

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560005

研究課題名(和文) 機械情報技術を用いたインタラクティブな空間メディア構築法の研究

研究課題名(英文) Study on designing interactive spatial media by using mechano-informatics technology

研究代表者

檜山 敦 (Hiyama, Atsushi)

東京大学・情報理工学(系)研究科・講師

研究者番号：00466773

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：機械情報技術の適用により、人の行動と相互作用するインタラクティブな空間メディアの構築を行った。プロトタイプシステムとして、(1)機械的に変化するインタラクティブ空間、(2)実世界と融合する広視野インタラクティブ空中映像、(3)公共空間における人の空間行動を変化させるプロジェクションマッピングシステム、の3つのディスプレイシステムの試作を行い、利用者の行動に対する効果を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed an interactive spatial media that effect human behavior by using mechano-informatics technology. As prototypes, we designed, 1. interactive space that changes mechanically, 2. interactive wide-field-of-view aerial display that augments computer graphics and real space. 3. projection mapping system that effects people's behavior in public space and confirmed the effect to human behavior.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：空間メディア

1. 研究開始当初の背景

従来の建築空間における動的要素として、屋内環境においては、省エネルギー化を目的とした、環境センシングによる空調制御・照明制御・エスカレータ制御が導入されてきた。空間形態の変化という点においてはスタジアム建築の屋根、オフィス空間や展示空間の間仕切りなどに可動性を有したものが見られる。このような空間変化は、前後の状態によって空間の機能を変容させることを目的としたものであり、空間の変化そのものが人の行動と相互作用することによる新たな空間体験を創出することは想定されていない。一方、知能ロボット技術により空間内の人の行動の変化や、機械自身の変化による空間認識の情報更新をリアルタイムに行うことが可能になってきた。また、プロジェクションマッピングをはじめ実空間と融合した情報提示技術の発達により、視覚体験的に空間と情報が一体化した表現が可能となっている。そこで、人が行動をとっている空間内での機械的・情動的な環境の変化を起こし、人の行動と環境の変化が相互に影響し合う空間を構築することを着想するに至った。

建築計画学における空間デザインの方法論と上記機械情報工学技術とを融合させることで、空間と空間内で行動する人とを結ぶサイバネティックループを形成し、空間デザインにおける新境地を開拓する技術が産み出せると考える。

2. 研究の目的

本研究では、機械情報工学の適用により、人の行動と相互作用するインタラクティブな空間メディアの構築法の体系化を目指す。従来の静的空間では、建築計画学で空間認知や心理的効果を定量化する研究が行われてきた。それに対して、近年の動的に空間を認識する知能ロボット技術や、プロジェクションマッピング等の空間と融合する情報メディア技術の発達により、動的な公共空間を構築できる可能性が見え始めた。本研究は以下の3つのサブテーマから成る。

- ・空間の情動的変化と人の空間行動との相互作用に対する空間機能評価と認知行動分析
- ・空間の機械的変化と人の空間行動との相互作用に対する空間機能評価と認知行動分析
- ・公共空間（もしくは模擬空間）における動的空間メディアの評価

3. 研究の方法

(a)空間の情報的変化と人の空間行動との相互作用に対する空間機能評価と認知行動分析

空間の各要素に短焦点プロジェクタを用い映像を投影する。均質な空間内の壁面、天井、床面において、投影色や模様による空間知覚の変化を引き起こし、これによって歩行速度や経路選択、居場所の選択に影響を及ぼすことを目的とする。このときどのような提

示映像を用い、映像の各パラメータを調整すると、空間利用者の行動選択に影響するのかが被験者実験によって検証する心理的影響については、主観評価と行動心理学的評価の双方を用いて評価する。この結果から空間利用者が複数人存在するような場合においてのインタラクティブな映像提示手法についても検討し、同様の実験を行う。

(b)空間の機械的変化と人の空間行動との相互作用に対する空間機能評価と認知行動分析

空間形態を構成する要素のうちから単純なものを選び出し、そのパラメータをリアルタイムに変化させたときの空間利用者に与える影響を被験者実験により調査する。具体的には、一部の天井や通路、柱にこれらの寸法や位置が変化するシステムを構築し、空間中での利用行動を記録する。(a)と同様に、予備実験によって得られた結果から、利用者の行動による装置のパラメータへのフィードバックも考慮し、人と空間が相互作用するシステムを構築する。

