

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25240057

研究課題名(和文) 視覚誘導性身体運動を利用して鑑賞行動を誘導する行動誘発型拡張現実感展示手法の研究

研究課題名(英文) Behavior-Inducing Augmented Reality by utilizing Vection for Interactive Museum Exhibition with Physical Actions

研究代表者

廣瀬 通孝 (Hirose, Michitaka)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：40156716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、拡張現実感(AR)を用いて史料映像を展示物に重畳表示する際に、カメラマンの動きを再現するように体験者を誘導することによって、より強烈的な体験を与えることのできる新しいAR展示技術「行動誘発型AR」を開発し、受動的に展示物を眺めるだけの既存展示手法では伝えられなかった空間的状况を容易に把握可能とすることを目的とした。(1)史料映像から動的な3次元空間とカメラパスを抽出・再構成する画像処理技術、(2)ARで提示する視覚刺激を用いて視覚誘導性の身体運動を生じさせ、体験者の鑑賞行動を誘導するヒューマンインタフェース技術を開発し、(3)ミュージアムでの大規模実証実験によってその有効性を示した。

研究成果の概要(英文)：This research project proposed a novel augmented reality system which can induce user's specific motion by utilizing vection, and applied it to interactive museum exhibition. Our system overlays past scenes in video materials onto the real environment and makes users to experience how the camera operator captured the scene by inducing them to move as in the same way as the operator. We developed (1)image processing technology that extracts and reconstructs dynamic 3D space and camera path from past videos, and (2)AR interface for inducing body movement with modification in visual feedback. Moreover, (3)we evaluated the effectiveness of our proposed system by large-scale demonstration experiment at several museums.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：デジタルミュージアム 拡張現実感 行動誘発 視覚誘導性身体運動 追体験 イメージベーストレンディング クロスモーダル

1. 研究開始当初の背景

高齢社会を迎えつつある現在、産業技能の伝承、文化芸術と産業技術との新たな関係構築の必要性等、新しい課題が生まれつつある。こうした状況の中でミュージアムの重要性はますます増大しており、文科省も 2009 年よりデジタルミュージアムプロジェクトを発足させている。

申請者らは、このプロジェクトにおいて、カメラをパンさせて鉄道車両の進行を捉えた史料映像を使用し、タブレット端末を展示物である鉄道車両にむけてかざすと史料映像の最初のコマが重畳表示され、その後カメラワークにあわせて端末の向きを変えることで、車両が走る様子を空間的にシークしてインタラクティブに鑑賞できる予備的な AR 展示システムを開発した。このシステムを鉄道博物館で約 1 ヶ月間展示した結果、カメラワークに合わせて能動的に体を動かす体験には展示物への理解を促進する効果があり、映像への没入感と空間把握、撮影意図への理解が向上したことを確認した。一方で、行動誘発力が不十分であり、適切な導入を行わなければ体を動かす鑑賞体験が起こりにくいという問題も確認された。本研究は当該プロジェクトの終了を受け、上述システムの学術的な整理とさらなる技術的洗練を行うため計画された。

2. 研究の目的

本研究の目的は、拡張現実感 (AR) を用いて史料映像を展示物に重畳表示する際に、カメラマンの動きを再現するように体験者を誘導することによって、より強烈な体験を与えることのできる新しい AR 展示技術「行動誘発型 AR」を開発し、受動的に展示物を眺めるだけの既存展示手法では伝えられなかった空間的状况を容易に把握可能とすることである。そのために、(1)史料映像から動的な 3 次元空間とカメラパスを抽出・再構成する画像処理技術、(2)AR で提示する視覚刺激を用いて視覚誘導性の身体運動を生じさせ、体験者の鑑賞行動を誘導するヒューマンインタフェース技術の開発に取り組む。さらに、鉄道博物館と協力し、(3)こうした先端的なインタラクティブ映像技術が一般来館者にどの程度受け入れられるかを、大規模実証実験により検証する。

