

回転操作を用いた3次元回転入力インタフェース

高橋 友一[†] 葛谷 幹夫^{††} 関 康洋[†]

回転球を用いた3次元回転運動の入力インタフェースを提案する。回転球による入力方法は、装置の姿勢に関係なく回転運動が入力できる、特別な操作空間を必要としないなどの特徴がある。本論文では、ジョイスティック型の並進運動入力装置を組み合わせた3次元ポインティング装置を提案し、試作装置による回転入力インタフェースの評価実験結果について報告する。

Three Dimensional Input Interface with a Ball Rotating Operation

TOMOICHI TAKAHASHI,[†] MIKIO KUZUYA^{††} and YASUHIRO SEKI[†]

A new compact 3-D interface device is presented. The device is a combination of a rotating ball and a joystick. The method is characterized by features: rotation movement can be input smoothly at any direction, no special operation space is required, etc. Several rotational tasks were experimented using a prototype device. The experiment data suggests that the prototype 3-D input device provides the isotropic operations and has better interface than 2-D mouse in 3-D rotation movement.

1. はじめに

3次元の対象を扱うソフトの増加にともない、3次元インタフェース用のデバイスの必要性が高まっている¹⁾。マウスやトラックボールは2自由度の装置で、球の回転運動を2次元の並進運動に変換する。2次元平面における回転運動や3次元の運動を入力するときは、クリック操作などの操作で変換したい運動への切替を指示する必要がある。並進運動・回転運動各々3自由度計6自由度を持つ3次元運動を入力するデバイスとしては、遠隔操作のマスターハンドをはじめ多くの研究がある²⁾。

コンピュータのキーボードの横において手軽に使用する3次元インタフェース用のデバイスは、

- 自然なインタフェースで3次元空間の6自由度の運動を入力できる。
- 広い操作空間を要しない。
- 手を装置から離してもその静止状態を保ち、余分な動きをしない。

などの性質を持つことが望ましい。デバイスは、運動量そのものを入力するマウス型と運動方向を入力するジョイスティック型に分類される。3次元のマウス型のデバイスとしてリンクタイプのデバイスや磁気・超音波を利用したデバイス、ジョイスティック型のデバイスとしてひずみゲージを利用したデバイスが知られている^{3),4),6),10)}。

マウス型のデバイスは、操作動作がそのままカーソルの動きなどに反映するので直接操作インタフェース⁵⁾に適したデバイスである。しかし、PolhemusTM センサに代表される磁気、超音波を利用したデバイスは、使用環境に影響されやすく静止状態を保持することが難しい。リンクタイプのデバイスは、デバイスの位置・姿勢によっては回転運動を連続して入力できないという問題点がある。SpaceballTMなどのひずみゲージを利用したジョイスティック型のデバイスは、並進運動と回転運動と分離して入力することが難しいなどの問題点がある。

VRシステムの1つT_visionは、ディスプレイの手前にある球を回転することで表示された地球を回転させ任意の場所を指示できる⁷⁾。球の回転を用いた入力方法は、デバイスの姿勢によらず3次元空間の回転を入力できる特徴がある。

ここでは、ジョイスティック型のデバイスに回転球を取り付けた3次元操作インタフェースを提案する。

[†] 中部大学経営情報学部

College of Business Administration and Information Science, Chubu University

^{††} 中部大学工学部

Department of Electronic Engineering, Chubu University

このインタフェースは、回転運動を連続して入力できる、手を離すことにより静止状態になる、並進運動と回転運動を別々に、あるいは同時に入力できるなどの特徴がある。試作装置の概要を述べ、試作装置による3次元回転運動入力方法の評価結果について報告する。

2. 3次元運動入力方法

装置のイメージ図を図1に示す。回転運動は装置上部に取り付けられた球を回転することで入力する。並進運動は、球の支持棒も兼ねた、従来の平面に対する指示に加え奥行き方向の運動指示ボタンをつけた3Dジョイスティックで入力する。具体的には、親指以外の4指でジョイスティックを握り、親指でボールを回転させる。このインタフェースは、片手による自然な6自由度の入力を可能にする。

