

## 放送システム概説

---

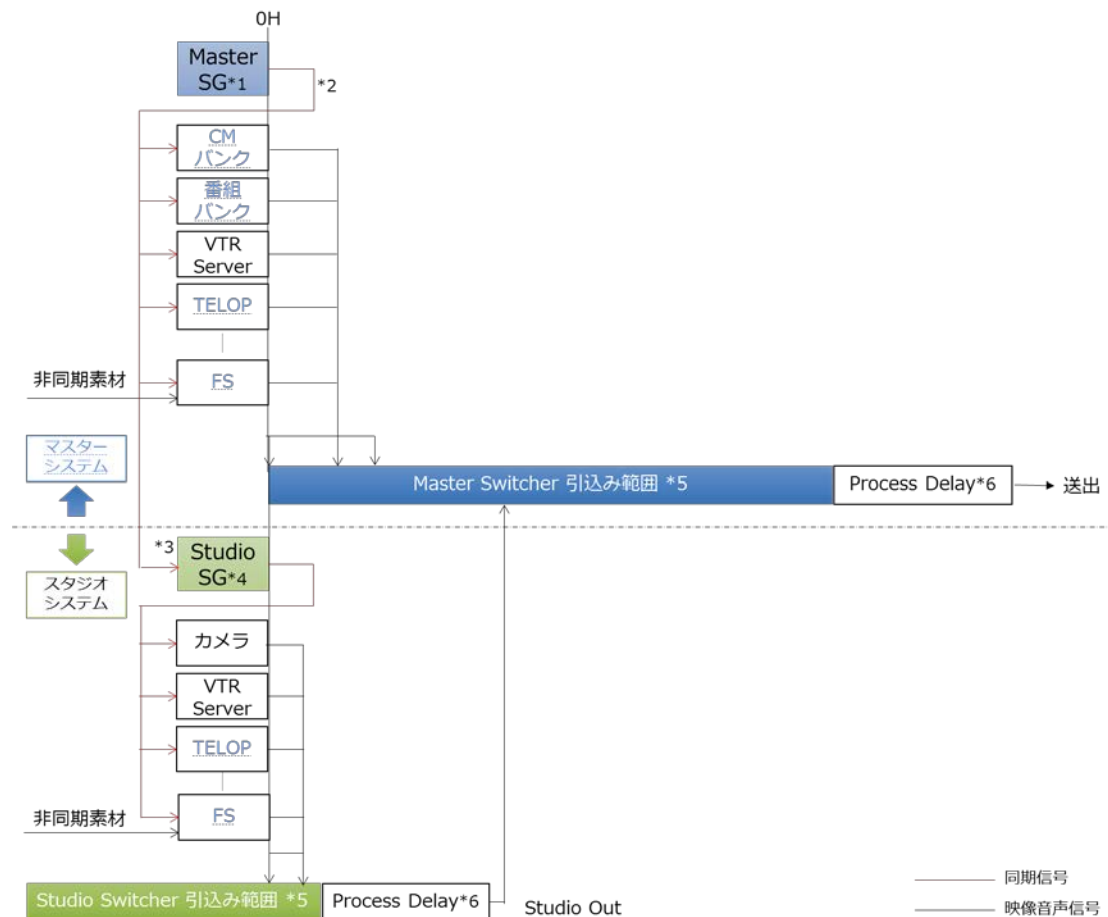
- 01 放送局内位相概念図
- 02 室間位相調整例
- 03 LIVE System (中継車・スタジオ) 構成例
- 04 システム構成上波形モニタの用途
- 05 4K LIVE System (中継車・スタジオ) 構成例
- 06 UHD 制作における HDR⇔SDR 変換と色域変換 (BT2020⇔BT709)
- 07 広色域 (BT2020)⇔狭色域 (BT709) 変換手法
- 08 HDR / SDR
- 09 HD→UHD (4K→8K) Migration
- 10 IP システムの同期の考え方
- 11 PTP と同期信号の関係
- 12 IP システムの構築例 (リモートプロダクション)
- 13 用語集

各ページ青文字で記載されている用語は、巻末の用語集で説明されています。

本書の内容は 2018 年 10 月現在のものです。

記載されている会社名および各商品名は、各社の商標または登録商標です。

## 01 放送局内位相概念図



\*1: Master Sync Generator

マスターシステムに設備されるシンクジェネレータ。

\*2: 局内同期信号

House Sync と呼ばれ、局のマスターシンクジェネレータによって分配される基準同期信号のこと。ブラックバースト(BB)信号が用いられる。

局内の全てのシステムは Master Sync Generator から出力される同一タイミングの同期信号でロックされる。

\*3: 同期信号の Master-Slave SG

マスターから分配された局内同期信号を直接機器やシステムが受けずに、受け側のスタジオシステムなどに SG を設置する場合、受ける側の SG を Slave 側と呼ぶ。

**\*4: 室間位相調整**

スタジオ出力信号がマスタースイッチャーの引込み範囲より遅れたり、スタジオの入力信号がスタジオスイッチャーの引込み範囲より遅れる場合は、スタジオに設置された SG の出力位相をマスターSG に対して相対的に進相/遅延させて、室間の位相調整を行う。(次項参照)

