

移動型カメラによるヘアセルフカット支援システム

双見京介^{1,a)} 寺田 努^{2,3,b)} 塚本昌彦^{2,c)}

概要: 自分の髪を自分自身で散髪することは難しい。伸びた髪を散髪するには美容室や理容室、床屋といった専門家のいる場所へ行くのが一般的である。しかし、髪質も顔も趣味も異なる専門家に各個人が抱く髪型の悩みや理想のイメージを伝えられない場合もあり、ヘアセルフカットという自身を散髪する行為が行なわれている。本研究では、ヘアセルフカットを現状の道具や環境で行なった場合に課題となる「目では見えない範囲の映像の取得」に重点を置き、自分の目では見えない範囲をカメラで撮影し、その映像を見ながらヘアセルフカットを行なうシステムを提案する。評価実験により提案システムの有効性を確認した。

A System for Supporting Self-Haircut using Movable Cameras

FUTAMI KYOSUKE^{1,a)} TSUTOMU TERADA^{† 2,3,b)} MASAHIKO TSUKAMOTO^{2,c)}

Abstract: While people who wants to arrange his/her hair usually goes to a specific place such as beauty parlor, it is difficult to explain the demand of hair style completely to the hairdresser. In this paper, we propose a system for supporting self-haircut to resolve technical/environmental problem. Especially, our system shows the images of the area where he/she cannot see by using robots with cameras. The evaluation results confirmed the effectiveness of the proposed system.

1. はじめに

明治4年、散髪脱刀令によって髪型を自由にできるようになった。2012年に行なわれた身だしなみに関する調査[1]から、対象者13,543名の半数近くが髪型を気にしているとわかり、現代において髪型が多くの人々の関心事になっていると解釈できる。

一般的に散髪は専門家にしてもらうものであるが、他人に自分のイメージを正確に伝えることは難しい。他人に散髪をしてもらうときに生じる不満だけではなく、長引く不況故の節約の目的や散髪への好奇心といった様々な欲求や動機から、近年ヘアセルフカットを行なう人口は増加している。メディアにも度々取り上げられ、プロ美容師がヘ

アセルフカット方法を教えるテレビ番組や雑誌が増えた。ネット上ではそれに加えて自己流のヘアセルフカットの様子を動画で投稿する者もいる。また、専用商品も様々な種類が存在し、ヘアセルフカット方法の説明書付きハサミなどがある。しかし、これらの商品や知識を得てもヘアセルフカットには高い技術と経験が必要になる。その大きな理由としては自分の頭の側面、背面、上面などの「目では見えない範囲の映像の取得」と、理想のイメージ通りに散髪をするための「技術や知識の習得」の2つが難しいことが挙げられる。本研究では、これらのうち前者の問題を解決することが後者の解決につながると考え、自分の目では見えない範囲をカメラで撮影し、撮影した映像を見ながらヘアセルフカットを行なえるシステムを提案する。提案システムでは、カメラとロボットを組み合わせた移動型カメラが移動しながら対象を撮影する。さらに本研究では、提案システム使用時にユーザが負担を感じないように移動型カメラを、カメラから取得した映像とヘアセルフカットならではの画像特徴によって自動で制御することを試みる。また、手動で操作する方が便利な場面も想定して、両手や体

¹ 神戸大学工学部
Faculty of Engineering, Kobe University
² 神戸大学大学院工学研究科
Grad. School of Engineering, Kobe University
³ 科学技術振興機構さきがけ
JST PRESTO
a) futamikyosuke@stu.kobe-u.ac.jp
b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp
c) tuka@kobe-u.ac.jp

勢が自由に使えるようにフットスイッチ操作も行なえるようにする。

以降、2章では関連研究について述べ、3章では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章で本論文のまとめを行なう。

2. 関連研究

映像提示で作業支援を行なう研究としては岩淵らの電脳化粧鏡がある[2]。このシステムでは、ユーザはカメラやセンサが付けられたPC画面を見ながらメイクを行ない、映像の支援を受けることでメイク時の動作負担を軽減したり、より良いメイクができるようになる。本研究でもユーザの動作や状況に合わせて映像の支援を行なう。

目では見えない範囲の映像取得をカメラで行なう研究例としては、竹林らのシステム[3]がある。このシステムではカメラレンズの水平方向の回転や垂直方向の首振り、映像の拡大・縮小ができるパン・チルト・ズームカメラ1つを背面に設置し、それで撮影した映像を正面に置いたミラー兼ディスプレイにハンズフリーで表示できる。システム操作はフットスイッチで行なえるので作業しながらシステムを利用できる。本研究ではあらゆる視点から対象を撮影する必要があるため、カメラを固定せずに移動させて対象を自由な視点から立体的に撮影することを目指す。

