

令和元年6月13日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02858

研究課題名(和文) 持続的な4次元AR環境の構築

研究課題名(英文) A Study on Sustainable Four Dimensional AR Environment

研究代表者

竹村 治雄 (Takemura, Haruo)

大阪大学・サイバーメディアセンター・教授

研究者番号：60263430

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,500,000円

研究成果の概要(和文)：4次元に変化し続ける実環境の計測とAR環境の構築を継続的に行い、シミュレーションによって計測の予測や欠損の補完をすることで、スロー再生、計測範囲外の未来、過去など、4次元AR体験が可能でかつ、AR環境の時間的、幾何学的、光学のプロパティを編集可能なARシステムの構築を実現するために必要な技術開発を行い、ユーザがAR環境を4次元に操作し、過去や未来の世界がシミュレーションされ、実環境に整合して提示できる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、これまで限定的であったARの対象空間を4次元空間へと拡張し、そのAR空間を維持するために持続的な計測を可能とする。なかでも、単に記録再生するだけでなく、精密な観測に基づくモデル化とシミュレーションによる精度の高い「内挿」および「外挿」をすることで、時間軸方向の実環境の変化を自在に見せることの可能性を示した。この技術をさらに発展させれば、一定期間実環境を精密に観測するだけで建立当時の寺院の様子を再現したり、公園の木々の様子の将来像を提示したりでき、このような全く新しいARが実現できれば、in-situでの現象の深い理解、診断、検査、エンタテインメント等に活用できる。

研究成果の概要(英文)：This research focused on the development of the key technology to implement a four-dimensional AR environment where a user can interact controlled the timeline in the AR environment. This can be possible by reconstruction of the real environment along with the precise simulation of the physical phenomena in the real environment. The research results include the User Interface for 4DAR, Photometric reconstruction of the 3D environment, etc.

研究分野：情報科学

キーワード：ヒューマンコンピュータインタラクション 三次元計測 拡張現実 機械学習 コンピュータビジョン
コンピュータグラフィックス バーチャルリアリティ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

実空間は過去から未来へと時間的に継続した4次元空間であり、また他者と共有されているのに対し、拡張現実感(Augmented Reality, AR)ARで現在主流の研究はアプリケーションの起動から終了までの限られた時間だけAR環境を生成するものが主であり、AR環境は基本的に変化せず、静的な環境である。そのため、現在実現されているAR体験は時間的、空間的に制限される。

一方、4次元体験はバーチャルリアリティ(VR)やライフログで研究対象として注目されている。また、ARではないが、特定の環境の4次元の変化をシミュレーション・予測・可視化を行うシステムも提案されている。四次元仮想化都市空間では、高度道路交通システムを中心として、多様なセンサ群とシミュレーションによる予測によって未来を提示したり、過去の様子を検索したり提示したりすることができるようになるとしている。ARにおいても、時間的な制限を緩和することで、AR環境は時間的に継続したものになり、過去や未来へ移動するAR体験が可能になる。また、持続的に存在するAR環境では、過去のユーザの体験を現在のユーザが共有するなど、新たなAR体験が実現できる。さらに、空間的、幾何学的に動的なAR環境を実現することで、物体の位置や形状、材質などをユーザがバーチャルに操作、編集できるARシステムが実現できる。

実際に上記の制限を取り除くには多くの問題があり、それらはARの研究対象とされている。近年のARに関連した研究では、大規模な空間における追跡手法などが提案されており空間的な制約が緩和されつつある。時間的な制約についても、過去の計測を4次元ARとして提示する研究[5]や、未来の状況の予測を提示するARシステムの研究などの例があり、研究対象とされつつある。しかしながら、絶えず変化し続ける実環境に追従するARシステムを実現するには様々な問題がある。例えば、AR環境を大規模化、長期化するに伴い、天気、太陽等の照明環境、物体の位置などが変化すると、過去に記録した環境との幾何学的、光学的な一致が難しくなる。物体の材質や形状等も経年変化するため、過去の記録と一致しない、復元・提示した物体が実環境の中で浮いてしまうなどの問題も発生する。

