

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：15501

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24680009

研究課題名(和文)注視点駆動型の映像とのインタラクションによる没入感の向上

研究課題名(英文)Higher immersion feeling by an interactive system with the viewpoint-driven image

研究代表者

長 篤志(Osa, Atsushi)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：90294652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小型モニタにおいて画像のリアリティを向上させることを目的として、コンピュータとアイマークレコーダを用いたシステムを開発した。このシステムは観察者の注視点位置にあわせた画像を提示することができた。一方で、見えの消失点位置に関する実験を行い、見えの消失点位置を表すモデルを提案した。また、開発したシステムで提示する画像の生成ルールに関する研究を行った。その結果、見えの大きさ感と見えの消失点位置を再現することが、画像のリアリティの向上につながるということがわかった。

研究成果の概要(英文)：In this study, I developed a system with a personal computer and an eye tracking device in order to bring higher reality on images in a small display device. The system displayed different perspective images according to a viewer's gaze point. On the other hand, investigating the location of apparent vanishing points which observers perceived in a real scene, I proposed a model to represent apparent vanishing point. Then, I investigated about rules for displaying images in the developed system. Results showed that representing apparent size and apparent vanishing point in an image brings higher reality on the image.

研究分野：視覚工学

キーワード：リアリティ 透視投影法 消失点 コンピュータグラフィックス 画像処理

1. 研究開始当初の背景

ビデオやテレビジョンは、大きさ、精細度の向上、両眼視差の提示によって映像の投影方法が改良され、映像への没入感が向上している。中でも自由視点映像の生成技術が開発され、実用化も視野に入ってきている。自由視点映像とは、複数のカメラによって撮影されたデータから、任意の視点からの風景が再合成される映像である。

しかしながら、このような量の向上による没入感の向上には限界があり、特に小型なスマートフォンやタブレットなどのパーソナル・デジタル・デバイスではその限界は早い。運転シミュレータなどに見られるように観察者と映像とのインタラクションがおれば没入感が向上することがわかっているが、コンテンツに依存するため、一般にデバイスが解決できない問題であるように思える。

私はこれまで、映像と実空間における大きさ感の違い、消失点のずれ、角度の錯覚に関する研究を行った。またこれらの知見を応用し映像生成技術を開発してきた。これらの研究成果から次の3点に注目した。

成果1) 非線形な投影法を用いた「見たまんま写るんです」画像によって対象物体の現場における印象を映像で再現できる。

成果2) 注目点が変わると、対象物体の空間知覚が変化し消失点も変化する。

成果3) 消失点を変化させることは映像における印象の操作に有効であり、映像的にも違和感なく作成可能である。

ただし、これまでの「見たまんま写るんです」画像では、実写画像の場合ステレオカメラを使用したとしても奥行情報の精度が十分でなく、また情報の欠損が多いという問題点があった。

2. 研究の目的

従来の映像提示デバイスにおける没入感の向上は、主に大きさ、解像度、次元(2次元 3次元 自由視点)という量の向上によってなされている。本研究は、(1) 主観的な空間知覚の再現、(2) 注視点移動に伴う観察者と映像との無意識的なインタラクション、の2つに着目し、自由視点映像データを映像ソースとして、コンテンツに依存しない形での無意識的な観察者と映像のインタラクション形成による質的な没入感の向上を図る映像提示技術の提案をしたい。

具体的には、パーソナル・デジタル・デバイスなどの小型2次元ディスプレイにおける没入感を向上させる実写映像の「注視点駆動型投影法」の開発を目的とする。

3. 研究の方法

次の2つの可能性を着想した。

(1) 自由視点映像データをソースとすれば、

実写画像であっても映像内の奥行き情報がより詳細に得ることができ、「見たまんま写るんです」画像技術を実写映像で実用化可能ではないか。

(2) 空間内の注目する場所によって無意識に空間知覚が変化し消失点が移動する。これを映像で再現できれば臨場感の向上に加えて、無意識的に違和感なく人と映像との間に能動的なインタラクションが生まれる。このインタラクションにより一層没入感が増すのではないか。

そこで本研究課題では、これら2つの仮説を基に次の4つの研究を行うことを計画した。テーマ1: 自由視点映像データから「見たまんま写るんです」画像の生成手法の開発

これまでの研究により、奥行情報を持っている画像であれば、その現場で体験している大きさ感に関するリアリティを大幅に向上する画像生成技術(「見たまんま写るんです」画像)の生成技術を開発した。本研究では、奥行情報の大幅な向上と、オクルージョン領域における画像補填を目的として、高品質な「見たまんま写るんです」画像を自由視点映像データから生成する技術を開発する。

