

移動型カメラを用いた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：自分の髪の毛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場合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ることはうまくいかないこともある。こういったことに対する不満や、その他の好奇心や目的によって自分で散髪したいという欲求、動機が生じることがある。しかし、本研究でヘアセルフカットと呼ぶこの行為を実行するためには、技術面や環境面においていくつかの課題が存在する。本研究では、ヘアセルフカットを現状の道具や環境でおこ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。

1. はじめに

明治4年に散髪脱刀令が出され、髪型を自由にするのが公となった。2012年に13,543名を対象に行われた身だしなみに関するインターネット調査[1]では、全体の半数近くが髪型を気にしていることが確認され、現代において髪型が大多数の人間の関心事となっていると判断できる。

一般的に散髪は専門家にしてもらうものだが、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正確に伝えることはうまくいかないこともある。他人に散髪をしてもらうときに生じるこういった不満や、長引く不況により散髪代を節約する目的や、自身で理想の髪型の明確なイメージがある場合の好奇心など様々な欲求や動機から、近年ヘアセルフカットの人口は増加し、注目の分野となっている。

ネット上ではヘアセルフカットの方法を掲載するページが増え、動画サイトには自己流のヘアセルフカットの様子を投稿する者もいる。また、メディアにも近年度々取り上げられており、プロの美容師が自宅で簡単にできるヘアセルフカットの方法を紹介する情報番組やヘアカタログ雑誌も増えている。ヘアセルフカット用の商品としては、マニュアルを付けたハサミや、従来のハサミやバリカンなど

とは違った視点でヘアセルフカットを補助する商品もある。これらのことにより、自身を散髪することは髪のスタイリングやケアのための、ひとつの選択肢となりつつあることがわかる。しかし、これらの商品や知識を得てもヘアセルフカットを実行するには不十分な要因が多く存在する。

ヘアセルフカットにおける重要な課題として、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、技術や方法論を身につける後者の解決につながると考えてヘアセルフカットの支援を行う。

そこで本研究では、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うシステムを提案する。カメラを設置せずに移動させて対象を撮影するために、本研究ではカメラとロボットを組み合わせた移動型カメラを制作する。これによりユーザは散髪する対象をあらゆる方向から適した視点で見ることができ、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、移動型カメラの制御をカメラから取得した映像とセルフカットならではの特徴量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、両手や体勢が自由に使えるようにフットスイッチによるボタン操作も行えるようにする。これらによってシステムを使用することが作業の妨げにならないようにする。その他にも必要な情報を提示することによってヘアセルフカットの支援を行う。この研究により、ヘアセルフカットが散髪時のひとつの選択肢になることを目

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

指す．

本稿の以下の部分では、まず、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う．

2. 関連研究

始めに映像提示によって作業の支援を行っている研究を挙げる．岩淵ら [2] の研究である電脳化粧鏡のシステムでは映像提示によってメイクアップを支援している．ユーザはカメラやセンサなどが取り付けられた PC 画面を見ながらメイクを行い、映像による支援を必要に応じて受ける．このシステムにはメイク時の動作の負担を軽減したり、より良いメイクができるようになる機能が実装されている．本研究でもヘアセルフカット時に必要な映像提示や機能を揃え、ユーザの動作や状況に合わせて支援を行う．

次に、目では見えない範囲の映像取得を、カメラによって行う研究を挙げる．竹林らのシステム [3] 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 (PTZ: Panoramic View Tilt Zoom) カメラ 1 つを背面に設置し、撮影した後ろ姿の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．ミラーディスプレイの表示映像の切り替えやカメラの角度の操作はフットスイッチで行い、作業時に自然に操作ができる．この、カメラを定位置に固定する撮影方法は、ユーザの頭を背面や側面だけでなく、上面も加えたあらゆる視点から撮影する必要があるセルフカットにおいては不向きなので、本研究ではカメラ自体を移動させて対象を立体的に撮影することを目指す．

