

大規模街路イベントにおける 盛り上がり推定・実空間可視化システムの構築と実践 —倉敷天領夏祭りにおけるフィールド実証—

水守 達紀¹ 大槻 千颯¹ 栗本 涼太郎¹ 古川 大雅¹ 真壁 崇吏¹ 安延 和真¹ 中村 悠一¹
松田 悠斗¹ 杉岡 宗真¹ 杉野 華² 豊田 琳² 永原 麻衣² 中村 綾那² 福岡 未彩² 上久保 小春²
三田 彩世² 高橋 幸来² 鈴木 優² 松田 裕貴¹

概要：地域の祭りやパレードでは、踊り手と沿道の観客との相互作用によって、会場全体の盛り上がりや一体感が形成される。一方、こうした盛り上がりは一時的かつ主観的な現象であり、その程度や変化を定量的に把握し、会場内で共有することは容易ではない。本研究では、大規模な街路イベントを対象として、映像および音響から会場の盛り上がりをスコア化し、その結果をチューブマンと照明によって実空間上に可視化するシステムを構築した。映像については、俯瞰カメラから取得した映像にオプティカルフローを適用し、動きの大きさ、動いている画素の割合、動きの一樣さに基づいて映像スコアを算出する。音響については、マイクから取得した音響に音源分離を適用し、分離後の背景音量に基づいて音響スコアを算出する。これらを統合した盛り上がりスコアに応じて照明の色や明滅を自動制御するとともに、チューブマンの立ち上がり・立ち下がりを組み合わせることで、盛り上がりの変化を実空間上に提示する。2026年7月25日に開催された倉敷天領夏祭りにおいてシステムを設置し、実際の踊り行列と沿道観客が存在する環境でフィールド実証を行った。その結果、イベント進行に伴う盛り上がりスコアの時系列変化を取得するとともに、審査上位の踊り連が高いスコアを示す事例を確認した。また、観客からは盛り上がりを可視化する取り組みに対して肯定的な評価が得られた。一方で、映像スコアには踊り手の動きも反映され、音響スコアには祭りの音楽が影響するなど、観客の反応を独立して捉える上での課題が確認された。さらに、処理遅延や電源容量など、実イベントにおける継続運用上の課題も明らかになった。

1. はじめに

地域の祭りやパレードは、踊り手や演者による演技だけでなく、沿道の観客による拍手、歓声、身振り、応援などを通じた相互作用によって成り立つ参加型のイベントである。特に、道路上を複数の団体が順次進行する街路型の祭りでは、踊り手の演技に対する観客の反応や、観客の反応を受けた踊り手の振る舞いが相互に作用し、会場全体の盛り上がりや一体感を形成する。一方、イベント中に生じる盛り上がりは一時的かつ主観的な現象であり、その程度や時間的な変化を客観的かつ定量的に把握することは容易ではない。また、盛り上がりを計測できたとしても、その結果を数値やグラフとして運営者のみに提示するだけでは、イベントに参加する観客や踊り手がその変化を共有することは難しい。そこで、イベントの進行を妨げることなく会

場の状態をセンシングするとともに、得られた情報を来場者が自然に認識できる形で実空間へ還元する仕組みが有用であると考えられる。

本研究では、大規模な街路イベントを対象として、映像および音響から会場の盛り上がりを定量化し、その結果を実空間上に可視化するシステムを構築する。映像については、俯瞰カメラから取得した映像にオプティカルフローを適用し、会場内に生じる動きを定量化する。音響については、マイクから取得した音響に音源分離を適用し、分離後の背景音量を定量化する。これらから算出した映像スコアと音響スコアを統合して盛り上がりスコアを求め、その値に応じてチューブマンの立ち上がり・立ち下がりや照明の色・明滅を変化させる。チューブマンは、送風によって立ち上がり、揺動する大型のエアダンサーであり、遠方からも視認しやすい。本研究では、これを単なる装飾物としてではなく、イベント空間の中で盛り上がりの変化を表現する情報提示装置として利用する。

¹ 岡山大学

² ノートルダム清心女子大学

構築したシステムを、2026 年 7 月 25 日に岡山県倉敷市で開催された倉敷天領夏祭りに導入し、交通規制された倉敷中央通りにおいてフィールド実証を行った。実証では、実際の踊り行列と沿道観客が存在する環境で映像および音響を取得し、盛り上がりスコアの算出からチューブマンと照明による実空間提示までを一連のシステムとして運用した。照明は盛り上がりスコアに応じて自動制御し、チューブマンの送風機は電力および安全上の制約から、システムが出力する表示パターンに従ってスタッフが手動で ON/OFF した。本稿では、構築したシステムの設計と実装について述べるとともに、実際の地域イベントにおけるシステムの稼働状況と観客からの評価を示し、映像・音響による盛り上がりの定量化および実空間へのフィードバックを実環境で運用する際に生じる課題について考察する。

2. 関連研究

2.1 イベントにおける群集・盛り上がりセンシング

公共空間や大規模イベントを対象として、カメラや各種センサから群集の状態を把握する研究が行われている。竹内は、固定カメラ映像から歩行者数や歩行・滞留に利用される空間を計測する手法を提案している [1]。また、大西らは、花火大会を対象とした実証を通して、人流計測やシミュレーションを利用した群集制御技術を検討している [2]。これらの研究は主として群集の人数、移動、混雑などを対象としているのに対し、本研究では、イベント中に生じる身体動作や音響的な反応を、盛り上がりをつめる情報として利用する。

