

ステレオカメラを用いた人の入退出の自動カウント

菅沼壮太 花泉弘

法政大学情報科学部

1. まえがき

近年、新型コロナウイルスの流行で、人が密集することを忌避する考えが広がっている。人が密集する場所を避けるためにはその場所にどれくらいの人が入退出したかを知る必要がある。単眼カメラでは時間変化による照明の変化により、人物の検出処理が複雑化してしまう[1]。本研究ではステレオカメラを使い2つのカメラの視差を求めることで対象物までの距離を測定することにより照明器具や太陽光の時間変化による影響に左右されず野外でも問題なく運用できる[2]。1台のステレオカメラを用いる従来の研究では検出した人物領域を、深度情報を基に閾値を設定し分離させることで人数を計測していたが、人と人が接触するくらい混んでいると分離できずに複数人を一人と計測してしまうことがあった[3]。本研究では事前に用意した1人が通過した時の面積を基準として通過時の面積と比較することで通過人数の推定を行う。こうすることで人と人が接触している場合の人数推定の性能向上を図る。

2. 提案手法の原理と処理手順

本研究では図1のようにRGBステレオカメラを下向きに設置して撮影した画像に検出ラインを設定し、深度情報の時間変化から検出ラインを超えた人数を計測する。この時、検出ライン2本を画像上に設定して先にどちらのラインで人物が検出されたかで入退出を判断する(図1参照)。使用するステレオカメラはカメラキャリブレーションによって平行化がなされており、これを使って撮影された画像のステレオマッチング[4]を行って深度画像を作成する。

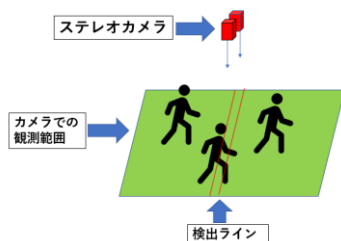


図1 計測システムの概念図

“A counting system for people entering and exiting using a stereo camera”

Shota Suganuma, Hosei University

2.3 検出線の背景差分

求めた深度画像に対して、カメラの直下点を中心点とし y 座標の中心点から x 軸に平行な直線を設定する。その直線から、 y 軸方向に幅を与え、その棒状のデータを検出に用いる(図2参照)。

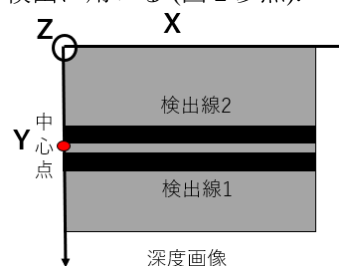


図2 検出線の設定

2本の棒状のデータに対し、それぞれ背景差分処理を行い、さらに Y 軸方向の平均値を取ることで、ノイズを平滑化する。

2.4 人物領域の検出

上の処理で得た線状のデータをフレームごとに抜き出し、時空間画像[5]を作る(図3参照)。縦軸は時間軸 T として扱う。

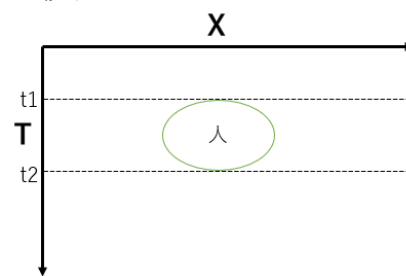


図3 時空間画像

時空間画像の各ラインを順に走査していき、閾値を越える画素が見つかった時に人物が検出されたとする。この時刻(フレーム)を $t1$ とし、閾値を越える画素がなくなった時刻を $t2$ とする。

2.5 人物領域の人数推定

人物領域の検出で得た2値化した $t1-t2$ の人物通過時のデータをラベリング処理して離れている人物領域はそれぞれで人数推定を行う。ラベリング処理で同じ集合と判断された各人物領域の面積(合計画素)と各人物領域のまでの平均距離を使った面積定数[6]で補正を行った上で人数推定を行う。ここでは時空間画像に対して行うので、2本の検出線の間を通過した速度を用いて補正を行って人数推定を行う。

