# エッジとクラウドの連携による 8K超高精細映像処理システムの取り組みと B5G時代に向けた今後の展望

2021.10.15

丸山 充, 瀬林克啓(神奈川工科大学)

君山 博之(大同大学)青木 弘太(ミハル通信)

小島 一成 (近畿大学)

漆谷 重雄,栗本 崇(NII)

河合 栄治,大槻 英樹(NICT)小林 和真(NICT/IPA)

### 発表内容

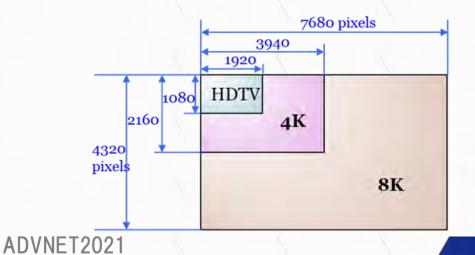
- 1. 背景、これまでの経緯
- 2. 8K映像処理プラットフォームの概要
  - DPDKプラットフォームの映像処理への応用
  - SRv6を用いたサービスチェイニング(Update)
- 3. NICT広域映像配信実証実験
  - Withコロナ時代のリモートオペレーション
  - 実験模様
- 4. 今後の展開

## 8K超高精細映像処理システムの 取り組み

#### モチベーション

- 8K超高精細映像を使った番組制作環境をクラウドインフラで実現
  - 編集設備のアクセラレーションはできないか
- 医療用8K映像を用いた遠隔診断を自在に行う環境をクラウドインフラで 実現
  - 内視鏡映像や顕微鏡映像のデータベース化や医学教材としての利活用

ハイビジョンの16倍、4Kの4倍の空間解像度(7680 x 4320)を持つ映像



## 8K超高精細映像処理システムの 実現に向けて

#### 映像処理プラットフォーム技術

エッジ・クラウド上でのリアルタイム処理

協調

フィードバック 市場性、技術の方向性

#### <u> ネットワーク・クラウド制御技術</u>

- ・高精度モニタ技術、仮想ネットワーク 制御
- ・高精度CPUリソース監視

実証実験

JGN SINET5 学生への 刺激の場

## 8K非圧縮フォーマットの種類

方式	商品化	サンプ リング	フレーム 周波数	ビット階調	伝送レート
8 K デュアルグ リーン(8K-DG)	0		60Hz	10bit	24Gbps
フル解像度 8 K (フル8K)	0	4:2:2	60Hz	10bit	48Gbps
		4:4:4	60Hz	10/12bit	72Gbps
フルスペック8K		4:4:4	120Hz	12bit	144Gbps

RGBをYPbPr/YUVという輝度 - 色差変換して処理する事が一般的、Y:輝度信号、

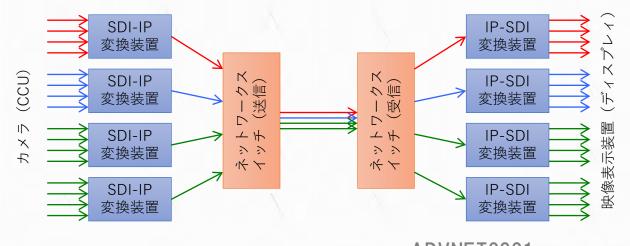
Pb:青と輝度の差、Pr:赤色と輝度の差

4:2:2は、輝度情報 Y はそのままにし、PbとPrについて水平方向に Y の半分の周波数でサンプリングしたもの。水平方向が半分に間引きされている。

#### 伝送技術: IP映像伝送技術

- 2014.2 非圧縮8K伝送に世界初で成功
  - 産学官の連携
- 2016.2 リアルタイム暗号化伝送(IPsec)
- 2017.2 109Gbps伝送を実現
- 2020.2 フル解像度8K-3D 伝送を実現

#### 基本コンセプト: レーン単位での並列伝送

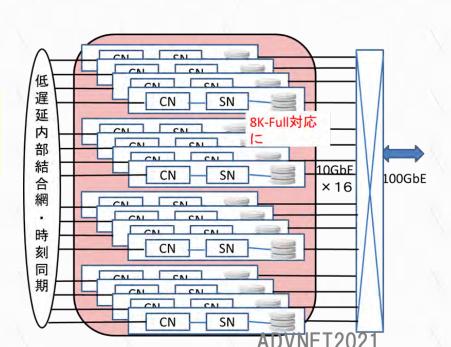




#### 分散8Kサーバ構築技術

- 2015.2 StarBED上に仮想8K-DGサーバを実装
- 2015.6 Interop Tokyo 2015にて、StarBED上にマルチレート (8K-DG/4K60P/4K30P) の完全同期映像サーバを実装
- 2017.6 Interop Tokyo 2017にて、
   フル解像度8K(48Gbps)の映像サーバを実装
- NII NFVで仮想PCを用いた8K分散サーバを構築