観客の盛り上がりや感情状態を映像・音響から推定する研究も行われている。Abe らは、スポーツイベントにおける観客映像からオプティカルフロー等を用いて身体動作を解析し、観客の盛り上がりをつめる [3]。音響に着目した研究として、橋本らはプロ野球における歓声量とプレー内容との関係性を分析し [4]、Franzoni らは群衆音のスペクトログラムを用いて群衆の感情状態を分類している [5]。また、Merler らは選手の動作や観客の歓声など複数の情報を統合してスポーツ映像中の興奮度を推定しており [6]、Augusma らは個人の顔特徴などを用いず、映像と音響の大域的特徴から集団レベルの感情を推定している [7]。これらの研究から、身体動作と音響情報の双方が集団の盛り上がりをつめる手掛かりとなることが示されている。本研究ではこれらを踏まえ、カメラ映像から得られる動きと、会場で取得した音響の双方を盛り上がりの定量化に利用する。

2.2 公共空間における実空間フィードバック

センシングによって得られた情報を、数値やグラフとして画面上に表示するのではなく、空間を構成する物理的要素を利用して提示する考え方は、Ambient Display をはじめとする研究で検討されている。Wisneski らは、光、音、

動きなどの変化を利用し、利用者の注意を過度に占有することなく情報を提示する Ambient Display を提案している [8]。また、Müller らは公共空間に設置するインタラクティブディスプレイについて、通行者の注意や関与を考慮した設計要件を整理している [9]。Sugano らは、公共ディスプレイを見る複数人の視線を集約することで、観客全体の注視状態を推定する AggreGaze を提案しており [10]、公共空間における複数人の反応と情報提示を結び付ける試みが行われている。

さらに、公共空間に設置するシステムでは、技術そのものの性能だけでなく、実際の利用環境における利用者の反応や運用上の制約を含めた評価が重要となる。Alt らは、公共ディスプレイの評価方法として、ログ分析、観察、インタビューなどを組み合わせたフィールド評価の重要性を指摘している [11]。本研究においても、盛り上がりだけを数値として記録するだけでなく、イベント空間に設置された物理的な装置を介して提示し、実際の祭りの中でシステム全体を運用することを対象とする。

2.3 本研究の位置づけ

以上のように、既存研究では、映像による群集・観客動作の解析、歓声などを利用した音響的な盛り上がりの分析、映像と音響を組み合わせた集団状態の推定、ならびに公共空間における Ambient Display やインタラクティブな情報提示が検討されている。本研究はこれらの知見を踏まえ、街路型の祭りを対象として、イベントの状態をセンシングし、その結果を同じイベント空間へフィードバックする一連のシステムを構築する。

具体的には、映像から得られるオプティカルフローと、音源分離後の音響情報から盛り上がりスコアを算出し、そのスコアをチューブマンの立ち上がり状態と照明色の組み合わせへ変換する。これにより、盛り上がり数値ディスプレイとして提示するのではなく、祭りの演出の一部となる大型の動的造形物を用いて実空間上に表現する。また、一般来場者が多数存在する屋外イベントへの導入を前提として、リアルタイム処理、電源、通信環境、安全性、機材配置などの制約も考慮したシステム構成とする。次節では、これらの方針に基づいて構築した盛り上がり計測・可視化システムについて述べる。

3. 盛り上がり計測・可視化システム

3.1 設計方針

本システムの設計にあたり、以下の要件を設定した。

- (1) 観客にセンサや専用端末を装着させず、通常どおり祭りを観覧している状態で盛り上がり計測できること。
- (2) 映像および音響から得られた情報を現地で逐次処理し、盛り上がりスコアとして算出できること。
- (3) 算出した盛り上がりスコアを、数値や文字を読まなく

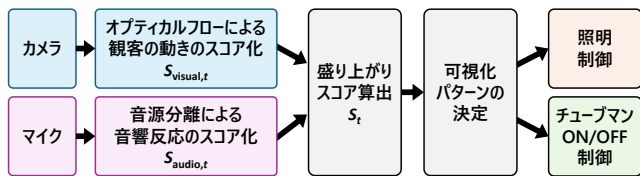


図 1: 提案する盛り上がり計測・可視化システムの概要

でも観客や踊り手が認識できる形で実空間へ提示できること。

- (4) 通信環境および会場設備への依存を抑え、限られた時間内で設置・撤収できること。
- (5) 不特定多数が参加する屋外イベントにおいて、機材の転倒や配線への接触、電源容量の超過などを防ぎ、安全に運用できること。

3.2 システム概要

図 1 に本システムの概要を示す。本システムは、会場の状態を取得するセンシング部、取得した映像および音響から盛り上がりスコアを算出するスコアリング部、算出結果に応じてチューブマンおよび照明の状態を決定する可視化部から構成される。

