

報告

ネットワークコンサート《réseau experimental》における  
**Report on the network system for Audio and Midi of  
 a network concert “réseau experimental”**

鈴木 悦久  
 Yoshihisa SUZUKI  
 名古屋学芸大学  
 Nagoya University of Arts and Sciences

水野 みか子  
 Mikako MIZUNO  
 名古屋市立大学  
 Nagoya City University

概要

2020年2月22日、名古屋市立大学にて行われた「ミッドジャパン 音の芸術祭《réseau experimental》」では、ネットワーク技術を用いてローカルネットワーク内にあるホールとスタジオを結び、音声とMIDI情報の遠隔伝送における、音楽的な有用性を検証するためのコンサートが行われた。本発表では、このコンサートで用いた技術解説を中心に、遠隔地を結んだ音楽の展望について報告する。

On February 22, 2020, at Nagoya City University, the Mid-Japan Sound Complex Art Festival *réseau experimental*, which is a concert, was held to verify the musical usefulness in remote transmission of sound and MIDI by connecting a hall and a studio to a local network using network technology. In this report, we will focus on the technical explanations used in this network concert and the perspectives of music that connects remote places

1. 実施の背景

1.1. これまで実施したネットワークコンサートの技術的問題点

1990年代後半から、インターネットを用いて遠隔地を結び、双方向の情報伝達による楽曲演奏やコンサート上演における場の可能性について、様々な試みが行われてきた。インターネットが広がりを見せた初期の実践では、通信環境に伴う速度と量に合わせて、少ない情報量で音楽情報を扱えるMIDI情報の伝送が中心であったが、現在では高速なインターネットの整備が進み、音声の伝送を含めた音楽に関する総合的な情報伝送が実現されつつある。

これまで我々は、2011年以来現在まで、過去4回に渡りスタンフォード大学のCCRMA (Center for Computer

Research in Music and Acoustics) が公開している音声伝送アプリケーション JackTrip を用いて、複数の遠隔会場を結び、楽器の演奏音やコンピュータからの音声、MIDI 情報をやり取りする作品の上演に取り組んできた。しかし、コンピュータ上で動作するアプリケーションを用いて IP ネットワークでの情報通信を行う特性上、音声の遅延や損失を回避することが困難であるため、シビアなインザッツや微細なアーティキュレーションの表現を用いた演奏者同士のアンサンブルを重視する楽曲を成立させることが難しく、これらの表現が楽曲に影響しないよう留意し作品を制作するか、あるいはこのような特性を楽曲の制作意図に含ませる必要があった。

1.2. 現在のネットワーク環境を活かした音声伝送

近年になり、ネットワークの速度が十分に確保できる環境が整いつつあることから、高速な音声伝送を可能にするネットワークオーディオ技術が注目されている。その中でも、コンサートや放送分野など、実践的かつ先駆的な利用が期待されているネットワークオーディオ規格 Dante は、これまでのコンサートで用いてきたコンピュータ上で動作するアプリケーションを介した音声の伝送方法ではなく、音響機器を直接ネットワークに接続し音声伝送を行うシステムである。このことから、より安定した通信を行うことができるとされ、本発表で報告するネットワークコンサート《réseau experimental》では、このシステムを用いることとした。また、ネットワークコンサートにおける通信の安定性もたらす音楽表現の可能性について、楽曲制作を通じて試行することも本コンサートの目的である。

## 2. ネットワークコンサート《RÉSEAU EXPERIMENTAL》の実施概要

2020年2月21日(金)から同年2月23日(日)にかけて行われた「ミッドジャパン音の芸術祭」は、ミッドジャパン音の芸術祭実行委員会が主催し、愛知県立芸術大学、名古屋音楽大学、名古屋芸術大学、名古屋市立大学、愛知トリエンナーレ実行委員会が共催となり、愛知県立芸術大学、名古屋音楽大学、名古屋市立大学、アートラボあいちを会場として開催された。

