

食事介護用スプーンの開発

Development of an intelligent spoon for a meal assistance of handicapped persons

○ 熊坂暁歩 (東京高専)、水沼 博 (首都大)、安田利貴 (東京高専)

○ Akiho KUMASAKA, Tokyo National College of Technology, Hiroshi MIZUNUMA, Tokyo Metropolitan University

Toshitaka YASUDA, Tokyo National College of Technology

Abstract: An intelligent spoon has been developed to support meals for handicapped persons. A purpose of this study is to improve a method of detecting horizontal angle (ϕ) and rotational angle (θ) by using 3 (V_x , V_y and V_z) direction of acceleration sensor for the intelligent spoon. The effect of rotational angle on the estimated horizontal angle was investigated. The horizontal angle is estimated from three equations that are $\phi_x = \sin^{-1}(V_x/V_g)$, $\phi_{yz} = \cos^{-1}(\sqrt{V_y^2+V_z^2}/V_g)$ and $\phi_{xyz} = \sin^{-1}(V_x/\sqrt{V_x^2+V_y^2+V_z^2})$ at respectively. Correlation number R^2 between the desired horizontal angle and the estimated horizontal angle are more than 0.99. However, it was found that the estimated horizontal angle ϕ_x are saturated more than 70 degree of horizontal angle. In the future work, we program the ϕ_{xyz} of calculation manner to intelligent spoon and investigate the intelligent spoon motion.

Key Words: Intelligent spoon, Acceleration sensor

1. 緒言

食事は、日常生活に必要不可欠な動作の1つである。しかし、障がい者の中には、手や腕の不随意運動や関節可動域の制限などにより、既存の箸やスプーンではスムーズに食事が出来ないケースがある⁽¹⁾。

そのため介護施設における食事は介護者が複数の被介護者の食事補助を行うこともある。しかし、自分のペースで食事ができないことは、食事そのものにストレスを感じさせてしまうことにも繋がる。

一方、障がい者介護施設では流動物も固形物も容易に口に運ぶことが出来るスプーンが一般的に使用される。しかしスプーンを使った食事の一連の動作でも、スプーンの物体をすくう面が大きく傾くと、物体の状態によってはスプーン面からこぼれてしまうことがある。

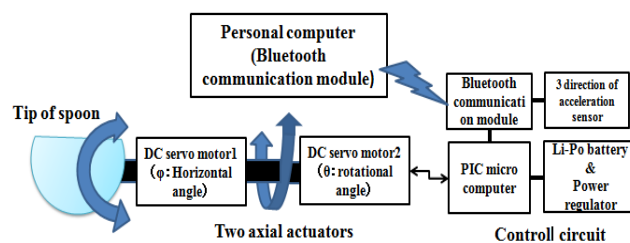
そこで我々は、食事介護が必要な障がい者の自立した生活支援および介護者の労力低減のために、障がい者の食事パターンに応じスプーン面の食べ物がこぼれにくい機構を備えたスプーンの開発を試みている。

2. インテリジェントスプーン

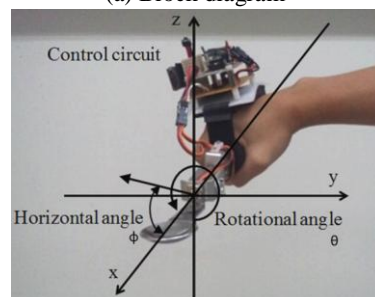
現在開発を進めているインテリジェントスプーンのプロック図および外観図を Fig.1 に示す。

Fig.1(a)にスプーンのプロック図を示す。アクチュエータは、スプーン先端面の食べ物がこぼれないように食べ物の粘性や形状および障がい者の食事パターンに応じて、仰角および回転方向に動く2軸の機構とした。アクチュエータの制御は、3軸加速度センサの信号からリアルタイムに推定した仰角・回転角(以下、傾斜角)を用いて行われる。

Fig.1(b)は、試作したインテリジェントスプーンの外観を示す。スプーンの構造は、スプーンの先端から柄の間に2つのアクチュエータが、手の甲の上に制御回路が取り付けられている。また、制御回路で検出された傾斜角は、Bluetooth モジュールを経由して PC に転送され、データの保存が可能となる。また、PC 上からスプーンの制御も可能となる。本研究で開発を目指しているスプーンは食品のレオロジー特性、障がいの食事パターンに応じてスプーンが自動的に制御を変える機能を備える。その機能により安全・安心な食事支援を行うことができる。



