

視聴覚コンテンツにおける情動体験を増幅する振動刺激

○多良 氣 (名古屋大学), 岡本 正吾 (東京都立大学), 秋山 靖博 (名古屋大学),
尾関 秀隆 (名古屋大学), 山田 陽滋 (名古屋大学)

Vibratory stimuli to enhance emotional experiences for audio-visual contents

○Ibuki TARA (Nagoya University), Shogo OKAMOTO (Tokyo Metropolitan University),
Yasuhiro AKIYAMA (Nagoya University), Hidetaka OZEKI (Nagoya University),
and Yoji YAMADA (Nagoya University)

Abstract : We investigate how the timing of the vibratory stimulus in context with audio-visual contents affect viewers' emotional experiences. In the experiment, the vibration was presented with figure-skating videos and horror videos in various timings shifted by several hundred milliseconds. The effects of the timing were discussed in terms of the viewers' physiological response and subjective ratings.

1. 緒言

振動刺激には様々な感情を強める効果があり、映画やビデオゲーム等の視聴覚コンテンツと組み合わせ、それらの体験を高めることに用いられてきた [1-10]. これらの研究では主に、コンテンツ体験に振動刺激が付加された場合とされていない場合について、アンケートによる主観評価の点数を比較することで、振動刺激の効果が調査されてきた。また同時に、心拍数や皮膚コンダクタンスなど、何らかの感情と関連があるとされている生理指標 [11] を測定することで、振動刺激がコンテンツ体験に及ぼす効果を身体反応の観点から説明しようと試みた研究もあった。例えば Lemmens らは、様々な感情を喚起する映像をそれぞれ用意し、これらを振動刺激と合わせて視聴したときの、主観評価および複数の生理指標の変化を調査した。視聴した映像がどのような感情を喚起するものであったかにかかわらず、振動刺激が付加されたことによって主観評価は有意に増加した。しかし生理指標に対する振動刺激の効果は、不安や怒りといったネガティブな感情を喚起する映像でしか有意に表れず、他の研究においても生理指標と主観評価は必ずしも一致しない傾向が見られた。

また振動刺激には、振動波形や振動子の時間的・空間的な動作パターンなど、様々な提示条件があり、従来研究ではこれらが体験者の感情にどのように影響を与えるか調査されてきた [12-21]. 例えば Karafotias らおよび Chandra らは、振動刺激を提示する部位を上半身の下部から上部へ連続的に変化させると、ポジティブな感情が誘起されたと報告した。視聴覚コンテンツに振動刺激を付加する際には、振動刺激の提示条件のひとつとして提示タイミングを考慮する必要があるが、これについて調査した研究はまだ

無い。従って本研究では、振動刺激の提示タイミングが視聴覚コンテンツ体験時の感情および生理指標に与える影響を調査した。実験では2種類の視聴覚コンテンツのシーンに対して、様々な水準のタイミングで視聴者の身体に振動刺激を与え、体験時の皮膚コンダクタンスの増加量と主観評価を統計的に解析した。映像のシーンに対して最も合っていると感じられる振動刺激のタイミングや、タイミングのずれの範囲はどれほどまで許容されるのかを理解することは、コンテンツ体験の価値向上に役立つ。また、振動刺激が適切でないタイミングで提示されると、主観体験は向上しない、あるいは振動刺激が無い場合よりも損なわれることが想定される。皮膚コンダクタンスは、振動刺激の有無による主観評価の変化を必ずしも反映しないことが知られているのに対し、振動刺激のタイミングによる主観評価の変化を反映するかどうかを調べることで、感情と生理指標の関連性をより理解できると期待される。

2. 手法

2.1 視聴覚コンテンツ

本研究では、視聴覚コンテンツにフィギュアスケート映像を用いる実験と、ホラー映像を用いる実験を行った。6本のフィギュアスケート映像はすべて異なる選手の映像であり、演技の開始から始まり、最初のジャンプが完了するまでが再生された。映像の再生時間はすべて1分程度だった。5本の恐怖映像の再生時間はすべて2-3分程度で、それぞれにモンスターが突然現れるシーンが含まれていた。

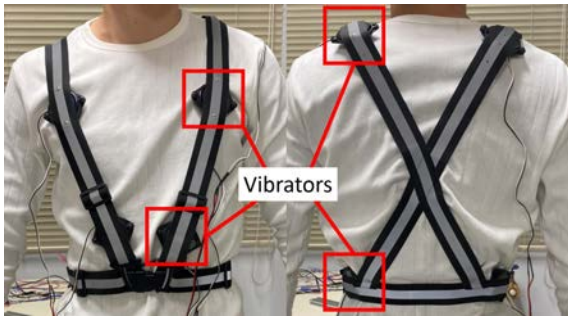


Fig. 1: ベスト型振動デバイス [22].

