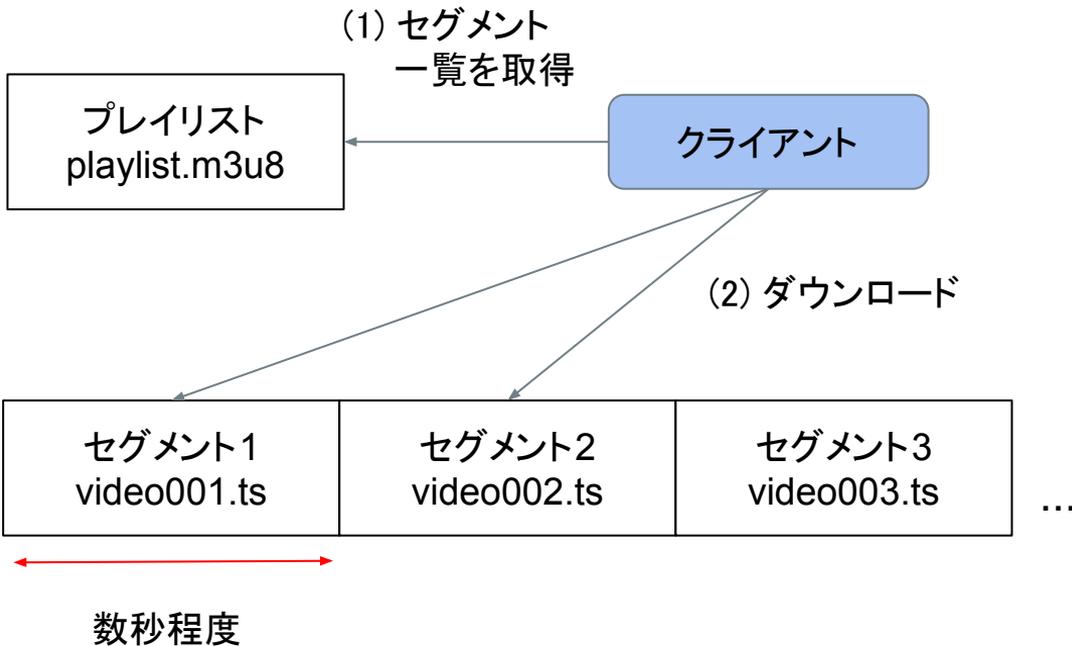


# WebRTCによる低遅延ライブ配信

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）



## 住まうほん

テンフィートライト

[www.10fw.co.jp](http://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](http://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](http://oleco.jp)

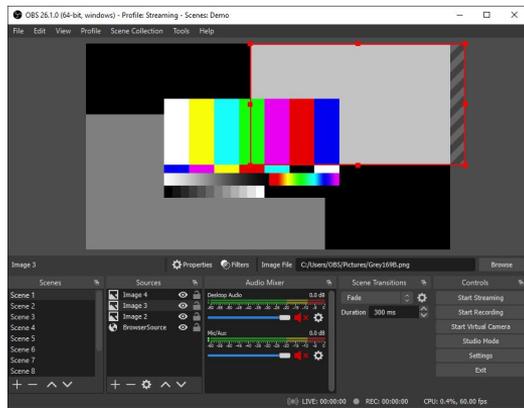


学習塾向けのオンライン英会話

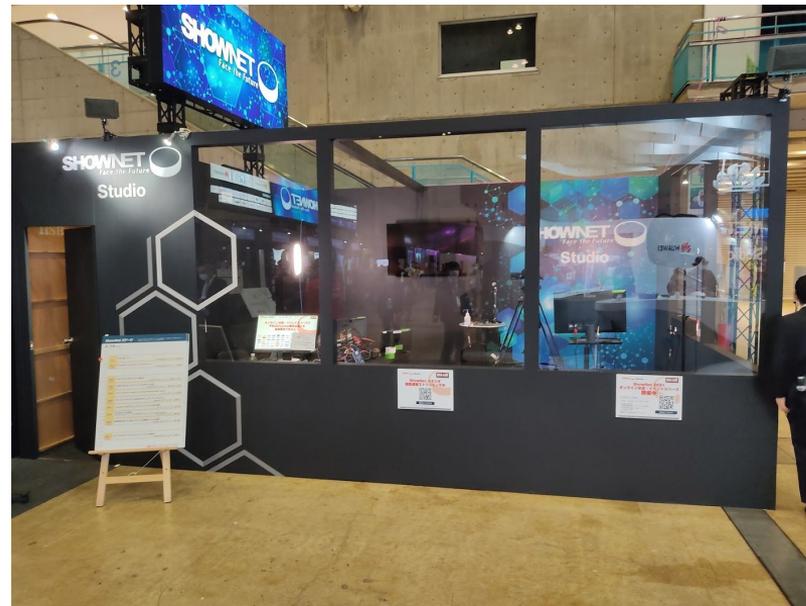
- SkyWayを配信用途で検討いただくケースが増加
- SkyWayでは数十人程度への配信が限界
  - あくまで通話や会議を想定
- 配信に特化したシステムとしてSmart vLiveを開発
  - 数～数十万人規模の配信に対応
  - ライブ配信用の機器・ソフトに対応