加藤ら[4]は、画像解析を用いた対象追跡では、その用途や目的、対象の特徴や状況に合わせて認識や追跡の手法を考える必要があることを述べ、対象を認識するために色やエッジ、動き(フロー)、位置などの情報を利用できる条件や手法を紹介している。大池らの研究[5]では、設置したパン・チルト・ズームカメラを用いて高速運動している対象の運動予測を行ない、対象とカメラの運動速度および方位を一致させることによって画像の中心で対象を鮮明に撮影している。カメラ自体が対象に追跡して動くことで、より正確な画像解析や対象追跡につながると述べている。

また、森らの研究[6]では、調理の現在の工程を食材の状態で認識するために調理台を真上からカメラで撮影し、調理の作業時ならではの特徴である「調理中に食材に変化が起こる際には必ず調理者の手が食材に接触する」という事実を利用して食材の追跡を行なっている。本研究でもヘアセルフカット時の特徴を利用した対象追跡を行う。

髪や頭皮をケアするロボットを廣瀬ら[7]は開発した。このロボットは人の手による洗髪と同程度の洗浄力や快適性を再現でき、医療分野や理美容分野での実用化が想定されている。

3. ヘアセルフカット支援システムの設計

3.1 予備実験

一般的な道具で実際にヘアセルフカットを行なった場合

表 1 被験者の情報

質問\被験者	A	B	C	D	E	F
性別	男	男	男	男	女	男
髪型へのこだわり	2	2	3	2	2	3
プロのカットに対する不満	有	無	有	有	有	有
セルフカット経験	2	1	2	2	2	3

にどういった問題が生じるのかを明らかにするため、被験者6名を対象に予備実験を行なった。

始めにアンケート調査を行ない、散髪に対する意識を調査した。調査内容を下記に記し、その結果を表1に示す。

● 髪型へのこだわり (3段階評価)

自分の髪型にこだわりがあるかを聞いた。例えば「前髪は目に被らないくらいの長さ、横は耳が出るくらいの長さ」という風に具体的な理想が部分的にある場合を2とし、その他の全体にも、例えば「つむじの辺りは髪に癖が出やすいので短めで、後頭部は髪が寝やすいので空気が入ってふんわりなるように」など自分に適した理想がある場合を3とした。上記の条件以外や「全体的に短め」などの抽象的な理想は1とした。

● プロのカットに対する不満が有るか無いか

プロのカットに対して不満を持った経験が有るか無いかを聞いた。「要求と違う髪型になった」や「自分の意見が通らなかった」などのカットに対する不満がある場合を有とした。カット以外の不満、例えば「散髪に行くのが面倒」などは不満に含まない。

● ヘアセルフカット経験 (3段階評価)

未経験者は1、前髪や耳の上、襟足などの目に見える部分のみをカットしたことがある者は2、目では見えない範囲や全体をカットしたことがある者は3とした。

3.1.1 一般的な鏡を使用した場合の映像の取得方法

ヘアセルフカット時にはカットする部分を見たり全体のバランスを見る目的で、自分の頭をあらゆる方向から見る必要がある。顔の正面を見るために鏡を自身の正面に置き、側面や背面、上面などの「目では見えない範囲」を見るためには、それぞれが独立して角度や位置を変えられる鏡を2枚以上使用し、1枚の鏡に映した「目では見えない範囲」の映像を、もう一方の「目で見える範囲」にある鏡に投影する方法が一般的である。以降では、前者の鏡と後者の鏡をそれぞれ「反射用の鏡」と「見る用の鏡」と呼ぶ。

鏡を2枚以上使用するには1枚の鏡を手につく方法と、手に持たずに固定する方法がある。前者の動作例を図1に示す。この時の動作は、まず自分の背面に置いた「反射用の鏡」に背面の映像を映し、右手に持った「見る用の鏡」の位置と角度を調整して「反射用の鏡」の映像を「見る用の鏡」に映している。次に後者の動作例を図2に示す。前者の動作例との違いは「見る用の鏡」を手につかず机に置く点で、これによって両手を自由に使用できる。

これらの例では「見る用の鏡」の位置や角度を調整した



図 1 鏡を手に持った例



図 2 鏡を机に置いた例



図 3 キャップ装着例 背面



図 4 キャップ装着例 側面

が、「反射用の鏡」を調整してもよい。例えば三面鏡を使用した場合、三面鏡の真ん中の「見る用の鏡」を自身の正面に置き、その左右の「反射用の鏡」の角度を調整することになる。以上で説明した方法により、頭のほとんどすべての面を見ることができる。

