



情報爆発時代のウェアラブルコンピューティング

寺田, 努

(Citation)

電子情報通信学会誌, 94(8):695-699

(Issue Date)

2011-08-01

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

copyright(c)2011 IEICE

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002081>



情報爆発時代のウェアラブルコンピューティング

Wearable Computing for the Info-plosion Era

寺田 努

Abstract

いつでもどこでも携帯端末を通して大量の情報を受信する現代社会においては、ユーザがその大量の情報を処理するための機構を持つことが必要になる。コンピュータを常時装着して利用するというウェアラブルコンピューティングの考え方は、大量情報に対して高度に個人化された情報処理を常時行えるという点で情報爆発時代において重要な概念となりつつある。本稿では大量の情報を処理するためにウェアラブルコンピューティングに必要な要素を明らかにし、筆者らの取組みについて概説する。

キーワード：ウェアラブルコンピューティング，状況認識，行動認識，情報フィルタリング

1. 情報爆発時代のためのウェアラブルコンピューティング

近年のモバイルコンピューティング技術及び無線通信技術の発展により、人々がコンピュータから受け取る情報は飛躍的に増大しており、大量のデータから必要なデータのみを抽出する情報フィルタリング技術、必要なデータを的確にユーザに提示する情報提示技術の重要性が高まっている。近年では、例えば携帯電話はタッチパネルやボタン、ジェスチャなど多様な入力方法及びディスプレイや音声、振動など多様な情報提示方法を備えており、それらの入出力手法を適切に利用してユーザに情報を伝えている。今後は、このような考え方が更に進展し、小形のコンピュータを装着しつつ、高度に個人化された入出力機器を使いこなして常時コンピュータから支援を受ける環境（ウェアラブルコンピューティング環境）の実現に近づいていくものと考えられる。

従来のデスクトップコンピューティングにおける情報フィルタリングや情報提示と異なり、ウェアラブルコンピューティングでは、入出力機器の多様性及び情報価値の状況依存性に注目する必要がある。これも携帯電話を

例に取ると、普段は電話着信時に音で知らせるが、会議中には音声情報を提示せず代わりに小窓に着信情報のみ出す、といったように状況に応じて情報の取捨選択基準や入出力機器の選択基準が変わることを表す。このような状況では、図1に示す機構のように、複数存在する出力機器から、ユーザに伝わりやすい形で情報を提示できるデバイスを選択し、更には情報を提示デバイスに合わせて改変して提示する必要がある。

この機構では、まず情報フィルタリング機構において装着型センサなどから得られたユーザ状況及びユーザプロフィールを基に情報の重要度を算出し、情報を提示するかどうかを決定する。この部分に関しては従来の情報フィルタリングに、状況に応じてプロフィールを変更するといった処理を追加することで実現できる。情報提示機構では、「文字」「音」「画像」などの情報の種類や、情報の緊急性、機密性といったメタデータを基に、情報を出力可能なデバイスをリストアップし、出力機器に応じたメディア変換を行った後に提示する。例えば、「ニュース情報」という文字情報に対し、現在の状況が音声提示に適しているのであれば、音声化フィルタを経由してイヤホンで提示し、装着型ディスプレイでの表示に適した状況であれば、画像化フィルタ及びリサイズフィルタを通してディスプレイに提示する。このような機構を実現するにあたって最も大事な要素は、状況に応じて情報提示デバイスの適切さを評価する部分と、装着型センサなどを用いて状況を認識する部分である。

寺田 努 正員 神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻

E-mail tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

Tsutomu TERADA, Member (Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe-shi, 657-8501 Japan).

