

## 創作ノート

## マルチスピーカー音響作品を通じた立体的音脈表現の試み Spatial auditory stream in multi-speaker electroacoustic works

山之下 朝陽  
Asahi YAMANOSHITA  
東京工科大学大学院  
Tokyo Univ. of Tech.

伊藤 彰教  
Akinori ITO  
東京工科大学  
Tokyo Univ. of Tech.

三上 浩司  
Koji MIKAMI  
東京工科大学  
Tokyo Univ. of Tech.

### 概要

本研究は、7.1.4ch マルチスピーカーシステムのための電子音響作品《層楽》を通じ、立体音響作品における定位と音楽的音脈表現の関わりについて考察を行うものである。本作では、マルチスピーカー再生によって拡張された定位表現が、人間の音楽知覚特性の一つである音脈に及ぼす影響の探求を着想とし、定位特性を考慮した音色選定やパンニングによって立体的音脈表現の探求を試みた。本作において実施したサウンドデザインや作品から示された立体音響における音脈表現の可能性について述べる。

### 1. 音楽的音脈に関する研究背景

#### 1.1. 音脈研究

音脈研究は、1990年に出版された音響心理学の研究書(Bregman 1990)から国際的に広まった。音脈(auditory stream)とは、「聴覚において時間的にひと続きに捉えられる知覚内容」を意味する用語である(大串ら 2020)。音楽聴取のみならず、音声言語処理、音源認識など音に対する広い分野で人間が活用している情報処理能力として知られる。音楽聴取での例を挙げると、オーケストラの演奏音全体の中から一つの旋律やある特定の楽器に注意する、反対に複数人からなる合唱を一つのハーモニーとして聞く際に働く能力である。

音脈の知覚形成には、ピッチ、音色、音の大きさ、音像の定位、など様々な音の知覚的属性が手がかりとなることはこれまでの研究で明らかとなっている。これら音脈形成の要因となる要素に対する類似性、連続性、同期した変化などから人は連続する音を音脈として知覚する(ムーア 1994)。これら要素の動きや規則性は音脈形成の手がかりになるが、時には競合しあうことで音脈が曖昧なものに感じるということも発生する(大串 2019)。本研究では音脈の形成要因の中でも、3D

オーディオによって大きく拡張された音像の定位に着目することとした。

#### 1.2. 音楽作品における音脈研究

音楽作品を音脈という観点から分析した研究も存在する。西洋音楽の声部進行を音脈面で分析した研究(Huron 2001)では、J.S. バッハ(1685-1750)の《音楽の捧げもの, BWV 1079》(1747)を取り上げ、声部間の融合を避けるため時間的に同期する和声の間隔は慎重に管理され、流れの形成を促進するために声部内の音程の段差は比較的小さいという楽曲構造が音脈的考えから来ているものであると指摘している。単旋律の楽器が奏でる音を2つ以上の同時進行する旋律に分離知覚させる擬似ポリフォニーを、同じくバッハの《Gigue from Cello Suite No.3 in C Major, BWV 1009》(1717-23)を例に音脈で説明した研究(Davis 2006)も存在する。

本作の作品構想と同じく、多量の音を用いる音楽である Sound mass の音脈研究(Noble 2016)では、リゲティ(1923-2006)の《Continuum》(1968)を対象に、多量の音による多重性の印象とリズム、ピッチ、スペクトルといった音の知覚的属性の関係を調査している。またリゲティやグリセーといった作曲家自身も、一秒間に詰め込む音数や周波数といった音の定量的な基準と聴感上の質感の関係を意識して音の密度を構築していたことが示されている。

音楽作品を対象とした音脈研究において、音脈形成の要因として取り上げられる音の知覚属性は音色やピッチが多い。空間的音楽研究には6人の打楽器奏者がサラウンドのように聴取者を取り囲むヤニス・クセナキス(1922-2001)の《Persephassa》(1969)において、移動する音像に使われた音色にみられる同一性が音脈形成としての条件をも満たしているとの言及(Harley 1994)も見られるが、三次元定位に着目した音楽的音脈の研究は未だ進んでいない。よって本研究では3Dオーディオを用いた音響芸術作品を通じて、音楽的音脈と空間

