

U-Cam：実空間遍在カメラのユーザ駆動制御と記録コンテンツの動的提示

何 書 勉[†] 河合 由起子^{††}, 木 俵 豊^{††}
是 津 耕 司^{††} 田 中 克 己[†]

本研究では、ユビキタス環境に埋め込まれた複数のカメラを利用してユーザの意図に応じてその行動と周辺状況を撮影およびアノテーションするメカニズムと、それらの記録したコンテンツを動的に統合して提示する手法を提案する。従来のカメラは、ユーザが被写体を選ぶことでその被写体と周辺状況を撮影する。そのため、ユーザ自身が撮影対象になり難い。また、監視カメラはユーザとその周辺を撮影可能であるが、カメラ側で撮影をするためユーザの意図に応じた撮影ができない。本提案のシステムでは、RFID を用いてユーザの意図的な行動を検出し、それをトリガにして、周辺の空間内に遍在するカメラの中から最も適したものを選び、それを作動させたユーザとその周辺状況を一緒に撮影する。さらに、撮影した際の周辺情報とユーザの行動履歴を撮影した画像へアノテーションする。本提案方式により、ユーザは記憶に残るようなマルチメディアコンテンツを獲得できる。本論文では、複数のカメラを実環境に埋め込んでプロトタイプを構築し、実証実験を行うことで提案方式を検証する。

U-Cam: User-driven Control and Contents Presentation of Ubiquitous Camera in Real World

SHUMIAN HE,[†] YUKIKO KAWAI,^{††} YUTAKA KIDAWARA,^{††}
KOJI ZETTSU^{††} and KATSUMI TANAKA[†]

We propose a mechanism of photographing and annotating users' behavior and the peripheral situation with multiple embedded cameras and a method of dynamically integrating and presenting the recorded content. As conventional camera is always used to shoot objects with the control of a user, it is difficult for a user to take a picture of him/herself with a camera in hand. On the Contrary, a security camera system is for taking picture that includes a user and the peripheral situation, but it cannot reflect the intention of the user. With our proposal, after detecting the user's intention and specific behavior with RFID tags, our system selects the most proper camera from the ones embedded in environment, and then the camera captures user within peripheral situation. Moreover, photos can be annotated with context and moving history of the user, so that the user can obtain multimedia content as recollections. In this paper, we introduce a prototype of embedding multiple cameras in a real space, and prove our proposal with an experiment.

1. はじめに

カメラの誕生は人類の歴史や個人の記憶を記録することに新しい可能性をもたらした。人々は歴史の一瞬

を写真の画像として残すことによって、数千年に及ぶ文字だけを頼りにしてきた記録方式の多様化を実現している。写真を見ることによって、忘れかけている出来事の思い出をもう一度甦らせることができる¹⁾。近年では、電子技術の進歩によりデジタルカメラをはじめとする撮影デバイスは小型化され、遍在化されつつあり、人々はカメラを持ち歩き、いつでもどこでも写真を撮ることが可能になっている。しかしながら、カメラの構造上、カメラを手に持って周りの様子を含めて自分の姿を撮ることは難しい。ユーザにとって、記念すべき場面の中に自分の姿が存在すれば、いっそう記憶に残るような価値のある写真になる。

[†] 京都大学大学院情報学研究所社会情報学専攻

Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{††} 独立行政法人情報通信研究機構

National Institute of Information and Communications Technology

現在、京都産業大学理学部コンピュータ科学科

Presently with Department of Computer Sciences, Faculty of Science, Kyoto Sangyo University

本研究では、見たものをユーザが撮影する機能ではなく、ユーザのしている瞬間の表情や反応を一緒に記録することで、記憶に残るような写真を撮影できるユビキタスカメラの実現を目指す。

人々はカメラを用いて撮影する際に、ユーザが被写体や撮影の場面を決定する必要がある。そのため、自分の姿を写真に残すためには、他人に撮ってもらったり、三脚でカメラを固定しタイマを設定するなりするしかない。これまで、我々は複数のカメラを持ち歩く団体旅行客を対象に、お互いで写真を撮り、それらの写真を共有できる P2P カメラを提案してきた²⁾。しかしながら、記念写真としての価値は高いが、撮影する人は写真には含まれないという問題は残る。一方、定点カメラは画角範囲内のものを自動で撮影できる。画角内の周辺の状況と人間の行動を撮影する代表として、監視カメラがあげられる。しかしながら、それらは監視する側が撮影するため、被写体となる各ユーザの意図に合わせて撮影することはできない。また、撮影対象となる人のために撮影を行うためのものではなく、記念写真とはかなりかけ離れたものである。

本論文では、これよりきたるユビキタスネットワーク環境を想定し、個人の意図に即してユーザとその周辺状況を撮影しアノテーションできる、これまでにないユビキタスカメラ “U-Cam” を提案する。ここで、ユビキタスネットワーク環境とは、情報ネットワークに、いつでもどこからでもアクセスできる環境を指す。提案する U-Cam には以下の特徴がある：

- ネットワーク上に分散された複数のデバイス（読み取りセンサ、カメラ、および写真を保存するストレージ）の連携による撮影・保存。
- ユーザの意図に基づくユーザ駆動型撮影。
- 周辺環境に埋め込まれた U-Cam のカメラ群によるユーザを中心とした撮影。
- 行動履歴と周辺情報のアノテーション。

具体的には、ユーザや周辺の物体に RFID のタグ、もしくはリーダを付与することで、RFID タグが読み込まれた瞬間に U-Cam で撮影する。RFID タグには、ユーザプロフィールもしくは ID 情報が書き込まれている。U-Cam には設置場所の情報のみを付与しており、ユーザプロフィールでカメラの制御情報が設定できる。ユーザ側でカメラを制御できるため、ユーザの意志で撮影が可能になるだけでなく、撮影を拒否することも可能である。また、撮影の際には、ユーザや周辺の物体の ID を取得することで、ユーザのプロファイルや周辺情報を撮影した画像と一緒に蓄積できる。これにより、画像解析では困難な人物の特定や、ユーザ

の行動に関する記述、さらに周辺情報も自動付与できる。これらの撮影された画像やアノテーションを用いることで、ユーザの生活に密着した記憶に残るようなマルチメディアコンテンツの提示が可能になる。

以降、本論文は次のように構成される。2 章では本研究に関連する研究について述べ、3 章でユビキタス環境での U-Cam のシステム設計について紹介する。4 章では、プロトタイプによる評価実験について考察する。最後に 5 章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

本研究は 2 つの側面を持っている。それぞれユビキタス環境における撮影インフラの整備と、カメラによる体験と環境記録である。本章では、この 2 つの側面における従来の研究を紹介し、本研究との違いを明らかにする。

