

頭部装着カメラを用いた物探し支援システムにおける視野角の影響

河村 竜 幸[†] 上岡 隆 宏^{††}
河野 恭 之^{†††} 木戸 出 正 継^{†††}

本研究の目標は、ユーザの頭部にカメラを装着してユーザの活動を映像として記録し、その映像記録からユーザが物を置いた時の映像をユーザに提示することでユーザの物探しを支援するシステムの実現である。ユーザはシステムから提示された映像から物を置いた行為、物が置かれた場所の両方を正しく認識する必要がある。ユーザが正しく映像の内容を認識できなければ、物探し支援システムは有効に働かない。このように物探し支援システムの実現には、システム設計・開発だけでなく、ユーザに提示する映像がユーザの映像認知に与える影響を調査することが重要である。本論文では、頭部装着カメラの視野角がユーザの映像中における物体設置行為と設置場所の認知に与える影響を映像提示実験によって調査する。本実験により、物探し支援システムが有効に働くためにはカメラ視野角が105度以上必要であり、また135度程度で安定して物体設置行為と設置場所の認知が行えることがわかった。

Influence of Camera Angle on an Object-Finding Support System using a Head-Mounted Camera

TATSUYUKI KAWAMURA,[†] TAKAHIRO UEOKA,^{††} YASUYUKI KONO^{†††}
and MASATSUGU KIDODE^{†††}

The purpose of this study is to create an object-finding support system that can record a video by using a head-mounted camera. We call this video "first-person video." The video includes an event that a user places an object. The system replays this video when the user forgets where the object is. The user must recognize the object placing action and its location from the first-person video correctly. If the user cannot both two contexts in the video, the system is not available for the user. Therefore, in order to achieve the object-finding support system, an important thing is not only development of the system but also is investigation of human cognition through the first-person video. In this paper, we focused on influence of human cognition with camera angle. We conduct experiments for evaluate human cognition of object placing action and its location in the first-person video. Experimental results show 105-degree of horizontal camera angle is necessary for the object-finding support system using first-person video. The system perform stably with approximately 135-degree of horizontal camera angle.

1. はじめに

人は膨大な物に囲まれ日常生活を送っている。ある家庭では3200個以上の物を所有していたという調査

[†] 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科（現在、大阪大学大学院工学研究科）

Graduate School of Information Science, NAIST (Currently, Graduate School of Engineering, Osaka University)

^{††} 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科（現在、株式会社とめ研究所）

Graduate School of Information Science, NAIST (Currently, Tome R&D Inc.)

^{†††} 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

Graduate School of Information Science, NAIST

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の位置を正確に記憶しておくことが困難であり、作業に必要な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。例えば、一般のビジネスマンが物探して浪費する時間は1年間に150時間であると言われて²⁾。これは人生を80年とすれば、約1.4年もの人生を浪費していることになる。この物を探すという行為に計算機が介在し、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、計算機の処理能力の向上と小型化、記憶媒体の大容量化に伴い、計算機を用いて人の日常生活を

支援するということが実現味をおびてきた。例えば、ユーザの体験を計算機に常時記録してゆき、計算機がその体験の内容を分析してユーザが記録された体験を再利用可能なように記録を構造化するという試みがなされている^{3)~7)}。また、ユビキタスシステムやウェアラブルシステムの研究分野では、さまざまな記憶支援のための技術やアプリケーションが提案されている^{8)~17)}。これらはウェアラブルコンピュータのキラーアプリケーションの一つとして考えられている¹⁸⁾。ウェアラブルシステムに限らず、物探しの支援は注目され、さまざまな方式の物探し支援システムが提案されている^{19)~21)}。しかし物探し支援における現実的問題として、物を遺失する時・場所は事前に知ることができないということが挙げられる。そのため本研究では、物探し支援システムは時・場所を選ばず支援可能なウェアラブルシステムが現実的であると考え、ウェアラブル型物探し支援システムの効率化を目指す。

人は視覚情報を特に重視して生活しているという観点から、ユーザがカメラを装着し映像を記録する形式のシステムが多い。またそのカメラの装着位置は頭部・肩部・胸部のいずれかであることが多く、ユーザのしている風景をより確実・簡便に記録するために頭部を選択しているウェアラブルシステムが大半である^{22)~29)}。このように、複数のアプリケーションを実行する上でハードウェアが共通化できるほどその構成は簡素化可能となる。またユーザにとっても複数のアプリケーションが利用可能となるため、アプリケーション全体の利用価値は総合的に高くなる。そこで本研究では、物探し支援システムの構成として頭部装着カメラ、すなわちユーザの頭部にカメラを装着する方式に着目する。

本研究では、上岡らが開発してきた I'm Here!³⁰⁾ に代表される、映像を用いた物探し支援システムを想定する。まず I'm Here! の基本構成と機能を概説する。ユーザは頭部にカメラを装着し、またユーザ視点の映像を取得可能なように計算機を装着する。システムは常に映像を記録し続ける。システムは映像に映る物体を認識し、記録しておくべき物体が映像中に含まれる間、システムはその区間のインデックスを記録する。ユーザは物体を探す時、システムに探したい物体を問い合わせ、システムが記録した映像をユーザに提示することで、ユーザはその物体を探しだすことが可能である。本システムでは、映像中で物体が置かれる行為（物体設置行為）とその物体が置かれた場所（物体設置場所）をユーザの認知（以後、前者を行為認知、後者と場所認知と呼ぶ）に任せることで、システムの物体認識が完全でなく、またシステムが場所の認識を行

わずとも支援が可能となっている。すなわち、ユーザはシステムから提示される映像を見て、物が置かれた場所を判断することが可能である。

I'm Here! と同型の物探し支援システムを実現するためには、物体の認識性能が高いだけでなく、ユーザが正しく行為認知や場所認知が行える映像を提示することが重要となる。しかし、文献³⁰⁾ の実験では実験協力者が映像中の行為・場所を誤って認知することについては言及されていない。実際には、システムが 66% で物体を正しく認識してユーザに映像を提示したとしても、ユーザが提示された映像を誤解することで、システムの利用効率が低下する可能性がある。ユーザの行為・場所認知に影響を与える外的要因として、映像の視野角、映像の解像度、映像の長さが考えられる。内、映像の視野角と解像度はカメラにより上限が与えられる。特に視野角はシステム開発において選択の自由度が高い。例えば、AR によるシステムメンテナンスに関する研究では視野角 35 度のカメラが採用されている³¹⁾。また VR 会議システムでは視野角 26 度のカメラが採用されている³²⁾。さらに、場所理解に 360 度の全周囲カメラが頭頂部に装着され³³⁾、屋外用 AR ゲームでは 90 度の視野角が採用されている³⁴⁾。しかし、これらの研究では採用した視野角の設定理由が説明されていない。また、頭頂部に全周囲カメラを設置することは非現実的である。一方、低負荷の会話体験記録システムでは 90 度の視野角が会話を記録するのに適当であると説明している^{35),36)}。しかし、その値に客観的な根拠は示されていない。もしカメラの視野角（以後、視野角）がシステムの提供するサービスに対して強い影響を与えるのであれば、その影響の強さ特性を調査・解明することがサービス提供の効率を最大化し、システムの実現性を高めるための重要な課題となる。そのため本研究では、視野角がユーザの行為・場所認知に与える影響を調査することで、物探し支援システムの実現性と利用効率を高めることを目標とする。