テーマ2: 注視点移動に伴う消失点の移動モデルを一点透視図から二点透視図、三点透視図へと拡張

これまでの研究により、人は対象物体に注目することによってその物体の見えが変化し、透視投影とは異なる位置に消失点がずれることを確認した。また消失点移動モデルを構築した。ただし、一点透視図的な風景でのみこのモデルは適用可能である。一般的な風景に対しても適用可能な注視点移動に伴う消失点移動モデルを構築するため、二点透視図や三点透視図的な風景に対して、これまでの消失点移動を確認する実験と同様の視覚心理実験をおこなう。これより、一般的な画像に適用可能な、注視点移動に伴う消失点移動モデルを構築する。

テーマ3: 注視点駆動型の「見たまんま写るんです」画像における主観的消失点を実現するリアルタイム画像生成システムの開発

テーマ1で開発した、自由視点映像データから得られた「見たまんま写るんです」画像生成プログラムに、アイマークレコーダによって得られた注視点情報を入力する。そして、テーマ2で得られた注視点の移動に伴う消失点のずれモデルを使用し、注視点近傍の物体に関しては、その主観的消失点を再現する位置に視点を仮想的に移動させて画像を生成する。これを、「注視点駆動型投影法」と呼ぶ。このことにより、「見たまんま写るんです」画像による没入感の向上、注目物体の消失点の再現による没入感の向上、さらに観察者と映像の無意識的なインタラクションによる没入感の向上が期待できる。

テーマ4: 生成映像の没入感向上度の評価
実空間とリアルタイムで生成される映像との印象比較実験をおこなうことにより、上記

テーマ3で開発した画像生成システム「注視点駆動型投影法」の有効性を確認する。

4. 研究成果

テーマ1では、まず多視点画像を撮影するシステムを開発した。このシステムは、コンピュータとCCDカメラとそのCCDカメラを支える電子雲台から構成される。電子雲台はコンピュータからプログラムによって操作され、CCDカメラの位置と角度をさまざまに変化させて画像を自動的に撮影することが可能となった。そして、この多視点画像から既往の奥行き推定アルゴリズムを用いて、奥行き推定を行った。

次に、テーマ1では得られた多視点画像に対して拡大率関数を用いた大きさ変換を行い、実画像に対する「見たまんま写るんです」画像を生成するアルゴリズムを開発した。これは、画像とその奥行きデータがあらかじめ得られていることを前提としている。このアルゴリズムは、画像の各ピクセルの変換後の位置に関して拡大率関数を用いて計算するフェーズ、変換後の画素の位置を画像の重要性を考慮したうえでなめらかに修正するフェーズ、変換後の位置の間のピクセルの画素を埋め合わせるフェーズから構成される。

拡大率関数には、これまでの著者らの研究成果から得られているロジスティック方程式を用いた。方程式のパラメータには、一点透視図法的な風景で行った実験結果にフィッティングした値を用いた。画素の位置をなめらかに修正するフェーズは、物体のオクルージョンにより画像内にデータが存在しない領域を埋め合わせるために行った。画素間の補完にはグローシェーディングアルゴリズムを用いた。

これらの処理により、画像とその奥行きデータがあらかじめ正確に得られているときには、実画像を対象にしても拡大率関数に従って画像を変換できることが確認された。しかしながら、奥行きの精度が十分でない場合、変換後の画像における違和感が大きくなることがわかった。

以上のことより、計画時において目的としていた自由視点映像を対象にして、見えの大きさ感を再現する「見たまんま写るんです」画像の生成技術は開発できた。しかし、既往の奥行き推定手法によって得られる推定精度の低さから得られる画像に違和感が存在するため、テーマ3の研究においては、大きさ感を再現する画像変換を施さず、見えの消失点のみを考慮して実験を行うことにした。

テーマ2では、まず二点透視図の対象となる風景を対象に、見えの消失点に関する実験をおこなった。この実験の結果、見えの消失点が物理的な消失点位置とは異なることが明らかになった。また、そのずれ方に法則性がある可能性示された。

