

# Adjustive Media: フィードバックを伴うメディア作品の制作手法

徳久悟, 常盤拓司, 稲蔭正彦

Most of the existing interactive art or entertainment systems consist of the following three steps: (1) the system's prompting the action of the participant, (2) action of the participant, and (3) response of the system. They do not presuppose these successive processes are performed continuously and repeatedly, and they are designed to express the concept of the work in each interaction. The opposite approach is to transmit the concept of the work in a continuous and repeated experience. The authors propose "Adjustive Media" as a type of work based on this approach. Adjustive Media has a spiral model with feedback. When participants experience the work repeatedly, they can recognize the difference of results between each interaction, and they can understand more closely the intent of the designer. This paper will propose 3 design processes for Adjustive Media as design method, and will introduce the prototypes of Adjustive Media.

**キーワード** : インタラクティブアート, デザイン, 楽しさ, フロー

**Key words** : interactive art, design, fun, flow

## 1. はじめに

近年, 体験型アートとしてのインタラクティブアート, エンタテインメントシステムが数多く制作されている。これらの作品は, VR(Virtual Reality), AR(Augmented Reality), Computer Vision, 位置情報, センサ・アクチュエータといった技術的な分類, デバイス, システム, 環境といった空間的な分類, IshiiらのTangible Media(Ishii & Ullmer, 1997), BolterらのWindows / Mirrors (Bolter & Gromala, 2003)といった意味論的分类, などのように様々なカテゴリのもとで論じられている。これらのインタラクティブな作品の共通点は, 体験者への行動の促し, 体験者の行動, そして, システムの応答によって構成されているという点にある。

しかしながら, 従来のインタラクティブな作品は, この一連の流れが継続的・反復的に行われることを前提としておらず, そのつどのインタラクションが作品のコンセプト<sup>1)</sup>を伝えるようにデザインされている。すなわち一回性の体験に留まるという意味で, これらはループモデルとしての作品形式と言える<sup>2)</sup>(表1)。このようなデザインのもとでは体験者は繰り返して作品を体験せず, 作家の説明のみで体験者が満足してしまう場合もある。あるいは, その体験が長続きしないといった場合もある。これに対して, この一連の流れ, すなわち, 体験者とシステムのやりとりの反復の中でコンセプトが伝達されるという考え方がある。

筆者らは, この考え方に基づき作品形式としてのAdjustive Mediaを提案する。Adjustive Media

---

Adjustive Media: Design Method of Media Art / Entertainment with Feedback, by Satoru Tokuhisa (Keio University), Takuji Tokiwa (Future University Hakodate) and Masa Inakage (Keio University).

---

1) 作品の核になる作家の意図, 作品性

2) 映像作品, 音楽, あるいは強い予定調和へと向かう作品はリニアモデルと言える。

表1 作品形式の違い  
Table 1 Differences among each model

モデル名称	作品形式の例	特徴
リニアモデル	映像作品・音楽	強い予定調和へと向かう。
ループモデル	一般的なインタラクティブアート	発展性のない循環を持つ。
スパイラルモデル	Adjustive Media	循環の中で対話や結果が体験者内で比較され、差が意識される。

はフィードバックを伴うスパイラルモデル<sup>3)</sup>としての作品形式である。すなわち、Adjustive Mediaは、体験者がその作品体験を持続させ、繰り返し体験することで、結果が体験者の内で比較され、体験者自身で作家の意図に沿った体験に近づくことのできる作品形式である。具体的なアプローチとして、作品にフィードバックシステムを採用する。このシステムは、体験者自身が作品にて様々なパラメータを調整し、システムがその結果を返すものである。本稿では、この一連の手続きをフィードバックと呼ぶ。フィードバックが繰り返されることで、システムが与える刺激(体験、情報)と、ユーザの体験は変化をしていく。円運動(フィードバック)と直線的な変化の組合せからこのような体験のプロセスをスパイラルモデルと呼ぶ。体験者を持続して作品に関わらせるために、このフィードバックプロセスにフロー(Flow)としての楽しさ<sup>4)</sup>を媒介させる。このようなアプローチは従来にないものであり、作家が楽しさを媒介させるデザインを安定的に行うために、デザインプロセスを理論化する必要がある。

Adjustive Mediaを設計するためのデザインプロセスは3つのフェーズで構成される。まず、作家は、

一般的なフィードバックシステム<sup>5)</sup>の概念に基づき構成要素を決定する。この構成要素は、体験者とシステムに加えて目的などの調整要素を含む。続いて、インタラクションにおける時間軸の明示的な操作とフロー理論に基づいたフィードバックプロセスの設計を行う。最後に、ヒトの動きに基づくデザインパターンを用いて、フィードバックのパラメータを調整する。このようなデザインプロセスにより、効率的なAdjustive Mediaの開発が可能となる。

作品形式としてのAdjustive Mediaを採用することで、作家・体験者にとってメリットが生まれる。まず、作家は、体験者が継続的・反復的に作品を体験することで、作家自身の意図に体験者を効率的に近づけさせることができる。一方、体験者は、作家の世界観の中で作品を効果的に楽しむことができる。また、実用的な事例への応用として、ゲームにおけるレベルデザインへの適用も考えられる。レベルデザインはゲームデザイナーにとって最も負荷の高いタスクである。繰り返し作業としてのレベルデザインの過程に楽しさが付加されることで、レベルデザイナーの負荷が軽減されるだろう。

以下、次章では関連研究として既存のAdjustive Mediaについて紹介したのち、HCI(Human Computer Interaction)における楽しさに関する研究、繰り返し作業と楽しさに関する研究について述べる。第3章では、Adjustive Mediaのコンセプトとアプローチを述べたのち、Adjustive Mediaのデザインプロセスについて解説する。つづく第4章では、ケーススタディとして3つの作品を紹介する。第5章にて、まとめと今後の展望について述べる。

3) ソフトウェア開発におけるスパイラルモデル(Boehm, 1988)は開発ループから最終目標に至ることを目的としていたが、Adjustive Mediaにおけるスパイラルモデルは、作品体験の繰り返しから作家の意図へ近づくことを目的とする。