2.2 実験装置

実験では、視聴覚コンテンツの映像はサイネージプレーヤー (BS/HD220, BrightSign, Inc., United States) を用いて再生された。振動刺激の提示にはボイスコイルモータ (Vp408, Acouve Laboratory, Inc., Japan) を用いた。ボイスコイルモータは Fig. 1 のように、安全ベストを介して肩・胸・腹・腰の左右部の一つずつ取り付けられた。映像プレーヤーへの映像開始の入力信号と、ボイスコイルモータへの振動波形の信号はマイクロコンピュータ (mbed, ARM Ltd., England) から出力された。マイコン内のタイマーによって、映像プレーヤーとボイスコイルモータを動作するタイミングが調整された。皮膚コンダクタンスの測定には、専用の測定ユニットと (AP-U030m II, ニホンサンテック, Japan) とコンディショニングアンプ (MaP1720CA, ニホンサンテック, Japan) を用いた。

2.3 振動刺激

振動刺激の提示にはボイスコイルモータを用いた。振動刺激のパターンは、フィギュアスケート映像に合わせて提示するものと恐怖映像に合わせて提示するものとを別々に用意した。

フィギュアスケート映像に用いる振動刺激は、振動数は 70 Hz で一定とし、振幅を三角波に沿って変調させた。振幅がゼロの状態から 640 ミリ秒かけてピークに達し、その後 640 ミリ秒かけてピークからゼロへ減少する。振動刺激は最初のジャンプシーンに合わせて提示された。フィギュアスケート映像の実験では、振動刺激は 6 種の条件で与えられた。一つの条件では振動刺激は提示されず、他の 5 条件では振動刺激は 5 水準のタイミングで提示された。基準水準では、振動振幅のピークの瞬間とジャンプ時に選手の足が地面から離れる瞬間が一致した。他の 4 水準は Fig. 2 のように、基準水準から前後に 200 ミリ秒あるいは 400 ミリ秒ずらして与えられた。

恐怖映像に用いる振動波形は、振幅を一定とし、振動数を徐々に減少させた。振動数は 110 Hz から始まり、1 秒か

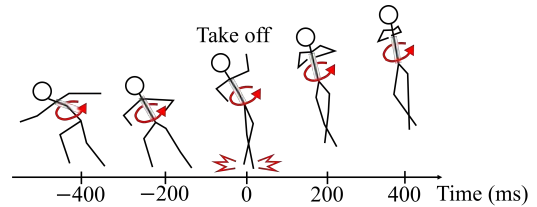


Fig. 2: 振動刺激の 5 水準の提示タイミング。

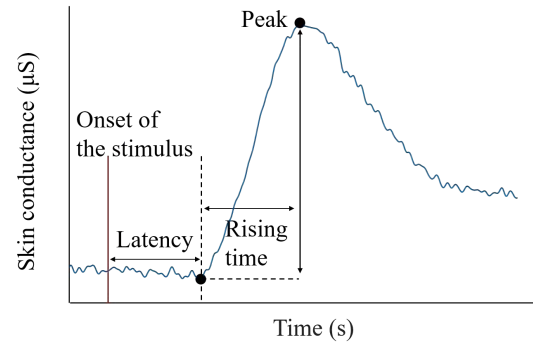


Fig. 3: 振動刺激に対する皮膚コンダクタンスの応答。

けて 20 Hz へ減少する。振動刺激はモンスターが突然現れるシーンに合わせて提示された。ホラー映像の実験は、振動刺激の提示されない条件と、振動刺激が異なるタイミングで提示される 4 条件で行われた。基準水準では、モンスターが突然現れる瞬間と同時に振動刺激が開始された。他の 3 水準では、基準水準から前後に 400 ミリ秒、あるいは基準水準から 700 ミリ秒後にずらして与えられた。

