

MOTを用いた交差点における交通量調査の カウンターラインの最適化手法の提案

渡辺 魁^{†1,a)} 中野 勝章^{†1} 中沢 実^{†1}

概要：近年、画像認識技術の向上により交通量調査も MOT(Multi-Object Tracking) を利用したシステムに置き換わると期待されている。MOT を利用した交通量調査では、トラッキングした対象をカウントするためのカウンターラインを設定する必要がある、特に交差点などの複雑なシーンでは複数のカウンターラインを同時に最適化する必要がある。現状ではこの設定作業は人手で行われているため試行錯誤が求められ、設定者により精度にばらつきが発生し最終的な計測精度に影響を及ぼす恐れがある。そこで、本研究ではカウンターラインの最適化にランダムサーチを利用し人が行う作業の一部を削減することで対象ツールの実用性を向上させる。また、人手での設定との比較検証を行い、本システムの実用性の評価を行なった。

キーワード： Multi-Object Tracking, 交通量調査, OpenDataCam

A study of Method for Optimizing the Counter-line of Traffic Survey at Intersections Using MOT

1. はじめに

一般交通量調査とは、全国道路・街路交通情勢調査の一環として、全国の道路の交通量及び道路現況等を調査し、道路の計画、建設、維持修繕その他の管理などについての基礎資料を得ることを目的に実施されている [1]。現状では人手による計測が主流となっている [2] がコスト削減・業務の効率化などの観点からセンサーや AI による自動計測への期待が高まっている。また、令和 2 年度の調査はコロナ禍の影響により延期となっており [3]、無人での交通量の計測の重要性が高まっている。既存の交通量調査のための AI を利用したソフトウェアやサービス [6][7][8] ではいずれも車両の検出と Multi-Object Tracking(MOT) を行い、通過の有無を判定するカウンターラインを設定し、通過台数の計測をするのが主流となっている。

しかし、この手法ではカウンターラインの設定は設定者が経験と勘に基づき行うため、その設定が最適かどうか分からないまま計測精度を評価するという問題がある。また、交差点など侵入方向別にカウントが必要な場合にはそ

の方向別にカウンターラインを設定する必要があり、タスクとしてはより複雑になる。

本研究では、人手で行う作業の一部を削減するとともに設定者の経験に依存しないことを目的とし、ランダムサーチを用いたカウンターラインの設定の最適化手法を提案する。提案手法では、交差点を撮影した動画を OpenDataCam[4] でトラッキングした結果を対象にカウンターラインの最適化を行う。また、提案手法の実用性を評価するため、人手でのカウンターラインの設定を行い、その結果との比較を行なった。

本稿の構成は以下の通りである。第 2 章では関連研究について述べ、第 3 章では本研究の検証のために作成したデータセットについて述べる。また、第 4 章では本研究で提案するカウンターラインの最適化手法について説明する。第 5 章では提案手法と人手による設定との比較検証の結果について述べ、最後に 6 章で本研究のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

2.1 MOT

Multi-Object Tracking は動画内の対象とするクラスの

^{†1} 現在、金沢工業大学
Presently with Kanazawa Institute of Technology
^{a)} b1805107@planet.kanazawa-it.ac.jp

複数の物体の追跡を行うタスクである。追跡対象はそれぞれ学習したモデルにより異なり、複数クラスを対象とする場合もある。MOT では同一のオブジェクトには各フレームで同じ ID を割り当てることでその物体の軌跡の情報を得ることができる。深層学習モデルを用いた MOT の手法は 1-shot と 2-stage に分類される。

1-shot は物体の検出と追跡を一つのモデルでエンドツーエンドで行う手法で、代表的なものとして FairMOT[9], STGT[10] などがある。2-stage は MOT を物体の検出と追跡の 2 つのタスクに分割し、それぞれのタスクに特化したモデルやアルゴリズムを利用する手法である。代表的なモデルとしては物体検出部は YOLOv4[11] などの高速な物体検出モデルを用い、トラッキングは検出されたバウンディングボックスの情報を元に ID を割り当てる SORT[12] やそれを拡張し、物体の画像情報を加味した DeepSORT[13] がある。利用できる計算資源に応じて適切なモデルを選択することでエッジ端末で利用することもできる。

