

## フラクタル画像解析による二車線道路での 車両追跡における評価指標について

日大生産工(院) ○富永 湧太, 呉 一帆  
日大生産工 矢澤 翔大, 新妻 清純, 黒岩 孝

### 1. まえがき

国内において交通事故の発生件数が最も多い場所は交差点であり、道路形状別の統計では全体の47[%]近くを占める<sup>(1)</sup>。そのため、交差点付近で危険運転を行う車両を検出し追跡できれば交通事故の防止や軽減が期待できる。そうした車両の発見には監視カメラによる目視が効果的ではあるが、設置場所が限られ、視野の変更もチルトやパンなどに限定されるため、特定の車両を追跡するには向いていない。また、視認だと人的コストもかかるので自動化が望ましい。高精細カメラと機動力を備えるドローンであれば車両の追跡も容易と思われるが、航空法により道路上の飛行は禁止されている。これまで著者らは、安全な空域から道路を俯瞰して撮影した動画像のフラクタル画像解析により、車両を追跡する手法を提案し報告している<sup>(2)</sup>。道路を俯瞰して撮影すると車両は様々な形状に見えるため、本手法では車両の形状による識別は行わず、画像内に想定した複数の連続する検出領域内に車両が存在するかどうかを判別することで、車両の検出と追跡を行う。一方、機械学習による車両検出では、車両追跡の評価指標としてフレーム間のIoU(Intersection over Union)等が利用可能と思われるが、本手法への適用は難しい。そこで本研究では、検出領域内で車両が占める面積比を評価指標とし<sup>(3)</sup>、右左折への応用を考慮に入れた二車線道路をまたぐ様々な検出領域を配置することで、複数の車両が検出領域内で重なる場合の有効性を検討した。

### 2. 解析方法

本手法では、車両の進行する方向に合わせて画面内に複数の検出領域を設ける。検出領域は任意形状の四角形であり、射影変換により同じ大きさの正方形の画像に変換した後、フラクタル画像特徴である画像特徴距離 $d_q$ を用いて移動車両を検出する。解像度の等しい二つの画像のフラクタルシーケンスをそれぞれ $S = \{s_0, s_1, \dots, s_{M-1}\}$ ,  $T = \{t_0, t_1, \dots, t_{M-1}\}$ とすると、二つの画像の類似性は次式で表わせる。

$$d_q = \sqrt{(\bar{s} - \bar{t})^2 + \sum_{k=0}^{M-1} \{(s_k - \bar{s}) - (t_k - \bar{t})\}^2} \quad (1)$$

ただし、 $\bar{s}$ ,  $\bar{t}$ はそれぞれフラクタルシーケンス $S, T$ の平均値を表す。上記のアルゴリズムにおける評価指標を検討するため、ここではFig.1に示す様なソフトウェアを用いて検出領域内で実際の車両が占める部分について、目視により輪郭を指定して車両が占める面積を求め、検出領域全体との面積比 $r_q$ をフレーム $q$ ごとに求めた。なお車両が検出領域内に含まれない場合は $r_q = 0$ とするが、この判断も目視により行うものとする。車両が占める面積及び面積比についてはcsv形式で保存される。

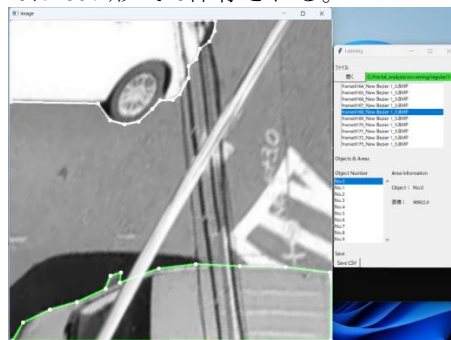
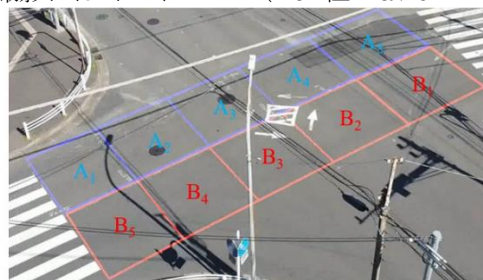
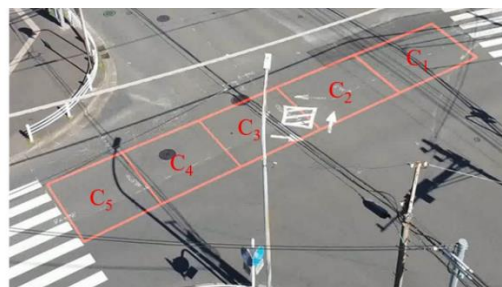