次に、これまでの屋内廊下ではなく、屋外を対象として、見えの消失点位置を明らかにする実験をおこなった。屋内廊下と同様な1点透視図に近い屋外風景において実験を行った場合、その見えの消失点位置の変化は、視界の広い屋外であっても基本的に屋内での傾向がそのまま適用可能であることがわかった。観察者から距離の遠い位置にある建物の見えの消失点は透視投影の消失点位置に近くなり、また、奥行き方向に長い建物の見えの消失点もまた透視投影の消失点位置に近くなることも屋内での実験と同様であった。

一方で、観察者よりも高い位置にある平行線の見えの消失点ほど、高い位置に位置することが新たにわかった。さらに、2点・3点透視図に近い屋外風景において実験をおこなっても同様の結果となった。

これらの結果から、屋内の1点透視図に近い風景だけではなく、一般的な風景においても適用可能な見えの消失点移動モデルを考案した。

テーマ3ではアイマークレコーダとパーソナルコンピュータを組み合わせてリアルタイムに注視点に応じた画像を提示するシステムを開発した。このシステムは、あらかじめ自由視点画像データを保存しておき、アイマークレコーダによって検出したモニタ内の注視位置によって、あらかじめ設定したルールに従って画像データを提示することができる。開発したシステムでは2745枚の画像から注視点に合わせてリアルタイムに画像を選択し提示する能力があった。ただし、テーマ1で述べたように、奥行き推定精度の関係上、実画像に対する大きさ感を再現するアルゴリズムは、テーマ4の実験において不都合が生じるため用いなかった。

テーマ4では、まずテーマ3で開発したシステムを用いて、注視点駆動型の画像提示装置が観察者に与える影響について実験をおこなった。画像の提示ルールには、A. 通常の透視投影（画像を変更しない）、B. 見えの消失点を再現する提示1、C. 見えの消失点を再現する提示2、D. 注視点位置にカメラの光軸を移動させた画像の提示の4種類を用いた。その結果、開発システムを用いて主観的な注視点を再現することが、風景の観察において、立体感、空間の広がり、現実感などの評価項目において向上につながることがわかった。ただし、2点の問題点があった。一つは、同じように見えの消失点を再現しても、消失点以外の描画方法について異なるBとCのルールで必ずしも同じ結果が得られないことである。もう一つは、ルールのDにおいても、B、Cと同様に現実感などの評価項目が向上したことである。つまり、この実験によって、当初の計画で予定した「注視点移動とのインタラクション」によるリアリティの向上は確

認められたが、見えの消失点位置による影響単体だけを確認することができなかった。

そこで、次にテーマ3で開発したシステムを使用せずに、見えの消失点移動モデルに従って消失点位置を加工した写真を作成し、実空間とその写真のリアリティに関する印象を比較する実験を行った。写真の大きさは、L版の大きさと、iPadの大きさの二種類とした。見えの消失点位置に関してはモデルに従って変更するが、消失点位置を変更するには、それ以外の項目について自由度が存在して一つに決めることができない。そこで、同じ消失点位置で4種類のバリエーションを作成した。それら4種類と通常の写真をあわせた5種類の写真に対して、現実空間と比較して、大きさ感、距離感、圧迫感、臨場感などについて評価した結果、通常の写真よりも、消失点を適切に変更した画像において、評価が有意に向上することが見られた。ただし、同じ消失点位置であっても、バリエーションによっては、通常の写真よりも評価が低下することもわかった。

この実験において、評価が高くなる写真と、低くなる写真の違いは、風景内の建物によって得られる平行線の角度と、建物の高さであった。そこで、見えの角度に関する実験をおこなった。その結果、見えの角度は、評価が低くなる写真の特徴と一致し、見えの角度とリアリティ感への影響は見られなかった。続いて、消失点位置と建物の大きさをパラメータとして、実空間と写真との比較実験を行った。その結果、写真のリアリティ知覚において対象物体の大きさ感が消失点位置よりも大きな要因であることがわかった。ただし、大きさ感を適切にした上で、さらに見えの消失点位置を再現することが、画面全体の臨場感の向上に寄与しているとわかった。

以上のことから、テーマ4では、まず、テーマ3の画像提示装置によって観察者と提示装置のインタラクションによるリアリティの向上が期待できることがわかった。そして、見えの大きさ感を考慮したうえで見えの消失点を再現する画像表現をすることで、さらなる臨場感の向上が期待できることがわかった。

