

# 物体を操作する映像における Half-Diminished Reality の実現

奥本 隼\*    吉田 光男†    梅村 恭司†

**概要.** 物体が操作される様子を観察するとき、操作される物体と操作する物体の両者の動きが見えると有用である。物体が操作される様子を監視カメラなどの固定カメラで撮影した場合では、映像には死角が存在し、操作される物体の一部が操作する物体によって遮られて見えなくなるという問題がある。我々は Half-Diminished Reality の手法を利用して、操作される物体と操作する物体の両者の動きが一致した映像をリアルタイムに生成する。物体を操作する映像に Half-Diminished Reality を適用した場合には、半透明に重畳させた物体間の動きを一致させることが重要である。本稿では、中継配信映像における Half-Diminished Reality の問題について取り組み、我々の提案手法が適切に動作することを示す。

## 1 はじめに

物体が操作される様子を観察するとき、操作される物体（後景）と操作する物体（前景）の両者の動きが見えると有用である。物体が操作される様子を監視カメラなどの固定カメラで撮影した場合では、映像には死角が存在し、操作される物体の一部が操作する物体によって遮られて見えなくなるという問題がある [1]。このような状況の例として、将棋の実況中継が挙げられる [2]。将棋では、棋士が手で駒を動かしたり、持ち駒として盤から取り除いたりして駒を操作する。将棋の実況中継映像は、盤面を直上から撮影して視聴者に盤面の様子を伝えている。しかしこの映像では、駒を動かす棋士の手によって盤面が遮られて、駒がどのように動かされたのか見えないという問題がある。

Virtual Reality の分野の 1 つに Diminished Reality (DR) がある [3]。DR は、現実世界に物理的に存在する物体をコンピュータの仮想空間上で消去あるいは透過する手法である。DR の分野では、物体を完全に消去する取り組み [4, 5] が多いが、物体の存在感をシルエットや半透明にして残す Half-Diminished Reality (Half-DR) という取り組みもある [6, 7]。Half-DR は、対象となる物体を半透明にして残すため、物体と背後の様子の両者が見える映像を生成できる。本稿では、将棋の実況中継映像を例として Half-DR の手法を適用し、操作する物体と操作される物体が同時に見える映像を実現する。我々が実現する映像は以下の条件を満たす。(A) 実際には前景によって遮られている後景が見える、(B) 後景と前景が 1 つの映像で同時に見える、(C) 前景と後景の動作が一致する、(D) 中継配信するためにリアルタイムで処理できる、(E) 撮影には 1 台の固定カメラのみを利用する。

He と Zhang[8] は、A と D, E の条件を満たす DR 映像 (Half-DR ではない) を生成するシステムを提案している。このシステムでは、ビデオ会議において、ホワイトボードの内容を遠隔地の参加者が読み取れるようにすることを目指している。ホワイトボードを固定カメラで撮影し、ホワイトボードの前を遮っても背後のホワイトボードの内容が常に見える DR 映像を生成している。このシステムでは、前を遮る物体（人）は動き続け、後景となる物体（ホワイトボードとその内容）は静止しているという性質を利用する。静止を判定するために数秒の時間が必要となり、DR 映像が得られるまでに数秒の遅れが生じる。この DR 映像に対して半透明にした現在の映像を重ねさせて Half-DR 映像を実現しようとする、A と B の条件を満たすが C を満たせない。つまり、前景の動きと後景の動きが一致しない問題が生じる。将棋の実況中継映像のような、完全に後景の物体が覆われる状況かつリアルタイムな処理が要求される状況では、条件 C を満たすことは困難である。

本稿では、中継配信映像における Half-DR の問題について取り組む。中継映像では映像のフレームレートを維持していれば、映像が入力されてから視聴者が視聴するまでに、数秒程度の遅延は許される。現在の日本の地上デジタル放送では、エンコードやデコードの処理によって、映像の入力から配信、表示までに数秒の遅延が生じている [9]。我々の提案手法では、数秒の遅延を許容することによって前景と後景の動きが一致した Half-DR 映像の生成を実現する。

## 2 関連研究

Half-DR は、次の手順で実現できる。はじめに、前景領域と後景領域を識別して分離する。次に、遮られた後景領域を補完する。そして、前景を半透明にして後景と重畳させることで Half-DR の映像を得られる。これらの処理に関連する研究について述べる。

Copyright is held by the author(s).

