

## 拍間隔の変動性が乳児の関心に与える影響

\*<sup>1</sup>三谷知里 \*<sup>2</sup>中田隆行

### 概要

拍間隔の変動性と親近性（前半の5試行と後半の5試行）が乳児の音列に対する関心に与える影響を比較した結果、生後6～8ヶ月児は試行後半に不規則テンポよりも規則的テンポに対してより高い関心を示すことが明らかになった。対照的に、生後9～11ヶ月児の刺激音に対する関心は音列の変動性のタイプの影響を受けず、試行前半から試行後半にかけて減少した。テンポの規則性は、生後6～8ヶ月の乳児にとって生態学的に重要な特性であると示唆される。

## Temporal Fluctuation and Infant Attention

\*<sup>1</sup>Chisato Mitani \*<sup>2</sup>Takayuki Nakata

### Abstract

We examined infants' attention to sound sequences as a function of their regularity of timing and their relative familiarity (first five trials and last five trials). We measured infants' attention to the regular and irregular sequences using a preferential looking (listening) procedure. Infants 6-8 months of age listened longer to the regular sound sequences, but only during the last five trials. Infants 9-11 months of age did not show evidence of differential listening on the basis of sequence regularity, but their attention waned from early to later. Results suggest that regular tempo may be ecologically more relevant information for 6-8 month-olds than 9-11 month-olds.

我々の周りの音響環境の特性として、明確な音のはじまり、リズムの再認、特徴のあるテンポ、そして法則に従った音の終わりなどが挙げられる (Large & Jones, 1999)。このような音響的な出来事は、次の音がいつ生起するかという予測性の程度によって解釈することができる (Jones, 1990)。例えば、気持ちの落ち着く子守り歌は予測性の高い事象であり、突然の発声は予測性の低い事象と理解することができるだろう。

人間の行動のほとんどはリズムによって組織されており、知覚された刺激の評価にリズムは大きく貢献している (Pomerantz & Lockhead, 1991)。リズム知覚能力は乳児においてもすでに非常に高い水準にあり、

乳児は、短いトーンの間隔の12 msecの小さなズレ (Trehub, Schneider, & Henderson, 1995) や長さの変化など短時間に起こる音列の小さな変化を知覚する能力を持っている (Morrongiello & Trehub, 1987)。

また生後2～4ヶ月児は、音列の全体的な変化を判別することもでき、拍間隔(101)が600 msecで一定のテンポからの15%のテンポの変化を判別することができる。また、乳児は音列をテンポの近似性の特性に基づいて処理する傾向を示すことも明らかになっている (Demany, McKenzie, & Vurpillot, 1977; Fraisse, 1982; Trehub & Thorpe, 1989) が、HannonとTrehub (Hannon & Trehub, in press) は拍子構造の

\*<sup>1</sup> 長崎純心大学大学院人間文化研究科人間文化専攻

Nagasaki Junshin Catholic University, Graduate Course in Humanistic Studies

\*<sup>2</sup> 長崎純心大学人文学部児童保育科

Nagasaki Junshin Catholic University, Faculty of letters, Department of Child Studies

知覚は生後6ヶ月の段階ではまだ確立されていない可能性を示す研究結果を発表した。北米の成人は親近性が高い単純な拍子のパターン(2+2+2+2)から逸脱したパターンは認識できるが、親近性の低い複雑な(2+2+3または3+2+2)拍子のパターンから逸脱したパターンは認識できなかった。それに対して、これらの単純な拍子と複雑な拍子の両方に慣れ親しんでいるブルガリアまたはマセドニア出身の成人は、どちらの拍子のパターンからの逸脱についても正しく認識することができたのである。興味深いことに、音楽的な経験の少ない、つまりどちらの拍子に対しても親近性が低い生後6ヶ月児は、どちらの拍子のパターンのズレも判別することができた。乳児の拍子構造の知覚が生後6ヶ月の段階ではまだ確立されていないのは、乳児のテンポのプロセス能力が必ずしも成人よりも劣っているからではなく、テンポの知覚プロセスは発達過程における経験的・生理的要因の影響を受けるからかもしれない。

