

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 Based on ECG Data

中津 良平[†] 土佐 尚子[†] 浦岡 泰之[‡] 北河 茜[‡] 村田 耕一[‡] 務中 達也[‡] 上田 祥行[†]

古田 雅史[‡] 野村 理朗[†]

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

1. はじめに

アートは人の心を豊かにしてくれ、心を癒してくれたり、心を奮い立たせてくれるなどの力を持っている。筆者らは、さらに、アート鑑賞が人の創造性を高める効果を持っているという仮定を立て、それを確かめるため、アートコンテンツ鑑賞に適した没入空間を設計・構築し、その環境におけるアート鑑賞の評価を行う研究を進めている。

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。土佐アートは、後述するように、自然現象の中に隠れている美をテクノロジーを用いて取り出しビデオアートにしたものであり、抽象的かつ有機的な形状がその特徴である。土佐アートを鑑賞した多くの人から、創造性が向上すると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測定するためには、アート鑑賞に適した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必要である。無限に広がる空間で土佐アートを鑑賞する場合に最も土佐アートの特徴が表現されると考えられるため、無限に広がる空間内にいる感覚を与えるため、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。

没入空間内でアート鑑賞を行う際の評価法に関しては、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。一方だけを用いるのではなく、心理評価と生理データ計測という 2 つの評価法を用い、それらの関係も調べることによって、アート鑑賞という複雑なプロセスの解明が進むと期待される。本研究では、心理評価と生理データ計測を同時に行い、それらの結果の分析を行うとともに、心理評価と生理データの関係についても分析を行うことをめざしている。心理評価結果についてはすでにいくつかの国際会議などで発表しているため[1][2]、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計測・分析プロセス、結果について述べる。

2. 関連研究

2.1 心理評価に関する研究

アートの美しさそこから派生する感情について、心理学でさまざまな研究が行われてきた。たとえば、岡田・井上[3]は、具象絵画と抽象絵画のいずれが好まれるかに関する心理実験を行い、具象絵画が好まれることを示した。

Farkas [4]は、シュルレアリスムの絵画を使用して人々が好むアート作品を調査し、有名なアート作品が好まれることを発見した。Polzella らは[5]、風景画や伝統的および現代的なスタイルで描かれた肖像画を用いて、オリジナルのカラー絵画を提示する場合と白黒に変換された絵画を提示する場合を比較した。その結果、伝統的なスタイルが好まれ、かつ風景画の場合はカラー付きの評価が高く、肖像画の場合は白黒の評価が高いことがわかった。

このように心理評価を用いたアートの評価に関しては多くの先行研究が行われているが、具象絵画対抽象絵画のような比較的对象としやすい課題を扱うにとどまっており、それ以上踏み込んだ検討はあまり行われていない。

2.2 生理データ計測に関する研究

アート鑑賞が人にどのような影響を与えるかに関して生理データ測定を行った例としては、Angela Clow ら[6]の研究がある。ロンドンの労働者を対象にアートギャラリーで作品鑑賞前後にストレスを反映する唾液中のコルチゾールを測定したところ、当初高かったコルチゾール値が鑑賞後は正常値に戻っており、アート鑑賞がストレス軽減に有効であることを示した。

その後多くの研究が行われ、それらに関し、Michael Law ら[7]がアート鑑賞と人の心理・生理状態との関連に関する研究のレビューを行っている。3882 件の論文を抽出し、それらをチェックし最終的に 14 件の論文を対象とした結果では、鑑賞する場所は、アートギャラリー・美術館、実験室、病院など多岐にわたっている。測定された生理データとしてはコルチゾール値、心拍が最も多く、一部では血圧、皮膚電などが使われている。またそれらの多くでは生理データ測定と同時に心理評価も行われている。

このように、生理データ計測に関しては多くの先行研究があるが、それらはいずれもアート鑑賞によるストレス軽減効果などを対象としている。また心理評価と生理データ測定が行われている場合も、それらの間の関係に関しては詳細な研究は行われていない。

これらの先行研究に対して本研究では、アート鑑賞がストレス軽減にとどまらず、人の心を奮い立たせたり、さらには創造性を喚起する効果があるのではという観点から研究を行うことを目的としている。また、測定する生理データも後述するように、心電、脳波、皮膚電位と複数種類のデータを測定し、個々のデータの分析や複数種類の生理データ間の関係の分析も行うことをめざす。同時に心理評価も行うこととし、心理評価結果と生理データの関係についても分析を行う。このように、アート鑑賞と人の心理・生理の関係を網羅的に測定・分析するという試みはこれまでほとんど行われてこなかったものである。

