

“Gemini Man” による HFR への挑戦

川上 一郎

今月号が発行される時点では全国公開となっている“Gemini Man”（邦題：ジェミニマン）は巨匠アン・リー監督とウィル・スミスがタッグを組み次世代デジタルシネマの幕開けに挑戦した 3D:60fps 2D:120fps のハイフレームレート作品について紹介していく。

全世界の配給はパラマウントピクチャーズが行い、日本の国内配給は東宝東和の子会社である東和ピクチャーズが行っている。

図 1 に示しているのがハイフレームレートならではの駒落ち感が無いバイクによるアクションシーンを取り上げた広告写真と、インタビューに登壇した Ang Lee 監督、主演の Will Smith、そしてプロデューサーの Jerry Bruckheimer 氏である。

“Gemini Man” の制作及び特殊効果に関わった会社の一覧を下記にします



Ang Lee Will Smith Jerry Bruckheimer
<http://thescreeningroom.ph/united-international-picture-s-get-inside-the-making-of-gemini-man-with-new-featurette/>

図 1 GEMINI MAN “HFR への挑戦”

制作

Skydance Media,
 Jerry Bruckheimer Films
 Fosun Group ForeverPictures
 Alibaba Pictures;

特殊効果

Weta Digital (Visual Effects and Animation)
 Scanline VFX (Visual Effects as Scanline VFX GmbH)
 East Side Effects (Visual Effects)
 Universal Production Partners (Visual Effects)
 Clear Angle Studios (Photogrammetry cyber-scanning Service)
 FBFX (Principal Mask)
 Legend 3D
 Park Road Post Production (Visual Effects)
 Stereo D (3D Conversion)
 The Third Floor

IMDB (Internet Movie Data Base: <https://www.imdb.com/>) による、この作品の主要テクニカルスペックは、

上映時間 1 時間 57 分

音響 Dolby Atmos/ Dolby Surround 7.1

縦横比 1.85:1

“GEMINI MAN” のテクニカルスペック (IMDB による)
 上映時間: 1 hr 57 min (117 min)
 音響: Dolby Atmos ; Dolby Surround 7.1
 カラー: カラー
 縦横比: 1.85:1
 カメラ: 1.85 : 1 with ScreenX
 Arri Alexa SXT-M, Leica Summilux-C Lenses
 Phantom Flex 4K, Leica Summilux-C
 Lenses
 ネガフォーマット: ARRIRAW
 HDCAM
 SxS Pro
 現像プロセス: Digital Intermediate (4K) (master format)
 HDCAM (4K/120) (dual-strip 3-D) (source format)
 ProRes 4:4:4 (3.2K/120) (dual-strip 3-D) (source format)
 配給フォーマット: D-Cinema (Digital Cinema Package DCP) (also 3-D version)

カメラ ARRI Alexa SXT-M 図 3 参照
 Phantom Flex 4K 図 4 参照

撮影時のデジタルネガフォーマットは ARRIRAW、HDCAM、SxS Pro (ソニーの 4K XAVC 記録に使用される超高速メモリーカード: エス・バイ・エス プロプラス) である。

デジタル編集のプロセスでは、マスターフォーマットが 4K デジタルインターメディアートであり、補助的に HDCAM (4K/120fps; dual-strip 3D)、ProRes4:4:4 (3.2K/120fps) 等が使用されている。

主要シーンの撮影は、ARRI Alexa SXT-M が使用されており、この機種はカメラヘッドと本体部分が分離されている構造であり 120fps のハイフレームレート収録が可能となっている。テクノクレーンでの撮影や、3D 撮影用に幅広く撮影されている機種である。

また、高速撮影での定番カメラとなっている Phantom Flex 4K は内蔵メモリ 128GB のモデルでは 4K 1,000fps で 10 秒の撮影が可能である。この作品では、後半の屋内戦闘シーンでの爆破カットで大量の破片が飛んでくるシーンがスローモーションで撮影されている映像で使用されているようである。

図 2 に示しているのが 3D リグによる撮影風景であり、写真では 2 台の 3D リグであるが、一般的には画郭を変えた 3 台のリグで撮影していると考えられる。日本での公開は 10 月 25 日であるが、国内配給元の東和ピクチャーズの親会社である東宝東和殿から招待を頂き、片目 60fps での関係者向け 3D 上映を鑑賞できた。

