

「笑顔で人々を繋げる」ビデオ会議システムを用いた遠隔花火インタラクティブコンテンツの開発と評価

工藤達郎^{1,a)} 池田雄一郎¹ 河野央¹ 工藤孔梨子²

概要: 新型コロナウイルス感染症の流行により、対面で表情を用いたコミュニケーションの機会が減少した一方で、ビデオ会議システム（VC）が様々な場面で活用されるようになった。VCのアート・エンタテインメントへの活用は以前からなされていたが、参加者の表情をリアルタイムに加工するインタラクティブ性の高いコンテンツは少なく、開発方法や評価は不明である。そこで本研究ではVCにおける多地点の遠隔参加者の笑顔を検出し、リアルタイムにコンピューターグラフィックスの花火として打ち上げるデジタルコンテンツ「FIRE-net-WORKS」を開発し、参加者からの評価によりその有効性を明らかにした。VCの参加者のカメラ映像を入力として Microsoft Azure Face API を用いて顔領域と笑顔値を取得した。Unityの Particle System と自作シェーダにより一定以上の笑顔値の顔領域を花火として描画し、全参加者へと送信した。2020年8月-10月に4回公演し、623名が参加、約550発の笑顔花火が打ち上がった。アンケート回答者は172名（回答率27.6%, 172/623）、性別・年齢を問わずほぼ全員が楽しめる（98%）ことや、参加しやすい（98%）こと、また多くの参加者（80%）は一緒に花火を見ているように感じた。ユーザが直接接触することなく同じテーマを体験し、楽しむことができる本作品の有用性を示した。

キーワード: 遠隔花火大会、メディアアート、表情認識、ビデオ会議

Development and evaluation of remote fireworks interactive digital content using a videoconferencing system to “connect people with smiles”

TATSURO KUDO^{1,a)} YUICHIRO IKEDA¹
HIROSHI KONO¹ KURIKO KUDO²

Abstract: The coronavirus disease (COVID-19) pandemic reduced the opportunities for face-to-face communication using facial expressions. However, videoconferencing (VC) has been used in a variety of situations. Although VC systems have long been used for art and entertainment, few have been developed as interactive digital contents that process facial expressions in real time, and the development and evaluation methods for such systems are still unknown. In this study, we developed “FIRE-net-WORKS,” a digital content system that detects the smiles of remote participants at multiple locations, and launches them as fireworks, generated by computer graphics in real time. We used the Microsoft Azure Face API to obtain the face areas and smile values from the VC participants’ camera images and draw them as “smile fireworks” using Unity. This work was conducted four times between August and October 2020; 623 people participated and approximately 550 smile fireworks were launched. The questionnaire results (response rate: 27.6%, 172/623) showed that almost everyone enjoyed the fireworks (98%) and found it easy to participate (98%). Many participants (80%) felt as if they were watching the fireworks together with others. The results demonstrated the usefulness of this system, which allowed participants to share and enjoy the smile fireworks.

Keywords: remote fireworks display, media art, facial expression recognition, video conference

