

令和 4 年度
SINET 導入・運用・活用に関する
ガイドブック

初等中等教育段階の SINET 活用実証研究事業



文部科学省

本ガイドブックの使い方

◆背景

文部科学省では、Society5.0時代を生きる子供たちに相応しい、全ての子供たちの可能性を引き出す個別最適な学びと協働的な学びを実現するため、「1人1台端末」と学校における高速通信ネットワークを整備するなど、GIGAスクール構想の実現を推進しています。その中で、令和4年度に実施した、「初等中等教育段階のSINET活用実証研究事業」では、SINETの初等中等教育機関への本格開放に向け、大規模自治体の接続によるSINET接続実証を行いました。

本ガイドブックでは、初等中等教育機関がSINETへの接続に必要な、接続方法や運用等の検討方法を、具体的な知見を交えて提供することを目的としています。

◆本書の構成

本ガイドブックは6章から構成されており、

- ・ 第1章ではSINETの概要とSINET接続に関する全体概要
- ・ 第2章ではネットワークアセスメント(以下、「NWアセスメント」という。)によるSINET接続の有用性の検討
- ・ 第3章ではSINET接続を希望してR6年度から接続する予定の初等中等教育機関(以下、「接続希望機関」という。)側で必要となる回線や機器に関する個別調達の検討方法
- ・ 第4章は初等中等SINET接続運用事業者等(以下、「接続運用事業者」という。)のSINETに接続するために必要な共同調達
- ・ 第5章ではSINET接続までのスケジュールモデル
- ・ 第6章は実証から推察されるSINET接続による高速大容量環境の教育的効果について解説しています。

● 委員長挨拶

GIGA スクールが進展する中で、ネットワークを安定して利用できることの大切さが改めて認識されてきています。その解決方法の一つとして、SINET を初等中等教育でも利用できる体制を作る取り組みが3年間にわたって重ねられてきました。

令和2年度は、「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）」として、集約型、ローカルブレイクアウト、SINET 接続などの多様な接続事例を実証事業とおして整理しました。令和3年度の「初等中等教育段階の SINET 活用実証研究事業」では、自治体の規模、地理的要因などの条件に応じて選択肢の一つとして SINET を選択する場合を検討し、学習環境としてのインターネット環境の実証データを、SINET 上に統合環境を構築することで取得し整理しました。3年目の令和4年度は、大規模な広域の自治体で SINET に接続する実証事業を通して、令和6年度からの初等中等教育機関の接続に向けて具体的な接続方法や必要な設備、運用体制について検討してきました。

SINET は元来、大学等の研究機関が独立した組織として接続するネットワークでした。しかし、初等中等教育機関では、学校設置者が独立した組織となることは難しい場合が多く、そうした複数の組織が接続するための設備を検討し、その構築に関わるコストや運用体制を整理し、さらにセキュリティを保つための接続の在り方を検証しました。

実証事業では、高速性とコストのバランスをとるために、10G ベストフォートの回線のデータや、ローカルブレイクアウトと集約した SINET 接続の併用についてもデータを取得し具体例が示されました。また、メタバースなどの高速性を活かす先進的な取り組みを行うだけでなく、安定したネットワークがあることで、日常的な取り組みの中がこれから目指していく教育の実現に資することも見えてきました。また、SINET の利用は、高速大容量以外にも、セキュアな環境を活かすことも、学校のネットワークを構築する大切な要素となっていくことと思います。

本実証事業の結果が、これからの教育ネットワークづくりに活かされ、充実した令和の日本型学校教育構築の一助となることを願っています。

事業推進委員会 委員長
柏市教育委員会 アドバイザー
西田 光昭

目次

第1章 概要 (はじめに)

1-1	はじめに	6
1-1-1	背景・概要	6
1-1-2	SINET とは	6
1-1-3	SINET 接続にあたって	7
1-1-4	提供サービスとメリット	8
1-2	SINET 接続検討の流れ	9
1-2-1	SINET 接続に向けた3つの手順	9
1-2-2	初等中等教育機関への SINET 開放スケジュール	10

第2章 NWアセスメントによるSINET有効性の検討

2-1	NW アセスメントによる SINET 有効性の検討	11
2-1-1	SINET 接続前に実施する通信環境の評価	11
2-1-2	NW アセスメントの実施手順	12

第3章 個別調達検討の流れ

3-1	個別調達検討の流れ	21
3-1-1	SINET 接続について	21
3-1-2	個別調達範囲の検討項目	21
3-1-3	① SINET 接続構成パターンの検討	22
3-1-4	②実装が必要な機能の整理	23
3-1-5	③機器・回線スペック (性能) 検討の考え方	25
3-1-6	④通信の振り分け検討	26
3-1-7	⑤運用体制の検討	26
3-1-8	⑥コストの整理	27

第4章 共同調達の流れ

4-1	共同調達について	32
4-1-1	共同利用箇所と調達範囲について	32
4-1-2	共同調達範囲の検討項目	32
4-1-3	初等中等用 SW の仕様	33
4-1-4	共同調達範囲の費用按分 接続運用事業者とは?	34 35

第5章 調達までのスケジュールモデル

5-1	調達までのスケジュールモデル	38
5-1-1	スケジュールモデル	38

第6章 SINET導入の検証効果

6-1	教育的効果の検証について	39
6-1-1	実証の目的と背景	39
6-1-2	実証概要	40
6-2	篠山鳳鳴高校における SINET 接続の検証結果	41
6-2-1	検証内容	41
6-2-2	ログ結果	42
6-2-3	インタビュー・アンケート結果	43
6-3	加古川東高等学校における SINET 接続の検証結果	44
6-3-1	検証内容	44
6-3-2	ログ結果	45
6-3-3	アンケート結果	46
6-4	神戸鈴蘭台高等学校における SINET 接続の効果検証	47
6-4-1	検証内容	47
6-4-2	ログ結果	47
6-4-3	アンケート結果	48
6-5	教育的効果におけるまとめ	51
6-5-1	まとめ	51

第1章 概要 (はじめに)

SINETとは何か、利用できるサービスを説明します

● 1-1-1 背景・概要

Society5.0の時代に求められる資質・能力を育成するため、子供たち一人一人の力を最大限に引き出し、創造性を育む教育の実現が求められています。その実現に向けて、「GIGAスクール構想」にて1人1台端末の整備や校内ネットワークの高速大容量化が実施されてきました。そして、学校外における通信環境整備として令和2年度「多様な通信環境に関する実証」で多様な学校の規模・ニーズに対応したネットワーク構成の活用モデルについて実証し、令和3年度「初等中等教育段階の SINET 活用実証研究事業」で小・中規模の初等中等教育機関が SINET への接続を検討する際に参考となるポイント・事例の提供を目的として事業を行ってきました。

本事業では、SINET の初等中等教育機関への本格開放に向けて、実証フィールドである兵庫県教育委員会において、実際に SINET へ接続する大規模な実証研究を行いました。本ガイドブックでは、初等中等教育機関が SINET への接続に必要な、SINET 接続の検討方法やネットワーク構成の検討方法等の解説、さらに SINET を用いた高速大容量な通信環境下で得られた具体的な知見を交えて SINET 導入のポイントを提供することを目的としています。

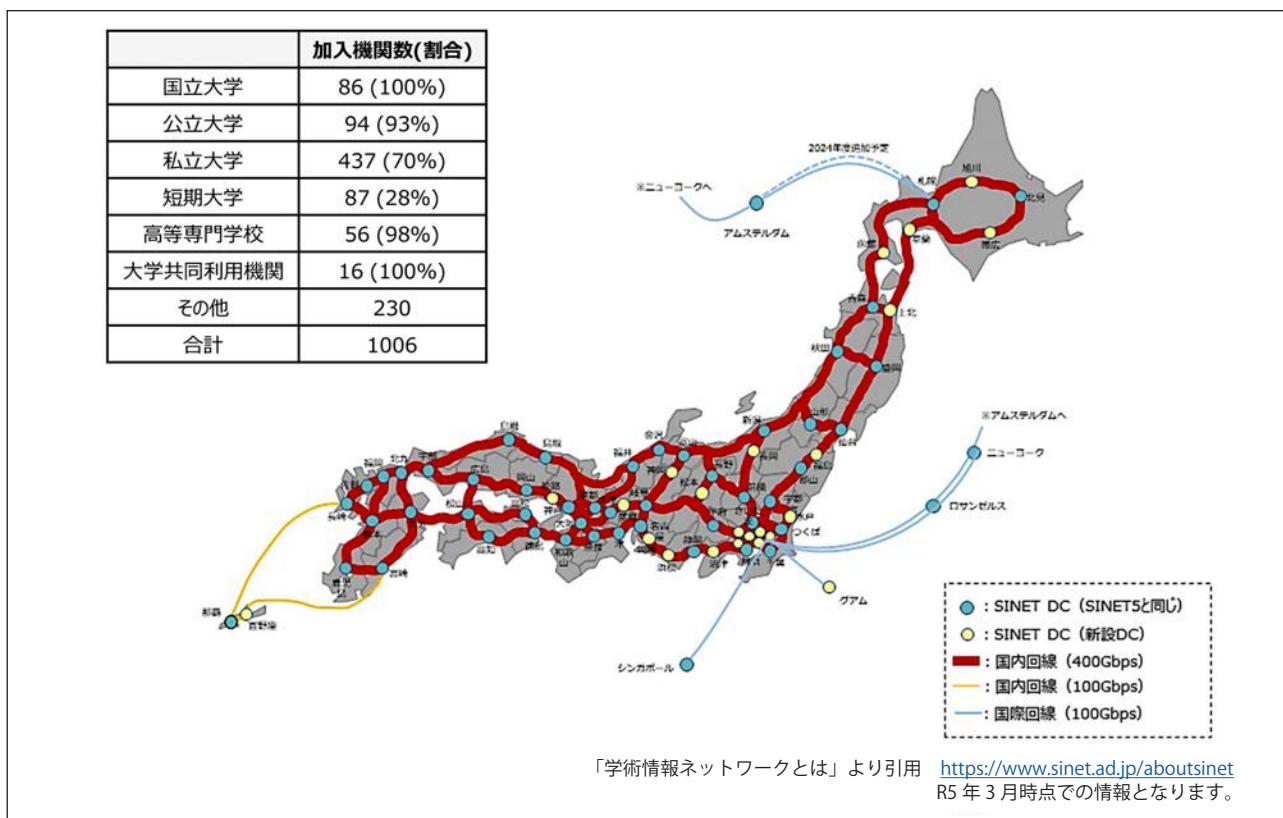
● 1-1-2 SINETとは

学術情報ネットワーク (SINET : Science Information NETwork) は、日本全国の大学、研究機関等の学術情報基盤として、国立情報学研究所 (NII) が構築、運用している情報通信ネットワークです。

教育・研究に携わる数多くの人々のコミュニティ形成を支援し、多岐にわたる学術情報の流通促進を図るため、全国に SINET との接点となるノードを設置し、大学、研究機関等に対して先進的なネットワークを提供しています。

また、国際的な先端研究プロジェクトで必要とされている国際間の研究情報流通を円滑に進められるよう、米国や欧州をはじめとする、多くの海外研究ネットワークと相互接続しています (図1)。

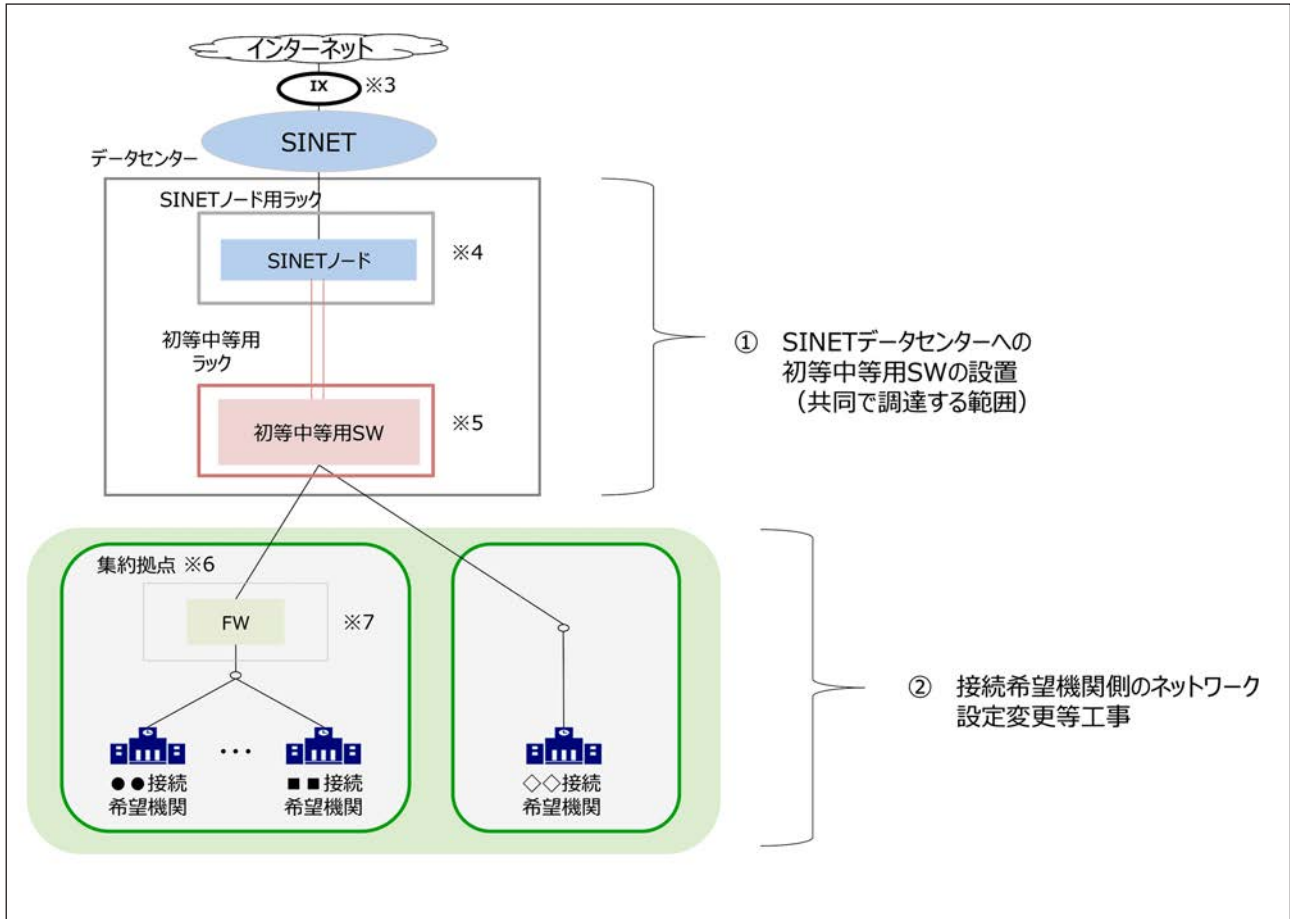
図1 SINET6のノードと接続形態



● 1-1-3 SINET接続にあたって

初等中等教育機関が SINET に接続するために、検討すべきことを図2に示します。接続にあたっては「① SINET データセンター※1への初等中等用 SW ※2等の設置」と「②接続希望機関側のネットワーク設定変更等工事」が必要となります。なお、①の SINET ノードに設置が必要な機器等は、複数の接続希望機関を集約し SINET に接続するため、参加を希望する初等中等教育機関がノードごとに共同で調達することを想定しています。

図2 SINET 接続にあたって必要なこと



※1 SINETデータセンター：SINETノードが存在するデータセンターのこと。

※2 SW(SWitch)：ネットワークの集線・中継装置の一種のこと。

※3 IX(Internet eXchange)：インターネットトラフィックの交換を可能とする相互接続ポイントのこと。

※4 SINETノード：SINETと初等中等教育機関との接続点となるNW機器のこと。

※5 初等中等用SW：各初等中等教育機関を物理的に集約する機器(初等中等教育機関側で運用する機器)のこと。ここではルーター機能を持つL3SWを指す。

※6 集約拠点：各初等中等教育機関がSINETデータセンターに接続するにあたり、各学校を集約するための拠点のこと。

※7 FW(FireWall)：ネットワークの境界に設置され、内外の通信を中継・監視し、外部の攻撃から内部を保護するためのソフトウェアや機器、システムなどのこと。

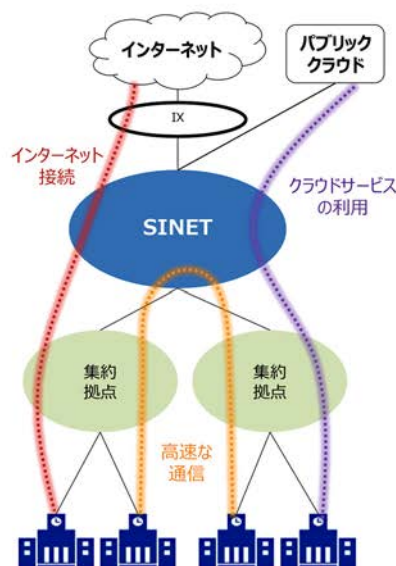
● 1-1-4 提供サービスとメリット

SINET はインターネット接続サービスとしての利用に加えて、接続希望機関は表1に示したサービス・機能が利用可能となります。このようなサービス・機能を有効活用することで、安全な通信環境を利用したオンライン授業の実施など、学びの広がりが期待できます（図3）。

表1 提供サービス一覧

図3 SINETを活用した学習環境

機能	詳細						
インターネット接続	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高速大容量なインターネット接続環境を提供 ✓ 接続に必要なグローバルIPアドレス※8の貸与（詳細は3-1-4 実装が必要な機能） 						
高速な通信	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SINET網での他地域のSINET加入機関と接続することにより、インターネットを経由しない高速な通信環境を構築可能 ✓ 初等中等教育機関への開放ではL2オンデマンド機能※9を採用 <table border="1"> <tr> <td>VPN構成メンバー</td> <td>SINETに接続している単一機関や他機関とも可能</td> </tr> <tr> <td>利用可能なVLAN番号</td> <td>2~4093 →4094はインターネット接続用の初等中等用SW～SINETのVLAN-IDとする（全国共通）</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>VLANで論理分割、暗号化なし</td> </tr> </table>	VPN構成メンバー	SINETに接続している単一機関や他機関とも可能	利用可能なVLAN番号	2~4093 →4094はインターネット接続用の初等中等用SW～SINETのVLAN-IDとする（全国共通）	その他	VLANで論理分割、暗号化なし
VPN構成メンバー	SINETに接続している単一機関や他機関とも可能						
利用可能なVLAN番号	2~4093 →4094はインターネット接続用の初等中等用SW～SINETのVLAN-IDとする（全国共通）						
その他	VLANで論理分割、暗号化なし						
SINET直結のクラウドサービスの利用	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SINETに直結した事業者のサービスをインターネットを介さずに通信できる安全な閉域網経由で利用可能（クラウドサービス事業者との契約は別途必要） ✓ 初等中等教育機関への開放ではL2オンデマンド機能※10を採用 						



「GIGA スクール構想」によって整備された ICT 環境下における学習の場面では、インターネット上のサービスを用いて他の教育機関等と接続し、オンライン授業を行う機会が増えると見込まれます。SINET を活用すると、加入機関同士であればインターネットを介さず高速に接続することが可能です。このような SINET の特徴を活かすことで、双方向型コミュニケーションを取り入れた教育機関・研究機関とのオンライン学習等、様々な学習場面を創出することが期待できます。

また、SINET に直結した事業者のクラウドサービスについても利用可能です。例えば埼玉県鴻巣市教育委員会では、学校から SINET 経由でクラウドに接続することで、教職員はインターネットを経由しない SINET と直結したクラウドサービス上の校務支援システムを利用しています。

なお、初等中等教育機関においては L2 オンデマンド機能を用いて、他の教育機関等との接続を行います。事前に通信を行いたい地点（2箇所以上）を登録申請することで、設定された地点間での通信が可能になります。

※8 IPアドレス(Internet Protocol address) :インターネットやプライベートネットワーク上にある端末を識別できるようにした住所のようなもの。IPアドレスには、世界中で一意に端末が識別できるグローバルIPアドレスと、学校や自宅などのプライベートネットワーク内で端末が識別できるプライベートIPアドレスの2種類が存在する。

※9 VLAN(Virtual Local Area Network) :仮想的(論理的)にネットワークを分ける仕組みのこと。

※10 L2オンデマンド:事前に登録した2地点の間で、任意の時間に専用回線と同等の品質保証パスを確立するサービス。

参照:https://www.sinet.ad.jp/connect_service/service/l2ondemand

◎ 1-2 SINET接続検討の流れ

SINET接続を検討する初等中等教育機関においては、事前にNWアセスメントを実施し、SINET接続が有効であるかを検討することが大切です。

◎ 1-2-1 SINET接続に向けた3つの手順

SINET 接続に向けた検討にあたっては、次の3つの手順が考えられます(図4)。

① NWアセスメントの実施

SINET 接続を検討する初等中等教育機関において、事前に通信環境の評価(NWアセスメント)を実施し、SINET接続が通信環境の改善に有効であるかを検討する必要があります。NWアセスメント実施方法は第2章で解説します。

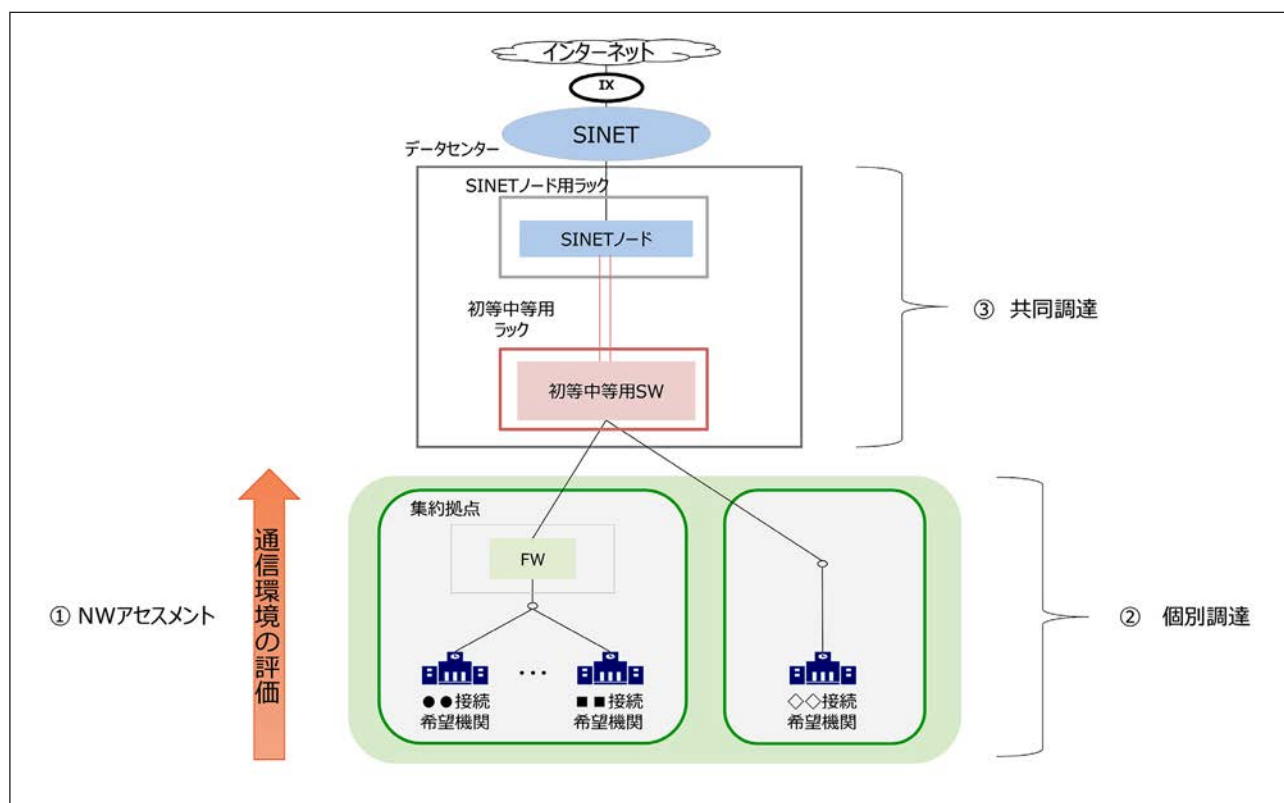
② 環境整備Ⅰ 初等中等教育機関ごとに個別調達範囲を検討

既存のネットワーク構成を確認し、SINET 接続後にどのパターンが望ましいか検討します。その後、現状の帯域/セッション数、通信特性を確認し、SINET 接続後に必要と想定されるグローバルIPアドレス数や機器の性能、通信の振り分け等を検討します。個別調達は第3章で解説します。

③ 環境整備Ⅱ 複数の初等中等教育機関による共同調達範囲を検討

ノードごとに各初等中等教育機関を物理的に集約する機器である初等中等用SW等を共同で調達し、SINETデータセンターに設置します。共同調達は第4章で解説します。

図4 SINET 接続構成例

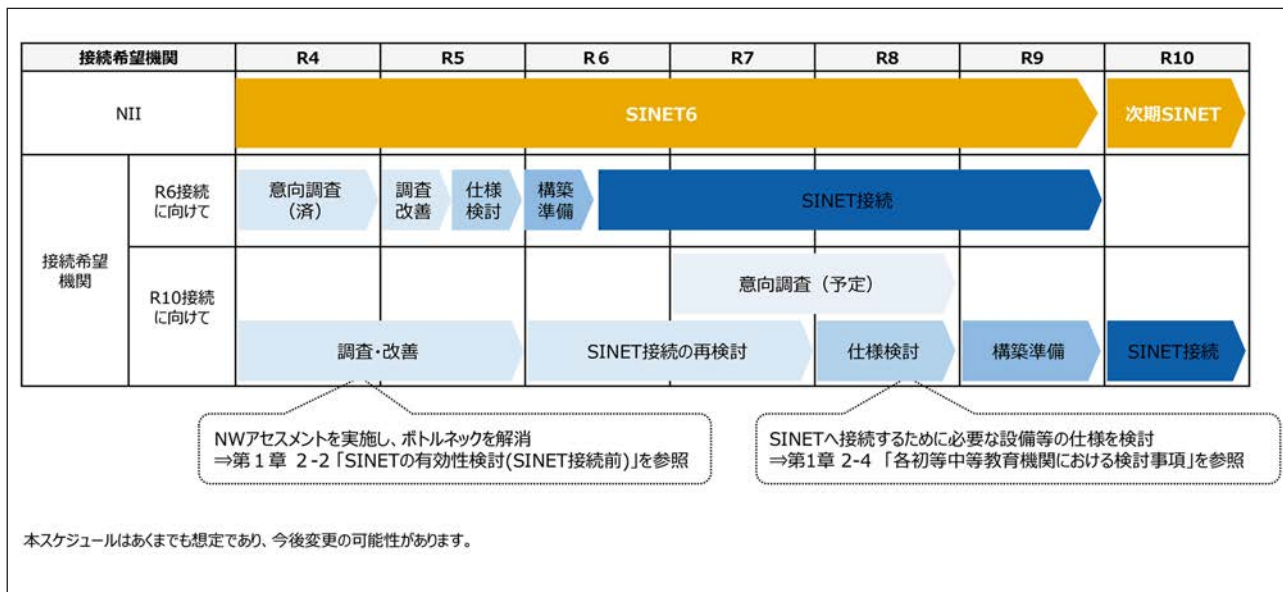


● 1-2-2 初等中等教育機関へのSINET開放スケジュール例

初等中等教育機関における SINET6 の接続スケジュールを図5に示します。令和4年度の SINET 接続意向調査で、意向ありと回答し、令和6年度より SINET 接続を行う初等中等教育機関は、本ガイドブックを参考に令和5年度中に仕様検討を実施します。

