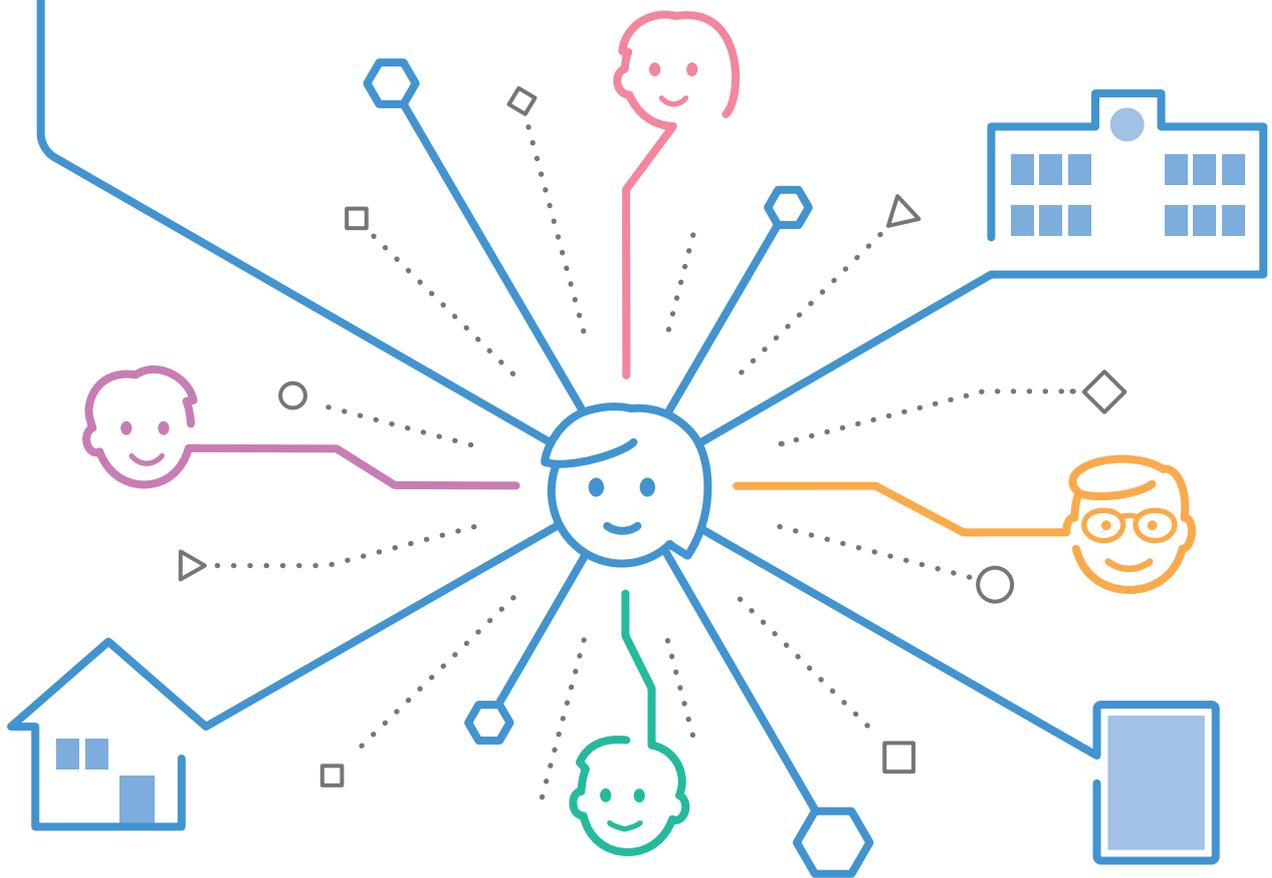




学習系ネットワークにおける 通信環境最適化 ガイドブック



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)



文部科学省

目次

はじめに	3
(1) 本書の位置づけ	3
(2) 本書の構成	3
(3) 本書で取り扱う範囲	3
本章1. 児童生徒1人1台端末整備による利用頻度の増大	4
(1) 児童生徒1人1台端末利用によるICT活用	4
(2) 学習者用端末のインターネット利用	5
(3) 現行ネットワーク構成の把握	5
□コラム1 通信ネットワークのボトルネックとは	7
本章2. 学習系ネットワーク最適化に向けた検討の手順	9
(1) 学習系ネットワーク最適化に向けた検討手順	9
(2) ステップ1	10
□コラム2 学習者用端末1台あたりでどのくらいの通信帯域が必要か	13
(3) ステップ2	14
(4) ステップ3	15
□コラム3 トラフィックモニタリング実測検証	20
□コラム4 学校におけるストリーミング通信とダウンロード通信混在利用	21
(5) ステップ4	22
□コラム5 自治体におけるストリーミング通信とダウンロード通信混在利用	24
(6) ステップ5	25
□コラム6 ローカルブレイクアウト	26
□コラム7 ベストエフォート型・ギャランティ型とは	31
(7) ステップ6 各選択モデルの比較検討	31
□コラム8 実証フィールドにおけるプログラミング遠隔授業	33
本章3. モバイルネットワーク活用	34
(1) モバイルネットワーク利用の検討にあたり	34
□コラム9 モバイルネットワーク利用の留意点	34
(2) モバイルに必要なデータ流通量の計算例	35
(3) 学校外からアクセスするモバイルネットワーク	36
本章4. セッション数の確保	37
(1) セッション数とは	37
(2) どのくらいのセッション数確保が必要か	37
□コラム10 実証フィールドでの実証例	39
参考1 回線申し込みに必要な情報等	40
参考2 SINETについて	43
(1) SINETとは	43
(2) SINETで使えるサービス	43
(3) ISP/SINETの比較	44
(4) SINET利用での留意点	48
参考3. ネットワーク不通・低速時の確認事項	49
(1) ネットワークがつながらなくなった時の確認事項	49
(2) ネットワークが遅くなったと感じたときの確認事項	50

◎ はじめに

(1) 本書の位置づけ

①背景

文部科学省では、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、「子どもの力を最大限引き出す学び」を実現するため、さまざま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^{*1}環境整備を推進しています。その中で、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、多様な学校の規模・ニーズ等に対応できるよう、さまざまな通信環境・ネットワークの構成とその活用モデル等について実証を行いました。特に、「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」を目指したネットワークの整備を進めるための、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目的としています。

②主な読者層

- ・学習系ネットワーク・ICT環境を構築する立場の教育委員会職員(施設設置者・情報管理者)
主に、「2章 学習系ネットワーク最適化に向けた検討手順」を参照願います。
- ・学校教員(ICT担当)、GIGAスクールサポーター、ICT支援員
主に「参考3 ネットワーク不通・低速時の確認事項」を参照願います。

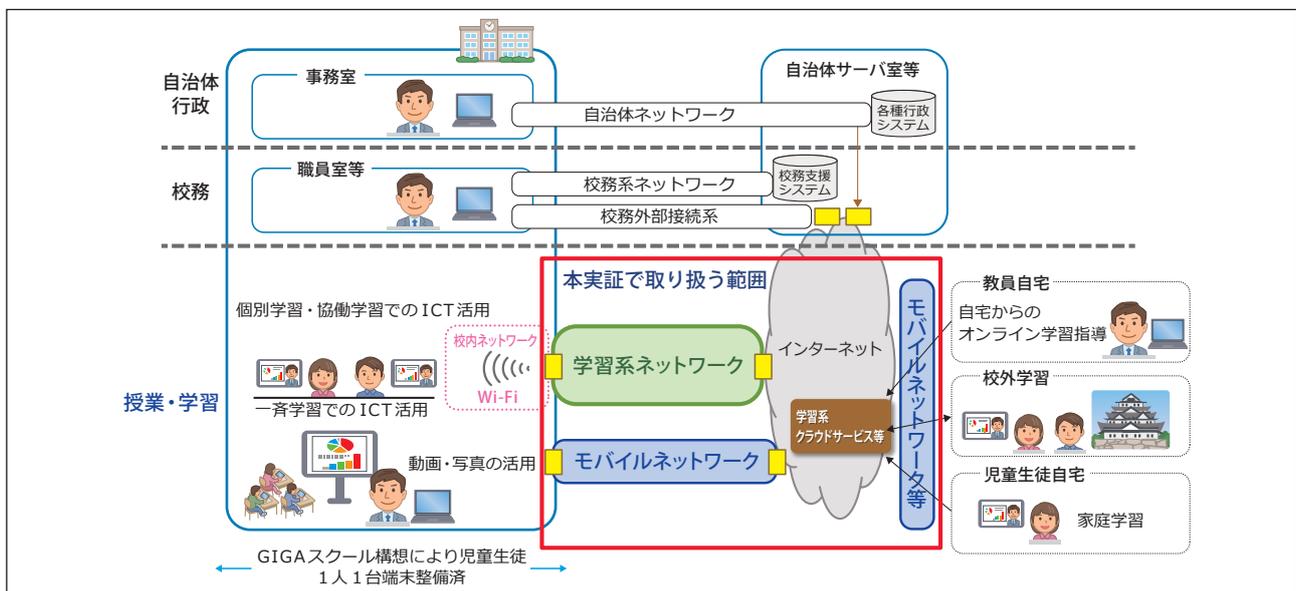
(2) 本書の構成

本書は、1人1台端末を快適に利用するための要件を整理し、各自治体の施設設置者・情報管理者が、ネットワークを導入する際に必要な情報をまとめています。本章と参考から構成されており、本章では、自治体に必要な学習系ネットワークの通信帯域やセッション数^{*2}の算定方法と、ネットワーク構成の見直し方を解説しています。参考では、本章を補完する情報を取り上げ詳細を記載しています。必要に応じて参照願います。

(3) 本書で取り扱う範囲

上記を踏まえ、本書で扱う範囲を図1-1に示します。学校には、主に事務作業を行う事務系ネットワーク、校務業務を行う校務系ネットワークおよび校務外部接続系ネットワーク、さらに、授業や学習で利用する学習系ネットワークがあります。本書では、学校からインターネットに接続する学習系ネットワークと、学校外からインターネットに接続するモバイルネットワークについて扱います。

図1-1 本書で扱う範囲



解説

*1:「Information and Communication Technology (情報通信技術)」の略で、通信技術を活用したコミュニケーションをさす。情報処理だけではなく、インターネットのような通信技術を利用した産業やサービスなどの総称。

*2:通信の開始から終了までを管理する一つの単位のこと。

◎本章 1

児童生徒 1 人 1 台端末整備による 利用頻度の増大

(1) 児童生徒 1 人 1 台端末利用による ICT 活用

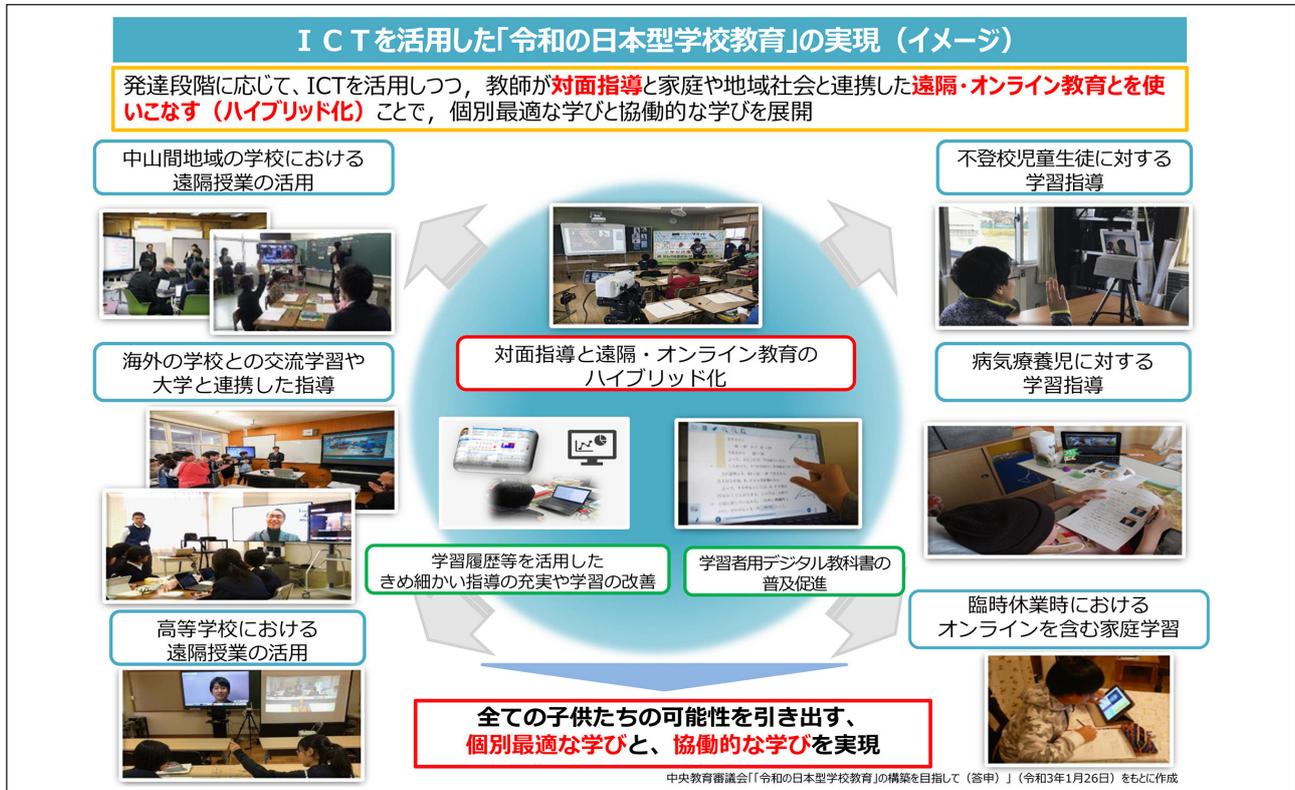
文部科学省では、「GIGA スクール構想」を進め、令和時代における学校の「スタンダード」として、小学校から高等学校において、学校における高速大容量のネットワーク環境（校内 LAN）の整備を推進するとともに、令和 2（2020）年度中に義務教育段階の全学年の児童生徒 1 人 1 台端末環境の整備を目指し、家庭への持ち帰りを含めて十分に活用できる環境の整備を図ってきました。

GIGA スクール構想により配備される 1 人 1 台の端末は、シンプルかつ安価なものであり、この端末からネットワークを通じてクラウドサービス^{*3}にアクセスし、クラウドサービス上のデータ、各種サービスを活用することを前提としています。このため、学校内のみならず学校外とつなぐネットワークが高速大容量であること、また、自治体等の学校の設置者が整備する教育情報セキュリティポリシー等において、クラウドサービスの活用を禁止せず、必要なセキュリティ対策を講じた上でその活用を進めることが必要です。（※セキュリティ対策については文部科学省の教育情報セキュリティポリシーに関するガイドラインを参照すること。）

解説

^{*3}：従来は利用者が手元のコンピュータで利用していたデータやソフトウェアを、ネットワーク経由で、サービスとして利用者に提供するもの。

図 1-2 児童生徒 1 人 1 台端末による学習活動の特徴



これからの学校教育を支える基盤的なツールとして、ICTは必要不可欠なものであり、1人1台の端末を日常的に活用できる環境を整えることで、空間的・時間的制約を緩和し、他の学校・地域や海外との交流なども含め、今までできなかった学習活動が可能となります。

(2) 学習者用端末のインターネット利用

学習者用端末は、Webサイトの閲覧やクラウドサービスのアプリケーションを利用することで、さまざまな活用ができます。学習者用端末の主な用途を表1-1に示します。

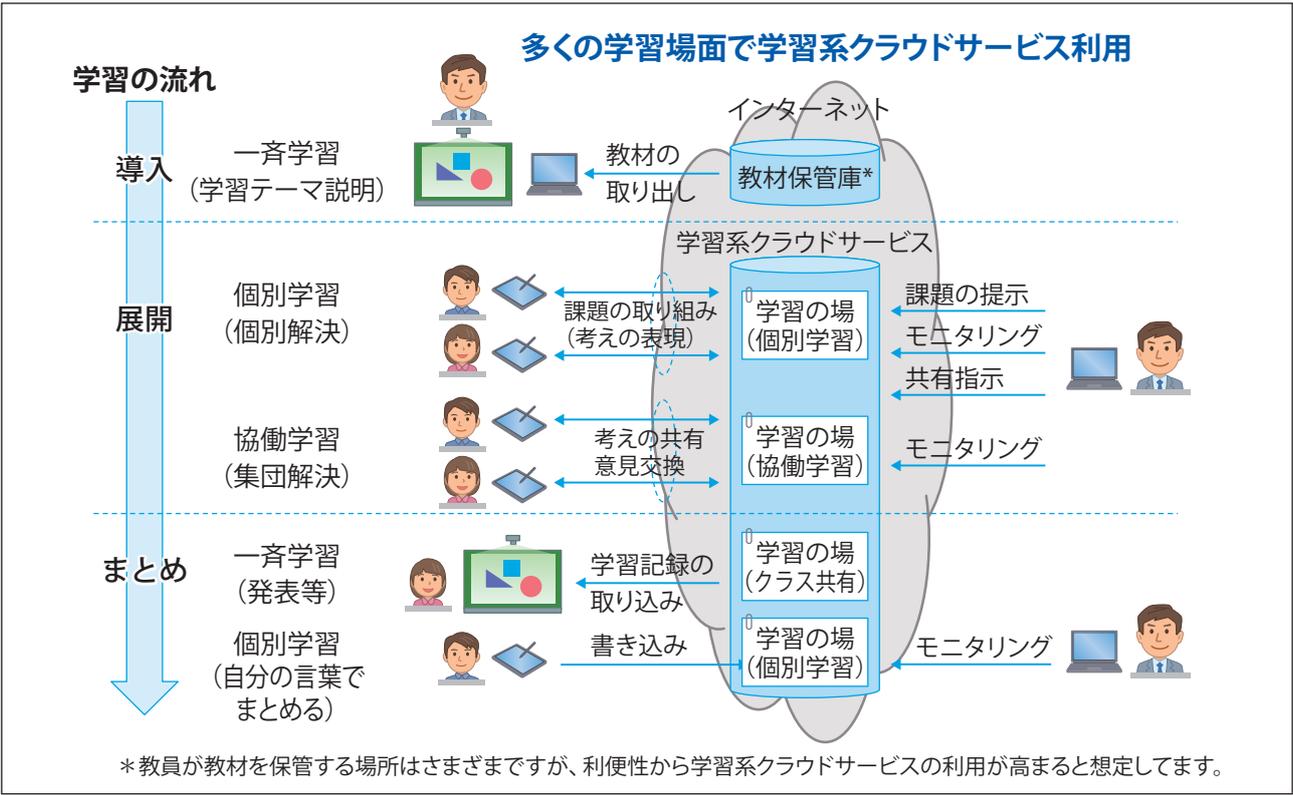
さらに、図1-3に示すとおり、クラウドサービスが教育現場に導入されることで、さまざまな学習コンテンツ・学習系クラウドサービスが積極的に活用されると想定されます。そのため、児童生徒1人1台端末利用頻度の拡大は、インターネット通信帯域の増大につながると想定されます。

