

脳波と皮膚電気活動を用いた観客の盛り上がり推定の試み

三ツ木 萌^{1,a)} 丸山 一貴^{2,b)}

概要: 音楽ライブにおいて、生体反応センサーを用いて観客の感情的な盛り上がりを推定することができれば、観客間での盛り上がりの共有や演者へのフィードバックに有効である。特にオンラインライブのような観客や演者が同じ空間にいない場合において、この手法を活用することができる。今回は、脳波と皮膚電気活動を組み合わせることで、観客の感情的な盛り上がりをどの程度推定できるのか予備的な実験を行い、その分析結果を報告する。

A preliminary study of estimating audience excitement using EEG and EDA

MOE MITSUGI^{1,a)} KAZUTAKA MARUYAMA^{2,b)}

1. はじめに

ライブや演奏会において、場の盛り上がりは非常に重要である。舞台上の演者に対して、観客は楽しいや嬉しいと言った感情をペンライトを振ったり歓声をあげたりすることで感情を表現している。また観客は、実際のライブ会場では歓声などを通じて、自身以外の他の観客の盛り上がりを感じることで感動や歓喜を共有し、さらにライブを楽しむことができる。現在、コロナ禍においてさまざまな音楽ライブがオンラインでの開催になったり、会場では声を出さずに観客同士の間隔を空けた鑑賞を余儀なくされたりしている。このような状況の場合、他の観客や演者と同じ場にいないため声援や体で感情を表現したものを共有することができない。

オンラインライブではスタンプやコメントを通じて、他者の盛り上がりを感じたり、自身の盛り上がりを伝えたりするような手法が一般的である。しかし、感じたものに対してコメントを書いたり、あらかじめ決められたスタンプから自身の感情と一致させたりするような表現を選ぶという行為は、ライブを楽しみながら観客自身で行う必要があ

る。場の雰囲気を楽しむ観客にとって、コメントを書いたり感情を選ぶような動作はライブの没入感を損なうことに繋がってしまう。また、オフラインでのライブでは発声の制限や観客同士の間隔の確保が求められており、他の観客の歓声や、涙ぐんで鼻をすするような感情を表現する音が聞こえづらくなっており、観客間の感情の共有が困難である。

人の感情を認識し推定する手法として生体反応を用いたものがある。脳波や心拍などの生体反応を用いて観客の盛り上がりや感情を推定することができれば、観客自身が表現できない場合でも他の観客に盛り上がりや感情を伝達し、観客間で共有することができると考えた。本研究では予備実験として、実際のライブ環境ではなく通常の室内で音楽だけを聴いている時の生体反応として脳波と皮膚電気活動を取得し、音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情をどの程度推定することができるのか検証することを目的とする。

2. 関連研究

脳波計を用いた興味の推定手法として、田中ら [1] は被験者の脳波からおすすめアイテムを提示するレコメンドシステムを提案している。Web を閲覧中の被験者の脳波から見ているアイテムへの興味が推定し、被験者が興味があると思われるアイテムを選出した。田中らは脳波の中でも

¹ 明星大学大学院 情報学研究所

² 明星大学 情報学部

^{a)} 21mj003@stu.meisei-u.ac.jp

^{b)} kazutaka.maruyama@meisei-u.ac.jp

ATTENTION に注目している。音楽鑑賞においては曲に対する好みや盛り上がりや感情に影響があると思われるため、田中らと同様に ATENNTION についての分析を行う。しかし、興味だけでなく、観客の感情について分析するため、ATTENTION 以外の脳波についても分析対象とする。また田中らの研究で使用されている脳波以外にも EDA センサーを用いて推定していく。これにより、興味以外の感情についても分析することができる。

代蔵ら [2] は、EDA センサーを用いて他者の存在を感じさせる動画鑑賞システムの開発を行った。EDA センサーとは、皮膚の電気反応を計測するもので、ストレス状態や興奮状態を感知するために利用されている。代蔵らは皮膚の表面抵抗をもとに動画を見ているユーザの興奮を検知し動画内に可視化した。本研究では、代蔵らの研究を元に EDA を用いることで観客の興奮などの反応を分析する。

