

相関係数を用いた使用中のモノについての 情報収集手法に関する一検討

藤波 香織*

ピルティカンガス スサンナ†

中島 達夫‡

概要

イスやドアのような日常物(モノ)はそれぞれ役割を持って存在している。その使用状況をセンサを通じて取得することで様々なコンテキスト情報を取得することができ、我々は「知的日常物」と呼ぶ枠組みでそのコンテキスト取得方法や統合利用方法の研究を進めている。また将来において、時計やネックレス、靴や服といった普段身につけるものにもセンサを埋め込むことが可能になると考える。モノが「使われる」際には、身体の一部と連動することからそれぞれの側に装着されたセンサが検出する現象が似通っていることが考えられる。我々はこのことに着目し、相関係数を用いることで使用中のモノに関する情報(使用者、使用物、使用部位)を収集するための手法を検討した。

A Study on Utilization of Correlation Coefficients for Identifying an Artefact in Use

Kaori Fujinami*

Susanna Pirttikangas†

Tatsuo Nakajima‡

Abstract

An artefact, such as, a chair or a door can provide the context of the user in an implicit and natural way, since its state-of-use is closely related to the user's activity. In the future, our accessories and clothes will have sensing capabilities and utilizing both the sensor augmented artefacts and wearables, a seamless link between the artefact and the person (wearer) can be established. The integration allows a smart environment to know who uses the artefact, and the person's terminal to know what she/he is using. These information can be much more specific than a context derived from only wearables. Also, the position of a "carriable" artefact like a mobile phone and a bag can be identified, which enables a system to select an appropriate medium of notifying information, for example. In this paper, we study the proximity of the acceleration signal patterns from wearable sensors on different parts of the body and sensor augmented artefacts. A variety of correlation coefficients are evaluated in terms of accuracy of "linkage". Also, the size of window and the sampling interval are examined.

1 はじめに

ユビキタスコンピューティングを実現する上で、コンテキストウェアネスは重要な役割を担う。このとき、ユーザやデバイスが置かれた状況を表すコンテキスト情報はユーザの介入なしに取得できることが望ましい。これまで我々は、イスやドアのような日常物にセンサを取り付けることで通常の使用を介して自然にコンテキスト情報を抽出する試み(知的日常物)に取り組んできた[10, 3]。知的日常物は、その使用状況を自ら判定することができ、これと日常物本来の意味や

役割といった情報を組み合わせることで、使用者のコンテキストを推定することを狙っている。そして単なる使用状況だけでなく、冷蔵庫のような場所が固定的なものについてはユーザの場所に関する情報を、歯ブラシのように他人と共有しないものに関してはその所有者情報から「使用者」をも推定できる。

さらに将来においては、時計やネックレス、靴や服といった普段身につけるものにもセンサを埋め込むことが可能になると考える(ウェアラブルセンサ)。そしてこれらを融合(連携)することでそれぞれの特徴を生かすことができると考える。すなわち、ウェアラブルセンサの特徴である長期間にわたる自然なコンテキスト取得と、知的日常物の特徴である「モノ」から推定できるより特化したコンテキストの取得である。

我々がモノを使用したり帯同する際には、モノと対応する体の部位が連動する。この連動を定量化することでモノと使用者を関連づけることができると考える。すなわち、「誰がこの椅子に座っているか?」や

*東京農工大学 共生科学技術研究院 システム情報科学部門
Department of Computer, Information and Communication
Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

†早稲田大学 理工学術院 コンピュータ・ネットワーク工学科
Department of Computer Science, Waseda University

‡オウル大学 電気・情報工学科
Department of Electrical and Information Engineering, Uni-
versity of Oulu, Finland

fujinami@cc.tuat.ac.jp

「私が使っているモノは何か？」といった問いにシステムが答えることが可能となる。よって、モノ自身が提供するサービスをカスタマイズしたりモノの持つ意味から使用者のコンテキスト(状況)をより具体化することができる。さらに、「携帯電話を右手に持っている」のか「携帯電話は右手に持たれたバッグの中にある」を判定することもできると考えられ、携帯電話を通じた情報提示を触覚(バイブレーション)か聴覚(メロディ)を使い分けることで効果的に実現することができる。

