

ユビキタス時代のウェアラブル技術

東京理科大学大学院

板生 清

itao@npowin.org

ユビキタス情報環境の中で位置情報の送受信機能を持つウェアラブル・コンピュータについて、主に応用面の考察を事例に基づいて行っている。

まず、PHS 通信を用いた野鳥の生態観測の自動化、技術においてカラスの実態が解明されたことおよび、日本で数億枚も流通しては所在不明となるパレットの探索の自動化などの事例について述べる。さらに子供や痴呆老人など、人間に装着する事例についても触れている。最後に、造船現場での作業員の行動把握の試みを紹介し、位置情報を利用したウェアラブル・コンピュータによる各種サービスについて考察している。

● ユビキタス時代のウェアラブル・コンピュータ ●

コンピュータ 60 年の歴史の中で、初期の段階ではコンピュータという機械が中心に座っていて人間は常にこれに歩み寄り、傳くことが求められた。歩み寄りとは、初期のコンピュータの時代は、まず、コンピュータ室に出かけることであった。時代が下って LSI によるコンピュータのダウンサイジングが進み、デスクトップ型パソコン、ノート型パソコンが出現するに及んで、コンピュータという機械と、人間との距離は近づき、寄り添うようになってきた。さらに PDA や携帯端末が現れると人間が持ち歩くことが可能になり、機械が人間と一体となった。まさに、みかけ上はウェアラブル・コンピュータ時代を迎えたのである。しかしこれはウェアラブル・コンピュータ時代の夜明けに過ぎなかったことが後世の人には分かるであろう。なぜならこの段階では、人間は相変わらずキーボードというインタフェースを介して機械を使わざるを得ないという点で、実は、人間側が相変わらず機械に近づくことを余儀なくされているのである。将来、機械がセンサーのような感知手段を持って人間の意図を汲み取り、人間がキーボードで指示をしなくても、コンピュータが働くような時代を迎えてはじめて、

人間は意識せず機械を使うことができるようになる。これがウェアラブル・コンピュータの真髄である。

ユビキタス社会の到来ということがバラ色のように語られているが、サービスのゴールは何かを考えてみよう。情報通信サービスを構成する要素はネットワーク、端末、コンテンツである。ここでネットワークと端末に焦点を合わせてみよう。ネットワークの歴史の中でデータ通信の黎明期は、キーボード端末から入力するとネットワークが持つ計算機能と処理機能で、会計書類を作るという時代があった。しかし、端末側が計算処理機能を持つようになると、ネットワーク側はより高度の処理機能やデータベースなどの機能を持つというように端末とネットワークは常に経済的分岐点を求めて役割分担をしてきた。

いまユビキタス情報社会といわれる中で、ウェアラブル・コンピュータとネットワークの間の役割分担は技術と経済性の観点からも常に流動的である。つまり、ユビキタス情報社会では高度に発達したネットワークが張り巡らされているので、ウェアラブル・コンピュータの役割は小さくてもよい。しかしひとたび個人の特有のニーズに合うような情報空間を作り出そうとすれば、個人個人の持つウェアラブル・コンピュータにハード、ソフ

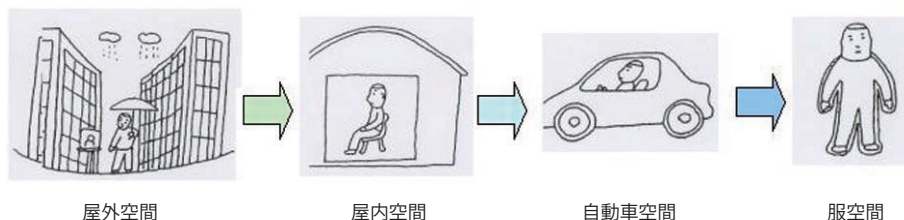


図-1 存在空間の変化¹⁾



トを内蔵することが経済的であり、便利であり、快適である。図-1に示すように、人間が存在する空間が屋外、屋内、自動車内、服となるに従って、個人のニーズとのマッチングが強く求められ、最後の服はまったく個人個人のニーズとの一対一のマッチングが求められる。究極のウェアラブルは、かくして服とともにある。ここでは人間のバイタルサインに基づく暖かい、寒いなどの心地よさを含めて物理空間の持ち歩きまでがウェアラブルの範囲となる。ユビキタス情報社会においては、インフラの整備が進んでいるが、究極は個々人のニーズにきめ細かく合わせるためのウェアラブル・コンピュータが必要不可欠である。このとき前述したようにウェアラブル・コンピュータはさらにウェアラブル（マシン）に進化しているであろう。

