

高い音を出すのは大きな物体より小さな物体, 黒い物体より白い物体か: 乳児における視聴覚対応の理解 Are High Pitched Sounds Smaller in Size and Brighter in Color? Auditory-Visual Correspondences in Infants

針生 悦子[†], 梶川 祥世[‡]
Etsuko Haryu, Sachiyo Kajikawa

[†]東京大学, [‡]玉川大学
University of Tokyo, Tamagawa University
haryu@p.u-tokyo.ac.jp, kajikawa@lab.tamagawa.ac.jp

Abstract

The literature has shown that not only adults but also 2.5-year-olds match lower-frequency sounds with darker-colored objects and with larger objects. The present research examined whether 10-month-olds were sensitive to these correspondences, using a violation-of-expectation procedure. The results showed that 10-month-olds matched pitch with surface darkness (Experiment 1) whereas they did not associate pitch with size (Experiment 2). This suggests that children learn pitch-size correspondences from observing statistical properties of the environment, whereas pitch-darkness correspondences may be based on neural connections between sensory areas that were present early in life.

Keywords — **intersensory development, synesthetic association, pitch-size correspondence, pitch-darkness correspondence**

1. 問題

たとえば音を聞けば色が見えるというように、共感覚者においては、1つの感覚モダリティへの入力がある別のモダリティの知覚経験を引き起こすという。もっとも、共感覚者でない一般のおとなも、感覚間の対応づけを行っていないわけではなく、多くの人共通して、高い音にはより明るい色が合うと感じ[1]、サイズの大きなオブジェクトにはより低い音を、サイズの小さなオブジェクトにはより高い音を対応づけている[2]。

このように、音の高さ(ピッチ)に色の明るさを対応づける非共感覚者の感じ方は、共感覚者の感じ方に通じるものである。ここから、共感覚者と非共感覚者との差は程度の違いにすぎない、すなわち、共感覚者の感覚経験が発達初期には誰にでも存在していた過剰な神経結合が十分に刈り込

まれないまま残っていることの結果だとすれば、非共感覚者が部分的に共感覚者のような対応づけを行っているのも、発達初期の過剰な神経結合のなごりゆえのことだろう、と考えられている。また、発達初期に存在する過剰な神経結合の効用として、その結合が現実世界でのオブジェクトの在り方を反映している場合(たとえば、サイズの大きなオブジェクトは、実際に、サイズの小さなオブジェクトより低い音をたてがちである)には、この過剰な神経結合が子どもの世界についての学習負担を軽減している、との指摘[3]もある。

しかし、ピッチとサイズとの対応づけを、たとえばピッチと色の明るさとの対応づけと同様に見なして、いずれも生得の神経結合に基づくことには、以下2つの理由から問題があるように思われる。

まず、ピッチとサイズの対応づけは、ピッチと色の明るさの場合のように感覚領域どうしの神経結合では説明できないと考えられる点である。すなわち、ピッチと色の明るさとの対応については、聴覚野と視覚野(特にV4野)とのあいだの連絡によってストレートに説明できそうであるし、実際に共感覚者が音を聞いて色を経験するときにもこのV4野が活性化することが知られている。その一方で、ピッチとサイズとの対応づけにおいて、聴覚野と連結されるべきは、二次元もしくは三次元的な“大きさ”を抽象的に判断する領域でなければならない。そのような時間・空間的なマグニチュードを一般的なかたちで表象している領域としては、頭頂葉後部が指摘されている[4]。が、そ

のような領域との神経連絡を、ピッチと明るさの場合のような個別の感覚に対応する領域どうしの連絡と同列に考えることには慎重であるべきだろう。

第二に挙げられるのは、ピッチと明るさとの対応づけは現実世界における経験からは学習不可能と思われるのに対して、ピッチとサイズとの対応づけは学習可能であるという点である。もちろん、学習可能であるということは、その基礎にある神経結合が生得のものである可能性を排除しない。しかし、子どもも、ピッチと明るさだけでなく、ピッチとサイズを対応づけていることを確かめたこれまでの研究において、対象となった子どもはもっとも若くて2歳後半であった[5]。しかし、生後2年以上の時間をもってすれば、子どもは、もともとそのような神経結合を備えていなかったとしても、ピッチとサイズとの対応について現実世界における経験から学ぶことができただろう。

そこで、本研究では、期待背反法(violation-of-expectation procedure)を用いて、10か月の子どもが既に、ピッチと物体の表面色の明暗(白黒)を対応づけているのか(実験1)、また、ピッチと物体のサイズとを対応づけているのか(実験2)について検討した。少なくとも生後9か月までに子どもは、時間的・空間的な“大きさ”について一般的な表象を持つようになっているとの知見[6]にしたがい、本研究では10か月児を対象にすることとした。

2. 実験1

2.1 方法

【対象】 10か月児16名(平均10か月14日、男女比1:1)が参加した。全員が満期産で、実験に参加した時点で視聴覚の発達に問題は認められていなかった。ほかに3名の10か月児が参加したが、泣いた、刺激提示ミスなどの理由により、分析からは除外された。

