

# 脳腫瘍摘出術における OpenFlowを用いた 術中情報共有システムの構築

FUN-SDN（公立はこだて未来大学）

永井 智大・瀬谷 巧美・深谷 健太

OkinawaOpenDays2017

2017/12/5

# 脳腫瘍摘出術の現状

## ○5年生存率と術後合併症を考慮した摘出

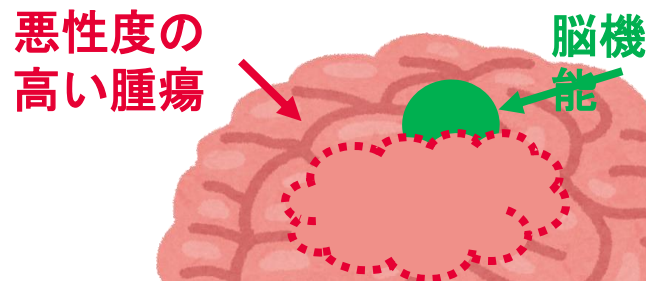
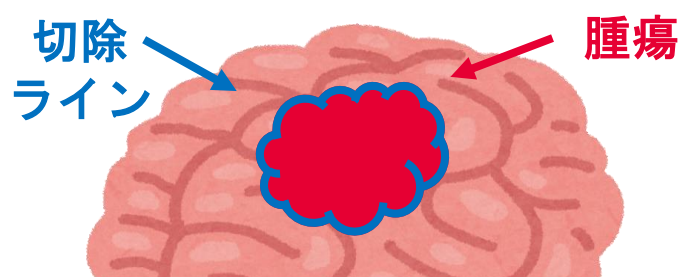
- 腫瘍摘出率と5年生存率は相関関係

→最大限の腫瘍摘出が必要

- 悪性度が高い脳腫瘍は正常組織に浸潤

→正常組織の損傷により術後合併症が発生するリスク向上

※術後合併症（失語症、運動麻痺）



最大限の腫瘍摘出と最小限の術後合併症を  
目指した摘出が必要

インテリジェント手術室と手術戦略デスクによる支援

# インテリジェント手術室と手術戦略デスク

## ○東京女子医科大学が提案する手術環境

### ●インテリジェント手術室

- －手術室内へのMRI等の導入による術中情報の可視化  
→腫瘍の取り残しの減少

### ●手術戦略デスク

- －手術中の映像情報を術室外部にいる熟練医と共有  
→経験豊富な医師による離れた場所からの指示

## インテリジェント手術室

### インテリジェント手術室

全1440例手術のうち1175例グリオーマ手術(2000-2015)



覚醒下手術  
(言語マッピング/  
モニタリング)

術中情報

## 手術戦略デスク



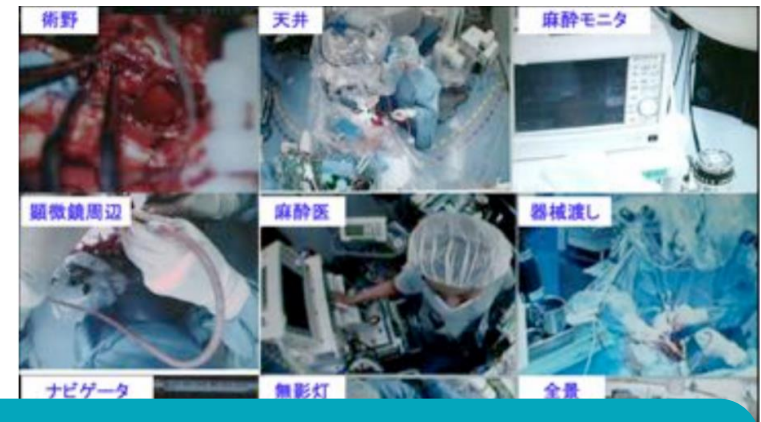
腫瘍摘出率の向上により、術後生存率が向上

更なる発展に向け、術後生存率と合併症を考慮した  
腫瘍摘出を支援する「未来予測手術構想」が提案

[1]東京女子医科大学  
[2]NEDO 実用化型インテリジェント手術室の構築と、腫瘍摘出率向上による術後生存率向上の検証(2009)  
[HTML]<http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/200904joshiidai/index.html>(最終アクセス: 2017/10/09)

# 脳腫瘍摘出術における未来予測手術構想

- 手術情報の統計解析により、術後合併症や5年生存率の関係を明確にし、術後の状況を予測
    - 手術映像（下図）
    - 手術摘出状況
    - 各種医療情報など
- 情報の解析には、多数の患者症例情報が必要不可欠

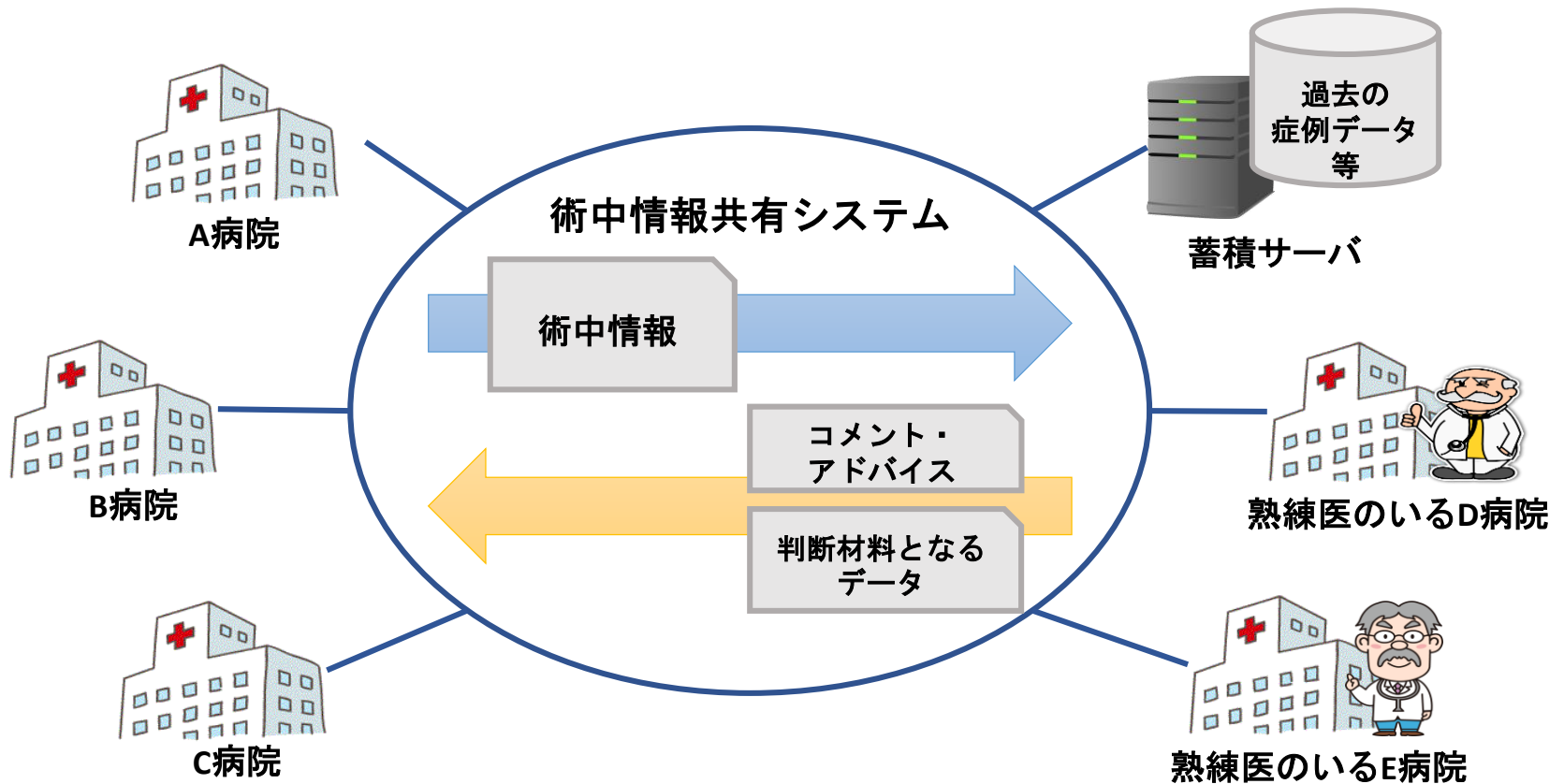


複数の医療機関と連携して、医療情報を共有する  
医療情報共有システムが必要

[4]田村ら, "未来予測手術実現のための画像情報デジタル化と脳機能データベース構築", JSCAS, vol.17, no.3 p.239, 2015.