[†] 京都大学 Kyoto University

[‡] 島津製作所 Shimadzu Corporation

3. デジタルアート「サウンドオブ生け花」

3.1 「サウンドオブ生け花」生成システム

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。具体的には、スピーカーを上向きに置き、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[8]。さらに土佐は、そのようにして得られたビデオ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[9]。図1は、作品の一シーンである。

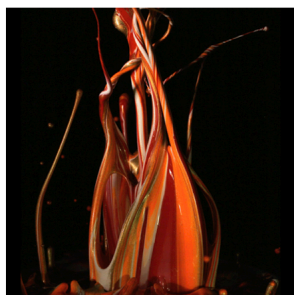


図1 「サウンドオブ生け花」の一場面

3.2 「サウンドオブ生け花」の持つ効果

「サウンドオブ生け花」は、生命の誕生や生命の未来を表現しているという感想を多く受けている。それが、土佐アートを宇宙を感じさせる無限の空間内で鑑賞するのに適しているという考え、さらに鏡を用いた無限に続く空間を構築しその効果を検証するという考えにつながった。

同時に、土佐のアートコンテンツを鑑賞した人たちの多くから、自分の創造性が高まるような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、アートの大変興味深い効能が見出されることになる。そのような効果は無限に広がる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。

4. ミラーディスプレイを用いた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。と同時に、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[10]を用いることとした。

人を鏡で周囲を囲み、鏡の一部を前記のミラーディスプレイとし、そこにアートコンテンツを表示する環境を構築することとした。長方形の鏡で囲まれた六角形の空間を構築する。そのコンセプトを図2に示す。六角形の空間は3組の向かい合った鏡(合わせ鏡)から構成されている。合わせ鏡が相互に反射し合うことによって無限に続く像を作ることはよく知られている。それが3組あることによって、中にいる人は無数の自分の鏡像に取り囲まれている感覚を持つ。さらに天井と床も鏡にすることによって、上下にも自分の胸像が無限に続いている感覚を持つ。

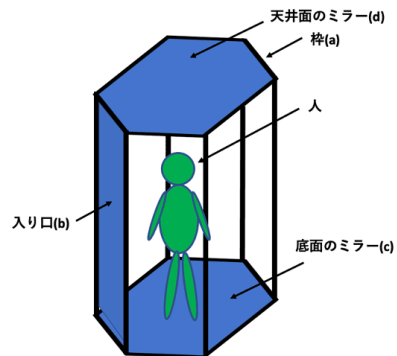


図2 没入空間の概念図

この六角形の空間を構成している6枚の鏡は先に述べた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3に示す。



図3 没入空間の外観(左:外観、右:扉を開けたところ)

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、美しさを感じさせる環境を生成できる(図4)。また、土佐によって制作されたアートコンテンツを表示した例を図5に示す。

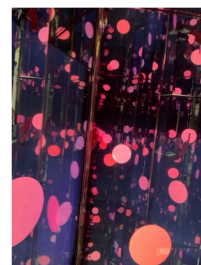


図4 没入空間で円を表示させた様子

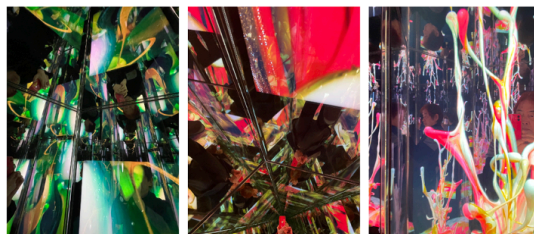


図5 没入空間内にアートコンテンツを表示した例

本没入空間においては、予備実験の結果、人が解放感や浮遊感を体験できることを確認している。解放感や浮遊感は創造性とも結びついていると考えられるため、本没入空間にアートコンテンツを表示した場合に創造性が向上することが期待される。

5. 没入空間におけるコンテンツ評価

5.1 評価のコンセプト

ここでは、構築した没入空間の評価法に関して検討する。本没入空間は、その中にいる人に無限に広がった空間にいるような感覚を与える。その中でアートを表示し鑑賞してもらうには、最近のアートであるビデオアート、メディアアートなどが適している。VR とアートの組み合わせはこれまでも試みられているが、それらのアートコンテンツに適した空間で鑑賞してもらってこそ、アート本来の価値を発揮できると考えられる。

