

修士論文 2008年度（平成20年度）
Master's Thesis Academic Year 2008

自然現象と連動する空間デバイスに関する実践的研究

Design practice on spacial devices synchronized with natural phenomena

キーワード Keywords

アンビエントメディア, フィジカルコンピューティング, 空間演出
Ambient Media, Physical Computing, Space Displaying

論文趣旨 Abstract

本研究は、それぞれに異なる性質である「空間演出性」と「自然観測性」の2項を両立させることを目的とした装置開発及びその評価を通して、自然現象と連動する空間デバイスの可能性を、実践的に明らかにするものである。

This paper describes the design scheme of spacial devices synchronized with natural phenomena. The purpose of this research is to clarify how to merge two essences — "Space Displaying" and "Nature Observation" — into one device. To achieve this mission, I try to merge not a few prototypes and have evaluations.

根本 和

Hitoshi Nemoto

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 エクス・デザインプログラム

Keio University, Graduate School of Media and Governance, X-Design Program

目次

はじめに.....	3
研究の概要.....	3
論文の構成.....	5
第一章 IT技術を活用した空間演出と自然観測.....	6
1.1 空間演出とIT技術.....	7
1.2 自然観測とIT技術.....	9
第二章 関連研究.....	10
2.1 アンビエントインターフェース.....	11
2.2 メディアアート.....	15
2.3 実践事例.....	16
第三章 開発の構想.....	18
3.1 自然現象と連動する空間デバイスの構想.....	19
3.2 開発環境について.....	22
3.3 研究方法について.....	23
第四章 気象や風景と連動する装置.....	24
4.1 気象や風景と連動する空間デバイスの構想.....	25
4.2 Sky Color Sphereの開発.....	26
4.2.1 Sky Color Sphereの実装.....	28
4.2.2 Sky Color Sphereの評価.....	31
4.2.3 Sky Color Sphereの考察.....	34
4.3 re-Phenomenal Deviceの開発.....	35
4.3.1 re-Phenomenal Deviceの実装.....	36
4.3.2 re-Phenomenal Deviceの評価.....	39
4.3.3 re-Phenomenal Deviceの考察.....	41
4.4 Landscape Processingの開発.....	42
4.4.1 Landscape Processingの実装.....	44
4.4.2 Landscape Processingの評価.....	48
4.4.3 Landscape Processingの考察.....	50
4.5 気象や風景と連動する装置のまとめ.....	51
第五章 天体運行と連動する装置.....	52
5.1 天体運行と連動する装置の構想.....	53
5.2 Solar Reflection Deviceの開発.....	54
5.2.1 Solar Reflection Deviceの実装.....	55
5.2.2 Solar Reflection Deviceの評価.....	57
5.2.3 Solar Reflection Deviceの考察.....	60
5.2.4 Solar Reflection Deviceのまとめ.....	61
5.3 Planeteticaの開発.....	62
5.3.1 Planeteticaの構想.....	63
5.3.2 Planetetica_Liteの実装.....	64
5.3.3 Planetetica_Proの実装.....	67
5.3.4 Planeteticaの評価.....	70
5.3.5 Planeteticaの考察と展望.....	73
第六章 まとめ.....	75
6.1 これまでの章について.....	76
6.2 考察.....	78
6.3 展望.....	79
謝辞.....	80
参考文献など.....	81

はじめに

研究の概要

本研究は、それぞれに異なる性質である「空間演出性」と「自然観測性」の2項を両立させることを目的とした装置開発及びその評価を通して、自然現象と連動する空間デバイスの可能性を実践的に明らかにするものである。

我々の日常では、IT技術を活用した空間を演出できる装置が多数生まれ始めている。例えば、LEDを搭載した照明装置は、内部に組み込まれたコンピュータによって、その照度や色彩を緻密にコントロールできるものがある。また、先端的な研究に目を移せば、我々の日常との親和性を追求するために家具などの形をモチーフとした情報提示装置が多数考案されている。このような概況では、今や空間演出は情報提示と滑らかに接続されつつあると言える。

また同時に、IT技術は我々に新しい自然現象の姿を観察することを可能させてきた。特に天文観測の分野では、研究者だけに限らず、個人的な趣味のレベルでも緻密な天文観測ができる天体望遠鏡や解析プログラムなどが利用されている。IT技術を活用することによって、我々は自然観測を新たな次元に押し上げることに成功してきた。

ところが、上に上げた2つの「空間演出」と「自然観測」は、その特性から両立させることが難しいことが挙げられる。例えばプラネタリウムは空間に星空を投影する空間演出装置だと言えるが、それは自然の代替えとしての人工的な自然を空間に投影するものである。一方で本物の星空を観測しようとした場合は、そこに空間的な演出が介入することはできず、望遠鏡などの観測装置によって直接的に捉えることによって初めて、実際の現象に触れることで生まれる発見や感動に触れることができる。

ここでは気象や風景、天体と連動する空間演出装置を開発し、それぞれを段階的に評価することによって、空間演出性と自然観測性を加味した装置がどのような展望を持つのかについて明らかにする。

Summary

This paper describes the design scheme of spacial devices synchronized with natural phenomena. The purpose of this research is to clarify how to merge two essences — "Space Displaying" and "Nature Observation" — into one device. To achieve this mission, I try to merge not a few prototypes and have evaluations.

In daily life, many devices which can spacial effect that utilized computers to be born. For example, a lighting device equipped with LED can control the illumination and a color by the computer inside. In addition, visualization device which form is as the furniture to relate with our daily life well. It may be said that the visualization and the space displaying is approaching closely now.

In addition, the computer enable us to observing the figure of new natural phenomena. In the astronomy observation, an astronomical telescope and the analysis program enable not only researchers but also personal hobby users to observe planet in detail. We succeeded in pushing up natural observation in a new dimension by utilize a computer.

However, It is difficult to compatible with "space displaying" and "natural observation" . For example, the planetarium can be said to be space displaying device reflecting starlit sky in the space, but it reflects artificial nature as a natural substitution.

But we can find discovery and feel dynamics from real phenomenon only after use the observation devices such as telescopes directly. Space displaying cannot intervene in there.

Therefore, this paper clarifies the design scheme of spacial devices synchronized with natural phenomena. Developing those devices aimed to be compatible with "space displaying" and "nature observation" by repeating development and evaluation of the prototype.

I develop spacial devices synchronized with natural phenomena such as the weather , landscape and with the heavenly bodies.

本研究の構成は以下のようになっている。

第一章は、本研究の背景として、IT技術を活用した空間演出と自然観測について説明する。

1.1章では空間演出とIT技術に焦点を当て、近年盛んになっている建築空間でのIT技術による空間演出について、また1.2章では自然観測に貢献してきたIT技術と、現代において試みられている自然現象に影響を受けたメディアアートの分野に触れる。

第二章は、研究の背景を元に、関連する研究等について述べる。

まず、2.1章においてアンビエントインターフェースの概況を説明するとともに、メディアアート分野との関連性について説明する。また、それらが実践的に導入された施設を紹介し、本研究の位置づけと意義について述べる。

第三章は、研究の方法を説明する。

本論では、空間演出性と自然観測性を両立させることが出来るような、自然現象と連動する空間デバイスのプロトタイプの開発と評価を繰り返すことによって、研究方法と意義について説明する。また、本研究が利用した開発環境について3.2章に示す。

第四章は気象や風景と連動する装置について述べる。

4.1章では、気象や風景と連動する空間デバイスの構想を説明し、4.2章以降は製作した3つの装置の実装や評価、考察について論じていく。

第五章は、天体の運行と連動する装置について述べる。

5.1章では、天体の運行と連動する空間デバイスの構想を説明し、5.2章以降は製作した2つの装置の実装や評価、考察について論じていく。

第六章は研究のまとめである。

本研究では5つの自然現象と連動する空間デバイスのプロトタイプを開発し、それぞれについて評価と考察を行うことで、空間演出性と自然観測性を両立させる空間デバイスを実践的に示すことができたことをまとめている。

第一章 IT技術を活用した空間演出と自然観測

現代ではIT技術による照明や音響・ディスプレイなどを組み合わせた空間演出に立ち会う機会が増えた。タスク処理目的志向が強かったIT技術の活用は、近年では表現の分野に盛んに応用され始めた。空間演出においても例外でなく、これまでは太陽光や単純な照明装置などによって為されてきた光の表現などが、コンピュータと連動させることによって、時間を伴った自由な空間演出が可能になってきた。特にプラネタリウムはその最たるものであり、空間に人工的に星空を投影することで、従来は直接観測でしか関わり合えなかった星空の観察を、いつでも楽しめるエンターテイメントとして押し上げることに成功している。

しかしながら現代では、自然観測を一種のエンターテイメントとして取り扱う風潮が高まりを受け、逆説的に本物の自然現象に触れる機会の重要性が叫ばれるようになってきている。空間演出としての自然観測では、本当の自然現象と対峙したときに得られる体験の全体性としてのボリュームが不足しており、どうしても一義的な解釈に収束してしまいがちであると言える。

一方、自然観測にIT技術を活用することで、我々は新たな認識を得ることができるようになった。人工衛星による気象観測はもちろんのこと、地震観測や海洋観測といった大規模なものから、自動雲台やデジタルスチルカメラを接続した天体望遠鏡による高度な天体観測が個人ユーザによっても可能になってきた。また、WWW上には様々な研究機関の成果が公開されていて、我々が個人的に自然を観察する際の最良のリファレンスにもなってくれる。

以降では、このようにIT技術を用いることで、高度化する自然観測と空間演出の両面について概観し、後に説明する装置開発の構想の背景を説明する。

空間演出にIT技術が本格的に利用され始めたのは、CADによる2次元での空間設計支援であった。その後の電算機の高速度や高解像度ディスプレイの発達によって、現在では3次元の建築設計を包括的に処理することまで可能になった。

建築の設計段階においては、2次元情報としての平面図や断面図、立面図などによって形を定める作業があると共に、大まかな空間構成を把握するための縮小模型製作が主流であったが、アメリカの建築家であるフランク・O・ゲーリーは、航空機設計用CADと3次元スキャニングデバイスを活用することによって、従来の設計手法では為し得ない複雑な形状を持った空間表現を提案している（図1-1）。また、日本国内においても伊東豊雄建築設計事務所が設計したせんだいメディアテーク(2000年竣工)は、3次元CAD及び構造解析プログラムの支援があつてこそ成立する建築であった。



図1-1 フランク・O・ゲーリー設計 ビルバオ・グッゲンハイム美術館
http://www.guggenheim-bilbao.es/img/all/el_museo/foto_postal_08.jpg

このようにCADによる空間設計が高い評価を得、一般化している現代であるが、ひとたび建築が竣工してしまつては、空間のありようは既定の空間構成によってのみ成立してしまう。そこで近年では建築の外装（ファサード）等にコンピュータ制御された装置を付加することによって、空間に動きのある演出を加える試みがなされ始めている。日本では汐留電通本社ビルを設計したことで知られているフランスの建築家ジャン・ヌーヴェルは、1987年にアラブ世界研究所を設計し、そのファサードに任意の採光率を調整できるシャッターを導入し、空間演出にIT技術による表現を活用した事例として話題となった（図1-2）。また、2008年にベルリンを拠点にするクリエイティブスタジオ、White voidが製作した、Flare facade（図1-3）は、建築の表層（facade）パネルが動き、外部から内部に取り入れる太陽光の光の入射角をコンピュータによって制御することができる。

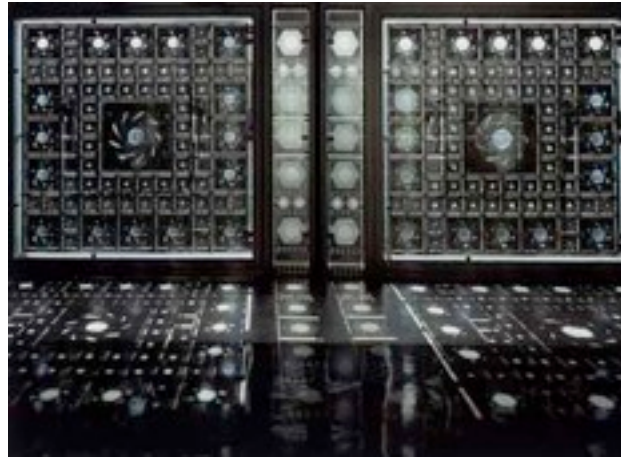


図1-2 ジャン・ヌーヴェル設計 アラブ世界研究所
<http://www.jeannouvel.fr/>

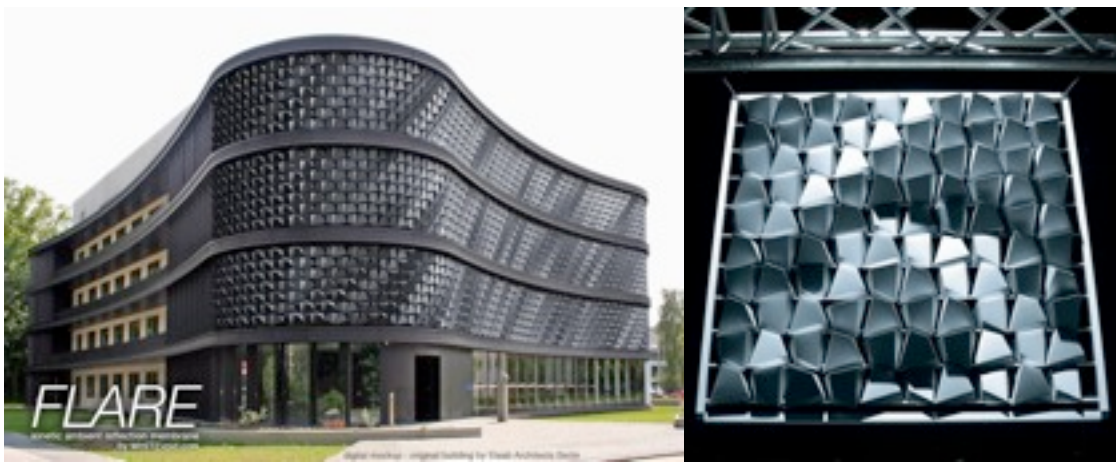


図1-3 Flare facade
<http://www.flare-facade.com/>

アラブ世界研究所以降、世界各地の建築でIT技術を活用した空間演出が盛んに探求される。特にエンターテインメントの分野、とりわけ非日常体験を演出するテーマパーク的な空間では、照明・音響・ディスプレイなどを複合的かつ時間軸でのストーリーを表現させるために、無くてはならない要素になっている。これまでは窓やドアといった物理的に固定された装置によってのみ空間の質を変化させてきた建築であったが、コンピュータとアクチュエータ（照明や動作機構）が実現する緻密に連動する空間表現が、時間を伴っての空間演出を成立させ始めている。

1.2 自然観測とIT技術

自然現象を人が認識しうるかたちを切り分けていく上で、観測装置の利用は欠かすことが出来ない。人は現象を見つめる過程に、様々なフィルターを介すことが出来る。ある時はそれは手のひらに乗るほどの装置であったり、または民衆を包囲する構造物であったりもするだろう。人の五感には距離や解像度に限界があるが、このような観測装置を通して自然環境を見通すことによって、我々は豊かな認識を手に入れてきた。

現代において自然観測の先端の地平を開いているのは、IT技術を活用した自然観測装置である。大気圏外から地平面を観測できる人工衛星はその最たるものと言え、その利用は地図の作成から気象観測、海洋観測や深宇宙観測まで幅広い。

とりわけ身近な観測装置と言えば、望遠鏡が挙げられる。望遠鏡は15世紀にオランダで開発され、天体の運行から暦を計算することに役立てられた。現代でも天体望遠鏡は天文観測を趣味とするユーザーによって利用され続けると共に、デジタルスチルカメラによる高感度撮影や自動雲台による高精度な天体の追跡が可能になっている。さらにWWW上では活発な情報交換が為されると共に、NASAなどの研究機関の研究成果開示などが共有されるなどしており、研究者だけに限らず一般の利用者にとっても、先端的な自然観測（天体観測）が出来る土壌が整っているのである。

また、IT技術が切り開いた新しい自然観測は、直接的な観測方法だけに留まらない。近年盛んになっているメディアアートの分野においては、自然現象からインスパイアされた作品が数多く見られるようになってきた。熱対流現象を取り上げた、慶應義塾大学 関根雅人のene-geometrix(図1-4)のように、自然現象をそのままの形で、高解像度に観測するのは対照的に、自然現象を参照したアルゴリズムや素材などをコンピュータによってコントロールすることによって、自然現象の一部として表出する表現に人々を注目させ、新鮮な感動を与えてくれる。

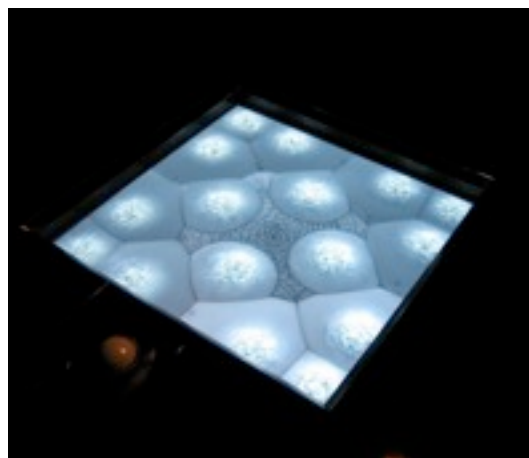


図1-4 ene-geometrix

<http://web.sfc.keio.ac.jp/~sekine/enegeo/>

このように、今や私たちの身の回りには自然観測を支援してくれる装置が多数出現しており、特にコンピュータを介した観測や、自然現象から影響を受けたメディアアートの表現に触れることによって、以前では得られなかった自然への認識が獲得できるようになっている。

第二章 関連研究

21世紀に入り、ネットワークによって紐づけられたコンテンツが膨大に生み出されてきた。さらに、従来のスクリーンメディアからより物理的なインターフェースの構築を目指し、タンジブルインターフェースなどの概念が打ち出されている。それらは我々を取り巻いている様々な家具や自然現象の姿をモチーフとし、コンピュータとのインターフェースを担い始めている。

また、そうした状況と同時に広く発表されているメディアアートについても関連研究として取り上げる。加えて、実際に施設や日常に浸透しつつあるインタラクティブな展示装置も取り上げる。

アンビエントインターフェースという厳密な定義は存在しないが、本論では注視を必要とするスクリーン上の情報提示やマウス・キーボードといった限定された情報入力手段とは違い、より空間の背景的に情報が提示されたり、人のアクティビティなどによって生まれる雰囲気的な情報入力手段をもつヒューマンコンピュータインターフェースを示している。以下に挙げる関連研究では、情報提示を装置そのものから、より空間演出的な表現に昇華させることで、近年言われているような情報過多な状況や、コンピュータとの短期的関わりからは得ることが出来ない体験に応えるものを挙げている。

アンビエントインターフェースの研究においては、こと自然現象をモチーフとしたインプット・アウトプットデバイスが製作されることが多い。本研究で最も関連性が高いのは、自然現象をメタファーとした、情報可視化の研究であると考えられる。

自然現象をメタファーにした、情報を提示するための研究

今日のグラフィックユーザインターフェース (Graphical User Interface:GUI) の基本概念は30年以上前に生まれたものである。GUIは情報をピクセルとしてスクリーン上に視覚化するものである。そして、GUIの次なる段階として石井らはTangible Bits[1]を提唱した。ここではTactility (感触) と Peripheral sense (気配) を基軸とした、Tangible User Interface(TUI) が説明された。我々の肉体が存在する建築空間そのものを、人間とサイバースペースとのインタフェースに変えていくという、新しい方向について、後のヒューマンコンピュータインターフェースデザインに大きな影響を残した。

石井らはさらに、情報提示を気配的に表出させるために、従来の照明器具などの形式を取った Ambient Displays[2]の提唱も行った。アンビエントディスプレイでは、あらかじめ特定の情報表示に限定し、さらに物理的空間の一定位置を占めるように配置することで、人間の周辺感覚を生かしながら情報の「気配」を感じられる装置として意図されている。本研究に最も問題意識が近いと思われるのは、Pinwheels(図2-1)であろう。



図 2-2 Pinwheels

Pinwheelsはもともと、「太陽風」を自分の研究室の空間で感じたいという夢からこのプロジェクトはスタートしたとされている。太陽から地球に降り注ぐイオン化した粒子の風である太陽風を、風車を回す風に見立てて表示しようというものであるが、実際は設置環境のローカル・エリア・ネットワークのトラフィックにより、Pinwheelsの回転が制御されていた。他にも、従来の照明装置のカテゴリーを参照した情報提示装置Water Lampなども考案され、以後、ヒューマンコンピュータインターフェースデザインと、プロダクトデザインの領域融合が進む形になった。

さらに、Tangible Bits, Ambient Displayを学んだ学生たちは、アンビエントな情報提示を可能にする装置を実践的に開発・販売するAmbient Device社を起業した。そのコンセプトとして、図2-3のダイアグラムを提示している。

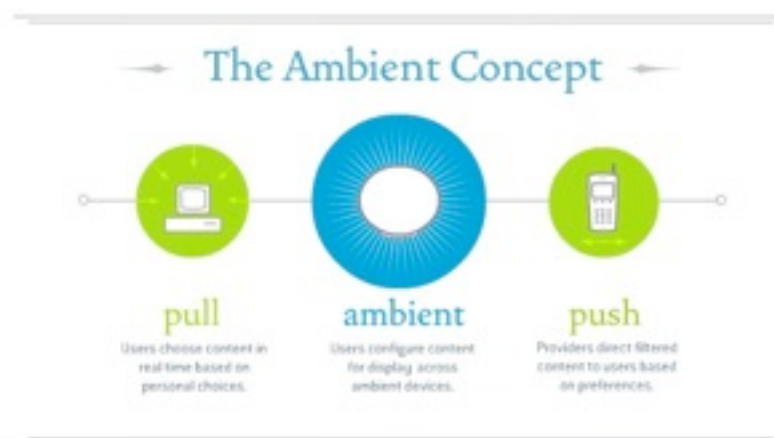


図 2-3 Ambient Device社のコンセプトダイアグラム
<http://ambientdevices.com/cat/philosophy.html>

図2-3中、左の”pull”は、従来のデスクトップコンピューターなどを示していて、それはTime consuming interactionであるとともに、必要に応じてユーザが外部からの情報を引き出すための道具であることを示す。また、右の”push”は、Interruptive and Intrusiveなデバイスであり、予めユーザが設定した項目に応じて、自動的に外部から情報が送信されてくることを表している。そして、その中央に位置するのがAmbient Deviceに相当している。彼らは、小さな照明装置の色の変化によってその日の天気を知らせる装置 Ambient Orb(図2-4)を販売した。これ以降、空間演出とヒューマンコンピュータインターフェースデザインを滑らかに接続される試みが盛んに行われるようになる。



