

HASC Challenge2010 : 人間行動理解のための 装着型加速度センサデータコーパスの構築

河 口 信 夫^{†1} 小 川 延 宏^{†1} 岩 崎 陽 平^{†1}
梶 克 彦^{†1} 寺 田 努^{†2} 村 尾 和 哉^{†2}
井 上 創 造^{†3} 川 原 圭 博^{†4}
角 康 之^{†5} 西 尾 信 彦^{†6}

人間行動の理解は、情報システムの究極の目標の一つである。大規模なコーパスは、行動認識の研究には大変重要であるにも関わらず、これまで研究者が利用できるパブリックなコーパスは存在しなかった。我々は装着型センサを用いた人間行動の大規模コーパスの構築を行うために、HASC Challenge2010 を開催し、20 組を超える参加者からのべ 540 名、6700 を超える加速度センサデータを収集することができた。このコーパスを HASC2010corpus と呼び、多様な目的で利用できる。

HASC Challenge2010: Construction of Wearable Accelerometer Sensor Corpus for Activity Recognition

NOBUO KAWAGUCHI,^{†1} NOBUHIRO OGAWA,^{†1}
YOHEI IWASAKI,^{†1} KATSUHIKO KAJI,^{†1}
TSUTOMU TERADA,^{†2} KAZUYA MURAO,^{†2}
SOZO INOUE,^{†3} KEISUKE KAWAHARA,^{†4}
YASUYUKI SUMI^{†5} and NOBUHIKO NISHIO^{†6}

Understandings of human activity through wearable sensors will enable the next-generation human-oriented computing. However, most of researches on the activity recognition so far are based on small number of test subjects. To overcome the situation, we have started a project named "HASC Challenge2010" to collect a large scale human activity corpus. By the collaboration of 20 teams, more than 6700 accelerometer data with 540 subjects have been collected.

1. はじめに

人間行動の理解は、情報システムの究極の目標の一つである。多様なセンサを用いて人の行動や状態、その意図を推定し、その理解が可能になれば、安心・安全のための見守りや健康・保健システム、コンテキストウェアインタフェースなど様々な高度な応用が期待できる。大規模なコーパス/データベースは、行動認識の研究の推進には大変重要であるにも関わらず、これまでこの分野で研究者が利用できるコーパスは存在しなかった。大規模なデータ収集を行うためには、大規模研究予算の獲得かもしくは、多くの方の参加による協力が必要である。我々は後者の方法を選び、装着型センサを用いた人間行動の大規模コーパスの構築を行うために、HASC Challenge2010 (HC2010) を開催した¹⁾。

HC2010 は、データやツールの共有と、センサ情報の共有・利用のノウハウ、行動認識に関する知見の向上を目的とした技術チャレンジである。そもそも装着型センサを用いたコーパスを集めるとしても、どのようなデータフォーマットを用いるか、どのようなデータを集めるか、センサは何を何個用いるかといった議論が必要であった。HC2010 の開催においては、これらの自由度を可能な限り高めると同時に、広く参加が可能な形にするために、シンプルなデータセットとすることとした。

本稿では、HC2010 の開催の経緯、開催によって得られた知見などを紹介すると共に、HC2010 を通じて構築したコーパス (HASC2010corpus) の解説や、HASC Challenge を開催するために、我々が開発した HASC Tool の紹介を行う。

2. HASC Challenge2010 開催の経緯

音声処理、画像処理、自然言語処理、といった分野においては、システムの性能向上に、大規模なデータに基づく学習やモデル構築の重要性が高いことは広く知られている。しか

^{†1} 名古屋大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Nagoya University

^{†2} 神戸大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Kobe University

^{†3} 九州工業大学工学研究科基礎科学研究系,
Graduate School of Engineering, Kyusyu Institute of Technology

^{†4} 東京大学大学院情報理工学系研究科,
Graduate School of Information Science and Technology, University of Tokyo

^{†5} 公立はこだて未来大学システム情報科学部,
School of Systems Information Science, Future University Hakodate

^{†6} 立命館大学総合理工学院・情報理工学部,
Collage of Information Science & Engineering, Ritumeikan University

表 1 HASC Challenge の経過
Table 1 Trace of HASC Challenge

時期	内容
2009.7	DICOMO2009 にて装着型センサデータベースの構築構想を提案
2009.10	HASC01 シンポジウム:データ収集方式の議論
2010.7	DICOMO2010 にて HASC Challenge 2010 の開催を発表
2010.8~11	HASC Challenge 2010 データ収集
2010.9	HASC Tutorial 開催
2010.12	HASC Challenge 2010 シンポジウム開催
2011.7~11	HASC Challenge 2011 データ収集

