

データ品質評価フレームワークを用いた ライフログ解析アプリケーションの入力データ品質評価

山下 暁香^{†1} 岩木 紗恵子^{†1} 小口 正人^{†1}

近年、データ収集技術の発達とデータ蓄積のためのストレージの大容量化により、人の行動をデジタルデータとして記録するライフログの実現は、以前と比べ格段に敷居が低くなった。これを受け、収集したデータを用いた様々なライフログ解析アプリケーションが開発されてきた。しかし、これらのライフログ解析アプリケーションに対して、入力データの品質についての考慮はあまりされてこなかった。そこで、本研究では、入力データの品質がアプリケーションに与える影響を評価するために、「データ品質評価フレームワーク」を定義し、このフレームワークを用いてライフログ解析アプリケーションにおいて、入力データの品質が様々なアプリケーションに与える影響について議論する。

The input Data Quality Evaluation of Lifelog Analyzation Application with Data Quality Evaluation Framework

AKIKA YAMASHITA,^{†1} SAEKO IWAKI^{†1}
and MASATO OGUCHI^{†1}

Recently years, thanks to the development of the technology of collecting data and large capacity of storage for store data, realising lifelog which is to memorise life of people as the digital data became much easier than before. As a result, various lifelog analyzation applications with these collected data was developed. However, the quality of input data of these applications had not much been considered for these life log analyzation application. Then, in this study, for evaluate what influence will be given to application by various quality of input data, we defined "Data quality evaluation framework", and showed the influence to application caused by various quality if input data.

1. はじめに

近年、カメラ、携帯電話、GPS といった画像や位置、加速度等の情報を記録できる端末、PC 等のネット上の行動履歴を記録できる端末などの情報記録端末の発達の小型化、高性能化により、技術的にデータ収集が容易になった。また、ストレージの大容量化により、個人がTBクラスのストレージを持つ事が十分可能となり、さらには、インターネット上のストレージサービスなどにより、無料、もしくは低廉で大量の情報を蓄積、検索、共有することができるようになった。記録された一つ一つの情報は各種データベース間の連携を通じてマッシュアップする事で様々な価値が生まれる。

このデータ収集技術とストレージの発達により、ライフログの実現は以前と比べ格段に敷居が低くなったと言え、これを受け、様々なライフログ解析アプリケーションが開発されてきた。しかし、これらのライフログ解析アプリケーションに対して、収集された入力データの品質についての考慮はあまりされてこなかった。そこで、本研究では、様々なセンサが存在する空間を想定し、入力データとなるセンサの品質がアプリケーションの動作結果にどのような影響を与えるのかという事をアプリケーションの立場から定量的に評価する。

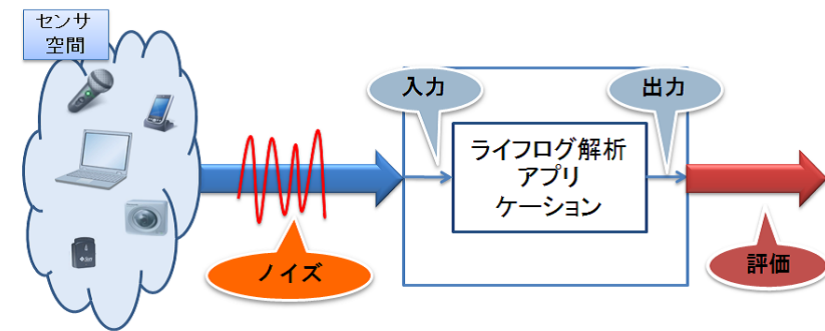


図1 研究目的

つまり、図1のように、様々なセンサが存在する空間において、センサによって収集された動画データや加速度データや音声データなどを入力とし、入力データに何らかの理論的な

^{†1} お茶の水女子大学
Ochanomizu University

処理を与えることで、情報解析した結果を出力するライフログ解析アプリケーションがあるとする。この時、入力データにコマ落ちやノイズなど、品質に問題がある時、アプリケーションの出力結果に影響するのかどうかを考える。例えば、入力データに多少のコマ落ちやノイズがあったとしても、出力結果が変化しない場合は、アプリケーションに影響がないという事である。上で述べた「アプリケーションの立場からの定量的な評価」とは、どの程度のノイズがあればアプリケーションの出力結果に影響するのか、もしくは、アプリケーションの出力結果を正しく保つためには最低限どれだけのデータ品質が必要なのかを評価するという意味である。

2. データ品質評価フレームワーク



図2 データ品質評価フレームワーク

本研究では、入力データの品質がアプリケーションに与える影響を定量的に評価するために「データ品質評価フレームワーク」(図2)を提案し、これを用いて、センサ空間において、入力データの品質の差がアプリケーションに与える影響を評価する。ここで言うデータの品質とは、加速度センサの取得間隔や、動画の画質、fps、解像度などの事である。

データ品質評価フレームワークとは、下層から順に「データ収集」層、「データ処理」層、「情報解析」層の3層で構成されている。「データ収集」層には、ライフログ解析アプリケーションで解析に利用されるセンサを適用し、「データ処理」層には、センサからの入力データをそれぞれのノードとし、これらのノードの集約や処理方法を適用し、「情報解析」層に

は、「データ処理」層から渡されたノードの判定結果を適用する。

なお、それぞれの層に適用するノードの数は自由であり、また、3層は互いに独立なので、1層のみを他の物に変換することも可能である。

3. 研究概要

本研究では、「人の行動を言語化するアプリケーション」¹⁾に対して、データ品質評価フレームワークを確立し、このフレームワークをライフログ解析アプリケーションの中で利用できるように他のシステムに適用して、それぞれのアプリケーションの動作の評価と入力データ品質の評価を行った。他のシステムの具体例としては、顔検出システムの評価を行った。

3.1 人の行動を言語化するアプリケーション

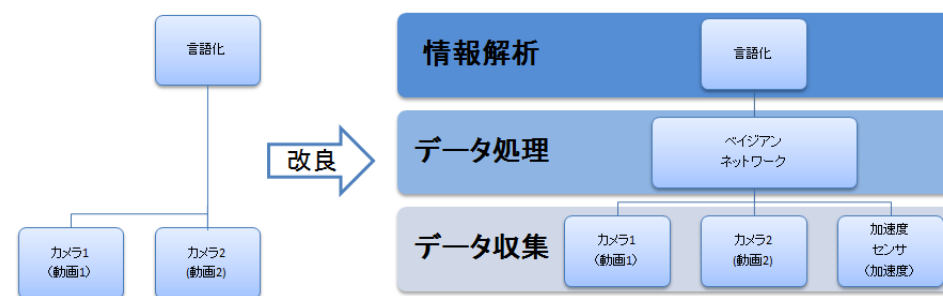


図3 アプリケーションの改良とデータ品質評価フレームワークの確立

まずは、お茶の水女子大学小林研究室で開発された「人の行動を言語化するアプリケーション」¹⁾を図3のように以下の3点を改良する事で、言語化の精度を上げた。

- 「情報解析」層：言語化の対象となる行動数を増加
- 「データ処理」層：ベイジアンネットワークを適用する事で判定処理を理論的に裏付け
- 「データ収集」層：動く物体に加速度センサを取付け、動画データの時刻と同期