(c)公共空間（もしくは模擬空間）における動的空間メディアの実装法の構築

実際の公共空間内に動的情報提示システムを計画する手法を構築する。公共空間（もしくは模擬空間）の中に提案するシステムを導入し、利用者が非明示的情報提示によって円滑かつ安全な移動経路へと暗黙的に誘導されるかどうかのような、被験者実験を行う。

4. 研究成果

空間を機械的・情動的にインタラクティブに拡張するディスプレイシステムの研究開発を行った。プロトタイプシステムとして、(1)機械的に変化するインタラクティブ空間、(2)実世界と融合する広視野インタラクティブ空中映像、(3)公共空間における人の空間行動を変化させるプロジェクションマッピングシステム、の3つのディスプレイシステムの試作を行った。

(1) 機械的に変化するインタラクティブ空間

空間を構成する要素の一つである柱をロボット化しインタラクティブに操作することで空間の性質を変化させるコンセプトのシステムを構築した。システムはリアルスケールのロボット柱とインタラクションを行うためのミニチュアインタフェースからなる。

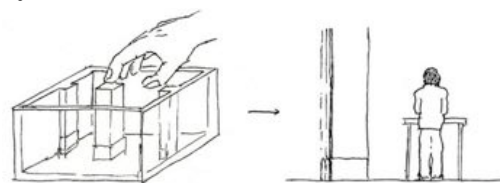


図1 システムコンセプト図 (左が空間を変化させるためのミニチュア、右がミニチュアの動きに追

従して動くロボット柱)

図2に実際に構築したシステムを示す。操作部のミニチュアの下に設置したカメラにより模型コラムの動きを抽出する。ロボット柱には移動ロボットが内蔵されており、操作部のPCからの指令によって柱を動かす。



図2 システム構成

研究開発したシステムを東京大学におけるメディアアート展覧会において展示を行い、鑑賞者の様子を観察した。本システムを用いて柱の位置を変化させていくことで来場者の動線を変化させていくことができることを確認した。また、ロボット柱の位置が展示空間内のリアルな柱に対して整列していない位置に配置されていたとしても来場者は特に気にすることなく他の展示の鑑賞を行っていることも観察された。

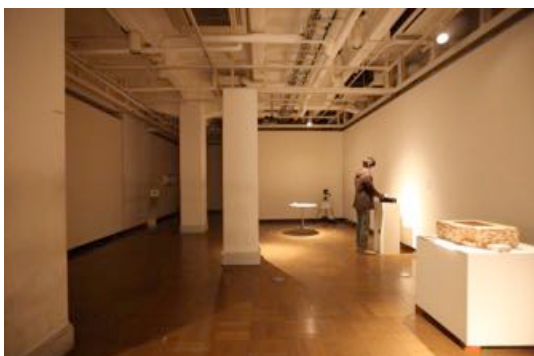


図3 システム展示風景

(2) 実世界と融合する広視野インタラクティブ空中映像

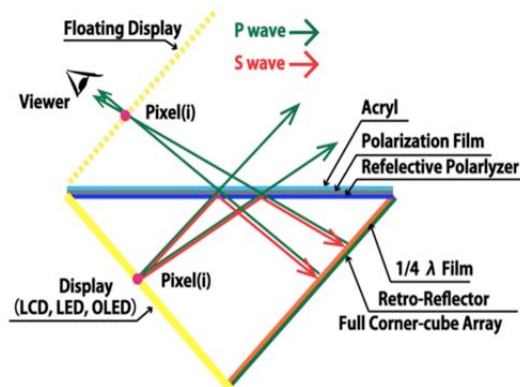


図4 空中像の提示原理

実世界に融合した情報提示を実現するためにコンピュータグラフィックスが実空間

に飛び出すだけでなく、実物体と同じ位置に結像させる、手で直接映像に触れる体験を実現するディスプレイを構築した。本システムの原理を図1に示す。システムは液晶モニターとハーフミラー、そして再規制反射フィルムにより構成される。

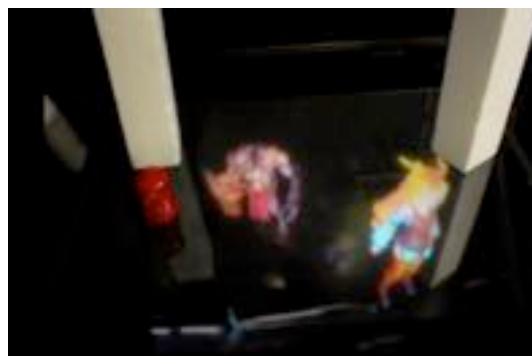


図5 模型と融合する空中像

図5に実物体とコンピュータグラフィックスの融合提示を行った様子を示す。模型の間に2体のCGのキャラクターを配置している様子が見て取れる。



図6 インタラクティブ機能の追加

手を使って空中に提示されている映像に触れて直接インタラクションを行えるようにするためにシステムにデプスカメラを組み込み、空中の結像面付近での手の動きを検出し、動きに応じてCGを変化させるインタラクションを実現した。

