

NTT-ATの5つのビジョン。



ハードウェア搭載トラフィック監視システムを用いた 映像配信サービスの品質監視の検討

2021年10月15日

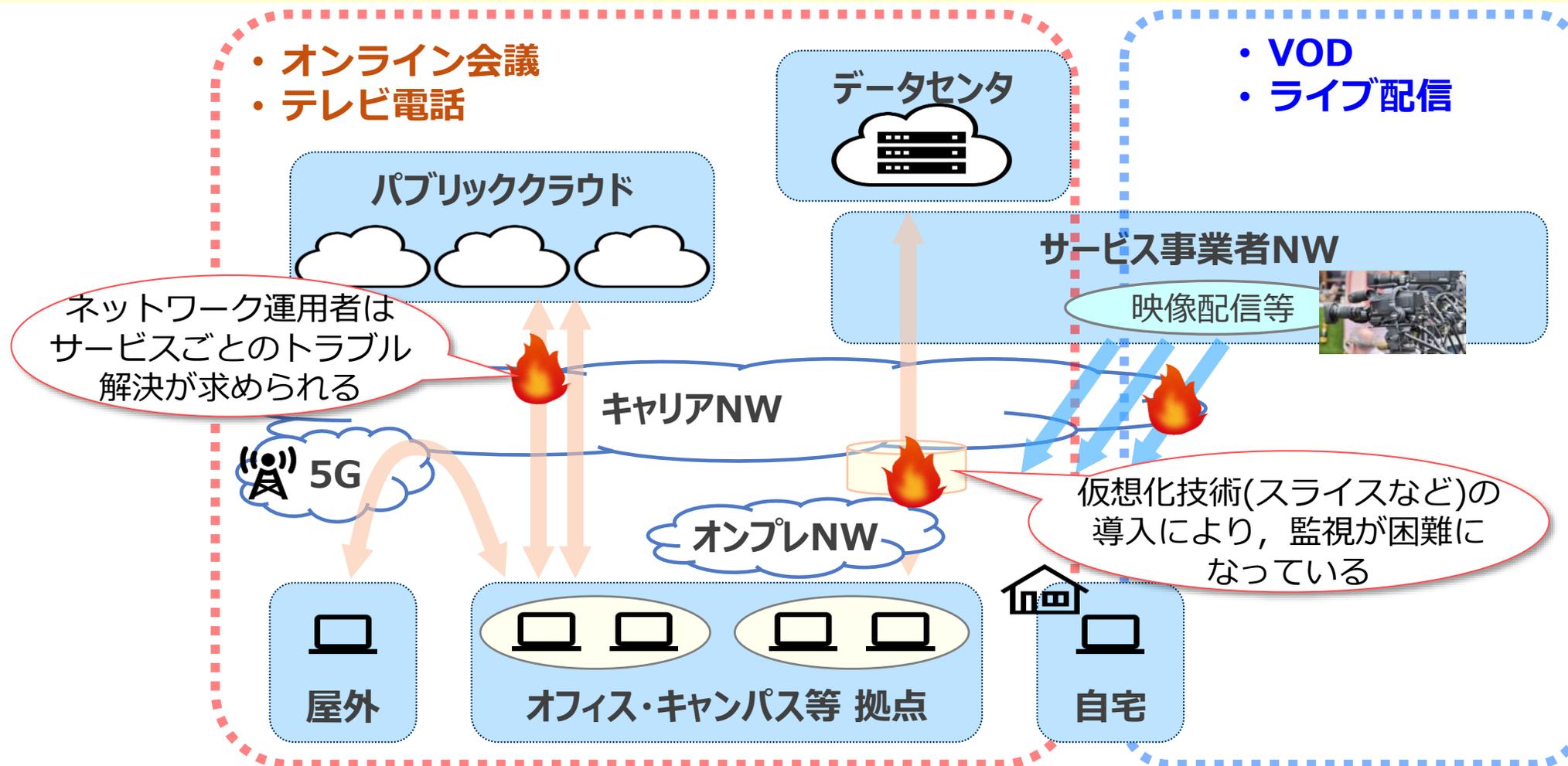
○右近 祐太・環 大介・橘 智一・片山 勝・瀬社家 光・
高野 悠生・栗原 龍之典・古川 英史

NTTアドバンステクノロジー株式会社



背景

- 映像に関するクラウドサービスが普及し、サービス品質の把握やトラブルの早期発見・解決が課題になっている
- ネットワーク運用者にもサービスレベルのクレーム対応が求められる**
 - 映像が映らない、乱れる、遅延する等