各会場では、テクノロジーを活用した様々な音楽イベントが催され、名古屋市立大学を会場とした本コンサートでは、ネットワークを用いた実験的な作品を3作品、フィクスドメディアによる2作品と、台湾国立交通大学の曾毓忠 (TSENG Yu Chung) 教授が台湾から遠隔での講演を行った。

ミッドジャパン音の芸術祭  
名古屋市立大学 北千種キャンパス会場  
《réseau experimental》コンサートプログラム

### 第一部

講演 曾毓忠 (TSENG Yu Chung) 通訳付  
「Mixed Work Composition from Analog to Digital Era with examples by Yu Chung Tseng」

### 第二部 コンサート

鈴木悦久 / Review  
水野みか子 / Alignment Effect  
曾毓忠 (TSENG Yu Chung) / Opposite yet Complementary Tai Chi and Yin Yang  
鈴木悦久 / Conversation - 楽器、身体、ネットワークのための -  
水野みか子 / 二つの空間を浮遊する時間のための Diastema

### 出演：

曾毓忠 (TSENG Yu Chung)  
岡野憲右 (OKANO Kensuke)  
鈴木悦久 (SUZUKI Yoshihisa)  
水野みか子 (MIZUNO Mikako)  
井上英章 (INOUE Hideaki)  
押山晶子 (OSHIYAMA Akiko)

主催：ミッドジャパン音の芸術祭実行委員会  
共催：愛知県立芸術大学電子音楽スタジオ  
名古屋音楽大学  
名古屋芸術大学  
名古屋市立大学芸術工学部環境デザイン研究所

愛知トリエンナーレ実行委員会  
後援：先端芸術音楽創作学会 (JSSA)  
日本電子音楽協会 (JSEM)  
助成：公益財団法人 愛銀教育文化財団



図 1: ミッドジャパン音の芸術祭 プログラム (抜粋)

## 3. ネットワークコンサート《RÉSEAU EXPERIMENTAL》の上演システム

### 3.1. システムの概要

本コンサートではネットワークを用いた音楽作品を上演するために、名古屋市立大学北千種キャンパスの異なる建物内にあるホール(大講義室)とスタジオ(音響デザイン室)に敷設されているIPネットワークを利用して、音声とMIDI情報の伝送を双方向で行うシステムを構築した。今回のシステム構築において最も重要な点は、1.1.で述べたように、これまで達成することが困難であった、遅延が少なく安定した音声とMIDI情報の伝送を実現する事である。この点において、現在いくつかの存在する音声伝送規格の中から、イーサネット経由でインターネットプロトコル(IP)を利用して遠隔地間を繋ぐことができる利便性と、利用の際のネットワーク機器の条件が少ない、Audinate社が開発したDanteを用いて構築する事とした。また、MIDI情報の送受信には、これまで行ったネットワークコンサートの実践で安定性が確認されている、OSC (Open Sound Control) を用いて行った。OSCはネットワーク上で利用する事を目的とし、音楽やマルチメディアに特化した通信プロトコルである。様々なアプリケーションで利用することができ、汎用性の高い通信プロトコルであるため、ネットワークに接続できるコンピュータが用意できれば、特別な機器を必要とする事なく利用することができる。本公演では、これらの技術を併用する状況でも、音楽表現に影響することのない通信の安定性を確認することに重点を置いたため、まずは

ローカルエリアネットワーク内にてシステムを実験、運用する事とした。

こうして構築したシステム上において、ホールにはピアニストが演奏するグランドピアノと作曲者がオペレートするコンピュータが、スタジオには MIDI 情報を受信して動作する MIDI ピアノが設置されている。作曲者は、ホールに設置されたコンピュータから MIDI 情報を出し、OSC を介してスタジオに設置された MIDI ピアノを動作させる。そして、遠隔演奏される MIDI ピアノの音がネットワークを通じてホールへ伝送され、観客はホールで演奏されている音とネットワークを介して伝送される音を聴いて、作品を鑑賞する事となる。また、ホールとスタジオをスカイプで繋ぎ、観客はスタジオの様子をスクリーンに映し出される映像によって観ることができ、ホールの音声も Dante を介してスタジオへ伝送されているため、スタジオでシステムをオペレートするスタッフは、ホールの様子を音と映像でモニターすることができる。