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行は人々の生活の状況を大きく変化させた。特に本ウィルスの発覚・拡大が進んだ 2020 年度は、これまで実施されていた花火大会やスポーツ観戦などの多人数イベントが中止・延期を余儀なくされ、人々が集まって同一の対象を見て楽しむことが難しくなった。人々は日常的な隔離生活を余儀なくされ、それまで当たり前に行われた対面でのコミュニケーションの機会が減少、外出時には常時マスクを着用することにより顔の表情やジェスチャーによる非言語コミュニケーションが妨げられるようになった[1]。一方で、情報通信技術 (ICT) を活用して遠隔地にいる人同士が安全にコミュニケーションを行うビデオ会議システム (VC) の技術革新により、Zoom™ (San Jose, CA) や Google Meet® (Google LLC, Mountain View, CA) などのソフトウェアや Web ベースの VC が広く一般に普及し、ビジネス、教育、医療や生活の様々な場面において用いられるようになった[2-7]。VC は、一般的にはユーザの頭部を捉えるカメラ映像と声を遠隔同士で相互にやりとりができ、また接続に用いるパーソナルコンピュータ (PC) 等の端末画面や各ソフトウェアウィンドウの共有が可能である。テレワークにおける遠隔会議やオンライン講義などへの活用だけでなく、VC は COVID-19 禍でも人々が安全に参加でき、表情によるコミュニケーションを通じて、繋がりを感じられるエンタテインメントとしての活用が期待できる。これまでに VC を用いたアート・エンタテインメント作品の試みは多くなされており、学術研究ネットワークの国際会議である Asia Pacific Advanced Network[8]では、例年サイバーパフォーマンスとして遠く離れたダンサーやミュージシャン同士のコラボレーションが行われてきた。また COVID-19 を受けて 2020 年に行われた「サントリー1万人の第九」では事前に投稿された歌唱動画を同時に流しながら演奏、動画配信を行うことで1万人という非常に多くの人々の繋がりを表現した[9]。VC により数十人から数百人規模のユーザの表情を遠隔から取得し、コンピュータグラフィックス (CG) や人工知能 (AI) を用いてリアルタイムに描画するインタラクティブ性の高いデジタルコンテンツも制作できると考えられるが、そのような例は限られており、開発方法や参加者からの評価は不明である。

著者らは、COVID-19 の感染拡大期である 2020 年 6 月に地域の花火大会の中止が決定されたことから、“花火”をテーマとした遠隔から参加できるデジタルコンテンツ作品の制作依頼を受け、リアルタイム遠隔デジタル花火コンテンツ

『FIRE-net-WORKS』を開発した。本作品は“笑顔で人を繋げる”ことをテーマとしており、VC によって遠隔地の複数の参加者のカメラ映像を取得し、CG・AI を組み合わせリアルタイムに出力するインタラクティブデジタルコンテンツである。インタラクティブなデジタル花火コンテンツの既存事例としてはスマートフォンから任意のオーナメントを投げ込むことで LED による立体的な花火を上げることができる teamLab の「クリスタル花火」[10]や、ユーザの手かざし動作によって壁に投影された花火を打ち上げることができる NAKID の「花火アクアリウム」[11]などがあるが、いずれも作品が展示される現地会場での参加を前提としており、遠隔参加や VC の利用によるユーザの姿をコンテンツ内に反映させるという趣旨ではない。本研究では、本作品で用いた映像生成手法を概観し主要部分の実装を記述する。そのうえで、公演で得たユーザ評価結果から本コンテンツの有用性を実証する。

2. 方法

2.1 コンテンツの開発概要

制作したコンテンツの動作イメージを図 1 に示す。VC によって各地のユーザそれぞれのカメラの映像を遠隔から取得し、配信拠点にて動作する CG の映像生成システムへと入力する。続いて各カメラ画像内に含まれるユーザの表情を認識し、その情報をリアルタイムに反映させた CG 映像を生成する。最後に、生成した CG 映像を VC の資料共有機能によって全遠隔ユーザへと配信する。

配信拠点で動作する映像生成システムの概要を図 2 に示す。コンピュータ内の処理を分散させて負荷を軽減させ、

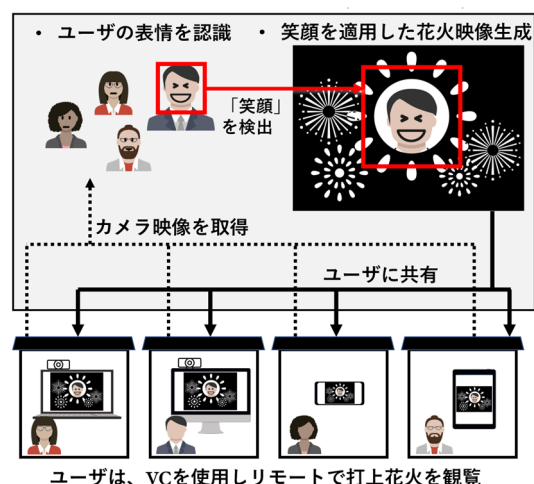


図 1 コンテンツの動作イメージ

Figure 1 Framework of the contents.

