



冷気流群を用いた非接触首型冷覚提示デバイス

秋元快成¹⁾, 許佳禱¹⁾, 家永直人²⁾, 黒田嘉宏²⁾

Kaisei AKIMOTO, Jiayi XU, Naoto IENAGA, Yoshihiro KURODA

1) 筑波大学 理工情報生命学術院 (〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, akimoto@lelab.jp)

2) 筑波大学 システム情報系 (〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

概要: バーチャルリアリティにおいてユーザに没入感の高い体験を提供するためには、視覚と連動した環境情報を提示する必要がある。その中で温度情報に着目し、ユーザが容易に体験可能で、周囲に一体として感じられる刺激を提示できるデバイス作成を目標とする。本発表では露出が多く全周を冷やしやす首に対し、一体感のある冷覚を与えることを目指した非接触首型冷覚提示デバイスの設計を行い、その内容について報告する。

キーワード: 冷覚, 非接触, 噴流

1. はじめに

人間は周囲の環境を五感から得られる情報により認識する。例えば雪景色を見て、耳で風の音を聞き、皮膚で温度を感じることで、自分が寒い環境にいることを認識する。よって、VR(Virtual Reality, 人工現実感) 使用中にユーザがその場にいると知覚するためには、視覚と連動して温度、匂い、音などの環境情報を提示する必要がある。その中でも温度情報は、快・不快といった情動の変化や環境とのつながりをユーザに感じさせる重要な要素である。人間が実環境において暑さ・寒さを感じる時は、体の一部だけではなく、一体として温度変化を感じる場合が多い。温度情報を含めた没入感向上のための環境構築に向け、刺激を部分的ではなく、ユーザ周囲に一体として提示する必要がある。そのため、全周を一体として冷やすことで没入感の向上に繋がると考える。

従来の冷覚提示に関する非接触型デバイスの研究としては、収束超音波とミスト気化により皮膚表面を冷却する研究 [1] や、ボルテックス効果を利用し放出された冷気流を用いた研究 [2] などが行なわれてきた。これらの手法は非接触で冷覚提示を行なう方法であるが、刺激が部分的であり、ユーザに一体感ある冷覚を提示する目的の研究ではない。また、環境を再現するため、プロアファンをユーザの回りに円状に配置して風を噴出させることにより風環境を再現する研究 [4], HMD に向けて多方向から風を噴出し VR の臨場感の向上を目的としたデバイスの研究 [5], ユーザの頭上にファン、ブLOWER、ミスト機、ヒートライトを使用し、感覚提示を行うデバイス [6][7] 研究等がある。これらはユーザの周りの空気環境自体を変えることにより温度提示を行っているため、即時提示性能にかける。そこで、人の冷覚の感じ方に着目し、一体感のある冷覚をより最小要素で提示するための研究 [3] がある。この研究は冷刺激が点ではなく連続的に知覚することを、2 箇所から与えられた刺激を一体として知覚

する距離を求めることによって調査する研究であるが、肌を平面と捉えて冷刺激を加えていたため、垂直方向の冷却効果を確認するものであった。しかし、実際に人間に適用する際は、首や腕などの曲面に適用する必要がある。

そこで、曲面に対して吹きつけられた噴流がどういった挙動を示し、その際曲面上にどのような温度変化をもたらすか、その際ユーザは刺激を一体として感じるかを調査することによって、より少ない要素でユーザを効率よく冷やすことが可能である。よって、一体感のある冷感を提示させるデバイス製作を目標とし、本発表では、露出が多く全周を冷やしやす首に対して、偏りなく一体として感じられる冷覚の提示を目指した非接触首型冷覚提示デバイスの設計を行う。

2. 非接触首型冷覚提示デバイス

2.1 デバイス構成案

提案する冷覚提示デバイスを図 1 に示す。図中 A,B のように本デバイスは肩にのせることで装着することを想定している。図中 (C) のように首の全周を、ノズルから出る冷噴流によって冷却する。

2.2 検討課題

噴流を提示する対象とする首は曲面であるため、図 2 に示すように、図中の赤丸で示した部分における冷え方はまだ分かっていない。そこで、噴流が首に衝突した際にどのような挙動を示し、側面部分にどれほどの冷却効果があるのかを調査する必要がある。またその際、ユーザが一体として刺激を感じられるかについても調査する必要がある。そこで本研究では、複数のノズルを用いて、一体感のある冷覚提示を可能とするデバイスの作成のため、図 3 に示すように、ノズル間距離を調節し、冷覚が連続的と感じる距離を知ることで、より少ないノズルでのデバイス作成が可能となる。よって、噴流が首側面にどれほどの冷却効果を示すのか、刺激が連続的