2.1 遠隔撮影デバイス

ユビキタス環境において、デジタルカメラに通信機能を持たせ、撮影した写真や映像をネットワーク経由で配信する研究は数多くある。

撮影した画像を無線 LAN で送信できるデジタルカメラは開発されている¹²⁾。このようなデジタルカメラは、市販のカメラの CF スロットに無線 LAN カードを装着し、撮影した写真を指定されたサーバに転送して保存する。無線 LAN の圏外では、カメラの内蔵メモリに画像を記録し、圏内で送信する仕様になっている。Koizumi らは高速ネットワーク、全方位カメラおよび環境センサを用いて、遠隔地の可視化システムを開発している⁷⁾。遠隔地の様子をカメラで撮影し、リアルタイムにネットワーク経由でパソコン端末上に表示し、実際の映像を使って仮想空間を構築している。これらの研究では、ユビキタス環境において、デジタルカメラで撮影した静止画、動画を瞬時にインターネット上のサーバへ転送することで、膨大な量の画像の保存や不特定多数の人への配信を目的としている。本研究とは、ユーザの行動や生活に密着した記憶に残るような撮影や利用を目的としている点が異なっている。

2.2 カメラによる体験と環境記録

実空間内でユーザが見た場面や物体を、カメラを用いて記録し、物体に密着した記憶喚起や操作などを実現する研究は数多くの文献で紹介されている。

u-Photo (ubiquitous-Photo)¹¹⁾ は、環境側のセンサ情報や情報家電機器上で動作するアプリケーション情報といった仮想空間上におけるさまざまな情報を、写真撮影を通して記録し、写真上に表示することで、

物理空間の視覚情報の上に仮想空間の情報を重ねることを実現するシステムである。

美崎らは“記憶する住宅”⁸⁾というコンセプトを提案し、家の中で膨大な量の情報を保存して続けている⁹⁾。自分が目にしたものをすべてを高解像度のスキャナ、デジタルカメラなどを用いて、月平均2万枚のペースで画像化し、2000年から2004年11月にかけて蓄積した画像アーカイブの数は76万枚に及んでいる。また、住宅内部の書斎やリビングなどの生活空間にディスプレイを設置し、画像アーカイブをスライドショーの形で常時提示することによって、体験想起活動と記憶拡張を促すことができると主張している。

また、河村ら⁵⁾は、日常生活で手に持てる大きさの物体の位置想起を支援するために、ウェアラブルカメラやセンサを身につけ、ユーザの視点から見た身の回りのオブジェクトを画像で記録し、いつ、どこで、どのようなものを見たかを検索するシステムを開発した。

これらの研究は、いずれもユーザの視点から見たものを写真として残す手法をとっている。しかし、ユーザにとって“記憶”というものは、いつ、どこで、なにを見たかだけでなく、いつ、どこで、自分はどんなことをしていたかも非常に大事である。たとえば、面白い場面を見たとき、ユーザ自身の表情や反応もユーザの姿を記録することが不可欠である。また、記憶喚起するために四六時中カメラを手に持ったりウェアラブルカメラを身につけたりするという生活は、もはや人間本来のあるべき生活像とは違い、大きな負担となる。そこで、我々が提案するU-Camは、周辺の視点から、ユーザの姿と動作およびその周辺の状況を撮影し、ユーザ自身の振舞いに注目する記憶喚起を実現する。環境にカメラが埋め込まれるため、ユーザはカメラを持ち歩く必要がなく、記憶に残すことを意識せず記憶することができるようになる。

3. 基本概念とシステム設計

U-Camはユビキタスネットワーク環境に埋め込まれた複数のカメラやセンサで、ユーザの意思に即した撮影とアノテーションを行う。本章はその基本概念とシステム設計について述べる。3.1節でユーザ駆動型周辺視点撮影の概念を紹介し、3.3節でユーザプロフィールの記述とユーザ駆動型デバイス制御機構を説明する。3.2節で撮影機構を説明し、最後に3.4節で撮影結果の統合提示について紹介する。

3.1 ユーザ駆動型周辺視点撮影とその応用例

我々が提案するU-Camは、複数のカメラやセンサが環境の至るところに遍在しているユビキタス環境に

おいて、ユーザの意志に基づいて、ユーザ自身を周辺の視点からとらえることができる。たとえば、遊園地や公園の場合、電柱の上、ベンチの横、表示板の周りの至るところに遍在するカメラを利用することで、複数の視点から同じ人物を中心に撮影できる。また、撮影自体はユーザが制御できる。さらに撮影された写真とメタ情報はサーバに保存され、必要に応じて統合されユーザへ提供できる。

以下では、具体的なテーマパークでのU-Camの応用例を示す(図1)。ここで、テーマパークは人工的に作られた環境であり、建造される際にインフラとして大量のカメラがいたるところに埋め込まれていることを想定する。ユーザは観覧パスポートを持って入園し、そのパスポートに無線通信可能な小型情報端末が埋め込まれ、ユーザのプロファイルが記録されている。プロファイルには、どんな写真を撮ってほしいか、あるいはどんな写真を撮ってほしくないかといった、カメラの制御情報となるルールが記述される。また、利用したアトラクションやレストランの名前といった行動履歴(時間と場所)も記録される。撮影のルールは、小型情報端末を用いることでユーザによって随時設定および修正される(図1の(1))。たとえば、ユーザは次のようなルールを設定できる。

- 各アトラクションの入り口で自分の姿を撮影(利用したアトラクション名の記録)。
- 園内で歩き回るテーマパークのマスコットと遭遇した際に、自分とマスコットと一緒に撮影(嬉しい場面の記録)。
- マスコットや人物と遭遇した際に、逆に撮影拒否(秘匿性の確保)。

以下では、設定画面を通してユーザが撮影のルールを指定する手順を説明する。

- (1) システムは、ユーザが手持ちの無線通信情報端末(PDA)が無線LANの接続ポイントとの通信によりユーザの所在位置を検出する。画面の一番上には、ユーザのいる場所がコンボボックスに表示される。コンボボックスよりほかのカメラの設置されたスポットの指定も可能である。
- (2) ユーザが指定した場所で、ユーザ自身がその場所での撮影が“可能”か“不可”を指定する。“可能”にした場合のみ、ユーザが指定した場所でシステムが設定している特定の動作をすると、ユーザ自身の姿が撮影される。
- (3) “付近にいる人”のリストボックスでは、現時点でユーザの付近にいる人の名前が表示される。もし、一緒に撮影されたくない場合は、リスト



図 1 U-Cam システムの応用例
Fig. 1 Example use of U-Cam system.

