

ClippingLight：投影式ビューファインダとひねりズームによる手軽で素早い撮影手法

上羽 優貴^{1,a)} 梶原 康宏² 上村 敬志³ 酒田 信親^{1,4} 西田 正吾¹

受付日 2012年6月26日, 採録日 2013年1月11日

概要：ビジュアルマーカの認識やコンピュータへの入力画像として撮影する場合の手軽で素早い撮影手法として、投影式ビューファインダとひねりズームを組み合わせた ClippingLight を提案する。近年、カメラはビジュアルマーカの認識に使われるなど様々な用途に用いられており、素早く手軽な撮影を要求される場面が増えてきている。しかし既存のデジタルカメラでは、画面を通して撮影を行うためユーザの視野が制限され、手軽な撮影が行えなかった。ClippingLight は、実世界上に投影したファインダと、デバイスの傾きによるズーム操作により、フレーミング・ズームを一挙に効率化することができ、手軽で素早い撮影が可能になる。その ClippingLight を用いた場合の撮影にかかるユーザの時間的・心理的負荷について調査を行った。その結果、一般的なデジタルカメラに比べ ClippingLight の方が素早く、快適で容易な撮影が可能であることが分かった。

キーワード：カメラ, モバイル端末, ハンドヘルド, 小型プロジェクタ

ClippingLight: A Method for Easy and Quick Snapshots with Projection Viewfinder and Tilt-based Zoom Control

YUKI UEBA^{1,a)} YASUHIRO KAJIWARA² KEJI UEMURA³
NOBUCHIKA SAKATA^{1,4} SHOGO NISHIDA¹

Received: June 26, 2012, Accepted: January 11, 2013

Abstract: We propose a method for easy and quick snapshots, ClippingLight combines projection viewfinder and tilt-based zoom control. These days, cameras have been used for many purposes in our daily lives, such as scanning visual markers. Also opportunity to take snapshots is increasing. However, taking snapshots with today digital camera is not simple, because its viewfinder forces users to see the real space through itself. Projection viewfinder and tilt-based zoom control of ClippingLight allows to make framing and zooming efficient at a stroke. Eventually, ClippingLight can enable to take photos easily and quickly. To confirm it, we conduct user study that unveils how much effort is required to take photos of stationary and moving targets. The result shows that our proposed method enable to take photos comfortably and requires lower burden than common digital cameras.

Keywords: camera operation, mobile devices, hand-held, micro-projector

1. はじめに

カメラは視覚的情報を記録・伝達する手段として広く使われている。また、近年のネットワークの発達とデジタルカメラの登場により、人の一生におけるカメラの撮影回数は多くなっている。さらに、カメラの撮影画像を単純な記憶や思い出の想起に利用するだけでなく、ビジュアルマーカの認識、画像クエリ検索を行う Google goggles [1] などのコンピュータへのデータ入力として撮影画像が利用され

¹ 大阪大学大学院基礎工学研究科
Graduate School of Engineering Science, Osaka University,
Toyonaka, Osaka 560-8531, Japan

² 株式会社リコー
RICOH Company, Ltd., Chuo, Tokyo 104-8222, Japan

³ 三菱電機株式会社
Mitsubishi Electric Corporation, Chiyoda, Tokyo 100-8310,
Japan

⁴ HIT Lab NZ, University of Canterbury, Christchurch, New
Zealand

a) ueba@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp

ている。特に QR コードに代表されるビジュアルマーカの認識やコンピュータビジョンのシードとして撮影画像を使用する場合、素早く手軽に撮影できることが優先される。

現在の一般的なデジタルカメラによる撮影では、筐体に備え付けられた液晶越しに撮影対象を確認しつつ、ズームボタンやズームレバーを用いて撮影領域を決定したり対象物の構図を決めたりし、さらにそこからシャッターボタンを押すことで最終的に画像として保存していた。このような撮影手法では、液晶に表示された映像が画像として保存されるため、ユーザが意図した構図での撮影が可能である。しかしながら、小型の液晶画面を通して撮影を行うためユーザの視野が制限され、周囲の状況の把握が難しく、動物体の撮影や複数の被写体を連続で撮影することが難しいという問題があった。また、実世界で撮影対象物を決めてから液晶画面内で撮影を行うことが多いため、実世界から液晶画面の仮想世界をまたぐ必要があり、手軽で素早い撮影が行えていないのではないかと考えた。

そこで本稿では、ビジュアルマーカの認識やコンピュータへの入力画像として撮影する場合の手軽で素早い撮影手法として、投影式ビューファインダとひねりズームを組み合わせた ClippingLight を提案する。投影式ビューファインダは実世界上にカメラの撮影領域を投影するもので、ディスプレイを注視することなく視野を広く取りながら撮影できる。ひねりズームはデバイスの傾きによりズーム操作を行うもので、素早く撮影領域の大きさを変更でき、シームレスにシャッターボタンを押すことが可能である。このように投影式ビューファインダとひねりズームを組み合わせた ClippingLight によって、カメラのフレーミング・ズームを一挙に効率化することができる。また、ユーザは実世界で広い視野を確保しながら、撮影対象物を決め、実世界から仮想世界をまたぐことなく撮影操作を行うことで素早く手軽な撮影が行えると考えている。