- 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

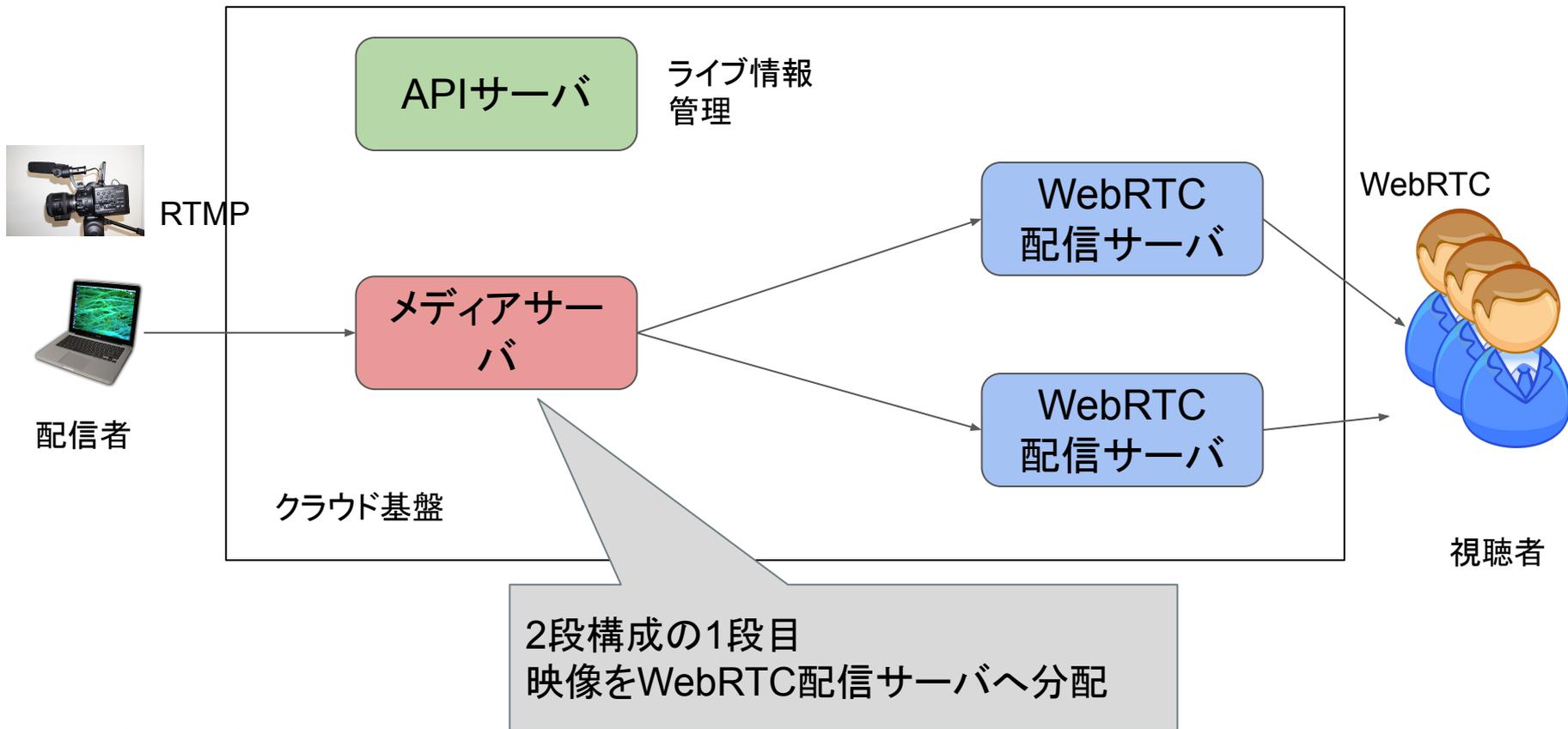