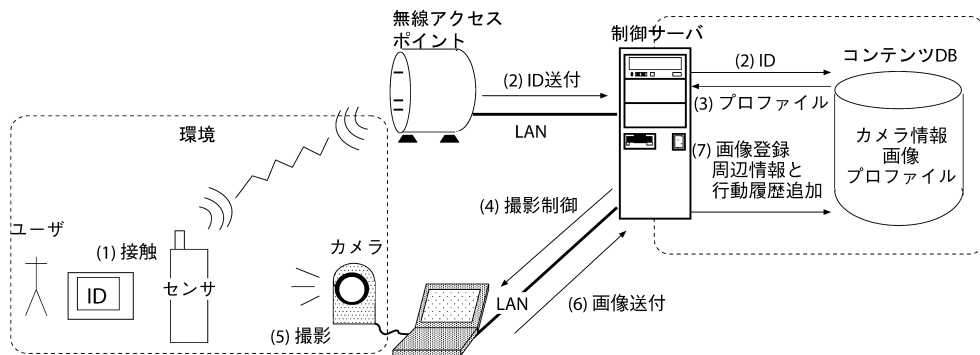


図 2 U-Cam システムの構成概要
Fig. 2 Composition of U-Cam system.

ボックスより名前を選択し、“拒否リスト”へ追加する。

- (4) 設定情報を入力したあと、“設定情報の更新”メニューを押せば、設定した情報がサーバにアップロードされる。

これらのルールによりカメラを制御することで、一日園内を歩き回る際に、ユーザの好みに合わせた条件の下でさまざまな写真を周辺のカメラから撮影できる。また、最後にテーマパークの出口では、自分の要望に沿って撮影された思い出に残るアルバムをもらえる。アルバムには、ユーザ自身を含めた写真とその写真に関する情報が記述される。こうして、ユーザはカメラを持たずに、自分が指定した条件下で記念写真を撮影でき、さらに行動履歴や周辺コンテキストを含めたアルバムを見ることで、アルバムが楽しい思い出の記録となることができる。

3.2 撮影機構

通常のカメラは、ユーザがのぞき窓や液晶モニタを通して被写体をとらえて構図を決める“構図選択機

能”、フィルムや電磁気記録メディアで写真を記録する“写真保存機能”、および撮影のタイミングを決める“トリガ機能”といった複数の機能によって構成されると考えられる。ユビキタスネットワーク環境において、これらの機能をネットワークに分散した複数の組合せによって構成され、複合的なネットワークサービスを実現する。このような構成は、Shinomiya らが提案した NADIA の概念¹⁰⁾に基づいている。ユーザが要求するサービスを提供可能なデバイスをネットワーク上から探し出し、適切な組合せでユーザの要求に沿ったサービスを提供する。

図 2 で示したように、本システムは“センサ”、“制御サーバ”、“コンテンツデータベース”、“カメラ”によって構成される。センサは実空間内のユーザの動きとユーザ ID を検出する。制御サーバでは検出された動きとユーザ ID より、撮影の可否を判断する(トリガ機能)。また、制御サーバとカメラの組合せで構図を決定する(構図選択機能)。コンテンツデータベースでは、U-Cam の写真を蓄積する(保存機能)。

撮影の流れは以下ようになる．ここで、各カメラとセンサはユビキタスネットワーク環境の至るところに埋め込まれているものとする．

- (1) センサがユーザの行動を検知すると、ユーザ ID を取得する．
- (2) ユーザ ID はネットワーク経由で制御サーバに送信される．
- (3) ユーザ ID に対応したプロフィールをデータベースから取得する．
- (4) 制御サーバは最適なカメラとタイミングを抽出し、カメラ制御情報を送信する．
- (5) 抽出されたカメラが撮影を行う．
- (6) カメラが撮影した写真を制御サーバへ送信する．
- (7) 制御サーバは写真をデータベースに保存し、カメラの周辺情報、時間情報、ユーザ ID も同時に保存する．

以上より、ユーザの姿は、センサがユーザの行動を検知すると、ユーザのプロファイルに記述された内容に基づいて撮影される．

3.3 ユーザプロフィールと空間デバイス制御機構

本システムは、ユーザプロフィールを通して周辺環境のカメラを制御し、いわゆるユーザ駆動型撮影を実現する．従来のイベント駆動の多くは、ユーザの操作に対応してシステムが処理を行いサービスを提供し、どのような操作に対してどのようなサービスを提供するかというルールはシステムを構築する際にあらかじめ定義されている．それと比べると、ユーザ駆動には、ユーザは自分の好みや行動に応じてシステムが提供すべきサービスを選び、さらにそのルールをユーザ側で定義することが可能という特徴がある．本システムは、アクティブデータベースの動作記述言語である ECA ルールを用いて、ユーザ駆動型撮影ルールを記述する．ECA ルールには、撮影のトリガとなるイベント (*event*)、条件となるユーザが周辺コンテキストとの関係 (*condition*)、さらにシステムが行う撮影動作 (*action*) の情報が記述され、以下の式で表される：

$$rule := (event, condition, action)$$

3.2 節で示したように、U-Cam を構成するデバイスは環境に遍在し、機能の分割が大きな特徴である．そこで、我々は次のように ECA ルールを分割して記述する手法を考えたい：*event* と *action* をそれぞれ U-Cam のセンサとカメラのデバイスプロフィールに記述し、ユーザによる指定が可能な条件 *condition* はユーザプロフィールに記述する．

以下ではユーザプロフィールとデバイスプロフィールの定義と、ECA ルールの記述について述べる．

3.3.1 ユーザプロフィールの記述

ユーザプロフィールとしては、個性を表現する静的な個人情報と、動的な行動履歴からなる．ユーザプロフィールはそれぞれのユーザ自身が持つデバイスの中に保存することもできるし、周辺環境のサーバに保存することもできる．ユーザ自身が持つデバイスの中に保存されている場合、プロフィールを周辺環境に配布する手法として Information Atmosphere を提案してきた⁶⁾．

本提案でのユーザのプロフィールを、

$$user := (uid, property, History, Condition)$$

と定義する．ただし、*uid* はユーザの識別 ID、*property* はユーザの静的個人情報（年齢、性別、好みなど）、*History* は行動履歴の集合、*Condition* はユーザが指定する ECA ルールの条件の集合である．

静的個人情報 *property* には、ユーザの性別や年齢、名前などが含まれる．行動履歴には、いつ、どこで、何をしたかという行動の情報が保存される．具体的には、 $h \in History$ に対し、ユーザの行動 *h* は

$$h := (time, location, behavior, duration)$$

と表す．ただし、*time* は行動の発生時間、*location* はユーザが *t* における位置情報、*behavior* はユーザがとった行動の記述、*duration* は行動の持続期間である．