3.1.2 予備実験の内容

被験者 6 名にヘアセルフカットの真似を行なってもらい、その内 1 名には実際のヘアセルフカットも行なってもらった。どちらの実験も一般家庭に存在するハサミ、クシ、鏡を使用した。鏡は壁張り鏡、手持ち鏡、鏡の角度を調整できる置き鏡の 3 種類を用意した。ヘアセルフカットの真似では、まず髪の毛を模した約 15cm 長の麻素材の紐を取り付けたキャップを頭に被る (キャップを装着した様子を図 3 と図 4 に示す)。次に、椅子に座った状態で道具を自由に使用し、全体を現状の長さから 3cm 程カットする。その際、時間は無制限で、根元から伸ばした紐の長さを全て同じにするよう指示し、あらかじめ 3cm を見せた。実際のヘアセルフカットでは普段からヘアセルフカットを行なっている被験者に自由な髪型を再現してもらった。実験後に不自由に感じた点を調査した。

3.1.3 予備実験の結果

実験から得た問題点としてはまず、見たい映像を取得する難しさと、取得した映像の質の低さが挙げられる。鏡を用いて目的の部分映し出す作業は容易ではなく、どれだけ体や視線を動かし、鏡の位置や角度を調整しても見えに

くい範囲が生じた。また、取得した映像には光の反射や影、さらには自身の体が障害となって見えない部分が生じることもあった。このため自分が見たい部分を、適切な距離感、角度、明るさ等で見ることは難しかった。

次に、両手や姿勢など体を自由に使えないことが挙げられる。例えば、鏡を片手で持つ場合には片方の手がふさがり、映像を見ながら両手で作業することは難しかった。また、見たい映像を見るために自分の顔や視線の向き、姿勢などを変えなければいけない時もあり、これらの体の自由の制限は作業をするうえで妨げとなった。以上より、鏡を用いた映像の取得方法には映像の質の低さと、映像を取得する際に身体的制約が生じるという 2 つの問題があるとわかる。

3.2 システム要件

以上の問題点を基に以下の要件でシステムを設計した。

● 要件 1 最適な視点の映像を見やすく提示できる

例えば美容師がカット対象者を見ているような映像を提示することが望ましい。具体的には、ユーザにとって最適な視点で対象を見れること、その最適な視点を見つけるために空間中で視点を自由に移動できることを目指す。こうすることで、ヘアスタイルによって異なる最適な視点を再現する。例えばユーザが再現したいヘアスタイルがワンレングスという前から後ろまでの髪を同じ長さに真直ぐ切り揃えたヘアスタイルだとする。この場合、カットする毛束をまっすぐ下におろし、ハサミを入れる部分に対して視点を平行に合わせてカットする必要がある。このように、ヘアスタイルによって毛束を引っ張る角度や対象を見る視点が異なる。よって、対象に対して自由な距離や角度を再現した映像を提示することが望ましい。また、鏡のような光の反射が無い映像を提示する必要もある。

● 要件 2 作業の妨げにならない

システムを使用することが作業の妨げとならないようにする。具体的には、鏡使用時に作業の妨げとなった体の自由の制限が起こらないようにする。

以上の要件以外にも、多くの人がカットする部分の映像の他に、全体像を把握できる映像も見たいことがわかった。これはカットする部分の位置決定や毛束を引っ張る角度決定、カットする長さの決定において、全体のバランスを把握し、その一回のカットが全体に及ぼす影響や仕上がり具合をイメージするためである。また、個人差はあったが鏡の映像を見ながら固定した毛束にハサミを近づける時、誤って遠ざけてしまったり、左右逆に移動させてしまうといった逆の動作を頻繁に行なう者がいた。これは慣れにより改善できるが、初心者でもヘアセルフカットにおいてストレスを感じない情報提示方法を検討する必要がある。

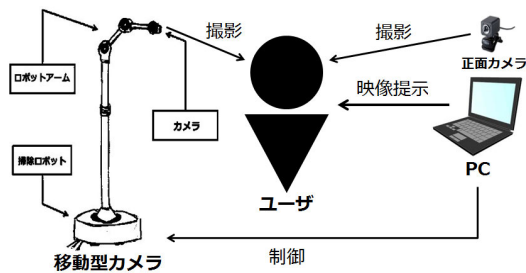


図 5 システム構成

3.3 システム設計

前節で述べた要件を満たすために以下のシステムを設計した。まず要件1を満たすために、ユーザーが見る映像はロボットとカメラを組み合わせた移動型カメラで撮影する。カメラ自体を移動させることで対象を空間中の自由な視点で撮影できる。次に要件2を満たすために、移動型カメラの制御は撮影した映像の情報を基に自動で行なう。また、手動の操作が便利な状況も想定し、両手や体勢が自由に使えるようにフットスイッチで操作できるようにする。

システム構成を図5に示す。PC上部に取り付けたカメラでユーザーの正面を撮影し、移動型カメラでユーザーの正面以外を撮影する。撮影した映像はPC画面に表示すると同時に画像解析を行ない、その情報を基に移動型カメラを自動で制御する。ユーザーはPC画面に表示された映像を見ながら一般的な散髪道具でヘアセルフカットを行なう。