4) 社会学者・心理学者Csikszentmihalyiが提唱した概念であり、「一つの活動に深く没入しているので他の何者も問題とならなくなる状態、その経験それ自体が非常に楽しいため、純粋にそれをするというののために多くの時間や労力を費やすような状態」と定義される(Csikszentmihalyi, 1996, p.5)。現象学的観点からヒトの楽しさを調査した上で、構築した概念であることから、楽しさを包含する概念と位置づけられる。

5) ここでいう一般的なフィードバックシステムとは、Wienerの提唱したフィードバックシステムで、人と機械のやりとりについての考え方を指す。本稿で述べるフィードバックシステムは、より局所的なものであるため、一般的という言葉を追加し、区別している。

## 2. 関連研究

### 2.1 先行事例

筆者らの提案するAdjustive Mediaが強く影響を受けた作品が、既存の作品において存在する。まず、Music Bottle(Ishii, Mazalek, & Lee, 2001)は、複数のボトルそれぞれに音源が割り当てられており、蓋を開けたボトルから音源が再生され、インタラクティブにサウンドが構成される作品である。体験者が参加することによって初めて、作家の意図する作品が完成する。この意図のもとで体験者は蓋を着脱させる行為を通じてシステムのパラメータを調整し、自らのお気に入りのサウンドを構成し、作品体験を楽しむことができる。次に、Rez(SONICTEAM/SEGA, 2001)は、体験者が敵を倒すことで音が奏でられ、光が生成されるシューティングゲームである。連続して敵を倒すことで音や光の生成バリエーションが変化する。同様に、体験者が参加することによって初めて、作家の意図する作品が完成する。この意図のもとで体験者は敵を倒すという行為を通じてパラメータを調整し、自らのお気に入りのサウンド、ビジュアルを構成し、ゲーム体験を楽しむことができる。

また、Adjustive Mediaに近い作品も存在する。具体的には、体験者が繰り返し使用可能で、体験者がパラメータを調節可能であり、体験者の参加あるいは使用によって初めて作家の意図した作品が完成するという作品である。例えば、回転運動を記録・再生させることが可能なモジュールを組み合わせて様々な構造を設計可能な玩具topobo(Raffle, Parkes, & Ishii, 2004)、動画像情報を記録し、記録した情報を用いて描画が可能なブラシI/O Brush(Ryokai, Marti, & Ishii, 2004)、音情報を記録し、記録した情報を再生する際、接触するマテリアルのテクスチャに応じてフィルタ処理が施される楽器The Sound of Touch(Merrill & Raffle, 2008)などが該当する。これらの作品は、体験者による試行錯誤の中で作家のコンセプトを理解するという特徴を共通して持つ。

一方、パラメータを調整可能であってもパラメータそのものを体験者が作り出す必要がある作品は、背景となる知識が強く必要とされるため、体験者を限定する可能性が高い。例えば、タンジブルオブジェクトを利用したモジュラシンセサイザ reacTable(Jorda, Geiger, Alonso, & Kaltенbrunner, 2007)、スケッ

チブックに計算機を導入するためのツールキット teardrop(Buechley, Hendrix, & Eisenberg, 2009)などが該当する。このような作品の場合、誰もが体験者として参加でき、作家の意図する作品を完成させるためのデザインが取り入れられる必要がある。例えば、Audio Pad(Patten, Recht, & Ishii, 2006)は、タンジブルオブジェクトを利用したサウンド生成システムという点でreacTableに類似している。しかしながら、あらかじめ用意されたループサウンドを利用することにより、体験者はサウンド合成に関する背景知識を持たずともその体験を楽しめるようデザインされている。

### 2.2 HCIにおける楽しさ

HCI(Human Computer Interaction)の領域では、80年代より楽しさ(Fun)に関する研究が行われてきた(Malone, 1982)(Carroll & Thomas, 1988)。このような研究は、モチベーション維持に強く関連する楽しさをHCIにおいて重要視すべきという前提を共有している。HCIにおける楽しさ研究は、2000年前後からMonkらによって集約され、Funologyという1つの学問として体系化された(Monk, Hassenzahl, Blythe, & Reed, 2002)。Funologyは、"the Science of Enjoyable Technology"と定義され、HCIにおいて楽しさや喜び(Enjoyment)をいかに採用すべきか、という目的を持っていた(Blythe, Hassenzahl, & Wright, 2004)。しかしながら、Funologyグループに集まった研究者の大半は、ユーザビリティ研究者であり、ユーザビリティテストと同様の手法を用いて、楽しさを評価するに留まり、楽しさを生成する手法についての具体的な手法を構築するに至らなかった。このような状況の中で一部の研究者は、Csikszentmihalyiの提唱したフロー理論に注目し、HCIへの導入を試みた。

フロー理論は、ヒトがフローに至る過程を理論化したものであり、フロー構成要素(Csikszentmihalyi, 1996, p.62)とフローチャンネルモデル(Csikszentmihalyi, 1996, p.95)で構成される。まず、フロー構成要素は、ヒトがフローに至る際の8つの心理的条件である(表2)。これらの要素は、Csikszentmihalyiが数十年に渡って数千人に対して、ヒトが最も楽しいと覚える時どのように感じていたかについて広範な調査を行った結果として体系化された。一方、フローチャンネルモデル(図1)は、適切なSkill

表2 フロー構成要素の8条件  
Table 2 Eight conditions in flow components

1. 挑戦的活動: A challenge activity that requires skills.
2. 行為と意識の融合: The merging of action and awareness.
3. 明確な目標: Clear goals.
4. 直接的なフィードバック: Direct feedback.
5. 注意集中: Concentration on the task at hand.
6. 統制感: The sense of control.
7. 自意識の喪失と体験後の自己感覚の強化: concern for self disappears, but sense of self emerges stronger afterwards.
8. 時間の変換: The transformation of time.

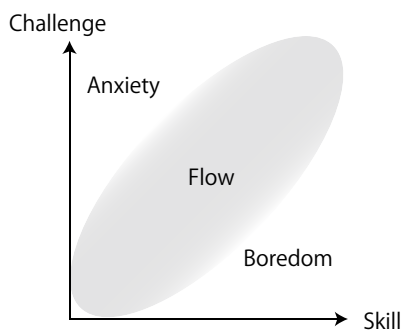


図1 フローチャンネルモデルの概念図  
SkillとChallengeの適切なバランスにより

ヒトはフローに至る。

Fig. 1 Basic concept of flow zone model:

User gets flow for an appropriate balance between skill and challenge.