対乳児発話が対成人発話よりもより強く乳児の関心を引きつけることは、多くの研究で示されている(Cooper & Aslin, 1990; Fernald, 1985; Kaplan, Goldstein, Huckeby, Owren, & Cooper, 1995; Pegg, Werker, & McLeod, 1992; Werker, Pegg, & McLeod, 1994)。対乳児発話が乳児の関心を引きつける理由として、音の高さの輪郭の変化がなだらかで音楽におけるメロディーに類似する、テンポがゆっくりとしている、そして繰り返しが多い、などの音響的な特色が目立ってきた。つまり、対乳児発話と対乳児歌唱の音響的同質性が強調され、これらの「音楽的」特徴が乳児の関心を引きつけると説明づけられてきたのである。

FernaldとKuhl(1987)は、発話に含まれるピッチ、音圧、そして時間的情報(つまりリズム)について注目し、対乳児発話と対成人発話からピッチの情報

音圧情報、そして時間的情報を抽出し、それぞれの条件においての乳児の対乳児発話と対成人発話に対する注目時間を比較した。生後4ヶ月児は、ピッチの情報の条件では、対成人発話よりも対乳児発話を好んで聴いたが、音圧情報と時間的情報の条件では、対成人発話と対乳児発話に対する注目時間に差は見られなかった。しかしながら、FernaldとKuhlの実験では時間的情報はピッチ条件、音圧条件においても保持されていることから、ピッチ条件ではピッチとリズムの相乗作用を検証していたと考えられる。ピッチの情報のみを用いた、ColomboとHorowitz(1986)の研究では、生後4ヶ月の乳児が対成人発話と比較して対乳児発話に対してより高い注目を示すという傾向は確認されなかった。

乳児に対する遊び言葉に代表される対乳児発話は、

乳児の関心を引いたり乳児の関心の対象を変化させたりするために使われることが多いのに対し、歌は乳児を落ち着かせ、覚醒レベルを調節するために歌われることが多い。最近では、新生児集中治療室で危険なレベルに達している乳児の高い覚醒度を低下させるために乳児に対して歌いかけるプログラムの成功が報告されている(Cassidy & Standley, 1995)。母親の歌いかけには、健康で、危険なレベルには達していない乳児の覚醒度を調節する役割もある(Shenfield, Trehub, & Nakata, 2003)。また、発話は乳児の覚醒度を調整する効果は確かにある(Fernald, 1991)が、母親の歌によるこの効果はより長い時間持続することが明らかになっている(Shenfield, Trehub, & Nakata, 2002)。

乳児のリズムに対する指向性についての基礎的な研究は少ないが、リズムの変動性が乳児の注視時間に与える影響は大きいことが対乳児発話と対乳児歌唱に対する乳児の関心を比較したNakataとTrehub(Nakata & Trehub, in press)の研究から推測される。NakataとTrehubは、ビデオに録画された母親のイメージと音声を用いて生後6ヶ月児の対乳児発話と対乳児歌唱に対する関心を比較した。各条件での乳児のモニターに対する注視時間を比較した結果、乳児は対乳児発話よりも対乳児歌唱に対してより強く関心を示すことが明らかになった。歌唱の効果の一部は歌の中のテンポの規則性によるものかもしれない。事実、対乳児発話と比較して、対乳児歌唱の音響的特性はピッチだけではなく、テンポとリズムにおいても比較的似通っている(Bergeson & Trehub, 2002)。

DrakeとBertrand(Drake & Bertrand, 2001)は、音列を一定のテンポとして知覚する傾向は普遍的であると提案しており、Jonesらの(Drake, Jones, & Baruch, 2000; Jones, 1976, 1987; Large & Jones, 1999) Dynamic Attending 理論は、DrakeとBertrandの主張の理論的説明を提供している。テンポについてのプロセスは内的振幅と外的事象のリズムの同期によってもたらされるとDynamic Attending 理論は説明している。また、意味のあるリズムパターンに注目しているときに、人は自分自身の内的振幅を調節して外的事象のリズムに適合しようとする Dynamic Attending 理論の一部であるentrainment hypothesisは予測する。内的振幅は単一周期の自発的なプロセスであり、これによってリズムの周期が予測され、その周期の変動性が低い場合には、人は次の事象についての期待を生成することができる。そのように予測性の高い状況においては、人は外的事象のリズムに容易に注意できるばかりでなく、高い精度で同期することができる。対照的に、音列が不規則であり多くの音が目立たない時間に生起する場合には、人は内的振幅の周期を素早く組み替えなければならないので、

