

# Ceiling Bots:ロボットを用いた天井上のオブジェクト移動システム

Ceiling Bots , Moving Object System Using Robot on Ceiling

小林大将 佐藤俊樹 小池英樹\*

**Summary.** 本研究では天井を利用したインタフェース「Ceiling Bots」の提案を行う。テーブル、壁、床を対象としたインタフェースはあるが、天井を用いたインタフェースの研究はあまり行われていない。また天井に設置されたオブジェクトは静的なもので、動的に動くということはない。Ceiling Bots は、天井の静的なオブジェクトを動的なものにすることを可能にする。今回、Ceiling Bots の実現として、プロトタイプシステムを構築及び、プロトタイプシステムを用いた照明システムの実装を行ったので報告する。

## 1 はじめに

これまでの研究において、テーブルを拡張したテーブルトップシステム [1] や、壁を拡張したシステム [2] など、多くのシステムが提案されて来ている。一方でテーブル、壁や床を対象とした研究がされてきているなか、天井を対象としたインタフェースの研究は少ない。天井を利用したインタフェースの研究においても、天井そのものに情報を提示するシステムや、天井から情報をユーザに提示するといったシステム [3] が多い。天井は壁や床と同様に、室内空間を構成するサーフェイスの一部である。しかし壁や床と違い、日常生活にて手が届かない位置にあるため、その用途は照明や空調、監視カメラなどを設置するスペースに限られている。一方で、天井は床や壁と違い、日常生活上において大型の家具が設置されることは少なく、使用できる面が広い、人の動線を気にしなくても良いというメリットがある。そのため、ロボット技術や画像処理技術などにより拡張することで、天井は壁や床、テーブルなどと同様に我々の生活を助ける、より便利なインタラクティブサーフェイスになり得ると考える。

天井の最大の特徴としては、ユーザの手が届かず、天井のオブジェクトは静的なものに限られるという点が挙げられる。天井に設置してある静的なオブジェクトを天井から切り離すことで、動的なものに変え、自由に動かすことが可能となれば、より自由度の高い部屋の模様替えや、一台の監視カメラで広い範囲を監視する、などの事が可能になる。

そこで本研究ではこれらを実現点するシステム「Ceiling Bots」を提案する。

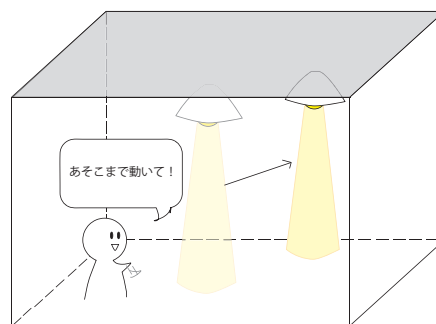


図 1. Ceiling Bots のコンセプト：ユーザの指示によって、指定された位置へオブジェクト（照明）が移動する。

## 2 Ceiling Bots

Ceiling Bots のコンセプト (図 1) は、天井に配置された”静的”なオブジェクトの”動的”なオブジェクト化である。このコンセプトを実現するためには、2つの技術的課題が挙げられる。一つは、天井に設置してあるオブジェクトには、床と違い、接地しているサーフェイスとは反対の向きに重力がかかる。オブジェクトは、この重力に逆らいつつ、自由に動く必要がある。また壁や床とは違い、天井は手が届かない位置にあるサーフェイスである。それゆえ二つめの課題として、手が届かない場所に対する非接触なインタラクション手法が必要となる。

一つめの課題に対しては、図 2 のように天井裏にロボットを設置し、磁石の磁力を用いてオブジェクトを固定する。二つめの課題に対しては、カメラベースのジェスチャ認識を用いて、非接触入力を実現する。今回は一つめの課題に対して、まず解決するべくロボットの実装を主として実装を行った。

### 2.1 実装

今回作成した、プロトタイプシステムの外観を図 3 に示す。本システムは、小型ロボット、PC、カメ

Copyright is held by the author(s).

