

# 複数センサを用いた自転車違反運転検知システム

大井将徳<sup>†1</sup> 中村嘉隆<sup>†2</sup> 稲村浩<sup>†2</sup> 高橋修<sup>†2</sup>

**概要:** 近年、自転車に関与する事故が問題となっており、平成 27 年中の自転車乗車中の死傷者のうち 65.1%が法令違反運転中に交通事故に遭っている。自転車の違反運転に関する法律や条例は整備されてきているものの、大きな改善は見られていない。本研究はモーションセンサと照度センサを用いた自転車違反運転検知システムを提案する。モーションセンサ Kinect を用いたスケルトン・トラッキングと照度センサであるフォトダイオードによる自転車運転者の状態検出を行い、自転車運転時のモーション比較と深度情報による距離情報の取得、トラッキング時間の測定、自転車走行位置の計測、照度の測定によって違反運転の種類を判断する。また、自転車運転者・走行者・歩行者の判別も行う。屋外において提案手法の違反運転判断精度および自転車運転者判別精度の評価実験を行う。

**キーワード:** 状態検出, Kinect, 自転車, 違反運転

## A detecting system of bicycle traffic violations using multi-sensors

MASANORI OOI<sup>†1</sup> YOSHITAKA NAKAMURA<sup>†2</sup>  
HIROSHI INAMURA<sup>†2</sup> OSAMU TAKAHASHI<sup>†2</sup>

### 1. 背景

近年、自転車による交通事故が問題となっている。警察庁交通局が発表している平成 27 年中の交通事故の発生状況によると、自転車乗車中の死傷者数は自動車乗車中の死傷者数に次いで 2 番目に多い 97,805 人であり、そのうち 65.1%が法令違反運転中に交通事故に遭っている。また、全ての交通事故に対する事故構成率から自転車乗用中構成率の推移をみると、平成 27 年の割合は 14.6%であり、平成 26 年以前と比較すると減少傾向にあるものの、全国では前年(平成 26 年)比-0.6%、前々年(平成 25 年)比-0.1%に留まっており、依然として自転車に関わる交通事故の死傷者数と発生件数の割合は横ばい状態が続いている[1]。

平成 27 年 6 月には道路交通法が改正され、14 歳以上の自転車運転者は表 1 に示す悪質運転行為を 3 年以内に 2 回以上繰り返すと都道府県公安委員会による講習の受講が命令されることとなった[2]。また、警察庁の自転車の交通指導取締り状況によると、平成 27 年の指導警告票交付件数は表 2 のとおりとなっている[3]。指導警告票とは、違反を確信した際に検挙はしないが、注意を喚起するために交付する書面のことであり、運転者に違反運転を再認識してもらうために行う。年間約 180 万件交付をしているものの、手動による警告であるため違反運転者を見逃してしまう可能性や、周囲に対する危険自転車の存在周知を目的としない点が問題点として挙げられる。

表 1 悪質運転行為

信号無視
遮断踏切立入り
指定場所一時不停止等
歩道通行時の通行方法違反
制動装置不良自転車運転
酒酔い運転
通行禁止違反
歩行者用道路における車両の義務違反
通行区分違反
路側帯通行時の歩行者の通行妨害
交差点安全進行義務違反等
交差点優先者妨害等
環状交差点安全進行義務違反等
安全運転義務違反

表 2 平成 27 年の指導警告票交付件数

種類	件数
自転車の二人乗り	171,223
無灯火運転	561,700
信号無視	103,191
一時不停止	111,596
歩道通行者に危険をおよぼす違反	243,967
その他	659,151

このように、自転車運転者の交通マナー改善および交通事故減少のための規則が年々増加しており、指導警告票による注意喚起も行われているが、大きな効果は得られていない。その理由として、自転車の法令違反運転を検知する

<sup>†1</sup> 公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科  
Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate  
<sup>†2</sup> 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

システムがないため、違反運転の種類や危険性が多くの運転者に周知されておらず、十分な対策がなされていないことが考えられる。そのため、自動的に自転車違反運転を検知し、運転者に違反運転内容や罰則などを通知することで違反運転を認識し、知識として定着させることで危険性を把握し、再犯を防ぐことで違反運転を減少させるようなシステムが必要となる。