電子情報通信学会誌 Vol.94 No.8 pp.695-699 2011年8月

©電子情報通信学会 2011

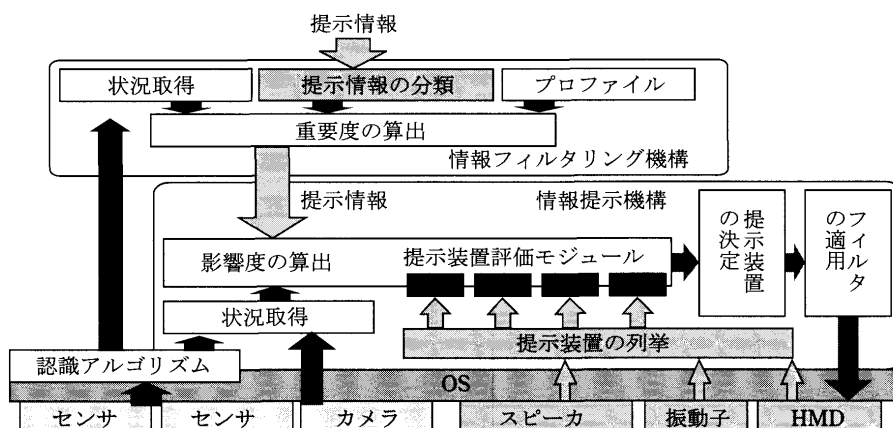


図1 情報フィルタリング・提示機構の概要

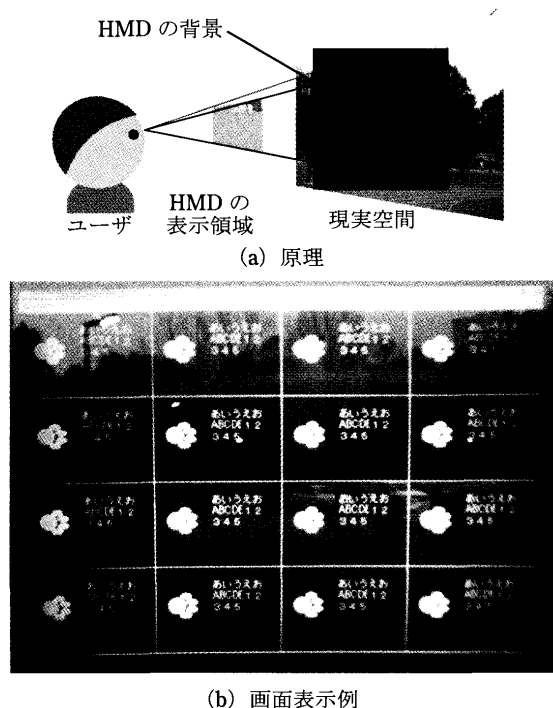


図2 光学シースルー型 HMD の原理と画面表示例

1.1 提示デバイスの評価

周囲がうるさければ音声提示デバイスは使いにくく、周囲が明るければ光学シースルー型装着ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) は見にくくなる。このような提示デバイスのユーザへの情報伝達性能や快適さは状況に応じて異なるため、提示デバイスの評価を行う枠組みが必要となる。文献(1)では、光学シースルー型 HMD の視認性が、HMD を通して見る背景に大きな影響を受けることに着目し、視認性を表す式 $S_i = 0.6A^R + 0.9A^G + 4A^B + 40V^Y + 200V^S$ を導出した。図2に示すように、HMD の画面を幾つかの領域に分けたとき、領域 i の視認性は RGB 色空間における平均 (A^R, A^G, A^B) や YUV や HSV 色空間における分散 (V^Y, V^S)

