

IVRC2024

中継(カメラ)を止めるな！

~究極の F1 中継体験~

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び抜か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。現地観戦をするとはわかるが、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。



図 1 現地にて我々が撮影した F1 マシン。左写真のように撮ることが理想だが多くの写真は真ん中写真のようにぼけてしまう。また、右写真は現地でマシンを整備するエンジニア。

2. 企画概要

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 などでも既に 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 などでも再現されている [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魅力を少しでも体験者に伝えられればと思う。

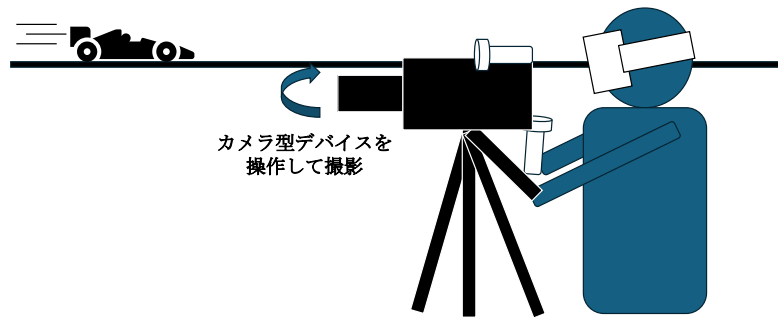


図 2 体験の概要図

3. システム構成

この章では、図 3 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。

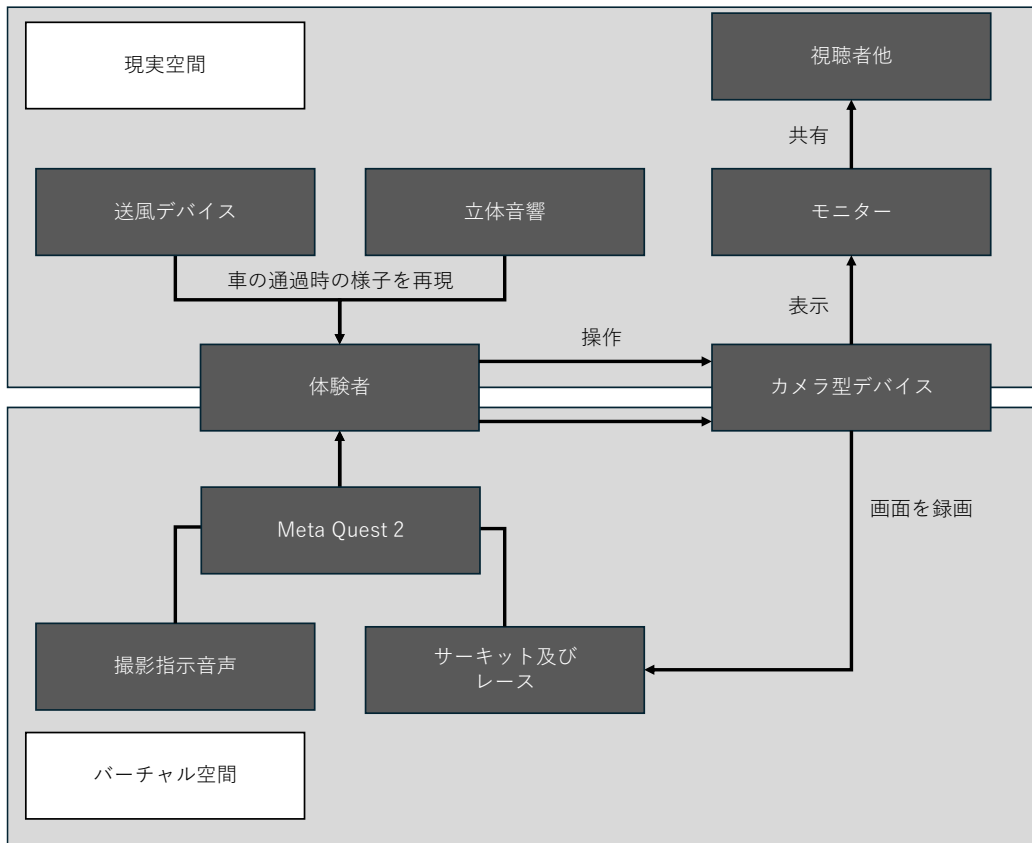


図 3 システム構成図

2.1. 体験の流れ

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、カメラからの景色を映したバーチャル空間のモニター、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。体験者が見る画面の概略図を図4に示す。
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。



