

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号：12102  
 研究種目：挑戦的萌芽研究  
 研究期間：2010 ～ 2012  
 課題番号：22650040  
 研究課題名（和文） 複合現実感技術を利用した境界知の探索による臨場感を表現する情報量の圧縮  
 研究課題名（英文） Compressing Information to Present Reality by Searching Boundary of Visual Perception with Using Mixed-Reality  
 研究代表者  
 北原 格 （KITAHARA ITARU）  
 筑波大学・システム情報系・准教授  
 研究者番号：70323277

研究成果の概要（和文）：本研究は、人間が仮想と現実の間に生じる違和感を知覚する境界である“境界知”に注目し、どの程度まで臨場感を高める必要があるのか、臨場感の知覚に影響を与える要素は何であるのかといった疑問の解決を試みた。実物体と仮想物体を重畳させる複合現実感技術を用いて、境界知に影響を与える要因やその刺激値について調査を行い、臨場感を表現する（違和感のない映像を生成する）ために必要な情報量に関する検討を行った。

研究成果の概要（英文）：This research aims to define factors affecting the reality of the appearance of virtual objects with focusing on “the boundary of visual perception” between real and virtual objects. We employ Mixed-Reality technique that seamlessly merges real and virtual worlds to search the boundary. As the result, utilizing the property of our visual perception develops some applications such as a virtual lighting control, an enhancement of the facial expression.

### 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	0	1,400,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,800,000	420,000	3,220,000

研究分野：メディア情報学

科研費の分科・細目：情報学、感性情報学・ソフトウェアコンピューティング

キーワード：複合現実感、感性計測評価、感性情報学、バーチャルリアリティ、認知科学

### 1. 研究開始当初の背景

CG技術の発展に伴い、実写と見間違え映像生成が現実のものとなりつつあるが、それらの映像生成には膨大なデータ・計算量が必要となるため、見え方を損ねない範囲で記述精度や処理を簡略化し、計算コストを抑える取り組みに注目が集まっている。しかし、見え方に対する評価基準は“実写的なCGとして”十分か否かに留まり、“実物体との比較”には及んでいない。我々は、仮想と現実の世界をシームレスに融合する複合現実感を用いて、現実の影と仮想の影の間に生じる違和

感の調査を行い、違和感を知覚させることなく光学的条件を簡略化することに成功した。本研究では、この成果を発展させ、境界知に影響を与える様々な要因に調査対象を拡張し、臨場感表現に関する知見を獲得する。

### 2. 研究の目的

本研究では、研究期間内に以下3項目について明らかにすることを目指した。

(1) CG映像の現実らしさ（臨場感）を表現する要因の定義

従来行われてきた人間の知覚特性に関する研究を参考に、臨場感に影響を与える要因

について調査を行い、各要因を表現するために必要な情報と計算量を定義する。

(2) 境界知に関する知見の獲得（情報量と見え方の変化および人間の知覚の関係調査）

臨場感に影響を与える要因に関する調査・計測を正確に行うために、高解像度映像提示と高精度位置合わせ技術を用いた複合現実感システムを構築する。(1)で定義した要因を様々に変化させながら、人間の知覚特性に関する主観評価実験を実施し、境界知に関する知見を獲得する。その際、各要因の優先度（臨場感に与える影響の強さ）に関する検討も行う。

(3) 情報量の操作による臨場感の拡張表現

人間の知覚が特定刺激に敏感である性質を利用し、(2)で獲得した境界知に関する知見と要因毎の優先度を参照しながら、人間の知覚に影響を及ぼしにくい要因と強く与える要因を探索する。前者の情報・データ量については、大幅に減少させても人間は違和感を覚えにくい特性を利用して、高臨場感映像を高速提示方式の開発を行う。後者については、その情報・データ量を増幅することにより、実物以上に実物らしい映像の生成提示方式の開発を行う。

3. 研究の方法

(1) CG映像の現実らしさ（臨場感）を表現する要因の定義

従来行われてきた人間の知覚特性に関する研究を参考に、臨場感に影響を与える要因について調査を行い、各要因を表現するために必要な情報と計算量を定義する。まずは、計算機内部にシミュレーション環境を構築し、物体形状、表面素材、反射特性、照明条件、周囲の物体との相互反射、影の生成、隠れの状況など、CG物体の見え方を左右するパラメータの洗い出しと、各々の精度を向上させるために必要な計算コスト・情報量を算出する。パラメータを様々に変化させながらCG映像の写実性に関する主観評価実験を行い、臨場感を表現する要因を選定する。

(2) 境界知に関する知見の獲得（情報量と見え方の変化および人間の知覚の関係調査）

臨場感に影響を与える要因に関する調査・計測を正確に行うために、高解像度映像提示と高精度位置合わせ機能を有する複合現実感システムを構築する。本研究は、複合現実感における光学的不整合性の調査を行うことにより、CG映像の臨場感に関する境界知を獲得することが目的である。そのため、幾何学的整合性と時間的整合性については、それらがCG映像の臨場感に与える影響を可能な限り低く抑える必要がある。上述した複

