

# Active Belt: 方位情報を伴う触覚情報提示デバイスの提案

塚田浩二, 安村通晃

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤5322  
{tsuka, yasumura}@sfc.keio.ac.jp

**Abstract.** 本研究ではモバイル環境において、方位情報を含む多ビットの触覚情報提示を実現するベルト型ウェアラブル・インタフェース“Active Belt”を提案する。触覚による情報提示はユーザの活動を阻害しにくいため、常時利用に適している。しかし、従来のモバイル環境での触覚情報提示手法の多くは、携帯電話のバイブレータのように、注意喚起程度の用途で利用されることが多かった。Active Beltはベルトに方位センサー、GPSと複数のアクチュエータを装着し、方位情報を伴う触覚情報提示を実現する。我々はActive Beltのプロトタイプを試作し、その有効な活用例を示すアプリケーションを提案する。

## Active Belt: Wearable Tactile Display for Directional Navigation

Koji Tsukada, Michiaki Yasumura

Graduate School of Media and Governance, Keio University  
5322 Endo Fujisawa, Kanagawa 252-8520, Japan  
{tsuka, yasumura}@sfc.keio.ac.jp

**Abstract.** This paper proposes a novel wearable interface called "Active Belt" that enables users to get multiple directional information with tactile sense. Since the information given with tactile sense hardly disturbs people's activities, it suits for daily use in mobile environment. However, many of the existing systems don't transmit multiple information with tactile sense. Most of them send only simple prompts, such as vibration of cellular phones. Active Belt is a wearable tactile display that can transmit multiple directional information. We develop a prototype system and some applications.

## 1.はじめに

近年、GPSをはじめとする位置計測技術の普及に伴い、モバイル環境における位置情報を用いた情報提供手法に関する研究が盛んに行われている [8][13]。また、AU の eznavigation[2]や J-PHONE の Station[11]をはじめとして、携帯電話各社も位置情報を利用したコンテンツ・サービスを積極的に展開している。これらの位置依存情報サービスには様々な応用可能性が存在するが、中でも需要の高いものの一つとして、自分の周りの地図を表示するナビゲーションシステムがあげられる [7]。例えば、eznavigation サービスの一つである GPS マップでは、基地局情報と GPS 情報を併用する gpsOne 技術 [5] を用いて、かなり正確な位置の地図を数秒程度で表示することができる。

こうしたパーソナル・ナビゲーションシステムは一見便利なものであるが、実際に不慣れた場所で利用しようとする時、実世界と地図の対応付けが困難であることも多い。例えば、つい最近筆者の一人は、とある駅の周囲を歩き回っているうちに道に迷ってしまい、駅に戻ろうにもどちらに向かえばよいかわからない状況に陥ってしまった。そこで、ここぞとばかりに購入したばかりの GPS 携帯を用いて、地図を表示させてみた。これで簡単に駅までたどり着けると考えたわけだが、現実にはそう甘くはなかった。周囲の地形が把握できていないため自分の位置を掴めず、結局 GPS 携帯は何の役にも立たなかったのだ。また別の例としては、巨大な学会や展示会場において、地図を持っているにも関わらず目的の展示を探すのに一苦労した、という経験を持つ人も多いのではないだろうか。こうした問題を解決するには、実世界の「どの方向に」向かえばよいのかという方位情報を適切な手法で提示することが有効である。たとえば、展示会場などで道に迷った場合、今いる場所から「どちらに」向かえばいいのかを教えて

もらうことが大きな助けとなる。

モバイル環境やウェアラブル・コンピューティングにおける情報の提示手法としては、「視覚」・「聴覚」・「触覚」を用いる手法が主な選択肢として考えられ、それぞれ一長一短の特徴を持つ [4]。視覚は一度に提示できる情報量は豊富だが、多くの注意量を必要とする。例えば、携帯電話の画面を常に見ながら歩くのはユーザにとって大きな負担になる。聴覚は視覚ほど多くの注意量を必要とせず、ある程度の情報量を提示できる。しかし、雑踏や逆に静か過ぎる環境では使いにくい。触覚は一度に提示できる情報量は少ないが、注意量をあまり必要としないため、常時利用に適する。本研究では常時利用性とユーザの負担の少ない情報提示手法を重視して、触覚による方位情報の提示に焦点をあてる。