### 3.2. Dante を利用したネットワークオーディオの構築

Dante の特徴は、これまで利用してきた JackTrip のようにコンピュータを介すること無く、Dante に対応した音響機器を直接ネットワークに接続し、音声を伝送することができる点にある。これにより、コンピュータの動作に影響されること無く、遅延の少ない高音質な伝送が可能であるが、安定的に利用するには、機器を利用する遠隔地間に VLAN (仮想ローカルエリアネットワーク) 構築し、その VLAN の中で機器を接続し利用することが求められている。そのため、本コンサートでは、既設されたローカルエリアネットワーク内にあるホールとスタジオ間に VLAN を構築し、システムを運用した。

以下に、本公演で使用したネットワークオーディオに関わる機器を記す。

<ホール>

Luminex GigaCore10 / ネットワークスイッチ  
YAMAHA TF3 / オーディオミキサー  
Apple MacBook Pro / Dante Controller 用

<スタジオ>

Luminex GigaCore10 / ネットワークスイッチ  
YAMAHA Tio1608-D / オーディオ I/O

## 4. 本システムによる上演作品について

### 4.1. 概要

前記した本システムを用いたコンサートを開催するにあたり、システムを構築する実験段階において、ホー

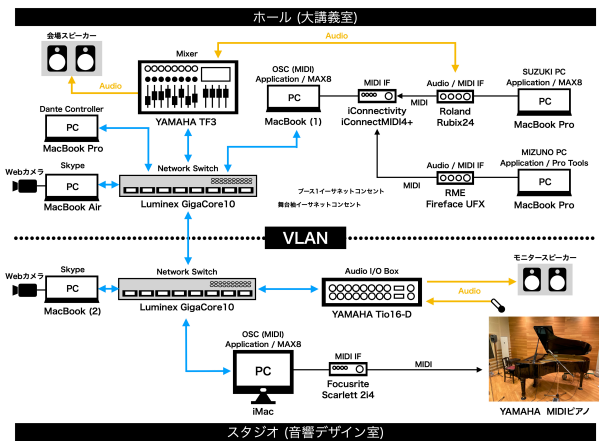


図 2: ネットワークコンサート《réseau experimental》のシステム図

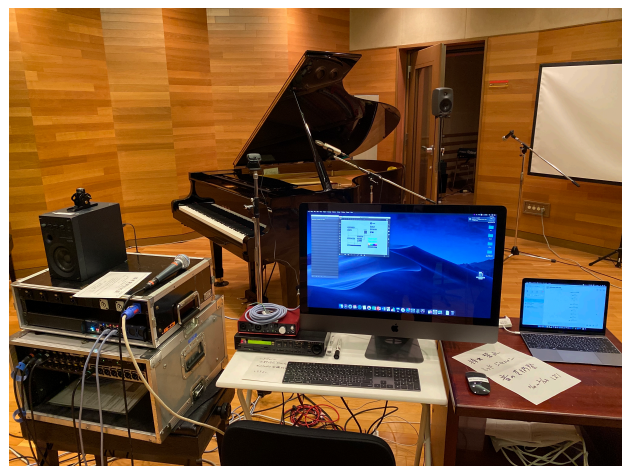


図 3: スタジオに設置された MIDI ピアノと上演システム

ルに設置されたコンピュータから MIDI 情報を送出し、スタジオに設置された MIDI ピアノの音声がホールに届くまでの時間間隔に大きな遅延が無く、また安定した音質で伝送できることが確認されていたため、この特性が活かせるよう留意し作品を制作した。特に、これまで困難であった遠隔地間における遅延の少ない音声の伝送が可能なることから、演奏者と観客に対しそれぞれ場で起こることのリアルタイムな関係性を本システムによって明確にすることで、音楽としての時間と空間の共有に作用するののかという問題に焦点を当て、制作を通じて実験を試みた。