それぞれの処理を3層に適用し、データ品質評価フレームワークを確立した。本論文では、改良後のアプリケーションに対して、言語化対象となる行動の数と言語化の精度の関係

を示し、入力データである動画データの fps と加速度センサデータの取得コマ数をデータ品質とし、品質の劣化が言語化の結果に及ぼす影響を示した。

3.2 顔検出システム



図4 顔検出システムにデータ品質評価フレームワークを適用

顔検出システムをデータ品質評価フレームワークに適用した場合は図4のようなになる。このフレームワークに対しては、画像と動画の解像度、ボヤけ具合、ブレ具合を入力データの品質として、顔検出の結果に与える影響、また、正しく顔が検出されるための最低の品質と、品質劣化が検出率に及ぼす影響を示した。

4. 開発環境

4.1 人の行動を言語化するライフログ解析アプリケーション

プログラムの開発は、Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition を用いて、C 言語で行い、画像ストリーム処理は OpenCV を用いた。画像ストリーム撮影用のネットワークカメラは Panasonic BB-HCM715 (最大 130 万画素、有線・無線 LAN 対応)⁶⁾ を使用した。

4.2 加速度センサ端末



図5 加速度センサ端末 SunSPOT

加速度データの取得には、図5で示すサン・ラボで開発された無線センサネットワークデバイス SunSPOT⁴⁾ を加速度センサ端末として用いた。加速度、温度、照度センサと8個のLEDが搭載されており、Javaプログラミングにより制御可能であり、Javaの開発環境は Net Beans IDE 6.5.1 である。SunSPOT 端末にはベースステーション用端末と計測用端末があり、ベースステーション用端末は PC と USB 接続して使い、計測用端末は物体に取り付けてベースステーション用端末と無線通信を行う。また、1台のベースステーション用端末に対し、複数台の計測用端末を同時に用いるマルチ通信が可能である。

4.3 実験住宅 OchaHouse



図6 実験住宅 Ocha House

本研究では、データ品質の評価の予備実験を行った後、実環境である実験住宅 OchaHouse⁵⁾ で収集した実データについて評価実験も行った。OchaHouse とは、お茶の水女子大学ユビキタスコンピューティング実験住宅の事で、人間の生活に身近な住宅において、人間と情報環境が調和に相互作用を行うための基盤技術の開発を目的とし、お茶の水女子大学理学部情報科学科、生活科学部が中心となって研究に利用している。

5. 人の行動を言語化するアプリケーション

5.1 動作

人の行動を言語化するアプリケーションとは、2つの異なる角度に設置された2台のネットワークカメラによって撮影された動画データの毎フレームに対して画像処理を施すことで、動画の中で人が行った行動を言語化するものである。例えば、図7のように、「人がドアを開ける」という行動をしている動画を入力データとしてシステムに与えると、情報解析の結果として「人がドアを開ける」という言語化が行われる。

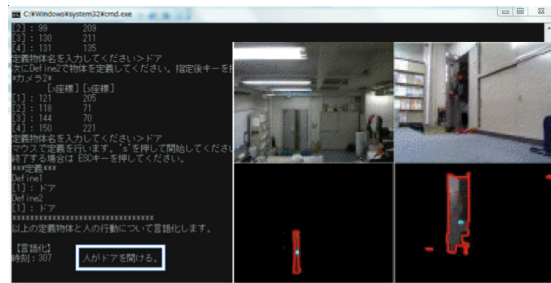


図7 人の行動を言語化するアプリケーションの動作

5.2 アプリケーションの改良

先行研究²⁾³⁾で、この既存のシステムについて評価実験が行われた際の課題として、「誤判定が多く、加速度センサの必要性あり」という事が挙げられたため、本研究では、まず、既存のアプリケーションに対して3.1節のような改良を加えた、改良後のアプリケーションの実行環境を図8に示す。

拡張後のアプリケーションは、図8に示すように異なる角度に設置された2台のネットワークカメラ⁶⁾と定義物体に取り付けた加速度センサ端末SunSPOT⁴⁾から得られる動画データと加速度データを時刻によって同期し、それぞれをノード1、ノード2、ノード3として、バイジアンネットワークにより処理を行い、条件を満たした場合のみ人の行動を言語化をして、ユーザに言語化結果を提供する。

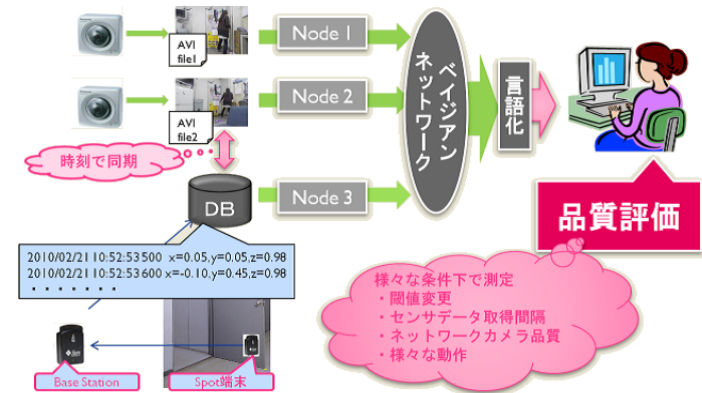


図8 改良後のアプリケーションの実行環境

5.3 データ収集層

データ収集層における入力データの処理方法について説明する。

本アプリケーションでは、カメラによって取得した動画データと加速度センサによって取得した加速度データを入力データとしている。

動画データの処理では、1フレーム毎に、現在のフレームと初期フレームの差分の輪郭(図7赤線枠)を抽出し、その輪郭で囲まれた部分の重心(図7赤線枠内の青点)を求めている。輪郭は動く物体(人)、重心は人の重心と解釈される。そして、この重心が予め定義した物体(ドアなど)と重なる回数を数え、この回数が閾値を超えるかどうかの情報を上にある「データ処理」層に渡す。

加速度データの処理では、時刻順に取得した加速度データの x 軸、 y 軸、 z 軸のそれぞれの値の変化量が閾値を超えるかどうかの情報を上の「データ処理」層に渡す。

アプリケーションにおいて、ユーザは、以下の3種類の閾値を調節することで、言語化の積極性を変更できる。

- (1) 閾値1: 動画データにおいて、重心が定義物体と何度重なったらビットを立てるか
- (2) 閾値2: 加速度データにおいて、連続する2つの時刻の加速度の変化量がいくつを超えたらビットを立てるか

(3) 閾値3：閾値2のビットが何回連続したら、ビットを立てるか

このように、3つの閾値によって処理されたビットの情報は上の層の「データ処理」層に渡される。

5.4 データ処理層と情報解析層

「データ処理」層において、下の「データ収集」層から渡されたビットをどのように処理するかについて説明する。

「データ処理」を理論的に裏付けるために、カメラ1とカメラ2と加速度センサの合計3つのビットは、ベイジアンネットワークのモデルに基づいて処理した。ベイジアンネットワークとは、因果関係を条件付き確率で記述し、結果から原因を予測するグラフィカルモデルである。図9に示した通り、結果ノードである T_1, T_2, T_3 と原因ノードである D_i に対し、与えられたCPT (Conditional Probability Table) に従って、以下の公式を最大にする D_i が尤もらしい原因として判断される。