# 未来予測手術に向けた術中情報共有システム

- 複数の病院およびデータ蓄積サーバを連携させ医療情報を共有するシステム

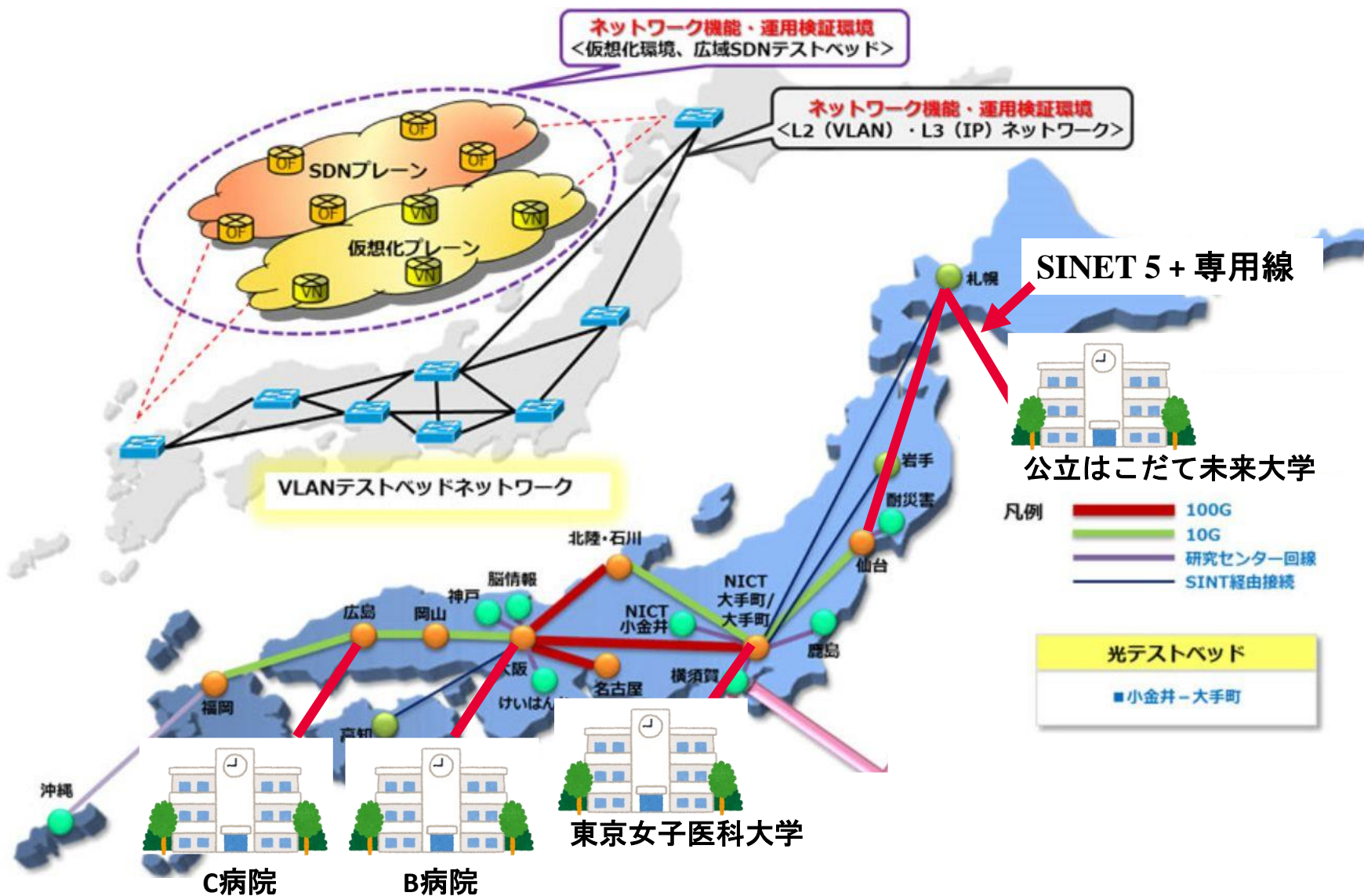


求められる医療情報共有システムのイメージ

# システム実用化に向けた調査

- 東京女子医科大学と共同で研究
  - 現状使用可能なテストベッドを用いてシステム構築
    - －JGN-X
    - －SINET5

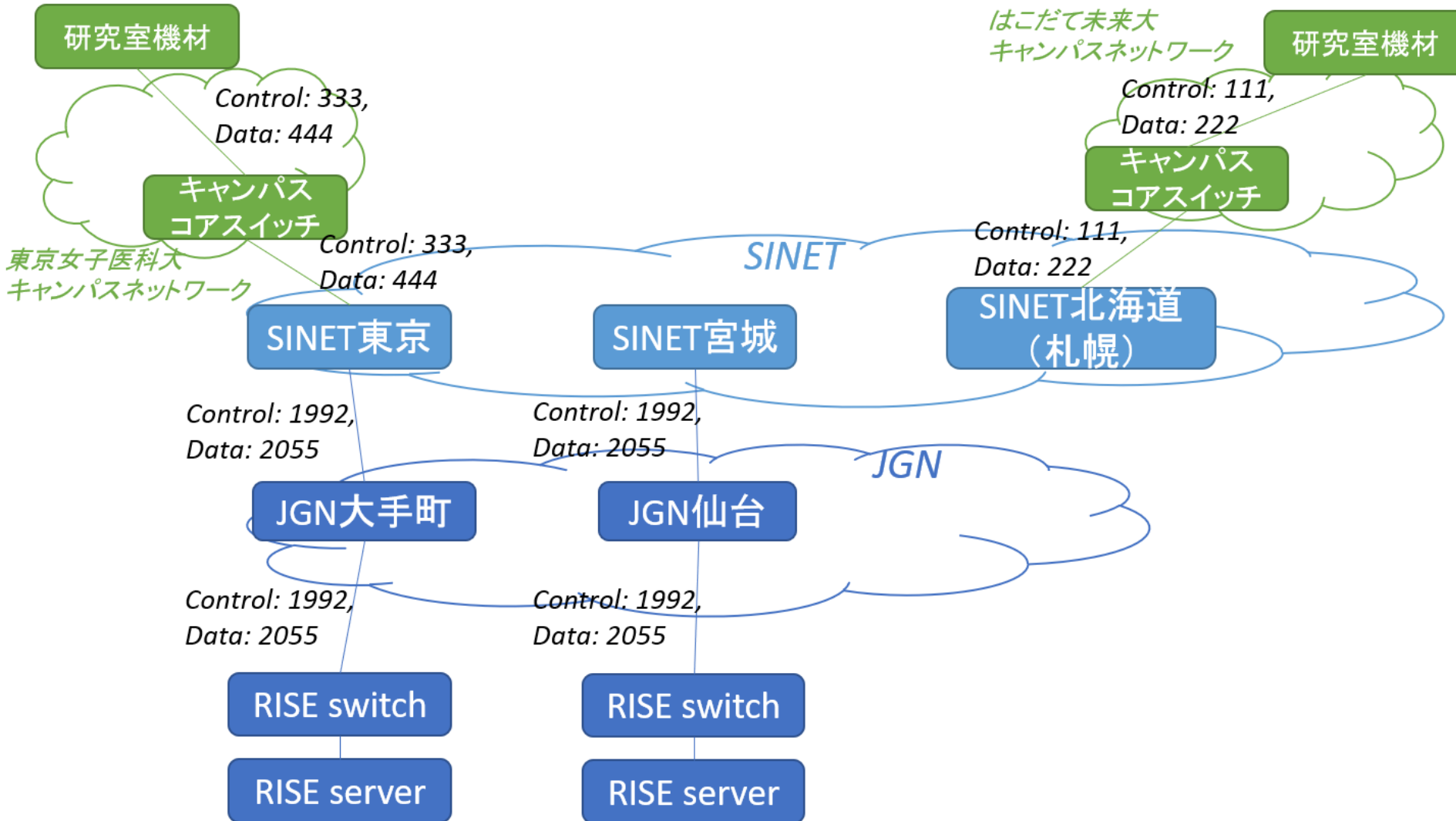
# 現状のJGNおよびSINETの構成①





# 現状のJGNおよびSINETの構成②

○あああ





# 情報共有環境構築に向けた課題

## ○課題

- 現状のネットワーク構成を反映
- 安定した通信品質が必要
  - ー通信する情報が途切れることなく、リアルタイムに送信側から受信側に送られる必要がある



A病院



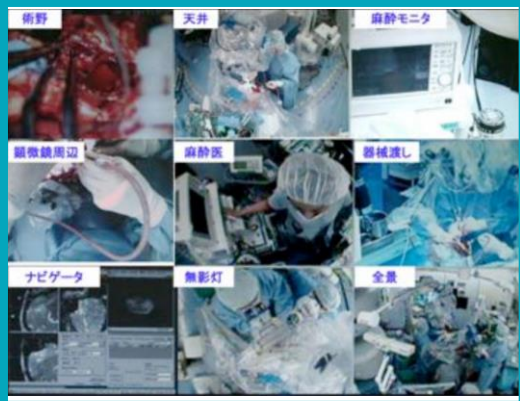
