

位置情報を用いた二輪車モーションセンシングデータへの 正解データ自動ラベリング手法の一提案

神村 吏^{1,a)} 木谷 友哉¹

概要：二輪車は四輪車より事故時の危険性が高いにもかかわらず安全運転支援システムが普及していない。そこで我々は、二輪車の右左折や加減速の挙動を把握することで危険な状態を判断し、二輪車の安全運転を支援するシステムを創出する研究に取り組んでいる。二輪車の車体挙動を把握するためには、モーションセンサを取り付けて取得したセンシングデータを解析する。解析は一般的に挙動の正解データを与えて機械学習を使用する。そして、新たに取得したデータがどのような挙動をしているかを判断する。そのためには、あらかじめ正解ラベルを付けた二輪車のモーションセンシングデータを用意する必要がある。センシングデータにどの挙動時のものであるかの正解ラベルをつけるには、走行時の状況を記録した映像データから手作業でつけることも可能であるが、手間が大きいため自動ラベリング手法を提案する。提案手法では、二輪車の走行時にGPSから得た位置情報を使用し、どの道路で旋回、右左折をしたかどうかを特定する。位置情報の連続する2時点の差分データから走行地点の曲率を計算し、曲率があるしきい値より大きかった地点を抜き出す。その時刻に対応する二輪車の右左折時のモーションセンシングデータを抜き出すことができ、右左折の正解ラベルをつけることが可能となる。また、GPS情報取得間隔のズレから発生する挙動データの始点のズレは、その時の速度や進行方向より補正する。結果として、同じ地点の二輪車のモーションセンシングデータから、同じ挙動を行ったものをクラスタリングでき、0.85以上の相関を持ったデータの抜き出しが可能となった。

キーワード：二輪車、センサ、行動推定、ラベル付け、学習データ作成

1. はじめに

現在、高度交通システム（ITS：Intelligent Transport System）が広く研究されている。ITSとは、情報技術を使用し道路交通における様々な問題を解決、効率化、安全化しようとするシステムの総称である。交通管理の効率化やカーナビの高機能化などの多くの研究分野が存在している。安全運転支援はその中の一つであり、人命に関わる問題を解決しようと、盛んに研究が進められている。しかしながら、これらの多くの研究は保有台数の多い四輪車を対象にしており、二輪車を考慮したITSは少ない。

二輪車の挙動は、四輪車の挙動と比べ異なる点が多い。表1に示すように、二輪車はすり抜けが可能である点や、車体を傾けて曲がる点が四輪車と異なる。これらの特徴によって、二輪車は他車から目視がされにくかったり、単独の転倒による事故が発生しやすい。さらに、二輪車は事故

を起こした場合、身を守るものが少なく重傷や死に至ることが四輪車に比べ多い。警視庁の平成22年度の統計によれば二輪車の事故時の致死率は四輪車の約2.5倍、重傷率は約5倍である[1]。

二輪車の転倒事故がよく起こるカーブにおいて二輪車の車体の傾きや、速度などの情報が収集できれば、自車と今までにそのカーブを通った他車のデータとを比較し危険な動作をしていた場合にアラートを出したり、各ライダーの技能推定をしたり、安全に走行するためのコーチングによって安全運転支援が可能となる。そこで、二輪車の旋回時や右左折時のモーションセンシングデータを収集し、二輪車の旋回時、右左折時の挙動を取得し、解析することで交通安全支援を目指す。

システムの実現可能性を考慮して、センシングデバイスとしてスマートフォンを想定する。スマートフォンは、GPS、ジャイロセンサ、加速度センサなど様々なセンサを搭載している物が多い。それらのセンサを挙動把握のために使用することで、新たなセンサの後付けコストなく車両の挙動の把握が可能になる。また、スマートフォン

¹ 静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Shizuoka University, 3-5-1,
Johoku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8011, Japan

^{a)} kamimura@aurum.cs.inf.shizuoka.ac.jp

表 1 二輪車と四輪車の特徴

比較	二輪車	四輪車
曲がり方	車体を傾けて曲がる	ハンドルを切る
すり抜け	可能	不可能
車載装置	設置可能な場所少ない	設置可能な場所多い
事故時	防御するもの無し	車体で防御
視認性	低い	高い