図 2-4 Ambient Orb

<http://www.ambientdevices.com/cat/orb/orborder.html>

また、1995年に発表されたCalm Technology[3]では、コンピューティングの発展の中で"Encalming (心を落ち着かせる)"こと、そして私たちの注意と周辺の双方に人を引きつけることによって、近年いわれている情報過多を軽減する技術を表現することについて、論考がなされている。

さらに、Tangible BitsやCalm Technologyの文脈を引き受ける形で提唱されたSlow Technology[4]は、また、Reflective technology (内省・自省を生み出す)、Time technology (時間の経過の存在を生み出す)、Amplified environments (ユーザの周辺にある状況を増幅する)の3項目を掲げ、コンピュータと人との間の、時間のデザインの方法について論考がなされている。ここでは従来まで試みられてきたHCIは"Fast"であり、操作に没頭させる関係性がデザインの中心となっていることを指摘したうえで、Slow technologyとは"Slow"な、自己の内部の時間(内省や自省を促す)との関係性をデザインできると説明している。この思想において作られたUIは、使い方を理解させるのに時間がかかるようにデザインすることができるとし、それによってユーザは自分自身の生み出している時間に気づき、自分を見つめ直すことを促せるようなインタラクションを生み出せるしている。

すなわち、HCIから分化したこれらの研究は、コンピュータと人の関係性を、状況や空間との関係性の枠に落とし込むことによって、情報の可視化のみならず、それを使うユーザの心象との関わり合いをを築ける可能性を提示してきた。

一方、風などの自然現象を情報提示手段として活用する研究として、風覚ディスプレイ[5]がある。これは仮想現実感の拡張を目指す手法のひとつとして、三次元没入型風覚ディスプレイが製作されている。他にも、「風モデル」という具体的な風をシミュレーションしてコミュニケーションメディアとして実装している、風のたより[6]や、情報提示のための要素技術の研究として、熱対流によって現れる流体の繊細でダイナミックなテクスチャ表現を実現した、ene-geomatrix[7]がある。



図 2-5 ene-geometrix

<http://web.sfc.keio.ac.jp/~sekine/enegeo/>

これらの研究から、従来はディスプレイによってピクセルとして表示されてきた情報提示手法が、近年ではより背景的かつ長期的な情報提示手段へと目的を変化させながら、空間演出の一部として表出させることで、ヒューマンコンピュータインターフェースデザインにおいて新たなデザインドメインが生まれていること説明できるだろう。

自然の情報を可視化するための研究

(1)では、Tangible Bits以降盛んになったヒューマンコンピュータインターフェースデザインについて概観してきた。ここでは、近年盛んになっている、コンピュータを活用した環境芸術分野における関連研究を説明する。この中でも本研究で関連性が高いものは、自然環境や自然現象の認識を新たに提示してくれるような、言わば自然観測行為をデザインしたと言える作品群であろう。

1997年に、Sensoriumは、製作のテーマとして「世界の感じ方」を組みかえることを提唱している。そのための方法として、BeWare01:satellite[8] (図2-3)では気象衛星からの地球一周分の最新データを、インターネットを通じて入手し、実際に衛星が飛んでいる速度に合わせて、地表の画像を投影すると同時に、赤外線画像から生成した温度データをプレート下面のペルチエ素子に与え、手のひらを通じて世界の温度を感じさせる作品などを製作している。

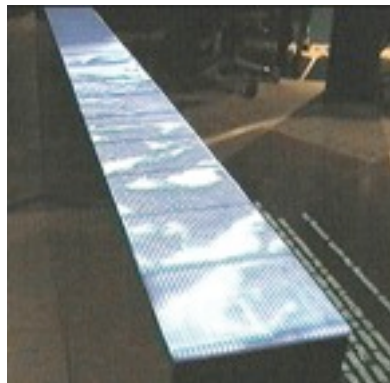


図 2-6 BeWare01:satellite

<http://www.sensorium.org/beware01/images/bewarephoto2.gif>

また、平川紀道による a plaything for the great observers at rest[9](図 2-5)は、地球の自転、公転、さらに公転軸を操作し、宇宙の中心を置き換えることができるインターフェイスを操作することで、地動説と天動説によって説かれてきた天体の運行に関して、体験的な理解を提供してくれるものである。

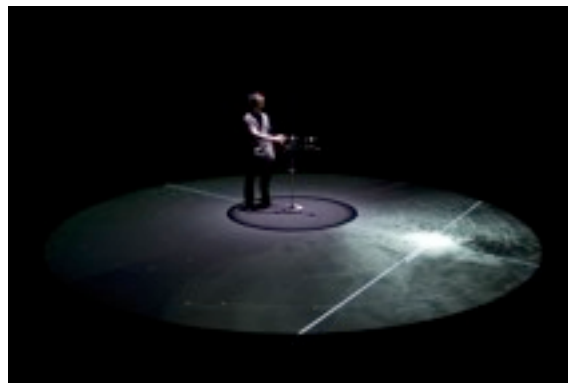


図 2-7 a plaything for the great observers at rest

<http://counteraktiv.com/wrk/ap/img/10.jpg>

また、パブリックアート・環境彫刻とコンピューティングを融合させた作品を制作しているメディアアートユニット、tEntによる環境芸術インスタレーション、Catch the White Breath[10](図 2-6)は、北国の雪原で吹雪を捕獲する観測装置として制作されている。風を感知して段階的に発光する機能が内蔵された蛍光管が、吹雪の方向に応じて「光るコンパス」を構成し、雪原に新たな風景を生み出すものである。



図 2-8 Catch the White Breath

<http://www.tent-info.com/photo/03MP/070209174242.jpg>

2.3 実践事例

ここまでは本研究に関連する研究を説明してきたが、今日では実体験を通して得られる学びを目的とした、インタラクティブな展示を擁する施設が出現してきた。これらは本論が表題するような、空間演出を通じて、実際の自然現象を体感的に理解することを支援するために展示されている。実践事例の概況を取り上げることによって、本論の問題意識が実社会に潜在していることを説明したい。

東京都江東区有明にあるリスーピア¹は、子供が理科や数学（算数）の持つ魅力に触れ、興味を抱くきっかけづくりの場を提供することを目的とした、体感型デジタルネットワークミュージアムである。ここにはコンピュータを活用したインタラクティブな展示多数設置されている。例えば、ウォーターフライト（図 2-7）は、「なぜ雨が降るのか」の問いに対して、足下のセンサーによって画面中の水蒸気を操作することで、雲ができ、雨として地上に落ちるまでのシークエンスを、身体を使って体感的に理解させる展示が行われている。

¹ 東京都江東区有明、松下電器の総合情報発信拠点パナソニックセンター東京内



図 2-9 ウォーターフライト

http://risupia.panasonic.co.jp/risupia/F3/img/libraryImg03_015.jpg

同じく東京都江東区には、科学の交流をコンセプトとした日本科学未来館²がある。ここには最新の科学技術の紹介を目的に、リスーピア同様に体感的な理解を促すことを支援するインタラクティブな展示が多数設置されている。来訪者は空間演出的に描かれた現在の地球の姿や科学技術に触れることができる。

関連研究のまとめとして

第一章においては、アラブ世界研究所などを例として、空間演出にIT技術が活用されつつあること、そしてまた、IT技術によって新しく開かれつつある自然観測を概観した。

それを受けて本章では、HCIデザインに焦点を当て、関連研究としてアンビエントインターフェースを取り上げた。なかでもSlow Technologyでは、コンピュータと人の関係性を状況や空間との関係性の枠に落とし込むことによって、情報の可視化のみならず、それを使うユーザの心象との関わり合いについての可能性を説明した。さらに、Ambient Device社の試みなどから、空間演出的な情報提示手段がHCIデザインの新たなデザインドメインを創出している状況を確認した。また、IT技術の応用分野といえるメディアアートでは、自然環境や自然現象の認識を新たに提示してくれるような、自然観測行為をデザインした作品群を説明した。そして、インタラクティブ展示を擁するリスーピアなどにおいて、IT技術を用いた自然現象をテーマとする空間演出を通して学びを得る機会が増加していると述べた。

以上のことから、空間演出や自然観測にIT技術が大きく貢献し始めたこと、そしてIT技術（HCIデザイン）に空間演出性と自然観測性を加味していくことで見いだせる、新たなデザインの広がりについて確認することができた。

次章では、自然現象と連動する空間デバイスについて、これらの様相を説明するダイアグラムを提示しながら、本研究の位置づけや意義について詳細に説明する。

² 東京都江東区青海、「国際研究交流大学村」内

第三章 開発の構想

第一章においては、空間演出、自然観測の双方の分野に活用されているIT技術について触れ、第二章ではそれに関連する研究や事例について述べてきた。アンビエントインターフェース、メディアアート、実践事例のいずれにおいても、空間演出と、自然現象の表現や観察が重要視されている。

そのような概況を引き受け、第三章では空間演出性と自然観測性を両立させることができる、自然現象と連動する空間デバイスを提案する。3.1章では自然現象を演出の参照元とした、IT技術を活用した空間演出のダイアグラムを示した上で、空間演出性と自然観測性の乖離を説明する。その上で本論が提案する自然現象と連動する空間デバイスのダイアグラムを示し、開発の目的である空間演出性と自然観測性を両立させる、自然現象と連動する空間デバイスを提案する。それを満足させるような装置を実践的に開発、評価、考察を重ねることを通して、本論の主張を明示していく。

さらに3.2章では、実際の開発で利用可能なセンサーやアクチュエータなどの開発環境について概観し、どのような技術を用いて開発を構想するのかを説明する。

1) IT技術を活用した空間演出のダイアグラム

まず、関連研究に挙げたものを参考に、演出の参照元を自然現象に限定した、以下のようなIT技術を活用した空間演出のダイアグラムを描いた（図3-1）。

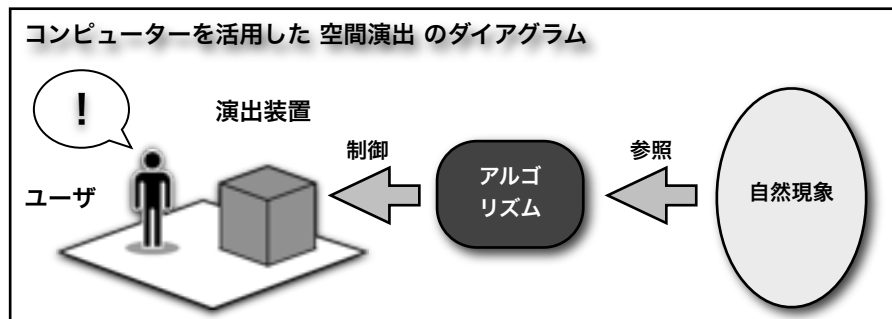


図3-1 IT技術を活用した空間演出のダイアグラム

このダイアグラムでは、演出の参照元としての自然現象と、その表現を行う空間演出の間に、アルゴリズムが介在している。IT技術を活用する上で、アルゴリズムの実装は欠かすことができない。ここで言うアルゴリズムとは、自然現象の一部を計算可能な形に落とし込み、コンピュータが処理可能な数式または動作パターンを指す。例えば、デパートやホテルのロビーで、日の出から夕焼けまでの空の色を模倣した空間演出が為されることがあるが、その場合の照明調光プログラムに値する。

このようなダイアグラムのもと、空間のデザイナーは自然現象に由来する演出効果をユーザに体感させるために、何らかの形で自然現象を切り取り、アルゴリズムに落とし込むことでデザインを行っている。ところが、ユーザにとっては空間に演出された構図こそが体験の全てであって、その由来となる自然現象そのものを全体的に認知することは難しい。デザイナーにとっては夕焼けの空を演出したつもりであっても、ユーザにとっては単なる照明の調光結果であり、「ああ、夕焼けの色に天井が照らし出されている」以上の理解をもたらすこと難しい。

2) IT技術を活用した自然観測のダイアグラム

また、図3-2には、IT技術を活用した自然観測のダイアグラムを描いた。一般に言う観測行為とは、主に自然環境を観察する行為を通して、観測者が自然環境に潜むアルゴリズムを見いだすことで、全体性としての自然環境から部分としての自然現象を切り分けることによって成立する。すなわち、観測行為とは自然現象に潜むアルゴリズムの理解を目的とするものだと言える。

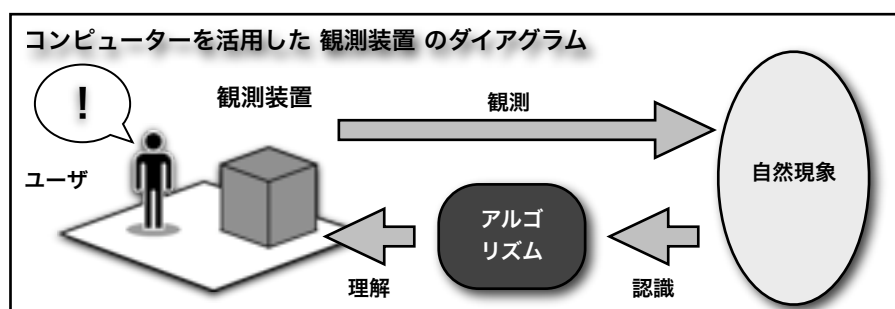


図3-2 IT技術を活用した自然観測のダイアグラム

3) 自然現象と連動する空間デバイス

一方、本研究では、空間演出装置としての機能を持ちながら、外部の現象への観測行為を促せるような

装置を構想する。この関係性は、とりわけ伝統的な日本建築が果たしてきた役割に習うところが大きいと考えている。建築は外部環境と内部環境を取り持つ装置であると見ることが出来る。その関係性の中では、壁や屋根は外部と内部を隔てるための部位である一方で、窓や襖といった、外部環境と繋がりをもたらす部位も多数存在している。特に伝統的な日本建築は、西洋的な「自然と人間の住まう領域を区分けする」思想とは根本的に異なり、「自然との関わりに精神性を見いだす」傾向が強く、開け閉め可能だったり、可搬性が考慮された家具などで構成されてきた。このように、本論では装置が置かれる環境と、装置によって促される外部環境で起こっている現象、これらを媒介できるような装置開発を行いたいと考えている。そこで、(1) IT技術を活用した空間演出 と (2) IT技術を活用した自然観測から導けたダイアグラムを元に、本研究の構想を図示した(図3-3)。

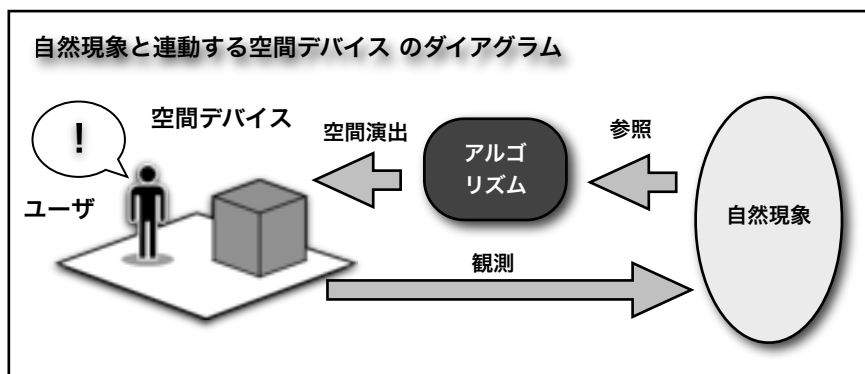


図3-3 自然現象と連動する空間デバイスのダイアグラム

ここでは、対象とする自然現象を計算可能な形として、アルゴリズムに落とし込み、それを参照して装置を動作させ空間の演出を行いながらも、外部環境で起こっている現象への興味が沸くような構成を取ることによって、参照元となっている自然現象を、ユーザが観察することを促せるような全体像を描いている。

3) 本研究の目的と位置づけについて

図3-1から図3-3のダイアグラムを提示し、自然現象と連動する空間デバイスの思考の枠組みを概観した。以降ではさらに詳細に各項目を説明し、本研究の位置づけと目的を定める。

空間演出：まず、図3-1に、IT技術を活用した空間演出のダイアグラムを提示し、特に自然現象を参照する空間演出の方法を確認した。IT技術によって表現される自然現象をモチーフとした空間演出（人工照明による夕焼けの演出など）は、物質的力強さが際だつ建築空間との対比によって、人を惹き付ける効果を生んでいる。しかし、関連研究に挙げたような学びを目的としたインタラクティブな空間展示を除いて、一般に試みられてきた自然現象を参照した空間演出においては、その参照元である自然現象への興味を促すことは考慮されてこなかった。一方で、IT技術を活用した空間演出によって、学びの機会を提供しているリスーピアや日本科学未来館などの展示空間は、学びの対象とする自然現象などへの理解を促進させてはいるものの、展示という特性上、空間演出との関わりが没頭的なものになりやすいと思われる。

HCI：一方で、Slow Technology[4]では、「Reflective technology（内省・自省を生み出す）」「Time technology（時間の経過の存在を生み出す）」「Amplified environments（ユーザの周辺にある状況を増幅する）」の3項目を掲げ、従来まで試みられてきたHCIは”Fast”であり、操作に没頭させる関係性がデザインの中心となっていることを指摘したうえで（この指摘は、前項のIT技術を活用した空間演出にも当てはまる），“Slow”な、自己の内部の時間（内省や自省を促す）との関係性をデザインの重要性を示している。「Reflective technology（内省・自省を生み出す）」「Time

technology (時間の経過の存在を生み出す)」「Amplified environments (ユーザの周辺にある状況を増幅する)」の3つは、これまで HCIの領域では考慮されてこなかったものの、これらの特性はもともと建築や芸術の領域において重要視されてきたものであった。すなわち、関連研究で説明したHCIデザインを、IT技術を活用した空間演出に対応させることによって、現在の没頭的な状況から引きはがすことができ、惹いてはユーザの内省的な体験も考慮した空間演出が可能になるのではないだろうか。

自然観測とメディアアート：図3-2にはIT技術を活用した自然観測のダイアグラムを提示し、自然観測におけるアルゴリズムの理解の重要性に着目した。観測者が自然を観測し理解する過程においては、自然環境に潜むアルゴリズムに着目することで理解が促進されていることを説明した。これを逆行的に表現しているのが、関連研究に挙げたメディアアートであり、製作者らは自然環境からアルゴリズムとして自然現象の一部を切り出し、コンピュータによって操作可能とすることによって、作品の表現を成立させることを行っている。とりわけ関連研究に挙げた3つの作品は、ユーザとの没頭的な関係を回避させて、空間演出としてその表現が成立しているものを取り上げた。これら作品を通してユーザがその過程を逆流していくことによって、表現の源流である現象を感じることができる。これらのメディアアートでは、潜在的に空間演出性と自然観測性を両立することに成功していると言えるだろう。しかし、メディアアートは芸術作品として説明されることが多く、「空間演出性と自然観測性を両立させた」という観点から説明されることは試みられてこなかった。しかしながら、ここまでで論じた空間演出とHCI、そして自然観測の3つの観点に切り分けて論じていくことによって、それぞれの領域に関する有用な知見を得ることができると考えられる。

研究の目的： 以上の説明から、本研究では空間演出性と自然観測性を両立できる装置として、自然現象と連動する空間デバイスを実践的に開発、評価することによって得られる知見をもとに、空間演出HCI,自然観測の3つの領域を横断的にデザインできる可能性を明らかにしていくことを目的とする。

研究の位置づけ：第二章で挙げた関連研究をもとに、それぞれの問題意識と近接する領域としての空間演出、HCIの領域のほか、メディアアートを自然観測と環境芸術の領域に切り分けることで、それぞれの領域と関連研究の中心に、本研究を位置づけることが可能になると思われる（図3-4）。

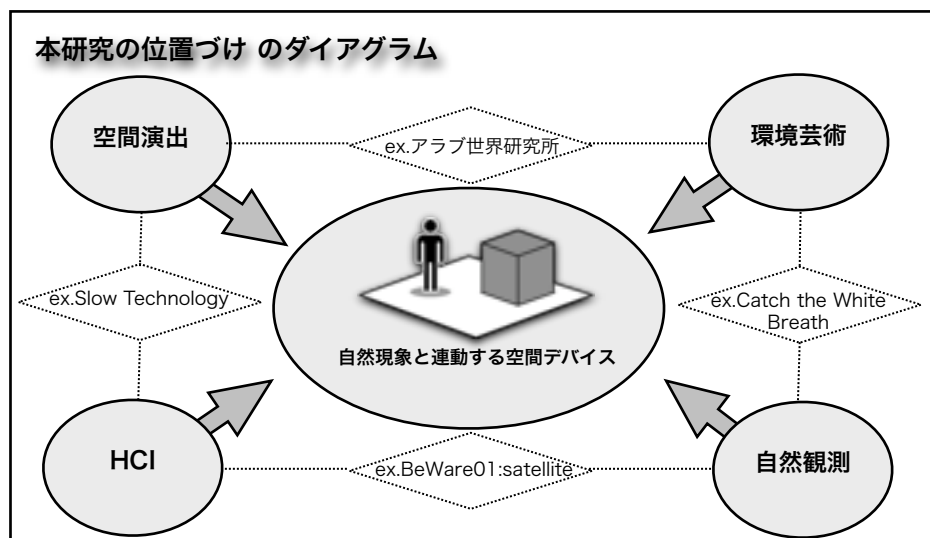


図3-4 本研究の位置づけのダイアグラム

以降ではこれらの議論を踏まえ、実際の開発に利用する開発環境について説明する。

今日においては、表現の手段としてIT技術を活用することが大幅に増加した。なかでも、入力装置としてのセンサー、出力装置としてのアクチュエータを利用する上で、オープンソースソフトウェアやハードウェアを活用すれば、電子工学的知識をほとんど必要とせずに、動くものを作ることが可能になっている。

本研究もその開発環境を積極的に活用し、装置製作の殆どをオープンソースソフトウェア・ハードウェアによって実装した。以下には本研究で用いたオープンソースソフトウェア・ハードウェアについて説明する。

1) Processing

Processing (プロセッシング) は, Casey Reas と Benjamin Fry によるオープンソースプロジェクトである(<http://www.processing.org/>)。メディアアートとビジュアルデザインの開発を支援することを目的とした, Java言語をベースとした統合開発環境である。