本稿では、頭部装着型カメラを用いた物探し支援システムの実現に向けて、以下の 2 点を明らかにすることを課題とする。

課題 1: 視野角が行為・場所認知に与える影響の基本特性の解明

課題 2: 視野角影響下で行為・場所認知の成績を最大化する要因の解明

第 1 の課題に対し、カメラ視野角がユーザの行為・場所認知に与える影響を調査する。調査方法として、実験協力者の実験成績を平均化して視野角がユーザの行

為・場所認知に与える影響の基本特性を調査する。また第2の課題に対し、基本特性の調査で得られたデータに基づいて実験協力者間の認知パターンの差異、すなわち映像中で注目している部分の実験協力者間の差を調査する。これらの調査結果に基づいて、ユーザの行為・場所認知の成績がハードウェアの制約を考慮した上で適切となる視野角の範囲を明らかにする。また、同一視野角の条件に対して行為・場所認知の成績がより高くなる映像中の注目点を明らかにする。本稿では、課題1の実験により物探しを支援する視野角として105度以上必要であり、135度あれば安定して物探し支援システムを動作させることが可能であることが明らかになった。また課題2の調査により、行為認知の成績を向上させる戦略として「わからない」と判断を保留するのではなく、置いた/置かなかったのいずれかを選択すれば、視野角が大きい条件では高確率で正解することが明らかとなった。また場所認知の成績を向上させる戦略として、物体が置かれている場所の記憶が参考になる可能性があることが明らかとなった。

2. 物体設置行為と設置場所の認知に与える視野角の影響

本実験の目的は、視野角を変更してゆくことで、視野角が行為・場所認知に与える影響の基本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が、その実態は明らかではない。しかし、視野角が行為・場所認知に強い影響を与えるのであれば、ユーザの日常生活を支援するウェアラブルシステムの実現において、視野角が与える影響の基本特性を明らかにすることは重要である。そのため、本実験では視野角のみをパラメータとする実験課題を設定した。

2.1 実験方法

分析に利用した実験協力者は12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。

実験では、ある場所で物体を扱っている映像（以後、実験映像）を実験協力者に提示することで、実験協力

者がその行為と行為が行われた場所の認知に関して判定を行った。本研究では、実験映像中に映る行為認知と場所認知の基本特性を純粋に調査することが目的であるため、実験協力者の体験に基づかない映像として、実験者が物体を扱った映像を利用した。全ての実験映像は、事前に撮影された実験者のユーザ視点の映像（以後、体験映像）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3種類の体験映像を撮影した。その後、3種類の体験映像を用いて、45度から135度までの10度刻みで合計10種類の実験映像を作成した。図2で、作成された実験映像が視野角によりどのように変化するかを例を示す。

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、また解像度が行為・場所認知に与える影響が最小となるように配慮し、各レンズから生成される実験映像の解像度が最も詳細となる値で一致するように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。

全ての実験条件で設定した行為の条件は「本を置く」とした⁴。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ヶ所で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⁵。

各レンズで撮影された映像から生成された実験映像の視野角は以下の通りである。レンズ1:45度,55度,65度,レンズ2:75度,85度,95度,レンズ3:105度,115度,125度,135度⁴。大学での日常的な研究生生活の環境では、環境中に存在している移動可能な物体の中で書籍が多いという知見が得られている³⁷⁾。本実験場所も研究生生活環境としての研究室で行い、また実験には実験環境に慣れている大学院生に協力してもらったため、本は実験協力者が日常的に利用する物体であると考え、実験で利用する物体として本を選定した。

⁵ 実際の撮影箇所は10箇所であった。実験後、実験映像を分析した結果、2箇所の実験映像に関して、レンズ別に生成された実験映像に著しい映像の差異が認められたため、これら2箇所の

