



共通データセットを用いた隠消現実感手法の性能分析と考察

— Image Inpainting 手法での基礎実験 —

両角 泰希¹⁾, 池田 聖¹⁾, 木村 朝子¹⁾, 田村 秀行²⁾, 柴田 史久¹⁾

1) 立命館大学 大学院情報理工学研究科, 2) 同 総合科学技術研究機構
(〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

概要: 現実世界に存在する物体を視覚的に隠蔽・消去する隠消現実感 (DR) は, 複合現実感(MR)の発展形であるが, 幾何学的整合, 光学的整合の達成は MR よりも数段難しい. 我々は, DR 手法を客観的に評価するための共通データセットを開発し, 隠背景やカメラワーク真値データを付して公開した. さらに, Image Inpainting (IIP) 手法の評価に適したデータを追加している. このデータセットに IIP 手法を適用した場合の定性的な性能分析を行い, どのような場合に不具合が生じるかを分析・考察した.

キーワード: 複合現実感, 隠消現実感, 画像修復, 共通データセット, 定性的分析

1. はじめに

隠消現実感 (Diminished Reality; DR) は, 現実世界に実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透視する技術であり, 拡張現実感(AR)や複合現実感(MR)の発展形として, 最近研究が活発化している[1]. AR/MR が現実と仮想の「足し算」であるのに対して, DR はその逆概念の「引き算」であるが, 技術的には数段難しい. DR 処理での僅かな「位置ずれ」や「画質ずれ」は, 人工的かつ著しい欠陥に見えるので, AR/MR よりも高度な整合性が要求される.

困難な課題を克服し, 改良した手法の提案を啓発するため, 我々は既存手法の比較評価や新規手法の自己評価に役立つ DR 研究用共通データセットを開発し, 一般公開した[2]. このデータセットの有効性を確認しつつ, DR 手法の評価基準の確立を目指して研究を進めているが, その第一段として Inpainting-Based DR (IB-DR)を取り上げて, 性能分析と考察を行ったので, 報告する.

2. DR 研究用共通データセットの概要とその意義

筆者らは, DR 技術の技術体系構築を目指し, DR 処理での諸条件を変えて系統的な実験ができる DR 実験専用スタジオを設けていた[3]. このスタジオを利用して, 慶應義塾大学・斎藤英雄研究室の協力の下に設計・開発した本データセットである. 既に一般公開されているので, 研究目的であれば, 下記サイトからデータを入手できる.

<http://www.rm.is.ritsumeikan.ac.jp/kiban-s/dr-dataset/>

我々の DR 研究や本データセットの前提として, DR 技

術を以下の3つに大別して考えている.

◆**事前観測型 DR (POB-DR)**: 除去対象物がない状態で観測(Pre-Observation)したデータ (対象シーンの多視点画像等) を利用し, 体験時の隠背景を描写する.

◆**実時間観測型 DR (ROB-DR)**: 隠背景が動的に変化する場合には, 体験時に別視点から実時間観測 (Realtime Observation)した背景のデータから, 体験者視点での隠背景を重畳描画する.

◆**画像修復型 DR (IB-DR)**: いかなる方法でも隠背景が観測できない場合に, 除去対象周辺の画素や画像パッチを用い, 隠背景を推定して Inpainting する.

このデータセットの仕様やカテゴリー分類に関しては, 文献[2]を参照されたい. ロボットアームを用いることで, 除去対象物がない光景を同条件で観測した「評価真値」と体験時の視点移動を数値化した「カメラワーク真値」が付されていることが, 大きな特長である. いずれも, DR 手法の性能を客観的に比較評価するためのデータである.

3. Image Inpainting と IB-DR の違い

絵画や写真に加わった傷や経年変化による滲み等を手作業で取り除く「画像修復」は, フォトレタッチ・ソフトによる電子的対話操作の利用が一般化した. さらに, 指定領域内を自動処理で「修復」する手法が開発され, 「Image Inpainting」(以下, IIP と略す)や「Image Completion」と呼ばれるようになり, 不要な事物を消し去る手法としても使われるようになった.

