

# 博物館観覧者の反応を客観的に評価するための脳波分析

三ツ木 萌<sup>1,a)</sup> 丸山 一貴<sup>1,b)</sup>

**概要：**博物館への興味や人気は高く、施設側は観覧者を増やすための様々な工夫をしている。その一環として博物館主催者は観覧者の展示物に対する満足度に合わせたサービス向上のため、アンケートによる観覧者の展示物に対する感情の調査を行っている。しかし、アンケート調査では観覧者にとって印象的な展示物や、より後に見た展示物に影響されてしまうと考えられる。観覧者の反応を客観的に評価することで、観覧者の知識や展示物の知名度、観覧の順番に左右されない展示物への反応を調査することができる。そこで本研究では、客観的指標として脳波を用いて観覧者の反応の調査を行う。実験では展示物観覧時の観覧者の脳波を取得し、また事前と事後のアンケートで展示物への興味等を調査した。脳波とアンケートから、脳波の変化と感情の関係性を分析した。実験の結果から興味や展示物への反応を示していた箇所、脳波の変化がみられることがわかった。

## 1. はじめに

近年、博物館への興味や人気は高い。文化庁の博物館入館者数調査 [1] では、入館者数は平成 13 年から 2.7 億人程度で横ばいで推移していたが、平成 29 年では 3 億人を超え増加している。現代アートを主役にした展示を行ったり、AR を用いて展示物の説明をするなど、博物館主催者は観覧者を増やすために、展示物に対する満足度に合わせたサービスや話題となるような展示を行うなどの様々な努力をしていることがわかる。

また、サービス向上の調査のため主催者は、観覧者の見たものや興味を問うようなアンケートを実施している。しかし、展示物に対する観覧者の感情や興味等の反応 (以下、「観覧者の反応」という。) を主催者側が受け取る方法はアンケートのような主観的評価のみであり、第三者や生体反応を用いた客観的評価はされておらず、展示物ごとの観覧者の感情の評価とその並び順に関する評価はできていない。そのため、展示物に対する観覧者の反応を主催者が受け取るには不十分である。

アンケートではわからない客観的な情報から観覧者の無意識の反応も取得できれば、観覧者の個人の興味をより理解でき、より多くの人を楽しめるような展示順序の変更や、観覧者の反応が徐々に高まるようなガイドツアーを提供することができると考えた。

観覧者の反応を客観的に評価する生体反応を用いた方法

として、脳波を用いた推定方法がある。脳波とは脳から生じる電気信号であり、興奮や集中、リラックスなどの人の状態を推定することができる。

本研究では、脳波データから観覧者の反応を推定するために、脳波の変化と展示物への興味の関連性を分析することを目的とする。

## 2. 関連研究

観覧者の行動や反応を利用した主催者支援の研究がある [2][3]。博物館のサービスや品質の改善を目的としたサービス品質の評価と満足度レベル、行動を測定するためのアンケートを行った研究 [2] や、観覧者の興味や行動からより展示物への興味を高めるための自動ガイドシステムの開発を行った研究 [3] が挙げられる。これらの研究では、観覧者の反応をアンケートで調査しているため、客観的評価は行われていない。また、アンケートではなくビーコンから位置情報を取得し、行動履歴を分析して得られた時刻ごとの移動データから、展示配置や展示訪問ルート最適化を提案する研究もある [4]。この研究では観覧者の行動のみを分析しており、観覧者の反応の調査は行っていない。これらの研究のように、観覧者の行動や反応から主催者を支援することが可能である。本研究では、客観的な評価方法として脳波を用いて観覧者の反応を調査する点で異なる。

観覧者の感情から、美術館の満足度を調査した研究として、Chiappa ら [5] の研究が挙げられる。この研究では、アンケートを用いて観覧者の感情を調査している。展示物観覧時の感情として 12 の質問を行っており、ポジティブな感情が観覧者の満足度に影響しているという結果が示さ