Condition には、複数の条件を指定することが可能である．条件 $cond \in Condition$ は

$$cond := (behavior, sw)$$

と表す．ただし、*behavior* はユーザの行動の記述で、*sw* は *true* または *false* である．*sw* が *false* の場合、ECA ルールの *action* を発生しないようにすることを意味し、ユーザは *sw* を指定するによって、特定の条件の下で撮影されないようにできる．

3.3.2 デバイス属性の記述

我々が提案する U-Cam の基盤となるユビキタスネットワーク環境には、それぞれ機能の違う複数のデバイスがネットワーク上に分布する．ユーザはこれらのデバイスを、一定の条件の下で制御することができる．あるデバイスがユーザに制御される場合、ユーザがそのデバイスの所有者となる．

上記のような特性を持つデバイスを

$$device := (did, S, f, U)$$

と定義する．ただし、*did* はデバイスの識別子 ID、*S* はデバイスが存在する空間、*f* はデバイスが持つ機能（カメラかセンサか）、*U* はデバイスを制御するユーザの集合である．

デバイスがカメラかセンサである場合、*f* にそれぞ

れ ECA ルールの *action* か *event* を記述する .

ユーザがデバイスの遍在している空間に入ると、制御サーバでユーザプロフィールに記述された *cond* とデバイスより *action* と *event* で ECA ルールを生成する .

3.3.3 ECA ルールの生成

ECA ルールは、イベント名・タイミングを示す *event*、発火条件となる *condition*、システムが行う動作の *action* によって構成される . 前述のように、U-Cam の場合、システムの *action* は環境の中に遍在する複数のカメラの中の 1 台が写真撮影を行うことで、*event* はセンサがユーザの特定の動作を検出するイベントで、それをトリガとしてカメラに設定した *action* が発火する . 本システムの場合、どのセンサがユーザの動きを検出すると、どのカメラが写真を撮影するかという対応関係を、センサとカメラを設置する際に事前に決められる . また、*condition* に指定される条件によって、*action* を発火させるかどうかを制御することができる . システムは、一定の時間間隔で、頻繁にユーザのプロファイルより、ユーザが現在のどの空間にいるか、条件をどのように修正したかを読み取り、つねに最新の情報のもとに ECA ルールを生成する .

ECA ルールは、以下の形式で記述する :

```
ON    event
IF    condition == true
THEN  action
```

たとえば、空間 s_1 内にあるセンサ $sensor_1$ がユーザの動きを検出するイベントは、下記のように記述される :

```
event : sensor1 detect u
```

ただし、 u はセンサが検出したユーザの ID とする .

また、 s_1 内のカメラ $camera_1$ が撮影を行うアクションは、下記のように記述される :

```
action : camera1 act
```

ユーザ u_1 が空間 s_1 に入った場合、自分の姿を撮影してほしいという条件は、以下のように記述される .

```
condition : u1.location = s1, sw = true
```

また、 u_1 が s_1 で撮影してほしくないという条件は、以下のように記述される .

```
condition : u1.location = s1, sw = false
```

あるユーザの写真を撮影する際に、同じ空間にいるほかのユーザが指定した条件と矛盾がないか、システムが判断する必要がある . 空間内にいるすべてのユーザがその空間内での撮影を許可した場合にのみ、写真撮影が行われる . たとえば、写真を撮影してほしい人

と撮影してほしくない人が、同時に同じ場所にいた場合、写真を撮影してほしい人に対しても、写真撮影を行わない .

すなわち、空間 s_1 にいるユーザ $\{u_i \mid u_i.location = s_1, n \geq i \geq 1\}$ に対し、 $u_1.sw \wedge u_2.sw \wedge \dots \wedge u_n.sw == true$ の場合、撮影が可能である .

たとえば、空間 s_1 において、センサ $sensor_1$ がユーザ u_1 の動きを検出する際に、カメラ $camera_1$ が写真撮影を行うという ECA ルールは、以下のように記述される :

```
ON    sensor1 detect u
IF    u == u1.id
      and u1.sw == true
      and u2.sw == true
      ...
      and un.sw == true
THEN  camera1 act
```

なお、条件部の

```
and u1.sw == true
and u2.sw == true
...
and un.sw == true
```

という記述は、すべてのルールには必須であるため、便宜上、以下ではこの部分の記述を省略する .

また、空間 s_1 において、ユーザ u_1 が u_2 と一緒に撮影したくない場合、ルールは下記のように記述される :

```
ON    sensor1 detect u
IF    u == u1.id
      and u2.location != u1.location
THEN  camera1 act
```

この場合、 u_2 が s_1 で撮影したいという条件を事前に設定したとしても、同じ場所にいるユーザ u_1 が u_2 に対して写真拒否を設定しているため、 u_1 がその場を離れない限り、 u_2 の写真が撮影できない . システムは u_2 が手持ちの移動端末に、しばらく経ってから再撮影を行うようにメッセージを表示する . これは、通常観光地で記念写真を撮影する際に、写真を撮っている人を邪魔しないように交替で写真を撮る行為と似ている .

また、空間 s_1 において、ユーザ u_1 が u_3 と一緒に撮影したい場合、ルールは下記のように記述される :

```
ON    sensor1 detect u
IF    u == u1.id
      and u3.location == u1.location
THEN  camera1 act
```

また、 u_1 が u_3 と一緒に撮影したいが、 u_2 と一緒に撮影したくない場合、ルールは下記のように記述される：

```
ON  sensor1 detect u
IF  u == u1.id
    and u3.location == u1.location
    and u2.location != u1.location
```

THEN camera₁ act

こうして、もし u_2 と u_3 が s_1 にいる場合、IF で記述される条件が *false* となり、カメラは撮影を行わない。

3.4 撮影結果の統合提示

U-Cam は撮影の結果として、撮影した写真だけでなく、その写真に関する情報を紹介する文章などを統合して、マルチメディアコンテンツとしてユーザへ提示する。撮影された写真やそれに関する情報を効果的に統合して提示するために、U-Cam は次の 2 つの特徴を有する。

- ユーザプロフィールに基づく統合
- 好みのレイアウトに基づく提示

本節では、上記 2 点の実現方法について説明する。

3.4.1 ユーザプロフィールに基づく統合

統合では、ユーザの行動履歴の情報が登録されているユーザプロフィールを用いる。3.3 節で述べているように、ユーザプロフィールには個人情報と行動履歴が含まれる。ユーザの行動とその周辺の情報であるコンテキスト情報、さらに写真を用いて、ユーザに起こった出来事を効果的に表現できる。統合される情報は、ユーザと周辺とのインタラクションの時間長やインタラクションの内容から特徴的な行動を検索することで選出される。これにより、ユーザにとって注目度の高い情報を優先的に統合できる。統合の手順として、まず、ユーザの行動履歴から各スポットと行動に対する注目度を検出して、それから各行動に関する写真やテキスト情報を取得する。