3. 研究の方法

本研究では、(1)パン以外の移動を含む史料映像に対応可能なように上記システムの技術の洗練をはかるとともに、(2)AR で提示する視覚刺激にエフェクトを加えることで視覚誘導性の身体運動を生じさせ、より安定に身体動作を誘発する「行動誘発型 AR」(図 1)を実現し、カメラマンの動きを追体験できる仕組みを構築する。その上で、(1)(2)を組み合わせ、(3)体を動かして史料映像の世界を体験できる展示を試作し、鉄道博物館で展示する

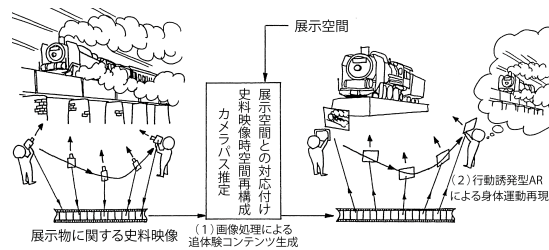


図 1 行動誘発型 AR

ことで実践とその評価を行った。

4. 研究成果

(1) 史料映像に記録された時空間・カメラワークの抽出と追体験コンテンツの生成

記録映像に含まれるカメラワークについては、Structure from Motion を用いて抽出をおこなった。その上で、史料映像と現在の空間や映っている物体との位置の対応関係を求める手法を新規に提案した。

まず、Self-similarity 特徴量を利用することで、同地点における現在と過去の映像など撮影条件の大きく異なる画像の位置合わせを可能にする手法を構築し、空間の対応付け作業の効率改善および推定精度の向上を実現した(図 1)。また、マッチングにおいては、optical flow のフレームワークをベースにした Sift flow を基本アルゴリズムとして、Self-similarity 特徴量を用いた SSim flow を提案した。SSim flow では Self-similarity の次元を SIFT と同じ 128 次元に合わせ、評価関数のパラメータに対する最適化を行う。

検証実験ではシステム内で SSim flow による対応付けを行うことにより粗い位置合わせのみの場合と比較して誤差を 41% に抑えることができ、SSim flow が対応点探索において有効であることが示された。システム全体では、従来手法における点对応のレジストレーション作業に対し、領域対応の提案手法を用いることで、従来手法と同程度の精度を実現するための作業時間を約 60% 短縮できた。

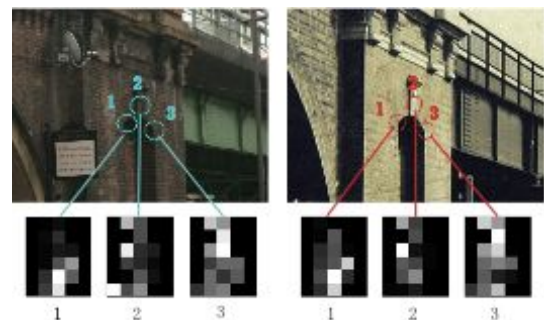


図 2 画像の対応点における Self-similarity 特徴量

(2) 視覚誘導性身体運動を利用して体験者の鑑賞行動を誘導する「行動誘発型 AR」の実現
行動誘発型 AR を実現するにあたり、(a)回転の移動の誘発、(b)並進の移動の誘発、(c)マルチモーダル刺激による誘発効果向上の 3

つの観点から取り組んだ。

(a)回転移動の誘発・制御

身体運動に応じてバーチャル空間中のカメラが移動する環境下で、特定位置において運動量とカメラ移動量の対応関係に変化を生じさせることで擬似触力覚を発生させ、違和感を生じさせずに特定方向へ注意を誘導し、身体回転を制御する手法を実現した。

提案手法では、タブレット端末を利用してバーチャル空間やARコンテンツを閲覧する際に、感覚間相互作用によって生じる擬似触力覚を利用して視点位置を誘導する。図3のように空間の一部においてPseudo-hapticsにより擬似的な粘度、もしくは摩擦を感じるような視覚的なエフェクトを加えることで、力覚を感じたユーザが本来通り過ぎるはずだったバーチャル空間内の視点にとどまり、結果としてエフェクトをかけた部分を注視する時間が伸びる。この時、注目させたい物体の周りで線形球面補間関数を用いて視点移動の角速度を減少させ、Pseudo-hapticsを生起する。これにより、エフェクトの発生時には実空間とバーチャル空間の間で不整合が生じるものの、ある姿勢にとどまり続けた場合、バーチャル空間内での姿勢と実空間内での姿勢が一致するため、最終的には空間的不整合が解消される。