## 2. 関連研究

### 2.1 自転車にセンサ類を取り付ける研究

後藤ら[4]は、自転車の追い抜きなどの動作を行う際、後方の車両に明確な行動意図を伝達するためのシステム開発の基礎研究として、加速度センサを使用した自転車の挙動認識方法を提案している。加速度センサはスマートフォンに搭載されているものを使用し、図1の場所にスマートフォンを自転車に取り付けて加速度データなどを収集、サーバへデータを送信し、特徴量を算出し、それを元に機械学習を用いて挙動認識を行う。加速、減速、等速、停止、曲がるなどの挙動から発生する加速度データを使用して等速走行、加速走行、円走行、障害物回避の挙動を認識する。機械学習は K 近傍法とサポートベクターマシンを使用し、教師あり学習を用いた認識率を実験で検証している。K 近傍法を用いた挙動認識の認識率が高く、最近傍法では 70.86% の認識率が得られたことがわかっている。



図1 スマートフォンの設置位置 ([4]の図2より転載)

### 2.2 カメラを用いて自転車運転者を検出する研究

JUNG ら[5]は、HOG 特徴量と RealAdaBoost アルゴリズムを用いて、自転車運転者を検出する手法を提案している。図2のように(a) Particle 分布の測定、(b)自転車の追跡、(c)自転車の検出、(d)位置、スケールの推定を行っている。また、自転車追跡器と検出器を用いた自転車検出の実験を実交通環境下の3種類の車載カメラ映像を用いて行っている。実験結果を表3に示す。適合率は検出を行ったウィンドウの中でどのくらい自転車と検出されたか、再現率は全画像の中にある自転車のうちの程度自転車が検出されたかを表す。

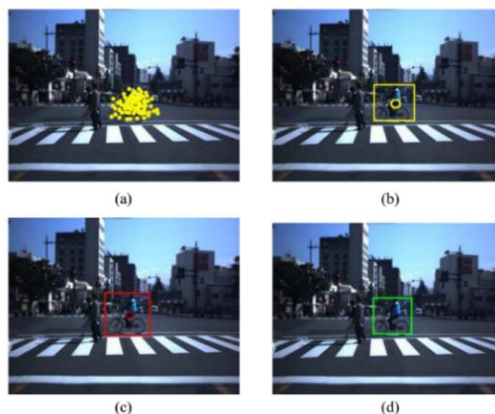


図2 自転車運転者検出手法の流れ ([5]の Fig 5 より転載)

表3 検出器と追跡機を用いた自転車検出の結果

	適合率(%)	再現率(%)	誤検出率(%)
Case 1	96.0	86.2	4.0
Case 2	87.6	81.3	12.4
Case 3	89.0	70.6	11.0

### 2.3 関連研究の問題点

自転車にセンサ類を取り付ける研究では、普及が著しいスマートフォンを利用することで、専用のセンサ類を必要とせずに自転車の挙動認識ができるというメリットがあるが、認識率は高くても約70%であり、認識率の向上には複数のセンサが必要と考えられる。そのため、全ての自転車に専用のセンサ類を取り付けると自転車自体のコストが高くなる可能性がある。また、カメラを用いて自転車運転者を検出する研究では、自転車の検出精度が高いことと自転車運転者側で用意するものはない点では優れているが、人の顔を捉えてしまうなどのプライバシー侵害の可能性がある。

このような問題点を解決するためには、モーションセンサによる非接触センシングが有効である。腕や体などの骨格位置のトラッキングや図3のように深度情報によるグレーフィルタを用いることでプライバシーに配慮しながら検知可能であり、自転車に搭載せずに走行路を検知するように配置することで自転車運転者の状態を検出できる。



図3 深度情報

### 3. モーションセンサと照度センサを用いた自転車違反運転判断

#### 3.1 研究目的

本研究では自転車事故減少を目的とした自転車違反運転検知システムを開発するために、モーションセンサと照度センサを用いた自転車運転者の状態検出による違反運転判断手法を提案する。代表的なモーションセンサとしてマイクロソフト社の Kinect が挙げられる。Kinect の最大の特徴はスケルトン・トラッキング(骨格検出)であり、人間の動き・姿勢をリアルタイムに認識し、骨格位置を追跡することができる。検出時の画面は図 4 のようになり、人の顔を映すことなく運転者の状態を検出できる。このことから、プライバシー保護の点で優れている。本システムではセンサ方式と有効範囲の観点と屋外検知が可能であると考えられる Kinect for Windows v2 を用いて違反運転判断を行う[6].