医療情報が絶えず  
リアルタイムに送信



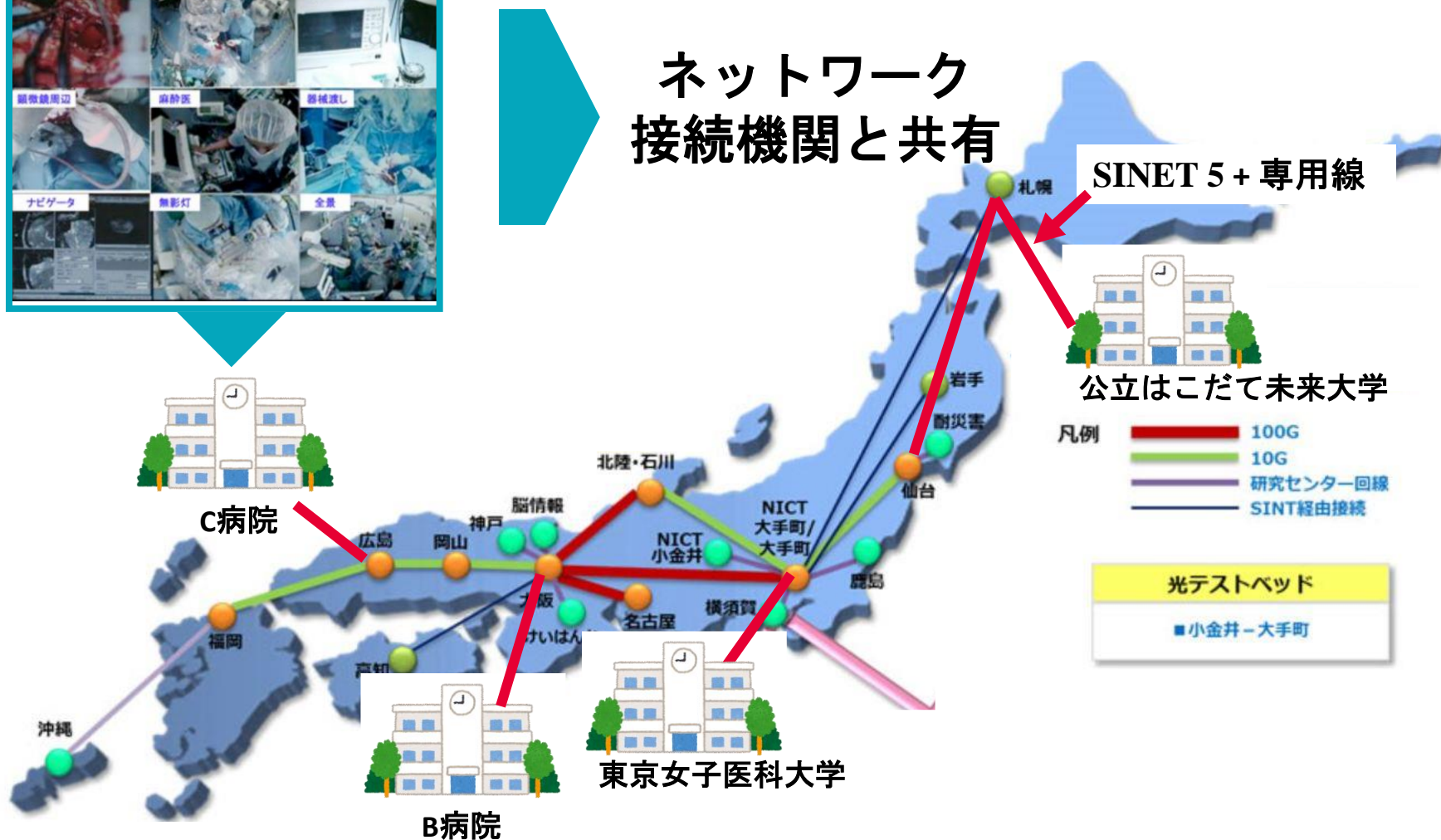
熟練医のいるD病院

# 手術情報共有システム

## 術中映像



## ネットワーク 接続機関と共有



# 開発コンセプトと目標

## ○術中情報共有システムのコンセプト

- 術中情報を遠隔地の病院と共有

- 共有により熟練医は手術状況を確認可能

- ⇒それにより遠隔地からでも執刀医の支援が可能

## ○コンセプトから設定した目標

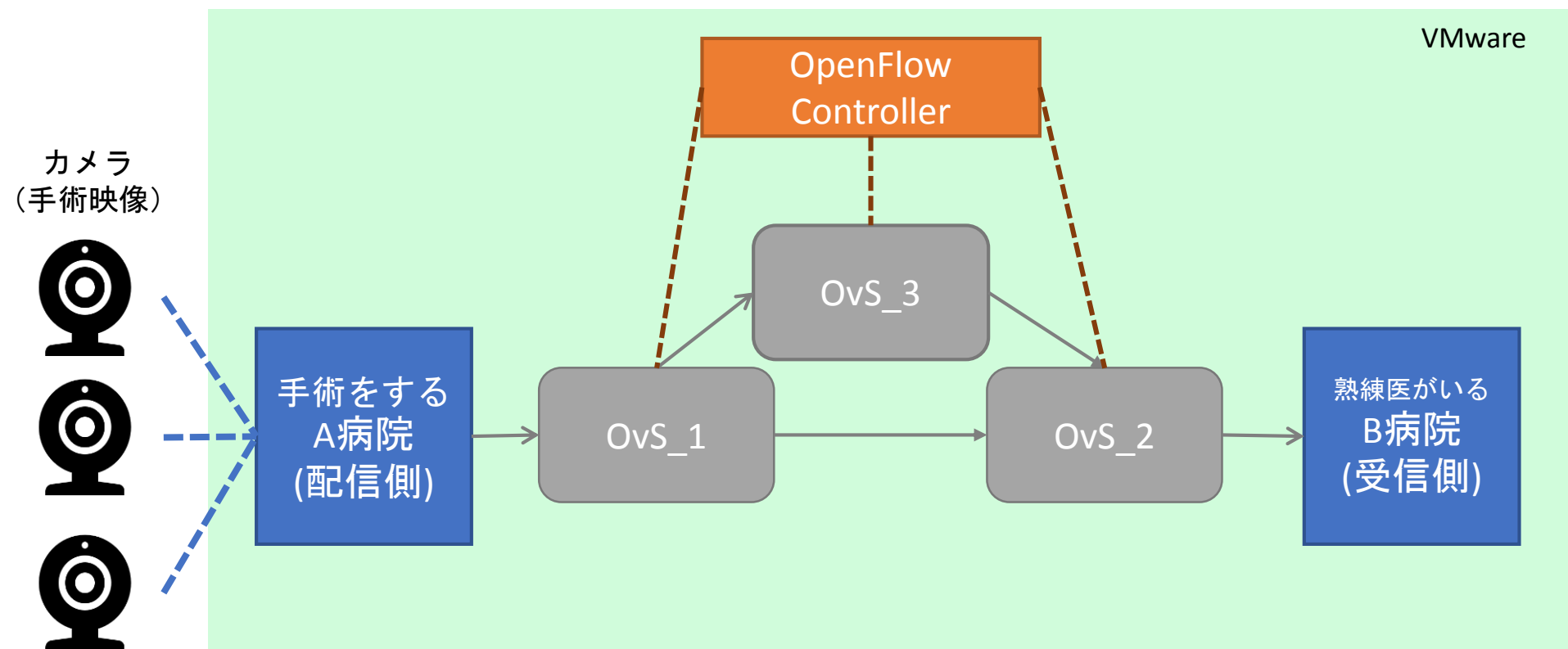
- リアルタイムでの情報の共有

- 熟練医が欲しい情報を選択可能

- 情報が途切れることなく伝送

# 構築環境

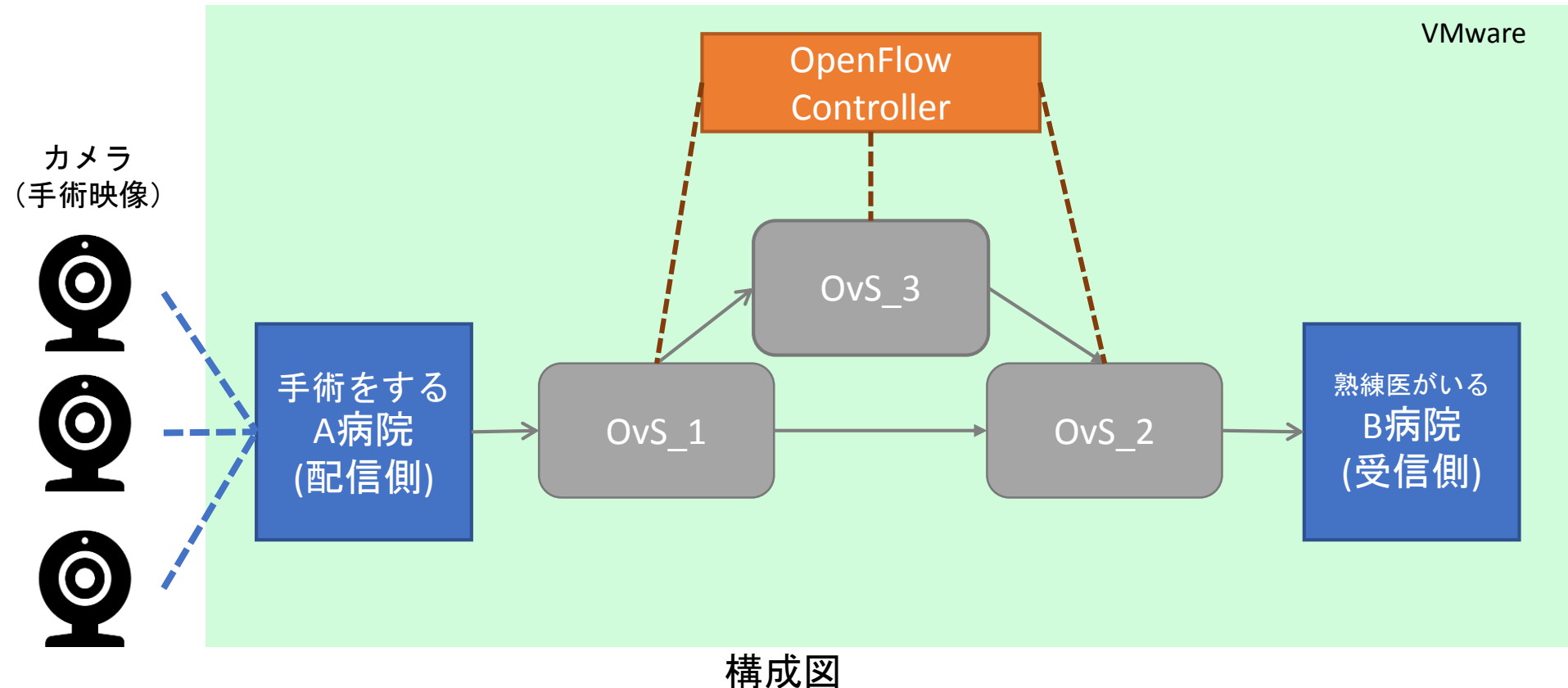
- 仮想環境上に以下の構成でシステムを構築
  - OpenFlowを用いた動的な経路制御下での映像配信
  - 経路死活監視による断線時の自動経路切り替え



