

**新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業  
多様な通信環境に関する実証事業  
成果報告会**

**2021年 3月11日 (木)  
14:00～16:00**

**文部科学省 初等中等教育局 情報教育・外国語教育課  
多様な通信環境に関する実証事務局**

# プログラム

時間	内容		担当	
14:00	1	開会の挨拶	文部科学省	
14:10	2	実証事業の概要説明	実証事務局	
	(1)	実証概要		
	(2)	現状のパターン		
		<質疑応答>		
14:40		休憩（10分間）		
14:50	3	学習系ネットワークの通信環境最適化について		
	(1)	机上検討		
		最適なネットワークの検討方法		
		最適な通信帯域の計算方法		
		最適なモデルの選定方法		
		<質疑応答>		
	(2)	フィールド検証		
		各フィールドの測定結果		
	(3)	総括・まとめ		
	<質疑応答>			
15:50	4	閉会の挨拶	事業推進委員長	

# 1. 開会挨拶

文部科学省 初等中等教育局  
情報教育・外国語教育課長

今井 裕一

## **2. 実証事業の概要説明**

### **(1) 多様な通信環境に関する実証について**

# 「多様な通信環境に関する実証」について

- 本実証は2020年度文部科学省「新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業」の中の一事業です。
- GIGAスクール構想の実現に向けた、学校外の多様な回線の在り方に関する調査研究を実施しました。

## 趣旨

- Society5.0の時代に求められる資質・能力を育成するためには、新学習指導要領の着実な実施やチームとしての学校運営の推進が不可欠であり、その中核を担う教師を支え、その質を高めるツールとしての先端技術（データの利活用を含む）には大きな可能性がある。
- GIGAスクール構想（※）を推進し、教師の指導や子供の学習の質をさらに高め、「子供の力を最大限引き出す学び」を実現するため、様々な先端技術の効果的な活用方法の整理・普及と、その基盤となるICT環境整備を一層促進する必要がある。  
※令和元年度文部科学省補正予算（案）：231,805百万円

### ○ 先端技術の効果的な活用に関する実証

- 「誰一人取り残すことのない、公正に個別最適化された学び」の実現に向けて、学校現場と企業等との協働により、昨今の技術革新を踏まえながら、学校教育において効果的に活用できる先端技術の導入・活用について実証を行う。
- 学習指導、生徒指導、管理運営等、学校全体において先端技術を活用した事例を創出するとともに、学校教育の中で先端技術が効果的に作用すると考えられる場面とその実施方法等を整理する。



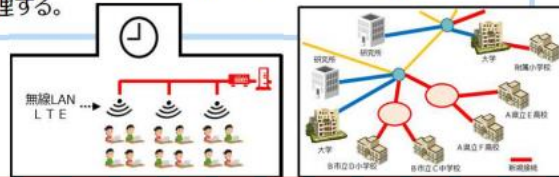
### ○ 遠隔教育システムの効果的な活用に関する実証

- 教師の指導や子供たちの学習の幅を広げたり、学習機会の確保を図ったりする観点から、学校教育における遠隔教育の導入・活用に関する実証を行う。
- 遠隔教育が特に効果的に作用すると考えられる活用場面及びその実施方法、ICT機器の設置等に関する留意点等を整理する。  
(多様な学習環境の実現・専門性の高い授業の実現に関するポイント 等)



### ○ 多様な通信環境に関する実証

- GIGAスクール構想の実現に向けて、多様な学校の規模・ニーズ等に対応できるよう、様々な通信回線・ネットワークの構成についての実証を行う。
- Wi-FiやLTE、5Gの利用モデル、また、基幹網としてSINETや商用のネットワークの活用モデル等を整理する。



### ○ 「ICT活用教育アドバイザー」の活用

- 教育の質の向上に向けて、全国の自治体における学校のICT環境整備の加速とその効果的な活用を一層促進するため、各都道府県ごとにエリアをカバーした支援スタッフの配置（教員研修講師、指導面技術面助言、遠隔教育実施のサポート等）



## 成果

- 全国の自治体・学校において、GIGAスクール構想が円滑に実現される。
- 「誰一人取り残すことのない、公正に個別最適化された学び」の実現に向けて、先端技術や教育データを効果的に活用した教育活動が展開される。
- 希望する全ての初等中等教育段階の学校が、学習の幅を広げる観点から、適切な場面で遠隔教育を実施する。

## 実証事業概要

### (1) 事業名

新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業(多様な通信環境に関する実証)

### (2) 事業の趣旨

Society5.0の時代に求められる資質・能力を育成するためには、新学習指導要領の着実な実施やチームとしての学校運営の推進、1人1台端末環境・クラウド活用の下での教育コンテンツの活用が不可欠であり、そのためのツールとしての先端技術を効果的に活用することが必要である。

先端技術の効果的な活用に向けては、学校のICT環境整備だけでなく、学校外における通信環境の整備が不可欠であり、GIGAスクール構想の実現に向けた学校外の多様な回線の在り方に関する調査研究を実施する。

この調査研究により得られた成果を活用して、全国どこでも質の高い学習を実現するためのICT環境の構築に向けて、GIGAスクール構想を推進し、教師の指導や子供の学習の質を更に高め「子供の力を最大限引き出す学び」を実現する。

### (3) 事業の内容

GIGAスクール構想の実現に向けて、多様な学校の規模・ニーズ等に対応できるよう授業で利用する端末について、Wi-FiやLTE、5Gを利用した通信を行う場合の有効な活用方法等を検証し、活用モデルとして整理する。また、学校からインターネットに接続する基幹網としてSINETや商用のネットワーク等、様々な通信回線・ネットワークを利用する場合の通信環境や特有の活用方法についての実証を行う。

# 本実証事業の目的

## 本実証事業の目的

GIGAスクール構想の実現のためには、「児童生徒・教職員が快適かつ安定的にネットワークを使用できること」を目指してネットワークの整備を進める必要があります。

本実証事業を通して、適切な学習系ネットワーク整備を検討する際に参考となる、手順や関連情報の提供を行うことを目的としています。

### Society5.0の時代に 求められる資質・能力を育成

教師の指導や子供の学習の質をさらに高め、  
「子供の力を最大限引き出す学び」を実現する

新学習指導要領の着実な実施や  
チームとしての学校運営の推進

1人1台端末環境・クラウド活用  
の下での教育コンテンツの活用

ツールとしての先端技術を効果的に活用することが必要

先端技術の活用に向けては、学校のICT環境整備だけでなく、  
学校外における通信環境の整備が不可欠であり、GIGAスクール構想の  
実現に向けた学校外の多様な回線のあり方に関する調査研究の実施



## 本実証における成果物の対象と内容

- おもに「ネットワーク設置者」向けに最適なネットワーク回線の導入の参考となるガイドブックと、簡易版のパンフレットを作成します。(後日、文部科学省のホームページに公開予定)

成果物	対象者 (主な利用者)	ポイント	記載内容
ガイドブック (60ページ程度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク設置者</li> <li>教職員</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1人1台端末を利用するにあたり、必要な帯域・セッション数を算出するための測定方法の手引き</li> <li>最適なネットワークを検討するための手引き</li> <li>導入後のネットワークトラブルシュートの紹介</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状ネットワークの把握</li> <li>トラフィック検討の考え方</li> <li>同時利用の考え方</li> <li>セッション数の例示</li> <li>接続構成モデルの例示</li> <li>学校外からの接続例</li> <li>SINET接続について</li> <li>フィールド実証</li> <li>アンケート／ヒアリング</li> <li>トラブル時の参照箇所</li> </ul>
パンフレット (10ページ程度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク設置者</li> <li>教職員</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1人1台端末を利用するにあたり、必要な帯域・セッション数を算出するための測定方法の手引き</li> <li>最適なネットワークを検討するための手引き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク設計の考え方</li> <li>最適なネットワークの検討手順</li> <li>教育的効果を引き出す通信環境の活用</li> </ul>



# 事業推進体制

- 本事業においては各分野の有識者を委員とした事業推進委員会を設置し、方針決定ならびに検討を推進して参りました。

## 実証推進体制

文部科学省	
参加メンバー	初等中等教育局 今井 裕一 (情報教育・外国語教育課長) 水間 玲 (情報教育・外国語教育課 情報教育振興室長) 齋藤 幸義 (情報教育・外国語教育課長補佐) 久野 由紀 (情報教育・外国語教育課 学習情報係長) 尾野 敬 (情報教育・外国語教育課 専門職) 田端 秀章 (情報教育・外国語教育課 教育情報化専門職)
役割	✓ 実証事業方針の承認



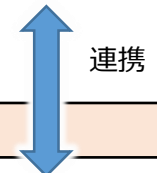
事業推進委員会	
参加メンバー	◎漆谷 重雄 (国立情報学研究所 副所長) ◎ : 委員長 西田 光昭 (柏市教育委員会 アドバイザー) 高橋 邦夫 (合同会社K Uコンサルティング 代表) 稲垣 忠 (東北学院大学 文学部 教授) 林山 耕寿 (シスコシステムズ合同会社 公共事業 事業推進本部)
役割	✓ 事業実施の方向性や調査・分析等について助言 ✓ 実証フィールドの取り組み内容の評価・課題分析・改善内容の明確化



事業者 (NTT東日本)		
<b>事務局</b> ✓実証事業の方針策定 ✓全体とりまとめ ✓各種会議体の開催運営・進行	<b>テクニカルメンバ</b> ✓検証全体設計 ✓接続条件による類型化 ✓導入・運用ポイントの検討 ✓事業者へのヒアリング	<b>フィールドメンバ</b> ✓フィールド設計・構築 ✓トラヒック調査 ✓アンケート・ヒアリング 等



実証フィールド			
吉川市	仙台市	東京学芸大学附属 世田谷小学校	大阪府



# 事業全体スケジュール

年度	2020年度							
月	8	9	10	11	12	1	2	3
全体計画 ・ 机上検討		実証企画 検証全体設計	接続条件による類型化と構成要素、導入・運用ポイントの検討 SINET接続に関する整理		通信要件に関する事業者ヒアリング			
フィールド 実証		実証フィールドとの実証方針の意識合せ	フィールド設計（現地調査）	フィールド構築（検証環境整備）		フィールド実証（トラフィック測定等） アンケート・ヒアリング		
イベント			● 第1回 事業推進委員会			● 第2回 事業推進委員会		● 成果報告会

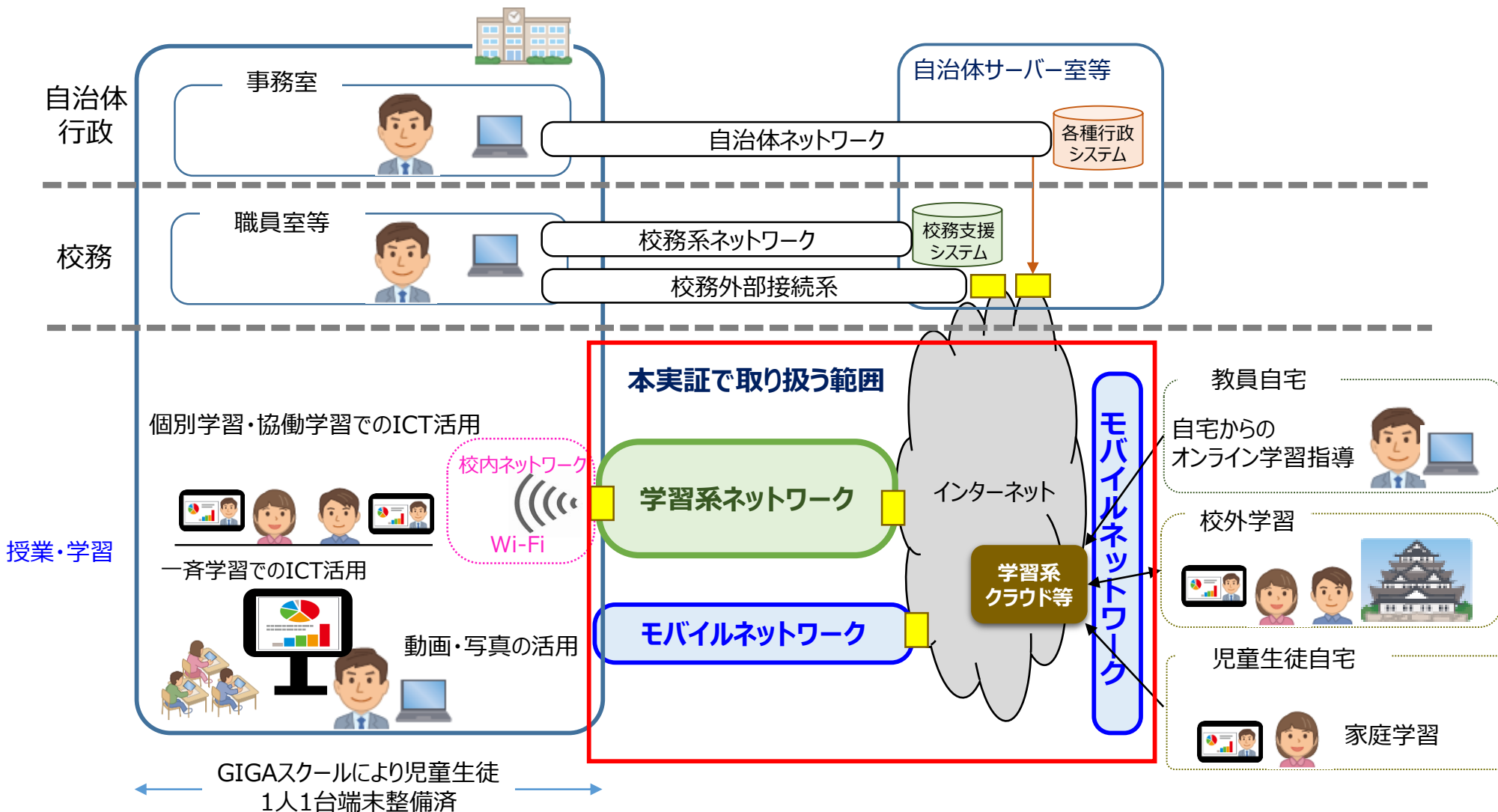
【凡例】

→ 事業全体の計画

→ 実証フィールドの計画

# 本実証で取り扱う範囲

- 本実証では、GIGAスクール構想で整備した1人1台端末を有効に活用できるよう最適なネットワークの整備の手引きとして、「学習用ネットワーク」について検討していきます。



# 本事業の検討ステップについて

- 本事業を以下の3つの工程に分け、検討を行いました。
- 網羅性・期間を考慮するため、基本的に机上検討で実証を行い、フィールドでは机上を補足する位置づけで実施しました。

## STEP1：机上検討

### 接続条件による類型化と通信環境モデルの整理

- 通信環境を類型化し、各モデル毎の構成要素を検討  
→実際の構築事例や、メーカ等への調査（事業者ヒアリング）を通して検討を実施
- ネットワークの課題（ボトルネックの特定）及び解決案の策定
- 多様な通信環境の比較・構成案の検討

## STEP2：フィールド検証

### トレンド技術の実証・既存ネットワーク・改善ネットワークの実測

- 事例が少ないトレンド技術の一部を実証し、机上検討を補足  
→SINET接続、10Gbps回線、ローカルブレイクアウト
- 既存ネットワークの通信状態やボトルネックの特定
- モデル構成による効果検証

## STEP3：考察・まとめ

### 各モデルの評価・整理、ドキュメント作成

- 通信環境モデル毎に評価・整理（メリットデメリット、コスト、利用手続等）
- 効果的な通信環境の導入・運用ポイントの整理
- 通信環境を導入・運用する際に参考となる情報を、パンフレット、ガイドブックに作成

## STEP1 机上検討①

- 多様な通信環境において、その構成における予測値を算出しました。
- フィールド実証での実測において、予測値の妥当性の検証や乖離した場合の修正を実施しました。

### ネットワーク構成の机上検討

- 接続条件（学校から直接接続、集約接続）における区間毎帯域の予測値算出
- SINET接続時の構成検討

### 必要データ量の机上検討

- アプリケーション毎のデータ量、セッション数の算定
- 端末毎のデータ量、セッション数の算定
- クラス毎・学校毎・自治体毎のデータ量・セッション数・同時利用率（重なり）の算定
- 機器やネットワーク回線毎の実効値（係数）の算定

### 費用算出における机上検討

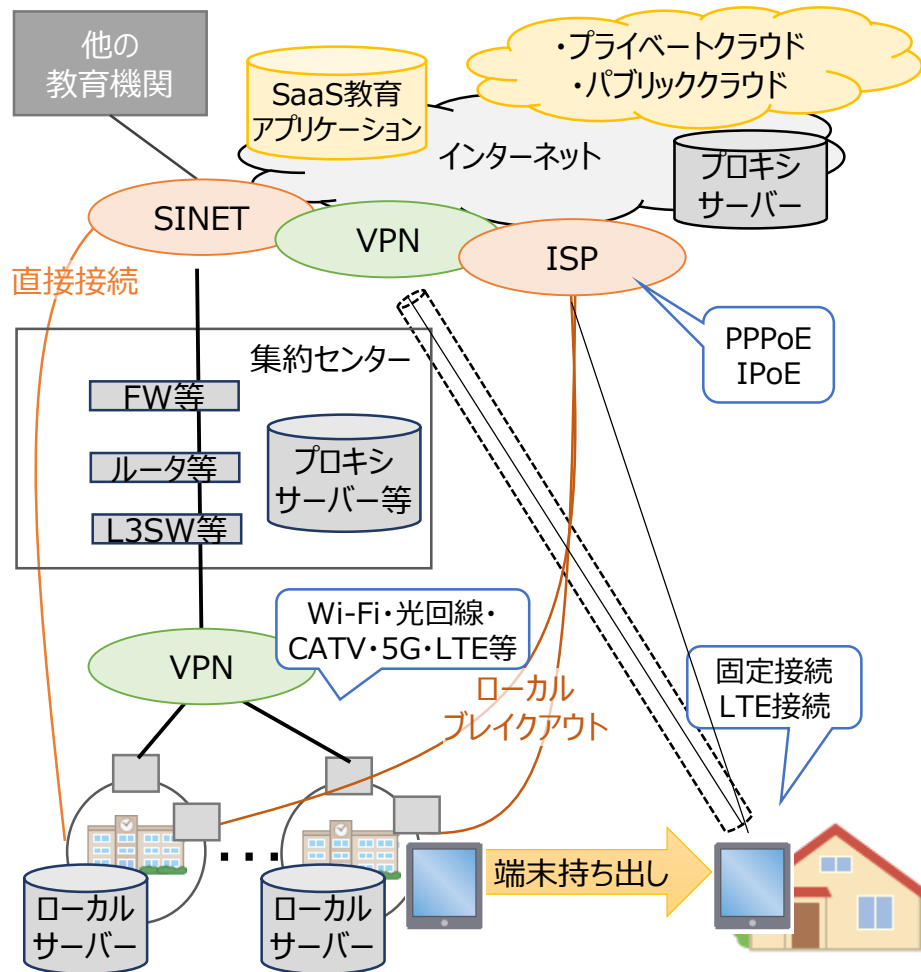
- ネットワーク構成、構成要素の違いによる費用算出

# STEP1 机上検討②

- 接続条件と構成要素を分類し、多様な通信環境を類型化し整理しました。

## ■ 接続条件と構成要素

<接続イメージ図>



項目	構成要素
学校からの接続構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>学校から直接接続</li> <li>自治体ネットワーク等集約</li> <li>都道府県ネットワーク等集約</li> <li>ローカルブレイクアウト</li> </ul>
インターネット接続	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISP (インターネットサービスプロバイダ) ベストエフォート、ギャランティ 利用帯域、固定IPアドレス有無 PPPoE接続、IPoE接続</li> <li>SINET (学術情報ネットワーク)</li> </ul>
外部回線	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベストエフォート、ギャランティ</li> <li>利用帯域</li> <li>有線ネットワーク FTTH、ADSL、CATV</li> <li>無線ネットワーク LTE・5G、MVNO、公衆無線LAN</li> </ul>



多様な通信環境を類型化し整理

## STEP2 フィールド実証①

- 机上検討において、比較的新しい技術のためノウハウや統計値のないものを実測しました。（以下テーマ）
- 机上検討で算定した数値の妥当性の検証を実施しました。

### 外部回線の違いによる実証

- ローカルブレイクアウト（インターネットブレイクアウト）での効果検証
- SINET接続（直接接続・集約接続）での効果検証
- モバイル接続時（集約接続）での効果検証
- 1Gbps、10Gbps（ベストエフォート）光回線での効果検証

### 学校端末利用による実証

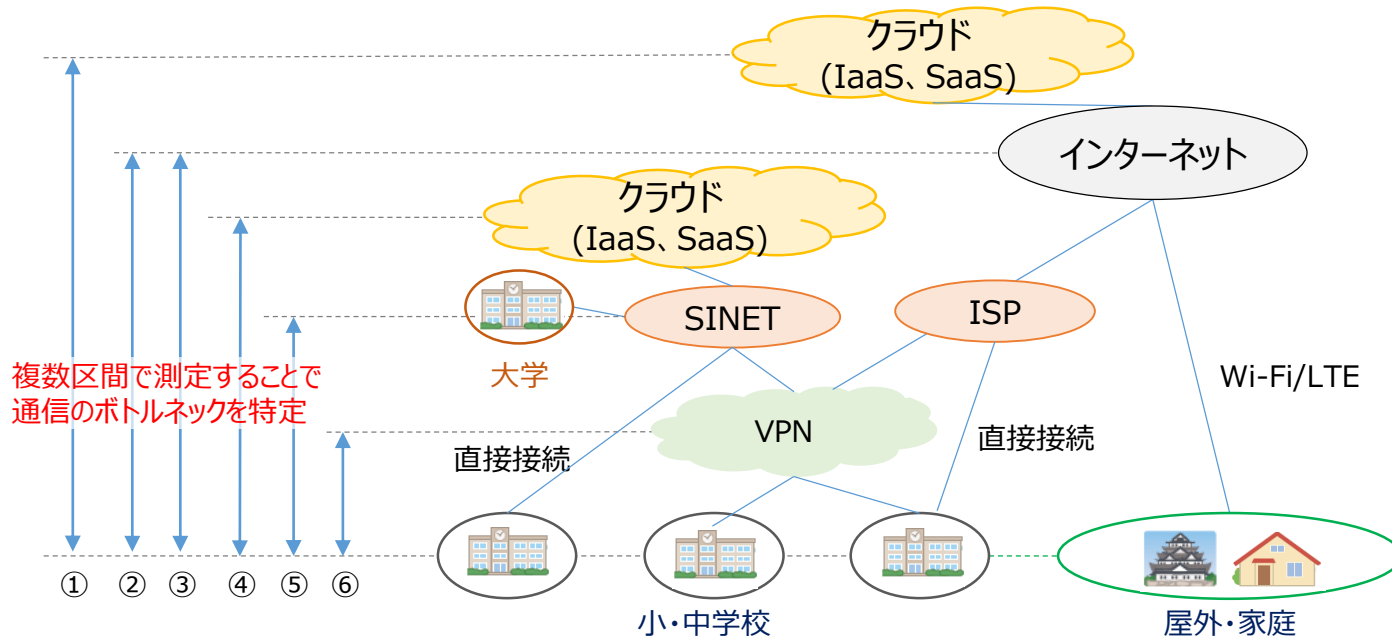
- 端末からインターネット接続した際の区間毎のトラフィック測定
- アプリケーション利用時（遠隔授業・教材・授業支援）のトラフィック・セッション測定
- クラス全員が同時利用した際のトラフィック測定
- 遠隔授業におけるインターネット接続・閉域接続の違いによる測定・効果検証



## STEP2 フィールド実証②

- 机上検討での参考数値を把握するため、以下の経路についてフィールドにおける実測を行いました。
- ネットワーク構成やフィールドの調整状況によって測定区間が異なるため、各フィールドのデータを掛け合わせて区間毎を網羅的に実証します。

項番	測定対象例	測定方法例、評価観点例
①	クラウド(SaaS)接続	動画サイトやWebアプリケーションの利用の快適さ
②	校内からのインターネット接続	速度測定サイトを用いたスループット計測
③	校外からのインターネット接続	Wi-Fi接続、LTE接続の両方に対して速度測定サイトを用いたスループット計測
④	クラウド(IaaS)接続	IaaSクラウドにてファイルダウンロード速度測定
⑤	SINET接続	大学およびSINET閉域クラウドにてファイルダウンロード速度測定
⑥	学校間ネットワーク接続	センターサーバーにてファイルダウンロード速度測定
⑦	端末通信量のモニタリング	端末の通信量・利用状況についてモニタリング



## STEP 3 考察・まとめ

- ・ 机上検討およびフィールド実証の結果を、モデル毎に評価・整理しました。
- ・ 通信環境の導入・運用ポイントの整理を行い、手引書としてまとめています。

### 1人1台端末を快適に利用するための要件の整理

- ・ 必要なネットワーク帯域の試算
- ・ 通信モデルの整理・比較
- ・ 構成要素の比較（メリット・デメリット・コスト）



各自治体等の施設設置者・情報管理者が導入に際し必要な情報の整理方法の手引き



ガイドブック（60ページ程度）



パンフレット（10ページ程度）

## **(2) 現状の構成パターン・課題**

# 現状の学習系ネットワークの構成パターン

- 学習系ネットワークの構成は、以下の3つの構成に類型化されます。
- 各構成パターンにおける比較、課題感をまとめています。

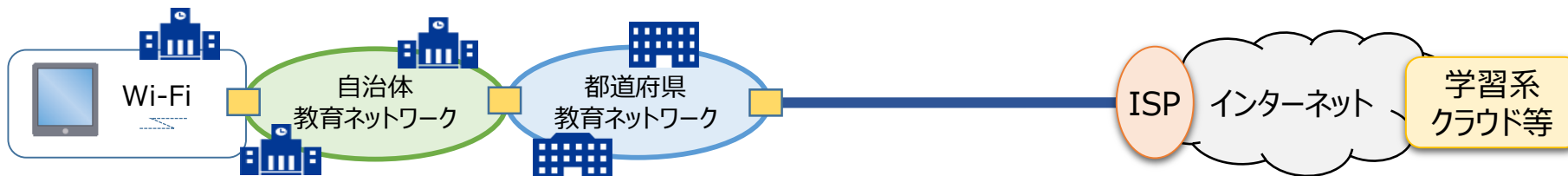
## 学校からインターネット直接接続（パターンA）



## 自治体集約接続（パターンB）



## 都道府県集約接続（パターンC）



## 実際の利用における課題

- 1人1台端末の利用に際し、様々な課題があります。

### 課題例

- 学習系クラウドにアクセスしたり、Webサイトを閲覧する場合、少数の児童生徒が利用している範囲では問題ないが、クラス全体で一斉にアクセスすると表示されるまでに時間がかかったり、一部の端末で表示されないことがある。
- クラス全体で一斉に動画を閲覧すると、動画がなかなか表示されない。表示されてもコマ送りになったり、途中で止まることもある。
- 遠隔授業など双方向映像コミュニケーションの場合、なかなかつながらない、つながっても映像がコマ送りになったり、静止画像のままになる。

# 想定される原因

- 様々な原因のうち、本実証では「外部ネットワーク」について、原因の解決案としてまとめています。
- ネットワークにおける主な障害要因は通信帯域とセッション数によるものと考えております。

## 原因

### 学校内環境 (端末・校内LAN)

- 端末スペック不足
- 無線LAN通信トラブル
- 校内配線断線
- 機器トラブル
- ヒューマンエラー など

### 外部ネットワーク

- 学校からのアクセス集中
- センター回線の帯域不足
- 時間帯のアクセス集中
- セッション数の不足 など

### インターネット

- 契約帯域不足
- 時間帯のアクセス集中
- セッション数の不足

- **アクセス集中によるネットワーク帯域の逼迫**
- **アプリケーション利用によるセッション数不足**

## ボトルネックの特定

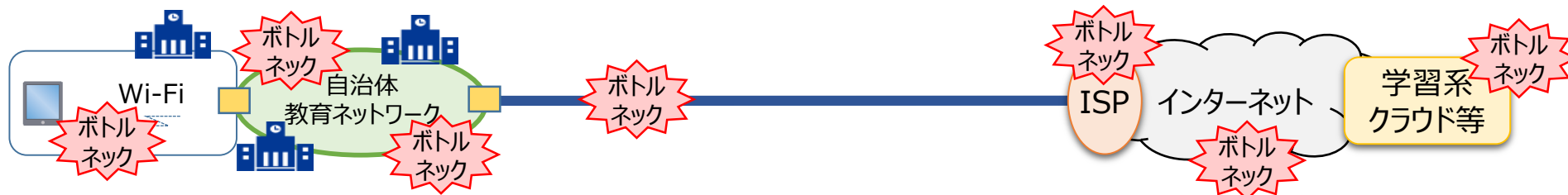
# 学習系ネットワークにおける現状の課題

- 1人1台端末の整備により、学校内のトラフィックが増加し、様々な箇所でもボトルネックの発生が想定されます。
- このボトルネックが生じないための手引きを次章より説明します。

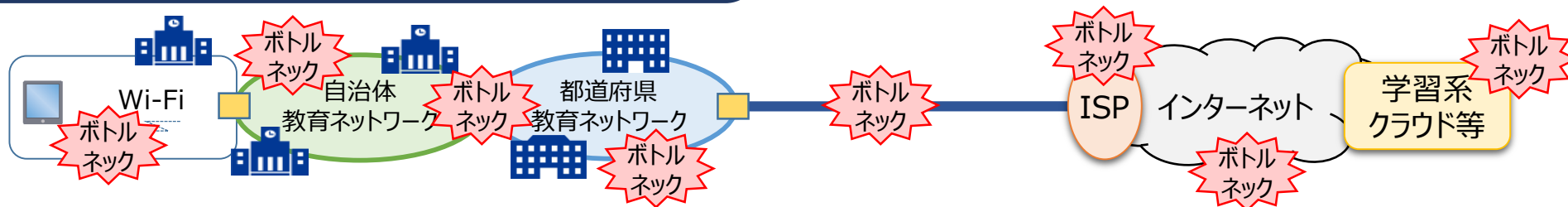
## 学校からインターネット直接接続（パターンA）



## 自治体集約接続（パターンB）



## 都道府県集約接続（パターンC）





**休憩**

**14:50から再開します**

### **3. 学習系ネットワークの通信環境最適化について**

# (1) 机上検討

# ネットワーク設計の考え方（概要）

- 学習系ネットワークにおける通信環境最適化の考え方を検討し、以下6ステップで説明します。
- 利用するアプリケーションを加味した通信帯域の見積もりと最適なモデルの検討方法を説明します。