各スポットに対する注目度は、主にユーザが各スポットに滞在する時間と訪問回数より求める。

1 枚の写真は次のように定義される：

$$p := (h, \text{Bitmap}, c)$$

ただし、 h は 3.3 節で定義した写真撮影のトリガとなるユーザの行動で、テーマパークでいえば“マスコットと遭遇”や“アトラクションの入り口に到着”などである。 h を指定することによって、 p を発見できる。また、*Bitmap* は写真の画素情報（画像）で、 c は写真に写されている場所の環境コンテキスト情報（時間と場所）である。

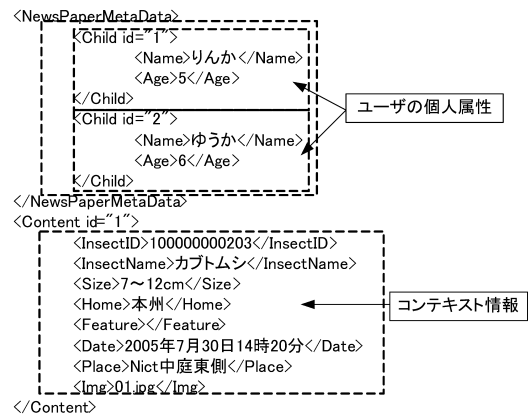


図 3 コンテンツ XML 文書の例
Fig. 3 Portion of XML document.

さらに、ユーザの行動履歴 *History* を指定すると、それぞれの行動が撮影されている写真の集合 $P = \{p_1, p_2, \dots\}$ が検索できる。すなわち、行動履歴を指定することで、履歴内の行動を撮影している写真 p と、行動が発生した環境のコンテキスト c を取得することができる。

また、統合の対象は、 p の画像 *Bitmap* と、行動 h に関する記述 *behavior* および環境コンテキスト情報 c となる。

3.4.2 XSLT による提示

統合した結果の提示では、ユーザの好みのレイアウトを利用する^{3),4)}。ここでの好みのレイアウトとは、ユーザが好む (1) 全体の見え目と (2) 内容の配置である。全体の見え目はユーザの知識として存在するレイアウトであり、たとえば、新聞であればタイトルやトップ記事の存在であり、日記であれば日付や天気、自分が筆者となる文章などの存在である。また、内容の配置とは、それらがどのように配置されているかといった情報で、たとえば、新聞であればトップ記事には注目度が高くなるような配置がされているといった配置情報である。これらの統合提示手法より、ユーザの注目度の高い情報を検索して、ユーザの好みのレイアウトに合わせて効果的な提示が可能となる。

本システムでは、写真、文字などを含むマルチメディアコンテンツの統合提示する方法として、XSLT スタイルシートによる変換で、さまざまな用途に応じたレイアウトのコンテンツを提示することができる。

システムが取得したユーザのプロファイルとコンテキスト情報は XML 形式で保存されたコンテンツである。図 3 はコンテンツの XML 文書の一例を示す。

XML 文書は XSLT を用いることによって文書の内容や構造を変換することができ、さまざまなレイアウト

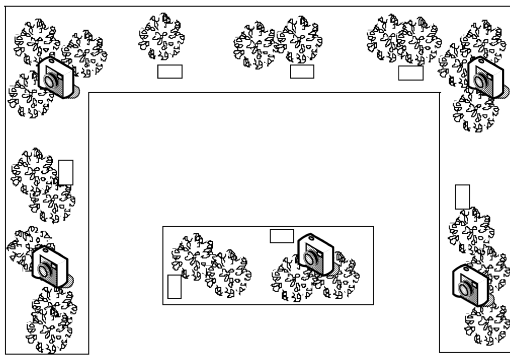


図 4 カメラと RFID タグ設置場所の平面図

Fig.4 Arrangement of cameras and RFID tags.



トを生成することができる。もとの XML 文書自身を変更することなくカスタマイズされたビューを生成し、ユーザに提供することができる。

4. 評価実験

U-Cam の概念と設計を検証するために、複数のカメラを実空間に埋め込んでプロトタイプを構築し、実証実験を行った。本章では、実験の経過について述べ、撮影の遅延、ユーザの行動に基づく撮影、注目度による情報統合について説明し、さらにそれぞれについてユーザの意図や満足度を調査する。

4.1 実験環境とプロトタイプ

実験は 2005 年 7 月 30 日、独立行政法人情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センターの一般公開の際に行った。被験者は当日一般公開に来場した子供 9 人とその家族である。ユーザ（子供）が PDA と RFID タグを使って中庭でバーチャル昆虫を捕獲する際の姿を U-Cam で撮影し、撮影結果として、ユーザプロフィールに基づいて文字情報と写真を虫新聞や絵日記などの形式でユーザに提示する。

庭に有線 LAN と無線 LAN のネットワーク環境を用意し、草むらや木の枝に複数のカメラや RFID タグを数カ所に固定する。図 4 はカメラと RFID タグの設置場所を示す平面図である。一部の RFID タグはカメラと連動しており、RFID タグを手持ちの PDA で読み取る動作をトリガとして撮影される。それ以外の RFID タグはユーザの移動履歴のみを取得するデバイスであり、ユーザが RFID タグを読み取る際に、ユーザはいつ、どこにいて何に関心を持ったかという情報をデータベースに記録する。さらに複数のカメラとユーザの手持ちの PDA をデータベースや制御

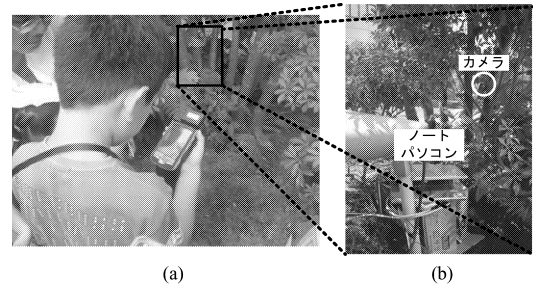


図 5 カメラのセット

Fig.5 Camera setup.