試作装置と頭部の拡大図を図2に示す。球は4点で支えることで、球の中心まわりの安定した回転が可能になる。試作装置は、センサを兼ねるトラックボー

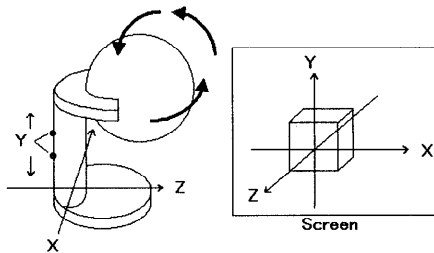


図1 3-D入力装置イメージ図
Fig. 1 Image of 3D input interface.

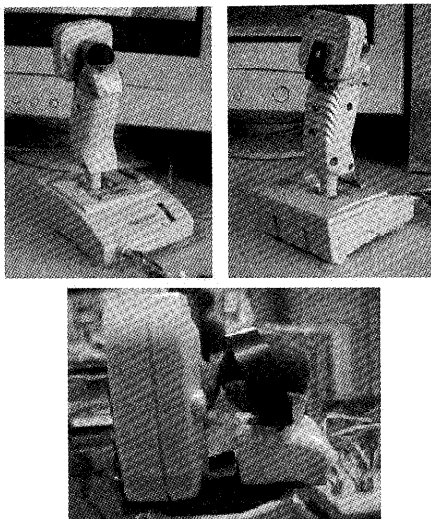


図2 試作装置および頭部の拡大図
Fig. 2 Prototype device and magnification of its head.

ルで回転球を下部と背後の2点を支え、2枚のプラスチックプレートで球が外れないようにした。

球の回転を球面上の各支点に取り付けたセンサの測定データから計測する原理を以下に述べる。

2.1 回転球による3次元回転入力法

3次元の回転運動は、3つのパラメータで表現される。回転ベクトル $\vec{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^t$ による表現もその1つで、ベクトル方向が回転軸を、大きさが回転量を表す⁸⁾。

図3は半径 r の回転球と球座標系で $(\alpha, \pi/2 - \beta)$ の位置にある支点 P_0 における接平面を示す。xyz座標系をz軸回りに α 、回転後の y' 軸回りに β 回転し、 x'' 軸に沿って r 平行移動した後、 δ 回転したuvw座標系をセンサ座標系とする。ここで、 δ は接平面で v 軸とセンサ取付け位置のなす角である。球の回転 $\vec{\omega}$ は支点 P_0 に対し

$$\delta P_0 = (\delta x, \delta y, \delta z)^t = \vec{\omega} \times P_0 \quad (1)$$

の変位を生じる。

点 P_0 の接平面に2軸 vw をおくセンサ座標系と回転球の xyz 座標系の変換は、軸 i 回りの a の回転を $R_i(a)$ 、軸 j に沿った b の移動を $T_j(b)$ とすると

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ w \\ 1 \end{pmatrix} = R_{x''}(\delta) T_{x''}(r) R_{y'}(\beta) R_z(\alpha) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \\ = f(\alpha, \beta, \gamma, r) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

で表される。球の半径を一定とすると uvw 座標系での δP_0 は、 f のヤコビ行列 J と式(1)を用いて表現

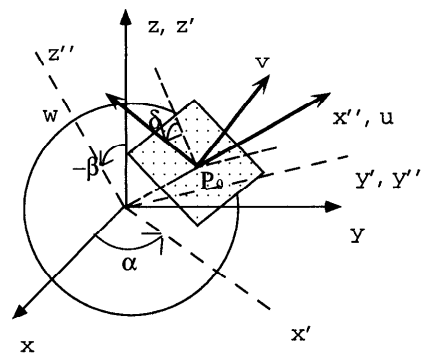


図3 回転球と支点間の接平面
Fig. 3 Contact plane between a rolling ball and a supporting point.