図-2は上記の発展を裏付ける技術の発展について述べるものである。

本稿では、ユビキタス情報環境の中で、特に位置情報を与えられて移動する人、動物、人工物などへウェアラブル・コンピュータが提供するサービスに絞って事例を挙げて考察する。

● ウェアラブルによる野生動物の位置探査 ●

● 方式の比較

野生動物に装着して信憑性のあるデータを得るには実験端末の総重量を、動物体重の4～5%内に抑えねばならない。アルゴシステムを使った通信端末が最軽量のもので15g、筆者の研究室が開発した位置端末がPHS利用で35g、GPSで200gであったので、鳥に装着する場合アルゴシステム端末であれば体重300g以上の大きさの鳥、PHS端末で700g、GPSだと4kgとなる。ただし現在GPSは携帯に入るくらい軽量化されているのでこの値はもっと小さくなる。測定対象の体の大きさと移動距離に合わせて、図-3のように最適な測定手段を選定することができる。

これら3つの動物絶対位置探索のための追跡手段について、それぞれの発信する情報の性質を重量に対応させると、分散型と呼ぶのは各端末がそれぞれ情報処理機能を持つものである。反対に集中型と呼ぶものは中央の計算センターにすべての計測器の位置情報が集中し、そこで計算処理が行われるものである。分散型の情報機器はそれ自体が計算処理機能を持つため重量が重く、集中型は端末のIDナンバーを発信するだけなので小型・軽量化が容易である。

