

仮想空間における人間の空間知覚特性

日隈直紀^{*1} 島田義之^{*1} 福井幸男^{*1*2} 山下樹里^{*2}

^{*1}筑波大学電子・情報工学系 ^{*2}生命工学工業技術研究所 人間環境システム部

1. はじめに

3次元入力装置を用いた仮想空間の操作システムは、医療用VRや3次元CADなどで要求されている空間の直感的操作を実現するために必要となる技術である。現実空間と仮想空間での人間の空間知覚特性の違い[1][2]を反映したより使いやすいシステムの開発が望まれている。本研究では3次元入力装置によってCRT画面上に投影表示された仮想空間を操作する場合に空間をどのように認知して操作しているのかを調べるため、操作時間を指標とした定量評価を行った。

2. 空間知覚特性測定実験

2.1 実験システム

実験システムは3次元入力装置として6自由度を持つPHANTOM [3]を使用し、視覚表示として仮想空間の座標原点を透視投影の注視点とした透視投影図をCRT画面上に表示した(図1, 図2)。CRTディスプレイは被験者の正面に、PHANTOMは被験者の右前方に設置した。

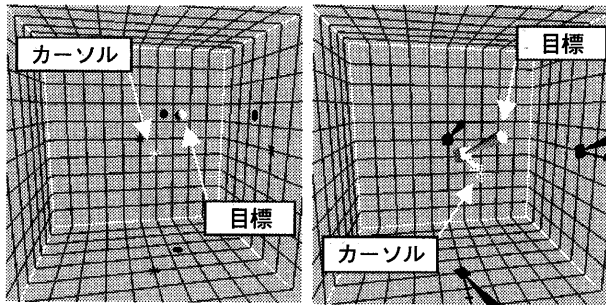


図1 選択目標が位置の場合

図2 選択目標が方向の場合

2.2 実験方法

計算機に十分なれた右利きの大学生7名(男性6名、女性1名)を被験者として、それぞれ4つの実験を行った(表1)。

Characteristics of Spatial Perception in the Virtual Space

Naoki HIGUMA^{*1}, Yoshiyuki SHIMADA^{*1},

Yukio FUKUI^{*2}, Juii YAMASHITA^{*2}

^{*1}University of Tsukuba

^{*2}National Institute of Bioscience and Human-Technology

表1: 空間知覚特性の組み合わせ

	選択目標	変化させるパラメータ
実験A	位置	目標までの距離と目標の大きさ
実験B		仮想空間に対する視点方向
実験C	方向	目標までの角度差と目標の大きさ
実験D		仮想空間に対する視点方向

実験A及びBでは、設定された実験課題においてスタート位置から指示された目標位置まで速く正確にカーソル移動させ、その移動経路及び経過時間Tを測定した。このときカーソルのスタート位置を座標原点とし、選択目標として目標位置を中心とする半径Sの球を表示した。

実験Aの実験課題は目標位置までの距離Dと目標の大きさSによって決定する。その組み合わせとして(D, S)={ (30, 3), (40, 3), (40, 4), (40, 5), (50, 3), (50, 5) } (mm) の6通りを用意した。また、1課題につき12試行を課した。

実験Bの実験課題は視点方向によって決定する。1課題につき12試行を課した。視点方向は座標原点を中心とする球座標系を考えたとき、水平軸周りの回転を θ 、鉛直軸周りの回転を ϕ として、 $(\theta, \phi) = \{ (-50, -50), (50, -50), (0, 0), (-50, 50), (50, 50) \}$ (degree) の6通りを用意した。ただし、 $(\theta, \phi) = (0, 0)$ を視軸の手前方向(正面方向)とする。

実験C及びDでは、設定された実験課題についてスタート方向(正面方向)から指示された目標方向まで速く正確にカーソルを傾けさせ、その移動経路及び経過時間Tを測定した。このとき選択目標はスタート方向から中心軸までの角度差をD、頂角を2Sとする円錐とした。

実験Cの実験課題は目標方向までの角度差Dと目標の大きさSによって決定する。その組み合わせとして(D, S)={ (20, 6), (30, 6), (30, 8), (30, 10), (40, 6), (40, 10) } (degree) の6通りを用意した。1課題につき12試行を課した。

実験Dでの実験課題は実験Bと同様である。

2.3 実験手順

実験AとCについては測定開始に先立って8試行の操作練習を遂行させた。実験BとDについては各課題毎に3試行の操作練習を遂行させた。課題の提示順序はランダムであり、被験者のキー入力によって課題試行を開始させた。目標にカーソルを移動させ再びキー入力を行うことで課題試行の終了とした。

