

ライブComputer Musicにおける情報可視化についての考察

長嶋 洋一(静岡文化芸術大学)

A Study on Information Visualization in Live Computer Music

Yoichi NAGASHIMA

ABSTRACT

This paper discusses information visualization in live computer music, focusing on case studies of two methods: "bio-sensing in music" and "live generated chaos in music". While developing various sensors and new interfaces as a part of composing music, I would like to summarize and report the case studies in which the visualization of live generated information integrated with music was effective and the issues that were raised during my creative and performance activities for more than 30 years.

Keywords: Live Computer Music, Bio Sensing, Chaos in Music, EMG Instruments, Multimedia Performance

1. はじめに

ライブComputer Musicにおける情報可視化について、「生体情報センシング」と「ライブ生成カオス」という2つの手法におけるケーススタディを中心として考察する。各種のセンサや新インターフェースを作曲の一部として開発しつつ30年以上にわたって創作/公演活動を続けてきた中で、音楽と一体となったライブ生成情報の可視化が有効だった事例や提起された課題について整理・報告したい。なお本シンポジウムの原稿執筆要項によればページ数は任意である一方で予稿サイズに上限があるため、参照される写真/図などは全てWeb上に置いて末尾の参考文献にURLを記したのでそちらを参照されたい。

筆者は約30年間にわたってメディアアートの領域で活動し、特にライブComputer Musicの領域では作曲の一部としてセンサ活用・生体情報センシング・新インターフェース・新楽器などの研究開発を進めつつ、多くの機会に作品公演活動を続けてきた[1-3]。その詳細については、総括的な報告[4-13]や筆者が行ったワークショップ/レクチャー等[14-45]の資料を参照されたい。本稿では「情報可視化」というキーワードに触発されて、主としてインタラクティブ・マルチメディア・パフォーマンスの形態をとる筆者のライブComputer Music作品における「音楽公演の情報可視化」の事例を具体的に紹介するとともに、その特徴や課題について検討する。手法や事例が多岐にわたるために、ポイントとして「生体情報センシング」と「ライブ生成カオス」に重点を置くことにする。

2. ライブ生成カオスとComputer Musicと可視化

本節では、大きく2期に分かれる「ライブ生成カオス」に関する筆者の研究/検討と関連作品の作曲公演の事例について紹介する。コンピュータ処理系の進化(陳腐化)に

よってURL参照先のコンテンツに難がある(論文が紙面gif、LaTeXソースだけ、等)時代もあるが、約30年前のことなのでご容赦いただきたい。まず第1期としては1990年代前半までには、文献[46-51]などを参考にしつつ簡単なLogistic Functionの実験から「カオスとの対話」に興味を持ち、実験的な作曲/公演とともにアイデア(妄想)を膨らませての研究発表[52-58]を進めた。

シンプルなLogistic関数で再帰的に演算を繰り返す周期を、音楽における8分音符とか16分音符に相当する速度として、刻々と演算される結果の実数値(ゼロから1まで)を、Durationを短くした(スタッカート演奏の)楽器音の音階にマッピングして鳴らしてみると、使用されているスケール(旋法)に対応した一種の即興的トレモロ演奏のように知覚される。文献[59]の「3.2 カオスによる音楽生成」で紹介したように、Logistic関数「 $X(n+1) = \mu \cdot X(n) \cdot (1 - X(n))$ 」のパラメータ： μ (3.0~4.0の浮動小数点値)をわずかなずつ増加させると、倍周期分岐によって2音のトレモロが4音、8音・・・と増大して複雑になるかと思うと「カオスの窓」の部分で突然に3音の分岐に縮退して、そこから倍周期分岐で6音、12音・・・となり、さらに細かく調べてみると5周期や7周期などの「窓」も出現し、遂には完全なカオス(乱数)状態に移行する。そのカオスの「淵」の微妙な部分の小数点以下何桁もの部分を突っついて生成サウンドに耳を傾けてみると、まるで生き物のような「カオスの深淵に行くかと思いきや押し返すように戻る」印象の振る舞いに接して、この部分の不思議さ(数学と音楽との対話)は1時間でも2時間でも楽しめた[60-61]。

