NHK Technologies

JEITA MOIP CONSORTIUM SEMINAR

一般ネットワーク回線を用いた **高精細映像・イマーシブオーディオ** リモートプロダクションの実証

既設リソースとベストエフォート回線で、届かなかった感動を届けたい

Dante / DDM　ELL Lite　4K/8K

2026年10月16日　株式会社NHKテクノロジーズ　メディア技術本部　制作技術部（音声）

SPEAKER — 自己紹介

NHK Technologies

マイクを立て、卓を触る、現場の音声技術者です

寺田 淳

Atsushi Terada

株式会社NHKテクノロジーズ
メディア技術本部
制作技術部（音声）

中継・スタジオの音声制作
イマーシブオーディオ
リモートプロダクション

1

現場：スタジオ・中継の音声制作

テレビ・ラジオ・中継の音声業務。デイリー生放送・収録番組のほか
長岡花火・大曲花火中継や能を中心とした伝統芸能中継
音声中継車の運用主担当

2

専門：イマーシブオーディオとネットワーク音声

22.2ch・MPEG-H 3D Audio などのイマーシブ音声制作
IP技術など新技術を活用した音声制作開発。
音声分野における新規事業開拓

3

本実証：リモートプロダクションの企画と技術

計5回の実証実験の技術統括担当。
連絡アプリ RPCS、リップシンク計測 RPLSC など現場で必要なツールを開発

いち現場の技術者として、実際にやってみて分かったことをお話しします。

NHK Technologies

90分の構成

説明75分、質疑応答15分で進めます。

1 **NHKテクノロジーズの紹介と問題提起（10分）**
保有リソースとテクラボ、そして、なぜこれに取り組むのか

2 **5回にわたる実証実験の軌跡（35分）**
2025年6月～2026年4月に実施した計5回の実証で、何を解いてきたか

3 **技術深掘り（25分）**
レイテンシー・PTP同期・冗長設計・帯域・セキュリティ

4 **結びと業界への提言（5分）**
コスト、そして、まだ解けていない課題をこの場で共有します

5 **質疑応答（15分）**
「うちの現場でもできるだろうか」というご相談も歓迎します

株式会社NHKテクノロジーズとは

▸ 会社サイト：https://www.nhk-tech.co.jp/



イマーシブ空間コンテンツ



ライブ演出・映像制作



展示会での技術紹介

NHKの技術系関連会社

番組制作からコンテンツの送出
情報システムの維持管理
放送電波の送受信環境整備
放送・ホール設備の建築、整備保守

自社独自のコンテンツ制作

8K 22.2ch音響コンテンツ制作
イマーシブオーディオコンテンツ制作
パブリックビューイング運用
民間プラットフォームでイマーシブ配信

制作技術部（音声）

中継・収録・スタジオ制作の音声技術者集団
22.2ch音響／Dolby Atmos
／MPEG-H 3D Audio の制作経験
放送品質基準に基づくリスク管理
本日の実証実験の主体部門

放送に関わるほぼ全ての技術業務を担う会社が、その知見をライブ配信・ライブビューイングに展開している。

T-2 音声中継車という既設資産

▸ T-2 音声中継車の詳細仕様：https://www.nhk-tech.co.jp/media engineering/solution/5.html

T-2 音声中継車







SSL System T ／ Dante 全信号構成

1 **SSL System T を中核に、車内の全信号がDanteで構成**

2 **放送／配信の生放送制作、収録**

Dolby Atmosなどイマーシブ音響の制作実績を持つ音響特性

3 **機器、電源の冗長化など生放送に対応した信頼性**

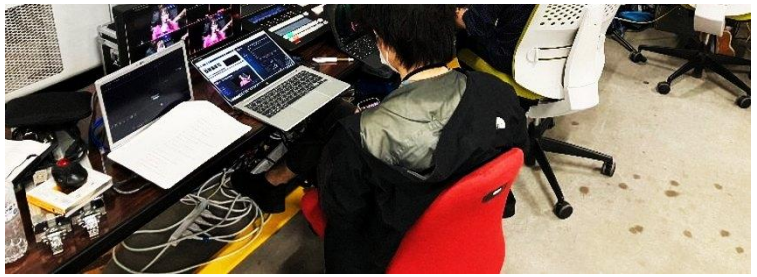
多様な制作手法に対応したアウトボード・エフェクター群

4 **この資産を従来のプロダクション手法に留まらず「新しい技術にどう活かしていくか」が、本日の実証全体の出発点**

テクラボという社内制度



若手がメインMIXを担当（第3回）



映像・ネットワークチーム（第3回）



部門横断の制作チーム

テクラボ テーマ

「高臨場感音響の効率的な制作手法と音響表現高度化の開発」

2024年度：ローカル環境での基礎検証
2025年度：有観客公演で計4回／2026年4月：第5回
→ 2026年10月27日、次の挑戦へ

社内の部門横断

制作技術部（音声） 撮影 、TD・システム部
デジタル開発技術本部

全国の地域事業所の社員が自ら手を挙げて参加

他のテクラボプロジェクトとの連携

外部パートナー

ソニー／山麓丸スタジオ
輝日（ネットワーク）
古河ミハルソリューション（伝送）
Audinate／コルグ（Encoder）
阪神コンテンツリンク（ビルボードライブ）
ブルーノート・ジャパン（ブルーノート東京）

一般ネットワークを用いたリモートプロダクションという共通指標で部門をつなぎ技術開発と人材育成を同時に進める場。

NHK Technologies

本日の主題

物理的制約で届けられなかった感動を、どう届けるか。

NHK Technologies

01

PROBLEM — 問題提起

なぜ、これに取り組むのか



複合商業施設内の都市型ライブ会場



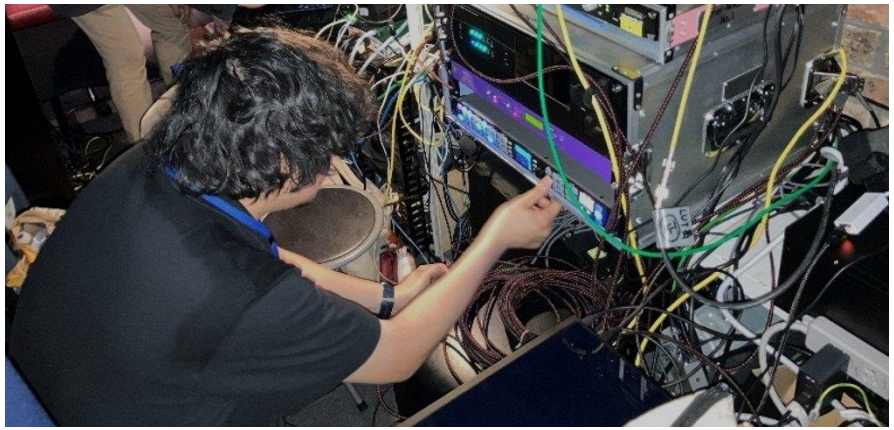
中小規模ライブ会場の客席空間



限られたスペースに組む伝送基地

NHK Technologies

高精細・イマーシブオーディオライブ制作はできる？



FOHブースの一角を間借りした伝送基地（第1回）



控室に組んだ監視・コントロール（第2回）

1 複合商業施設内の都市型ライブ会場

2 中継車の横付け・駐車が難しい

従来の中継に必須だった駐車スペース・大容量電源・広い機材置場が確保できない

3 現場の作業スペースが極めて小さい

第1回の伝送基地は、横並びで3人がなんとか座れる程度のスペース

4 それでも「イマーシブでライブ配信したい」

この要望に、どう制作するか。最初にぶつかるのが立地条件

株式会社NHKテクノロジーズ　メディア技術本部　制作技術部（音声）

NHK Technologies

諦められてきた4つの理由

コスト

専用線・大規模設備は高額

現場で起きていたこと

専用線は初期・月額ともに高額。
開通まで数か月かかることも。

本実証での答え

一般回線で回線費を10分の1以下に

スペース

中継車・機材置場の確保

現場で起きていたこと

駐車スペース・大容量電源・広い機材置場が前提条件

本実証での答え

会場側は約9Uの機材量に集約（第4回）

時間

設営・撤収に長時間を要する

現場で起きていたこと

設営規模が大きくなるにつれ時間を要する。
前日設営、夜間設営

本実証での答え

第1回：
・設営1時間
・撤収1時間30分

人員

没入型制作は人員増

現場で起きていたこと

マルチフォーマット制作は機材量が増加。
設営に人員も必要

本実証での答え

機材量が減ることで、設営の負荷を軽減

技術的にできないのではなく、条件が揃わないから諦めていた。だから「条件」を変える。

NHK Technologies

“

リモートプロダクションの目的は“効率化”だけではない。
良質な舞台や音楽、スポーツを、
高い臨場感を持ってライブで視聴者にお届けしたい。

NHK Technologies

目的は技術的な達成ではありません

これまで物理的制約とコストで諦めていた「感動体験」を、視聴者へ届けること。
それが、本日ご紹介するすべての実証実験の目的です。



配信

ご家庭のテレビ・PC・スマホへ。
Dolby Atmos／MPEG-H／
Auro-Cx／HPL を同時に



ライブビューイング

別会場の大画面・大空間へ。
高精細映像とイマーシブ音響で「空間」
を届ける



会場へ

配信をきっかけに、実際の会場へ
足を運ぶ流れをつくる

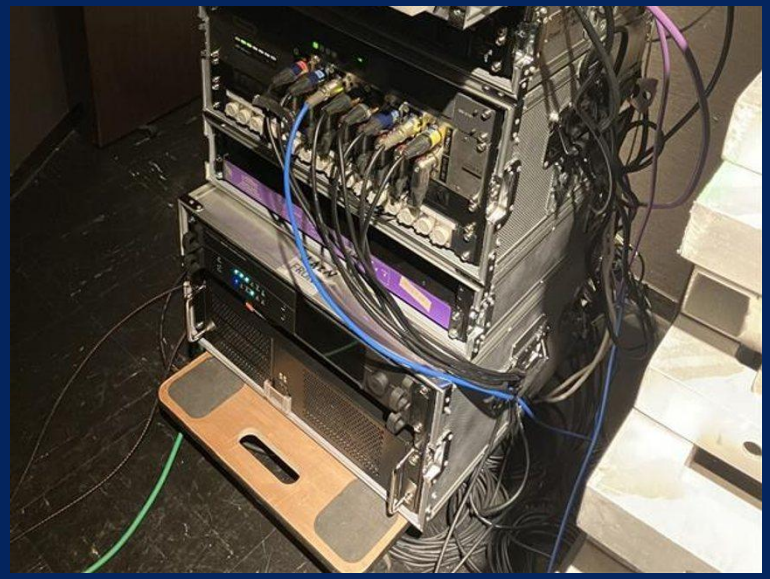
伝送は手段。会場の魅力を損なわずに、届け先ごとに最適な体験を届けることが目的。

02

DESIGN — 設計思想

3つの割り切り

MoIPコンソーシアムの場だからこそ、あえて逆張りを明示します



現場伝送機器(可搬ラック)



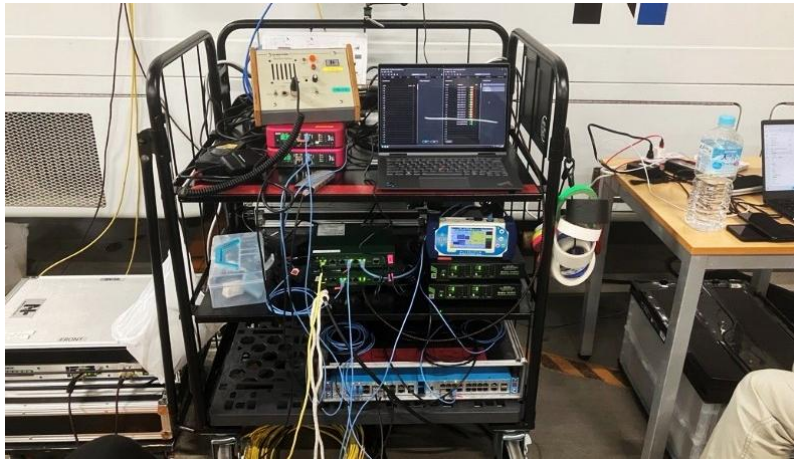
音声伝送機器(古河ミハルソリューション ELL Lite)



