距離画像センサを用いた 人物の流動情報計測に関する研究[†]

安彦 智史^{*1}・田中 成典^{*2}・村本 晋一^{*1}・上谷 弘平^{*2}・若林 克磨^{*1}

人や物の交通流動情報は、交通計画やエリアマーケティングなどの都市計画を行う場合の社会基盤情報として広く利活用されている。しかし、交通流動情報は、公共交通機関の利用者のアンケート調査によるものや、街角での調査員の目視計測に頼っているが、これらは多大なコストが生じる問題がある。そのため、レーザーセンサやデジタルビデオカメラを用いて交通流動情報を自動的に計測するための研究が行われている。前者のレーザーセンサを用いた方法では、あらゆる環境でも高精度に移動体の交通計測を行うことが可能であるが、そのアピランスの情報を取得できず、移動体自体の正確な属性情報を把握できない。一方、後者のデジタルビデオカメラを用いた方法では、移動体のアピランスの情報を取得し、解析することができるが、照明変化や日照変化といった撮影環境の変化や移動体の重なりによるオクルージョンが生じた環境下では計測精度が低下する問題がある。そこで、本研究では、人物だけに焦点を当てて、レーザーセンサとデジタルビデオカメラの特性を加味した距離画像センサを用いることで、難しい撮影環境やオクルージョンが生じる環境下においても、属性情報を付与した正確な人物の流動情報の計測と取得を実現する。

キーワード：交通計画、交通流動情報、距離画像センサ、人物流動計測、属性情報取得

1. はじめに

交通流動情報[1]は、社会基盤情報として広く利活用されている。その中でも人物の流動情報は、交通計画やエリアマーケティングなどの都市計画[2]を行う際の重要な情報として用いられる。人物の流動情報には、通行人数を計測した人数計測情報、計測した個人に対して付与される性別や年代などの属性情報が含まれる。人物の流動情報を取得する方法では、総務省が行っているパーソントリップ調査や、国土交通省が行っている道路交通センサスなどがある。しかし、現在、人物の流動情報は、公共交通機関の利用者アンケート調査によるものや、街角での調査員の目視計測に頼っているが、これらは多大なコスト[3]が生じる課題がある。そこで、近年では、人物の流動情報を自動的に計測する研究が盛んに行われている。

人物を自動的に計測する手法では、店舗や施設の出入り口などに設置されるセンサによる計測が一般的に実用されている。しかし、この手法で取得できる情報は人数のみとなるため、人物の流動情報として必要

になる進行方向が取得できない問題がある。そこで、進行方向を考慮した既存研究では、レーザーセンサを使用した手法[4]がある。この手法では、足首付近にレーザーセンサを設置し、オクルージョンの発生が少ない足首付近を追跡することで撮影環境に依存しない高精度な人数計測を行っている。しかし、この手法の設置条件では、足首より上のアピランスの情報を取得できないため、性別や年代のような属性情報が取得できない問題がある。そのため、属性情報を取得するためには、アピランスの情報を取得できるデジタルビデオカメラを用いた人数計測が望まれている。

デジタルビデオカメラを用いた人数計測に関する既存研究では、上空から鉛直下向きにカメラを設置し計測する手法[5]がある。この手法では、混雑時におけるオクルージョンを軽減できるが、カメラの視野が小さく、設置位置が限定され、屋外に適應できない問題がある。そのため、実環境では、あらゆる場所で使用できる水平方向や斜め上方向からの撮影方法が望まれている。水平方向から人数計測を行った既存研究では、ハフ変換を用いた手法[6]や計測領域内の人の動きのみに着目した手法[7]がある。しかし、これらの手法では、オクルージョンが発生する場合、計測精度が低下する問題がある。そこで、オクルージョンに対応した既存研究では、ステレオ方式を用いることで、3次元的に通過人数を計測する手法[8, 9]がある。しかし、これらの手法では、カメラの対応点を取得する

[†] Measurement of Human Flow Information Using Range Image Sensor

Satoshi ABIKO, Shigenori TANAKA, Shinichi MURAMOTO, Kouhei UETANI and Katsuma WAKABAYASHI

^{*1} 関西大学大学院総合情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kansai University

^{*2} 関西大学総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University

場合に、照明変化や日照変化に影響を受ける問題や処理に時間がかかる問題がある。また、デジタルビデオカメラの多くの既存研究では、照明変化や日照変化に影響を受けないように撮影環境を昼間に限定しており、長時間の撮影や撮影環境の変化に対応できない問題がある。そのため、実環境では、オクルージョン、照明変化や日照変化といった撮影環境にロバストな人数計測が必要である。

一方、人物の属性情報としては、性別や年代が挙げられる。これらの属性情報は、目視で識別した場合、容姿などの様々なアピアランスの情報から経験則による曖昧な判定を行っている。属性情報の取得に関する既存研究では、人物の方向ベクトルを用いて取得した身長によって子供と大人を分類する手法[9]がある。しかし、この手法では、大人と子供といった年代を取得できるが、性別といった面積や形状からでは判断し難い属性情報が取得できない問題がある。性別の識別に関する既存研究では、人物の顔画像を用いた手法[10, 11]がある。しかし、これらの手法では、正面顔画像の取得が必要となるため、プライバシーの侵害が問題[12]となる。そこで、近年では、顔画像に代わる身体的特徴として人物の歩容が注目されている。歩容は、外観、姿勢、腕振りや足の動きから人の特性を多く含み、プライバシーを考慮した属性情報の取得が可能とされている。歩容を用いた性別識別に関する既存研究では、歩容シルエットからの歩容特徴を用いた手法[13-16]がある。しかし、これらの手法では、オクルージョンのある撮影環境で、歩容特徴が正しく取得できないため、実環境での適応が難しい問題がある。

これらの問題を解決するために、著者らは、レーザーセンサとデジタルビデオカメラの特性を加味したTOF(Time of Flight)型距離画像センサ[17]に注目した。距離画像センサは、センサから赤外線と光が発せられ、対象物に反射した光の飛行時間から距離値(奥行き)と輝度値を持った画像を取得できる新たなデバイスである。距離画像センサを人物の流動計測に利用した場合、デジタルビデオカメラと比較して、以下のような利点が考えられる。

- 撮影対象の位置を3次元的に把握可能
- 照明や日照の変化に対応可能
- 指定エリア内で計測可能

そこで、本研究では、距離画像センサを用いて、デジタルカメラでは適応が難しい様々な撮影環境においても性別情報を付加した人数計測を行うことを目指す。具体的には、まず、照明変化、日照変化やオク