**\*5: Master/Studio Switcher 引込み範囲**

INPUT Window と呼ばれる。

スイッチャーの入力信号の位相が引込み範囲内であれば、スイッチャーの出力は同位相で出力される。引込み範囲を外れた場合は、1H 落ちた映像となる。

引き込み範囲機能は AVDL(Automatic Video Delay Line)と呼ばれることもある。

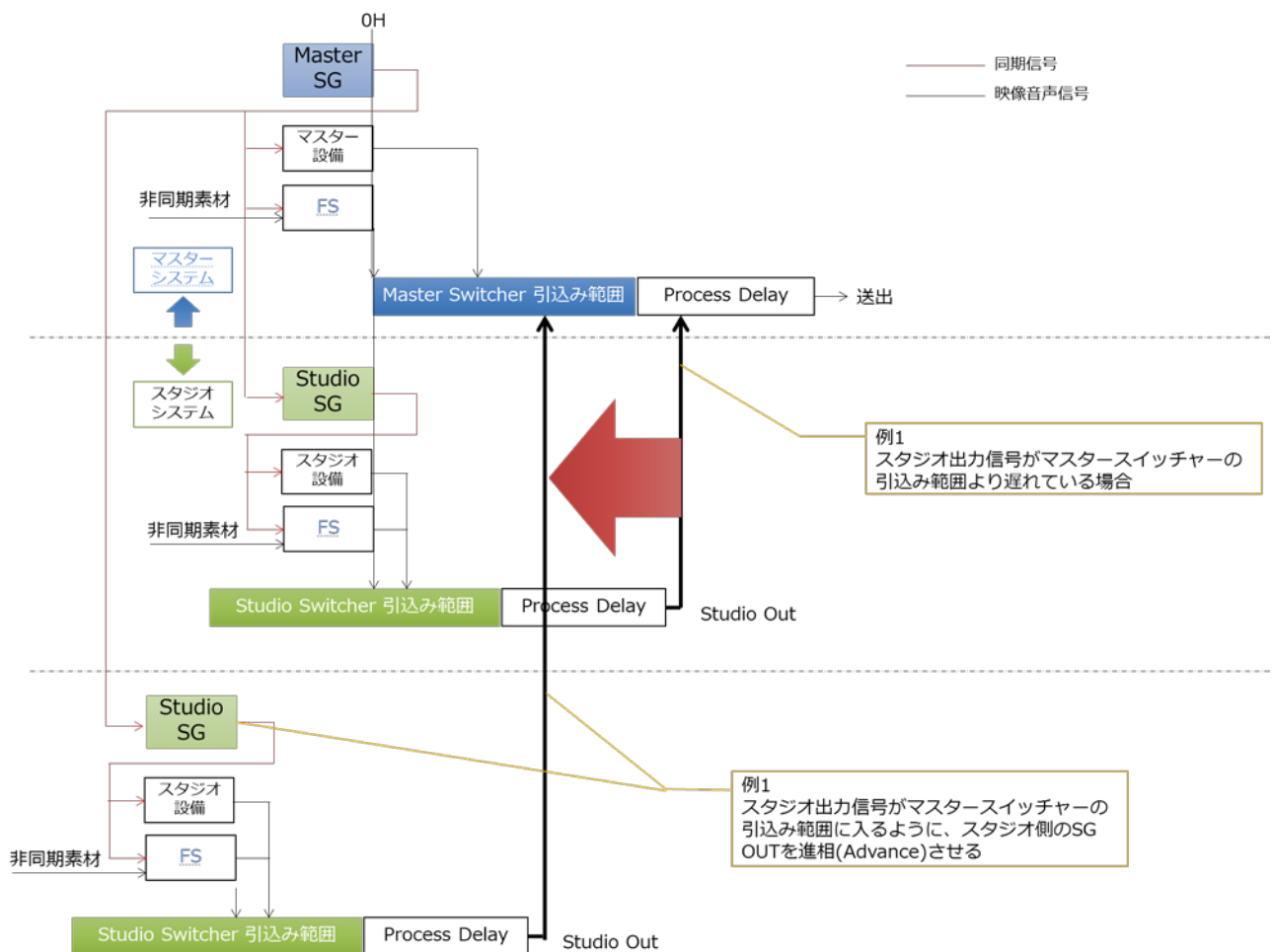
**\*6: Process Delay**

スイッチャーに入力された映像信号を合成したりキーイングしたりする処理(Process)を行う遅延時間。

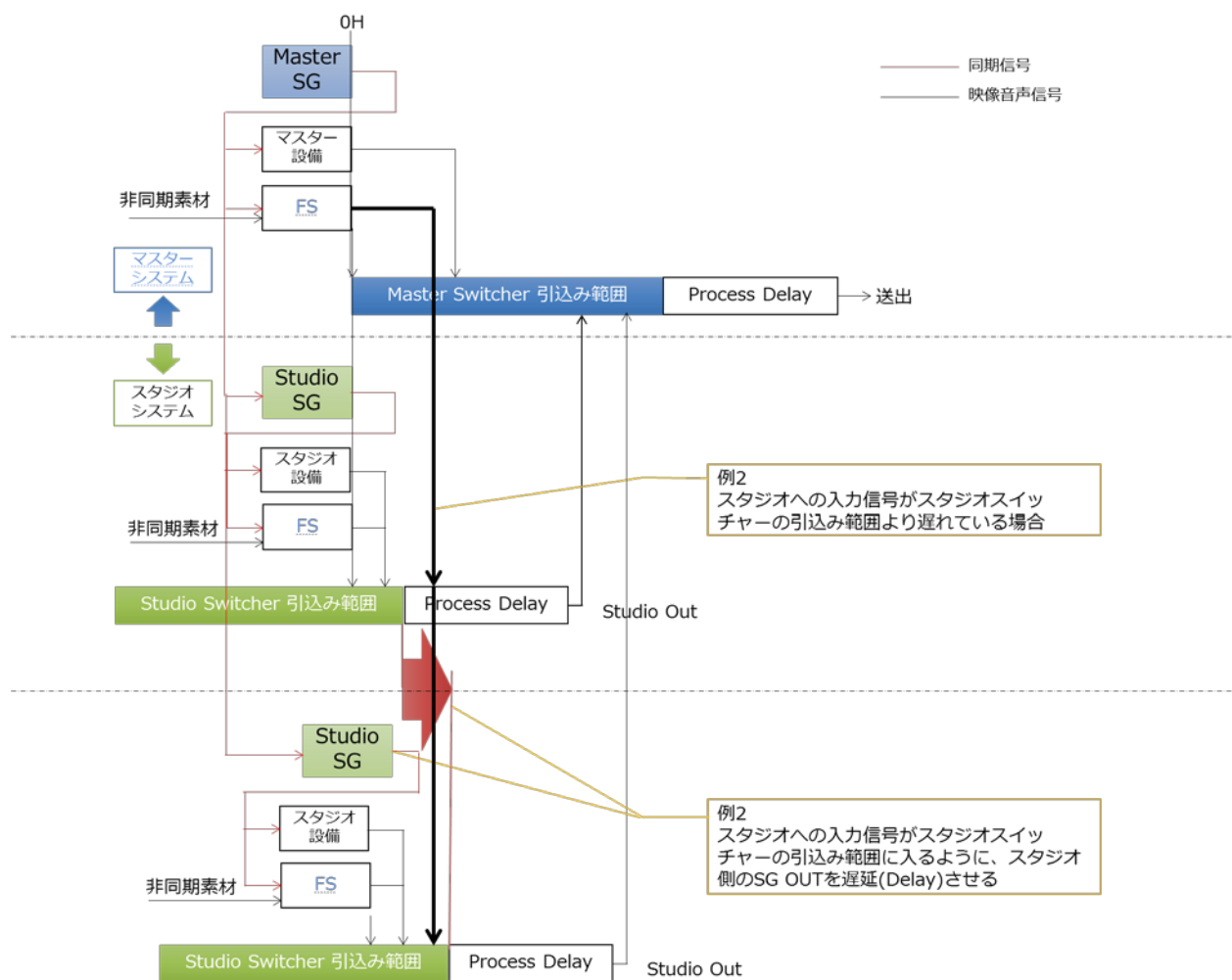
## 02 空間位相調整

スタジオ出力信号がマスタースイッチャーの引込み範囲より遅れたり、スタジオの入力信号がスタジオスイッチャーの引込み範囲より遅れる場合は、スタジオに設置された SG の出力位相をマスターSG に対して相対的に進相/遅延させて、室間の位相調整を行う。

