
デジタルコンテンツとしてのデジタル教科書
配信基盤の整備事業

先進自治体を検証しインターネット接続を高速化する
多様なネットワークトポロジー（接続形態）の
実証研究事業

成果報告書概要資料

日本コムシス株式会社

令和5年 3月

本事業の目的

中央教育審議会初等中等教育分科会個「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に向けた学校教育の在り方に関する特別部会教（教科書・教材・ソフトウェアの在り方ワーキンググループ）」の「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に向けた教科書・教材・ソフトウェアの在り方について～審議経過報告～」(令和5年2月20日)において、学校現場における通信環境等の改善が非常に重要とされている。

デジタルコンテンツとしてのデジタル教科書の配信基盤の整備事業の一環として「先進自治体を検証しインターネット接続を高速化する多様なネットワークポロジ（接続形態）の実証研究事業」を行い、自治体や学校における通信環境等の改善方法を提示が必要である。

このことから、自治体・学校におけるデジタル教科書関連教科書等を活用した際の通信環境の調査、及びインターネット接続を高速化するためのネットワーク接続形態を検証し、調査検証結果を踏まえて自治体・学校へ費用対効果に優れた個別最適なネットワーク接続形態の選択肢を提示する事業を実施する。

本事業では、インターネット接続を高速化するネットワーク接続形態を複数検討し、それぞれ検証環境で実測値を計測することで有効性を検証し、通信網とISPの費用対効果、及び前提条件等の調査を行う。また、自治体と学校の調査結果とネットワーク接続形態の検証、調査結果から、実際に自治体と学校に導入することを前提とした条件や必要環境の提示、全体に係る費用を本事業で提示することを目的とする。

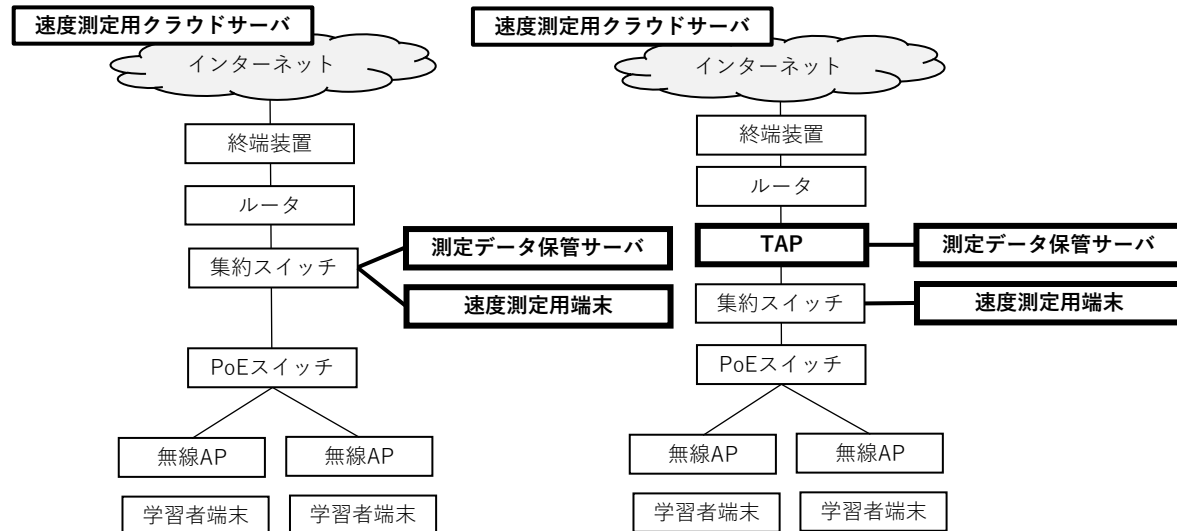
成果報告概要

- インターネット接続を高速化するためのネットワーク接続形態を検討し、検証環境で実際に学校で使用されている通信網とISPの組み合わせにて検証を実施した。検証結果として3式の接続形態にて検証を行い、いずれの構成も有効性が確認できた。
- 自治体、学校の調査では、対象2自治体（ネットワーク接続形態：直接接続型）にて通信速度や授業観察等で実態調査を実施した。インターネット接続の最大速度となる実効速度に対して使用帯域は十分に余剰があったが、使用帯域が少ない場合でも授業中にSaaS型（WEBプロキシ等）に接続エラーが起きる等、学校外の環境（SaaS等）にも原因があることが確認できた。
- 調査・検証結果を基に、自治体へのネットワーク評価方法、及び適用方法を示した。また、1学校あたりのコストシミュレーションを実施した。

自治体、学校の調査

通信環境の調査

- 2自治体にて、インターネット接続の最大通信速度となる実効帯域、現在授業等で使用している学校単位の使用帯域の調査を実施
2自治体とも直接接続型を採用しており、比較的通信速度が速く、使用帯域が実効速度を下回っており、ネットワーク接続がボトルネックになっていないことを確認
- 授業観察時における学級単位の使用帯域の測定、使用アプリケーションの分布
動画の授業がなかったため、各種アプリケーション使用時に1クラスあたり最大28Mbps程度の使用帯域
- 実効速度の測定は測定機材を学校既存ネットワークに接続し、ネットワーク集約箇所にて実施（無線環境からでは実効速度が高い場合はボトルネックとなるため）
- 以下は2自治体の測定環境

