

平成28年 2 月28日

特定非営利活動法人三鷹ネットワーク大学推進機構
「民学産公」協働研究事業実績報告書

研究事業名

Live!オーロラ・HD/4K 撮影に関する技術開発と、
三鷹市内での公開イベントの実施

事業者名
有限会社遊造

目次

1	協働事業概要	3
2	申請団体のプロフィール	3
3	協働研究事業の企画・実施の背景	4
3-1	オーロラに関する背景	4
3-2	技術的アプローチに関する背景	5
4	協働事業の詳細	8
4-1	中継・コンテンツ配信概要	8
4-2	実証実験：国内中継・配信拠点の分散化	11
4-3	4K-Timelapse映像について	11
4-4	4K-Timelapseへ向けて、映像圧縮コーデックの検証（HEVC/H265）	11
4-5	FFmpegによる検証について	12
4-6	検証環境	14
4-7	検証結果	15
5	一般公開イベント	17
5-1	平成27年12月18, 19日 「オーロラXmas in NTT武蔵野研究開発センター」	17
5-2	平成28年1月5日～2月7日 「宇宙から見たオーロラ展2016」	18
5-3	平成27年12月18日～2月29日 「Live!オーロラ～アラスカ原野行」	19
6	実験の考察	20
7	今後の計画	20

1 協働事業概要

2006年から好評を得ているオーロラ生中継プロジェクト「Live!オーロラ」の三鷹市内上映企画を、2015-2016年の間に行う。

天文に関する関心の高い市民のほか、市外からの集客、反応も目指す。

また、オーロラや天体のような暗視環境における超高感度映像を高精細な解像度で取得するための、技術開発と実証を行う。

近年注目されている高精細映像（4K映像等）は、フルハイビジョンの4倍等の解像度を持つため、被写体がより鮮明に映しだされることから、高い臨場感や没入感を視聴者に与えることができる。これまでLive!オーロラでは「リアルタイム性＝ライブ放送」にて臨場感を得る方法を主に取ってきたが、高精細な映像を撮ることで「より本物を肉眼視している状態」に近い環境を作ることができる。

長年、オーロラ等の暗い被写体を4K等の高精細映像で取得する技術はなかったが、2010年頃から光学メーカー等との試験を重ねてきた結果、4K解像度でオーロラを撮影できるシステムを実現できる可能性が高くなった。

今回は新たに4K撮影システムを開発した後、アラスカ観測所へ設置し、日本からの遠隔操作で撮影する。4K映像は、実速度及びタイムラプス映像での収録を目指す。

また、上映イベントでは4K映像の上映装置の調達が難しい場合は、ハイビジョン解像度へ一旦ダウンコンバートした上で上映を行う。

2 申請団体のプロフィール

有限会社遊造

〒181-0013

東京都三鷹市下連雀3-38-4 三鷹産業プラザ4F

Tel 0422-72-8651 / Fax 0422-72-8652

設立 平成16年4月

資本金 300万円

<事業内容>

ソフトウェア、コンテンツ開発、コンサルティング

サイエンスコミュニケーション事業

<http://www.u-zo.jp/>

3 協働研究事業の企画・実施の背景

3-1 オーロラに関する背景

最近10年ほどで増加を続ける北米や北欧へのオーロラ観測旅行者、そして、TVメディア等へオーロラが露出した際の視聴率やアクセス数からも、日本人はオーロラが非常に好きであることは明白だ。しかし、オーロラの背景にある地球極域の環境やサイエンスはどれほど興味を持たれているのか、または知られているのか、という点には疑問がある。

全国に数百を超える科学館やプラネタリウム館では年間の季節番組や企画としてオーロラを題材にしたものが多いが、残念ながらオーロラに関する知識や映像表現方法に対し的確な手法がとられている館は非常に少ない。

これまでの一般的に知られているオーロラは、TV等メディアや写真集等にて“美しいもの”の代表例、また「アート作品」として描かれてきたものが殆どであり、それにより一般の人が得られるオーロラに関する知識は、「本物のオーロラの姿」とは大きく離れたものになっていた。

また、最近10年ほどで特に人気が高まっているオーロラ観測旅行に関しても、アラスカやカナダ等、地球環境変動の影響を大きく受ける極域に足を踏み入れる人が増えているが、その場で起きている環境問題、さらに、極域特有の「太古の地球の姿」が伝えてくれるメッセージを体感する人はあまり多くない。