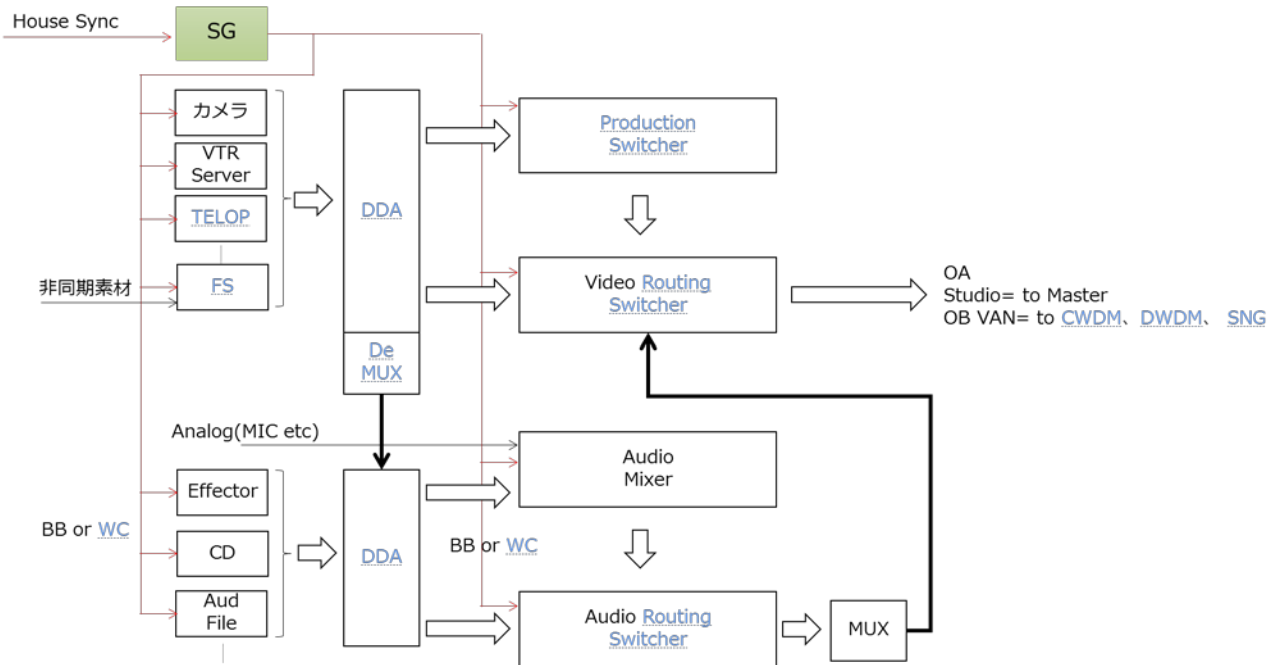
### 例 1



## 例 2

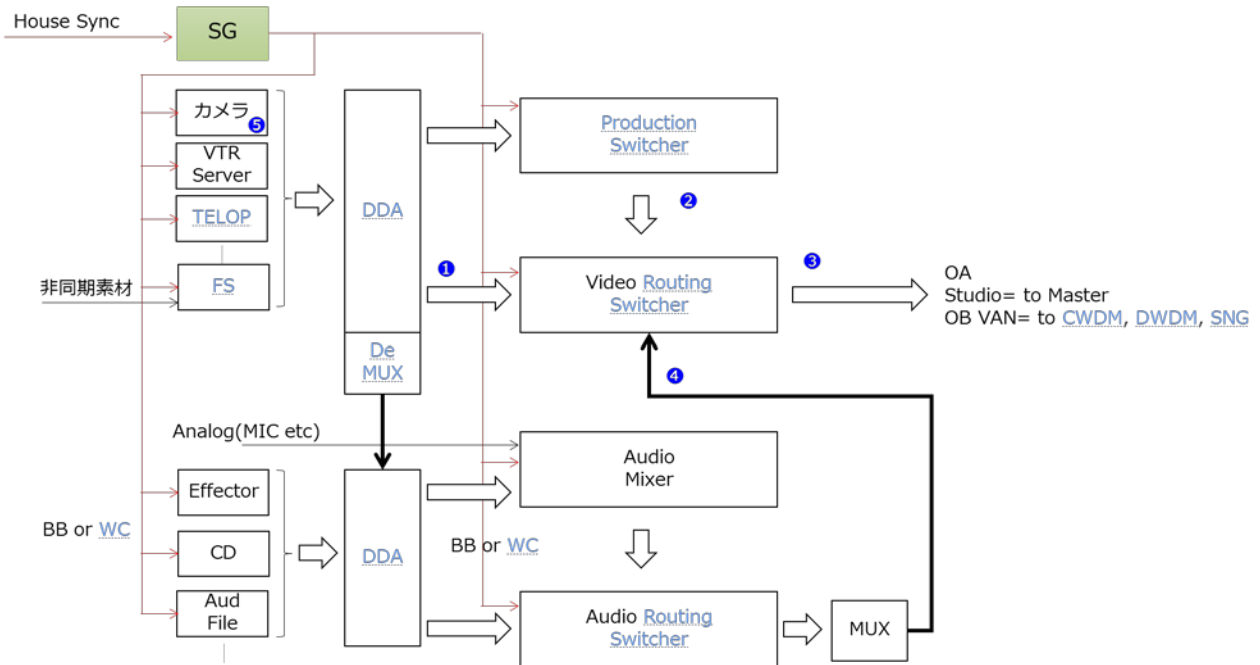


## 03 LIVE System (中継車・スタジオ) 構成例



- 中継車は動くスタジオシステムと言われ、映像・音声システムの視点からは大きな差はない。
- スタジオシステムは、マスターからの House Sync に LOCK された同期システムで運用されるが、中継車は通常 House Sync はなく、SG は Internal Mode で運用される。
- 2 台以上の中継車を結合して運用する場合、1 台が同期の Master となり、その他の中継車は Master 中継車の同期信号を受け取り、Slave 状態で運用を行う。
- Audio 機器の同期信号は、BB または WC (Word Clock、Sync) を使う。

## 04 システム構成上波形モニタの用途



- ① システム機器の出力位相確認(システムの基準同期信号に対して)、品質確認(Error 確認)。
- ② [Production Switcher](#) の出力位相確認(システムの基準同期信号に対して)、品質確認(Error 確認)。
- ③ スタジオ、中継車システムの出力位相確認(システムの基準同期信号に対して)、品質確認(Error 確認)。
- ④ 音声システムの出力確認(Ch 間など)、品質確認(Error 確認)。
- ⑤ カメラ出力信号の調整。LEVEL, AIRS フォローのほかに、BLACK SHADE, PEDESTAL, GAIN, GAMMA, FLARE などの調整項目がある。

上記の波形モニターは VE(Video Engineer)卓/席に設置され、Video [Routing Switcher](#) を介し、信号を切替えて監視・確認を行う。

①～④の用途は LIVE システムに限らず、他のシステム(Master など)でも同様。

⑤のカメラ出力信号の調整用の波形モニターは、カメラリモートパネルと一緒にカメラと 1:1 に設置されたり、カメラ複数台(3～4)に対して 1 台の波形モニターを設置し、3 波形、4 波形モードで使用する事がある。Rasterizer が使用されるのは、⑤のケースが多い。