なお、令和10年度頃から SINET 接続を希望する場合は、令和7年度～令和8年度ごろに予定されている初等中等教育機関を対象とした SINET への接続意向調査に向けて、本ガイドブックにて解説する接続方法や通信の振り分け等を参照し、検討を進めてください。

図5 初等中等教育機関への SINET 開放スケジュール



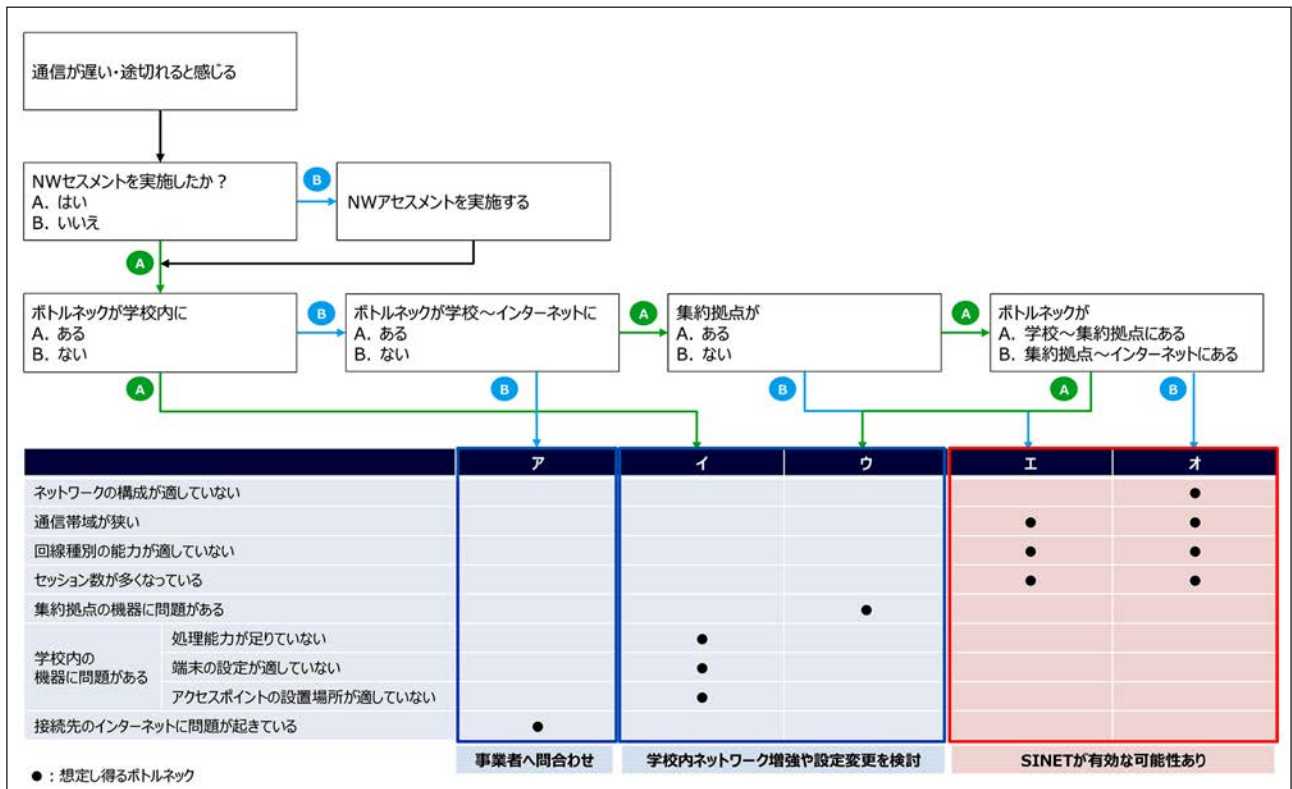
第2章 NWアセスメントによる SINET 有効性の検討

SINET接続前にNWアセスメントを実施し、SINET接続による通信環境の改善効果を検討します

2-1-1 NWアセスメント(通信環境の評価)

SINET 接続による高速大容量性を実現するためには、現在の通信経路に、いわゆるボトルネック※ 11 が生じていないことを確認する必要があります。そこで、事前に NW アセスメント（通信環境の評価）を実施し、SINET へ接続することが通信環境の改善に有効であるかを検討する必要があります。SINET 有効性検討のフローチャート（図6）を参照し、現在の通信環境を確認しましょう。

図6 SINET 有効性検討のフローチャート



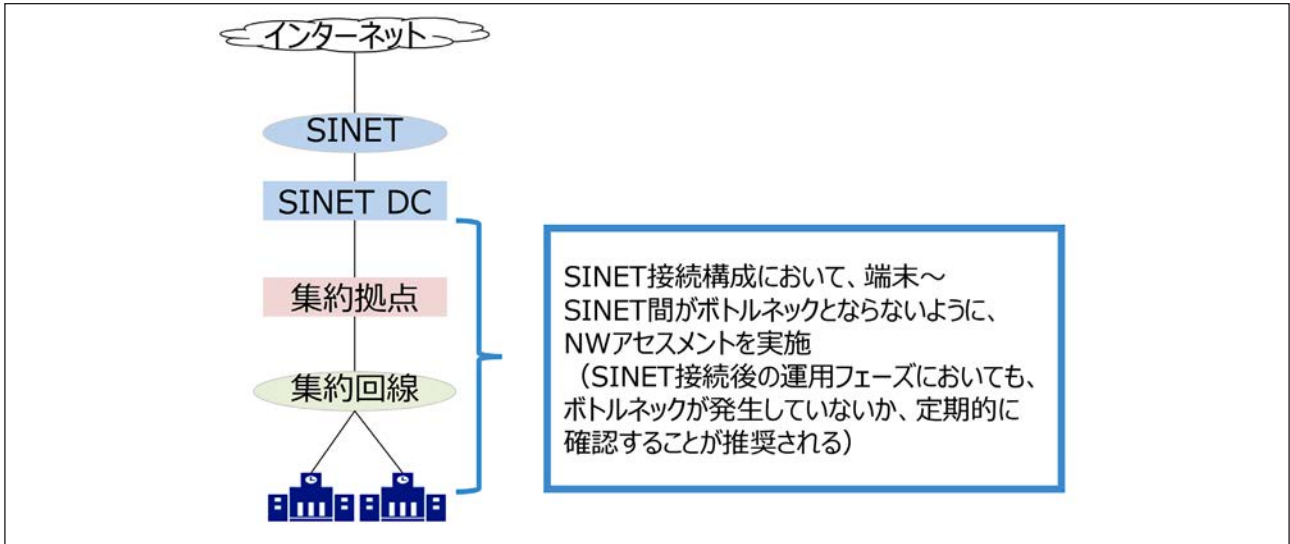
学校からインターネット接続までにボトルネックが見つかり、改善に向けて検討する際、一定の条件（図6エ・オ）においては、SINET 接続がボトルネック解消に有効な可能性があります。ただし、学校内のネットワーク環境の増強や機器の設定変更が必要な場合もあるため、NW アセスメントを実施し、原因の特定をした上で、SINET 接続の有効性を判断することが重要です。

※11 ボトルネック：通信ネットワークのボトルネックとは、情報を流通する経路のうち最も情報の流れが遅くなる部分を指す。

● 2-1-2 NWアセスメントの実施手順

SINET 接続構成において、端末～ SINET 間がボトルネックとならないように、通信環境を確認します (図7)。

図7 NWアセスメントの実施



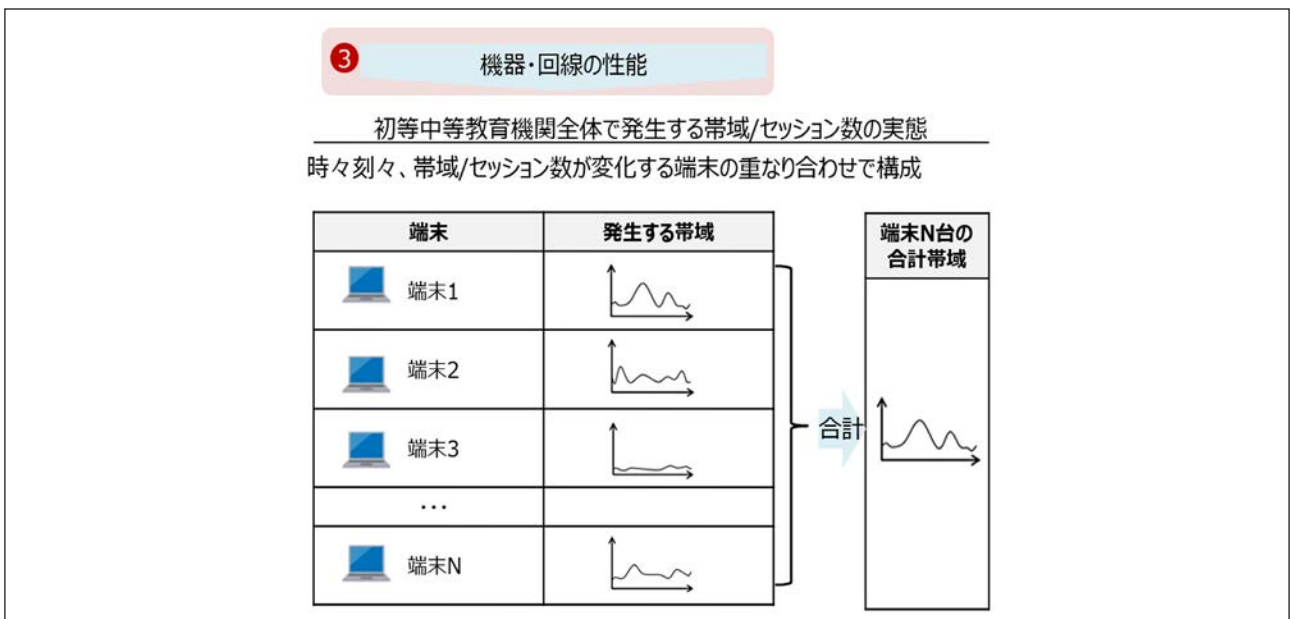
Active (アクティブ) な端末 1 台あたりの帯域※ 12/ セッション数※ 13 の算出が必要ですが、具体的な計算方法については、令和 2 年度「新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業 (多様な通信環境に関する実証)」にて、図 8 の計算方法が示されています。

図8 必要な通信量 ※ 14 の試算の考え方



しかし、端末 1 台あたりの帯域 / セッション数及び同時使用率は日々変化するため、机上で算出するのは極めて困難です。また、学校という特性上使用するタイミングが重なる可能性が高いため、ピーク時に備えて機器・回線スペック (性能) を検討することが非常に重要です (図9)。

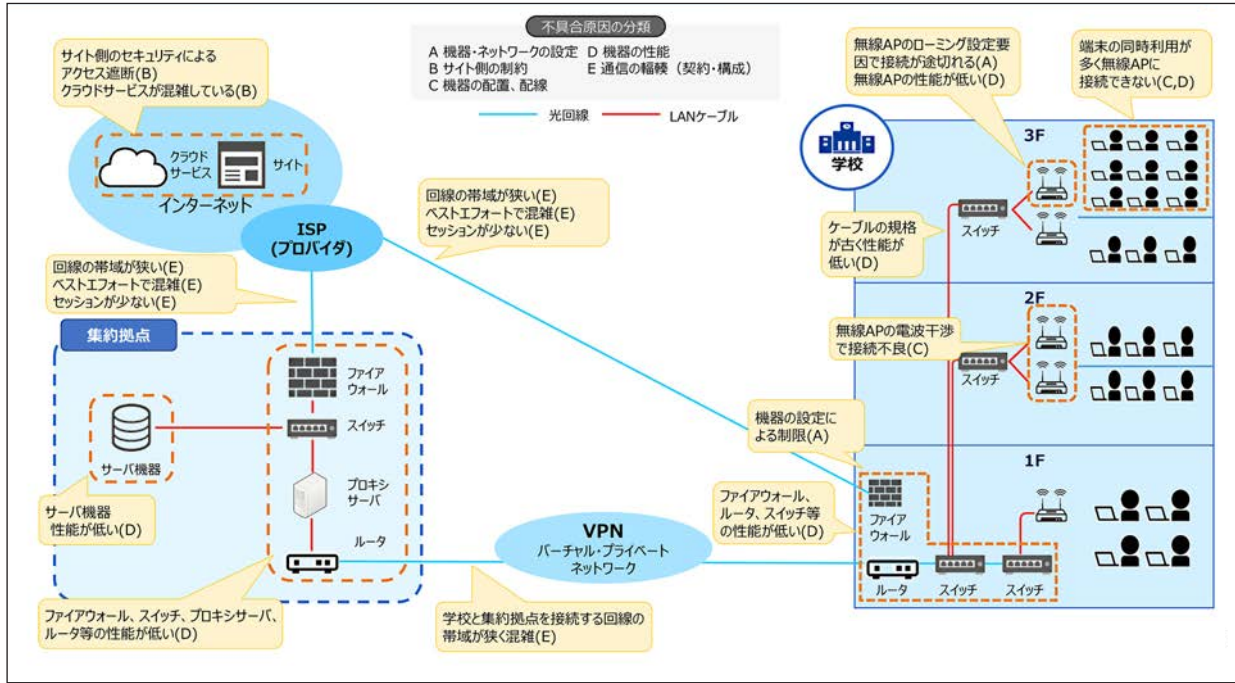
図9 端末ごとの通信量 (帯域 / セッション数) の実態と必要な通信量



なお、実証フィールドである兵庫県教育委員会が実施した、帯域 / セッション数の検証結果を参考 4 に示します。
NW アセスメントの実施手順については、参考 5 で紹介します。

● 参考 1

インターネット接続やアプリケーションの動作が遅くなる原因(例) (文部科学省による整理)



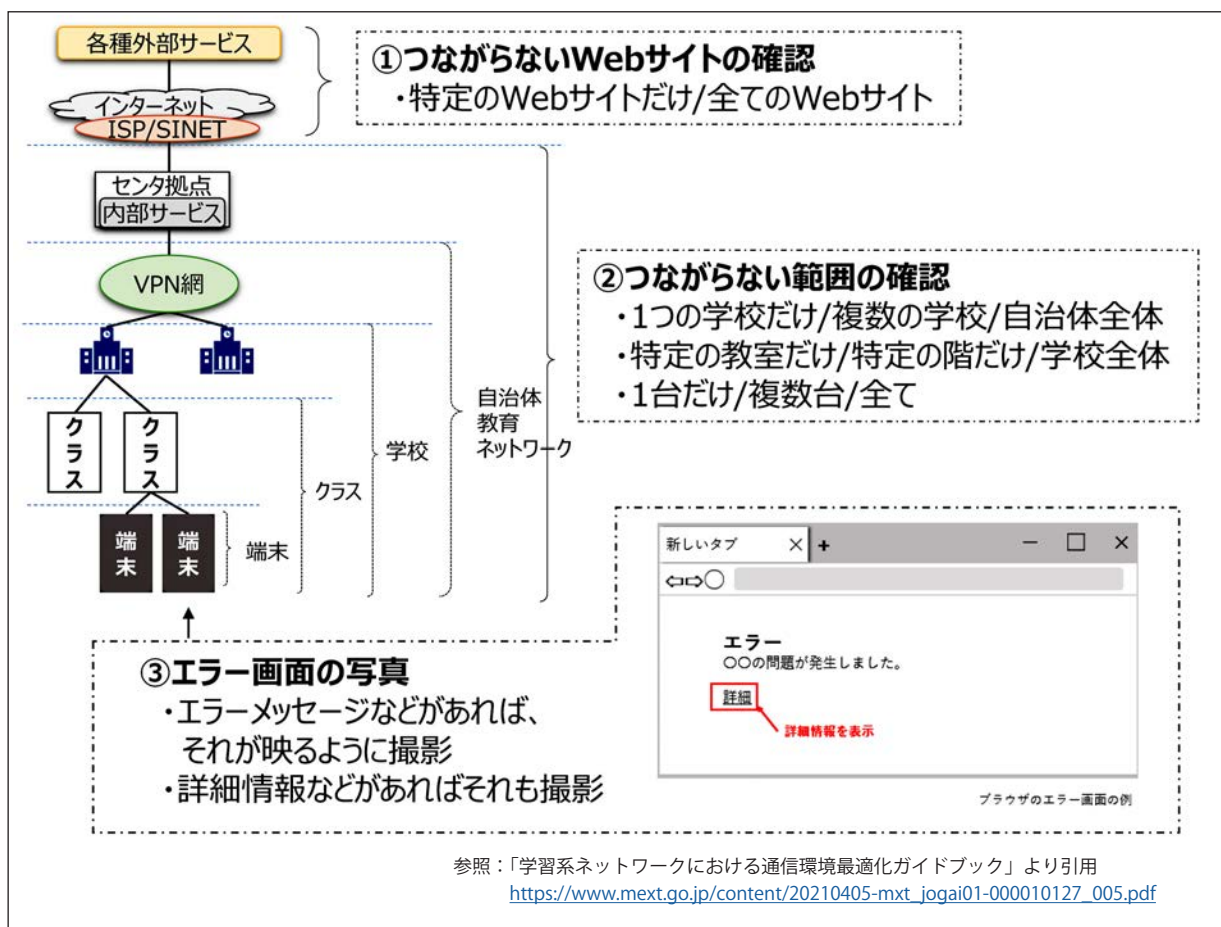
参照：「令和 3 年 8 月 GIGA スクール構想の実現に向けた校内通信ネットワーク環境等の状況について」より引用
https://www.mext.go.jp/content/20210827-mxt_jogai01-000017383_10.pdf

※12 (ネットワーク)帯域：通信に使用される周波数における「最高周波数」と「最低周波数」の範囲のこと。単位はbpsで1秒間に何ビットのデータを送信できるかを表すもので、回線速度の意味で使われることが多い。
 ※13 セッション：接続/ログインしてから、切断/ログオフするまでの、一連の操作や通信のこと。
 ※14 (データ)通信量：インターネット回線間でデータを送受信するときの量のこと。単位はbyte(バイト)。

● 参考2

ネットワークが繋がらなくなった時の確認事項(令和2年度事業における整理)

図10 ネットワークが繋がらなくなった時の確認事項



ネットワークが繋がらないときやうまく動かないときは、通信経路上のどこに不具合があるかによって対応者（ネットワーク管理者／導入事業者など）が変わります。不具合が生じている影響範囲を特定するために、図10の内容を確認します。

①学校（ICT担当者）にて確認する事項

- クラス内部における不具合の可能性：何台の学習端末が接続できないのか。複数台同時にネットワークにつながらない場合には、ネットワークの不具合が疑われます。
- 発生範囲：特定のクラスだけの不具合か、複数クラス又は学校全体の不具合か。特定クラスに限る場合には、無線LANアクセスポイントの不具合が疑われます。

②教育委員会（ネットワーク管理者）にて確認する事項

- 発生範囲：自治体内の学校全体でネットワークに繋がらない場合は、自治体ネットワークからインターネット接続までのどこかで不具合が生じているため、担当する業者へ確認し原因の特定を依頼してください。

● 参考3

ネットワークが遅くなったと感じた時の確認事項（令和2年度事業における整理）

令和2年度に実施した「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）」では、ネットワーク低速時の確認事項を下記のとおり整理しています。ネットワークが遅いとき、ネットワークの各区間の速度を測定することによって、ボトルネックの発生箇所を推定できます。

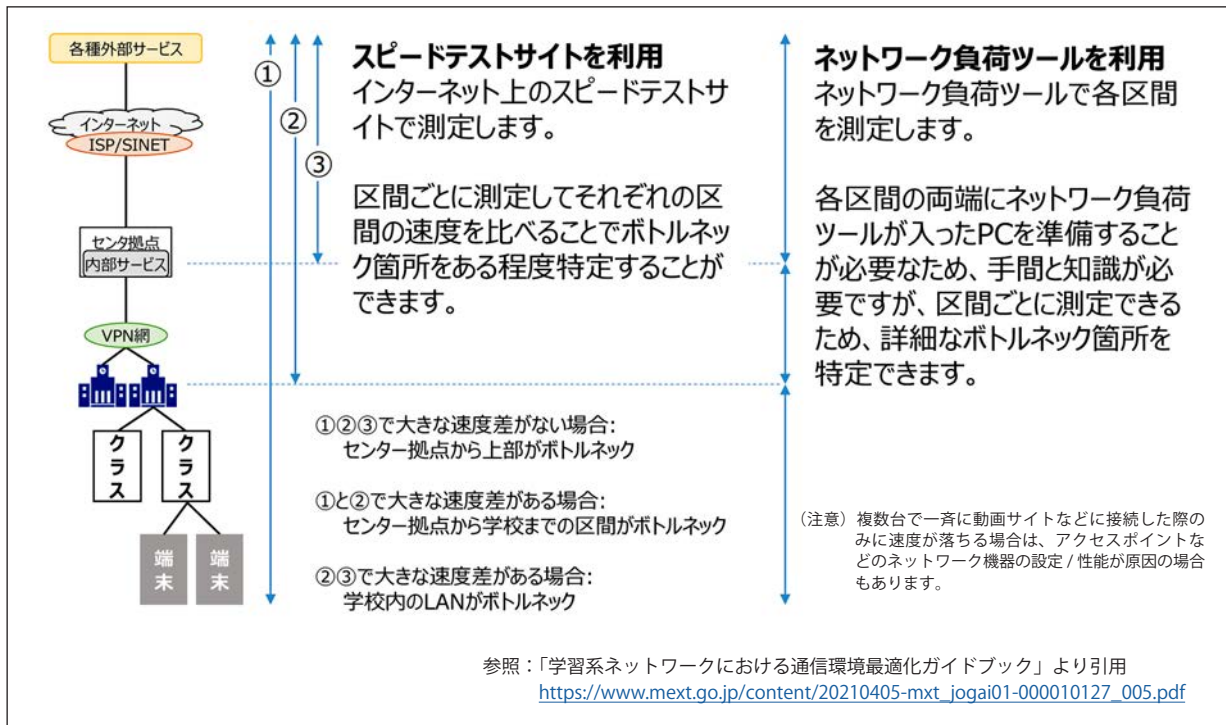
①スピードテストサイトを利用

●インターネット上のスピードテストサイトを利用し、図11のとおり教室で端末からスピードを測定（①）します。学校で集約した箇所と同様にスピードを測定（②）し、さらに教育委員会のセンター拠点で同様にスピードを測定（③）します。このように区間ごとに測定してスピードを比較することで、ボトルネック箇所を特定することができます。

②ネットワーク負荷ツールによる調査

スピードテストサイトにて、ボトルネック区間を特定した後、ネットワーク測定ツールによる調査が有効です。測定する区間の両端でネットワーク負荷ツールが入ったPCを装備して詳細調査を実施することによって、ボトルネック箇所を特定できます。この手法は、専門的なツールを利用して手間と運用知識が必要ですので、業者に委託することが現実的です。

図11 ネットワークが遅いときの確認事項



● 参考4

帯域/セッション数の検証結果

実証フィールドである兵庫県教育委員会で取得した、ピーク時における同時使用率と端末1台あたりの使用帯域のデータを示します(図12)。

図12 本実証ピーク時における、同時使用率とActiveな端末1台あたりの使用帯域

【参考】本事業における初等中等教育機関の(Activeな)端末1台あたりの使用帯域

初等中等教育機関	全端末台数	ピーク時の使用帯域			【参考】通常時の使用帯域		
		Activeな端末台数 (同時利用率：a)	総量 (b)	端末1台 (b÷a)	Activeな端末台数 (同時利用率：a)	総量 (c)	端末1台 (c÷a)
兵庫県教育委員会	69,000	8,265 (約12%)	約4Gbps	約0.5Mbps	6,866 (約10%)	約3.5Gbps	約0.5Mbps

- 使用帯域については2023/1/26 14:39頃に計測された値
- 使用帯域のピーク時における前後約1時間程度の間、ActiveUser数として約2万台強を観測(ピークを観測した瞬間の値が8,265台)

兵庫県教育委員会の全端末数約69,000台のうち、ピーク時の使用帯域におけるActiveであった端末数(a)は8,265台であり、同時使用率は約12%でした。また、ログ取得期間中の最大値にあたる総量(b)については、約4Gbpsの帯域を使用していました。つまり、ピーク時の1台あたりの帯域使用量(b÷a)は約0.5Mbpsでした。

なお、端末1台あたりに必要とされる帯域については、「GIGAスクール構想の実現に向けた計画等確認書」に「端末1台あたり2Mbps」と記載されており、本実証による同時利用率を考慮しても、2Mbpsの帯域を確保すれば十分なネットワーク環境が整備可能であると考えられます。

また、セッション数についても検証しました(図13)。

同様の利用ピーク時において、全端末数約69,000台のうち、ピーク時の使用帯域におけるActiveであった端末数(a)は7,106台であり、同時使用率は約10%でした。その際、総量(b)約18万セッションが使用されていたことから、ピーク時の端末1台あたりのセッション数(b÷a)は25でした。机上検討の際の参考としてください。

図13 本実証ピーク時における、同時使用率と(Activeな)端末1台あたりのセッション数

【参考】本事業における初等中等教育機関の(Activeな)端末1台あたりのセッション数

初等中等教育機関	全端末台数	ピーク時のセッション数			【参考】通常時のセッション数		
		Activeな端末台数 (同時利用率：a)	総量 (b)	端末1台 (b÷a)	Activeな端末台数 (同時利用率：a)	総量 (c)	端末1台 (c÷a)
兵庫県教育委員会	69,000	7,106 (約10%)	約180,000	約25	7,378 (11%)	約160,000	約22