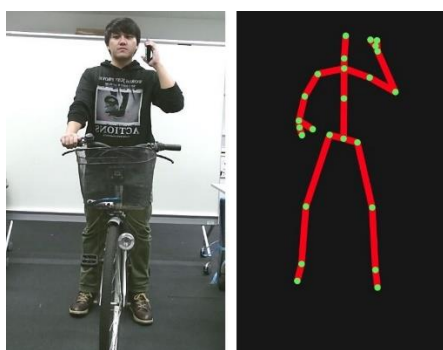


図 4 スケルトン・トラッキング

また、照度センサはフォトダイオードを用いる。Arduino[7]にフォトダイオードを接続し、得られた入力をプログラムで制御することによって安価で周囲の照度を測定することができ、灯火状態の判断に用いることができると考える。

本システムでは表 1 の「安全運転義務違反」と表 2 の「違反運転の指導警告票交付件数」をもとに、Kinect のスケルトン・トラッキングと距離情報による自転車運転者の状態検出から判断可能であると考えられ、かつ道路交通法で禁止されている自転車スマホ(自転車に乗りながらスマートフォンを操作)、手放し運転、傘さし運転、自転車の二人乗り、自転車の並走、路側帯での右側走行、歩道通行違反判断、蛇行運転と、照度センサによる無灯火運転について、自転車にセンサを取り付けずに違反運転の判断を行う[8]. また、自転車運転者・走行者・歩行者の判別も行う。

Kinect と照度センサは図 5 のように自転車の走行ライン直上の地面から 2m 以上の位置に設置し、路面を検知するように角度をつけることで、自転車運転者の状態検出が可能となり、自転車にセンサ類を装着する必要がなくなる。

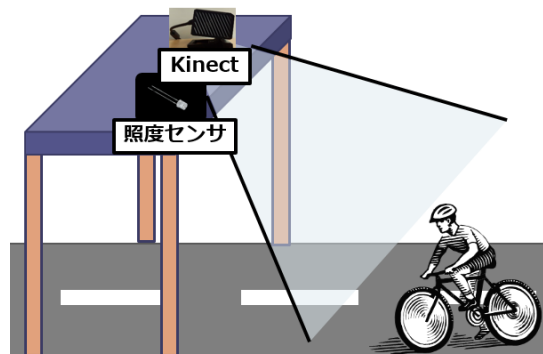


図 5 Kinect と照度センサ設置位置

#### 3.2 システム構成

システム構成図を図 6 に示す。本システムではモーションセンサと照度センサによって自転車運転者の検知、および運転者の姿勢などの運転状態の検出を行い、その情報から違反運転を判断する。違反運転の判断は PC 上に実装した判断プログラムによって行い、違反運転と判断した場合は運転者と周囲の人々に違反運転の種類を通知する。本システムは違反運転者に違反運転内容を知らせることで「違反運転である」ということを認識させ、危険自転車の存在を知らせることで違反運転者と自転車事故を減少させるシステムとして社会へ貢献することが最終目標である。

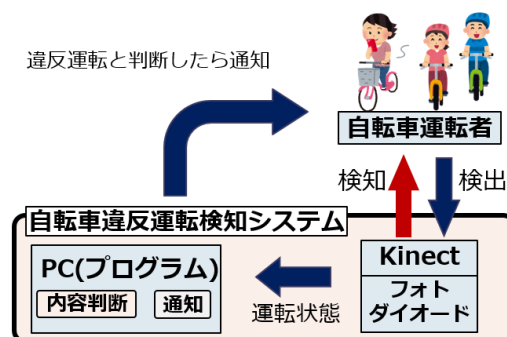


図 6 システム構成

#### 3.3 アプローチ

自転車の運転内容を判断するために、5 つの個別判断手法を用いて本研究を遂行する。

##### 3.3.1 自転車の運転内容のモーションの作成と骨格情報の比較

Kinect のスケルトン・トラッキングによる自転車違反運転判断を行うために、最初に運転内容のモーションを作成する。モーションは Kinect によって記録した映像から、Visual Gesture Builder を用いて作成する。

Visual Gesture Builder(以下、VGB)とは、記録された映像にタグ付けを行うことによってモーションを定義し、機械学習を通じてデータベース化するツールである[9]。Kinect

