

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ヒトのマルチモーダル知覚特性に基づく聴触覚刺激の合成
Title(English)	Synthetic audio-tactile stimuli generation based on human multi-modal perception
著者(和文)	アルフォンソ バランドラ
Author(English)	Alfonso Balandra
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11114号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:長谷川 晶一,小野 功,中本 高道,三宅 美博,宮下 英三
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11114号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	知能システム科学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	Alfonso Balandra Antelis		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	長谷川晶一	
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

第 1 章”Introduction”では、研究の動機と提案について述べている。様々な振動提示デバイスに適した音響に合致した触覚振動の生成手法を設計するために、聴覚と触覚のマルチモーダルな知覚を研究することの必要性を指摘し、その結果を用いた初心者や子供の音楽鑑賞体験を向上させるために振動と視覚刺激を用いたマルチモーダル音楽鑑賞環境、Haptic Music Player を作成すると述べている。

第 2 章”Related Research”では、触覚による音楽鑑賞体験の向上を目的とした既存の取り組みを概説、比較している。議論された論文では、音楽鑑賞体験を豊かにするために音声触覚信号または音声触覚視覚信号を作成、拡張、修正または設計するために多様なデバイスと手法を使用している。また、本研究と関係が深い、音声信号を触覚振動または触覚-視覚刺激に変換して表現する最近の取り組みについて詳しく取り上げている。

第 3 章”Human Perception”では、体性感覚と聴覚の特徴について説明している。まず各感覚の機械的構造および一般的な機能を説明したあと、各感覚の知覚能力と限界、聴覚と触覚の限界の比較が説明されている。また、提案するマルチモーダル音楽鑑賞環境の評価と触覚信号の心理物理実験に必要なので、一般的な多声音楽の知覚について説明している。

第 4 章”Evaluation on Multimodal Envelope and Frequency Perception”では、触覚信号生成手法の設計に必要な心理物理学実験について説明している。まず、実験設計のために先行研究を検討し、それに基づいて音響触覚信号の特定の変化に対する被験者の応答を計測する5つの実験を説明している。最初の2つの実験では、被験者はさまざまな種類の楽器の音量の包絡線(エンベロープ)と、触覚信号の包絡線の類似性の認識を評価している。1つ目の実験では触覚信号の周波数を音響信号の音程に応じて変化させたが、2 番目では 250 Hz に固定している。触覚信号の包絡線は三角形、矩形およびアナログ(完全に相似)の3つを用いている。この結果、触覚信号の周波数が固定である場合にのみ、参加者が包絡線形状間の類似性を知覚できたと報告している。一方、周波数を音程にあわせた場合、参加者はより単純な形状の包絡線を選択する傾向が見られたと報告している。3 番目の実験では、包絡線形状の異なる多様な音響信号に対する認識を評価している。6つのMIDI楽器音の包絡線を音響提示し、三角形、矩形、対数減衰、音響信号と等しい包絡線を触覚提示している。そして、音響の包絡線が単純な形状の包絡線と相関が高い場合には、単純な形状の包絡線を持つ触覚信号が選ばれることがあると報告している。第 4 の実験では、聴覚と触覚の包絡線について MIDI 楽器の包絡線で用いられる Attack, Decay, Sustain, Release の差異の知覚を評価した。参加者は、バイオリンの包絡線と、Attack, Decay, Release を変更した包絡線の類似性を評価している。結果として、Attack の時刻の重要性和、Decay と Release からなる減衰の際に振幅の小さな違いが知覚されないことが示されている。

第 5 章”Haptic Music Player”では、実験の結果が Haptic Music Player の実装にどのように適用された

かを説明している。また、視覚、触覚、および聴覚提示の実装の詳細が説明されている。さらに、楽曲の特定の楽器のメロディを選択的に聴取することを支援する視覚触覚刺激提示の有効性を評価している。実験は、主観報告により、視覚と触覚刺激が異なる3条件で、被験者が特定の楽器のメロディを注意することができた時間を計測している。実験では3つのクラシックフーガを用い、30人の被験者について行っている。その結果、視覚触覚刺激が被験者の注意を特定の楽器のメロディに集中させるために効果的であることが示されたと述べている。