し、行動処理、行動理解という分野では、まだ十分な規模のデータベースは整備されておらず、個々の研究も小規模にならざるを得ない。結果として、小規模で特定の行動や分野・ターゲットを目的とした研究が散発的に行われ、実社会において十分に実用的な認識精度が出せるとは言い難い状況が続いている。我々は、行動理解においても、大規模なデータを用いた認識や評価を行うことが重要である、と考えており、そのデータ収集の方法論が重要な課題であった。

音声、画像、言語の分野でも同様の問題が存在した。これらの分野では、例えば、複数の拠点が互いにある程度の規模のデータを収集し、その集大成として、大規模なデータを取得、といった仕組みを実現している。例えば、JNAS²⁾ と呼ばれる日本音響学会の新聞記事読み上げコーパスでは、39 の機関が協力してデータベースを構築している。また、情報処理学会の音声言語情報処理研究会では、雑音下音声認識共通評価データベースとして AURORA-2J³⁾ を構築している。これは、様々な認識アルゴリズムを共通的に評価するためのデータベースであり、評価結果を示す表の形式まで統一することによって、論文間の比較を容易にしている。

我々も、HASC Challenge という枠組みを作ることにより、共通のデータ形式や動作などを用いて、共有できるデータベースの構築を目指すこととした。表 1 に示すように、2009 年の夏に提案を行い、その実施形態をシンポジウムを通じて検討した。当初は、議論を通じて、統一的なセンサや行動、センサの取付位置、サンプリングレートを定めることを検討していた。しかし、様々な研究者が様々な思惑で研究を行う場合、センサの取付位置やセンサの種別、サンプリングレートなどが、研究そのものに大きく影響する。結果として、これら

の形態を統一せず、データ形式だけを統一し、データの共有を進めることとした。

これにより、多様な参加者がそれぞれの意図を持って参画することが可能になった。また、逆に参加者側が、新しいセンサや、センサの配置、利用方法などを提案することが可能になったと言えよう。

HC2010 は結果的に 2010 年 8 月にアナウンスを行い、11 月を締切りとして参加者からデータを収集した。参加者を増やすことと、参加者の底上げを期待して 2010 年 9 月には行動認識に関するチュートリアルも開催した。新しい分野を立ち上げる際には、サンプルデータやツールと共に、チュートリアルといった機会が重要であり、これにより、研究者の裾野が広がることが期待できる。

3. HASC Challenge2010

本節では、HASC Challenge2010(HC2010)における検討事項、参加者の募集要項、および実際の参加者による結果について述べる。

3.1 HASC Challenge2010 での検討事項

HC2010 では、前節で述べたような様々な決定を行う必要があった。ここにその一部を示すとともに、HC2010 の結果について解説する。まず、当初から懸案であった以下の各事項について説明する。

- センサの種別
どのようなセンサを用いるか、3 軸加速度だけで良いのか、3 軸ジャイロや地磁気センサを用いるか。既存のデバイスを用いるか、専用のデバイスを用いるか。異なるデバイスを用いるか、統一的なデバイスで行うか、等の検討事項があった。結果として、市販されている加速度センサなら任意で利用できることとした。加速度センサ以外は、今回は利用が難しいということで収集しなかった。
- センサの計測パラメータ
サンプリングレートはどのようにすべきか。計測のレンジは、どうすべきか、等の検討事項があった。結果として、参加者が任意で定めることとした。
- センサの装着場所・数
被験者のどこにセンサを装着すべきか。また、いくつのセンサを装着すべきか、等の検討事項があった。これについても、参加者の任意で行うこととした。
- どのような行動・アプリケーションを対象とするか
センサの種別や装着場所などは、どのような応用を想定するかによって異なる。どのよ

うな行動をデータ収集の対象とするか、という検討事項があった。今回は誰もが収集しやすい、基本的な 6 種類の行動（後述）とした。

- データ形式

どのような形式でデータを保存すべきか、センサ情報や装着位置に関する情報をどのように保持すべきか、といった検討事項があった。HASC Data Format を定義し、メタデータを用いて多様なデータを保持することとした。

- データ収集手順

どのような段取り・手順・形式でデータを収集すべきか、という検討事項に対しては、今回は、学習用データとシーケンスデータという 2 種類のデータを収集することとした（詳細は後述）。

