

# 地上デジタル放送方式高度化に 関わる適用技術検討作業 最終報告

## VVC主観評価実験報告（概要）

2022年2月18日

一般社団法人 電波産業会  
デジタル放送システム開発部会

# 中間報告（デ高作12-2）の概要

## ■ VVC規格を適用した地上波デジタル放送の所要ビットレート(\*)

(\*) 放送されるほぼ全ての映像で一定水準以上の画質を確保可能なビットレート

- 1080/P/60: 7 Mbps
- 2160/P/60: 30 Mbps
  - 直線近似による推定値は22 Mbps

※符号化難易度が高い評価映像を含むため、VVC規格の公称性能より対HEVC所要ビットレート削減度が小さい結果となった

## ■ 符号化制御チューニングや未使用ツールの導入による所要ビットレート低減の可能性

- 1080/P/60は、チューニングで5 Mbpsに落とせる可能性が高い
- 2160/P/60は、チューニングや未使用ツール導入等で更に削減可能

※今後も符号化制御の更なるチューニングで削減されると予想

# 最終報告の概要

- 所要ビットレート軽減の可能性を示すため、  
2160/P/60映像に関する、追加の画質評価実験を実施
  - VVC符号化ビットレートはp4に記載
- 4K符号化映像の主観画質（MOS値）（評価1-1）
- 画質改善手法の効果（相対比較）（評価1-2）
- 4K放送品質(\*)映像との相対比較（評価2）  
(\*)HEVCリアルタイムコーデック装置 30Mbpsの画質

# 実験概要

## ■ 目的

- 特定のビットレート（次ページ）での2160/60/P映像の符号化画質の考察
- 画質改善手法の効果の確認
  - 空間解像度を落として符号化歪を低減する二手法
    - 前処理：一般的にエンコーダに実装されている技術
    - RPR： VVCで新たに規格化された、動的に符号化画素数を変更する技術

## ■ エンコーダ

- VVenC（Fraunhofer HHI研究所ソフトウェア） 1.2.0版
  - 所要ビットレート導出実験で用いたVVCエンコーダエミュレータに近い性能を確認済
    - ※今回評価した画質改善手法をVVCエンコーダエミュレータに組み込むことは可能

## ■ 評価方法

- 前回報告の主観評価実験と一部異なる条件で実施（詳細はp15及びp30）
  - 評定者：専門家16名

## ■ 評価実験の場所・時期

- NHK放送技術研究所、2021年12月17日～20日

# 評価した映像ビットレート

| ビットレート  | 情通審作業班で検討中の伝送方式との関係                                                   |
|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| 7 Mbps  | 3階層セグメント分割方式（地デジと同程度の所要C/Nのパラメータ）のサイマル期間中に想定される映像ビットレート               |
| 10 Mbps | 3階層セグメント分割方式及びLDM方式（いずれも地デジよりも高い所要C/Nのパラメータ）におけるサイマル期間中に想定される映像ビットレート |
| 15 Mbps | 地上放送高度化方式がマルチ編成（15 Mbps×2番組）を想定した映像ビットレート                             |
| 20 Mbps | 3階層セグメント分割方式及びLDM方式におけるサイマル期間終了後等を想定した映像ビットレート                        |
| 25 Mbps | 地上放送高度化方式（1チャンネル1番組）等を想定した映像ビットレート                                    |

# 評価映像：ITE標準動画像

## ■ 2160/60/P, SDR

■ 所要ビットレート導出実験でを使用した8映像に、A07“River”を追加

- A07は符号化難易度が非常に高い

符号化難易度が高い（10MbpsでMOS値が3.0未満<sup>(\*)</sup>）4映像



符号化難易度が低い（10MbpsでMOS値が3.5以上<sup>(\*)</sup>）5映像



(\*) 前回報告の主観評価実験での値  
信頼区間95%の上限値

# VVC符号化条件

|                              |                                                                                   |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| シーン長                         | 10秒 ※15秒素材の3秒から13秒の間                                                              |
| プロファイル                       | Main 10 (4:2:0, 10-bit)                                                           |
| ビットレート[Mbps] <sup>(*1)</sup> | 7, 10, 15, 20, 25                                                                 |
| 符号化パラメータ <sup>(*2)</sup>     | 階層B参照 ※STD-B32記載のL3構造, GOPサイズ8<br>IRAP間隔 32/60[sec]<br>CPBサイズ ビットレート×1.0秒         |
| VVenC<br>ツール設定               | Medium設定、及びSlower設定 <sup>(*3)</sup><br>時間方向プレフィルタを有効化<br>適応QP処理による主観画質向上オプションを有効化 |

(\*1) 符号化難易度が低い5映像は7 Mbpsのみ（10 MbpsでMOS値が3.5を超えるため）

(\*2) HEVC方式での放送と同等の遅延時間になるように設定

(\*3) 実時間動作可能なエンコーダの2025年以降の更なる性能改善を想定した設定  
BD-RateがMedium設定よりも約6%改善、約14倍の処理時間  
本実験では7Mbps, 10Mbpsのみ適用  
※一般的に、6%程度の改善で主観的な差が出うるのは低ビットレート時のため



# 符号化映像

## ■ 三種類の符号化映像を使用

- 4K符号化： 4K解像度映像をそのまま符号化
- 前処理符号化： 符号化前に空間方向LPFを適用して、空間解像度を落とす
- RPR符号化： 少ない符号化画素数で符号化して、空間解像度を落とす
  - 主観評価時には、4K画素数に復元

| 符号化映像      | 解像度縮小率(W, H) | 符号化画素数      |
|------------|--------------|-------------|
| 4K         | ( 1/1, 1/1 ) | 3,840×2,160 |
| 前処理 (2K相当) | ( 1/1, 1/1 ) | 3,840×2,160 |
| 前処理 (3K相当) | ( 1/1, 1/1 ) | 3,840×2,160 |
| RPR(2K)    | ( 1/2, 1/2 ) | 1,920×1,080 |
| RPR(3K)    | ( 3/4, 3/4 ) | 2,880×1,624 |