次にこうした目的に適したデバイス形態について検討する。ウェアラブル・インタフェースの形態としてはこれまでも様々な種類が提案されてきている。具体的には、腕時計型、靴型、ベスト型、ペンダント型、帽子型、イヤリング型、指輪型などである。本研究では、触覚による方位情報の提示に適した形態としてベルト型のデバイスに着目した。ベルトは腰の周りを一周する形態を持つため、アクチュエータを用いた方位情報の提示に適していると考えられる。さらに、ベルトは男女共に幅広く利用される装飾品であり、従来もウェアラブル・コンピュータ本体やバッテリーを装着する用途で頻繁に利用されてきた。一方、アクティブな入出力インタフェースとしてのベルトの可能性については、あまり議論されてこなかった。

我々は、ユーザの装着負荷を増やさず、触覚により多ビットの方位情報を提示できるベルト型ウェアラブル・インタフェース “Active Belt” を提案、試作し、有効な応用例を検討する。

## 2.Active Belt

### 2.1 コンセプト

Active Belt のコンセプトは(1)方位情報を伴う多ビットの触覚情報提示, (2)装着負荷の少ないウェアラブル・デバイス, (3)位置依存情報サービスとの多様な連携の3点である。

(1)は腰の周りを一周するベルトの形状を生かして, 方位情報と触覚情報を容易に対応付けられることである。身体に無作為にアクチュエータを装着する場合と異なり, 個々の触覚情報に明確な意味を持たせることができる。(2)は, 多くの人々が日常的に利用するベルトにアクチュエータ機能を付加することで, ユーザの装着負荷をほとんど増やすことなく, 情報提示機構を加えられることである。(3)はパーソナル・ナビゲーションをはじめとする, 様々な位置依存情報サービスと連携できる可能性を持つことである。

### 2.2 デバイス構成

次に, Active Belt のデバイス構成について述べる。Active Belt は地磁気センサーと GPS, 複数のアクチュエータ(振動モーター), 及びこれらを制御するマイコンから構成される(図 1)。

GPS はユーザの位置情報を, 地磁気センサーはユーザの身体(腰部)の向きを検出する。アクチュエータはベルトの周囲を一周するように複数個埋め込み, 触覚による情報提示を行う。

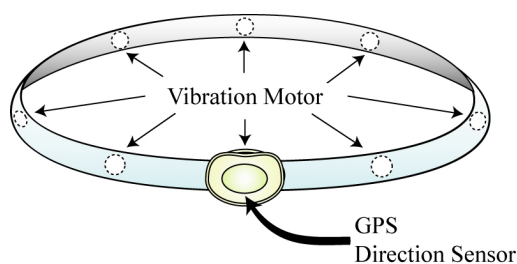


図 1 デバイス構成

## 3.実装

### 3.1プロトタイプ

上述したようなデバイス構成に基づいて, 我々は Active Belt のプロトタイプを試作した

(図 2). 地磁気センサー(NEC トーキン製 TMC3000NF)と GPS(Sony 製 IPS-5100G)をベルトのバックル部に取り付け, 8 個の振動モーター(TPC 製 FM23A)と LED を等間隔にベルトに埋め込んだ(図 3). 振動モーターはベルト装着時に腹側の中点, 背中側の中点, 及び左右の腰骨付近に位置するよう 1 個ずつ装着し, さらに上記 4 箇所同士の中点に 1 個ずつ配置した。センサーからの情報はマイコン(MicroChip 製 PIC16F876)で数値化し, 設定に応じて振動モーターなどの状態にフィードバックする。振動モーターと LED は 8bit の D/A コンバータ(Analog Devices 製 AD7304)を介して制御されており, 0~255 の数値を与えることで滑らかに振動数や明るさを変化させている。