2000 年代後半から活発に研究され, 数多くの手法が生まれたが, 基本形は 2 次元画像を対象とし, 同じ画像中の小領域 (パッチ) を用いて, 連続性を満たすように指定領域内を置き換える[4][5]. 画像中の領域の構造や統計的性

Taiki MOROZUMI, Sei IKEDA, Asako KIMURA,
Hideyuki TAMURA and Fumihisa SHIBATA
Ritsumeikan University

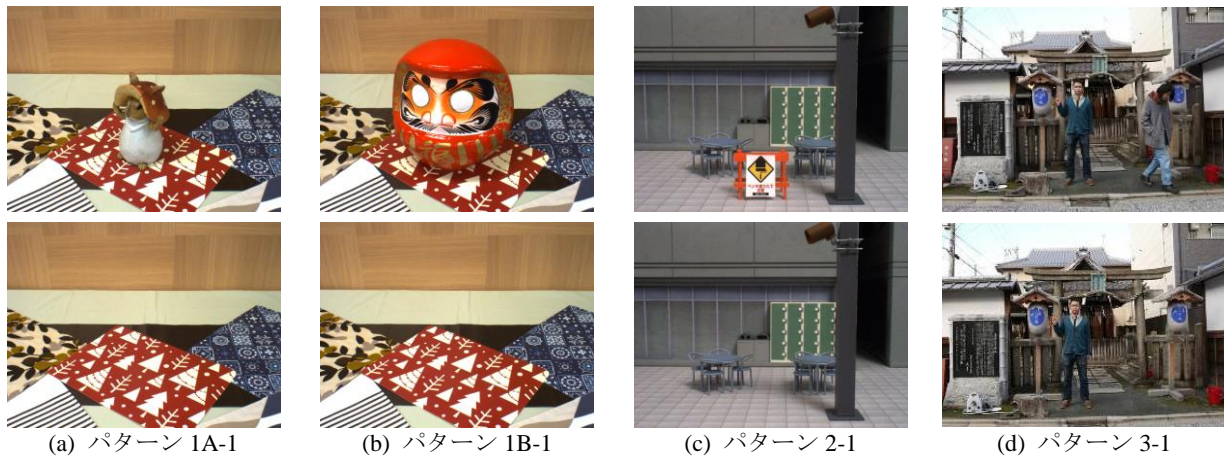


図1 DR 研究用共通データセットのサンプル [上: 除去対象物あり, 下: なし (評価用真値)]

質を考慮した工夫もなされている[6][7]. また, インターネット中に存在するほぼ同じ光景の多数の画像を利用して, 不要領域を置き換える IIP 法[8]も提案されているが, これはむしろ POB-DR に分類すべき手法と考えられる. 最近では, さらに膨大な画像群を深層学習して, 欠損領域を埋める手法の提案もある[9][10].

VR/AR/MR の発展形である以上, DR 手法には体験者の視点移動に追従し, 不要事物の隠消処理と結果の表示を実時間で達成できることが条件となる. 従って, 静止画像を対象にした IIP 法は, IB-DR の重要な要素技術であるが, 「2次元 DR」に過ぎず, 一般的 IB-DR に利用するには, 視点(カメラ)追跡の機能を具備する必要がある. 既にそれを達成している手法も発表されている[11][12].

4. IB-DR のための共通データセットに対する

Image Inpainting 手法の振る舞い

4.1 基本的 IIP 法の選択と試行結果

上記の考察の上で, IP-DR の重要な要素技術である IIP 法の内, 比較的単純な下記の4つの手法を我々のデータセットに適用することにした(*はソースコード有り).

- (1) Photoshop の Content Aware Fill 機能
- (2) PatchMatch 法 [4]*
- (3) Image Melding 法 [5]*
- (4) 河合の IB-DR 手法内の IIP モジュール [6]*

ある程度予想はできたが, 場合によっては図2に示すようにかなり好ましくない結果となった. 例えば, 図2(a)(b)の場合, 人間は人形や達磨は赤い色紙の上にあると認識し

ているので, 物体を取り除いた場合, 同じ模様が補われることを期待するが, 卓上に様々な色紙があつて複雑な構図となっているため, 単純な IIP 法では対処できない.