映像トラフィックの監視

一般的なNW監視

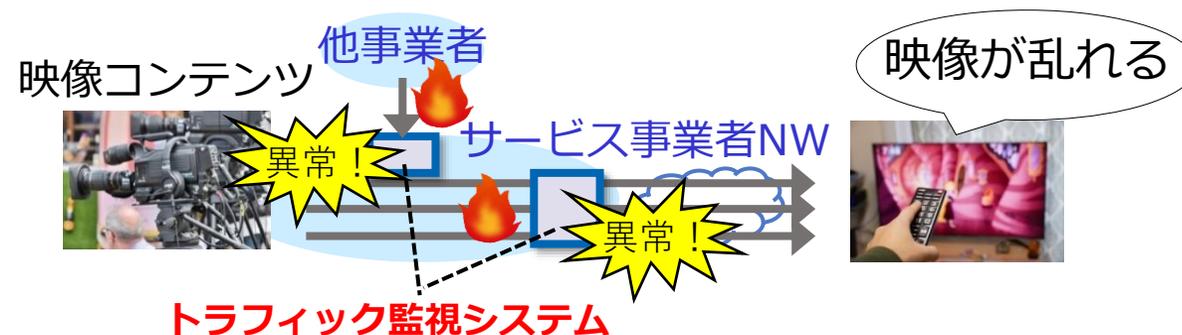


従来監視(SNMP/xFlow)では異常を発見できない

- ネットワーク機器のポート単位の監視では、サービスレベルの異常検出は困難
- パケットサンプリングによる監視は、サービスの状態を正確に反映しない



提案



- 映像トラフィック（フロー）単位、かつパケット全数を監視することで異常なサービスを特定
- 問題箇所を迅速に発見することで、**サービス品質を向上**や**ユーザ申告時の解析TATの削減**に期待

ハードウェア搭載トラフィック監視システム用いた映像配信サービスの品質監視



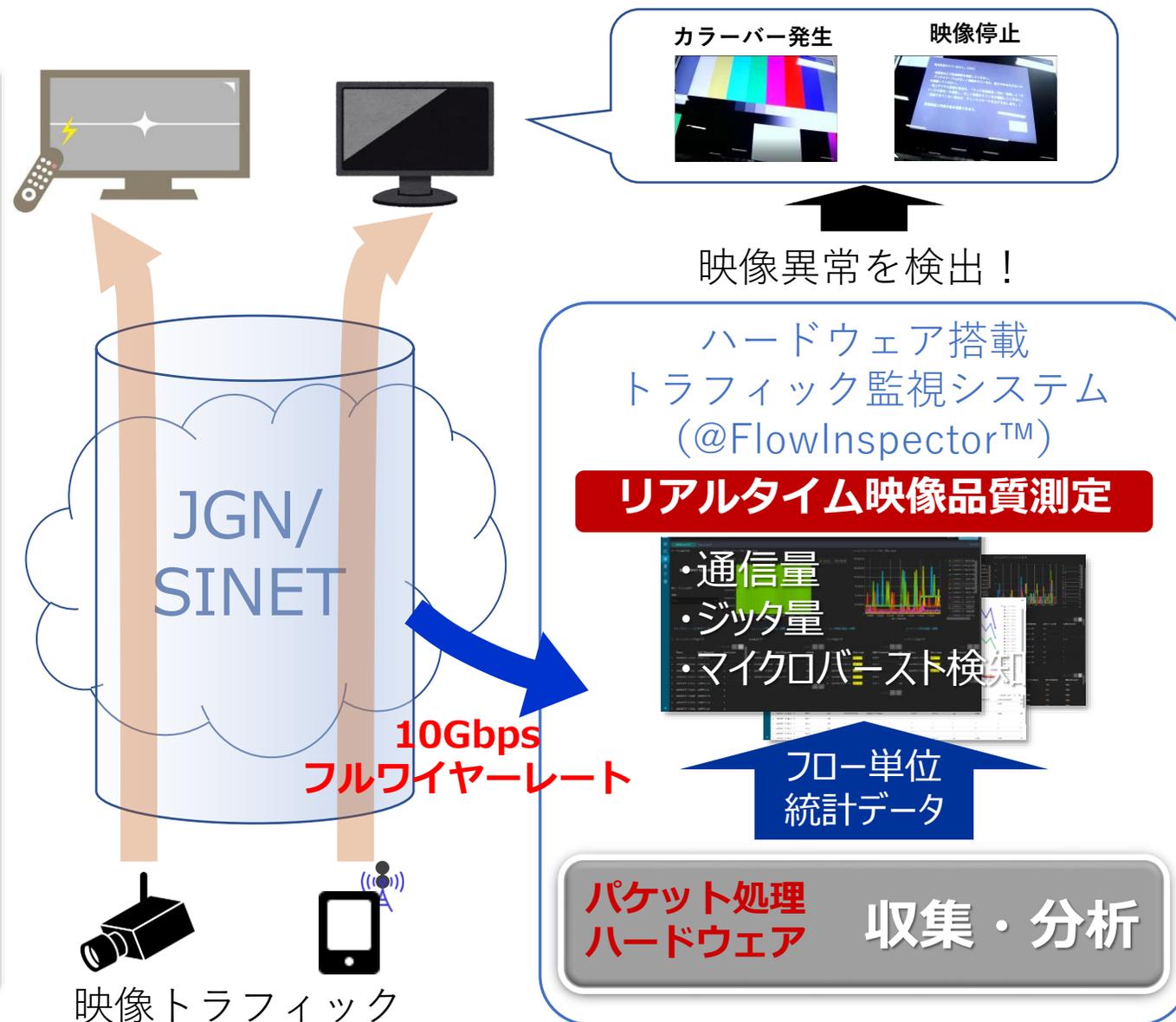
研究目的
映像配信サービスの品質低下をネットワークレベルで検出し、ネットワーク運用者によるトラブルの発見・切り分けを可能にする

トラフィック監視システムに求める要件

- ・大容量NWに適用可能
- ・仮想ネットワークに対応
- ・リアルタイム監視
- ・パケット全数解析
- ・フロー単位の統計データ集計
- ・通信量, ジッタ量, マイクロバースト検知などの複数の統計解析機能



