

シーンベースのVR音響のための 標準的音楽制作ワークフローの提案と構築

Proposal and construction of a standard music production workflow for scene-based VR Audio

坂本 昭人 Akihito Sakamoto

デジタルハリウッド大学 助教

未だ確立されていないシーンベースにおけるVR音響を用いた音楽制作のためのワークフローについて標準化を図ることを目指す。360度動画の視点変化に連動し定位変化する2Mix(ステレオ)音源のVR音響化を行うために、従来の音楽制作ワークフローを踏襲しつつ、デジタルコンテンツを学ぶ学生でも着手することができるレベルを標準的なものとし、複雑なシステムを簡略化し、無料または安価な機材やツールの使用に留めながら、音楽制作ワークフローの構築を図った。

キーワード：VR音響、VRオーディオ、アンビソニック、空間音響、音楽制作

1. 背景と目的

一般的にVR元年と呼ばれる2016年頃より、バーチャルリアリティ技術を用いたコンテンツ制作のための機材やツール、プラットフォームが広く普及し、これに伴い様々なサービスやVRコンテンツが誕生してきた。その代表的な例のひとつに360度動画がある。

そもそも動画(2D動画)は、スマートフォンやタブレットの普及に伴い、誰もが専門知識が無くとも手軽に扱えるコンテンツとなっている。その延長として、全方位を画角の対象とした全天球カメラが各メーカーより発売されたり、複数の2Dカメラ素材をステッチすることで360度化を実現する編集ツールが誕生する等、360度動画を制作する環境が整ってきた。

360度動画の大きな特徴のひとつは、視聴者が自由に視点を動かせることである。自分が見たい視点を上下左右奥行きでコントロールできることは、これまでの自由な視点変更ができない2D動画とは異なり、用途は格段に向上した。

一方で、これらの動画に連動する音の技術の進捗は鈍い。360度動画の視点を動かしても音は依然固定された2Mix(ステレオ)である場合が多く、VRコンテンツのリアリティを低下させる一因となっている。その要因として、動画と比べ機材やツール等の環境が整っていないことも挙げられるが、実際、数が少ないとはいえ既にVR音響化する手段は存在しており、そのための制作ワークフローが確立していないことが課題と考えられる。

そこで、本研究では、360度動画の動きに連動するVR音響化された音楽制作のための標準となり得るワークフローの確立を目的とする。

2. 提案の概要

原理としては、モノラルやステレオ、バイノーラル録音により制作された、あるいは、シーケンサーを用いた打ち込みといった録音を伴わず制作された2次元音源ソースとして定着している素材を、3次元空間に再配置する。

現状の音楽制作環境は1chか2chのチャンネル設定に対応したものが多く、プラグインの仕様も同様である。一方で、VR音響化することでトラックは4ch以上のチャンネル設定になるため、従来使用しているプラグインが使えるよう、2Mix音源用のトラックとVR

音響化した音源用のトラックに分け、このふたつをルーチン化しVR音響化を実施する。さらに、この仕組みが構築されれば、元ソースとなる2Mix音源が複数になっても、1曲のVR音響化した楽曲として制作することができる。

これにより、従来の音楽制作のワークフローを活用しながら音楽コンテンツの新しい表現をすることができ、また、既に存在する2Mix音源の再利用もすることができる。これまで音楽業界で制作に従事してきた者でも、DTMといった趣味のため独学で学んできた者であっても、特別なハードウェア等追加すること無く、このワークフローを活用することでVR音響化した音楽制作をすることができる。

3. 先行研究と前提条件

まず、従来の音楽制作ワークフローは、作詞や作曲といった曲作りをし、実際の音をレコーディングした後、編集やミックスを行うものである。

谷井章夫、後藤真孝、片寄晴弘(2003)の研究報告では音楽制作のプロセスを次のようにまとめている。

- (1) 楽曲コンセプト
- (2) 作詞・作曲
- (3) 編曲(アレンジ)
- (4) 録音(レコーディング)
- (5) ミックスダウン
- (6) マスタリング
- (7) CDプレス

この工程の中でも技術的な制作の中心となるのは録音(レコーディング)とミックスダウン(編集を含む)である。現在もこの流れに則り音楽制作が行われているため、この工程は崩さずミックスダウンの後にVR音響化する作業を追加する。