3D 映画が大ブームとなっていたころの SMPTE テクニカルカンファレンスでは 2 会場でのテクニカルセッションとは別に、

ハリウッドハイランド内のマンズシアターで1スクリーンを貸し切りにして3Dシネマ特別セッションを開催していたが、3D上映での24fps上映での駒落ち感(いわゆるガクガクとした映像)について問題点の指摘が数多くなされていた。60fpsでの3D上映ではバイクによるアクションシーンでも全く駒落ち感を感じられず、新時代の3Dシネマが誕生したと言える。

この24fpsによる駒落ち感は、通常の映画作品ではタイヤホイールやヘリコプターのプロペラが逆回転して見える等の違和感でしか無く、映画作品としてのストーリー展開に与える影響は皆無である。しかし、3D上映の作品で、動きの速いアクションシーンとなると、奥行き方向の位置情報が欠落した映像が連続することとなり、観客にとってはきわめて不自然かつ違和感を覚える3D映像となってしまう。

片目60fpsでの3D上映では、この24fps上映での駒落ち感を全く感じなく映画作品としてのストーリー展開に浸ることができたことから、アン・リー監督の果敢な挑戦は成功したのではと筆者は感じている。

さて、この作品のハイフレームレート上映については4月にラスベガスのシーザーズパレスホテルで開催されたCinemaCon2019でパラマウント作品の新作プロモーションで口頭発表されていたが、デジタルシネマ黎明期のジョージ・ルーカスが発言して話題を呼んだ“デジタル上映だけで封切りを”と同様に、ハイフレームレートに対応できるスクリーンがいくつあるのかであった。

表1に示しているのがデジタルシネプロジェクター各社とシネマサーバー各社のハイフレームレート対応状況である。

BARCOは4Kプロジェクターで6万ルーメン出力のフラッグシップモデルでは4K/2K共に片目60fpsでの上映は可能となっており、ChristieはD4K40-RGBのフラッグシップモデルのオプション対応で4K120fpsが出力可能となっており、2K3Dでは最高480fps対応可能としている。

NECは4K出力のNC3540LS-2で4K3Dは片目30fps、2K3Dは片目60fpsとまっており、SonyのSRX-R815Pでは4K3Dは片目24fps、2K3Dでは60fpsの出力対応である。



図2 Gemini Manの3D撮影風景
引用元 <https://www.studiodaily.com/2019/09/gemini-man-showing-hfr/>



ARRI ALEXA SXT CMOS Image Sensor
3,424 x 2202 pixels
0.75 - 120 fps

図3 ALEXA SXT-



4,096 x 2,304pixels
4K - 1,000fps
HD 2,000fps

図4 Phantom Flex 4K

機種名	プロジェクター				シネマサーバー	
	BARCO	Christie	NEC	Sony	Dolby	GDC
4 K-HFR	DP4K-60L	D4K40-RGB	NC3540LS-2	SRX-R815P	IMS3000	SR-1000
2 K-HFR	片目60fps	96-120fps ^{option}	30fps	24fps	60fps * NEC	60fps

表1: デジタルシネマプロジェクターとサーバーのHFR対応状況

		Cinelink					CinelinkIII2			
		Horizontal	Vertical	Frame Rate	Bits per Pixel	Mbps	250Mbps	500Mbps	1Gbps	
4K	120fps	4,096	2,160	120	36	38,221	153	76	38	>40:1は大幅な画質劣化
	60fps	4,096	2,160	60	36	19,110	76	38	19	16~40:1は画質劣化あり
	48fps	4,096	2,160	48	36	15,288	61	31	15	4~16:1 視覚的ロスレス
	24fps	4,096	2,160	24	36	7,644	31	15	8	4~16:1 視覚的ロスレス
2K	120fps	2,048	1,080	120	36	9,555	38	19	10	4~16:1 視覚的ロスレス
	96fps	2,048	1,080	96	36	7,644	31	15	8	4~16:1 視覚的ロスレス
	72fps	2,048	1,080	72	36	5,733	23	11	6	4~16:1 視覚的ロスレス
	60fps	2,048	1,080	60	36	4,778	19	10	5	4~16:1 視覚的ロスレス
3D	48fps	2,048	1,080	48	36	3,822	15	8	4	<4:1近似的ロスレス
	24fps	2,048	1,080	24	36	1,911	8	4	2	<4:1近似的ロスレス
	60fps	4,096	2,180	120	24	25,716	103	51	26	>40:1は大幅な画質劣化
	48fps	4,096	2,180	96	24	20,573	82	41	21	16~40:1は画質劣化あり
2K	24fps	4,096	2,180	48	24	10,287	41	21	10	4~16:1 視覚的ロスレス
	60fps	2,048	1,080	120	24	6,370	25	13	6	4~16:1 視覚的ロスレス
	48fps	2,048	1,080	96	24	5,096	20	10	5	4~16:1 視覚的ロスレス
	24fps	2,048	1,080	48	24	2,548	10	5	3	<4:1近似的ロスレス

