

準静電界を用いたHMD内での気配の知覚方法の提案

鈴木 謙太¹ 阿部 洸也¹

概要: 現実空間では、後ろに人が立っている時などに、「人が居る」とわかることがある。それは電界の1つである準静電界が体毛を刺激する事により認識できている。しかし、HMDを用いたコンテンツでは視覚 / 聴覚のみを使い他者を認識するので、気配の知覚をすることが出来ない。そこで、我々が提案するのは3D空間内の状況により、準静電界を発生させることで気配の知覚を促すシステムである。

1. はじめに

近年、気軽に3D空間へ没入出来るシステムとしてヘッドマウントディスプレイ（以下HMD）が普及してきている。その中でHMDを用いたゲームなども登場してきている。アクションゲームやシューティングゲーム、スポーツを再現したゲームなど多彩なジャンルのゲームが登場してきている。しかし、これらの物の大半は視覚と聴覚のみを刺激し、体験するものである。実空間上ではバイクや自転車に乗ったり、あるいは自分で走ったりする時に視覚と聴覚のみの情報だけでなく、深部感覚や、風が起きた時や、砂、砂利が体に当たった時の皮膚感覚などを用いて速さを見極めたり、バランスを取ったりしている。HMDゲームの更なる没入感の向上と、体験の幅を増やすには、視覚と聴覚以外の感覚も刺激することが重要になってくる。

bHapticsらが開発したTACTSUIT[1]では、振動子を用いて皮膚感覚を刺激し、触られているような感覚や、銃で撃たれたような感覚を提示する事に成功している。日本電信電話株式会社が開発したシステム[2]では、足裏へ振動刺激を行う事で座りながらも実際に歩いているような感覚を提示する事に成功している。

日常生活にて、足音や触られた感覚は無くとも人の気配や何らかの感覚を得る事が出来る場合がある。これは滝口らが発見した準静電界[3][4]と呼ばれるものに起因していると考えられている。そこで、本稿ではこれまであまり実現されて来なかった3D空間内の状況に応じて、気配の知覚を促すシステムの提案を行う。また、気配の知覚を促す際に、準静電界を用いて気配の知覚を促す物とする。

2. 関連研究

気配の知覚を促すシステムとして、伊藤が開発した没入

型聴覚ディスプレイ音響樽[5]がある。この音響樽では、頭部の周囲に3D波面を生成することで、実空間と同じ条件で頭部を動かしながら空間を知るという事ができる。そして、生成された3D波面により、実空間とほぼ同じの音、つまり周囲の人間の息遣いや歩行音を聞くことが出来る。

準静電界を用いた先行研究として、Odagiriらによれば、人間では静電界はそれによる体毛の微細な振動によって感知されるとしている[6]。また、陳らは準静電界による歩行者の行動の変化を調査した[7]。この研究ではブラウン管テレビから発せられる準静電界を用いて実験を行っており、ブラウン管テレビを用いた時の準静電界を感じる平均距離は43mmで、男性の感じる距離より、女性が感じる距離のほうが10mm程度長いことを示した。

3. 研究内容

本実験では、体毛を準静電界によって直接刺激し、気配の情報を提示する。そのため、比較的肌を露出しやすい足に向けて刺激する。

本稿では、準静電界を放射させる発信機として陳らを用いていたブラウン管テレビを用いて刺激する方法[7]を採用した。また、人体から発せられる準静電界か、発信機から発せられる準静電界かを分ける必要があるため、図1のような機構を制作した。サーボモーターを用いて発信機の電源をつける / 消すを行えるようにし、被験者に近づかず実験が行えるようにした。発信機から発生する高周波音を遮断するため、実験1,2共に被験者にはヘッドホンしてもらった。

3.1 電界を感じやすい方向の選定

3.1.1 目的

実験1では、足の前後左右どちらからの刺激が一番感じる事が出来るのかを調べるとともに、発信機を用いて何か

¹ 神奈川工科大学



図 1 システム構成図



図 2 実験 1 の様子

を感じる取る事が出来るのかの確認を行った。

3.1.2 実験

図 2, 3 のようなシステムを構築した。被験者から 40mm 離れた位置に発信機を設置，前後左右でそれぞれ発信機の電源をつけてから 3 秒後に電源を消す，電源を消してから 3 秒後に電源をつけるという動作を 4 回繰り返した。判定の方法とし，被験者には何らかの変化を感じた場合に，その時の状態を詳しく発話してもらった。発話時に「ピリピリする」「ふわふわする」「何かを感じる」といった内容の事を話した場合の時にカウントを行った。(表 1) では，4 回中に何回感じ取る事が出来たのかという平均と，被験者と被験者の男女別，被験者男女の合計平均を算出した。

