

課題番号	Q22DS-04
課題名 (和文)	ユーザベースの触覚モデリング
課題名 (英文)	User-based Haptic Texture Modeling
研究代表者	所属: 総合研究所
	氏名: 戸塚 圭亮
共同研究者	所属: 工学部 電子システム工学科
	氏名: 渡辺 亮
	所属: 工学部 電子システム工学科
	氏名: 五十嵐 洋
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
氏名	
所属 (学部、学科・学系・系列、職位)	
氏名	

#### 研究成果の概要 (和文)

本研究課題は、振動を用いて再現した物体表面の粗さなどテクスチャ特性を、ユーザの操作で変更可能なシステム開発を目的にした。期間内の作業は、テクスチャ振動の測定装置、テクスチャ再現システムの開発および評価である。この成果に関しては国内学会 2 件と国際学会 1 件にて発表した。また、システムの改良として、データ圧縮の基礎実験を実施し、圧縮しても情報劣化を人間が知覚出来ない条件を発見した。この成果に関しては国内学会 2 件と国際学会 1 件にて発表した。

#### 研究成果の概要 (英文)

本文 (9 ポイント : Century)

The purpose of this research project was to develop a system that allows the user to change the roughness and other texture characteristics of an object surface reproduced using vibration. During this period, we developed and evaluated a texture vibration measurement device and a texture reproduction system. The results were presented at two national conferences and one international conference. In addition, as an improvement of the system, we conducted basic experiments on data compression and discovered conditions under which information degradation cannot be perceived by humans even after compression. These results were presented at two domestic conferences and one international conference.

## 1. 研究開始当初の背景

物体表面をなぞったときに発生する振動スペクトルを再現することで、物体表面のテクスチャを再現できる。テクスチャの粗さや硬さは振動スペクトルに反映されるため、これがテクスチャの識別を可能にしている。この振動スペクトルはデジタルフィルタで再現可能だが、振動スペクトルはなぞる速度や押し付け力で変化するため、それに対応してフィルタを変更する必要があった。ここで、先行研究は速度と力にフィルタの伝達関数を対応させていたが、伝達関数はスペクトルの特性を直接表すことは出来ず、粗さや硬さに対応してフィルタを変更することは不可能であった。

## 2. 研究の目的

本研究は、振動を用いて再現した物体表面の粗さなどテクスチャ特性を、ユーザの操作で変更可能なシステム開発を目的にした。従来手法の問題を考慮し、速度と力にスペクトルの特性を直接対応させることにした。振動スペクトルはある程度の帯域幅をもつ1つ、あるいは2つのピークを保有している。そこで、このピークを個別に再現するフィルタを作成することで、スペクトルの特性をピークの個数、基本周波数、振幅、帯域幅に定義することが可能であり、これらを速度と力に対応できると考えた。

## 3. 研究の方法

目的達成には次の項目を順に達成していくことで達成可能であると計画を立てた。

- (1) 振動測定装置の開発
- (2) 振動スペクトルの近似システム
- (3) 振動のスペクトル特性と力、速度の対応
- (4) テクスチャ特性の数値化
- (5) (4)で取得した情報を(3)に追加
- (6) 完成したシステムの評価

## 4. 研究成果

本年度の研究期間において終えた計画は、研究の方法で挙げた(1)~(3)になる。ピークを個別に再現するという手法は、振動スペクトルの特性をフ

ィルタ特性から推定するために考案した手法だが、結果としてフィルタ次数の大幅な圧縮に成功した。これまでの手法であれば通常 400 次元の IIR フィルタを使用していたが、本研究では 2 次の IIR フィルタの組み合わせで再現に成功した。加えて、研究を進める内に、スペクトルの特性の一つであるピークの個数を 1 つに絞ることができると可能性を得た。そして、その可能性を確かめるために、研究期間の後半ではその仮説の検証を行った。この検証結果を発表したところ、電気学会の産業計測制御技術委員会より優秀論文発表賞を頂いた。今後の展望として、今年度には達成できなかった(4)~(6)を実施すると共にこれまでの結果を論文誌としてまとめることである。

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 6 件)

- ① 戸塚圭亮：“パラメトリックイコライザによる振動合成の提案及び評価”，ROBOMECH2022' 2022, 札幌【査読なし】.
- ② 戸塚圭亮：“テクスチャ再現による第二ピークの重要性”，ISAM2022, 2022. 名古屋【査読なし】.
- ③ 戸塚圭亮：“パラメトリックイコライザを用いたなぞり動作時におけるテクスチャ再現”，SICE SI, 2022, 幕張メッセ【査読なし】.
- ④ 戸塚圭亮：“測定ベースの触覚テクスチャにおける高周波振動の知覚弁別”，IIP2023,2023, 福岡【査読なし】.
- ⑤ Keisuke Tozuka: “Human-based Evaluation for Vibration Synthesis with Parametric Equalizer”, MIPE2022, Nagoya, 2022【査読あり】.
- ⑥ Keisuke Tozuka: “Human-based Evaluation for Vibration Synthesis with Parametric Equalizer”, IEEE WHC2023, Delft Netherlands, 2023【査読あり】.