

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/1)

研究題目	触覚刺激呈示による聴覚言語聴取補助	報告書作成者	梶本裕之
研究従事者	梶本裕之		
研究目的	<p><b>【背景・目的】</b></p> <p>触覚によって聴覚を補助する研究は古くから福祉やエンタテインメント分野で数多く提案されている[1][2]。例えば視覚障害者向けのナビゲーション機器や、4D シアタなどで使用される全身体感音響装置がこれにあたる。</p> <p>一方、近年では例えば米国 Immersion 社が Android 端末における触覚呈示技術を HD Haptics として取りまとめるなど、触覚呈示技術は我々の日常生活にとって極めて身近な存在になってきている。そこで本研究では触覚が聴覚に与える影響に着目し、これらの技術をモバイル環境における音楽体験向上、言語学習、喧騒環境下におけるコミュニケーションの円滑化といった、今まで触覚呈示において注目されてこなかった、日常生活により身近な分野へ応用することを目指す。</p> <p>この目標達成のためには日常生活の中でモバイル端末などと共に気軽に使用可能な全身触覚呈示デバイスが必要となる。そこで今年度は小型の振動呈示装置から身体広範に効率よく振動を呈示可能なモバイル向け全身触覚呈示デバイスの開発と有効性の評価を行った。</p> <p>[1] 伊福部他. “心理物理実験によるタクトイル・ボコーダーの基礎的研究,” 日本音響学会誌, Vol.31, pp.170-178, 1975.</p> <p>[2] M. Karam, et al.: The emoti-chair: an interactive tactile music exhibit. In: Proc. CHI2013, 3069-3074, 2010.</p> <p><b>【研究内容】</b></p> <p>高臨場な音楽体験を実現するためには、高忠実な感覚呈示による現実感(リアリティ)だけでなく「自己が環境に囲まれている」という没入感が必要になる。例えばライブ会場やコンサートホールにおける音楽体験は、聴覚に呈示される音だけでなく、身体全体に浴びせられる音圧、つまり全身への触覚呈示も寄与すると考えられる。</p> <p>後者の要素を再現するために、多数の振動子を用いて全身に触覚を呈示する装置の開発が近年数多く行われている[3]。しかしながら、これらのデバイスは多数の振動子を用いるため大型化、高重量、高拘束性といった問題を生じやすい。振動子の数や装置重量の削減を目的として、大面積の剛性可変のクッションと振動体を組み合わせ全身に触覚呈示する手法も開発されている[4]が、着脱の煩雑さや拘束性といった問題はいまだ解決されておらず、モバイル環境における使用は困難であると考えられる。</p>		

## 研究内容

そこで我々はデバイスの非拘束、軽量・小型化、着脱の容易さを実現するため、ユーザの骨を介して身体内部の広範囲に振動を呈示することを試みた。骨は剛体として人体に広範囲につながっているため、体内の一部の骨に呈示された振動は別の骨を伝わって体内、体表へと伝達されることが期待される。また骨の一部は突起として体表に非常に近い部分に存在するため、振動子を骨に密着させることが容易だと考えられる。骨への振動呈示は厳密には全身触覚呈示手法とは異なるが、ライブ会場などにおいて大音量の音を全身に浴びた結果に生じる「腹に響く」感覚を身体内部への触覚呈示によって再現することを目的とする。

まず振動子の着脱が容易な上半身の骨を対象に(図 1 左)、主観的な振動の伝播性を調査した所、鎖骨が振動の伝搬と振動子設置の容易さを兼ね備えた部位であることが明らかとなった[5]。そこで鎖骨に対して振動を呈示するためのデバイスを製作し(図 1 中央)、鎖骨に対して振動呈示を行うことで、ユーザが主観的に知覚する振動の「心地よさ」および音楽コンテンツへの影響に関して検証を行った(図 1 右)。その結果、鎖骨部分への振動呈示によって、不快感を生じさせずに楽曲の主観的な評価を向上させることが明らかとなった[6]。