2. 研究の目的

上記の背景を受けて本研究課題では、4次元に変化し続ける実環境の計測とAR環境の構築を継続的に行い、シミュレーションによって計測の予測や欠損の補完をすることで、スロー再生、計測範囲外の未来、過去など、4次元AR体験が可能でかつ、AR環境の時間的、幾何学的、光学的プロパティを編集可能なARシステムの構築を目的とする。一般的なARシステムは時間的、空間的に変化しない環境を仮定している。対して本研究計画では、ユーザがAR環境を4次元に操作し、過去や未来の世界がシミュレーションされ、実環境に整合して提示される。本研究ではこのような現実感を損なうことなく現実では体験できない4次元環境を提示し、かつユーザが環境を4次元に編集できる、画期的なARシステムを実現する。

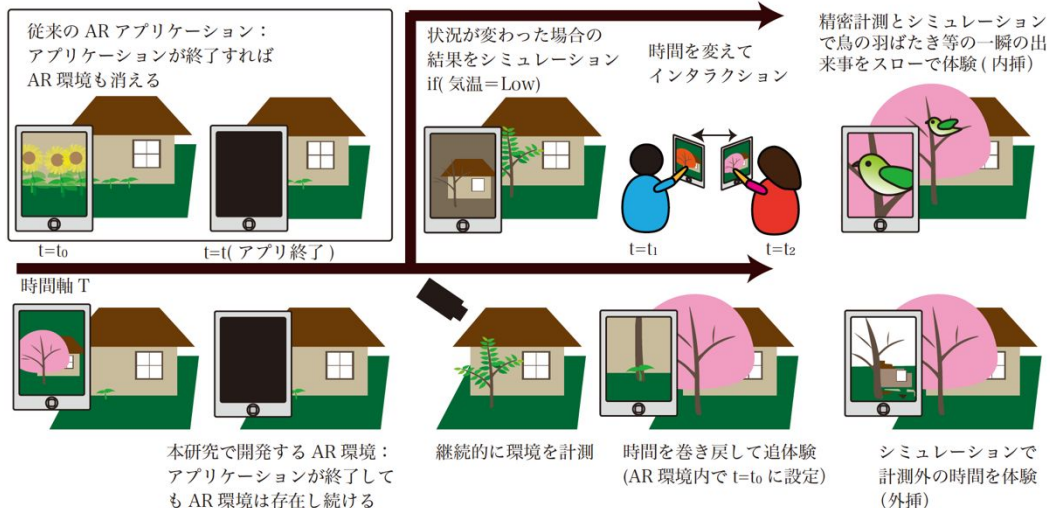


図1. 全体構想

3. 研究の方法

本研究では、基盤技術として、継続的な環境計測・認識手法を担当する計測班、時間変化のシミュレーションモデル開発を担当するシミュレーション班、4次元AR環境を編集するためのUIの開発を担当するUI班に分かれて研究を行なった。シミュレーションを利用した環境認識手法等、各班の連携による開発も行う。また、それらを統合し、基幹となる4次元ARシステムの開発は竹村を主として全員で行なった。各班の主な研究内容と連携関係を図2に示す。具体的には平成28年度は各基盤技術の開発、29年度は基盤技術の発展、連携を実施し、30年度は基盤技術の統合を試みた。

4. 研究成果

計測班では、持続的な環境と物理特性の計測手法の開発を行った。この研究では、環境に固定された、あるいは環境中を移動する多数の RGBD カメラによる計測を持続的に行う手法を開発した。さらに、時間的に離れた同じ対象物体の三次元点群データ合成する手法について研究を行った。既存手法を応用し、時間的に離れた点群データを合成するシステムを開発し、その評価を行った。その結果、計測の向きが大きく異なる点群データの位置合わせは既存手法の応用では難しいことが分かった。また、光学的性質の推定手法として、深層学習と