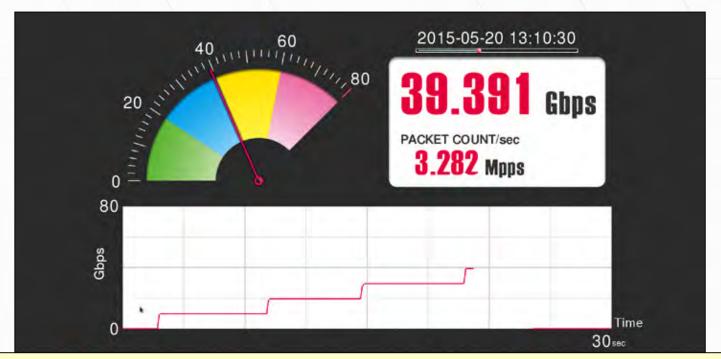
レーン単位で 並列同期伝送





# ネットワークリソースの可視化技術 8K映像トラヒックメータ

・解像度、パケット量・転送レートの上限、グラフ表示の 変更がキーボードから可能



レスポンス時間重視

8K映像が乱れた場合に、その瞬間の状況を表示

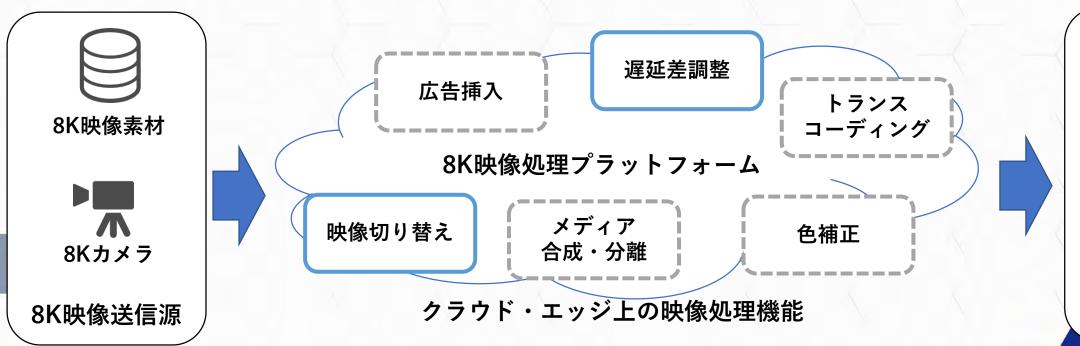
### ネットワークリソースの可視化技術 ストリームモニタ

コンフィグにより様々なストリーム解析結果の表示が可能、以下はレーン間の遅延差の可視化例

Port 0 latest frame:	18860 Enable Disable 163.[38.]	193. 182:12345 enable									
ource	Destination	Second	Nano Second	Diff	Frame Number	F Count	Loss	Drop	Rewind	Skip	Cap
92, 168, 118, 116; 69593	192, 168, 110, 151:6200	1528612889	915913491	8ms	18883	30	6	. 8	0	C	
02.168.118.117:45683	192, 168, 110, 151:6201	1528612809	918360857	2/15	18883	.30	0	9	0	0	
92, 168, 118, 118; 34603	192, 168, 110, 152:6200	1528612818	68976300	153ms	18878	30	0	0	0	0	
92, 168, 118, 120:41458	192, 168, 110, 152:6201	1528612819	69729481	153ms	18878	30	0	9	0	o	
92, 168, 118, 121:69415	192, 168, 110, 153;6200	1528612889	917779795	Ters	18883	30	o ·	8 .	0	o o	
92, 168, 118, 122:51492	192, 168, 110, 153:6201	1528512889	917285535	las-	18883	30	0	9	0	0	
82, 168, 118, 123:47572	192, 168, 110, 154: 5200	1528512818	77365727	151es	18878	30	o ·	B	9	· c	
92, 168, 118, 124: 35193	192, 168, 110, 154: 6201	1528612819	76955709	161es	18878	30	0	B	0	q	
Port 1 latest frame:	18855								Tuc	The Sile 188	ks. "fee fee"
ource	Destination	Second	Nano Second	Diff	Frame Number	F Count	Loss	Drop	Rewind	Skip	Gap
02, 168, 118, 116; 69593	192.168.110.151:6200	1528612809	919188339	9nc	18878	.30	0	0	0	0	
02, 168, 118, 117; 45683	192, 168, 110, 151;6201	1528612889	010580512	302ue	18878	30	0	0	0	0	
2,168,118,118:34608	192, 168, 110, 152:6200	1528612889	910509777	321es	18878	30	0	8	0	0	
2.168, 118,  20:41458	192, 168, 110, 152:6201	15286 2889	910534848	34608	18878	30	6	. 8	0	0	
2,168,118,121:69415	192, 168, 110, 153:6200	1528612809	910541178	352us	18878	.30	0	9	0	0	
2, 168, 118, 122; 51492	192, 168, 110, 153:6201	1528612889	910567478	375 az	18878	30	0	8	0	0	
2,168,118,123;47572	192, 168, 110, 154:6200	1528612809	910521643	33302	18878	30	0	9	0	0	
02, 168, 118, 124: 35193	192, 168, 110, 154:5201	1528612889	910004121	315us	18878	30	0	В	0	o.	