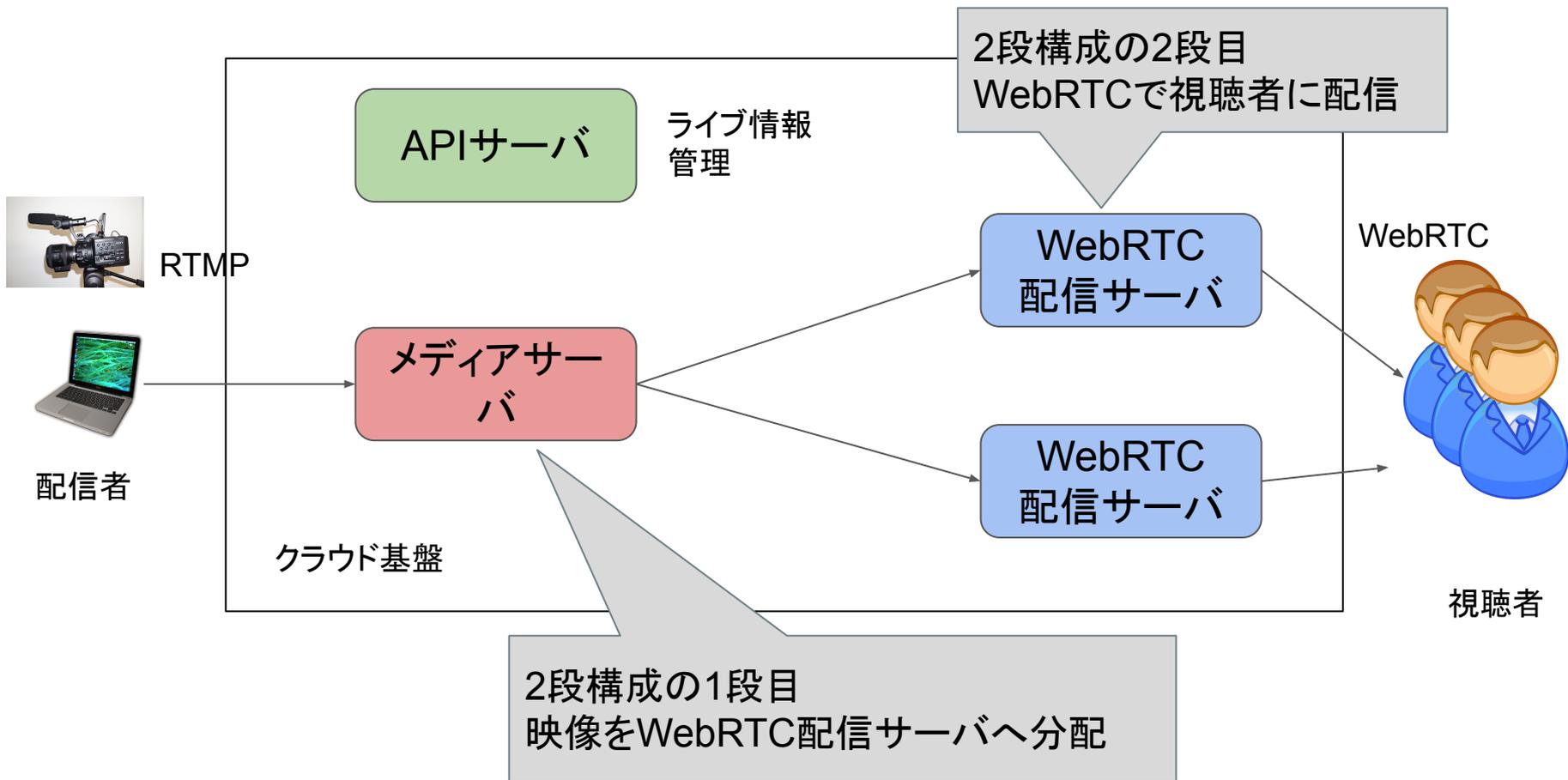
- 東京ドーム・巨人戦でのマルチアングル配信技術実証
- サンボマスター 真 感謝祭 ～ホール&レスポンス～
- Interop 2021 ShowNetステージ など