### 4.2. 作品「Review」 / 作曲 鈴木悦久

本作品は、ホールで演奏する打楽器奏者による楽器のアタック音をトリガーとして、スタジオの MIDI ピ



図 4: ホールに設置された OSC 送信用プログラム

4.3. 作品「Conversation - 楽器、身体、ネットワークのための -」 / 作曲 鈴木悦久

スネアドラムと MIDI ピアノのための本作品は、筋電センサーを用いてリアルタイムに計測される演奏者の演奏動作を MIDI ノートに割り当て、スネアドラムを用いて遠隔地のピアノを即興的に演奏する作品である。さらに、演奏動作により生成された旋律は MIDI 情報として記録され、その記録された MIDI 情報から楽曲のためのアルゴリズムを通じて新たな旋律を自動的に生成し、その生成された旋律を出力する MIDI ピアノに対して演奏者が行う即興的なアンサンブルにより、旋律が積み重なるようにして楽曲が構築されていく。この作品では、スネアドラムの演奏からピアノを演奏するという変換された演奏行為によって、ネットワークを通じて遠隔地にある楽器と演奏者の身体が音楽的な演奏感覚を持つことができ、なおかつ、遠隔地で演奏される楽器とのアンサンブルの可能性を検証する事を試みている。

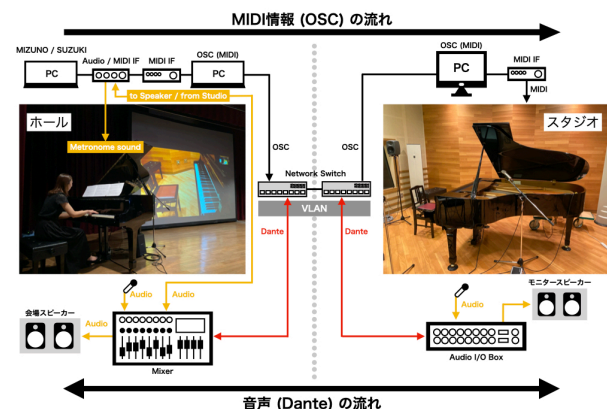


図 5: 作品におけるホールとスタジオ音声と MIDI 情報の流れ

4.4. 作品「二つの空間を浮遊する時間のための Diastema」 / 作曲 水野みか子

本作品は、440Hz と 442Hz の異なるピッチで調律された、2 台のピアノのための作品である。この作品では、ホールで演奏される 440Hz で調律されたグランドピアノの音と、ホールからスタジオへ送信される MIDI 情報を自動演奏する 442Hz で調律された MIDI ピアノの音が、ホールへ伝送、出力され、観客は異なる調律のピアノの響きから生まれる 2Hz の音程差を聴取する。ピアニストにはメトロノーム音が与えられ、厳格なタイムラインのもとで楽曲が進行し、スタジオから伝送される MIDI ピアノと、ピアニストが演奏するグランドピアノとの間に起こる一音一音の関係性が、遠隔地の間で起こる厳密なアンサンブルによって示される。遠隔地間をネットワークで結んだ上演システムの特徴と楽曲の表現内容を、強く関連づけた作品である。

アノに MIDI 情報を送出し、スタジオから伝送される MIDI ピアノの音を演奏者自身が操作するコンピュータプログラムを用いて、リアルタイムに音響合成を行う作品である。楽曲の導入部では、打楽器の一音に対し MIDI ピアノの音が一音出力されるといった単純な構成でシステムにおける信号の流れを示し、その後徐々に打楽器奏者の演奏内容と音響処理の関係が複雑に展開していく。このような構成によって、システムの動作と音との関係を明示的に表すことを試みている。音楽とシステムとの関係が直接的な楽曲であるが、本システムの安定した伝送より、本システムの構造を音楽的に示すことができたのではないかと考えられる。

4.5. 今後の展望

本コンサートでは、ネットワークオーディオ技術 Dante を用いることで、これまで問題としていた音声伝送における遅延と音質の安定性については、概ね解決したように感じている。しかし、今回のように既設のネットワークを利用するには、ネットワーク管理者と専門的なコミュニケーションをとる必要があり、そのためには既設されたネットワーク環境を十分に理解しなければならいため、通常の音響システムを構築するのに必要な知識だけではなく、ネットワークの基礎から応用までの幅広い知識とスキルが要求される。この点が、今回の上演システムの構築を通じて最も難し