## 現行の構成パターン

直接  
接続      自治体  
集約      都道府県  
集約

ステップ1

児童生徒1人1台端末の1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か

○ ○ ○



ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か

○ ○ ○



ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か

○ ○ ○



ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で**自治体**でどのくらいの通信帯域が必要か

○ ○ ○



ステップ5

通信帯域確保のために、どのようなネットワーク構成の選択モデルがあるか

○ ○ ○



ステップ6

各モデルの検討手順

○ ○ ○

## 必要な通信帯域とは（ステップ1~4）

- 必要な通信帯域の考え方は、「1台当たりの利用帯域×端末数×利用率」です。ステップ1からステップ4では、この考え方を応用し、クラス、学校、自治体と大きい単位に集約することで必要帯域を求めます。

ステップ1

児童生徒1人1台端末1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

×

端末数

×

利用率  
(クラス)

=

1クラスあたり  
通信帯域

ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か

1クラスあたり  
通信帯域

×

クラス数

×

利用率  
(学校)

=

1学校あたり  
通信帯域

ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で**自治体**でどのくらいの通信帯域が必要か

1学校あたり  
通信帯域

×

学校数

×

利用率  
(自治体)

=

自治体に必要な  
通信帯域

次頁

## 最適なモデルとは（ステップ5～6）

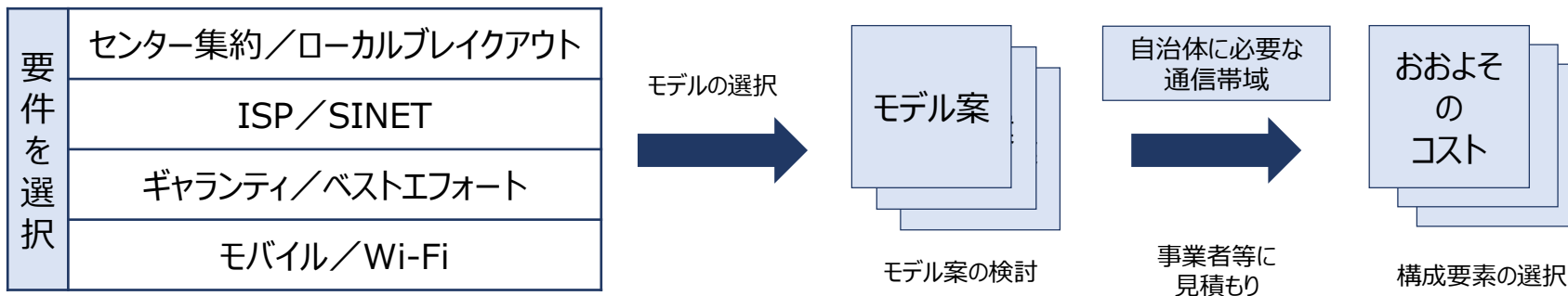
- ステップ5では、主要な通信要件を選択することで、現行のパターンよりモデル案を選択します。
- ステップ6では、コスト面をはじめとした判断基準より、自治体さまで最適なモデルを選択します。

前頁



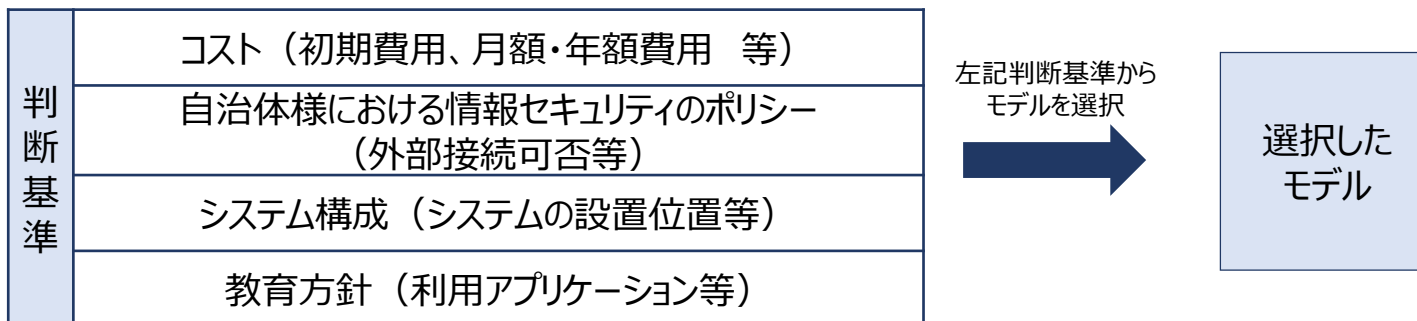
ステップ5

通信帯域確保のために、どのようなネットワーク構成の選択モデルがあるか



ステップ6

各モデルの検討手順



## 【再掲】 ステップ1

- 必要な通信帯域の考え方は、「1台当たりの利用帯域×端末数×利用率」です。ステップ1からステップ4では、この考え方を応用し、クラス、学校、自治体と大きい単位に集約することで必要帯域を求めます。

### ステップ1

児童生徒1人1台端末1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か



1台あたり  
通信帯域

### ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

×

端末数

×

利用率  
(クラス)

=

1クラスあたり  
通信帯域

### ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か

1クラスあたり  
通信帯域

×

クラス数

×

利用率  
(学校)

=

1学校あたり  
通信帯域

### ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で**自治体**でどのくらいの通信帯域が必要か

1学校あたり  
通信帯域

×

学校数

×

利用率  
(自治体)

=

自治体に必要な  
通信帯域

次頁



## 事業者さまへのヒアリング調査概要

- 端末1台あたりの通信帯域を確認するために、教育現場で利用されるアプリケーションの事業者さまを中心に、通信要件（通信帯域やセッション数等）に関するヒアリング調査を実施しました。

項目	内容
調査項目（概要）	<ul style="list-style-type: none"><li>• 現状のアプリケーションの情報（仕様）</li><li>• 見込みの同時利用率</li><li>• ネットワーク負荷を軽減するための工夫・対策</li><li>• クラウドサービスへの対応（システム構成）</li><li>• 接続要件</li><li>• その他ご意見等</li></ul>
事業者さまの区分	<ul style="list-style-type: none"><li>• 授業支援システム／アプリケーション</li><li>• 統合型校務支援システム</li><li>• 遠隔授業・Web会議システム／アプリケーション</li><li>• 動画配信システム／アプリケーション</li><li>• 文書作成ツール</li><li>• デジタル教科書</li><li>• AR（拡張現実）／VR（仮想現実）システム／アプリケーション</li></ul>
実施方法	<ul style="list-style-type: none"><li>• メール</li><li>• Web会議</li></ul>

## 事業者さまヒアリング結果

- 各事業者さまの区分について、ヒアリング結果は以下の通りです。

区分	通信容量 (※1)	通信速度 (※1)	セッション数	備考
デジタル教科書	0.3GB～ 10GB	—	利用するコンテンツや 利用状況による ※2	教科書会社によってダウンロードする単位（単元・ページ）が異なるため、通信容量の幅がある。
動画配信	—	0.7～20Mbps		ネットワークの環境によって通信帯域を変動する機能の有無等により、通信容量の幅がある。
遠隔授業・Web会議	—	0.5～5Mbps		—
AR／VR	20MB	—		—
授業支援	—	1～3Mbps		—
統合型 校務支援システム	—	1Mbps		—
文書作成ツール	—	0.2～0.5Mbps		—

※1 本実証でヒアリングした参考値。事業者さまと相談のうえ再定義を推奨

※2 アプリケーションによっては、セッション数を大きく消費

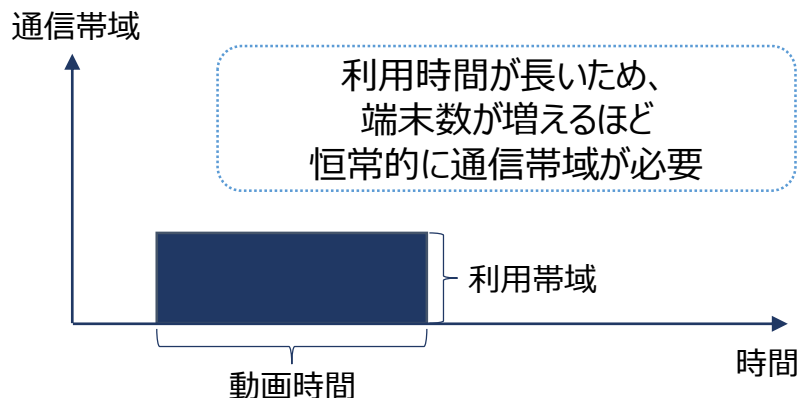
セッション数が大きくなると、インターネットの接続部分（ルーター・ファイアウォール等の機器やISP）の許容量を超えてしまうことから、つながりにくい状況が想定される

# ストリーミング通信とダウンロード通信

- 必要な通信帯域の検討にあたり、以下 2 種類の通信の特徴について説明します。

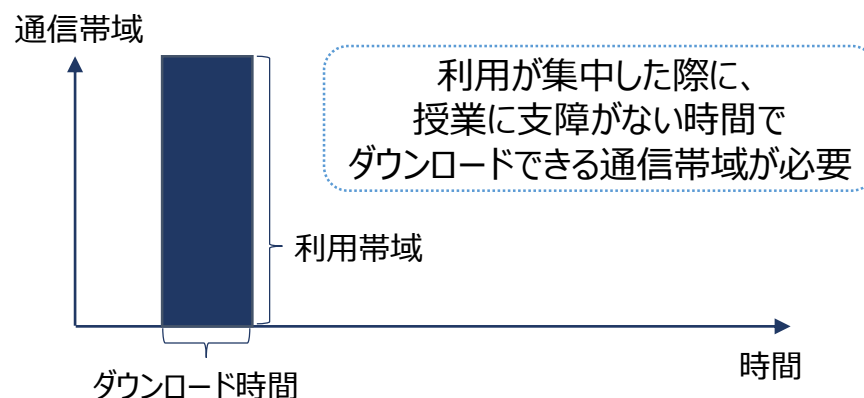
## ストリーミング通信

例 クラスで一斉にストリーミング動画視聴



## ダウンロード通信


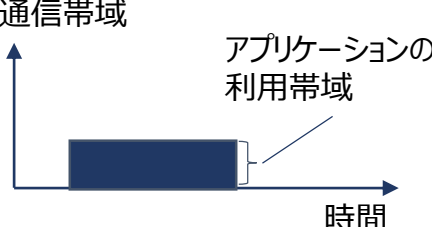

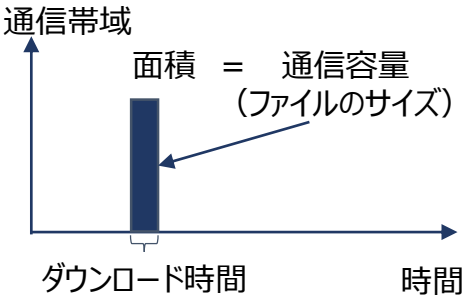
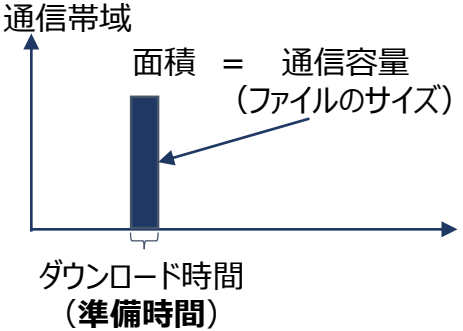
例 学習者用デジタル教科書をクラスで一斉にページ捲り



恒常的に必要な通信帯域（ストリーミング通信）とピーク時に必要な通信帯域（ダウンロード通信）をそれぞれ計算し大きい値を採用することで、必要な通信帯域を確保することが可能  
※利用するアプリケーションや利用頻度により、どちらが大きくなるか変わるため

# ステップ1：端末毎に必要な通信帯域

- 前頁記載の通信の特徴を踏まえ、端末1台あたりに必要な通信帯域の計算方法は以下の通りです。

カテゴリ	通信方式	端末1台に必要な通信帯域
動画配信*	 <p>ストリーミング通信</p>	 <p><b>アプリケーションの利用帯域 = 通信帯域</b></p> <p>*動画配信は厳密にはバッファリングをしているケースが多いが、分単位で均すと一定のトラフィックとして見られるため、ストリーミング型としている</p>
Web会議		
デジタル教科書 (Web版)	 <p>ダウンロード通信</p>	 <p><b>通信容量 ÷ 表示までの許容時間 = 通信帯域</b></p> <p>*表示までの許容時間は各自治体または学校によって設定</p>
授業支援		
文書作成		
OS		 <p><b>通信容量 ÷ 準備時間 = 通信帯域</b></p> <p>*ファイルのサイズによって、長期間帯域が圧迫 →学校間でダウンロードするタイミングをずらす、夜間実施など運用を想定 今回の試算の対象からは除外</p>
デジタル教科書 (ダウンロード版)		

# ステップ1：端末毎に必要な通信帯域

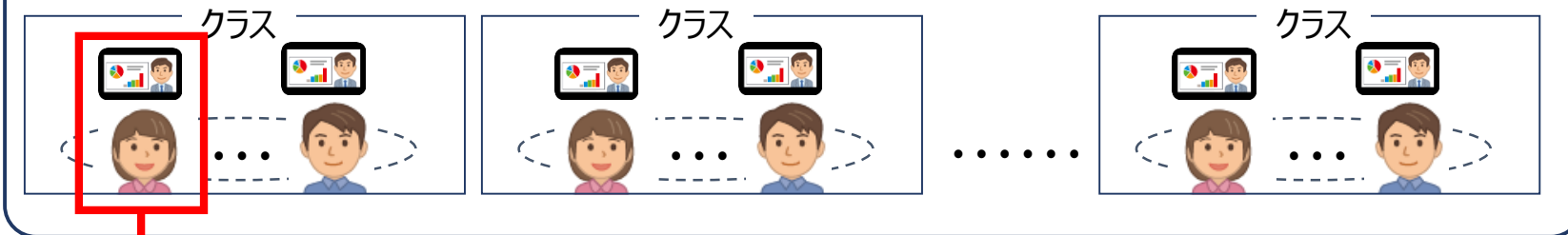
- ステップ1では、端末1台あたりに必要な通信帯域の計算方法を以下の通り求めます。

## ステップ1

児童生徒1人1台端末の1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か



学校



平均規模の学校・  
クラスを仮定し計算

1台あたり  
通信帯域

授業で利用するアプリケーションの  
利用帯域を記載

a [Mbps]

### ストリーミング通信の例

例 YouTubeで動画視聴

事業者さまへのヒアリングより

HD画質 720p： 2Mbps

### ダウンロード通信の例

例 デジタル教科書を  
同時にダウンロード

事業者さまへのヒアリングより  
教科書のページの容量 2MB  
(= 16Mbit)

表示までの許容時間が3秒  
のとき 通信帯域は  
 $16\text{Mbit} \div 3\text{秒} = \mathbf{5.33\text{Mbps}}$

## 【再掲】 ステップ2

- 必要な通信帯域の考え方は、「1台当たりの利用帯域×端末数×利用率」です。ステップ1からステップ4では。この考え方を応用し、クラス、学校、自治体と大きい単位に集約することで必要帯域を求めます。

ステップ1

児童生徒1人1台端末1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

×

端末数

×

利用率  
(クラス)

=

1クラスあたり  
通信帯域

ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か

1クラスあたり  
通信帯域

×

クラス数

×

利用率  
(学校)

=

1学校あたり  
通信帯域

ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で**自治体**でどのくらいの通信帯域が必要か

1学校あたり  
通信帯域

×

学校数

×

利用率  
(自治体)

=

自治体に必要な  
通信帯域

次頁

## ステップ2：1クラスあたりの通信帯域

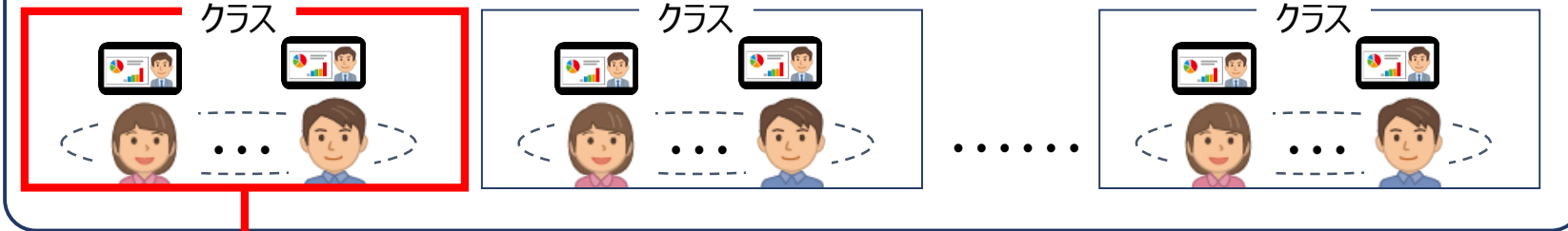
- 1クラスあたりに必要な通信帯域は、「1台あたりの通信帯域」×「端末数」×「利用率」より求めます。

### ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か



学校



		ストリーミング通信の例	ダウンロード通信の例
1台あたり通信帯域	授業で利用するアプリケーションの利用帯域を記載 a [Mbps]	例 YouTubeで動画視聴 2Mbps	例 デジタル教科書をダウンロード 5.33Mbps
×			
端末数	クラスで利用する端末数 (= 生徒数) を記載 b [台]	例 40人 / 1クラス	例 40人 / 1クラス
×			
利用率 (クラス)	授業時間中同時に利用するため100% c [%]	授業で同時に操作するため 100%	授業で同時に操作するため 100%
∥			
1クラスあたり通信帯域	abc [Mbps]	2Mbps×40人×100% =80Mbps	5.33Mbps×40人×100% = <b>213.33Mbps</b>



## 【再掲】 ステップ3

- 必要な通信帯域の考え方は、「1台当たりの利用帯域×端末数×利用率」です。ステップ1からステップ4では、この考え方を応用し、クラス、学校、自治体と大きい単位に集約することで必要帯域を求めます。

ステップ1

児童生徒1人1台端末1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

×

端末数

×

利用率  
(クラス)

=

1クラスあたり  
通信帯域

ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か

1クラスあたり  
通信帯域

×

クラス数

×

利用率  
(学校)

=

1学校あたり  
通信帯域

ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で**自治体**でどのくらいの通信帯域が必要か

1学校あたり  
通信帯域

×

学校数

×

利用率  
(自治体)

=

自治体に必要な  
通信帯域

次頁

## ステップ3：1学校あたりの通信帯域

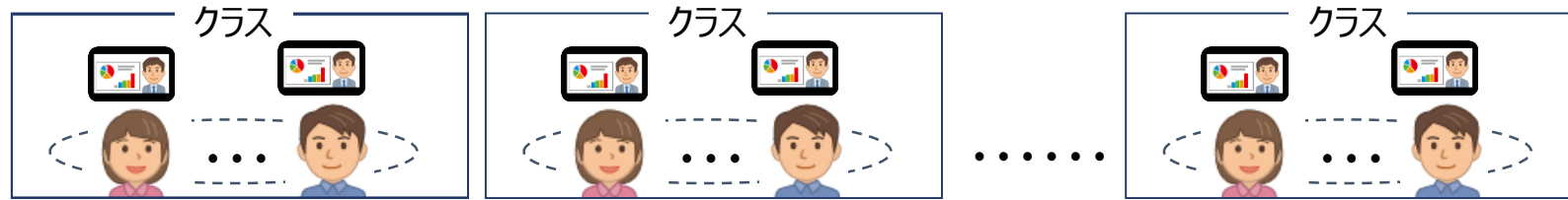
- 1校あたりに必要な通信帯域は、「1クラスあたりの通信帯域」×「端末数」×「利用率」より求めます。

### ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か



学校



前頁までの条件  
クラス 40名  
クラス内でアプリケーションを同時利用

		ストリーミング通信の例	ダウンロード通信の例
1クラスあたり通信帯域	授業で利用するアプリケーションの利用帯域を記載 $a \times b \times c$ [Mbps]	例 YouTubeでクラス一斉に動画視聴 80Mbps	例 デジタル教科書をクラス一斉にダウンロード 213.33Mbps
×	同時に利用するクラス数	例 YouTubeで5分(300秒)の動画を1回同時に視聴した場合の時間の割合 $300 \text{秒} \div (45 \text{分} \times 60 \text{秒}) = 0.11$	例 授業時間45分のうちデジタル教科書のページめくり(3秒)を10回実施した場合の時間の割合 $(3 \text{秒} \times 10 \text{回}) \div (45 \text{分} \times 60 \text{秒}) = 0.011$
×	※アプリケーションの利用時間 $d \div \text{授業時間} e \times \text{クラス数} f$ の小数点切り上げ (詳細 次頁)	10クラスのうち同時利用するクラス数は、10クラス×0.11の小数点切り上げで2クラス	10クラスのうち同時利用するクラス数は、10×0.011の小数点切り上げで1クラス
	利用率(学校)		
1学校あたり通信帯域	$abcdf/e$ [Mbps]	80Mbps × 同時利用2クラス = <u>160Mbps</u>	213.33Mbps × 同時利用1クラス = <b>213Mbps</b>

## 【参考】同時に利用するクラス数

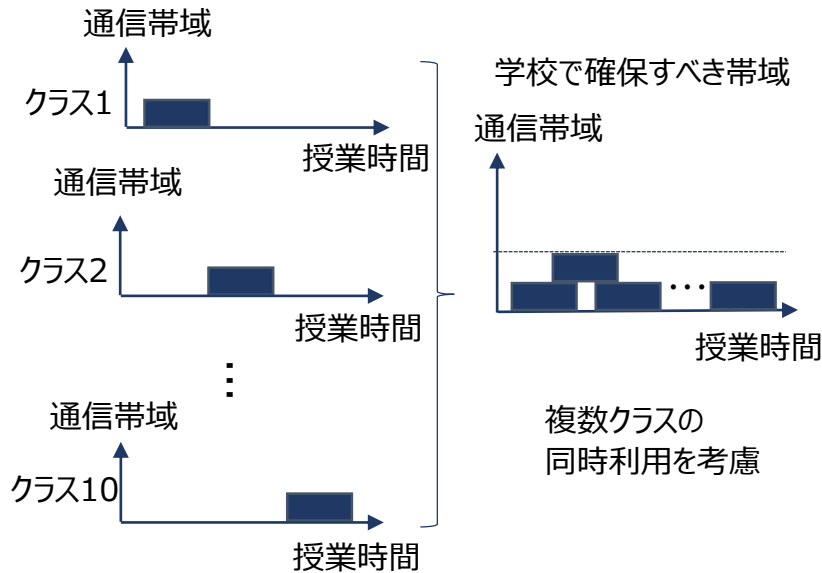
- 同時に利用するクラス数の求め方は以下のイメージとなります。
- 授業時間におけるアプリケーションの利用時間の割合を求めることで、他のクラスとの重なり合いを考慮します。

### ストリーミング通信の例

例 授業時間45分のうちYouTubeで5分（300秒）の動画を1回視聴した場合の時間の割合

$$300\text{秒} \div (45\text{分} \times 60\text{秒}) = 0.11$$

10クラスのうち同時利用するクラス数は、  
10クラス×0.11の小数点切り上げで2クラス

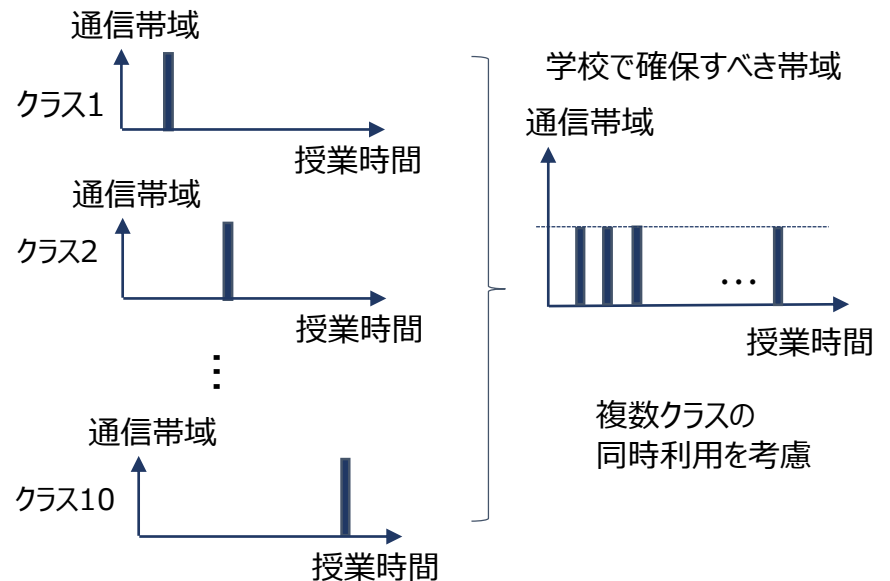


### ダウンロード通信の例

例 授業時間45分のうちデジタル教科書のページめくり（3秒）を10回実施した場合の時間の割合

$$(3\text{秒} \times 10\text{回}) \div (45\text{分} \times 60\text{秒}) = 0.011$$

10クラスのうち同時利用するクラス数は、  
10×0.011の小数点切り上げで1クラス



## 【再掲】 ステップ4

- 必要な通信帯域の考え方は、「1台当たりの利用帯域×端末数×利用率」です。ステップ1からステップ4では、この考え方を応用し、クラス、学校、自治体と大きい単位に集約することで必要帯域を求めます。

ステップ1

児童生徒1人1台端末1台利用でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

ステップ2

児童生徒1人1台端末利用で**クラス**でどのくらいの通信帯域が必要か

1台あたり  
通信帯域

×

端末数

×

利用率  
(クラス)

=

1クラスあたり  
通信帯域

ステップ3

児童生徒1人1台端末利用で**学校**でどのくらいの通信帯域が必要か

1クラスあたり  
通信帯域

×

クラス数

×

利用率  
(学校)

=

1学校あたり  
通信帯域

ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で**自治体**でどのくらいの通信帯域が必要か

1学校あたり  
通信帯域

×

学校数

×

利用率  
(自治体)

=

自治体に必要な  
通信帯域

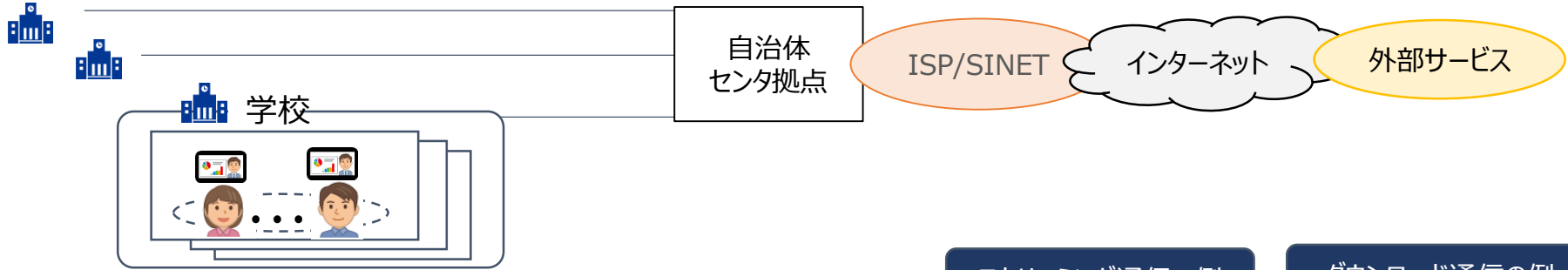
次頁

## ステップ4：自治体あたりの通信帯域

- 自治体あたりに必要な通信帯域は、「クラスあたりの通信帯域」×「クラス数」×「学校数」×「利用率」より求めます。

### ステップ4

児童生徒1人1台端末利用で自治体でどのくらいの通信帯域が必要か



			ストリーミング通信の例	ダウンロード通信の例
1学校あたり 通信帯域 <b>×</b>	1クラスあたり 通信帯域 <b>×</b>	1クラスあたりの利用帯域 abc【Mbps】 × 自治体における全校の 同時利用クラス数 ※アプリケーションの利用時 間 d ÷ 授業時間e × クラス数 f × 学校数g の小数点切り上げ	YouTubeの動画視聴 1クラスあたり 80Mbps	デジタル教科書ダウンロード 213.33Mbps
学校数 <b>×</b>	クラス数 <b>×</b>		同時利用	同時利用
利用率 (自治体) <b>  </b>	学校数 <b>×</b>		10クラス×10学校 ×0.11 (前頁参照) = 11.1 整数化して 12クラス	10クラス10学校 ×0.011 (前頁参照) = 1.11 整数化して 2クラス
自治体あたり 通信帯域	利用率 (自治体) <b>×</b>		自治体あたりの 利用帯域 [Mbps]	80Mbps×12 = <b>960Mbps</b>

## 【参考】ストリーミング通信とダウンロード通信の混在の場合

- 実際の授業運営では、ストリーミング通信のアプリケーションとダウンロード通信のアプリケーションを混在して利用することが想定されます。
- 混在型の通信帯域は、通信方式毎の計算結果について総和をとることで求められます。

