. Obst. Biol. Repr.*, 5, (1976).
- 5) 山内逸郎: 子の母への絆とその起源, 臨床婦人科産科, Vol. 36, No.11 (1982).
- 6) A. J. Decasper and M. T. Spouce: Prenatal Maternal Speech Influences Newborns' Perception of Speech Sounds. *Infant Behavior and Development*, 9, (1986).
- 7) 志村洋子: 母子相互作用における音環境としてのマザリーズと乳児の音声行動の関連, 音声言語医学, Vol. 28, No. 3 (1987).
- 8) A. J. Decasper and W. P. Fifer: Of human bonding: Newborn prefer their mother's voices., *Science*, 208, (1980).
- 9) 室岡一: ママのおなかの子守歌, 東芝EMI, TW80001, (1967).
- 10) 室岡一: 音の環境をめぐる親子の関係づけ, 臨床婦人科産科, Vol. 36, No.11 (1982).
- 11) 佐々木毅: 子宮内音響による新生児の behavioral state の変化に関する研究, 日本新生児学会雑誌, Vol. 14, No. 3 (1978).
- 12) A. Peiper: Sinnesempfindungen der Kindes vor seiner Geburt. *Monatsschr Kinderheilkd*, 29, (1925).
- 13) 2)と同一書
- 14) B. Dwornicka et al: Attempt of determining the fetal reaction to acoustic stimulation. *Acta Otolaryngol*, 57, (1963).
- 15) J. Grimwade et al: Human fetal heart rate change and movement in response to sound vibration. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 109, (1971).
- 16) 5)と同一書
- 17) H. Fukuhara, Y. Shimura, I. Yamanouchi: The Transmission of Ambient Noise and Self-generated Sound into the Human Body. (ASJ.に投稿中)