その理由のひとつは「アート作品」としてのオーロラを見ることが一番の目的になっており、オーロラが輝く天空から視線を下ろすと、そこには地球原野の姿がそのまま残っている「ラストフロンティア」であることに意識を持つ人が多くないことであると考えられる。

「本当のオーロラの姿」、つまり、それはアート作品ではなく、地球と宇宙が繰り出す壮大な本物の自然現象であること、そしてその発生原理を科学的に学ぶことによって、多様な生命構造体を持つ地球が、宇宙線が飛び交う、地球生命体にとっては過酷な宇宙の中に浮かぶ奇跡ともいえる存在であることを強く知ることができる。また、オーロラが観測できる現地の様子を臨場感演出と共に生中継で届けることにより、「オーロラはリアルタイムで変化する本物の自然現象」であることを視聴者に体感してもらうことができる。

3-2 技術的アプローチに関する背景

最先端の光学技術、IT技術、可視化技術、さらにメディアアート技法を、Live!オーロラ・コンセプトの元で効果的に導入することにより、＜オーロラに関する背景＞にある問題を一つずつ解決に導くことができると考え、その手法を実施する。

＜光学技術（撮影技術）に関する背景＞

オーロラは明るいものでは満月ほどの明かりになるものがあれば、暗いものでは、視認できる星の明かりより遥かに暗くなることがあり、その様子を映像化するには、これまでは長時間露光によるスチル撮影（静止画撮影）、または、そのスチル撮影画像からのTimelapse動画（静止画を編集にてつなぎ合わせた動画）を行うことが殆どであった。

また、二度と同じ姿を見せず、そして正確に“いつ現れるかわからない”オーロラをより正しい姿としてとらえるには、オーロラが発生する地球極域にて定点観測のように常時監視・記録し続ける必要があり、「撮影技術」と共にこの観測方法はとても重要なものでもある。

Live!オーロラでは、2006年9月よりアラスカ州中部の観測所へ、撮影システム、中継システムを含む機器を常設し、オーロラの高画質なビデオ撮影を可能にする電子増倍管カメラによるフルカラー動画撮影、全天周撮影、スチル撮影等を継続しており、「本物のオーロラの姿」をとらえ、世界中に伝えるための技術的なアプローチを続けているが、新たな撮像装置の導入や開発、ノウハウの蓄積等さらなる技術的な探求が必要であると考えている。

特に撮影・伝送コンテンツの4K等高精細化への取り組みや、より高感度での高品質な映像をとらえ、伝送するための技術は、今後も重要な課題となる。

＜可視化技術（メディアアート技法含む）に関する背景＞

撮影された映像をLive!オーロラ・コンセプトの元に可視化を行う上で、プロジェクター装置による大画面上映や特にドーム空間における全天周上映は欠かせないコンテンツ表現手法である。しかし、＜オーロラに関する背景＞で述べたように、「本物のオーロラの姿」をより正しく映し出すことができる投影装置は決して多くない。また、投影装置の画質調整やスクリーン面の調整は、オーロラの上映に関するノウハウを必要とするが、そのノウハウはLive!オーロラ開始の2006年以前より10数年に渡り機会を設けながら蓄積してきた。

最近では高解像度・高輝度、そして液晶、DLP、LCOS等、多様な技術を採用した投影装置または部品が市場に増えているため、より上質な上映を可能にするために、上映環境に合わせた装置や部品の組み合わせをさらに模索する必要がある。

また現地の地上から観測する場合、空一面に光の束が広がるように現れ、さらに時間の経過と共に時には激しく、時には静かに移動していくオーロラの姿を体感することができる空間として、全天周投影が可能なドーム空間上映は欠かせない。

ドーム空間へのオーロラ映像の上映、さらに生中継によるドーム空間への上映には、

デジタルプラネタリウム上映装置に類似した特殊な上映装置のほか、ドーム面へ上映するための映像補正技術が必要である。さらに複数台の上映装置による投影が必要な場合は、リアルタイムの映像ブレンディング技術も必要となる。これらを含め、ドーム空間でもスクリーン面の加工状況、空間内の照度、上映装置の設置環境等、様々な環境が存在する。そしてこのような技術は比較的新しい分野であることから、さらなる探求が必要となる。

また、オーロラから地球環境へ、オーロラからサイエンスへ、体感する人の意識を誘うために、メディアアート技法の導入を検討することにより、利用者・体感者からのフィードバックをさらに得られる可能性がある。