道路を挟んで観覧エリアを撮影できる位置に俯瞰カメラを設置するとともに、マイクを用いて会場の音響を取得する。映像についてはオプティカルフローを用いて画面内の動きを解析し、音響については音源分離処理を適用して歓声や拍手などを含む背景音を抽出する。これらから算出したスコアに基づき、照明色およびチューブマンの稼働状態からなる表示パターンを決定する。

照明については PC から自動的に制御し、盛り上がりスコアが高くなるにつれて白色・青色から橙色・赤色へ段階的に点灯・明滅パターンへ切り替える。一方、チューブマンの立ち上がり・立ち下がりについては、システムが決定した表示パターンに従ってスタッフが送風機の電源を手動で ON/OFF する。チューブマンの送風機は起動時の消費電力が大きく、自動制御に使用する機材の許容電力を超える危険性があったため、本実証では安全性を優先して手動制御とした。

3.3 盛り上がりスコアの算出

映像および音響に基づく盛り上がりスコアの算出方法を以下に述べる。なお、以降では $\text{clip}_{[1,100]}(x)$ を、 x を 1 以上 100 以下の範囲に制限するクリッピング関数として用いる。

■ 映像に基づく盛り上がりスコアの算出

俯瞰カメラとして狭角 Web カメラ（サンワサプライ社製、400-CAM103^{*1}）を用いた。映像から会場内の動きを定量化するため、連続する画像間のオプティカルフローを算出する。オプティカルフローは、連続する 2 フレーム

間における輝度変化から各画素の移動方向および移動量をベクトルとして求める手法である。本研究では、動画中のすべての画素に対してオプティカルフローを計算する Farneback 法 [12] を採用した。

本システムでは、オプティカルフローから得られる情報のうち、動きの大きさ、動いている画素の割合、動きの一樣さの 3 要素を用いて映像スコアを算出する。時刻 t における動きの大きさを M_t 、動いている画素の割合を R_t 、動きの一樣さを U_t とすると、映像スコア $S_{\text{visual},t}$ を式 (1) により算出する。ここで、 M_t は有効なオプティカルフローの大きさの 75 パーセンタイルであり、 $M_t \in [0, \infty)$ をとる。また、 R_t は動いている画素の割合であり、 $R_t \in [0, 1]$ をとる。 U_t はオプティカルフローの方向の一樣さを表し、 $U_t \in [0, 1]$ をとる。

$$V_t = 10 \cdot M_t \cdot R_t \cdot (1 - U_t)$$

$$S_{\text{visual},t} = \text{clip}_{[1,100]} \left(1 + \frac{V_t - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \times 99 \right) \quad (1)$$

このスコアでは、画面内に大きな動きが生じ、かつ多数の画素が動いている場合に値が大きくなる。一方、動きが一樣である場合には $1 - U_t$ によってスコアへの寄与を抑える構成としている。また、 $V_{\min}$ および $V_{\max}$ はそれぞれスコア変換のために設定したスコアの下限值（初期値 0）および上限値（初期値 8）である。

■ 音響に基づく盛り上がりスコアの算出

マイクとして、USB コンデンサーマイクロホン（inMusic 社製、MPM-2000UJ^{*2}）を用いた。観客による歓声や拍手などの音響反応を取得するため、マイクから入力された音響に対して音源分離処理を行う。音源分離には Python ライブラリ Demucs^{*3} の `mdx_extra_q` モデルを使用し、音量の取得および分析には librosa^{*4}を用いた。

本システムでは、録音された音響を司会者などの発話音声と、歓声や拍手などを含む背景音に分離する。本研究では観客から発せられる反応音に着目するため、分離後の背景音を分析対象とした。一定時間ごとに背景音のフレーム単位の RMS（二乗平均平方根）を算出してデジタルフルスケール基準のデシベル値（dBFS）へ変換し、その平均音量を取得する。この平均音量を用いて、音響スコア $S_{\text{audio},t}$ を式 (2) により算出する。

$$S_{\text{audio},t} = \text{clip}_{[1,100]} \left(1 + \frac{A_t - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}} \times 99 \right) \quad (2)$$

ここで、 A_t は時間 t における背景音の平均 dBFS 値、 $A_{\min}$ および $A_{\max}$ はそれぞれスコア変換のために設定した音量の下限值（初期値 -60.0 dBFS）および上限値（初期値 -10.0 dBFS）である。

^{*2} <http://marantzpro.jp/mpm-2000u/>

^{*3} <https://github.com/facebookresearch/demucs>

^{*4} <https://librosa.org/doc/latest/>

^{*1} <https://direct.sanwa.co.jp/ItemPage/400-CAM103>

盛り上がり スコア S_t	チューブマン ON/OFFパターン	盛り上がり スコア S_t	チューブマン 照明パターン				
$S_t < 40$		$1 \leq S_t < 12$	-	-	W	-	-
$40 \leq S_t < 60$		$12 \leq S_t < 23$	-	W	W	W	-
$60 \leq S_t < 80$		$23 \leq S_t < 34$	W	W	W	W	W
$80 \leq S_t$		$34 \leq S_t < 45$	W	B	B	B	W
		$45 \leq S_t < 56$	B	B	B	B	B
		$56 \leq S_t < 67$	B	O	O	O	B
		$67 \leq S_t < 78$	O	O	O	O	O
		$78 \leq S_t < 89$	O	O	X	X	O
		$89 \leq S_t < 100$	O	X	X	X	O
		$S_t = 100$	X	X	X	X	X