本没入空間において今後種々のアートコンテンツの評価を行っていく予定であるが、主たるアートコンテンツとして、著者の一人である土佐尚子のアートコンテンツを用いる。その理由は以下の通りである。

- (1) 先に述べたように、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いる。すなわち土佐アート生成は物理現象をベースとしている。したがって、アーティストが絵筆などを使って作り出したアートに比較すると、評価という科学的手法との相性が良いと考えられる。
- (2) 流体现象をベースとしていることから、流体の種類、音の種類などのパラメータ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、条件を変えて評価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。先に述べたように、生理データは人の身体と直結した情報である。一方、心理評価で得られるデータは人の脳の処理を経た情報である。アートは人の心に種々のレベルで影響を与えると考えられるため、この 2 つの性質の異なった情報を用いてアートの評価を行うことは適切と考えられる。このような考え方に基づいて、本実験では、心理評価と生理データの計測・分析を同時に行うこととした。心理評価結果に関してはこれまで幾つかの報告を行っている [1][2]。したがって本論文では、生理データ計測方法の詳細と、そのうち心電データに関する初期的な分析を行った内容について述べる。

5.2 生理データの計測

本研究は、京都大学と島津製作所の共同研究として行われる。生理データを計測するために、島津製作所の HuME (Human Metrics Explorer) [11][12] と呼ばれる計測機器を用いる。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、筋電位を計測することとした。本論文では、計測したデータのうち心電に着目し、その分析を行う。

5.3 コンテンツ

5.3.1 アートコンテンツ

アートコンテンツは、先に述べた筆者の一人土佐尚子による「サウンドオブ生け花」を用いた。数多くのアートコンテンツが存在するが、その中で「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、5.1 で述べたとおりである。

5.3.2 比較対象の幾何学図形コンテンツ

上記のアートコンテンツと比較するためのコンテンツとして、幾何学図形を用いる。「サウンドオブ生け花」は複雑現象もしくはカオス現象に基づいて作り出された形状であると考えられるため、それと比較するコンテンツとして、数学法則に基づいた幾何学図形を用いることは適切と考えられる。幾何学図形コンテンツは、円、正方形などの単純な形とするとともに、回転や時間とともに色が変わるなどの効果を付加することとした。またこれらの色や形状の変化はアートコンテンツの変化にできるだけ同期して変化させるようにして、アートコンテンツと幾何学コンテンツの間に類似性が生まれるようにした。

以下に示す 3 種類の幾何学図形を用意した。

幾何学図形 1: 形状は円であり、色のみが時間と共に変化する。

幾何学図形 2: 色と共に、形状が順に円と四角に変化する。

幾何学図形 3: 四角の形状が回転する。色は図形 1、2 と同様に時間と共に変化する。

予備実験によってこれらの幾何学図形の間の比較を行ったところ、有意な差が見出されなかった [1]。この結果から、ここでは幾何学図形 2 (以下「図形」) を土佐アートとの比較対象として用いることとした。

5.4 被験者

被験者は京都大学の学生 40 名を用いた。また実験にあたっては、十分な事前説明を行い、各学生の同意を得て同意書に署名してもらった。

5.5 実験手順

各被験者毎の生理データ計測の手順を以下に示す。

移動: 被験者は没入空間内に移動する

評価 1: 被験者は最初の心理評価を行う。

安静 1: 被験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: 被験者は 2 度目の心理評価を行う。

安静 2: 被験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: 被験者は 3 度目の心理評価を行う。生理データ計測が行われる。

移動: 被験者は没入空間から退出する。

6. 心電データの解析結果

6.1 生理データ計測の目的

40 名の被験者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。本論文で

は心電データに着目してその分析を行った。

6.2 心電データの解析手法



図6 心電図の形状

図 6 に心電図の基本的な形状を示す。これ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が、自律神経活動を反映している。そこで 22 名の心電データを対象として、心電図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 の比較を行うとともに、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。

6.3 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 7~図 11 に示す。また Figure、Art、Rest1、Rest2 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ので、その結果も同時に示してある。

これらの図から以下がわかる。

図 7 : 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る (交感神経活動が活発化している) ことを示している。また分散分析の結果、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 8 : RMSSD に関しては、図 7 と同様に Art の値が低く、副交感神経活動が抑制されている (交感神経活動が活発化している)。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 Rest 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 $p=.033$ と低い値が得られた。

