

コンピュータ支援被服設計における空間認知能力の分析

安 星奈

Analyzing Spatial Cognition Abilities in Computer-Aided Clothing Design

Sena AN

The purpose of this study is to develop an educational program to help novice learners acquire computer patternmaking and 3D virtual prototyping skills in a short period of time. This paper quantitatively analyzed the factors that may be obstacles to the learning process. An experiment was conducted using a skirt prototype with evaluation items for the spatial arrangement of flat pattern pieces. The experimental results suggested that novice learners lacked the ability to discriminate the front-back, left-right, two sides of pattern pieces, especially the front and back. Furthermore, we investigated the discrimination of the front-back center line and the side lines on the pattern piece. The results showed that they did not accurately understand the correspondence between the pattern pieces and the 3D garment shape, suggesting the importance of spatial cognitive ability. To solve these problems, we proposed (1) an explanation of the geometric features of the patterns, (2) limiting the viewpoints in the 3D space, and (3) promoting active learning.

キーワード：Computer-Aided Clothing Design コンピュータ支援被服設計,
2D computer pattern making 2D コンピュータパターンメイキング,
3D virtual prototyping 3Dバーチャルプロトタイピング,
Spatial cognitive ability 空間認知能力, Education program 教育プログラム

I. はじめに

現代ではデジタルテクノロジーをはじめとする様々な技術が急速に発展し、我々は第4次産業革命やSociety5.0と呼ばれる産業構造や社会の大きな変化に直面している。2019年末から新型コロナウイルス感染症が世界的に流行したことにより、感染を防止するためにソーシャルディスタンスの確保やマスクの着用などが求められるようになった。この「新しい生活様式」の中で、ICTを活用したりリモートワークが急速に普及し、10年以上はかかると想定されていたデ

ジタルトランスフォーメーションがあらゆる産業で急速に進展した。

CAD (Computer-Aided Design) やコンピュータシミュレーション技術を用いて、仮想的に製品や生産ラインなどを構築する「デジタルツイン」は、製造業を中心に導入が進められている。ファッションの分野でも、パターンメイキングCADは古くから導入され¹⁾、衣服の型紙に限れば「デジタルツイン」は従来から実現されていたといえる。1980年代中期から、コンピュータグラフィックスの分野で、クロスシミュレーションを応用したバーチャルフィッティン

グの研究が始められた。2000年以降は商用ソフトウェアでも、ガーメントモデルをボディモデルに着せつける3Dバーチャルプロトタイピングが行えるようになった。

被服設計の領域でも3Dバーチャルプロトタイピングに代表されるデジタルテクノロジーが一般化することで、被服設計教育を見直す動きも見られるようになった。Ashdownは「デジタルネイティブ世代に対するファッションデザイン・パターンメイキング教育は、新しいテクノロジーに合わせて進歩していかなければならない」と述べている²⁾。

これまでの3Dバーチャルプロトタイピングに関する研究は、ガーメントシミュレーションの精度検証やバーチャルフィッティングの評価に関する報告が多くなされてきた³⁻⁷⁾。一方、ファッションデザイン・パターンメイキング教育に焦点を当てた3Dバーチャルプロトタイピングの研究は一部に限られている。例えば、空間的な可視化能力の向上⁸⁾、経験学習モデルに基づく課題解決能力の向上⁹⁾、企業と連携したプログラムにおける教育効果¹⁰⁾などの研究事例は報告されている。しかし、3Dバーチャルプロトタイピングを中心にしたコンピュータ支援被服設計のための効率的な教育方法は確立されていない。実際に3Dバーチャルプロトタイピングを行う場合、膨大な試行錯誤が必要とされ、技術的な障壁が極めて高い問題が指摘されている¹¹⁾。ガーメントモデルのコンピュータシミュレーションは、非線形偏微分方程式の初期値境界値問題を数値的に解くことに等しい。そのため、関連する数学や物理などの専門的な高等教育を受けていないファッションの学生が数理的な側面を含めて正確に理解することは容易でない。

本稿では、初学者が効率的に3Dバーチャルプロトタイピングを修得するための教育プログラムの開発に向けて、初学者が学習を進める上で障害となる要因を検討する。具体的には、スカート原型を例に平面のパターンと立体形状の

