

交差点での隠消現実による死角軽減

井ノ上 誠 和田 涼暉 中山 堪太 河合 紀彦

大阪工業大学情報科学部 〒573-0196 大阪府枚方市北山 1-79-1

E-mail: {e1c21008, m1m24a34, norihiko.kawai}@oit.ac.jp

あらまし 交通場面における死角の危険性は深刻な問題であり、車載カメラの映像ではカバーしきれない死角での事故が発生している。本研究では、将来的に各車両の車載カメラ映像が通信により共有されることを前提に、視野情報の統合により死角を生む遮蔽物をフレーム内から部分的に除去し死角領域内の危険を可視化する手法を提案する。提案手法では、交差点に設置されている道路標識を車載カメラで検出し、それを用いてカメラ位置姿勢を推定するとともに、深度カメラを活用して遮蔽され死角となっている物体の3次元位置をリアルタイムで把握する。これに基づき死角にある物体を対象視点から見え方に変換したうえで遮蔽物領域に合成することで、死角を軽減した画像を生成・提示する。

キーワード 隠消現実感・車載カメラ・死角

Reducing of Blind Spots at Intersections with Diminished Reality

Makoto INOUE Suzuaki WADA Kanta NAKAYAMA and Norihiko KAWAI

† Osaka Institute of Technology 1-79-1 Kitayama, Hirakata-shi, Osaka, 573-0196 Japan

E-mail: {e1c21008, m1m24a34, norihiko.kawai}@oit.ac.jp

Abstract The danger of blind spots in traffic scenes is a serious problem, and accidents often occur in blind spots that are not covered by the images captured by in-vehicle cameras. In this study, we propose a method to visualize the danger in blind spots by partially removing obstacles that create blind spots from the frame by integrating the field of view information, based on the assumption that the images from each vehicle's in-vehicle camera will be shared through communication in the future. The proposed method detects road signs at intersections using an in-vehicle camera and estimates the camera pose based on them, while using a depth camera to determine the 3D positions of objects in the blind spots in real time. Based on this information, objects in the blind spots are transformed into the viewpoint of the target viewpoint, and then merged into the obstructed area to visualize objects in the blind spots.

Keyword Diminished Reality, In-vehicle Camera, Blind Spots

1. はじめに

昨今の自動車業界は CASE(Connected, Automated, Shared, Electric) というキーワードを中心として発展し続けている。CASE は、今後の自動車業界の発展を象徴し、各分野が相互に影響し合い、持続可能で効率的な未来へと向かう目標でもある。Connected は車両同士や車両とインフラが連携し、情報を共有することを指し、Automated は自動運転技術の進歩を表す。Shared は車両共有サービスの普及を示し、Electric は電動化への変換を象徴している。

また、図 1 の国土交通省のインターネットモニターアンケートのデータによると、令和 2 年度の調査結果から、初めて車載カメラの搭載率が過半数を超えた

[1]。車載カメラは事故の証拠としてだけでなく、運

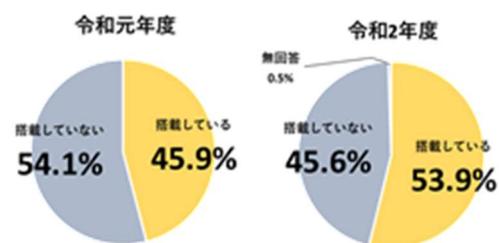


図 1 車載カメラ搭載率[1]