図 1. (左)主観的な振動伝播性の調査部位 (中央)製作した鎖骨振動呈示デバイス (右)デバイス装着の様子

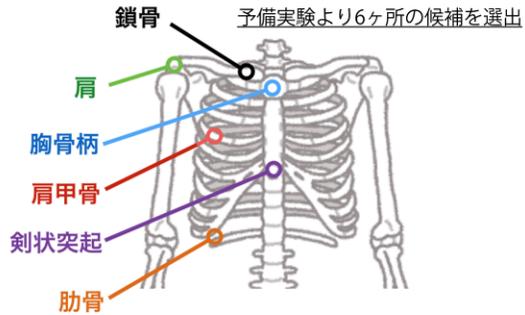
- [3] P. Lemmens, et al.: A body-conforming tactile jacket to enrich movie viewing. In: Proc.WHC2009, 7-12, 2009.
- [4] Y. Kurihara, et al.: Large-Area Tactile Display Using Vibration Transmission of Jammed Particles. In: Proc. Haptics Symposium2014, 313-317, 2014.
- [5] 櫻木他.: 鎖骨を介した振動伝播による体内触覚提示, エンタテインメントコンピューティング 2014. 2014.
- [6] 櫻木他.: 全身触覚における鎖骨部位の有効性と評価. 第 19 回一般社団法人情報処理学会シンポジウム. 2015.

<p>研究のポイント</p>	<p>音を含んだコンテンツ体験において、全身への触覚提示によって「自己が環境に囲まれている」という没入感を実現する手法は数多く提案されているが、これらの全身触覚提示デバイスは身体広範に振動を提示するための振動子が数多く必要となる。そのため大型化しやすく、また高重量、ユーザに対する高拘束性といった問題を生じやすい。その結果、全身触覚提示は大型な装置が許容されるエンタテインメント施設など、使用可能な場面が限定されていた。</p> <p>これに対して我々は日常的に使用されるモバイル機器等と共に使用可能な軽量・小型、また着脱の容易な全身触覚提示手法として、ユーザの骨を介して身体の広範囲に振動を提示するという着想に至った。骨は剛体として人体に広範囲につながっているため、骨に提示された振動は別の骨を伝わって体内、体表へと伝達されることが期待される。実験の結果、身体に振動を効率的に提示可能かつ容易に装着が可能な骨部位として鎖骨を選定し、鎖骨への振動提示によって音楽聴取体験の主観的な向上が示唆された。</p>
<p>研究結果</p>	<p><b>【実験 1】</b></p> <p>提案手法の実現可能性を検討するため、全身の骨のうち体表に突起し同定、装着が容易な部位を選定し、その部位に振動を提示した際に知覚される身体内部の主観的な振動の大きさを測定する実験を行った。予備実験により選定された骨に振動を提示した所、鎖骨への振動提示が身体への振動伝達の効率性と振動子装着の容易さを兼ね備えた部位で有ることが明らかとなった(様式 10 に実験詳細を記述)。</p> <p><b>【実験 2】</b></p> <p>実験1の結果を元に鎖骨への振動提示デバイスを製作し、鎖骨への振動提示によってユーザが主観的に知覚する振動の心地よさ及び音楽コンテンツへの影響を従来触覚提示でよく用いられる手掌部や臀部などと比較した。その結果、提案手法は生起する振動はユーザにとって不快感を生じさせにくく、音楽聴取体験の主観的な向上が期待できることが示唆された(様式 10 に実験詳細を記述)。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>今年度は、従来限定された環境でのみ行われていた身体への触覚提示による聴取体験の向上を、より日常的なシーンに応用するため、骨への振動提示手法を提案し、提案手法の有効性を検討した。提案手法を用いることで、従来全身触覚提示において問題となっていた装置の大型化、高重量、ユーザに対する高拘束性といった問題を解決しつつ、ユーザの聴取体験が向上可能であることが判明した。今回は最も日常的に行われる音楽聴取に着目して検証を行ったが、今後は音楽のみならず会話などより複雑な音情報にも本手法が有効かどうかを検証する。</p> <p>また、今後本研究で明らかになった知見と、これまでに得られた知見をまとめて論文誌への投稿を予定している。</p>

### 実験1: モバイル向け全身触覚呈示のための振動提示部位(骨)選定実験

#### 振動提示骨の選定要件

- ✓ 骨の一部が体表に突起し、振動子を容易に密着可能
- ✓ 密着部分(突起)が関節などに干渉せず、動きを妨げない
- ✓ 身体広範に広がる大きな骨であること



これらの骨に振動子を密着した時、主観的に振動を広範囲、高強度に知覚可能な骨はどれか？

#### 振動提示部位選定実験

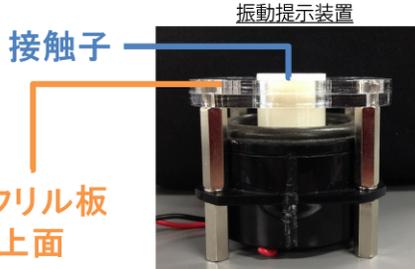
1. 基準点(鎖骨)と測定点に振動提示装置を押し当てる
2. 2点から感じる主観的な“体内振動感”が等しくなるように調整