表1-1 学習者用端末の主な活用用途

主な学習者用端末の活用用途	インターネット利用
学習記録の作成・共有	○
特定コンテンツ・アプリケーション利用（オンラインドリル等）	○
学習成果物の保管	○
コンテンツ利用（学習者用デジタル教科書等）	○
アプリケーション利用（表計算・文書作成・スライド作成等）	○*
調べ学習	○
動画視聴	○
カメラ利用（写真や動画の撮影・再生）	△**

* 端末内のアプリケーションを利用する場合もあります
** 通常は端末内でのデータ保管ですが、インターネット経由でクラウドサービスにデータを保管する場合もあります

図1-3 学習系クラウドサービスを利用した授業イメージ



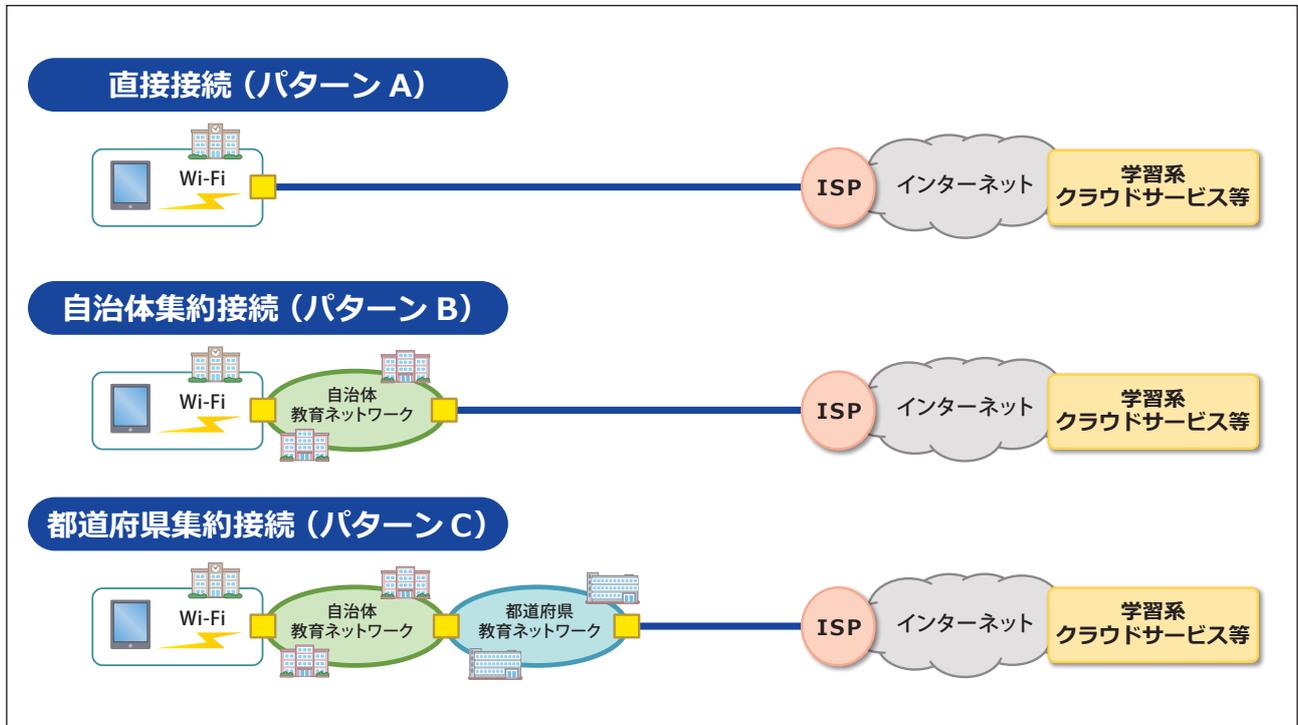
(3) 現行ネットワーク構成の把握

まずは学習系ネットワークがどのような構成になっているかを確認しましょう。

学習系ネットワークは、図1-4の学校からインターネットへの直接接続、自治体集約接続、都道府県集約接続に分類されます。パターンについて、特徴とネットワークの課題であるボトルネックのポイントについて説明します。

- 直接接続（パターンA）：学校から直接インターネットへ接続する構成
- 自治体集約接続（パターンB）：自治体が教育ネットワークを構築し、自治体内の学校をネットワークで集約してからインターネットへ接続する構成
- 都道府県集約接続（パターンC）：自治体で集約したネットワークをさらに都道府県ネットワークで集約してからインターネットに接続する構成

図1-4 現行ネットワーク構成パターン



※ ISP（Internet Service Provider）詳細は回線の4をご確認ください。

児童生徒1人1台端末の利用においては、快適にインターネットへアクセスできることが求められます。そのためには、通信帯域不足による利活用上の不具合が生じないようにする必要があります。通信帯域が不足することで生じやすい事象を以下に記します。

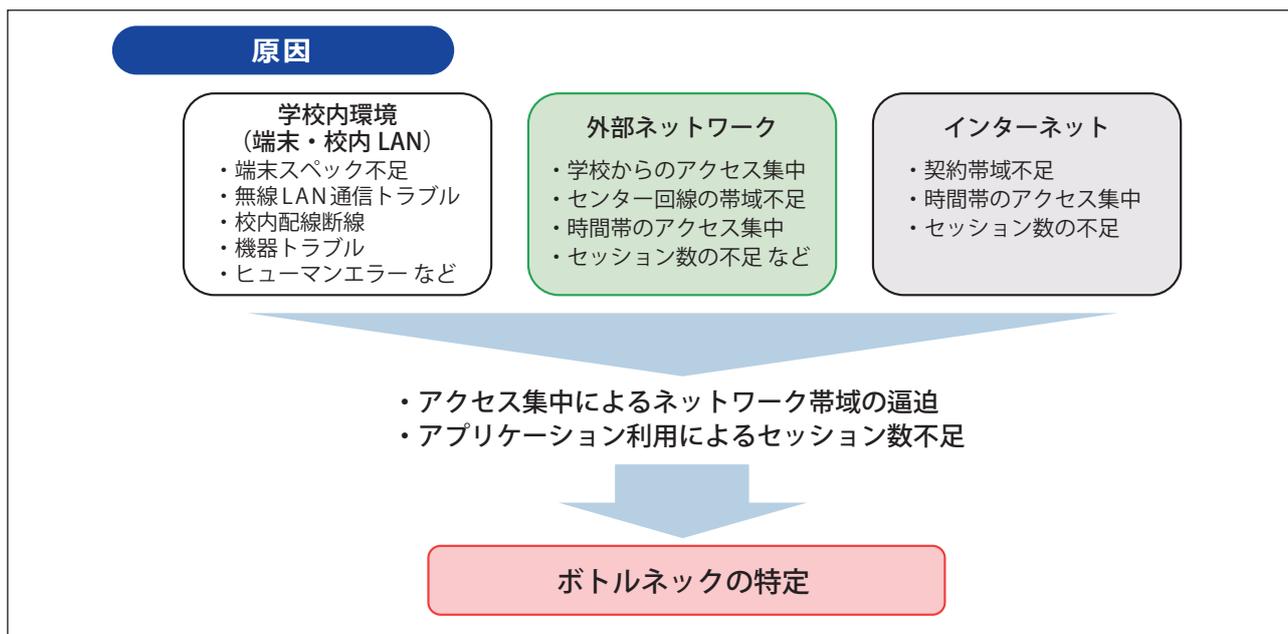
- 学習系クラウドサービスにアクセスしたり、Webサイトを閲覧する場合、少数の児童生徒が利用している範囲では問題ないが、クラスで一斉にアクセスすると表示されるまでに時間がかかったり、表示されないことがある。
- クラスで一斉にストリーミング動画を閲覧すると、動画がなかなか表示されない。表示されてもコマ送りになったり、途中で止まることもある。
- 遠隔授業など同時双方向型の映像コミュニケーションの場合、なかなかつながらない、つながっても映像がコマ送りになったり、静止画像のままになることがある。

以上のような事象が発生しますと、授業・学習の進行に支障をきたします。こうしたことを未然に防ぐためにも、学習系ネットワークの通信帯域の確保は、教員が安心してICT活用する上で重要です。

さまざまな事象のうち、本実証では「外部ネットワーク」について、解決案をまとめています。

ネットワーク疎通における主な阻害要因は通信帯域のひっ迫とセッション数の不足によるものと考えております。

図1-5 学習系ネットワークにおける主な阻害要因



コラム 1

通信ネットワークのボトルネックとは

ボトルネックとは瓶の一番細い部分を指す言葉で、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します。端末がインターネットにつながるまでには、複数のボトルネックが存在し、ネットワーク構成によってもボトルネック箇所は異なります(図1-6参照)。

図1-6 通信ネットワークのボトルネックイメージ

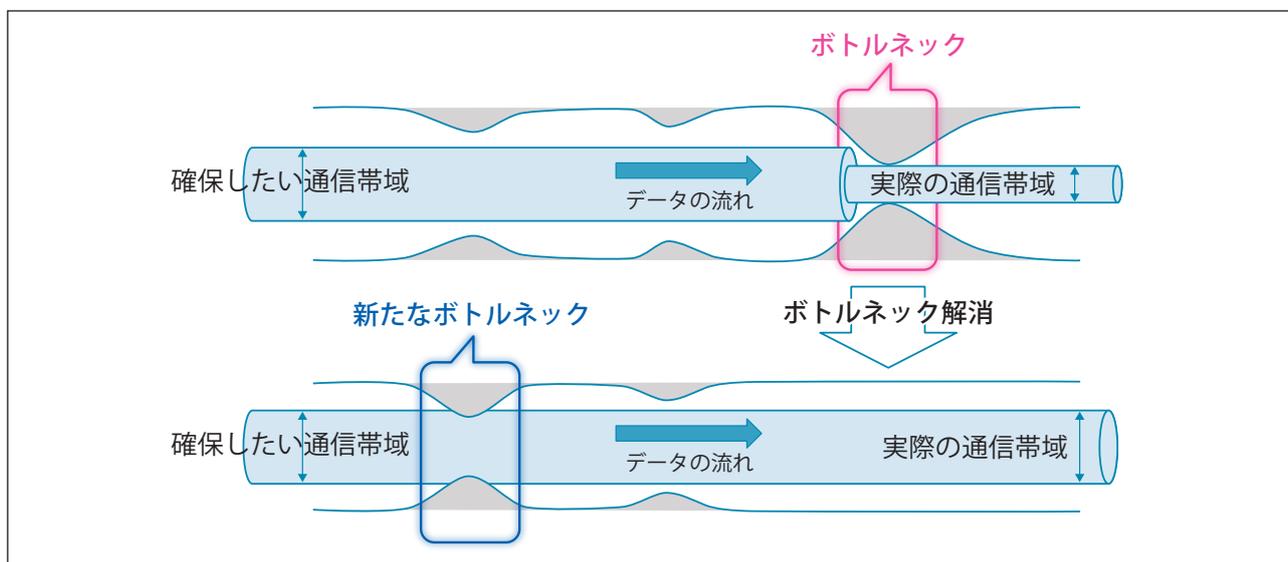


図1-6に示すように、通信ネットワークのボトルネックを解消すると、それまで2番目のボトルネックであった部分が新たなボトルネックになります。たとえば、ISP^{*4}との契約帯域を増速しても、下部のネットワーク自体がボトルネックになっていて、必要な通信帯域が確保できない場合もあります。

どのようなネットワークにもボトルネックは存在しますが、そのボトルネックが、確保したい通信帯域を阻害することのないようにする必要があります。ボトルネックは、通信回線部分だけではなく、設置した通信装置のスペック不足によっても発生する場合があります。そのため、通信帯域の最適化検討にあたり、どこ

解説

^{*4}：「Internet Service Provider」の略。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。使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。

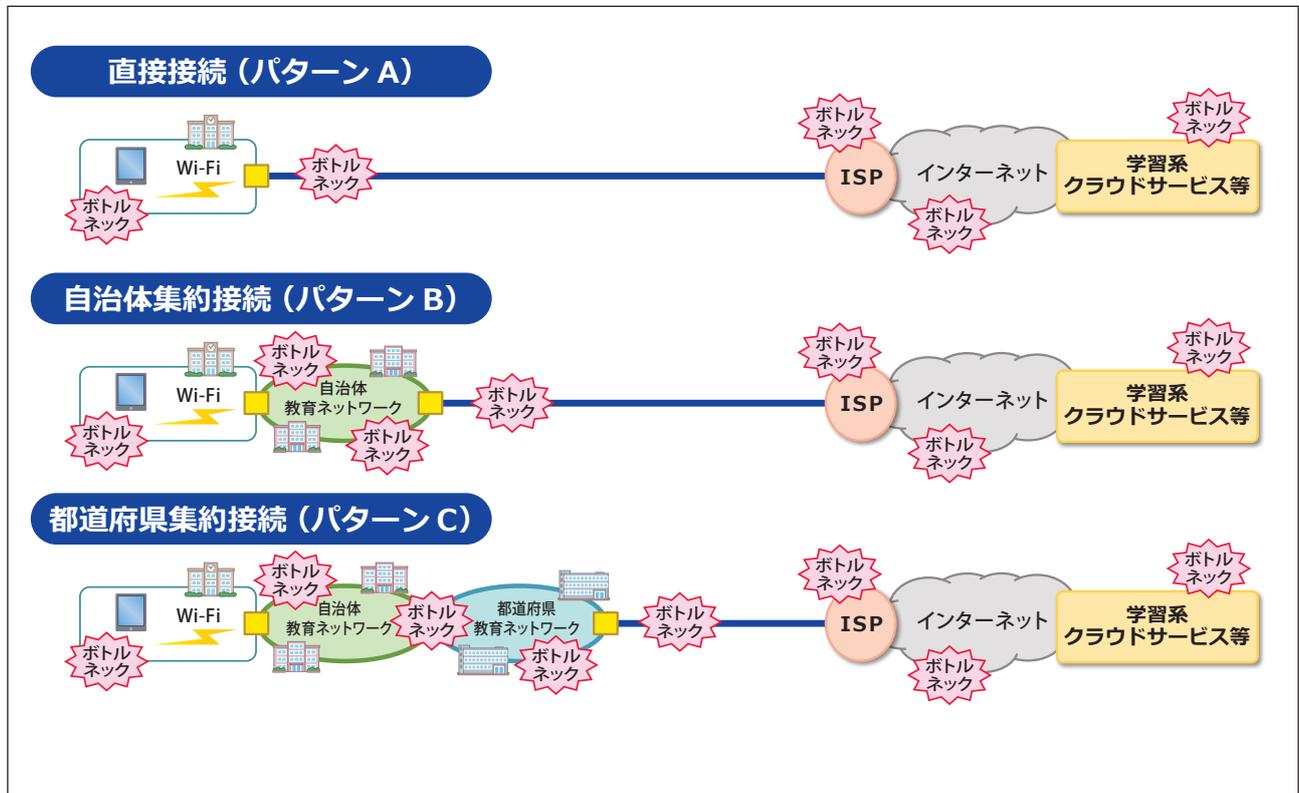
児童生徒1人1台端末整備による利用頻度の増大
 学習系ネットワーク帯域最適化に向けた検討の手順
 モバイルネットワーク活用
 セッション数の確保
 回線申し込みに必要な情報等
 SNETについて
 ネットワーク不通・低速時の確認事項

本章1
 本章2
 本章3
 本章4
 参考1
 参考2
 参考3

がボトルネックになり得る箇所をあらかじめ把握しておき、確認することが必要です。

各パターンのボトルネックになり得る箇所を図 1-7 に示します。

図 1-7 各パターンの構成比較とボトルネックになり得る箇所



- **直接接続 (パターン A) :** 学校からインターネットに接続する回線帯域と ISP の契約帯域がボトルネックになる可能性があります。これらのボトルネックで確保すべき帯域は、学校で発生する瞬間最大帯域を上回る必要があります。
- **自治体集約接続 (パターン B) :** 自治体教育ネットワークでのセンター集約段階でボトルネックが存在します。さらに集約した帯域がインターネットに接続するまでの段階でボトルネックが存在します。
- **都道府県集約接続 (パターン C) :** 自治体集約接続のボトルネックに加えて、都道府県教育ネットワークによる帯域集約段階でボトルネックが加わります。

◎本章 2

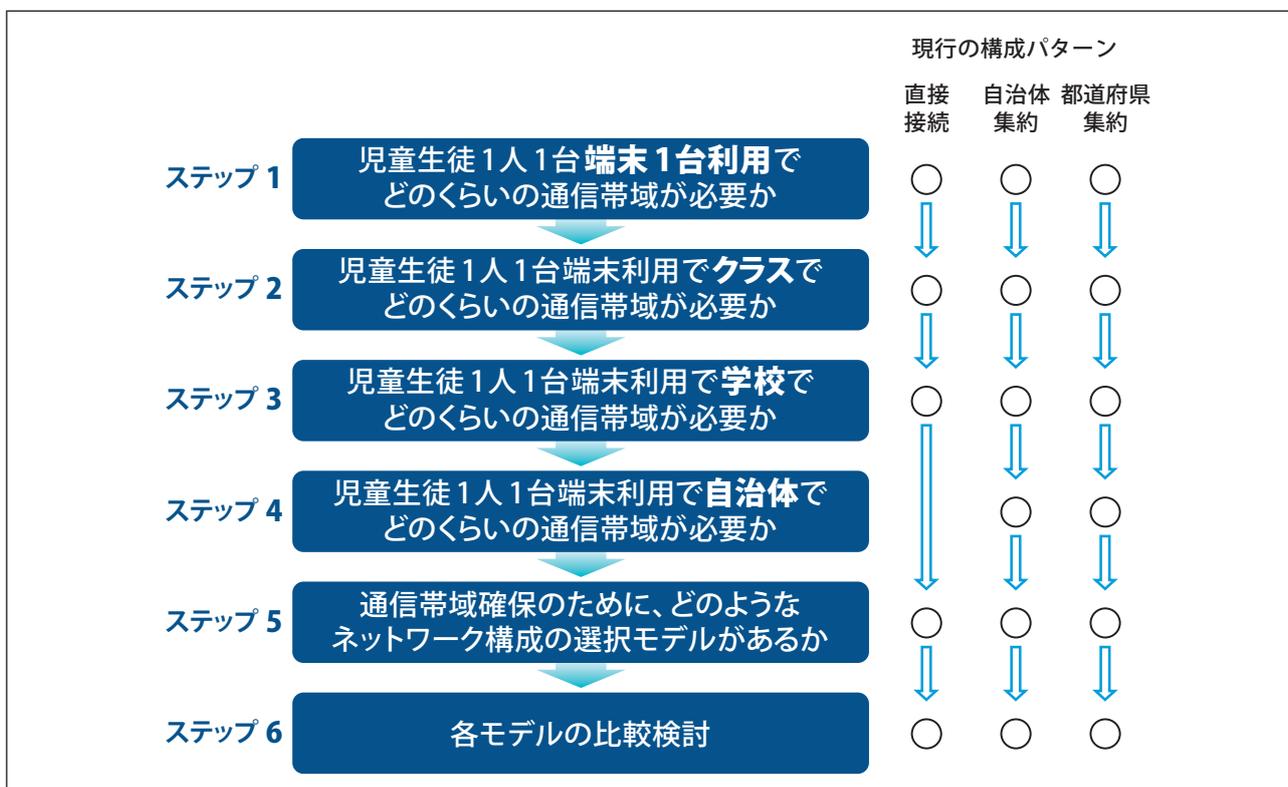
学習系ネットワーク最適化に向けた検討の手順

(1) 学習系ネットワーク最適化に向けた検討手順

現行ネットワーク構成の把握をしたうえで、通信帯域を確保するための検討手順を6つのステップで示します（図 2-1 参照）。

ステップ1～4では、どのくらいの通信帯域が求められるかを、端末⇒クラス⇒学校⇒自治体として積み上げていくステップです。ステップ5, 6では、算出された通信帯域に基づき、ネットワーク構成の選択モデルの整理とそのなかでどのモデルを選択するかの比較検討手順を示します。

