

# 移動型カメラを用いたセルフヘアカット支援システム

双見 京介<sup>1,a)</sup> 寺田 努<sup>1,2,b)</sup> 塚本 昌彦<sup>1,c)</sup>

受付日 2016年12月21日, 採録日 2017年7月4日

**概要：**散髪は理美容室などで専門家が行うのが一般的であるが、個人の悩みや理想が専門家に伝わらず満足する髪型が得られない場合もあり、自身を散髪するセルフヘアカットが行われている。本研究では、セルフヘアカット時に既存の道具で頭部を見ようとした際に起こる環境面の課題解決のために、視点移動が可能な移動型カメラを用いたセルフヘアカットのための情報提示システムを提案する。提案システムでは、移動型カメラで撮影した自身の映像をディスプレイ上で見ながらセルフヘアカットが行われる。提案システムには、セルフヘアカット時の非利き手の動きを利用して、移動型カメラにユーザの散髪したい部分を自動追跡させる機能などを実装しており、ユーザに散髪のしやすい映像を負担なしで見ながら散髪をさせる。評価結果から、提案システムによってセルフヘアカットを快適に行えることを確認した。

**キーワード：**セルフヘアカット, カメラ付きロボット, 情報提示システム, ファッション, 理美容, 散髪

## A System for Supporting Self-haircut Using Movable Cameras

KYOSUKE FUTAMI<sup>1,a)</sup> TSUTOMU TERADA<sup>1,2,b)</sup> MASAHICO TSUKAMOTO<sup>1,c)</sup>

Received: December 21, 2016, Accepted: July 4, 2017

**Abstract:** While people who want to style their hair usually go to beauty parlors, it is difficult for them to explain the intended hairstyle properly to hairdressers. Such experiences lead some of them to cut their hair themselves. However, there are environmental problems that prevent one from being able to cut his/her hair satisfactorily. In this paper, we call the act of cutting his/her hair by his/herself self-haircut and propose a system for supporting self-haircut using a movable camera. Our system has a function to track and show the point where they wish to cut automatically by capturing their non-dominant hand using image analysis, which enables a user to do self-haircut while watching images suitable for haircut with no burden. From the results of evaluation, we confirmed the effectiveness of the proposed system.

**Keywords:** Self-haircut, Robotic camera, Information presentation system, Hairdressing, Hairstyle

### 1. はじめに

明治4年の散髪脱刀令によって髪型を自由に整える風潮が日本で公となった。以来、髪型が現代人の関心事およびファッションの一部になっていることは、多様な整髪手段や髪型の普及、また、平成24年の調査で8,789人の5割以上が身だしなみの中で髪型および髪に関することに気

をつかうと回答したことなどからも分かる。

整髪手段の1つである散髪は、容姿を整えるため、健康や衛生を維持するために重要なものとなった。この散髪を自分で行うことはセルフヘアカットと呼ばれ、個人用の整髪手段である整髪剤、ヘアドライヤ、ヘアアイロンなどと同様に自己表現の幅を広げるものと期待されている。セルフヘアカットに至る動機の1つである理想の髪型の追及は、理美容室で髪型の理想や悩みが正確に伝わらずに望む髪型が得られない経験などから生まれる。そのほかにもお金の節約の動機があり、日本人の約6割が散髪を含む髪のケアへの出費を減らしたいことが2013年のThe Boston Consulting Groupの調査[2]で示されている。こういった動機によるセルフヘアカット者の増加から、セルフヘア

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe,  
Hyogo 657-8501, Japan

<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
JST PRESTO, Chiyoda, Tokyo 102-0076, Japan

a) futamikyosuke@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

カットのメディア露出は近年増えており、個人のセルフヘアカット活動を集めた記事やテレビ番組、自己流のセルフヘアカットの投稿動画などもある。このセルフヘアカット者を対象にした支援道具も販売されており、たとえば専用のハサミや鏡、毛束の長さの測定道具に固定道具、ケーブルなどの掃除の負担軽減道具などがある。

セルフヘアカット時にはカットする部分などを見るために自身の頭を見ながら散髪をする必要がある。しかし、鏡などの既存の道具を用いた環境では、散髪がしやすい映像が得られないという問題や、道具の使用による負担が散髪を妨げるという問題が起り、結果として満足な散髪ができず満足な髪型を得られない。そこで、本研究では、視点移動が可能な移動型カメラを用いたセルフヘアカットのための情報提示システムを提案する。提案システムでは、移動型カメラで撮影した自身の映像をディスプレイ上で見ながらセルフヘアカットを行える。移動型カメラは、セルフヘアカットの動作特徴を基にして、ユーザが見たい部分へ自動で移動する。

セルフヘアカットはヘアスタイルでおしゃれを楽しむための一手段であり、セルフヘアカットによってヘアスタイルでの自己表現や、満足感の高いヘアスタイルおよび新しいヘアスタイルの創出を楽しめる。提案システムはセルフヘアカットを満足に行える環境を提供するものであり、このようにしてファッションの一部であるヘアスタイルを楽しむようにコンピュータ技術で支援するという点で、本研究はエンタテインメントコンピューティング技術の発展に貢献すると考える。

以降、2章では関連研究について述べる。3章では既存道具の課題を調査する予備実験とシステム設計について述べる。4章では提案システムの実装について述べ、5章で評価と考察を行う。最後に6章で本論文をまとめる。

## 2. 関連研究

特定の場面でのユーザの姿を第三者視点で見るためのシステムは多くあり、場面や作業ごとに様々なものが開発されている。美容作業のためのシステムとしては、Iwabuchiら [3] のメイクアップ支援のための電脳化粧鏡がある。このシステムでは、カメラ・センサ付きディスプレイからメイク時の身体的負担軽減や仕上がり向上のための支援が得られ、たとえば、アイメイク時に目を鏡に近づける動作の負担軽減のために、マーカ付き道具から認識したメイク箇所のズーム映像を提示する機能が実装されている。また、長嶋ら [4] は、壁に固定された回転するカメラ付きアームによって自分を 360° 任意の方向から見られるシステム、Satellite Eyes を提案しており、使用場面にはフィッティングルームや化粧室、洗面所などの狭い空間における容姿全般の身支度時が想定されている。Tominaga ら [5] は自走型ロボットを用いてランニング時のフォームをユーザにリ

表 1 被験者の情報

Table 1 Information of subjects.

| 被験者          | A | B | C | D | E | F  |
|--------------|---|---|---|---|---|----|
| 性別           | 男 | 男 | 男 | 男 | 女 | 男  |
| セルフヘアカット経験内容 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3  |
| セルフヘアカット経験年数 | 5 | 0 | 6 | 2 | 8 | 10 |