\* 豊橋技術科学大学 情報・知能工学課程

† 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

## 2.1 前景領域と後景領域の識別

前景領域と後景領域を識別する最も単純な手法として、背景差分がある[10]。背景差分は、あらかじめ後景のみの静止画像を撮影する。そして、その画像と現在の画像を比較し、一定の閾値以上の差があった場合はその領域を前景としてみなす。他にも、赤外線などを用いた深度情報を取得できる RGB-Depth カメラを用いる手法[7]も考えられるが、将棋のように駒と手が接触する場合は正確に判別することは難しい。

He と Zhang の手法[8]では、現在のフレームと 1 つ前のフレームを比較するフレーム間差分の手法を用いている。この手法は、前を遮る物体（人）は動き続け、後景となる物体（ホワイトボードとその内容）は静止しているという性質を利用して前景と後景を識別する。すなわち、画素値の変化が続いているときはその画素領域を前景領域とみなすことができ、画素値の変化が静止したときはその画素領域を後景領域とみなせる。

## 2.2 後景の補完

遮られた後景を補完する手法としては、マルチカメラを使いそれぞれのカメラで死角になる領域を補う手法[11, 12, 5]がある。前景となる物体が後景の物体に触れない場合であれば、これらの手法は有用である。しかし、将棋のように物体が完全に覆い隠される場合では、別の視点を用いても隠れた後景を補完することは困難である。その他の手法として、遮蔽領域周辺の模様や色から推定する手法[4]もあるが、これは背後にあるオブジェクトが周辺と同じ情報を持つ場合に限られるため、実際に背後にある情報を表示したいときには適切ではない。

He と Zhang[8]の手法では、遮られた後景領域を過去に写っていた後景の映像で補完する。後景領域を識別して更新するまでに数秒程度を要するため、後景が更新されるまで数秒程度の遅延が生じる。この手法では DR を実現できるが、この DR 映像に対して単純に前景を重畳させて Half-DR を実現した場合、前景の動きから後景が数秒遅延して更新されることになる。これは DR 映像の場合では問題とならないが、Half-DR 映像の場合では前景と後景の動きが一致せず、物体の動きが分かりにくい映像となる。

## 3 提案手法

我々は物体が操作される映像で、操作する物体と操作される物体の両者の動きを同時に見せる Half-DR 映像を生成する。映像の対象例として、本稿では将棋の実況中継映像を扱う。1 台の固定カメラから撮影された映像を、中継配信できるようにリアルタイムに処理して Half-DR 映像を生成する。

我々の Half-DR 映像を生成する手法は次のとおり

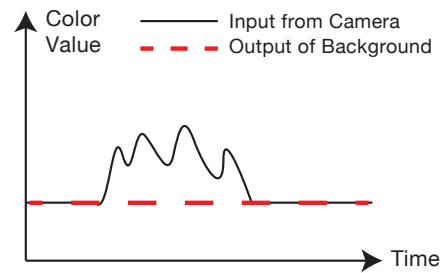


図 1. 一時的に前景が遮ったときの画素値の変化

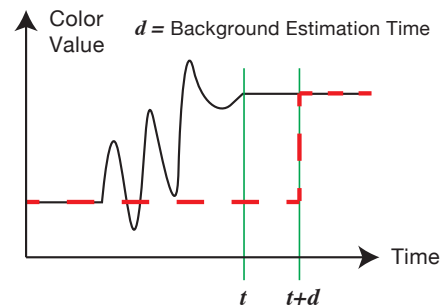


図 2. 後景が変わった場合の画素値の変化

である。はじめに、DR 映像を生成するために、He と Zhang の手法と同様に、前景の物体は動き続け、後景の物体は静止しているという性質を利用する。次に、Half-DR 映像を生成するために、DR 映像に対して現在の映像を重畳させるが、前景と後景の動きのタイミングを一致させたい。この問題を解決するために、前景を遅らせることで後景を更新するタイミングに合わせる手法を用いれば良いと考えた。