本研究がProcessingを開発環境として選んだ理由としては, 豊富な機能ライブラリーが存在していることが大きい。本研究で利用している様々なアクチュエータや, ネットワークとの連動を考えた場合, その通信や制御のためのインターフェースを製作することは大変に労力を要する。しかしながら, Processingに提供されている豊富なライブラリーを活用することによって, そのような手間を大幅に削減することができた。また, すでにメディアアートやビジュアルデザインの分野の入門用開発環境として普及しており, 世界中でProcessingを用いた製作物がウェブ上にて閲覧可能な形で公開されていることも重要である。

2) Arduino

Arduinoとは, ポート入出力とAVRマイコンなどが搭載された基板と, ProcessingやWiring言語に近い開発環境を備えたシステムである。Arduinoは装置のみで動作させるスタンドアロン型の作品製作に加えて, ホストコンピュータ上のソフトウェア (Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider等) からシリアル通信などによって制御可能である。このデバイスは, 開発環境であるアプリケーションArduino上でプログラミングとコンパイル, 内蔵マイコンまでの転送が可能である。開発環境としてのArduinoはオープンソフトウェアであると共に, デバイスとしてのArduinoのハードウェアもオープンソース化されている。

Processing同様, 本研究の開発はArduinoの開発簡便性と, 豊富な拡張ライブラリーによるところが大きい。開発においては, これら2つの開発環境をMacOSX 10.5上で動作させている。

本研究の研究方法は以下の通りである。

1) 構想

自然現象と連動する空間デバイスについて、その開発の構想を行う。本論では気象、風景、天体の3つに着目し、それぞれの現象を参照するアルゴリズムを実装した空間演出装置を介して、場に表出させる。その上で、ユーザに参照元である自然現象への観測行為を促すものを構想する。

2) 開発

構想をもとに、ソフトウェア（アプリケーション）とハードウェアの製作を行う。また、本製作に移る前段階に製作した、効果検証のためのプロトタイプについても説明する。

3) 評価

装置の開発後、展示などを通して評価を行う。ここでは、主にユーザとのディスカッションから、装置に関するコメントと、操作中のユーザの行動の2点について、評価の対象とした。

3) 考察

ユーザのコメントと、行動から得られた評価をもとに考察を行う。ここでは、本論のテーマである、自然現象と連動する空間デバイスによる空間演出性と自然観測性の両立について論じる。

今回は全部で5つの装置を構想しているが、自然現象と連動する空間デバイスの開発から、考察までを実践的に反復していくことで、研究を構成している。

第四章 気象や風景と連動する装置

これまでの章では、ヒューマンコンピュータインターフェースの開発に、自然界に存在する多様な現象からヒントを得る機会が増加しつつあることを述べた。それは、先端的な技術の応用を探る上で、人にとって最も身近な現象を再解釈させ、新たな環境との関わりを生み出そうという、歴史的に試みられてきた先端的な技術の応用動向に一致するものである。

本研究での開発物は、バックグラウンドで動作する情報提示装置であると共に、気象や風景と連動させることによって、現象そのものに対する広い意味での「観察行為」を促すことを目的とした空間演出を行える装置である。

まず、「夕焼け」を表現できる照明装置の開発を行った。そこから得られた知見を元に、気象を含めた風景を表現できる装置、そして装置を活用しての空間のデザインへと開発を遷移させていった。

4.1では、気象や風景と連動する空間デバイスをどのようにデザインできるかについて説明する。

4.2-4.5では、4つの装置「Sky Color Sphere」「re-Phenomenal Device」「Landscape Processing」「Solar Reflection Device」についてそれぞれ、実装、評価、考察を述べる。

観察行為と装置

古来から人は、様々な装置を活用することによって、複雑系としての自然現象の一部を切り出し、観察することを可能にしてきた。自らの身体のみで観察すること以上に、それを支援してくれる道具を利用することで、観察対象を増幅させたり縮小させ、見えてこなかった現象を発見することが出来る。

最も身近な観察の道具としては、望遠鏡が挙げられるだろう。遠くのを引き寄せ、拡大してくれるこの道具を使うことで、見えてこなかった遠方の風景を観察することが出来、その最たるものとして天体観測のための天体望遠鏡がある。肉眼では捉えにくい月のクレーターも、天体望遠鏡を使うことでその肌理の荒々しさまでくっきりと観察することが出来る。

IT技術が普及するにつれ、我々はただ観察するだけでなく、複雑な解析過程を通した観測結果を閲覧することも可能になってきた。しかしそれが一般の目に触れる機会が増加するにつれ、実際に目にしている現象との乖離が広がり、どこかリアリティに欠けた感覚が増えつつあることも懸念され始めている。高度な観察手法が、逆説的に観察対象との距離を広げつつある。

そこで、本研究では身近な現象である気象や風景を対象とし、そこで起きている現象と連動した表現を行う装置を開発することによって、実際に起きている自然現象への認識を深めることを促したいと考えている。実際に起きている本物の現象と、装置が表現する抽象的な現象を相互参照可能な状態に置き、その差異をユーザに思考させることが、本装置開発の目的となる。

4.2 Sky Color Sphereの開発

1) Sky Color Sphereの概要～インタラクティブな照明装置

Sky Color Sphereとは、上下動作を行うことでインタラクティブに調光可能な空間デバイスである。本装置は太陽光が大気によって減衰され、色調が変化する自然現象～夕焼けをモチーフとし、「レイリー散乱」の式によって計算された光の減衰過程の色情報を、赤、青、緑それぞれ8ビット（それぞれ255段階）の情報としてマイコン内部に格納している。さらに、球体の内部に取り付けたフルカラーLEDをPWM駆動によって調光し、同時に距離センサーを用いて球体の高さ位置を検出している。この装置の上下動作を介して、夕焼けの色として調光可能にしている。

また、本装置の制作後、tEntの久原真人氏に評価をいただくことが出来た。以降ではSky Color Sphereの実装、評価、考察を行っていく。

2) 開発のダイアグラム

本装置は、夕焼けの色の遷移をレイリー散乱式から赤・緑・青の色情報を取り出し、装置の上下動作を検出した結果をもとに、フルカラーLEDによる発光色制御によって表現させる。そのダイアグラムを以下に示す（図4-1）。

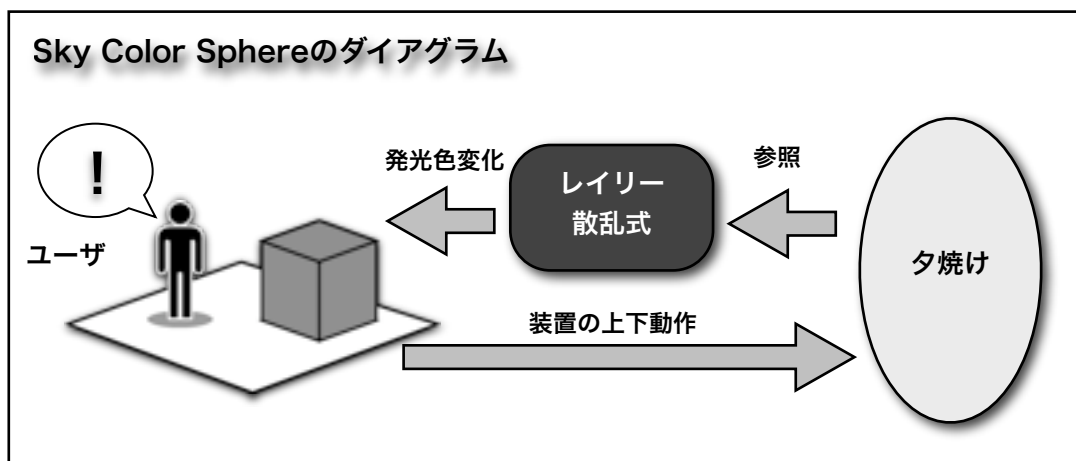


図 4-1 開発のダイアグラム

3) Sky Color Sphereの関連研究

LEDとセンサーを組み合わせた照明装置として、武藤努の「Optical TLite」がある(図4-2)。また、その解説を一部引用する。



図 4-2 Optical Tone (<http://mutoh.imrf.or.jp/opticaltone/description.html>)

造形分野における色彩理論と色彩工学手法を参考に、独自色彩制御アルゴリズムを開発しRGB出力を明度・色相・彩度の心理量軸により扱えるようにしています。このアルゴリズムを利用することでLEDによる色彩光出力を光源色と光源の位置を心理量軸により関連づけ直感的かつ動的な色彩制御を可能としています。また造形分野での色彩構成手法にこのアルゴリズムを取り入れ物体色である壁面の色彩を構成し、光源色・光源の位置の変化に伴う色彩の恒常性を効果的に見せる色彩構成を実現しています。さらに、センシング技術と動的な色彩制御を組み合わせることで直感的に色彩操作できる起き上がり小法師型のインターフェースを開発し、揺らぐような光源変化を実現しています。

武藤は、視覚造形分野での光の変化に伴う色彩の認知・知覚の問題を発光装置によって取り扱っているが、アルゴリズムによる発光色の制御という点においては、本研究の意図するところと相似するところがある。一方で、本研究では発光色制御の根拠としてレイリー散乱の式を参照しているところで相違がある。

また、インタラクティブな照明装置という分野を見通せば、Surroundingsの「Tabby」も関連研究にある(図 4-3)。その解説も引用したい。



図 4-3 Tabby (<http://surroundings.sfc.keio.ac.jp/web/tabby.html>)

Tabbyはネコ科の動物を思わせる長い毛に包まれたフロアーランプ。呼吸をしているかのように膨らんだり、しぼんだりする。近くで人の声があるとおきだし、撫でられるといっぱい膨らむ。周囲が静かになると、だんだん動きがゆっくりとなり、やがてまた眠り込む。

Tabbyはインタラクティブ性を有したフロアーランプとしての利用形態を主としている。このような関連研究から、センサーとアクチュエータを複合させた照明装置、というデザインドメインが創出されている現状を見通すことが出来るだろう。

4.2.1 Sky Color Sphereの実装

1) 表現効果の検証

実際の装置の製作を前に、ソフトウェア上で表現効果の検証を行った。Processing上でウェブカメラと連携させた、背景差分法を用いて簡単なコンテンツを制作する。背景のみが写っている状態を画像として記録し、その後に画面内に写った背景に含まれない部分に、夕焼けのグラデーションを模したJPG画像を黒くマスクさせ表示させている。(図 4-4)



図 4-4 Processingによる表現効果の検証

球体の上下動作によって可能となる、夕焼け色の調光の表現効果について大まかな検証を行えた。この時点では白い風船をスクリーンに見立て、プロジェクターを直接照射することで目的にかなう表現を狙っていたものの、光量の不足や照射方向の調整に難があることが判明した。しかし、上下動作によって調光できる、直感的操作感覚に関しては有用性が高いと感じたため、実際の製作に移ることができた。

2) ソフトウェアの製作

我々が見ることが出来る夕焼けとは、太陽光が大気を通過するときに、もともと白色である太陽光が、青い光の成分が地球の大気中に含まれる微細な粒子によって散乱されることで赤い色に見える現象である。その現象は、レイリー散乱と呼ばれ、計算によって赤、緑、青の3つの色情報として取り出すことが出来る。しかし、人の視覚認知特性上、これを直線的にLEDの光として表現しても滑らかな色遷移として認知させることが出来ない。そこで、レイリー散乱の計算によって導いた幾つかの色情報をもとに、対数関数的に色遷移を調整した色テーブルを設定した。(図4-5)

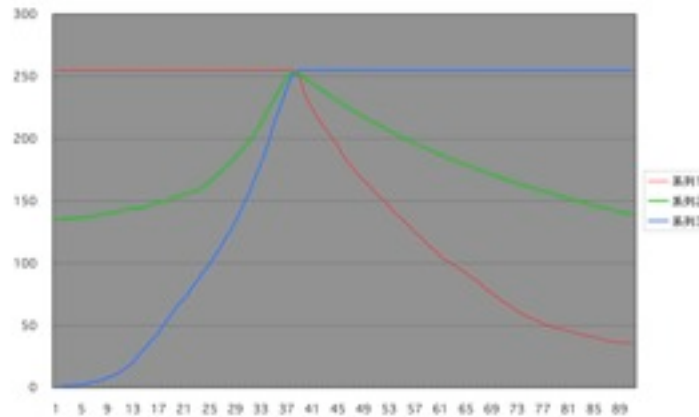


図4-5 対数関数的に調整した色遷移テーブル

本装置では上下位置を検出するための距離センサとしてシャープ社 GP2D12を採用する。このセンサは10cmから80cmが有効測定距離とされており、そこから出力される電圧は対数的に変化する。そこで、あらかじめ用意しておいたRGB各色の色遷移と、センサが読み取れる距離を対応させた(図4-6)。このグラフを元にPIC16F88マイコンからRGB各色分のPWMパルスを発生させ、上下させた位置と発

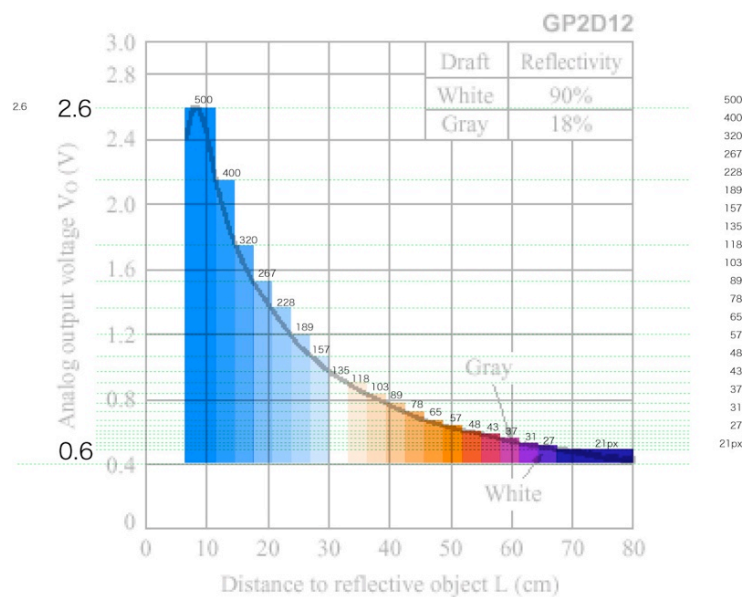


図4-6 距離センサーに対応させた色遷移

光色が連動させるためのソフトウェアを製作できた。

3) ハードウェアの製作

アクチュエータとして日亜フルカラーLEDを5個用いている（図4-7）。



図4-7 発光部位

これらはトランジスタを介してPICマイコンに接続され、9V角形電池によって駆動されている。これら
を収めるボックスも合わせて製作した（図4-8）。



図4-8 回路部分

発光部分のシェードとして白色のラテックス風船（最大直径40cm）を使っている。重量や安全性を加味した場合、市販のガラスやプラスチックのシェードでは不足していたこと、空気量によってサイズと光の拡散性が自由に調整できることから風船を利用している。また、上下させたとき場合に任意の位置で静止できるように、市販の伸縮USBケーブルを流用し、収縮する張力とLED部分の重りが均衡するように調整した。これらを9V角形電池で駆動させる。全体はプラスチックで被覆された針金のフックで吊り下げられ、どこにでも取り付けられるようにしている（図4-9）。



図4-9 装置全体図

4.2.2 Sky Color Sphereの評価

1) 設置

屋内に設置した。本装置が設置された状態は以下のようなになる(図4-10)。

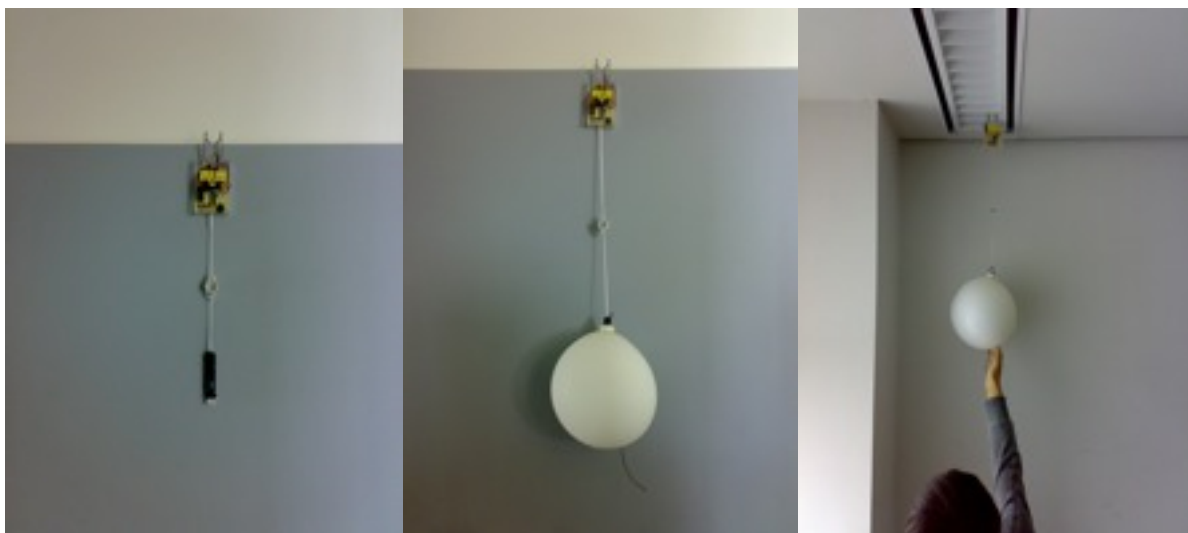


図4-10 装置の設置

また、発光強度が弱く写真で記録することが難しかったため、イメージを以下に示す(図4.2.11)。



図4-11 発光のイメージ

設置後、研究室内のメンバーと簡単な内部評価を行ったところ、以下のような問題点が指摘された。

第四章 気象や風景と連動する装置

- ・ 設置場所の明暗を問わず、現状のフルカラーLEDでは発光強度が不足している
- ・ フック形状を工夫しないと、取り付け場所が大きく制限される。

これらは開発においての物理的な問題であるため、それぞれをブラッシュアップすることにより解決は可能に思われた。より強力なLEDの利用やフック形状の工夫により、十分な改善が可能に思われる。

一方、本装置の利用を通して、以下のような意見も出た。

- ・ 好きな色を探すのが楽しい
- ・ 自分が見た過去の夕焼けを、手探りで思い出せることが出来るかもしれない
- ・ 上下動作にリニアに反応する調光は、触っていて気持ちが良い
- ・ 部屋中に複数設置された状態を見てみたい

本装置が設置されたときは、残念ながら本物の夕焼けを参照しながらの利用は出来なかった。しかしながら、それを補っての「自分の心象に潜む、過去の夕焼け体験」の想起が起こったことは重要な評価だと感じている。

また、本評価後、Sky Color Sphereを空間に複数設置したイメージを製作した（図4-12）。



図4-12 複数設置のイメージ

今回はメディア芸術財団所属の久原真人氏に評価をいただく機会を得た。2007年7月19日に国際メディア研究財団産学連携工房内において、17時～18時までの1時間にわたるディスカッションを行った。ここでは装置自体の評価と共に、内部評価段階で製作した図4.2.12の複数設置したイメージを元に、本装置の位置づけや展望を中心に議論することができた。以下、そこで得られた議論を抽出したものを示す。

- ・張力と重力によって均衡している操作感覚は、さらにデザインする余地がある
- ・照明装置として位置づけるのか、まったく別の装置として位置づけるのでは異なる

注目すべきは後者の評価であると感じている。関連研究にあげたSurroundingsのTabbyは、フロアランプと言い切ることによって、日常の空間における立ち位置を表現している一方、武藤のOptical Toneは色体験を提案する、空間を含めた特別な装置としての立ち位置がある。しかしながら本装置では照明装置としての日常での利用を想定する一方で、夕焼けの色と連動するという意味では独自の色体験を空間に表現したいという思いもあり、両者の立ち位置の相違はユーザに混乱を招きやすい。本装置では双方の立ち位置を曖昧にしたまま製作が進んでしまったため、ひいてはその操作感覚をどのように与えるかという点についても曖昧な状態になってしまっていたようだ。

4.2.3 Sky Color Sphereの考察

1) 自然現象と連動することによる、過去の体験の想起

内部評価段階で得られた評価に、自分が見た過去の夕焼けを、手探りで思い出せることが出来るかもしれないという意見があった。本装置は夕焼けの色遷移を表現し、実際の夕焼けとの比較を通して観察行為を促すことを想定していたが、それ以外にも、自身が体験したことのある過去の夕焼け体験を振り返ることが出来る、という側面も有していることが分かった。

本装置は夕焼けの色遷移を上下動作によって表出させるだけの装置ではあるが、「これは夕焼けを表現している」とユーザに伝えることで、ユーザ自身が実際の夕焼けを体験した過去の経験を参照する行為を促し、同時にその時の体験を想起させる効果もある。これは、普遍的な現象であり誰にでも経験がある「夕焼け」を取り上げていることが、普遍的ではありつつも過去の特定の時間、特定の場所で体験した自己の過去の記憶と、目の前に表出する発光色が相互参照されあい、一種の記憶再現装置として働いていることを示していると感じている。

2) 空間デバイスとしての立ち位置の不明確さ～操作の問題

一般に照明装置と言えば、単純なオンオフだけのインターフェースを備えており、一度設定すればあとは必要なときにだけ操作をすればよい、という認識が一般的である。しかしながら本装置は上下動作という継続的な操作を必要としているため、照明装置としての認識との差異は大きい。また、バックグラウンドで動作させることを想定していたものの、上記の理由により結果的にはフォアグラウンドとしての対面操作が主になってしまう。これがすなわち空間デバイスとして想定していた立ち位置を不明確にしてしまう大きな要因になっている。ユーザに要求する操作の幅を狭めることによって、この問題を解決する必要があると感じた。

1) re-Phenomenal Deviceの概要～動画像と連動する照明装置群

re-Phenomenal Device (リ・フェノメナルデバイス) とは、風景写真などをソフトウェア上で解析し、動画像中の特定の位置にある色を自動的に抽出し、専用開発した複数の照明を調光できる装置である。今日のスクリーンメディアは高解像度化がめざましいが、一方で照明等によって、柔らかく空間の雰囲気を変化させられる程度の、低解像度な情報表現手法の開発も進められている。本装置はその軸上に位置していて、写真という過去の情報からその周囲の雰囲気を再演するために開発した。