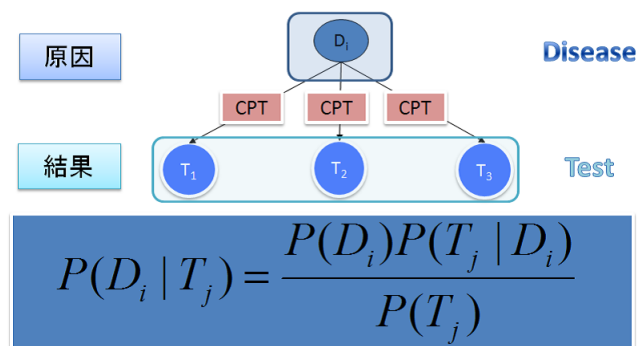


図9 ベイジアンネットワーク

ベイジアンネットワークに基づき、言語化アプリケーションをモデル化した結果を図10のようにモデル化した。

「データ収集」層から渡されたカメラ1とカメラ2と加速度センサ端末SunSPOTの3つのビット情報は、それぞれ、 R_1, R_2, R_3 となる。言語化アプリケーションのモデル化において、 R_1, R_2, R_3 はそれぞれ結果ノードであり、2台のカメラと加速度センサ端末

SunSPOTの反応を表す。 A_i は原因ノードで、人の行動を表す。

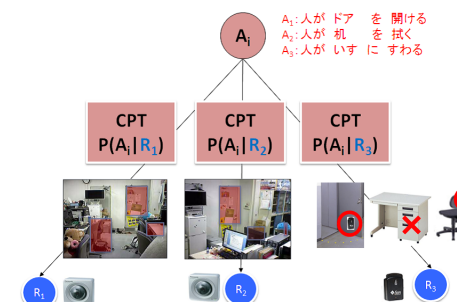


図10 アプリケーションのモデル化

まずは、以下の3つの行動を扱って、予備評価実験を行った。

- A_1 ：人がドアを開ける
- A_2 ：人が机を拭く
- A_3 ：人がいすにすわる。

予め与えられたCPTを参考に、公式

$$P(A_i | R_1, R_2, R_3) = \frac{P(A_i)P(R_1, R_2, R_3 | A_i)}{P(R_1, R_2, R_3)}$$

を最大にする A_i が尤もらしい原因と判断し、言語化する。

ただし、 $P(A_i | R_1, R_2, R_3)$ の詳しい値は必要なく、公式が最大となるときの i がわかればよいので、データ処理の計算をする時には、以下のように変形した後の公式を用いる。

$$\begin{aligned} & \underset{i}{\operatorname{argmax}} P(A_i | R_1, R_2, R_3) \\ &= \underset{i}{\operatorname{argmax}} \frac{P(A_i)P(R_1, R_2, R_3 | A_i)}{P(R_1, R_2, R_3)} \\ &= \underset{i}{\operatorname{argmax}} P(A_i)P(R_1, R_2, R_3 | A_i) \\ &= \underset{i}{\operatorname{argmax}} P(R_1, R_2, R_3 | A_i) \end{aligned}$$

なお、図10には、例として、言語化対象となる行動が3つの場合を示した。後に、言語

化対象行動数を更に増加させた場合についても述べる。

6. 言語化アプリケーションにおけるデータ品質評価実験

本研究では、アプリケーションの入力データの品質の差がアプリケーションに及ぼす影響を評価することを目的としているため、入力データである動画データと加速度センサデータの2種類のデータの品質を10段階にし(図11)、10段階のデータをそれぞれ入力データとした時に、アプリケーションにどのような影響を与えるのかを検討する。

動画データの品質については、最高の品質である10fps*1から最低の品質である1fpsまでの10段階の品質のデータを入力データとした。

加速度データの品質については、SunSPOTによって1秒間に100回程取得される加速度データをどの程度までコマ落としするかをデータの品質とする。動画データの最高の品質が10fpsなので、加速度センサデータについても、最高の品質である10回/秒から最低の品質である1回/秒をそれぞれ入力データとした。

品質が異なる加速度センサデータのグラフを図12に示した。一番上のグラフが、最高の品質である10回/秒で、下のグラフに行くほど、品質が悪くなり、グラフが粗くなって行く様子がわかる。

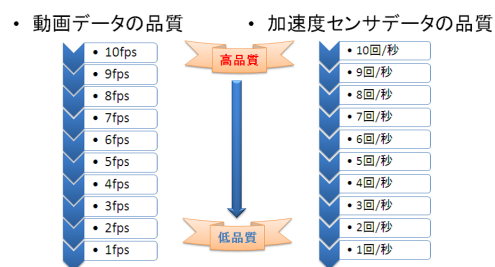


図11 入力データの10段階の品質

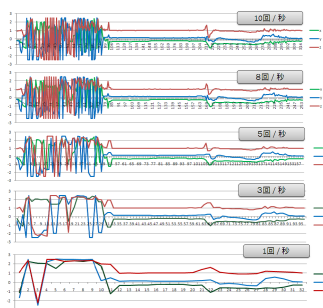


図12 加速度センサデータの品質の劣化の様子

このように差を付けた2種類の入力データに対し、以下の3つの評価実験を行い、アプリケーションが要求するデータの品質を示した。

*1 frame per second

- (1) 評価実験1: 加速度センサデータの品質を10回/秒に固定し、動画データの品質のみを下げる。
- (2) 評価実験2: 動画データの品質を10fpsに固定し、加速度センサデータの品質のみを下げる。
- (3) 評価実験3: 動画データの品質と加速度センサデータの品質を共に下げる。

7. 言語化アプリケーションの要求条件に基づく入力データの品質

7.1 2つの異なる実験環境

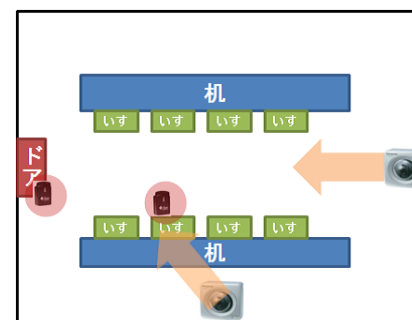


図13 予備実験

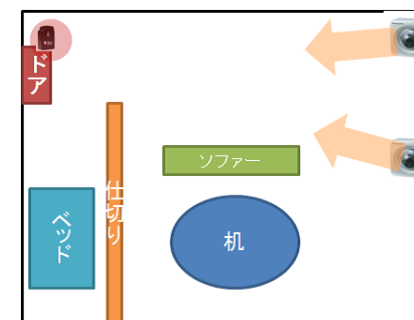


図14 実環境実験（実験住宅 Ocha House）

2つの異なる環境において6章の3つの評価実験を行った結果、環境が異なると、アプリケーションが要求する最低限の入力データの品質も異なるということがわかった。

図13の実験環境では、人の以下の一連の動作を動画データとし、加速度センサ端末SunSPOTは椅子とドアに取付けた。なお、アプリケーションが出力する言語化の結果を()中に記す。

- (1) 上側の列の机を拭く (人が机を拭く)
- (2) 下側の列の椅子に座る (人が椅子に座る)
- (3) ドアを開けて部屋を出る (人がドアを開ける)
- (4) 再び部屋へ戻ってくる (人がドアを開ける)

一方、図14の実験は、実環境である実験住宅 Ocha House にて行った。Ocha House に

図 14 のような角度で動体検知機能を設定した 2 台のカメラを設置し、実際に人が出入りする実データを記録したものを動画データ、加速度センサ端末 SunSPOT はドアのみに取付けた。図 13 とは異なり、言語化対象となる行動数は「人がドアを開ける」の 1 つのみである。

