

純音の周波数の違いが言語表現に及ぼす影響
— 発声音の音響的特徴及び反応時間を指標として —*

☆松井萌（上智大・院・理工），荒井隆行（上智大・理工）

1 問題と目的

純音の周波数とそれらを示すにふさわしい言語表現の母音の第二フォルマント周波数（F2）との間には普遍的な関係性が認められている^{[1][2][3]}。また、この関係性は、聴取音の周波数と発声時の口腔内の形状との間に適合性があることを示唆している。しかしながら、先の研究では、この関係性に直接焦点を当てた実験パラダイムを用いていなかった。したがって、本研究では、下記3つの仮説を実証することを目的とする。

第一に、聴取音の周波数の変動によって各母音は、それぞれの F2 が一致するように出現するであろう（仮説 1）。第二に、「聴取音の高さ」と「発声時の口腔内の感覚」との間には適合性（Stimulus-response compatibility）^{[4][5]}があるため、聴取音の周波数と F2 が一致するほど、刺激を呈示してから反応するまでの時間（Stimulus onset asynchrony : SOA）が減少するであろう（仮説 2）。そして、第三に、SOA の減少（あるいは増加）が聴取音の高さと発声時の口腔内の感覚との間の適合性に由来する（すなわち、聴取音の高さと発声音の聴覚系へのフィードバックとの間の適合性によるものでない）ことを裏付けるために、発声音の「基本周波数の平均値」（平均周波数）が聴取音の周波数の違いによって変動しないと仮定する（仮説 3）。

なお、ここでは、日本語母語話者を対象とした、「母音のみ」を用いた聴取音模倣課題の結果のみを報告する。

2 方法

2.1 実験計画

純音の周波数を独立変数、母音の出現率、発声音の平均周波数、SOA を従属変数とした。

2.2 実験参加者（分析対象者）

日本語母語話者 28 名（M:10, F:18, M_{age} :

21.14, SD : 3.47)。各参加者は、5 つの条件（「健聴者」、「本研究に関する予備知識を持たない」、「文献^[1-3]の実験に不参加」、「絶対音感を持たない」、「実験への参加に同意」）を全て満たしていた。

2.3 音素材

62.5 Hz – 8 kHz の 7 オクターブ帯域を 1/12 オクターブ間隔に区切った 85 種の純音を “Audacity 2.1.1” で作成した。各音の持続時間は 240 ms, 立上がり・立下がりを各 20 ms とした。なお、各音のラウドネスは A 特性で同じレベルになるよう振幅が調整されていた。

2.4 装置・器具

素材の呈示・制御、及び、反応を記録するために、PC（ThinkPad T430, LENOVO 製）、付属のキーボード、Superlab 5 及び SV-1 Voice key（CEDRUS 製）、レコーダー（PMD661 MK2, MARANTZ 製）、ステレオマイクروفフォン（SONY 製）、ステレオヘッドホン（MDR-CD380, SONY 製）を用いた。

2.5 手続き

すべての実験は、防音室で個別に実施した。材料を PC 上で再生し、ヘッドホンを介して参加者に呈示した。参加者は、初めに、練習試行として 8 つの純音（持続時間 : 240 ms, ISI : 500 ms）を聞き、母音を用いて模倣・発声した。それから、複数の教示（「可能な限り速く反応すること」、「直感的に回答すること」、「はっきりと大きな声で発声すること」、「正解がないこと」、「注意深く聞くこと」、「先行・後続音などと比較しないこと」、「同じ母音を複数回使用可能であること」）を受けた後、参加者は、特定のキーを押すと同時に呈示される音に対して、母音を用いて模倣・発声させられた。そして、所定の用紙に発声音と同じものを記入した。なお、各音は 2 回ずつ（計 170 試行）、参加者ごとにランダムに呈示した。ランダムサイズは、85 音を 1 ブロックとして、

*Influences of differences in pitch of pure tones on onomatopoeic expressions: Using acoustic characteristics of speech sounds and reaction times as indicator, by M. Matsui (Sophia Univ.) and T. Arai (Sophia Univ.).