<sup>1</sup> 明星大学 情報学部 情報学科

<sup>a)</sup> 17j5113@stu.meisei-u.ac.jp

<sup>b)</sup> kazutaka.maruyama@meisei-u.ac.jp

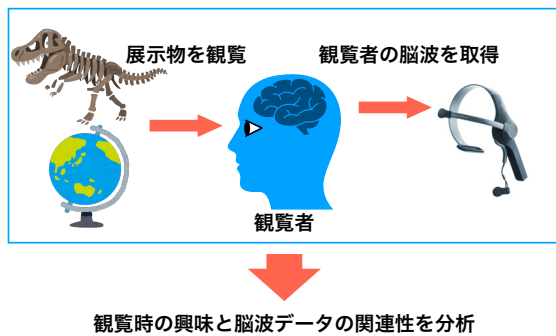


図 1 本提案手法の概要図

れた。本研究では、脳波の有効性を示すためにアンケートも使用する。観覧者の感情を主催者に提示することで観覧者の満足度を向上させるような支援が可能であると考えられる。

脳波を用いた研究として、田中ら [6] の研究が挙げられる。この研究では、脳波計を利用したおすすめ商品を提示するレコメンドシステムを提案した。Web 閲覧中の脳波を計測し、観覧者の興味を推定した。この手法では提案したレコメンドシステムを使用することで、ユーザが閲覧する商品に対する興味度を高くする結果が得られる。本研究では田中らの手法を参考に、脳波から興味推定をする。

### 3. 提案手法

本研究では、観覧者の脳波データと展示物への興味の関連性を分析し、展示物への興味が客観的に推定する。本研究の全体を図 1 に示す。脳波計を装着した状態で展示物を観覧し、その時の脳波データを取得する。また、観覧終了後にアンケートを行い、それぞれの展示物に興味を持っていたかを調査する。取得した脳波データとアンケートでの調査から、観覧者の興味があると回答した箇所での脳波の反応を関連付けする。アンケートの結果と脳波の反応の関係性を示すことができれば、観覧者の興味を脳波だけから推定することが可能になる。推定した感情データを用いることで、展示主催者への支援を行うことができると考えられる。そのため、我々は観覧時の脳波と観覧者の反応を調査するためのアンケートを用いて、観覧者の興味と脳波の変化の 2 つのデータの関連性を分析する。

分析したデータを、展示主催者に提供することができれば、観覧者の反応に準じた作品をまとめて展示したり、観覧者の反応が徐々に高まるようなガイドツアーを提供することができるため、主催者支援につながると考えられる。

#### 3.1 脳波取得手法

観覧者の無意識の反応を評価するために、観覧者の生体反応が必要となる。生体反応として、脳波以外に音声や表情認識があげられる。しかし、博物館のように静かに鑑賞

する展示施設の場合、観覧者の音声や表情が大きく変化することは難しいため、生体反応から観覧者の反応を客観的に推定すること (以下、「反応推定」という。) は期待できない。そのため本研究では静かな場所でも、観覧時に変化がみられると期待できる脳波を用いて反応推定を行う。脳波は脳波計を頭に装着することで取得する。一般的に、取得する脳波から休息状態、リラックス状態、緊張状態などが推定できる。実際に展示物を観覧中の観覧者に脳波計を装着し、脳波を取得する。取得した脳波を分析することで観覧者の展示物への反応を推定する。

本研究では田中ら [6] の研究を参考に、脳波取得のための脳波計として NeuroSky 社の MindWave Mobile 2 を使用する。この脳波計では delta, theta, Low-alpha, High-alpha, Low-beta, High-beta, Low-gamma, Mid-gamma の 8 種類のデータと、MindWave Mobile 2 の内部でこれらのデータから算出される ATTENTION, MEDITATION の 2 種類のデータ、計 10 種類の脳波データを取得することができる。本研究では、田中らの研究で使用していた ATTENTION, MEDITATION の他に、予備実験時に最も反応が見られた Low-alpha, High-alpha, Low-beta, High-beta の計 6 つのデータを用いて分析する。脳波取得プログラムは Python2.7 を使用し、thinkgear ライブラリ [7] を用いて行う。thinkgear は MindWave Mobile 2 で取得した脳波をプログラム上で扱うことができるライブラリである。観覧者が展示物観覧時に脳波計を装着し、脳波を計測する。計測したデータは Bluetooth 接続したコンピュータで受信し、それぞれの脳波データを分析する。