(能力)とChallenge (挑戦)のバランスが生じる場合に始めて、ヒトがフローに到達するというモデルを指す。

このようなフロー理論は、すでにHCIの分野においてツールとして導入されている。既存のフロー研究は、フローとHCIとの関係性についての理論 (Artz, 1996)(Douglas & Hargadon, 2000)(Vass, Carroll, & Shaffer, 2002)(Polaine, 2005), フローを生成するための実装手法, そして, フロー評価手法の3領域に区分できる。実装手法について, Pachetら(Pachet & Addressi, 2004)は, Clear goals以外の7つのフロー構成要素を踏まえてInteractive Music Systemを実装している。また, Chen(Chen, 2007)は, フローチャンネルにユーザを維持するための手法として, ユーザの選択のゲーム内への組み込み

を提案している。評価手法では, それぞれのフロー構成要素について体験者の達成可否を問うた主観的測定法(Novak & Hoffman, 1997)(Feijs, Peters, & Eggen, 2004)(Sweetser & Wyeth, 2005), ドーパミン活動の計測(Marr, 2001)や脳波における4波( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$ )計測(Burzik, 2004)などの客観的測定法が存在する。本研究では, 楽しさを媒介させることで作品の継続的・反復的体験を促すために, 8つのフロー構成要素をデザインプロセスに組み込む。また, 評価実験については, 作品体験中に体験者の行動を阻害させることが望ましいため, 主観的測定法を採用する。

### 2.3 繰り返し作業と楽しさ

継続的・反復的行為は, 本来楽しいもの/本来楽しくないもの/実際に楽しいもの/実際には楽しくないもの, のマトリクスで表現できる(表3)。分類a, bの例として, ゲーム, スポーツ, 演奏などが挙げられる。また, 分類c, dの例として, 学習, 労働などが挙げられる。これらはフロー理論におけるSkillとChallengeの均衡という視点からその差異を説明可能である。すなわち, 同じ演奏でも, SkillとChallengeのバランスが均衡している状態は分類aに位置する一方, バランスが崩れた状態は分類bに陥る。したがって, このバランスを均衡させ, 楽しさを付与することで, 分類bの状態を分類aの状態へ, 分類dの状態を分類cの状態へ移行させることが可能となる。

分類dをcに移行させた先行事例として, オフィス作業に関するシステム, 教育分野に関するシステムがある。前者については, 作業意欲向上を目的とし

表3 継続的・反復的行為の分類  
Table 3 Classification of continual and repetitive action

	本来楽しい	本来楽しくない
実際に楽しい	a. 楽しい行為	c. 楽しくないはずが楽しい行為
実際は楽しくない	b. 楽しいはずが楽しくない行為	d. 楽しくない行為

た計算機作業環境へのエンタテインメント性を導入したシステム(倉本到・大塚茂樹・柏木一将・渋谷雄・辻野嘉宏, 2004)(倉本到・柏木一将・植村友美・渋谷雄・辻野嘉宏, 2006), ゲームインタフェースとしてのFPS(First Person Shooting Game)による計算機プロセス管理ソフトウェア(Chao, 2001)が挙げられる。後者については, 教育分野に関するシステムとして, ロールプレイングゲームを基礎とした英語教材(佐合尚子・竹田尚彦, 2000), ゲーム要素を付与したプログラミング学習(Moser, 1997)が挙げられる。これらは, 本来楽しくない学習や計算作業に対して, ゲームに関連付けられたインタフェースに楽しさを付与した試みである。これに対し, 本研究では分類bの状態, すなわち, 本来楽しいはずである作品体験が楽しくない状態へ陥ることを回避するために, フロー理論に基づく楽しさを作品体験に付与可能なデザインプロセスを構築する。

### 3. Adjustive Media

#### 3.1 コンセプト

Adjustive Mediaは, 体験者がその作品体験を持続させ, 繰り返し体験することで, 結果が体験者の内で比較され, 体験者自身で作家の意図に沿った体験に近づくことのできる作品形式である。先行事例を踏まえた上で, その特徴として以下の6点を挙げる。

- (1) 体験者が参加することで, 作家の意図する作品が完成する。
- (2) ユーザとしての体験者が使用する。アーティスト/デザイナーとしての作家の使用を前提としない。
- (3) 繰り返し体験することができる。
- (4) 試行錯誤することで, そのつどの結果が体験者内で比較できる。
- (5) 体験者は, パラメータを調整可能である。
- (6) 体験者は, 0からパラメータを作り出すという行為を要求されない。

特徴1,2は, 作品, 体験者, 作家の関係性についての特徴である。これらは, 作曲技法におけるチャンス・オペレーション(Cage, 1996)と同様に, 体験者がメディアとなり, 作家の意図を具現化することを意図するものである。体験者の参加が前提であるため, アーティスト自身がアーティスト自身のために制作したツールはこれに該当しない。特徴3,4は, 継続的・反復的な体験についての特徴であり, スパイラルモデルとしての特徴である。特徴5,6は, インタラクションにおいて体験者が操作可能なパラメータに関する特徴である。体験者にパラメータそのものを作り出させることは, 体験者への負担を増大させるため回避すべきである。

#### 3.2 アプローチ

前節で述べた6つの特徴を実現するための具体的なアプローチとして, フィードバックシステムを作品に採用し, 体験者自身で作品における様々なパラメータを調整させる。フィードバックシステムの場合, 体験者は入力行為に対して, システムからの結果を取得することができる。このとき, 連続する結果同士の差を体験者が意識するためには, その差分が明確にされなければならない。このためには, 体験者がコントロール可能なパラメータを複数用意すればよい。用意された複数のパラメータの中で体験者が選択可能なオプションを繰り返し選択していく過程は, あたかもミサイルがターゲットまで到達する過程に類似している。両者とも不可逆な時間の流れの中で, 自らの動きを徐々に修正しながら目標へ到達する。

このようなシステムにおいて体験者を継続的・反復的に作品に関わらせるために, フィードバックプロセスにフローとしての楽しさを媒介させる。インタラクティブアートやエンタテインメントは本来楽しいものである。しかしながら, 作品次第で本来楽しいものが実際は楽しくないという現象が生まれる。この原因は様々な考えられるものの, 本質的にはイン