衣服の対応関係に関する実験から、必要とされる空間認知能力を分析する。分析結果に基づき、3Dバーチャルプロトタイピングのための効果的な教育方法を提案する。

Ⅱ. 3Dバーチャルプロトタイピング

1. 3Dバーチャルプロトタイピングの有用性

3Dバーチャルプロトタイピングはファッションデザインの工程を効率化し、製品化に要する時間を短縮する効果がある。現在の技術ですべての工程を3Dバーチャルプロトタイピングで置換できるわけではないが、大量生産される既製品のデザインに3Dバーチャルプロトタイピングを導入することで試作工程を削減できる。実サンプルの試作とは異なり、3Dバーチャルプロトタイピングであればデザインの代案を即座に可視化して評価できること¹²⁾や、パターンを修正した結果をその場で可視化できるといった利点がある¹³⁾。3Dバーチャルプロトタイピングにより、予測の難しいドレープのあるガーメントを人体にフィッティングさせたときのスタイルを確認できることが有用とされている¹⁴⁾。他にも、素材の光学特性を反映したりリアルな質感表現ができる点も利点とされている¹³⁾。このような利点により、3Dバーチャルプロトタイピングは衣料品の製品開発における初期段階で利用することが有用であると認識されている¹⁴⁾。

3Dバーチャルプロトタイピングの導入により、材料費や人件費などの製品開発費用が抑制される⁵⁾。さらに、最新のファッショントレンドを反映した製品を短期間に市場に投入することで、競合する企業・ブランドに対して競争優位に立つというビジネス面での効果も大きい¹⁵⁾。

3Dバーチャルプロトタイピングでは、実サンプルの制作に比べて時間や費用を抑制できるため、失敗を恐れずに挑戦的なデザインに取り組めるという教育的な効果も大きい。コンピュータ上の仮想的なガーメントモデルではあるが、機能的被服設計プロセスモデル¹⁶⁾における問題解決策の検討・最善の問題解決策選択・最善

の問題解決策の実行、FEAモデルの被服設計プロセス¹⁷⁾におけるデザイン改良・プロトタイプ開発・評価、3段階モデル¹⁸⁾におけるクリエイティブな探求・実装を効率的に進めることができる。さらに、経験学習モデル¹⁹⁾の抽象的概念化・能動的実験・具体的経験・内省的観察を短期間に繰り返すことができること⁹⁾から、学修効果の向上も期待される。そのため、現代の被服設計教育において、3Dバーチャルプロトタイプは不可欠な能力とみなされている²⁰⁾。

2. 操作技術を修得するための課題

被服設計には、3次元のボディに合わせて被服の立体形状、パターンの形状を決定する立体裁断という手法もあるが、本研究では平面の基本的なパターンである原型を修正する被服設計手法を対象とした。立体裁断では3次元の曲面を2次元のパターンピースに分割するが、原型を修正する被服設計では2次元のパターンピースから3次元の曲面を生成するという違いがある。いずれにしろ、3次元の曲面と2次元のパターンピースの関係を正確に把握しなければならない。

人体の形状は基本的に左右対称とみなせることから、左右非対称な意匠を除いて衣服は基本的に左右対称の形状となる。そのため、左右どちらか半身のパターンピースを作成して、そのパターンピースを左右に反転複製することで全体のパターンピースが得られる。

表地と裏地のある衣服の場合、作図したパターンピースの裏表を考慮しなければならない。作図したパターンピースの裏表を反転せずにそのまま使用する場合と、裏表を反転して使用する場合を区別し、表地と裏地を正しく設定する必要がある。また、裏表の差異がないように見える無地の生地であっても、織組織や編組織によって裏表が異なることもある。このように、生地とパターンピースの裏表の関係を正確に把握する必要がある。

パターンピースに関するこれらの知識は、立体幾何と空間認知に深く関係し、3Dバーチャルプロトタイプを修得するために不可欠な能力といえる。しかし、3Dバーチャルプロトタイプでは実際に素材に触れることがなく、身体感覚として空間を認知することは困難である。ディスプレイに表示された映像情報から仮想空間内の物体を認識しなければならず、3Dバーチャルプロトタイプを修得するうえで障壁となっていると考えられる。