アルタイムで提示するシステムを開発した。このシステムの自走型ロボットは、ユーザの胴に装着されたマーカを画像認識することで、ユーザ前方を一定距離で自走し、正面方向から適切な距離で撮影したユーザのランニングフォームをロボットのディスプレイから提示する。この陸からの視点のシステムに対して、Higuchi らの Flying Eyes [6] は、自律飛行ヘリコプタによる空中自由視点からユーザを自動で追跡撮影するシステムを開発しており、スポーツなどの様々な場面での応用が想定されている。また、山本ら [7] は旅を使用場面として、カメラ付きの風船を用いて自身を 3 人称視点から写真撮影するためのシステム、プカプカメラを開発している。こういった様々な 3 人称視点映像フィードバックシステムがある中で、提案システムの特徴はセルフヘアカットを対象にしている点にある。

## 3. セルフヘアカット支援システムの設計

### 3.1 予備実験

一般的な道具を用いたセルフヘアカットで生じる問題を調査した。被験者の情報を表 1 に示す。セルフヘアカットの経験内容は 3 段階で、1 は未経験者、2 は 1 枚の鏡で見える範囲のみ散髪経験がある者、3 は 1 枚の鏡では見えない範囲の散髪や全体の散髪の経験がある者を示す。

実験では全被験者がカツラを被って模擬セルフヘアカットを行い、さらにそのうち 1 名は実際のセルフヘアカットも行い、不自由に感じた点を自由記述のアンケートで回答した。ここでは、日頃のセルフヘアカットの経験もふまえて回答させた。模擬セルフヘアカットでは、髪の毛を模した約 15cm の麻素材の紐付きキャップを図 1 と図 2 のように被らせ、根元から伸ばした紐の長さをすべて 3cm ほどカットさせた。事前に 3cm の紐を定規に添えて見せている。実際のセルフヘアカットでは自由に散髪させた。紐の直径は約 3mm である。使用道具はハサミ、クシ、鏡を用意し、鏡は壁張り鏡、鏡の角度を調整できる手持ち鏡と置き鏡を用意した。

### 予備実験の結果

被験者は自身の頭部を見るために次のようにした。顔の正面を見るためには鏡を自身の正面に置いた。側面や背面などの「鏡 1 枚では見えない範囲」を見るためには鏡を 2 枚以上使用し、たとえば、2 枚の鏡で背面を見る場合、右手に持った「見る用の鏡」の位置と角度を調整して、背面にある「反射用の鏡」に映した背面を見た。このとき、「見る用の鏡」を手を持つ場合と、机に置くことで両手を自由



図 1 キャップ装着例 背面

Fig. 1 Capping example 1.



図 2 キャップ装着例 側面

Fig. 2 Capping example 2.

に使用しようとする場合があった。なお、ヒアリングからは紐と髪の違いによる違和感などは報告されなかったため、紐を髪として扱うことに問題はないと考えられる。

アンケートと観察の結果から、セルフヘアカットを妨げる問題として、以下の 3 種類を確認した。

#### ● 取得映像の問題

散髪のしにくい映像しか得られないという意見があり、具体的には、カットしたい部分を正面近くの方や近い距離で見られない、いっさい見ることでできない部分がある、鏡およびその鏡を扱う体の影が見たい部分を見えにくくしたといという意見があった。これらの主な原因は 2 つ考えられる。1 つ目は鏡の利用で、鏡の反射の利用では鏡や全身をいくら動かしても任意の部分を散髪のしやすい正面近くの方から見ることは無理な場合が多く、反射の距離だけ対象は遠く投影されるため対象を近くで見ることができなかったと考えられる。2 つ目は映像が提示される位置と方向で、「見る用の鏡」が自分の前の位置で正面を向いていないため、映像はより見にくかったと考えられる。

#### ● 身体的な負担の問題

身体的な負担のせいで散髪がしにくいという意見があった。観察結果と意見をまとめると、鏡の反射を利用して任意の部分を映し出す作業（以降、映し出し作業とする）と、見えにくい位置にある「見る用の鏡」を見ようとする作業の 2 つを原因として、鏡と全身の位置・

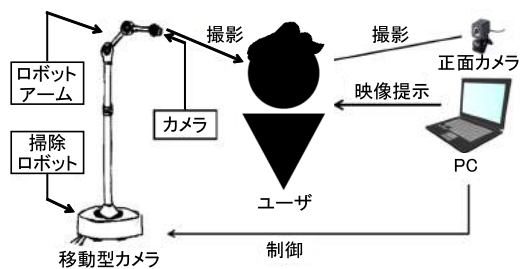


図 3 システム構成

Fig. 3 System configuration.

方向の調整、鏡と散髪道具の頻繁な持ち替え、全身の不自然な状態での維持という 3 つの身体的な制限・負担が生じた。そして、これらのせいで、散髪が中断される、散髪だけに集中できない、散髪だけのために全身を自由に使えない、映像を見ることと散髪が同時にできないという問題が生じた。なお、ここでの全身とは手や腕、顔、足などのほかに目線や姿勢も指し、散髪とは、髪を見てカット部分を決定して毛の束をといで長さを決定してカットするという一連の作業を指す。この問題の原因は、映し出し作業と、取得映像の問題で前述した「見る用の鏡」の位置・方向の 2 つと考えられる。

#### ● 認知的な負担の問題

認知的な負担が散髪を妨げたことにつながる 2 種類の意見があげられた。1 つ目は映し出し作業の難しさで、鏡と全身をどう動かせば任意の部分が見られるのかが不明という意見があった。2 つ目は合わせ鏡の映像を見ながらの作業の難しさで、合わせ鏡の反射を繰り返した映像を見ながらの作業では映像中と実際の腕の動きの対応が分からないときがあって、腕を逆方向に動かしてしまうという意見があった。具体的には、正面鏡に背面鏡の反射で映る後頭部の毛束にハサミを近づける際に前後左右に関して逆方向にハサミを移動させる混乱が起り、その際の手の移動時には映像を見ずに目を閉じた方が容易という意見があった。これらの原因としては、映し出し作業が直観的にできないことと、鏡の映像自体に「映像が左右反転する」という無意識的な認識があることの 2 つが考えられる。後者の特殊な認識のせいで、2 枚の鏡の反射で 2 回左右反転した映像（反転していない映像）を見ているにもかかわらず、1 回左右反転した映像に対する反応をしてしまったことが混乱時の逆方向の動作と考えられる。

### 3.2 システム設計

予備実験で確認した問題を解決するために、視点移動が可能なカメラで撮影した頭部の映像を、ディスプレイ上で見ながらセルフヘアカットをするシステムを構築する。システム構成を図 3 に示す。システムはフロントカメラ、ディスプレイとなる PC、移動型カメラで構成される。PC



上部に取り付けたフロントカメラでユーザの正面を撮影し、移動型カメラでユーザの正面以外を撮影する。撮影映像やその他必要情報はユーザ正面のディスプレイから提示する。ユーザはディスプレイ上の映像を見ながらセルフヘアカットをする。移動型カメラは、撮影映像からユーザの散髪動作を認識してユーザの見た部分の自動追跡するが、フットスイッチによる手動操作にも対応する。このようにして、散髪したい部分の正面方向かつ近い距離からの映像を正面から提示することで、散髪を妨げる負担なしで、散髪のしやすい映像を見ながらの散髪をユーザにさせる。また、電子ディスプレイからカメラ映像を提示することで、鏡の反射を利用した際の混乱の改善を狙う。

