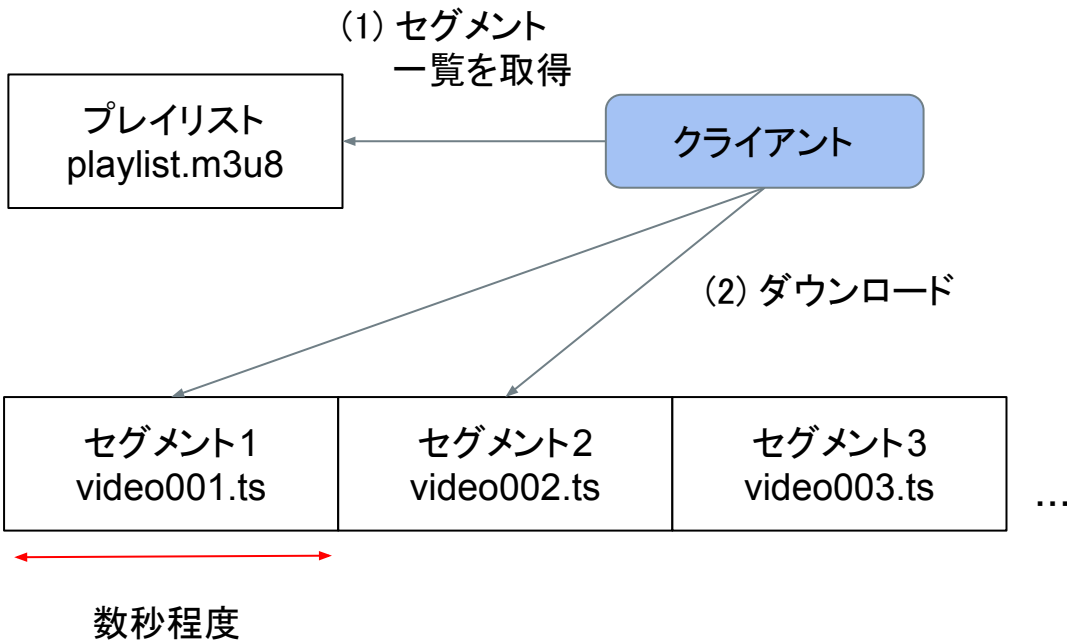


WebRTCによる低遅延ライブ配信

NTTコミュニケーションズ株式会社
イノベーションセンター テクノロジー部門
松下 正樹

- HTTPベースのライブ配信
 - 一般的には30秒～1分程度の遅延が生じる
 - 遅延を数秒程度に小さくする技術もある
- WebRTCによるライブ配信
 - 1秒未満の遅延を狙うことができる
- 低遅延ライブ配信のユースケース
- WebRTCとHTTPベースのライブ配信の違い
- 大規模な配信を実現するためのアーキテクチャ
- WebRTCによるライブ配信のメリット・デメリット



ファイルベースの配信技術
映像を数秒単位の小さな
ファイル (セグメント) に分割
セグメントのダウンロードを
順次繰り返す

セグメントの
秒数 × バッファする個数
で遅延が決まる

...

(例)
6秒のセグメントを5個バッファ
→ 30秒程度の遅延

- HTTPベースで低遅延ライブ配信を目指す技術
 - Low-Latency HLS
 - CMAF-ULL
- 遅延 \doteq セグメントの秒数 \times バッファする個数
 - バッファする個数を減らす
 - セグメントを細かく(短く)する
 - さらに細かい単位に分ける
(Chunked Transfer Encoding)
- 遅延を数秒程度まで小さくすることができる

- ブラウザでテレビ電話やWeb会議ができる技術
 - RTC = Real-Time Communication
 - 会話が成立するよう低遅延を追求
- Real-time Transport Protocol (RTP) ベース
 - IP電話やWeb会議で使われている技術
- 1秒未満の遅延を狙うことができる
 - 数秒程度の遅延でよい場合も余裕が持てる