外的事象のリズムに同期するためにはより多くの注目エネルギーを必要とする。それ故に、不規則なリズムパターンに対してのentrainmentプロセスはより困難である。言い換えると、拍間隔に非常に大きな幅のある音列に対しては、内的振幅システムの中にはアトラクタは存在しないので安定した注目の状態を保つことは不可能になるのである。NakataとTrehubの研究では、歌唱のテンポ構造は、発話のテンポ構造よりも規則的であるために、乳児は発話よりも歌唱に対してより長い時間注目を維持したのかもしれない。つまり、テンポの規則性の程度は乳児の注目を説明する音響的特性の1つである可能性がある。

本研究では生後6～8ヶ月と生後9～11ヶ月の乳児を対象として、拍間隔が一定の規則的テンポと拍間隔が変動する不規則テンポに対する関心を選好注視法により比較した。運動機能発達に関する研究からも、規則性は生後9～11ヶ月児よりも6～8ヶ月児にとってより重要である(Thelen, 1981)ことが示唆されている。音響的環境における規則性も、生後9～11ヶ月児よりも生後6～8ヶ月児にとってより重要な特性であると予測されるため、生後9～11ヶ月児と比較し生後6～8ヶ月児は不規則テンポよりも規則的テンポに対して馴化がより遅いと予測した。また、一定の音列に対する指向性は親近性の効果の減少または消滅する後半の試行のみに現れると予測した。

## 方法

### 対象乳児

対象乳児は、長崎市もしくは長崎市周辺に住む生後6～8ヶ月の乳児17名(平均日齢224日 範囲195日～253日 男児7名、女児10名)と、生後9～11ヶ月の乳児15名(平均日齢307日 範囲275～348日 男児11名、女児13名)とした。生育歴に聴覚に障害がないこと、また家族にも聴覚に障害がないこと、それぞれの実験日から3日以前に病気がかかっていないことを実験参加の条件とした。分析には、実験中に泣き出した乳児(1名)、コンピュータ画面に注目しなかった乳児(11名)を除外した。

### 実験装置

iBook(12.1-inch)を用い、視覚刺激と聴覚刺激を提示した。刺激音はコンピュータを介し、コンピュータに接続したマルチメディア・スピーカー(Panasonic EAB-MPC301-S)より提示した。刺激音の開始は実験者が操作し、本実験用に作成されたプログラムが実験者のキーボード操作による乳児の注視行動を元に刺激音の終了を制御した。実験者の正面に設置された台やコンピュータのキーボード部分は、乳児の関心が向かないよう白い紙で覆った。

### 刺激音

長さが30 secの規則的テンポと不規則テンポは、高さ805 Hz、長さ100 msecの木琴に類似した音源を元に音声解析ソフトPraat(Boersma & Weenink, 2002)によって作成した。規則的テンポの拍間隔は204 msecとし、不規則テンポは範囲が190～236 msecで単位が3.1 msecの離散一様分布から拍間隔を無作為に抽出することによって作成し、平均は204 msec、標準偏差は39 msecであった。音圧は、70dbに設定した。

### 手続き

乳児の刺激音に対する関心は、ターゲット刺激に対する乳児の注視行動によって測定した。周囲に他の乳児がいない静かな部屋に実験者と乳児、乳児をひざに抱いた保育士(家庭の場合は母親)が入室した。乳児を抱いた保育士(母親)から120 cm離れた正面に実験者が座り、コンピュータは乳児の左側面45°で90 cm離れた位置に設置した。実験者は手元に置かれたキーボードによって試行開始時の刺激音の提示と注視行動の記録のためのキーボード操作を行った。

実験の試行開始は、実験者がぬいぐるみで乳児の注意を正面方向にひき、乳児が実験者の方向に注目すると実験者のキーボード操作によりコンピュータ画面全体に赤色と黒色を1/3 secごとに点滅させた。乳児が点滅しているコンピュータ画面に注目すると、実験者の操作により刺激音が提示され、コンピュータ画面にはターゲットとなる赤い正方形が白地の背景に現れた。乳児が目を反らすと実験者はキーボードを操作し、乳児の注視時間はプログラムによって記録された。乳児が2 sec以上目をそらすか刺激音がサンプルの最後まで流れると、刺激音とコンピュータ画面のターゲットは消えた。そして5 sec後、赤色と黒色の点滅画面によって次の試行が再び開始された。刺激音は、規則的テンポと不規則テンポがそれぞれ10試行ずつ繰り返された。刺激音の提示は、学習の効果を避けるため、同じテンポが3回以上連続しないことを条件にランダムに提示した。