これらの検討の結果、HC2010 では、次節に示す参加要領に基づいて参加者の募集を行った。

3.2 HASC Challenge2010 参加要領

HC2010 の参加要領を以下に示す。

- (1) HC2010 は、加速度センサのみを対象とする。
- (2) 利用するセンサデバイスは、他者が入手可能な限り、自由とするが、提供・利用するデバイスの種別・スペックは事前に登録することとする。（すなわち、各参加者は、自分の使い易いセンサを利用しても良い。）
- (3) シンプルな行動 6 種類（静止、歩く、ジョギング、スキップ、階段昇る、階段降りる）を識別することを目的とし、正答率で評価する。
- (4) 被験者は各参加者毎に 5 名以上とし、各被験者毎に、各行動の 20 秒の学習用の行動データを 5 式（すなわち被験者毎に 30 式）、すべての行動が含まれた 120 秒以上の評価用のシーケンスデータを 1 式収集する（各行動が少なくとも 1 回以上含まれ、各行動は 5 秒以上継続すること）。
- (5) 参加者は互いにラベル付けを行なったデータを持ち寄り、最終的な評価を行う。すなわち、各参加者は自分で作成したデータでテスト・学習・検討を行い、他の参加者の作成したデータで最終的な評価を行う。
- (6) ラベル、データ形式、評価結果の出力形式は次節で述べる HASC Data Format で統一し、評価用のシーケンスデータのラベルは事前には渡さない。
- (7) 参加者は、評価用データを受け取り、評価結果をラベル形式で提出する。
- (8) 評価結果は、主催者側で確認する。

ここで重要なことは、HC2010 はコンテストでは無く、データ収集と情報共有が目的とし

た技術チャレンジとしたことである。もちろん行動認識の性能評価は行うが、全員が HASC に貢献する、という意識で参加してもらえることを目指した。また、収集したデータは参加者間で共有できることとした。さらに、より多くの参加者が参加可能とするために、HC2010 では、0~3 の 4 レベルでの Challenge への参加を可能とした。

- Challenge 0 : データ提供のみ
- Challenge 1 : 6 種類の行動の識別
- Challenge 2 : 階段の登り降り幅, 歩幅, 歩数といったより詳細な行動解析
- Challenge 3 : より高度な独自提案

データを利用したい参加者は Challenge 0, 識別を比較したい参加者は Challenge 1, といった具合に、それぞれの目的に合った形での参加が可能になる。

3.3 HC2010 の参加者と結果

HC2010 は、2010 年 8 月から参加登録を開始し、2010 年 11 月に終了した。結果として 6 企業、14 大学から計 24 チームの参加登録があり、21 チームが実際にデータを提供した。当初は 20 チーム程度の参加を期待していたため、期待どおりの結果となった。また、当初は 10 チーム近くが Challenge 1 への参加を表明したが、最終的には 5 チームが Challenge 1 に参加した。Challenge 2 への参加表明も存在したが、結果を提出したチームは無かった。また、Challenge 3 には 1 チームが参加し、HC2010 シンポジウムでの発表を行った。HC2010 としては、今回は初回であり、結果として参加者の多くは Challenge 0 のデータ提供のみの参加であった。その結果、被験者のべ 540 名、加速度データ 6791 ファイルのコーパス (HASC2010corpus) を構築することができた。コーパスについては次節で詳細に述べる。

Challenge 1 に参加したチームには、ラベル付け済みの学習用のデータと、ラベル付けがされていないシーケンスデータが渡された。各チームは、各々のアルゴリズムでシーケンスデータに対する行動認識を行い、ラベル付けの結果を提出した。結果として、行動識別率は最高でも 72% であり、他のチームの平均は 40% 程度であった。センサの種別や取付位置、サンプリングレートなどが異なる、他者が収集したデータの利用の難しさを改めて確認することができた。逆に言えば、センサの種別や取付位置などにロバストな識別器の高度化や評価に本コーパスの利用が期待できる。

3.4 HC2010 の反省

HC2010 では、多くのデータを集めることができたが、一方、様々な反省点も明確になった。以下、今後のために HC2010 の反省を示す。

スキップ HASC Challenge2010 では、可能な限りオーソドックスなデータ収集を行うこととした。しかし、あまりに単純では興味が低くなるため、「スキップ」という通常では、あまり利用されない行動を付加した。しかし、全体に認識率が悪いのは、実はこのスキップが悪いのではないかと、という指摘がある。スキップは人によってリズムややり方が異なることが多く、一般的な識別器の構築が難しい。また、他の研究で評価されていることも少ないため、比較も困難である。一方、スキップのようなデータを集めることはこれまでは無かったため、その識別手法に関する評価も必要であり、そのための貴重なコーパスにもなっている。