構成図

# 想定される例 (1/3)

- 手術中のA病院に対し，B病院の熟練医が助言に向けた状況確認のため，映像を視聴する

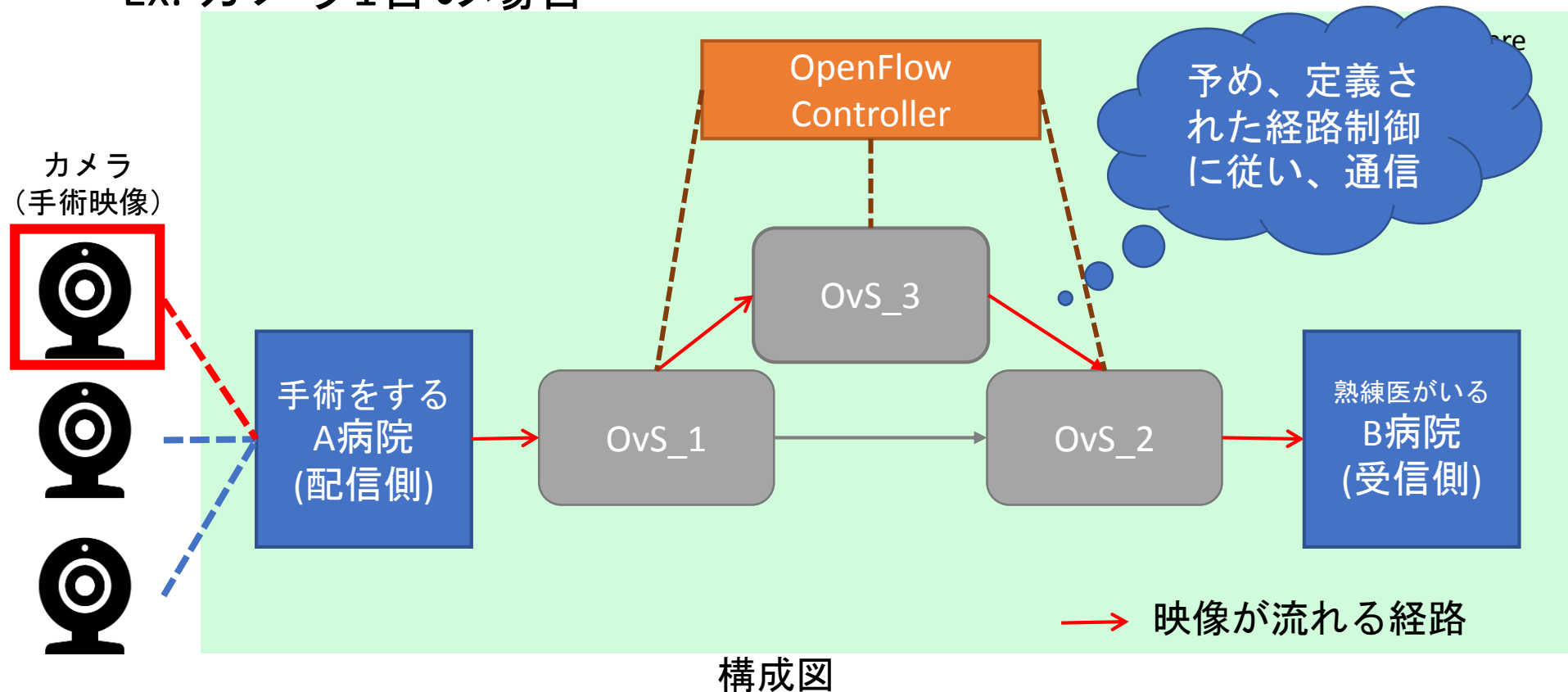


# 想定される例 (1/3)

- 手術中のA病院に対し， B病院の熟練医が助言に向けた状況確認のため，映像を視聴

→映像はControllerにより経路を制御し配信

Ex. カメラ1台の場合



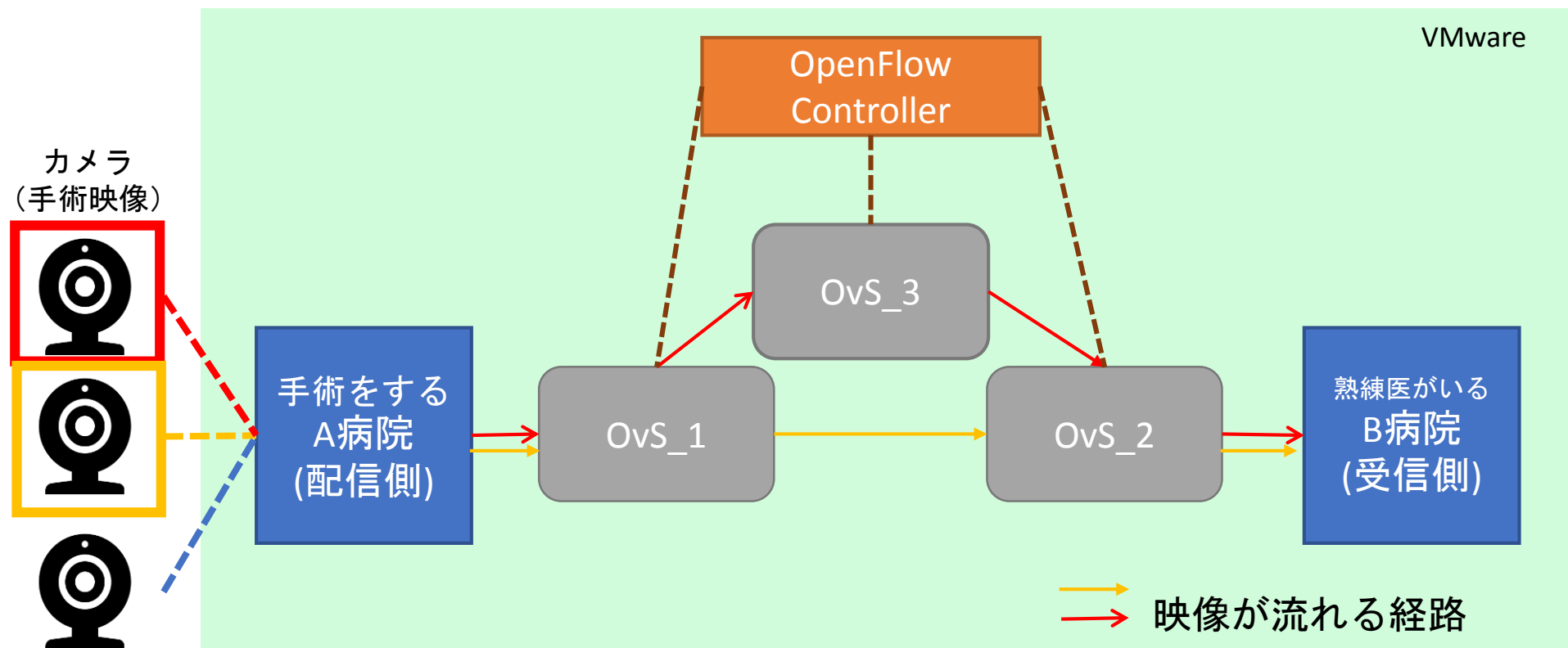
# 想定される例 (2/3)