ルージョンが生じる環境下における汎用的な人数計測を実現する。また、指定したエリア内で計測することによって、歩道のような後方に他の移動体が通行する撮影環境においても、歩道のみを指定した計測を実現する。そして、人数計測により取得した人物に対して、歩容特徴を抽出することで、実環境で利用可能なプライバシーを考慮した性別の識別を実現する。

2. 研究の概要

本研究では、距離画像センサ[17]を用いて、照明変化、日照変化やオクルージョンが生じる環境下においても性別を付加した人数計測を目指す。本システムの処理フローを図1に示す。

2.1 入力データ

入力データは、計測する距離画像センサから取得した動画と背景画像とする。また、計測エリアを指定する場合には、距離値(奥行き)を設定することによって指定したエリア内での計測が可能となる。指定エリア内での計測の概念を図2に示す。例えば、歩道と後方に車道がある撮影環境においても、歩道のみを指定した計測が可能となる。

図1 本システムの処理フロー

図2 指定エリア内での計測の概念

2.2 出力データ

出力データは、人物の流動情報である方向ごとの通過人数とその性別情報とする。

2.3 処理の流れ

本研究は、照明変化、日照変化やオクルージョンが生じる環境下における汎用的な人数計測を実現するための人数計測機能と、計測した人物に属性情報として性別を付加する属性識別機能の2つの処理で構成する。

人数計測機能では、まず、入力データの距離値(奥行き)と輝度値を用いた背景差分によって動体領域を抽出する。次に、動体領域からオクルージョンを判定し、それが生じた場合に対して3次元座標上でクラスター分析を行うことによって動体領域を人物ごとに分離する。最後に、人物ごとの動体領域に対して3次元情報を用いて追跡することにより進行方向を判定し、方向別の通過人数を計測する。

属性識別機能では、まず、人物の歩容特徴を抽出するために、人数計測機能で取得した人物の動体領域を時系列順に重ね合わせたシルエット画像列を生成する。次に、生成したシルエット画像列から人物ごとの歩容特徴を抽出する。最後に、抽出した歩容特徴と事前に性別ごとに作成した歩容データベースと比較することにより、人物ごとの性別識別を行う。

3. 人数計測機能

人数計測機能では、まず、人物領域を抽出するために、入力データから背景差分によって動体領域を抽出する。次に、オクルージョンに対応するために、抽出した動体領域から距離値(奥行き)を用いた3次元座標上でのクラスター分析によって、動体領域を人物ごとに分離する。そして、人物の進行方向別の通過人数を計測するために分離した人物ごとの動体領域を追跡し、移動方向を推定することで、移動方向ごとの人数計測を行う。

3.1 動体領域の抽出

動体領域の抽出では、まず、入力データに含まれるノイズを除去するため、空間フィルタを用いたノイズの除去を行う。次に、ノイズを除去した入力データから背景差分を用いた動体領域の抽出を行う。さらに、入力データの1つである背景画像は、照明変化や日照変化により異なるため、距離値(奥行き)を用いて動的に背景画像の更新を行う。

図3 ローパスフィルタによるノイズの除去

図4 メディアンフィルタによるノイズの除去

3.1.1 空間フィルタを用いたノイズの除去

距離画像センサから取得できる入力データは、抽出対象となる動体領域以外にも、微小なノイズ等が含まれている。そこで、本研究では、入力データから動体領域のみを抽出しやすくするために、空間フィルタを用いたノイズの除去を行う。まず、距離値(奥行き)のノイズ除去には、距離画像センサにおけるノイズ除去で有効とされるローパスフィルタ[18]を用いる。そして、輝度値のノイズ除去には、抽出対象となる動体領域の形状に大きな影響を与えないために、メディアンフィルタ[19]を用いたノイズ除去を行う。ローパスフィルタを用いたノイズ除去の出力画像例を図3に示す。また、メディアンフィルタによるノイズ除去の出力画像例を図4に示す。図3と図4からわかるように、微小なノイズが削除され、対象物が判別しやすくなっていることがわかる。

3.1.2 背景差分を用いた動体領域の抽出

本研究では、動体領域から歩容特徴を抽出し、人物の属性情報を取得するため、高精度な動体領域抽出が必要である。距離画像センサを用いた動体領域抽出に関する既存研究としては、距離値(奥行き)を用いた統計的学習を用いた手法[20]と背景差分を用いた手法[21]がある。統計的学習を用いた手法[20]では、人物が映り込むポジティブクラスとそれ以外のネガティブクラスに分け、HOG(Histogram of Oriented Gradient)特徴に代表される勾配ベースの特徴を統計的な学習手法を組み合わせ、人物が含まれる領域かどうかを二値で判定している。しかし、この手法では、事前に大量

図5 論理和画像

の学習データを必要とし、学習データに大きく依存する問題や人物の形状を正確に抽出できない問題がある。一方、背景差分を用いた手法[21]では、事前に撮影しておいた背景の距離値(奥行き)との差分によって動体領域を抽出している。しかし、距離値(奥行き)を用いた背景差分では、地面付近の領域を正しく抽出できない問題がある。これは、照明や環境光の照り返しによって、地面付近の距離値(奥行き)にノイズが多く発生するためである。

そこで、本研究では、距離画像センサ[17]から得られる距離値(奥行き)だけでなく輝度値も併用することによって、動体領域の抽出を行う。具体的には、距離値(奥行き)の背景差分と輝度値の背景差分の結果を統合することによって、動体領域を抽出する。動体領域を抽出する際の二値化に用いられる閾値の算出手法としては、一般的にデジタルビデオカメラで用いられる閾値の自動決定法である大津の閾値[22]を用いる。そして、差分結果から抽出した動体領域をラベリングし、ラベルの大きさが閾値以下のラベルをノイズとして削除する。最後に、距離値(奥行き)を用いて抽出した動体領域と輝度値を用いて抽出した動体領域を重ね合わせた論理和画像を作成する。論理和画像を図5に示す。図5から、差分結果を統合することで、動体領域がより高精度に抽出できることがわかる。

3.1.3 背景の更新

本研究では、正確な動体領域を抽出するために距離値(奥行き)に加えて輝度値を用いる。しかし、輝度値は、照明などの環境光が変化した場合に大きく変化する。背景差分では、撮影環境が変化しないことを前提とするため、日照変化などが生じる実空間での長期間の撮影を想定した場合に正しく動体領域を抽出できない。そこで、本研究では、日照変化に対応するために