上述のように本研究では関連づけ生成対象(モノ、人体)にセンサを装着し、それぞれのセンサが出力する時系列データの変動傾向の近さを以て運動を判定するアプローチをとる。すなわち、モノ側のセンサから得られるデータと、任意の範囲の人物が装着しているセンサからのデータを用いて「近さ」を算出し、最も「近い」値をもたらしたセンサの装着者が真の使用者であると判定する。これにより初めて使用するモノであっても、場所を問わずに関連づけを行なえる。バイオメトリクスを用いた認証や動画解析を用いても同様のことが可能であるが、認証行為の意識、事前登録や環境側への装置の設置が必要であったり、対象毎の高度なチューニングが必要であったりといった制約がある。

我々は文献[11]において、モノを「使用」する際の体の特定部位とモノの動作パターンの近さに着目して両者に関連づけるための基盤システムを提案した。本論文では、静的なデータの解析により同文献で用いられている相関係数に関してより詳しく検討する。

2 関連づけアルゴリズム概要

本節では文献[11]にて提案した関連付けアルゴリズムの概要について説明する。本手法では複数人が近傍で同一種類のモノを使用している中でも個々の使用者を特定(使用者の側からは使用しているモノのIDを特定)することを目指している。

前提としてモノおよび人間側には加速度センサが装着されており、携帯電話やPDAのような個人端末の存在とその帯同を前提とする。これは、個々のセンサ(ウェアラブルセンサ)はその装着部位に特化した情報を与えるために、全身の状態を鑑みて行動認識を行うためには、情報を統合する機能が必要であるからである。なお人間側の加速度センサは、腕時計やカフスボタン、ネックレスといった装身具や衣類への装着を想定している。

2.1 システム要求条件

本アルゴリズムは、次のような要求条件のもとでモノとその使用者を関連づける。

タイムリーな手法: 関連づけの結果を何らかのサービスの開始のトリガとするような場合、2-3秒程度でサービスが開始されることが望まれる。このため、計算量が多かったり長期間のサンプリン

グに基づく手法は不適切である。

軽量な手法: 前提のようにモノや装身具・衣類には加速度センサが埋め込まれる。一般に、モノは使用されていない時間の方が長いために、常時生データを送信し続けることはバッテリー消費の点から現実的ではない。

屋内外を問わないシームレスな動作: ウェアラブルセンサの特徴を生かす上で屋内外問わずシームレスに利用可能であることが求められる。従って、(室内)環境側のサーバやインフラストラクチャに依存せずにピア・ツー・ピア(P2P)で知的日常物や端末と通信することが必要である。

初めて使用するモノであっても対応可能: 事前に個人ごとの使用パターン(癖)やバイオメトリクス情報を登録するのではなく、アドホックに関連づけを行う。このため、我々は使用するモノと人の動作パターンの近さを結合指標として用いた。動作パターンの近さは、複数人が存在する空間においてある時点のモノの動作パターンと最も近い体の動作パターンを持った人物を特定するという点で相対的な概念であるといえる。よって、この近さを表す何らかの指標が必要となり、関連する全ユーザのものと比較する必要が生じる。

2.2 相関係数の利用

上述の動作パターンの近さを定量的に表現するのに、次式で計算される相関係数を用いる。

$$r_{12} = \frac{\sum(d_1 - \bar{d}_1) \cdot (d_2 - \bar{d}_2)}{\sqrt{\sum(d_1 - \bar{d}_1)^2 \cdot \sum(d_2 - \bar{d}_2)^2}} \quad (1)$$

式(1)において d_1 と d_2 は、それぞれ関連づけ対象(モノとそれを使用するとき主に作用する身体の部分)に装着した2つのセンサから同タイミングで得られたデータを表す。また、各和(\sum)は、決められたデータ数(ウィンドウサイズ)に対して計算される。

相関係数は時間領域での指標である。一方周波数成分も行動を特徴づけることができ、行動認識の分野での応用が検討されているが、本研究では高速フーリエ変換(FFT)で必要となるデータサイズの多さからくる処理遅延を考慮して周波数成分は用いていない。さらに、モノの使用にあたってはモノと人側のセンサ間では基本的に位相のずれはないはずなので周波数成分だけでは十分に識別ができないと考えた。

2.3 システム概要

図1にシステム概念図を示す。前述のようにインフラに依存せずにアドホックに関連づけを行うために、ZigBee[9]やSmart-Its Particleコンピュータ[8]で用いられているような比較的近距离無線通信により実現される共有媒体を介した通信を用いる。すなわち、モノ側での使用検出を契機に、近傍にいるユーザ候補側