### 8K映像処理プラットフォームを目指して

- ワークフローに応じて映像処理機能を自在に結合
- 仮想的な映像処理システムを自動構成可能



• 広帯域映像処理機能をソフトウェアで実現する



10

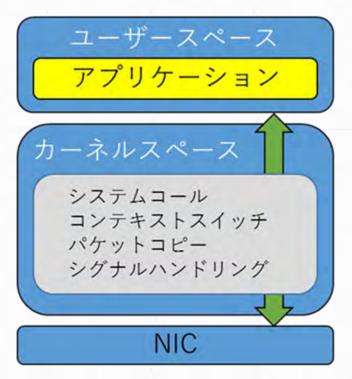
ADVNET2021

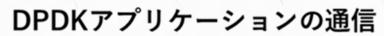
#### ソフトウェアによる広帯域映像処理の実現

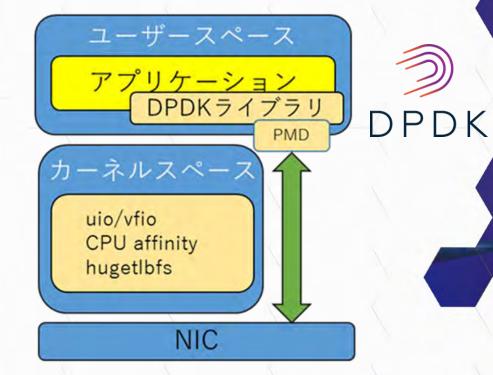
- Interop Tokyo 2017: エッジ部の映像処理の<u>コンセプト提案</u>
  - 様々な8K非圧縮フォーマットをエッジ部で統一的に変換
- Interop Tokyo 2018: 遠隔地の分散サーバの遅延差を吸収する ために遅延差調整映像処理機能を実現
  - DPDKが24Gbpsの映像処理をハンドリング可能
- NICT雪まつり実験2019: 8K-DG 2系統の映像切り替え機能 を実現
  - DPDKで 24Gbps×2の映像処理
- Interop Tokyo 2019: 8K-DG 4系統の映像切り替え機能を実現
  - DPDKで24Gbps×4の映像処理
- NICT雪まつり実験2020: フル8Kの映像切り替え機能を実現
  - DPDK 48Gbps×2の映像処理