サーバなどのデバイスと同一のイントラネットで接続することにより、ユビキタスネットワーク環境における U-Cam を実現する。

U-Cam を構成するカメラは、市販の安価なウェブカメラ 5 個と同数のノートパソコンのセットを用意し、中庭の草むらや木の枝の中に設置した（図 5）。ノートパソコンの OS はすべて WindowsXP で、ウェブカメラの解像度は 480×320 である。5 カ所に設置されたカメラ以外に、虫を意味する RFID タグ付きカードを中庭のいたるところに貼り付けた。ユーザプロフィールを読み取るセンサとして、PDA に取り付けられた RFID タグリーダを利用する。

実験は、子供たちが庭で昆虫の絵の書いてある RFID タグ内蔵のカードを見つけて、手持ちの PDA でカードを読み取ることで、昆虫を仮想的に捕獲したという設定である（図 6）。さらに、PDA では捕獲した昆虫に関する詳細情報を観察できる。PDA に取り付けられた RFID タグリーダが RFID タグを読み取る動作をトリガにして、カメラを制御して、子供が昆虫を採取する姿を撮影する。図 6 の子供が RFID タグを読み取る瞬間を U-Cam が撮影した写真が図 7 である。

子供の性別や年齢、名前などの情報は、子供が中庭に入る前にシステムのデータベースに登録され、同時にそれぞれの子供にユーザ ID を発行し、子供が手持ちの PDA に入力される。子供の捕獲対象となる昆虫は 20 種類が用意され、その中の 5 種類を捕獲する動作をカメラが撮影する設定である。事前にデータベースに登録された昆虫に関する情報には、昆虫名、昆虫成虫の大きさ、発生時期、特徴などの昆虫に関する紹介と、対応するカメラ ID、昆虫カードの設置場所などのシステム構築時のコンテキスト情報が含まれる。

また、子供は昆虫を PDA で捕獲したあと、より詳細な虫の情報をインターネットやシステムが用意した電子版の百科事典から検索できる。子供が虫を捕獲、観察、虫を検索するといった動作、およびこれらの動

表 1 ユーザ履歴テーブルの一部
Table 1 Portion of user profile table.

UserID	StartTime (MMddhhmmss)	Event	Time (単位：秒)	TagID	PicName	SearchType	Image	InsectID	flag
11	0730140237	1	57	4	08140237.jpg	-	-	208	1
11	0730140503	1	48	3	08140503.jpg	-	-	208	1
11	0730140657	1	112	2	08140657.jpg	-	-	208	1
15	0730140503	2	0	9	-	1	kumazemi.png	207	-
11	0730123425	2	0	12	-	2	100000000216-1.htm	219	-

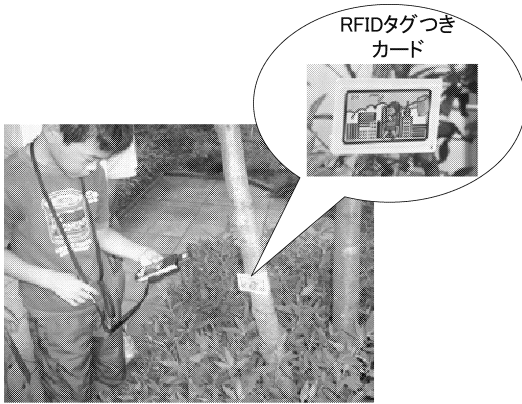


図 6 RFID タグを読み取る様子 (撮影のトリガ)
Fig. 6 Child reads RFID tag with PDA.



図 7 U-Cam が撮影したユーザの昆虫捕獲時の写真
Fig. 7 Photograph by U-Cam.

作を行った時間の長さは、子供の行動履歴としてデータベースに記録されていく。

それと同時に、その行動をトリガにし、その瞬間のユーザを姿とその周辺環境を撮影した写真を、行動履歴と一緒にデータベースに蓄積していく。実際にデータベースに登録されるユーザの行動履歴の一部を表 1 に示す。

各項目の意味は以下のとおりである。

UserID: ユーザ ID

StartTime: ユーザが RFID タグを読み取る時刻

Event: ユーザが行った行動 (1: 捕獲, 2: 観察, 3: 検索)

Time: ユーザが観察した時間 (秒)

TagID: ユーザが読み取る RFID の位置情報

PicName: 撮影され保存された写真のファイル名

SearchType: ユーザが行った検索の種類 (1: ネット, 2: 百科事典)

Image: 検索結果の画像情報

InsectID: ユーザが観察した昆虫の ID

flag: ユーザが写真撮影を望むかどうかを示すフラグ (0: 撮影を拒否, 1: 撮影を望む)

実験では、flag の初期値は 1 と設定しており、もしユーザが撮影を拒否したい場合は、この値が 0 となる。

表 1 の 1~3 行は、ユーザ ID が 11 のユーザが 3 か所で昆虫を捕獲して観察した行動の履歴である。各箇所で捕獲した昆虫に対する観察時間が、57 秒、48 秒、112 秒であることが確認できる。昆虫を捕獲した際の写真は、データベースに保存され、同時に、行動履歴のテーブルに写真のファイル名が書き込まれる。

4 行目の履歴では、ユーザ ID が 15 のユーザが 9 番の RFID タグが貼ってある昆虫カードに対し、その昆虫の情報を電子百科辞書より検索した行為を記録している。しかしながら、9 番目の RFID タグの周辺にはカメラが設置されていなかったため、写真は撮影されなかった。この場合、ユーザが検索した昆虫の画像 (kumazemi.png) を記録している。

5 行目は、ユーザ ID が 11 のユーザが 12 番の RFID タグが貼ってある昆虫カードに対し、インターネットで昆虫の情報を検索した履歴である。ここもカメラが設置されていなかったため、ユーザがアクセスしたホームページの URL 情報 (100000000216-1.htm) を記録している。

4.2 結果提示

撮影の結果は、ユーザが昆虫を捕獲した瞬間の写真、ユーザの行動に関する記述、観察や検索した昆虫に関する情報などが、複数のメタファにより統合提示される。実験では、メタファとして新聞、絵日記および広告を用意した。



図 8 統合提示結果例：新聞メタファによる提示
Fig.8 Integrated presentation — newspaper style.



図 9 統合提示結果例：絵日記メタファによる提示
Fig.9 Integrated presentation — diary style.

表 2 ユーザの写真に関する注目度

Table 2 User's extent of attention to each photo.