図6 フレーム間における距離値(奥行き)の差分値

背景画像を動的にする。背景画像の更新には式(1)を用いる。

$$diff = \frac{1}{N} \sum |I_t(\mu, \nu) - I_{t-1}(\mu, \nu)| \quad (1)$$

$$if(diff < th) I_t = Background$$

ここで、 I_t と I_{t-1} は、時系列方向に連続する距離画像センサの距離値(奥行き)、 N は距離値(奥行き)の総数、 $diff$ は距離値(奥行き)間の差の平均、 th は閾値である。距離画像センサを用いた撮影環境でのフレーム間における距離値(奥行き)の差分値を図6に示す。

図6からわかるように、動体領域が存在する場合、大きく距離値(奥行き)の差分値が変動する。また、背景フレームは、変動が少なく一定の距離値(奥行き)を示していることがわかる。そのため、式(1)を用いることで、動体領域が存在していないフレームを最新の背景画像として動的に更新できる。これにより、日照変化などにも影響を受けない長期的な撮影が可能となる。なお、距離画像センサの計測対象エリア外を撮影した場合、正常に距離値(奥行き)を取得することができない。しかし、奥行きに壁が無い撮影環境においても背景の距離値は一定となるため、図6と同様の背景フレームを取得することが可能である。

3.2 動体領域の分離

動体領域の分離では、まず、距離値(奥行き)を用いて分離を行うため、中心投影により生じる誤差を補正する。次に、動体領域は複数の人が重なった領域である可能性があるため、人の幅を用いることにより、動体領域におけるオクルージョンを判定する。そして、オクルージョンが生じた場合、距離値(奥行き)を考慮した3次元座標上でのクラスター分析によって、動体領域を分離する。

3.2.1 距離値(奥行き)の補正

本研究で使用した距離画像センサは、中心投影で撮影しているため、画像内の中心から離れるにつれて誤差が生じる。そこで、本研究では、使用した距離画像センサの画角を基にCCDから照射される赤外線の入射角度を求め、距離値(奥行き)の誤差を補正する。距離値(奥行き)の誤差補正の概念について図7に示す。

図7 誤差補正の概念

図8 中心投影の距離値(奥行き)の誤差

図9 距離値(奥行き)の誤差の補正結果

本研究の距離画像センサの画角は、水平 50° 垂直 36° である。距離画像センサは、赤外線が等間隔で照射されているため、画角から照射角度を推定できる。距離値(奥行き)の誤差は、式(2)を用いて補正する。

$$\beta = \alpha \times \sin(\theta) \quad (2)$$

ここで、距離画像センサから取得した距離値(奥行き)を α 、正確な距離値を β 、距離画像センサから放射される赤外線の入射角度を θ とする。

式(2)の有効性を確認するため、平面な壁に向かって撮影し、実空間における壁までの距離と、距離画像センサを用いて取得した距離値(奥行き)の補正実験を行った。距離値の補正前の誤差を図8に示す。図8からわかるように、距離画像センサから得られる距離値(奥行き)は、中心から離れるにつれて比例して距離の誤差が増加していることがわかる。次に、式(2)を用いた距離値(奥行き)の誤差の補正結果を図9に示す。図9から、距離値(奥行き)の誤差を軽減できていることがわかる。また、Y軸に関しても誤差が生じるため同様の補正を行う。

3.2.2 オクルージョンの判定

動体領域の抽出により取得した動体領域は、複数の人物が重なった領域である可能性があるため、オクルージョンの判定を行う。オクルージョンの判定では、まず、動体領域にラベリングを行い、2次元上に分離する。次に、各ラベルにおける動体領域から距離値(奥行き)のヒストグラムを作成し、距離値(幅)を算出する。そして、あらかじめ算出した人の幅と比較し、閾値以上であればオクルージョンが生じていると判定する。なお、本研究で用いる人の幅の閾値は、男女18人 $\times$ 1500フレームから算出した人の幅の中で最大値であった200ミリメートルとする。人の幅を用いたオクルージョンの判定例を図10に示す。図10から、オクルージョンが生じたラベルの場合、人の幅を超える距離値(幅)が生じることがわかる。

3.2.3 クラスタ分析による動体領域の分離

オクルージョンが生じた動体領域に対して、補正した距離値(奥行き)を用いた3次元上でのクラスタ分析を行う。本研究では、一般的に他の手法と比較して高速で精度の高い分析が可能とされている k -means法[23]を用いる。なお、 k -means法で用いるクラスター数は、距離の幅の差を人の幅閾値で除算した数とした。 k -means法によるクラスタ分析の結果を図11に示す。図11から、 k -means法による3次元座標上での

図10 人の幅を用いたオクルージョン判定

図11 k-means法によるクラスター分析の結果

クラスター分析を行うことで、オクルージョンがある場合に動体領域を分離できることがわかる。

3.3 動体領域の追跡・計測

動体領域の追跡・計測では、まず、動体領域の分離によって人物ごとに分離した動体領域を追跡し、時系列上での同一人物の判定を行う。そして、計測エリアにおける進行方向別の人数計測を行う。

3.3.1 3次元情報を用いた動体領域の追跡

動体領域の追跡では、フレーム間でほぼ同様の動体が抽出されるため、同一の動体領域の大部分が重なり合うことに着目した面積ラップ率[8]による追跡を拡張した手法を提案する。面積ラップ率による追跡では、前のフレームの動体領域が現在のフレームとどの程度ラップしているかを計算し、面積の閾値によって判定している。しかし、オクルージョンが多く生じる場合には、2次元上のラップ率では正しく追跡が行えない問題がある。そこで、本研究では、距離値(奥行き)を考慮した3次元座標上での面積ラップ率による追跡を用いる。3次元座標上での面積ラップ率の追跡

図12 3次元座標上での面積ラップ率追跡の概念

の概念を図12に示す。3次元座標上での面積ラップ率による追跡では、まず、前フレームで抽出した動体領域と、現在フレームで抽出した動体領域における重なり合う面積を算出する。そして、抽出した動体領域を比較し、重なり合う面積の距離値(奥行き)の累積誤差が最小となる動体領域の組み合わせを同一人物として判定する。

3.3.2 計測エリアによる人数計測

計測エリアによる人数計測では、計測エリアにおける内外判定によって進行方向別の通過人数を計測する。まず、進行方向の判定には、3次元座標上の重心と、X軸方向の移動量を用いて左右いずれかの進行方向を決定する。そして、人数計測においては、計測エリアを設け、エリアの内外判定と通過履歴を人物ごとの追跡結果と比較することで進行方向別の人数を計測する。