2.2 OpenDataCam とカウンターライン

OpenDataCam はリアルタイムのビデオ解析に特化したオープンソースツールで、主に移動する物体のトラッキングやカウントのための GUI ツール (図 1) など様々な機能が備わっている。特に NVIDIA JetsonBoard シリーズ [15] などのエッジコンピュータでの処理に最適化されており、YOLOv4 による高速な物体検出と node-moving-things-tracker[5] という IOU ベースの MOT を用いた少ない計算資源でもリアルタイムでの処理が可能となっている。

カウンターラインはトラッキング結果と交差するように設置することで、そこを通過した物体の有無や台数の測定を行うことができる。OpenDataCam では GUI ツールを用いてカウンターラインの設定や削除等が行える。参照する過去のフレーム数を 3 としたときの OpenDataCam のカウント処理を図 2 に示す。ここでは現在のフレームから指定したフレーム間のトラッキング結果の端点を用い、カウンターラインとの線分の交差判定を行う。4 フレーム目の段階ではまだ交差していないためカウントされず、5 フレーム目になるとトラッキングの線分がカウンターラインと交差し、カウントが行われる。

2.3 MOT と交通量調査

MOT を利用した交通量調査のためのさまざまなサービスやツールが登場している [6][7][8]。実際にこれらを利用する際にはカメラの設置位置の問題や適用範囲に制約があるため、付近にカメラを設置可能な高層の建造物が無かったり、交差点などの場合は対応していないケースもある。Dulbadrakh らの研究では安価な Web カメラと三脚を用いた比較的低位から撮影した動画を利用したシステムの提案を行なっている [14]。いずれの手法も対象物体のトラッキ



図 1 OpenDataCam の GUI 画面 [16]

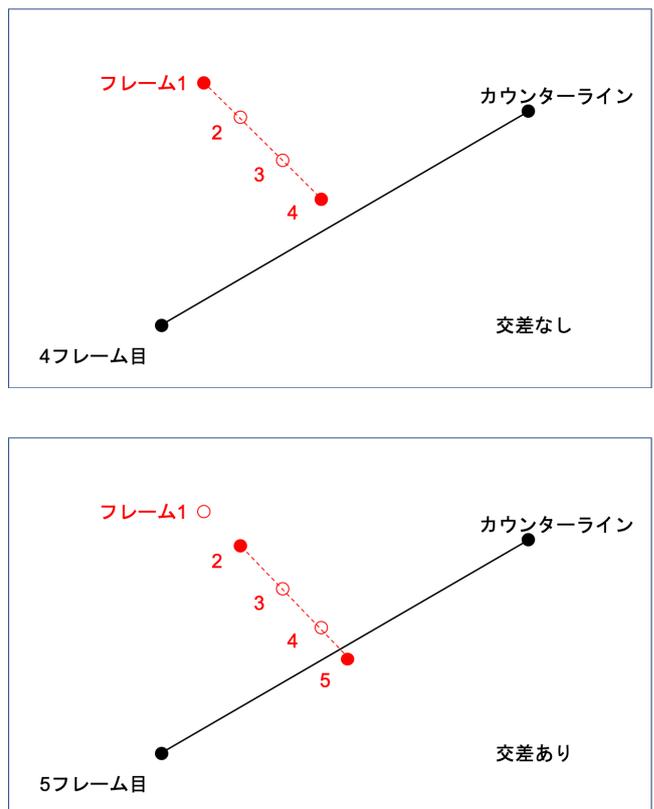


図 2 OpenDataCam のステップごとのカウント処理

ングのみで完結せず、軌跡と交差するようにカウンターラインを設定する必要がある。MOT による交通量調査の精度はトラッキングの性能とカウンターラインの設定に左右

されるため、俯瞰した位置から撮影できない交差点などではカウンターラインの最適化は重要な課題である。

3. データセット

MOT を利用した交通量調査のためのデータセットは存在しないため、本研究では金沢市内の 2 箇所の交差点の動画を撮影し、そのデータを元にデータセットの作成を行った。なお、本データは、石川県ならびに金沢市からの道路使用許可を得て、実施している。

