21308 一対のヒトによる協調バランス運動から受ける感性 Kansei Evaluation in Coupled Human Balancing Tasks

○ 正 日下田 淳 (群馬高専)
正 吉田 勝俊 (宇都宮大院)

橋元 啓人 (群馬高専)

Atsushi HIGETA, Gunma National College of Technology, 580 Toribamachi, Maebashi-shi, Gunma
Hiroto HASHIMOTO, Gunma National College of Technology, 580 Toribamachi, Maebashi-shi, Gunma
Katsutoshi YOSHIDA, Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya-shi, Tochigi

In this paper, we investigate the relationship between sense and manipulation in coupled human balancing tasks. For this purpose, we propose a measurement system to obtain the balancing error product by two human subjects stabilizing a coupled inverted pendulum model in cooperation. After the experiment, each subject evaluates the performance of manipulation of both his own self and the partner. The result shows that the correlation analysis on sense and motion of the subjects implies that some correlations can be found between the balancing error and the sense.

Key Words: Human Manipulation, Cooperative Motion, Sensory Analysis, Movement Strategy

1. はじめに

著者らは、相手が明らかな状況下で2名のヒトが協調して創発する協調バランス運動において、感性工学的な手法の導入により、ヒトの協調バランス運動における操作とそこから受ける感性との関係を一部明らかにしてきた⁽¹⁾。

本報では、相手が明らかな状況下において、ヒトの協調バランス運動と感性との関連を明らかにする。

2. 協調バランス運動の測定システム

2.1 ヒトが操作可能な結合倒立振り子モデル

本報で用いるモデルは、Fig.1に示す A_i を台車、 B_i を振り子とする2台の等価な倒立振り子 $A_i B_i (i = 1, 2)$ の先端を剛体リンク $B_1 B_2$ で連結した4質点からなる、結合倒立振り子モデルである。

ヒトによる結合倒立振り子モデルへの入力を実現するため、各台車の制御入力 u_i を、

$$u_i = -K(x_i - x_{hi}) - L\dot{x}_i$$

とおく。ここで、 x_{hi} は各台車の目標位置であり、ヒトの操作により入力される。これにより、ヒトが結合倒立振り子モデルを操作することが可能となる。

2.2 測定システムの構成

協調バランス運動測定システムの概要をFig.2に示す。測定システムは、結合倒立振り子モデルの数値シミュレータ、マウス2台、スクリーンから構成されており、スクリーンには結合倒立振り子モデルの力学アニメーションが表示される。被験者は、このアニメーションを目視しながらマウスを左右に動かすことにより結合倒立振り子モデルの台車の目標位置を入力する。ただし、スクリーンには、被験者が入力した目標位置は表示されない。

本研究では、Fig.2の測定システムを2組用いて、被験者4名が同時に測定を行えるようにした。実験者がマウスとスクリーンの接続を変更することにより任意の被験者の組で測定を行うことができる。これにより、相手が明らかな状況で操作を行わせることができる。被験者間には、他被験者の操作の様子がわからないようについでてを設置する。また、操作音等の雑音に気を取られないようにするために被験者にはヘッドホン装着させる。

3. ヒトによる協調バランス運動の測定と評価

3.1 測定方法

協調バランス運動の測定は、健康な20歳男性8名を被験者とした。測定は4人1組で行い、同一組の被験者同士の組み合わせ全てにおい

Fig. 1 Coupled inverted pendulum model of competition and cooperation.

Fig. 2 Measurement system of coupled human balancing tasks.

て測定を行った。実験中は他の被験者との会話を禁止した。

1回の測定の手順を示す。被験者はスクリーンに表示されている結合倒立振り子モデルを、倒さずに20秒以上連続して操作できるように任意の回数練習を行う。スタートの合図で被験者は操作を開始し、相手と協力してバランスを保つ。20秒を1回の操作とし、5回連続で操作を行う。その後、被験者が操作する台車を左右入れ替えてさらに5回連続で操作を行う。20秒以内に片方の台車が画面からはみ出たり、床面に倒れたりした場合は、その回の操作をやり直す。

3.2 物理量の算出

測定結果より、被験者の操作を表す物理量を算出する。本研究では、台車に関して平均位置、平均振幅、最大振幅、平均速さ、最大速さ、2台の台車間隔の平均値を用いる。振り子に関しては、平均角度、平均角速度、2本の振り子の角度差の平均値、バランス誤差の平均値を用いる。ここで、バランス誤差とは振り子の先端と下端の水平方向の相対変位のことである。

Table 1 Adjective pairs which evaluates the performance of manipulation of both his own self and the partner.

1	よい	—	よくない
2	意のままに操れる	—	意のままに操れない
3	集中できる	—	集中できない
4	緊張感のある	—	緊張感のない
5	慎重な	—	慎重でない
6	協調的な	—	協調的でない
7	いいかげんな	—	いいかげんでない
8	調和のとれた	—	調和のとれない
9	下手である	—	下手でない
10	ふざけている	—	ふざけていない
11	敏感な	—	敏感でない
12	攻撃的な	—	攻撃的でない
13	コントロール性のある	—	コントロール性のない
14	飽きる	—	飽きない

3.3 SD 法による評価

測定終了後、自分の操作および相手の操作についての評価を行う。感覚のようなあいまいなシステムを評価する場合、言語を媒介とする手法が用いられることが多い⁽²⁾。そのため、本研究においても言語を媒介とした測定方法を用いる。本研究では、言葉と感覚の関係を論じるために心理学的な研究でよく用いられる Semantic Differential (SD) 法を用いる。これは、まず評価対象に対して、意味的に対になる形容語対を評価対象に対する「尺度」として複数個用意する。次に、それを何段階かに分割し、被験者は評価対象から受ける感覚がその形容語対間のどこに位置するかを選択するという手法である。