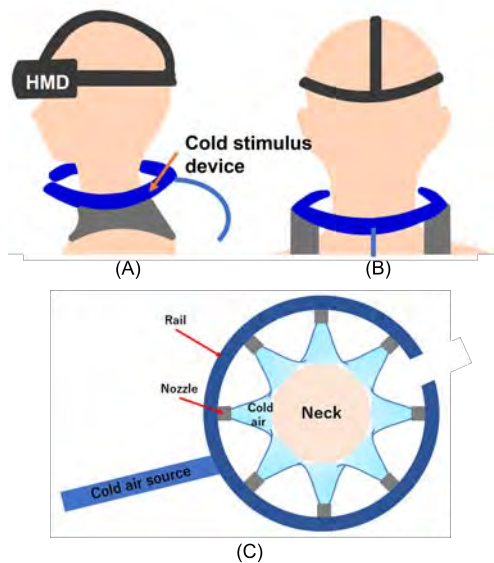


図 1: (A): 使用図 (側面), (B): 後方, (C): 提案する冷覚提示デバイス

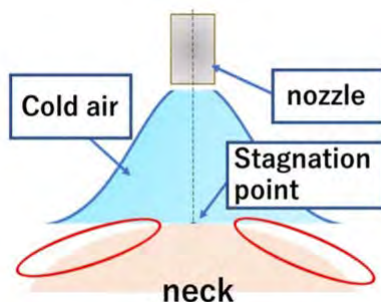


図 2: 首への噴流

と感じるノズル間距離はどれほどかの 2 点を実験により求める。

本デバイスは、圧縮空気によって冷気流を生成するボルトスチューブに各ノズルを結合させ、首に対して冷風を噴出することを想定している。

ノズル間距離と冷却効果の関係を調査するため、モータにより位置調節可能なデバイスを作成する。位置調整の方法としてギアの回転を利用する。設計したレール部分を図 2 に示す。このレールは内側が滑らかな面であり、外側を内歯歯車としている。ここに歯車を設置しサーボモータを用いて回転させることで、歯車はこのレール上の移動を可能とする。

3. 試作したデバイス

実際に試作したレール部分を図 5 に、ノズル可動モジュールを図 6 (サーボモータとして Tower Pro Pte Ltd 製 sg90-hv を使用) に示す。ノズルとサーボモータをつなぐ部分とレール部分は 3D プリンタ (Raise3D 製 Pro2 with PLA filament) で製作した。

動作させた様子を図 7 に示す。図 7(a) は距離が近い状態、図 7(b) はモータを駆動させ、ノズル間の距離を離れた状態

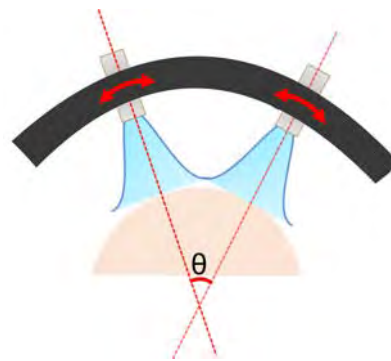


図 3: ノズル間距離

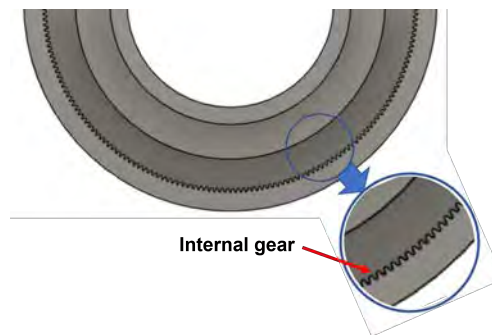


図 4: 設計したレール部分

である。サーボモータを回転させることにより、ノズル位置を変えられることが確認された。

4. 今後の方針

4.1 デバイスに関して

ノズル先端から出た噴流は徐々に放射状に広がっていく。この広がりが曲面の冷却効率にどのように影響するかを調べることも一体とした刺激を与えるためには必要であると考えられる。現在の設計の場合、ノズル間距離を変えることは可能であるが、ノズルの先端と首までの距離を変えることはできない。よって現在作成したノズル可動部分を拡張し、ノズル先端位置を変更できるように設計する。

