

## 運転車両のダッシュボード透明化と車輪軌道の複合現実型提示 MR Visualization of Wheel Trajectories by Seeing-Through Dashboard

笹井 翔太<sup>†</sup>  
Shota Sasai

北原 格<sup>†</sup>  
Itaru Kitahara

亀田 能成<sup>†</sup>  
Yoshinari Kameda

大田 友一<sup>†</sup>  
Yuichi Ohta

### 1. はじめに

本稿では、投影型 MR 提示技術を用いて、運転車両のダッシュボードを透明化することで車両前方の死角領域を運転者に提示し、さらに、その映像中に車輪軌道の CG を重畳提示（複合現実型提示）することにより、安全運転を支援する手法について述べる。仮想世界と実世界との幾何学的整合性を再現することは、死角領域の物体と車両との位置関係の迅速かつ的確な理解を助けると考えられる。さらに、透明化したダッシュボード上に自車輪の軌道を仮想的に重畳することにより、路端と車輪との位置関係や自車両の車幅を運転者にわかりやすく提示でき、円滑なすれ違いや、脱輪や巻き込みなどといった事故の防止効果が期待される。

### 2. 関連研究

死角領域の状況を運転者に提示する手法として、日産自動車株式会社のアラウンドビューモニターがある[1]。車両の前後左右4方向に取り付けたカメラで周囲の死角領域を撮影し、俯瞰視点からの見え方に変換した4枚の画像をつなぎ合わせて車載ディスプレイに提示することで、あたかも車両を真上から眺めたような画像をユーザに提示する。しかし、運転者の視点位置と提示映像を撮影した仮想カメラ位置が一致していないため、提示映像中の世界と目視可能な車両周囲の世界との位置関係を迅速かつ的確に把握するには、一定の習熟を要する。

吉田ら[3]は、カメラで撮影した死角領域の映像を自車両の内壁に投影し、車体を透明化することにより、死角領域の観察を実現している。運転者視点と仮想カメラの位置が一致した（幾何学的整合性が再現された）映像の提示に成功しているが、路端と車輪との位置関係や自車両の車幅を迅速に知覚するためには、透明化映像を提示することに加え、手が必要となる情報の提示が必要である。

### 3. ダッシュボードの透明化と車輪軌道の MR 提示

図1に提案手法の構成を示す。世界座標系を  $X_w$ 、ビデオプロジェクタ座標系を  $X_p$ 、カメラ座標系を  $X_c$ 、運転者視点座標系を  $X_d$  とする。車両のフロントグリルに設置したカメラで前輪付近の死角領域（道路面）を撮影し、その映像を観察者視点の近くに設置したビデオプロジェクタでダッシュボード上に投影する。提示映像と実世界との見え方の間で幾何学的整合性が再現されるよう射影変換を施すことで、

ダッシュボード越しに死角領域を観察したような映像提示が実現される。ダッシュボード上に再帰性反射素材を貼付けているため、昼間でも鮮明な投影映像を観察することが可能である。ハンドルに取り付けた加速度センサの観測値から操舵角を推定し、それに基づき車輪軌道の CG を生成し透明化映像中に重畳する。



図1 ダッシュボードの透明化と車輪軌道の MR 提示

#### 3.1. 投影映像から運転者視点映像への射影変換

ビデオプロジェクタの投影中心と観察者視点 ( $X_p$  と  $X_d$  の原点) を完全に一致させることは困難である。その結果、投影映像と運転者視点映像の間には、ダッシュボードの3次元形状によって運動視差（見え方の差異）が生じる。投影面の3次元形状情報が既知の場合、運動視差の補正が可能であるが、ダッシュボードの形状は複雑である上に、車種ごとに異なるため、全ての形状データを用意することは現実的ではない。そこで、本手法では、図2に示すように、ダッシュボード形状を幾つかの代表的な平面で近似し、各々について2次元射影変換処理を施すことにより、見え方の差異を軽減する。

投影映像  $I_p$  として用意した直交格子パターンをダッシュボード上へ投影し、観察者視点位置に設置したカメラで観察者視点画像  $I_d$  を撮影する。  $I_d$  における格子パターンの歪み具合を観察し、平面分割する領域を決定する。

$I_p$  と  $I_d$  中のある平面に対応する領域において、対応する格子点を検出する。この対応点群を用いて、  $I_p$  から  $I_d$  への2次元射影変換行列  $H_I$  を推定する。  $H_I$  で射影変換した映

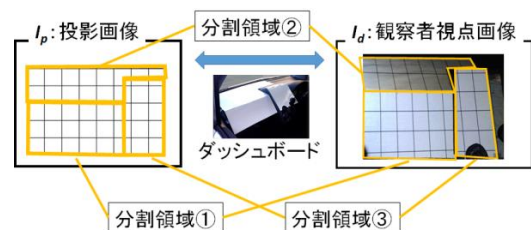


図2 投影画像中における平面分割領域の決定

<sup>†</sup>筑波大学  
University of Tsukuba

像を投影することにより、運動視差が軽減された映像を得る。同様の処理を全ての分割平面に対して行うことにより、投影映像全体の補正処理を実現する。以降、補正済みの提示映像を仮想ディスプレイと呼ぶ。