Web RTC

- 2013年よりWebRTCプラットフォームSkyWayを開発者向けにトライアル提供
 - 通話やWeb会議などを簡単に実現できる
- 2017年より商用サービス提供開始
- 15,000のアプリ、14,000名の開発者、80万人のユーザーがSkyWayを利用（2020年10月現在）



Enterprise Cloud
SkyWay

住まうほん

テンフィートライト

www.10fw.co.jp



インターホンの呼び出しを家の中でも
外出先でも受け取れるスマホアプリ

遠隔作業支援

三菱ふそう



メカニック



テクニカル
インフォメーションセンター

ハンズフリーでアドバイスを受け
整備作業を効率化

CLINICS

MEDLEY clinics.medley.life



オンライン診療が受けられる
スマホアプリ

OLECO

スタディラボ oleco.jp

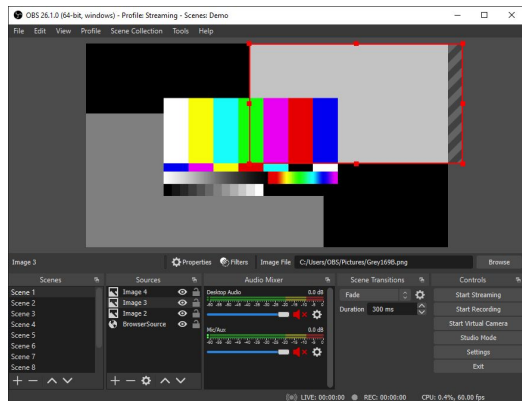


学習塾向けのオンライン英会話

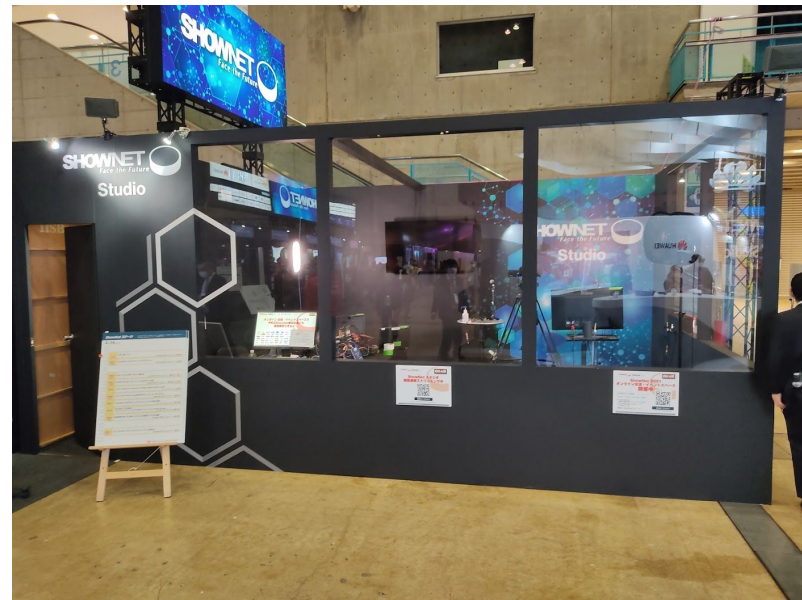
- SkyWayを配信用途で検討いただくケースが増加
- SkyWayでは数十人程度への配信が限界
 - あくまで通話や会議を想定
- 配信に特化したシステムとしてSmart vLiveを開発
 - 数～数十万人規模の配信に対応
 - ライブ配信用の機器・ソフトに対応

- 1秒未満の遅延で映像を配信できるプラットフォーム
- ブラウザで視聴可能
 - アプリのインストールは不要
 - Chrome, Firefox, Safari, Edgeに対応
- アダプティブ・ビットレート (ABR)
 - NWの状況に応じて最適な画質に自動切り替え
- マルチアングル配信
 - 複数の映像を同期させて配信できる

- 配信者の環境について
 - ライブ配信で標準的なRTMPに対応
 - 映像: H.264 音声: AACに対応
 - OBS、ATEM mini PRO、LiveShell、LiveUなど主要な配信ソフト・機器に対応