既設設備:T-2音声中継車 SSL System T

NHK Technologies

専用線を使わない



可搬ラックに収めた伝送・ネットワーク機器

採用した回線

輝日「infal光」
（NGN網内閉域拠点間通信）
日割りのスポット利用が可能
開通まで約1～3週間

infal光を選んだ理由

拠点間を同一LANセグメントとして接続
L2前提の音声・映像機器をそのまま使える
10Gの広帯域で4K/8K伝送にも余力
東西をまたいだL2直結も可能

約900 Mbps
実効スループット
機器1Gクラスで律速（第4回）

2.4 msec
ジッター最大値
第4回 本番運用時

0
パケットロス・音声ミュート
第3回・第4回 全編

「放送で公衆回線を使うのか」への答えは、実測値で示す。結論：実用に耐える品質だった。

NHK Technologies

伝送フォーマットを統一しない

用途	採用方式	選んだ理由
音声 ①・他拠点	古河ミハルソリューション ELL Lite	64ch非圧縮(48k/24bit)、 PTP GM不要、最大1秒のバッファ
音声 ②・多拠点	Dante ＋ Dante Domain Manager	T-2の全信号がDante。 既設資産をそのまま延長
映像 本線	SRT	パケットロス耐性と画質の担保
映像 返し・操作用	WebRTC	画質より低遅延を優先
8K LiveViewing	SpinDigital LiveEnc	大容量の片方向。 イマーシブオーディオ対応

閉じてはいません

- ST2110を否定するのではなく、顧客要望と既設資産に合わせた順序の選択
- DDMはゾーン単位で PTP v2 ／AES67 互換設定に対応
- ST 2110-30 への接続パスは開いている

一本化より適材適所。用途ごとに「画質・遅延・双方向性」のどれを優先するかで方式を決めた。

既設リソースを組み合わせる

自社資産の活用から、拠点間のリソース連携へ。2年間で活用の範囲が広がってきました。

自社資産



中継車

T-2 音声中継車

自社の中継車を遠隔から操作し、
遠隔地のオーディオI/Oも制御

外部スタジオ



制作スタジオ

山麓丸スタジオ

エンジニアが使い慣れた外部制作スタジオを制作拠点に

パートナー施設



ブルーノートジャパン

ブルーノートプレイス

パートナー会場のイマーシブオーディオ対応スタジオを制作拠点に

NHK Technologies

用途でレイテンシー要件は違う

CASE 1

制作系

リモートMIX・遠隔卓操作

許容レイテンシー

ネットワーク片道 10～50 msec

採用方式

ELL Lite／DanteDomainManager

CASE 2

配信系

一般家庭向け配信

許容レイテンシー

数十秒～数分を許容（片方向・視聴デバイス）

採用方式

HLS ／ KORG Live Extreme

CASE 3

ライブビューイング

片方向視聴・遠隔上映会場

許容レイテンシー

数十秒～数分を許容（片方向・上映会場）

採用方式

RTP・HLS Spin Digital SpinEnc・Dec

要件値と実測値を分け、音声往路・映像モニター・卓制御・インカム・視聴系ごとに遅延バジェットを設計する。

NHK Technologies

5回の実証実験マップ

	第1回 2025.06	第2回 2025.07	第3回 2025.10	第4回 2026.01	第5回 2026.04
会場	ブルーノート東京	ビルボードライブ東京	ビルボードライブ東京	ビルボードライブ東京	ブルーノート東京
拠点数	2拠点	3拠点	2拠点	4拠点	3拠点
映像	2K	2K 1Cam Fix	4K 3Cam	4K 4Cam＋8K 1Cam	8K 1Cam
音声伝送	ELL Lite	ELL Lite	Dante(DDM) ELL Lite予備	ELL Lite	ELL Lite Dante(DDM)予備
出力	360 Reality Audio	Atmos／HPL	Atmos／MPEG-H／HPL	Atmos／MPEG-H／Auro／HPL＋8K LV	Atmos／MPEG-H／Auro／HPL＋8K LV
解いた課題	**連絡系**	**回線コーディネート**	**PTP同期・冗長**	**伝送遅延差**	**8K伝送へ**

拠点数・解像度・出力形式を1回ずつ広げ、各回で出た課題を次の回で解く。

R1

第1回実証実験 ／ 2025年6月

ブルーノート東京

会場とT-2音声中継車を1本の回線で結ぶ、最小構成のリモートプロダクション



ブルーノート東京



T-2音声中継車（テクノビル富ヶ谷）



会場側 伝送基地

NHK Technologies

2拠点構成：ブルーノート東京 ⇄ テクノビル富ヶ谷（T-2）



項目	内容
回線	infal光（NGN網内閉域拠点間通信）
音声	会場PAから MADI 64ch（96kHz/24bit）受領 → Dante 48kHz/24bit 非圧縮
映像	1080i 59.94 → 1080i 29.97 に変換
制作	T-2で System Tでミックス
配信	専用アプリ（関係者向け）

会場に中継車を横付けせず、既設の T-2 制作環境をそのまま遠隔で使う、最小構成のリモートプロダクション。

NHK Technologies

会場側は、ラック2式とノートPCだけ



テクノビル富ヶ谷 T-2音声中継車内



ブルーノート東京 伝送監視

1 **会場側は 6U ラックケース2式とノートPC 1〜2台**

FOHブースの一角を間借り。全回線を会場PAから MADI で受領。
機材・システムとも非常にシンプルに

2 **64ch 非圧縮を一般回線1本で伝送**

MADI 96kHz を 48kHz/24bit に変換。Dante 非圧縮のまま渋谷へ

3 **技術要員2名、設営1時間・撤収1時間30分**

従来の中継業務と比べ大幅な時間短縮

株式会社NHKテクノロジーズ　メディア技術本部　制作技術部(音声)

NHK Technologies

1stで揃え、2ndでビットパーフェクト

4 パケット
1stステージのロス
70分中・音声ミュート
計約0.8msec

0
2nd(本番)のロス
パケットロス・ミュートなし

完全
ビットパーフェクト
2ndステージで実現



テクノビル富ヶ谷での伝送監視

1stステージ(テスト配信)で起きたこと

17:25頃	1パケットロス　音声ミュート 約0.2msec
17:40頃	3パケットロス　音声ミュート 約0.6msec

輝日・古河ミハルソリューションと共同で解析。
帯域保証のない回線として良好な結果で、受信バッファを伸ばせば解決できると推測した。

初回から完璧ではなかった。1stで揃え、2ndでビットパーフェクト。この差がバッファ設計の出発点になった。

疎通はできた。しかし、現場が見えなかった



テクノビル富ヶ谷側の運用

残った課題：現場が見えなかった

Dante経由でClearComでの相互通話はできたが、従来の制作現場のように状況を手に取るように把握できる環境には至らなかった。
映像での確認手段を含めた連絡系構築が必要。

この課題は、形を変えながら続きます

第2回	Studio Technologies 545DC（Dante ClearCom）で3地点を接続
第3回	545DCのA回路を映像CC、B回路を音声CCに割り当て、良好な連絡系を確立

相手が見えない不安やコミュニケーションの弱さを強く感じたことが後段で説明する連絡アプリ開発につながります。

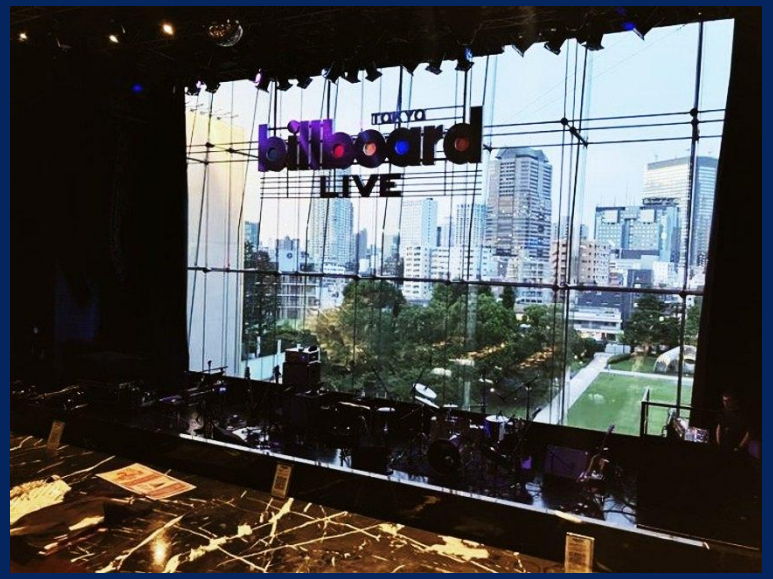
NHK Technologies

R2

第2回実証実験 ／ 2025年7月

ビルボードライブ東京

3拠点接続。エンジニアが使い慣れた外部スタジオでリモートミキシング



ビルボードライブ東京

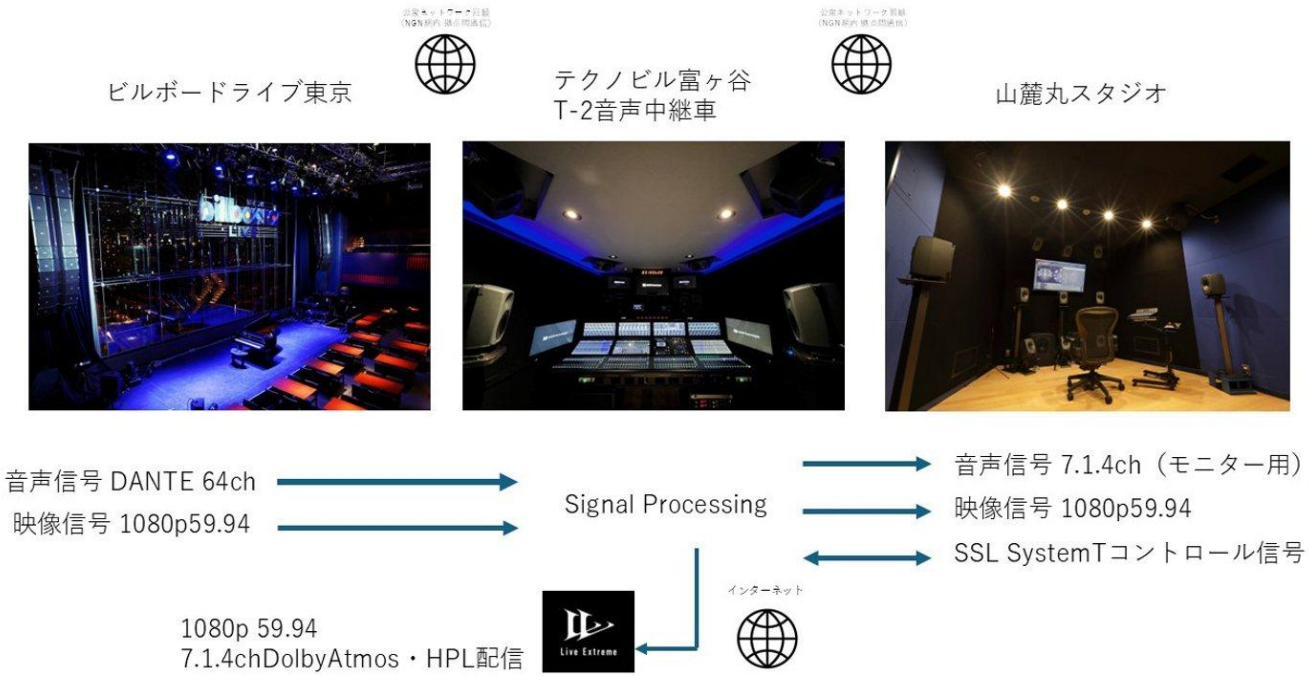

山麓丸スタジオ（南青山）



T-2音声中継車（渋谷テクノビル富ヶ谷）

NHK Technologies

3拠点構成：会場 ⇄ T-2中継車 ⇄ 山麓丸スタジオ



拠点	役割と要員
ビルボードライブ東京	収録会場。 NT2名＋輝日・古河ミハルソリューション 各1名 マイク19本を設営
テクノビル富ヶ谷（T-2）	信号処理・配信基地。 NT1名＋輝日 1名＋古河ミハルソリューション1名 KORG LiveExtreme 配信基地
山麓丸スタジオ	制作拠点 （SSLコントローラーによる遠隔MIX） NT 1名＋ミクサー3名。 7.1.4ch モニター信号を送り返し