転者の安全意識向上や車両への標準搭載化の需要が高まっており、CASE 発展の基礎デバイスとして今後より搭載率の増加が期待される。

このように、交通の現場において多くの視覚情報が

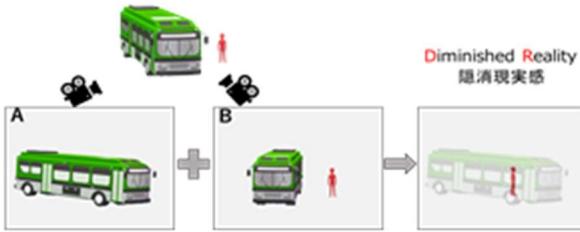


図 2 複数のカメラによる隠消現実

増加し続けている一方、現状は各カメラ映像が単独で用いられるため、そのカメラの死角となる箇所は把握できない。ここでの死角とは、自動車の運転席から目視で確認できない範囲を指す。これには車両自体の形状特性に起因する死角、他の車両によって生じる死角、環境による死角などが含まれる。このような死角危険を事前に予測または回避することは難しい。

本研究では、CASE の Connected として、交通現場の各車両の車載カメラ映像や交差点に設置された防犯カメラ映像が通信により共有されることを前提に、複数の異なる視野情報を統合することで死角の要因となる遮蔽物をフレーム内から除去する隠消現実感を実現する手法を提案する。提案手法では、異なる視点のカメラの各位置姿勢を推定し、かつ深度カメラを活用して遮蔽され死角となった物体の 3 次元位置をリアルタイムで推定する。これにより、異なる視点の画像を遮蔽物のある対象視点での見え方に変換し、遮蔽物領域に合成することで、死角を軽減した画像を生成・提示する。

2. 隠消現実の従来研究

本章では、交通場面における死角危険の解決手法として隠消現実 (DR: Diminished Reality) についてまず概観し、次にその従来研究を述べる。

2.1 隠消現実の概要

隠消現実とは、リアルタイム映像内の不要物体上にその背景画像を重ねることで、不要物体を視覚的に取り除く技術である。その手法は次の 3 つに分類することができる。

- ・複数のカメラを使用[2][3]
- ・事前に撮影した背景画像を使用[4][5]
- ・画像修復（インペインティング）を使用[6][7]

本研究では、不要物体上に重畳する画像と実際の背景との整合性の観点から、複数のカメラを使用する手法に着目する。例えば図 2 のように、A の画像内で死角となる車両の領域に対し、B の画像内の A の画像の車両領域に対応する領域を A の視点での見え方に変換し合成することで、死角を軽減することができる。

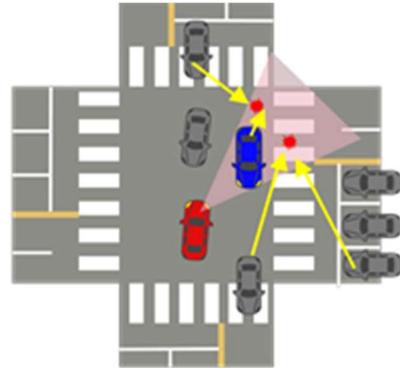


図 3 対象交通場面

2.2 複数カメラによる隠消現実の従来研究

複数カメラを使用した隠消現実の従来研究として、Barnum らの研究では、建物を遮蔽物とした視覚的違和感の少ない透視がリアルタイムで実現されている[2]。3 次元情報を 2 次元情報として通信しており、異なる視点の空間的対応はとっていないため、遮蔽物内のオブジェクトを個別に射影変換し修正することで、3 次元位置の誤差を軽減している。リファレンス視点は固定位置を想定しており、2 つの視点の入力は空間的位置に強い制限がある。

Rameau らの研究では、前方車両を遮蔽物とした隠消現実がリアルタイムで実現されている[3]。前方車両のステレオビジョンを基に後続車両の位置姿勢を 3D マップから推定している。整合性は、前方車両と後方車両の位置関係に依存するため、一定の車間で順方向での走行が必要であり、車両の位置が大きく変化すると各車両の位置姿勢の推定が難しい問題がある。

