

手掌への触覚刺激により生起するバーチャルな倒立振子の再現

○山川 隼平¹⁾, 加藤 寛士¹⁾, 福嶋 政期¹⁾, 古川 正紘¹⁾²⁾, 梶本 裕之¹⁾³⁾

Reproduce of Virtual Inverted Pendulum by Tactile Stimulation on a Hand

○Shumpei Yamakawa, Hiroshi Kato, Shogo Fukushima,
Masahiro Furukawa, and Hiroyuki Kajimoto

1)電気通信大学 情報理工学部 総合情報学科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, <http://kaji-lab.jp>)

2)日本学術振興会特別研究員 PD 3)科学技術振興機構さきがけ

Abstract: When a human balance inverted pendulum standing on a hand, human do that with visual, tactile and haptic cues. So we hypothesized that virtual inverted pendulum can be reproduced if human get right cutaneous cues. Therefore we observed cutaneous cues that human most use when they balance inverted pendulum. This paper reports on the design and results of the experiment that subjects balance inverted pendulum standing on a hand.

1. はじめに

1.1 背景

近年、技術の進歩とともにゲームも飛躍的な進歩を遂げた。インターフェースもその例外ではなく、WiiFit(任天堂株式会社 2007)や Xbox Kinect(マイクロソフト株式会社 2010)などは、プレイヤーの体の動きをそのままゲームへの入力とする新しいゲームスタイルを確立した。プレイヤーの身体動作という現実世界の物理現象をゲームに反映させることは、いまやゲームの入力インターフェースの標準となりつつある。

一方で、身体動作に即したゲームからの出力は進歩が遅れていると言える。特に触覚情報の出力はどのハードウェアにおいてもコントローラの振動のみにとどまっている(Fig. 1)。

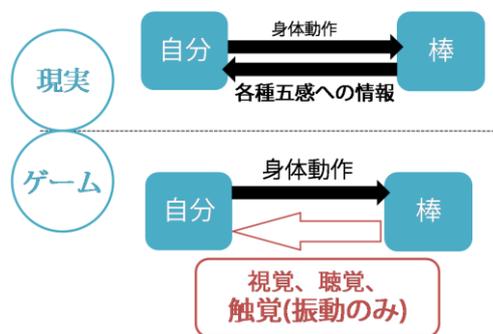


Fig. 1 : relatives of inputs and outputs between real and game

振動のみでは細やかな物理現象の再現は困難であり、身体動作に即していてもゲーム世界を忠実に再現出来

ているとは言い難い。そこで本研究では、振動以外の触覚刺激によってゲーム世界内の物理現象を触覚的にプレイヤーに提示することを目指す。本稿ではその一つとして、人がゲーム世界内で行う倒立振子の安定化に着目する。棒バランスは、さまざまなゲームで目にするができる(Fig. 2,3)。掌の上に立てた棒を倒立振子のように姿勢制御を行うゲームのことである。棒バランスは、倒立振子が掌に振動ではない触覚刺激を与えること、同時にその刺激は身体動作に即してリアルタイムに掌に与えられるという点で、振動以外の触覚刺激によって倒立振子の再現を試みようとする本研究の目的に適していると言える。これらのことから、ゲーム世界内の倒立振子に着目し倒立振子感をバーチャルに再現することを目指す。

1.2 先行研究

佐野らは、人の倒立振子の安定化における人の知覚特性について報告している[1]。佐野らは実験から、人は視覚的に倒立振子であると知覚するだけで倒立振子の姿勢制御が可能であることを示している。実験では触覚刺激は与えられていなかったため、本研究では触覚刺激を提示し同様に倒立振子の安定化実験を行い、倒立振子における触覚の寄与について検討する。

さらに、倒立振子が掌に与える触覚刺激の特性についても検討する。触覚刺激によりバーチャルな物体の再現として、ものを持った時の感覚をバーチャルに再現した南澤らの研究が挙げられる[4]。南澤らは物体把持時の指先部の力を再現し、質量感覚と内部ダイナミクスの提示に成功している。南澤らの知見から、適切

に触覚刺激を与えれば物体が持つ特性が提示でき、物体感の再現が可能であることが分かる。我々の研究においても、倒立振子が掌に与えている触覚刺激を適切に提示することで質量や長さといった倒立振子の特性や倒立振子の姿勢を再現することが可能だと期待される。



Fig. 2, Fig. 3 : example inverted pendulums in video games[2][3]

2. 実験

人が掌の上で倒立振子の安定化を行うとき、人は触覚情報から、倒立振子が掌に与える圧力の重心分布や刺激の空間移動などを知覚していると考えられる。そこで、どのような触覚刺激を手掛かりにしているのかを明らかにするため、倒立振子安定化実験を行った。

倒立振子が掌に与える触覚刺激の特性を調べるため、倒立振子の底面形状を複数用意する。今回用意したのは円錐、半球、円断面、正方形断面の4つである(Fig. 4)。なお、これらの形状は手との接触面積の大小による安定化タスクへの影響を最大限に少なくするため、掌との接触面積は統一してある。この中で最も良く倒立振子の安定化を行えた形状が、人が手掛かりにしやすい触覚刺激を与えていると考えられる。またこのタスクにおいては視覚情報による安定化が考えられるため、次のような方法で視覚による寄与を調べる。底面形状と掌の間に、5cm四方の平板を敷くことで触覚分布を均一化した(Fig. 5)。板を掌の上に載せて触覚分布を一様