2. 関連研究

ClippingLight のようなポインティング機能を持ったハンドヘルド型デバイスは数多く提案されている。Touch Projector [2] では、ハンドヘルド型 PDA の LCD を通してターゲットをタッチすることにより、対象のポインティングを行う。これは現在の多くのコンパクトデジタルカメラやミラーレス一眼で撮影を行う際に、ディスプレイを通して撮影対象を確認することに近い。しかしながら、ディスプレイを注視する必要があるため視野が限定される。また、デバイスを両手で持つことも多く、ディスプレイの大きさも限られ、実世界と液晶画面との間で視野を行き来しなければならない [3], [4]。

Ray Casting [5] はレーザーポインタの軌跡をプロジェクタにより投影し、対象を指示するものである。これは我々が提案した、撮影領域を投影する投影式ビューファインダに

近い。そのほかにも実世界でのレーザーポインタを用いたインタラクションについての研究はいくつもある [6], [7], [8]。Ray Casting などの技術は精度が低いことが問題であるが、本研究はポインティングほどの精度を必要としない。実世界上のターゲットを直接選択するため、デバイスを構えるなどの手間が少なく、視野が広く確保できるという特徴は、実世界上でポインティングや領域指定を行うことの優位性を示している。しかしながら、環境側に何らかのプロジェクション設備がある点で、ハンドヘルドデバイスで完結する我々の研究とは差異がある。

デバイスの傾きを用いることにより、小型携帯端末の操作を片手で行うことができる研究が存在した [9], [10]。近年では、加速度センサやジャイロセンサが PDA やスマートフォンに搭載されることも多く、これらのセンサが入力として用いられている。Rahman らは腕の傾きによる入力とディスプレイ出力の組合せでは、ディスプレイを素早く動かしたり、傾けたりする場合は、ディスプレイが見にくくなることでビジュアルフィードバックが得にくいことを報告している [11]。Zoom-and-Pick [12] はハンドヘルドプロジェクタの傾きにより、プロジェクション画像の拡大を行うものである。投影された画像は安定化が行われているため、プロジェクタの傾きによる影響を受けずユーザにフィードバックを与えることができる。これらの研究から、プロジェクタによる出力とデバイスの傾きによる入力は適した組合せであると考えられる。

プロジェクタの小型化にともない、様々な携帯端末に搭載することが可能となった。iLamps [13] はハンドヘルドプロジェクタとカメラにより拡張現実を実現する [14]。Wear Ur World [15] では、身体に装着したプロジェクタにより投影された画面に対して、ハンドジェスチャにより入力を行うものである。そのほかにもモバイルプロジェクタカメラシステムを用いた研究は数多い [16], [17]。しかしこれらはデバイスから表示された情報に対してのインタラクションを支援するもので、実世界での撮影を支援するものや実世界での領域指定についての研究ではない。

3. ClippingLight

ClippingLight は投影式ビューファインダとひねりズームを組み合わせた撮影手法である。本研究ではカメラ、プロジェクタ、加速度センサ、ジャイロセンサから構成されるデバイスに ClippingLight の機能を実装した。

3.1 投影式ビューファインダとひねりズーム

投影式ビューファインダは図 1 と図 2 のように、実世界から切り出す領域をプロジェクタにより投影するものである。カメラとプロジェクタ光軸が平行になるように、そして視差ができるだけ小さくなるようにプロジェクタにカメラを取り付けた。そしてプロジェクタによって投影した



図 1 ClippingLight 使用例

Fig. 1 A user is wielding ClippingLight to clip part of image in the book.

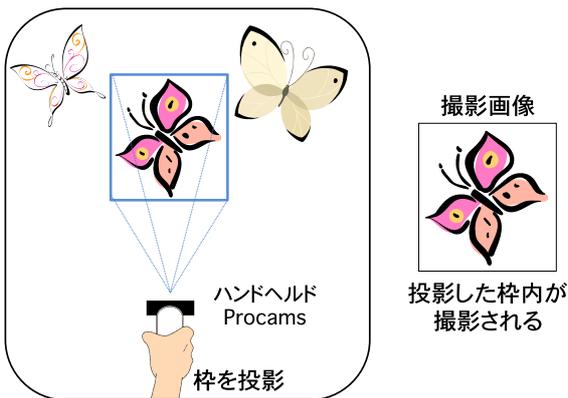


図 2 投影式ビューファインダ

Fig. 2 Projection viewfinder.

領域を撮影画像から切り出すことにより、投影領域と撮影領域が一致する。レーザーポインタを使うように投影領域を動かすことが可能である。

現在の一般的なデジタルカメラは撮影領域の確認のためにディスプレイを注視する必要があるために視野がディスプレイ領域に限定されるが、投影式ビューファインダでは撮影領域周辺全体が見渡せるため、広い視野を確保したままユーザの望む領域の撮影が可能である。

投影式ビューファインダはプロジェクタの輝度のため、遠くにある対象を撮影しようとした場合に枠が見にくくなるという問題はあるが、ビジュアルマーカの認識やコンピュータへの入力画像として撮影する場合を想定した手法であるため、ユーザから約 5m までの被写体を想定している。