例 前述のYouTubeの動画視聴とデジタル教科書利用が、**それぞれ50%ずつ**の場合の学校における通信帯域

### ストリーミング型

10クラスの**50%** である5クラスのうち  
同時利用するクラスは5クラス×0.11（上記）の  
小数点切り上げで1クラス

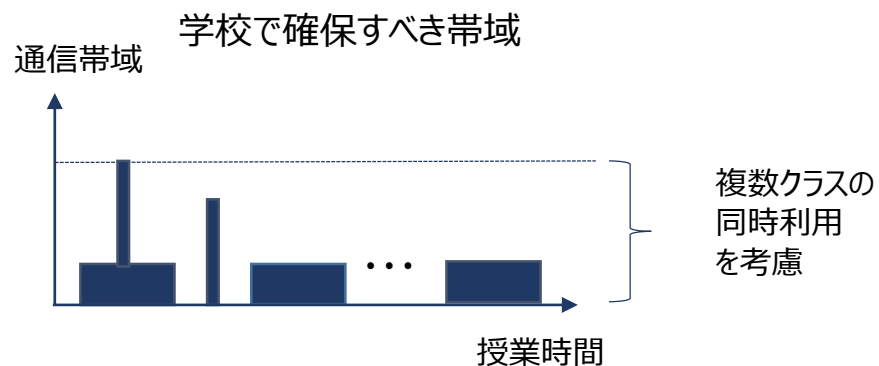
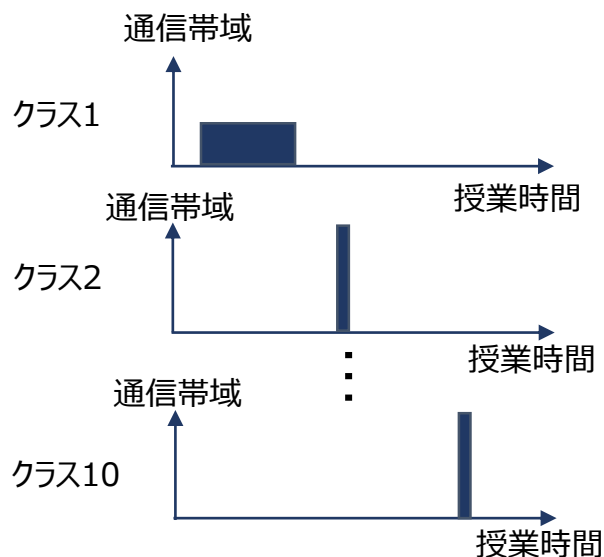
前頁より1クラス当たりの利用帯域が80Mbps

### ダウンロード型

10クラスの**50%** である5クラスのうち  
同時利用するクラスは5×0.011（上記）の  
小数点切り上げで1クラス

前頁より1クラス当たりの利用帯域が213.33Mbps

1学校あたりに必要な帯域は  $80\text{Mbps} \times 1\text{クラス} + 213.33\text{Mbps} \times 1\text{クラス} = \mathbf{293\text{Mbps}}$



※上図は、アプリケーション毎のQoS（Quality of Service）の設定等により異なる

## 【再掲】ステップ5

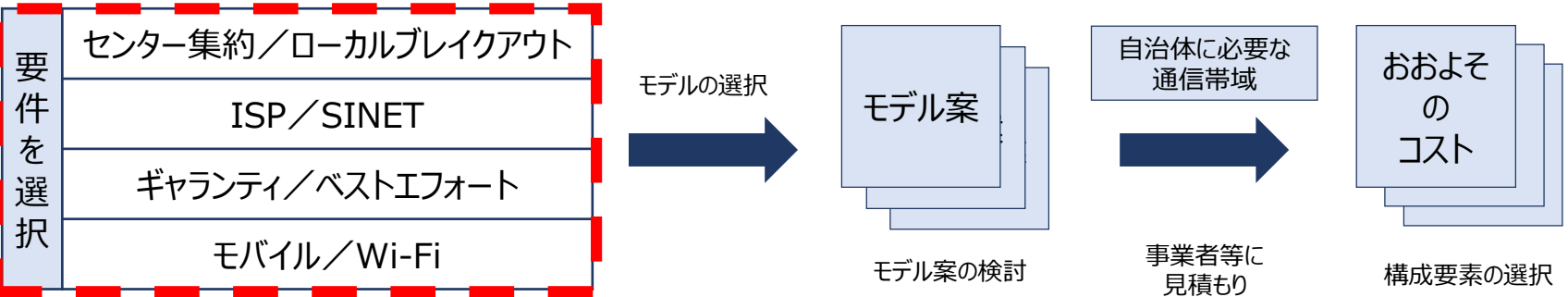
- ステップ5では、主要な通信要件を選択することで、現行のパターンよりモデル案を選択します。
- ステップ6では、コスト面をはじめとした判断基準より、自治体さまで最適なモデルを選択します。

前頁



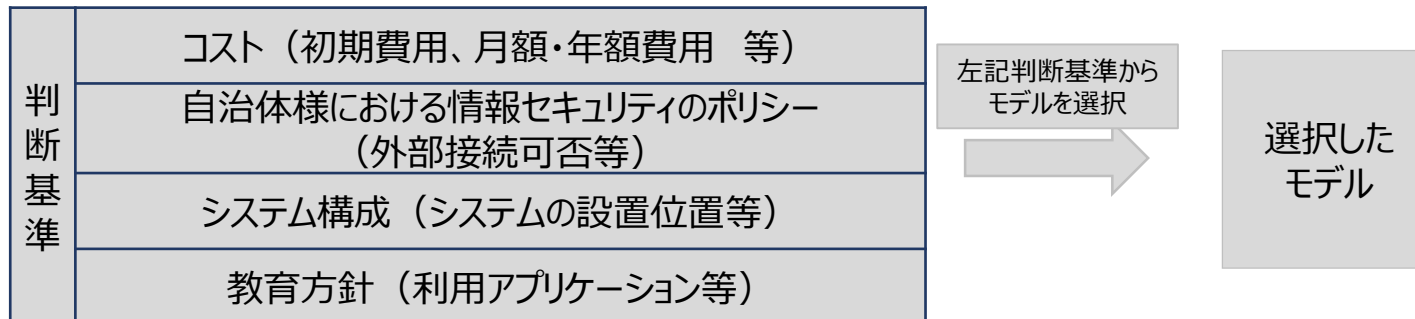
ステップ5

通信帯域確保のために、どのようなネットワーク構成の選択モデルがあるか



ステップ6

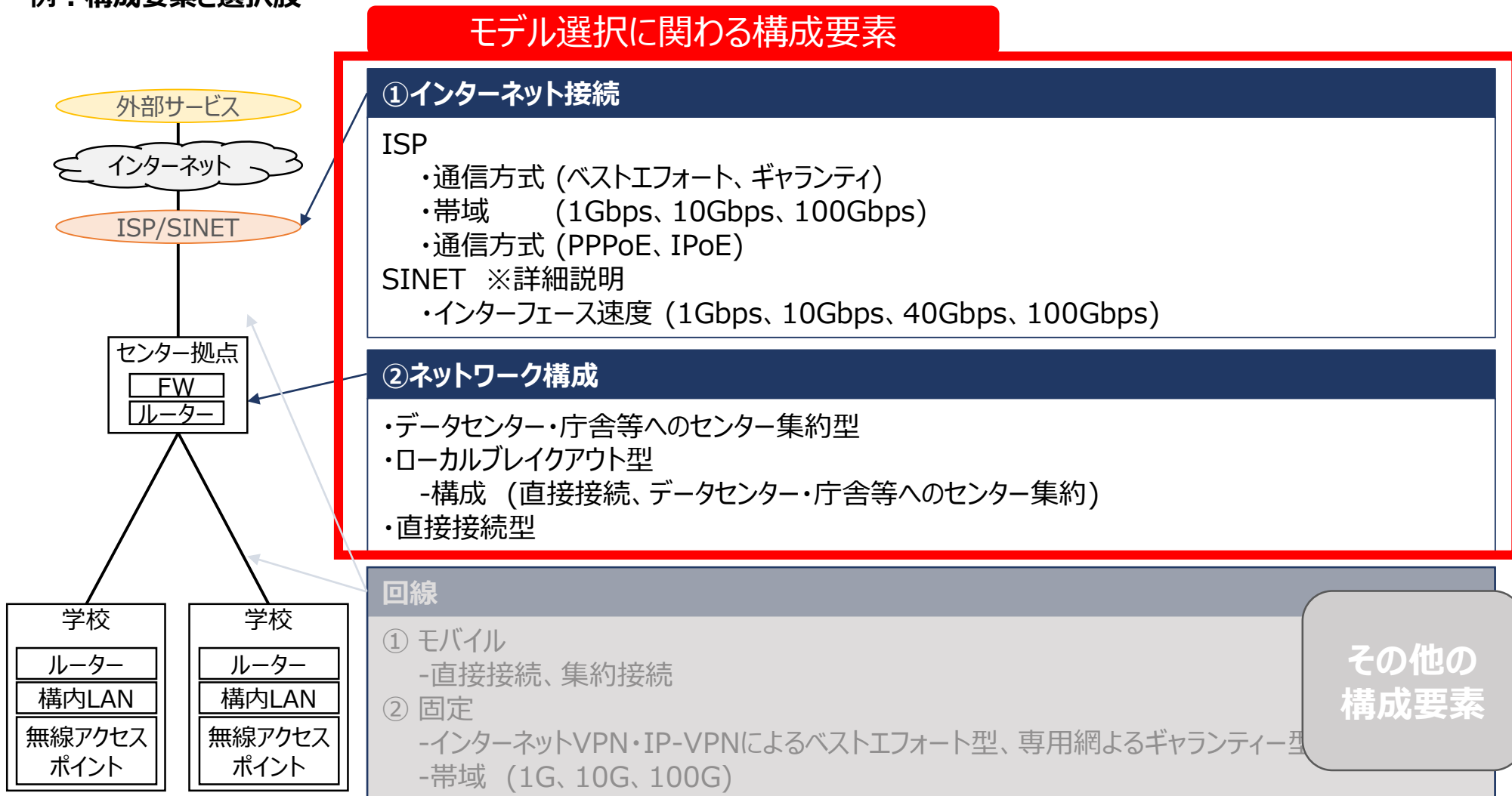
各モデルの検討手順



# モデル選択に関わる構成要素の検討・選択

- 各自治体に必要な帯域を計算した後、インターネット接続方法やネットワーク構成を定め、モデルを確定します。

## 例：構成要素と選択肢

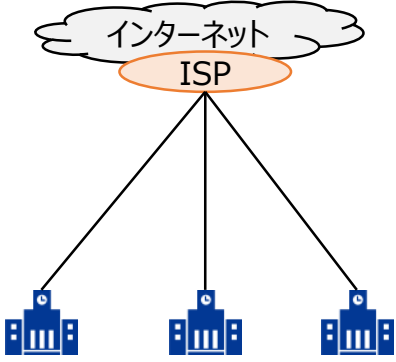
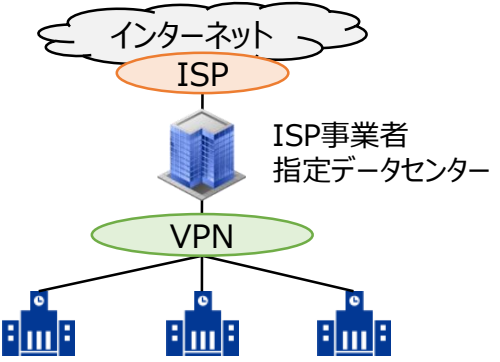
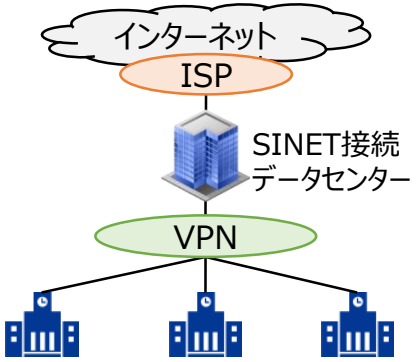




# ① インターネット接続要件の比較

- インターネット接続についてはISPまたはSINET経由にて実施することが可能です。
- 接続構成、帯域等を踏まえて選択してください。

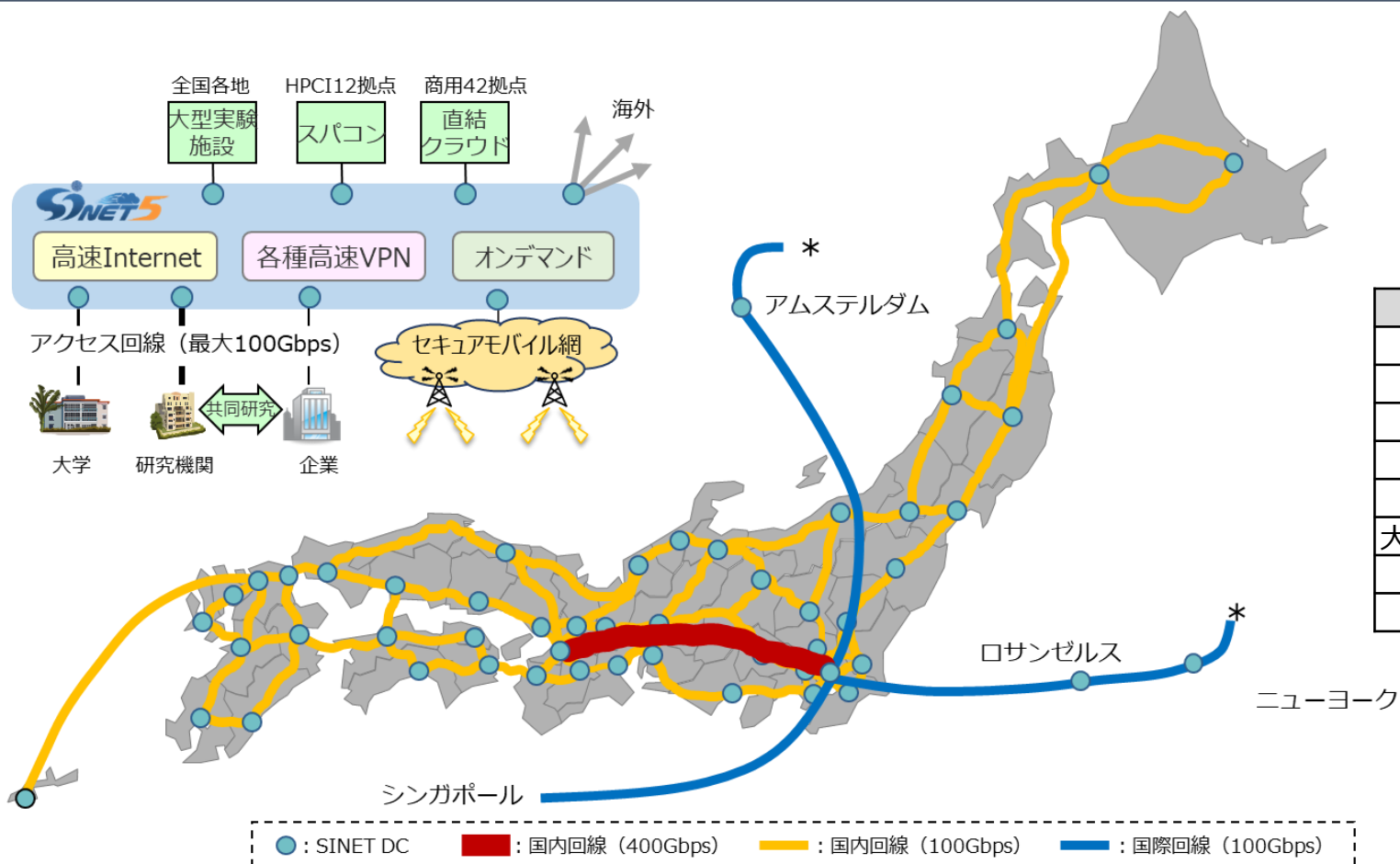
## ■ ISPとSINETの比較

区分	ISP		SINET
	(ベストエフォート型)	(ギャランティ型)	
想定する 接続構成 ・ 帯域	各学校から直接接続   代表例：100Mbps/1Gbps/10Gbps	学校のアクセス回線を集約し ISP事業者指定のデータセンター等から接続   代表例：100Mbps/1Gbps/10Gbps/100Gbps	学校のアクセス回線を集約し SINET データセンターから接続   10M/100Mbps/1Gbps 10Gbps/40Gbps/100Gbps
通信品質	利用環境や回線の混雑状況の影響を受ける	インターネット接続点までの帯域を保証	超高速ネットワークのため高品質な通信が可能
提供サービス	ISP独自のセキュリティ対策	ISP独自のセキュリティ対策等	クラウド接続サービス、L2VPN等
納期	数週間	数ヶ月 ※	1～2か月 ※
初期費用	数千円～/1契約	数十万円～/1契約 ※	無償 ※
月額費用	数千円～/1契約	数万～/1契約 ※	無償 ※

※拠点～ISP事業者指定データセンター/SINET接続データセンターまでの回線費用等が別途必要になります。またギャランティ型の回線を用意する場合、開通までに半年以上かかる場合があります。

## 【参考】 SINETの概要 (SINET5)

- SINETとは国立情報学研究所が運用する日本全国の大学や研究機関を接続する超高速通信ネットワークです。現在運用中のSINET5は2016年に運用が開始され、全国100Gbps(東京ー大阪は400Gbps)で接続されています。
- 高速インターネットに加え、VPNサービス・クラウド接続サービス等、さまざまなサービスを提供しています。
- 全都道府県にSINETへの接続点である「SINET データセンター」を設置し、その数は50拠点になります。



(2020年12月31日現在)

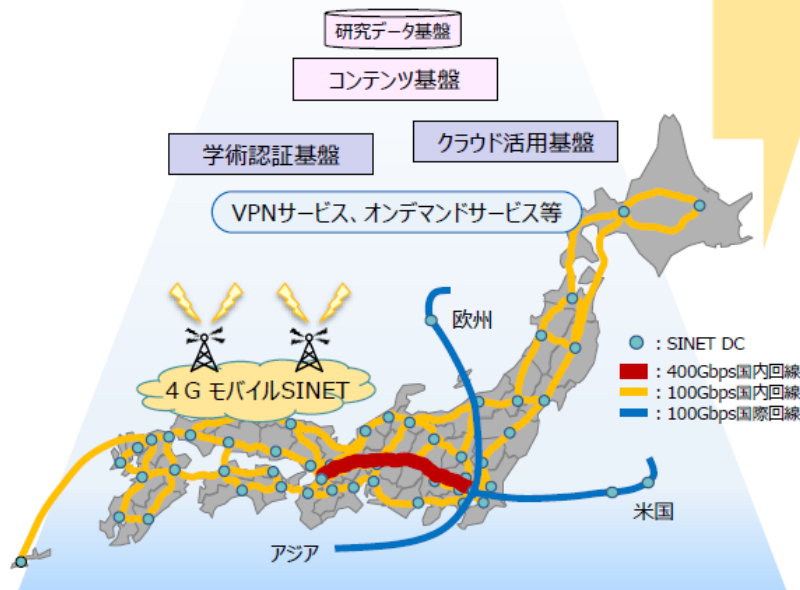
	加入数 (割合)
国立大学	86 (100%)
公立大学	86 (91%)
私立大学	421 (68%)
短期大学	80 (25%)
高等専門学校	56 (98%)
大学共同利用機関	16 (100%)
その他	219
合計	<b>964</b>

## 【参考】 SINETの概要 (SINET6)

- 2022年4月より次期ネットワークである「SINET6」運用が開始される予定です。
- 400Gbpsの全国展開、18拠点におけるデータセンターの拡張や東京地区データセンターの見直しによるSINET接続拠点の拡大を実施するとともに、モバイルや認証等の各種サービスを増強が予定されています。
- 大学での利用を想定した内容になります。

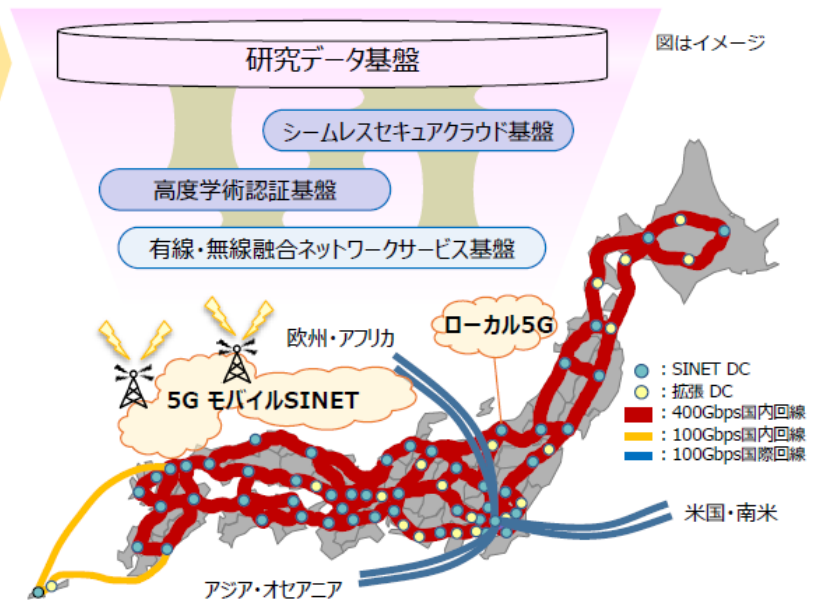
### SINET5 (2016～2021年度)

- 全国100Gbps (東阪は400Gbps)
- 4G モバイルSINET
- ルータによるVPNサービス
- 国際回線の全100Gbps化



### SINET6 (2022～2027年度)

- 全国400Gbps化 + SINET拡張DC
- 5G モバイルSINET + ローカル5G
- NFVとルータによる柔軟なサービス
- 国際回線の帯域強化と対地拡大



© 2021 National Institute of Informatics

6

<拡張データセンター> 函館、旭川、室蘭、帯広、上北、福島、水戸、柏、相模原、長岡、松本、神岡、浜松、沼津、岡崎、彦根、姫路、沖縄北部  
<東京地区データセンターの見直し> 港、文京、武蔵野、立川、大手町 (ただし大手町は1年程度の運用を想定)

## 【参考】 SINET接続要件概要

- SINETでは接続要件が定められており、自治体からの接続方式についても検討中です。
- SINETへの接続を検討する際は、NIIのホームページ等で詳細を必ず確認してください。

### 接続方式

- 各自治体からの集約接続  
または既にSINETに接続した  
機関を経由して接続

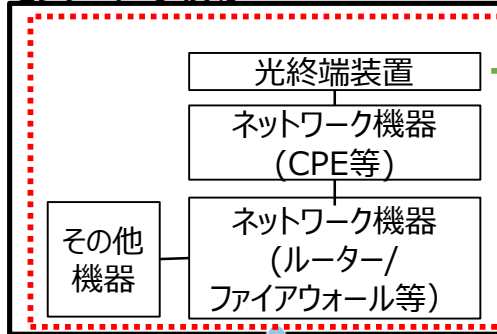
### ノード接続

- ノードは全国50か所のデータセンター  
に設置
- 事前にNIIにノードの所在地を要確認
- ノードへの回線引込み可否は  
事前に回線事業者の確認要

### アクセス回線開通に伴うSINETラックの機器設置基準

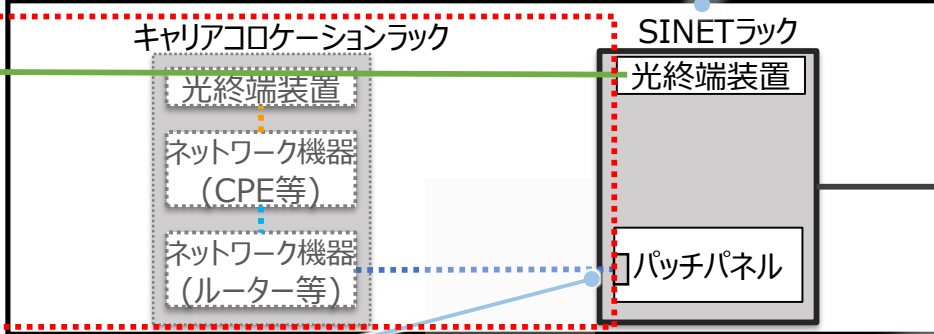
- 原則回線終端装置のみの設置とすること
- 装置のサイズや最大消費電力を順守すること
- 事業者が基準外の機器を提示した場合、  
機器の変更またはキャリアコロケーションラックの  
利用を検討すること

### センター／学校等



加入機関用意

### SINET データセンター



### セキュリティ対策

- インターネット接続の場合、  
各機関でファイアウォール等  
は用意すること

### 接続インターフェース

- 100Mbps～100Gbpsの  
インターフェース
- 回線調達前にインターフェースの  
空き状況をNIIに相談すること

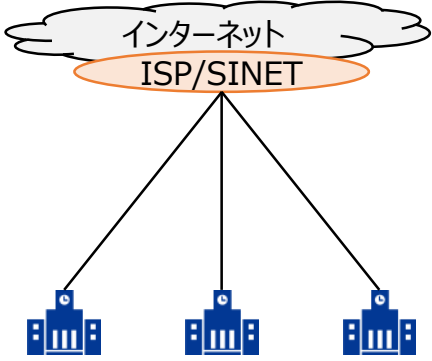
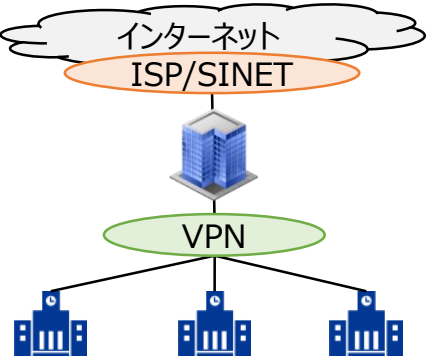
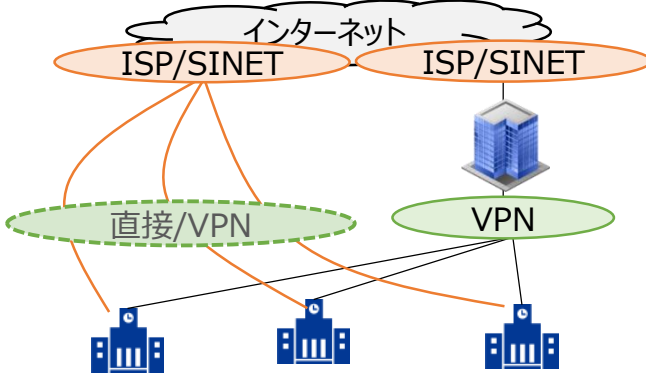
### その他

- SINETのインターネット接続にはグローバルIPが必須  
プロバイダ非依存アドレスのみ利用可  
(NIIにて払い出しも可)
- 学校等が利用しているed.jpの取り扱いは未定
- プライマリDNSサーバーは各自治体にて用意すること

## ②ネットワーク構成の比較

- ネットワーク構成は直接接続型・センター集約型・ローカルブレイクアウトより選択することが可能です。
- ローカルブレイクアウト型では学校から直接接続構成と集約する構成があります。

### ■ネットワーク構成の比較

区分	直接接続型	センター集約型	ローカルブレイクアウト
イメージ	<p>既存ボトルネックを回避し、インターネットに直接接続</p> 	<p>ボトルネックの解消のためスバックの高い回線や機器でネットワークを構築</p> 	<p>既存ボトルネックを回避した経路を新設(直接接続/センター集約)する</p> 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 他の学校の通信影響を受けにくい</li> <li>✓ ボトルネックになり得るセンター回線や機器がない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 一元的にセキュリティ対策やトラフィック監視ができる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 既存のセンター設備を利用する通信のみ集約接続させ、その他の通信はブレイクアウトさせることでトラフィックの分散が可能</li> <li>✓ ブレイクアウトさせた経路が直接接続の場合は直接接続型を参照、センター集約の場合はセンター集約型を参照</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 各拠点で適切にセキュリティ対策を実施する必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 通信を集約するためボトルネックが発生しやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ブレイクアウトさせた経路が直接接続の場合は直接接続型を参照、センター集約の場合はセンター集約型を参照</li> </ul>

## 【再掲】ステップ5

- ステップ5では、主要な通信要件を選択することで、現行のパターンよりモデル案を選択します。
- ステップ6では、コスト面をはじめとした判断基準より、自治体さまで最適なモデルを選択します。

前頁



ステップ5

通信帯域確保のために、どのようなネットワーク構成の選択モデルがあるか

要件を選択	センター集約／ローカルブレイクアウト
	ISP／SINET
	ギャランティ／ベストエフォート
	モバイル／Wi-Fi

モデルの選択



モデル案

モデル案の検討

自治体に必要な通信帯域

事業者等に見積もり

おおよそのコスト

構成要素の選択

ステップ6

各モデルの検討手順

判断基準	コスト（初期費用、月額・年額費用 等）
	自治体様における情報セキュリティのポリシー（外部接続可否等）
	システム構成（システムの設置位置等）
	教育方針（利用アプリケーション等）

