

Ubi-Camera : より実用的なジェスチャ型カメラの提案

古山 善将[†] 川畑 博理[†] 赤羽 亨[†]
小林 茂[‡] 鈴木 宣也[†]

本論文では、ジェスチャを取り入れて操作する Ubi-Camera を提案する。これは、従来のカメラにあるファインダとズーム機能を、親指と人差し指でフレームを作って構図を決めるジェスチャで置き換えて撮影するカメラである。Ubi-Camera では、WUW のような画像認識技術を用いたカメラが抱える問題も解決される。プロトタイプを制作し、ユーザースタディを行った結果、様々な改善点に加えて新たな可能性も見いだした。

Ubi-Camera: A practical camera that has gesture-based control

YOSHIMASA FURUYAMA[†] HIROTAKA KAWABATA[†] KYO AKABANE[†]
SHIGERU KOBAYASHI[‡] NOBUYA SUZUKI[†]

On this report we shall propose "Ubi (aka. a finger in Japanese language and abbr. for Ubiquitous)-Camera" we innovated. We introduced our finger motions into a camera for its operation. On this prototype, the viewfinder and zoom functions of existing cameras can be replaced by motions of our frame-shaped index fingers and thumbs. The function of frame-shaped fingers is very simple so that the operational complications of image-recognition technique in "detecting gestures" cameras such as WUW will be cleared. We unveiled the prototype of "Ubi-Camera" to random users to actually experience, through which we have recognized that it not only requires various improvements but also has great potentiality within itself.

1. はじめに

デジタルカメラの普及や携帯電話に付属したカメラ機能の一般化によって、写真を撮ることは日常化している。一方で、撮影時のカメラの操作はフィルムカメラからあまり変わっておらず、その操作法は、まだ検討の余地があると考ええる。

構図を決める際にする一般的な動作として、手でフレームを作る動作が挙げられる(図1)。この動作は、WUW¹⁾などの画像認識を用いたカメラのジェスチャとしてもしばしば用いられる。しかし画像認識技術は、実用化に向けていくつかの問題がある。例えば、ジェスチャを読み取る段階で機器が起動している必要がある、計算コストが比較的高い、物理的スイッチに比べレスポンスが遅い、操作系に実体がないためにフィードバックを感じにくい、といったことが挙げられる。

本論文ではそれらの問題点を解決する、ジェスチャをカメラの操作に取り入れた Ubi-Camera を提案する。これを実現するための具体的な手順を説明し、実際に

動作するプロトタイプを作成して、ユーザースタディを行う。その結果を踏まえ、議論を通じてこの手法の可能性を示す。

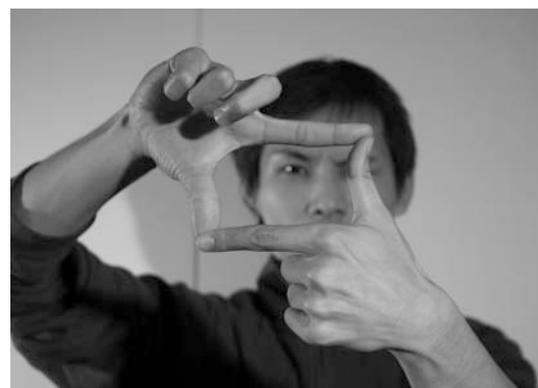


図1 フレームジェスチャ

2. 関連研究

WUW はウェアラブルなジェスチャ入力インタフェース及び、情報プロジェクションシステムである。その機能の一つとして、マーカをつけた指先でフレームを作って写真を撮影する機能が示されている。ただし、Ubi-Camera と異なり WUW では画像認識技術を用いている。そのため、前章で述べた問題を抱えている。またこの手法では、連写したいのか、狙いを決める動

[†] 情報科学芸術大学院大学

Institute of Advanced Media Arts and Sciences

[‡] 岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー

International Academy of Media Arts and Sciences

作の途中かが判別できないといった問題もある。

Vision²⁾は、指で丸く囲んだエリアに写る被写体を撮るカメラである。動作の開始と終了が明確である点においては、WUW より優れているといえる。しかしこちらも画像認識技術を利用しているため、電源と計算コストの点で WUW 同様の問題が挙げられる。

3. Ubi-Camera

従来のカメラは、ファインダや液晶モニタを確認しながら、ズーム操作によって撮影範囲を調節し、シャッターを押すといった操作手順である。

Ubi-Camera ではこの操作を、自分の目で直に被写体を見ながら、手のフレームで構図を決めて、シャッターを切るジェスチャに置き換える。カメラと撮影者の顔の距離から、フレームのズーム状況を算出する。このように撮影の一連のプロセスから機械操作を取り除く事によって、より簡単な写真撮影を実現する。