【刺激】 馴化刺激として、白いりんごと黒いりんご(実際の色は「白いりんご」がごく薄い灰色で、「黒いりんご」は濃い灰色であった)が台の上

に並び、そのうち一方のりんご(基準りんご)のみが台の上でバウンドを続けるアニメーションを作成した。このアニメーションにおいては、りんごが毎回、台に衝突するタイミングに合わせて、基準衝突音として純音(782Hz)が提示された。一人の子どもは、白いりんごがジャンプする馴化刺激のみ、もしくは、黒いりんごがジャンプする馴化刺激のみを見せられたが、それぞれについて、白いりんごと黒いりんごの位置(左右)を入れ替えて2種類のアニメーションが作成され用いられた。

テスト刺激としては、まず基準りんごが1回ジャンプして基準衝突音をとまって着地したあと、もう一方のりんご(テストりんご)が3回続けてジャンプし、そのあとは2つのりんごとも台の上に静止したままになるアニメーションを作成した。このとき、テストりんごが基準衝突音よりも高い周波数の音(2096Hz)でバウンドする場合と、低い周波数の音(262Hz)でバウンドする場合、さらにそれぞれについて、白いりんごと黒いりんごの位置(左右)を入れ替えたもので、計4種類のテスト刺激(アニメーション)を作成した。これら4つのテスト刺激のうち、白いりんごより黒いりんごが低い周波数の音でジャンプする2刺激は適合事象(congruent event)、高い周波数の音でジャンプする2刺激は不適合事象(incongruent event)となる。すなわち、基準りんごが白いりんごであった場合、黒いりんごが低い周波数(262Hz)の音をたててバウンドするアニメーションは適合事象、高い周波数(2096Hz)の音をたててバウンドするアニメーションは不適合事象、また、基準りんごが黒いりんごであった場合、白いりんごが高い周波数(2096Hz)の音をたててバウンドするアニメーションは適合事象、低い周波数(262Hz)の音をたててバウンドするアニメーションは不適合事象であった。

【手続き】 子どもは、防音ブースの中で、養育者の膝の上に座り、正面のモニターに提示されるアニメーションを見た。実験は、馴化フェーズとテストフェーズからなっていた。

馴化フェーズにおいては、白いりんごと黒いりんごのうち一方のりんご（基準りんご；半数の子どもでは白いりんごが基準りんご、残り半数の子どもでは黒いりんごが基準りんごであった）だけが基準衝突音をともなって跳ね続けるアニメーション（馴化刺激）が提示された。試行ごとに、白いりんごと黒いりんごの位置（左右）を逆にしたアニメーションが交互に提示された。

子どもがモニターの前に座ると、モニターの中央にはまずアテンション・ゲッターが提示された。モニターの下に設置したビデオカメラからの映像で、子どもの視線が画面に向けられたことが確認されると、刺激ビデオの提示が開始され、子どもが画面から視線を2秒以上そらすか、試行の開始から20秒たったところで、1試行は終了した。連続する3試行の注視時間の平均が、最も注視時間の長かった3試行の平均の65%を割り込んだところで、テストフェーズに移行した。

テストフェーズにおける4種類のテスト刺激の提示順序は、試行ごとに必ず白黒のりんごの位置を変化させることを制約条件として、「適合事象—不適合事象—不適合事象—適合事象」もしくは「不適合事象—適合事象—適合事象—不適合事象」となるようにした。各試行は、子どもが画面から2秒以上目をそらすか、試行の開始から45秒たったところで終了した。

2. 2 結果と考察

ここでは、期待背反法を用いているので、もし10か月の子どもも、ピッチと表面色の明るさを対応づけているのであれば、そこからの期待に反する事象、すなわち、不適合事象は、適合事象より長く注視するであろうと予想された。テストフェーズにおける注視時間として、適合事象、不適合事象、それぞれについて2回のテスト試行の平均が求められた。その結果、適合事象に対する注視時間は1試行あたり8.38秒、不適合事象に対する注視時間は13.11秒であった（図1）。対応のあるt検定をおこなった結果、不適合事象に対する注視時間は、適合事象に対する注視時間より、有

意に長かったことが示された（ $t(15) = 3.49, p < .01$ ）。ここから、10か月児は、ピッチの高さと表面色の明暗とを対応づけていることが示唆された。