## DPDK(Data Plane Development Kit)

#### 一般的なアプリケーションの通信



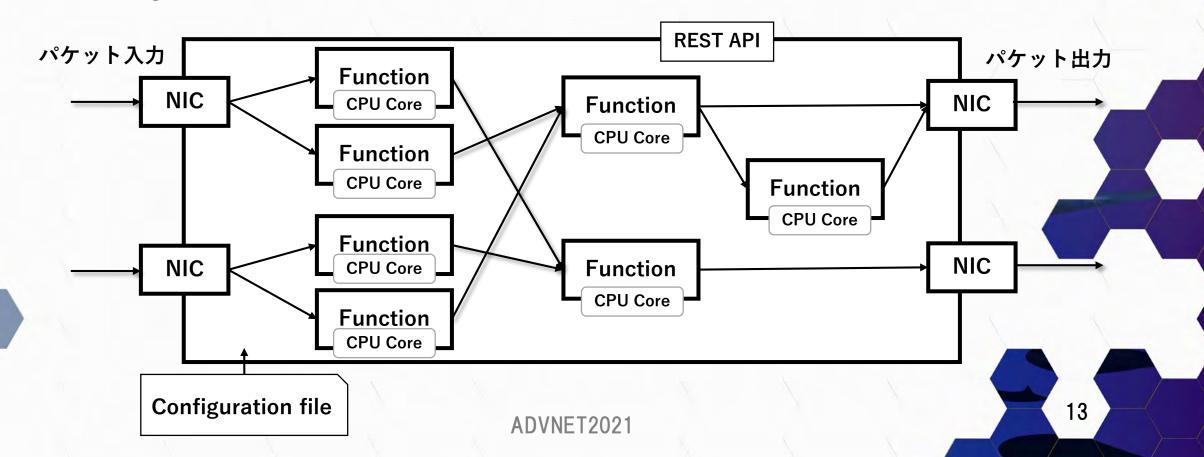




ネットワーク処理を高速化するメカニズムを用いて、 我々は、これを映像処理に応用した。

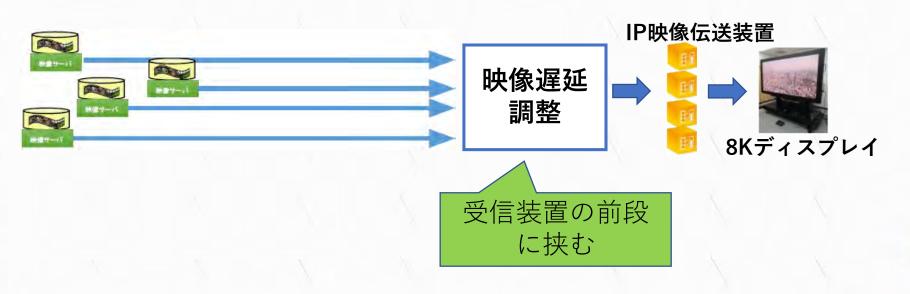
# ソフトウェア映像パケット スイッチ

- DPDKを用いた汎用サーバ上で高速動作するスイッチ
- ・映像処理に応用するために、処理を追加実装することが可能な設計
- Configによる柔軟なカスタマイズやREST APIでの操作



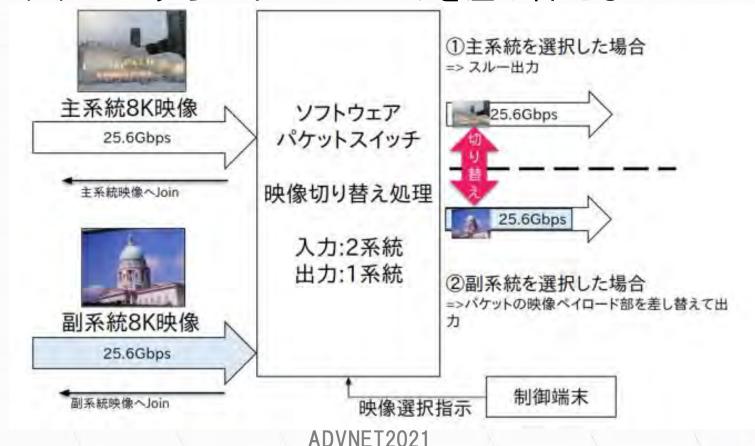
#### 映像処理機能: 遅延差調整

- •映像ストリームのパケットの遅延をリアルタイム測定し、 映像ストリーム間の遅延差を補正する
  - 分割した8K映像を,異なる地点のサーバから並列に伝送する場合,レーン間での映像ずれが発生する



#### 映像処理機能:映像切り替え機能

- 複数系統の非圧縮8K映像を1フレーム以内に**選択切り替え・出力**する機能
  - 映像パケットのうちペイロードのみを差し替える



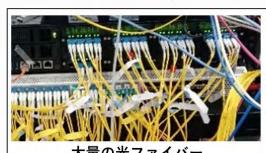


## SRv6を使ったover10Gbps サービスチェイニングの実現

サービスチェイニングを導入することで、映像処理機能を自 在に連携させて提供できるプラットフォームへ

機能の取り外しや組み換えに

物理配線作業が必要

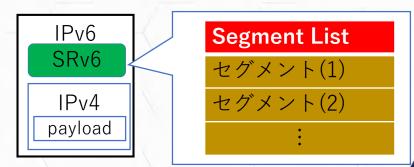


大量の光ファイバー



#### SRv6の適用

- Segment Routing (SR): 複雑かつ高速な経路制御を<u>パケット単位で</u> 実現する仕組み
  - ネットワークを"セグメント"という単位で分割
  - 経由するセグメントを"セグメントリスト"としてパケットに持たせる
  - 使用する映像処理機能の順番をリストに割り当てる



• 2020年度、古河電工SRv6ルータを使った実験室内での評価実験を

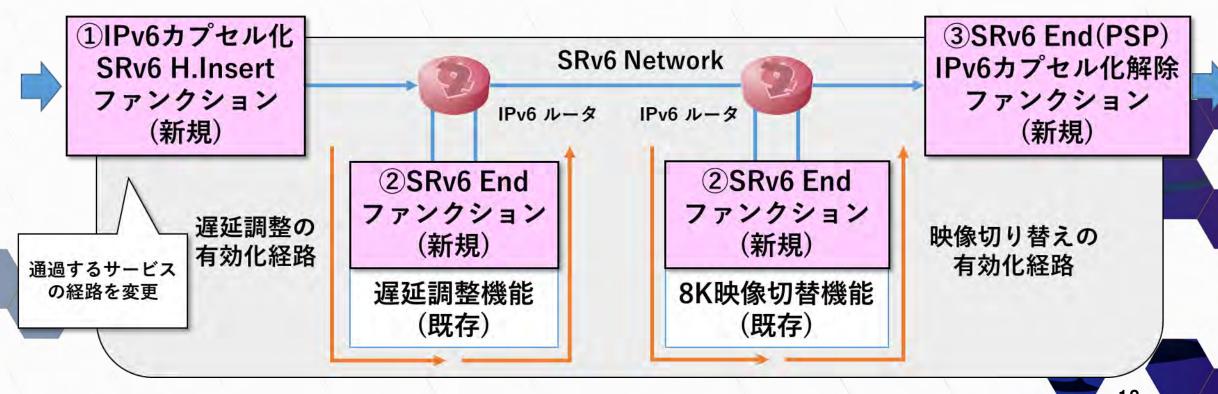
実施
1G/10Gマルチレート対応
高収容型サービスルータ
FITELnet FXシリーズ