でモノ側と人間側の加速度センサデータを用いて相関係数が計算され互いに比較される。そして、もっとも大きな値を算出した人物が最終的な「使用者」として関連づく。

ここで比較の際の候補者を極力少なくすることが誤判定を少なくするのに重要であり、1) 無線到達範囲の狭さと2) 当該日常物の使用に際してとりうる行動、を前段で用いる。2) に関しては例えば、ドアの使用(開閉)時には「立っているか歩いているか」を前提条件とし、この条件を満たしたときのみ指標の計算・比較処理に進む。

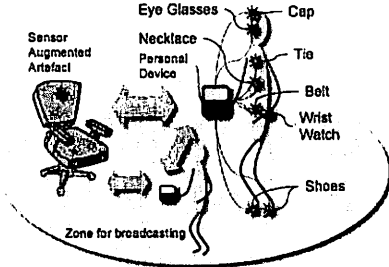


図 1: システム概念図

3 実験

本節では、相関係数による関連づけ能力の評価のためのデータ収集実験について述べる。モノの種類に関しては、周期性の有無、コンテナ・非コンテナに分類し、周期性があるモノに関しては、さらに短・中・長期に分類した。使用したモノとの対応を図2に示す。

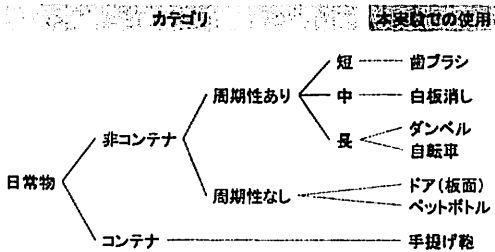


図 2: モノの分類

3.1 方法

本実験ではオウル大学(フィンランド)にて開発された小型無線センサノード(図3)を用いた。本センサノードでは、Nordic Semiconductor社[6]製の2.4GHz帯無線チップを使用しており3軸加速度、光、気圧、温度センサ、マイクロフォンが搭載されている。データはノートPCにUSB接続されたベースステーション側から約60ミリ秒間隔で各ノードに対してポーリングすることで得られる。本実験では一度ファイルに保存した上で加速度(3軸)データのみを抽出して使用した。2人の被験者が周期性がないものに関してはそれぞれ3回、周期性があるものに関しては2分間程度の試行を記録した。

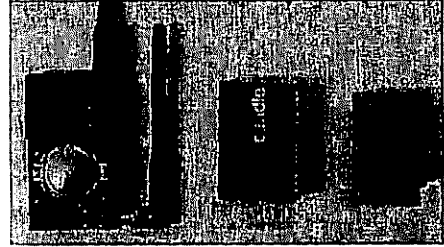


図 3: 使用した無線センサシステム(左: ベースステーション, 中央: 比較用マッチ箱, 右: センサノード)

図4に実験の様子を示す。モノと身体側にセンサノードが装着されている。身体に関しては同図右下に見られるように左右手首、右太ももである。また自転車の場合にはペダルである。なお、ダンベルに関しては、水を満たしたペットボトルで代用した。



図 4: 実験風景とセンサの装着位置(右下)。ただし、ダンベルは水を満たしたペットボトルで代用

3.2 関連の視覚的な確認

図5にモノ(歯ブラシ、自転車、ドア、ペットボトル)とその使用に関連した身体の部位から得られた3軸分のデータの合成波形を示す。ドアのケースを除いて比較的波形の増減傾向が似通っていることがわかる。ドアの場合は短時間の動作であるが故にサンプル数も少なく(14サンプル)、またノブをひねる手首の動きとドアの板面の動きが必ずしも連動しないことが波形に顕著な類似点が見られない理由であると考えられる。なお、他の3種類(白板消し、ダンベル、手提

げ靴) についても視覚的には相関が確認された。このことから、図2に挙げたような様々なカテゴリのモノに対する相関係数の適用可能性がうかがえる。つづいて、評価方法と結果について述べる。

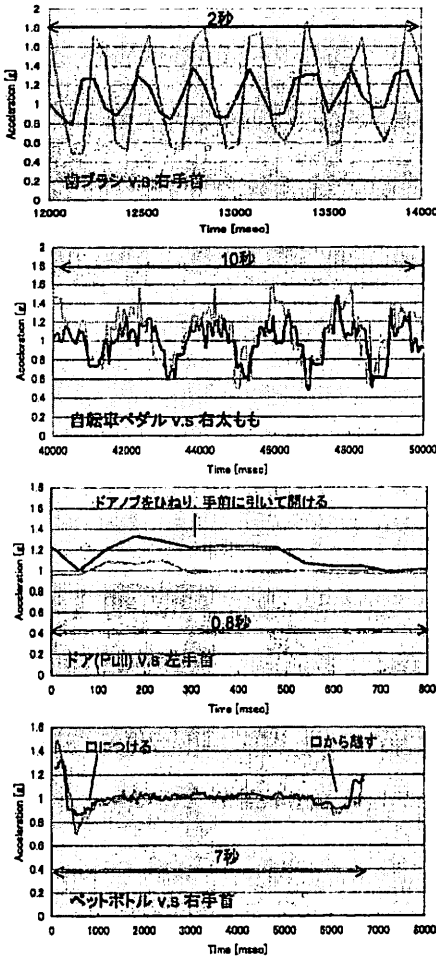


図5: モノとその使用に関連した身体部位の合成加速度の波形比較 (一例)