は二輪車の安全運転システムのアプリケーションを提供するプラットフォームとして使用することも可能であり、Apple の iOS 用の App Store[2] や Google の Android 用の Google Play[3] などのアプリケーションの配布のための流通ネットワークも整っている。そのために、全世界の人に使用してもらうことが可能となる。このシステムの使用者から収集した大量の二輪車モーションセンシングデータにラベル付けをしコーパスを作成する。このコーパスを使用し二輪車安全運転支援システムの基盤を作る研究を我々は Bikeinformatics[4] と呼称している。

二輪車の挙動を解析する時にはその挙動が何であるかの正解ラベルを付加する必要がある。大量のデータに正解データのラベルを付けるのは非常に作業量が多く難しい。人間の行動推定を行うためのコーパスを作成する HASC (Human Activity Sensing Consortium) [5] の研究でも、ラベル付けを補助する研究が存在する [6][7]。人間の行動推定では、人間の行動が多岐にわたるため、自動ラベル付けをすることは難しい。実際に、看護師の行動を推定する研究 [8] では、手洗いや看護作業など 22 個の看護師の動作を弁別している。

しかしながら、我々の想定する二輪車安全運転支援に必要である動作種類は、人間の行動推定の研究に比べ少ない。さらに、二輪車は基本的に道路上のみを走行するため、GPS からの位置情報からその一でなされる挙動は限定でき、自動でのラベル付けが可能であると考えられる。GPS の位置情報には誤差が含まれるが、コーパス作成用の二輪車モーションセンシングデータへのラベル付けでは誤差の少ないときのみデータを用いる。これらの正解ラベル付きモーションセンシングデータを用いて解析することで、精度の良い二輪車の挙動解析を目指す。今回の自動ラベル付けでは、安全運転支援を直接実現するのではなく、あくまで、挙動解析のための基となる精度の良い実験データを創出することが目的である。

2. 対象とする二輪車の挙動

現在、二輪車メーカーである YAMAHA は二輪車操作の技量の定量化に関する研究 [9] を行なっている。運転技量の評価のための指標として、ハンドル操舵の力の入り加減、車両傾斜時のスロットルやブレーキの操作、視認行動、旋回時の修正操作、車体傾斜量とフロントブレーキの操作量が有望なことが示されている。この研究では二輪車にジャ

イロセンサを取り付け、修正舵や車体の傾斜量を測定している。二輪車の旋回時の挙動を判断出来れば、二輪車ライダーが如何にして二輪車を倒しこみアクセルを開けて曲がっているかが分かり、危険な動作や修正舵をどの程度行なっているかが判断可能になる。この研究では、二輪車の特別コースを使って特殊な環境下で実験を行っている。我々の研究では、大規模な人数から実際の道路環境下での二輪車の普段使いの挙動を収集する。

本研究では、二輪車の交差点やカーブにおける挙動を収集し他の人や過去の自分の操作との違いを判断し、ライダーの技能推定や安全運転支援を行いたい。そこで、実際に道路環境下での挙動を収集する。対象とする二輪車挙動は、カーブ時と右左折時の旋回動作と右左折動作である。二輪車が旋回時にどのように倒し込まれているかを判断するためには、ジャイロセンサや、加速度センサが利用できる。さらに加減速には加速度センサを利用する。また、速度の判定には GPS による位置情報の差分が利用できる。

3. 収集したモーションセンシングデータの構造

Bikeinformatics では、二輪車について道路上の右左折や旋回などの各場面でのモーションセンシングデータデータと解析結果を集約し、二輪車のモーションセンシングデータのコーパスを作成することを課題としている。本稿では、収集したデータを二輪車の挙動解析をしやすいようにするためにデータにどの場面对応するかのラベルを付け構造化することを目的とする。

挙動の正解データのラベル付け方法は、二輪車に取り付けたビデオカメラから得られたビデオデータと、収集したセンシングデータを同期させ、動作を行った場所で収集データにラベルをつけることで手作業で行うことも可能である。しかしながら、膨大なデータが集まるセンシングコーパスに一つずつ正解データをつけていくのは困難であるため、正解データの自動ラベル付け手法が必要である。