ひねりズームはデバイスの傾きにより、撮影領域の調整を行う。一般的なコンパクトデジタルカメラでは、撮影領域の調整をレバーにより行っているが、これは現在の撮影領域の大きさから拡大するか縮小するかという相対的な入力であるために、目的とする撮影領域の大きさへ変更するのに手間がかかる。一方でひねりズームは、デバイスの傾きに応じて撮影領域の大きさが変化する絶対的な入力であるため、素早く撮影領域の調整を行える。また、プロジェクタとカメラの光軸を中心にデバイスを回転 (ROLL) させることでターゲットを捕え続けることができるため、光軸を中心とした傾きにより撮影領域の調整を行う [12]。デバイスを傾けることにより投影領域や撮影画像は回転してしまうが、回転させた角度と同じ角度だけ逆の方向に投影領域と撮影画像をソフトウェア処理によって画像上で回転させることにより、ユーザ視点と同じ天地方向で撮影画像を保存できる。このように撮影画像の下が必ず鉛直下向きとなる設定にすると、ユーザが意図的に撮影画像を回転させたい要求に答えることができない。しかしながら、今回はビジュアルマーカの認識やコンピュータビジョンなどの入力画像として素早く手軽に撮影するのを目的としているのでこの手法で問題ないと判断した。そして今回は、シャッターボタンを押したとき、投影領域内の画像が保存される実装とした。

現在、投影式ビューファインダを備えたカメラ [18] も市販されてきている。このように筐体にディスプレイを装着するスペースがない場合にも、投影式ビューファインダは有効な手段であると考えられる。しかし、投影式ビューファインダのみを搭載するカメラでは、ユーザの望む領域を指定して撮影するためにはカメラをターゲットから前後させる必要がある。一方で ClippingLight では、デバイスの傾きによりズーム操作を行えるため、ユーザの望む領域を素早く指定できる。

3.2 プロトタイプ

以上の機能を持ったプロトタイプを実装した (図 4)。プロジェクタ (Adtec AD-MP 15A, 15 lumens, 147 g)、カメラ (Creative Live! Cam Socialized HD, 1,280 × 720, 30 fps)、加速度センサ (Analog Devices ADXL335)、ジャイロセンサ (STMicroelectronics LPR530AL, LY530ALH)、シャッターボタンにより構成される。

プロジェクタとカメラは視差を小さくするため、可能な限り近い位置に取り付け、光軸や視野角を一致させた。しかし実装上の限界で、対象物体までの距離が近いと視差の影響が大きくなってしまい、投影領域と撮影領域が一致しない。対象物体までの距離が 1メートル程度を超えると視差の影響が無視できるほど小さくなり、投影領域と撮影領域はおよそ一致する。これらの問題はハーフミラーやクイックリターンミラーなどを使うことで解決できると考えている。

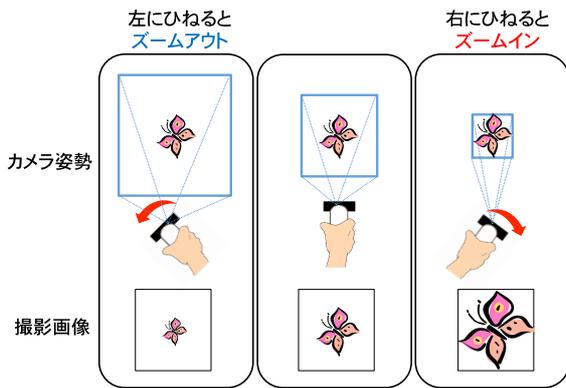


図 3 ひねりズーム
Fig. 3 TwistZoom.

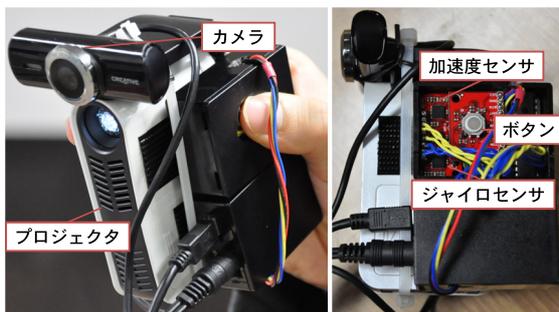


図 4 プロトタイプ
Fig. 4 Prototype.

デバイスの傾きはジャイロセンサおよび加速度センサにより算出する。加速度センサの値が基準値を下回っているとき、重力加速度の方向により傾きを算出し、基準値を上回っているとき、ジャイロセンサにより得られる角速度にサンプリング周期を掛けたものと、加速度センサで推定した角度の値を足し合わせることで傾きを算出する。またシャッターボタンを押したときは、シャッター音を鳴らすことでユーザにフィードバックを与えた。

プロトタイプシステムでは、白色の正方形を投影式ビューファインダとして採用している。今回は 15 ルーメンのプロジェクタを用いたので最も明るくなるように白色フレームを選び、写真の形式として一般的であり、画像の回転による影響を受けていない範囲で撮影領域の拡大縮小を広範囲に行えることから正方形を採用した。また、これらフレームの形状や色などは、たとえばマクロなどの撮影モードに応じて変化させたり、将来的には撮影対象物を自動認識し、それに従って変化させたりすることも考えている。本システムでは、撮影画像から切り取る領域の大きさを変更することにより、8 倍のデジタルズームを実装した。図 3 のように、本システムではデバイスが地面に対して垂直であるときの角度を 0° とし、左に傾いたときの角度を正、右に傾いたときの角度を負とした。ひねりズームでは有効な角度を $-60^\circ \sim +60^\circ$ とした。角度が大きくなるにつれ撮影領域が大きくなり、 60° を超えると領域の大きさは