観測時間 (単位：秒)	撮影時間	カメラの番号	写真ファイル名	昆虫名
82	0730134243	1	15134243.jpg	オオムラサキ
70	0730134608	3	05134608.jpg	カブトムシ
47	0730135105	2	15135105.jpg	アゲハチョウ
21	0730140136	4	03140136.jpg	ミヤマクワガタ
4	0730135447	5	14135447.jpg	オオカマキリ

図 8 と図 9 は新聞メタファと絵日記メタファを用いて、同一ユーザの写真と文章を付加した結果である。新聞メタファでは第三者の視点からユーザの行動を記述し、絵日記ではユーザの立場から自分の行動を記述するような内容の結果を提示した。

統合結果の写真は、ユーザが昆虫を捕獲した写真すべての中から、各ユーザの行動履歴を基に各昆虫に対する注目度を算出し、注目度の高いものを選出した。注目度は、ユーザが時間をかけて観察した昆虫ほどユーザの興味と関心が深いと仮定し、観察する時間とインターネットや百科事典でその昆虫に対して検索した回数を用いて算出される。

表 2 では、あるユーザが昆虫を捕獲する瞬間の姿が撮影された写真に対して、昆虫を観察する時間の長さ順に並べた結果である。それぞれの昆虫を観測する時間の長さから、そのユーザの昆虫に対する注目度は、オオムラサキ、カブトムシ、アゲハチョウ、ミヤマクワガタ、オオカマキリの順となっていることが分かる。

図 8、図 9、図 10 の領域 A では、ユーザが虫を捕



図 10 統合提示結果例：広告メタファによる提示
Fig.10 Integrated presentation — poster style.

獲した瞬間の写真を表示し、領域 B、C、D はユーザが捕獲し検索した虫に関する情報を提示する。領域 B、C、D の昆虫に対するユーザの注目度は検索回数を基に算出され、回数の多い順に B、C、D に表示される。ただし、捕獲した瞬間の写真がない場合は、検索した昆虫の画像や検索したホームページの画像が表

示される。

4.3 システムのパフォーマンス

今回の実験は U-Cam を使って、ユーザが PDA で RFID タグを読み取り、昆虫を捕獲する姿を撮影するため、実際に撮影した写真にあるべき姿が映っているかは非常に大事である。

市販のカメラの基本性能としてのレリーズタイムラグ（フォーカスロックした状態で、シャッターボタン全押しから撮影までの時間）に注目した。デジタルカメラのレリーズタイムラグはフィルムカメラより大きいといわれ、0.5 秒前後が一般的である。一方、プロトタイプの U-Cam にはシャッターボタンが存在せず、ユーザが PDA で RFID タグ読み取る行動をトリガにして撮影を行うため、PDA が正しく RFID タグの情報を読み取ってからカメラが作動するまでの時間をレリーズタイムラグとして計測した。

3.2 節で示した U-Cam の撮影の流れから分かるように、PDA と制御サーバおよびデータベースの処理速度、ネットワークのスループットはレリーズタイムラグに大きく影響する。

被験者による RFID タグを読み取る動作は合計 42 回に及んだ。ネットワークのトラブルにより、その中 2 回のトリガはカメラ側に伝わらなかったため、実際に撮影に成功した写真は 40 枚であった。この 40 枚の写真の撮影における平均レリーズタイムラグは 0.62 秒で、市販のデジタルカメラよりやや遅かったが、写真を見た感じでは、ユーザが虫を捕獲する瞬間が正常に写っており、期待の効果が得られた。

また、タイムラグに最も影響を与えていたのはネットワークの通信状態であることが分かった。ネットワークにアクセスが集中した場合、正常に撮影できないことがある。ハードウェア的スペックを改善することで全体の性能を向上させることができると考えられる。

4.4 アンケートによる評価

9 人の被験者 U-Cam に対する感想についてアンケート調査を行った。被験者が子供であるため、アンケートでは、“メタファ”という言葉をも“壁紙”に変えた。各質問項目とその回答結果は次のようになる。

- (1) (問) 壁紙は楽しかったか (はい・いいえ)
有効回答者数 6 人。全員がはい。
- (2) (問) 壁紙に表示された内容は満足できたか (はい・いいえ)
有効回答者数 6 人。全員がはい。
- (3) (問) 壁紙で印象に残ったものはどれか (新聞・絵日記・広告から選択。複数回答可)
有効回答者数 5 人。新聞と答えたのは 4 人、す

べてと答えた人数は 1 人。

回答結果より、被験者にとって、写真とその写真に関する情報を紹介する文章などを統合したマルチメディアコンテンツの提示方法は、親しみやすかったといえる。

また、問 (1) と問 (2) の自由回答では、“いろいろな写真が見られた”、“ぼくの写真好くてうれしかった”などの感想が書かれていた。これより、周辺状況と一緒にユーザ自身の姿を写真に撮影することが効果的であり、U-Cam の有効性を確認できた。

さらに、実験前の予想では、問 (1) では子供の行動を分かりやすく時間順に提示した絵日記が子供にとって最も印象に残るメタファと思われたが、実際の結果は新聞メタファがいちばん人気を呼んだ。その原因は、行動を羅列するより、1 日の記録がきちんと自分の行動と関連付けられてまとめられた提示方法が、ユーザに求められていたためと考えられる。

4.5 撮影機材に関する考察

実験において、プロトタイプの実装はノート PC と市販のウェブカメラのセットを用いた。本システムでは、複数のカメラを環境内に分散することを前提としており、実験時の設置場所の自由度を高めるために、無線 LAN 機能を有するノート PC を使用した。しかし、実際の運用上、カメラ 1 カ所ごとにノート PC を 1 台設置することはコスト面からも実現性が薄いと思われる。

将来、本システムを実用化するために、カメラの低コスト化、小型化は不可欠である。U-Cam は、普通のデジタルカメラと違い、写真をカメラ本体に保存する必要がない。しかしながら、画像処理 LSI、CMOS センサ、レンズ、オートフォーカス機構、シャッタなど、デジタルカメラに必要な最低限の機構に、カメラがネットワーク経由で制御サーバよりシャッタのコマンドを受信し、撮影した写真を制御サーバへ送り返す最低限の受信・応答機能と、ネットワーク接続するためのインタフェースを備える必要がある。つまり、小型カメラにネットワーク接続機能が容易に実現できれば、複数の低コスト小型カメラをユビキタスネットワーク環境上に設置することにより、遍在型のカメラを実現することも可能と考えられる。

5. おわりに

本論文では、ユビキタスネットワーク環境に遍在する複数のカメラを用いて、ユーザのプロファイルと行動によって制御されて撮影する方法と、ユーザプロファイルに基づいた写真をはじめとするマルチメディアコ

コンテンツの統合提示について提案した。

従来の撮影方式と違い、本研究で提案したシステムは、従来のカメラでは不可能とされていた周辺からユーザを中心とした写真を撮影することを、ユビキタスネットワーク環境において実現した。ユーザのプロファイルや行動履歴、コンテキスト情報に基づき、撮影された写真に関する説明文をシステムが自動生成する。ユーザの行動履歴から、写真に写った各場面の注目度も求められ、写真を表示する際にランキングし、さまざまなスタイルでユーザに提示することができる。

