

AR マーカを用いた通過判定および寸法計測手法の開発 Development of a Method for Determining Passage and Measuring Dimensions Using AR Markers

升井 洋志[†]
Hiroshi Masui

1. はじめに

店舗出入口やバス等の公共交通機関の乗降口においてその乗降数を計測する手法は、LED やセンサ等の専用デバイスを用いるものから、カメラ映像を画像処理することで行うものまで多数ある。これまでの手法では、複数の機材を設置する必要や、機材が高価となることが問題であった。本研究は、比較的安価でありながら精度の高い手法として、あらかじめ設置しておいた複数の AR マーカの前を通過物が横切る様子をカメラで撮影し、マーカの隠れ方で通過方向、大きさ等を認識する手法の開発を目的とする。

2. 通過判定手法

出入口等のある決められた通路・境界における物体の通過判定には、通過自体の検出とその方向の 2 つの要素を検出する必要がある。店舗やバスの乗降口に設置してある単一の赤外線 LED やセンサ等の光学的デバイスを用いる方法では、通過自体を検知することは可能であるが、その方向はわからない。バスの乗降口のように入口と出口が決まっており方向の検知が必要無い場合は問題ないが、店舗入口等においては、入店人数を把握する用途においてその方向の検知も必要となる。これを解消するために複数のセンサを並べて通過方向を検知する方法[1]や、測域センサを用いた方法[2]が提案されている。

また、カメラ映像を画像処理する方法[3]では、通過自体とその方向、同時刻における通過物体の数等、さまざまな情報が取得可能である反面、画像処理を行う PC 等の機材が高価になることや、クラウド等のネットワーク上での処理を行う場合には通信にかかる費用およびスループット等が懸念事項となる。

2.1 通過判定の要件

ここで通過判定における要件を整理する。通過判定には以下の 2 点が必要である。

1. 通過自体の検知
2. 通過方向の検知

さらに、実際の導入においては以下も要件として考慮する必要がある。

3. 導入および運用コスト削減
4. 機材の汎用性

本研究では、これら 1. から 4. を要件とした通過判定システムの開発を目的とする。

2.2 提案手法

前章の要件を満たす、安価でかつ方向検知の可能な手法として、以下の通過判定システムを提案する[4]。

[†] 北見工業大学 Kitami Institute of Technology

- ・通過検知のトリガとして AR マーカを配置
- ・AR マーカをカメラで撮影しその画像から通過を検知
- ・カメラと本体は RaspberryPi とその周辺機器にて構成

本提案手法の最も特徴的な点は、検知用のセンサや重い画像処理を用いるのではなく、通過判定したい通路等の片側の壁等に AR マーカを配置し反対側からそれをカメラで撮影することで通過判定を実現することである。AR マーカは進行方向に複数設置され、物体が AR マーカの前を通過すると、マーカを撮影した画像からはその複数のマーカが順に隠れることが得られる(図 1 参照)。この隠れた順番により通過自体の検知のみならず通過方向の検知を可能としている。これにより要件の 1. および 2. が満たされる。さらに、通過方向と垂直な方向においても複数配置することで、通過検知の信頼性を向上することも可能である。

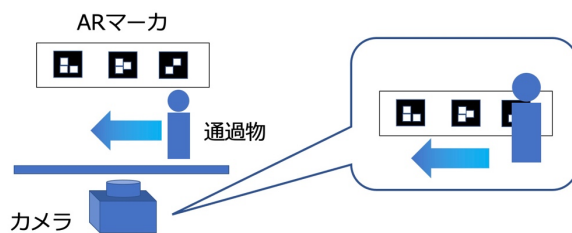


図 1 AR マーカと通過物

通過判定における AR マーカ認識には、安価でかつ必要十分な機能が揃っているシングルボードコンピュータである RaspberryPi を使い、周辺機器として画像撮影のための小型カメラを接続する。通過判定に画像処理を用いる方法では、通常、解像度の高いカメラと処理を行うノート PC が必要となるため、機材が高価になりがちである。これに対し、RaspberryPi を用いる本提案手法では、本体およびカメラはノート PC と比較して 1/10 から 1/20 の費用で導入可能であり、かつ RaspberryPi は市場に非常に多く出回っていることから汎用性も十分である。この観点から要件の 3. および 4. が十分に満たされていると考えられる。

RaspberryPi 上での AR マーカ認識を行うため、動画内のマーカ判定部分に OpenCV を使い、処理プログラム自体は Python によってコーディングを行なった。

2.3 AR マーカによる通過判定

ここで AR マーカによる通過判定の仕組みを大まかに説明する。図 2 にあるように、通過物体の進行方向と並行に AR マーカを配置する。AR マーカにはあらかじめ定義した ID を付与し、ID の違うマーカを 0, 1, 2 というように順番に配置する。この AR マーカが配置された位置と反対側からカメラを用いて撮影し、通過物体が横切る際にどの順番