続いて画像解析を用いた対象追跡の研究を挙げる．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り、加藤ら [4] はそれらの手法を紹介している．対象やそのエッジ方向の色ヒストグラムが安定して得られ、背景領域との間で明瞭な差がある場合には色やエッジなどの情報を利用したり、対象の移動速度やパターンがおよそ一定で急激な変化が見られない場合には対象の動き (フロー) 情報を利用できる．また、対象が剛体ならば追跡の基準点として重心などの位置情報を利用することもできる．

大池らの研究 [5] では、定位置に設置された PTZ カメラを用いて高速運動している対象の運動予測を行い、追跡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、調理の各工程の進行度合い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を利用して食材の追

跡を行っている．この研究では、単に食材を色や位置などの画像特徴の類似性だけで認識したのでは不十分なため、「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」という調理時の特徴を利用している．このシステムにより、調理の各工程ごとにナビゲーションを与えるシステムを自動で進行することが出来る．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．

3. 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った場合にどういった問題が生じるのかを明らかにするため予備実験を行った．予備実験では 5 名の被験者にヘアセルフカットの真似を行ってもらい、1 名の被験者には実際のヘアセルフカットとヘアセルフカットの真似を両方行ってもらった．どちらの実験も一般家庭に存在するハサミ、クシ、鏡を使用する．鏡は壁張り鏡、手持ち鏡、鏡の角度を調整できる置き型鏡の 3 種類を用意した．それぞれの実験後に不自由と感じた点を調査した．

3.1.1 被験者の情報

被験者の情報を表 1 に示す．被験者情報の各項目の基準については以下に示す．

- 髪型へのこだわり (3 段階評価)

自分の髪型に関して、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、部分的な理想に加えてその他の全体に、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 とする．また、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 とする．

- プロのカットに対する不満が有るか無いか

プロの行ったカットに対して不満を持った経験が有るか無いか．「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する．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．

- セルフカット経験 (3 段階評価)

未経験者は 1、経験はあるが前髪や耳の上、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、2 の部分に加えて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 とする．

3.1.2 予備実験内容

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っている被験者に自由な髪型を再現してもらった．セルフカットの真似の手順は以下の通りである．

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
ブ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



図 1 キャップ装着例 背面



図 2 キャップ装着例 側面



図 3 鏡を手に持った例
[3] より引用



図 4 鏡を机に置いた例

手順 1 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。キャップ装着の様子を図 1 と図 2 に示す。

手順 2 椅子に座った状態で道具を自由に使用し、紐をカットする。その際、紐は現在の長さから 3cm カットし、根元からまっすぐ伸ばしたときの長さが全て同じになるようにする。

3.1.3 一般的な鏡を使用した場合の映像の取得方法

一般的な鏡を用いた場合の映像の取得方法を具体的に説明する。普通、ヘアセルフカットをする時にはカットをする部分を見る目的や、全体のバランスを見る目的で、自分の顔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く方法以外で、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、2 枚以上の独立して角度や位置を変えられる鏡を使用し、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して見る方法が有効である。これより後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。この方法には 1 枚の鏡を手にとって固定する方法と、手に持たずに固定する方法がある。前者の動作例を図 3 に示す。この場合の動作は、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」の角度を調整して背面の映像を見ている。次に後者の動作例を図 4 に示す。この場合の動作では「見る用の鏡」を手には持たず机に置いて空間に固定しているので、両手を自由に使用できる。

これらの具体的な動作例では「見る用の鏡」の角度や位置を調整したが、「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 2 枚以上の鏡を使用する方法により、頭のあらゆる面をほとんどすべて見ることができる。

3.1.4 問題点

予備実験から得られた問題点を以下にまとめる。

1 つ目の問題として、映像が見づらいことが挙げられる。この原因は、見たい映像を取得する難しさ、取得した映像の質の低さであると考えられる。まず、鏡を用いて目的の部分を映し出す作業は容易ではない。そしてこの作業では、どれだけ体や視線を動かし、鏡の角度や位置を調整しても見えにくい範囲が生じる。また、取得した映像には光の反射や影、さらには自身の体で見えない部分が生じることもある。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い。