Ⅲ. スカート原型を用いた評価

1. スカート原型とパターン

図1のスカート原型3Dモデルに、前中心線、後ろ中心線、脇線を赤い線で表示した。前中心線と後ろ中心線は、正面、または、背面から見ると全体が直線に見え、実際にヒップラインから下の部分は直線となる。しかし、ヒップラインから上のウエストラインまでの部分は脇線と同様に湾曲した曲線となる。図2に前後左右の4枚のパターンピースから構成したスカート原型の平面パターンピースを示す。模様のあるパターンピースは表面を示し、単色のパターンピースは裏面を示す。図3には、スカート原型の平面パターンピースに加えて、前中心線、後ろ中心線、左右の脇線を赤い線で示した。

スカート原型のパターンピースは、骨盤の腸骨稜による突起部分の形状を反映し、前面の面積が背面よりも大きく設定されている。前面と背面のパターンピースを比較すると、前面のパターンピースにおける前中心線と脇線の距離は相対的に大きく、背面のパターンピースにおける後ろ中心線と脇線の距離は相対的に小さくなっている。

ウエスト部分にある複数のダーツは、ヒップラインの周囲長とウエストラインの周囲長の差を吸収し、ウエストを絞った形状にするために設定されている。ダーツはパターンピース輪郭線上の楔型の部分であり、この部分を縫製して閉じることで曲面上に凹凸が生成される。ダー