表2: 4K/2K-HFRビットレートとCinelinkの帯域問題

また、シネマサーバーではドルビーのIMS3000がNECプロジェクターで4K映像の60fps出力に対応しており、GDCSR-1000も同様に4Kでの60fps出力に対応可能となっている。

このハイフレームレート対応の根本的な原因はテキサス・インスツルメンツがデジタルシネマプロジェクター各社に供給しているCinelinkインターフェースの信号伝送帯域である。

デジタルシネマの普及が始まった初期のCinelinkでは伝送帯域が250Mbpsであ

り、表2にしめしているように2K映像を視覚的ロスレス(大半の観客が画質劣化を感じられ無い水準)であるJPEG2000での圧縮率1/8で伝送できるギリギリの能力であった。

このデジタルシネマ普及期に設置された機器では、この最初のバージョンであるCinelinkが未だに稼働しており、3D上映でのDCPファイルサイズを250GB未満に抑える目的で本来のXYZコーディングによるDCP色情報を色差信号を減らすサブサンプリングを行ってDCPファイルと

DCS	Brand	Model	Intf	2K					2D					2K 3D					4K 2D				
				24	25	30	48	50	60	24	25	30	48	50	60	24	25	30					
Doremi		DCP2000/4K	SDI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7
		ShowVault with IMB in projector	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7
		IMS1000	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NEC		IMS (rebranded Doremi IMS1000)	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
USL		CMS2200	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sony		LMT-300	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		XCT-M10	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Barco		IMS Alchemy	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Christie		IMB-S2 (V1.5.3)	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dolby		DSS100	SDI	1	6	5	1	5	5	1	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		DSS200 with CAT 862 MB	SDI	1	1	1	1	11	11	1	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		DSS200 or DSS220 with CAT 745 IMB prior to V4.7.1	IMB	1	1	5	1	5	1	1	1	5	1	6	1	1	1	1	1	1	1	5	
		DSS200 or DSS220 with CAT 745 IMB after V4.7.1	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	5	
GDC		SA-2100A	SDI	1	12	12	1	5	5	1	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		SX2001A	SDI	1	12	12	1	5	5	1	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		SX2000 with IMB	IMB	1	12	12	1	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5	5					
		SX2000AR/TR with IMB	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Stand alone IMB SX3000	IMB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Qube		XP-D	SDI	1	5	5	1	5	5	1	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		Xi	IMB	1	8	8	1	8	8	1	8	8	1	4	1	1	8	8					
Kodak		Server (discontinued brand)	SDI	1	6	5	1	5	5	1	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
XDC		Server (discontinued brand)	SDI	1	1	1	1	5	5	1	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

- Status
- 1 Officially supported according to manufacturer documentation
 - 4 Seemingly undocumented but reported to actually work
 - 5 Not officially supported to our knowledge, no info yet on practical compatibility
 - 6 Not officially supported to our knowledge and reported to indeed actually fail (The Kodak server does play a 25fps DCP but without sound)
 - 7 Physically impossible speed for a non-IMB setup, limited by the physical data capacity of the Dual HD-HDI connection to the projector
 - 8 Not officially supported to our knowledge, no response from manufacturer, but expected to probably work
 - 10 Officially supported but reported to Fail. (UK, Okt 2014 V.8, ingest possible but no playback, a red icon stating 'error incompatible video format')
 - 11 Confidential report of failure, USA, March 2014
 - 12 Info from manufacturer: DCP will play but will be cropped to HD
 - Legacy product (discontinued, not produced or sold any more)