1 久留米工業大学
Kurume Institute of Technology,
Kamitsumachi, Kurume, Fukuoka 2228-66, Japan
2 九州大学病院 国際医療部 アジア遠隔医療開発センター

Kyushu University Hospital, Telemedicine Development Center of
Asia, Maidashi, Higashi-ku, Fukuoka 3-1-1, Japan
a) kudo@kurume-it.ac.jp

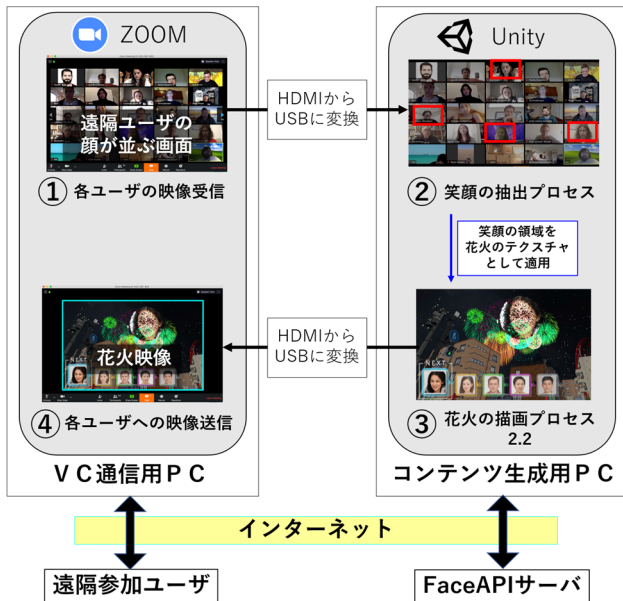


図 2 作品の映像生成システム概要

Figure 2 Outline of the image generation system of the work.

また公演時のオペレーションを単純にするため、VC 通信用 PC (図左) とコンテンツ生成用 PC (図右) とで分けて処理を行った。VC 通信用 PC では ZOOM を VC として動作させ、コンテンツ生成用 PC における笑顔の抽出と花火の CG 映像描画プロセスは Unity 2019.3.0f3 により開発した。全体の処理は図中①～④の流れで進行する。

- ① ZOOM により各参加ユーザのカメラ画像を受信し、ギャラリービュー機能を用いて縦横に整列して表示する。この画面を HDMI で出力し、USB カメラ信号へと変換してからコンテンツ生成用 PC へと入力する。
- ② 笑顔の抽出プロセスでは、まずギャラリービューの入力画像を表情認識用の AI を用いた Microsoft Azure Face API (以降、FaceAPI) サーバへと送信する。FaceAPI サーバから画像内に含まれる全ての顔の領域と笑顔値 (その顔の笑顔の度合い) を受信する[12]。最後に笑顔値が一定以上の顔の領域を適切に切り抜き、2次元テクスチャデータとして保存する。
- ③ 花火の描画プロセスでは、保存された笑顔のテクスチャカラーを順番に 3DCG の花火の粒のカラー値へと適用する。ユーザの笑顔が適用された花火、その他様々な打上花火や都市を含む最終的な 3DCG 空間をリアルタイムに描画する。これらの処理の詳細は 2.2 に記述する。この映像は、HDMI から USB カメラ信号へと変換し、VC 通信用 PC へと入力する。
- ④ ③で生成された 3DCG の打上花火の映像を、ZOOM の“資料共有”機能により全ユーザへと送信する。

2.2 笑顔花火の描画

ユーザの笑顔を適用する花火 (以降、笑顔花火) は、周囲を囲む輪のエリア A と、笑顔カラーが適用される中心エリア B が同時に描画される外観とした (図)。

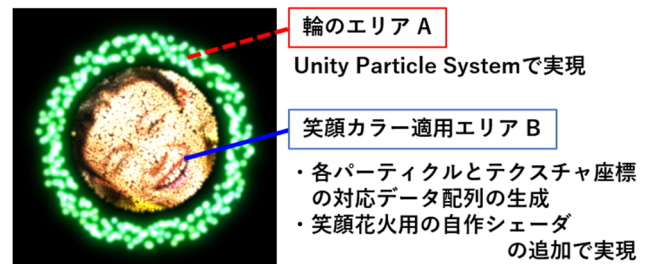


図 3 笑顔花火の外観と実現方法の概要

Figure 3 The appearance of smile fireworks and implementation method overview.