共通データセット自体が, かなり POB-DR 用中心にデザインされていたため, IB-DR 用には厳しい対象であるとも言える. このため, IIP 法の評価に適したデータ群を共通データセットに追加することにした.

4.2 基本実験結果の分析

上記目的で追加したシーンは, ほぼ均一なテクスチャ(水玉, 青海波, 煉瓦, 唐草, 花柄等)の平面が2面もしくは3面含まれる単純な光景である. 基本的な手法を単純なパターンに適用することにより, 極端な結果が生じ, IIP 手法の振る舞いを分析しやすくなると考えた.

4手法と10数パターン(平面数, 模様, 物体の配置, マスク位置を変化)を組み合わせた, 約800通りの処理結果を得た. かなり良好な結果も不具合も多々視認できる. ただし, 4手法の優劣は簡単には決められず, 修復の不具合の程度を定量的に評価することも容易ではない.

IIP 手法の評価に関する研究もいくつかなされているが[13-15], まだ確定的な評価基準や評価方法はない. 人間が感じる「不具合(好ましくない修復結果)」とも一致していない. このため, 我々は数式による定量評価に進むのは時期尚早と考え, まずは人間の目視による「不具合の主観的印象」で定性的分析を行い, IIP 手法(2次元 DR 法)の振る舞いを分類・考察することにした.

以下は, 普通の視覚能力をもつ人間が, 「不具合」と感じた典型的なパターンである.



