

# アート没入空間の構築と心電データを用いたその評価 Construction of Immersive Art Space and Its Evaluation Using ECG

中津 良平<sup>†</sup>, 土佐 尚子<sup>†</sup>, 浦岡 泰之<sup>‡</sup>, 北河 茜<sup>‡</sup>, 村田 耕一<sup>‡</sup>, 務中 達也<sup>‡</sup>,  
上田 祥行<sup>†</sup>, 古田 雅史<sup>‡</sup>, 野村 理朗<sup>†</sup>

Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, Yasuyuki Uraoka, Akane Kitagawa, Koichi Murata, Tatsuya  
Munaka, Yoshiyuki Ueda, Masafumi Furuta, Michio Nomura

<sup>†</sup> 京都大学, <sup>‡</sup> 株式会社島津製作所  
Kyoto University, Shimadzu Corporation

nakatsu.ryohei.7r@kyoto-u.ac.jp, tosa.naoko.5c@kyoto-u.ac.jp, uraoka-y@shimadzu.co.jp,  
kitagawa.akane.5jf@shimadzu.co.jp, murata.koichi.9ar@shimadzu.co.jp, munaka@shimadzu.co.jp,  
ueda.yoshiyuki.3e@kyoto-u.ac.jp, m\_furuta@shimadzu.co.jp, nomura.michio.8u@kyoto-u.ac.jp

## 概要

アート鑑賞が鑑賞者の創造性の向上に効果があるという仮定を立て、その実証のため没入型の環境を構築し、その環境で被験者を用いたアート鑑賞時の生理データの計測・分析を行った。本報告では、没入型環境の構成について簡単に述べた後、その環境でアートコンテンツを幾何学図形コンテンツや無コンテンツと比較した際の心電データの計測・分析の結果について報告する。

キーワード: 没入空間, デジタルアート, 心電データ, 創造性

## 1. はじめに

筆者らは、アート鑑賞がストレス軽減などに加え、創造性向上などのより高次の効果を人に与えるのではないかと考えており、それを評価することを目的とし、アート鑑賞に適した没入空間の構築とその評価を行っている。

アートコンテンツとしては、筆者の一人である土佐尚子のビデオアート(以下「土佐アート」)を用いる。土佐アートを鑑賞した多くの人から、宇宙空間にいるように感じる、さらには創造性が向上するように感じるという感想をもらっている。

創造性の向上のようなアート鑑賞の高次の効果を評価するには、無限に広がる感覚を与える没入空間を構築し、そこで被験者にアートを鑑賞してもらうことが適していると考えられる。無限の空間内にいる感覚を与えるため、鏡とディスプレイの機能を持つミラーディスプレイで囲まれた空間を構築し、その中で土佐アートを鑑賞してもらうこととした。

評価法に関しては、心理評価による方法と生理データを計測・分析する方法が考えられる。心理評価結果についてはすでに国際会議などで発表しているため[1]、本論文では生理データ、具体的には心電データの分析に焦点を

当ててそのプロセス・結果について述べる。

## 2. デジタルアート「サウンドオブ生け花」

筆者の一人土佐尚子は、絵の具などの流体に音の振動を与えてそれを高速度カメラで撮影することによって、流体が生け花のような形状を作り出すことを見出した。スピーカーを上向けに置き、上に薄いゴム膜を張り、その上に絵の具などの流体を置いて、スピーカーをサウンドで振動させると、絵の具が飛び上がり種々の造形が作り出される。

土佐は、この環境を用いて音の形状・音の周波数・流体の種類・流体の粘度などを変化させることによって、種々の流体形状が生成されることを確かめた[2]。さらに、そのようにして得られた映像を日本の季節の色に合わせて編集し、「サウンドオブ生け花」と呼ばれるデジタルアートを制作した[2]。図1は、作品の一シーンである。

