

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12086

研究課題名（和文）自覚的耳鳴を再現するためのインタラクティブな音合成プラットフォームの開発

研究課題名（英文）Development of web platform on interactive sound synthesis for reproducing subjective tinnitus

研究代表者

為末 隆弘（Tamesue, Takahiro）

山口大学・情報基盤センター・教授

研究者番号：00390451

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本人にしか聞こえない耳鳴は、他者がその症状を正確に把握することが困難であり、個人差も大きいことが知られている。本研究は、自覚的な耳鳴を再現するためのインタラクティブな音合成システムの構築を目的とし、耳鳴を模擬・再現した合成音をデータベース化して誰でも利用できる耳鳴プラットフォームの展開を試みようとするものである。耳鳴を表現する手段のひとつであるオノマトペの音韻的・音響的特徴等から、どのような特徴をどのような方法でコントロールできるか、オノマトペや言語表現などの感性情報をどのように用いることができるか等、耳鳴を再現するためのインタラクティブな音合成システムについて検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、耳鳴とオノマトペの関連性を捉えるための言語表現とそのレベルの候補を洗い出した。耳鳴を模擬した音響刺激を用いて、周波数、周波数帯域、減衰時間、周波数揺らぎ等を変化させて耳鳴を再現したとき、どのようなオノマトペに相当するか明らかにした。音響的特徴をパラメータとしてコントロールすることで、オノマトペに基づいて耳鳴を再現するためのWebアプリケーションおよび耳鳴プラットフォームを試作した。

研究成果の概要（英文）：It is known that tinnitus, which can only be heard by the individual, makes it difficult for others to accurately identify the symptoms and that there are large individual differences. This research aims to construct an interactive sound synthesis system to reproduce subjective tinnitus, and to develop a tinnitus platform that can be used by anyone by creating a database of synthetic sounds that simulate and reproduce tinnitus. An interactive sound synthesis system for reproducing tinnitus was investigated based on the phonological and acoustic characteristics of onomatopoeia, which is one of the means of expressing tinnitus, to see what features can be controlled and in what way, and how sensory information such as onomatopoeia and linguistic expressions can be used. This study also examined interactive sound synthesis systems for reproducing tinnitus.

研究分野：感性情報学

キーワード：自覚的耳鳴 オノマトペ 再現 データベース プラットフォーム

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 慢性的な耳鳴に悩まされる患者が少なくない。耳鳴の大きさは最小可聴値上の5~15 dB程度であるが、注意すべき危険な音であると脳が判断してしまうことで、不快を感じたり、耳が聞こえなくなるといった不安から、不眠やうつ病に発展したりする場合がある。

(2) 耳鳴の原因や発症メカニズムは不明な点が多く、慢性化した耳鳴を消すことは容易ではない。耳鳴は本人にしか聞こえない自覚的なものがほとんどであり、個人差が大きいことから、症状を正確に把握することが難しい。

(3) このような自覚的な耳鳴をオノマトペで表現させる方法で、関連する周波数や純音性・雑音性の違いに関する検討等がこれまで実施されている。しかしながら、実際に訴えられるオノマトペは多岐にわたっており、音響的特徴との関連性に踏み込んだ検討は十分であるとはいえない状況である。

### 2. 研究の目的

(1) オノマトペの音響的特徴から耳鳴をどの程度再現できるかを考察するために、周波数、周波数帯域幅、減衰時間、周波数揺らぎ等を変化させた音響刺激がどのようなオノマトペに相当するかを主観的な心理評価実験をもとに検討する。