## 結果

性別と最初に提示された刺激音のタイプについては、規則的テンポと不規則テンポに対する注視時間に有意な効果は確認されなかったため、これらの2つの変数は、解析からは除外した。

混合計画の分散分析により、拍間隔のタイプ(規則的テンポと不規則テンポ)と時間(試行前半と試行後半)が注視時間に与える影響について、生後6～8ヶ月児のグループと生後9～11ヶ月児のグループに対して独立した分析を行った。生後6～8ヶ月児群では、拍間隔のタイプと時間の交互作用が見られた(図1参照)  $F(1,6) = 4.67, p < .05, \eta^2 = .23$ 。下位検定より、試行前

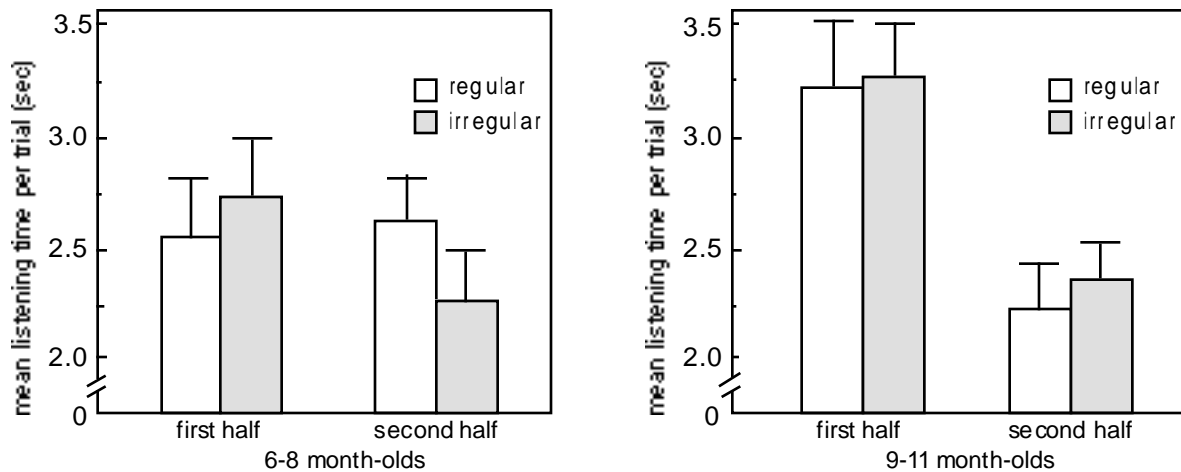


Figure 1. Mean listening times (and standard errors of the mean) for regular and irregular sound sequences across the first five and second five trials for 6-8 month-olds (left panel) and 9-11 month-olds (right panel).

半では規則的テンポ ( $M = 2.54$  sec,  $SD = 1.04$ ) と不規則テンポ ( $M = 2.73$  sec,  $SD = 1.51$ ) に対する生後6~8ヶ月児の注視時間に有意な差は見られなかったが ( $t(16) = 0.83$ ,  $p > .05$ )、試行後半においては不規則テンポ ( $M = 2.28$  sec,  $SD = 0.69$ ) よりも規則的テンポ ( $M = 2.64$  sec,  $SD = 0.86$ ) に対して有意に長く注目したことが明らかになった、 $t(16) = 3.76$ ,  $p < 0.01$ 。生後9~11ヶ月児では、拍間隔のタイプの主効果も拍間隔のタイプと時間の交互作用も見いだされなかったが、時間の主効果が確認され、9~11ヶ月児の刺激音に対する注視時間の施行ごとの平均は試行前半の3.20 sec ( $SD = 1.13$ ) から試行後半の2.28 sec ( $SD = 0.75$ ) まで有意に下がったことが明らかになった ( $F(1, 14) = 12.90$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .69$ )。

### 考察

本研究では、規則的テンポと不規則テンポに対する乳児の注目を検証した。テンポの規則性の程度は乳児の注目を説明する音響的特性の1つである。Dynamic Attending理論から規則的なテンポに対する関心は不規則テンポに対する関心よりも高い可能性が考えられることから、乳児は不規則テンポよりも規則的テンポに対してより継続した関心を示すと予測した。また、乳児の規則的テンポに対する指向性は、親近性が減少するまたは喪失する試行後半のみに現れると予測した。

