解説

ウェアラブルインタフェースによる日常記憶の拡張

Memory Augmentation with Wearable Interfaces

河野 恭之* *関西学院大学

Yasuyuki Kono* *Kwansei Gakuin University

1. はじめに

書類やものをなくして探し回ったり、久しぶりに会った知人の名前が思い出せなくて慌てたり、約束の時間や場所を間違えてバツの悪い思いをしたりといった経験がたいていの読者にはあるだろう。そのような場合に「自分の記憶を完璧にしてくれるテクノロジーが欲しい」と願ったことはないだろうか。確かに、情報の記録と検索は計算機システムが最も得意とするタスクである[1]。我々の生活に急速に浸透しつつあるモバイル機器も計算機の一つであり、そのモバイル機器に持ち主の行動すべてを記録しておけば持ち主の記憶の肩代わりができるとも考えられる。実際、計算機の性能、特にメディア情報処理能力の飛躍的な進歩に伴って、日常生活や人生そのものを記録してそれを記憶として利用しようというタイプの研究が「ライフログ」「拡張記憶」「体験メディア」といったキーワードで広がりつつある。

拡張記憶はユーザの日々の活動におけるコンテキストを計算機が保持しておき、その一部を再現してユーザの想起活動を促すことで、ユーザ自身の記憶領域が拡張したかのように感じられるような支援を行うという考え方である[2][3]。拡張記憶インタフェースの実現に際しては、計算機を身体に装着して常に動作させ、ユーザの日常活動を観測・記録するとともに、ユーザの置かれた様々な場所や時における状況を認識するために身体装着デバイスや環境中の様々なデバイスと連携するという意味で、ウェアラブルコンピューティングやユビキタスコンピューティングと親和性が高い。ウェアラブルコンピューティングはユーザがコンピューティングデバイスを「装着」して利用するのに対し、ユビキタスコンピューティングは環境中に遍在するデバイス群のサポートを受ける利用スタイルであると一般的には理解されている。しかし椎尾らは文献[4]において両者の差異は表面的なものであって対立する概念ではなく、目指すところは

同じであると主張している。本稿ではウェアラブル型のものを中心に人の「記憶」の支援を目指したインタフェースを紹介する。

テクノロジーを「外部記憶」として使うという考え方は決して新しいわけではなく、「世界初」のコンピュータと言われる ENIAC が公開される以前の 1930 年代に、MIT（マサチューセッツ工科大学）の Vannevar Bush が Memex の概念を発表し、さらにそれが記憶を増加させる可能性にも言及している[5]。この構想において Memex は個人が持っている本やレコード、通話などをすべて内蔵した机型の機械であり、マイクロフィルムを要素としてそれらが網の目のように関連づけられた一種のハイパーテキストシステムが想定されている。さらに日常コミュニケーションを記録するためにカメラをユーザが額部に装着するという、いわばウェアラブルセンサの使用も想定されていた。

以降、人の「記憶」をコンピュータで扱うという設定は SF 小説や映画などに数多く登場している。星新一は「なぞのロボット」[6]において、コミュニケーション能力もなくまた博士の危機を助けたりもせず、ただ単にそばを離れずにエヌ博士の一日を観測して日記を書いてくれるだけのロボットを描いている。映画「マイノリティ・リポート（2002年、原作は 1956 年初出）」で描かれた世界では、人の記憶が記録メディアに保存され閲覧可能となっている。NHK アニメーション「電脳コイル（2007 年）」は拡張現実感（AR: Augmented Reality）が一般化している世界設定に注目が集まっている感があるが、電脳世界に残された古い記憶の復元がストーリーの進行に従い主題となっていく。これらの作品に含まれるモチーフ（もちろん技術的に非現実的ないわば「妄想」が一部含まれているが）から実装可能な未来を切り出して着実に実現していくことが、筆者を含めたテクノロジーの側にいる者の役割であると言えよう。

2. 計算機による人の記憶の「拡張」

計算機を利用する仕事の大部分は検索操作であると増井が述べているように[1]、記憶とその想起を、日常生活における様々な情報の記録・蓄積とその適切な検索・提示の問題と捉えると、計算機システムと人の記憶はむしろ相性が