エリア A は Unity の Particle System[13]により実現し、エリア B はそれに加えて事前のデータ配列の準備と自作シェーダにより以下の手順で実現した。

- パーティクルとテクスチャ座標の対応配列の生成
 エリア B の Particle System 内 Random Seed パラメータに固定値を入れ、全パーティクルの動きが毎回同じになるように設定した。その上で Simulate と GetParticle メソッドを使用して特定のタイミングにおけるパーティクルデータ配列を得て、各パーティクルのグローバル座標 (x_i, y_i, z_i) を笑顔テクスチャの参照座標 (u_i, v_i) へと変換した (式 1, 図 4)。

$$\begin{cases} u_i = (x_i - xMin) / (xMax - xMin) \\ v_i = (y_i - yMin) / (yMax - yMin) \end{cases} \quad \text{--- 式(1)}$$

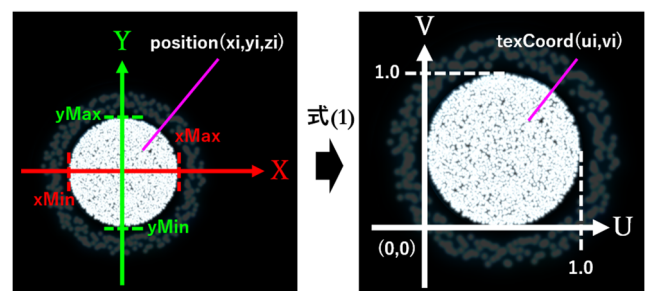


図 4 グローバル座標からテクスチャ座標への変換

Figure 4 Conversion from global to texture coordinates.

上記処理により計算した各パーティクルが参照する笑顔テクスチャ座標を、Vector4 型の List 配列として保存し、SetCustomParticleData メソッドによりエリア B の Particle System シェーダの頂点情報として受け渡した。

- 笑顔描画シェーダの作成
 笑顔テクスチャを適用するパーティクルの描画シェーダについて、主要部分を図 5 に示す。まず、①各パーティクル

の外観である白い円形のテクスチャと、ユーザの笑顔テクスチャの2種を参照できるように設定した。次に、②前述し

```

1 Shader "Unlit/forFaceParticle"
2 {
3     Properties
4     {
5         //パーティクルの外観
6         _MainTex("Texture", 2D) = "main" {}
7         //笑顔テクスチャ
8         _SubTex("Texture", 2D) = "sub" {}
9         //HDR
10        [HDR] _HDRColor("HDR COLOR",color) = (1,1,1,1)
11    }
12    ...
13
14    struct appdata
15    {
16        float4 vertex : POSITION;
17        half4 color : COLOR;
18        half4 normal : NORMAL;
19        float4 texcoords : TEXCOORD0;
20        float4 customData : TEXCOORD1;
21    };
22
23    struct v2f
24    {
25        float4 vertex : SV_POSITION;
26        half4 color : COLOR;
27        float4 uv : TEXCOORD0;
28        float4 customData : TEXCOORD1;
29    };
30
31    v2f vertexShader(appdata v)
32    {
33        v2f o;
34        o.vertex = UnityObjectToClipPos(v.vertex);
35        o.color = v.color;
36        o.uv.xy = TRANSFORM_TEX(v.texcoords.xy, _MainTex);
37        o.uv.zw = o.uv.xy;
38        o.customData = v.customData;
39        return o;
40    }
41
42    fixed4 fragmentShader(v2f i) : SV_Target
43    {
44        half4 col = i.color * tex2D(_MainTex, i.uv.xy)
45        * tex2D(_SubTex, i.customData.xy);
46        col *= _HDRColor;
47        col *= i.color.w;
48        return col;
49    }
50
51    ...
52
53    ...
54
55    ...
56
57    ...
58
59    ...
60
61    ...
62
63    ...
64
65    ...
66
67    ...
68
69    ...
70
71    ...
72
73    ...
    
```