ハードウェア(FPGA)を用いてフルワイヤレートのパケット処理を行うトラフィック監視システム「FlowInspector™」による品質監視を検討





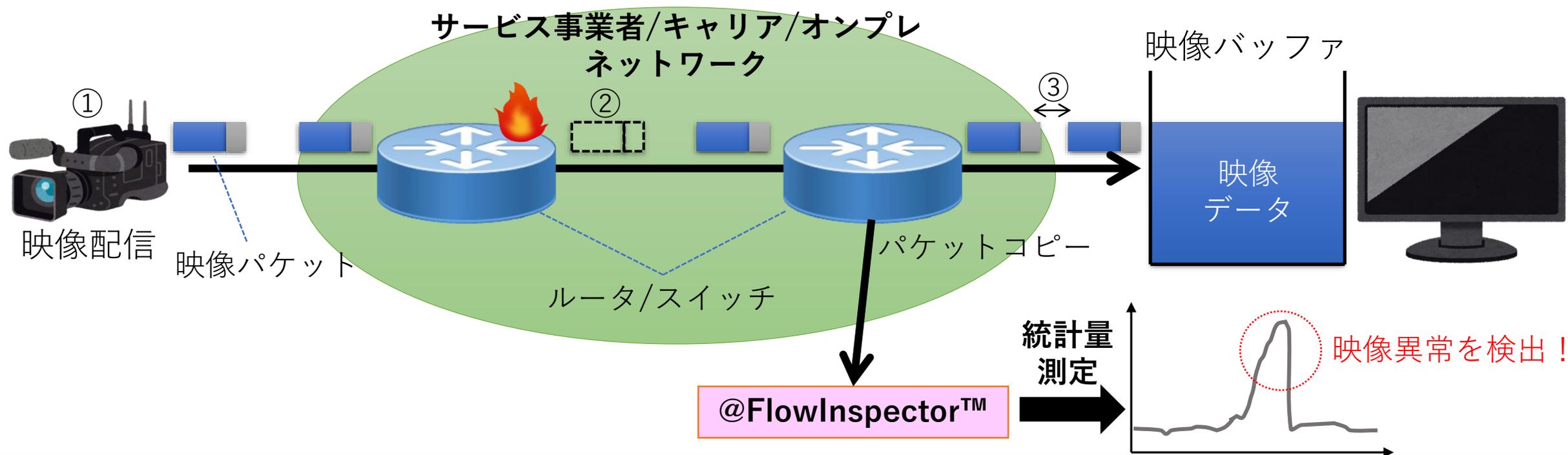
映像異常検出方法① –トラフィック統計情報–

- ネットワークを通過する過程でトラフィック量が時間変化したり、パケットが欠落したりする
⇒映像バッファが溢れたり、枯渇することで映像を表示できない
- 時間あたりの通信量/ジッタの異常を検出することで、映像への影響を推定可能**

想定する映像異常の原因

- ① 映像が正常なレートで送信されない
- ② ネットワーク機器の異常により、パケットがドロップ
- ③ 複数のネットワーク機器を通過する過程でパケット間隔が変化