#### 3.2 反応評価

同じ展示物を観覧した時の観覧者の脳波データと被験者のアンケートから、興味がある展示物に対する脳波の状態を分析し、関連性を調査する。アンケートでは、観覧した展示物のなかでの興味の有無とその時の観覧者の気分の状態を問う質問をした。アンケート結果と脳波データを照らし合わせ、興味がある箇所や興味がない箇所 (以下、「観覧者の興味箇所」という。) での脳波の状態を分析することで、脳波から観覧者の興味箇所を推定することが可能になると考えられる。

取得した脳波データを分析するために指数平滑法を使用する。指数平滑法は過去のデータのうち最も新しいデータに重みをつけ、古くなるにつれて重みを弱くして平均をとる手法である。

$$F_t = \alpha \times x_{t-1} + (1 - \alpha) \times F_{t-1}$$

$t$  は時刻、 $x_{t-1}$  は前回のデータ値、 $F_t$  は予測値、 $F_{t-1}$  は前回の予測値を示す。1 つ前のデータ値に  $\alpha$  の重みをつけ、1 つ前の予測値に  $(1 - \alpha)$  の重みをつけて予測データ  $F_t$  を求める。

興味がある, または好きなもの
興味がない, または嫌いなもの
見たことはいけど興味があるもの

本研究では、係数  $\alpha$  を極端に平滑化せずに分析しやすい 0.93 として計算した。

#### 4. 予備実験

予備実験として、実験協力者 4 人に国立科学博物館が提供する「おうちで体験! かはく VR」[8](以下、「国立科学博物館 VR」という。)内をタブレットを使用して観覧してもらい、その時の脳波を取得した。観覧後にアンケートを行い、展示物への興味があった箇所、興味がなかった箇所、感動した箇所、驚いた箇所を調査した。この予備実験から、特定の被験者において、アンケートで回答した箇所以外でも脳波が反応している箇所が見られた。これはアンケートで回答した箇所以外に、動物や虫などのような、好きな特定のジャンルの展示に対して反応を示していたためであると考えられる。このことから実験時には観覧後のアンケートだけでなく、好きなジャンルを調査する必要が得られた。また、観覧するジャンルに偏りがあったり、操作を誤り次の展示にたどり着く前に道に迷うことがあった。予備実験では自由に観覧したため、このような問題が起こったと考えられる。これらの結果から、本実験では好きなジャンルの調査を行うと共に、展示を観覧する順序を指定することにした。

#### 5. 実験

予備実験をもとに、本実験では好きなジャンルのアンケートと、観覧時の順序の指定を行った。観覧者の頭部に脳波計を装着し、国立科学博物館 VR 内と明星大学資料図書館内を観覧してもらい、展示物を観覧中の観覧者の脳波を取得した。観覧後にアンケートを行い、展示物への興味があった箇所、興味がなかった箇所、リラックスしていた箇所、感動した箇所、驚いた箇所を調査した。アンケートの結果は、脳波グラフに枠線で示す。

調査したアンケート結果と脳波データを照らし合わせ、興味があった箇所、興味がなかった箇所、リラックスしていた箇所、感動した箇所、驚いた箇所を、それぞれの中央値と比べた時の脳波の状態を分析した。