人間の行動推定では、ラベル付けをどのようにするか課題の一つとなっている。ラベル付けが難しい原因は、人間の行動が複雑なためである。人間は動作の種類が多岐に渡り、同じような身体運動で、作業の目的が異なる。そのため、これらの収集データに自動的にラベル付けをすることは困難である。そのため、人間の行動に対するラベル付けの際に、行動の順序さえ記録して置けば、セグメント分けされたデータへのラベル付けを補完する研究 [6], [7] なども行われている。しかしながら、全自動でラベルを付けることは現在行っていない。

一方、二輪車の動作は、右左折、旋回など行動の幅が人間の動作に比べると非常に狭い。二輪車の動作のプリミティブ定義すると、姿勢が直立、右傾、左傾、加減速が加速、減速、停止、等速、スピードが低速、中速、高速、ハンドルの

切れ角が右, 左, まっすぐ, 回頭が右, 左, まっすぐというような種類に定義できる. さらに, 人間のように細かい動作は少なく, 動作が道路に則していることがほとんどである. そのため, 二輪車がどのように道路を走行したかの軌跡が分かれば, ラベル付を自動で行えると考えた. そこで, 走行軌跡の把握できる GPS によって測位された位置情報を使用して自動でラベル付けを行う手法を考案した.

4. 位置情報を用いたセンシングデータへの挙動ラベル付与

取得した二輪車のモーションセンシングデータに, 同時に取得した位置情報を用いてその場面の正解データを自動でラベル付けする方法を説明する.

4.1 センシングの対象環境と装置

本稿では, 実際の道路環境における二輪車が旋回, 右左折挙動をしている場面を判断したいため, GPS を用いた二輪車の走行軌跡情報を使用して二輪車が旋回, 右左折を行っている場所の抜き出しを行う.

Android 端末を使用し, 自作したセンシングアプリケーション [10] を用いて, 位置情報と車体のモーションセンシングデータを計測をする. モーションセンシングデータは, スマートフォンに搭載される, 3 軸ジャイロセンサ, 3 軸加速度センサ, 3 軸地磁気センサを使用してスマートフォン内蔵時計のタイムスタンプと共に 200Hz で収集する. しかしながら, API の仕様により GPS から得られる位置情報は 1 秒間隔程度でしか更新できない.

このアプリケーションを内蔵したスマートフォンを二輪車のハンドルバーにマウンタで固定しデータを収集する.

4.2 位置情報からの旋回, 右左折地点の検出

二輪車の軌跡情報から旋回, 右左折地点を検出することは, 収集した位置情報の時系列変化から曲率を求めることで可能となる. 緯度経度情報の連続する 3 時点を抜き出し, その 3 点から曲率を計算する. 曲率 ρ は半径 R の逆数で $\rho = 1/R$ である. さらに正弦定理より, その外接円の半径 R は 3 点を A, B, C とした場合 $R = |BC| \sin A$ で求められる. よって, 曲率 ρ は式 (1) で計算可能である.

$$\rho = \sin A / |BC| \quad (1)$$

この曲率を使用し, あるしきい値以上の区間を旋回または右左折地点としてラベルを付与する. 図 1(a) にある二輪車の移動距離 10m 毎の軌跡を示す. ここから, 曲率 2/km 以上の地点を抜き出した結果が図 1(b) である. つまり, 図 1(b) に示された地点が半径が 500m のカーブよりもきつい旋回をしているところを表しており, 旋回動作を行った場所の抜き出している.

さらに, 地図上の交差点の位置情報を使用することで,

交差点で曲がった時のデータだけを区別することができる. ここでは曲率が高く, 交差点の中心から 20m 以内であれば交差点を曲がったデータとして扱う. 曲がったと判断された地点を中心に前後 3 秒間の走行データをモーションセンシングデータから抜き出す. 交差点以外のカーブでの挙動はある 1 つの走行データを元に曲率の高かった位置を抜き出しそれをモデルケースにする. 2 つ目以降のデータはモデルケースで抜き出した GPS の値の 20m 以内に曲率が高い点があった場合, 同一のカーブとして扱う. カーブの位置の GPS の誤差を埋めるために, モデルケースと比較した GPS 値の midpoint をとり次回のモデルケースとすることでカーブの位置の検出精度を上げる.