定位の関係性について考察する。

## 2. 作品創作を通じた立体的音脈への思索

### 2.1. 作品概要

マルチスピーカー立体音響における定位と音楽的音脈表現の関係を着想に、電子音響作品《層楽》を制作した。本作では音楽的音脈としてリズムパターンを設定した。立体音響空間に幾つもの percussive な音を配置することにより、多彩なリズムパターンが空間的、心象的に重層を成す。構成する1音1音の変幻によって多様な音脈を形成し、表出する音空間の密度やテクスチャが変化していく作品である。作品時間は6分6秒であり、四つのパートから構成される。

### 2.2. 使用したマルチスピーカーシステム

制作、再生に使用したシステムは、ITU-R BS.775-1に基づいたスピーカー半径165cmの7.1chサラウンド(L/R:±30度、Ls/Rs:±110度、Lsr/Rsr:±150度)に、ハイトスピーカーを方位±45度/±135度、仰角45度、スピーカー距離165cmとして計4ch追加した7.1.4chのスピーカーシステムである。水平サラウンドスピーカーにGenelec 1029A、ハイトスピーカーにGenelec 8320A、サブウーファーにGenelec 7040Aを用いた。音源の制作には厳密な音色設計の観点からリアルタイム音響合成環境であるSuperColliderを用いた。DAWとして7.1.4chでの制作に対応しているNuendo11を用いた。



図1: 7.1.4ch マルチスピーカーシステム

### 2.3. 音色の選定

本作の目的は定位による音楽的音脈表現の探求である。そのため、使用する音色から定位知覚を意識した

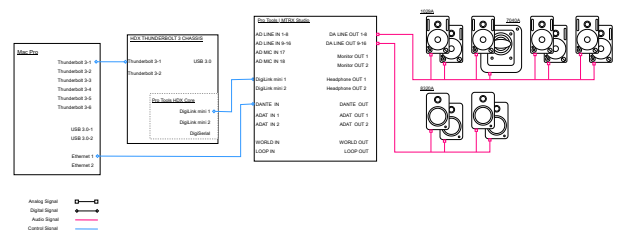


図2: 再生システム系統図

制作を行った。音の定位では、純音は定位しにくく、多くの周波数成分を含む音は定位しやすいという特性が知られている(廣瀬1993)。また、低音は定位知覚が難しいことも判明している。そこから、リズム形成に使用する音源にも定位精度に段階を設け、定位感の強弱による多層化を試みることにした。定位しやすい音ではパルス音やサイン音にピンクノイズを合成し、衝撃音に近い音色とした。定位しにくい音としては100Hz以下のサイン音や純粋な三角波を用いた。また、ピッチによる音脈形成を避けるため、ピッチ感の薄いpercussiveな音をメインとした。リズムフレーズを構成する音のうちピッチを持たせる事が可能なサイン音、三角波に関しては同一の音色を同時に使用する際に異なるピッチの音を用いないことで音色とピッチの固着化を図った。使用した音色は大きく11種類である。これは本作品に使用された11台のスピーカー(サブウーファーを除く)に由来する。使用した音色のリストを図3として以下に示す。なお、reverbは音色制作時の音色変化に限った使用であり、空間形成を意図した使用ではない。背景的に空間を充填する持続音は定位を感じさせないよう面的に配置し、音源の移動は行わないものとした。

音色リスト	音色の定位感
1 : pluse +pink noise	強
2 : pulse +pink noise +reverb	強
3 : sin wave	弱
4 : sin + pink noise +reverb	中
5 : sin +pink noise +long reverb	中
6 : pink noise	強
7 : pink noise +reverb	強
8 : triangle wave	弱
9 : triangle +pink noise	中
10 : triangle +pink noise +reverb	中
11 : sin wave (空間背景音)	弱