第6章”Conclusion”では論文の結論を示している。まず第4章の心理物理実験の結果を聴覚触覚信号の感覚を向上させるための3つのガイドライン—アタックは同期されなければならない、減衰では小さな振幅変化は無視でき、周波数変動は信号の相関知覚を鈍らせる—にまとめている。また、今後の課題として、音楽教育、マルチメディア環境、バーチャルリアリティ環境におけるさまざまなアプリケーションにガイドラインを実装することが挙げられている。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻
Department of
学生氏名： Alfonso Balandra Antelis
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (理学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 長谷川晶一
Academic Supervisor(main)
指導教員(副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

Chapter 1 mentions the proposal and the motivation of the dissertation. It is proposed that is necessary to study the audio-tactile multimodal human perception in order to design a method to create synthetic haptic vibrations, which have a high resemblance to their respective audio source, suitable to be displayed on diverse kinds of hardware. The results of these studies are then applied to create a multimodal enhancement listening system called: The Haptic Music Player. Which uses vibration and visual stimuli to enhance the music listening experience of novice or young users.

Chapter 2 mentions all the previous efforts and projects which aim to enhance the music listening experience though haptics. Different types of proposals are discussed, described and compared. The discussed papers use diverse types of hardware and/or methodologies to create, enhance, modify or design an audio-tactile signal or a redundant audio-tactile-visual signal in order to enrich the music listening experience. Also this section gives special attention to describe of the most relevant and recent efforts on represent an audio-signal into a haptic vibration or a redundant haptic-visual stimulus.

Chapter 3 describes all the capabilities, strengths and weaknesses of the somatosensory and the auditive senses. First the mechanical structures and the general function description of each of these sense are mentioned. Then, the perception capabilities and limitations of each sense are described. Afterwards, the auditive and tactile senses are compared based on their limitations and capabilities. Due to the evident multidimensionality essence of music it was also necessary to generally describe the human capabilities to perceive polyphonic music in order to understand a proper way to evaluate the proposed entertainment environment and execute the psychophysical experiments in order to define a representative haptic signal.

Chapter 4 describes the preliminary psychophysical experiments performed in order to find an optimal strategy to define the haptic signal on the proposed entertainment environment. To find methodology to perform the experiments, previous documentation on this subject was considered. Each of the five performed experiments had an specific methodology in order to measure the participants response to specific changes on the audiotactile signals. The first and second experiments evaluated if the participants were able to precisely perceive the similarities between the audio and haptic envelopes for different

kinds of music instruments. In the first experiment, the haptic signal frequency changed accordingly to the notes' pitch while the second experiment the haptic signal frequency was fixed on the 250 Hz. In both experiments the haptic envelope was defined using 3 different envelope shapes: triangular, square and analogue (perfectly similar). The results from both experiments, showed that the participants were able to perceive the similarity between the envelope shapes only when the haptic stimuli frequency was static. While, in the first experiment the participants were confused by the simpler envelopes shapes. The third experiment evaluated the participants' perception to the diverse audiotactile signals with different envelope shapes. For audio: six midi envelopes were used. And for haptics: a triangular, a square, a logarithmic and the analogue envelope were used. The results of this experiment demonstrate that the participants were confused by the simple haptic envelope only when this has a high correlation with the instrument envelope. The fourth experiment, evaluated the perception of differences on the attack, delay and release in the audiotactile envelope. The participants rated the similarity of a midi violin envelope with a set of different envelope shapes with differences on their attack, delay or release. The results of this experiment shown confusion when the simple signals had a synchronized attack and decay rate similar to the violin signal. Showing incapability of perceive small amplitude differences on the signals decay.

Chapter 5 describes how the results of the performed experiments are applied in the implementation of the Haptic Music Player. Details about the implementation of the visual, tactile and audio modules are described. Also, the effectiveness of a redundant visual-tactile signal to enhance selective listening is evaluated. The evaluation uses a self-reported method to evaluate the participants' attention to 3 different conditions of the stimuli: visual-only, haptic-only and visual-haptic. 30 participants using 3 classical music fugues performed the experiment. The results clearly indicate that the visual-haptic stimulus is very effective focus the listeners' attention into an specific instrument.

Chapter 6 presents the conclusion of this dissertation. Concretizes the perception experiments findings in to three guidelines to improve the perception an audiotactile signal: the attack of the signals must be synchronized, small amplitude changes on the decay can be neglected and the frequency variations could mask the correlation perception of the signals. Also as future work, the implementation of these mentioned guidelines into diverse applications like: music education, multimedia environments or virtual reality environments are mentioned.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).