視覚障がい者のための化粧支援風圧ディスプレイ

A Wind Pressure Display for Makeup Support

木村 有里[†], 眞鍋 佳嗣[†], 浦西 友樹[†], 千原 國宏[†]

Yuri Kimura[†], Yoshitsugu Manabe[†], Yuki Uranishi[†] and Kunihiro Chihara[†]

Abstract Wearing cosmetics or makeup has important implications for human. However, it is very hard for visually impaired people to apply make-up because the process of making up their face requires visual contacts. We propose a wind pressure display that shows the given position of the face. The proposed system takes a face image of the person using a camera installed in front of the person, and determines a given position such as the makeup spot in the image. Then, wind pressure provides the necessary position on the face to the person so they can effectively apply the necessary makeup. We measured two point thresholds of the wind pressure display in our experiment. Moreover, the position presentation on the face using the proposed system was also evaluated. The results of these experiments showed the proposed system could effectively present the necessary position on the face.

キーワード：障がい者支援, 化粧支援, 風圧ディスプレイ, 2点弁別閾, 福祉工学

1. ま え が き

化粧は、鏡を用いてどのように見えるか確認しながら行う作業であり、この視認を伴う作業は強度の視覚障がい者にとって困難なものである。例えば、塗り残しや塗りすぎで化粧斑が生じることがあるが、化粧斑自体には極端な凹凸がなく触って確認できないため、強度の視覚障がい者は、化粧斑の発見と訂正を一人で行うことは難しい。

そのため、化粧をしていないことや、化粧の仕上がりに自信がないことを他人にどのように思われるかを過度に意識する傾向にあり¹⁾、その結果、外出や人に会うことに対して消極的になり、家に引きこもりがちになってしまう。このような問題を解決するには、視認作業を代行し、化粧斑位置を提示し、視覚障がい者に化粧の問題部分を認識させるシステムが必要と考える。

本論文では視覚障がい者に対しての化粧支援を目的とし、化粧斑などの対象者へ知らせたい部分を風圧を用いて提示する風圧ディスプレイを提案し、試作したシステムを用いた実験により、システムで必要な顔面の感覚閾や提示条件を明らかにする。

2. 視覚障がい者への化粧支援と関連研究

視覚障がい者への化粧支援として、まず、類似した形状の化粧品の中から使用したいものの選択を容易にするために、化粧品会社による各化粧品への貼付用点字シールの配布²⁾³⁾や、パッケージへの点字印刷⁴⁾などの例がある。また、化粧技術の学習方法として、化粧やスキンケアの手法を記した点字テキスト教材⁵⁾や特別支援学校で行われる化粧講習などの例がある。

一方、化粧後に関しては、塗り残しや過剰塗布で発生する図1のような化粧斑が存在しても、凹凸が大きく表れないため触覚での判別は困難であり、さらに化粧斑の訂正作業により他の化粧部分を崩す可能性がある。そのため視覚障がい者が化粧後の姿を確認できないという問題に関しては、上記のような補助だけでは対応できない。

また、これまでに提案されている化粧支援システムとして、画面上で化粧品を選択し、選択した化粧品を用いた場合の仕上がりを、画面上に表示してくれるシステム⁶⁾⁷⁾や、実際に化粧を行う際に、カメラ画像を鏡のように用いて適切な表示を行うシステム⁸⁾、画面上に表示された3D顔形

図1 化粧斑例
Makeup spot.

2010年4月28日受付, 2010年7月20日再受付, 2010年8月23日採録

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

(〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5, TEL 0743-72-5271)

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

(8916-5, Takayama, Ikoma, Nara 630-0192, Japan)

状に力学フィードバック装置を用いて化粧を施すことで化粧技術を学習する支援システム⁹⁾などが存在する。しかし、どのシステムも化粧の仕上がりを画面を見ながら行うものであり、視覚障がい者を支援するためのシステムではない。

視覚障がい者への化粧支援システムでは、対象者に視認以外で化粧の仕上がりを確認させることが必要である。視認以外での確認方法として、まず聴覚の利用が考えられる。聴覚は文章の理解だけでなく、空間認知まで幅広く使用できる感覚であるが、聴覚のみでは顔面上の細かい位置の認識は困難である。