3. 提案手法

本章では、本研究で対象とする交通場面を説明し、次に提案手法について説明する。

3.1 対象とする交通場面

前述の従来手法では、視点の位置、順方向での走行という制限があった。それに対して、本研究では、交通量の多い図 3 のような交差点における右折時に発生する対向車両による死角危険を対象とする。赤色の自車両が右折待ちをしており、直進する青色の対向車両が遮蔽物となり死角が生じる。この死角に対し周辺の車両や防犯カメラからの視点を用いて隠消現実を行う。なお、死角内の危険が動物体とした場面を考える。

3.2 提案手法の概要

前述の対象交通場面において、提案手法のプロセスは以下の 5 つから構成される。

- ・道路標識の検出

- ・各視点の位置姿勢推定
- ・遮蔽物・被遮蔽物の認識
- ・被遮蔽物の3次元位置の推定
- ・対象画像への合成

自視点・リファレンス視点の両視点の位置姿勢を推定する。自視点フレームでは遮蔽物、リファレンス視点フレームでは被遮蔽物の認識を行う。自視点はRGBカメラ、リファレンス視点はRGBのステレオカメラであり、リファレンス視点のカメラから得られる奥行きに基づき、死角となった被遮蔽物の3次元位置を把握する。各視点の位置姿勢関係から、リファレンス視点のフレームを、3次元位置を考慮して自視点での見え方に変換し自視点の対象画像内の遮蔽物領域に合成する。以下では、提案手法の詳細について述べる。

3.3 道路標識の認識

道路標識は配布されている一般的な学習済みモデルの検出対象でないため、labelImg[8]を用いて画像データに対してラベル付けを行う。次に、リアルタイム検出性と一定の検出精度が必要であることを考慮し、単一推論ステップの毎フレーム処理が実行可能なYOLOv8 (You Only Look Once) [9]の道路標識の検出モデルを学習し、それを用いて自視点およびリファレンス視点から道路標識の検出を行う。

3.4 道路標識を用いたカメラ位置姿勢推定

道路標識の中に特徴点を設定し、図4に示すように特徴点の3次元座標と画像上の特徴点の2次元座標の対応付けによってカメラの位置姿勢を求める。Perspective-n-Point (PnP) 問題を解くことで、自視点およびリファレンス視点のカメラ位置姿勢を推定する。以下では、特徴点の設定、特徴点マッチング、カメラ位置姿勢推定について述べる。

3.4.1 標識の特徴点の設定

PnP 問題を解くためには、カメラ画像内から容易に検出できる標識内の特徴点の3次元座標が必要となる。このため、本研究では対象となる標識内の検出しやすい4点以上の特徴点を手動で抽出し、その3次元座標を手動で計測し設定する。次に、図5に示すように、各特徴点周辺の画像をテンプレートとして保存する。なお、後述するマッチングのため、標識全体があらかじめ設定した $n \times n$ 画素の画像とし、その中から $k \times k$ 画素のテンプレートを作成する。

3.4.2 特徴点マッチング

道路標識の特徴点の2次元座標を求めるために、特徴点マッチングを行う。事前に用意するテンプレート画

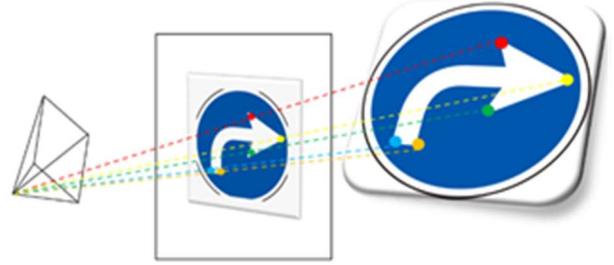


図4 2Dと3Dの対応関係



図5 テンプレート画像例



図6 特徴点マッチング

像と特徴点マッチングの手順を図6に示す。まず、検出し抽出した道路標識の画像とそのバウンディングボックスの左上と右下の2次元座標を保存する。次に抽出した画像を $n \times n$ 画素に拡大し、各テンプレートでマッチングを行い、中心点をそれぞれ算出する。なお、マッチングの類似度として、明るさの影響を受けにくい正規化相互相關を利用する。最後に、中心点の2次元座標をもとの入力画像上の座標に変換し、あらかじめ設定した3次元位置と合わせてPnP問題を解く。