実際には15名の実験協力者が参加していたが、内3名についてはアンケートの回答に不備があったため、3名分のデータを調査対象から除外した。

実験で行うどの視野角条件であっても各条件内でできるだけ物体が映るような角度として決定した。

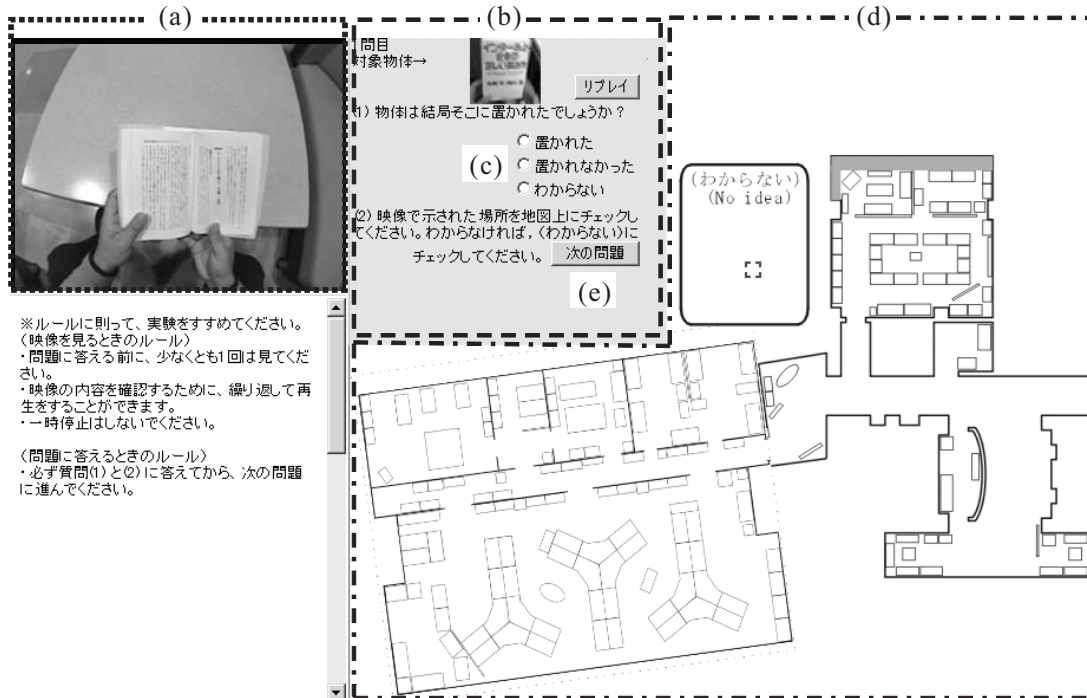


図 1 実験用インタフェース画面

Fig.1 Voting form for the experiment

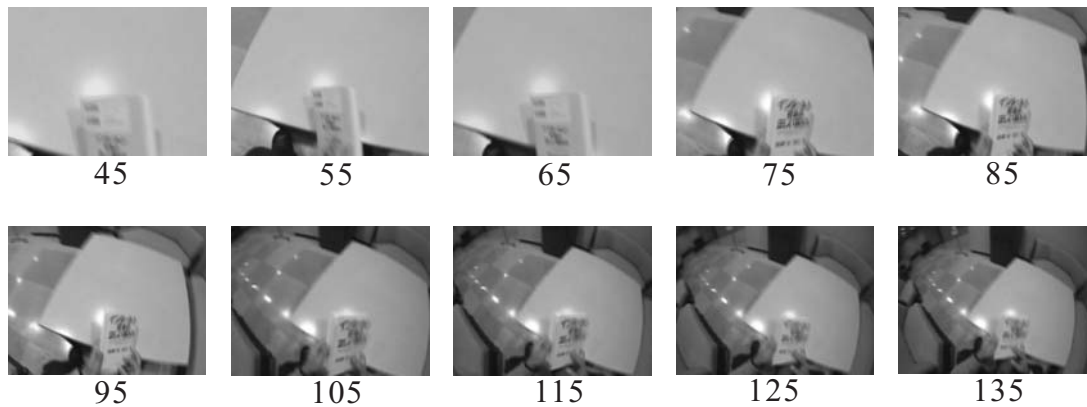


図 2 実験映像における視野角ごとの見えの違い

Fig.2 Sample images in all view size for the experiment

本実験では、頭部装着カメラを用いた物探し支援システムがユーザに提示する映像と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。本実験では物探し支援システムの物体認識能力を仮定する必要がある。そのため、編集規則 1 により画像処理の限界を仮想的に設定している。前者では物体の 70% が見えていれば物体認識が行われると仮定している。後者では本実験の解像度（水平 220 ピクセル，垂

実験映像は調査対象から除外した。その結果、全撮影場所は 8 箇所（正例 4 箇所，負例 4 箇所）となった。

直 165 ピクセル)において、それぞれ約 4 ピクセルと約 3 ピクセルとなり、RGB 空間 (3 次元) で 36 次元 (12 × 3 次元) と物体認識の下限に近い設定となっている。また編集規則 2 によりユーザが体験映像を参照する時の視認性を確保している。著者らは経験的に、1 秒程度では映像の認識が困難であり、また 3 秒程度の再生時間が行為・場所認知に対する限界付近であろうという予想をしている。しかし、本研究では体験映像の視野角が行為・場所認知に与える影響を調査することが目的であるため、体験映像の再生時間には余裕を持たせ、本実験では 5 秒と設定した。

実験協力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)と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。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、実験協力者は「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、同じ場所で撮影された実験映像について、視野角の大きい条件の実験映像を先に提示し、視野角の小さい条件の実験映像を後に提示すると、先に提示した実験映像中に映る情報により視野角の小さい条件の実験映像についての質問回答に影響を与える可能性が高い。そのため、実験映像の提示順序は以下の規則により決定した。本実験では、実験を 3 回の試行に分割した。各実験映像を取得する際に利用したレンズの種類により試行を分割し、実験映像の提示順序は

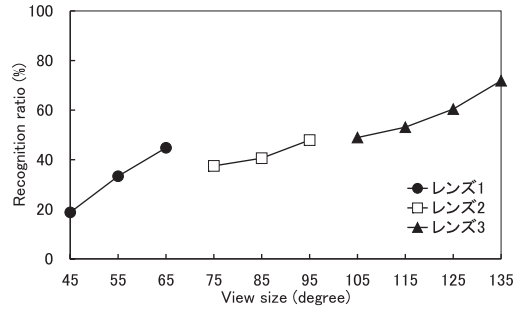


図 3 行為認知の結果 (正答)

Fig. 3 A result of human cognition for action (true)

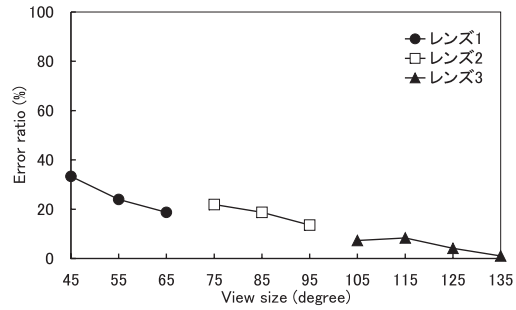


図 4 行為認知の結果 (誤答)

Fig. 4 A result of human cognition for action (false)

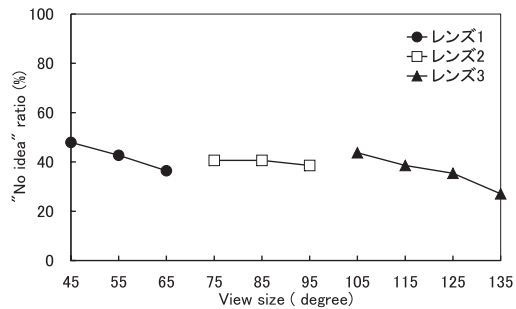


図 5 行為認知の結果 (わからない)

Fig. 5 A result of human cognition for action (no idea)

視野角を条件とする昇順 (レンズ 1 → レンズ 2 → レンズ 3) とした。また、各試行でも視野角の小さい実験映像から視野角の大きい実験映像の順で提示した。さらに、同一視野角の実験映像の提示順序は無作為に選択した。ただし、直前の視野角の小さい条件の実験映像と提示する実験映像の撮影場所が異なるよう設定した。

本実験では、同じ場所で撮影された映像を視野角の条件を変更し実験協力者に複数回提示するため、各条件について実験映像の提示回数に制限を設けると、先

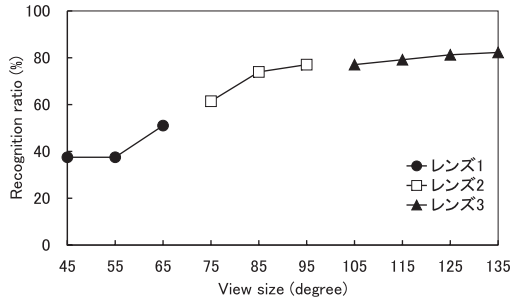


図6 場所認知の結果 (正答)

Fig. 6 A result of human cognition for location (true)

