

中継(カメラ)を止めるな! ~究極の F1 中継体験~

Don't Stop the cameras! - The Ultimate F1 Broadcast Experience

バーチャル太郎¹⁾, 拡張二郎¹⁾, 現実花子¹⁾
応募書類では著者・所属は記入しないで下さい。
Iaro VIRTUAL, Jiro KAKUCHOU, and Hanako GENJITSU

(書類審査通過後に著者・所属を入れた最終盤を提出していただきます)

¹⁾ 東京大学 工学系研究科 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, vrsj@star.t.u-tokyo.ac.jp)

概要: 本稿では、カメラ型のデバイス、送風デバイスと立体音響スピーカーを駆使したシステムを構築し F1 中継の体験を提供する。具体的には、F1 中継で使用されるカメラを忠実に再現したインタラクティブなカメラ型デバイスを開発しマシンを撮影する体験である。さらに、送風デバイスおよび立体音響スピーカーによって、マシンの速度と距離に応じて風の強さと方向をリアルタイムで調整し、まるで本物のマシンが目の前を駆け抜けるような風と音の感覚を提供する。

キーワード: Interactive VR, 立体音響, 風を感じる VR

1. はじめに

あなたは Formula 1 (以下 F1) マシンが走るのを見たことがあるだろうか? F1 は世界最速のモータースポーツの一つであり、究極まで空力特性を研究されたマシンは、他のカテゴリーのマシンがブレーキを踏まなければコースアウトしてしまうコーナーもフルスロットルで駆け抜ける。ヨーロッパ各国での人気は非常に高く、ファンは 4 億人以上にも上り、日本でも最近では角田選手の活躍から日本 GP では 10 万人以上の来場者を得るなど、人気が高まっている[1][2]。

F1 の魅力は単に速さだけではない。F1 の真の魅力は、それぞれの分野で選抜されたスペシャリストたちが 20 台の車を走らせるために協力している点にある。チームの視点では、空力エンジニアやパワーユニットエンジニア、1.8 秒でタイヤ交換を行うピットクルー、タイヤ交換のタイミングを考えるストラテジストが重要だ。しかし、これでもまだ足りない。クラッシュが起きた際に 10 分でガードレールを修理するコースマーシャルや、3 日間で F1 マシンの中継を支えるために 1TB/s のネットワークを構築するインフラエンジニアなど、多くの職人がレースを支えている。それぞれの専門性を活かして初めて F1 は成り立つのだ。

本企画は、迫力満点の中継映像で F1 人気を支えるプロカメラマンに注目する。現地観戦をするとわかるが、マシンは人間の目では捉えきれないほど速く、一般人がカメラを構えてもその姿を捉えることは非常に難しい。そんな最速マシンたちの走りをズームで捉え続けるのが、中継を担当するプロのカメラマンたちだ。彼らは観客よ

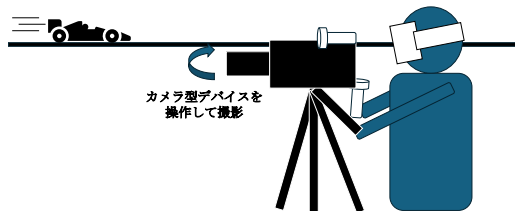


図 1 体験の概要図

りも近い位置で撮影しなければならず、マシンが通過する際の音や風からくる恐怖も感じるだろう。それにもかかわらず、正確にカメラでマシンを追い、美しい映像を全世界に配信している。

本企画の目的は、世界最速のカテゴリーである F1 の専属中継カメラマンになりきり、駆け抜けるマシンを映し続ける体験を提供することである。体験者は一つのコーナーの担当者となり、指示に基づいてそのコーナーを駆け抜けるマシンを映す。さらに、送風デバイスと立体音響システムを用いて、全身でマシンの通過を感じることができるシステムを構築する。最終的に体験者が撮影した映像は、実際の中継と同様にブース内のモニター上に生配信される。

本企画の新規性は、F1 中継をテーマにする点にある。F1 をテーマにしたマシンの運転体験ゲームは F1 23 など既に VR 上でも再現されており[3]、ストラテジスト体験は F1 Manager 23 など再現されている[4]。しかし、レースを支える F1 中継がテーマとされることはなく、F1 マシンを間近で撮影する恐怖や迫力を感じられる作品は存在しない。本作品を通じて、F1 中継の難しさと楽しさを体験者に伝え、最終的には現地でモータースポーツを観戦する迫力や