音をVR音響化するためには大きく分けて2つの手段がある。

ひとつは、動画撮影時と同時にVR音響専用のマイクで録音することである。声や楽器、環境音等の録音に適しており、その場の様子をそのまま収める点では最もリアリティある音が再現できる。しかし、とりわけ音質についてはどうしてもマイク本体の性能に依存し、不要なノイズ混入等、録音環境の影響を受けやすい。

もうひとつの方法として、既に来上がっている音源やこれから制作される2Mix(ステレオ)音源を編集でVR音響化することである。こちらの場合、これまでの2Mix音源を制作するワークフローがそのまま使え、新たに機材を用意する必要もない。さらにコンピュータミュージックの場合、打ち込み音源等も使えることから自由度が高くなり、この場合ノイズの心配も最小限に抑えられる。本研究では後者の流れを想定しワークフローの構築を進めていく。

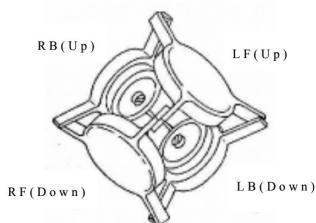
音をVR音響化するためには、空間音響(Spatial Audio)の技術を用いる。広義としての空間音響は、大きくチャンネルベース、シーンベース、オブジェクトベースの3つの方式に分かれる。

チャンネルベース方式は、2chステレオや5.1chサラウンドを拡張した、チャンネル配置があらかじめ定められた方式で、シーンベース方式は、音場全体の物理的な情報を記録・伝送する方式、オブジェクトベース方式は、素材音(オブジェクト)とその位置や動きを分けて記録・伝送し、再生環境に合わせて構成する方式である^{*1}。

360度動画に連動する音の作成に最も都合が良いのは、シーンベース方式の空間音響であると考えた。それは、360度動画同様、頭の動きを感知するヘッドトラッキング機能に連動し、音源の定位が変化する仕組みであることと、最終的に従来のスピーカーシステムであるステレオモニタリング環境を活用し視聴できるようにすること、誰もがアクセスできるプラットフォームに対応すること等の利便性や実現性を鑑みたためである。また、シーンベースの中にも複数の形式や方式等が存在しているが、現在の音楽制作環境で最も活用されているもののひとつであることを理由に、Ambisonicsテクノロジー(安藤彰男(2010)参照)を用いる。

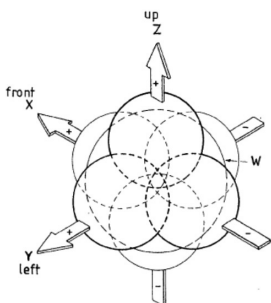
そもそもAmbisonicsには、複数のフォーマットが存在する。四面体構造に4つのカプセルを配置したマイクロホン構造で、アンビソニックマイクロホンと呼ばれるものがA-formatである。このマイクロホンは、LFは左前方の上向き、LBは左後方の下向き、RFは右前方の下向き、RBは右後方の上向きにマイクロホンカプセルが配されている(図1)。

図1: Ambisonics A-format 参照: 安藤彰男(2010) p.41



一方、全指向性と両指向性マイクロホンの組み合わせによる空間収音方式であるのがB-formatである(図2)。

図2: Ambisonics B-format 参照: 安藤彰男(2010) p.41



Ambisonicsは、1970年代にイギリスで発案されたテクノロジーで、現在市販されているVR音響専用マイクの多くがこの仕組みを活用している。ここから得られる信号情報は、正四面体の頂点の位置計4点のマイクによる位置情報であるためA-formatであるが、これを音楽制作としてより自由に処理・編集し、また聴くことができるよう、3次元(軸)の方向情報であるB-formatに変換処理する。これにより、ある一点(視聴点)を取り巻く音場全体の物理情報を記録再生することができる。

具体的には、正四面体の頂点の位置計4点のマイクによる位置情報を計測・処理し、それぞれの和、差を演算し360度の音を達成する仕組みである。Wを全指向の情報とし、Wに対する前後の情報をX、左右の情報をY、上下の情報をZとして展開する。

Ambisonicsを用いる場合、その軸が多くなればなるほど空間の再現精度は向上する。正四面体の頂点の位置計4点のマイクによる位置情報(4ch)で再現するものを1次Ambisonics(FOA)、各軸の間を表現し9ch用いるものを2次、16chを用いたものを3次と呼び、より高次(High Order Ambisonics:以下HOA)なものへとなっていく。

