

操作者に固定された相対座標における指振りを用いた簡便な家電操作システムの構築
Construction of Convenient System to Operate Home Appliances
by Finger Waving in Coordinates Relative to Operator

永易武† 浅野秀胤‡ 寺林賢司† 梅田和昇†

Takeshi Nagayasu†, Hidetsugu Asano‡, Kenji Terabayashi†, Kazunori Umeda†

†中央大学/ JST CREST ‡パイオニア株式会社

†Chuo University/ JST CREST, ‡PIONEER CORPORATION

E-mail: nagayasu@sensor.mech.chuo-u.ac.jp

Abstract

近年, 家電製品の多機能化に伴い, 操作の複雑化, 階層化といった問題が生じている. このような問題から, ジェスチャを用いて家電機器を操作する研究が盛んに行われている. 本研究では, 操作者に固定された相対座標と指振り検出を用いて, 操作者の位置, 姿勢, 向きに依らず簡便なジェスチャで家電操作が可能なシステムを構築することを目的とする. 視体積交差法と主成分分析を用いて相対座標を設定し, 指振りによって相対座標上の空間に配置された家電操作機能を選択する. 以上のシステムを構築し評価実験を行うことで, その有用性を示した.

1 序論

近年の技術の発達に我々の周りの家電機器はますます高機能化, 多機能化が進んでいる. そのためリモコンでの操作は複雑化し, より簡便で直感的な操作方法の需要が高まっている. 特にジェスチャを用いた操作が注目されており, 多くの研究成果が報告されている^{(1) (2)}. また, それらを利用し部屋全体を知能ロボット化する研究も行われている^{(3) (4)}. 浅野ら⁽⁵⁾は部屋の特定の空間に家電操作のコマンドを関連付け, それらの場所で指振り⁽⁶⁾を行うことで任意の操作を行うシステムを構築している. このシステムは指振りのみの1アクションで簡便に家電操作が出来るシステムであるが, 操作コマンドが部屋の絶対座標上に固定されるため, 操作位置が限定されるという問題があった.

そこで, 本論文では操作コマンドの配置を部屋の絶対座標から, 操作者に固定された相対座標に拡張し, 操作者の位置, 姿勢, 向きに依らない家電操作システムを提案する.

2 操作者に固定された相対座標の設定

2.1 操作者の形状取得

操作者の位置検出や相対座標の設定を行うために視体積交差法⁽⁷⁾を用いて操作者の形状を取得する. 視体積交差法には Volume Intersection Method (VIM)とSpace Carving Method (SCM)の二種類があるが, 本手法では高分解能時に欠損が少なく処理時間が短いSCMを用いる.

SCMを用いて人形状を取得した例をFig.1に示す. 図中の赤点群が取得された操作者形状を表している. (a)は実験風景, (b)は取得形状を横から, (c)は正面から, (d)は上面から見た図である. 頭から肩にかけての形状は正確に取得できている. また, 下半身形状が正確に取得できていない理由は, 下半身部分は背景と同色であるため, SCMの前処理である背景差分が正確に行えていないためである.

2.2 相対座標の設定

主成分分析を用いて, 取得した操作者の三次元形状から位置と向きに応じた相対座標を設定する.

人の三次元形状に主成分分析を適応すると, 第一主成分が身長方向, 第二主成分が肩幅方向, 第三主成分が

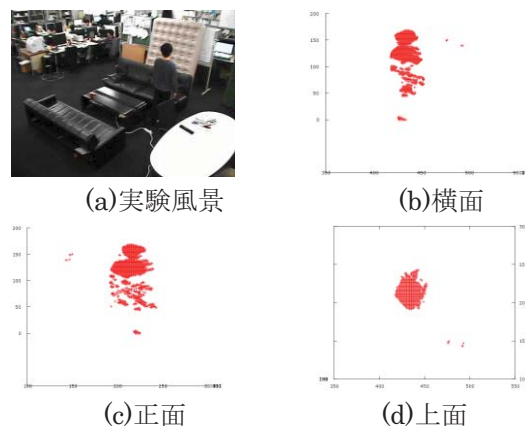


Fig.1 SCM による操作者形状取得(Voxel Size:1cm)

分が前後方向に対応する．本手法では第一主成分（身長方向）を z 軸，第二主成分（肩幅方向）を x 軸，第三主成分（前後方向）を y 軸とする．

次に各相対座標軸の方向を定義する．まず z 軸は足から頭へ向かう方向を正の方向とする．そのため，取得した人の形状の点群を z 軸上に投射し，2つの端点を取得する．そして指振り検出によって取得された指振り位置と距離が近い方を頭側，遠い方を足側とし，足から頭方向を軸方向として設定する．次に y 軸は背中から胸方向を正の方向とする．上記と同様に取得した人の形状の点群を y 軸上に投射し2つの端点を取得する．そして，指振り位置と近い方の端点を胸，遠い方を背中側とし，背中から胸方向を正の方向として設定する．最後に x 軸は操作者に対して右方向を正方向とする．これは相対座標を右手座標系と定義して， y ， z 軸の方向から決定される．相対座標設定のコンセプト図を Fig.2 に示す．