##### 5.1 国立科学博物館 VR での実験

実験協力者 A から G の 7 名に実際に観覧する箇所から、事前に興味のある展示物のジャンルについて表 1 のアンケートを行った。

その後、座った状態で国立科学博物館 VR 内をタブレッ

表 2 国立科学博物館 VR での展示物への感情を問うアンケート  
アンケート内容

迷子になった箇所はあったか
面白かった, 気になった展示の種類
嫌い, 好きじゃない, 興味がない展示の種類
気が散ったところ
特に面白かった, 気になった展示
嫌い, 好きじゃない展示はあったか
感動した展示はあったか
驚いたような展示はあったか
リラックス, 落ち着いて観られた展示はあったか
過去にこの展示を観たことがあるか
どのエリアが面白かったか
どのエリアが面白くなかったか

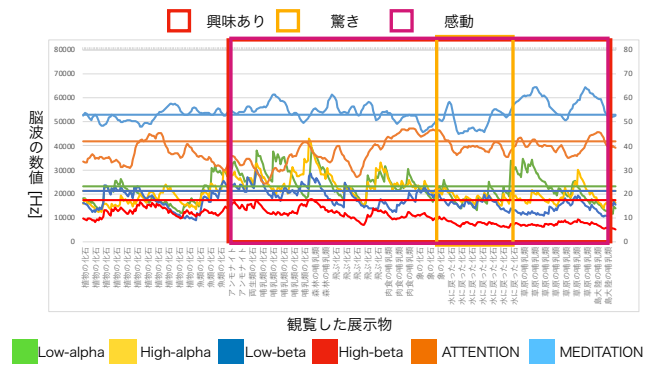


図 2 国立科学博物館 VR を観覧した実験協力者 C のグラフの一部

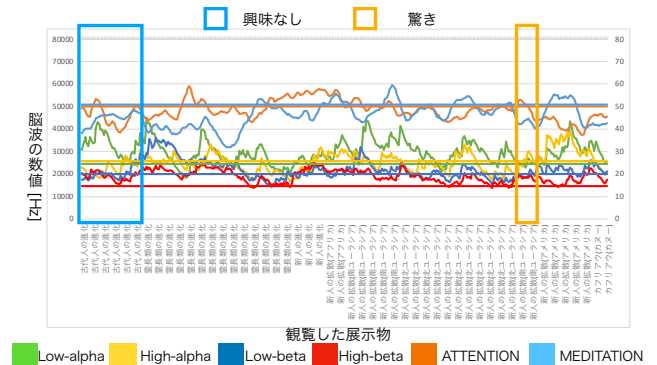


図 3 国立科学博物館 VR を観覧した実験協力者 A のグラフの一部  
1

トを操作して観覧してもらい、脳波を取得した。観覧後に再び表 2 のアンケートを行い、実際に興味があった箇所を調査した。

実際に取得した脳波から、それぞれの脳波の中央値を計算し、脳波のデータを色ごとに示した。展示物を観覧時の脳波と中央値の時系列データを図 2 から図 5 に示す。

図 2, 図 5 のように、興味があると回答した箇所は High-alpha と ATTENTION が高く、High-beta が低い傾向が見られた。同様の傾向が、実験協力者 B, D, E, F, G のデータでも確認できた。