高次に比べ1次Ambisonics(First Order Ambisonics:以下FOA)は空間音響の再現精度が低いが、手軽さや扱いやすさから今回はFOAを用いる。尚、フォーマットはB-format、方式はFuMAとambiXが存在する。FuMaはチャンネル序列がW,X,Y,Zであり、ambiXはW,Y,Z,Xの序列である。両方式は専用コンバーターを使うことで比較的容易に変換することができ、現在においても無償と有償でいくつかのツールが存在するため、大きな問題にはならない。

YouTubeへのアップロードを考慮してambiXの方式を採用し、これにより、既存の2Mix音源をVR音響化し、特別なハードウェア等なく視聴できる標準的な音楽制作ワークフローの構築を図っていく。

4. 検証

4.1. 制作ワークフローの流れ

制作ワークフローは、通常の2Mix音源の制作ワークフローをベースとする。その上でVR音響化のための処理を実施し、ステレオ(バイノーラル)環境での再生確認をする。その後360度動画と統合、アップロードするプラットフォームに対応したメタデータを付加し、ひとつのVR動画ファイルとしてアップロードすることで完了となる(図3)。

図3: 制作ワークフロー概念図



VR音響化することだけに特化した、あるいは音楽以外の制作機能を持つVR音響化のためのアプリやソフトウェアは存在するが、音楽制作の場合、VR音響化することに加え、波形編集や音質等の細かい調整、従来の音楽制作で使用するプラグインやハードウェアとの互換性等、利便性や実用性を鑑みる必要がある。なぜならこれらは特に音楽ビジネスにおいて重要となる品質の担保にも直接関わってくるためである。

4.2. 制作環境

制作環境は現状で比較的多くの者が入手できる環境で検証する。

(1) コンピュータ

特にハイスペックなマシンは必要とせず、またWindowsでもMacでも可能とする。今回の使用マシンは以下である(制作・視聴共通)。

本体：MacBook Air
OS：macOS Sierra
プロセッサ：1.7GHz Intel Core i5
メモリ：4GB 1600MHz DDR3
グラフィックス：Intel HD Graphics 4000 1536MB
容量：60.7GB中20.39GBの空き

(2) DAW (Digital Audio Workstation)

FOAを達成するためには、1トラックにおいて4chの録音・再生ができるスペックが必要である。例えば、音楽業界で多く使用されるAVID社のProToolsは無償版と有償版とがあるが、前者(Pro Tools | First)は1トラックで2ch(ステレオ)までしか扱えず、後者(Pro ToolsまたはPro Tools | Ultimate)は費用が発生する。ダウンロードやインストールに極力費用が発生せず4ch以上のチャンネルを扱えることと、多くのOSやプラグイン規格に対応していること、入手が比較的容易なことから、Cockosによって開発されたREAPER VERSION 5.974 (OS X 64-bit)を使用する。

(3) プラグイン

2Mix音源をAmbisonics化するためにプラグインを用いる。こちらも無償版と有償版とがありそれぞれ機能や特徴の違いはあるが、2Mix音源をFOA(B-format/ambiX)化するに支障なく、360度動画が編集画面上でプレビューでき、さらにAmbisonics化された定位変化を編集中心リアルタイムにステレオ環境でモニタリングできること、そして対応するDAWが比較的多いプラグイン形式(VST、AU、AAX等)であることから、Facebookが提供しているFacebook 360 Spatial Workstation (VST) - macOS - v3.3 beta3の「FB360 Spatialiser (ambiX) (Two Big Ears) (16ch)」(以下、FB360 Spatialiser)と、「FB360 Control (ambiX) (Two Big Ears) (16ch)」(以下、FB360 Control)、「FB360 Encoder」を使用する。

(4) 再生プラットフォーム

投稿や視聴に費用を発生させずとも、多くの者が視聴することのできるプラットフォームであるYouTubeを使用する。

ただし今回の検証の時点では、次の仕様においてのみ再生保証がされているため、この条件に合わせ制作する^{*2}。

- ・メタデータがファイルに追加されている
- ・使用している音声トラックが1つだけである
- ・空間音声にアンビソニック(AmbiX)形式が使われている

- ・1次アンビソニック(FOA)がサポートされている
- ・ヘッドロックステレオを組み合わせた1次アンビソニック(FOA)がサポートされている

(5) ソフトウェア

YouTubeにVRコンテンツをアップする際に必要となるメタデータを付加するために、Googleの提供しているSpatial Media Metadata Injectorを使用する。