本装置は大きく分けてコンピュータ上で動画像を解析し色情報を抽出、送信するアプリケーションと、コンピュータからの通信を受け調光を行うコントローラ、及び照明部分という構成になっている。アプリケーション上では任意の動画像を連続的に読み込ませることで、風景の時間的変化を盛り込んだ色情報の遷移をシリアル通信にてコントローラに送信する。受信した色情報を、コントローラが16の照明部分をPWM制御にて駆動させる。照明部分にはフルカラーLEDが内蔵されていて、シェードとして標準的な白色ピンポン球を加工した物を利用している。開発後はORF2007にてデモ展示を行い、来場者とのディスカッションなどを通じた評価を行えた。また、インタラクショント2008にもポスター発表を行い、同様に評価を行えた。その後、考察を述べる。

2) 開発のダイアグラム

本装置は、予め撮影された風景写真などをソフトウェア上で解析し、動画像中の特定の位置にある色を自動的に抽出し、専用開発した複数の照明を調光できる装置である。本装置はSkyColorSphereで得られた知見を元に、「過去の風景体験を想起させる」ことと、「ユーザに要求する操作の幅を狭める」ことを加味し、構想されている。このダイアグラムを以下に示す(図4-13)。

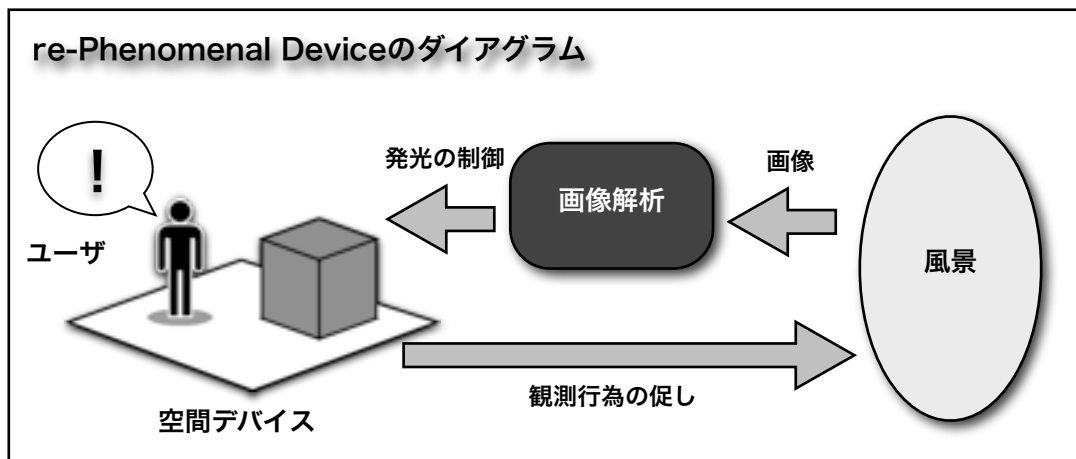


図4-13 開発のダイアグラム

3) re-Phenomenal Deviceの関連研究

映像と照明装置を連動させる試みは、舞台芸術分野で古くから行われてきた。しかしながらその連動を表示するコンテンツに応じて自動制御させるものは無かったと言える。一方、近年では照明装置を空間の表現として盛んに研究対象としているのがPhilips社である。中でも、同社が開発したAmbilight(図4-14)は、表示する映像に応じて周囲の照明を自動調光させるものである。



図4-14 Philips社 Ambilight

<http://www.consumer.philips.com/consumer/en/us/consumer/>

本研究ではこの関連研究を踏まえ、任意の動画像を元にした空間全体を調光できる装置開発を行う。特に、動画像を解析するアプリケーションに独自性をもたせたいと考えた。

4.3.1 re-Phenomenal Deviceの実装

1) アプリケーションの開発

まず、参照元となる動画像の取得を行った(図4-15)。これは、夕焼けに至るまでの空を5分間隔で連続写真として記録したものである。ひとつひとつはJPEG形式で保存してあるが、連続的に読み込ませることによって、擬似的な動画として活用できるようにした。



図4-15 参照元の動画像

その後、動画像から特定の位置での色の抽出を連続的に行えるアプリケーション（図4.3.4）の構想を立てた。これは、設置される空間を想定したヴォリュームの中に、色センサーとなる参照点を想定し、ヴォリュームの背後から連続的に流れてくる画像との接触点の色を抽出するものである。参照点は高さ方向に分散させてあり、画像内の異なる高さ位置に応じた色を照明装置に送信することで、実際の空間内に設置された照明の発光色を反映させるというものである。この構想を元に、Processingを用いてグラフィック部分を製作した。（図4-16）

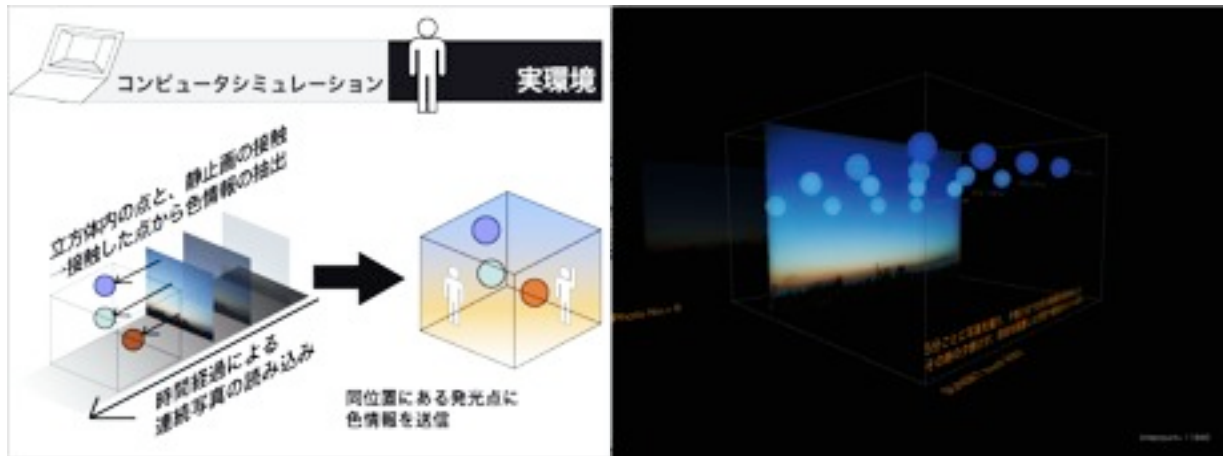


図4-16 アプリケーションの概念とグラフィック

2) 照明部分の製作

照明部分の製作においては、実際に前章で開発したSky Color Sphereを16個用い、ある程度広い空間に設置することを検討していた。（図4-17）

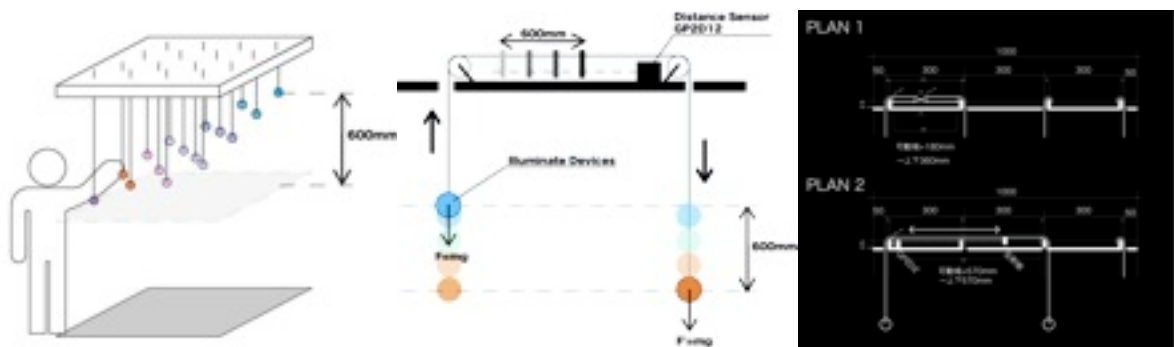


図4-17 装置の構想

しかしながら、実際の展示までの時間的余裕を加味して、1/10サイズの模型を展示することにした。（図4-18）1/10模型内には、市販のピンポン球を流用し、その中にフルカラーLEDを封入している。



図4-18 1/10模型と封入されたフルカラーLED

3) コントローラーの開発

コントローラーの主となるマイコンには、PIC16F88を4機使い、トランジスタを介して計16個のフルカラーLEDをPWM制御にて調光している。(図4-19)

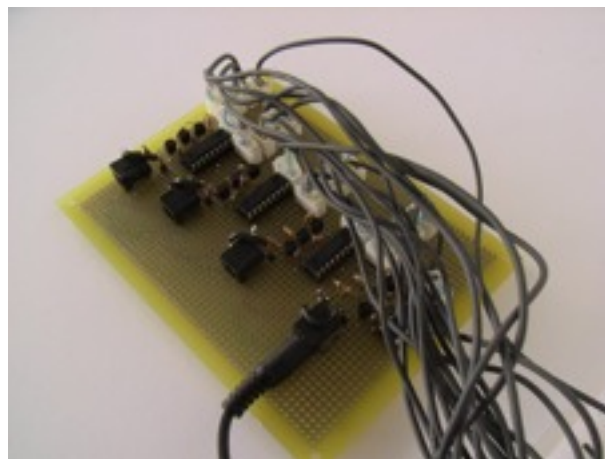


図4-19 コントロールボード

4) アプリケーションとハードウェアの統合

製作したアプリケーションからシリアル通信にてコントロールボードに色情報を送信することによって、本装置は以下のように色を変えることができる。(図4-20)

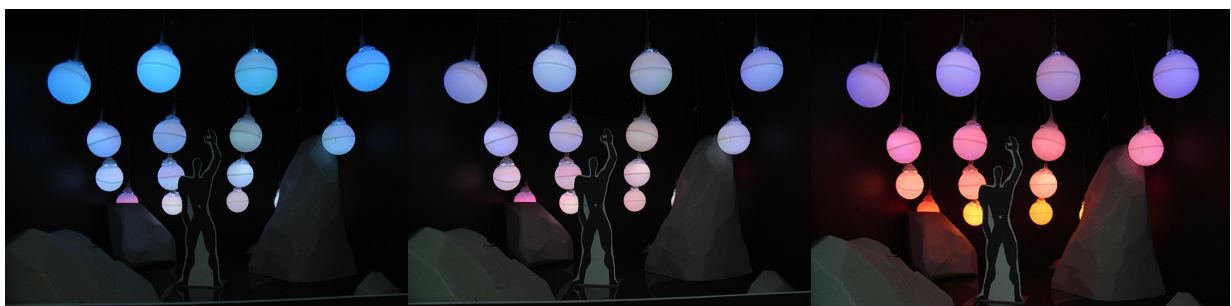


図4-20 色の遷移

1) ORF2007 での発表と評価

本装置は、都内・六本木アカデミーヒルズ40にて、11月22, 23日の2日間開催に渡って開催された慶應義塾大学SFC研究所「慶應義塾大学SFC Open Research Forum 2007」内で展示を行った。(図4-21)この時はラップトップコンピュータを使用している。また、夕焼け以外の発光パターンを示すために、装置とは接続されていないが同じアプリケーションで異なる動画像を読み込ませているものも同時に展示した。



図4-21 Open Research Forum 2007展示風景

この時には大変残念なことに、抵抗のハンダ付けミスが起こり、色の揃った調光が出来なかったが、延べ50人程度の来訪者に対し本装置をプレゼンテーションすることが出来た。以下、展示中に得られた意見を抽出したものを記す。

- ・リアルタイムに起こっている夕焼けを反映させているところを見てみたい
- ・写真のビューと空間体験を関連づけられる部分が興味深い
- ・照明を増加させることで、より高解像度に雰囲気を与えることが出来るのではないか
- ・夕焼けだけでなく、森林や海中などで動作しているところを見てみたい
- ・「空間に擬似的に色の抽出点を置く」ことはすぐに理解できないが、斬新な試みである

来訪者とディスカッションする中で、特に本装置の照明の設置数に注目があることに気づいた。それは、Sky Color Sphereの開発段階で想定した複数設置したイメージであったように、光源をより小さくし膨大な量を設置することで、表現の解像度を上げることが出来るのではという指摘であった。本装置では16個としているが、これを2倍、3倍にすることが必要なのではないかということである。

しかしながら、そのように高解像度化すればするほど、表現された雰囲気のリアリティが問題化することになると説明した。すなわちそれは本装置が「3次元ディスプレイ」となりうるのか、または「照明装置」としての立ち位置を保持するのかという問題であり、その切り分けが難しいと感じた。

本装置は2008年3月3日～4日に、学術総合センター、一橋記念講堂において開催されたインタラクシオン2008においてポスター展示を行うことが出来た。実際の装置の展示を交えてのディスカッションを行うことは出来なかったが、概念レベルでの議論を盛んに行うことが出来た。以下、その中でテーマとなったことについて記述する。

- ・ 特定のテーマを持つ空間に設置することで、空間の特徴を増幅することが出来るのではないか
- ・ 画像を参照元とすることによって、複数の照明を調光するための煩雑な操作が減少する

まず、注目したいのは前者の意見である。本装置は個人的に撮影された動画像を元にその体験を再演することを想定していたが、一方で特定のテーマを持つ空間において、そのテーマに沿う雰囲気を提供することが出来るのではないかという指摘である。ある種のエンターテイメント性を帯びた利用方法である。特に、そのテーマが「水」や「森」といった自然現象を取り扱うようなものとの親和性が高い可能性が指摘された。

また、後者の意見として、本装置が従来の照明調光装置に対する優位性を持っていることを議論することができた。今日における照明を調光できるインターフェースには直感性がやや不足している面が否めないが、本装置のように画像を調光の参照元として活用することによって、複雑な操作を簡略化できると共により緻密な調光ができるという可能性を見いだすことが出来た。

4.3.3 re-Phenomenal Deviceの考察

本装置はSky Color Sphereで得られた知見としての、空間内への複数設置とユーザによる操作の簡略化を加味し、動画像を参照元とした、空間内に設置された複数の照明の自動調光を可能にするものであった。それは、動画像を撮影した周囲の環境を雰囲気として、現在の空間に再現化させることが目的であった。照明装置という特性上、閉鎖された空間での利用が主であって、大目的としての風景そのものへの観察行為に触れることが出来なかったことが残念である。

しかしながら、本装置の製作と評価を通して、以下のような知見を得ることが出来たと感じている。

1) 装置とディスプレイを組み合わせた表現の可能性

本装置は色の参照元となる画像を提示するGUIと並列に展示することで成立していた。それは、調光された結果だけを伝えるよりも、調光される過程を伝えることを重視したためであったが、一般的に考えればこのように表現の裏側を提示することは注目すべき視野が分散し、煩雑な印象を与えてしまう。ところが、装置全体の動作過程を知り、その結果として照明が調光されているという体験をディスプレイ→照明装置という2段階踏むことによって、目の前に表出している照明によって引き起こされる現象の理解が深まるという傾向があるのではないかと感じた。昨今のヒューマンコンピュータインターフェース分野では直感的な理解が重視される傾向にある一方で、理解させるまでに一定の段階を踏ませるようなコンテンツにも、重要な価値が潜んでいるのではないかと感じた。

2) 解像度

今日においては動画像の表現は高解像度化の一途を辿っているが、本研究では逆行的に極めて低解像度の情報提示手段に抑えられている。高い解像度は元となる現象を緻密かつ忠実に表現することが求められる一方で、本作品のような照明装置による情報提示は、ユーザとの接点を和らげることが出来、それ故にユーザが自身の過去の体験とすり合わせた上での、表現の補間が発生しうると考えている。低解像度かつ広域に広がる空間化された装置の内部においては、表現されたものへの注視を遠ざけ、それによってユーザが自身に雰囲気を投影できるという状況が発生しうるのでとは考えた。

コンテンツだけに注視させるのではなく、その周囲や自身の過去の体験までも含めた、インターフェースの設計を行うことに意義があるのではないかと感じた。

1) Landscape Processingの概要～ネットワークと連動する照明・音響装置

Landscape Processing (ランドスケープ プロセッシング) とは、インターネット上にある画像を自動的に取得し、写真中の特徴色を元に空間内の複数の照明装置と音響を制御する装置である。

インターネットがもたらした情報空間の豊かさが高まる一方で、実際の場と人間の関わりが変質している。我々はインターネット上で任意の場所の天気や催し物のスケジュールを知り、近年の開催風景を写真や動画によって閲覧可能になっていて、必要とあれば実際の場所に出向くことなく体験を共有することさえも可能になってしまった。しかしながらこのような情報と、実際の体験との質を問われる機会が拡大し、「行ったのか、行ってないのか」がとても重要視されるようになってきた。さらに、実際に自分が出向き、そのような情報空間に対し情報を提供する側に回ることは、自分だけでなく多様なコミュニティを相手とした共有の感覚を覚えることが多くなっているのではないだろうか。本装置ではそのような様相を引き受け、実際の風景を眺められる場所において、それに関連する画像をインターネット上から取得した後、プロジェクタと音響装置、そして場に設置された複数の照明装置と連動を行うことによって、現代的な新しい風景体験を引き起こそうと意図され開発された。

この装置は東京タワーが眺められる東京都内の寺において、夕方から夜間にかけて展示され、多くの来訪者に対して自分が意図した風景体験を提供することが出来た。以降ではLandscape Processingの実装、評価、考察を行っていく。

2) 開発のダイアグラム

本装置は、インターネット上にある画像を自動的に取得し、写真中の特徴色を元に空間内の複数の照明装置と音響を制御する装置であるが、現実の風景と、本装置での表現を相互参照しながら体験することに開発の主眼をおいている。このダイアグラムを以下に示す (図4-22)。

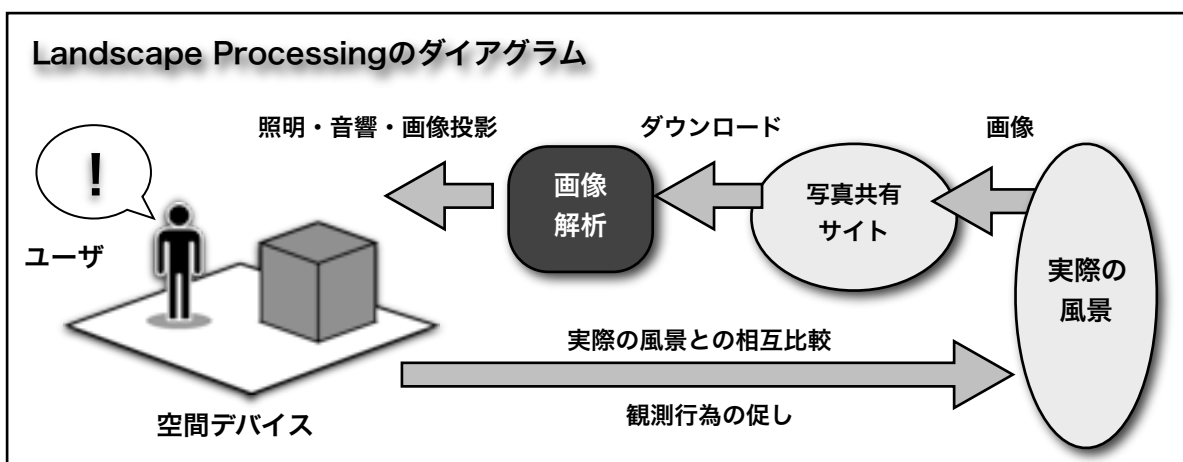


図4-22 開発のダイアグラム

3) Landscape Processingeの関連研究

ネットワーク上に蓄積された画像を参照しながら、同時に多数人が鑑賞できるように場所へ投影する関連研究としては中西泰人、松川昌平（000STUDIO）、本江正茂らによる「時空間ポエマー」（図4-23）が挙げられる。以下にその説明も引用する。



図4-23 時空間ポエマー(<http://k-tai.impress.co.jp/cda/static/image/2003/01/30/poetmer3.jpg>)

時空間ポエマーは、GPSカメラ付きケータイを用いて、位置情報付きの写真を電子的に共有するデータベースを構築していくことを通じて、人々が時間と空間に潜む価値を発見し表現し共有する行為を支援し、その可能性を拡張しようというシステムです～中略～これらの写真は、GPSとカメラのついた携帯電話で撮影されました。写真には、カーナビなどでも使われているGPSによって取得された撮影地点の正確な位置情報（緯度と経度）が記録されています。撮影された位置情報付きの写真は、携帯電話のメールに添付され、「時空間ポエマー」のサーバへと送られます。サーバは受信したメールから写真を抽出し、その位置情報にもとづいて地図上の区画に写真を配置します。この地図は、携帯電話から位置情報付きの写真がメールで届くたびに、リアルタイムで描き換えられていきます。そのダイナミックに更新されつづける地図が、今、天井のプロジェクタから床面に投影されているというわけです。（http://www.myu.ac.jp/~motoe/text/zone_poemmer.htmlより引用）。

時空間ポエマーでは、携帯電話によって撮影された個人の眼差しとしての写真画像を、地図上にマッピングし床面に大きく投影するという方法を取っている。本研究では独自のデータベースではなく、既に存在しているウェブ写真共有システムであるFlickrを参照しているものの、そのアウトプットとして映像投影、音響、そして照明を連動させ、実際の風景と比較可能な状態に置くことが差異としてあげられるだろう。

4.4.1 Landscape Processingの実装

実装を説明する前に、本装置がどのような環境に設置されるのかを説明する。

2008年3月に、東京メトロ日比谷線、神谷町駅付近の光明寺にて展示が予定されていた。この場所は東京タワーが近く、本装置の設置予定場所は、屋外に面した広いバルコニー部分である。（図4-24）