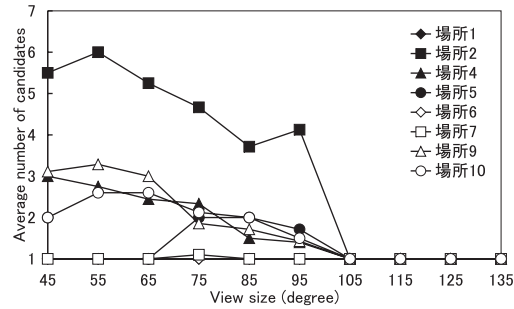


図9 場所候補数の推移

Fig. 9 Transition of number of candidate location

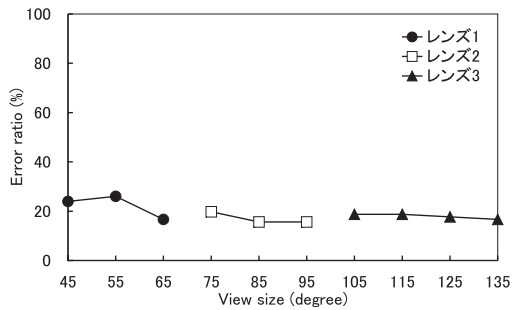


図7 場所認知の結果 (誤答)

Fig. 7 A result of human cognition for location (false)

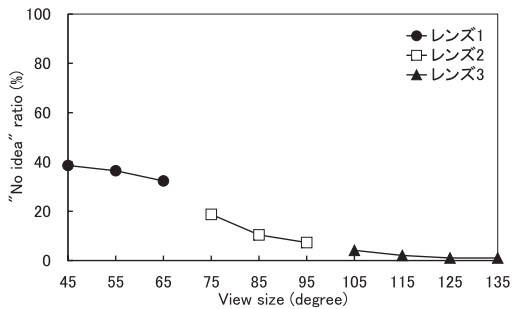


図8 場所認知の結果 (わからない)

Fig. 8 A result of human cognition for location (no idea)

に提示した実験映像の情報が後に提示した実験映像の回答に強い影響を与える可能性が高い。そのため本実験では、映像の提示回数に制限を設けず、実験協力者が判断するまで実験映像を複数回再生させることが可能であると明示的に説明した。

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 結果

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。ここでは実験結果を正答(図3)、誤答(図4)、わからない(図5)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において、割合が上昇し続けていることがわかる。また、図4において、視野角が105度以上では割合が10%を下回り、135度ではほぼ0%となっていることがわかる。図5において、割合が緩やかに下降し続けていることがわかる。

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正答(図6)、誤答(図7)、わからない(図8)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6において、視野角が95度を越える部分で割合が80%付近で安定し初めていることがわかる。図7において、視野角の拡大に対して非常に緩やかに下降し、65度から135度での割合は約17%から20%の範囲に収まっていることがわかる。また、図8において、視野角が95度となった時点で割合が10%を下回っていることがわかる。

図9に、視野角の変化によって実験映像から実験協力者が類推・回答した場所の候補数を示す。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、撮影場所ごとに全実験協力者がチェックした場所の数を平均した曲線を示す。図9より、視野角が105度以上では、全ての撮影場所の条件に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

図8では65度以上で安定傾向となり、図4, 6, 7では95度以上で曲線が安定傾向となり、また図9では105度以上で候補となる場所が1ヶ所に限定されている。これらの結果から、105度を視野角の設定下限とすることで行為認知が困難となる可能性を抑えるこ

表 1 行為認知に関する実験協力者別成績
Table 1 Score of human cognition for action

グループ	A-A				A-B				A-C			
実験協力者 成績	T2	T1	T4	T5	T3	T7	T6	T8	T12	T10	T9	T11
	60	58	56	51	44	40	39	23	20	17	16	11

表 2 場所認知に関する実験協力者別成績
Table 2 Score of human cognition for location

グループ	P-A				P-B				P-C		P-D	
実験協力者 成績	T3	T1	T6	T8	T2	T5	T4	T7	T11	T9	T10	T12
	77	74	72	67	64	61	61	60	53	50	49	23

とが可能となる。また、場所認知の成績を安定化させることが可能となる。しかし、図 3 と図 5 からわかるように、行為認知の正誤について安定性が認められず、2.2 節の実験結果から視野角の上限を設定することは困難である。

3. 実験協力者間の認知パターンの差異

2 章の実験では、カメラ視野角がユーザの行為・場所認知に与える基本特性を調査した。これにより、105 度がカメラ視野角の設定下限であることが明らかとなった。しかし、本実験は実験協力者の行為・場所認知成績を平均化しているため、行為・場所認知の基本特性は明らかとなるが、ユーザが映像提示型の物探し支援システムを効果的に利用可能となるわけではない。そのため本節では 2 章の実験結果を受け、実験協力者に提示した実験映像の内容を詳細に観察し、2 章で得られた実験結果の詳細なデータと実験映像を照らし合わせることで、実験協力者間の実験成績の差を発生させる現象を調査する。これにより、映像提示型の物探し支援システムを利用する際に、提示される映像に対して注目すべき部分と、物探し支援システムを効果的に利用可能となる認知戦略を明らかにする。

表 1 は行為認知の成績を実験協力者ごとに分割したものを示している。行為認知の成績は 80 点で全回答が正答となる。本調査では、グループ内で有意差が生じないように行為認知の成績グループを A-A, A-B, A-C の 3 段階に分割した。また分散分析の結果、A-A と A-B 間では 5% の有意差が認められ、また A-A と A-C 間、A-B と A-C 間では 1% の有意差が認められた。表 2 は場所認知の成績を実験協力者ごとに分割したものを示している。場所認知の成績は 80 点で全回答が正答となる。ここではグループ内で有意差が生じないように場所認知の成績グループを P-A, P-B, P-C, P-D の 4 段階に分割した。分散分析の結果、P-B と P-C 間では有意差は認められなかったが、P-A と P-B 間では 5% の有意差が認められ、P-C と P-D 間、P-A

と P-C 間、P-B と P-D 間、P-A と P-D 間では 1% の有意差が認められた。

各表からわかるように、行為認知の成績では最高得点と最低得点との間に 5.45 倍の差があることがわかる。同様に、場所認知の成績では 3.35 倍の差があることがわかる。実験協力者によって成績の差に大きな差があることから、以降では実験協力者に提示した映像の内容と共に成績グループごとの行為・場所認知の基準を分析してゆく。

3.1 物体設置行為の認知

行為認知に関してその特性を明らかにする。そのため、実験協力者の成績によって実験協力者を 3 つのグループに分けてグループ間の差異を調査する。

実験映像と実験協力者の回答とを比較した結果、映像中の 3 つの要素が実験協力者に対して行為認知に影響を与えることがわかった。実験協力者の行為認知に強く影響したと推測される映像の特徴は以下の通りである。

本の姿勢： 本が置かれると想定される場所に対する本の向き。

本の動き： 本が置かれると想定される場所に対する本を持った手の動きの方向。

実験者の動き： 本を持った実験者が旋回している、前進している等の全身の動作。

正例における実験映像の特徴は以下の通りである。本の姿勢は本が置かれると想定される場所に対して水平であった。本の動きは本が置かれると想定される場所に対して、その場所の方向に向かうか、その場所の近くで静止していた。実験者の動きは、本を閉じる行為と同時に全身が立つ準備行為としての旋回行動を起こすか、前進しはじめるか、特に動作は観測されないかのいずれかであった。

