

Workability Evaluation of Assembling Work in Cell Production System
Using VR Technology

正 綿貫啓一 (埼玉大)

○学 新村修平 (埼玉大院)

正 小島一恭 (埼玉大)

Keiichi WATANUKI, Saitama University, 255 Shimo-okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama 338-8570
 Shuhei NIIMURA, Saitama University
 Kazuyuki KOJIMA, Saitama University

Key Words: virtual reality, cell production system, workability evaluation

1. 緒 言

現在の工業分野において、製品生産を行う方式として、セル生産方式が注目されている。セル生産方式は、1人屋台生産方式とも呼ばれ、1人、または複数人の作業チームで製品の組立てを行うものである。従来のライン生産方式などと比較して作業員1人が受け持つ範囲が広く、場合によっては最初から最後まで1チームで担当する。作業員は、セル内で様々な作業を長時間行うため、部品の配置や作業台の高さなどの作業環境が、作業員に適していることが望ましい。しかし、作業環境が作業員に適しているかどうかを評価するには、作業環境を変更しながら行う必要がある。そのため実物セルでは作業環境の変更にコストがかかり、また作業環境を変更する度に作業性評価を行うことは時間がかかるという問題点がある。

そこで本研究では、VR技術を用いてセル生産システムにおける組立作業を仮想的に行うことのできるシステムを構築し、作業性評価を行う手法を検討するとともに、その有用性を確認する。

2. セル生産方式と作業性評価

2.1 セル生産方式

セル生産方式とは、図1に示すような工業製品の組立作業などを行う際に、1人の作業員が1つの製品を作り上げる自己完結性の高い生産方式である。セル生産方式はライン生産方式と比べ、機械の故障や作業員の作業ミスによる生産全体への影響が少ないという利点がある。また、仕掛り在庫の削減、作業員の品質意識の高まりによる不良品数の低減、設備投資費用の削減が期待できることから、近年注目されている生産方式である。

2.2 実際の作業における作業性評価

セル生産方式の作業環境は、作業員の周りに配置された部品および工具、それらを組立てるための作業台で構成される。作業員は、セル内で様々な作業を長時間にわたり行うため、作業環境を作業員に適した設計をすることで、体への負担の低減および作業の円滑化を図ることができる。そのため、作業環境が作業員に適合しているかを評価することは重要である。作業性評価を行う手法としてサブリンク分析が挙げられる。サブリンク分析

は、一連の動作を細かい段階に分け、各動作の流れを記録する手法である。動作を分割することで、各動作にかかる時間の測定や、無駄な動作の抽出などがしやすくなる。しかし、セル生産方式において、このような作業性評価を行うには、次のような問題点がある。

(1)実物セルは作業環境の変更には時間とコストがかかる。

(2)サブリンク分析は、基本的には作業員を観察することによって行われるため、作業環境を変更する度に分析を行うには時間がかかる。

2.3 VR技術を利用した作業性評価

本研究では、セル生産方式における作業性評価を、VR技術を利用して行うことを考える。VR技術を利用することで、作業環境を変更する場合が生じても、容易に設計変更することができる。さらに、モーションキャプチャシステムを利用すれば、作業員の動作を数値情報として取得でき、動作にかかる時間の測定や、作業員の体の各部の動きなどを速やかに分析できると考えられる。ただし、VR技術を利用して作業性評価を行うには、次のような点を検討する必要がある。

(1)VRでの作業は、実際の作業と同じように行えるのか。

(2)VRでの作業は、サブリンク分析における基本動作の定義に則し、動作を分割することができるのか。

3. VR技術を利用した作業の仮想体験システムの構築

3.1 VRシステムの概要

本研究で利用するVRシステムの概要を図2に示す。本システムは3次元可視化装置とヘッドトラッキング装置、力覚呈示装置で構成される。3次元可視化装置では、大型スクリーンに対してプロジェクタにより左右の視差のついた映像を偏光を加えて投影する。VR使用者は偏光メガネを使用することで立体映像として認識できる。またヘッドトラッキング装置により、使用者の視点位置がPCにフィードバックされ、使用者の視点に合わせた映像がリアルタイムに映し出される。さらに力覚呈示装置を介して映像からの反力を得ることが可能である。