死角領域を撮影するために自車両のフロントグリルに取り付けたカメラ(死角撮影カメラ)の位置と運転者視点位置( $X_c$ と $X_d$ の原点)の差異により、撮影映像 $I_c$ と観察者視点映像 $I_d$ の間にも運動視差が発生する。撮影対象である3次元シーンの3次元形状が既知であれば、運動視差の補正処理が可能であるが、車両の走行に伴い変化するシーンの形状を実時間で取得する必要がある。本手法では、観察対象を道路面に限定することにより、高速かつ正確な見え方の補正処理を実現する。図3に示すように、実際の道路面上の点 $R$ が、 $I_c$ 中で観測される位置 $R'$ と、仮想ディスプレイの提示位置 $R''$ を取得する。最低4点の対応点情報を用いて、 $I_c$ から $I_d$ への2次元射影変換行列 $H_2$ を推定する。

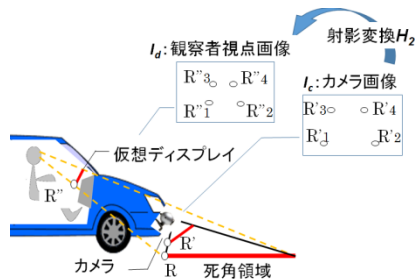


図3 カメラ画像から観察者視点画像への射影変換

撮影映像 $I_c$ に $H_1$ と $H_2$ を合成した射影変換を施した映像をプロジェクタでダッシュボードに投影することにより、運転者視点映像における現実の道路面と死角撮影カメラで撮影された道路面の幾何学的整合性が再現され、車体を透明化したような映像の提示が可能となる。

### 3.2.車輪軌道の算出と重畳提示

運転車両のハンドルに取り付けた加速度センサにより操舵角を計測し、車輪軌道のCGを生成する。それを仮想ディスプレイ映像に重畳した後、ダッシュボード上に投影する。図4に低速走行時の定常旋回の回転半径を示す。旋回速度が上がった場合、遠心力が発生して横すべりを引き起こし、回転半径が変化することが考えられるが、本システムで想定する利用シーンでは、車両は低速で走行すると仮定し、遠心力による横すべりの影響は無視する。

旋回時における旋回外側の前輪の舵角を $\theta$ [度]、その前輪の回転半径を $r_1$ [m]、前輪と後輪の間の長さであるホイールベースを $l$ [m]とすると、その関係は以下の式(1)のように表すことができる。

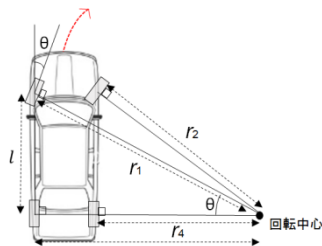


図4 低速走行時における定常旋回の回転半径

$$\sin(\theta) = \frac{l}{r_1} \dots (1)$$

各車輪の回転半径( $r_2, r_3, r_4$ )についても同様に算出する。

仮想スクリーン映像中に車輪軌道のCGデータを重畳するためには、世界座標系 $X_w$ とカメラ座標系 $X_c$ 間の射影変換を求める必要がある。本システムでは、3次元位置と大きさが既知のビジュアルマーカを道路面上に設置し、座標変換行列 $D$ を推定する。

OpenGLを用いて車輪軌道のCGモデルを生成し、座標変換行列 $D$ を用いてレンダリングすることで、車輪の軌道を可視化する。

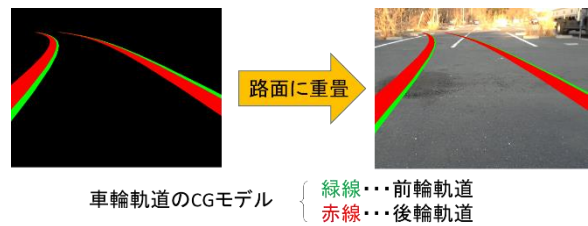


図5 路面への車輪軌道のMR提示結果

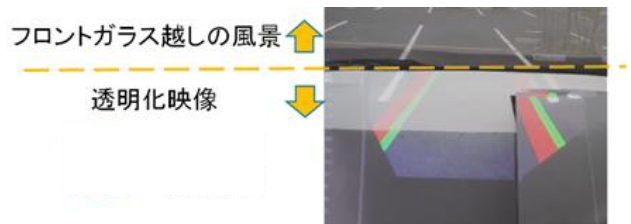


図6 システムの実行様子(助手席からの様子)

## 4.まとめ

本研究では、ダッシュボードを透明化することにより死角領域の観測を可能とし、その透明化映像上にCGで生成した車輪軌道を重畳提示する手法を提案した。システムを実装するため、投影面に対する投影映像の幾何学的補正、ダッシュボードの透明化処理、車輪軌道の算出と重畳について述べた。提案手法により、道幅の狭い道路における円滑なすれ違いや、脱輪や巻き込みの防止効果が期待できると考えられる。

### 参考文献

- [1] 日産自動車株式会社 「アラウンドビューモニター」
- [2] 長谷川 洵希, 上間 裕二, 羽田 成宏, 坂井 誠, 稲見 昌彦 “再帰性投影技術による車両 A ピラーの透明化に関する検討” 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, P.43-46, (2013)
- [3] Masahiko Inami, Naoki Kawakami, Dairoku Sekiguchi, Yasuyuki Yanagida, Taro Maeda, and Susumu Tachi “Visuo-haptic display using head-mounted projector” Virtual Reality, Proceedings. IEEE P.233-240, (2000)
- [4] Takumi Yoshida, Kensei Jo, Kouta Minamizawa, Naoki Kawakami and Susumu Tachi “A Display System for Vehicle Blind Spot Information Using Head Tracked Retro-reflective Projection Technology” The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers vol.63 No.6 P.801-809, (2009)