

# 技術と芸術を結ぶ 光学的アプローチ

# 4



苗村 健

naemura@hc.ic.i.u-tokyo.ac.jp  
東京大学大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻

## 技術と芸術と

技術と芸術は、かつて密接な関係をもって互いに発展してきた。しかし現在では、技術と芸術の両者を同時に模索する研究活動は、ときとして「境界領域」への挑戦として位置付けられる。

メディア芸術作品に用いられている技術の中には、先端技術の研究者から見れば、どちらかという懐かしい部類に属するものがしばしば見受けられる。数年前の論文が、新たなコンセプトを吹き込まれて立派な作品として再登場する。これは素晴らしいことである。しかし、技術寄りの人間の知的好奇心を刺激するには必ずしも十分ではない。逆に、先端技術を駆使したシステムをアート作品と位置付ける試みも増えつつある。しかし技術ばかりが先行してしまうと、芸術寄りの人間の感性を刺激することは難しい。このような隔たりが、境界領域を意識させる要因なのかもしれない。

筆者は、知的好奇心と感性を同時に刺激し得るメディア芸術の可能性を探るというアプローチで、この境界領域に臨んできた。特に、常識を覆される「意外性」や、それに伴う今までにない「体験」などによって、両者を同時に刺激することを模索してきた。本稿ではそのいくつかを紹介する。

## 技術と芸術を結ぶ光学的アプローチ

本稿で紹介するようないくつかのシステムを構築し、あらためて振り返ることで、3つの共通点が見えてきた。ここでは個別のシステムを紹介する前に、この共通点に

ついて述べておく。

1つ目の共通点は、「先端技術を駆使して新たなキャンバスや絵筆を創出し、そこにこれまでにないコンテンツを描き出す」というアプローチにある。特にこのコンテンツの重要な特徴は、先端技術によって初めて可能になる対話性(インタラクティビティ)である。芸術という観点からは、この新たなキャンバスと絵筆に特有の対話性を、どのようなコンセプトや表現に結び付けていくかが鍵になる。技術的には、さまざまなコンテンツを描き出すことができる汎用性を確保することが、結果として応用可能性の裾野を広げることに結びついている。

2つ目の共通点は、「分かりやすさ・シンプルさへのこだわり」にある。常識を覆す意外性をストレートに伝えるためには、シンプルで分かりやすいメッセージが重要である。そして、それを支える技術に関しても、複雑なものではなくシンプルなものであることが、知的好奇心を刺激する上では重要である。別の言い方をすれば、複雑な技術や難解な芸術作品ではなく、シンプルな技術と分かりやすい芸術作品という組合せで、さまざまな試みに取り組んできた。

3つ目の共通点は、「物理現象に根ざした」アプローチにある。コンピュータの中ではなく、我々が存在している実世界における現象に着目することにより、「常識を覆すこと」と「シンプルな技術」の両立を実現させてきた。数ある物理現象の中でも、特に本稿では光学的現象を利用したシステムを紹介する。技術的には、ソフトウェアの限界を光学的な工夫で打破するところに旨味がある。現実世界に根ざした情報処理は、拡張現実感(Augmented Reality)や実世界指向インタフェースなどの分野で近年活発化しており、芸術作品以外への応用も

可能な技術的アプローチと位置付けることができる。

本稿では、以上の3つの共通点を有するシステムを紹介し、これらを総称して「技術と芸術を結ぶ光学的アプローチ」と呼ぶ。光学的アプローチという物理現象に根ざした手法によって、新たなキャンバスと絵筆を創出し、シンプルで分かりやすい技術と作品を生み出していく。具体的には、以下の4つについて述べる。

- i-ball : インタラクティブな透明球ディスプレイ<sup>1)</sup>
- Graphic Shadow : 影をカラフルな映像メディアへ<sup>2)</sup>
- through the looking glass : 鏡の中の自分との対話<sup>3), 4)</sup>
- thermo-key : 人物映像へのリアルタイム特殊効果<sup>5), 6)</sup>

## i-ball : インタラクティブな透明球ディスプレイ

CG合成されたキャラクターを、人は手で触れることができない。バーチャルリアリティ分野の研究では、触感も合成提示する試みが進められているが、ここではあえて「触りたくなる仕組み」と「しかし触れることができないことを暗示する仕組み」の両立を目指した<sup>1)</sup>。

このために導入したのは、水晶球占いのメタファである。球体の中に浮かぶキャラクターに対して、人は思わず手を差し伸べてしまうが、透明球がその手を遮る。透明球は、触れることのできない世界と、こちら側の世界の境界を象徴する存在なのである。すぐそこに浮かんでいるが触れられない存在に対して、人は手を振るなどして働きかけようとする。その手振りに応じて映像を変化させることで、球面で区切られた「人の居る実世界」と「キャラクターの居る映像世界」が繋がっていることを体感させる仕組みになっている。