3.5 遮蔽物・被遮蔽物の検出

自視点対象フレームでは遮蔽物の領域矩形座標、リファレンスフレームでは被遮蔽物の領域マスクを画像認識により求める。遮蔽物は車両、被遮蔽物は人と仮定し、YOLOv8の事前学習済みモデルを用いて各フレームでこれらの物体を検出する。

3.6 被遮蔽物の3次元位置の把握

被遮蔽物の3次元位置の把握するために、リファレンス視点の深度マップを用いる。深度マップのデプス値 d はステレオカメラの視差マップの視差 $disparity$ を基に以下の式で推定する[10]。

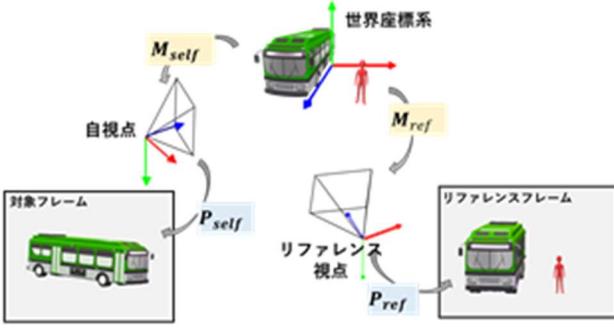


図 7 各視点の対応関係

$$d = \frac{fl}{disparity} \quad (1)$$

ただし、 f は焦点距離、 l はステレオカメラ内の 2 つの内部カメラ間の実距離である。このとき、深度マップの画素 (x, y) のデプス値 d をとすると、この画素に対応するリファレンス視点のカメラ座標系における 3 次元座標 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$ を、リファレンスカメラの内部パラメータ P_{ref} を用いて以下の式で算出する。

$$\begin{pmatrix} X_{ref} \\ Y_{ref} \\ Z_{ref} \\ 1 \end{pmatrix} = dP_{ref}^{-1} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

次に算出された座標 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$ と道路標識から求めたリファレンスカメラの外部パラメータ M_{ref} を用いて、世界座標系での座標 (X_w, Y_w, Z_w) を以下の式で求める。

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} = M_{ref}^{-1} \begin{pmatrix} X_{ref} \\ Y_{ref} \\ Z_{ref} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

この計算を検出した人の領域の画素に対して行い、人の 3 次元点群を作成する。

3.7 対象画像への合成

図 7 に示すように、自視点カメラでの遮蔽物の検出結果とカメラ内部・外部パラメータ、および作成した人の 3 次元点群を用いて、自視点対象フレームの遮蔽物領域へ被遮蔽物の合成を行う。ここでは人物の各 3 次元点群を微小な球としたモデルを作成する。作成したモデルを自視点フレームに投影マッピングする。

世界座標系に配置されたモデルを自視点での見え方へ変換するため、まずモデル上の 3 次元座標 (X_w, Y_w, Z_w) を自視点カメラ座標系での座標 $(X_{self}, Y_{self}, Z_{self})$ へ

以下の式により変換する。

$$\begin{pmatrix} X_{self} \\ Y_{self} \\ Z_{self} \\ 1 \end{pmatrix} = M_{self} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

ただし、 M_{self} は道路標識から求まる自視点の外部パラメータである。次に、自視点カメラ座標系での座標 $(X_{self}, Y_{self}, Z_{self})$ を自視点対象フレーム座標 (x', y') へ、自視点カメラの内部メータ P_{self} を用いて以下のように変換する。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = P_{self} \frac{1}{Z_{self}} \begin{pmatrix} X_{self} \\ Y_{self} \\ Z_{self} \end{pmatrix} \quad (5)$$