＜IT等技術とコンテンツに関する背景＞

Live!オーロラが実現できている要件の中で、技術・サービス・広報等全てにおいて重要なものがIT及びコンテンツ演出である。

オーロラが発生する地域は北極域や南極域等、地球の極地であり、現地から高品質な映像を常時安定して伝送するためには、データ伝送帯域がある程度確保されている状態、データを効果的に伝送するための技術、さらに、それらが安定した状態で稼働できるシステムが必要だ。

また、オーロラ以外にも、以前より富士山の様子や世界中の街の様子等のライブカメラは多く存在しているが、これまではどのライブカメラも、ただ映像を流し続けるだけで、閲覧環境の演出が特別に施されているものは存在しなかった。

例えば、パソコン画面上で単純に動画再生ソフトまたはインターネットブラウザー内の動画再生プラグイン画面に映像が流れるだけの演出では、映像自体にある程度の演出や没入感、感情移入を提供出来るだけの変化やストーリーが存在しない場合、コンテンツとしての魅力を持つことができない。

Live!オーロラは、プロジェクト開始当初から、この点を重視した演出や技術開発を行ってきた。

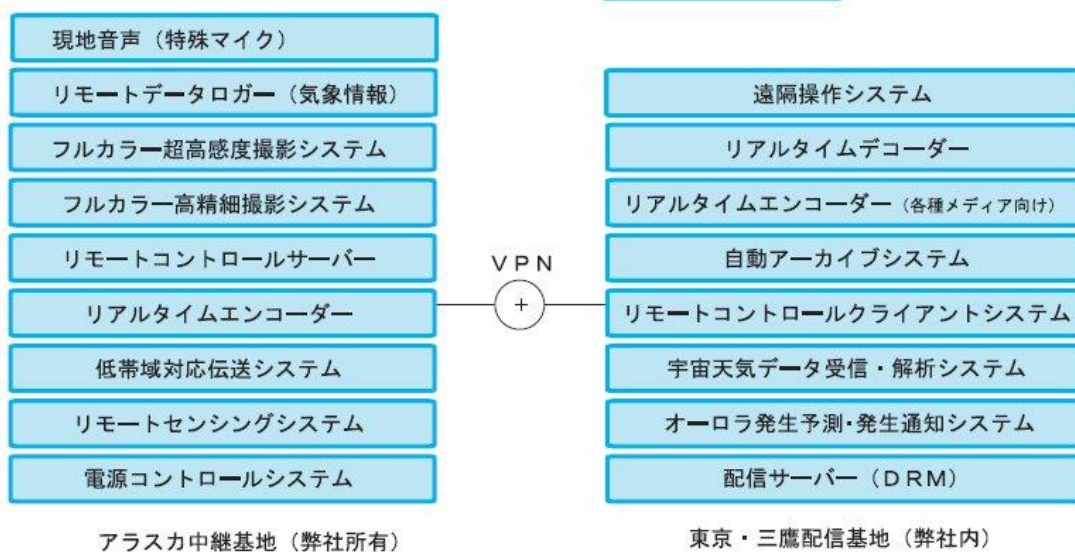
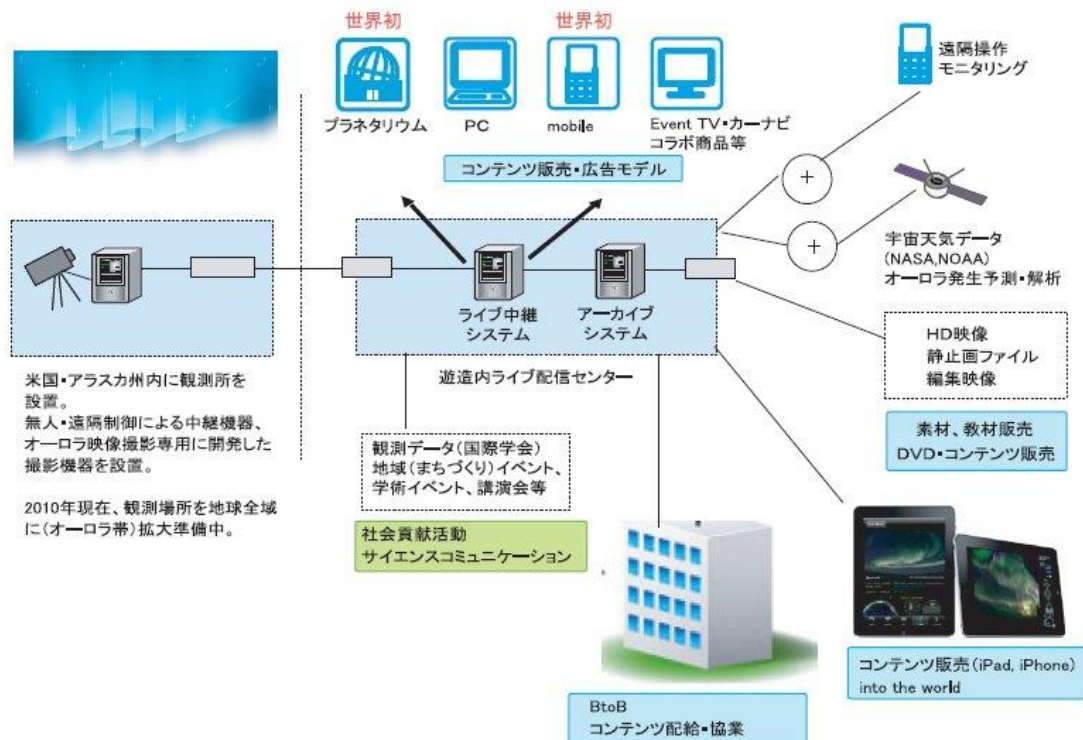
4 協働事業の詳細