3.1 システム構成

Ubi-Camera は大きくインタフェース部と撮影部の2つから構成される。操作部は、シャッター入力、撮影者へのフィードバック、カメラから撮影者の顔まで距離計測の3つを行う。撮影部は、写真撮影と画像処理を行う。

3.2 操作法と機器の動作

撮影者は、カメラ本体を人差し指に装着し、両手の親指と人差し指でフレームを作る。撮影範囲をフレームに収めシャッターを切る(図2)。

Ubi-Camera は、シャッター入力となされると、撮影すると同時に、カメラと撮影者の距離を計測する。撮影した画像を、撮影時の距離データをもとに処理する(図3)。

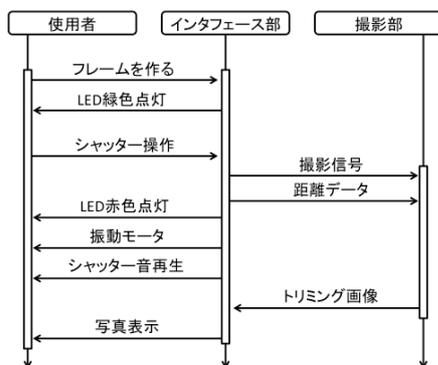


図2 Ubi-Camera 動作シーケンス図

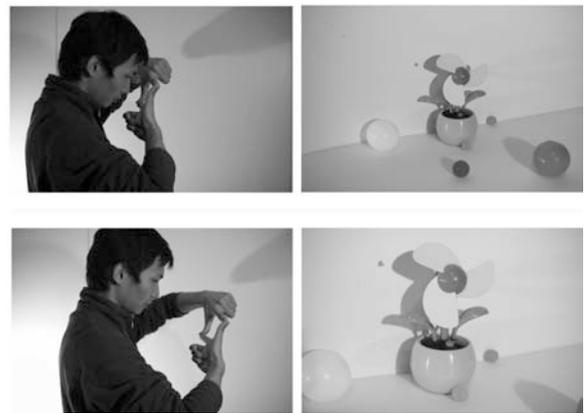


図3 手と顔の距離変化による撮影範囲の変化
ズームしている状態（下）

4. プロトタイプ

Ubi-Camera のコンセプトを実現するプロトタイプを制作した。当初、スタンドアロンで稼働するモデルを目指したが、インタラクションの確認を優先するため、PCを利用したモデルを採用することにした。

本章ではプロトタイプのシャッター検出方法、形状設計、機器構成、使用方法について述べる。

4.1 シャッター検出

シャッター検出は、2種類のモデルを検討した。

一方は、フレーミングした指のうち、フレーミングの上部に来る指が離れるとシャッター入力されるものである。金属板を取り付けたベルトを指に巻き、フレーミングする指が金属板に接触しているかどうかを検知する。

もう一方は、フレーミングしている指のうち、下部で接触する部分を強く押すことによってシャッター入力するものである。感圧センサを本体からのばし、親指と人差し指の間に挟むように設計した。

この2つを比較し、後者の押し込むタイプのシャッターを採用した。手への装着が簡潔である、シャッター時に指が動かないため比較的ぶれにくい、カメラ本体にすべての装置が集約できる、などの利点があることが理由である。

4.2 形状設計

外装の形状には3種類のモデルを検討した。

板型モデルは本体を一枚の板状にし、グリップのしなりによって位置を固定するモデルである(図4)。部品をひとつにまとめられるため、機器を小型化できる点が優れている。

筒型モデルは本体中央に穴をあけ、指を通すモデルである(図5)。間に空間を作るため筐体自体は大き

くなるが、可動部分がないため、強度的に優れている。また指でフレームを作った際にフレーム内に飛び出さない特徴を持つ。

クリップ型モデルは本体そのものがクリップの形状をしており、その間に指を挟むモデルである（図 6）。バネを利用することで脱着の容易さと指へのフィット感の高さを両立させている。

指の太さは体格と同様に個人差があり、様々な使用者に対応できるという点では板型モデル、クリップ型モデルが有利である。一方、筒型モデルは、プロトタイプ段階でも多人数の使用に耐えうる構造を持っている。