図4 プレイヤーの視点から見た画面（企画で用いるマシンは実際には F1 マシンである）

2.2. 必要なデバイス

次に、必要な各デバイスや要素の詳細について説明する。

- 現実空間上のデバイス
 - カメラ型デバイス

中継用の大きなカメラを模したデバイス。左右へ首を振ることが可能でそなえてある 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。
 - 送風デバイス

マシン通過時におこる風を再現するデバイス。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。USB ファンなどでは風の強さが足りないことが考えられるため、モーターとファンから自作する。
 - 立体音響スピーカー

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ためのスピーカー。左右で 2 つ設置してコーナー入り口出口からの音として立体音響になるように Unity 上で音を再現する。

- モニター
通常のモニター。カメラ型デバイスで撮影したバーチャル空間上の映像を映す。
- Meta Quest 2
VRゴーグル。体験者に映像と撮影指示音声を提示する。
- PC
システム図では省いたが、Meta Quest2 やカメラ型デバイスの情報は PC に集められ、各出力デバイスに信号を送る。VR シーンは Unity で構築し、各種情報は UDP 通信で送受信される。
- バーチャル空間上での要素
 - サーキット等の 3D モデル
よりリアルな体験のために必要な 3D モデルだが、市販の 3D モデルサイトでフランスのポールリカールサーキットを再現したものが売られているなど F1 レースを再現するために必要な 3D モデルは潤沢である。その他必要なものは、Blender にて作成する。
 - 撮影指示音声
撮影の指示を送る音声。先に「カーナンバー」「状況」「どのように映すか」をサンプリングしておき合成して一つの指示文とする。

4. 企画の面白さ

この章では、我々が目指す体験像を挙げたうえで本企画の面白さを列挙する。

体験の理想像

- 単なるエンターテインメントではなく、出来るだけリアルに現地で観戦した F1 を再現する
- 視覚だけでなく、風による触覚、耳だけでなく全身で感じる聴覚で F1 を体感できることを目指す
- できるだけ長く触っていたくなるちょうどいい滑りの良い回転カメラを作成する
- 最終的には本物のモータースポーツを現地観戦するきっかけになる
- この体験をもとにスポーツは選手たちだけでなく多くの支えている者たちがいることで成立していることを知ってほしい

企画の面白さ

- F1 を運転することだけでなく、F1 を撮影することに注目している点
- 多くの人が憧れたであろう、大きなカメラでスポーツを中継することを再現する点
- F1 を間近で見る体験を提供することで、現地で F1 を見ることができない、または、見たことがない人へ F1 現地観戦の楽しさを伝えることができる点
- 体験者 1 人の体験で終わらず、撮影した映像をモニターで共有することができる点

5. カメラ型デバイスの詳細

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 5 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バレー社の 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モータ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：

$$Z = k_z \times d$$

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

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。

さらに、Unity アセットを使用することで手振れや流し撮りの効果を追加することができる。これにより、よりリアルなカメラ操作感を再現し、F1 マシンの速さや迫力を臨場感たっぷりに体験できる。体験者は、手振れ効果を通じてリアルなカメラワークを学び、流し撮りの技術を駆使して動きのある被写体を美しく捉えることができる。