https://www.imago.org/images/pdfs/TECHNICAL/Frame_Rate_SupportV6wT3.pdf

表 3：IMAGO 社による欧州地域でのシネマサーバーのフレームレート対応表

して配給したことから画質劣化問題が喧伝された事もある。

最近の機種では Cinelink-II が搭載されていることから、伝送帯域も 500Mbps にまで高速化し、2K 映像での片目 60fps 上映も可能となってきている。ただし、4K 映像で片目 60fps を画質劣化を感じさせずに上映するためには 1.5Gbps 以上の伝送帯域にまで Cinelink の改良が必要であるが、未だに 1Gbps 帯域の製品は出荷されそうにも無い。

表 1 に示している各社の対応で、Christie がオプションでハイフレームレート対応可能としているのは、筆者の推測では Cinelink を多重化する小基板を設計したのではと考えている。2D 映像で 4K 120fps に対応するには 3.8Gbps の信号帯域が必要となるので、CinelinkII の回路を 8 回路並列構成すれば 4Gbps に対応可能となり、つつまがあう。

ここ数年話題となっているのはデジタルシネマ関連の規格が策定されて 10 年以上が経過し、さまざまなおろびが出てきていることである。最近の連載記事でも紹介した中国における GDC 社のシネマサーバーが違法複製され、1 万台を越えるゴーストサーバーとして私設映画館への封切り映画館流通市場が形成されていた事案についても、共通暗号化鍵と配給元が作成・配

布する KDM (配給契約に基づく上映期間情報や、上映する映画館 ID やシネマサーバーシリアル番号、そして共通暗号化解除鍵) の二段階認証方式によるセキュリティが破られてしまった事が大問題である。そして、映画館 ID やシネマサーバーシリアル番号情報が信頼に足りる情報なのかの検証問題、そしてリアルタイム性などの運用面の問題が顕著化してきている。

さらに、配給パッケージのメタデータラッピングに関わる運用上の細則について現場との協議が十分になされないままに配給が開始されたことから、MXF メタデータの運用に精通していた MPEG 関連エンジニアが立ち上げた団体の暫定運用規格と、後手に回った SMPTE 策定の運用規格が並行して走ってしまった問題がある。

さらに、表 2 に紹介している Cinelink の帯域問題も、テキサス・インスツルメンツの製品そのものを規格として取り込んだことから起きる弊害(企業は採算に合わない)と新製品を出してこない)が顕著化してきている。

デジタルシネマの実質的な規格である DCI (Digital Cinema Initiative) もハリウッドメジャースタジオが出資して有限責任会社を設立し、USC (南カリフォルニア大学) の外部組織である ETC (エンターテインメント・テクノロジー・センター) を母

体にしてスタッフを集めて標準化のための活動を期限付きで活動した組織である。

当時の背景としては、フィルムによる撮影と配給コスト問題が映画制作・配給のビジネスとして大きな課題であったことから、ハリウッドのスタジオ各社も出資すると同時に各社の技術スタッフを投入し、さらに規格策定後のデジタルシネマ普及ではフィルム配給にかかっていた経費が削減できた見返りとして VPF (バーチャル・プリント・フィー) によるデジタルプロジェクター及びシネマサーバー導入費用を映画館に第三者を介して還元する形で映画館のデジタル化を後押ししてきた背景があったが、この VPF 契約による費用負担も大半が終了し、全世界で 19 万スクリーンを突破したデジタルシネマ上映機器も更新時期を迎えてきている。

4 月の CinemaCon におけるパラマウントのハイフレームレート上映の発表後も、第二次 VPF があるのならハイフレームレート対応機器に更新しても良い等々の発言が映画興行側からは出ていた。ハイフレームレート上映について、配給元のパラマウント内部でも対応可能な映画館の少なさに ついて懸念の声もあったようで、作品中のウィル・スミスのクローンを作成した CG による若返り特殊効果に宣伝を絞った感が強い。

なお、米国での作品公開前から、どの映画館でハイフレームレート上映が鑑賞できるのかは映画マニアのブログでも大きな話題となっていた。

Bryant Frazer 氏が “Where Is Gemini Man Showing in HFR?” と題して Studio daily に投稿した記事 (<https://www.studiodaily.com/2019/09/gemini-man-showing-hfr/>) によると、120fps で 3D 上映が可能な映画館は米国で 2 館のみであり、ロサンゼルス・ハリウッド・パインのアークライトシネマ、そしてニューヨークの AMC リンカーンスクエアだけである。