### 3.3 移動型カメラのハードウェア

図3の左に示すように、移動型カメラにはその全体の土台に掃除ロボットを使用し、胴体の上にロボットアームを固定し、アーム先端にカメラを付ける。これとは別に、定点設置型カメラをユーザの前後左右に多数設置するタイプも検討したが、移動型カメラの採用理由は次の4つである。1つ目は、定点設置カメラの方は視点の切替えによって提示映像の内容把握ができない混乱が起こりうるという報告[12]があったからである。2つ目は、移動型カメラの方が任意の視点の実現しやすく、視点移動が目で見える感覚に近いと考えられたからで、視点移動可能なカメラが目で見える感覚の再現や対象把握に有効な可能性は、たとえば遠隔教育システムなどでも示唆されている[8]。3つ目は、本研究における簡易な映像比較実験から移動型カメラの映像の方が有意に髪型を把握しやすいと確認したからである。4つ目は、カメラ付きロボットが自走して雑用（例：掃除）をする可能性を考慮したからである。

### 3.4 移動型カメラの動作制御機能

移動型カメラを自動制御するために、セルフヘアカットならではの動作特徴から散髪動作を認識して、ユーザのカットしたい部分が映像の中心に映るように移動型カメラを制御する機能を実装する。以降、この機能をカット部分追跡機能と呼ぶ。本機能のように、特定の作業時の動作状態を画像認識する例としては、関連研究で述べた例のほかに、「食材が変化する際は調理者の手が食材に接触する」という調理時の特徴を調理台真上の固定カメラ映像で撮影して調理工程を認識する技術[9]がある。

ユーザのカットしたい部分の認識方法について述べる。セルフヘアカット動作の一連の流れは次のようになる。

- (1) カット位置の選択と決定
- (2) カット長さの選択と決定
- (3) カットして(1)か(2)に戻る

この流れのうち、ハサミなどの道具を使用しない非利き手は(1)の「カット位置の選択と決定」において、カット



図4 マーカ認識の様子

Fig. 4 State of marker recognition.

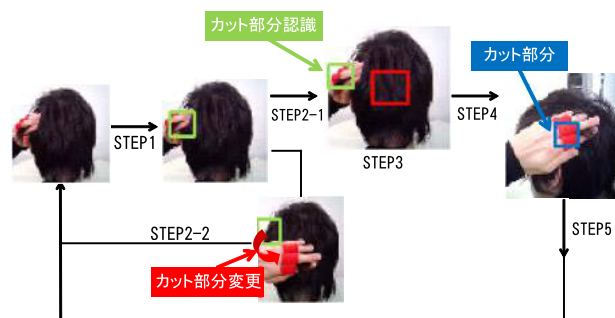


図5 対象追跡の流れ

Fig. 5 Flow of object tracking.

位置の選択中に動き、決定時に毛束を指で固定して停止する。つまり、非利き手の停止位置がカットしたい部分となる。この動きの認識のために、ユーザの非利き手の指にカラーマーカを装着させ、カメラ映像からその色を認識し、認識部分が映像中心に映るように移動型カメラを制御した。

非利き手の動きと、カラーマーカの採用理由は次のとおりである。認識対象には毛束を指で固定する手の「形」も考えられ、Convex Hull[10]による形状認識を試したが、手や指の扱い方がユーザによって異なり、うまくいかなかったため採用しなかった。対象の認識には、たとえば人を外見の色から追跡するロボット[11]のように対象の色も利用できたが、非利き手は同色の利き手や顔、首などとの区別が難しかったのでマーカを採用した。また、動きの情報は加速度センサから得てもよかったが、本研究では後にカットの動作状態をハサミから認識するといった画像からの状態認識が有効な場面を想定したので画像認識を採用した。

移動型カメラの映像からマーカ部分を色認識した2値化画像を図4に示す。このとき、色認識のためにHSV色空間を利用し、色の誤認識で発生したノイズ除去のために、収縮・膨張処理をした。マーカの速度値は現在の画像フレームとその前の画像フレームのマーカ重心位置の差とし、その速度値の差を加速度値とした。速度と加速度の値は画像の縦軸(Y軸)と横軸(X軸)の2次元の情報である。

この機能使用時にはマーカの認識状況と非認識状況が存在する。以下にそれぞれの対象追跡の流れを示す。

#### マーカ認識状況での対象追跡の流れ

カット部分の認識は図5に示す5ステップからなる。

**STEP1:** マーカの重心位置が一定範囲内に一定時間とど

まれば、その位置をカット部分候補と認識する。この際、重心位置を中心とした緑四角形を表示して認識位置をユーザに知らせる。

**STEP2-1:** マーカの重心位置が緑四角形内でさらに一定時間とどまれば、その位置をカット部分と認識する。

**STEP2-2:** マーカの重心位置が緑四角形内から一定時間経過する前に出たら、カット部分変更として STEP1 に戻る。緑四角形も同時に消す。

**STEP3:** マーカの重心位置が画面中心に表示された赤四角形に入るように移動型カメラが動く。赤四角形によって移動型カメラが移動中であることと、カット部分の画面内での移動先をユーザに知らせる。

**STEP4:** 赤四角形内にマーカの重心位置が入れば移動型カメラが止まる。この際、重心位置を中心とした青四角形を表示し、移動完了およびカット部分の認識位置をユーザに知らせる。

**STEP5:** マーカの重心位置が青四角形から出たら、カット部分変更として STEP1 に戻る。

なお、機能理解のための表示図形は非表示にもできる。

#### マーカ非認識状況での対象追跡の流れ

マーカの非認識状況には、散髪自体をやめている状況と、散髪動作をしているがカメラ映像にマーカが映っていない状況の2つがある。今回は前者の動作を認識することで後者の状況にも対処した。前者で散髪をやめる際は手を肩よりも低い位置に下ろすが、後者では同じ頭部上の次のカット位置へ思考しながら慎重に手を運ぶ。これらから、非利き手は前者の方が遠くて低い位置に脱力的に向かうため、前者の方が画像からマーカが見切れるまでの速度値、加速度値、それらの下方向成分が大きいと考えられ、個人ごとに閾値を設定することで前者の状況が認識できると考えられる。よって、以下の条件を満たせば前者の状況とした。

- マーカ消失直前の速度値が閾値より大きい。
- マーカ消失直前までの加速度値が連続で増加している。
- マーカが画面下方向に見切れる。

これらを満たせばそのときの対象追跡の流れをリセットして移動型カメラは停止する。そして、次に散髪動作が開始されてマーカが映像内に映ったときに対象追跡が再び開始される。これらの条件を満たさずにマーカが認識できない場合は、後者の状況と判断し、この際、マーカが認識できていないことをユーザに提示し、ユーザはマーカが映像に映るように手を動かすか移動型カメラを手動操作するか、移動型カメラに自動でマーカを探索させる機能（4.2 節で後述）の使用で対処する。

## 4. システムの実装

### 4.1 移動型カメラの実装

移動型カメラを2台実装した。その外観と制御基盤、フットスイッチを図 6、図 7 に示す。移動型カメラは掃除ロ



図 6 移動型カメラの外観

Fig. 6 Appearance of robot.