原稿受付 2010 年 1 月 7 日

キーワード: Human Memory Augmentation, Wearable Computing

*〒669-1337 三田市学園 2-1

*Sanda-shi, Hyogo

よいと言える。Remembrance Agent は、ウェアラブル計算機環境を場所に関連して記録しておき、次にその場所に来たときに環境を再現することで、その場所で行っていた作業の継続を容易にする [2]。作業と関連づける場所情報の取得のために、環境に配置された IR ビーコンが用いられている。

ここ数年の計算機の小型化、マルチメディア処理能力の急速な進歩と環境整備に後押しされるように、画像・映像やオーディオなどのマルチメディア情報を扱う拡張記憶インタフェースの研究が増加傾向にあり、体験記録やその利用方法・技術に関するワークショップ等が積極的に開催されるようになってきている。これは、カメラやマイクなどのメディア入力デバイスをユーザが装着すればユーザが「見た」り「聞いた」りした一人称情報が獲得・蓄積でき、そのデータを再生することで比較的容易にユーザの体験を「再現」できることが理由であると考えられる [7]。人間の五感のうち視覚と聴覚に対応する画像・映像およびオーディオ情報は、ホームビデオなどにより体験を記録するものとして広く認知されているのに対し、残りの三感（嗅覚、味覚、触覚）は他の感覚と独立したものではなく、多くの人にとっては視覚、聴覚情報に付随したものとなっている。記録された視覚・聴覚に属する体験情報を再生すれば、それを閲覧した人が再生時のコンテキストにおいて再解釈を行い、記録に含まれる多様な情報の中からエッセンスを抽出する。

体験の記録時、および体験記録再生時における能動的なユーザオペレーションの必要性により、拡張記憶インタフェースの特性が異なると考えられる。表 1 にその分類を示し、以下でそれぞれの特性を論じる。「能動／受動」とは、個々のユーザの体験を記録（を開始）する際、または再生（を開始）する際のトリガとしてユーザの能動的なオペレーションが必要なもの（能動）と、インタフェース側がおおむね自動的に記録、再生を行うもの（受動）である。記録時の「受動」は、システム動作時は常時記録を行うとともに検索のための自動インデックス付与を前提とするものが多い。再生時にユーザが「受動」的であることを可能にするためには、記録されている特定の体験と現在の状況とを結びつけるための状況把握機能が必要となる。

- (a) システムへの取り込み（記録時）も、再生開始のトリガもユーザが能動的に与える。システムの支援は最小限となるが、ユーザ個々の目的・視点に応じて様々な使い方ができ、適用範囲が広い。Time Machine Computing [8] が広い意味でこのカテゴリに分類される。
- (b) 常時獲得・記録されるユーザ体験を自動的に索引付けしておき、ユーザが明示的に与えたトリガに応じて体験記録の検索を行い提示する形式である。探し物や要約といった系統のアプリケーションと親和性が高い [9] [10]。
- (c) 記録しておくべき体験（コンテンツ）をユーザが与える

表 1 拡張記憶インタフェースの分類

		記録時（入力時）	
		能動	受動
再生時 （出力時）	能動	(a)	(b)
	受動	(c)	(d)

とシステムがそれらを構造化し、その情報に基づき「提示するべきとき」に「提示するべき体験」を提供する。リマインダ的なアプリケーションに向く。絵画などの対象物に関連づけられたビデオコンテンツを、対象物を見たときに再生する DyPERS [11] など、AR/MR でよく見られるアプリケーションがこのカテゴリに分類される。

- (d) 記録も提示も自動的に行われる。ユーザの負担は最小限となるが、少ないユーザ入力から有用な出力を得る必要があるため、適用場面やアプリケーションは限定される。前述の Remembrance Agent がこのカテゴリとなる。

以下本稿では、上述の特性に合わせて筆者らが取り組んでいるいくつかの拡張記憶インタフェースを紹介する。

3. *I'm Here!*: 物探しインタフェース

本稿冒頭に例示したように、知人や物の名前、場所など過去の体験映像中に正解が現れるような場面の支援は、実用的なアプリケーションを設定しやすいためか数多く提案されている。前述の DyPers [11] も絵画を見たときに、身体装着カメラから得られる一人称映像中から絵画部分を切り出して認識し、以前にその絵画を鑑賞した際に受けた説明の体験映像を再生することで、その絵画に関する知識の再現を目指している。