## 05 4K LIVE System (中継車・スタジオ) 構成例

### 例 1 : Switchable System

4K 運用時は、システムを 4K で運用し、2K(HD)放送は 4K の D/CON 信号を使用する。

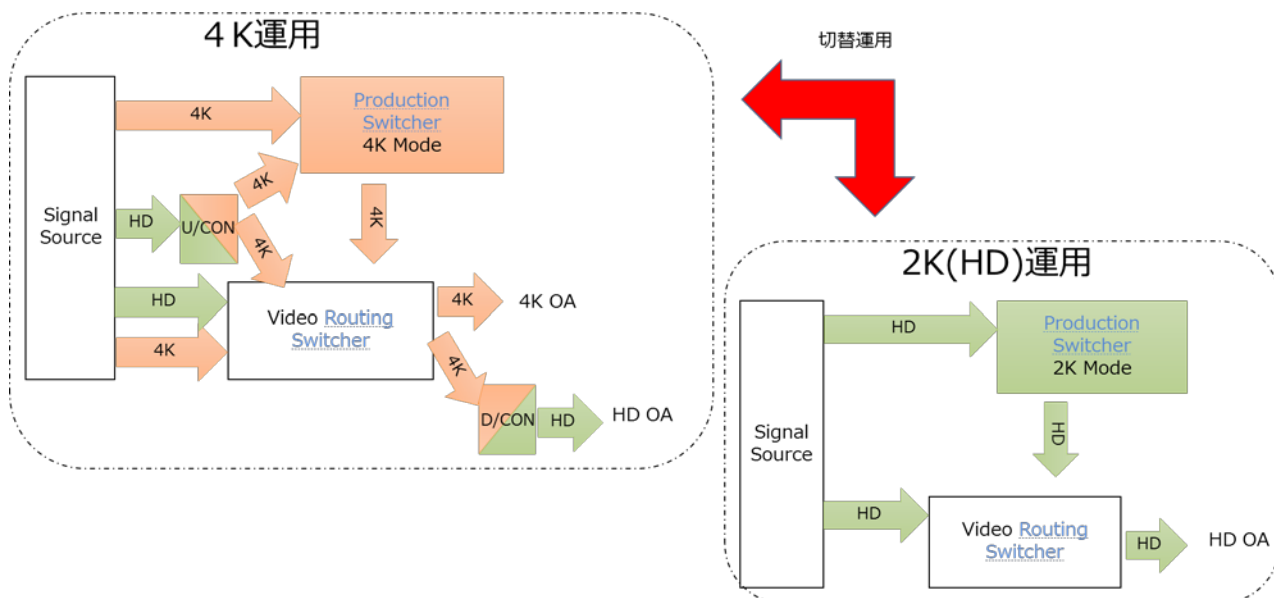
2K(HD)運用時は、システムを 4K から 2K(HD)に切替え運用するシステム方式。

2K(HD)放送しか行わない場合、使用しない 4K 信号の管理が不要で、本線の 2K 信号が D/CON 処理を通らないため、D/CON の性能に依存しないで 2K(HD)信号の品質が保証できる。

4K 運用時は、4K 信号が主流で、2K 放送をあまりない考慮しない場合、メリットがあると考えられる。

※D/CON : ダウンコンバーター

※U/CON : アップコンバーター





## 例 2 : UP DOWN System

システム構成は Switchable System の 4K 運用時と同じで、システムを 4K で運用し、2K(HD)放送は常に 4K の D/CON 信号を使用する。

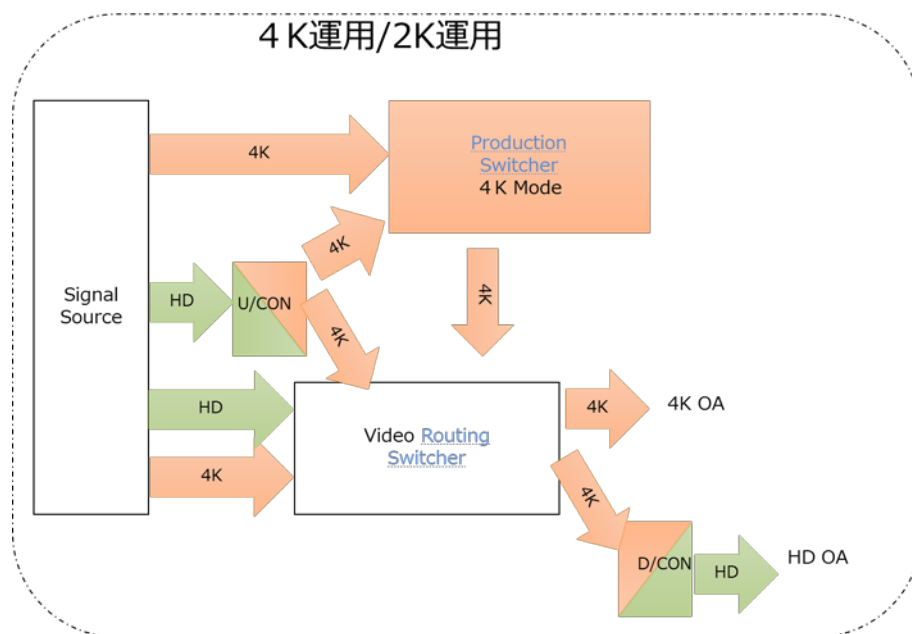
システムを 4K⇄2K(HD)に切替える管理、時間、手間が不要となる運用メリットがある。

4K 放送が恒常的に行われる場合、メリットがあると考えられる。

2K 放送が 4K→2K D/CON 処理を必ず通るため、D/CON の機種選択に注意が必要。解像度変換の性能と共に、P→I 変換の処理・性能の確認が重要になる。

※D/CON : ダウンコンバーター

※U/CON : アップコンバーター



### 例 3 : Simul (Dual Processor) System

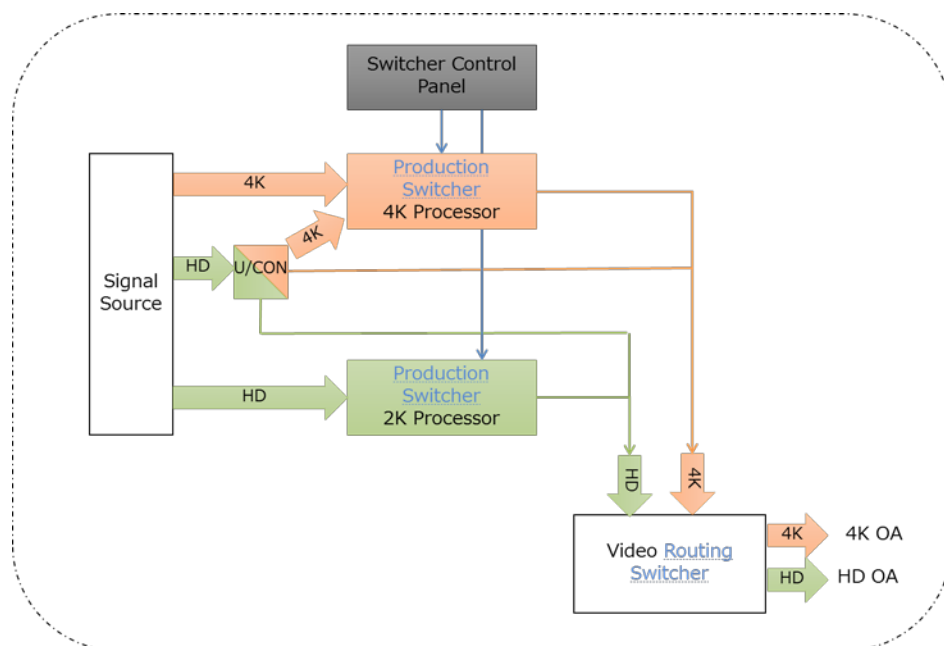
[Production Switcher](#) の Processor を 4K と 2K(HD)用に各々設置して、1 台のコントロールパネルで制作を行う方式。

