

画像特徴量を利用した触覚振動表現において 振動強度不変な重畳提示手法の検討

○黒木 詢也（熊本大学）， 嵯峨 智（熊本大学）

Superposition of image features with invariant vibration intensity on vibrotactile information

○Junya KUROGI (Kumamoto University), and Satoshi SAGA (Kumamoto University)

Abstract : We have been researching a rendering method to improve tactile reproducibility in our haptic display that can control vibration in two directions. In this paper, we propose a presentation method that calculates the integral value of the amplitude of the vibration information before and after superimposing the image features, and multiplies the ratio to the vibration information after superposition. By using this method, vibration can be presented without losing vibration intensity.

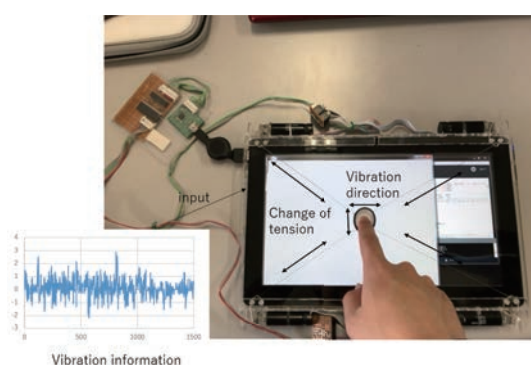


Fig. 1: 剪断力提示装置

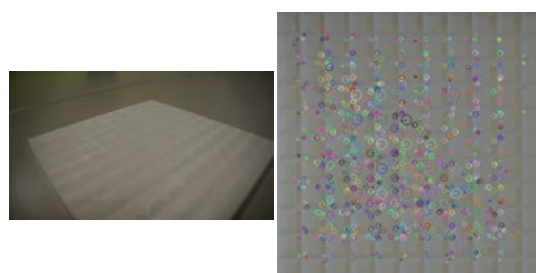


Fig. 2: (左) 自作テクスチャ : (右) 抽出した特徴量

1. 緒言

近年，世界中でタッチパネルが利用されている．しかし，これらの多くは触覚によるフィードバックが存在していない．研究レベルにおいては，多くの研究者が様々なデバイスを開発しており，これらの振動刺激は高い再現性を実現している [1, 2]．しかし，これらのデバイスは振動方向が 1 次元に限定されているものがほとんどである．我々はこの振動方向に着目し，これまでに 2 次元方向に振動制御可能な剪断力提示装置 (Fig. 1) を用いて，x,y 軸方向の振動を正確に提示した際の触覚再現性の検証をおこなってきた [3]．

以前には，単純な記録振動の提示では再現が困難なテクスチャに対し，画像特徴量を用いて振動の特徴的な部分をより強調することで再現性を向上させる手法を提案した．しかし，この手法では本来の記録振動より振動強度が減少してしまうという問題があった．本稿では，この問題点を解決するために画像特徴量を重畳する前と後の振動情報の振幅の積分値を求め，その比を重畳後の振動情報にかけ合わせることで，振動エネルギーを損なわないように振動を提示する手法を提案する．

2. 画像特徴量を用いた振動提示手法

本節では，以前我々が提案した画像特徴量の重畳を用いた振動提示手法について簡単に説明する．我々は，これまでの研究から，記録した生の振動情報をそのまま提示するだけでは再現性の向上が困難なテクスチャが存在すると考察している [3]．そこで，振動情報を提示する際にテクスチャ画像から得られる特徴量を利用することでテクスチャの再現性を向上させる手法を検討した．その手法では，画像から抽出される特徴量を振動提示に利用できる 1 次元の形に加工し，振動情報に重畳することで特徴的な部分をより強調した振動提示を可能にした．その際，画像情報の抽出に用いた自作テクスチャと実際に抽出を行った結果を Fig. 2 に示す．

以前の手法では，特徴点の大きさを表すパラメータである size を抜き出して x 軸，y 軸それぞれの 1 次元情報に加工して振動情報に重畳した．提示振動は以下の (1) 式で求められる．なお， a_x, a_y は x 軸，y 軸の提示振動であり， e は重畳する size 情報である．

$$a(x, y) = a_x e(x) + a_y e(y) \quad (1)$$

しかし，この手法では特徴量を [0,1] で正規化して重畳

していたため、画像特徴のない部分の振動が失われ、振動強度が記録した元信号と比べて極端に減少してしまっていた。また、それに関して振動強度を失わないように正規化処理の方法を複数パターン用意し心理物理実験を行った結果、テクスチャの再現性向上のためには特徴部分を強調しつつ振動強度も損なわないような振動提示手法が必要である可能性が示唆された [4]。

