

ユーザ視点映像を用いた物探し支援に適したカメラ視野角の分析

Evaluation of First-Person's View Angle for an Object-Finding Support System

河村竜幸*1
Tatsuyuki KAWAMURA

上岡隆宏*2
Takahiro UEOKA

河野恭之*1
Yasuyuki KONO

木戸出正継*1
Masatsugu KIDODE

*1 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

Graduate School of Informaion Science, Nara Institute of Science and Technology

*2 株式会社とめ研究所

Tome R&D Inc.

The purpose of this study is to investigate dependence of cognition for object placing action and its location from a first-person video on view angle of a head-mounted wearable camera. Experimental results in this study contribute greatly to an appropriate camera design of an object-finding support system by displaying the first-person video. The experimental results show that a range of view angle from 115 to 125 degrees is necessary and sufficient condition for supporting the object-finding task.

1. はじめに

本研究は、ユーザ視点映像を用いた物探し支援システムにおける支援性能の向上が目的である。本研究で対象とするユーザが物を扱っていた時の映像をユーザに提示するシステム（以後、映像提示型物探し支援システム）では、ユーザに提示する映像の内容、長さ、品質、視野が支援効率に大きく影響すると考えられる。本研究では特に、カメラ視野角と撮影された映像文脈における人の行為・場所の認知との関係を調査した。

人は日常生活環境で数多くの物に囲まれている。ある家庭では 3200 個以上の物を所有していたという調査結果がある [1]。人はそれらを利用することで、様々な作業を遂行している。しかし、人はこれら全ての物を正確に記憶しておくことが困難であり、物が置かれた場所がわからなくなるといった問題がたびたび発生する。一般のビジネスマンが物探しで浪費する時間は 1 年間に 150 時間であると言われている [2]。ここにコンピュータが介在し、人の浪費していた時間を抑制することができれば、人の日常生活はより豊かになると期待できる。

近年、コンピュータを用いた物探しの支援が注目されている。支援方式は大きく記銘型 [3] と情報提示型に分類することができる。さらに情報提示型では、映像提示型 [4, 5]、音声通知型 [6, 7]、投光型 [8]、レーダ探索型 [9]、事前警告型 [9] に分類することができる。音声通知型システムでは物から音を発するため、人が別の場所にいると支援が困難となる。投光型システムもまた支援可能な環境内でしか効果を発揮できないという問題がある。レーダ探索型は手元の装置に物の存在する方向が提示されるため、離れた位置から物の探索が可能であるが、その距離には限界がある。事前警告型では、物が特定の人や場所から離れそうになると装置が音や振動でユーザに警告するため、物を置き忘れるという状況が発生しにくくなる。しかし事前警告型システムでは、頻繁に登録/登録解除の作業を要する。記銘型では、ユーザの物を置くという行為の直後に、システムがユーザに対してその行為が記録された映像を複数回提示し、直接的な記憶の強化を図っている。しかし、記憶の強化が可能な物の数には限界があり、また長期間保存される物の場合、人の記憶機能の限界により支援が保証されない。対して、映像提示型物探し支援システムでは、ユーザと物との間の物理的距離に非依存な物探しの支援が可能である。

本研究では、ユーザの頭部に装着したウェアラブルカメラを用いてユーザ視点の体験映像（ユーザ視点映像）を記録する方式の物探し支援システムを想定する。想定する方式のシステムでは、ユーザが物を探す時に、システムが探したい物を置いていた時の最新のユーザ視点映像をユーザに提示することで物探しの支援を行う。ユーザはシステムから提示された映像を参照することで、物体が置かれた場所を推測して物を探す。物探しの支援に限れば、カメラを腰に装着するという方式が考えられる [11]。腰部装着方式に対して、頭部へカメラを装着する利点は、例えば人と出会った時にその人に関する情報を提示するシステム [12] との併用が考えられる。