センサ取付位置 センサの取付位置を自由としたため、逆にセンサ位置を決めた評価を行う際に、データ量が十分に無いこととなってしまった。今回、すべてのデータがそろった被験者は 96 名であるが、例えば、腰にセンサを付けたデータは、67 名しか無い。大規模で標準的なデータを収集するためには、標準的な設置位置については、必須とする、という制約があってもよかったかもしれない。

シーケンスデータ また、シーケンスデータでは、120 秒という短い時間の間に、多くの行動データを入れることとなった。5 秒以上行動を継続する、という制約はあるが、行動認識を 2.5 秒の窓間隔で行っていた場合、1 つの行動として識別できる区間が 2.5 秒程度しか無いことになってしまう。一方、行動と行動の合間、例えば歩きながら階段を昇る場合などは、その移行区間をどのように扱うか、という問題が生じる。120 秒の中で 10 回行動の移行があった場合、2.5 秒の窓区間を仮定すると、少なくとも 25 秒は、移行区間に含まれて正確な認識が困難になる。すなわちシーケンス全体の 20% 以上が移行区間に含まれることになる。このような行動の移行区間をどのように扱うか、という問題も生じた。行動の継続時間をもう少し長くすべきであろう。

ラベリングの正確さ 行動のラベリングを正確に行うことは困難であり、その結果、識別率が悪くなることもあり得る。特に行動の移行部分をどのようにラベリングするかが課題である。

チュートリアルが遅れ 当初からチュートリアルの必要性は理解していたが、計画が遅れ、チュートリアルの実施時期が遅くなってしまった。そのため、余裕を持って参加してもらうことができなかった。

Tool の整備 HASC Tool は、HASC の実施と同時に開発を進めていたため、HASC Challenge 実施時には十分な機能を説明することができなかった。

要項の整備 データ収集時の説明書や、参加者に配るべき同意書、データの使用方法など、

様々な要項の準備が不十分であった。

4. HASC Data Format

HASC Challenge の開催にあたって、将来にわたり利用可能なデータフォーマットの議論を行った。これを HASC Data Format と呼ぶ。HASC Data Format として、以下のデータフォーマットを定めた。

(1) 加速度センサデータ (.csv)

加速度センサデータは、タイムスタンプ (単位は秒) と各軸のセンサデータ (加速度の単位は g 。 $1g = 9.80665m/s^2$ 、軸の順序は x, y, z) からなる、コンマで分割された csv ファイルである。このフォーマットにより、任意のサンプリングレートを扱うことが可能である。時刻情報は 0 から始まる必要は無い。例を以下に示す。

例: HASC1001.csv

```
9656.196248, -0.905609, -0.199234, 0.144897
9656.206375, -0.905609, -0.163010, 0.181122
9656.217099, -0.923721, -0.126785, 0.217346
9656.226533, -0.905609, -0.090561, 0.144897
...
```

(2) ラベルデータ (.label)

連続した行動においては、行動のラベルを付与することが必要になる。開始時刻、終了時刻、行動ラベルで表わされる。#で始まる行は、コメントであるがラベルデータは、センサデータに対する行動ラベルを付与する。ラベルデータはラベル付けの対象となるセンサデータのファイル名を示しており、HASC Tool で利用される。

例: HASC1001.label

```
#targetfile: 0_sequence/person101/HASC1001.csv
9656.196248, 9666.196248, walk
9666.196248, 9676.251, jog
9676.251, 9684.387, stay
9684.387, 9696.387, stDown
...
```

(3) メタデータ (.meta)

センサデータに関する様々な情報を保持するために「属性：値」で表現されるデータが、メタデータである。具体的には、端末種別、サンプリングレート、行動種別、被験者の性別・身長・体重、センサ位置、床や計測場所の情報などが記載される。当初は日本語での表記を行っていたが、国際化に対応するためすべて英語化した。

例：HASC1001.meta

```
TerminalType: Apple;iPod touch
Frequency(Hz): 100
Activity: sequence
Height(cm):179
Weight(kg):69
Gender: male
Shoes: mule
Floor: asphalt
Place: outdoor
SensorPosition: waist pocket
SensorMount: free
```