- 消灯
 W 点灯[白] B 点灯[青]
 O 点灯[橙] X 明滅[赤]

① ② ③ ④ ⑤

図 2: チューブマンの稼働状態と照明パターンの設定

■ 盛り上がりスコアの統合算出

映像から算出した $S_{\text{visual},t}$ と音響から算出した $S_{\text{audio},t}$ を用いて、システムの表示に使用する盛り上がりスコア S_t を式 (3) により算出する。

$$S_t = \text{clip}_{[1,100]} \left(\frac{w_{\text{visual}} S_{\text{visual},t} + w_{\text{audio}} S_{\text{audio},t}}{w_{\text{visual}} + w_{\text{audio}}} \right) \quad (3)$$

本番環境における送風機音や BGM 等の影響を抑え、音響情報よりも映像から得られる動きを重視するため、加重平均の重みは、 $w_{\text{visual}} = 2$, $w_{\text{audio}} = 1$ とした。また、盛り上がりスコア S_t は 10 秒に 1 度算出することとした。

3.4 チューブマンと照明を用いた実空間可視化

本研究では、盛り上がりスコアの可視化方法としてチューブマン (LookOurWay 社製, Air Dancers® Inflatable Tube Man White^{*5}) および LED パーライト (ADJ Products 社製, ELIMINATOR LP 42 RGBW^{*6}) を用いた。

算出された盛り上がりスコア S_t は、あらかじめ定めた複数の表示パターンのいずれかに変換される。各表示パターンは、チューブマンの立ち上がり・立ち下がり、照明の色を組み合わせで構成する。図 2 に、盛り上がりスコアと表示パターンとの対応を示す。照明については、盛り上がりスコアが高くなるにつれて白色・青色から橙色・赤色へ段階的に点灯・明滅パターンを変化させ、PC から自動的に制御する。これに加えて、盛り上がりの段階に応じて立ち上げるチューブマンの状態を変化させる。これにより、色だけでなく、大型の動的オブジェクトの状態変化を組み合わせることで、盛り上がりの程度を実空間上で表現する。

3.5 現地運用を考慮した実装

カメラからの映像取得、オプティカルフローの算出、音響処理、盛り上がりスコアの算出および照明制御は、1 台の MacBook Pro (Apple 社製, CPU: M1, メモリ: 16GB)

^{*5} <https://lookourway.com/products/air-dancers-inflatable-tube-man-white>

^{*6} <https://www.adj.com/products/lp-42-rgbw>

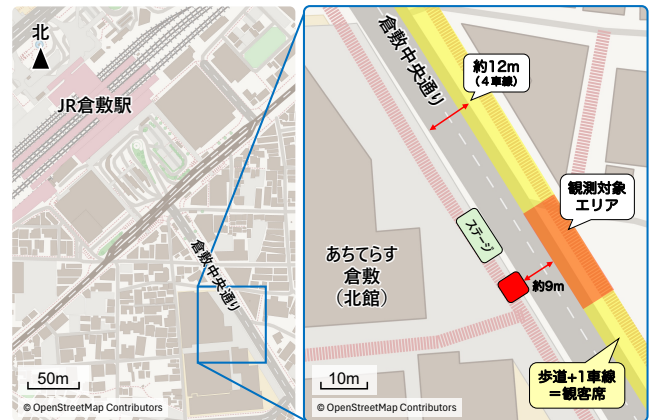


図 3: 会場周辺および実証場所の地図

上で実行した。処理プログラムは Python で実装し、外部ネットワークを利用せず、現地で処理が完結する構成とした。これにより、イベント会場における通信品質の変化や回線混雑の影響を受けずに運用できる構成とした。

なお、本実証では会場からの電源供給には依存せず、PC、照明およびチューブマンなどの機器をポータブル電源 (JVC ケンウッド社製, Victor BN-RF510^{*7}) によって稼働させた。照明については盛り上がりスコアに応じて自動制御した。一方、チューブマンの送風機については、システムから直接 ON/OFF を行うのではなく、システムが決定した表示パターンに従って現地スタッフがスイッチ付き電源タップを用いて手動で操作した。これは、チューブマンの送風機が起動時に大きな電力を消費し、自動制御用機材の許容電力を超過する危険があったためである。

4. 倉敷天領夏祭りにおけるフィールド実証

4.1 対象イベント

フィールド実証は、2026 年 7 月 25 日に岡山県倉敷市の倉敷中央通りで開催された倉敷天領夏祭りにおいて実施した。祭りでは、複数の踊り連が道路上を順次進行し、沿道の観覧スペースから多数の観客が踊りを観覧する。本実証の対象となる踊り行列は 2 部に分かれて実施され、第一部: [正調] 代官ばやし踊り (18:00~18:30)、第二部: OH! 代官ばやし踊り (19:00~20:10) から構成される。会場周辺および実証場所の地図を図 3 に示す。実証場所は、メインステージ南側の交通規制区域内とした。チューブマンおよび制御用 PC を道路の片側に設置し、道路を挟んだ反対側をカメラで撮影した。カメラは会場を可能な限り俯瞰できるよう、最大約 2.7m の高さに設置した。