される。

$$\begin{pmatrix} \delta u \\ \delta v \\ \delta w \end{pmatrix} = J(\alpha, \beta, \delta)(\delta x, \delta y, \delta z)^t \quad (2)$$

$$= J'(\alpha, \beta, \delta, x, y, z) \begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{pmatrix} \quad (3)$$

2.2 センサの配置条件

$P_0 = (\alpha, \beta, \delta)$ に点接触の状態を取り付けたセンサは、 $(\delta u, \delta v, \delta w)$ のうち $\delta v, \delta w$ を計測する。センサ位置で決まる行列 J' を係数とする式 (3) から $\vec{\omega}$ を求めるには、センサの種類に応じ以下の配置条件を満たす必要がある。

- (1) 1方向の変化、たとえば v 軸方向だけの变化を計測するセンサ (1軸センサ) を用いる場合：式 (3) において、 δv を構成する J' の第2列の列ベクトルが独立なベクトルになる球面上の3点に3個のセンサを配置する。
- (2) vw 平面上の2方向の変化を計測するセンサ (2軸センサ) を用いる場合：球面上の2点における J' の $\delta v, \delta w$ に対する2列、3列の計4個の列ベクトルが独立な3次元ベクトル空間を構成する位置に2個配置する。
- (3) 1軸と2軸のセンサを用いる場合：1軸センサの位置に対応する J' の第2列のベクトルと2軸センサの位置に対応する J' の2列、3列の列ベクトルが独立になる球面上の2点に各々のセンサを配置する。

3. 試作装置と評価結果

3.1 試作装置

図1の試作装置 (以降、3D入力装置と呼ぶ) は、2個のトラックボールを用いて、半径1センチの球の回転を検出する。トラックボールは $P_1 = (0, \pi/2, -\pi/2)$, $P_2 = (-\pi/2, 0, -\pi/2)$ の2点で球と接する。トラックボールは接点 P_i の接平面におかれた2軸のセンサと同等で、球の回転運動を計測する。

P_1, P_2 におけるヤコビ行列は、各々

$$J_{P_1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -r & 0 & 0 \\ 0 & r & 0 \end{pmatrix}, \quad J_{P_2} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r \\ r & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

で与えられる。 P_1 に取り付けられたトラックボールからは $(\omega_{x_1}, \omega_{y_1})$, P_2 に取り付けられたトラックボールからは $(\omega_{x_2}, \omega_{z_2})$ が求まる。冗長に求まる ω_x に対

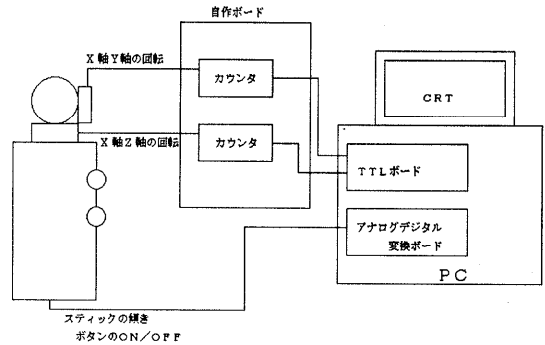


図4 評価システム構成図
Fig. 4 Configuration of evaluation system.

して平均値をとり、

$$(\omega_x, \omega_y, \omega_z) = ((\omega_{x_1} + \omega_{x_2})/2, \omega_{y_1}, \omega_{z_2}) \quad (4)$$

を回転入力量とする。

図4に評価システム構成図を示す。試作装置は市販のミニトラックボール、ジョイスティックを用いて作成した。トラックボールからの信号を、カウンタ**とTTLボード**を介してプログラムに輸入する。スティックの傾き情報とスティックのボタンのON/OFF情報をアナログ・デジタル入力ボード***を介してプログラムに輸入する。これらの情報を基にCRT上の図形を移動・回転させる。評価プログラムは、DOS/V機上でWindows95およびC, OpenGLを用い作成した。