人の三次元形状から相対座標を設定した例を Fig.3, Fig.4 に示す．Fig.3 は人を横から見た図，Fig.4 は上から見下ろした図である．図中の赤点群は SCM(Voxel Size:5cm)によって取得された三次元形状を 1/10 に間引いて表示したものであり，緑，ピンク，青の点群はそれぞれ z 軸， y 軸， x 軸上の点である．この関係は以降のすべての図で共通である．

2.3 相対座標の原点の設定

相対座標の原点を設定するため操作者の頭頂部を検出する．

操作者の姿勢に依らず，身長方向の端点が頭頂部だと考えられる．そこで，設定した相対座標の z 軸上の正方向の端点を頭頂部とし．相対座標の原点に設定する．

頭頂部を検出した例を Fig.5 に示す．赤点群が取得された人の形状であり，青い点が検出された頭頂部である．

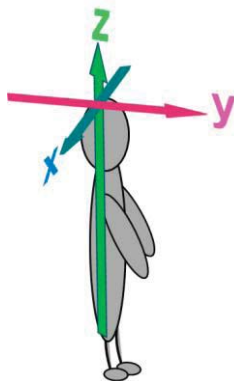


Fig.2 相対座標設定のコンセプト図

3 実験

3.1. 実験装置

演算処理は PC(Core2Quad Q9400 2.66GHz, DDR2 6GB)で行う．カメラは Pan-Tilt-Zoom 機能を搭載し，ネットワーク接続可能な AXIS 233D を用いた．

3.2. 処理時間及び精度検証相対座標の設定

本実験は 600cm×600cm×250cm の領域を計測対象領域とした．まず，ボクセルサイズを変更して提案手法の処理時間を計測した．結果を Table1 に示す．処理時間は 1cm で 16 秒以上かかっており，その後 5cm, 10cm の順番に小さくなっている．この結果から，処理時間と計測分解能を考慮した場合，ボクセルサイズは 5cm が妥当であると考え，以降の実験はボクセルサイズを 5cm に設定し行っている．次に直立姿勢，座り姿勢，仰臥姿勢の 3つの姿勢で各 20回ずつ相対座標を設定し，精度検証を行った実験風景，取得した操作者形状と設定された相対座標を Fig.6～Fig.8 に，結果を Table2 に示す．直立姿勢では誤差が少なく正確に相対座標が設定できている事が分かる．一方座り姿勢と仰臥姿勢では大きな誤差が出ている．これは，座り姿勢では足が頭より前に突き出る形となることで形状の分布方向が体幹から斜めに傾いてしまうためであり，また仰臥姿勢では体の影や

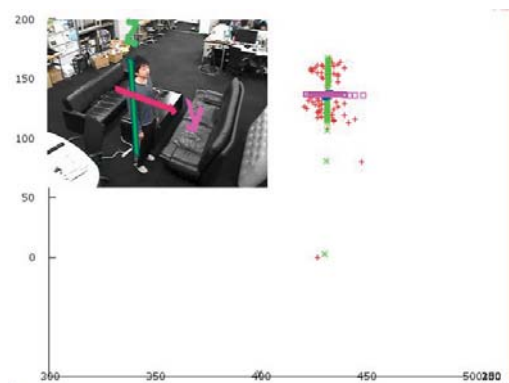


Fig.3 相対座標設定結果-横断面-

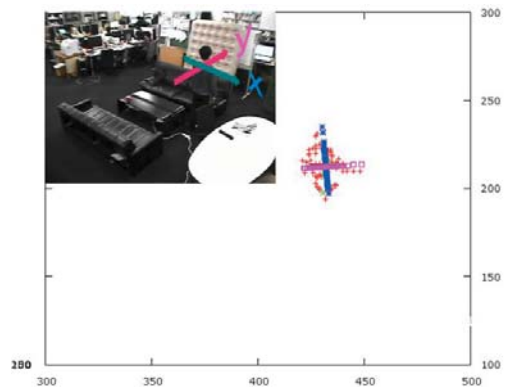


Fig.4 相対座標設定結果-上面-

反射などで色が変化してしまった床を，背景差分によって操作者の一部として抽出してしまい，第一主成分である z 軸以外の 2 つの主成分に対して大きな外乱となってしまうためである。これらの問題は，取得形状の領域を限定して主成分分析に用いたり，反射に強い背景差分を使用することにより改善が可能であると考ええる。