(a) Block diagram



(b) Photograph

Fig.1 Development of the intelligent spoon

3. 研究目的

障がい者の食事パターンの検出方法として、複数のカメラを用いたモーションキャプチャによる画像解析があげられるが、食事動作の解析に時間がかかることや、カメラ撮影によるプライバシーの侵害を考慮しなければならないといった問題がある。

そこで、3軸加速度センサを用いて高精度に傾斜角を検出することが出来れば、簡易に障がい者の食事パターンの解析を行うことができる。また、インテリジェントスプーンの動きを制御するための信号としても使用することが出来る。実際に加速度センサによる動作解析は広く研究されている^{(2),(3)}。

本報告では、3軸加速度センサを使用した傾斜角検出法について、出力電圧 V_x で傾斜角を推定した場合と、出力電圧 V_y , V_z および出力電圧 V_x , V_y , V_z によって補正をかけて傾斜角を推定した場合とで精度を比較検討する。

4. 実験方法

4-1 傾斜角検出装置

実験では、傾斜角検出を行う 3 軸加速度センサとして KXM52-1050(Kionix 社)を使用する。3 軸加速度センサからの出力電圧処理と PC 上にデータを転送するために PIC16F88(Microchip 社)を使用している。また、食事動作解析用として、PC 上へのデータ転送に Bluetooth 通信モジュール(Robotech 社)を回路に組み込んでいる。Fig.2 に、傾斜角検出装置の外観と装置内の 3 軸加速度センサが出力する電圧の方向を示す。

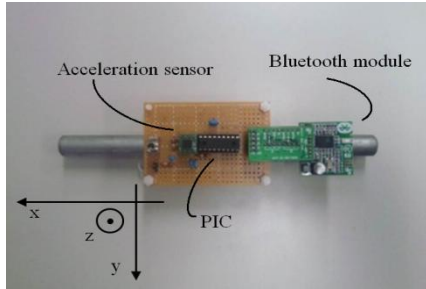


Fig. 2 View of angle detecting device

4-2 傾斜角度計算方法

本 3 軸加速度センサの角度検出は、重力加速度 1G を基準電圧ベクトルとしたとき、センサの傾斜角によって重力加速度による基準電圧ベクトルが各軸の出力電圧ベクトルに分力されることを利用している。

まず、出力電圧 V_x での傾斜角度推定方法について述べる。Fig.3(a)は、3 軸加速度センサが仰角 ϕ 傾いた時の基準電圧ベクトルの大きさ V_g と出力電圧 V_x の関係を示す。この図から仰角 ϕ_x は、

$$V_x = V_g \sin \phi \quad (1)$$

$$\phi_x = \sin^{-1}(V_x/V_g) \quad (2)$$

となる。

しかし、実際の測定では、3 軸加速度センサに回転角 θ が加わるとセンサの出力電圧が分力されるため、傾斜角の推定精度が低下する。そこで出力電圧 V_y, V_z を用いて傾斜角を推定する方法と、出力電圧 V_x, V_y, V_z を用いて基準電圧ベクトルを補正する方法を検討した。

次に、出力電圧 V_y, V_z による傾斜角計算方法について述べる、Fig.3(b)のように、3 軸加速度センサが θ 回転すると出力電圧 V_y と V_z が発生し、 V_y と V_z の合成ベクトルが電圧ベクトルとなる。基準電圧ベクトルの大きさ V_g と合成ベクトルの大きさ V_{yz} から仰角 ϕ_{yz} は、

$$\phi_{yz} = \cos^{-1}\left(\sqrt{V_y^2 + V_z^2}/V_g\right) \quad (3)$$

となる。

最後に、出力電圧 V_x, V_y, V_z による傾斜角計算方法について述べる。まず基準電圧ベクトルを、 V_x, V_y, V_z の合成ベクトルに置き換える。そして出力電圧 V_x と基準電圧ベクトルの大きさ V_{xyz} から仰角 ϕ_{xyz} は、

$$\phi_{xyz} = \sin^{-1}\left(V_x/\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}\right) \quad (4)$$

となる。

4-3 実験装置

実験装置の構成を Fig.4 に示す。実験装置は、傾斜角検出装置、測定信号保存用コンピュータ、ゴニオメータで構成されている。ゴニオメータの仰角(目標仰角) ϕ は $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で 10° 間隔、回転角 θ は $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で 30° 間隔に変化させたときの 3 軸加速度センサの出力電圧 V_x, V_y, V_z を測定した。測定された電圧値を式 (2) ~ 式 (4) に代入し、推定される仰角 $\phi_x, \phi_{yz}, \phi_{xyz}$ を求め目標仰角 ϕ との比較を行った。