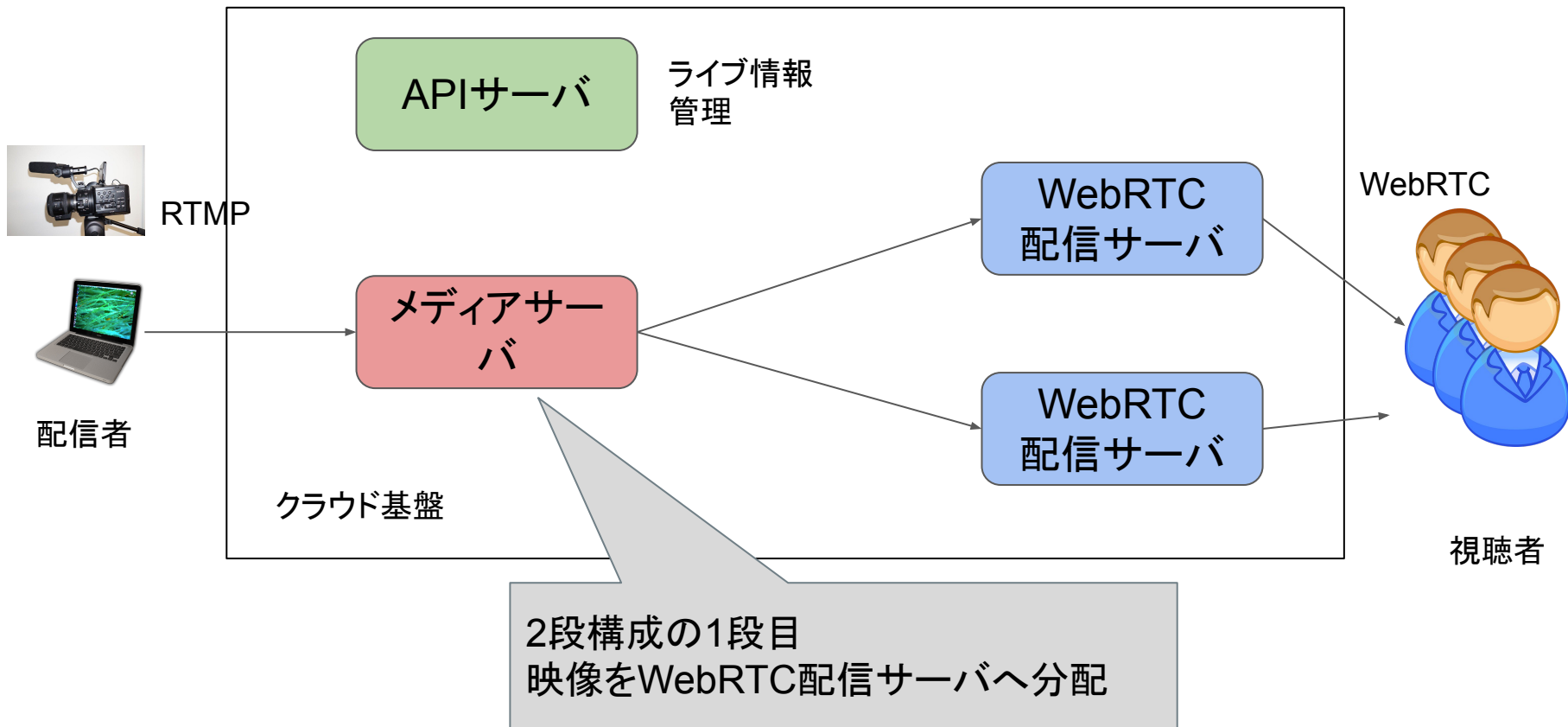


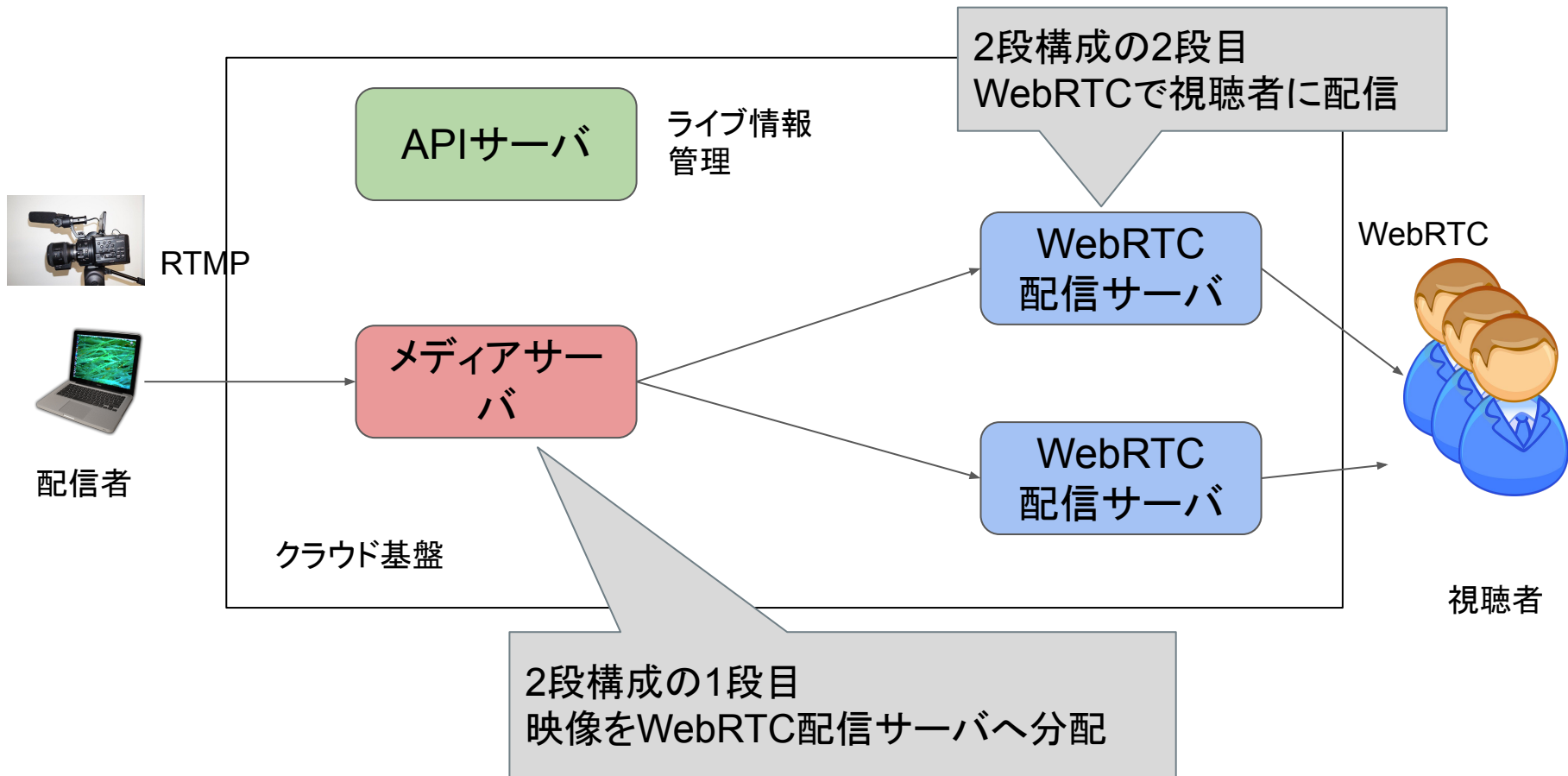
- 東京ドーム・巨人戦でのマルチアングル配信技術実証
- サンボマスター 真 感謝祭 ～ホール&レスポンス～
- Interop 2021 ShowNetステージ など