負例における実験映像の特徴は以下の通りである。本の姿勢は本が置かれると想定される場所に対して垂直または斜めであった。本の動きは本が置かれると想定される場所に対して、その場所をかすめるように動

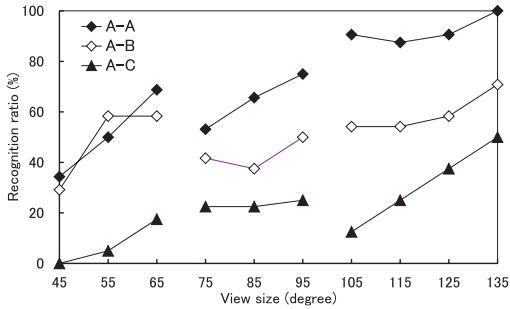


図 10 成績グループ別の行為認知結果 (正答)

Fig. 10 Group score results of human cognition for action (true)

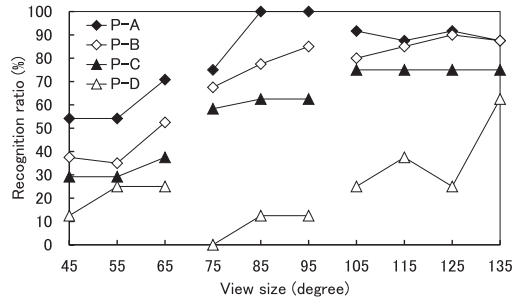


図 13 成績グループ別の場所認知結果 (正答)

Fig. 13 Group score results of human cognition for location (true)

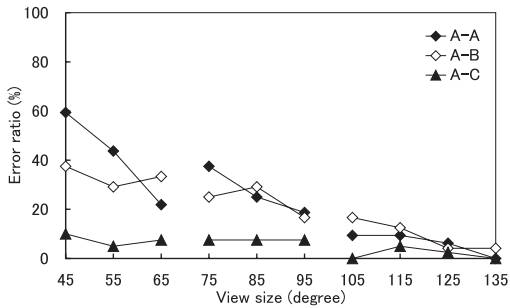


図 11 成績グループ別の行為認知結果 (誤答)

Fig. 11 Group score results of human cognition for action (false)

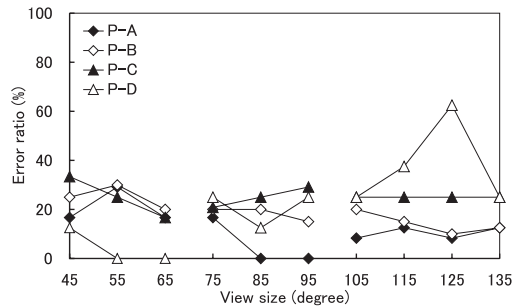


図 14 成績グループ別の場所認知結果 (誤答)

Fig. 14 Group score results of human cognition for location (false)

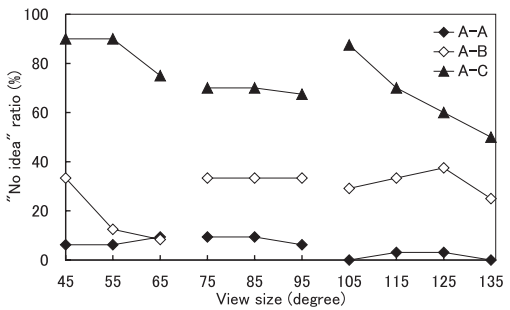


図 12 成績グループ別の行為認知結果 (わからない)

Fig. 12 Group score results of human cognition for action (no idea)

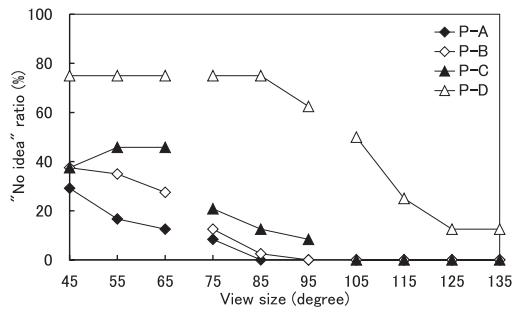


図 15 成績グループ別の場所認知結果 (わからない)

Fig. 15 Group score results of human cognition for location (no idea)

作していた。またその場所と身体的位置に関係なく、実験協力者の身体前方への動作、身体鉛直下方向への動作が観測された。実験者の動きは、正例と差が無かった。

図 10 は成績グループ別に行為認知における正答の割合を示している。図からグループ A-A は 135 度で 100% 正解していることがわかる。対して、グループ

A-C は 135 度でも 50% にとどまっている。分散分析の結果、全ての視野角条件で有意差が確認できた。45 度から 75 度では、A-A と A-C、A-B と A-C 間で 5% の有意差が認められた。85 度では、A-A と A-C 間で 5% の有意差が認められた。95 度から 125 度では、全ての組み合わせについて 5% の有意差を認められた。135 度では、A-A と A-B、A-A と A-C 間で 5% の有

意差が認められた。このことから、視野角が75度以下の間はグループ A-A とグループ A-B 間で行為認知に至る判断基準に差が無いと言える。全体結果から、グループ A-B の認知パターンは、視野角の拡大と共にグループ A-A からグループ A-C の認知パターンと類似してくることが確認できる。

図 11 は成績グループ別に行為認知における誤答回答の割合を示している。図から視野角が小さいほどグループ間の成績の割合の差が大きく、視野角が大きくなるにつれてグループ間の差が小さくなるのがわかる。分散分析の結果、45度から75度および105度で有意差を確認できた。45度では、A-A と A-C 間で5%の有意差が認められた。55度では、A-A と A-C、A-B と A-C 間で5%の有意差が認められた。65度では、A-B と A-C 間で5%の有意差が認められた。75度では、A-A と A-C、A-B と A-C 間で5%の有意差が認められた。105度では、A-A と A-C、A-B と A-C 間で5%の有意差が認められた。このことから、断定はできないが、グループ A-A とグループ A-B はグループ A-C と比較して、視野角が小さい間は誤答しやすい傾向にあると考えられる。

図 12 は成績グループ別に行為認知における「わからない」の割合を示している。図からグループ A-A は誤答が少なく、また逆にグループ A-C は誤答の割合が多いことがわかる。分散分析の結果、全ての視野角条件について有意差を確認できた。45度から85度では、A-A と A-C、A-B と A-C 間で5%の有意差が認められた。95度から105度では全ての組み合わせについて5%の有意差が認められた。115度では、A-A と A-C、A-B と A-C 間で5%の有意差が認められた。125度では、A-A と A-B、A-A と A-C 間で5%の有意差が認められた。135度では、A-A と A-C 間で5%の有意差が認められた。このことから、A-A、A-B、A-C 間では異なった強度で「わからない」の判断を下し、グループ A-B の実験協力者は A-A と A-C の中間的な判断を行っていることが確認できる。