映像提示型物探し支援システムでは、記録されるユーザ視点映像に「物を置いた」行為とその行為を実行した場所の情報をユーザに適切に伝達することが重要となる。システムが適切にユーザの物探しを支援するためには、映像中に物探しの対象となる物体（対象物体）が含まれている必要があり、システムは映像から対象物体を認識できることが重要となる。しかし、システムは映像から 100%の精度で対象物体を認識することが困難であるため、システムが常に正しい映像を提示するという保障は無い。この問題に対し、66%以上の物体認識能力を有しているシステムは物探しの支援に有効であるという結果が報告されている [10]。

ユーザに行為と場所の情報を適切に伝達する時の別の問題として、提示する映像自身が含む限界を挙げることができる。映像には 3 種類の限界がある。第 1 は、映像の長さの限界である。人/システムは有限の時間でしか映像を参照/提示することができない。第 2 は、映像の品質の限界である。人は限られた解像度の中で情報を区別・判別しなければならない。第 3 は、映像の視野の限界である。ユーザは視野が限られた映像から行為・場所を推測しなければならない。本研究は特に第 3 の問題である視野の限界に注目し、カメラの視野角とユーザの映像に対する行為・場所認知との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 視野角の行為認知と場所認知への影響調査

本実験の目的は、カメラの視野角（以後、視野角）を変更してゆくことで、視野角と行為・場所認知の関係の特性を明らかにすることである。一般的に、視野角が大きいほど映像に人の行為や場所が安定して含まれるようになり、行為や場所の認知が容易になると考えられる。本実験では、次の 3 つの結果が予想される。第 1 に、視野角の拡大とともに常に行為・場所認知の成績が向上し続けるという結果である。この場合、設定す

連絡先: 河村竜幸 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 知能情報処理学講座, 〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5 Tel:0743-72-5265, Fax:0743-72-5269, e-mail:kawamura@is.naist.jp

るべき視野角の下限を決定することが困難であり、できるだけ広く体験映像を取得可能なカメラ装置やカメラ配置を検討する必要がある。第 2 に、行為・場所認知の成績がある上限を示すという結果である。この場合、設定すべき視野角の下限を決定することが可能となる。第 3 に、視野角の変化によらず行為・場所認知の成績が変化しないという結果である。この場合、カメラ配置のみに注意すれば、従来から販売されているカメラを採用することでウェアラブル装置の小型化を目指すことが可能である。

2.1 実験方法

実験協力者は 15 名であった。全ての実験協力者は男性であり、また情報科学系の大学院生であった。実験において、実験協力者は 16 インチ LCD モニタに映った映像を参照し、行為認知と場所認知に関するアンケートに回答した。

全ての実験映像は、実験者のユーザ視点の体験映像として事前に撮影されたもを用いて生成された。この時、実験者の頭部に装着したカメラを実験者の顔正面を基準として 60 度下方向に向けて固定した。実験者は手動により各視野条件における体験映像を編集し、事前に映像品質の調整を行った実験映像を生成した。視野角の違いにより LCD で再生される映像の品質に違いが出ないように配慮し、実験映像の解像度を水平 220 ピクセル、垂直 165 ピクセルに固定した。実験映像を取得するために 3 種類の異なる視野角のレンズを用意し、それぞれのレンズを用いて、合計 10 種類の実験映像を作成した。

全ての実験条件で設定した行為の条件は「本を置く」であった。ただし、それぞれの視野角条件に対して、本を対象となる場所に置く行為を実行するか、本を対象となる場所に置く行為を実行しないかのいずれか一方の条件で体験映像を取得した。本実験における本を置かない行為は、撮影の最初から実験者は本を持ち、次にその本を別の場所に持ってゆくという一連の行為とした。本実験では、実際に本を置いた行為を正例とし、本を置かなかった行為について負例とする。実験協力者が生活で日常的に利用している 8 箇所の実験映像の撮影を行った。その内、4 箇所については正例条件で撮影を行い、残る 4 箇所では負例条件で撮影を行った。