4K 信号、2K(HD)信号は、独立した Processor で処理され、2K(HD)放送の本線が D/CON 処理を通らないため、D/CON の性能に依存しないで 2K(HD)信号の品質が保証できる。また、Switchable System の切替管理、時間、手間が不要となる運用メリットがある。

ただし、Processor を 2 台設置するため、他の方式よりコストが増える。

※D/CON : ダウンコンバーター

※U/CON : アップコンバーター



## 06 UHD 制作における HDR⇔SDR 変換と色域変換 (BT2020⇔BT709)

UHD 制作における色域、輝度に関する SYSTEM MODE は、以下の4つの組み合わせがある。

MODE	輝度	色域
1	HDR	BT2020
2	HDR	BT709
3	SDR	BT2020
4	SDR	BT709

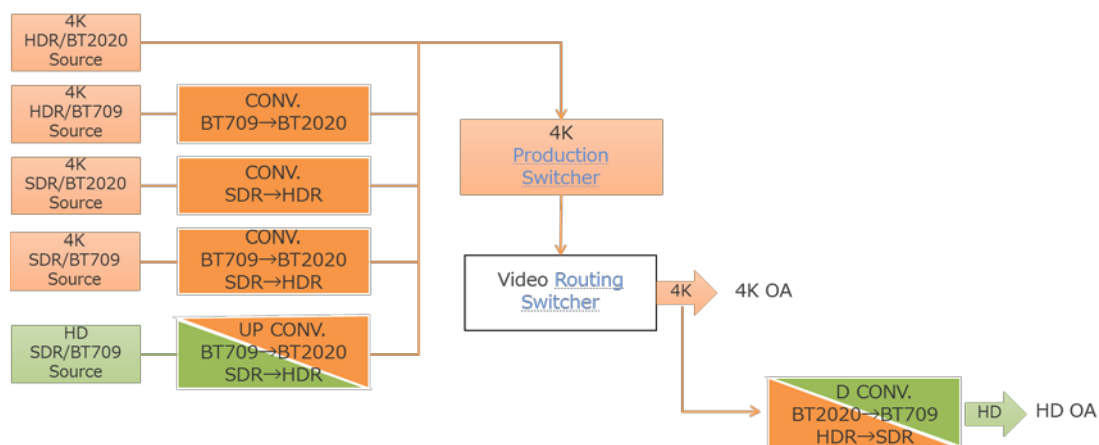
制作の SYSTEM MODE は、放送フォーマットに合わせて確定される。

UHD 制作における各素材が、HDR/SDR, BT2020/BT709 が混在する場合、SYSTEM MODE と異なる素材は、SYSTEM MODE に合わせた色域・輝度に変換した上で、統一したフォーマットで制作を行う。

2K(HD)では、SDR/BT709 となるため、2K(HD)を UHD 制作から D/CON する場合、色域・輝度変換が必要になる。

※D/CON : ダウンコンバーター

SYSTEM MODE=HDR/BT2020 の例

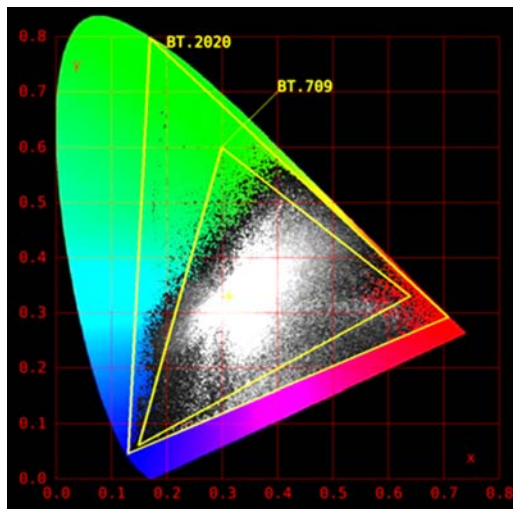


## 07 広色域 (BT2020)⇔狭色域 (BT709) 変換手法

色域変換する一般的な方法として、元色域の RGB 値にリニアマトリクスを乗算して、変換後の色域の RGB 値に変換する。

BT2020 から BT709 に変換する場合、BT709 色域で表現可能な色域外の色は再現できない。

BT709 に変換後に BT709 の色域外になる RGB 値はクリップする方法や、[トーンマッピング](#)で彩度を調整することで BT2020 色域の情報をできるだけ伝えようとする方法が知られている。



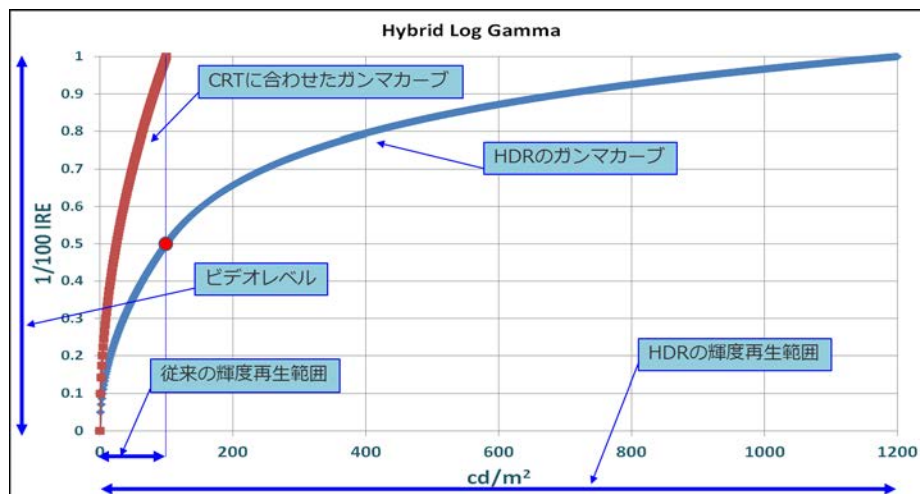
BT2020→BT709 変換のマトリクス計算後の方式例

方式	変換の概要	利点	不利な点
<a href="#">トーンマッピング方式</a>	広色域の出力で狭色域の外側の色情報も伝わるように、計算で狭色域内に変換する	広色域の情報がある程度伝わる	コントラストの低下や、全体に色が変わる事がある
クリップ方式	広色域の出力で狭色域の外側の色情報は切り捨て、狭色域の最大値とする	狭色域の範囲では色が正確に保たれる	狭色域の外の情報がべたとなり、画質が損なわれる場合がある