タラクションデザインにおける作家の過失に他ならない。このような問題に対しインタラクションデザインプロセスにて、フロー理論をツールとして利用する。フローとしての楽しさを媒介させることで、体験者が作品を体験する過程において、継続的・反復的に作品に関わることが可能となると考える。

### 3.3 デザインプロセス

前節で述べたアプローチを実現するために以下の3つのフェーズで構成されるデザインプロセスを提案する。まず、作家は、一般的なフィードバックシステムの概念に基づき構成要素を決定する。このプロセスを通じて、作家は作品のフレームワークを設計できるだけでなく、体験者が操作可能な様々なパラメータを設定できる。続いて、インタラクションにおける時間軸の明示的な操作とフロー理論における8つのフロー構成要素に基づきフィードバックプロセスを設計する。そして、ヒトの動きに基づくデザインパターンを用いて、フィードバックのパラメータを調整する。これらのデザインプロセスを通じて、作家は作品における体験者のフローを生成可能である。以下では、それぞれのフェーズについて詳細を説明する。

#### 3.3.1 フレームワークの構築

ここで提案するフィードバックシステムのメカニズムは、それぞれ下位の構成要素を持つユーザ(体験者)とシステム(作品)、および外部入出力として作品の目的およびルールからなる再帰的なフィードバックループで構成される(図2)。以下では、構成要素としてのユーザ、システム、および、目的・ルールについて述べる。

このフィードバックメカニズムは、ユーザとシステム、および、それぞれに対して下位の構成要素を持つ。ユーザは、下位の構成要素として、ユーザ自身の目・耳などの感覚器官で構成される入力システムと、ユーザの一般身体知に基づく運動器官で構成される出力システムからなるフィードバックループを持つ。一方、システムは、下位の構成要素として、各種センサなどの入力システムと、スピーカ・ディスプレイなどのアクチュエータで構成される出力システムからなるフィードバックループを持つ。しかし、これらの要素のみではユーザの行為が無目的となるため、ユーザに対する作品体験における志向性

が与えられる必要がある。

本メカニズムは、ユーザやシステム以外の構成要素として、個別の目的やルールといった調整要素を持つ。目的は、作家が設定した作品の意図であり、フロー構成要素の条件3(明確な目標)と関連する。ルールは、作品の中に存在する遊び方を含む、体験者と作品の関わり方を規定するものである。なお、本メカニズムにおける目的・ルールが、ユーザとの間で双方向性を保持することは、体験型システムならではの特殊性に基づく。すなわち、設定されたルールや目的は、必ずしも一定のものではなく、体験者にとって可塑性を持つためである。これは、作家が設定したルールや目的に対して、ユーザが独自の解釈を行うケースや、作家が想定していた体験方法を逸脱して遊ぶケースを踏まえたものである。

作家は、これらのユーザやシステムといった構成要素を、スタティックなパラメータとして操作可能である。例えば、ユーザの数を複数に変更することにより、協働的に振舞うシステムの構築が可能となる。あるいは、フィードバックループを複数設定(A,B)し、フィードバックループ間(A-B)に時間軸を追加することにより、ループAとループBが連続的に接続され、ループAの結果に基づいてループBを起動させるシステムの構築が考えられる。

さらに、作家は、ユーザやシステムの下位プロセスにおける要素もスタティックなパラメータとして操作可能である。例えば、ユーザが任意のタンジブルオブジェクトを操作し音と映像をコントロールするシステムの場合、作家は、出力器官としてオブジェクトを操作する手を設定し、システムの出力を受けるユーザの入力器官として、手(触覚)・目(視覚)・耳(聴覚)を設定する。この時、入力器官は、触覚を取得するためのオブジェクトに埋め込まれた感圧センサを持ち、出力器官は、映像出力・音声出力機能を持つシステムとして記述できる。

以上述べたように、スタティックなパラメータとして上位プロセスおよび下位プロセスの構成要素を操作することによって、作家は、インタラクティブな作品のフレームワークを構築することができる。すなわち、プレイするユーザの数、入力に用いるユーザの身体部位やその動きを解析するために必要なセンサが特定でき、さらに、取得したパラメータに対してシステムがどのようなアクチュエーションを起こし、それをユーザがどのように認知するか

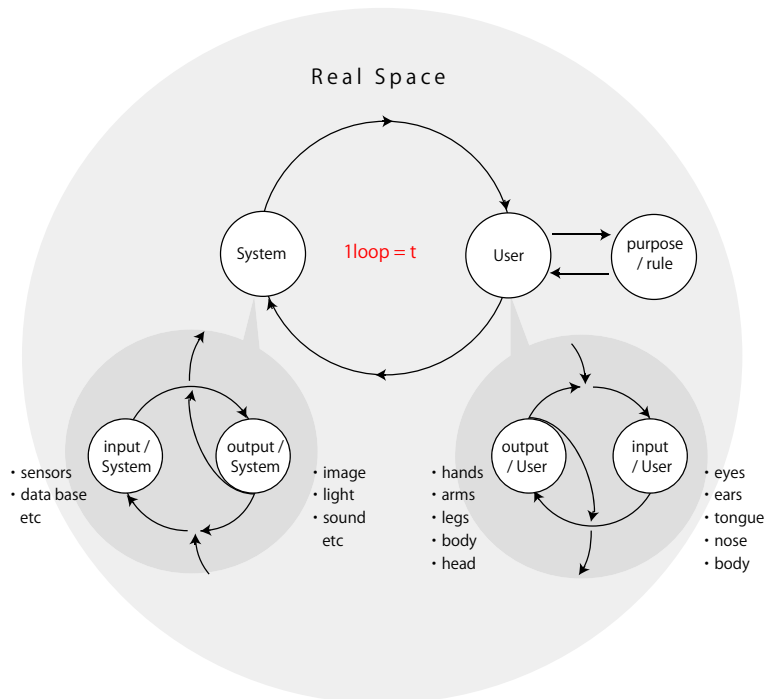


図2 フィードバックシステムのメカニズム

ユーザ(体験者), システム(作品), 調整要素(目的・ルール)で構成される

Fig. 2 Mechanism of DFFM: A feedback process composed by user, system and control element