本実験では、カメラを用いて対象物を認識し映像を蓄積する方式の物探し支援システムがユーザに提示する映像に実験映像を類似させるため、以下の編集規則に基づいて実験映像を編集・生成した。

編集規則 1: 映像の終了点を以下の 2 条件で決定する。

- 対象となる物体が他の物体（把持する手）によって隠蔽される割合が 30%以上を超える時
- 対象となる物体の視野全体に占める割合が 2%を下回った時

編集規則 2: 終了点から 5 秒前の時点を開始点とする。

被験者から設問の回答を随時得るためのインタフェースを用意した。インタフェースを図 1 に示す。ブラウザ上の左上に実験映像を提示させた（図 1 (a)）。アンケートの回答項目を上段中央に提示した（図 1 (b)）。その上段で行為認知に関する質問を行った（図 1 (c)）。また場所認知に関する質問の回答は図 1 (d) の地図で候補となる場所を直接チェックすることが可能なように設定した。

アンケートの質問項目は以下の 2 種類であった。

質問 1: 物体は結局そこに置かれたでしょうか？

回答 1: 置かれた

回答 2: 置かれなかった

回答 3: わからない

質問 2: 映像で示された場所を地図上にチェックしてください。わからなければ（わからない）チェックしてください。

質問 1 において、実験協力者は提示された実験映像だけを参照して物体が結局置かれたのかどうかを判定した。判定が困難である場合には、実験協力者に「わからない」を選択させた。実験協力者からの回答と体験映像の撮影時に実際に行った行為との組み合わせを行為認知に関する回答パターンとして表 1 のように分類した。

質問 2 において、地図上で壁、ロッカー、ドア、本棚、机、ソファを提示した。実験協力者は、30ヶ所を上限として地図上で候補となる場所をチェックすることが可能であった。また、被験者は「わからない」という回答も選択可能であった。

提示された実験映像に関する質問の回答が終わると、実験協力者は次の質問へと移った。本実験では、実験を 3 回の試行に分割した。試行の分割規則として実験映像を記録したレンズの種類を採用した。1 試行で提示する実験映像の順番は設定する視野角で決定した。ここで、同じ体験映像のデータから生成される広い視野角の実験映像と狭い視野角の実験映像について、狭い視野角の実験映像を広い視野角の実験映像よりも先に実験協力者に提示すると、広い視野角の実験映像に関する記憶が残り、その記憶に基づいて実験協力者が回答する恐れがあるため、実験映像の提示順序は視野角を条件とする昇順とした。実験協力者はそれぞれの試行について、1 日以上の間隔を開けて実験を行った。最初と 2 回目の試行ではそれぞれ 30 個の実験映像について実験協力者に回答させた。3 回目の試行では、40 個の実験映像について実験協力者に回答させた。

2.2 実験結果

図 2 に視野角が行為認知に与える影響に関する実験結果を示す。行為認知パターンの分類に基づいて、実験結果を TRUE-POSITIVE (図 2 (a)), FALSE-NEGATIVE (図 2 (b)), No idea (positive case) (図 2 (c)), FALSE-POSITIVE (図 2 (d)), TRUE-NEGATIVE (図 2 (e)), No idea (negative case) (図 2 (f)) に分割した。各図の横軸は視野角を表す。縦軸は実験全体に占める実験結果の行為認知パターンによる分類比率を示す。本実験結果から、視野角が拡大することで TRUE-POSITIVE と TRUE-NEGATIVE の分類比率が増加傾向となることがわかる。また、同一条件において FALSE-POSITIVE と FALSE-NEGATIVE の分類比率が減少傾向となることがわかる。No idea となった結果からは次の 2 つの傾向となるがわかる。体験映像撮影時の行為が正例条件である時、視野角の拡大により分類比率が減少傾向となることがわかる。一方、負例条件の場合は、視野角の変化によらず変化を示さないことがわかる。