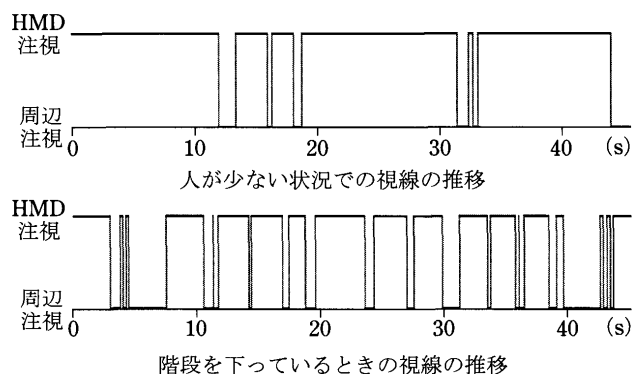


図3 状況に応じた HMD 注視時間の変化

が影響し、特に輝度分散の影響が大きく逆に表示するオブジェクトの色は視認性にほとんど影響しないことが明らかとなった。また、状況別の HMD への注視可能時間を装着型視線検出器を用いて調べたところ、図3に示すように、足下が気になる状況では HMD への注視時間は約 60% 減少し、1 回の注視で見られる時間も 70% 減少することが分かった⁽²⁾。したがって、「階段を下りている」「周囲に人が多い」といった状況を認識した場合、長文の情報はディスプレイに表示しないといった制御が必要となる。

更に音声に関しても、文献(3)で周辺音量及び現在ユーザが行っているタスクが音声情報の認識にどの程度影響があるかを調査した。様々な評価実験を行った結果、歩行時等の一般的な状況では、周辺音量に比例させる形で提示情報の出力音量を制御することで、鬱陶しくなくかつ情報が伝わるのが分かった。一方、余りにも周囲がうるさい場合や、会話中など聴覚を他のタスクに集中させている場合には提示音量を変化させても情報の伝達が悪くなるのが分かった。このような結果から、周辺音量とユーザ状況に応じて適切に音声情報の提示を評価する枠組みを構築している。

このように、情報提示機器それぞれに対して、状況ご

とに提示に適するかどうかを調査し、評価モジュールとして実装することで情報フィルタリング・提示機構が実現できる。

1.2 状況認識の高度化

ウェアラブルコンピューティングのための情報フィルタリング・提示機構が適切に動作するためには、高精度・高信頼・低消費電力な状況認識技術確立が必要がある。特に、日常生活において常時システムを利用するようになると、日常行動に紛れた細かなジェスチャ動作等をセンサで検出することは従来研究では難しかった。

例えば、加速度センサを体に装着して行動の認識を行う場合、従来の動作認識技術では、「ジェスチャと一般動作が同時に認識できない」「認識前に静止しないとジェスチャを正しく認識できない」といった問題があった。従来研究における評価実験は、他の動作を行わず、ジェスチャの前後に静止するといった条件のもとで行われており、現実世界での多様な状況に対応できない。特に、歩きながら携帯端末を使うような状況では、歩行とジェスチャの区別がつかず、また、姿勢や運動状態の判定とジェスチャの認識では適したアルゴリズムが異なるため、単一のアルゴリズムでは様々な動作を認識できない。そこで、文献(4)では、自己相関関数を用いることで行動を分類し、多種の動作を適切に認識する手法を提案している。図4に示すように、繰返し動作を含む運動波形の自己相関にはピークが現れる一方、ジェスチャにはピークが現れない(図4上部)ことを利用し、該当区間にジェスチャが行われたと判断した場合のみ(図4下部)、ジェスチャ認識アルゴリズムを使用する。この手法により、運動中の7種類のジェスチャ認識において従来手法では再現率0.75、適合率0.59であるのに対し、提案手法では再現率0.93、適合率0.93を得ることに成功

した。また、ジェスチャや動作間の関係を明示的に定義することで認識精度を上げられることも明らかになっている⁽⁵⁾。

1.3 状況認識の低消費電力化

センサや携帯端末を常時利用するためには、低消費電力化により稼働時間を確保する必要がある。特に無線センサを用いる場合、センサはバッテリーを含むため、バッテリーサイズがデバイスの大きさに直結する。

そこで筆者らの研究グループでは、認識精度と低消費電力化の両立を図る研究に取り組んでいる。具体的には、装着センサの電源を制御し、オフにしたセンサの値を補間することで低消費電力化を実現する手法及び、センサのサンプリング周波数を可変にし、足りないデータを補間することによる低消費電力化を実現する技術を提案している。センサの電源制御による低消費電力化⁽⁶⁾では事前にセンシングデータのデータベースを構築し、装着しているセンサのうちオンのセンサから得られた値と最も距離が近いサンプルをデータベースから検索してオフのセンサの値を補間する。認識システム側からセンサは全て稼働中に見えるため追加の変更を必要とせず高精度で認識できる。オフにするセンサを増やすことで認識精度は若干低下するが省電力効果は大きくなる。その際、最適なセンサの組合せを事前に収集したデータから自動的に判断する機構を備えている。