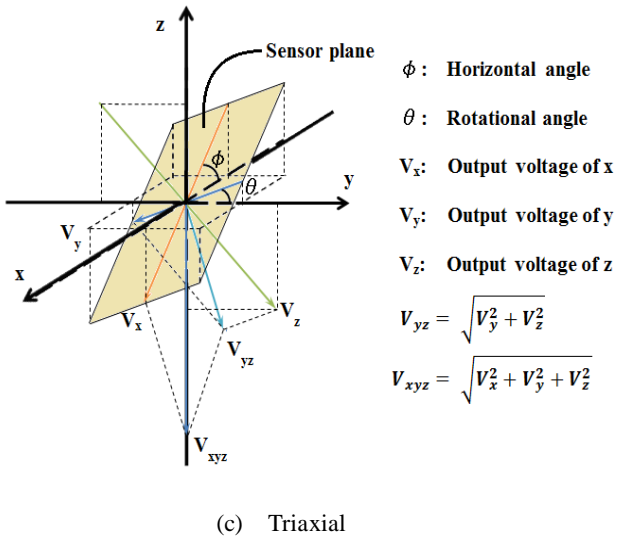
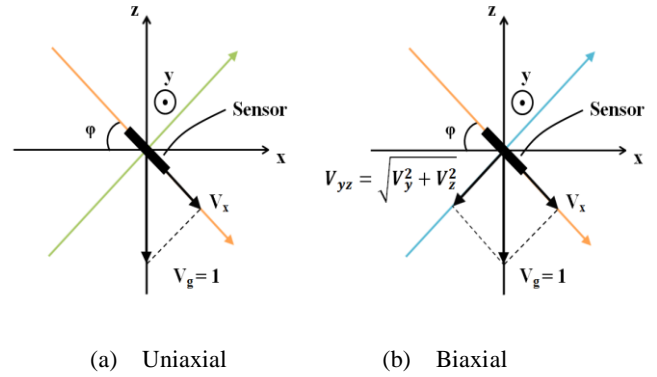


Fig. 3 Relationship between detecting sensor angle and triaxial output voltages of sensor

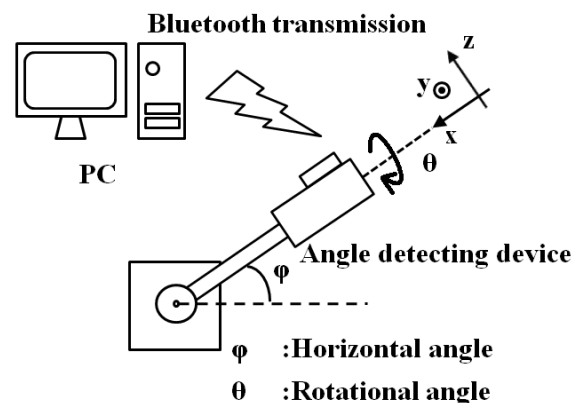


Fig.4 Schematic diagram of experimental set up

5. 実験結果

回転角 θ がおよぼす V_x による推定仰角 φ_x と V_x, V_y, V_z による推定仰角 φ_{xyz} の測定結果を Table.1, Table.2 にまとめ、Fig.5, Fig.6 には、目標仰角 φ と推定仰角の相関係数 R^2 を示した。

推定仰角 φ_x と目標仰角 φ は、相関係数 R^2 は 0.98 を示した。また V_x, V_y, V_z による推定仰角 φ_{xyz} と目標仰角 φ は、0.99 から 1.00 を示した。

Table.1 Results of estimated horizontal angle with uniaxial

		Rotational angle θ [deg]			
		$\theta=0^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=60^\circ$	$\theta=90^\circ$
Horizontal angle of measured in uniaxial φ_1 [deg]	0	0.00	0.86	1.44	1.92
	10	11.70	11.48	10.92	10.71
	20	22.92	22.17	21.47	20.61
	30	33.92	33.17	33.05	31.34
	40	44.36	44.93	44.54	42.63
	50	57.02	55.10	55.18	54.26
	60	69.86	67.84	68.00	54.40
	70	86.73	87.45	85.81	82.54
	80	90.05	90.05	90.05	90.05
	90	90.05	90.05	90.05	90.05