図5 笑顔花火のシェーダ

Figure 5 Shader for smile fireworks.

た各パーティクルが参照する笑顔テクスチャ座標をカスタムデータとして扱えるよう入出力の構造体を設定した。さらに、③笑顔テクスチャ座標は、vertex シェーダから fragment シェーダへとそのまま受け渡すように処理を構成し、最後に④頂点カラー、パーティクルテクスチャカラー、笑顔テクスチャカラーを掛け合わせて、自分のパーティクル位置に対応した笑顔テクスチャ上のカラーを参照してから描画を行った。

上記シェーダが適用された ParticleSystemRenderer コンポーネントに対して SetTexture メソッドで笑顔テクスチャを適用することで、最終的に笑顔を参照したパーティクルの描画が可能となった。また、Particle System の各種パラメータの調整、マテリアル種の選定、パーティクルや軌跡に適用するテクスチャ画像の調整によりその他様々な種類の花火も描画した (図6)。

2.3 FaceUI の作成

ユーザが自分の笑顔が認識されたのかを把握でき、また打ちあがるタイミングを可視化するため検出した笑顔を手前から並べるユーザーインターフェース (以降、FaceUI) を作成した (図7)。笑顔を検出する度に FaceUI の右側末尾へとテクスチャ画像を挿入して並べ、左側の先頭に格納されているテクスチャから順に笑顔花火へと適用して打ち上げる。最大数まで笑顔がストックされている場合、検出不可を知

らせるメッセージが表示され、参加者が笑顔を行うタイミングを計れるようにした。

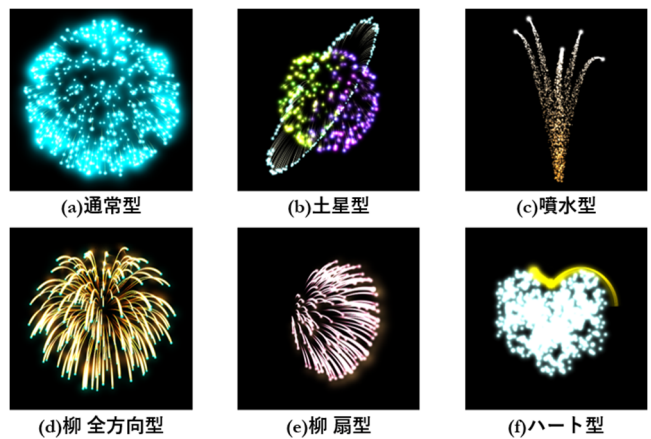


図6 その他描画花火一覧

Figure 6 Variety of fireworks.



図7 FaceUI

Figure 7 FaceUI.

2.4 アンケート評価方法

「高いリアルタイム性と高品質な映像生成・再生の実現」、 「遠隔にいる参加者間のインタラクションの実現」の評価を中心としてアンケート項目を設定した (表1)。アンケートは ZOOM の投票機能とチャット欄の自由記載を用い、公演の最後に8分程度でアンケートの説明を行い実施した。

表1 アンケート評価項目

Table 1 Questionnaire item characteristics.