の前で自転車に乗り、静止した状態で違反運転などを実際に行った映像を記録し、VGBでその映像を読み込むと、運転者の首、腕、手首などの全25箇所の骨格位置や角度が取得される。運転内容のモーションはその運転内容を行っている状態であるときの映像の部分にタグ付けを行い、機械学習による自動的なモーション生成を経て、データベースに格納される。このデータベースは、実装したプログラム内で読み込むことによって利用することができ、複数の運転内容を自転車運転者のモーションと比較することによってそれぞれ判断することができる。タグ付けは連続的な(Continuous)モーションとして0.0から1.0を基準とした閾値設定を行う。該当する運転内容をしていない状態を0.0とし、該当する運転内容をしている状態を1.0とし、通常走行時のモーション(図7)を基本として、該当する運転内容へと変化する過程はVGBによって自動的に補完し、タグ付けを行う。本システムでは自転車のカゴやフレームによって下半身がうまくトラッキングできないことを考慮し、上半身のみをモーション作成および比較の対象とする。



図7 自転車の通常走行

### 3.3.2 深度情報による距離情報の取得

深度情報とは、各画素値に距離情報を持つ画像群のことである。この情報を用いることにより、物体までの距離や物体の形状を知ることができる。深度情報はKinectによって取得し、リアルタイムで距離情報を取得する。距離情報を取得する位置はスケルトン・トラッキングで得られる骨格位置とする。

### 3.3.3 トラッキング時間の測定

トラッキング時間はスケルトン・トラッキングが開始され、トラッキングが終了するまでの時間を指し、自転車運転者や歩行者、走行者を検出した際に測定する。

### 3.3.4 自転車走行位置の計測と判別

スケルトン・トラッキングによって自転車運転者が走行したプログラム上のX座標の最低値と最高値を計測し、その平均値を記録する。そして、現実世界の距離とプログラム上のX座標を比較することで、自転車の走行位置を判別する。X座標は最低値を0とし、最高値を512とする。走行位置の閾値は事前実験の結果より3分割し、X座標の値をxとしたとき、Kinectの中心から0.5m以上左側の位置(x

$\leq 178$ )のとき左側、Kinectの中心から0.5m右側以上の位置( $x \geq 334$ )のとき右側、それ以外( $178 < x < 334$ )のとき中央と判別する。

### 3.3.5 照度の測定

照度は、照度センサから得られる入力データをArduino上のプログラムで分析することで測定する。照度センサはフォトICダイオードを使用し、感度波長範囲が320~820nmではほぼ可視光域にのみ感度を持ち、人間が感じる明るさと同様の出力が得られるものを使用する[10]。照度は入力として得られる電圧からオームの法則を用いて出力電流を求め、その値を照度計数で除算することによって測定する。照度計数は0.26mA/100lxとする。

### 3.4 自転車違反運転判断手法

自転車の違反運転は3.3節の個別判断手法を用いて判断する。

#### 3.4.1 自転車スマホ・手放し運転・傘さし運転

自転車スマホ、手放し運転、傘さし運転の判断は著者らが先行研究で提案した手法を用いる[11]。

#### 3.4.2 自転車の二人乗り

自転車の二人乗りの判断はスケルトン・トラッキングと深度情報による距離情報を用いて行う。自転車の二人乗りは図8のように同乗者が座っている状態とする。しかし、正面からでは同乗者が運転者と重なり、スケルトン・トラッキングが難しいことが危惧される。そのため、(a)自転車運転者の頭の骨格位置の距離情報と(b)運転者の頭上の距離情報が近似したときに自転車の二人乗りと判断する。(b)運転者の頭上の位置は同乗者の距離情報が取得できる推定位置として、頭の骨格位置から0.2m程度の位置の距離情報を取得する。距離情報の取得位置は、自転車運転者がKinectに近づくとつれ大きく変動するため、(a)の位置の距離情報によってプログラム上の取得位置を変動させ、取得位置がなるべく固定されるように調整を行っている。運転者の頭の角度によって距離情報が取得できないこと場合があるため、(b)運転者の頭上の位置は横方向 $\pm 0.1m$ の位置の距離情報も取得する。近似と判断する距離の範囲は自転車運転者の頭の骨格位置から運転者後方0.25~0.75m以内とし、(b)の3ヶ所のうち1つでも近似と判断した場合、二人乗りと判断する。



図8 自転車の二人乗り

### 3.4.3 自転車の並走

自転車の並走判断は深度情報による距離情報と自転車の走行位置の計測によって行う。自転車の並走は図9のように、自転車同士の間距離と車幅距離を計測し、自転車と自転車の距離が近いことを判断する必要がある。そのため、リアルタイムで(A)各運転者の深度情報による距離情報から車間距離の近似判断を行い、(B)各運転者のプログラム上のX座標近似によって車幅距離の近似判断を行う。上記の2つの条件が満たされた場合、自転車の並走と判断する。それぞれの近似値は、事前実験より決定し、(A)は0.75m以内、(D)は実環境の距離で1.6m以内とする。