4 評価

4.1 項目

以下の項目について評価を行った。

1. 相関係数のバリエーションと判別能力の関係
2. 相関係数算出のためのウィンドウサイズと判別能力の関係
3. 相関係数算出のためのサンプリング間隔と判別能力の関係
4. モノの種類と判別能力の関係

4.2 正解率の定義

相関係数の適用可能性についての基礎的な知見を得るために評価はオフラインで実施した。ここでは2人(TおよびF)がモノの近傍(無線到達範囲)におり、2人とも当該日常物の使用に際してとりうる行動をとっているとする。そしてこのうち一人(T)が使用開始した場合に正しくTを使用者として判定できる能力を「正解率」として定義する。

前述のように、モノ側では使用検出を契機に生データをブロードキャストにより近傍のユーザ端末に配信し、それを受けてTおよびFそれぞれの身体側のセンサーデータとの間で相関係数が計算される。ここでは前述のデータ収集時に獲得されたデータを用いて、T側の相関係数についてはTが実際に当該日常物を使用したときの身体側とモノ側のデータを用い、F側は同じモノを使用したときのFの身体側のデータとTがそのモノ使用したときのデータを用いる。すなわち、それぞれの対応するウィンドウ毎の相関係数($Corr_T$ および $Corr_F$)の関係が、 $Diff = Corr_T - Corr_F > 0$ であったときに「正解」となる。当該日常物の使用期間に得られる全ウィンドウ数に対する正解数の割合が正解率となる。正解率算出の様子を図6に示す。

なお、モノの近傍に存在する人は他にも様々なモノを使用していることが考えられるが、ここでは同一種類のモノを使用している状態を想定した。これは同一種類のモノは使用時の身体の運動パターンも近いと考えられ、本アルゴリズムにとってより厳しい条件での評価が実施できると考えたからである。

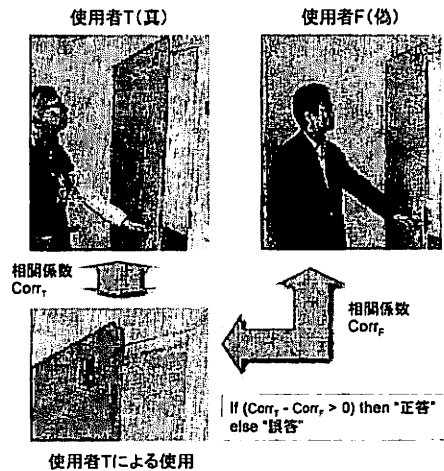


図6: オフラインによる正解率算出方法

ただし、図2に示した「周期性なし」のモノに関してはその開始直後のウィンドウのみを対象とした。モノの使用をサービス開始契機とするためには使用開始からいかに早く使用者を特定できるかが重要である。周期性があるモノに関しては基本的にそのどの区間を

とつても同様の使用形態に見なすことができるが、ない場合には途中で得られるウィンドウを用いた正解は意味を持たないと考えたからである。このケースでは2人の被験者による3回ずつの試行の計6回のうち、正解した割合を正解率としている。また、計算量を減らすために予め当該日常物の使用に最も関連する部位を選択し、そのノードのデータのみを計算に用いた。

4.3 相関係数のバリエーション

相関係数の算出は式1により行えるが、まず計算に用いるデータに関しては、軸毎と合成したものの2通りが考えられる。

前者の場合、予めモノ側と身体側で位置関係が固定できないために全ての組み合わせ(9通り=3軸x3軸)に対して計算することになる。計算される相関係数は標本から得られたものであるために、相関係数が大きいことがそのまま母集団で成り立つかは不明である。これに対して「母相関係数」に関する検定(危険率=5%)を行うことで、有為な相関の有無を検証できると考え、検定結果を反映した特徴量を検討した。これらは、1) 有為な相関を持つとされた値の割合、2) その平均値、3) その最大値、であり、これらに加えて、4) 全ての(9組)中での最大値、である。ここで、1) から3) までは9組の係数の中で最低一つは有為な相関を持つものがないと算出されないものであり、ウィンドウサイズが小さすぎると常に得られる値ではない(次のウィンドウ生成を待ち再計算するなどするため判定に時間を要する)。一方、一つ以上存在するときにはその最大値と4)の値は等しい。さらに2つのノードが平行移動するような場合には、非常に相関係数が高い組み合わせがある反面、その割合が低いこともあるのでこれらの2つの特徴量の合成(2乗和の平方根)も特徴量として検討した。すなわち、5)として1)と2)の合成、6)として1)と3)の合成である。