図 3 に視野角が場所認知に与える影響に関する実験結果を示す。ここでは実験結果を True (正答) (図 3 (a)), False (誤答) (図 3 (b)), No idea (わからない) (図 3 (c)) に分割した。各図の横軸は視野角を表す。縦軸は実験全体に占める正誤または「わからない」とした割合を表す。図 3 (a) において、視野角が 115 度を越える部分で成績比率が 80%付近で安定していることがわかる。また、図 3 (b) において、視野角が 125 度となった時点で成績比率が 0%となっていることがわかる。図 3 (c) において、成績比率は視野角の拡大に対して緩やかに



図 1: 実験用インタフェース画面

表 1: 行為認知に関する質問の回答パターン

		実際の行動	
		正例	負例
実験協力者の回答	置かれた	TRUE-POSITIVE	FALSE-POSITIVE
	置かれなかった	FALSE-NEGATIVE	TRUE-NEGATIVE
	わからない	No idea (positive case)	No idea (negative case)

減少し、Lens3 部分の曲線が 20% 付近で安定していることがわかる。

図 4 に視野角の変化によって実験映像から類推される場所の候補が変化してゆく様子を示す。横軸は視野角を表す。縦軸は候補とした場所の数を表す。ここで、撮影場所ごとに全被験者がチェックした場所の数を平均した曲線を示す。図 4 より、視野角が 115 度を越えた時、全ての撮影場所の条件ついて候補となる場所が 1ヶ所に絞り込まれていることがわかる。

2.3 考察

実験結果から、映像提示型物探し支援システムに必要な十分な頭部装着型カメラの視野角を設定可能である。図 2, 図 3, 図 4 の曲線の変化は 115 度付近で増加または減少傾向から安定傾向へと変化している。そのため、カメラの視野角を 115 度以上に設定すれば、ユーザの物探しに対して高い支援効果を示すことが可能である。特に図 4 の結果から、カメラの視野角が 115 度以上あれば体験映像を参照することで場所を一意に推定することが可能となる。また、図 2, 図 3, 図 4 から、125 度以上では視野角が行為および場所の認知に与える影響が小さくなっていると判断できる。視野角が大きくなるほど物体は映像中で小さく映る。ユーザ視点映像から物体を認識するシステムの場合、物体が小さくなるほど物体の認識性能が低下する。この問題を解決するためには、解像度を高くする必要がある。しかし、解像度を高くするとカメラ装置のサイズが大きくなる。また、広い視野角を確保するためには、通常の視野角時と比べレンズのサイズが大きくなる。これらを総合的に判断すると、視野角を 125 度以下に設定することが望ましいと考えられる。

本実験では、カメラを顔正面を基準として下向きに 60 度傾けて設置していた。この条件に対して、視野角が 115 度から 125 度となる付近では、カメラの視野にユーザの胸元から室内

の壁面までが安定して含まれるようになる。また空間の広がり方向の視野が拡大することで物体の隣接関係が観測可能となる。室内の壁面までが安定して映像内に含まれることや、広がり方向の視野が拡大することで、実験協力者は様々な物体の設置位置や実験者の立つ場所に存在する物体の隣接関係等の情報を基に実験者の立ち位置を推測することが可能になったと考えられる。行為認知に関しても同様に、視野角が 115 度から 125 度となる付近で実験者の行為を安定して撮影可能となる。例えば机に本を置く、本棚の上段に本を置く等の実験者の高さ方向の行為が安定して観測可能となる。一方で、行為認知および場所認知の両実験結果で「わからない」と回答した割合が 0% に近づく結果とならなかった。これは撮影対象となる行動と同時に次に実行する行動の準備段階として実験者が顔を別の場所に向け始めたため、撮影対象の行動が安定して撮影されなかったと考えられる。また、実験者が元から対象行動を注視していなかったために撮影対象となる行動が安定して撮影されなかったと考えられる。