野生動物の飛行中の様子と動作を状態情報として取り出し位置情報と組み合わせると、ベキ乗のオーダーで情

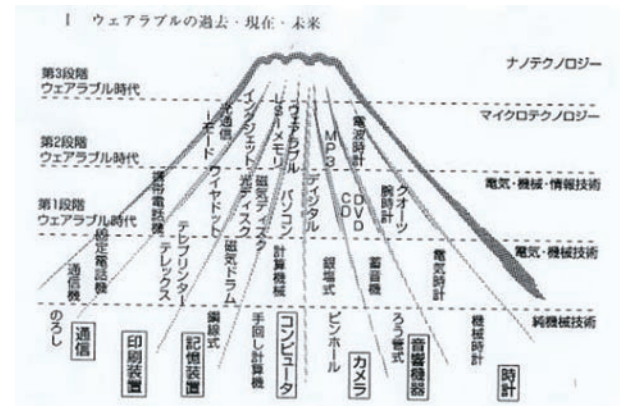


図-2 技術の富士山¹⁾

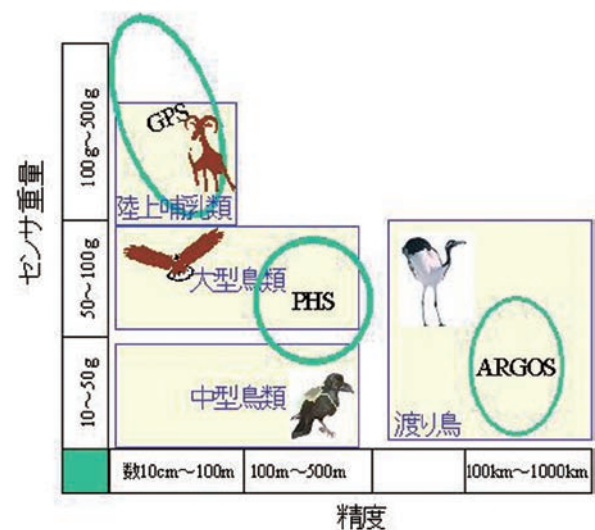


図-3 位置情報センサの精度・重量と適用動物の関係

報量が増える。いままでは人間の目視に頼り、テクノロジーが使われることがほとんどなかったこの状態情報を位置情報と組み合わせることが注目される。

位置情報を得ることだけでも本来、野生動物の生態に関する有益な情報を多く得ることができるが、ここにさらにもう1つの健康状態情報、動作状態情報を組み合わせると、体調、行動、移動速度、はばたき数などから、生死、抱卵、冬眠、嗜好、飛翔とその位置を知ることができ、今まで謎とされていた野生動物の生態の多くの部分が解明されることになるだろう。

● カラスの実験

東京大学・樋口教授、森下研究員と筆者らは共同で、都会に住むカラスに着目して実験を行った。カラスは継続追跡できること、カラスの繁殖地域においてはイン

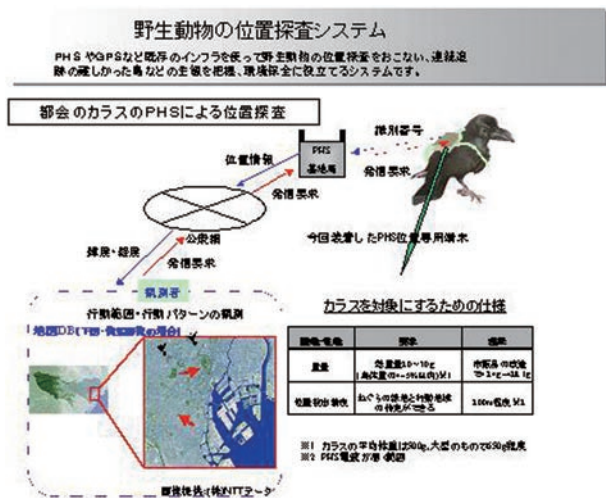


図-4 PHS を利用した鳥類位置探査システム²⁾

フラが整備されていることから、PHS による追跡方法に目をつけた。PHS を含めたセル方式による移動通信システムでは、固定電話と違い端末そのものが空間的に移動するために、接続を自動的に行うには端末の場所をネットワーク側で常に把握している必要があり、端末の位置は常にネットワーク側に位置登録されている。中でも PHS は1つの基地局の発信するアンテナ出力が20ミリワットから500ミリワットと小さく、数十mから数百mの間隔で設置されているため、100m程度の精度で位置特定が可能である。そのためにPHSによる位置特定法が有効である。人間のために作られたPHSシステムをカラスに使うにあたって、問題となるのが端末重量と位置精度である。まずこの2つの項目をPHS位置特定システムが満たすかどうか検証を行った。図-4にその概要を示す。

実験結果は以下の通りである。

上野動物園から、銀座や六本木などに移動したり、荒川付近へ北上した個体があった。また昼間に活動・利用するのは1つの場所ではない点や、同じ上野公園内でも、ねぐらとして利用する個体と、昼間の休憩場所として利用する個体がいる点などが明らかとなった。

以上をまとめると、図-5のように上野公園をほとんど移動しない「定住派」と、日中を荒川で過ごす「下町派」と、銀座や赤坂、六本木で過ごす「シティ派」の三派に分類できることが分かった。



図-5 PHS 端末付け居場所追跡²⁾

● 移動するモノの位置情報を追跡 ●

ウェアラブルによるモノの追跡をビジネス展開している好例として「パレット追跡システム」がある。図-6にその概略を示す。

パレットというのは、荷物をのせたままフォークリフトなどで移動するための荷台のことで、物流の現場では地味ながら必要不可欠の道具といえる。しかし、倉庫から別の倉庫へ、あるいは倉庫から納品先へ、商品とともに動いていくために紛失しやすく、年間のパレット紛失分の損失額は、業界全体で数十億円規模に上るといわれている。そのため、物流に携わる人にとっては、パレット管理することは重要な課題になっているそうである。