○Ex. カメラ 2つの場合 → 経路を変えて転送

●赤カメラの経路：

OpenvSwich\_1 → OpenvSwich\_2 → OpenvSwich\_3

●黄カメラの経路： OpenvSwich\_1 → OpenvSwich\_3



構成図

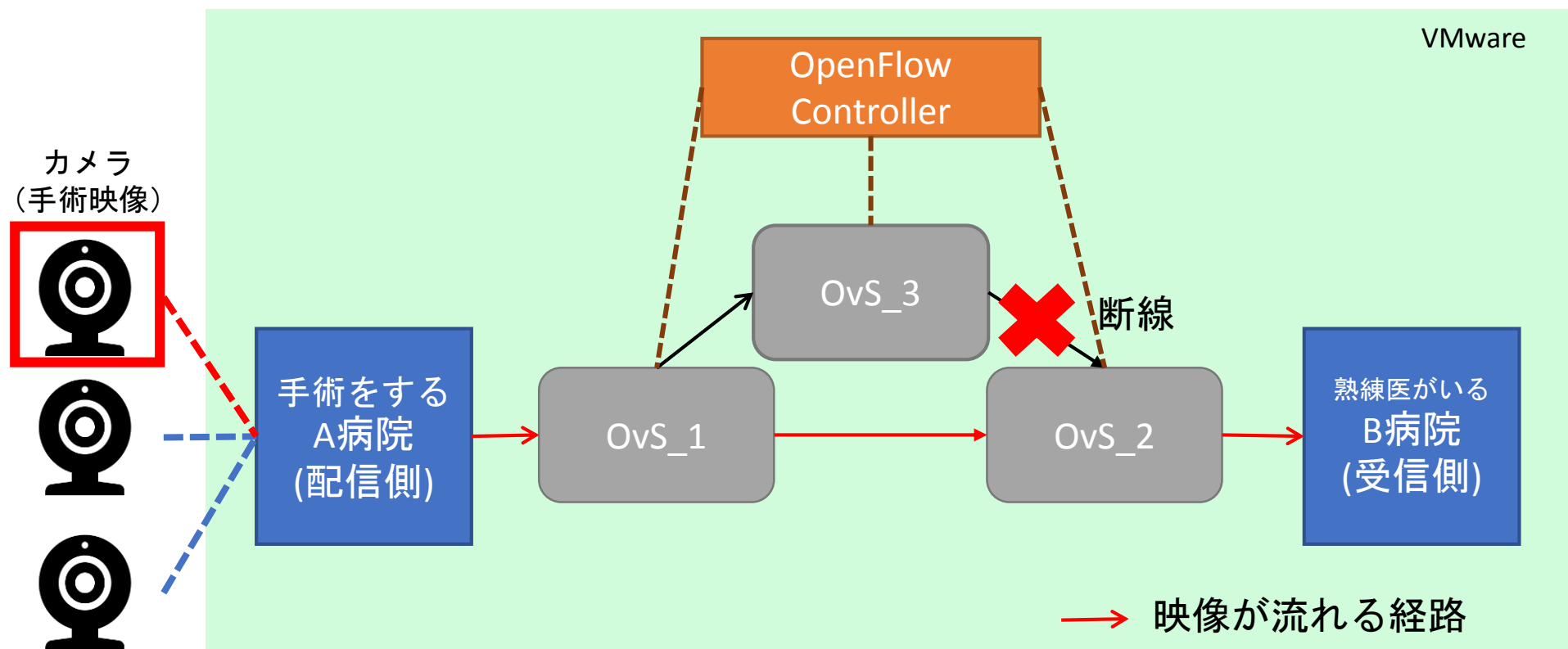


# 想定される例 (3/3)

○Ex. 経路が断線したとき、経路を変えて転送

通常時 : OvS\_1 → OvS\_3 → OvS\_2

断線時 : OvS\_1 → OvS\_3



構成図

# アーキテクチャ

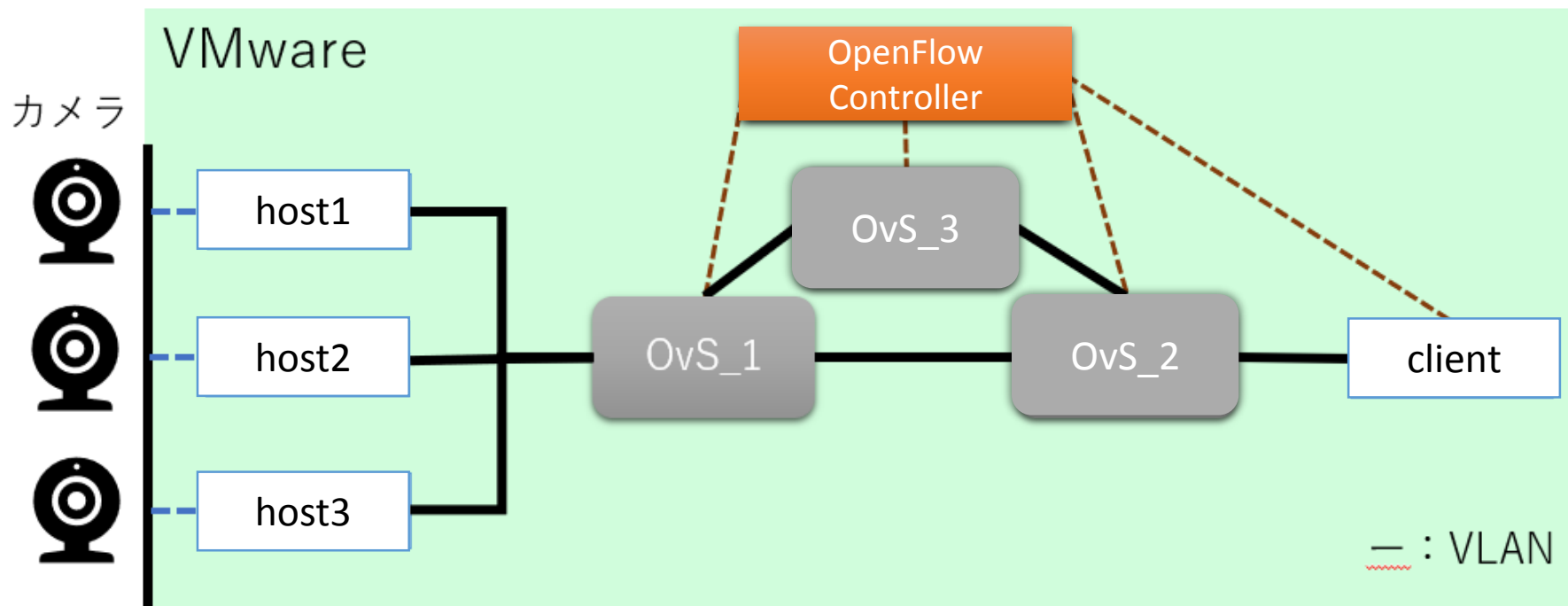
## ○システムアーキテクチャ

- host: 手術室側

- ー3台のUSBカメラとそれぞれのデータを受信するhostを用意

- client: 熟練医側

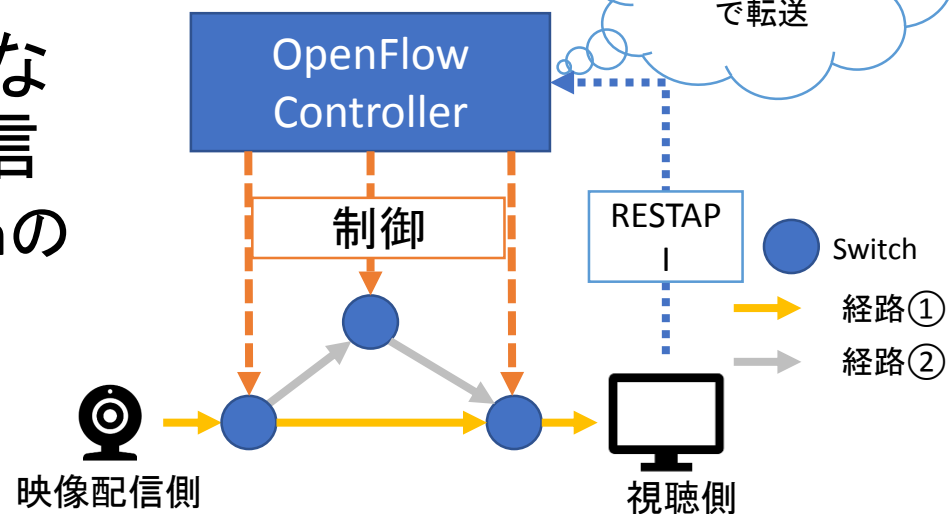
- ーWebブラウザ上で映像を視聴可能



# 手術映像配信システムの機能

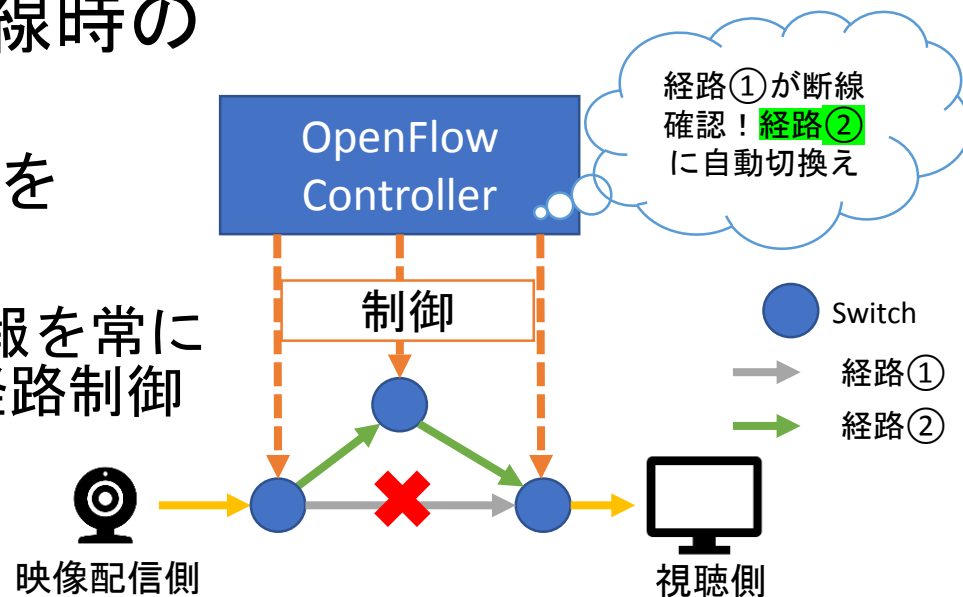
## ① OpenFlowを用いた動的な経路制御下での映像配信

- REST\_APIによるOpenvSwitchのパケット転送経路制御
  - 2経路×3種類の映像
  - 8パターンの転送方法



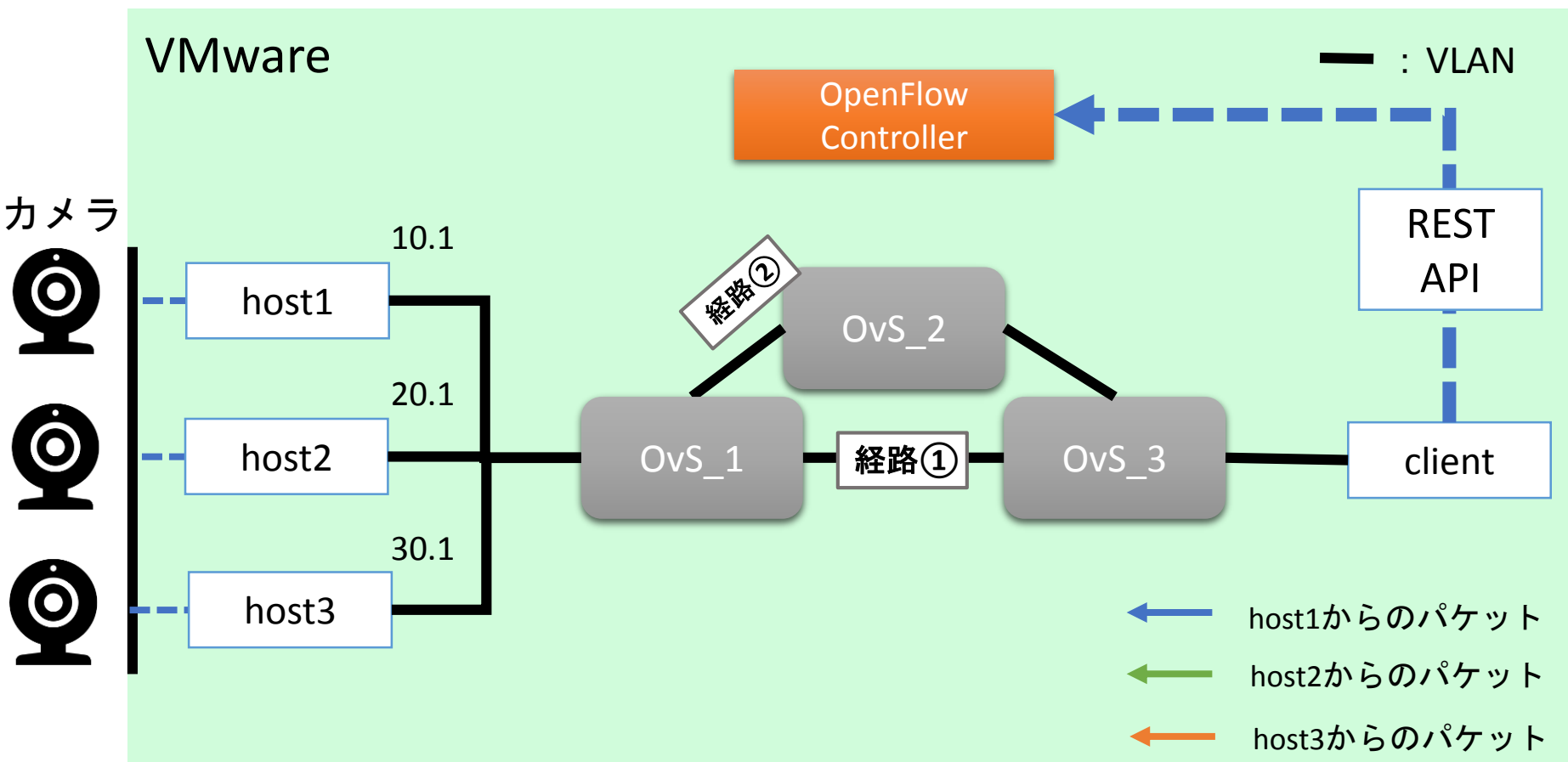
