

ファントムセンセーションを用いた手掌部への貫通感提示

○石井 明日香(電気通信大学), 福嶋 政期(電気通信大学),
古川 正紘(電気通信大学, 日本学術振興会), 梶本 裕之(電気通信大学, 科学技術振興機構)

Penetrating Sensation on Hand by Simultaneous Vibrations on the Palm and the Back

○Asuka ISHII(UEC), Shogo FUKUSHIMA(UEC),
Masahiro FURUKAWA(UEC, JSPS) and Hiroyuki KAJIMOTO(UEC, JST)

Abstract: 3D visual presentation became quite popular, and even hand-held devices adopted the technology. However, tactile presentation is basically limited to 2D skin surface. To cope with this problem we propose a method to present "penetrating sensation" on hand. The method is to present tactile vibrations both on the palm and the back side of the hand simultaneously. Due to the well-known phantom sensation (funneling), the two stimuli are fused to one sensation, in this case, "inside hand".

1. はじめに

任天堂のポータブルゲーム機 3DS が発表されたことが象徴するように、ポータブル機器における立体視ディスプレイが一般化しつつある。

一方で、立体視ディスプレイに触覚を付与することで、より直感的な作業を可能とする研究も盛んに行われてきた。例えば据え置き型の立体視ディスプレイに3次元モデルを映し、PHANToM[1]のような力覚提示装置を用いて触れる試みが行われてきた。また、Pen de Touch[2]や Ghost Glove[3], i³Space(アイキューブスペース)[3]のように装着型触覚提示装置で3次元モデルに触れる試みも行われている。しかし、これらの触覚提示デバイスは大型であるか画面提示とは別に触覚提示部を必要とし、ポータブル機器には不向きと言える。

また、Active Click[5]や Vib-Touch[6]など、ポータブル機器に触覚提示機構を組み込み、振動で物体の触感を再現する研究も報告されている。これらの触覚提示は物体表面のテクスチャ感などを提示することが可能であるが、2次元的な触覚の再現であり、視覚的な奥行き感を持つ物体に対して触覚的な奥行き手掛かりを提示することは困難である。

そこで我々は、ポータブル機器において奥行きを持つ触覚提示の可能性について検討した。触覚的な奥行き手掛かりとは、換言すれば手掌から物体を突き通される感覚のような、「体内」への触覚提示で可能となると思われる。Fig.1 は仮想物体が手掌部を突き抜けるイメージを示したものである。類似の先行研究として、渡邊らは仮現運動を用いて腹部を通過する感覚を提示

できることを示唆している[7]。また、久米らはファントムセンセーション(PhS)を用いて人差し指と親指の間の空中に触覚像を定位可能であると述べている[8]。

これらの知見に基づき、我々は手部における PhS に着目した。PhS とは2つの振動の間に触覚像を知覚する現象である。そこで、PhS を生起させる振動提示を手の平と手の甲に行い触覚像を体内定位させることで、触覚的な奥行きが再現可能か検討した。このような提示が可能であれば、視覚像に触覚的な奥行きを持たせることが可能となり、ポータブル機器でも3次元環境を正確に知覚させることが可能となる。

本稿では、まず手掌部で体内定位が可能であるか検討した。体内定位は手の甲側と手の平側につけた振動を利用して PhS を生起させることによって行った。また、表裏の振動強度比が同一の条件、同一でない条件でも実験を行った。

体内に触覚像が定位するという状況は現実には体験していないため想像しにくい。体内に触覚像を一瞬知覚することは体の中を物体が通過していく感覚に似ていると考えられることから、今後は体内定位を「貫通感」と呼ぶこととし、被験者への質問も統一した。

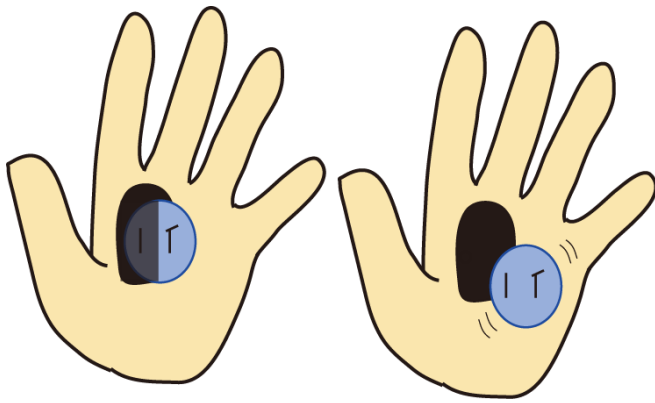


Fig.1 The image of penetrating sensation on hand.

2. 実験

2.1 実験装置

実験には PhS を生起させるため振動子を手の平と手の甲に Fig.2 のように装着した。振動子は速応性があり出力周波数が制御可能なボイスコイル型の振動子 (ALPS 社製 Force Reactor :AF series, L type) を 2 つ用いた。振動子をオーディオアンプに接続し、ライン出力させた音響信号をオーディオアンプで増幅した。手の平と手の甲の振動子の強度比はアンプにより手動で変更可能である。

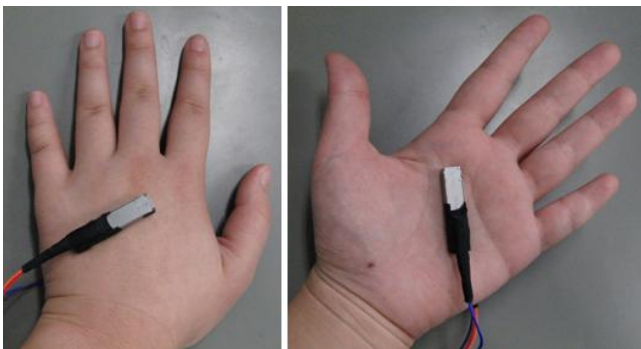


Fig.2 Experimental device.