左記判断基準からモデルを選択



選択したモデル

## 接続モデルの検討

- インターネット接続（ISPとSINET）とネットワーク構成（学校直接接続、集約接続、ローカルブレイクアウト接続）の2軸を考慮した接続構成を検討します。

### ■ インターネット利用軸

- ① ISP経由でのインターネットへの接続方法
- ② SINET経由でのインターネットへの接続方法

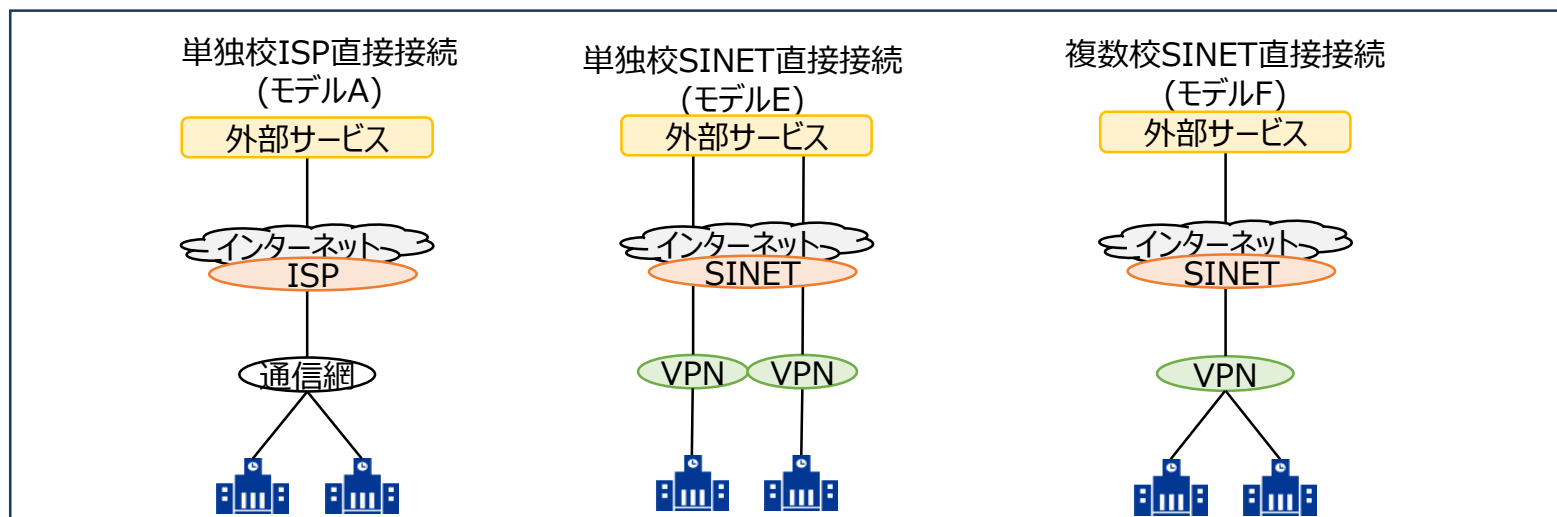
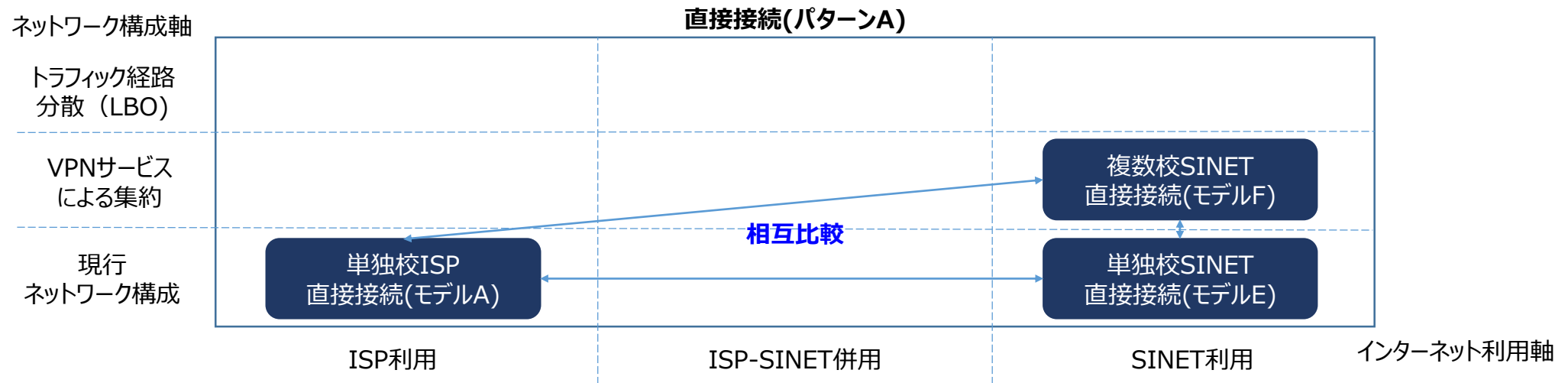
### ■ ネットワーク構成軸

- ① 学校からインターネットへ直接接続する構成
- ② 学校から情報センタ(データセンターなど)などに集約し、インターネットへ接続する構成
- ③ 学校から情報センタ(データセンターなど)に集約し、さらに都道府県の情報ハイウェイなどを経由してインターネットへ接続する構成
- ④ センター集約かつ、インターネット通信のみISP/SINETへ接続する構成



# 接続モデルの検討 直接接続(パターンA)

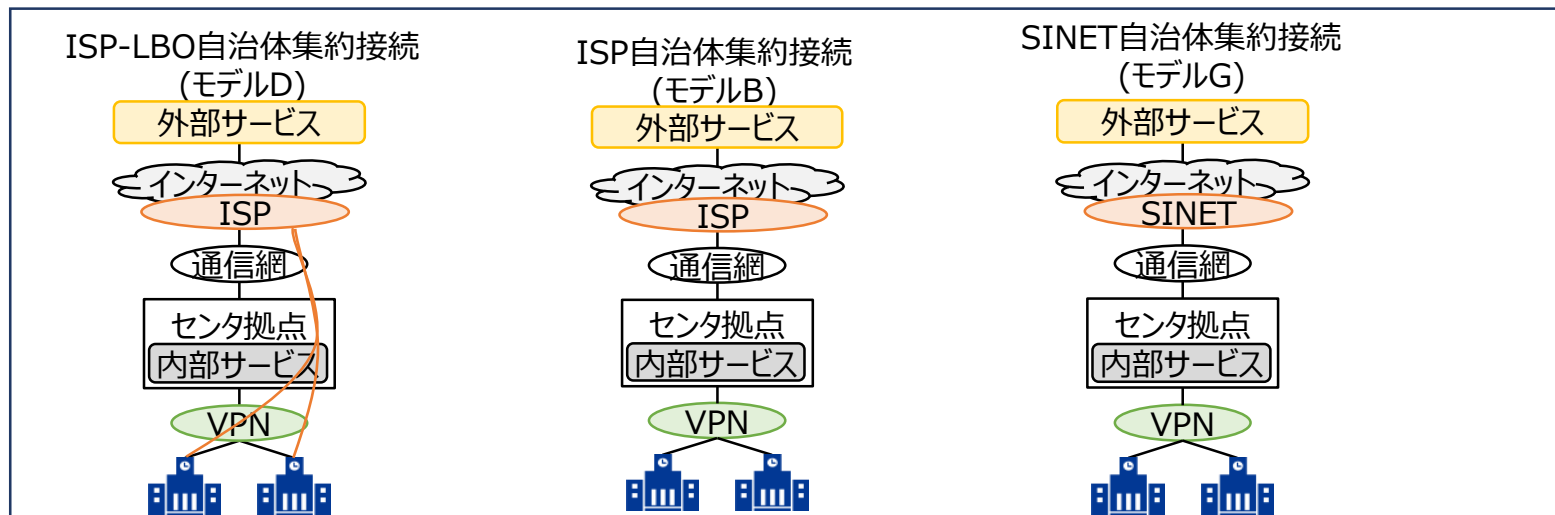
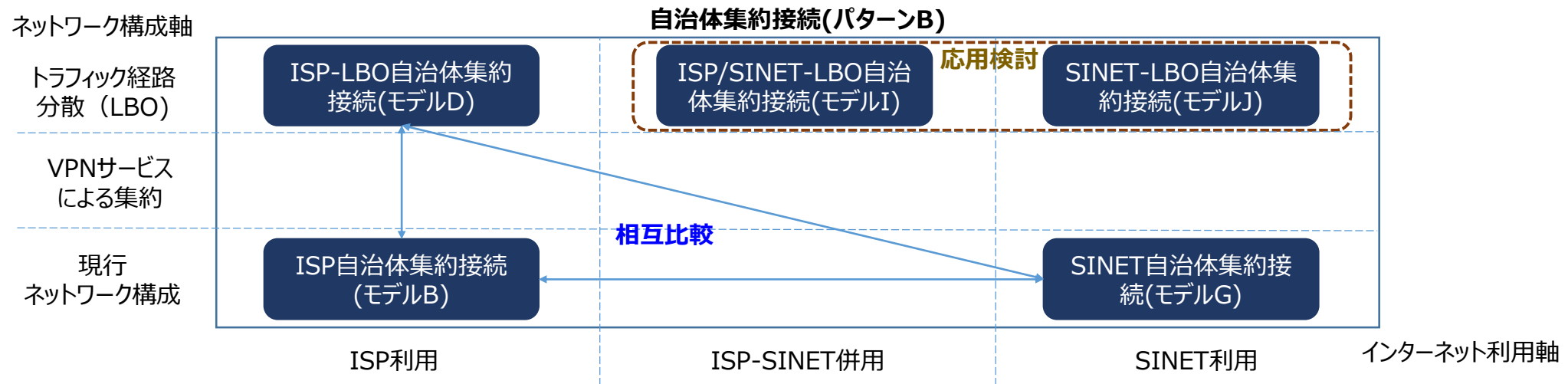
- 直接接続(パターンA)からISPを利用して増速する場合は、**単独校ISP直接接続(モデルA)**を選択し、**SINETを利用して増速する場合は、複数校SINET直接接続(モデルF)**を選択します。
- 単独校SINET直接接続(モデルE)は、自治体よりも私立校などが個別で接続する構成となります。





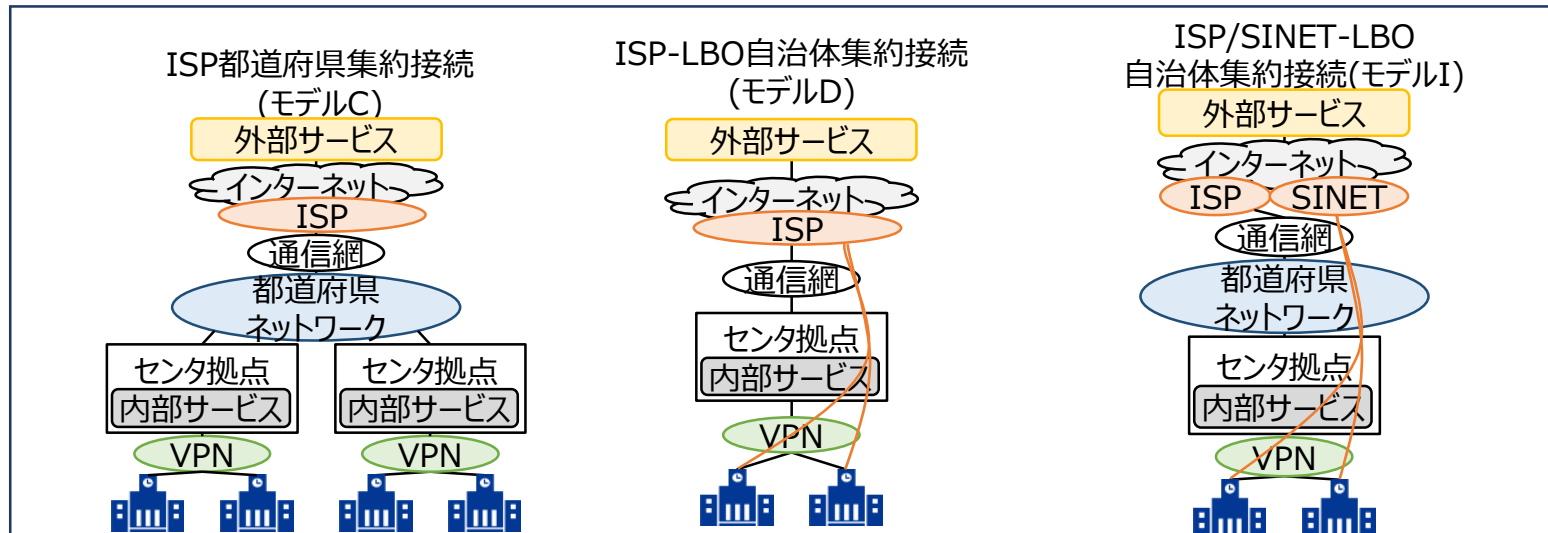
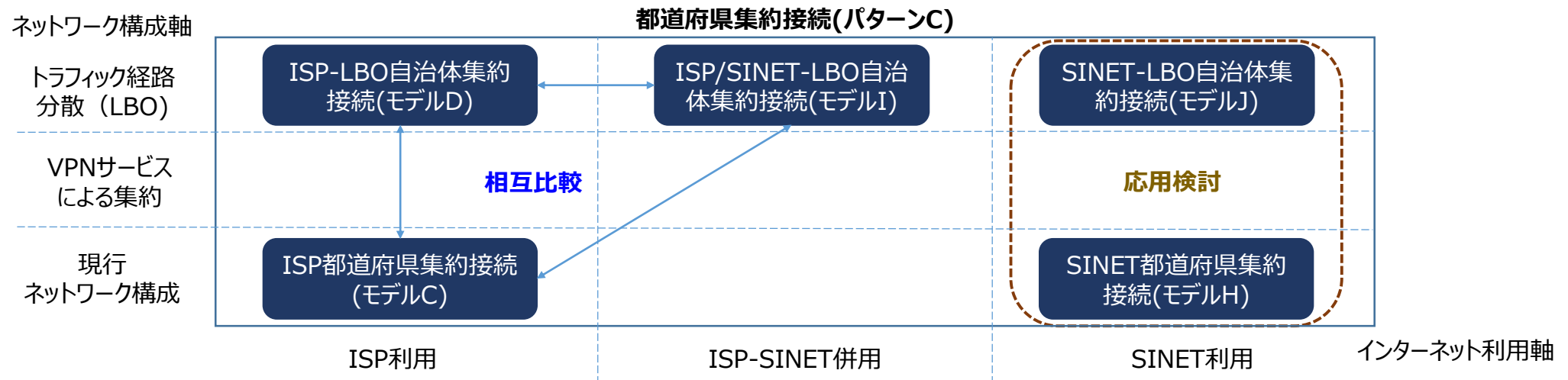
# 接続モデルの検討 自治体集約接続(パターンB)

- 自治体集約接続(パターンB)からISPを利用して増速する場合は、ISP自治体集約接続(モデルB)を選択し、SINETを利用して増速する場合は、SINET自治体集約接続(モデルG)を選択し、ローカルブレイクアウト利用して増速する場合は、ISP-LBO自治体集約接続(モデルD)を選択します。



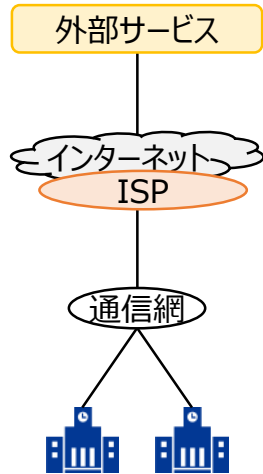
# 接続モデルの検討 都道府県集約接続(パターンC)

- 都道府県集約接続(パターンC)からISPを利用して増速する場合は、ISP都道府県集約接続(モデルC)を選択し、ローカルブレイクアウト構成を取りつつISPで増速する場合は、ISP-LBO自治体集約接続(モデルD)を選択し、SINETに接続して増速する場合は、ISP/SINET-LBO自治体集約接続(モデルI)を選択します。

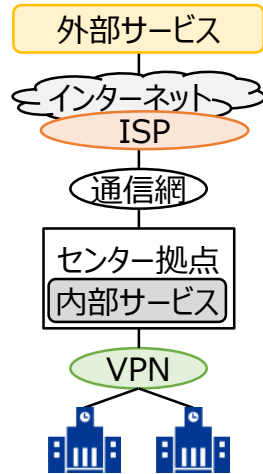


# 接続モデル ISP利用モデル

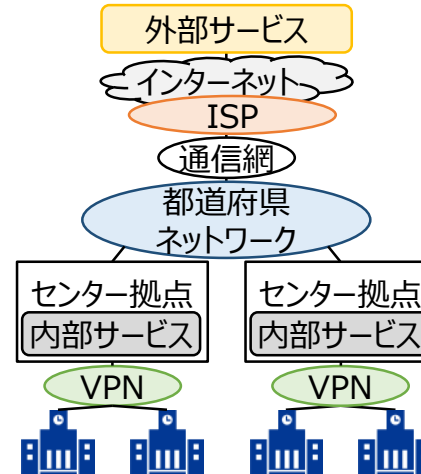
単独校ISP直接接続  
(モデルA)



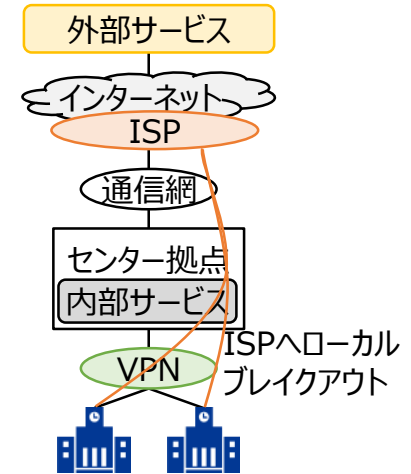
ISP自治体集約接続  
(モデルB)



ISP都道府県集約接続  
(モデルC)

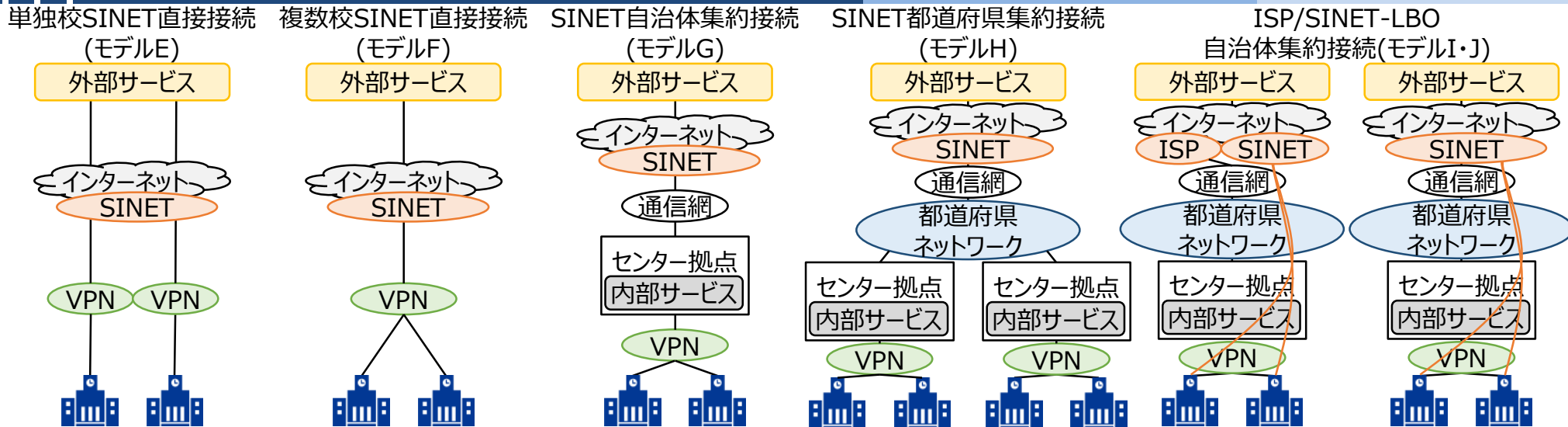


ISP-LBO自治体集約接続  
(モデルD)



	単独校ISP直接接続 (モデルA)	ISP自治体集約接続 (モデルB)	ISP都道府県集約接続 (モデルC)	ISP-LBO自治体集約接続 (モデルD)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校からインターネットへ直接接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校からセンター拠点に通信を集約し、インターネットへ接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>都道府県ネットワークに通信を集約してインターネットへ接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部の帯域を使う通信のみ直接インターネットに接続する経路を新設</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構成を踏襲して増速が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構成を踏襲して増速が可能</li> <li>機器・通信の集約管理可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構成を踏襲して増速が可能</li> <li>機器・通信の集約管理可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構成を踏襲しつつ、一部の通信のみ直接アクセス可能</li> <li>機器・通信の集約管理可能</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISPの性能・品質によって速度が左右される</li> <li>各学校にセキュリティ機能の整備が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISPの性能・品質によって速度が左右される</li> <li>通信の集中する集約拠点の回線・機器がボトルネックになりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISPの性能・品質によって速度が左右される</li> <li>通信の集中する集約拠点の回線・機器がボトルネックになりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISPの性能・品質によって速度が左右される</li> <li>各学校にセキュリティ機能の整備が必要</li> </ul>

# 接続モデル SINET 利用モデル



	単独校SINET 直接接続 (モデルE)	複数校SINET 直接接続 (モデルF)	SINET 自治体集約接続 (モデルG)	SINET 都道府県集約接続 (モデルH)	ISP/SINET-LBO 自治体集約接続 (モデルI・J)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校からSINETへ直接接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校から通信会社などの閉域網で集約してSINETへ接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校からセンター拠点に通信を集約し、SINETへ接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>都道府県ネットワークに通信を集約してSINETへ接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部の帯域を使う通信のみ直接SINETに接続する経路を新設</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>SINETの高速・低遅延を利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SINETの高速・低遅延を利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SINETの高速・低遅延を利用可能</li> <li>機器・通信の集約管理可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SINETの高速・低遅延を利用可能</li> <li>機器・通信の集約管理可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SINETの高速・低遅延を利用可能</li> <li>一部の通信のみ直接アクセス可能</li> <li>機器・通信の集約管理可能</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校にセキュリティ機能の整備が必要</li> <li>接続回線およびVPNサービスが学校・SINETの両方に必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集約後の回線・機器がボトルネックになりやすい</li> <li>各学校にセキュリティ機能の整備が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信の集中する集約拠点の回線・機器がボトルネックになりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信の集中する集約拠点の回線・機器がボトルネックになりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各学校にセキュリティ機能の整備が必要</li> <li>接続回線およびVPNサービスが学校・SINETの両方に必要</li> </ul>

## 【再掲】ステップ5

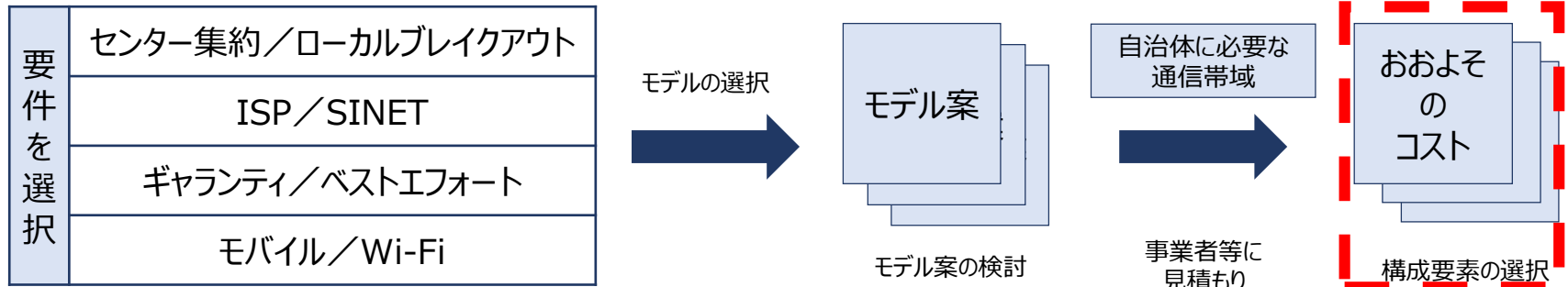
- ステップ5では、主要な通信要件を選択することで、現行のパターンよりモデル案を選択します。
- ステップ6では、コスト面をはじめとした判断基準より、自治体さまで最適なモデルを選択します。

前頁



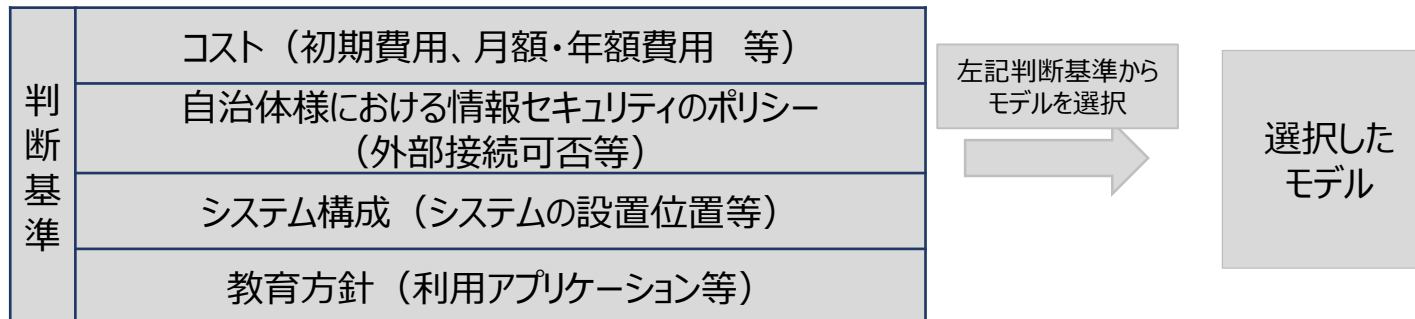
ステップ5

通信帯域確保のために、どのようなネットワーク構成の選択モデルがあるか



ステップ6

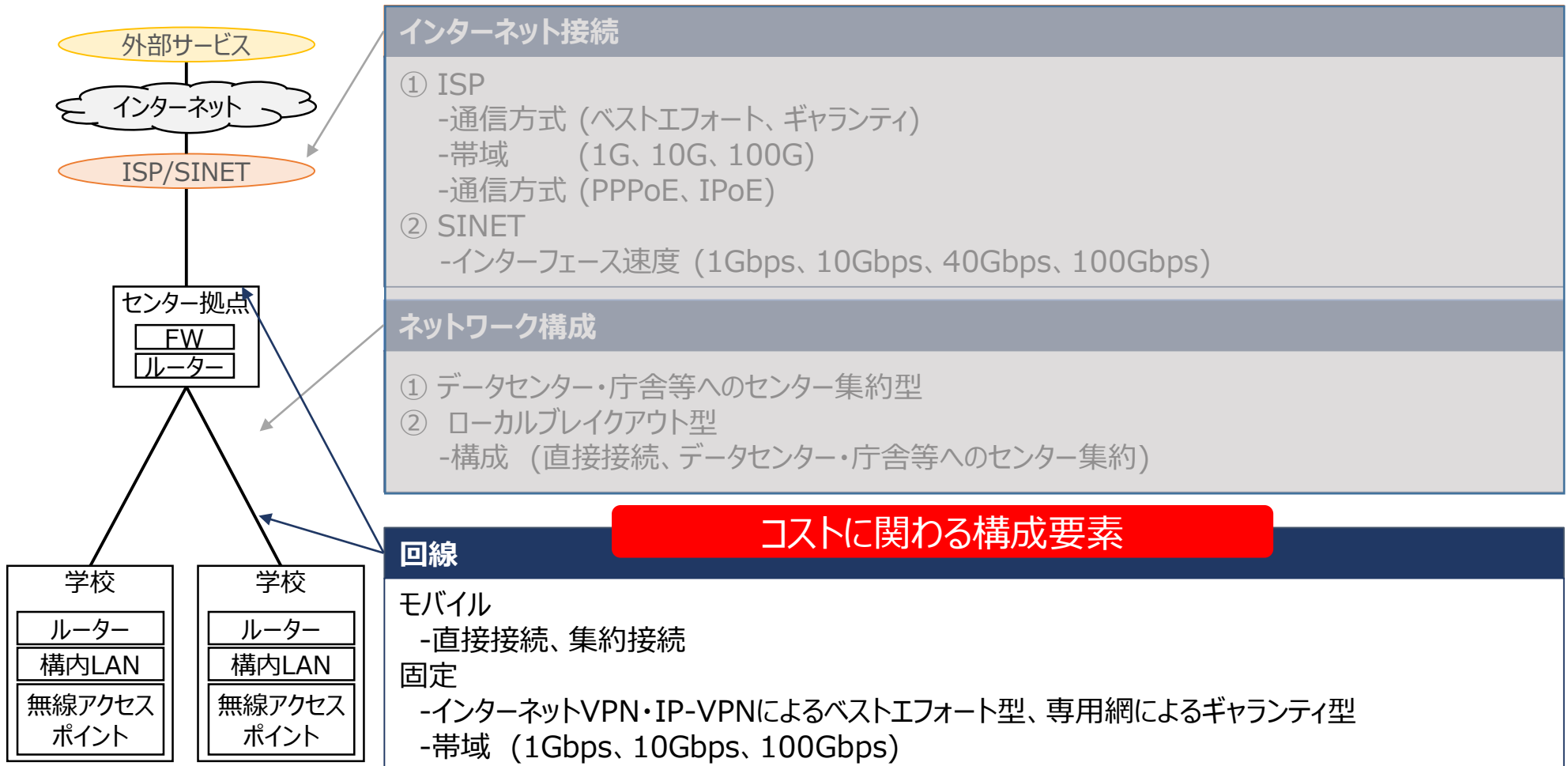
各モデルの検討手順



# コストに関わる構成要素

- モデルを絞り込んだ後に回線種別や通信品質を選択します。

## 例：構成要素と選択肢



# 回線要件の比較

- 端末の利用シーンや必要帯域等を踏まえ、回線を検討します。
- 通信速度や費用等は各通信事業者にご相談ください。

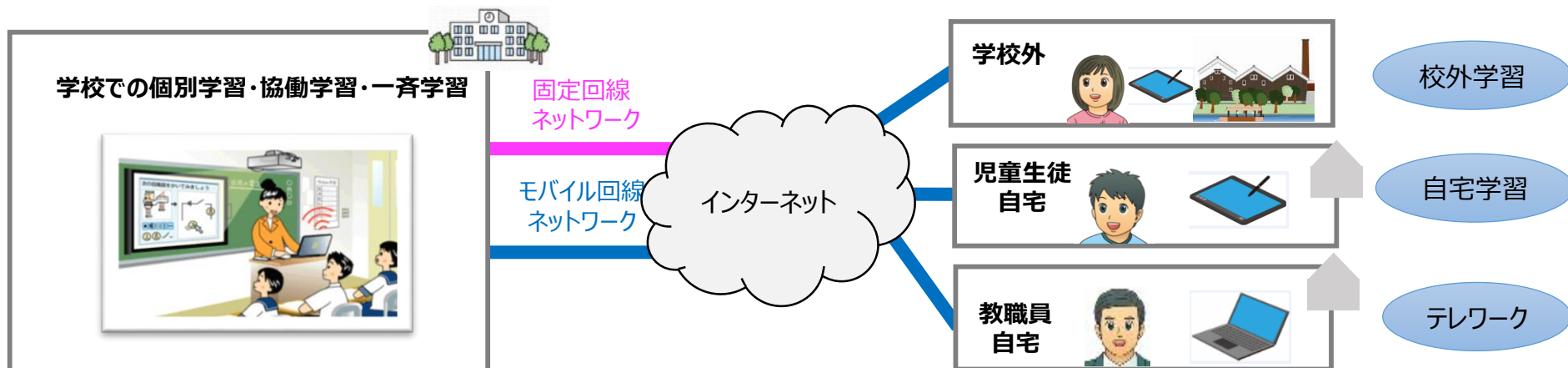
## ■ 固定回線とモバイル回線の比較

- 固定回線はベストエフォート型・ギャランティ型より選択が可能で、通信容量に制限がないことが特徴
- モバイル回線の利用により無線AP設置場所以外でもインターネットネットに接続することが可能