次に触覚の利用が考えられる。触覚は点字などの文字認識だけでなく、画像を2値化することで触覚ディスプレイ上で凹凸での表現ができ、画像や動画の表現も可能となる¹⁰⁾。また、指先に触覚を用いるモバイル型指点字デバイスを取り付け、進むべき方向や周囲の障害物の有無を指点字の形で提示するシステム¹¹⁾もある。このように、図形や文字、指点字の認識など、触覚も視覚の代理として幅広く使用できる感覚であり、化粧の問題位置に直接触れることは対象者にとって理解しやすい位置提示手法であると考えられる。

そこで、顔面に位置が直接提示可能な触覚を用いることを考える。しかし、物体で直接触れて触覚を実現する場合、肌を傷つける可能性や他の化粧部分を崩してしまう可能性がある。そのため、風が皮膚に触れた時に感じる感覚である風覚を用いたシステムを提案する。

風覚を用いた先行研究として、風源をユーザに装着し、身体に局所的な風を提示することを目的とした小島らの研究¹²⁾や、指先における風の知覚特性に関する研究¹³⁾、没入型の風覚ディスプレイで3次元方向から風が吹きつけることでゲームなどの臨場感を出すもの¹⁴⁾など、人体の風覚に対する特性の研究が行われている。

3. 提案システム

本研究では、カメラとエアコンプレッサ、パンチルト台を用い、顔面上の化粧斑等の対象者に知らせたい位置を提示する風圧ディスプレイを提案する(図2)。

対象者の正面に設置されたカメラで対象者の顔画像を撮影し、化粧斑等の対象者に知らせたい位置を決定する。顔画像からの化粧斑の検出に関しては、例えば、西野らが提

図2 提案システム構成
Proposed system.

図3 風圧提示装置のシステム構成
Wind pressure display system.

案しているスペクトル差異強調フィルタ¹⁵⁾の利用が考えられる。また、遠隔地にいる教示者がネットワーク経由で手動で決定することも考えられる。

提示には風を用い、局所的に風を吹き付けることでその位置に風覚を与え位置提示を行う。風を出力する位置提示装置には、エアブラシとエアコンプレッサ、パンチルト台を用いる。

3.1 風圧提示手法

風の噴出制御は、エアブラシとエアコンプレッサをつなぐチューブ部分に電磁弁を用いることで行う。電磁弁は基本状態では閉じた状態であり、電磁弁で開閉制御を行うため、エアブラシは常時開放状態とする。弁の開閉は電磁弁に接続されたマイクロコンピュータであるAtmel AVR¹⁶⁾でリレー制御を行い、風圧の出力回数や電磁弁の開閉時間を制御する。また、エアブラシの移動に用いるパンチルト台と電磁弁の動作制御はコンピュータで行う。これにより、コンピュータから与えたパンチルトの移動量をもとにエアブラシが指定した位置へ移動し、電磁弁の開閉時間と出力回数による指定した風が出力される。図3に風圧提示装置のシステム構成を、以下に使用した機材を示す。

- エアブラシ: RB-2/ノズル口径 0.20mm ((株) トウマーカ)
- エアコンプレッサ: AC3000/風圧 0.8MPa ((株) マキタ)
- 電磁弁: EB10A1 ((株) コガネイ)
- AVR: ATmega88 (Atmel 社)
- パンチルト台: PTU-D46-70/角度分解能 (パン・チルト) 0.012857 度 (Directed Perception 社)

3.2 カメラと風圧位置提示装置の位置合わせ

対象者に化粧斑等の知らせたい位置を提示するには、カメラ画像上で位置を指定し、その位置に風が提示されるようにエアブラシを移動させる必要がある。そのためには、カメラ画像上で指定した位置と、風が対象者に当たる位置を合わせる較正が必要となる。まず、カメラ画像上の座標をカメラ座標、パンチルト台上のエアブラシから出力された風の出力位置座標をパンチルト座標とし、対応する座標を取得し、その座標値をもとに変換行列を取得する。得られた変換行列により、カメラ座標からパンチルト座標を求める行列を作成する。カメラはPoint Grey社のFL2-03S2M/Cを使用し、解像度は320×240 [pixels]とした。図4にシステムを横側から撮影したものを示す。顔面と正対する位

図 4 システム外観
System overview.

図 5 パンとチルトの角度範囲
Range of pan and tilt.

