

# 手術 8 K 動画像の地域間病院連携における 必要要素に関する調査

徳島県政策創造部地方創生推進局デジタルとくしま推進課  
基盤整備担当 佐光広格

## 求められる性能

- ローカル5G用に用意した超高速回線を用いて、内視鏡手術8K動画像を遠隔伝送することで、人間の目の解像度や視野を超えた高精細な画面で手術に対応するという視点だけでなく、同じ動画像を遠隔地の専門医に同時確認してもらうことで、より精緻な診断に基づく手術を可能とするため、それに必要なネットワークの性能や設定条件を検証しパラメータ化する。
  - 有効帯域
  - パケットロス率
  - RTT
  - ジッタ
- 医師の違和感を無くすこと

## 医療であることによる目標設定

- 人の目を超える 8K動画をを使用することで検知率の向上を図る
  - ✓ 高精細
  - ✓ 正確な色再現
  - ✓ 立体感
- 医師の目による評価を重視

## 必要な手法の確認

- 高速・低遅延環境の構築
- 2021年度上半期では、CATVの番組伝送路を10Gbps対応とし、ハードウェアをアップデートすることで、スイッチング遅延の低減化を図る
- 適正なエンコード手法の確認
  - ✓ エンコード遅延対策の実施
  - ✓ まずは放送用エンコーダを使用

# 実施体制

## (1) 調査研究担当者

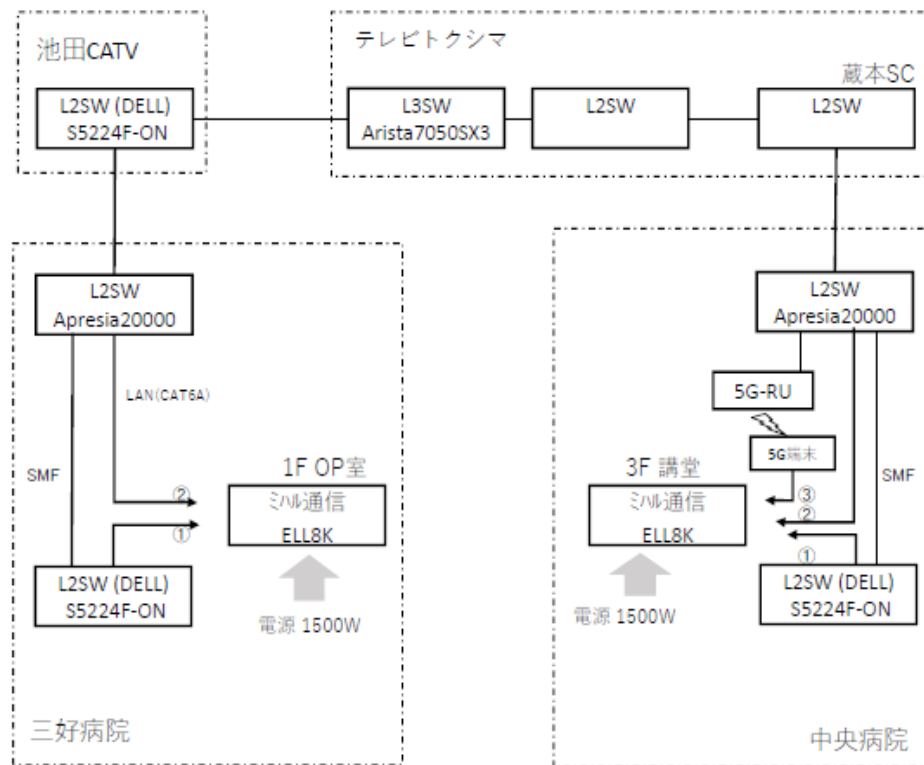
- ・徳島県：デジタルとくしま推進課・・・ 実施計画編成、全体調整  
佐光広格、秋山敏二
- ・徳島県病院局  
県立三好病院・・・ 実施、検証  
住友正幸（院長）胸腔外科 庄野医師
- 県立中央病院・・・ 評価、検証  
八木淑之：（副院長）消化器外科、
- ・ケーブルテレビ徳島（株）：技術部・・・ 超高速、低遅延ネットワークの提供  
松岡淳、橋川和利