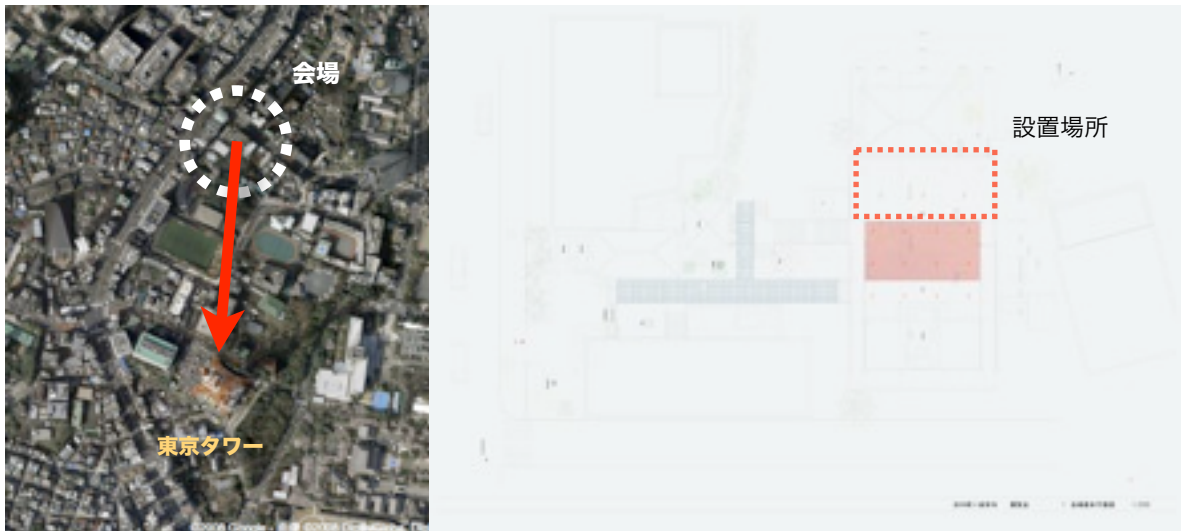


図4-24 会場図



図4-25 バルコニー部分からの眺望

バルコニー部分からの眺望は下図の通りである。写真中央上部に東京タワーが見える（図4-25）

そして、会場の構成から見いだした装置（空間）の全体イメージを記す。（図4-26）

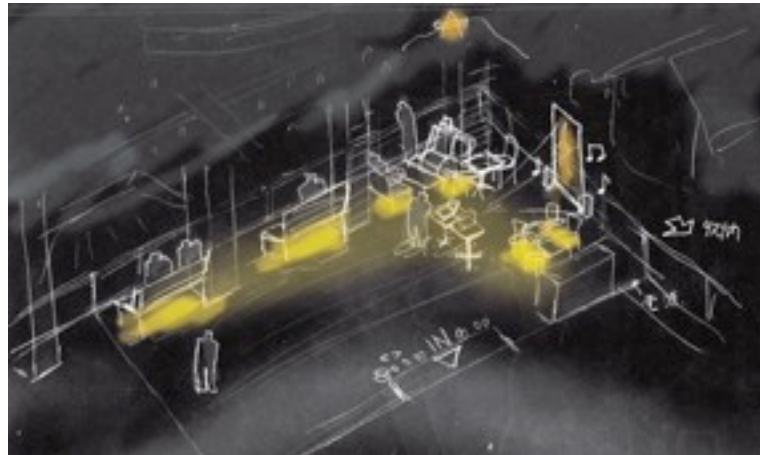


図4-26 設置されたイメージ

このようにして、実装前の全体像を把握した後、製作に移った。

1) アプリケーションの開発～画像取得

まず、実装全体のダイアグラムを以下に示す。（図4-27）

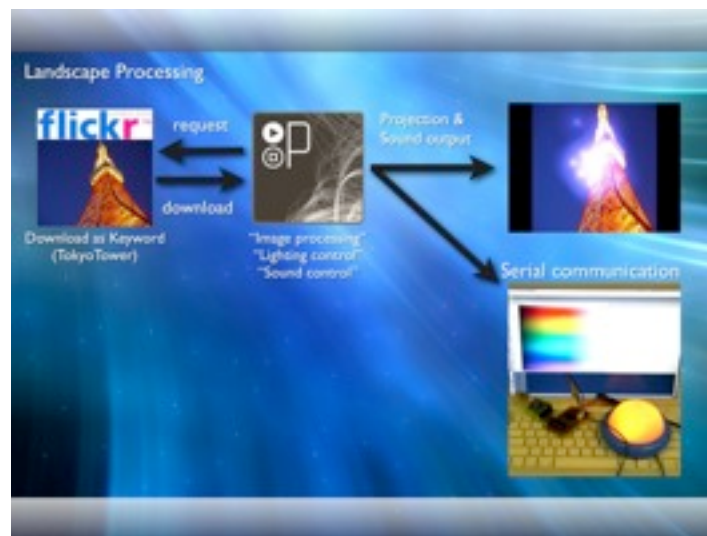


図4-27 実装全体のダイアグラム

インターネット上から場に関連する画像を取得する上で、XMLにてAPIを公開しているFlickrを選択した。これを活用し、Processingを用いて任意の検索キーワード・取得サイズの画像をダウンロードできるアプリケーションを開発した。だが、ネットワークが貧弱な環境ではダウンロードしている時間に画像描画が停止してしまう事態に見舞われたため、実際の展示環境を見越して50枚ほどの画像をローカルに保存して対応している。すなわち、(A) キーワードに従って任意のサイズの画像を取得するアプリケーション部分と、(B)ローカルに保存された画像を表示するアプリケーション部分、の2つに分けて製作をした。実際の展示環境では基本的にオフラインにて稼働させていたが、来訪者のリクエストに応じてインターネットに接続し、リアルタイムに画像のダウンロードをデモンストレーションしていた。

2) アプリケーションの開発～画像エフェクト

実際の風景を前にして、単に画像を次々とスライドショーしていくだけでは効果が薄いと感じ、取得した画像に光のエフェクトを加えることにしている。当初は花火を描画することを行っていたが、花火は実際の現象として存在しているため、既視感をぬぐうことが出来なかった。本物の花火に対しての劣勢も否めない。

そこで、蛍や花火を連想させられるような光球が舞うような表現を取り入れた。これらはOpenGLを用いて描画された上に、色の加算のレイヤー処理を同時に加えている。さらに、画像内の数十点の位置の色を取得し光球の色に反映させることで、画像の色内容に応じた多様な表現に広げることが出来ている。これら光球はつねに300個ほど描画されているが、後に述べる音響とシリアル通信を付加してもなお、30FPS以上の動作速度を実現している（図4-28）

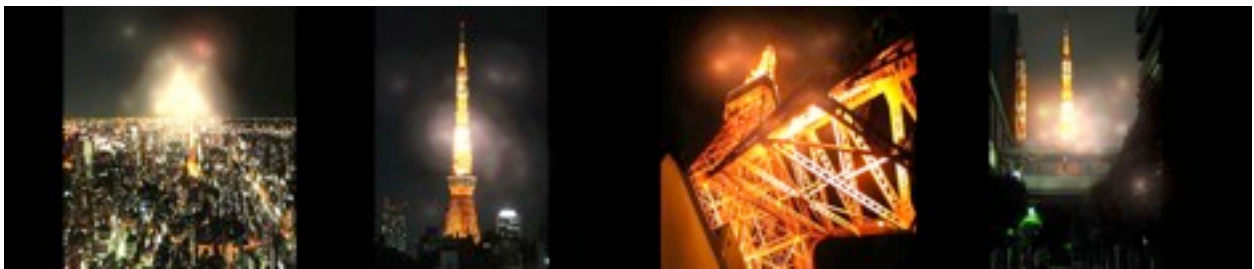


図4-28 光球エフェクト

3) アプリケーションの開発～音響関連

空間を総合的に演出する上で、風景・照明・音響の三項目を満たすことが重要だと考えている。そこで、本装置では自作した音源などを元に音響解析した上で、特定の周波数の強度に応じて前述した光球の描画表現に変化を与えられるようにしている。

(A)音楽製作

MacOSXに付属しているGarage Bandにて3分ほどの音楽を製作した。トライアングルを打ち付ける音、ピアノの音、森の音を組み合わせ構成している。音楽を周波数解析（高速フーリエ変換＝FFT）する上では、周波数ごとに異なる音の強度を測定することが出来るが、このように特徴的な周波数帯のみの音を3種類、高、中、低と分けて構成することによって、FFTを用いて出音とのタイミングを取りやすくしている。

(B)エフェクトへの反映

上記FFTでの特徴音の解析結果は、光球エフェクトに大きく関連させている。

まず、全体の音量は光球の全体量を調整している。100個から300個の範囲で、それぞれ出力される音量に応じて増減できる。次に、高い特徴を持つ音が現れたときは光球の拡散範囲を調整し、低音は光球の移動速度に関連性を持たせている。

4) ハードウェアの開発～照明装置

直径20cmほどの市販の電池式の照明装置を流用し、照明装置を開発した。(図4-29) これらはコントローラに3～5メートルほどのケーブルで接続され、内部のフルカラーLEDをPWM駆動で発光している。今回採用したフルカラーLEDは、大型フルカラーLEDモジュールを3個使用している。これによってトータルで315mA、7.5ルーメンの光量を放つことが出来、これまでの開発で問題視されていたLEDの明るさ不足を補えるようなものになっている。



図4-29 照明装置

また、コントローラは前回の製作物「re-Phenomenal Device」とほぼ共通であるが、駆動するLEDの必要電流が大きいため、電源部を増設して対応している。

さらに展示の際にはプロジェクターとスピーカが接続され、これらのアプリケーション、ハードウェアが連携した動作を行えるように調整を行った。

4.4.2 Landscape Processingの評価

1) 展示について

2008年3月7日～8日17時～22時に、東京メトロ日比谷線 神谷町駅そばの梅上山 光明寺にて、展示を行った。展示の際に配布した解説文を引用する。

リアルな景色を楽しみながら、他人の”感じた”風景を一緒に楽しみたい。

この展示会場の”寺”のテラスからは、街を照らす東京タワーが望めます。どこからでも見える、この街の象徴的な風景 (Landscape) です。現代では、風景は携帯電話のカメラ、デジタルカメラで撮影され、いつの間にかWebで共有されていることが当たり前になりました。刻一刻と、個人の風景はみんなの風景となり、都市の記憶として、Webに蓄積し続けています。この作品は「ここから実際に見える」東京タワーの風景と、「Webで共有している」異なる時間・場所からの東京タワーの風景を同時に参照しながら、発光するデバイスを協調させることによって光を溶け合わせ (Processing)、発生した風景を眺めるための空間装置です。

上記の文に従い解説を行いながら、来訪者とのディスカッションなどを重ねることが出来た。

2) 展示風景

展示された状況を図4-30に記す。手前のテーブルの上に、ラップトップコンピュータが乗せられている。そこにはコントローラーが配置されていて、会場内に設置された4つの照明装置（左写真中オレンジ色の部分）が駆動されている。また、同じ場所から約3m離れた場所に、2m角ほどのスクリーンを設置していて、テーブル下に設置したプロジェクターから映像が投影されている。スピーカもテーブル下に設置され、バルコニー部分全体に音が広がるように調整した。



図4-30 展示の状況

また、図4-31はプロジェクションされた部分を拡大したものである。テーブルの側からでは東京タワーを見ることは難しいが、少しスクリーンに近づくことで図のような眺望を得ることが出来る。この日の東京タワーはオレンジ色であったが、過去の画像を参照していると緑色や青にライトアップされた東京タワーが表示され、実際の風景との比較が面白いものになった。



図4-31 投影部分の拡大

そして、照明部分と投影画像を同時に見たものである（図4-32）。

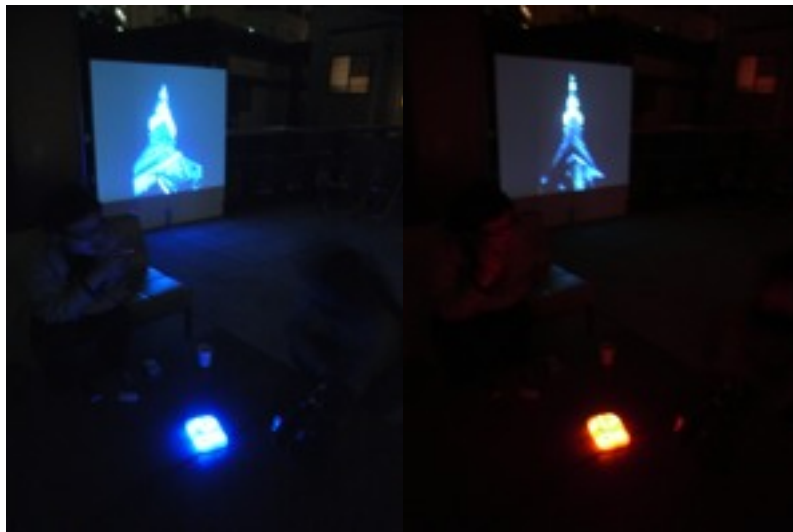


図4-32 照明部分と投影画像

3) 展示を見る人の動き

来訪者に対して10分ほどのディスカッションを行った後、自由に行動してもらった。当日は本作品以外にも多数の展示があり、ディスカッションのすぐ後には他の作品の場所へ移っていく来訪者が多かったが、ひととおり回った後に本作品の周囲にある椅子やベンチに腰を下ろし、本作品と実際に見える東京タワーを相互参照する行動が多数見られた。

2日間の展示中に、延べ100人以上の来訪者があった。まとまった人数が休める場所としてこのバルコニー部分があったため、ほとんどの来訪者が展示されていた作品の鑑賞後、本装置の側に集まり、製作者や同行者らと会話している風景が見られた。多くは会話中に、不意に変化した周囲の照明の色変化に気づき、投影画像を見、そして実際の東京タワーを見るという3つの段階を踏んで鑑賞していた。

また、音響を導入する効果は大きいと考えていたが、具体的な行動として表れるものではなく、多くは「音楽と連動しているのが心地よい」というような抽象的な表現に留まった。

本装置は空間演出という側面が強く、定量評価が非常に難しかった一方で、想定していた「装置と実際の風景の相互参照」している様子を多数確認することが出来たことで、一定の効果があったと感じた。

4.4.3 Landscape Processingの考察

1) 装置を活用した風景体験の拡張可能性

本装置は、実際の風景を眺められる場所において、それに関連する画像をインターネット上から取得した後、プロジェクタと音響装置、そして場に設置された複数の照明装置と連動を行うことによって、現代的な新しい風景体験を引き起こそうと意図され開発された。その後、東京タワーという特徴的風景を眺められる場所において展示され、実際に装置と風景の相互参照が起こっていることを確認し、装置の開発目標を満たすことが出来た。

今回は展示会場が予め決められていたため、そのテーマに沿ったキーワードを元に画像を取得していたが、或いは異なる場所、たとえば富士山がよく見える、夜景が綺麗な港湾地域などにおいても、その場に関連するキーワードを元にした装置の動作が可能である。これはすなわち、装置としては不変なものである一方で、様々な場所において風景体験を拡張することが出来る特徴を持っている。時空間ポエマーでも指摘されていたように、他者の眼差しと自分の感性を比較することは、同時にその場所についての新たな認識を得るきっかけとなりうる。

さらに、オープンに利用されているFlickrと連動させていることは、自身が眺めている風景体験を他者と容易に共有できることを意味していると同時に、自身の投稿写真すらも表示画像として利用することが出来るという多重の関係性ももたらすこと可能である。これによって、自分が見ている風景と他者が見ている風景を、場所に設置した照明装置、音響装置と複合的に体験することにより、あらたな風景体験が創出できると考えている。

2) インプットデバイスの不在

本装置には直接的なインプットデバイスは存在していないものの、唯一のインプット手段として写真投稿という可能性だけを提示した。Sky Color Sphere, re-Phenomenal Deviceの双方で考察したことが、インプットを減らす代わりに、見るべき対象を増やすという意図に準じようとしたためにそのような手段を選択した。これによって理解までの時間がかかる一方で、全体の仕組みを理解した後のユーザ体験を、比較的長期に渡って関係づけることを促すことが出来ていたと感じている。

そこで生まれるのは、ユーザが主たる行為（会話やくつろぎ）に浸っているそのバックグラウンドにおいて、密やかに周囲の環境の変化を感じ取り、興味に応じて感覚のチャンネルを、たとえば夕焼けや風景などに切り替えられる関係性である。風が吹けば風を感じ、日差しが指せば明るさの変化に気づくように、本研究では空間の微細な変化～主に照明装置として～がトリガーとなって、その背後にある気象や風景体験に、意識を向けられることを確認できたという点に、大きな意義があると感じている。

4.5 気象や風景と連動する装置のまとめ

第四章では、気象や風景と連動する装置をテーマとした開発を行った。ここでは、夕焼けと連動する照明装置としての Sky Color Sphere、動画像から風景体験を再演出させる re-Phenomenal Device、そして ネットワーク上にある風景写真と連動する照明・音響装置 Landscape Processingの3つを取り上げ、その評価と考察について論じてきた。第四章のまとめとして、これら気象や風景と連動する装置から得られた知見を総括する。

空間演出の規模と自然観測性

夕焼けや風景を眺めることは、誰しも過去に体験済みである。一方で、本装置のように夕焼けや風景の一部のアルゴリズムや画像を参照する装置によって空間を演出することで、ユーザの中には自身の過去の体験との差異について思考する時間（内省）が発生することが確認できた。

内省していることにユーザが自ずと自覚することもあれば、デモの際に一言声を掛けることで自覚することもあった。しかしながらこのようにして実際の現象と、装置によって表現された空間演出との差異を自覚できる機会を、気象や風景と連動する装置によって提供することで、実際の気象や風景に対する観測行為を促すことができるとともに、内省を自覚させることができる。

ここまでの、空間演出性と自然観測性を両立させることを目的とした自然現象と連動する空間デバイスは、風船ほどのスケールから、一定の規模の空間までのスケールへと拡大させながら製作してきたが、最も内省の効果を生み出せたのは、他の2点に比べれば空間演出の観点では効果が弱いと思われるにもかかわらず、最も小さいSky Color Sphereであったと感じている。Sky Color Sphereでは多くのユーザの評価を得る機会がなかったものの、誤解を恐れずに考察するならば、その理由は「小さかった」ことにあると考えている。

re-Phenomenal Device, Landscape Processingの双方は、評価において一見、その目的を達成しているように見えた。しかしそれは、ユーザの身体スケールを超えた空間演出の規模の大きさに圧倒されるような形で、空間演出への注視が盛んになってしまい、ある種の没頭感を引き起こしていたことが原因で、内省的な思考を促すことができていなかったのではないだろうか。例えば、初めて旅行に行った場所では、回りの景色を楽しむのに精一杯になってしまうことに近いと言える。すなわち、装置によって観測させられている状況だったのではないだろうか。一方で、人間の身体スケール以下の大きさであるSky Color Sphereでは、空間演出の規模が小さいため、早期にその没頭感から抜け出し、周囲への注意を回復させることができ、自分自身の過去の体験と自然観測行為をすりあわせる思考に転じることができ、ようやくユーザ自身が能動的に観測している状況が発生するのである。

以上のことから、空間演出性と自然観測性を両立させる装置を開発する際には、装置自体を小さくすることによって、ユーザの思考を装置自体への興味から早期に遊離させることができる。そこで初めて、ユーザ自身による内省を伴った、言わば能動的とも言える自然観測が開始されることが明らかとなった。

第五章 天体運行と連動する装置

第四章の「気象や風景と連動する装置」においては、レイリー散乱式や風景を撮影した動画像を元にして表現を行ってきたが、ここでは天体運行を取り上げ、それを応用した開発の構想と製作について説明を行う。

まず、太陽の運行をシミュレートし、任意の方向に常に太陽光を反射し続けることが出来る装置「Solar Reflection Device」の構想と開発について挙げ、太陽光をどのようにデザインできるかの可能性を探る。

その評価を踏まえ、シミュレーションの対象を全天の天体に拡大し、星々の動きが我々の生活に関係していることを表現することを狙った「Planetetica」の開発を行い、展示を通して評価をした。

5.1 天体運行と連動する装置の構想

第四章までで気象や風景と連動する装置の開発と評価を終え、本研究における製作意義を見いだすことが出来た。普遍的な体験であろう気象や風景と装置を連動させることによって、自身の過去の体験とのすりあわせが起こり、現在の自然現象そのものへの理解と発見が促されることを指摘できた。

本章では第四章以上に広域で普遍的な現象である天体運行を対象とした。その理由の一つは、既に天体運行を決定するアルゴリズムが明らかにされている一方で、それを応用した例が天体観測関連以外に見られないという点で、独自性が付加できると考えた。また、天体は昼夜を問わず運動しているにもかかわらず、昼夜によって観察できる星々が異なっているが、それを恒常的に観察できることに面白みが見いだせるのではないかと感じたからである。

1) 製作の動機

これまで夕焼けや風景、を装置開発の対象としてきたが、これらはいずれも地球を含めた天体の運行によってそのリズムが定められていることに着目した。夕焼けの色が変化するのも、都市の景観が昼夜異なるのも、それらは私たちが立っている地球の自転と公転の積み重ねの結果である。この発想にたどり着いたとき、その根源たる天体の運行と場所を関係づけてみたいという動機に繋がった。天体の運行と現代社会の接点について、装置を作ることを通してその意義に迫ろうと考えたのだった。これは同時に、第四章までで不十分だと思われた「実際の現象との相互比較」を強化させる意図もある。

2) 天体の運行と人類の歴史

天体の運行と人類の歴史について、ここで簡単に触れておきたい。

自然現象を初めて数式に落とし込んだのは、天文学であった。天体の運行を知ることで暦を知り、農業などの産業や自然災害を予測するために大きな役割を担っていた。天文学の起こりは紀元前にまで遡ることが出来る。最古の記録としては、ストーンヘンジなどの石の配列による、太陽と月などの観測であった。これによって定められた暦を元に、古代メソポタミア文明では太陰暦と太陽暦が発明された。その後、望遠鏡や数学の発展により、1505年にケプラーが「惑星の運動の法則」を発見するに至る。これをもとに現代においても、太陽系内惑星の位置を正確に計算することが可能になった。

以降、この構想を元に、実際の開発について述べていく。

1) Solar Reflection Deviceの概要～太陽を追尾し、いつも同じ位置に太陽光を反射する装置

Solar Reflection Device (ソーラー リフレクション デバイス) とは、ソフトウェア上でシミュレートされた太陽の位置を参照し、季節や時刻にかかわらず任意の位置に対して、太陽光を反射させることが出来る装置である。

私たちを取り巻く環境は、太陽の角度によってその景観を大きく変える。古来より建築は太陽の光と影の生み出す美しさに応答する形式を取り、光と影を調和させる様々な仕掛けを考案してきた。近年では太陽光を大きな鏡で反射させ、山陰に沈んで太陽光が当たらない村を明るく照らし出す装置や、太陽光発電の効率化のために発電パネルを太陽の方角に対して直角に向けることなどが試みられている。これらの装置には太陽の位置を時刻や季節に応じてシミュレーションするためのプログラムが内蔵されており、内部時計の進行に応じて常に正しい太陽の位置を計算し続ける機能が実装されている。

本装置はそのような機構を環境芸術や情報提示に応用するためのプロトタイプとして製作された。サーボモーターを2個用いた2軸自由度を持つ腕を製作し、先端に鏡を取り付けた。これを計6組連結したハードウェアを製作した。これらはオープンソースハードウェアであるArduinoによってコントロールされ、計12個のサーボモーターを1度角単位で制御できるようにしてある。このハードウェアはProcessing上で動作するソフトウェアから任意の照射位置と太陽光の入射角度を2分した値、すなわち太陽光を任意の方向に反射できる鏡の最適な角度を受け取り、各々の鏡の角度を制御している。本装置は太陽高度が高い7月に屋外でのテストが行われた。