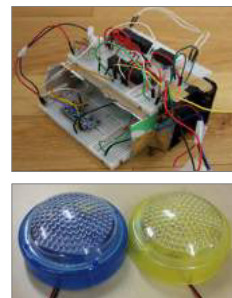


図 7 上図：移動型カメラの制御基盤，下図：フットスイッチ

Fig. 7 Top: Control board Lower: Foot switch.

ボットである iRobot 社製ルンバ 780，ELEKIT 製ロボットアーム MR-999，無線カメラ (USWIRWRD，サンコー)，その他の固定用材料で構成した。解像度は  $320 \times 240$  ピクセルである。掃除ロボットを土台にし、その上にアルミ製の筒状の胴体を積み、胴体の上にロボットアームを乗せ、その先端にカメラを取り付けた。そして、移動時の揺れの軽減のために補助輪を側面に、重しを土台位置に付けた。制御基板とフットスイッチはマイクロプロセッサである Arduino nano，無線通信モジュールである XBee，その他の材料で構成した。

掃除ロボットはユーザの位置を中心として半径 60 cm 程度の円運動を行う。速度は 200 mm/s を基準とし、半径 60 cm 時には 180 度を約 10 秒で動く。ロボットアームは肘の関節 1 つを地面と垂直な方向に動かす。図 8 は撮影映像例を示し、左図と右図は視点の横移動時と縦移動時をそれぞれ示す。マーカは赤色とした。対象追跡時にカット部分の一定範囲とする正四角形の 1 辺の長さは画面縦幅の 15～20%の間とし、カット部分決定までの時間を 3 秒とした。掃除ロボットとロボットアームは対象追跡時には同時に動く。マーカ消失直前の速度の大体の閾値は顔の縦幅である約 24 cm を 0.3 秒以内に通る速度とした。これは、撮影距離が 60 cm 時には円軌道の中心位置から垂直な直線が約 30 cm 映ることから、画面縦幅のピクセル数を 0.38 s 以内で通る速度程度である。映像の縦と横の比は 3:4 で、撮

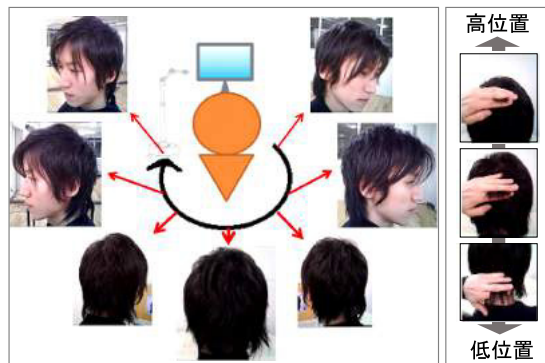


図 8 左右方向と上下方向の視点移動時の映像例

Fig. 8 Example of images when viewpoint moves.

表 2 機能説明

Table 2 Function explanation.

| 機能名称        | 説明                 |
|-------------|--------------------|
| カット部分追跡     | 移動型カメラにカット部分を追跡させる |
| 休止          | 休止状態にする            |
| 一時停止（ホールド）  | 一時的に休止状態にする        |
| 視点右移動       | 移動型カメラを右に進める       |
| 視点左移動       | 移動型カメラを左に進める       |
| 視点上移動       | ロボットアームの肘を上げる      |
| 視点下移動       | ロボットアームの肘を下げる      |
| 撮影距離変更      | 移動型カメラの移動半径を変更する   |
| 映像フリップ      | フロントカメラの映像を左右反転させる |
| 写真撮影        | カメラ映像をキャプチャする      |
| 移動型カメラマップ表示 | 移動型カメラの現在位置を表示する   |
| 掃除          | 移動型カメラに掃除をさせる      |
| カット部分探索     | 移動型カメラにカラーマーカを探させる |

影距離が 60 cm 時には頭部はカメラ映像の約 4 割を占める。

提案システムの使用に必要な平面スペースは半径 90 cm 程度の円の平面を想定しており、この円の半径は、移動型カメラの移動半径約 60 cm と本体半径約 15 cm と適当な予備の幅 15 cm を合計である。また、使用場所としては自宅などの個人のみで使用する場所や、セルフヘアカット室といった美容室のように共有で使用する場所を想定する。

#### 4.2 アプリケーションの実装

アプリケーションの実装には Microsoft Visual C++ と、画像処理用ライブラリの OpenCV を用いた。

システムの操作状態は 3 つある。1 つ目の自動状態は、カット部分追跡機能によって移動型カメラが自動操作されている状態で、マーカの認識状況と非認識状況の両方がこの状態である。2 つ目の手動状態は、フットスイッチで移動型カメラの手動操作をしている状態である。3 つ目の休止状態は、どの動作もしていない状態で初期設定である。休止状態への手動状態からの移行は手動操作が終わり次行われ、自動状態からの移行は休止スイッチで行われる。

実装した機能と説明を表 2 に示す。一時停止（ホールド）機能では、スイッチを押している間移動型カメラの動作を停止させ、離すと元の状態に戻す。用途としてはカッ

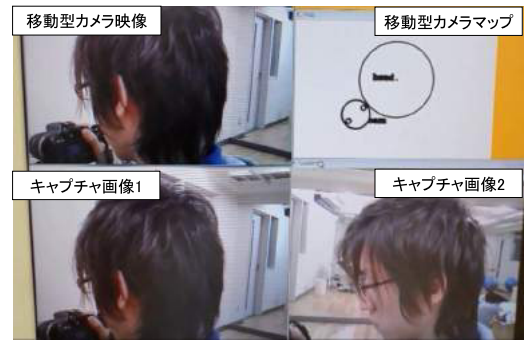


図 9 画面例

Fig. 9 Example of screen.

