奥行距離の変化に対応した頭部で操作可能な 食事支援ロボットに関する研究

日隈 健策典^a 田中 幹也^b 穆 盛林^c 中島 翔太^a

^a 山口大学 ^b 明治大学 ^c 愛媛大学

1. はじめに

現在, 日本の上肢身体障害者数は約 54 万人と推計されている⁽¹⁾。上肢障害を持つ人たちは, 独立しての食事が困難で介助者による食事の支援が不可欠となる。その一方で介助者の数は不足しており介助者の大きな負担となっている。さらに, 自力で食事を満足に行えることが可能になれば介助を行う上での目安となる生活の質(QOL: Quality Of Life)の向上が期待される。これに対し, 先行研究では直交座標構造で食物を押し出す方式で供給する食事支援ロボットの開発が進められてきた。また, 皿選択の方法として Kinect を用いて頭部の傾きを読み取り, 食物が選択できるシステムが開発された⁽²⁾。しかし, このインターフェースは視線の高さを Kinect と合わせ Kinect から目との距離を一定にして使用しなければならず, 使用者の自由度が制限される問題があった。そこで, 本研究では Kinect の Depth センサ⁽³⁾により使用者の奥行距離を取得しその距離の変化に対応した皿選択の閾値に更新することで, 使用者の自由度が制限されることなく食物が選択可能であるインターフェースを提案し, その検証を行った。

2. 食事支援ロボットの構成

提案するロボットは Fig. 1 に示すように, 皿選択用の LED と Plate, Spoon, Pusher, Shutter の 4 つの機構から構成されている。皿は 5 つのレールに分かれている。それぞれの機構は「皿の選択」・「食物を皿から押し出してスプーンに乗せる」・「スプーンを口に運ぶ」の動作をそれぞれ独立した直進運動のみを行うため振動が伝わりにくい直交座標構造である。また, ロボットの最大可動域を使用者の口元とすることで, 暴走しても使用者に接触することはなく, 安全性が確保されている。

3. 頭部運動による入力装置

3.1 頭部運動による入力装置の概要

本研究は Microsoft 社製 Kinect を用いて顔の検出を行

Meal-assistance robot operable with the head corresponding the change in depth distance.

Takanori Higuma^a, Kanya Tanaka^b, Shenglin Mu^c, Syota Nakashima^a

^aYamaguchi University, ^bMeiji University, ^cEhime University

い, 顔の中心までの距離を Kinect の Depth センサで取得する。Kinect により, 頭部の水平回転量と頭部の垂直回転量を取得し, 極座標に変換する。それらの値から皿選択の閾値を設定し, それを超えた時, ロボットに命令を送信する。全ての皿が選択され, 食事を終えるまでこの処理を繰り返すことで, 頭部運動による入力装置のシステムとした。

3.2 頭部運動の情報処理

頭部回転量は -180° から $+180^{\circ}$ の範囲の値が使用される。Pitch は垂直方向, Yaw は水平方向の頭部回転量を示す。次に, 取得した頭部回転量から極座標変換を行う。極座標変換には式(1), (2)を用いる。ただし, Kinect から見た頭部の傾き方向を θ , Kinect から見た頭部の傾き量を r , 垂直方向の頭部回転量を y_{Pitch} , 水平方向の頭部回転量を x_{Yaw} とした。これにより, Kinect から見た頭部の傾き方向のその傾きの大きさを表現することができ, 扱いが容易となる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_{Pitch}}{x_{Yaw}} \quad (1)$$

$$r = \sqrt{x_{Yaw}^2 + y_{Pitch}^2} \quad (2)$$

Fig. 1. The structure of Meal Assistance Robot.

Fig. 2. Robot usage status by the side view.

Fig. 3. Vertical and horizontal relationship as seen from Kinect.

