

視聴覚間における 感覚間協応の因子構造の探索

大竹裕香^{1,2}・田中観自³・山本健太郎⁴

¹九州大学大学院人間環境学府, ² 日本学術振興会

³九州大学基幹教育院

⁴九州大学大学院人間環境学研究院

本研究の概要

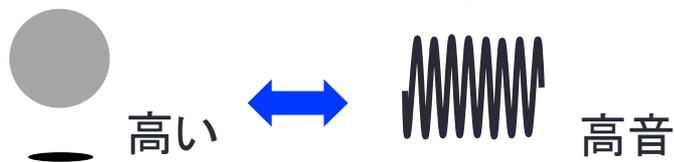
音と見た目の感覚間協応について，因子分析を用いて分類

因子1：意味的協応

サイズと音の大きさ

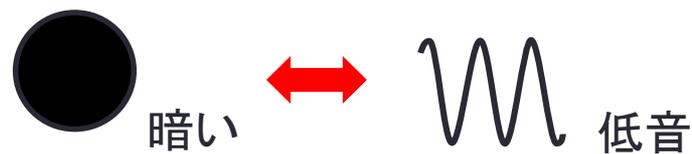
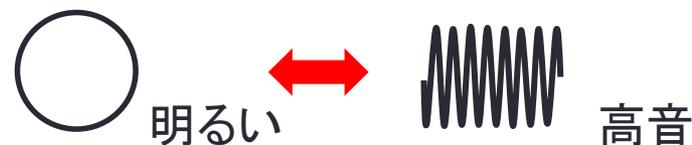


空間位置と音の高さ

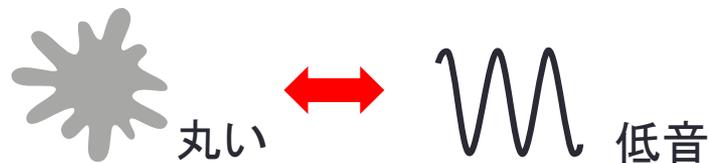


因子2：感覚的協応

明るさと音の高さ



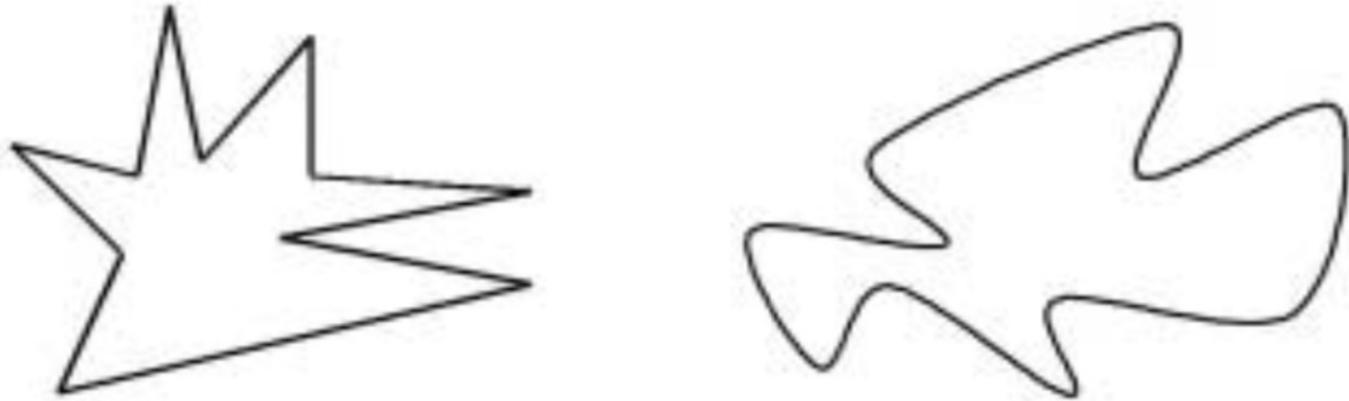
形と音の高さ



意味的協応と感覚的協応の2因子構造が示唆された

背景: 結びつく見た目と音

どちらが「ブーバ」で、どちらが「キキ」でしょう？



Ramachandran & Hubbard (2001) Fig.7

ほとんどの人が、左をキキ・右をブーバと回答

感覚を超えた刺激同士の結びつき
= **感覚間協応** (crossmodal correspondence)