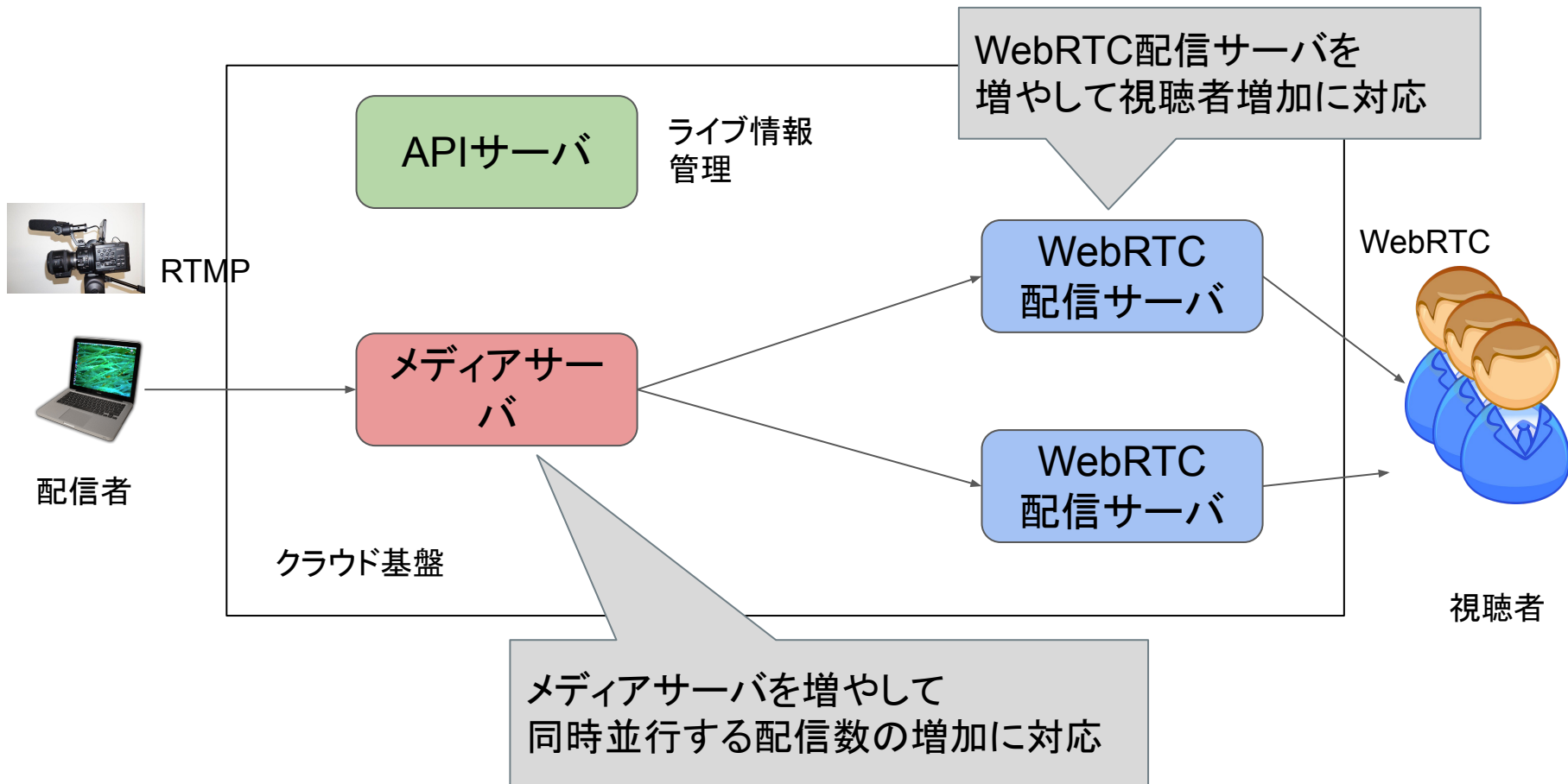
- 音楽ライブ・ストリーマー・e-Sports
 - テンポよく双方向のやりとりが可能
- スポーツ観客向けマルチアングル配信
 - 観客が好きなアングルを選んで鑑賞
 - 目の前の試合から遅れてはいけない
- オークション・会議・記者会見・セミナー
 - 遅延があると入札や進行に支障がある
- 同時通訳
 - 専用レシーバーがなくてもスマホで聞ける
- リアルタイム性や双方向のやりとりが必要なケースで活用できる