生後6~8ヶ月児についてはこの予測を支持する結果となり、試行後半には不規則テンポよりも規則的テンポに対してより高い関心を示すことが明らかになった。月齢の高い生後9~11ヶ月児の刺激音に対する関心は、音列の変動性のタイプに関わらず試行前半から試行後半にかけて減少した。

それでは、なぜ月齢の低い乳児は月齢の高い乳児よ

りも規則的テンポに対してより高い指向性を示したのだろうか。Dynamic Attending理論は、不規則な音列と比較して、規則的な音列をプロセスするのはより容易であり、より高い注目のエネルギーを生み出すと説明している(e.g., Jones, 2001; Large & Jones, 1999)。しかしながら、このような予測は、意味のある音列にのみ適用される。月齢の低い乳児の内的振幅も保育者が生み出す音響的環境も、月齢のより高い乳児のそれらと比較して、変容性がより低い可能性が考えられる。それ故、規則的な音列は月齢が高い乳児よりも月齢が低い乳児にとって生態学的により重要な刺激であるのかもしれない。

乳児の運動能力の発達に関する研究から、規則性は生後6ヶ月児にとって、より高い月齢の乳児よりも、重要な役割をもつことが明らかになっている (Thelen, 1981)。Thelenは、乳児は誕生してまもなく高い規則性をもってほとんど同じ時間間隔で足けり運動を始め、そのピークは生後6ヶ月頃であることを明らかにし、中枢運動野が歩行運動に必要な足けり運動とそのステレオタイプを司っていると示唆した。

人間のテンポの複雑性に関する指向性は、経験的・生理的発達の制約または結果を反映するのかもしれない。乳児の周囲の環境の理解と意思伝達能力が発達するに従って、乳児の音楽における変動性への関心は、一定の音列からより複雑でかつより多くの情報を含む意味のある音列に対してより高まるのかもしれない。繰り返しの多い発話が乳児の成長とともに減少しない場合は、乳児が成長した後の言語テストにおける得点は低いことが明らかになっているが (Deckner, Adamson, & Bakeman, 2003)、大多数の保育者は、単純な規則性が言語習得前の乳児にとって重要であることだけでなく単純な規則性から逸脱することが言語の学習に欠

かせないことも自然に理解していると考えられる。

本研究では、音列のテンポの近似性は拍間隔の標準偏差に現れるランダムエラーの程度によって表現された。今後の研究では、複雑性の程度を表現する方法としてフラクタル関数の可能性を検証する必要がある。規則性が全くないホワイトノイズよりもフラクタル関数によって表現された複雑系パターンにはより多くの情報が含まれており、様々な音響的(Voss & Clarke, 1978)、視覚的(Keller, Crownover, & Chen, 1987)、そして運動の現象(Schmidt, Beek, Treffner, & Turvey, 1991)はフラクタル関数によって表現されることが報告されている。また、人間の脳活動は、フラクタル関数によって表現されたメロディに同期していることが明らかになっているが、このような同期はランダムに表現されたメロディでは現れなかった (Patel & Balaban, 2000)。テンポの複雑性をフラクタル関数によって表現することによって、テンポのパターンに関する多くの仮説を検証できると考えられる。