また、このデータ補間手法はセンサの電源制御だけでなく周波数制御とも併用できる。筆者らが提案するデータ補間手法と周波数制御の併用手法は認識精度を維持しつつ低消費電力化を実現できる⁽⁷⁾。更に、このデータ補間手法を組み込んだウェアラブルセンサ管理デバイス(CLAD)⁽⁸⁾は、複数のウェアラブルセンサを接続でき、センサの異常などを検出する機能を持つ。センサの異常時には代替可能なセンサに切り換えたりデータ補間を行

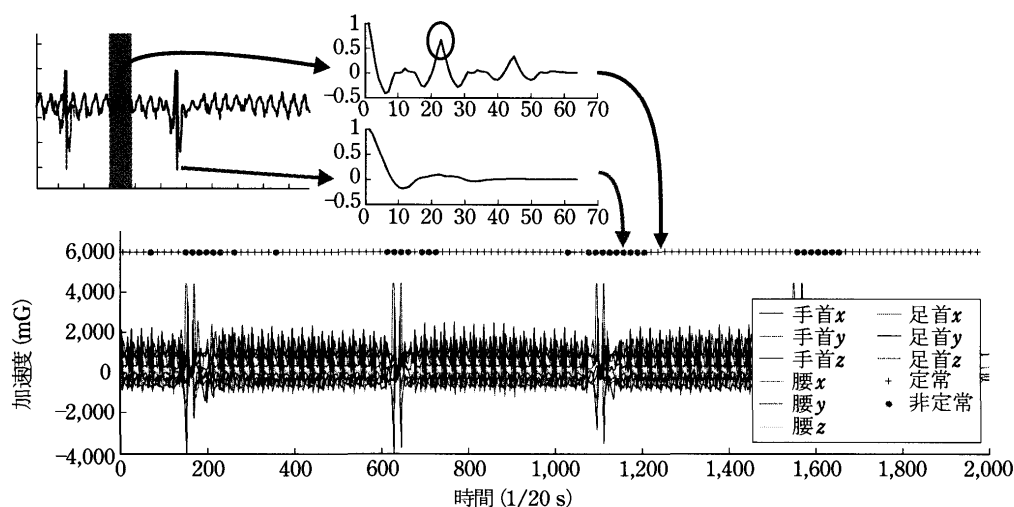


図4 自己相関関数による運動中のジェスチャの検出

うことで屋外などセンサが壊れやすい環境での耐久性を確保している。

ソフトウェアによる手法だけでなく、ハードウェアレベルでの低消費電力化手法として、センサデバイス内で簡単な認識処理を行いセンサからウェアラブルコンピュータへの送信データ量を削減した加速度センサデバイスの開発⁽⁹⁾や、センサのピーク値という新たな特徴量をセンサデバイス内で計算し、低消費電力で行動認識を行うデバイス⁽¹⁰⁾などの開発を行っている。

2. 応用システム

これまでに述べたような情報提示技術・状況認識技術を用いることで、大量に存在する情報の中から現在の状況に適切なものだけを選び出し、それを適切なタイミングでユーザに提示することが可能になる。以下、筆者らが構築した応用システムを列挙する。



図5 ウェアラブルナビゲーションシステム

・ ナビゲーションシステム

状況依存情報提示を活用したナビゲーションシステムを多数構築した。万博公園におけるナビゲーションシステム⁽¹¹⁾では、ユーザの位置や向いている方向に基づきHMD上にパビリオン情報等を提示するが、図5に示すように、ユーザが装着するハードウェアに応じて動的に提示内容を変更するため、身体障害者向け等の特殊なデバイス構成にも対応した柔軟なシステムが実現できた。また、ネイチャーラリーシステム⁽¹²⁾では、参加者の歩行・停止情報を集約することで、適切な経路誘導を行ったりスタンプポイントの混雑を抑えるといった、行動認識に基づく群制御及び情報提示を実現している。