2 つ目の問題として、両手や姿勢など体を自由に使えることが挙げられる。例えば、鏡を片手で持つ場合には片方の手がふさがるため、両手を使った作業を映像を見ながら行うことは難しい。また、見たい映像を見るために自分の顔や視線の向き、姿勢などを変える場合もある。これらの体の自由の制限は作業をするうえで妨げとなる。

以上の問題点により、鏡を用いた映像の取得方法は、映像の質の面においても、映像を取得する際の身体的な面においても不向きであるとわかる。

3.2 システム要件

以上の問題点をもとにして以下の方針でシステムを設計した。

方針 1 映像の見やすさ

例えば、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 (ワンレングス) では、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平行に視点を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視点を必要があるので、見たい対象を自由な視点で見ることができる。例えば美容師がカット対象者を見るような映像を提示する。また、鏡のような光の反射が

無い映像を提示する．

方針 2 作業の妨げにならない

鏡を使用したときのように片手がふさがったり，体に制限がないようにする．

3.2.1 その他の検討点

カット時に見たい映像として，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挙げられた．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と，誤って遠ざけてしまったり，左右逆に移動させてしまう者もいた．特に近づいたり遠ざける動作時には逆の動作を頻繁に行う者もいた．これは慣れにより改善できるが，初心者でもセルフカットにおいてストレスを感じないように支援方法を検討する．

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．まず方針 1 を満たすために，ユーザ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あらゆる方向から自由な視点で撮影できる．次に方針 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もとに自動で行う．また，手でロボットを操作した方が便利な場面もあることを想定し，両手や体勢が自由に使えるようにフットスイッチによるボタン操作も行えるようにする．これによりユーザは負担を感じることなくシステムを利用できる．

3.4 提案システムの流れ

システムの流れを図 5 に示す．PC 上部に取り付けた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の側面，背面，上面を撮影する．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い，その情報をもとに移動型カメラを自動で制御する．ユーザは 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セルフカットを行う．以上のシステムの流れで，ユーザがセルフカット時に見たい映像を取得できるシステムを目指す．

3.5 移動型カメラの設計

カメラ自体を動かすためにカメラとロボットを組み合わせた移動型カメラを制作した．設計図を図 6 に示す．全体の構成は，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変えられる，例えばマイクスタンドのような機構のものを使用し，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ロボットの制御に関して分けられるのでロボッ

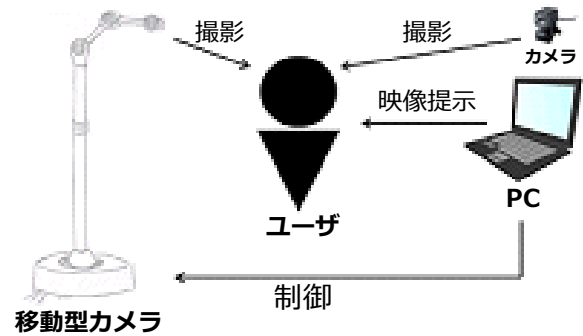


図 5 提案システムの流れ

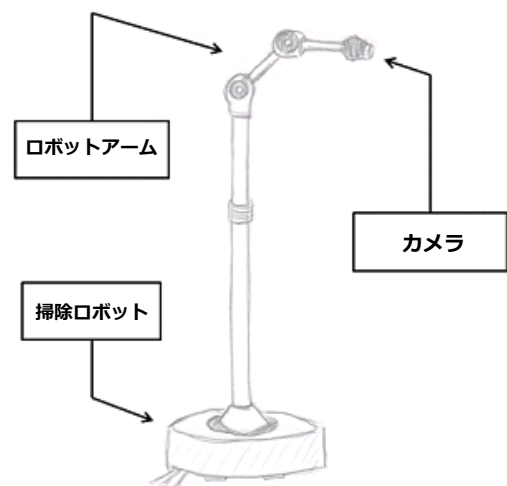


図 6 移動型カメラ設計図

ト制御が比較的簡単な点，機動性に優れているので移動範囲が広く，対象をあらゆる方向の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，散髪時にゴミとなるカットした髪の毛の掃除もできる．