合成加速度に関しては、7)単純な合成と、8)上記の検定を行い有為な相関を持つ場合のみの比較、を実施した。なお、式1で得られる相関係数は合成加速度以外の場合には絶対値を利用した。これはセンサ同士が逆方向を向いていても運動方向が同じ場合には負の強い相関を持つためにこれを考慮するためである。

4.4 ウィンドウサイズとサンプリング間隔

ウィンドウサイズは、5、10、20、50、100サンプルの5種類とし、1/2ずつずらしながら収集した全データに対して適用した。またサンプリング間隔は、正解率を決める要因が相関係数算出に必要なデータ数なのか、算出に要する時間なのかを知るための変数である。ここでは予め取得したデータにおける間隔を1としたときに、その2、5、10倍の間隔で取得したことを摸するために、その間隔毎に間引いたデータを用いた。図7にウィンドウとサンプリング間隔の概念を示す。

*「母相関係数が0でない」と誓える。」ことを検証。

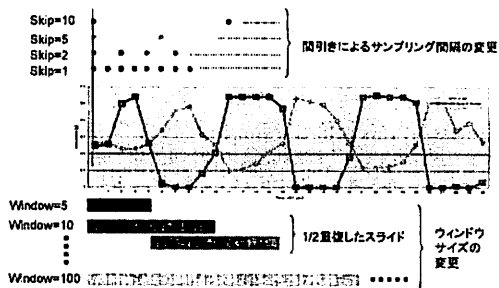


図7: ウィンドウサイズとサンプリング間隔の概念

4.5 評価結果と考察

4.5.1 相関係数のバリエーションと判別能力

4.3節で述べたように、8通りの相関係数のバリエーションについて判別能力(正解率)を算出した。代表的なものとして図8に歯ブラシ使用時の相関係数のバリエーションと正解率の関係をウィンドウサイズ毎に示す。凡例は、4.3節で付与した番号との対応付けにおいて上から、1)、2)、3)、8)、5)、6)、4)、7)である。同図から、特徴量「8(合成加速度のうち有意な相関を持つもの)」を除いてウィンドウサイズ50において正解率が100%となることが見てとれる。これは、3秒(=60ミリ秒x50サンプル)に相当する。

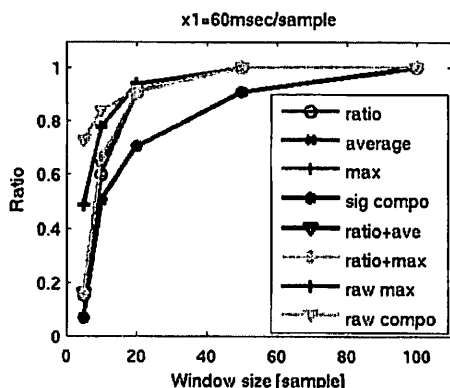


図8: 歯ブラシ使用時の相関係数のバリエーションと正解率のウィンドウサイズ毎の関係

この100%となるウィンドウサイズを「飽和ウィンドウサイズ」と名付けるとすると、全般的に特徴量「4」(9種類のペアの中での最大値)が最も早く飽和し、続いて「7(合成加速度)」となる傾向が見られた。合成加速度の場合には3つの軸の全ての変化を反映するために、モノと身体で運動していない軸の動きも含んでしまう。これにより低い相関係数が算出さ

れ、もう一方の人物側の相関係数との比較で「負け」てしまうことが特徴量「4」と比較して低い正解率となる理由として考えられる。また、検定結果を反映した統計量は、反映しない特徴量と比較してもパフォーマンスにおいて遜色ないことが多く、またその意味するところからして特徴量として適切に思われる。しかしながら、4.3節で述べたようにウィンドウサイズが小さくなるにつれて有意な相関がある特徴量が得られにくくなるために、次のウィンドウを待つなどの対策が必要となり、短時間で関連づけのが困難であるだけでなく、近傍の全端末に対して処理の中断を依頼し、次のウィンドウで再評価をする必要があるなどオンライン処理でのシステムも複雑になる。以降では、特に断りがない限り特徴量「4」を用いる。