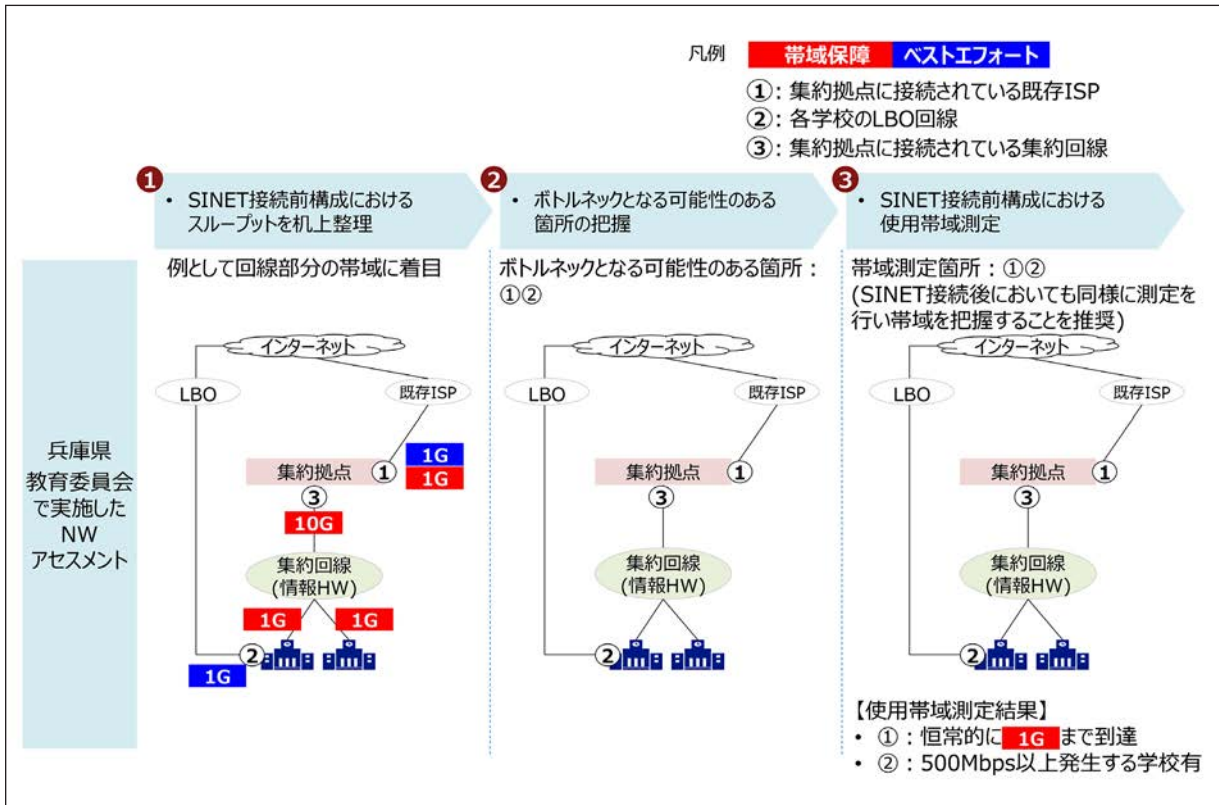
- 使用帯域については2023/2/2 14:28頃に計測された値
- 使用帯域のピーク時における前後約1時間程度の間、ActiveUser数として約2万台強を観測(ピークを観測した瞬間の値が7,106台)

兵庫県教育委員会で実施したNWアセスメントの結果

NWアセスメントについて、兵庫県教育委員会で実施した内容を参考として示します。

まずは、SINET 接続前の現状構成における課題を整理しました。①集約拠点から既存ISP ※ 15 に抜けるインターネット接続箇所と、②各学校から直接インターネットに抜ける LBO ※ 16 回線がボトルネックになる可能性があると考え、帯域測定を行いました。その結果、①のポイントでは恒常的に最大値である 1Gbps まで到達しており、②のポイントでは学校によってばらつきがあるものの、500Mbps 以上発生している学校がありました (図 14_③)。

図 14 (参考 1) フィールドで実施した NW アセスメント _SINET 接続前の現状構成における課題整理



※15 ISP (Internet Service Provider) : インターネット接続というサービスを提供している事業者のこと。利用者側が最低限の環境(パソコンやスマートフォン等の端末、インターネット接続環境)を用意することで、さまざまなサービスを利用することができる。

※16 LBO(Local Break Out) : 特定の通信を各学校から直接インターネットへ通すことでネットワーク全体の負荷を分散する仕組みのこと。

そこで、①②それぞれに流れている通信を SINET に切り替えることでボトルネック解消に効果が出るのではないか (図 15_④) と考え、SINET に接続した後の構成を想定して、再び机上計算を行いました (図 15_⑤)。机上計算で検討したところ、分散させていた LBO 回線を集約することで③集約回線※がボトルネックになる可能性があると考えられたため (図 15_⑥)、全校の LBO に流れている通信と現状の集約回線に流れている通信を合計し、机上で再計算を行いました。

再計算の結果、③集約回線の帯域は 10Gbps に対し、全校の LBO に流れている通信と現状の集約回線に流れている通信の合計 (ピーク時) は 8.9Gbps 程度になると考えられました。これにより帯域が十分であると検証できたため、③集約回線は増強せずに SINET に切り替えられると判断しました (図 16)。

● 参考5

図15 (参考2) フィールドで実施したNWアセスメント_SINET接続後の構成を想定した検討

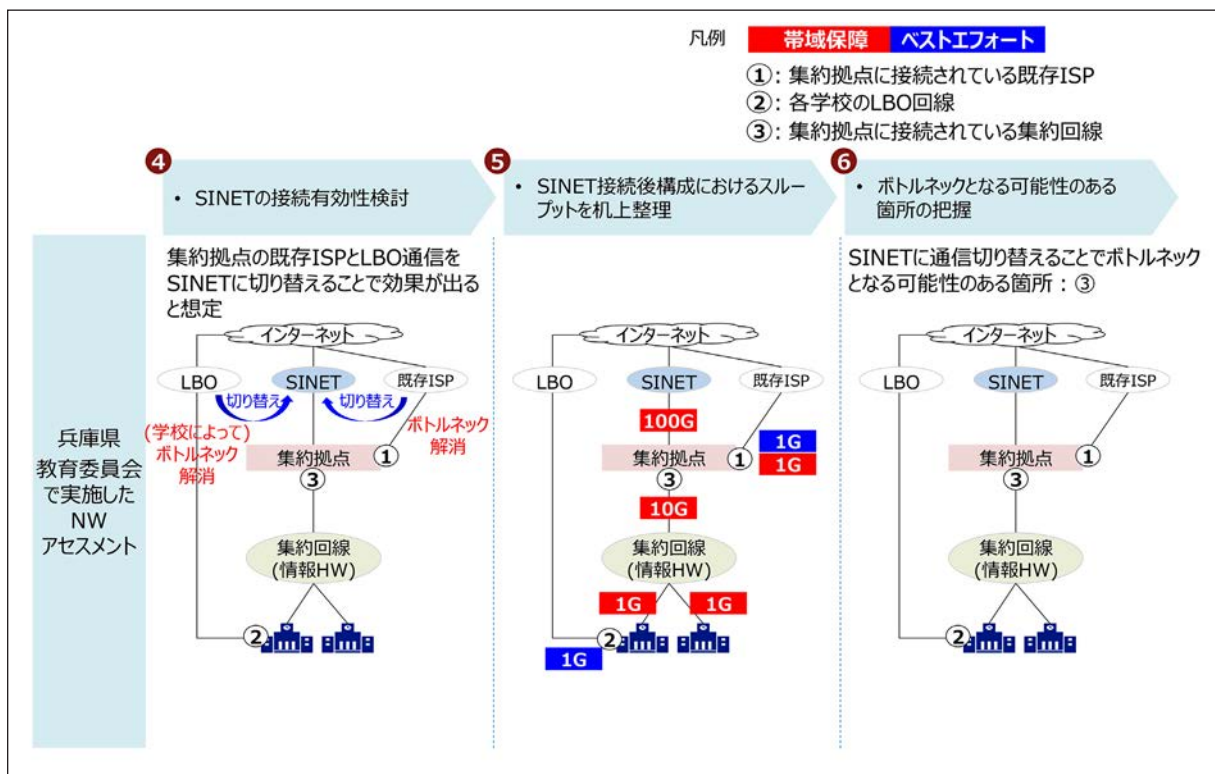
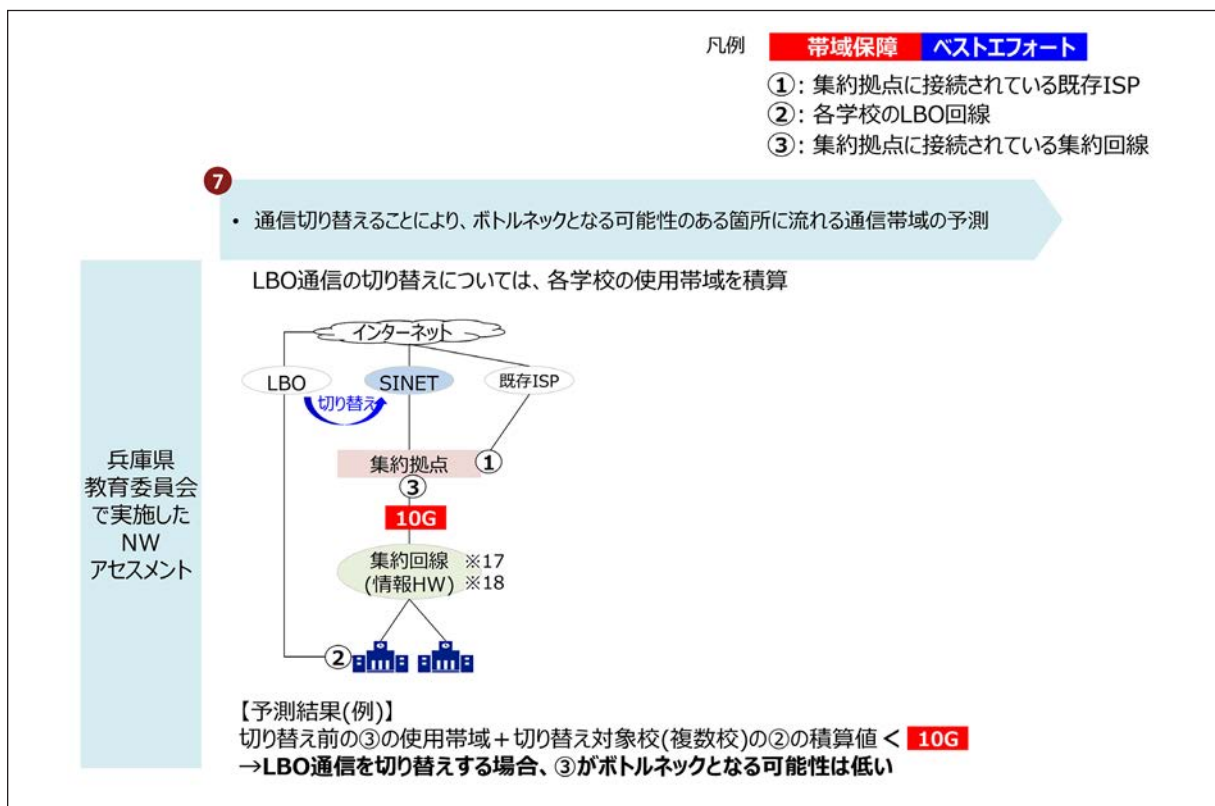


図16 (参考) フィールドで実施したNWアセスメント



※17 集約回線:各初等中等教育機関がSINETデータセンターに接続するにあたり、各学校を集約するための回線のこと。
※18 情報HW(情報ハイウェイ):県立学校を結ぶ教育情報ネットワークなど兵庫県における行政各分野のネットワークの基盤。

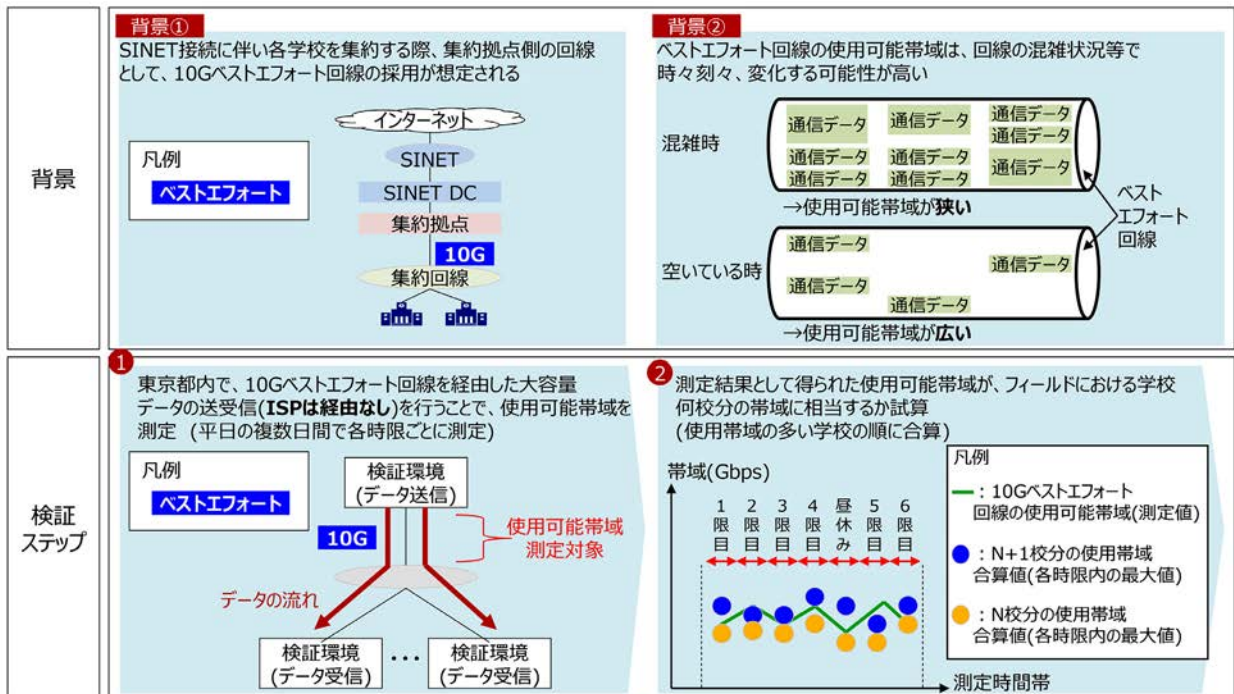
● 参考5

集約拠点での帯域が大幅に 10Gbps を超える場合、③集約回線を増強する等を SINET 接続と合わせて検討する必要があります。また、現時点で問題がない場合でも、今後インターネット等の活用率が上がっていくことを踏まえ、ボトルネックになり得る可能性のあるポイントを継続してアセスメントし、適宜対応していくことが非常に重要です。

今回の兵庫県教育委員会の構成ではアクセス回線及び集約回線に帯域保証型(ギャランティ型)の回線サービスを用いていたため、帯域等の通信が安定していました。しかし、費用面等の課題から、多くの初中等教育機関ではベストエフォート回線を利用しているため、本実証では検証環境を構築し、ベストエフォート回線における実効帯域の測定も行いました。

具体的には、検証ステップの①で大容量データの送受信を行い、回線に負荷をかけ、複数日において、使用可能帯域のデータを取得しました。さらに、検証ステップ②で得られた結果と、フィールドで取得した数字を組み合わせることで、兵庫県教育委員会において同時接続可能な学校数を試算しました(図 17)。

図 17 (参考 1) 10G ベストエフォート回線の使用可能帯域測定概要



本検証の結果を以下に示します（図18）。

図18（参考2）10Gベストエフォート回線の使用可能帯域測定_測定結果及び試算結果

検証ステップ①：東京都内で、10Gベストエフォート回線を経由した大容量データの送受信を行うことで、使用可能帯域を測定

10Gベストエフォート回線の使用可能帯域測定日	測定時間帯						
	1限目中	2限目中	3限目中	4限目中	昼休み	5限目中	6限目中
測定日①(平日)	2.8Gbps以上	2.5Gbps以上	3.5Gbps以上	2.8Gbps以上	2.5Gbps以上	2.0Gbps以上	2.0Gbps以上
測定日②(平日)	2.7Gbps以上	2.5Gbps以上	3.1Gbps以上	3.0Gbps以上	3.4Gbps以上	3.4Gbps以上	3.0Gbps以上
測定日③(平日)	2.5Gbps以上	2.7Gbps以上	2.7Gbps以上	3.7Gbps以上	3.0Gbps以上	3.5Gbps以上	2.9Gbps以上
測定日④(平日)	3.0Gbps以上	3.0Gbps以上	3.2Gbps以上	3.1Gbps以上	2.6Gbps以上	3.3Gbps以上	3.0Gbps以上

各時間の最低値を抽出

	1限目中	2限目中	3限目中	4限目中	昼休み	5限目中	6限目中
各時間ごとの最低値	2.5Gbps	2.5Gbps	2.7Gbps	2.8Gbps	2.5Gbps	2.0Gbps	2.0Gbps

フィールドにおける複数の学校の使用帯域と比較

検証ステップ②：測定結果として得られた使用可能帯域が、フィールドにおける学校何校分の帯域に相当するか試算

	1限目中	2限目中	3限目中	4限目中	昼休み	5限目中	6限目中
各時間ごとの同時接続可能学校数	36校	44校	49校	54校	49校	33校	23校
【参考】生徒数	26,012	31,753	35,219	38,004	35,219	24,016	16,521

(注意) 2,3年生はBYOD端末を所有しておらず、学校ごとに存在する端末の中には、時間帯によって使用されていない端末も存在

検証ステップ①では、全時間帯で概ね2Gbps～2.8Gbpsの通信速度が出ていました。しかし、本検証により時間帯や日にちによって使用可能帯域に変化が見られることがわかりました。そのため、ベストエフォート回線を検討する際は注意が必要です。

検証ステップ②では、10Gベストエフォート回線の使用可能帯域と、実際の使用帯域とを照らし合わせて、フィールドにおける学校何校分の帯域に相当するかを試算しました。その結果、最小で23校、最大で54校の通信をカバーできることがわかりました。使用可能帯域の推移や学校における使用状況によって、学校数に大きな開きがありますが、今回の結果から、20校程度の学校数の場合、集約拠点においては、10Gベストエフォートの回線も検討の対象になり得るといえます。このように個別調達部分の回線については、机上計算やネットワークアセスメントを行い、現状のトラフィック※19を把握した上で、検討を進める必要があります。

(参考) ベストエフォート型と帯域保証型とは？

インターネットへ接続する場合、ベストエフォート型と帯域保証型の回線及びISPを選択することが可能です。いずれも通信帯域を選択することができます。

ベストエフォート型は、安価なコストで通信が可能であるため、多くの学校等が利用していますが、実際の使用可能帯域は、混雑状況に左右される点に注意が必要です。

帯域保証型は、安定した通信環境が確保されますが、ベストエフォート型と比較するとコストが高くなります。

※19 トラフィック：一定時間内にネットワーク上で転送されるデータ量のこと。

第3章 個別調達検討の流れ

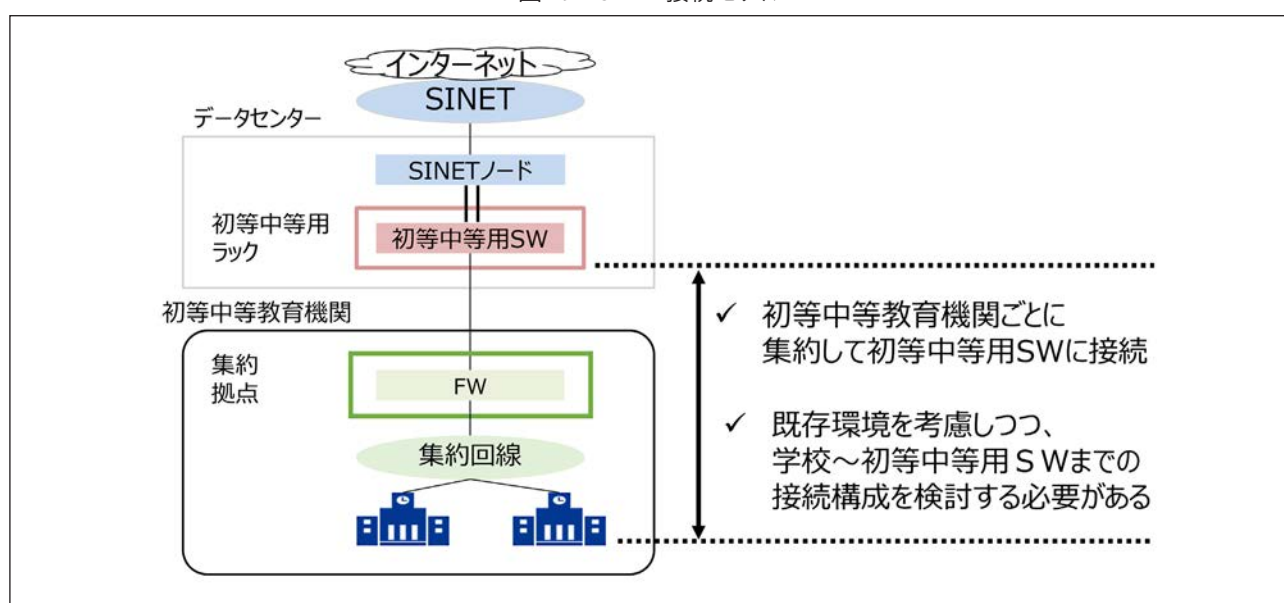
個別調達の検討ステップを①～⑥で示します。

● 3-1-1 SINET接続について

SINETへの接続に用いる、初等中等用SWのポート数には限りがあります。そのため、各学校単位での接続ではなく、初等中等教育機関ごとに集約して、初等中等用SWと接続する必要があります(図19)。

なお、接続構成を検討するにあたっては、各々の既存環境を考慮する必要があります。

図19 SINET接続モデル



● 3-1-2 個別調達範囲の検討項目

初等中等教育機関がSINET接続について検討する際は図20に示す6項目を整理する必要があります。各検討項目の詳細については、次ページ以降で説明します。

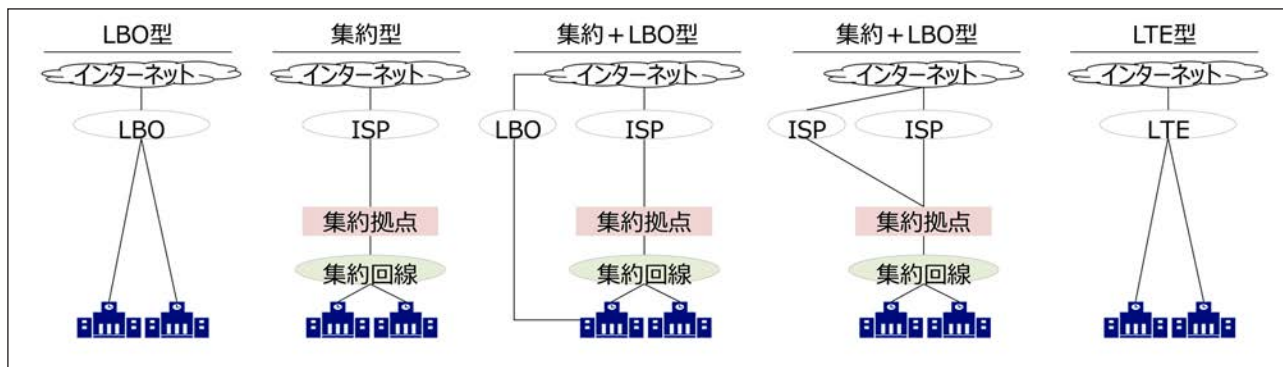
図20 SINET接続前に行う検討項目

①	SINET接続構成パターンの検討	既存のネットワーク接続構成パターンごとに、SINET接続構成パターン(候補)を確認
②	実装が必要な機能の整理	SINET接続構成における必要機能と実装箇所を整理
③	機器・回線の性能の検討	SINET接続構成における必要性能を整理
④	通信の振り分け検討	ネットワークへの負荷を考慮して通信振り分けを行う場合、振り分け方針を検討
⑤	運用体制の検討	ネットワークを運用する上で必要な体制の検討
⑥	コストの整理	SINET接続に伴い必要なインシヤルコスト/ランニングコストの検討

● 3-1-3 ① SINET接続構成パターンの検討

まず始めに、SINETに接続するためのネットワーク構成を検討するにあたり、現在どのパターンでインターネット接続をしているかを把握することが必要になります。現状一般的なISPを経由してインターネット接続する際の構成を5パターンに整理しました(図21)。例えば、現状のネットワーク構成が図21で示すLBO型のパターンである場合、SINET接続後もLBO回線を継続して利用するかがポイントになります。

図21 既存ネットワーク接続構成パターン



既存ネットワークの構成パターンが確認できたら、次はSINET接続構成パターン(候補)を検討します。既存構成を踏まえつつ、SINETの高速大容量性を活かし、図22に示すSINET接続構成パターン(候補)を検討してください。

なお、今後の学習活動の場面においては、1人1台端末の日常的な利用の定着や利用頻度の向上、さらにVR※20等の最新技術の活用等によるインターネット通信帯域の増大が見込まれます。そのため、将来的な利活用状況を見据えた通信帯域の整備を念頭に、SINET接続パターンの検討を行うことが重要となります。

図22 SINET接続構成パターン

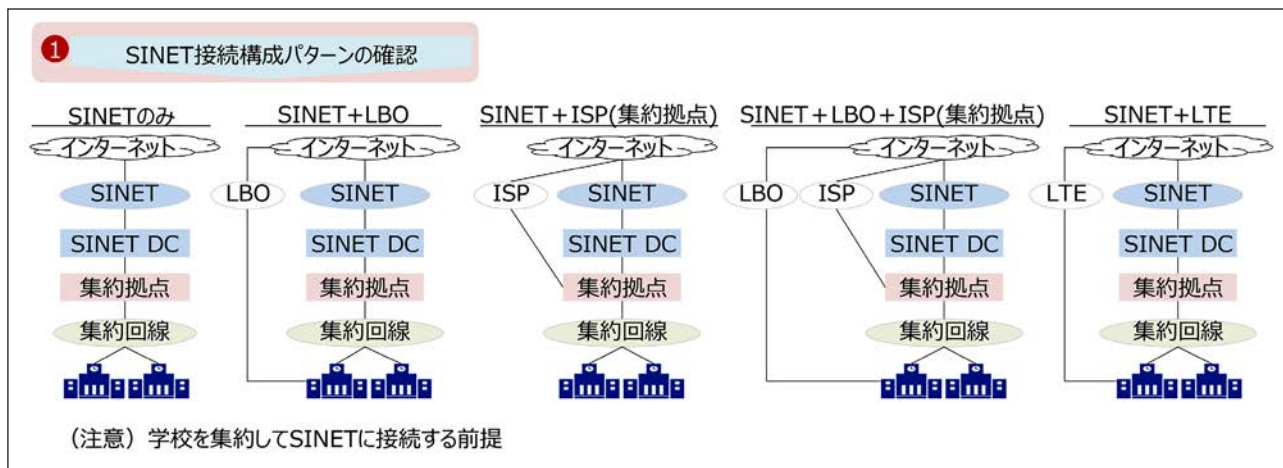


表2 各接続構成パターンの特徴

構成パターン	使用可能帯域
<ul style="list-style-type: none"> • SINETのみ • SINET+LTE 	SINETまでの経路でボトルネックが発生しないような検討が必要
<ul style="list-style-type: none"> • SINET+LBO • SINET+ISP(集約拠点) • SINET+LBO+ISP(集約拠点) 	SINETまでの経路でボトルネックが発生する場合、通信振り分けにより負荷分散が可能