3.6 カット部分追跡機能

提案システムは，カットする部分をユーザ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．提案手法では，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てい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の流れを図 7 に示す．この中でカットする部分を決定する動作は「カット位置選択」から「カット位置決定」までの間で，「カット位置選択」の動作時に「非利き手」は動き，「カット位置決定」の動作時に「非利き手」はカットする毛束を指で固定して停止する．これらの「非利き手」の動きの特徴により，例えば右手でハサミを使用する人は毛束を固定している左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する毛束が，つまりカットしたい部分が映ることになる．

この非利き手やその指を画像解析により認識する手法と

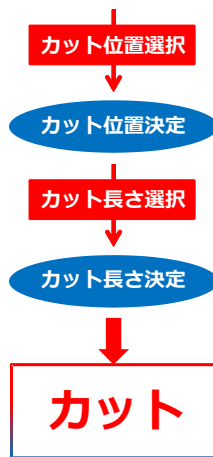


図7 カット動作の流れ

して以下のものが考えられる．毛束を固定している非利き手は背景の髪との色の違いにより色認識はしやすいが，映像中には顔や首，利き手など，非利き手以外の肌色が多く存在するため識別が困難である．また，形状に関してもユーザによって毛束の固定の仕方や手の扱い方が異なるため形状のパターンが決定しづらく，一度認識した形の特徴点を認識し続けることは困難である．

よって，今回はユーザに負担にならない範囲でカラーマーカを装着して非利き手を色認識する．このとき，対象以外の誤認識で発生したノイズ除去のために，ラベリング処理により一番大きい面積のものをマーカとして認識する方法が確実ではあるが，画像処理に時間がかかり過ぎるとユーザに提示する映像や移動型カメラの制御に遅延が生じる可能性があるため，作業時の支援というリアルタイム性が重視されるこのシステムでは，収縮と膨張の処理を利用してノイズ除去を行う．

元の画像とそれから求めた2値化画像を図8に示す．求めた2値化画像の重心位置の情報を利用して，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る．これらは画面のピクセル上での速度と加速度の値であり，実際のそれではない．速度は前の画像フレームと現在の画像フレームとの重心位置の差とし，同様にして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