映像バッファに十分な映像データが溜まらず、表示できない



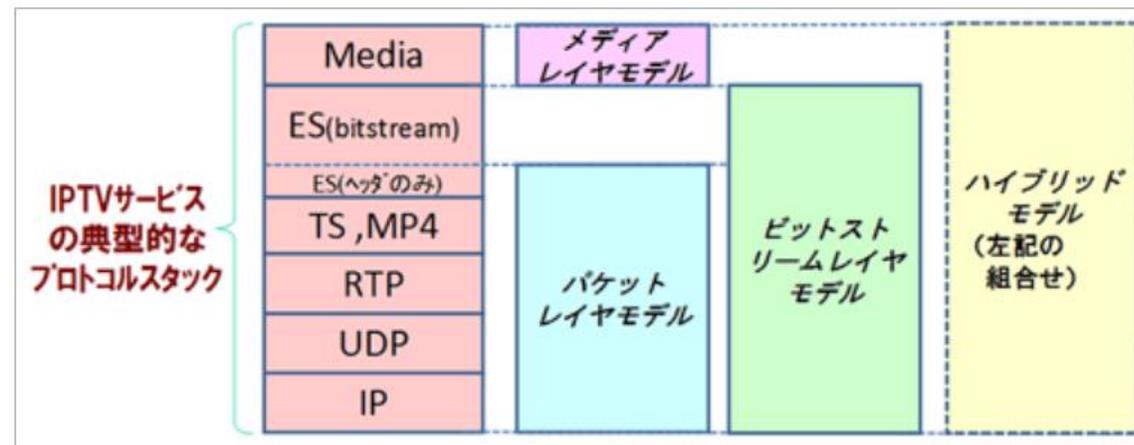


映像異常検出方法② – 映像品質評価モデル –

- 標準化団体において映像品質の客観評価モデルが検討されている
- パケットレイヤモデルは映像情報（L7）を使わずに映像品質の評価が可能**

トラフィック監視システムで評価可能

分類	メディアレイヤモデル	パケットレイヤモデル	ビットストリームモデル	ハイブリッドモデル	プランニングモデル
入力	映像画素信号	パケットヘッダ情報	パケットヘッダ・ペイロード情報	左記の組合せ	ネットワークや端末の品質設計・管理パラメータ
用途	符号化品質管理 端末機器の性能比較	エンド端末組込型ユーザ品質管理 品質劣化要因切り分け	コンテンツ属性を加味した品質管理 (利用シーン/取得可能な品質情報に応じてモデルを使い分ける)		机上のサービス品質設計・管理
技術一覧	<ul style="list-style-type: none"> ITU-T J.144 (SDTV, FR) ITU-T J.247 (QCIF-VGA, FR) ITU-T J.246 (QCIF-VGA, RR) ITU-T J.249 (SDTV, RR) ITU-T J.341 (HDTV, FR) 	<ul style="list-style-type: none"> IETF RFC4445 MDI ITU-T P.NAMS (検討中) 	<ul style="list-style-type: none"> ITU-T P.NBAMS (検討中) 	<ul style="list-style-type: none"> ITU-T J.bitvqm (検討中) 	<ul style="list-style-type: none"> ITU-T G.1070 (TV電話サービス用) ITU-T G.OMVAS (検討中)



映像品質の客観評価法
https://www.rd.ntt/nt/qos/technology/visual/02_4_2.html



Media Delivery Index (MDI)

- 2種類のコンポーネント (DF , MLR) で構成されるパケットレイヤモデルの指標※
- ネットワーク統計情報 (パケット数, パケットバイト数) を用いて計算できる
- 映像品質の低下に関する指標であり, システムの余裕度を示す

※J. Welch et.al, RFC4445

$$MDI = (DF, MLR)$$

遅延係数：映像バッファのドレインにかかる時間

$$DF = \frac{\max(\Delta) - \min(\Delta)}{MR}, \quad \Delta = \left| \sum_i S_i - MR \times T \right|$$

バッファ入力量
バッファ出力量

記号凡例

S	パケットバイト数
MR	メディアレート
T	時間間隔
P	想定パケット数
P_{recv}	受信パケット数

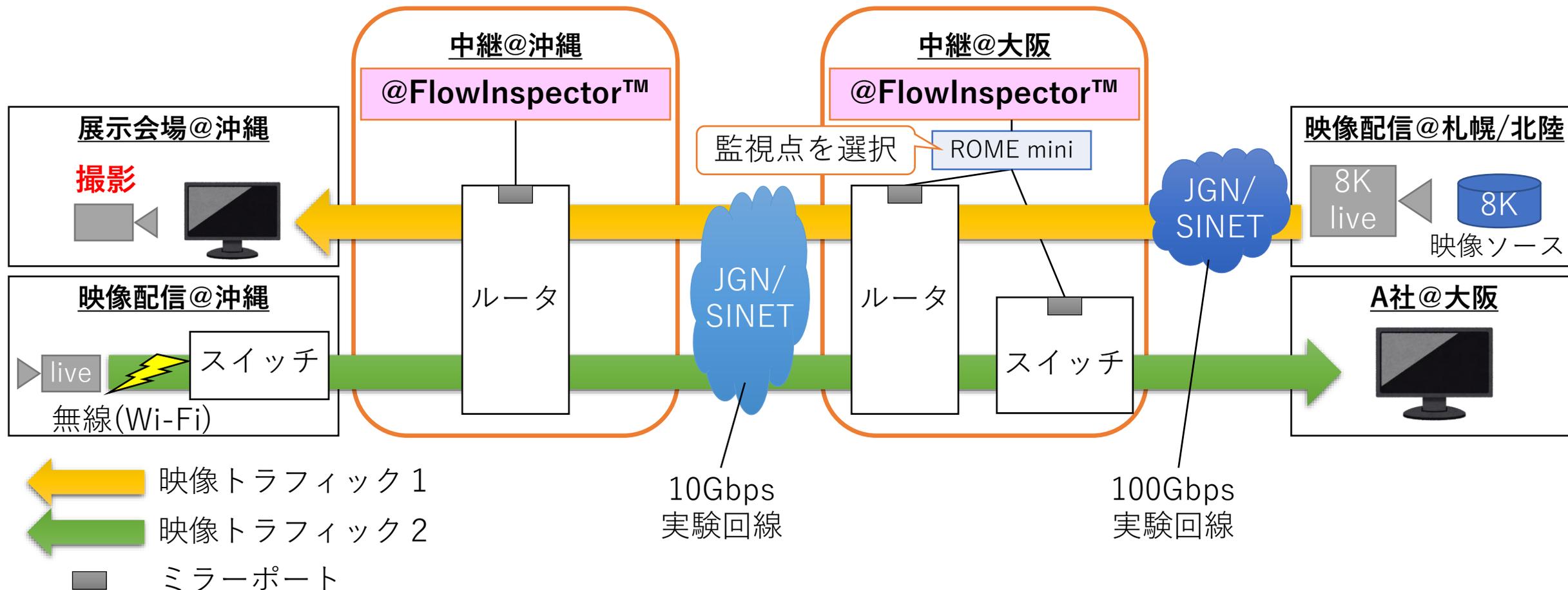
メディア損失率：映像データ損失の指標

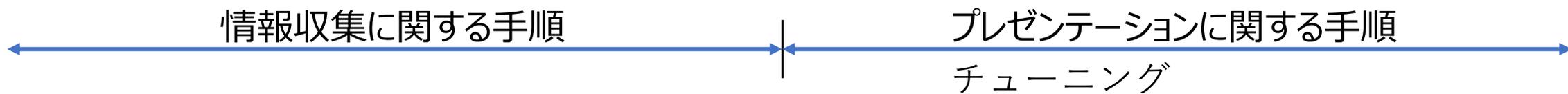
$$MLR = \frac{P - P_{recv}}{T}$$



実験構成

- 大阪と沖縄の中継地点に@FlowInspectorを設置し、2種類の映像トラフィックを監視
- 光配線切替ロボット「ROME mini」を利用して監視ポイントを切り替え、適切なポイントでトラフィックを監視した





