T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	Alfonso BALANDRA	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	長谷川晶一	准教授	小野功	准教授
	審査員	中本高道	教授		
		三宅美博	教授		
		宮下英三	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は，音楽鑑賞を触覚振動提示により豊かにするために，音響に合った振動波形の生成手法の設計を目的とした，聴触覚のマルチモーダル知覚の調査と心理物理実験に基づくガイドラインと，これに基づいて制作した分析的音楽聴取のための視聴触覚マルチモーダル音楽鑑賞環境を提案するものであり，“Synthetic Audio-tactile Stimuli Generation based on Human Multi-modal Perception”と題し英文6章からなる。

第1章“Introduction”では，様々な振動提示デバイスに適した，音響に合った触覚振動の生成手法の設計に，聴触覚のマルチモーダル知覚の研究が必要なことを指摘し，その結果を用いて初心者や子供の音楽鑑賞体験向上のための触覚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 を制作すると述べている。

第2章“Related Research”では，音楽鑑賞体験を豊かにするために聴触覚刺激または視聴触覚刺激を生成，拡張，変更，設計するための多様なデバイスと手法に関する研究を取り上げ，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。また，本研究と関係が深い，音声信号を触覚刺激または触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，触覚と聴覚の特徴を説明している。まず両感覚の機械的構造と機能を説明したあと，知覚能力とその限界と比較について説明している。また，提案するマルチモーダル音楽鑑賞環境の評価に必要な多声音楽の知覚についても説明している。

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，それに基づいて聴触覚信号の類似性の知覚ついての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，さまざまな楽器の音量の包絡線(エンベロープ)と，三角形，矩形，相似型のエンベロープを持つ触覚信号の類似性の知覚を比較している。触覚信号の周波数を変化させた場合と固定した場合を比較し，周波数の変化が類似性の知覚を鈍らせると報告している。第3の実験では，6つの MIDI 楽器音を聴覚提示し，三角形，矩形，対数減衰，相似形のエンベロープを触覚提示している。そして，音響のエンベロープが単純な形状に近い場合には，単純な形状の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， MIDI 楽器のバイオリンのエンベロープを元に，Attack，Decay，Release を聴触覚で変えた場合の類似性の知覚への影響を評価し， Attack の時刻の重要性と，Decay と Release の小さな違いが知覚されないことを報告している。第5の実験では，聴覚信号のエンベロープを修正して

作成した5つの触覚信号について知覚の類似性を評価し，エンベロープが同一でなくとも Attack の時刻が同一で全体的な減衰率が近ければ差異が知覚されないことを報告している。

第5章“Haptic Music Player”では，実験結果がマルチモーダル音楽鑑賞環境である 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，視聴触覚提示の実装が説明されている。さらに，楽曲中の特定の楽器のメロディを選択的に聴取することへの触視覚提示の効果を評価している。3つのフーガを用いて30人の被験者に対して，3つの触視覚刺激条件で，特定のメロディに注意を向け続けられた時間を主観報告に基づいて計測した結果から，触視覚刺激が注意を向けさせるために効果的であると報告している。

第6章“Conclusion”では結論として，まず，心理物理実験の結果を聴触覚提示の感覚向上のための次の3つのガイドラインにまとめている—Attack が同期していなければならず，減衰では小さな振幅の違いが無視でき，周波数変動は信号の相関知覚を鈍らせる。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応用にガイドラインを適用することを挙げている。

以上を要するに，本論文は，音楽鑑賞を触覚振動提示より拡張するための触覚振動信号生成手法の設計に必要なガイドラインを心理物理実験に基づいて提案し，音楽鑑賞体験を向上させるための触視覚刺激を用いたマルチモーダル音楽鑑賞環境 Haptic Music Player をガイドラインに基づいて提案するものである。本論文は，様々な触覚提示デバイスによる音楽鑑賞体験の向上や，音楽教育のための鑑賞環境などへの応用につながるものであり，工学上の貢献が大きい。よって博士（工学）の学位論文として十分な価値を持つと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」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。