

路側カメラで撮影したヒヤリハット動画の AI 画像認識技術による自動抽出の試行

Trial of Automatic Extraction of Moving Image of Traffic Incidents Taken by Roadside Camera Using AI Image Recognition Technology

中村 孝一¹, 池田 武司², 丹野 裕之³, 村上 舞穂⁴, 井上 航⁵

Koichi NAKAMURA¹, Takeshi IKEDA², Hiroyuki TANNO³, Maho MURAKAMI⁴ and Wataru INOUE⁵

幹線道路における交通事故の削減にあたり、路側カメラで撮影した動画は、事故やヒヤリハットの発生過程を俯瞰的な画角で連続的に記録し、事故発生過程や要因の的確な把握と効果的な交通安全対策の選択に資すると考えられるが、膨大な動画からの事故やヒヤリハットの抽出に多大な労力を要する。

そこで本研究では、AI 画像認識技術を活用した効率的な動画抽出手法の構築を目指す。実際の事故危険箇所（事故危険箇所）で撮影した動画から物体の検出・追跡を行った上で、物体間の位置関係に基づくヒヤリハットの自動抽出を試み、目視で判定したヒヤリハット有無との比較により精度を検証した。さらに、事故分析の観点（類型・時間帯）から、類型による精度の差がないこと、昼夜間の特徴を把握するとともに、主な誤検出・見逃しとその原因を整理することで改善点を整理した。

Keywords: AI 画像認識技術, 路側カメラ, ヒヤリハット

1. はじめに

1.1 背景・目的

国土交通省と警察庁では、幹線道路において集中的な対策実施による交通事故の削減を目的に、交通事故が多発している箇所等を「事故危険箇所」として指定し、道路管理者と都道府県公安委員会が連携して対策を推進している¹⁾。効果的な対策を選択するためには、交通事故の発生過程や事故要因を的確に把握する必要がある。これらの把握のため、従来は事故発生後の当事者への聞き取りに基づく、交通事故データや事故発生状況図等が用いられてきた²⁾。

これに対し、路側カメラで撮影した動画は、現地の状況を俯瞰的な画角で連続的に記録し、聞き取りよりも正確な情報（e.g., 当事者の挙動や走行軌跡）が得られるとともに、当事者以外の周辺の状況（e.g., 信号現示や駐車車両）等も得られる。加えて、事故には至らないものの急接近や回避を伴うような危険事象（以下、「ヒヤリハット」という）に関する状況も把握可能であり、交通事故データよりも短期間で多くの情報を得ることが可能となる。以上のことから、路側カメラで撮影した動画は、発生過程や要因のよりの的確な把握に資すると考えられる。

一方、事故はもちろんヒヤリハットを含めても、実際にこれらの事象が発生することは稀であり、路側カメラ

で撮影した動画を発生過程や要因の把握に用いるためには、膨大な動画から事故やヒヤリハットを含む、必要な部分を抽出する必要がある、この作業には多大な労力を要する。ただし、近年開発と普及が進む、AI 画像認識技術の活用により、このような労力を軽減できる可能性がある。

そこで本研究では、AI 画像認識技術を活用した効率的な動画抽出手法の構築を目指し、実際の事故危険箇所における動画から、AI 画像認識技術を適用して物体間の位置関係に基づく事故/ヒヤリハットの自動抽出を試みた。そして、目視で判定したヒヤリハット有無との比較により精度を検証した。なお、単路部より事故に至る状況が複雑、かつ、対策検討における路側カメラ情報の必要性がより高いと考えられる交差点を対象とした。さらに、今回使用した動画では、事故が含まれなかったことから、ヒヤリハットを対象とした。

1.2 既往研究と本研究の位置づけ

AI 活用のアプローチとして、Öztürk ら³⁾のように事前に検出したい事象を教師用データとして機械学習させた上で、対象事象を検出することが考えられる。国土技術政策総合研究所が実施した先行研究⁴⁾では、ドライブレコーダーで車両前方を撮影した動画を用いて、本研究と同様にヒヤリハットを含む動画を効率的に抽出すること

1 正会員, 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室
〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地 e-mail: nakamura-k924a@mlit.go.jp Phone: 029-864-4539

2 正会員, 博士 (工学), 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部

3 元国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室 (国土交通省 関東地方整備局)

4 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室

5 元国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室 (セントラルコンサルタント(株))

