

頭部姿勢情報に基づく食事支援ロボットのスプーン位置決め制御

Spoon position control of meal assist robot based on head posture information

○学 平松 翔太 (岐阜大院), 竹内 聡 (岐阜大院), 正 矢野 賢一 (三重大)

Shota Hiramatsu, Satoru Takeuchi and Ken'ichi Yano
Dept. of Human and Information Systems, Gifu University,
1-1 Yanagido, Gifu, 501-1193, Japan (e-mail:yanolab-mail@gifu-u.ac.jp)

Key Words: <Assistive robot, Meal- assist, Aging, Positioning, Remote control >

Recently, the meal-assist robot is studied intended for with the trouble in the arm. The operation is difficult for the residual function of the arm hardly remaining, and it takes time to a past manner of operation to eat. There is a problem of hesitating for meal to become troublesome from this and to use it many times. Therefore, the development of the meal-assist robot is demanded. Then, the system that recognizes the head pose of the operator by using the infrared sensor, derives the spoon position from the posture, and operates the meal-assist robot is developed in the present study.

1. はじめに

近い将来到来する超高齢化社会の問題に対し、医療・福祉分野におけるロボット・制御技術の実用化への試みが多くなされている。特に、障害者や高齢者の自律支援を目的として、両腕や手先に障害を持つ方を対象とした食事支援などの自立支援ロボットの研究が行われている⁽¹⁾。

普段我々は食事を何気なくとっているが、上肢が不自由な方にとっては大変な作業となる。食事を取ることが困難な病気の例として、頸椎損傷、パーキンソン病、筋ジストロフィーなどが挙げられる。従来の食事支援ロボットでは、ジョイスティックなどの外部入力装置によって操作を行うため、任意の位置へスプーンをすばやく移動させることが難しい。より直感的に食事支援ロボットを操作するために、ジョイスティックなどに変わり、上腕の筋電信号やCCDカメラなどを用いた操作の研究も行われている⁽²⁾⁽³⁾。しかし、その多くが入力情報をロボットアームの移動方向を指示する機能として割り当てたものに過ぎず、食器間や口元との間をスプーンが往復する基本的な搬送動作をすばやく行うことができない問題がある。そこで本研究では、任意地点へ直接スプーンを搬送するために、操作者の頭部姿勢を赤外線センサにより検出し、その頭部姿勢から推定した注視点へスプーンを搬送するシステムを提案する。本システムにより、頸椎損傷者などの上肢不全者であっても自由な位置へスプーンを搬送することが可能となり、すばやく食事を行うことが可能となる。

2. 頭部姿勢に基づくスプーン位置決め制御

2-1 食事支援ロボット MARo と入力装置

Fig.1 に本研究で使用する食事支援ロボット MARo を示す。MARo は 6 自由度アーム型のロボットである。本研究では、任意座標間を結ぶ軌道をもその場で生成する必要がある。MARo の軌道は式(1), (2)で与えられる。ここで、 S_p は初期位置、 S_o は初期姿勢、 G_p は目標座標、 G_o は目標姿勢、 T_e は終了予定時間、 T_m 現時刻である。頭部姿勢とトリガ用肩部の認識には、作成した赤外線 LED を用いた耳掛型赤外線デバイスを使用する。このデバイスは同時に 3 ヶ所の赤外線情報を出力することができ、操作者はこの入力デバイスを耳に装着し、頭部姿勢と肩部座標をトラッキングすることとなる。また、検出用赤外線センサは Wii リモコンを用いた。

$$O_p = \frac{(G_p - S_p) \cos(\frac{2\pi}{2T_e T_m}) + (G_p - S_p)}{2} + S_p \quad (1)$$

$$O_o = \left(\frac{(G_o - S_o) \cos(\frac{2\pi}{2T_e T_m}) + (G_o - S_o)}{2} + S_o \right) \times \frac{\pi}{180} \quad (2)$$