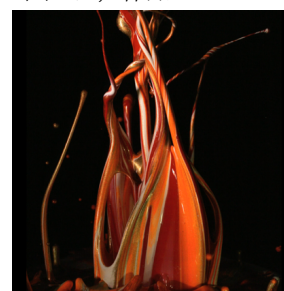


図1. 「サウンドオブ生け花」の一場面

「サウンドオブ生け花」を鑑賞した人たちの多くから、自分の創造性が高まる気がするという感想をもらっている。アート鑑賞が鑑賞者の創造性向上につながるとすると、アートの興味深い効果が見出されることになる。そのような効果は無限に広がり没入感を与える空間の中でより発揮されると考えられるため、無限に広がる感覚を与

える空間を設計・構築し、その中で土佐アートを鑑賞してもらい評価することとした。

### 3. 没入空間の設計と構築

無限に広がる空間を感じさせるシステムの構築には、鏡を用いることが適している。同時に、映像を表示するためには表示させる仕組みが必要である。ここでは鏡とディスプレイの両方の機能を持ったミラーディスプレイを用いることとした。没入空間の概念図を図2左に示す。

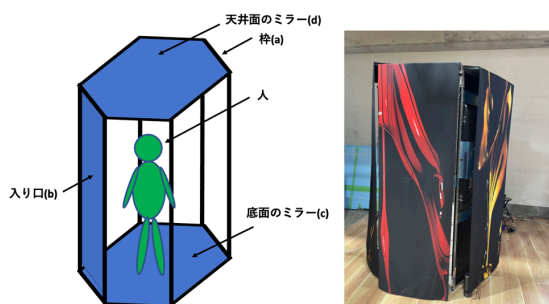


図2. 没入空間の概念図(左)とその外観(右)

3組の向かい合った鏡(合わせ鏡)から構成されている6角形の空間を構築した。合わせ鏡が無限に続く像を作ることにはよく知られている。この6角形の空間を構成している6枚の鏡はディスプレイの機能も持つミラーディスプレイとなっており、映像を表示することが可能である。構築した没入空間の外観を図2右に示す。

この装置の内部では単純な図形でも前後左右及び上下に無限に続くことによって、図3左のように、美しさを感じさせる。土佐アートを表示した例を図3右に示す。

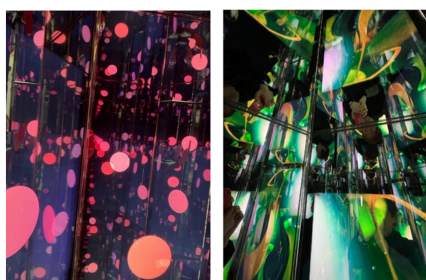


図3. 没入空間で円を表示した様子(左)と土佐アートを表示した様子(右)

## 4. 没入空間におけるコンテンツ評価

### 4.1 評価のコンセプト

本研究で没入空間において表示するアートとして、著者の一人である土佐アートをを用いる理由は以下の通りである。

- (1) 土佐アートは流体现象を高速度カメラで撮影することを生成手法としており、物理現象をベースとしたアートである。したがって、アーティストの人手によって作り出されたアートに比較すると、科学的手法による評価との相性が良い。
- (2) 流体现象をベースとしていることから、流体の種類、音の種類などを変更することによって種々のバリエーションを作り出すことができる。この点でも条件を変えて実験を行うという科学的手法と相性がいい。アートコンテンツを用いた評価実験を行う方法として、心理実験に基づいた心理評価を行う方法と、生理データを計測・分析することにより評価する方法がある。本研究では、心理評価と生理データの計測・分析を同時に行い、それらの関係性についても検討した。心理評価結果に関しては国際会議などで報告を行った[1]。本報告では、生理データ計測方法と、そのうち心電データに関する分析を行った内容について述べる。