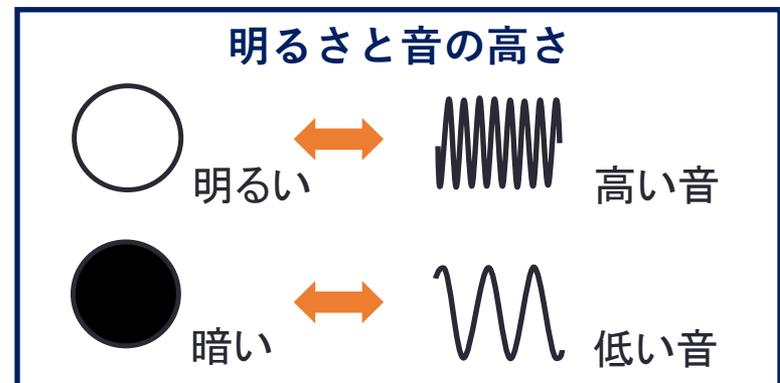
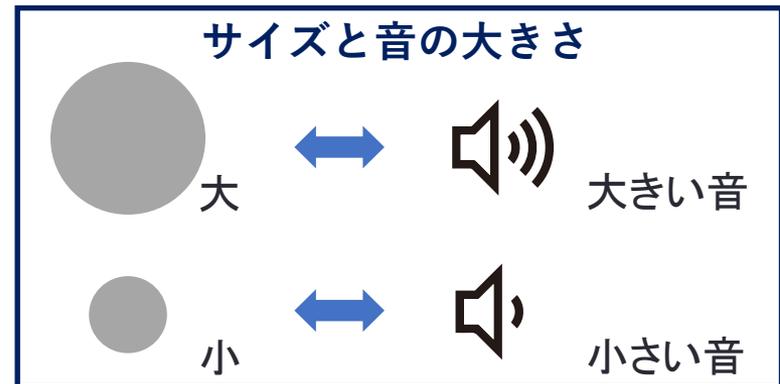
感覚間協応の特徴と種類

【特徴】

- 多くの人に共有される
- 冗長性を問わない
- 様々な感覚間で見られる
 - 視覚 - 聴覚
 - 視覚 - 触覚
 - 視覚 - 味覚 など

本研究では特に
視聴覚間における
多様な協応に着目

視聴覚間の協応の例



視聴覚間協応の分類

視聴覚間における協応は，種類によって異なるメカニズムが仮定されている

感覚間協応の種類	協応の例	仮定されるメカニズム
構造的	音の大きさ - 明るさ	刺激のコーディングをする神経的構造に起因
統計的	音の高さ - 空間的位置 音の高さ - サイズ 音の大きさ - サイズ	環境の規則性を経験することに起因
意味的	音の高さ - 空間的位置 音の高さ - 空間周波数	特性を表す共通のことばを学習することに起因

Spence (2011) Table2 より作成

しかし，複数の協応を同時に用いてその違いや関係性を直接検討した研究はほとんどない

本研究の目的

異なる種類の視聴覚間協応を評価の共通性・差異性を基に分類し，背後にある共有プロセスを明らかにする

- **10種類**の視聴覚間協応に対する反応をオンライン実験プラットフォーム (Gorilla.sc) で計測
- 音から見た目 (実験1)，見た目から音 (実験2) の当てはまりの良さを7段階で評価
- **探索的因子分析**を用いて，各協応に対する反応傾向から共通因子を抽出する

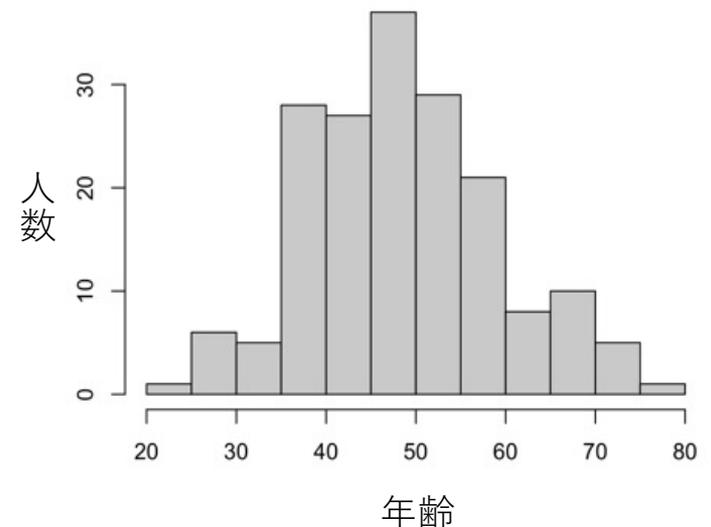


<https://gorilla.sc/>

実験1: 参加者

- Yahoo!クラウドソーシングにより参加者を募集
- 各自のPCからオンラインプラットフォームにアクセスし実施
- 最終サンプル: **178名**
平均年齢**49.0歳** ($SD = 10.6$) 男性**140名**, 女性**38名**