※シーン内で固定した制御とし、映像に応じた適応制御は行っていない

※空間方向LPFは、RPRでの符号化画素数削減時に適用する補間フィルタ(Lanzcos-3)と同一係数とし、空間解像度の削減度を両者で合わせた

※符号化難易度が低い映像では、効果は両者で大きな差がないことから、前処理のみとした

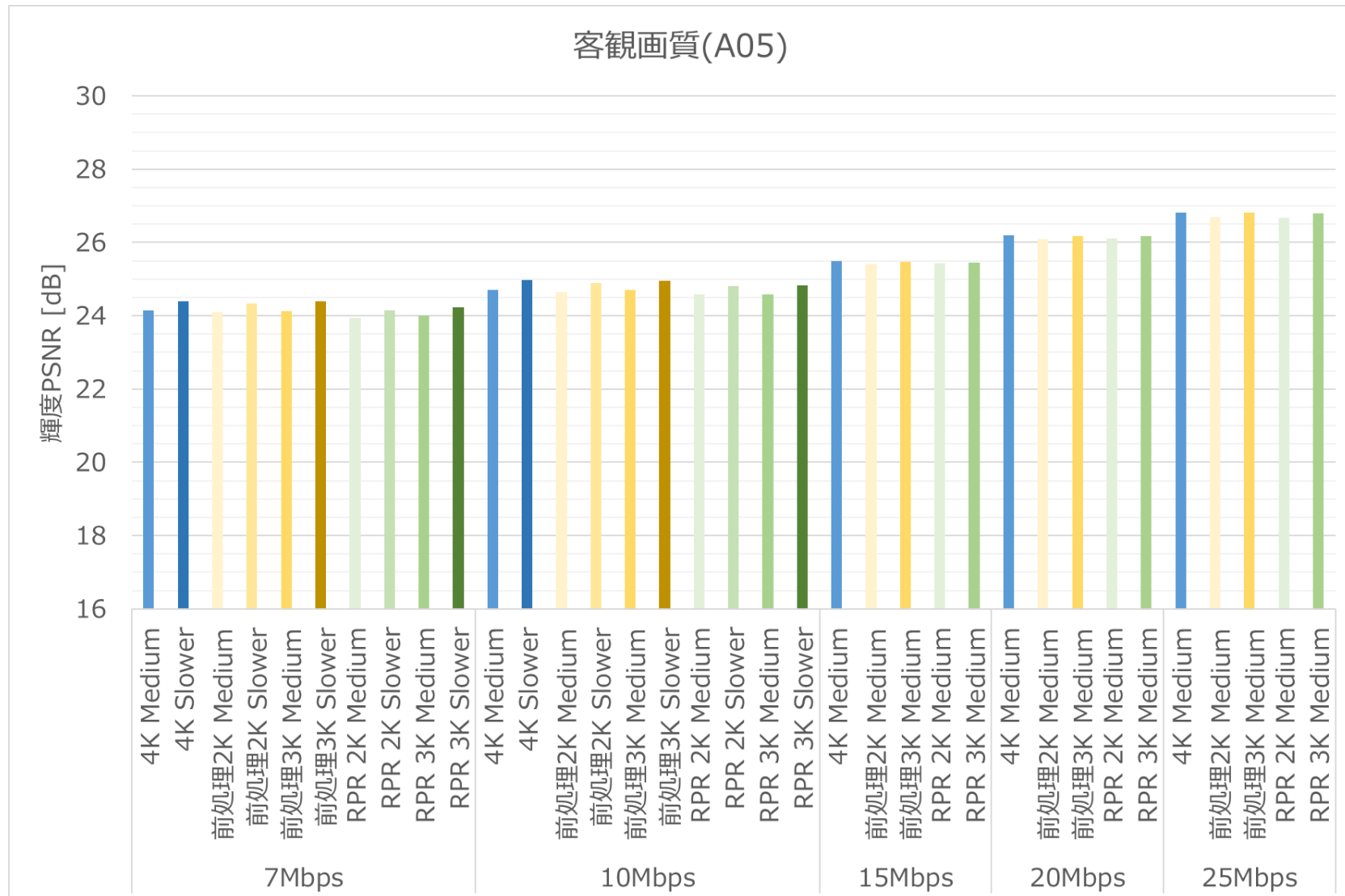


# 客観画質（サマリ）

- 位置付け：符号化難易度（輝度PSNR）の確認
- 4K符号化
  - 符号化難易度が高い4映像では、25 Mbpsで20 dB(A07)～29 dB(B11)
  - 符号化難易度が低い5映像では、7 Mbpsで30 dBを超す（B09を除く）
- 前処理やRPRの効果（4K原画像基準）
  - 全体的に、前処理やRPR適用によりPSNRは低下
  - 符号化難易度が高い4映像 (p9-p12)
    - 同一レートでの4K符号化映像からの低下は、空間解像度低下及びビットレート増加に比例（B11で最大-1.5 dB (a)）
    - 同一空間解像度では、前処理よりもRPRの方が低下（B11で最大-0.5 dB (b)）
    - Slower設定はMedium設定よりも増加（B11で最大0.3 dB (c)）
    - 基準を符号化入力映像（空間解像度が低下した映像）とした場合、1 dB～2 dB増加（2K解像度相当、7 Mbps時）⇒量子化パラメータが小さくなり、符号化歪が低下 (p14)
  - 符号化難易度が低い5映像 (p13)
    - 3K解像度相当の方が2K解像度相当よりも高い
    - 空間解像度低下と符号化歪低下とのトレードオフであり、符号化歪が小さい場合には空間解像度を維持した方が客観画質が良いことを確認した