図3: 《層楽》音色リスト

## 2.4. 音数の疎密

楽曲の前半では、出現する音数の増減によって定位知覚が優位に働く場面と全体的な音楽的空間を感じさせる場面にグラデーションを持たせた。マルチスピーカーによる立体音響では従来のステレオ音楽よりも音場が広まり音と音の最大距離が長大となることで、より音的に疎な状態も際立たせることが可能となる。音数が少ないシーンでは各音単発の定位知覚が優先され独立した効果音のように聴こえ、音数が増え空間の密度が上がるにつれて空間全体を一つとした音楽的聴取の姿勢が強まるのではないかと考えた。

## 2.5. 空間パンニング

本作は”マルチスピーカーシステムのための作品”を謳っており、再生装置としてのラウドスピーカーの存在を聴取者に作為的に意識させる姿勢をとる。そこからパンニングコンセプトとして、一音をひとつの特定のスピーカーに完全に割り振り再生するハード定位と、複数スピーカーからの再生によるファンタム定位を意識的に使い分けた。ハード定位による音像とファンタム定位による音像の間に生じる音像の幅、輪郭線の太さの差によって音脈の分別を図った。

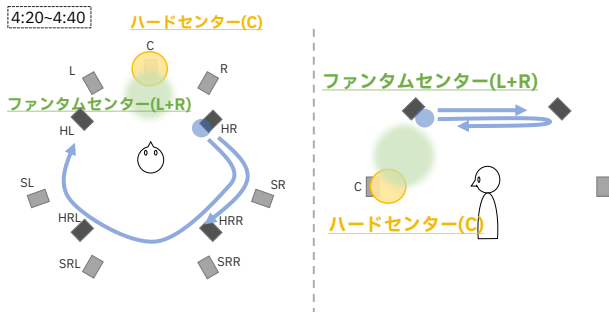


図 4: 音像の差による音脈分凝

同じ音源、同じパターンであるリズムフレーズを、出現する位置のみを変えて提示する箇所を設けた。リズム譜上で見ると同一のフレーズだが定位のみが違う場合、それは同一のリズム、同一の音脈であると感じるのかという試みである。

音響空間内に音が充満し、各々の音脈知覚が難しくなった状態における定位の働きと聴取感を探求するため、終盤にかけて大量に音脈の積み重ねを行なった。十分に音脈が混在し知覚困難となった状況において音像を移動させることによって個々の音脈を浮かび上がらせることができるのではないかと構想した。

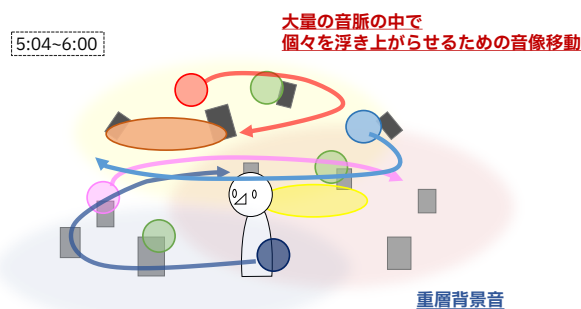


図 5: 音脈飽和状態における音像の移動

## 3. 考察

作品の体感聴取を通して、選択的に注意して各音脈を捉える場合、判別できる音脈の数はステレオの音楽よりも増加したように思われる。しかし、同時に知覚できる音脈の数は立体的音場になることで格段に増えるということを感じられなかった。