- サンプルの採用基準
 - 全試行のイメージ画面で2つの音を両方とも聞いている
 - 音の高さ・大きさの確認テストで両方とも正解
- 21名が除外された



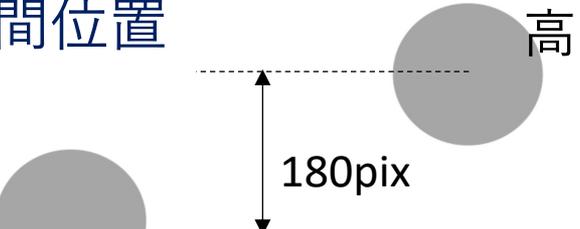
視覚刺激 (5ペア)

サイズ



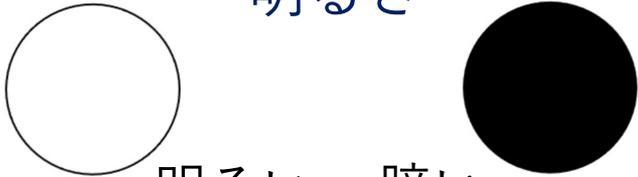
小さい (直径120pix) 大きい (直径240pix)

空間位置



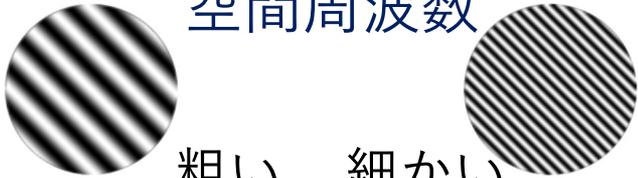
低い 高い

明るさ



明るい 暗い

空間周波数



粗い 細かい

形



鋭い 丸い

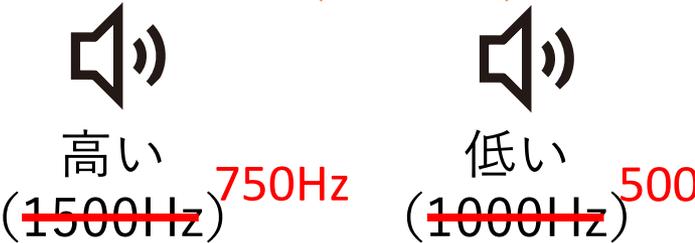
聴覚刺激 (2ペア)

大きさ (音量)



大きい (振幅1.5倍) 小さい (振幅0.5倍)

高さ (ピッチ)



高い (~~1500Hz~~) 750Hz 低い (~~1000Hz~~) 500Hz

実験1: 手続き (Gorilla.scを利用)