い場面であったが、その反面、ネットワークが敷設されている環境であれば、ネットワークの設定のみで高速かつ安定した音声伝送を行うことができるため、遠隔地間での音声伝送システムを構築する際には非常に利便性の高い技術だと考えられる。

ネットワークオーディオ技術が持つ、遅延の少ない安定した音声伝送は、音楽的な表現に様々な可能性をもたらすであろう。今回制作、発表した3作品では、遠隔地間のリアルタイム性が明確に示されるよう、その性質に基づいた音楽表現を中心に置き、制作を試みた。音楽にとってのリアルタイム性は、遠隔地間の音楽的なアンサンブルを聴衆に明示することができ、それと共に、遠隔地間を音楽的な仮想空間として結ぶことにつながるのではないだろうか。今回の公演を通じて、ネットワークで結ばれた遠隔地間に立ち上がる仮想的な場において、音楽的な同一の時間と空間を共有することの難しさを感じたが、今後さらに、音楽的な手法と情報通信の技術を併せた表現方法について研究し、ネットワーク技術を用いたコンサートへの取り組みを続けていきたいと考える。

## 5. 謝辞

本コンサートの実現に多大なるお力添えを頂いた、岡野憲右先生、曾毓忠先生、押山晶子様、井上英章様、そしてスタッフとしてコンサートを支えてくれた、名古屋市立大学、名古屋芸術大学、名古屋学芸大学の学生の皆様、心より感謝申し上げます。

## 6. 参考文献

水野みか子 (2015) 「現代音楽における「ひびき」の概念と表現様相の研究」『科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金) 基盤研究 (C) 研究成果報告書』 63-94.

茂木 俊一, 一岡 義宏, 田中 健二, 西永 望, 勝本 道哲 (2002) 「広帯域ネットワークを用いた遠隔同時音楽演奏の実験とその考察」『情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理 2002 108』 49-54.

藤城 卓己, 西尾 典洋, 高橋 由美子, 坂根 裕, 杉山 岳弘, 竹林 洋一 (2004) 「双方向インターネット・ストーリーミングを用いた遠隔地からのライブ出演を実現するコンサート支援システム」『情報処理学会研究報告情報システムと社会環境 2004-11-17』 63-69.

## 7. 著者プロフィール

### 鈴木 悦久 (Yoshihisa SUZUKI)

昭和音楽大学音楽学部器楽学科打楽器専攻卒業、情報科学芸術大学院大学メディア表現研究科修了、名古屋市立大学芸術工学研究科博士後期課程在籍。打楽器を小島光、作曲を三輪真弘の各氏に師事。演奏者の演奏動作と音楽表現との関係性を主に研究している。2006年、アルスエレクトロニカデジタルミュージックカテゴリーにてホノラリーメンション賞を受賞 (Mimiz 名義)。その他に CCMC2015, ACMP19 日韓コンピュータ音楽祭などで作品を発表する。JSSA 先端芸術音楽創作学会運営委員, JSEM 日本電子音楽協会理事, 名古屋学芸大学講師。

### 水野 みか子 (Mikako MIZUNO)

東京大学文学部美学芸術学科卒業、愛知県立芸術大学音楽学部・大学院研究科作曲専攻修了。2001年、音楽の空間性に関する研究によって博士 (工学) 取得。近年の作品は、ISEA、ISCM、ICMC、アルバ国際音楽祭、ヴェネチア国際音楽祭、北京 MusicAcousticaなどで上演されている。08 愛知県芸術文化選奨。08年より EMS 国際大会で連続的に電子音響音楽の研究成果を発表。2011 2013 年には、北京、カルガリー、名古屋、東京を高速音響送受信システムで結ぶネットワークコンサートを実現。2016年パリ・ソルボンヌ大学招聘研究員として電子音響音楽研究を行った。JSSA 先端芸術音楽創作学会運営委員, JSEM 日本電子音楽協会会長。



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/> をご覧頂るか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。