図 2-1 学習系ネットワーク増速に向けた検討手順



GIGA スクール構想により整備される範囲は、児童生徒1人1台の端末配備と校内無線 LAN 整備のため、校内 Wi-Fi^{*5} ネットワークをインターネットに接続することを前提に、固定回線でネットワーク整備を検討します。一方で、モバイルネットワークの特性に着目し、固定回線を用いずに、モバイル回線を検討する自治体もあります。

なお、モバイル接続は、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。そのため、モバイルのデータ容量の算定方法については本章3で説明します。また、端末がインターネットに接続する際に必要な NAT^{*6} セッション数の算定方法については、本章4で説明します。

解説

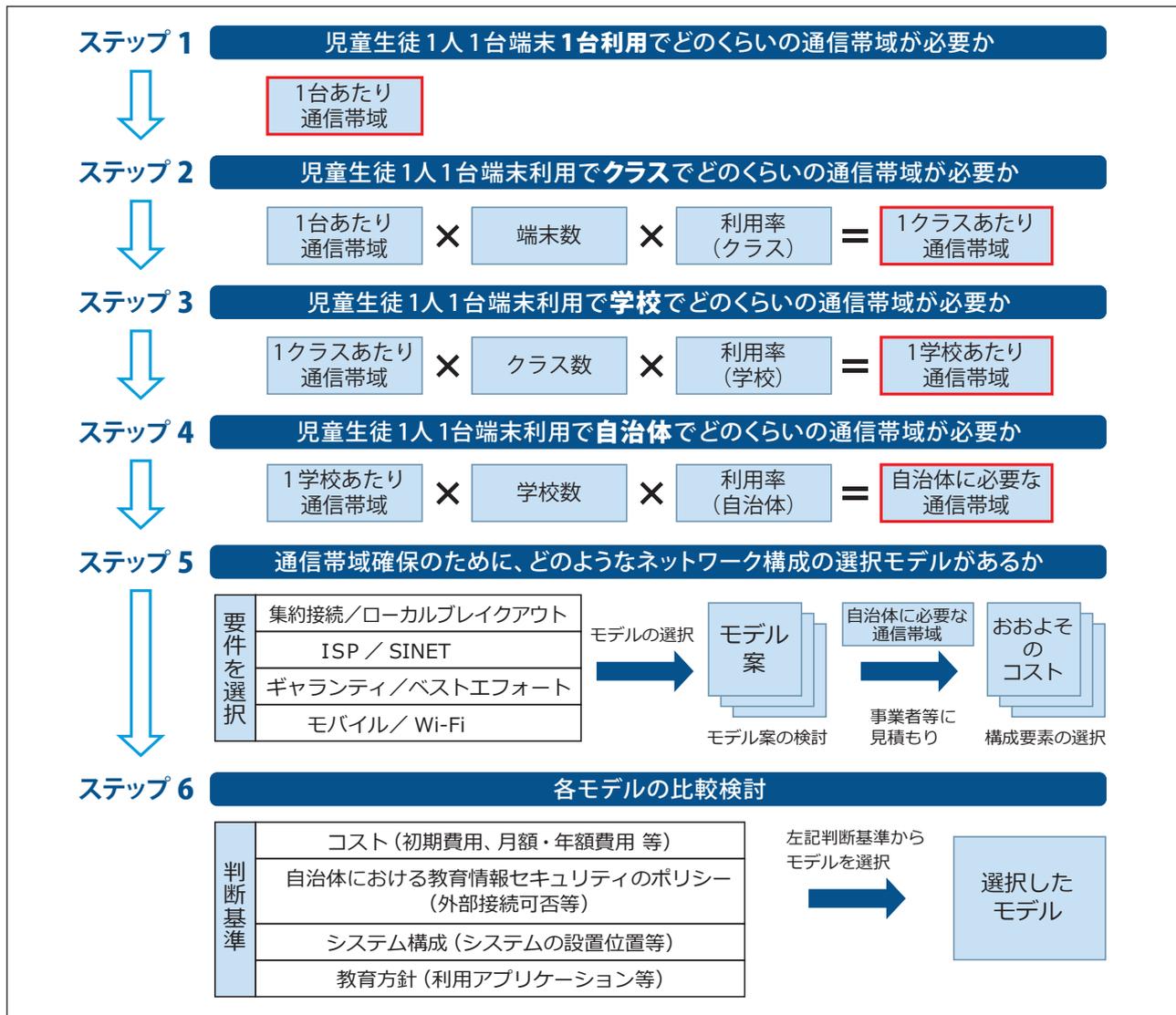
*5: 「Wireless Fidelity」の略。パソコンやスマートフォンなどの端末を無線でネットワークにつなげる技術。

*6: 「Network Address Translation」の略。IP アドレスを変換する技術。詳細は本章4を参照。

ここで、各ステップにおける検討イメージを図2-2に示します。

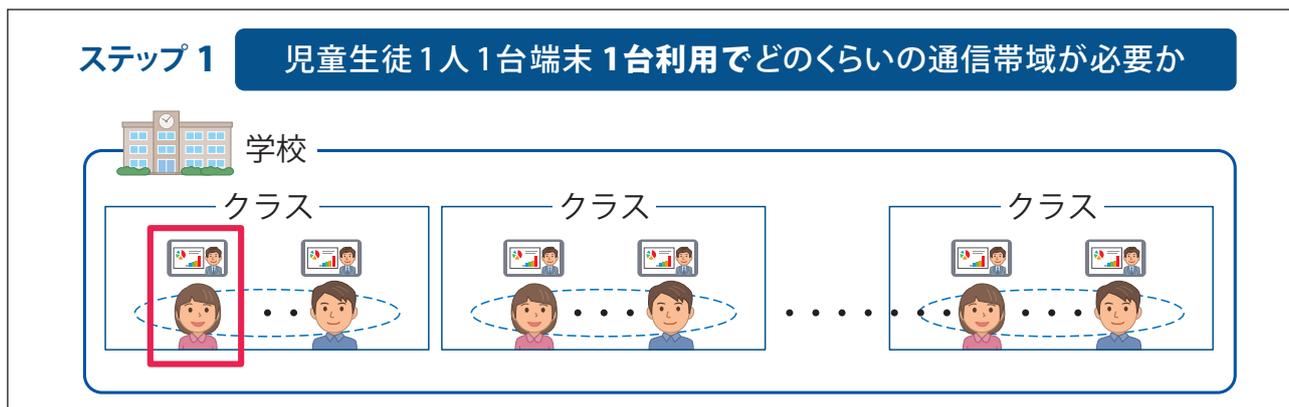
必要な通信帯域の考え方は、「1台あたりの通信帯域×端末数×利用率」です。ステップ1からステップ4ではこの考え方を応用し、クラス、学校、自治体と大きい単位に集約することで必要帯域を求めます。ステップ5では、主要な通信要件を選択することで、現行のパターンよりモデル案を選択します。ステップ6では、コスト面をはじめとした判断基準より、各自治体で最適なモデルを選択します。

図2-2 学習系ネットワーク最適化に向けた検討イメージ



(2) ステップ1

図2-3 ステップ1の検討範囲

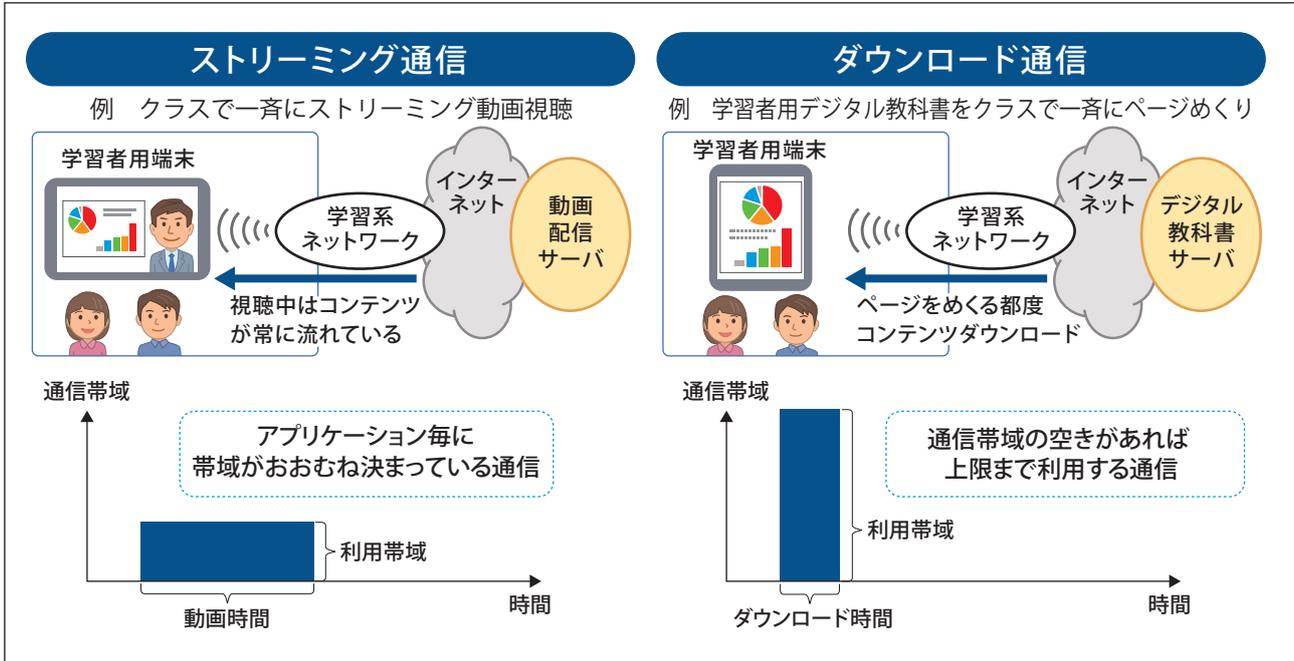


①最も通信帯域を必要とする端末の使い方

児童生徒が学習者用端末を使って学習する形態はさまざまです。ここでは、さまざまな使い方のなかで、最も帯域を必要とする使い方を想定することで、求められる最大帯域を割り出します。

まず、帯域を必要とする使い方として、下記の2つの場面を想定します(図2-4参照)。

図2-4 ストリーミング通信とダウンロード通信の特徴



●ストリーミング通信

You Tube など動画サイトで動画を見る場合には、動画サーバから端末に情報を流し続けるストリーミング^{*7}通信が使われます。ストリーミング通信では、アプリケーションの帯域が決まっているため、利用した台数分、通信帯域が必要となります。ストリーミング通信の特徴は、利用している間は情報が転送されています。動画視聴において帯域不足になりますと、動画がコマ送りになったり、止まったりするので、動画視聴においては必要な帯域を確保する必要があります。その他、児童生徒がオンライン学習用途で Web 会議を利用する場合の通信もこのカテゴリーに入ります。

解説

*7: 待つことなく動画や音声を再生できる配信方式のこと。

●ダウンロード通信

Web サイトを閲覧する場合、閲覧ごとに当該 Web サーバから端末にサイト情報をダウンロードする形になります。ダウンロード通信では、帯域の空きがあれば上限まで使用します。たとえば、学習者用デジタル教科書においては、児童生徒が閲覧する(ページをめくる)ごとにネットワーク経由で該当コンテンツをダウンロードする形です。帯域不足になると、ページをめくっても中身が表示されるまで時間がかかるため、授業に支障が無いよう、許容できる時間でダウンロードできる必要があります。

ダウンロード通信の中には、端末 OS のアップデート等で、大容量のダウンロードが発生する場合があります。このような通信は、授業時間以外の時間(授業準備時間、夜間帯等)にずらして実施する運用が考えられます。

②端末1台に必要な通信帯域

上記の通信方式の特徴を加味し、端末1台に必要な通信帯域については、ストリーミング通信とダウンロード通信で図2-5に示す特徴があります。

図 2 - 5 端末 1 台に必要な通信帯域

カテゴリ	通信方式	端末 1 台に必要な通信帯域
動画配信	ストリーミング通信	アプリケーションの利用帯域 = 通信帯域 * 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
Web 会議		
デジタル教科書 (Web 版)		通信容量 ÷ 表示までの許容時間 = 通信帯域 * 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
授業支援		
文書作成	ダウンロード通信	
OS		通信容量 ÷ 準備時間 = 通信帯域 * 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
デジタル教科書 (ダウンロード版)		

●ストリーミング通信

ストリーミング通信では、アプリケーションを利用している間はデータが流れ続けますので、端末 1 台に必要な通信帯域は

$$\text{通信帯域} <\text{Mbps}> = \text{アプリケーションの利用帯域} <\text{Mbps}>$$

になります。

●ダウンロード通信

ダウンロード通信の場合では、どのくらいの通信容量 (単位: Byte^{*8}) をどのくらい時間をかけてダウンロードするかで通信帯域が変わります。そのため、ダウンロードする通信容量を必要な通信帯域 (単: bps^{*9}) に換算するために下記の式を用います。

$$\text{通信帯域} <\text{Mbps}> = \text{ダウンロード通信容量} <\text{MByte}> \times \frac{8}{(\text{Byte/bit 換算})} \div \text{ダウンロード時間} <\text{秒}>$$

学習者用デジタル教科書を閲覧する場合、デジタル教科書の見開きデータ容量を 2 (MB)、ダウンロード時間を 3 秒と仮定しますと、必要な通信帯域は下記になります。

$$2 \text{ (MB)} \times 8 \text{ (Byte を bit に換算)} \div 3 \text{ (秒)} = 5.3 \text{ Mbps}$$

解 説

*8: データ量あるいは情報量の単位。1Byte = 8bit。

*9: ビット (bit) とは、コンピュータで扱うデータ量を表す 1 番小さな単位です。通信帯域の単位は、このビットを 1 秒間にどれだけの量流せるか bit per second (bps) で表します。

児童生徒 1 人 1 台端末整備による
利用頻度の増大
学習者ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
モバイルネットワーク活用
セッション数の確保
回線申し込みに必要な情報等
SNET について
ネットワーク不通・低速時の
確認事項

コラム 2

学習者用端末 1 台あたりでどのくらいの通信帯域が必要か

代表的なアプリケーション事業者に対し、モデル検討を実施するための通信帯域及びセッション数について調査を実施しました。表 2-1 に学習者用端末 1 台あたりで必要になる通信帯域について事業者ヒアリングした結果を示します。

なお、セッション数についての回答はどの事業者からも「利用するコンテンツや利用状況による」あるいは「不明」と回答があったため、実証フィールドで測定した結果やセッション数の見積もりの仕方について本章 4 で記載しています。

表 2-1 学習者用端末 1 台あたりで必要になる通信帯域

区分	通信容量	通信速度	セッション数	備考
デジタル教科書	0.2GB~12GB	—	利用するコンテンツや利用状況による*	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 *10	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		—

* 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

解説

*10 : 「Augmented Reality/Virtual Reality」の略。AR (拡張現実) は、スマートフォンやタブレット端末などの機器を使って、CG を現実世界に映し出すことができる技術。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。

児童生徒 1 人 1 台端末整備による
利用頻度の増大
本章 1

学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
本章 2

モバイルネットワーク活用
本章 3

セッション数の確保
本章 4

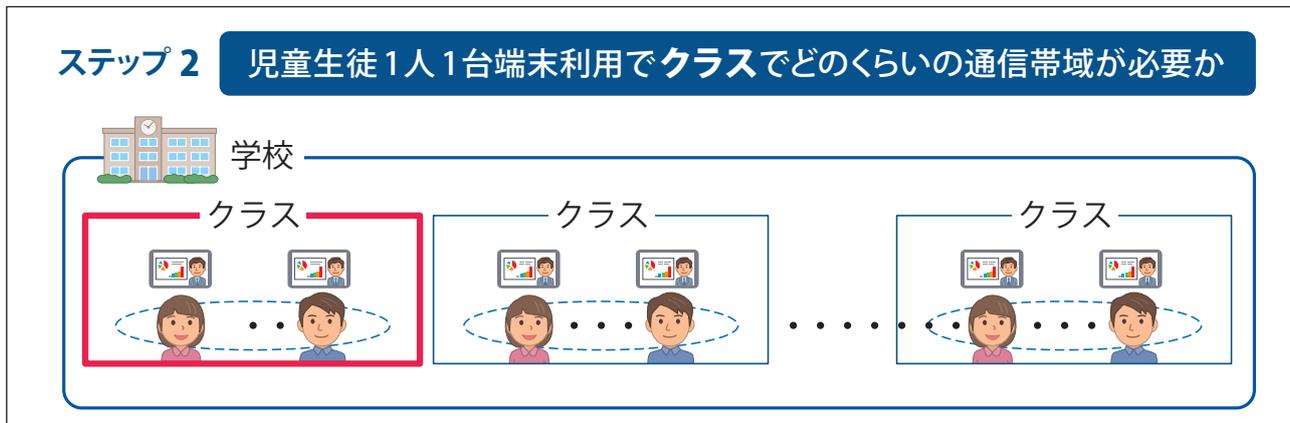
回線申し込みに必要な情報等
参考 1

SNET について
参考 2

ネットワーク不通・低速時の
確認事項
参考 3

(3) ステップ 2

図 2-6 ステップ 2 の検討範囲



クラス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」です。授業・学習での学習者用端末利用はクラス単位で行われることが想定されます。ステップ 2 ではクラスに必要な通信帯域を算定します。