- 低遅延ってそんなに必要？
 - ニッチなケースでしか使われないと考えていた
 - 作ってみたところ意外と需要があった
- 企画の内容を踏まえて要件を検討すべき
 - 一方的な配信であれば遅延は問題にならない
- ライブ配信に遅延があること自体を知らない人も
 - 低遅延でないと成立しない企画であることに気づいていないケース
 - 「電話みたいにすぐ届くんじゃないんですか？」と言われたことも





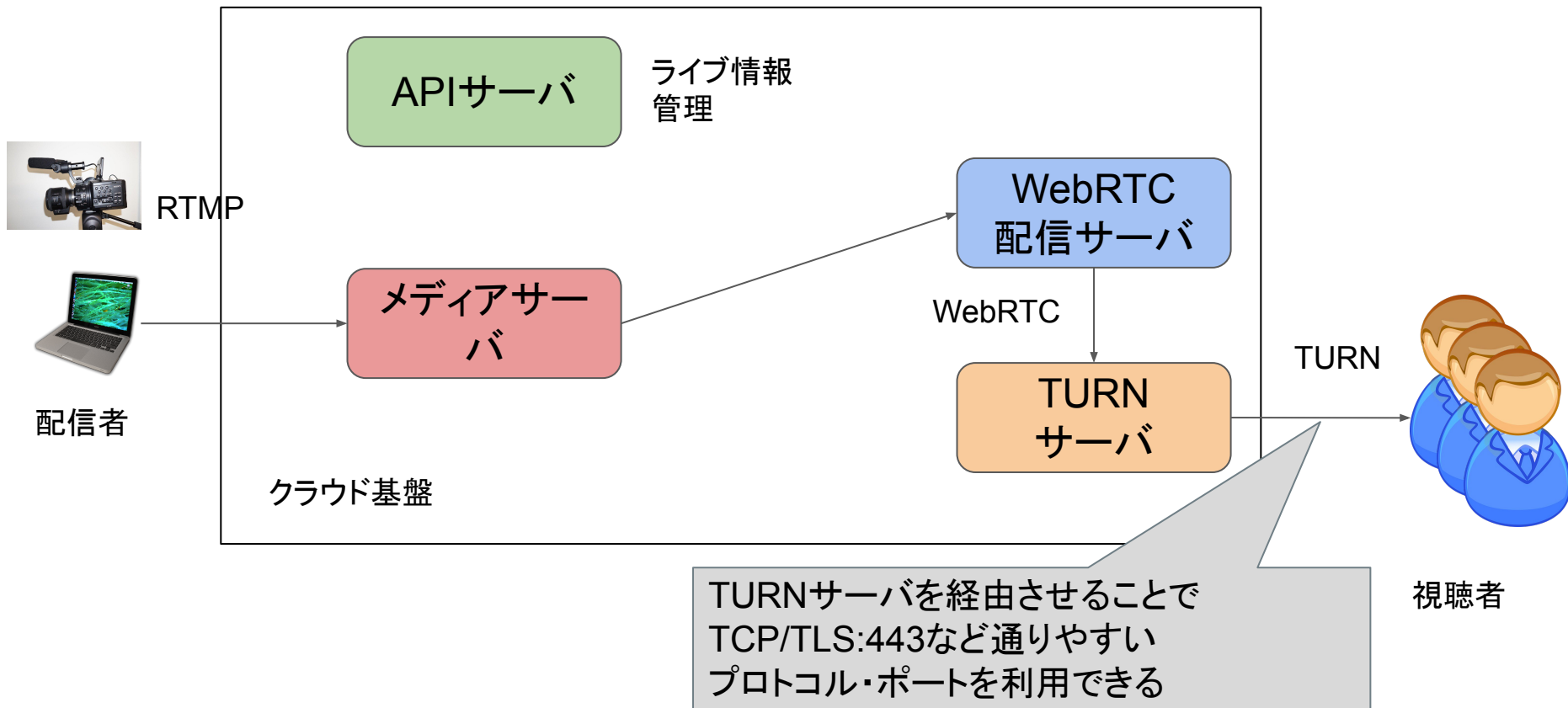
システム概要: スケーラビリティ



- HTTP
 - 映像ファイルをHTTPで逐次ダウンロード
 - CDNを利用可能
- WebRTC
 - RTPベースの技術でUDPによる通信
 - 一般的なCDNは利用不可
 - スケーラビリティに課題
 - Smart vLiveでは2段構成を採用
 - ネットワーク要件が特殊
 - 接続性に課題

- UDPで広い範囲から選択したポートを使用
- 一般家庭の環境では問題ないことが多い