また、2K120fps での 3D 上映は AMC のドルビービジョン 3D が対応しており下記の 14 館が上映可能な映画館である。

- AMC Aventura Mall 24 - Miami, FL
- AMC Century City 15 - Los Angeles, CA
- AMC Del Amo 18 - Los Angeles, CA
- AMC Disney Springs 24 - Orlando, FL
- AMC Elmwood Palace 20 - New Orleans, LA
- AMC Flatiron Crossing 14 - Denver, CO
- AMC Hawthorn 12 - Chicago, IL
- AMC Lincoln Square 13 - New York, NY
- AMC Metreon 16 - San Francisco, CA

- AMC North Point 12 - Atlanta, GA
- AMC River East 21 - Chicago, IL
- AMC Town Square 18 - Las Vegas, NV
- AMC White Marsh 16 - Baltimore, MD
- AMC Willowbrook 24 - Houston, TX

表 3 に示しているのは EU から委託を受けた IMAGO 社が欧州圏内でのデジタルシネマ機器についてどこまでフレームレート対応ができていないのか調査を行った興味深い集計である。

新しい機種では、プロジェクターに内蔵する形式の IMB (統合型メディアブロック) が採用されていることから 2K3D での 60fps 再生も問題無く行えているが、旧式の外付けシネマサーバーでプロジェクターと SDI 同軸ケーブルで接続するタイプでは対応フレームレートが極端に低下している。日本国内でも、アジア地域で最初にデジタルプロジェクタを導入したティ・ジョイを筆頭にして様々な世代の機種が展開されているが、この表 3 に示しているような全映画館導入機器の次世代上映対応状況についてどの程度サポートされているのか、はたまた中国でのデジタルシネマサーバーのクローン問題の根源にある廃棄・更新された

旧式シネマサーバーやプロジェクターが適切にスクラップされたのか等の管理問題も含めて公的な映画振興機関が存在しない問題がある。

様々な映像表現に挑戦してきた巨匠アン・リー監督と名優ウィル・スミスのタッグによるハイフレームレート作 “Gemini Man” は、是非とも 60fps での 3D 上映 (筆者の希望では吹き替え版を) を鑑賞していただければ従来の 24fps による 3D 上映で動きが激しいときの駒落ち感を感じることも無く、きわめて自然に作品を鑑賞でき、新時代のデジタルシネマを堪能できる。

デジタルシネマの息吹が始まって 20 年を経過し、これからの映画興行は、さらなる高画質化 (JPEG2000 に変わる JPEG-X 等の圧縮技術、ハイフレームレート、4K、そして映画館上映環境の整備による上映時のコントラスト比改善等々) を目指して関係各位の奮闘をお願いしたいところである。

Ichiro Kawakami
デジタル・ルック・ラボ

HD デジタル KVM システム

ihse.
Excellence in KVM and Video

- 圧倒的に優れた操作性
- 豊富な製品ラインナップ※1
- 幅広いオプション群※2
- 8 ~ 576 ポート・マトリクス切替
- CAT と Fiber の混在が可能※3
- 二重化システム構築が可能
- ユーザー権限設定
- 豊富な国内導入実績
- MatrixGrid ファンクション※4
- MultiScreen ファンクション※5
- API による外部制御が可能
- SNMP によるアラーム出力



※1: 入力ソースに応じて、DVI-D, DVI-I, DVI DualLink, HDMI, Display Port の各種モデルがあります。

※2: USB1.0, 2.0, 各種オーディオ, RS232/422 の延長にも対応。

※3: CAT で最長 140m、ファイバー (シングルモード) で最長 10 km の延長が可能。

※4: 複数台のスイッチ間をタイライン接続することで、より自由度の高いルーティングを可能にします。

※5: 1 セットのキーボード/マウスにより、4 台の異なる PC を同時制御することが可能です。



伊藤忠ケーブルシステム株式会社
報映事業本部 TEL.03(6277)1851

〒141-0022 東京都品川区東五反田 3-20-14 高輪パークタワー