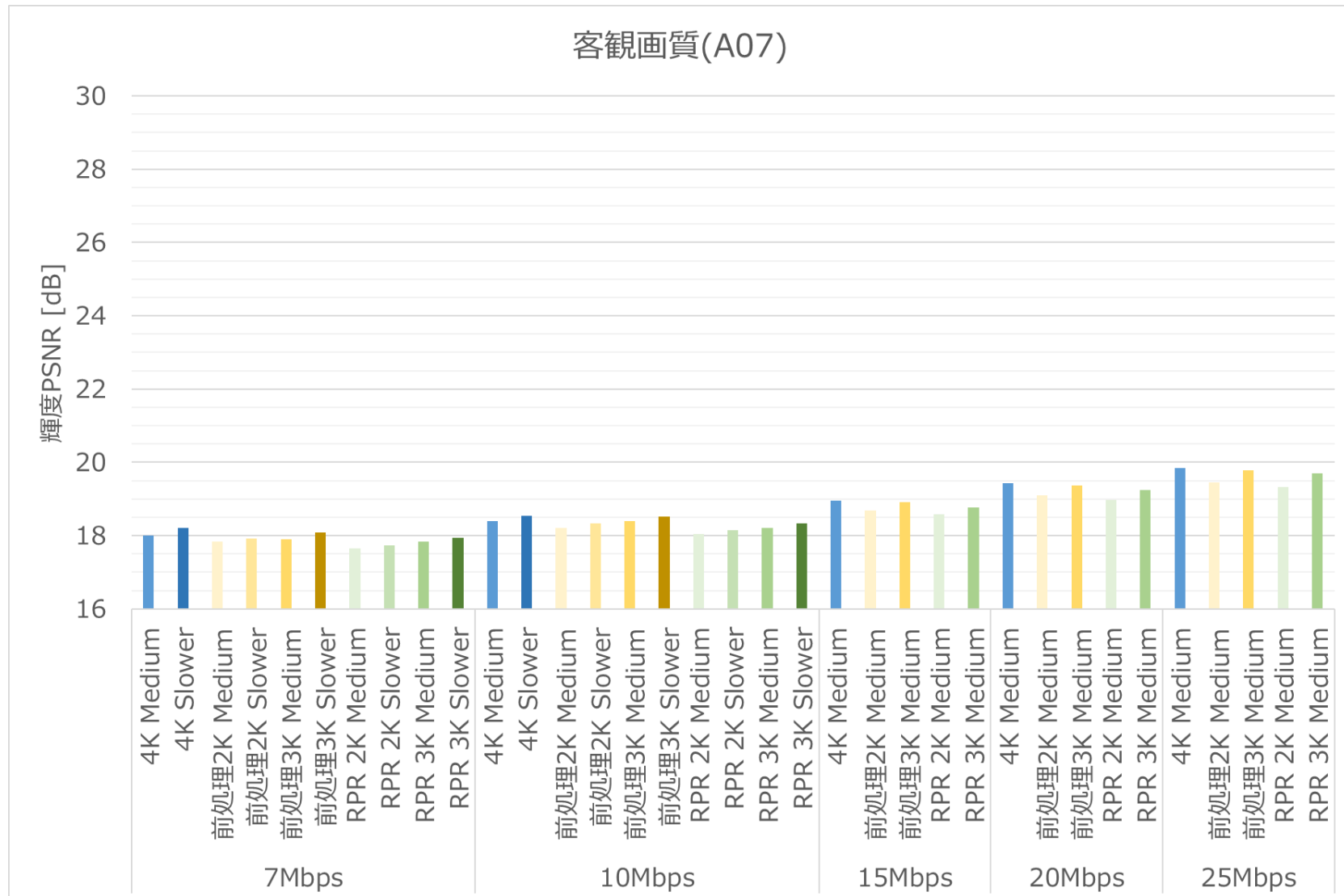
# 符号化難易度が高い映像A05の客観画質

■ 空間解像度(2K/3K)、手法（前処理/RPR）での差は他映像に少ない



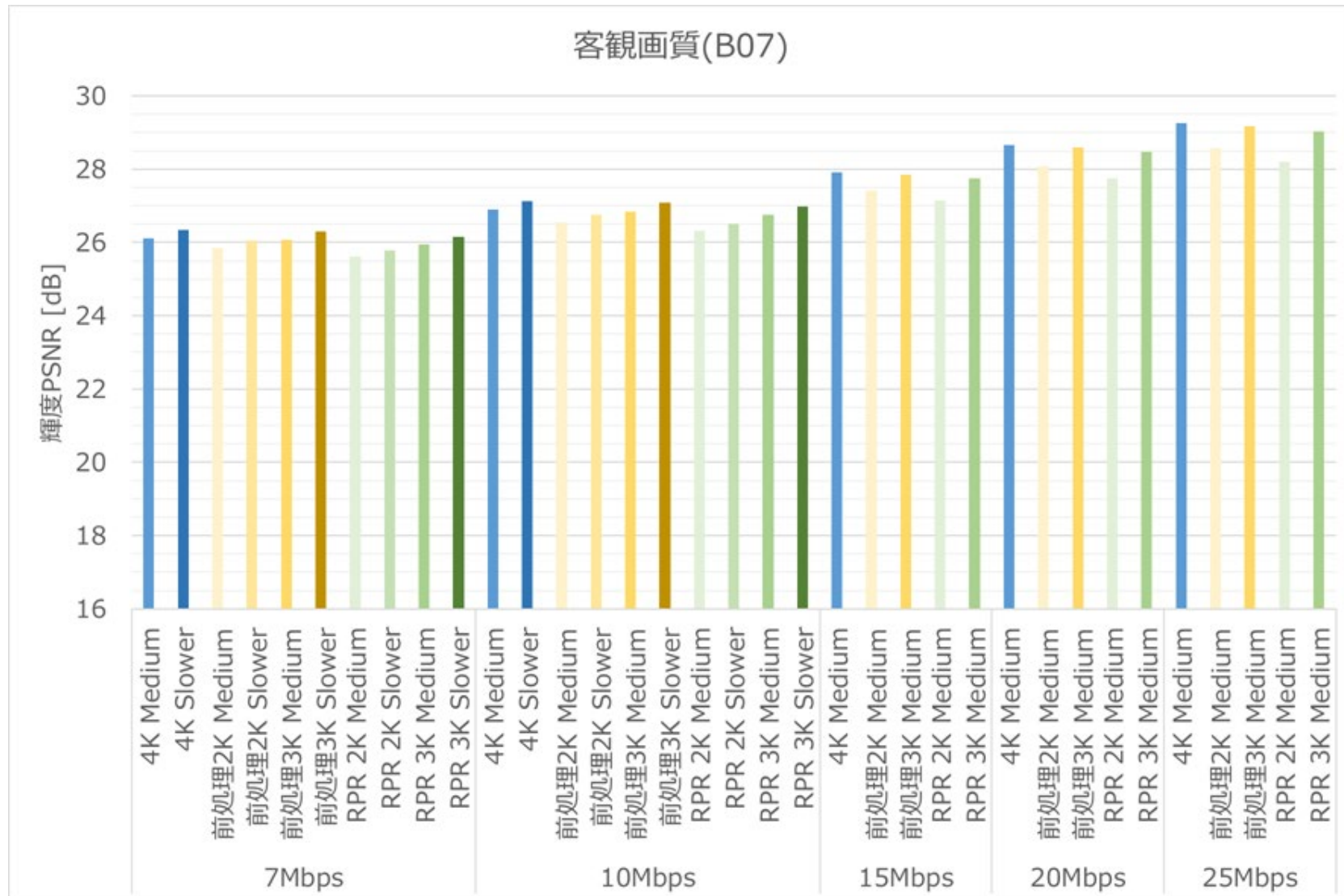
# 符号化難易度が高い映像A07の客観画質

- 2K空間解像度でのPSNR低下が大きい、前処理よりもRPRの方でPSNRがより低下



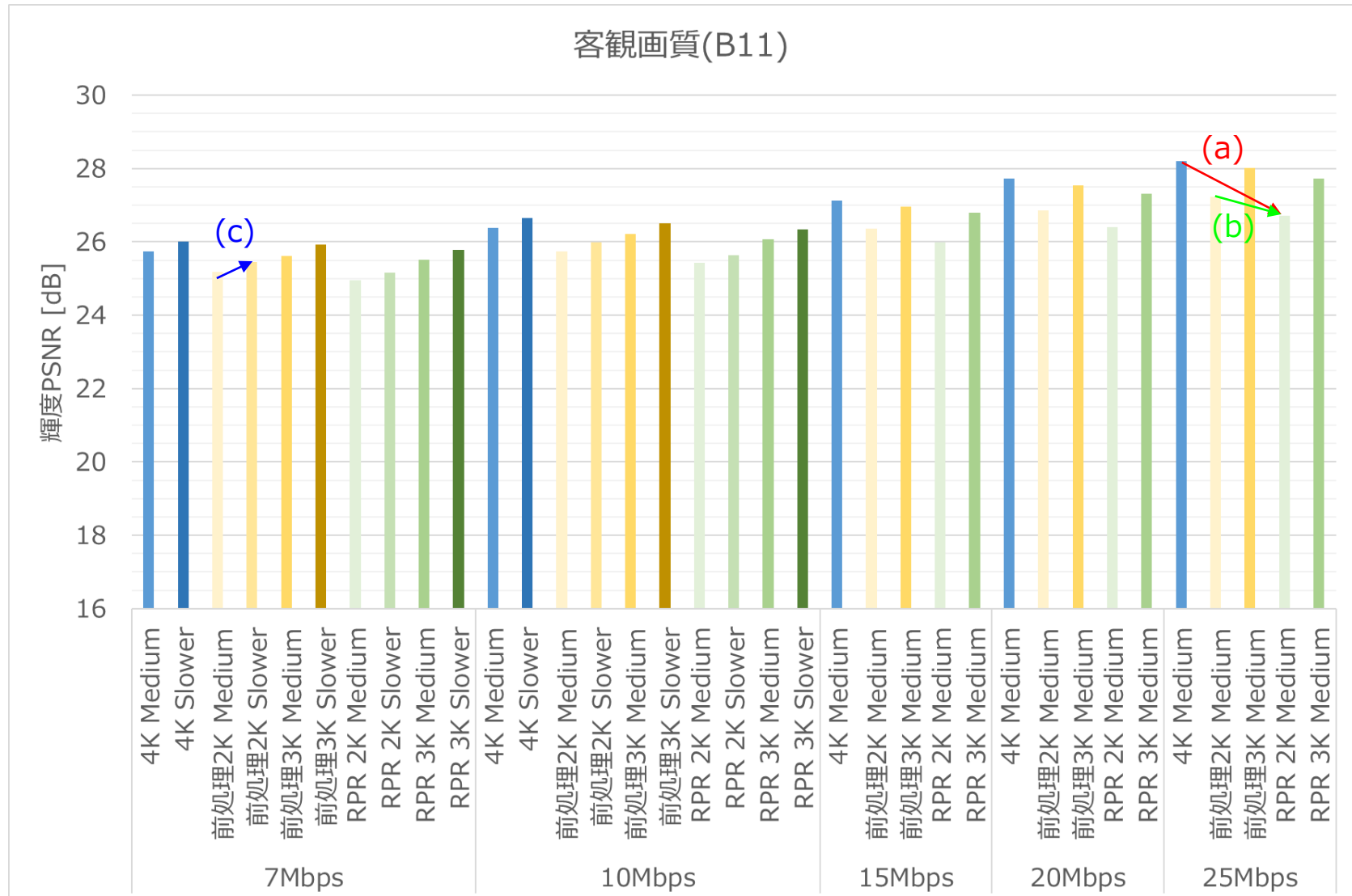
# 符号化難易度が高い映像B07の客観画質

- 2K空間解像度でのPSNR低下が大きい、前処理よりもRPRの方でPSNRがより低下



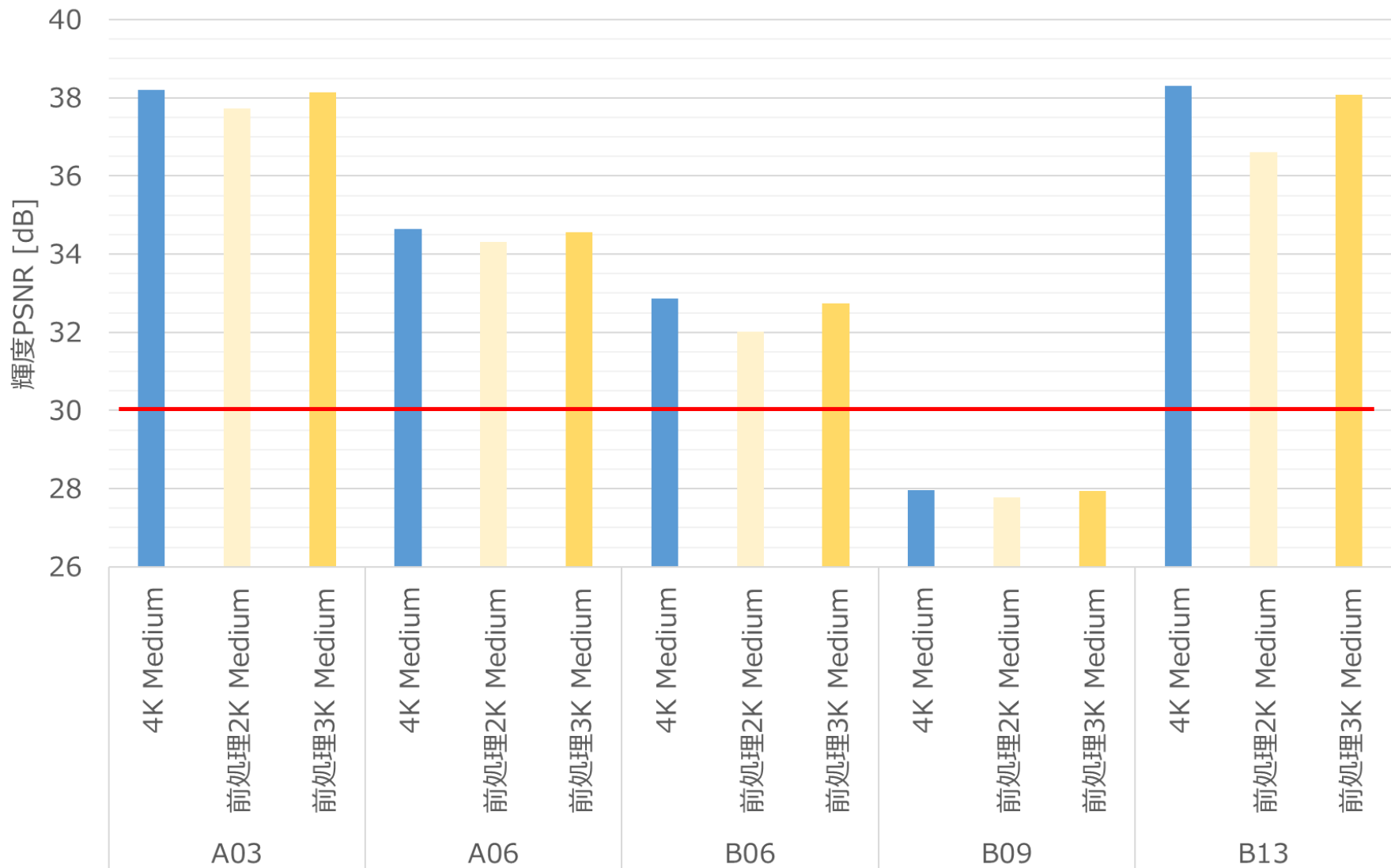
# 符号化難易度が高い映像B11の客観画質

■ 25 MbpsでRPR(2K)のPSNR低下が最も大きくなる

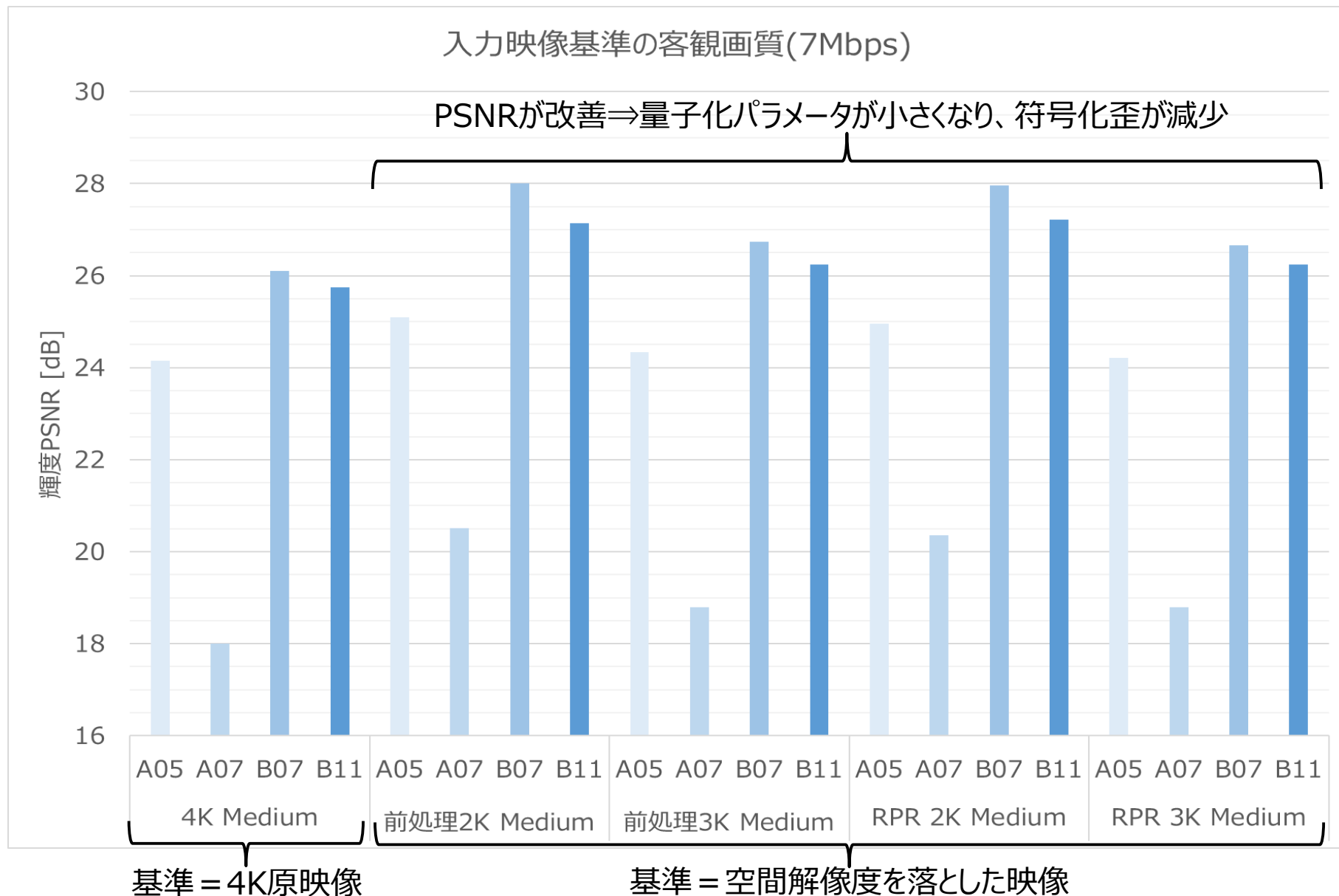


# 客観画質（符号化難易度が低い5映像）

客観画質(7Mbps)(A03, A06, B06, B09, B13)



# 客観画質（符号化入力映像が基準の場合）





# 主観画質の評価方法

## ■ 主観評価方法 ※最終ページにて補足

- 符号化難易度が高い映像を主に用いた評価であり、符号化映像の品質が偏るため、DSIS法は適用困難である。今回は専門家が繰り返し視聴する方式とすることで、信頼性を担保した。時間等の制約上、一部の組み合わせは省略した。

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| 提示基準、提示方法 | 評価1及び評価2（下記）              |