拠点が1つ増えた意味は「制作をどこでやるか」の分離。会場・信号処理・制作を別々の場所に置いた。

回線：infal光（NGN網内閉域拠点間通信）／音声 64ch：ELL Lite／映像：SRT／連絡系：545DC で3地点を接続／配信：Dolby Atmos・HPL

NHK Technologies

ハードウェア エフェクターだけは、口頭で・・・



FaderTile と TCA アプリによる遠隔ミックス



山麓丸スタジオでの制作体制

1 **TCAアプリ＋FaderTileで System T を完全遠隔操作**

山麓丸スタジオから中継車内のコンソールをフルコントロール

2 **ソフトウェアベースのエフェクターWaves SoundGrid は Windows Remote Desktop 経由**

車載のソフトウェア プラグインリソースを遠隔地から活用

3 **持込機材はPC・映像モニター・FaderTile・575DC・ELL Lite・ルーター程度**

モニター用DanteはスタジオのDante入力へ直接入力。機材を最小化

4 **ハードウェアのアウトボードだけは遠隔操作できない**

T-2の車内の担当者に口頭でパラメーター設定を依頼した

NHK Technologies

“

リモートであることを忘れるほど、
フェーダー操作からミクシングへのディレイや
レイテンシも感じず、楽しく作業できた。

—— 山麓丸スタジオ　ミキシングエンジニア

ROUND 2 — 残った課題

NHK Technologies

回線工事が、本番2日前にキャンセルされた

01	02	03	04
準備万全	**2日前に一報**	**急遽借用**	**帯域を絞って解決**
infal光 10Gの新規開通を、ミッドタウン側と事前調整・現地調査2回	設備都合で、当日の回線新設が不可能と連絡	既設の未使用1G回線＋使用中の回線、計2回線を借用して対応	映像の伝送レートを最適化し、安定性を確保

放送技術の常識なら、工事は数日前に完了しているべきだった。当日朝の工事であるとのリスクを静観してしまった。
という自己批判を含めてお伝えします。

→ 制作は成立した。では、落ちない仕組みは？（第3回へ）

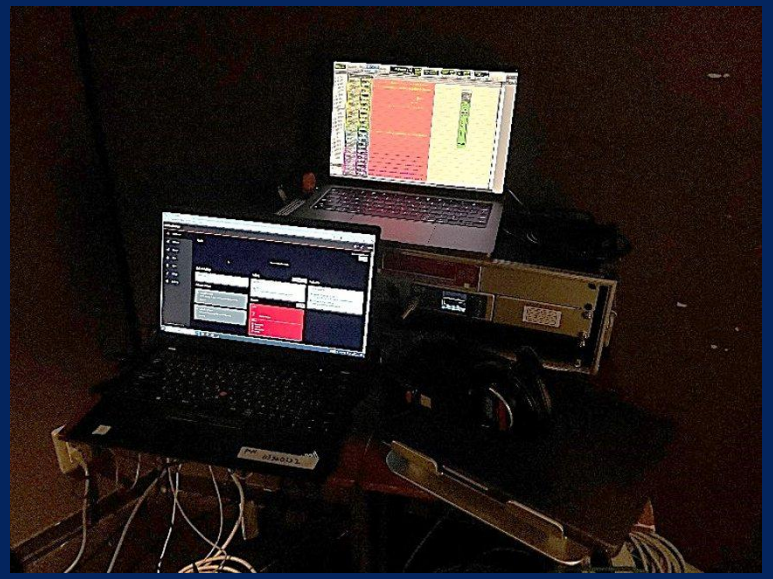
NHK Technologies

R3

第3回実証実験 ／ 2025年10月

ビルボードライブ東京

Dante Domain Manager導入。冗長性の確保と安全性の客観評価



会場側 伝送監視･録音システム



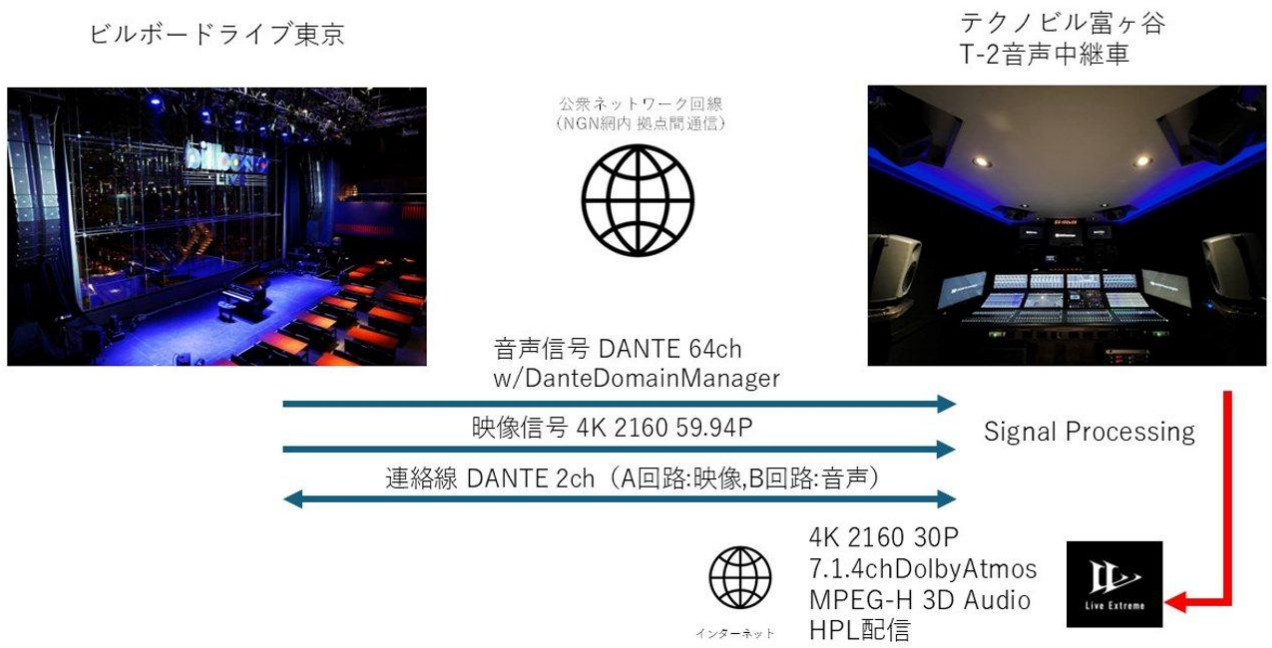
T-2音声中継車内 配信基地



本番中のT-2音声中継車

NHK Technologies

L3接続とZONE分割、異種基盤による冗長化



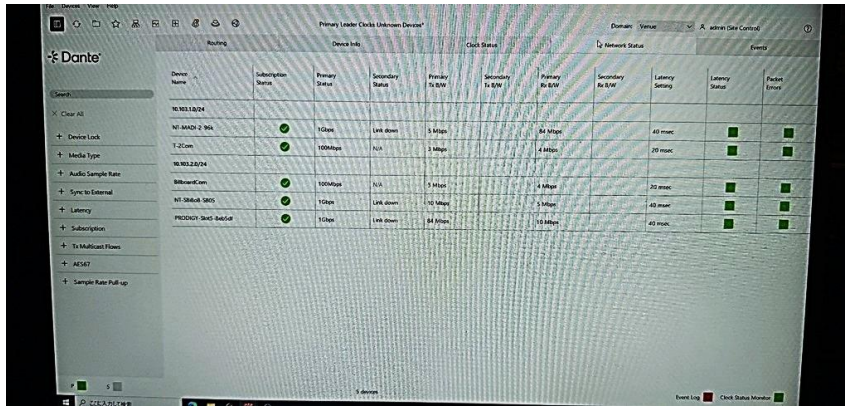
項目	内容
回線	infal光 10G を2回線 （#1 音声本線／#2 音声予備、映像系）
DDM	ドメイン「Venue」: ZONE A＝渋谷テクノビル 富ヶ谷 ZONE B＝ビルボード
同期	拠点ごとに PTP GM＋GNSS （DXD-16／SPG8000）
映像	4K 3Cam（PTZ 2＋有人 1）、SRT／WebRTC
連絡系	545DC：A回路＝映像CC、B回路＝音声CC

既存の伝送装置に頼らず、T-2の付帯設備で伝送とコントロールを完結する設計に変更した。

本線：DDM管理の Dante（L3）／予備：ELL Lite（L2）。異なる技術基盤による冗長（詳細は深掘りC）

NHK Technologies

Danteを、L3ネットワークで運用する



DDM 運用画面：ドメイン「Venue」と2つのサブネット



会場に仮設したGNSSアンテナ（ステージ上手奥）

1 **Dante Domain Manager（DDM）を導入**
L2前提のDanteを、サブネットの異なる L3 ネットワークで運用

2 **拠点ごとに PTP Grandmaster を個別配置**
ビルボード：Brainstorm DXD-16／富ヶ谷：Tektronix SPG8000。
GNSSから時刻を取得

3 **PTP v1／v2 を混在させたハイブリッド運用**
DDM のクロッキング設定を v1＋v2 モードに

4 **ユーザー認証とデバイス管理を追加**
認証されたユーザー・デバイス以外は操作も送受信もできない

ここでは「L2前提の Dante を L3 に載せた」という一点を押さえてください。詳細は深掘りA・B・Eで。

ROUND 3 — 数値

NHK Technologies

本線・予備線を常時監視し、終始ミュートなしで完走

85 Mbps
伝送データ量
1st・2nd とも同水準

5.5 msec
レイテンシー平均
1st・2nd とも同水準

0
パケットロス・音声ミュート
全編を通して



テクノビル富ヶ谷の制作・配信基地

本線・予備線を常時監視

両系統を音声卓に常時入力
予備系も VU・波形・映像モニターで監視
DDM でログを取得

配信

4K 2160 30p
Dolby Atmos／MPEG-H 3D Audio ／HPL
KORG LiveExtreme エンコーダー

会場からの評価

・スムーズな設営・撤収と、映像・音声のクオリティに感心の声。
・アーティストの要望により7.1.4ch試写を実施。

距離別のレイテンシー実測は、深掘りAで詳しくお見せします。

NHK Technologies

テクニカルディレクターによる第三者の安全評価



渋谷テクノビル富ヶ谷：制作は館内・車庫内に集約

車両事故リスクの軽減

中継車両が機材車のみに。機材車も小型化でき、入退場時の事故リスクが大幅に低減

設備破損リスクの軽減

持ち込み機材量が大幅に減り、搬出入時の建物・調度品の破損リスクが低減

リスク管理の確実性向上

作業範囲が館内に限定され、TD の目が行き届く

運営上のメリット

駐車スペース・大容量電源・広い機材置場が不要に。
選択肢になかった会場で制作できる

安全管理 総括：機材・要員・車両の総量が減ることで、全体のリスクレベルが自然に下がる。
本プロジェクトの安全上の懸念点はなく、従来の中継プロダクションより各種リスクが低減されることを確認。