## (2) 調査研究協力者

- ・エア・ウォーター(株)：医療事業部・・・ 8K内視鏡装置および周辺機器の提供、設定  
伏屋繁広、原靖
- ・アストロデザイン（株）・・・ 8Kエンコード、デコードに係る技術・機材提供
- ・ミハル通信(株)  
古山 悟、兒玉隆志、加藤康久

# ネットワーク構成 1

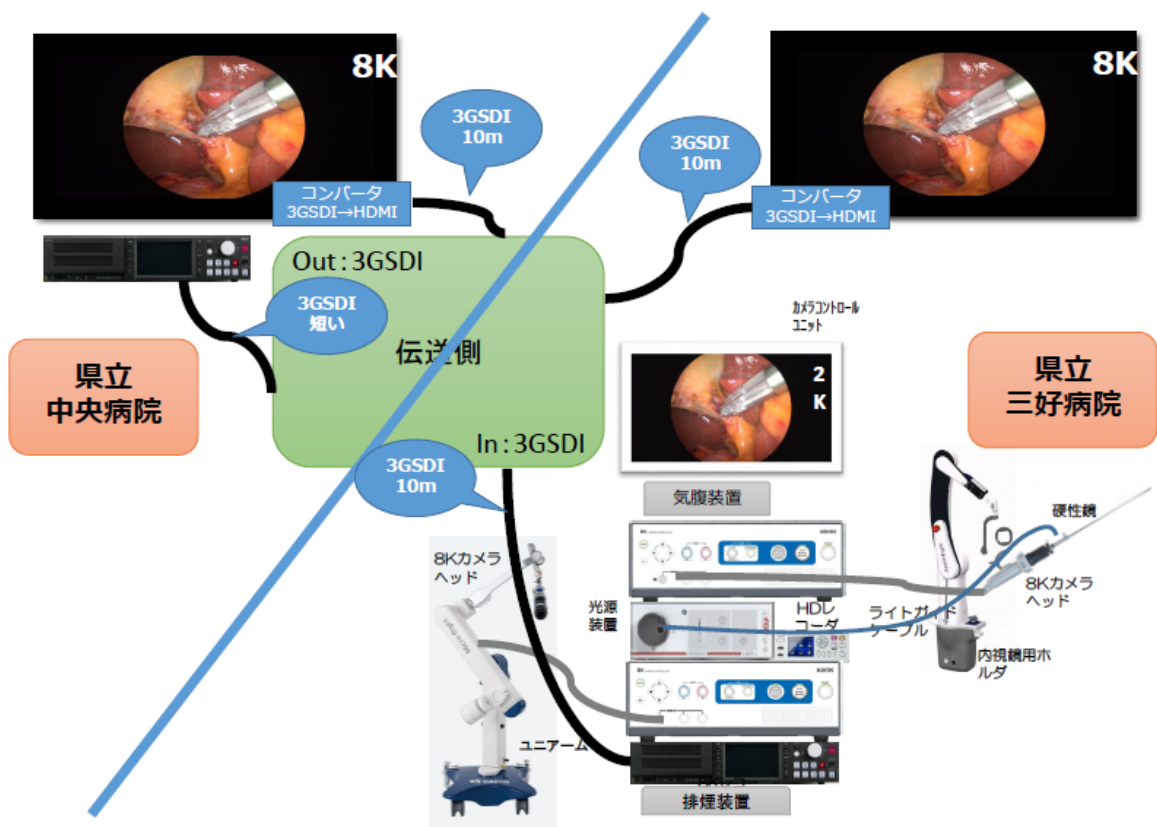
【関係者限り】 三好病院～中央病院 8K映像伝送NW構成(案)



