

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330301

研究課題名(和文)常にユーザの視界内に情報提示する実環境情報投影システム

研究課題名(英文)Real-Environment Projection System that Always Shows Information within User's View

研究代表者

今井 順一 (IMAI, Jun-ichi)

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：30401623

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、情報を常にユーザの視界内に提示することのできる実環境情報投影システムの実現を目指して研究開発を行った。その結果、小型レーザープロジェクタ及びPC制御可能なパンチルト雲台にユーザの視界推定技術を組み合わせる事により、視界に追従した情報投影を可能にするシステムを実現した。また、投影された情報に対してユーザがタッチする事でシステムを操作できる仮想的なタッチインターフェースも実現した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed a projection system that can always show information within a user's field of view in the real environment. We have achieved the system by using laser pico-projectors, pan-tilt platforms controlled by PC, and the method for estimation of the user's field of view. Furthermore, we have achieved the virtual touch interface that enables the user to control the system by touching the projected information.

研究分野：知能システム

キーワード：インテリジェントルーム 実環境情報投影 視界推定

## 1. 研究開始当初の背景

近年、人間の生活空間に溶け込み、その活動をサポートすることのできる人間共生システムの研究開発が盛んに進められている。そうしたシステムからユーザへ情報を伝達する際、一般には固定ディスプレイなどの機器を通して行う事が多い。しかし、重要な情報を素早く確実に伝達したい場合、あるいは特定の個人にのみ伝達したい場合などでは、システムが対象ユーザの状態を認識し、確実に伝達できる位置へ能動的に情報提示できる事が望ましい。個々人が所有する携帯型端末へ情報提示する方法も考えられるが、そのためには例えば家庭内などのリラックスできる空間においても常に端末機器を携帯する必要があり、ユーザに負担を強いることになる。本研究課題は、このような問題を解決できる実環境情報投影システムの実現を目指すものである。

実現を目指すシステムの概要は次の通りである(図1)。実環境にユーザ観察用のセンサ群及び情報投影用の小型プロジェクタを複数配置する。各プロジェクタは計算機制御可能な雲台で投影方向を変えることができ、互いに協調して環境中の任意の位置に情報を投影できる。システムはユーザを観察してその位置や視界を推定する。

特定のユーザ以外には見せる必要がない/見せたくない情報を提示する場合、システムは視界推定の結果に基づいて見せたいユーザには見え、見せたくないユーザには見えない領域に情報を投影する。また、情報がユーザの手の届く範囲に投影されている場合、ユーザが触れると操作パネルに変化するなど、簡単な操作が可能な仮想タッチインタフェースとして機能する。

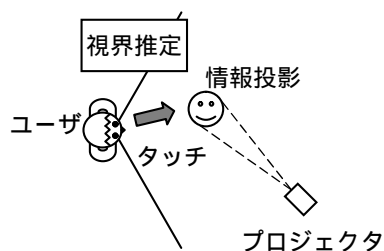


図1：本研究課題で実現を目指すシステム

## 2. 研究の目的

上記の目的を達成するため、本研究課題では次のサブタスクについて研究を行う。

(1) 複数センサの協調による複数ユーザの視界・死角推定技術の研究開発:

環境に配置したセンサ群を利用して、複数ユーザの頭部姿勢及び環境の状態を認識し、それぞれのユーザが「見えている領域」「見えていない領域」を高精度で識別できるよう

にする。

(2) 複数プロジェクタの協調による情報投影技術の研究開発:

パンチルト雲台に小型レーザプロジェクタを搭載したユニットを複数作成して環境に配置し、これらが協調して実環境上の任意の位置へ情報を投影できるようにする。

(3) (1)、(2)の統合による情報提示システムの構築:

上記2項目で開発した視界推定技術と情報投影技術を統合し、情報提示を必要とするユーザのみの視界内に情報を提示するシステムを構築する。

(4) 投影情報に対するユーザ動作認識技術の研究開発:

投影された情報に対するユーザの身体動作を認識し、仮想的なタッチインタフェースとして利用できるようにする。

## 3. 研究の方法

前述の目的を実現するため、本研究課題では次の各項目を実施する。

(1) 複数センサの協調による複数ユーザの視界・死角推定技術の確立:

環境に配置したセンサ群から複数ユーザの頭部姿勢及び周囲環境の状態を認識し、それぞれのユーザが「見えている領域」「見えていない領域」を識別できるようにする(図2)。