実験では、情報量が均一な空間において顕著な視線誘導効果が見られ、約43%長い時間、特定の範囲内に視線を誘導することに成功し、高い視線誘導効果と回転移動における行動制御効果を持つことを確認した。

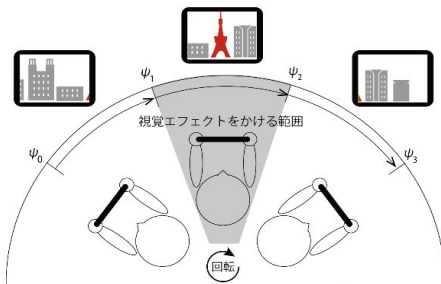


図3 擬似触力覚を利用した回転移動の制御

(b)並進移動の誘発・制御

まず、鉛直方向の加速度変化によってユーザの歩行を検出し、バーチャル空間でのカメラ移動に反映する手法を構築し、大空間を移動可能なインタラクティブ映像コンテンツを実現可能とした。

その上で、並進移動を誘発可能な視覚刺激設計の検討として、複数地点において対応付いた全天周画像が表示されるAR空間を利用して、それらを用いた行動誘発が可能かを検証した。その結果、画面の明度を変化させることでコンテンツのない方向への並進移動を抑制する行動誘発手法の有効性が示された。一方で、ここでは特定方向への並進移動を誘発する手法については強い効果が見ら

れなかった。

次に、ユーザの移動操作に対してゲインを与えることによって、移動の誘発や移動量の制御を可能にする手法を提案した。この手法では、ユーザが誘導したい方向に移動していれば加速、非誘導方向に移動していれば減速するような並進変換を与える。この並進変換は以下の式で与えられる。

$$v' = (1 \pm h)v \quad (1)$$

ここで、 v, v' はそれぞれ変換前、変換後の速度を表し、 h は変換の強さを決定する定数である。誘導方向か否かで第二項の加減を決定する。

並進の移動に加えて、(a)で提案した手法を拡張した回転移動の誘発手法についても導入した。このユーザの視線方向と誘導方向の差を縮める回轉變換は、以下の式で定義される。

$$\begin{cases} \theta' = \theta \sin^k \frac{\pi\theta}{2r} & (if \theta < r) \\ \theta' = \theta & (if \theta \geq r) \end{cases} \quad (2)$$

θ, θ' は変換前、変換後の誘導方向と視線方向の垂直軸周りの角度の差を表す。 r, k は変換の適用範囲、変換の強さ(リダイレクション強度)を決定する定数である。図4左に回轉變換の様子、右に式(2)のグラフを示す。本研究では誘導方向と視線方向が α 以内にある時、対象を注視していると定義した。回轉變換を適用すると変換後に誘導方向との差が α である角度が $\phi_0(=\alpha)$ から ϕ_k 必然的に大きくなる。ユーザが全方向を偏りなく鑑賞すると仮定すると、 ϕ_k/ϕ_0 が注視時間の理論的な増加量となる。

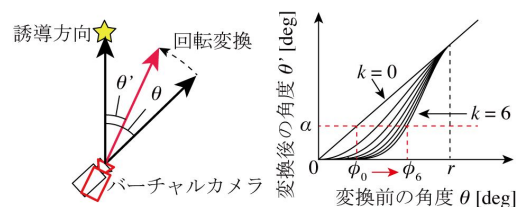


図4 回転移動の変換

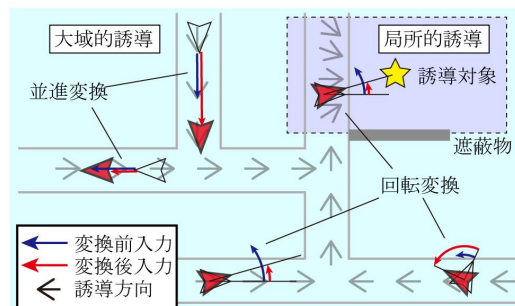


図5 誘導場と局所的誘導・大域的誘導

目的の誘導に従ってVR空間中の各座標で並進変換、回轉變換の誘導方向を定めることで誘導場を設計し、この誘導場を利用してユーザの並進移動・回転移動を誘発・制御する。ここでは、ユーザが誘導対象を遮蔽なく鑑賞