可能な限りスイッチング遅延を避ける  
回線は光ファイバ+10Gbps  
トランシーバで構成

①室内まで光で構成、②サーバ室からLANで構成、③中央病院のみ5G無線で構成

# 内視鏡（腹腔鏡）構成図

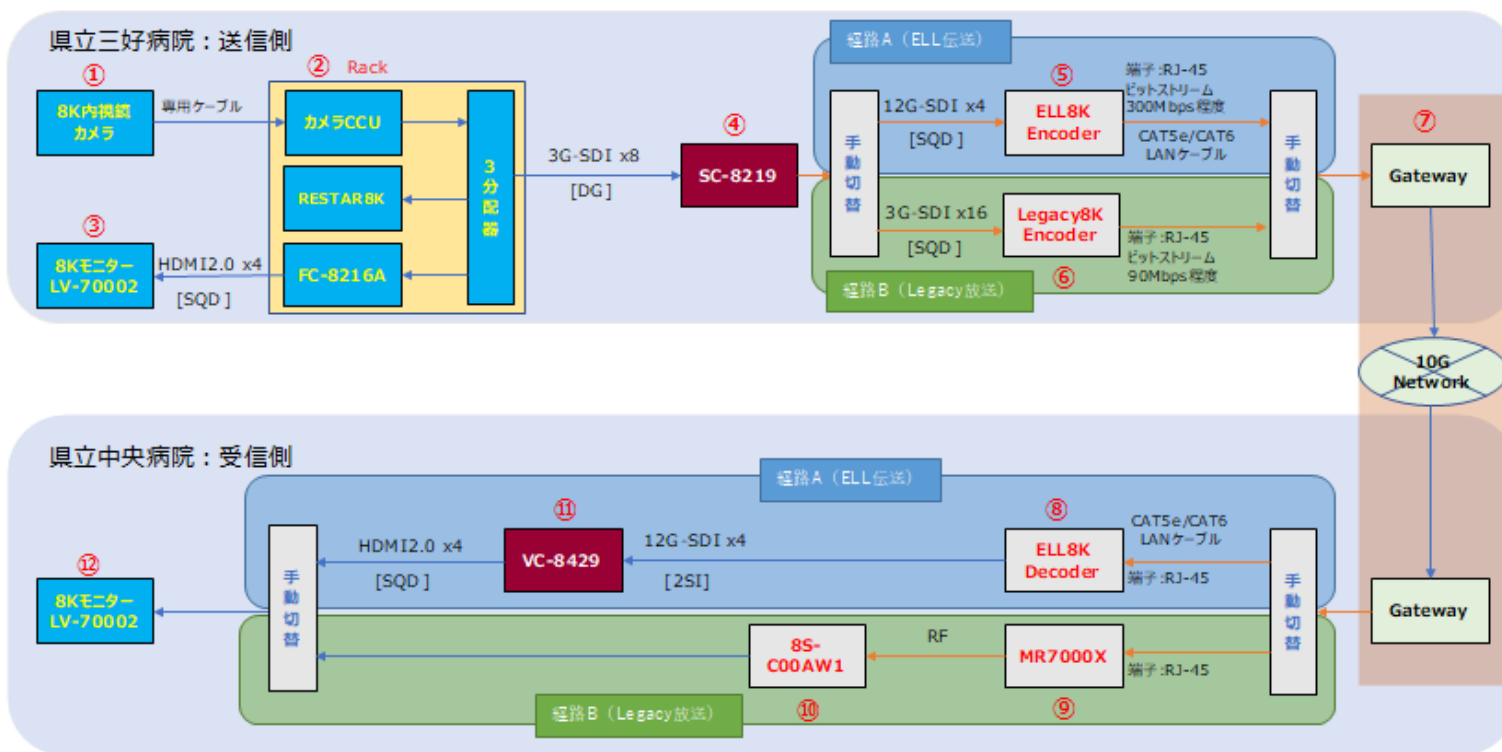


Rev.210824-A

# 徳島県8K-IP伝送系統図

機材準備

エア・ウォーター	①～③ ⑫
アストロデザイン	④ ⑪
ミハル通信	⑤ ⑥ ⑧～⑩
ケーブルテレビ徳島	⑦





## 開始点での課題（カイロス 8 K内視鏡を使用）

- 今回デュアルグリーンでの対応となる。
- 当時のNHK技研と千葉教授が実施した 8 K手術動画伝送
- 薬事承認を取得しているのがこれ 1 機のみ。
- ◆ SC-8219コンバータが必要なため全体計画に制約