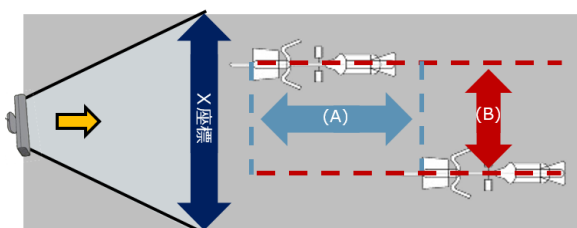


図9 自転車の並走

### 3.4.4 路側帯での右側走行

自転車の路側帯での右側走行判断は、自転車の走行位置の計測によって行う。路側帯と歩道の境目位置の閾値を定めることで路側帯の走行が判断可能となる。しかし、路側帯の右側走行(道路の逆走)を行う自転車運転者を検出し、違反運転と判断するためには自転車が走行すると考えられる全ての方向に Kinect を設置する必要がある。そのため、Kinect を図10のように両側の通路に配置し、かつ二方向を検知するように配置することで、自転車の路側帯での右側走行が判断可能となる。また、どの方向から自転車が来ても違反運転の判断が可能となる。

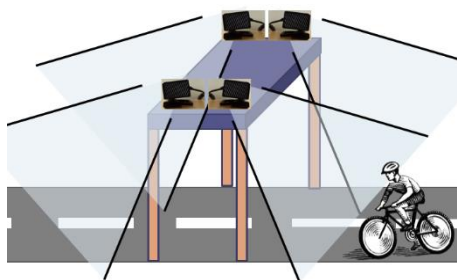


図10 自転車の路側帯での右側走行検知を考慮した Kinect 設置位置

### 3.4.5 歩道通行違反

歩道通行違反の判断は、自転車の走行位置の計測によって行う。しかし、Kinect は検出範囲が限られているため、実環境によって Kinect 設置位置を変更する必要がある。そのため、後述する実験より自転車の走行位置の判別精度を

検証し、場合分けを行うことで歩道通行違反判断手法を検討する。

### 3.4.6 蛇行運転

蛇行運転の判断は、自転車の走行位置の計測によって行う。プログラム上のX座標の最低値の判別結果が左側、最高値の判別結果が右側となったときに蛇行運転と判別する。

### 3.4.7 無灯火運転

無灯火運転は、Kinect のスケルトン・トラッキングと照度の計測によって判断する。朝・昼などの周辺照度が高い時間帯は判断不要であるため、照度が2000lx以下であるときのみ判断を行う。また、スケルトン・トラッキングによって自転車運転者が検出されたとき、フォトダイオードを用いて照度の計測を0.1秒間隔で測定し、平常時の照度と比較して変化が見られた場合を灯火運転、変化がなかった場合を無灯火運転として違反運転と判断する。スケルトン・トラッキングをしていないときは1.0秒間隔で照度を測定し、平常時の照度を無灯火運転判断に用いる。

### 3.5 自転車運転者・走行者・歩行者判別手法

自転車運転者と走行者、歩行者の判別は、モーションの作成および骨格情報の比較とトラッキング時間から判別する。歩行者と走行者のモーションを図11のような動きをもとに作成し、教師データはそれぞれ1人分の映像記録を使用する。モーション比較による判別は個人差によって結果が異なることが予想され、より広範な判別を行いたいため、判別の閾値設定および判別条件を次のようにする。歩行者モーションは歩行時のみ1.0とし、走行時・自転車通常走行時は0.0とする。走行モーションは、走行時を1.0とし、歩行時は0.5、自転車通常走行時は0.0と設定する。これは、走行モーションの個人差が大きいと考えられ、歩行状態に近い走行状態を判別するためである。判別条件は、歩行状態は歩行モーションの閾値が0.7を越えた場合、走行状態は歩行モーションの閾値が0.7以下かつ走行モーションの閾値が0.6よりも高い場合、自転車乗車状態はそれ以外の場合のみとする。



図11 歩行状態(左・中央)・走行状態(右)のモーション

## 4. 評価実験

### 4.1 実験環境

本研究では、自転車の違反運転判断精度および自転車走

行位置の判別精度，自転車運転・走行・歩行状態判別精度の評価実験を行う．いずれも屋外かつ障害物のない環境下で行い，図5のようにKinectとフォトダイオードを自転車の進行方向前方に地面から2.0mの高さに設置する．Kinectの角度は13~14°とする．自転車の速度は日本成人の平均自転車速度である14.6km/h[12]を基準とし，13~15km/hの速度で行う．自転車は市販の27型のオールラウンダー型ハンドルのシティサイクルを用い，自転車運転者および二人乗りの同乗者は身長1.65~1.75mの20代男性とする．照度は記述がない限り20000~30000lxとし，違反運転と判断している時間が0.1秒未満の場合は除外する．前照灯はJIS規格適合品(照度約2000lx)を用いる[13]．自転車スマホ，手放し運転，傘さし運転の判断精度については，先行研究で評価している[11]．