## ② 経路死活監視による断線時の自動経路切り替え

- Controllerによる各Switch間を死活監視
  - 断線時、優先度が高い情報を常に流し続けるように自動で経路制御



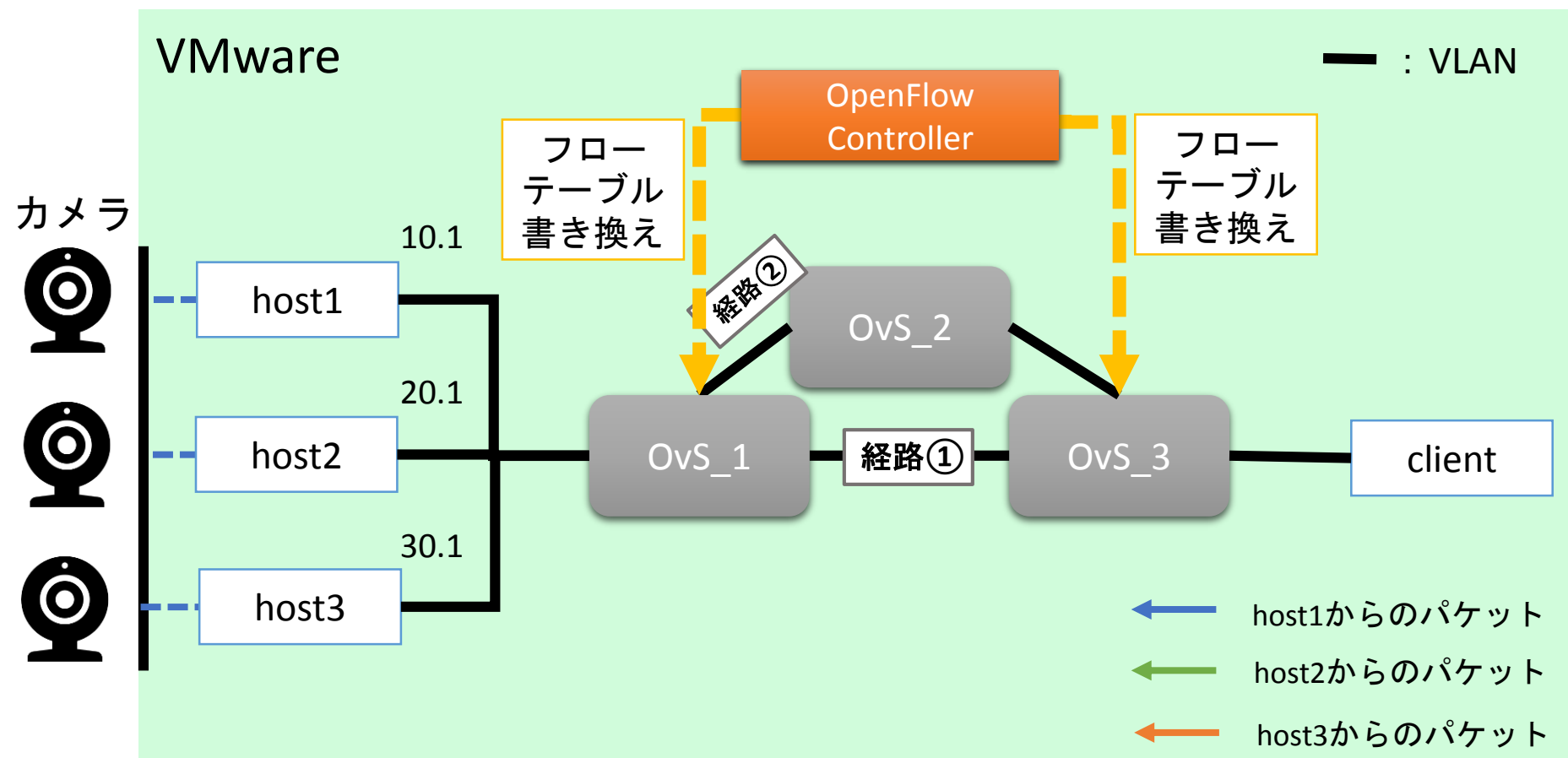
# ① : OpenFlowを用いた動的な 経路制御下での映像配信(1/3)

- client側はControllerへ転送経路の制御命令 (REST\_API)を送信
  - ユーザによる自由な経路選択と動的な制御



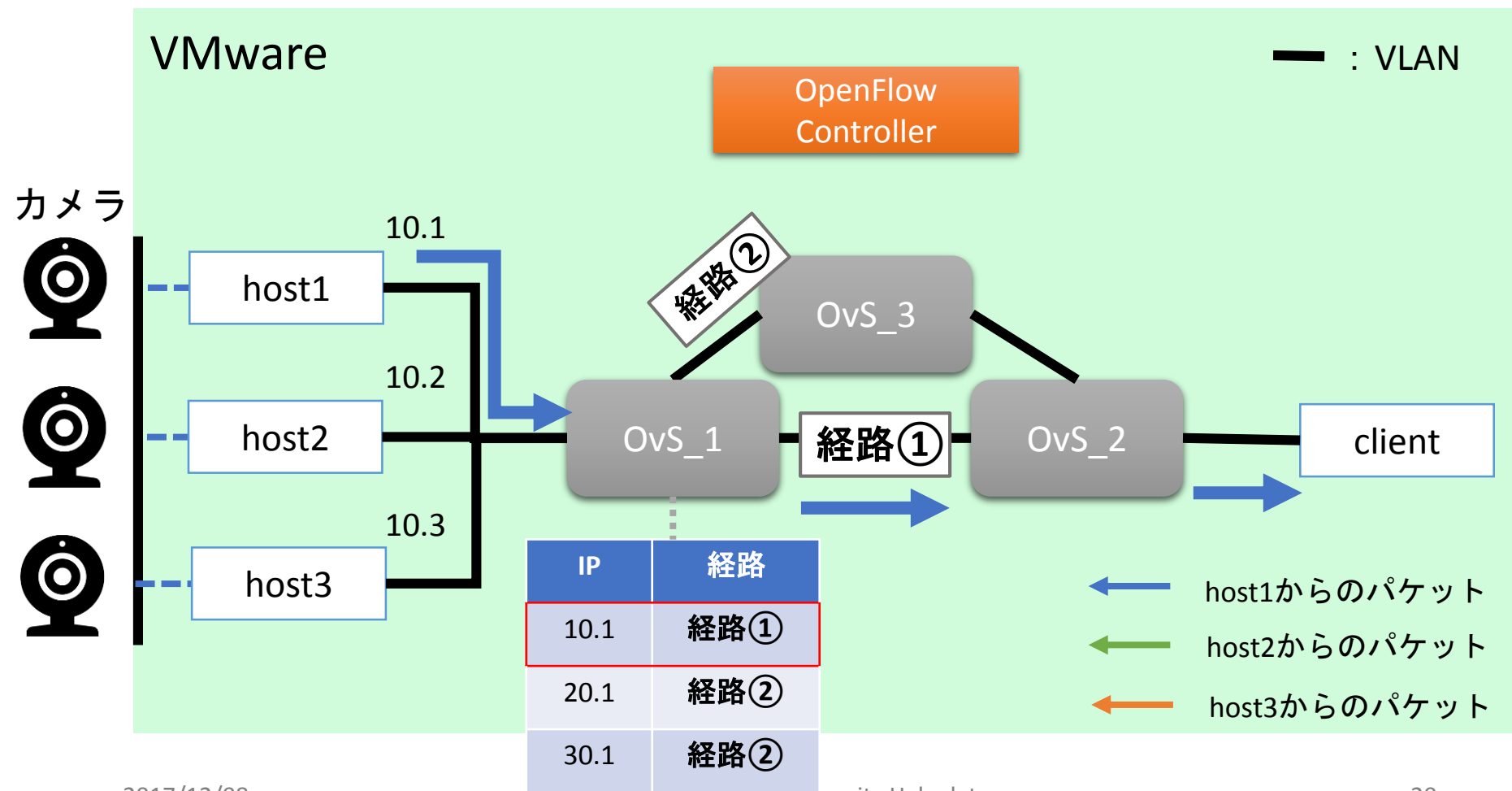
# ① : OpenFlowを用いた動的な 経路制御下での映像配信(2/3)

- Controllerは受け取ったREST\_APIに従い、制御下のOvSのフローテーブルを書き換え
  - 今回はOvS\_1, OvS\_3のフローテーブルを書き換え



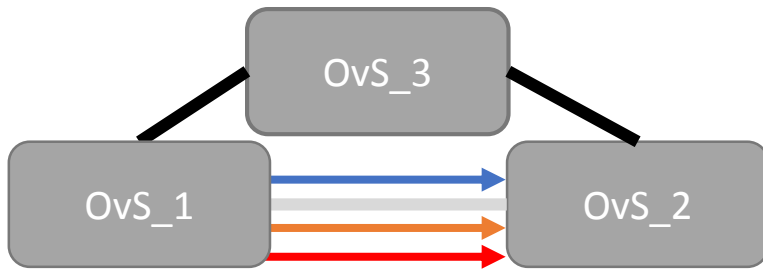
# ① : OpenFlowを用いた動的な経路制御下での映像配信(3/3)

- フローテーブルは各ホストのIPアドレス識別することで、転送する経路を制御

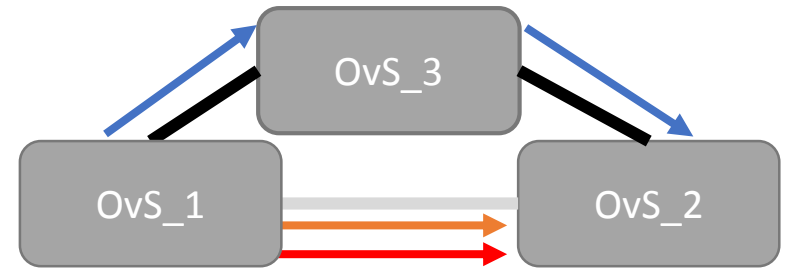


# REST\_APIによる経路制御パターン①

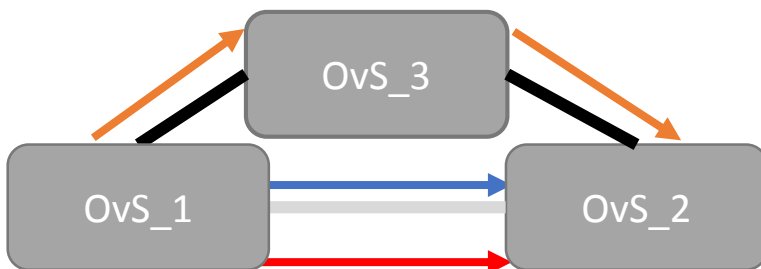
- ← Host1の packets の流れ
- ← Host2の packets の流れ
- ← Host3の packets の流れ