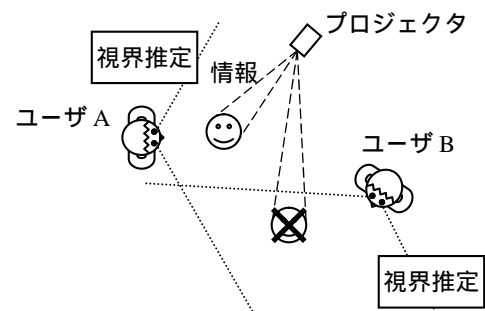


図2：複数ユーザに対する視界推定

(2) 複数プロジェクタの協調による情報投影技術の確立:

計算機で制御可能なパンチルト雲台に小型のレーザプロジェクタを搭載して一つのユニットとし、これを複数台作成して環境に配置する。これらが協調して実環境上の任意の位置に情報を投影できるようにするための技術を研究開発する。

このとき、プロジェクタのレーザ光に対するユーザの目の安全性を確保する必要から、複数のプロジェクタから同一画像を同一の位置へ弱い光量で投影し、投影位置上で合成することで明るい画像を得る技術を開発す

る(図3)。

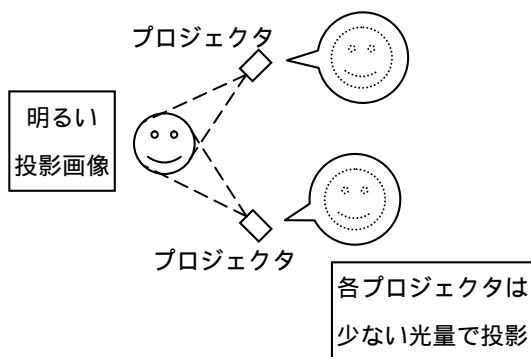


図3：画像提示における技術的課題

(3) 視界推定技術・情報投影技術の統合による情報提示システムの構築：

複数のカメラ・深度センサ及びプロジェクタのユニットを環境内に配置し、上記2項目で開発した視界推定技術と情報投影技術を統合して、対象ユーザの視界内かつ非対象ユーザの視界外である実環境上に情報を提示するシステムを構築する。

なお、今回の研究では、「実環境」は特定の机上に限定して開発を行った。

(4) 投影情報に対するユーザ動作認識技術の研究開発：

実環境上に投影された情報に対するユーザの身体動作を認識し、仮想的なタッチインタフェースとして利用できるようにする。RGB-D カメラを利用してユーザの身体(主に腕の先)と情報投影位置との位置関係を認識し、タッチしたか否か、及びタッチした場所を推定する。

#### 4. 研究成果

前述の方法に沿って研究を行い、以下の成果を得た。

(1) 複数センサの協調による複数ユーザの視界・死角推定技術を開発した。環境に配置したセンサ(RGB-D カメラ)群から複数ユーザの頭部姿勢及び周囲環境の状態を認識し、それぞれのユーザが「見えている領域」「見えていない領域」を識別できるようにした。このとき、環境に配置した複数のセンサを連携し、より広い範囲に対する推定を実現するとともに、複数ユーザに対して同時に推定できるよう従来技術からの改良を行った。

(2) 複数プロジェクタの協調による情報投影技術を開発した。パンチルト雲台に小型レーザープロジェクタを搭載して一つのユニットとし、環境に複数台配置して、協調して実環境上の任意の位置に情報を投影できるようにした。

その際、異なる位置に配置されたプロジェ

クタから同一位置に画像をそのまま投影すると、投影面との位置関係によって投影画像が歪み、同じ画像として重畳できない問題があった。これを解決するため、投影角度に応じて画像を補正することで、投影面上で歪まない画像投影を実現した(図4)。図4(a)の画像を投影すると、補正なしでは(b)のように歪んでしまうのに対し、補正ありでは(c)のように正方形を投影できていることがわかる。



(a) 投影画像 (b) 補正なし (c) 補正あり

図4：画像補正の比較

これを利用して、複数のプロジェクタから同一画像を同一位置へ弱い光量で投影し、投影位置上で明るい画像を合成できるようにした。画像を1台のプロジェクタ単独で投影した場合と2台で重ね合わせた場合の結果を図5に示す。図5(b)から、歪みが補正され、きれいに重ね合わされていることがわかる。照度計を用いて明るさを計測したところ、単独では81.0 [lx]、重ね合わせた場合は125.6 [lx]であった。これにより、画像を適切に補正し、重ね合わせにより高照度化を実現できていることがわかる。