物探しも日常的に記憶想起を行う必要が繰り返し発生するアプリケーションとして有望である。アメリカのビジネスマンが物探しタスクのために 1 年間に 150 時間も費やしているという調査結果がある [12]。拡張記憶システムにより物探しを効率化できれば、ユーザは浪費していた時間を他の有意義なタスクに費やすことができ、日常生活がより豊かになると期待できる。筆者らは表 1 (b) のタイプのインタフェースとして、物探しを支援するウェアラブルシステム *I'm Here!* を提案・構築してきた [13]。物探しタスクには、自分自身が最後に置いた物を対象とする場合と、自分が置いたあとで他人が移動させた物を対象とする場合がある。前者の場合、物探しが失敗する原因は、物を最後に置いた場所を思い出すことができないという記憶活動エラーにある。身体装着カメラで常時撮影した一人称映像を外記憶として蓄積・検索し人の記憶活動を補強するというアプローチは、日常生活における物探しタスクを支援するサービスに適している。

I'm Here! が支援の対象とする物（対象物）は、人によって把持され移動される物（把持物体）である。日常生活における把持物体の数は多い。人はそれらの物体を把持して頻繁に移動するので、把持物体は物探しの対象となることが多い。*I'm Here!* は、ユーザの一人称映像が撮影された時点の対象物の名称をインデックス情報として付加し、インデックス付きの一人称映像を映像データベースとして蓄積する。物探しタスクを支援する場面において、*I'm Here!* は対象物の名称をキーとして映像データベースを検索し、対象物をユーザが最後に把持した時点の一人称映像をユーザに提示する。ユーザは映像中の周辺情報から、対象物の置き場所を推測できる。常時記録を行うために Memex と同様にユーザはカメラを身体に装着する。把持物体認識のために我々は、背景領域から対象物の画像を実時間に抽出する機能を有するカメラ ObjectCam2 を開発している [14]。我々はカメラの装着位置として頭部と腰部の二つの実装を比較し、腰部装着の方が物探しという目的に適することを実験的に確認した [15] [16]。これにより日常生活ファッションに可能な限り溶け込ませるため、奇異な印象を周囲に与える頭部ではなくウエストポーチの中にカメラを収納することが可能になった。

4. Residual Memory：場所をトリガにした想起支援

前章のメモ的なアプリケーションに加えて「思い出」に属する記録を扱うことも考えられる。同じ体験の記録でもそれを閲覧する人や時期により誘起される感慨は一般に異なる。極端な例として、恋愛感情を伝達して拒絶された、いわゆる「告白したらフラれた／告白されてフット」場面を想定してみよう。後日その場面の記録を体験者（たち）が閲覧したとして、その記録に抱く感慨・感情はフット側とフラれた側とでおそらく大きく異なるであろうし、時間の経過や経験など体験後の様々な要因によって変化するであろう。

人はある事象を体験した「時」や「場所」、体験をともにした「人」、その際の思い出の品といった「物」などに関連づけて自分の体験を記憶し、また想起の手がかりとしていられる。特に強い感慨を誘起するいわゆる「思い出」に属する体験が、その体験に関連するヒト、モノ、バショをトリガとして（よい意味で）フラッシュバックされればその感慨は大きなものとなろう。Residual Memory は、身体装着カメラにより過去に記録された映像の中から、現在の入力映像と類似する風景を記録した区間を検索してユーザに提示する表 1 (b) のタイプのウェアラブルインタフェースである [17]。これによりユーザは思い出したい体験が起こった場所に行くことでそれを追体験できる。それだけではなく、「以前に似た風景を見た」といういわゆるデジャヴの再確認ができる。

複数の記録（体験）を関連づけるためには、その構成要素、すなわち体験にかかわるヒトやモノやバショなど実世界の様々な事象の情報を得たくなる。ユビキタスコンピューティング研究とその実践の広がりに伴い、実世界の様々な物体やアクティビティを同定して利用するための技術が急速に進歩し定着しつつある。例えば RFID 等のパッシブな電波タグを実世界物体に埋め込み、タグリーダ周辺の対象物を検出して対象物に応じた情報提供を行うユビキタスシステムなどが実証実験の段階にある。筆者らは人の目には不可視だが点滅赤外照明を装備した ObjectCam2 からは検出可能な不可視マーカを実世界対象物に配する方式を提案・試作している [18]。本方式を用いることで対象物の外見を損ねず、また電波タグ等を埋め込むことなく、ユーザが関心を抱いている対象物の情報を提供したりカメラ入力映像内の対象物に関連した注釈 CG を重畳表示するシステムが構築できる。