3. 提案手法

以前の手法で問題点となった振動強度の損失を最小限し、かつ特徴部分を強調するための新たな提示手法として、振動情報の積分値を用いる手法を提案する。今回は記録した振動情報の積分値をその振動がもつ振動エネルギーであると定義し、この振動エネルギーが減少しないように提示振動に適切な処理を行うことで振動強度の損失を最小限にする。そのための方法として画像特徴量を重畳する前と後の振動の単位時間あたりの積分値を求めて、その比を重畳後の振動にかけて提示を行う。これにより特徴部分の振動がより強調され、振動エネルギーの減少を抑えた振動提示が可能となる。

本手法では積分する単位時間を 1000 ms として処理を行った。以下に提示振動の求め方を示す。画像特徴量を重畳する前の x 軸振動を a_x 、重畳した後の振動を (1) 式より $a_{xe}(x)$ とすると x 軸の提示振動 a_x^p は、

$$a_x^p = \frac{\int a_x}{\int a_{xe}(x)} a_{xe}(x) \quad (2)$$

で表される。y 軸も同様に

$$a_y^p = \frac{\int a_y}{\int a_{ye}(y)} a_{ye}(y) \quad (3)$$

と求められ、提示振動 a は

$$a = a_x^p + a_y^p \quad (4)$$

となる。画像情報を重畳していない生の記録振動を Fig. 3 に、提案手法を用いていない場合と用いた場合の提示振動を Fig. 4 に示す。なお、それぞれのグラフの比較がしやすいよう縦軸の範囲を $[-10, 10]$ にして提示している。

Fig. 3, 4 から、提案手法を用いることで特徴的な部分での振動がより強調されており、振動強度が増加していることが分かる。

4. 結言

本稿では、記録した生の振動情報をそのまま提示するだけでは再現が困難であったテクスチャに対して、より再現性を向上させることを目標として、以前提案した画像特徴

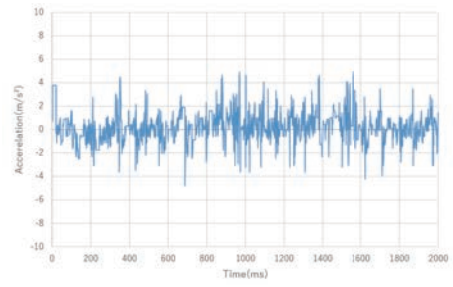


Fig. 3: 記録振動

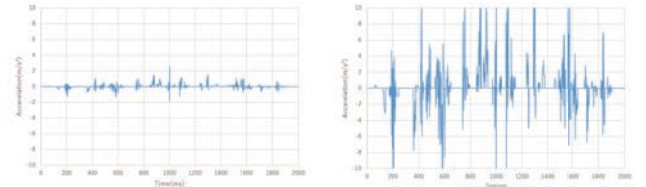


Fig. 4: 提示振動 (左) 提案手法なし : (右) 提案手法あり

量の重畳を用いた提示手法の問題点を解決するための手法を新たに提案した。提案手法では特徴点の振動強度を増加させ、振動エネルギーを損なわない振動提示が可能となった。しかし、本手法では積分値の比が約 7~10 倍程度になったため提示振動の値が極度に大きくなってしまった。

今後の展望として、記録振動の特徴を失わないよう振動提示するためにデバイス出力の上限下限をふまえて提示振動のスケールを検討する必要があると考えている。また、本手法を用いることでテクスチャの再現性が向上するのかを検証するために心理物理実験を行い、さらに触覚再現性の高い提示手法を検討していく予定である。

参考文献

- [1] Erik C Chubb, J Edward Colgate, and Michael A Peshkin. Shiverpad: A glass haptic surface that produces shear force on a bare finger. *IEEE Transactions on Haptics*, Vol. 3, No. 3, pp. 189–198, 2010.
- [2] Masashi Konyo, Hiroshi Yamada, Shogo Okamoto, and Satoshi Tadokoro. Alternative display of friction represented by tactile stimulation without tangential force. In *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications*, pp. 619–629. Springer, 2008.
- [3] 黒木詢也, 嵯峨智, 有次正義. タッチパネル上での剪断力による触覚提示手法の検討. 知覚情報研究会, 2018.
- [4] 黒木詢也, 嵯峨智. 画像特徴量を利用した触覚振動表現における重み付け変化の影響に関する検討. 日本バーチャルリアリティ学会第 24 回大会論文集, 2019.