図2 既存データセットに対する IIP 処理での代表的不成功例

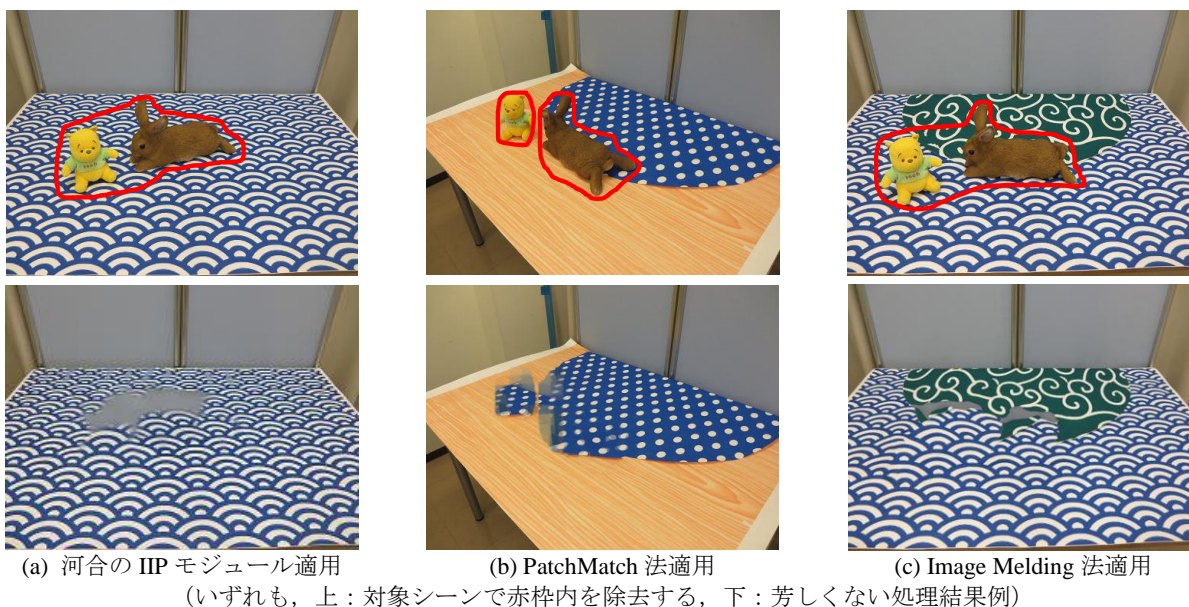


図 3 不具合タイプ A「飛び地」

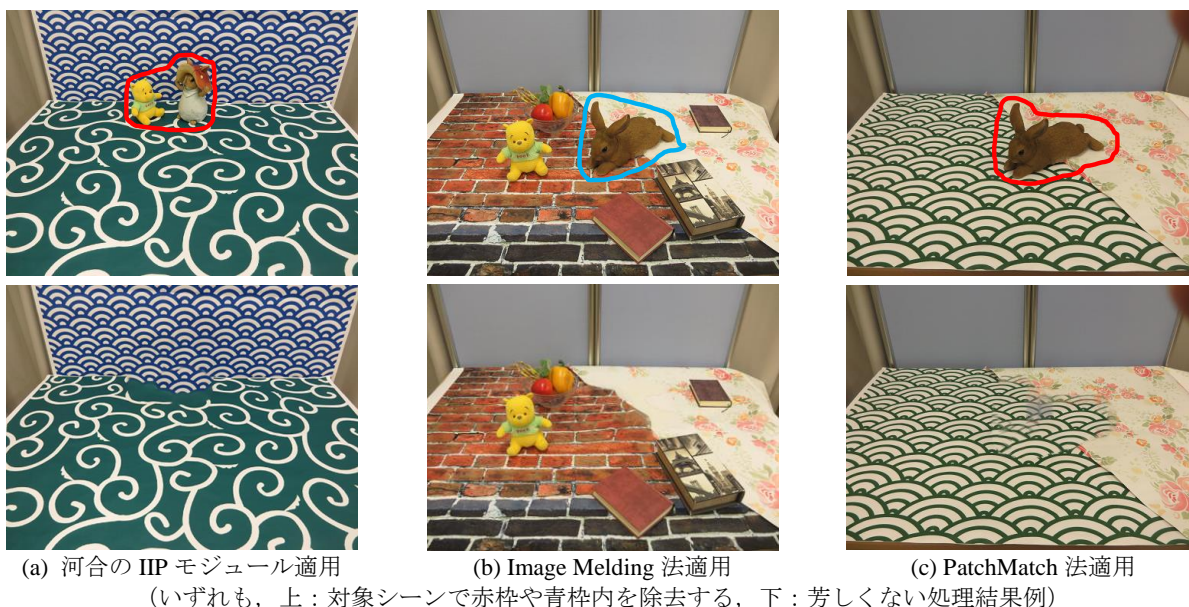


図 4 不具合タイプ B「領域境界の乱れや侵略」

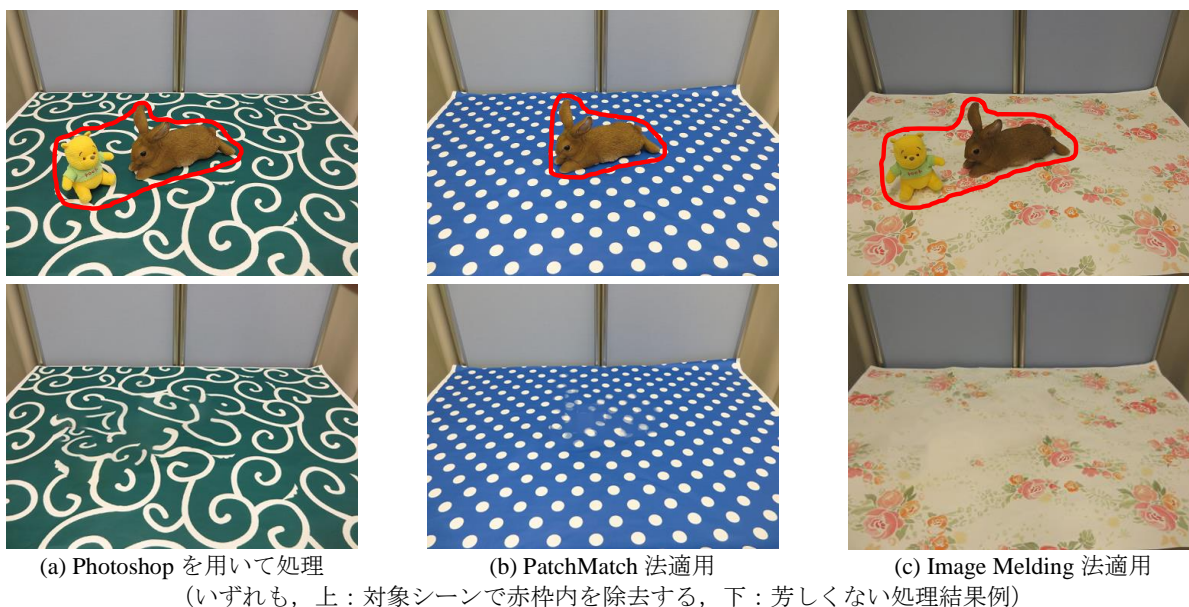


図 5 不具合タイプ C「規則パターンの乱れ」

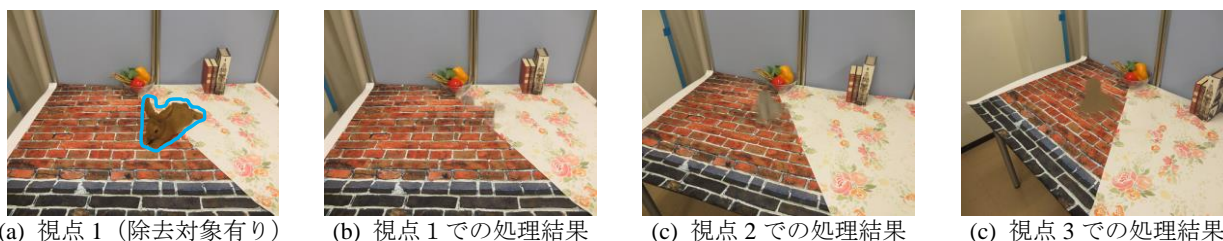


図 6 DR 体験の視点移動時に不具合も変化する

(a) 不具合タイプ A「飛び地」

図 3(a) では、均一な模様（青海波）で置き換わず、一部にかなり離れた別の領域（灰色の衝立）の模様が登場している。同(b)(c)では、領域境界が乱れた上に、一部に上記の「飛び地現象」が生じている。

(b) 不具合タイプ B「領域境界の乱れや侵略」

図 4(a)(b) は、原シーンと比べなければ、一見気がつかないが、比較もしくは熟視すると、片方の境界が乱れたと感じる。図 4(c) に至っては、一方が他領域から侵略されているように見える。

(c) 不具合タイプ C「規則パターンの乱れ」