3.4 移動型カメラの設計

移動型カメラの構成は図5のように、ロボット全体の土台として掃除ロボットを使用し、胴体に長さを自由に換えられる、例えばマイクスタンドのような機構のユニットを接続し、その上にロボットアームを積んでアームの先端にカメラを取り付ける。この設計の利点としては、掃除ロボットとロボットアームがそれぞれの得意な動きを分けられるのでロボット制御が比較的簡単な点、移動範囲が広いので対象を自由な視点から撮影できる点が挙げられる。また、ベースに掃除ロボットを用いることで、カットした後にゴミとなる髪の毛も掃除できる。

今回採用したモデル以外に、多数のカメラを定位置に固定して定位置からの視点(前後左右上など)のみで対象を撮影できる据え置き型カメラのモデルも検討した。据え置き型では制作や操作が単純で容易になると予想できるが、次の2つの点から移動型カメラを採用した。1つ目はカメラ自体が動く方がシステム要件1を満たすには適切だと考えた点である。カメラを固定すると対象との距離や角度をユーザーの希望通りに再現できない可能性がある。また、実際に自分の目を移動させるようにカメラを動かして立体的に対象を見ることが最適な視点を見つけるために役立つと考えた。2つ目は今後の発展形を考慮した点である。今回

の移動型カメラの役割は対象を撮影することと掃除することだけだが、今後はヘアセルフカットにおけるユーザーの他の動作を担うことも検討している。ヘアセルフカットではハサミでカットする作業が難しかったり体の負担になる場面がある。例えばカットする毛束を取るところまではユーザーが行ない、実際に毛束をカットするところはロボットが行なうことによって、ユーザーは両手をカットする毛束の位置や長さを選択することに集中でき、腕を上げてハサミを扱う負担を解消できる。

3.5 カット部分追跡機能

この機能は、カットする部分をユーザーの見たい視点で自動的に撮影することを目指す。本研究ではまず、カットする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。カットする部分を対象として認識するために、ハサミ等の道具を使用しない非利き手の動きに注目する。

カットにおける一連の動作を下記に示す。

- (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) 実際にカットして(1)に戻る

この中でカットする部分を決定する「カット位置の選択と決定」の動作において、カット位置の選択中に非利き手は動き、カット位置を決定したタイミングで非利き手はカットする毛束を指で固定して停止する。よって、非利き手の指が映像の中心に映るようにすれば、映像の中心にカットしたい部分が映ることになる。

この機能では対象を認識するためにカラーマーカを用いた。他にも認識手法はあるが、色で認識する手法は非利き手と同じ色である利き手や顔、首などとの区別が難しく、形状で認識する手法はユーザーによって毛束の固定の仕方や手の扱い方が異なり不適切だと判断したので、今回はユーザーに負担にならない範囲で非利き手にマーカを装着することにした。このとき、マーカの誤認識で発生したノイズを除去するために、収縮・膨張の処理を行なった。元の画像とマーカ部分を抽出した2値化画像を図6に示す。求めた2値化画像の重心の位置情報を利用して、マーカの速度と加速度を画面の縦軸(Y軸)と横軸(X軸)についてそれぞれ求めた。速度は現在の画像フレームとその前の画像フレームとの位置の差とし、その速度の差を加速度とする。以下にマーカを認識した場合と認識していない場合の対象追跡の流れをそれぞれ示す。

マーカを認識した場合の対象追跡の流れ(図7)

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、その位置を中心とした緑四角形を表示する。

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、その位置をカット位置と決定し、画像中心に赤四角形を表示する。