技術者の自己評価ではなく、TD・システム部に第三者として評価に入ってもらった、という手続きが事業化には重要。

NHK Technologies

回線開通の遅れと、制作チェーンに残った弱点



配信エンコーダー（KORG LiveExtreme）

技術体制が整うのがサウンドチェック直前に

回線

当初想定より回線開通が遅延。
ローカルでのチェックなどに時間を要し、サウンドチェック直前に体制が整う

配信エンコーダー構成

SPOF

本番直前にアプリがダウン。予備系をスタンバイの上、再起動で本番は稼働

PA分岐の確認不足

運用

事前資料と異なるアサインがあり、
サウンドチェック時の時間のロスに。。。

2回続けて回線に泣かされた積み重ねが、第4回の「前日開通＋事前疎通テスト」の徹底につながる。

エンコーダーと会場分岐の弱点は、深掘りC（冗長設計）で対策とあわせて扱います。

NHK Technologies

R4

第4回実証実験 ／ 2026年1月

ビルボードライブ東京

4拠点接続。One Source, Multi-Output と8Kライブビューイング



テクノビル富ヶ谷 映像制作・配信基地



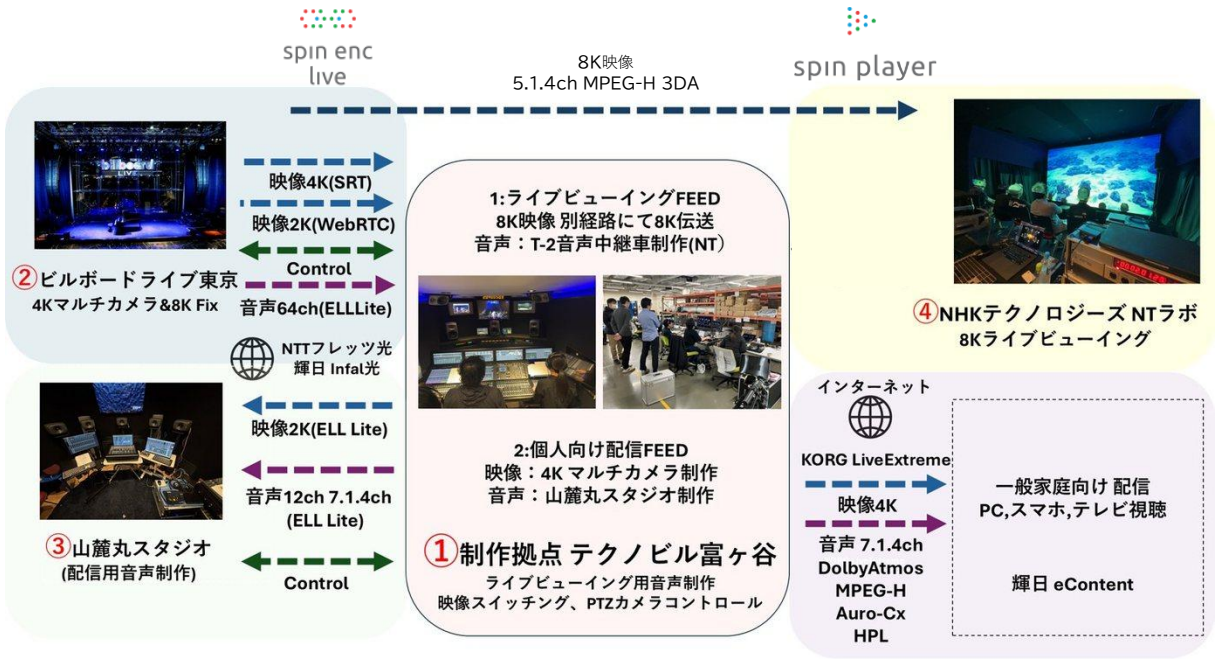
8Kライブビューイング（NTラボ）



T-2でのライブビューイング用ミックス

NHK Technologies

4拠点構成：これまでで最も複雑な同時運用



拠点	役割
ビルボードライブ東京	演奏会場。 4K 4Cam＋8K 1Cam Fix、マイク8本
T-2 （テクノビル富ヶ谷）	信号処理・映像制作・LV用 5.1.4ch ミックス・配信
山麓丸スタジオ	一般家庭向け配信ミックス （System T を遠隔操作）
NTラボ（本社）	8Kライブビューイング会場。5.1.4ch上映

System T のユーザースプリットで、単一の 64ch伝送音声をもとに“配信用フィード”と“ライブビューイング用”フィードの2系統を同時制作。

回線：infal光（NGN網内閉域拠点間通信）、NTTフレッツ光 VPN（NGN網内折り返し）、8Kはインターネット回線／前日に全拠点の開通・疎通テストを完了

NHK Technologies

One Source, Multi-Output

64ch伝送音声

System T ユーザースプリット

配信用ミックス（山麓丸スタジオ）

7.1.4ch → KORG LiveExtreme で Dolby Atmos／MPEG-H／Auro-Cx／HPL に同時変換

ライブビューイング用ミックス 5.1.4ch（T-2）

大空間・8K高精細・1Cam Fix 映像に合わせて定位と音場を最適化



山麓丸スタジオ：配信用ミックス



T-2：ライブビューイング用ミックス

制作負荷の集約

伝送される64ch音声をもとに、同一システムで2フィードを制作。
出力先ごとのシステム構築から解放

プラットフォームへの柔軟性

Atmos・MPEG-H・HPL など、多様な視聴環境に同時に応える

届け先で音を変える

大空間では広いリスニングエリアと映像に合わせた定位設計が必要

NHK Technologies

映像・音声は用途ごとに、伝送方式を使い分ける

用途	要件	採用方式	実効レート
4K 本線(配信用)	画質担保・ロス耐性	SRT(Haivision Makito X4E 等)	約50Mbps
プレビュー／モニター	とにかく低遅延	WebRTC ＋ 超低遅延伝送装置	—
カメラ・SW・PTZ 制御	双方向・低遅延	NGN網内折り返しVPN(YAMAHA RTX1300)	—
音声 64ch	非圧縮・低遅延	ELL Lite(infal光 NGN網内閉域拠点間通信)	約50Mbps
8K ライブビューイング	大容量・片方向	SpinDigital SpinLiveEnc (infal光 NGN網内閉域拠点間通信)	約150Mbps

同じ拠点間でも、求めるものが「画質」か「遅延」か「双方向性」かで最適な方式は違う。
一本の回線に全部を載せるのではなく、用途ごとに方式と帯域を割り当てた。

NHK Technologies

映像制作拠点を、テクノビル3Fに構築



有人カメラ（SONY BURANO／PA席内）



センターPTZ（SONY BRC-AM7）



テクノビル3F スイッチャー卓

会場側：カメラ5台

BURANO（有人）1台／
BRC-AM7 2台
ILME-FR7 1台
8K：SHARP 8C-B60A
（客席後方センター）

制作拠点：3Fの汎用スペース

IP＆映像監視卓／VE卓／SW卓
PTZカメラリモート卓。4名でオペレート

回線：VPN＋予備

YAMAHA RTX1300 で NGN網内折り返し VPN
予備回線として infal光を併用

4K本線を WebRTC でも試したが帯域変動で画質劣化が顕著。本線は SRT、プレビューは WebRTC に決めた。

ROUND 4 — 数値

実効約900Mbpsの測定構成で、使用帯域250Mbps

250 Mbps
主要使用帯域（約・1回線）
映像・音声の合計

2.4 msec
ジッター最大値
本番運用時の実測

0
ダウンタイム
前日開通・事前疎通の徹底

50 msec
ELL Lite バッファ
各拠点で設定

実効スループット約900Mbpsに対する主な使用帯域



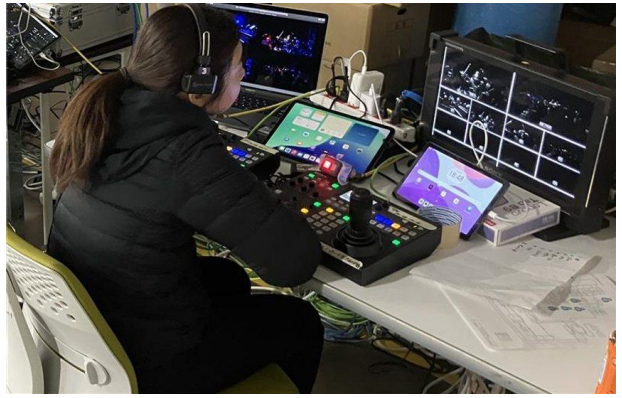
凡例：橙＝音声（ELL Lite） 青＝映像（SRT） 灰＝その他（内訳は第4回の伝送方式表の概算）

余剰帯域と低ジッターがあったから、SRT・WebRTC・ELL Lite の受信バッファを最小限にでき、遅延を抑えられた

回線：infal光（NGN網内閉域拠点間通信）。この値は本構成・測定条件での実績であり、回線サービスの一般性能を示すものではない。

NHK Technologies

成功した回だからこそ、残った課題を全て出します



4K配信用 PTZカメラコントロール卓（テクノビル）



4K配信用 映像、ネットワーク監視卓（テクノビル）

大空間向けミックス手法は未確立

家庭向けとは異なる制作アプローチが
必要。両立の方法は今後も検証

伝送遅延差

2フィード間、シアター設備などの
音声伝送遅延差が1～2フレーム。
シアター設備内、音声最終段で吸収

拠点ごとのリップシンク調整

4拠点通しのリップシンク確認を
スケジュールに組み込んで対応

伝送方式を分けたことで遅延差が生まれた。遅延差をどのように効率的に解消するかが課題となった

※ 配信エンコーダー1台構成とモニター卓オペミスの波及は、第3回で発生した事象です（第3回の課題・深掘りCを参照）。

R5

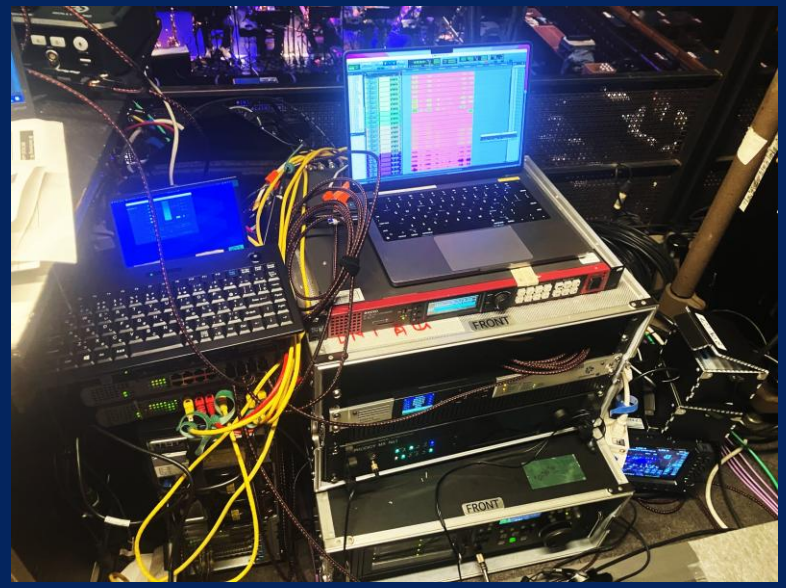
第５回実証実験 ／ ２０２６年４月

ブルーノート東京

8K伝送への挑戦。制作拠点が、中継車から会場施設へ



ブルーノート東京



ブルーノート東京 伝送･配信機材



第5回 制作拠点

NHK Technologies

制作拠点が、中継車ではありません

ブルーノート東京
収録会場

spin enc live

輝日 infal光

音声 64ch非圧縮

ELL Lite

音声 7.1.4ch

ブルーノートプレイス恵比寿
リモート制作拠点

会場施設が制作拠点に

8K＋音声
同一ストリーム

輝日 infal光

NT本社試写室
8Kライブビューイング会場

8K HEVC＋MPEG-H 約150Mbps

spin player

まず気づいていただきたい点：制作拠点が、これまでの中継車ではなく会場施設になっています。

NHK Technologies

制作拠点はここまで広がった

第1～3回



自社資産を遠隔操作

T-2音声中継車

Danteで組まれた既設の中継車を、会場から離れた場所で使う

第2回～



使い慣れた外部スタジオ

山麓丸スタジオ

エンジニアが普段使うスタジオを制作拠点にする

第5回



パートナー会場の施設

ブルーノートプレイス恵比寿

パートナー企業の会場施設そのものが制作拠点になる

「拠点リソースを組み合わせて一つのプロダクションを構成する」という形が、ここで完成しています。

8K配信

NHKテクノロジーズとSpin Digitalが共同開発したMPEG-H 3D Audio配信システム

2023年の開発を、ここで活かせました

NHK Technologies

8K伝送はSpinDigital LiveEnc/Decを使用

項目	方式:Spin Digital(第5回)
映像	8K H.265(7680×4320／60p／4:2:0 10bit)
エンベデッド音声	32chまで。MPEG-H 3D Audio に対応
イマーシブ音声	MPEG-H 7.1.4ch を同一ストリームで多重
AV同期	試写室側で数フレームの調整
回線	infal光(帯域 約150Mbps)

SpinDigitalのSpin Live Enc/Decを使用し高効率8K配信を実現。音声は次世代フォーマットであるMPEG-H 3D Audio

NHK Technologies

本構成の実効約900Mbpsに対し、8K＋音声は約150Mbps

900 Mbps

今回の接続構成・測定端末間で確認した実効スループット（回線10G／機器1Gクラスで律速）

約150 Mbps

8K H.265＋音声の伝送レート（7680×4320／60p／4:2:0 10bit）

2.7 msec

ジッター最大値（第4回：2.4msec）

今回確認できた約900Mbpsの実効値に対し、8K＋音声は約150Mbpsでした。この結果は本構成・測定条件での実績であり、回線サービスのリンク速度や一般性能を示すものではありません。