3.1 対象となる交差点のトラッキングデータ

今回対象としたのは兼六園上交差点 (T 字路) と広坂交差点 (十字路)(図 3) でそれぞれ 10 分、5 分程の動画を利用する。撮影した動画を OpenDataCam によりトラッキングし、今回対象とする車両のクラス (車、バイク、バス、トラック) 以外のトラッキング結果を削除した。その結果を図 4 で示す。



(a) 兼六園上交差点 (T 字路)



(b) 広坂交差点 (十字路)

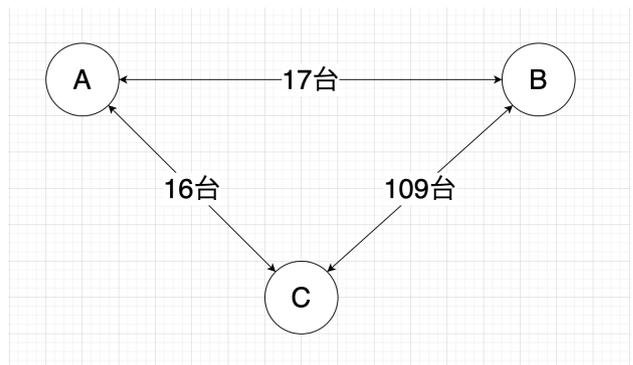
図 3 対象となる交差点の画像

3.2 正解データの作成

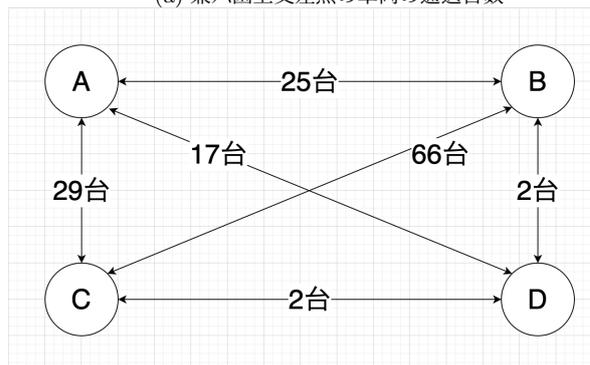
カウンターラインの評価用にそれぞれの交差点の方向別の車両の通過台数を目測し、これを正解データとした。それぞれの交差点での計測結果を図 5 に示す。



図 4 トラッキング結果



(a) 兼六園上交差点の車両の通過台数



(b) 広坂交差点の車両の通過台数

図 5 各交差点の交通量の集計結果

4. 提案手法

4.1 提案手法の概要

提案手法の処理の流れ (図 6) を説明する。まず、最初に前処理として、OpenDataCam によるトラッキング結果に対して不要なトラッキングの削除を行う。次に、人手により対象とする交差点の侵入位置の情報を与え、トラッキング結果のクラスタリングを行う。その後、侵入位置ごとにカウンターラインの設定を探索し、正解値に最も近くなるような組み合わせを見つける。

4.2 不要なトラッキング結果の削除

OpenDataCam のトラッキング結果には図 7 で示されるような比較的短いフレーム数でのみ検出されるデータが含まれている。このようなデータは物体検出の際の誤検出や