4-1 中継・コンテンツ配信概要

オーロラ中継事業



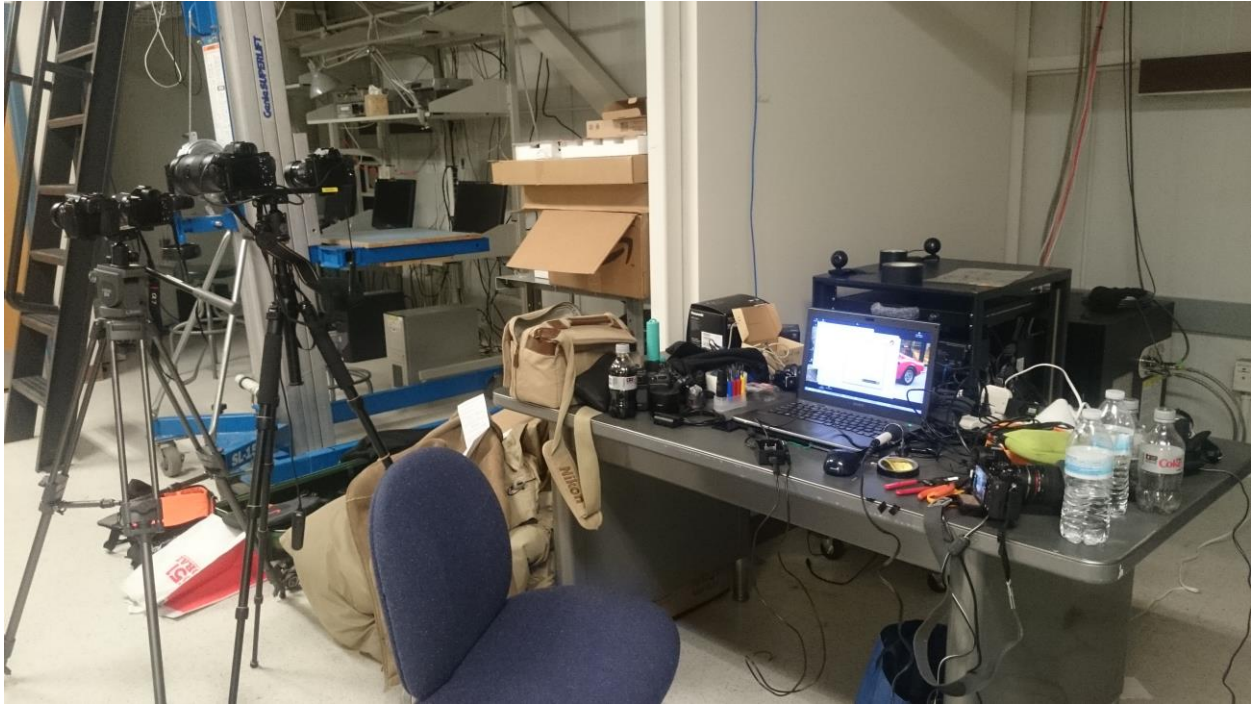
科学、天文、オーロラ、地球環境、デジタルサイネージ、他多くのマーケット





アラスカ観測所 (UAF/GI内)





アラスカ観測所内・作業スペース



複数の撮影機器を現地でテスト（アラスカ観測所）

4-2 実証実験：国内中継・配信拠点の分散化

現在のLive!オーロラは、Webサイトのピーク時には月間700万PVのアクセスがあり、さらに動画コンテンツへのアクセスも多い。さらに大小様々なイベントやプラネタリウムドーム等へのコンテンツ配給も同時に行っていることから、コンテンツ配信拠点である三鷹産業プラザ内設備へのインフラ面の負荷は非常に大きい。