図 9 : 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る (交感神経活動が活発化している)。また分散分析の結果、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。ただ、分散が大きいため、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 10 : LF に関しても、Art の値が低いという意味では図 7~図 9 と似た傾向である。ただ、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 11 : LF/HF に関しては、Rest1 の値がそれ以外に比較して低い。これは、当初交感神経活動が不活性であったのが、Art もしくは Figure コンテンツが提示されることによって交感神経活動が活発化したことを示している。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。

しかし、図 11 を見ると Rest1 と Rest2 に大きな差が見られることが興味深い。有意ではないものの、 $p=.009$ と低い値を示している。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、交感神経活動が活発化していることを示していると考えられる。

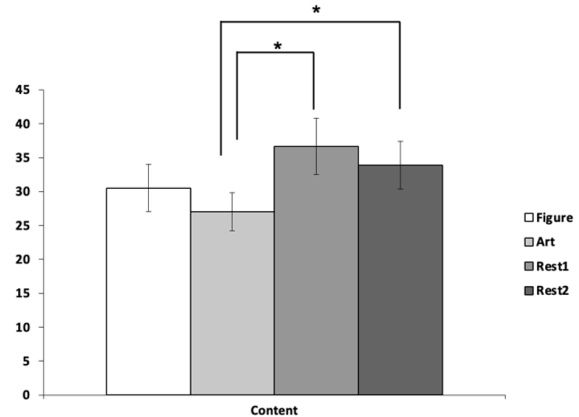


図7 SDNNに関する4種のコンテンツの平均値および分散分析結果

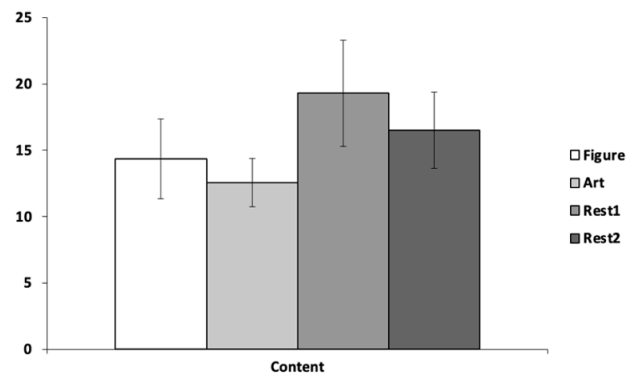


図8 RMSSDに関する4種のコンテンツの平均値および分散分析結果

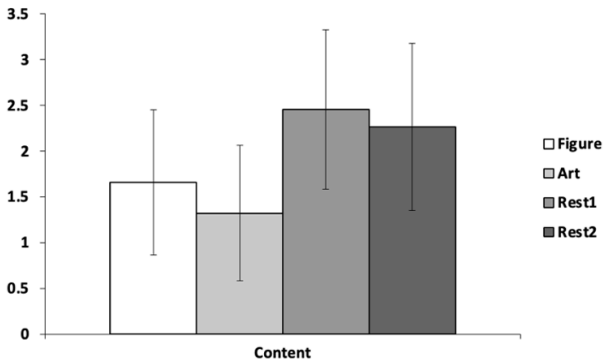


図9 pNN50に対する4種のコンテンツの平均値および分散分析結果

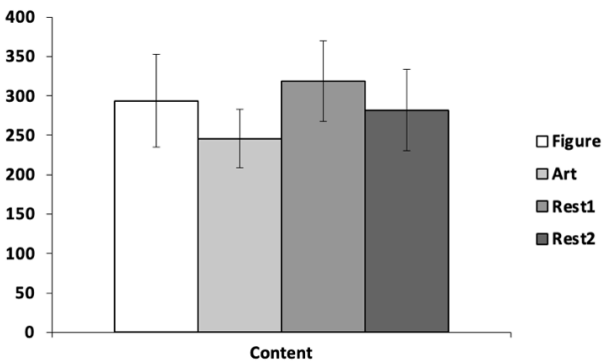


図10 HFを対象とした4種のコンテンツの平均値および分散分析結果

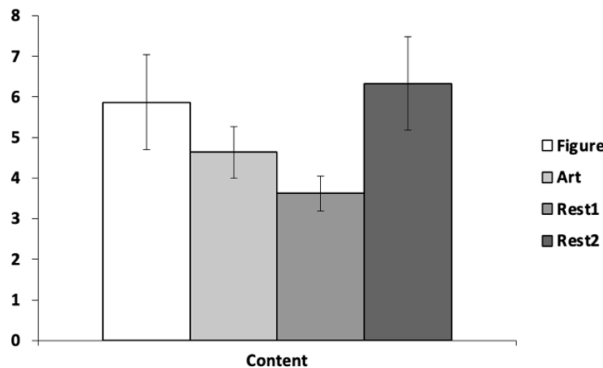


図11 LF/HFを対象とした4種のコンテンツの平均値および分散分析結果