(2) オノマトペに基づいて、耳鳴を再現するためのインタラクティブな音合成システムについて検討する。

(3) 耳鳴りを再現するための合成音をデータベース化するための方法について検討し、耳鳴プラットフォームへの応用を目指す。

### 3. 研究の方法

(1) 耳鳴とオノマトペの関係を考察するためには、どのような主観的評価をどのような言語表現で行えばよいかについて、言語表現とそのレベルの候補を洗い出す。

(2) 耳鳴を模擬した音響刺激の候補を採用し、周波数、周波数帯域、減衰時間、周波数揺らぎ等を変化させて、言語表現等との関連性を調査するための心理実験を実施する。

(3) 上記の音響的特徴から耳鳴を再現したとき、どのような言語表現に相当するか明らかにして、言語表現が妥当なものであるか否かを検討する。

(4) 音響的特徴をパラメータとしてコントロールすることで、オノマトペに基づいて音響刺激を生成・処理するためのWebアプリケーションについて検討する。

(5) Webアプリケーションにより作成した音をインターネットクラウド上にデータベースに保存して、ネットワークで参照するための方法について検討する。

### 4. 研究成果

(1) 純音、三角波、ノコギリ波、矩形波等といった純音性の音響刺激や、1/3オクターブ帯域、1/1オクターブ帯域等の帯域雑音を用いて、周波数や周波数帯域を変化させて場合に、どのようなオノマトペに聞こえるか、どの程度似ていると感じるかを調査するための心理実験を実施した。オノマトペと周波数の関係を求めた結果の例として、純音性および雑音性の場合をそれぞれ表1と表2に示す。これらの表において、は純音、は三角波、はのこぎり波、は矩形波、は狭帯域雑音、は1/1オクターブ帯域雑音、は1/3オクターブ帯域雑音の場合を示している。純音性と雑音性の違いに加えて、周波数や周波数帯域を変化させることにより、様々なオノマトペが現れる。

(2) さらに、上記の音響刺激に減衰時間や周波数揺らぎを付加したとき、どのようなオノマトペ表現になるかを検討した。具体的には、ガンマ関数のエンベロープをもつ搬送波を採用し、減衰時間や周波数揺らぎの強度に関するパラメータを変化させた場合に、どのようなオノマトペに聞こえるか、どの程度似ていると感じるかを調査するための心理実験を実施した。実験結果より、減衰時間を変化させることで、促音、撥音、長音等を表現できることがわかった。また、周波数揺らぎを付加することによって破裂音や摩擦音等が現れ、これらはスペクトル構造等で特徴づけられる可能性があることを確認した。

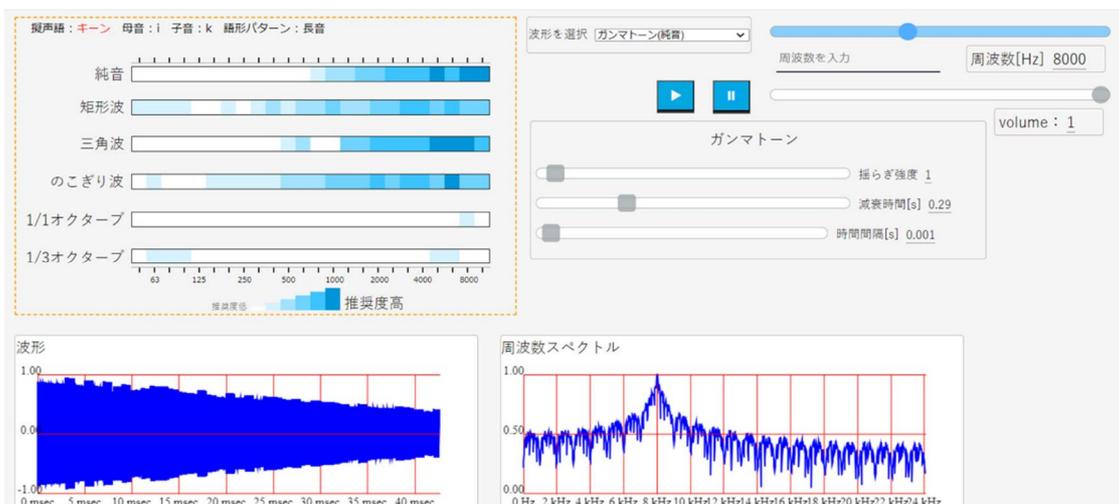
表 1 オノマトペと周波数の関係 (純音性)