ROUND 5 — 設計判断

NHK Technologies

帯域に余裕があっても、ネットワークを分けた

4K 配信ネットワーク

Dolby Atmos 配信

配信エンコーダー・配信プラットフォームへ

分離

8K ライブビューイング ネットワーク

8K H.265＋MPEG-H

NT本社試写室へ同一ストリームで

帯域は足りていた

約900Mbps の実効値に対し
8K＋音声は約150Mbps

それでも分けた理由

相互干渉と障害波及を断つことを、
帯域効率より優先

同じ設計思想

第3回の「異種基盤による冗長」、
第4回の「方式ごとの帯域割当」の延長

帯域を足し算しない。片方のトラブルが、もう片方の本番に波及しない構成を先に決める。

NHK Technologies

用途でレイテンシー要件は違う

CASE 1

制作系

リモートMIX・遠隔卓操作

許容レイテンシー

ネットワーク片道 10～50 msec

採用方式

ELL Lite／DanteDomainManager

CASE 2

配信系

一般家庭向け配信

許容レイテンシー

数十秒～数分を許容（片方向・視聴デバイス）

採用方式

HLS ／ KORG Live Extreme

CASE 3

ライブビューイング

片方向視聴・遠隔上映会場

許容レイテンシー

数十秒～数分を許容（片方向・上映会場）

採用方式

RTP・HLS ／ Spin Digital SpinEnc・Dec

リモートプロダクションではないので、数十秒～数分を許容しても問題ない。

NHK Technologies

03

TECHNICAL — 技術深掘り

解けたこと、解けていないこと

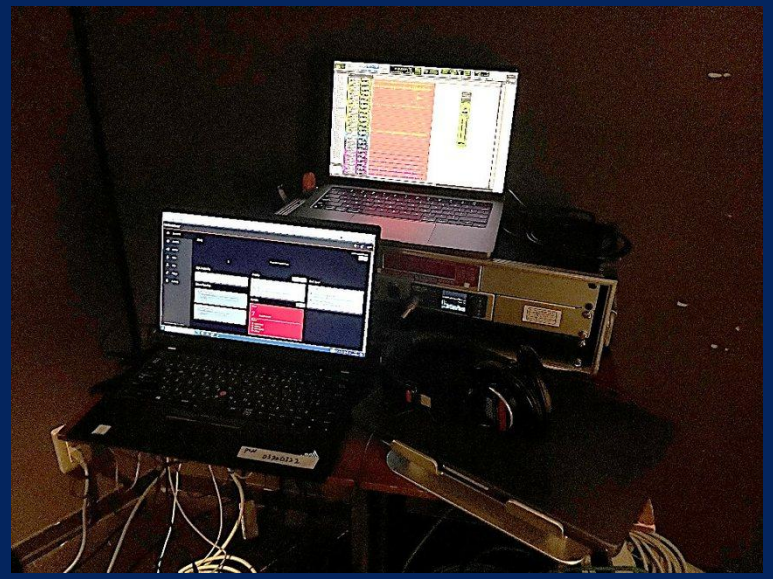
レイテンシー・PTP同期・冗長設計・帯域・セキュリティ



拠点間の制作・監視（山麓丸スタジオ）



映像制作拠点（テクノビル富ヶ谷）



会場側の伝送監視

NHK Technologies

A

深掘り A

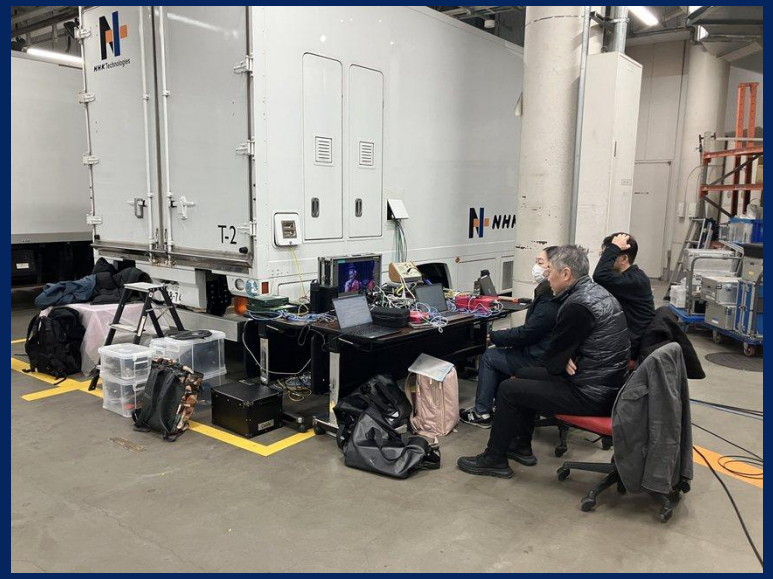
レイテンシー設計と遅延バジェット



音声往路：会場側伝送基地



映像モニター系：リモートカメラ卓



制作拠点の監視卓

NHK Technologies

ローカルなら問題ない。拠点間になると話が変わる

1 ローカル運用

Dante の受信レイテンシーは低い値に設定でき、
5msec 以内での伝送が可能

2 拠点間運用

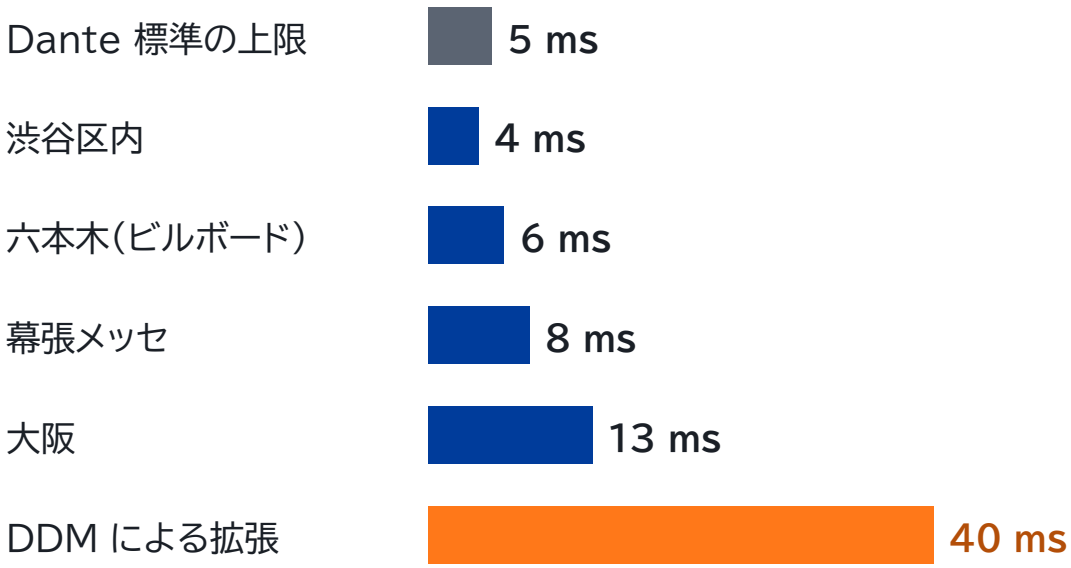
ネットワーク遅延と変動を見込む必要がある。
ローカル想定の設定では音声が届かない

3 遅延を決めるもの

地理的距離に加え、網内経路・収容設備・CPE・キューイング
を含む経路全体

※ 区間値は実測の上限側（詳細は次ページ）。DDM 拡張は最大値

レイテンシーの目安と許容値

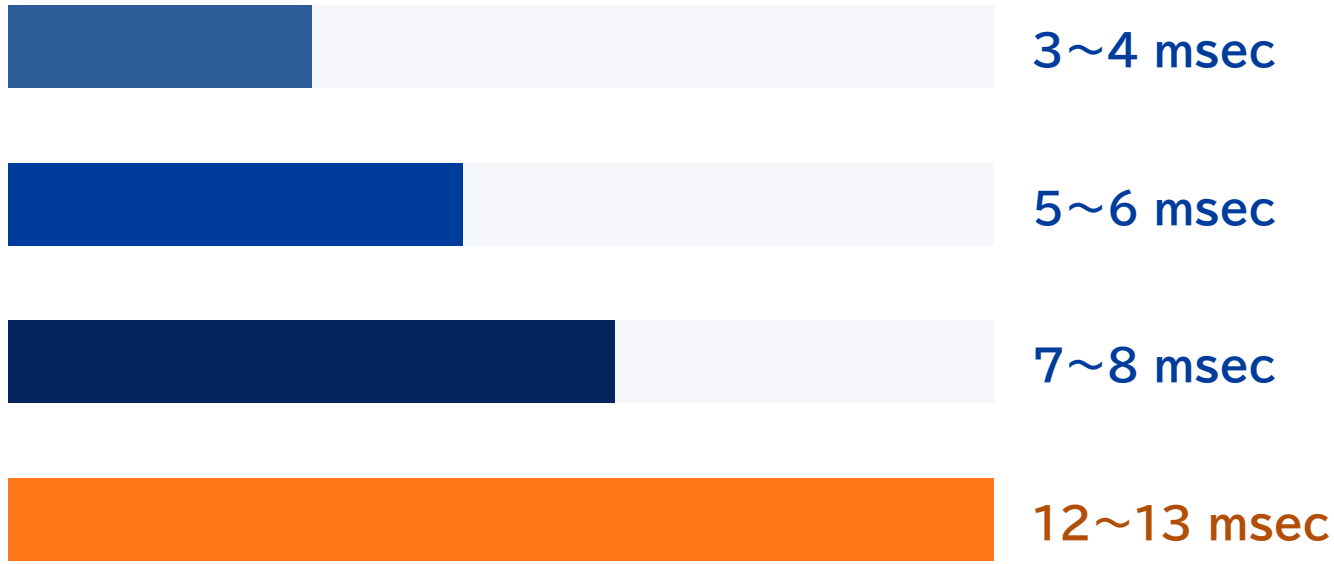


六本木までで、すでに Dante 標準の5msecを超える。拠点間では「速くする」より「許容値を広げる」発想が必要。

NHK Technologies

距離別レイテンシー実測

Dante経路全体の実測値／起点：渋谷 テクノビル富ヶ谷



実測値は直線距離だけでなく、網内経路・収容設備・CPE・キューイングを含む経路全体の結果です。

NHK Technologies

DDMと対応デバイス設定でDanteを運用可能に

1 許容レイテンシーを拡張
DDM が各 Dante デバイスの許容値を広げる（最大40msec）

2 L3 を跨いで運用
異なるサブネット間でも、音切れ・同期外れを防止

3 拠点ごとに PTP GM
各拠点は独立したクロック基準で動作。DDM はゾーン間の制御プレーンを管理

4 発想の転換
伝送を速くするのではなく、クロックドメイン・ルーティング・デバイス設定を運用可能な形で管理する

第3回の DDM 構成

- ドメイン：Venue
- ZONE A：テクノビル富ヶ谷（10.103.1.x）
- ZONE B：ビルボードライブ東京（10.103.2.x）
- GM：SPG8000／DXD-16（GNSS基準）
- クロッキング：PTP v1＋v2
- 結果：平均 5.5msec、ロス・ミュート 0