を目的としている。そして、ヒヤリハットを含む教師用データを機械学習させたモデルを構築し、その精度を検証している。このとき、ドライブレコーダーは画角が固定されている一方、路側カメラは交差点ごとに教師用データを作成して機械学習を行う必要があると想定しており、実用性の観点で課題があると考えられた。


一方で、道路交通分野においては、画像から人や自動車などの物体を検出・追跡する際に AI 画像認識技術を活用し、物体の挙動や位置関係を用いた交通現象の把握、指標や閾値を定めた上での対象事象を検出する手法が一般に用いられている。典型的な例として、AI 画像認識技術を用いて路側カメラ（CCTV）映像から交通量を観測するシステム（CCTV トラカン）が既に実運用に供されている⁹⁾。交通挙動に適用するものとして、赤羽ら⁹⁾は、複数カメラ画像に AI アプリケーションを適用して車両の検出・追跡を行うとともに、GPS 測位データによる補正を行い、高速道路における走行軌跡を推定するシステムを構築し、その精度を検証している。また、御所名ら⁷⁾は、交差点における自転車と左折車の錯綜の特徴を把握するために、路側カメラで撮影した動画に AI 画像認識技術を適用して車両の検出・追跡を行い、自転車と自動車の軌跡を取得するとともに、これに基づいて TTC（Time to Collision）指標を算出し、錯綜の危険性を把握している。

本研究においても、物体の検出・追跡の機能を有する AI 画像認識技術を活用することとし、具体的には、物体検出において「YOLO⁸⁾」、物体追跡において「StrongSORT⁹⁾」を活用する。これは、汎用性の高い AI 画像認識技術として知られている。

一方、物体追跡により得られた車両の挙動や位置、速度等の情報から、本研究が目的とするヒヤリハットを判別する手法として、例えば TTC 指標や PET 指標（Post Encroachment Time）¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾を用いて、適当な閾値を設定して判別することが考えられる。本研究でも、これらの指標を念頭に置きつつも、まずは様々な事象が複雑に発生する交差点における大まかな妥当性の把握を優先し、より簡易な指標と説明しやすい閾値を用いた判別を試みることにした。

また、ヒヤリハットの類型（右折時・左折時・追突等）や当事者（自動車・自転車・歩行者等）、時間帯（昼夜等）での抽出割合に差が生じたり、いずれかのカテゴリで見逃しが多発すると、本来把握したい発生過程や要因を見落とすことになる。このため、類型や当事者、時間帯にも着目して精度を検証することとした。

■自動車 対 自転車・歩行者

指標	2 物体間の距離
閾値 (距離)	 2物体間の距離が6m以下になった場合、 ヒヤリハット として検出

■自動車 対 自動車


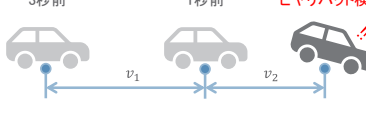
指標	2 物体間の距離 かつ 速度
閾値 (距離)	 2物体間の距離が6m以下になった場合、 ヒヤリハット として検出
閾値 (速度)	 ①座標から自動車の速度を算出し、 $v_1 > v_2$ となった場合、検出対象とする ② $v_2 \leq 4\text{m/s}$ (1秒間に進む移動距離が4m以下) となった場合、 ヒヤリハット として検出

図 1 ヒヤリハット検出の指標・閾値

2. ヒヤリハット検出手法

2.1 物体検出・追跡時に用いる AI 画像認識技術の選定

上述した通り、物体検出時において「YOLO」、物体追跡時において「StrongSORT」を活用する。

2.2 指標・閾値の設定

様々な事象が複雑に発生する交差点における大まかな妥当性の把握を優先し、簡易な指標と説明しやすい閾値を用いた判別を試みる。

具体的には、ヒヤリハットを「当事者同士が接近する事象」と定義し、「自動車対自転車・歩行者」、「自動車対自動車」の2パターンを想定して、図 1 の通り設定する。自動車対自転車・歩行者は、2 物体間の距離を指標とし、距離が 6m（「自動車の全長/2：2m＋横断歩道：4m」と仮定）以下となった場合をヒヤリハットとして検出する。自動車対自動車は、2 物体間の距離に関する指標・閾値に加え、速度も指標として設定する。速度の閾値は、直前（ヒヤリハット検出から 1 秒前）の速度が 1 秒前～3 秒前の速度より減速している自動車を対象とし、直前の速度が 4m/s（1 秒後に進む距離が「距離の閾値：6m－自動車の全長/2：2m」と仮定）以下となった場合をヒヤリハットとして検出する。