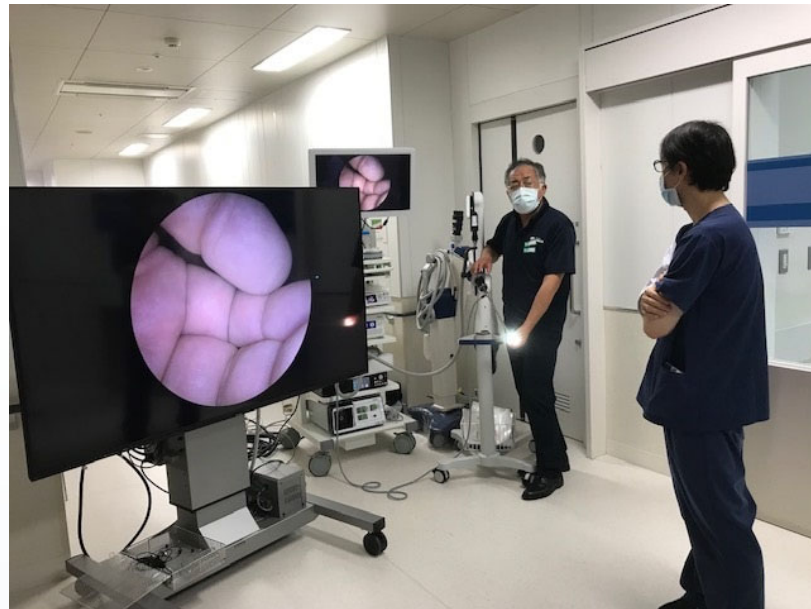
- ◆ デュアルグリーン

出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』（2019/12/06 05:40 UTC 版）

デュアルグリーン方式（英語：Dual Green、DGとも）とは、スーパーハイビジョン等で用いられる、緑用の撮像素子を2枚用意し、R・G1・G2・Bの4信号によって映像を構成する方式のこと。4板画素ずらし方式や4板撮像方式、あるいは4板式とも呼ばれる。人間の視覚（輝度）に大きく影響を与える緑色について、赤・青に比べて2倍の情報を持たせることで、見かけ上全ての画素について3色の情報を持たせるフル解像度方式に近い解像度を得ることが可能となる。

- ◆ カイロス 8 Kラバロスコープ硬性腹腔鏡  
認証番号 302AFBZX00108000

# 1回目チャレンジ



## 1回目 医師の評価

○中央病院 八木副院長（消化器外科）

映像的には非常にいい。

しかし、8Kは、まだまだ発達段階であり、コード類が太かったり、腹腔鏡とかのカメラが消毒できず、滅菌カバーをつけなければならない。エンコーダーの性能にもよるのか、タイムラグは気になる。やはり、同じ画像を同じ時刻に見えなければいけない。

○中央病院眼科 武田部長

8K画像は、普段、拡大レンズ越しで診ているものが、きれいに見える。遠隔地でも、外表面のトラブルについて、精密検査が必要かの判断材料には使えるのではないかと。ただ、機器が大きいため、現状では機動的な運用は難しく、撮影場所の移動が容易になれば救急外来で使用できるかもしれない。

○中央病院皮膚科 廣瀬部長

画質については何の問題もなくきれいに見ることはできた。

ほくろの様子もよく確認することができた。

対面診療とオンラインではオンラインの方が時間がかかるのは仕方が無いとして、対面の倍くらいの時間がかかる程度であれば、許容できる範囲では無いかと。

# 8K医療動画伝送にチャレンジ2回目

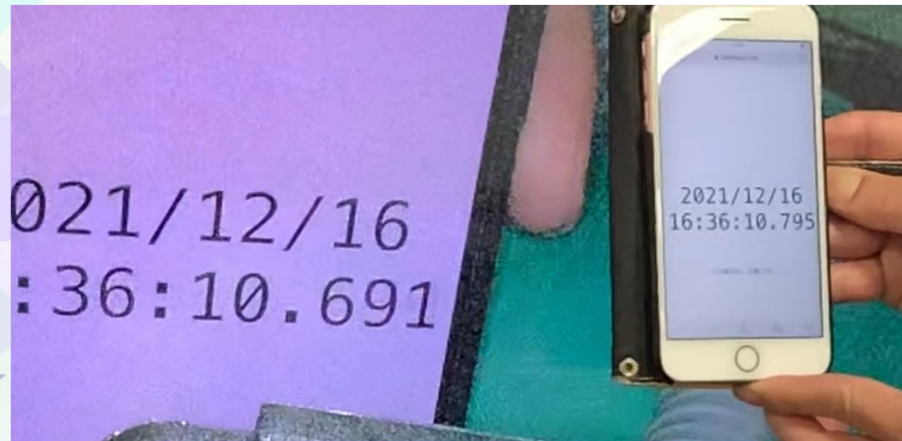
県立三好病院 – 中央病院間での腹腔鏡手術 8K動画像連携 (2021.12.16第2回実施)



