Analysis of cooperative motion by two humans in carrying an object

Kou Ogura, Ryojun Ikeura and Kazuki Mizutani (Mie University)

現在，ロボットは工場など人間と隔離された場所で，単純な作業を効率よく繰り返し行うのが目的となっている。しかし，将来的には人間の生活空間で作業し，人間の特性に従って動作することが要求される。本研究では人間とロボットによるスムーズな協調運搬動作の実現を目的として，ロボットに必要な特性を人間同士の動作解析から導いている[1][2]。

2. 1 実験システムの構成

対象物体の左右のグリップに加えられた力は、6軸力センサにて測定される。実験装置と台の距離は半導体レーザ式変位センサを2個用いて測定する。それぞれの出力は専

2. 2 実験方法

図2のようにより二人の人間によって一つの物体をz方向に持ち上げる。信号を提示される人間をマスター、それに従って動作する人間をスレーブとすることにする。また対象物体の50mm上方の位置に目標を定めその位置まで対象物体を持ち上げる。計測時間は15秒間、移動の開始の合図として音声を用いた。ただしマスターのみに信号を提示するためにLEDを用い、LEDは対象物体のすぐ横に設置しており仕切板によりマスターにしか見えない。

(a) LED をマスターにだけ提示する.

(b) マスターが開始の音声のスレーブに提示する。

マスターが移動の合図の前に、動作の準備の合図も提示する。

図2 実験方法

- (c) 外部の人間により音声を提示する。
 第三者の人間が(b)と同様な合図をする。
 (d) マスターが開始の音声をスレーブに提示する。
 動作の準備の合図はしない。
 被験者は大学院生, 男子22~23歳三人である。

3. 実験結果

図3は実験(a)の垂直方向の力を示したものである。ここで f_1 はマスターからの力, f_2 スレーブの力である。そして t_1, t_2 はそれぞれ f_1, f_2 のかけ始める時間差と終わる時間差である。図4に実験条件に対する t_1, t_2 を示した。各データは27回の実験の絶対値の平均を示す。図5に三人の力の相関係数を示す。相関係数 R は, 以下のように計算した。

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(f_{1i} - \bar{f}_1)(f_{2i} - \bar{f}_2)}{S_1 \times S_2}$$

ここで $\bar{f}$ は各データの力の平均であり, S は標準偏差である。また力のかけ始める時間差 t_1 は0とした。また図の四角い印は7回の実験の平均で, 上下のバーが標準偏差を示す。

図3 垂直方向の力

図4 時間差

図5 相関係数

4. 考察

図5より力の相関性が低いのは(a), (c), (d)である。これは図4から(a), (d)は t_1 の差は大きいことから力をかけ始める時間差による影響である。また(c)ではお互いに相手の力のかけ始めタイミングが分からないため二人の人間がそれぞれの判断で持ち上げてしまう影響である。これに対し相関性が比較的高い(b)は, マスターの準備の音声があることで, マスターの意図がスレーブに分かり, スレーブは実際にマスターの力のかけ始めが分かるため持ち上げる力を調節できると考えられる。図4において力のかけ終わる時間差がパターンによってあまり変わらないのは二人の人間が, 協調して持ち上げる動作を終わっているといえる。

5. まとめ

人間同士による鉛直方向に物体を持ち上げる物体移動動作の実験を通じて, 人間同士の協調動作について調べた。その結果, 動作開始の音声をマスターが発する時にスムーズに協調できることがわかった。今後マスターからスレーブへ伝達する信号の遅れの影響や, 物体を降ろす移動動作の解析も行っていく予定である。

参考文献

- [1] R. Ikeura and H. Inooka, "Valiable impedance control of a robot for cooperation with a human, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3097-3102, 1995
- [2] R. Ikeura and H. Inooka, "Cooperative force control in carring object by two humans," Proc. of IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics, pp.2307-2311, 1995