カオスを作品に初めて適用した“Chaotic Grains”[62]では、古典的な「ステージ上のピアノ演奏と背景の電子音響」というスタイルだったために、楽譜の指示を見ながら演奏するピアノ奏者も聴衆も「どこがカオスか分か

らない」という公演となった。そこで次の作品“CIS(Chaotic Interaction Show)”[63]では、ライブ生成される音楽パートのカオス状態(周期の「核」が2、3、5、・・・と変化した部分)の変化に対応してステージ後方のスクリーンにリアルタイム生成しているCGのパターンも変化させたが、聴衆の感想は再び「どこがカオスか分からない」であった。カオスの核の変化を明示的に伝えようと、ピアニストが鉄板や鎖をピアノの中に投げ込む作品“Strange Attractor”[64]では、ライブ生成される音楽パートのカオス状態に対応してスクリーンのリアルタイムCGを2次元カオスそのものとして、生成される点描イメージの「角(つの)」がカオス周期の「核」となるように描画生成プログラムを構成し、ピアノ奏者には「周期を数えられたら次に進む(投げ込む)」という指示を行った。完全なカオス(完全なランダム)でない「周期的特性に戻る[淵]」に拘ったものの作品として大きな進展が得られず、この路線はこの作品をもって1990年代半ばで終了した。

その後も「非線形現象」・「同期現象」という文脈での調査研究は継続し[65-72]、関連した実験と研究発表も続けた[73-76]が、作品公演の形で明示的にカオスを取り上げることが無かった。決して諦めているわけではなく、これは今後が続く課題である。

3. 生体情報センシングとComputer Musicと可視化

筆者は1990年代の半ばから、コラボレータの照岡正樹氏(公益財団法人 ルイ・パストゥール医学研究センター AIデバイス研究室)と共に生体情報センシングの研究開発を開始し、25年ほどにわたってComputer Musicのための「バイオ楽器」の可能性を追求してきた[77-91]。以下、情報可視化と絡めた具体的な作品の事例とトピックについて、「筋電センシングとComputer Music」・「心拍センシングとComputer Music」・「呼吸センシングとComputer Music」・「脳波センシングとComputer Music」・「触覚センシングとComputer Music」という5つのテーマについて紹介する。参考文献URLには公演の様子のYouTube動画などがあるので、適宜、参照されたい。

筆者とコラボレータ・照岡氏が共同開発した筋電センサは、初代の「MiniBioMuse-I」[92]、2代目の「MiniBioMuse-II」[93]、3代目の「MiniBioMuse-III」[94]、4代目の「MegaChips」[95]、5代目の「CQ_mbed_EMG」[96]、5.5代目の「MiniBioMuse-V」[97]までの公開に続き、CQ出版「インターフェース」誌の特集記事[98]を経て、関連情報を全てWeb公開[99]しており、さらに発展させた新・筋電センサシステム「VPP-SUAC」を発表した[100]。両手首に電極バンドを装着して、その間の経路の全ての筋肉から生成される筋電信号をセンシングする初代の「MiniBioMuse-I」[92][101]は、SonyのNetMDウォークマン・ラジオCM「人体の音楽」編のための作曲に使用してACC(日本シーエム放送連盟)フェスティバル入賞(ファイナリスト賞)を獲得したり、作品

“Brikish Heart Rock”[102]や作品“天にも昇る寒さです”[103]の公演に使用したが、これら2公演ではスクリーン(可視化)は行っていなかったため、聴衆にとって「筋電センサで音響を生成している」という関係性が伝わりにくいという反省点があった。

右腕と左腕の前腕(手首から肘の間)にそれぞれ1ペアの電極バンドを装着して、手首から先や前腕の筋肉運動をセンシングする2代目の「MiniBioMuse-II」[93]は、京都および神戸で公演した作品“Bio-Cosmic Storm”で使用した[104]が、演奏者は鍵盤上空5cmで「エリーゼのために」をエア演奏したり、ステージ中央のピアノの蓋を開けたりピアノを押ししたりして、その筋電信号(アナログ)自体を音響生成の素材信号として使うと共に、ステージ後方のスクリーンにリアルタイム鍵盤描画CGプログラムを走らせて、脱力しても微妙に発生する筋電に対応して鍵盤がピクピクと振動したり、力を入れると鍵盤がバラバラに壊れて舞うことで、演奏者の筋肉の状態をデフォルメしたマルチメディア表現を求めた。