3. おわりに

本研究では、ユーザの頭部に装着されたカメラから撮影された体験映像を用いた物探し支援の効果を上向きさせることを目的とし、物探し支援に適したカメラ視野角の調査・分析を行った。実験により、カメラ視野角を 115 度から 125 度の間で設定する時、体験映像中に映る物を置く行為の認知と場所の認知が最も効率良く働くことがわかった。しかしながら、依然として体験映像から行為や場所を正しく認識できない状況が存在するため、物探し支援の効果をさらに向上させるために、人が体験映像から行為・場所を認知する状況を詳細に分析し対策を検討する必要がある。

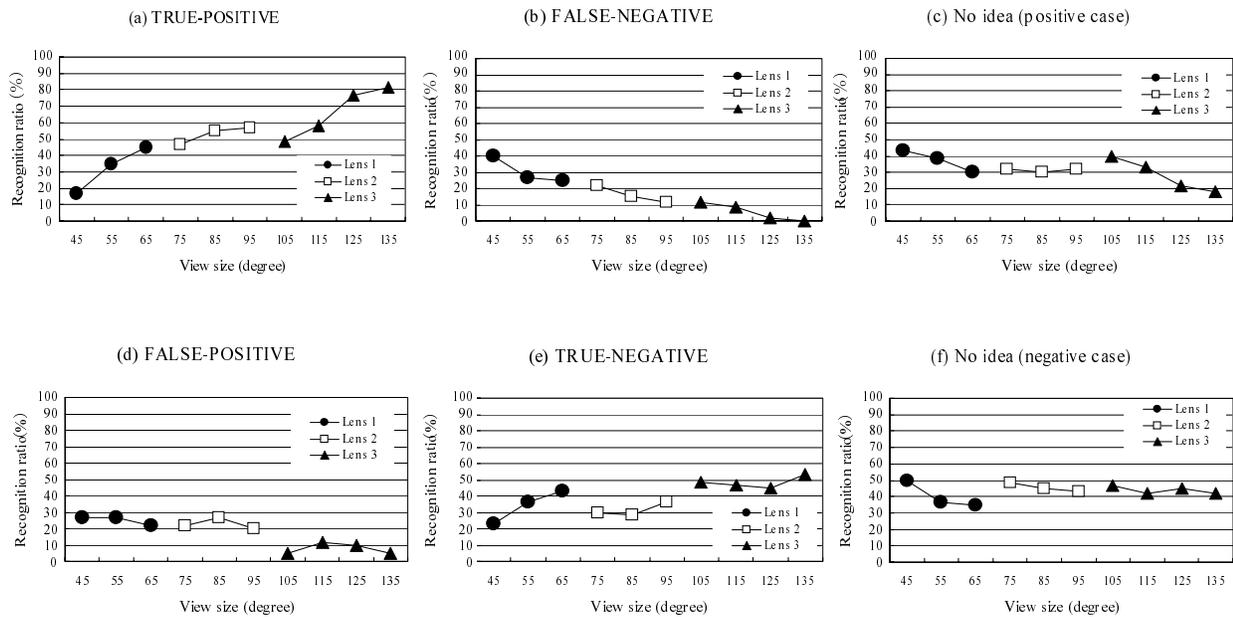


図 2: 視野角の変化に対する行為認知パターンの分類比率の変化

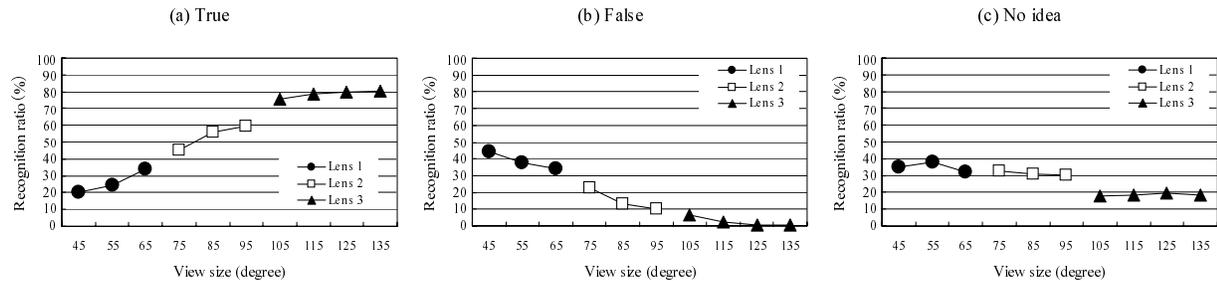


図 3: 視野角の変化に対する場所認知に関する成績比率の変化

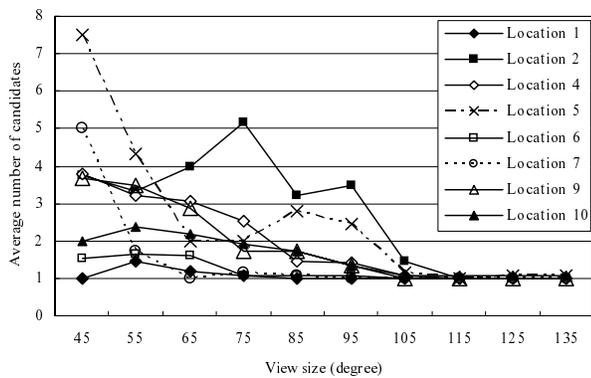


図 4: 場所候補の変化

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興事業団 (JST) の戦略的基礎研究推進事業 (CREST)「高度メディア社会の生活情報技術」による。また本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (若手研究 (B), 課題番号 17700113) による。

参考文献

[1] 国立民族博物館: マルチメディア番組: 2002 年ソウルスタイル: 李さん一家の素顔の暮らし, 2002.

[2] L. Davenport: Order from Chaos, *Three Rivers Press*, 2001. (邦訳: 気が付くと机がぐちゃぐちゃになっているあなたへ. 平石律子, 草思社, 2002.)
 [3] 池井寧, 廣瀬洋二, 広田光一, 廣瀬通孝: ウェアラブル記憶補助システム iFlashBack の映像提示法, *ヒューマンインタフェース学会研究報告集*, Vol.5, No.4, pp.35-36, 2003.
 [4] T. Kawashima, T. Nagasaki, M. Toda: Information Summary Mechanism for Episode Recording to Support Human Activity, *Proc. International Workshop on Pattern Recognition and Understanding for Visual Information Media*, pp.49-56, 2002.