4.2 機材配置

実証場所には計 5 体のチューブマン (立ち馬脚立上に 2 体、その前方に 3 体) を設置した。各チューブマンは、荷

^{*7} <https://www.victor.jp/portable-power-supply/lineup/bn-rf800-bn-rf510-bn-rf250/>



図 4: システムセットアップの様子

締め紐および重しを用いて固定した。照明はチューブマンの斜め前方に配置し、外部からチューブマンを照射した。

機材周辺にはカラーコーンおよびコーンバーを配置し、一般来場者が配線や送風機に接触しないよう立入範囲を分離した。また、運用中はスタッフを配置し、システムの稼働状態の監視、機材周辺の安全確保、照明制御状態の確認、およびシステムが出力した表示パターンに応じたチューブマンの ON/OFF 操作を行った。

4.3 実証手順

実証当日は、祭りの開始前にカメラ、マイク、PC、照明、チューブマンおよびポータブル電源を設置し、以下の手順で動作確認を行った。実際のシステムセットアップの様子、および観客席側から見たときのシステム外観を図 4 に示す。

- (1) カメラの撮影範囲を確認する。
- (2) 映像および音響データが PC へ入力されることを確認する。
- (3) オプティカルフローおよび音響処理によって盛り上がりスコアが算出されることを確認する。
- (4) 盛り上がりスコアに応じて照明色が自動的に変化することを確認する。
- (5) システムが出力する表示パターンとチューブマンの手動 ON/OFF 操作との対応を確認する。
- (6) ポータブル電源の残量および各機器の消費電力を確認する。

祭りの踊り行列が実証場所を通過する時間帯に計測を行い、映像、音響、盛り上がりスコア、照明制御値およびシステムログを記録した。また、現場スタッフがチューブマンの操作状況、システムの動作状況、観客の反応および運用上発生した問題を記録した。

4.4 評価項目

本実証では、システムの稼働性、盛り上がりスコアの特徴、観客からの評価、および実環境における運用上の課題の観点から評価を行う。



図 5: 実証中の様子（日没前後）

システム稼働性の評価 システムの総稼働時間、盛り上がりスコアの算出回数および更新間隔を記録し、継続して動作可能であることを確認する。また、スコア算出から実空間提示までの処理遅延、照明の自動制御およびチューブマンの手動 ON/OFF 操作の状況を確認する。

盛り上がりスコアの特徴分析 算出された映像スコア、音響スコアおよび盛り上がりスコアの時系列変化を確認する。また、第二部に参加した各踊り連について、実証場所を通過した時間帯における盛り上がりスコアの平均値を算出し、祭りの審査結果との対応を確認する。

観客からの評価 現地でのシール投票の方式を用い、以下の設問に対して、「1：全くそう思わない」から「5：とてもそう思う」までの 5 段階評価で回答を得た。

Q1. 今回の盛り上がりを可視化する取り組みを、面白いと感じましたか？

Q2. 観客の盛り上がりを数値化し、審査に活用するアイデアは良いと思いますか？*8

実環境における運用上の評価 実際の屋外イベントにおける映像・音響処理の安定性、リアルタイム処理負荷、電源および機材制御上の制約を記録し、システムを継続運用する際に生じた課題を整理する。

5. 実証結果

5.1 システム稼働性の評価

システムは、17:45 から 20:45 までの合計 180 分稼働し、ほぼ全ての時間において映像および音響の取得から盛り上がりスコアの算出までを継続して実行できることを確認した。稼働の様子は図 5 に示すとおりである。実証中の全運用期間において盛り上がりスコアは合計 953 回算出された。そのうち、第一部では 161 回 (11.2 秒/回)、第二部では 372 回 (11.3 秒/回) であった。本実証では 10 秒間隔で