なお、本研究では簡易的な指標を扱うため、誤検出が最小限に留められるよう、交差点及び路側カメラの画角ごとに検出エリアを事前に設定する。

3. ヒヤリハット検出精度の検証

3.1 検証フロー

ヒヤリハット検出精度の検証フローを図2に示す。まず、路側カメラの動画から目視によりヒヤリハットの有無を判定の上、検証用データを作成する。次に、2章で構築した検出手法を検証用データに適用してヒヤリハットの検出を試行する。最後に、ヒヤリハット検出結果を目視によるヒヤリハット有無の判定と比較することで、ヒヤリハット検出の精度検証を行う。

3.2 検証用データの作成

ヒヤリハット検出に用いる動画は、千葉県柏市、神奈川県横浜市の一般国道における2箇所の事故危険箇所の交差点（A・B交差点）を対象に、複数の画角で撮影した24時間×1週間分の路側カメラのデータ（フレームレート：30fps、解像度：1280×720dpi、有効画素数：92万画素）とする。

A交差点は、主道路（直轄国道）に従道路（県道）が斜めに交差している。事故類型では「人対車両事故」・「左折事故」・「右折事故」、当事者種別では「自動車×自転車」・「自動車×歩行者」の事故の割合が全国や県全体よりも高いことが特徴である。一方、B交差点は、主道路（直轄国道）に複数の市道が交差する5枝交差点となっており、事故類型では「右折事故」、当事者種別では「自動車×自転車」の事故の割合が全国や県全体よりも高いことが特徴である。

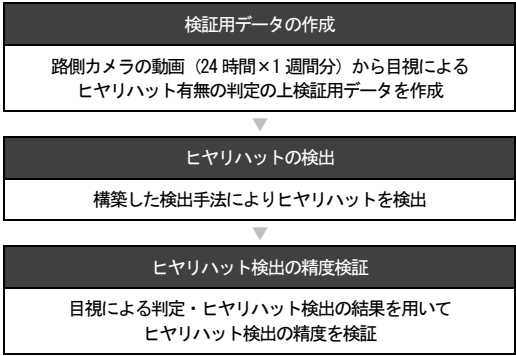


図2 ヒヤリハット検出精度の検証フロー

表1 検証用データ（動画単位）

ヒヤリハット 種類	(単位：サンプル)			
	A交差点		B交差点	
	含む	含まない	含む	含まない
右折	27	27	27	27
左折	20	20	20	20
追突	8	8	8	8
その他	5	5	5	5
合計	60	60	60	60

検証用データとして作成した動画のサンプル数を表1に示す。動画は、1サンプルあたり6秒間の映像とし、交差点ごとにヒヤリハットを含む動画・含まない動画をそれぞれ60サンプルずつ作成した。この際、類型に着目した検証を行うことができるよう、類型ごとのサンプル数は交差点、ヒヤリハット有無で統一した。