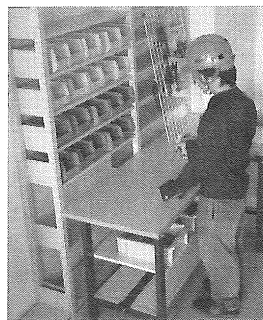


Fig.1 Cell production system

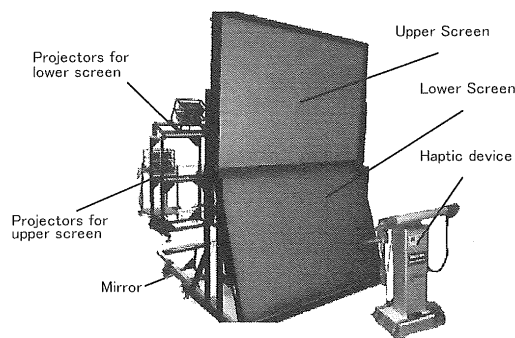


Fig.2 Outline of VR system

3.2 作業環境モデルの実装

図3に示すように、VRシステムにおいて、部品組立作業の基本動作である部品取出し作業を行うことのできるシステムを設計、実装した。本システムでは、位置センサにより取得する作業者の人差し指の座標が部品モデルと重なった場合、接触を検知するものとした。なお、本システムでは力覚呈示装置は用いず、視覚情報を頼りに部品モデルに手を合わせてもらうものとする。

4. VR技術を利用した作業性評価の有用性

4.1 部品取出し作業に含まれる基本動作の抽出

本システムにおいて、目の前に並ぶ数個の部品の中から、指定した一つの部品をつかんでもらう部品取出し作業を行った。この部品取出し作業を実物セルで行ってもらったところ、サーブリック基本動作として、「探す」「空手移動」「選ぶ」「つかむ」「運ぶ」の5つを抽出した。これらの動作は、次のように定義される⁽¹⁾。

- (1)探す 目的物を探し始めてから見つける瞬間まで。
- (2)空手移動 空手が運動を開始したときから次の基本動作に移る瞬間まで。
- (3)選ぶ 目的物を見つけてから触れる瞬間まで。
- (4)つかむ 目的物が手に触れた瞬間から、制御状態が終わる、もしくは次の基本動作に移る瞬間まで。
- (5)運ぶ 目的物が移動し始めてから静止するまで。

次に、VRシステムを用いた部品取出し作業に関して、7人の被験者に作業を行ってもらい、被験者の動作を観察した。その結果、全員の被験者について、VRでの作業においても、これら5つの作業要素を持つ作業が含まれていることを確認した。ただし、「つかむ」に関しては、一度では部品を取れない被験者が4名いた。これは、映像の立体感がつかみにくく、部品の位置が分かりにくいことが原因として考えられる。

4.2 3次元映像に関するアンケート調査

VR技術を利用した作業性評価においては、3次元映像に立体感や現実感がなくて、作業者が部品の位置を把握できず、正確な評価が行えない。そこで、VRに慣れ親しんでいない被験者7名に、本システムの映像の見やすさ、立体感、現実感についてアンケート調査を行った。調査は、映像全体に関する質問および部品モデルに関する質問を用意し、5段階評価で行った。アンケート結果を図4に示す。この結果、映像の見やすさに関しては良い評価が得られたが、立体感、現実感に関してはあまり良い評価が得られなかった。今後はさらに高精度なモデルを作成することで、より立体感と現実感あるモデルの作成を試みる。