パレット紛失によるデメリットはコスト面だけでなく、環境面にもおよぶ。別の配送先に紛れ込み、返却先が分からなくなったパレットは、そのまま別の業者に使われ続ければまだよいが、産業廃棄物として、あるいは不法投棄の粗大ごみとして捨てられることも多い。数億円分に当たる膨大な量のパレットがごみとして廃棄された場合、そこから生じる環境負荷がかなりのものになることは想像に難くない。

そこで、パレットリース会社（ウベパレットレンタルリーシング（株））がカラス端末からヒントを得てWINと共同で開発したシステムが、パレットにPHS端末を取り付けて移動経路を追跡、パレットの行き先や、今どこにあるかが把握できるシステムである。ユーザは、小型のPHS端末をパレットに設置するだけで、定期的にパレットの追跡結果を知らせてもらえ、行方不明のパ

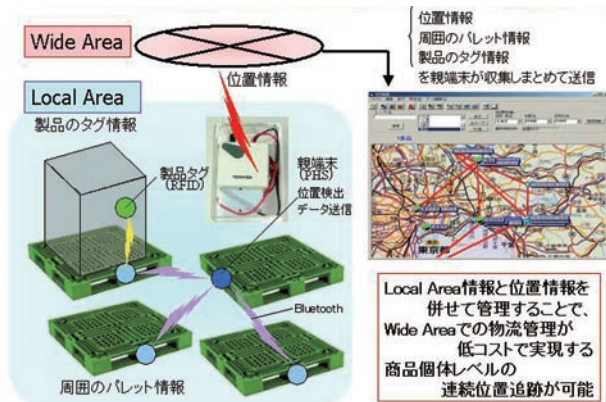


図-6 物流追跡システム³⁾
(RFID/PHS 併用による商品個体レベルの自動追跡)

レットや荷物が、今どこにあるのかをすぐに知ることができる。バーコードや RFID による管理と異なり、リーダーの設置が不要で、バッテリー寿命も半年以上のため電池交換の手間も少ない。また、GPS のように衛星の電波を使うわけではないため、倉庫内やトラック内にあっても追跡が可能となっている。

これは、移動するモノと常にとともに行動できる、ウェアラブルならではの用途の1つだろう。このサービスは単に位置探査だけでなく、ルートの記録が可能であり、さらには図-7に示すように各位置における温湿度、衝撃度、光量、振動量などがセンサを搭載することによって記録可能となる。

● モノや人を検索する技術 ●

2000 年春に米国の通信技術会社クアルコム（カリフォルニア州）が開発した gpsOne を利用した人とモノの位置を検索するシステムを紹介する。従来の GPS では、目的物を 50 ～ 100m 圏までしか特定できなかったが、gpsOne は GPS と携帯電話の通信網を併用した位置検索技術で、携帯電話の基地局を GPS 衛星と見立てて検索するため、5 ～ 10m の誤差範囲での検索が可能となる。

契約者は専用の Web ページで必要情報を入力すれば検索対象の人、モノの現在地を確認できる。自宅のパソコンだけでなく携帯電話からも利用でき、半径 50m から 4km 四方まで 7つの縮尺地図を自由に拡大・縮小表示が可能だ。ちなみに、対象となる人やモノは、60g ほどの専用端末を持つ（つける）。人なら月額 500 円から、車両なら 900 円から利用でき、必要であれば、警備員が現場へ急行し、人や車両の捜索を行うサービスも要請できる。2004 年現在、検索対象は自動車や人だけでなく、