変わらなくなる。角度が小さくなるにつれ撮影領域が小さくなり、 -60° を超えると領域の大きさは変わらなくなる。これらの角度は予備実験を通して、快適な角度を経験的に決定した。

4. ユーザスタディ

4.1 静止したターゲットの撮影

4.1.1 実験目的

ClippingLight がユーザの実世界での広い視野を確保し、実世界で撮影領域や撮影場所を指定することで手軽で素早い撮影が行えることを確認するため、一般的なデジタルカメラと比較を行った。本実験では、一眼レフなどのカメラではなく、手軽な撮影で多く用いられるコンパクトデジタルカメラを参考にし、ディスプレイによるファインダで撮影場所を確認し、指によるズーム操作で撮影領域を調整するものを一般的なカメラとした。仮説として ClippingLight はディスプレイを注視する必要がなく、撮影領域を調整してからシャッターボタンを押すまでをシームレスに行えるのでビジュアルマーカの認識やコンピュータビジョンなどの入力画像として対象を撮影する場合は、一般的なカメラと比べて撮影時間は短く心理的にも負担が軽いと考えている。

4.1.2 実験設計

壁にあるターゲットを撮影する状況を仮定し、スクリーンに現れるすべてのターゲットをできるだけ正確に、素早く撮影することを実験タスクとした。

スクリーンの大きさは $120\text{ cm} \times 155\text{ cm}$ で、被験者にはスクリーンから 3 メートル離れた位置で撮影してもらった。ターゲットは円形で、上下に 5 cm 離れた位置にマージン線を配置し、被験者が撮影所要時間を確認できるようにするため、ターゲットが現れてからの時間をターゲット内に表示した。ターゲットのサイズは 5 種類 (13 cm , 16.5 cm , 20 cm , 24 cm) 用意し、スクリーンに表示されるターゲットのサイズはランダムとした。1 度に現れるターゲットの数を 1, 2, 4 と変化させ、被験者にマージン線が撮影領域に入らないように撮影してもらった (図 5)。スクリーンに映し出されるターゲットは据え置き型のプロジェクタにより投影した。

2 種類の撮影手法 (ClippingLight, 一般的なカメラ) と、ターゲットの数を変えた 3 種類のタスク設定があるため、合計 6 種類の状況がある ((A) ClippingLight + 1 ターゲット, (B) 一般的なカメラ + 1 ターゲット, (C) ClippingLight + 2 ターゲット, (D) 一般的なカメラ + 2 ターゲット, (E) ClippingLight + 4 ターゲット, (F) 一般的なカメラ + 4 ターゲット)。撮影が時間内に完了するように、ターゲットが 1 つの場合は 6 秒、2 つの場合は同時に現れ 12 秒、4 つの場合は同時に現れ 24 秒間表示される。ターゲットが現れると同時にタスクを開始し、タスク間にインターバルとして 6 秒間を与えた。カメラを構えるまでにかかる

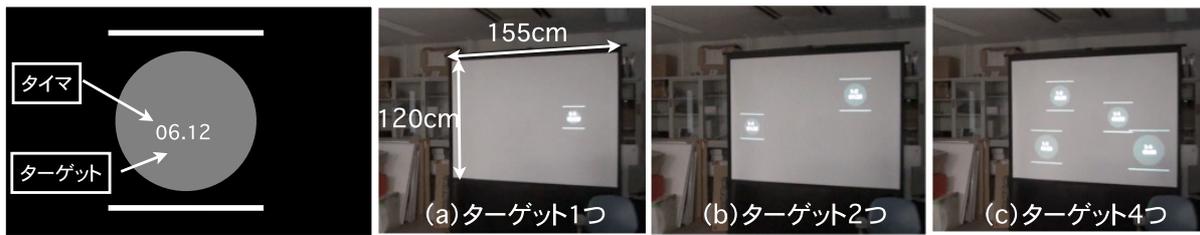


図 5 撮影対象
Fig. 5 Target.

負荷も調査するため、インターバルの間に被験者にはカメラを持った手を下げるよう指示した。それぞれの状況で実験を行う前に 1 回の練習を行ってもらい、本実験の撮影をそれぞれ 10 回行ってもらった。

モバイルプロジェクタの輝度は低いため、明るい場所において投影式ビューファインダは見にくい。そこで、暗い室内 (10~15lx) で実験を行った。ClippingLight の撮影の素早さを評価するため、比較対象の一般的なカメラとして、ズーム操作が素早く、写真の記録速度が速い SONY DCR-PC300 を採用した。