4. 属性識別機能

属性識別機能では、まず、人物の歩容特徴を抽出するために、抽出した人物の動体領域を時系列に並べた歩容シルエット画像列を生成する。次に、歩容によって性別を識別するために、生成した歩容シルエット画像列から歩容特徴を抽出する。そして、抽出した歩容特徴と歩容データベースと比較することにより、性別の識別を行う。

4.1 シルエット画像列の生成

シルエット画像列の作成では、歩容特徴を抽出するために同一人物の動体領域を重ね合わせて生成する。まず、歩容シルエットを作成するために動体領域をフレームインからフレームアウトまで追跡し、人物の動体領域を時系列順に並べる。そして、生成した歩容シルエットに対して、40pixel×60pixelのサイズにスケーリングを行うことで、歩容シルエット画像列を生

図13 歩容シルエット画像列

成する。生成した歩容シルエット画像列の例を図13に示す。図13から、歩容には、周期性があり、連続してほぼ同じ形状のシルエットが確認できる。本研究では、歩容の連続性に着目して、オクルージョンが発生した場合に、他のシルエットから補完を行う。これによって、オクルージョンが発生した場合でも、歩容特徴を正しく抽出することによって性別の識別精度を向上させる。歩行周期の算出には、まず、オクルージョンが発生していないシルエットをキーフレームとして設定する。そして、キーフレームと各シルエット間の残差が最小となるシルエットを取得し、歩行周期を算出する。

4.2 歩容特徴の抽出

性別の識別をするために、生成したシルエット画像列から歩容特徴を抽出する。既存の歩容特徴の抽出手法は、モデルベースの手法[24]とアピアランスベースの手法[15]がある。モデルベースの手法では、あらかじめ人体モデルを定義しておき、モデルに実際の人物をあてはめることで、モデルと人体の動きや形状から生じる差分を特徴として抽出している。しかし、モデルベースの手法はモデルのあてはめが難しく、与えられた特徴に信頼性が低いという問題がある。アピアランスベースの手法としては、シルエット画像列をフーリエ変換することで周波数領域特徴を抽出し、それを歩容特徴として用いている。しかし、実環境においては、オクルージョンが生じるため、ノイズとなるシルエットが多く存在する。そこで、本研究では、アピアランスベースの手法の中で、特にノイズにロバストであるとされているGEI(Gait Energy Image)[13]を使用して性別を識別する。GEIとは、一定区間内のシルエット画像列の平均画像である。そのため、オクルージョンが生じる場合においてもノイズとなるシルエットの影響を軽減させる利点がある。GEIは、連続した歩容のシルエット画像から作成する。GEIの生成に用いる式を式(3)に示す。

$$GEI = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N g_n(x, y) \quad (3)$$

ここで、 $g_n(x, y)$ は n フレーム目のシルエット画像中の位置 (x, y) における距離値(奥行き)、 N は歩行周期である。生成したGEIのサンプルを図14に示す。図14からわかるように、人物のシルエット画像列から、GEI

図14 GEIのサンプル

が作成されていることがわかる。次節以降では、追跡した人物のGEIをその人物の歩容特徴と定義することで、属性情報の抽出を行う。

4.3 性別の識別

性別の識別では、まず、比較対象となる男性と女性にクラス分けを行った歩容データベースを作成する。そして、性別の識別を行うために、人物の歩容特徴から作成したGEIと歩容データベースの比較を行う。また、GEIは、人物が通過するまでに生成できるシルエット画像列から複数作成することが可能である。そのため、歩容データベースとの比較では、複数回の識別を繰り返すことで、判定結果が多いクラスを識別結果として判定する。

4.3.1 歩容データベースの構築

歩容データベースは、男女が右方向に一人ずつ歩行する映像から作成したGEIを使用する。左方向のGEIに関しては、右方向に歩く歩行者のGEIを反転したものを利用する。本研究を行う上で、300人以上の人間の歩容特徴を分析した結果、歩容は大きく2つに分類できることがわかった。それは、男女による歩容と、年齢の推移による歩容である。歩容データベースに含む男女のGEIのサンプルを図15に示す。左画像は男性のGEIのサンプル、右画像は女性のGEIのサンプルである。

また、若年者と高齢者から作成したGEIのサンプルを、図16に示す。左画像が男性の若年者のGEIのサンプル、右画像が男性の高齢者のGEIのサンプルである。

図15、図16から、男性と女性、若年者と高齢者では、歩容特徴が異なっていることがわかる。本研究で利用する歩容データベースは、性別の識別に利用するため、男性クラスと女性クラスの2クラスに分類する。しかし、そのためには、各クラスの中で年齢による歩容特徴の偏りを防ぐ必要がある。そこで、男性クラスでは、男性の若年者と高齢者をそれぞれ20人、女性クラスでは、女性の若年者と高齢者をそれぞれ20人の計80人のGEIを実際の歩行動作から取得して教師

図15 男性と女性のサンプル

図16 若年者と高齢者のサンプル

データとした。また、GEIを歩容データベースに用いる場合、GEIの総数よりも質が重要となる。そのため、教師データに選定したGEIはロングコートを着ていない、荷物を持っていないなど、ノイズが無く正確に歩容シルエットが取得できたものを使用した。なお、子どものデータに関しては、さらに細かい分類が必要なため、今回は対象としていない。

4.3.2 多数決による性別の識別

多数決による性別の識別では、歩容特徴による性別の識別に有効とされる統計的な分類手法である k 近傍法[25]を用いて、システムにより取得した歩行者のGEIと歩容データベースと比較することによって歩行者の性別を識別する。 k 近傍法に用いる k の値としては、既存研究[25]で用いられる $k=3$ とした。また、 k 近傍法での識別精度は、ノイズや教師データの変動等の悪影響を軽減するため、多数決による識別結果の判定を行う。多数決による識別結果の判定の概念を図17

図17 多数決による識別結果の判定の概念

に示す。多数決による識別結果の判定では、まず、シルエット画像列から局所的にGEIを作成し、人物が通過するまで識別を繰り返す。そして、識別結果が多い方のクラスを識別結果として判定し、性別識別を行う。