質問	選択肢	関連するシステム要素
・自分たちが作品や花火に作用している感覚がありましたか	非常に良い・良い・悪い・非常に悪い	FaceAPI の笑顔認識 花火生成・打ちあげ
・花火を皆で見ていた感覚はありましたか	非常にある・ある・あまりない・全くない	FaceUI
・参加のしやすさはどうでしたか ・視聴環境はどうでしたか	非常に良い・良い・悪い・非常に悪い	VC
・本イベントは楽しめましたか	非常に良い・良い・悪い・非常に悪い	作品全体

3. 結果

作品名と同名の FIRE-net-WORKS というイベントとして 2020 年 8 月 29 日, 9 月 14 日, 9 月 19 日の 3 回, また 10 月 2 日に第 58 回日本医療・病院管理学会学術総会内での 1 回の計 4 回公演された。第 3 回までは久留米シティプラザ六角堂広場から, 第 4 回は久留米工業大学から配信を行った。参加者は合計で 623 名であり, 約 550 発の笑顔花火が打ち上がった。システムへの最大同時接続人数は 201 人であった (図 8,9)。

アンケート回答者 172 名 (回答率 27.6%, 172/623) の特性を表 2 に示す。性別の割合はほぼ同じ (男性: 51%, 女性: 49%) であり, 様々な年代からの参加があった (20 代以下: 10%, 30 代: 19%, 40 代: 25%, 50 代: 28%, 60 代以上: 18%)。

作品公演に対する評価を図 10 に示す。現実の打上花火と比べた場合の参加のしやすさについてほぼ全員 (98%) が, 視聴環境についても 85% が肯定的に評価した。87% は自分たちが作品や花火に作用していると感じ, 80% が皆で見ている感覚があると答えた。全体として, 98% がイベントを楽しめたと回答した。また, 「今回のイベントは楽しめましたか」という質問に対する 4 回の公演別のユーザ回答を図 10 に示す。「良い」以上の評価を行ったユーザの割合は第 1 回が 98%,

第 2 回が 100%, 第 3 回が 95%, 第 4 回が 99% であった。

自由記述では, 「久しぶりに友人の元気そうな顔を見られて嬉しかった」「普段厳しい先生の笑顔が見られて面白かった」などの意見が得られた。

表 2 回答者の特性 (N=172)

Table 2 Respondent characteristics.

性別		
男性	88	51%
女性	84	49%
年齢層		
20 代以下	17	10%
30 代	32	19%
40 代	43	25%
50 代	49	28%
60 代以上	31	18%
参加した場所		
自宅から	109	63%
職場から	48	28%
その他屋内から	10	6%
その他屋外から	5	3%
参加に用いたデバイス		
PC	123	71%
スマートフォン	29	17%
タブレット	20	12%
その他	0	0%



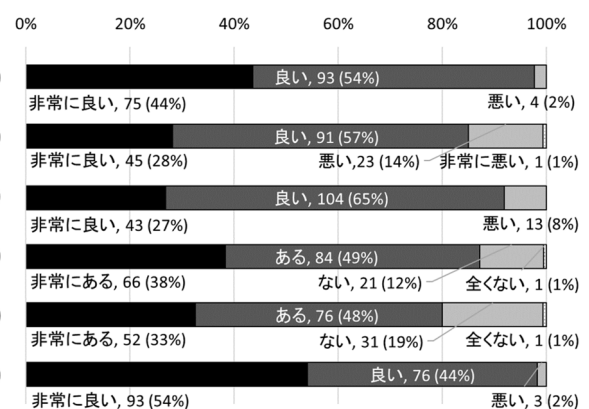
図 8 各地から多数のユーザが参加した

Figure 8 Many users participated from various places.



図 9 実際に生成された CG 映像

Figure 9 Generated CG image.



- (a) 現実の打上花火と比べて, 参加のしやすさはいかがでしたか
- (b) 現実の打上花火と比べて, 視聴環境はいかがでしたか
- (c) 花火の美しさはいかがでしたか
- (d) 自分たちが作品や花火に作用している感覚がありましたか
- (e) 皆で花火を見ている感覚はありましたか
- (f) 今回のイベントは楽しめましたか

図 10 作品公演に対する評価

Figure 10 Evaluation of the work performance.