3.3. 原点の設定

同条件下で操作者の頭部設定の実験を行った。実験回数は 20 回である。実験結果を Table3 に示す。直立姿勢，座り姿勢共に誤差が少なく，安定して正確な設定が出来ている事が分かる。仰臥姿勢では誤差が大きくなっているが，誤差は一定の範囲で収まっており，提案手法の構築には影響がないと考えられる。

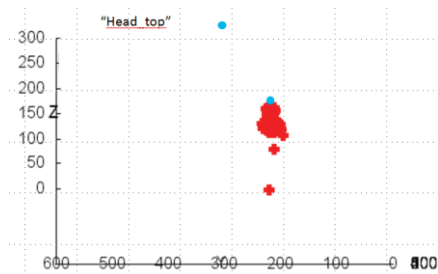
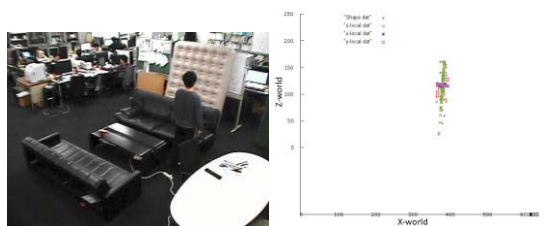


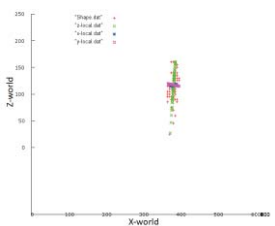
Fig.5 頭頂部検出による原点の設定

Table 1 提案手法処理時間(ms)

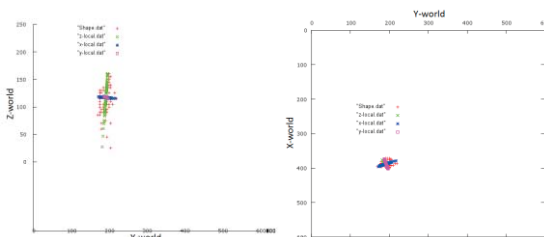
Voxel Size	AVE.	S.D.
1cm	16698	1700
5cm	112	13
10cm	24	6



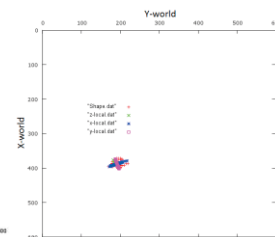
(a)実験風景



(b)横面



(c)正面

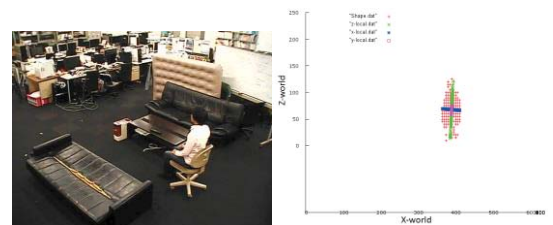


(d)上面

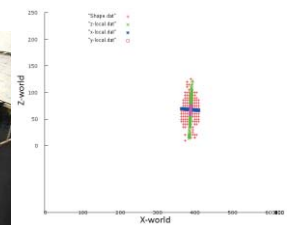
Fig.6 直立姿勢での相対座標設定結果

3.4. 相対座標を用いたコマンド選択実験

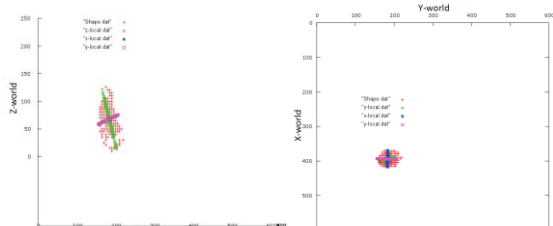
実際に操作者の周りにコマンド空間を Fig.9 のように配置し，先ほどの 3 つの姿勢でコマンド選択実験を行った。実験結果を Table4 に示す。全体の成功率を見ると，直立姿勢では 82%となり，安定した認識が出来ている。しかし，座り，仰臥姿勢では 66%，67%と低い値となった。これは，2 つの姿勢は相対座標の設定誤差が大きいことが原因である。またコマンドを選択する指振りには最大約 10cm の位置検出誤差がある^③ことも原因となっていると考えられる。これらは 4.2 節で述べた主成分分析適応範囲の限定や，反射に強い背景差分の使用などの改良案で改善が可能であると考えている。