本研究では、形容語対に「よい - よくない」のような否定語との対を用い、左側の形容語を評定値1、右側の形容語を評定値7とする。また、自分および相手の評価には同一の形容語対を用いる。Table 1 に自分および相手の操作の評価に用いる形容語対を示す。

3.4 相関分析

協調バランス運動の測定より得られた物理量と、自分および相手を評価する形容語対との関係性を調べるために相関分析を行う。

4. 結果

Table 2 に測定結果より算出した物理量と SD 法による評価の相関分析結果より得られた相関係数を示す。本報では、台車の平均振幅、最大速さ、バランス誤差と自分に関する形容語対の相関係数を掲載する。表3の相関係数のうち、相関係数の絶対値が高い形容語対を大きい方から3つ太字で示してある。ただし、相関係数の絶対値が0.300以上のものとした。

Table 2 より、台車の平均振幅は、1. よい - よくない、11. 敏感な - 敏感でないと共に正の相関があり、9. 下手である - 下手でないと負の相関がある。1. よい - よくないは自分および相手の操作が良いかどうかを表す形容語対であり、操作の良し悪しを表すと考えられる。11. 敏感な - 敏感でないはお互いの操作に敏感に反応しているかを表す形容語対であり、被験者の感受性を表すと考えられる。また、9. 下手である - 下手でないは操作の上手さを表す形容語対であり、操作の良し悪しを表すと考えられる。

以上より、台車の平均振幅は操作の良し悪しと被験者の感受性を表している。これは、台車の平均振幅が小さいと操作が上手であり、被験者は敏感であることを示す。

台車の最大速さは、9. 下手である - 下手でないと正の相関があり、7. いいかげんな - いいかげんでないと負の相関がある。9. 下手である - 下手でないは操作の上手さを表す形容語対であり、操作の良し悪しを表すと考えられる。また、7. いいかげんな - いいかげんでないは操作がいいかげんかどうかを表す形容語対であり、操作の慎重さを表すと考えられる。

Table 2 Result of correlation analysis of sense and human manipulation.

自分に関する 形容語対	相関係数		
	台車の 平均振幅	台車の 最大速さ	バランス 誤差の平均
1 よい	0.4017	-0.1537	-0.0580
2 意のままに操れる	0.0736	-0.1584	-0.3458
3 集中できる	0.1531	0.0047	-0.0897
4 緊張感のある	0.0235	0.1702	0.1836
5 慎重な	-0.0331	0.1545	0.3340
6 協調的な	0.0041	0.1713	0.3695
7 いいかげんな	-0.0911	-0.4453	-0.5580
8 調和のとれた	0.2927	0.0071	0.2542
9 下手である	-0.4070	0.5003	-0.0330
10 ふざけている	0.0708	-0.2561	-0.3700
11 敏感な	0.5953	0.2199	-0.0455
12 攻撃的な	0.0754	-0.0615	-0.3584
13 コントロール性のある	0.0411	-0.1844	-0.1865
14 飽きる	-0.0204	0.0139	-0.2838

以上より、台車の最大速さは操作の良し悪しと被験者の慎重さを表している。これは、台車の最大速度が大きいと操作が上手であるが慎重ではないことを示す。

バランス誤差の平均は、6. 協調的な - 協調的でないと低い正の相関があり、7. いいかげんな - いいかげんでないと負の相関があり、10. ふざけている - ふざけていないと低い負の相関がある。6. 協調的な - 協調的でないは2人の被験者が協調して操作を行っているかを表す形容語対であり、被験者の協調性を表すと考えられる。7. いいかげんな - いいかげんでないは操作がいいかげんかどうかを表す形容語対であり、操作の慎重さを表すと考えられる。また、10. ふざけている - ふざけていないはまじめに操作を行っているかを表す形容語対であり、これも操作の慎重さを表すと考えられる。

以上より、バランス誤差の平均は操作の協調性と慎重さを表している。これは、バランス誤差の平均値が大きいと協調性が低く慎重でないことを示す。

5. まとめ

競合と協調を表す結合倒立振り子モデルを用いて、ヒトの操作とヒトの感性との関連を一部明らかにした。まず、結合倒立振り子モデルを用いて実際にヒトが操作可能な協調バランス運動測定システムを開発した。この測定システムを用いた測定実験を行い、さらにその被験者らを対象に、SD 法によって自他のバランス運動に対する官能評価を行った。

得られた物理量および自他の操作に関する評定値に対して相関分析を行った結果、物理量とヒトの感性との間に以下に示す関係性を見出すことができた。

- 台車の平均振幅と操作の良し悪し、被験者の感受性
- 台車の最大速さと操作の良し悪し、被験者の慎重さ
- バランス誤差の平均と被験者の協調性、慎重さ

今後の課題として、本報の被験者の片方をロボット、すなわちヒトを模した制御器に置きかえる実験を行い、本報で明らかになった官能量と物理量との関係をより詳細に検討していく。

参考文献

- (1) 日下田淳, 吉田勝俊, 渡辺信一, 中塚亜樹, 結合倒立振り子の協調コントロールタスクにおける感性評価, 日本感性工学会論文誌, Vol.11, No.2, (2012), pp.309-314.
- (2) 渡辺信一, 尾崎功一, 山崎友麻, 山本純雄, 触感覚による粒子群の認識と言語評価, 精密工学会誌論文集, 第71巻, 第11号, (2005), pp.1421-1425.