4.3 同一地点での進行方向によるクラスタリング

同じ地点のデータを抜き出しても進行方向の違いで挙動のデータは全く別物になる. そこで, GPS の軌跡データから進行方向の解析しそれらの違いを切り分ける, 交差点がカーブに侵入した地点の位置データと離脱した地点の位置データの差分を取り, 方角を 90 度ずつの 4 方向に分割し進行方向によってクラスタリングする.

4.4 データ抜き出しの開始点と速度によるズレの補正

二輪車のモーションセンシングデータは二輪車の速度によって大きく変化する. 例えば, 60km/h で旋回した時と 30km/h で旋回した場合は, 旋回動作の継続時間に 2 倍の差がでる. 同じ時間範囲で切り取った場合, 図 2 のように移動距離に 2 倍の差が生まれてしまう. また, 位置データの取得間隔が 1 秒と広いことや曲率の高い点を中心としてデータを収集するために挙動データの始点と終点も図 2 のようにズレてしまう. さらに, 速度によって二輪車の車体の傾け具合も変化する. そのため, 抜き出したサンプルをそのまま集めて判断してしまうと, 挙動が得られた位置がズレてしまう. そこで, 得られた GPS の位置情報から移動距離を計算し, 移動距離でモーションセンシングデータを揃えることで, 挙動が得られた位置を同じ位置に補正する. また, 一番最初に得られたデータを基にして, 始点データを基データと比較する. 始点のデータから 2 つのデータの始点を考慮してオフセットを加えることで同じ地点での挙動を抜き出す. こうすることで, 得られた位置情報のズレと速度による移動距離の変化に対応する.

5. 評価実験

このシステムが正しく動作しているかを確認するために実験を行った. 同じ地点の旋回, 右左折動作中のモーションセンシングデータを抜き出したいため, ジャイロセンサのヨー軸に同じ箇所に左旋回, 左折であれば正の値が, 右旋回, 右折であれば負の値が取得されたデータが集まればよい. このデータを集めるために, 浜松市内の一般道にお



(a)GPS から得られた走行地点の軌跡 (図中の数値は時刻を表す)



(b) 曲率 2 以上の地点の抜き出し (図中の数値は曲率を表す)

図 1 旋回地点の抜き出し

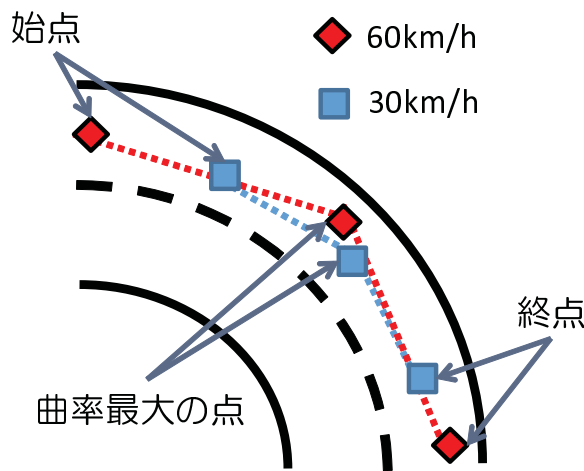


図 2 取得データの GPS 位置と速度によるズレ

ける旋回, 右左折を複数回含むモデルコースを二輪車で複数回走行しデータを集めた. そのデータを解析し正解データをつけるために旋回, 右左折を含むデータの抜き出しが可能であるのかを評価した.

Android 端末は SHARP AQUOS PHONE SH-01D を, 二輪車には YAMAHA FZ6 (600cc のスタンダードタイプ) を用いた.

曲率が 2/km を上回る地点では, 曲率の高かった位置の中心のデータと, 前後 3 秒間分である前後 600 サンプル合計 1201 サンプルが抜き出される. その時のモーションセンシングデータを図 3(a) に示す.