### 3.1 Diminished Reality の実装

本稿では、前景と後景を分離するために、前景と後景の動きの性質を利用する。動きの違いを識別するために、画素値の時間的変化を利用する。画素値が一定時間以上同じ値を保つとき、その領域は静止しているとみなして、後景領域と判定する。画素値が変化を続けるとき、その領域は動いているとみなして、前景領域と判定する。図 1 は、前景が後景を一時的に遮ったとき（例えば、カメラの前を人が通った場合）の画素値の変化を表す。画素値の変化が続いているときはその領域を前景とみなし続けるため、後景映像は遮る前の後景の画素値を保持している。図 2 は、後景が置き換わり、別の後景に変化したとき（例えば、将棋で駒が置かれた場合）の画素値の変化を表す。画素値の変化が静止した時刻  $t$  から、後景推定時間 (Background Estimation Time)  $d$  が経過した時刻  $t + d$  で出力後景を更新する。この後景推定時間  $d$  は、利用するシーンに応じて調整が必要となる。前景の動きが多い場合は  $d$  を短く、少ない場合は  $d$  を長く取る必要がある。将棋の映像の場合



図 3. 前景の動作と後景の変化が一致していない映像

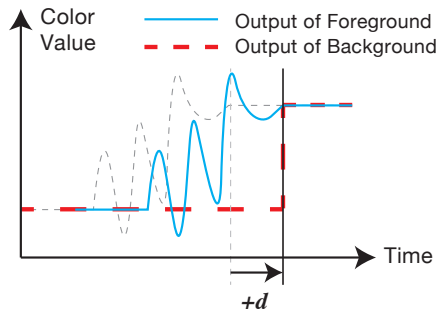


図 4. 前景の出力を後景推定時間だけ遅延させる

では、動作を確認して 3 秒を選択した。

### 3.2 Half-Diminished Reality の実装

3.1 節の手法で生成された DR 映像に現在映像を半透明にして重畳すれば、前景と後景が同時に見える映像が得られる。しかし、後景の更新に  $d$  だけ掛かるため、時刻  $t$  においては、図 3 のように駒を動かしたにもかかわらず駒が移動していない映像となってしまう。この問題に対処するために、我々は図 4 のように後景が更新されるタイミング  $t + d$  に合わせて現在の映像を重畳させる。すなわち、後景推定時間  $d$  だけ現在の映像を遅延させることで、図 5 のような前景の動きと後景変化が一致した Half-DR 映像を生成できる。

## 4 検証

まず、図 8 は実際に動作させた処理映像の結果を時系列で示したものである。(1) は盤面を遮っていない状態、(2) では駒を動かすために手が盤面を遮っているが、手が半透明で表示されているため盤面の内容が見える。(3) から (4) にかけては駒が動かされており、(4) の時点で動かされた駒は透過して表示されている。(4) では動かされた歩兵の駒が 2 つ表示されているが、これは駒の移動を自然に表示するためにフェードインとフェードアウトをおこなっているためである。(5) では完全に後景が反映された反映後の結果が得られている。この結果から映像の条件 A, B が達成できていることが検証できた。

次に、遅延時間について、実際に動作させた外観



図 5. 後景の更新タイミングで後景の様子が見える映像



図 6. 実際に駒を動かしているタイミング

を図 6, 7 に示す。図 6 の時点では実際には駒を動かしているが、画面上では手が表示されておらず駒も移動していない。次に、図 7 は図 6 の 3 秒後の様子である。この時点では盤面を手で遮っていないが、画面上では手が半透明で表示されている。また、動かされた駒が後景として反映されている。この結果から動作目標の C, D が達成できていることが検証できた。