置に風圧提示装置を設置し、カメラは風圧提示装置の画像への写りこみが小さくなるように風圧提示装置の後方かつ上方に設置した。

なお、カメラ座標はカメラで得た画像上での座標を指す。カメラ画像は顔面正面の上方から撮影しているため、上部が開いた台形状に顔を置く台が表示される。この画像に対して、長方形に映るように台形補正を行う。補正画像をもとに、左上端を原点と置き、横軸を x 軸、縦軸を y 軸とする。

パンチルト座標は、パンの横方向の角度 θ 、チルトの縦方向の角度 ϕ の極座標である。エアブラシが対象者の顔面と正対している状態を原点 $(\theta, \phi) = (0, 0)$ とし、パンの角度範囲は $\pm 159^\circ$ 、チルトの角度範囲は $+31^\circ \sim -47^\circ$ である。パンチルトの角度範囲を図 5 に示す。図の状態がパンとチルトの角度がそれぞれ 0° の状態の時である。

具体的な較正方法を述べる。顔面を平面であると仮定し、顔を置く部分に厚紙を取り付ける。その厚紙にパンチルト台に載せたエアブラシを用い、青色の水性エナメル塗料を吹きつける。パンとチルトの移動は一定の角度間隔とし、各移動先で塗料を吹き付ける。この動作によって合計 70 点のパンチルト座標を取得する。

次に、カメラ画像上で吹き付けられた各塗料領域の重心の座標点を取得し、パンチルト座標に対応するカメラ座標とする。まず塗料を吹き付ける前に画像を取得し、その後塗料を厚紙に吹き付けた画像と差分を取る。このとき、塗料を吹き付けた部分以外の微細な差分が生じることがあるため、HSV 色空間の色相を使用し、塗料の色である青色の領域を差分画像から取得した。そして、青色の領域の重心の位置を吹き付けた位置の中心のカメラ座標として取得

図 6 精度実験前画像 (立体)
Image of target object (Solid).

する。

最後に、対応するカメラ座標とパンチルト座標各 70 点をもとに変換行列 A を求め、変換行列 A を用いて画面上の任意の位置のカメラ座標 (x, y) から、パンとチルトの移動量である $(\tan \theta, \tan \phi)$ を取得する。そして、求められた $\tan \theta$ と $\tan \phi$ より θ と ϕ を得る。以下に変換式を示す。

$$\begin{bmatrix} \tan \theta \\ \tan \phi \\ 1.00 \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1.00 \end{bmatrix} \quad (1)$$

3.3 位置合わせの精度確認のための検証実験

前節の位置合わせによって、実際に画面上で指定した位置にエアブラシからの風がどれほどの精度で吹きつけられているかを確認する実験を平面物と立体物に対して行った。実験方法は、顔を載せる台に平面物は中心点を記した半径 1cm の円を 41 個描いた厚紙、立体物は発泡スチロール製のマネキンの頭部を取り付ける。図 6 は、マネキンの頭部を取り付け位置指定に使用する画面上に表示させたものである。厚紙の各円の中心 41 点またはマネキンの顔面上 13 点を画面上で指定し、パンチルト台を指定位置に移動させ青色エナメル塗料を厚紙に吹き付ける。そして、その中心のカメラ座標を同様の手法で求め、得られた中心のカメラ座標が厚紙またはマネキン上のどこにあたるかをカメラ画像を確認しながら指定し、厚紙の場合は 2 次元平面上の距離、マネキンの場合は 3 次元空間中での距離を求めた。

平面物上の 41 点すべての点を指定し、移動した位置に塗料を吹き付けた結果画像を図 7 に示す。中心部分と周辺部分において濃さが異なっているが、これは周辺部分において吹き付けた青色の水性エナメル塗料の定着が悪く青色領域の検出に失敗したため、噴出時間を長くしたためである。なお、噴出時間は、中心部で 0.3 秒、上部は 1 秒程度、左右下部は 0.5s 程度とした。そのため、中心部に比べて周辺部の面積が大きくなっているおり、中心部で 400 画素程度、周辺部では 1000 画素から 1200 画素程度となった。また、吹き付けられた領域の形状は、上下左右の部分においては若干楕円形状になっているがほぼ円形とみなせた。

また、平面物上の 41 点すべての点に対し、吹き付けた範

図 7 精度実験結果画像 (平面)
Image of accuracy experiment.

(a) Plane

(b) Solid

図 8 吹きつけた範囲と指定した点の距離
Display area and error.