## 08 HDR / SDR

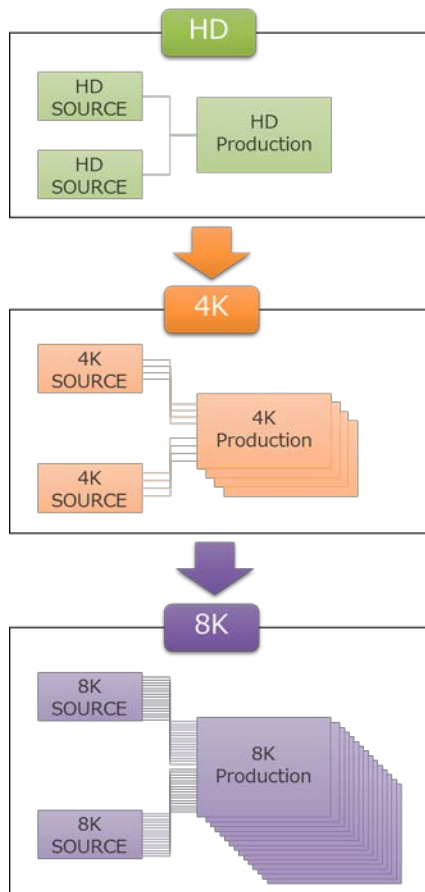
従来の放送の 10 倍以上の明るさを表現できる HDR(High Dynamic Range)技術が、2016 年に BT.2100 として国際規格になった。

SDR⇔HDR 変換では、ダイナミックレンジの変更が必要になり、トーンマッピング、ガンマ特性の変換、色調整、等が行われる。



※HLG 方式で 50%を基準の白とした場合

## 09 HD→UHD (4K→8K) Migration



SDI と IP 伝送の比較

	12G SDI	VoIP Video over IP
メリット	<p>従来と同じ運用、諸種管理が可能 接続するだけで画が出る</p>	<p>汎用 IP スイッチの活用が可能 汎用 IP スイッチ活用による拡張性、スケールメリット、コストメリット 光ファイバーケーブル採用による伝送距離束縛からの解放 機器の設置場所の制限がなくなることで、機器の集約化とリモートプロダクションの実現が可能 他の IT 化されたシステムとの融和性、リソースの共有</p>
課題	<p>同軸ケーブルの伝送距離の限界 システム規模、ルータのサイズ、コスト、スペース 高周波特性の限界</p>	<p>IP アドレス設定など新たな IP 機器の知識吸収、人材育成 <b>IP 信号のブランキング切替</b></p>

※SDI伝送

※非圧縮IP伝送路

— HD=1.5G SDI x1

10Gbps

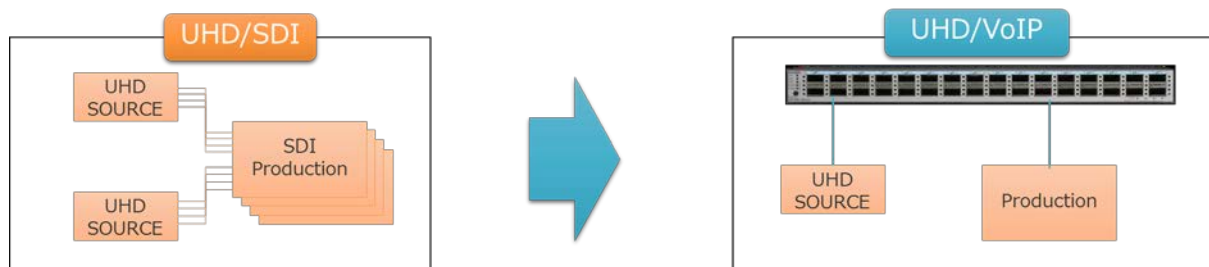
— 4K=3G SDI x4 or 12G SDI x1

25Gbps or 40Gbps

— 8K=3G SDI x16 or 12G SDI x4

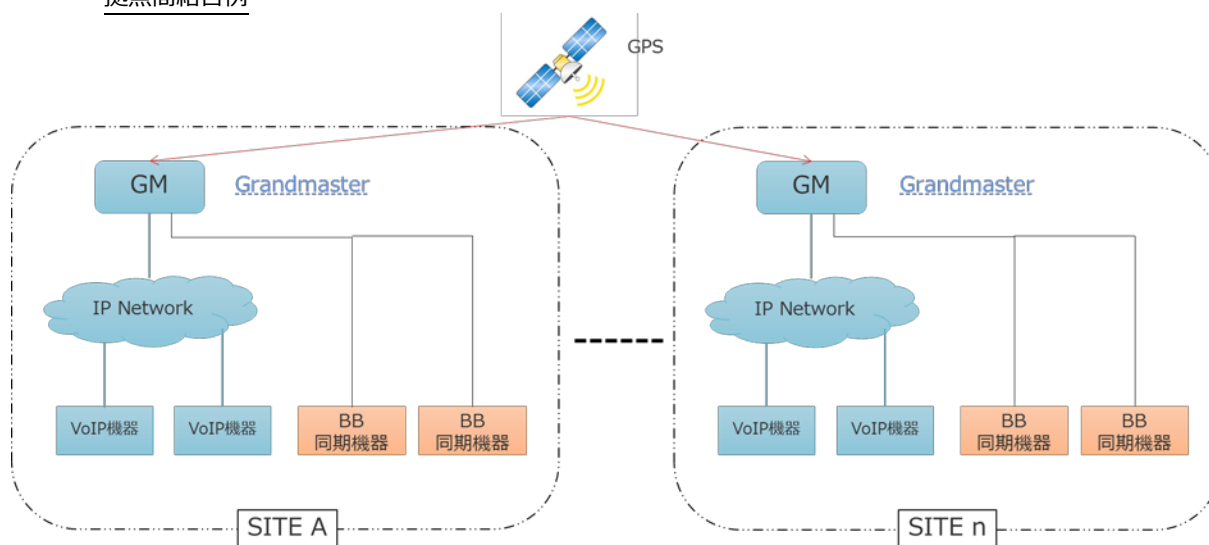
100Gbps

## 10 IP システムの同期の考え方



ブランキングスイッチは、IP としては必要のない機能であるが、放送業界では必須の要求仕様。  
SNMP ST2059-2 に準拠した時刻同期プロトコル PTP(Precision Time Protocol)を利用して、IP 信号のブランキングスイッチを実現。