2.4 身体反応の測定および主観体験の評価

実験では、振動刺激が提示されたシーンに対する参加者の身体反応と主観的な体験の強さが記録された。身体反応を示す生理指標として、掌の皮膚コンダクタンスを測定した。皮膚コンダクタンスの値は発汗により肌の水分が増加することで変化するため、恐怖や高揚感など発汗と関係する感情を観察することに用いられる。一般的に皮膚コンダクタンスは Fig. 3 のように、刺激の提示から 1-2 秒程度で立ち上がり、1-2 秒程度でピークに達し、その後緩やかに下降する。立ち上がり開始からピークまでの増加量を解析の対象とした。

また主観的な体験の強さは、アンケートによって評価された。参加者はフィギュアスケート映像のジャンプシーンで感じた高揚感およびホラー映像のモンスターが現れるシーンで感じた恐怖の強さを 9 段階で評価した。

2.5 実験参加者

実験目的を知らない男子大学生および大学教員が、フィギュアスケート映像の実験に14人(20才以上, 平均25才), ホラー映像の実験に12人(20才以上, 平均23才)参加した。

2.6 実験プロトコル

フィギュアスケート映像を視聴する実験とホラー映像を視聴する実験は別々に行われた。実験参加者は最初に、映像と同期される振動刺激のみを安静な状態で体験した。このとき、刺激に対する皮膚コンダクタンスの変化が測定された。参加者には振動刺激を与えるタイミングは知らされなかった。この試行は2回行われた。次に参加者は、様々なタイミング条件で振動刺激が付加された、あるいは付加されていない視聴覚コンテンツを体験した。刺激に対する皮膚コンダクタンスの変化が測定され、また参加者は映像を1本視聴するごとにアンケートによる評価を行った。フィギュアスケートの実験ではジャンプシーンに対して感じた高揚感の強さを、ホラー映像の実験ではモンスターの登場シーンに対して感じた恐怖の強さを評価した。参加者の皮膚コンダクタンスが安定した状態で実験を行うために、各試行を完了するごとに1-2分程度の間隔を空け、皮膚コンダクタンスが一定の値に収束した後に、次の試行を開始した。視聴する映像の順番および映像と振動刺激の条件の組み合わせは、参加者ごとにランダムに決められた。

2.7 解析

皮膚コンダクタンス増加量とアンケートの点数に対して、振動刺激の有無が及ぼす効果と振動刺激の提示タイミングが及ぼす効果を、統計的解析により調べた。解析には、それぞれのパラメータを参加者ごとに標準化(≒スコア化)した値を用いた。フィギュアスケート映像の実験の参加者4名と、ホラー映像の実験の参加者5名は、振動刺激および視聴覚刺激に対して掌の皮膚コンダクタンスがほとんど変化しなかった。したがって彼らの皮膚コンダクタンスの測定結果は解析に用いられなかった。

高揚感および恐怖の体験は動画によって異なる、つまり実験結果は視聴した映像の影響を受ける。実験では、参加者ごとに振動刺激のタイミングと動画の組み合わせはランダムであった。したがって振動刺激の効果を調べるためには、実験結果から映像の効果を除去する必要がある。そこで、多重線形回帰によって皮膚コンダクタンス増加量およびアンケートの点数を、振動刺激の効果を表す項と動画の効果を表す項に分離し、動画の効果を除去した。本研究では、フィギュアスケート映像とホラー映像の実験結果それ

ぞれに対して、振動刺激の有無の効果と動画の効果に分離するモデルと、振動刺激のタイミングの効果と動画の効果に分離するモデルを作成した。フィギュアスケート映像のデータに対して用いた2つのモデルの式をそれぞれ式(1), (2)に、ホラー映像のデータに対して用いた2つのモデルの式をそれぞれ式(3), (4)に示す。

$$y = a_{\text{vib}}x_{\text{vib}} + a_{\text{video1}}x_{\text{video1}} + \dots + a_{\text{video6}}x_{\text{video6}} \quad (1)$$

$$y = a_{-400}x_{-400} + \dots + a_{400}x_{400} + a_{\text{video1}}x_{\text{video1}} + \dots + a_{\text{video6}}x_{\text{video6}} \quad (2)$$

$$y = a_{\text{vib}}x_{\text{vib}} + a_{\text{video1}}x_{\text{video1}} + \dots + a_{\text{video5}}x_{\text{video5}} \quad (3)$$

$$y = a_{-400}x_{-400} + \dots + a_{700}x_{700} + a_{\text{video1}}x_{\text{video1}} + \dots + a_{\text{video5}}x_{\text{video5}} \quad (4)$$