3.2 インタフェース評価

3.2.1 回転運動入力の評価実験

CRTに表示された1辺の長さが2の立方体を指定された軸に沿って回転させる作業で、回転の基本操作について、従来の2次元マウス (以下、2Dマウスと呼ぶ) と3次元入力装置を比較した (図5)。操作時間は0.1秒単位で計測した (表1)。

評価実験1で1軸のみの3次元回転操作を、評価実験2で任意軸に対する回転操作を評価した。

評価実験1: x, y, z 軸: $\vec{r}_x = (1, 0, 0)$, $\vec{r}_y = (0, 1, 0)$, $\vec{r}_z = (0, 0, 1)$ 回りに時計 (正) 方向と反時計 (負) 方向に2回転させる操作を10回行う。ただし、物体の回転量は計測 $\vec{\omega}$ の指定された回転軸 \vec{r} に投影された成分 $(\vec{\omega}, \vec{r})$ のみとする。

評価実験2: 乱数で決定される目標姿勢に6色に色分けされた立方体を回転により一致させる操作を5回行う。一致条件は、8個の頂点の一致 (ただし、 x, y, z のすべての座標値が ± 0.1 の範囲内

* NEC社製エンコーダ用カウンタIC μ PD4701A.

** コンテック社製PIO-16/16T(PC)H.

*** コンテック社製ADI12-16(PC).

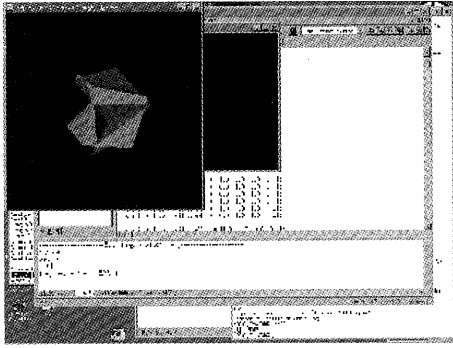


図5 回転入力評価実験2の初期画面
Fig. 5 Initial display for Task 2.

表1 評価実験1の操作時間(単位:秒)
Table 1 Execution times for Task 1 (unit: seconds).

回転方向	操作時間	3D 入力装置			2D マウス			
		x	y	z	x	y	z	
被験者1	正	μ	1.2	0.9	1.5	1.2	1.4	0.8
		σ	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3
被験者1	負	μ	1.8	0.9	1.2	1.5	1.9	0.6
		σ	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1
被験者2	正	μ	1.6	0.9	0.9	1.2	2.3	1.5
		σ	0.1	0.3	0.1	0.1	0.9	0.2
被験者2	負	μ	1.6	1.0	1.2	1.4	1.8	1.6
		σ	0.2	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2
被験者3	正	μ	2.3	0.8	3.1	1.7	2.3	1.5
		σ	0.5	0.1	0.6	0.3	1.0	0.2
被験者3	負	μ	2.0	0.9	2.2	2.0	1.5	1.8
		σ	0.6	0.2	0.6	0.4	0.2	0.9
被験者4	正	μ	1.4	0.5	0.6	1.3	1.5	0.9
		σ	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1
被験者4	負	μ	3.2	0.6	1.8	1.2	1.4	0.7
		σ	1.3	0.1	0.8	0.1	0.1	0.2
被験者5	正	μ	1.6	1.1	1.7	1.9	1.7	1.5
		σ	0.2	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2
被験者5	負	μ	2.3	1.1	1.8	1.7	1.8	2.0
		σ	1.2	0.2	0.6	0.3	0.5	0.5
被験者6	正	μ	1.3	0.8	1.8	1.4	1.5	1.1
		σ	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
被験者6	負	μ	1.5	1.0	1.2	1.2	1.7	0.9
		σ	0.4	0.6	0.7	0.1	0.2	0.1
被験者7	正	μ	1.4	0.6	1.2	1.5	1.6	1.3
		σ	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1
被験者7	負	μ	1.2	0.7	1.2	1.5	1.8	1.6
		σ	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3
平均	正	μ	1.5	0.8	1.7	1.5	1.8	1.2
		σ	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2
平均	負	μ	1.9	0.9	1.5	1.5	1.7	1.3
		σ	0.6	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3

なら一致したものと見なす)である。

表1に評価実験1の結果を、表2に評価実験2の結果を示す。表1、表2の数値は、7人の被験者(2Dマウスの操作に慣れている20代の男子学生)が各軸まわりに操作を行ったときの1回転あたりの平均操作時間 μ (上段)と標準偏差値 σ (下段)である。試作

表2 評価実験2の操作時間(単位:秒)

Table 2 Execution times for Task 2 (unit: seconds).