3. 実験結果

各課題毎の経過時間の平均値とその標準偏差を図3～6に示した。また個人差をこえた各課題の有意性の検定結果を表2に示した。

表2: 個人差をこえた各課題の有意性の検定結果

実験A	D: 目標までの距離	$F_{2,12} = 0.86, p = 0.45$
	S: 目標の大きさ	$F_{2,12} = 7.81^{**}, p < 0.01$
実験B	θ : 視点方向 (水平軸周り)	$F_{2,12} = 12.23^{**}, p < 0.01$
	ϕ : 視点方向 (鉛直軸周り)	$F_{2,12} = 28.22^{**}, p < 0.01$
実験C	D: 目標までの角度差	$F_{2,12} = 18.05^{**}, p < 0.01$
	S: 目標の大きさ	$F_{2,12} = 11.76^{**}, p < 0.01$
実験D	θ : 視点方向 (水平軸周り)	$F_{2,12} = 8.87^{**}, p < 0.01$
	ϕ : 視点方向 (鉛直軸周り)	$F_{2,12} = 13.85^{**}, p < 0.01$

(**は1%有意)

4. 考察

選択目標を位置とした場合、今回測定した距離範囲では操作時間に影響しないが(図3 a)、目標の大きさについては弱い負の相関がある(図3 b)。これより目標までの距離が短く目標の大きさが小さい場合、空間を拡大表示することで操作時間の短縮が期待できる。

また入力装置を被験者が見る方向に近い視点方向では操作時間が正面方向と同程度となっている(図5)。

選択目標を方向とした場合、目標角度差と操作時間には弱い正の相関があり(図4 a)、目標の大きさについては弱い負の相関があった(図4 b)。また正面方向から外れた視点方向では同程度の操作時間の増加がみられる(図6)。

方向目標において位置目標のような視点方向による経過時間の増加の傾向がみられないのは、角度を合わせる際に被験者が空間を3次元としてではなく2次元として扱っているためと考えられる。

操作に最適な視点方向は図5, 6より入力装置を見た方向よりの正面方向近傍に存在すると考えられる。

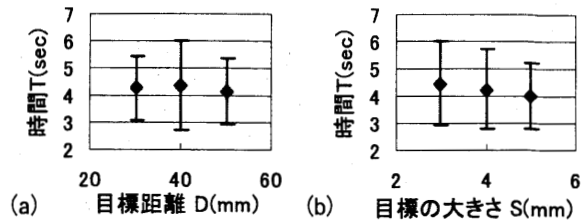


図3 実験Aの結果 (位置目標)

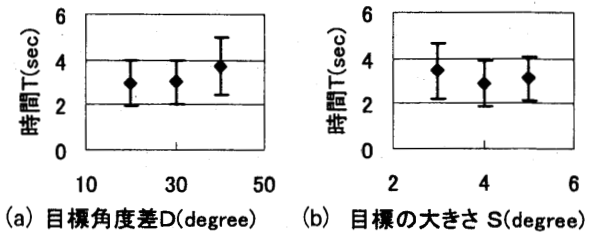


図4 実験Cの結果 (方向目標)

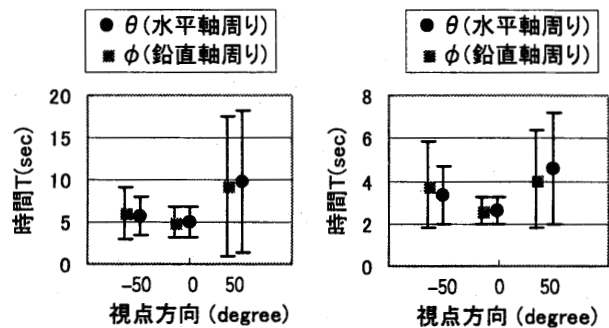


図5 実験Bの結果 (位置目標)

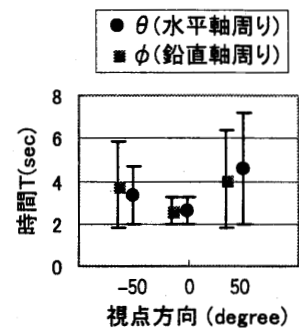


図6 実験Dの結果 (方向目標)

5. 今後の課題

本研究の4つの実験を通して測定値の偏差が大きくなっているが、これは透視投影表示された仮想空間の空間理解が比較的難しかったためと考えられる。これについては立体視ディスプレイを用いた場合との比較実験を行いたい。また、それぞれの課題についてより広い範囲、より高い精度での測定を行うことを考えている。

参考文献

- [1] 増田智弘他, "人工現実空間における視空間特性の個人差", 日本ヴァーチャルリアリティ学会誌第4回大会論文集, Sept. 1999
- [2] 福井幸男他, "視覚と触覚・力覚の協調動作での課題", Human Interface News and Report vol.7 no.2, pp239-242, 1992
- [3] T.H. Massie, "Initial Haptic Explorations with the Phantom: Virtual Touch Through Point Interaction", Master's thesis at M.I.T., 1996