を特定できる, という意味でのフレームワークである。この操作を通じて構築可能なシステムはあくまでフレームワークにすぎない。しかしながら, 作品において体験者に複数のパラメータを操作させるためには, 作家がフレームワークを構築する段階で複数のパラメータを設定しておく必要がある。これらのパラメータをもとに次のステップにて実際のインタラクションの設計を行うため, 本プロセスは非常に重要なデザインプロセスと言える。

### 3.3.2 フィードバックプロセスの設計

作家は体験者を継続的・持続的に作品に関わらせるためにフロー理論を利用できる。まず, フローは, 推移する時間の流れの中で起こるため, 作家はインタラクションに時間軸を明示的に組み込む必要がある。この時間軸は, 単位時間を保持するフィードバックループが連続して存在する状態で表される(図3)。この単位時間は, ユーザがある入力を行った際に, システムからの出力がユーザに提示されるまでの任意の時間に他ならず, 作品における各々の

処理に対して設定される必要がある。例えば, ユーザの接触に対してシェードの動きと放出する光で反応するランプを考える。まず, リアルタイム感<sup>6)</sup>を演出するために, ユーザの接触に対してシステムがシェードを動かすまでの単位時間を200msec程度に設定する。一方で, ユーザの接触に対してシステムが光を放出する際は, リアルタイムでの反応ではちらつきが生じることから, 1000msec程度まで単位時間を増大する, などと設定可能である。

このようなインタラクションにおける時間軸の明示的な組み込み, および, フィードバックループの単位時間の操作そのものが, フロー理論との親和性を有する。例えば, フィードバックを伴う作品それ自体は, 直接的なフィードバックとして, ユーザの入力行為に基づいてシステムからの出力結果をユーザに提示することから, 条件4(直接的なフィー

6) Letvitinは, マルチモーダルな刺激に対するレイテンシーの閾値について, 過去の研究事例をリスト化し, 100-250msecまでの分布が存在することを示した(Levitin, MacLean, Mathews, & Chu, 2000)。また, Letvitinは, このような結果に対する原因を個人の知覚の違いに求めている。

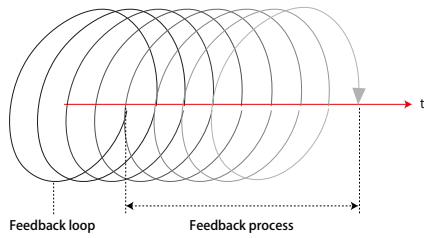


図3 インタクションにおける時間軸と  
フィードバックプロセス  
Fig. 3 Temporal axis in the interaction  
and feedback process

ドバック)を満たす。同時に、ユーザが処理結果を直接参照可能であることは、条件6(統制感)のための学習につながる。あるいは、フィードバックループの単位時間をリアルタイムに近づけ連続的に繰り返すことにより、条件2(行為と意識の融合)を生み出すこともできる。したがって、ユーザのフローは、フィードバックループの単位時間の操作によって生成可能である可能性が高い。

次に、時間軸の設定だけでなく、8項目のフロー構成要素を考慮しつつフィードバックプロセスの設計を行うことで、より高確率でフローを生成できる。例えば、条件8(自意識の喪失と体験後の自己感覚の強化)を達成するためのフィードバックプロセスを、設定した単位時間を踏まえて意図的に組み込むことが望ましい。フィードバックループそのものがフロー理論との親和性を有するとはいえ、個別の構成要素に合わせてフィードバックのパラメータを調整することにより、フロー生成の可能性を向上させることができるだろう。さらに、このプロセスに作家自身の経験、創造性が乗算的に付加されることで、作品そのもののオリジナリティが構築されるだけでなく、フロー生成の可能性も変化するだろう。

以上述べたように、作家は、インタクションに時間軸を明示的に組み込み、フィードバックループの単位時間を操作することで、作品においてフローを生成することができる。作家が、スタティックな構成要素に加えて時間軸のパラメータを操作し、フロー構成要素を意識したフィードバックプロセスを設計することで、高確率でフローを生成することができる。このプロセスにおいて、作品のオリジナリティは、作家自身の経験と創造性を通じて規定される。

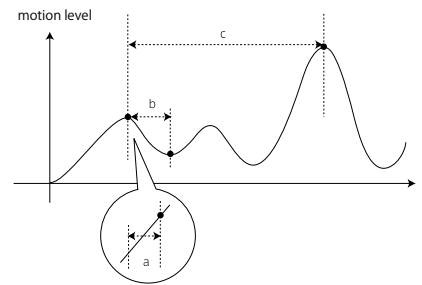


図4 時間軸の追加によりパターンが観察される  
(a: arrow, b: wave, c: sequence)  
横軸は経過時間、縦軸はヒトの任意の  
部位の動きの量を示す。  
Fig. 4 3 patterns are observed  
along the temporal axis  
(a: arrow, b: wave, c: sequence).

### 3.3.3 デザインパタンの適用

最後に、Adjustive Mediaのデザインプロセスにおいて、ヒトの連続する動きに注目した3つのデザインパターンをフィードバックプロセスに適用する。この3つのデザインパターンはArrow, Wave, Sequenceである。連続する動きに注目したことは、フローがヒトの身体的な動きと密接に関連するためである。これらのデザインパターンを適用することで、フィードバックプロセスにおいてフローをより高確率で生成させることが可能となる。以下では、それぞれのデザインパターンについて詳細を述べる。

第1のパターンであるArrowは、ユーザ自身の意識する最小単位としての連続する座標点間の移動に基づくパターンであり、1つの極限内の直線的な動きとして記述できる(図4a)。この座標点間の移動に対応して、システムはユーザが知覚可能な反応を離散的に出力する。例えばプリントシール機(以下、ブリクラ)の場合、ペイントフェーズにおいて、on/offを有するスタンプ機能に対して、ユーザが任意でスタンプを押す/押さないという選択をもとに楽しむパターンがArrowに該当する。

第2のパターンであるWaveは、Arrowが連続的に発生することによって生成されるパターンであり、1つの極限間の動きとして記述できる(図4b)。Waveは、ユーザ自身の意識する動きの強弱としてのダイナミクスを有する。時間軸にあわせた動きの強度の変化に対応して、システムはユーザが知覚可能な反応を波状的に出力する。例えばブリクラでは、ペイントフェーズにおいて、ペンの強弱でラインを描いて楽