	固定回線 (Wi-Fi利用)	モバイル回線
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ベストエフォート型/ギャランティ型から選択可能</li> <li>• 通信容量に制限がない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 児童生徒の自宅学習や学校外での利用等、無線AP設置場所に制限されずに利用できる</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 学校等無線AP設置場所周辺でのみ利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通信速度が電波状況等の影響を受ける</li> <li>• 通信容量が契約内容に依存する</li> </ul>

## ■ 利用シーン

- 固定回線では学校での個別学習・協働学習・一斉学習の利用が想定される
- モバイル回線では学校での学習に加えて、児童生徒の自宅学習や学校外の郊外学習での利用も可能





## 【参考】固定回線

- 固定回線は、低コストなベストエフォート回線と帯域保証内の速度を確保することができるギャランティ回線より選択することが可能です。

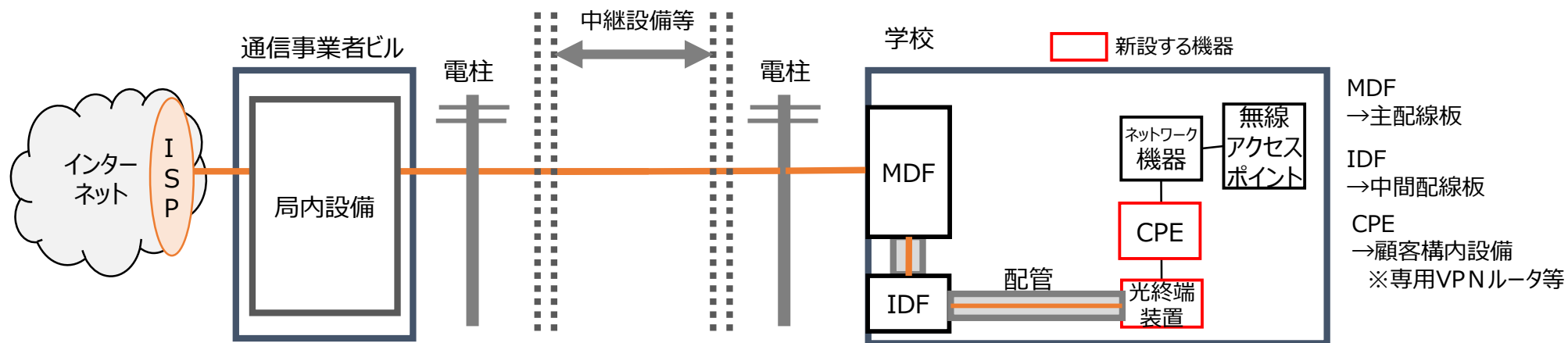
### ■ 固定回線におけるベストエフォート型とギャランティ型の比較

- ベストエフォート型のメリットは費用が安く納期が短いこと、ギャランティ型のメリットは安定した速度や高い通信品質等がある
- ギャランティ型の回線は開通までに時間を要する場合がありますので必ず事業者にご確認することを推奨

	ベストエフォート型	ギャランティ型
メリット	・コストが低い、納期が短い	・外部要因の影響を受けず、帯域保証内の速度を確保 ・遅延時間や故障回復時間等がSLAにより規定されている
デメリット	・速度が利用環境や回線の混雑状況の影響を受ける	・コストが高い、納期が長い ※半年以上かかる場合もあり

### ■ 固定回線が引き込まれるまで

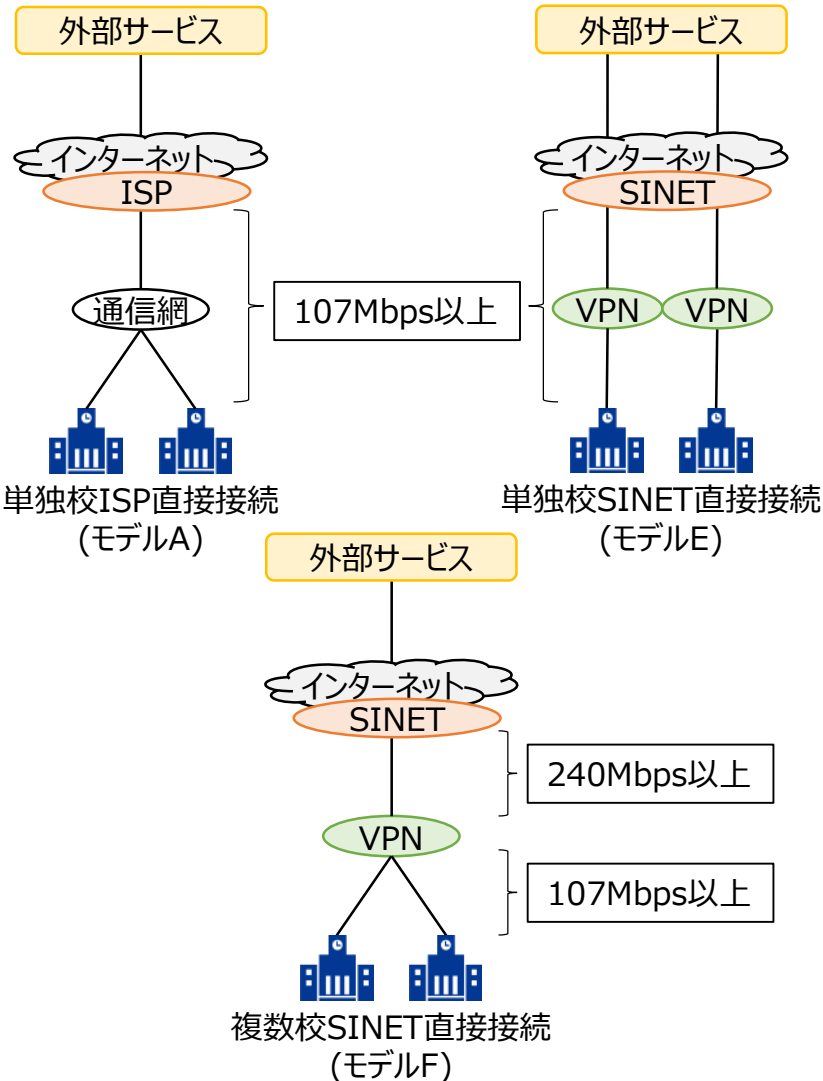
- 固定回線は通信事業者のビルから中継設備等を経由して各学校の主配線盤まで引き込んだ後、光回線終端装置を取り付ける





# ネットワーク構成費用の積算例 1 直接接続(パターンA)派生

- 単独校ISP直接接続(モデルA)、単独校SINET直接接続(モデルE)、および複数校SINET直接接続(モデルF)について概算費用の例(規模条件:20人/10クラス/5校/1自治体)を示します。
- 直接接続の場合、SINETよりもISPを利用した方が安価**となる傾向があります。



項目		単独校ISP 直接接続 (モデルA)	単独校 SINET直接 接続(モデルE)	複数校 SINET直接 接続(モデルF)
初期合計	回線費用			
	機器費用	400	887	430
	工事費用			
年額合計	回線費用			
	機器費用	118	145	253
	データセンター ラック費用			
年間更新等	ライセンス費用	9	9	34
5年間のトータルコスト		<b>1,167</b>	<b>1,788</b>	<b>1,827</b>

単位：(万円)

### 前提:

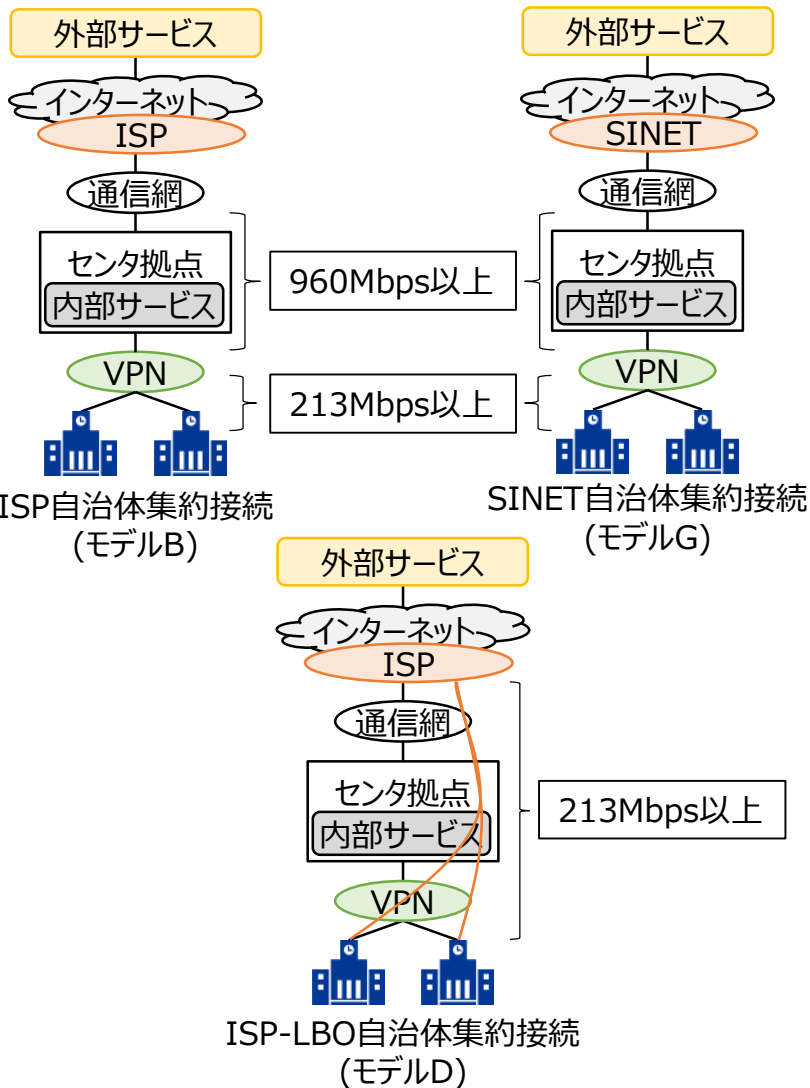
- 費用は概算
- 機器機能・システム要件などに応じて費用は変更となる
- データセンター費用はデータセンターの場所により変動する
- 金額は税込み価格
- 見積もり範囲は、学校設置ネットワーク機器～ISP、またはSINET接続まで

### 考え方:

- 回線の帯域の確認されている実効性能を加味した上で帯域や回線を設計

## ネットワーク構成費用の積算例 2 自治体集約接続(パターンB)派生

- ISP自治体集約接続(モデルB)、ISP-LBO自治体集約接続(モデルD)、およびSINET自治体集約接続(モデルG)について概算費用の例(規模条件:40人/10クラス/10校/1自治体)を示します。
- 自治体集約接続の場合、ISPよりもSINETを利用した方が安価**となる傾向があります。



項目		ISP自治体集約接続(モデルB)*	ISP-LBO自治体集約接続(モデルD)	SINET自治体集約接続(モデルG)
初期合計	回線費用			
	機器費用	2,121	488	1,588
	工事費用			
年額合計	回線費用			
	機器費用	4,497	1,286	3,231
	データセンターラック費用			
年間更新等	ライセンス費用	143	9	143
5年間のトータルコスト		<b>25,176</b>	<b>6,955</b>	<b>18,314</b>

### 前提:

- 費用は概算
- 機器機能・システム要件などに応じて費用は変更となる
- データセンター費用はデータセンターの場所により変動する
- 金額は税込み価格
- 見積もり範囲は、学校設置ネットワーク機器～ISP、またはSINET接続まで
- モデルDは、既存構成であるパターンB(ISP)+モデルD(LBO)の費用

### 考え方:

- 回線の帯域の確認されている実効性能を加味した上で帯域や回線を設計

単位：(万円)

\*1GギャランティISPを利用

## 最適なモデルとは（ステップ5～6）

- ステップ5では、主要な通信要件を選択することで、現行のパターンよりモデル案を選択します。
- ステップ6では、コスト面をはじめとした判断基準より、自治体さまで最適なモデルを選択します。

前頁

ステップ5

通信帯域確保のために、どのようなネットワーク構成の選択モデルがあるか

要件を選択	センター集約／ローカルブレイクアウト
	ISP／SINET
	ギャランティ／ベストエフォート
	モバイル／Wi-Fi

モデルの選択

モデル案

自治体に必要な  
通信帯域

おおよそ  
の  
コスト

モデル案の検討

事業者等に見積もり

構成要素の選択

ステップ6

各モデルの検討手順

判断基準	コスト（初期費用、月額・年額費用 等）
	自治体様における情報セキュリティのポリシー （外部接続可否等）
	システム構成（システムの設置位置等）
	教育方針（利用アプリケーション等）

左記判断基準から  
モデルを選択

選択した  
モデル

# 最適なネットワーク構成を選定する判断基準

- 選定したモデルについて、コスト・セキュリティ・運用などの複数の観点で最終的な接続環境を選定します。

必要条件

## 必要な通信帯域が確保できること（ステップ1からステップ4）

十分条件

区分	項目	検討するモデルへの影響
経済性	イニシャルコスト	全てのモデル
	ランニングコスト (保守性・運用性含む)	全てのモデル
自治体様のポリシー	セキュリティ	ブレイクアウト構成の可否
	パブリッククラウド接続可否	全てのモデル (否の場合はセンター集約) (閉域でのパブクラ接続はSINET接続)
	故障対応、運用適応範囲	全てのモデル
システム構成	利用システムの設置位置 (集約センター／クラウド)	ブレイクアウト構成の可否
教育方針	近隣大学との教育連携	SINET接続
	利用アプリケーション	全てのモデル

## 【参考】モバイルのデータ容量の求め方

- モバイル端末の場合、通信帯域ではなく月毎の契約によって使用できるデータ容量が決まります。
- ここでは、モバイルのデータ容量の計算方法を紹介します。
- 授業利用を想定した場合の計算であり、アップデート等の授業利用以外の通信は含まれません。

### ▶ ストリーミング通信(動画視聴、Web会議、遠隔授業など)

$$\frac{(2(\text{Mbps}) \div 8) \times 300(\text{秒}) \times 2(\text{回}) \times 10(\text{日})}{=} = 1.5(\text{GB/月})$$

項目	変数 (単位)
動画のビットレート	2 (Mbps)
動画再生時間	300 (秒)
利用回数/日	2 (回)
利用日数/月	10 (日)

### ▶ ダウンロード通信(デジタル教科書など)

$$\frac{2(\text{MB}) \times 50(\text{回}) \times 20(\text{回})}{=} = 2(\text{GB/月})$$

項目	変数 (単位)
見開きページデータ容量	2 (MB)
利用回数/日	50 (回)
利用日数/月	20 (日)

### ▶ 各通信の使用するデータ容量の総和がモバイルに必要なデータ容量となる

$$1.5(\text{GB/月}) + 2(\text{GB/月}) = 3.5(\text{GB/月})$$

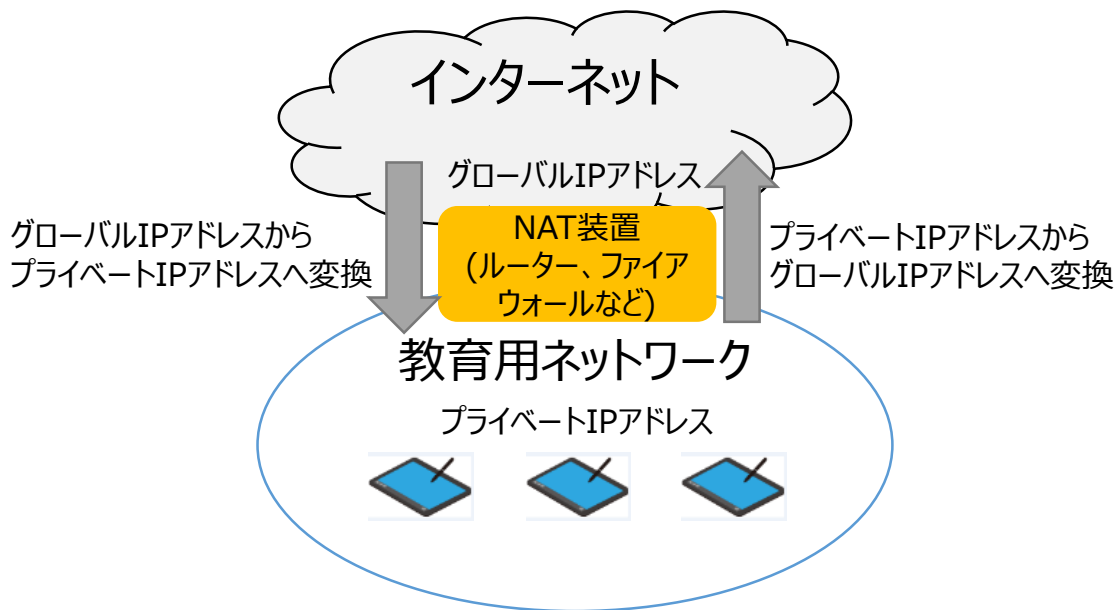
※他コンテンツを使用する場合は、同様に計算して総和を算出する

# 【参考】NAT(NAPT)について

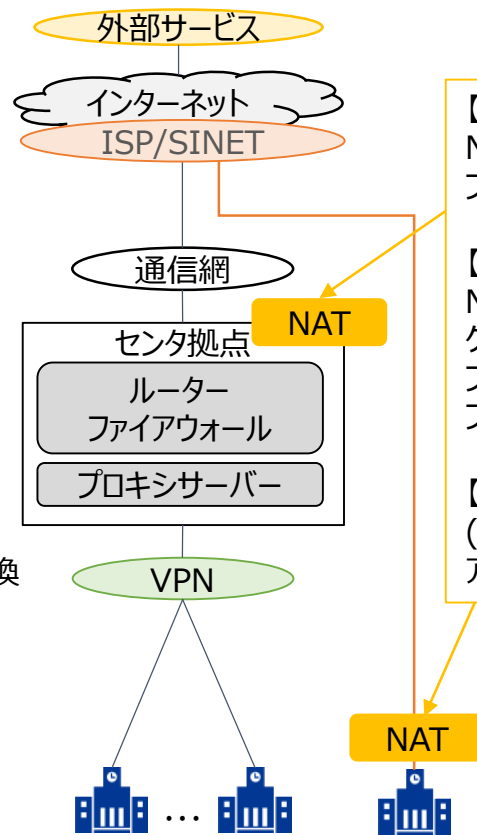
- 端末がインターネットに接続する際には、基本的にNAT(NAPT)と呼ばれるIPアドレスの変換が必要です。
- NAT(NAPT)をする場所は基本的にインターネットとの接続点となります。
- 多くの端末が接続しているネットワークの場合、NATのセッション数の増加が問題となる場合があります。

## ■ NAT(NAPT)の概要

- NAT(Network Address Translation):  
グローバルIPアドレスとプライベートIPアドレスを1対1で変換
- NAPT(Network Address Port Translation):  
ポート番号を組み合わせ、グローバルIPアドレスとプライベートIPアドレスを1対Nで変換  
**※教育ネットワークでは、NAPTが用いられることが多い**



## ■ NATの場所と懸念点



【懸念点】  
NAT装置のNATセッション数の枯渇  
プロキシサーバーのセッション数の枯渇

【対応策】  
NAT装置の増強、分散化  
グローバルIPアドレスの増加  
プロキシサーバーの増強、分散化  
プロキシサーバーでの除外設定

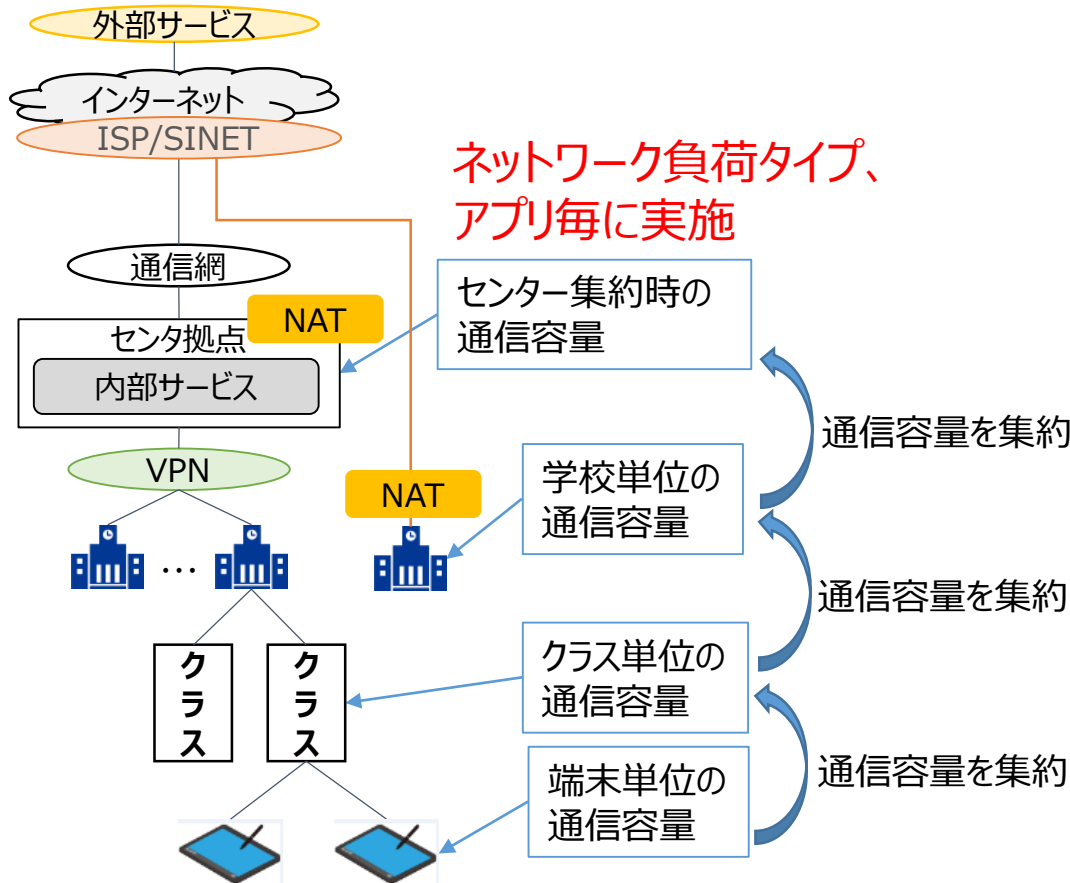
【回避策】  
(集約構成の場合)ローカルブレイク  
アウト化による負荷の分散

# 【参考】NATセッション数の見積もり

- 帯域のみならず、NATセッション数を加味してNAT場所・NAT用の機器を選定することが必要です。
- NATセッションは帯域計算と同じように、NATをする場所までの通信容量を集約することで計算可能です。

## ■ NATセッション数の見積もり方

帯域計算を同じようにNATをする場所まで集約して計算することで見積りが可能



## ■ NATセッション数の設計ポイント

ポイント1: ネットワーク機器の設定

ネットワーク機器によっては、NATテーブルの保持時間などのNATに関するパラメータを設定できる場合があり、ネットワーク構築事業者と相談しながらパラメータ設定が必要

ポイント2: 機器性能やグローバルIPアドレスの増強・増加  
プロキシサーバーやNAT装置にはセッション処理上限値が存在する為、確認が必要。また、グローバルIPアドレス1個当たりIPアドレス変換可能なNATセッション数は、約65,000となり必要に応じてグローバルIPアドレスを増加。IPoEの動的IPアドレス数タイプなどはセッション数が1,000程度という制約がある場合が存在するので契約前に確認が必要

ポイント3: 利用アプリケーション毎のセッション数

利用するアプリケーションによって、NATセッション数は変化  
ネットワーク帯域は多く消費しないもののNATセッション数多く消費するアプリケーションなども存在

⇒検証用アカウントなどを準備して、NATセッション数を事前に把握しておくことで、より正確に見積もりが可能

**フィールド実証では、授業利用時の  
利用セッション数について実測**

項目	まとめ
現状の分析	<ul style="list-style-type: none"><li>● 現状のネットワーク構成を3パターンに分類(直接接続・自治体集約接続・都道府県集約接続)</li><li>● 1人1台端末の利活用が進むことで、トラフィックの増加が見込まれることから、ネットワークにおける帯域を検討する必要あり</li><li>● 現状のネットワークは、パターン毎ボトルネックとなりうる箇所が複数存在</li></ul>
学習用ネットワークの設計	<ul style="list-style-type: none"><li>● STEP 1～6を行うことで、1人1台端末が快適に利用できるネットワークを選択<ul style="list-style-type: none"><li>・端末×通信帯域×同時利用率が基本的な考え方<ul style="list-style-type: none"><li>→通信帯域 自身の学校で利用しているアプリケーションがどのぐらいの通信帯域が必要か算定 ※セッション数についても検討が必要</li><li>→同時利用率 同時利用率を求め、学校毎・自治体毎の通信容量に集約することで算定</li></ul></li><li>・現状のネットワーク構成をどのような構成にしたら良いか総合的に検討することで最適なネットワークを選択</li></ul></li></ul>
コスト面の考察	<ul style="list-style-type: none"><li>● 構成要素を選択することで、ネットワークのおおよその概算を積算</li><li>● ISPおよびSINET5の接続条件をもとに検討した結果、直接接続の場合はSINETよりもISP（ベストエフォート）が安価となり、集約接続の場合はISP（ギャランティ）に比べSINETが安価となる傾向</li></ul>



## **(2) フィールドにおける実証**

# フィールド実証の考え方

- 本実証は網羅性を考慮して机上検討を主軸として進め、事例が少ないトレンド技術をフィールド実証にて検証することで、机上検討を補完します。

## 網羅性を重視した机上検討

- 実際の構築事例及びメーカー等への調査等を通して机上検討を実施
- 事例が存在する技術の検討も踏まえ、ネットワークの課題解決・帯域設計の指針を示す

## 事例が少ないトレンド技術の検証

- 事例が少ないトレンド技術の一部を実証し、机上検討を補足する位置づけ
- SINET接続、10Gbps（ベストエフォート）回線、ローカルブレイクアウトなどを主に検証

机上検討の  
ポイント

フィールド実証の  
ポイント

## フィールドにおける実証内容

- 机上検討の補足として、SINET接続、10Gbps光回線での接続、ローカルブレイクアウトを確認することを目的として、フィールドでは以下テーマにて実証を行いました。

フィールド名	フィールド校	ICT環境に関する 特記事項	主な実証テーマ	自治体 規模	校種	児童生徒数
埼玉県吉川市	旭小学校	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GIGAスクール整備 予定校</li> <li>・大学の知的財産活用 (SINET利用も検討)</li> </ul>	ローカルブレイク アウト	中	小学校	171
宮城県仙台市	市全体		センター集約構成 SINET接続	大	—	約80,000
	A社ブロードバン ド利用校				小学校	約1,100
	B社ブロードバン ド利用校	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GIGAスクール整備 予定校</li> <li>・センター集約構成</li> <li>・SINET接続予定</li> </ul>			中学校	約210
	A社アナログ回 線利用校	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SINET接続環境あり</li> <li>・遠隔授業推進</li> <li>・LTE活用方針あり</li> </ul>			学校外からの SINET接続	その他
東京学芸大学附属世田谷小学校		・学校単位での接続	10Gbps光回線での 接続	—	小学校	376
大阪府	A高等学校	—	SINET接続 によるローカル ブレイクアウト	大	高等学校	約870

## 【参考】フィールドにおける測定方法

- 本実証では各フィールドからについて以下の観点で計測を行いました。

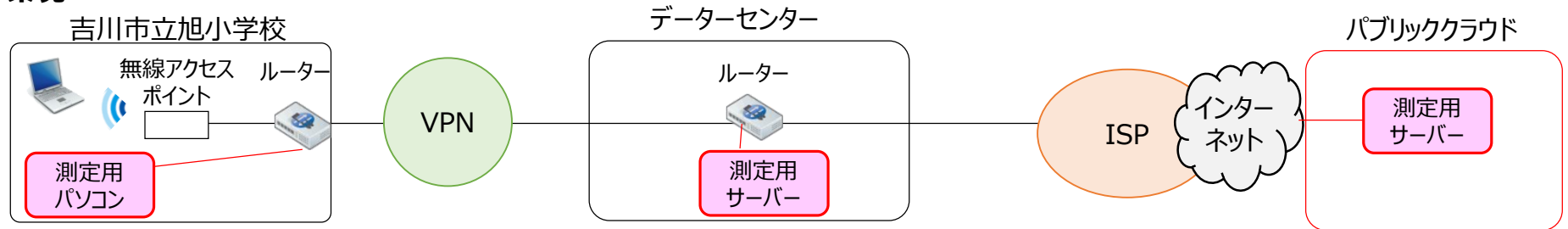
項目	測定観点	測定方法	備考
速度測定	<ul style="list-style-type: none"> <li>データセンターなどの中継ポイントでも測定できる場合、区間ごとに測定することで、ボトルネックとなる区間を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク性能測定ツール(iperf3)によるスループットを測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部の实証フィールドではSINET直結クラウドの速度についても計測</li> <li>表記データは、TCP、8コネクション、5秒間の結果を掲載</li> <li>本番測定前に一度テスト測定を実施</li> </ul>
遅延測定	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワークの遅延を計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PingコマンドによるRTT(往復の遅延時間)を測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本番測定前に一度テスト測定を実施</li> </ul>
トラフィックのモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワークの利用状態を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク機器(ルーター等)のトラフィックを記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の制約により実施できない場合あり</li> </ul>
セッション数のモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワークの利用状態を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク機器(NAT装置)のトラフィックを記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の制約により実施できない場合あり</li> </ul>