#### 4.2 自転車の二人乗りと並走判断精度の検証

自転車の二人乗り判断精度および自転車の並走判断精度を検証するために，自転車の二人乗りと自転車の並走を実際にそれぞれ20回行う．自転車の並走は自転車2台の並走とする．実験結果を表4に示す．

表4 自転車の二人乗りと並走判断精度結果

	判断	未判断
自転車の二人乗り	19	1
自転車の並走	17	3

自転車の二人乗り，自転車の並走ともに高い判断精度を得ることができた．自転車の二人乗りは，同乗者が座っている状態であると，同乗者の頭は自転車運転者の頭に隠れるような場所(死角)に位置し，距離情報を取得できない可能性があるため1度だけ判断できなかったと考える．

また，自転車の並走は，事前実験で決めた範囲内での判断しかできないため，未判断が増えてしまったと考える．

#### 4.3 自転車走行位置の判別精度と蛇行運転判断精度検証

最初に，自転車走行位置の判別精度を検証するために，0.5m刻みで走行位置を変更し，プログラム上のX座標から走行位置を判別する．図12の走行位置を1から順番に5度変更し，それぞれ10回走行する．

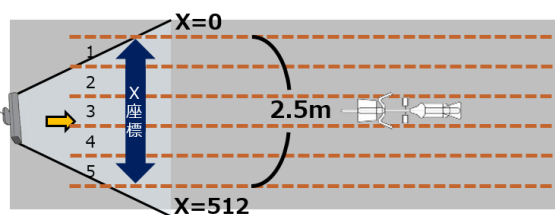


図12 自転車の走行位置

表5に結果を示す．1, 3, 5の走行位置の判別結果をみると，走行位置の判別が可能であることがわかる．しかし，

2, 4の位置は左側もしくは右側と中央の境界を走行することになるので，表6の2と4の位置のX座標の最高値と最低値，平均値によって走行位置を判別すると，それぞれの判別結果が異なる結果が多く得られた．そのため，1mの走行位置のずれを判別することは可能であり，走行位置判別の境界線を走行した場合，最高値と最低値の判別結果から左側寄りもしくは右側寄りを走行していることを推定できる．

表5 自転車の走行位置別結果

	X座標(平均)	左側	中央	右側
1	85.83	10	0	0
2	156.1	9	1	0
3	261.24	0	10	0
4	404.82	0	0	10
5	435.18	0	0	10

表6 走行位置2と4のX座標の最低値・最高値

	X座標(平均)	左側	中央	右側
2(最低値)	102.2	10	0	0
2(最高値)	210.01	0	10	0
4(最低値)	329.77	0	7	3
4(最高値)	479.88	0	0	10

また，自転車の蛇行運転を判断するために，自転車の蛇行運転を実際に20回行う．実験結果を表7に示す．判断精度は他の違反運転よりもやや低めとなった．これは，Kinectの検出範囲が限られていることと，自転車運転者のトラッキング時間が短いことが原因と考えられ，大きな移動を短時間でトラッキングし続けるのは難しいためであることからこのような結果になったと考えられる．しかしながら，上記の特性から蛇行運転ではないのに蛇行運転だと誤判断する可能性は限りなく低いと考えられる．

表7 蛇行運転判断精度結果

	左側	中央	右側	蛇行運転
1→5	2	1	0	7
5→1	0	1	3	6

#### 4.4 灯火運転時の照度変化検証

無灯火運転判断を行うために，灯火運転時の照度変換検証する．照度が1200lxのときに，灯火運転を実際に20回行う．照度変化の代表的な結果を図13に示す．これは照度が大きく変化し始めた場所を抽出したグラフであり，20回の試行中に照度が150~650lx程度一時的に高くなった．そのため，スケルトン・トラッキング時に平常時の照度より150lx以上照度が高くなった場合を灯火運転，スケルトン・