- 企業や学校などの環境で課題
 - 通信できるポートを制限している場合は直接の通信は難しい
- 通信を中継して接続性を高める
 - TURNサーバ

- WebRTCの通信を中継してくれるサーバ
- UDP・TCP・TLSを利用可能
- 使用するポートを固定できる
 - FWなどで通信を許可しやすい
- HTTPプロキシも場合によっては透過可能
 - 負荷については検討が必要
- 視聴者の数%～十数%程度がTURN経由
- それでも通信できない場合も
→ HTTPベースのライブ配信との併用も選択肢



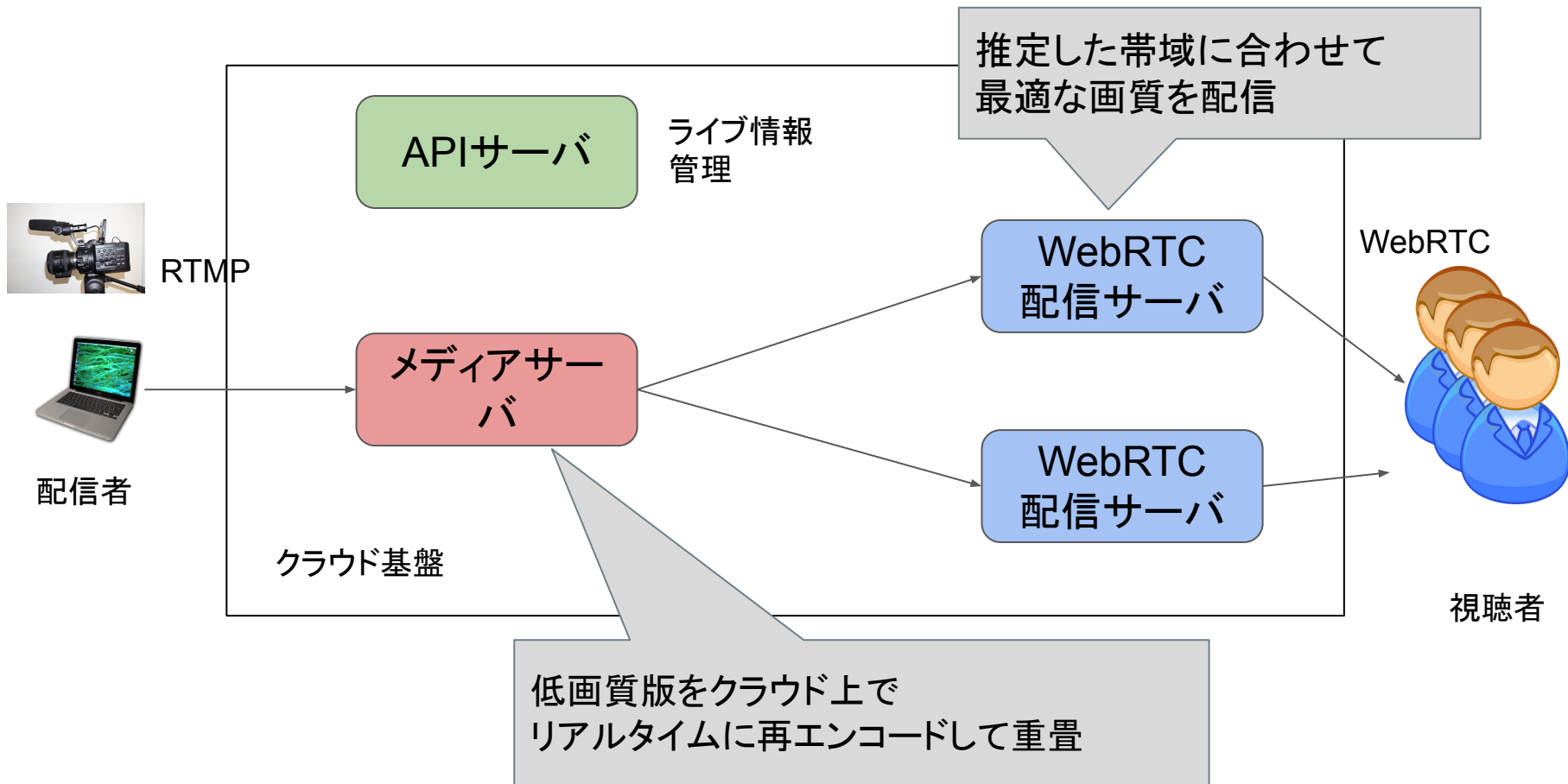
- アップロードに用いられるコーデック
 - 映像: H.264 (H.265)
 - 音声: AAC
- WebRTCで利用できる主なコーデック
 - 映像: H.264・VP8・VP9
 - 音声: Opus
- WebRTCを使ったライブ配信では
 - 映像: H.264
 - 音声: AAC → Opusに再エンコードが必要