図の中心座標と指定した点のそれぞれの距離を図 8(a) に示す。図 8(a) をもとに中心の 5 点を“中央”，その外周で囲われた 8 点を“内周 1”，さらにその周りの 12 点を“内周 2”，残りの 16 点を“外周”とし，それぞれに含まれる距離の平均を求めたところ，中央で 4.27mm，内周 1 で 4.27mm，内周 2 で 5.00mm，そして外周で 6.68mm となった。次に，立体物上の 13 点に関しては，吹きつけた範囲の中心座標と指定した点のそれぞれの距離を図 8(b) に示す。

以上のように平面物での実験では，中央部分に関しては

大きな誤差は生じなかったが，外周，特に左右端と下端に向かうにつれ，誤差が大きくなった。図 7 のように，左右端に関しては，吹き付けた塗料が厚紙からはみ出したため正しく重心推定ができなかったこと，下端に関しては画像の下端にパンチルト台が写り，吹き付けた塗料部分を一部隠してしまい，本来よりも上方に重心推定が行われたことが原因と考えられる。また，中央縦列下から 2 番目の誤差が他の箇所の誤差より小さくなっているが，これはエアブラシから噴出された塗料は均一に塗布されるのではなく，特に吹き付け箇所の周辺部において濃さに斑が生じるため，抽出された塗料領域が不規則に変化し，求めた重心位置が指定位置に近くなったためと考えられる。

一方，立体物での検証実験では，頬や顎などの平面部位に関しては平面物での実験と同様に大きな誤差は生じなかったが，鼻筋のような立体的な部分で誤差が大きくなった。これは，平面上で校正の各座標を取得しているため，平面上から突出している部位に関しては位置合わせの精度が落ちるためと考えられる。しかし，平面および立体物において 1cm 程度の誤差であり，化粧斑の訂正では化粧斑の周辺も含めて，指先やスポンジ状などの化粧道具であるパフを用いて化粧を直すため十分な精度で提示できている。

4. 部位ごとの 2 点弁別閾の測定実験

提案した風圧ディスプレイを化粧支援に使用するには，顔面が風圧という刺激に対して，どれだけ微細な感覚を持っているかを調査する必要がある。そこで，2 点の風圧の刺激を与えた時にその相違を感知できる最小の刺激差である 2 点弁別閾を顔面の刺激に対する感覚の指標とし，この指標を測定する実験を行った。同様の実験としてカリパスというコンパス型の計測器を用いて 2 点弁別閾を調べたものがある¹⁷⁾。カリパスを用いた実験では，点による刺激の 2 点弁別閾を調べているが，今回はそれと異なり，風という 1 点では定まらない面の刺激を用いた場合の測定を行い，カリパスでの実験結果との相違を調べる。

4.1 実験方法

実験は成人の健常者 14 名 (男性 7 名，女性 7 名) を対象とし，男性 7 名と女性 3 名が化粧をしていない状態，女性 4 名が化粧をしている状態で実験を行った。各被験者で，正面を向いた状態の頬，額，顎，鼻の 4 カ所の風圧での 2 点弁別閾を調べた。また，風圧噴出時間として，各部位で 0.05 秒を連続で 5 回，0.1 秒を 1 回，0.5 秒を 1 回の 3 種類で実験を行った。なお，0.05 秒の場合に連続で 5 回吹き付けるのは，事前実験により，0.05 秒を 1 回吹き付けるだけでは位置の認識が困難だったためである。

被験者は，カメラ画像に顔の正面が映るようにカメラと向かい合う状態で座った。カメラと被験者の位置は固定状態であり，風圧出力部もパンチルト台の角度がパン，チルトそれぞれ 0° の際に，エアブラシの先が被験者が顎を載せる台から 100mm 離れる位置に固定した。

図 9 実験の流れ
Flow of experiment.

図 10 基準点の例と比較点の移動範囲と走査方向
Criterion point and range of comparison point.

2点弁別閾の測定実験の流れを図9に示す。まず基準点を各部位ごとに設定し、その点から離れた位置に比較点を置く。比較点は頬と鼻ならば基準点の下側、額と顎ならば右側を始点とし、それぞれ基準点の上側、左側に向かって3mmずつ移動を行う。被験者には基準点に風圧刺激を与えた後、比較点にも同様に風圧刺激を与える。そして、被験者は比較点での刺激が基準点での刺激に対して『右(頬と鼻は上)、等しい、左(頬と鼻は下)』のどれに当たるかを回答する。その後、比較点を上側、または左側に向かって3mm移動させ、基準点と比較点の比較を走査範囲内で繰り返す。基準点と比較点の移動範囲と走査方向は図10のように設定した。

