

道路空間における拡張現実による情報提示のための視覚的顕著性および内容に 適応した描画位置推定に関する研究

A Study on a Method for Estimating Optimal Positions of Augmented Reality Objects
Based on Its Contents and Visual Saliency in Road Space

北海道大学 工学部 ○学生員 鷹羽 宏和 (Kowa Takaba)
北海道大学 工学院 学生員 阿部 恭征 (Takayuki Abe)
北海道大学 大学院工学研究院 正員 高橋 翔 (Sho Takahashi)
北海道大学 大学院工学研究院 正員 萩原 亨 (Toru Hagiwara)

1. はじめに

道路交通を対象とした Augmented Reality (以下, AR) に関する手法が種々提案されている^{1) 2)}. AR による視覚機能の拡張は, ユーザの視野に各種情報となるデータを重畳表示することで行われる. しかしながら, 視野への重畳表示によって, 周囲の歩行者や車両, 交通信号機, 標識などのオクルージョンが生じ, それらの視認を妨げる場合がある. このような AR は安全な交通を妨げる要因となるため, AR を道路交通に円滑に導入するためには, 道路利用者の視認を妨げない重畳表示を可能とする必要がある. 特に, AR ユーザの進路上に存在する物体や進路に侵入する物体は, 安全に移動するうえで視認すべき重要な物体である.

先行研究では, 道路利用時において, AR によるカーナビゲーションの評価³⁾や, AR を用いてランドマークを強調し, ナビゲーションの指示を与える研究⁴⁾が行われている. しかしながら, これらの研究では, 視認すべき重要な物体を考慮していない. 一方, 文献⁵⁾では実際の映像から, 時間的顕著性と空間的顕著性に基づいて視覚的な顕著性を算出している. したがって, 文献⁵⁾を用いて視認すべき重要物体とオクルージョンしない位置へ AR による情報提示位置を決める.

ドライバは交差点右折時には, 前方側の横断歩道の入口付近を注視する⁶⁾など, 視野の右側に視線を送っている. その際に交差点付近において, 右折を促す情報が左側に提示された場合, 視線の移動が大きくなり, ユーザの負荷が増加してしまう. そのため, 視野の右側へ AR による情報提示を考える.

本研究では, 交差点付近において AR による情報提示のための道路利用者の視認を妨げない位置を推定する手法を提案する. 具体的には, 文献⁵⁾によって, 視覚的顕著性を算出し, 交差点でのドライバの視野特性⁶⁾をもとに提示する情報に応じた位置の候補を算出し, 最終的な提示位置を決定する. したがって, 本稿の最後では実験により, 提案手法の有効性を確認する.

2. 提案手法

本章では, AR による情報の提示位置の推定について説明する. 提案手法の概要を図-1 に示す. 次節以降で, 提

案手法の詳細について説明する.

2.1 視覚的顕著性による提示位置の推定

本節では, 視覚的顕著性を用いた提示位置の推定について説明する. 文献⁵⁾を用いて一人称映像から視覚的顕著性マップを算出する. 視覚的顕著性マップは, 映像から視認すべき度合いに応じて行列を算出しており, 図 2 に示す. 視覚的顕著性マップでは, 行列の数値が小さいほど, 視認すべき度合いが小さく, 行列の数値が大きいほど, 視認すべき度合いが大きい.

本研究では, 視覚的顕著性マップを用いて, 提示する情報内容を設定し, 画面全体に対して, 提示する情報のサイズごとにある視覚的顕著性マップの画素値の合計値が最小となる位置を算出し, 情報の提示位置を提案する.

2.2 情報内容による提示位置の推定

本節では, AR によって提示する情報に応じた提示位置の推定について説明する. ドライバは交差点右折時の際, 前方側の横断歩道の入口付近を注視する⁶⁾など, 視野の右側に視線を送っている. そのため, 本手法では, AR による進行方向を表す右向き矢印オブジェクトの提示について考える. 視野の右側への提示を考えるため, 情報提示位置を決める際, 視覚的顕著性マップに対して画面左側を計算対象外とする.

2.3 提示する情報位置の変化量による提示位置の推定

本節では, 提示するオブジェクトの変化量の影響について説明する. 提示するオブジェクトの位置が, 時間ごとに大幅に変動した際, 視線の変化量が大きくなりユーザの負担が大きくなる. そのため, 時間によって提示する情報の大幅な移動を防ぐことが必要と考える. したがって, 提示したオブジェクトの現位置から, 次に提示する位置までの距離 d を下式により求める.