また、興味がないと回答した箇所では図 3 のように High-

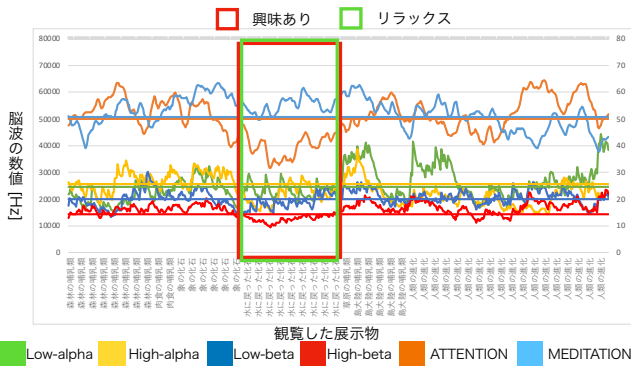


図 4 国立科学博物館 VR を観覧した実験協力者 A のグラフの一部 2

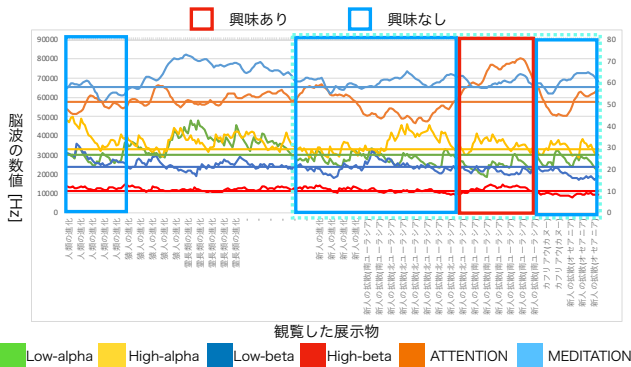


図 5 国立科学博物館 VR を観覧した実験協力者 F のグラフの一部

alpha が低い傾向が見られた。同様の傾向が、実験協力者 C, D のデータでも確認できた。このことから、興味がある箇所では、High-alpha, ATTENTION が高く、High-beta が低い、興味がない箇所では High-alpha が低い傾向があることがわかった。

観覧時の観覧者の気分の状態として、リラックスしていたと回答した箇所では、図 4 のように Low-alpha と High-alpha の値が低く、値が近い傾向が見られた。また、Low-beta と High-beta が共に低い傾向も見られた。同様の傾向が、実験協力者 B, G のデータでも確認できた。リラックスした箇所では興味に左右されずに High-alpha, High-beta が低くなることがわかった。

驚いたと回答した箇所では、図 2, 図 3 のように Low-beta と High-beta が共に下がり、低い傾向が見られたが、リラックスしていたと回答した箇所とは異なり、High-alpha, High-beta の変化は見られなかった。同様の傾向が、実験協力者 G のデータでも確認できた。図 2 のような感動したと回答した箇所では、脳波の変化は見られず、脳波の変化と観覧者の反応を関連付けすることはできなかった。

また、アンケートに回答した箇所の前後のアンケートに回答していない箇所において、図 5 のように MEDITATION が他よりも高く出力されていた箇所が多くみられた。同様の箇所が、実験協力者 B, E, G のデータでも確認できた。

表 3 明星大学資料図書館での展示物への感情を問うアンケート アンケート内容

面白かった、気になった展示の種類
嫌い、好きじゃない、興味が無い展示の種類
気が散ったところ
特に面白かった、気になった展示
嫌い、好きじゃない展示はあったか
感動した展示はあったか
驚いたような展示はあったか
リラックス、落ち着いて観られた展示はあったか
過去にこの展示を観たことがあるか
どのエリアが面白かったか
どのエリアが面白くなかったか

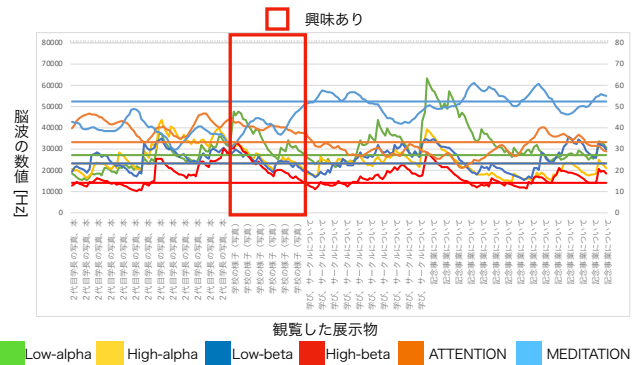


図 6 明星大学資料図書館内を観覧した筆者のグラフの一部 1

## 5.2 明星大学資料図書館での実験

国立科学博物館 VR でのデータが、実地の展示を歩き回って観覧したときのデータが同様の傾向を示すか検証するため、実際の博物館での実験を行った。協力者 1 名と筆者の計 2 名で、明星大学資料図書館内を観覧し、脳波を取得した。観覧後に表 3 のアンケートを行い、実際に興味があった箇所を調査した。明星大学の明星大学資料図書館では大学の歴史や創業者、授業等について展示されている。大学についての展示のみであったため、興味があるジャンルのアンケートは行わなかった。