※現地ネットワーク設定・構成における制限や、現地での測定時間の制約、端末数の制約があるため、フィールドに応じて測定項目を選定・実施

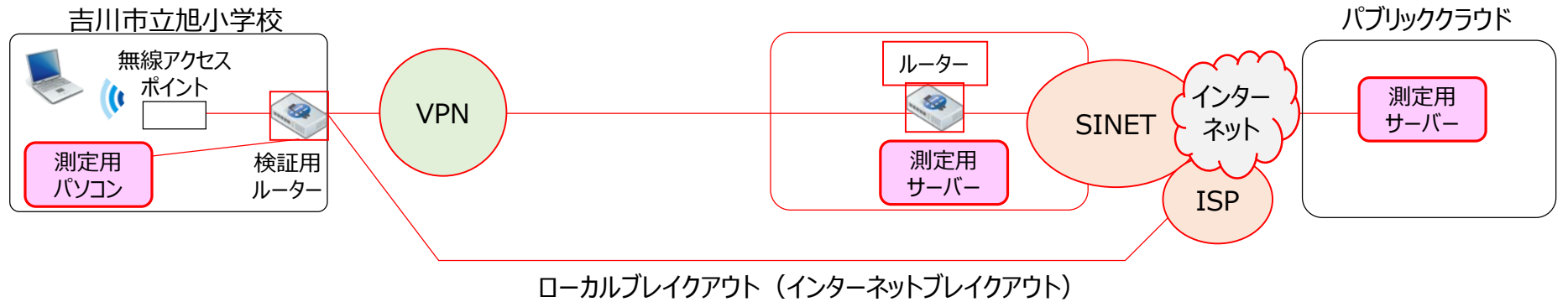
# 埼玉県吉川市での実証

- 埼玉県吉川市では、ローカルブレイクアウト接続及び、SINET接続でのインターネット接続の効果検証を実施しました。

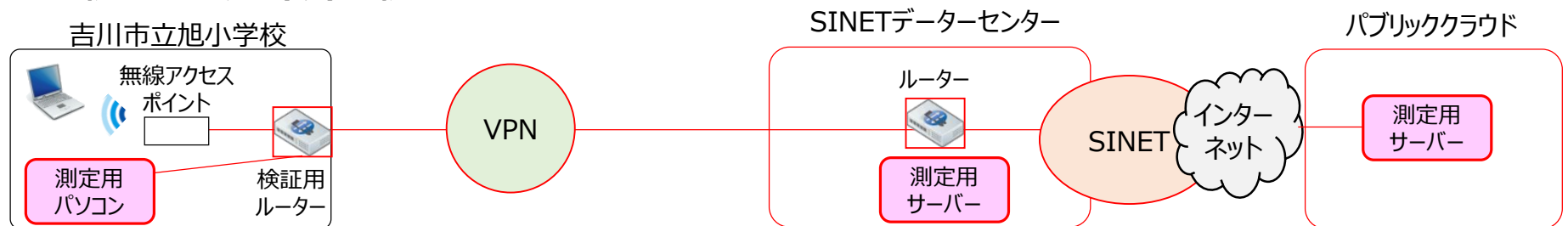
## ■ 既存環境



## ■ ローカルブレイクアウト接続



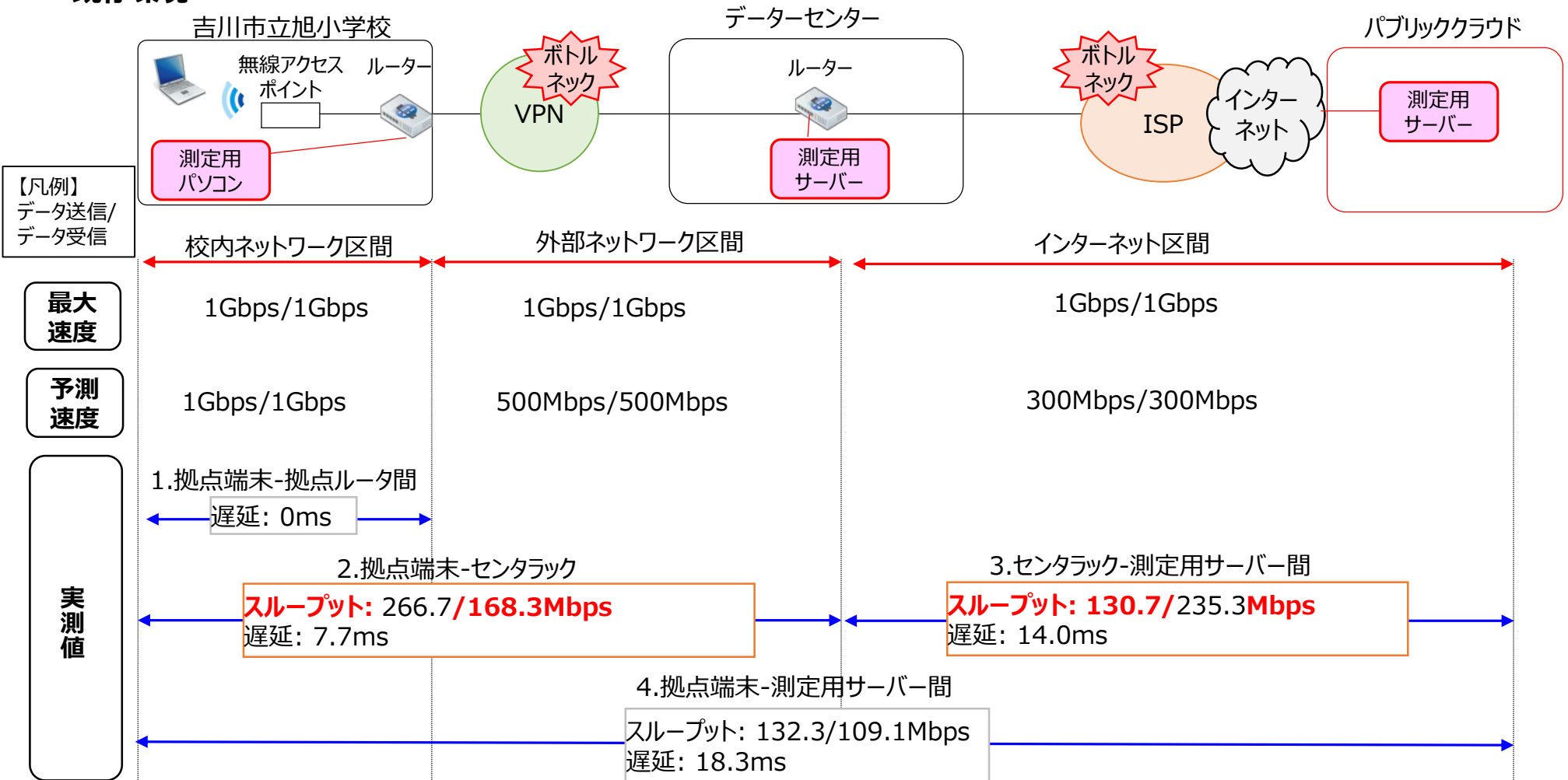
## ■ SINET接続でのインターネット接続



# 埼玉県吉川市の測定結果(既存環境 速度測定)

- 既存環境において各区間の速度測定を実施したところ、測定区間2、3がボトルネックとなる結果となりました。
- 既存環境でも100Mbps以上の実効帯域はあるものの、現状の構成では他の学校の通信も集約して処理しているため、GIGAスクール端末の利活用が進んだ際の利用方法によっては輻輳の可能性あります。

## ■ 既存環境



2020/11の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用

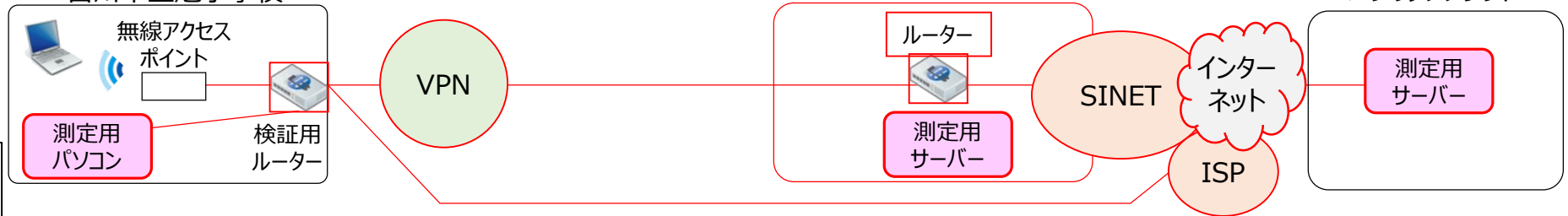
# 埼玉県吉川市の測定結果(新規環境 ローカルブレイクアウト 速度測定)

- ローカルブレイクアウト環境において各区間の速度測定を実施したところ、**350Mbps程度**の速度で通信できました。
- ローカルブレイクアウトすることで、センター集約によるトラフィック集中を回避可能になり、**一定の増速効果を期待**できます。

## ■ローカルブレイクアウト接続

吉川市立旭小学校

パブリッククラウド



【凡例】  
データ送信/  
データ受信

ローカルブレイクアウト (インターネットブレイクアウト)  
インターネット区間

校内ネットワーク区間  
1Gbps/1Gbps

1Gbps/1Gbps

最大速度

予測速度

1Gbps/1Gbps

300Mbps/300Mbps

実測値

1. 拠点端末-拠点ルータ間

遅延: 0ms

2. 拠点端末-測定用サーバー間

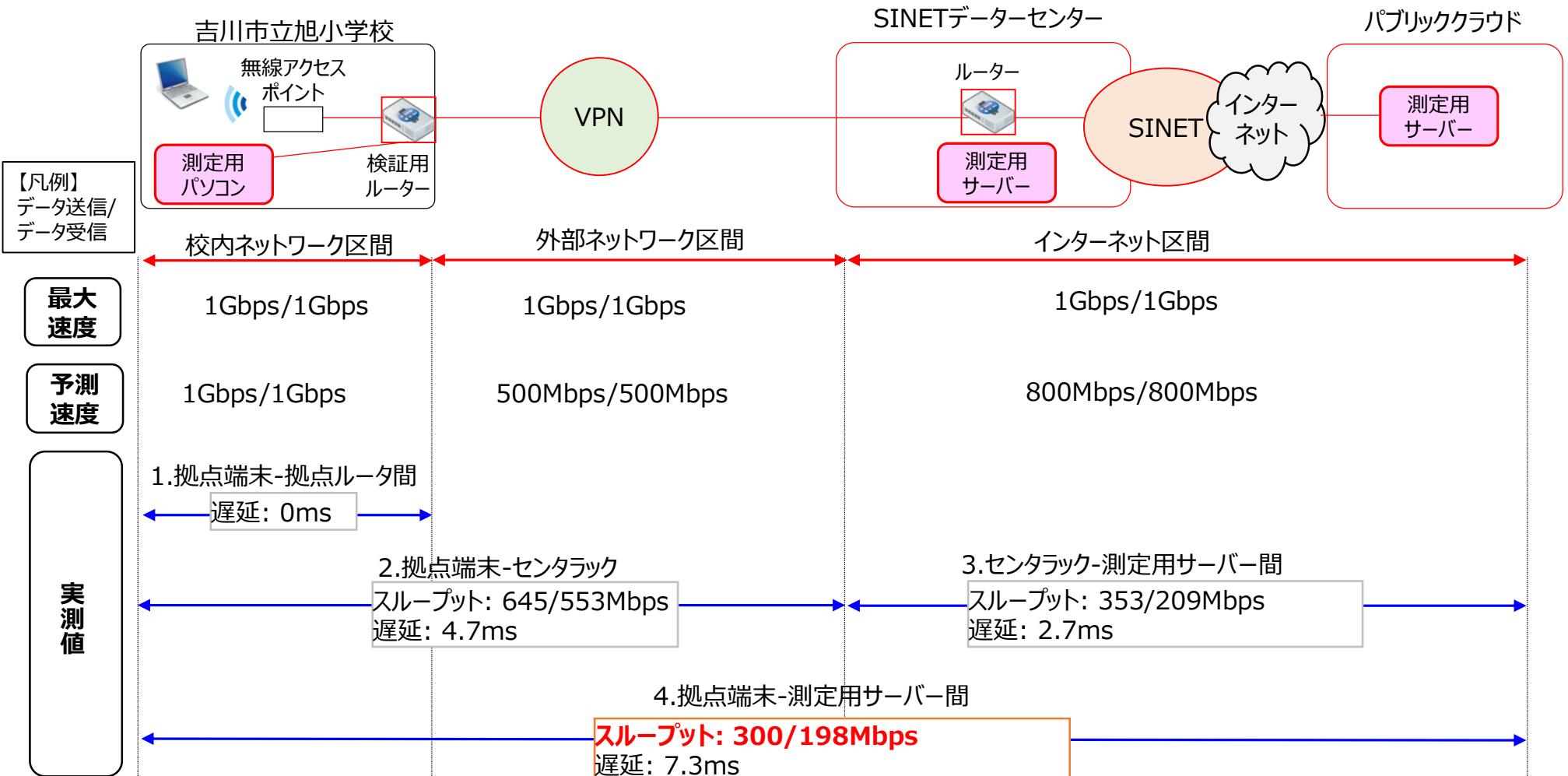
**スループット: 394/367Mbps**

遅延: 9.0ms

# 埼玉県吉川市の測定結果(新規環境 SINET接続 速度測定)

- SINET接続した環境において各区間の速度測定を実施したところ、**300Mbps程度の速度**で通信できました。
- SINETに接続することで、**一定の増速効果を期待**できます。

## ■ SINET接続でのインターネット接続



2021/1の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用



## 【参考】吉川市 公開授業

- 吉川市立旭小学校と埼玉工業大学とSINETにて接続し、吉川市立旭小学校の3年生～6年生に対して、埼玉工業大学よりプログラミングやものづくりに関する遠隔授業を実施しました。

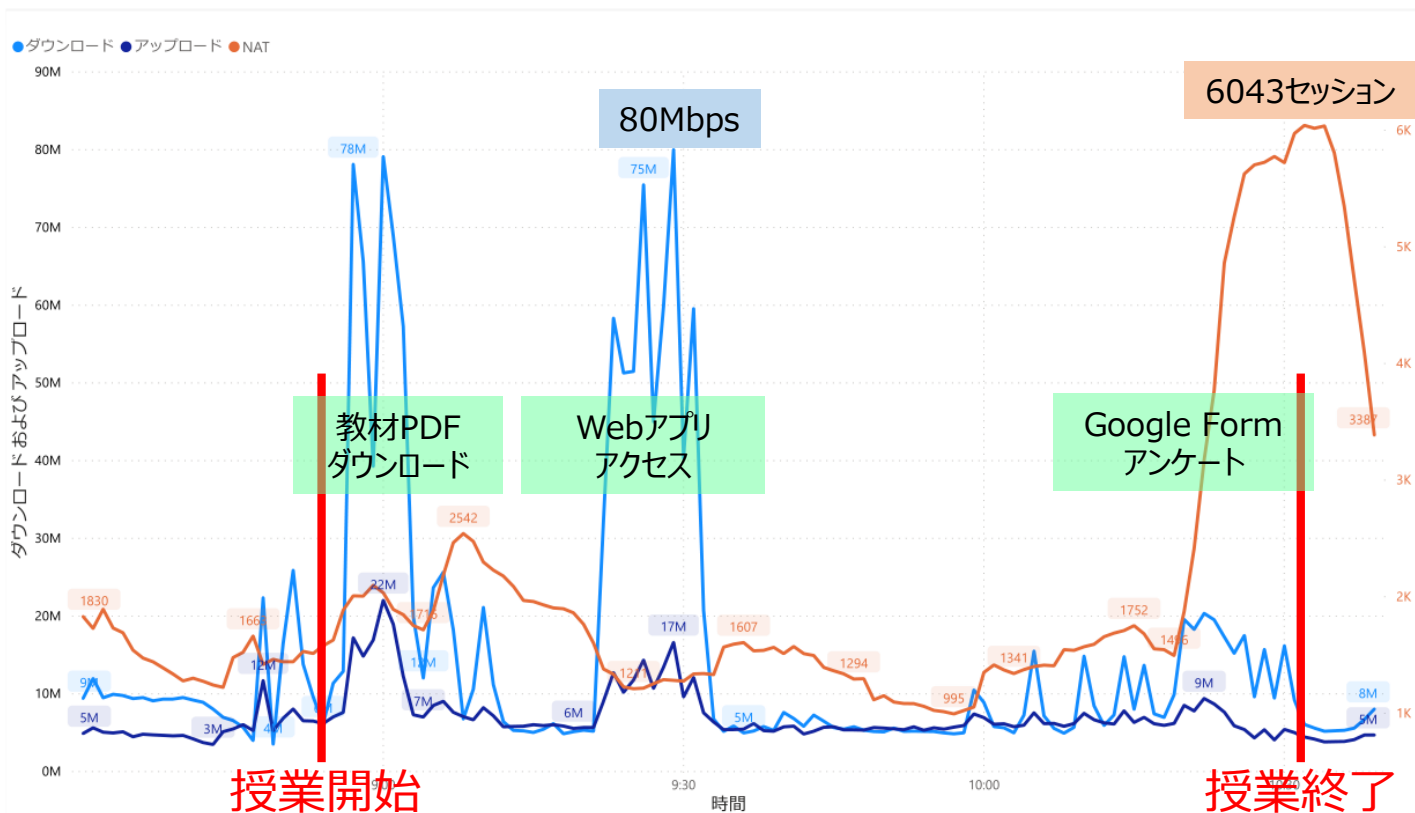
項目	内容
実施日	2020年12月8日（火）
対象	吉川市立旭小学校3年生、4年生、5年生、6年生
利用端末	Chromebook
遠隔授業実施	埼玉工業大学
授業内容	プログラミング、ものづくり
利用アプリケーション	Google Classroom、 外部サービス（micro:bit、mBlock）

### 当日の様子



# 埼玉県吉川市の公開授業におけるトラフィックモニタリング

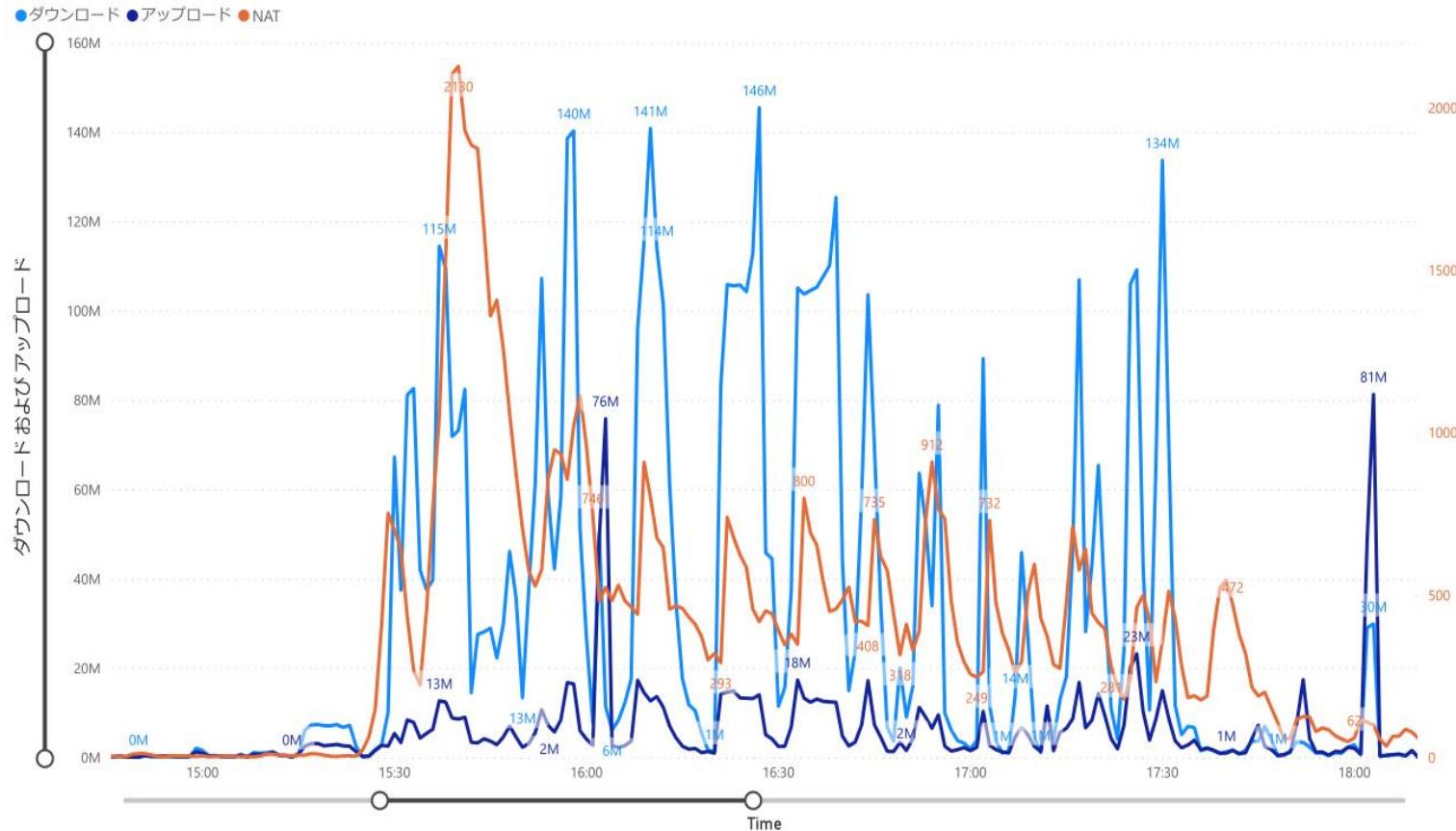
- 公開授業における授業利用のトラフィックモニタリングを実施したところ、ピーク時に約80Mbpsの通信と約6000のNATセッションが使用されていることが確認できました。1端末あたりに換算すると約1.6Mbpsの通信と約120のNATセッションがピーク時に使用されていることが推定できます。



- 測定条件
- 日付：2020/12/08(火)
- 時間：8:40-10:30(1, 2限目)
- 端末数：52台(Chromebook)
- アプリケーション：  
授業資料(PDFダウンロード)  
mBlock  
Google Form  
Zoom(2台のみ接続)
- 接続環境：1GbpsSINET接続

# 埼玉県吉川市の測定結果(トラフィックモニタリング)

- 端末40台で一斉にデジタル教科書と動画配信サイトにアクセスした場合のトラフィックモニタリングを実施したところ、ピーク時に約140Mbpsの通信と約2000のNATセッションが使用されていることが確認できました。1端末あたりに換算すると約3.5Mbpsの通信と約50のNATセッションがピーク時に使用されていることが推定できます。



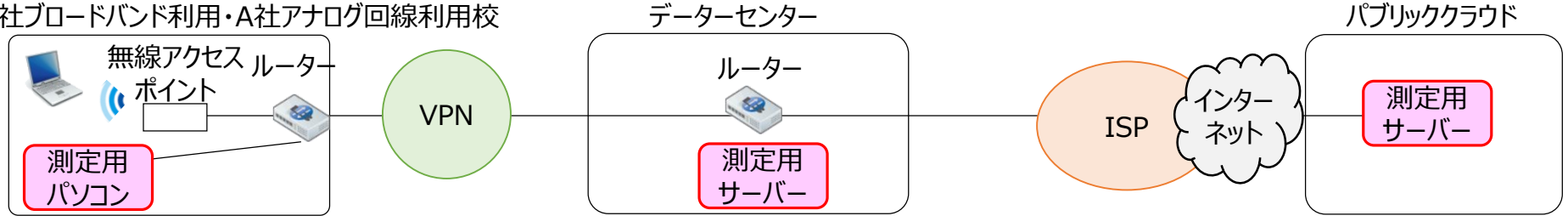
- 測定条件  
日付：2020/11/04(水)  
時間：15:00-18:00(放課後)  
端末数：40台(Chromebook)  
※スタッフ10名による一斉操作  
アプリケーション：  
デジタル教科書(クラウド版)  
動画再生(クラウド版)  
接続環境：1GbpsSINET接続

# 宮城県仙台市での実証

- 宮城県仙台市では、SINET接続でのインターネット接続、モバイル経由でのSINET接続の効果検証を実施しました。

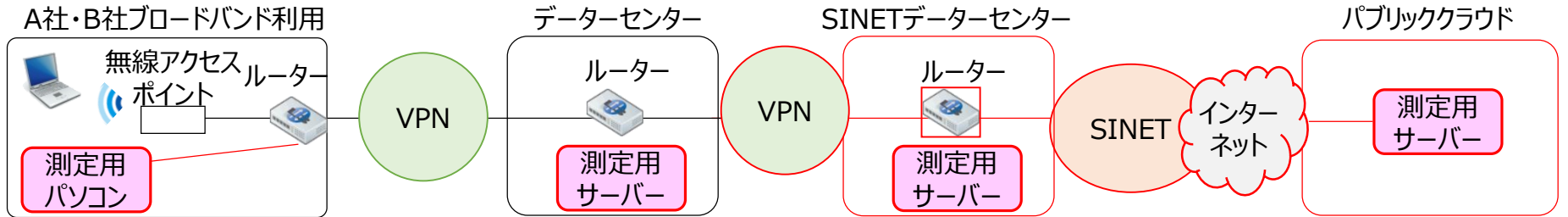
## ■ 既存環境

A社・B社ブロードバンド利用・A社アナログ回線利用校



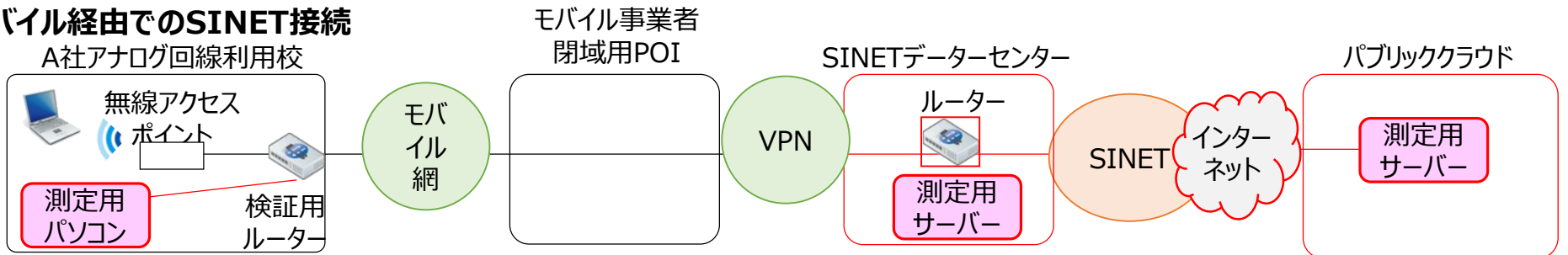
## ■ SINET接続でのインターネット接続

A社・B社ブロードバンド利用



## ■ モバイル経由でのSINET接続

A社アナログ回線利用校



# 宮城県仙台市の測定結果(既存環境 速度測定)

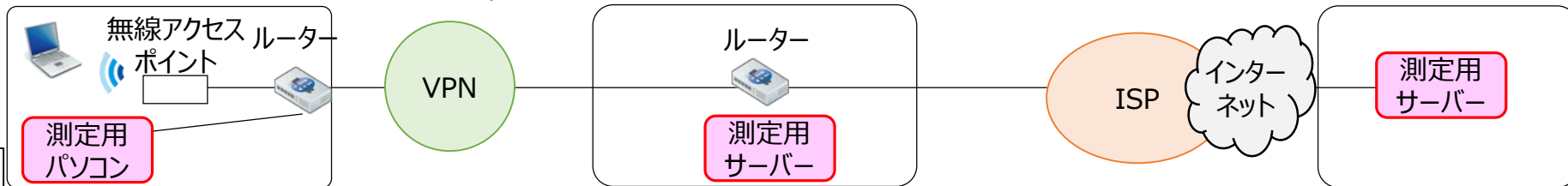
- 既存環境の速度測定を実施したところ、**測定区間2がボトルネック**となる結果となりました。
- 既存環境でもある程度の実効帯域はあるものの、**GIGAスクール端末の利活用が進んだ際の利用方法によっては輻輳の可能性**があります。

## ■ 既存環境

A社・B社ブロードバンド利用・A社アナログ回線利用校

データセンター

パブリッククラウド

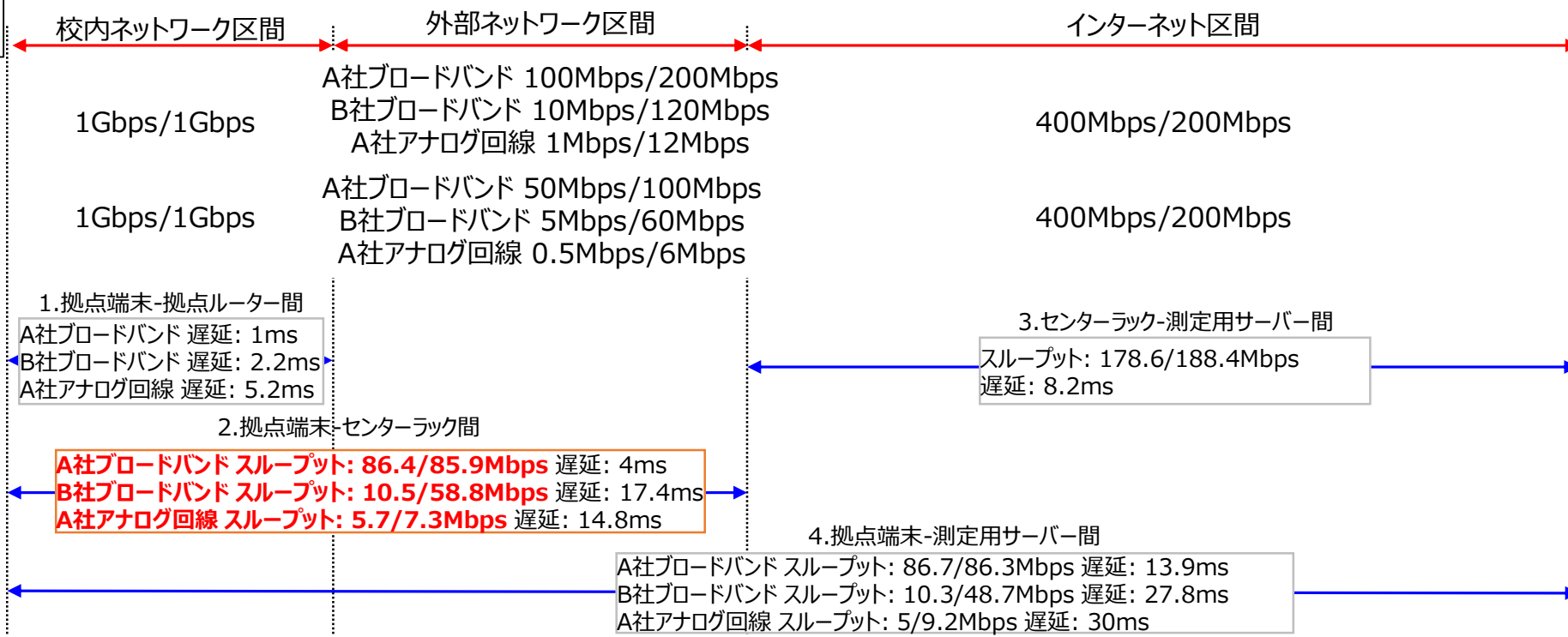


【凡例】  
データ送信/  
データ受信

最大  
速度

予測  
速度

実  
測  
値



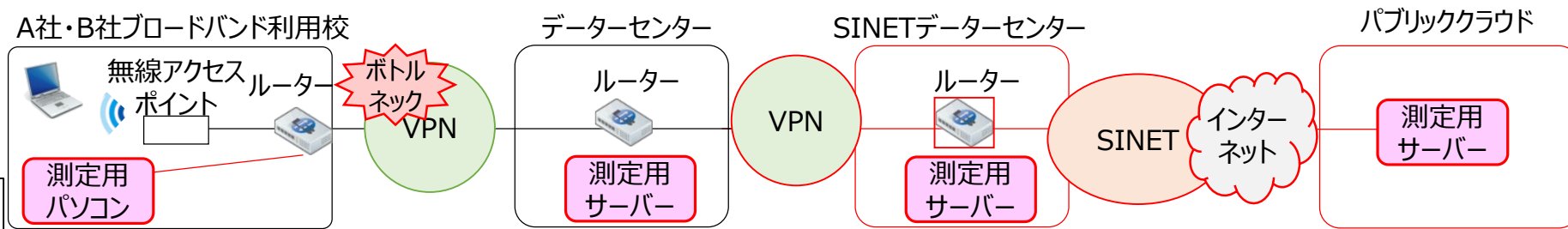
2021/2の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用