・ パフォーマンスシステム

認識技術や情報提示技術を応用することで、ステージ上でパフォーマの動作に合わせた適切な映像情報を観客に提供したり、パフォーマンスに適切な情報を与えられる。ウェアラブルMCシステム⁽¹³⁾は、イベント等の司会者に対し、音声認識に基づく台本提示や周辺状況の音響解析に基づく「間」の提示など状況に合わせて適切な情報を与えることで司会進行を円滑にする。プロジェクタパフォーマンスシステム⁽¹⁴⁾は、図6に示すようにプロジェクションされた映像に基づいて演技するような環境において、動的な映像変化にも対応できるように演者と投影映像の位置関係など様々な情報をHMD上に見やす

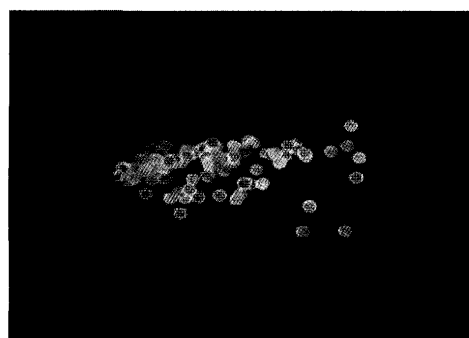


図6 プロジェクションされた映像に合わせた演技



図7 状況認識技術を用いた募金箱

く提示する。ウェアラブルダンス楽器システム⁽¹⁵⁾は、装着型センサを用いてダンスステップを認識し、リアルタイムで音響効果や映像効果を制御するシステムである。また、図7に示すように、スタッフの動作を認識して動きをまねるキャラクタを備えた募金箱⁽¹⁶⁾など、認識技術はパフォーマンスシステムにおいて効果的な応用が可能である。

・ システムプラットフォーム

筆者らは、システム稼働中の動的な機能変更、イベント駆動型ルールによるシンプルな動作記述、コンテキスト定義ツールなど行動認識技術を容易に利用するための様々な仕組みを備えたシステムプラットフォームであるWearable Toolkit^{(17),(18)}を提案しており、Flashと連携機能を持つフレームワーク⁽¹⁹⁾も開発している。これらのプラットフォームを用いることによってプログラマはセンサの違いや認識機構によらず、行動認識に基づくシステムを構築できるようになる。

3. ま と め

本稿では情報爆発時代に個人が大量の情報に対処する手段として、ウェアラブルコンピューティングを活用した情報フィルタリング・提示機構について説明した。また、機構を実現するための要素技術として、入出力デバイスの評価及び状況認識技術が重要であることを述べ、筆者らの取組みについて紹介した。今後の更なる情報の洪水に対処するために、ユーザの意図を正確にくみ取り、的確な情報選択と提示を行う高度に個人化されたシステムの必要性はますます高まるといえる。状況認識技術や情報提示技術の更なる発展に期待したい。

文 献

- (1) K. Tanaka, Y. Kishino, M. Miyamae, T. Terada, and S. Nishio, "An information layout method for an optical see-through head mounted display focusing on the viewability," Proc. of 7th International Symposium on Mixed and Augmented Reality (SMAR 2008), pp. 139-142, 2008.
- (2) 田中宏平, 寺田 努, 西尾章治郎, "ウェアラブルコンピューティングのためのユーザ状況を考慮した知覚影響度に基づく情報提示手法," 情処学シンポジウムシリーズマルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2008) 論文集, pp. 1479-1486, 2008.
- (3) 矢高真一, 田中宏平, 寺田 努, 塚本昌彦, 西尾章治郎, "ウェアラブルコンピューティングのための状況依存音声情報提示手法," 情処学論, vol. 51, no. 12, pp. 2384-2395, 2010.
- (4) K. Murao and T. Terada, "A motion recognition method by constancy-decision," Proc. of the 14th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '10), pp. 69-72, 2010.
- (5) Y. Tomibayashi, Y. Takegawa, T. Terada, and M. Tsukamoto, "Wearable DJ system: A new motion-controlled DJ system," Proc. of the International Conference on Advances in Computer Entertainment

Technology 2009 (ACE 2009), pp. 132-139, 2009.