**FX201** 



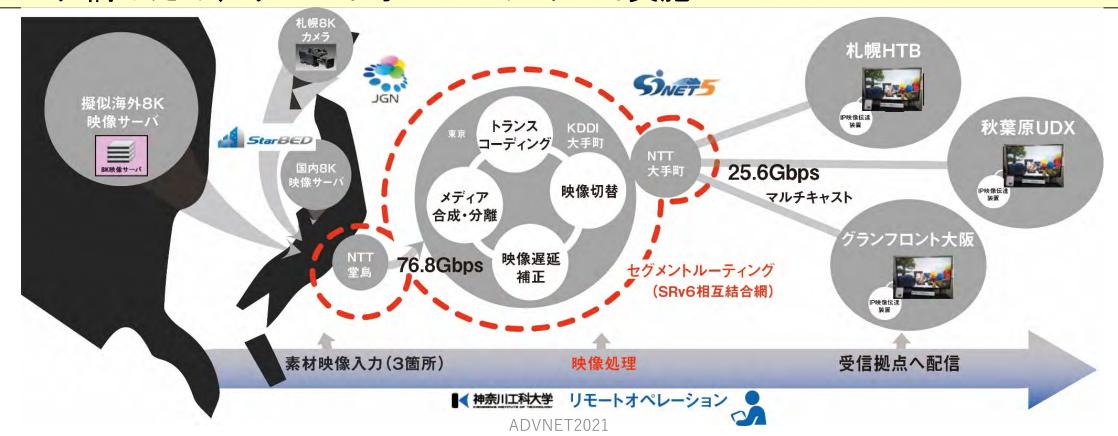
#### SRv6を使った映像処理機能連携

- 2種類の映像処理機能を対象に、SRv6サービスチェイニングを構成
- 映像処理機能の中にセグメントルーティング(SRv6)対応の拡張を進めた

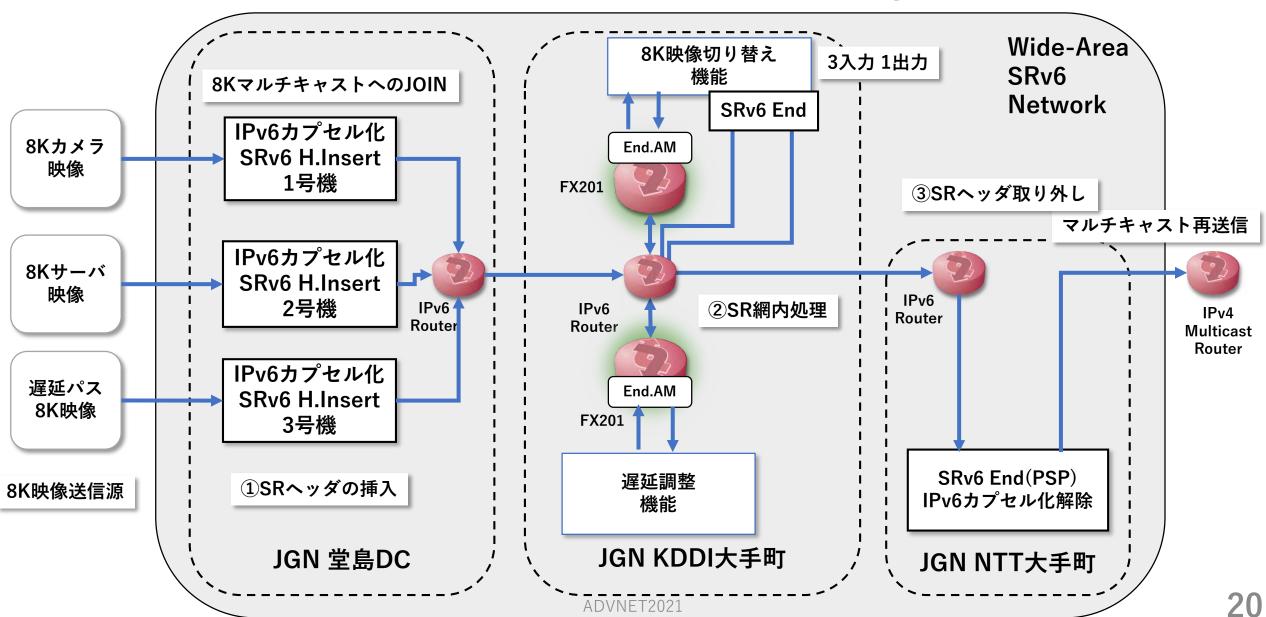


#### 2021.2 NICT広域映像配信実証実験

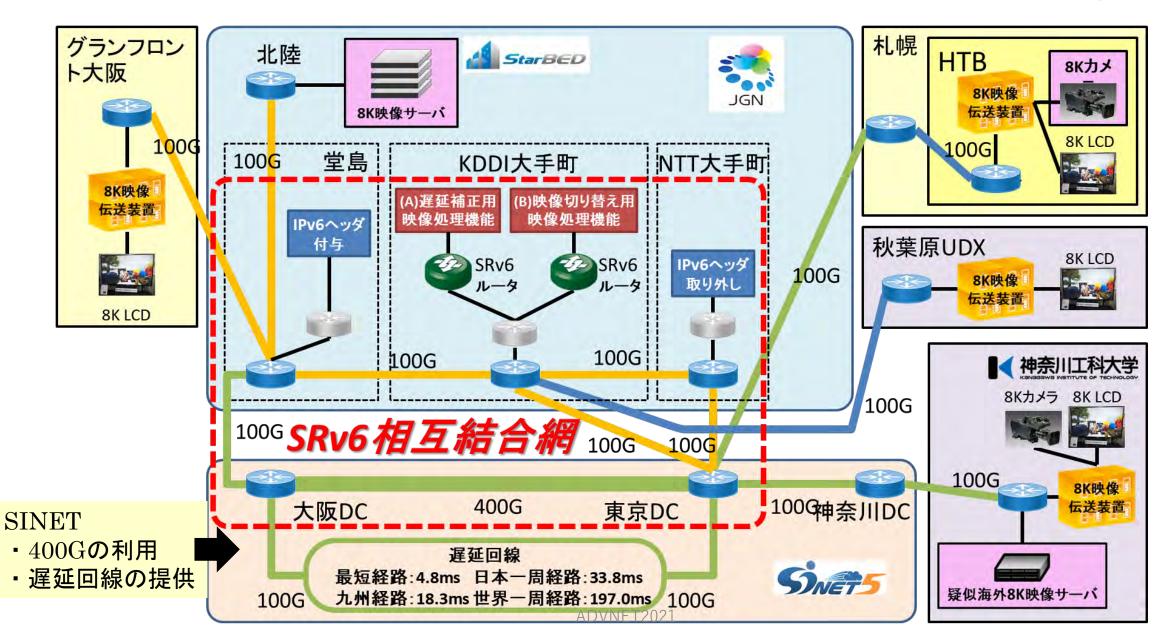
- 東阪のJGNテストベッドにエッジ部配置: NTT堂島, NTT大手町, KDDI大手町
- 3素材の8K映像: 札幌カメラ映像, StarBED の録画映像, 遅延差を付与した映像
- 8Kサービスチェイニングにより仮想的な映像処理システムを構成
- コロナ禍のため、リモートオペレーションで実施



# NICT広域映像配信実証実験の構成



#### NICT広域映像配信実証実験のネットワーク構成



## Withコロナ対策:リモートオペレーション

- 遠隔地への学生派遣ができない
  - 教職員だけ遠隔地に出張
  - 堂島拠点構築は、徳永さんチームに感謝



- 例年、4年生は卒研発表時期のため、準備は3年後期に配属された 学部生が中心(実践の場として感謝)
- 例年の大学内でのホットステージ、構成図、部品表作成
- 加えて、第3者でもわかる組立マニュアルを作成