擬声語	周波数 [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
67. ジーン		△▽□	▽	▽				□	□
112. ビー		○△▽□	△▽□	△▽□	▽□	▽□	▽□	▽□	▽□
113. ビーン		△▽□	▽□	▽□	▽	▽□	▽	▽□	▽□
32. グー		○△▽	○▽□	▲		■			
36. グオー		△	○	▲					
96. ドウー		○△▽	△	▲					
115. ビーン		△▽□	△▽□	▽□	□	▽□	▽	▽□	▽□
134. プー		○△▽□	○△▽□	△▽□	▽			▽□	□
135. ブーン		○△▽□	○△▽□	△▽□				□	▽□
138. ブウーン		○△▽□	○△▽□	▽□				▽	
11. オー		○△	○	□					
15. ガー		▲				■			
7. ウオー		○△	○△						
167. シー		○△	○	○▽□					
33. グーン		△	○	□					
4. ウーン		○△	○△	○△	□				
8. ウォーン		○△	○						
3. ウー		○△▽□	○△▽□	○△	□				
5. ウアーン					▽				
155. ボーン				○	□	○△	□		
140. ブーン				○	○△▽□	○△▽			
156. ボウー				○△	□	○△▽□	○△▽	○	
93. ツーン					□				
139. プー				○△	□	○△▽□	○△▽□	○△	□
154. ポー				○△	□	○△▽□	○△▽□	○	□
141. プゥー				○△	□	○△▽□	○△▽□	○△	□
92. ツー				○△	□	○△▽□	○△	○	□
120. ビー				○	○△▽□	○△▽□	○△▽□	○△▽□	○△▽□
122. ビーン				○△	○△▽□	○△▽□	○△▽□	○△▽□	○△▽□
121. ビーン					○△▽□	○△▽□	○△▽□	○△▽□	○△▽□
123. ビオー						▽			
1. イー					△▽□	▽	○△	□	○△
162. リー							○	□	○△▽
20. キー					▽□	○	▽□	○△▽□	○△▽□
88. チー						○	○△	□	○△▽□
21. キーン						▽	○△▽□	○△▽□	○△
127. ビュー							▽	○	□
94. ティー						△▽	○△▽	○△	□
22. キーイン							○	○△	○△

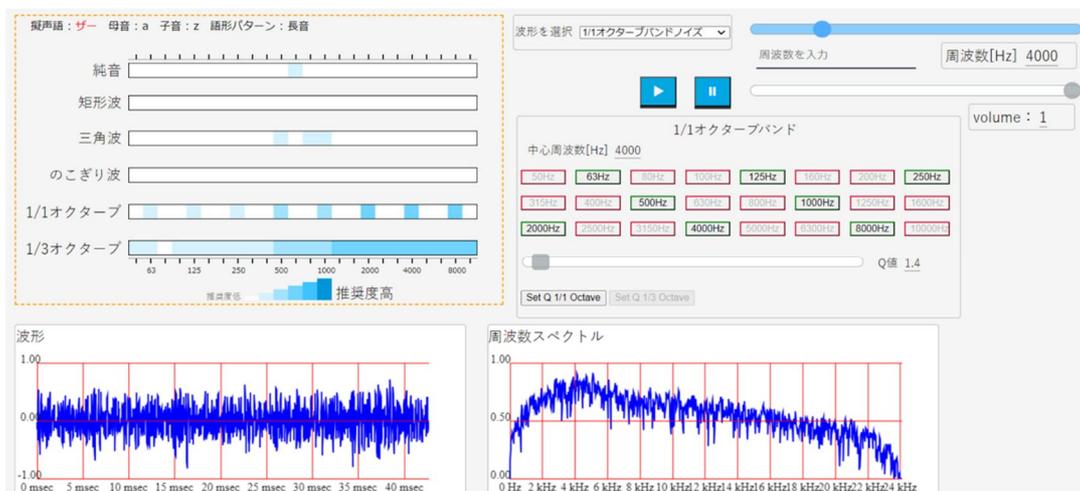
表 2 オノマトペと周波数の関係 (雑音性)