本稿の結果では, 文献 [10] で示した標本数 50, カイザー窓で最適化した FIR フィルタを使用しノイズを軽減している. また, 今回抜き出した結果は, 二輪車の旋回動作が判断できるジャイロセンサのヨー軸である. ここでは, 図 1(b) における曲率 15.506 の地点の 7 回分の実験データが抜き出されている. 図 3(a) では, 横軸 0.15km から 0.3km の範囲で大きく分けて正方向と負方向に 2 つの山が分かっている. これは走行を進行方向によって区別せず右旋回と左旋回を同じ地点でしているため, 同じ地点の同一動作であると判断しているのである.

表 2 データ全体とクラスタリング後のデータの相関

	クラスタリング前	南東クラスタ	北西クラスタ
各相関の平均	0.567	0.857	0.916

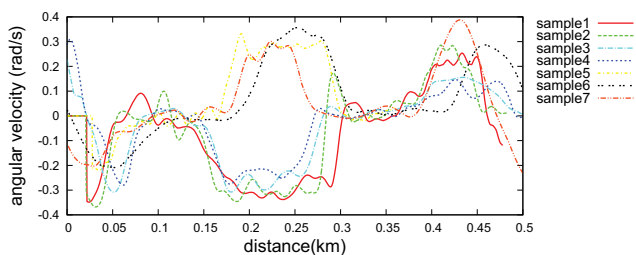
そこで, 進行方向によってクラスタリングした結果が図 4(a), 図 5(a) である. 進行方向が南東方向だった場合の結果が図 4(a) であり, 進行方向が北西だった場合の結果が図 5(a) である. ジャイロセンサのヨー軸は正方向に値が出るときは左旋回, 負方向に値が出るときは右旋回をしている. 図 4(a) では, 抜き出されたすべてのモーションセンシングデータが 0.15km から 0.3km の付近で正方向に値が出ているため, 左旋回をしていることが判断できる. また, 図 5(a) では, 抜き出されたすべてのモーションセンシングデータが 0.15km から 0.3km の付近で負方向に値が出ているため, 右旋回をしていることが判断できる. よって, 図 3(a) では, 混ざってしまっていた右旋回動作のモーションセンシングデータと左旋回動作のモーションセンシングデータを切り分け可能であることが示せた.

また, この時の方向を区別しなかった場合のモーションセンシングデータの平均である図 3(b) と, 区別した場合のモーションセンシングデータの平均である図 4(b), 図 5(b) の値を実際に得られたモーションセンシングデータとの相関を取った. 各モーションセンシングデータと平均値の相関の平均値の結果が表 2 である. クラスタリング前には低かった相関が各クラスタにクラスタリングすることで, 相関が 0.85 を超えるため非常に高い相関があるデータが収集出来たことが分かる.

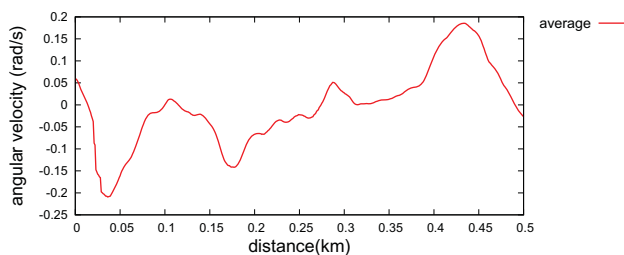
これらの結果から, 二輪車のモーションセンシングデータに位置情報から旋回や右左折のラベルを付けられることを示した.

5.1 今後の課題

今後の課題として, GPS のデータの測位誤差の問題がある. GPS による測位では測位に利用している衛星の組み合わせが, 時系列で同一の場合, 軌跡はなめらかであるが,