#### • 設置後は大学から完全リモート制御

- 遠隔電源操作、Webカメラ複数設置
- 各拠点とのリモート会議
- モバイルSINETを利用し、アウトオブバンド接続も用意





# 札幌HTB拠点



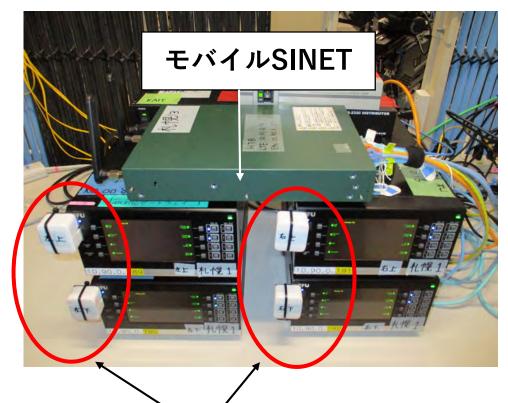
マニュアル作成・提供



Webカム 監視



23



Switchbot ADVNET2021

# 秋葉原IPA拠点

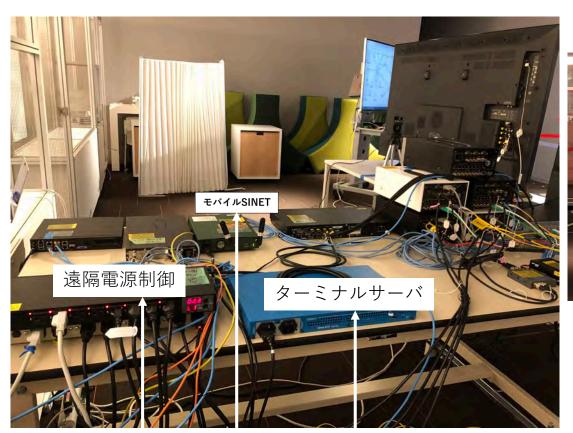


#### 本拠点は皆さんいらっしゃるので安心



ADVNET2021 24

### グランフロント大阪 うめきたアクティブラボ





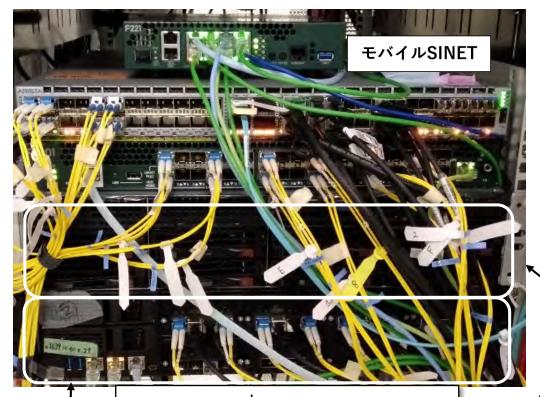
マニュアル作成

リモートオペレーションのための機材

ADVNET2021 **25** 

# SRv6 エッジ搭載機器

KDDI大手町ラック内



#### NTT大手町ラック内



End (PSP)

#### 遅延調整処理

Lanner				
CPU	Intel Xeon Gold			
RAM	128GB			
NIC	10GbE x20, 40GbE x 4			
OS	Ubuntu			

CPU	Intel Xeon 12core x 2
RAM	64GB
NIC	10GbE x 8, 100GbE x 2 Port
OS	Ubuntu

映像切替処理

26

# 神奈川工科大内でのホットステージ

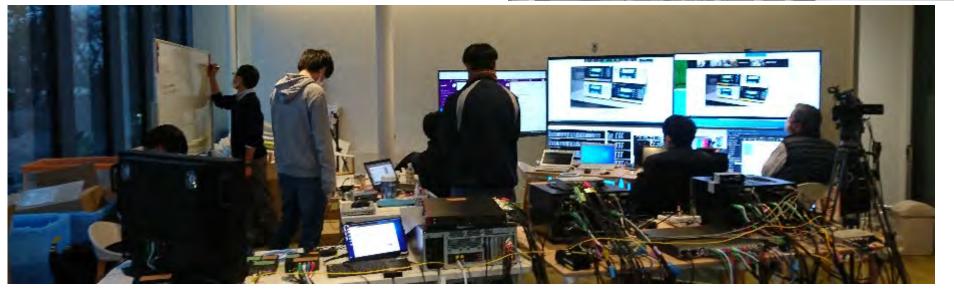


27

#### 神奈川工科大のリモートオペレーション

- 4Kを5画面使って、オペレーション
- リモート先の様子をカメラで確認
- リモート側からの要望に応じて切り替 え制御





## 実験の成果

- 複数の映像処理機能をSRv6により連携させた大容量8Kサービスチェイニングは正常に動作
  - HTB拠点, IPA拠点、うめきた拠点においてデモンストレーションを実施
- 2ヶ月後に開催されたInterop Tokyo 2021においても、NTTコミュニケーションズのKamueeと組み合わせたシステムで実験
- 技術詳細:NS研研究会を参照
  - 青木弘太,丸山 充,瀬林克啓,石岡朋紘,伊藤悠真,君山博之,"広域SRv6網を用いた超高精細映像処理のサービスチェイニングの実現,"信学技報,vol. 121, no. 171, NS2021-67, pp. 55-60, 2021年10月.
- 今後の課題も見つかった
- トレーサビリティ:
  - 映像ストリームがどの機能を通過したのかの可視化が必要
- コントロールプレーン:
  - アドレス設計と設定箇所が多いため、使いやすいコントロールプレーンを取り入れる必要