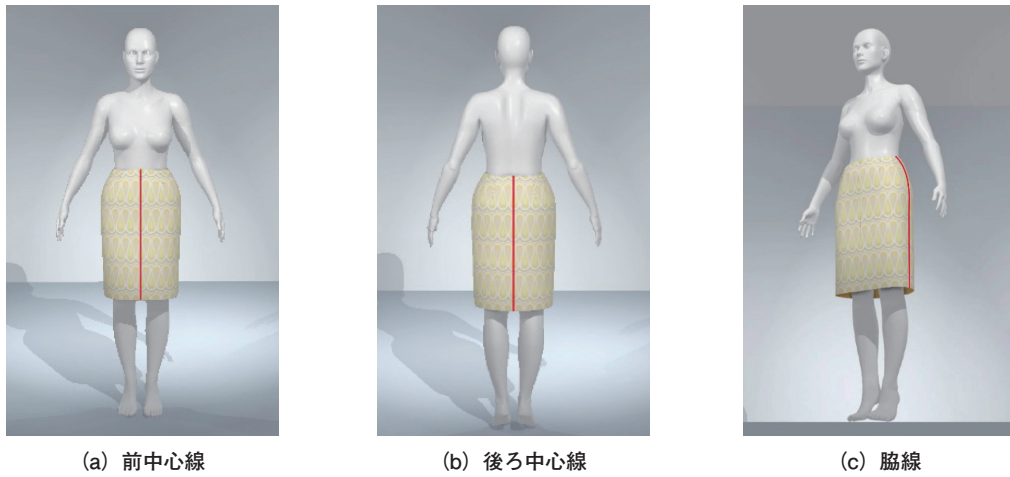


図1 スカート原型の立体モデルと前後中心線・脇線

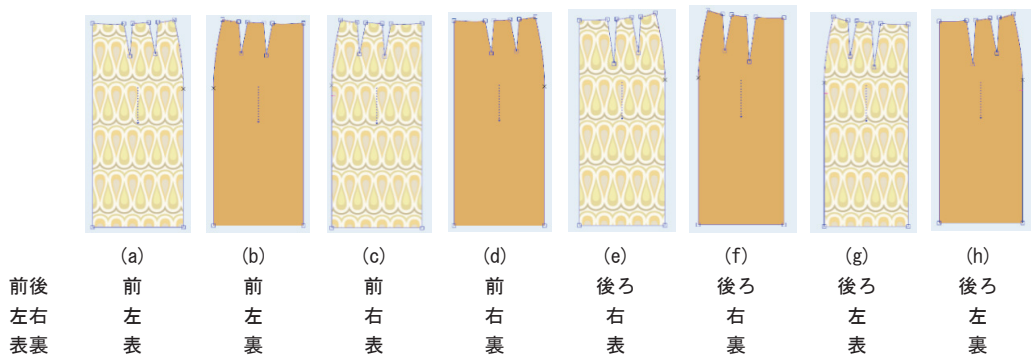


図2 スカート原型パターンピース空間配置の問題

ツの部分は基本的に円錐とその展開面とみなすことができ、楔型のダーツ先端が円錐の頂点に相当する。微分幾何学で考えると、ダーツ先端部分に相当する曲面上の領域でガウス曲率が大きくなり、凹凸が形成されることになる。

前面のパターンピースでは、骨盤の腸骨稜による突起部分に沿った体表面の曲面形状を生成するため、2つのダーツはほぼ同じ長さになる。一方、背面のパターンピースの場合、臀部に沿って大きく湾曲する曲面形状を形成するため、脇線側のダーツは後ろ中心線側のダーツよりも長くなる。

2. 評価方法

3Dバーチャルプロトタイプングを行うために、衣服の前中心線、後ろ中心線、左右の脇線とパターンピース境界線の関係を正確に理解しなければならない。ここでは、立体形状の衣服と平面のパターンピースとの対応関係に関する実験から、必要とされる空間認知能力を分析することにした。そこで、以下に示すスカート原型とそのパターンについて2種類の問題を作成した。この問題に対する被験者の解答を分析して、3Dバーチャルプロトタイプングに必要な空間認知能力を明らかにする。