今回の実働プロトタイプの制作にあたっては、多人数にユーザスタディを行うことを考慮し、筒型モデルを採用した。

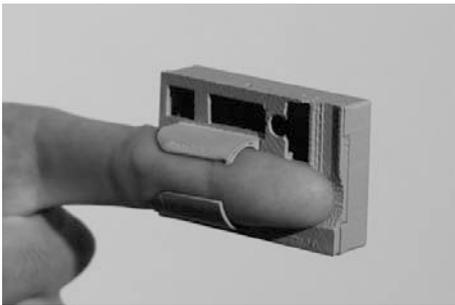


図4 板状モデル

本体を板状にまとめ、グリップのしなりで固定する

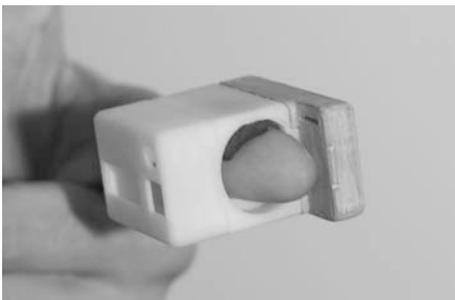


図5 筒状モデル

本体中央の穴に指を通す

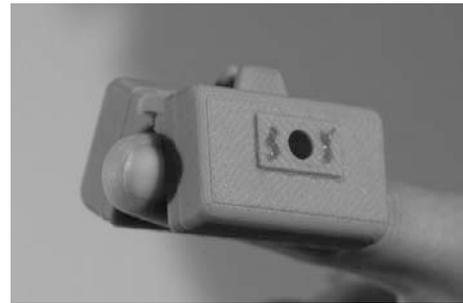


図6 クリップ型モデル

指を挟み、バネの力で固定する

4.3 システム構成

プロトタイプは大きくインタフェース部（シャッター、距離センサ、フィードバック）と撮影部（撮影、画像処理）の2つから構成される（図 7）。

4.3.1 インタフェース部

インタフェース部は、Arduino³⁾、感圧センサ (FSR402)、赤外線センサ (GP2Y0A21YK)、フルカラーLED、振動モータ、スピーカから構成される。

Arduino は、シャッター入力から撮影者へのフィードバックまでの一連のインタラクション制御と、撮影部との連動を受け持つ。感圧センサは指の接触状態から、シャッター入力を検知する。赤外線センサは、カメラから撮影者の顔まで距離を測定する⁴⁾。フルカラーLED は、カメラの状態を示す。振動モータとスピーカは、撮影者に撮影できたことをフィードバックする。

4.3.2 撮影部

撮影部は、USB カメラと PC から構成される。Arduino からのシャッター指令が出されると、Processing 上のプログラム⁶⁾が USB カメラを制御し、写真を撮影する。この際に、赤外線センサからの距離情報を用いて、最大画素(640×480 pixels)のうち、フレーム外の領域をトリミングし、ディスプレイに表示する。

今回のプロトタイプでは、肉眼でフレーム内に見える視野とカメラの画角がほぼ一致するようにトリミング処理を行なっている。詳細は以下の通りである。

瞳がフレームの中心に対して直角であるとする。この時フレーム内の視野角 θ は、フレームの高さ fh と顔とカメラの距離 d を用いて

$$\theta = 2\arctan(fh/2d)$$

と求まる（図 8）。目とカメラの位置が違うため、フレーム内に見える範囲と撮影範囲には差が生じる。ま

た、撮影対象との距離も違うため、撮影対象が近い場合にはフレーム内に見える範囲と、撮影される範囲の差は大きくなる。ただし、撮影対象が十分に遠い場合には差は小さくなる事を考慮し、今回はカメラの画角をフレーム内の視野に一致させている。

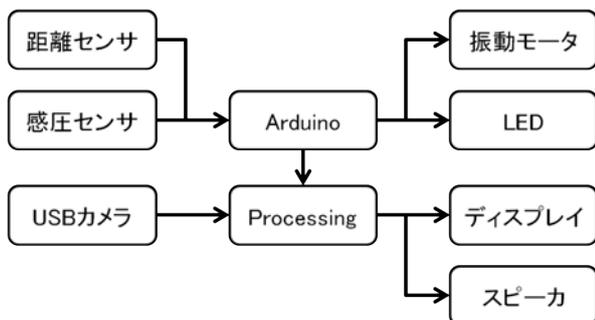


図7 システム構成

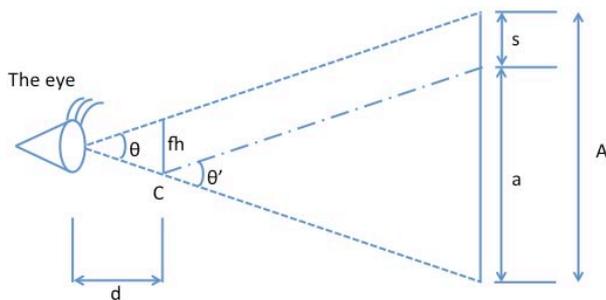


図8 画角の計測方法

θ : 肉眼でフレーム内の視野角, θ' : カメラの撮影画角,
 c : カメラの位置, fh : フレームの高さ, d : 目とカメラ間の距離,
 A : 肉眼でフレーム内に見える範囲, a : カメラの撮影範囲,
 s : 肉眼と撮影範囲のズレ