さらに、年間数回の産業プラザ全体の停電メンテナンス工事が施工されることから、常時安定したコンテンツ配信を行う環境としては最適とは言い難かった。

また、プロジェクトの社会的知名度の向上やメディアへの露出が増えるたびに、国内外からのDos攻撃に代表されるネットワーク・アタック行為が増えていることから、配信拠点の分散化は急務であった。

そこで、2013年に東京・新宿、東京・調布に新たなデータセンターと配信拠点を設け、サービスと研究開発環境の冗長化を兼ねてネットワークの分散化を行った。

一方で2006年から活用を続けていた三鷹市内（三鷹産業プラザ）の拠点のビル設備（電源・ネットワーク）の老朽化が顕著なことから、サービスの実運用への影響が大きくなり、2015年から愛知県内に新たに拠点（主に配信用データセンター）を設けた。

4-3 4K-Timelapse映像について

本件で目指す4K解像度による映像配信に対して、Live!オーロラが所有する撮影機器、アラスカー日本国内拠点のネットワーク帯域、映像圧縮設備の現状から、まずはデジタル一眼レフカメラ（DSLR）による連続した高精細静止画像から、Timelapse映像の実現から試すことにした。一方で、オーロラをビデオ撮影できる4Kカメラも保有しているが、上述したように、フルHDの4倍の解像度を持つ4K映像を動画伝送するためのネットワーク帯域を所有していないため、今回は静止画像を活用したTimelapse映像を採用する。

4-4 4K-Timelapseへ向けて、映像圧縮コーデックの検証（HEVC/H265）

4K映像はフルHDの4倍の解像度を持つため、映像が高精細化するにつれ、映像ファイルの容量の肥大化や、ネットワーク伝送への負荷は増大していく。

2016年現在、有線放送（インターネットを含む）における映像配信では、AVC（H264）と呼ばれる圧縮コーデックが一般的に活用されており、Live!オーロラでもAVC（H264）を導入し、国内外へライブ映像やコンテンツ映像の配信を続けている。

一方で、フルHDを越える4Kや8K等の高精細映像の一般的な要望に対して、次世代の映像圧縮コーデック、HEVC（H265）が注目されている。

HEVC（H265）は、AVC（H264）の約2倍の圧縮性能を有しているとされており、大量の映像を所有するコンテンツ・ホルダーにとっては、映像を高画質な状態で効率よく保管することができる他、ネットワーク伝送への負荷も軽減されるため、Live!オーロラのようなコンテンツ・ホルダーにとっては、HEVC（H265）は熱望する技術の一つである。

しかしHEVC（H265）は、高性能な圧縮技術であることから、まだ普及は途上の状態で

あり、かつ、活用するためのハードウェアや技術的な要求は高いことから、Live!オーロラのようなサービス運用を行うコンテンツ・ホルダーが即座にAVC(H264)からHEVC(H265)へ全面的に転換することはできない。