3.1.3 結果と考察

実験により，足の左右で電源を付けるときにより多く準静電界の影響を感じる事がある事がわかった。全く感じ取る事が出来ない人もいた。これは，2 章で述べた人間が準静電界を感じる時には，体毛の微細な振動によって感知しているという所に起因し，体毛が存在しない場合は感じると事が出来ないと考えた。

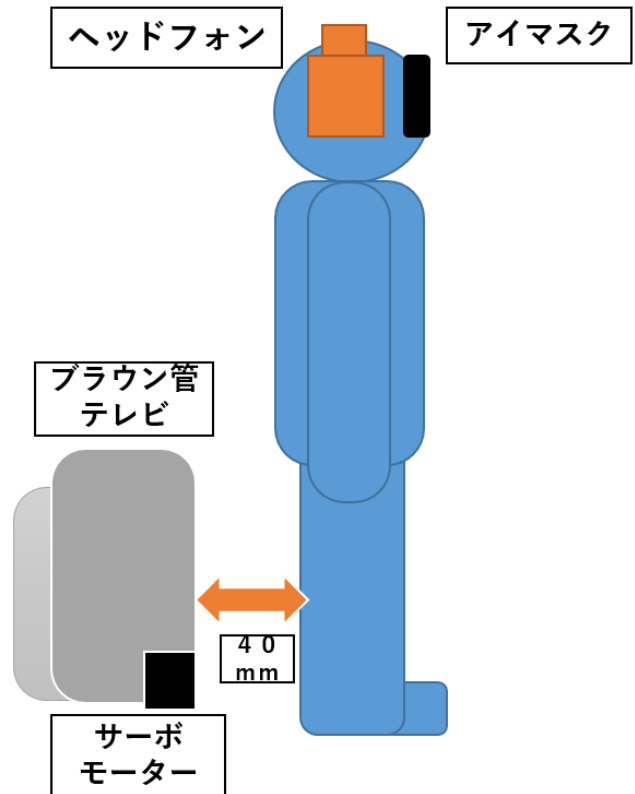


図 3 実験 1 における体験模式図

表 1 足の前後左右での準静電界の感じやすさ

	左 On	左 Off	後 On	後 Off	右 On	右 Off	前 On	前 Off	合計平均
男性 1	50	25	0	0	100	100	75	75	53.1
男性 2	50	0	25	0	50	25	75	50	34.3
男性 3	25	25	75	75	100	50	0	25	46.8
男性 4	100	75	25	75	0	0	25	25	40.6
男性 5	0	0	25	0	0	0	0	0	3.1
男性 6	75	75	50	75	0	25	75	75	56.2
女性 1	25	75	75	50	100	100	75	25	65.6
女性 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
女性 3	100	75	75	50	75	75	0	75	65.6
女性 4	0	0	0	0	50	25	0	75	18.7
女性 5	25	0	0	0	0	0	0	0	3.1
女性 6	50	75	0	0	75	75	0	0	34.3
男性平均	50	33.3	33.3	37.5	41.6	33.3	41.6	41.6	39.0
女性平均	33.3	37.5	25	16.6	50	45.8	12.5	29.1	31.2
男女平均	45.8	38.1	31.9	30.2	49.3	42.3	30.5	38.8	35.1

3.2 HMD 内の状況に合わせた準静電界の発生

3.2.1 目的

実験 2 では，HMD に表示する 3D 空間内で対象物に近付いた時に準静電界を発生させ，対象物の気配を知覚し，その方向を向く事が出来るのかという事を調べた。3.1.2 にて，準静電界の影響を感じる取る事が出来ない人がいると分かった。そのため，本実験では 3.1.2 で静電界の影響を感じる取る事が出来た人，男女 2 人ずつを対象に実験を行った。

3.2.2 実験

図 4 のようなシステムを構築した。薄暗い人通りの少ない路地と，T 字路を用意し路地に対象物が隠れているような状況の 3D 空間を用意した。路地をコントローラー操作