| 観視条件      | 実験室環境                     |
| 評価者       | 専門家16名                    |
| ディスプレイ    | ソニー社製55-inch LCD PVM-X550 |
| 視距離       | 1.5H                      |

## ■ 評価1: ビットレート毎の画質評価

- 4K符号化映像は5段階劣化尺度
- 前処理符号化映像及びRPR符号化映像は4K符号化映像との比較（○△×）
  - 高精度な改善効果の評価を行うため

| 評点 | 評価語             |
|----|-----------------|
| 5  | 劣化が分からない        |
| 4  | 劣化が分かるが気にならない   |
| 3  | 劣化が気になるが邪魔にならない |
| 2  | 劣化が邪魔になる        |
| 1  | 劣化が非常に邪魔になる     |

「良い」○、「同等」△、「悪い」×

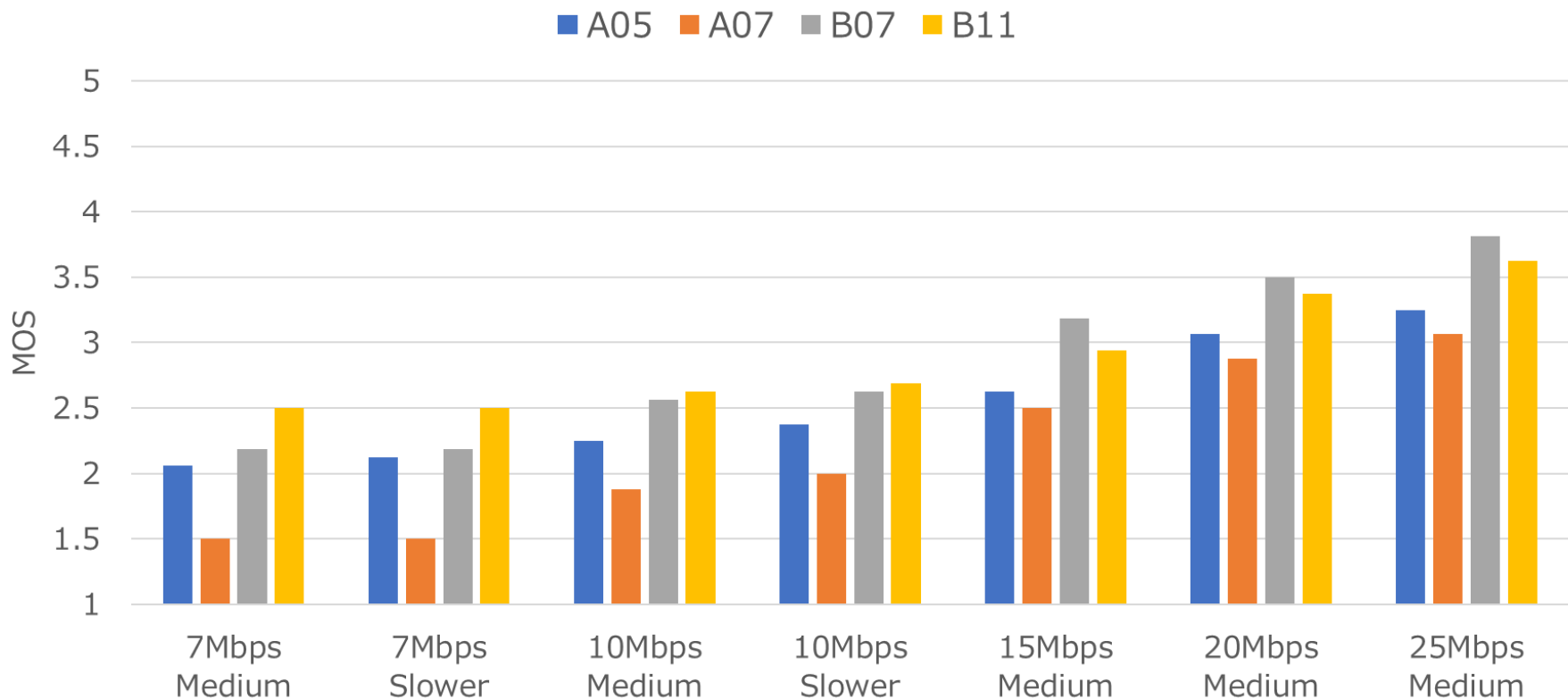
## ■ 評価2: 4K放送品質映像との画質比較

- リアルタイムHEVCハードウェアエンコードの30 Mbps映像との比較（○△×）

# 評価1-1: 主観画質（符号化難易度が高い4映像）

- 4映像全てでMOS値が3.0以上になるのは20 Mbpsから25 Mbpsの間
  - 10 Mbps以下ではMOS値は3.0を下回る
- Slower設定で若干改善するが、一つ上のビットレート以上にはまでは改善しない