ヒヤリハットの判定は、筆者らが目視にて実施した。

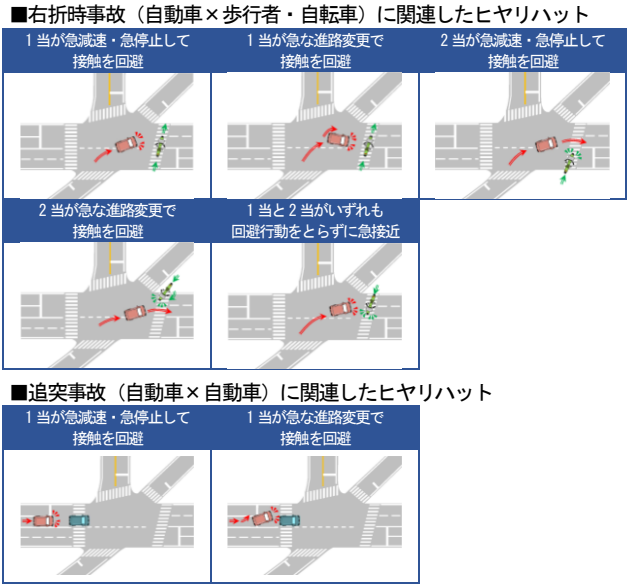
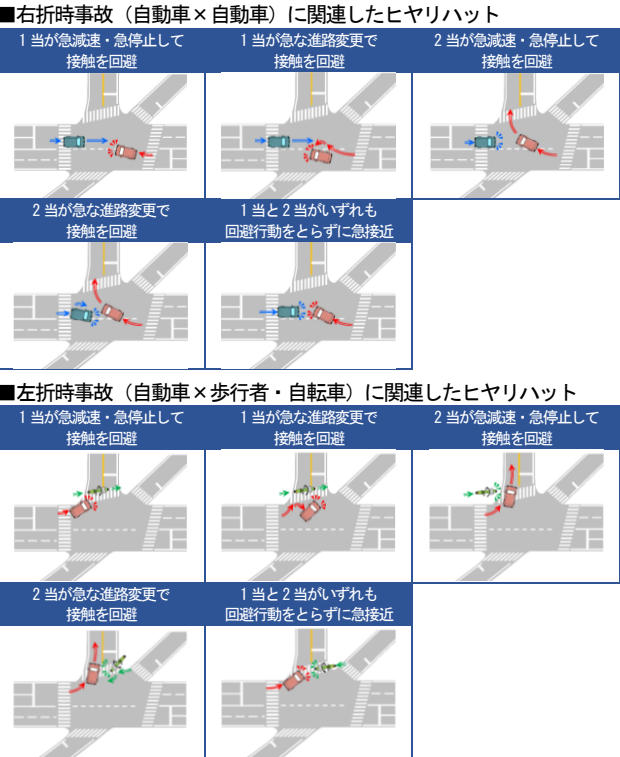


図3 ヒヤリハットの判定基準

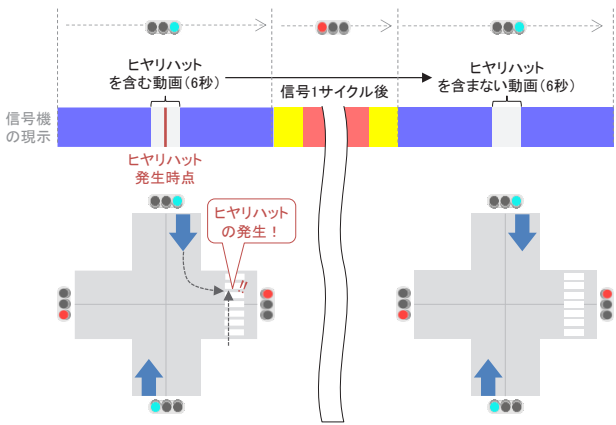


図4 ヒヤリハットを含まない動画の作成イメージ

具体的には、当該交差点で発生した事象を含む典型的な事故類型を踏まえ、図3で示す「左折」、「右折」及び「追突」の各事象をヒヤリハットとすることを基本とした。ただし、図3以外のヒヤリハットと考えられた事象(e.g., 交差点手前での急な進路変更)についても抽出し、「その他」として分類した。ヒヤリハットの判定後、ヒヤリハット発生1秒前を開始時刻、ヒヤリハット発生から5秒後を終了時刻とする計6秒間の動画として切り取りを行い、これを「ヒヤリハットを含む動画」とした。

また、ヒヤリハットを含まない動画は、ヒヤリハットを含む動画と可能な限り類似した交通状況、かつ、ヒヤリハットがない動画を切り取って作成することとした。具体的には、ヒヤリハットを含む動画におけるヒヤリハット発生時点から信号1サイクル後の動画を「ヒヤリハットを含まない動画」とした(図4)。

3.3 精度検証結果

ヒヤリハット検出の精度検証においては、目視による判定を正解とした前提で、表2に示す精度検証指標を設定する。このとき、1サンプルの動画内でも、TP・FN・FP・TNを複数満たす場合があるため、一連の動画単位ではなく、画像(静止画)単位で精度を検証する。

精度検証結果を表3に示す。今回構築した手法によるヒヤリハット検出の精度は、正解率が73.7%、適合率が32.1%、再現率が38.7%、F値が35.1%となった。正解率が7割を超えた理由としては、TNに該当する画像数が比較的多いことが挙げられる。

