

稲見昌彦<sup>†</sup>

キーワード：インタラクション，インタラクティブ技術，インタラクティブアート，現実感

## まえがき

筆者はバーチャルリアリティやヒューマンインタフェースなどのインタラクティブ技術をバックグラウンドとしている工学系研究者です。

2005年に筑波大学の岩田洋夫氏を代表者とし、土佐信道氏、八谷和彦氏、クワクボリョウタ氏、児玉幸子氏らメディアアーティストと、早稲田大学文学部表現・芸術系の研究者、草原真知子氏、大阪大学の前田太郎氏、安藤英由樹氏、筑波大学の矢野博明氏と慶應義塾大学の筆者ら工学系研究者とによる共同プロジェクト「デバイスアートにおける表現系科学技術の創成」が、科学技術振興機構CRESTとして採択されました。以降5年半に亘り、シンポジウムなども交えながら議論を重ねつつ、研究・制作活動を行って参りました。

しかし、5年半の活動を終えた今、筆者は「メディアデザイン研究科」と名付けられた大学院で研究を続けているのですが、メディアに関わるアート・テクノロジーへの関心と疑問はつねのばかりです。実は本稿も悩みに悩み続け、執筆に大変な時間を要してしまいました。

CRESTのシンポジウムにてUCLAのErkki Huhtamo教授は「アートとはオープンなコミュニケーションである」と定義されていました。このたび「メディアアート紀行」という場を頂きましたので、筆者自身の経験による、表現と技術者のありかた、研究者として感じる課題を随想的に書き連ね、この場で一旦オープンにすることで、読者の方々と一緒に、メディアアート・メディアテクノロジーについて考えるタネを提示させて頂ければと思います。なお、本稿の内容は、近年のメディアアートで多く使用されているインタラクシ

ョンについての話題が中心となります。また、本稿の後半はNTTコミュニケーション科学基礎研究所の渡邊淳司氏による筆者へのインタビューをもとに再構成しました。

## ペッパーの幽霊

筆者が小学生の頃の愛読書の一つに、初代引田天功氏が監修した「手品・奇術入門」<sup>1)</sup>があります。当時Jules VerneやH.G. Wellsの作品に親しみ、Edisonや「ドラえもん」に憧れていた筆者は、手品こそSFの夢の世界を工学的に実現するためのショートカットと信じていました。

さて、その書中に興味深いマジックが紹介されていました。19世紀後半、John Henry Pepperらは「ペッパーの幽霊 (Pepper's Ghost)」と名付けた半透過鏡を巧みに用いることで、舞台上の人物を骸骨に変身させるマジックを行ったというものでした。半透過鏡に触れたことのなかった当時の筆者は、古の人々が鏡に魔力を感じたのと、おそらく同様な心持ちでした。半透過鏡という魔法の道具さえ手に入れば、どんな光学魔術でも実現できると信じたものでした。その後、雑誌の付録で半透過鏡に触れる機会が生まれましたが、そのときようやく「魔法の杖はない」ことを自覚し、いつのまにか「ペッパーの幽霊」とともに忘れ去っていました。

時は流れ、筆者が博士課程の学生であった1998年の初春、同期であった川上直樹氏とともにプロジェクタ、半透過鏡、再帰性反射材を組合せ、投影型のAugmented Realityを実現する「再帰性投影技術」<sup>2)</sup>を開発しました。この技術は当初、インタラクティブな3Dディスプレイの開発が目的でした。札幌で開催された研究会出発前夜、帰り道で根津の坂を下りながらふと閃いたのが、あの「ペッパーの幽霊」でした。慌てて研究室に戻り、夜中に一人装置を調整しながら筆者自身の身体に骸骨の映像を重畳提示しました(図1左)。実験映像は研究会では大変な好評を博し、その後IEEE VR

<sup>†</sup>慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科  
"Interaction Dynamics" by Masahiko Inami (Graduate School of Media Design, Keio University, Yokohama)