コンピュータ支援被服設計における空間認知能力の分析

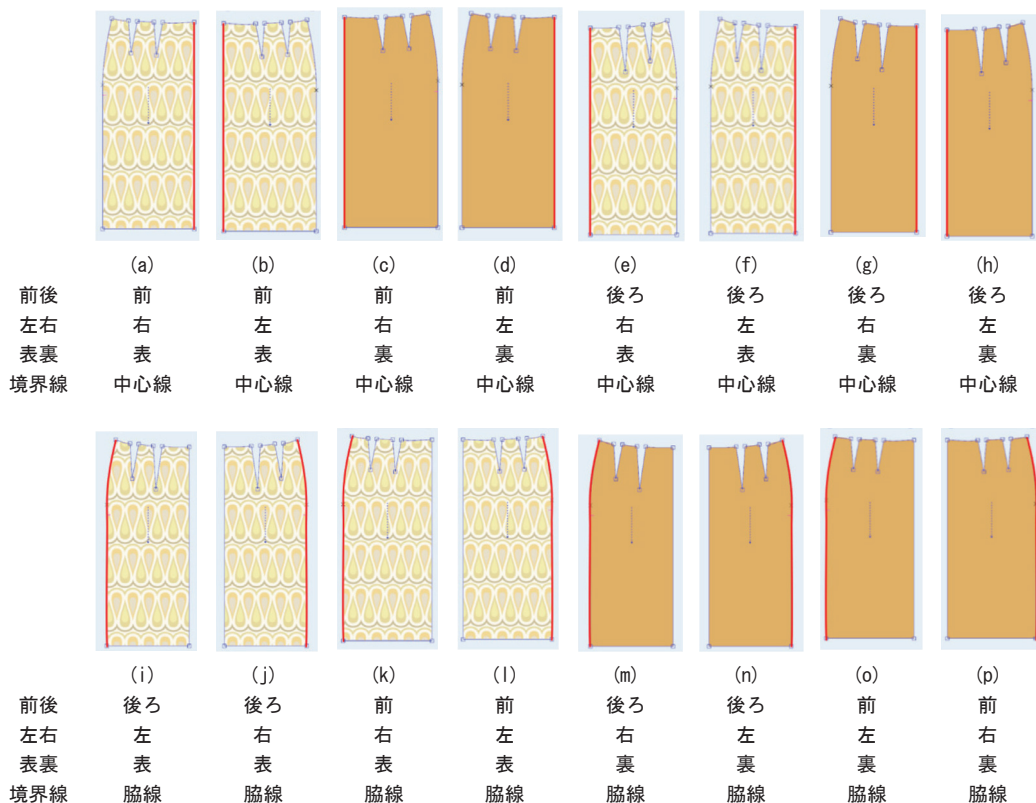


図3 スカート原型パターンピース境界線の問題

(1) パターンピースの空間配置

実際のスカートの縫製と同様に3Dバーチャルプロトタイプングでも、人体を基準にしたパターンピースの配置を理解しなければならない。人体を中心にしたときの前・後、右手側・左手側のパターンピースの配置、さらに、パターンピースの裏表の関係を把握する必要がある。そこで、図2に示すパターンピースの空間配置を確認する問題を作成した。この問題で、被験者は以下の選択肢から、示されているパターンピースの空間配置を選択する。

- (a) 前・右手側
- (b) 前・左手側
- (c) 後ろ・右手側
- (d) 後ろ・左手側

(2) パターンピースの前後中心線・脇線判別

前面と背面のパターンピースは、前後中心線から脇線までの距離と、2つのダーツの長さからの判別ができる。このような人体形状とパターンに関する基本的な知識と、パターンピースからスカート曲面を形成するための空間認知能力を確認する。被験者が平面パターンピース上に赤い線で示した前中心線、後ろ中心線、脇線を正しく認識しているかを評価するために問題を作成した。この問題で、被験者は以下の選択肢から、表示されている赤い線が該当する項目を選択する。

- (a) 前中心線
- (b) 後ろ中心線
- (c) 脇線

3. 評価実験

オープンソフトウェアのオンラインアンケートシステム LimeSurvey を用いてⅢ.2の問題を作成して実験を行う。実験で、被験者はラジオボタンに示された選択肢から1項目を選択して解答をする。問題(1)の場合、LimeSurveyの機能を用い、出題時に図2(a)~(h)の8問がランダムな順序で示されるようにした。問題(2)の場合も同様に、LimeSurveyの機能を用い、出題時に図3(a)~(p)の16問がランダムな順序で示されるようにした。

4年制女子大学の家政・被服系カリキュラムでコンピュータパターンメイキングと3Dパッチャルプロトタイピングを含む科目を履修する学生を被験者にして評価実験を行った。この科目は、2年次の学生が対象で、実験では103名の被験者の解答を得た。

IV. 結果

1. パターンピースの空間配置

図2に示した表面4枚、裏面4枚の合計8枚のパターンピースの空間配置について、Ⅲ.2に示した問題の解答を分析した結果を図4に示す。図2(e)の正答率43.7%が最も高く、図2(d)の正答率42.7%が次に高い結果となった。正答率が40%を超えたのは、図2(e)と図2(d)のパターンピースのみであった。図2(f)の正答率29.1%が最も低い結果となった。

表面と裏面の正答率平均を比較すると、表面の正答率平均39.3%は裏面の正答率平均36.4%よりも高い結果となった。t検定の結果、有意水準5%で平均の差異は認められなかった。し

かし、裏面のパターンピースでは、その空間配置を考える場合に仮想的な反転操作を行う必要があることから、認知負荷が高くなっていることも想定される。

表1に、パターンピースの空間配置の問題の項目別解答率を示す。表1にある下線部の項目は正答の解答率である。表1(a)から、パターンピースの左右は判別できるが前後を判別できない解答者が25.2%を占め、前後は判別できるが左右を判別できない解答者が29.1%を占めたことがわかる。表1(b)を見ると、パターンピースの前後は判別できないが左右を判別できる解答者は24.3%を占めている。表1(a)と比較すると、前後を判別できるが左右を判別できない解答者は13.6%に低下している。

表1(c)は、パターンピースの前後を判別できない解答者が34.0%を占め、前後を判別できても左右を判別できない解答者が19.4%を占めたことを示している。2番目に正答率の高い表