5. HASC2010corpus

HASC Challenge2010 を通じて収集されたデータを“HASC2010corpus”と呼ぶ。コーパスの基礎情報を表 2 に示す。なお、メタデータがすべて完全に付与され、HASC Challenge への提出データを完全に満たしている被験者は 96 名であった。データサイズは合計で 966Mbyte になる。

コーパスの加速度データにはすべてメタデータが付与されており、センサの種別、取り付け場所、被験者の性別・身長・体重や歩幅、床・靴の種別など、加速度信号に影響を与える可能性のある情報が登録されている。含まれている被験者は、体重が 40kg ~ 110kg、身長が 145cm ~ 190cm といった分布をしている(図 1)。センサの種別は 8 種類、取り付け位置は 17 種類、床は 7 種類、靴は 6 種類であった。これらの情報を用いた解析はまだ十分には行われておらず、本コーパスの活用により様々な成果が期待できる。

HASC2010corpus の整備では、集まったデータの整理を行う作業に非常に労力を要した。

表 2 HASC2010corpus の基礎情報
Table 2 Basic Information of HASC2010corpus

性別	被験者数	ファイル数
男性	89	4032
女性	12	3
不明	439	2418
合計	540	6791

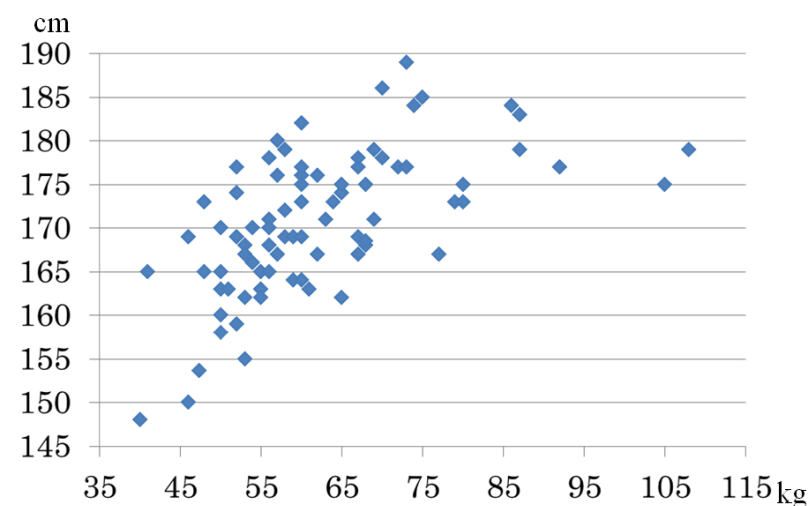


図 1 被験者の体重と身長の間相関グラフ
Fig.1 Subjects' Weight and Height

具体的には、データの問題や様々なメタデータの問題である。

以下に例を挙げる。

- 時刻情報が msec の単位で付与されている
- 時刻情報が時分秒で表現されており、10 進になっていない
- ラベル情報の表記のゆらぎ
- メタデータの表記のゆらぎ
- メタデータの抜け

- メタデータの異常（同じ被験者でも身長・体重が変化するなど）

こういったデータの整備は、地味な作業であるが、その後のデータ処理においては必要不可欠であり、データ形式のチェック用のツールの必要性を痛感した。現在では、ある程度までは次節で述べる HASC Tool を用いてデータのチェックが可能になっている。

HC2010corpus は、今後も HC2010 のデータ提出要項に従った 5 人分のデータを提出してもらえれば、誰でも利用できる。研究者や企業の皆さんにはぜひとも活用していただきたい。また、同時にこれにより、イベントではなく、継続的にデータの集約が可能になる。

6. 行動データ解析・処理ツール HASC Tool

我々は HASC Challenge を支えるためのツールとして HASC Tool を、オープンソースで構築してきた。HASC Tool は、統合開発環境の Eclipse の RCP(Rich Client Platform) を基盤として構築されており、コーパスと、その処理のための手続きを同時に管理することができる。HASC Tool には、大量のファイルを簡便に処理するための様々な機能が含まれており、行動認識処理の基礎的な研究ツールとして活用できる。図 2 は、行動認識処理の手続きを図的に表現した HASC Tool の画面である。このように、HASC Tool では、様々な処理モジュールをグラフ状に接続することにより、多様な処理が可能になっている。

また、HASC Tool を機械学習ツールの WEKA と連携させ、行動識別を可能にした。これにより、WEKA が有する様々なアルゴリズムを用いた実験が容易になる。