2.2 実験手順

加藤らは PhS においてインパルス刺激を用いることで PhS が生起することを報告している[9]。そこで、今回の実験ではインパルス刺激を利用して触覚像が体内定位したかどうかについて検討した。

被験者には手の平と手の甲に振動子を貼付した。周波数 250Hz で 100ms 間振動を同時に提示し、500ms のインターバルを置いてこの刺激を繰り返した。250Hz, 100ms は先行研究で渡邊らが行った腹部貫通感[7]が知

覚された周波数と同一である。

被験者にはこれらの振動刺激を手の平と手の甲同時に提示し、主観的な貫通感が変化したか回答させた。また、実験中は視覚的な影響を防ぐため目を閉じるように指示し、装置の音が聞こえないようホワイトノイズを聴取させた。実験条件は、「同じ強度」「手の平の振幅大」「手の甲の振幅大」の 3 パターンを用意した。被験者は 2 つの振動に対して、「同時に」「別々の振動」「貫通感覚」のいずれの感覚がしたかを回答した。また、貫通感覚を生じた場合、手の平と手の甲のどちら側に向けて貫通感が生じたのか回答させた。

被験者には 3 パターンのいずれかの振動刺激をランダムで提示して刺激を評価させ、これを 1 セットとした。被験者 1 人辺り 18 セット行い、6 セット終了した時点で左右の手を入れ替えさせた。被験者は健常な 20 代男性 2 名で行った。

2.3 実験結果

手の平と手の甲の振動の被験者全員の評価を Fig.3 に示す。縦軸は被験者全員の回答数、横軸は提示した振動である。

貫通感が感じられたと回答した結果は手の平と手の甲のいずれかの振幅が大きいものの方が貫通感を感じていたことがわかった。また、貫通した向きは振幅が大きい方から小さい方へ貫通したと回答する傾向があることがわかる。

以上の結果から腹部だけでなく手掌部においても貫通感を知覚させることが確認できたと言える。また、手の平と手の甲の振動の強度が大きい方から小さい方へ貫通感が生じる傾向があったことから、2 つの振動振幅の強度差は移動感を知覚させた可能性がある。

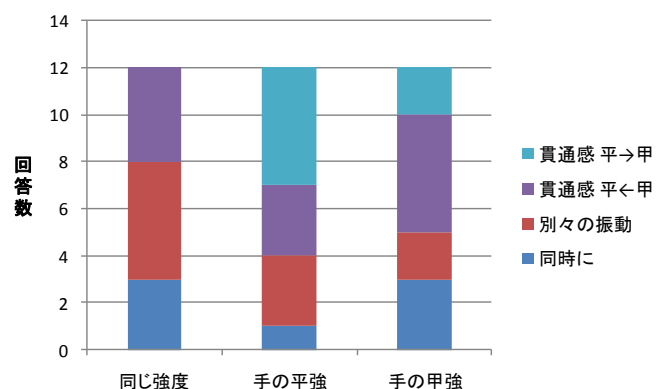


Fig.3 Experiment result.

3. おわりに

本稿では、振動刺激を手の平と手の甲に同時に提示することにより、貫通感が知覚されることが示唆された。また、今回の実験では貫通感が振動の時間差ではなく強度差でも生起される可能性を示した。今後は3次元的な触覚を操作するための時間差や強度差の要因をさらに明らかにしていく予定である。

効果, 映像情報メディア学会誌, 53 巻, 9 号, pp.1308-1314, 1999.

[9]加藤寛士, 橋本悠希, 梶本裕之: I フェントムセンセーション現象と刺激像の質的变化, 第9回(社)計測自動制御学会 システムインテグレーション部門大会, 2008.

[10]Georg von Békésy: Neural Funnelling along the Skin and between the Inner and Outer Hair Cells of the Cochlea, J. of the Acoustical Society of America, Vol.31, No. 9, pp. 1236-1249, 1959.

参考文献

- [1]Massie T. H., Salisbury J. K: The PHANTOM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems 1994.
- [2]Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Naoki Kawakami, Susumu Tachi: Pen de Touch, SIGGRAPH 2009.
- [3]家室証, 菊田恭平, 南澤孝太, 新居英明, 川上直樹, 館暲: GhostGlove: 手全体への力覚提示を行うグローブ型ハプティックディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会 第13回大会, pp.213-214, 2008.
- [4]中村則雄: 立体視に触感・手ごたえを与える非ベース型錯触力覚インタフェースの可能性, CEDEC2010.
- [5]福本雅朗, 杉村利明: タッチパネルにクリック感を付加できる Active Click, インタラクション 2001.
- [6]土屋翔, 昆陽雅司, 山田浩史, 山内敬大, 岡本正吾, 田所諭: Vib-Touch: 指先による仮想能動触を利用した触力覚インタラクション 第1報: 皮膚刺激による運動錯覚を用いた3次元形状の呈示, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演 2009 講演論文集, 2P1-K07.
- [7]渡邊淳司, 福沢恭, 梶本裕之, 安藤英由樹: 腹部を通過する仮想運動を利用した貫通感覚提示, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 10, pp. 3542-3545, 2008.
- [8]久米祐一郎, 山本慶一, 山田貴幸, 磯部正利, 津田元久, 畑田豊彦: 3次元仮想空間内作業におけるフェントムセンセーションを用いた奥行き情報提示