ト部分追跡機能使用時に一時的に移動型カメラを停止させたい場合に使用する。撮影距離変更機能は、撮影距離を変えたい場合に移動型カメラの円軌道半径を 50 cm～80 cm までで 10 cm 間隔で変更する機能である。フリップ機能は正面カメラ映像を左右反転させ、他人が見ている自分を確認するために使う。写真撮影機能では、フロントカメラや移動型カメラの映像をキャプチャしてフォルダに保存する。また、キャプチャ画像は画面に表示でき、表示枚数は 1, 2, 3 からテンキー入力で選べる。表示画像は撮影ごとに更新される。これらを利用することで、キャプチャ画像を表示させながら移動型カメラを動かして髪型を複数角度から見たり、髪型の画像保存をしたりできる。移動型カメラマップ表示機能では、移動型カメラの移動距離をもとに、その現在位置を表示する。用途としては、撮影対象とカメラの位置を画面で確認することで、撮影映像がどの視点から自分を見たものか分からないという混乱を防ぐ。掃除機能では移動型カメラは掃除しながら円運動を行い、元いた位置に戻る。これは掃除の負担を減らすために使う。

カメラ映像や実装機能の情報はそれぞれがウィンドウとして画面表示され、ユーザはそれらの位置を自由に変更する。図 9 に 4 つのウィンドウを含んだ使用例を示す。左上と右上のウィンドウはそれぞれ移動型カメラの映像と移動型カメラマップ表示機能のウィンドウで、左下と右下のウィンドウは写真撮影機能でキャプチャした画像である。移動型カメラマップ表示機能のウィンドウは、ユーザの真上から見下ろした視点の画で、画の真上方向をユーザの正面としている。そして、画内では小さい円で表される移動型カメラが、ユーザを中心かつ撮影距離を半径とした大きな円の線上を動く。なお、図 10 に示すように 2 台の移動型カメラを同時に利用できるが、自動状態になるのは 1 台で、すれ違う機能は未実装である。

## 5. 評価実験

### 5.1 撮影距離の維持性能の評価

本節では、移動型カメラがユーザと一定距離を保つ性能が十分かを 2 つの実験で評価する。まず、移動型カメラに





図 10 2 台のロボットを同時に使用している様子

Fig. 10 Example of using two robots.

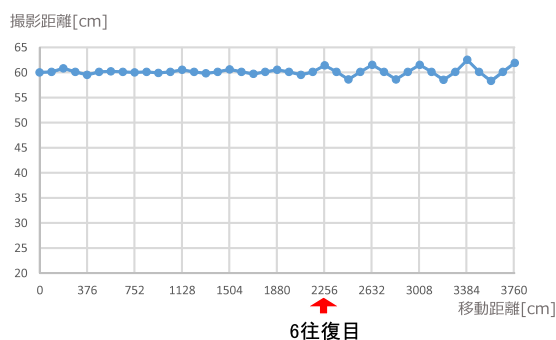


図 11 移動距離による移動型カメラの撮影距離の推移

Fig. 11 Transition of distance between a user and the robot when the robot moves.

ユーザの真右から真左の 180 度間を巡回半径 60 cm で 10 往復させ、真右側面、真背面、真左側面の 3 点においてユーザとロボット間の距離を測定した。片道約 188 cm で総距離は約 3,768 cm となる。この往復数は、髪型完成に必要なものとして散髪専門雑誌 [13] を基に決定した。

図 11 に移動型カメラの撮影距離の推移を示す。縦軸は移動型カメラとユーザの間の直線距離を表し、横軸は移動型カメラの移動距離を表す。結果から、撮影距離の初期状態からの変化は、左右ともに 6 往復までは約 1 cm、それ以降は約 2 cm と分かる。

次に、この撮影距離のズレが散髪結果に与える影響を評価する。具体的に、被験者は左右一方の側面に約 15 cm の紐 8 本付きかつらを被って紐を 1 cm カットする作業を、撮影距離の異なる環境で行う。撮影距離は 3 つで、基準距離となる直線 60 cm, 65 cm, 70 cm である。撮影距離の順はランダム、1 cm の紐を定規に添えて事前に見せ、時間無制限である。

図 12 はカットした紐の結果を示す。分散値は一定の長さのカットを維持できたかを表し、この値が小さいほど良い結果となる。平均値は目標値に近い長さのカットを維持できたかを表し、今回だと目標値である 1 cm に近いほど良い結果となる。なお、分散値は個人ごとに計算されてい

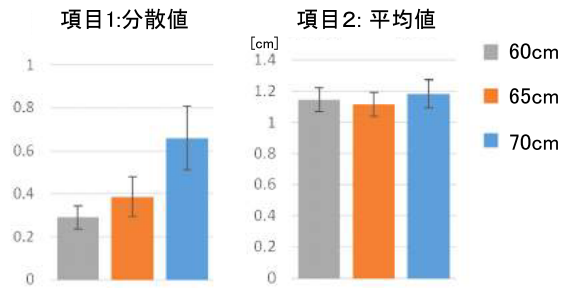


図 12 撮影距離の違いによる散髪への影響の結果

Fig. 12 Results of effect on self-haircut by distance between a user and the robot.

るので、分散値における平均値は個人ごとに定義されており、分散値の意味は個人のデータ内における個人の平均値からのばらつきである。検定には、Bonferroni 補正とウィルコクソンの符号付き順位検定による多重比較検定と、ANOVA (Analysis of Variance) による分散分析と Bonferroni 補正を用いた多重比較検定を、等分散性と正規性を基に選択した。項目 1 に Bonferroni 補正とウィルコクソンの符号付順位検定による多重比較検定を用いて、項目 2 に ANOVA による分散分析と Bonferroni 補正を用いた多重比較検定を用いた結果、撮影距離の違いで散髪結果に有意な差は表れなかった。よって、提案システムの撮影距離のズレは散髪結果に悪影響を及ぼさない程度と考えられる。

以上から、移動型カメラがユーザと一定距離を保つ性能は十分と確認した。ただし、カットのばらつきと撮影距離のズレは比例して増加するようにみてとれるため、撮影距離の大きなズレは散髪精度を低下させると考えられる。よって今後は、随時自動で撮影距離を補正する機能の実装を検討する。なお、ここでの散髪精度とは、たとえば一定の長さのカットを維持できたかや目標値に近い長さのカットを維持できたかといった、カットした紐の分散値や平均値から分かる散髪作業の精密さの度合いを意味する。

## 5.2 自動操作の評価

提案システムが予備実験で確認した問題解決に有効かを評価する。予備実験と同じ被験者 6 名が予備実験と同じ内容で模擬セルフヘアカットを行った。実験ではカット部分追跡機能を事前に理解させて使わせ、実験後に以下の質問をした。図 13 に実験風景を示す。なお、予備実験の環境も随時確認できるように、同時に提供した。

質問 1 取得映像の評価：散髪のしやすい映像が得られたかの 5 段階評価。取得映像が予備実験環境と比べて、とても散髪がしにくければ 1、変わらなければ 3、とても散髪がしやすければ 5 である。

質問 2 システム利用の負担の評価：身体的や認知的な負担を予備実験環境と比べて自由にコメントする。



図 13 評価実験の様子

Fig. 13 Condition of the experiment.