 [5] T. Ueoka, T. Kawamura, Y. Kono, M. Kidode: I'm Here!: a Wearable Object Remembrance Support System, *Proc. 5th International Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (Mobile HCI'03)*, pp.422-427, 2003.
 [6] 新西誠人, 伊賀総一郎, 樋口文人, 安村道見: Hide and Seek: アクティブに回答する ID タグの提案, *WISS'99 インタラクティブシステムとソフトウェア VII*, 1999.
 [7] Wireless RF Electronic Locator, <http://store.yahoo.com/sharper-image-gb/iu667.html>
 [8] T. Nakada, H. Kanai, S. Kunifuji: A Support System for Finding Lost Objects using Spotlight, *Proc. 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (Mobile HCI'05)*, pp.19-22, 2005.
 [9] Loc8tor, <http://loc8tor.com/>
 [10] 上岡隆宏, 河村竜幸, 河野恭之, 木戸出正継: I'm Here!: 物探しを効率化するウェアラブルシステム, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.6, No.3, pp.19-30, 2004.
 [11] Y. Miyake, Y. Kono, N. Saiwaki, T. Kawamura, M. Kidode: Integrating Object Finding Function into Everyday Fashion, *Proc. 3rd Workshop on Multi-User and Ubiquitous User Interfaces (MUSI 2006)*, pp.18-19, 2006.
 [12] T. Kawamura, Y. Kono, M. Kidode: Nice2CU: Managing a Person's Augmented Memory, *Proc. 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'03)*, pp.242-243, 2004.