図 2-7 クラス単位に必要な通信帯域イメージ

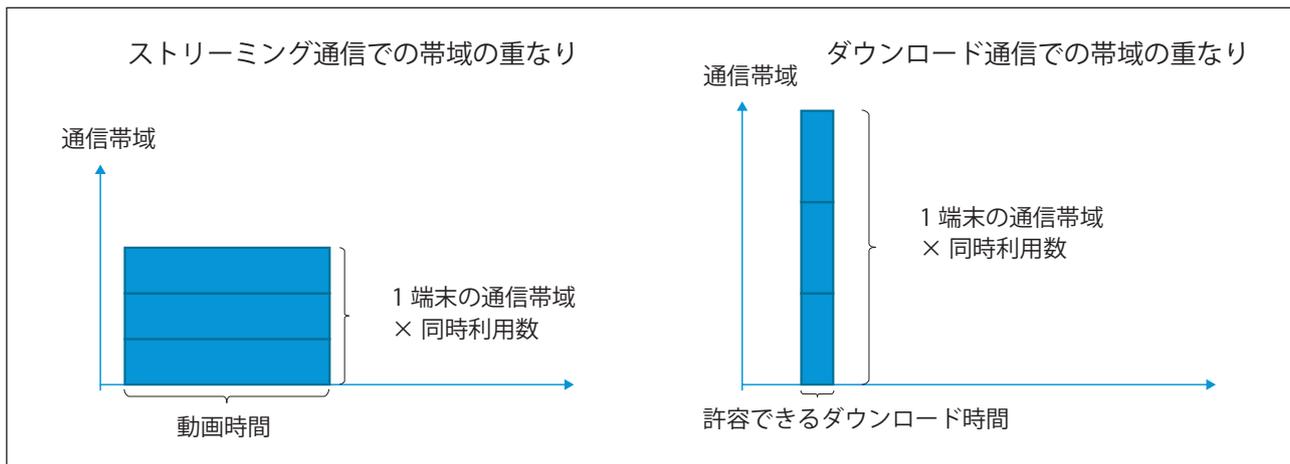


図 2-7 に示したように、クラス単位に必要な通信帯域は下記になります。

$$\boxed{\text{1クラスに必要な通信帯域 <Mbps>}} = \boxed{\text{端末あたりに必要な通信帯域 <Mbps>}} \times \boxed{\text{クラス内児童生徒数}} \times \boxed{\text{クラス内同時利用率}}$$

●ストリーミング通信

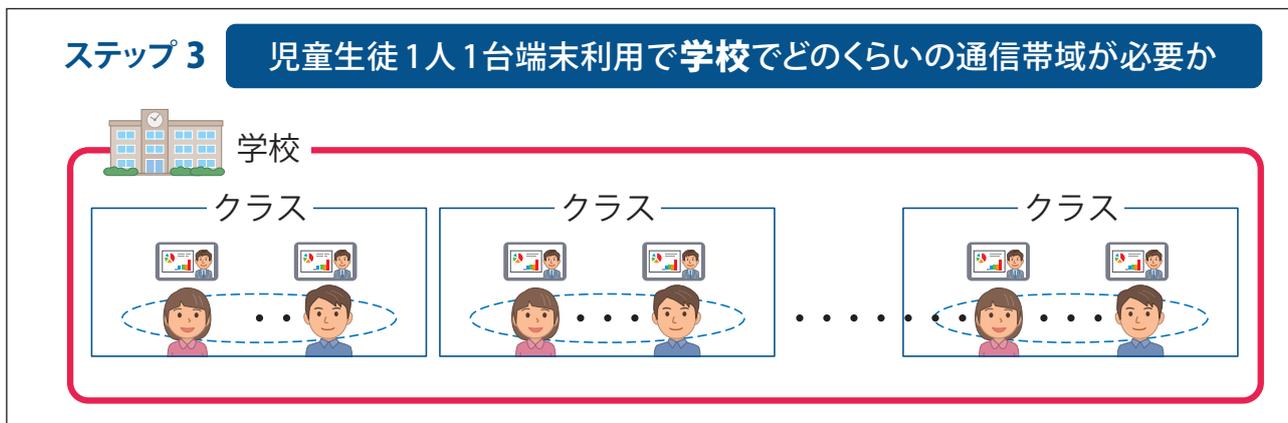
クラス 40 人が一斉にストリーミング動画（2 Mbps）を視聴する場合は、
 クラスに必要な通信帯域＝端末あたりに必要な通信帯域（2Mbps）×クラス内児童生徒数（40人）×クラス内同時利用率（100%）＝80Mbps

●ダウンロード通信

クラス 40 人が一斉にデジタル教科書のページ（2 MB）を 3 秒かけてめくる場合は
 クラスに必要な通信帯域＝端末あたりに必要な通信帯域（5.3Mbps）×クラス内児童生徒数（40人）×クラス内同時利用率（100%）＝213Mbps

(4) ステップ3

図2-8 ステップ3の検討範囲

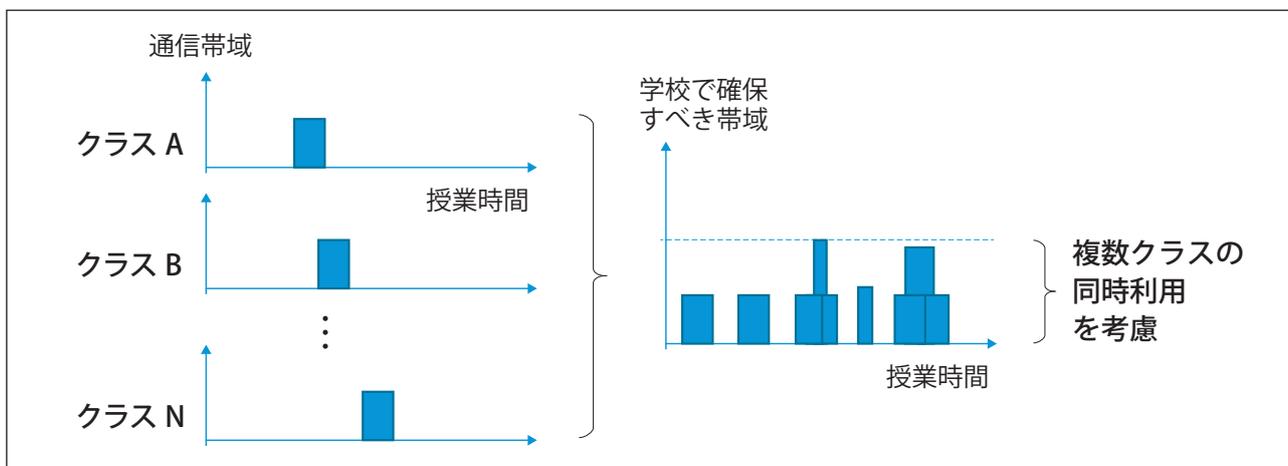


① 学校に必要な通信帯域の考え方

学校に必要な通信帯域は、「1クラスあたりの通信帯域」×「クラス数」×「利用率」です。

学校のなかでは各クラスでICT機器を利用しているので、複数クラスで同時に使用されている時間帯が発生します。学校に必要な通信帯域を求めるには、図2-9に示すとおり、複数クラスで同じような使い方をすることにより通信帯域の利用が時間的に重なること(同時利用)を想定する必要があります。ただし、今後の利活用が進んだ際の同時利用率を求めることは難しいことから、本ガイドブックではアプリケーションの利用時間の割合から、利用率をもとめ、同時に利用するクラス数を算定する方法を説明します。

図2-9 学校に必要な帯域算出の考え方



そのため、学校に必要な通信帯域は、以下の通り求めることができます。

● ストリーミング通信

動画視聴やWeb会議のように、利用している間は常に情報が流れていますので、利用時間は一定の通信帯域が消費されます。そのため、複数クラスでの同時利用が発生しやすい傾向があります。

● ダウンロード通信

通信帯域の空きがあった場合、上限まで通信帯域を大量消費します。一方で、通信する時間は一般的にストリーミング通信よりも短いため、複数クラスでの時間的な重なりは少ない傾向があります。

②-1 ストリーミング通信での通信帯域算出の考え方

ストリーミング通信の必要帯域を算出するにあたり、前提条件となる変数は複数存在しますので、図2-10に変数を示します。この変数を使って、学校単位の必要帯域を算出します。

児童生徒1人1台端末整備による
利用頻度の増大
本章1

学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
本章2

モバイルネットワーク活用
本章3

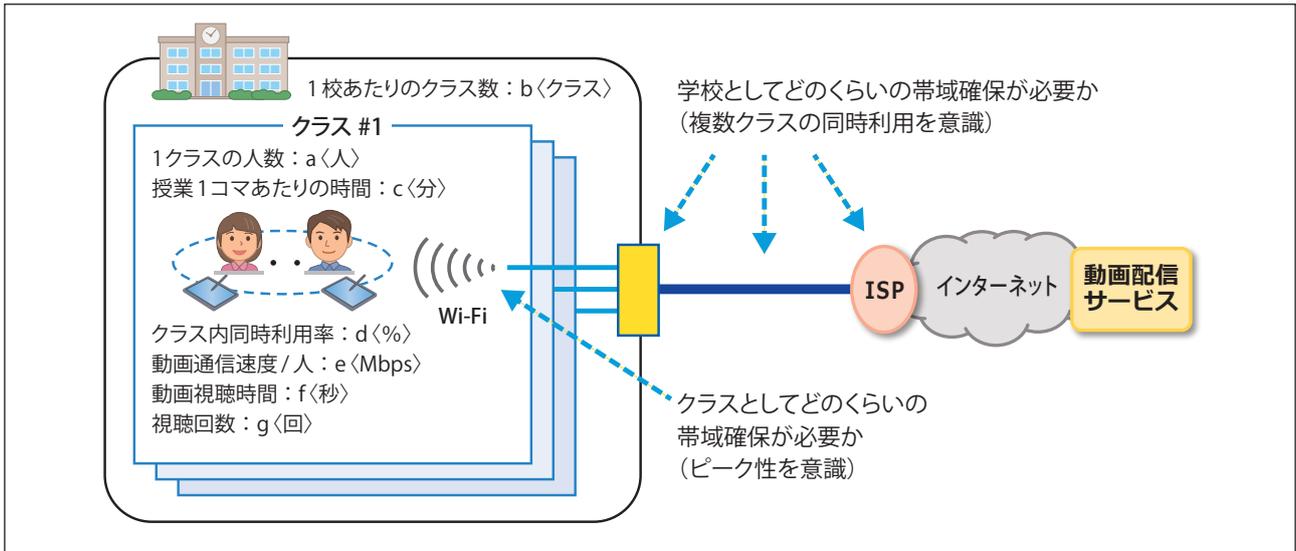
セッション数の確保
本章4

回線申し込みに必要な情報等
参考1

SNETについて
参考2

ネットワーク不通・低速時の
確認事項
参考3

図 2 - 10 ストリーミング通信での必要帯域算出の変数



① 端末で必要な通信帯域

端末で必要な通信帯域は、動画通信速度 e<Mbps> になります。

② クラスで必要な通信帯域

クラスで必要な通信帯域は、クラスの児童生徒が動画を視聴する通信容量の総和ですので、

$$\text{1クラスに必要な通信帯域} < \text{Mbps} > = \text{動画通信速度} e < \text{Mbps} > \times \text{1クラスの人数} a < \text{人} > \times \text{クラス内同時利用率} d < \% >$$

ここでクラス内同時利用率 d は、一斉に視聴する場合には 100% になります。

③ 同時利用するクラス数 (n)

授業1コマ c 分 < 60 c 秒 > のなかで、動画視聴時間は f < 秒 > × g < 回 > ですので、1コマの中でのアプリケーションの利用時間の割合は、

$$\text{授業におけるアプリケーションの利用時間の割合} = \text{動画視聴時間} f < \text{秒} > \times \text{視聴回数} g < \text{回} > \div \text{授業1コマ時間} 60c < \text{秒} >$$

上記の割合にクラス数を掛けあわせませす。クラス数は整数ですので、小数点を切り上げることで、下記の式で、同時に利用しているクラス数 n が求められます。この結果が 1 を超えていると、1コマの授業時間のなかで複数クラスでの利用が時間的に重なることを意味します。

$$\text{同時利用するクラス数} (n) = \text{小数点切り上げ} \left\{ \text{学校のクラス数} b \times \text{授業におけるアプリケーションの利用時間の割合} \right\}$$

④ 学校で必要な通信帯域

②、③から、下記のように学校で必要な通信帯域が算出できます。

$$\text{学校に必要な通信帯域} < \text{Mbps} > = \text{1クラスに必要な通信帯域} < \text{Mbps} > \times \text{同時利用するクラス数} (n)$$

②-2 ストリーミング通信での学校で必要な通信帯域の算出例

ここでは、表 2-2 のような例を想定します。

表 2-2 ストリーミング通信での必要帯域算出例

項目	変数 (単位)
1 クラスの人数 (a)	40(人)
1 校あたりのクラス数 (b)	10(クラス)
授業 1 コマあたりの時間 (c)	45(分)
クラス内同時利用率 (d)	100(%)
1 人あたりの動画通信速度 (e)	2(Mbps)
動画視聴時間 (f)	300(秒)
動画視聴回数 (g)	1(回)

① 端末で必要な通信帯域 (詳細はステップ 1 を参照)

端末で必要な通信帯域は、動画通信速度ですので 2 Mbps です。

② クラス単位で必要な通信帯域

2 Mbps のストリーミング動画を児童生徒 40 人が同時に視聴しますので、視聴時に必要な帯域は $2\text{Mbps} \times 40 \text{人} \times 100\%$ (同時利用率) = 80Mbps になります。

③ 同時利用するクラス数 (複数クラスの時間的な重なり) 図 2-11 参照

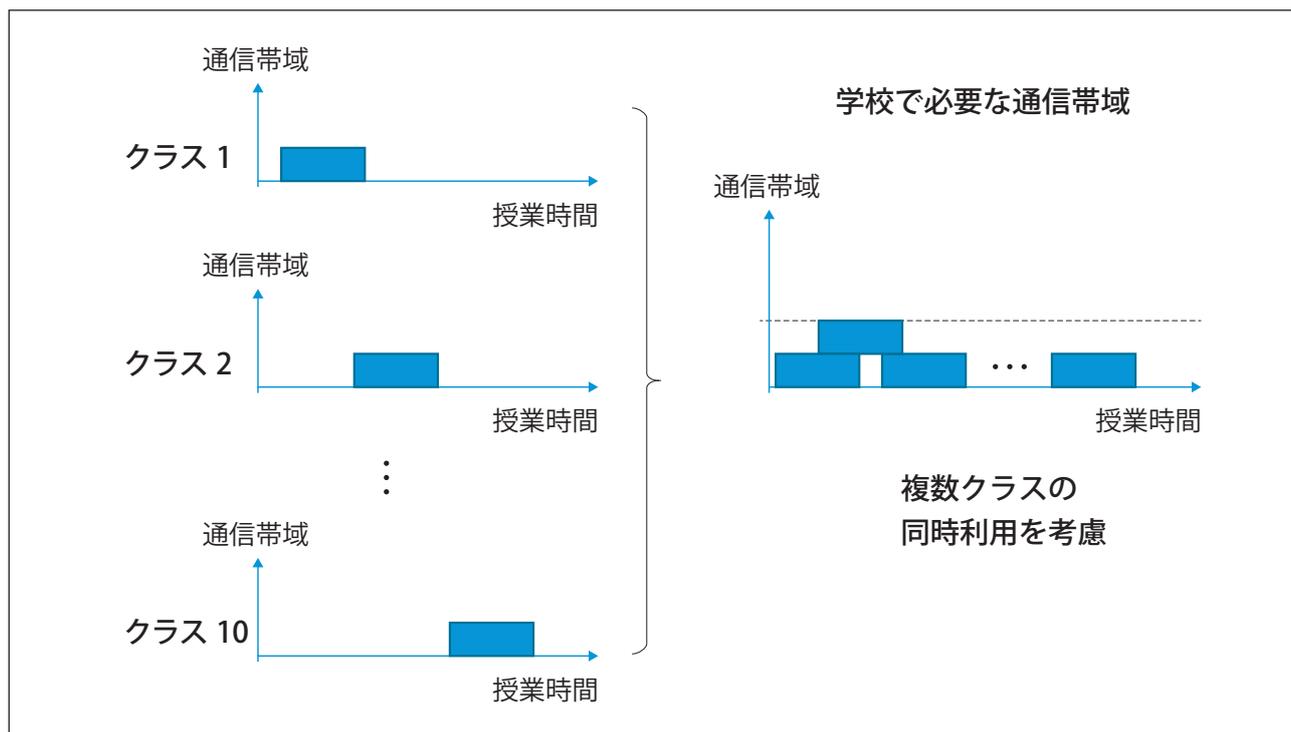
同時に利用しているクラス数 (n) = $\text{bfg}/60\text{c}$ の小数点切り上げ値
 $= 10 \text{(クラス)} \times 300 \text{(秒)} \times 1 \text{(回)} / (60 \times 45) \text{(分)} = 1.11 \Rightarrow 2$

④ 学校で必要な通信帯域

②、③から、下記のように学校で必要な通信帯域が算出できます。

80Mbps (1 クラスでの必要帯域) $\times 2$ (同時利用するクラス数) = 160Mbps

図 2-11 ストリーミング通信における同時に利用するクラス数

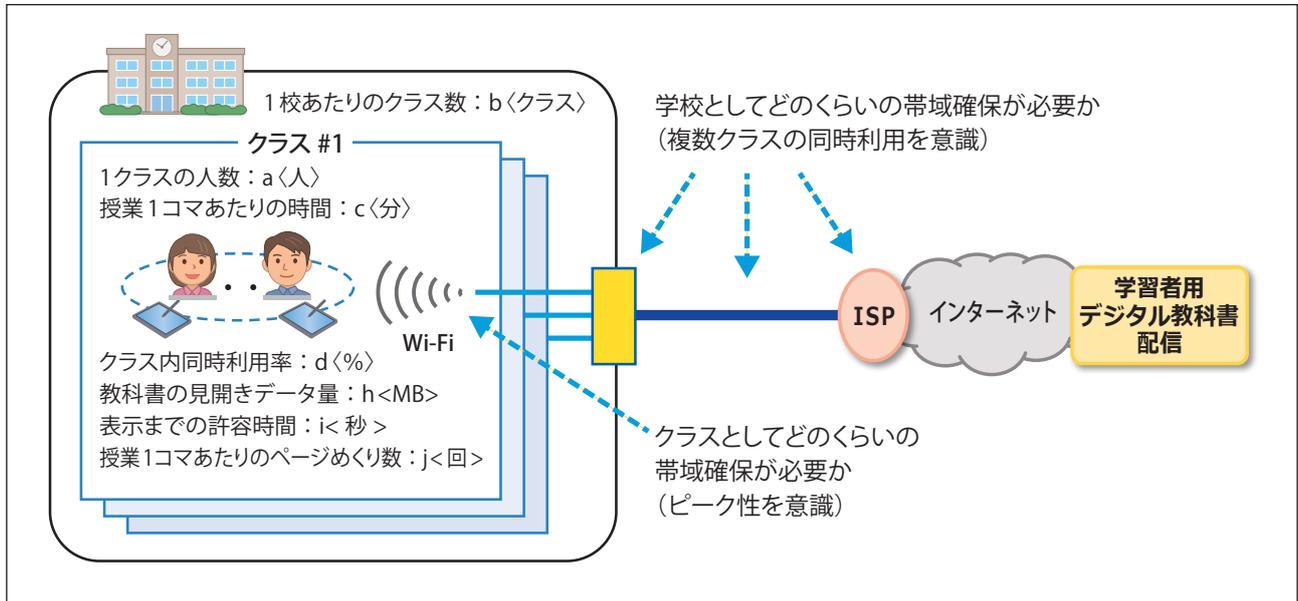


児童生徒 1 人 1 台端末整備による
利用頻度の増大
本章 1
 学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
本章 2
 モバイルネットワーク活用
本章 3
 セッション数の確保
本章 4
 回線申し込みに必要な情報等
参考 1
 SNET について
参考 2
 ネットワーク不通・低速時の
確認事項
参考 3