以降、本装置の実装、評価、考察を記す。

2) 開発のダイアグラム

本装置の開発のダイアグラムを図5-1に示す。

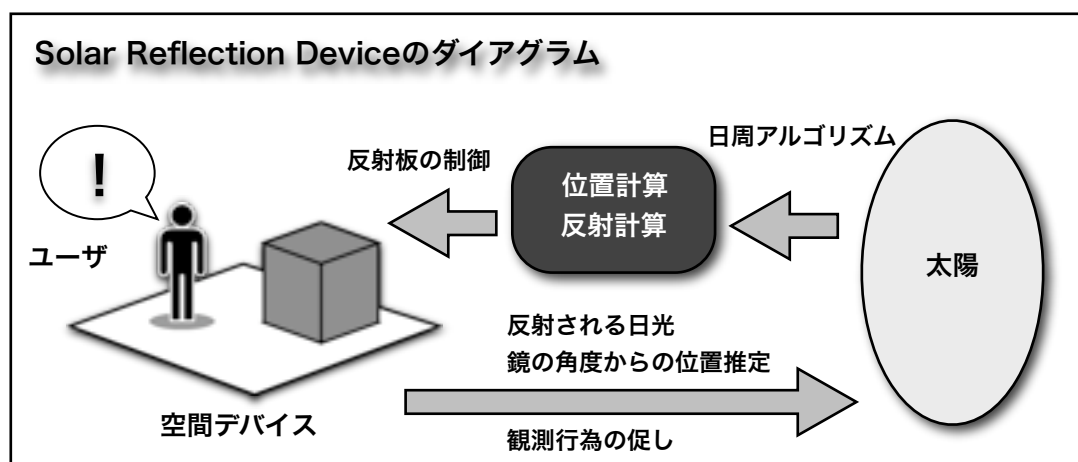


図5-1 開発のダイアグラム

1) 太陽位置計算プログラムの実装

太陽の位置を計算するためには、現在の時刻から太陽の方位・高度を算出する必要がある。これを求める式としては天体運行概略式がある。参考文献として「新こよみ便利帳：天文現象・暦計算のすべて 暦計算研究会編[11]」を参照しながら、これをProcessing上で動作するようにプログラムした。

2) 太陽位置から割り出した、鏡の角度を最適化するためのアプリケーション

まず、前項においてプログラムした太陽位置計算プログラムを可視化した。その上で、仮想の太陽光反射位置、地平面、反射させるための鏡をそれぞれ描画し、太陽の位置と照射位置から割り出した鏡の最適な角度を計算するアプリケーションを製作した(図5-2)。図中の黄色の丸が太陽の位置、ピンクの点が仮想のスクリーン上の照射位置、青い丸が鏡を示している。照射目標点はマウスを動かすことによって可変出来る。このアプリケーションからシリアル通信にて、計12個分のサーボへのパルス信号を送り、それぞれの鏡を動作するようにした。

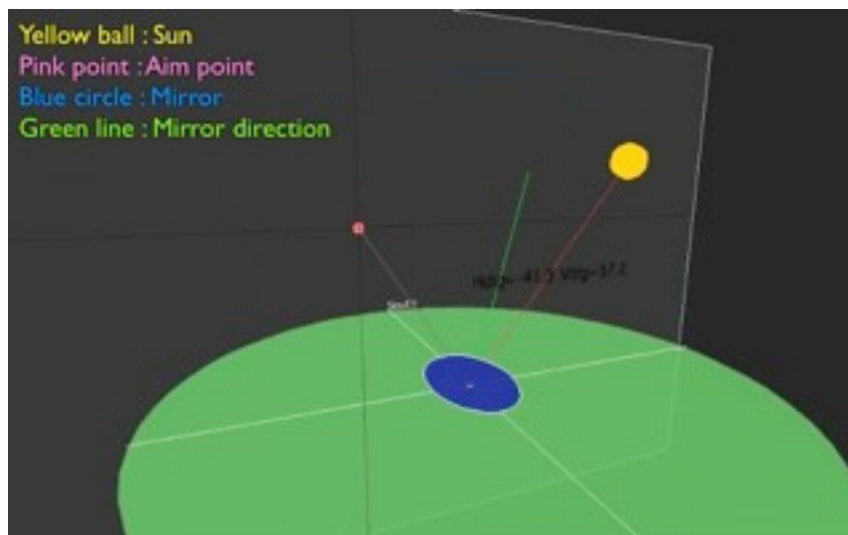


図5-2 Solar Reflection Deviceのアプリケーション

3) ハードウェアの製作

本装置を製作する上で、まず鏡の大きさを検討することにした。入手が容易な鏡の直径は5~30cmであったが、大きくなるにつれその重量が増大する上、素材がガラスであるため破損してしまえば危険が伴う可能性も高まることが分かった。また、本装置は据え置き型で動作させるよりも、ある程度の可搬性を兼ね備え、屋内外を問わず様々な場所で評価を行いたいと考えていた。また、鏡は単数でなく複数を用いて異方向に照射できることの可能性も視野に入れていた。これらの設計要件から、通常のテーブルに載ることが出来るサイズとして全長60cmほどを想定し、具体的な部品の選定に入った。

結果、全長60cmの中に直径10cmの丸鏡を6枚使用することに決めた。鏡の重量から動作に必要なトルクを持ち、さらに2軸の取り付けを可能にするブラケットの利用も考慮して、共立電子が発売している「プチロボ用サーボブラケットセット」を選定した。非常に小型軽量であり、さらに専用のブラケット

も市販されており、必要トルクや動作速度も満足していた。このサーボにブラケットを取り付け、先端に丸鏡を強力両面テープでとりつけてある。これは、もし破損した際の交換の容易さと、両面テープの厚みによる僅かな遊びが破損の可能性を減少させると考えたからである。こうして、計12個のサーボモーターに6個の鏡を取り付け、6機の「腕」を製作した。これらの「腕」は、市販のL型アルミアングルで構成された土台にネジ止めされた。(図5-3) (図5-4)

全部で12個あるサーボモーターはArduinoに接続されて動作する。5Vの電源を使っているが、後に屋外での使用を考慮し電池駆動にも対応させるようにした。この内部プログラムとしては、`delayMicrosecond()`関数を用いた擬似的なPWMによって駆動させている。サーボモーターは50Hzの周期信号の中のHighの時間(500msec~2500msec)を調整することで角度を保持するように作られている。

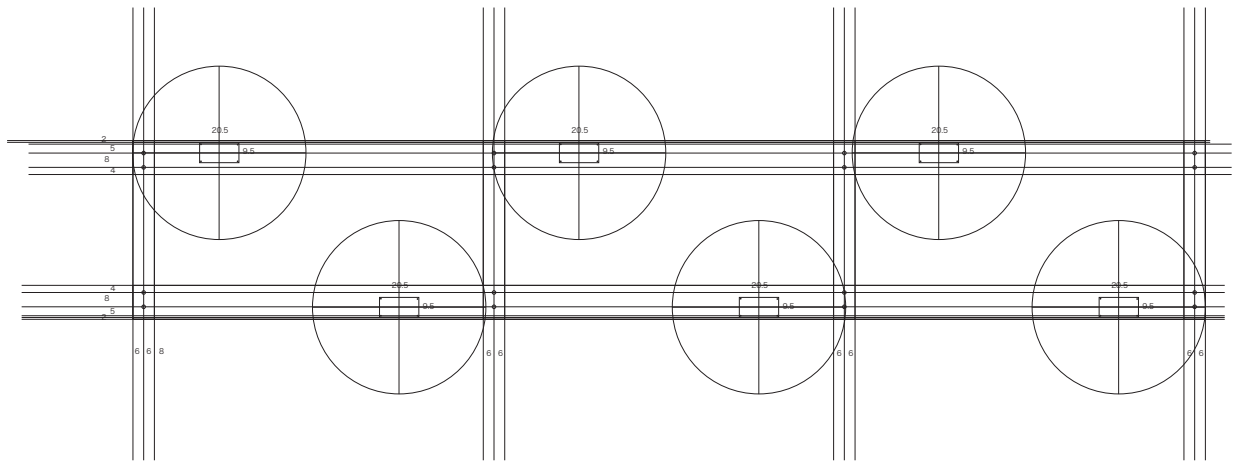


図5-3 土台製作図面



図5-4 完成写真

5.2.2 Solar Reflection Deviceの評価

1) 屋内での設置

7月14日に、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス内にて、評価を行った。まず、屋内に設置した(図5-5)。屋内に設置しては太陽光が弱まるが、本装置の鏡の方向から太陽がどの位置にあるのかが大体見当が付くことに気付いた。太陽は1時間あたり天球を15度回転するのだが、10分ほど眺めていると一斉に鏡の角度が僅かに変化する。

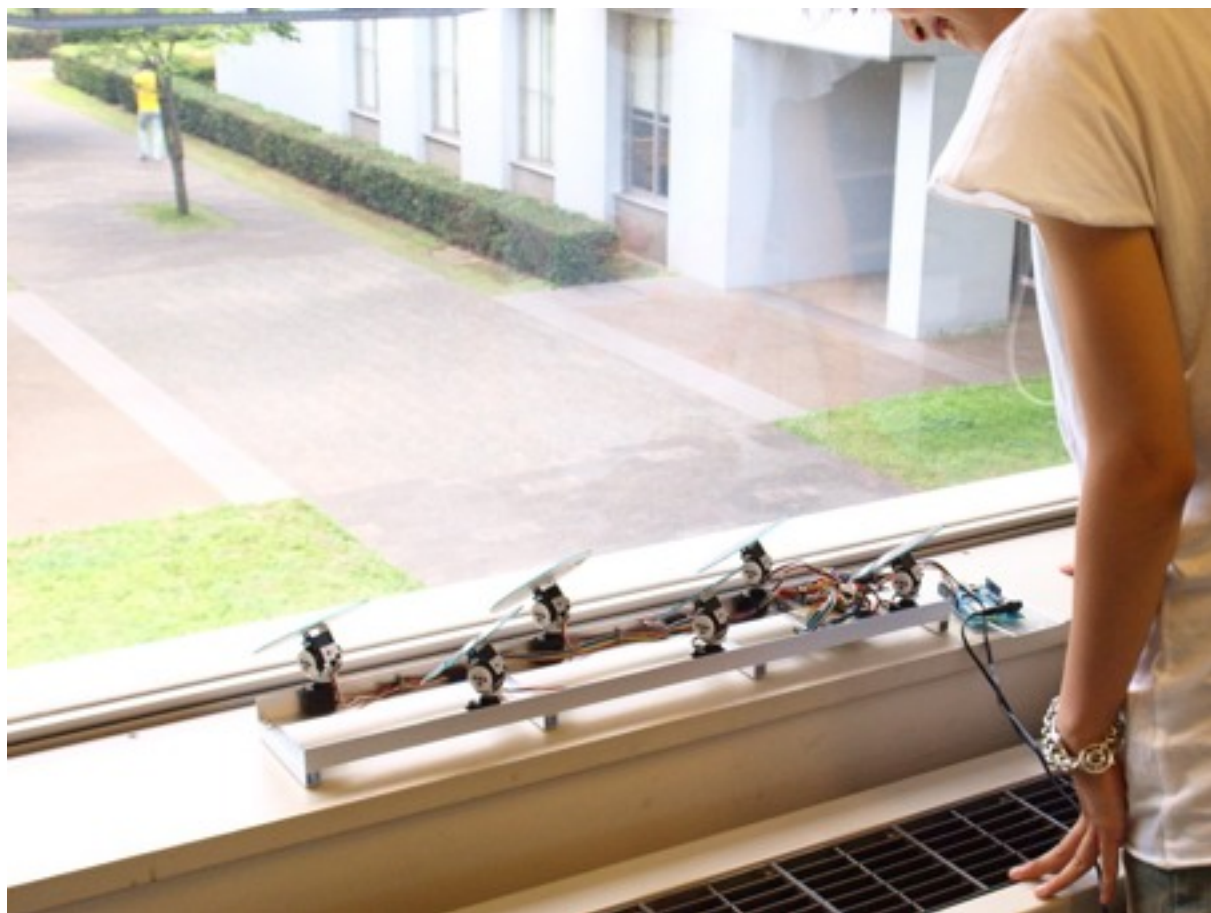


図5-5 屋内での設置風景

このときは空が曇り空であったため、明確な太陽光の反射を見ることは出来なかったが、天井に対して照射角度を設定しておく、僅かではあるがサーボモーターのブレがあることに気付いた。また、本装置で使用しているサーボモーターは精度があまり高くないため、太陽の運行に従って僅かずつ照射点がずれてしまう問題が発生した。この精度の問題については、最大で10度ほども差異が出てしまうことが分かった。

2) 屋外での設置～照明用途の発見

同日、屋外に設置した。屋外から屋内に向け、全ての鏡の方向を揃えるように再調整し、一点に収束させた (図5-6)。鏡6枚分の太陽光の反射は、実際の日向の光よりも強い。

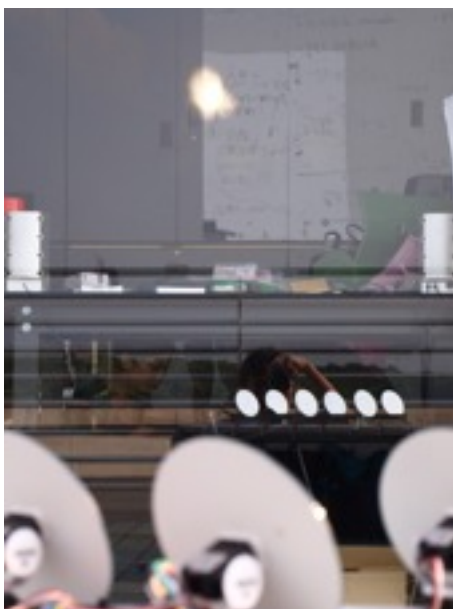


図5-6 一点収束

また、屋内に設置された光を拡散させる板などに集中的に照射することによって、昼限定ではあるが照明装置のような利用が出来ることに気付いた。まずはスチレンボードに対して照射し、その後、直径40cmほどの白いラテックス風船に向けて照射した (図5-7)。

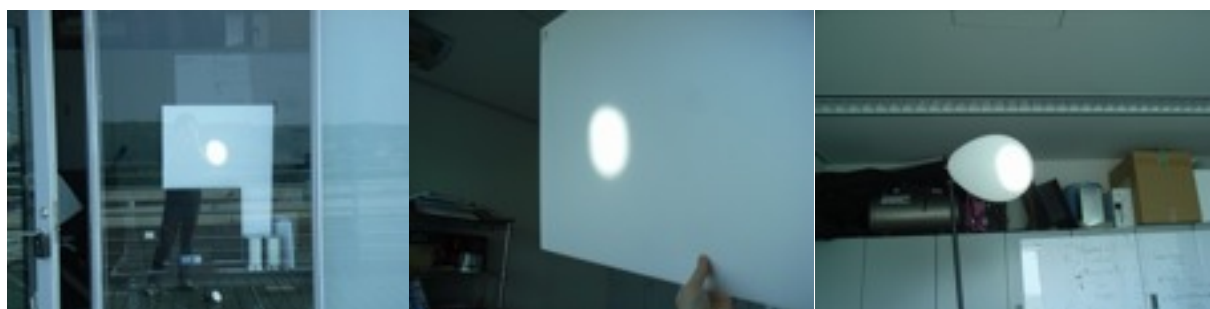


図5-7 拡散版に向けての照射

拡散面を工夫することによって、屋内照明の代用としての活用に耐える照度を発生させる可能性を見いだすことが出来た。本装置はまだ精度的な問題こそあれ、屋内に設置したこのような拡散面に対して常に太陽光を照射させることが出来るため、新たな屋内照明の形として提案できると感じた。

3) 屋外での設置～動きを持った照明用途

評価(1)及び(2)では、サーボモーターの精度の問題があり、本装置が想定していたような常に太陽光を任意の位置に照射することを実現するためには、度重なる調整が必要であった。そこで、照射点を動きつづけるパターンに設定し直すことによって、精度の問題から動きの問題に据え直すことが出来るのではないかと考えた。ここでは各照射点が全体としてひとつのサインカーブを描くようにプログラムを再調整し、評価を行った。(図5-8)



図5-8 動き続ける照射パターン

サインカーブを描かせることで分かったことは、たった6個の鏡を用いた反射光ではあるが、なんらかの情報提示手段として流用できる可能性である。例えば音響のスペクトル表示が挙げられるだろう。

動作させるうちに次第にそれぞれの照射位置はずれ続けてしまい、10分ほどでサインカーブの形態は崩れてしまったが、精度の問題さえクリアできれば、新たなアクチュエータとして利用が進むことが考えられる。

5.2.3 Solar Reflection Deviceの考察

1) 評価から得られた知見

Solar Reflection Deviceの開発後に行った、5.2.1の評価から得られた知見としては以下の3つに絞り込むことが出来る。

- (1)より - 変化し続ける太陽の位置を、鏡の角度変化から推測することが出来る
- (2)より - 屋内に設置した拡散板に集中的に照射することで、照明装置として利用が出来る
- (3)より - 動きのあるパターンを用いることで、情報提示手段として活用が出来る

いずれも、本装置に採用したサーボモーターの精度の問題から、実際の活用にまで至ることが出来なかった。これを改善するためには、角度フィードバック機構を有するシリアルサーボモーターの活用が挙げられるだろう。また、常に鏡の角度を監視できるセンサーを増設することによっても改善可能に思われる。

また、本装置は常に太陽の位置を意識させる効果があると考えられるため、ユーザは鏡の角度などから実際の太陽の位置を推測することを通して、一日の太陽の動きに注目することが出来ると考えている。同時に、太陽は常に白昼色ではなく、夕暮れに近づけばその色を赤く染め、それが屋内の反射板に対して赤く照射される状況も考えられる。今回はこのような検証を行うことが出来なかったが、太陽の運行と連動する装置を開発する意義は数多く存在することが確認できた。

2) Solar Reflection Deviceの展望

Solar Reflection Deviceの展望としては、以下のような応用があると考えられる。(図5-9)

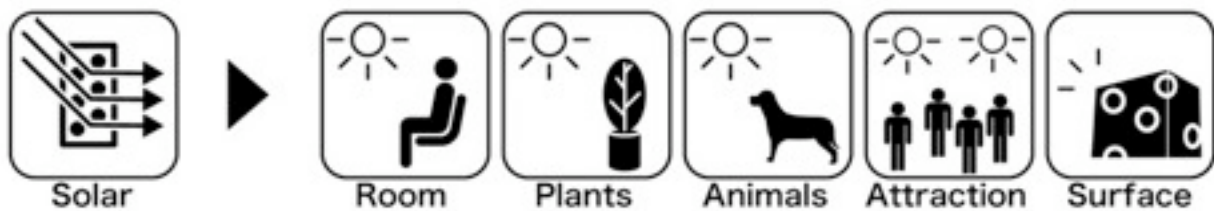


図5-9 Solar Reflection Deviceの応用例

日常では屋外に出るか、窓を通してしか享受できない太陽光ではあるが、本装置を活用することで、屋内の任意の位置に対して太陽光を照射できる。それは人だけでなく植物や動物のためにも有用である。また、動きのあるパターンや、鏡の形状を工夫することによっては、なんらかの情報提示の装置として人を惹き付ける役割や、建築のサーフェースに対し装飾を行うことも可能になるのではないだろうか。

5.2.4 Solar Reflection Deviceのまとめ

5.2章では、ソフトウェア上でシミュレートされた太陽の位置を参照し、季節や時刻にかかわらず任意の位置に対して、太陽光を反射させることが出来る装置である Solar Reflection Device (ソーラー リフレクション デバイス) の開発, 評価, 考察を取り扱った。精度の問題こそあれ、評価段階においては本装置開発の意義が数多く存在することが確認できたことに加え、様々な応用例を示すことが出来た。

自然現象と連動する装置の開発意義として

太陽光の活用は、昨今のエネルギー問題に対しての重要なトピックである。本装置ではそのトピックに対するクリティカルな答えとして、太陽光を常に任意の位置に照射できる装置を開発し、その知見と展望を説明することが出来た。また、四章までに説明してきた「観察行為を促す」側面も有していると考えられるが、本製作ではユーザによる評価を行うことはできなかった。しかしながら、照射できる太陽光の強度、関連して発生する熱エネルギーなどを定量的に評価することで、空間演出の枠を超えた実用的な「自然現象と連動する空間デバイス」として活用できると考えられる。

Planeteticaとは、太陽を含めた太陽系内惑星と、太陽系外の惑星の運行と連動し、それらの運行のダイナミクスをインタラクティブな空間演出として表現させて、体験させることを目的とした装置である。

本章では2つの装置を開発した。ひとつはホストコンピュータを必要とせず、内蔵のマイクロコントローラーのみで動作できるPlanetetica_Lite, もう一つはホストコンピュータと接続し、ディスプレイ上に表示されたユーザインターフェイスを備え、より複雑な天体の運行と連動することができるPlanetetica_Proがある。

これら2つの装置は、2008年12月8, 9日に慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス正門前にある、小林ビルにて開催されたCafe With Nature展にて展示を行った。そこから得られたコメントによる評価やユーザの行動をもとに、Planeteticaの考察と展望を述べる。

5.3.1 Planeteticaの構想

1) 開発の全体構想

5.2章の開発ではサーボモーターを使用した。そこから、空間外部の現象を表現する場合には、物理的なアクチュエーションが有効だと感じた。また、4.3章の考察において述べた、

本装置は色の参照元となる画像を提示するグラフィックと並列に展示することで成立していた。それは、調光された結果だけを伝えるよりも、調光される過程を伝えることを重視したためであったが、一般的に考えればこのように表現の裏側を提示することは注目すべき視野が分散し、煩雑な印象を与えてしまう。ところが、装置全体の動作過程を知り、その結果として照明が調光されているという体験をディスプレイ→照明装置という2段階踏むことによって、目の前に表出している照明によって引き起こされる現象の理解が深まるという傾向があるのではないかと感じた。昨今のヒューマンコンピュータインターフェース分野では直感的な理解が重視される傾向にある一方で、理解させるまでに一定の段階を踏ませるようなコンテンツにも、重要な価値が潜んでいるのではないかと感じた。

この知見から、スクリーンでのグラフィカルな表現と、単純な入力デバイスを備え、物理的な動作をアウトプット出来る2つの構想を練った。

2) Planeteticaのダイアグラム

本装置の開発のダイアグラムを以下に示す。(図5-10)