5. システムの実証実験

システムの実証実験では、まず、距離画像センサを用いて、様々な撮影環境に頑健であることを検証する。本システムで対応可能な撮影環境を表1に示す。表1からわかるように、実環境では、屋外、屋内ともに様々な撮影環境が生じる。デジタルカメラを用いた既存研究[6]や、ステレオカメラを用いた既存研究[8]では、撮影環境や撮影時間限定することで、高精度な人数計測を実現している。しかし、デジタルカメラや、ステレオカメラは日照変化や照明変化により、精度が低下する問題がある。また、実環境での人数計測を想定した場合、計測エリアに他の移動体が含まれるような背景状況には対応することができない。また、

表1 様々な撮影環境

本システム			
屋外	昼間	背景状況変化有り	オクルージョン有り ○※1
		オクルージョン無し	○※1
	夜間	背景状況変化有り	オクルージョン有り ○(実証実験5.2.2)
		オクルージョン無し	○(実証実験5.2.3)
屋内	照明変動有り	背景状況変化有り	オクルージョン有り ○※1
		オクルージョン無し	○※1
		背景状況変化無し	オクルージョン有り ○(実証実験5.2.2)
		オクルージョン無し	○(実証実験5.2.2)
	照明変動無し	背景状況変化有り	オクルージョン有り ○※1
		背景状況変化無し	オクルージョン無し ○(実証実験5.2.1)

※1 背景状況の変化はカメラの撮影環境に依存しない。そのため、5.2.3の検証結果により、背景の更新ができていることを証明できれば、日照や照明変化にも対応可能と仮定できる。

図18 システムの実行画面

左右方向の人物移動を加味したオクルージョンに対応できない。

そこで、本実験では、まず、複数の人物が左右に移動しながらのオクルージョンに対応できることを明らかにするために、オクルージョンが多発する撮影環境での人数計測の精度を検証する。次に、日照変化や照明変化による撮影環境の変化に対応できることを明らかにするために、昼間、夜間や照明変化がある撮影環境での人数計測の精度を検証する。そして、他の移動体があるような背景変化がある撮影環境に対応できることを明らかにするために、他に移動体がある撮影環境における人数計測の精度を検証する。これらの実験を行うことにより、表1に示した様々な撮影環境に対応できると仮定できる。さらに、オクルージョンが生じるような撮影環境でも性別の識別ができることを実証するために、人が交差する撮影環境での性別の識別精度を検証する。最後に、本研究の有効性を明らかにするために、実環境においてシステム全体の精度を検証する。本システムの実行画面を図18に示す。

5.1 実験条件

実証実験では、撮影条件として、距離画像センサを三脚に固定して水平方向に撮影を行う。本研究での撮影条件を図19に示す。

図19 本研究での撮影条件

表2 距離画像センサの仕様

製品名	Panasonic社製 3D Image Sensor「D-Imager」
製品番号	EKL3103
測距離画素数	水平:160px × 垂直:120px
画角	水平:50° 垂直:36°
検出距離範囲	1.2m~9.0m
応答速度	12フレーム/秒
使用周囲照度	太陽光100,000ルクス相当 以下

距離画像センサは、地面から1m程度の位置に固定し、被写体が距離画像センサから3~9m離れた位置に設置する。本研究で使用した距離画像センサの仕様を表2に示す。また、本実験では、CPUがIntel Core 2 Duo P8600 2.40GHzでメモリが2.00GBのパソコンを使用する。

5.2 異なる撮影環境における人数計測の実験

本実験では、まず、オクルージョンや照明変化、日照変化が生じる様々な撮影環境において人数計測が可能であることを明らかにするために、異なる撮影環境における人数計測の精度を検証する。そして、他の移動体があるような背景変化がある撮影環境に対応できることを明らかにするために、他に移動体がある撮影環境における人数計測の精度を検証する。

5.2.1 オクルージョンが多発する撮影環境での人数計測

本実験では、オクルージョンが生じる撮影環境においても人数計測が行えることを実証するために、人が頻繁に交差する撮影環境での人数計測の精度を検証する。

(1) 実験内容

本実験に用いたオクルージョンが生じる撮影環境を表3に示す。表3のように、本実験の撮影環境は、日照変化の影響が少ない屋内において3分間で50人が通過する映像を対象とした。また、本実験映像では、オクルージョンが生じていない人が5人存在し、45人が通過中に1度はオクルージョンが生じている。本研究で用いるオクルージョン率とは、撮影時において行き来する通行人の交差が生じる頻度を意味する。そのため、本実験では、オクルージョンが多発する環境として、オクルージョン率が90%程度生じている実験映像を対象とした。

(2) 実験結果と考察

オクルージョンが多発する撮影環境での人数計測の実験結果を表4に示す。表4からわかるように、オクルージョンが多発する撮影環境においても、92%の計測精度で人数計測することができた。これは、表2に

表3 撮影条件

実験環境	詳細
撮影環境	屋内
照明変動	無し
背景状況変化	無し
オクルージョン率	90%
撮影時間	3分

表4 人数計測結果

	歩行方向	本システム	実測値	計測精度
オクルージョン多発	右方向	20人	24人	83.00%
	左方向	26人	26人	100.00%
	全体	46人	50人	92.00%

おける既存研究と比較して、同等の精度で計測できていることがわかる。また、既存研究[6]の問題であった同方向に移動する人物間でのオクルージョンが生じた場合でも距離値(奥行き)を用いて人物を分離できることで人数計測が行えた。したがって、オクルージョンが生じる撮影環境においても人数計測が行えることがわかった。なお、右方向における計測精度が低下した原因については、全てのフレームでほぼ完全に人同士が重なった場合に動体領域が分離できず、人物が抽出できなかったためである。この問題は、人が目視で計測した場合でも同様に生じる。この問題を解決し、計測精度を向上させるためには、撮影する距離画像センサの位置を斜め方向に変更することで、完全に人同士が重なる場合を軽減できると考えられる。

5.2.2 日照変化・照明変化における撮影環境での人数計測

本実験では、デジタルビデオカメラで対応が難しい日照変化や照明変化における撮影環境においても人数計測を行えることを明らかにするために、昼間、夜間や照明変化がある屋内における撮影環境での人数計測の精度を検証する。

(1) 実験内容

本実験に用いた日照変化と照明変化における撮影環境を表5に示す。表5からわかるように、本実験では、日照変化がおきる昼間の屋外と夜間の屋外、照明変動が起こる室内を撮影環境とした。屋外の撮影では、明るい昼間から最も暗くなる夜間での計測を明らかにすることによって、朝方や夕方にも同様に計測できると考えられる。また、屋内の撮影では、撮影時間内に10秒から20秒間隔でランダムに照明のON・OFFを行うことにより、頻繁に照明変動が起こる環境で実験を行う。これにより、照明変動が起こる状況下においても、頑強に計測が行えているかを検証する。さらに、本実験では、オクルージョン率が60%程度生じている実験映像を対象とした。