Table.2 Results of estimated horizontal angle with triaxial

		Rotational angle θ [deg]			
		$\theta=0^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=60^\circ$	$\theta=90^\circ$
Horizontal angle of measured in triaxial φ_3 [deg]	0	0.00	0.85	1.28	1.91
	10	11.49	10.81	9.75	10.45
	20	22.36	20.66	19.35	19.24
	30	32.67	30.69	29.63	27.82
	40	42.25	41.19	39.56	37.89
	50	53.37	49.73	48.60	47.76
	60	63.15	59.86	58.61	47.92
	70	72.06	69.09	67.83	67.26
	80	80.96	78.17	78.17	76.77
	90	87.01	88.14	87.54	86.60

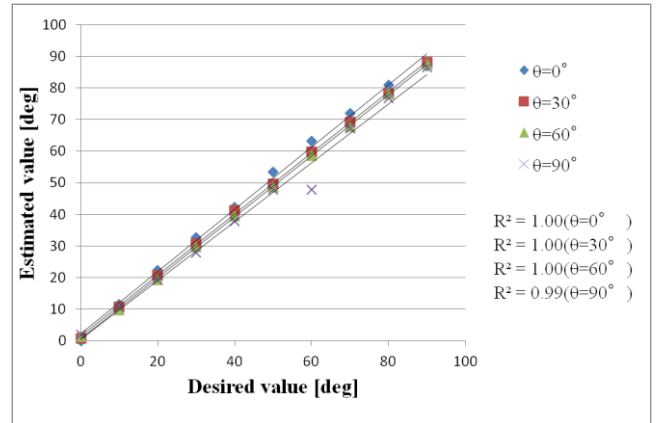


Fig.6 Relationship between estimated horizontal angle with triaxial and desired value

6. 考察

V_x による推定仰角 φ_x は、Fig.5 が示すように全ての回転角の条件において、目標仰角 φ が 70° 以上になると推定仰角 φ_x は 90° となった。これは本実験で使用した 3 軸加速度センサの出力電圧が、重力方向と平行に近づくとき線形性が変化することが原因である。

V_x, V_y, V_z による推定仰角 φ_{xyz} は、 V_x による推定仰角 φ_x と比較すると相関係数が高く、測定精度が高いことが分かった。また、回転角 θ の変化による推定精度の低下に対して V_x, V_y, V_z により補正をかけることで正確に推定できるとわかった。

今回の実験では仰角推定しか行っていないが、同様の推定方法で、回転角の推定が可能だと考えられる。

今後、計算式 (4) の推定仰角法を試作したインテリジェントスプーン搭載にすることで、精度の高い傾斜角の推定が可能となり、正確なスプーンの制御が実現できると考えられる。また、試作した傾斜角検出装置で被介護者のスプーンを用いた食事動作の解析ができれば、画像解析のような大規模な実験装置によらない食事動作の解析や被介護者のリハビリ支援などに繋がると考えられる。

参考文献

- (1) 勝吉 慎也, 田中 敦士, 知的障害者のある人の手腕運動における speed-accuracy trade-off に関する研究動向と指導法開発に向けた今後の課題, 琉球大学教育学部障害児教育実践センター紀要, vol. 9, pp. 109-117, 2007
- (2) 品川 佳満, 谷川 智宏, 太田 茂, 加速度センサを用いた人間の歩行・転倒検出, 川崎医療福祉学会誌, vol. 9(2), pp. 243-250, 1999
- (3) 武田 量, 但野 茂, 中安 稔, 東藤 正浩, 吉成 哲, 加速度センサーと角速度センサーを用いた歩行解析, バイオフィロントピア講演会講演論文集, vol. 17, pp. 19-20, 2006

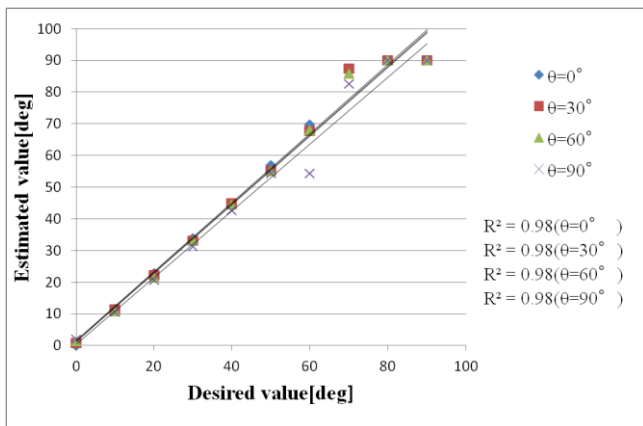


Fig.5 Relationship between estimated horizontal angle with uniaxial and desired value