可能な位置にいる時に誘導対象の注視を誘導する局所的誘導と、さらに誘導対象が遮蔽によって鑑賞できない時、誘導対象が鑑賞可能な位置に移動させる大域的誘導の2段階にわけて考え、それぞれについて実験を行った。図5に局所的・大域的誘導場の概念図を示す。

本実験では、交通科学博物館を7,097枚の全天周画像で撮影し、適切な配置でつなぎ合わせたノード・エッジベースのVR空間を用いて検証をおこなった。

局所的誘導の検証では対象方向へ視線方向を向けることが目的のため、回転変換のみを用いた。博物館2の展示物を誘導対象として回転変換の誘導場を設定した。誘導手法の有効性を評価するため、グランフロント大阪ナレッジキャピタル The Lab.での展示を通して実証実験を行った。被験者は実験期間中に展示システムを体験した一般来場者である。展示を通じた実験により、実用に近いデータを収集することができたと考えられる。リダイレクション強度0から6の7条件でVR空間を探索した時の被験者の体験ログを比較した。被験者数は合計で4,235人であった。

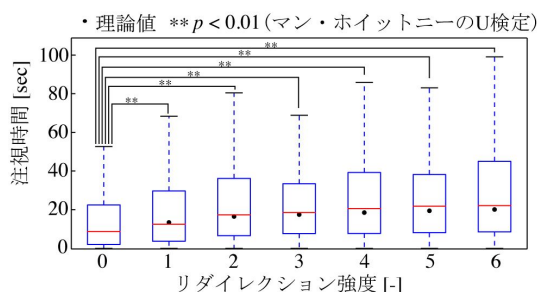


図6 局所的誘導による対象注視時間の変化

図6に局所的誘導による誘導対象注視時間の変化を示す。1以上のリダイレクション強度で誘導なしと比較して注視時間が有意に増加したことから、回転変換によって対象物の注視を誘導できたといえる。回転変換によって誘導なしと比較して必然的に増加すると考えられる注視時間の中央値を黒点で示した。強度2-6の条件で注視時間の中央値が理論値よりそれぞれ9%、6%、11%、12%、10%大きくなった。これは注視の誘導によって発見のきっかけを与えることによって対象への興味を喚起できたためと考えられる。さらに、操作感を問うアンケートで強度による差が小さかったことから、回転変換による操作感への影響は小さいことが示唆された。

局所的誘導では対象が遮蔽なく鑑賞できる状態を前提としたが、大域的誘導ではさらに、角を曲がって移動する、等のように局所的誘導可能な場所への接近を誘導する。そのために誘導対象へと続く経路を誘導方向とした誘導場を定めた。並進変換によって誘導方向へ方向転換しやすくなり、対象への接近を誘導できると考えられる。ユーザは正面方向に進む確率が大きいことから、回転変換に

よって対象へ続く経路の方向を向きやすくすることで、対象への接近を誘導できると考えられる。回転変換は対象付近で局所的誘導に切り替わり、対象の注視を誘導する。

この誘導手法の有効性を評価するために一般の展示空間で実証実験を行った。誘導なし(NC)、並進変換のみ(LC)、回転変換のみ(RC)、並進変換及び回転変換(LRC)の4つの誘導条件について比較した。誘導対象の候補として3つの展示物を選択し、被験者はそのうちのいずれかの対象へ誘導される。すなわち、4つの誘導条件と3つの誘導対象(展示物A, B, C)で合計12の条件を比較する。被験者数は合計で2,877人であった。