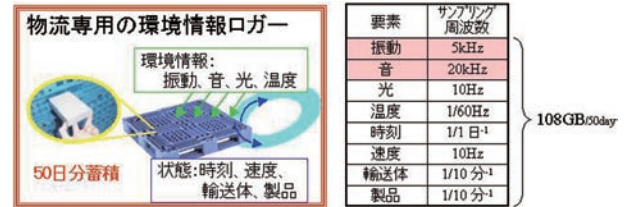


図-7 物流データロガー（輸送品質管理・輸送品質保証）³⁾

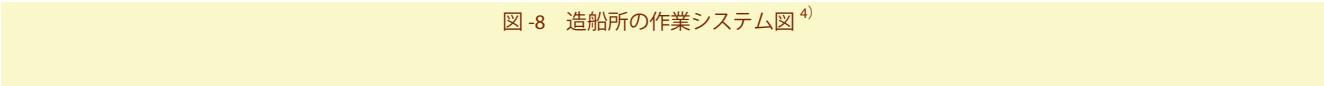
二輪車やペットにも拡大している。

具体的な事例を紹介しよう。新幹線のなかで、1 億円相当の宝石の入ったバックが盗まれた事件では、契約者が事件発生直後にセコムオペレーションセンターに連絡し、10 分後に警察からオペレーションセンターへ位置情報の要請が入り、以後継続して位置情報を提供しながら追跡、1 時間 10 分後に犯人を逮捕し、バックを確認したという。状況に応じては、警察にセコムから直接連絡するケースもあるという。車両盗難についても同様に、大きな効果を上げているといい、今後、ますますの加入者の増加が予想されている。

こうした GPS、PHS 技術を応用したサービスで、特に期待されているのが人の位置検索と、いざというときの救助サービスである。頻発する子供の連れ去り事件を背景に、人の位置検索サービスへの期待はますます大きくなっている。あるいは、痴呆症で昼夜を問わず徘徊する心配のあるお年寄りに対しても、こうしたサービスは心強い味方になる。残念ながら、もはや安全神話が崩壊した日本では、自分の身は自分で守るしかない状況なのである。

現在、開発の課題は個人を対象とした位置検索サービスから一歩踏み出し、ケガをしたり、身体の不調を感じたりしたときに、携帯電話からオペレーションセンターに救急信号を送信できるシステムやグループ管理するサービスへと進んでいる。従来、行政の仕事とされていた各種サービスも、技術の進展とともに民間によるきめ細かいサービスへと取って代われつつあるのである。

ちなみに、痴呆老人の場合、専用端末を持たせてもどこかへ置いてきてしまったり、なくしてしまう場合もあり、デバイスのウェアラブル化が必要である。そうしたなか、筆者（WIN）が着眼したのが靴である。徘徊老人も靴だけは必ず履いて出かけるという行動に注目し、GPS を装着した靴の開発に取り組んでいるのである。当研究では、位置情報の検索だけでなく、歩行するときの足裏の圧力を測定する機能についても開発中だが、これは、足裏の圧力測定によって得られる自然歩行時の接



作業量を見積もる根拠となるデータは意外に少なく、結果として、非常に暇な日と忙しい日ができてしまっているという。

● 造船現場に導入されるウェアラブル ●

また、安全管理の面で、環境を計るためのCO₂センサーを装着し、CO₂の数値が高くなったら作業を中止する、というような利用も考えられるだろう、さらにバイタルデータも送信することで、万が一の事故や体調の急変にも迅速に対応することができる。

以上, 位置情報を送受信するウェアラブル・コンピュータは造船現場だけでなく, 各種の工場の生産現場あるいは農場, 道路, 交通現場などでますます多用されてゆくであろう。

広い場所において、いつも作業する場所が違うとなると、誰がどこにいるかを把握することは難しい。作業員の身につけるウェアラブルに GPS や PHS を利用した位置探索システムを搭載しておけば、それが容易となるだけでなく、作業量の把握にも役立つのである。

参考文献

- 1) 板生 清: ウェアラブル・コンピュータとは何か, NHK 出版 (2004).
- 2) 樋口広芳: PHS を利用したカラスの移動追跡, ネイチャーインタフェイシス誌, No.2, pp.10-15.
- 3) 板生 清: ウェアラブルへの挑戦, 工業調査会 (2001).
- 4) 大和裕幸: 産業環境とウェアラブル情報システム, ネイチャーインタフェイシス誌, No.10, pp.10-15.

938 45卷9号 情報処理 2004年9月