合現実感システムを用いて、(1)で定義した要因を様々に変化させながら人間の知覚特性に関する主観評価実験を実施し、境界知に関する知見を獲得する。その際、各要因の優先度（臨場感に与える影響の強さ）に関する検討も行う。

(3) 情報量の操作による臨場感の拡張表現

人間の知覚が特定刺激に敏感である性質を利用し、(2)で獲得された境界知に関する知見と要因毎の優先度を参照しながら、人間の知覚に影響を及ぼしにくい要因と強く与える要因を探索する。人間の知覚に影響を及ぼしにくい要因の情報・データ量は、大幅に減少させても違和感を覚えにくいという特性を利用して、臨場感を維持しつつ情報量を削減する仕組みや、同じ情報量でもより高い臨場感を表現する仕組みについて検討を行い、高臨場感映像の高速伝送・提示方式の開発を行う。知覚に影響与えやすい要因については、その情報・データ量を適切に増幅することにより、実物以上に実物らしい映像の生成提示や、さらなる情報量の削減を可能とする仕組みに関する検討を行う。

4. 研究成果

(1) 複合現実感提示システムの開発

図1に示す、現実世界の実鏡像にCGで生成した仮想鏡像を重畳することにより、鏡像世界を介して、高解像度映像提示と高精度位置合わせ機能を実現する複合現実感提示システム“MRミラー”を開発した。高速かつ高精度にユーザ視点の位置姿勢計測が可能な3次元位置センサを導入する事により、幾何的・時間的整合性の再現可能な世界初の複合現実型ミラーの実現に成功した。



図1 MRミラー：鏡像を用いた現実世界と仮想世界の融合提示

(2) 複合現実感提示のためのモバイルカメラ位置合わせ技術の開発

ユーザ視点情報（位置と姿勢）の推定は、複合現実感提示を実現するための重要な研究課題である。本研究では、図2に示す、撮影シーン中に設置したデプスカメラを用いてユーザ視点（モバイルカメラ）の位置・姿勢を推定する手法を開発した。モバイルカメラとデプスセンサでシーンを同期撮影することにより、撮影シーンの形状変化や人物などの移動物体が存在する動的なシーンに対して頑健な推定が可能であるという特徴を有する。また、複合現実感において幾何学的に違和感のない画像を生成するため、撮影シーンの3次元情報を利用して画像の領域分割を行うことにより、実物体と仮想物体の隠蔽関係を推定し、高品質な複合現実感映像提示を実現した。

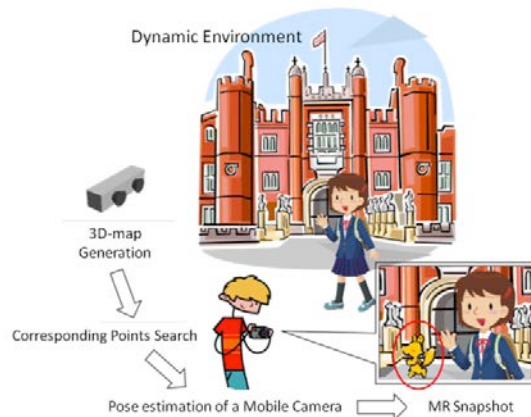


図2 環境設置型デプスカメラを用いたユーザ視点情報推定

(3) 情報量の操作による臨場感の拡張表現

① 人間の知覚に影響を及ぼしにくい映像提示要因と強く与える要因を探索する取り組みとして、MRミラーを用いた図3に示す実験装置を構築し、複合現実感提示における提示遅延（変動要因）と奥行き情報知覚（臨場感）の関係を調査した。仮想物体の提示遅延時間を操作しながら、被験者に鏡を見ながら実物体と仮想物体の奥行きを合わせるよう指示した結果、ユーザが視覚情報の時間的変化を適宜補間することによって、提示遅延の影響が軽減されることが確認された。

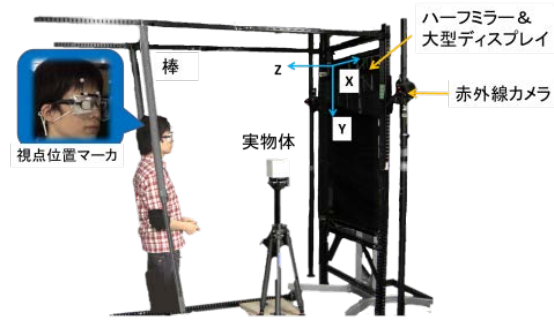


図3 MRミラーを用いた提示遅れと奥行き情報知覚の関係を調査

知覚に影響与えやすい要因を適切に増幅することにより、実物以上に実物らしい仮想物体映像の生成・提示を実現する試みとして、舞台照明シミュレーションと顔表情の増強に取り組んだ。