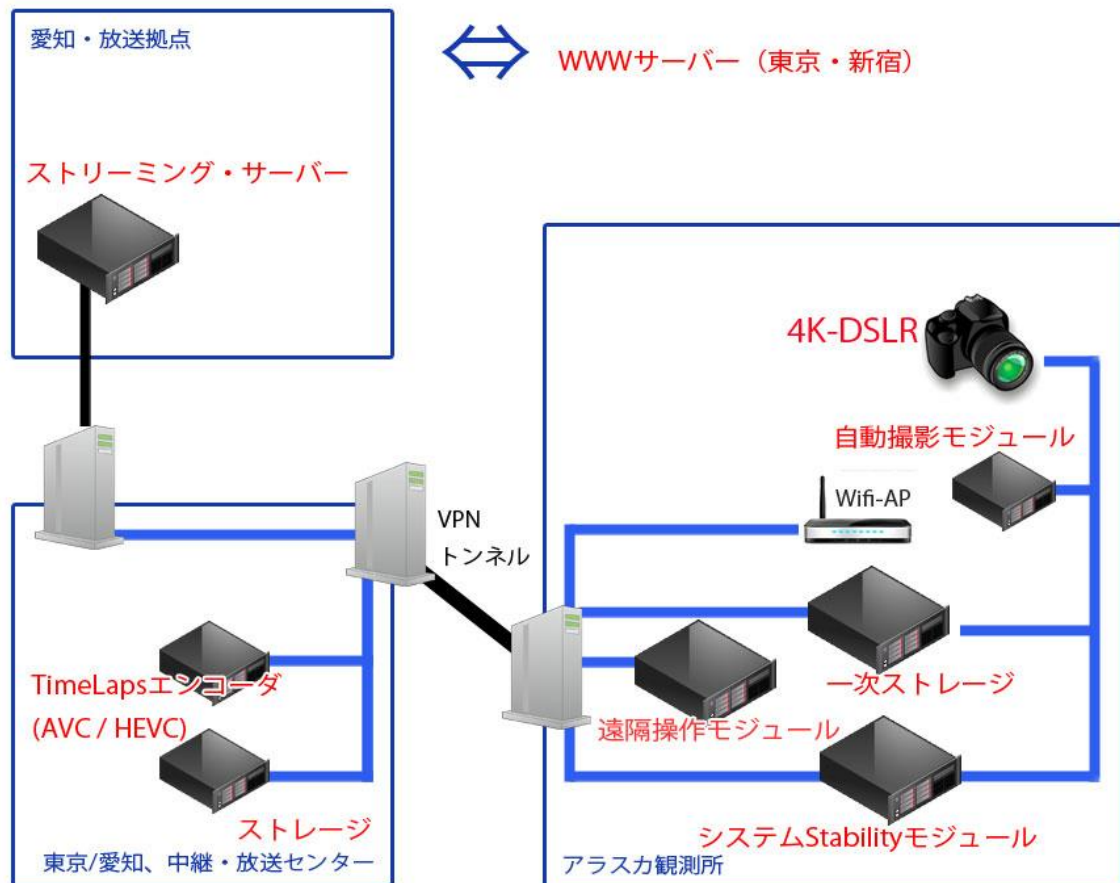
ただし、4Kや8K等の高精細映像への社会からの要望は高まる一方であるため、できることから技術的な検証を始めることにした。

4-5 FFmpegによる検証について

FFmpegとは、Unix系OSから始まったフリーソフトウェアの一つであり、既存の映像編集ソフトウェアにも広く応用されている、動画像（音声含む）を変換するためのソフトウェアである。Linux等のUnix系OSやWindowsOS等のコマンドライン画面から、プログラミング・スクリプト等により活用できるため、Live!オーロラでも2006年からRTMP/HTTP等の映像ストリーミング・サービスのために長く活用している。

また、FFmpegの特徴の一つであるオープンソースによる世界中での開発体型から、HEVC(H265)のような最新技術も早期から導入や改修が続けられているため、小規模の研究開発環境でも、比較的導入しやすいソフトウェアである。

今回、FFmpegによるHEVC(H265)の検証を行うための環境として、下記のようなシステムを構築した。



Live!Aurora 4K-timelaps system plan 2015-2016

(c) 遊造
Confidential

本件に関する、ネットワーク・システム構成図

- (1) Live!オーロラのアラスカ観測所へ、4K解像度の静止画像を撮影できるDSLRを設置。
- (2) 設置したDSLRの自動撮影制御は2006年から開発・改修を続けているオリジナルの自動撮影モジュールを活用する。
- (3) 撮影データの一次ストレージとしてアラスカ観測所に、また、二次ストレージは日本国内の拠点に設置する。
- (4) アラスカ観測所は原則的に無人運転を可能にするため、2006年からのLive!オーロラ・システムと同様に、遠隔操作モジュール、システムStabilityモジュールに上記システムを接続する。
- (5) HEVC (H265) の検証環境は、日本国内の拠点（東京・調布）に構築する。
- (6) HEVC (H265) の普及度の低さ等を考慮し、今回は内部での検証に重きを置く。

4－6 検証環境

- (1) DSLRは、ニコン製のカメラを複数活用
- (2) 撮影は自動で制御を行い、24時間毎日連続稼働する。(日中と夜間の撮影インターバル、撮影露出データも事前に決めたスケジュールファイルにより制御)
- (3) 4K解像度での検証の前に、Webサービスで普及しているHD解像度(1280 x 720)にて、画質、ファイル容量等の検証を行う。
- (4) この検証により、国際間ネットワーク網での映像伝送や、HD/4K動画像のライブ伝送へ活用できるか考察する。