また、交差点別に見ると、特に再現率にばらつきが見られる。これは、B交差点において、TPの画像数がFNの画像数と比較して少ないことが理由として挙げられる。

4. 検出手法の特性に関する考察

ヒヤリハット検出の精度検証結果について、「ヒヤリハット類型」と「時間帯」の観点から考察する。さらに、目視により確認できた誤検出・見逃しの具体的な例を示

表2 精度検証指標

			目視判定	
			ヒヤリハット	
			あり	なし
手法検出	ヒヤリハット	あり	TP (True Positive)	FP (False Positive)
		なし	FN (False Negative)	TN (True Negative)
正解率	全事象のうち、構築した手法の検出結果が目視による判定と同一であった割合 正解率 = (TP+TN) / (TP+FP+FN+TN)			
適合率	構築した手法がヒヤリハットと検出した事象のうち、目視でヒヤリハットありと判定した割合【誤検出の観点】 適合率 = TP / (TP+FP)			
再現率	目視でヒヤリハットありと判定した事象のうち、構築した手法がヒヤリハットと検出した割合【見逃しの観点】 再現率 = TP / (TP+FN)			
F値	適合率と再現率の関係性を確認 F値 = 2×適合率×再現率 / (適合率+再現率)			

表3 精度検証結果(画像単位)

	TP	FN	TN	FP
A交差点	688	820	4,135	1,557
B交差点	337	802	5,448	613
合計	1,025	1,622	9,583	2,170

分類	精度検証指標			
	正解率	適合率	再現率	F値
A交差点	67.0%	30.6%	45.6%	36.7%
B交差点	80.3%	35.5%	29.6%	32.3%
合計	73.7%	32.1%	38.7%	35.1%

表4 精度検証結果(ヒヤリハット類型別)

分類		精度検証指標			
		正解率	適合率	再現率	F値
右折	自動車 × 自動車	75.5%	32.9%	40.0%	36.1%
	自動車 × 自転車	71.3%	27.1%	34.2%	30.3%
	自動車 × 歩行者	73.7%	42.2%	40.4%	41.3%
左折	自動車 × 自転車	72.9%	32.7%	38.3%	35.3%
	自動車 × 歩行者	75.7%	42.8%	46.2%	44.4%
	追突 × 自動車	77.6%	24.6%	15.2%	18.8%
その他		73.4%	29.4%	45.1%	35.6%

すことで、原因・改善の可能性を整理する。

4.1 ヒヤリハット類型別の精度検証結果

ヒヤリハット類型(右折・左折・追突・その他)を当

事者の組合せ別に整理した精度検証結果を表4で示す。
表4より、どの類型においても一定程度の精度が得られていることが確認された。これは、今回構築した手法がヒヤリハットを偏りなく検出できていると考えられる。

4.2 時間帯別の精度検証結果

時間帯別に整理した精度検証結果を表5で示す。表5より、21-24 時台と 0-6 時台（夜間）の適合率が 40～50% 台と高いものの、再現率が低くなることが確認された。これは、誤検出が少ない一方、見逃しが多く発生していることから、夜間の特性（自動車走行台数の少なさ、不明瞭等）に起因していると考えられる。なお、夜間の精度低下の原因として、YOLO により物体検出されていない場合も確認しており、YOLO の改善の必要性については、柳沼¹³⁾も指摘している。

4.3 誤検出・見逃しの把握

本研究で見られた誤検出・見逃しは、表6で示すように、指標・閾値の設定やカメラの画角などの様々な原因が考えられる。

主な誤検出としては、ヒヤリハット終了後も継続的に検出していたほか、交錯する可能性のない事象をヒヤリハットと検出する事例が見られ、指標・閾値の調整による改善が考えられる。また、自動車の重なりをヒヤリハットと検出する事例も見られ、路側カメラの画角調整による改善が考えられる。

主な見逃しとしては、映像の端部に位置して（物体全体が画面に現れず）物体検出されない事例が見られ、路側カメラの画角調整または YOLO の精度向上による改善が考えられる。

5. おわりに

本研究では、AI 画像認識技術を活用した効率的な動画抽出手法を構築した。実際の事故危険箇所の交差点 2 箇所に設置した路側カメラで撮影した動画を用いて、物体の検出・追跡を行った上で、物体間の位置関係に基づくヒヤリハットの自動抽出を試行した。そして、目視で判定したヒヤリハット有無との比較により精度を検証した。さらに、ヒヤリハットの類型や時間帯といった事故分析の観点から、類型による精度の差は見られないものの、夜間において誤検出が少ない一方、見逃しが多く発生していることを把握した。また、目視で把握した主な誤検出・見逃しから、その原因を考察し、指標・閾値の調整や、画角の調整といった誤検出・見逃しを少なくするための改善点を整理した。