擬声語	周波数 [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
149. ボアボア		▲	●	■	▲				
50. サワサワ			●						
71. ジャリジャリ		■	●	■					
76. ジリジリ		▲▲	●▲						
117. ビビビ		▲▲	▲		●				
118. ビュー			■		●				
119. ビュービュー					●				
68. ジャー			▽	▲▲	●	■	●▲■	▲■	▲■
48. ザー		□	▲▲	●▲	●	■	●▲■	●▲■	●▲■
49. ザアー			▲▲	●▲	●	■	●▲■	●▲■	●▲■
70. ジャー		▽	▲▲	▽	▲▲	■	●▲■	▲	●▲■
45. サアー						■	▲▲	●▲■	●▲■
51. シー							△	△	△
55. シャー							▲▲	●▲■	●▲■
57. シュー							■	●▲■	●▲■
64. ショー							■	●	●▲
114. ビーン		○△▽□	■	△▽□	▲▲	△▽□	●	▽□	▽□
66. ジー		○△▽□	▲▲	▽□	●▲■	▽	▽□	▽□	▽□
69. ジイー		○△▽□	▲▲	▽□	●▲■	▽	▽□	▽□	▽□
82. ズゥー		○△▽□	▲	○	▽	●▲■			■
40. ゴー		○△▽□	▲▲	○△	▲	▲▲	▲▲		
80. ズー		○△▽□	▲▲	○	▽	●▲■			●
136. プアー		○△▽□	▲▲	○△▽□	●▲■	▽			
147. ポー		○△▽□	▲▲	○△▽□	●▲■	▽□	▲▲		
150. ポウー		○△▽□	▲▲	○△▽□	●▲■	□	●▲■		
151. ポオー		○△▽□	▲▲	○△▽□	●▲■	▽□	●▲■		
152. ポォーン		○△▽	▲▲	○△▽□	●▲■	▽	●▲		
137. プゥー		○△▽□	▲▲	○△▽□	▲	▽□		▽□	▽□
148. ボーン		○△▽	○△▽□	■	●				
95. ドー		○△▽	○△▽□	●▲■	▲				
157. ミー							○	□	○
116. ピオー			▲						●
34. グアー				▲					
35. グアグア									
38. コー					▲	△	■		
41. ゴウゴウ		▲▲	▲	▲					
44. サー							■	■	■
60. シュルシュル									▲
74. ジュー							■	▲	▲
75. ジョー							■		

(3) 上記で得られたオノマトペの音響的特徴を用いて、耳鳴模擬音を生成・処理するための Web アプリケーションを試作した(図1)。オノマトペより推定した特徴量より、耳鳴を再現した音の候補が再生される。音響刺激の種類、周波数、周波数帯域、減衰時間、周波数揺らぎ強度等のパラメータを調整して、音を生成することができる。



(a) 純音性(キーン)



(b) 雑音性(ザー)

図1 耳鳴を再現するためのアプリケーション

(4) Web Audio API によるアプリケーションで作成された音データをインターネットクラウド上に保存するデータベースを試作し、モバイル回線等からもアクセスできることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 Spatiotemporal principal component analysis for event-related potentials in three oddball paradigms under meaningful noise
3. 学会等名 The 52st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丸谷凌雅
2. 発表標題 ガンマトーンによる耳鳴を表現するための擬声語に関する一考察
3. 学会等名 2023年度第55回日本人間工学会中国・四国支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山鹿寛貴
2. 発表標題 3刺激オドボール課題時の事象関連電位に関する基礎的考察
3. 学会等名 2023年度第55回日本人間工学会中国・四国支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 Adaptive Correlation Filter Based on Spatiotemporal Principal Component Analysis for Event-Related Potentials
3. 学会等名 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 Event related potentials in three oddball paradigms under meaningful or meaningless noise
3. 学会等名 24th International Congress on Acoustics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 ERP components analysis of selective attention to auditory signals in meaningful or meaningless noise using adaptive correlation filter
3. 学会等名 The 51st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 Adaptive correlation filter for ERP Components associated with selective attention under meaningful or meaningless noise
3. 学会等名 28th International Congress on Sound and Vibration (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅野光
2. 発表標題 有意味・無意味騒音が3刺激オドボール課題時の選択的注意に及ぼす影響
3. 学会等名 2023年度第73回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 A study of differences in ERP under meaningful of meaningless noise by multivariate analysis
3. 学会等名 13th IC BEN Congress on Noise as a Public Health Problem (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahiro Tamesue
2. 発表標題 Spatiotemporal components of ERPs in odd-ball paradigms under meaningful of meaningless noise
3. 学会等名 27th International Congress of Sound and Vibration (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本崇史
2. 発表標題 有意味・無意味騒音下における精神作業時の事象関連電位に関する一考察
3. 学会等名 2021年度第72回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本崇史
2. 発表標題 有意味・無意味騒音下における精神作業時の事象関連電位P300に関する一考察
3. 学会等名 2021年度第53回日本人間工学会中国・四国支部大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------