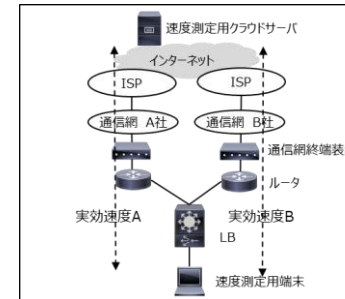


検証環境、机上検証

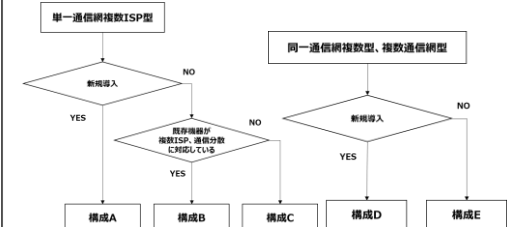
ネットワーク接続形態の検証、自治体への適用

- インターネット接続を高速化するネットワーク接続形態について、通信網・ISP各種機材を検証環境にて構築し、有効性の検証を実施
通信効率のばらつきはあったが、いずれの構成も有効性が確認でき、通信速度が不足している自治体に対して効果的と考えられる。
- 自治体への適用に関しては詳細をガイドラインに示す。
新規・既存環境へ適用する場合の方法についてフローチャートを作成

<検証環境イメージ>



<フローチャートによる選択>

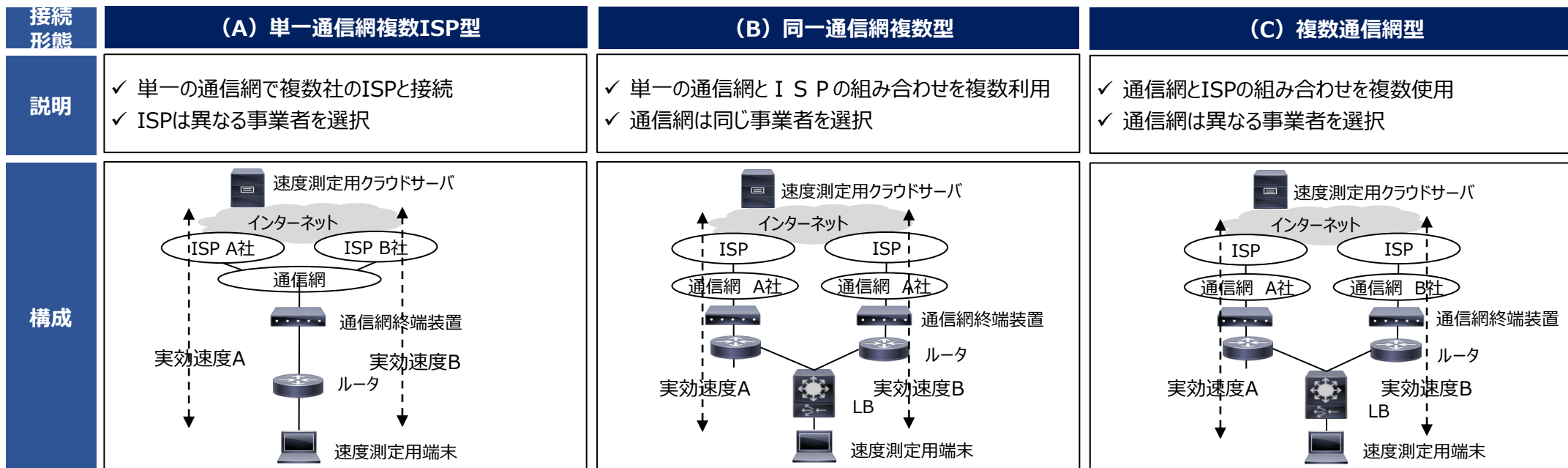


<構成毎のコスト>

ネットワーク接続形態	構成変更	(A) 単一通信網複数ISP型			(B) 単一通信網複数型 (C) 複数通信網型	
		新規	既存 (ISP追加)	既存 (機器交換)	新規	既存追加
初期費用	通信網・ISP	¥26,000~	¥3,000~	¥3,000~	¥46,000~	¥23,000~
	機器費用※1	¥300,000~	-	¥300,000~	¥300,000~	¥300,000~
	作業費用※2	¥300,000	¥200,000	¥300,000	¥400,000~	¥400,000
	初期費用合計	¥626,000~	¥203,000~	¥603,000	¥746,000~	¥723,000~
月額費用	通信網・ISP※3	¥6,000~	¥1,000~	¥1,000~	¥12,000~	¥6,000~
	保守費用	※4	※4	※4	※4	※4
	月額費用合計	¥6,000~	¥1,000~	¥1,000~	¥12,000~	¥6,000~

事業の成果報告(1/2)