トラッキング時に照度の変化がなかった場合を無灯火運転と判断することが可能と考える。

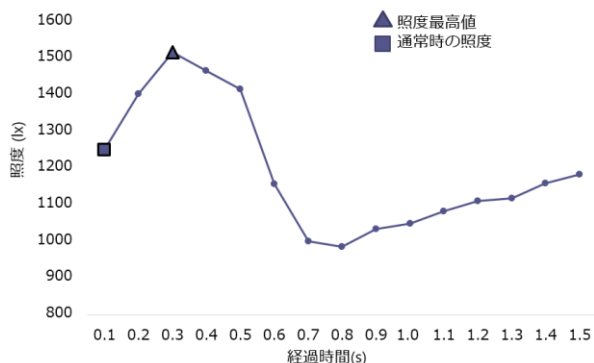


図 13 照度変化グラフ

#### 4.5 自転車運転・走行・歩行状態判別精度検証

自転車運転者、走行者、歩行者を判別するために、それぞれ 10 回ずつ 1 人の被験者が Kinect の前を通過し、モーション比較とトラッキング時間による状態判別を行う。それぞれの結果を表 8、9 に結果を示す。

モーション比較によってそれぞれの状態をおおよそ判別することができた。しかし、歩行者が通過したときに一度だけ自転車運転者と判別してしまったケースがあり、この場合は違反運転の判断も行ってしまう誤判断につながるため、解決する必要がある。

表 8 モーションによる判別結果

試行内容	判別結果		
	自転車運転者	走行者	歩行者
自転車	10	0	0
走行	0	8	2
歩行	1	0	9

また、トラッキング時間による判別結果は、自転車運転者以外は大きく異なる結果となってしまった。これは太陽の向きや、Kinect の位置など屋外では再現性の問題が発生し、事前実験の結果を用いて判別することができなかったと考えられる。

表 9 トラッキング時間による判別結果

試行内容	判別結果			平均トラッキング時間
	自転車運転者	走行者	歩行者	
自転車	10	0	0	0.38
走行	10	0	0	0.476
歩行	2	8	0	1.103

## 5. 考察

自転車の二人乗り判断については、本システムで提案する正面からの深度情報による距離情報を用いた判断が難しい場合がある。例えば、図 14 のように同乗者が立った状態では運転者と同乗者それぞれの頭部の位置は正面から同時に捉えることが可能であり、高い判断精度が期待できる。しかし、現実には様々な二人乗りの状況が考えられ、運転者よりも同乗者の背丈が低い場合は運転者と同乗者を同時に深度画像で捉えることが難しくなる。そのため、Kinect を通常の設置角度よりもさらに下方に向けるなどの対処が必要となる。今回は、運転者と同乗者の背丈が近い状況を想定したため判断が可能であったが、設置位置から運転者と同乗者を一度に捉えることができない場合は、正面ではなく真横もしくは真上から検知するなどの異なるアプローチを検討すべきである。

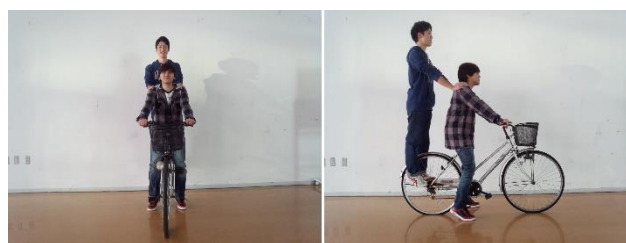


図 14 同乗者が立った状態の自転車の二人乗り

自転車の並走判断については、自転車運転者・走行者・歩行者の判別を行うことが前提となる。本システムでは高い判別精度を達成することができたが、歩行者を自転車運転者と判別する可能性があるため、新たなアプローチによって誤判別を減らす必要がある。また、並進可、並進不可、3 台以上並走不可の状況があるため、それぞれを場合分けして判断する必要がある。並進可では本システムの判断手法を停止し、並進不可の場合は本システムによる並走判断を行い、3 台以上の並走不可は隣り合う自転車運転者同士が並走であると判断し、かつ一人以上が隣接する二人の並走判断に含まれているとすることで、判断可能になると考える。

自転車走行位置の判別については Kinect を中心として ±0.5~1.0m の判別が実証できたため、先行研究の路側帯での右側走行と歩道通行違反判断手法を適用できると考えられる[11]。しかし、年齢や健康状態によっては歩道の外側を走っても違反運転にならない場合があり、自転車運転者からそれらの情報を受け取って除外する必要がある。

灯火運転と無灯火運転の判断については、自動車などの光源をもつ物体などが同時に通過した場合や二台以上の自転車が通過するとき、どちらかが無灯火運転をしていた場合、判断が難しい場合があると考えられる。そのため、閾