# 宮城県仙台市の測定結果(新規環境 SINET接続 速度測定)1/2

- SIET接続の速度測定を実施したところ、**増速せずに測定区間2がボトルネック**となる結果となりました。
- SINETに接続することで学校単位での速度は大きく改善していないものの、集約後の仙台市全体のインターネット接続については、**一定の増速効果を期待**できます。

## ■ SINET接続



【凡例】  
データ送信/  
データ受信

最大  
速度

予測  
速度

実  
測  
値

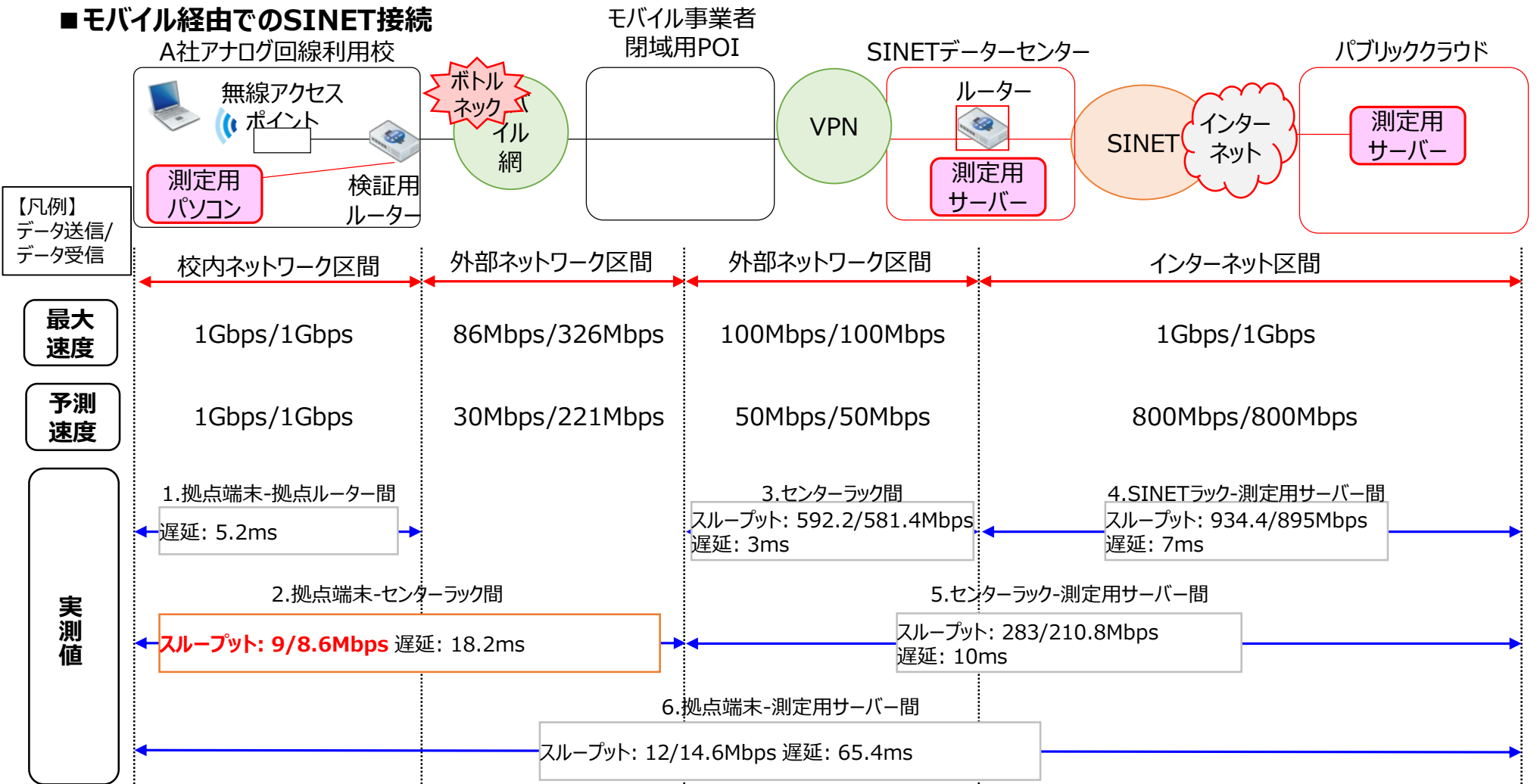
区間	最大速度	予測速度	実測値
校内ネットワーク区間	1Gbps/1Gbps	1Gbps/1Gbps	1. 拠点端末-拠点ルーター間 A社ブロードバンド 遅延: 1ms B社ブロードバンド 遅延: 2.2ms
外部ネットワーク区間	A社ブロードバンド 100Mbps/200Mbps B社ブロードバンド 10Mbps/120Mbps	A社ブロードバンド 50Mbps/100Mbps B社ブロードバンド 5Mbps/60Mbps	2. 拠点端末-センターラック間 <b>A社ブロードバンド スループット: 81.4/78.3Mbps 遅延: 6ms</b> <b>B社ブロードバンド スループット: 10.5/64Mbps 遅延: 18.2ms</b>
外部ネットワーク区間	1Gbps/1Gbps	500Mbps/500Mbps	3. センターラック間 スループット: 592.2/581.4Mbps 遅延: 3ms
インターネット区間	1Gbps/1Gbps	800Mbps/800Mbps	4. SINETラック-測定用サーバー間 スループット: 934.4/895Mbps 遅延: 7ms
			5. センターラック-測定用サーバー間 スループット: 283/210.8Mbps 遅延: 10ms
			6. 拠点端末-測定用サーバー間 A社ブロードバンド スループット: 71.6/67.8Mbps 遅延: 15.6ms B社ブロードバンド スループット: 10.5/56.4Mbps 遅延: 30.2ms

2021/2の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用

# 宮城県仙台市の測定結果(新規環境 SINET接続 速度測定)2/2

- モバイル経由SINET接続の速度測定を実施したところ、**増速せずに測定区間2がボトルネック**となる結果となりました。
- LTEなどのモバイル通信を用いながら、端末が直接インターネットに接続するのではなく自治体が管理するネットワークに入れることで、通信の管理や防御が可能であることが分かりました。

## ■モバイル経由でのSINET接続



2021/2の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用

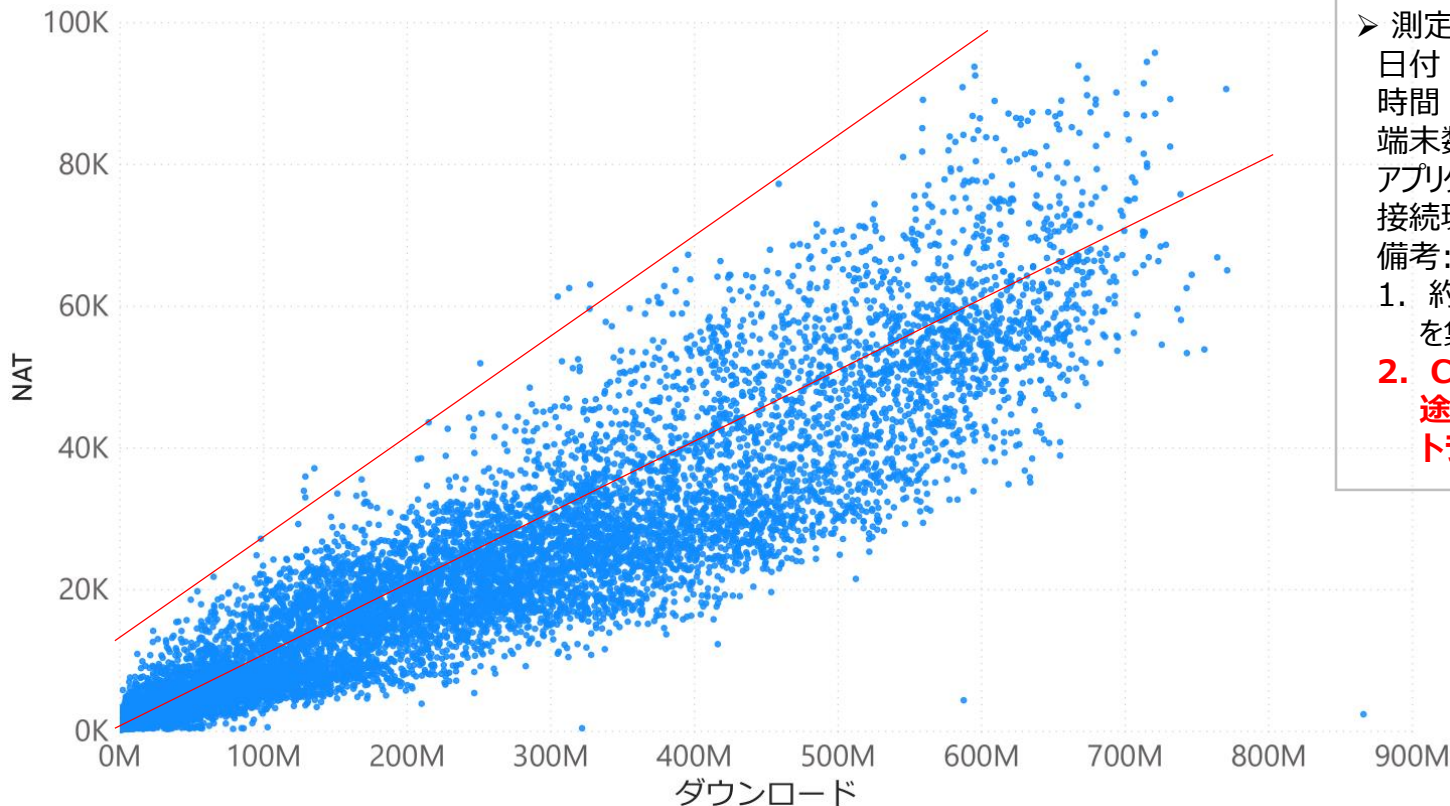
# 宮城県仙台市の測定結果(トラフィックモニタリング)

- ダウンロード通信とNATセッション数の分布をグラフ化すると、概ね比例関係があることが確認できました。
- 吉川市のフィールド結果より、Chromebook 1台あたり50セッションを平均して使用していると仮定すると、仙台市の日中の授業時間帯であるピークセッション数は5~10万セッションであり、仙台市ではピーク時におよそ1000~2000台の同時利用があったと考えられます。

## ■ ダウンロード帯域とセッション数の関係

平均: セッション数 = ダウンロード帯域[Mbps]×100

ピーク: セッション数 = ダウンロード帯域[Mbps]×150+10000



### ➤ 測定条件

日付: 2020/1/28~2/28

時間: 7:00-16:59

端末数: 約80,000台(Chromebook)

アプリケーション: 各学校で任意の利用

接続環境: 1GbpsSINET接続

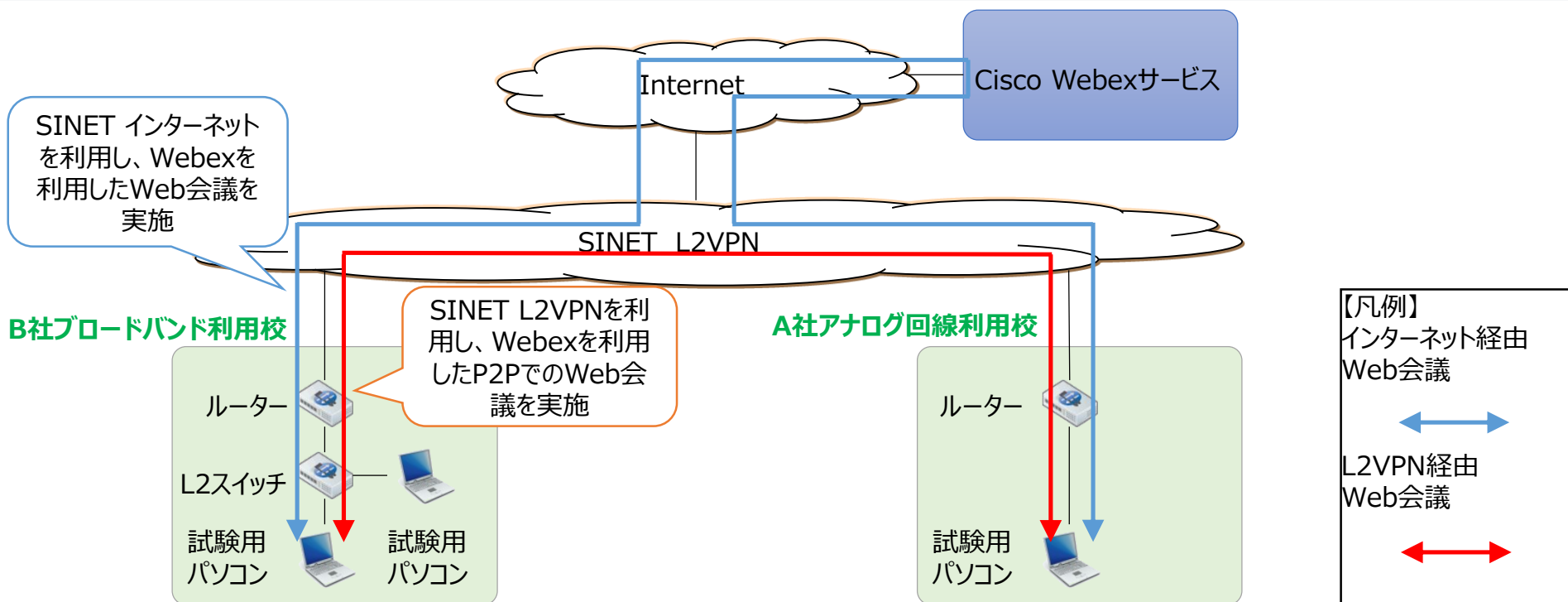
備考:

1. 約200校のGIGAスクール用ネットワークを集約したインターネットトラフィックの合計
2. **Chromebookの各校に整備している途中での結果のため、今後はより多くのトラフィックが発生する見込み**



# 宮城県仙台市の測定結果(新規環境 SINET接続 L2VPN実証)

- SINET接続 L2VPN実証を実施したところ、インターネット経由Web会議よりも、L2VPN経由Web会議の方が**スループットが速く、遅延も小さく**なりました。
- 総合的にはどちらもビデオ通話利用に支障のない環境と言えます。



## 【測定結果】

### ➤ インターネット経由Web会議

**スループット：1.97Mbps**

**遅延時間(最大/平均)：37ms/10ms**

ジッタ(最大/平均)：0ms/0ms

映像、音声の途切れ、乱れ：なし

### ➤ L2VPN経由Web会議

**スループット：6.45Mbps**

**遅延時間(最大/平均)：20ms/10ms**

ジッタ(最大/平均)：0ms/0ms

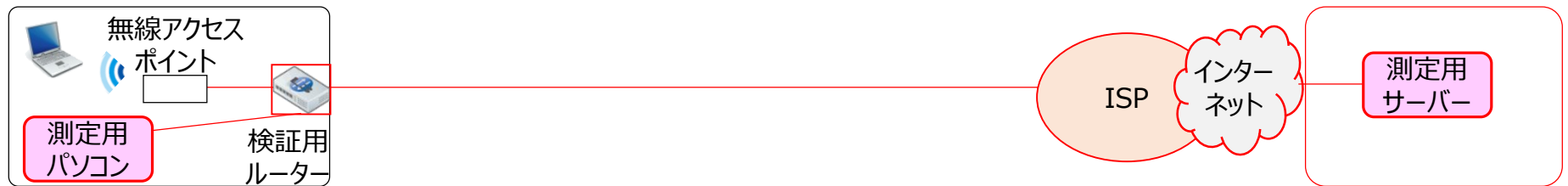
映像、音声の途切れ、乱れ：なし

# 東京学芸大学付属世田谷小学校での実証

- 東京学芸大学付属世田谷小学校では、ISP接続(1Gbps/10Gbps) の効果検証を実施しました。

## ■ ISP接続(1Gbps/10Gbps)

東京学芸大学付属世田谷小学校



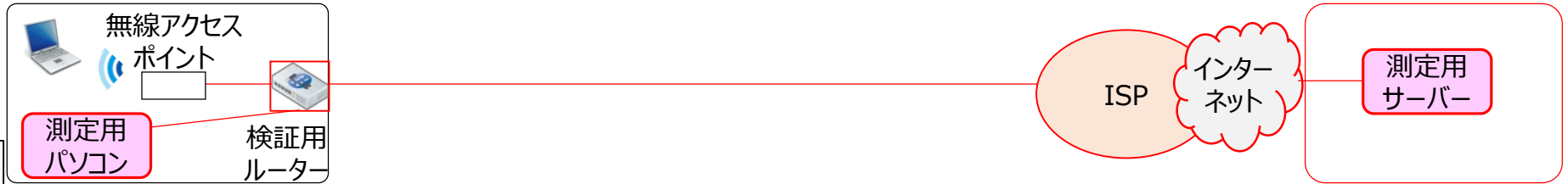
# 東京学芸大学附属世田谷小学校の測定結果(新規環境 1GbpsISP接続 速度測定)

- 1GbpsISP接続の速度測定を実施したところ、**350Mbps程度**の速度で通信できました。
- 帯域増強することで、**一定の増速効果を期待**できます。

## ■ISP接続(1Gbps)

東京学芸大学附属世田谷小学校

パブリッククラウド



【凡例】  
データ送信/  
データ受信

校内ネットワーク区間

外部ネットワーク区間

最大  
速度

1Gbps/1Gbps

1Gbps/1Gbps

予測  
速度

1Gbps/1Gbps

300Mbps/300Mbps

実測  
値

1. 拠点端末-拠点ルーター間

遅延: 0.6ms

2. 拠点端末-測定用サーバー間

スループット: 371.4/304.4Mbps  
遅延: 30.4ms

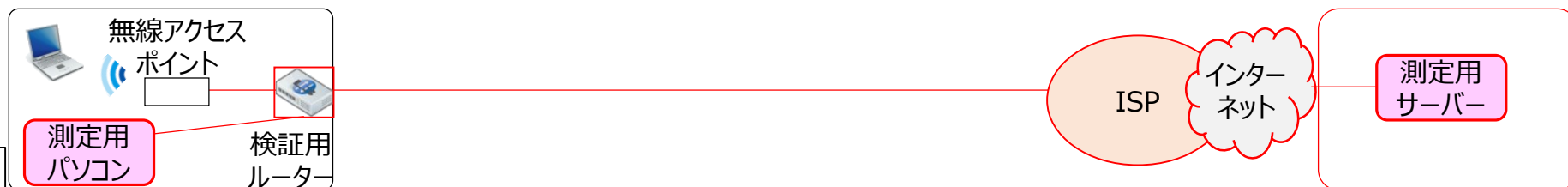
# 東京学芸大学附属世田谷小学校の測定結果(新規環境 10GbpsISP接続 速度測定)

- 10GbpsISP接続の速度測定を実施したところ、**1Gbps以上の速度**で通信できました。
- 1Gbps以上の速度を出すことが必要とされる場合、10Gbpsの回線を使用することも検討できることが分かりました。

## ■ISP接続(10Gbps)

東京学芸大学附属世田谷小学校

パブリッククラウド



【凡例】  
データ送信/  
データ受信

校内ネットワーク区間

外部ネットワーク区間

最大  
速度

10Gbps/10Gbps

10Gbps/10Gbps

予測  
速度

10Gbps/10Gbps

3Gbps/3Gbps

実測  
値

1. 拠点端末-拠点ルーター間

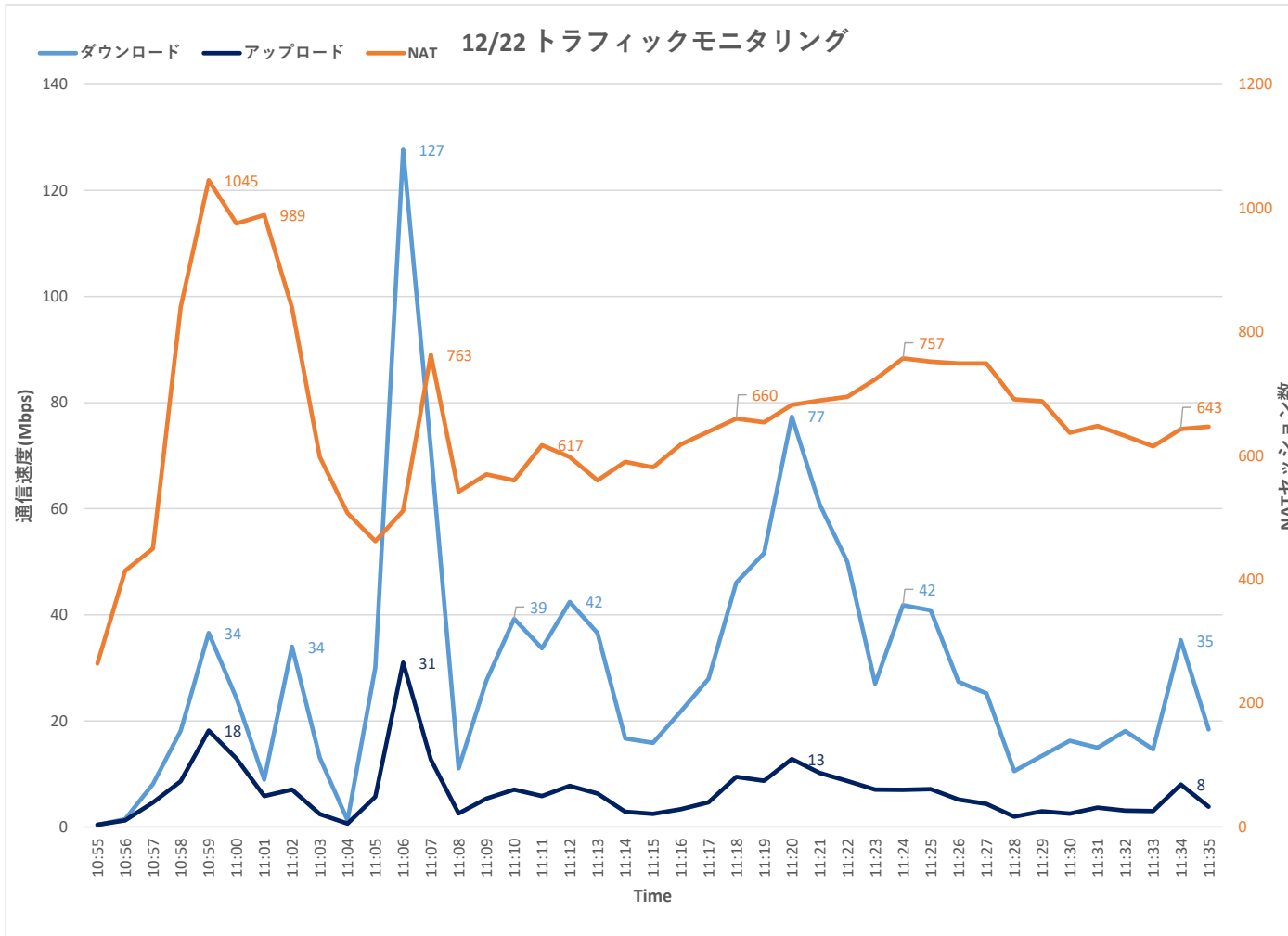
遅延: 0.4ms

2. 拠点端末-測定用サーバー間

スループット: 1612/1166.2Mbps  
遅延: 6.2ms

# 東京学芸大学付属世田谷小学校の測定結果(トラフィックモニタリング)

- 1クラス17台同時利用時に、トラフィックモニタリングを実施したところ、ピーク時に**130Mbpsの通信**と**1000のNATセッション**が使用されていることが確認できました。**1端末あたりに換算すると8Mbpsの通信**と**59のNATセッション**が使用されていることが推定できます。



- 測定条件
- 日付：2020/12/22(火)
  - 時間：11:00-11:30
  - 生徒数：17名
  - 科目：理科
  - アプリケーション：Safari・MetaMoji Classroom
  - 接続環境：1GbpsISP接続