イメージ段階：音から見た目を想起

音C,Dを聞いて、それぞれの音から想起される物体の「大きさ」を頭の中でイメージして下さい。
イメージできたら「評価に進む」を押して下さい。

▶ 音C

▶ 音D

聴覚特徴(2) × 視覚特徴(5)
の10種類の組み合わせについて
イメージ後に評定

音Cのイメージに左右どちらの物体がより当てはまるかを選択して下さい

▶ 音C

非常に左 かなり左 やや左 どちらでもない やや右 かなり右 非常に右

決定する

音Dのイメージに左右どちらの物体がより当てはまるかを選択して下さい

▶ 音D

非常に左 かなり左 やや左 どちらでもない やや右 かなり右 非常に右

決定する

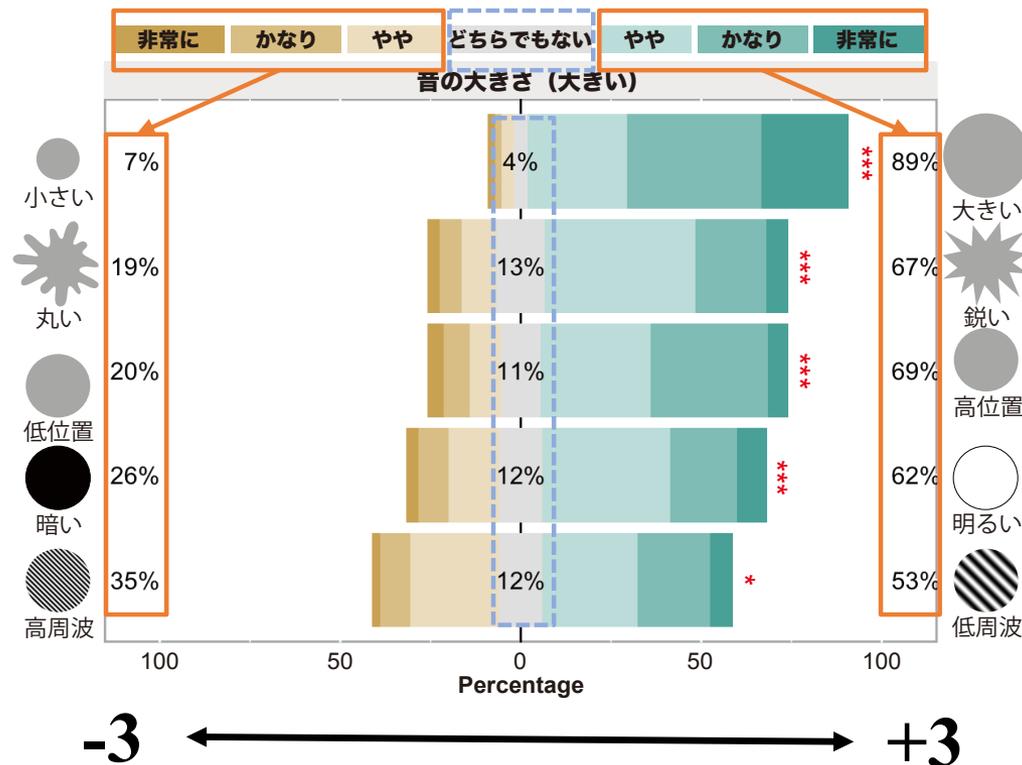
評定段階：各音と視覚特徴の当てはまりを評定

評定結果の分析方法

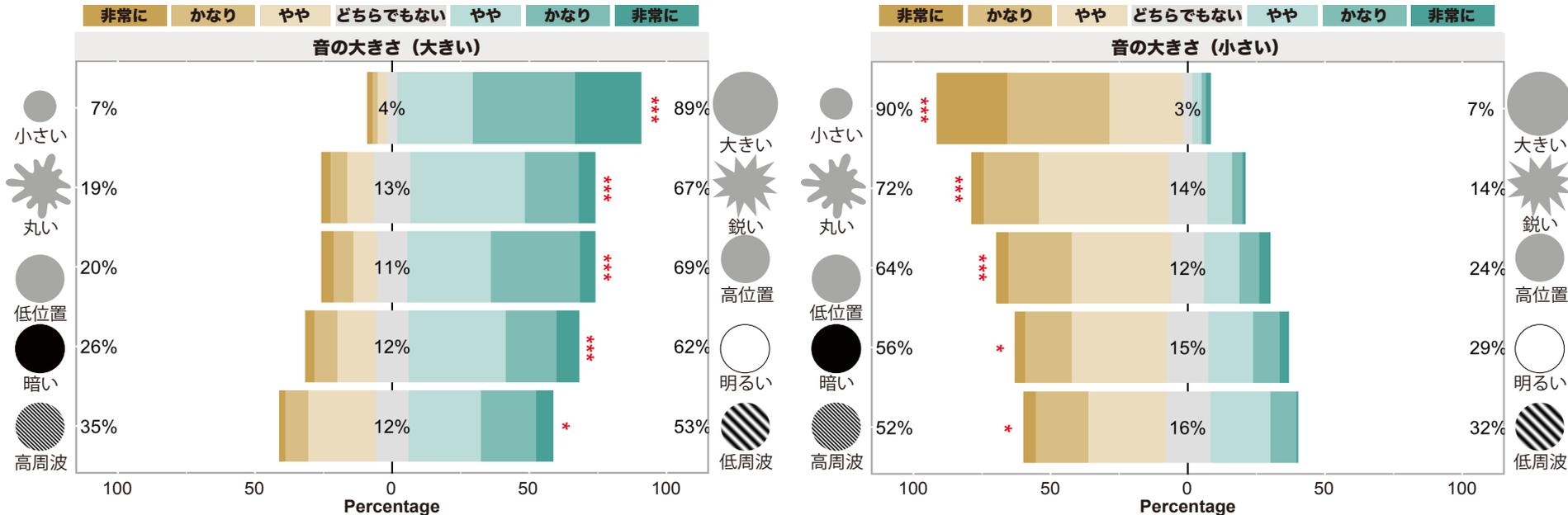
- 音の種類ごとに、視覚特徴との協応が強い順に並べて図示化
- 視覚刺激のペア間で、**選択率が高かった方を+**、**低かった方を-**として、**評定を+3から-3に変換** (値が大きい = 協応が強い)
- 協応の有意性については、**1標本t検定 (Bonferonni補正)**によって0との差を分析