(2) 実験結果と考察

日照変化や照明変化が生じる撮影環境での人数計測結果を表6に示す。表6からわかるように、日照変化や照明変化がある撮影環境においても、約95%の計測精度で人数計測することができた。しかし、昼間の計

表5 撮影条件

実験環境	詳細
撮影環境	昼間:屋外(午後12時頃)
	夜間:屋外(午後20時頃)
	屋内:照明変動有り
背景状況変化	無し
オクルージョン率	60%
撮影時間	各3分

表6 人数計測結果

	歩行方向	本システム	実測値	計測精度
昼間	右方向	16人	23人	69.57%
	左方向	27人	27人	100.00%
夜間	右方向	45人	48人	93.75%
	左方向	44人	46人	95.65%
屋内照明変動	右方向	36人	31人	86.11%
	左方向	23人	25人	97.14%
	合計	191人	200人	95.50%

測精度に関しては、左右方向を合わせて86%となり、ステレオカメラを用いて計測している既存研究[8]の計測精度92%と比較しても、若干精度が低下していることがわかる。特に右方向の計測精度が低下しており、これは、距離画像センサから歩行者までの距離と太陽光によるノイズが原因と考えられる。今回の実験環境では、右方向に歩く歩行者が、左方向に歩く歩行者よりもセンサから離れた位置を歩行していた。昼間における実験では、実環境における照度が、表1に示す距離画像センサの使用周囲照度を越えたため、太陽光によるノイズが増大し、距離画像センサからの距離が離れるにつれて動体領域が正常に抽出できなかった。そのため、左方向の歩行者よりも離れた位置を歩行していた右方向の歩行者の精度が低下したと考えられる。この問題に関しては、周囲光によるノイズをさらに除去することで対応することは可能であるが、距離画像センサの性能に依存するため、距離画像センサの周囲光の影響を軽減する性能の改善によって解決できると考えられる。

5.2.3 他の移動体がある撮影環境での人数計測

本実験では、デジタルビデオカメラで対応が困難であった背景に、他の移動体が含まれる撮影環境においても人数計測が行えることを明らかにするために、背景に自動車が通過する歩道における人数計測の精度を検証する。

(1) 実験内容

本実験に用いた他の移動体がある撮影環境を表7に

示す。表7からわかるように、本実験では、午後21時頃の屋外において、計測エリア指定した人数計測を行った。計測エリアには、距離値(奥行き)1500ミリメートルを指定した。これは歩道エリアである。さらに、計測エリアの背景には、車道などの人物以外の移動体がある場合を想定した。デジタルビデオカメラで撮影した撮影環境を図20に示す。図20からわかるように、計測エリアである歩道の後ろには自動車が通行している。

(2) 実験結果と考察

他の移動体がある撮影環境での人数計測の実験結果を表8に示す。表8からわかるように、距離値(奥行き)により計測するエリアを指定した場合においても、90%の計測精度で人数計測を行うことができた。これにより、従来のデジタルビデオカメラを用いた人物計測手法では困難であった背景に、草木の揺れや車などの他の移動体が存在する環境においても、距離画像センサを用いて計測エリアを指定することにより、人数計測を行うことができた。

表7 撮影条件

実験環境	詳細
撮影環境	屋外(午後21時頃)
照明変動	無し
背景状況変化	有り(距離値1500mm)
オクルージョン率	60%
撮影時間	3分

図20 他の移動体がある撮影環境

表8 人数計測結果

	歩行方向	本システム	実測値	計測精度
他に移動体あり	右方向	23人	25人	92.00%
	左方向	22人	25人	88.00%
	全体	45人	50人	90.00%

5.3 オクルージョンが生じる撮影環境における性別識別実験

本実験では、オクルージョンが生じる撮影環境においても歩容特徴を用いることで性別の識別が行えることを明らかにするために性別識別の精度を検証する。

(1) 実験内容

本実験に用いたオクルージョンが生じる撮影環境を表9に示す。表9からわかるように、本実験では、撮影環境を屋内とし、撮影時間を5分とした。そして、オクルージョン率が90%程度生じている実験映像を対象とし、男性30人、女性30人を対象に性別識別を行った。

(2) 実験結果と考察

本実験におけるシステムの性別識別結果を表10に示す。表10からわかるように、本実験では、男性30人のうち、女性と誤判定した人数は4人、女性30人のうち、男性と誤判定した人数は6人となり、全体で83%の精度で性別の識別を行うことができた。既存研究[16]では、ランニングマシン上での歩行動作からデジタルビデオカメラを用いて歩容特徴を抽出することで、約90%の精度で性別識別を行っている。実験結果から、既存研究と比較し若干精度が低下したが、オクルージョンが生じる撮影環境においても、高精度で頑健に性別識別が可能となったと考えられる。本実験において、識別精度が低下した原因としては、個人の特徴や装飾品、服装の変化などが大きく影響したと考えられる。今後、精度向上を行うためには、これら様々な種類のデータを歩容データベースに加え、検討を行う必要がある。

表9 撮影条件

実験環境	詳細
撮影環境	屋内
照明変動	無し
背景状況変化	無し
オクルージョン率	90%
撮影時間	5分

表10 性別識別結果

	本システム	実測値	誤判定	識別率
男性	26人	30人	4人	86.66%
女性	24人	30人	6人	80.00%
合計	50人	60人	10人	83.33%

5.4 実環境におけるシステム全体の実験

本実験では、システム全体の有効性を実証するために、実環境における性別と方向ごとの通過人数の計測精度を検証する。

(1) 実験内容

本実験では、実環境下において人数計測実験と属性識別実験を行う。表11の環境下で実験を行った。表11のように、本実験では、実環境での撮影環境として、大学の施設の出入り口に距離画像センサを設置し、約10分間の撮影を行った。