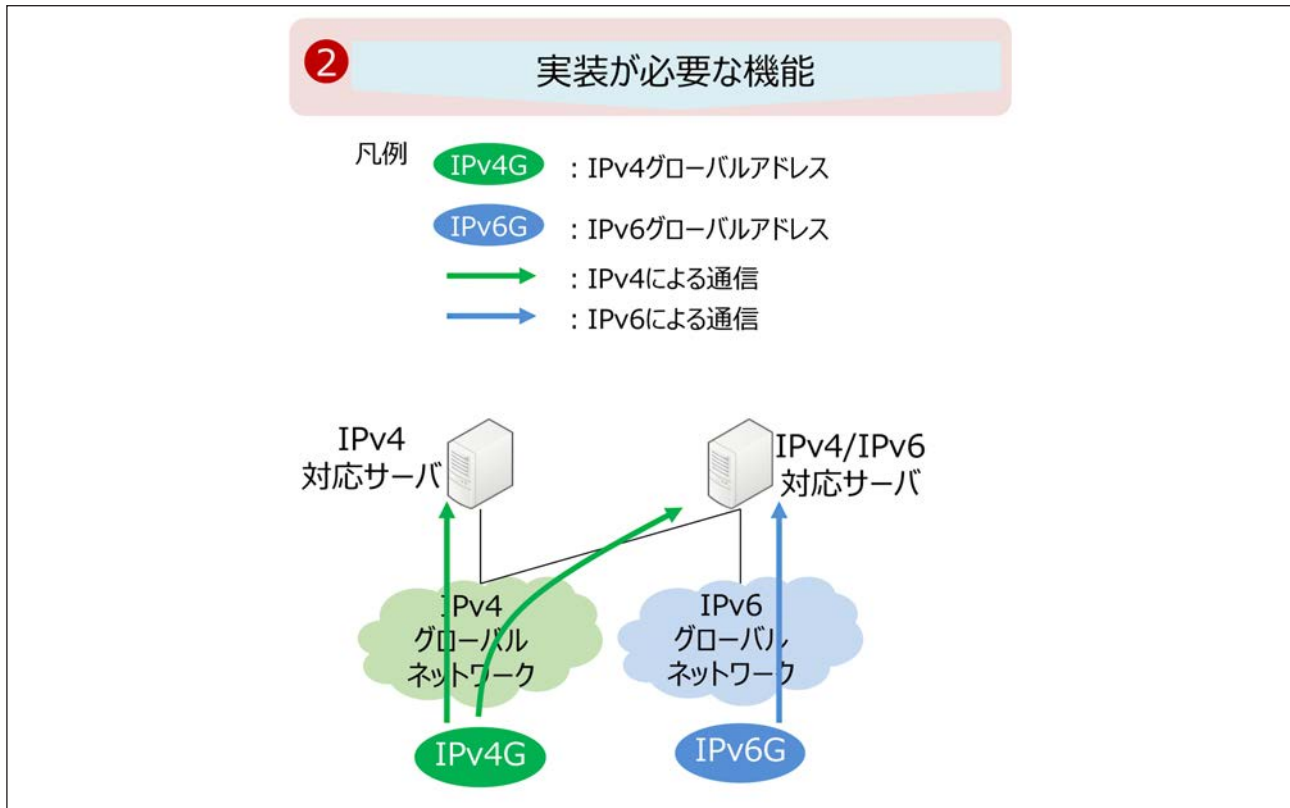
※20 VR(Virtual Reality) : VR(仮想現実)は、人の視覚、聴覚、触覚などを刺激し、自分が仮想世界にいるかのような体験ができる技術のこと。

● 3-1-4 ②実装が必要な機能の整理

SINET 接続にあたり、接続運用事業者から各初等中等教育機関に対して、グローバル IP アドレスが払い出されます。なお、IPv4/IPv6 の 2 種類から選択することが可能なため、事前に初等中等教育機関は各アドレスの利用予定数について、接続運用事業者への申請が必要です。(図 23)。

また、IPv4 グローバルアドレスの数には限りがあるため、端末数や公開サーバの台数に応じて払い出しされ、IPv6 グローバルアドレスについては、接続に必要な十分な個数が初等中等教育機関に一律で払い出されます。

図 23 IPv4/IPv6 アドレスの違い



● IPv4 グローバルアドレスでの接続について

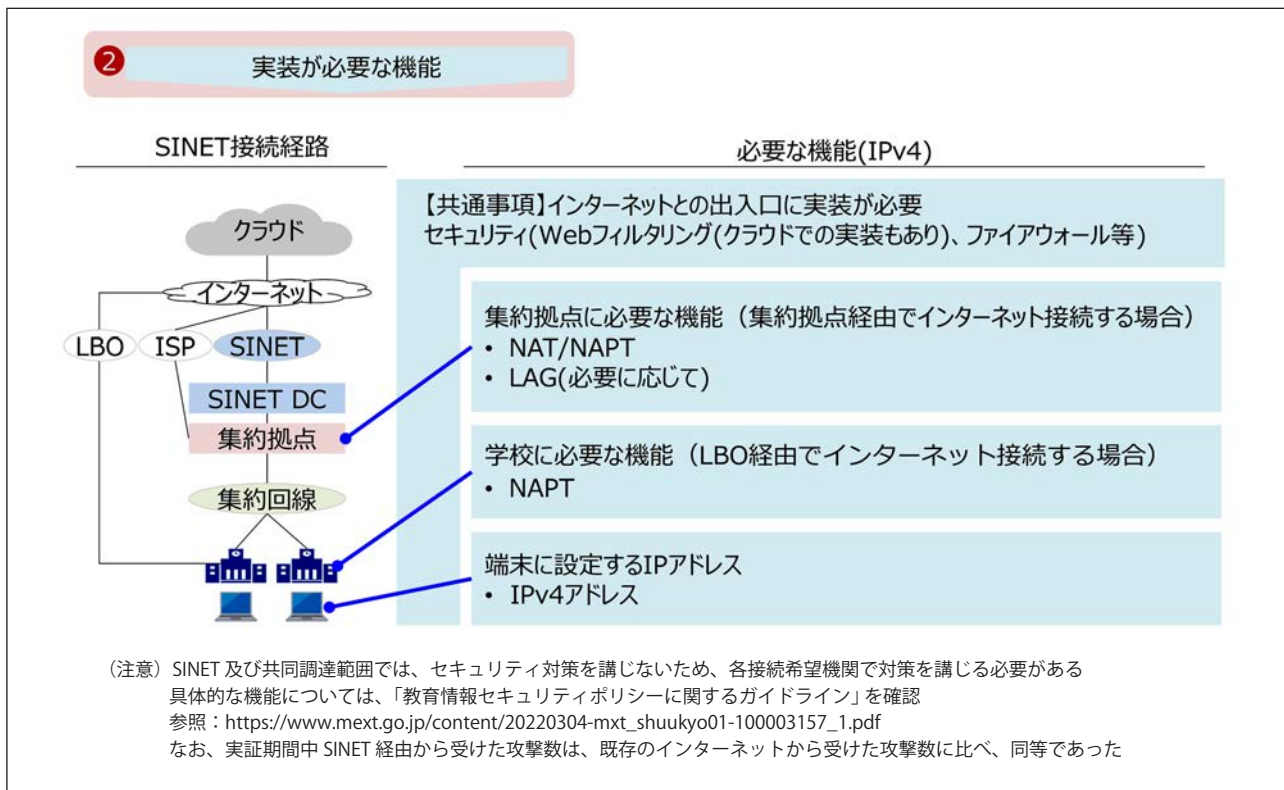
初等中等教育機関は、必要となる IPv4 グローバルアドレス数を算出し、初等中等教育機関ごとに申請する必要があります。IPv4 グローバルアドレスの申請の考え方を図 24 に示します。

図 24 IPv4 グローバルアドレスの申請の考え方

NO	検討観点	上限
①	SINETに接続する端末からのインターネットアクセス	端末からの通信による総NAPTセッション数から試算
②	公開サーバ(Web/メールサーバ等)	公開サーバの台数分
③	初等中等用SW～初等中等教育機関接続セグメント	接続希望機関ごとに、一律、2個 or 4個で申請 (2個: 1セグメント、4個: 2セグメント)

IPv4 グローバルアドレスで接続する際には、図 25 に示す機能を実装する必要があります。端末へ IPv4 プライベートアドレスを設定し、学校から直接 LBO に接続する場合は、プライベートアドレスからグローバルアドレスへ変換する機能 (NAT/NAPT ※ 21) を学校ごとに実装してください。集約拠点についても、プライベートアドレスからグローバルアドレスへ変換する必要があるため、NAT/NAPT の機能を有する必要があります。また、必要に応じて LAG ※ 22 を設定してください。なお、プライベートアドレスからグローバルアドレスへ変換するインターネットとの出入り口については、セキュリティ機能の実装が必要な点にご留意ください。

図 25 IPv4 で接続する場合に必要な機能と実装箇所

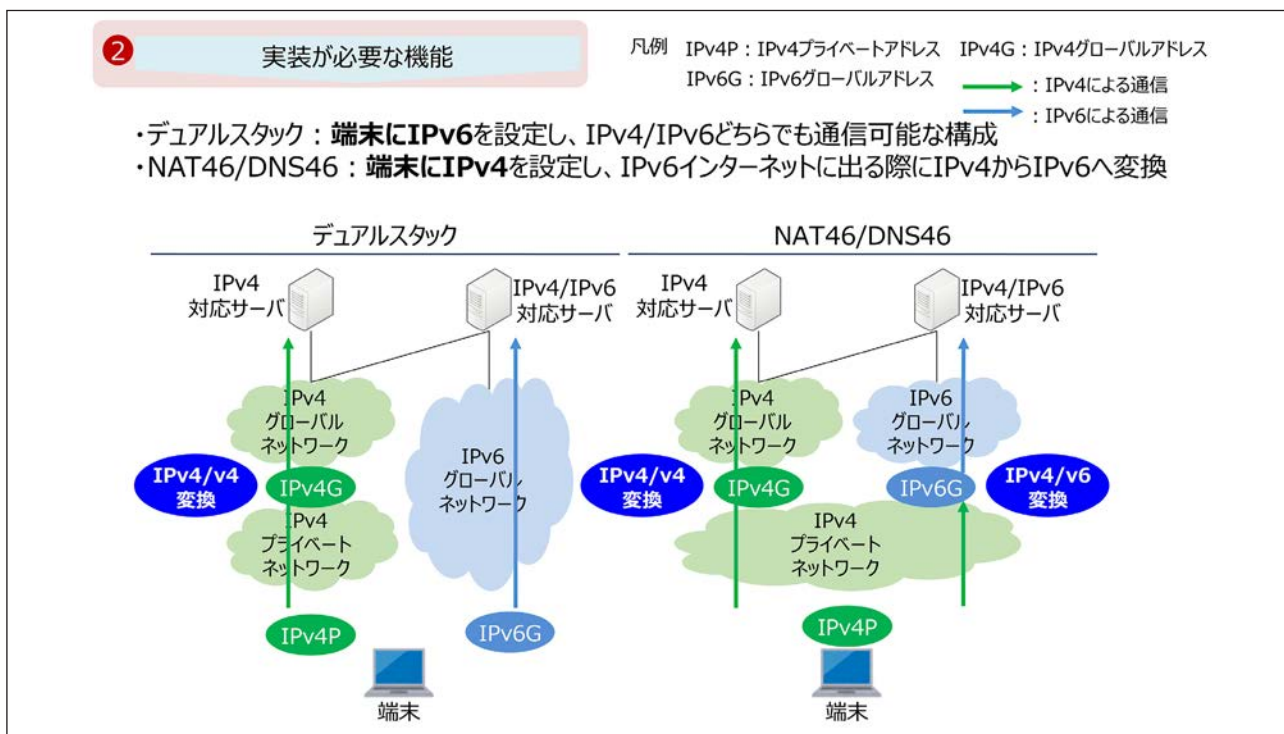


● IPv6 グローバルアドレスでの接続について

IPv6 グローバルアドレスで接続する場合は、端末に IPv6 グローバルアドレスを設定し通信可能とするデュアルスタック※23 と、端末に IPv4 を設定し IPv4 から IPv6 へ変換する NAT46/DNS46 の、2つの接続方式を選択することが可能です (図 26)。

- ※21 NAT/NAPT(Network Address Translation/Network Address Port Translation):プライベートIPアドレス(及びポート番号)と、グローバルIPアドレス(及びポート番号)を紐づけ、相互変換する技術のこと。
- ※22 LAG(Link Aggre Gation):複数の回線を束ねて、仮想的に1本とみなす技術のこと。
- ※23 デュアルスタック:単一機器にIPv4とIPv6という仕様の異なるプロトコルスタックを共存させる仕組みのこと。

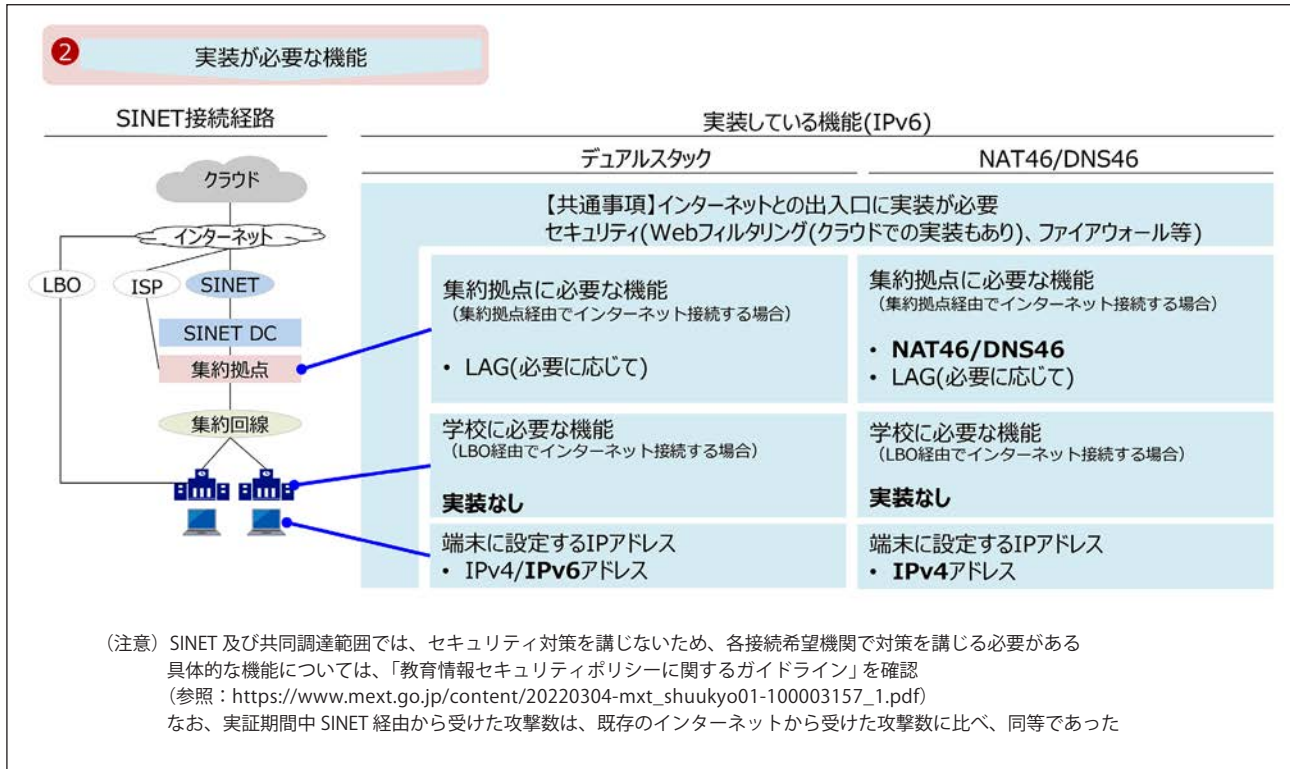
図 26 IPv6 アドレスで接続する際に採用可能な方式



IPv6 グローバルアドレスで接続する際には、図 27 に示す機能を実装する必要があります。学校で使用する端末については、デュアルスタックの場合は IPv4/IPv6 アドレス、NAT46/DNS46 の場合は IPv6 アドレスをそれぞれ設定してください。学校から直接 LBO に接続する場合は、特に必要な機能実装はありません。

集約拠点を經由したインターネット接続の場合は、必要に応じて LAG の設定を実施し、NAT46/DNS46 の場合についてはプライベートの IPv4 アドレスから IPv6 グローバルアドレスへ変換する機能を実装する必要があります。なお、実装箇所ごとに、プライベートアドレスからグローバルアドレスへ変換するインターネットとの入出力口については、セキュリティ機能の実装が必要な点に留意が必要です。

図 27 IPv6 で SINET 接続するために実装が必要な機能と実装箇所

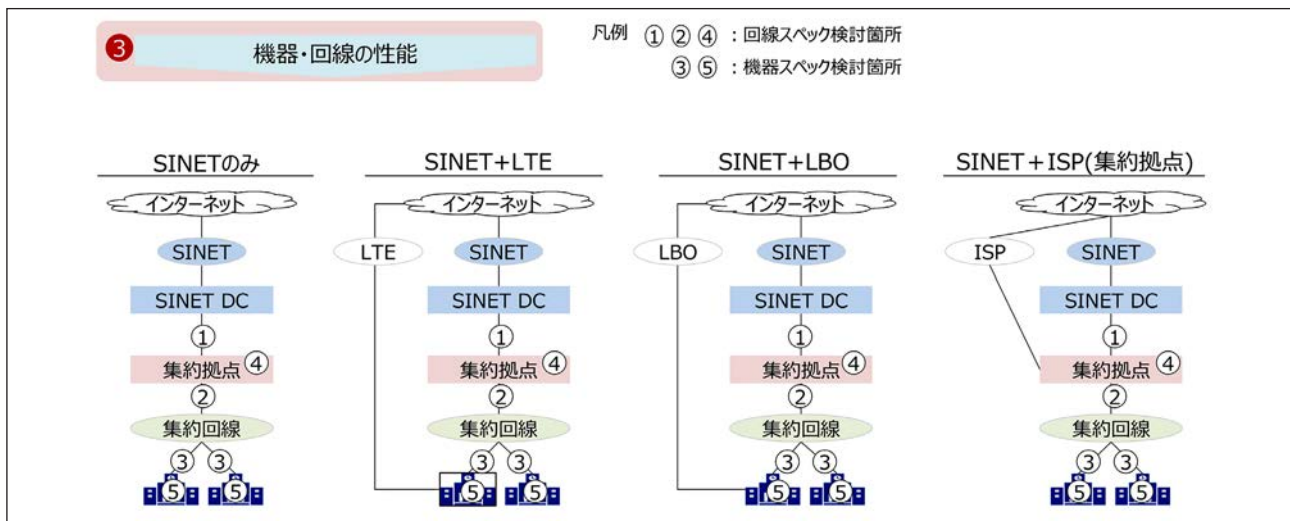


3-1-5 ③機器・回線スペック(性能)検討の考え方

SINET に接続するにあたってはどの接続構成パターンであっても、図 28 に示した①～⑤の箇所で検討が必要です。

①集約拠点からデータセンターまでを接続する回線、②集約拠点につながるセンター回線、③学校から集約するための回線、それぞれの回線スペック(性能)を検討します。さらに、④集約拠点に設置する機器、⑤学校内の機器について、スペック(性能)の検討を行ってください。

図 28 スペック(性能)検討対象箇所



機器・回線スペック（性能）の検討にあたっては、Active な端末 1 台あたりの帯域 / セッション数を基にした机上計算の実施に加え、端末から SINET 接続までの間でボトルネックが発生していないか等を確認するために、2 章を参照して NW アセスメントを実施してください。

● 3-1-6 ④通信の振り分け検討

LBO や既存 ISP と SINET を併用する構成パターンではネットワークへの負荷を考慮し、通信の振り分けを検討していただくことになります。通信の振り分けを考えるにあたっては、初等中等教育機関における現状の使い方や通信の特徴を確認してください。なお、実証フィールドである兵庫県教育委員会が実施した、通信の特徴の確認手順を参考 8 に記載していますので参考にしてください。

これらを踏まえて、図 29 のように通信の流し方の考え方の一例を示します。

図 29 通信の流し方の考え方

4 通信の振り分け検討

インターネット

SINET

SINET DC

LBO

集約拠点

1G × 複数本

集約回線

1G

1G

凡例

- : 帯域保証
- : ベストエフォート
- : SINETに流す通信
- : LBOする通信

表 3 何を振り分けるか

何を振り分けするか、の観点

例	SINET	LBO
1	ユーザーが意図して発生する通信	ユーザーが意図せず発生する通信
2	使用帯域/セッション数の多い学校の全通信	使用帯域/セッション数の少ない学校の全通信
3	スパイクする可能性がある通信	スパイクする可能性がない通信

表 4 どうやって振り分けるか

どうやって振り分けするか、の観点

設計案(一部)	設計内容
1	宛先グローバルIPアドレス or ポート番号による制御
2	アプリごとのドメインによる制御
3	アプリケーション制御 (ネットワーク機器が保持するアプリケーションデータベースをもとに通信振り分け)
4	プロキシ制御(例,プロキシ宛ての通信は集約拠点経由、グローバルIPアドレス宛はLBO)

まずは何を振り分けるかという観点について検討します (表 3)。

- ①ユーザーが意図して発生する通信と、アップデート等のユーザーが意図せず発生するシステム通信とで、通信の振り分けを検討します。
- ②使用帯域 / セッション数の多い学校と少ない学校について、活用率を確認しながら通信の振り分けを検討します。
- ③スパイク※ 24 する可能性で通信の振り分けを検討します。VR や AR のような先進技術を用いる通信や大人数で顔を出しながら画面共有を行う Web 会議等の通信をスパイク性があると想定し対象の通信を個別に振り分ける検討が有効です。

次に、どうやって振り分けるのかという観点について検討します (表 4)。

本事業では、既存の設計などを踏襲する形で設計案 4「プロキシ制御」の方法を採用しましたが、Web 会議における音声や映像通信などの一部の通信を制御することができず、最終的には設計案 1「宛先グローバル IP アドレス or ポート番号による制御」で SINET 接続と ISP 接続の振り分けを実装しました。

このように、技術的な検討が必要であるため、具体的な振り分けの方法は事業者へ相談することを推奨します。なお、音声・映像系の通信やシステムアップデート等の通信は、プロキシ経由で通信できない可能性があるため注意が必要です (参考 9)。

● 3-1-7 ⑤運用体制の検討

本事業にて整理した運用体制を図 30 に示します。SINET 接続に伴い、既存ネットワーク構成の設定変更等は発生しますが、運用面において初等中等教育機関の負荷は増えにくいと考えられます。ただし、初等中等用 SW に接続することになるため、故障等が発生した場合は、接続運用事業者と連携が必要になる点に留意が必要です。また、SINET 接続にあたり性能管理としてボトルネックの見える化など、定期的な NW アセスメントが推奨されます。

※24 スパイク:トラフィックが急激に上昇する現象のこと。

図 30 SINET 運用体制

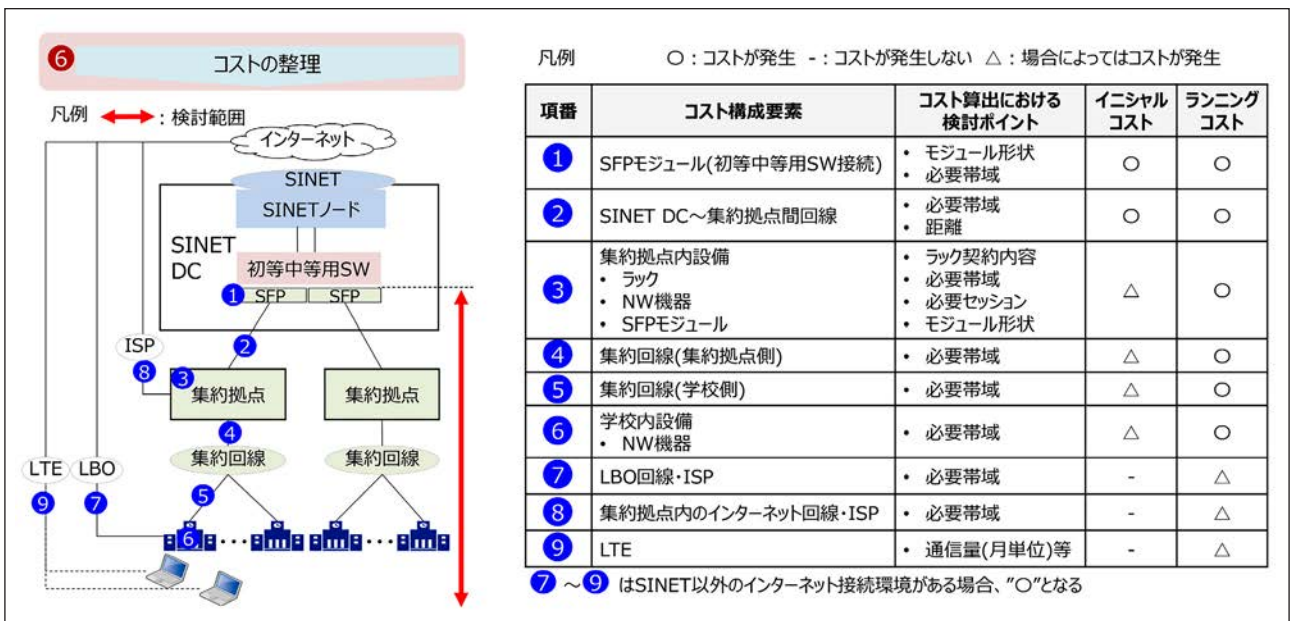


● 3-1-8 ⑥コストの整理

これまでの検討項目にて確認した、初等中等教育機関の現状のネットワーク接続構成や SINET 接続後の接続構成パターン、通信帯域、回線要件などによって、費用は大きく異なるため、コストが発生する項目を図 31 に示します。なお、具体的な費用等については、事業者に見積もりを依頼してください。

- ① SFP モジュール※ 25、② SINET データセンターから集約拠点間の回線については、コストが必ず発生しますが、③集約拠点内設備④集約回線（集約拠点側）⑤集約回線（学校側）⑥学校内設備については、既存設備がある場合は流用でコスト削減が可能です。⑦ LBO 回線・ISP ⑧集約拠点内のインターネット回線・ISP ⑨ LTE については、既存構成により費用感が異なります。

図 31 コスト発生箇所ごとの検討ポイント



なお、① SFP モジュールについては、初等中等用 SW に接続する際に、希望する帯域に合わせて接続希望機関が用意する必要があります。また、② SINET DC から集約拠点間の回線は、距離や帯域によって費用が大きく異なるため、事業者へ早めに相談が必要です。