図 5(a)(b) はいずれも、同一領域内の色や模様で置き換えているものの、規則パターンが乱れたように見える。図 5(c) は、模様が大きく欠落したと感じる。

以上は、人間が対象シーンの構造を把握しているゆえに感じる「不具合」の典型的なタイプである。隣接した領域の色調やテクスチャがここまで極端に違わない場合は、結果の「不具合」はこれほど目立たないが、その裏でこの種の不適切な置き換えが起こっていることが分かる。

規則パターンが大きく、面の傾きが激しい光景は、単純な類似パッチの探索法には苦手な対象である。対象シーンの 3D 構造を抽出して、テクスチャの傾きを補正している IIP 手法では違和感が少ない修復結果が得られる。

4.3 視点移動に伴う不具合の乱れ

静止画に対する IIP 手法を要素として組み込んだ IB-DR 法では、体験者視点やカメラの移動に伴い、「不具合」が増減したり、その位置が移動したりする。その変化そのものも「違和感」の大きな要因となる。

フレーム毎に IIP 処理を行う手法（例えば[11]）と一旦 IIP 処理した結果を保持してカメラ移動する手法（例えば[12]）に大別できるが、いずれが優れているか確定的に言える段階ではない。図 6 は前者の例で、視点の変化に伴い、各フレームでの「不具合」の様子も変化している。

