



多様な身体に対応する体幹制御型ドリフト付与媒体の提案

Preliminary Study on a trunk-controlled drift-imparting medium for diverse bodies.

安藤良一¹⁾, 上林功²⁾, 大林勇人³⁾,

片桐祥太⁴⁾, 佐藤勇人⁵⁾, 南澤孝太¹⁾

Ryoichi ANDO, Isao UEBAYASHI, Hayato Obayashi,

Shota KATAGIRI, Hayato SATO, Kouta MINAMIZAWA

1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 (〒 223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1 慶應義塾大学)

2) 追手門学院大学), 3) 日本電気株式会社), 4) 日本大学), 5) 日軽メタル株式会社)

概要: 技術と文化、スポーツを融合させる超人スポーツにおいて提案された競技の1つに、下肢状態に関わらず新たにドリフトという能力を付与し競技を行う SlideRift がある。本スポーツでは競技中に上肢が制約されること、上肢障害者の参加が困難であることが課題であった。そこで本研究では、多様な身体に対応する体幹制御型ドリフト付与媒体を提案する。プロトタイプを用いたユーザビリティテストでは、体重約 50kg の使用において、体幹制御によるドリフト運動が確認できたが、多様な身体形状への対応には課題が残った。今後これら課題を解消することで、身体的多様性を超え、誰もが楽しめるスポーツの実現を目指す。

キーワード: 人間拡張, 超人スポーツ, 車椅子, 下肢障害

1. はじめに

超人スポーツ協会 [1] は、スポーツに人間拡張技術などを応用することで、年齢・性別・得意不得意などを超え、誰もが楽しめるスポーツ群を”超人スポーツ”と呼び、その普及を促進してきた。我々は、その中の競技の一つである、障害の国際的シンボルマークでありながら、移動体として高い潜在能力を持っている車椅子を媒体とした人間拡張媒体 “Slide Rift” [2] を活用した競技 “SlideRift” [3](図 1) を開発してきた。“SlideRift” は車椅子型の人間拡張媒体 “Slide Rift” のレースモデルを用いて使用者にドリフト能力を付与することで、下肢状態に関わらず等しい競技機会を提供できる。

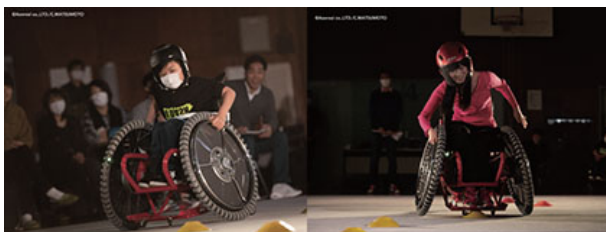


図 1: SlideRift 競技風景

しかし、下肢障害を問わずして平等にスポーツへの参加機会が提供できるようになった一方で、これまでの媒体はパドリングを必要とし、すなわち上肢の使用が不可欠であったため、競技者は競技中自由に上肢を使用することができ

ずにいた。

車椅子を上肢を制約することなく使用する技術には、すでに数多くの提案がなされている。その中には自己位置推定と障害物回避機能を持つ自動運転車椅子の開発 [4] や、アイトラッキングによる使用者の視線を用いた車椅子操作の研究 [5]、モバイルアプリケーションを用いて任意の位置に車椅子が自動で移動する技術 [6] など、移動中に上肢の使用を必要としない車椅子の提案もある。これら研究を礎として、“Slide Rift” にも上肢を使わずしてドリフト能力を付与することができれば、既存プレイヤーのより自由な運動可能性の提供のみならず、四肢の障害等に関係なく競技できる新たなスポーツ領域の開拓への貢献や、技術の水平展開の側面から車椅子利用者のさらなる便益拡大が期待できると考えた。

本研究では、上肢を用いることなくドリフト能力を付与できる人間拡張媒体の実現をコンセプトに、プロトタイプを制作し、ユーザビリティテストを行った。テストの結果、使用者が 50kg であれば上肢を用いることなくドリフト操作を行うことが可能であることが確認できた。しかし、現時点の設計では 80kg の使用者や下肢障害を持つ者の使用は困難であることが明らかとなり、今後下肢障害の有無を問わず、人々が本媒体を着装し、上肢を制約することなくドリフト能力を獲得するために必要とされるであろう課題解決手法を提案した。