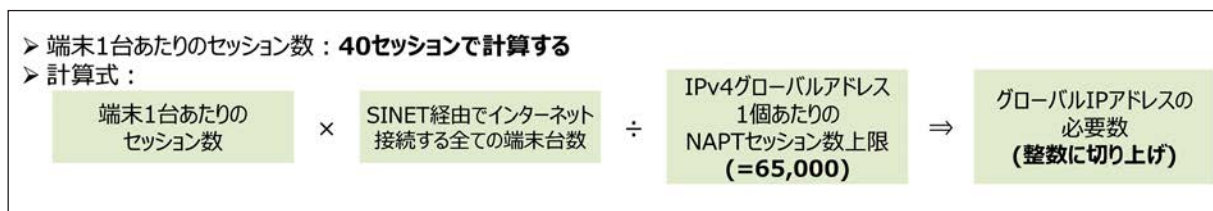
※25 SFP (Small form Factor Pluggable) モジュール：光信号と電気信号を変換する部品のこと。モジュールを交換することにより、様々な種類の通信ポートを追加することができる。

● 参考6 ②実装が必要な機能の整理

● 必要な IPv4 グローバルアドレスの算出方法

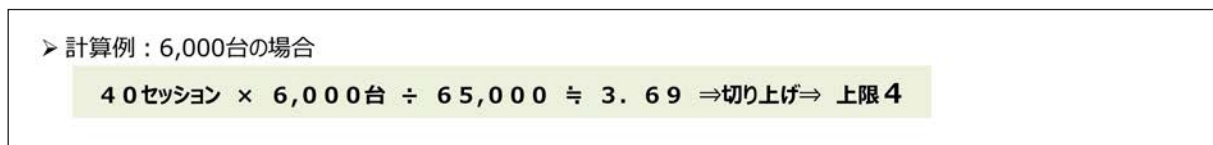
まず初めに、①端末からのインターネットアクセスを確認します。端末からの通信によるセッション数と、利用する端末の台数によって必要となる IPv4 グローバルアドレス数の試算を行います。そこで、1台あたりのセッション数を 40 セッションとし、それぞれの初等中等教育機関で接続する端末数を乗じたものを、IPv4 グローバルアドレス 1 個あたりのセッション数上限で除することで、必要となる IPv4 グローバルアドレス数が算出できます (図 32)。

図 32 端末からのインターネットアクセス通信で必要な IPv4 グローバルアドレス数上限の計算方法



そのため、それぞれの初等中等教育機関が 6,000 台の端末を接続したい場合は、図 33 のとおり 4 個となります。

図 33 必要な IPv4 グローバルアドレス数上限の計算例

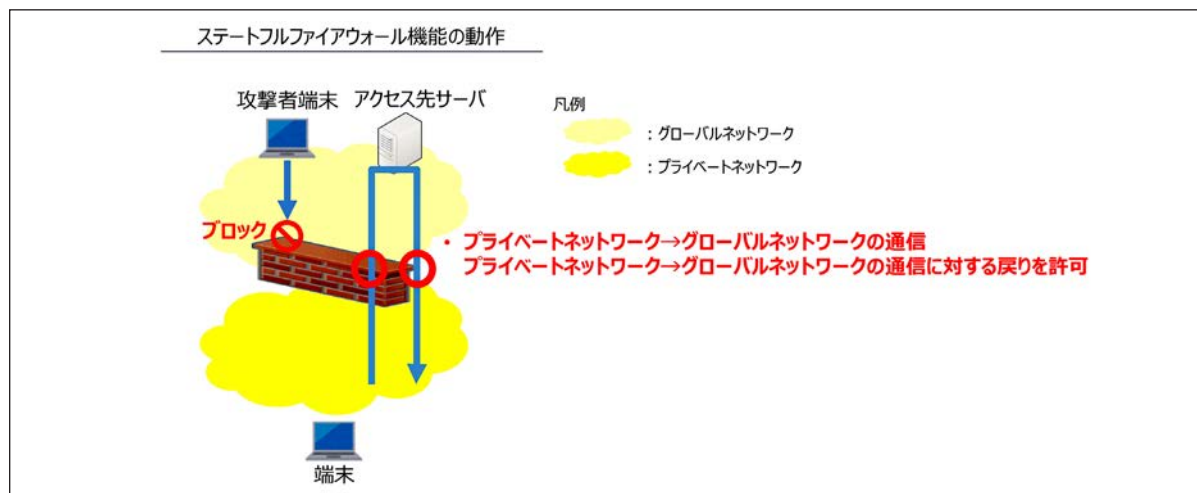


加えて、②公開サーバの台数と③初等中等用 SW からそれぞれの初等中等教育機関接続セグメントに必要な個数 (2 個、あるいは 4 個) を合計したものが必要な IPv4 グローバルアドレス数となりますので、算出結果に基づき申請を行ってください。

● 参考7 IPv4/IPv6グローバルアドレス接続のいずれの場合にも必要となる、セキュリティ機能について

セキュリティ機能については、「教育情報セキュリティポリシーに関するガイドライン」に記載があるとおり、プライベートアドレス及びグローバルアドレスのネットワークの境界にファイアウォールを設置する必要があります。設置したファイアウォールで、ステートフルファイアウォール機能を有効にすることで、プライベートアドレスからグローバルアドレスに対する通信の戻り通信は許可し、グローバルからの攻撃者端末による攻撃をブロックすることが可能になります。

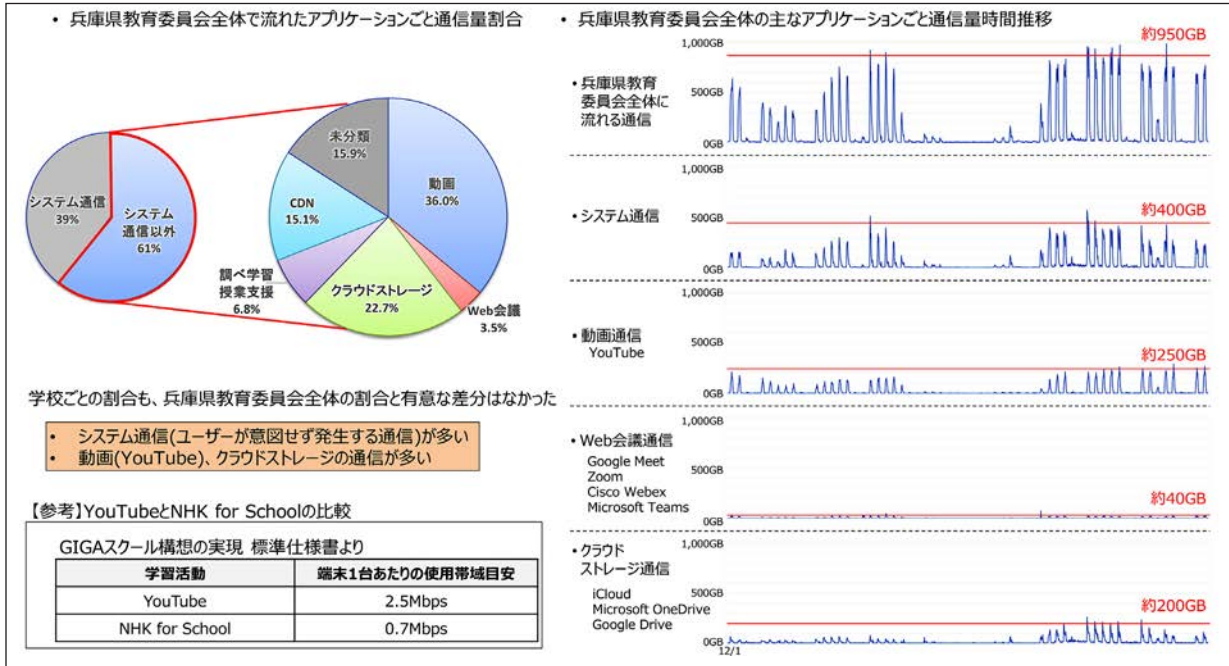
図 34 ステートフルファイアウォール機能



● 参考8 ④通信の振り分け検討

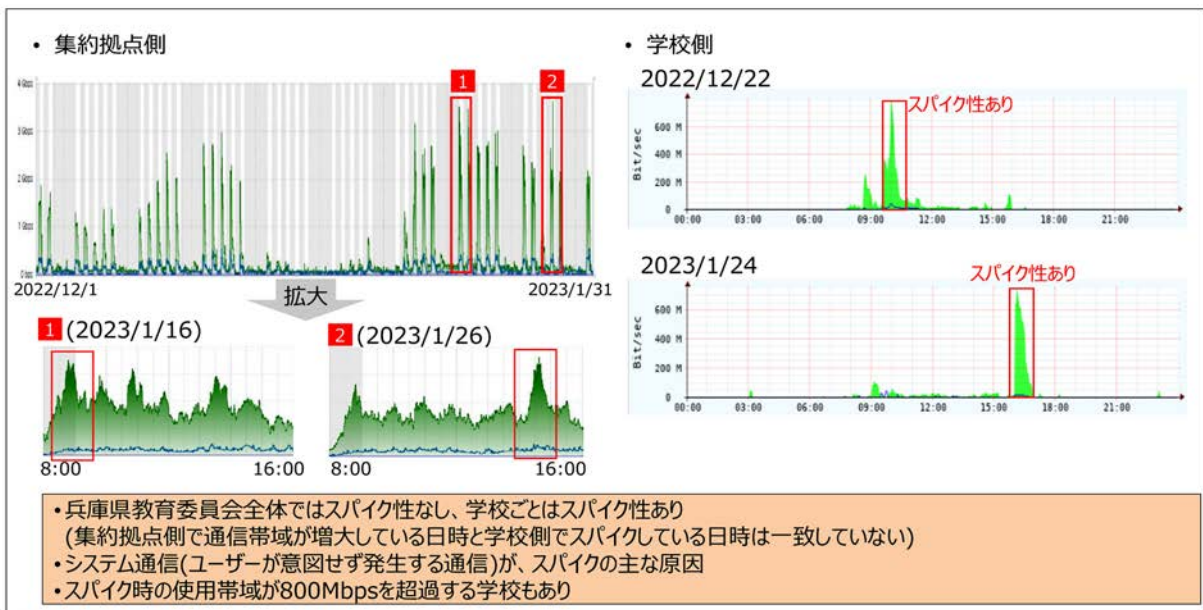
本事業においてはまず、アプリケーションごとの通信量割合について確認しました。実証結果では、アップデート等のユーザーが意図せず発生するシステム通信が約4割を占めています。またYouTubeやクラウドストレージの通信が多く、今回はこれらの通信をSINETに流しています(図35)。

図35 通信量が多かったアプリケーションカテゴリ



通信帯域について確認したところ、兵庫教育委員会全体では急激にトラフィックが上がるようなスパイク性のある通信は見られませんでした。しかし、学校ごとに確認してみると、一部の学校ではこのようにスパイク性のある通信があることがわかります(図36)。

図36 兵庫教育委員会における通信の特徴



● 参考9 プロキシ制御できない通信例

図 37 プロキシ制御できない通信例

【参考】 フィールド検証によって判明したプロキシ制御が不可能な通信

アプリケーションカテゴリ	制御できなかったアプリケーション通信
Web 会議	Google Meet、Zoom、Cisco Webex、Microsoft Teams の音声・映像通信
アップデート	Windows アップデート、iOS アップデートの通信全般

● 参考10 外部攻撃の変化

SINET 接続により高速大容量化した通信環境下において、外部からの攻撃の変化があるか検証を行いました。

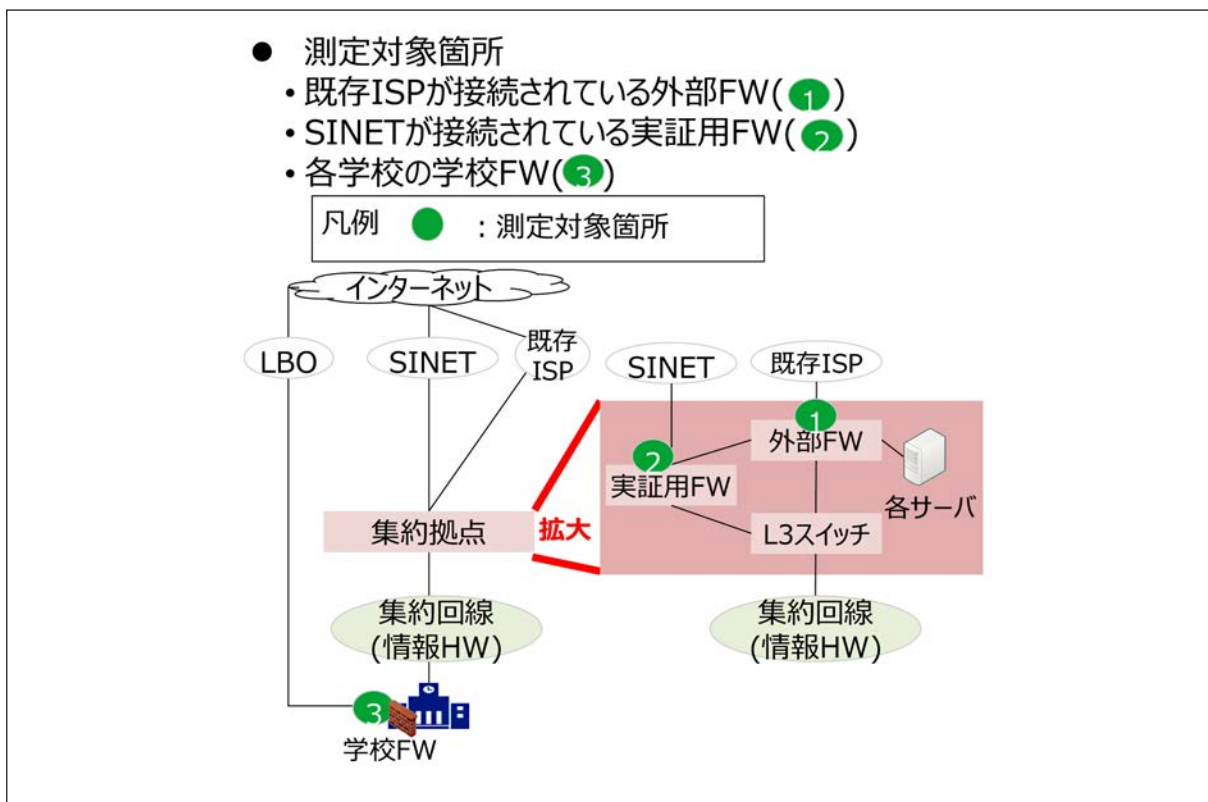
● 攻撃種別

以下の攻撃について観測を行いました。

- ICMP_Sweep：インターネット上にホストが存在するか ping によって確認
- UDP_Scan：ホストに対して、開放しているサービス（UDP）を確認
- TCP_Port_Scan：ホストに対して、開放しているサービス（TCP）を確認
- UDP_Flood：Dos 攻撃の一種
- ICMP_Flood：Dos 攻撃の一種

● 測定対象箇所（図 38）

図 38 測定箇所



● 参考10 外部攻撃の変化

● 測定結果

③学校FWに対する攻撃について、例として2022年4月は同一のグローバルIPアドレスに対して、最大83件の攻撃が観測されましたが、SINET接続後の2022年11月以降の観測結果を踏まえると、高速大容量化やグローバルIPアドレス増加に伴い、外部からの攻撃が増加することはありませんでした(図39)。

図39 測定結果

測定期間	測定箇所														
	udp_flood			udp_scan			icmp_sweep			tcp_port_scan			icmp_flood		
	外部FW (①)	実証用FW (②)	学校FW (③)	外部FW (①)	実証用FW (②)	学校FW (③)	外部FW (①)	実証用FW (②)	学校FW (③)	外部FW (①)	実証用FW (②)	学校FW (③)	外部FW (①)	実証用FW (②)	学校FW (③)
2022/4	2		1060	1		160	0		0	0		4	0		0
2022/5	1		1367	0		3	1		0	0		0	0		0
2022/6	1		1936	2		5	1		0	0		0	0		2
2022/7	10		1243	0		4	0		0	2		0	0		1
2022/8	21		994	0		0	1		0	1		1	0		0
2022/9	3		2271	0		150	0		0	0		5	0		4
2022/10	0		2234	0		3	0		0	0		0	0		20
2022/11	1	6	2026	0	10	3	0	0	0	2	0	1	0	0	7
2022/12	2	38	1152	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	4
2023/1	0	3	1621	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	10

● 参考11 フィールド検証によって得られた知見まとめ

フィールド検証を実施した際に発生した事象と得られた技術的な知見を示します。ネットワークの構成を検討する際に参考にしてください。

図40 フィールド検証によって得られた知見まとめ

NO	カテゴリ	発生した事象	得られた知見等
1	通信振り分け	✓ 3-1-6に記載のとおり、通信の振り分けを行う際、プロキシ制御(プロキシ経由 or グローバルIPアドレス宛てで振り分け)を計画したが、プロキシ経由に出来ないアプリケーション通信があり、想定通りの通信の振り分けが出来なかった	✓ プロキシ制御で振り分けを行う場合、アプリケーションごとにプロキシ制御可能かを確認・検証が必要
2	通信振り分け	✓ 学校FWでポリシーベースルーティング(ルーティング制御の一種)を実装・動作させたところ、学校FWが高負荷となった	✓ 学校内にエントリーモデルのルータやUTMを導入している場合は、設計変更の際、性能面の注意が必要
3	通信振り分け	✓ 通信の振り分け時に、同一アプリケーションからインターネットへの通信が複数経路に分かれたことで正常にアプリケーションが利用できない事象が発生	✓ 通信振り分け・通信切り替えを行う際は、授業や端末管理に利用されるアプリケーション一つの動作検証が必要 ✓ 特にアプリケーション活用方法が学校ごとに異なる可能性がある場合事前に可能な限りアプリケーションごとの利用可否を把握した上で、通信の振り分け・切り替え後の動作確認を行うことが必要
4	通信切り替え	✓ 通信切り替え後の動作確認において、利用できないアプリケーション(Web版Microsoft Teams)が発生し、原因調査を行ったが、調査の結果、切り替え前から利用出来ていなかったことが判明	
5	VPN接続	✓ 学校独自で導入している無線AP(2.4GHz帯)に接続していたため、SINET切り替え後も通信速度の改善が見られない事象が発生	✓ 学校独自に環境整備を行っている可能性も考慮して、各学校内のネットワーク環境の調査・把握を行い、必要に応じて機器の設定変更や適切な利用を周知することが必要
6	ログ分析	✓ 参考8に記載のとおり、フィールド全体及び学校ごとの通信量内訳分析結果では、ユーザーが意図しないシステム通信(OSアップデート等)が大きい割合を占めた	✓ 3-1-6に記載のとおり、通信の振り分けを行う場合、システム系通信を考慮するのが良い
7	ログ分析	✓ 参考8に記載のとおり、学校ごとの使用帯域はスパイクが見られ、多い学校で800Mbps以上(回線の帯域上限: 1Gbps)使用されていた	✓ 3-1-6に記載のとおり、NWアクセスメントを行う際は、集約拠点だけでなく、学校も対象とすることが大切 ✓ 通信振り分けを検討する場合、学校ごとの使用帯域にも着目した方が良い

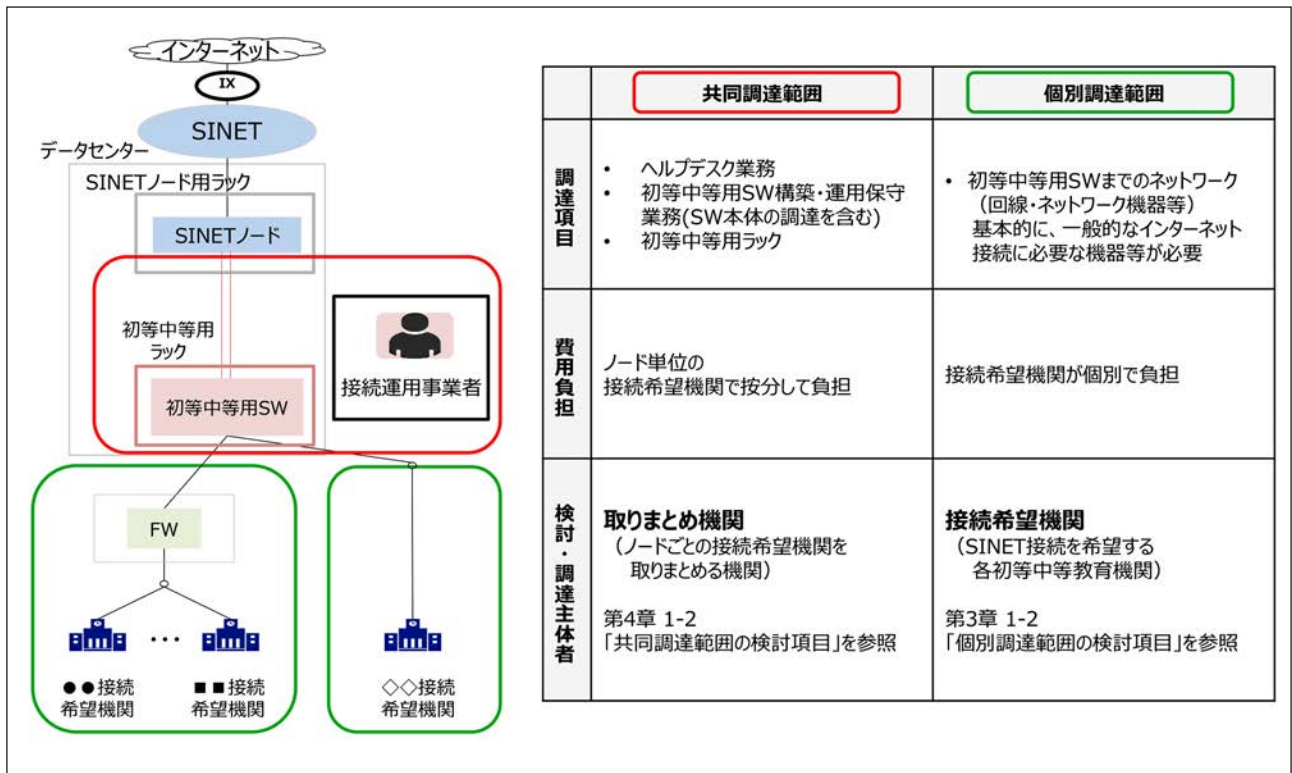
第4章 共同調達の流れ

共同調達について解説します

● 4-1-1 共同利用箇所と調達範囲について

SINETの接続にあたっては、接続運用事業者を設置するノード単位での加入となることから、加入機関に当たる接続運用事業者を接続希望機関にて共同調達を行います。接続運用事業者の具体的な業務は「ヘルプデスク業務」「初等中等用SWの構築運用保守(SW本体の機器調達やSWを設置するラックの調達)」となります。これらはノードごとに接続を希望する初等中等教育機関を取りまとめる、取りまとめ機関※26が中心となって共同調達を行います。一方で、初等中等用SWまでのネットワークや、接続に当たって必要となる設定変更作業等は、接続希望機関ごとの個別負担となります。共同調達範囲と個別調達範囲を図41に整理しましたので、調達範囲の理解に活用ください。

図41 共同調達範囲・個別調達範囲



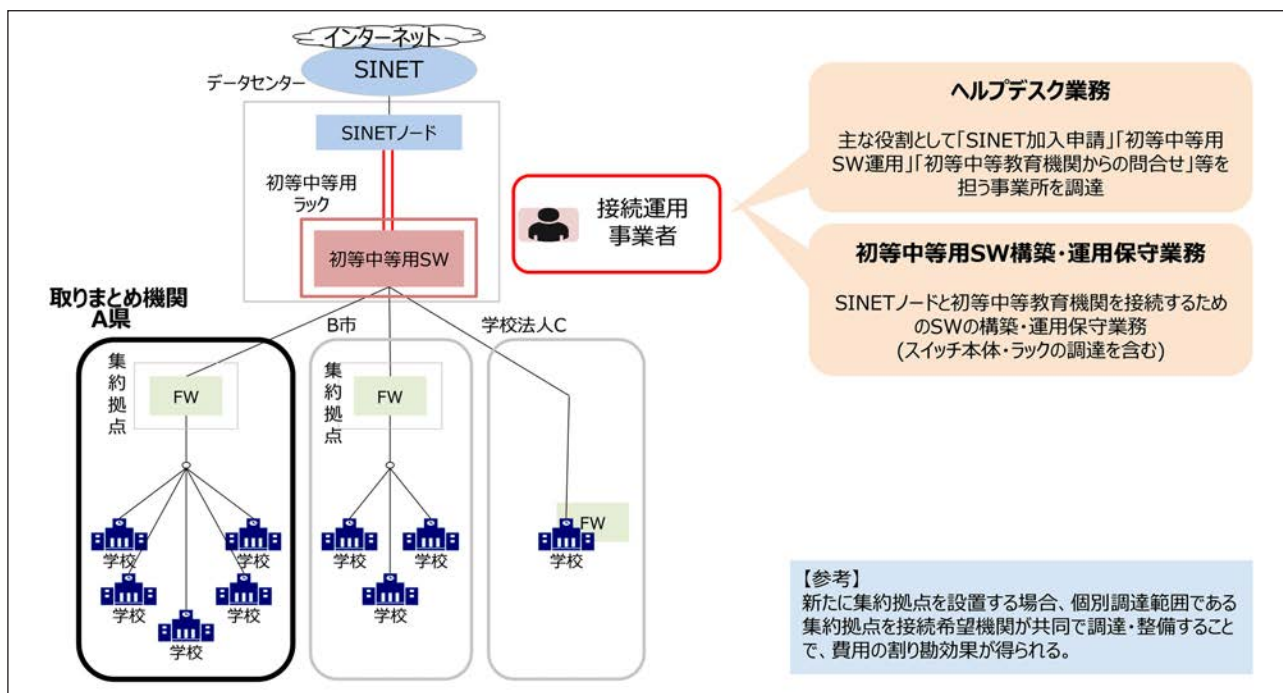
※26 取りまとめ機関:一つのSINETノードに複数の接続希望機関がある場合、SINETノードに設置が必要なSW等は、接続希望機関が共同で調達することを想定しており、共同調達の取りまとめを担う機関を指す。

● 4-1-2 共同調達範囲の検討項目

接続運用事業者は、NIIへの加入申請と取りまとめや初等中等用SWの運用、初等中等教育機関からの問合せ対応を担う「ヘルプデスク業務」と、SINETノードと初等中等教育機関を接続するためのSWの構築・運用保守を担う「初等中等用SW構築・運用保守業務」を行います。

取りまとめ機関は、接続運用事業者が実施する「ヘルプデスク業務」「初等中等用SW構築・運用保守業務」の仕様を取りまとめ、共同で調達を行ってください(図42)。なお、初等中等用SWの仕様については、次項にて解説します。