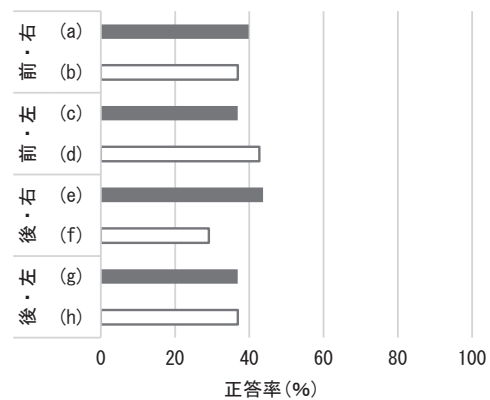


図4 パターンピース空間配置の判別

表1 パターンピース空間配置問題の項目別解答率 (%)

選択肢	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
前・右手側	39.8	36.9	19.4	8.7	20.4	9.7	32.0	22.3
前・左手側	29.1	13.6	36.9	42.7	24.3	28.2	18.4	7.8
後・右手側	3.9	21.4	34.0	21.4	43.7	29.1	9.7	30.1
後・左手側	25.2	24.3	7.8	25.2	7.8	30.1	36.9	36.9
無回答	1.9	3.9	1.9	1.9	3.9	2.9	2.9	2.9

1 (d) では、パターンピースの前後は判別できないが左右を判別できる解答者は24.3%を占めた。なお、前後を判別できるが左右を判別できない解答者は8.7%に留まっている。

最も正答率の高い表1 (e) では、パターンピースの前後は判別できないが左右を判別できる解答者は24.3%を占めている。一方、前後を判別できるが左右を判別できない解答者は7.8%に留まっている。反対に最も正答率の低い表1 (f) では、パターンピースの前後は判別できないが左右を判別できる解答者は28.3%を占めている。なお、前後は判別できるが左右を判別できない解答者は30.1%を占め、正答した解答者よりも多くなっている。

表1 (g) では、パターンピースの左右は判別できるが前後を判別できない解答者が32.0%を占めている。一方、前後は判別できるが左右を判別できない解答者が9.7%に留まっている。表1 (h) を見ると、パターンピースの左右は判別できるが前後を判別できない解答者が22.3%を占めている。反対に、前後は判別できるが左右を判別できない解答者が30.1%を占めることがわかる。

2. パターンピースの前後中心線・脇線判別

図3に示した16種類のパターンピースと前後中心線・脇線の関係について、Ⅲ-2に示した問題の解答を分析した結果を図5に示す。正答率は前中心線で43.7~57.3%、後ろ中心線で42.7~55.3%、脇線で74.8~79.6%となった。前後中心線の正答率よりも脇線の正答率が高いことがわかる。前後中心線と脇線の正答率平均を比較すると、前後中心線の正答率平均49.5%は脇線の正答率平均77.4%よりも低い結果となった。t検定の結果、有意水準1%で前後中心線と脇線の正答率平均の差異が認められた。前中心線の正答率平均は49.1%で、後ろ中心線の正答率平均は50.0%であった。t検定の結果、有意水準5%で前中心線と後ろ中心線の正答率平均に差異は認められなかった。

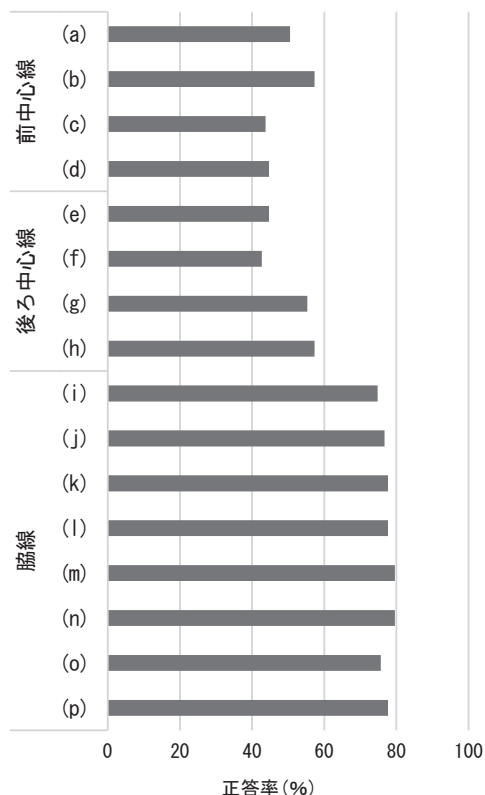


図5 前後中心線と脇線の判別

パターンピース上の前後中心線は直線であるが、パターンピース上の脇線は、ヒップラインから上のウエストラインまでの部分は湾曲した曲線である。曲線形状の違いから脇線、あるいは、前後中心線の判別ができるため、脇線の正答率が向上したと考えられる。