4.1.3 実験手順

まず被験者にカメラの使用方法与ターゲットについて説明し、しばらくの間練習を行ってもらい、その後実験を開始した。被験者はどちらかの撮影手法でターゲットの数を変えた 3 種類のタスク設定で実験を行い、その後撮影手法を変えて 3 種類のタスク設定で実験を行った。デバイスによる順序効果を打ち消すため、被験者の半分は ClippingLight を先に ((A)→(C)→(E)→(B)→(D)→(F))、もう半分は一般的なカメラを先に ((B)→(D)→(F)→(A)→(C)→(E)) 使って実験した。

4.1.4 結果

被験者は 22 歳から 25 歳の 14 人で、1 人は女性、1 人は左利きである。プロトタイプは右利き用に作られているため、左利きの被験者も右利きの被験者と同様に実験を行った。それぞれの状況下で定性的な評価を行うため、実験タスク後に 7 段階評価のアンケートも実施した。評価項目は心理的努力度 (1: 少ない, 7: 多い)、身体的努力度 (1: 少ない, 7: 多い)、正確な領域の指定 (1: 容易, 7: 困難)、撮影完了速度 (1: 速い, 7: 遅い)、目の疲れ (1: 小さい, 7: 大きい)、楽しさ (1: 楽しくない, 7: 楽しい)、撮影の快適さ (1: 不快, 7: 快適)、撮影の容易さ (1: 困難, 7: 容易) である。さらに撮影が完了する時間についても計測した。それぞれの状況で、ウィルコクソンの符号順位と検定により ClippingLight (CL) と一般的なカメラ (TC) の差を危険率 0.05 で統計的に分析した。

ターゲットが 1 つの場合の心理的努力度に関しては有意な差が見られなかったが、その他の項目に関しては有意な差が見られた。結果を図 6 に示す。

4.2 動くターゲットの撮影

4.2.1 実験目的

次に ClippingLight で動くターゲットの撮影を行った場合の効果について焦点を当てた。ただし本システムは、ターゲットは少なくとも撮影時には静止していることを想定している。したがって、動いている被写体を撮影する場合、ユーザが最もいいと考えた瞬間、すなわち動いているターゲットが止まった瞬間にシャッターボタンを押すためには、ユーザはターゲットをファインダの中に収めながら、ターゲットの大きさに合わせてズームレベルを調整しなければならない。ユーザの視線で簡単に追えるようなターゲットでも、一般的なカメラでは動くターゲットをカメラに捕え続けることは難しく、集中が必要である。一方で提案手法ではユーザの視界でターゲットを追うことができ、ズーム操作をしてから素早く撮影ボタンを押すことができる。静止したターゲットの撮影による評価実験では撮影の正確性について定量的な評価を行っていなかったため、本実験で撮影の正確性について定量的な評価を行った。具体的な評価指標として 3 つあり、1 つはターゲットが写真に収まっているかどうか、1 つは撮影画像の中心とターゲットの中心の距離の差、もう 1 つは撮影画像とターゲットの大きさの比である。ターゲットが写真に収まっているかというのはある 1 人の基準により、「全体が収まっている」、「一部分が切れている」、「まったく写っていない」の 3 つに分類した。撮影画像の中心とターゲットの中心の距離の差は、カメラがターゲット方向をどの程度向いているかを示す。撮影画像とターゲットの大きさの比は、ズーム操作の正確性を示す。提案手法による効果を確認するため、静止したターゲットの撮影と同様に ClippingLight と一般的なカメラで比較実験を行った。3 つ目の評価指標に関して、ターゲットの直径と撮影画像の縦のピクセル値の比を算出した。

4.2.2 実験設計

4.1.2 項に示したように、被験者の立ち位置やスクリーンの場所、部屋の明るさなどの環境を継承している。ターゲットは現れ、しばらく動き、数秒静止してから消える。被験者にはターゲットが静止している間に撮影を行ってもらった。ターゲットが動いている時間は 5~6 秒の間でランダムで、ターゲットのサイズは 3 種類 (25 cm, 30 cm, 37 cm) の中からランダムで現れ、1.5 秒間静止する。ター