手順



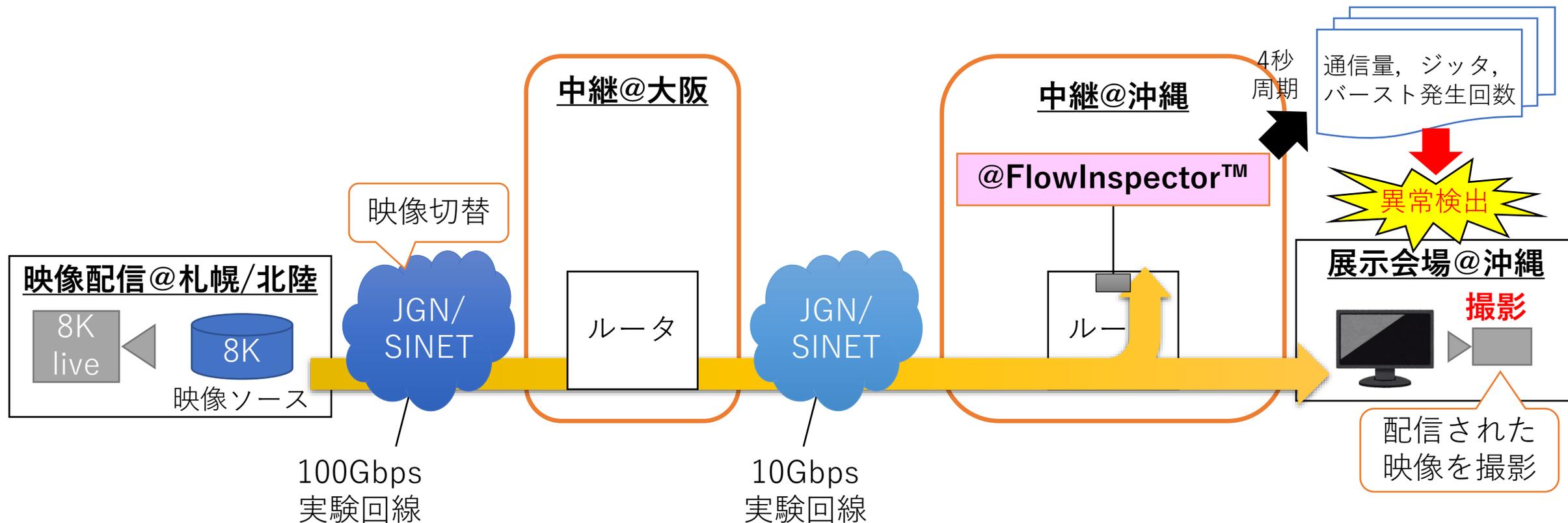
概要	<ul style="list-style-type: none"> 監視点の決定 	<ul style="list-style-type: none"> パケット構造をハードウェア (FPGA) に設定 	<ul style="list-style-type: none"> 監視ルール登録 	<ul style="list-style-type: none"> 異常検出の閾値, ジッタの分解能を設定 	<ul style="list-style-type: none"> トラフィックの平均通信量/ジッタを評価 	<ul style="list-style-type: none"> フロー単位でトラフィックを監視
実験準備	ROMEminiを用いて監視点を切り替え	Wiresharkを用いてパケットを解析し, 構造をFPGAに設定	映像トラフィックを登録	プレ測定の結果をマイクロバースト検出の閾値とジッタの分解能に反映		トラフィック統計情報を解析し, 映像異常を検出