V. 考察

パターンピースの空間配置については、全体に正答率が低い結果となった。パターンピースの前後左右や裏表と空間配置の関係を正確に理解していないことがわかる。パターンピースの左右を判別できても、前後を判別できない誤答が顕著であった。パターンピースの裏表を認識していれば、ヒップラインからウエストラインにかけて湾曲する脇線から左右を判別できる。

一方、パターンピースの前後は、中心線から脇線までの距離とダーツの形状から判別しなければならない。

湾曲する脇線は視覚的にも認識しやすいことから、パターンピースの左右は判別しやすいと想定される。しかし、パターンピース前後の特徴は詳細に確認する必要がある、差異を正確に認識していない学生が少なくなく、このような結果になったと考えられる。

パターンピースの前後中心線・脇線判別では、脇線に比べ、中心線の正答率が低い結果となった。曲線形状から判別のできる脇線は正しく認識しているが、パターンに関する知識が不十分であるため、前中心線と後ろ中心線を正しく判別することができなかったと考えられる。

その他に、パターン作図時の各パターンピースの左右と着用時の右手側と左手側は一致する場合と一致しない場合に分かれる。さらに、自身がスカートを着用するときの視点と、他人がスカートを着用するときの視点では、左右と右手側と左手側の対応が反転する。そのため、パターンピースの空間配置を正しく理解するには、パターンピースを反転や回転といった操作の思考実験できる能力が求められる。

評価実験の結果に対する考察から浮かび上がった問題の解決に向けて、以下の改善案を提案したい。

(1) パターンの幾何的な特徴に関する解説

今回の実験に使用したスカート原型のパターンの場合、前後中心線から脇線までの距離と、2つのダーツの長さの違いが前後を判別する要因となる。スカート原型に限らず様々なパターンでも応用が利くよう、パターンピースの部位によって、形状が異なる理由を解剖学や人間工学の観点から解説する必要がある。

(2) 3次元空間を俯瞰する視点の限定

評価実験に使用したスカート原型のように前後パターンピースの判別が容易でない場合、衣

服の立体形状を想定する場合の視点が問題となっている。例えば、他者に着せつけることを想定する場合、前面を正面に配置して俯瞰することになる。反対に、自身が着用することを想定する場合、背面を正面に配置して視点を後方に配置することになる。いずれかの視点を基準として設定することで、混乱せず効率的にパターンピースの空間配置を正確にイメージすることが期待される。

(3) 能動的な学修の促進

クイズ形式の小テストを実施するなど、学生が能動的に思考する機会を設けることが望ましい。その他、紙にパターンを縮小印刷し、ペーパークラフトで衣服の立体形状を生成する課題も有用と考えられる。このような体験を得る課題により、身体感覚として立体形状や空間に対する認知能力を向上させることも効果的であろう。

VI. おわりに

本稿では、初学者が効率的に3Dバーチャルプロトタイピングを修得するための教育プログラムの開発を目的として、学習を進める上で障害となる要因について検討した。まず、スカート原型を例に平面のパターンピースの空間配置について評価項目を設定して実験を行った。実験結果から、初学者はパターンピースの前後左右や裏表、特に前後を判別する能力が十分ではないことが示された。さらに、パターンピース上の前後中心線と脇線の判別について調査した結果、作図した平面上のパターンと衣服の形状立体の対応を正確に理解していないことが示された。これらの分析結果から、3Dバーチャルプロトタイピングにおいて空間認知能力が重要であることが示唆された。

3Dバーチャルプロトタイピングを修得するための効果的な教育方法として、(1) パターンの幾何的な特徴に関する解説、(2) 3次元空間を俯瞰する視点の限定、(3) 能動的な学

修の促進を提案した。今後は、パターンメイキングCADシステムに特有の機能の分析や3Dバーチャルプロトタイピングにおける縫製指示等について認知負荷の観点からの調査分析が残されている。これらについては今後の課題とした。