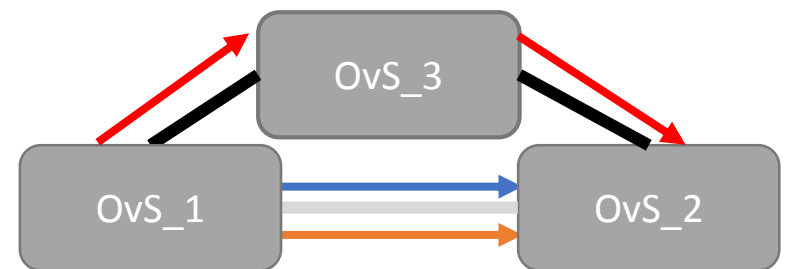
パターン0 (default)



パターン1



パターン2

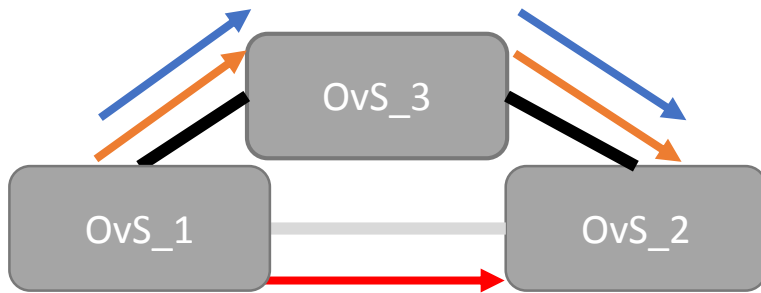


パターン3

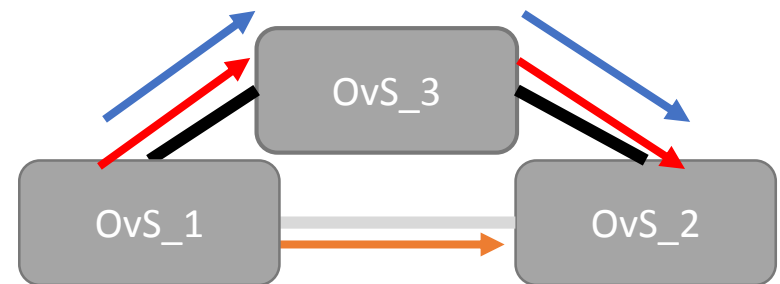


# REST\_APIによる経路制御パターン②

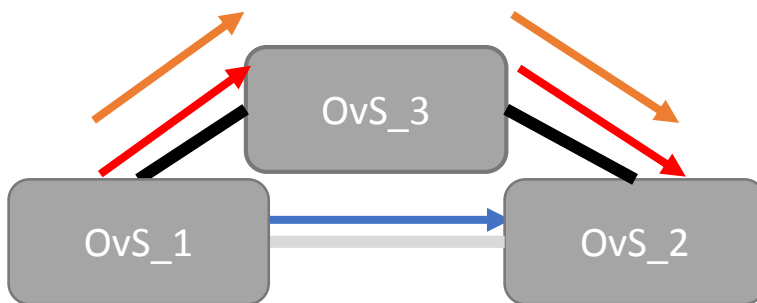
- ← Host1の packets の流れ
- ← Host2の packets の流れ
- ← Host3の packets の流れ



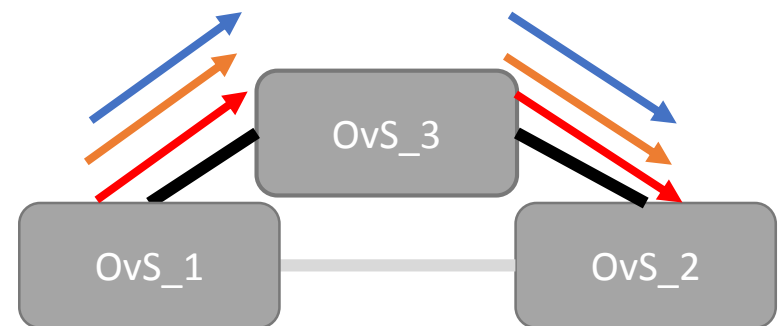
パターン4



パターン5



パターン6

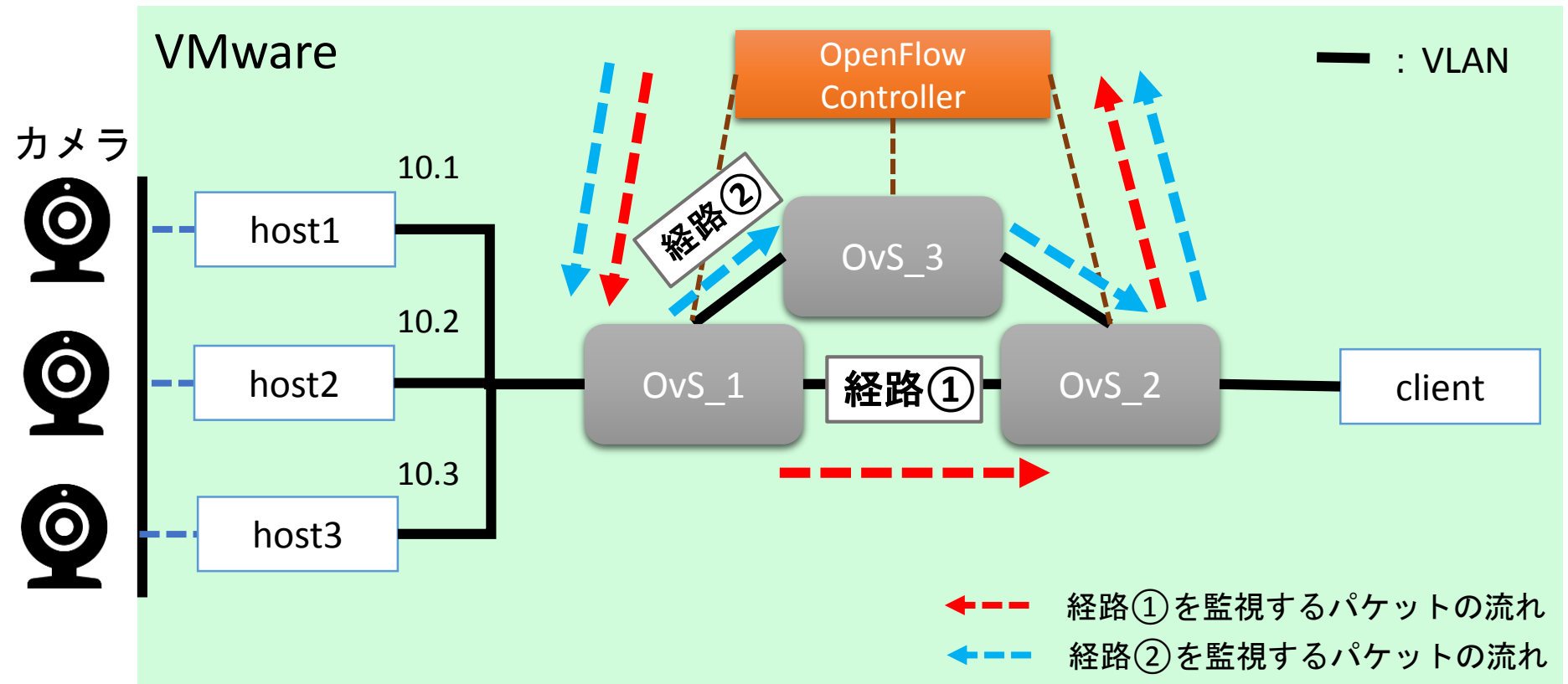


パターン7

## ②経路死活監視による断線時の自動経路切り替え(1/3)

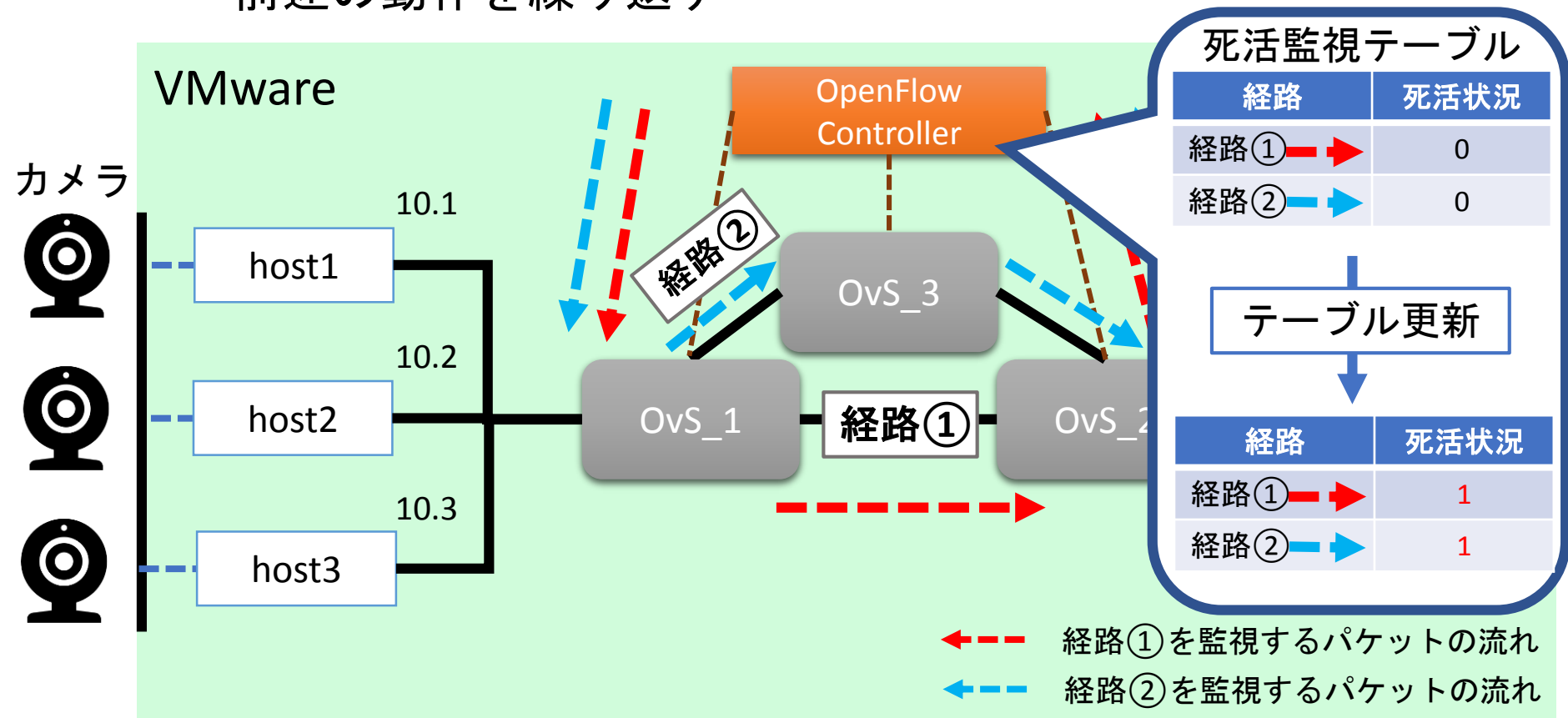
- Controllerが死活監視 packets を作成し、各経路に送信  
— 死活 packets の流れ(2種類)