両腕の前腕にそれぞれ8チャンネル分の電極ベルトを巻くという計16チャンネルの第3世代の筋電センサ「MiniBioMuse-III」[94]は、これまで世界各国での筆者の公演[105]で筋電楽器の可視化を伴う作品公演において活躍してきた[106]。2001年にドイツ・Kassel/Hamburgで公演した作品“Bio-Cosmic Storm II”[107]、2003年にカナダ・Montrealで公演した作品“Quebec Power”[108]、2004年にSUACで公演した作品“Wriggle Screamer”[109]、2004年にオランダ・Amsterdam[110]及びフランス・Paris[111]で、2007年に台湾・台北[112]で公演した作品“BioCosmicStorm-III”、2005年にカナダ・Vancouverで公演した作品“Wriggle Screamer II”[113]では、ステージ後方のスクリーンに投射する画面内に16個の筋電情報グラフをリアルタイム描画したことで、多くの聴衆からの感想として「筋電パフォーマンスの様子とそこから生成されるサウンドとの関係性が良く理解できた」と好評だった。表現方法としては医学生理学的な生体計測データ表示のイメージを避けきれなかったものの、実際に刻々と筋電情報が演奏行為とともに変化すれば、その無機質なグラフも生き生きと感じられるものだったらしい。

「心拍センシングとComputer Music」というテーマでは、前林明次氏がICCビエンナーレで発表した作品「Audible Distance」のために筆者が開発したセンシングシステムの中でワイヤレスの心拍センシングを行っており[79]、前林氏のシステムは対応したリアルタイム3D-CGを生成して体験者のHMDに伝送表示していたが、これは音楽公演の可視化ではないのでここでは深入りしない。また、上述のSonyのNetMDウォークマン・ラジオCM「人体の音楽」編のための作曲においても、筆者は自分の胸に高感度マイクを貼って心拍を検出しているが、こちらもラジオCMのため可視化は無かった。COVID-19のニュースでICU内の患者の心拍が生命維持装置のグラフとしてよく見られているように、心拍情報の可視化はあまりに医学生理学的なので、ちょっと音楽公演(メディアアート)と

しては難しいところがあると思われる。

「呼吸センシングとComputer Music」というテーマでは、コラボレーションを続けている笙演奏家/作曲家の東野珠実氏のために開発した「笙ブレスセンサ」が重要な道具となって活躍した。このセンサは東野氏自身の作品でも国内外で活用されているが、ここでは筆者の作品でもさらに演奏情報可視化のテストケースとなったものに限って紹介する。1988年の作品“Visional Legend”[117]では、東野氏の笙演奏サウンドを筆者がライブにプロセッシングしつつ、背景映像と演奏する東野氏自身のカメラ映像を筆者がライブにスイッチングするという手法であった。これが2001年にドイツ・Kassel/Hamburgで公演した作品“Visional Legend ver. 2001”[118]では、「笙ブレスセンサ」からの呼吸センシング情報(呼気/吸気)に対応して映像のエフェクト/スイッチングを生成することで、演奏者自身が音響と映像の両方を即興的に生成するパフォーマンスに進化した。筆者がSUAC(静岡文化芸術大学)内にある「瞑想空間」を舞台に制作した空間演出環境「靄夜(もや)」[119]を可視化装置として活用したパフォーマンス[120]でも、「笙ブレスセンサ」からの呼吸センシング情報によって空間に浮かぶ64個のLED発光体の輝度変化をライブにコントロールした。この手法は会場をSUAC講堂に移して国際会議NIME2004[121]の歓迎公演[122]でも継承して、笙の演奏に伴って滑らかな呼吸のように明滅する64個のLED群の幻想的なパフォーマンスを実現できた。