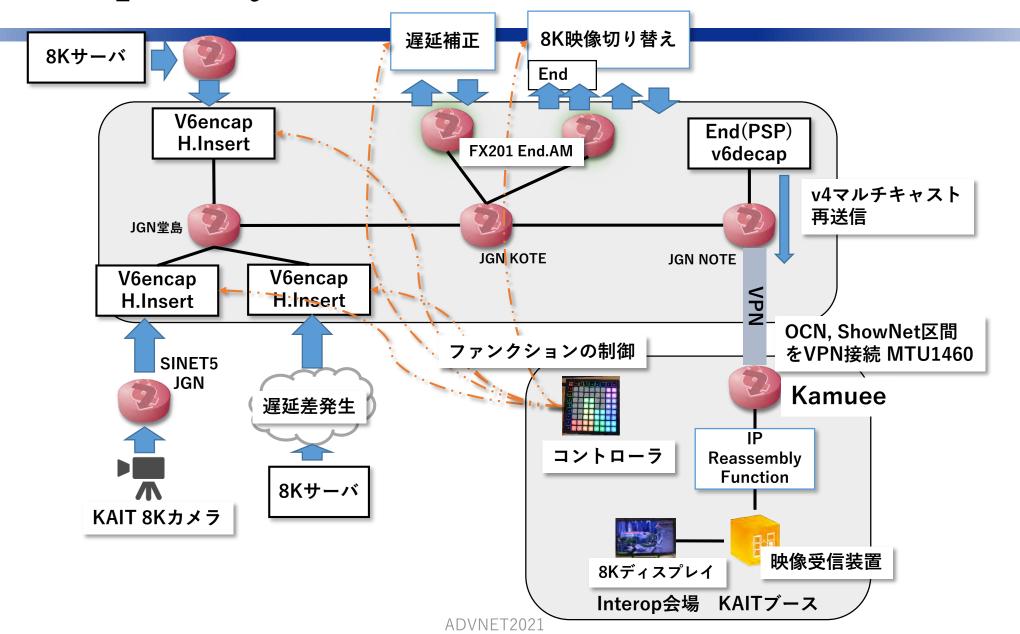


# リモートオペレーションはどうだったのか

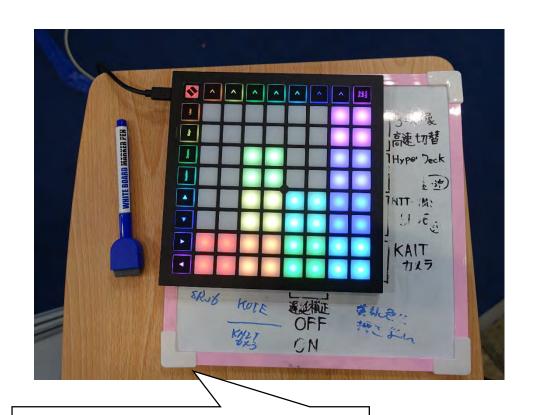
- 準備の工数が余計に必要だが、実験は可能
- 様々な実験が中止になり残念
- ・メリット
  - 感染のリスクを最小に抑えられた
  - 出張時の怪我などの心配はない
  - 学生が遠隔コラボレーションにおけるネットワークの重要性を理解
  - 交通費の削減?
- デメリット
  - 参加した学生がリアルを体験できない(不満はありそう)
  - 8Kの高精細性(色合い違い) はリモートカメラでは気が付かない
  - 他業種の方々との技術交換がしにくい (シナジー効果が出ない)
  - 設営 撤去時に特定の方への負荷が高い
  - 輸送物品を忘れると大変(リカバリーしにくい)

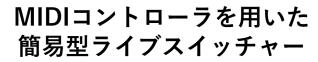


### Interop Tokyo 2021 KAITブースでの実験模様



# 会場ブースの様子







ADVNET2021 32

# 遅延差調整機能のデモンストレーション

#### 遅延差調整機能を通らない経路



遅延差によって色のズレた映像 DVNET2021

#### 遅延差調整機能を通る経路



正常な映像

# 映像切り替え機能のデモンストレーション

#### 映像切り替え機能を通らない経路 映像①

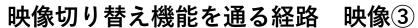






#### 映像切り替え機能を通る経路 映像②







#### 今後の研究の方向性について

- アプリケーションの実装
  - トランスコーダ
  - AIシステムとの連携
  - NFV環境でKamuee/Eenowとの連携
- DPDKフレームワークを発展させたプラットフォーム化の提供
  - 高速処理対応、400GbEを使ってサブTbitクラスの処理を目指す
    - B5Gを支える高速エッジ処理等への応用
    - P4を使ったネットワークインタフェース
    - 複数のクロック制御を入れてパイプラインの最適化、低遅延化
  - コントロールプレーンの充実、デバッグ手段の提供
  - フルスペック8K, SMPTE2110との整合性
  - 映像以外の大容量ストリームデータを扱う分野への適用



## 謝辞

- 本研究の実施にあたり、古河ネットワークソリューション株式会社の 皆様にはSRv6の検討と実証実験にご協力頂きました。
- NICT広域映像配信実証実験2021においては、北海道テレビ放送株式会社様,池上通信機株式会社様,シャープ株式会社様,アストロデザイン株式会社様,アリスタネットワークスジャパン合同会社様,ピュアロジック株式会社様をはじめ関連組織の皆様のご協力を頂きました。
- Interop Tokyo 2021におきましては、ShowNet様、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社様、シャープ株式会社様、アストロデザイン株式会社様、ジュニパーネットワークス株式会社様、アリスタネットワークスジャパン合同会社様、ピュアロジック株式会社様をはじめ関連組織の皆様の御協力をいただきました。
- 本研究の一部はJSPS科研費19H04102の助成を受けて進めました。