7.2 評価結果と考察

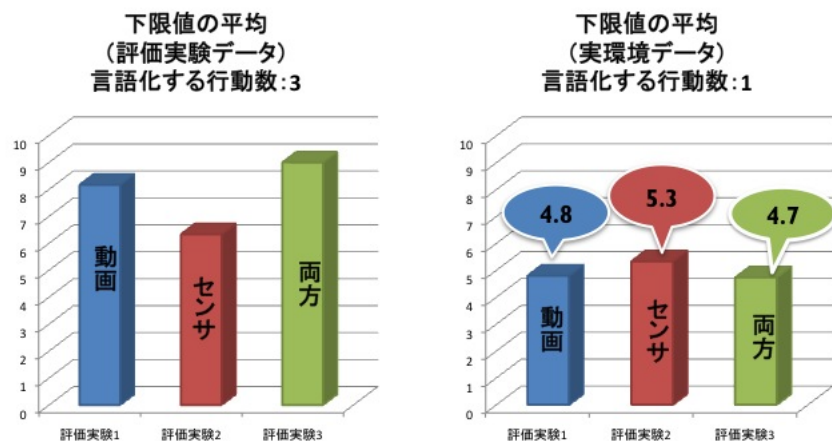


図 15 アプリケーションが要求する最低限の入力データ品質

予備実験データと実環境実験データで行った 6 章の 3 つの評価実験の結果を図 15 に示した。図 15 の左右の棒グラフは、それぞれ、数パターンの閾値 (5.3 参照) で評価実験を行った結果の平均となっている。グラフの縦軸は、入力データの 10 段階の品質であり、棒グラフの長さが長いほど、アプリケーションが正解を得るためには、高い品質を要求しており、棒グラフの長さが短いほど、アプリケーションが正解を得るのに要求する品質が低いという事を意味している。

青い棒グラフは動画データの品質のみを落とした場合、赤い棒グラフは加速度センサデータの品質のみを落とした場合、緑の棒グラフは動画データと加速度センサデータの両方のデータの品質を落とした場合のアプリケーションが正解を得るのに最低限必要な入力データの品質 (品質の下限値) を表している。

全体的に予備実験データのグラフの方が長いので、言語化対象となる行動数が多い方が、

アプリケーションの要求する入力データの品質が高品質である事が考えられるが、図 15 の 2 つの実験では、実験環境と閾値の取り方、言語化対象行動数が全て異なるので、8 章で更に詳しく評価する。また、予備実験データでは、赤い棒グラフ (要求される加速度センサの品質) が青と緑の棒グラフよりも短いのにに対し、実環境データでは、赤い棒グラフが青と緑の棒グラフよりも長い。これは、予備実験データでは、ドアといすの 2 つのみに SunSPOT を取付け、机には取付けていなかったために、アプリケーションの立場から見て加速度センサデータの品質はある程度低品質で事足り、一方、実環境データでは、SunSPOT を取付けたドアのみの言語化を行ったために、他の入力データよりも加速度センサデータの品質が重要であったという事を意味している。

8. 言語化アプリケーションの言語化対象行動数と入力データの品質

8.1 実験環境

次に、言語化アプリケーションにおいて、言語化対象となる行動数と入力データ品質の関係について考える。実験環境は図 16 に示した。

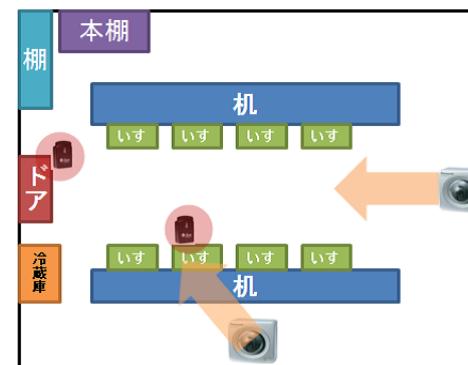


図 16 言語化対象行動数評価のための実験環境

図 16 の実験環境では、人の動作は以下ようになっており、加速度センサ端末 SunSPOT は椅子と冷蔵庫の扉と棚の扉とドアに取付けた。アプリケーションが出力する言語化の結果は () 中に記す。

- (1) 上側の列の机を拭く (人が机を拭く)
- (2) 下側の列の椅子に座る (人が椅子に座る)
- (3) 冷蔵庫の扉を開け、すぐに閉める (人が冷蔵庫を開ける)
- (4) 本棚の前で立ち止まる (人が本を探す)
- (5) 棚のドアを開け、すぐに閉める (人が棚を開ける)
- (6) ドアを開けて部屋を出る (人がドアを開ける)
- (7) 再び部屋へ戻ってくる (人がドアを開ける)

8.2 3つのパターンの閾値と言語化対象行動数

評価実験の際、正解の言語化回数とタイミングを得るためには、3つの閾値(5.3参照)の設定方法は、複数パターンある。言語化対象行動数が1-6のそれぞれの場合において、以下の3パターンの閾値とした場合を採用した場合の評価実験の結果を示す。なお、以下の3パターンの閾値は以下のようにになっている。なお、閾値パターン1と閾値パターン2については、動画データ処理用の閾値1を同じにし、閾値パターン2と閾値パターン3については、加速度データ処理用の閾値2と閾値3を同じにすることによって、動画データと加速度データのどちらの閾値の取り方がより影響するのかを評価できるようにした。

- (1) 閾値パターン1: (閾値1, 閾値2, 閾値3) = (20, 0.2, 3)
- (2) 閾値パターン2: (閾値1, 閾値2, 閾値3) = (20, 0.4, 1)
- (3) 閾値パターン3: (閾値1, 閾値2, 閾値3) = (25, 0.4, 1)

まずは、言語化対象行動数を1から6まで順に増やして行った時、言語化アプリケーションが正解を得るのに要求される最低限のデータ品質の行動毎の移り変わりを調べた。閾値パターン1から3を実行した結果を以下のグラフに示す。言語化対象行動数が2以上の時については、全ての組み合わせについて評価した。

● 言語化対象行動数が1の時

まず、閾値パターン1(図17)では全体的に高い動画データの品質が要求されるが、閾値パターン2(図18)と閾値パターン3(図19)では、動画データと加速度データの双方の品質落とした時のみ、ある程度高いデータ品質が要求され、動画データと加速度データ個別の品質については、「ドア」の言語化以外は、高々3程度の品質で十分であるという事がわかった。

また、加速度センサ端末 SunSPOT が付属している「いす」、「冷蔵庫」、「棚」、「ドア」の言語化の際には、加速度データが他よりも高い品質を要求される。

一方、いずれの閾値パターンの場合についても、「ドア」の言語化は高い品質が必要であった。これは、アプリケーション解析の立場から見れば、「ドアを開ける」という行動の言語化は、動画データも加速度データも明確な判断がしにくく、他よりも難しいと言う事である。

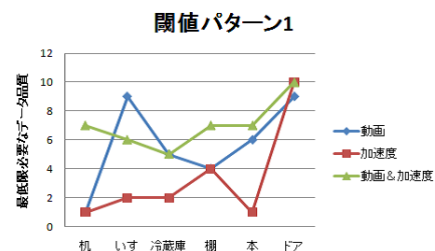


図 17 必要なデータ品質 (言語化対象行動数 1, 閾値パターン 1)

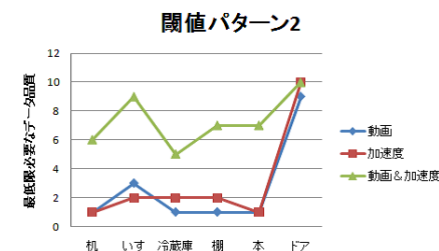


図 18 必要なデータ品質 (言語化対象行動数 1, 閾値パターン 2)

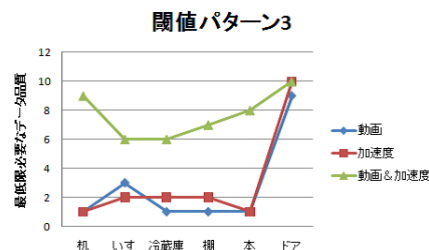


図 19 必要なデータ品質 (言語化対象行動数 1, 閾値パターン 3)