平松ら [3] は、ジャグリングショーにおいて脳波と心拍の情報から観客の感情を評価している。この研究では、脳波と心拍のデータから観客の感情について分析した。観客が感じた感情とその時の生体反応のデータをベクトル分解による手法で解析することで、観客の感情の推定をしている。本研究では平松らの研究を参考に、心拍ではなく EDA を用いて盛り上がりや感情の分析を行う。

3. 提案手法

本研究では、予備実験として被験者の生体反応データを用いて音楽鑑賞中の盛り上がりや感情の関連性を分析することで、生体反応から音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情を推定可能かを検証する。本研究の概要図を図 1 に示す。脳波計と EDA センサーを装着した状態で音楽鑑賞をしてもらい、生体反応データを取得する。その後、曲に対するアンケートを行うことで盛り上がりや感情を調査する。取得した生体反応データとアンケート結果から、音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情で脳波と EDA に変化が見られるのか、また感情の変化と関係があるのかを分析する。それぞれの生体反応データの値と感情との関連性が見られれば、脳波と EDA を用いることで音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情の推定が可能であると考えられる。

3.1 生体反応による分析

音楽鑑賞中の被験者の生体反応を分析する。分析するために脳波計と EDA センサーを使用する。脳波計は頭部に、EDA センサーは手の指先に装着する。脳波は一般的に休息状態、リラックス状態、緊張状態などを推定することができる。EDA センサーはストレスや興奮を検知することができる。音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情によって、それぞれのデータにどのような値の変化が見られるのかを分析することで、2つのデータから盛り上がりや感情を推定することができるのかを検証する。

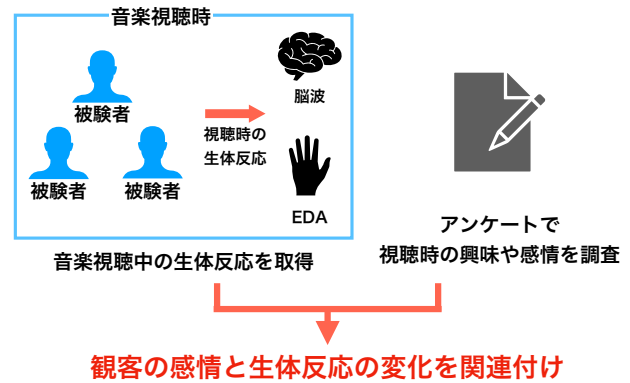


図 1 本提案手法の概要図

本実験では我々の先行研究 [4] に基づいて、Low-alpha, High-alpha, Low-beta, High-beta の脳波について分析を行う。脳波計は Neuro Sky 社の MindWave Mobile 2 を使用する。また、これらの脳波信号から算出される ATTENTION, MEDITATION の 2 つの脳波データについても分析を行う。これらは取得した脳波データから MindWave Mobile 2*1 の内部で計算している値である。ATTENTION は集中度のレベルを、MEDITATION は瞑想度のレベルを測定している。音楽鑑賞中の被験者に脳波計を装着し、リアルタイムでこれらの脳波データを取得する。

EDA センサーは感情の変化による指先の発汗から抵抗率の変化を観測することで、ストレスや緊張、興奮を測定することができる。その中でも本研究では、代蔵ら [2] が用いた皮膚コンダクタンス反応 (以下、SCR という) に注目する。ストレスや緊張、興奮時などにおいて電気反応の変化は急速に起こる。ストレス等を感じていると、EDA の値が上昇し、その後すぐに元の値に戻る。ストレス等がない状態の場合、このような変化は起こらず、EDA の値は大きく変化しない。この変化が多いほど音楽鑑賞中の被験者はストレスや緊張、興奮状態であると考えられる。ストレスによって EDA の値に変化が起こる。ストレスによるこの変化は、一過性のものであるため、この変化をカウントしている SCR に注目することで、ストレスを計測することができる。そのため、本研究ではこの SCR に注目し分析を行う。音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情が SCR にどう影響しているのかを観測する。本研究では MINDFIELD 社の eSense Skin Response*2 を使用し、SCR の分析を行う。また、SCR が 1 分間に出了数をカウントしたものを SCR/分として計測する。これにより SCR が多く検出されている箇所に着目することができる。