7. HASC Challenge 2011

HASC Challenge2011(HC2011) の開催も予定している。HC2010 の反省を生かし、HC2011 では、これまでの継続データに加え、より多様なデータの収集を目指す。

HC2011 でのデータ収集に関するアイデアを以下に示す。詳細については、現在検討中である。

- より精度の高いデータ収集：センサの位置や固定方法などを厳密に行って、精度の高い行動データを収集する。
- より実質的なデータ収集：日常行動の一部の行動データ収集を行う。
- より長時間のデータ収集：シーケンスデータの行動継続時間や合計時間を伸ばす。
- より大規模なデータ収集：より多くの参加者、被験者が参加しやすい仕組みを実現する。

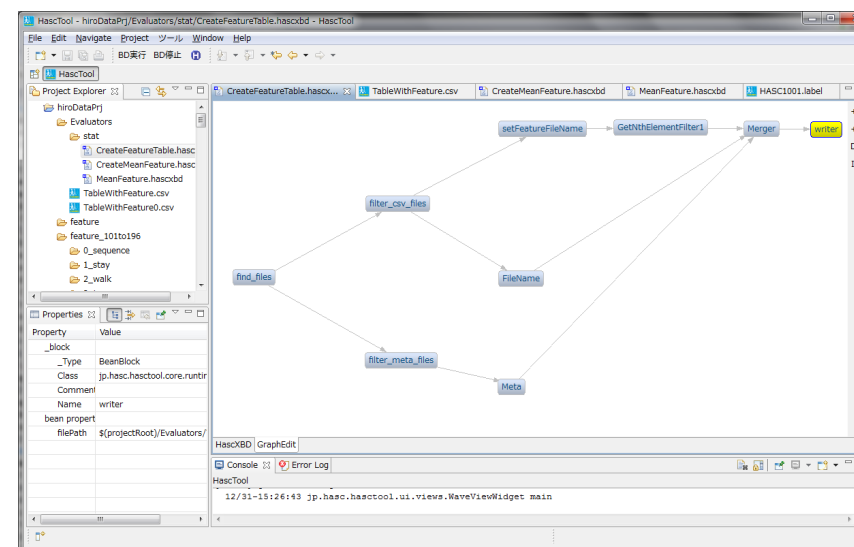


図 2 HASC Tool (グラフ編集モード)
Fig. 2 HASC Tool (Graph Editing Mode)

8. まとめ

本稿では、人間行動理解のための装着型センサを用いた大規模データベースの構築に関し、その必要性、課題を述べるとともに、昨年度実施した HASC Challenge2010 の成果を紹介した。一つの研究グループでは困難な大規模なデータ収集であっても、多くのメンバーの協力により実現することが可能になった。構築された HASC2010corpus は、メタデータ、ラベルが付与された、大規模な行動コーパスであり、今後の解析と活用が望まれる。また、HASC Tool は WEKA との接続を可能とし、様々なアルゴリズムの利用も可能になりつつある。

今年開催予定の HASC Challenge2011 においては、より多様なデータ収集の実施を目指す。今後も HASC Challenge を通して、より大規模なデータの収集と共有が進めると共に、多くの皆さんの参加を期待している。

参 考 文 献

- 1) 河川信夫. 人間行動理解のための装着型センサによる大規模データベース構築にむけて. 情報処理学会マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム (DICOMO 2010), pp.579-581(2010).
- 2) JNAS, 日本音響学会 新聞記事読み上げコーパス, http://www.mibel.cs.tsukuba.ac.jp/_090624/jnas/kaisetsu.html(2001).
- 3) 山本一公, 中村哲, 武田一哉, 黒岩眞吾, 北岡教英, 山田武志, 水町光徳, 西浦敬信, 藤本雅清, “AURORA-2J/AURORA-3J データベースとその評価ベースライン,” 情報処理学会研究報告, 2003-SLP-47-19(2003).
- 4) 小川延宏, 梶克彦, 河川信夫, HASC2010corpus を用いた被験者数と人間行動認識率の相関分析, 情報処理学会 マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム (DICOMO 2011), 1E2(2011).
- 5) Kawaguchi, N., Ogawa, N., Iwasaki, Y., Kaji, K., Terada, T., Murao, K., Inoue, S., Kawahara, Y., Sumi, Y. and Nishio, N. HASC Challenge: Gathering Large Scale Human Activity Corpus for the Real-World Activity Understandings. Proc. of ACM Augmented Human 2011, pp.27:1-27:5(2011).