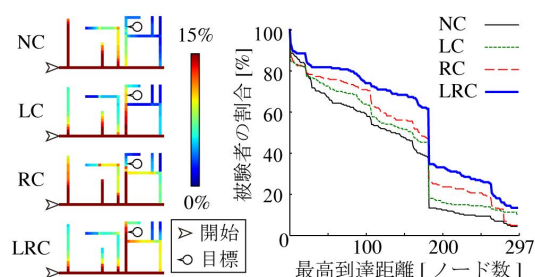


図7 大域的誘導による移動距離分布の変化

表1 目標地点に到達した割合

	A		B		C	
	到達	注視	到達	注視	到達	注視
NC	4.5	19.3	2.6	1.3	0.0	4.8
LC	10.3	16.4	2.5	1.2	1.7	7.1
RC	4.9	29.6	4.8	3.1	0.3	4.7
LRC	13.5	36.8	7.3	5.3	2.6	10.2

(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, カイ二乗検定)

図7に展示物Aへ誘導した時の各点を通じた被験者の割合のヒートマップの一部と目標地点までの最高到達距離を示す。NCと比較して誘導あり条件でより目標地点付近に到達した被験者が多いことがわかる。また、ヒートマップからは誘導対象以外の点を通じた被験者が減少していることがわかる。

表1に各条件における目標地点へ到達した被験者の割合及び対象を注視した被験者の割合を示す。いずれの誘導対象においてもLRCにおける到達率が有意に増加したことから、提案手法によって対象へ誘導できたといえる。誘導対象の注視時間もRC, LRCにおいてNCより大きくなった。

LCとRCの到達率の増加量が誘導対象によって違ったことから、並進変換と回転変換は異なる形で到達率向上に寄与していることが推測された。直進路において誘導方向へ方向転換する確率がLCで大きくなったことから、設計時に予想したとおり、並進変換には主に直線ルート上にいるユーザが誘導方向へ方向転換する確率を大きくし、非誘導方向へ方向転換する確率を小さくする機能があることがわかった。分岐路において誘導対象を選択する確率を解析したところ、回転変換には、誘導方向が脇道の分岐路に進入した

時、脇道に進む確率を大きくし、直進路に進む確率を小さくする機能があり、並進変換には、誘導方向が直進路の分岐路に進入した時、直進路に進む確率を大きくし、脇道に進む確率を小さくする機能があることがわかった。注視時間の増加量から、回転変換は、ユーザが誘導対象付近にいる時、対象への注視を誘導する機能があることがわかった。これらの並進・回転変換の独立した機能が互いに補完しあうことで、到達率を向上させることができたと考えられる。

入力変換が被験者の操作感を害している場合、体験時間が減少することが予想される。しかし、全ての誘導対象で体験時間に減少傾向が見られなかったことから、入力変換は被験者の操作感に大きく影響しないことが示唆された。

これらの結果から、数千人規模の実証実験を通じて、提案手法では自由な鑑賞を許容しつつ、特定の鑑賞行動を誘発することができることを示せた。

(c) マルチモーダル刺激による行動誘発

提案手法では基本的に視覚誘導性身体運動を引き起こすために、映像情報に変化を与える手法を提案してきた。ここでの検討では、音響効果を追加することで、視覚刺激のみを利用する場合よりも高い粒度で行動を誘導できる手法を実現した。

8つの異なる理想回転速度の映像コンテンツ(5 deg/s, 12.5 deg/s, 20 deg/s, 35 deg/s, 50 deg/s, 65 deg/s, 72.5 deg/s, 80 deg/s)を用いて、回転移動の開始を誘発する視覚刺激提示手法と、視覚刺激と聴覚刺激をあわせて提示する視聴覚刺激提示手法を複数実装し、比較する実験をおこなった。