【図の例】

数値は枠で示した評定の選択率



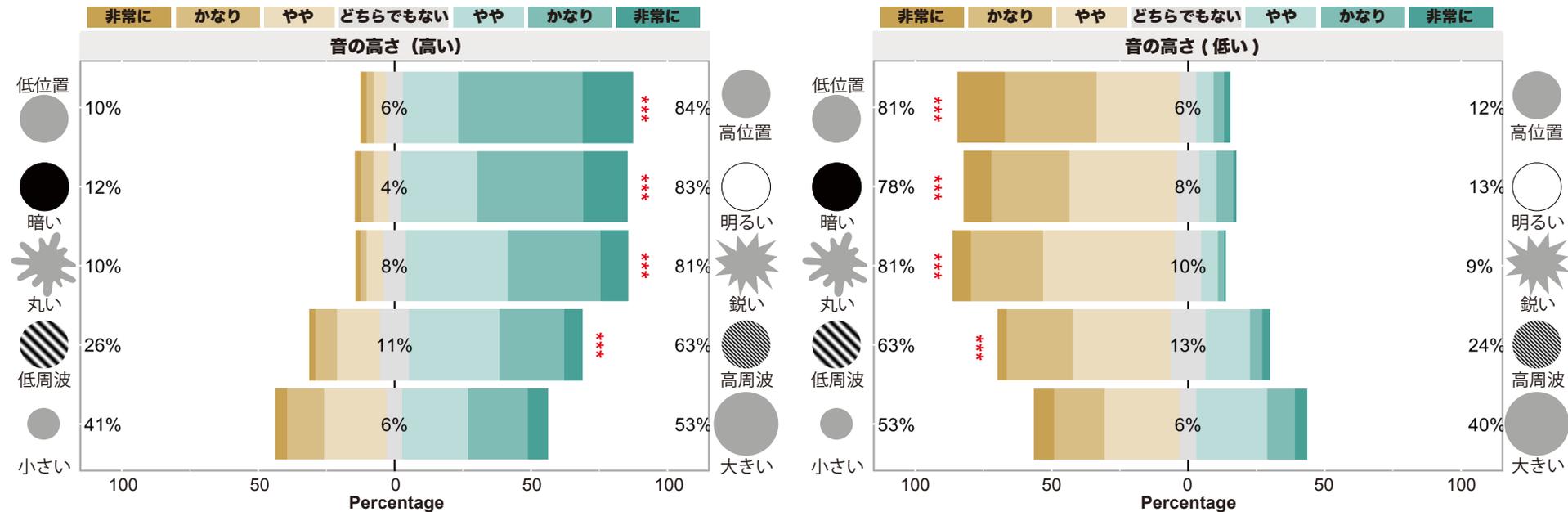
実験1: 結果 (音の大きさと対応)



- **大きい音** : 「大きい」「鋭い」「高い位置」「明るい」「低空間周波数」の視覚特徴と有意に対応
- **小さい音** : 「小さい」「丸い」「低い位置」「暗い」「高空間周波数」の視覚特徴と有意に対応

全ての組み合わせで有意な協応が示された

実験1: 結果 (音の高さとの対応)



- **高い音**：「高い位置」「明るい」「鋭い」「高空間周波数」の視覚特徴と有意に対応
- **低い音**：「低い位置」「暗い」「丸い」「低空間周波数」の視覚特徴と有意に対応

音の高さ - サイズ以外で有意な協応が示された

実験1: 結果 (探索的因子分析)

- 最小二乗法, オブリミン回転
- スクリーンプロットとMAP得点から2因子と推定
- 因子負荷量が.30未満のものを除外して再度実施

第1因子: 意味的協応

ことばを共有する

音量調整のイメージ
(=経験)?

第2因子: 感覚的協応

ことばを共有しない

第2因子に負の負荷?

F1: 意味的協応 ($\alpha = .80$)

	F1	F2
音の大きさ - サイズ (大きい - 大きい)	.71	.04
音の大きさ - サイズ (小さい - 小さい)	.67	.04
音の高さ - 空間的位置 (高い - 高い)	.66	-.15
音の高さ - 空間的位置 (低い - 低い)	.59	-.12
音の大きさ - 空間的位置 (大きい - 低い)	.60	.11
音の大きさ - 空間的位置 (小さい - 高い)	.55	.15
音の高さ - サイズ (低い - 小さい)	.41	-.01
音の高さ - サイズ (高い - 大きい)	.39	-.01

F2: 感覚的協応 ($\alpha = .78$)

音の高さ - 明るさ (高い - 明るい)	.13	.66
音の高さ - 明るさ (低い - 暗い)	-.03	.62
音の大きさ - 明るさ (大きい - 明るい)	-.04	.60
音の大きさ - 明るさ (小さい - 暗い)	-.15	.51
音の高さ - 形 (低い - 丸い)	.04	.54
音の高さ - 形 (高い - 尖った)	.04	.53
音の大きさ - 形 (大きい - 丸い)	.02	.55
音の大きさ - 形 (小さい - 尖った)	.09	.38
音の高さ - 空間周波数 (高い - 高い)	.22	-.36
音の高さ - 空間周波数 (低い - 低い)	.21	-.36