実際に取得した脳波から、それぞれの脳波の中央値を計算し、脳波のデータを色ごとに示した。展示物を観覧時の脳波と中央値の時系列データを図 6 から図 9 に示す。

図 6 のように、興味があると回答した箇所は High-alpha と ATTENTION が高く、High-beta が低い傾向が見られた。同様の傾向が、筆者のデータでも確認できた。国立科学博物館 VR での脳波の傾向と異なり、興味がないと回答した箇所では図 9 のように High-alpha が低い傾向が見られなかった。

観覧時の観覧者の気分の状態として、リラックスしていたと回答した箇所では、図 7 のように Low-alpha と High-alpha の値が低く、値が近い傾向が見られた。また、Low-beta と High-beta が共に低い傾向も見られた。同様の傾向が、実験協力者のデータでも確認できた。興味があ



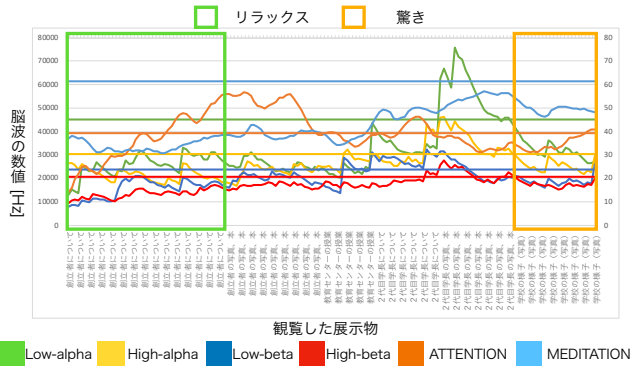


図 7 明星大学資料図書館内を観覧した実験協力者のグラフの一部 1

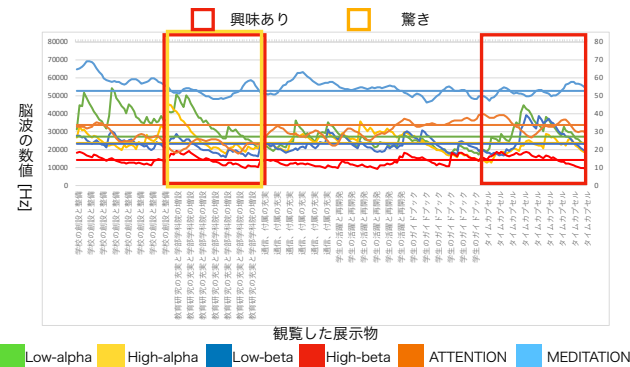


図 8 明星大学資料図書館内を観覧した筆者のグラフの一部 2

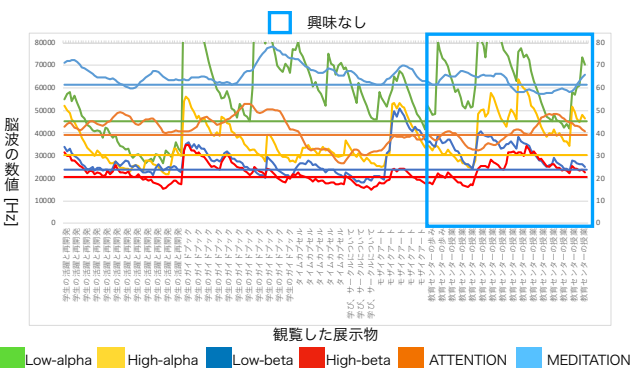


図 9 明星大学資料図書館内を観覧した実験協力者のグラフの一部 2

る箇所において、リラックスしていたと回答している箇所は本実験では見られなかった。驚いたと回答した箇所では、図 7、図 8 のように Low-beta と High-beta が共に低い傾向が見られたが、リラックスしていたと回答した箇所とは異なり、High-alpha, High-beta の変化は見られなかった。