図 42 共同調達範囲



第 1 章
概要 (はじめに)
第 2 章
SINET 有効性の検討
第 3 章
個別調達検討の流れ

第 4 章
共同調達の流れ

第 5 章
スケジューリングモデル

第 6 章
SINET 導入の検証効果

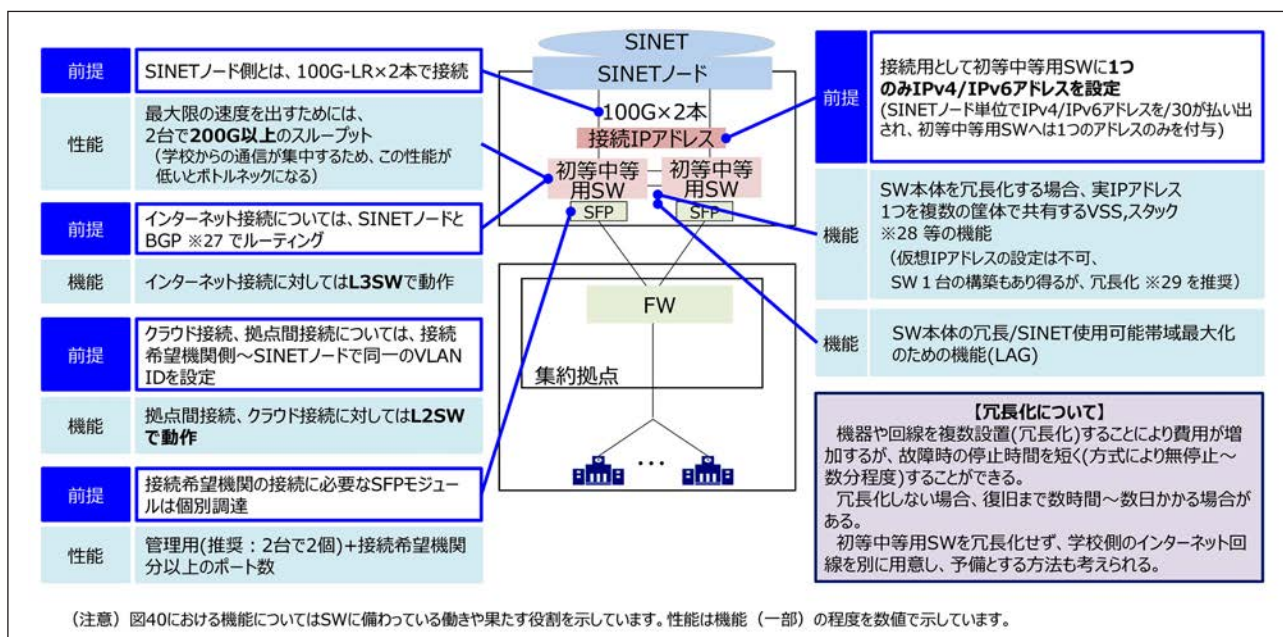
● 4-1-3 初等中等用SWの仕様

SINET との接続点になる初等中等用 SW について、前提となるネットワーク環境とそれに関連して必要となる機能や性能を整理しました。初等中等用 SW に必要となる機能・性能の前提を図 43 に示します。各ノードにおける接続希望機関数及び希望接続形態 (IP アドレス / 接続サービス) に応じて機器を選定し、共同調達を行う必要があります。

なお、SINET 側で定めている仕様については、「前提」という形で記載しております。これらの前提にしたがって必要な機能を示していますので、検討の際に活用してください。

取りまとめ機関にて共同調達を実施する初等中等用 SW について、現時点で想定される仕様書記載事項を表 5 に示しましたので、調達時に活用してください。

図 43 初等中等用 SW に必要な機能



※27 BGP(Border Gateway Protocol):異なるネットワーク同士を接続し、お互いの経路情報を交換しあうためのプロトコルのこと。
 ※28 VSS(Virtual Switching System)、スタック接続:複数の物理SWを仮想的に1台に見なす技術のこと。スタック接続とは、複数のSWを専用のポート及びケーブルを介して連結し、論理的に一台の大きなSWとして動作させること。
 ※29 冗長化:機器や回線を複数設置し、一部が故障しても、動作を継続できるようにすること。

表5 初等中等用 SW の仕様 (例)

区分	概要	内容
物理	サイズ	19インチラックに付属のマウントキットで搭載できること(必須) 1台の機器につき、1ユニット以下であること(必須)
	電源	100V/200V両方に対応していること 冗長電源であること 片方の電源から給電が止まっても、無停止で性能低下なく機能提供できること
		インターフェース
	初等中等教育機関接続用 1~10Gbpsインターフェースが20ポート以上あること 全てのインターフェースがSFPモジュールで接続できること 1~10Gbpsインターフェースは、光・RJ-45両方に対応していること	
	性能	200Gbps以上のスループットを要すること
L2機能	-	L2スイッチとして利用できること(必須) LAG(LACP)構成できること
L3機能	ルーティングプロトコル	動的ルーティングプロトコル(BGP)ができること(必須) 静的ルーティングプロトコル(スタティックルーティング)ができること ポリシーベースルーティングができること
	BGP	EBGPピアを確立できること(必須) 別ルーティングプロトコルで学習した経路情報を再配布できること ACL等で広告するネットワーク範囲を制限できること
冗長機能	SW仮想化	2台のSWを仮想化して1台のSWとして運用できること
監視・運用	遠隔操作	遠隔地の運用端末からSSH、HTTPS等の暗号化された通信で機器の遠隔操作ができること 遠隔地から機器OSのアップデート作業ができること
	監視	死活監視できること リソース監視(SNMPポーリング等)できること 故障検知(SNMPTrap)できること ログ監視(Syslog)および、ログ転送できること
保守	機器保守	オンサイト保守があること

4-1-4 共同調達範囲の費用按分

初等中等用 SW 構築、保守運用業務、ヘルプデスク業務に関わる費用の按分については、共同調達を実施する単位で決定します。共同調達に関わる費用の項目は図42に記載していますので、ご参照ください。

また、インターネットエクスチェンジ (IX) については、NII が3年ごとに契約を更新しているため、令和7年の契約時に SINET 接続希望機関である接続運用事業者が、NII との共同調達に参加する形で費用が発生する点にご留意ください。共同調達範囲の費用按分に関する考え方を図44に、発生する費用と請求タイミング等を表6に示しましたのでご参照ください。

図44 共同調達範囲の費用按分に関する考え方

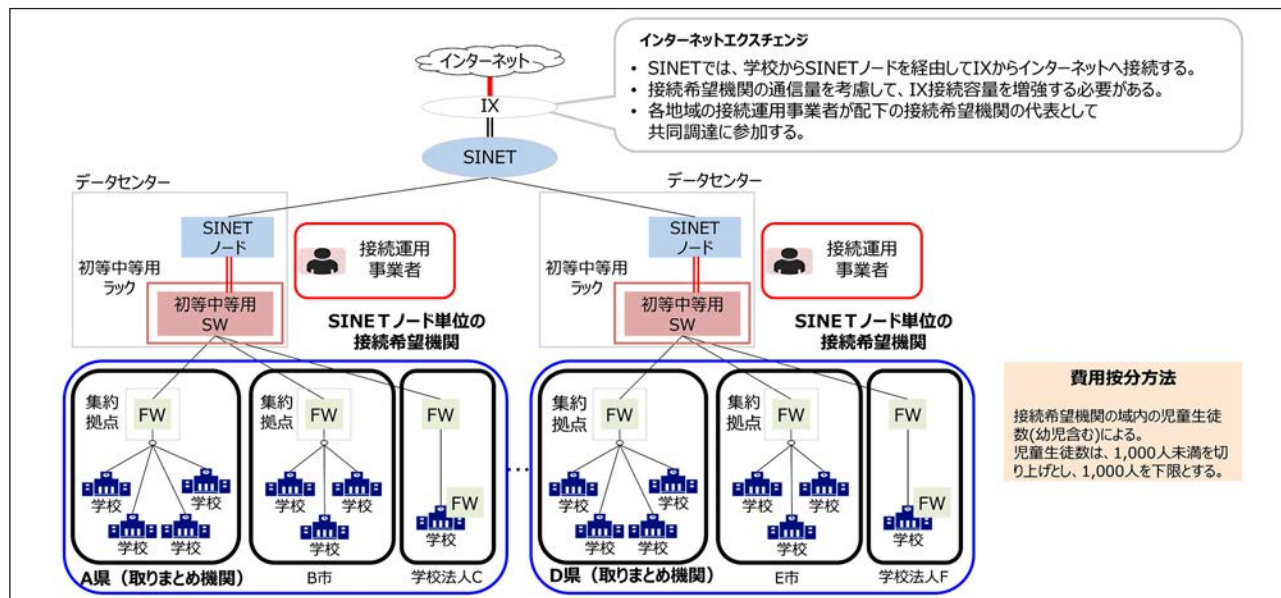


表6 費用項目と請求タイミング

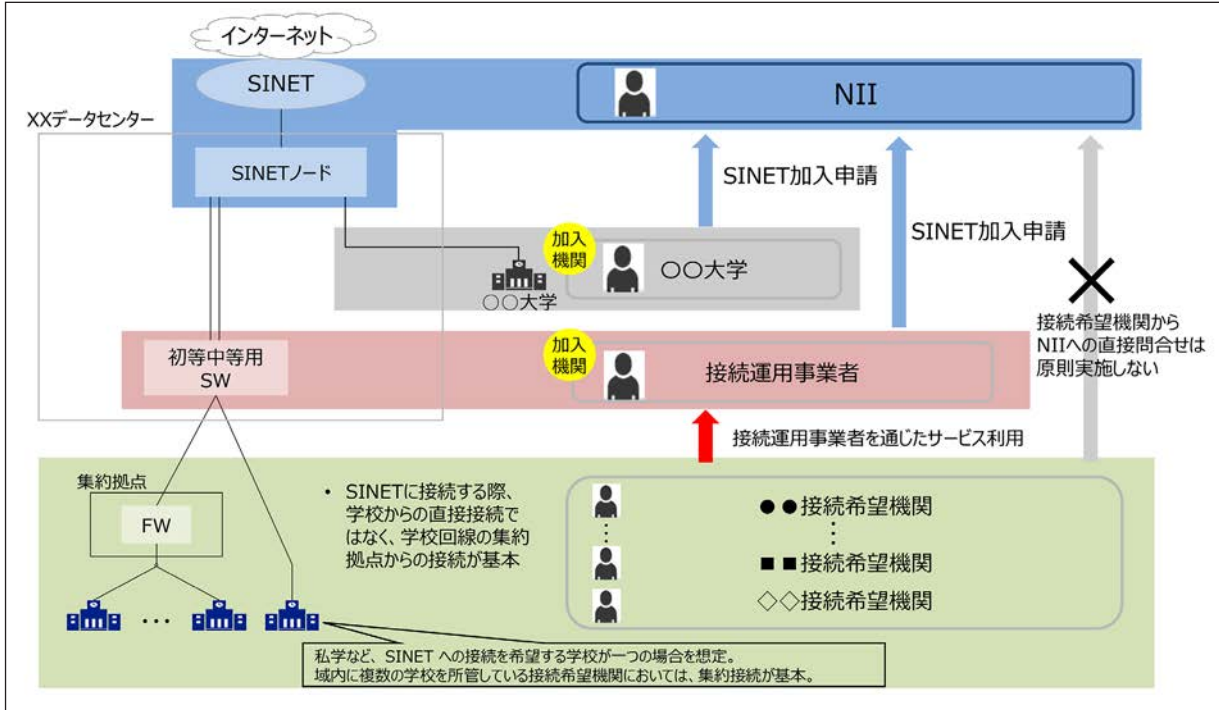
費用項目	費用按分対象者	費用請求タイミング
インターネットエクスチェンジ(IX)	NII + 全国の接続希望機関	令和7年度~ IX契約が3年ごとであり、令和7年度~令和9年度の契約時に、各地域の接続運用事業者がNIIとの共同調達に参加し、費用が発生
初等中等用SW構築事業者の運用費用 接続運用事業者の運用費用	SINETノード単位の各接続希望機関	令和6年度~ 各接続希望機関は、SINETの接続開始時期に関わらず、令和6年度から費用が発生

● 参考12 接続運用事業者とは？

SINETの初等中等教育機関への開放においては、接続希望機関ではなく、接続運用事業者が、SINET加入機関となります。また、NIIが運用するネットワーク機器へ直接接続するのではなく、初等中等用SWを経由して接続することになります。このため接続希望機関は、接続運用事業者をSINETノードごとに調達・設置する必要があります(図45)。

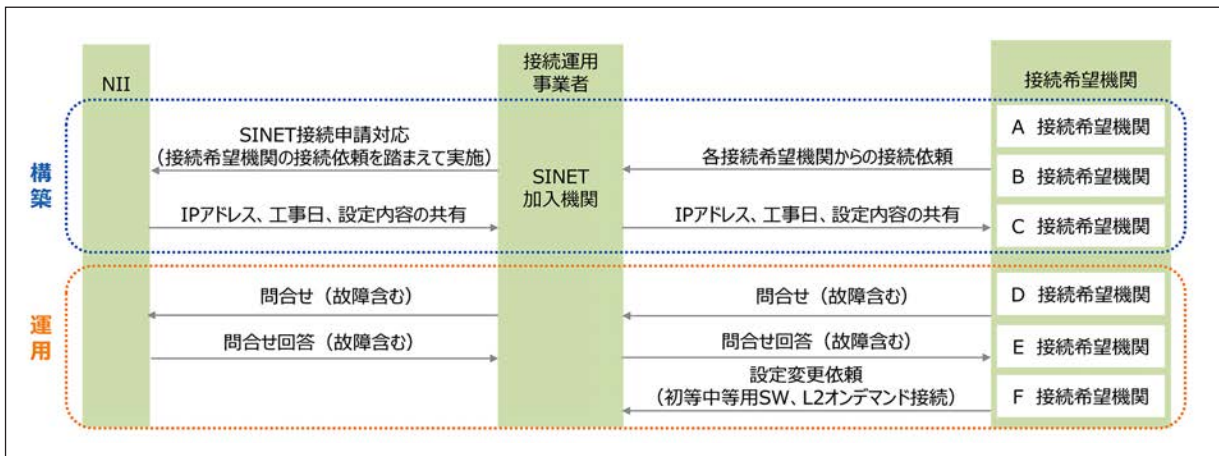
なお、初等中等用SWは設計上、接続希望機関の数に関わらず、すべてのノードで必要となります。

図45 接続運用事業者の設置



また、接続運用事業者は、接続希望機関からのサービス利用申請、問合せ対応等を一元的に請け負うほか、閉域網接続の設定やIPアドレスの払い出しなどSINETに関わる運用などの業務を担うこととなります(図46)。そのため、NIIとのやり取りは接続運用事業者が担当し、初等中等教育機関からの直接の連絡は原則行わない点にご留意ください。

図46 構築・運用時のフロー



● 参考13 接続運用事業者の役割

接続運用事業者では、ヘルプデスク業務として、初等中等教育機関からの問合せ対応のほか、閉域網接続の設定やIPアドレスの払い出しなどSINETに関わる運用業務、IXの共同調達への参加などの業務を担います(表7)。

表7 接続運用事業者の業務

凡例 ○:必須、○:推奨

大項目	中項目	内容	重要度
SINET申請対応	NIIへの申請業務	加入申請、データセンター住所問合せ、サービス利用申請	○
初等中等用SW運用	設定	IPdual接続(インターネット接続)、L2オンデマンド接続(拠点間の閉域接続、クラウドとの閉域接続)	○
	監視	死活監視、リソース監視、故障検知、ログ監視	○
	その他	IPv4・v6アドレスの払い出し・管理、VLAN払い出し・管理、ラック解錠対応、初等中等用ラック及びDC運用状況の管理	○
問合せ	故障対応	原因特定(NII・参加機関とのやり取り含む)、代替機との交換対応、機器再起動	○
	各ノードの接続希望機関からの問合せ対応	接続希望機関からのSINET全般に関する問合せ対応(接続希望機関からNIIへの直接のやり取りはNG)	○
費用請求窓口	IXの共同調達	IX接続の共同調達、費用請求・支払対応	○

※ NII とのやり取りは接続運用事業者が担当し、初等中等教育機関からの直接の連絡は原則行わない。

接続運用事業者の実施する業務の流れを示します。

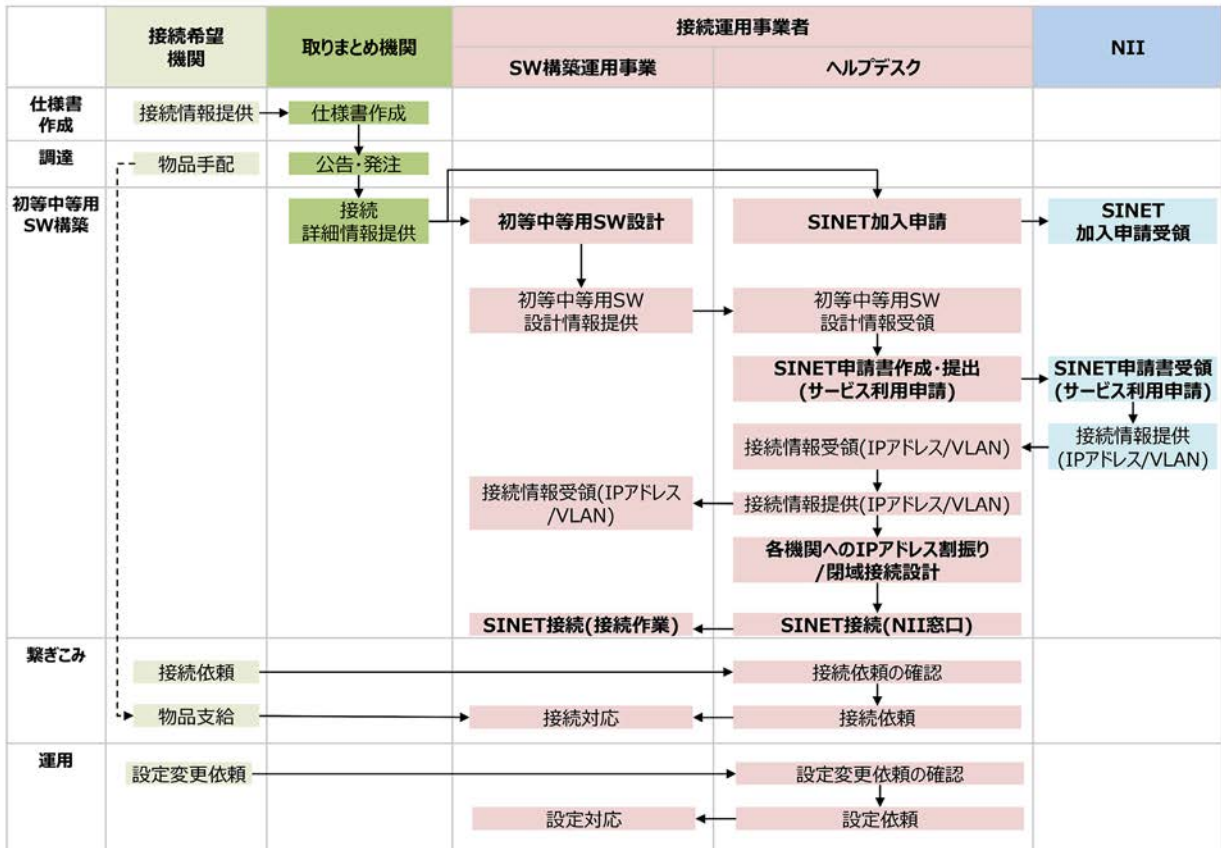
取りまとめ機関によって調達された接続運用事業者は接続希望機関がSINETを利用できるようにSINETへの(1)加入、(2)利用申請、(3)接続を行います。

- (1) 接続運用事業者は接続希望機関から提供された接続詳細情報を基に、NIIへSINETの加入申請を行います。
- (2) 接続希望機関からのSINET提供サービスの利用要望を踏まえ、初等中等用SWの設計をするとともに、それらの情報を基にSINET申請書の作成及びNIIへの提出(サービス利用申請)を実施します。その後、NIIから接続希望機関がSINETへ接続するための接続情報(IPアドレス/VLAN)が提供されます。
- (3) ヘルプデスクはNIIから提供された接続情報をSW構築運用事業者に渡すとともに、各機関へのIPアドレス割り振り及び閉域接続設計を実施します。構築時は、ヘルプデスクとNIIが連携してSINETノードに接続します。SINET接続後は、接続希望機関からの依頼に基づき接続の対応や設定変更対応を行います。

接続運用事業者が実施する、各接続希望機関からの問合せ対応、閉域網接続の設定やIPアドレスの払い出しなどの業務において、接続希望機関・取りまとめ機関・接続運用事業者・NIIそれぞれの関係性を踏まえて、運用までのフローを(図47)にて示しますので、業務範囲の把握にお役立てください。

● 参考14 接続運用事業者の実施する業務運用フロー

図 47 接続運用事業者の実施する業務運用フロー（案）



第5章 調達までのスケジュールモデル

個別調達、共同調達に関するスケジュールを例示します

● 5-1-1 スケジュールモデル

SINET 接続までのスケジュールモデルを図 48 に示します。共同調達部分の構築後、各接続希望機関が初等中等用 SW に接続を行い、運用開始となります。

例えば、令和 6 年 9 月に接続希望機関が SINET へ接続できる状態にするためには令和 5 年度中に調達等を進め、令和 6 年度に入ったらすぐに契約等を進める必要があります。

参加を希望されている初等中等教育機関の皆様方におかれましては、令和 5 年度から具体的な検討を行い、共同調達の準備を進めてください。

図 48 SINET 接続までのスケジュールモデル

分類	項目	詳細	N-8月	N-7月	N-6月	N-5月	N-4月	N-3月	N-2月	N-1月	N月
共同調達部分	構成検討・設計	全体設計	→								運用開始
	NIIへの申請	加入申請及びサービス利用申請の実施			→						
	要件整理	ヘルプデスク手配			→	→	→	→			
	構築	初等中等用SW手配			→	→	→	→	→		
		初等中等用ラック手配				→	→	→	→		
		構内配線手配				→	→	→	→		
SINETパッチパネルへの繋ぎこみ								→			
個別調達部分	構成検討・設計	全体設計	→								構築
	構築	接続希望機関側設備の構成変更	共同利用部分の全体設計と一部並行								
		アクセス回線手配 (接続希望機関集約拠点～初等中等用SW)			→	→	→	→	→		
		初等中等用SWへの繋ぎこみ							→		

(注意) 初等中等用SW手配：半導体不足の影響等も踏まえ、初等中等用SWの納期はメーカへ事前に要相談（初等中等用SW接続用モジュールは各接続希望機関で整備）
 初等中等用ラック手配：初等中等用ラックの納期はDC毎に異なるため事業者へ要相談
 アクセス回線手配：回線種別（ベストエフォート/ギャランティ）や帯域により納期が異なるため事業者へ事前に要相談（ギャランティ回線の場合半年ほどかかる可能性もあり）

第6章 SINET 導入の検証効果

◎ 6-1 教育的効果の検証について

SINET接続による高速大容量なネットワークの教育的活用と効果についてまとめました。

本事業では、大規模自治体における一定数の学校が SINET に接続した場合の通信に関する技術的な検証及び教育的効果の実証事業を行いました。

◎ 6-1-1 実証の背景と目的

●実証地域の現状

本事業に参画した兵庫県教育委員会には、県立学校 163 校（高等学校 135 校、特別支援学校 27 校、中等教育学校 1 校）の学校が存在し、約 86,000 名の生徒が在籍しています。GIGA スクール構想を踏まえ、教育用端末約 69,000 台（うち、BYOD 端末約 28,000 台を含む）を整備し、Microsoft 365 や Google Workspace などの教育クラウドサービスを全校で利用しています。また、教育クラウドサービスの利用に加え、その他学習アプリ（ロイロノート、スタディサプリ、電子辞書・辞典アプリ DONGRI 等）を活用した授業を実施しています。

●ネットワーク面での現状と課題

兵庫県教育委員会では、令和 6 年度には教育用端末の利用数が約 100,000 台まで増加し、通信トラフィックも比例して増加することが懸念されます。センター集約型のネットワークとローカルブレイクアウトを併用したネットワーク構成を取っていますが、BYOD 導入により、利用アプリや利用内容の多様化に合わせ、通信先も多様化しており、現状の通信環境のみでは調達コストと通信量・品質のバランスを含め限界となっています。そこで、端末の整備数や授業等での活用率の増加に対応するために、ネットワークの拡充として SINET 接続を検討することとなりました。

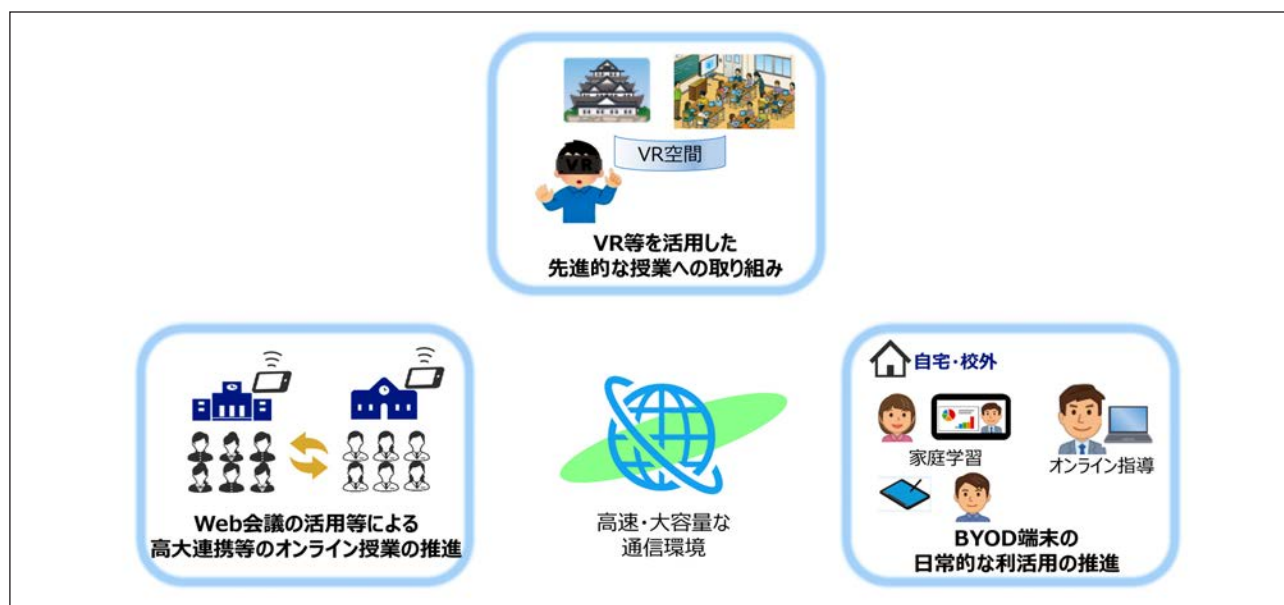
●SINET 接続を実施する目的

インターネット接続点の高速大容量化と、それによる先進的な ICT 教育を実施すること

●SINET 接続によって目指す姿

- ・ BYOD 端末の日常的な利活用の推進
- ・ Web 会議の活用等による高大連携等のオンライン授業の推進
- ・ VR 等を活用した先進的な学びへの取り組み