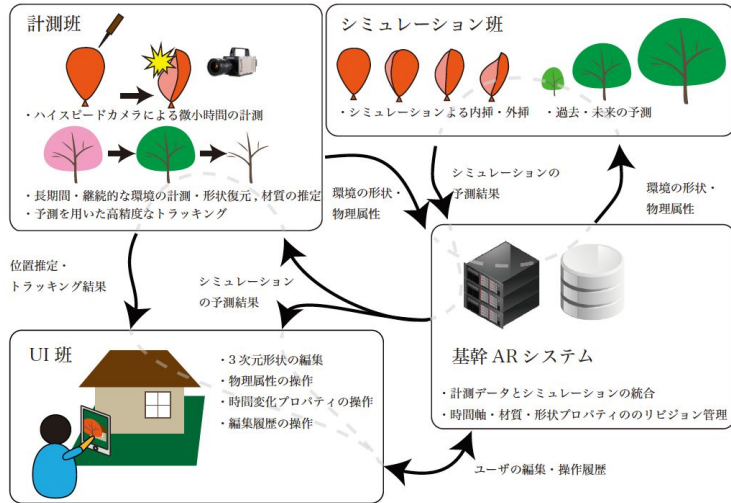


図 2: 各班の連携関係

計算機シミュレーションを用いて、透明物体の屈折率を推定する手法の開発を行った。本研究により光源環境シミュレーションを用いたカメラ位置推定手法が実現されたため、実際の環境の計測を少なくし、より高精度なカメラ位置推定手法の開発を行なった。(図 3)

シミュレーション班と計測班は協力し、不連続な計測結果の補間手法を開発を行なった。研究途上で RGBD カメラによる断続的なデータの位置合わせに課題があることが分かったため、RGBD カメラの計測シミュレーションを用いて、断続的なデータの位置合わせ手法の開発を試みた。また、RGBD カメラ等の計測値を入力として物体の質感高速シミュレーション手法を開発を行い、高速なシミュレーションを実現するため深層学習を用いた手法の開発を行なった。UI 班の研究では、4 DAR 環境において、高速カメラや RGB カメラ等で撮影されたデータに対して時間速度で再生・早送り・逆再生・巻き戻しなどができる UI を構築した。そのため、実時間で蓄積データの参照およびシミュレーションでの補完・内挿・外挿・バーチャル物体の重畳を行いながら個々の 3 次元物体の集積としての AR シーン全体のボリュームデータを同期してアニメーションさせる手法の開発を行った。

それぞれの要素技術には一定の成果を上げることができたが、完全にこれらを統合するまでには至らなかった。しかしながら特定のアプリケーションで 4 DAR 環境を構築できるための基盤は確立できたと考える。

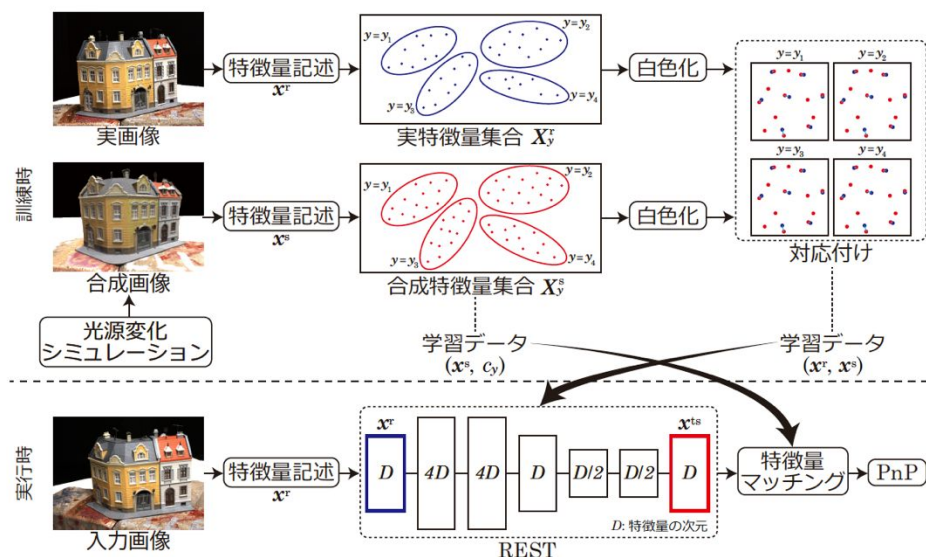


図 3. 光源変化に頑健なカメラ位置推定手法

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Itoh Yuta, Langlotz Tobias, Iwai Daisuke, Kiyokawa Kiyoshi, Amano Toshiyuki, Light Attenuation Display: Subtractive See-Through Near-Eye Display via Spatial Color Filtering, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 査読有, Vol. 25,