感動したと回答した箇所では、脳波の変化は見られず、脳波の変化と観覧者の反応を関連付けすることはできなかった。

国立科学博物館 VR での結果と明星大学資料図書館での結果から、アンケートと脳波の関係性において、対応ありの t 検定を行った。2つの実験の結果から有意差は見られなかった。

## 6. 考察

実験結果から、展示物への観覧者の感情とその時の脳波をそれぞれの中央値と比べた時の傾向を、表 4 に示す。国立科学博物館 VR での実験結果として、図 2 から興味があると回答した箇所でも Low-alpha, High-alpha, Low-beta, High-beta の変化を確認することができた。また、事前に回答している元々興味があった箇所でも値が中央値を上回っている箇所が多くあることから、アンケートで回答していない箇所での興味の推測ができるのではないかと考えられる。

リラックスしていた箇所では図 4 で見られるように Low-alpha, High-alpha が中央値よりも高く、Low-beta と High-beta が低い傾向が見られた。驚いた箇所では図 2、図 3 から Low-beta と High-beta が低い傾向のみが見られた。回答した箇所以外でも同じような反応を示す箇所があり、そこでもリラックスや驚きを感じていたのではないかと推測できる。

図 2 のように、興味がある箇所において驚きや感動したと回答している箇所では、High-alpha, High-beta は高い傾向が見られたが、リラックスしていたと回答している箇所では、High-alpha, High-beta が低くなる傾向が見られた。そのため、興味がある箇所でも、見ている時の観覧者の気分の状態によって脳波の値が変化すると考えられる。また、感動したと回答し、驚いたと回答している箇所では、より脳波の変化が強くなるのではと考えたが、驚いた箇所の反応と変わらず、特に変化は見られなかった。本実験では、感動と驚きが重なる箇所は 1 箇所のみであったため、今後データを増やすことで、そのような箇所の考察を深めていきたい。

本実験では、興味があるジャンルの調査を行った。事前に興味のあるジャンルから、アンケートで回答していない箇所でも興味がある箇所と同じ脳波の変化が見られた。また、図 5 では、ジャンルとして興味がないと回答していた箇所でも、観覧後のアンケートで興味があると回答した箇所が見られた。このような箇所でも興味がある箇所と同じ脳波の変化が見られた。これらのことから、事前に調査した興味のあるジャンルとアンケートでの回答の両方を分析することで、より正確な関連付けができるため、感情と脳波の関連性の分析をする際には、ジャンルと感情の両方のアンケートが必要であると言える。

図 5 から、アンケートに回答した箇所の前後のアンケートで回答していない箇所では、MEDITATION が中央値よりも高く出力されていた。展示物の観覧終了時に観覧者の記憶に強く残らない箇所では MEDITATION が中央値よりも高くなるのではないかと推測できる。この結果を利用することで、展示を変更する際に変更箇所の目処を立てる

表 4 感情と脳波の変化の対応

展示物への感情	Low-alpha	High-alpha	Low-beta	High-beta	ATTENTION	MEDITATION
興味あり	高い	-	-	低い	高い	-
興味なし	低い	-	-	-	-	-
リラックス	低い	低い	低い	低い	-	-
驚き	-	-	低い	低い	-	-
感動	-	-	-	-	-	-
回答なし	-	-	-	-	-	高い

ことができるのではないかと考えられる。本研究では、アンケートで回答した箇所の脳波の反応を分析していたが、今後アンケートで回答していない箇所での脳波の反応も含めて分析していきたい。

明星大学資料図書館での実験結果では、興味がない箇所で High-alpha が低い傾向は見られなかった。しかし、興味がある箇所での脳波反応やリラックス、驚きの箇所での脳波の反応は、国立科学博物館 VR での実験と同様の傾向が見られた。このことから、歩いて観覧する場合でも、この手法を使用することができると考えられる。また、興味がない箇所での反応は、実験データが少ないため見られなかった可能性が考えられる。興味がない箇所での High-alpha の反応を調べるため、さらに実験データを増やす必要がある。