- ・インターネット接続を高速化するネットワーク接続形態の有効性の検証を実施した。
- ・単一通信網複数ISP型は、通信網がボトルネックにならない前提となるが、ダウンロードの通信効率が71%以上と一定の有効性があると考えられる。
- ・同一通信網複数型は、通信効率が77%~108%と有効性があることが確認できる。
- ・複数通信網型は、通信効率が89%~93%と理論値の加算に近い結果となり、有効性が高いことが確認できる。



測定結果	測定内容	ダウンロード				
		実効速度(測定値)				通信効率
		A	B	C	A+B	
平均速度[Mbps]	328.9	303.8	488.7	632.6	77%	
最低速度[Mbps]	242.3	188.9	407.4	431.2	94%	
最高速度[Mbps]	487.5	448.4	660.5	936.0	71%	

測定結果	測定内容	ダウンロード				
		実効速度(測定値)				通信効率
		A	B	C	A+B	
平均速度[Mbps]	328.9	234.7	461.9	563.6	82%	
最低速度[Mbps]	242.3	74.6	343.1	316.9	108%	
最高速度[Mbps]	487.5	413.5	697.2	901.1	77%	

測定結果	測定内容	ダウンロード				
		実効速度(測定値)				通信効率
		A	B	C	A+B	
平均速度[Mbps]	328.9	816.6	1062.6	1145.5	93%	
最低速度[Mbps]	242.3	801.8	934.0	1044.2	89%	
最高速度[Mbps]	487.5	839.4	1226.3	1326.9	92%	

測定結果	測定内容	アップロード				
		実効速度(測定値)				通信効率
		A	B	C	A+B	
平均速度[Mbps]	643.0	589.0	754.9	1232.0	61%	
最低速度[Mbps]	569.5	509.8	683.6	1079.3	63%	
最高速度[Mbps]	772.6	674.2	826.8	1446.7	57%	

測定結果	測定内容	アップロード				
		実効速度(測定値)				通信効率
		A	B	C	A+B	
平均速度[Mbps]	643.0	248.7	694.1	891.7	78%	
最低速度[Mbps]	569.5	218.5	636.3	788.0	81%	
最高速度[Mbps]	772.6	289.6	821.6	1062.2	77%	

測定結果	測定内容	アップロード				
		実効速度(測定値)				通信効率
		A	B	C	A+B	
平均速度[Mbps]	643.0	860.0	1373.4	1503.0	91%	
最低速度[Mbps]	569.5	829.6	1264.9	1399.1	90%	
最高速度[Mbps]	772.6	873.3	1525.3	1645.9	93%	

※実効速度A、Bは片側ずつ通信試験を実施、Cは同時に通信試験を実施した場合

通信効率 = 実効値 / 理論値

事業の成果報告(2/2)

- インターネット接続を高速化するネットワーク接続形態を導入する際、既存ネットワーク環境の評価が必要と考えられる。
- 自治体、学校のネットワークの使用帯域が実効速度に近い場合はインターネット接続環境に余剰がないと考えられる。今後のICT機器の利活用状況を鑑み、インターネット接続の高速化を行うための選択肢を提示する。
- 以下にネットワーク接続形態毎の特徴と自治体が導入した場合の1校あたりの費用目安を記載する。

<インターネット接続の高速化のネットワーク接続形態（直接接続型）>

接続形態	(A) 単一通信網複数ISP型	(B) 同一通信網複数型	(C) 複数通信網型
構成			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 通信網がISPよりも通信速度が速いことが前提 ✓ 比較的安価に通信速度の向上が見込める。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存環境の通信網と同じ通信網を利用するため、地域差がなく適用が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存環境の通信網と同じ通信網を利用するため、地域差がなく適用が可能。通信効率が最も高い。 ✓ 通信網事業者には地域差あり

<自治体や学校へ適用する場合の概算費用（1校あたり）>

ネットワーク接続形態		(A) 単一通信網複数ISP型			(B) 同一通信網複数型 (C) 複数通信網型	
構成変更		新規	既存(ISP追加)	既存(機器交換)	新規	既存追加
初期費用	通信網・ISP※1	¥26,000~	¥3,000~	¥3,000~	¥46,000~	¥23,000~
	機器費用※2	¥300,000~	-	¥300,000~	¥300,000~	¥300,000~
	作業費用※3	¥300,000~	¥200,000~	¥300,000~	¥400,000~	¥400,000~
初期費用合計		¥626,000~	¥203,000~	¥603,000	¥746,000~	¥723,000~
月額費用	通信網・ISP※1	¥6,000~	¥1,000~	¥1,000~	¥10,000~	¥5,000~
	保守費用	※4	※4	※4	※4	※4
月額費用合計		¥6,000~	¥1,000~	¥1,000~	¥10,000~	¥5,000~

構成変更の既存とは直接接続型の一般的な構成を示す。

- ※1 通信網とISPの費用は事業者により異なるため、参考価格（令和5年3月時点）とする。
- ※2 機器費用に関して、学校規模やセキュリティ機能の有無等で価格差が大きいため、参考価格とする。
- ※3 作業費用に関して、対象の台数により作業費が異なると考えられるため、1台あたりの作業費の参考価格とする。
- ※4 保守や更新費用に関して、保守費用は地域や提供する事業者により価格差があるため、事業者の確認が必要である。