生体情報センシングの最後は「触覚センシングとComputer Music」というテーマである。筆者は新・触覚センサシステム「PAW-double」という新インターフェースを開発/公開[125]しているが、音楽公演の情報可視化というよりも、ウェルネス・エンタテインメント[126-127]のための触覚情報可視化のためのツールとして大きな可能性を感じている。筆者はテレミンに代表される「触らない楽器」(筆者は画像認識CV技術による「モーションキャプチャ楽器」については懐疑的/否定的なのでこのカテゴリに入れない)の発想に対して、触覚/触感センサ「PAWsensor」との出会いから真逆の発想で「触りまくる楽器」としての可能性について検討してきた[128-135]が、実際の作曲/作品公演には至っていないので、ここでは体験型インスタレーション作品の形態をとった2つのシステム事例について紹介する。公開サイト[125]ではPAWセンサを活用した3世代のシステムを紹介しているが、PAWを1個だけ使った第1世代の試作機[136]に続いて開発した、PAWを10個使った第2世代の「MRTI2015」は「楽器」を意識したものであり、そのデモとして10本の指でライブにサウンド生成するとともにフラクタル構造のグラフィックをライブ生成[137]した。これをデモ体験のインスタレーションとして提供すると、多くの人々を笑顔にすることで[138]、「触覚からの情動バイオフィードバック」を確信させた。PAWセンサの数を8個とした第3世代の「PAW-eight」のデモではOpen-GLによる3次元リアルタイムCGとともにサウンドを操作する一種のゲームとしたが[139]、これをデモ体験のインスタレーションとして提供すると、

またまた多くの専門家を笑顔にした[140]。「筋電」や「触覚/触感」というのは能動的動作に伴うものであり、自分でコントロール出来ない心拍などの受動的な生体情報とは異なるのではないかという意見も聞くが、少なくとも「スイッチを押す」とか「レバーを倒す」のように詳細な指令に従っての動作ではなく、さらに筋肉などからのバイオフィードバック情報が脳活動に与える効果(内受容感覚 interoception)を重視しているので、筆者にとってこれら「バイオフィードバック」センシングというのは、立派に生体情報センシングであるという立場である。

4. ライブComputer Music公演と可視化

本節では、これまで述べてきた「生体情報センシング」と「ライブ生成カオス」以外の視点での、ライブComputer Musicにおける情報可視化のうち、次節で紹介する「空間照明演出」と「光る楽器」以外の事例について簡単に紹介しておくが、その多くはこれまでに紹介してきた事例よりも過去に作曲/公演した、1990年代前半の事例である。デザインの世界には「ニーズ指向」・「シーズ指向」という2つの異なるアプローチがあり、古典的な芸術では表現したいテーマから創作が始まる「ニーズ指向」だったのに対して、テクノロジーアートの性格を持つComputer Musicやメディアアートの世界では、それまで存在しなかった新しい技術の出現に対して「これを活用して何か新しいことが出来ないか」という「シーズ指向」の発想も大きな意義を持つ。この意味で本節はメディアアートにおける各種「シーズ」の紹介でもある。コンピュータによって音楽を創造するComputer Musicにおいて、サウンドと同時にビジュアル要素も生成することは自然な発想であり、筆者は技術的バックボーンを生かして音楽演奏情報の可視化とも言えるライブ・グラフィックスを追求してきた[141-144]。

前々節で紹介した作品“CIS(Chaotic Interaction Show)”[63]は、ステージ上のパーカッション奏者のMIDI演奏情報(サウンド)がリアルタイムCG生成のAMIGAコンピュータに与えられてライブ・グラフィックスを駆動した。この作品を共同制作したコラボレータの由良泰人氏と「その逆(ライブ・グラフィック描画→サウンド生成)をやってみよう」と相談して制作した次の作品“Muromachi”[145]では、ステージ上のパフォーマーがAMIGA上のオリジナルソフトで即興的に絵を描きするペンシルマウスの操作情報をMIDIで音楽生成系に送るという構成になった。古典的なイントロとエンディングはあるものの、画面全体をクリアして次のシーンに進む操作の3回目がエンディングとなるので、お絵描き演奏者がノッてくればいつまでも公演は続き、音楽作品としての「長さ」は15分だったり30分だったり任意に伸び縮みした。