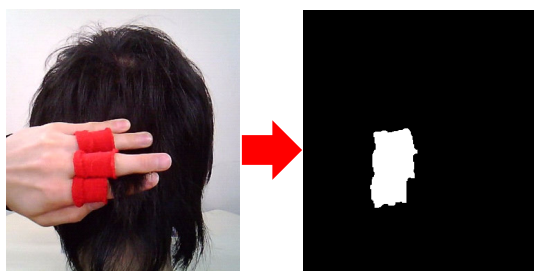


図 6 マーカ認識の様子

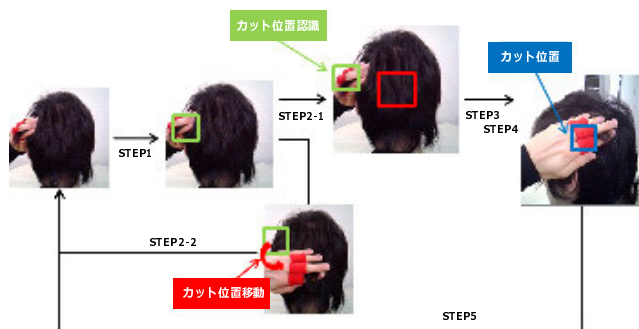


図 7 対象追跡の流れ

STEP2-2: マーカの重心位置が一定時間経過する前に緑四角形内から出たら、STEP1に戻る。

STEP3: マーカの重心位置が画像中心の赤四角形に入るように移動型カメラを動かす。

STEP4: 赤四角形内にマーカの重心位置が入ったら移動型カメラを止め、新たに重心位置を中心とした青四角形を表示する。

STEP5: 重心位置が青四角形から出たら STEP1 に戻る。

マーカを認識してない場合の対象追跡の流れ

マーカを認識していない状況としては、カット動作を止めている状況と、カット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つが考えられる。これらの状況を、最後にマーカを認識していたところまでの重心位置の動き情報で識別する。今回はカットを止める動作のみを認識することで上記の2つの状況に対処する。カットを止める動作時には、マーカが向かう終着点は次のカット位置を終着点とする時よりも距離が遠くて位置が低い場合が多く、手の動きも速い場合が多い。以上の特徴から、マーカの重心位置の速度・加速度とそれらの方向に注目し、以下の条件のどれかが満たされればカット動作を止めたと判断する。

- マーカが消える直前の速度が定めた閾値より大きい。
- マーカが消える直前の加速度が連続で増加している。
- マーカが消える直前の速度・加速度が下方向である。

カット動作を止めた場合、ロボットは動作を停止し、上記で記したマーカを認識した場合の流れをすべてリセットする。それ以外で一定時間マーカが認識できない場合は認識できていないことをユーザに提示する。ユーザはロボット

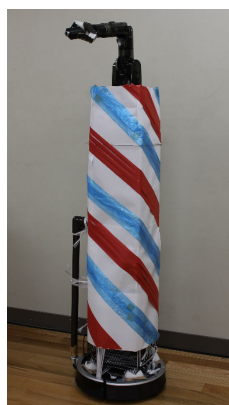


図 8 移動型カメラの外観

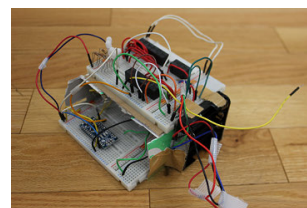


図 9 移動型カメラの制御基盤

に自動でマーカを探索させるか、マーカが映るように手動でロボットを動かすか、自らが動くことで対処する。

4. システムの実装

4.1 移動型カメラの実装

提案システムにおける移動型カメラを2台実装した。その外観と制御基盤を図8, 9に示す。移動型カメラはiRobot社製ルンバ780, ELEKIT製ロボットアームMR-999, サンコー製無線カメラUSWIRWRD, その他の固定用材料からなる。一番下の土台はルンバ, 胴体の上にロボットアームを乗せてロボットアームの先端にカメラを取り付けた。胴体の部分は高さが自由に換えられる機構を想定していたが、今回は一定の高さに固定した。また、安定性を増すために補助輪と重しを取り付けた。

移動型カメラの動きはルンバとロボットアームに分かれる。ルンバはユーザの位置を中心として半径50cmの円運動を200mm/sの速度で行なう。ロボットアームはアームの肘の関節のみを動かす。ロボットアームの高さを初期位置に設定した状態で、ルンバを移動させて撮影した映像例を図10に示し、ルンバを初期位置に固定した状態で、ロボットアームを移動させて撮影した背面における映像例を図11に示す。フットスイッチのプロトタイプをタクトスイッチ11個を用いて制作した。

4.2 アプリケーションの実装

アプリケーションはMicrosoft Visual C++を使用言語とし、画像処理用ライブラリとしてOpenCVを用いて実装した。ユーザが見る画面には、カメラで撮影した映像と実装した機能の映像や情報を表示する。

システムの操作状態は大きく分けて「自動状態」「手動状態」「休止状態」に分かれる。「自動状態」とはカット部分追跡機能を行なっている状態、「手動状態」とはフットスイッチでカット部分追跡機能以外の操作をしている状態、「休止状態」とはどの動作もしていない状態で初期設定である。フットスイッチ操作をした場合にはその操作が終わ