モデルの説明変数はすべて二値変数である。式(1), (3)における x_{vib} は、振動刺激が提示されたとき1になり、提示されなかった場合は0になる。式(1), (2)における $\{x_{\text{video1}}, \dots, x_{\text{video6}}\}$ および式(3), (4)における $\{x_{\text{video1}}, \dots, x_{\text{video5}}\}$ は映像を表す変数である。これらのうち、実験で視聴された映像の変数が1、それ以外の変数が0になる。また、式(1), (2)における $\{x_{-400}, \dots, x_{400}\}$ および式(3), (4)における $\{x_{-400}, \dots, x_{700}\}$ は振動刺激のタイミングを表す変数であり、これらのうち、実験で提示された振動タイミングの変数が1、それ以外の変数が0になる。したがってモデルの係数はそれぞれ、 a_{vib} が振動刺激の有無による効果を、式(1), (2)における $\{a_{\text{video1}}, \dots, a_{\text{video6}}\}$ および $\{a_{\text{video1}}, \dots, a_{\text{video5}}\}$ が視聴した映像による効果を、そして式(1), (2)における $\{a_{-400}, \dots, a_{400}\}$ および $\{a_{-400}, \dots, a_{700}\}$ が振動刺激のタイミングによる効果を表す。各モデルの係数は最小二乗法により計算された。

t 検定で a_{vib} の0との有意差を計算し、振動刺激の効果を調べた。また、Bonferroni補正を施した t 検定で各タイミングの係数同士の有意差を計算し、振動刺激のタイミングの効果を調べた。

3. 結果

Fig. 4は、フィギュアスケート映像視聴時の式(1)のモデルにおける、振動刺激の効果 a_{vib} である。皮膚コンダクタンス増加量とアンケート点数の両方について、 a_{vib} は0よりも有意に大きかった。したがってフィギュアスケート映像に振動刺激が加わったことによって、視聴者の発汗量が増加し、かつ体感される高揚感が強くなった。Fig. 5は、式(2)における、振動タイミングの係数である。皮膚コンダクタンス増加量では、-200ミリ秒と200ミリ秒の係数だけが有意に0よりも大きかった。また、すべてのタイミング係数の組において有意差は見られなかった。一方でア

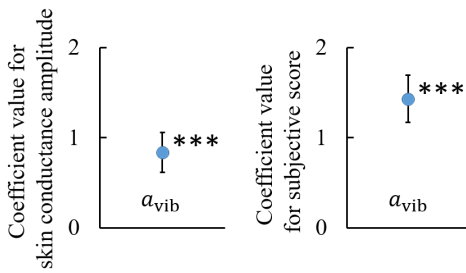


Fig. 4: フィギュアスケート映像視聴時の皮膚コンダクタンス振幅およびアンケート点数に対する振動刺激の効果 a_{vib} の値と標準誤差 (***: $p < 0.001$).

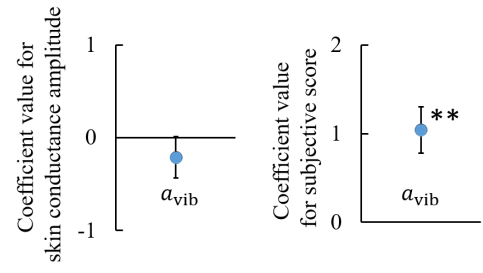


Fig. 6: ホラー映像視聴時の皮膚コンダクタンス増加量およびアンケート点数に対する振動刺激の効果 a_{vib} の値と標準誤差 (**: $p < 0.01$).

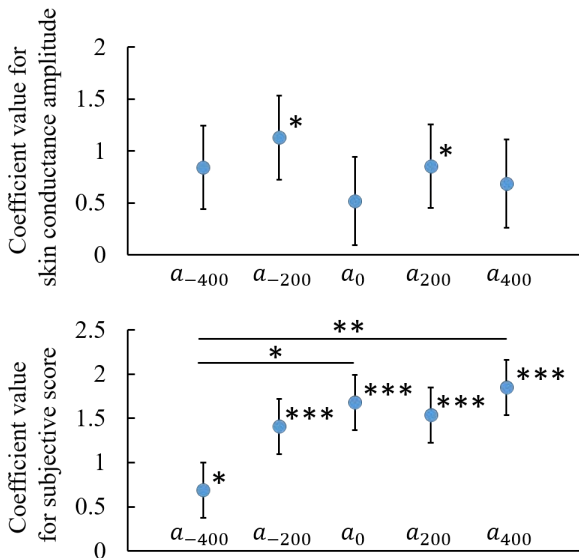


Fig. 5: フィギュアスケート映像視聴時の皮膚コンダクタンス振幅およびアンケート点数に対する各振動タイミングの効果の値と標準誤差 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$).