また、エアブラシの位置を視認により推測されないように実験の最中は目を閉じてもらい、さらに、基準点と比較点の位置をパンチルト台の動作音で位置推定ができないように、エアブラシをランダムに移動した後に指定した位置へ移動させた。2点弁別閾は被験者が比較点の走査中、基準点と比較点の二つの刺激が同じであると感じはじめた位置からさらに走査を続け、再び二つの刺激が違うものであると感じ出すまでの距離を2で割ったものである。もう一つの指標として、二つの刺激を同じと感じた領域の中心点を主観的等価点とし、基準点からのずれを求めた。

4.2 実験結果

正面を向いた状態の頬、額、顎、鼻の4箇所、3種類の

(a) Cheek

(b) Forehead

(c) Chin

(d) Nose

図 11 2点弁別域の実験結果
Experimental results of two point thresholds.

風圧噴出時間により2点弁別閾を調べた結果を図11に示す。縦軸は比較点の基準点からの距離を示し、頬と鼻は負の値が基準点より下側、額と顎は負の値は基準点より被験者から向かって左側である。横軸で14人の被験者ごとに結果を分けている。点線で区切っている中に三つの部分に分かれた縦棒があるが、左から0.05秒を連続で5回、0.1秒を1回、0.5秒を1回吹きつけた際の実験結果である。縦棒は、被験者が基準点と比較点の位置が同じであると答えた領域であり、主観的等価点は同じであると答えた領域の中心位置に存在し、白色の部分で表されている(図12)。

図 12 実験結果の説明図

How to see the experimental results.

表 1 部位ごとの 2 点弁別閾平均と標準偏差
Av. and S.D. of two point thresholds (Parts).

噴出時間 [秒]		頬	額	顎	鼻
0.05 × 5	平均 [mm]	5.6	6.0	4.4	5.1
	標準偏差	2.8	3.4	2.4	1.9
0.1	平均 [mm]	4.5	5.7	3.6	5.1
	標準偏差	2.4	2.4	1.8	2.7
0.5	平均 [mm]	4.4	5.7	4.1	5.3
	標準偏差	2.4	2.2	1.7	2.9
全体	平均 [mm]	4.8	5.8	4.0	5.2
	標準偏差	2.5	2.6	2.0	2.5

表 2 部位ごとの主観的等価点平均と標準偏差
Av. and S.D. of subjective equal point (Parts).

噴出時間 [秒]		頬	額	顎	鼻
0.05 × 5	平均 [mm]	3.0	2.8	1.8	2.1
	標準偏差	2.8	1.8	0.9	1.6
0.1	平均 [mm]	1.9	1.6	1.5	1.5
	標準偏差	1.8	1.2	1.3	1.8
0.5	平均 [mm]	2.1	2.3	1.5	2.0
	標準偏差	2.3	1.7	1.2	1.4
全体	平均 [mm]	2.4	2.2	1.6	1.9
	標準偏差	2.3	1.7	1.1	1.6

頬、額、顎、鼻の各部位の 2 点弁別閾を比較すると、顎が最も 2 点弁別閾が小さく主観的等価点が基準点に近い。また標準偏差もそれぞれ値は小さく、被験者全体に顎の感度にはばらつきが少なく、顔面上で刺激の認識精度が高い部位であると言える。表 1、表 2 に弁別閾と主観的等価点の平均と標準偏差を示す。なお、主観的等価点は原点からの絶対値で平均を取得している。

他の三つの部位に関しては額が最も 2 点弁別閾が大きく、次いで鼻と頬となっている。カリパスを用いた 2 点弁別閾の実験においても、額、鼻、頬、顎の順に弁別閾が小さくなっており、額は他の顔面部位よりも触覚認識が困難と考えられる。また H. Strughold らによる顔面上の冷点の分布密度¹⁸⁾を見ると、冷点の分布密度は唇が最も高く、額が最も低くなっており、また、鼻が他の部位よりも少し低くなっている。エアブラシから噴出される風は圧縮されたものであり冷気を持っているため、額の 2 点弁別閾が大きくなった要因の一つとして額の冷点の分布密度が低いことが推測される。

5. 位置提示への反応精度実験

試作した風圧ディスプレイを用いて、指定した対象者の顔面位置に風圧を与えることで、その位置を的確に対象者に伝えられるか実験した。

図 13 風圧提示実験部位

Target area of wind pressure display.

表 3 部位ごとの各回答数
Results of accuracy of position representation.