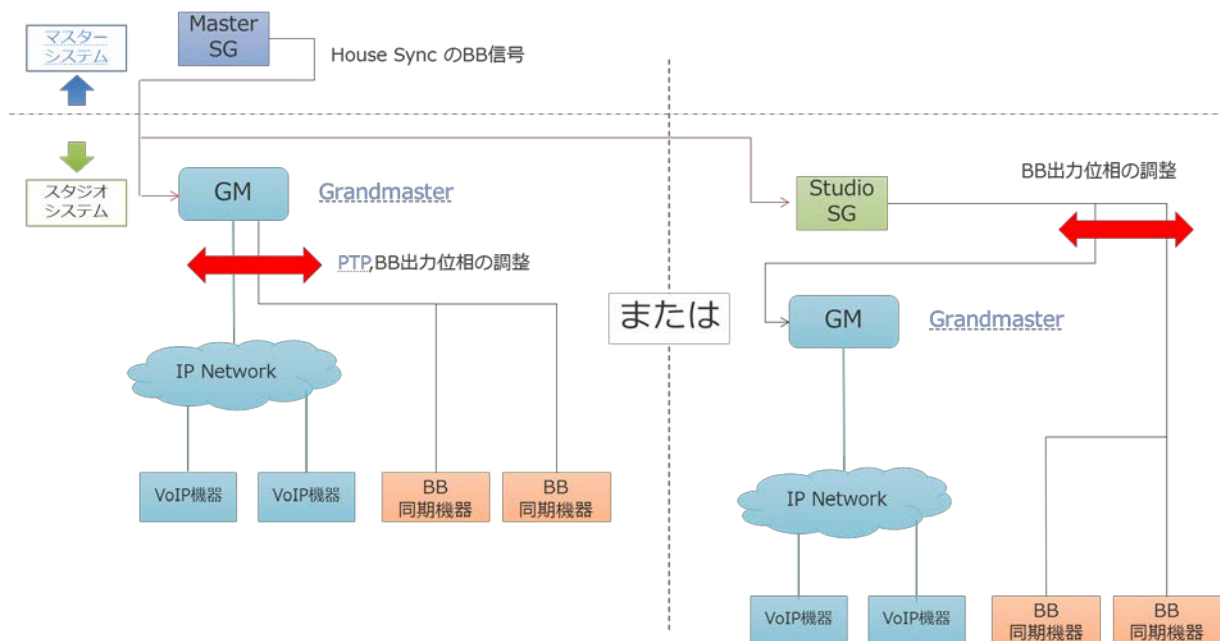
### 拠点間結合例



局内システムの同期結合では、全てのシステム（部屋）で GPS 信号を受けることが難しい場合や、Master システムの BB 同期信号が House Sync となり、受け側のシステムがマスターHouse Sync に対して相対的に進相/遅延させて、空間の位相調整を行う場合があるので、拠点間結合例のように全てを GPS で結合することができない場合がある。