図1 左：再帰性投影技術，右：光学迷彩

Conference 1999にて、館璋教授が実験動画を披露したところ、会場からスタンディングオベーションが起きたと仄聞しています。本技術はのちに「光学迷彩」などに発展するのですが、原点には「ペッパーの幽霊」がありました\*1。

ところで、「ペッパーの幽霊」にまつわるエピソードは技術と表現との関係を考える上で大変示唆深いものがあります。「ペッパーの幽霊」が登場する以前、18世紀末から19世紀初頭のヨーロッパにおいて、ベルギー人光学技士E.G. Robertsonによる「ファンタスマゴリア (Phantasmagoria)」と名付けられたショーが人気を集めていました<sup>3)</sup>。劇場や礼拝堂の各所にスクリーンを配置し、幻灯機で亡霊や骸骨の映像を順次投影していくことで実世界に幻影を重畳させた「お化け屋敷」を、幻灯機という当時のハイテク技術で実現していたようです。「ペッパーの幽霊」を開発したJohn Pepperも、実は英国王立科学技術会館の館長も務めた研究者でした。1863年には同様の技術を用い、半透過鏡で舞台上の俳優と、袖下に隠れた幽霊役との戦いを描いた興行は、大好評を博したようです。Charles Dickensの「クリスマスキャロル」の舞台にもこの装置が用いられたと伝えられています。

注目すべきは、どちらの公演も技術者・研究者が主体的に関わりつつ為されているという点です。あのMichel Faradayも聴衆として公演に招待されていたようです。Faradayらが有名なクリスマスレクチャーをはじめとする公開実験講座をはじめたのが1825年。19世紀では、技術者・研究者が表現者でもあり、エンタテインメントを介し、社会と今以上に密接に結びついていたことが伺われます。現代においても、工学系研究者とアーティストはクリエイタかつ表現者という点では本質的に差がなく、アーティストの創作活動は研究そのものといえるのかもしれないと考えざるに至っています。

### インタラクションとは何か

さて、インタラクティブテクノロジー、インタラクティブアート、インタラクティブメディア、インタラクションデザイン等、現在、さまざまな分野においてインタラクティブであること（操作者と対象の相互作用が生じる形態）が想

\*1 「ペッパーの幽霊」は現在でも展示や舞台で多数用いられているのですが、良くホログラムと誤解されて報道されています。「ペッパーの幽霊」は実は「ホログラムの幽霊」でもあるのかもしれませんが。

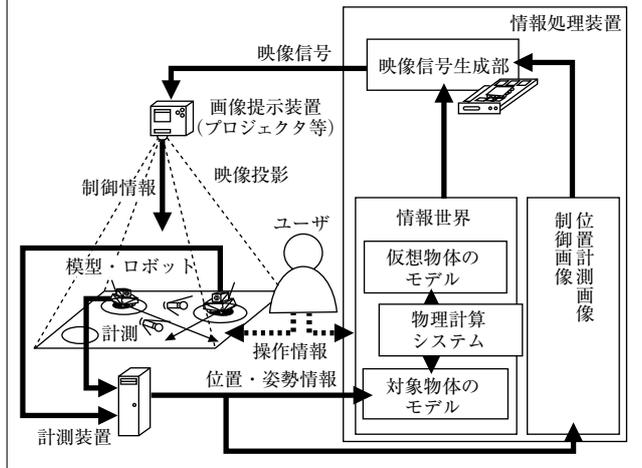


図2 Augmented Coliseum

定されています。現在、日本においてもインタラクション研究は盛んで、多くの研究発表の場 (SIGGRAPH Emerging Technologies, CHI, インタラクション, WISS, エンタテインメントコンピューティング等) で日本人が活躍しています。

ここで、インタラクティブという用語について考えたいと思います。Interactiveは「相互に作用する」という意味以外に「対話式的」という情報分野の用語であるとともに、物理学の用語でもあります。