(6) 再生ブラウザ

こちらもYouTubeの仕様に則り、Googleの提供しているGoogle Chrome(バージョン75.0.3770.80(64ビット))を使用する。

(7) 2Mix音源

現状、多く流通している一般的なデータ形式となる音楽ファイルとする。

サンプル音源：VR音響制作マニュアル用_サンプルステレオ音源
<https://www.youtube.com/watch?v=pnTZkNIGZ8Y>

ファイルタイプ：ステレオ
ファイル形式：WAV
サンプリング周波数：44.1kHz
ビットデプス：16bit
サイズ：11MB
再生時間：60秒

(8) 360度動画

サンプル360度動画：VR音響制作マニュアル用_サンプルVR動画素材

<https://www.youtube.com/watch?v=lohNTEu8SSDA>

YouTube上に360度動画としてアップするため、アスペクト比が2(横)：1(縦)であり、音源位置が分かりやすい動画内容であり、またマシンに負担をかけない程度のファイルにする。

アスペクト比：2：1
画像解像度：4000×2000
コーデック：H.264
サイズ：26MB
再生時間：60秒

4.3. 制作ワークフローの実際

(1) チャンネル設定

Ambisonics化はチャンネルトラックで行う。具体的には、2Mix音源をセッションに配置しFOA化のためのトラックやチャンネル設定を行う。

波形編集や音源処理の利便性、分かりやすさ等を鑑み、2MixトラックそのものにAmbisonics処理は行わず、別途用意したバストラックにアサインし、ここにSpatial Workstation(VST)プラグインをインサートしたのちマスターに送る。

ここでは、2Mix音源のトラックを元ソーストラック、Ambisonics処理のためのバストラックをAmbisonics化トラックとする。

尚、元ソーストラックにそのままプラグインをインサートしてもAmbisonics処理はすることができる。しかしこの場合、プラグインをインサートすることで招く音質等変化に対応することが難しい。それは、従来の音楽制作で使用するプラグインはモノラルかステレオ

対応のものがほとんどであるため、4chに設定したトラックにこれらが混在すると、正確なAmbisonics化がなされないことや、本来のプラグイン効果が期待できない可能性があるためである。さらに波形編集を行う場合も、本当に正常な処理がなされたかが把握しにくい。そのため、元ソースとAmbisonics化を別にする事でクオリティ担保の確実性とミスやエラーが起こった際の原因把握のし易さを確保する。

図4：トラックルーチン

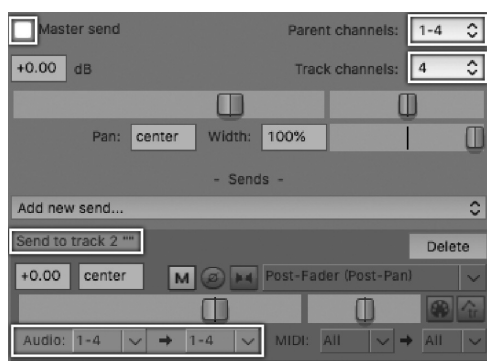


(2) 元ソーストラックのルーチン設定

従来のようなチャンネルトラックからマスタートラックへというルーチンではなく、バストラックとなるAmbisonics化トラックへのみアサインする。また、元ソースは2chであるが、4chのAmbisonics化を想定しているため、チャンネル設定は4chとしておく。

Master send : OFF
 Parent channels : 1-4
 Track channels : 4
 Add new send... : 2
 Send to track2内
 Audio>Multichannel source>4 channels>1-4

図5：元ソーストラックのルーチン設定



(3) Ambisonics化トラックのルーチン設定

このトラックでFOA化をするため、チャンネル設定は4chにしておき、プラグインをインサートしておく。この結果をマスタートラックにアサインする。

Master send : ON
 Parent channels : 1-4
 Track channels : 4
 プラグイン : FB360 Spatialiser

(4) マスタートラックのルーチン設定

マスタートラックでは、実際のFOA化された信号を通ず役割のため、当然4chに設定する。仮に複数の音源があっても、FOAの場合、マスタートラックは4chであることに変わりはない。