## 5 システムの制約

我々のシステムは、後景は静止してなおかつ前景は動き続けるという性質を仮定している。そのため、前景の物体が後景推定時間以上静止してしまうと、その前景物体は後景とみなされてしまう。本稿で挙げた将棋の例では、手が遮るのは短時間のため、後景推定時間は 3 秒程度でよい。前景が静止する時間が長くなるシーンに適用する場合には、後景推定時間を長くとる必要がある。

また、遅延を利用したことで、映像全体が実際の時間から後景推定時間だけ遅延している。そのため、物体を操作する人が操作しながら映像を視聴する場合には適用できない。



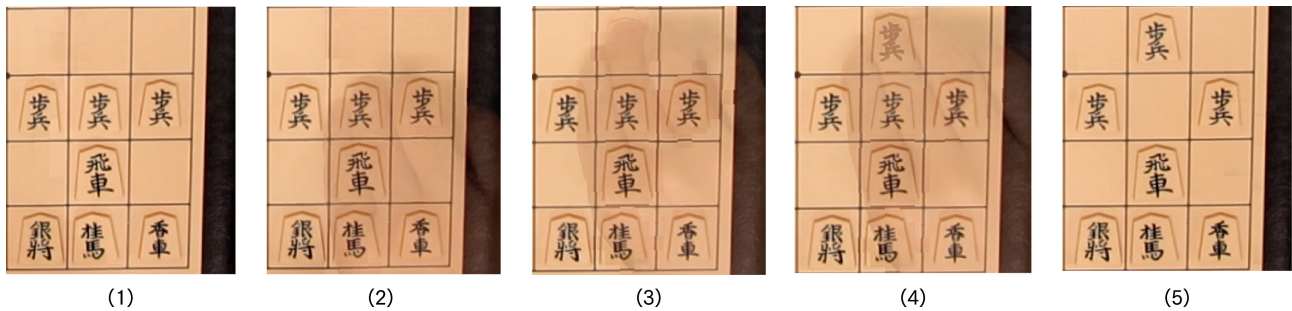


図 8. 駒を動かした時の映像の遷移

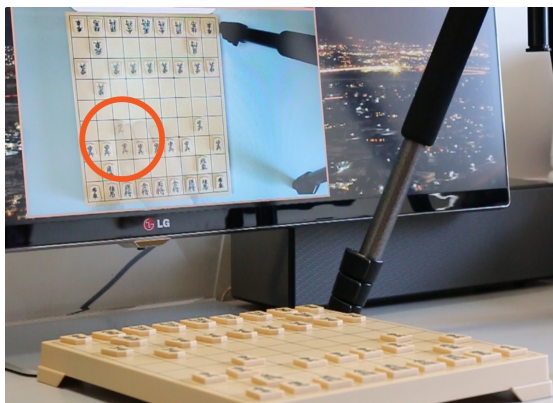


図 7. 図 6 から 3 秒後の様子

## 6 まとめ

本稿では、物体を操作する映像において、後景が前景によって遮られて見えなくなる問題を解決した。さらに、移動された物体の表示と前景の動作が一致するように、後景の更新タイミングに合わせて前景映像を重ねさせる手法を利用した。この手法によって、物体を操作する様子を伝える Half-DR 映像において移動した物体の変化を強調することができた。また、中継配信するための十分なリアルタイム性を維持したことで、この映像処理の有用性が担保できた。

本稿では将棋中継映像を例として挙げたが、その他の分野にも応用ができると考えている。例えば、監視カメラ映像にこの Diminished Reality を適用することで変化した領域が特徴的に変化するため、どこが変化したのかを気づきやすくと考えている。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330396 の助成を受けた。

## 参考文献

[1] H. Okumoto, M. Yoshida, and K. Umemura. Realizing Half-Diminished Reality from Video Stream of Manipulating Objects. In *Advanced Informat-*

*ics: Concepts, Theory and Applications (ICAICTA)*, 2016. IEEE, 2016.