謝辞

本研究の一部は、著者が共立女子大学大学院家政学研究科被服学専攻博士前期課程在籍時に行なわれた。研究について指導いただいた共立女子大学 古川 貴雄 教授、丸田 直美 教授、前田 亜紀子 教授に深謝する。研究を進めるにあたり、ご協力いただいた共立女子大学家政学部被服学科 氏平 千暁 助手、神戸芸術工科大学 甲斐 咲帆 実習助手に感謝する。

参考文献

- 1) Moore, J. G. ed. (2019). *Pattern Making History and Theory*, Bloomsbury Publishing.
- 2) Ashdown, S. P. (2013). Not craft, not couture, not 'home sewing' : Teaching creative patternmaking to the iPod generation. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 6(2), 112-120.
- 3) Lee, E., & Park, H. (2017). 3D Virtual fit simulation technology: strengths and areas of improvement for increased industry adoption. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(1), 59-70.
- 4) Porterfield, A., & Lamar, T. A. (2017). Examining the effectiveness of virtual fitting with 3D garment simulation. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(3), 320-330.
- 5) Song, H. K., & Ashdown, S. P. (2015). Investigation of the validity of 3-D virtual fitting for pants. *Clothing and Textiles Research Journal*, 33(4), 314-330.
- 6) Zulkifli, S. Z. B., Kim, K., & Takatera, M. (2021). Similarities and differences between virtual and actual pants. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33(2), 199-217.
- 7) Sohn, J. M., Lee, S., & Kim, D. E. (2020). An exploratory study of fit and size issues with mass customized men's jackets using 3D body scan and virtual try-on technology. *Textile Research Journal*, 90(17-18), 1906-1930.
- 8) Park, J., Kim, D. E., & Sohn, M. (2011). 3D simulation technology as an effective instructional tool for enhancing spatial visualization skills in apparel design. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 505-517.
- 9) Baytar, F. (2018). Apparel CAD pattern-making with 3D simulations: Impact of recurrent use of virtual prototypes on students' skill development. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(2), 187-195.
- 10) Hodges, N., Watchravesringkan, K., Min, S., Lee, Y., & Seo, S. (2020). Teaching virtual apparel technology through industry collaboration: An assessment of pedagogical process and outcomes. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 13(2), 120-130.
- 11) Grice, P. (2019). *Digital Pattern Cutting for Fashion ith Lectra Modaris: From 2D Pattern Modification to 3D Prototyping*, Bloomsbury Publishing, 2019.
- 12) Siersema, I. (2015). The influence of 3D simulation technology on the fashion design process and the consequences for higher education. In *Proceedings of Digital Fashion Conference* (pp. 9-17).
- 13) Liu, Y. M., & Jang, H. K. (2013). A study on the functional characteristics of apparel 3D CAD system. *Advanced Materials Research*,

- 627, 501-505.
- 14) Chang, Y. S., Chien, Y. H., Lin, H. C., Chen, M. Y., & Hsieh, H. H. (2016). Effects of 3D CAD applications on the design creativity of students with different representational abilities. *Computers in Human Behavior*, 65, 107-113.
- 15) Lopez, C., & Fan, Y. (2009). Internationalisation of the Spanish fashion brand Zara. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 13(2), 279-296.
- 16) Watkins, S. M. (1988). Using the design process to teach functional apparel design. *Clothing and Textiles Research Journal*, 7(1), 10-14.
- 17) Lamb, J.M., & Kallal, M.J. (1992). A Conceptual Framework for Apparel Design. *Clothing and Textiles Research Journal*, 10, 42-47.
- 18) LaBat, K. L., & Sokolowski, S. L. (1999). A three-stage design process applied to an industry-university textile product design project. *Clothing and Textiles Research Journal*, 17(1), 11-20.
- 19) Kolb, D. A. (1976). Management and the learning process. *California management review*, 18(3), 21-31.
- 20) Boorady, L. M., & Hawley, J. M. (2008). The wonders of technology: Teaching becomes virtual. *Clothing and Textiles Research Journal*, 26(2), 131-142.