操作時間		3D 入力装置	2D マウス
被験者1	μ	12.4	16.5
	σ	5.5	5.0
被験者2	μ	16.9	42.0
	σ	6.2	18.9
被験者3	μ	18.0	29.0
	σ	6.6	17.9
被験者4	μ	11.0	15.8
	σ	5.5	6.6
被験者5	μ	16.2	39.8
	σ	5.6	25.2
被験者6	μ	22.9	74.8
	σ	10.7	89.5
被験者7	μ	23.9	19.9
	σ	13.9	18.1
平均	μ	17.3	33.9
	σ	7.7	25.9

した3次元入力装置は、 x , y , z の各軸回りの回転を球で行う。2Dマウスは x , y 軸回りの回転はマウスの左クリックしながらの上下、左右移動で行う。左クリックに加えて右クリックしながら上下、左右に移動させると x , z 軸回りの回転になる。

3.2.2 回転運動に対する評価

評価実験1: 被験者間に個人差があるが、回転方向・軸の異なる評価実験1の3D入力装置における平均操作時間(表1)において、回転方向の相違による平均時間の大きな相違はない。また、 y 軸に対する指示が x 軸、 z 軸に対する指示より短いことが読みとれる。そこで以下のような仮説をたてた。

仮説1 回転運動の操作時間は、正・負の回転方向には依存しない。

仮説2 回転運動の操作時間は、回転軸に依存する。

仮説に対して作業時間は正規分布に従うとし、2つの操作時間の母平均 μ_1 , μ_2 について

$$(1) \text{ 帰無仮説 } H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0,$$

$$(2) \text{ 対立仮説 } H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

で仮説検定を行った。大きさ n_1 , n_2 の標本の標本平均をそれぞれ \bar{X}_1 , \bar{X}_2 、標本分散を S_1^2 , S_2^2 とすると、仮説 H_0 のもとで

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

は、自由度 $n_1 + n_2 - 2$ の t 分布に従う⁹⁾。

検定統計量 T の値を表3、表4に示す。表3は各被験者の同じ軸回りの回転方向の違いによる操

表3 仮説1 (回転方向) に対する検定結果

Table 3 Analysis result for hypothesis 1 (direction).

回転軸	x	y	z
検定結果	-3.74	-1.25	1.82

表4 仮説2 (回転軸) に対する検定結果

Table 4 Analysis result for hypothesis 1 (axis).

比較回転軸	x-y	y-z	z-x
検定 正	8.75	-10.00	2.22
結果 負	9.09	-6.00	-3.08

作時間の差に対して、表4は回転軸*i*と*j*回りの同じ回転方向の操作時間の差に対する検定結果である。

自由度138の有意水準5%の棄却域 $|T| > 1.98$ で見ると、

- 仮説1の回転方向については、*x*軸を除いて帰無仮説 H_0 は棄却されないので *x*軸以外は回転方向に依存しない。
- 仮説2に関しては、帰無仮説 H_0 が棄却され、対立仮説 H_0 が採用されるので回転軸の相違が操作時間に影響する。

評価実験2: 任意方向に対する指示を行う評価実験2の結果は、3D入力装置の方が3次元回転操作をしやすいこと、標準偏差が少ないので安定した操作ができることが読みとれる。したがって、**仮説3** 同時に複数の軸に対して指示を行うときは、3D入力装置の方が2Dマウスよりも操作性、安定性に優れているといえる。