4.5.2 ウィンドウサイズと判別能力

図9に周期性があるモノに関するウィンドウサイズと正解率の関係を示す。なお、歯ブラシに関しては図8を参照されたい。既に図8にも現れているようにウィンドウサイズが大きくなると正解率は高くなる。図5の2段目において自転車の波形は相関が高く見えるにもかかわらず正解率が低い原因としては、同図に見られるようなノイズと思われる成分が相関係数を低くしていると考えられる。これは、1) 砂利道を走行したために地面の凹凸を拾ったこと、2) 図4に見られるようにバックバックにベースステーションを入れたために無線通信が不安定であったこと、などが理由として考えられる。実利用に際しては前処理としてスムージングが必要になると考えられる。

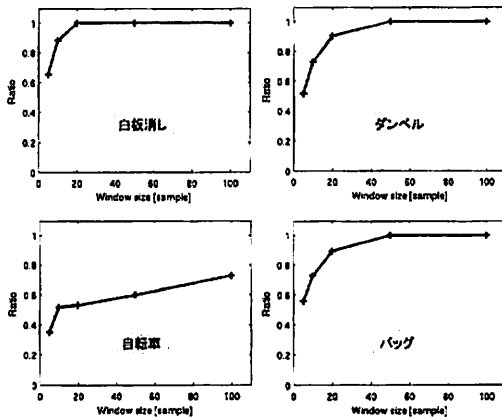


図9: ウィンドウサイズと正解率の関係 (周期性があるモノ)

一方、周期性がないモノ (ドアおよびペットボトル) については、分母が小さい(6)であるために、値がばらついている。また、ドアの場合は50以上、ペットボトルの場合は100以上のウィンドウサイズでの正解率を得ることができていない。これはそもそもこれら

の使用行為が短時間で終了するために、そのサイズでのウィンドウを生成することができないためである。ドアの場合は「開く」という行為の終盤になるほど手首の動きは複雑になり (やがてノブから離れるため) ドアとの相関は低くなるために、20についても正解率が低くなっていると考えられる。実験ではドアは板面にセンサが取り付けられたが、ドアノブの方が手首との運動度合いは高いと考えられることから、装着場所を変えて改めて検証する予定である。

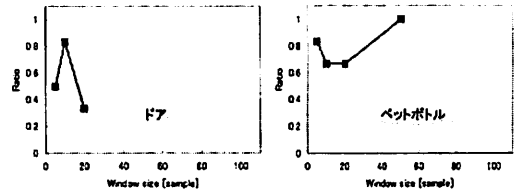


図10: ウィンドウサイズと正解率の関係 (周期性がないモノ)

ドアの例を除いては前述のようにウィンドウサイズが大きくなることで正解率が上がっているが、これはサンプル数が多くなったからという見方と、時間が長くなったからという見方がある。次節ではサンプリング間隔と正解率の関係について検証する。

4.5.3 サンプリング間隔と判別能力

4.4節で述べたように、オリジナルのデータに対して2, 5, 10倍の間隔でデータを間引くことでサンプリング間隔を長くとした場合を模した。結果として2つの傾向が見られた。

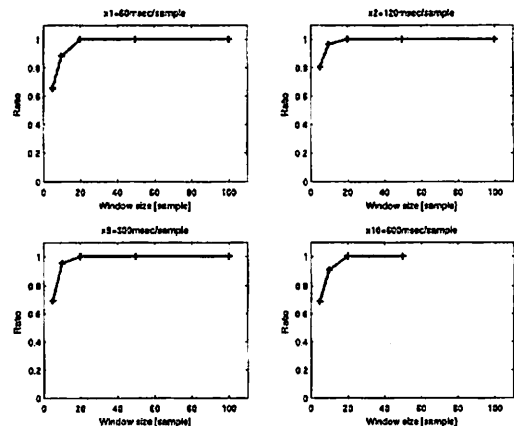


図11: 飽和ウィンドウサイズが一定のケース (白飯消し; 左上: オリジナル, 右上: 2倍), 左下: 5倍, 右下: 10倍)

図 11 には、飽和ウィンドウサイズが一定 (20) のケース (白板消し) を示す。この例では、どの間隔でもウィンドウサイズが 20 で正解率が 100%に達している。