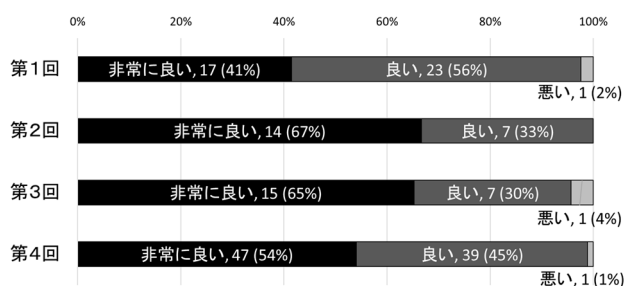


図 11 “楽しめたか”の質問に対する各回ユーザの回答
 Figure 11 Each answer for “Did you enjoy this event?”.

4. 考察

本研究では COVID-19 の感染拡大期間である 2020 年 6 月から 10 月にかけて、リアルタイム遠隔花火デジタルコンテンツ『FIRE-net-WORKS』を開発・実施し、172 名（回答率 27.6%）の参加者からの評価を得た。CG のリアルタイム描画という点で類似するデジタルコンテンツであるゲーム [14][15] と比較すると、若年層のユーザが多いゲームに対し本作品は高年齢の方々の参加もより多く促せる可能性がある。回答者のほぼ全てが参加しやすくと答え、また多くが視聴環境も良いと答えていることから、遠隔参加ができ身体的な負担が軽い本手法の利点がこの結果に大きく寄与していると考えられる。また、花火大会というテーマが老若男女から親しみやすいものであったことも原因として考えられる。多くの参加者が作品や花火に作用している感覚があると回答しており、インタラクティブな CG 作品として開発することで、通常の花火とは異なる楽しみ方も生まれたのではないかと考えられる。多くの参加者がカメラに向かって様々な表情をして、自分の表情が花火として打ち上げられるかどうかを試す姿がみられた。

また、自由記述からは特定の参加者の顔を見られて良かった旨の意見があった。本作品は参加者の表情を一人ずつ花火として打ち上げる構成であるため、笑顔花火を通じて参加者一人一人へ注目がなされたと考えられる。80%が皆で見ている感覚があると回答したことから、離れていても人とのつながりを感じられるコンテンツであることが分かる。遠隔でありながらも現実の人と人を強く結びつける特徴は、近年の COVID-19 の蔓延の影響から、人の密を避ける必要のある状況にも対応できる。また怪我等で現場に赴くことができない人々も、遠隔から参加して楽しめる利点がある。ほぼ全員が楽しめたと回答していることから、遠隔から多数のユーザが参加可能なインタラクティブコンテンツとして、老若男女が全て楽しめるものが実現でき、手法として有用であると結論づけた。さらに各公演において常に 95%を超える回答者が楽しめたと回答したことから、エンタテインメントとしての再現性があると考えられる。

本研究はいくつかの制限もある。第一に、本手法は、VC

の入力映像を用いることから悪意を持った人間による不適切な映像がさらされる可能性がある。セキュリティによる不適切なユーザの自動検出が必要であり、また参加にあたってのポリシーの整備も課題である。また本研究では日本国内において公演・評価を行ったが、クラウドベースの VC を用いているため国際的な展開も容易に可能である。その際に世界からの参加者のカメラ画像を入力したときに顔認識がスムーズに可能か、また参加者のコンテンツ評価は明らかでない。今後海外に向けても公演を行うことでこれを明確にしていきたい。また、笑顔の表情をすることが心理的に良い効果をもたらすことから、笑顔を促すデジタル機器の開発や評価に関する研究もなされているが [16]、本作品における参加者にとっての心理的効果については評価が不十分である。本作品を通じて他人の笑顔を見たり、笑顔の表情をしたりすることによる心理的影響や、笑顔の連鎖が起こるかどうかについても検討、評価を行ってきたい。