ユーザの回転速度と映像コンテンツの理想速度の差に応じて映像コンテンツのフレームを遷移させる「フレーム遷移エフェクト」ではユーザの平均回転速度 41.9 ± 7.4 deg/s と同程度かそれより小さい理想回転速度コンテンツ(5 deg/s, 12.5 deg/s, 20 deg/s, 35 deg/s, 50 deg/s)で誘導効果が見られることが示唆された。ユーザの回転速度と映像コンテンツの理想速度の差に応じて映像コンテンツの音圧を変化させる「音圧変化エフェクト」では、理想回転速度の小さいコンテンツ(5 deg/s, 12.5 deg/s)で誘導効果が見られることが示唆された。また、フレーム遷移エフェクトと音圧変化エフェクトでは鑑賞行動への阻害感が小さいことも示され、展示システムとしての運用も可能であることが分かった。

一方で、フレーム遷移エフェクトのフレーム遷移量を大きくした場合には、映像コンテンツの理想回転速度によらず誘導効果が得られることが示されたが、鑑賞行動への阻害感が大きく展示システムでの運用は難しいということが分かった。ユーザの回転速度と映像コンテンツの理想速度の差に応じて映像コンテンツの音圧とピッチを変化させる

「音圧+ピッチ変化エフェクト」では、全ての理想回転速度コンテンツで有意な差は見られなかった。

次に、実際に鉄道博物館において実証実験をおこなった。提案した行動誘発手法を実装した体験型 AR 展示システムを「鉄道思い出のぞき窓」として、21 日間にわたって展示し、体験者のデータを記録した。コンテンツとしては、理想回転速度の異なる 4 つのコンテンツ(7.5 deg/s, 13.0 deg/s, 22.2 deg/s, 32.3 deg/s)を用いた。

視聴覚刺激による誘発効果が相互に作用し合った「大フレーム遷移+ドップラーエフェクト」はコンテンツに依存すること無く見直し操作を開始した人数の割合が増加した。他のエフェクトではコンテンツによって効果が疎らであった点を考慮に入れると、大フレーム遷移+ドップラーエフェクトはコンテンツによらず高い誘発効果をもたらすことが示された。

また誘導手法に関しては、基礎検討で効果が示唆されたフレーム遷移エフェクトと音圧変化エフェクトについて検討し、映像内容に適した音(列車の走行音)のみを付加したものととの比較をおこなった。フレーム遷移エフェクトではユーザの平均回転速度 22.5 ± 13.1 deg/s と同程度かそれより小さい理想回転速度コンテンツで誘導効果が見られることが示唆された。音圧変化エフェクトでは、理想回転速度の小さいコンテンツ(7.5 deg/s, 13.0 deg/s)で誘導効果が見られることが示唆された。また、理想回転速度 7.5 deg/s のコンテンツでは音圧変化エフェクトの効果はフレーム遷移エフェクトよりも大きいことが示唆された。これは基礎検討での結果と一致していると考えられ、実際の展示においてもフレーム遷移エフェクトと音圧変化エフェクトが基礎検討同様の効果をもたらすことが示された。また、この結果から、各エフェクトはコンテンツの理想回転速度の違いによってその有効性が異なることも示唆された。エフェクトの得意な理想回転速度に応じてエフェクトを使い分けることで、より効果的な誘導が可能になると考えられる。

(3) 博物館における運用を通じた実践と評価

すでに(2)で述べてきたとおり、本研究では成果を AR アプリとして一般公開したり、さまざまな博物館や展示施設に展示作品として導入したりする等、実際の運用を通じて実践的な評価をおこなってきた。

アプリとしては、「万世橋・交通博物館 思い出のぞき窓アプリ」「思い出のぞき窓アプリ」として Appstore において iPhone・iPad 向け AR アプリを一般公開している。

鉄道博物館、映像ミュージアムでは企画展において、提案技術を導入した展示が採用された。グランフロント大阪ナレッジキャピタル The Lab.では、常設の展示として提案技術を導入した展示が一般公開され、提案技術を