Dante の手軽さを残したまま、拠点間で使える形に「管理」した。

NHK Technologies

ELL Liteの受信バッファで、揺らぎを吸収する

1 **64ch 非圧縮を約50Mbpsで伝送**

48kHz/24bit の Dante 64ch を、独自プロトコルで低遅延に伝送

2 **受信バッファは最大1秒まで設定できる**

回線の揺らぎ（ジッター）に合わせて、拠点ごとに長さを決められる

3 **第4回は各拠点 50msec に設定**

ジッター最大値 2.4msec。余剰帯域と低ジッターにより短くできた

4 **短くすれば遅延が減り、長くすれば途切れにくい**

バッファは「遅延」と「安定」の交換。実測ジッターから決める

受信バッファの考え方（第3・4回の実測・設定値）



設定可能な上限は 1,000 msec（このスケールの20倍）。
第4回はその 1/20 で、ロス・ミュートなく運用できた。

回線の「揺らぎ」は、バッファで吸収できる。だから実測したジッターに合わせて、遅延を最小にする。

NHK Technologies

リップシンクを、現場から配信先まで一気通貫で測る

NT RPLSC RemoteProduction LipSyncChecker

リモートプロダクション向けに自社開発した、AV同期（リップシンク）の計測ツール

会場 ▸ 伝送 ▸ 制作拠点 ▸ 配信／上映 ▸ 視聴者・上映会場

同じツールで、どの地点の映像・音声のずれも測る

なぜ必要か

伝送路・デコードパス・再生系の差で、
遅延は段ごとに加算される。最終段で
合わせるには、各段の実測値が要る

一気通貫で測る

現場から配信先まで、拠点ごとに
別の方法で測るのではなく、
同じ基準で計測する

ブラウザで動く

PWA として実装し、解析用の
アナライザーも用意。
どの拠点でも同じ手順で計測できる

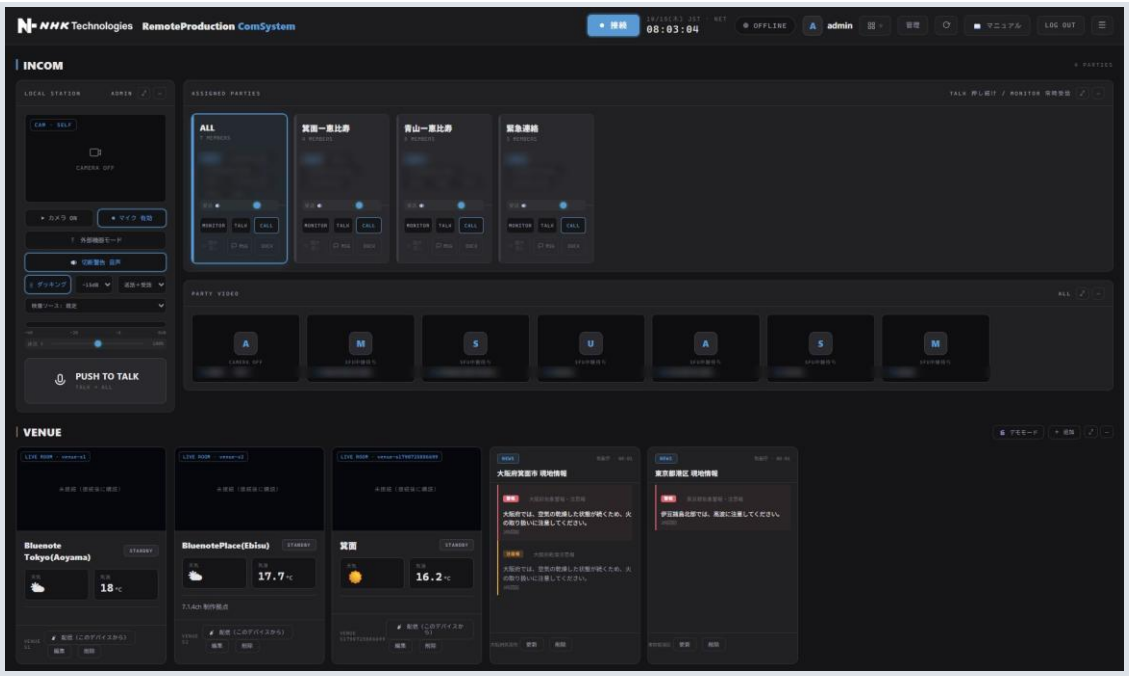
伝送方式を統合しても、同期は全段で測って合わせる。そのための道具を自分たちで作った。

NHK Technologies

「相手が見えない」を、自作の連絡アプリで解く

NT RPCS RemoteProduction ComSystem

拠点間のリモートプロダクション向けに自社開発した、ブラウザで動く IP インカム



RPCS 操作画面　上：INCOM（インカム）　下：VENUE（遠隔地モニター）

ブラウザで参加できる

PWA として実装。拠点ごとの専用機材がなくても、PC・タブレットから参加できる

物理ボタンで操作

Stream Deck と連携し、従来のインカムと同じ感覚でキー操作できる

聞き逃しを再生

直前の会話をさかのぼって聞き直せる。拠点が離れていても指示を取りこぼさない

VENUE機能

遠隔地の映像を配信することで、各ユーザーが遠隔地の状況をモニターできる

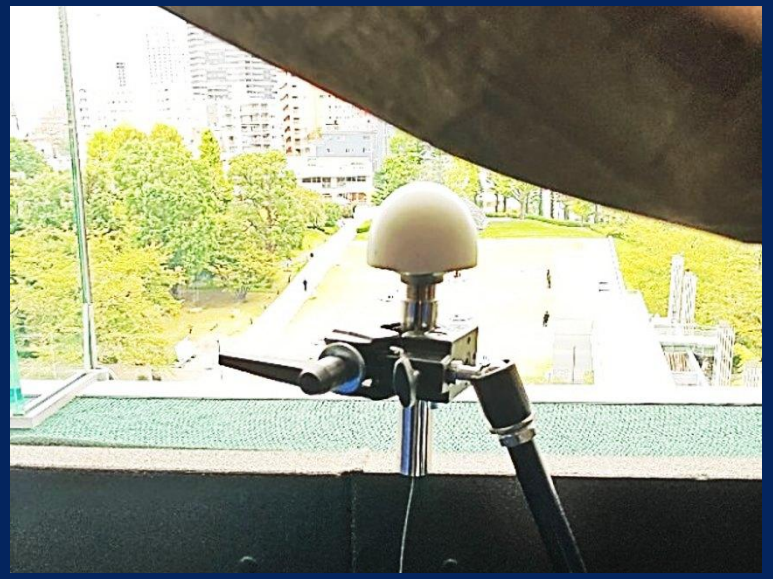
第1回で感じた「相手が見えない不安」から生まれた。現場の課題を、自分たちの手で道具にする。

NHK Technologies

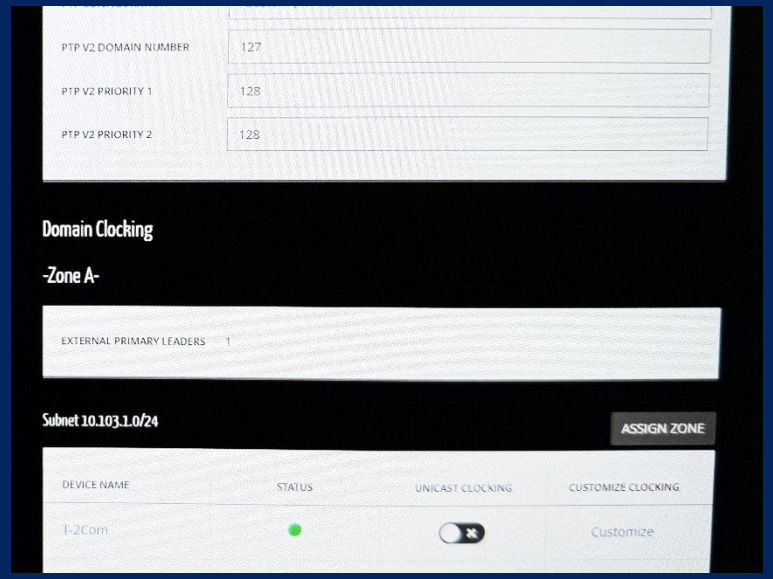
B

深掘り B

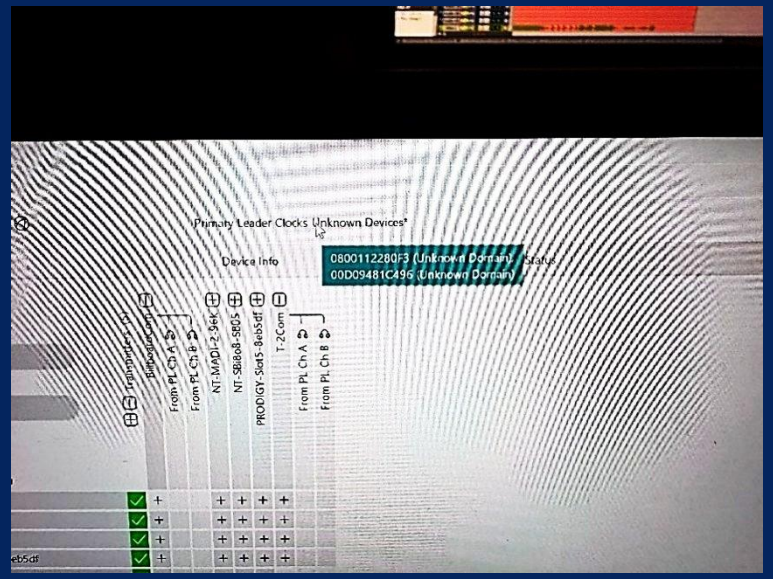
PTP・同期設計



GNSSアンテナ（会場側）



DDM クロッキング設定（v1＋v2）



Dante Controller の Leader 表示

NHK Technologies

ゾーン別にPTP Grandmasterを配置

ビルボードライブ東京（ZONE B）

- PTP Grandmaster：Brainstorm DXD-16
- GNSS アンテナから時刻を取得
- 拠点内で独立したクロック基準

渋谷テクノビル富ヶ谷（ZONE A）

- PTP Grandmaster：Tektronix SPG8000
- GNSS アンテナから時刻を取得
- 拠点内で独立したクロック基準

なぜ分散させるのか

長距離リンクでは PTP を網越しに配ると揺らぎが生じ、完全な同期ができない。だから拠点ごとに GM を置く

DDM が管理するのはドメイン・ゾーン・権限・クロッキング設定。実際のクロックとメディア経路は、経路ごとに設計する

NHK Technologies

PTP v1系／v2系を、ゾーンで管理上分離する

1 **ゾーン単位で PTP バージョンを選択**
DDM は v1（Dante専用）／v2（SMPTE ST 2059／ST 2110 準拠）をゾーンごとに設定できる

2 **制作拠点＝v2、ライブ会場＝v1 が可能**
異なるクロック設計のシステム同士を、管理上安全に統合できる

3 **受け渡しは信号経路ごとに設計**
クロックドメイン間は SRC・外部同期・Leader 設定を経路ごとに確認する

第3回で確認したこと

- DDM の Audio／Clocking Parameters を v1＋v2 モードに設定
- Dante Controller 上の Primary Leader Clock は、通常の Dante デバイスではなく PTP v2 のドメイン側が Leader に
- 両拠点とも GNSS 基準で拠点間の同期を確保

v1 と v2 を「混ぜる」のではなく、ゾーンで管理上分けたうえで、経路ごとに受け渡しを設計する。

NHK Technologies

ST 2110-30への接続パスは、閉じていません

対応 Dante 機器・ファームウェア・PTPプロファイル・マルチキャスト条件を揃えることで、SMPTE ST 2110-30（AES67を基礎とする非圧縮PCM音声伝送規格）との接続にも対応可能。