4-7 検証結果

(c)U-ZO (AK) 2016/02/16 21:11



HEVC (H265)によるTimelapse映像のスクリーンショット

解像度：1280 x 720

ビットレート：2 Mbps

ファイル容量：10.6 Mbyte

(c)U-ZO (AK) 2016/02/16 21:11

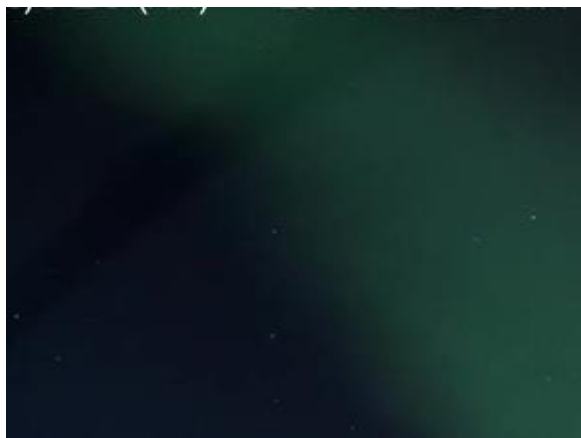


AVC (H264)によるTimelapse映像のスクリーンショット

解像度：1280 x 720

ビットレート：2 Mbps

ファイル容量：16 Mbyte



HEVC (H265)



AVC (H264)

ファイル容量の比較では、AVC (H264) は HEVC (H265) の約 1.5 倍になった。理論上では HEVC (H265) は AVC (H264) の約 2 倍の圧縮効果だが、元映像の内容（色数や情報量等）により誤差が生まれるため、今回の約 1.5 倍の圧縮効果は、想定範囲内と判断した。

また画質では、AVC (H264) では、ブロック状のノイズや縞状のバンディングが HEVC (H265) より目立つ。

オーロラのような暗視映像は、特にビデオカメラで撮影すると、高感度ノイズが発生することが多く、これまで AVC (H264) によるライブ伝送にて、高感度ノイズが圧縮時に映像情報と認識され、ブロックノイズとして現れることに悩まされてきた。一方で HEVC (H265) では、比較的ブロックノイズは少なく、画質の向上が見られる。

また、色がグラデーション状に変化する部分で、バンディングと呼ばれる縞状の画質の劣化も AVC (H264) の方が目立つ。空やオーロラのような大気現象を撮影する場合、夕暮れ等の薄明時にはバンディングが目立つことが多く、この場合も、HEVC (H265) による画質の向上には期待できると思われる。

5 一般公開イベント

HEVC (H265) 等の圧縮伝送技術の検証の他、コンテンツ・データの可視化や映像の没入感に対する一般視聴者からの反応を得るために、関東地域を中心に、他企業との協業等にてイベントを行った。