しむパターンがWaveに該当する。

第3のパターンであるSequenceは、連続的に強弱のWaveパターンが形成される場合に生成されるパターンであり、複数の極限間の動きとして記述できる(図4c)。このSequenceは、ユーザ自身の意識する動きの強弱とともに、動きのリズムとしてのダイナミクスを有する。ユーザの動きのリズムに対応して、システムはユーザが知覚可能な反応を連続的に出力する。例えばプリクラでは、ペイントフェーズにおいて、リズムカルに複数の効果を追加しながら楽しむパターンがSequenceに該当する。

#### 4. プロトタイプ

本章では、Adjustive Mediaのプロトタイプとして制作された3つの作品を紹介する。それぞれの作品の概要、コンセプト、ユーザ体験を述べたのち、Adjustive Mediaの6つの特徴の実現方法について説明する。

##### 4.1 Suirin

Suirinは、日本古来の伝統工芸品である浮玉と風鈴、そしてそれらがもたらす空間をデジタルによって拡張したインタラクティブ・ファニチャである(図5)。Suirinは、フィジカルインタラクションによる創造行為を楽しみながら、日常生活における癒しを提供する家具というコンセプトに基づき開発された。体験者は、聴覚・視覚・嗅覚・触覚を通じて、あたかも水の中に体験者自身が溶け込んでいくかのような感覚を体験することができる。具体的には、体験者が水の貯められたガラス製の器の中で浮玉を操作することで、様々な虫の音を生成することができるだけでなく、水中の手の動きに従って生成された音像を移動させることができる。同時に、生成されるサウンドの位置・レベルにもとづいて器の周辺の色を変化させることができる。

Suirinは、前節のデザインプロセスに従って制作されたAdjustive Mediaである。体験者が参加することで空間それ自身が作品として完成し、作家ではなく体験者が楽しみながら癒しを得ることを前提に設計された。また、体験者はSuirinを繰り返し体験することができ、どのような腕の動きがどのようなサウンドと光を生成し、サウンドのサラウンド出力を制御できるかについて試行錯誤しながら体験を楽しむことができる。さらに、体験者は、サウンド生



図5 Suirin(水鈴)

Fig. 5 Suirin

成、サウンドのサラウンド出力、および、光の制御のパラメータを体験者自身でコントロールできる。これらのパラメータそのものは、作家によって提供されたものでありつつも、体験者が反復的・継続的体験の中で、体験者自身にとって妥当なインタラクションを享受できるだけの多様性が取り入れられている。

Suirinにおける体験者と作品の関わり方を検証するために、ユーザテストを実施した(Tokuhisa, Iwata, & Inakage, 2005)。本ユーザテストでは、体験者の楽しさを評価することを目的としたフロー評価手法のうち主観的測定法を利用した。これは、フロー構成要素の8項目の達成状況について体験者に回答させる手法である。Laval Virtual Revolution 2006会場にて、Suirinを初めて体験した50名にユーザテストの協力を依頼したところ、大部分の体験者がフローとしての楽しさを得ていることがわかった。体験者は、Adjustive Mediaとして設計されたSuirinにおけるフロー体験を通じて、継続的・反復的に作品に関わることで作家の意図に近づいていた可能性が高いと言える。

##### 4.2 My Style So Qute!

My Style So Qute!(以下MYSQ)は、体験者の身体動作により自身のオリジナルプロモーションムービーを制作でき、携帯電話を通じてその成果物を共有可能なエンタテインメントシステムである(図6)。MYSQは、自分らしさを演出可能なプロモーションムービーの制作環境の提供、および、クラブカルチャーにおける身体表現を用いたソーシャルコミュ



図6 My Style So Qute!(ミスク)  
Fig. 6 My Style So Qute!(MYSQ)

ニケーションツールの創出, という2つのコンセプトに基づき開発された。体験者は, 自分らしさの演出のために, 体験者自身が映像素材となるだけでなく, センサと画像解析を通じて, その身体の動きをヴィジュアルエフェクトのパラメータとして利用できる。具体的には, 体験者は, ブースの中で足のステップによりヴィジュアルエフェクトの種類とBGMのトラックを選択でき, 腕の位置および動きの量によりヴィジュアルエフェクトの任意のパラメータを制御することができる。また, 完成したムービーは携帯電話上で交換可能な形式でサーバへアップロードされるため, 体験者は当該ムービーをソーシャルコミュニケーションツールとして利用することができる。

MYSQは, 前節のデザインプロセスに従って制作されたAdjustive Mediaである。体験者が参加することでオリジナルムービーが作品として完成し, 作家ではなく体験者が身体を動かすことで楽しみながら映像を制作可能であることを前提に設計された。また, 体験者はMYSQを繰り返し体験することができ, どのような腕の動きがどのようなヴィジュアルエフェクトを生成し, BGMの各トラックのミキシングを制御できるかについて試行錯誤しながら体験を楽しむことができる。さらに, 体験者は, ヴィジュアルエフェクト生成, トラックのミキシングについてのパラメータを体験者自身でコントロールできる。これらのパラメータそのものは, 作家によって提供されたものでありつつも, 体験者が反復的・継続的体験の中で, 体験者自身にとって妥当なインタラクションを享受できるだけの多様性が取り入れ

られている。

MYSQにおける体験者と作品の関わり方を検証するために, ユーザテストを実施した(Tokuhisa, Okubo, Suguro, Kotabe, & Inakage, 2006)。本ユーザテストは, Flow理論をゲーム評価に拡張した評価手法Game Flow(Sweetser & Wyeth, 2005)に基づいて作成したアンケートを利用した。本アンケートは, Game Flowの8項目の特長を継承した上で, その質問項目を修正して作成されたものである。これはGame Flowがオンラインゲームを対象とするためである。常設展示施設であったKDDI DESIGNING STUDIOにて, MYSQを初めて体験した110名にユーザテストの協力を依頼したところ, 大部分の体験者がフローとしての楽しさを得ていることがわかった。体験者は, Adjustive Mediaとして設計されたMYSQにおけるフロー体験を通じて, 継続的・反復的に作品に関わることで作家の意図に近づいていた可能性が高いと言える。