### 4.2 生理データの計測

生理データを計測するために、島津製作所のHuME (Human Metrics Explorer) [3]と呼ばれる機器を用いた。HuMEは心電、脳波、皮膚電位、発汗、視線などの複合的な計測が可能な感性計測プラットフォームである。本研究では、HuMEを用いて心電、脳波、筋電位を計測した。計測したデータのうち本報告では、心電に着目しその分析を行った。

### 4.3 コンテンツ

アートコンテンツは、「サウンドオブ生け花」を用いた。「サウンドオブ生け花」をアートコンテンツとして選択した理由は、4.1に述べたとおりである。アートコンテンツと比較するためのコンテンツとして、「幾何学図形」を用いた。複数の幾何学図形コンテンツを用意し、心理実験により、それらの間の有意差がないことを確認した上で、色と共に形状が順に円と四角に変化する幾何学図形コンテンツ(以下「図形」)を用いることとした。

### 4.4 実験参加者

実験参加者は京都大学の学生40名であった。また実験にあたっては、十分な事前説明を行い、各参加者の同意を得て同意書に署名してもらった。

### 4.5 実験手続き

実験参加者の生理データ計測の手順は以下の通りであった。

**移動:** 実験参加者は没入空間内に移動する

**評価1**：実験参加者は最初の心理評価を行う。

**安静1**：実験参加者の状態をリセットするためコンテンツは表示されない。生理データ計測が行われる。

**コンテンツ1**：アートもしくは図形が表示される。同時に生理データ計測が行われる。

**評価2**：実験参加者は2度目の心理評価を行う。

**安静2**：実験参加者の状態をリセットするためコンテンツは表示されない。生理データ計測が行われる。

**コンテンツ2**：アートもしくは図形コンテンツが表示される。コンテンツ1がアートの場合は図形、コンテンツ1が図形の場合はアートが表示される。同時に生理データ計測が行われる。

**評価3**：実験参加者は3度目の心理評価を行う。

**移動**：実験参加者は没入空間から退出する。

## 5. 心電データの解析結果

### 5.1 用いた生理データ

40名を対象として生理データ（心電、脳波、皮膚電位）を測定したが、3種のデータが揃って正常に測定できたのはそのうち22名であった。心電、脳波、皮膚電位間の関係も分析する予定なので、3種のデータが揃って測定できた22名に絞って解析することとした。本報告書では、心電データに着目して分析した結果を述べる。

### 5.2 心電データの解析手法

心電図から求められる隣り合うR波の間隔（RRI）の周期的な揺らぎである心拍変動は、自律神経活動を反映している。22名の心電データを対象として、心電データから得られる以下の心拍変動指数に注目した。

**RRI**：RR間隔

**SDNN**：RR間隔の標準偏差

**RMSSD**：隣接するRR間隔の差の2乗平均根

**pNN50**：隣接RRIの差が50msecを超えた比率

**LF**：RR間隔データを周波数解析した低周波成分

**HF**：RR間隔データを周波数解析した高周波成分

**LF/HF**：低周波成分と高周波成分の比

これらのうち、SDNN、RMSSD、pNN50、HFは副交感神経活動の指標として用いられ、LF/HFは交感神経活動の指標として用いられている。これらはいずれも時系列データとして得られるが、今回は、3分間提示される4種類のコンテンツ（図形：Figure、アート：Art、安静1に対応する無コンテンツ：Rest1、安静2に対応する無コンテンツ：Rest2）を、3分間を1つの区間として求めた値を用いてFigure、Art、Rest1、Rest2の比較を行い、それらの間の

差が有意かどうかを確かめるための分散分析を行った。

### 5.3 心拍変動指数の分析結果

上記の心拍変動指数のうち、SDNN、RMSSD、pNN50、HF、LF/HFの5種の心拍変動指数のそれぞれに関して、Figure、Art、Rest1、Rest2の4種類のコンテンツの比較を行ったグラフを図4～図8に示す。また差が有意かどうかを確かめるための分散分析を行ったので、その結果も同時に示してある。これらの結果から以下が言える。