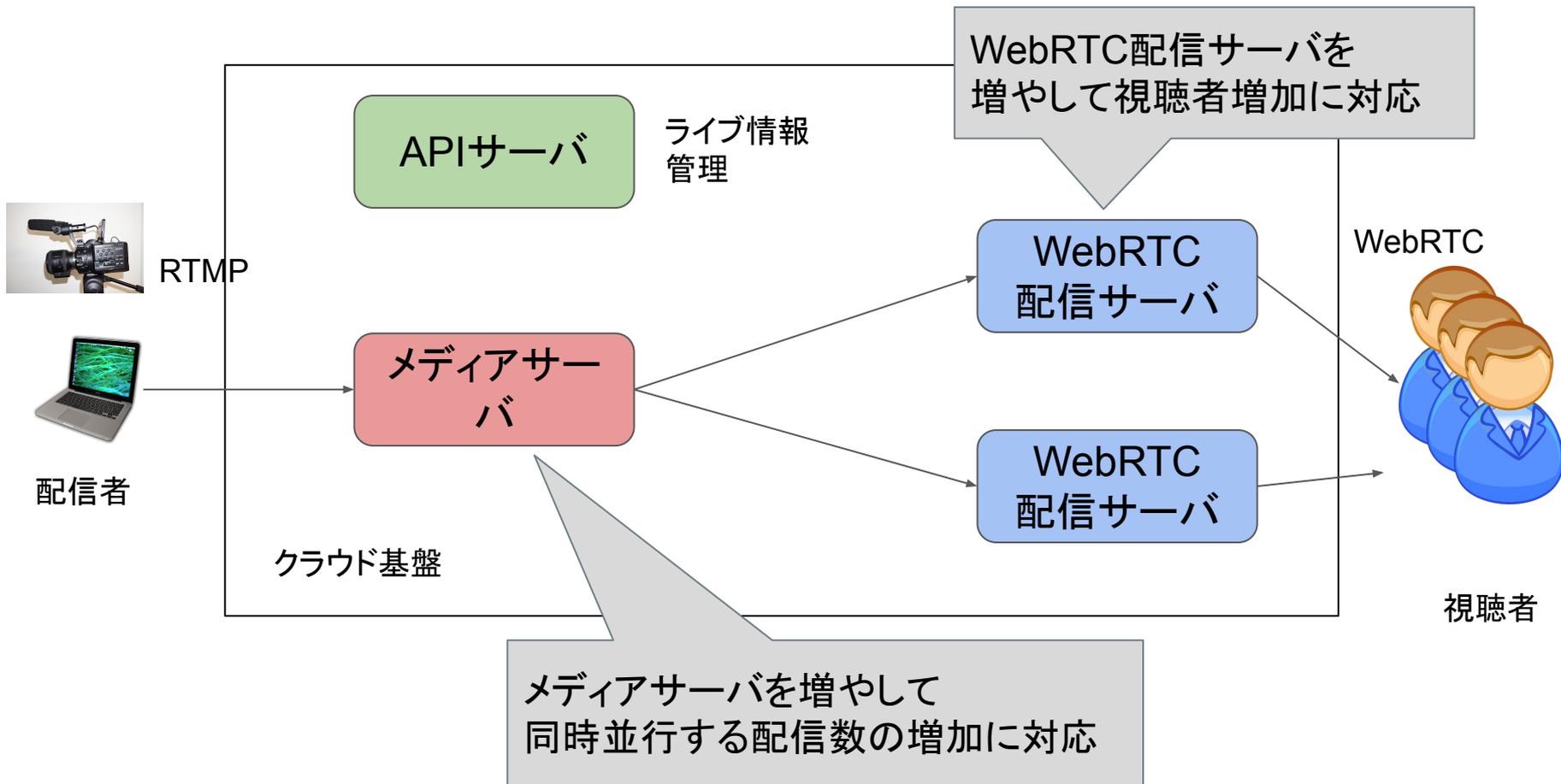
- 音楽ライブ・ストリーマー・e-Sports
  - テンポよく双方向のやりとりが可能
- スポーツ観客向けマルチアングル配信
  - 観客が好きなアングルを選んで鑑賞
  - 目の前の試合から遅れてはいけない
- オークション・会議・記者会見・セミナー
  - 遅延があると入札や進行に支障がある
- 同時通訳
  - 専用レシーバーがなくてもスマホで聞ける
- リアルタイム性や双方向のやりとりが必要なケースで活用できる