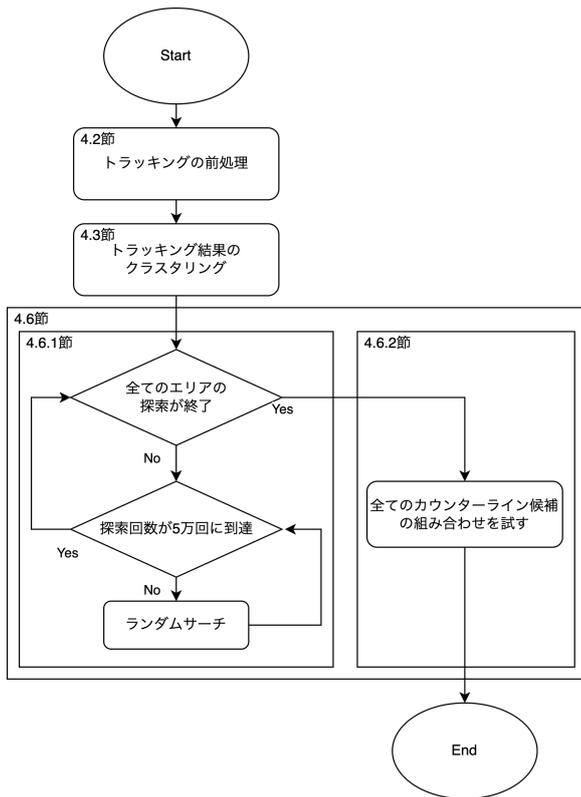


図 6 提案手法のフローチャート

トラッキングでの id の再割り当ての失敗により発生し、後のカウンターラインの設定の際に悪影響を与えるため削除する必要がある。今回は閾値を 100 フレームとし、検出フレーム数がそれ以下の id はトラッキング結果から削除した。なお、今回利用した動画は 100 フレーム/s となっている。



図 7 不要なトラッキング結果

4.3 侵入位置のクラスタリング

カウンターラインの設置数と設置位置を指定するため人手によりトラッキング結果のクラスタリングを行う。クラスタリングは直線で交差点の中心部と侵入位置を分割し、対応するカウンターラインが識別できるようにクラスタ id を割り振った。クラスタ id ごとに色分けされたトラッキング結果を図 8 に示す。

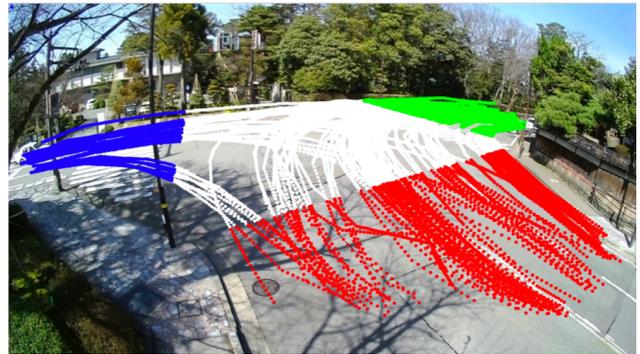


図 8 トラッキング結果のクラスタリング

4.4 探索するカウンターラインのパラメータ

提案手法では、カウンターラインは線分ではなく直線で設定する。直線の場合、探索するパラメータは中心座標と傾きの 2 つであるのに対し、線分の場合、直交座標ではカウンターラインの端点を指定する必要があり、その範囲の指定が難しく、極座標では探索するパラメータ数が中心座標、傾き、線分の長さの 3 つになるため、問題としては直線の方がより単純になるためである。探索範囲として中心座標はクラスタリングされたエリアの点の中から選出を行い、直線の傾きは $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ とした。

4.5 カウントの一括処理

OpenDataCam ではリアルタイムにカウントを反映する事を目的としており、逐次的にカウント処理を行うため何度もカウンターラインを引き直すとカウントに時間がかかってしまう。そこで、提案手法ではトラッキング結果に対し、バッチ処理的に一括でのカウント処理を実装した。

カウントの一括処理について図 9 を用いて説明する。まず、設定したカウンターラインを元に 2 つの領域 (A, B) に分割する。次に、それぞれの領域に含まれる共通のトラッキング結果の $id(A \cap B)$ を求め、これをカウント数とする。