取得した脳波データを分析するために指数平滑法を使

*1 <https://www.neurosky.jp/mindwave-mobile2>

*2 <http://www.mindfield-esense.com/esense-skin-response-jp/index.php>

表 1 曲に対するアンケート

興味がある, もしくはない曲	思い出が見込めそうな曲
聴いた曲名を教えてください	曲のイメージを教えてください
曲のジャンルを教えてください	視聴時の感情を教えてください
曲の曲調を教えてください	思い出したものや,
曲のイメージを教えてください	感じたことなどを教えてください
視聴時の感情を教えてください	
この曲は好きな曲ですか	

表 2 アンケートで調査した感情

感情
覚醒, 警戒, 興奮, 喜び
幸せ, 楽しい, 満足, 穏やか
リラックス, 落ち着いている
非覚醒, 疲労感, 無気力感
鬱感, 悲しみ, 不快感, 動揺
ストレス感, 心地悪い, 緊張感

用する。指数平滑法とは、過去のデータのから最も新しいデータになるにつれて、徐々に重みを強く付け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 はデータ値, 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 α の重みを付け, 前回までの予測値に $(1 - \alpha)$ の重みを付けて予測値 F_t を求める。本研究では先行研究 [4] に基づいて, α を 0.93 として分析を行った。

3.2 盛り上がりと感情の評価

音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情と生体反応の関連性を分析するために、鑑賞した音楽に対するアンケートを被験者に行う。このアンケートの結果とセンサーから取得した生体反応データを対応付けすることで、脳波と EDA から音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情をどの程度推定することができるのか検証することができる。

実験で視聴してもらった音楽映像について、表 1 の項目それぞれに回答をしてもらう。イメージと感情については、表 2 の感情から該当するものを選択してもらう（複数回答可）。実際に感じた感情だけでなく、曲のイメージについても調査をしている。これは曲のイメージによる生体反応の変化を分析するためだけでなく、悲しい曲を聴いた時に、その曲に対して悲しいという感情と楽しいという正反対の感情が現れた場合、悲しいという感情は曲の内容に影響している可能性が高い。このような場合に、どちらの感情が曲のイメージによるものなのか、イメージとは関係なく感じている感情はどうかを区別するために曲のイメージや感情についてのアンケートを行う。また、曲調やジャンルによる生体反応の変化についても調査する。

4. 実験

音楽鑑賞中の被験者の盛り上がりや感情と生体反応の変化を分析するために、20代男性の大学生を対象に、被験者 A~C の 3 名に脳波計と EDA センサーを装着した状態で YouTube のミュージックビデオを鑑賞してもらい、その時の生体反応を取得した。

4.1 実験の概要

鑑賞したミュージックビデオとその順番は以下の通りである。

- (1) 思い出が見込めそうな曲, 2 曲
- (2) 興味がある曲, 2 曲
- (3) 思い出が見込めそうな曲, 2 曲
- (4) 興味がない曲, 2 曲

被験者が興味がある曲とない曲に対してどのような生体反応の変化があるのかを分析するために、興味がある曲と、興味がない曲をそれぞれ 2 曲ずつ被験者に選んでもらった。興味がない曲は聴いたことがない曲で、好みではないと思われるものを被験者が YouTube の人気曲の中から選出している。しかし、聴いたことがないが好みである可能性もあるため、聴いた曲が好みであるかについても調査した。