図-1にi-ballの様子を示す。球体の中に浮かぶCG映像が、球面で幾重にも反射して透明感のある映像表現がなされている。CGのロボットに対して、人が手を振るとロボットが手を振り替えしたり、叩くふりをするとう壊れてしまったりといった対話的な動作が実装されている。ACM SIGGRAPH2001<sup>1)</sup>においてデモ展示を行い、違和感の少ない空間像が身振りに反応する作品として好評を博した。

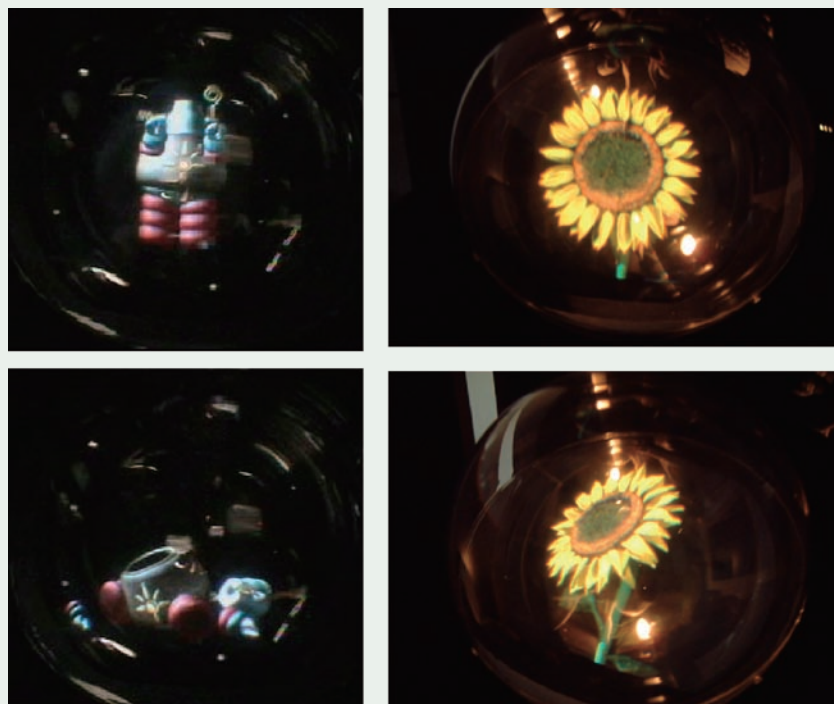


図-1 i-ball: 透明球に浮かぶ映像とのインタラクション

図-2に映像を透明球の中に結像させる仕組みを、図-3には同じ光学系で体験者の身振りや表情を撮影する仕組みをまとめる。フレネルレンズを用いて、通常のディスプレイの映像を透明球の中に結像させる。つまり、あくまで2次元映像を見ているに過ぎないのであるが、透明球の中に浮かんで見える像に対して、レンズ系による歪みの効果も加わり、何か空間的な像（以下では空間像と呼ぶ）を見ているように体験者は感じる。ステレオメガネなどを必要としない簡易さが特徴である。球の中に仕掛けられた鏡に反射した体験者の表情や身振りは、システム後方のカメラによって撮影される。撮影されたカメラ映像はコンピュータに入力され、ジェスチャー認識などを経て、空間像に反映される。ここで作成した光学系は、一種の視線一致光学系であり、空間的に見せるディスプレイとユーザの様子を撮影する光学系を同時に実現している。水晶球占いをメタファとしたさまざまな作品コンテンツを描き出すことが可能であり、今後の映像メディアの礎となるインタラクティブディスプレイ技術と位置付けることができる。