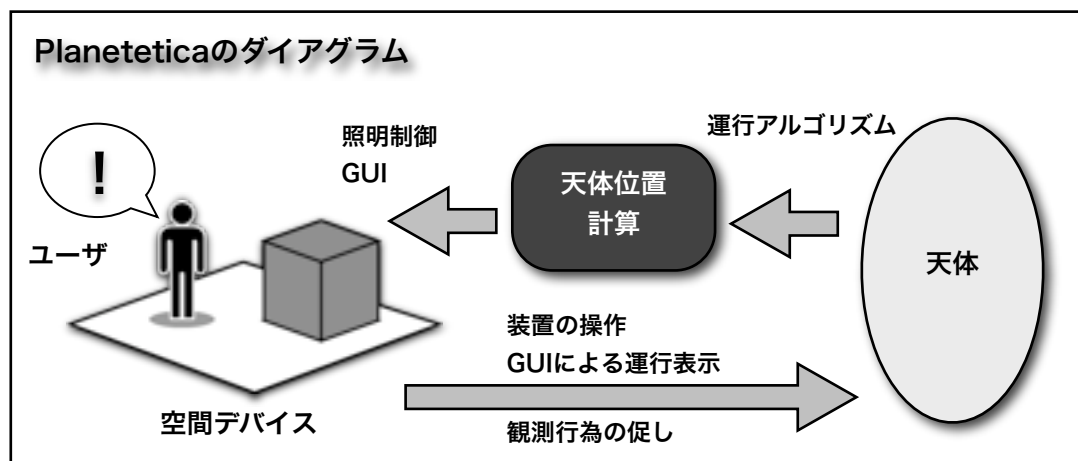


図5-10 開発のダイアグラム

3) 2つの装置案

さらに今回は、グラフィックユーザインターフェース (GUI) の提示によってユーザーの反応がどのように違うのかを確認するため、マイコンのみで処理が完結するものと、ラップトップコンピュータと連動を図るものの2種類を製作することを考えた。それぞれ、「Planetetica_Lite」と「Planetetica_Pro」と呼称する。

5.3.2 Planetetica_Liteの実装

Planetetica_Liteは、マイコンのみで処理を完結させるものを想定している。入力デバイスとしてポテンションメータ（多回転ボリューム）を、GUIとして μ OLEDディスプレイを導入する。さらにサーボモーター、フルカラーLEDを組み合わせ、全体を形作っていく(図5-11)。

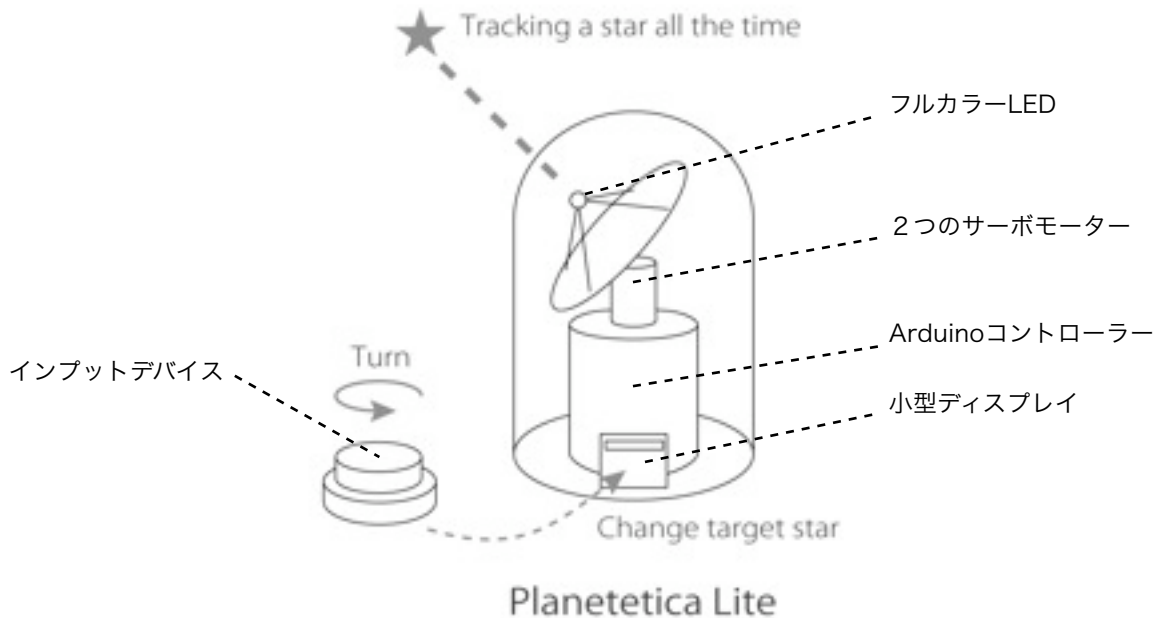


図5-11 Planetetica_Lite

1) 入力デバイス

Planetetica_Liteは、入力デバイスのつまみを回転させることで、追跡する天体を選択できるようにしている。まず、15回転可能な多回転ボリューム（100 Ω ）を選択した。これを市販のステンレスシャーレ（直径8cm、高さ2.5cm）内に格納し、シャフトやワイヤーが通る穴を開けた後、アルミ削り出しボリュームつまみを固定した。（図5-12）

通常の回転ボリュームと違い、多回転ボリュームの回転抵抗は大変小さい上に、アルミ削り出しボリュームつまみの重さによって、弾くような操作感覚を実現した。



図5-12 インプットデバイス

2) 制御ソフトウェア

5.2章では天体運行概略式を太陽の運行追跡のみに用いていたが、Planeteticaにおいてはそれを太陽系内の、太陽、水星、金星、月、火星、木星、土星、天王星、海王星の追跡を可能にすると同時に、その計算過程においては太陽系外惑星（例えばオリオン座のシリウスなど）の追跡も可能になった。以下にはその動作を確認するために製作した簡単な検証アプリケーションを示す。(図5-13)

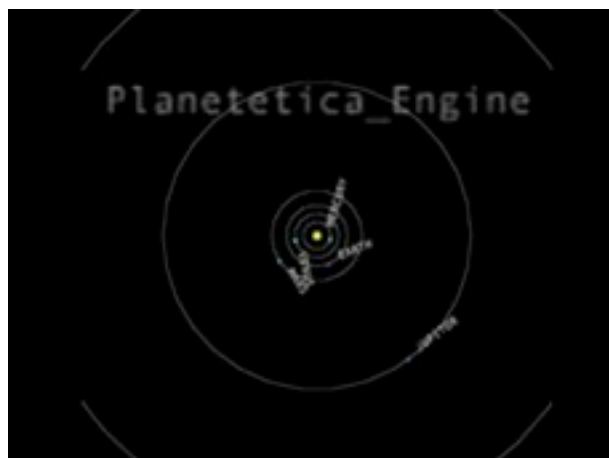


図5-13 天体運行を検証するアプリケーション

天体の追跡が可能になったことを確認した後、インプットデバイスからのアナログ入力及び追跡対象の天体名を表示するための μ OLEDディスプレイへのメニュー出力を担うプログラムを作成した。さらに、サーボモーターへのパルス出力部分、フルカラーLEDへのPWM出力部分を追加し、Planetetica_Liteの制御ソフトウェア実装を終えた。(図5-14)

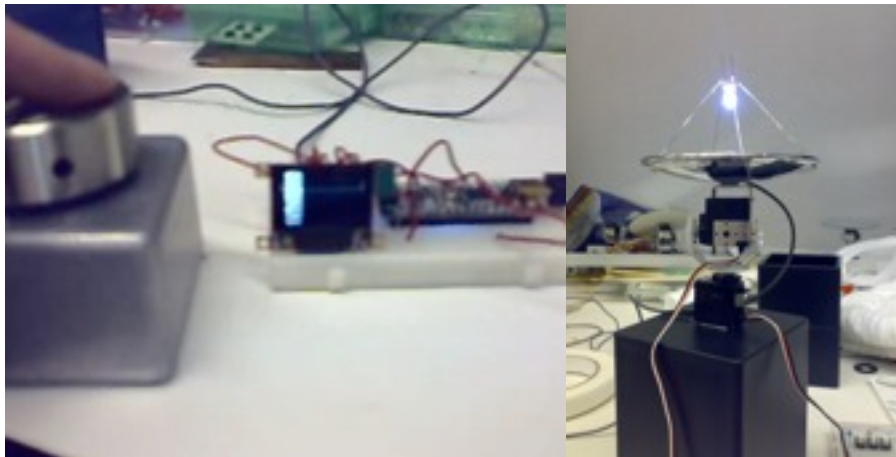


図5-14 入力と出力の試験およびサーボモーター、フルカラーLEDとの連動

3) アクチュエータと外装

外装全体を、電波望遠鏡のような形に仕上げたいと考えた。アクチュエータには、5.2章Solar Reflection Deviceに用いたサーボモーターと同型の、共立電子サーボモータブラケットセットを選択している。前開発ではこのサーボモーターの精度が問題になったが、本装置での利用においてはさほどの精度を要求しないため、引き続き利用している。

装置外装として、まず土台にアクリル板材を直径120mmに丸くカットしたものを使い、ケーブル貫通用の小穴を開け、底面にはケーブルが通る隙間を確保するためにゴム足を接着した。その上に直径120mm、高さ180mmのガラス製ドームケースを被せている。サーボモーターの基壇には黒色のアルミ製の丸いケースを流用している（図5-15）。また、サーボモーターの先端部には直径60mmの凹面鏡を



図5-15 Planetetica_Lite完成写真

固定している。さらにその周縁部に穴を開け、フルカラーLEDを固定させている。このようにして、Planetetica_Liteが完成した。

5.3.3 Planetetica_Proの実装

より豊富な情報量を持ったGUIを有する点で、Liteとは異なった構想をとった（図5-16）。Planetetica_ProがPlanetetica_Liteと大きく異なる点としては、本作では現在の天体を指し示すだけでなく、GUI（図5-17）を通じて時間を操作することができ、天体の運行を軌跡として認識させることができる。

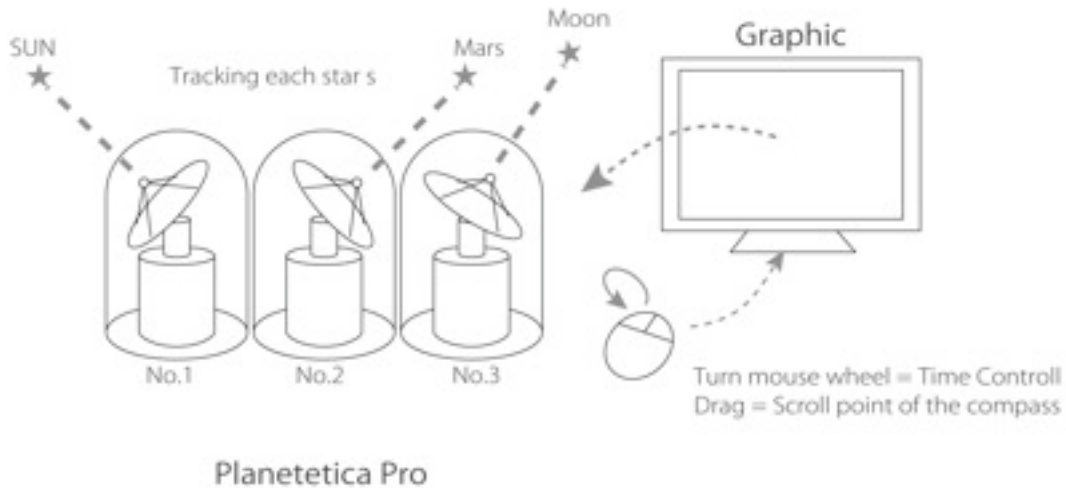


図5-16 Planetetica_Pro

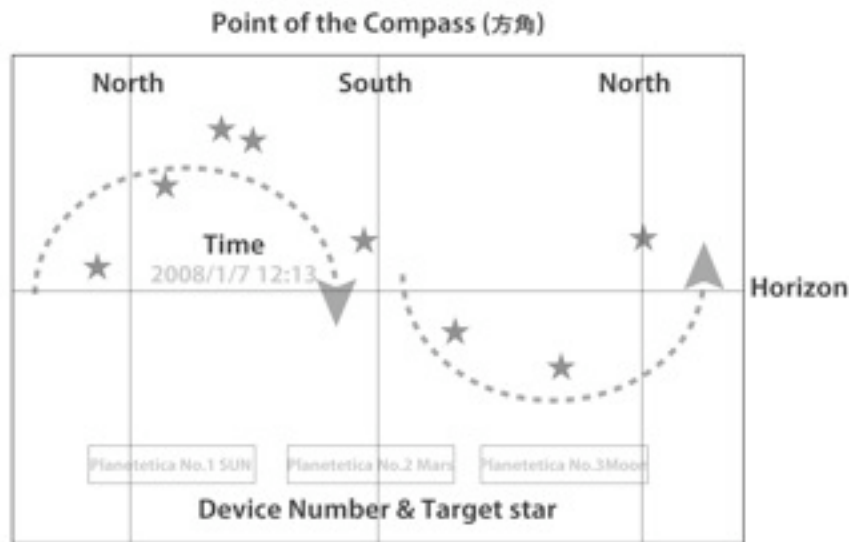


図5-17 Planetetica_ProのGUI

Planetetica_Proには、主としてマウスをインプットデバイスに採用した。また、機能選択のためにとキーボードも利用している。時刻をマウスホイールで操作可能にするために、フリーホイールを搭載した市販の無線マウス（Logicool社 VX Nano）を、キーボードにはApple社Wireless Keyboardを使っている。Planetetica Liteで製作した基本となる装置を3つ量産した上で、それぞれにサーボモーターとフルカラーLED用の出力を考慮する必要がある。さらに、無線通信やGUIのフレームレートへの配慮も同時に必要となる。以下ではGUIとコントローラーの実装について述べていく。

1)グラフィックユーザインターフェースの実装

Planetetica_ProのGUIとしては、以下の機能を実装した。

- ・天体運行概略式の2次元表現
- ・マウสดラッグ操作による画面スクロール
- ・マウスホイール回転に応じた天体位置コントロール
- ・追跡対象天体へのターゲットラインの描画
- ・フレームレート調整とブラー表現

また、サーボへの角度信号送信のために以下の機能も実装している。

- ・追跡天体の方位・高度をサーボ送信用に角度調整
- ・シリアル通信

これらを実装したものが、図5-18と図5-19である。

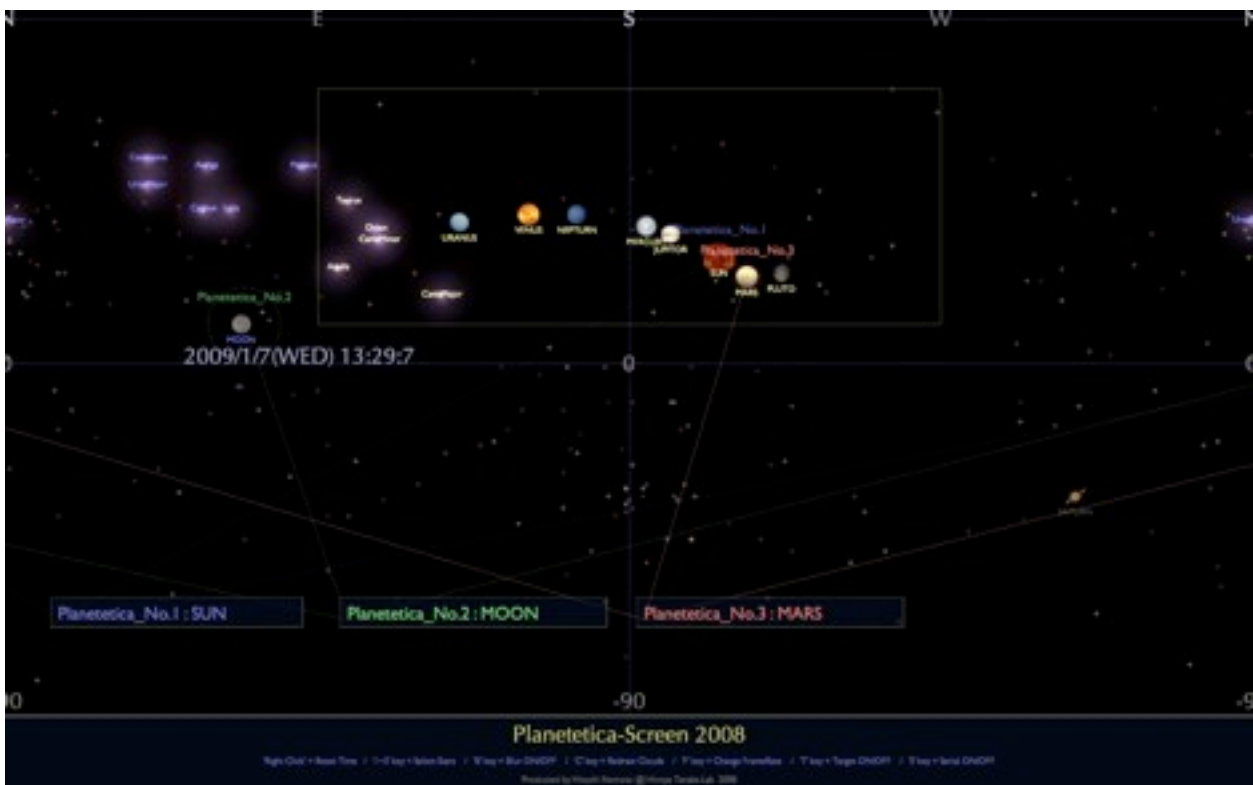


図5-18 Planetetica_Pro のGUI

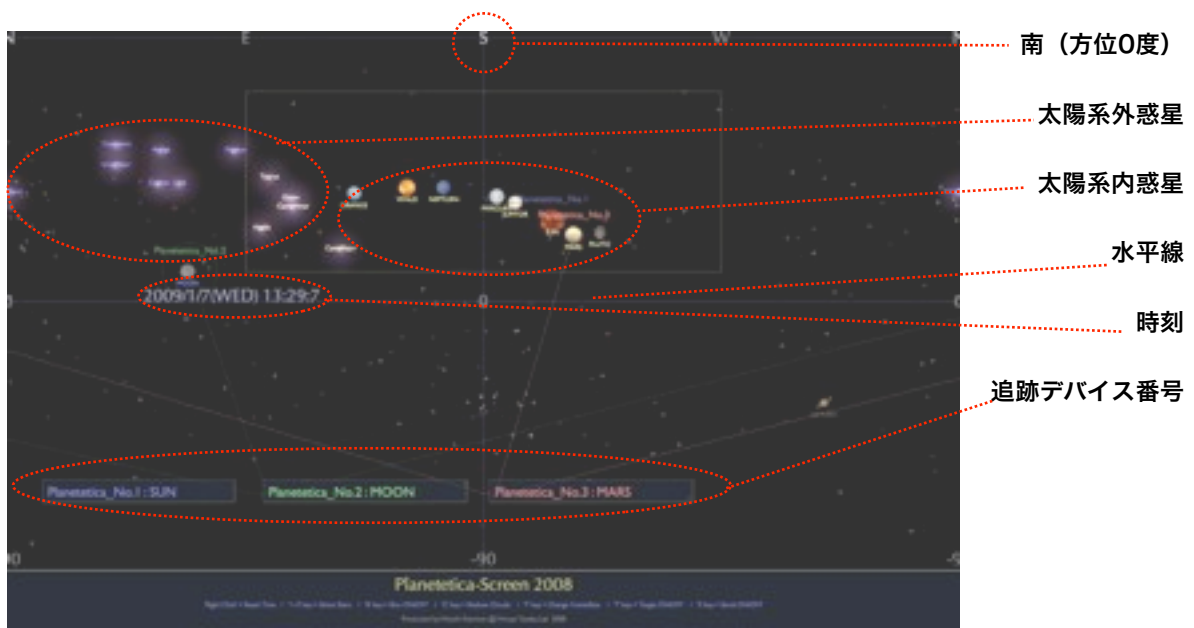


図5-19 Planetetica_Pro のGUI (説明)

2) 量産とコントローラの実装

装置を量産し(図5-20)と, Arduinoの無線版であるArduinoBTを用いて, ホストコンピュータからのシリアル通信によってサーボモーターとフルカラーLEDを制御できるコントローラの実装をした。

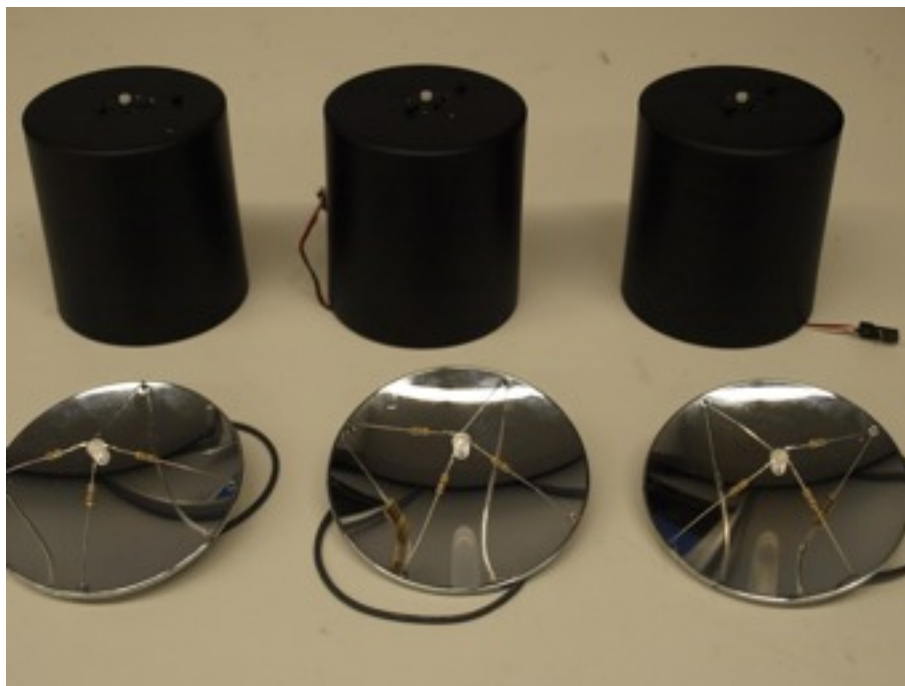


図5-20 量産中の装置

5.3.4 Planeteticaの評価

本装置は2008年12月8, 9日に慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス正門前にある, 小林ビルにて開催されたCafe With Nature展に展示を行った. ここでは, 本装置同様に自然現象とコンピュータを取り扱った作品が出品された.