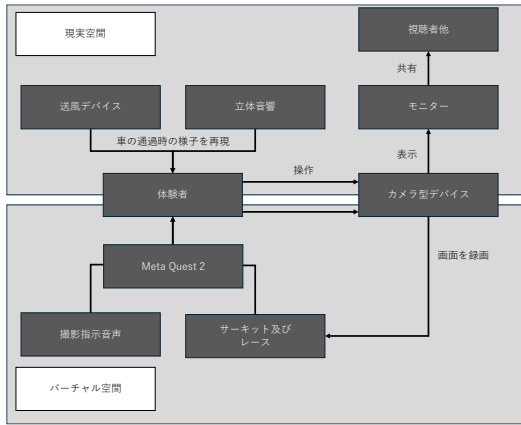


図2 システム構成図

魅力を少しでも体験者に伝えられればと願っている。

2. システム構成

この章では、図2に示すシステムの全体像について説明する。まず全体の体験の流れを説明し、その後各デバイスの役割や詳細について解説する。

2.1 体験の流れ

下記に体験の流れを示す。

1. カメラマン体験者は、Meta Quest2 に表示されるサーキットの映像、スピーカーからの立体音響、送風デバイスからの風を通じて現場の状態を感じ取る。
2. 撮影指示音声を聞き、自分の担当するコーナーに何秒後にどのマシンが来て、どのように映すべきかという情報を得る。
3. マシンが通過するタイミングでカメラ型デバイスを左右に首振りし、ズームとフォーカスを合わせてマシンを撮影する。
4. マシンが通り過ぎると同時に送風デバイスが体験者に風を送り、スピーカーの立体音響で触覚と聴覚による通過の感覚を提示する。
5. カメラ型デバイスで撮影された動画をモニターを通じて他の体験者や視聴者に提示する。

2.2 デバイスの役割

次に、必要な各デバイスや要素の詳細について説明する。

まずは、カメラ型デバイスである。これは実際のカメラではなく中継用の大きなカメラを模したデバイスである。左右へ首を振ることが可能でそなえつけてある Quest 2 のコントローラでズームとフォーカスの操作も可能である。

送風デバイスはマシン通過時におこる風を再現するデバイスである。左右に2つのファンを設置して、マシンまでの距離などに応じて風の強さや方向を制御する。

立体音響スピーカーもまた、マシン通過時の状況を再現するためのデバイスである。Meta Quest2 上で提示する撮影指示音声とは別に、マシンが通過音を再現する。左右で2つ設置して立体音響になるように再現する。

図2では省いたが、Meta Quest2 やカメラ型デバイスの情報PCに集められ、各デバイスに信号を送る。VRシーン

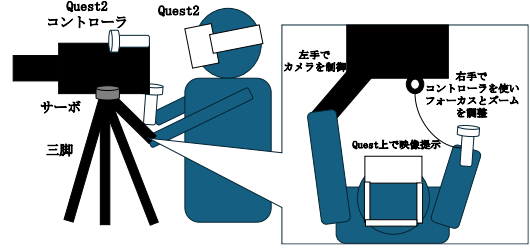


図3 カメラ型デバイスの概略図

はUnityで構築し、各種情報はUDP通信で送受信される。

3. カメラ型デバイス

この章ではカメラ型デバイスについてさらに詳しく説明する。まず、カメラ型デバイスの概略図を図3に示す。カメラ型デバイスは大きく、疑似カメラ（木製または塩化ビニルで作成される）を三脚に固定した形状となっている。実際のF1中継撮影で使用されるグラスパレー社のLDX86[5][6]カメラを模しており、疑似カメラの構造や操作方法もこれに準拠している。疑似カメラと三脚の間にはサーボモーターが取り付けられ、カメラの滑らかな回転を再現する。疑似カメラの向きは、疑似カメラに取り付けられた Quest 2 のコントローラと Arduino を介して PC に伝えられるサーボの角度から計算される。

ズームとフォーカスの設定は、Quest 2 コントローラの位置と動きに基づいて計算される。コントローラの移動距離 d と角度 θ がリアルタイムで解析され、それに応じてズームレベル Z とフォーカスの距離 F が調整される。具体的には、以下の式により計算される：

$$Z = k_z \times d \quad (1)$$

$$F = k_f \times \sin(\theta) \quad (2)$$

ここで、 k_z と k_f はそれぞれズームとフォーカスの感度係数である。コントローラを前後に動かすことでズームのインとアウトが行われ、左右の移動によってフォーカスの微調整が可能となる。この操作情報は Arduino を通じて PC に送信され、Unity 内で実際のカメラ操作がシミュレートされる。

ズームやフォーカスを設定するための右手の Quest 2 コントローラは疑似カメラに紐で繋がれており、必要な時のみ取り出して使用される。これにより、体験者は実際のカメラマンと同様の操作感を体験することができる。

4. 送風デバイスと立体音響スピーカー

この章では送風デバイスと立体音響スピーカーの詳細について説明する。これら2つのデバイスはマシンの通過を感じるための重要な装置であり、バーチャル空間上でマシンが体験者の前に通過するタイミングでのみ動作する。コーナーの位置が変わらないため、スピーカーと送風デバイスの配置も固定され、常に同じ位置から風と音を送る。各送風デバイスと各スピーカーは Arduino に接続されその、強さや方向を制御する。