例えば、Four Fundamental Interactionsは、自然界に存在する重力、電磁気力、弱い相互作用、強い相互作用の四つの基本的な力を意味しています。エントロピーの例にあるように、物理学のメタファは、情報学の概念を理解するうえで重要な役割を果たしています。では、インタラクションについては、どのようなメタファを持って理解することができるでしょうか。

このような問題に興味を持ったきっかけは、2005年に、当時電気通信大学の博士課程の学生で現慶應義塾大学理工学部の杉本麻樹講師らとともに、「Augmented Coliseum」を開発したことにあります(図2)。「Augmented Coliseum」は、ユーザが操作する小型のロボットが、プロジェクタで投影されたフィールドで、CGの武器や障害物を適切に使いながら戦うゲームです。物理モデルを介すことで、CG

とロボット、あるいはロボット同士が物理接触を伴わずにインタラクションできます。投影された映像は普通の2次元なのですが、筆者らは当初「良くわからないけど、下手な3D映像より遙かにリアル」といった感想を話しておりました。

ある日、提示条件を調整していると、ロボットがCGの障害物に衝突して障害物が押しつけられたとき、あるいはCGの障害物が移動しロボットを押し返したとき、突然2次元であるCGの存在感が増加したように感じることに気がきました。つまり、実物体とCG物体とのインタラクションにより、バーチャルな物体の存在感が増したように認知されたわけです。ちょうど、パントマイムでピエロが壁を触っている動作をすることで、本来存在しないはずの壁の形状を感じ、柳の枝が風に揺れることを見て屋外の風の存在を知るように。人間は、インタラクションそのものを注意深く知覚・認知することで、世界の「現象」を眺め、あるいは自らもその「現象」巻き込まれ、「出来事」の一部となりうることに気付いたわけです。

Virtual Realityの研究を通して、視覚刺激や触覚など、感覚刺激の空間・時間解像度を向上させることが、VR物体・空間の質的向上に直結すると考えていました。しかし、「Augmented Coliseum」の観察を通し、インタラクションそのものを適切に構築することが、存在感、臨場感およびその双対としての身体性を自在に設計する上の本質であることを学びました。

さて、現在までに、数多くのインタラクションの形態が提案されてきましたが、これらは「インタラクション」としてひとくくりにはできるものでしょうか。その形態はいくつかに分類でき、今こそこれまで実現されてきたインタラクションを分類、整理し、その背後にある「インタラクションの法則」について考え始める必要があるのかもしれない。

実は筆者自身、未だインタラクションの法則は見つけれられていません。そこで、最初のステップとして、インタラクションの研究の現段階の到達度を物理学と比較したのち、離散系・連続系という視点からインタラクションについて整理することを提案したいと思います。

### インタラクション研究の現段階

計測技術、制御技術の発展により、人を精度よく観測し、それにあわせて、精度よく刺激を提示することができるようになりました。モーションキャプチャや3D提示技術などによって、インタラクションを設計する上で大変便利な道具を用いることが可能になってきました。しかし、インタラクションが目指すものは何なのか、何を設計すればインタラクションはよくなるのか、そのための理論と法則をわれわれは未だ手にしていません。地図のない状態です。

例えるのなら、惑星運行に関する16世紀のTycho Brahe\*2の頃の天文学の研究状況に似ています。彼は天文台を設置し、大量かつ緻密な惑星運行の観測記録を残しま

した。その後、彼の弟子であるJohannes Keplerが有名なケプラーの法則を発見するわけですが、Tycho Braheの大量の現象観察はKeplerの功績の礎となりました。

今のインタラクション研究の状況は、システムを機械中心でなく、人間中心主義に設計するという点で、ある意味人が動く地動説から天動説へのCopernicus的逆転回はなされています。しかし、現在の計測・制御技術を用い、時間的、空間的に精度良くインタラクションのイベントを引き起こすことができたとしても、そこに、惑星の運行を予測するための理論となるケプラーの法則のような、インタラクションの法則は未だ発見されていません。