本システムは容易に大型化することが可能のため、公共空間に多く見られるようになったデジタルサイネージを拡張し、より実世界と融合した情報提示手法として空間を拡張する可能性を持つ。

(3) 公共空間における人の空間行動を変化させるプロジェクションマッピングシステム

実世界に融合して提示される情報から空間内で行動する人に対して逆に働きかけるシステムの構築を行った。空間の動線上にプロジェクションマッピングを行い、人の行動の変化がどのように引き起こされるのか調査を行った。具体的には、超単焦点プロジェクタを用いて床面に動く縞模様を提示し、人

の歩行に与える景況を調査した。投影を行った空間として2種類の空間を検証した。一つ目はエスカレータの乗り口にエスカレータの階段を延長する形で提示を行った。二つ目は通常の通路において同様の提示を行った。それぞれの実験の様子を図7、図8に示す。



図7 エスカレータの乗り口への投影



図8 通路への投影

縞模様は歩行方向に対して順方向にエスカレータの移動速度と同じ速度で流れ続けている。12人の成人男女について歩行実験を行った。歩行行動の変化を示す評価値として、映像投影領域に入る直前の一步と、入った直後の一步の歩幅の変化を用いた。図9にエスカレータ環境(E)における投影の同じ位置での投影の有無(on/off)による歩幅の変化の比較結果と通路環境(T)における同様の歩幅の変化の比較結果とを示す。

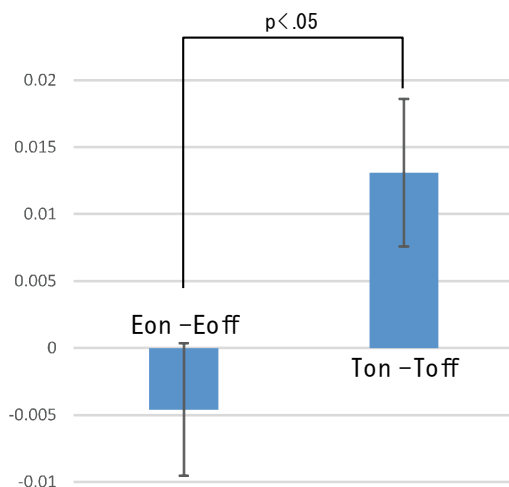


図9 投影環境の違いにおける歩行行動に対する影響の違い

図9に示すとおり、エスカレータ環境にお

いては縞模様投影領域に足を踏み入れるタイミングで歩行速度を縞模様の流れる速度に合わせる形で歩幅が狭くなる傾向が見られた。反対に通路環境においては、縞模様投影領域に足を踏み入れるタイミングで歩行速度が加速される形で歩幅が広がる傾向が見られた。

本実験より、全く同じ視覚刺激であっても提示される空間の持つ性質により、人の行動に対して真逆の作用を引き起こす結果が得られた。

環境中に提示された情報の意味が周囲の状況に即して解釈され、その解釈に即した効果を及ぼすのではないか、という仮説を検証するために、映像を異なる場所に提示したときの行動変化の違いを調査した。その結果、条件ごとの行動変化は概ね予想と合致し、場所によって映像が行動に及ぼす影響が異なることが確認された。ここから、本研究が提案する手法が公共空間のような場所においても空間の機能を拡張することができる可能性が開かれた。

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 2 件)

1. Yutaka Tokuda, Atsushi Hiyama, Michitaka Hirose, and Hirotsugu Yamamoto. 2015. R2D2 w/ AIRR: real time & real space double-layered display with aerial imaging by retro-reflection. In SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies (SA '15). 査読有り
2. Ryohei Tazaki, Atsushi Hiyama, Michitaka Hirose, "Hako - Interactive transformation of architectural space by manipulating its model", ASIAGRAPH 2014 in Bali, 2014.4. 査読有り

6. 研究組織

檜山 敦 (ATSUSHI HIYAMA)

東京大学・情報理工学系研究科・特任講師
研究者番号：00466773

(2) 連携研究者

廣瀬 通孝 (HIROSE MICHITAKA)

東京大学・情報理工学系研究科・教授
研究者番号：40156716