図9 機器の構成

手の甲側にカメラレンズがくる

4.4 使用方法

Ubi-Camera の穴に人差し指を通し、感圧センサ

を人差し指の上に乗せる。反対側の手の親指を感圧センサの上に乗せ、フレームを作る。フレームをファインダとして、構図を決め、感圧センサを押し込むことでシャッターを切る。シャッターを切ると、フルカラーLED が赤色に点灯し、振動モータが震え、シャッター音が聞こえるので、シャッターが切れたことが確認できる。

5. ユーザースタディから得たこと

制作したプロトタイプは東京デザイナーズウィーク 2011 (2011/11/1-6, 東京), NODE. WORKSHOP SHOWCASE (2011/11/12-13, 名古屋) で展示を行い、一般来場者に対してユーザースタディを行った(期間中、延べ 500 人程度)。本章では展示を通じて得られた発見や使用者の感想、改善すべき点について述べる。

5.1 コンセプトについて

手でフレーミングした範囲をそのまま切り取れるという Ubi-Camera のコンセプトについて、体験者の9割以上が理解した。Ubi-Camera の操作は既存のカメラと異なるが、コンセプトの理解は容易であると言える。

5.2 形状について

Ubi-Camera 本体の装着法についてインストラクションをユーザーにし、装着を求めると、違和感なく受け入れられた。シンプルな構造で、指が傷つけられる心配がないように見えることが大きく寄与したと考えられる。

指の太さは、我々が想定していた以上に個人差があることが分かった。内径 17mm の穴に人差し指が全く入らない人がいた一方で、緩すぎて本体が安定しない人もいた。ブレない写真を撮るためには、本体が指に固定されることが重要であるが、現状のプロトタイプから改善する必要があることが分かった。

5.3 シャッター機構について

今回のプロトタイプでは、シャッターに軽くふれるとスタンバイし、さらに押し込むと撮影される仕組みだった。ただし、この点については正確に理解されない場面も多かった。代表的な例について述べる。

1. 感圧センサを非常に強く押す場合。感圧センサ自体はフィルム状であるため、押した際にクリック感がない。そのため、どの程度の力が適切かわかりにくかったと考えられる。指が震えるほど強く押す人もしばしば見られ、撮影時にブレが発生する原因のひとつになっていた。
2. 感圧センサをタッチセンサだと誤認識する場合。

この場合には構える時点でフレームをつくらず、指を動かしてセンサを押しこむ。撮影時にフレーム全体が動くため、この場合にも写真がブレやすい。

3. カメラのボディを触る場合。感圧センサをシャッターとは認識せず、本体を押し人も見られた。既存のカメラの機械的なシャッターに慣れていることや、フィルム状の感圧センサが操作時に見えづらかったことが原因と考えられる。

以上から、シャッターの機構については改善の必要があることが分かった。

5.4 撮影時のフィードバックについて

シャッターを切った時の撮影者に対するフィードバックとして、LEDの赤色点灯、シャッター音の再生と振動モータによるバイブレーションを用いた。このうち、特に振動モータによるフィードバックは、体験者に「撮影できたことを実感させる」フィードバックとして非常に有効であった。

5.5 距離計測方法

赤外線センサは、うまく計測できない場面が散見された。指に正しく装着されない、あるいはカメラが顔の正面にない状態が原因であると推測される。主にカメラと顔の距離が遠くなる場合にうまく計測できないことが多かった。正しく装着させるために、指にしっかりと固定する形状に改善する必要があることが分かった。また、カメラと顔の距離が離れても精度の高い距離計測をするためには、反射によらない計測方法、例えば、赤外線センサに代えて、カメラから撮影者の顔を撮影して、その目の間隔から距離を計算するなどの方法が考えられる。

5.6 スタンドアロン化

今回のプロトタイプでは、PCでおこなっていた処理は写真の撮影、トリミング、画像保存、画像の表示、シャッター音の再生である。スタンドアロンのカメラとして成立させるためには、こうした機能を Ubi-Camera 本体に取り込むことを検討する必要がある。