	○	△	×
1 (額)	15	16	11
2 (鼻中央)	6	14	22
3 (鼻横)	14	13	15
4 (顎・鼻下)	29	12	1
5 (頬中央)	16	17	9
6 (頬端)	19	14	9

5.1 方法

前章の実験同様、成人の健常者 14 名 (男性 7 名、女性 7 名) を対象とし、男性 7 名と女性 3 名が化粧をしていない状態、女性 4 名が化粧をしている状態で実験を行った。実験の手法として、カメラ画像上を手動で指定し、被験者の顔面上に風圧を与え、風が吹きつけられたと感じる位置を被験者に指差して回答してもらった。実験部位は図 13 のように 6 分割した。前章の実験同様、0.05 秒を連続で 5 回、0.1 秒を 1 回、0.5 秒を 1 回の 3 種類の風圧噴出時間で各部位に刺激を一度ずつ与え、被験者一人当たり合計 18 回の位置提示実験を行った。なお、各部位毎の実験回数は被験者 14 名に対し、3 種類の風圧噴出時間で一度ずつ刺激を与えるので、計 42 回となる。

指定した位置を指しているかの判定区分として、指定した点を中心にカメラ画像上に 10pixels の円を描き、被験者がその円の中心部に指を指している場合と、円周付近を指している場合、円周外の別の位置を指している場合の 3 種類に区分した。

5.2 結果

部位ごとの各回答数を表 3 に示す。表中の記号は、カメラ画像上で指定した点を中心にした半径 10pixels の円に対して、“○”が被験者がその円の中心部を指差している場合、“△”が円周付近を指している場合、“×”が円周外、または円周内でも立体的に別の位置を指している場合の 3 種類に区分した。実験結果では、顎を含む唇周囲への位置提示の正答数が多く、全ての被験者において誤答数 1 となった。これは 2 点弁別閾の測定同様、冷点の密度が高い唇に風が触れることが、位置推定の精度向上の補助要因の一つとなっていると考えられる。

表 4 男女別の部位ごとの 2 点弁別閾平均と標準偏差
Av. and S.D. of two point thresholds (Sex).

噴出時間 [秒]		頬		額		顎		鼻	
		男	女	男	女	男	女	男	女
0.05 × 5	平均 [mm]	6.6	4.8	7.5	4.8	5.6	3.3	5.6	5.0
	標準偏差	2.6	2.9	4.0	2.0	2.7	1.5	2.1	1.8
0.1	平均 [mm]	4.7	4.5	6.2	5.3	3.9	3.5	5.1	5.5
	標準偏差	2.8	2.3	2.9	1.8	2.3	1.5	3.6	1.5
0.5	平均 [mm]	5.1	4.0	5.6	6.3	4.3	4.0	4.9	5.5
	標準偏差	2.3	2.4	2.8	1.1	2.0	1.5	1.9	4.2
全体	平均 [mm]	5.5	4.1	6.4	5.1	4.6	3.5	5.2	5.1
	標準偏差	2.6	2.4	3.2	1.7	2.3	1.4	2.5	2.5

表 5 男女別の部位ごとの主観的等価点と標準偏差
Av. and S.D. of subjective equal point (Sex).

噴出時間 [秒]		頬		額		顎		鼻	
		男	女	男	女	男	女	男	女
0.05 × 5	平均 [mm]	3.4	2.6	2.6	3.0	1.9	1.7	1.5	2.8
	標準偏差	3.4	2.1	2.6	0.9	1.1	0.6	1.2	1.8
0.1	平均 [mm]	2.8	1.1	1.3	1.9	1.5	1.5	0.6	2.4
	標準偏差	2.2	0.7	1.0	1.4	1.7	0.9	0.8	2.1
0.5	平均 [mm]	2.4	1.9	1.9	2.6	1.1	1.9	1.7	2.4
	標準偏差	1.9	2.7	1.9	1.7	1.1	1.1	1.3	1.5
全体	平均 [mm]	2.9	1.9	1.9	2.5	1.5	1.7	1.3	2.5
	標準偏差	2.5	2.0	1.9	1.4	1.3	0.9	1.2	1.7

また顎とは対照的に、鼻の中央は正答数が少なく誤答率が高い。実験結果画像を確認すると、鼻の先の場合、提示位置とした時に鼻の付け根付近を指すことが多く、提示した位置よりも最終的に風が流れて当たった位置を提示位置と認識する傾向があることが分かった。