*8 今回の実証ではイベントにおける審査には本システムの出力結果は活用しなかったが、今後の参考情報として設定した。

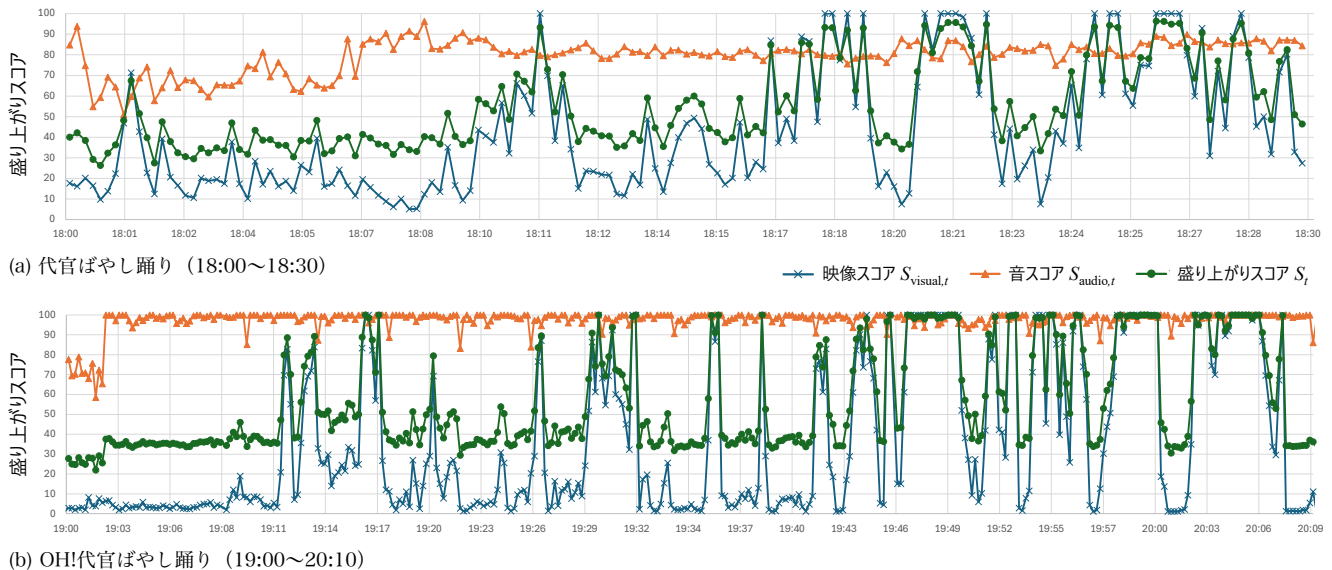


図 6: 倉敷天領夏祭りにおける盛り上がりスコアの時系列変化

の更新を設定したが、実環境では映像・音響処理時間を含め平均 11.2~11.3 秒間隔となった。スコア算出から照明への反映において、処理負荷が増加した場面ではスコアの反映に遅延が生じることが確認されたが、踊り連の通過速度を考慮すると遅延の影響は限定的であり、運用上大きな支障はなかった。

照明についてはシステムが算出したスコアに応じた色へ自動的に変更し、また、チューブマンについてはシステムから出力される表示パターンに従ってスタッフが手動で送風機を ON/OFF した。図 5 に示すとおり、日没前の時間帯 (a) では照明による色変化は視認しにくく、チューブマンの立ち上がり状態の方が視認しやすかった。日没後の時間帯 (b) では照明による色変化も明瞭に視認できた。なお、自動的な照明制御および手動による ON/OFF 制御において大きな問題は生じず、概ね想定どおり運用できた。

5.2 盛り上がりスコアの特徴分析

図 6 に、実証中に得られた盛り上がりスコアの時系列変化を示す。大きな動きや動きの目立つ装飾を伴う踊り連が通過した場面でスコアが高くなる傾向が確認された。映像を確認した結果、本来センシング対象として想定していた沿道観客だけでなく、道路上を通過する踊り手の動きがオプティカルフローに大きく反映されていた。このため、本実証で得られたスコアは観客の盛り上がりのみを表す値ではなく、計測範囲内に存在する踊り手の運動量の影響を含む結果となった。また、第二部は踊りの音楽が第一部と比較して大きく、音響に基づく盛り上がりスコア $S_{\text{audio},t}$ は高い値を維持する結果となった。

さらに、第二部の全 19 踊り連について得られた平均スコア (各踊り連の通過時間帯における盛り上がりスコア S_t

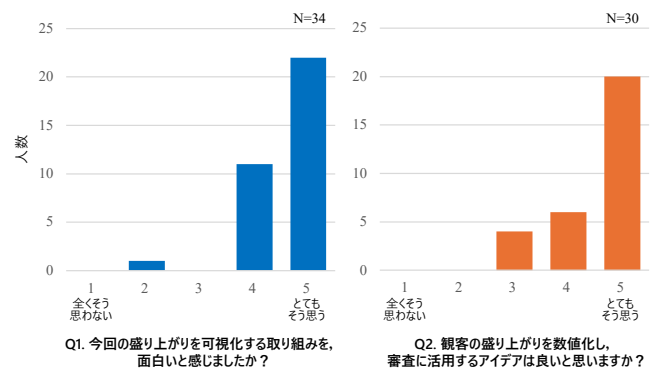


図 7: 盛り上がり可視化システムに対する観客評価

の平均値)と、審査員による審査結果 (倉敷天領夏祭り実行委員会が選定した 3 名の審査員による評価および合議により決定) を比較したところ、本システムによるスコアが最も高かった踊り連が審査結果でも 1 位であった。また、審査結果が 2 位および 3 位であった踊り連についても、システムによるスコアは全踊り連の平均値を上回った。

5.3 観客からの評価

取り組みに対する評価を得るため、実証場所付近にアンケートボードを設置し、観客を対象としたシール投票を行った。Q1. 「今回の盛り上がりを可視化する取り組みを、面白く感じましたか？」という設問には 34 名が回答した。5 段階評価のうち、評価 5 が 22 名、評価 4 が 11 名、評価 2 が 1 名であり、多くの回答者から肯定的な評価が得られた。また、Q2. 「観客の盛り上がりを数値化し、審査に活用するアイデアは良いと思いますか？」という設問には 30 名が回答した。評価 5 が 20 名、評価 4 が 6 名、評価 3 が 4 名であり、盛り上がりスコアを審査へ活用する考え方についても肯定的な回答が多く得られた。