接続前に揃える条件

PTP v2

ゾーン単位で v2 を選択
（ST 2059 準拠）

AES67 互換

DDM のゾーン設定で
互換モードを有効化

機器・FW

対応 Dante 機器と
ファームウェアを確認

マルチキャスト

ネットワーク側の条件を
事前に整理

今は既設の Dante 資産を活かし、放送インフラとの相互接続性は DDM で確保しておく。

NHK Technologies

ELL Liteは、拠点間のPTP同期が要らない

Dante + DDM（本線・第3回）

拠点ごとに PTP GM を置く

・各拠点に PTP Grandmaster＋GNSS を配置
・DDM でゾーンとクロッキング（v1＋v2）を管理
・GM の実装差で、ミュートが出たこともある

ELL Lite（第1・2・4・5回の本線）

ELL Lite 同士で同期を確立

・独自プロトコルで、ELL Lite 間で同期を確立
・拠点に PTP Grandmaster を置かなくてよい
・第4回は4地点すべてをELL Liteで伝送

設営が軽くなる

GNSSアンテナや GM の設置・確認が不要

多拠点に広げやすい

拠点が増えても、クロック設計は増えない

使い分ける

既設 Dante 資産との接続は DDM、
拠点間の運搬は ELL Lite

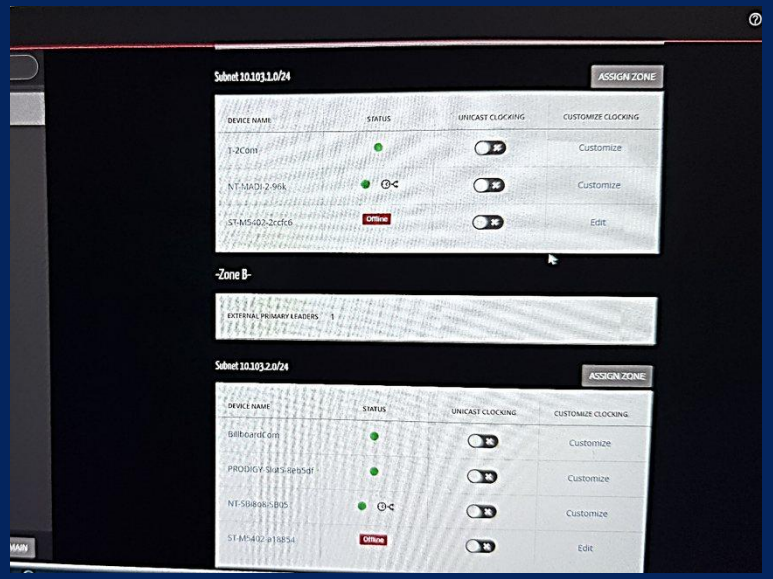
PTPを「網越しに揃える」だけが答えではない。運ぶ区間は、同期を内側に持つ装置に任せる選択肢もある。

C

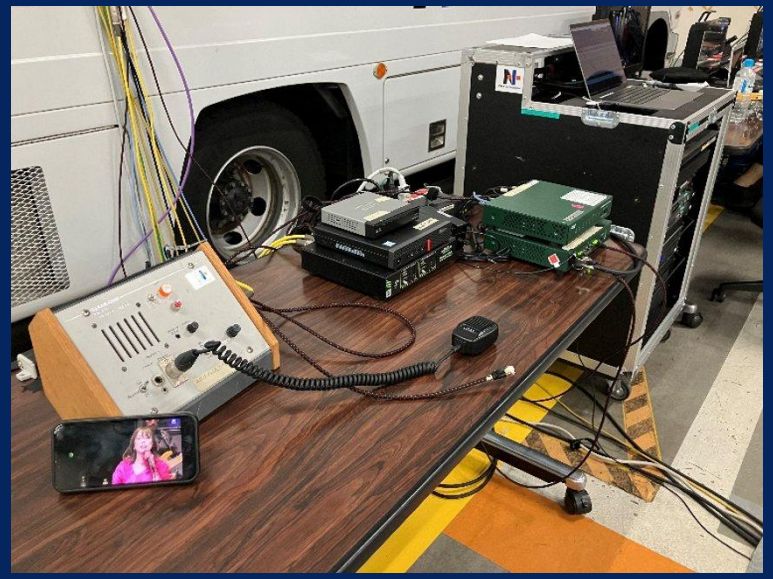
深掘り C

冗長設計

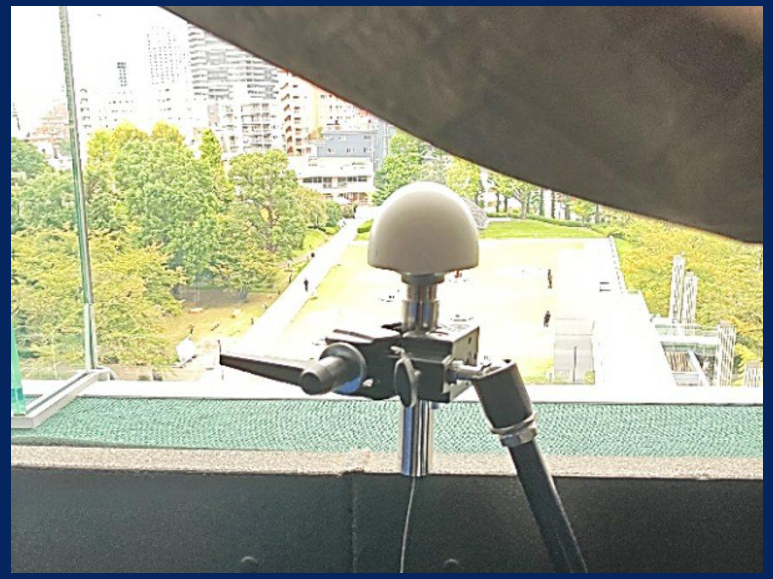
写真：第3回実証実験（2025年10月 ビルボードライブ東京／テクノビル富ヶ谷）



本線：Dante Domain Manager 管理画面



本線・予備線の伝送機器（テクノビル富ヶ谷）



拠点別クロック：GNSSアンテナ

NHK Technologies

冗長化とは、経路と方式を「分ける」こと



第3回 ネットワーク構成：＃1＝音声本線（Dante／DDM）、＃2＝音声予備（ELL Lite）

1 回線を分ける

infal光 10G を2回線。＃1 を音声本線、＃2 を音声予備に割り当て、物理経路を独立させた

2 方式を分ける

本線＝Dante＋DDM（L3・サブネット分割）、
予備＝ELL Lite（L2）。異なる技術基盤で相互依存を排除

3 クロックを分ける

拠点ごとにPTP Grandmaster＋GNSSを配置（DXD-16／SPG8000）。
片側の同期異常を相手拠点へ波及させない

同じ技術で二重化すると、同じ理由で同時に落ちる。回線・方式・クロックを分けて、共倒れを防ぐ。

結果：第3回は終始パケットロス・音声ミュートなし（伝送データ量 約85Mbps、平均レイテンシー 約5.5msec）。
予備系は本番中も常時受信状態で待機した。

NHK Technologies

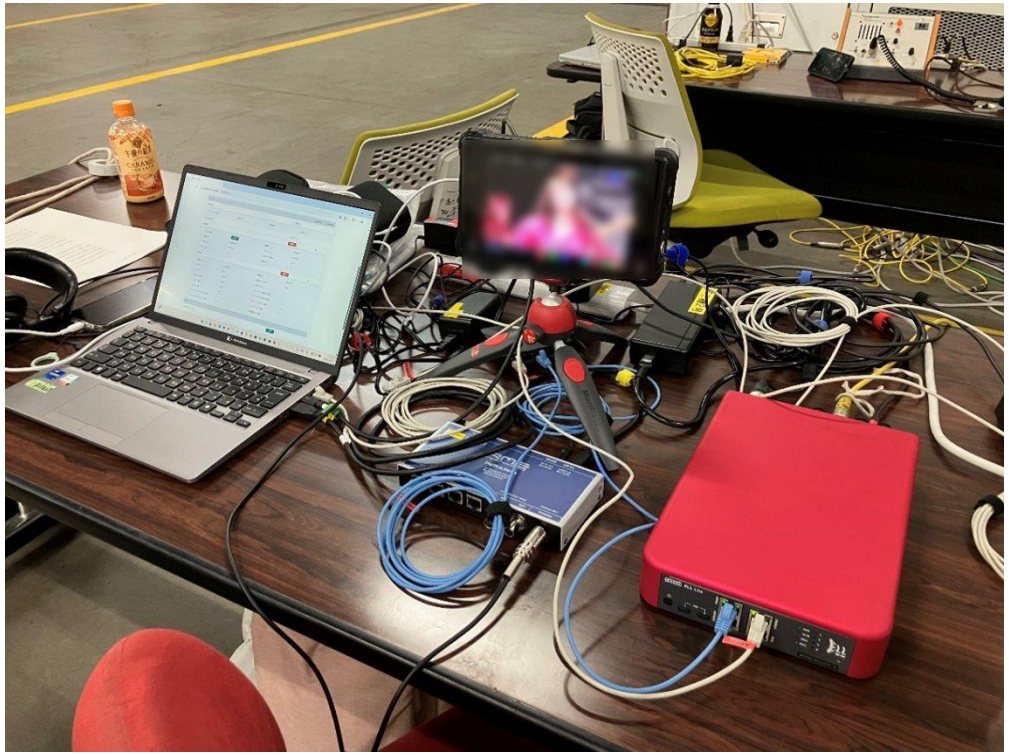
冗長方式ごとに、守れる障害と残る弱点が違う

冗長方式	構成	切替	守れる障害	残る弱点
Dante Primary／Secondary	同一方式で2系統のネットワークを構成	自動	ケーブル断・スイッチ故障	方式・設定・クロック起因の障害は両系に共通
SMPTE ST 2022-7	同一内容のRTPを複数経路で送出	受信側でパケット単位にシームレス	経路断・パケットロス	送出機器と伝送方式は両系で共通
本実証：異種基盤	本線 Dante／DDM ＋予備 ELL Lite（別回線）	音声卓で即時に手動切替	経路断に加え、方式・機器固有の障害	切替判断・操作が必要。両系のレベル・遅延差を事前に整合

方式の優劣ではなく組み合わせ。放送品質の要件に応じて、経路冗長と方式冗長を重ねて設計する。

NHK Technologies

予備系は「待機」させず、常に音を流しておく



ELL Lite 伝送装置と映像／音声品質監視モニター（第3回）

1 常時入力

本線・予備線の両系統を音声卓に常時入力。
予備系も本番中ずっと実音で受信

2 常時監視

VUメーター・波形・映像モニターで予備系の品質を継続確認。
サイレント故障を残さない

3 即時切替

異常時はオペレーターが音声卓のボタン操作で予備系へ即時に乗り換え

4 原因分析

DDMで本線側の状態とログを取得し、障害の切り分けを迅速化

予備系が「切り替えたら鳴らなかった」では冗長にならない。切替先が生きていることを、本番中に見える化する。

NHK Technologies

伝送を二重化しても、制作チェーンの単一障害点は残る

会場PA分岐	伝送装置	ネットワーク回線	T-2 System T	配信エンコーダー
モニターHA後で分岐	本線／予備の2方式	2回線で独立	構成機器を冗長化	2台構成
SPOF	二重化済	二重化済	二重化済	二重化済