\* Daisuke Kobayashi, Toshiki Satou and Hideki Koike  
電気通信大学大学院 情報システム学研究所 情報メディア  
システム学専攻

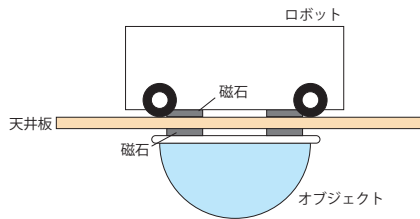


図 2. 動的なオブジェクトの実現



図 3. プロトタイプシステムの外観

ラ、電池駆動の小型の照明器具から構成される。小型ロボット・照明器具には、ArduinoとXbeeが搭載されており、PCと無線通信を行い動作を行う。また小型ロボットと照明器具にはネオジム磁石が取り付けられており、この磁石の磁力によって照明器具は、小型ロボットに追従して天井を移動することができる。照明器具にはARマーカが取り付けられており、室内に設置したカメラにて照明器具及び小型ロボットの位置を検出する。照明器具は磁石を用いて取り付けるといったシンプルな構造であるため、照明器具に限らず、小型のプロジェクタやカメラなども取り付けられることを可能とした。

### 3 アプリケーション案

本章では、実装するアプリケーションについて取り上げる。Ceiling Botsのアプリケーションとして、照明コントローラを実装した。照明を点灯させるだけでなく、手を用いたジェスチャ入力にて、天井に設置された照明を移動させたり、点灯させることが可能とした。

将来的にCeiling Botsを用いることで、オーバーヘッドカメラを用いたシステムに生じることが多い、オクルージョン問題について解決できると考えられる。本システムを用いることで、オクルージョンの発生しない位置にカメラが自動的に移動することが可能になり、カメラを動的に動かすことで、複数台のカメラを設置しなければ解決できなかった問題が、一台のカメラのみで解決することができる。またオブジェクトとしてプロジェクタを設置することで、任意の位置をスクリーンとして情報を映しだ

すことが可能になる。

### 4 まとめと今後の展望

本稿では、天井に注目し、照明などの静的なオブジェクトを操作するためのシステムとして、「Ceiling Bots」を提案した。天井裏に小型ロボットを配置し、ロボットを異動させることで天井に設置した照明を移動させることを可能にし、そのアプリケーションとして、簡単な照明コントローラを提案した。

現状の問題点としては、天井に取り付けるオブジェクトの重量、配線、天井裏に設置しているロボットの制御である。オブジェクトの重量問題は、天井板を介してロボットとオブジェクトが磁力によって固定されているため、取り付けられるオブジェクトは軽いものと限られている。この問題を解決するためには、磁石をより大きなものにする、取り付けのオブジェクトの軽量化が考えられる。また天井に設置してあるカメラやプロジェクタをオブジェクトとする場合、配線がどうしてもネックとなる。しかし、近年無線式のカメラが市場に出回りつつあるように、将来的に、すべての電子機器の配線は無線化が可能になると我々は考えている。ロボット制御については、天井裏のロボットは、天井下のカメラから直接的に位置を知ることはできない。しかし、オブジェクトに対して一台のロボットを割り当てることで、ロボットの位置と向きは、オブジェクトの位置と向きを用いることで、ロボットのナビゲーションが可能になると考えている。

今後としては、オブジェクト本体もロボット化によるオブジェクトの高機能化行ったり、天井だけでなく壁や床について適応させることを考えている。また、今回はロボットの実装を主として行ったため、引き続き、第二の技術的課題であるジェスチャ認識を用いた非接触インタラクションの実装を試みる。

### 参考文献

- [1] 問宮暖子, 佐藤俊樹, 福地健太郎, 小池英樹, 指の開閉動作を用いた多人数向けテーブルトップエンタテインメントシステムの実装, 第15回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2007) 論文集, pp.53-58, 2007.
- [2] B.Yoo, *et al.*, 3D User Interface Combining Gaze and Hand Gestures for Large-Scale Display, CHI2010: Work-in-progress, pp.3709-3714, 2010.
- [3] 石井陽子, 落合慶広, 東野豪, 情報を降らせるインタフェース, 2005年電子情報通信学会総合大会, pp.276, 2005.