曲の興味に関係なく曲に対して何らかの体験や、楽曲そのものとは直接関係ない感情を想起させるような曲として、知っていて歌ったことがあるような曲を聴いている時の生体反応についても調査した。本実験では、国歌である『君が代』と童謡の『大きなのっぽの古時計』である。国歌は多くの人が行事やイベント、スポーツなどで聴いたことがあり、過去の思い出が見込める。童謡については教科書に掲載されているような有名な曲を選出した。また、センサーを装着した際の違和感などによる盛り上がりや感情以外の生体反応の変化が少なくなるように、実験の最初に分析は行わない 3 回目の曲とは異なる 2 曲を視聴してもらった。

4.2 興味の有無に対しての生体反応

取得した脳波データと EDA データを色ごとに示し、各曲に対する被験者の感情との対応付けをした。被験者の音楽鑑賞時の生体反応の時系列データの一部を図 2 から図 7 に示す。

図 2 と図 3 は興味がある曲として聞いた曲の計測結果、図 5 は興味がないと聞いた上で好みであったと回答した曲の計測結果である。図 4 と図 6 は興味がない曲として聞いた上で好みでなかった曲の計測結果である。図 6 と図 7 は、思い出しが起きやすい曲として選出した国歌を聞いた時の計測結果である。

興味があると回答した曲の赤い線の ATTENTION が、興味がないと回答した曲よりも高い傾向が見られる。また

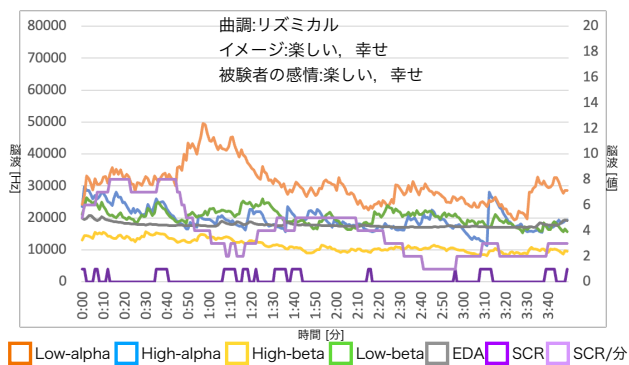


図 2 被験者 A の興味がある曲 1

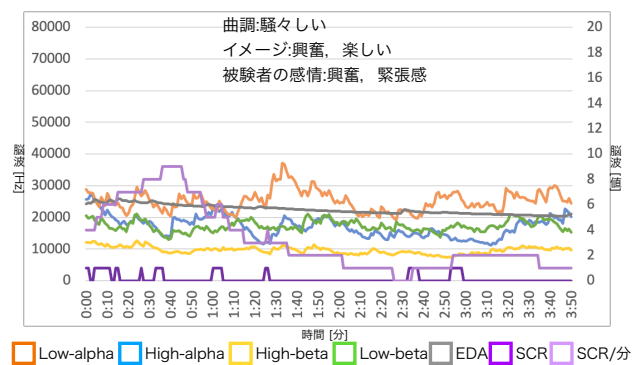


図 4 被験者 A の興味がない曲

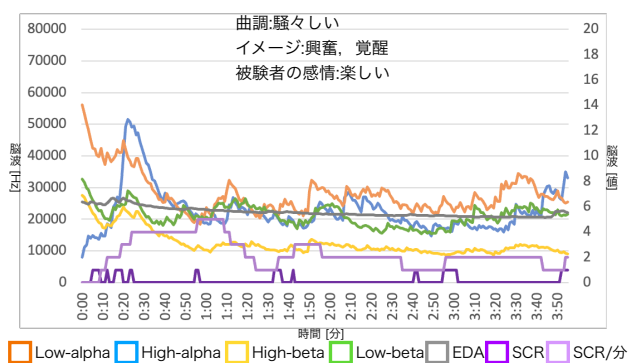


図 3 被験者 A の興味がある曲 2

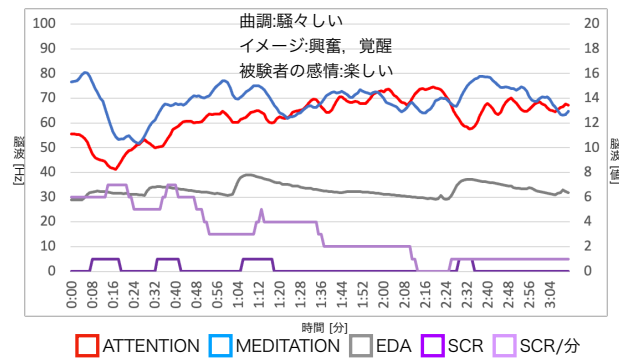


図 5 被験者 B の興味がある曲