MMT over UDP
に対応



実験① -トラフィック統計情報を用いた映像乱れの検出-

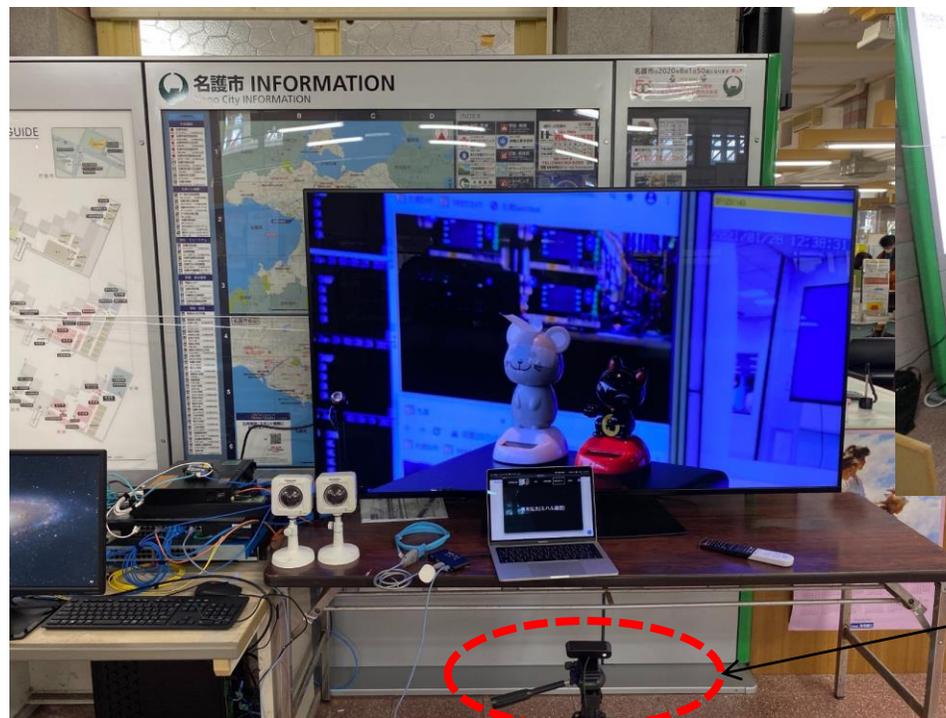
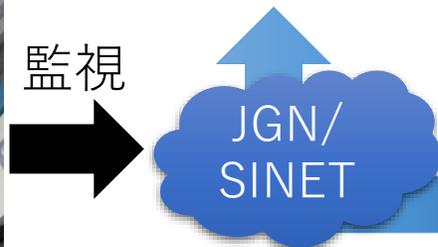
- 映像切替が行われる映像トラフィックを沖縄中継地点で監視，配信された映像を展示会場で撮影し，トラフィック統計情報と映像を比較した
- 監視対象の通信量，ジッタ，マイクロバースト発生回数の異常から映像乱れを検出できることを確かめた





