

人間を活かす機械インタフェース ～福祉とロボット制御の例～

○橋本 洋志*¹⁾、横田 祥*²⁾、中後 大輔*³⁾

1. はじめに

本稿は、人間・機械システムのインタフェースを改めて、その定義や望まれる仕様について考察し、そこから、人間を活かす機械インタフェースの例を紹介する。

世に多くあるインタフェースは次の2種の入力デバイスで実現されている。

- ボタンやキーボードのような離散的入力デバイス
- ジョイスティック、ハンドルやペダル操作のようなガイド付きデバイス

両者とも、人間の手足動作の細かな乱れを吸収して、機械に余計な乱れを伝達しないようにしている。このように、インタフェースは、人間の運動方向を制限し手足動作の細かな乱れも吸収することで、操作における人間動作の再現性と精密性を高める必要がある。

次に、前者は、習熟が未達なユーザにとってストレスを与えるインタフェースである。また、後者は、機械システムがシヨベルカーのように複数の自由度があり、かつ、人間と異なる自由度を持つものに対しては、スムーズに操作しようとするためには多くの事前学習を必要とする。このように、両者とも、事前学習なしでの直感的操作を行うことには無理があるため、ユーザビリティは高いとはいえない。

一般的に高いユーザビリティとは、ストレスを与えない、事前学習が少なく済む、ミスしにくい、などの特徴を有している。人間機械システムのインタフェース設計におけるユーザビリティ論は幾つかの先行研究があるが、この良いユーザビリティを導入したインタフェースに関する研究は少ない。そこで、良いユーザビリティを導入して人間を活かした機械インタフェースの研究例を紹介する。なお、橋本研究成果は^[1]のリストを参照されたい。本稿では、2節で横田祥講師(摂南大学)^[2]、3節で中後大輔講師(関西学院大学)^[3]の研究例を紹介する。

2. 身体動作インタフェース

非ホロミック系の差動2輪車(図1)は、真横に動くことはできない。このため、図1の右図のように横方向に移動するための制御は一般に複雑になり、そのための制御器の設計が必要であった^[4]。

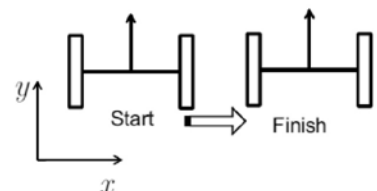


図1. 非ホロミック系車両(左)と制御目的(右)

この複雑な制御を人間の直感的な操作で行おうという横田による考えを示す。人間の歩行動作は、無意識に身体各部位を巧みに協調させて、スムーズに行われている。この点に注目して、人間の各部位のモーションキャプチャを行い(図2)、各部の動きの分析を行った。この結果、歩行の回転時では、腰が他の部位よりも回転を代表する位相の変化を示すことがわかった。このため、腰部の姿勢変化をフーリエ級数でフィッティングして、この情報を非ホロミック系車両の左右の車輪への操作指令として伝達することを行った。この実験結果を図3に示す。

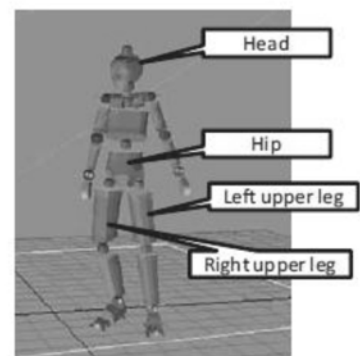


図2. モーションキャプチャと抽出したボーンモデル

実験結果より、非ホロミック系車両を制御し

ているという意識を持つことなしに、車両を平行移動させることに成功した。また、車両の移動軌跡を見ると、スイッチバック^[4]することなしに、滑らかな軌道を描いた。

このように、本手法は人間の動作を活かすことで直観的に車両移動制御が行える現実的に利用できるインタフェースの可能性を与えるものである。

3. 起立支援インタフェース

福祉介護におけるリハビリテーションの中で起立支援は重要なテーマである。起立支援は、従来から、理学療法分野において、支援方法が幾つか確立されてきたが、その力学的分析と実証はほとんど行われてこなかった。