2. コンセプト

本研究の目標は、これまでの“Sli de Rift”に関する研究で得られた移動自由度の拡張を阻害することなく、その使用時に上肢を自由にすることである。上肢を用いることなく車椅子の使用を実現する技術はすでに提案されているが、使用者の行為主体感を保持したままで上肢を用いることなくドリフト運動能力を付与するためには、行為と効果の同時性を保ちつつ、使用者に少ない認知負荷で行為と効果を紐づけて捉えてもらう必要がある。そこで使用者の重心移動が同時に車輪の駆動と連動し、使用者が上肢を用いることなく直感的にドリフト能力を制御できる身体拡張媒体を考えた。本コンセプトを実現することで、使用者は上肢が制約されることなく自らが望むようにドリフト能力を使用することができるようになる。スポーツ競技“SlideRift”の参加障壁の低下のみならず、本技術が将来的に日常生活に転用されることで、たとえば扉の押し引きと共に入退出を行うなど上肢の利用が必要とされる場面での応用など、車椅子ユーザーのさらなるアクセシビリティ向上に貢献することも可能だろう。以上に述べたコンセプトより、本研究では図2のような媒体を提案する。

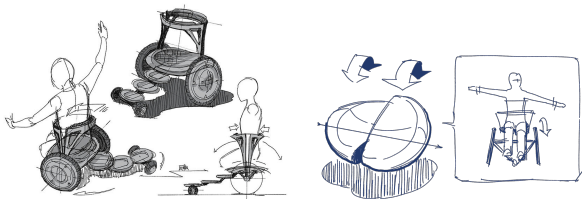


図2: コンセプトスケッチ

3. 実装

コンセプトの実装にあたり、ドリフト運動を可能にするプロトタイプを製作した。これまでのSli de Riftでは、電動アシストモータ付きの大径オムニ車輪をパドルリングにより回転させドリフトを実現していたが、本プロトタイプでは、体幹制御において移動を可能とする移動体であるバランススクーター¹を用いて、大径オムニ機構²、体幹可動域の制御を目的とした補助輪機構とを組み合わせることで、使用者が自らの重心をコントロールすることによりドリフト能力を制御できる構造を採用した(図3)。

また、製作では今後のイテレーションプロセスの簡易化を目的として、体幹制御型移動体と大径オムニ機構との連結は、移動体車輪部分を大径オムニ機構に溶接した正六角形の筒にビスで打ち込み固定し、体幹制御型移動体と補助輪機構の連結は体幹制御型移動体の構造的特性としてある車軸に補助輪機構を組込んだ(図4)。

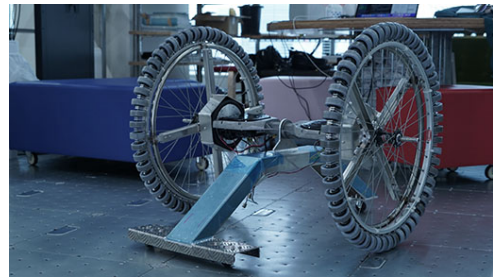


図3: A: プロトタイプ

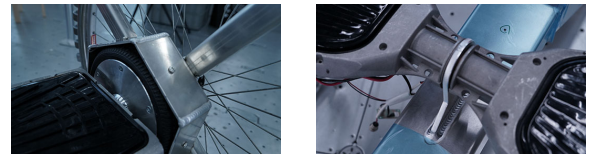


図4: 各組込方法

4. ユーザビリティテスト

4.1 健常者のテスト

本プロトタイプを用いて、健常者を対象に“体重 50kg の使用者”、“体重 80kg の使用者”でそれぞれユーザビリティテストを実施した。テストでは、それぞれ使用者がプロトタイプに乗って走行し、事前練習として直進・後退・回転を行ったのち、ドリフト走行のテストを行う。その結果、50kg の負荷を加えた上での使用では、実際に使用者が体幹制御により直進、後退、回転、ドリフト運動が可能であったことが目視で確認できた(図5)。しかし、80kg の負荷試験では、両車輪の駆動が困難であり走行自体が困難であることがわかった。