写真撮影、画像保存に関しては十分に小さい部品が市販されており、それを利用することで解決できる。また、トリミングに関しては、Ubi-Camera 側では行わず、距離データだけを保存し、画像の表示時にトリミング処理を行うことで解決できる。シャッター音については振動モータのみで代用できるか、スピーカの追加が必要であるか検討が必要である。画像の表示に関しては、Ubi-Camera は小型のカメラであり、ディスプレイを搭載しても画面が小さく、写真の確認には

適さないと考えられる。これについては Wi-Fi や Bluetooth により、スマートフォンなどへ転送し、これらの画面を利用することが考えられる。

6. 議論

本章では、前章で取り上げた中でも特に、インタラクションに関係する部分について考察する。

6.1 インタラクション

前章でも触れたように、撮影の際に写真がブレてしまう場合が多く見られた。今節ではその改善についてインタラクションの観点から考察する。

今回のプロトタイプのシャッターは軽くふれるとスタンバイし、さらに押し込むと撮影される方式だった。これは一般のカメラの、半押しでピントを合わせ、全押しで撮影する動作と似ている。ただし、Ubi-Camera は本体が軽く、指に密着している。そのため従来のカメラより撮影時の姿勢保持が求められる。これを改善する方法として3つの案が考えられる。

1. 指を離した際にシャッターを切る。
2. シャッターに指以外の入力を利用。
3. 手ぶれ補正

まず、指を離す動作について検討する。これは iPhone のカメラなどに採用されている。指を押す動作に比べると、指を離す動作は強いブレは起こしにくいと考えられるが、同時にカメラを支えている手の安定性を失うことにもなる。ただし、撮影者が Ubi-Camera を装着した手を固定する意識を持てば解決する。指を押し込むインタラクションと同様に、学習が必要な動作である。

次に指以外の入力方法を検討する。指以外の体の動作で、カメラを操作できるものに、音声認識技術、息を吹きかける、画像認識による目の動きの検知などが挙げられる。

音声及び息の場合、撮影者とカメラの距離が離れた状況（撮影者が手を伸ばした状況）での動作や、周辺環境の音や風の影響を十分に考慮する必要がある。

目の動きを検知する場合、両目を閉じた際にシャッターを切る方法が考えられる。この場合、音声や息とは違って、撮影者とカメラの距離、周辺環境からのノイズの影響は少なくなる。

音声認識や画像処理を用いると計算コストは大きくなるが、手でフレーミングしているかどうかの状況を他の方法で検知し、フレーミングしている時だけシャッターを操作できる機構にすることで消費電力は最小化できると考えられる。

最後に手ぶれ補正機能についてであるが、これはブレを低減させる設計を十分考慮した上で、補助的なバックアップの機能として実装するのが望ましいと考えられる。

6.2 使用者に合わせたキャリブレーション

今回のプロトタイプでは実装していないが、Ubi-Camera を個人差に合わせるキャリブレーション機能を実装すれば、手でフレーミングした風景をより正確に切り取ることを実現できる。方法として以下のことを想定している。

指の長さを調整するために、PC モニタ上に手を重ね、親指と人差し指の長さで画面に表示されている縦横の長さが等しくなるように調整する。これにより個人差を加味したフレームのアスペクト比が決定する。

さらに、PC モニタ上に表示された枠と手のフレームが重なるところでシャッターを切る。これにより、画像処理において必要になる画角が決定する。

現状のプロトタイプでは、最大画素からフレーム外をトリミングしているが、カメラにズーム機能を持たせた場合には、より有効になると考えられる。

距離測定の精度をあげるために、撮影者からカメラの顔を撮影して、その目の間隔から距離を計算するなどの方法の場合、瞳孔間の距離を予め入力することでキャリブレーションが可能になる。

7. おわりに

本研究では、ジェスチャを活用することで、従来のカメラと同等の機能を操作できることを明らかにした。同時に画像認識技術を用いたジェスチャ型カメラが抱える問題を明らかにし、ジェスチャ型カメラにあるべきインタラクションの方向性を示唆した。また、議論を通じて、よりふさわしいインタラクションを可能にする技術を確認した。今後、そうした機能を実装する Ubi-Camera する。

参 考 文 献

- 1) P. Mistry, P. Maes, L. Chang: WUW – Wear Ur World – A Wearable Gestural Interface, CHI '09 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 4111-4116(2009).
- 2) T. Yamamoto, T. Motte: VISION:
<http://tyymmt.com/filter/product#1463683/VISION>
- 3) Arduino: <http://www.arduino.cc/>
- 4) 小林茂, Prototyping Lab - 「作りながら考える」ための Arduino 実践レシピ, オライリージャパン (2010).

5) Processing: <http://processing.org/>