### 4.3 Ototonari

Ototonari(Tokuhisa, Iguchi, Okubo, Niwa, Nezu, & Inakage., 2006)は, ワイヤレスP2Pネットワークを利用して, 実空間上の体験者同士の位置情報, 近傍情報, 密度情報に基づき, サウンドを生成するPervasive Gameである(図7)。また, 実空間上に存在する任意の端末を通じて, 生成したサウンドの情報をその場に保存し, その場に存在する体験者だけでなく, 時間を経てその場に存在する体験者と共有可能である。Ototonariは, 音楽を生成する行為に対する, 体験者同士の近接情報を利用した不確実性を付与するエンタテインメントの実現というコンセプトに基づき開発された。Ototonariのゲームエリアは複数のサブエリアから構成され, 体験者はサブエリアごとにユニークな楽器を演じ, 体験者同士の物理的接近性に基づき, 各自の端末内で生成される楽器数を増加させることができる。サウンドを重層的に生成するためには, 見知らぬ体験者同士が近接しなければならない。また, 各体験者が生成したサウンドはサブエリアごとにマージされ, その場に保存される。時間を経て次のゲームに参加した別の体験者は, 場に保存されたサウンドをゲームの最初に試聴することができる。

Ototonariは, 前節のデザインプロセスに従って制作されたAdjustive Mediaである。体験者が参加



図7 Ototonari  
Fig. 7 Ototonari

することで体験者ごとの楽曲が作品として完成し、作家ではなく体験者同士が楽しみながら楽曲を制作可能であることを前提に設計された。また、体験者はOtotonariを繰り返し体験することができ、各体験者のどのような移動がどのような楽曲を生成できるかについて試行錯誤しながら体験を楽しむことができる。さらに、体験者は、楽曲内のトラック生成についてのパラメータを体験者自身でコントロールできる。これらのパラメータそのものは、作家によって提供されたものでありつつも、体験者が反復的・継続的体験の中で、体験者自身にとって妥当なインタラクションを享受できるだけの多様性が取り入れられている。

#### 4.4 議論

ユーザテストの結果、Adjustive MediaとしてのSuirn, MYSQにおいて、体験者は、フローとしての楽しさを得ていることが判明した。また、フロー体験のうちに体験者が反復的・持続的に作品を体験し、体験ごとの結果の差を意識し、体験者自身で作家の意図に近づくことができた可能性が高いと推測する。作品体験において楽しさを感じられるだけでなく、作家の意図により近づくことが可能な作品形式は、体験者だけでなく作家にとってもメリットの大きい作品形式であろう。

しかしながら、デザインプロセスの中で、フロー構成要素に従ったフィードバックプロセスの設計フェーズは、作家の経験に依存する部分が多く、作家の経験が不足する場合、8つの構成要素に従った設計が困難であるという指摘がある。しかしなが

ら、従来のデザインプロセスでは、このようなアプローチそのものが設計プロセスに組み込まれていなかった。ゆえに、この点について体系的かつ効果的な方針を示せた点に価値を見出すことができるだろう。加えて、当該プロセスにおける具体的な3つのデザインパタンの導入は、経験不足の作家への対応としての狙いを併せて持つものである。作家の力量を数値化することは挑戦的な課題であることから、今後の研究において、デザインプロセスそのものにおけるより直接的な対応を考慮したい。

#### 5. まとめ

本論文では、作品形式としてのAdjustive Mediaを提案した。Adjustive Mediaは、体験者による継続的・反復的な作品体験を通じて、作家の意図に近づくことができるスパイラルモデルとしての作品形式である。このようなAdjustive Mediaを6つの特徴から要件定義した上で、これらの特徴を実現するためのアプローチを構築し、Adjustive Mediaのためのデザインプロセスを提案した。プロトタイプとして3つの作品を制作し、そのうち2つの作品についてユーザテストを行い、作品と体験者の関係性について検証した。ユーザテストの結果、体験者が楽しさを得ていたことが示され、反復的・持続的体験のもとで作品のコンセプトが伝達された可能性が高いことがわかった。

作家にとって作品と体験者との関係性のデザインは最も難しい問題である。作家が長い時間をかけて制作した作品に対して、体験者がつまらないと感じ即座にその場を離脱してしまうという現象は、作家にとって看過できない問題であると同時に、作家自身が解決しなければならない問題でもある。従来のデザインリサーチは、作品、プロダクト、サービスの企画開発において、前提となる解決すべき問題を発見可能であっても、具体的なインタラクションプロセスまで踏み込んだ上での有効な設計指針を示さなかった。筆者らは、デザインリサーチにおけるAdjustive Mediaのためのデザインプロセスの可能性、および、新たなユーザ体験を提供する作品形式としてのAdjustive Mediaの可能性を強く信じている。