Fig.1 輪郭の指定による面積の計算

Fig.2は、解析を行う検出領域を示す。動画の撮影にはミニドローン(DJI社Mavic Mini)を



(a) 領域の配置方法 I



(b) 領域の配置方法 II

Fig.2 検出領域

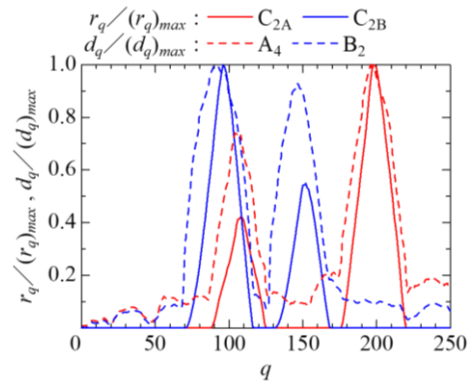
用いた。解析した動画では、いずれの車線においても車両は道路を直進するだけで右左折は行わない。ここで同図(a)は検出領域を車線ごとに分けて配置した場合であり、それぞれの車線について領域A,Bを設けた。一方、同図(b)は、右左折や一時停止などで領域内に複数の車両が存在する状況を想定し、二つの車線にまたがる様に検出領域を配置した場合を示す。なお面積の計算には、射影変換後の正方形の画像を用いる。

### 3. 結果

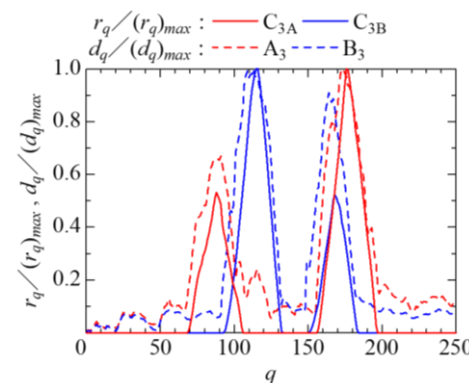
配置方法 I については、域 A,B を通過する車両の画像特徴距離と面積比を比較すると、いずれの場合も傾向が類似しており、ピークのタイミングもほぼ一致していることを確認している。一方配置方法 II の場合は画像特徴距離と面積比の傾向が類似し、ピークのタイミングもある程度一致するものの、反対車線の車両の影響を受けているため、ピークは配置方法 I の結果と一致しないことを確認している。そこで領域 C の面積比について、センターライン付近を境界として車両が領域 A, B のどちら側を走行するのか確認し、それぞれの車両について面積比を個別に求めた。その結果を Fig.3 に示す。同図(a)~(c)は、それぞれ領域 C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> とほぼ同じ場所に位置する領域 A,B の画像特徴距離と新たに求めた面積比を示す。なお同図中において領域 C の添え字が A, B となっているのは、どちらの領域を通過する車両の面積比であるかを示している。いずれの場合も、それぞれの領域における画像特徴距離と、個別に求めた面積比の傾向が類似しており、ピークもほぼ一致していることがわかる。

### 4. まとめ

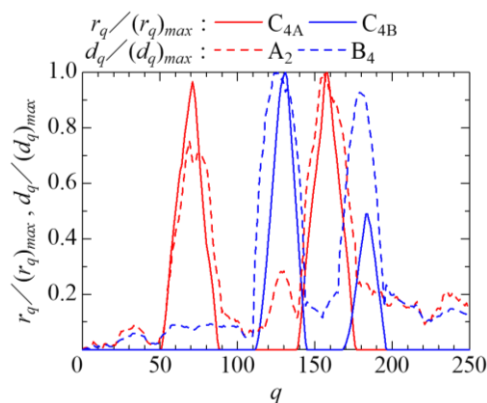
ここでは、フラクタル画像解析により車両追跡を行う際の評価指標として、検出領域内を車両が占める面積の比率を用い、検出領域を車線ごとに分けて配置した場合と、右左折を考慮して二車線道路をまたぐ様に配置した場合について、画像特徴距離と面積比を比較検討した。その結果、いずれも画像特徴距離と面積比の傾向は良く類似しており、ピークもほぼ一致していることが分かった。また、センターラインを境界として領域内の車両の面積比を個別に求めることで、画像特徴距離に別の車線から侵入した車両の影響が生じているのか確認できる可能性があることも分かった。今後は、右左折を伴う場合の評価指標について検討を行う予定である。



(a) 領域A<sub>3</sub>, B<sub>3</sub>の画像特徴距離と領域C<sub>2</sub>の面積比



(b) 領域A<sub>4</sub>, B<sub>2</sub>の画像特徴距離と領域C<sub>3</sub>の面積比



(c) 領域A<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>の画像特徴距離と領域C<sub>4</sub>の面積比

Fig.3 車線ごとの画像特徴距離と車両ごとの面積比

### 参考文献

- (1) 令和 4 年版交通安全白書, p.51, 内閣府 HP 資料(2022)
- (2) 岩淵, 呉, 矢澤, 新妻, 黒岩: 令和 3 年度電気学会 D 部門大会, 4-22, pp.IV-173-174 (2021)
- (3) 富永, 呉, 矢澤, 新妻, 黒岩: 2023 年 3 月電気学会 ITS 研究会資料, ITS-23-002, pp.7-10 (2023)