図 11 と図 12 から、グループ A-A は置いた/置かなかったのいずれかを回答し、グループ A-C は行為認知が困難な場合は「わからない」としていることが明らかであり、特にグループ A-C は意識的/無意識的に誤答を避けている可能性がある。

各グループ別の行為認知に対する判断基準の特徴を以下に示す。

グループ A-A: 実験映像から行為認知が困難である時も「わからない」とせず、置いた/置かなかったかいずれかの判断を下す。そのため、視野角が小

さい時は高い確率で誤答となる。しかし、視野角が大きくなるにつれ誤答の割合は小さくなる。本の姿勢や本の動きの情報しか観測できない時は正答率は低いが、本の姿勢と本の動きに加えて身体全体の動きが観測されることによって、正しい行為認知が可能となる。

グループ A-B: 視野角が小さい間は誤答のパターンはグループ A-A と類似している。また、本を「置いた」「置かなかった」という判断もグループ A-A と類似している、しかし、実験者の動きを詳細に観測可能な視野になると、正しい行為認知が困難となり「わからない」とする回答が誤答に対して相対的に増加する。視野角が大きくなるにつれ、行為認知のパターンの類似性はグループ A-A からグループ A-C と類似してくる。グループ A-B の実験協力者は、本の姿勢・動きによる情報と実験者の動き情報を総合的に判断することが難しいと考えられる。

グループ A-C: 実験映像から行為認知が困難である時は「わからない」とし、他のグループと比較して意識的/無意識的に誤答を避けている可能性が高い。行為認知に対して強い確信が得られない限り置いた/置かなかったの判断を下さないため、視野角が大きくなっても高い正答率を示さない「置いた」「置かなかった」とする判断は実験者の動きに強く影響を受けていると考えられる。

3.2 物体設置場所の認知

場所認知に関してその特性を明らかにする。そのため、実験協力者の成績によって4つのグループに分けてグループ間の差異を調査する。

図 13 は成績グループ別の場所認知における正答の割合を示している。分散分析の結果、45度と135度以外で有意差が認められた。55度では、P-A と P-C、P-A と P-D 間で5%の有意差が認められた。65度では、P-A と P-D、P-B と P-D 間で5%の有意差が認められた。75度では P-B と P-C 間以外、85度では P-A と P-B 間以外で5%の有意差が認められた。95度から115度では、P-A と P-D、P-B と P-D、P-C と P-D 間で5%の有意差が認められた。125度では、P-A と P-D、P-B と P-D 間で5%の有意差が認められた。

図 14 は成績グループ別の場所認知における誤答の割合を示している。分散分析の結果、全ての視野角条件について有意差は認められなかった。

図 15 は成績グループ別の場所認知における「わからない」と回答した割合を示している。図 15 では、成績群による平均成績の差以外に P-A、P-B、P-C グループ

ブ間で認知戦略に明確な差は観測されない。分散分析の結果、45度でP-AとP-D間で5%の有意差が認められた。また55度で、P-AとP-D、P-BとP-D間で5%の有意差が認められた。さらに、65度以上では、P-AとP-D、P-BとP-D、P-CとP-D間で5%の有意差が認められた。このことから、グループP-Dは他のグループと異なる判断基準で場所を認知している可能性がある。

図15におけるグループP-A、P-B、P-CとグループP-Dの成績の差異が生じる原因を明らかにするため、視野角の変化に伴う実験映像中に映る空間の変化を、視野角45度から85度までと85度から135度までの範囲に分割して調査した。

視野角45度～85度 視野角が拡大するにつれ、近くにあるテーブル上に置かれたリモコン、雑誌、PC、プリンタ、モニタなどの物体を観測可能となる。また、テーブル上の特徴を観測することが容易となる。近くに本棚がある場合は、本棚の仕切りパターンを詳細に観測可能となる。約2m離れた床に置かれた物体が観測可能となる。近くにあるイスの足が観測可能となる。

視野角85度～135度 遠くに設置された棚やプロジェクタ等を観測可能となる。また、実験者の座っているソファやイスの並びや色が観測可能となる。最終的には、部屋の出入り口や、壁、エレベータ等を観測可能となり、実験者の位置からの生活動線を推定することが可能となる。

視野角45度～85度では室内を広く観測できないことから、グループP-A、P-B、P-Cは、実験者の近辺にある物体を日常的に観察し、実験映像中に含まれる物体を識別することで設置場所を推定している可能性が高い。対して、グループP-Dは空間に固定された物体群の空間的配置や生活動線から場所を特定していると考えられる。

3.3 考察

行為認知の成績を向上させるためには、次の点に注意する必要がある。図10と図12が示す結果に有意差が認められ、図11には有意差が認められなかったことから、認知成績の差は「わからない」と判断を下す割合が大きな影響を与えていると考えられる。本調査結果からは、映像中の行為認知では「わからない」とせず、置いた/置かなかったいずれかの判断を下すことが重要であることを示している。この認知戦略を採用することで、視野角が小さい時は誤答率が高くなるが、視野角が大きい場合は正答率が高くなるため、適切な視野角が与えられていれば行為認知は正しく行

われると期待できる。

図13、14、15が示す結果より、場所認知の成績を向上させるためには、次の点に注意する必要があると考えられる。まず、映像中に映っている物体を識別し、その物体が置かれている場所を記憶から推定することで映像中の場所を特定する必要がある。この戦略が可能である場合は、図13が示すように、85度程度の視野角でも場所認知が正しく行える可能性が高まる。

4. 議論

本節では、2節、3節から得られた知見を総合的に議論する。この議論により、設定すべき視野角と、本研究で想定する物探し支援システムを効果的に利用する際の留意点を整理する。

2節では、図8の結果から視野角が65度以上で安定傾向となり、図4、6、7の結果から95度以上で安定傾向となることがわかった。その結果、視野角は105度以上必要であることがわかった。その一方で、図3および図5の結果から、2節の実験結果だけでは視野角の上限を設定することが困難であることがわかった。しかしながら、さらに実験協力者の行為・場所認知の特性を成績別で比較することで、より詳細に視野角の設定条件を検討することが可能となった。図10と図12と図3、図5を比較することで次のことがわかる。図3と図10を比較すると、図3の上昇傾向は視野角が小さい範囲では成績上位・中位であるグループA-AおよびA-Bの上昇が顕著であり、視野角が大きい範囲では成績中位・下位であるグループA-BおよびA-Cの上昇が顕著である。また、グループA-Aは視野角が105度から135度では成績の変化が安定傾向にある。また、図5と図12を比較すると、図5の曲線を構成する大半はグループA-B、A-Cが要因であると考えられるため、成績上位のグループA-Aは寄与していないことがわかる。このことから、2節では視野角の上限を設定することが困難であったが、3節の結果を考慮すれば、ユーザの行為認知を行う際に、ユーザが注目すべき点を意識することで視野角の上限を設定することが可能となる。場所認知に関しては、3節のグループP-Dを除けば2節と3節の結果に差が無いと考えられることから、ユーザに場所認知の仕方を意識させることなく視野角を設定することが可能である。