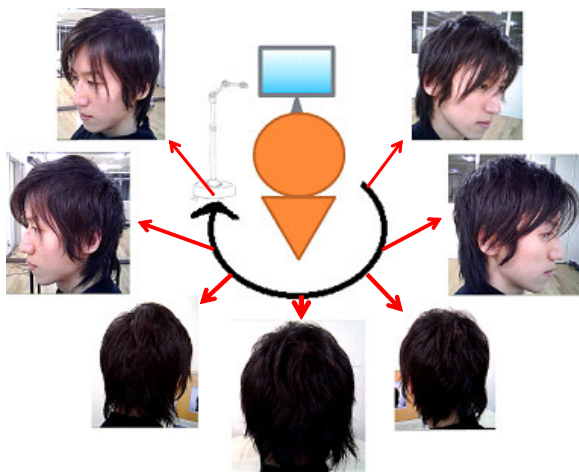


図 10 ロボットアーム固定時の取得映像例

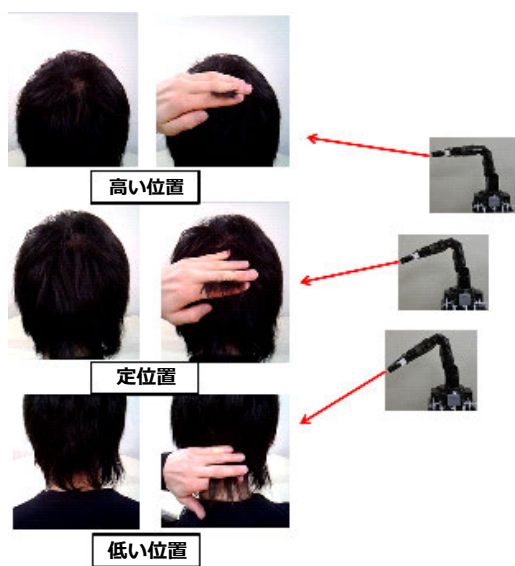


図 11 ルンバ固定時の取得映像例

り次第「休止状態」に移行する。「自動状態」から「休止状態」に移る際はカット部分追跡機能スイッチを再度押すか、休止スイッチを押す。

実装した機能を表 2 に示す。機能説明の補足をする。一時停止（ホールド）機能では、スイッチを押している間すべての動作を停止し、離すと元の状態に戻る。用途としてはカット部分追跡機能使用時に一時的に移動型カメラを動かしたくない場合に使用する。移動型カメラ円軌道変更は、撮影距離を変えたい場合に円軌道半径を 50cm, 70cm と順に変更する機能である。写真撮影機能では、移動型カメラや正面カメラの映像をキャプチャして画面に表示する。画面に表示する枚数はテンキーで 1, 2, 3 から選び、表示される画像は撮影する毎に更新されてフォルダに保存される。これによって、複数の角度からの映像を同時に見て髪型を立体的に把握したり、後で画像を利用できる。フリップ機能では、正面カメラの映像を左右反転させて他人から見た自分を確認できる。移動型カメラマップ表示機能では、移

表 2 操作機能説明

機能名称	機能説明
カット部分追跡機能	自動状態にする
休止機能	休止状態にする
一時停止（ホールド）機能	一時的に休止状態にする
移動型カメラ右移動	移動型カメラを右に進める
移動型カメラ左移動	移動型カメラを左に進める
ロボットアーム上げる	ロボットアームの肘を上げる
ロボットアーム下げる	ロボットアームの肘を下げる
移動型カメラ円軌道変更	移動型カメラの円軌道を変更する
写真撮影機能	カメラの映像をキャプチャする
フリップ機能	カメラの映像を左右反転させる
移動型カメラマップ表示機能	移動型カメラの位置を表示する

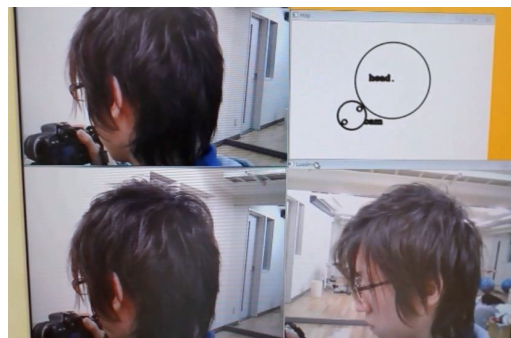


図 12 写真撮影機能とカメラマップ表示機能



図 13 2 台のロボットを同時に使用している様子

動型カメラが初期位置からどれだけ移動したかを記録することで現在位置を表示している。これによってどこから自分を撮影した映像なのかわからなくなることを防ぐ。図 12 の一使用例では、移動型カメラの映像ウィンドウが 1 つ、それを写真撮影機能でキャプチャした画像ウィンドウが 2 つ、移動型カメラマップ表示機能ウィンドウが 1 つ表示されている。なお、図 13 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 台だけであり、まだすれ違う機能は実装していない。

5. 評価実験

実装したカット部分追跡機能の有効性を評価するために評価実験を行なった。評価実験は予備実験を行なった被験者 6 名にカット部分追跡機能を使用してヘアセルフカット



図 14 評価実験の様子

表 3 質問 1 の結果

被験者	A	B	C	D	E	F
回答	5	4	4	4	4	5

の真似を予備実験と同様に行なってもらった。このとき、事前にカット部分追跡機能の使用方法を伝えておいた。実験の様子を図 14 に示す。実験後に以下の質問をした。

質問 1 映像についての評価 (5 段階): 鏡を使用した場合の映像と比較して相対的に 5 段階評価をする。1 から順に、すぐ見づらい、見づらい、変わらない、見やすい、すぐ見やすい、とする。

