ヴァーチャルマネキンによる生活動作生成法

—動作特徴部位の分析・抽出—

○土屋大、桑野誉之、中村和男（長岡技術科学大学）

Living Motion Generation Law by Virtual Mannequin

-Analysis and Extraction of Motion Characteristic Part-

Dai Tsuchiya, Yoshihiro Kuwano, Kazuo Nakamura (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

現在、バリアフリーやユニバーサルデザインのように、人間にとって使いやすく、より生活に適合したデザインが求められている。また、コンピューターが人間の動作を認識し、判別することができれば人間の動作や行動を支援することも可能になる。そのような人間の動作を支援するデザインやシステムを考える際に、人間の動作特性を理解することは大変重要なことであるといえる。

人間は手を前方に伸ばす際、上体を自然に前傾させることによって上肢の長さ以上の範囲へも楽に手が届く。このような自然と付随する動作を補助動作¹⁾という。補助動作が各動作を特徴付ける要因になっていると考えられる。

人間の動作を支援するシステムでの身体負担の理解や作業域の認識により動作予測させる場合や、コンピューターマネキンによる人間の動作の再現を行う場合にはこれらの動作的な特徴をふまえることが不可欠と思われる。

本研究では、人間の生活動作における身体各部位の動作パターンを分析し、当該行為にかかわる人間の動作特徴部位を抽出し、行為様態に対するそれらの部位の挙動パターンの関係を捉える方法を示す。

2. 実験方法

Fig.1. “物を取る動作” 測定実験

2.1) 動作測定実験を行う

調理作業の撮影映像を観察した結果、多く観察された“物をとる動作”を実験で測定した。被験者は1名で、3次元動作測定装置 Vicon370 (OxfordMetrics 社製) を用いて、物と人間との距離と高さを変化させて測定(図1)を行った。今回は被験者を1名として合計76回の測定を行った。

2.2) 動作測定実験で得られた3次元座標データの加工

測定した動作のデータの補完や座標変換を行う。補完については測定データの欠如している部分に対して3次スプライン補完法²⁾を適用する。座標変換では床の平面に対し平行になるようにデータの軸合わせを行う。さらに、分析で使用するためグループ分けや変数の整列を行った。76回の測定実験により得られたデータのうち、データの欠損などがあるものを除いた73回分のデータを出力した。

2.3) 判別分析により要素の抽出

加工された分析用のデータを統計解析ソフト (SPSS)³⁾ を使用して動作の判別分析を行った。⁴⁾

3. 分析方法

被験者と物まで空間を距離と高さによる9つのグループ(図2)に分け、物の位置に対して測定した動作に現れる特徴を分析する。

Fig.2. グループ分けとグループ番号

分析には各マーカーの座標成分の最大変化量を用いる。測定データの変数の数は114個であるが、ステップワイズ法を用い各ステップで全体のWilksのラムダを最小化するものに絞込み、分析には11個の変数を使用した。

統計解析により正準判別関数と係数をもとめた。

4. 結果

統計解析により8つの関数と11個の変数に対する係数が求められた。(表1)

Table 1. 標準化された正準判別関数・係数

変数	関数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
BASE X	0.388	0.634	0.559	0.019	0.551	0.228	1.457	-1.25
BACK Z	2.23	-3.74	5.383	-0.24	5.754	7.36	-6.83	-9.24
HEADL Z	0.658	1.37	-1.03	10.18	-5.09	-10.6	7.181	7.528
SHOL Y	-0.13	0.99	-0.6	-0.05	-1.7	1.024	1.421	-0.35
SHOR Y	1.115	-2.29	0.344	0.853	1.522	0.866	-1.81	0.729
SHOR Z	-4.48	0.699	-3.34	-13	0.009	3.983	-2.15	1.032
HANDRF	-0.57	1.327	0.845	-0.69	-0.72	-1.06	0.434	0.148
HANDRL	-0.47	1.225	0.244	0.884	0.676	0.042	0.04	0.451
LEGLU Z	-6.87	-2.97	2.323	-0.94	-0.35	-0.04	0.665	-0.33
LEGLM Y	2.628	1.402	-1.41	0.237	-0.18	0.155	-1.26	0.695
LEGRU Z	6.597	2.011	-2.9	2.983	-0.17	-1.69	1	0.926

これを使用して、加工された動作データの分類処理を行った結果、73個のデータのうち98.6%が正しく分類された。(表2)