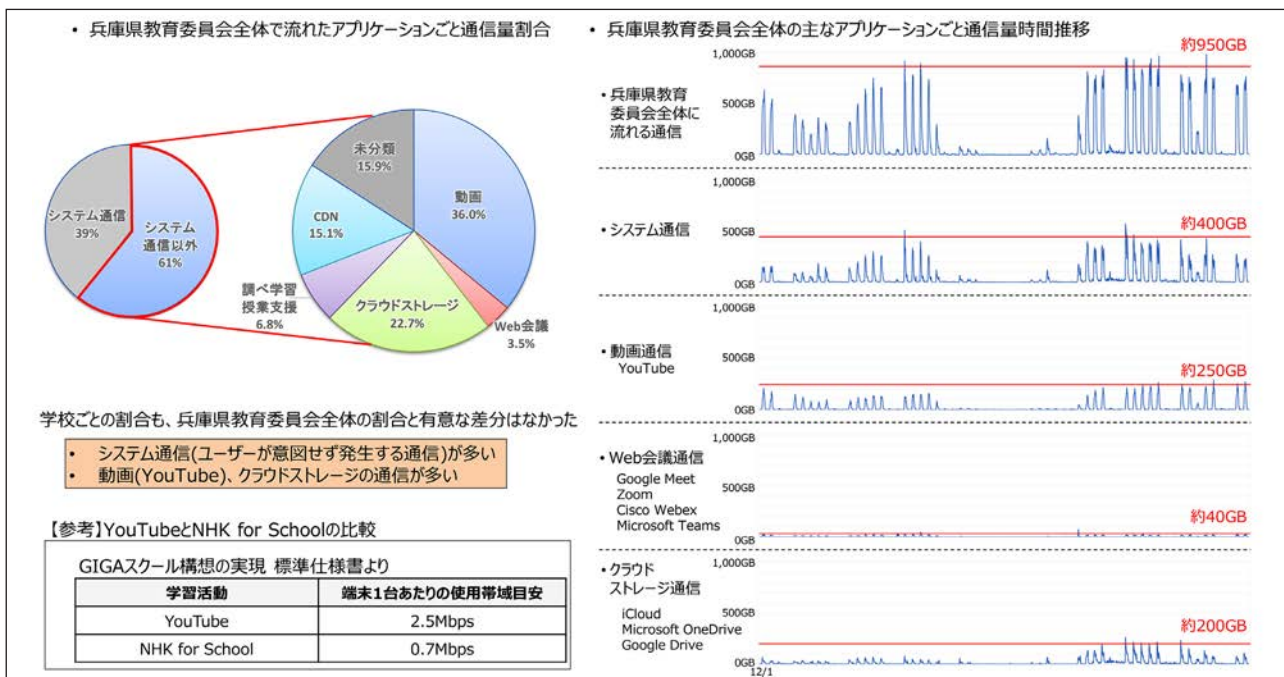
図 49 SINET 接続によって目指す姿



●兵庫県教育委員会における通信の特徴

兵庫県教育委員会では OS やアプリケーションのアップデート等、ユーザーが意図せず発生するシステム通信が約4割を占めています。また YouTube やクラウドストレージの通信が多いことが特長としてあげられます (図 50)。

図 50 (再掲) 通信量が多かったアプリケーションカテゴリ



● 6-1-2 実証概要

本事業では、3校において次のとおり実証授業を行いました(表8)。

表8 実証概要

	篠山鳳鳴高等学校	加古川東高等学校	神戸鈴蘭台高等学校	
【検証テーマ】				
テーマ	高大連携での授業の実施	VR活用した授業の実施	1人1台端末とWebコンテンツ等を用いた授業の実施	
内容	総合的な探究の時間継続的に実施している神戸大学との高大連携での授業の中でWeb会議を活用	STEAM教育情報授業の一環として3D空間を作成しVRを活用したバーチャル文化祭を行う	デジタルドリルやYouTube等の活用	
目的	生徒の顔を映した状態でオンライン授業を行い、通信環境に負荷をかけ、日常的な授業におけるオンライン授業の有用性を検証	先進的な大容量コンテンツの日常的活用に向けた検証	ストレスなく授業を実施できる日常的なコンテンツ活用に向けた大容量環境の検証	
【検証方法】				
授業実施日	10/5~11/30 毎週水曜日実施 (10/12,11/30訪問)	11/17 (公開授業実施予定)	- (日常的な授業で利用)	
アンケート	概要	SINET接続前及びSINET接続後に教職員および生徒にアンケートを取得し、高速大容量通信に移行した際の、端末の活用頻度や授業内容の変化を検証する		
	期間	接続前	2022年9月7日~2022年9月24日	
		接続後	2022年12月12日~2023年1月18日	
	人数	教職員	23名	29名
生徒		87名	108名	240名

◎ 6-2 篠山鳳鳴高等学校におけるSINET接続の検証結果

高大連携で行っている総合的な探究の時間において、一人一人が自分の端末を使いカメラをONにした状態でオンライン接続した授業を実施し、ネットワーク負荷が高い環境下でのSINET接続による効果を検証しました。

◎ 6-2-1 検証内容

● 検証内容「高大連携で行う総合的な探究の時間の実施」

【背景】

篠山鳳鳴高等学校では、総合的な探究の時間として「SNSと心の健康」「夢は操れるのか」「物忘れと付き合いには」などのテーマを選定し、研究・最終報告を行っています。高い専門性と深い知識が必要とされることから、日常的に神戸大学の清水准教授と連携した授業を行っています。授業は、講師のスケジュールにより、オンライン授業と対面授業を組み合わせながら実施してきました。

これまでのオンライン授業では、教職員の端末1台で教室全体を映して実施していたため、生徒たちの表情や理解度を把握しづらい等の課題がありました。

【目的】

生徒一人一人が自分の端末のカメラをONにし、顔を映した状態でオンライン授業を行うことによって、ネットワーク負荷が高い通信環境下でのSINET接続における教育的効果を検証します。

【詳細】

総合的な探究の時間の一環として10月から11月にかけて実施される「問いの立て方」の授業の中で、Google Meetを使用して神戸大学とのオンライン授業を実施し、課題発見力・調べる力の醸成、情報収集・仮説検証の方法を学びました(表9)

使用端末数 生徒：37台 教職員：2台

表9 オンライン授業実施内容とスケジュール

日程	授業	内容	利用アプリ
10/5	個別作業 リサーチクエスト	・個人/グループワークによる調べ学習	・Google Workspace
10/12	オンライン授業：20分 講義	・参加者全員(生徒・教職員・清水准教授)がカメラON状態で講義を実施 ・清水准教授からGoogle Meetで説明資料を画面共有	・Google Meet
	個別作業：20分 グループワーク	・付箋を用いたグループワークを実施 ・1グループ3~4人	・Webブラウザ ・Google Workspace
	オンライン授業：10分 ディスカッション	・ディスカッションするグループの生徒は自身の端末でGoogle Meetに接続し画面共有で資料を提示(ディスカッションは1グループのみ) ・他の生徒はグループワークを実施	・Google Meet ・Google Workspace ・Webブラウザ
10/26 11/2 11/9	個別作業 リサーチクエスト	・発表用の資料作成を実施 ・中間発表として、クラス内で報告会の実施	・Google Workspace
11/30	対面授業 クラス内発表	・清水准教授が現地訪問し、発表会を実施 ・研究内容をGoogle Slidesを用いて発表 ・Google Formを用いて発表に対してフィードバック	・Google Form

【講師紹介】

清水 夏樹 (シミズ ナツキ) 准教授

所属 : 神戸大学 大学院農業研究科 食料共生システム学専攻

学位 : 博士(農学)

研究分野等 : 食料・農学 / 地域環境工学、農村計画学

【結果】

- 1人1台端末で同時に Web 会議にアクセスした際の篠山鳳鳴高等学校のアクセスの回線における通信帯域は約 40Mbps であった。
- Web 会議の音声設定に数分程度時間を要したが、設定後は円滑に講義を受けることができた。
- 20 分間のグループワークは、清水准教授と Web 会議を接続し続けた状態で実施し、生徒が質疑をしたいタイミングで自発的に質問を行っていた。
- アイデア出しでは思いついたものを付箋紙に書き出してから分類するアナログならではのグループワークと、端末を用いた情報収集や画面共有などデジタルならではのグループワークが行われ、テーマの絞り込みに向けた有意義なディスカッションが行われていた。

図 51 授業風景



▲生徒がビデオ ON でオンライン授業に参加している様子



▲清水准教授のアドバイスをグループで聞く様子

【オンライン授業で感じたメリット】

- 時間や場所の制限を受けないため、大学教授など専門性を持った外部の人と連携しやすくなった。
- 高速大容量環境の利用により、1人1台端末のカメラを ON にしたオンライン授業が日常的に可能となったため、より柔軟な授業設計が可能になった。

【オンライン授業に対するコメント】

- 対面とオンラインの授業によるコミュニケーションの質に差分はないと考えるが、オンラインでも安心して授業を行うためには、事前に対面で関係性を構築しておく方が良いと考える。
- ビデオ機能を ON にした状態でオンライン授業を実施することは、相手の様子が見え、より深いコミュニケーションを行うことができ、双方の深まりが期待できる。
- 教室内で複数のグループが同時にディスカッションを行う際は、グループ単位で接続することで、円滑なコミュニケーションが実現でき、対面と同じようにグループ学習の指導が行えた。

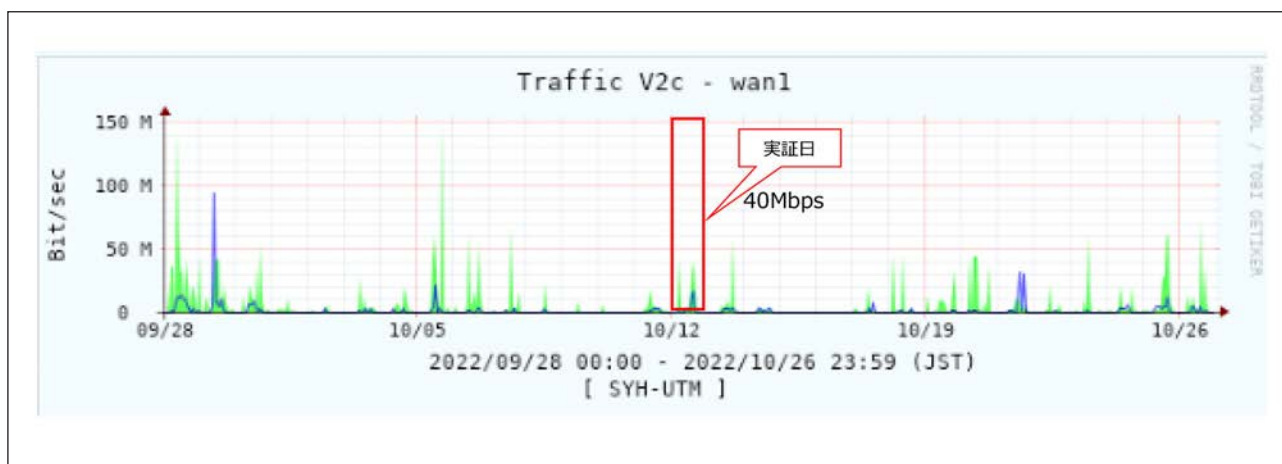
● 6-2-2 ログ結果

篠山鳳鳴高等学校の2週間分(9/28~10/26)の通信帯域のグラフを図52に示します。

実証期間中の通信状況を確認すると、Google Meet を使用してオンライン授業を行ったタイミングで、篠山鳳鳴高等学校のアクセスの回線の通信帯域は最大 40Mbps の通信速度でした。

オンライン授業の前後2週間という長い期間で通信状況の推移を確認したところ、Google Meet を使用したオンライン授業のタイミングで、通信帯域が突出して増大しているとは言えず、日常使いの範囲内であると言えます。高速大容量な通信環境があれば、生徒が1人1台端末のカメラをONにした状態でGoogle Meet を使用した授業を複数クラスで同時に行うことが可能であることがわかりました。

図 52 篠山鳳鳴高等学校_2週間の通信帯域の変化



● 6-2-3 インタビュー・アンケート結果

総合的な探究の時間の授業に関わった教職員及び、清水准教授にインタビューを実施し、教育的効果を確認しました。

【教職員が感じた教育的効果】

- ICTのメリットは、協働学習における時間や場所の制限を受けないことだと考えている。
1人1台端末を活用すれば、生徒は自身が制作したスライドに対する教職員のコメントを自宅からでも確認することが出来るなど、いつでも・どこでも学習を進めることができる。
- 本授業ではビデオ機能をONにした状態でオンライン授業を実施したが、相手の様子が見えることでより深いコミュニケーションを行うことができ、問いの深まりが期待できると感じた。技術的なトラブルも特に発生しなかった。
- 時間の制限も少ないため、オンライン授業を日常的に活用し、外部講師にも参加頂きながら高大連携で探究のサイクルを回していきたいと考えている。
- 海外とのオンライン授業も実施しており、これまでは交流がメインであったが、今後は共同作業等も実施したい。

【清水准教授（外部講師）が感じた教育的効果】

- オンライン授業のメリットとして、時間の制約を受けにくいことがあげられる。生徒が外部インタビューを行う際にオンラインで繋いでもらえばその場でアドバイス等を実施することができる。また、コミュニケーションが取りやすいことがあげられる。総合的な探究の時間では教室内で複数のグループが同時にディスカッションを行うため、教室では大きい声でゆっくりと話す必要があるが、オンラインではその必要がない。各グループや個人との接続により個に応じた学習も行える。
- 恥ずかしい等の理由により、ビデオ機能を用いた顔が見える状況でのコミュニケーションは消極的な生徒も見受けられたが、オンライン授業を実施する前に対面で授業を実施し、お互いの顔と名前を一致させることで、オンラインでも安心して会話ができると考えている。
- 今後はビデオ機能による顔が見える状態でのコミュニケーションに加え、ホワイトボード機能等を活用して、説明内容を図示する等、様々な工夫をしてさらに活用したい。

【生徒に実施した授業後アンケート】

- 「ICTを活用し、今後どのようなことに取り組んでいきたいですか。」という設問に対して、下記のような声が寄せられました。
- 情報収集が素早くできるようになったので、効率よく学習をできるように取り組んでいきたい。
 - わからないことや興味を持ったことには積極的にICTを活用していきたい。
 - 今後、ICTを利用することで人々の意見が集めやすくなると思うので様々な問題を見つけ、社会に役立つことを少しでもできたらいいと思う。そして自分の生活を便利にできたらいいなとも思う。
 - ICTの活用により自分の考えを発展させることができ、より良い思考に近づくことができるのでこれを利用して社会に貢献したい。

◎ 6-3 加古川東高等学校におけるSINET接続の検証結果

情報の授業の中でVR空間の制作を実施し、ネットワーク負荷が高い取り組みによるSINET接続による効果を検証しました。

◎ 6-3-1 検証内容

● 検証内容「VRを活用した授業の実施」

【背景】

加古川東高等学校では、STEAM教育として異なる分野を総合的に学習し、文理を横断した複眼的視野により創造力や課題解決能力を高める教育を実施しており、VR接続機器を20台保有しています。情報の授業ではインターネット上のコンテンツを活用したVR空間の体験を実施していましたが、生徒自身によるVR空間の作成や活用を今後どのように授業内で実現するかという課題がありました。

【目的】

先進的な技術の一つであるVRを授業に取り入れることで、どれぐらいの通信量が発生するのか、生徒へどのような影響を与えることができるのか等を確認することで、SINET接続による高速大容量な通信環境下での教育的効果を検証します。

【詳細】

令和5年度より開始される「情報Ⅱ」の授業を考慮し、生徒へ「伝えたいことに応じて情報技術を活用すること」を体験させるために、情報授業の一環として3D空間を作成、VRを活用したバーチャル文化祭を実施しました(表10、図53)。

表10 VRを活用した授業の実施内容とスケジュール

授業	時間 [分]	内容	通信
オープニング	3	講師陣自己紹介	-
3D空間とは	4	アイズブレイクと3Dの基礎的知識の座学	-
DOORの世界を体験	6	入室方法、操作方法を実際にパソコンおよびVRゴーグルを用いて実施	大容量通信発生(下り)
クラフトルームのお手本体験	4	製作体験に進む前に講師のお手本ルーを体験し、DOORの世界がどのように構成されているかを学習	-
クラフトルームの操作説明	20	基本的な操作方法を実際に操作しながら習得	大容量通信発生(下り)
自由制作「バーチャル文化祭」	45	クラフトルームを使ってルームの制作体験	大容量通信発生(上下)
作品発表	12	生徒の代表作品を紹介 制作上の工夫や気づきを共有	大容量通信発生(下り)
おさらい・活用事例紹介	4	その他の3Dプラットフォームについても紹介し、今後の高度化の可能性について言及	-
クロージング	2	後の期待と挨拶	-

図53 授業風景

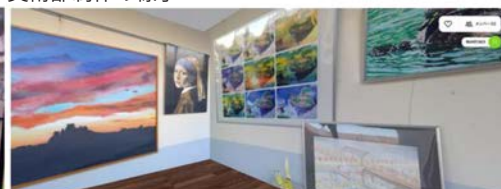


▼ 授業に参加した生徒が作成したVR空間

クラス様子の紹介



美術部制作の様子



【結果】

- 大きいトラフィックが流れた VR 環境の読込シーンにおいて、加古川東高等学校のアクセス回線の通信帯域は約 80Mbps であったが、ダウンロードに時間を要した生徒が数名おり、SINET 以外の要因によるネットワーク改善も検討が必要である。
- 生徒たちは自ら操作方法を模索し、3D 空間の制作に取り組んでいた。
- 生徒同士で操作方法を教えあう場面も見られた。
- 実空間の再現性を追求し、オブジェクトの配置に試行錯誤する姿が見られた。

【VR 活用で感じたメリット】

- 生徒が受け身ではなく、いきいきと取り組んでいる様子であった。
- 授業の幅、授業で取り入れるソフトウェアの幅が広がると感じた。

【VR 活用に対するコメント】

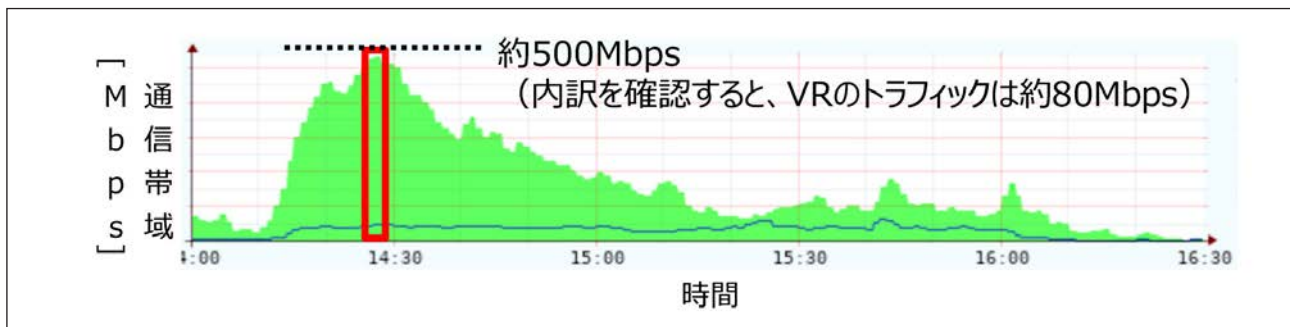
- VR 活用が初めての場合は想定外の事態が発生した際に、40 名の生徒を数名の講師で対応することが難しい。
- 3D 空間の制作は難しいと感じたが、同時におもしろいとも感じた。
- 外部講師による先進的な授業はとても楽しかった。
- 今後も機会があれば先進的な授業を受けたい。モノづくりやプログラム制作等に興味がある。

● 6-3-2 ログ結果

加古川東高等学校の実証授業のタイミングでの通信帯域のグラフを図 54 に示します。

VR を活用した授業のタイミングで通信帯域の増大が見られましたが、その内訳を確認すると VR の通信は約 80Mbps でした。1 台あたりの通信帯域は約 2Mbps であるため、VR を活用した授業を行うことで通信量が増加することが明らかとなり、将来的に安定的かつ日常的に VR を活用した授業を行うためには高速大容量な通信が必要であると言えます。

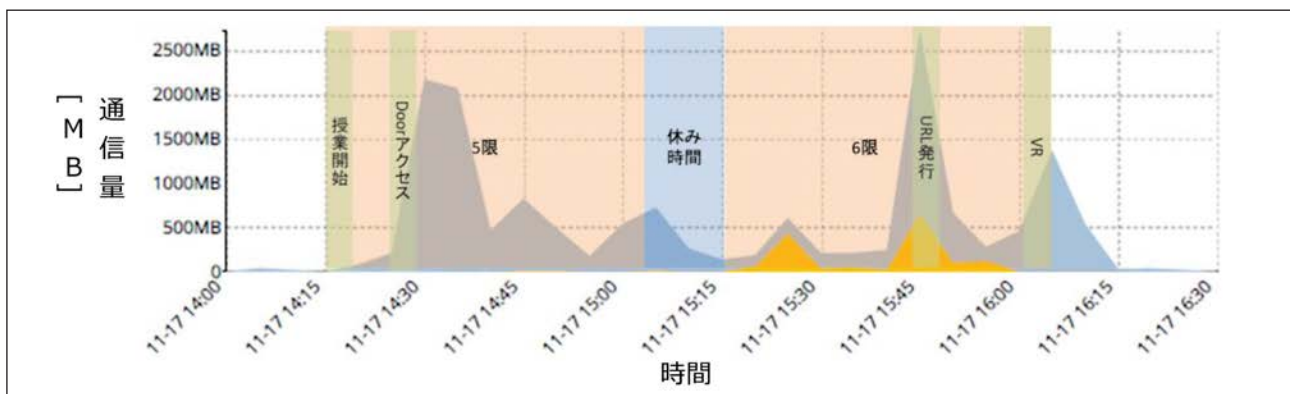
図 54 加古川東高等学校_VR 授業実施時における通信帯域の変化



次に、加古川東高等学校の実証授業のタイミングでの通信量のグラフを図 55 に示します。

VR 使用開始時の「DOOR アクセス」と、データ共有時の「URL 発行」で通信量が増加していることがわかりました。

図 55 実証授業を通しての通信量の変化



● 6-3-3 アンケート結果

本実証授業を実施した後、担当した教職員及び生徒に対し、アンケートを実施してVRを活用した授業の教育的効果を確認しました。

「本日の授業を受けて、VRへの興味関心を深めることができましたか。」という設問に対して、ほぼ全ての生徒が興味を深めることができたことと回答しました(図56)。また、「本日の授業を受けて、VR空間制作について理解することが出来たか。」という設問に対して、約90%が理解できたことと回答した(図57)。VR空間の制作を通して、生徒が興味を持って授業に取り組めたことがわかりました。

また、「他の授業と比較して、集中して授業に取り組めましたか。」という設問に対して、約98%が集中して取り組めたことと回答した(図58)。さらに、「他の授業と比較して、多くの質問をしましたか。」という設問に対して、約97%が多くの質問をしたことと回答した(図59)。このことから、VRのような最新技術を活用し通信の増加が見込まれる授業であっても、SINETの高速大容量性によってスムーズに授業を実施することができたことで、生徒が集中した状態で積極的に授業に参加し、VR空間制作に取り組めたことがわかります。

回答人数：生徒38名

■ 本日の授業を受けて、VRへの興味関心を深めることができましたか。

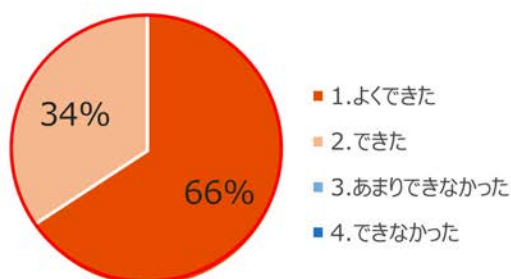


図56 VRへの興味関心

■ 本日の授業を受けて、VR空間制作について理解することが出来たか。

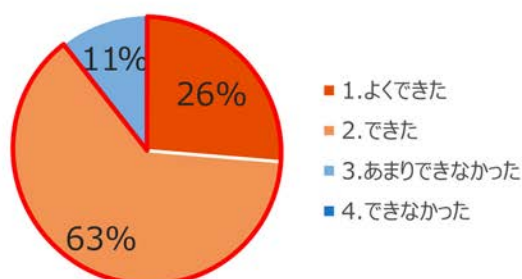


図57 VR空間制作についての理解

■ 他の授業と比較して、集中して授業に取り組めましたか。

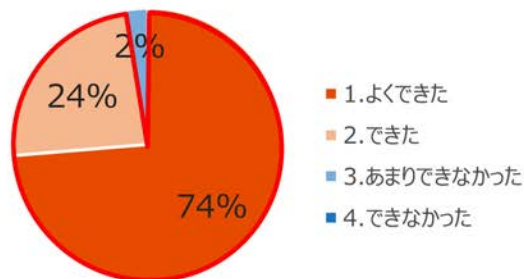


図58 集中して授業に取り組めたか

■ 他の授業と比較して、多くの質問をしましたか。

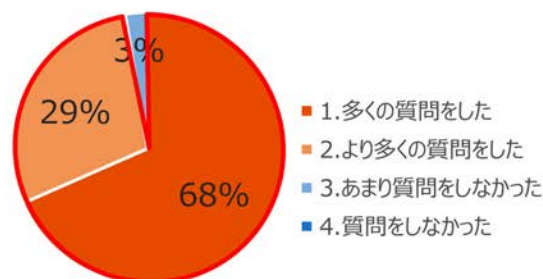


図59 他の授業より多くの質問をした

また、「VRを活用した授業をうけてどのように感じたか」という設問に対しては、下記のような声が寄せられました。

- ・自分の表現の一つの手段として、これからますます注目されるのが実感できた。
- ・基本操作だけ知れば、素人でも簡単に自分の好きな部屋が作れるのだとわかった。
- ・うまく操作できなかった時にその理由を探し、次に活かせるようにすることが大切だと思った。
- ・普段何気なく目にしていた3Dの空間を自分で作ったり、VRを体験できてすごく楽しかったし面白かった。
- ・バーチャルは自分にとって関わりのないような難しいものだと思っていたけど、今回の授業を通してバーチャルに興味を持ったし、また使ってみたいと思った。