6.4 Rest との変化率に着目した分析結果

安静時（本実験では Rest1、Rest2 に対応）の心拍数には個人差がある。従って、値そのものを使うのではなく、直前の Rest からの変化を見た方がいいと考えられる。そこで、HF および LF/HF に関して、直前の Rest からの変化率を用いて Figure と Art との比較を行ってみた。変化率としては、 $(\text{Figure} - \text{Rest})/\text{Rest}$ もしくは $(\text{Art} - \text{Rest})/\text{Rest}$ を用いた。この変化率を用いて 6.3 と同じ分析

を行った。平均値に関する結果を図 12 および図 13 に示す。また同時に、Figure と Art の間に有意な差があるかどうかを確かめるため分散分析を行った。

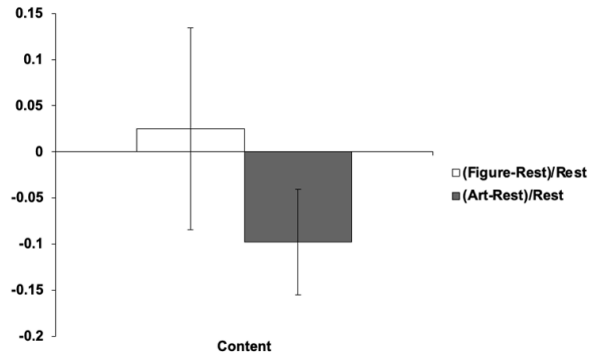


図12 HFを対象としたRestからの変化率に関する結果

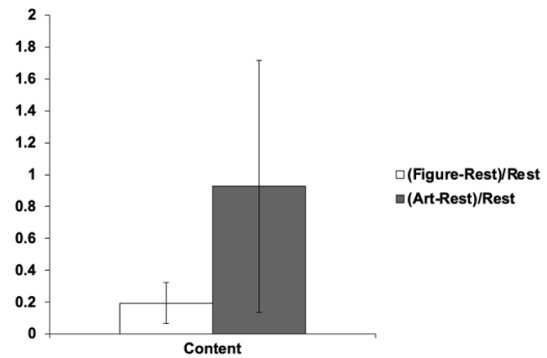


図13 LF/HFを対象とした直前のRestからの変化率に関する結果

図 12、図 13 を見ると、見かけ上 Art と Figure に差があるように見えるが、分散分析を行うと、両者の間には有意な差はないという結果になった。これは、いずれも分散が大きいことが原因と考えられる。

さらに RRI (RR 時間間隔) を対象として同様の分析を行った結果を図 14 に示す。この場合も、見かけ上 Art と Figure に差があるように見えるが、分散分析を行うと、両者の間には有意な差はないという結果になっている。これはも分散が大きいことが原因と考えられる。

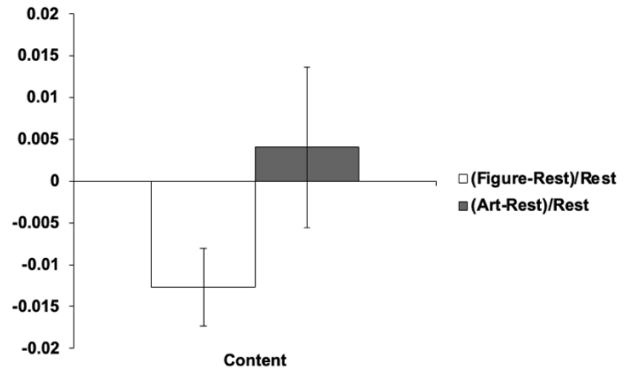


図14 RRIを対象とした直前のRestからの変化率に関する結果

図13、14を見ると、特にアートに対して分散が大きいことがわかる。これはアート鑑賞時の心電への影響に関して個人差が大きいことを示している。このことから、個人ごとの分析を詳細に行うことによって、アート鑑賞の影響が個人によってどのように異なるかに関する知見が得られる可能性があると考えられる。今後はこの点に注目した分析を行う予定である。