また, マイコンはホスト PC・PDA と RS-232C を介して通信を行い, 目標地の設定などを容易に行うことができる。

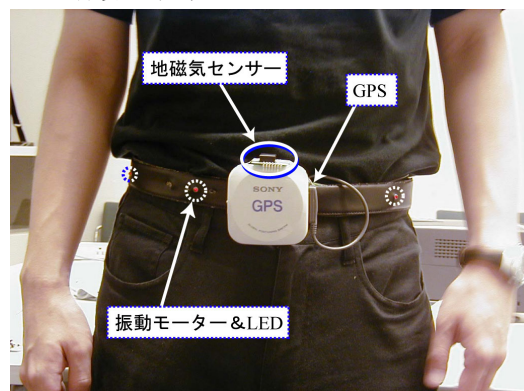


図 2 プロトタイプ



図 3 振動モーターと LED (拡大図)

### 3.2 応用例

ここでは、Active Beltの有効な活用を期待できる応用例としてFeelNavi, FeelSense, FeelSeek, 及びFeelWaveを紹介する。それぞれの応用例を簡単に紹介すると、FeelNaviはパーソナル・ナビゲーション、FeelSenseは位置依存情報提示、FeelSeekは忘れ物探索支援、FeelWaveはボディソニック効果を目的とするものである。

#### 3.2.1 FeelNavi

FeelNaviは触覚情報提示を用いたパーソナル・ナビゲーションシステムの応用例である。ユーザは「感じるままに歩く」ことで、目的地に到達することができる。具体的には、目的地への距離と方位情報を振動により提示する。プロトタイプにおいては、目的地の緯度・経度情報をホストPCから登録し、現在地とユーザの向きに応じて特定の振動モーターを駆動させている(図4)。目的地への距離情報は、図5に示すように振動の周波数として表現しており、目的地に近づくほど振動周期が早くなる仕様としている。

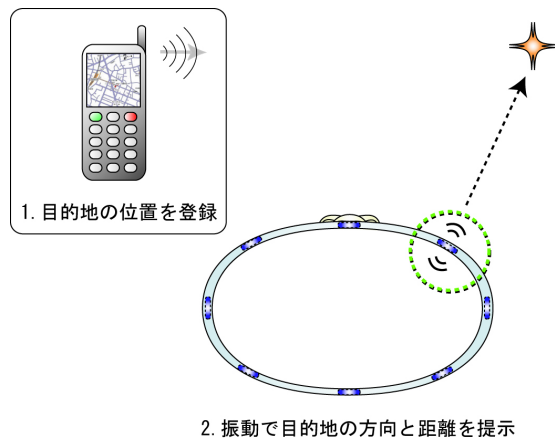


図 4 FeelNavi の概念図

#### 3.2.2 FeelSense

本稿の冒頭で述べたように、特定の位置・地域限定の情報提供サービスが盛んに行われるようになってきている。従来、こうした情報提供サービスの多くは視覚を用いた情報提示を前提としていた。しかし、たとえば特定の位置