Fig. 1 Meal-Assist Robot; MARo

2-2 赤外線センサ情報による頭部姿勢推定

赤外線センサにより 3 箇所の 2 次元座標 IR_{xy} が取得できる。Fig.2 にはシステムの各部の位置を示す。これらの情報から、頭部姿勢 H_{xy} と肩部姿勢 S_{xy} の推定を行う。赤外線センサのデータは 2 次元の平面情報であるため、頭部を同角度旋回させた際の位置座標値は一意にならない。そのため、システムを使用する前に可動範囲の頂点 ($C_1 - C_4$) を注視し、その際の頭部姿勢の各座標 ($IR_1 - IR_4$) を取得する。その後、式(3)に代入することでキャリブレーション変数 (C_b, C_r, C_u, C_d) を導出する。

$$\begin{aligned} C_l &= (IR_1 + IR_4)/2 & C_r &= (IR_2 + IR_3)/2 \\ C_u &= (IR_1 + IR_2)/2 & C_d &= (IR_3 + IR_4)/2 \end{aligned} \quad (3)$$

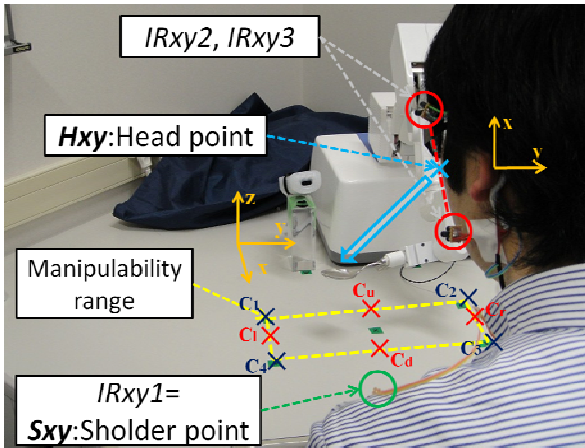


Fig. 2 Acquisition of head configuration with IR sensor

2-3 頭部姿勢情報からのスプーン位置決めアルゴリズム

前項で求めた頭部姿勢 H_{xy} と肩部姿勢 S_{xy} から補正変数を用いて、スプーンを搬送する座標を導出する。Fig. 3 にスプーンの位置座標を導出するまでのフローチャートを示す。 C がキャリブレーション変数、 M_{xy} が頭部姿勢を基に出力される2次元のスプーン座標を示す。頭部姿勢の示している座標を進入領域上に割り当てられているキャリブレーション変数で割ることで適切なスプーンの搬送座標を導出する。これにより、頭部とスプーンが同期した動作を行う。ここで、スプーンを頭部姿勢と同期させるのはあくまで二次元の平面座標であるため、スプーンを口元まで搬送する動作と、食品を掴む動作が必要となる。口元の座標と掴み動作は事前に登録しておき、肩部姿勢の上下動作をトリガとして動作させる。肩部を一定高さ以上上げた場合を口元と皿との往復動作のトリガに、一定高さ以上下げた場合を掴み動作のトリガに割り当てた。安全のために、口元へスプーンが搬送されている場合は、肩部による入力が無限り一切の動作を行わない。上記で求めた2次元のスプーン位置情報 M_{xy} と、肩部のトリガによって生成されたモーションを基に、6自由度ロボットアームの位置 P_{rr} と姿勢 P_{rp} を決定する。また、掴み動作の際は食器との過度の接触を避けるために、ロボットアームの末端に圧力センサを設け、接触判定を行う。接触が確認された場合は搬送を中止し、元の姿勢へ戻る。

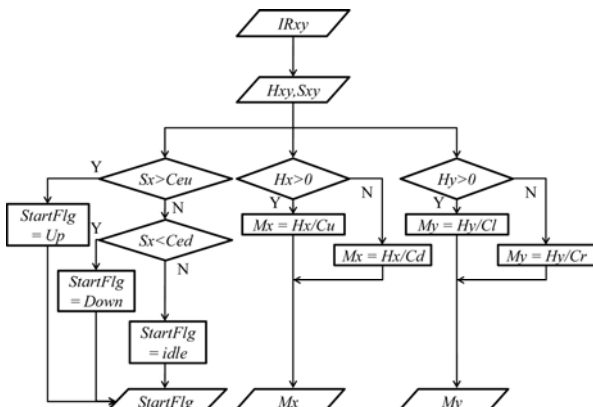


Fig.3 Spoon positioning algorithm

3. 頭部姿勢によるスプーン操作実験

アルゴリズムの有効性を検証するため、アームの可動範囲を目視し、スプーンを搬送させる検証実験を行った。キャリブレーションを行うことで頭部との追従性が向上するかを確認する。実験は、可動範囲の頂点であるC1からC2 までを