本装置が会場に設置された状況を以下に示す. (図5-21) (図5-22)



図5-21 展示の状況



図5-22 展示の状況(クローズアップ)

また, 設置場所の背面は, 南方に開口した窓になっている. 本装置が指し示した天体を, 後ろに振り返ることで実際に目にすることが出来る.

Cafe With Nature展では、2日間の開催でのべ30人以上が本装置を体験した。ここでは、一組あたり平均して20分ほどのディスカッションを行うことが出来た（図5-23）。以下、ディスカッションから得られたコメントと、ユーザの行動について示す。

ディスカッションから得られたコメント

（本装置の外装を見ながら）

- A.卓上に乗せられるサイズだが、どうしてこの大きさにしたのか教えて欲しい（大学教員）
- B.アンテナのような形で、かわいい。完成度が高い（女子大学生）
- C.電波を受信しているような感じがする（男子大学生）
- D.セレクトショップなどで売っていてもおかしくはない（男子大学生）
- E.装置自体が、星空の観測道具として望遠鏡になっていると良かった（大学教員）

（本装置の照明の部分を見ながら）

- F.凹面鏡に反射して、キラキラと美しい（男子大学生）
- G.天井などに照明が写らないのが残念（男子大学生）

（ProのGUIを見ながら）

- H.天体の動きを2次元上で表現する試みとして面白い（大学教員）
- I.最初は意味が分からなかったが、よく考えると動きの意味が分かってくる（主婦）
- J.使っていると星の動きが良く分かる。教材に良いのではないか（主婦）
- K.ディスプレイと装置を同時に見なくてははいけないため、全体として煩雑である（大学教員）

（Planeteticaと、窓から見える実際の空を見比べながら）

- L.本当に月があった！（女子大学生）
- M.(Proを操作しながら) 特定の日に、太陽が昇る位置が分かって、面白い（会社員）

（Planetetica_Liteのインプットデバイスを触って）

- O.回転させる加減が分からず、もっとデジタル的にスイッチを切り替えるようにしたい（男子大学生）

（Planetetica_Proをマウスとキーボードで操作しながら）

- P. Liteに比べて、ユーザの理解度に応じた機能拡張がなされていると思う（男子大学生）
- R.できる操作が多すぎて、いっぺんに覚えられない（女子大学生）

（その他のコメント）

- S.人工衛星の位置も分かると面白いと思った（会社員）
- T.これ、幾らなら売ってくれますか？（会社員）



図5-23 体験中のユーザ

体験中のユーザの行動について

来訪したユーザに対しては、本装置についての概要を説明し、その後にLiteの機能説明、ProのGUIの説明とマウスホイールによる操作について説明をした。その後、筆者がそれぞれの装置の使い方を実際に見せた後、ユーザに操作を委ねた。ここまでで5～10分ほど要した。

ユーザに操作を委ねた後、本装置が本当に現在の天体を指し示していることや、ProのGUIにおける天体の運行の軌跡の理解に至るまでには、操作開始から5分以上かかっていた。この最中は装置やディスプレイに注視していたが、本装置への理解が進むにつれて、次第に窓の外の空を見るようになっていた。

また、本装置は内部時計の進行によって自動的に天体を追尾するため、装置をじっと注視して照明部分の角度が変わる瞬間を、じっと待つ者も多く見られた。

1) 装置全体の意匠について

ディスカッションから得られたコメントのA-Eは、全て本装置の外装を見ながらのものであって、いずれも「A.かわいい」や「D.売っていてもおかしくはない」など、高い評価を得ることができた。また、Planeteticaは照明部分を電波望遠鏡をモチーフにすることで、目には見えない遠くの現象をキャッチしている印象を持たせることを目的としていたが、「B.アンテナのような形で、かわいい」「C.電波を受信しているような感じがする」など、意匠としてはその構想を満足できたと感じている。しかしながら、「E.装置自体が、星空の観測道具として望遠鏡になっていると良かった」という意見もあったことから、装置全体の意匠としては完成度を保ちつつも、照明部分には改良の余地があることが判明した。

2) LiteとProの違いについて

Proでは天体の運行を平面のGUIとして表示させていた。構想段階では、Liteの方がシンプルな形式で天体の運行と連動していることを示せると考えていたが、実際にはProのGUIを見て始めて、星空全体の運行が理解されているようであった。さらに言えば、Liteが天体の位置を指し示していることを理解できるまでには僅かな時間で十分に理解されていたものの、Proでは時間が操作可能になっているうえ、注視されやすく複雑な情報量を持ったGUIが用いられているため、手元やディスプレイ、装置の間を幾たびも見比べながらの操作が要求されていた。

このような理解に至るまでの行程では、ユーザの反応が大きく二つに分かれたことが興味深い。肯定的な意見としては、「I.最初は意味が分からなかったが、よく考えると動きの意味が分かってくる」「J.使っていると星の動きが良く分かる。教材に良いのではないか」「P.Liteに比べて、ユーザの理解度に応じた機能拡張がなされていると思う」という反応を得られた一方、否定的な意見としては、「K.ディスプレイと装置を同時に見なくてはいけないため、全体として煩雑である」「R.できる操作が多すぎて、いつべんに覚えられない」の反応があった。

これはすなわち、本装置をヒューマンコンピュータインターフェース(HCI)として捉えるか、または天体観測を支援する道具と捉えるか、そのユーザの立ち位置に違いがあったのではないかと思われる。HCIとして本装置を捉えた場合、操作や実際の現象との比較に時間がかかることで、煩雑であるとか理解までに時間を要することへの不満が噴出する。しかしながら本装置を天体観測の支援装置として見るならば、それまではユーザが知らなかった天体の運行に関しての、一種の知育の効果を生み、本来であれば長い時間を要する天体運行の理解が、促進されることを通しての面白さを発見していたのではないだろうか。

Planeteticaの開発と評価から得られた知見を以下に示す。

まず、単純なインターフェースを備えたLiteには直感的な理解が生まれるが、GUIと連動させたProは直感的に理解しにくい。しかしながらこの解釈を異にするならば、本来は長い時間を掛けて理解されてきた天体の運行に関して、Proが認識を促進することで、数分のうちに理解へと繋げることができたとも考えられる。一方でLiteは、数十分単位での空間演出の変化しかもたらすことができないため、より長期的な装置との接触が求められるものであった。

また、意匠及び照明効果に関しては、多くのユーザから好意的な意見が寄せられた。本装置は空間に照明効果と動作を表出させているが、前述の、自然現象への理解を促進できた点と総合して考えるならば、空間演出性と自然観測性を両立させることに成功していたと思われる。すなわち、表題である自然現象と連動する空間デバイスを実践的に製作し、評価を得られた結果、本研究の目的を達成できたと考えられる。

しかしながら、本装置をHCIとして捉えた場合の、ユーザインターフェイスとしての評価の低さや、空間演出装置としての性能、説明に要した時間の長さなどには課題が残った結果となった。また、本装置の操作においては常に詳細な説明が必要とされることが、今後最も改善すべき点であると感じている。

本装置の展望としては、ネットワーク上に公開されている様々な気象現象や人工衛星、航空機等の運行と関連づけることが考えられる。Planeteticaは天体の運行のみを対象として開発をしたが、ネットワークを通じて公開されている様々な地球内外の現象と紐づけることによって、多様な現象の運行を空間演出を通して観測行為を促すことができる可能性がある。

第六章 まとめ

第六章では本論のまとめとして、これまでの開発と評価から得られた知見と考察について論じる。

第一章では、今日においてIT技術が可能としている空間演出と自然観測について概観した。

1.1章にアラブ世界研究所や、Flare facadeが試みているIT技術を活用した空間演出を、1.2章では enegeometrixを例に、IT技術と関連するメディアアートの分野での自然観測の新たな試みを取り上げた。

第二章では、IT技術を活用した空間演出と自然観測について、HCI分野の関連研究であるアンビエントインターフェース、メディアアート、そして実践事例を挙げ、空間演出や自然観測へIT技術が大きく関与し始めたこと、そしてIT技術（HCIデザイン）に空間演出性と自然観測性を加味していくことで、新たなデザインの広がりが見いだされていることを説明した。まず、2.1章ではSlow Technology[4]や Ambient Device社を参照し、空間演出的な情報提示手段がHCIデザインの新たなデザインドメインを創出している状況を確認した。2.2章でメディアアートが、自然環境や自然現象の認識を新たに提示してくれるような、自然観測行為をデザインした作品を生み出していることを説明した。そして、2.3章にはインタラクティブ展示を擁するリスーピアなどにおいて、IT技術を活用した、自然現象をテーマとする空間演出が学びの機会を増加させていると述べた。

第三章では、本研究の目的として、空間演出性と自然観測性を両立させる装置である自然現象と連動する空間デバイス（図6-1）を実践的に開発、評価することによって得られる知見をもとに、空間演出、HCI、自然観測の3つの領域を横断的にデザインできる可能性を明らかにしていくことを明示した。目的を説明した後に、本研究の位置づけを説明した（図6-2）。第二章で挙げた関連研究をもとに、それぞれの問題意識と近接する領域としての空間演出、HCIの領域のほか、メディアアートを自然観測と環境芸術の領域に切り分けることで、それぞれの領域と関連研究の中心に、本研究を位置づけることが可能になると説明した。

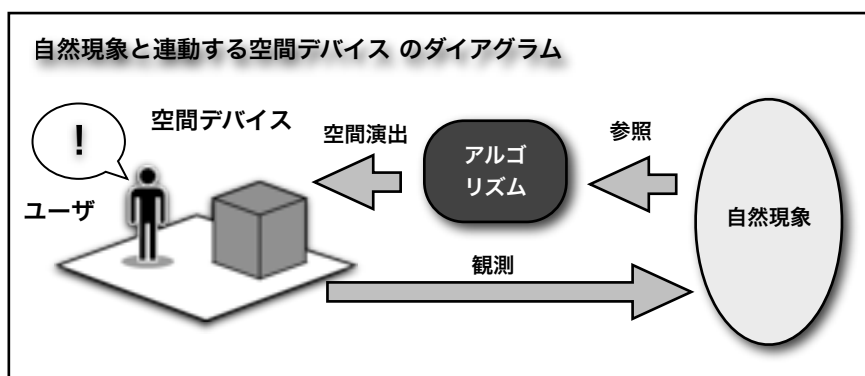


図6-1 自然現象と連動する空間デバイスのダイアグラム

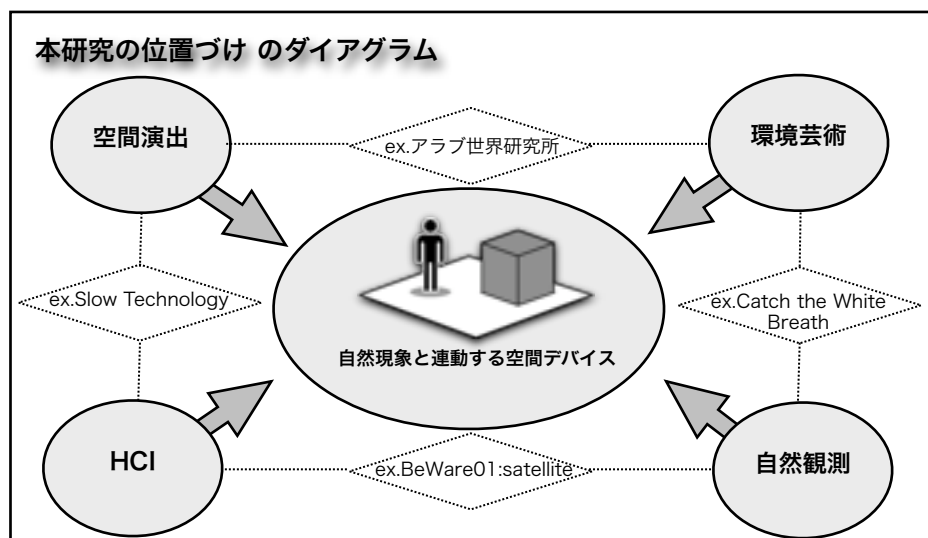


図6-2本研究の位置づけのダイアグラム

第四章では、気象や風景と連動する装置の開発と評価をした。4.1章で装置開発の構想を述べ、4.2章で夕焼けと連動する照明装置としての Sky Color Sphereを、4.3章では動画像から風景体験を再演出させる re-Phenomenal Deviceを、そして4.4章にはネットワーク上にある風景写真と連動する照明・音響装置 Landscape Processingを開発し、それぞれ評価を行った。そして4.5章では、これら気象や風景と連動する装置の考察と展望を説明した。そこでは、これらの装置と関わることによって、ユーザ自身が体験した過去の自然現象との差異について、思考する時間（内省）が発生することが確認できた。さらに、装置自体を小さく製作することによって、ユーザの思考を装置自体への興味から早期に遊離させることができ、ユーザ自身による内省を伴った、能動的な自然観測が起りうることを指摘できた。

第五章では、四章の知見を踏まえた上で、天体の運行と連動する装置を開発し、その評価を行った。5.1章で開発の対象を天体に定めた動機と、製作の構想を述べ、5.2章で太陽光を反射する装置である Solar Reflection Deviceを開発した。精度問題から展示などを通した評価を行うことはできなかったが、太陽光を取り扱った本装置の展望について論を深めることができた。太陽光の活用は、昨今のエネルギー問題に対しての重要なトピックであり、照射できる太陽光の強度、関連して発生する熱エネルギーなどを定量的に評価することで、空間演出の枠を超えた実用的な「自然現象と連動する空間デバイス」として活用できると説明した。

また、5.2章からは全天の天体運行と連動できる Planeteticaの開発を行った。その後の考察として以下のことを述べた。本来は長い時間を掛けて理解されてきた天体の運行に関して、情報量の多いGUIを備え、天体の運行の時間的変化を即座に確かめられる Planetetica_Proが、その認識を促進することで、数分のうちに理解へと繋げることができたと考えられた。一方でGUIを持たない Planetetica_Liteは、数十分単位での空間演出の変化しかもたらしることができないため、より長期的な装置との接触が求められるものであった。しかし、本装置をHCIとして捉えた場合の、ユーザインターフェイスとしての評価の低さや、空間演出装置としての性能、説明に要した時間の長さなどの課題が明らかになった。

1) 空間演出性と自然観測性の両立について

本研究ではそれぞれに異なる性質である「空間演出性」と「自然観測性」の2項を両立させることを目的とした装置を開発してきた。そこから得られた知見として、本論中では十分な評価を示すことができなかったSky Color Sphereであったが、後に開発したre-Phenomenal Device, Landscape Processingの双方の評価と比較した結果、包囲的な空間演出では、空間演出そのものに注意が惹き付けられすぎること傾向が明らかになった。さらに、ユーザが行う自然観測行為には2種類あることが指摘できると説明した。一つは、内省を伴わず装置によって受動的に促された観測行為であり、装置自体の物珍しさや、初めて意識的に触れる自然現象に対して感心し、それを理解しようとしている状態である。もう一つは、内省を伴った能動的な観測行為であって、ユーザは自分自身と自然現象の関連性に思考を巡らせながら、自分を見つめ直すきっかけを生み出している状態である。これを一言で表すならば、「物思いにふける」ことが最も近いと考えている。誰しも、ぼうっと空などを見上げているときに、いつの間にか物思いにふけていることがあるのではないだろうか。

すなわち、自然観測行為には2つの状態がある。「自然観測から得られる理解」と、「自然観測を行いながら、ユーザが物思いにふける状態」である。そこで、Sky Color Sphereのようにスケールを小さくし、周囲への関心を引き起こしやすいような形態にすることによって、後者の段階が早期に訪れる可能性が明らかになった。空間演出性と自然観測性を両立させるデザインを適切に行った場合、空間演出が本来の特徴とする非没入的な情報提示によって、装置や空間自体の物珍しさを早い段階で打ち消し、ユーザにとって自然観測から内省が起りやすい状況を生み出すことが可能だと言える。そのためには、装置の大きさや演出効果を小さいものに抑えながらも、同時にGUIなどによる具体的な説明を通して、自然現象への理解を促進させることが有効である。このような配慮を重ねていくことによって、空間演出性と2つの自然観測行為それぞれは、IT技術によって両立させることが可能であると考えられる。

2) 空間演出, HCI, 自然観測の3つの領域を横断的にデザインする可能性について

本研究はIT技術を活用した空間演出と、自然観測行為の高まりを背景とし、アンビエントインターフェースデザインとの共通の問題意識があることを指摘した。それらはメディアアートの分野で実践的な試みがなされていた一方で、分野横断的な問題意識に対しては説明が不足していることを説明してきた。しかし、これらの領域を横断的に捉えながら開発した、自然現象と連動する空間デバイスは、製作した装置自体の意匠及び照明効果に関して、結果的に好意的な評価を受けることができた。また、自然現象と連動した空間演出及びGUIを表出させることでは、自然現象への理解を促せることが確認できた。このようにそれぞれのデザインドメインが関連し合ったことで、本来的に両立が難しかった空間演出性と、自然観測性が両立できるデザインの地平を、実践的に示すことができた。

まず、今日において自然観測がもたらす人への影響を、改めて明らかにしていく必要がある。なぜなら、本論で取り上げてきたように、IT技術を活用することによって、空間演出性と自然観測性を両立させたデザインが可能になりつつあるが、一方でそのデザインの受け皿として「癒し」や「探求心」以外の、自然観測の意義が現代社会のありように対応できる言葉が用意されていないからである。自然現象を観測する行為は、人に対して2つの段階を体験させることを説明してきたが、これらを同時に体感させることの意義を明確にしていくことで、自然観測性を備えた空間演出、HCIデザインがさらに豊かなものになっていくと感じている。

また、本論のまとめで明らかにした「自然観測を行いながら、ユーザが物思いにふける状態」をデザインする可能性について、さらに論を深める必要がある。前述の通り、この意義を単なる癒しとして片付けるのではなく、これが現代社会に潜在する情報過多な状況の破れであると捉えるならば、今後より一層、デザインの対象として捉える必要性も高まってくると考えている。そこでは、動物や植物との触れ合いを通じた実際的な自然体験もその解答の一つではあろうが、自然回帰的な論に落ち込んでしまうのではなく、現代だからこそ可能になるIT技術を活用しての、解決の可能性を探り続けなければならないと感じている。

最後に、本研究では空間演出、HCI、自然観測、環境芸術（メディアアート）の4つの領域を参照しながらの開発であったが、私自身、ここから知見を大きく広げることができた。そこでは、環境に潜む美への注意力や、現象の科学的理解、開発設計者としての思考の枠組みの構想から、開発に必要な実装への知識、そしてこれらを統合的に取り扱う視点、これらを磨くことができたのではないかと自分の成長を感じつつ、本論を閉じたい。

謝辞

この論文が完成するまでの2年間、たくさんの方々にご協力とご指導をいただくことが出来ました。今日に至るまでに出会えた方々全てのお名前を書くことはできませんが、みなさんに心から感謝しています。

私が慶應義塾大学 政策・メディア研究科に進学できてから、ずっと熱心なご指導をいただいた、慶應義塾大学 環境情報学部 田中浩也 准教授には、心より感謝申し上げます。手を動かして物を作ることができなかつた私を、ものづくり大好き人間に育て上げていただいたことは、これからの人生において非常に大きな転換になったと思います。また、田中浩也研究室の植物インターフェースプロジェクトを率いている栗林賢さんには、論文執筆を初めとした様々な局面で貴重なアドバイスを頂けたと共に、同じプロジェクトを通して様々なスキルを身につけさせていただくことができました。どうもありがとうございました。同研究室所属の同輩である高橋正資君、中村元宣君、そして関根雅人君、石塚賢君、いつも同じ研究室で、たくさんの方との相談に乗ってくれてどうもありがとうございました。

また、慶應義塾大学環境情報学部・中西泰人准教授、慶應義塾大学環境情報学部 笥康明 専任講師のお二人には、講義をはじめとして、様々な面から本研究を支えて頂きました。本当に、どうもありがとうございました。Planeteticaを展示したCafe with Nature展では、慶應義塾大学環境情報学部 加藤文俊准教授や、626cafeの皆さんのおかげで、非常に実りある成果を得ることができました。どうもありがとうございました。

さらに、Sky Color Sphereの製作では、MATHRAXの久世祥三さんに、実装についての多大なるご指導を頂きました。その評価ではtEntの久原真人さんに、貴重なご意見やご指導をいただくことが出来ました。どうもありがとうございました。

そして、私の学部時代からの友人で、同じ政策・メディア研究科に進学した中村耕二君、若新雄一君には、毎日のように相談に乗っていただきながら、デザインや哲学について、たくさんの方との議論を交わすことができました。誰も知り合いがいなかった進学当初は、私の心の支えになってくれたことに、感謝しています。

最後に、日頃から暖かく励まし支えてくれた家族と紀 暁穎さん、そしてたくさんの方の友人たちに、感謝します。どうもありがとうございました。

参考文献など

- [1] Ishii H,Ullmer B. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. CHI '97. ACM Press, 234-241
- [2] Craig Wisneski, Hiroshi Ishii, Andrew Dahley Matt Gorbet, Scott Brave, Brygg Ullmer, Paul Yarin Tangible Media Group. Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information. CoBuild '98
- [3] Mark Weiser and John Seely Brown,Xerox PARC Designing Calm Technology 1995
- [4] Lars Hallna s and Johan Redstrom PLAY Research Studio, Interactive Institute, Gothenburg, Sweden. SlowTechnology- Designing for Reflection: Personal and Ubiquitous Computing archive Volume 5 , Issue 3,2001,201-212p
- [5] 小坂崇之, 宮下芳明, 服部進実. 金沢工業大学工学研究科. 没入型三次元風覚ディスプレイの開発と評価 2007
- [6] 慶應義塾大学 政策・メディア研究科 渡邊 敏央 「風のたより」：風モデルを用いたコミュニケーションツールの提案と開発 2007
- [7] 慶應義塾大学 関根雅人 ene-geometrix. Shanghai eARTS Festival 2007 ARS electronica exhibition “Digital art and magic moments”
- [8] Sensorium BeWare01: satellite Ars Electronica Center Linz, Austria, 1997
- [9] Norimichi Hirakawa. a plaything for the great observers at rest. Award of Distiction,Prix Ars Electronica,2008
- [10] tEnt "Catch the White Breath" Installation Moere-Park,2007
- [11] 暦計算研究会編 新こよみ便利帳：天文現象・暦計算のすべて 170-182p 1991