7. まとめ

アートが人の心を落ち着かせたり奮い立たせる効果があることは、実験などによって確かめられている。同時に、それ以上の効果、例えば人の創造性を高めるなどの効果などがあることが予想され、実際にアート作品を展示した際に観客からそのような感想をしばしばもらう。筆者らは、筆者の一人であるアーティスト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ことに興味を持っている。彼女の作品が浮遊感覚や解放感覚を与えるという人々から得られた感想に基づくと、土佐アートの持つ効果を発揮するためには、無限に広がる感覚を与える没入空間で鑑賞してもらうのが適していると考えられる。それを実現するため、鏡とディスプレイの両者の機能を持つミラーディスプレイで構成される六角形の没入空間を設計・構築した。

このような没入空間内で土佐アートを鑑賞した場合に、被験者にどのような影響を与えるかを知ることが、研究の目標である。具体的な手法として、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という手法によって、アート鑑賞が人の心理・生理に与える影響を明らかにしたいと考えている。得られたデータのうち心理評価結果に関してはすでに詳細な分析を行っており、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っているという興味深い結果を得ている[1][2]。

心理評価と同時に生理データ計測も行ったので、次の段階として、生理データに着目した場合に土佐アート鑑賞がどのような効果があるかを明らかにしたいと考えた。生理データとしては心電、脳波、皮膚電位の3種類を測定しているが、本論文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、アート提示時には副交感神経活動が抑制されている、言い換えると交感神経活動が活発化しているという結果が得られた。

またアートコンテンツ、幾何学図形コンテンツ提示時の心拍変動を直前の無コンテンツからの変化率に着目して同様の分析を行ったところ、アートに対しては個人間の差が極めて大きいという結果が得られた。この結果は、被験者ごとのデータに関する詳細な分析を行うことが必要であることを示している。

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、心電データとともに計測された、脳波、皮膚電位についても分析を行うことによって、アート鑑賞の人の心に対する影響を明らかにする。

参考文献

- [1] Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, Yunian Pang, Satoshi Niiyama, Tatsuya Munaka, Masafumi Furuta, Yoshiyuki Ueda, Michio Nomura, "Construction of Immersive Art Space Using Mirror Display and Its Preliminary Evaluation," The 27th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2023), pp.434-439 (2023.9).
- [2] Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, Yunian Pang, Satoshi Niiyama, 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).
- [3] 岡田守弘、井上純、「絵画鑑賞における芸術性評価要素に関する心理学的分析」横浜国立大学研究紀要、Vol.31、pp.45-66 (1991).
- [4] Farkas, A. (2002) 'Prototypicality-effect in surrealist paintings', Empirical studies of the Arts, Vol.20, No.2, pp.127-136.
- [5] Polzella, D. J., et al. (2005) 'The Effect of Color on Viewers' Ratings of Paintings', Empirical Studies of the Arts, Vol.23, No.2, pp.153-163.
- [6] Angela Clow, Cathrine Fredhoi, "Normalisation of salivary cortisol levels and self-report stress by a brief lunchtime visit to an art gallery by London City workers," Journal of Holistic Healthcare, Vol. 3, No. 2, pp. 29-32 (2006).
- [7] Mikaela Law, Nikita Karulkar, Elizabeth Broadbent, "Evidence for the effects of viewing visual artworks on stress outcomes: a scoping review," BMJ Open (2021).
- [8] 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).
- [9] 土佐尚子、中津良平、「アート&テクノロジーの融合で日本文化を創る」電子情報通信学会誌、Vol.99, No.4, pp.295-302 (2016).
- [10] ミラリア : ディスプレー一体型ミラー、<https://www.asahiglassplaza.net/products/mirroria/>
- [11] Yasuyuki Uraoka, Koike Yoshida, Koichi Murata, Kahori Kise, Akane Kitagawa, Sadamu Tomita, Masafumi Furuta, Tatsuya Munaka, Shima Okada, Wataru Sato, "Development and Application of Multi-Device Biometric System 'HuME (Human Metrics Explorer)™' ," Shimadzu Review, Vol.78, No.3-4, pp.2-11 (2021).
- [12] 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).