現状のインタラクション研究は、さまざまな生理学、認知科学、社会学に関するケーススタディの積み重ねとなっており、Tycho Braheがさまざまな惑星、衛星の運動を観測しているような状態です。少し後の世代のGalileo Galileiのような実験科学的手法ももちろん用いられつつありますが、一般的な法則を得るには至っておりません。

人の行動は非線形かつ複雑で、予測は極めて困難です。そのことでわれわれインタラクション研究者は常々悩んでいます。しかしながら、ブラックボックスを少しでも減らし、インタラクションのKeplerの法則、さらにはNewton力学に至る道を是非とも目指したいところです。一つ可能性があるのは意識下の行動です。歩行、バランス制御、呼吸、把持などは機械的な反射の積み重ねであり、意識的な行動と比較し、モデル化は比較的容易であると考えられます。

### インタラクションの離散と連続

筆者は、現存するさまざまなインタラクションを、離散系のインタラクションと連続系としてのインタラクションの二つに分類することを提案します。インタラクションにおいて重要な現象と現象の関係性について、それを離散系としてとらえるか連続系としてとらえるかということにあります。

離散系のインタラクションというのは、指でボタンを押したら「ピンポン」と音が鳴るといような、自分のボタンを押すという行為（入力）がなんらかのブラックボックスを通じて、音（出力）に変換されたという、二つの現象を因果関係のシーケンスとして知覚することによって結ぶインタラクションです。出力に対して操作者のSense of Agency<sup>4</sup>がある状態で、現象の変換や拡張が起きることとも換言できます。例えば「ピタゴラスイッチ」などの「Rube Goldberg Machine」やドミノ倒しは、自身の入力によって、出力がどんどん変換、拡張していくシーケンスが起り、そこにインタラクションの楽しさを生み出す源泉があります。

一方、連続系のインタラクションとは、インタラクシ

\*2 Tycho Braheの比喩は、サルガッソー社の鈴木健氏の提案により理化学研究所BSIの藤井直敬先生が開設した、サルのECoG・行動同時計測データの公開サイトNeuroTycho (<http://neurotycho.org>) に関するのエピソードを参考にしました。

表1 インタラクションの離散と連続

	認知	記述	判断	身体	動作	例
離散	記号理解	因果連鎖	意識的	分離	自動	会話
連続	身体知覚	状態量の場	無意識的	帰属	自在	握手

ンの一つ一つを独立したイベントとしてとらえるのではなく、ある時間幅を持つ連続状態の一つとしてインタラクションをとらえるものです。例えば、条件分岐(IF文)によってインタラクションを記述してみましょう。「もし、ある物体を机の上においたのなら、その物体を机の上で停止する・・・」と記述します。これは、すべての起こりうる現象を別々の現象としてとらえ、それらの関係性を順序立てて記述する方法であり、離散的なアプローチです。一方、ペナルティ法などの物理モデルを利用すれば、運動方程式という一つの法則によって物体の衝突応答は記述されます。この場合、衝突も停止も方程式の一つの解でしかないわけです。そう考えると、インタラクションとは、物体と衝突するなどのイベント自体をさすのではなく、むしろ、何らかの統一的な法則の基づいた相互作用が人間との間に生じていることを、人間自身が認知することともいえます。

「Interactive Computer」が対話型計算機と称されていた頃は、確かに人間による入力とコンピュータからの出力は時間的にも分断されており、実行キーを押して結果を待つという流れでした。ユーザインタフェースの設計でも、入出力システムを別けて設計していました。しかし、行為に対する反応が、人の知覚可能な時間幅より短時間で起きる場合、それは人にとっては因果関係というより、近くに置かれた磁石と鉄が引き合うような、空間的にも時間的にも連続的に接続された「状態」として捉えることができます。Gregory Batesonが杖の身体への帰属<sup>5)</sup>を例に出したように、操作者の入力と出力が因果連鎖ではなく、連続系として接続され、道具、システムが手足のように「自在化」されることで結ばれるインタラクションです。別の言葉で言うと、出力に対して操作者がSense of Ownership<sup>3)</sup>を有した状態で、現象の変換や拡張が起きることともいえるかもしれません。