一定速度で視認するように頭部を動作させた際のスプーン位置の追従性を、事前にキャリブレーションを行い適切なキャリブレーション変数 C_b, C_r を定めた場合と、 $C_l = C_r = 50$ として行った場合を比較する。実験結果として、キャリブレーションを行わなかった場合のスプーンのy軸上の軌道をFig. 4 に、行った場合のy軸上の軌道をFig. 5 に示す。この結果から、キャリブレーションを行わなかった場合は中心($y = 0$)を境目にして左側より右側の軌道が加速していることが分かる。適切にキャリブレーションを行った場合の結果は左右の軌道にほとんど差異が見られないため、このアルゴリズムは有効であると言える。

また、本システムの有効性を示すために、頸椎損傷者を対象として食事支援実験を行った。実験は、二箇所の搬送地点から食事を行う場合を想定し、口元から搬送地点へ移動し食品を掴った後、口元へ運ぶ動作を1工程とし、4工程分の所要時間を記録した。結果として、本システムでは複数の皿同士間を直接移動することが可能であり、また、掴みに失敗しても再始動がすぐ行えるため、1工程が平均12.1秒で終了し、より高速に食事を行うことが可能である。

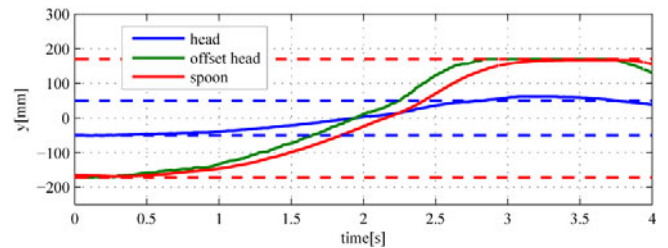


Fig. 4 Experimental result of spoon positioning control without calibration

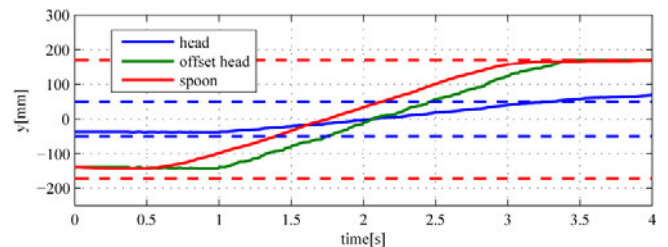


Fig. 5 Experimental result of spoon positioning control with calibration

4. おわりに

本研究では、食事支援ロボット *MARo* を開発し、上肢に障害を持つ方でも操作が可能になるよう、残存機能である頭部による動作を利用し、頭部姿勢情報に基づく食事支援ロボットのスプーン位置決め制御を開発した。本提案手法の有効性は食事支援実験により示された。頸椎損傷の方に本食事支援ロボットが実用化されれば、介護者の負担軽減に貢献でき、また障害者の方から日々のストレスの原因を排除し、生きる力を産み出すことができると考える。

文献

- (1) R. Soyama, S. Ishii, and A. Fukase, "Selectable Operating Interfaces of the Meal-Assistance Device MySpoon", *Advances in Rehabilitation Robotics*, pp.155-163, 2004
- (2) 辻敏夫, 辻村好司, 筋電制御型食事支援ロボットシステム” 日本機械学会 ボディクス・メカトロニクス講演会 2002講演論文集 2P1-B03, 2002.
- (3) 小松真司, 田中幹也, “上肢障害者のための食事支援ロボット”, 医科学第7回生活支援工学系学会連合大会, 2009