6. 考 察

前章で得られた部位ごとの 2 点弁別閾、位置提示への対象者の反応についての実験結果をもとに考察を行う。まず男女の違いによる 2 点弁別閾の違いについて考察する。実験では男女同数の被験者としたが、普段化粧を行う女性と行わない男性の 2 点弁別閾と主観的等価点の比較を行い性差が表れるか調べた。2 点弁別閾と主観等価点の平均と標準偏差を表 4、表 5 に示す。

表 5 より、頬と額、顎の 2 点弁別閾において女性の方が男性よりも値が小さい場合が多く、また、額と顎に関しては標準偏差においても小さく、被験者ごとの値のばらつきが少ないことがわかる。これは日常、女性の方が化粧のために顔面に触れる機会が多く、顔面の感覚が鋭くなっていると考えられる。一方、男性は額の 2 点弁別閾と標準偏差の大きさなどから、不得意部分に対する個人差が大きく、化粧という日常行為が存在しないため、個人によって顔面に触れる機会の多さに違いがあり、それが 2 点弁別閾が大きくなった要因の一つと考えられる。

なお、本実験において得られた各部位の 2 点弁別閾は、カリパスを用いた実験結果と同様の傾向を示しているが、3.3 節で述べたように提示位置に誤差を含んでいるためカリパスのように刺激の提示位置が正確に示せていない。今後、システムおよびカメラ画像と風圧提示位置の位置合わ

図 14 提示失敗画像
Examples of failure.

せ精度高めることで、正確な 2 点弁別閾を求めることが必要である。

また、2 点弁別閾の測定実験において、例えば、額では被験者から見て右の最遠方から左に向かって提示位置を移動させるように、各部位に対して一定方向の移動での提示を行った。これは、同一方向の提示箇所の移動だけでも 2 点弁別閾を正しく求められると仮定したためであるが、逆方向からの提示やランダムな提示での実験を行い、本実験結果の妥当性の検証やさらに信頼性を高める必要がある。

次に風圧噴出時間について考察する。実験では風圧噴出時間を 3 種類用意し 2 点弁別閾に差異が現れるかを調べたが、どの部位においても大きな差異は見られなかった。また、被験者毎に見ても、被験者によっては噴出時間で大きな差異が見られる結果もあるが、噴出時間において顕著な傾向は読み取れない結果となった。

位置提示への反応については、鼻や頬の端を提示した時に提示位置よりも風が流れた奥を提示位置と認識する傾向があった。これは提示位置の奥に他の部位が存在し、その二つの高低差が大きいことで起こる現象であると考えられる。図 14 に鼻と頬の端の提示失敗画像を示す。

どちらの画像も、被験者は顔面上で提示を行った位置よりも周囲の奥まった位置に吹き付けられたと認識しており、唇周囲では利点となっていた風の特徴がこの点では欠点となっている。しかし、鼻の中央の回答数を風圧噴出時間で見ると、0.1 秒を 1 回吹きつける場合のみ正答数が多く誤答数が少ない。風量が他の 2 種類よりも少ないために奥まで届く風量が少なく、はじめに風があたった箇所の認識が優先されたと推測される。よって、風の特徴による欠点を解消するには、奥行きのある部位には長時間吹きつけないことが必要と考える。また、顔面を位置提示装置に対して横向きにすることで、風を鼻以外の顔面に当てないようにすることなどが精度向上手法として考えられる。頬に対しても、横を向かせることで、風の流れが認識しやすい状態にすることが有効であると考えられる。以上より、風圧を用いた位置提示は提示位置を中心に周囲にも風の影響を与えるため、その周囲の情報を活かすことで位置推測が容易になる場合と、逆に位置推定が困難になる場合があり、針などを用いて一点への刺激で提示する手法とは違う、風による刺激の特性が認識できた。

このように単一の噴出時間で風圧ディスプレイを用いる

場合、頬や額などの風が奥に流れない平面部や、唇周囲などの感度の高い部分に対しては対象者に的確に位置提示が可能である。一方、鼻や顔面の端などの奥行きが存在する部位は、部位ごとの風圧噴出時間の設定や、音声の併用など他の感覚を用いることが考えられる。

7. む す び

本論文では、視覚障がい者への化粧支援を目的とした、化粧斑などの対象者へ知らせたい部分を風圧を用いて提示する風圧ディスプレイを提案し、顔面の四つの部位の2点弁別閾の測定と位置提示への反応精度を調べる実験を行った。2点弁別閾の測定では、部位毎の弁別閾はカリパスを使用した従来研究の結果に沿ったものとなった。また、位置提示実験により、風圧ディスプレイを用いての位置提示が可能であり、提示が困難であった部位についても位置提示に使用する風の噴出時間を部位ごとに変更することや、風圧提示装置に向ける顔の向きを変えることで、精度向上に繋がるという指標が得られた。