中後は、力学的解析の一種であるシナジー解析を通して、健常者と高齢者の起立の仕方の違い(図4)を力学的に分析して、健常者の起立では、一回あたりの動作に必要なエネルギーは小さいが、瞬間的に膝に大きな負担がかかる。一方、高齢者の動作は、瞬間的に大きな負担はないが、全体でエネルギーを多く使う、ことを指摘した。これに基づき、高齢者の起立において、瞬間的な負担を減らせれば、健常者と同じように起立できるということを指摘した。

この知見をもとに、高齢者に優しい起立着座支援歩行器を開発した。これは、起立時のみならず着座時における、各関節への負担を力学的に解析して、膝や腰への負担を軽減できるような姿勢制御が行われている。また、起立時には、高齢者の大腿筋の活性化のために、安全・安心に配慮した歩行器としても活用できる。

この研究の特徴は、従来の起立着座支援機器が単に座面の上下運動だけであったのに対して、人間の関節への負荷を考慮することで、人間の姿勢変化に適合するという人間を活かした起立支援を行っている点にある。さらに、人間の生活活力を増進するための有効な方法の一つとして、大腿筋を鍛えることを支援しているという点において人間を活かしたインタフェースである。

4. まとめ

人を活かす機械インタフェースは、ここでは、人間が機械と接するとき、機械が人間の動きに合わせることが1番目に重要な機能である。2番目に重要な機能は、人間と機械が異なる機構であることから、人間の動きが機械の適切な動きに変換されることである。本稿で紹介した研究は、いずれも、この二つを満足しており、次世代に向けた人間・機械協調系のインタフェース設計論の確立に向けた先駆的な内容である。

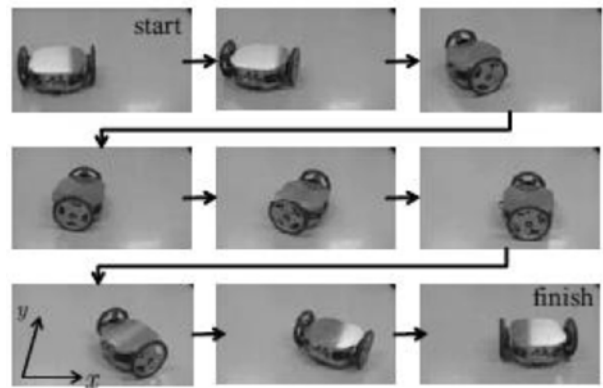


図3. 制御結果

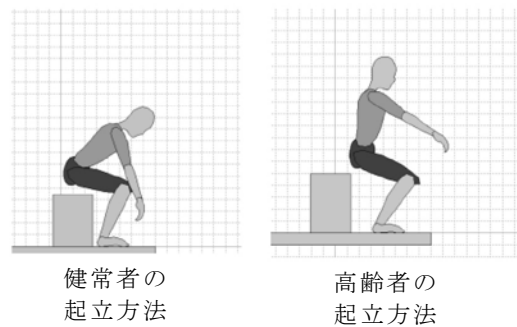


図4. 起立の違い



図5. 起立着座支援歩行器

参考文献

- [1] 橋本研究室, <http://homepage3.nifty.com/captain-hashimoto/>
- [2] 横田研究室, <http://www.setsunan.ac.jp/~yokota/>
- [3] 中後研究室, <http://www.chugolab.com/>
- [4] 三平満司, “非ホロノミック系のフィードバック制御”, 計測と制御, vol. 36, No. 6, pp. 396-403 (1997)

*1) 産業技術大学院大学, *2) 摂南大学理工学部機械工学科 *3) 関西学院大学理工学部人間システム工学科