値の設定方法や照度センサの数などを増加して複数台に対応する必要がある。

自転車運転・歩行・走行状態の判別については、Kinectの設置場所を日陰などの再現性の高い場所に置か、自転車運転者側にフラグをつけることで解決できる。後者は、自転車運転者が所持しているスマートフォンとWi-Fi通信を行うことで誤判別を減らし、さらに年齢情報などを受信することによって歩道通行違反などの誤判断をより減らせると考える。

システム評価としては、表2の「指導警告票交付件数」が比較的多い違反運転を判断するシステムを実装することができたため、実社会にシステムを適用することで高い効果が得られると考えられる。特に、違反運転者が多い10～24歳の若年層への注意喚起による学習効果が期待される[1]。今後は違反運転通知手法を含め、未着手の違反運転判断に関しても検討する。

## 6. まとめ

本稿ではKinectとフォトダイオードを用いた自転車運転者の状態検出による違反運転判断手法の提案を行った。評価実験として屋外で自転車違反運転判断精度の検証および自転車の走行位置判別精度の検証、自転車運転・歩行・歩行状態判別精度の検証を行った。実験の結果、自転車の二人乗り、自転車の並走判断は高い判断精度を得ることができた。自転車の走行位置は路側帯での右側走行や歩道通行違反判断に利用できることがわかった。蛇行運転判断は他の違反運転判断精度と比較すると精度は低いが、誤判断の可能性が低いことを検証できた。無灯火運転判断は、灯火運転と判断する閾値を設定できたため、自動車通過時の場合や複数台の自転車の無灯火運転判断を検討したい。自転車運転・歩行・歩行状態の判別は自転車運転者ではないときの判別方法を工夫する必要がある。システム評価として、指導警告票交付件数が多い違反運転を判断することができたため、違反運転の注意喚起と減少に高い効果が期待される。今後は、通知手法など実社会で運用する際に必要となる機能を検討していく。

## 参考文献

- [1] 警察庁. 平成26年中の交通事故の発生状況[オンライン]. e-Stat 政府統計の総合窓口. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Pdfdl.do?sinfid=000028919855> [May. 14, 2015].
- [2] 警視庁. 自転車運転者講習制度[オンライン]. 警視庁. <http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/bicycle/kousyu.htm> [Dec. 25, 2015].
- [3] 警察庁. 自転車の交通指導取締り状況[オンライン]. 警察庁. [https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/bicycle/pdf/3\\_torishimari.pdf](https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/bicycle/pdf/3_torishimari.pdf) [Nov. 10, 2016].
- [4] 後藤秀信, 三浦元喜, “加速度センサーを使用した自転車の挙動認識,” インタラクション2014 論文集, no.A5-3, pp.309-312, 2014.

- [5] H. Jung, J. K. Tan, H. Kim, T. Morie and S. Ishikawa, “Detection and Tracking of a Human on a Bicycle Using HOG Feature and Particle Filter,” Biomedical Soft Computing and Human Sciences, vol. 19, no. 1, pp. 33-41, 2014.
- [6] Microsoft. Kinect hardware[Online]. Microsoft. <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/hardware> [Nov. 10, 2016].
- [7] Arduino LLC. Arduino[Online]. Arduino LLC. <https://www.arduino.cc> [Nov. 10, 2016].
- [8] 道路交通法[オンライン]. 総務省法令データ提供システム. <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S35/S35HO105.html> [Nov. 10, 2016].
- [9] Microsoft. Visual Gesture Builder (VGB)[Online]. Microsoft. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn785304.aspx> [Nov. 10, 2016].
- [10] 秋月電子通商[オンライン]. フォトICダイオードS9648-100. 秋月電子通商. <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02426/> [June. 16, 2016].
- [11] 大井将徳, 中村嘉隆, 高橋修, “モーションセンサを用いた自転車運転者の状態検出による違反運転判断手法,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.437 (ASN2015-88), pp.51-56, 2016.
- [12] 岸田真, “日本の自転車交通の現状と改善への取り組み,” 第20回 日・韓建設技術セミナー開催報告, [http://www.jice.or.jp/international/nikkan/pdf/nikkan2009\\_05.pdf](http://www.jice.or.jp/international/nikkan/pdf/nikkan2009_05.pdf) [Dec. 25, 2015].
- [13] 日本工業標準調査会[オンライン]. JIS C 9502. 日本工業標準調査会. <http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=1105541> [June. 16, 2016].