にすると、底面形状の物理的な特性がそのまま安定化の成績に影響すると考えられるため、視覚情報による安定化の成績が得られることが予想される。



Fig. 4 : apparatus ; bottom attachment



Fig. 5 : apparatus ; board to homogenize tactile cues

2.1 実験装置

装置と被験者全体の概要を示す(Fig. 6)。倒立振子の先端には赤外 LED が付いており、天井から吊るされた赤外センサがこれを追う。赤外センサは検出した赤外 LED の座標を Bluetooth 通信によって PC に送信する。PC は受け取った座標から倒立振子の総移動距離を計算し、実験結果として返す。今回の実験では、この総移動距離を評価基準にした。総移動距離が短いほど姿勢の安定化が行えていたと考えられるため、総移動距離が長いほど安定化タスクにおいては成績が悪いと判断できる。

2.2 実験手順

まず、被験者に実験を行う前に練習と称して倒立振子の安定化を行わせた。これは、慣れによる成績向上効果を飽和させるためである。

練習を行ったあと、本実験に移った。まず板を載せずに倒立振子の安定化を、底面形状をランダムに変えながら 1 形状につき 3 試行、計 12 試行実施した。板を載せない 12 試行全てを終えた後、次に板を乗せた状態で同じく練習を行わせ、板を載せる場合の 12 試行を実施した。

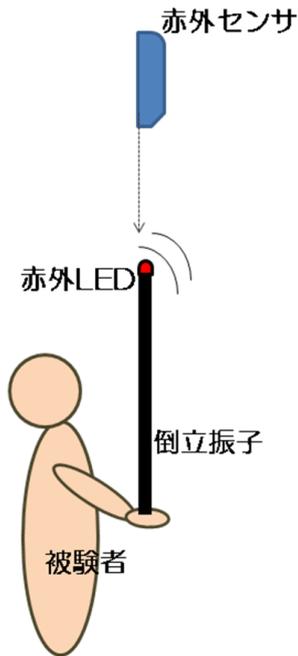


Fig. 6 : overview subject and apparatus

3. 結果と考察

3.1 実験結果

実験結果をグラフにしたものを(Fig. 7)に示す. 横軸は底面形状、縦軸は総移動距離(cm)である. 底面形状 1 つにつき 2 本あるグラフのうち左が板を載せ触覚分布を一様化した場合、右が板を載せず触覚分布の一様化を行わない場合の結果である.

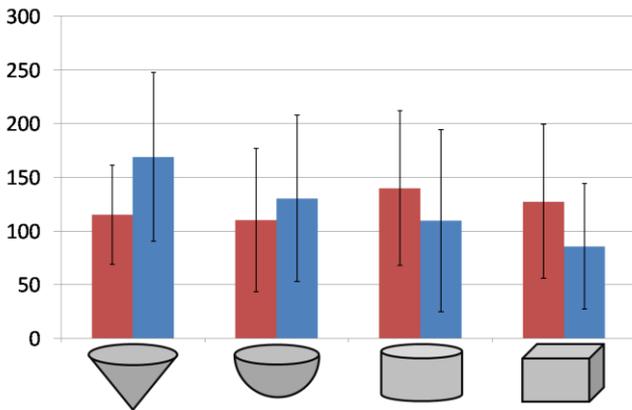


Fig. 7 : results total interval while subjects balance inverted pendulum

3.2 考察

触覚分布を一様にしない(板を載せない)場合は形状間に成績の差がほとんどないことが分かる. つまり今回設計した底面形状が与える触覚刺激は、安定化軌跡の総距離にほとんど差を生まなかった. これは形状間に触覚分布の差がほとんどなかったためだと考えられる.

また触覚分布を均一化した(板を載せる)場合には球や円錐の成績が悪いことも分かる. これは底面形状の物理的な形状が軌跡の総距離に寄与したと考えられる.

4. 今後の展望

倒立振り子の感覚を触覚刺激で再現するための触覚刺激を設計するために、新たにより特徴量の差が多い底面形状を作成し、再度追実験を行う.

また実験中、多くの被験者や実験に携った者から「板を載せて底面が球のとき」が最も安定化させやすいという興味深い内観報告を得た. これは板によって触覚刺激が均一化されたことで、倒立振り子と板の接点回りのモーメントの変化と空間移動が板の傾きとして掌に伝わるため、倒立振り子の傾きがより分かりやすい刺激として与えられたと考えられる. この予想が正しければ、人は倒立振り子と掌との接点回りモーメントを触覚刺激によって知覚していることになる. しかし詳しいことは分かっていない. 実験結果とは逆の報告であり、これについても調査を行う.

参考文献

- [1] 佐野明人, 藤本英雄, 小林俊介 : 倒立振り子安定化における人の知覚特性, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2000 論文集, 2000.
- [2] SQUARE ENIX : チョコボのバランス棒, http://member.square-enix.com/jp/gamezone/chocobo_balance/index.php?sscl=gamzone_index_title_webgame_balance, 2010.
- [3] 任天堂 : おどるメイドインワリオ, <http://www.nintendo.co.jp/wii/rodj/index.html>, 2010
- [4] 南澤孝太, 深町聡一郎, 梶本裕之, 川上直樹, 舘暉 : バーチャルな物体の質量および内部ダイナミクスを提示する装着型触力覚ディスプレイ, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007 論文集, 2P1-N06, 2007.