(2) 実験結果と考察

本実験におけるシステム全体の実験結果を表12に示す。表12からわかるように、実環境においても、左右の平均が81%の精度で計測できた。計測精度が低下した原因としては、大きく2つが挙げられる。1つ目は、実環境における人物の歩容シルエットの変化である。実環境では、人物はキャリーバックやスーツケースなど様々な物を所持している。本研究における歩容データベースは、所持品などを考慮していないため、性別の識別精度が低下した。この問題に対しては、動体領域を分離する際に、明らかに人物の領域でない動体領域の除去手法を提案することで解決できると考えられる。2つ目は、オクルージョンにより常に人物が隠蔽する場合においては、歩容特徴が正しく取得できず、識別精度が低下する問題が挙げられる。この問題に対応するためには、人数計測の実験結果と同様に、距離画像センサの設置位置に角度をつけることで、オクルージョンを軽減させることが考えられる。設置位置に角度を設けた場合には、歩容の見え方が変化する問題が予想される。そのため、既存研究[26]のような

観測角度に応じて歩容特徴を変化させるような手法を取り入れることで様々な角度に対応できると考えられる。また、全体として、左方向の精度が右方向に比べて低い原因は、5.2.2項の昼間の実験と同様の理由であり、全体実験では、左方向の歩行者がセンサから離れた位置を歩行したためだと考えられる。

6. おわりに

本研究では、距離画像センサを用いることによって、日照変化や照明変化、オクルージョンが生じる環境においてロバストな人数計測システムを開発した。そして、人数計測の際に、補足入力情報として距離画像センサからの距離値(奥行き)を与えることにより、計測エリアを限定した計測を実現した。これにより、従来では困難であった背景が変化する撮影環境においても人数計測が可能となった。さらに、人数計測により計測した人物の歩容特徴を利用することにより、計測した人物の属性情報として性別の付与を行った。

実証実験では、本研究の有効性を明らかにするために3つの実験を行った。まず、人数計測の実証実験では、本提案手法が実環境の様々な撮影環境にロバストであることを明らかにするため、オクルージョンが多発する環境、日照変化や照明変化が生じる環境、他の移動体が背景に含まれる環境での人数計測実験を行った。これにより、様々な撮影環境においても、本提案手法の有効性を示した。次に、オクルージョンが生じる撮影環境における性別識別実験では、人物の歩容特徴を用いることで、オクルージョンが生じる撮影環境においても性別識別を行うことが可能になった。最後に、全体実験として、実環境における人物の流動情報計測を行った。そして、実験結果から、本研究における有用性を実証した。以上から、本システムを用いることで、従来は人による目視で行なわれていた人数計測を自動化し、都市計画などの基盤情報の収集に用いることができると考えられる。

今後、人物計測に関しては、雨や雪などの悪天候時における屋外での撮影環境が距離画像センサへ与える影響について調査する予定である。そして、自転車などの人以外の移動体が撮影エリア内に存在する場合には、移動速度や移動体の形状から人物の判定を検討する。属性情報の識別に関しては、精度を向上させるために、歩容特徴を用いた属性情報の識別手法の拡張を検討する。また、本研究で用いた歩容データベースでは、子どもの教師データへの対応とデータベースの質の向上が課題として挙げられる。加えて、属性情報として、性別以外にも人物の年代といった情報を抽出する必要がある。人数計測を行った歩行者をさらに詳細

表11 実環境下での撮影環境

実験環境	詳細
撮影環境	屋外(午前10時頃)
照明変動	無し
背景状況変化	無し
オクルージョン率	60%
撮影時間	10分

表12 システム全体の実験結果

性別	歩行方向	本システム	実測値	計測精度
男性	右方向	14人	17人	82%
	左方向	7人	9人	77%
女性	右方向	7人	8人	87%
	左方向	11人	14人	78%
全体	右方向	21人	25人	84%
	左方向	18人	23人	78%

に分析し、属性情報を抽出することで、幅広い分野で有効な人物流動情報の収集を行う予定である。

謝辞

最後に、本論文を遂行するにあたり、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(2008年～2012年選定プロジェクト「セキュアライフ創出のための安全知循環ネットワークに関する研究」)から助成を受け、その成果を公表するものである。ここに記して、感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 国土技術研究センター:道路の移動等円滑化整備ガイドライン, 大成出版社, 2008.
- [2] 旭川市都市建築部駅周辺開発課整備推進係:都市再生整備計画旭川駅周辺地区,
<http://www.city.asahikawa.hokkaido.jp/files/ekikaihekik/toshisaisei/asahikawaekisyuhen.htm>, 2009.
- [3] 鹿島茂, 曹圭錫, 山本隆, 石井康一郎:人手による交通量調査の調査精度に関する研究, 交通工学, 交通工学研究会, Vol.33, No.6, pp.36-43, 1998.
- [4] Shao, X., Katabira, K., Shibasaki, R. and Zhao, H.: Tracking a Variable Number of Pedestrians in Crowded Scenes by using Laser Range Scanners, 2008 IEEE International Conference on Systems, IEEE, pp.1545-1551, 2008.
- [5] 寺田賢治:ハフ変換を用いた混雑状況下の人数計測, 画像ラボ, 日本工業出版, Vol.14, No.4, pp.34-38, 2003.
- [6] 寺田吉希, 斎藤文彦:水平方向撮影における異なる移動手段を持つ人物の通過人数計測, 電気学会論文誌(C), 電気学会, Vol.129, No.4, pp.703-709, 2009.
- [7] 中島慶人, 篠原晴志, 説田武文:通過所要時間に基づく入退所者数の計測, 電気学会論文誌(C), 電気学会, Vol.129, No.5, pp.885-892, 2009.
- [8] 吉田博哉, 村木広和, 田中成典, 吉田均, 西田義人, 藤巻重則:ステレオビデオカメラを用いた交通量算出システムに関する研究開発, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.47, No.6, pp.1708-1716, 2006.
- [9] 西田義人, 北川悦司, 田中成典, 吉田均, 山名年浩:デジタル動画画像を用いた移動体の流動計測および識別に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.16, pp.19-26, 2007.
- [10] 西野聡, 田島圭佑:近赤外線顔面画像による男女識別の基礎検討, 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, 情報処理学会, Vol.164, No.35, pp.213-218, 2008.
- [11] 金子賢一:性別・年齢層自動推定システムの紹介 FiledAnalyst～店舗マーケティングが変わる～, 画像ラボ, 日本工業出版, Vol.24, No.2, pp.66-69, 2008.
- [12] 馬場口登:安心な映像サーベイランスのためのプライバシー保護処理, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, Vol.2007, No.1, pp.85-92, 2007.
- [13] Xunelong, L., Maybank, S., Yan, S., Tao, D. and Xu, D.: Gait components and their application to gender recognition, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE, Vol.38, No.2, pp.145-155, 2008.
- [14] Chang, P., Tien, M., Wu, J. and Hu, C.: Real-time Gender Classification from Human Gait for Arbitrary View Angles, 2009 8th IEEE International Symposium on Multimedia, IEEE, pp.88-95, 2009.
- [15] Huang, G., Wang, Y.: Gender classification based on fusion of multi-view gait sequence, Proceedings of 8th Asian Conference on Computer Vision, Vol.1, pp.462-471, 2007.
- [16] 万波秀年, 横原靖, 八木康史:歩容における性別・年齢の分類と特徴解析, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.J92-D, No.8, pp.1373-1382, 2009.
- [17] 松下電工:距離画像センサあかりと電気設備Ebox, <http://biz.national.jp/Ebox/kyorigazou/>, 2010.
- [18] 林佑樹, 一見健太, 佐田達典:距離画像センサを用いた交通流検知に関する基礎的実験, 土木情報利用技術講演集, 土木学会, Vol.34, pp.69-72, 2009.
- [19] 朴セム, 堀内隆彦, 富永昌治:実雑音の分析に基づいた画質保存型メディアフィルタ, 映像メディア学会誌, 映像メディア学会, Vol.62, No.11, pp.1858-1865, 2008.
- [20] 池村翔, 藤吉弘巨:距離情報に基づく局所特徴量によるリアルタイム人検出, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.J93-D, No.3, pp.335-364, 2010.
- [21] 高橋典宏, 山澤一誠, 生雲公啓, 野田賢, 横矢直和:距離画像センサを用いた俯瞰画像からのSVMによる人物の姿勢分類, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.107, No.384, pp.47-52, 2007.
- [22] 大津展之:判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.63, No.4, pp.349-356, 1980.
- [23] 春日秀雄, 山本博章, 岡本正行:高速K-means法を用いたカラー画像の色量子化, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.J82-D-II, No.7, pp.1120-1128, 1999.
- [24] Urtasun, R. and Fua, P.: 3D Tracking for Gait Characterization and Recognition, 2004 IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, IEEE, pp.17-22, 2004.
- [25] Goffredo, M., Carter, N. and Nixon, S.: Front-view Gait Recognition, 2008 2nd IEEE International Conference on Biometrics Theory Applications and Systems, IEEE, pp.1-6, 2008.
- [26] 横原靖, 佐川立昌, 向川康博, 越後富夫, 八木康史:周波数領域における方向変換モデルを用いた歩容認証, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.48, No.1, pp.78-85, 2007.