因子間相関

-.01

実験1: 考察

- **先行研究と概ね同様の協応が見られた**
 - 大きさと音の高さの協応は先行研究と食い違う結果
「音から想起される物体の**大きさ**をイメージして」という教示が影響？
 - **探索的因子分析の結果, 2つの因子が抽出された**
 - 言語的観点から**意味的協応 / 感覚的協応**と命名
- 音の高さとサイズは, 第1因子に分類
ことばは共有しないが, 教示によってことばの媒介が誘発？
 - 音の高さと空間周波数は, 第2因子への負荷量が負
ことばは共有するが, 一般的な表現ではない

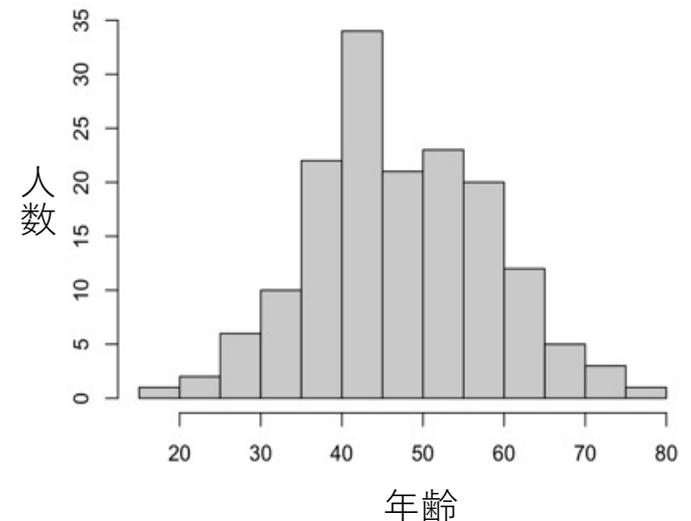
当てはまり評価の方向 (聴覚から視覚)が影響？

実験2では, 視覚刺激から聴覚刺激の当てはまりの良さを評価させ, 因子構造の信頼性を検討

実験2: 参加者

- Yahoo!クラウドソーシングにより参加者を募集
- 各自のPCからオンラインプラットフォームにアクセスし実施
- 最終サンプル: **160名**
平均年齢**47.7歳** ($SD = 11.1$) 男性**111名**, 女性**48名**, その他**1名**

- サンプルの採用基準
 - 全試行の評定段階画面で2つの音を両方とも聞いている
 - 音の高さ・大きさの確認テストで両方とも正解
- 41名が除外された



実験2: 手続き (Gorilla.scを利用)