1990年代前半にはパソコンが非力でライブ・グラフィックスのプロジェクションはNTSCビデオ信号が主流だったが、MAXIM社のMAX456という「8入力8出力のNTSCビデオ信号マトリクス・スイッチング」ICが出現したことで、MIDI制御によって多系列のビデオ信号をライブ・パフォーマー

ンスと同期させてスイッチングさせ、多数のプロジェクタに投射コントロールできるようになった[146]。この典型的なシーズ「MIDIビデオマトリクス・スイッチャ」を活用した一連の作品公演が1990年代後半に連続し、ライブComputer Musicの可視化の効果として大きなインパクトを与えた。作品“Asian Edge”[147]ではMIBURI改造センサを装着したパフォーマーの身体動作と同期して躍動的な表現に貢献し、作品“Johnny”[148]ではステージ上の3人の演奏者とライブ生成CGとを切り替えた。韓国・ソウルで公演した作品“Ephemeral Shimmer”[149]や作品“Atom Hard Mothers”[150]や作品“Wandering Highlander”[15][151]では、MIBURI改造センサを装着したパフォーマーの即興的な身体表現が音楽シーンを進めるように作曲した。この「MIDIビデオマトリクス・スイッチャ」は動態保存しているものの、パソコンからのプロジェクションがVGA・DVI・HDMIなどに進化するとともに退役することになった。

筆者のComputer Music作曲/公演のプラットフォームはこの30年間ほぼ一貫してMax[59][4][106][152-159]であるが、1990年代終盤から2000年代初期にかけてのパソコンの性能向上とともに、サウンド生成だけでなくグラフィクス生成(再生でなくライブ生成)を行うアプリケーションが新たなシーズとして登場した。前節で紹介した作品“Visional Legend”[117]および作品“Visional Legend ver. 2001”[118]では、ライブ・グラフィクス生成のための「Image/ine」というソフトを走らせるMacをビデオ生成系として利用した。同時期にはアンダーグラウンドな「nato」という同様のソフトも存在したが「やや怪しい」との噂から筆者は利用しなかった。

2001年にドイツ・Kassel/Hamburgで公演した作品“Japanesque Germanium”[160]では、日本の伝統音楽の熟達者と共に行った欧州への文化交流ツアー[161]のコンサートのラストということで、尺八・笙・13弦箏とコンピュータの即興ライブセッションの形態をとったために、見るだけで音響との関係が明確な伝統楽器に対抗するために、Maxでなくライブ音響生成ソフト「SuperCollider」を使用して、サウンドだけでなくその「出力波形のグラフを描画する」機能をスクリーンにプロジェクションしつつ、ノートPCのパッドを操作した。

当初はMIDIベースだった“Max”にリアルタイム音響信号処理機能“MSP”が加わったのは1990年代後半だったが、さらにリアルタイムグラフィック機能の“jitter”が加わったのは2002年からであり、筆者は世界に先駆けてjitterを公開/解説した「DSPSS2002」にホストとして参加した[162]。このDSPSS2002を併設したSUACのイベント「メディアアートフェスティバル2002」[163]のコンサートで公演した作品“Berlin Power”[164]では、当然まだ“jitter”を使えない(後日に公開されるjitterの試作versionがその場で参加者に配布された)ので、音楽公演の可視化のシーズとして活用したのは、Rolandから出たデジタルビデオワークステーション「DV-7」だった[165]。ユニークな「BeOS」のシステムで全てデジタル画像編集処理をす

るこのマシンをMIDI制御する特注化によって実現したこの作品公演は、その後に“jitter”で実現できるようになるよりも数年先を走っていた。

前節で紹介した、16チャンネル筋電センサ「MiniBioMuse-III」[94]を使用した作品“BioCosmicStorm-III”(世界各地で公演)[105]及び作品“Wriggle Screamer”[109]及び作品“Wriggle Screamer II”[113]では、筋電情報を分かりやすく可視化するためにMaxの「lcd」オブジェクト(処理が軽い)を使用していたが、カナダ・Montrealで公演した作品“Quebec Power”[166]では初めて“jitter”をライブ公演で使用した。その後は作品“Joyful Boxes”[167]、さらに後述する作品群でも「Max+MSP+jitter」が標準的なライブ・マルチメディア・パフォーマンスのプラットフォームとなって現在に至っている。