一方で、どのぐらいの時間遅れ、ジッタ、座標変換により連続系としての知覚が困難になるか、身体性が損なわれるかに関しては、過去にもさまざまな研究が行われており、例えば、Blakemoreらによる自己くすぐりと時間遅れに関する研究<sup>6)</sup>など、興味深い事例が報告されています。今後、これらの現象に基づいて、新たな表現が生まれる可能性があるでしょう。最後に、離散と連続のインタラクションの特性の違いについて表1にまとめます。

## む す び

力という概念自体、説明原理の一種です。Newtonが万有引力を提案したとき、そのコンセプトはLeibniz派から「オカルト的だ」と攻撃されたそうです。実際のところNewtonは錬金術などオカルト好きでもあったようですが、実体の見えない現象に名前を与え、定式化したことで現象を理解し予測、設計に用いることが可能となりました。Batesonが、Newtonは重力を「発見」でなく「発明」したと看破したように、インタラクションという新たな「力」をわ

れわれが発明していく必要があります。アーティストが相互作用を支配する法則を表現の対象とし、体験者は法則の変容を新たな体験として受容する。そんな時代がいつの日か来るかもしれません。

ここで、話は冒頭の「ペッパーの幽霊」に戻ります。PepperやFaradayに倣い、筆者も研究の発表形態として日本科学未来館やSIGGRAPH Emerging Technologiesなどでの実演展示を特に重視しています。ライブの良い点はまさにインタラクティブなところです。研究を聴衆に伝えるだけでなく、どのような研究が喜ばれるのかを知る良い機会でもあります。

筆者は今後も、いわゆる啓発活動や説明責任としてのアウトリーチではなく、お互いの想像力を刺激する場として、オープンコミュニケーションの場としての「デバイスアート運動」に貢献していきたいと思っています。そしていつの日か「相互作用の力学」を研究しつつも、寿司屋のカウンターに立つような感じで、仲間達と体験者の顔を見ながら「おまかせ」でインタラクティブ作品を出すことが夢です。

最後になかなか言葉にならない筆者の漠然とした考えを引き出し、形にして頂けたNTTコミュニケーション科学基礎研究所渡邊淳司氏、原稿を辛抱強く待ち続けて頂いた学会編集部の方々、そして、本来連名で本稿を執筆したかった故川上直樹氏にこの場をお借りし、深謝いたします。

(2012年5月29日受付)

## 〔文 献〕

- 1) 引田天功, 手品・奇術入門, 小学館 (1971)
- 2) 川上直樹, 稲見昌彦, 柳田康幸, 前田太郎, 館暲: “オブジェクト指向型ディスプレイの研究”, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会論文集, 76, 14, pp.79-83 (1998)
- 3) J. Steinmeyer: "Hiding the Elephant: How Magicians Invented the Impossible and Learned to Disappear", Da Capo Press (2004)
- 4) S. Gallagher: "Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science", Trends in Cognitive Sciences, 4, pp.14-21 (2000)
- 5) Bateson, Gregory, 精神の生態学, 新思索社 (2000)
- 6) S.-J. Blakemore, M. Wolpert and C.D. Frith: "Central cancellation of self-produced tickle sensation", Nature Neuroscience, 1, 7, pp.635-640 (1998)



いなみ まさひろ  
**稲見 昌彦** 1999年、東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。東京大学リサーチ・アソシエイト、同大学助手、電気通信大学講師、同大学助教、同大学教授、マサチューセッツ工科大学コンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者を経て、2008年より、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科教授となり、現在に至る。科学技術振興機構ERATO五十嵐デザインインタフェースプロジェクトグループリーダー。光学迷彩をはじめ五感に働きかけるインタフェースを多数開発。IEEE Virtual Reality Best Paper Award, 米TIME誌Coolest Inventions of the Year, 文部科学大臣表彰若手科学者賞, 義塾賞, 情報処理学会長尾真記念特別賞等を受賞。博士(工学)。