4.1 送風デバイス

送風デバイスは、複数のファンを利用して風の方向と強さを調整できるよう設計されている。このデバイスは、マシンが通過する際に発生する風を模倣し、体験者に対してリアルな風の感覚を提供する。風の強さ F_i は、マシンからの距離に反比例し、マシンの速度に比例するように設定される。具体的な計算式は以下の通りである。

$$F_i = k_f \frac{v_m}{d_i} \quad (3)$$

ここで、 k_f は調整可能な定数（強さの調整係数）、 v_m はマシンの速度の大きさ、 d_i はマシンとファン i との距離である。

また、各ファンから吹き出される風の向き θ_i は、マシンの通過する相対的な位置に基づいて計算される。ファン i の位置が (x_{f_i}, y_{f_i}) である場合、風の向きは次の式で求められる。

$$\theta_i = \tan^{-1} \frac{y_{f_i} - y_m(t)}{x_{f_i} - x_m(t)} \quad (4)$$

さらに、風がカメラマンに到達するまでの遅延時間 t_{delay} は風の速度 v_w と距離 d_i に基づいて計算される。風の遅延時間は以下の式で求められる。

$$t_{delay} = \frac{d_i}{v_w} \quad (5)$$

この遅延時間を考慮して、送風デバイスはマシンが通過してから t_{delay} 秒後に風を送るように制御される。これにより、送風デバイスはF1マシンが通過するタイミングで最もリアルに感じる風の強さ、方向、および到達時間を提供し、体験者に対してマシンの存在をよりリアルに感じさせる役割を果たす。

4.2 立体音響スピーカー

立体音響スピーカーは、マシンのエンジン音や通過音をリアルに再現するために設計されており、スピーカーは左右に2つ配置されている。スピーカーからの音の伝播は、波の干渉原理[7]を用いて計算され、次の式で表される。

$$p(t) = A \cos(kx - \omega t + \phi) \quad (5)$$

ここで、 $p(t)$ は時間 t における音圧、 A は振幅、 k は波数、 x はスピーカーからの距離、 ω は角周波数、 ϕ は位相角である。スピーカーからの音が体験者の位置で干渉し、立体的な音響効果を生み出す。実装においてはこの計算をUnityのアセット上で行い、音圧の計算を行う。

これにより、送風デバイスと立体音響スピーカーは、バーチャルリアリティ環境内でのレース体験をリアルに再現するための重要な要素として機能し、体験者に対してマシンの存在をよりリアルに感じさせる役割を果たす。

5. むすび

本稿では、F1中継をVR上で体験するためのデバイスとしてカメラ型デバイスと送風デバイスを提案し、これらのデバイスを用いたシステムを提示した。カメラ型デバイスは現実空間とバーチャル空間で対応しており、左右に首を振ることで撮影をするデバイスとして提案した。送風デバイスおよび立体音響スピーカーによって現地でマシンの通過の感覚を再現した。本作品を通して体験者に、モータースポーツの現地観戦の素晴らしさを伝えることやスポーツを支える多くの人々の活躍に注目が集まるきっかけを与えることができることを願っている。

参考文献

- [1] Hyland. (n.d.). "Formula One とテクノロジー". Hyland. 取得元: <https://www.hyland.com/ja/resources/articles/hyland-formula-one> (2024年5月30日アクセス).
- [2] Car Watch. (2024). "初の春開催となった鈴鹿F1日本グランプリ、3日間入場者数は昨年を上回る22万9000人 さくらとF1を多くの人々が楽しむ". カーフォルス. 取得元: <https://car.watch.impress.co.jp/docs/news/1582332.html> (2024年5月30日アクセス).
- [3] Electronic Arts. (2023). "F1® 23". Electronic Arts. 取得元: <https://www.ea.com/ja-jp/games/f1/f1-23> (2024年5月30日アクセス).
- [4] Frontier Developments. (n.d.). "F1® Manager 2023". Frontier Developments. 取得元: <https://www.flmanager.com/ja-JP/2023> (2024年5月30日アクセス).
- [5] SVG Europe. (n.d.). "Formula One goes UHD Part I: FOM's Trevor Turner and Sky Sports' Robin Broomfield discuss workflow changes and challenges". SVG Europe. 取得元: <https://www.svg-europe.org/blog/headlines/formula-one-goes-uhd-part-i-foms-trevor-turner-and-sky-sports-robin-broomfield-discuss-workflow-changes-and-challenges/> (2024年5月30日アクセス).
- [6] Grass Valley. (n.d.). "LDX 86 シリーズカメラ". Grass Valley. 取得元: <https://www.grassvalley.jp/pdt-item/ldx-6/> (2024年5月30日アクセス).
- [7] 日本音響学会 (編). (2018). 音響学ハンドブック. 東京: コロナ社.