② 人間は、照明の全体の印象の変化には敏感だが、局所的な変化の知覚はあいまいであることに注目し、図4に示す複合現実型舞台照明演出システムを題材として、知覚特性の調査を行った。ユーザビリティテストの結果、人間の視覚特性を活用することにより、簡単化した照明モデルで実現された仮想照明でも、十分に実照明機器の代わりとなることが確認された。



図4 複合現実型舞台照明演出システム

③ Active Appearance Model (AAM)を用いて構築した固有空間において表情変化ベクトルをスケーリング操作することにより、表情認識処理を介さずに表情の操作を実現する手法を提案した。人間は顔の表情変化に敏感である知見を本提案手法に適用し、微細な表情変化を提案手法によって拡張することで、より効率的なコミュニケーションが実現可能であるかに関する検証を行った。



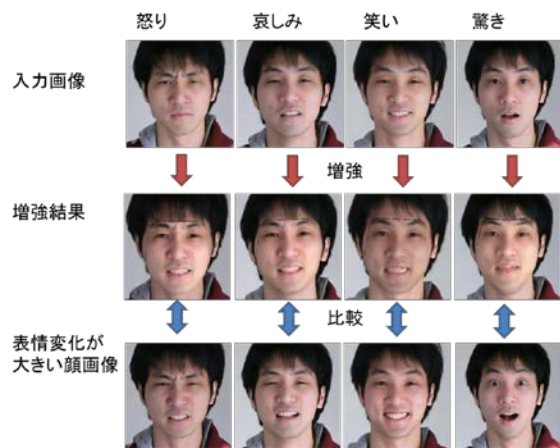


図 5 Active Appearance Model を用いた表情の増強手法

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Hiroyoshi Tsuru, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, “A Mobile Camera Calibration Method Using an Environmental Stereo Camera”, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, 査読有, Vol.133, No. 1, 2013, pp.47-53, <http://dx.doi.org/10.1541/ieejieiss.133.47>
- ② 長島正典, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “録画された移動物体行動の複合現実型提示における一覧性の向上”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読有, Vol.17, No.4, 2012, pp.447-456
- ③ 徳本晋之介, 北原格, 大田友一, “バーチャルジオラマと複合現実型提示を用いた舞台照明の演出計画支援”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読有, Vol.17, No.4, 2012, pp.317-326
- ④ 林将之, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “広域屋外環境における複合現実型バーチャルジオラマインタフェースの評価”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読有, Vol.16, No.2, 2011年, pp.215-225

[学会発表] (計 8 件)

- ① Takaya Kawamata, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, “Lifted Road Map View on Windshield Display”, The IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2013, 2013年3月16日, Orlando, Florida, USA

- ② Hiroyoshi Tsuru, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, “Mixed-Reality Snapshot System Using Environmental Depth Sensors”, 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR2012), 2012年11月12日, Tsukuba International Congress Center
- ③ 佐藤翔悟, 北原格, 大田友一, “Active Appearance Model を用いた表情の操作手法”, 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2012年9月12日, 慶應義塾大学
- ④ Masahi Ueda, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, “A Wallpaper Replacement Method in a Free-Hand Movie”, The 4th International Conference on 3D Systems and Applications (3DSA2012), 2012年6月25日~2012年6月27日, Lakeshore Hotel, Hsinchu, Taiwan
- ⑤ Shinnosuke Tokumoto, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, “Visual Support for Planning of Stage Lights Control by Using Virtual-Diorama and Mixed-Reality”, The 5th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2012), 2012年04月14日, Hongik University, Seoul, Korea
- ⑥ 北原格, “仮想化現実技術を用いた拡張現実感の新展開”, 大阪電気通信大学情報学研究施設視覚情報学講演会, 招待講演, 2011年12月2日, 大阪電気通信大学
- ⑦ Hideaki Satoh, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, “A Development Report of MR-Mirror with Binocular and Motion Parallax”, The 4th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2011), 2011年4月15日, Expo park, Osaka, Japan
- ⑧ Hideaki Satoh, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, “MR-Mirror: A Method to Merge Real and Virtual World by Using Mirror Metaphor”, The 3rd Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2010), 2010年4月24日, 韓国・慶州

[図書] (計 1 件)

- ① Itaru Kitahara, Morio Nakahara and Yuichi Ohta, INTECH, Advances in Haptics (担当チャプター: "Sensory Properties in Fusion of Visual/Haptic Stimuli Using Mixed Reality"), pp.565-582, 2010

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

北原 格 (KITAHARA ITARU)  
筑波大学・システム情報系・准教授  
研究者番号：70323277

### (2) 連携研究者

大田 友一 (OHTA YUICHI)  
筑波大学・システム情報系・教授  
研究者番号：50115804

亀田 能成 (KAMEDA YOSHINARI)  
筑波大学・システム情報系・准教授  
研究者番号：70283637