Track channels : 4
 プラグイン : FB360 Control

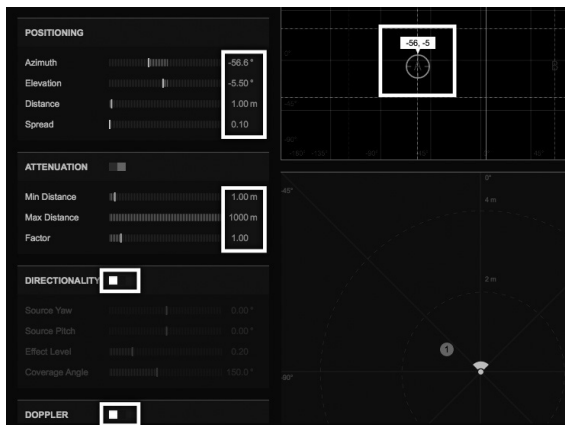
Ambisonics化された音源をそのままスピーカーやヘッドホン等ステレオ環境で再生しても、定位や音量等のバランスが崩れ、求めるパフォーマンスをモニタリングすることはできない。FB360 Controlは、制作時においてAmbisonics音源をステレオ(バイノーラル)環境でモニタリングできるようにするためのプラグインである。これがインサートされている状態でAmbisonics音源を再生すると、最終的にステレオ環境で再生される状態と同様のモニタリングができる。尚、本プラグインは制作時のモニタリング用であるため、書き出し時にはオフにする必要がある。

(5) 定位設定

FB360 Spatialiserは360度動画に合わせ音源定位の設定ができるため、用意した360度動画をロードし、その画を見ながら音源を定位させる(図3「Ambisonics化」)。動画上でのアサインは上下左右軸であることから、奥行や指向性、距離による音量の減衰量等は各パラメータにより個別設定する。今回は、動画上の「A」に音源が定位するよう次のように設定する。

プラグイン : FB360 Spatialiser
 POSITIONING
 Azimuth : -56.36°
 Elevation : -5.50°
 Distance : 1.00m
 Spread : 0.10
 ATTENUATION
 Min Distance : 1.00m
 Max Distance : 1000m
 Factor : 1.00
 DIRECTIONALITY : OFF
 DOPPLER : OFF

図6：FB360 Spatialiser の設定



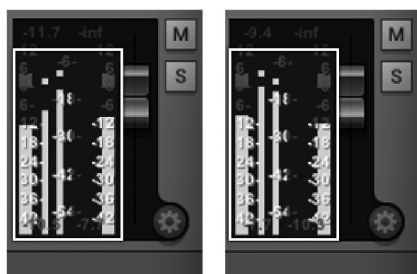
(6) 音響処理

通常の2Mix音楽制作同様、ここでも波形編集や音質、音量等を設定することができる。具体的には、リージョン単位でのテイク取捨選択やフェード処理の他、プラグイン処理による音質の補正やVR音響化したことで付加したい演出等のためのイコライジングやコンプレッション、リバーブ処理等をすることが可能である。特にプラグインの使用については、音楽制作としてだけでなく、VR音響化したことで変化する音質等の補正に必要となるため重要な要素となる。

これらのエフェクト機能を持つプラグインの多くは1chか2ch用のものであるため、4ch化したトラックにそのまま使うと定位のバランスが崩れる。

試しにVR音響化した4ch設定のAmbisonics化トラックにモノラル用イコライザープラグインであるVST:REQ2 Mono (Waves) を使い検証した。聴感上でも分かるほど定位が変化し、レベルメーターでも定位変化による音量変化を確認することができる(図7)。

図7: VST:REQ2 Mono (Waves) 使用有無による比較図



左がVST:REQ2 Mono (Waves) オフ、右がオンのマスタートラックのレベルメーター(同楽曲の2小節目/1拍目における右90°定位での比較)