一方、図 12 に、サンプリング間隔が長くなるに従い飽和ウィンドウサイズが小さくなるケース (ダンベル) を示す。この例では、正解率が 100%となるための時間は約 3 秒でほぼ一定である。

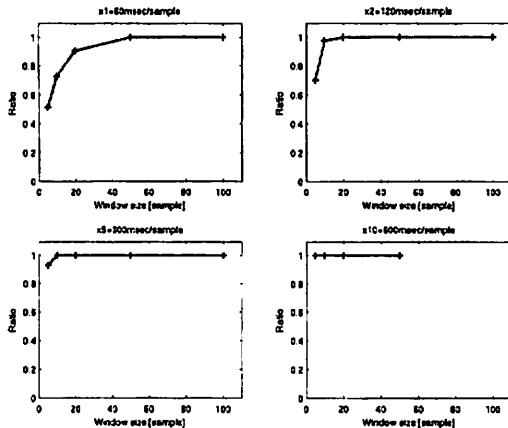


図 12: 飽和ウィンドウサイズが小さくなるケース (ダンベル; 左上: オリジナル, 右上: 2 倍), 左下: 5 倍, 右下: 10 倍)

現時点ではこれらの違いを決定づける要因は見いだせていない。この傾向が重要となるのは、センサシステムを途中で別のものに変更する必要が生じ、その際にシステムの仕様上、サンプリング周波数を変更できないような場合に適切なウィンドウサイズを見積もる必要が生じた場合である。

4.5.4 不正解時の差分

図 13 に正解時と不正解時の相関係数の差分 (の平均値) のウィンドウサイズとの関係を示す。これは、図 9 のダンベルの例に対応しており、正解時にはもちろん差分 (Difference) は正となっている。そして不正解時はこの値が負になっていることを意味しているが、比較的小さな誤差となっていることが分かる。すなわち、ウィンドウサイズ 5 では正解率は 52%であるが、48%の不正解の平均の差分は 0.077 である。さらに 10 のケースでは「不正解率」は 28%であり、平均の差分は 0.016 である。これらは取り得る最大の差分が 1.0 であることから 1%未満の差ということになり、誤差と見なすこともできる。しかしながらこれを誤差と見なして再計算を行う場合には、4.5.1 で述べたようにシステム複雑になる。

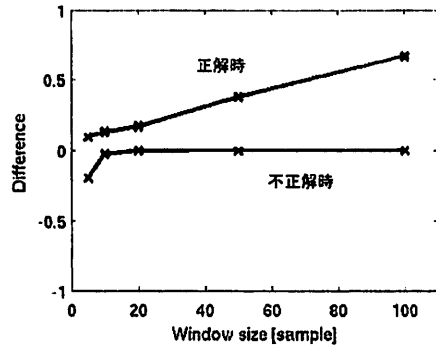


図 13: ダンベルにおける正解時と不正解時の相関係数の差分

4.6 保有場所の判定のための基礎実験

相関係数を用いた運動度合いの評価を物体の位置特定に応用することを考える。ここでは携帯電話を取り上げ、特定個人が所有していることが予め分かっている場合に、その所有 (保持) 場所を知ることとする。センサノードは携帯電話、右手首、手提げ鞆 (または左手首)、右太ももに装着されており、被特定物である携帯電話とその他の 3 カ所間で計算される相関係数の中で最も大きいものを算出した部位 (の近く) に携帯電話が存在することとする。

手提げ鞆の中に携帯電話が入っている状態で歩行をしている場合には、92.3% (= 24/26) の割合で鞆が最も強い相関を示したとして正しい答えを得た。また、手提げ鞆のかわりに左手首にセンサを装着して、右手で携帯電話を持ち歩行した場合には、95.5% (= 21/22) の割合で右手を保持場所として正解した。なお、いずれの場合もウィンドウサイズは 50 (= 約 3 秒) である。

本手法が歩行時の帯同物の場所を知るための技術として使用可能となるには、未だ課題が存在する。すなわち、1) 着席や起立時など静止状態では相関係数が算出できないこと、2) 相対的な判定となるためにセンサが多く身体に装着されていれば、その分誤判定の可能性が高まることである。

5 関連研究

SmartITs プロジェクト [7] において、コンテキストの近さによる汎用的なグルーピングの概念が提案され、ドアノブと手首の動きの近さを用いた「ドアの開閉」というアクセス制御が例として上げられている [1]。また、Smart-ITs Friends[4] は、近接するモバイルデバイス間の通信を動的に確立する手段として「ひとまとめにして振る」ことで動作パターンの近いものを識別している。コンセプトとしては近いものの、明示的に振ることと自然な使用の中で連動するのとは困難の度合いが異なると思う。さらに同文献ではそ