以上の演算により、人の 3 次元点群を自視点対象フレームの 2 次元座標に対応付けし、リファレンスカメラでの人の見え方が自視点フレームからの見え方に変換される。これに基づき、自視点フレームの車の遮蔽物の上に人の画像を合成する。また、本研究では単純な画素値の合成だけでなく、自視点対象フレームにおいて Canny アルゴリズム[11]によりエッジを検出し、エッジと合成画像を各画素に対して OR 演算を行い対象フレームへ合成することで、遮蔽物のエッジを補完し、被遮蔽物の前に遮蔽物の存在を知覚させる。

4. 実験と考察

本章では、本提案手法により行う死角軽減についての環境を説明し、行った検証と実験の場面と結果から考察を述べる。

4.1 実験の環境

本実験では、LaptopPC (OS:Windows11, CPU:Ryzen 7 4800H, メモリ:16GB, GPU: GeForce RTX 2060 6GB), Python 3.10.5 で OpenGL, YOLOv8 を利用することで死角軽減の検証を行った。使用したカメラデバイスは、自視点 UCAM-C520FEBK (ELECOM) 800×600pix, リファレンス視点 OAK-D Pro (Luxonis 固定焦点版) 640×360pix である。事前処理として、Zhang の手法[12]により両カメラともキャリブレーションを行い、内部パラメータを取得した。また本実験では、道路標識に加えて ArUco マーカ[13]も利用した。

4.2 屋内検証の環境場面

対象交通場面を模擬的に再現した図 8 のような環

表 1 屋内検証パターン

	<i>depth</i>	中央値
エッジ補完 無	検証(i)	検証(ii)
エッジ補完 有	検証(iii)	検証(iv)



図 8 屋内検証模式図



図 9 屋内検証視点フレーム

境で検証を屋内で行った。平面上に対向車両を模したポスターおよびマーカを配置する。マーカを用いた場合の自視点・リファレンス視点のフレームの例を図 9 に示す。両視点とも、ポスターとマーカは画角内にある。自視点では死角領域、リファレンス視点では死角領域でない位置に被遮蔽物として人を配置し行った。本検証では、自視点・リファレンス視点・遮蔽物を固定し、被遮蔽物のみ動物体とし検証した。

リファレンス視点の深度マップにおいて、リファレンスフレーム内の被遮蔽物マスク領域の各画素のデプス値をそのまま用いた場合と、マスク領域内のデプス値の中央値をマスク領域内の各画素すべてに用いた場合で比較検証を行った。また、エッジ補完の有無についても比較検証を行い、表 1 の計 4 パターンの比較検証を行った。

4.3 屋内各検証の結果と考察

ArUco マーカで行った検証について、検証(i)～(iv)の各視点の入力およびリファレンスカメラからの深度マップを図 10 に示す。深度マップは奥行 10m を白、0m



図 10 屋内検証入力・深度マップ

を黒としたグレースケール画像である。検証(i)(iii)の入力は同入力、検証(ii)(iv)の入力は同入力で、検証(i)(iii)の入力と検証(ii)(iv)の入力は異なる入力である。検証(i)と(iii)の深度マップと比較して、検証(ii)と検証(iv)では中央値を用いたことで深度マップは人領域が単色となっている。

図 10 で示した入力に対する各検証の出力を図 11 に示す。また、検証(i)(ii)と検証(iii)(iv)の車両の領域の拡大図を図 12, 13 に示す。すべての出力において、計算処理は平均 15fps ほどでリアルタイムでの処理ができ、マーカを正しく認識し、車両により死角となった人を視覚的に提示することができた。検証(i)と(iii)の出力において、デプスが正しく取得できていない箇所やノイズにより、図 12 に示すように、人領域から飛んだ座標の点群が描画されている。一方で、検証(ii)(iv)においては、デプスの中央値を用いたことで、人領域に近しい座標の点群が描画されており視覚的に滑らかな提示ができている。ただし、中央値を用いた手法では、細かな奥行の変化が表現できないため、被遮蔽物の奥