本研究は、膨大な撮影動画から事故やヒヤリハットを含む、必要な部分を効率的に抽出することが目的である。そのため、誤検出や見逃しが結果に大きく影響するよう

表 5 精度検証結果（時間帯別）

分類	精度検証指標			
	正解率	適合率	再現率	F 値
0-6 時台	85.4%	44.4%	7.8%	13.2%
6-9 時台	71.3%	28.5%	41.4%	33.8%
9-12 時台	68.3%	31.8%	55.4%	40.4%
12-15 時台	73.9%	34.1%	37.2%	35.6%
15-18 時台	73.7%	35.1%	37.4%	36.2%
18-21 時台	74.5%	29.1%	32.6%	30.8%
21-24 時台	83.0%	50.0%	20.6%	29.2%

表 6 主な誤検出・見逃し

誤検出

- ヒヤリハット終了後も継続的に検出
- 交錯する可能性のない事象をヒヤリハットと検出

※緑色の枠が出現中＝ヒヤリハット検出中

誤検出

- 自動車の重なりをヒヤリハットと検出

※緑色の枠が出現中＝ヒヤリハット検出中

見逃し

- 検出エリアの端部に位置

※緑色の枠が出現中＝ヒヤリハット検出中

な目的（e.g.、ヒヤリハット件数のカウント）での使用は想定していない。また、事故発生過程や要因の分析の段階においては、抽出した動画を道路管理者や専門家が目視により確認することを想定しており、その際にヒヤリハットの有無は判別可能である。したがって、誤検出や見逃しを皆無にするまでの必要はないと考える。

しかしながら、現状は、再現率が5割に達していないため、半数以上のヒヤリハットを見逃している。さらに、適合率が3割程度に留まり、7割はヒヤリハットを含まない結果となっていることから、的確な事故発生過程や要因の分析、作業の効率化の観点から課題が残っていると考えられる。このため、今後は、本研究で明らかとなった改善点を踏まえ、誤検出や見逃しを少なくするための指標・閾値の調整に取り組む必要がある。

参考文献

- 1) 幹線道路の交通安全対策, 国土交通省道路局.
<https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/torikumi.html>
- 2) 藪雅行, 武本東, 尾崎悠太, 神谷翔: 交通事故の要因分析・対策立案に関する技術資料, 国総研資料, 第787号, 2014.
- 3) Öztürk, H. İ. and Can, A. B. : ADNet: Temporal Anomaly Detection in Surveillance Videos, Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges, pp.88-101, 2021.
- 4) 成田健浩, 新井奨, 郭雪松, 小林寛: AI画像認識技術を用いたドライブレコーダーからのヒヤリハット検出の試行, 第41回交通工学研究発表会論文集（研究論文）, pp.223-227, 2021.
- 5) 里内俊介, 林泰士, 松田奈緒子, 横地和彦: AIを活用した画像認識型交通量観測の導入, 国総研レポート2020, pp.135-136, 2021.
- 6) 赤羽弘和, 香取樹, 上畑旬也, 大宮博之, 野中康弘: 複数カメラによる画像データとGPS測位データによる車両走行軌跡の連続推定, 第43回交通工学研究発表会論文集, pp.311-318, 2023.
- 7) 御所名航也, 吉田長裕: ビデオトラッキングデータを用いた信号交差点における複数自転車と左折車との選択的錯綜に関する分析, 第43回交通工学研究発表会論文集, pp.247-250, 2023.
- 8) Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A. : You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pp.779-788, 2016.
- 9) Du, Y., Zhao, Z., Song, Y., Zhao, Y., Su, F., Gong, T. and Meng, H. : StrongSORT: Make DeepSORT Great Again, arXiv:2202.13514, 2022.
- 10) Hayward, J. C. : Near-miss determination through use of a scale of danger, Highway Research Record, No.384, pp.24-35, 1972.
- 11) Allen, B. L., Shin, B. T. and Cooper, P. : Analysis of Traffic Conflicts and Collisions, Transportation Research Record, No.667, pp.67-74, 1978.
- 12) 若林拓史, 高橋吉彦, 新美栄浩, 蓮花一己: 交通流ビデオ解析システムを用いた交通コンフリクト分析と新しい危険度評価指標の提案, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.4, pp.949-956, 2003.
- 13) 柳沼秀樹: 機械学習を活用した予測手法 第2回「交通計測と機械学習」, 交通工学, Vol.59, No.2, pp.38-45, 2024.