対象追跡の流れを図9に示す．

STEP1 重心位置が一定の範囲内に一定時間（3frame）とどまれば，その位置を中心とした緑の四角形を表示する．

STEP2-1 重心位置が緑の四角形内にさらに一定時間（7frame）とどまれば，その位置をカット位置と認識して画像中心に赤の四角形を表示する．

STEP2-2 重心位置が一定時間（7frame）経過する前に緑の

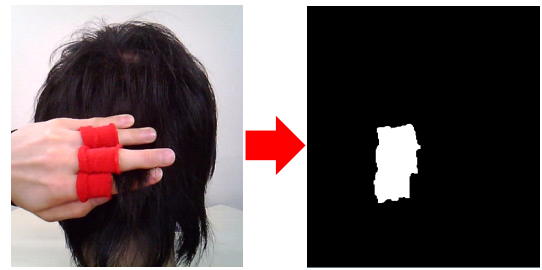


図8 マーカ認識の様子

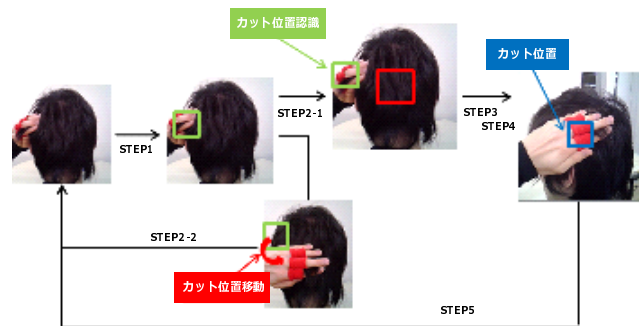


図9 対象追跡の流れ

四角形内から出たら，再度STEP1に戻る．

STEP3 重心の位置が画像中心の赤の四角形内に入るように移動型カメラを動かす．

STEP4 その赤の四角形内にマーカの重心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の四角形を表示する．

STEP5 重心位置が青の四角形内から出たら再度STEP1に戻る．

マーカを認識していない場合の対象追跡の流れ

今回の自動撮影機能ではマーカを認識していないときは，動作を停止させて上記のマーカを認識した場合の流れをすべてリセットするが，マーカが映像に無い場合の動作の識別も試みる．マーカを認識していない場合の状況としては，カット動作を止めて手を下ろしている状況と，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．これらを重心位置の動き（フロー）情報で認識する．今回はカットを止める動作のみ認識する．カットを止める場合の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場合よりも距離が遠いため，以下の条件の内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下方向速度が定めた閾値より速いこと．
- マーカが消える直前の下方向加速度が連続で増えていること．
- マーカが画面下から出て行くこと．



図 10 移動型カメラ 外観

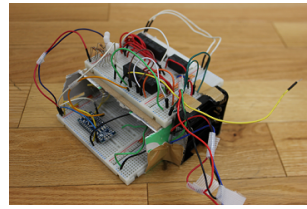


図 11 移動型カメラ 基盤

4. 実装

4.1 移動型カメラの実装

提案する移動型カメラを実装した．作成したプロトタイプの外観と基盤を図 10 と図 11 にそれぞれ示す．構成はルンバ (iRobot 社製, ルンバ 780), ロボットアーム (ELEKIT 製, MR-999), 無線カメラ (サンコー製, USWIRWRD), その他の固定用の材料である．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．胴体の部分は設計の段階では高さが自動で自由に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．ルンバはユーザの頭を中心として半径 50cm の円軌道の運動を行う．ロボットアームは仕様を考慮して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 12 に示す．また, 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 13 に示す．

4.2 アプリケーションの実装

アプリケーションの開発は Microsoft Visual C++ を使用言語とし, 画像処理用ライブラリとして OpenCV を利用した．ユーザが見る画面では, カメラで撮影した映像を表示し, それに加えて実装した機能に関する映像や情報の提示も行う．

システムの操作状態の概要を図 14 に示す．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」とは自動撮影機能を行っている状態, 「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ある．初期設定は「休止状態」から始まり,