定位しにくい三角波は頭内定位のように感じられる瞬間も存在し、他の頭外定位する音とは別の音脈としての形成が強く促された。音色の持つ固有の定位感の差によって、異なる音脈として扱うことができるのではないだろうか。同一リズムパターンを定位のみ変更し提示した場面では、定位が異なる場合でも同一の音脈として感じられた。この事から、定位以外の要素で強く音脈を形成することによって、同一音脈の中で音程や音量の他に、定位というパラメータによる差異表現が行えるのではないかと考える。ハード音像とファンタム音像の使い分けは、音脈の差別化が見込める程の差異には感じられなかったが、ラウドスピーカーの存在を意識させる作品意図には貢献する結果となった。また、視覚的にスピーカーを認識した状態でハード音像を用いることによって、心象的な音楽的聴取よりも方向定位知覚がより強調されるといったことも考えられる。音数の疎密による単発の定位感と全体の音楽的聴取については、狙い通り冒頭音数の少ない場面では1音1音が独立した定位として感じられ、音数が増えると全体を一つとした音楽作品として聞こえるといった意見を聴取者の方から頂いた。また、マルチスピーカーでの聴取経験が少ない場合、体験したことのないマルチスピーカー再生特有の定位感への新鮮さから一音一音の定位が優位に知覚されるが、楽曲が進行していくにつれてマルチスピーカーの聴取感覚に慣れが生じ、全体的な音楽的聴取に向かうといった事も考えられる。音脈が飽和した状態での音像移動による効果は、格段に移動音脈のみが知覚的に浮かび上がるとまではいかなかったが、空間運動する音脈に意識を向けることは停止している音脈よりも容易となった。

これらの考察から、マルチスピーカーを用いた三次

元的な音像の配置、移動による立体音響音楽特有の立体的音脈表現の可能性が本作によって示唆されたと考えられる

#### 4. まとめ

本研究では、マルチスピーカー再生を想定した電子音響作品の創作を通じて、立体音響に特有の立体的音脈表現について考察した。マルチスピーカー再生による明確な定位感と拡張された音場によって、立体音響音楽作品において実施されるサウンドデザインの幅は大きく広がった。このことから、3D オーディオにはマルチスピーカーを用いる事でしか表現できない音楽表現が存在し、そこに表現手法としてマルチスピーカーを選択する芸術的価値があると考えられることができるだろう。今回の研究で示した音色の持つ固有の定位感や空間的な音脈意識は、アーティストと3D ミキシングエンジニアが異なる制作体制を取る場合などにおいて、作品意識を共有し擦り合わせる上での共通言語となることも考えられる。

今回の研究は音楽作品創作を通じたものであるため、定位による音脈形成に関してピッチや音色、音量といった他の音脈形成の要因となる要素について留意はしたものの、検証実験ほどの厳密な制限は行わなかった。今後はこの研究創作から発展させ、考察にて取り上げた知覚要素について印象評価実験を実施し、立体的音脈の聴取感について更なる調査を行っていくことを計画している。

## 参考文献

- Bregman, Albert S. 1990. *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. MIT Press.
- Davis, Stacey. 2006. "Implied Polyphony in the Solo String Works of J. S. Bach: A Case for the Perceptual Relevance of Structural Expression" *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 23 (5) 423-446.
- Harley, Maria, Anna. 1994. *Space and Spatialization in Contemporary Music: History and Analysis, Ideas and Implementations*. 297. McGill University.
- 廣瀬通孝. 1993. 「聴覚的臨場感の合成と人工現実感」『人間工学』 29 (3) 135—139.
- Huron, David. 2001. "Tone and voice: a derivation of the rules of voice-leading from perceptual principles" *Music Percept* 19 (1) 1-64.

Noble, Jason and Stephen Mcadams. 2016. "Auditory Scene Analysis and the Perception of Sound Mass in Ligetis Continuum" *Music Perception* 33 (3) 287-305.

ムーア, B. C. J.. 1994. 『聴覚心理学概論』. 大串健吾 (監訳). 266-274. 誠信書房.

大串健吾. 2019. 『音響聴覚心理学』 201-219. 誠信書房.

大串健吾, 桑野園子, 難波精一郎. 2020. 『音楽知覚認知ハンドブック 音楽の不思議の解明に挑む科学』 60. 北大路書房.

#### 5. 著者プロフィール

### 山之下 朝陽 (Asahi YAMANOSHITA)

1998年彦根市生まれ。東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科メディアサイエンス専攻在籍。マルチスピーカーや Ambisonics を用いた 3D オーディオ音響作品のサウンドデザイン研究に従事。



この作品は、クリエイティブ・コモンズの表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際ライセンスで提供されています。ライセンスの写しをご覧になるには、<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> をご覧ください。Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。