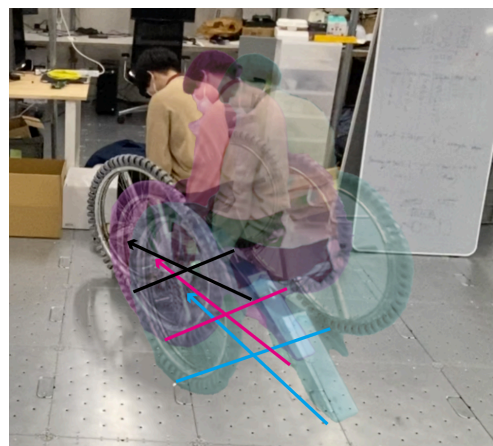


図5: ドリフトの様子

4.2 下肢障害を持つ人々のテスト

下肢障害を持つ人々のユーザビリティテストとして、40代女性車椅子利用者、10代男性車椅子利用者に協力いただきテストを行った。その結果、座面からの臀部の落下や下肢の不安定さ、上肢の巻き込みリスクなどの側面から、本プロトタイプのテストは困難であることがわかった(図6)(図

¹KintoneD01

²意匠登録 1566142

7)。



図 6: 臀部の落下



図 7: 足部の落下

4.3 テスト結果

プロトタイプを用いたユーザビリティテストでは、以下の内容が明らかとなった。

- A) 駆動力に関する課題 80kgの利用者ではその駆動が確認できなかった。モータ部分の振動から、駆動力が不十分である可能性があることが予想される。
- B) 体勢のセンシング手法に関する課題 50kgの利用者の使用において、体勢制御センシングの位置が使用者の身体形状と合わないことにより、情報入力が行われず、意図するタイミングでのドリフト運動が行えない場合があった。
- C) 車輪の高さに関する課題 50kgの利用者の使用において、車輪設置面の材質によっては車輪が空回りしてしまい、時にドリフト運動に至らない場合があった。
- D) 座面駆動範囲に関する課題 下肢障害を持つ利用者の使用において、現時点での座面はその駆動範囲が大きく、端座位にて着装した使用者の臀部が座面から滑り落ちてしまい、媒体の操作ができなくなる場合があった。
- E) 上半肢及び下半肢の車輪接触に関する課題 下肢障害を持つ利用者の使用において、ドリフト時に横方向への慣性が加わると、上半肢及び下半肢が車輪に接触しドリフト運動を妨げる可能性があることがわかった。

5. 課題解決に向けての提案

ユーザビリティテストから明らかとなった5つの課題に関して、以下対応策を提案する。

- 1) 駆動力の向上 本対応は80kg健常者テストより明らかとなった“A) 駆動力に関する課題”に対応する。車輪構造の精密な組上げと、トルク向上にて対応可能であると考えている。
- 2) 座面の再設計 本対応は、50kg健常者テストより明らかとなった“B) 体勢のセンシング手法に関する課題”と下肢障害を持つ人々とのテストにより明らかとなった“D) 座面駆動範囲に関する課題”に関する課題に対応することができる。センシング手法に関する課題は、プロトタイプの臀部センシング位置が一般的な人々の臀部位置と離れていたことによるものである。すなわち、一般的な臀部位置に対応する位置にセンサが配置

されており、かつ体幹制御動作の中でも安定して情報取得ができる構造であれば良いと考える。本対応により使用者の意図に沿ったドリフト運動を実現できるようになるだろう。次に座面駆動範囲に関する課題であるが、本課題の対応としては座面の駆動範囲を限定することで対応可能であろう。例えば車椅子利用者が日頃利用している座面用シートなどに用いられるような、シリコンとFRPを重層的に組み合わせることで柔軟性を担保しつつ安定した体勢保持をサポートする座面を選択するなど、自由度が確保されつつも身体の可動域を若干拘束する座面の方が好ましいと考えている。