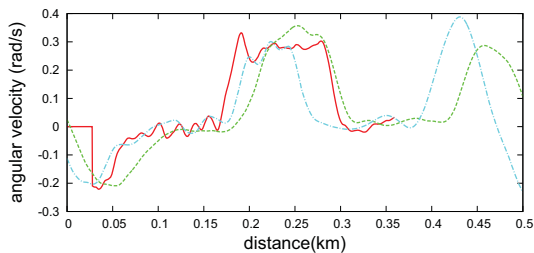


(a)7回の実験から得られたモーションセンシングデータ

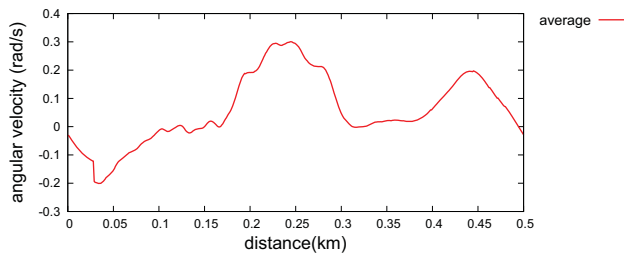


(b)各データの平均値

図3 同じ地点での抜き出しデータ

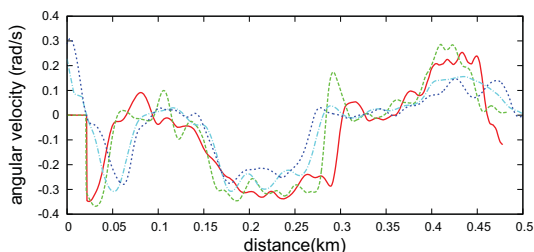


(a)4サンプルのモーションセンシングデータ

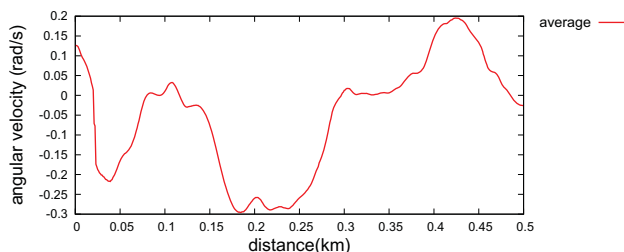


(b)各データの平均値

図4 南東方向へのクラスター



(a)3サンプルのモーションセンシングデータ



(b)各データの平均値

図5 北西方向へのクラスター

組み合わせが変化した時点で軌跡がなめらかでなくなることがある。このデータを含んだまま曲率を計算するとその地点の曲率が過大に見積もってしまい、旋回動作をしていないにもかかわらず、そこを旋回地点として抜き出してしまふ。そこで、GPS受信機から得られるNMEAデータを一緒にサンプリングすることでそれに含まれる捕捉衛星数を把握し、衛星数の増減があった地点は曲率が大きくても抜き出しをしないような対処を検討する。

6. 関連研究

6.1 人間行動センシング

近年、加速度センサから得られる加速度情報を使用し、人間の行動をセンシングしどのような動作を行っているかを推定する研究が盛んである [11][12]。これらの研究では、加速度データを収集し、正解データとしてサポートベクターマシンや分類器などに与え、新たに収集した加速度データではどのような動作を行っているかを判別する。

文献 [8][13] では、行動推定の対象を看護師にしばっている。文献 [8] では「歩く、座る、走る」などの判別が比較的容易な行動カテゴリではなく、認識困難である「問診、介助」などの行動をメタ学習法という手法で解析している。

HASC[5] と呼ばれるコンソーシアムでは、これらの加速度データを大量に収集しコーパスを作成している。このコーパスを使用することで人間の行動認識のための加速度データを、各研究グループ毎で作成する手間を省くことが可能である上に、研究グループ毎に作成していた場合には不可能であったサンプルの母数の大規模化が可能になる。この HASC のコーパスを使用している研究も発表されている。文献 [14] では、行動認識の認識速度向上のために、加速度データ分割のためのウィンドウサイズの検討が行われている。実際に実験データとして HASC コーパスのデータが使用されている。

6.2 車両の動作推定

四輪車の行動推測に基づく運転動作の解析手法として文献 [15][16] などが研究されている。文献 [15] の手法では、運転手の腕に加速度センサを取り付けることで、四輪車運転時の腕の動きからハンドル操作を推定し、四輪車の動作の推定を行っている。文献 [16] では、本研究と同じように四輪車の動作をスマートフォン搭載のセンサで収集し、四輪車の動作をジャイロセンサの変化によって検出している。