Fig.3 Workability evaluation using VR system

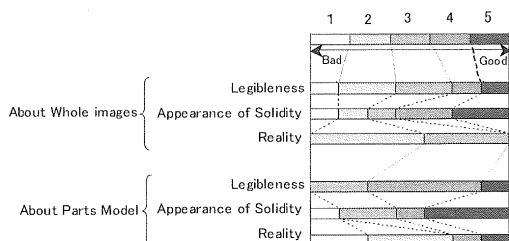


Fig.4 Result of questionnaire evaluation about images in VR

4.3 作業者の姿勢に関する比較実験

作業性評価をする上では、作業者の体の各部の動きなども一つの評価項目となる。そのため、VRでの作業が実際の作業に近い姿勢で行えるのかを確認する必要がある。そこで、モーションキャプチャシステムを利用し、部品取出し作業に関して姿勢の比較実験を行う。被験者はVRにある程度慣れており、映像から部品の位置を把握できる者1名である。調査は被験者の体の寸法を基準に、部品の設置位置を5パターン変更し行う。被験者の体の寸法と部品の設置位置を表1に示す。座標原点は部品の正面かつ高さ700mmの作業台の角に設定する。調査は十分な測定精度を持たせるため、それぞれ7回ずつ行う。この値は、事前に表1(b)のパターンBの設置位置において、30回の部品取出し作業を行うことにより得た体の各部の位置座標の分散値から、母平均との誤差10mm以内で測定できる標本数として算出したものである。この30回の部品取出し作業に関する姿勢データでは、部品取出し時において前後方向に0~100mm、上下方向に0~30mmのばらつきが生じている。

調査結果として、部品取出し時における、実際の作業とVRでの作業の体の各部の平均座標比較を表2に示す。この表から、実際の作業とVRでの作業とで、体の各部の平均位置座標差が0~100mm程度であることから、VRでの作業が実際の作業に近い姿勢で行われていると考えられる。

5. 結果と考察

本システムにおいて部品取出し作業を行う場合、VR映像から部品の位置を正確に把握できるならば、実物に近い姿勢で作業を行うことができることがわかった。さらに、本システムにおける部品取出し作業は、サーブリック分析をする際、定義に則して分析できることがわかった。これにより、実物セルを用いなくても、VR技術のみで作業性評価を行うことが可能であると考えられる。

6. 結 言

本研究では、VRシステムにおいて部品取出し作業を行うための仮想体験システムを実装した。また、VR技術を利用した作業性評価法の有用性を確認した。

参考文献

- (1) 小杉隆至, 作業研究, 北海道立林産試験場林業指導所月報, 40号, (1955)

Table 1 Parameters of the subject and part's position

(a)Size of the subject			(b)Part's position		
Height	1750mm		Pattern	Distance	Height
Feet to Shoulder	1430mm		A	630mm	1430mm
Feet to Elbow	1150mm		B	630mm	1150mm
Feet to Fist	800mm		C	630mm	800mm
Shoulder to Fist	630mm		D	400mm	1150mm
			E	900mm	1150mm

Table 2 Average of position about head, shoulder, elbow and knee when the subject takes the parts

(a)Head [mm]										
Pattern	A		B		C		D		E	
Direction	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height
Actual work	21.3	1009.2	95.4	1037.2	-92.2	899.7	61.1	1032.0	47.9	903.1
Work in VR	75.2	1027.1	-7.1	999.2	-0.5	935.0	-25.0	1042.2	88.4	920.5
Difference	53.9	17.9	102.5	38.1	91.7	35.3	86.1	10.2	40.5	17.4

(b)Neck [mm]										
Pattern	A		B		C		D		E	
Direction	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height
Actual work	20.9	807.5	148.8	800.7	58.2	707.0	54.7	792.2	108.4	708.7
Work in VR	15.9	826.4	77.1	787.3	77.1	749.8	28.3	797.4	130.7	714.4
Difference	5.0	19.0	71.7	13.4	18.9	42.8	26.4	5.2	22.4	5.7

(c)Elbow [mm]										
Pattern	A		B		C		D		E	
Direction	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height
Actual work	-212.1	720.0	-150.1	572.7	-182.7	358.6	-185.3	544.9	-120.3	538.8
Work in VR	-235.5	706.9	-161.4	515.0	-210.9	411.5	-204.9	544.7	-173.9	487.6
Difference	23.4	13.1	11.3	57.7	28.1	52.9	19.6	0.2	53.6	51.2

(d)Knee [mm]										
Pattern	A		B		C		D		E	
Direction	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height	distance	height
Actual work	227.6	-143.6	241.1	-198.0	268.7	-186.9	-7.6	-206.6	479.3	-174.4
Work in VR	230.3	-137.1	208.0	-197.5	218.4	-204.1	-1.3	-208.4	435.7	-202.7
Difference	2.7	6.6	33.1	0.4	50.3	17.2	6.3	1.8	43.6	28.3