図 2 や図 3 のような興味があると回答した曲の方がオレンジ色の線の High-alpha が高い傾向が見られた。これらの傾向は、最初に興味が無いと選んだが、視聴後に好みであったと回答している曲でも見られている。興味がないと回答した曲の方が水色の Low-alpha が低い傾向が見られた。この傾向が他のデータでも見られた。

4.3 感情や曲のイメージに対する生体反応

図 3 や図 6 のように落ち着いている、悲しいと回答した曲では黄色い線の High-beta が高く出力されている。図 2 と図 4 のように興奮、楽しいといった場合は High-beta が他の脳波よりも低く出力されている。

曲調やイメージに対する生体反応データの変化について述べる。図 3 のような穏やか、落ち着いていると回答した曲調の曲と、図 2 や図 4 のように激しい、リズムカルと回答している曲調の曲の紫色の線の SCR を比較すると、落ち着いていると回答した曲調の曲は SCR が少なく、激しい、リズムカルと回答している曲調の曲は SCR が多い傾向が見られる。また、激しい、リズムカルと回答している曲調の曲でも、好みでないと回答した曲では SCR があまり多く検出されていない傾向が見られた。図 4 のような不快な曲調やイメージを持つ曲では SCR が多くは見られなかったが、図 7 のようなストレス感があると回答した曲では SCR が多く検出されている。

図 7 のように思い出や懐かしさを感じる曲での脳波と

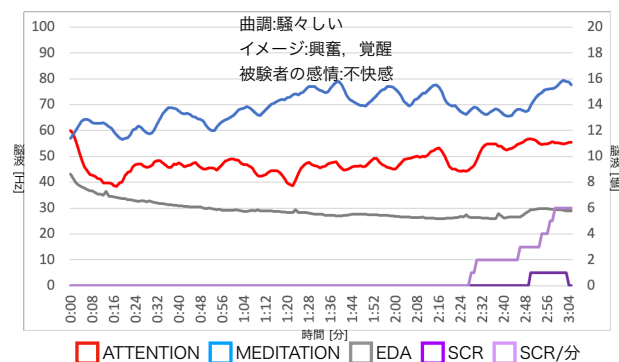


図 6 被験者 B の興味がない曲

EDA の変化の傾向は見られなかった。

4.4 その他に対する生体反応

SCR は、曲の始まりや終わりに多く検出されている。図 6 の初めの箇所では曲に音のズレを感じ気になったと回答しており、SCR が多く検出されていた。また、被験者 C のデータについては被験者 A、被験者 B の反応と同じ傾向が見られた。

5. 考察

実験結果から、曲に対する興味によって脳波は ATTENTION, High-alpha, Low-alpha の変化が見られた。EDA の変化は見られなかった。このことから、脳波は曲の好みによって変化しやすいと考えられる。同様に、曲に対する