## Graphic Shadow : 影をカラフルな映像メディアへ

影は黒いものである。幼い頃からの経験で、これを常

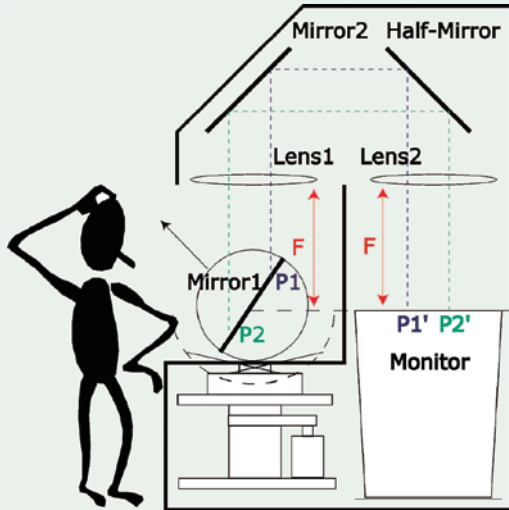


図-2 i-ball における空間像の出力方式

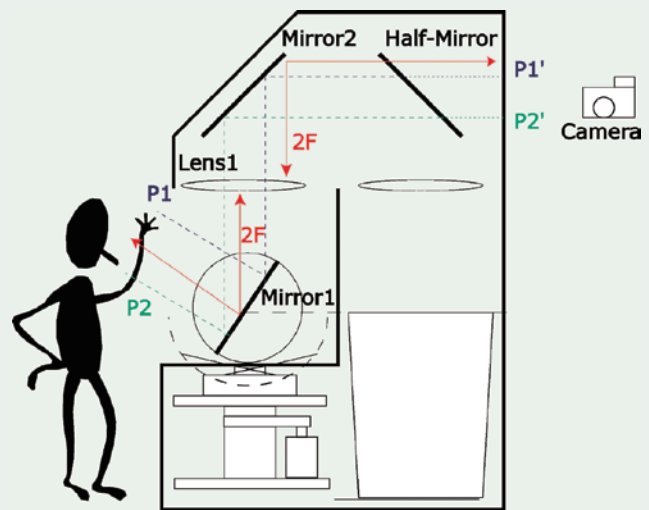


図-3 i-ball における体験者の撮影方式



図-4 Graphic Shadow: 彩りある影



図-5 Dancing with Animated Shadow

識だと思い込んできたはずである。これを逆手にとって、カラフルな影を描き出すシステムを作成した<sup>2)</sup>。

たとえば、カメラで影となるべき形状を取得し、影映像を合成してプロジェクタで投影するという方法も考えられる。しかしその場合、システムのレイテンシによる遅れや、カメラ解像度の限界でギザギザした影映像が合成されるなどの問題点が考えられる。遅延も解像度の限界もない、真にカラフルな影を生じさせるために、嘘の影を合成投影するのではなく、本物の影に色合いを持たせることを目指した。

図-4にGraphic Shadowの様子を示す。真っ白な床の上に人が立つと、虹色の影が現れる。図-5は、壁面の影の中のテクスチャが左右に振動し、それに合わせて

踊っている様子を示している。このようなカラフルな影は、人の目を惹くため、各種広告メディアや空間演出への応用が期待される。さらに、自己の分身である影の中に文字情報などを表示させることで、それを自分のためのパーソナルな情報であると理解させることもできる。たとえば、道先案内などの表示において、自分が必要とする情報は自分の影の中を見れば分かるという表示法も可能になる。自己の影を拡張する本システムは、影をキャンバスにするメディア技術であり、そこに何を描き出すかによって、便利なメディアにもエンタテインメントにもなり得る。ただしここで重要なのは、影が本物の影であるということである。遅延も解像度の限界も取り扱うことで、「自己の分身としての影」を体感させることがは

じめて可能になるのである。デモ展示において、体験者は、これが本物の影であることに即座に気が付き、驚きながらその仕組みを解明しようと努力する姿が見受けられた。

技術的には、**図-6**のように、2台のプロジェクタを用いる。一方からカラフルな映像を投影し、他方からはその補色画像を投影する。補色とは、2つの色が混ざり合ったときに白になる色の組合せである。2台のプロジェクタの光が、両方とも届く位置では床は白くなり、人が立っていて片方の光が遮られる位置ではカラフルな影が現れる。原理はシンプルであるが、実装はきわめて難しい。プロジェクタ投影位置の画素単位の「幾何学的位置合わせ」と、2台のプロジェクタから投影される光の色の「光学的整合」の両者を高いレベルで実現する必要があるからである。特に後者の光学的整合は、各プロジェクタの特性を色彩輝度計で計測し、製品間の違いだけでなく個体差も吸収するための補正手法が必要になってくる。このような技術は、大型映像空間を作り出す上での基盤となるものであり、本システムに限らずさまざまな応用が考えられる。

### through the looking glass : 鏡の中の自分との対話

鏡は、その前に広がる光景を即時的に映し出す。我々は、“鏡の中の世界は、その前にある我々の世界そのものである”という常識を疑うことはない。この常識を覆すことを試みた<sup>3), 4)</sup>。

**図-7**にthrough the looking glassの様子を示す。体験者は大きな鏡の前に立ってエアホッケーゲームをする。ホッケーのパッドは、鏡の中に吸い込まれて行き、鏡の中の自分がそれを打ち返してくる。鏡の手前と中の世界を、行ったり来たりしながら、自分自身との対戦を進めていく。