仮説3に対し、

- (1) 帰無仮説 $H_0: \mu_{2D} - \mu_{3D} = 0$,
- (2) 対立仮説 $H_1: \mu_{2D} - \mu_{3D} > 0$

の検定を行った。自由度68の有意水準5%の棄却域 $|T| > 1.71$ で見ると、この仮説は $|T| = 16.94$ で棄却されるので、3D入力装置の方が3次元の回転における操作性、安定性が良いといえる。

3.2.3 3次元操作に対する評価実験

並進運動を含めた3次元操作を、ブロックを操作して穴を埋める作業で評価実験した(図6)。被験者は7人(2Dマウスの操作に慣れている20代の男子学生)で各3回ずつ試行を行い、時間を0.1秒単位で計測した。

評価実験3: 画面に表示されたブロックを操作し、完全に穴を通過するまでの時間を計測する。評価は、以下の2種類の作業を用いた。

- (1) ブロックの初期位置だけを乱数で決め、並進運動だけで穴埋め操作する。

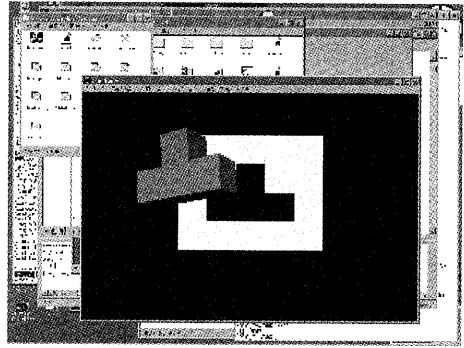


図6 評価実験3の画面

Fig. 6 Initial display for Task 3.

表5 評価実験3の結果 (単位: 秒)

Table 5 Execution times for Task 3 (unit: seconds).

操 作 時 間	3D入力装置		2Dマウス	
	並進のみ	並進・回転	並進のみ	並進・回転
被験者1	μ 8.3	19.5	56.3	62.3
	σ 6.4	7.1	56.9	11.5
被験者2	μ 15.0	44.2	28.3	132.8
	σ 4.5	6.0	12.0	62.4
被験者3	μ 15.6	27.1	34.5	101.2
	σ 5.3	17.6	18.4	36.3
被験者4	μ 13.1	31.5	29.0	154.8
	σ 8.0	8.4	10.3	37.1
被験者5	μ 15.2	44.9	21.4	73.5
	σ 16.6	17.3	10.2	6.9
被験者6	μ 5.4	36.9	23.7	97.8
	σ 4.1	23.1	8.7	28.6
被験者7	μ 5.2	34.7	44.6	76.6
	σ 1.6	13.9	30.6	3.4
平均	μ 11.1	34.1	34.0	99.9
	σ 6.6	13.4	21.0	25.6
検定結果	19.92	48.26		

- (2) 次にブロックの初期位置と初期姿勢を乱数で変化させ、並進運動と回転運動の両方で操作する。

2Dマウスによる6自由度入力方法は、2次元ドローンソフトやVRMLブラウザのインタフェースにならない、回転運動に対する操作と並進運動に対する操作をメニューバーから選択する。

3次元回転操作は、評価実験2と同じクリック操作で操作する自由度を選択し、操作する。3次元並進操作は、左クリックしながら上下に操作すると*y*軸移動、左右に操作すると*x*軸移動、両方のボタンをクリックしながら上下に操作すると*z*軸移動、左右に操作すると*x*軸移動となる。

3.2.4 3次元操作に対する評価

表5は3回作業をした操作時間の平均値 μ と標準偏差値 σ である。

表5から、すべての被験者において2Dマウスより

3D 入力装置の方が平均操作時間が短い。また、被験者 5 と 7 を除き標準偏差は 3D 入力装置の方が小さい。したがって、以下の仮説がいえる。

仮説 4 3次元の移動・回転運動操作において、3D 入力装置によるインタフェースのほうが 2D マウスより操作性と安定性に優れている。

仮説 4 に対し、

(1) 帰無仮説 $H_0: \mu_{2D} - \mu_{3D} = 0$,

(2) 対立仮説 $H_1: \mu_{2D} - \mu_{3D} > 0$

の検定結果を表 5 の下段に示す。自由度 40 の有意水準 5% の棄却域 $|T| > 1.68$ から、すべての被験者に対して帰無仮説 H_0 が棄却される。2D マウスによる操作時間が 3D 入力装置による操作時間より長く、3D 入力装置によるインタフェースが良いといえる。