SUACデザイン学部の新入生5人とともに夏休みの有志プロジェクトとして楽器玩具「Jaminator」を改造して最終的にガールズバンド「ジャミーズ娘+」として2回の公演を行った[168-173][7]が、ここでは5人の演奏者が画面内にそれぞれの「My Color」の領地を持ち、演奏するとサウンドと共にそのColorに因んだグラフィックを出現させつつ領地が拡大して、マルチメディア版「押し競饅頭」パフォーマンスを実現したが、ここでも全体のプラットフォームとしてはjitterが活躍した。

5. 音楽公演可視化のための「空間照明演出」と「光る楽器」

Computer Musicにおいて、音楽公演の可視化の手法は「プロジェクタからスクリーンへ」と思われるかもしれないが、音楽の道具である「楽器」[9]について考察すると、さらなる音楽パフォーマンス可視化の可能性の存在に気付く。前々節で紹介した空間演出環境「霧夜」(もや)[119][120]のように、空間演出の部分にインタラクティブな機能を盛り込むことで、単なる背景照明でなく、音楽パフォーマンスに呼応した空間照明演出を行うというのも一つのアプローチとして重要である。2008年の「メディアアートフェスティバル2008」[174]のライブ(メディア・パフォーマンス)で公演した作品“Resonated Vibrations”[175]では、ビデオでは聞こえないものの会場正面の巨大な壁面の全体が30Hzほどの重低周波振動する特徴があるだけでなく、正面に配置されたLEDパネルが音楽演奏情報に対応して輝度変化するという「可視化」環境を構築した。

「楽器」というものは、音楽演奏行為において演奏者(パフォーマー)に対して物理的フィードバックを返す(ピアノの鍵盤、ギター/バイオリンの弦振動、大型吹奏楽器の胴体共鳴など)と考えられる。そこでコンピュータで演奏動作をセンシングして、この情報に基づいてスクリーン投射のグラフィックをライブ生成する可視化について前述してきたが、それだけでなく、楽器自体が「鳴りつつ光る」ことで、演奏者および聴衆にその演奏行為を可視

化するというストレートな手法「楽器が光ってもいいじゃないか(GHI)」を思いついた[176-184]。本節では以下、この発想に基づく作品公演/デモ公演の事例についても紹介する。

インドネシアの民族楽器(太鼓)であるKendangを仕入れる機会があり、ここに多数のLEDを空中配線(接着も穴開けもナシ)で纏わせた新楽器「Cyber Kendang」(生き物のように点灯パターンが変化し、さらに高輝度LED群が太鼓を叩いた衝撃に対応した輝度で強烈に光る)を用いた作品“Cyber Kendang”は、SUACでの公演に続いてICMCで入選して2007年にニューヨーク公演が実現した[185]。8チャンネルの距離センサを配置したリングを2重に重ねた「16チャンネル・テルミン」と共に、手元のテーブル上に青色LEDと光センサを隣接した16センシングポイント(掌に反射した光によって「空中もみもみ」動作を検出)を持つ新楽器「Peller-Min」については、基本的に「触らない楽器」として追求したものだった。しかしこの新楽器を活用した作品“controllable untouchableness”[186]の公演では、想定外(想定以上)の効果として、暗いステージ上での演奏行為が、演奏者(筆者)自身の顔付近を不気味に青く照らすという演奏可視化の効果を得た。

「楽器が光ってもいいじゃないか(GHI)」の路線を継承して「Cyber Kendang」と「Peller-Min」に続く新楽器として開発したのが「GHI2014」[182]であるが、ここでは単に光るという特性よりも「ステージ上で楽器をライブに組み立てる行為」そのものが演奏行為であるというコンセプト[184]が優先している。YouTubeの記録としては、ライブコンサートで行った演奏[187]だけでなく、講義やワークショップの際に行ったデモ[188]の両方があるが、いずれも盛り上がった部分でのLEDの高速点滅の周波数がビデオ録画のフレームレートを超えているために十分に再現できていない点にご留意いただきたい。