Table 2. 分類結果

空間グループ		実験値による分類									合計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
判別関数を用いた分類結果	度数	1	12	0	0	0	0	0	0	0	12
		2	0	11	0	0	0	0	0	0	11
		3	0	0	9	0	0	0	0	0	9
		4	0	0	0	5	0	0	0	0	5
		5	0	0	0	0	8	0	0	0	8
		6	0	0	0	0	0	8	0	0	8
		7	0	0	0	0	0	0	9	0	9
		8	0	0	0	0	0	0	1	6	7
		9	0	0	0	0	0	0	0	0	4
判別関数を用いた分類結果	%	1	100	0	0	0	0	0	0	0	100
		2	0	100	0	0	0	0	0	0	100
		3	0	0	100	0	0	0	0	0	100
		4	0	0	0	100	0	0	0	0	100
		5	0	0	0	0	100	0	0	0	100
		6	0	0	0	0	0	100	0	0	100
		7	0	0	0	0	0	0	100	0	100
		8	0	0	0	0	0	0	143	857	100
		9	0	0	0	0	0	0	0	100	100

5. 考察

9つの動作空間に対する判別分析により導出された正準判別関数を、標準化された係数の様子から表3に表すような解釈を行った。更にこれをもとに動作空間としての解釈を表4に示す。

今回実験で行った動作は、右手で物を取る動作であったため、右手のY成分とZ成分を表すHANDRF_YとHANDRF_Zが分析に使用する変数と

して判別の重要な要因となっているが、変数の重みとしては相対的に小さくなっており、判別するには頭や肩や足などの部分が大きく寄与していることがわかった。

Table 3. 正準判別関数の解釈(身体部位の動作)

関数	解釈
1	首の付け根が比較的下がる、右肩があまり下がらない、右肩があまり前に出ない、左足をあまり曲げない、左ふくらはぎが後で下がる、右足を比較曲げる
2	首の付け根があまり下がらない、右肩があまり前に出ない、右手が比較的前に出る、左足をあまり曲げない、左ふくらはぎが少し後ろに下がる、右足を比較曲げる
3	首の付け根が比較的下がる(上がる)、右肩があまり下がらない、左足は少し上がる、右足はあまり曲がらない
4	後頭部が比較的下がる、右肩があまり下がらない、右肩があまり前に出ない、右足を比較曲げる
5	首の付け根が比較的下がる、後頭部があまり下がらない、左肩があまり前に出ない、右肩が比較的前に出る
6	首の付け根が比較的下がる、後頭部があまり下がらない、右肩と左肩が共に比較的前に出る、右肩が比較的下がる、右手がそれほど前に出ない
7	首の付け根があまり下がらない、後頭部が比較的下がる、左肩が少し下がる、右肩はあまり動かない
8	首の付け根があまり下がらない、後頭部が比較的下がる、右肩が比較的下がる

Table 4. 正準判別関数の解釈(動作空間)

関数	解釈
1	高さ比較的低く、距離が比較的近い空間に対する動作
2	高さ胸ぐらで、距離がそれほど遠くない空間に対する動作
3	高さ頭より上の空間に対する動作で、距離があまり関係ない
4	高さ比較的高く、距離が近い空間に対する動作
5	高さ腰から胸ぐらで、距離がそれほど遠くない空間に対する動作
6	高さ腰ぐらで距離が中ぐらの空間に対する動作
7	高さ腰から胸ぐらで、距離が近い空間に対する動作
8	高さ比較的低く、距離が近い空間に対する動作

まとめ

動作空間の判別については、説明変数を各マーカーの成分の最大変化量の中からステップワイズ法により11個に絞り込まれたものを説明変数として判別分析を行い、その結果判別率は98.6%になった。これにより今回実験で行った動作と動作空間の判別においてこれらの方法が有効であることが分かった。本研究を通して、判別に重要な体の部位を明らかにし、その挙動から動作の判別をする事ができることを確認した。

参考文献

- 1) 横溝克己・小松原明哲：エンジニアのための人間工学、日本出版サービス、1987
- 2) 戸川隼人：BASIC 数値計算プログラム集、サイエンス者、1986
- 3) 統計解析ソフトウェアSPSS(11.5.1J)
- 4) 石村貞夫：すぐわかる多変量解析、東京図書株式会社、1992