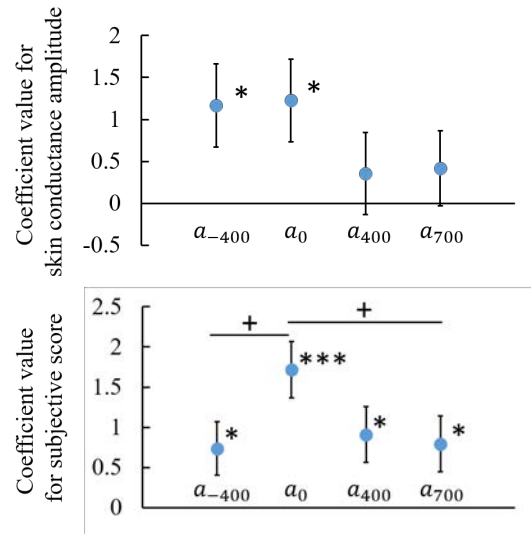


Fig. 7: ホラー映像視聴時の皮膚コンダクタンス増加量およびアンケート点数に対する各振動タイミングの効果の値と標準誤差 (+: $p < 0.10$, *: $p < 0.05$, ***: $p < 0.001$).

アンケート点数では、すべてのタイミングの係数が 0 よりも有意に大きく、-400 ミリ秒と基準水準の組と、-400 ミリ秒と +400 ミリ秒の組において有意差が見られた。

Fig. 6 は、ホラー映像に対する、式 (3) の結果である。皮膚コンダクタンス増加量では、 a_{vib} は 0 と有意差がなかった。一方でアンケート点数では、 a_{vib} は 0 よりも有意に大きかった。Fig. 7 は、ホラー映像に対する、式 (4) の結果である。皮膚コンダクタンス増加量では、-400 ミリ秒と基準水準の係数だけが有意に 0 よりも大きかった。アンケート点数では、すべてのタイミングの係数が 0 よりも大きかった。また、皮膚コンダクタンス増加量とアンケート点数の両方において、全ての組に有意差が見られなかった。

4. 考察

フィギュアスケート映像に対する高揚感およびホラー映像に対する恐怖のどちらも、振動刺激が加わったことで有意に増加した。この結果は従来研究と一致し、振動刺激が視聴覚コンテンツの体験を向上させる効果があることが示された。フィギュアスケート映像の実験参加者の内観報告によれば、基準水準や基準水準よりも遅いタイミングが最もジャンプシーンに合っていると感じた者がほとんどで、基準水準よりも早いタイミングが映像に合っていると感じた者はいなかった。-400 ミリ秒の係数が他のタイミングの係数よりも低かったことは内観報告と一致しており、他の振動条件よりも高揚感が小さかったことが示唆される。それに対して -200 ミリ秒の係数は、基準水準および基準水準よりも早いタイミングの係数との有意差を示さなかった。このことから、参加者は 200 ミリ秒のずれを知覚することはできなかったが、400 ミリ秒のずれは明確に知覚し

ていると考えられる。

またホラー映像の実験において実験参加者らは、基準水準、つまりモンスターの登場シーンと同時に振動刺激を開始されたときに、最も恐怖を強く感じたとして報告した。基準水準よりも早く振動刺激が提示されると、予想外のタイミングでの刺激に驚いてしまい、映像体験での恐怖が損なわれ、また基準水準よりも後に振動刺激を与えられても、恐怖が強められたとは感じなかったとも報告していた。有意差こそ見られなかったが、基準水準におけるアンケート点数は他のタイミングよりも比較的大きく、内観報告と同様の傾向を示している。またアンケート結果及び内観報告から、実験参加者らは400ミリ秒以上の振動タイミングのずれを知覚していることが分かる。