展示会場

沖縄中継地点にて
映像トラフィックを監視



配信された
映像を撮影

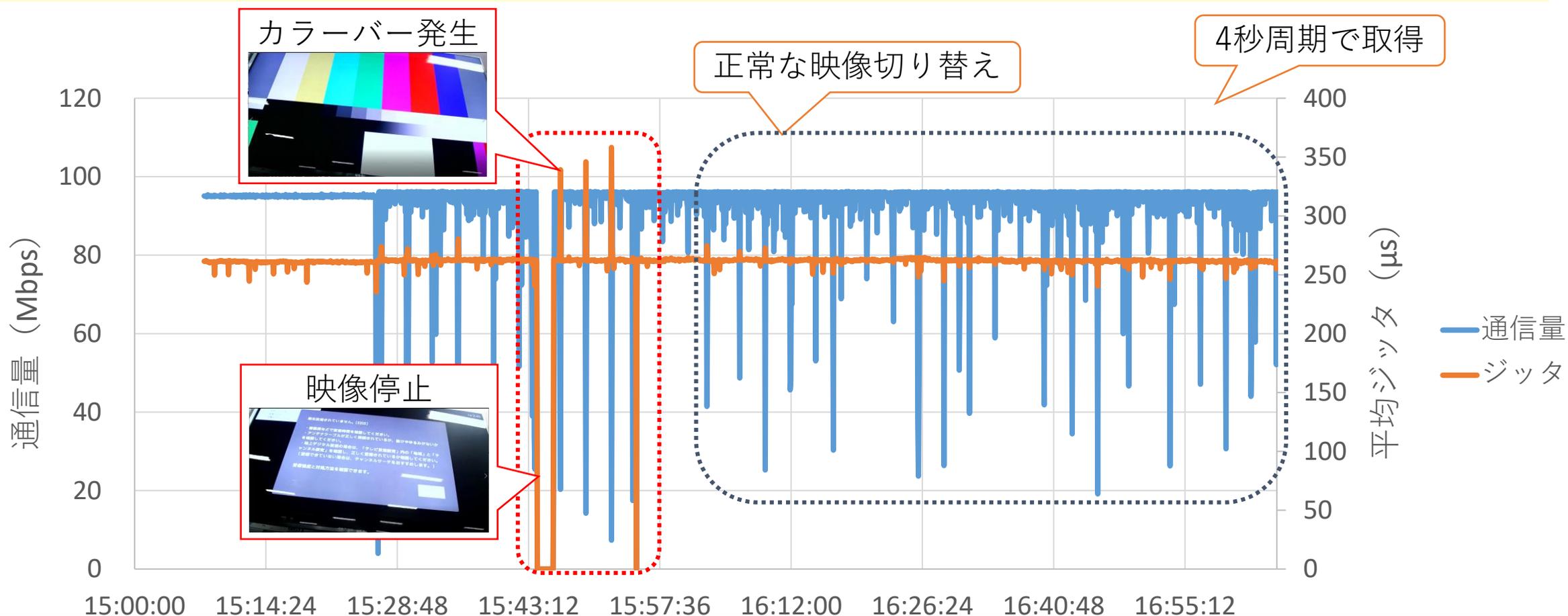
素材の撮影





実験①の結果

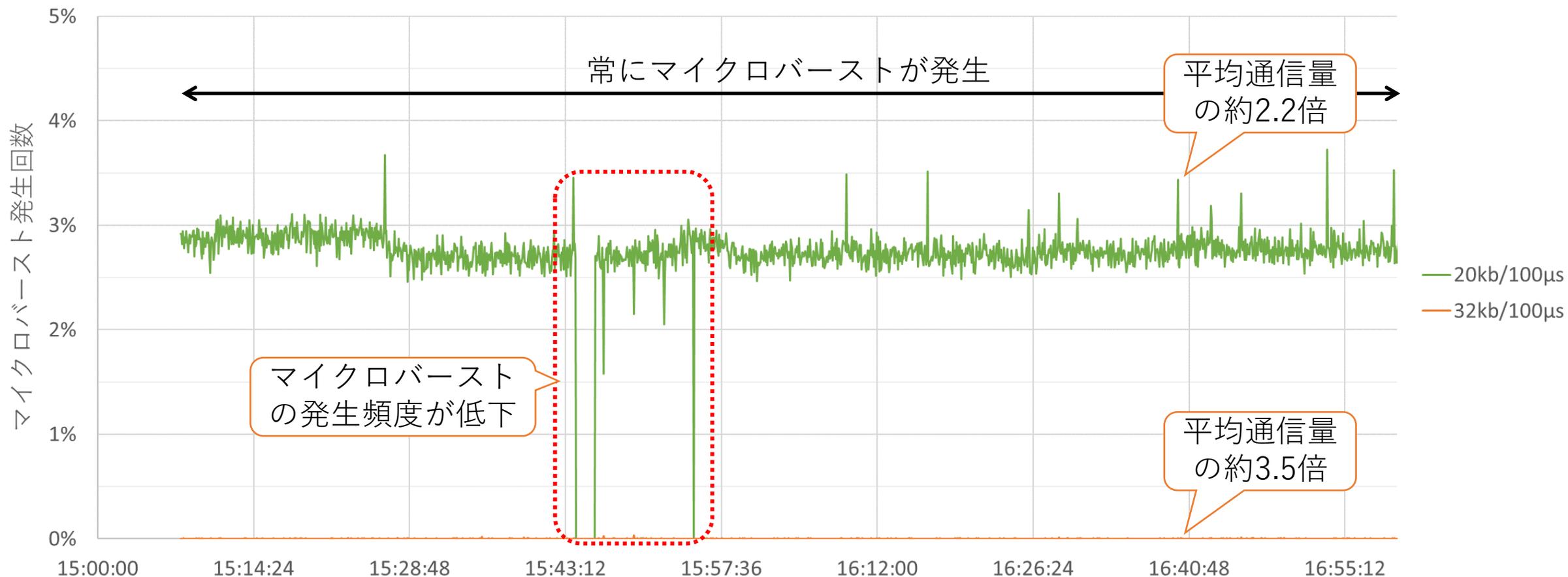
- 短い周期で通信量を取得したことで、映像切り替えにより通信量が減少することが確認された。しかし、この情報だけでは映像異常と判断できない
- 映像が切り替わってもジッタは安定しており、**通信量とジッタの両方が異常だった場合に、映像異常が検出**された





マイクロバースト測定結果

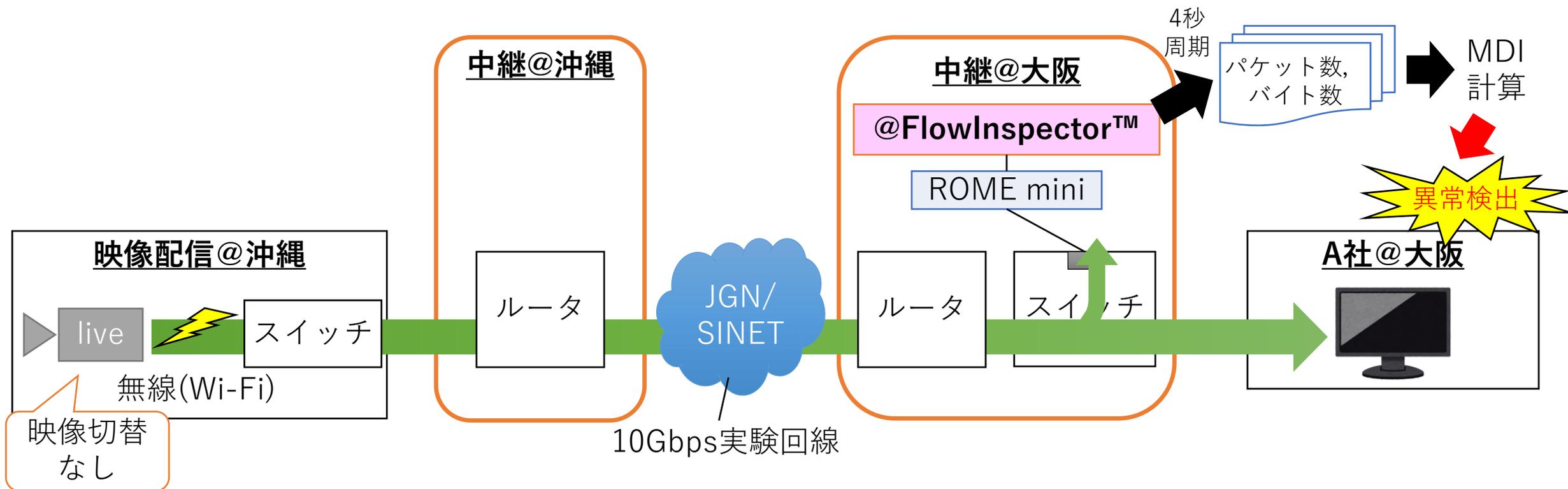
- パケットは偏って送信されており、常にマイクロバーストが発生。 100 μ 秒の間に想定約2.2倍のトラフィックが流れることを確認した
- マイクロバーストの発生頻度の低下が確認された。ただし、この挙動から映像異常は判断できない