質問 2 映像を取得する時の動作についての評価: 鏡を使用した場合の動作と比較して改善された点や不便になった点を自由にコメントする。

質問 3 カット部分追跡機能についての評価: カット部分追跡機能使用時の問題点や改善点を自由にコメントする。

質問 1 の評価結果を表 3 に示す。結果から、カメラで撮影した映像は鏡使用時の映像と比べて全員が見やすさを感じたことがわかる。理由としては、カメラの映像では自身の体が映り込んで対象を遮ることや、反射や影で見えない部分が生じることが無かったからだと考えられる。

質問 2 に関しては、鏡を使用した場合より動作の負担は軽減されたという意見を得た。具体的には、映像を取得するために鏡を片手で持つ必要や、鏡の位置や角度を調節する必要や、視線や体の向きを変える必要が無くなったという意見を得た。理由としては移動型カメラがカット部分を自動で追跡し、撮影した映像をユーザは自身の正面で見れたからだと考えられる。

質問 3 に関しては、まず、カメラ映像に遅延が生じると指摘があった。このせいで、ディスプレイに表示された映像の動作と実際の動作にズレが生じ、カット位置に手を移動してハサミで毛束をカットする際に自分の手を切りそうで恐怖を感じたとの意見があった。原因としては画像解析の処理に時間がかかっていることが考えられる。今後はカメラとプログラムを映像提示用と画像解析用で分け、高速で動くアルゴリズムを考えることで改善を図る。

次に、視点のパターンの少なさを指摘された。このせい

で自分の見たい距離や角度の視点でカット部分を見れないという意見があった。今回のカット部分追跡機能では、一定の高さからの角度調整しかできなかったため、例えば地面に平行な目線で視点を上下したり、視点の高さを変えずに角度だけを変えるなどの細かい調整が必要なカメラワークができなかったことが原因だと考えられる。今後は移動型カメラの動作パターンの種類を増やすが、すべてを自動機能に実装するのは難しいと予想できる。これに関してはユーザの手動操作との併用方法を考えることで改善を図る。

また、移動型カメラがカット部分を認識して移動し終えるまでに時間がかかると指摘され、これによりストレスを感じたとの意見があった。これは、カット部分の誤認識をしないようにプログラムをしたため、マーカをカット部分として認識するまでに時間がかかったことが原因だと考えられる。今後の改善方法としては、認識速度を上げるアルゴリズムを考えることや、手動操作との併用方法が考えられる。併用方法の一例としては、映像中でマーカを認識時にユーザがスイッチを押せば移動型カメラがすぐに移動開始するようにすることで、カット部分を認識するまでにかかる時間とカット部分の誤認識が無くなると考えられる。

その他にも、移動型カメラが動いてほしくないときに動くことを指摘された。これはカット部分の誤認識という指摘ではなく、現在の映像のまま画像の中心以外の部分をカットしたい場合にもカメラが動いてしまうということで、今後は手動操作との併用方法を考えることで改善する。

実験中に移動型カメラの誤動作があった。具体的にはカット部分を正面から撮影する位置に移動するまでに止まったり、行き過ぎて止まらないことがあった。原因としては移動型カメラの移動する軌道やユーザの頭の位置が、使用中に初期位置からズレたことが考えられる。このせいでカット部分の正面に移動するまでにマーカが映像の中心に映って止まったり、どれだけ移動しても映像の中心に映らずに止まらなかった。今後の改善方法としては、移動型カメラの移動する軌道を修正する仕組みや、ユーザの頭の位置が定位置からズレても補正できる仕組みを考える。

また、撮影している映像には映っていない部分をカットしたい場合に移動型カメラが動作しない場面があった。原因としてはマーカが映像中に映っていない状況のプログラムが上手く動作しなかったことが考えられる。今後の改善方法としては、移動型カメラだけではなく正面カメラの映像も利用してユーザの現在の動作状態の認識や次の動作を予測することや、マーカを探すための移動型カメラの行動パターンを改善することが考えられる。

肯定的な感想としては、移動型カメラがカット部分が大体見える位置に勝手に動くのは助かるという意見があった。そして、その際の細かい微調整は自分でしたいという意見もあった。今後は手動操作の併用方法を考えて細かい微調整を行なえるようにする。