フィギュアスケート映像に対する皮膚コンダクタンス増加量は、振動刺激が加わることによって有意に増加したが、ホラー映像に対する皮膚コンダクタンス増加量は振動刺激が加わっても有意に変化しなかった。これは、フィギュアスケート映像は刺激として弱く、ホラー映像は刺激として強いことが一つの原因であると考えられる。ほとんどの参加者において、フィギュアスケート映像のみを体験したときの皮膚コンダクタンス増加量は、振動刺激のみを体験したときのそれと比べて著しく小さかった。したがってジャンプシーンに振動刺激が加えられたことで、映像のみを体験したときよりも皮膚コンダクタンス増加量が有意に大きくなったと考えられる。一方でホラー映像のみを体験したときの皮膚コンダクタンス増加量は、振動刺激のみの場合と同程度かそれよりも大きくなる傾向にあった。このためにホラーシーンに振動刺激が付加されても、皮膚コンダクタンス増加量は有意に大きくならなかったと考えられる。

フィギュアスケート映像に対する皮膚コンダクタンス増加量において、各タイミングの係数間で有意差が見られなかったことも同様に、フィギュアスケート映像の刺激としての弱さが原因の一つであると考えられる。ジャンプシーンよりも振動刺激そのものに対する皮膚コンダクタンスの反応が支配的になったために、振動タイミングごとに差が見られなかったと考えられる。

ホラー映像に対するアンケート点数では、基準水準が他のタイミングよりも効果的であったのに対して、皮膚コンダクタンス増加量では、基準水準と-400ミリ秒の係数が比較的大きかった。これは先に述べた、予想外のタイミングでの振動刺激に対する驚きと関連して、皮膚コンダクタンスが強く反応したために a_{-400} は有意に0よりも大きくなったのかもしれない。

このように、振動刺激の有無およびタイミングに対して皮膚コンダクタンス増加量は、主観評価ほど感度が高くはなく、また必ずしも視聴者の主観体験を反映しているわけではないことが言える。

5. 結言

振動刺激が加わることによって、フィギュアスケート映像視聴時の視聴者の皮膚コンダクタンス振幅および高揚感、およびホラー映像視聴時の恐怖が有意に強められた。したがって振動刺激は、スポーツ競技の映像における高揚感の体験や、ホラー映像における恐怖体験を向上することに有効である。フィギュアスケート映像とホラー映像の両方において、振動刺激のタイミングは皮膚コンダクタンス増加量に有意な変化をもたらさなかった。しかし一方で、フィギュアスケート映像のジャンプシーンに対して振動刺激のタイミングを基準水準よりも400ミリ秒早く与えると、他のタイミングで与えた場合よりも、主観的な高揚感には有意に弱くなった。また、参加者ごとに効果的な振動刺激のタイミングは異なり、基準水準と、200ミリ秒前あるいは後にずらした条件、および400ミリ秒後ろにずらした条件の間では、主観的な高揚感に有意差はなかった。したがってスポーツ競技の映像に振動刺激を付加する際には、200-400ミリ秒程度までのタイミングのずれは許容されるだろう。また、ホラー映像中のモンスターが突然現れる瞬間と振動刺激を同時に開始させると、タイミングがずれた条件との間に有意差こそ見られなかったが主観的な恐怖が高くなる傾向にあった。したがってホラー映像に振動刺激を付加する際には、突発的に恐怖を感じさせるシーンの瞬間と同時に振動刺激を提示することで、恐怖体験を最大限高めることができる。

参考文献

- [1] Paul Lemmens, Floris Cromptvoets, Dirk Brokken, Jack Van Den Eerenbeemd, and Gert-Jan de Vries. A body-conforming tactile jacket to enrich movie viewing. In *IEEE World Haptics 2009-Third Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, pages 7-12, 2009.
- [2] Myongchan Kim, Sungkil Lee, and Seungmoon Choi. Saliency-driven real-time video-to-tactile translation. *IEEE Transactions on Haptics*, 7(3):394-404, 2013.
- [3] Gonzalo García-Valle, Manuel Ferre, Jose Breñosa, and David Vargas. Evaluation of presence in virtual environments: haptic vest and user's haptic skills. *IEEE Access*, 6:7224-7233, 2017.
- [4] Ryoko Ueoka and Kouya Ishigaki. Development of the horror emotion amplification system by means of biofeedback method. In *International Conference on Human Interface and the Management of Information*, pages 657-665. Springer, 2015.
- [5] Claudia Krogmeier, Christos Mousas, and David Whittinghill. Human-virtual character interaction: Toward understanding the influence of haptic feedback. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 30(3-4).
- [6] Suranga Nanayakkara, Elizabeth Taylor, Lonce Wyse, and S H Ong. An enhanced musical experience for the deaf: design and evaluation of a music display and a haptic chair. In *Proceedings of the*