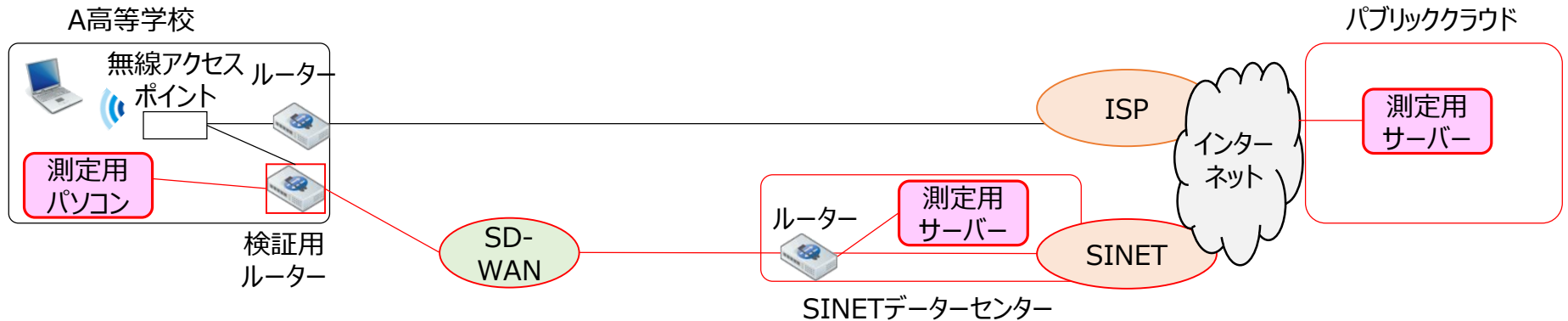
# 大阪府立A高等学校での実証

- 大阪府では、SINET-ローカルブレイクアウト接続の効果検証を実施しました。

## ■ 既存環境



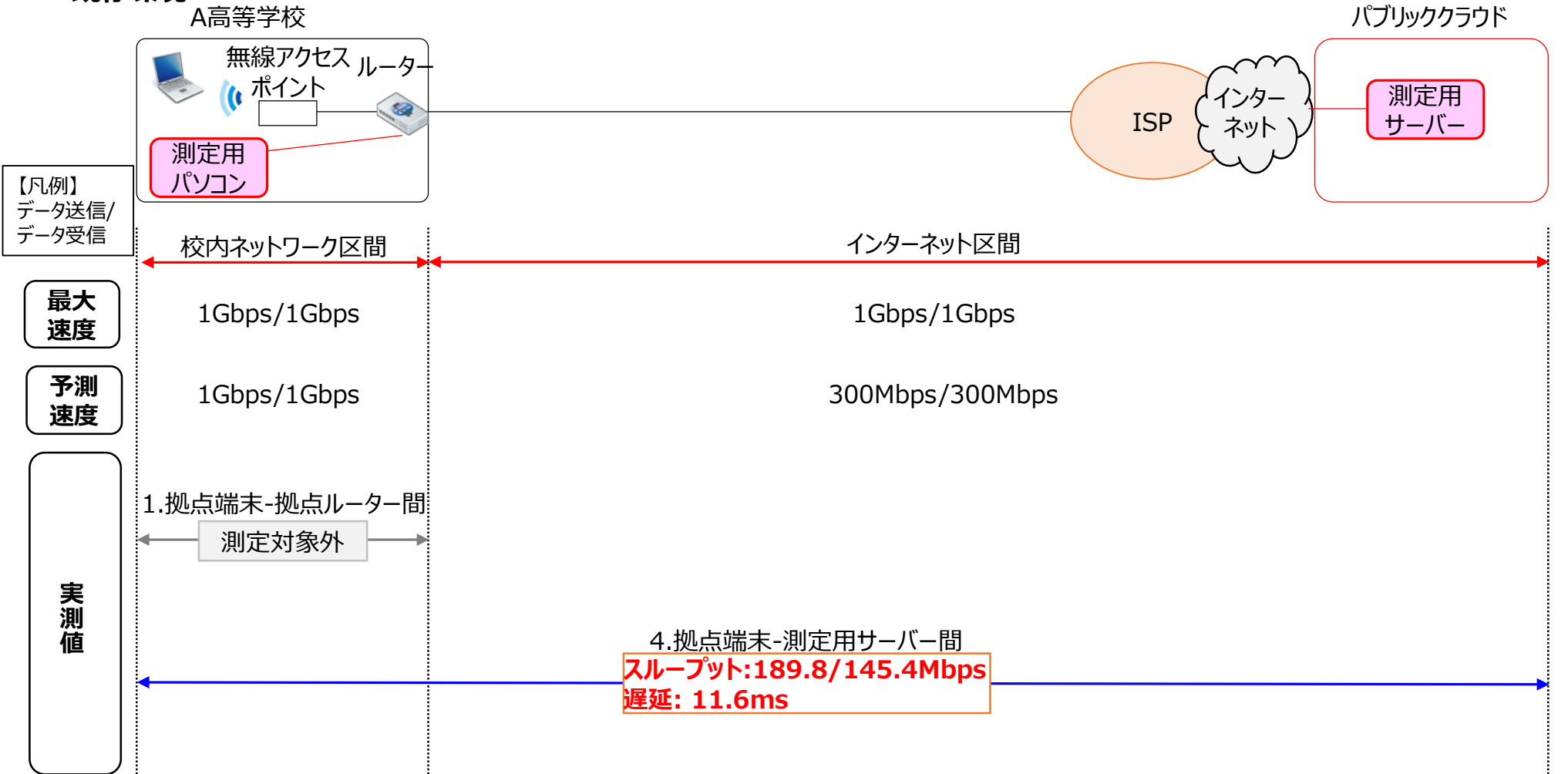
## ■ SINETでのローカルブレイクアウト接続



# 大阪府立A高等学校の測定結果(既存環境 速度測定)

- 既存環境の速度測定を実施したところ、**150Mbps程度の速度**で通信できました。

## ■ 既存環境

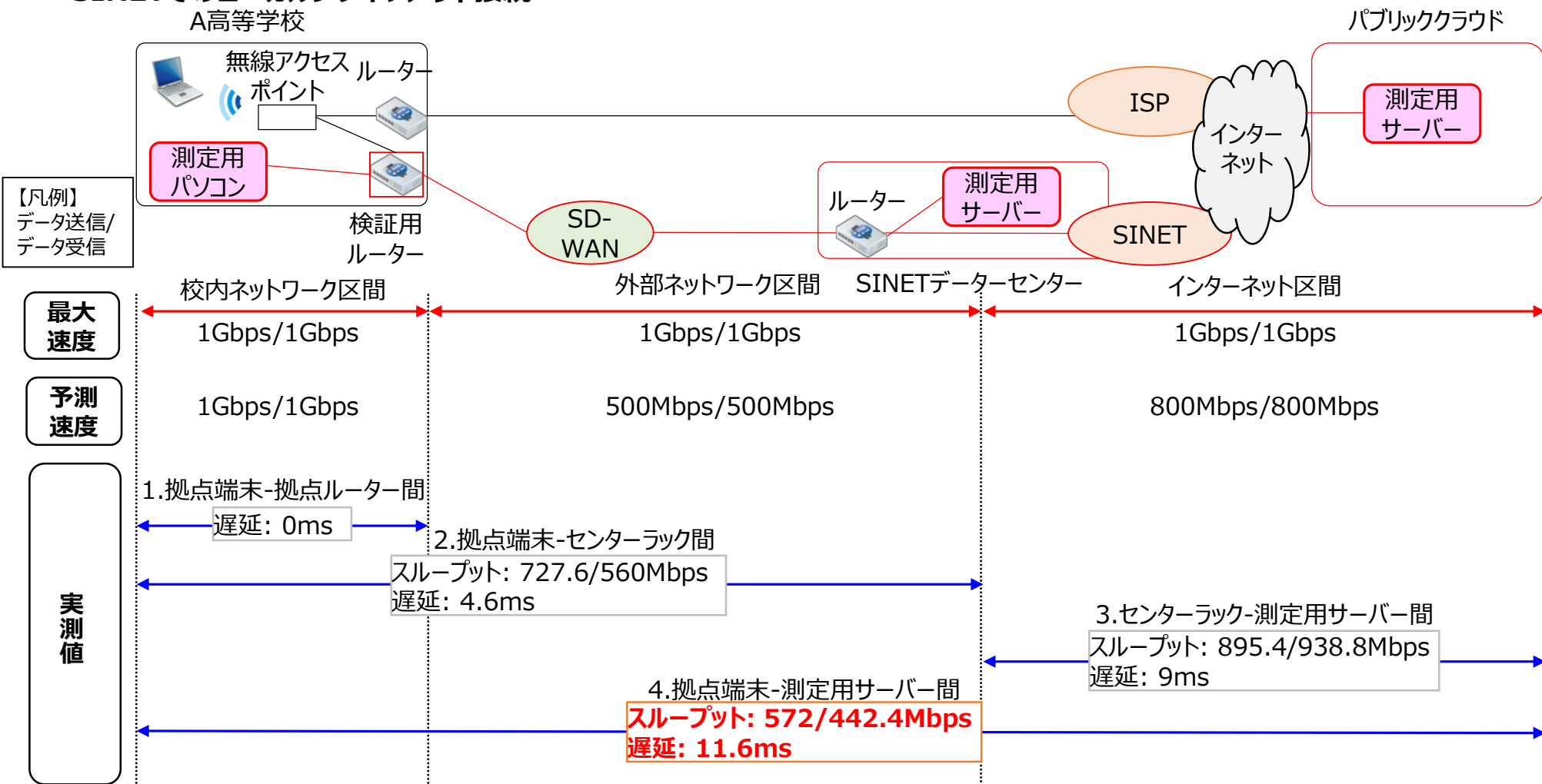


2021/2の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用

# 大阪府立A高等学校の測定結果(新規環境 SINET接続 速度測定)

- SINET接続の速度測定を実施したところ、**500Mbps程度の速度**で通信できました。
- SD-WANを用いてローカルブレイクアウト構成にすることで、**SINETの高速・低遅延**を利用しつつ、**センタ集約によるトラフィック集中を回避可能**な構成であると言えます。

## ■ SINETでのローカルブレイクアウト接続



2021/2の測定日(1日)の日中帯の測定結果を利用



# フィールド実証のまとめ 1/2

項目	まとめ
埼玉県吉川市	<ul style="list-style-type: none"><li>● ローカルブレイクアウトの検証において、300～400Mbpsで通信することを確認</li><li>● SINETに接続することでも増速が確認でき、SINETを用いた公開授業を大学と実施</li><li>● 公開授業でのプログラミング学習では、クラス単位で数十Mbps・数千セッションのトラフィックが発生することがわかり、<b>1端末あたりに換算すると約3.5Mbpsの通信と約120のNATセッション</b>がピーク時に使用されていることが推定可能</li></ul>
宮城県仙台市	<ul style="list-style-type: none"><li>● 学校～データセンターのVPNの速度がボトルネックとなっており、学校単位の帯域はSINETに接続されても増速はされなかったが、市全体として見るとインターネットへの接続をSINETにすることでより大容量の通信を処理可能</li><li>● 市のGIGAスクール端末全体のトラフィックモニタリングでは、整備中であり利活用を始めたタイミングにおいても数百Mbpsの帯域と数万セッションのトラフィックが発生することを確認</li><li>● LTEなどのモバイル通信を用いながら、端末が直接インターネットに接続するのではなく自治体が管理するネットワークに入れることで、通信の管理や防御が可能</li><li>● SINETのL2VPNを用いることでセキュアかつ高速にSINET加入機関でのVPN接続を実現できることを確認</li></ul>
東京学芸大学 附属世田谷 小学校	<ul style="list-style-type: none"><li>● 1GbpsのISP接続では約300Mbpsの速度で通信できること、10GbpsISP接続の速度測定を実施したところ、1.6Gbpsの速度で通信できることを確認</li><li>● 授業利用時のトラフィックモニタリングでは、1クラス17台同時利用時に、トラフィックモニタリングを実施したところ、ピーク時に130Mbpsの通信と1000のNATセッションが使用されていることが確認でき、1端末あたりに換算すると8Mbpsの通信と59のNATセッションが使用されていることを推定可能</li></ul>
大阪府	<ul style="list-style-type: none"><li>● SINET接続の速度測定を実施したところ、500Mbps程度の速度で通信できることを確認</li><li>● SD-WANを用いてローカルブレイクアウト構成にすることで、SINETの高速・低遅延を利用しつつ、センタ集約によるトラフィック集中を回避可能</li></ul>

## フィールド実証のまとめ 2/2

項目	まとめ
既存環境	<ul style="list-style-type: none"><li>● 既存のネットワーク環境の応じて、ボトルネックとなるポイントが異なり、増速検討のためには各学校や自治体のネットワーク単位でのボトルネック箇所が必要なことを確認</li></ul>
SINET環境	<ul style="list-style-type: none"><li>● SINETに接続することで、<b>一定の増速効果を期待</b>できることを確認</li><li>● また、SD-WANなどの技術を用いてローカルブレイクアウト構成にすることで、<b>SINETの高速・低遅延を利用しつつ、センタ集約によるトラフィック集中を回避可能な構成</b>となることを確認</li><li>● L2VPNを用いることでセキュアかつ高速にSINET加入機関でのVPN接続を実現できることを確認</li><li>● ベストエフォート回線のVPN接続では、フィールド実証において、契約回線速度の0.4～0.6倍程度の帯域が実測値として計測</li></ul>
ISP環境	<ul style="list-style-type: none"><li>● 1Gbps/10Gbps共に帯域増強することで、<b>一定の増速効果を期待</b>できることを確認</li><li>● 10GbpsISP環境については、<b>実効速度で1Gbps以上の速度が出る</b>ことを確認</li><li>● ベストエフォート回線では、フィールド実証において、契約回線速度の0.2～0.4倍程度の帯域が実測値として計測</li></ul>
ローカルブレイクアウト環境	<ul style="list-style-type: none"><li>● ローカルブレイクアウトすることでセンタ集約によるトラフィック集中を回避可能になり、<b>一定の増速効果を期待</b>できることを確認</li></ul>
トラフィックモニタリング	<ul style="list-style-type: none"><li>● クラスあたりピーク時に数十～百数十Mbpsの通信と数千のNATセッション数が使用されていることが確認でき、端末1台あたり数Mbps、50～200程度のNATセッションがピーク時に使用されることを確認</li><li>● 自治体あたり、日中に数百Mbps程度の帯域が使われていることが確認でき（端末整備中の測定）、<b>今後GIGAスクール端末の利活用が進んだ際には、より高速な接続が必要</b>になると想定</li></ul>

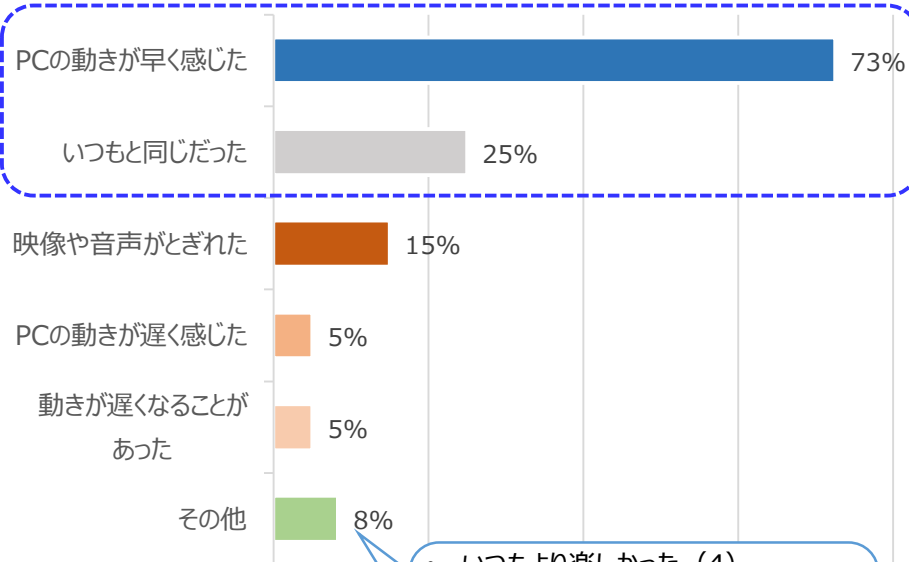
## **(参考) アンケート／ヒアリング**

# アンケート結果（児童生徒 1 / 2）

- 児童生徒からは通常学習よりも『体感的に動作が早く感じた』（73%）、または『通常学習と同じだった』（25%）と回答があり、前頁までの測定結果のとおり、実証環境では遅延等の影響は無かったと考えられます。
- 音声の途切れは人数の多い1コマ目の授業で目立つことから、席配置や音量等教室環境面が影響と想定されます。

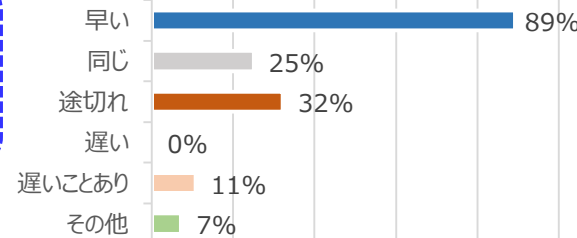
Q1 今回の授業と今までのパソコンを使った授業をくらべて、何かちがいを感しましたか？  
 思うことはいくつでもえらんでもよいです。

全体(120)

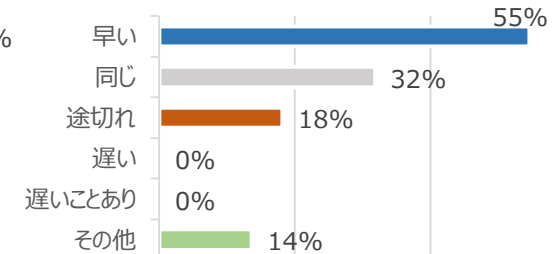


- いつもより楽しかった (4)
- 動きが早かった (2)
- 音声が一気に流れてくることがあった
- 少し動かしにくかった
- プログラミングが出来て嬉しかった

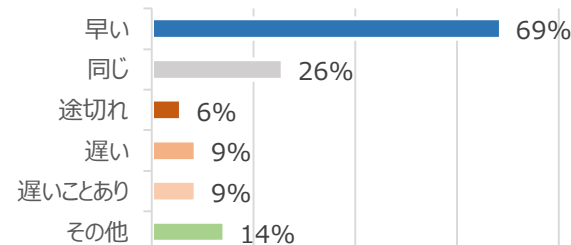
3年生(28)：1コマ目



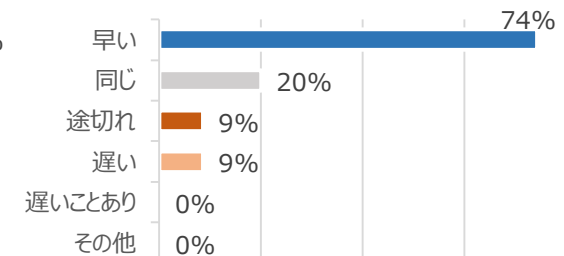
4年生(22)：1コマ目



5年生(35)：2コマ目



6年生(35)：3コマ目



【アンケート集計にあたって】

授業後にGoogle Formを用いてアンケートを実施

学年隣の( )内数字は有効回答者数 (≒児童生徒数)。

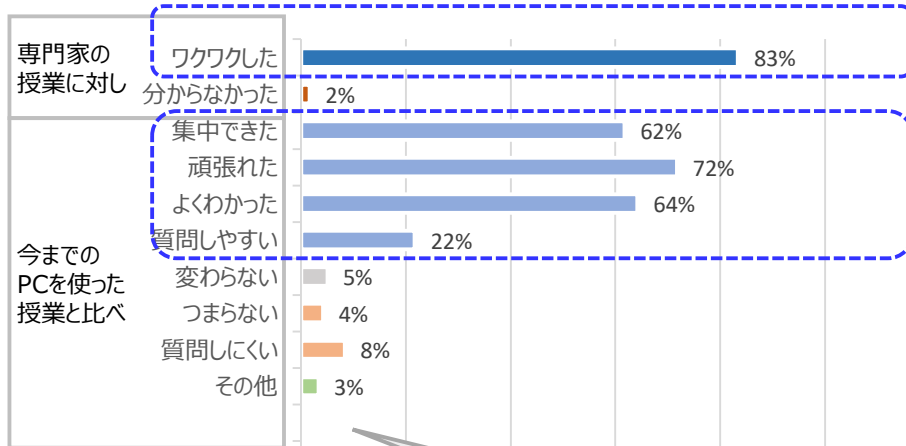
各設問は複数回答可であるため、割合は、有効回答者数に占める回答割合。

# アンケート結果（児童生徒 2 / 2）

- 遠隔での専門家の授業に対して、多数の児童生徒が『ワクワクした』と回答（83%）しており、児童生徒の興味関心や学習意欲の向上につながったと考えられます。

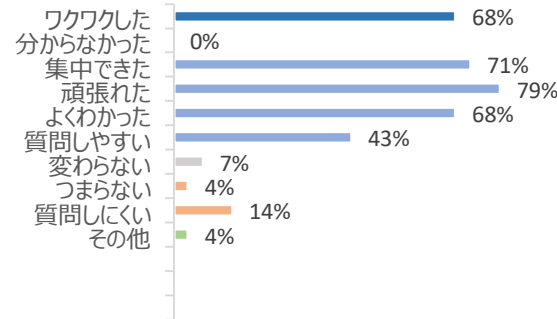
Q2 今回の授業と今までのパソコンを使った授業をくらべて、今回の授業に対する感想を聞きます。思うことはいくつでもえらんでもよいです。

全体(120)

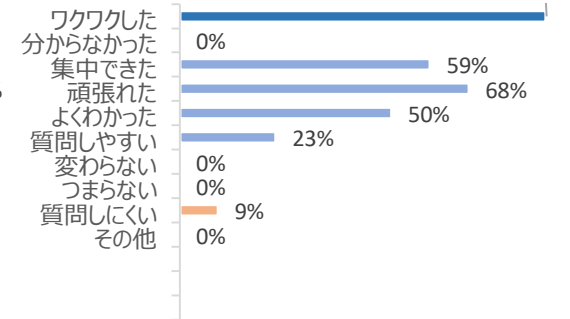


- またやりたい
- 目の前で授業を受けていないので緊張しなかった
- 色々な授業でいろいろなことがわかった
- 内容が少しわからなかった

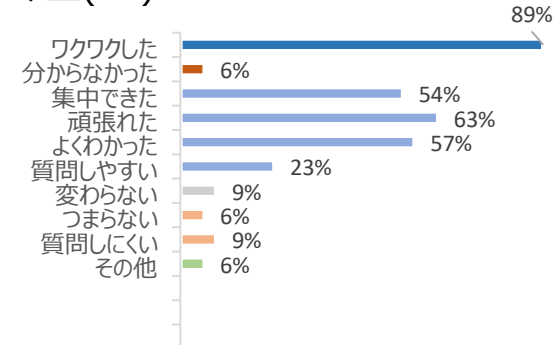
3年生(28)



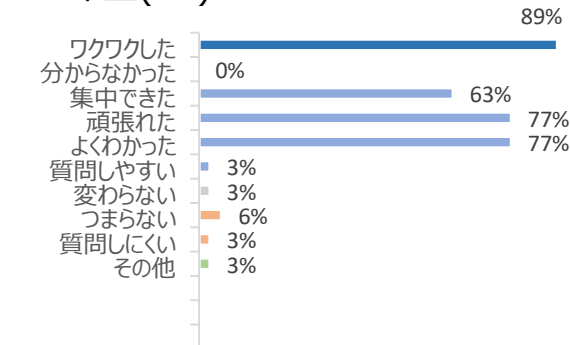
4年生(22)



5年生(35)



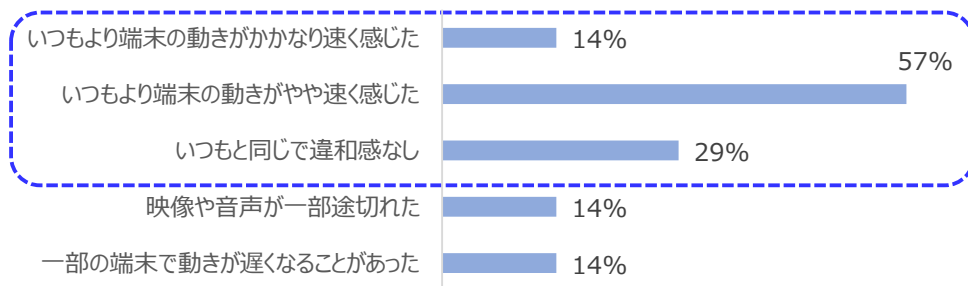
6年生(35)



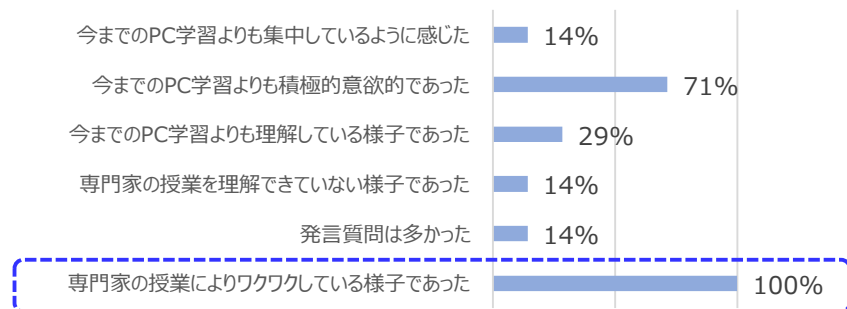
## アンケート結果（学校の教職員）

- 多数の教職員が『早く感じる』、または『違和感なし』と回答をしており、遅延等の影響は無かったと考えられます。
- 教職員目線からも遠隔での専門家授業によって、児童生徒がワクワクしている様子を感じとっていること（100%）から、児童生徒の興味関心および学習意欲の向上につながる事が確認できました。
- 現場の負荷が大きいという意見が多数であることから、準備・サポートする体制の検討が必要です。

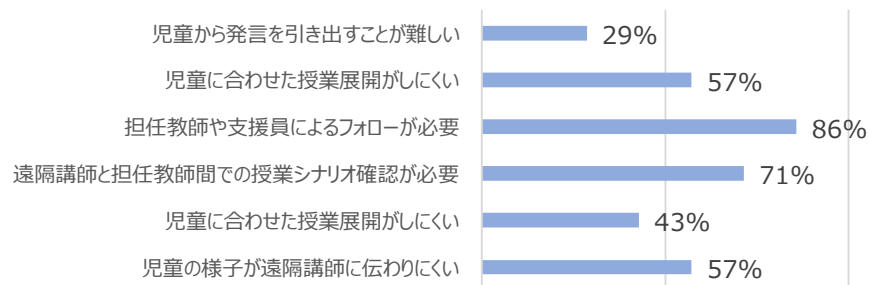
Q1 今回の遠隔授業と今までのパソコンを使った授業を比較して、端末の操作性などで児童生徒の態度に何か変化を感じましたか？



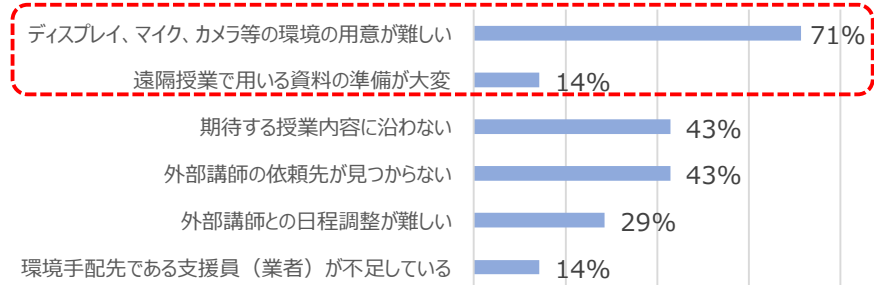
Q2 今回の遠隔授業と今までのパソコンを使った授業を比較して、今回の遠隔授業に対する所感について伺います。



Q3 対面指導と比較して、遠隔授業が不自由だと感じた点やその他の印象について、同意する内容があれば、選択してください。（授業内容面）



Q4 同左。（遠隔授業、環境の手配面）



## 自治体さまへのヒアリング（調査概要）

- 自治体のネットワーク設置者に対して、ネットワークの導入にあたっての課題のヒアリングを実施しました。

項目	内容
ヒアリング対象自治体等	多様な通信環境に関する実証に参加いただいた地域
ヒアリング対象者	ネットワーク設置者（教育委員会・学校等で学校からのインターネット接続を検討する立場の方、導入のための予算を確保する立場の方、構築・保守運用する立場の方）
調査の観点	<ul style="list-style-type: none"><li>調達プロセスにおける課題（予算獲得、設計、導入、運用）について</li><li>情報セキュリティの考慮について</li><li>ネットワーク構成の検討について</li></ul>



## 自治体さまへのヒアリング結果

- 自治体さまでは、ICT整備の必要性や活用の良さを伝えづらいこと、財政部局へICT整備による費用効果の説明を課題に挙げていることが確認できました。
- 最適なモデルの判断基準については自治体によって様々であり、情報セキュリティや既存のシステムとの兼ね合いに重点をおいている場合や、導入のしやすさに重点を置いている場合など意見が分かれました。

項目	ヒアリング結果
調達プロセスにおける課題について	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ICT（学外ネットワーク含む）の整備の必要性、または、活用の良さを伝えづらい。</li> <li>● 国（文科省）の方針は伝達するものの、財政課としては、ICT導入における費用対効果が予算計上の判断基準であり、また、すぐに費用対効果を求められるため、教育分野において端末整備、ネットワーク整備は財政課を説得することが難しい。財政課からすると、繋がればよい、もしくは、そもそも繋ぐ必要があるのか、等、理解を得ることが難しい。</li> <li>● 現行よりも、予算計上がかかってしまう場合の説明等（GIGAスクール構想だけでは弱い）。次年度のネットワーク更改の予算は、今まで複数の業務委託契約があり、それらをまとめることによりコストダウンが図れるということで了承された。</li> </ul>
情報セキュリティの考慮について	<ul style="list-style-type: none"> <li>● セキュリティー面の確保と構築費と保守費のバランス。構築費が安くても保守費が多額になったり、保守に時間がかかると、結局総額的に同じになり、甘いセキュリティで保守に時間がかかるという課題。</li> <li>● 利便性とセキュリティの落としどころをどこに設定するのか、を検討することが難しい。児童生徒に対して、何も制限無しで端末貸与、インターネットアクセスを許可することは、リスクが大き過ぎるため不安。</li> </ul>
ネットワーク構成の検討について	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GIGAスクール構想で導入する端末との時間的な整合性を考慮したり、セキュリティ及び校務支援システムとの兼ね合いを考え選定して自治体集約型のネットワークとした。</li> <li>● 信頼性の高さ、管理のしやすさ。教育委員会にICT専門員はいないので、導入のしやすさをポイントに自治体集約型のネットワークとした。</li> <li>● アプリケーション単位でのトラフィックが分からないため、どのくらいの帯域を確保すればよいのか分からない。</li> <li>● 定点観測しているわけでもなく、教育委員会としてはボトルネックになるのか、ならないか判断が出来ない状況</li> </ul>



# アンケートおよびヒアリングのまとめ

## 項目

## 内容

### 遠隔授業

- 新たな学び・気づきの機会が設けられたことで、児童生徒の興味関心や学習意欲の向上につながった
- 特に、遠隔での専門家の授業に対して、多数の児童生徒が『ワクワクした』と回答（83%）しており、児童生徒の興味関心や学習意欲の向上につながった

### ICT利活用

- 先述の測定結果の通り、多数の生徒・教職員が『早く感じる』、または『違和感なし』と回答をしており、遅延等の影響は無かったと考えられる
- 現場の負荷が大きいという意見が多数であることから、準備・サポートする体制の検討が必要

### 導入・運用の 課題

- 調達プロセス上の課題としては、ICT整備の必要性や活用の良さを伝えづらく、すぐに費用効果を求められるため説得が難しいという意見が多かった
- ネットワークの設計にあたり、セキュリティ面の安全性や保守運用、利便性のバランスについて課題を感じている
- ネットワークの構成を検討するにあたっては、セキュリティや既存のシステムとの兼ね合いを考慮している自治体様や管理のしやすさに重点を置いている自治体様など観点は様々

# 本実証のまとめ

## 項目

## 内容

### 机上検討

- 1人1台端末の利活用が進むことで、トラフィックの増加が見込まれることから、ネットワークにおける帯域の見積もり方法について検討
- ステップに分け、ネットワーク構成に応じたトラフィック・セッション数の見積もり方法において、同時利用率の考え方を策定
- 構成要素を選択することで、ネットワークのおおよその概算を積算
- ISPおよびSINET5の接続条件をもとに検討した結果、直接接続の場合はSINETよりもISP（ベストエフォート）が安価となり、集約接続の場合はISP（ギランティ）に比べSINETが安価となる傾向

### フィールド実証

- 各実証フィールドにて既存環境のボトルネックの特定を行い、学校や自治体ごとにボトルネックとなるポイントは異なるが、学校毎の既存環境の計測結果は帯域数十～百数十Mbpsの通信帯域
- 授業におけるトラフィック測定を行うと、ピーク時に数十～百数十Mbpsの通信とクラスあたり数千のNATセッション数が使用されており、学校における通信帯域を使い切る想定
- 今後利活用が進み、同時に複数クラス、複数学校で利用されるとネットワークの負荷に耐えられなくなる可能性がある。つながるだけでなく、負荷に耐えられるネットワークを設計する必要  
→予算獲得に向けた工夫が必要

### 今後の方向性

- GIGAスクール構想の実現のためには、「児童生徒・教職員が快適かつ安定的にネットワークを使用できること」を目指してネットワークの整備を進めることが必要
- GIGAスクール構想は端末配備が完了しつつあるが、本格的な利活用は道半ばであるため、学校におけるICT環境の利活用の状況を把握していくことが必要
- 今後は柔軟な予算計画のもと、日々進歩するネットワークサービスに応じて教育に適したネットワークを作り、維持していくことが必要

## 4. 閉会の挨拶

**事業推進委員長  
(国立情報学研究所 副所長)  
漆谷 重雄**