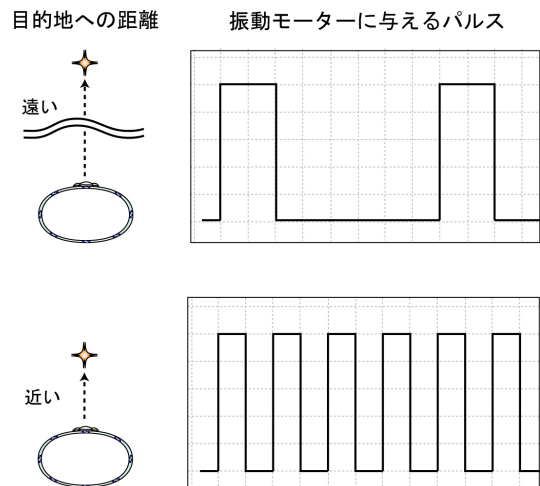


図 5 距離と振動周期の相関例

に来るとメールが送信されてくる、といった情報提示手法は情報量が豊富な反面、煩わしいことも多いと考えられる。今後位置依存の情報提供サービスはより増加していく傾向にあり、ユーザの利用負荷を考慮したシンプルな情報提示手法が求められる。FeelSenseは、興味ある位置依存コンテンツの存在を「感じながら歩ける」常時アクティブな情報提示システムである。具体的には、対象の情報に近づいたとき、その方向と距離を振動により提示する。図6に示すように、ユーザは事前に関心領域を登録することで、興味のある位置依存コンテンツの存在を常を感じる事ができる。例えば、雑貨屋・古着屋など自分の特に関心のある店舗の存在を感じたり、街頭ライブなどのイベントの存在を感じたりすることが可能になるだろう。

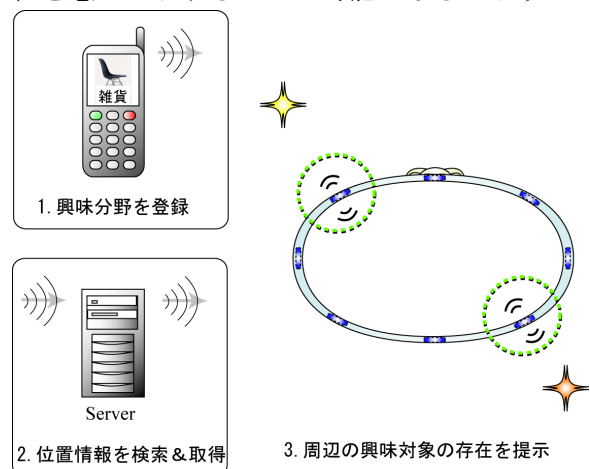


図 6 FeelSense の概念図

### 3.3.3 FeelSeek

近年無線タグの大幅な小型化・低価格化が進んでおり、近い将来さまざまな生活用品に埋め込まれ、利用されるようになって考えられている[14]。そうした状況では、財布、手帳、パソコンなど重要な携帯品に無線タグを埋め込み、置き忘れや盗難を防ぐアプリケーションが有効となるだろう。

FeelSeekはこうした貴重品の紛失情報の提示、及び探索支援を想定したアプリケーションである。具体的には、図7に示すように、まず貴重品に埋め込まれた無線タグがベルトに内蔵したリーダーから一定距離以上離れると、ベルトの全方位が震え、「緊急事態」を通知する。次に、ユーザは必要に応じて、探し物を探索するためのトリガーを入力する。すると、システムはGPSの軌跡をもとに貴重品のおおまかな位置を検出し、FeelNaviと同様の仕組みで振動によるナビゲーションを開始する。

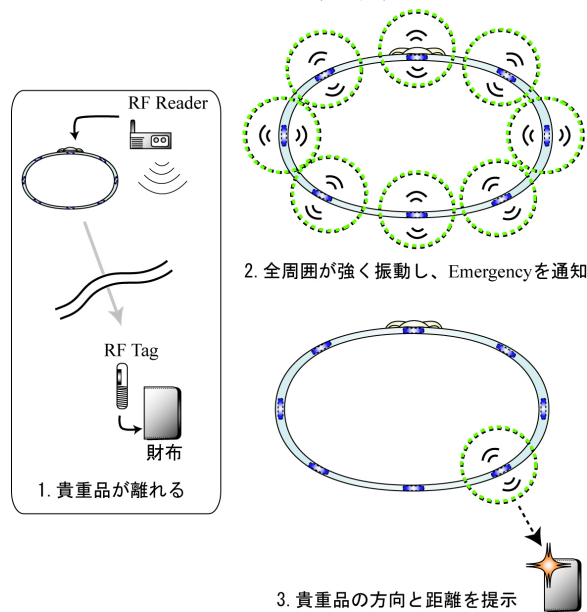


図7 FeelSeek の概念図

### 3.2.4 FeelWave

上述の例とは趣の異なる応用例として、Active Beltを簡易的なボディソニックの用途に利用することも考えられる。全方位から触覚情報を提示できる特性を生かして、立体音響効果