3.3 奥行距離に対応する頭部回転量の閾値決定手法

Fig. 2 に側面から見たロボットの使用状況及び閾値決定に用いる変数を示す。まず、Depth センサを用いて Kinect から頭部中心までの距離 D_1 と Kinect から体の距離 D_2 を取得する。次に D_1 と D_2 より Kinect から目の高さ H を式(3)から求める。

$$H = \sqrt{D_1^2 - D_2^2} \quad (3)$$

Fig. 2 に示す角度 θ_a , θ_β を式(4), (5)から求める。これから、Kinect を基準とした使用者が LED を見た時の角度 θ_{hl} を式(6)から導出することができる。また、式(7)から頭部中心から LED までの距離 D_3 を求めることができる。

$$\theta_a = \tan^{-1} \frac{D_2}{H} \quad (4)$$

$$\theta_\beta = \tan^{-1} \frac{D_2 - d}{H + h} \quad (5)$$

$$\theta_{hl} = \theta_a - \theta_\beta \quad (6)$$

$$D_3 = \sqrt{(D_2 - d)^2 + (H + h)^2} \quad (7)$$

この時、頭部中心から皿の端までの首の角度 θ_{pl} は式(8)で求めることができる。 w は皿の端から皿中心までの距離であり 12.5 cm である。

$$\theta_{pl} = \tan^{-1} \frac{w}{D_3} \quad (8)$$

上述の Yaw, Pitch の関係を Fig. 3 に示す。左右端の皿に頭を傾けたとき Kinect から見て頭部は Yaw 軸から θ_l は式(9)の傾きとなり、その傾きの大きさは R は式(10)となることが予想される。

$$\theta_l = \tan^{-1} \frac{\theta_{hl}}{\theta_{pl}} \quad (9)$$

$$R = \sqrt{\theta_{pl}^2 + \theta_{hl}^2} \quad (10)$$

以上より、皿選択の閾値は θ_{hl} 下回った領域とし、左右端の皿 1, 皿 5 はそれぞれ Yaw 軸から θ_l を越えた領域に設定した。皿 2~皿 4 は皿 1, 皿 5 の間に等間隔で 3 等分した。最後に皿の決定は誤作動を防ぐため、Yaw 軸に 15° 以上かつ Pitch 軸から $\pm 20^\circ$ である 40° の領域とした。この閾値を超えた時、ロボットに命令を送信する。このように、Kinect と使用者の距離を取得し、その距離の変化に対応した最適な閾値設定に更新することで、頭部運動による操作を可能にしている。

Table 1. Experimental result of conventional method.

被験者	座高 [cm]	距離 [cm]	皿選択					認識 率[%]
			1	2	3	4	5	
A	78	52	3/3	2/3	3/3	1/3	2/3	73
B	82	66	3/3	2/3	3/3	3/3	3/3	93
C	91	74	1/3	1/3	2/3	2/3	1/3	47
D	89	63	2/3	2/3	3/3	3/3	3/3	87
E	84	86	2/3	2/3	2/3	1/3	1/3	53

Table 2. Experimental results of the proposed method.

被験者	座高 [cm]	距離 [cm]	皿選択					認識 率[%]
			1	2	3	4	5	
A	78	52	3/3	2/3	3/3	3/3	3/3	93
B	82	66	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	100
C	91	74	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	100
D	89	63	3/3	3/3	3/3	2/3	3/3	93
E	84	86	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	100

4. 実験方法と結果

先行研究と提案法の皿選択の認識率を実験し比較して、使用者の自由度が制限されることなく、食物が選択可能であるか検証した。被験者は任意の位置に着席し、従来法と提案法でそれぞれ実験を行い、皿選択の認識率を比較した。被験者に対し皿番号をランダムで指示し、各皿を 3 回ずつ指示した皿の選択・決定ができれば成功とした。被験者は健常な 20 代男性 5 名 A~E で行った。

先行研究の実験結果を Table 1, 提案法を用いた時の実験結果を Table 2 に示す。Table 1 より 被験者全体の 71% で意図した皿を選択することを確認した。Table 2 より被験者全体の 97% で意図した皿を選択することを確認した。

5. まとめ

本研究では、Depth センサを用いて奥行距離を取得し、その距離の変化に対応した閾値に更新した。これにより、着席位置を合わせる必要がなく自由度が制限されずに、ロボットを操作することを可能とした。また、奥行距離の変化に対応し最適な閾値に更新しているため、高い割合で意図した皿を選択することができた。このことから、使用者が負担無く使用できるインターフェースとして機能することを確認した。

文 献

- (1) 内閣府：「平成 25 年度障害者白書」, 2014
- (2) 加藤健祐, 田中幹也, 中島翔太, 富本悠公：「Kinect を用いた頭部で操作可能な食事支援ロボットに関する研究」, 第 67 回電気・情報関連学会中国支部連合大会, セッション 22-1, 2016
- (3) 中村薫, 杉浦司, 高田智広, 上田智章：「KINECT for Windows SDK プログラミング Kinect for Windows v2 センサー対応版」, 秀和システム, 2015