PA分岐が原則

PA側のトラブルにどのように対処するか。例えば非常予備としてステレオアナログ分岐なども必要かも。

配信エンコーダーのアプリ停止

エンコーダー2台構成で、本番直前に本番系のアプリがダウン。予備系をスタンバイし備えた。

冗長性は「経路の数」ではなく、単一の障害がどこまで波及するかで評価する。

NHK Technologies

残ったSPOFをつぶし、障害注入試験で確かめる

1 会場分岐
FOH卓の操作ミュートより前、可能なら独立HA／アナログスプリットから非常予備の2MIXを分岐し、別経路で伝送

2 配信エンコーダー
高画質・高音質エンコードに耐える専用機を2台化し、設定を同期

3 回線
前日までの開通＋事前疎通テストを標準化

障害注入試験で評価する項目

回線断・GM停止・スイッチ／CPE停止・アプリ停止・誤操作を意図的に発生させて測る

- 切替時間
- 無音時間
- レベル／ラウドネス
- AV同期
- 切替フェード
- ログの再現性

試験結果を運用手順・監視項目・チェックリストに反映し、SOP（標準作業手順）として定着させる。

D

深掘り D

帯域・回線品質



会場側・ネットワーク機器



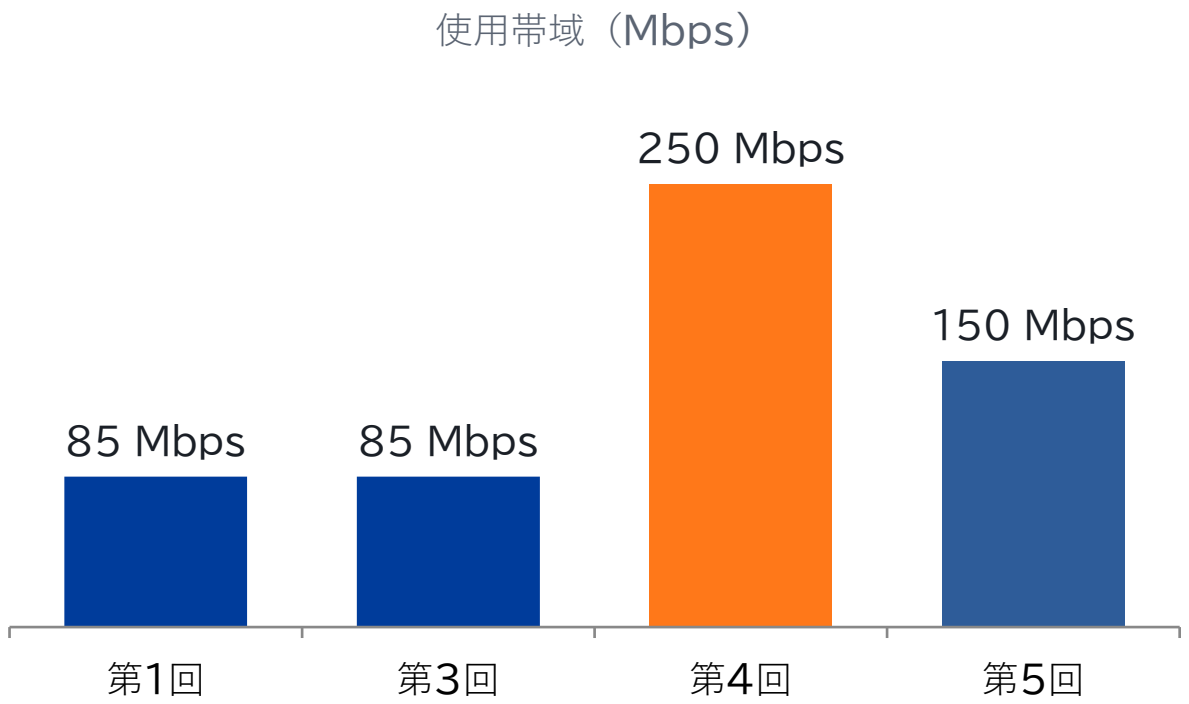
映像／ネットワーク監視卓



配信エンコーダー

NHK Technologies

使用帯域は増加。品質指標は定義と測定条件を揃えて評価



回	品質評価	使用帯域
第3回	第3回：個別評価	約85 Mbps
第4回	第4回：個別評価	約250 Mbps
第5回	第5回：個別評価	約150 Mbps

使用帯域の余力は確認。遅延・PDV・ロスは測定点、プロトコル、集計方法、時間帯を揃えて長期評価する。
第5回は8K系統単独の値（4K配信系は別ネットワーク）。

NHK Technologies

ベストエフォート回線を、何を測って判断するか



IP・映像監視卓（テクノビル富ヶ谷）

1 スループットの余剰

物理帯域に対して、どれだけ余裕を残せているか

第4回：約900Mbps中 約250Mbps

2 ジッターの上限

安定運用の可否を左右する、最も注視すべき指標

第4回 2.4msec
第5回 2.7msec

3 バッファとロス耐性

低ジッターであるほどバッファを最小化し、遅延を削れる

ELL Lite 50msec（各拠点）

4 開通と事前疎通

ベストエフォート回線は工事日程も保証されない

余裕を持ったスケジュールで制作環境を構築

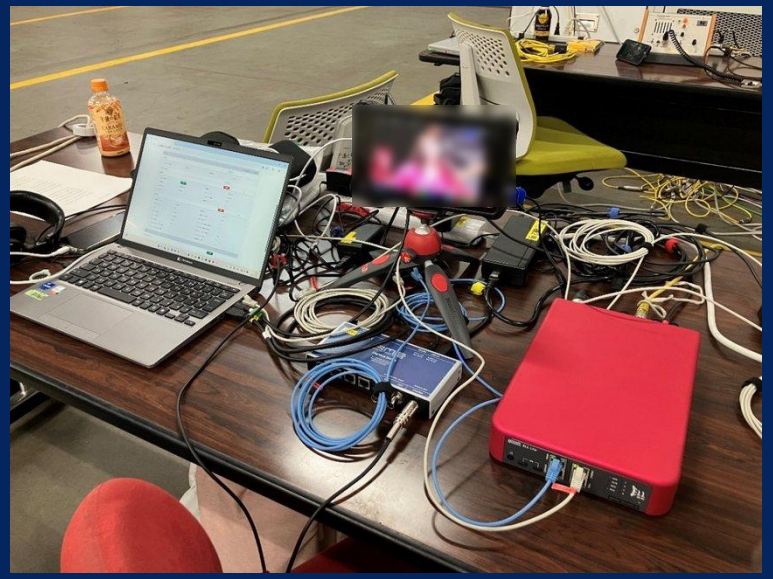
「保証されているか」ではなく「何を測って、どこまで余裕があるか」で判断する。

NHK Technologies

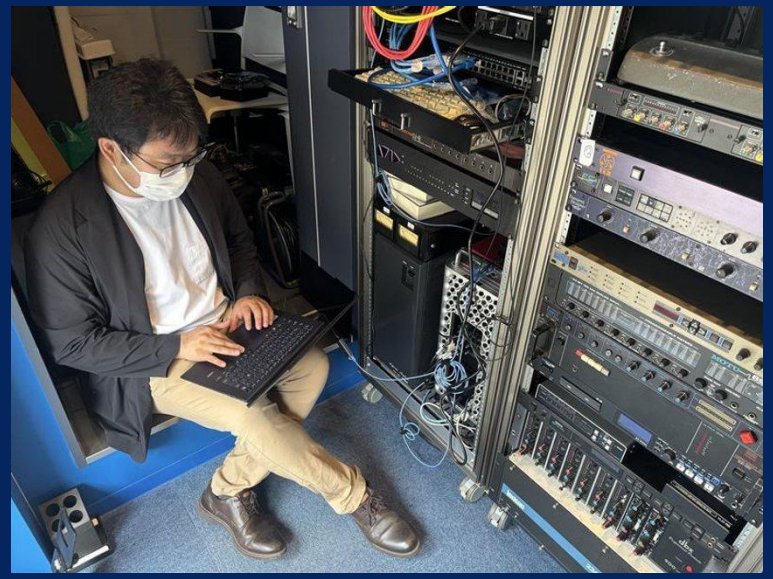
E

深掘り E

セキュリティ



会場側の機器とネットワーク接続



会場側ネットワーク機器



リモート操作：Waves SoundGrid

NHK Technologies

DDMで統制を強化し、ネットワーク対策と組み合わせる

Dante のリスク

現場の LAN ポートに接続するだけで、ルーティング変更や信号の抜き取りが可能になってしまう手軽さ

→

ユーザー認証・RBAC

ログイン制御とロールベースのアクセス管理で不正操作を防止

デバイス証明書認証

登録済みデバイスのみを許可し、不正機器の接続を排除

ドメイン／ゾーン分離

拠点間の誤操作や制御干渉を防ぐ

監査ログと可視化

すべての操作をログ化し、監査証跡を確保

全体防御は、ネットワーク側の対策と組み合わせる

閉域の回線

NGN網内折り返し／閉域の拠点間通信を使い、インターネットに直接出さない

VPN

映像の制御回線は YAMAHA RTX1300 で VPN を構築

ネットワーク分離

用途ごとに回線・ネットワークを分け、障害と影響範囲を限定

手軽さゆえに弱かったセキュリティを、L3化という一見遠回りな選択で、逆に強化できた。

NHK Technologies

04

CLOSING — 結び

業界への提言



T-2音声中継車



制作スタジオ（山麓丸スタジオ）



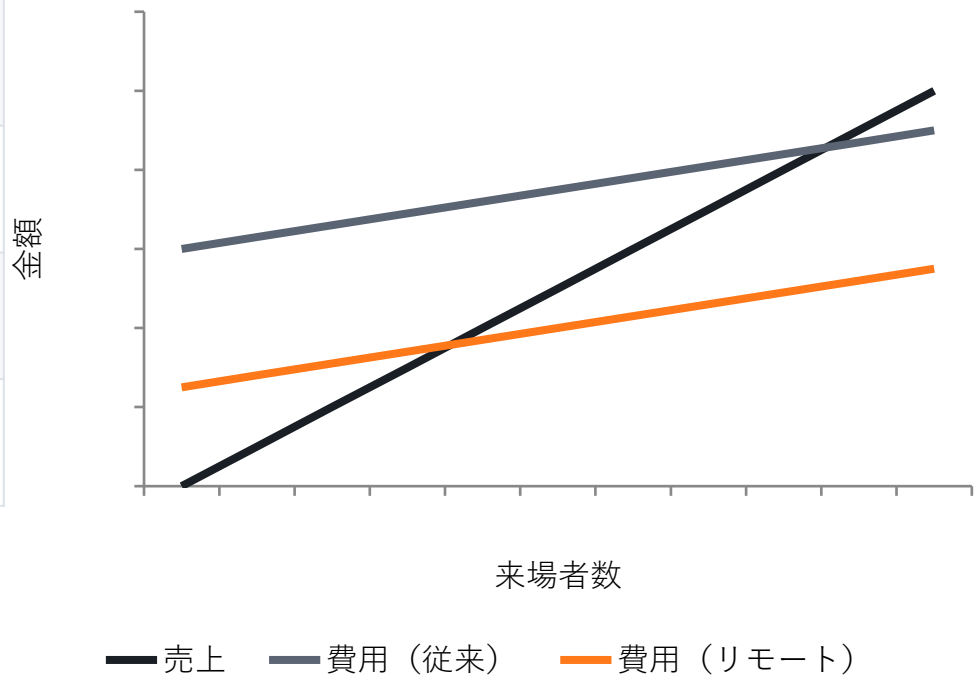
ライブビューイング

NHK Technologies

固定費が下がれば、損益分岐点が下がる

	従来回線	一般ネットワーク回線
初期・月額費用	高額	10分の1～100分の1以下
開通リードタイム	数か月	約1～3週間
利用単位	長期契約が前提	日割りのスポット利用可
品質の担保	帯域保証	実測で判断（余剰帯域・ジッター）

損益分岐のイメージ（概念図・実数値ではありません）



下がる固定費は回線費だけではない

- 回線費
- 持込機材
- 要員
- 車両

固定費が下がるほど損益分岐の視聴者・来場者数が下がり、集客を大きく設計しなくても利益に到達しやすくなる。

NHK Technologies

“

都市型の会場でも、中小規模のライブハウスでも、会場の魅力を損なうことなく、高い臨場感とともに視聴者へ届けられる。

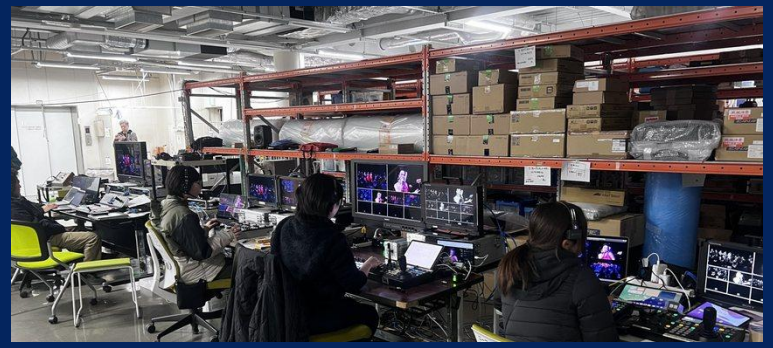
—— リモートプロダクションで、これまで視聴できなかった感動を視聴者のもとへ。



部門横断チームでの運用



ネットワーク・伝送機材を組み合わせた伝送基地



映像制作拠点

INFORMATION — ご案内

NHK Technologies

Inter BEE 2026 NHKテクノロジーズブース



ジャズ演奏会場（ブルーノート東京）



リモート制作拠点（T-2音声中継車）



高精細映像・イマーシブ音響の視聴体験

一般回線で実現する 高精細映像・イマーシブオーディオ制作

〇海外某所・渋谷・幕張を結び、ライブリモートプロダクション　デモンストレーション

〇ブルーノート・ジャパンとのコラボレーション

ジャズ演奏の渋谷－幕張間リモートプロダクション デモンストレーション

技術トークセッション

本技術に関係する企業様をお招きし、
技術の詳細を解説します

ホール8・小間番号 8229 でお待ちしています。本日ご紹介した技術を、会場で実際にご覧ください。

CLOSING

ご清聴ありがとうございました

- 質疑応答（15分）
- 「うちの現場でもできるだろうか」というご相談も歓迎します

株式会社NHKテクノロジーズ　メディア技術本部　制作技術部（音声）