表 3 質問 1 の結果

Table 3 Result of question 1.

| 被験者 | A | B | C | D | E | F | 平均  |
|-----|---|---|---|---|---|---|-----|
| 回答  | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.3 |

質問 3 その他：その他、自由にコメントをする。

### 結果と考察

表 3 の質問 1 の結果から、予備実験時よりも散髪のしやすい映像を得られたと分かる。カット部分を散髪のしやすい正面近くの方から、近い距離で、影などの障害なしで見られたこと、そして映像が前方から正面を向いて提示されたことが、予備実験時の取得映像の問題改善につながったと考えられる。

質問 2 では身体的な負担に関して、散髪を妨げる身体的な負担や制限なしで散髪したい部分を見られたので散髪に集中できた、全身を楽な状態で散髪だけに使えた、映像を見ることと散髪が同時にできたという意見を得た。散髪部分を見るために、手を含めて全身を使う必要や不自然な状態にする必要がなかったことが、予備実験時の身体的な負担を改善させたと考えられる。また、認知的な負担に関しては、散髪したい部分を映すための思考が必要なくて集中できた、鏡の反射を繰り返した映像を見ている際の混乱が起きなかったという意見を得た。映像による混乱は混乱動作が観察可能な者だけにはその場で予備実験環境も再度体験させ、鏡の映像で確認された混乱動作が提案システムでは起こらないことを観察した。この混乱の原因は「鏡の映像は左右反転する」という経験的に身についた認識にあると考えられ、この特殊な認識のせいで、2 回の反射によって実際は左右反転していない映像に対しても、1 回左右反転した映像に対する反応を無意識にしてしまったようにみえてとれた。一方、カメラで撮影したディスプレイからの映像にはそういった特殊な認識がなかったため、混乱が起きなかったと考えられる。これらから予備実験時の混乱を含め認知的な負担の改善を確認したが、今後は定量的な評価のために、それらによる影響が散髪時間や散髪精度に表れるとして間接的に評価する。この間接的な定量的評価

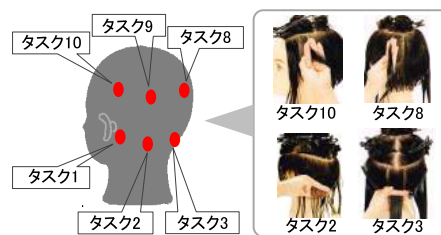


図 14 実験シナリオのタスクの位置と手本画像の一部。図中にないタスク 4～7 は後頭部右半面に同様に位置する

Fig. 14 Parts of positions and example images of task in the experiment scenario. The other tasks positions on the right half of the back of the head.

の理由は、混乱や認知的負担の観察や自己報告が直接的にはできない場合があるから、たとえば一瞬混乱して自己解決して混乱動作が表れないなどがあるからである。

質問 3 では、移動型カメラがカット部分に至るまでを遅く感じる場面があるという意見があった。実験時には、カット部分認識までに時間がかかった場面があり、カット部分を誤認識しないようにプログラムをしたことが原因だと考えられる。また、若干左右に視点をずらしてカット部分を確認するといったように、左右方向の視点移動を自分の判断で適宜したい場面があるという意見があった。これらに対して手動と自動の併用操作を考えており、システムのカット部分認識から決定までの時間短縮のために、カット部分をユーザのスイッチングで決定することや、左右方向移動はフットスイッチ操作にすることも考えられる。

実験中に散髪動作を止めた際に移動型カメラが移動し続けることはなく、マーカ非認識状況でのプログラムがうまく動作したと考えられる。また、その他の機能の要望として、カットする瞬間はカットする部分のズーム映像が見たいという意見があげられ、今後はこの機能実装のためにハサミなどの道具からカット動作を認識することを検討する。

### 5.3 実践的な課題でのシステムの評価

本節では実シナリオに沿った実践的な課題で提案システムを評価する。実験参加者は 12 名で、男性 10 名と女性 2 名、年齢は 21～26 歳、セルフヘアカット経験は 0～8 年である。実験では指定された模擬セルフヘアカットのシナリオを 3 つの環境で行う。シナリオは 1 つのヘアスタイルを完成させる工程の一部を専門雑誌 [13] から抜粋したもので、具体的には、ミディアムヘアの一種の散髪工程のうち、頭部下側領域の左側面から右側面までの髪を真下に伸ばして切り口を直線的にカットする工程と、頭部中段領域の左側面から右側面までの髪を床に平行に伸ばして切り口を直線的にカットする工程である。このシナリオは 10 のタスクから構成され、タスク 1 つにつき視点移動、毛束の把持と特定方向への引っ張り、長さの測定とカットがある。図 14 はシナリオの一部で、実施環境は次の 3 つである。



表 4 実践課題での評価結果の元データ

Table 4 Data of evaluation results.

| 被験者 | シナリオ所要時間 [分] |      |      | 80 本の紐の分散値 |      |      | 80 本の紐の平均値 [cm] |      |      | 取得映像について |    |    | 負担について |    |    |
|-----|--------------|------|------|------------|------|------|-----------------|------|------|----------|----|----|--------|----|----|
|     | 他者           | 提案   | 従来   | 他者         | 提案   | 従来   | 他者              | 提案   | 従来   | 他者       | 提案 | 従来 | 他者     | 提案 | 従来 |
| H   | 3:13         | 6:30 | 8:40 | 0.39       | 0.25 | 1.69 | 1.20            | 0.97 | 1.32 | 5        | 3  | 2  | 0      | 1  | 3  |
| I   | 1:07         | 2:01 | 3:41 | 0.33       | 0.34 | 1.42 | 1.02            | 0.98 | 1.28 | 5        | 4  | 1  | 0      | 1  | 5  |
| J   | 0:56         | 2:07 | 1:56 | 0.78       | 0.57 | 0.90 | 1.54            | 1.18 | 1.41 | 5        | 4  | 3  | 0      | 2  | 3  |
| K   | 1:08         | 2:23 | 2:49 | 0.17       | 0.59 | 1.22 | 0.86            | 0.72 | 0.92 | 5        | 3  | 1  | 0      | 0  | 3  |
| L   | 1:30         | 2:11 | 3:21 | 0.43       | 1.31 | 0.71 | 1.60            | 1.65 | 1.68 | 5        | 4  | 2  | 0      | 1  | 2  |
| M   | 1:27         | 2:40 | 3:23 | 0.36       | 0.48 | 0.49 | 0.74            | 0.69 | 0.36 | 5        | 5  | 2  | 2      | 1  | 4  |
| N   | 1:11         | 2:38 | 3:28 | 0.16       | 0.09 | 0.16 | 1.14            | 1.13 | 1.36 | 5        | 4  | 2  | 0      | 0  | 4  |
| O   | 0:52         | 1:52 | 2:06 | 0.16       | 0.20 | 0.14 | 1.25            | 1.42 | 1.29 | 5        | 4  | 1  | 0      | 2  | 4  |
| P   | 1:10         | 1:57 | 2:39 | 0.07       | 0.07 | 0.09 | 0.98            | 0.94 | 1.00 | 5        | 5  | 3  | 3      | 2  | 4  |
| Q   | 1:11         | 2:38 | 3:28 | 0.23       | 0.33 | 0.23 | 1.01            | 1.17 | 1.16 | 5        | 3  | 2  | 0      | 0  | 2  |
| R   | 0:59         | 2:08 | 2:11 | 0.07       | 0.18 | 0.55 | 1.45            | 1.33 | 1.32 | 5        | 4  | 2  | 1      | 0  | 5  |
| S   | 1:00         | 2:06 | 2:10 | 0.33       | 0.23 | 0.32 | 0.92            | 1.21 | 1.09 | 5        | 4  | 1  | 0      | 0  | 5  |