● 言語化対象行動数が2の時

言語化対象行動数が1の時と同様、閾値パターン1(図20)の時の最低限のデータ品質の移り変わりは、閾値パターン2(図21)と閾値パターン3(図22)とは異なり、閾値パターン2(図21)と閾値パターン3(図22)のグラフはほとんど同様に変化を示している。

閾値パターン2(図21)と閾値パターン3(図22)の両方において、要求される動画データと加速度データ個別の品質は、ほとんど2程度であるが、それと比較して、「ドア」の言語化が入っている時は、6程度の高い品質が要求される。これは、「ドアを開ける」という行動の判定の難しさの為であると考えられる。

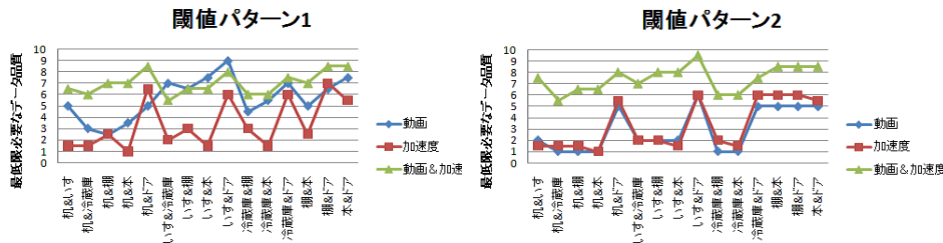


図20 必要なデータ品質
(言語化対象行動数2, 閾値パターン1)

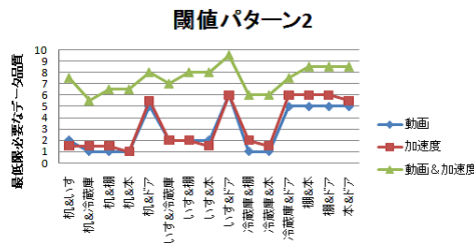


図21 必要なデータ品質
(言語化対象行動数2, 閾値パターン2)

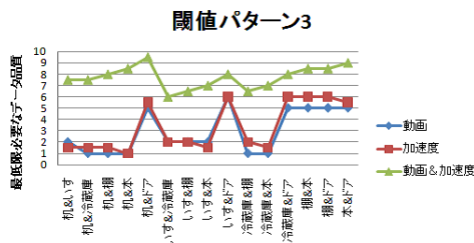


図22 必要なデータ品質
(言語化対象行動数2, 閾値パターン3)

● 言語化対象行動数が3の時

言語化対象行動数が3の時も、前例と同様、閾値パターン1(図23)のみ、他の閾値パターン(図24と図25)とは異なる移り変わりをしており、動画データがある程度高い品質が要求される。また、「ドア」が組み合わせに含まれる場合は、高い品質が必要となる傾向も前と同様である。

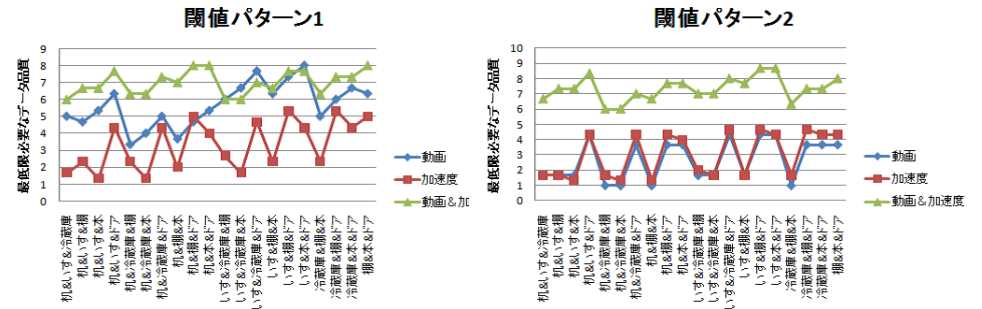


図23 必要なデータ品質
(言語化対象行動数3, 閾値パターン1)

図24 必要なデータ品質
(言語化対象行動数3, 閾値パターン2)

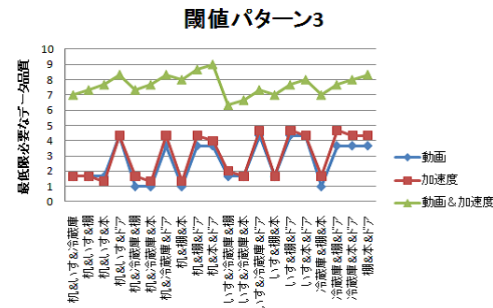


図25 必要なデータ品質
(言語化対象行動数3, 閾値パターン3)

● 言語化対象行動数が 4 の時

言語化対象行動数が 4 になると、閾値パターンが 1 (図 26) の時の動画データの変動がある程度安定する。これも前例と同様、閾値パターン 2 (図 27) と閾値パターン 3 (図 28) の傾向が似ている。

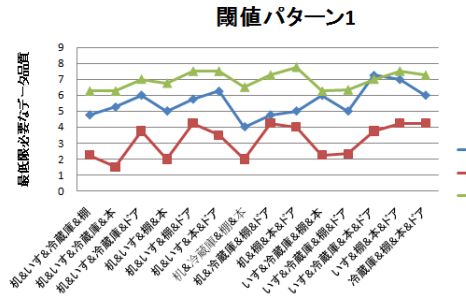


図 26 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 4, 閾値パターン 1)

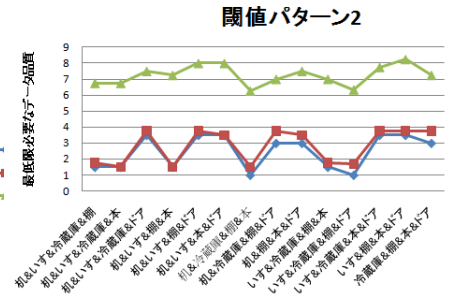


図 27 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 4, 閾値パターン 2)

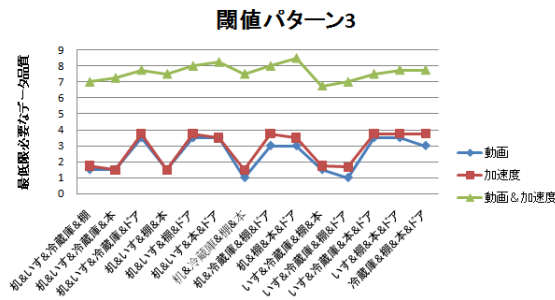


図 28 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 4, 閾値パターン 3)

● 言語化対象行動数が 5 の時

前例と同様、閾値パターン 1 (図 29) のみ、他の閾値パターンと異なり、要求される動画データの品質がある程度高品質である。また、全てのグラフがなだらかになっていくのは、ボトルネックとなっていた「ドア」の言語化が、他と平均を取る事により、目立たなくなっているためである。

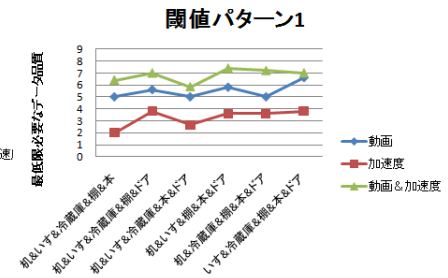


図 29 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 5, 閾値パターン 1)