図 11 各検証出力



図 12 検証(i)・検証(ii)拡大図



図 13 検証(iii)・検証(iv)拡大図

行に関する複雑な形状や複数の異なる奥行の被遮蔽物は表現しきれない問題が考えられる。

また、検証(iii)(iv)において、図 13 に示すように、エッジを補完したことにより人領域で隠された車両の形状が視覚的に提示されている。検証(i)(ii)の場合、人領域が大きくなると車両自体が遮蔽され、新たな死角が生まれることが予想されるが、エッジを補完することで、遮蔽物の形状を表すことができ、遮蔽物の存在を知覚させることができている。

次に、右折標識で行った検証について、自視点の出力画像とその拡大図を図 14, 15 に示す。すべての出力において、計算処理は平均 10fps ほどでリアルタイムでの処理ができ、右折標識を正しく認識し、車両によ



図 14 道路標識による出力画像



図 15 出力画像拡大図

り死角となった人を視覚的に提示することができた。また、車両のエッジを補完した場合には人領域で隠された車両の形状が視覚的に提示されている。

しかし、ArUco マーカを用いた検証では 15fps ほどで処理が可能なため、ArUco マーカより動作が遅くなっている。これは特徴点マッチングが主な原因と考えられる。動作を速めるためには特徴点マッチングに工夫を加える必要がある。

4.4 屋外実験の環境場面

対象交通場面を模擬的に再現した図 16 のような場面で実験を屋外で行った。自視点カメラは手で持ち、対向車両・死角内のは一定の速度で前進、ArUco マーカ・リファレンス視点は定点で実験を行った。検証(iv)の条件と同じくリファレンス視点のデプスの中央値をマスク領域の各画素すべてに用い、エッジ補完を行い実験した。

4.5 屋外実験の結果と考察

屋外で行った実験について、時間的連続な出力フレームを図 17 に示す。計算処理は平均 15fps ほどでリアルタイムでの処理ができ、出力(a)・(b)・(c)によように人領域が描画され車両の形状も正しく提示できた。屋外では、出力(d)のようにマーカの認識ができず、出力が一定でなかった。それにより、位置姿勢推定を毎フレーム行うことが難しい。これは、マーカの大きさや位置関係、質感による反射等の要因が考えられる。

また、エッジ補完をしたことで遮蔽物上に被遮蔽物を提示することで新たに生じる死角にも対策できてい



図 16 屋外実験環境



図 17 屋外実験出力



図 18 出力(a)・別出力拡大図

る。一方で、出力(a)と別フレームの出力を拡大した図 18 のように、提示した人領域と実際の位置との間にズレがあることがわかる。別出力のように 3 次元位置が視覚的違和感なく取得できているフレームも稀にあるが、多くのフレームではズレが生じていた。検証にもあったようにデプスの中央値を用いたことで、奥行に

差が生じ実際の位置と異なる結果をなったと考えられる。これは、空間フィルタ等の別のノイズ低減手法により、3 次元位置をより補完できると考える。

5.まとめ

本稿では、複数の異なる視野情報を統合することで死角の要因となる遮蔽物をフレーム内から除去し被遮蔽物を提示することで死角を軽減する隠消現実を実現する手法を提案した。提案手法では、右折標識の検出、各視点の位置姿勢推定、遮蔽物・被遮蔽物の認識、被遮蔽物の 3 次元位置の推定、対象画像への合成のプロセスで遮蔽物を透過させ死角内の被遮蔽物を提示した。