③-1 ダウンロード通信での帯域算出の考え方

ダウンロード通信の必要帯域を算出するにあたり、前提条件となる変数は複数存在しますので、図 2-12 に変数を示します。この変数を使って、端末あたりの必要帯域から自治体あたりの必要帯域までを順番に算出します。

図 2-12 ダウンロード通信での必要帯域算出の変数



① 端末で必要な通信帯域 (ステップ 1 を参照)

端末で必要な通信帯域は、学習者用デジタル教科書のページをめくったタイミングで発生するコンテンツダウンロードの通信速度になります。

$$\text{端末あたりに必要な通信帯域} <\text{Mbps}> = \frac{\text{端末あたりのダウンロードデータ量 (デジタル教科書の見開きデータ量) } h <\text{MB}> \times 8 \text{ (Byte/bit 換算)}}{\text{ダウンロード時間 } i <\text{秒}>}$$

② クラスで必要な通信帯域

クラスで必要な通信帯域は、クラスの児童生徒がデジタル教科書のページをめくった際に発生する通信帯域の総和ですので、

$$\text{1クラスに必要な通信帯域} <\text{Mbps}> = \text{端末あたりに必要な通信帯域} <\text{Mbps}> \times \text{1クラスの人数 } a <\text{人}> \times \text{クラス内同時利用率 } d <\text{\%}>$$

ここでクラス内同時利用率 d は、一斉に閲覧する場合には 100% になります。

③ 同時利用するクラス数 (n)

ストリーミング通信同様に、1コマの中での授業におけるアプリケーションの利用時間の割合を算出します。

$$\text{授業におけるアプリケーションの利用時間の割合} = \frac{\text{ダウンロード時間 } i <\text{秒}> \times \text{授業1コマあたりページめくり回数 } j <\text{回}>}{\text{授業1コマ時間 } 60c <\text{秒}>}$$

次に、同時利用するクラス数 (n) を算出します。

$$\text{同時利用するクラス数 (N)} = \text{小数点切り上げ} \left\{ \text{学校のクラス数 } b \times \text{1コマの中での時間占有率} \right\}$$

④学校で必要な帯域

②、③から、下記のように学校で必要な帯域が算出できます。

$$\boxed{\text{学校で必要な通信帯域} <\text{Mbps}>} = \boxed{\text{1クラスで必要な通信帯域} <\text{Mbps}>} \times \boxed{\text{同時利用するクラス数} (n)}$$

③-2ダウンロード通信での学校で必要な通信帯域の算出例

ここでは、表 2-3 のような例を想定します。

表 2-3 ダウンロード通信での必要帯域算出例

項目	変数(単位)
1クラスの人数(a)	40(人)
1校あたりのクラス数(b)	10(クラス)
授業1コマあたりの時間(c)	45(分)
クラス内同時利用率(d)	100(%)
デジタル教科書の見開きデータ容量(h)	2(MB)
表示までの許容時間(i)	3(秒)
授業1コマあたりのページめくり回数(j)	10(回)

①端末で必要な帯域

学習者用デジタル教科書を児童生徒が一斉に閲覧する(ページをめくる)ごとに3秒かけて2MBのデータがネットワークを流れます。これを1人あたりに必要な帯域に換算しますと、

$$2\text{MB} \times 8 (\text{Byte/bit 換算}) \div 3 (\text{秒}) = 5.33\text{Mbps}$$

になります。

②クラス単位で必要な帯域

クラスの児童生徒全員が一斉にダウンロードしますので、クラスとして必要な帯域は

$$5.33\text{Mbps} \times 40 \text{人} \times 100\% (\text{同時利用率}) = 213\text{Mbps}$$

になります。

③同時利用するクラス数

同時に利用しているクラス数(n)

$$= 10 (\text{クラス}) \times 3 (\text{秒}) \times 10 (\text{回}) / (60 \times 45) (\text{分}) = 0.11 \Rightarrow 1$$

④学校で必要な通信帯域

②、③から、下記のように学校で必要な通信帯域が算出できます。

$$213\text{Mbps} (1 \text{クラスで必要な帯域}) \times 1 (\text{同時利用するクラス数}) = 213\text{Mbps}$$

④学校で確保すべき帯域の算出例

上記のように、ストリーミング通信とダウンロード通信で計算した結果、大きい方の値(160Mbps<213Mbps)が、学校に必要な帯域となります。実効速度として213Mbpsを上回る帯域の回線メニューを選択すれば十分と考えられます。

児童生徒1人1台端末整備による
利用頻度の増大
本章1

学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
本章2

モバイルネットワーク活用
本章3

セッション数の確保
本章4

回線申し込みに必要な情報等
参考1

SMETについて
参考2

ネットワーク不通・低速時の
確認事項
参考3

コラム 3

トラフィックモニタリング実測検証

今回のフィールドにおける測定結果として、授業のトラフィックの計測を行い、机上検討との比較をしました。

解説

*11：機器間のデータ通信において、一過的に大量のデータを通信すること。

①授業の条件

人数：52人
Web アプリのデータ容量：15.6MB
表示までの時間：約 10 秒

同時利用率：10% ※授業自体は 52 人で実施しているが、生徒に指導しながらのアクセスになったので、同時利用率を 10% と定義している。

②机上検討

・端末あたりの通信帯域
 $15.6(\text{MB}) \times 8(\text{bit}) \div 10(\text{秒}) = 12.5(\text{Mbps})$
・クラスあたりの通信帯域
 $12.5(\text{Mbps}) \times 52(\text{人}) \times 10(\%) = 65.0(\text{Mbps})$

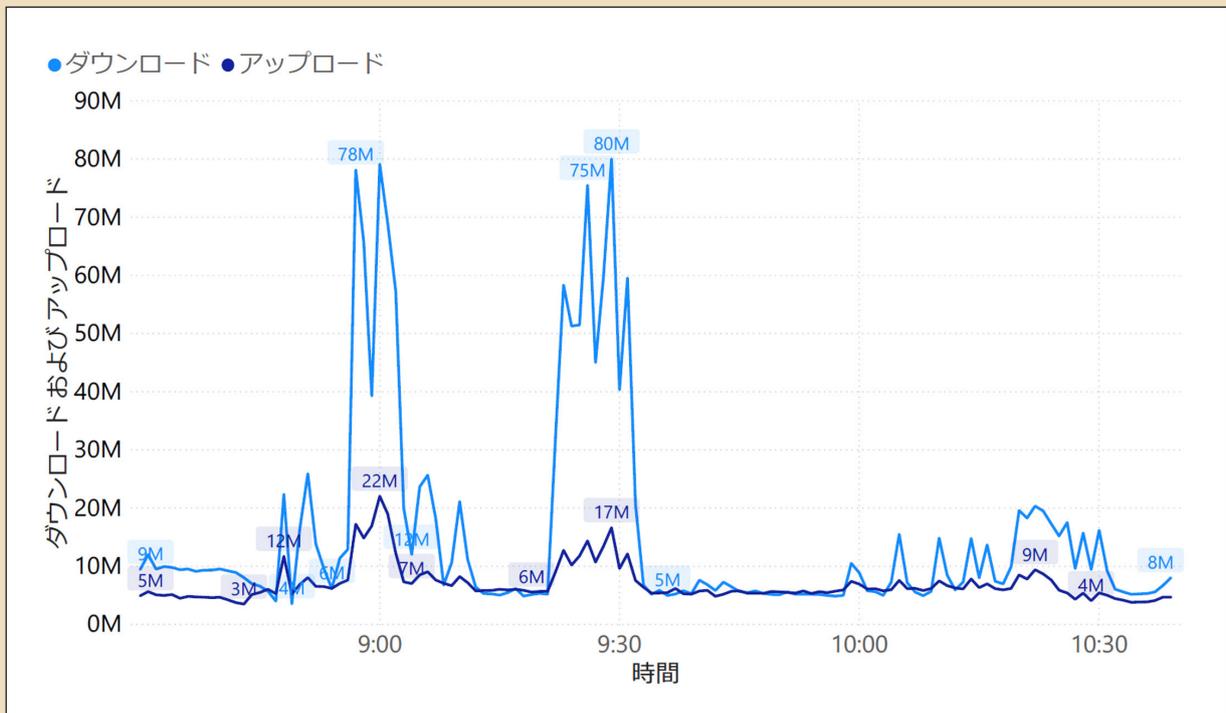
③フィールド実証結果

Web アプリケーションのアクセス時間帯のピーク値が分散していますが、4 か所のピークが確認できました。ピーク値としては 60 ~ 80Mbps となりました（図 2-13 参照）。

④机上検討とフィールド実証結果の比較

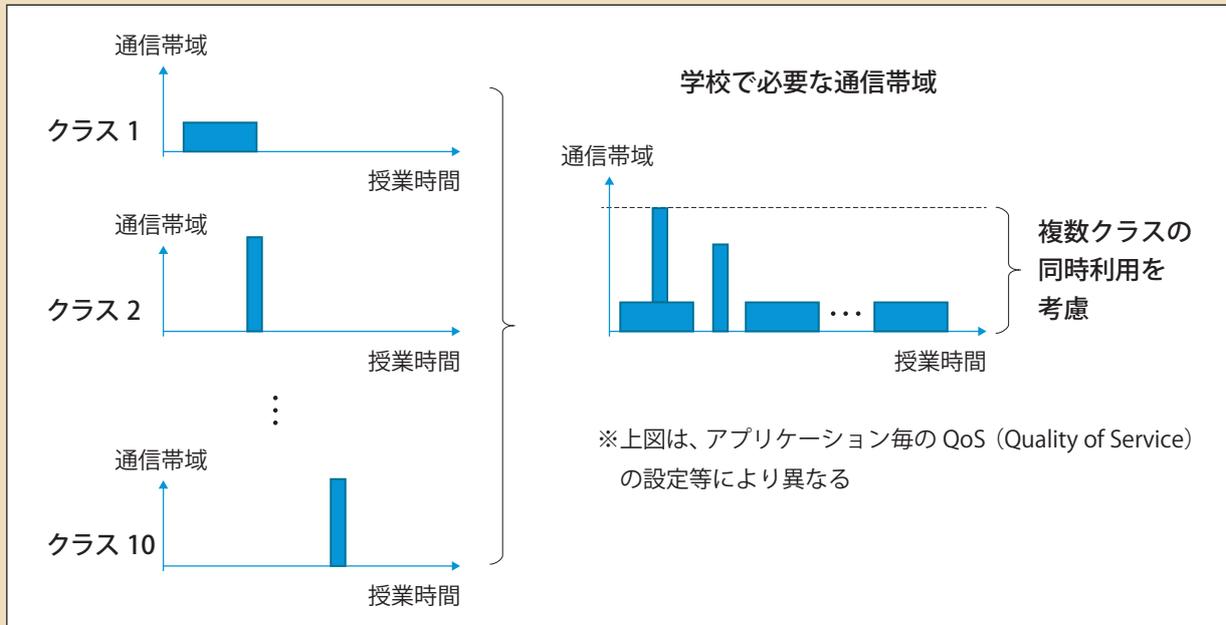
授業の中盤で使用した Web アプリケーションアクセス時のパースト^{*11}トラフィックについて、ダウンロード通信の帯域算出との比較をしてみると、概ね計算結果と合致する数値となりました。

図 2 - 13 フィールド実証結果



実際の授業運営では、ストリーミング通信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。クラス間でもさまざまなアプリケーションが利用されることに加えて、1つの授業の中でもさまざまなアプリケーションを利用することが想定されるため、混在利用が主流と言えます。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。(図 2-14 参照)。

図 2-14 混在利用時の学校で必要な帯域算出の考え方



例えば、学習者用デジタル教科書を利用しながら、動画視聴でより理解を深めるといった利用が考えられます。以下に、混在型の帯域算出について解説します。

①ストリーミング通信とダウンロード通信の利用比率

ストリーミング通信とダウンロード通信での時間的な重なりを考えるうえで、各々の利用率を仮定する必要があります。この比率は学習者用デジタル教科書の導入規模などで変わります。

ここでは、ストリーミングとダウンロードの利用比率を同じ比率 (50% : 50%) と仮定した算出例を示します。

●ストリーミング通信での時間的な重なり

$$= (300(\text{秒}) \times 1(\text{回})) \times 50(\%) / (60 \times 45)(\text{分}) = 0.55 \Rightarrow 1$$

●ダウンロード通信での時間的な重なり

$$= (3(\text{秒}) \times 10(\text{回})) \times 50(\%) / (60 \times 45)(\text{分}) = 0.05 \Rightarrow 1$$

以上から、

●ストリーミング通信の必要帯域

$$= 80\text{Mbps}(1 \text{ クラスでの必要帯域}) \times 1(\text{複数クラスの時間的な重なり}) = 80\text{Mbps}$$

●ダウンロード通信の必要帯域

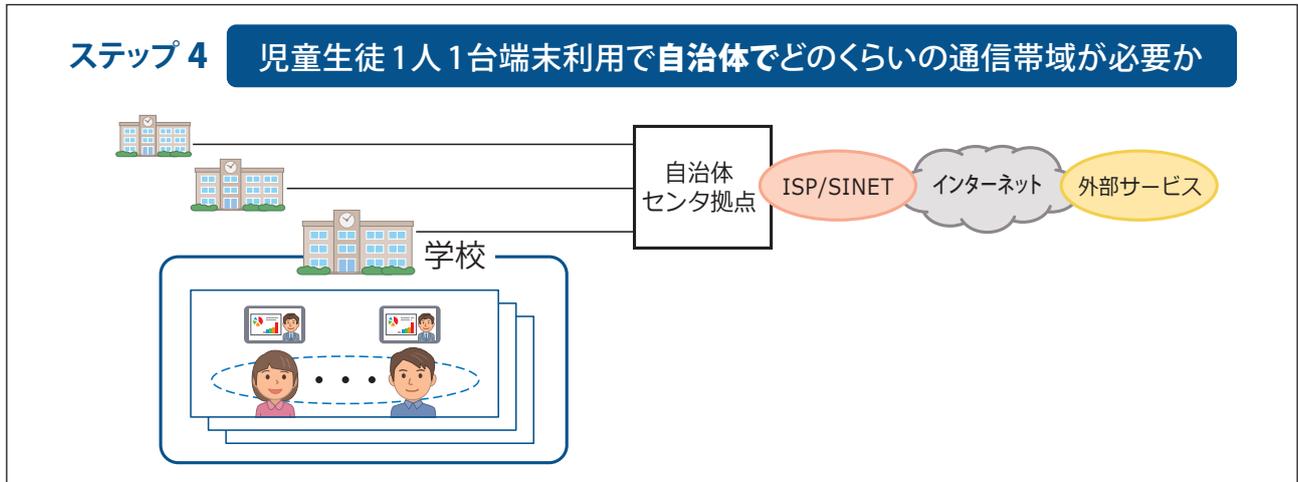
$$= 213\text{Mbps}(1 \text{ クラスで必要な帯域}) \times 1(\text{複数クラスの重なり}) = 213\text{Mbps}$$

●学校内でストリーミング通信とダウンロード通信の混在利用を考慮すると学校で必要な帯域は

$$\text{ストリーミング通信} + \text{ダウンロード通信の必要帯域} = 80\text{Mbps} + 213\text{Mbps} = 293\text{Mbps} \text{ になります。}$$

(5) ステップ 4

図 2-15 ステップ 4 の検討範囲



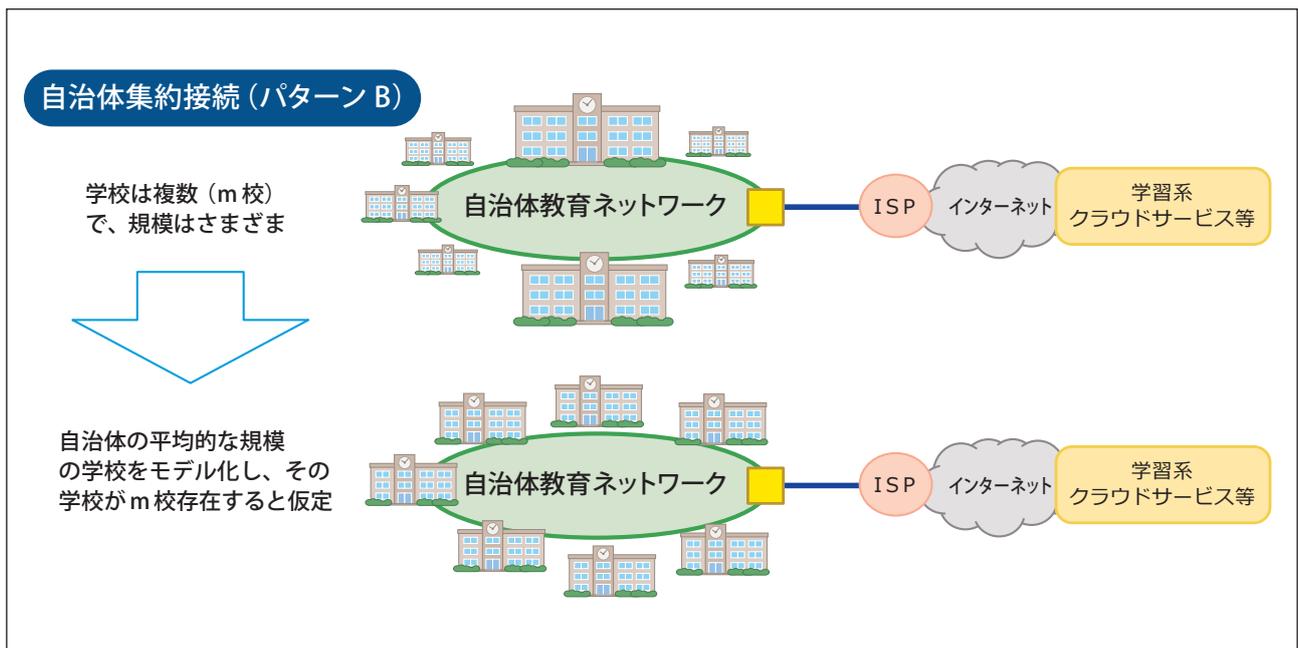
①自治体における平均的な学校モデルの設定

ここでは、自治体集約接続構成における学習系ネットワークの最適化に必要な帯域を算出する方法を解説します。ステップ 3 と同様、今後の利活用が進んだ際の同時利用率を求めることは難しいことから、本ガイドブックではアプリケーションの利用時間の割合から、利用率をもとめ、同時に利用するクラス数を自治体全体で算定する方法について説明します。

自治体全体での同時利用クラス数を求めるため、前提として自治体の学校数が m 校存在し、全ての学校は自治体教育ネットワークで集約されているモデルを考えます。図 2-16 に示すように、簡易的に、平均的な規模の学校が自治体内に m 校存在するものとします。

- 1 クラスの児童生徒数 = 自治体内における児童生徒総数 ÷ 学校の総クラス数
- 学校のクラス数 = 自治体内における学校の総クラス数 ÷ 学校数 (m)

図 2-16 自治体集約接続での回線帯域算出モデル (例)