イメージ段階：見た目から音を想起



左右それぞれの物体から想起される「音量」を頭の中でイメージして下さい。
イメージできたら「評価に進む」を押して下さい。

視覚特徴(5) × 聴覚特徴(2)の
10種類の組み合わせについて
イメージ後に評定



この物体に左右どちらの音がより当てはまるかを選択して下さい



非常に左 かなり左 やや左 どちらでもない やや右 かなり右 非常に右

決定する



この物体に左右どちらの音がより当てはまるかを選択して下さい

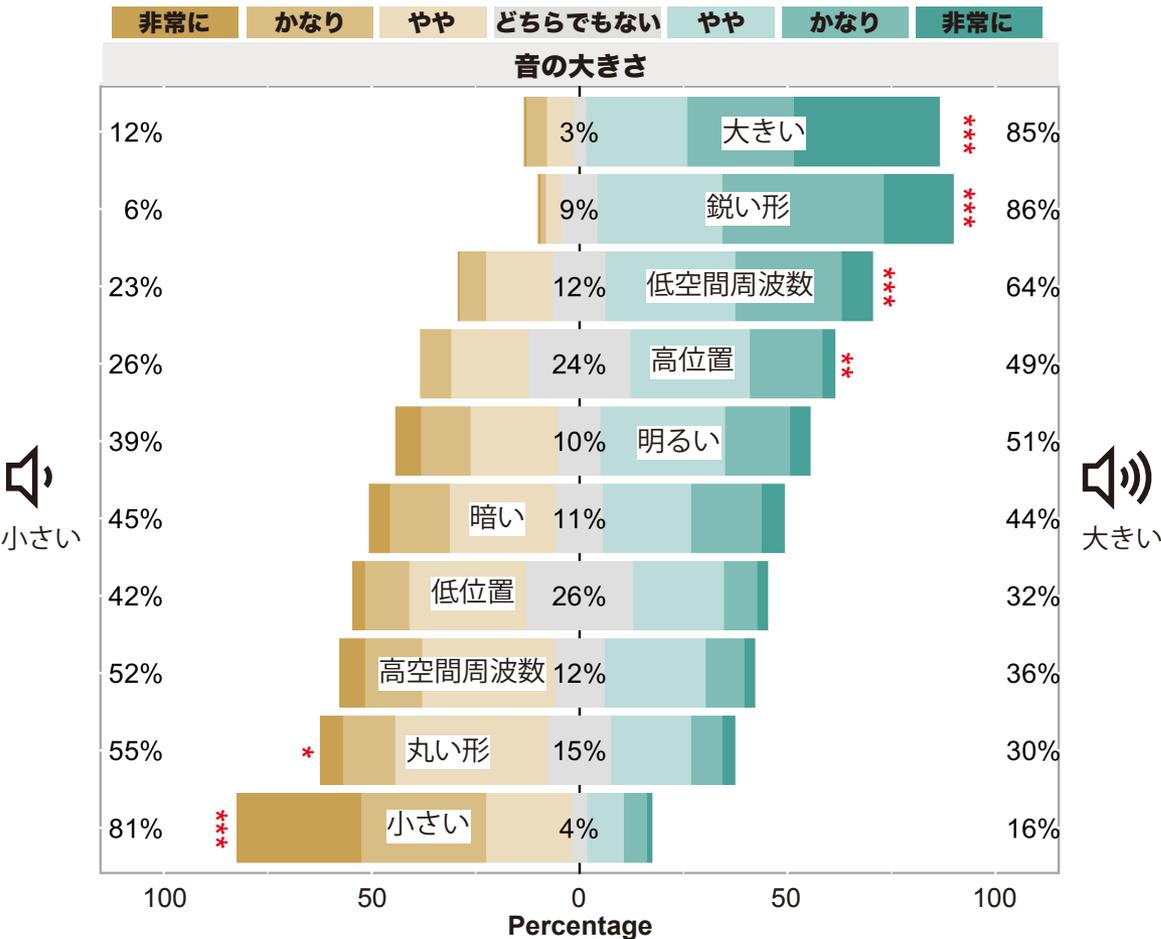


非常に左 かなり左 やや左 どちらでもない やや右 かなり右 非常に右

決定する

評定段階：各物体と音の当てはまりを評定

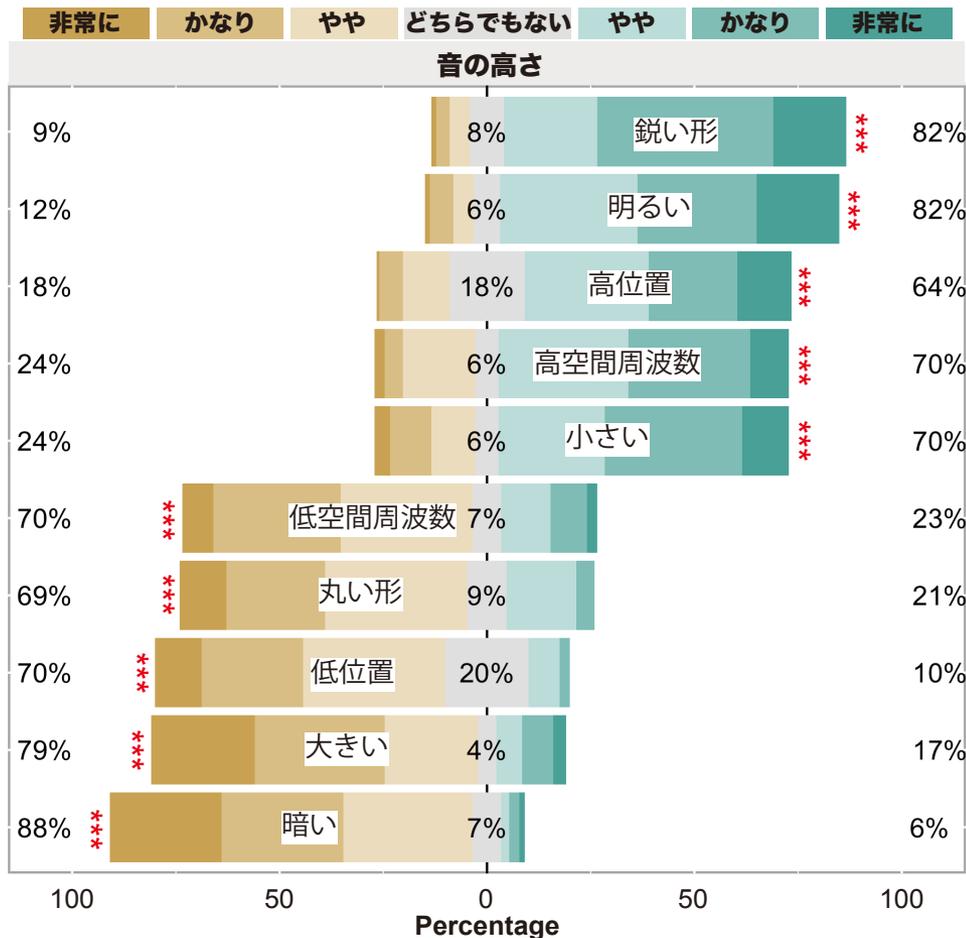
実験2: 結果 (音の大きさと対応)