今回の研究期間においては、画像提示装置に見えの大きさを再現するアルゴリズムを実装しなかったが、自由視点映像データから奥行き推定を行う手法の精度向上が得られれば、小型2次元ディスプレイにおける没入感を向上させる実写映像の「注視点駆動型投影法」が可能となるかもしれない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5件)

1. 松田憲, 楠見孝, 細見直宏, 長 篤志, 三池秀敏, 選好に及ぼす提示回数と背景の影響 - 自動車と背景画像を用いた検討 -, 心理学研究, 第 85 巻, 第 3 号,

pp.240-247 (2014) 査読有

2. 松田憲, 森本敬子, 長 篤志, 木下武志, 服地と服地画像の刺激間差異が質感認知に及ぼす影響, 日本感性工学会論文誌, Vol.13, No.1, pp.1-8 (2014) 査読有
3. 福田弓恵, 木下武志, 長 篤志, 松田憲, 並置した 2 つの平面図形間に生じる視覚的圧力-形態的特徴と図形間の距離及び配置位置の差について, 芸術工学会誌, 第 64 号, pp.43-48 (2014) 査読有
4. 三宅宏明, 木下武志, 長 篤志, 色記憶の再生による色の三属性の移行について, 日本感性工学会論文誌, Vol.12, No.2, pp. 343-351 (2013) 査読有
5. 瀬島吉裕, 渡辺富夫, 神代 充, 長 篤志: 講演者キャラクタに眼球動作モデルを付与した音声駆動型複数身体引き込みシステム, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.79, No.799, pp.378-387 (2013) 査読有

〔学会発表〕(計 7件)

1. 磯部純司, 長 篤志, 大高洸輝, 甲斐昌一, 三池秀敏, 明度勾配に対する明るさ知覚の確率的遷移, 電子情報通信学会技術報告, HIP2014-89, pp.51-55, (2015) 3月3日, 札幌市立大学札幌駅前サテライトキャンパス(北海道札幌市)
2. 川添裕治, 長 篤志, 甲斐昌一, 三池秀敏, マツハバンド錯視に対する動的視覚ノイズの影響, 電子情報通信学会技術報告, HIP2014-86, pp.35-39 (2015) 3月2日, 札幌市立大学札幌駅前サテライトキャンパス(北海道札幌市)
3. Yuichiro Terushita, Atsushi Osa, Apparent Vanishing Points in Outdoor Scenes: The Importance of a Sense of Realism in Photographic Images, 2015 Joint Conference of IWAIT and IFMIA (2015) 1月13日, 台南(台湾)
4. 田邊真, 瀬島吉裕, 山本正幸, 長 篤志, 遠隔教育コミュニケーション支援システムにおける視線の左右偏りの課題依存性, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.38, No.10, pp.13-16 (2014) 3月4日, 東京農工大学小金井キャンパス(東京都小金井市)
5. Yuji Aoki, Yuichiro Terushita, Atsushi Osa, Development of perspective controlled display using an eye gaze point detector, International Workshop on Advanced Image Technology 2014 Proceedings, pp.60-65 (2014) 1月6日, バンコク(タイ)
6. 照下祐一郎, 長 篤志, 実空間における大きさに関する視覚印象を表現する画像処理手法, 第 64 回電気・情報関連学会中国支部連合大会 (2013) 10月19日,

岡山大学津島キャンパス（岡山県岡山市）

7. 長 篤志，大高洸輝，甲斐昌一，三池秀敏，移動する明度勾配図形における明るさ変動の時間特性，日本時間学会第5回大会（2013）6月9日，山口大学吉田キャンパス（山口県山口市）

〔図書〕（計 1 件）

1. 新編照明専門講座テキスト，照明教育「専門講座テキスト」編集委員会編集，付録1執筆担当：長 篤志，（一社）照明学会，pp.付1-付6（2014）

〔産業財産権〕

出願状況（計 2 件）

名称：画像強調処理システムおよび電子内視鏡システム

発明者：三池秀敏，長 篤志，大高洸輝，池本洋祐

権利者：HOYA 株式会社，国立大学法人山口大学

種類：特許

番号：特願 2014-108275

出願年月日：2014/5/26

国内外の別：国内

名称：画像強調処理システムおよび電子内視鏡システム

発明者：三池秀敏，長 篤志，大高洸輝，池本洋祐

権利者：HOYA 株式会社，国立大学法人山口大学

種類：特許

番号：特願 2014-108348

出願年月日：2014/5/26

国内外の別：国内

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長 篤志（Atsushi Osa）

山口大学大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：90294652