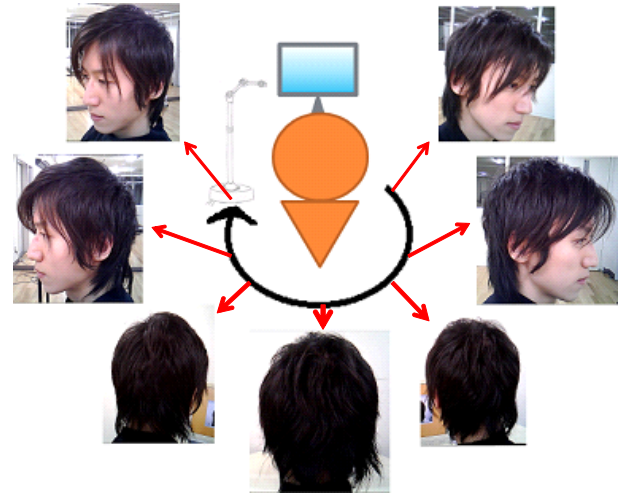


図 12 ロボットアーム固定時の取得映像例

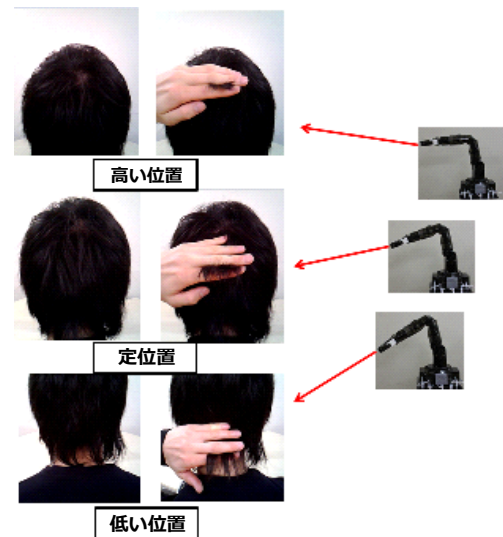


図 13 ルンバ固定時の取得映像例

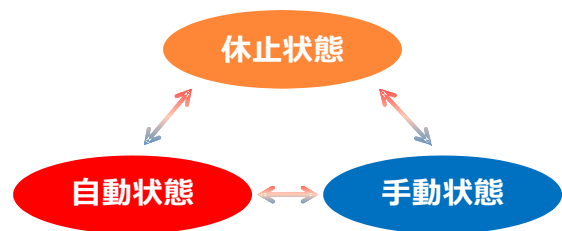


図 14 操作状態の遷移図

フットスイッチの操作をした場合にはその操作が終わり次第「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．

4.2.1 実装した機能

実装した機能を表 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のみ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

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	カット部分追跡機能を行う．
休止機能	休止状態にする．
一時停止（ホールド）機能	一時停止に休止状態にする．
移動型カメラ右送り	移動型カメラを右に進める．
移動型カメラ左送り	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．

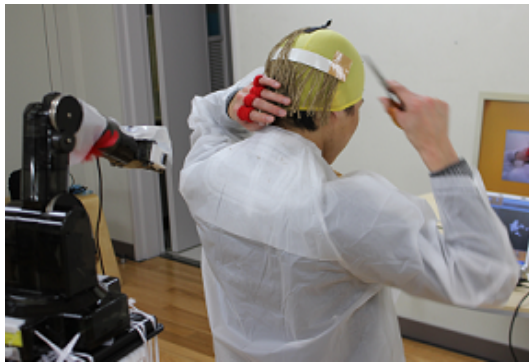


図 15 評価実験の様子

表 3 評価実験のアンケート

質問\被験者	A	B	C	D	E	F
質問 1	5	4	4	4	4	5

合に使用する．移動型カメラ円軌道変更では，円軌道半径を 50cm, 60cm, 70cm, 60cm と順に変更する．用途としては撮影距離を変えたい場合に使用する．写真撮影機能では，移動型カメラと正面カメラの映像をキャプチャして，画面に表示する．表示枚数はテンキーで選び，表示される画像は撮影するごと更新されてフォルダに保存される．用途としては，複数の角度からの映像を同時に見たい場合や写真を残したい場合に使用する．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，移動型カメラの位置を把握するために，自分の位置に対して何処にいるのかを表示する．

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った．実験を行っている様子を図 15 に示す．実験内容は以下のとおりである．

5.1 実験内容

予備実験を行った被験者 6 名にカット部分追跡機能を使

用したセルフカットの真似を行ってもらった．セルフカットの真似は予備実験と同じ内容で鏡を使わずにシステムを使用して行う．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く．実験後に，鏡を使用した予備実験で感じられた不便さをもとに以下の質問をした．

質問 1 カメラ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，すぐ見づらかった，見づらかった，変わらなかった，見やすくなった，すぐ見やすくなった．

質問 2 映像を取得する際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評価する．

質問 3 カット部分追跡機能に関する評価

カット部分追跡機能使用時の問題点や改善点を評価する．

5.2 実験結果と考察

質問に対する結果の考察を行う．質問 1 の結果のみ表 3 に示す．

質問 1 の結果と考察

質問 1 の結果から，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．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く，安定した映像を見ることができたからだと考えられる．