5. 議 論

前章のようなアプリケーションを提示すると「それらが取り扱っているのは記憶ではなく、単なる事実の記録ではないか」という趣旨の質問やコメントをいただくことも多い。それでは機械による事象の記録は記憶になり得ないのだろうか？

拡張記憶システムが支援しようとしている人間の記憶活動には少なくとも下記の過程が含まれていると考えられる。**観測（知覚）**：周囲で発生しているできごとを目や耳など五感を司る感覚器を通じて知覚する。視野外で発生した事象など、各感覚器で知覚できないできごとは観測されない。

記録（符号化）：各感覚器が得た入力を統合して解釈・理解した事象情報に変換して記憶する。事象を観測した人がその事象に着目していなければ記録がなされない。

保持（貯蔵）：記録された情報を保存しておく。保持されている情報は他の外部刺激や記憶と相互作用を及ぼすことで変質したり失われてしまったりする。

想起（検索）：保持されている情報を検索し思い出す。検索に失敗すると想起されない。

前章までに挙げたシステムたちは上記の各段階のエラーを区別・同定できるわけではないし、提示する「記録」がユーザに与える心的な変化・影響が十分に考察されているわけでもない。このことが記録と記憶は異なるという印象を持たれる一因であると考えられる。

前述の過程は単純化したものだが、それぞれの過程における個人差、意図、外部刺激により、同一事象に対する想起結果として外部に表出される事項はしばしば極めてバリエーションに富んだものとなる。記録の段階において、個人の特性や関心により事象に対する解釈は異なるため、同じ

事象でも記憶される情報は人により異なる。更に保持の段階で思い込みや希望、情報の追加により人の記憶は簡単に書き換わってしまうものである。例えば大きな事件に遭遇した人の記憶や証言は、マスコミの報道や知人との情報交換にしばしば大きな影響を受ける。また、個人的な事象においてもその立場や希望などにより記憶は影響を受けてしまう。そしてこれらのエラーがどの段階で生じたのか、例えばある人がある事件を見ていないのか、間違えて記憶しているのか、忘れてしまったのか、はたまたまほけているのか、のいずれであるかをその振る舞いから判断するのは困難であるし、他人からだけでなくしばしば本人にも判定できないものである。このような場合、最も信頼できる「記憶」は、実は「記録」である。タクシー車両等にドライブレコーダーが導入されつつあるように、何があったか思い出したい、あるいは正確な記憶が必要な場面などでは特に、事象を観測可能なデバイスで記録しておき「拡張された」記憶として扱うほうが、アヤシイ特性満載の人の記憶に頼るよりも有用である。

6. ま と め

本稿では、ユーザの過去に属する体験記録を蓄積してそのユーザの記憶を外化し、それを場面に応じて検索し提示することで、体験想起を支援する拡張記憶インタフェースについて、インタフェースを設計する際の観点を整理し、我々の取り組みを紹介した。人の記憶活動は多岐にわたっており、本稿で紹介した以外にも種々の適用場面を想定した拡張記憶インタフェースの提案が待たれる。

本稿で紹介したウェアラブルインタフェースの大部分は、ユーザが身体装着カメラを装着して日常生活を送ることでユーザから見た、すなわち一人称の映像を記録し利用するものである。このような映像はユーザの外部の状況を捉えてはいるが、ユーザ自身の情報、例えば服装や姿勢などは保存されない。また、メモ的な記憶だけでなくより思い出に近い記憶を扱おうとした場合には、ユーザ自身の姿を含む「1.5 人称」映像が好ましいと考えられる。前述の小説「なぞのロボット」に描かれていたようなユーザと共に自律移動しユーザの行動を背後から記録することができる存在の実現が期待される。

参 考 文 献

- [1] 増井俊之: “ユビキタス時代のユーザインタフェース”, Mobile Society Review 未来心理, no.10, モバイル社会研究所, 2007.
- [2] B. Rhodes: “The Wearable Remembrance Agent: a System for Augmented Memory,” Proc. 1st International Symposium on Wearable Computers (ISWC97), pp.123-128, 1997.
- [3] M. Lamming and M. Flynn: “Forget-me-not: Intimate Computing in Support of Human Memory,” Proc. FRIENDS21: In-

ternational Symposium on Next Generation Human Interface, pp.125-128, 1994.