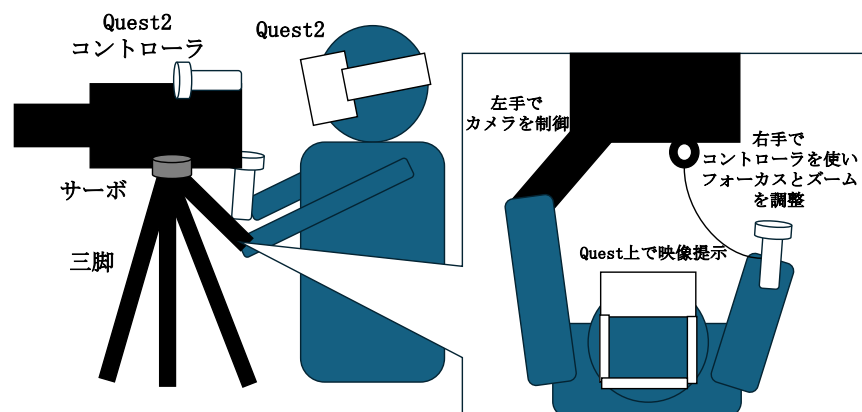


図 5 カメラ型デバイスの概略図

6. 送風デバイスと立体音響スピーカーの詳細

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。各送風デバイスは Arduino を経由し PC に各スピーカー直接 PC に接続されその、強さや方向を制御する。それぞれのデバイスの概略図を図 6 に示す。また、送風デバイスと立体音響スピーカーの配置を図 7 に示す。

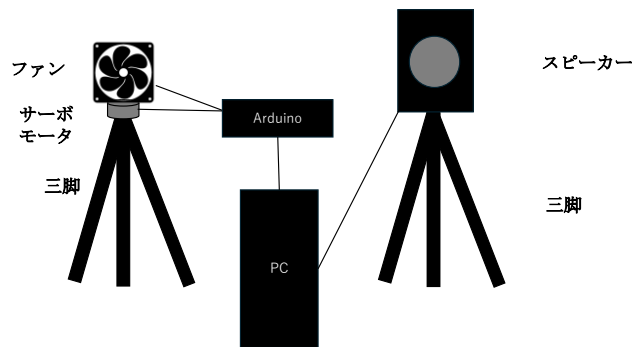


図 6 送風デバイスと立体音響スピーカーの概略図

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に設計されている。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。F1 マシンが通過する際には、マシンが切った風が横に流れ、カメラマンに少し遅れて届く。この遅延を再現するため、風の強さと向きに加えて、風が到達するまでの時間遅れも考慮する。

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。

$$F_i = k_f \frac{v_m}{d_i}$$

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。

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

さらに、風がカメラマンに到達するまでの遅延時間 t_{delay} は風の世界 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。

$$t_{delay} = \frac{d_i}{v_w}$$

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。

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。

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

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のアセット上でを行い、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。

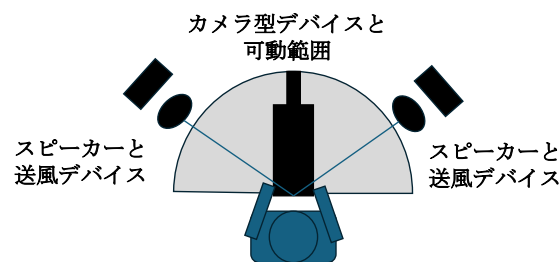


図7 送風デバイスと立体音響スピーカーの配置

7. 制作スケジュールと制作可能性

本企画では、多くのハードウェアとVR作品の開発が必要となる。しかし、本企画のメンバーはVR作品をそれぞれ制作している実力者ばかりであり、同時にハードウェアの開発も行っている。そのため、作品制作が滞ることはないと考えられる。

制作スケジュールを下記に示す。作品はソフトウェアとハードウェアの2つの部門に分けることができるため、それぞれ別でスケジュールを示す。

ソフトウェア部門

- 6月中 : 必要な3Dモデルの作成とマシン走行ルートを選定
- 7月中 : 1周のマシン走行を構築し、体験者が担当しないコーナーの撮影
- 8月中 : ハードウェア部門と共有して体験の構築
- 9月上旬 : 各種調整に充てて本番へ向け準備

ハードウェア部門

- 6 月中 : 作成のための部品調達とカメラ型デバイスの作成
- 7 月中 : カメラ型デバイスと VR 空間のキャリブレーション, 送風デバイスの作成
- 8 月中 : ハードウェアの調整とビデオ撮影
- 9 月中 : 各種調整に充てて本番へ向け準備

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.f1manager.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.