- 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





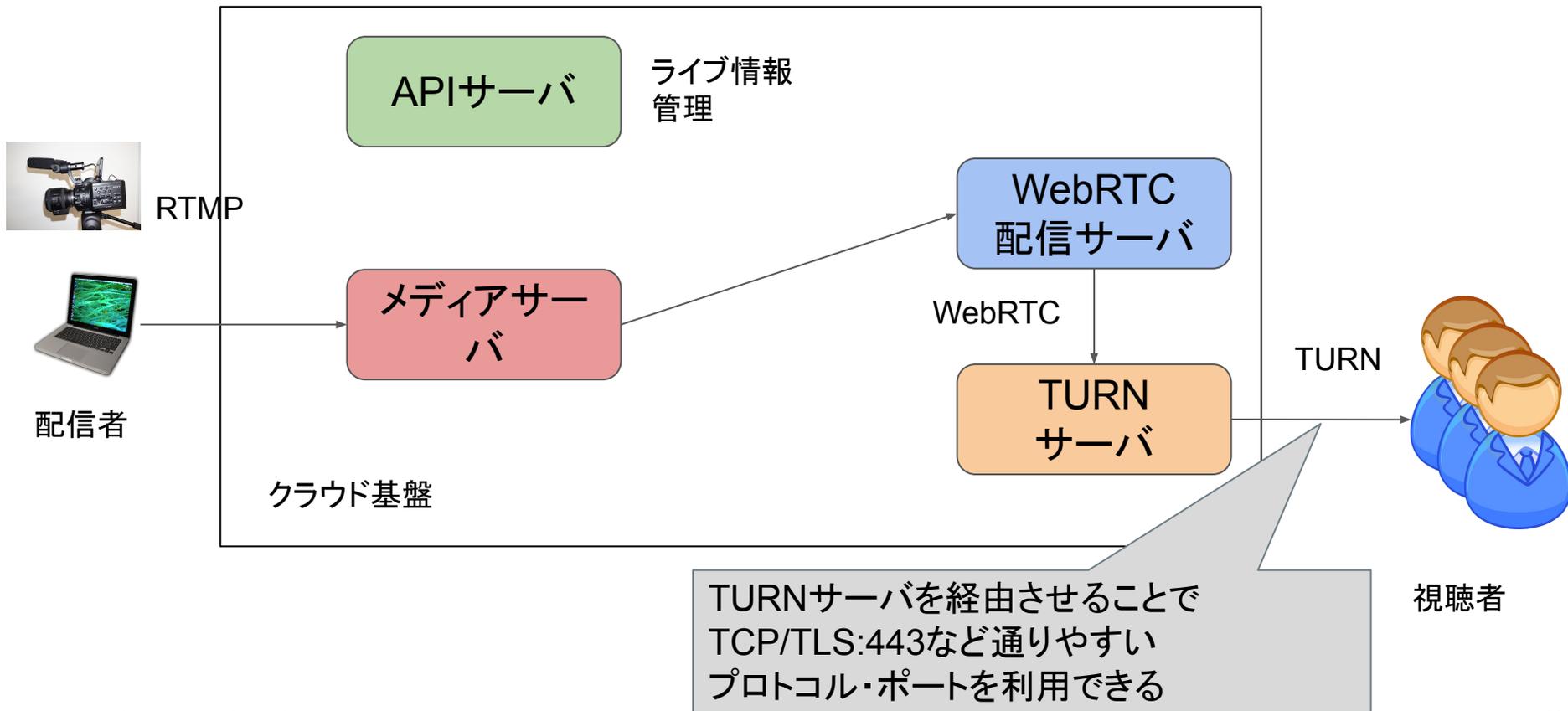
# システム概要: スケーラビリティ



- 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



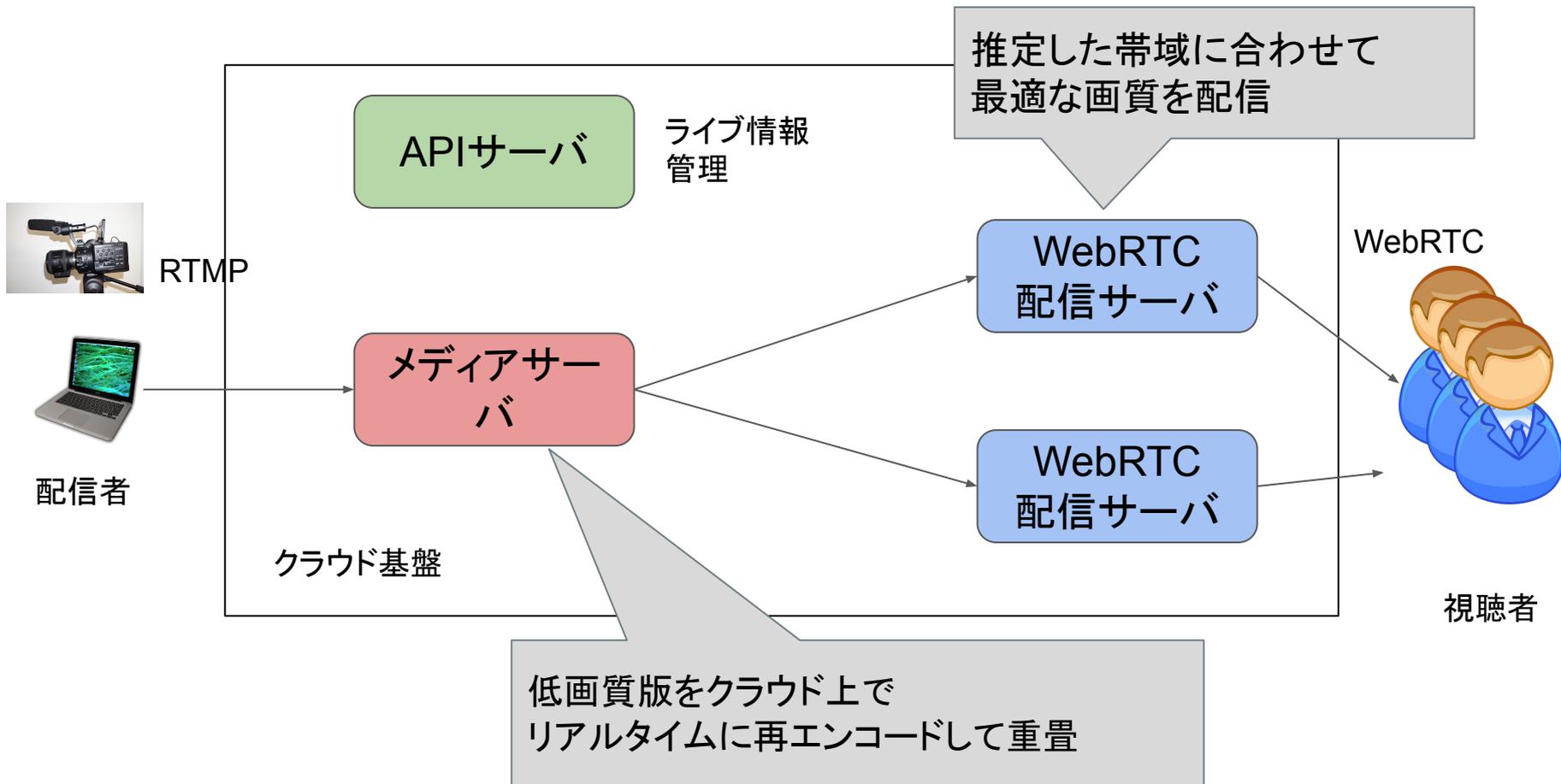
- アップロードに用いられるコーデック
  - 映像: H.264 (H.265)
  - 音声: AAC
- WebRTCで利用できる主なコーデック
  - 映像: H.264・VP8・VP9
  - 音声: Opus
- WebRTCを使ったライブ配信では
  - 映像: H.264
  - 音声: AAC → Opusに再エンコードが必要

- 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