他に、寄せられた要望として、等身大の映像を表示してほしい、動作状態に適した支援が欲しいという意見があった。後者の例としては、ハサミでカットする時にはカットする部分のズーム映像が見たいという意見が挙げられた。今後は使用するカメラの再検討や、ヘアセルフカット時の動作状態の認識や予測を行なうことで改善する。動作状態の認識は、非利き手以外の体の他の部分(肘など)や道具(ハサミなど)を認識対象とすることで達成する。

また、今回の予備実験と評価実験を通して、同じ映像を鏡上で見る場合と PC 画面などのディスプレイ上で見るのではユーザの認識に違いが生じて動作に違いが出る可能性を発見した。具体的には被験者 1 名が、鏡に映った対象をもう一枚の鏡上に反射させて映して見ていた予備実験と、カメラで撮影した映像を PC 画面上に映して見ていた評価実験において、ハサミを前後左右に動かしてカットする毛束に近づける際、予備実験では逆向きの動作をするのが頻繁に確認されたが評価実験ではそれが改善されていた。この被験者には予備実験と評価実験のシステムを 3 往復して確認してもらったが、動作の違いは一時的なものではなく常に確認できたことから、原因がユーザの空間認識能力の低さではなく、映像を見る環境の違いによるものだと考えられる。他の被験者でも予備実験時には鏡の映像を見ながらのカットでは動作を逆にしやすいとして、目を閉じて映像を見ずに感覚でハサミを毛束に近づける方が楽だとの声もあった。この動作の違いの原因として、鏡を見るという行為に関する慣れの度合いが考えられる。鏡に反射させた映像は左右が一回反転するという事実には人は無意識に慣れている。今回前後左右の動作を逆に取り違えることが頻繁に確認された被験者が女性であったことから、鏡への慣れの度合いは高いと推測できる。そのせいで、予備実験では鏡に 2 回反射させた映像 (= 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体がしてしまったと考えられる。一方、評価実験での PC 画面は鏡と異なる体験であったため、うまく感覚に慣れられたといえる。つまり、実際の道具をよくある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、PC などの汎用的な機器を介することでそのような悪影響が排除されることが示唆された。

6. まとめと今後の課題

本論文では、移動型カメラを用いたヘアセルフカットを支援するための映像提示システムを提案し、ヘアセルフカット時に目では見えない範囲の映像を移動型カメラを用いてユーザに提示するシステムを実装した。評価実験により、提案システムの映像取得方法が鏡を使用した方法に比べて、映像の質の向上や動作の負担軽減に関して有効であり、鏡使用時特有の混乱も起こらないことを発見した。

今後の課題としては、まず移動型カメラの行動パターン

を増やして再現できる視点のパターンを増やすこと、そしてそれをシステムでうまく活用するために自動操作と手動操作の併用方法に重点を置き、半自動化のより快適なシステムを目指すこと、動作状態に適した支援を適宜行なうためにヘアセルフカットのすべての動作状態を認識・予測出来るようにすることが挙げられる。フットスイッチは足で操作しやすいサイズのスイッチを自作し、より操作しやすいようにする。また、技術的な上達支援にも取り組む。映像提示での上達支援の例としては、ある髪型を完成させるまでの手順を提示することや、作業中に適宜支持を出すことなどが考えられる。その他にもユーザの作業の一部、例えばハサミでカットする作業を移動型カメラに担わせることも考えられる。提案システムは自宅で使用することを想定しているが、美容室ならぬヘアセルフカット室に置いて共有で使用することも考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)および文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(25540084)によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] MyVoice マイボイスコム株式会社: 身だしなみに関するインターネット調査, <http://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/16316/index.html>.
- [2] 岩淵絵里子, 椎尾一郎: 電脳化粧鏡: メイクアップを支援する電子鏡台, 第 16 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2008), pp. 45-50 (Dec. 2008).
- [3] 竹林綾子: 後ろ姿をハンズフリーに確認できるミラーディスプレイインタフェース, 筑波大学第三学群情報学類卒業研究論文 (Mar. 2008).
- [4] 加藤丈和, 深尾隆則, 羽下哲司: 対象追跡: フレーム間の類似度に着目した手法から動きのモデルに着目した手法まで, 情報処理学会研究報告 (コンピュータビジョンとイメージメディア研究会), Vol. 88, pp. 185-198 (Sep. 2005).
- [5] 大池洋史, 呉海元, 加藤丈和, 和田俊和: 鮮明な画像撮影のための高速追従型アクティブカメラ, 情報処理学会研究報告 (コンピュータビジョンとイメージメディア研究会), Vol. 40, pp. 71-78 (May 2004).
- [6] 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 (Jan. 2008).
- [7] 廣瀬俊典, 安藤健, 進藤誠元, 藤岡総一郎, 水野修: 接触摺動洗浄機能を有するヘッドケアロボットの開発, Panasonic Technical Journal, Vol. 58, No. 4, pp. 45-50 (Jan. 2013).