実験② -映像品質評価指標を用いた映像乱れの検出-

- 一部区間に無線通信を使用して配信された映像トラフィックを大阪中継地点で監視
- 監視対象の通信量（パケット数，パケットバイト数）からMDIを算出し，サービス品質を評価できることを確かめた





- @FlowInspector™を用いて監視対象のパケット数とパケットバイト数を取得した
- 映像トラフィックの想定メディアレート，想定パケット数は測定データの平均値を用いた

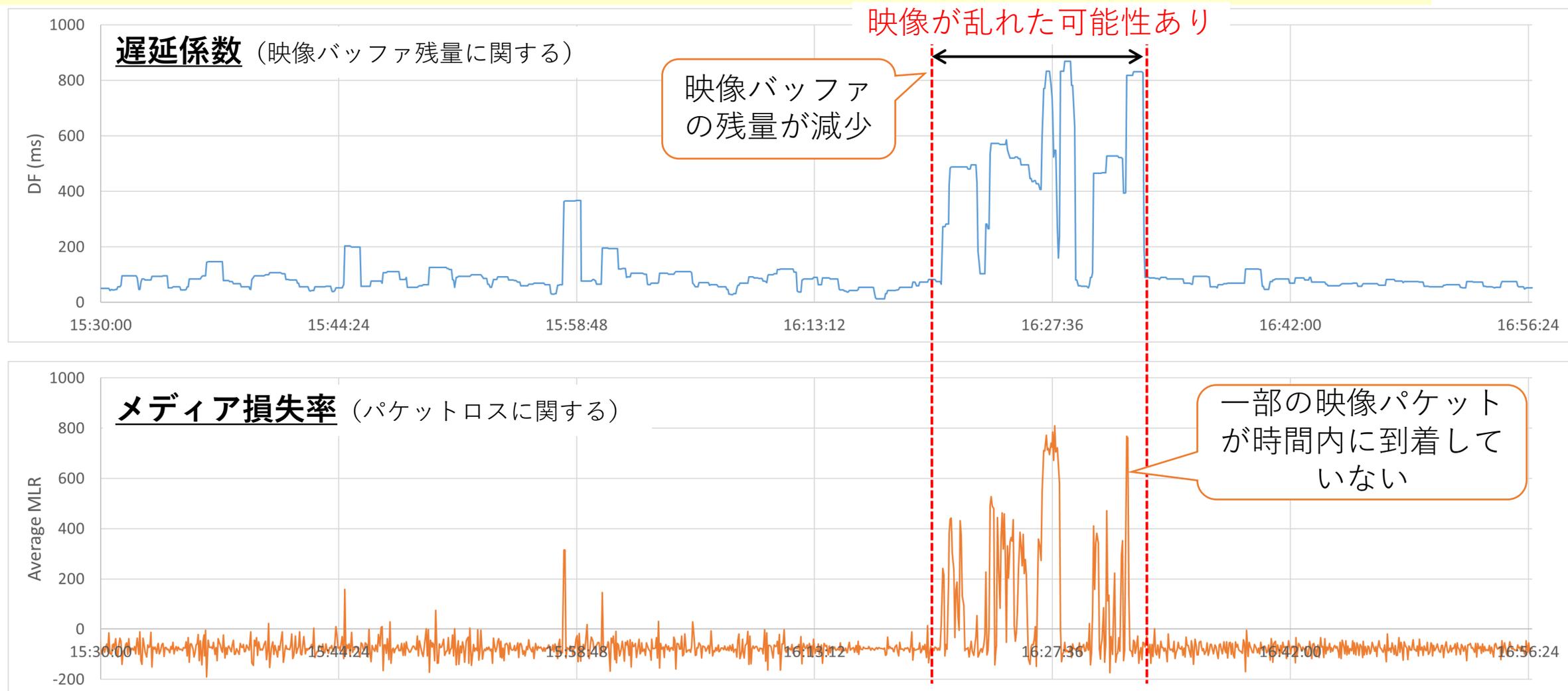
P_{recv}	受信パケット数	@FlowInspector™を用いて取得	統計値
S	パケットバイト数		
$\max(\Delta)$	直近60秒の Δ の最大値	—	計算
$\min(\Delta)$	直近60秒の Δ の最小値		
MR	メディアレート	1.34MB/s※	
P	想定パケット数	1.02kpps※	定数
T	時間間隔	4秒	

※測定データ平均値



実験②の結果

- @FlowInspector™を用いてMDIを算出し、サービス品質の評価が可能なることを確認
- 指標が通常と異なる時間帯があり、**映像が乱れた可能性が示唆された**





まとめと今後の課題

- 雪まつり実験においてハードウェア搭載トラフィック監視システム (@FlowInspector™) を用いた映像トラフィック監視を実施
 - **トラフィック統計情報から映像異常を発見することに成功**
 - 映像品質評価指標MDIによる品質評価が行えることを確認
- ネットワーク上のトラフィック監視で映像品質の低下を検出できることを示した

今後の課題

- 100Gbps回線における映像トラフィックの監視
- 評価指標の有効性を確かめるためのフィールドトライアルが必要

未来を拓くチカラと技術。