ミノル通信株式会社の低遅延 8Kエンコーダ  
ELL8Kを使用  
エンコーダーとデコーダー間のコーデック遅延を30ms以下に抑える



## カメラからモニタまでで約0.1秒を達成



$$10.795 - 10.691 = 0.1040$$

エンコード遅延 : 30msec (カタログ値)

スイッチング遅延 : 0.02msec (実測値)

距離遅延 (80km) : 0.6msec (計算値)

モニタ表示遅延 : 50msec (カタログ値)

NTP時計を使用

## 2回目 参加医師の評価

- 三好病院住友院長  
遅延について、全く違和感は無かった。  
これなら指導しながら手術ができる。  
人の目を超える8Kは立体感がすごい
- 中央病院八木副院長  
遅延について、全く違和感は無かった。  
これなら指導しながら手術ができる。  
しかしながら、機材の大きさの点と、現在の要求画像レベル、  
医療機器が4K対応してきたことによる扱い数の増加の点で、  
8K動画が1本送れるよりは4K動画が4本送れる方が優れている。

## 現実の対応

- 中央病院 – 三好病院間 80 km に、帯域 10 Gbps の低遅延回線を準備

```
帯域 : [SUM] 0.00-120.00 sec 131 GBytes 9.39 Gbits/sec sender  
帯域 : [SUM] 0.00-120.00 sec 131 GBytes 9.39 Gbits/sec receiver
```

```
レイテンシ : 1422 bytes from 192.168.168.2: icmp_seq=21 ttl=64 time=1.234 ms
```

```
ジッタ : [ ID] Interval      Transfer      Bandwidth     Jitter      Lost/Total Datagrams  
[ 5] 0.00-120.00 sec 10.2 GBytes 731 Mbits/sec 0.030 ms 60/1338620 (0.0045%)
```