行為認知におけるグループA-Aに注目して視野角の上限を設定する。図10では105度以上で安定して80%以上正答している。135度においては100%正答となっている。図11では105度以上で誤答した割合

が10%以下となっている。図12では全ての視野角について誤答が10%以下となっている。グループA-Aに限って言えば、視野角105度から135度までに行為・場所を約90%で正しく認識していることになり、行為・場所認知の仕方に注意すれば視野角は105度から135度程度あれば良いと考えられる。

「I'm Here!」では66%以上の物体認識率で、ユーザに対して有効に支援が行えるとある³⁰⁾。文献では、ユーザの行為・場所認知の正答率が100%であると想定している。このことから、システムのパフォーマンスはシステムの物体認識率とユーザの行為・場所認知の正答率の積で表現することができる。本実験結果により視野角が105度から135度までに行為・場所を約90%で正しく認知できる可能性があることから、システムの物体認識率が73%以上あれば、ユーザへ有効に支援が行えると期待できる。

5. おわりに

本稿では、頭部装着カメラを用いた物探し支援システムの支援効果を向上させることを目的とし、カメラ視野角が映像中の物体設置行為と設置場所の認知に与える影響を調査・分析した。実験により、カメラ視野角が105度以上必要であり、135度程度あれば安定して行為認知を行えることがわかった。また場所認知に関しては、カメラ視野角が85度以上必要であり、105度程度あれば安定して認知が行えることがわかった。また、人が行為認知・場所認知の良い判断基準を意識することでカメラ視野角の上限を105度程度に抑えられる可能性を示した。さらに、システムの物体認識率が73%以上あれば、物探しを有効に支援することができる可能性があることを示した。このように本研究結果は、頭部装着カメラを用いた物探し支援システムを実現する上でハードウェアの仕様決定の基準になると期待される。

映像を用いた物探し支援システムを実現するために必要な行為・場所認知に関する課題は残る。

本実験結果に対する課題：場所認知に関して135度の視野角条件でも10%の場所を特定できないという結果が残った。現時点では、本実験結果から映像自身が持つ問題が主たる要因であるか、人の場所認知の判断基準の問題が主たる要因であるか、単に経験上わからないだけなのかを判断することは困難である。しかしながら、この問題の解決策が物探し支援システム利用の効率を向上させる可能性があるため、この問題の要因を特定する必要がある。

記憶と記録の関連付けに対する課題：本研究では、行為・場所認知の基本特性を純粹に調査するため、実験協力者の体験に基づかない映像を用いた。システムを実際に利用する場面ではユーザに提示される映像はユーザの体験が記録されているため、ユーザが自己の体験とシステムから提示される映像を関連付けるとい現象の影響を無視することはできないと考えられる。そのため、体験の記憶と提示される映像とが関連付けられるという現象が本実験結果に対してどのように作用するかを調査する必要がある。

映像の長さ・品質に対する課題：本研究では頭部装着型カメラの視野角のみをパラメータとした実験課題を設定していた。しかしながら、ユーザの行為・場所認知に影響を与えると考えられるカメラで設定可能なパラメータとして映像の解像度が残る。本実験では全ての視野角について解像度を水平220ピクセル、垂直165ピクセルに固定したが、各視野角での解像度の必要十分条件は異なると予想される。そのため、各視野角について解像度が行為・場所認知に与える影響の基本特性を調査する必要がある。

カメラの設置位置に対する課題：本研究はユーザの頭部にカメラを装着する方式の物探し支援システムを想定したものであった。しかし物探し支援に限れば、同じ視野角という条件で比較した場合、腰部にカメラを装着した方が効率が良いという結果が出ている³⁸⁾。頭部装着型と腰部装着型との比較での有効性は示されているものの、カメラの装着位置により適正な視野角は異なると考えられるため、カメラ設置位置を考慮した適正視野角を調査してゆく必要がある。

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くらし(2002).
- 2) Davenport, L.: Order from Chaos, Three Rivers Press(2001). (邦題: 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) Nakamura, Y., Ohde, J. and Ohta, T.: Structuring Personal Experiences - Analyzing Views

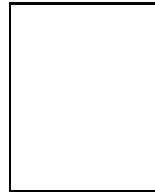
- from a Head-Mounted Camera, *Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, (2000).
- 4) Ueoka, R., Hirota, K. and Hirose, M.: Wearable Computer for Experience Recording, *Proc. 11th International Conference on Artificial Reality and Telexistence*, (2001).
 - 5) Ueda, T., Amagasa, T., Yoshikawa, M. and Uemura, S.: A System for Retrieval and Digest Creation of Video Data Based on Geographic Objects, *Proc. 13th International Conference on Database and Expert Systems Applications*, pp.768-778 (2002).
 - 6) 相澤清晴, 石島健一郎, 椎名誠: ウェアラブル映像の構造化と要約: 個人の主観を考慮した要約生成の試み, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J86-DII, No.6, pp.807-815 (2003).
 - 7) Gemmell, J., Bell, G. and Lueder, R.: ByLifeBits: a Personal Database for Everything, *Communications of the ACM*, Vol. 49, Issue1, pp.88-95 (2006).
 - 8) Lamming, M. and Flynn, M.: "Forget-me-not" Intimate Computing in Support of Human Memory, *Proc. FRIEND21, '94 International Symposium on Next Generation Human Interfaces*, pp.125-128 (1994).
 - 9) Rhodes, B.: The Wearable Remembrance Agent: a System for Augmented Memory, *Proc. 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.123-128 (1997).
 - 10) Healey, J. and Picard, W.R.: StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera, *Proc. 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.42-49 (1998).
 - 11) Jebara, T., Schiele, B., Oliver, N. and Pentland, A.: DyPERS: Dynamic Personal Enhanced Reality System, *MIT Media Laboratory, Perceptual Computing Technical Report #463*, (1998).
 - 12) Farrington, J. and Oni, Y.: Visual Augmented Memory (VAM), *Proc. 4th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.167-168 (2000).
 - 13) Hoisko, J.: Context Triggered Visual Episodic Memory Prosthesis, *Proc. 4th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp. 185-186 (2000).
 - 14) Kato, T., Kurata, T. and Sakaue, K.: Face Registration using Wearable Active Vision System for Augmented Memory, *Proc. Digital Image Computing Techniques and Applications*, pp.252-257 (2002).
 - 15) Kawamura, T., Kono, Y. and Kidode, M.: Wearable Interfaces for a Video Diary: towards Memory Retrieval, Exchange, and Transportation, *Proc. 6th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.31-38 (2002).
 - 16) Kawamura, T., Kono, Y. and Kidode, M.: Nice2CU: Managing a Person's Augmented Memory, *Proc. 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.242-243 (2003).
 - 17) DeVaul, R., Pentland, A. and Corey, V.: The Memory Glasses: Subliminal vs. Overt Memory Support with Imperfect Information, *Proc. 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.146-153 (2003).
 - 18) Kidode, M.: Killer Techniques for a Wearable Information Playing Station, *Proc. 3rd CREST/ISWC Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing*, pp.1-6 (2004).
 - 19) Kawashima, T., Nagasaki, T. and Toda, M.: Information Summary Mechanism for Episodic Recording to Support Human Activity, *Proc. International Workshop on Pattern Recognition and Understanding for Visual Information Media*, pp.49-56 (2002).
 - 20) 池井寧, 廣瀬洋二, 広田光一, 廣瀬通孝: ウェアラブル記銘補助システム 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).
 - 21) 新西誠人, 伊賀総一郎, 樋口文人, 安村道晃: Hide and Seek: アクティブに応答する 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).
 - 22) Billingham, M., Weghorst, S. and Furness III, T.: Wearable Computers for Three Dimensional CSCW, *Proc. 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.39-46 (1997).
 - 23) Jebara, T., Eyster, C., Weaver, J., Starner T. and Pentland A.: Stochastic: Augmenting the Billiards Experience with Probabilistic Vision and Wearable Computers, *Proc. 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.138-145 (1997).
 - 24) Starner, T., Schiele, B. and Pentland, A.: Visual Contextual Awareness in Wearable Computing, *Proc. 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.50-57 (1998).
 - 25) Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. and Hayashi K.: Augment-able Reality: Situated Communication through Physical and Digital Spaces, *Proc. 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.68-75 (1998).
 - 26) Aoki, H., Schiele, B. and Pentland, A.: Realtime Personal Positioning System for Wear-