#### 引用文献

- Baruch, C., & Drake, C. (1997). Tempo discrimination in infants. *Infant Behavior & Development, 20*, 573-577.
- Bergeson, T. R., & Trehub, S. E. (2002). Absolute pitch and tempo in mothers' songs to infants. *Psychological Science, 13*, 72-75.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2002). *Praat* (Version 4.0.23): University of Amsterdam.
- Cassidy, J. W., & Standley, J. M. (1995). The effect of music listening on physiological responses of premature infants in the NICU. *Journal of Music Therapy, 32*, 208-227.
- Colombo, J., & Horowitz, F. D. (1986). Infants' attentional responses to frequency modulation sweeps. *Child Development, 57*, 287-291.
- Cooper, R. P., & Aslin, R. N. (1990). Preference for infant-directed speech in the first month after birth. *Child Development, 61*, 1584-1596.
- Deckner, D. F., Adamson, L. B., & Bakeman, R. (2003). Rhythm in mother-infant interactions. *Infancy, 4*, 201-217.
- Demany, L., McKenzie, B., & Vurpillot, E. (1977). Rhythm perception in early infancy. *Nature, 266*, 718-719.
- Drake, C., & Bertrand, D. (2001). The quest for universals in temporal processing in music. *Annals of the New York Academy of Sciences, 930*, 17-27.
- Drake, C., Jones, M. R., & Baruch, C. (2000). The development of rhythmic attending in auditory sequences: Attunement, reference period, focal attending. *Cognition, 77*, 251-288.
- Fernald, A. (1985). Four-month-old infants prefer to listen to motherese. *Infant Behavior & Development, 8*, 181-195.
- Fernald, A. (1991). Prosody in speech to children: Prelinguistic and linguistic functions. *Annals of Child Development, 8*, 43-80.
- Fernald, A., & Kuhl, P. K. (1987). Acoustic determinants of infant preference for motherese. *Infant Behavior & Development, 10*, 279-293.
- Fraisse, P. (1982). Rhythm and tempo. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (pp. 149-180). New York: Academic Press.
- Hannon, E. E., & Trehub, S. E. (in press). Metrical categories in infancy and adulthood. *Psychological Science*.
- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review, 83*, 323-355.
- Jones, M. R. (1987). Dynamic pattern structure in music: recent theory and research. *Perception and Psychophysics, 41*, 631-634.
- Jones, M. R. (1990). Learning and the development of expectancies: An interactionist approach. *Psychomusicology, 9*, 193-228.
- Kaplan, P. S., Goldstein, M. H., Huckeby, E. R., Owren, M. J., & Cooper, R. P. (1995). Dishabituation of visual attention by infant- versus adult-directed speech: Effects of frequency modulation and spectral composition. *Infant Behavior & Development, 18*, 209-223.
- Keller, J. M., Crownover, R. M., & Chen, R. U. (1987). Characteristics of natural scenes related to the fractal dimension. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9*, 621-627.
- Large, E. W., & Jones, M. R. (1999). The dynamics of attending: how we track time varying events. *Psychological Review, 106*, 119-159.
- Morrongioello, B. A., & Trehub, S. E. (1987). Age-related changes in auditory temporal perception. *Journal Experimental Child Psychology, 44*, 413-426.
- Nakata, T., & Trehub, S. E. (in press). Infants' responsiveness to maternal speech and singing. *Infant Behavior & Development*.
- Patel, A. D., & Balaban, E. (2000). Temporal patterns of human cortical activity reflect tone sequence structure. *Nature, 404*, 80-84.
- Pegg, J. E., Werker, J. F., & McLeod, P. J. (1992). Preference for infant-directed speech: Evidence from 7-week-old infants. *Infant Behavior & Development, 15*, 325-345.

- Pomerantz, J. R., & Lockhead, G. R. (1991). Perception of structure: An overview. In G. R. Lockhead & J. R. Pomerantz (Eds.), *The perception of structure: Essays in honor of Wendell R. Garner* (pp. 1-20). Washington, DC: American Psychological Association.
- Schmidt, R. C., Beek, P. J., Treffner, P. J., & Turvey, M. T. (1991). Dynamical structure of coordinated rhythmic movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *17*, 635-651.
- Shenfield, T., Trehub, S., & Nakata, T. (2003). Maternal singing modulates infant arousal. *Psychology of Music*, *31*, 365-375.
- Shenfield, T., Trehub, S. E., & Nakata, T. (2002). *Salivary cortisol responses to maternal speech and singing*. Paper presented at the International Conference on Infant Studies, Toronto.
- Thelen, E. (1981). Rhythmical behavior in infancy: an ethological perspective. *Developmental Psychology*, *17*, 237-257.
- Trehub, S. E., Schneider, B. A., & Henderson, J. L. (1995). Gap detection in infants, children, and adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, *98*, 2532-2541.
- Trehub, S. E., & Thorpe, L. A. (1989). Infants' perception of rhythm: Categorization of auditory sequences by temporal structure. *Canadian Journal of Psychology*, *43*, 217-229.
- Voss, R. F., & Clarke, J. (1978). 1/f noise in music: Music from 1/f noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, *63*, 258-263.
- Werker, J. F., Pegg, J. E., & McLeod, P. J. (1994). A cross-language investigation of infant preference for infant-directed communication. *Infant Behavior & Development*, *17*, 323-333.