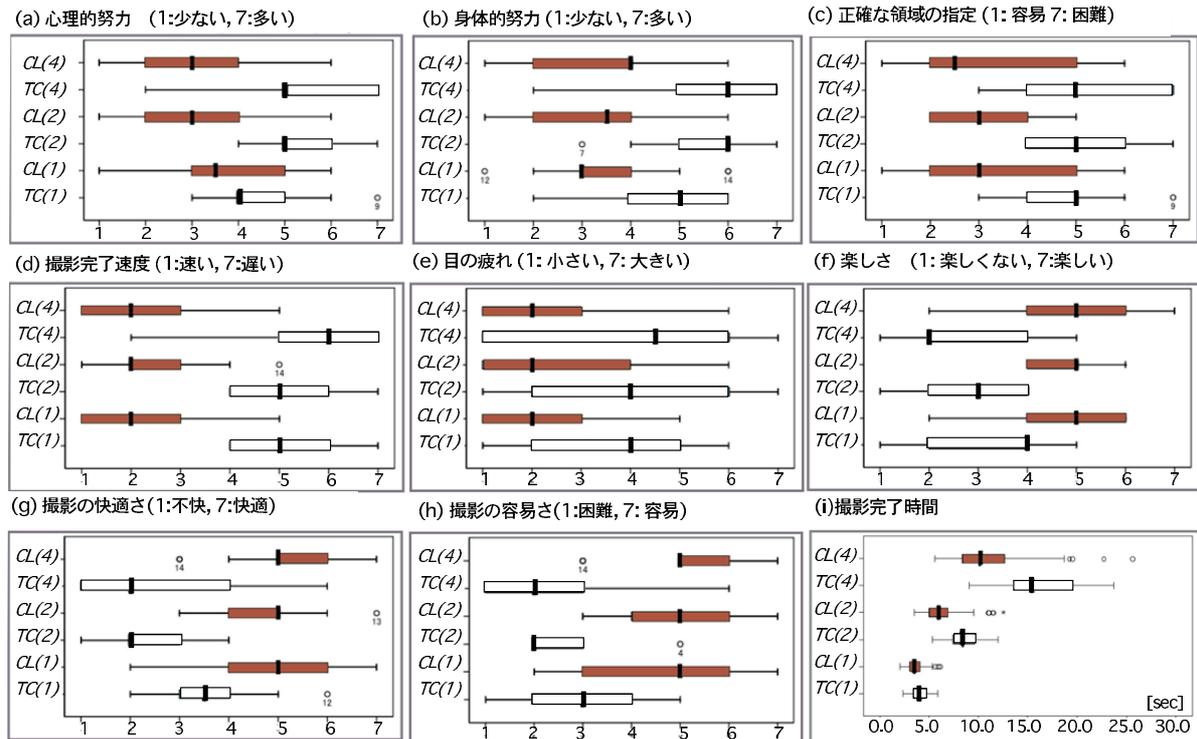


図 6 静止したターゲットの撮影の実験結果
 Fig. 6 Result of stationary target shooting.

ターゲットが動いている間はターゲットに合わせてズームレベルを調整することが要求される。被験者にはターゲットをできるだけ中心に、かつ撮影領域に収まるようにできるだけ大きく撮影するように指示した。

ターゲットの形は円で、中心が分かるように中心に白い目印を付けた。動き方による効果も調査するため、3種類の動作パターンを用意した(パターン1, パターン2, パターン3)。パターン1は円軌道, パターン2は円軌道であるが回転速度が速くなり、振動しながら移動する。パターン3ではさらに回転速度が速くなり、振動もさらに大きくなる。どのパターンにおいても出現位置はランダムとした。

2種類の撮影手法と、動作パターンを変えた3種類のタスク設定があるため、合計6種類の状況がある((A) ClippingLight+パターン1, (B) 一般的なカメラ+パターン1, (C) ClippingLight+パターン2, (D) 一般的なカメラ+パターン2, (E) ClippingLight+パターン3, (F) 一般的なカメラ+パターン3)。それぞれの状況で撮影を10回行い、実験を行う前に3回の練習を行った。

4.2.3 実験手順

まず被験者にカメラの使用方法和ターゲットについて説明し、しばらくの間練習を行ってもらい、その後実験を開始した。被験者はどちらかの撮影手法でターゲットの数を変えた3種類の状況で実験を行い、その後撮影手法を変えて3種類の状況で実験を行った。デバイスによる順序効果を打ち消すため、被験者の半分はClippingLightを先に((A)→(C)→(E)→(B)→(D)→(F))、もう半分は一般的

なカメラを先に((B)→(D)→(F)→(A)→(C)→(E))使って実験した。

4.2.4 結果

被験者は22歳から26歳の16人で、1人は女性、1人は左利きである。プロトタイプは右利き用に作られているため、左利きの被験者も右利きの被験者と同様に実験を行った。それぞれの状況下で定性的な評価を行うため、実験タスク後に7段階評価のアンケートも実施した。評価項目は心理的 effort 度 (1: 少ない, 7: 多い), 身体的 effort 度 (1: 少ない, 7: 多い), 正確な領域の指定 (1: 容易, 7: 困難), 撮影完了速度 (1: 速い, 7: 遅い), 楽しさ (1: 楽しくない, 7: 楽しい), 追跡の容易さ (1: 容易, 7: 困難), 撮影の快適さ (1: 不快, 7: 快適), 撮影の容易さ (1: 困難, 7: 容易) である。それぞれの状況で、ウィルコクソンの符号順位和検定により ClippingLight と一般的なカメラの差を危険率 0.05 で統計的に分析した。

図 7(a) はターゲットが撮影画像に収まっているかどうかの結果を示す。ClippingLight ではターゲットを撮り逃すことはなかった。しかし、ターゲット全体を完全にとらえられることもなかった。一方で一般的なカメラではターゲットを撮り逃すことがあった。図 7(b) は撮影画像中心とターゲット中心間の距離の結果を示す。ClippingLight と一般的なカメラの間に有意な差は見られなかった。図 7(c) は撮影画像とターゲットの大きさの比の結果を示す。ターゲットの動きによらず ClippingLight と一般的なカメラの間に有意な差が見られた。また、アンケートにより得られ