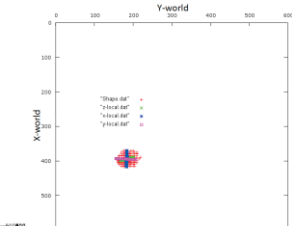
(a)実験風景



(b)横面



(c)正面

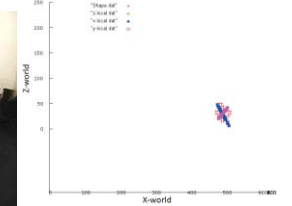


(d)上面

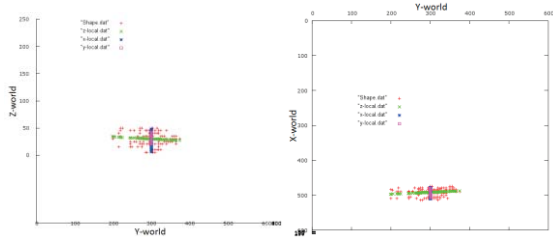
Fig.7 座り姿勢での相対座標設定結果



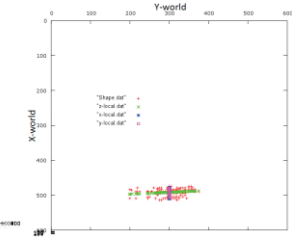
(a)実験風景



(b)横面



(c)正面



(d)上面

Fig.8 仰臥姿勢での相対座標設定結果

4 結論

本論文では，操作者の位置，姿勢，向きに依らず簡便に家電を操作するため，操作者に固定された相対座標上に配置された操作コマンドを指振りで選択する手法を提案し，実験によりその有用性を示した．今回の実験では姿勢によって相対座標の設定精度が異なり，直立姿勢では高い精度が実現できたが，座り姿勢，仰臥姿勢では誤差が大きくなった．今後は，使用する操作者形状の限定や背景差分の改良などにより，これらの姿勢での相対座標設定精度の向上を行っていく．

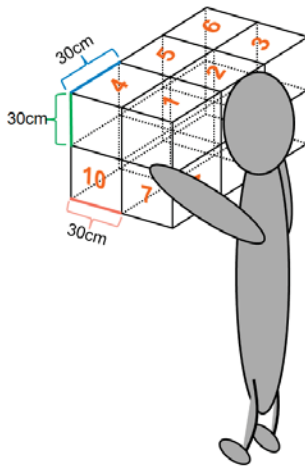


Fig.9 コマンドの配置

Table 2 複数姿勢における相対座標設定精度

Error from true value (°)			
Voxel Size		AVE.	S.D.
直立姿勢	X	1.5	1.7
	Y	1.7	1.8
	Z	0.8	0.9
座り姿勢	X	4.3	2.7
	Y	10.1	6.9
	Z	19.3	15.1
仰臥姿勢	X	21.3	1.7
	Y	2.4	1.8
	Z	5.4	0.9

Table 3 原点の設定実験結果

Error from true value (°)			
Voxel Size		AVE.	S.D.
直立姿勢	X	1.0	2.4
	Y	1.0	2.0
	Z	-5.0	2.4
座り姿勢	X	-3.0	2.0
	Y	2.0	2.0
	Z	-3.5	2.0
仰臥姿勢	X	-7.0	3.2
	Y	1.0	2.0
	Z	2.0	2.4

参考文献

- [1] 益満健, 小林哲則: “部分隠れマルコフモデルとジェスチャの認識への応用”, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.11, pp.3060-3069 (2000)
- [2] 小荒健吾, 西川敦, 信戸健太郎, 石井薫, 安井陽一, 宮崎文夫: “動きの変化に着目した動作パターン of 1 次元符号化に基づく身振り認識”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.2, pp.466-477 (2003)
- [3] 森武俊, 佐藤知正: “ロボティックルーム 1・2・3 の開発”, 電子情報通信学会誌, Vol.91, No.5, pp.402-410 (2008)
- [4] 橋本秀紀, 新妻実保子, 佐々木敦: “空間知能化: インテリジェント・スペース”, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.6, pp.674-677 (2005)
- [5] 浅野秀胤 他: “フーリエ変換を用いた小さな手振の検出”, ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2010), pp.264-267 (2010)
- [6] 浅野秀胤, 織茂達也, 高橋真人, 寺林賢司, 太田陸, 梅田和昇: “小さな手振り検出を用いた家電操作システムの構築”, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 9-9 (2011)
- [7] 松山隆司, 高井勇志, ウ小軍, 延原章平. 3次元ビデオ映像の撮影・編集・表示. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 521-532 (2002)

Table 4 複数姿勢でのコマンド選択実験結果(%)

	直立姿勢	座り姿勢	仰臥姿勢
Box1	80	80	80
Box2	100	90	80
Box3	90	90	90
Box4	80	50	60
Box5	90	60	50
Box6	100	50	30
Box7	60	60	80
Box8	80	70	90
Box9	70	70	80
Box10	80	40	80
Box11	70	70	40
Box12	80	60	50