239 姿勢反射計測システムの開発

Development of measurement system for postural reflex response

○ 広沢 一昌 (芝浦工大院) 正 山本 紳一郎 (芝浦工大) 正 小山 浩幸 (芝浦工大)
 正 米田 隆志 (芝浦工大) 正 川上 幸男 (芝浦工大)

Kazumasa HIROSAWA, Graduate school of Shibaura Institute of Technology, 307 Fukasaku, Minuma-ku, Saitama-shi, Saitama
 Shin-ichiro YAMAMOTO, Shibaura Institute of Technology
 Hiroyuki KOYAMA, Shibaura Institute of Technology
 Takashi KOMEDA, Shibaura Institute of Technology
 Yukio KAWAKAMI, Shibaura Institute of Technology

Key Words : Platform Translation

1. 緒言

ヒトは転倒の原因となるようなスリップや躓きなどの外乱が生じても滅多に転倒することはない。それは外乱に対して姿勢を維持する防御機構が反射的に作用しているからである。この防御機構は、主として姿勢反射からなる。

この反射は、視覚系、前庭感覚系、体性感覚系といった感覚器官からの入力情報をもとに筋緊張を行うことで姿勢を制御している¹⁾。これまで EquiTest (Neurocom 社製) など、体性感覚刺激をと視覚刺激を外乱として与え3つの感覚入力系が姿勢制御にどのように寄与しているかを調査したいくつかの報告がされている²⁾³⁾⁴⁾。それらによれば、幼児は視覚系に、成人は体性感覚系に強く依存しており、環境や状況によって、依存する感覚系の度合いが異なると報告されている。しかし、依然として3つの感覚入力系の関係は不明な点が多く、多くの議論がなされている。

先行研究では、立位支持面を前後方向に揺らす(直進)、傾ける(回転)あるいはその組み合わせの装置がほとんどであった。しかし、ヒトは様々な状況に応じて、3つの感覚入力系を調節・制御して巧妙に姿勢制御していることから、多様な外乱を発生させることができる装置が望まれる。

そこで、本研究では先行研究で開発されてきた前後方向だけでなく、左右、上下方向にも注目し、微小変位で急速に前後左右、上下など多方向に外乱を与えられる装置を試作したので報告する。

2. 姿勢反射誘発装置

2.1 開発コンセプト

本研究で試作する外乱装置は、被検者に予測できない外乱を与えることで姿勢反射を誘発する。その

ため急速な外乱が与えられるように立ち上がりが鋭く、また発生力の大きいアクチュエータが求められる。さらに前後左右、上下、あらゆる方向へ任意の外乱を与えることができるように多自由度の機構も求められる。これらの条件を満たすようにアクチュエータの選定、機構の設計を行った。

2.2 機構および概要

試作した外乱装置の設計図を Fig.1 に、その部品表を Table.1 に、そして可動範囲を Table.2 に示す。

動作は、シリンダ⑤が伸縮することで Plate1 がロール、ピッチに動き、4つ同時に収縮することで落下の外乱を与えることができる。また、シリンダ②が伸縮することで前後方向および左右方向の水平外乱を与え、シリンダ②の伸縮を組み合わせることでヨーの外乱を与えることができる。Plate1 とシリンダ⑤は SMC 社製のフローティングジョイントを用いて接合している。このジョイントは被動体とシリンダの芯ずれを吸収し、ボールジョイントのように揺動する特徴をもっている。Plate2 とシリンダ②はナックルジョイントとスライドガイドを用いて接合し、滑らかに動くようにしている。Plate2 と Base はボールローラを用いて点接触にすることで Plate2 が移動する際の抵抗を小さくしている。シリンダ②、⑤はデュアル行程シリンダという特殊シリンダで、2本のシリンダを直列につなぎ一体化しシリンダストロークを往復ともに2段階制御できる。今回使用するシリンダのストロークは、ともに 50[mm]である。

Fig.1 Induction equipment for postural reflex response

Table.1 Main parts-list of equipment

No	Part name	Number	Details
①	Plate1	1	-
②	Air cylinder	4	CA1LN80(SMC)
③	Slide guide	4	SXWL24(Misumi)
④	Knuckle joint	4	-
⑤	Air cylinder	4	CQ2B63(SMC)
⑥	Floating joint	4	JB63(SMC)
⑦	Shocking absorber	4	RBC2725(SMC)
⑧	Plate2	1	-
⑨	Base	1	-

Table.2 Specification of equipment

可動軸	可動範囲
前後	±50mm
左右	±50mm
上下	±20mm
ロール	±5deg
ピッチ	±5deg
ヨー	±9deg

2. 3 動作実験

試作した外乱装置がどのような特徴を持つのかを知るために実験を行なった。無負荷の状態の外乱装置を動かした場合の加速度と変位を計測。試行は10回行ない、加速度は加速度計 (KYOWA,AS-100A),変位はレーザ変位計 (NAiS,ANL1651) から得た。また、実験中はタンクより供給される圧縮空気は電空レギュレータ (SMC, ITV2030-213BS) を用いて常に0.5[MPa]にし、制御弁にはソレノイドバルブ (SMC,VFR4200-5F-04, VP744-5G-04A) を使用した。

全てのシリンダ②を 50[mm]動かした状態を初期状態として、左右のシリンダ②を伸ばすと 50[mm]前方に動き、縮むと 50[mm]後方に動く。同じように上下のシリンダ②を伸ばすと 50[mm]左方に動き、縮むと 50[mm]右方に動く。今回は、前方へ動いた時の変位を計測した。

2. 4 結果・考察

加速度と変位の実験結果を Fig.2, Fig.3 に示す。

実験結果より平均のピーク加速度は $142[m/s^2]$ で、これは先行研究と比較して十分大きかった。また、スイッチを押してから動き出すまで約 30[ms] 程度の遅れがあった。この遅れは、空気圧アクチュエータを使用しているので遅れは出てしまうのだが、ソレノイドバルブでなくサーボバルブなどを使用することにより小さくなると考えられる。

平均の変位は 35[mm]であった。本来ならば変位は 50[mm]のはずだが、目標に達していなかった。これは、初期状態にする際にシリンダ②の伸張がオーバーシュートしてしまうためだと考えられる。

3. まとめ

本研究で試作した外乱装置は、先行研究よりも高速な動作ができ、また多方向に動くことができることを確認した。問題点として、反応速度はソレノイドバルブでなくサーボバルブを使用することにより改善できると考えられる。また、変位の誤差については、初期状態にする際にメカニカルストッパーを用いるなどの対処が必要である。今後は、このような問題点の改善を行ないつつ姿勢反射計測システムの完成を目指す。

参考文献

- 1) モーターコントロール, 医歯薬出版株式会社, 1999.11.10
- 2) Horak F, Nashner L: Central programming of postural movements: adaptation to altered support surface configurations, J Neurophysiol, 55:1372, 1986
- 3) Horak F, Shumway-cook A, Black FO: Are vestibular deficits responsible for developmental disorders in children, Insights into Otolaryngology, 3:2, 1988
- 4) Woollacott MH, Shumway-cook A, Nashner L: Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination, Int J Aging Hum Dev, 23:108, 1986