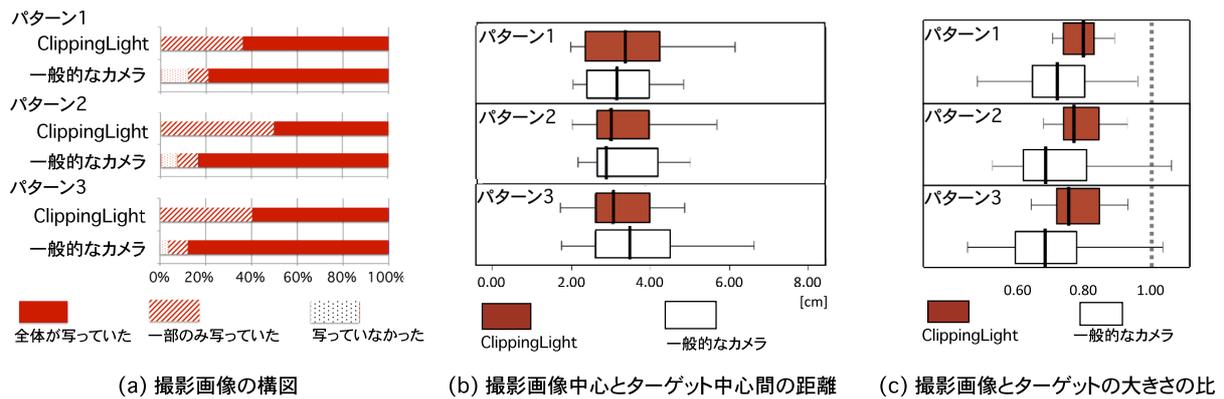


図 7 動くターゲットの撮影の実験結果
Fig. 7 Result of moving target shooting.

た結果はどの項目においても有意な差が得られた。

5. 考察

静止したターゲットの撮影において、ClippingLight は多くの場合で容易で快適な撮影が可能であるという結果を得た。しかし、ターゲットが1つの場合の心理的努力度に関して一般的なカメラとの間に有意な差が見られなかった。手を下げた姿勢からカメラを構えるまでの姿勢に変更する心理的努力度が、ClippingLight と一般的なカメラでは同程度であると考えられる。1度カメラを構えると、ClippingLight では実世界から視線を動かさず次のターゲットの撮影に移れるので、ターゲットの数が増えるほど、一般的なカメラに比べ心理的努力度が少なくなったと考えられる。また、ClippingLight では撮影するターゲットの数が増えるほど撮影の快適さや撮影の容易さが向上する傾向にあった。一方で一般的なカメラでは、撮影するターゲットの数が増えるほど撮影の快適さや撮影の容易さは減少する傾向にあった。よって、ClippingLight は複数の対象を次々に撮影していく場面で効果的だと考えられる。

目の疲れに関して、ClippingLight ではディスプレイを注視する必要がないため、目の疲れは少ないと予想したが、最も結果が分散した。被験者から、投影式ビューファインダが見にくく、凝視する必要があったという意見があった。これはプロジェクタの輝度によるものと考えられる。プロジェクタの輝度が向上することにより、この問題は解決すると考えられる。

動くターゲットの撮影においても、ClippingLight は快適な撮影が可能であるという結果を得た。さらにポイントングも容易に、かつズーム操作も正確に行えることが確認できた。ターゲットの動き方が複雑となったとしても、手軽で素早い撮影が可能であることも分かった。投影式ビューファインダとひねりズームの組合せは、動物体に対して非常に有効であると考えられる。ねじや蛇口を閉めるなど、ひねりという操作が人間になじみ深いということも、撮影の快適さに影響したと考えられる。一方で一般的



図 8 ClippingLight を用いたアプリケーション例
Fig. 8 Application for ClippingLight.

なカメラで動くターゲットを撮影する場合、撮影に要する負荷が大きく、またターゲットを撮り逃すこともあった。

ClippingLight ではターゲット全体をとらえることができなかつた。これは手振れによるものと考えられる。ClippingLight ではズーム操作を厳密に行えるので、ユーザは余分な領域をなるべく小さくして撮影することができる。これにより、手振れの影響を受けやすくなったと考えられる。投影領域よりも切り取る領域を少し大きく設定することにより、この問題を解決できると考えられる。

6. おわりに

本システムはプロジェクタを使用しているため、撮影領域以外の情報を投影することが可能であり、QR コードの読み込み以外にも、様々なアプリケーションが考えられる。図 8 は ClippingLight により指定した領域を OCR で読み込み、翻訳結果を英文の近くに投影するアプリケーションである。ヘッドマウントディスプレイを装着して見える英文をすべて翻訳するという方法も考えられるが、ClippingLight では領域の大きさを変更することにより、ユーザが望む単語単位や文単位での翻訳が可能となる。また ClippingLight は翻訳のクエリ指定に利用するだけでなく、画像クエリの指定などとして用いることができると考えている。領域内に含まれるクエリに応じて、領域の近くに検索結果をシームレスに投影するようなアプリケーション

ンが考えられる。

謝辞 本研究の一部は若手研究 (B)「人称視点選択可能な遠隔協調作業システムの開発」(研究課題番号: 23700145)による。

参考文献

[1] Google Goggles, available from (<http://www.google.com/mobile/goggles/>) (accessed 2012-05-30).

[2] Boring, S., Baur, D., Butz, A., Gustafson, S. and Baudisch, P.: Touch projector: Mobile interaction through video, *Proc. CHI 2010*, pp.2287-2296, ACM, NY (2010).