1. Controller → OvS\_1 → OvS\_3 → Controller (経路①)
2. Controller → OvS\_1 → OvS\_2 → OvS\_3 → Controller (経路②)



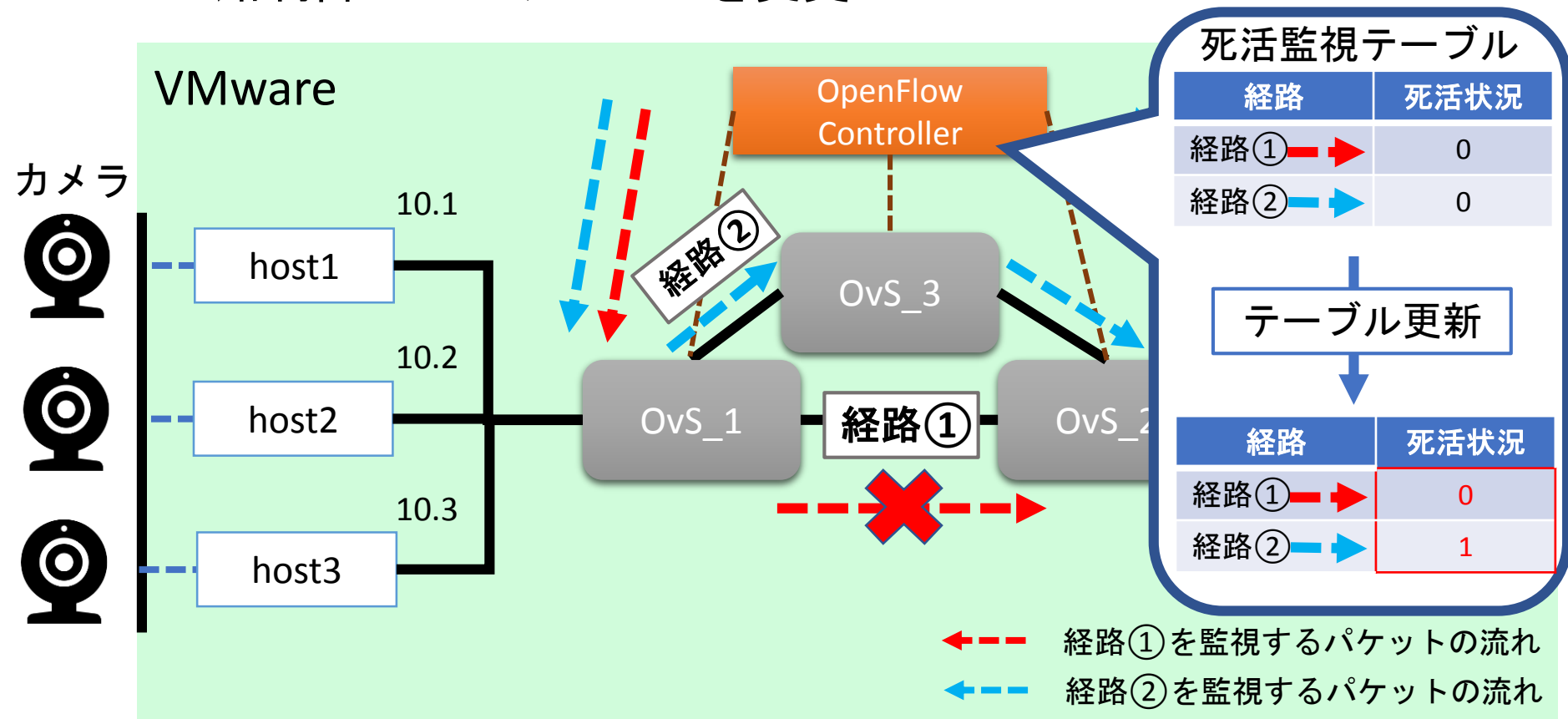
## ②経路死活監視による断線時の自動経路切り替え(2/3)

- Controllerはパケットの入力ポートを確認することで死活監視テーブルを更新し、パケットを再度作成&送信
  - ー通常時：パケットテーブルに「1」が更新
  - ー前述の動作を繰り返す

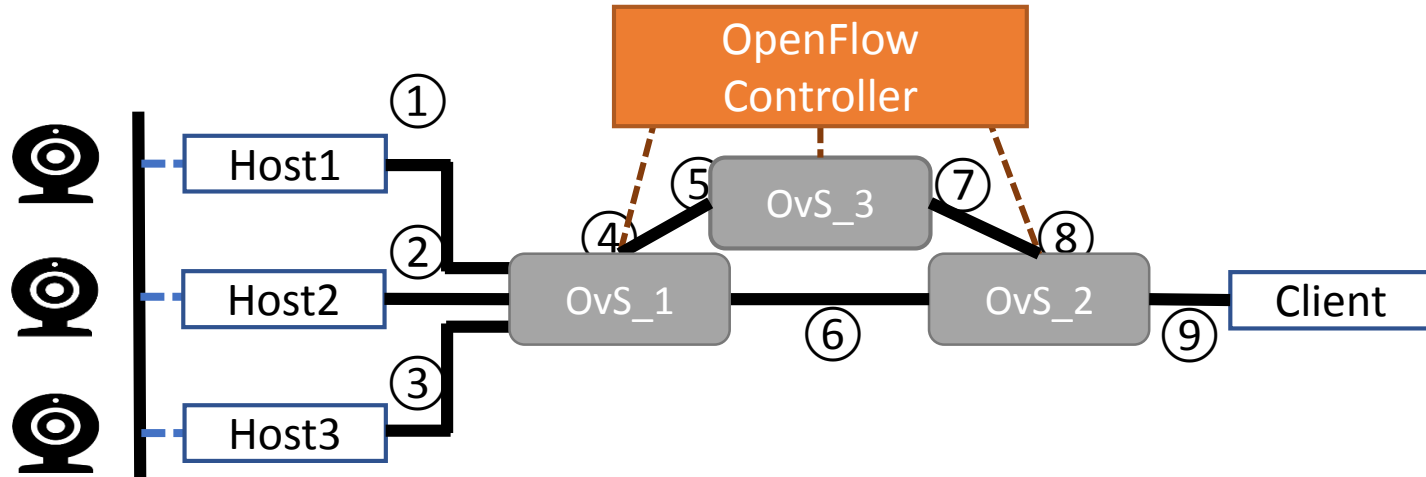


## ②経路死活監視による断線時の自動経路切り替え(3/3)

- 死活監視テーブルに更新が見られなかった場合、パケット送信が不可能とみなし、経路を自動切換え
  - － 優先度が高い映像（host1の映像）のみが必ず流れるように経路制御フローテーブルを変更



# ネットワーク構成



Host1:

①: ens33(OvS\_1)

Host2:

②: ens38(OvS\_1)

Host3:

③: ens42(OvS\_1)

OvS\_1:

①: ens33(Host1)

②: ens38(Host2)

③: ens42(Host3)

④: ens41(OvS\_3)

⑥: ens39(OvS\_2)

OvS\_2:

⑥: ens39(OvS\_1)

⑧: ens41(OvS\_3)

⑨: ens33(Client)

OvS\_3:

⑤: ens33(OvS\_1)

⑦: ens38(OvS\_2)

## 基本動作

① OpenFlow を用いたカメラ映像の配信

# 実装結果

- 転送経路を動的に制御しながら、複数映像を配信するシステムの構築
  - REST\_APIにより、動的に経路制御が可能
  - 死活監視を行い、断線が見つかった場合には、優先度の高い情報をとぎれることなく転送を実現
- 重要な映像情報を途切れることなく、遠隔地との共有を実現



# 実装よって判明した課題

- 帯域を加味した経路制御手法の検討
  - 転送経路の帯域にて輻湊が発生する前に経路を切り替える
  - 転送経路の距離だけではなく、帯域幅も加味した自動経路選択
- 経路復帰後の経路制御手法の検討
  - 断線後、復帰した場合にもとの経路に再度戻す手法の検討
- 各情報が同期しておらず、遅延が大きい
  - 各ホストから得られる映像の同期手法の検討
  - できる限り遅延を抑えた転送手法の検討

# 現状と今後の課題

## ○現状

- 遠隔地との手術情報共有に向けたSDNを用いた術中情報共有システムの開発
- 最小経路下での制御システムをVM上にて実装し、テスト実験を実施

## ○今後の予定

- 実環境下（未来大-東京女子医大）での実装
- 帯域を加味した経路制御手法の検討
- 共有情報の同期手法の検討など

# まとめ

## ○脳腫瘍摘出術におけるOpenFlowを用いた術中情報共有システムの構築

- OpenFlowを用いた動的な経路制御下での映像配信
  - ーREST\_APIによるOpenvSwitchの  
パケット転送経路制御
    - ・2経路×3種類の映像=8パターンの転送方法
- 経路死活監視による断線時の自動経路切り替え
  - ーControllerによる各Switch間を死活監視
    - ・断線時、優先度が高い情報を常に流し続けるように自動で経路制御

## ○今後

- 実環境下（未来大-東京女子医大）での実装
- 帯域を加味した経路制御手法の検討
- 共有情報の同期手法の検討など