ArUco マーカを用いた屋内検証では被遮蔽物マスク領域のデプス値を用いた場合、デプスの中央値を被遮蔽物マスク領域すべてに用いた場合、エッジ補完の有無について計 4 パターンの検証を行った。被遮蔽物マスク領域の対応デプス値を用いた場合、人領域から飛んだ座標が描画されノイズが大きい。一方で、デプスの中央値を用いた場合、視覚的滑らかな人領域が提示できた。また、エッジ補完を行いながら被遮蔽物を提示したことにより、遮蔽物が前にあるという認識がしやすくなることも確認した。

右折標識を用いた屋内検証では ArUco マーカより処理が遅くなつたが、交差点に実際にある標識をマーカ代わりに用いることができる可能性を示すことができた。ただし、ArUco マーカより処理が遅くなつてしまつたため、特徴点マッチングに工夫を加える必要がある。

屋外実験では、デプスの中央値を用いエッジ補完を行い、自視点・対向車両・死角内の人を動物体とし実験を行つた。屋外ではマーカの認識精度が悪く、毎フレーム位置姿勢推定を行うことが難しい。これは、マーカの大きさや位置関係、質感による反射等の要因が考えられる。このため、道路標識においても屋外での認識精度を検証する必要がある。また、デプスの中央値を用いた手法でノイズを低減させた結果、提示した人領域と実際の人領域との位置に差異があった。空間フィルタ等の 3 次元位置をより精度よく補完できる手法でノイズを低減させる必要がある。

文 献

- [1] 国土交通省 自動車局 保障制度参事官室 令和 2 年 12 月：国土交通行政インターネットモニターアンケート 自動車用の映像記録型ドライブレコーダー装置について 令和 2 年 10 月 13 日～10 月 26 日実施， <https://www.mlit.go.jp/monitor/R2-kadai01/15.pdf>. (閲覧日 2024 年 8 月 27 日) (雑誌例 1) 山上一郎, 山下二郎, “パラメトリック増幅器,” 画電学会誌, vol.31, no.1, pp.20-27, Jan.2002.
- [2] P. Barnum, Y. Sheikh, A. Datta and T. Kanade, “Dynamic seethroughs: synthesizing hidden views of moving objects”, Proceedings of IEEE International

- Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 111-114, 2009.
- [3] F. Rameau, H. Ha, K. Joo, J. Choi, K. Park and I. S. Kweon, "A real-time augmented reality system to see-through cars", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 22, no. 11, pp. 2395-2404, 2016.
 - [4] F.I. Cosco, C. Garre, F. Bruno, M. Muzzupappa, and M.A. Otaduy, "Augmented touch without visual obtrusion", Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.99–102, 2009.
 - [5] Z. Li, Y. Wang, J. Guo, L.-F. Cheong, and S.Z. Zhou, "Diminished reality using appearance and 3d geometry of internet photo collections", Proc. International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.11–19, 2013.
 - [6] J. Herling and W. Broll, "High-quality real-time video inpainting with pixmix", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.20, no.6, pp.866–879, 2014.
 - [7] N. Kawai, T. Sato, and N. Yokoya, "Diminished reality based on image inpainting considering background geometry", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.22, no.3, pp.1236–1247, 2016.
 - [8] GitHub, labellImg/readme/README.jp.rst at master, <https://github.com/HumanSignal/labellImg/blob/master/readme/README.jp.rst> (閲覧日 2024年9月9日)
 - [9] Ultralytics. (n.d.). YOLO - Object Detection in PyTorch. <https://www.ultralytics.com/ja/yolo>. (閲覧日 2024年8月27日)
 - [10] Luxonis Documentation. Stereo Depth Component. Luxonis. https://docs.luxonis.com/projects/api/en/latest/components/nodes/stereo_depth/?highlight=disparity. (閲覧日 2023年10月9日)
 - [11] Canny, J., "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, no. 6, pp. 679-698. 1986.
 - [12] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334. 2000.
 - [13] OpenCV. (n.d.). ArUco Marker Detection. OpenCV. https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html. (閲覧日 2023年10月9日)