MOS値（2160/60/P, SDR, 符号化難易度が高い映像）



# 評価1-2: 画質改善手法の効果 (サマリ)

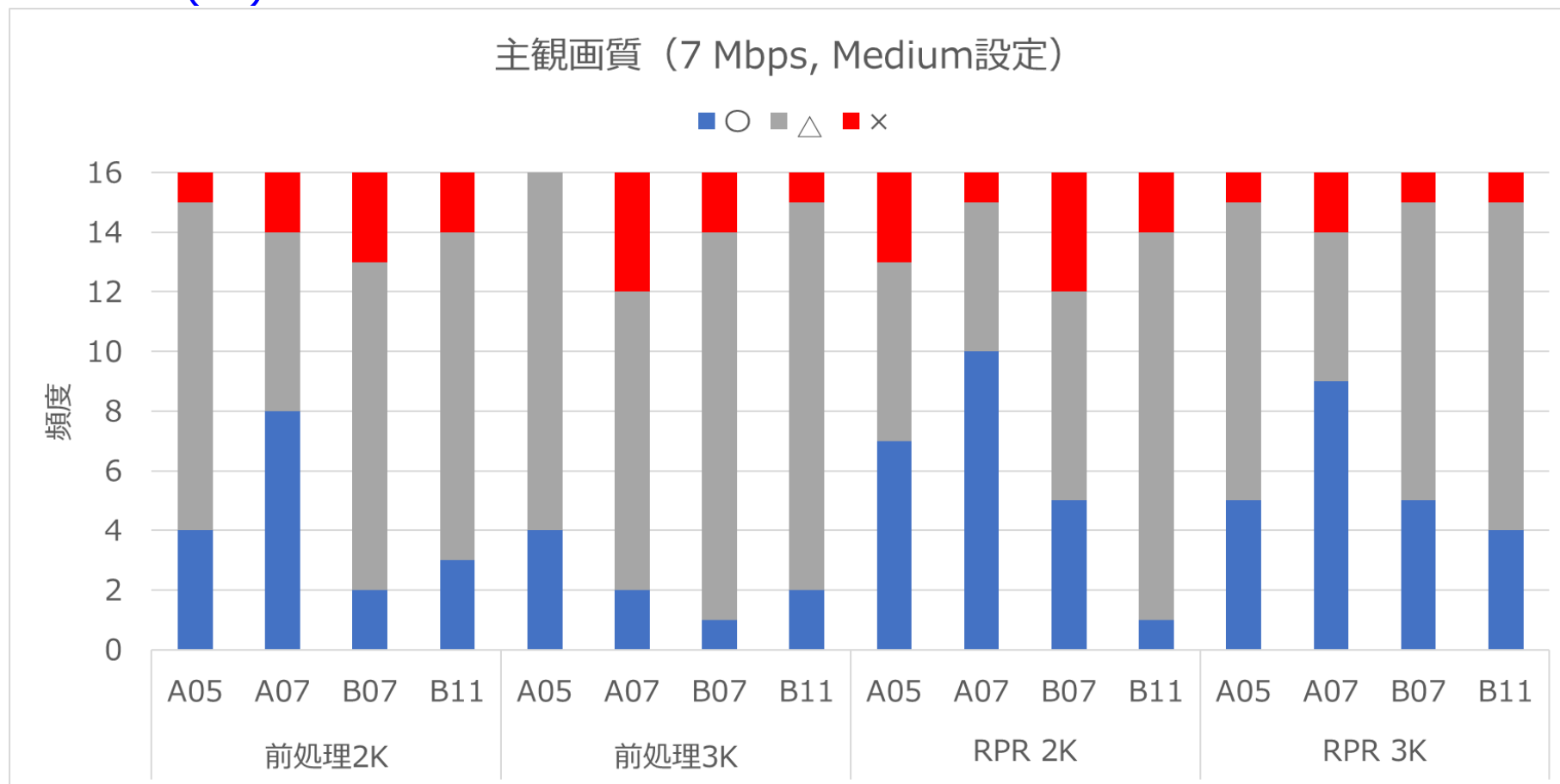
## ■ 4K符号化映像との比較

- 符号化難易度の高さの順で、良い(○)と回答した評定者数が増加
    - ただし全評定者が良い(○)と答えた条件は無い。
  - 良い(○)と回答した割合
    - 低ビットレート（15 Mbps以下）ではRPR(3K)が良い(○)と回答した割合が最も多く、次いでRPR(2K)、前処理となった。
    - 高ビットレート（20 Mbps以上）でもRPR(3K)が良い(○)と回答した割合が最も多く、前処理（3K相当）は同程度、次いでRPR(2K)、前処理（2K相当）となった。
  - 悪い(×)と回答した割合
    - ビットレートや画質改善手法に関わらず、空間解像度が2K相当の場合、悪い(×)と回答した割合が多かった。
    - ビットレートが高くなるにつれて悪い(×)の割合が増加する傾向があった。
- 本結果は、ビットレートの増加に従い、符号化歪の低減よりも解像度感の低下が顕著になったためと考えられる。客観画質評価での傾向と一致する。

# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(7 Mbps, Medium)からの改善度合

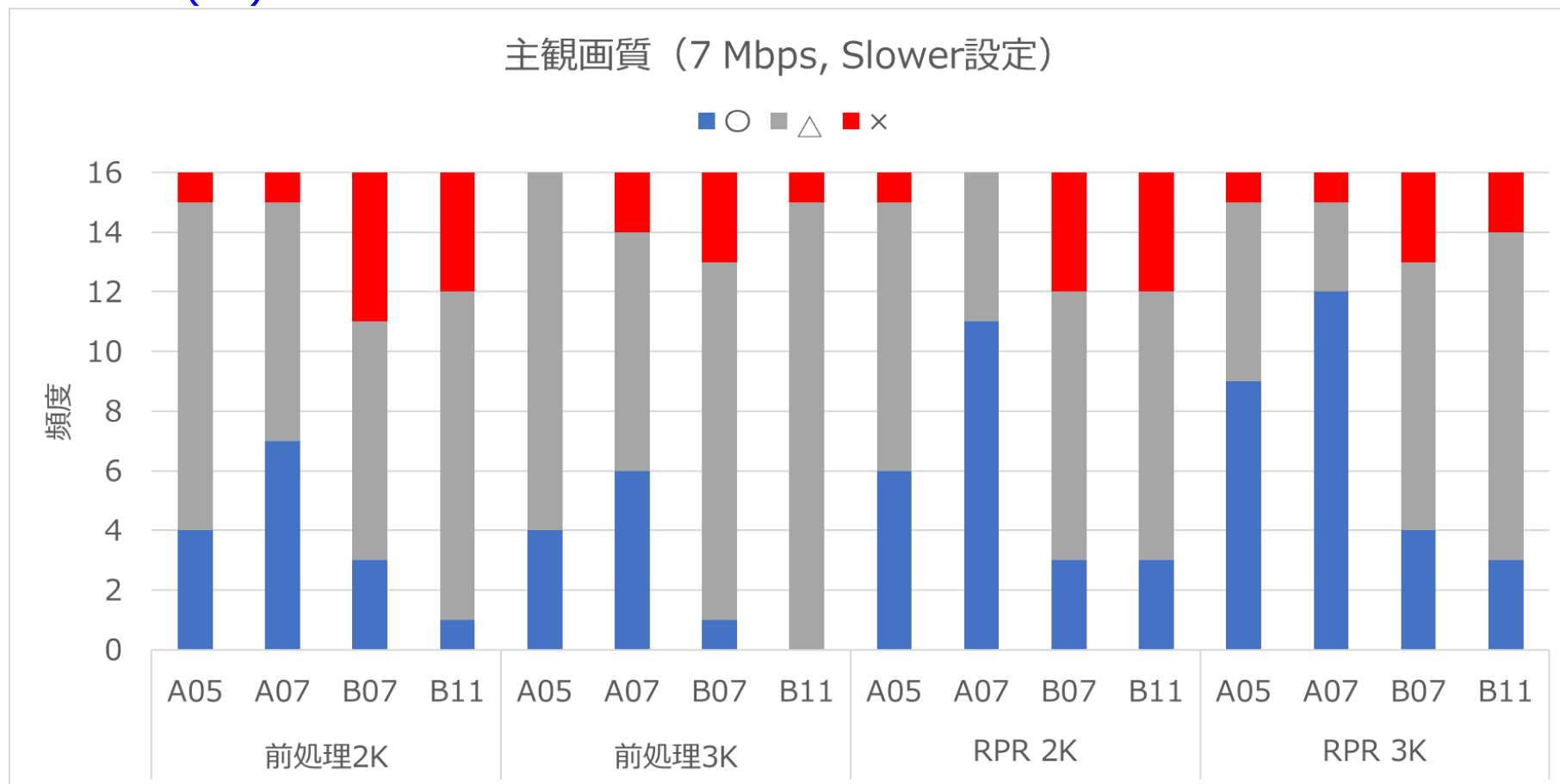
■ 良い(○)の回答が多いのは、映像ではA07、手法ではRPR



# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(7 Mbps, Slower)からの改善度合

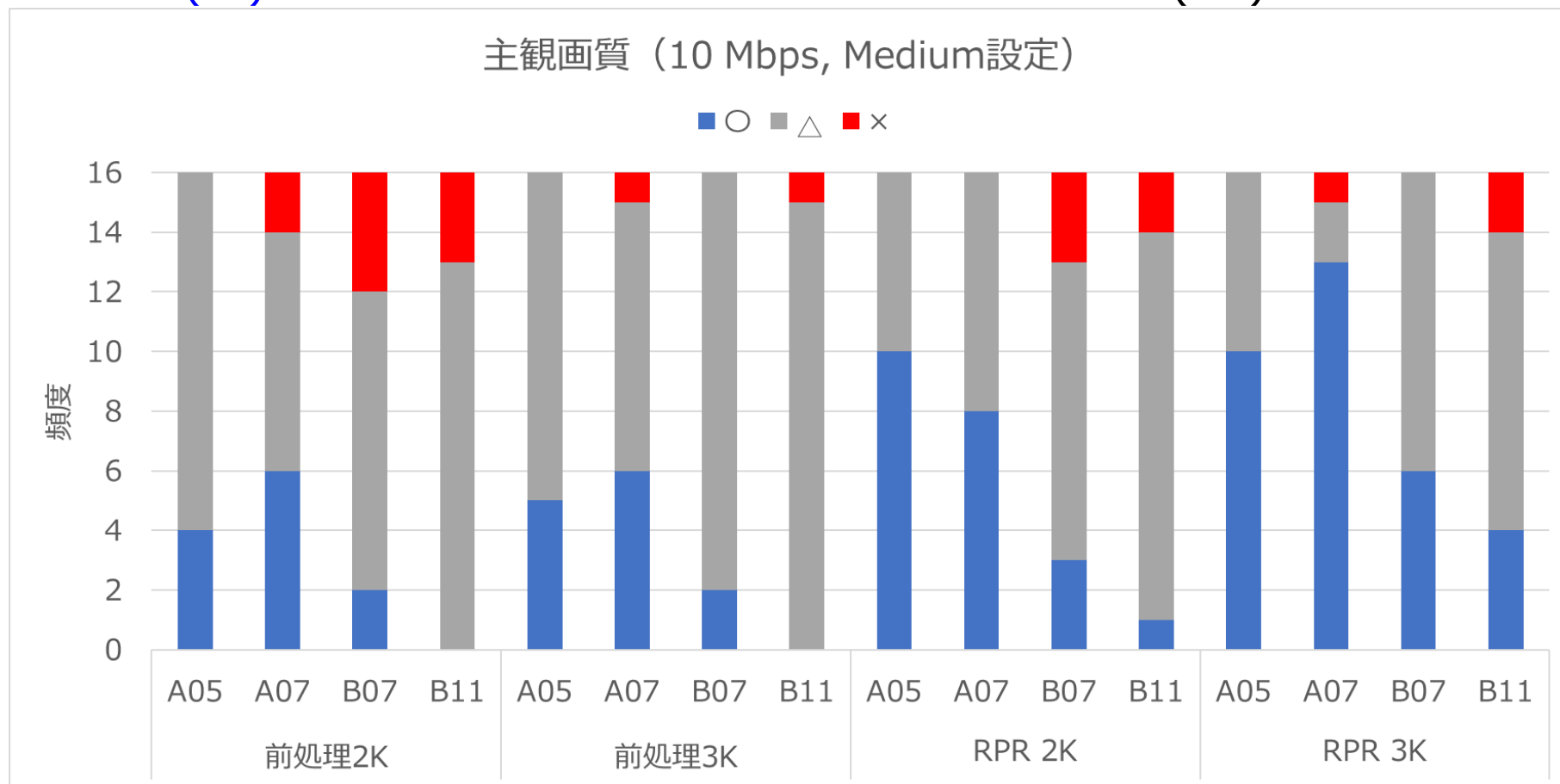
■ 良い(○)の回答が多いのは、映像ではA07、手法ではRPR



# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(10 Mbps, Medium)からの改善度合

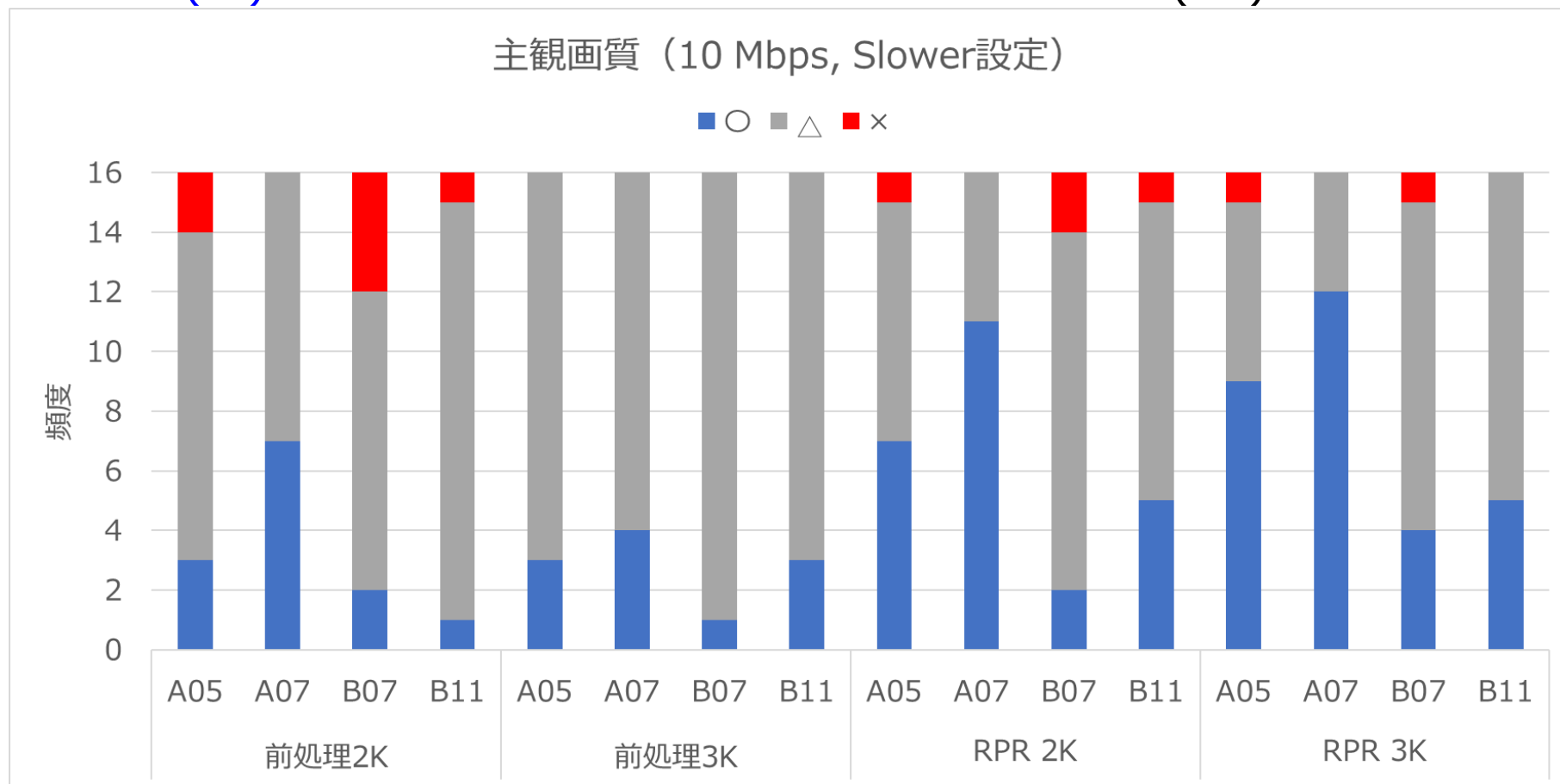
■ 良い(○)の回答が多いのは、映像ではA07、手法ではRPR(3K)



# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(10 Mbps, Slower)からの改善度合

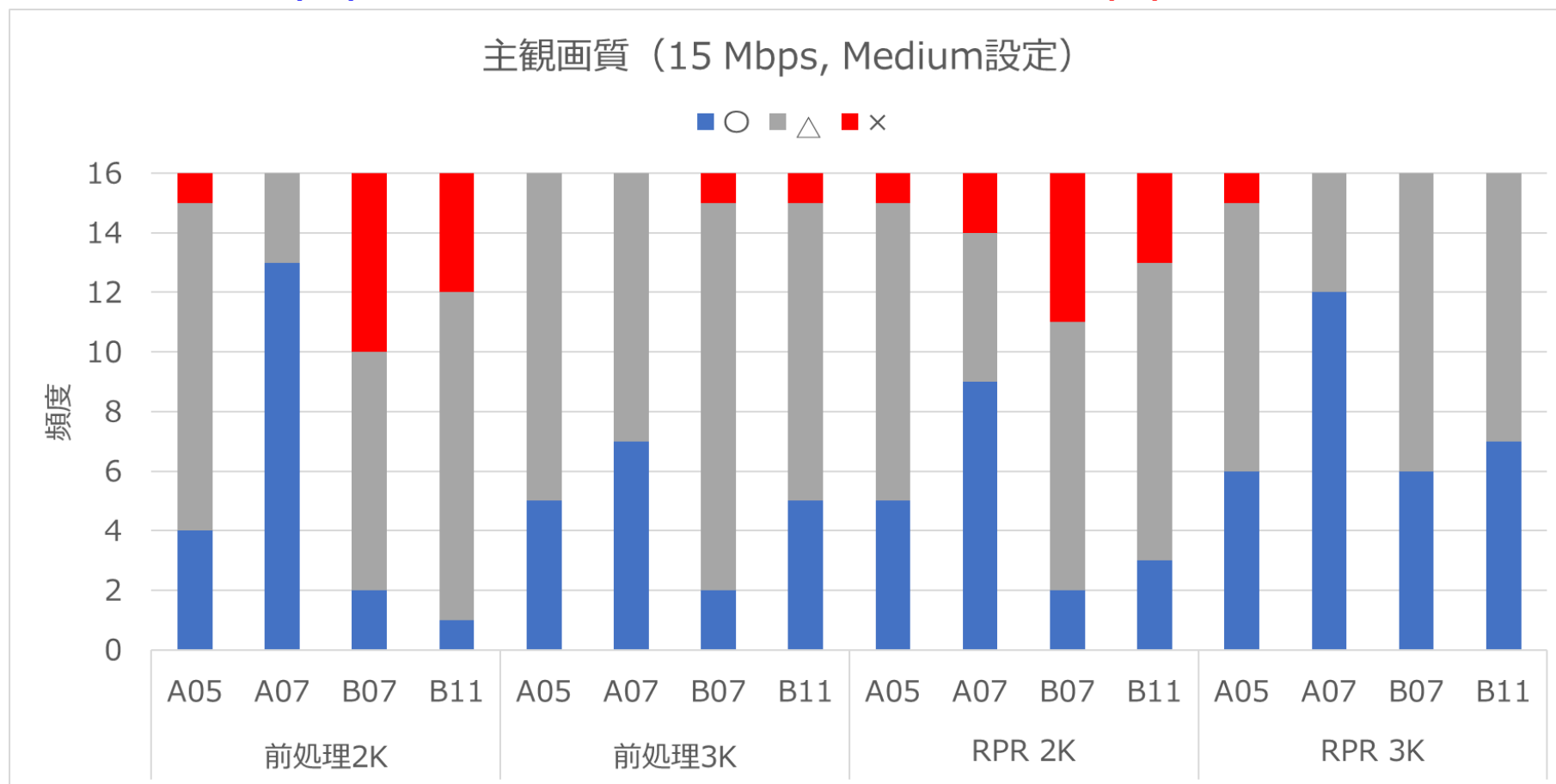
■ 良い(○)の回答が多いのは、映像ではA07、手法ではRPR(3K)



# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(15 Mbps, Medium)からの改善度合

■ A07で良い(○)の回答が多い、B07は空間解像度2Kで悪い(×)の回答が多い

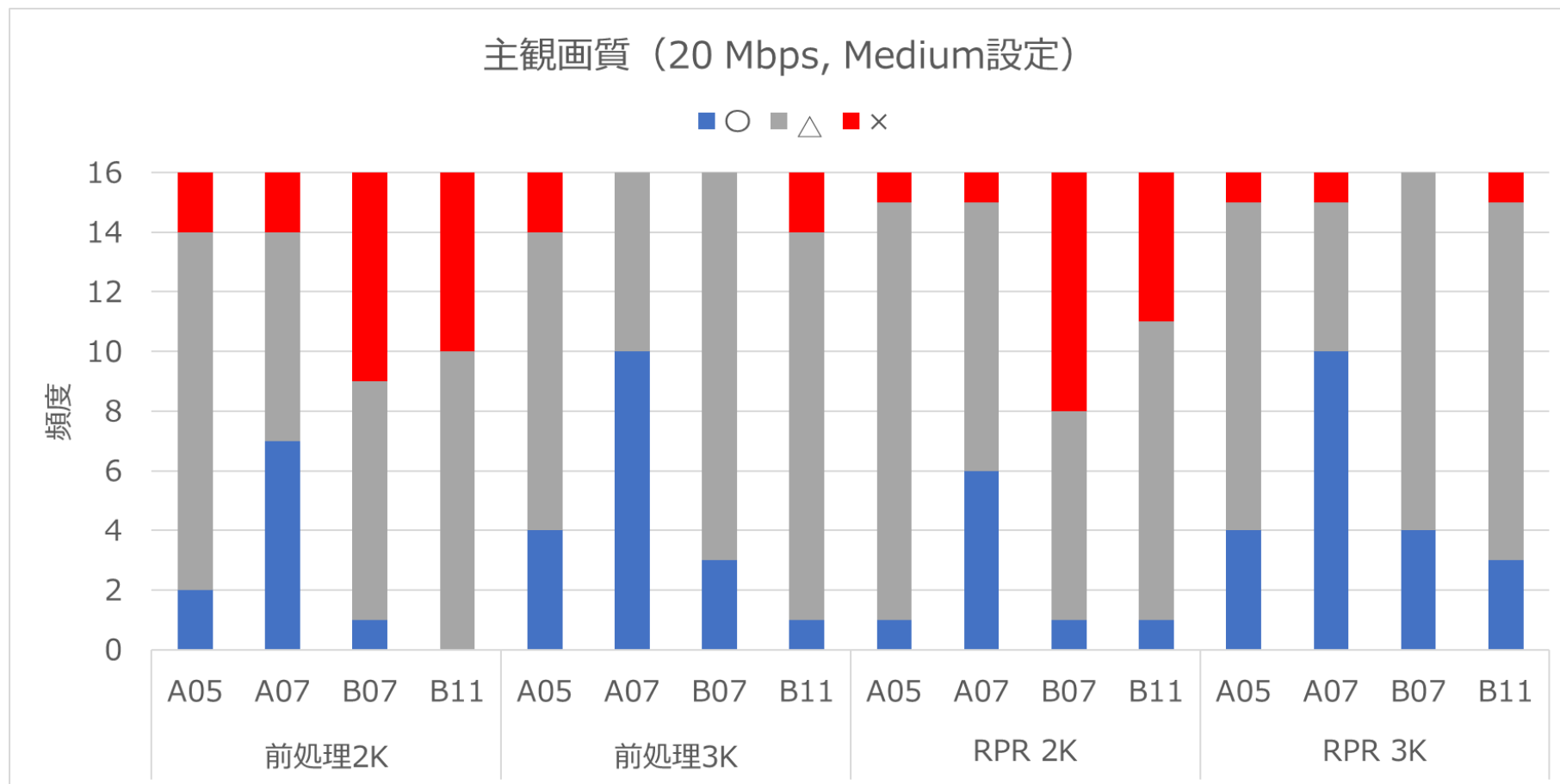




# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(20 Mbps, Medium)からの改善度合

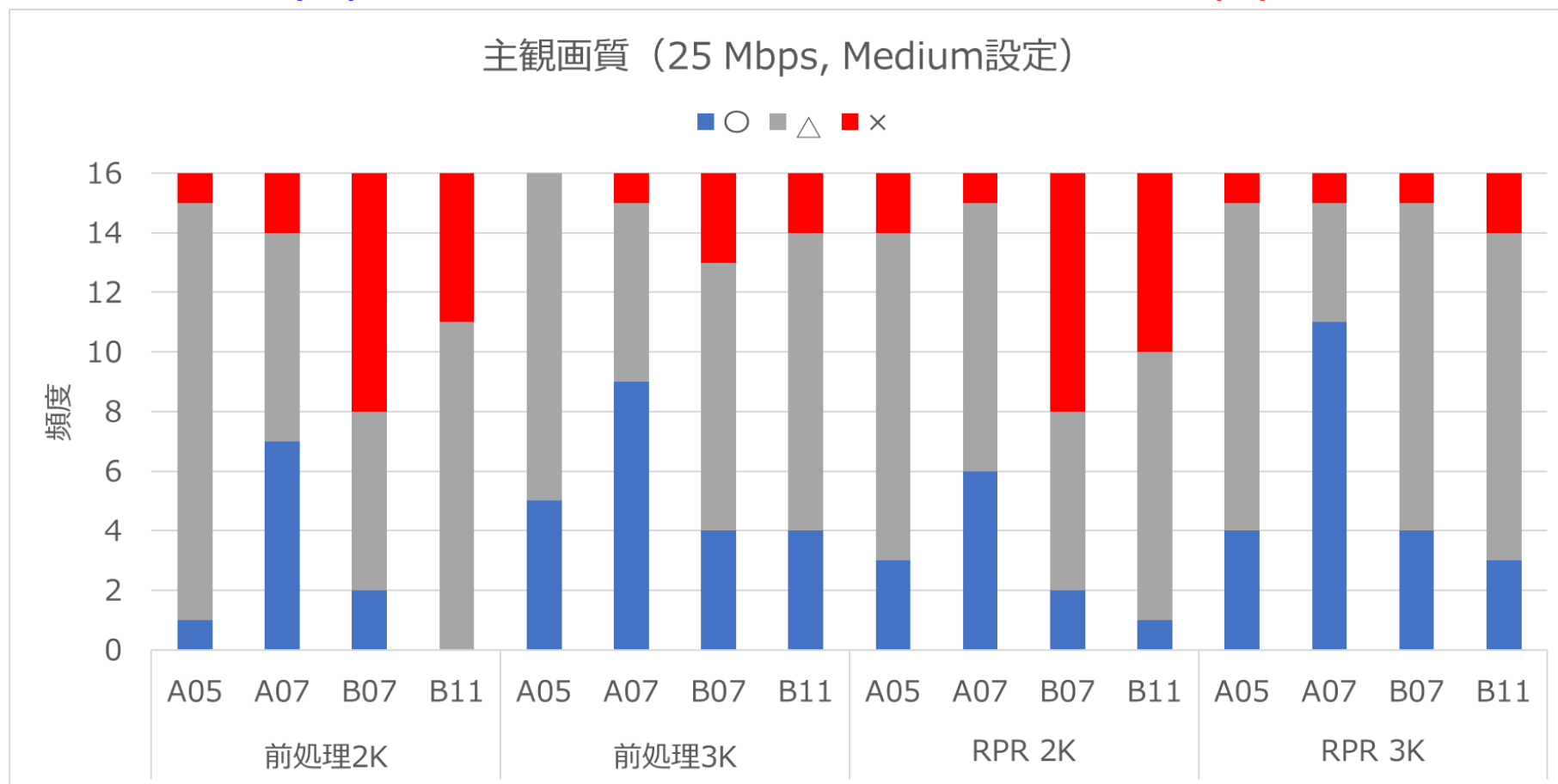
■ A07で**良い**(○)の回答が多い、B07, B11は空間解像度2Kで**悪い**(×)の回答が多い



# 評価1-2: 画質改善手法の効果

## ■ 4K符号化(25 Mbps, Medium)からの改善度合

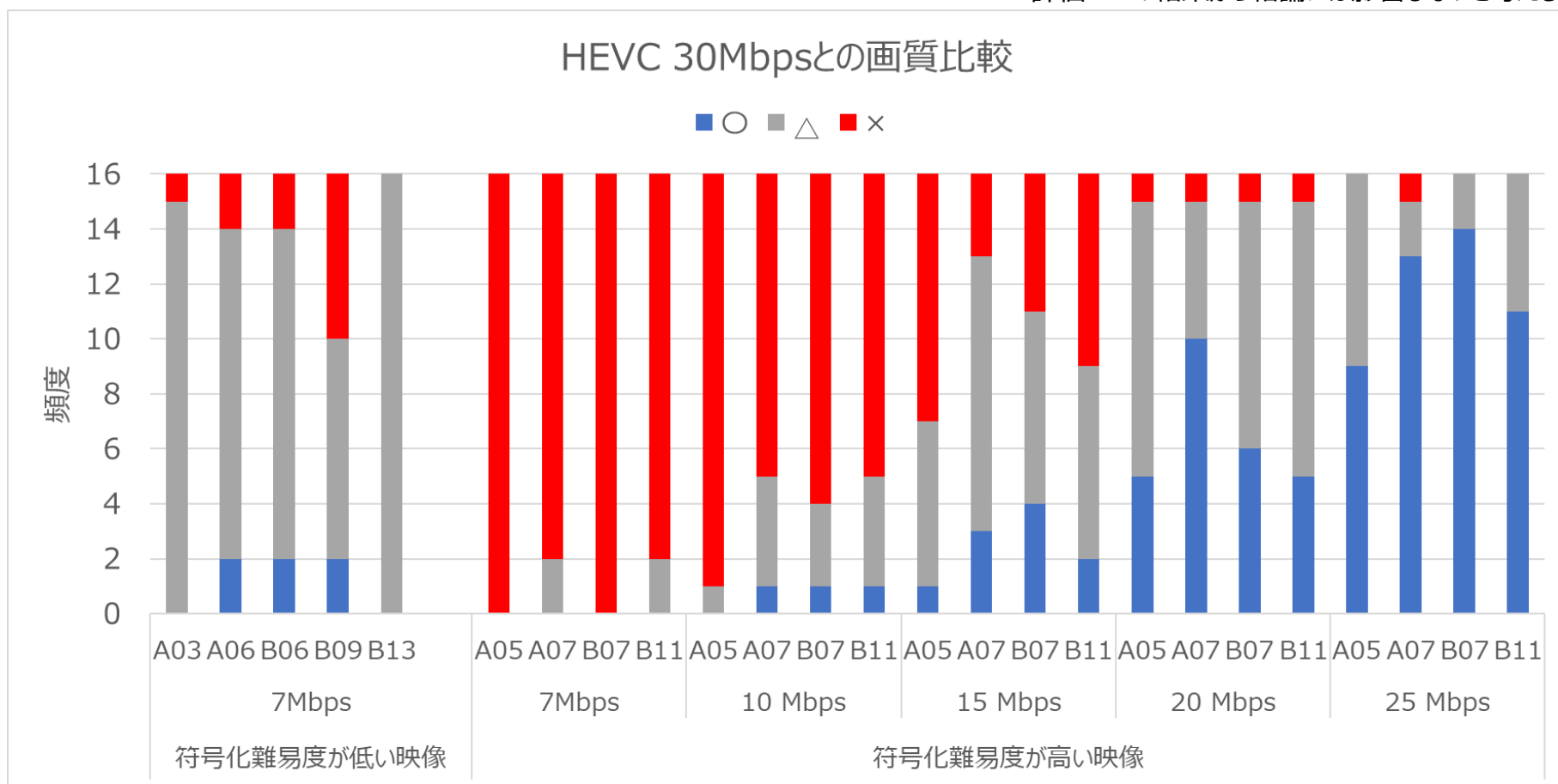
■ A07で良い(○)の回答が多い、B07, B11は空間解像度2Kで悪い(×)の回答が多い