その式を (1) に示す.

$$d = (X(n) - X(n+1))^2 + (Y(n) - Y(n+1))^2 \quad (1)$$

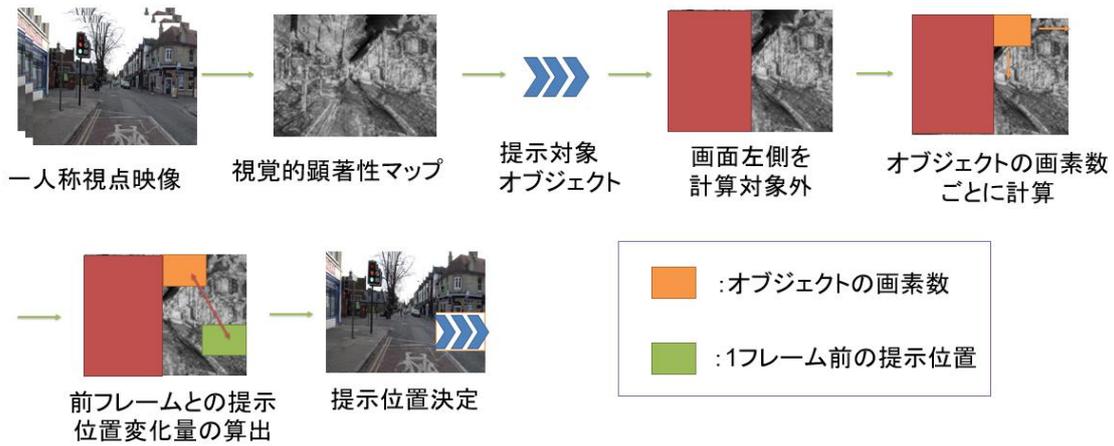


図-1 提案手法概要図

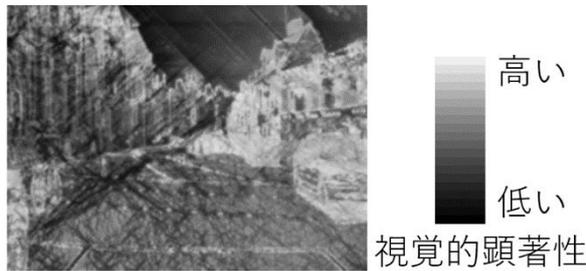


図-2 視覚的顕著性マップ

表1 結果

	平均変化量 (画素)	平均重畳率
提案手法	30.55	0.050
比較手法1	112.96	0.042
比較手法2	209.68	0.079

2. 4 情報提示位置の決定

本節では、視覚的顕著性とオブジェクトの変化量の正規化について考える。

視覚的顕著性と提示するオブジェクトの変化量の両方を考慮するため、式(2)、(3)、(4)、(5)に示す正規化を行う。

提示する情報位置の変化量の重みとして λ を用いる。数値 l が最小となる大域的最適位置を算出し、フレームごとにオブジェクトの提示位置を提案する。

$$l = j + \lambda \times s$$

$$r = \sum \frac{P_{xy}}{255}$$

$$j = \frac{r}{x(object) \times y(object)}$$

$$s = \left(\frac{X(n) - X(n+1)}{x(picture)} \right)^2 + \left(\frac{Y(n) - Y(n+1)}{y(picture)} \right)^2$$

$X(n), Y(n)$: n フレーム目の位置(X, Y)
 $x(object), y(object)$: オブジェクトの画素数(x, y)

$x(picture), y(picture)$: 画像の画素数 x, y
 λ : 変化量の重み付け

3. 実験

本章では、提案手法の有効性を確認するための実験について説明する。

事故統計によると右折時の衝突は、信号交差点における交通事故の中で、39%と最も高い⁷⁾。そのため、本実験では、交差点右折時を対象とし、進行方向を表す矢印オブジェクトの提示について考える。

本実験では、一人称視点映像であるCamvidデータセットを用いる。このデータセットは交差点付近の動画4本からなり、評価用として30フレームごとの画像232枚を使用する。各映像の画素数は 960×720 である。本実験では、提示するオブジェクトの画素数を 50×100 とする。

- (2) 提案手法では、変化量の重み λ を0.3とする。オブジェクトの変化量を考えないもの($\lambda=0$)を比較手法1として用いる。また、視覚的重要性マップと、提示情報の現在位置からのユークリッド距離の積によって、情報提示位置を決めている先行研究⁸⁾を比較手法2とする。
- (4) 本実験では評価指標として、重畳率、オブジェクトの変化量を用いる。
- (5) 次節で、それぞれの評価指標について説明する。