アンケートで回答している箇所において、すぐには脳波の変化が見られず、展示を観覧してから脳波データに反映されるまでに数秒のタイムラグが生じている。本実験では、1つの展示物に対する観覧時間が比較的長かったため前の展示物の脳波の変化が次の展示物の反応として示されている箇所は見られなかったが、直前の展示物に対する脳波の反応が観覧し始めに影響している箇所が確認できた。今後システム化する際に、これらのタイムラグがどの程度影響しているかを分析する必要がある。

展示物への感情と脳波の変化に有意差は見られなかった。これは実験データが少なかつたことと、外れ値が出力されているためであると考えられる。外れ値は極端に大きい値であるため、分析時に極端に大きな値を除去するような対策が必要である。

これらの結果から、今後主催者の支援をする際に、Low-alpha, High-alpha, Low-beta, High-beta, ATTENTION の脳波データを分析することが有効であることが確認できた。これらのデータを分析したものを主催者に提示することで、主催者支援ができると考えられる。また、本研究では、観覧者の興味を2段階で評価していたが、どの程度興味があるかを細かく評価することで、展示物に対しての興味の度合いと脳波の変化を分析できるのではないかと考えられる。よりの確な支援を行うために、このようなアンケートも行っていく。

## 7. まとめ

本研究では、脳波データから観覧者の反応を推定するために、脳波と展示物への興味の関連性を分析した。実験の結果から、観覧者が反応を示した箇所と脳波の関連付けをすることができた。これらの結果から、アンケートで回答した箇所以外も、Low-alpha, High-alpha, Low-beta, High-beta, ATTENTION, MEDITATION の変化から、観覧者の反応を推定することができると考えられる。

今後は本研究の結果を用いて反応推定システムとして実装する。システムの実装ができれば、主催者へのフィードバックに有効であると考えられる。また、本研究では博物館を対象とした分析を行ったが、博物館以外の展示施設でも同様の分析が可能であると考えられる。しかし動物園や水族館のような展示物が常に変化する展示施設においては、展示物の状態も関連付けする必要がある。他の展示施設でも利用するために脳波以外の生体反応や表情分析、音声を用いた反応推定を検討していく。

## 参考文献

- [1] 文化庁, “2. 博物館数、入館者数、学芸員数の推移”, <<https://www.bunka.go.jp/seisaku/bijutsukan-hakubutsukan/shinko/suii/>> (参照 2020/12/06).
- [2] Lau Pei Mey, Badaruddin Mohamed, “Service quality, visitor satisfaction and behavioural intentions: Pilot study at a museum in Malaysia”, *Journal of Global Business and Economics*, Vol.1, No.1, pp.226–240, 2010.
- [3] 大森和斗, 杉山岳弘, “博物館における興味行動に基づく自動ガイド映像システムの開発”, *情報処理学会第77回全国大会*, Vol.2015, No.1, pp.333–334, 2015.
- [4] 池野直人, 佐藤壮真, 星川貴樹, 岡村容伸, “ピーコンを用いたオープンキャンパス来場者の行動履歴の取得と展示配置最適化の試み (GSIS 学生プロジェクト)”, *情報処理学会第78回全国大会*, Vol.2016, No.1, pp. 1035–1036, 2016.
- [5] Giacomo Del Chiappa, Luisa Andreu, Martina G.Gallarza, “Emotions and visitors’ satisfaction at a museum”, *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, Vol.8, No.4, pp. 420–431, 2014.
- [6] 田中智史, 吉田玲司, 池田悠平, 菅谷みどり, “脳波を利用したレコメンドシステムの提案”, *情報処理学会研究報告*, Vol.2018-UBI-57, No.1, pp. 1–8, 2018.
- [7] PyPI, “thinkgear・PyPI”, <<https://pypi.org/project/thinkgear/>> (2020/12/16).
- [8] 国立科学博物館, “おうちで体験！かはく VR”, <<https://www.kahaku.go.jp/VR/>> (参照 2020/12/16).