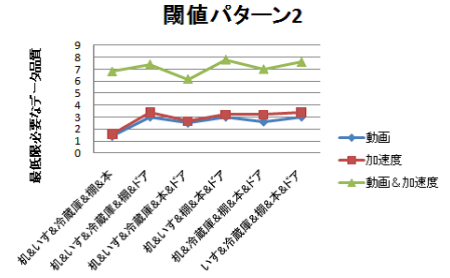


図 30 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 5, 閾値パターン 2)

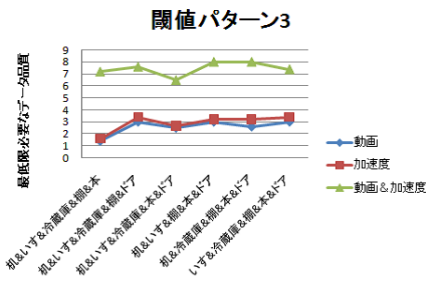


図 31 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 5, 閾値パターン 3)

- 言語化対象行動数が6の時 言語化対象行動数が6の時は、組み合わせが1パターンのみのため、グラフが折れ線ではなく点で表される。この場合も閾値パターン1（図32）が他の閾値パターンと異なっている。

ここで、言語化対象行動数が1から6の全ての場合に対して、閾値パターン1の時に他の閾値パターン2と3と異なるという結果が得られたことから、閾値の設定では、加速度データ制御用の閾値（閾値2と3）設定方法が異なると言語化の結果に大きく影響し、反対に、動画データ制御用の閾値（閾値1）の設定方法は、言語化アプリケーションの言語化の結果にあまり影響しないという事がわかる。

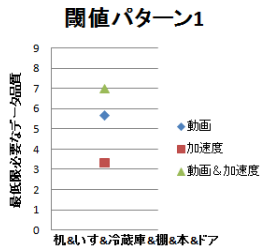


図 32 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 6, 閾値パターン 1)

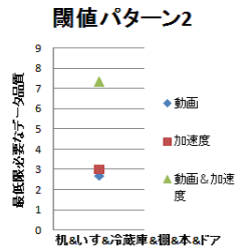


図 33 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 6, 閾値パターン 2)

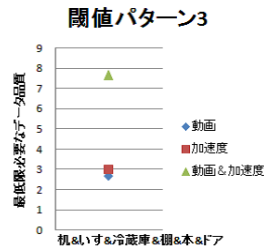


図 34 必要なデータ品質
(言語化対象行動数 6, 閾値パターン 3)

8.3 言語化正当率と最適の閾値パターン

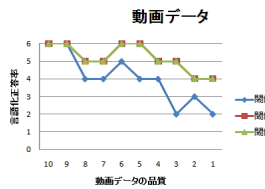


図 35 動画データの品質と
言語化正当率

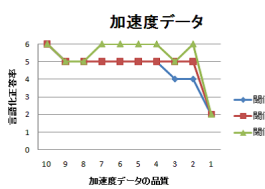


図 36 加速度データの品質と
言語化正当率

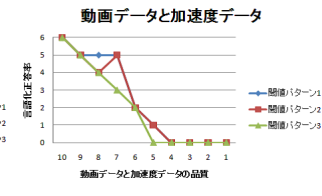


図 37 動画データの品質と
加速度データの品質と
言語化正当率

次に、動画データ、加速度データ、動画データと加速度データ両方のそれぞれの品質と言語化の正当率を図35～図37に示した。縦軸は、言語化の正当率であり、最大の正当率は6である*1。

まず、図35においては、閾値パターン1の正当率は品質が8以下になると閾値パターン2と3の場合よりも下がるので、動画データの品質の場合、最適の閾値パターンは、2と3である。次に、図36の加速度データの品質の場合においては、閾値パターン3が最適である。図37においては、閾値パターン3は最適ではないが、閾値パターン1と2と大きくは変わらない。

以上の結果より、この環境では、閾値パターン3を最適の閾値とし、ここから先の結果は、閾値パターン3の時のみについて示す。

8.4 言語化対象行動数と入力データ品質

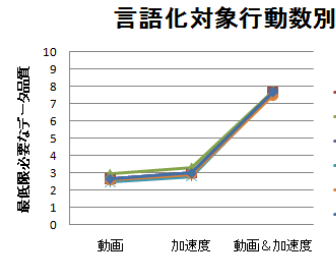


図 38 言語化対象行動数別

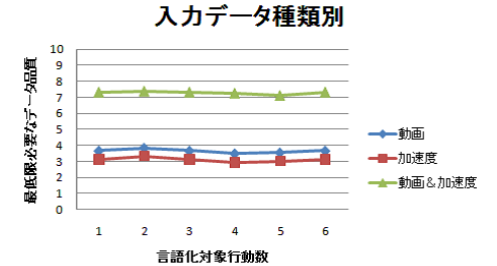


図 39 入力データ種類別

閾値パターン3の時に、言語化対象行動数と入力データの品質を示した。

図38より、言語化対象行動数1から6の場合全てにおいて、グラフがほとんど重なっているため、入力データの品質は、アプリケーションが言語化できる行動の数に影響しないという事がわかった。さらに、図39より、1-6の全ての言語化対象行動数に対して、アプリケーションが要求する動画データの品質は4程度、加速度データの品質は3程度であり、動画データと加速度データ両方の品質は7程度であるという事がわかった。

つまり、2種類の入力データである動画データと加速度データにおいて、動画データと加

*1 言語化対象行動数が最大で6であるため

速度データの双方をデータ品質は最低7程度要求され、どちらか片方のデータ品質を下げる時は、約0.5倍である3、及び4程度データ品質が要求されている。

9. 顔検出システムにおけるデータ品質評価

次に、データ品質評価フレームワークを用いて、顔検出システムにおけるデータ品質評価を行った結果を示す。

9.1 実験概要

顔検出システムには、OpenCVのライブラリに含まれているカスケード分類器^{*1}を用いた。評価実験では、まず、予備実験として、静止画像に対して以下の4種類の検出を行った。

- 画像1：顔の画像における「顔」検出
- 画像2：顔の画像における「目」検出
- 画像3：人の画像における「全身」検出
- 画像4：集合画像における「顔」検出

入力データとなる実験用静止画像は、上の4つの項目1つにつき、それぞれ10枚ずつとした。

9.2 入力データの品質

入力データの品質に差を付けるために、静止画像に対して人為的にフィルタ処理を加えた。フィルタの種類は以下の通りである。

- (1) 評価実験1：「平滑化」ぼやけた画像を想定
- (2) 評価実験2：「フィルタ処理1」縦にブレた画像を想定
- (3) 評価実験3：「フィルタ処理2」横にブレた画像を想定
- (4) 評価実験4：「解像度処理」

品質の段階については、フィルタ処理を加える画素数が多いほど、悪い品質データであるものとする。

9.3 画像の種類と要求される品質

9.1節の画像1から画像4について、正しく検出されるのに、どれほどの品質が必要かを図40～図43に示した。グラフの縦軸は、最低限必要な品質であり、下に行くほど品質が悪い。横軸は、それぞれ、実験用画像1～10を示している。

折れ線が下にあるほど、要求されるデータが低品質で事足りるという事を意味する。折れ線より、「解像度」については、ある程度高い品質が必要であり、縦ブレについては、比較的低い品質しか要求されていないという事が読み取れる。

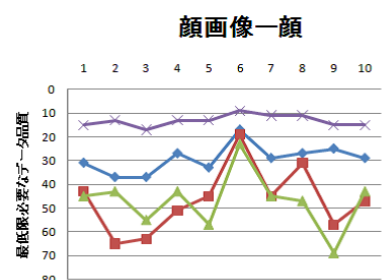


図 40 必要なデータ品質 (画像1：顔画像一顔)