- [4] 椎尾一郎, 安村通見, 福本雅明, 伊賀聡一郎, 増井俊之: “モバイル&ユビキタスインタフェース”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.5, no.3, pp.323-330, 2003.
- [5] V. Bush: “As We May Think,” The Atlantic Monthly, Jul. 1945. <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>
- [6] 星新一: “なぞのロボット”, 朝日新聞, 1965.9.19 (角川文庫「きまぐれロボット」, 1972 年に収録).
- [7] J. Gemmell, L. Williams, K. Wood, G. Bell and R. Lueder: “Passive Capture and Ensuing Issues for a Personal Lifetime Store,” Proc. CARPE2004, pp.48-55, 2004. <http://research.microsoft.com/barc/mediapresence/MyLifeBits.aspx>
- [8] 暦本: “Time-Machine Computing: 時間指向ユーザインタフェースの提案”, ソフトウェア科学会 WISS99 論文集, 1999.
- [9] 長崎, 戸田, 川嶋: “日常生活における行動記録映像の構造化”, 信学技報 PRMU, pp.109-114, Dec. 2002.
- [10] K. Aizawa, T. Hori, S. Kawasaki and T. Ishikawa: “Capture and efficient retrieval of life log,” Proc. Pervasive 2004 Workshop on Memory and Sharing of Experiences, pp.15-20, 2004.
- [11] B. Schiele, T. Jebara and N. Oliver: “Sensory Augmented Computing: Wearing the Museum’s Guide,” IEEE Micro Journal, 2001. <http://research.microsoft.com/nuria/dypers/dypers.htm>
- [12] L. Davenport: Order from Chaos. Three Rivers Press, 2001. (平石 訳: 気がつくときがぐちゃぐちゃになっているあなたへ, 草思社, 2002)
- [13] 上岡, 河村, 河野, 木戸出: “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.
- [14] 上岡隆宏, 河村竜幸, 馬場茂幸, 吉村真一, 河野恭之, 木戸出正継: “日常生活における記憶活動支援のためのウェアラブルカラーカメラ”, 情報処理学会インタラクシオン 2005, pp.85-86, 2005.
- [15] Y. Miyake, Y. Kono, N. Saiwaki, T. Kawamura and M. Kidode: “Integrating object finding function into everyday fashion,” Proc. MU3I 2006 (Third Workshop on Multi-User and Ubiquitous User Interfaces), pp.18-19, 2006.
- [16] 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”, 情報処理学会研究報告, 2006-HI-118, pp.31-38, 2006.
- [17] T. Kawamura, Y. Kono and M. Kidode: “A Novel Video Retrieval Method to Support User’s Recollection of Past Events Aiming for Wearable Information Playing,” Proc. PCM2001, pp.24-31, 2001.
- [18] 能田雄規, 河野恭之: “不可視マーカを用いた実世界物体の認識”, 情報処理学会論文誌, vol.50, no.12, pp.2889-2893, 2009 (テクニカルノート).

河野恭之 (Yasuyuki Kono)

1994 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。博士 (工学)。同年 (株) 東芝入社。同社関西研究所研究主務などを経て、2000 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授。2007 年関西学院大学理工学部情報科学科教授。2009 年同学部人間システム工学科教授 (学科新設に伴う移籍)。2006 年～2008 年 IPA (情報処理推進機構) 未踏ソフトウエア創造事業プロジェクトマネージャ兼任。情報処理学会、ヒューマンインタフェース学会、人工知能学会、電子情報通信学会、日本認知科学会、ACM、IEEE Computer Society 各会員。実世界インタラクシオン、体験記録とその利用、ウェアラブルとユビキタス、メディア情報処理、マルチモーダルインタフェース、知的学習システムに関する研究に従事。 <http://www.hcilab.jp/kono/index-j.html>