式(1)で求めた n を四捨五入することで各人物領域の最終的な人数を推定する。

$$n = \frac{S \times z^2 \times v}{A} \quad (1)$$

ここで、 S は各人物領域の面積（人物領域の合計画面素数）、 z は各人物領域におけるステレオカメラからの平均距離、 v は各人物領域が 2 本の検出線の間を通った時の速度である。実験を行う前に通行人数が 1 人の時のデータを取り、式(2)で面積定数 A を求めておく。

$$A = S_0 \times z_0^2 \times v_0 \quad (2)$$

S_0, z_0, v_0 は面積定数 A を求めたときの S, z, v に対応した量である。

2.6 入退出方向の検出

人物領域における人数の推定値 n を用いて人物領域を k -means 法を用いて n 個のクラスターにクラスターリングする。同じ処理を 2 本の検出線に対して独立に行い、それぞれで得られた n 個のクラスター重心を比べて、1 人ずつどちらの方向から通過したかを判定する。

3. 実験および考察

実験には、左右の画像がそれぞれ 1280×960 の解像度で、30fps のステレオカメラを用いた。初めにチェッカーボードの画像を複数枚用意して、カメラキャリブレーションを行った。次に、左右のカメラの平行化と、ステレオマッチング処理を行った。これらの処理は MATLAB の stereoCameraCalibrator 関数を使用した。実験では 4.5m の高さにステレオカメラを設置して、鉛直下向きに動画を撮影した。ゲート幅を 4.2m としてその中で、通行人として 1~7 人の人物を横、縦、斜めに歩行させて動画を撮影した。この動画から深度画像を求め実験を行った。得られた深度画像に 2 本の検出線を用意して 1 フレーム目の背景画像の差分を取って、人物検出を行った。

人物通過時のデータの例を図 4 に、実験内容を表 1 に示す。

表 1 実験 1~3 における人物の動き

	状態	下→上への人数	上→下への人数
実験 1	離れて	2	0
実験 2	肩を組んで	2	0
実験 3	離れて	1	1

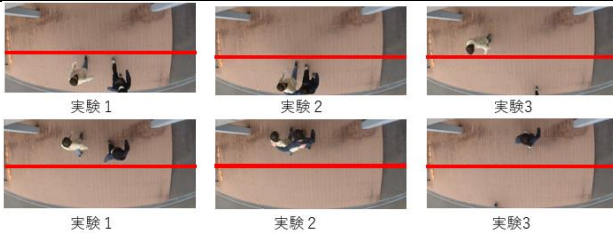


図 4 検出線(赤線)を越える前(上段)と後(下段)の画像

目標とした人と人が接触している場合の人数推定の例として実験 2 の 2 人の人物が肩を組んで同じ方向に歩いている場合の人数推定の過程を示す。図 5 は実験 2 の時の時空間画像であり、表 2 は図 5 の各人物領域のデータである。



図 5 実験 2 の時空間画像

表 2 実験 2 の人物領域のデータ

	S	z	v	n
人物領域	4322	292.7	1/8	2.2

実験の通行人数 1~7 人の動画で、検出線 1 の方向(下方向)から移動してきたのべ 127 人と検出線 2 の方向(上方向)から移動してきたのべ 112 人を正確に検出することができた。この研究の目標であった人と人が接触する場合の人数推定も、2~4 人で肩を組んで歩いているとき動画でも正確に人数検出することができた。

4. むすび

本研究ではステレオカメラを用いてゲートを通過する人数のカウントを行うシステムを提案した。深度情報に対する移動平均処理をおよび背景差分処理によってノイズを低減しつつ移動領域として人物を精度よく抽出していること、人物領域の大きさを予め決めて決めておき、身長や歩行速度で補正することで人数カウントの精度を上げた。また 2 本の検出線を用いて移動方向を正しく検出できた。

提案手法では人数検出精度が十分とは言えず、荷物などを人が持っているとき正確に検出できなくなる可能性がある。今後はこうした問題を解決するアルゴリズムの開発が必要である。

文献

- [1] 山崎洋輝, “建物への入場者数の計測法”, 法政大学卒業論文, 2017
- [2] D.Beymer, “Person counting using stereo” Proc. Of the Workshop Human Motion, pp.127-133, 2000
- [3] 雨宮 聡, “ステレオカメラを用いる入退場者のカウントシステム” 法政大学卒業論文, 2021
- [4] 谷合 竜典, “3次元画像計測におけるステレオマッチングの基礎から最先端まで”, OMRON TECHNICS Vol.53 No.2 (通巻 165号) 2021
- [5] 寺田 賢治, 吉田 大輔, 大恵 俊一郎, 山口 順一, “ステレオカメラを用いた通行人数の自動カウント” 電気学会論文誌C 120 巻 6 号 850-856 ページ, 2000
- [6] 星川 佑磨, “差分ステレオを用いた人流計測”, 大学院研究年報 理工学研究科編 41 巻, 2011