このことから、定位のバランスを担保するため、プラグイン処理は元ソーストラックに施すことで、従来の2Mix音楽制作と同じ手法を活用することができる。

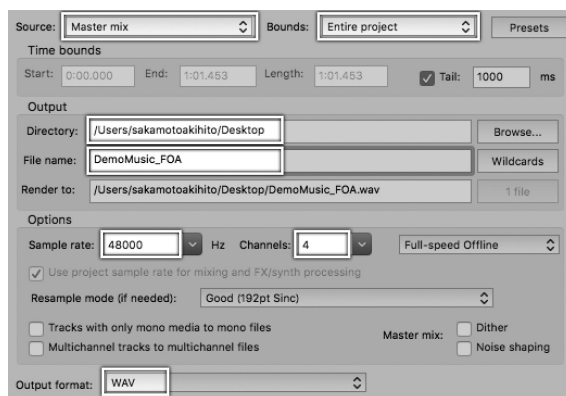
尚、今回はひとつの音源を例に行っているが、マルチトラックを用いた楽曲制作においても同様の考えで制作することができ、この場合、元ソーストラックとAmbisonics化トラックの組み合わせが音源数分だけ増えることになる。また、音源が複数あっても定位が同じ音源であれば、それらは同じバストラックにアサインすることができるため、処理に要するマシンパワーを最小限に抑えることができる。

(7) 書き出し

全ての設定や編集が完了したら1つのWAVファイルとして音源を書き出す。その際、前述のFB360 Controlをオフにすることを忘れてはならない。また、出力のチャンネル数は4である。今回は次のように設定する。

Source : Master mix
 Bounds : Entire project
 Directory : Desktop
 File name : DemoMusic_FOA
 Sample rate : 48000Hz
 Channels : 4
 Output format : WAV

図8: 書き出し設定



(8) VR音響音源と360度動画の統合

音源と動画の統合は、DAWを使った工程とは別に、独立して行う。具体的には、前項で書き出したAmbisonics音源とVR動画を統合させひとつの動画ファイルとして統合し出力する(図3)。

FB360 Spatial Workstation内のFB360 Encoderはスタンドアロンであるため、単独で起動させ次のように再生プラットフォームに合わせ書き出す。

プラグイン : FB360 Encoder
 OUTPUT FORMAT
 Select format : YouTube Video (with 1st order ambiX)
 SPATIAL AUDIO
 Select Format : B-format ambiX 1st order
 From Pro Tools : チェックしない
 Spatial audio file : 作成した音源をロードする
 VIDEO
 Video Layout : Monoscopic
 Video file : 用意したVR動画をロードする

(9) メタデータの付加およびアップロード

最後にSpatial Media Metadata Injectorでメタデータを付加する。これもDAWを使った工程、あるいは、エンドコード工程とは別に独立して行う。具体的には、スタンドアロンであるSpatial Media Metadata Injectorを起動させ、該当する動画ファイルを読み込ませた後、「My video is spherical (360)」と「My video has spatial audio (ambiX ACN/SN3D format)」にチェックを入れることで、今回のアップロード先であるYouTubeの再生仕様に適した状態となる(図3)。

アップロードについては、再生プラットフォームに対応したファイル形式になっていれば、プラットフォームが指定するアップロード先にファイルを送るだけで作業は完了となる。

ソフトウェア : Spatial Media Metadata Injector

これらの工程を用いることで、従来の音楽制作ワークフローは変わらず、その後に延長する作業として加えることができる。また、VR音響化することで変化する音質等のための補正や編集(イコライザーやコンプレッサープラグインの使用や波形編集)も従来と同様にすることができるため、利便性や実現性が高いまま実行することができる。

実際に、元ソースが1トラックのものと6トラックのもので検証した。

元ソースが1トラックのサンプルコンテンツ：VR音響制作マニュアル用_サンプルVR音響

<https://www.youtube.com/watch?v=Gra8JZxhijg>

元ソースが複数(6トラック)の音源を使用して制作したサンプルコンテンツ：【VR音響研究】坂本音響塾6期生楽曲「K(仮)」プリプロ VR音響実験

<https://www.youtube.com/watch?v=dF3fhTGjzE0>

(元ソースとなる2Mix音源：Dr、Ba、Gtr1、Gtr2、Syn、Vo)

5. 結果と考察

アップロードしたVR動画ファイルをGoogle Chromeを使って確認すると、360度動画の動きに合わせた音源の定位変化を確認することができた。特に左右の定位変化はVR音響化した音源として十分に楽しむことができた。

また、VR音響化したトラックに1chまたは2ch仕様のプラグインを使うことで定位のバランスが崩れることを確認したため、プラグイン処理は元ソースとなる2Mix音源のトラックに行くことで解決できることが分かった。