(文 献)

- 1) 横山由佳, “視覚障害者に対する化粧の心理的効用”, 大阪教育大学 2001 年度卒業論文 (2001)
- 2) 花王 (株) “化粧品点字シール”, http://www.kao.com/jp/corp_csr/social_activities_04_13.html
- 3) 資生堂 (株), “点字シール「化粧品容器貼付用」”, <http://www.shiseido.co.jp/listener/html/baf00004.htm>
- 4) コーセーコスメポート (株), “点字付き化粧品パッケージの開発” 包装技術, 46 号, 9 頁, 768-772 (2008)
- 5) 資生堂 (株), “点字テキスト「上手なスキンケア」, 「上手なメイキャップ」”, <http://www.shiseido.co.jp/listener/html/baf00003.htm>
- 6) 高木佐恵子, 波川千晶, 吉本富士市, “メイクアップ技能上達のためのアドバイスシステム”, 芸術科学会論文誌, 2, 4, pp.156-164 (2003)
- 7) 古川貴雄, 塚田章, “魔法の化粧鏡—実時間顔画像認識に基づくメイクアップシミュレーション”, 画像ラボ, 13, 10, 34-38 (2002)
- 8) 岩淵絵里子, 椎尾一郎, “電脳化粧鏡: メイクアップを効果的に支援するための鏡台の開発”, 第 70 回情報学大会, pp.4-247-248 (2008)
- 9) 井口淳, 天野敏之, 佐藤幸男, “化粧シミュレータによる化粧学習支援手法の提案”, 信学総全大 2003 年 情報・システム (2), p.261 (2003)
- 10) 田中隆一, 三輪利春, 尾島栄子, “触覚ディスプレイとインターネットによる触図普及手法の開発—視覚障害者の触図活用を進める新たな展開—”, 信学技報. SP, 108, 66, pp.1-5 (2008)

- 11) 雨宮智浩, 山下淳, 広田光一, 廣瀬通孝, “指点字インタフェースを用いた触覚による方位提示方法の検討”, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, 5, 4, pp.71-74 (2003)
- 12) 小島雄一郎, 橋本悠希, 梶本裕之, “皮膚を局所的に刺激するウェアラブル風覚提示デバイスの基礎的検討”, 第 13 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, ROMBUNNO.2B2-1 (2008)
- 13) 橋本渉, 今枝良司, “人間の指先における微風の知覚特性に関する研究”, 信学技報, MVE, 106, 91, pp.35-40 (2006)
- 14) 小坂崇之, 宮下芳明, 服部進実, “没入型三次元風覚ディスプレイの開発と評価”, インタラクシオン 2007 論文集, pp.105-112 (2007)
- 15) K. Nishino, K. Miyazawa, H. Oda, M. Nakamura, M. Matsumoto, O. Tanno, S. Nakauchi, “Color Discriminant Analysis Filter for Visualization of Cosmetics Foundation”, Proc. of 11th congress of the International Color Association, CD-ROM (2009)
- 16) Atmel Corporation, “AVR 8-Bit RISC”, <http://www.atmel.com/>
- 17) Weinstein, Weinstein, S. “Intensive and extensive aspects of tactile sensitivity as a function of body part, sex and laterality” in Kenshalo, D. R. (Ed.), The skin senses (Springfield IL), pp.195-222 (1968)
- 18) Strughold, H. and Porz, R., “3 Die Dichte der Kaltpunkte auf der Haut des menschlichen Körpers”, Z Biol, 91, 563-571 (1931)

木村 有里 2010 年, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。福祉工学に関する研究に従事。修士 (工学)。

真鍋 佳嗣 1995 年, 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。同年, 同大学基礎工学部助手。1999 年, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教。2007 年, 同研究科准教授。現在に至る。2001 年, ヨエンスー大学客員研究員。質感計測・表現の研究に従事。博士 (工学)。

浦西 友樹 2008 年, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年, 日本学術振興会特別研究員 PD。2009 年, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教。現在に至る。2007 年, オウル大学研究員。3 次元形状計測に関する研究に従事。博士 (工学)。

千原 國宏 1973 年, 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。同年, 大阪大学基礎工学部助手。1983 年, 同助教。1992 年, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授。現在に至る。バーチャルリアリティの応用研究に従事。工学博士。