4. おわりに

キーボードの横で使用できる 3次元ポインティング装置の実現を目標に、回転球による 3次元の回転運動の入力装置を試作した。試作装置を用いて基本的な回転運動の入力特性と 2D マウスとの比較を 7 人の被験者で評価した。

評価実験から、操作時間は回転軸に依存すること、 x 軸（親指を上下に動かす回転方向）の操作時間は、正負の回転方向に依存すること、本装置が従来マウスより優れていることを確認した。

今後の課題としては、以下の点があげられる。

- (1) 回転ベクトルの計算において、回転軸方向の特性やセンサの取付け位置の影響を考慮する。
- (2) 回転球の支持方法は、使い勝手に影響する。支持方法の改良により、回転軸や回転方向に依存しないように操作性を高める必要がある。
- (3) 他の 3次元デバイスとの比較を 3次元の作業を用いて行う。特に、デバイス機構と作業の操作性の関連を考慮し、3次元操作性を操作時間のほかに主観評価や操作軌跡などの複数の観点から評価を行う。

謝辞 本研究の一部は文部省科学研究費補助金 (10680412) によって行った。

参考文献

- 1) Balaguer, J.F. and Gobbetti, E.: 3-D User Interfaces for General-Purpose 3D Animation, *COMPUTER*, Vol.29, No.8, pp.71-78 (1996).
- 2) 日本ロボット学会編：日本ロボット工学ハンドブック，コロナ社 (1990).
- 3) Hirzinger, G. and Dietrich, J.: Multisensory Robots and Sensorbased Path Generation,

Proc. IEEE Int. Conf. ROBOTICS AND AUTOMATION, Vol.3, pp.1992-2001 (1986).

- 4) 金丸, 高橋: 指先の接触動作に基づく 3次元位置姿勢入力インタフェース, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J77-D-II, No.8, pp.1648-1655 (1994).
- 5) Schneiderman, B.: Direct manipulation: A Step Beyond Programming Languages, *IEEE Computer*, Vol.16, No.8, pp.57-93 (1983).
- 6) Shimoga, K.B.: A survey of Perception Feedback Issues in Dexterous Telemanipulation, *Proc. IEEE Virtual Reality annual Int. Sym.*, pp.263-279 (1993).
- 7) http://www.artcom.de/projects/t_vision/welcome.en.shtml
- 8) ゴールドスタイン: 新版古典力学 (上), 吉岡書店 (1983).
- 9) 小森ら: 統計学の基礎と演習, 東海大学出版会 (1988).
- 10) <http://www.cs.jhu.edu/~feldberg/vr/vrbg.html>

(平成 10 年 5 月 29 日受付)

(平成 10 年 12 月 7 日採録)



高橋 友一 (正会員)

昭和 27 年生。昭和 49 年名古屋大学理学部物理学科卒業。昭和 51 年同大学院情報工学科修士課程修了。同年 NTT 電気通信研究所入所。昭和 62 年より平成 2 年まで ATR 通信システム研究所に出向。平成 7 年より中部大学経営情報学科教授。知識処理、ヒューマンインタフェースの研究に従事。工学博士。電子情報通信学会、人工知能学会会員。



葛谷 幹夫

昭和 27 年生。昭和 50 年名古屋大学工学部電子学科卒業。昭和 55 年同大学院博士後期課程電子工学専攻満了。平成 6 年より中部大学電子工学科教授。レーザの研究に従事。工学博士。電気学会会員。



関 康洋 (学生会員)

昭和 49 年生。中部大学大学院経営情報学研究科大学院生。