- sigchi conference on human factors in computing systems*, pages 337–346, 2009.
- [7] Carmen Branje, Gabe Nespoil, Frank Russo, and Deborah I Fels. The effect of vibrotactile stimulation on the emotional response to horror films. *Computers in Entertainment*, 11(1):1–13, 2014.
- [8] Ana Tajadura-Jiménez, Aleksander Väljamäe, and Daniel Västfjäll. Self-representation in mediated environments: the experience of emotions modulated by auditory-vibrotactile heartbeat. *CyberPsychology & Behavior*, 11(1):33–38, 2008.
- [9] Julia Fröhlich and Ipke Wachsmuth. The visual, the auditory and the haptic—a user study on combining modalities in virtual worlds. In *International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality*, pages 159–168. Springer, 2013.
- [10] Sho Sakurai, Toki Katsumura, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. Evoking emotions in a story using tactile sensations as pseudo-body responses with contextual cues. In *International Conference on Human Interface and the Management of Information*, pages 241–250. Springer, 2014.
- [11] Maria Egger, Matthias Ley, and Sten Hanke. Emotion recognition from physiological signal analysis: A review. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 343:35–55, 2019.
- [12] Hikaru Hasegawa, Shogo Okamoto, Ken Ito, and Yoji Yamada. Affective vibrotactile stimuli: relation between vibrotactile parameters and affective responses. *International Journal of Affective Engineering*, pages 171–180, 2019.
- [13] Faisal Arafsha, Kazi Masudul Alam, and Abdulmotaleb El Saddik. Emojacket: Consumer centric wearable affective jacket to enhance emotional immersion. In *IEEE International Conference on Innovations in Information Technology*, pages 350–355, 2012.
- [14] Georgios Karafotias, Akiko Teranishi, Georgios Korres, Friederike Eyssel, Scandar Copti, and Mohamad Eid. Intensifying emotional reactions via tactile gestures in immersive films. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 13(3):1–17, 2017.
- [15] Shafiq ur Réhman, Muhammad Sikandar Lal Khan, Liu Li, and Haibo Li. Vibrotactile tv for immersive experience. In *Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, 2014 Asia-Pacific*, pages 1–4, 2014.
- [16] Yeongmi Kim, Jongeun Cha, Jeha Ryu, and Ian Oakley. A tactile glove design and authoring system for immersive multimedia. *IEEE MultiMedia*, 17(3):34–45, 2010.
- [17] Chris Bassel and Bernard B Schiff. Unilateral vibrotactile stimulation induces emotional biases in cognition and performance. *Neuropsychologia*, 39(3):282–287, 2001.
- [18] Yurike Chandra, Benjamin Tag, Roshan Lalintha Peiris, and Kouta Minamizawa. Preliminary investigation of across-body vibrotactile pattern for the design of affective furniture. In *2020 IEEE Haptics Symposium*, pages 671–676, 2020.
- [19] Antonella Mazzoni and Nick Bryan-Kinns. Mood glove: A haptic wearable prototype system to enhance mood music in film. *Entertainment Computing*, 17:9–17, 2016.
- [20] Jukka Raisamo, Roope Raisamo, and Veikko Surakka. Evaluating the effect of temporal parameters for vibrotactile saltatory patterns. In *Proceedings of the 2009 international conference on Multimodal interfaces*, pages 319–326, 2009.
- [21] Chelsea Kelling, Daniella Pitaro, and Jussi Rantala. Good vibes: the impact of haptic patterns on stress levels. In *Proceedings of the 20th International Academic Mindtrek Conference*, pages 130–136, 2016.
- [22] Ibuki Tara, Shogo Okamoto, Yasuhiro Akiyama, and Yoji Yamada. Temporal characteristics of skin conductance and subjective intensity in response to unpleasant audio-visual and vibrotactile stimuli. In *IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics*, pages 24–27, 2021.