でマークが隠れたかを認識することで通過自体の検知および通過方向の検知を可能としている。なお、画像内の 2 次元マークとして QR コードではなく AR マークを用いたのは、処理の軽さ、同一画像（動画）内における複数マークの判定等において AR マークが有利であったためである。

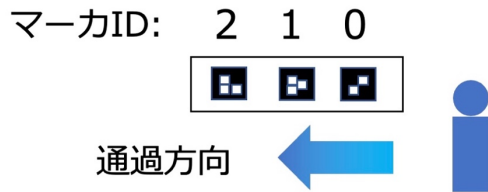


図 2 通過方向とマーク ID の割当

3. 通過物体の大きさ判定

前章の AR マークを用いた通過判定では、通過物の進行方向に並行に ID の違うマークを並べ、その隠れる順番によって通過方向を判定したが、進行方向と垂直な方向に進行方向とは別の ID を持つマークを並べ、どのマークが隠れたかをみることで、通過物体の進行方向に垂直な成分の大きさを判定できる（図 3 参照）。適用例としては、商店の出入口で入店者の身長を判定することが考えられる。

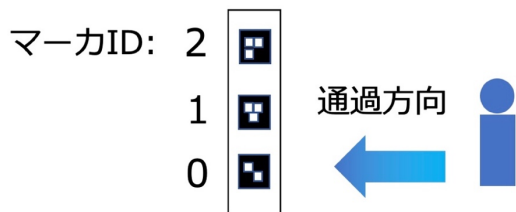


図 3 通過方向と垂直な成分の大きさ判定

進行方向と並行に配置したマークが隠れる範囲を測定することで、通過物体の進行方向に並行な成分の大きさを判定することも可能である。適用例として、ベルトコンベアで運ばれてくる荷物の幅を判定するような配送センターでの仕分けやフェリー入口での自動車の大きさ判定が考えられる。

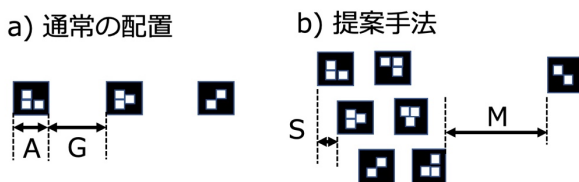


図 4 大きさ測定のための AR マーク配置

隠れたマークの数ないしは範囲を物体の大きさの測定基準とする場合、最小測定長は AR マーク自体の大きさおよび配置の間隔に依存する。通常の通過判定と同様の配置をした場合（図 4 a）、最小測定長は AR マークと配置間隔を

合わせた長さ（A+G）となる。これに対して本提案では、最小測定長を短くするため、図 4 b に示すように AR マークをずらして配置する。これにより、最小測定長は AR マークのずれの間隔（S）となり、これを細かくとすることで任意の精度を得ることが可能となる。ただし、AR マークの使用数を増やせば測定精度は向上するが、それに比例して画像処理の負荷が増大する。そこで、AR マーク使用数の削減を行うため、通過物体の大きさの下限値がある程度わかっている場合は、進行方向に並べたマークの群から、物体の大きさの下限値に相当する距離（M）だけ離れた位置に最後のマークを設置し（図 4 b）、使用マーク数を削減する。

4. 測定結果

4.1 通過判定に関する測定

本提案手法での通過判定の読み取り精度を測定するため、北見工業大学生協食堂の入口に、AR マークおよびカメラを設置し、学生の入場数測定を行なった。結果として、総数 160 人に対し、読み取り成功数 156 人と、97.5%の精度を得た。

4.2 通過物体の大きさ判定に関する測定

通過物体の大きさ判定では、移動速度が固定できるように小型のベルトコンベアを用意しを物体の移動速度とカメラのリフレッシュレート（fps）との関連という視点で測定した。その結果例えば 100mm/s の速度であれば、5fps でも十分な測定が可能であり、150mm/s では 15fps、200mm/s では 30fps 以上必要という結果を得た。

5. おわりに

本研究は物体の通過判定および大きさ判定において、AR マークを配置し、その隠れ方を測定することで実現可能な手法を示した。処理に RaspberryPi を用いることで安価かつ汎用性の高い手法であるとともに、十分な測定精度が得られることを示した。今後、設置および判定の容易さから、さまざまな用途に対して適用が広がることが期待される。

謝辞

本研究の一部は令和 2 年度ならびに令 3 年度北見市産学官連携推進協議会の共同研究予算の補助によって遂行されました。また、有益な議論に参加した北見工業大学核科学情報工学研究室の構成員に謝意を表します。

参考文献

- [1] 秦 淑彦, “焦電型赤外線センサを用いた 1 人用ゲートにおける通行判定”, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 28, No. 6, pp.887-898 (2016).
- [2] 山田 優馬, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, “測域センサを利用した高精度なバス乗降計測システム”, 第 25 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.24-31 (2017).
- [3] 山田 優馬, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, “路線バスにおけるカメラ画像を用いた OD 計測システムの提案”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2019-ITS-79(18), pp.1-8 (2019).
- [4] 升井洋志, “移動体通過判定システム及び判定方法”, 特願 2020-098221.