技術的には、鏡の前に置かれたディスプレイに仕掛けがある。物理的に単独のスクリーン上に「見る方向に応じて異なる映像」を見せる技術を用いている。すなわち、水平に配置されたディスプレイを、鏡の手前方向から見たときには手前の世界の映像を、鏡を介して反対側から見たときには鏡の中の世界の映像を表示している。

**図-8**に、鏡の中と外に異なる映像を見せている様子を示す。この両者の映像を連携させることにより、ホッケーのパッドが2つの世界を行き来するという体験を演出している。仕組みを**図-9**に示す。テーブルの中に鏡の中

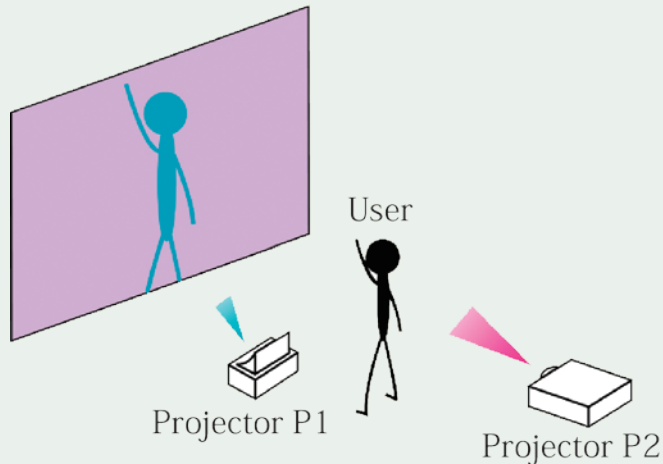


図-6 Graphic Shadow の仕組み



図-7 through the looking glass : 鏡の中の自分との対話



図-8 鏡の中と外

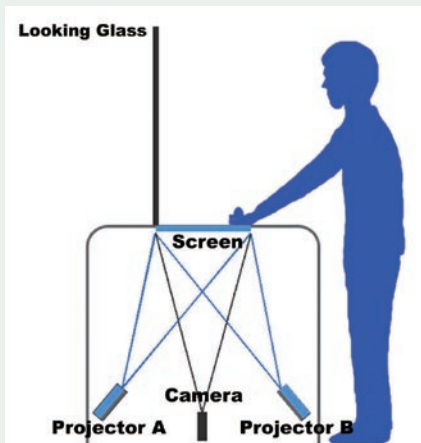


図-9 through the looking glass の仕組み



図-10 自分だけモノクロ



図-11 自分だけ隠される

用と外用の2台のプロジェクタが用意されている。鍵となるのは、テーブル面上に配置された特殊なスクリーンである。このスクリーンには、Lumistyという建築素材を用いている。その特徴は、特定の方向にしか光を拡散しない点にある。この性質を利用することで、鏡の外の世界用のプロジェクタ映像は、スクリーンから直接体験者に届く方向にだけ拡散させ、鏡の中の世界用のプロジェクタ映像は鏡を反射してから体験者に届く方向にだけ拡散させることができる。こうして、物理的には1枚のスクリーンの「見え方」を、鏡の外と中で異なったものにすることができる。また、スクリーンに対して垂直方向には透明度が高いため、この方向を利用してテーブル内部のカメラで卓上の様子を撮影し、体験者のパッドの位置を検出している。このような方向依存性を持つディスプレイ技術は、鏡を外せば、たとえば卓を囲んで議論するような場面でも有用であり、新たなディスプレイメディアの基盤となり得る技術である。

through the looking glassは、自分自身の意識を「鏡の手前の世界」と「鏡の中の世界」の間で行ったり来たりさせるゲームであり、体験者からは、思考の切り替えに気をとられて不思議さを忘れてしまう、などの感想が得られた。

### thermo-key: 人物映像へのリアルタイム 特殊効果

映像において自分自身の領域に人は特別な関心を持つ。そこで、たとえばカラー画像の中で自分だけモノクロで現れる、自分だけCGにすり替えられるといった視覚効果を実時間で実装することを試みた<sup>5), 6)</sup>。

図-10～図-12にthermo-keyの様子を示す。ライブカメラが自分を含む目の前の状況を映し出している、いわば鏡のような状況で、自分自身だけがモノクロになったり(図-10)、自分だけCG模様で隠されてしまったり(図-11)する。特に後者では、我を忘れてカメラの前でさまざまなポーズをとる人が多い。