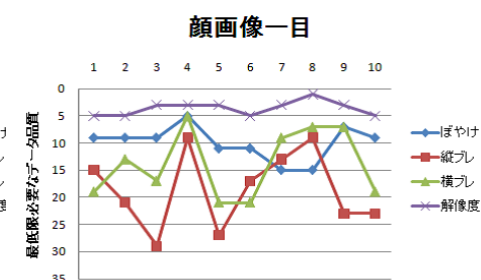


図 41 必要なデータ品質 (画像2：顔画像一目)

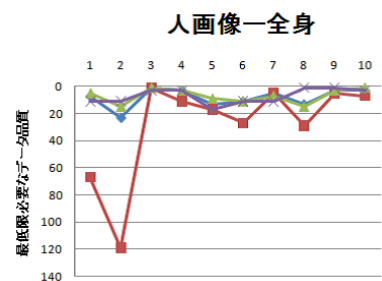


図 42 必要なデータ品質 (画像3：人画像一全身)

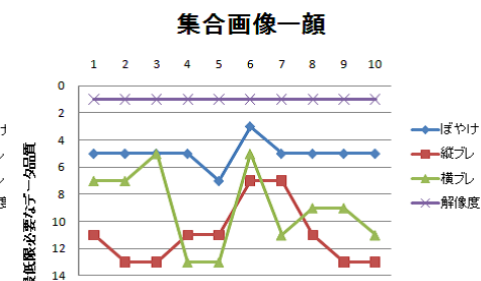


図 43 必要なデータ品質 (画像4：集合画像一顔)

*1 ⁷⁾ P.328 参照

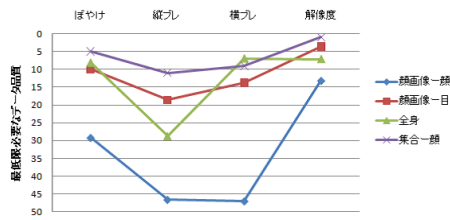


図 44 画像別の品質の平均

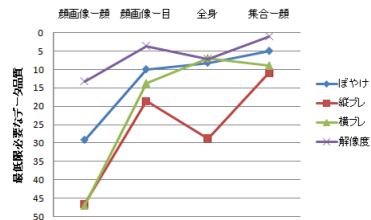


図 45 フィルタ別の品質の平均

図 44～図 45 に画像 1～4 のそれぞれ 10 枚ずつの平均を出したグラフを示す。図 44 より、どのフィルタ処理を加えた場合も、画像 1 は低品質のデータで検出できるということがわかり、図 45 より、どの画像においても、「縦ブレ」の処理に対しては、低品質の入力データで十分であり、「解像度」の処理に対して高品質のデータが要求されるということがわかった。

9.4 データ品質と検出率

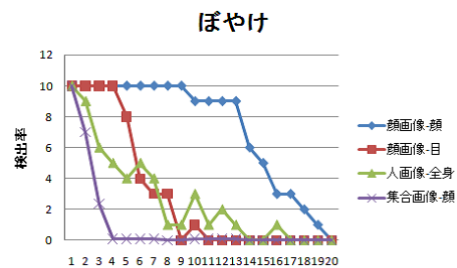


図 46 「ぼやけ」処理

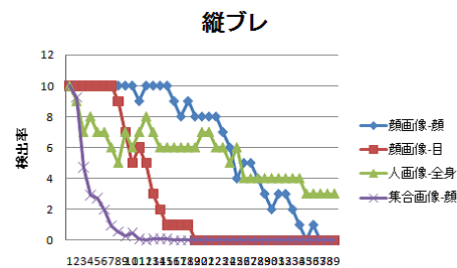


図 47 「縦ブレ」処理

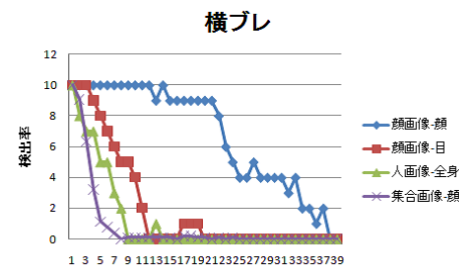


図 48 「横ブレ」処理

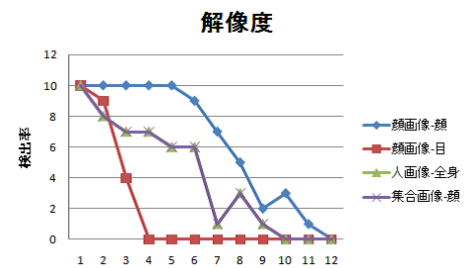


図 49 「解像度」処理

処理を加える画素数を増加させた時の検出率の上がり方を上のグラフに示した。縦軸は、検出率、横軸には処理する画素数を示した。つまり、横軸は、データ品質となり、右に行く程データの品質が悪い。

いずれの処理においても、画像 1、つまり、顔画像の「顔」の検出率は、他の物体の検出率よりも、下がり方がゆっくりであった。

9.5 動画データの入力データ品質評価における考察

次に、3種類の動画データにて、顔検出に対して、9.2節の評価実験を行った結果を（図50～図52）に示す。

- 「フレームが要求する最低限のデータ品質」

動画データの中で、正解が得られたフレームの1枚ずつに対して、9.2節の評価実験を行った結果である。グラフの縦軸はデータ品質であり、下に行く程、低品質のデータで事足りるという事を意味している。横軸は、何番目のフレームであるかを表している。

折れ線がグラフの下方まで下がる時、そのフレームについては、低品質の入力データでも検出が成功するという事を意味している。全ての動画データにおいて、4本の折れ線は、ほとんど同じ動きを示している。また、「解像度」は、他よりも高品質が要求され、「縦ブレ」と「横ブレ」による品質劣化の場合は、フレーム数によっては、かなり低品質のデータまで通用する。

- 「動画が要求する最低限のデータ品質」

それぞれのデータ品質に対し、フレーム毎の平均を取ったものである。よって、動画データ全体の要求するデータ品質となる。縦軸はデータ品質であり、横軸は、データ品質を落とすための処理の種類を表している。

棒グラフが下方に来る程、低品質のデータで事足りるという事を示しており、全体的に「解像度」による品質劣化は、検出結果に大きな影響を与え、「縦ブレ」と「横ブレ」による品質劣化は、他の品質劣化と比べると、かなり劣化しても大丈夫という事がわかった。

- 「検出率」

データ品質を落として行った時に、検出できるフレーム数の割合が減少していく様子を表したグラフである。縦軸は、検出が成功したフレーム数であり、横軸は、9.2節の処理を施す画素数の数を表している。処理を施す画素数が多くなるほど、データ品質は劣化する。