5-1 オーロラXmas in NTT武蔵野研究開発センター

日時： 2015年12月18, 19日

内容： Live!オーロラによるHDライブ中継、収録映像を元に編集した映像コンテンツ上映、古賀祐三による講演等。



5-2 宇宙から見たオーロラ展2016

主催： コニカミノルタ 協力 NASA, JAXA, 遊造 他

日時： 2016年1月5～2016年2月7日

内容： Live!オーロラによるHDライブ中継、収録映像を元に編集した映像コンテンツ上映、古賀祐三による講演等。



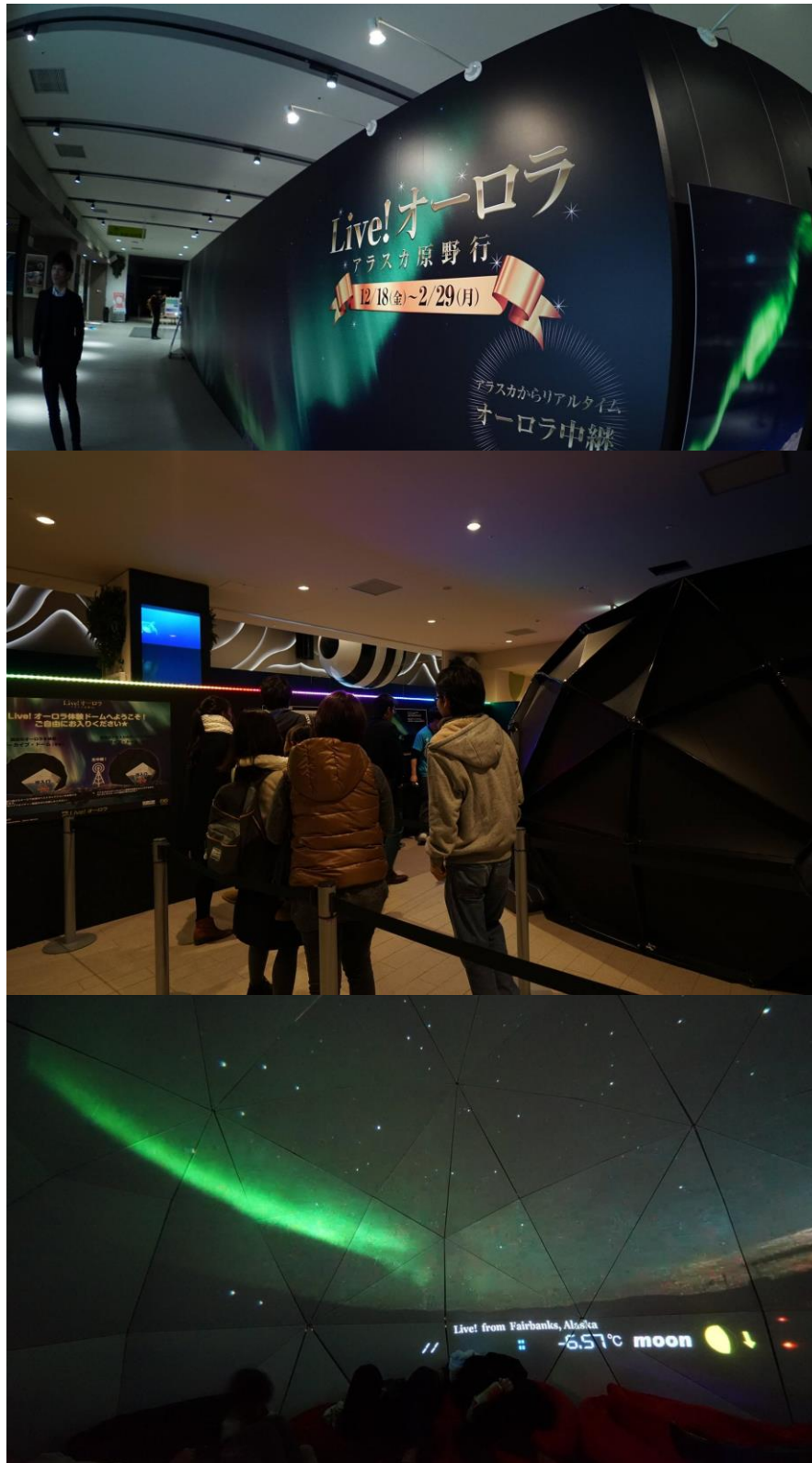
5-3 Live!オーロラ～アラスカ原野行

主催： セガ・ライブクリエイション 協力：遊造

場所： Orbi横浜 特設会場（マークイズみなとみらい5F）

日時： 2015年12月18～2016年2月29日

内容： Live!オーロラによるHDライブ中継のドーム上映、収録映像を元に編集した映像コンテンツ上映、オーロラ写真家による作品展示等



6 実験の考察

4K解像度等の高精細映像をLive!オーロラを含めた今後のサービス事業へ導入するには、我々のようなコンテンツ配信側の設備や技術、コストの課題は大きいですが、一方でコンテンツ映像を楽しむ一般利用者のハードウェア、ソフトウェアの問題も無視できない。最近では、映像コンテンツを楽しむ媒体が高性能なパソコンから、スマートフォンのような小型の媒体への移行が進んでいるため、ライブ映像コンテンツのように常に映像を受信して楽しむには、映像受信媒体の性能向上と共に、再生ソフトウェアの向上も必要だ。

一方で、映像コンテンツによってはフレームレートや映像表現に工夫を施すことによって、これらの課題に対応できる可能性もあるため、模索していきたい。例えば、オーロラは激しく動くときもあれば、殆ど映像に変化がない場合も多いため、映像データ内の情報量を抑えるための工夫をしてもよいだろう。

HEVC(H265)は、画質やファイル容量、データ伝送量の効率化や向上にとって有益であることは間違いないため、今後も検証と研究開発を続けていきたい。

イベントや作品等でのコンテンツ上映では、特にドーム空間に代表される没入感演出には今後も注力していきたい。5-3のドーム空間は、来場者が寝転びながらアラスカのライブ映像を体感できるしくみを施し、概ね好評だった。ドームの施工上の品質、上映映像の品質、イベント運営の質の向上は、さらに良い未来を持つと思っている。

7 今後の計画

これまでオーロラを中心に、IT・光学・映像演出等の技術開発と、コンテンツ演出、サービス運用を網羅して活動が続けているが、今後はオーロラに関わらず、この経験や技術が活かされる場を模索していきたい。