**図4**：SDNNに関しては、Artの値が低く副交感神経活動が抑制されていた。分散分析の結果、コンテンツに関する主効果が有意（ $F(3, 63) = 5.87, p = .002$ ）であった。多重比較を行ったところ、ArtとRest1、Rest2の間にはいずれも5%水準で有意な差があることがわかった。

**図5**：RMSSDに関しても、SDNNと同様にArtの値が低く、副交感神経活動が抑制されていた。分散分析の結果、コンテンツに関する主効果は微差で有意ではなかった（ $F(3, 63) = 3.23, p = .064$ ）。コンテンツ間の差を見ると、ArtとFigureの差は有意ではないもののArtとRest1の差に関しては $p = .047$ 、ArtとRest2の差に関しては $p = .033$ であった。

**図6**：pNN50に関しても、Artの値が低く、副交感神経活動が抑制されていた。分散分析の結果、コンテンツに関する主効果が有意（ $F(3, 63) = 3.11, p = .043$ ）であった。しかし、分散が大きいので、多重分析の結果では、コンテンツ間で有意な差はみられなかった。

**図7**：LFに関しても、Artの値が低いという意味では図4～図6と似た傾向であった。コンテンツに関する主効果は有意ではなかった（ $F(3, 63) = 1.81, p = .165$ ）。

**図8**：LF/HFに関しては、図8をみると、Rest1の値がそれ以外に比較して低い。これは、コンテンツが提示される前は交感神経活動が抑制され、コンテンツ提示によって活発化したことを示していると考えられる。また、Rest1に対してRest2が大きな値になっている。これは、コンテンツ提示が終わっても次のコンテンツに対する期待があり、交感神経活動の活発化が継続していると理解できるのではないだろうか。分散分析の結果、コンテンツに関する主効果は有意（ $F(3, 63) = 3.41, p = .028$ ）であった。ただし、多重分析の結果ではコンテンツ間で有意な差は見られなかった。これも、分散が大きいことが影響していると考えられる。注目すべきは、Artの値がRest1に比較すると少し高くなっているが、Figureに比較すると低いことである。