「解像度」の折れ線の下がり方が一番急なので、「解像度」の品質劣化に対して、検出結

果が一番敏感に反応する。グラフより、品質劣化が検出結果に与える影響は、「縦ブレ」と「横ブレ」、「ボヤけ」、「解像度」の順に大きくなるという事が言える。

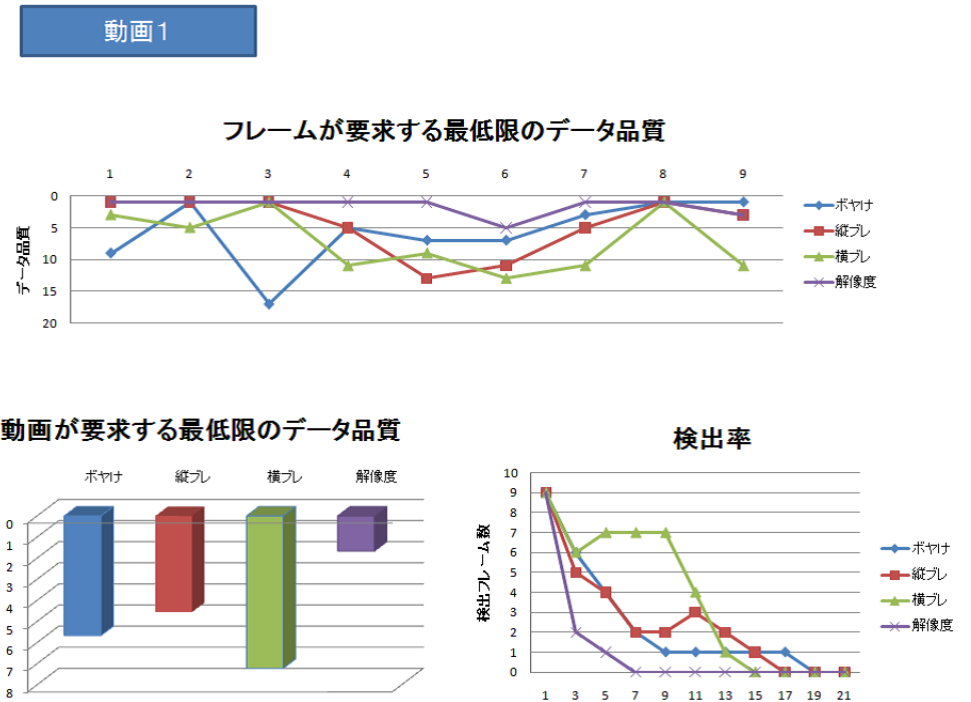
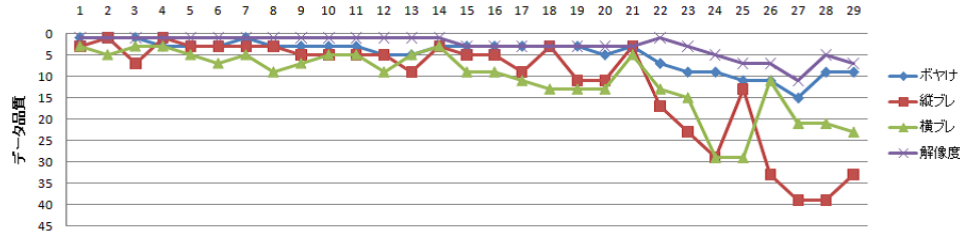


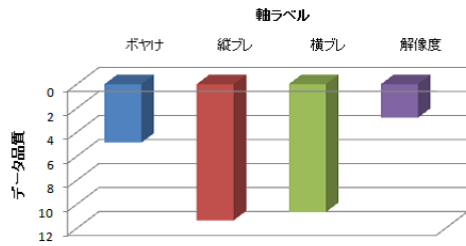
図 50 動画データ 1

動画2

フレームが要求する最低限のデータ品質



動画が要求する最低限のデータ品質



検出率

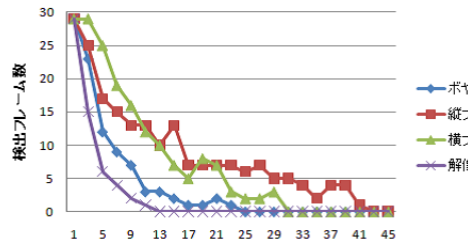
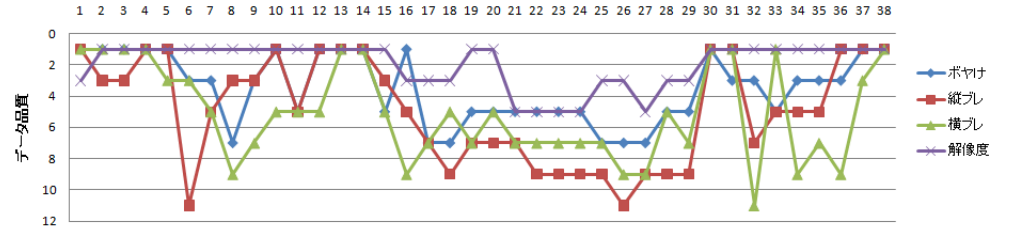


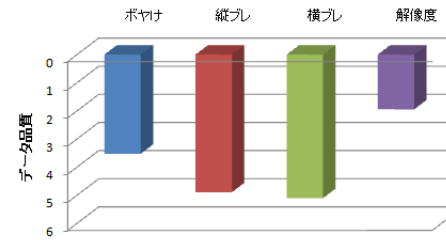
図 51 動画データ 2

動画3

フレームが要求する最低限のデータ品質



動画が要求する最低限のデータ品質



検出率

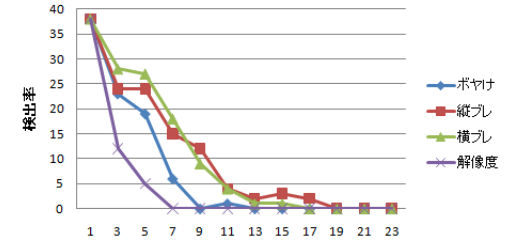


図 52 動画データ 3

10. まとめと今後の課題

本論文では、ライフログ解析アプリケーションにおいて、入力データの品質がアプリケーションの解析結果に及ぼす影響を定量的な指標で評価するために、「データ品質評価フレームワーク」を提案し、これを用いて「人の行動を言語化するアプリケーション」に対して、実環境を含めた、様々な環境でデータ品質評価実験を行い、アプリケーションが要求する入力データの品質を示した。

また、「データ品質評価フレームワーク」を顔検出システムに対して適用し、評価実験により、検出に必要なデータ品質を示した。

今後の課題としては、実環境における実データを蓄積し続け、「人の行動を言語化するアプリケーション」に対して、「データ品質評価フレームワーク」の「データ処理層」のみを他のものに変換し、データ品質評価実験を行った時、アプリケーションにどのような影響が出るのかという点を評価したい。また、音声データを入力データに加えた場合についても評価をしたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、お茶の水女子大学の小林一郎教授、小林研究室の落合恵理香さんに大変有用なアドバイスを頂きました。深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 落合恵理香, 小林一郎,
特定空間における人の行動予測モデルに基づく言語化への取り組み,
2010年度人工知能学会全国大会(第24回), 2G1-OS3-2, 2010年6月
- 2) 岩木紗恵子, 村瀬勉, 小口正人,
ライフログのためのセンサデータと画像ストリーム処理ミドルウェアの構築,
DEIMForum2010,B3-1,2010年3月
- 3) 岩木紗恵子, 村瀬勉, 小口正人,
センサデータと画像ストリームによるライフログのアプリケーションを用いたデータ品質の評価
DICOM02010,3H-5,2010年7月
- 4) サン・マイクロシステムズ-SunSPOT 無線センサーネットワークデバイス:
<http://www.jp.sun.com/products/software/sunspot>
SunSPOTmemowiki,<http://www.klab.ai.kyutech.ac.jp/yatti/sunspot/index.php?Sun\%20SPOT\%20memo\%20wiki>
- 5) OchaHouse PukiWiki,
<http://ochahouse.com/>
- 6) PLANEX CS-WMV04N:<http://www.planex.co.jp/product/camera/cs-wmv04n>
- 7) 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック制作チーム:
OpenCV プログラミングブック第2版 OpenCV 1.1 対応,