のアルゴリズムや「近さ」の指標については明らかに
なっていない。

Lesterらはコヒーレンス関数と呼ばれる周波数領域での相関の測定を用いて、2つの加速度センサが搭載されたデバイスが同一人物により運搬されているかを判定するアルゴリズムを開発している[5]。そして、歩行時の8秒分のウィンドウにより同一部位での所持を100%の割合で判定している。この例のように所有の有無といった状態取得であれば8秒のウィンドウサイズは大きな問題とならないかも知れないが、サービス開始の契機とするためには遅延が大きいと考える。そしてわれわれの手法では3秒程度でほぼ100%の正解率を得ることができる。

さらに、Berchtoldらは両足に取り付けた合計20個の加速度センサの値の相関からノード間のトポロジカルな関係を抽出している[2]。相関係数を用いることで事前の登録を必要としない例として興味深い。

6 まとめ

本稿では、相関係数を用いたモノの利用者(またはあるユーザが使用しているモノ)の判定のための特徴量の特性を検証した。8種類の相関係数のバリエーションを検討し、正解率と常時算出可能性の点で9通り(=3軸×3軸)のペアの中で最大の相関係数を当該人物とモノの間の関連度合いとして用い、これを近傍の他者の値と比較することが良いとした。

また、使用方法における周期性の有無や周期の長短などの特徴を持つモノに対しても、ウィンドウサイズまたはサンプリング間隔と正解率の関係は比較的似ていることを確認した。さらにウィンドウサイズは50程度とれば2者択一の判定においては100%の正解率を得られることも確認した。これは約3秒に相当する時間であり、モノの使用を契機にサービスを開始するような用途ではほぼ限界の値であると考え、モノの使用状況のモニタリング程度の緩やかな条件下では、ウィンドウサイズをより大きくとることができ、非常に高い精度の関連づけを行うことができると考える。また、本手法をモノの保有場所を知るための手段としての利用可能性について検証した。携帯電話などの通知メディアの保有場所に応じた通知方法を決定するといった用途にも利用できると考える。

既報[11]にあるようにシステムの基本部分は既に実装済みである。今後、本論文で有効性が明らかになった相関係数の特徴量を用いて実システムでの評価を行う予定である。

参考文献

[1] Antifakos, S., Schiele, B. and Holmquist, L. E.: Grouping Mechanisms for Smart Objects Based On Implicit Interaction and Context Proximity, *Adjunct Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2003)*, pp. 207-208 (2003).

- [2] Berchtold, M. and Laerhoven, K. V.: Real-time Analysis of Correlations Between On-Body Sensor Nodes (with Topological Map Architectures), *Proceedings of the 2nd International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN 2005)*, pp. 27-32 (2005).
- [3] Fujinami, K. and Nakajima, T.: Sentient Artefact: Acquiring User's Context Through Daily Objects, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Ubiquitous Intelligence and Smart Worlds (UISW2005)*, LNCS 3823, pp. 335-344 (2005).
- [4] Holmquist, L. E., Mattern, F., Schiele, B., Alahuhta, P., Beigl, M. and Gellersen, H.-W.: Smart-Its Friends: A Technique for Users to Easily Establish Connections between Smart Artefacts, *Lecture Notes in Computer Science (UbiComp2001)*, Vol. 2201, pp. 116-22 (2001).
- [5] Lester, J., Hannaford, B. and Borriello, G.: "Are You With Me?" ? Using Accelerometers to Determine if Two Devices are Carried by the Same Person, *Proc. Int. Conf. Pervasive Computing (Pervasive 2004)*, pp. 33-50 (2004).
- [6] Nordic Semiconductor: Web site. URL: <<http://www.nvlsi.no/>>.
- [7] The Smart-ITs project: The Smart-ITs. URL: <<http://www.smart-its.org/>>.
- [8] University of Karlsruhe: Particle Computer. URL: <<http://particle.teco.edu/>>.
- [9] ZigBee Alliance: ZigBee Home Page. URL: <<http://www.zigbee.org/>>.
- [10] 藤波香織, Kawsar, F., 中島達夫: 知的空間構築における日常物の意義と課題, 情報処理学会研究報告 2005-UBI-9, pp. 1-4 (2005).
- [11] 藤波香織, Pirttikangas, S., 中島達夫: ウェアラブルセンサと知的日常物の連携によるユーザ特定, 情報処理学会研究報告 2006-UBI-11, pp. 7-14 (2006).