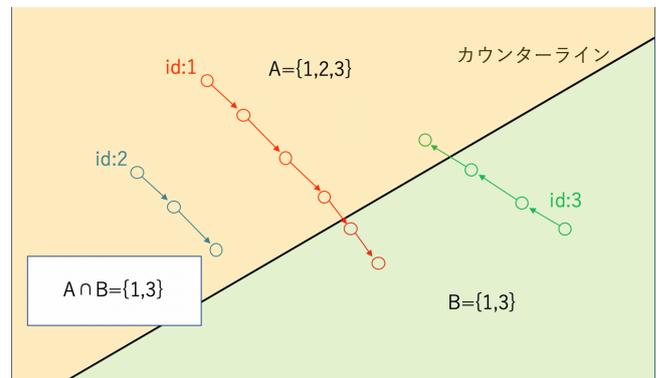


図 9 カウントの一括処理

4.6 パラメータの最適化

提案手法では最適なカウンターラインのパラメータの探索を 2 段階で行う。1 段階目ではカウンターラインの候

補の探索を行い、2段階目では候補の中から最適なカウンターラインの組み合わせを探す。

4.6.1 侵入位置ごとのカウンターラインの探索

4.3節で行なったクラスタリング結果を用い領域ごとにカウンターラインの探索を行う。パラメータはランダムサーチにより探索を行い、領域ごとにカウント数が最大となるようなカウンターラインの設定を探す。このとき、別の領域をカウントするようなカウンターラインは不適切なため、そのようなカウントがなされた場合、そのカウント数分カウンターラインのカウント数から引く処理を行なった(図10)。

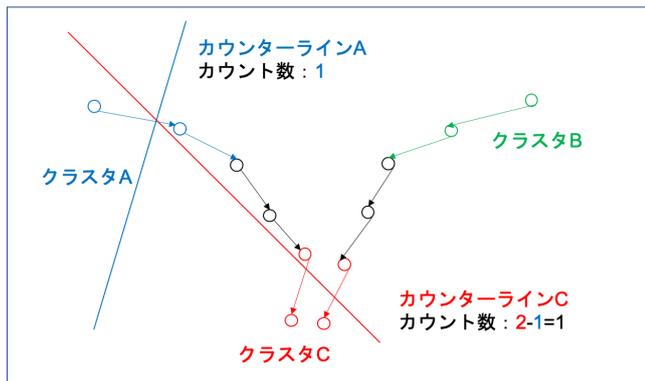


図10 カウンターラインのカウント数の計算

今回は各領域ごとに5万パターンずつ探索を行い、それぞれでカウント数の多い10パターンを候補として保持した。

4.6.2 侵入位置間でのカウンターラインの最適化

4.6.1節で探索した各領域でのカウンターラインの候補から最適なカウンターラインの組み合わせを総当たりで探索する。各領域の候補から一つずつカウンターラインを選択し、それぞれのカウンターライン間での通過台数を元にカウンターラインの評価を行う。カウンターライン間の通過台数は図11で示されるように、それぞれのカウンターラインでカウントされた共通のidの数とする。

カウンターラインの組み合わせの評価は以下の式で行う。

$$(\text{目測の台数} - \text{過不足分の台数}) / \text{目測の台数} \times 100\%$$

目測の台数は3.2節で作成したエリア間の車両の通過台数を利用し、過不足分の台数は目測の台数と設定したカウンターラインでのカウント数の差の絶対値を与える。それぞれのカウンターライン間での評価の平均を計算し、候補の中で評価値が最も高いものを最終的なカウンターラインの計測精度とし、探索を終了する。

5. 評価実験

5.1 評価方法

提案手法の実用性を評価するため人手によるカウンター

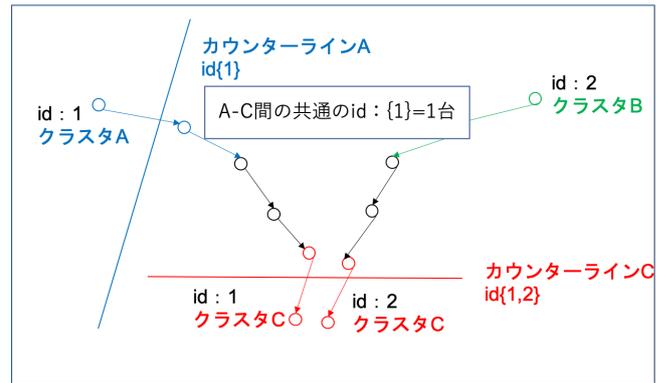


図11 カウンターライン間の通過台数の集計方法

ラインの設定との計測精度の比較を行なった。同データセットを対象に5名の被験者にそれぞれ5回ずつカウンターラインの設定を行ってもらい、その中で最も高かったものを採用した。