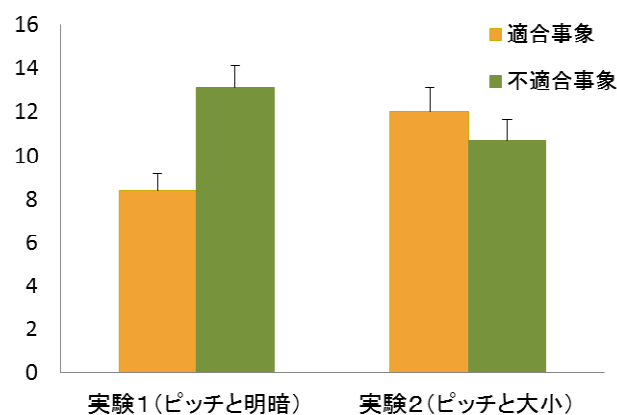


図1 テストフェーズにおける注視時間

3. 実験2

3. 1 方法

【対象】 10か月児16名（平均10か月15日、男女比1:1）。全員が満期産で、実験に参加した時点で視聴覚の発達に問題は認められていなかった。ほかに3名の10か月児が参加したが、泣いた、刺激提示ミスなどの理由により、分析からは除外された。

【刺激】 馴化フェーズで提示する刺激として、大きな赤いりんごと小さな赤いりんごが台の上に並び、そのうち一方のりんご（基準りんご）のみがジャンプし、台にぶつかってバウンドするときには衝突音（782Hzの純音）をたてる、ということを繰り返すアニメーションが作成された。大きなりんごの直径は小さなりんごの2倍であった。刺激アニメーションは、大きなりんごがジャンプする場合、小さなりんごがジャンプする場合、それぞれについて、大きなりんごと小さなりんごの左右の位置を入れ替えた2種類が作成された。

テスト刺激としては、まず基準りんごが1回ジャンプして基準衝突音（782Hz）をともなって着地したあと、もう一方のりんご（テストりんご）が3回続けてジャンプし、そのあと2つのりんごは台の上に静止したままになるアニメーションを作成した。このとき、テストりんごが基準衝突音

よりも高い周波数の音(2096Hz)でバウンドする場合と、低い周波数の音(262Hz)でバウンドする場合、さらにそれぞれについて、大きなりんごと小さなりんごの位置(左右)を入れ替えたもので、計4種類のテスト刺激(アニメーション)が作成された。これら4つのテスト刺激のうち、小さなりんごより大きなりんごが低い周波数の音でジャンプする2刺激は適合事象(congruent event)、高い周波数の音でジャンプする2刺激は不適合事象(incongruent event)であった。

【手続き】 全体の手続きは実験1と同じであった。

3. 2 結果と考察

テストフェーズにおける、適合事象、不適合事象に対する注視時間(2回のテスト試行の平均)は、それぞれ、12.08秒、10.68秒であった(図1)。対応のあるt検定の結果、適合事象に対する注視時間と不適合事象に対する注視時間のあいだに有意な差は見いだされなかった($t(15) = 1.47, p > .10$)。なお、馴化最終試行における注視時間は平均5.86秒で、それより、テストフェーズにおける適合事象、不適合事象に対する注視時間は明らかに長くなっていた。したがって、適合事象と不適合事象に対する注視時間に差が見られなかったのは、疲れなどのために子どもはテストフェーズにおいて提示される刺激の違いに気づけなかったためとは言えない。

このように、大きなオブジェクトは小さなオブジェクトより低い音を出すと期待する、というように、ピッチとサイズを対応づけていることを示す証拠は、10か月児では得られなかった。

4. まとめ

以上2つの実験の結果から、10か月の段階で子どもは、ピッチと色の明暗(白黒)とは対応づけているが、ピッチとサイズについては必ずしも対応づけてはいないことが示唆された。ここから、おとなになれば我々は両方の対応づけを兼ね備えるようになるものの、それら2つの対応づけの成

立基盤や発達過程は同じでないことが示唆された。すなわち、ピッチとサイズとの関係は、物理的な世界を観察することで学習可能であるし、実際に学習されるのであろう。その一方で、ピッチと色の明るさとの対応づけは、現実世界における経験から学習することはまず無理だと思われるにもかかわらず、10か月の子どもも既にそのような対応づけを行っている。ここから、我々がピッチと色の明るさを対応づけるのは、発達早期から存在する(おそらく生得の)神経間の結合によるものと考えられる。

文献

- [1] Ward, J., Huckstep, B., & Tsakanikos, E. (2006) "Sound-color synesthesia: To what extent does it use cross-modal mechanisms common to us all?" *Cortex*, 42, 264-280.
- [2] Gallace, A., & Spence, C. (2006) "Multisensory synesthetic interactions in the speeded classification of visual size," *Perception & Psychophysics*, 68, 1191-1203.
- [3] Spector, F., & Maurer, D., (2009) "Synesthesia: A new approach to understanding the development of perception," *Developmental Psychology*, 45, 175-189.
- [4] Walsh, V., (2003) "A theory of magnitude: Common cortical metrics of time, space and quantity," *Trends in Cognitive Science*, 7, 483-488.
- [5] Mondloch, C., & Maurer, D., (2004) "Do small white balls squeak? Pitch-object correspondences in young children," *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 4, 133-136.
- [6] Lourenco, S. F., & Longo, M. R., (2010) "General magnitude representation in human infants," *Psychological Science*, 21, 873-881.