このような既存 ITS サービスは、四輪車を対象にして想

定にしているものが多い。四輪車の ITS サービスの中には、二輪車も使用できるものもあるが、基本的に二輪車を考慮していない。

二輪車の車両単体での車両動作把握は、MotoGP 等のレースにおいて、挙動に合わせた出力制御をし、転倒防止や旋回性を向上させることに使用されている。しかしながら、市街地走行に焦点を当てた二輪車の行動把握は進んでいない。

7. むすび

本稿では、二輪車向け交通安全システムを実現するために、スマートフォン搭載のセンサを用いた二輪車の車両挙動把握システムにデータの構造化の自動化が必要であることを示した。GPS から得られる軌跡情報から曲率を計算し二輪車が曲がっている場所を抜き出す手法を提案した。また、GPS の時系列の差分データから二輪車の進行方向を算出し、その地点をどの方向に曲がったかをクラスタリングした。さらに、位置情報と速度のズレを補正するようなモーションセンシングデータへの自動ラベル付け手法を提案した。評価のために実際に二輪車から収集したデータを使用して実験を行った。結果として同一の旋回地点の抜き出しと進行方向のクラスタリングにより、複数回走行したモーションセンシングデータについて正しく抜き出すことが可能であった。これによって二輪車の走行データに自動でラベル付けができることを示した。

参考文献

- [1] 警視庁交通局：“平成 22 年中の交通事故の発生状況”，<http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/toukei/bunsho/toukei22/pdf/kt22d016.pdf> (2011).
- [2] App Store.<https://www.apple.com/iphone/from-the-app-store>.
- [3] Google Play. <https://play.google.com/store>.
- [4] 木谷友哉：“BikeInformatics：情報科学的二輪車 ITS の基盤研究”，情報処理学会 マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集，pp. 1517-1524, (2013).
- [5] HASC. <http://hasc.jp/>.
- [6] 村尾 和哉，鳥居 康幸，寺田 努，塚本 昌彦：“行動の順序制約を用いた加速度データのラベル付け手法”，情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集，pp. 2056-2063, (2012).
- [7] 吉作 清彦，大村 廉：“柔軟な行動の扱いが可能な業務分析・アノテーションツール統合ツールの開発”，情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集，pp. 2042-2049, (2012).
- [8] 上田 修功，田中 佑典，中島 直樹：“メタ学習に基づく加速度センサからの看護師行動識別”，情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集，pp. 663-667, (2013).
- [9] 森島圭祐，大本浩司：“自動二輪車ライダーの操縦技量定量化に関する基礎検討”，Yamaha Motor Technical Review, Vol.48, pp.71-80 (2012).
- [10] 神村 史，木谷友哉，渡辺 尚：“スマートフォン搭載センサを使用した二輪車車両挙動把握システムの提案”，情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集，pp. 1352-1360 (2012).
- [11] 寺田 努：“ウェアラブルセンサを用いた行動認識技術の現状と課題”，コンピュータソフトウェア，vol.28, no.2, pp.43-54(2011).
- [12] 倉沢 央，川原 圭博，森川 博之，青山 友紀：“センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法 (データ解析・検索)”，情報処理学会研究報告. UBI, [ユビキタスコンピューティングシステム] 2006(54), 15-22, (2006).
- [13] 大村 廉，納谷 太，野間 春生，小暮 潔：“ENVIS：センサデータに基づく看護業務分析支援システム”，日本バーチャルリアリティ，vol.14, no.1, pp.67-78(2009).
- [14] 吉澤 実，高崎 航，大村 廉：“加速度ベース行動認識におけるレスポンス時間短縮のためのパラメータ検討”，情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集，pp. 647 - 654 (2013).
- [15] 多田昌裕，大村廉，岡田昌也，納谷太，野間春生，鳥山朋二，小暮潔：“加速度センサを用いた行動計測に基づく運転動作解析手法”，インタラクシオン 2007 論文集，pp.231-238 (2007).
- [16] 鷺見 海王，岡本 幸大，鈴木 麻里，渡邊 晃，中野 倫明，山田 宗男：“スマートフォンを用いた運転支援システム開発の検討 -運転挙動弁別可能性の検討-”，情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集，pp. 1487 - 1490 (2013).