質問 2 の結果と考察

質問 2 に関しては，映像を取得するために鏡の位置や角度を調節する必要や，顔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．これらは自身で鏡を移動させる必要が無くなったためであると考えられる．

質問 3 の結果と考察

質問 3 に関しては，まず，取得したカメラ映像に遅延があり実際の動作と映像の動作にズレが生じたため，カット位置に手を移動してハサミで毛をカットする時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．今後は映像提示用と画像解析用でカメラとプログラムを分けたり，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，自分の見たい視点でカット部分を見れないと指摘された．これは，撮影可能範囲における視点のパターンの少なさが原因と考えられる．今回のプロトタイプでは一定の高さからの角度調整しかできないので，例えば地面に平行な目線で視点を上下する，などの細かい角度の調整が必要なカメラワークができなかった．今後はロボットアームやルンバの動作パターンのバリエーションを増やすことで改善を図る．

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ってストレスを感じたと指摘された。これは、現在のアルゴリズムで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、移動型カメラが動作するまでに時間がかかったことが原因だと考えられる。今後はカット部分を誤認識せずに対象の認識速度を上げるアルゴリズムを考える必要がある。

その他にも、動作してほしくないときに移動型カメラが動くと言われた。これはカット部分の誤認識ではなく、現在の映像のまま画像の中心部分以外の髪をカットしたい場合にもカメラが動いてしまうことである。

移動型カメラの誤動作に関しては、カット部分を側面から撮影する位置で移動型カメラが止まったり、カット部分を通り過ぎる場面があった。この機能ではユーザの頭が移動型カメラの円軌道の中心にあることが前提なので、そこから大きく位置がズレたことが誤動作の原因と考えられる。今後はユーザの頭の位置が定位置から多少ズレても補正ができる仕組みを考える。

また、撮影している映像では映っていない部分をカットしたい場合に動作しない場面があった。これはカット動作中であっても、非利き手が映像に映っていないのでマーカを認識できなかったことが原因である。今後は正面カメラからの映像や、マーカが映像中から消える前の位置情報や速度、加速度の動き（フロー）情報を利用して、現在の動作の認識や次の動作を予測し、マーカを探すための移動カメラの行動パターンを作ることで改善を図る。

肯定的な感想としては、移動型カメラが大体カット部分が見える位置に勝手に動いてくれるのは助かるという意見を得たのと同時に、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、自動と手動の操作の併用を考え、ロボットの移動パターンを増やしてユーザが細かい調整を行えるようにする。

表示されていた映像に関しては、等身大の映像が見たい、カット時にはちょうど髪をカットするところのズーム映像を見たい、という意見があった。今後は使用するカメラの再検討や、非利き手以外のハサミなどの道具認識により、ヘアセルフカット時の動作状態の識別を行い、その動作状態に適した支援を行う。

その他の留意点としては、予備実験で被験者 E に確認された症状、鏡の映像を見ながらハサミを毛束に近づけたり離す動作時に逆の動作をしてしまう症状が、カメラの映像を見ているときには起こらなかった点がある。予備実験の時点では、空間認識能力が低いことが原因だと解釈したが評価実験により、鏡で映像を見た場合特有の症状だと確認できた。

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確認した。

今後の課題としては、実装した移動型カメラの行動パターンのバリエーションを増やして撮影可能範囲を拡大し、視点のパターンを増やすこと、ヘアセルフカットの動作状態の認識により適宜必要な支援を行うこと、カット部分追跡機能の質の向上のために対象の認識や追跡のアルゴリズムを再検討することなどが挙げられる。

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, 志築文太郎, 三末和男, 田中二郎: 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, 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集, Vol. 4, pp. 247-248(Mar. 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] 加藤文和, 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, 加藤文和, 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).