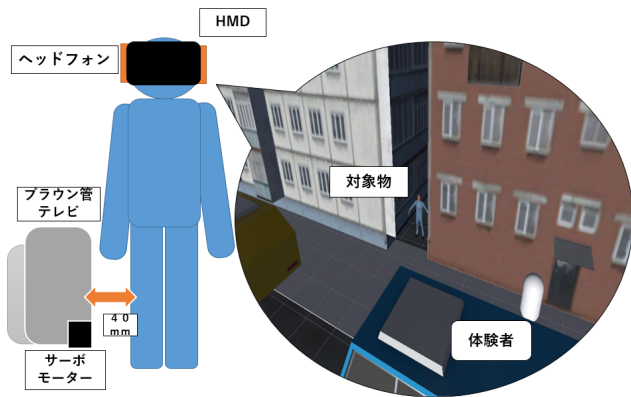


図 4 実験 2 における体験模式図

を用いて歩いてもらい、T 字路に迫った時に装置の電源を ON にした。実験時に、「これから路地を歩いてもらいます。何処からか人の視線や気配を感じるかもしれないので、感じた場合にはそちらを向いてください。」という説明を行った。また、3.1.2 と同様にその時の状態を詳しく発話してもらった。(表 1) から足の左右への刺激が効果的と分かったため、対象物を左に置いた時と右に置いた時の実験を行った。

男女で 2 人ずつに足の左右からの刺激を行った所、対象物のいる方向(刺激を行っている方向)を向く、辺りを見回す、T 字路を覗き込むといった動作を行っていた。

3.2.3 結果と考察

3.1.2 で足の左右への刺激が効果的と判明していたため、本実験でも同様に準静電界の影響を提示する事は可能と考えていたが、実際に提示出来る事を確認した。また、足を刺激しているにも関わらず、辺りを見回したり T 字路を覗き込んだりするという結果が得られた。これは、Gary R. VandenBos が示した、「聴覚や他の刺激が同時に呈示されているときでも、視覚刺激が優先されて気づくようになる傾向」である視覚優位 [8] に起因するものだと考える。

4. まとめと展望

本稿ではブラウン管テレビを用いて準静電界の提示を行ったため、準静電界を感じる事の出来た被験者全員が 3.1.2 で明らかにした通り「ビリビリする」「ふわふわする」といった感想になった。しかし、2 章でも述べた通り、その人の歩き方などにより準静電界のパラメーターが変化する。そのため準静電界を可変し、提示を行える装置が必要になると感じた。また、今回の装置では足に向けて放したため、足に体毛が無いと準静電界を感じる事が出来ないという問題点が判明した。そのため、多くの人が感じ取れるように改善した装置の開発が必要だと考える。3.2.2 では、HMD を装着した被験者に準静電界を放射させて気配の知覚を促す事を有用だと示した。今後は、より効果的な準静電界の提示方法を探ると共に、これを活用したエンタ

テイメントシステムの研究 / 開発を行っていきたいと考える。

謝辞 本稿では、神奈川工科大学佐藤研究室、梶研究室、VR サークルの KaitVR のメンバーに被験者になって頂いたことを深謝する。また、佐藤 尚先生には様々な研究相談を快く受けて頂いたことを深謝する。

参考文献

- [1] bHaptics.inc: bHaptics - Tactsuit, full body haptic suit for VR, bHaptics.inc (online), available from (<https://www.bhaptics.com/>) (accessed 2019-07-30).
- [2] 日本電信電話株式会社: 座っていても歩いているような感覚の提示を実現～実際に歩くことなく VR 空間の歩行表現が可能に～, 日本電信電話株式会社 (オンライン), 入手先 (<https://www.ntt.co.jp/news2019/1905/190530a.html>) (参照 2019-07-30).
- [3] 滝口清昭, 遠山茂樹: 犬は主人を電界で見分ける?—歩行による人体の電界発生とその伝搬, 国際生命情報, Vol. 21, No. 2, pp. 428-441 (2003).
- [4] 滝口清昭: 歩行にみる固有パターンが存在, 日経サイエンス, Vol. 2002 年 2 月号, pp. 108-111 (2002).
- [5] 伊藤史郎: 聴覚的リアリティを実現する音のデザイン—ヒトとモノの動きがもたらすリアリティの本質—, 日本音響学会誌, Vol. 74, No. 11, pp. 598-602 (2018).
- [6] Odagiri H., S. K. and G, M.: Measurement and analysis of ELF electric field on human body surface, *proc.Int.Symp.EMC*, Vol. 2, pp. 633-637 (1989).
- [7] 陳 紹華, 馬淵大宇, 林田和人, 渡辺仁史, 河野賢司, 滝口清昭: 静電誘導現象を利用した室内人物移動検出の試み, 電子情報通信, Vol. 115, No. 26, pp. 77-82 (2015).
- [8] VandenBos, G. R.: 『APA 心理学大辞典』, 培風館 (2013 年 9 月). 繁榊算男, 四本裕子 訳.