図4～8を合わせると、Art鑑賞時は交感神経および副交感神経活動が共に抑制されているというを示している。交感神経活動と副交感神経活動は拮抗作用すると

言われており、興味深い結果と言える。

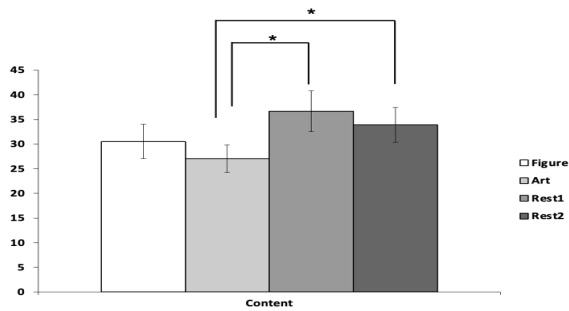


図4. SDNNに関する平均値および分散分析結果

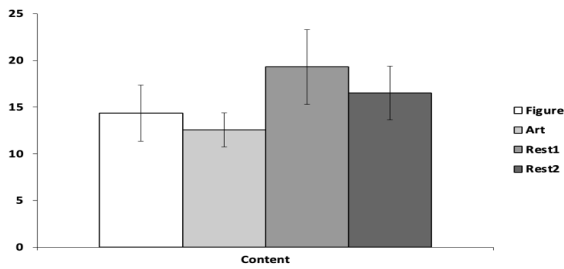


図5. RMSSDに関する平均値および分散分析結果

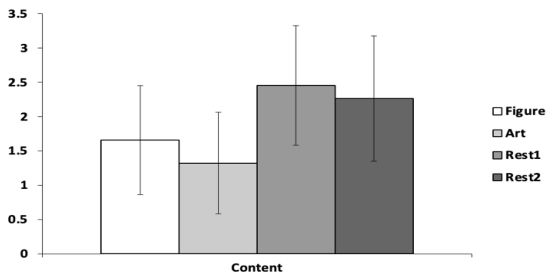


図6. pNN50に対する平均値および分散分析結果

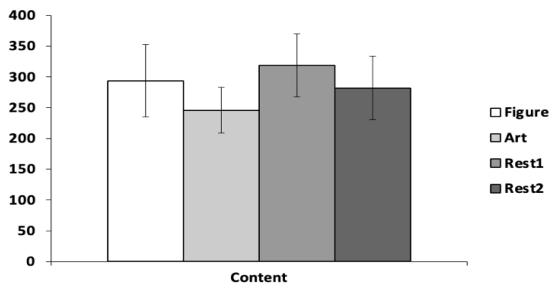


図7. HFに対する平均値および分散分析結果

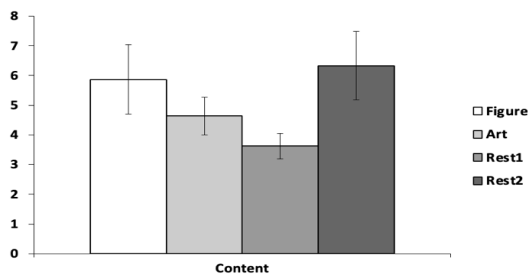


図8. LF/HFを対象とした平均値および分散分析結果

## 6. まとめ

アートが人の心を落ち着かせるなどの効果があることは知られているが、人の創造性を高めるなどの効果があることが予想される。我々は、筆者の一人である土佐尚子の制作するビデオアート（土佐アート）を用いてそのような効果があるかどうかを明らかにする研究を行った。土佐アートの持つ効果を発揮するには、無限に広がる感覚を与える没入空間で鑑賞するのが適している。そこで、鏡とディスプレイの機能を持つミラーディスプレイで構成される没入空間を設計・構築した。

次に、このような没入空間内における土佐アート鑑賞が被験者にどのような影響を与えるかを知るため、心理実験と生理データ計測を同時に行い、それぞれに関して、また相互の関係に関して分析を行うことを目指している。心理評価に関しては、すでに没入空間における土佐アート鑑賞が人の心を奮い立たせたり、創造性を喚起する効果を持つという興味深い結果を得ている[1]。

生理データとしては、心電、脳波、皮膚電位の3種類を測定したが、本報告ではそのうち心電に着目し、心拍変動解析を行い、アートコンテンツ提示時、幾何学図形コンテンツ提示時、2回の無コンテンツ提示時の計4種の条件下での心拍変動に関して、平均値および分散分析結果の観点から解析した。その結果、幾何学図形や無コンテンツ提示時に比較してアート提示時には副交感神経活動と交感神経活動が共に抑制されているという興味深い結果が得られた。

今後は、本研究で得られた結果をベースとして心電データのさらに詳しい分析を行う。同時に心理評価結果と心電データ分析結果の関係を調べる。また、脳波・皮膚電位についても分析を行うことによって、アート鑑賞が人の心に与える効果を明らかにしたい。

## 文献

- [1] Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, Yunian Pang, Satoshi Niyama, Yasuyuki Uraoka, Akane Kitagawa, Koichi Murata, Tatsuya Munaka, Yoshiyuki Ueda, Masafumi Furuta, Michio Nomura, "Construction of Immersive Art Space Using Mirror Display and Its Evaluation by Psychological Experiment," EAT ArtsIT 2023 (2023.11).
- [2] Yunian Pang, Liang Zhao, Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, "A Study of Variable Control of Sound Vibration Form (SVF) for Media Art Creation," 2017 International Conference on Culture and Computing (2017).
- [3] Akane Kitagawa, Yasuyuki Uraoka, Masafumi Furuta, Tatsuya Munaka, "Human Metrics Explorer System for Multi-Device Physiological Measurements in Emotion Estimation," SII 2024, pp.184-189 (2024).