## 評価2: HEVC 30Mbpsと同等なビットレート (映像別評価)

- 符号化難易度が高い4映像 ※高ビットレート側での効果が同等なため、前処理のみ
  - 15 Mbpsでは概ね半数以上、20 Mbps–25 Mbpsでは大多数が「同等」「良い」と回答
- 符号化難易度が低い5映像 ※前処理及びRPR適用無し
  - 7 Mbpsで大多数の評定者が「同等」と回答

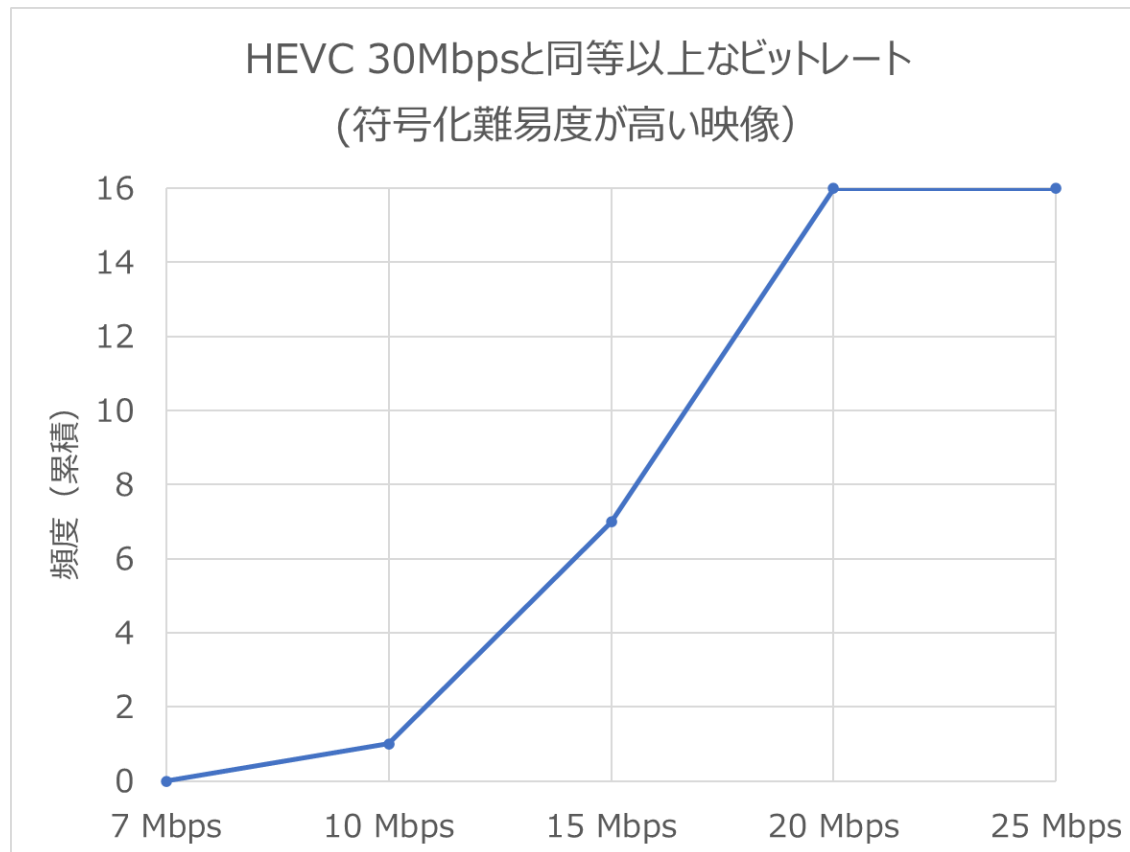
注：10 Mbps以下ではMedium設定のみとしたが、評価1-1の結果から結論には影響しないとする



## 評価2: HEVC 30Mbpsと同等なビットレート (総合評価)

### ■ 符号化難易度が高い4映像**全体**での評価

- 評定者全員が同等以上と評価したビットレートは20 Mbps
  - 15 Mbpsでは44% (7名) が同等以上と回答



# まとめ① 各ビットレートでの画質

| ビットレート             | 画質                                                               | 画質改善手法                              |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 7 Mbps<br>10 Mbps  | 符号化難易度が低い映像の場合、<br>4K放送品質相当の画質<br>符号化難易度が高い映像の場合、<br>4K放送品質未満の画質 | 前処理やRPRで画<br>質改善を確認                 |
| 15 Mbps            | 符号化難易度が高い一部の映像の場合、<br>4K放送品質未満の画質                                | (映像とビットレートの<br>組み合わせによっ<br>て効果が異なる) |
| 20 Mbps<br>25 Mbps | 4K放送品質相当もしくは高い画質                                                 |                                     |

注1：「4K放送品質」とは、リアルタイムHEVCハードウェアエンコーダ（2021年現在）の30 Mbpsの画質である。

注2：「4K放送品質」との比較では、符号化難易度が高い映像のVVC符号化において前処理を適用した。

注3：VVC符号化にはVVenC（1.2.0版）を使用しており、所要ビットレート導出実験（前回報告）で用いたVVCエンコーダエミュレータではない。

## まとめ② 画質改善手法の効果

- 前処理及びRPR共に、符号化難易度が高い映像を低ビットレートで符号化する場合に主観画質の改善効果あり
  - 映像とビットレートの組み合わせによって効果が異なるが、適切に行うことで主観画質が改善される
- 前処理及びRPR共に、エンコーダの符号化制御の観点でも効果あり
  - 同一ビットレート条件下で、平均量子化パラメータが小さくなり、エンコーダの符号化制御破綻（符号化バッファのオーバーフロー）を抑えやすくなる
    - 更に符号化難易度が高い映像が入力された際にも、量子化パラメータを上げて発生情報量を抑制できるため
  - RPRの方が、画面内ブロック数が減るため、符号化制御破綻の回避はより容易になると考えられる

# (参考) ヒアリング結果

- 大半の評定者が、15 Mbps未満では前処理やRPRによる画質改善が見られたと回答
  - ただし一つ上のビットレート相当以上まで画質が向上したと評価した評定者はなし
- 一部の評定者は、Slower設定による画質改善を指摘
  - ただしMedium設定との主観画質差は僅か
- 放送局の評定者からは、10 Mbps以下では符号化難易度が高い映像の劣化が大きく、放送品質の観点で疑問視する声が複数あり
  - 前処理やRPRは、画質向上の観点で適用が望ましいとの意見
- 前処理やRPRは絵柄やビットレートによって効果が変わるとの指摘
  - 低ビットレートでは改善、高ビットレートでは解像度感の低下が気になる
  - 絵柄やビットレートに応じて適切に制御する必要があるとの意見あり

# (参考) 主観画質評価方法

| 項目             | 前回報告の実験<br>(所要ビットレート導出)                                                     | 今回の追加実験<br>(ビットレート別の考察)                                                                                                                                                            |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 評価方法           | 二重刺激劣化尺度(DSIS)法                                                             | 簡略化した方法                                                                                                                                                                            |
| 観視条件           | Rec. ITU-R BT.500-14                                                        | 実験室環境                                                                                                                                                                              |
| 映像提示           | <p>原映像と符号化映像との組を提示</p> <p>両映像間を灰色映像で区切る<br/>提示する符号化映像の説明は無し<br/>提示は一回のみ</p> | <p>評価1: 原映像と5種類の符号化映像とを連続して提示<br/>映像間の灰色映像区切りは無し<br/>提示する符号化映像を事前に説明<br/>評定者の希望に応じて複数回提示</p> <p>評価2: HEVCとVVC符号化映像を<br/>2つのモニタで個別に同期表示<br/>提示する符号化映像を事前に説明<br/>評定者の希望に応じて複数回提示</p> |
| スコア            | 5段階劣化尺度                                                                     | <p>評価1: 5段階劣化尺度<br/>及び相対値 (○△×)</p> <p>評価2: 相対値 (○△×)</p>                                                                                                                          |
| 評価者<br>スクリーニング | あり                                                                          | なし                                                                                                                                                                                 |