- (6) K. Murao, T. Terada, Y. Takegawa, and S. Nishio, "A context-aware system that changes sensor combinations considering energy consumption," Proc. of 6th International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2008), pp. 197-212, 2008.
- (7) Y. Nakajima, K. Murao, T. Terada, and M. Tsukamoto, "A method for energy saving on context-aware system by sampling control and data complement," Proc. of the 14th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '10), pp. 129-132, 2010.
- (8) K. Murao, Y. Takegawa, T. Terada, and S. Nishio, "CLAD: A sensor management device for wearable computing," Proc. of 7th International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing (IWSAWC 2007), DVD-ROM, 2007.
- (9) K. Kodama, N. Fujita, Y. Yanagisawa, T. Terada, and M. Tsukamoto, "A rule-based acceleration data processing engine for small sensor node," Proc. of the 3rd International Workshop on Middleware for Sensor Networks (MidSens '08), pp. 1-6, 2008.
- (10) K. Murao, K.V. Laerhoven, T. Terada, and S. Nishio, "A method for context awareness using peak values of sensors," Proc. of International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2009), pp. 43-50, 2009.
- (11) M. Miyamae, T. Terada, Y. Kishino, M. Tsukamoto, and S. Nishio, "An event-driven navigation platform for wearable computing environments," Proc. of the 9th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '05), pp. 100-107, 2005.
- (12) 片山拓也, 村尾和哉, 田中宏平, 寺田 努, 西尾章治郎, "装着型センサを用いた経路推薦機構をもつナビゲーションシステムの構築," 情処学論, vol. 50, no. 9, pp. 2350-2359, 2009.
- (13) T. Okada, T. Yamamoto, T. Terada, and M. Tsukamoto, "Wearable MC system: A system for supporting MC performances using wearable computing technologies," Proc. of Augmented Human Conference 2011 (AH 2011), pp. 25: 1-7, 2011.
- (14) J. Ikeda, Y. Takegawa, T. Terada, and M. Tsukamoto, "Evaluation on performer support methods for interactive performances using projector," iiWAS2009 Special issue in Journal of Mobile Multimedia (JMM), vol. 6, no. 3, pp. 207-226, 2010.
- (15) M. Fujimoto, N. Fujita, Y. Takegawa, T. Terada, and M. Tsukamoto, "A motion recognition method for a wearable dancing musical instrument," Proc. of the 13th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '09), pp. 9-16, 2009.
- (16) K. Tanaka, K. Murao, S. Tanaka, Y. Minami, T. Terada, M. Tsukamoto, and S. Nishio, "IT-enabled donation boxes to promote donation," Proc. of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology 2009 (ACE 2009), pp. 400-403, 2009.
- (17) T. Terada and M. Miyamae, "Toward achieving on-site programming," Proc. of the 13th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '09), pp. 1-8, 2009.
- (18) <http://wearable-toolkit.com/>
- (19) T. Terada and K. Tanaka, "A framework for constructing entertainment contents using flash and wearable sensors," Proc. of the 9th International Conference on Entertainment Computing (ICEC2010), pp. 334-341, 2010.

(平成 23 年 3 月 2 日受付 平成 23 年 3 月 18 日最終受付)



寺田 努 (正員)

2000 阪大大学院工学研究科博士後期課程退学。同年から阪大サイバーメディアセンター助手。2005 から同講師。2007 神戸大大学院工学研究科准教授。現在に至る。2004 から特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事。2004 には英国ランカスター大客員研究員を兼務。博士 (工学)。ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスコンピューティングの研究に従事。