(2010年12月21日 受付)
(2011年3月17日 採録)

【問い合わせ先】
〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1
関西大学大学院総合情報学研究科
安彦 智史
TEL: 072-690-2151
E-mail: abiko@kansai-labo.co.jp

著者紹介

あびこ さとし
安彦 智史 [非会員]

1986年生。2008年関西大学総合情報学部卒業。2010年関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻博士課程前期課程修了。現在、関西大学大学院総合情報学研究科総合情報学専攻博士課程後期課程在学中。修士（情報学）。画像処理の研究、Webソリューションビジネスに関連する研究業務に従事。2006年（株）関西総合情報研究所入社。2009年からマネージャー就任。土木学会会員。

むらもと しんいち
村本 晋一 [非会員]

1985年生。2009年関西大学総合情報学部卒業。2011年関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻博士課程前期課程修了。修士（情報学）。画像処理の研究に従事。

うえたに こうへい
上谷 弘平 [非会員]

1989年生。現在、関西大学総合情報学部在学中。画像処理の研究に従事。

わかばやし かつま
若林 克磨 [非会員]

1987年生。2011年関西大学総合情報学部卒業。現在、関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻博士課程前期課程在学中。画像処理の研究に従事。

たなか しげのり
田中 成典 [正会員]

1986年関西大学工学部土木工学科卒業。1988年関西大学大学院工学研究科土木工学専攻博士課程前期課程修了。同年、（株）東洋情報システム（現在、TIS）に入社。人工知能に関する研究受託開発業務に従事。1994年関西大学総合情報学部専任講師として着任。1997年助教授。2004年教授。2006年から学生センター副所長。現在に至る。2002年8月から1年間、カナダのUBCにて客員助教授。博士（工学）。専門は知識工学と社会基盤情報学。CAD/CG、GIS/GPS、画像処理及びWebソリューションビジネスに関する研究に従事。2000年（株）関西総合情報研究所を起業。設立当初から現在まで取締役会長。2006年（株）フォーラムエイトの顧問に就任。現在に至る。建設省土木研究所CAD製図基準検討委員会委員長、土木学会土木情報システム委員会幹事長、同委員会土木CAD小委員会委員長、ISO/TC184/SC4国内委員などを歴任。現在、国土交通省日本建設情報総合センター社会基盤情報標準化委員会委員、同委員会CAD／データ連携小委員会委員長、土木学会情報利用技術委員会副委員長。主に、ISOに準拠したCAD製図基準とCADデータ交換基盤の開発に従事。

Measurement of Human Flow Information Using Range Image Sensor

by

Satoshi ABIKO, Shigenori TANAKA, Shinichi MURAMOTO, Kouhei UETANI
and Katsuma WAKABAYASHI

Abstract :

The traffic flow information of humans and goods is widely put to use as infrastructural information in urban planning such as traffic plans or area marketing. However, traffic flow information depends on the questionnaire survey of the public transportation users or the visual inspection by the inspector on a street corner, causing a problem of costing a lot of money. Therefore, studies have been conducted to automatically measure traffic flow information using a laser beam sensor or a digital video camera. The former method using the laser beam sensor makes it possible to perform a traffic survey of a movable body with high precision in any environment. However, it is impossible to obtain information of its appearance and thus grasp correct attribute information of the movable body itself. On the other hand, with the latter method using the digital video camera, information about the appearance of the movable body can be obtained and analyzed. However, there is a problem that the measurement precision goes down when the photographic environment changes such as in lighting and sunshine, or under such environment as occlusion occurs due to the overlapping of movable bodies. Thus, this study realizes accurate measurement and acquisition of human flow information with attribute information even under difficult photographic environment or where occlusion occurs, by focusing only on human figures and using a range image sensor to which the characteristics of the laser beam sensor and digital video camera are added.

Keywords : traffic planning, traffic flow information, range image sensor, human flow measurement, attribute information

Contact Address : **Satoshi ABIKO**

Graduate School of Informatics, Kansai University
2-1-1, Ryozenji-cho, Takatsuki City, Osaka 569-1095, JAPAN
TEL : 072-690-2151
E-mail : abiko@kansai-labo.co.jp