と組み合わせればシンプルで迫力のある演出が期待できる。また、携帯用のオーディオプレイヤーと組み合わせて屋外や電車の中でも手軽にボディソニック効果を楽しむことも可能になる。

## 4. 議論

Active Beltはまだ開発段階であり、十分な評価は行っていないが、著者らはプロトタイプの試用を通していくつかの見識を得ることができた。ここでは腰部に触覚刺激を与えた際の特徴や、位置依存情報の特性、及びベルト型デバイスの利点と制約について検討する。

### 4.1 腰部への触覚刺激の特性

ベルトの周囲に取り付けた振動モーターの刺激については、同じ強さの回転数でも、装着箇所によって体感的な刺激が異なって感じられた。具体的には、体感的な刺激は腰の側面の二つの振動子が最も強く、腹側の三つがやや弱く感じられた。また、背中側の三つは両者の中間程度の刺激として感じられた。さらに、腹側の三つについては中央（正面）の刺激が最も弱く感じられた。

また、現在のプロトタイプでは、前述のように距離を振動の周期で表現している。周期が短すぎても長すぎても振動刺激を感じるのが難しくなり、また振動刺激を数秒以上連続的に加え続けると、装着者の負担となるように感じられた。そこで、現時点では最小の振動周期を約100msec (On) + 100msec (Off)に、最大の振動周期を約500msec (On) + 2500msec (Off)に設定している。

今後より多くの被験者によるサンプルを集め、こうした触覚刺激の特性を考慮してデバイスを改良していく予定である。

### 4.2 位置依存情報の特性

Active Beltは視覚や聴覚による情報提示手法と比較すると、常時装着性に優れる反面、単体で提示できる情報量は限られてくる。一方、位置依存の情報サービスはユーザのいる実世界

の位置や空間と密接な関係を持つ。そこで、位置依存サービスを想定した場合、ウェアラブル・インタフェース側ですべての情報を提供しなくても、環境側の情報を利用することで、ある程度の情報量を得ることができると考えられる。FeelSenseの応用例を考えてみると、感じられた情報は今いる空間と密接な関係を持つものであり、振動により提示された方向に目をむけるだけでも、ある程度情報の種類がわかる可能性は高い。たとえば、目をやった方向に店舗があれば自分の関心のある賞品を扱っている可能性が想像できる。ユビキタス・コンピューティング[15]のようにインテリジェント化された環境を想定すれば、環境側からより多様な情報を得ることも可能だろう。

#### 4.3 ベルト型デバイスの特性

ここではベルト型デバイスの利点と制約について検討する。前述のように、ベルト型デバイスの利点は、(1)触覚を用いて方位情報を容易に提示できる、(2)ベルトは日常身につける装飾品であり常時装着性に優れる、といった点である。一方、ベルト型デバイスの制約としては、(1)頭部から遠いため視覚や聴覚を用いた情報提示には適さない、(2)複雑な情報入力を行うのは難しい、(3)ユーザのウエストサイズに合わせた多様なサイズが必要といった点があげられる。

こうした特徴を考慮すると、Active Beltは視覚や聴覚を用いた入出力インタフェースを完全に置き換えるものではなく、むしろ相互に補完しあうことでより実用的な利用が期待できる。たとえば、FeelNaviの応用例においては、目的地の位置情報の検索・取得などの複雑な操作を携帯電話などで行い、目的地までのナビゲーションをActive Beltで行うモデルが効率的と考えられる。

#### 5. 関連研究

GPSなどの位置情報を利用した情報サービスやナビゲーションシステムに関する研究と

してはWalk Navi[8]、Augment-able Reality[9]、Touring Machine[3]、Space Tag[13]などがある。これらはいずれも位置情報を利用した興味深いアプリケーションを提案しているが、その多くは視覚を中心とした情報提示を対象としている。一方、本研究はこうした位置依存のサービスに適した触覚情報提示手法に焦点を当てている。