<考察>

先進的なVR授業でしたが、限られた時間内で多くの生徒が理解できるものであり、生徒全員が興味関心を深められるものであったと思われます。

さらに、生徒の興味関心が高められたため、わからないことを自ら調べたいという学習に対する意欲の向上もみられました。

◎ 6-4 神戸鈴蘭台高等学校におけるSINET接続の効果検証

ICT活用率の高い大規模校において、ストレスのない1人1台端末の日常利用を実現するために必要な通信帯域を検証しました。

◎ 6-4-1 検証内容

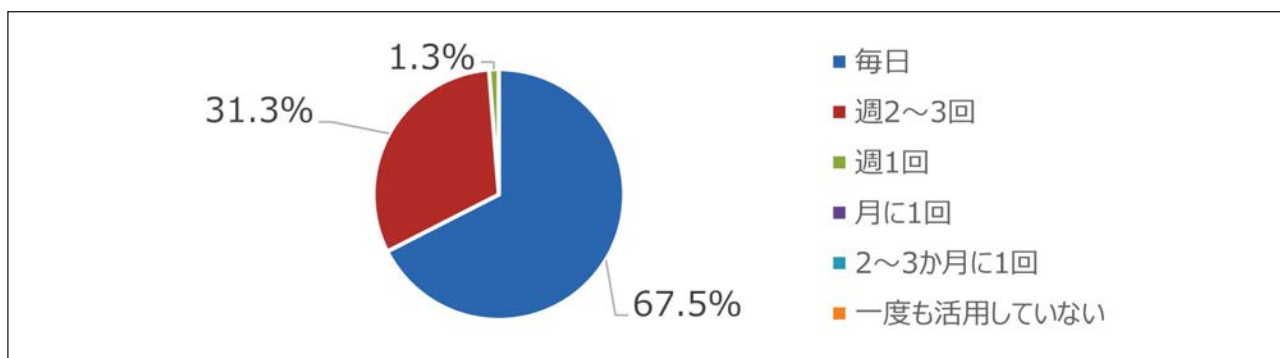
● 検証内容「1人1台端末の日常利用における通信帯域」

【背景】

神戸鈴蘭台高等学校は、ICTを活用し、アクティブ・ラーニング（主体的・対話的で深い学び）を実践しており、ICTを日常的に活用することで、学習意欲を高めるとともに確かな学力の定着を目指しています。

ICTの活用については、1年生240名にアンケート調査を実施したところ、「タブレット端末を授業中に、どのくらいの頻度で活用していますか。」の設問に対して、毎日利用している人が「67.5%」と半数以上を占め、回答者全員が週1回以上利用しており、1人1台端末の活用率が高い水準にあることがわかります（図60）。

図60 神戸鈴蘭台高等学校におけるタブレット端末活用頻度



兵庫県教育委員会では、今後BYODが進み接続端末数が増えるとともに、全校で神戸鈴蘭台高等学校のように授業等での活用が進んだ場合に、必要なネットワーク環境を検討したいという課題がありました。

【目的】

大規模校であり、ICT活用率の高い学校において、どの程度の通信帯域があれば1人1台端末を用いてストレスなく日常的にICTを活用できるのか、日常利用に必要なとされる通信帯域を検証します。

【詳細】

検証方法：SINET接続前、接続後におけるアンケート収集とログの収集

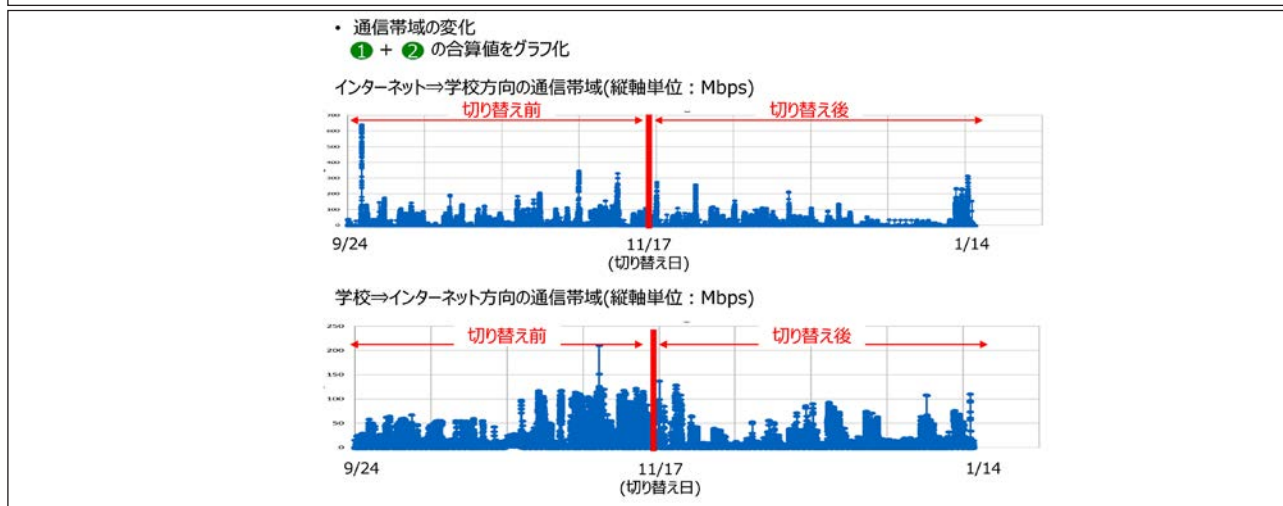
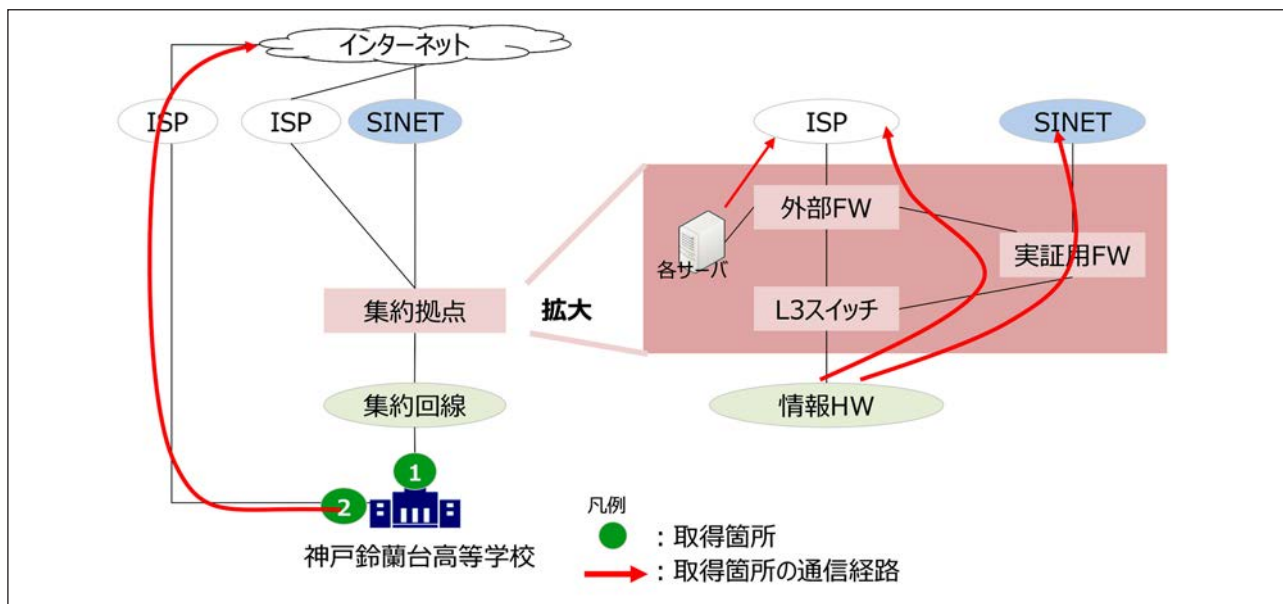
対象者：教職員25名、生徒240名

対象日時：9月24日～1月14日（11月17日のSINET切り替え前後）

◎ 6-4-2 ログ結果

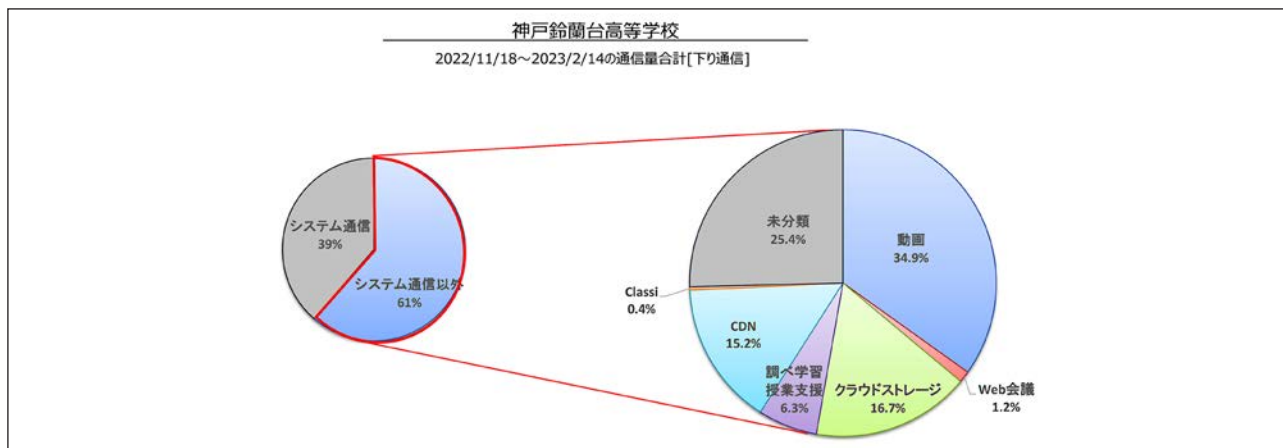
SINET接続前、接続後における通信ログを取得し比較分析したところ、通信帯域に大きな変化は見られませんでした（図61）。実証参加以前より端末活用率が高いため、SINET切り替え前後で通信帯域の変化は生じなかったと考えられます。

図 61 SINET 切り替え前後の使用帯域の変化



次に、神戸鈴蘭台高等学校の通信の特徴を利用するアプリケーションごとに確認したところ、システム通信以外（能動的な通信）としては「動画」や「クラウドストレージ」の利用が多いことがわかりました（図 62）。また、神戸鈴蘭台高等学校の現状のネットワーク接続構成においては、「動画」・「クラウドストレージ」の通信量にばらつきがあることがわかりました。

図 62 アプリケーションごと通信量の割合



これらの結果より、通信の輻輳に課題があり、通信の流し方や利用タイミングについて検討する場合、「システム通信」「動画」「クラウドサービス」の使用方法に注力すると良いと考えられます。

● 6-4-3 アンケート結果

SINET 接続前、接続後に生徒 240 名に対してアンケートを実施し、SINET 接続による教育的効果を確認しました。「授業内でインターネットを利用した情報検索をスムーズに行える」という設問に対して、SINET 接続前は約 75%でしたが、SINET 接続後は約 13%増加し、約 88%がスムーズに行えると回答しました（図 63）。

「授業内で教育用クラウドサービスをスムーズに利用できる」という設問に対して、SINET 接続前は約 75%でしたが、SINET 接続後は約 11%増加し、約 86%がスムーズに利用できると回答しました（図 64）。

「授業内でデジタルドリル等のデジタルコンテンツをスムーズに利用できる」という設問に対して、SINET 接続前は約 73%でしたが、SINET 接続後は約 8%増加し、約 81%がスムーズに利用できると回答しました（図 65）。

「授業内で自分の意見をクラスメイトや教員にスムーズに共有できる」という設問に対して、SINET 接続前は約 73%でしたが、SINET 接続後は約 9%増加し、約 82%がスムーズに共有できると回答しました（図 66）。

「授業内で Web 会議アプリを活用して学校以外の生徒や教員、企業の方とオンライン会議をスムーズに行える」という設問に対して、SINET 接続前は約 51%でしたが、SINET 接続後は約 4%増加し、約 56%がスムーズに行えると回答しました（図 67）。

これらのことから、SINET へ接続し、高速大容量な通信環境となったことで、快適性が向上し、授業内での ICT 活用をスムーズに推進できるようになったことがわかります。このことは、SINET に接続したことで、通信の輻輳が解消したと考えられます。

図 63 Q. 授業内でインターネットを利用した情報検索をスムーズに行える

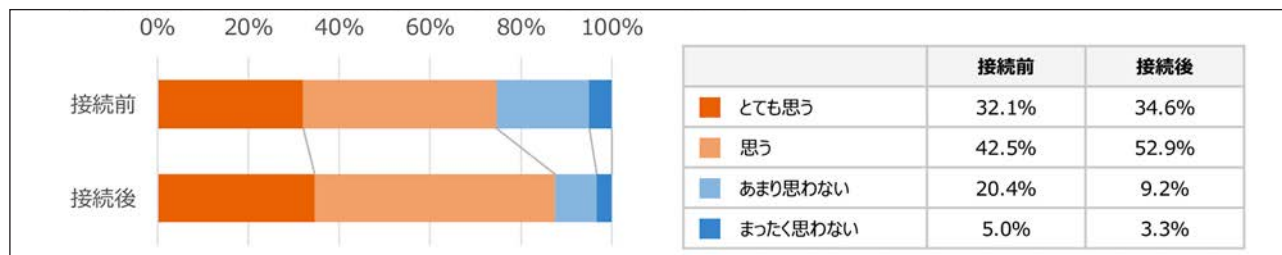


図 64 Q. 授業内での教育用クラウドサービスをスムーズに利用できる

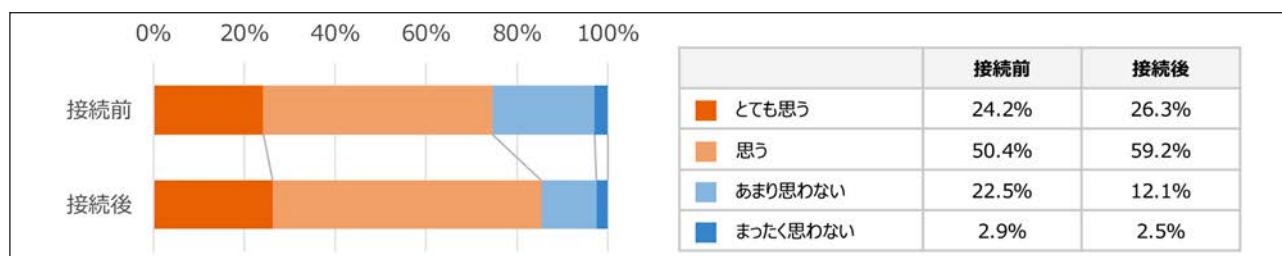


図 65 Q. 授業内でデジタルドリル等のデジタルコンテンツをスムーズに利用できる

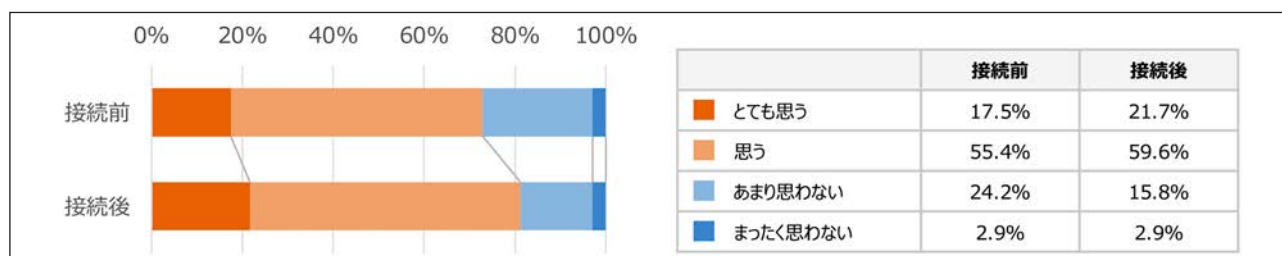
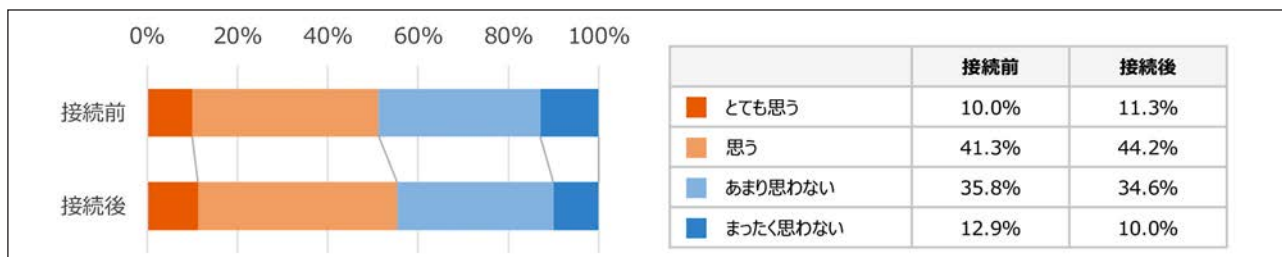


図 66 Q. 授業内で自分の意見をクラスメイトや教員にスムーズに共有できる



図 67 Q. 授業内で Web 会議アプリを活用して学校以外の生徒や教員、企業の方とオンライン会議をスムーズに行える



さらに、「動画等のデジタルコンテンツを活用した授業により、授業への興味・関心が強くなった具体的な内容を教えてください」という設問に対しては、下記のような声が寄せられました。デジタルコンテンツを授業に取り入れることで、生徒の理解が深まりやすくなり、学習への意欲や積極性が向上することがわかりました。

このことは、SINET 接続により快適な通信環境が整備されたことで、通信の輻輳を懸念することなくデジタルコンテンツを使用することができるようになり、その結果として、生徒の学びの質だけでなく、学びへの姿勢も改善されたと考えられます。

<理解が深まる>

- ・言葉で伝わりにくいことなどがわかりやすくなった
- ・動画の方が面白いし、わかりやすいので見入ってしまう
- ・数学の問題の図形の形が立体で表示できわかりやすい
- ・映像で習ったことを整理することができ、授業がよりわかりやすくなった
- ・YouTube で理科の説明動画を見たりしてより理解を深めることができた
- ・情報、保健、生物で動画を見ることによって頭に入ってきてやすくなった
- ・映像化されたものを見る事ができるので、想像もしやすくなったし、理解しやすくなった
- ・数学の授業で教科書に沿った説明動画や図を見て、普段とは違う面から見る事ができた
- ・写真を見て授業できるので想像しやすくなった
- ・情報や生物などは図や写真を使って説明した方がわかりやすいところがあるので、そこでタブレットで動画を見ることでより深く授業を受けることができた
- ・文章を読むよりも、より理解が深まりやすいと感じた

<意欲の向上>

- ・理解が深まり勉強の意欲が増した
- ・先生が話すより興味を持って授業を受けられる
- ・自分でまとめる事ができて、授業が楽しくなった
- ・動画はわかりやすく理解しやすいので、興味を持ちやすくなった
- ・「現代の国語」の授業で、iPad で動画をとって発表したのが楽しかった
- ・動画を見て理解することにより、動画で学習した内容以外にも興味がわいた
- ・動画やデジタルコンテンツを使うことによって授業への興味をもつようになった

<積極性の向上>

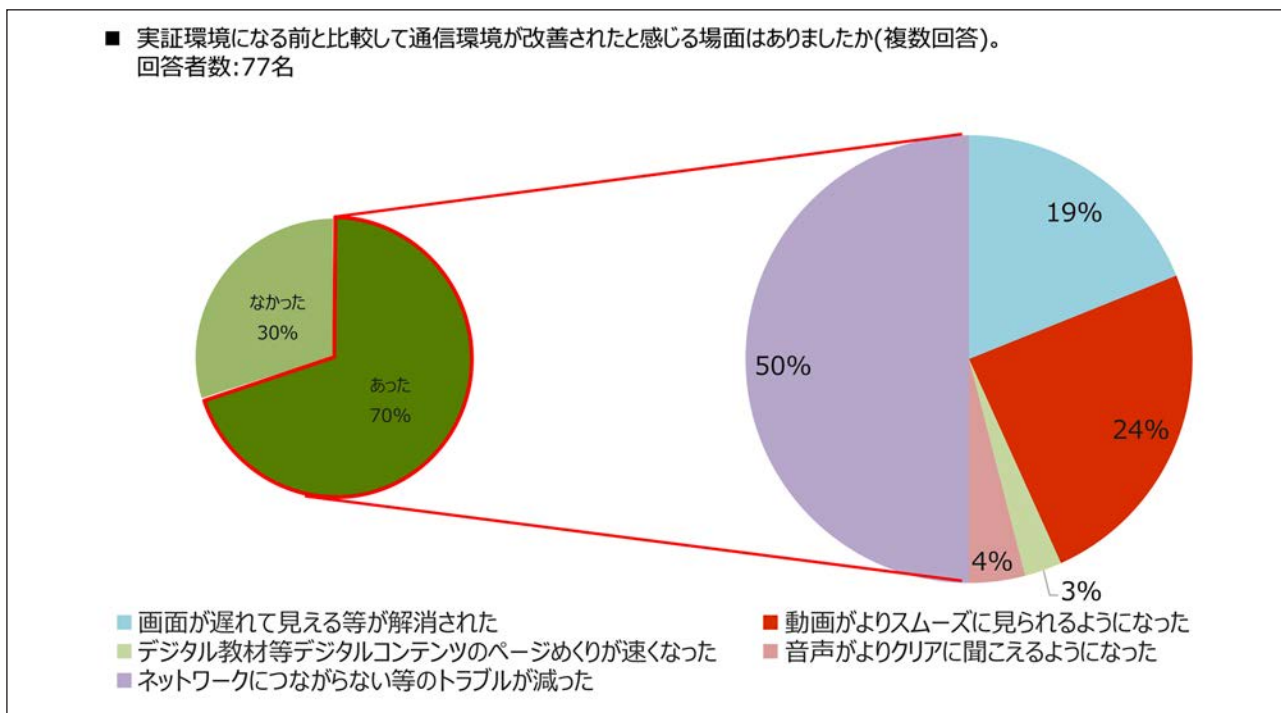
- ・楽しみながら授業を受けることができる
- ・「現代の国語」の授業で動画を撮りみんなの前で発表した
- ・動画などの動いているものと自然と見たくなる
- ・わからないところをすぐに調べたりすることができる
- ・図形などを動かすことができるなど、ノートではできないことができるようになった
- ・今までプリントや写真などで図が静止画でしか見ることができず、詳しく勉強することができなかったが、iPad を導入してから、図など気になるものをわかりやすく見ることができるようになった

6-5 教育的効果におけるまとめ

6-5-1 まとめ

実証校において、SINET 接続後に通信の遅延を感じる教職員が減少し、ICT の活用に対して不安が緩和されたことで、授業に ICT を活用しやすい環境づくりを行なうことができたと考えられます (図 68)。

図 68 教職員事後アンケート



また、篠山鳳鳴高等学校の検証では高大連携のオンライン授業を実施し以下の効果が得られました (表 11)。

1. 高速大容量環境の利用により、1人1台端末のカメラをONにしたオンライン授業が日常的に可能となった
2. オンライン授業の有効性が向上し、活用しきれいでなかったオンライン授業等のICTの利用が促進された
3. 時間や場所の制約を受けないICTの活用により、より柔軟な高大連携での授業が可能になった (オンライン授業の例)

外部の有識者とWeb会議システムで常時接続しておき、グループで学習している生徒がそれぞれのタイミングで自由に質問ができる授業スタイル等

表 11 従来の授業と SINET に接続して実施した授業の比較

従来の総合的な探究の時間	SINETに接続して実施した総合的な探究の時間
<p>教職員の端末1台で教室全体を映し、 オンライン授業を実施</p> <p>⇒生徒達の表情や理解度を把握しづらい</p>	<p>高速大容量な通信環境の利用により、 一人一人が自分の端末で顔を映し、オンライン授業を実施</p> <p>⇒生徒一人一人の表情を見ながら 理解度や興味関心に応じた授業を日常的に実施できる</p>
<p>教職員の端末1台で接続するため グループワークやディスカッション等は難しい</p> <p>⇒オンライン授業では 講義形式や発表形式の一斉授業が中心</p>	<p>1人1台端末で顔を映して接続するため グループワーク中の生徒へのアドバイスも実施しやすい</p> <p>⇒臨場感のあるコミュニケーションを可能にし、 オンライン授業における授業の幅を広げることができる</p>

また、加古川東高等学校では、VRを用いた先進的な授業を実施し、以下の効果が得られました（表12）。

1. 高速大容量なネットワークを必要とするARやVRの制作等を授業で実施することができる
2. 先進的な技術に詳しいオンライン地の専門家とオンラインで接続することで、最先端の情報を含んだ授業が可能

表12 従来の情報の授業とSINETに接続して実施した情報授業の比較

従来の情報の授業	SINETに接続して実施した情報の授業
動画サイト等のAR・VRコンテンツを活用 ⇒AR・VRコンテンツの視聴が中心	AR・VRの専用コンテンツを活用 ⇒AR・VR空間の制作を中心とした 先進技術の活用に向けた能動的な授業が可能
学校教職員による授業 ⇒既存の教育コンテンツ等を活用した授業が中心	オンライン接続による専門家の講義を受講可能 ⇒最先端の技術・コンテンツを活用した授業が可能

さらに、アンケートからは、VRを活用した先進的な授業に取り組むことで、生徒が最新技術に対して興味関心を持ち、学習に意欲的に取り組めたことがわかりました。SINETを活用することでコンテンツ等を安定して動作させ、VR空間制作やVR空間での発表会、オンライン授業などを円滑に実施できたように、将来的には通信量が多いコンテンツを日常的に授業等の学習活動へ活用することで、生徒の学びの充実につなげることができます。

また、神戸鈴蘭台高等学校で取得したアンケートからは、SINET接続によって、授業内での情報検索や教育用クラウドサービスなどをスムーズに利用できると感じており、学習に集中できる環境を整備することが可能であるとわかりました。さらに、生徒はICTを様々な学習場面で積極的に取り入れ、学びを深めたいという意欲を持っていることがわかっており、学びを深める過程として、生徒自身が意見をまとめ、クラスメイトや教職員に対して意見を共有したいという気持ちが強い生徒が多くいることもわかりました。このような生徒に対して、SINET接続により高速大容量な通信環境を整備することが、より一層、学習意欲向上に効果的な役割を果たすと考えられます。

今後、令和5年度より開始される「情報II」では、加古川東高等学校で実施したVR授業やビックデータの活用などが含まれ、また学習者用デジタル教科書の本格活用等も進む中で、ネットワークの利用も増えていくことが想定されます。こうした変化に対応するため、ボトルネックとなり得る箇所における利用状況の可視化など、定期的なNWアセスメントを行い、状況に合わせて改善していく必要があると考えられます。本事業で検証したSINETの高速大容量性による教育的効果も踏まえながら、1人1台端末の活用推進に向けて、継続的なネットワークの検討が重要です。

事業推進委員会

※敬称略 所属・役職は令和5年3月時点のものです。

氏名	所属
西田 光昭 (委員長)	柏市教育委員会 アドバイザー
稲垣 忠	東北学院大学 文学部 教授
漆谷 重雄	国立情報学研究所 副所長
高橋 邦夫	合同会社 KU コンサルティング 代表
林山 耕寿	シスコシステムズ合同会社 ビジネスディベロップメント マネージャー
東原 義訓	信州大学 教育学部 名誉教授・特任教授

フィールド

氏名	所属
小森 真一	兵庫県教育委員会事務局 教育企画課 教育情報班長
間宮 寿樹	兵庫県教育委員会事務局 教育企画課 教育情報班 指導主事

令和4年度 文部科学省委託
「初等中等教育段階の SINET 活用実証研究事業」
SINET 導入・運用・活用に関するガイドブック
(令和5年3月発行)

東日本電信電話株式会社
〒163-8019 東京都新宿区西新宿 3-19-2