試行回数

計測箇所 6ヶ所 × 2試行 × 周波数 3種 × 3人 = 108試行

計測周波数: 30, 90, 270 Hz

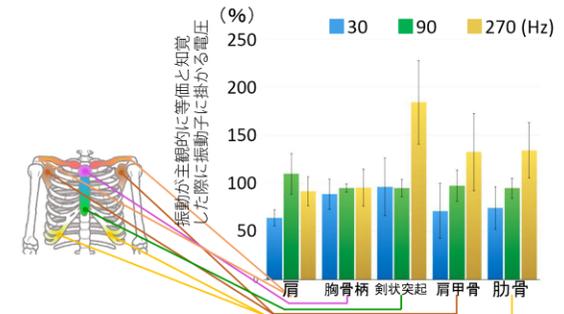
計測箇所: 肩, 胸骨柄, 剣状突起, 肩甲骨, 肋骨, 鎖骨(反対側)



#### 結果・考察

- 高周波では剣状突起, 肩甲骨, 肋骨は体内に伝わる振動の伝わり方が著しく鎖骨より弱い。
- 肩と胸骨柄では感じる強さが鎖骨とほぼ同等。しかし服を着た状態で振動提示を行うことが難しい。

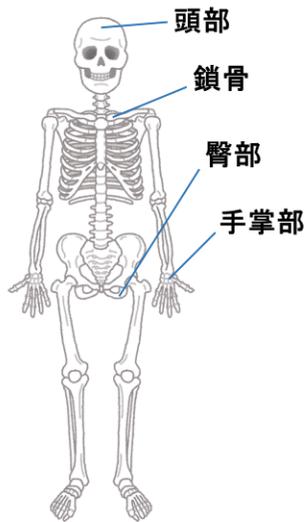
→鎖骨は振動伝搬と装着の容易さを兼ね備えた部位である



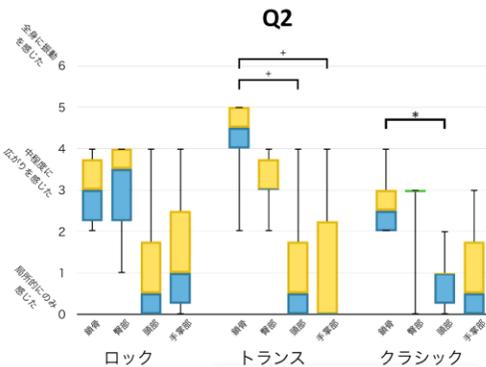
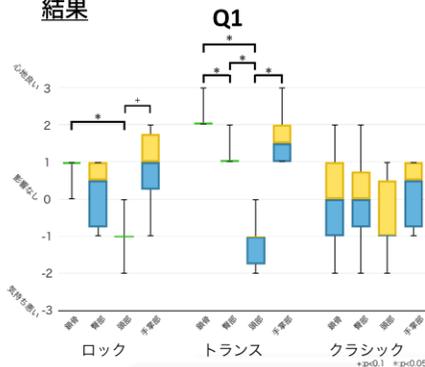
### 実験2: 提案手法を用いた音楽体験評価と従来触覚呈示によく用いられる部位との比較

4つの体部位を予備実験により選定し、音楽に同期した振動を呈示。その後被験者は以下の設問に回答。

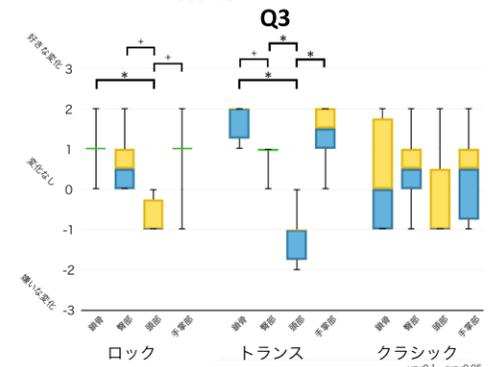
- Q1 振動は心地よく感じましたか？  
 Q2 音楽を全身に感じましたか？  
 Q3 振動による音楽体験の変化を評価してください



#### 結果



3ジャンルの音楽を呈示  
 ロック: 監獄ロック (Elvis Presley)  
 トランス: Technologic (DaftPunk)  
 クラシック: 新世界より (ドヴォルザーク)



**鎖骨は不快感を生ずることなく、身体広範に振動を提示可能**