4.2 実験に関して

噴流を首に当て、温度変化と冷却範囲を、実験により調査する。手順としては以下の順番で行う。

1. 単一ノズルから出る噴流が、首側面のどれほどの範囲（気流が回り込むか）に冷却効果をもたらすかをサーモカメラを用いて温度変化データを取得し、調査する。ノズル先端と首までの距離を変数とする。
2. 複数ノズルに拡張し同様に冷却範囲を確認する。この際ノズルとノズルの間における冷却効果はどうなっているか、一体とした刺激として感じられるかを、温度変化に関しては同様にサーモカメラを用いて、一体とした冷覚として感じられるかは心理物理実験により調査する。



図 5: デバイスレール部分

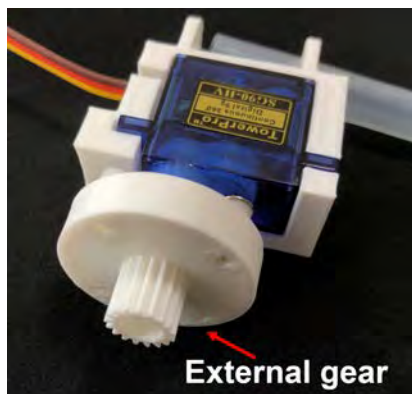


図 6: ノズル可動部分

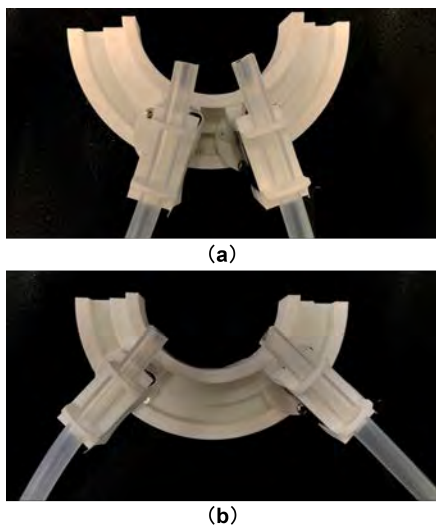


図 7: 動作させた様子 (a) 距離が近い状態, (b) モータを駆動させノズル間の距離を離れた状態

5. おわりに

本稿では、露出が多く全周を冷やしやすい首に対して、偏りなく一体として感じられる冷覚の提示を目指し、設計した非接触首型冷覚提示デバイスの試作について述べた。ノズル間距離の調節を可能とするため、サーボモータと 3D プリンタでデバイスを作成し、ノズル間距離をモータにより変更できることを確認した。今後はノズル間距離に対する首の温

度変化、その際ユーザは一体として感じるかの関係性を調査するため、首に対して冷気流を噴出し、その際の温度変化を調べる実験と、被験者を用意し、実際にデバイスを装着してもらい感覚の調査を行う。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21H03474 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] M.Nakajima and K.Hasegawa and Y.Makino and H.Shinoda: Spatiotemporal Pinpoint Cooling Sensation Produced by Ultrasound-Driven Mist Vaporization on Skin, IEEE Transactions on Haptics, vol.14, no.4, pp.874-884, 2021.
- [2] J.Xu, and S.Yoshimoto and N.Ienaga and Y.Kuroda: Intensity-Adjustable Non-Contact Cold Sensation Presentation Based on the Vortex Effect, IEEE Transactions on Haptics, vol.15, pp.592-602, 2022.
- [3] 牧野皓陽, 許佳禱, 家永直人, 金子暁子, 黒田嘉宏: 冷気流群による一体感のある冷空間 VR システムの開発, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2022.
- [4] 宮下芳明, 小坂崇之, 服部進実: 没入型三次元風覚ディスプレイのためのコンテンツ開発, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文誌, 12.3, pp.315-321, 2007.
- [5] R.Michael, and P.Katrin, and K,Taras, and E,Marcel, and S,Alexander, and R,Enrico: VaiR: Simulating 3D Airflows in Virtual Reality In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.5669-5677, 2017
- [6] P.Han, Y.Chean, K.Lee, H.Wang, C.Hsieh, J.Hsiao, C.Chou, and Y.Hung, "Haptic around: multiple tactile sensations for immersive environment and interaction in virtual reality," In Proceedings of the 24th ACM symposium on virtual reality software and technology, pp.1-10, 2018
- [7] P. Han, C.Hsieh, Y.Chen, J.Hsiao, K.Lee, S.Ko, K.Chen, C.Chou, and Y.Hung, "AoEs: enhancing teleportation experience in immersive environment with mid-air haptics," In ACM SIGGRAPH Emerging Technologies, 2 pages, 2017