5.4 実環境における運用上の評価

実際の祭り会場でシステムを運用した結果、映像処理、音響処理、リアルタイム処理、チューブマン制御の4点について主な課題が確認された。

第一に、映像処理では、沿道観客だけでなく、道路上を通過する踊り手の大きな動きを盛り上がりとして検出した。特に、動きが大きい踊りや装飾の動きが目立つ踊り連ではオプティカルフローによるスコアが高くなる傾向が確認された。観客自身の反応を評価するためには、撮影映像中の観客領域をあらかじめ限定し、その領域のみを解析する必要がある。

第二に、音響処理では、音源分離後の背景音に観客の歓声や拍手だけでなく、祭りで使用される音楽も含まれた。その結果、背景音の平均音量をそのまま観客反応として扱うことが難しく、観客反応を適切に捉える上での阻害要因となった。今後はマイクを観客側により近い位置へ設置するなど、観客から発せられる音を選択的に取得できる收音方法を検討する必要がある。

第三に、リアルタイム処理では、映像および音響の処理負荷が増加することによって、算出したスコアが実空間表示へ反映されるまでに遅延が生じた。今後は、解析対象領域を観客領域のみに限定することや、処理対象画像の解像度を縮小することによって処理負荷を軽減する必要がある。また、長時間処理によるPCの発熱に対しては、ノートPCスタンドや冷却パッドなどによる放熱対策も重要であることが確認された。

第四に、チューブマンの制御については、送風機起動時の消費電力が大きく、自動制御機器を介したON/OFFでは機器の許容電力を超える危険性があった。そのため、本実証ではチューブマンの電源制御をスタッフによる手動操作とした。これにより安全性を確保して運用できた一方、スコア変化からチューブマンの状態変化までには人手による操作時間が加わる。今後、完全自動化を行うためには、起動電流を含む消費電力に対応可能な制御機器の選定や、電源系統の分離などを検討する必要がある。

6. 考察

6.1 地域イベントへの導入可能性

本実証では、観客に専用のデバイスやアプリケーションを利用させることなく、カメラおよびマイクによってイベント会場の状態を計測し、算出したスコアを実空間上のチューブマンへ反映するシステムを実際の祭りで運用した。算出結果を大型ディスプレイや数値表示として提示するのではなく、祭りの演出物として利用可能なチューブマンと照明によって提示することで、センシング結果をイベント空間そのものへ還元することを試みた。

観客アンケートでは、盛り上がりを可視化する取り組みそのものについて肯定的な回答が多く得られた。また、盛

り上がりを数値化し、将来的にイベントの審査等へ活用する考え方についても肯定的な回答が多かった。これらの結果は、センシング結果をイベントの演出や審査に利用する仕組みに対して、一定の受容可能性があることを示唆している。一方、チューブマンの立ち上がり状態と照明色の組み合わせだけでは、提示を初めて見る観客が現在の盛り上がりの程度や各表現の意味を直感的に理解できない可能性がある。表示パターンと盛り上がりの対応関係をより分かりやすく設計することが今後の課題である。

6.2 盛り上がりスコアの解釈

本実証では、全19踊り連のうちシステムによるスコアが最も高かった踊り連が祭りの審査でも1位となり、審査結果が2位および3位であった踊り連も平均以上のスコアとなった。この結果だけを見ると、本システムのスコアとイベントにおける評価との間には一定の関係が存在する可能性がある。

一方、映像を確認した結果、オプティカルフローは観客だけでなく踊り手の動きを強く捉えており、大きな動きや動きの目立つ装飾を伴う踊り連ほどスコアが高くなる傾向が見られた。したがって、今回得られたスコアをそのまま「観客の盛り上がり」と解釈することは適切ではない。むしろ、今回の結果は、踊り手の運動量と観客反応を含むイベント空間全体の活動度を捉えた値と解釈することが妥当である。観客の盛り上がりを独立して計測するためには、観客領域のみを画像処理の対象とするなど、センシング対象を明確に分離する必要がある。

6.3 映像と音響を用いた実環境での推定

祭り会場の映像には、観客だけでなく踊り手や装飾物などの大きな動きが含まれる。今回使用したオプティカルフローは画面内の動きを直接捉えるため、人物の属性を区別せず、これらの動きもスコアへ反映された。観客の身体動作を盛り上がり指標として利用するためには、人物検出や領域指定などと組み合わせ、観客が存在する範囲のみを解析することが必要である。

音響についても、観客の歓声や拍手と、踊りに使用される音楽や司会音声と同時に存在する。今回の音源分離では発話音声と背景音を分離したものの、背景音側に祭りの音楽も含まれたため、背景音の平均音量が必ずしも観客の盛り上がりを直接表すものとはならなかった。マイクの指向性や配置を工夫することに加え、歓声や拍手そのものを識別する手法との組み合わせも今後検討する必要がある。

6.4 実空間フィードバックによる影響

本システムは、イベントの状態を計測するだけでなく、結果を同じ会場内のチューブマンへフィードバックする。提示を見た観客が、さらに歓声を上げたり身体を動かした

りする場合には、システムによる提示が新たな反応を生み、その反応が再びセンシングされる循環が形成される可能性がある。このようなフィードバックループは、会場の一体感や参加感を高める仕組みとして利用できる可能性がある。