提案環境：提案システムでセルフヘアカット。

従来環境：予備実験と同様に鏡でセルフヘアカット。

他者散髪環境：美容師のように他者を散髪。この環境が最も散髪がしやすいと想定でき、予備的な比較対象とする。

実験では、被験者は紐束付きかつらを被り、タスクの手順画像どおりに散髪する。紐束は 10 カ所、紐はちょうど 10 cm で 1 カ所 8 本で、カットする長さは 1 cm である。事前に 1 cm の紐を定規に添えて見せ、シナリオの練習を全環境で 1 回ずつさせた。紐の太さは直径約 1 mm のものである。各環境の実施順番は、他者散髪環境を初めにし、残り 2 つはランダムとした。実験時間は約 30 分である。提案システムは前節をふまえて自動と手動を組み合わせた併用操作を使い、左右方向は両足前の 2 つのフットスイッチでの手動操作、上下方向を自動操作に割り当てた。この理由は、左右方向の視点移動は操作する動作方向と対応しているため、たとえば右方向への視点移動は右足でスイッチを押すといった直観的で容易な操作ができるからである。この実験の使用カメラは Microsoft 社の LifeCam Cinema で、解像度は 1,280 × 720 ピクセルである。

評価項目は以下で、これ以外に自由コメントも求めた。

**項目 1：NEM の結果**：NEM (Novice Expert ratio Method) はシステムのユーザビリティ評価方法 [14] で、複数タスクを含むシナリオのシステム操作時間を被験者と熟練者となるシステム開発者の両者が測定し、両者の時間比 (NE 比) で評価する。

**項目 2：シナリオの所要時間**：作業所要時間の評価。

**項目 3：紐の分散値**：一定の長さのカットを維持できたかの評価。5.1 節と同じである。

**項目 4：紐の平均値**：目標値に近い長さのカットを維持できたかの評価。5.1 節と同じである。

**項目 5：取得映像の評価**：散髪のしやすい映像が得られたかの 5 段階評価。とても散髪のしにくい映像であれば 1、とても散髪のしやすい映像であれば 5 とする。

**項目 6：負担の評価**：実験時に感じた負担の 5 段階評価。まったく負担がなければ 1、大きく負担があれば 5 とする。

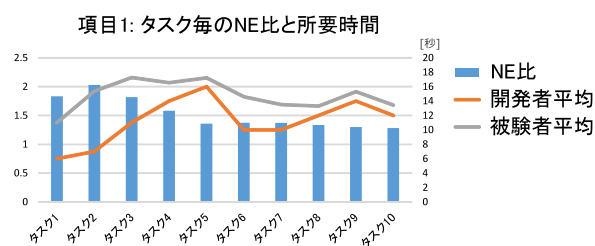


図 15 項目 1 の NEM の結果

Fig. 15 Result of NEM of item 1.

## 結果と考察

評価項目の元データを表 4 に示し、各項目ごとに結果と考察を述べる。まず、項目 1 の NEM の結果を図 15 に示す。左軸と棒グラフは NE 比と呼ばれる被験者と開発者の所要時間の比を表し、右軸と折れ線グラフはタスクごとの所要時間 [秒] を表す。設計者の値は 3 回分の平均値で、棒グラフが小さくて 2 本の折れ線グラフの差が小さいほど良い結果となる。結果から、NE 比は最大で約 2、全体の平均は約 1.53 と分かり、NE 比は 4.5 以上で操作性に問題があるとされていることから [15]、提案システムの操作性に問題はないと考えられる。

残りの結果を図 16 に示す。検定には、Bonferroni 補正とウィルコクソンの符号付き順位検定による多重比較検定と、ANOVA による分散分析と Bonferroni 補正を用いた多重比較検定を、等分散性と正規性を基に選択した。項目 2 の所要時間について、Bonferroni 補正とウィルコクソンの符号付き順位検定を用いた多重比較検定の結果、全環境間の所要時間に有意差があり、所要時間の少ない順に他者散髪環境 (1 分 18 秒)、提案環境 (2 分 53 秒)、従来環境 (3 分 19 秒) となった。以上から、提案環境が従来環境に比べて作業時間短縮に有効と確認した。後述する項目 6 の結果から提案環境の負担は少ないと分かるので、他者散髪環境に比べて所要時間がかかったことも問題はないと考えられ、また、慣れによって時間短縮されると考えられる。

項目 3, 4 の散髪精度の結果を図 16 に示す。5.1 節と同

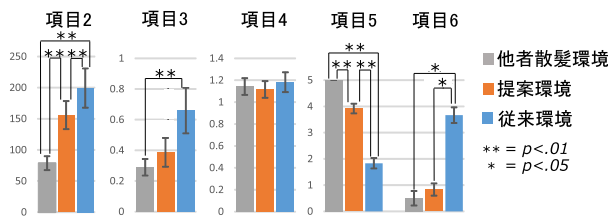


図 16 項目 2, 3, 4, 5, 6 の結果  
Fig. 16 Results of item 2, 3, 4, 5, and 6.

様で、分散値が小さく、平均値が目標値の 1 cm に近いほど結果が良い。項目 3 の紐の分散値は、Bonferroni 補正とウィルコクソンの符号付き順位検定を用いた多重比較検定では、他者散髪環境と提案環境の間に有意な差はなかったが、従来環境は他者散髪環境より分散値が有意に大きかった。これらから、提案環境の散髪精度は他者散髪環境と同等で従来環境よりも良いと分かる。一方、項目 4 の紐の平均値は、ANOVA による分散分析で環境間に有意差はなかったが、平均値の目標値への近さの順は提案環境、他者散髪環境、従来環境となった。提案環境が他者散髪環境と同等以上の結果だったのは、他者散髪環境では目線を毛束に近づける中腰ぎみの姿勢が必要とされたが、提案環境では必要な視点がつねに楽に得られたからと考えられる。以上から、散髪精度に影響する散髪のしやすさに関しても提案環境が従来環境と他者散髪環境に比べて有効な点があると確認した。

項目 5 の取得映像の結果を図 16 に示す。これは、スコアが高いほうが良い。Bonferroni 補正とウィルコクソンの符号付き順位検定を用いた多重比較検定の結果、全環境間に有意差があり、スコアが高い順に他者散髪環境、提案環境、従来環境となった。結果から、5.3 節と同様に、提案環境は従来環境よりも散髪のしやすい映像が提示できたと分かる。一方で、他者散髪環境の奥行きの感じ方が良いので散髪をしやすいという意見があったため、今後はカメラの複眼化による奥行の再現を検討する。