(a) 重畳なし (b) 重畳あり

図5：重畳投影の照度の比較

(3) 視界推定技術・情報投影技術の統合による情報提示システムの構築を行った。これまでに開発した視界推定技術と情報投影技術を統合してユーザの視界内に情報を提示するシステムを構築した。図6にユーザが一人の場合のシステム構成例を示す。ユーザが机の前に着席し、情報は机の上に投影される状況を想定した。ユーザの前方上部に小型レーザープロジェクタを搭載したパンチルト雲台を設置する。これにより机上の任意の位置に情報を投影する事が可能である。また、同じくユーザの前方上部、及び前方机の上にRGB-D カメラを一台ずつ設置する。上部のカメラはユーザの手の動き、机上のカメラはユーザの頭部を観察する。



図 6：単一ユーザの場合のシステム構成例

さらに、対象を複数ユーザに拡張し、それぞれの視界及び投影する情報の性質に応じて対象ユーザ全員が見えている領域、一部のユーザのみが見えている領域などを選択して情報を投影するシステムを構築した（図 7）。



図 7：複数ユーザの場合のシステム構成例

2人のユーザがともに「見えている領域」に画像を投影している様子を図 8 に示す。画像が 2人のユーザ視点の midpoint 付近に投影されていることがわかる。



(a) 正面同士



(b) 正面と横向き



(c) 横向き同士（同じ方向）

図 8：ユーザの顔向きと投影位置

(4) 投影情報に対するユーザ動作認識技術を開発した。実環境上に投影された情報に対するユーザの身体動作を認識し、仮想的なタッチインタフェースとして利用できるようにした。さらに、タッチだけでなくピンチ操作やドラッグ操作なども行えるようにした。



(a) ドラッグ操作



(b) ピンチ操作

図 9：仮想タッチインタフェースの例

(5) 構築したシステムを実際にユーザに利用させる評価実験を行った。その結果、それぞれの視界を適切に推定し、状況に応じた適切な場所に情報を投影できることを確認した。また、それらの情報に対して直接触れることによる仮想タッチインタフェースが機能していることを確認した。

以上、実環境情報投影に関する要素技術を開発し、それらを統合してシステムを実現した。また、評価実験によりその有効性を示した。

## 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）

〔学会発表〕（計 8 件）

Jun-ichi Imai, Ryota Kobayashi, Kazuya Jinjo, Hirobumi Suzuki, Kazuto Kameda, Shohei Koshikawa, and Seiya Takihara, Interactive Projection System that Always Presents Information within User's View, Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2016), 2016 年 8 月 28 日, 北海学園大学（北海道札幌市）。

加瀬裕之, 今井順一, 環境 RGB-D カメラからの一人称視点画像の再構成によるユーザ注意領域推定システム, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015, 2015 年 11 月 18 日, 函館アリーナ（北海道函館市）。

Jun-ichi Imai and Masanori Nemoto, Estimation of User's Attention and Awareness in Occlusion-rich Environments Using RGB-D Cameras, 14th International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications (CISIM 2015),

2015年9月25日, Warsaw University of Technology (Warsaw, POLAND).

加瀬裕之, 今井順一, 一人称視点における相対視力分布を考慮した顕著性マップに基づくユーザ注意領域推定, 第31回フジシステムシンポジウム, 2015年9月4日, 電気通信大学(東京都調布市).  
今井順一, 神處和哉, 鈴木裕文, ユーザの視界に追従するインタラクティブ情報投影システムの高機能化, 第17回日本感性工学会大会, 2015年9月3日, 文化学園大学(東京都渋谷区).

加瀬裕之, 今井順一, 視界推定と顕著性マップの統合による3次元でのユーザ注意領域推定, 生命ソフトウェアシンポジウム2014, 2014年12月6日, 北見工業大学(北海道北見市).

今井順一, RGB-Dカメラを用いた周囲環境に対するユーザの注意及びアウェアネスの推定, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会2014, 2014年11月21日, 岡山大学(岡山県岡山市).

今井順一, 見えている/いないことを認識するシステム, 第14回ヒューマンマシンシステム研究会, 2014年11月14日, 電子航法研究所(東京都調布市).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

今井 順一 (IMAI, Jun-ichi)  
千葉工業大学・情報科学部・教授  
研究者番号: 30401623