3. 1 オブジェクト変化量

本節では、1フレームごとのオブジェクト位置の変化を抑えるため、オブジェクトの変化量の結果について説明する。

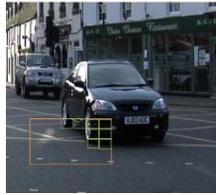


図-3 提示するオブジェクトと重要物体が重畳した画素数の例



図-4 提示するオブジェクトと重要物体との重畳例



30 フレーム前



現フレーム



30 フレーム後

図-5 提案手法 オブジェクトの移動例



30 フレーム前



現フレーム



30 フレーム後

図-6 比較手法1 オブジェクトの移動例

オブジェクトの変化量は、小さいほどオブジェクトの提示位置が安定し、良いと言える。

(8)で示した画像一枚当たりの平均変化量 u について算出したものを表1に示す。

$$u = \frac{(X(n) - X(n+1))^2 + (Y(n) - Y(n+1))^2}{232} \quad (6)$$

平均変化量は、提案手法が最も小さい値であった。

3. 2 重畳率

本節では、提案するオブジェクトの提示位置による視認すべき重要物体との重なり度合いを確認するため、重畳率に関する結果を説明する。

重畳率とは、提示するオブジェクトと車、人、交通信号機、標識などの重要物体との重なり度合いを表したものである。値が小さいほど、重要物体を隠してしまう割合が小さいため良いといえる。

$$\text{重畳率} = \frac{\text{オブジェクトと重要物体が重畳した画素数}}{x(\text{object}) \times y(\text{object})} \quad (7)$$

提示するオブジェクトと重要物体が重畳した画素数の例については、図3に示す。

画像一枚あたりの重畳率の平均値を算出した結果を表1に示す。平均重畳率では、提案手法は、比較手法2より小さい値となったが、比較手法1よりは大きい値であった。

4. 考察

本章では、3章で得られた結果を踏まえて、考察を行う。

図4は、提案手法の重畳率が高い画像の例である。提示するオブジェクトの位置を赤い四角形で表している。道路上の矢印と提示するオブジェクトの重なりが確認できる。全体として、重畳率とオブジェクトの変化量では、提案手法が比較手法2よりもオブジェクトの変化量が少なく、重要物体との重畳も少ないことが確認できた。提案手法でのフレームごとの変化量の一例を図5、オブジェクトの変化量を考慮していない比較手法1でのフレームごとの変化量の一例を図6に示す。

オブジェクトの変化量を考慮した分、提案手法は比較手法1に比べると、重畳率は0.8%ほど高くなったが、提示するオブジェクトの変化量 u については80画素ほど小さくなったことが確認された。

今回は重畳率と提示するオブジェクトの変化量の二つで評価を行ったが、重畳率と提示位置の変化がより少なくなるような統合方法を考えることが今後の課題である。

また、本研究では交差点付近右折時における情報提示位置の推定を行った。そのため、視野の左側を計算対象外として計算を行った。しかし、提示する内容によっては、視野の右側に提示することが不利となる状況も考えられる。ARによって提示する内容に広く適応できる提示位置の推定を行うことは、今後の課題である。

したがって今後はこれらの課題について検討することで、視認を妨げず、情報内容に応じたARによる情報提示の実現が期待できる。

5. まとめ

本研究では、道路交通において、拡張現実による情報提示のための視覚的顕著性および内容、提示位置の変化量に適応した描画位置の提案を行った。また、実験によりその有効性が確認された。

今後は、進行方向を示す矢印以外の情報内容にも応じた最適提示位置の推定を行う手法に取り組む。

参考文献

- 1) K. Van, D. W. F. R. Poelman: "A survey of augmented reality technologies , applications and limitations". International journal of virtual reality , 9(2), 1-20 2010.
- 2) R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre: "Recent advances in augmented reality, " IEEE Comput. GraphAppl. vol. 21, no. 6, pp. 34-47, 2001
- 3) B. Walther-Franks R. Malaka: "Evaluation of an Augmented Photograph-Based Pedestrian Navigation System. In: Butz A. Fisher B. Krüger A, Olivier P. Christie M. (eds) Smart Graphics". SG 2008. Lecture Notes in Computer Science, vol. 5166, 2008
- 4) Adam Bolton, Gary Burnett, and David R. Large : "An Investigation of Augmented Reality Presentations of Landmark-based Navigation Using a Head-up Display". In Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '15), 56--63. 2015.
- 5) T. Abe, S. Takahashi, T. Hagiwara: "A Calculation Method of Degree of Data Indication Regions in First-Person View Videos for Improvement Transportation", 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics(GCCE), pp. 558—559, 2019.
- 6) 萩田賢司, 森健二: "運転者の視線を考慮した歩行者事故の分析", 土木計画学研究論文集, Vol. pp. 1027-1034, 2004
- 7) 中村俊佑, 菅沼英明, 菊地一範, 本間亮平: "インフラ協調型右折時衝突防止支援システムの効果評価", 自動車技術会論文集 pp. 449-454, 2015
- 8) N. Rakholia , S. Hegde and R. Hebbalaguppe: "Where to Place: A Real-Time Visual Saliency Based Label Placement for Augmented Reality Applications", 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 604-608, 2018.