項目 6 の負担の結果を図 16 に示す。これは、スコアが低いほうが良い。ANOVA による分散分析の結果、所要時間の差は有意であった ( $F(11, 2) = 46.12, p < 0.01$ )。Bonferroni 補正を用いた多重比較検定では提案環境と他者散髪環境の両方が従来環境よりも有意に負担が小さかった。これらから、提案環境は従来環境より負担が少なく、スコアの低さから負担自体も少ないと分かる。提案環境においては、視点の位置を一定に保つための動作や体勢という他者散髪環境で観察された負担も少ないと考えられる。

所要時間や散髪精度において、提案環境が従来環境より良かったことから、提案環境によって鏡特有の混乱は軽減されたと考えられ、このことから、1 枚の鏡では見られない自身の範囲を見る場合には、複数の鏡の反射の利用よりも提案システムを利用する方が適切であることを示す結果

を得た。また、鏡のような使い慣れた道具を一般的な形式と異なる方法で利用する場合、過去の経験が悪影響を起こす可能性があり、そのような悪影響は汎用的な機器を介することで排除されることが示唆された。また、情報提示システムの設計では、提示機器によって意図せぬ影響が生じることも考慮すべきという示唆にもなった。

これらの結果から、散髪したい部分を負担なく見ながら散髪するために提案システムが有効であることを確認した。他の併用操作方法としては、今回の併用操作に左右方向の自動移動を追加することも考えられ、フットスイッチ操作をし忘れている際に自動で作動するなど有効に機能すると思われる。

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、視点移動が可能な移動型カメラを用いてセルフヘアカットを支援するための映像提示システムを提案した。そして、セルフヘアカット時の非利き手の動作特徴から、ユーザがカットしたい部分を移動型カメラが自動で追跡撮影する機能などを実装した。評価実験から、提案システムによって快適にセルフヘアカットができることを確認した。ファッションの一部であるヘアスタイルを楽しむように、ユーザがセルフヘアカットを満足に行うことを支援する本研究は、エンタテインメントコンピューティング技術の発展に貢献すると考える。今後は、技術習得に関する支援を検討しており、動作状態に適した指示や髪型完成までの手順の提示などを想定している。また、電子ディスプレイとカメラを用いたシステムがあらゆる場面の鏡の代替となりうることをふまえて、鏡の反射映像と電子ディスプレイ上のカメラ映像による認知的・身体的な影響の調査も検討する。

**謝辞** 本研究の一部は、JST CREST (JPMJCR16E1) および JST さきがけ (JPMJPR15D4) の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] マイボイスコム株式会社：身だしなみに関する自主企画アンケート，入手先 (<http://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/16316/index.html>) (2012).
- [2] Barton, C., Roche, C., Huet, E., et al.: The Resilient Consumer: Where to Find Growth amid the Gloom in Developed Economies, The Boston Consulting Group, available from (<http://www.bcg.de/documents/file145826.pdf>), p.15 (2013).
- [3] Iwabuchi, E., Nakagawa, M. and Siio, I.: Smart Makeup Mirror: Computer-Augmented Mirror to Aid Makeup Application, *Proc. 13th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2009)*, pp.495–503 (2009).
- [4] 長嶋麻里奈, 橋本 直: Satellite Eyes: 人の周囲を回転するカメラアームを用いた視野拡張システムの提案, *インタラクシオン 2015 論文集*, pp.772–773 (2015).
- [5] Tominaga, J., Kawauchi, K. and Rekimoto, J.: Around

- me: A system with an escort robot providing a sports player's self-images, *Proc. 5th Augmented Human International Conference (AH'14)*, pp.43:1–43:8 (2014).
- [6] Higuchi, K., Ishiguro, Y. and Rekimoto, J.: Flying eyes: Free-space content creation using autonomous aerial vehicles, *CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.561–570 (2011).
- [7] 山本 翼, 杉浦裕太, 南澤孝太, 杉本麻樹, 稲見昌彦: ブカブカメラ: 浮遊カメラを用いた三人称視点による旅の記録体験の拡張, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18, No.3, pp.371–381 (2013).
- [8] Kuzuoka, H., Kosuge, T. and Tanaka, M.: GestureCam: A video communication system for sympathetic remote collaboration, *Proc. 1994 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '94)*, pp.35–43 (1994).
- [9] 森 直幸, 船富卓哉, 山肩洋子, 角所 考, 美濃導彦: 調理者の手の動きを時空間制約とした調理中の食材追跡, 電子情報通信学会技術研究報告 (マルチメディア・仮想環境基礎), Vol.107, No.454, pp.45–50 (2008).
- [10] Jain, A.K., Duin, R.P.W. and Mao, J.: Statistical pattern recognition: A review, *Journal of Pattern Analysis and Machine Intelligence (JPAMI)*, Vol.22, No.1, pp.4–37 (2000).
- [11] Bautista, J.A.R., Hernandez, A.M. and Urias, L.M.: Using Color Histograms and Range Data to Track Trajectories of Moving People from a Mobile Robot Platform, *Proc. 22nd International Conference on Electrical Communications and Computers (CONIELECOMP)*, pp.27–29 (2012).
- [12] Gaver, W.: The affordances of media spaces for collaboration, *Proc. 1992 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '92)*, pp.17–24 (1992).
- [13] 新美容出版株式会社: TOMOTOMO, No.637 (2011).
- [14] Urokohara, H., Tanaka, K., Furuta, K., Honda, M. and Kurosu, M.: NEM: Novice Expert ratio Method A usability evaluation method to generate a new performance measure, *CHI'00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.185–186 (2000).
- [15] 鱗原晴彦 (著), 黒須正明 (編): 問題点抽出手法としての NEM: ユーザビリティテスト, 第 10 章, 共立出版 (2003).



二見 京介

1989 年生。2013 年神戸大学工学部電気電子工学卒業。2015 年京都大学大学院工学部電気電子工学専攻博士前期課程修了。現在、神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻博士課程後期課程に在籍。ウェアラブルコンピュー

ティングとユビキタスコンピューティングの情報提示技術の研究に従事。



寺田 努 (正会員)

1974 年生。1997 年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。1999 年同大学院工学研究科博士前期課程修了。2000 年同大学院工学研究科博士後期課程退学。同年より大阪大学サイバーメディアセンター助手。2005 年より同講師。

2007 年神戸大学大学院工学研究科准教授、現在に至る。2004 年より特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事、2005 年には同機構事務局長を兼務。工学博士。アクティブデータベース、ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスコンピューティングの研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会, 日本データベース学会, ヒューマンインタフェース学会の各会員。本会シニア会員。



塚本 昌彦 (正会員)

1964 年生。1987 年京都大学工学部数理工学科卒業。1989 年同大学院工学研究科修士課程修了。同年シャープ (株) 入社。1995 年大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻講師。

1996 年同専攻助教授。2002 年同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻助教授。2004 年神戸大学電気電子工学科教授、現在に至る。2004 年より特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事長を兼務。工学博士。ウェアラブルコンピューティングとユビキタスコンピューティングの研究に従事。ACM, IEEE 等, 8 学会の会員。