※ケーブルテレビネットワークを用い、最低限の段数により 8 K で 0.1 sec を実現

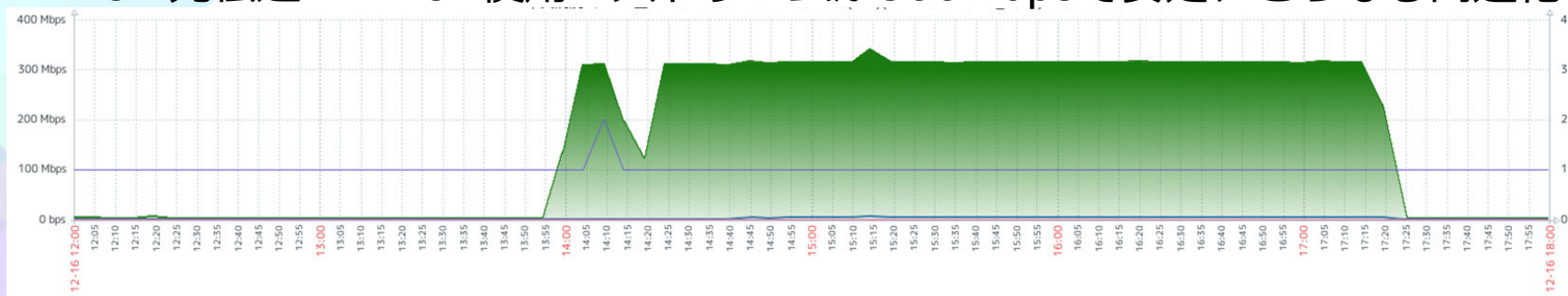
遅延の要素は大きい順に

- 1 表示遅延
- 2 エンコード遅延
- 3 距離遅延
- 4 スイッチング遅延

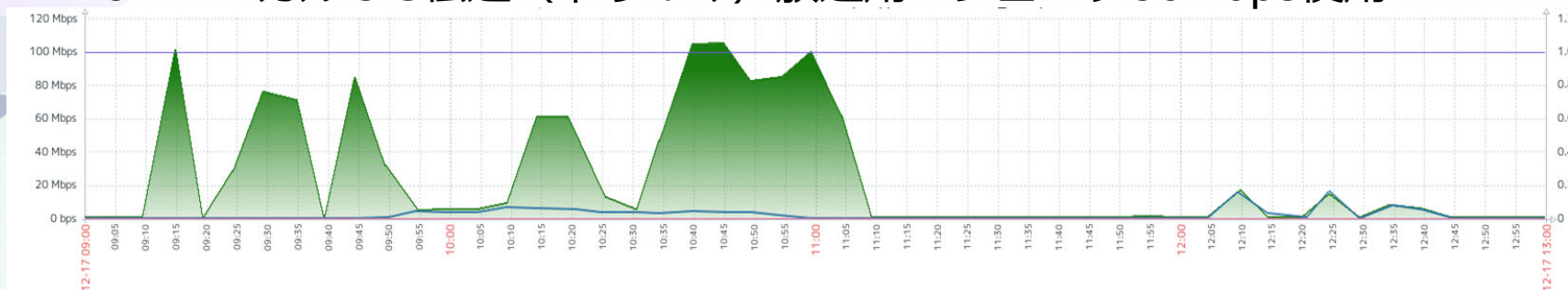
であったが、この回線と放送用エンコーダの組み合わせなら、遅延は 2.4 sec  
使用帯域を大きくとることでエンコード遅延は極小化できる。

## ローカル5Gとの対比

8K光伝送 ELL8K使用：ストリームが300Mbpsで安定、さらなる高速化可能



8Kローカル5G伝送（下りのみ）放送用エンコーダ80Mbps使用



※ジッタの最大値が50msecで画像表示できず（平均は1msec）  
汎用機：シャープの8Kテレビチューナーを使用の限界  
デコーダでバッファを大きく取り、数秒遅延させれば再生は可能



## 残される問題点

- 機材の大きさ・・・放熱対策のため
- 手術機材としては大きすぎる
- 対応機器の少なさ・・・薬事承認取得済カメラが1機種
- 手順の簡素化は可能か

エンコードなしの対応は可能か：直結なら100Gbps化が可能

# ネットワーク構成 2

- DWDM幹線に切り替えて再測定結果



フレームサイズ byte	スループット (Mbps)	伝送遅延 (μs)			ジッタ (μs)				
		送信	受信	最小	最大	平均	最小	最大	平均
512	9,500.0	9,285.7	9,285.7	954.1	958.1	954.3	0.00	1.92	0.02
		9,285.7	9,285.7	954.1	959.9	954.3	0.00	2.40	0.02
1518	9,500.0	9,425.9	9,425.9	962.3	963.4	962.5	0.00	8.29	0.04
		9,425.9	9,425.9	962.3	966.8	962.5	0.00	8.24	0.04



フレームサイズ byte	スループット (Mbps)	伝送遅延 (μs)			ジッタ (μs)				
		送信	受信	最小	最大	平均	最小	最大	平均
512	9,500.0	8,873.6	8,873.6	1,582.2	7,964.9	7,602.7	0.00	6.60	0.05
		8,873.6	8,873.6	1,582.6	7,968.1	7,564.5	0.00	6.31	0.05
1518	9,500.0	9,425.9	9,425.9	1,592.5	1,599.7	1,597.8	0.00	5.20	0.05
		9,425.9	9,425.9	1,592.5	1,599.3	1,597.8	0.00	4.62	0.05

地域間DWDM幹線を介した接続でも、直結と遜色ない数値を確認

## まとめ

- 徳島県内各地に 8 K動画伝送可能なネットワーク環境構築ができた。
- 自由に複数の 4 K動画が扱える環境が整った。医療機械の 4 K対応が進んでいる。
- ローカル 5 Gには現段階で10msec程度のジッタが発生するため、対応するバッファ設定による逃げが必要  
適正值については今後の確認継続が必要

## 今後の方向性

- 回線性能に応じて、バッファを設け、必要な遅延を生じさせて対応する確認を継続
- 双方向なら遅延を最大300msec程度に抑える必要がある
- 8 K30Pまでならカメラ内蔵エンコーダで対応できる。機器の軽便化とのバランスも選択
- 当面、眼科・皮膚科等の専門領域に対応する方向で作業



徳島は宣言する  
**VS 東京**