- [2] 奥本 隼, 吉田 光男, 岡部 正幸, 梅村 恭司. 将棋実況中継のための画像処理. インタラクシオン 2016. 情報処理学会, 2016.
- [3] 森 尚平, 一刈 良介, 柴田 史久, 木村 朝子, 田村 秀行. 隠消現実感の技術的枠組と諸問題: 現実世界に実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透視する技術について (複合現実感 5). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16(2):239–250, 2011.
- [4] J. Herling and W. Broll. PixMix: A real-time approach to high-quality Diminished Reality. In *11th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012, Science and Technology Papers*, pp. 141–150, 2012.
- [5] S. Zokai, J. Esteve, Y. Genc, and N. Navab. Multiview paraperspective projection model for diminished reality. In *2nd IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 217–226, 2003.
- [6] V. Buchmann, T. Nilsen, and M. Billinghurst. Interaction With Partially Transparent Hands And Objects. In *Sixth Australasian User Interface Conference*, Vol. 40, pp. 17–20, 2005.
- [7] K. Sugimoto, H. Fujii, A. Yamashita, and H. Asama. Half-diminished reality image using three RGB-D sensors for remote control robots. In *2014 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics*, pp. 1–6, 2014.
- [8] L. W. He and Z. Zhang. Real-time whiteboard capture and processing using a video camera for remote collaboration. *IEEE Trans. on Multimedia*, 9(1):198–206, 2007.
- [9] 社団法人電波産業会. 地上デジタルテレビジョン放送運用規定 技術資料. ARIB TR-B14 3.5 版 第 7 編:60.
- [10] M. Piccardi. Background subtraction techniques: a review. In *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 4, pp. 3099–3104, 2004.
- [11] A. Enomoto and H. Saito. Diminished Reality using Multiple Handheld Cameras. In *Proc. of Asian Conference on Computer Vision*, Vol. 7, 2007.
- [12] T. Hashimoto, Y. Uematsu, and H. Saito. Generation of see-through baseball movie from multi-camera views. In *2010 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp. 432–437, 2010.

## WISS2016 採録判定時のコメント

---

### 採録区分：ショート採録

### 判断理由：

将棋の中継配信映像に Half-Diminished Reality（半透過型画像合成）を利用する提案であり、実装を通じて提案手法の有効性が示されています。論文もわかりやすく書かれていますが、一方で技術的な新規性は少なく（使用されている画像処理手法は一般的なもの）、ボードゲーム以外への適用可能性もはっきりしませんが、4 ページ論文としては十分であると評価され、ショート採録となりました。

---

### レビューサマリ：

#### 全体の構成：

本論文では、将棋の中継配信映像における Half-Diminished Reality（半透過型画像合成）の課題に対して、前景と後景の映像を同時一つの画面で見ることができ、かつ前景と後景の動作が一致するような映像配信を実現させ、設定された問題について提案手法の有効性を示しています。実装もきちんとされており、添付のビデオからも提案手法の有効性が示されていると考えます。一方で、使用されている画像処理手法は一般的なものであり、技術的な新規性は少ないと判断されました。

#### 改良に向けたコメント等：

将棋等のボードゲーム「以外の」事例で、本システムが有益かどうかを示されておらず、汎用性に欠けると考えます。少なくとも、将棋以外の適用例を論文に示していただければ、本論文の有益性が確認できると考えます。また、将棋における「手の遮蔽」がどの程度中継における問題となっているか、引用か何かがあると説得力が増すのではないのでしょうか。

---

本論文に対する各査読者の詳しいコメントは以下のページを参照のこと：

<http://www.wiss.org/WISS2016Proceedings/oral/04.html>

---

**\*本ページは論文本体ではありません**

**【物体を操作する映像における Half-Diminished Reality の実現】**