- **大きい音**：「大きい」「鋭い」「低空間周波数」「高い位置」の視覚特徴と有意に対応
- **小さい音**：「小さい」「丸い」の視覚特徴と有意に対応

- 実験1と同様の傾向
- ただし実験1で見られた協応が一部非有意に

実験2: 結果 (音の高さとの対応)



➤ **高い音**：「鋭い」「明るい」「高い位置」「高空間周波数」「小さい」に有意に対応

➤ **低い音**：「暗い」「大きい」「低い位置」「丸い」「低空間周波数」に有意に対応

- 実験1と同様の傾向
- 音の高さと大きさは実験1と異なり有意に
- 先行研究と一致

実験2: 結果 (探索的因子分析)

※色掛けは分類が
実験1・2で共通

- 最小二乗法 / オブリミン回転
- スクリーンプロットとMAP得点から2因子と推定
- 因子負荷量が.30未満のものを除外して再度実施

第1因子: 意味的対応

実験1と共通
(ことばを共有 / 経験)

実験1では第2因子

第2因子: 感覚的対応

- 実験1と共通
- 音の高さと空間周波数は因子負荷が正に

実験1では第1因子

F1: 意味的協応 ($\alpha = .72$)	F1	F2
音の大きさ - サイズ (大きい - 大きい)	.85	-.06
音の大きさ - サイズ (小さい - 小さい)	.79	.04
音の高さ - 空間的位置 (高い - 高い)	.47	.19
音の高さ - 空間的位置 (低い - 低い)	.40	.22
音の大きさ - 空間周波数 (大きい - 低い)	.37	.15
音の大きさ - 空間周波数 (小さい - 高い)	.36	.03
音の大きさ - 明るさ (大きい - 明るい)	-.37	.22
音の大きさ - 明るさ (小さい - 暗い)	-.34	.15
音の大きさ - 空間的位置 (大きい - 高い)	.30	-.03
F2: 感覚的協応 ($\alpha = .73$)		
音の高さ - 明るさ (高い - 明るい)	.05	.65
音の高さ - 明るさ (低い - 暗い)	.02	.62
音の高さ - サイズ (高い - 小さい)	-.04	.55
音の高さ - サイズ (低い - 大きい)	-.04	.52
音の高さ - 空間周波数 (低い - 低い)	-.12	.51
音の高さ - 空間周波数 (高い - 高い)	.04	.43
音の高さ - 形 (高い - 尖った)	.08	.40
音の高さ - 形 (低い - 丸い)	.12	.31
	因子間相関	.19

実験2: 考察

- **当てはまりの評価は一部を除いて実験1と同様の傾向**
 - 音の大きさと視覚刺激は一部が非有意に
 - 音の高さのサイズの協応は先行研究と同じ結果に
 - **因子分析の結果, 実験1と同様に2つの因子が抽出**
 - 第1因子: 音の大きさとサイズ, 音の高さと空間位置, 大きい音と高い空間位置
 - 第2因子: 音の高さと明るさ, 音の高さと形
- これらの協応は当てはまり評価でも有意な対応
- 大きい音と空間位置以外は乳幼児にも見られる協応
(e.g., Walker et al., 2010)
- 実験1と分類が異なった協応: 音の高さ・大きさと空間周波数, 音の大きさと明るさ, 音の高さとサイズ
- 音の高さと空間周波数以外は, 実験1または2で非有意。
個人差があり, 教示や方法に左右されやすい協応?

総合考察

➤ 視聴覚刺激の対応性の評価から、協応の2因子構造を示唆

【実験1と2で共通して示された分類】

- **第1因子 (意味的協応)**
 - 音の大きさとサイズ / 音の高さと空間的位置
- **第2因子 (感覚的協応)**
 - 音の高さと明るさ / 音の高さと形

ことばの共有の有無が感覚間協応の生じ方に影響

➤ 実験1と実験2の間で一部異なる結果

- 有意な対応が示された協応の種類が異なる
- 実験1とは異なる因子に振り分けられた協応も
 - 聴覚から視覚(実験1), 視覚から聴覚(実験2)という評価の方向の違いが影響した可能性 (Marks, Ben-Artzi & Lakatos, 2003)

引用文献

- Marks, L. E., Ben-Artzi, E., & Lakatos, S. (2003). Cross-modal interactions in auditory and visual discrimination. *International Journal of Psychophysiology*, 50(1–2), 125–145.
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia--a window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8(12), 3-34.
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 971–995.
- Walker, P., Bremner, J. G., Mason, U., Spring, J., Mattock, K., Slater, A., & Johnson, S. P. (2010). Preverbal Infants' Sensitivity to Synaesthetic Cross-Modality Correspondences. *Psychological Science*, 21(1), 21–25.