- HTTP: パケットロスはTCPにより回復
- WebRTC: 通常はUDPを利用
 - パケットロスへの対処
 - RTPベースの再送 (RTX)
 - 音声コーデックOpusの誤り訂正 (FEC)
- 低遅延と安定性はトレードオフ
 - 低遅延を求めれば安定性はある程度犠牲になる
 - それに見合うメリットがあるか
 - 企画段階で十分な検討が必要

- UDPでどうやって再送を行っているのか？
- RTP Control Protocol (RTCP)
 - RTPを制御するためのプロトコル
- Receiver Reports
 - 受信者が送信者にフィードバックを送る
- WebRTCで主に用いられるフィードバック
 - NACK
 - パケットロスを検知して再送を要求
 - Picture Loss Indication (PLI)
 - 映像のキーフレーム要求
 - 配信用途では対応が難しい

- 視聴者のNW環境に応じて最適な画質を配信する
 - 安定した配信には必須の技術
- HTTPでのABR
 - 複数の画質でセグメントを用意しておく
 - 状況に応じて参照するセグメントを切り替える
 - クライアントが主体
- WebRTCでのABR
 - 複数の画質でストリームを用意しておく
 - ブラウザ (視聴者)との間で利用可能な帯域を推定
 - 推定した結果に応じて流すストリームを切り替える
 - 配信サーバが主体

Smart vLiveでのアダプティブ・ビットレート



- メリット
 - 1秒未満の遅延を狙うことができる
 - RTPベースでありながらブラウザで利用可能
- デメリット
 - UDPを利用するなどNW要件が特殊
 - 企業NWなどでは視聴できないケースがある
 - 環境によっては安定性の確保が難しい
 - 回線やWiFiが貧弱なケース
 - 低遅延と安定性はトレードオフ
 - 追っかけ再生 (DVR)も難しい
 - 他の技術の併用も選択肢のひとつ

- WebRTCを用いたライブ配信
 - 1秒未満の遅延を狙うことができる
- 低遅延ライブ配信のユースケース
 - 双方向のやりとりがある場合
 - リアルタイム性が必要な場合
- WebRTCによるライブ配信
 - HTTPベースの技術とはかなり異なる
 - 特徴をよく理解して技術選定する必要がある
- 企画段階での十分な検討が成功につながる
 - 低遅延と安定性はトレードオフ