2019, 1951-1961

DOI: 10.1109/TVCG.2019.2899229

清川 清、AR用ヘッドマウントディスプレイの動向と視覚拡張への応用、電子情報通信学会 和文論文誌C、査読有、J102-C、2019、pp.170-178

http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j102-c_5_170

Tomohiro Mashita, Alexander Plopski, Akira Kudo, Tobias Hollerer, Kiyoshi Kiyokawa, and Haruo Takemura, Camera Localization under a Variable Lighting Environment using Parametric Feature Database based on Lighting Simulation, Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, 査読有、Vol.22、2017、pp.177-187

DOI: 10.18974/tvrsj.22.2_177

森 磨美、間下 以大、黒田 嘉宏、清川 清、竹村 治雄、補助視点推薦機能を有するAR家具配置システム、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読有、Vol.22、2017、pp.157-164

DOI: 10.18974/tvrsj.22.2_157

〔学会発表〕(計20件)

Sota Shoman, Tomohiro Mashita, Alexander Plopski, Photchara Ratsamee, Yuki Uranishi, and Haruo Takemura, Illumination invariant camera localization using synthetic images, 17TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MIXED AND AUGMENTED REALITY, 2018

田又 健士朗、間下 以大、浦西 友樹、ラサミー ポチャラ、竹村 治雄、断続的に撮影された点群間の位置合わせ、情報処理学会研究報告、Vol. 2018-CVIM-212, No. 30、2018

岡本 拓朗、浦西 友樹、間下 以大、Photchara Ratsamee、竹村 治雄、透明感操作のためのcGANsによる集光模様の実時間生成、第56回日本バーチャルリアリティ学会 複合現実感研究会、2018

伊藤 澄美、浦西 友樹、Photchara Ratsamee、間下 以大、竹村 治雄、構造色パターンから光源方向を推定可能なARマーカ、第56回日本バーチャルリアリティ学会 複合現実感研究会、2018

Atsuyuki Nakamura, Kiyoshi Kiyokawa, Photchara Ratsamee, Tomohiro Mashita, Yuki Uranishi, and Haruo Takemura, A Mutual Motion Capture System for Face-to-face Collaboration, ICAT-EGVE 2017 - International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments, 2017

Takuro Okamoto, Yuki Uranishi, Tomohiro Mashita, Photchara Ratsamee, Kiyoshi Kiyokawa, Haruo Takemura, Realtime Generation of Caustic Images Using a Deep Neural Network, The 16th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2017

Tao Tao, Photchara Ratsamee, Yuki Uranishi, Kiyoshi Kiyokawa, Tomohiro Mashita, Haruo Takemura, An Interactive 4D Visualization of Dynamic 3D Information, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会、2017

〔図書〕(計0件)

〔その他〕

<http://lab.ime.cmc.osaka-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：間下 以大

ローマ字氏名：MASHITA Tomoniro

所属研究機関名：大阪大学

部局名：サイバーメディアセンター

職名：准教授

研究者番号(8桁)：00467606

研究分担者氏名：浦西 友樹

ローマ字氏名：URANISHI Yuki

所属研究機関名：大阪大学

部局名：サイバーメディアセンター

職名：准教授

研究者番号 (8桁): 00533738
研究分担者氏名: 黒田 嘉宏
ローマ字氏名: KURODA Yoshihiro
所属研究機関名: 大阪大学
部局名: 基礎工学研究科
職名: 准教授
研究者番号 (8桁): 30402837

研究分担者氏名: ラサミー ポチャラ
ローマ字氏名: RATSAMEE Photchara
所属研究機関名: 大阪大学
部局名: サイバーメディアセンター
職名: 助教
研究者番号 (8桁): 50772448

研究分担者氏名: 清川 清
ローマ字氏名: KIYOKAWA Kiyoshi
所属研究機関名: 奈良先端科学技術大学院大学
部局名: 先端科学技術研究科
職名: 教授
研究者番号 (8桁): 60358869

(2)研究協力者
研究協力者氏名:
ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。