②自治体として必要な帯域算出例

平均校モデルに基づいた帯域算出の前提条件（例）を表 2-4 に示します。

表 2-4 では、自治体あたりの学校数（m）以外はステップ3での変数と同じにしています

表 2-4 帯域算出の前提条件（例）

変数種別	項目	変数（単位）
自治体の学校変数	1クラスの人数 (a)	40(人)
	1校あたりのクラス数 (b)	10(クラス)
	授業1コマあたりの時間 (c)	45(分)
	クラス内同時利用率 (d)	100(%)
	自治体あたりの学校数 (m)	10(校)
ストリーミング型変数	1人あたりの動画通信速度 (e)	2(Mbps)
	動画視聴時間 (f)	300(秒)
	動画視聴回数 (g)	1(回)
一斉ダウンロード型変数	デジタル教科書の見開きデータ容量 (h)	2(MB)
	表示までの許容時間 (i)	3(秒)
	授業1コマあたりのページめくり回数 (j)	10(回)

・ストリーミング通信

●平均校1クラスでの必要帯域

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{1クラスに必要な通信帯域}} <\text{Mbps}> &= & \boxed{\text{端末あたりに必要な通信帯域}} <\text{Mbps}> \times \boxed{\text{1クラスの人数}} <a<\text{人}> \times \boxed{\text{クラス内同時利用率}} <d<\%> \\
 & &= & 2\text{Mbps} \times 40\text{人} \times 100\% = 80\text{Mbps}
 \end{aligned}$$

●平均校の複数クラスの時間的な重なり

平均校での複数クラスの時間的な重なりは下記の式で求められます。

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{学校複数クラスでの}} & \text{時間的な重なり} &= \boxed{\text{学校のクラス数 } b} \times \boxed{\text{授業におけるアプリケーションの利用時間の割合}} \\
 & & &= \boxed{\text{学校のクラス数 } b} \times \boxed{\text{ダウンロード時間}} <i<\text{秒}> \times \boxed{\text{授業1コマあたりダウンロード回数}} <j<\text{回}> \div \boxed{\text{授業1コマ時間}} <60c<\text{秒}> \\
 & & &= 10(\text{クラス}) \times 300(\text{秒}) \times 1(\text{回}) / (60 \times 45)(\text{分}) = 1.11
 \end{aligned}$$

●全校での同時利用クラス数 (N)

自治体全校での複数クラスの時間的な重なりを算出し、その小数点切り上げ値が全校での同時利用クラス数 (N) になります。

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{自治体全校で同時利用するクラス数}} <N> &= & \text{小数点切り上げ} \left\{ \boxed{\text{自治体あたりの学校数}} <m> \times \boxed{\text{学校複数クラスでの}} & \text{時間的な重なり} \right. \\
 & &= & 10(\text{校}) \times 1.11 = 11.1 \Rightarrow 12(N)
 \end{aligned}$$

●全校(自治体)で必要な帯域

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{自治体に必要な通信帯域}} <\text{Mbps}> &= & \boxed{\text{1クラスに必要な通信帯域}} <\text{Mbps}> \times \boxed{\text{全校で同時利用するクラス数}} <N> \\
 & &= & 80\text{Mbps} \times 12 = 960\text{Mbps}
 \end{aligned}$$

・ダウンロード通信

● 1クラスでの必要帯域：

$$\begin{aligned} \text{1クラスで必要な通信帯域} <\text{Mbps}> &= \text{端末あたりで必要な通信帯域} <\text{Mbps}> \times \text{1クラスの人数} <a<\text{人}> \times \text{クラス内同時利用率} <d<\%> \\ &= 5.3\text{Mbps} \times 40 \text{人} \times 100\% = 213\text{Mbps} \end{aligned}$$

● 平均校複数クラスの時間的な重なり

$$\begin{aligned} \text{学校複数クラスでの時間的な重なり} &= \text{学校のクラス数 } b \times \text{授業におけるアプリケーションの利用時間の割合} \\ &= \text{学校のクラス数 } b \times \text{ダウンロード時間 } i <\text{秒}> \times \text{授業1コマあたりダウンロード回数 } j <\text{回}> \times \text{授業1コマ時間 } 60c <\text{秒}> \\ &= 10(\text{クラス}) \times 3(\text{秒}) \times 10(\text{回}) / (60 \times 45)(\text{分}) = 0.11 \end{aligned}$$

● 全校での同時利用クラス数 (N)

$$\begin{aligned} \text{自治体全校で同時利用するクラス数 (N)} &= \text{小数点切り上げ} \left\{ \text{自治体あたりの学校数 (m)} \times \text{学校複数クラスでの時間的な重なり} \right\} \\ &= 10(\text{校}) \times 0.11 = 1.11 \Rightarrow 2(N) \end{aligned}$$

● 全校(自治体)で必要な帯域

$$\begin{aligned} \text{自治体で必要な通信帯域} <\text{Mbps}> &= \text{1クラスで必要な通信帯域} <\text{Mbps}> \times \text{全校で同時利用するクラス数 (N)} \\ &= 213\text{Mbps} \times 2 = 426\text{Mbps} \end{aligned}$$

・自治体で確保すべき帯域の算出

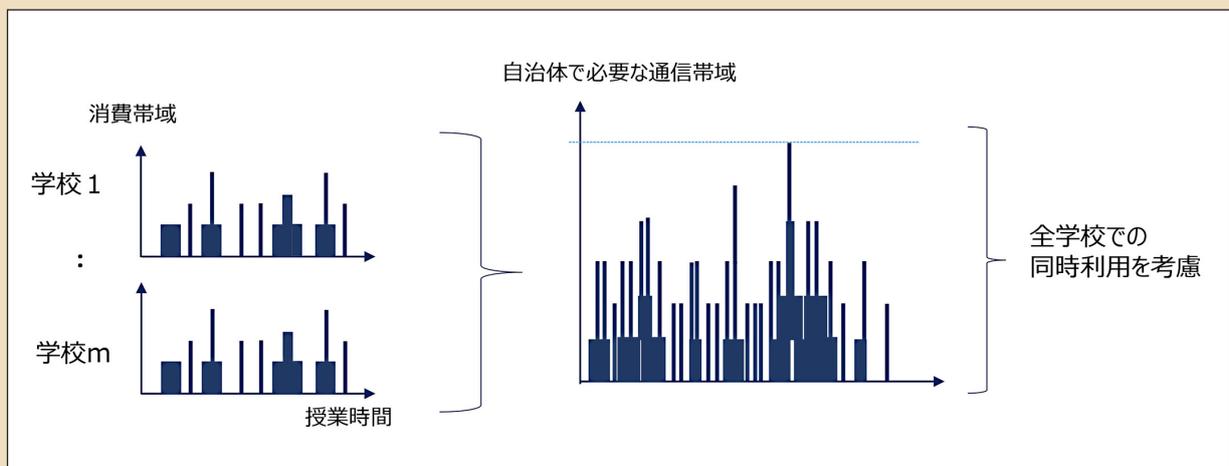
ストリーミング通信、ダウンロード通信と比較したとき、ストリーミング通信の利用帯域が大きいことから、必要な通信帯域は、960Mbpsとなります。

コラム5

自治体におけるストリーミング通信とダウンロード通信混在利用

コラム4でも記載しているとおり、実際の授業運営では、ストリーミング通信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。(図2-17参照)。計算は省略します。

図2-17 混在利用時の自治体で必要な帯域算出の考え方



(6) ステップ5

ステップ3, 4で必要な帯域を算出した後、ステップ5ではネットワーク接続モデルの選択や回線種別等、積算に必要な条件を検討します。

① ネットワーク接続モデルに関わる構成要素について

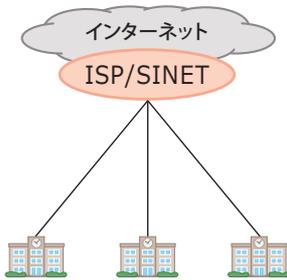
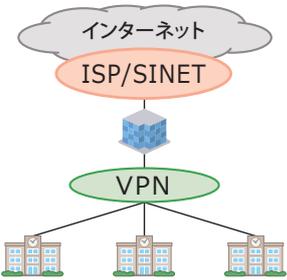
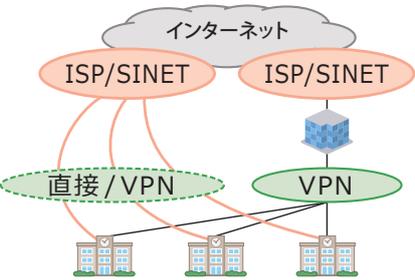
ネットワーク接続モデルは、ネットワーク構成とインターネットへの接続方法を定めることで選択することが可能です。これから、それぞれについて選択肢と特徴を説明します。

・ ネットワーク構成について

ネットワーク構成は学校からインターネットに直接接続する直接接続型、VPN等により学校側の回線を束ね、データセンター等の集約拠点からインターネットに接続する集約接続型、既存経路から分離させ、特定の通信のみを既存経路から分離させる経路を新設するローカルブレイクアウト^{*12}構成から選択します。

以下に各ネットワーク構成の特徴について記載します。

図2-18 各ネットワーク構成の特徴

区分	直接接続型	集約接続型	ローカルブレイクアウト
イメージ	<p>インターネットに直接接続</p> 	<p>学校からVPNなどで自治体やデータセンターへ接続</p> 	<p>既存ボトルネックを回避した経路を新設(直接接続/集約接続)する</p> 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ✓他の学校の通信の影響を受けにくい ✓ボトルネックになり得るセンター回線や機器がない 	<ul style="list-style-type: none"> ✓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 	<ul style="list-style-type: none"> ✓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 ✓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、集約接続の場合は集約接続型を参照
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ✓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 	<ul style="list-style-type: none"> ✓通信を集約するためボトルネックが発生しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ✓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、集約接続の場合は集約接続型を参照

解 説

***12**：特定のサービスや宛先向けのトラフィックについては、データセンターなどに設けられたインターネットとの接続を使わず、各拠点から直接アクセスするネットワーク構成のこと。詳細はコラム6参照。

児童生徒1人1台端末整備による
 利用頻度の増大
 学習系ネットワーク最適化に
 向けた検討の手順
 モバイルネットワーク活用
 セッション数の確保
 回線申し込みに必要な情報等
 SINETについて
 ネットワーク不通・低速時の
 確認事項

コラム 6

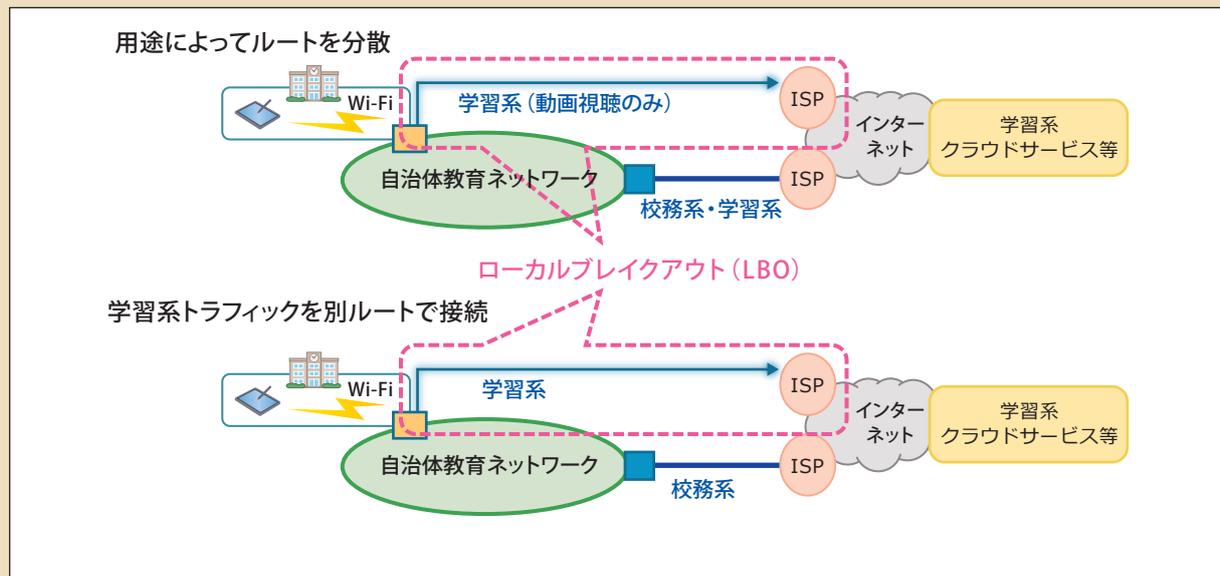
ローカルブレイクアウト

Local Break Out (LBO) とは、学校のルータ^{*13}などで通信を識別し、その内容によってトラフィックを振り分ける方式です。通信内容が校務系であれば既存ネットワークに流し、学習系を新たな経路に流すといった考え方や、学習系の中でもクラウドサービスのみ新たな経路に流すといった考え方があります。例えば、バースト性の高い学習者用デジタル教科書の閲覧や特定サイトの動画視聴のトラフィックなどを既存経路からバイパスすることで、現行ネットワーク構成を活かしたまま帯域増速に対応することが可能です。なお、既設回線をブレイクアウトしたり、VPN を併用してブレイクアウトする場合があります。

解説

^{*13}: 2つ以上の異なるネットワークをつなぐ中継機器。

図 2 - 19 ローカルブレイクアウト



・インターネット接続の方法

インターネットへの接続方法として、1つ目はISPによる接続が挙げられます。ISPはベストエフォート^{*14}型とギャランティ型^{*15}があり、ギャランティ型の場合は保障される通信帯域を選択することができます。2つ目はSINETによる接続になりますが、SINET^{*16}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、全国100Gbpsで接続されています。詳細を参考2に記載しています。

以下にSINETとISPの特徴について記載します。

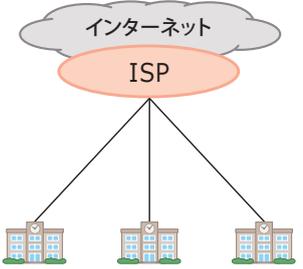
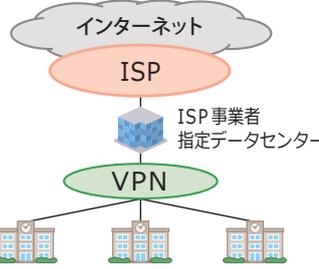
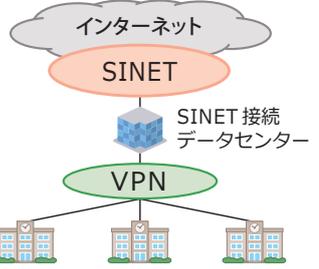
解説

^{*14}: 通信サービスで使われる用語で、品質などの保証を行わず名目値の達成や維持をあくまで努力義務に留める契約形態のこと。詳細は参考1を参照。

^{*15}: 通信サービスで使われる用語で、通信速度の最低限度を保証する契約形態(帯域保証型)のこと。詳細は参考1を参照。

^{*16}: 「Science Information NETwork」の略。学術情報ネットワーク(SINET)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。大学、研究機関等に対して先進的なネットワークを提供するとともに、多くの海外研究ネットワークと相互接続している。詳細は参考2参照。

図 2 - 20 ISP と SINET の特徴について

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：10Mbps/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	ホームページサービス、メールサービス、DNS サービス、固定 IP アドレス、ドメイン、セキュリティ対策等オプションで提供可能	ホームページサービス、メールサービス、DNS サービス、固定 IP アドレス、ドメイン、セキュリティ対策等オプションで提供可能	クラウド接続サービス、L2VPN、SINET で利用可能な IP アドレス割当等
納期	数週間	数ヶ月	1～2ヶ月
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	数万円～/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。

直接接続型の場合は1校分のトラフィックを想定すればよいため、ベストエフォート型のISPが多い傾向にあります。またベストエフォート型のISPはこれまで PPPoE と呼ばれる通信方式が一般的でしたが、最近では IPoE と呼ばれる PPPoE と比較して安定的に通信ができる方式も普及してきており、各学校のトラフィックが増えることを想定して IPoE を選択する自治体も増えていきます。集約接続型の自治体の場合は各学校のトラフィックがまとまって流れるため、ギャランティ型のISP、SINETを利用することも想定されます。なお、ISP指定のデータセンターやSINET接続データセンターまでのアクセス回線を用意する必要がありますが、アクセス回線に専用線を用いる場合はコストや納期に大きく影響するため、通信事業者に確認を取るようにしてください。一般的にデータセンターまでの距離が長く、アクセス回線に専用線を選択する場合は費用が高くなる場合があります。

②接続モデルの検討

接続モデルの検討では、「インターネット利用」と「ネットワーク構成」の2つの軸を指標に用いて接続モデルを検討します。「インターネット利用」は、ISP経由でインターネット接続するのか、SINET経由でインターネット接続するのかを選択します。「ネットワーク構成」は、学校から直接インターネットへ接続する構成、データセンター集約してインターネットへ接続する構成、さらに都道府県ネットワークで集約してインターネットへ接続する構成、ローカルブレイクアウト構成のいずれかを選択します。現行のネットワーク構成により、検討するモデルが異なるため、以下、直接接続（パターンA）、自治体集約（パターンB）、都道府県集約（パターンC）について説明します。

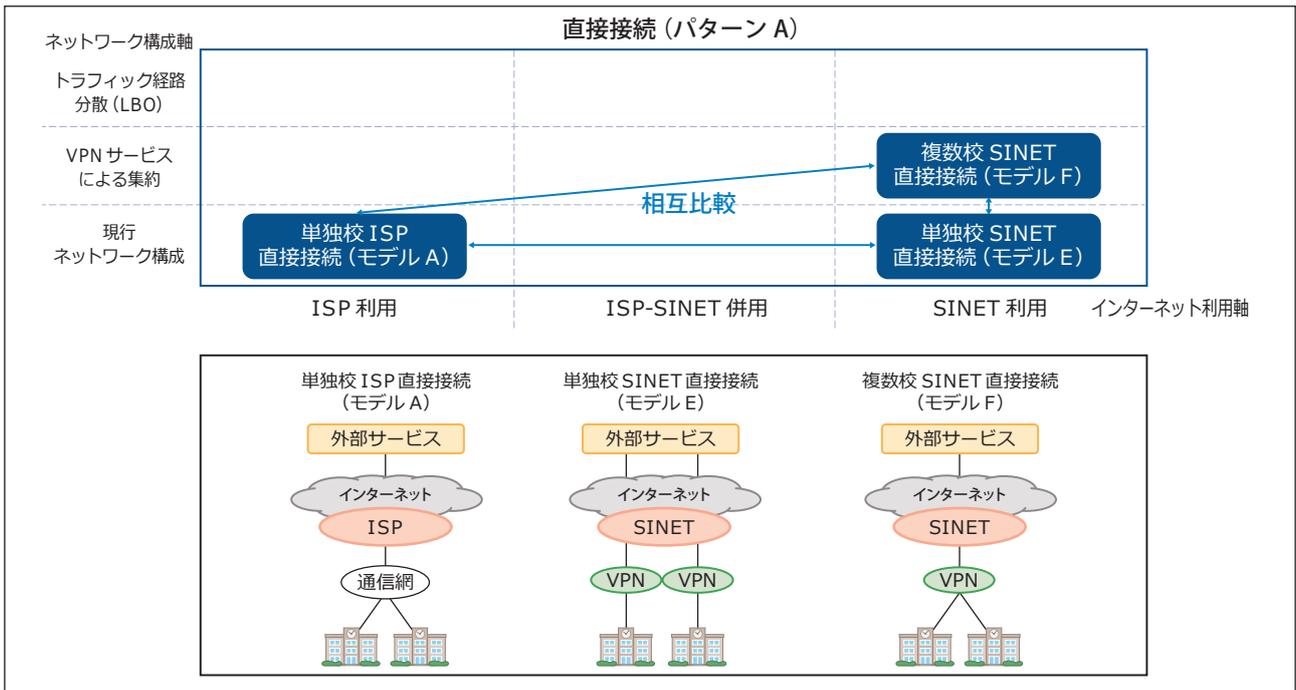
・現行のネットワークが直接接続の場合（パターンA）

学校からインターネットへの直接接続では、選択モデルとして、現行ネットワーク構成（モデルA）、単独校でSINET利用（モデルE）と複数校でSINET利用（モデルF）の3つです。