一方、本実証では表示の有無による比較を行っておらず、チューブマンによる可視化が観客の盛り上がりを実際に増加させたかを判断することはできない。今後は、可視化を行う条件と行わない条件を比較するなど、実空間フィードバックが観客行動に与える影響を検証する必要がある。

6.5 現場運用から得られた知見

一般来場者が参加する地域イベントへシステムを導入する場合、センシング性能だけでなく、安全性、処理遅延、電源容量、設置・撤収の容易さなどを同時に考慮する必要がある。本実証では、外部ネットワークに依存しないローカル処理によってシステムを構成し、屋外の街路上でセンシングから可視化までを実施した。

特に、チューブマンの送風機は起動時の消費電力が大きく、当初想定した自動制御機器では許容電力を超える可能性があった。そこで、照明については自動制御を維持しながら、チューブマンの ON/OFF のみをスタッフによる手動操作とする構成へ変更した。本実証では完全自動化には至らなかったものの、実イベントではシステムの自動化率を高めることよりも、安全に継続運用できる構成を選択することを重視した。研究室内では顕在化しにくい電源容量、処理負荷、発熱、機材配置などの制約を実フィールドで確認できたことは、本実証から得られた重要な知見である。

7. おわりに

本研究では、大規模な街路イベントを対象として、映像および音響から盛り上がりスコアを算出し、チューブマンと照明によって実空間上に可視化するシステムを構築した。2026 年 7 月 25 日に開催された倉敷天領夏祭りにおいてフィールド実証を行い、イベント進行に伴うスコアの時系列変化を取得するとともに、審査上位の踊り連が高いスコアを示す事例を確認した。また、観客アンケートでは、本取り組みに対して肯定的な評価が多く得られた。一方、映像には踊り手の動き、音響には祭りの音楽が影響することに加え、処理遅延や電源容量など実環境での運用上の課題も明らかになった。

今後は、観客領域に限定した映像解析や歓声・拍手を選択的に捉える音響処理によって盛り上がり推定を改善するとともに、処理の軽量化とチューブマン制御の自動化を進める。さらに、可視化の有無による観客反応を比較し、実空間へのフィードバックがイベントの盛り上がりを与える影響を検証する。

謝辞 本実証の実施にあたり、ご協力いただいた倉敷天領夏祭りの関係者、ピープルソフトウェア株式会社の関係者、ならびに実証運営に協力いただいた皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] 竹内啓五. 画像処理による群集の特徴評価に関する研究. 日本建築学会計画系論文集, Vol. 61, No. 486, pp. 109–116, 1996.
- [2] 大西正輝, 重中秀介, 山下倫央. 大規模イベントにおける群集制御. 人工知能, Vol. 34, No. 6, pp. 768–773, 2019.
- [3] Kazuhiro Abe, Chikara Nakamura, Yosuke Otsubo, Tet-suya Koike, and Naoto Yokoya. Spectator Excitement Detection in Small-scale Sports Events. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Multimedia Content Analysis in Sports*, MMSports '19, pp. 100–107, 2019.
- [4] 橋本泰裕, 中田大貴. 歓声量から観客を興奮させるプレーを評価する. 体育測定評価研究, Vol. 18, pp. 71–76, 2019.
- [5] Valentina Franzoni, Giulio Biondi, and Alfredo Milani. Emotional Sounds of Crowds: Spectrogram-Based Analysis Using Deep Learning. *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 79, pp. 36063–36075, 2020.
- [6] Michele Merler, Khoi Nguyen Mac, Dhiraj Joshi, Quoc Bao Nguyen, Stephen Hammer, John Kent, Jinjun Xiong, Minh N. Do, John Smith, and Rogerio Feris. Automatic Curation of Sports Highlights Using Multimodal Excitement Features. *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 21, No. 5, pp. 1147–1160, 2019.
- [7] Anderson Augusma, Dominique Vaufreydaz, and Frédérique Letué. Multimodal Group Emotion Recognition In-the-wild Using Privacy-Compliant Features. In *Proceedings of the 25th International Conference on Multimodal Interaction*, ICMI '23, pp. 750–754, 2023.
- [8] Craig Wisneski, Hiroshi Ishii, Andrew Dahley, Matt Gorbett, Scott Brave, Brygg Ullmer, and Paul Yarin. Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information. In *Co-operative Buildings: Integrating Information, Organization, and Architecture*, Vol. 1370 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 22–32, 1998.
- [9] Jörg Müller, Florian Alt, Daniel Michelis, and Albrecht Schmidt. Requirements and Design Space for Interactive Public Displays. In *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Multimedia*, MM '10, pp. 1285–1294, 2010.
- [10] Yusuke Sugano, Xucong Zhang, and Andreas Bulling. AggreGaze: Collective Estimation of Audience Attention on Public Displays. In *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '16, pp. 821–831, 2016.
- [11] Florian Alt, Stefan Schneegeß, Albrecht Schmidt, Jörg Müller, and Nemanja Memarovic. How to Evaluate Public Displays. In *Proceedings of the 2012 International Symposium on Pervasive Displays*, PerDis '12, pp. 171–176, 2012.
- [12] Gunnar Farneback. Two-frame motion estimation based on polynomial expansion. In *Proceedings of the 13th Scandinavian Conference on Image Analysis*, SCIA'03, pp. 363–370. Springer-Verlag, 2003.