技術的には、各画素にRGBの色情報だけでなく温度情報も計測する特殊な撮像系を構築し、体温付近の画素を人物領域とみなすことによって実現される。色情報だけを用いる従来の方法に比べ、温度計測の光学系を付加することでコンピュータによる処理の遅れが発生しない仕組みになっている。図-12に、カラーの入力画像と温度画像入力、およびこれを用いて合成した透明人間画像の例を示す。人物に隠されているはずの背景部分は、事前

に撮影しておいた画像を利用している。図-13には、この背景領域も時間的に更新することにより、たとえば透明人間が持つリンゴが空間を浮遊するような映像を合成した結果を示す。いずれにおいても重要なのは、すべてが実時間処理で行われており、体験者は目の前で自分だけに起きる特殊処理を楽しむことができる。

このような光学系は、映像表現だけでなく、人物領域に自動的にモザイクをかけるプライバシー保護や表情画像の効率的画像圧縮などへの応用が期待されている。

## むすび

以上、i-ball, Graphic Shadow, through the looking glass, thermo-keyについて紹介した。すべてに共通して言えるのは、新しいキャンバスや絵筆を先端技術で創出しているものであり、まだまださまざまなコンテンツを載せることができるという点である。メディア芸術の振興のためには、個別の特化した技術に目を奪われることなく、一般性を失わない基盤技術の育成が重要と考える。

最後に、これらの成果は、原島博先生、飯田誠先生、池田裕美さん、石川洵様、加藤寛君、蓑毛雄吾君、筧康明君、安田和隆君、西貝吉晃君、岩田啓君の貢献なくしては成し得なかったものであり、ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) Ikeda, H., Naemura, T., Harashima, H. and Ishikawa, J.: i-ball : Interactive Information Display like a Crystal Ball, ACM SIGGRAPH 2001 Emerging Technologies, p.122 (Aug. 2001).
- 2) Minomo, Y., Kakehi, Y., Iida, M. and Naemura, T.: Transforming Your Shadow into Colorful Visual Media—Multi-Projection of Complementary Colors—, ACM SIG CHI Intern. Conf. Advances in Computer Entertainment Technology (ACE2005), pp.61-68 (June 2005). [Excellent Paper Commendations 受賞]
- 3) 取材協力(筧 康明, 苗村 健): NHK デジタルスタジアム デジスタアワード2004, through the looking glass (2004.12.23). [インタラクティブ/インスタレーション部門 デジスタアワード2004・ゴールデンミュージ(年間最優秀作品)受賞]
- 4) 筧 康明, 苗村 健: through the looking glass, 第8回文化庁メディア芸術祭 (2005.2.25~3.6).
- 5) Yasuda, K., Naemura, T. and Harashima, H.: Thermo-Key: Human Region Segmentation from Video Using Thermal Information, ACM SIGGRAPH 2003 Emerging Technologies, No.40 (July 2003).
- 6) 西貝吉晃, 岩田 啓, 飯田 誠, 苗村 健: 透明人間・モザイク人間 サーモキー, 第9回文化庁メディア芸術祭 先端技術ショーケース (2006.2.24~3.5).

(平成18年3月13日受付)

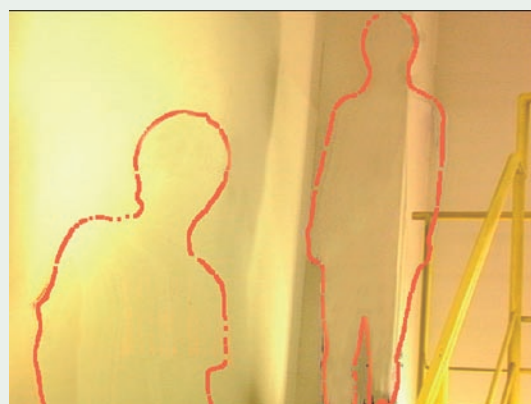
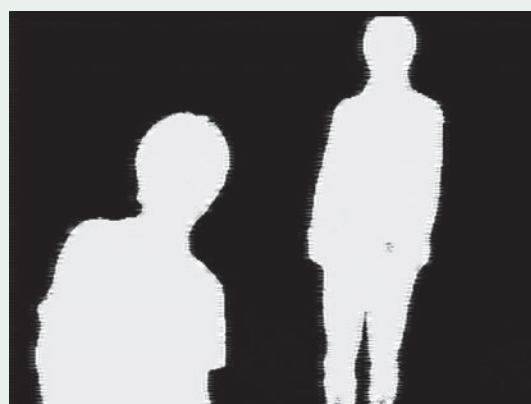


図-12 透明人間の仕組み (上:カラー入力, 中:温度入力, 下:出力画像)



図-13 動く背景にも対応した透明人間