手順：モデルAとモデルE、Fの比較（図2-21参照）

まず、インターネット接続をISP利用で行うか、SINET利用とするかの比較をします。インターネット接続に関わる検討は学校からISPまでのアクセス回線を含みます。

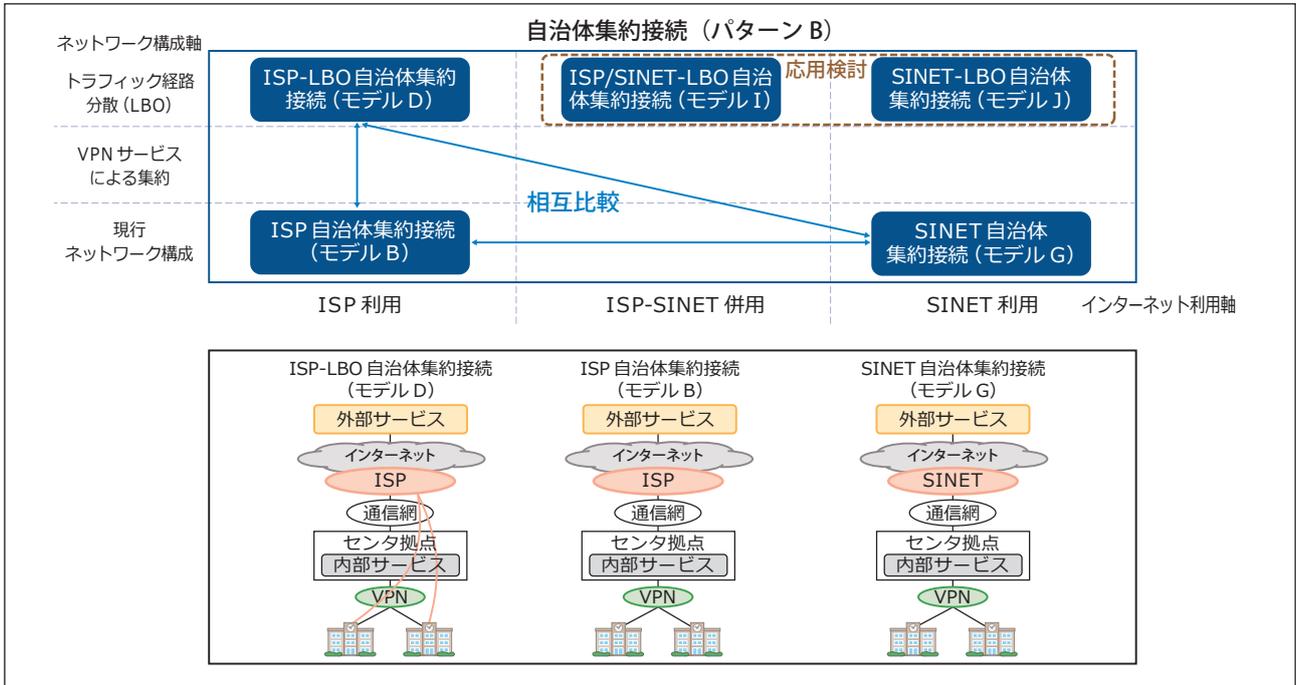
図 2 - 21 直接接続の検討モデル



・ 現行のネットワークが自治体集約の場合 (パターン B)

自治体集約接続では、選択モデルとして、現行ネットワーク構成 (モデル B)、ISP と SINET のどちらを利用するか、帯域増速の手段としてローカルブレイクアウトを選択するかどうかの組み合わせで 5 種類あります (図 2-22 参照)

図 2 - 22 自治体集約の検討モデル



・ 現行のネットワークが都道府県集約の場合 (パターン C)

都道府県集約接続では、選択モデルとして、現行ネットワーク構成 (モデル C)、ISP と SINET のどちらを利用するか、帯域増速の手段としてローカルブレイクアウト (LBO) を選択するかどうかの組み合わせで、5 種の選択モデルがあります (図 2-23 参照)。

ここで自治体集約接続と異なるのは、都道府県教育ネットワークからインターネット接続する手段は都道府県の整備となることから、都道府県と協力してネットワークの検討を行う必要があります。

児童生徒一人一台端末整備による
利用頻度の増大
本章 1

学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
本章 2

モバイルネットワーク活用
本章 3

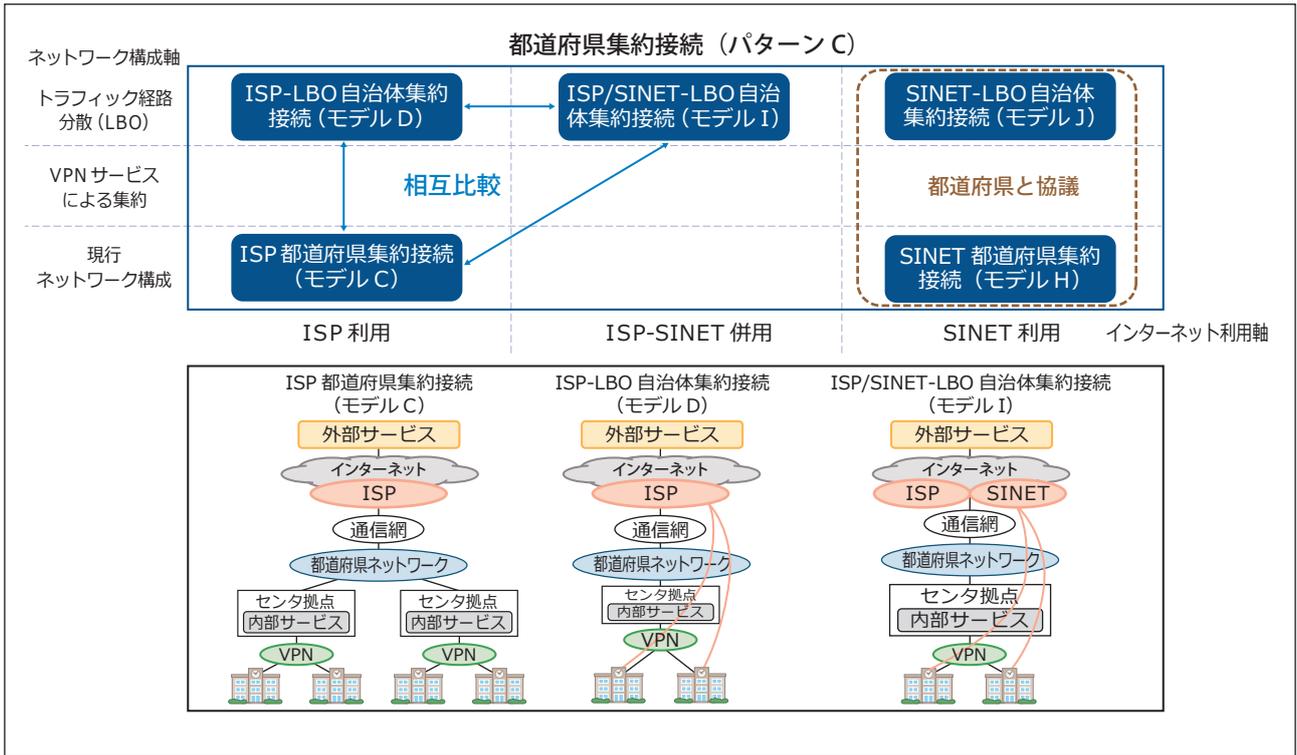
セッション数の確保
本章 4

回線申し込みに必要な情報等
参考 1

SINET について
参考 2

ネットワーク不通・低速時の
確認事項
参考 3

図 2 - 23 都道府県集約の検討モデル



上記で説明したモデルをISPに接続するモデル(図2-24)とSINETを利用したモデル(図2-25)でまとめます。

図 2 - 24 接続モデル ISP 利用モデル

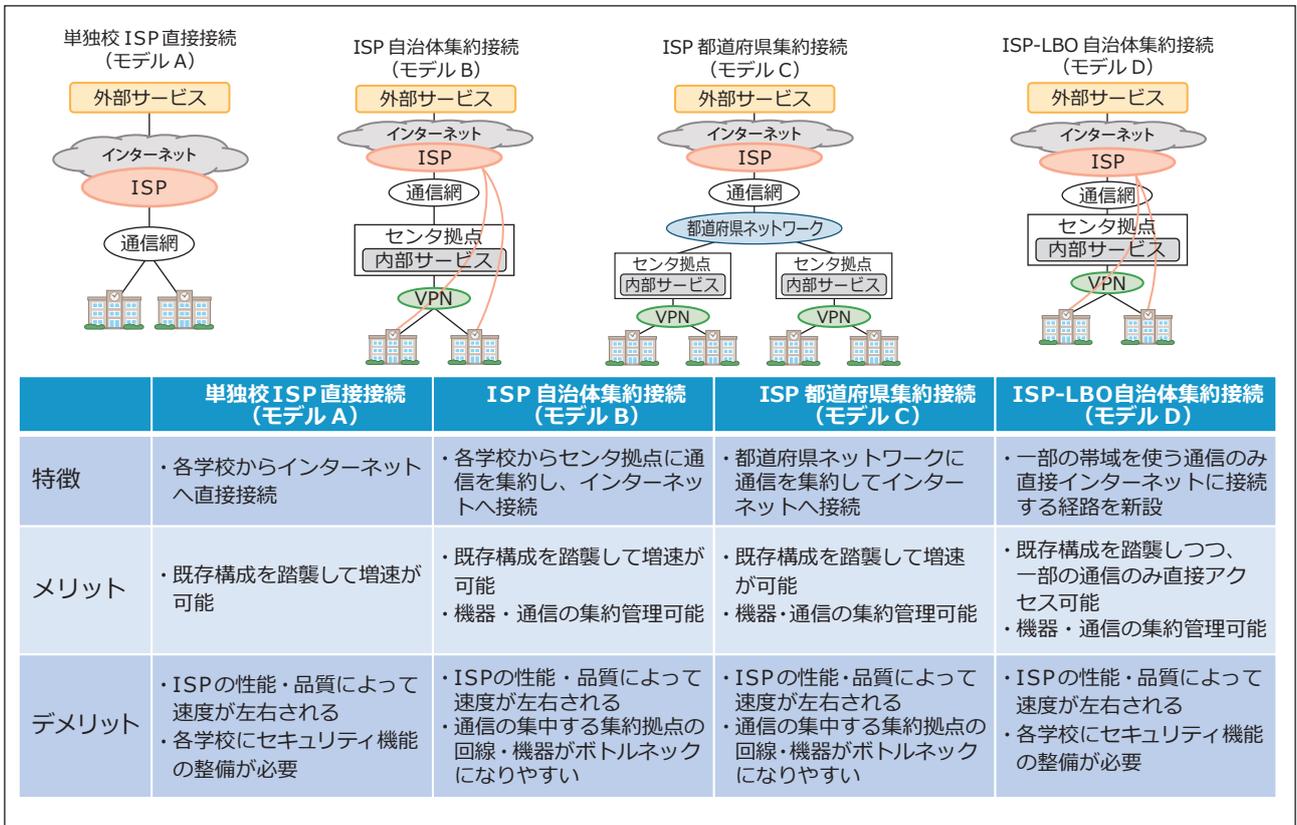
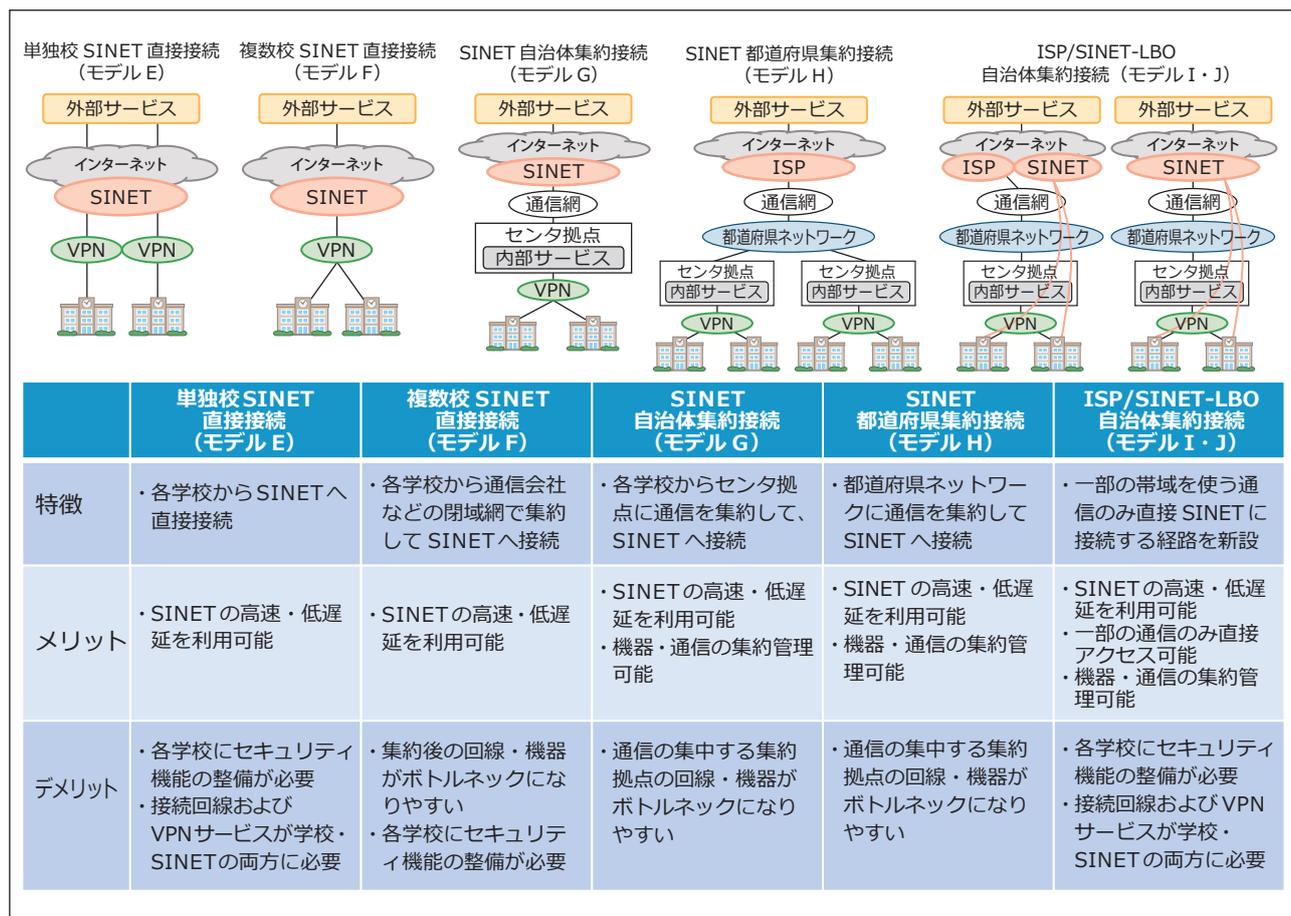


図 2 - 25 接続モデル SINET 利用モデル



③回線の選択

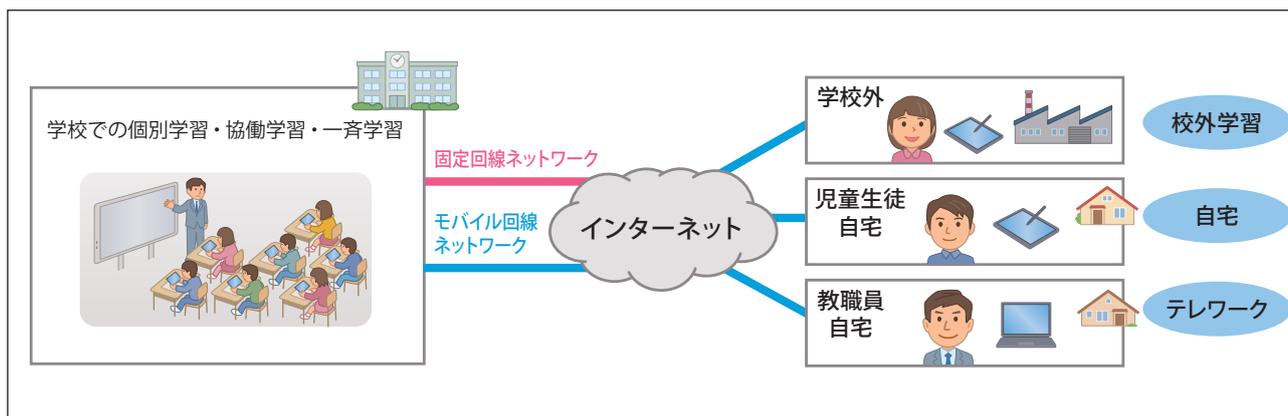
モデルを選択した後は、回線の種別を選択し、積算のための条件をそろえます。回線は大きく分類すると、固定回線とモバイル回線に分けられます。固定回線はアクセス回線を学校まで引き込み、学校内に無線 LAN アクセスポイントを設置することで、児童生徒がインターネットに接続することができます。モバイル回線は児童生徒の端末やモバイルルータに SIM カードを差し込むことで、インターネットへの接続が可能です。以下に固定回線とモバイル回線の特徴を記載します。

表 2 - 5 固定回線とモバイル回線の比較

	固定回線 (Wi-Fi 利用)	モバイル回線
メリット	・ベストエフォート型/ギランティ型から選択可能 ・データ通信容量に制限がない	・児童生徒の自宅学習や学校外での利用等、無線 LAN アクセスポイント設置場所に制限されずに利用できる
デメリット	・教室内など無線 LAN アクセスポイント設置場所周辺でのみ利用可能	・通信速度が電波状況等の影響を受ける ・データ通信容量が契約内容に依存する

固定回線とモバイル回線の大きな違いとしては、利用シーンが挙げられます。固定回線ではインターネットの接続が無線 LAN アクセスポイントの設置場所周辺に限られるため、主に学校内での個別学習・協働学習・一斉学習での利用が想定されます。モバイル回線では学校内での利用に加え、児童生徒の自宅学習や校外学習等でも利用することが可能になります。モバイル回線について、詳しくは本章 3 をご確認ください。