- 3) 補助輪機構の再設計 本対応は、50kg健常者テストより明らかとなった“C) 車輪の高さに関する課題”に対応するものである。大径オムニ車輪の空回りは補助輪との高さ差が生まれることによって生じる。すなわち、補助輪の高さが使用者の重量によって変化し、常に大径オムニ車輪が地面と設置し、十分な摩擦が確保できる状態を実現すれば良いと考える。具体的には、補助輪の機構に使用者の重量によって変形するバネ機構を組込むなどの対応が考えられる。
- 4) 前方支持バーの設置 本対応は、下肢障害を持つ人々とのテストより明らかとなった“E) 上半肢及び下半肢の車輪接触に関する課題”に対応するものである。前傾時の支持バーを設置することで、使用者が自身の上半肢を支持できるようにする。この際、ハンドルをバーから垂直につけることで同時に肘を胴体に沿って配置させるように誘導でき、腕部を折りたたむことで上半肢の車輪接触も防止でき、より安定してドリフト運動が行えると考えている。また、前方支持バーの下部に車椅子利用者が自身で日頃用いている脚部固定用ベルト、足部固定ベルト用のアタッチメントを作ることで、下肢障害がある場合でも日常以上のストレスや器具を用いることなく下半肢の車輪接触を防止することができる。これにより、より安定してドリフト運動が行えるようになるだろう。また着装の容易さのために、前方支持バーは取り付け容易なものが好ましいと考えている。

6. おわりに

本研究では、超人スポーツ”SlideRift”に用いられる身体拡張媒体”SlideRift”をリデザインすることで、体幹制御により使用者にドリフト能力を付与する媒体の制作を行った。

ユーザビリティテストは、体重80kg健常者、体重50kg健常者、下肢障害を持つ人々2名の合計4名を対象に行った。体重80kg健常者のテストからは、本プロトタイプにはA) 駆動力に関する課題があることがわかった。体重50kg健常者のテストからは、本プロトタイプを用いることで、体勢制御によりドリフト能力を付与できることが確認できたが、同時に本機体への課題としてB) 体勢のセンシング手法に関する課題、C) 車輪の高さに関する課題があることがわかつ

た。そして、下肢障害を持つ人々とのテストからは、D) 座面駆動範囲に関する課題、E) 上肢及び下肢の車輪接触に関する課題があることがわかった。

上記 5 つの課題に対して、1) 座面の再設計、2) 補助輪機構の再設計、3) 前方支持バーの設置、4) 駆動力の向上といった 4 つの対応策を提案した。

今後は 4 つの対応提案を実装し、下肢障害の有無を問わず、人々が体幹制御によってドリフト能力を獲得できる人間拡張媒体の開発を進める中で、多様な下肢及び上肢を持つ人々やそうでない人も一切その身体的多様性が意味をなさない使用感を実現すること、また開発された媒体を利用することで、身体的多様性を包摂するスポーツの実現に挑みたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、長谷川まる氏、賀川統馬氏、賀川聡一郎氏、賀川紘子氏に数多くのご協力ご助言をいただいた。また本研究は、AXERREAL 株式会社とスライドリフト開発チーム、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科が協力して行った。

参考文献

- [1] Kunze Kai, Kouta Minamizawa, Stephan Lukosch, Inami Masahiko, and Rekimoto Jun : Superhuman sports: Applying human augmentation to physical exercise, *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 16, No. 2, pp. 14–17, 2017.
- [2] Ryoichi Ando, Isao Uebayashi, Hayato Obayashi, Shota Katagiri and Hayato Sato : 大径オムニホイールによる電動アシストを使った新スポーツの開発について～超人スポーツ「Sli-de-rift スライドリフト」を事例として～, *日本バーチャルリアリティ学会研究報告*, 21 号, SHS01, pp. 29–33, 2016.
- [3] Ryoichi Ando, Isao Uebayashi, Hayato Sato, Hayato Ohbayashi, Shota Katagiri, Shuhei Hayakawa, Kouta Minamizawa : Research on the transcendence of bodily differences, using sport and human augmentation medium, *Augmented Humans Conference 2021*, pp 31–39, 2021.
- [4] Wang, H., Kang, CU., Ishimatsu, T. et al. Auto-navigation of a wheelchair. *Artificial Life and Robotics 1*, pp 141–146, 1997.
- [5] A. Al-Haddad, R. Sudirman, C. Omar, K. Y. Hui and M. R. Jimin, "Wheelchair Motion Control Guide Using Eye Gaze and Blinks Based on PointBug Algorithm," 2012 Third International Conference on Intelligent Systems Modelling and Simulation, pp. 37–42, 2012.
- [6] R. Achkar, G. A. Haidar, H. Dourgham, D. Semaan and H. Araji, "Mobile Controlled Wheelchair," 2015 IEEE European Modelling Symposium (EMS), pp. 429–434, 2015.