5.2 実験結果

それぞれの交差点ごとのカウンターラインの計測精度の比較結果を表1で示す。T字路の交差点では人手による設定の最高の計測精度と同程度の精度が出ていることがわかる。また、十字路の交差点では提案手法が人手による設定を上回る結果となった。

表1 検証結果の比較

交差点	人手 (平均)	人手 (最高)	提案手法
兼六園上 (T字路)	84.5%	91%	91%
広坂 (十字路)	79.2%	80%	81%

6. まとめ

本研究では、金沢市内の2箇所の交差点で撮影した動画の車両に対するトラッキング結果に対し、それぞれのシーンで最適なカウンターラインの設定をランダムサーチにより行った。提案手法では方向別の道路の情報を人手により与え、それを元に各エリアでカウント数が最大となるようなパラメータの候補を求めた後、それらの組み合わせでエリア間のカウント数が正解値に最も近い組みを最終的な結果とした。また、人手によるカウンターラインの設定を5名にそれぞれ5回ずつ行ってもらい、一番良かった結果を採用し、提案手法との比較検証を行なった。その結果、いずれの交差点においても人手での設定以上の精度がでることを確認した。

今後の課題としては、より一般の交差点に適用可能なシステムへの拡張やカウンターラインの設定位置のクラスタリングの自動化方法を検討する。

参考文献

- [1] “一般交通量調査について”, <http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/kasyorep.pdf>, (参照 2021-11-18).
- [2] “平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査結果の概要について”, <https://www.mlit.go.jp/common/001187536.pdf>, (参照 2021-11-18).
- [3] “令和 2 年度全国道路・街路交通情勢調査の延期について”, <http://www1.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/pdf04/01.pdf>, (参照 2021-11-18).
- [4] OpenDataCam 3.0.2 – An open source tool to quantify the world (Github), <https://github.com/opendatacam/opendatacam>, (参照 2021.11.24).
- [5] node-moving-things-tracker (Github), <https://github.com/opendatacam/node-moving-things-tracker>, (参照 2021.11.24).
- [6] “Scorer Traffic Counter”, <https://www.scorer.jp/products/scorer-traffic-counter>, (参照 2021.11.24).
- [7] “映像解析サービス&ソフトウェアビューリーダー”, <https://www.kotsu-chosa.com/vr-site/vr-top.html>, (参照 2021.11.24).
- [8] “簡単らくらく通行量分析”, <https://www.chess-inc.com/odpt/>, (参照 2021.11.24).
- [9] Yifu Zhang, Chunyu Wang, Xinggang Wang, Wenjun Zeng, Wenyu Liu: “FairMOT: On the Fairness of Detection and Re-Identification in Multiple Object Tracking”, <https://arxiv.org/abs/2004.01888> (参照 2021.11.24).
- [10] Peng Chu, Jiang Wang, Quanzeng You, Haibin Ling, Zicheng Liu: “TransMOT: Spatial-Temporal Graph Transformer for Multiple Object Tracking”, <https://arxiv.org/abs/2104.00194v2> (参照 2021.11.24).
- [11] Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao: “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection”, <https://arxiv.org/abs/2004.10934> (参照 2021.11.24).
- [12] Alex Bewley, Zongyuan Ge, Lionel Ott, Fabio Ramos, Ben Upcroft: “Simple Online and Realtime Tracking”, <https://arxiv.org/abs/1602.00763> (参照 2021.11.24).
- [13] Nicolai Wojke, Alex Bewley, Dietrich Paulus: “Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric”, <https://arxiv.org/abs/1703.07402> (参照 2021.11.24).
- [14] Temuulen Dulbadrakh, 鈴木雅人, 北越大輔, 西村 亮 “YOLO 及び MOT を用いた車種別交通量調査の自動化のための研究”, 第 83 回全国大会, 7Q-07, 情報処理学会, 2021.3 (参照 2021.11.24).
- [15] “Jetson Nano 開発者キット”, <https://www.nvidia.com/ja-jp/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/education-projects/>, (参照 2021.11.24).
- [16] “OpenDataCam 2.0 – User Interface Walk-through”, <https://vimeo.com/346340651>, (参照 2021.11.25)