5. むすび

DR 手法の客観的比較評価と手法改良のために、評価真値を有する共通データセットを公開したが、その有効性の検証と客観的評価基準の確立を目指した研究を進めている。まずその第一段として、IB-DR 手法の性能分析から着手したが、既存のデータセットは、静止画用の単純な IIP 法には難しすぎる課題であったため、IIP 手法の比較評価に適したシーンを再設計し、新たなデータ群を追加した。

その結果、手法による性能差、対象パターンによる不具合の出現が判定しやすくなった。まだ IIP 手法の性能の優劣を断定的に論じられるレベルではないので、目視による定性的評価で、人間はどのような違和感を覚えるか、不具合タイプを分類した。その分析結果は、対象シーンの幾何学的構造を反映した手法の必要性を示している。今後は、この不都合タイプを定量的に計量できる評価基準の策定に向かいたい。

謝辞 共通データセット検討に参加して頂いた上に、本研究のために自らの手法のソースコード提供と議論への参加を快諾して下さいた奈良先端科学技術大学院大学・河合紀彦博士に感謝いたします。

参考文献

- [1] S. Mori, S. Ikeda, and H. Saito: "A survey of diminished reality: Techniques for visually concealing, eliminating, and seeing through real objects," *IPSJ Trans. CVA*, SpringerOpen, 2017.
- [2] 両角泰希, 森尚平, 池田聖, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: 隠消現実感手法の客観評価のための共通データセットの開発, 情処全大, 3X-02, 2017.
- [3] S. Mori, Y. Eguchi, S. Ikeda, F. Shibata, A. Kimura, and H. Tamura: "Design and construction of data acquisition facilities for diminished reality research," *ITE Trans. MTA*, pp. 259 - 268, 2016.
- [4] C. Barnes E. Shechtman, D. B. Goldman, and A. Finkelstein: "PatchMatch: A randomized correspondence algorithm for structural image editing," *ACM ToG*, Vol.28, No.3, 2009.
- [5] S. Darabi, E. Shechtman, C. Barnes, D. B. Goldman, and P. Sen: "Image melding: Combining inconsistent images using patch-based synthesis," *ibid.*, Vol. 31, No. 4, 2012.
- [6] J. B. Huang, S. B. Kang, N. Ahuja, and J. Kopf: "Image completion using planar structure guidance," *ibid.*, Vol. 33, No. 4, pp. 1129:1 - 129:10, 2014.
- [7] K. He and J. Sun: "Image completion approaches using the statistics of similar patches," *IEEE Trans. PAMI*, Vol. 36, No. 12, pp. 2423 - 2435, 2014.
- [8] O. Whyte, J. Sivic, and A. Zisserman: "Get out of my picture! Internet-based inpainting," *Proc. BMVC*, Vol. 2, No. 4, 2009.
- [9] C. Yang, X. Lu, Z. Lin, E. Shechtman, O. Wang, and H. Li: "High-resolution image inpainting using multi-scale neural patch synthesis," arXiv: 1611.09969v2, 2017.
- [10] S. Iizuka, E. Simo-Serra, and H. Ishikawa: "Globally and locally consistent image completion," *ACM ToG.*, Vol. 36, No. 4, pp. 107:1 - 107:10, 2017.
- [11] J. Herling and W. Broll: "High-quality real-time video inpainting with PixMix," *IEEE Trans. V&CG*, Vol. 20, No. 6, pp. 866 - 879, 2014.
- [12] N. Kawai, T. Sato, and N. Yokoya: "Diminished reality based on image inpainting considering background geometry," *ibid.*, Vol. 22, No. 3, pp. 1236 - 1247, 2016.
- [13] P. A. Ardis and A. Singhal: "Visual saliency metrics for image inpainting," *Proc. SPIE*, Vol. 7257, pp. 72571W - 72571W-9, 2009.
- [14] M. V. Venkatesh and S. S. Cheung: "Eye tracking based perceptual image inpainting quality analysis," *Proc. IEEE ICIP* 2010, pp. 1109 - 1112, 2010.
- [15] A. I. Oncu, F. Deger, and J. Y. Hardeberg: "Evaluation of digital inpainting quality in the context of artwork restoration," *Proc. ECCV Works. and Demo.*, vol. 7583, pp. 561 - 570, 2012.