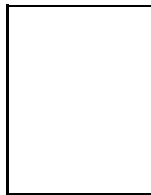
#### 文献

- Artz, J. M. (1996). Computers and the quality of life: assessing flow in information systems. *ACM SIGCAS Computers and Society*, **26** (3).
- Blythe, M., Hassenzahl, M., & Wright, P. (2004). More Funology: Introduction. *ACM Interactions*, **11** (5), 36 – 37.
- Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, **11** (4), 14–24.
- Bolter, J. D. & Gromala, D. (2003). *Windows and Mirrors: Interaction Design, Digital Art, and the Myth of Transparency*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Buechley, L., Hendrix, S., & Eisenberg, M. (2009). Paints, paper, and programs: first steps toward the computational sketchbook. *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 9 – 12. Cambridge, United Kingdom:
- Burzik, A. (2004). On the Neurophysiology of Flow: Thought-Provoking Studies from Sport and Music Psychology, Neurofeedback and Trance Research. *2nd European Conference on Positive Psychology*. Verbania Pallanza, Italy:
- Cage, J. (1996). 『サイレンス』. 東京: 水声社.
- Carroll, J. M. & Thomas, J. C. (1988). FUN. *ACM SIGCHI Bulletin*, **19** (3), 21 – 24.
- Chao, D. (2001). Doom as an interface for process management. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 152–157. Seattle, Washington, United States:
- Chen, J. (2007). Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM*, **50** (4), 31 – 34.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). 『フロー体験 喜びの現象学』. 京都市: 世界思想社.
- Douglas, Y. & Hargadon, A. (2000). The Pleasure Principle: Immersion, Engagement, Flow. *Conference on Hypertext and Hypermedia*, 153 – 160. San Antonio, Texas, United States:
- Feijs, L., Peters, P., & Eggen, B. (2004). Size Variation and Flow Experience of Physical Game Support Objects. *International Conference on Entertainment Computing*, 283 – 295. Eindhoven, Netherlands:
- Ishii, H., Mazalek, A., & Lee, J. (2001). Bottles as a Minimal Interface to Access Digital Information. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 187–188. Seattle, Washington, USA:
- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 234 – 241. Atlanta, Georgia:
- Jorda, S., Geiger, G., Alonso, M., & Kaltenbrunner, M. (2007). The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, 139 – 146. Baton Rouge, Louisiana:
- 倉本到・大塚茂樹・柏木一将・渋谷雄・辻野嘉宏 (2004). 作業意欲を向上させるエンタテインメントの計算機作業環境への提供. 『ヒューマンインタフェース学会論文誌』, **6** (4), 361–370.
- 倉本到・柏木一将・植村友美・渋谷雄・辻野嘉宏 (2006). Weekend Battle: エンタテインメント性の作業環境への提供により作業意欲を維持向上させるシステム. 『ヒューマンインタフェース学会論文誌』, **8** (3), 331–342.
- Levitin, D. J., MacLean, K., Mathews, M., & Chu, L. (2000). The Perception of Cross-Modal Simultaneity. *Computing Anticipatory Systems*, Vol. 517, 323–329. Liege, Belgium:
- Malone, T. W. (1982). Heuristics for designing enjoyable user interfaces: Lessons from computer games. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 63 – 68. Gaithersburg, Maryland, United States:
- Marr, A. J. (2001). In the Zone: A Biobehavioral Theory of the Flow Experience. *Athletic Insight: The Online Journal of Sport Psychology*, **3** (1).
- Merrill, D. & Raffle, H. (2008). The Sound of Touch: Physical Manipulation of Digital Sound. *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Florence, Italy. 739–742:
- Monk, A. F., Hassenzahl, M., Blythe, M., & Reed, D. (2002). Funology: designing enjoyment. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 924 – 925. Minneapolis, Minnesota, USA:

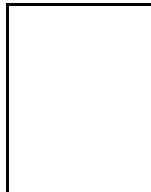
- Moser, R. (1997). A fantasy adventure game as a Learning Environment: Why learning to program is so difficult and what can be done about it. *ACM SIGCSE Bulletin*, **23** (3), 114 – 116.
- Novak, T. P. & Hoffman, D. L. (1997). Measuring the Flow Experience Among Web Users..
- Pachet, F. & Adnessi, A. R. (2004). When children reflect on their own playing style: experiments with continuator and children. *Computers in Entertainment (CIE)*, **2** (1), 14 – 14.
- Patten, J., Recht, B., & Ishii, H. (2006). Interaction techniques for Musical Performance with Tabletop Tangible Interface. *Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology*, p. No. 27. Hollywood, CA:
- Polaine, A. (2005). The Flow Principle in Interactivity. *Australasian Conference on Interactive Entertainment*, 151 – 158. Sydney:
- Raffle, H. S., Parkes, A. J., & Ishii, H. (2004). Topobo: A Constructive Assembly System With Kinetic Memory. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 647–654. Vienna, Austria:
- Ryokai, K., Marti, S., & Ishii, H. (2004). I/O Brush: Drawing with Everyday Objects as Ink. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 303–310. Vienna, Austria:
- 佐合尚子・竹田尚彦 (2000). RPG によりコミュニケーション能力を高める英会話CAL. 『情報処理学会研究報告, 2000-CE-58』, 3巻, 13–20.
- SONICTEAM/SEGA, (2001). Rez..
- Sweetser, P. & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, **3** (3), 3 –3.
- Tokuhisa, S., Iguchi, K., Okubo, S., Niwa, Y., Nezu, T., & Inakage, M. (2006). OTOTONARI: A Pervasive Game of Sound Composition based on Users' Collaboration.. *Future Play*. London, Canada:
- Tokuhisa, S., Iwata, Y., & Inakage, M. (2005). Suirin. *ACM SIGGRAPH 2005 Emerging technologies*, p. Article No.: 22. Los Angeles, CA, United States:
- Tokuhisa, S., Okubo, S., Suguro, K., Kotabe, T., & Inakage, M. (2006). MYSQ: An Entertainment System based on a Content Creation directly linked to Communication. *Computers in Entertainment (CIE)*, **4** (3), Article No.4.
- Vass, M., Carroll, J. M., & Shaffer, C. A. (2002). Supporting creativity in problem solving environments. 『the 4th conference on Creativity & cognition』, 31 – 37. Loughborough, UK:

(Received 1994 5 16)

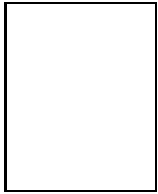
(Accepted 1994 5 16)

**徳久 悟**

2002年慶應義塾大学法学部政治学科卒業。2004年同大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了。2007年同大学大学院政策・メディア研究科博士課程修了。現在、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 講師。UTUTU Co.,Ltd. Creative Director / Founder, Sikake Inc. Creative Director. 楽しさを媒介としたエクスペリエンスデザインの研究に従事。情報処理学会会員, VR学会会員。

**常盤拓司 (正会員)**

1997年大阪芸術大学音楽学科卒。1999年岐阜県立国際情報科学芸術アカデミーアートアンドメディア・ラボ科退学。2001年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修了。2007年同博士課程退学。電子音楽制作技法を志村哲に師事, コンピュータ音楽制作技法を三輪真弘, エリック・ライオン, 岩竹徹各氏に師事。産業技術総合研究所特別研究員, 日本科学未来館科学技術スペシャリスト, 東京大学特任研究員を経て現在は公立ほこだて未来大学CREST研究員および慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科訪問研究員。

**稲蔭正彦**

1982年米国・オベルリン大学卒。  
1983年米国・カリフォルニア芸術工  
芸大学大学院芸術修士修了。1990  
年メディアスタジオ株式会社代表取  
締役。1999年慶應義塾大学環境情  
報学部教授。2008年慶應義塾大学  
大学院メディアデザイン研究科委員長兼教授。ACM  
SIGGRAPH会員。Visual Effects Society会員。