実験ではプロトタイプを構築し、昆虫を捕獲する子供の姿を撮影し、行動履歴を取得できた。実行結果として、事前に用意された複数のスタイルに沿ってユーザの最も注目度の高い昆虫を捕獲する姿と昆虫の紹介文を統合提示した。この実験を通して、撮影システムとしてのパフォーマンスと、撮影結果として写真と文字、画像などのマルチメディアデータの統合提示に対するユーザの感想を分析し、その有効性を実証した。ユーザの各行動に対する注目度は、昆虫を観察した時間の長さを主な評価尺度としているが、昆虫以外のより大きな景色や物体を観察する際に、ユーザが観察対象に近づくことが考えられる。そのため、時間以外に、空間的関連に基づく注目度の抽出についても今後取り組む予定である。

謝辞 本研究の一部は、21世紀COEプログラム“知識社会基盤構築のための情報学拠点形成”、文部科学省科学技術振興費プロジェクト“異メディア・アーカイブの横断的検索・統合ソフトウェア開発”(代表:田中克己)、および、平成17年度科研費特定領域研究(2)“Webの意味構造発見に基づく新しいWeb検索サービス方式に関する研究”(課題番号:16016247,代表:田中克己)によるものです。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Harada, S., Naaman, M., Song, Y.J., Wang, Q. and Paepcke, A.: Lost in Memories: Interacting With Large Photo Collections on PDAs, *Proc. 4th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries*, pp.325-333 (2004).
- 2) 何 書勉, 木俵 豊, 田中克己: P2P カメラネットワークによる利用者の行動と体験の共有, 情報処理学会研究報告 2005-DBS-137 (II), Vol.2005, No.68, pp.485-490 (2005).
- 3) 河合由起子, 官上大輔, 田中克己: 個人の選好に基づく複数ニュースサイトの記事収集・閲覧システム, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.46, No.SIG8(TOD26), pp.14-25.
- 4) Kawai, Y., Kanjo, D. and Tanaka, K.: My Portal Viewer: Integration System based on User Preferences for News Web Sites, *Proc. 16th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2005)*, Lecture Notes in Computer Science (LNCS3588), pp.156-165 (2005).
- 5) 河村 竜幸, 福原知宏, 武田英明, 河野恭之, 木戸出正継: 実世界で偏在化された記憶を共有するためのウェアラブルシステム, *インタラクシオン 2002*, pp.65-66 (2002).
- 6) Kidawara, Y., Zettsu, K. and Katsumoto, M.: A Distribution Mechanism for an Active User Profile in a Ubiquitous Network Environment, *Proc. 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal (PACRIM03)* (2003).
- 7) Koizumi, S. and Ishiguro, H.: *Town Digitizing: Omnidirectional Image-Based Virtual Space*, Lecture Notes in Computer Science, State-of-the-Art Survey, 3081, pp.19-31, Springer-Verlag (2004).
- 8) 美崎 薫, 河野恭之: 「記憶する住宅」~55万枚のデジタルスキャン画像の常時スライドショー・ブラウジングによる過去記憶の甦りの実際, 情報処理学会, *インタラクシオン 2004*, pp.129-136 (2004).
- 9) 美崎 薫, 河野恭之: 住宅内部での個人体験の常時受動閲覧による人の記憶の拡張, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1637-1645 (2005).
- 10) Shinomiya, S., Kidawara, Y., Sakurada, T., Nagata, H. and Nakagawa, S.: NADIA: Network Accessible Device on the Internet Architecture, *IEEE ICOIN-16*, Vol.III, pp.8D-4.1-4.11 (2002).
- 11) Suzuki, G., Aoki, S., Iwamoto, T., Maruyama, D., Koda, T., Kohtake, N., Takashio, K. and Tokuda, H.: u-Photo: Interacting with Pervasive Services Using Digital Still Images, *Proc. 3rd International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2005)*, pp.190-207 (2005).
- 12) 無線 LAN デジタルカメラ.
<http://www.sanyo.co.jp/koho/hypertext4/0207news-j/0704-2.html>

(平成 17 年 9 月 19 日受付)

(平成 18 年 3 月 13 日採録)

(担当編集委員 石川 博, 有次 正義,
片山 薫, 土田 正士)



何 書勉 (学生会員)

2002年京都大学工学部情報学科卒業。2004年同大学院情報学研究科修士課程修了。同年同大学院情報学研究科博士課程入学、現在に至る。仮想空間、映像データベースおよびユビキタスコンピューティングに興味を持つ。日本データベース学会学生会員。



河合由起子 (正会員)

1997年九州工業大学情報工学部電子情報工学科卒業。2001年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学博士後期課程修了。同年独立行政法人情報通信研究機構(旧、独立行政法人通信総合研究所)入所。2006年4月より京都産業大学理学部コンピュータ科学科講師。博士(工学)。主に個人適応化技術に基づく情報検索と情報統合に関する研究に従事。日本データベース学会会員。



木俣 豊 (正会員)

1965年3月4日生。1988年神戸大学工学部計測工学科卒業、1990年同大学院工学研究科修士修了。同年株式会社神戸製鋼所入社。オブジェクト指向データベースを用いた製鉄所生産管理システム、自動車用ABS自動計測装置、自動車用ABSリアルタイムシミュレータ、コンテンツ流通管理システムの研究開発に従事。1999年神戸大学大学院自然科学研究科博士課程(情報メディア科学専攻)修了。2001年独立行政法人通信総合研究所入所、IPv6アプリケーション、ユビキタス・コンピューティング、ユビキタス・コンテンツ技術の研究開発に従事。2006年より、独立行政法人情報通信研究機構企画戦略室プランニングマネージャ。博士(工学)。第54回情報処理全国大会優秀賞受賞、IEEE Computer Society、電子情報通信学会、日本データベース学会、システム制御情報学会等各会員。



是津 耕司 (正会員)

1992年東京工業大学工学部情報工学科卒業。同年日本IBM入社。2003年通信総合研究所専攻研究員、2004年情報通信研究機構専攻研究員を経て、2005年より情報通信研究機構研究員。2005年京都大学大学院情報学研究科博士課程修了。博士(情報学)。情報検索、Webマイニングに興味を持つ。日本データベース学会、ACM等会員。



田中 克己 (正会員)

1974年京都大学工学部情報工学科卒業。1976年同大学院修士課程修了。1979年神戸大学教養学部助手。1986年同大学工学部教授(情報知能工学科)。1995年同大学大学院自然科学研究科情報メディア科学専攻専任教授。2001年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻教授、現在に至る。京都大学工学博士。主にデータベースとマルチメディア情報システムの研究に従事。人工知能学会、日本ソフトウェア科学会、IEEE Computer Society、ACM等各会員。