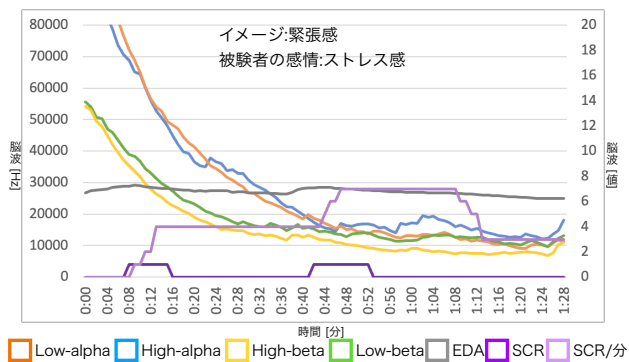


図 7 被験者 B の思い出が見込めそうな曲

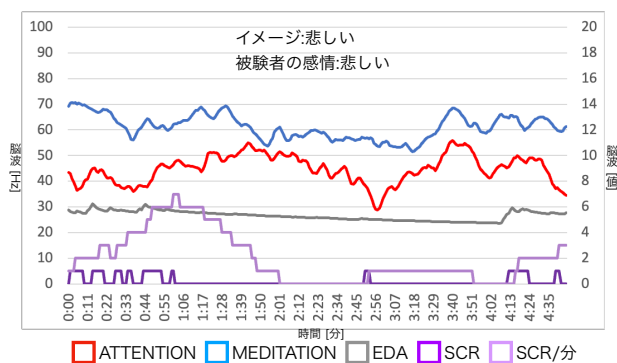


図 8 被験者 A の思い出が見込めそうな曲

感情についても脳波の High-beta の変化が見られている。アンケートで回答されなかった感情に関しては分析することができなかった。本実験は被験者 3 名での実験であったため、実験協力者と楽曲のバリエーション数を増やすことでさらに感情の分析をする必要があると考えられる。

曲調やイメージによる変化について、脳波ではデータの変化は見られなかったが、曲調が激しいようなものでは SCR が多く、ゆっくりしているものでは SCR が少なく検出されていた。

曲の初めと終わりの箇所でも SCR が多く出力されていた。この SCR の変化は曲の前半部が多い場合と後半部が多い場合があり、多くの場合は 2 曲続けて聴いた時の 2 曲目の最初に見られた。また、曲にズレを感じ気になったと回答していた箇所でも SCR が多く出力されていた。このことから、被験者が感じる曲自体の変化については脳波よりも EDA での分析が有効であると考えられる。

これらの結果から、興味や感情に対して生体反応を使用することで分析が可能であることがわかった。しかし、アンケート項目にあるような被験者が感じる多くの種類の感情の分析までは行えなかった。今回の実験で回答されていなかった音楽鑑賞時の感情として、ゆったりとした曲に対して穏やかな感情を、好みでない曲に対して心地悪いと言った感情を感じることは大いに考えられる。これらの感情が表れやすい音楽での実験が必要である。今後、さらに実験数を増やし分析を進めることでより多くの感情の分析

をしていくことができると考えられる。

6. まとめ

本研究では、音楽視聴時において脳波と皮膚電気活動から被験者の盛り上がりと感情をどの程度推定することができるのか検証した。実験の結果から、脳波は鑑賞した曲の興味や感情において ATTENTION, High-alpha, Low-alpha の変化が、EDA からは曲調や曲自体の変化においてデータの変化を関連付けすることができた。これらの結果から、興味や感情に対して脳波計と EDA センサーを使用することで分析が可能であることがわかった。今後は、さらに実験を行うことで今回分析できなかった音楽鑑賞時の感情についての分析をしていく。

参考文献

- [1] 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モバイルコンピューティングとパーベシブシステム (MBL), Vol.2018-UBI-57, No.1, pp. 1-8, 2018.
- [2] 代蔵巧, 棟方渚, 小野哲雄, 松原仁, “他者を感じる動画鑑賞システム”, 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol.2011-EC-19, No.2, pp. 1-6, 2011.
- [3] 平松拓也, 池田悠平, 保科篤志, 馮晨, 高橋裕也, 菅谷みどり, “生体情報による感情推定手法とステージの観客反応による評価”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2017 論文集, pp. 857-864, 2017.
- [4] 三ツ木萌, 丸山一貴, “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”, 情報処理学会インタラクシオン 2021, pp. 540-545, 2021.