図 2 - 26 回線種別ごとに想定される学習シーン



コラム 7

ベストエフォート型・ギャランティ型とは

固定回線には帯域を保証しないが経済的なベストエフォート型と帯域を保証するギャランティ型があり、いずれの回線も通信帯域を選択することが可能です。ステップ 4 で求めた必要な通信帯域を基に、学校側回線や集約回線を選択していきます。以下にベストエフォート型とギャランティ型の比較を記載します。

表 2 - 6 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	ギャランティ型
帯域	(代表例) 100Mbps/200Mbps/1Gbps/10Gbps	(代表例) 10Mbps/100Mbps/200Mbps/1Gbps/10Gbps/100Gbps
メリット	・ギャランティと比べコストが低い、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	・ベストエフォートと比べコストが高い、納期が長い

・料金構造
サービスメニュー毎に料金が定額化されているため、動画や遠隔授業等、通信容量を消費するアプリケーションでも通信容量を気にせずにご利用が可能です。

④概算費用の積算

ステップ 1～5 で説明した自治体に必要な通信帯域、回線要件、接続モデル案をもとに、そのほかの要素についても選択することで、導入事業者などに見積もりを依頼することが可能です。今後の 1 人 1 台端末の利活用に向け、ネットワークの見直しを行いましょう。

(7) ステップ 6 各選択モデルの比較検討

最後のステップ 6 では、いままで検討した必要帯域とあわせて、ステップ 5 で比較検討したモデルに対し、「コスト」、「セキュリティ」、「システム構成」、「教育方針」などの複数の観点から総合的に判断し、自治体ごとに最適なモデルを選定します。観点の例として、経済性、各自治体のポリシー、システム構成、教育方針を記載しております。

児童生徒 1 人 1 台端末整備による
利用頻度の増大
本章 1

学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順
本章 2

モバイルネットワーク活用
本章 3

セッション数の確保
本章 4

回線申し込みに必要な情報等
参考 1

SNET について
参考 2

ネットワーク不通・低速時の
確認事項
参考 3

図 2 - 27 最適なネットワーク構成を選定する判断基準

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）		
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
自治体のポリシー	セキュリティ	ローカル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 (否の場合は集約接続) (SINET 閉域でのクラウドサービス接続)
	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)	ローカル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

以上がステップ1からステップ6までの流れです。5年先の利活用状況を見据えた通信帯域とモデルの検討を行うために、事業者とも連携しながら、ネットワークの見直しを行いましょう。

必要条件

十分条件

児童生徒1人1台端末整備による
利用頻度の増大

本章1

学習系ネットワーク最適化に
向けた検討の手順

本章2

モバイルネットワーク活用

本章3

セッション数の確保

本章4

回線申し込みに必要な情報等

参考1

SINETについて

参考2

ネットワーク不通・低速時の
確認事項

参考3

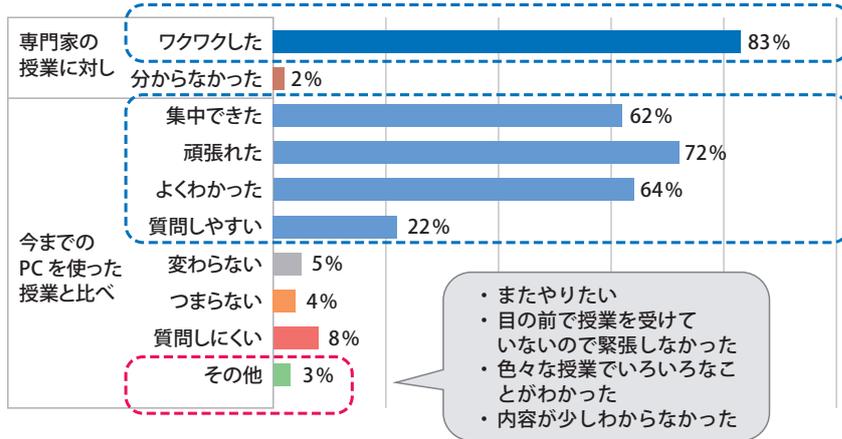
小学校の3年生～6年生に対して、大学よりプログラミングやものづくりに関する遠隔授業を、SINETを活用し実施しました。授業後に、遠隔授業を受けた児童生徒と、教室でサポートを行った担当教員よりアンケート取得しました。

図 2 - 28 遠隔授業に参加した児童生徒の感想

児童生徒

Q：今回のプログラミング授業と今までのパソコンを使った授業をくらべて、今回のプログラミング授業に対する感想

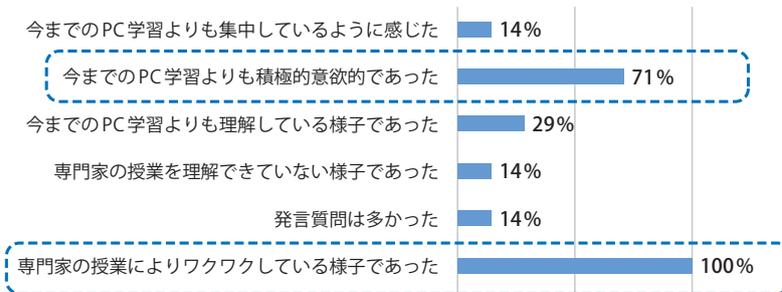
児童生徒数 (120)



- ・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

教員

Q：今回のプログラミング授業と今までのパソコンを使った授業をくらべて、今回のプログラミング授業に対する感想



受講した児童生徒と教員の感想を図 2-28 に示します。今までのパソコンを使用した授業と比較して、多くの児童生徒は集中できた、がんばれた、よくわかった等のポジティブな感想を述べていました。同様に、教員も児童生徒が今までのパソコン学習よりも積極的・意欲的であったと認識していました。学習系ネットワークが高速広帯域化されることで、遠隔講師とストレスなくつながり、普段とは異なるワクワク感のある専門家の授業を受けることができました。この事例のように、安定したネットワークを確保することで、学校教育現場と遠隔地が容易につながり、さまざまな学習場面を創出することができます。

◎本章 3

モバイルネットワーク活用

(1) モバイルネットワーク利用の検討にあたり

①ネットワーク構成

モバイルネットワークを利用する場面では、端末から先のネットワークはモバイル通信事業者に委ねる構造になります（一部フィルタリング等は除く）。そのため、教育情報セキュリティポリシーに沿ったセキュリティ対策など、自治体として自ら実施する工程をモバイル通信事業者に任せることとなります。

②料金構造

端末単位で利用する通信容量をベースに月額料金が定められることが多いですが、自治体単位で通信容量の負担と「シェア」するパターンもあります。ランニングコストを自治体で負担するのか、保護者にお願いするか、費用負担について事前に確認・合意が必要です。なおモバイルネットワーク利用の検討では、どのくらいの通信容量を見込むか検討する必要があります。ステップ1での検討結果に基づき、本章3（2）に算定の考え方を示しました。回線申し込みに必要な情報は参考1（2）を参照してください。

以上のように、モバイルネットワーク利用を検討される場合は、ランニングコスト以外にも自治体の意向がどこまで反映できるかをモバイル通信事業者を確認することが必要です。モバイル通信事業者では、セキュリティ等、さまざまなオプションサービスを用意していますので、その中から最適なものを選択する形になります。また、モバイルサービスを利用している先行自治体に対して、利用実績や評価を問い合わせることも参考になります。

モバイルネットワークの選択は、教育情報セキュリティポリシーや校内ICT環境整備、これからの教育ICT利活用の方向性などを考慮することが必要です。

なお、モバイルネットワークの利用としては、学習系ネットワークでWi-Fi整備する場合、校外学習等で学校外でのWi-Fi利用を補完する必要があります。その手段として、モバイルネットワークを利用して臨時Wi-Fiエリアを設営する方法があります。詳細は、本章3（3）を参照ください。

コラム 9

モバイルネットワーク利用の留意点

端末のOSやアプリケーションのアップデートは定期的実施する必要があります。このアップデートをモバイルネットワーク経由で行うと、通信容量が大きく消費されます。そのため、OSやアプリケーションのアップデートのような端末のメンテナンスで通信が必要な場合は、Wi-Fiネットワークを利用することが効率的です。

学校の役割として、非常時の避難場所に指定される場面も多いと思いますので、学習系ネットワークとしてモバイルネットワークを利用される場合でも、Wi-Fi環境を整備しておくことは有効です。なお、通常の利用はモバイルネットワーク、メンテナンス利用はWi-Fi利用とすることは端末の設定で可能です。

※ただし、整備費用はそれぞれ必要となります。

(2) モバイルに必要な通信容量の計算例

Wi-Fi 利用を前提とした固定ネットワークでは通信帯域をどう確保するかがポイントでしたが、モバイル利用の場合は、通信容量に応じた料金構造になります。ここで、通信容量の算出方法について考えてみたいと思います。

ストリーミング通信とダウンロード通信で1か月間の利用シーンを想定し、変数を定めて必要な通信容量を試算します(表3-1、3-2参照)。(なお、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考慮していません。)

●ダウンロード通信

表3-1 ストリーミング通信(動画視聴、Web会議、遠隔授業など)

項目	変数(単位)
動画の通信帯域	2(Mbps)
動画再生時間	300(秒)
利用回数/日	2(回)
利用日数/月	10(日)

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{1回の動画再生に必要な通信容量}} < \text{MB} > &= & \boxed{\text{動画の通信帯域}} < \text{Mbps} > \div \boxed{8} < \text{Byte/bit 換算} > \times \boxed{\text{動画再生時間}} < \text{秒} > \\
 & &= & 2(\text{Mbps}) \div 8 \times 300(\text{秒}) = 75\text{MB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{1か月の動画再生に必要な通信容量}} < \text{MB} > &= & \boxed{\text{1回の動画再生に必要な通信容量}} < \text{MB} > \times \boxed{\text{利用回数/日}} \times \boxed{\text{利用日数/月}} \\
 & &= & 75\text{MB} \times 2(\text{回}) \times 10(\text{日}) = 1,500\text{MB/月} = 1.5\text{GB/月}
 \end{aligned}$$

表3-1の前提で、1端末あたりのストリーミング視聴に必要な1か月の通信容量は1.5GBになります。他コンテンツを使用する場合は、前提を変えて、同様に計算しましょう。

●ダウンロード通信

表3-2 ダウンロード通信(デジタル教科書など)

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

本章2のダウンロード通信帯域算出では、通信容量(MB)を通信帯域(Mbps)に換算しましたが、ここでは通信容量を求めますので、1回のダウンロード通信容量が月に何回発生するかを求めます。

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

他コンテンツを使用する場合は、前提を変えて、同様に計算しましょう。

●モバイル通信容量

上記のストリーミング通信とダウンロード通信の通信容量(データ量)の総和がモバイル通信に必要なデータ量となります。

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

児童生徒1人1台端末整備による、学習系ネットワーク最適化に向けた検討の手順

モバイルネットワーク活用

セッション数の確保

回線申し込みに必要な情報等

参考1

参考2

参考3

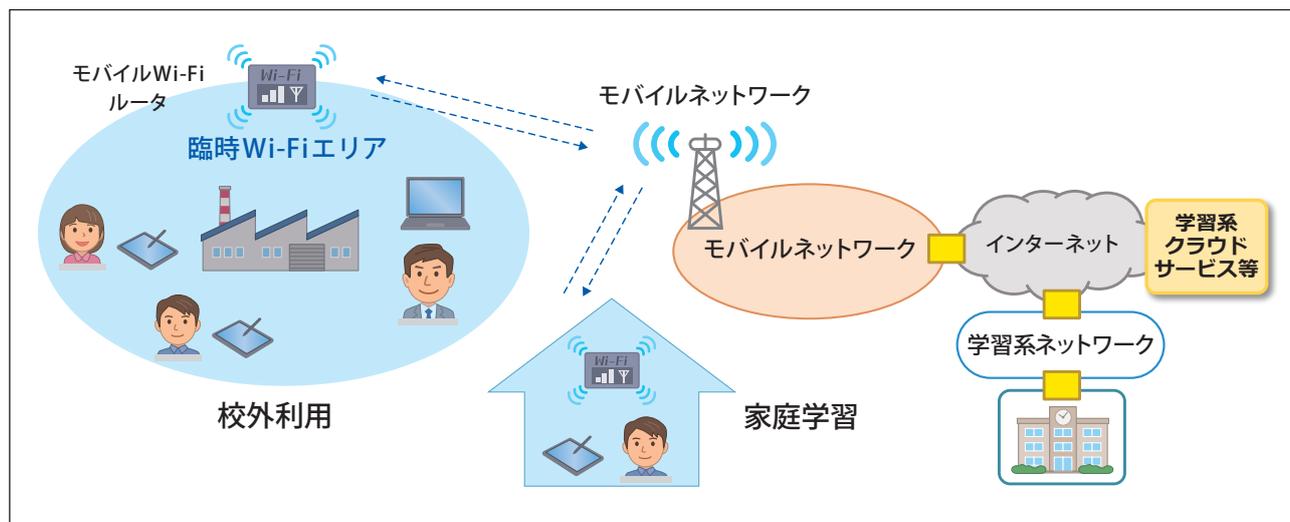
ネットワーク不通・低速時の確認事項

(3) 学校外からアクセスするモバイルネットワーク

校外学習などで持ち出した端末をインターネット接続させるための臨時 Wi-Fi エリアを設営する用途でモバイルネットワークを利用する場合について解説します。Wi-Fi を利用する場合、Wi-Fi が利用できるエリア内にいることが条件になります。そのため、図 3-1 に示すように、インターネット接続用としてモバイルネットワークを利用するのします。端末の存在する近傍を Wi-Fi エリアに変換するツール(モバイルWi-Fiルータ))を用いることで、臨時に Wi-Fi エリアを設営することができます。

モバイル Wi-Fi ルータの利用にあたっては回線契約が必要になります。モバイル同様、回線契約にあたっては、月単位で通信容量制限を設けるサービスメニューが多いため、通信容量の上限を意識してサービスを選ぶ必要があります。モバイル通信会社各社が提供しておりますので、詳しくはそちらにご確認ください。

図 3-1 モバイルネットワークによる Wi-Fi エリア臨時設営



◎本章 4

セッション数の確保

(1) セッション数とは

ネットワーク通信において、端末がサーバに接続してから切断するまでの、一連の操作や通信手順のことをセッションと呼びます。学習者用端末で Web ページにアクセスして、画面を表示する場合、Web ページに存在するイラストや文字列単位でセッションを張りますので、Web サイト 1 ページを表示するために、100 を超えるセッション数が張られる場合もあります。

このセッションは、内部ネットワークからインターネットに接続される境界に設置された通信機器 (NAT^{*17}) やプロキシサーバ^{*18}で管理されています。(図 4-1)

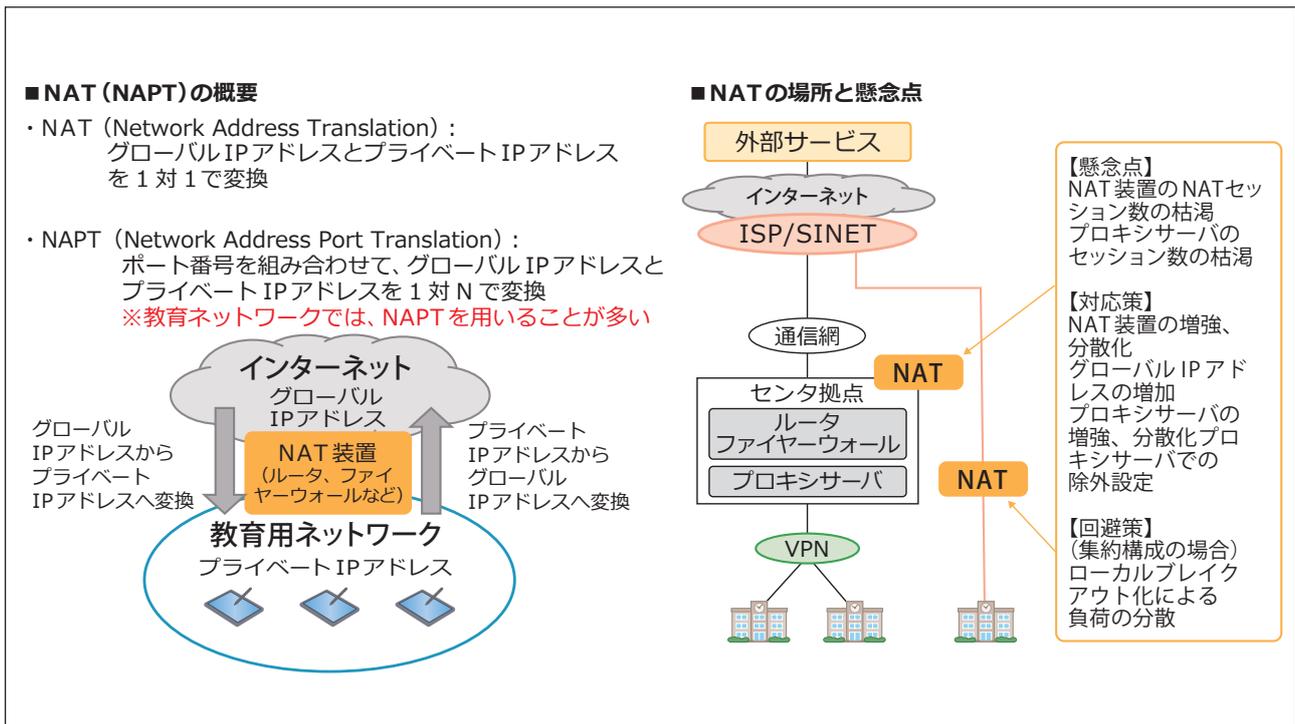
このため、児童生徒 1 人 1 台端末での学習系ネットワークを導入するうえで、帯域増速とセッション数の確保の 2 つの観点が必要となります。

解説

*17: 「Network Address Translation」の略。IP アドレスを変換する技術。

*18: 内部のネットワークとインターネットの境界で動作し、両者間のアクセスを代理して行うもの。

図 4-1 NAT (NAPT) について



(2) どのくらいのセッション数確保が必要か

セッション数は端末からのアクセス回数だけではなく、端末種別やダウンロードするコンテンツにも依存するため、コラム 2 「学習者用端末 1 台あたりでどのくらいの通信帯域が必要か」でも触れた通り、定量モデルで算出しても、なかなか実態を把握できないのが実情です。

NAT セッション数は、帯域計算と同じように、NAT をする場所まで集約して計算することで見積もることが可能ですが、以下 3 つの設計ポイントがあります。

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ーを設定できる場合があります。ネットワーク構築事業者と相談しながらパラメータを設定することが必要です。

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

プロキシサーバや NAT 装置にはセッション処理の上限値が存在する為、確認が必要です。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アドレスを増加する必要があります。また、IPv6の動的IPアドレス割当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あるので契約前に確認が必要となります。

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します。ネットワーク帯域は多く消費しないもののNATセッション数を多く消費するアプリケーションなども存在します。

本実証では、フィールドにおける授業利用時の利用セッション数について実測した結果を参考値としてご紹介します。図4-2は、GIGAスクール構想で整備した自治体における約200校でのChromebookによる学習活動を1か月実測した結果です。横軸は、ダウンロードに要した通信帯域、縦軸はNATセッション数で、トラフィックのモニタリング結果をプロットしたものです。

図4-2 セッション数とダウンロード通信量の関係