[3] Rohs, M. and Oulasvirta, A.: Target Acquisition with Camera Phones when used as Magic Lenses, *Proc. CHI 2008*, pp.1409-1418, ACM, NY (2008).

[4] Wither, J., DiVerdi, S. and Hollerer, T.: Evaluating display types for AR selection and annotation, *Proc. ISMAR 2007*, pp.1-4, IEEE Computer Society, Washington, DC (2007).

[5] Hinkley, K., Pusch, R., Coble, J.C. and Kasseal, N.F.: A Survey of Design Issues in Spatial Input, *Proc. UIST 1994*, pp.213-222, ACM, NY (1994).

[6] Ishii, K., Zhao, S., Inami, M., Igarashi, T. and Imai, M.: Designing Laser Gesture Interface for Robot Control, *Proc. INTERACT 2009*, pp.479-492, Springer, Berlin (2009).

[7] Kemp, C.C., Anderson, C.D. and Nguyen, H.: A Point-and-Click Interface for the Real World: Laser Designation of Objects for Mobile Manipulation, *Proc. HRI 2008*, pp.241-248, ACM, NY (2008).

[8] Wilson, A. and Shafer, S.: XWand: UI for Intelligent Spaces, *Proc. CHI 2003*, pp.545-552, ACM, NY (2003).

[9] Rekimoto, J.: Tilting operations for small screen interfaces, *Proc. UIST 1996*, pp.167-168, ACM, NY (1996).

[10] Harrison, B.L., Fishkin, K.P., Gujar, A., Mochon, C. and Want, R.: Squeeze me, hold me, tilt me! An exploration of manipulative user interfaces, *Proc. CHI 1998*, pp.17-24, ACM, NY (1998).

[11] Rahman, M., Gustafson, S., Irani, P. and Subramanian, S.: Tilt Techniques: Investigating the Dexterity of Wrist-based Input, *Proc. CHI 2009*, pp.1943-1952, ACM, NY (2009).

[12] Forlines, C., Balakrishnan, R., Beardsley, P., Baar, J.V. and Raskar, R.: Zoom-and-pick: Facilitating visual zooming and precision pointing with interactive handheld projectors, *Proc. UIST 2005*, pp.73-82, ACM, NY (2005).

[13] Raskar, R., Baar, J.V., Beardsley, P., Willwacher, T., Rao, S. and Forlines, C.: iLamps: Geometrically aware and self-configuring projectors, *Proc. SIGGRAPH 2003*, pp.809-818, ACM, NY (2003).

[14] Beardsley, P., Baar, J.V., Raskar, R. and Forlines, C.: Interaction using a handheld projector, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.25, No.1, pp.39-43, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos (2005).

[15] Mistry, P., Maes, P. and Chang, L.: WUW - Wear Ur World: A wearable gestural interface, *Proc. CHI 2009*, pp.4111-4116, ACM, NY (2009).

[16] Song, H., Guimbretiere, F., Grossman, T. and Fitzmaurice, G.: PenLight: Combining a mobile projector and a digital pen for dynamic visual overlay, *Proc. CHI 2009*, pp.143-152, ACM, NY (2009).

[17] Blasko, G., Feiner, S. and Coriand, F.: Exploring in-

teraction with a simulated wrist-worn projection display, *Proc. ISWC 2005*, pp.2-9, IEEE Computer Society, Washington, DC (2005).

[18] NoteMark, available from (<http://notemark.ca/global/>) (accessed 2012-10-18).



上羽 優貴

2012年大阪大学基礎工学部システム科学科卒業。現在、大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻に在学中。実世界指向インタフェースの研究に従事。



梶原 康弘

2009年大阪大学工学部応用自然科学科卒業。2011年大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻修了。同年4月株式会社リコー入社。在学中は実世界指向インタフェースの研究に従事。



上村 敬志

2010年大阪大学基礎工学部システム科学科卒業。2012年大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻修了。在学中は実世界指向インタフェースの研究に従事。



酒田 信親

2002年筑波大学工学システム学類卒業。2007年筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻博士課程修了。2012~2013年 HIT Lab NZ University of Canterbury 客員研究員。2007年4月より大阪大学大学院基礎工学研究科助教。著書は『次世代ヒューマンインタフェース開発の最前線』(NTS, 共著)。実世界指向インタフェースの研究に従事。博士(工学)。



西田 正吾 (正会員)

1974年3月東京大学工学部電子工学科卒業。1976年3月東京大学大学院修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。同社中央研究所システム基礎研究部研究員、グループマネージャーを経て、1995年4月大阪大学基礎工学部教授。その後、大阪大学基礎工学研究科長・基礎工学部長、理事・副学長を経て、現在、大阪大学基礎工学研究科教授。システム技術、ヒューマンインタフェース技術、メディア技術の研究に従事。1984～1985年MITメディアラボ客員研究員。ヒューマンインタフェース学会論文賞(2001年, 2005年)、電気学会業績賞(2004年)、船井情報科学振興賞(2006年)等受賞。IEEE Fellow。電子情報通信学会フェロー。電気学会フェロー。著書は、『ヒューマン・コンピュータ交流技術』(オーム社, 共著), 『メディア工学』(朝倉書店), 『情報メディア工学』(オーム社, 共著)等。工学博士。