この場合、GM はマスターHouse Sync の BB 信号に合わせて、PTP、BB 出力位相を調整できる機能が求められる。

#### 局内間結合例





## 11 PTP と同期信号の関係

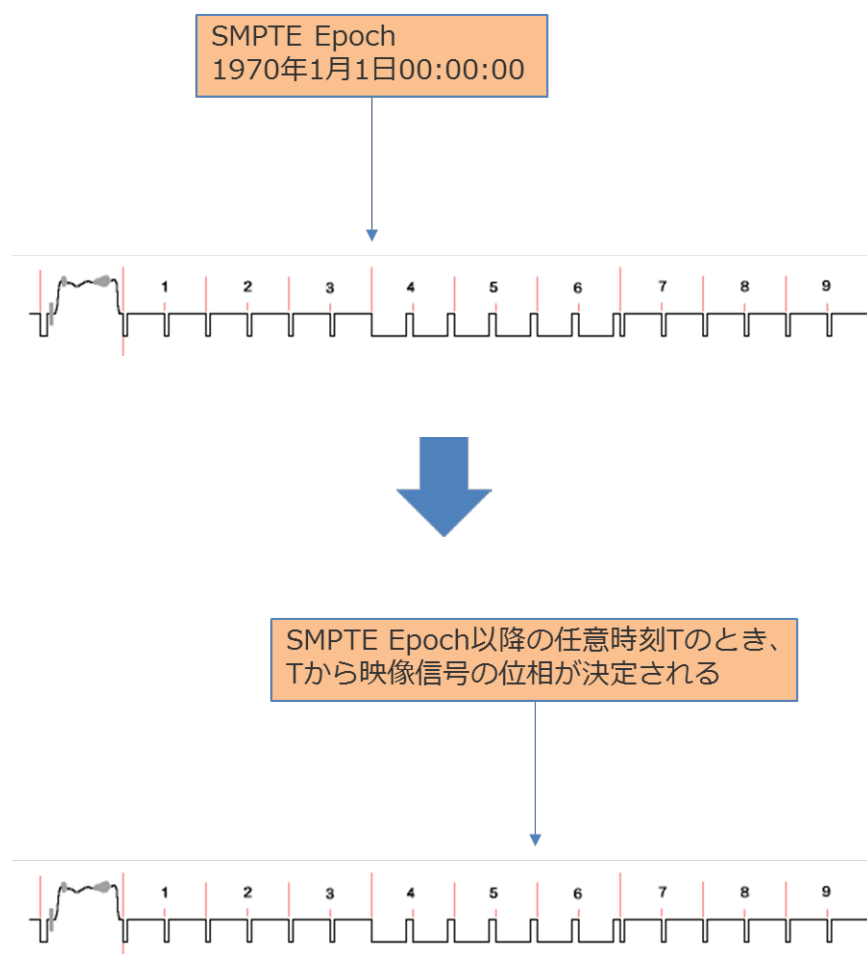
映像信号の時刻上の起点を定義して時刻から映像信号の位相が決まるようにした。

[TAI](#)(Temps Atomique International)の1970年1月1日0時を起点とした「SMPTE Epoch」が定義された。

SMPTE Epoch は垂直同期信号の立下りとされた。

SMPTE ST 2059 で位相の算出方法等が規定されている。

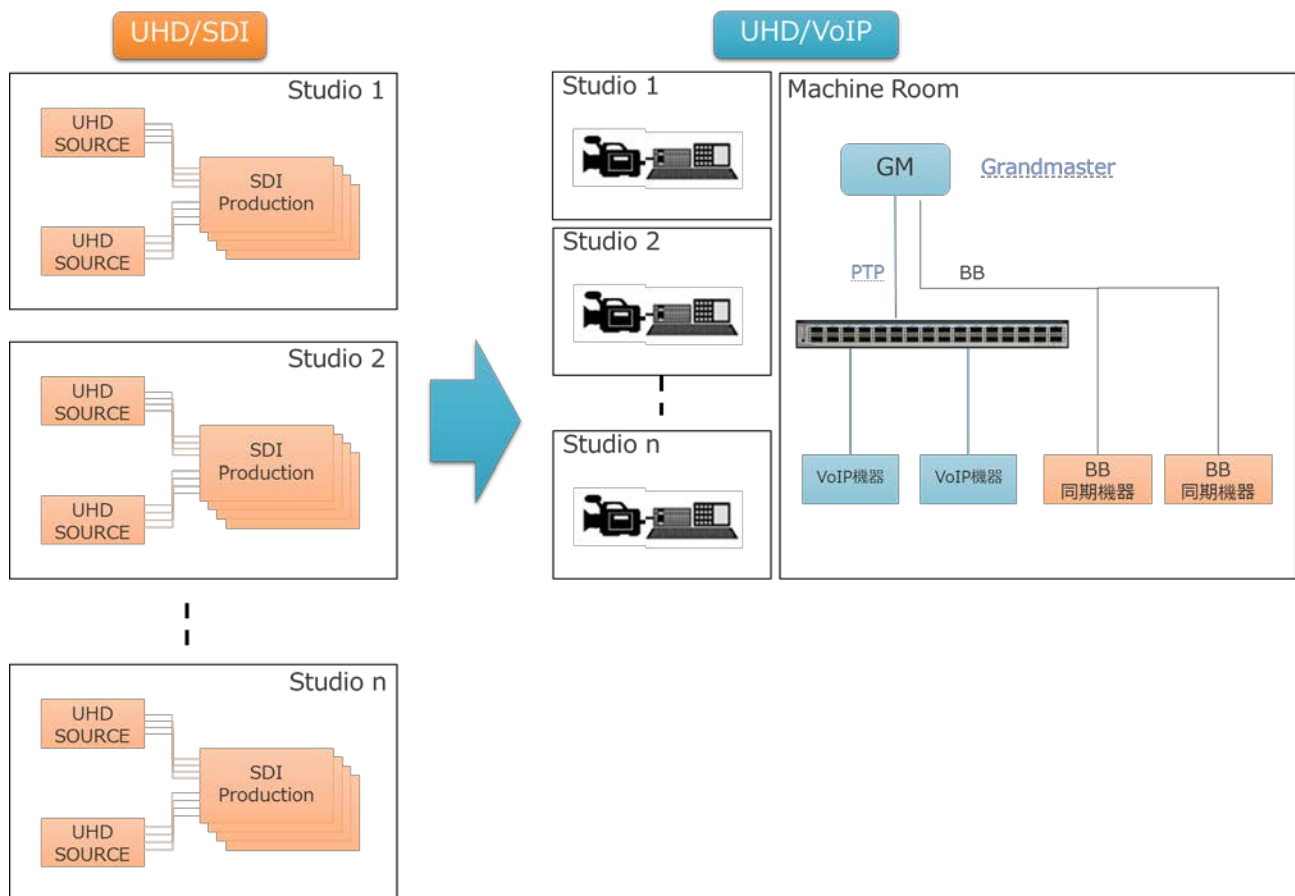
[PTP](#) により時刻を得れば映像信号の位相が決まる。



## 12 IP システムの構築例（リモートプロダクション）

リモートプロダクションとは、例えば中継現場に中継車を配車せず、中継先にカメラだけを設置し、IP ネットワーク経由にてテレビ局本社でカメラを操作することにより、人件費削減、中継現場の設営時間短縮等が可能となる仕組みである。

機器の設置場所の制限がなくなることで、機器の集約化とリモートプロダクションの実現が可能。



## 13 用語集

用語	説明
CWDM / DWDM	= Coarse / Dense Wavelength Division Multiplexing 光ファイバーによる波長多重伝送による出力。DWDMの方が大容量だが扱いが難しく高価。
DDA	信号分配器。セレクター機能を持つ場合もある。
DeMUX	= Demultiplexer 番組素材から音声分離する装置。
FS	= Frame Synchronizer 非同期の映像信号を局内同期信号に同期させる装置。フレームメモリを内蔵し、入力映像のタイミング調整を自動で行う。
Grandmaster	PTPによるネットワーク時刻同期システムは、基準時刻を供給するマスター機と通信して、基準時刻に同期するスレーブ機とで構成される。このマスター機器のことをグランドマスタークロック(GMC; Grandmaster Clock)という。
Production Switcher	様々な映像素材の選択と合成・効果の付与を行う。
PTP	= Precision Time Protocol LANで接続されている機器を高精度に時刻同期させる技術である。PTPは100ナノ秒以上の精度で同期させることができる。IEEE-1588で定義された。
Routing Switcher	複数入力複数出力で信号の流れを自由に制御できる装置。番組素材が各回線に自動で分配される。
SNG	= Satellite News Gathering 通信衛星を使う中継システム。中継先から番組素材となる映像、音声を電波で通信衛星経由で放送局に伝送するシステムの総称。
Sync	複合同期信号(ブラックバースト信号からカラーバースト信号をとった信号)、または水平同期信号、垂直同期信号を指す。
TAI	= Temps Atomique International 国際原子時。国際的に規定・管理される時刻標準で、原子時計によって刻まれる時系を原子時と呼ぶ。TAIは「セシウム133原子の基底状態の2つの超微細準位間の遷移に対応する放射の9 192 631 770周期の継続時間」と定義されている。
TELOP	映像に文字(たとえば字幕スーパー)や図形を重ねるためのデータ発生装置。スーパーインポザーともいう。
WC	= Word Clock 音声同期用の同期信号。48kHzの矩形波で映像同期信号に同期している。

用語	説明
ガンマ特性	<p>本来は、ディスプレイの非直線の表示特性を指す。最近では HDR の概念を念頭により広い輝度情報を再現する手法として使われ、EOTF(Electro Optical Transfer Function)と呼ばれることがある。</p> <p>ディスプレイの非直線性をカメラ側で補正することをガンマ補正、または逆ガンマというが、EOTF 同様その概念が拡張され、OETF(Optical Electro Transfer Function)と呼ばれることがある。</p>
キーイング	<p>画像・映像の一部を抜き出し、または置換する処理。ブルーバック撮影など背景色だけを抜き取り他映像に置換するクロマキー、輝度情報を用いるルミナンスキーなどがある。</p>
トーンマッピング	<p>ダイナミックレンジの圧縮あるいは拡張、レベルの変更するなどして、別規格のダイナミックレンジの映像を得る手法。画像全体の階調、あるいは部分的な階調を調整する。</p>
ニー	<p>= Knee</p> <p>映像の白飛びを防ぐため、被写体の高輝度部分の信号がカメラのダイナミックレンジに収まるように、高輝度部分のビデオ信号を圧縮すること。</p>
番組バンク、CM バンク	<p>番組や CM を保存し、放送運行に従って送出するための設備。バンク(銀行)のようにデータをためることからこう呼ばれる。</p>
ブラックバースト(BB)信号	<p>複合同期信号とカラーバースト信号で構成され、映像部分が黒レベルの NTSC(または PAL)コンポジットビデオ信号。同期信号として使用される。</p>
ブランキングスイッチ	<p>映像信号を映像が乱れないように入れ替えるために、映像を走査していない垂直ブランキング期間で、別の信号の同じ垂直ブランキング区間に切り替えること。</p>
マスターシステム	<p>放送局内のスタジオや、局外のプロダクションで制作された番組や CM を、放送運行表に従い、送信所に送り出す設備。</p>

## リーダー電子株式会社

住所	〒223-8505 神奈川県横浜市港北区綱島東 2-6-33
電話	045-541-2122
メール	sales@leader.co.jp
URL	www.leader.co.jp
発行	2018 年 10 月 1 日 第 2 版