Ambisonicsを用いたシーンベースのVR音響は、パソコンとヘッドホン(ステレオ出力機器)だけで、視点変化と音源定位が連動し変化する様を確認できるため、コンテンツのリアリティはより向上し、エンタテインメントとしてだけでなく、様々な分野への応用が考えられる。

また、制作においては、比較的容易に揃えることができる制作環境と従来の音楽制作ワークフローの活用でこれを達成できることが確認できた。

6. 今後の課題

今回はFOAに限定しているため、分かりやすい左右の定位変化に比べ、上下や奥行の音源定位の変化は確認しづらく向上の余地がある。

解決策のひとつとして、高次Ambisonics(HOA)を用いれば一定の再現性が担保されることは容易に想像がつくが、処理するチャンネル数が多くなればなるほど高いスペックがマシンには要求されるし、利用環境の負荷も増大する。高次に対応するプラットフォームの高機能化を待つだけでなく、たとえ低次であっても利用できる手法や技術の応用にはまだ工夫の余地があると考えられる。

【注】

※1

映像情報メディア学会誌(2014)。「2章 マルチチャンネルオーディオ 4. 立体音響方式 4.1 動向」『SPECIAL ISSUE VOL.68 NO.08 2014 特集：立体音響技術』, P.605より引用

※2

YouTubeにアップロードするため、同サービスが指定するファイルフォーマットに則り制作、出力する必要がある。

「YouTubeヘルプ>ヘルプセンター>360°動画やVR動画で空間音響を使用する」より一部引用

<https://support.google.com/youtube/answer/6395969?hl=ja>

【引用文献】

日本バーチャルリアリティ学会(2013)。「32ch高次Ambisonicsを用いた可搬型3次元視聴覚ディスプレイ」『第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2013年9月)』, 88-91

坂本 昭人(2018)。「無料ツールだけで完成させるVR音響」『VR音響制作マニュアル』, 5-24

サウンド・デザイナー(2019)。「REAPERで「VRオーディオ」を作る方法」『サウンド・デザイナー2019年2月号』, 99-104

YouTubeヘルプ(2019)。「360°動画やVR動画で空間音響を使用する」(<https://support.google.com/youtube/answer/6395969?hl=ja>) (2019年6月18日アクセス)

TuneGate(2018)。「ズーム「H3-VR」を使って、「☆Dee'Z」の360°のYouTube音楽動画を収録してみた!」(<https://tunegate.me/P20181127008>) (2019年6月18日アクセス)

SONIC ACADEMY SALON(2019)。「【イベントレポート】360°VR音楽コンテンツの現在と未来」(<https://salon.sonicacademy.jp/event/detail?a=48>) (2019年7月11日アクセス)

映像情報メディア学会誌(2014)。「2章 マルチチャンネルオーディオ 4. 立体音響方式 4.1 動向」『SPECIAL ISSUE VOL.68 NO.08 2014 特集：立体音響技術』, 605

(https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej/68/8/68_604/_pdf/-char/ja) (2019年9月7日アクセス)

電子情報通信学会(2010)。「高臨場感音響技術とその理論」『IEICE Fundamentals Review Vol.3 No.4』, 41

(https://www.jstage.jst.go.jp/article/essfr/3/4/3_4_33/_pdf) (2019年9月7日アクセス)

情報通信研究機構季報 Vol.56 Nos.1/2 2010(2010)。「4 立体音響技術」『特集 超臨場感コミュニケーション特集』, 91-97

(http://www.nict.go.jp/publication/shuppan/kihou-journal/kihou-vol56no1_2/0401.pdf) (2019年9月7日アクセス)

社団法人 情報処理学会 研究報告(2003)。「2. 楽曲制作におけるミックスダウン」『ミックスダウンデザインテンプレートの利用に関する提案』, 20 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/110002913472>) (2019年9月18日アクセス)

[Notes]

Proposal and construction of a standard music production workflow for scene-based VR Audio

Akihito Sakamoto

(Assistant Professor, Digital Hollywood University)

It aims to standardize the workflow for music production using VR Audio in the scene base that has not been established yet. In order to create a VR Audio for 2Mix (stereo) sound source that changes in position in accordance with the change in the viewpoint of 360-degree video, the standard that can be used by students learning digital content while following the conventional music production workflow. In order to create a music production workflow, we simplified the complex system and used only free and inexpensive equipment and tools.

Keywords: VR Acoustics, VR Audio, Ambisonics, Spatial Audio, Music production