評価するためのデータが多数収集された。

また、平成 28 年 4 月に新規開館した京都鉄道博物館の協力を得て、平成 28 年 4 月より常設展において提案手法を活用した展示を導入し、大規模な実証実験展示を行なった。数万人規模のユーザログデータから、提案手法を導入した展示が一般に受け入れられるとともに、身体運動を活かした展示鑑賞が誘発できること、それによってより長時間にわたって展示を体験しようという体験継続に繋がっていることを示した。また、複数の体験者の間で、お互いの鑑賞位置・視線方向を鑑賞しているコンテンツ内で共有することで、注意や興味を喚起させることができ、体験時間の増加、より深い鑑賞体験の提供につながることを示せた。

これら成果から、本研究では身体運動を伴うインタラクティブ展示が一般来館者に受け入れられる形で実現できたと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

仲野潤一、大澤壮平、鳴海拓志、谷川智洋、廣瀬通孝：領域型バーチャルタイムマシンを用いたまち歩きイベントの実現，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.22, No.2, 2017, 2017 年 6 月。(査読有)

鳴海拓志：デジタルミュージアムにおける VR/AR の利用，人工知能，Vol.31 No.6, pp.794-799, 2016 年 11 月。(解説論文)

Jun Imura, Kazuhiro Kasada, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Reliving Past Scene Experience System by Inducing a Videocamera Operator's Motion with Overlaying a Videosequence onto Real Environment, ITE Transactions on Media Technology and Applications, Vol.2 No.3, pp.225-235, July 2014. (査読有)

〔学会発表〕(計 10 件)

Sho Iwasaki, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Guidance Method to Allow a User Free Exploration with a Photorealistic View in 3D Reconstructed Virtual Environments, HCII2017, July 2017. (Vancouver, Canada)

Ryohei Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Guidance Field: Vector Field for Implicit Guidance in Virtual Environments, SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies, July 2016. (Anaheim, USA)

Sohei Osawa, Ryohei Tanaka, Junichi Nakano, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Crowd-Cloud Window to the Past: Constructing a Photo Database for On-Site AR Exhibitions by Crowdsourcing, HCII2016, July 2016. (Toronto, Canada)

Yuta Sakakibara, Ryohei Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Increasing User Appreciation of Spherical Videos by Finger Touch Interaction, HCII2016, July

2016. (Toronto, Canada)

Ryohei Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Guidance Field: Potential Field to Guide Users to Target Locations in Virtual Environments, 3DUI 2016, pp.39-48, Mar. 2016. (Greenville, USA)

Ryohei Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Attracting user's attention in spherical image by angular shift of virtual camera direction, SUI2015, Aug. 2015. (Los Angeles, USA)

Naoya Okada, Jun Imura, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Manseibashi Reminiscent Window: On-Site AR Exhibition System Using Mobile Devices. In Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions, pp. 349-361, Springer International Publishing, 2015. (Los Angeles, USA)

Takuji Narumi, Torahiko Kasai, Takumi Honda, Kunio Aoki, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Digital Railway Museum: An Approach to Introduction of Digital Exhibition Systems at the Railway Museum, HCII2013, July 2013. (Las Vegas, USA)

Tomohiro Tanikawa, Takuji Narumi, Michitaka Hirose: Mixed Reality Digital Museum Project, In Human Interface and the Management of Information. Information and Interaction for Learning, Culture, Collaboration and Business, pp. 248-257, Springer Berlin Heidelberg, July 2013. (Las Vegas, USA)

〔図書〕(計 0 件)

〔その他〕

万世橋・交通博物館 思い出のぞき窓
<http://manseibashi.com/>

思い出のぞき窓

<http://nozokimado.org/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣瀬 通孝 (Michitaka Hirose)

東京大学・情報理工学系研究科・教授

研究者番号：40156716

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

谷川 智洋 (Tomohiro Tanikawa)

東京大学・情報理工学系研究科・特任准教授

研究者番号：80418657

鳴海 拓志 (Takuji Narumi)

東京大学・情報理工学系研究科・講師

研究者番号：70614353

(4) 研究協力者

青木 邦雄 (Kunio Aoki)

公益財団法人東日本鉄道文化財団・副理事長

葛西 寅彦 (Torahiko Kasai)

公益財団法人東日本鉄道文化財団・課長

誉田 匠 (Takumi Honda)

公益財団法人東日本鉄道文化財団・担当課長