各ブロック内で行った。ブロック間には 30 秒間休憩があった。所要時間は、約 15 分であった。

3 結果

仮説 1 を検証するために、1/3 オクターブにおける各母音の平均出現率と標準偏差を確認した。すると、聴取音の周波数(低い→高い)に対して/o/→/u/→/o/→/a/→/i/と分布していた (Fig.1)。これは、過去の研究^[1-3]と同様に、母音の F2 を相対的には概ね反映するが、F2 が出現するおよそ 0.7 kHz - 3 kHz 帯域において絶対的には反映しないことを示すものであった。

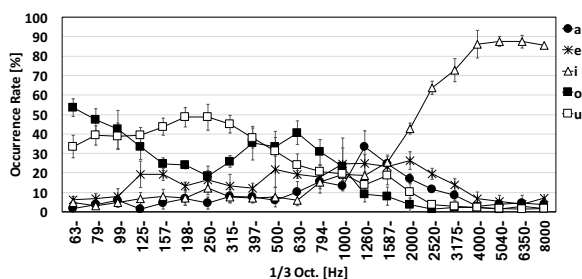


Fig.1 母音の分布 (N = 28) .

また、仮説 2 を検証するために、従属変数を 1/3 オクターブにおける平均反応時間として、1 要因 22 水準 (対応あり) の分散分析を行なった。ちなみに、単純反応時間^[6]を考慮して、SOA が 200 ms 以下の数値 (ER) を、各参加者の 1 ブロックごとに中央値を算出したものでそれぞれ補完した。なお、ER は全体の 3% を占めていた。

検定の結果、平均値間に有意な差は認められたものの ($F(21, 567) = 1.87, p < .05, \eta^2 = 0.01$)、多重比較 (Bonferroni 法) の結果、仮説 2 を支持するような有意な差は認められなかった。

さらに、仮説 3 を検証するために、発声音の平均周波数を従属変数として先の検定と同様に分散分析を行った。その結果、5%水準で有意な差は認められなかった ($F(21, 168) = 1.52, n.s.$)。

4 考察

仮説 1 を検証するために、母音のみを用いて聴取音を模倣・発声させたが、各母音の出現率が各母音の F2 に絶対的に一致するような傾向は認められなかった。また、仮説 2 を検証するために、反応時間を分析したが、聴

取音の周波数が F2 に接近 (あるいは離脱) するほど反応時間が減少 (あるいは増加) する傾向は認められなかった。その理由として、本実験では「可能な限り速く」反応することを参加者に対して求めたが、他の教示 (例として、「はっきりと大きな声で発声」と拮抗して反応時間が一定になった可能性がある。したがって、今後、速く反応することを教示において強調し、引き続き、検討する。

一方で、仮説 3 を検証するために発声音の平均周波数を分析したところ、聴取音の周波数の違いによって発声音の高さは変動しないことが明らかとなったことから、聴取音の周波数と言語表現した際の母音の F2 とが相対的に一致する傾向は、発声音のフィードバックに基づいていない可能性が残った。ただし、日本語母語話者を対象とした場合、母音の選択肢が 5 つであるため、参加者は、「模倣」よりも「選択」として処理を行ない、それが剰余変数となっている可能性が否めない。なお、聴取音と発声音の高さが一致しない傾向は、(実験パラダイムは異なるが) 他の研究^[7]でも認められていることから、比較的頑健な傾向であると言えるが、一方で、著者らが本報告と並行して行なっている他言語話者を対象とした擬音語を用いた模倣課題においては、聴取音と発声音の高さを一致させる傾向が認められていることから、引き続き、各言語母語話者を対象に、「母音のみ」あるいは「擬音語」を用いた模倣課題を行い、比較・検討を行うこととする。

5 参考文献

- [1] 松井萌, 音講論 (秋), 547-550, 2016.
- [2] 松井萌, 音講論 (春), 1437-1438, 2017.
- [3] 松井萌, 荒井隆行, 音講論 (秋), 375-376, 2017.
- [4] Fitts, P.M., & Seeger, C.M., *Journal of Experimental Psychology*, 46, 199-210, 1953.
- [5] Fitts, P.M., & Deininger, R.L., *Journal of Experimental Psychology*, 48, 483-492, 1954.
- [6] Niemi, P., & Näätänen, R., *Psychological Bulletin*, 89, 133-162, 1981.
- [7] 大石弥幸, 梶野哲也, 音講論 (春), 407-408, 2006.