ウェアラブル・インタフェースを用いて、触覚を利用した情報提示を行う研究としてはCyber Touch、Tactual Wearable Displayなどがある。Cyber Touch[1]は6つの振動子をグローブに取り付け、仮想世界の物体との接触表現などを実現している。Tactual Wearable Display[12]はベストなどの背中の部分に振動モーターを3x3のマトリクス状に配置し、方位情報の提示を試みている。一方、本研究はベルト型のデバイスを用いるアプローチである。

ベルト型のウェアラブル・デバイスとしてはMitutoyo社のウエストメジャーベルトがある。ウエストメジャーベルト[16]はベルト内部にデジタルスケールを内蔵し、身につけるだけでウエストサイズを計測することができる。本研究の目的とは異なるが、ベルト型デバイスを用いた健康管理の応用例を提案しており、興味深い。

#### 6. まとめ

本研究ではモバイル環境において、方位情報を含む多ビットの触覚情報提示を実現するベルト型ウェアラブル・インタフェース“Active Belt”を提案し、プロトタイプの実装を行った。Active Beltはモバイル環境における常時利用に適しており、パーソナル・ナビゲーションや位置依存情報の提示をはじめとする、さまざまな応用可能性が期待できる。

#### 参考文献

[1]CyberTouch:  
<http://www.immersion.com/products/3d/interactio>



n/cybertouch.shtml

[2]eznavigation:

[http://www.au.kddi.com/ezweb/eznavi/index\\_h.html](http://www.au.kddi.com/ezweb/eznavi/index_h.html)

[3]Feiner, S., MacIntyre, B., Hollerer, T., and Webster, A.: A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment, Proceedings of ISWC'97, pp. 74--81(1997).

[4] 福本雅朗: 24時間ニューリョクデキマスカ? -Wearableなインタフェース, 情報処理, Vol.41, No.2, pp. 123—126 (2000).

[5]gpsOne:

<http://www.cdmatech.com/solutions/products/gpsone.html>

[6]城一裕, 田中一彦: Cycling NEWS Navigator: 方位情報の可聴化システムを実装した自転車, インタラクシオン2002論文集, pp. 155--156 (2002)

[7]増井 俊之: GPS携帯電話の活用, UNIX MAGAZINE, Vol. 17, No. 8, pp. 173—184 (2002).

[8]Nagao, K. and Rekimoto, J.: Agent Augmented Reality: A Software Agent Meets the Real World, Proceedings of the Second International Conference on Multi-Agent Systems, pp. 228--235 (1996).

[9]Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. and Hayashi, K.: Augment-able Reality: Situated Communication through Physical and Digital Spaces, Proceedings of ISWC'98 (1998).

[10]新西誠人, 安村通晃: 能動的タグを利用した実世界指向探索システムの研究, ヒューマンインタフェース学会 論文誌 Vol.2, No.4, pp. 29--34 (2000).

[11]Station:

[http://www.j-phone.com/p\\_and\\_s/sds/station/](http://www.j-phone.com/p_and_s/sds/station/)

[12]Tan, H. and Pentland, A.: Tactual Displays for Wearable Computing, Proceedings of ISWC'97(1997).

[13]Tarumi, H., Morishita, K., Nakao, M., and Kambayashi, Y.: SpaceTag: An Overlaid Virtual System and its Application, Proceedings of ICMCS'99, Vol.1, pp. 207--212 (1999).

[14]Want, R., Fishkin, K., P., Gujar, A., and Harrison, B., L.: Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags, Proceedings of CHI'99, ACM Press (1999).

[15]Weiser, M.: The Computer for the 21st Century, Scientific American (International Edition), Vol.265, No.3, pp. 66--75 (1991).

[16]ウエストメジャーベルト:

[http://www.mitutoyo.co.jp/jpn/syuhin/kenkou/new/w\\_new\\_1.html](http://www.mitutoyo.co.jp/jpn/syuhin/kenkou/new/w_new_1.html)