- able Computers, *Proc. 3rd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.37-43 (1999).
- 27) Kouroggi, M., Kurata, T. and Skaue, K.: A Panorama-based Method of Personal Positioning and Orientation and Its Real-time Applications for Wearable Computers, *Proc. 5th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.107-114 (2001).
- 28) Tenmoku, R., Masayuki, K. and Yokoya, N.: A Wearable Augmented Reality System using Positioning Infrastructures and a Pedmeter, *Proc. 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.110-117 (2003).
- 29) 伊藤禎宣, 岩澤昭一郎, 土川仁, 角康之, 間瀬健二, 片桐恭弘, 小暮潔, 萩田紀博: 装着型体験記録装置による対話インタラクションの判別機能実装と評価, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.7, No.1, pp.167-178 (2005).
- 30) 上岡隆宏, 河村竜幸, 河野恭之, 木戸出正継: Im 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).
- 31) Kakez, S., Conan, V. and Bisson, B.: Virtually Documented Environments, *Proc. 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.158-160 (1997).
- 32) Billingham, M., Bowskill, J., Jessop, M. and Morphet, J.: A Wearable Spatial Conferencing Space, *Proc. 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.76-83 (1998).
- 33) Rungarityotin, W. and Starner, T.: Finding Location using Omnidirectional Video on a Wearable Computing Platform, *Proc. 4th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.61-68 (2000).
- 34) Thomas, B., Close, B., Donoghue, J. and Squires, J.: ARQuake: An Outdoor / Indoor Augmented Reality First Person Application, *Proc. 4th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.139-146 (2000).
- 35) Tsuchikawa, M., Iwasawa, S., Ito, S., Kogure, K., Hagita, N., Mase, K. and Sumi, Y.: Low-stress Wearable Computer System for Capturing Human Experience, *Proc. 9th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.27-33 (2005).
- 36) Ito, S., Iwasawa, S., Tsuchikawa, M., Sumi, Y., Mase, K., Katagiri, Y., Kogure, K. and Hagita, N.: Implementation and Evaluation of Wearable Sensor Devices for Recording and Detecting Conversational Interaction, *Proc. 9th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.130-137 (2005).
- 37) Kawamura, T., Ueoka, T., Kono, Y. and Kido, M.: Relational Analysis among Experiences and Real World Objects in the Ubiquitous Memories Environment, *Proc. Pervasive 2004 Workshop on Memory and Sharing of Experiences*, pp.79-85 (2004).
- 38) 河野恭之, 三宅祐子, 才脇直樹, 河村竜幸, 木戸出正継: 物探し支援ウェアラブルシステムのためのカメラ装着位置の検討, *情報処理学会第118回ヒューマンインタフェース研究会報告書*, 2006-HI-118, pp.31-38 (2006).

(平成 17 年 11 月 18 日受付)

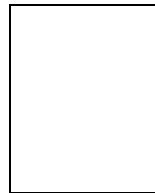
(平成 18 年 2 月 4 日採録)

河村 竜幸 (正会員)



昭和 51 年生。平成 16 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程指導認定退学。平成 17 年より奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助手。平成 18 年 7 月より大阪大学大学院工学研究科特任助手。ウェアラブル・ユビキタスコンピューティングによる拡張記憶の研究に従事。博士(工学)。電子情報通信学会, 人工知能学会, ヒューマンインタフェース学会, 認知科学会, IEEE 各会員。

上岡 隆宏 (正会員)



昭和 52 年生。平成 12 年神戸大学工学部電気電子工学科卒業。平成 14 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。平成 17 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年, 株式会社とめ研究所入社。ウェアラブルコンピュータの日常生活応用に興味を持ち, 物体認識, ウェアラブルアプリケーションの研究に従事。博士(工学)人工知能学会, IEEE 各会員。

河野 恭之（正会員）

昭和 42 年生．平成 4 年大阪大学
大学院基礎工学研究科博士後期課程
修了．同年（株）東芝入社．同社関
西研究所研究主務などを経て，平成
12 年奈良先端科学技術大学院大学

情報科学研究科助教授．知的 CAI，マルチモーダル理
解，音声対話 HI，知的インタフェース，ウェアラブル
インタフェースの研究に従事．博士（工学）．電子情
報通信学会，人工知能学会，ヒューマンインタフェ
ース学会，認知科学会，IEEE，ACM 各会員．

木戸出正継（正会員）

昭和 20 年生．昭和 43 年京都大学
工学部電子工学科卒業．昭和 45 年
京都大学工学研究科修士課程修了．
同年東京芝浦電気（株）（現（株）東
芝）入社．総合研究所にてパターン

認識・画像処理技術の研究開発，そして総合企画部
にて新規事業の推進．その後，関西研究所，マルチ
メディア事業推進室，東芝アメリカ社で技術開発と事
業化に従事．平成 12 年奈良先端科学技術大学院大
学情報科学研究科教授．パターン理解，ヒューマン
インタフェース，人間機械共存系の要素技術に興味．
工学博士．電子情報通信学会，IEEE 各会員．情
報処理学会フェロー，IAPR フェロー，IEEE フェ
ロー．