5. おわりに

本研究では、多地点の遠隔参加者を繋ぎ、参加者の笑顔を検出、リアルタイムにコンピューターグラフィックスの打上花火として打ち上げるデジタルコンテンツ「FIRE-net-WORKS」を開発し、参加者からの評価によりその有効性を明らかにした。老若男女が楽しめること、参加しやすく視聴環境が良いこと、皆で花火を見ている感覚があり、人との繋がりが感じられることが分かった。これは映像を入力とし、かつ遠隔参加可能である特徴を持つ本手法のコンテンツが参加しやすさや楽しさの面で十分実用可能であることを示しており、さらに COVID-19 の影響から密を避けることにも対応できる。今後ますます VC は普及すると考えられることから、本手法のようなエンタテインメントコンテンツが普及し日常生活が豊かに拡張されていくことを期待したい。

謝辞 本作品公演に参加頂いた方々、アンケートにご回答頂いた方々のご協力に御礼申し上げます。また、本研究では九州大学病院アジア遠隔医療開発センターに遠隔会議システムや機材貸与、通信品質確保のためのモニタリング等多大なご支援を賜りました。心より感謝いたします。

参考文献

- [1] Mheidly, N. and Fares, M, et al. Effect of face masks on interpersonal communication during the COVID-19 pandemic, *Front Public Health*, 2020, vol. 8, no.1. 582191p.
- [2] Mouratidis, K. and Papagiannakis, A. COVID-19, internet, and mobility: The rise of telework, telehealth, e-learning, and e-shopping, *Sustain Cities Soc*, 2021, vol. 74, no. 1. 103182p
- [3] Joseph, S. and Maurie, J. C, et al. A brave new world: Lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable

- supply and production. *Resour Conserv Recycl*, 2020, vol. 159, 104894p.
- [4] Tarah, H. F. Student satisfaction with videoconferencing teaching quality during the COVID-19 pandemic. *BMC Med Educ*, 2020, vol. 20, no. 1, 1-8p.
- [5] Ana-Paula, C, and Chenxi, L, et al. Evaluating videoconferencing systems for the quality of the educational experience. *Distance Educ*, 2020, vol. 41, no. 4, 429-452p.
- [6] Lee, E. S, and Lee, P. S. S, et al. Video consultations for older adults with multimorbidity during the COVID-19 pandemic: Protocol for an exploratory qualitative study. *JMIR Research Protocols*, 2020, vol. 9, no. 10, 1-8p.
- [7] Zhou, X, and Snoswell, L, et al. The Role of Telehealth in Reducing the Mental Health Burden from COVID-19. *Telemed J E Health*, 2020, vol. 26, no. 4, 26-28p.
- [8] Asia Pacific Advanced Network, <https://apan.net/> (参照 2021-11-15).
- [9] 毎日放送, “サントリー一万人の第九”, <https://www.mbs.jp/daiku/> (参照 2021-1-29).
- [10] teamLab, “チームラボクリスタル花火 / teamLab Crystal Fireworks”, <https://www.teamlab.art/jp/w/crystalfireworks/> (参照 2021-11-15).
- [11] NAKED, INC., “NAKED 花火アクアリウム”, <https://naked.co.jp/works/10624/> (参照 2021-11-15).
- [12] Microsoft Azure Face, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/cognitive-services/face/> (参照 2021-11-15).
- [13] Unity Particle System, <https://docs.unity3d.com/ja/2019.3/Manual/PartSysMainModule.html> (参照 2021-11-15).
- [14] “マーケター必見. コンソールゲーム市場観測ダッシュボード「OMEN」が明らかにする, 『あつまれ どうぶつの森』 ヒットの裏側”. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000002.000061021.html>, (参照 2021-11-15).
- [15] “ポケモン GO & ドラクエウォーク, まだ続けてるのはどんな人? リリース当初と現役ユーザーの特徴を分析してみた”, <https://nlab.itmedia.co.jp/research/articles/10065/>, (参照 2021-11-15).
- [16] Tsujita, H. and Rekimoto, J. Smiling makes us happier: Enhancing positive mood and communication with smile-encouraging digital appliances, *UBICOMP'11: Proceedings of the 2011 ACM International Conference on Ubiquitous Computing*, 2011. 1-10p.