6. 音楽における可視化の有効性/可能性と課題

本稿では筆者の活動のうち「ライブComputer Music」に関する報告であるために詳細は述べないが、メディア心理学/基礎心理学の領域で筆者の研究活動においても、多くの場合に「情報可視化」は重要な意義を持っているので、ここでは簡単にリンクのみ紹介しておく。「音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果」という研究[189]では、聴覚的情報と視覚的情報を同時に視聴するマルチメディアコンテンツにおける「ビート」に注目し、音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす局所的な引き込み効果を提唱し、これを解析・検証するための新しい心理学実験システムを制作して、被験者テストによる実験・評価を行ったが、その実験データの検討評価において3次元空間にデータを表示するツールも制作して、この可視化が非常に役立った。「グロッケン音色の利用に関する考察」という研究[190]では、本来は楽譜より2オクターブ高く演奏される移調楽器のGlockenspielについて検討した。この楽器はMIDI演奏データにおいてはオルゴールの音色として使用されるだけで

なく、本来ありえない音域でも利用されている。研究では、非斉次倍音の強いこの音色に特有の作曲の事例と、問題あるアレンジによって違和感のある事例から作曲における活用法について考察するとともに、楽器音の分析と違和感の印象について実験によって検証したが、検討の過程でソナグラフやオリジナル分析ツールを制作して、この可視化が非常に役立った。「聴覚的クロノスタシスに関する研究」という研究[191]では、「錯覚」を切り口とした検討から視覚領域でよく知られたクロノスタシス錯覚(Chronostasis)を取り上げて被験者実験を行い検討したが、被験者実験のためのツールや実験データの検討のためのツールを制作して、この可視化が非常に役立った。

本稿のテーマ「ライブComputer Music」に関する可視化の有効性/可能性と課題について、最後にここで検討・整理しておくことにする。考えてみれば、クラシックや民族音楽など伝統的な自然楽器を用いた音楽の古典的ライブ公演の場合にも、聴衆はステージ上の演奏者の演奏行為(楽器操作、身体動作、演奏者間のアイコンタクト等)に注目しつつ音楽公演を鑑賞/堪能しているのであり、わざわざ「可視化」と言わずとも聴覚だけでなく視覚も総動員していることが普通である。最近ではクラシック音楽のコンサートでもステージ後方のスクリーンにイメージ映像を投射したり照明を変化させる事があり、これがポップス/ロック等の商業音楽シーンの音楽コンサート/ライブであれば演奏者のクローズアップ映像とともに大画面のスクリーンを用いる事がほぼ常識となっていて、音楽公演における「可視化」などとわざわざ取り上げるのは野暮という状況にある。

録音されて聞くだけの電子音響音楽Electroacoustic Musicやビデオ記録された音楽公演の視聴を別として、テーマである「ライブComputer Music」については、本稿で紹介した筆者の事例のように、作曲の一部として自然にマルチメディア化すくなち可視化の要素が実現されてきた。例外的(反面教師的)な事例としては、ステージ上のデスクに2人の演奏家(コンピュータ操作)が並んで座り、それぞれノートPCに向かってニヤニヤしながらライブ音響が生成される(スクリーン等はナシ)、という公演があった。実はその2人のPCはネットワーク越しに地球の裏側の別の2人のミュージシャンとライブに音響断片をやりとり(キャッチボール)して、それらの総合された音響がホールに鳴り響いているというものだった。これは本人たちは楽しく最先端のライブ音楽を公演していたのだろうが、客席の聴衆にとって「何が起きているか謎」な時間となったのが印象的であり、何らかの可視化手法で「起きている事を伝える」サポートを講じるべきだったのかもしれない。その意味では、三輪眞弘氏の伝説的な作品“SendMail”の可視化手法は非常に効果的だった[193]。ステージ上で管楽器ソロの演奏音響をMaxがピッチ抽出してASCII文字に変換し、Macのモデムポートからダイヤルアップ接続・ログインしたIAMASのコンピュータにそのASCII文字を送信することでライブに電子メールを出す、とい

う作品なので、聴衆はMax画面がプロジェクションされたスクリーンのタイプ文字を注視し、英語メール文章を読み上げては演奏する独奏者(ピッチ抽出エラーでタイプミスになるとバックスペース対応のノートを再演奏)とリターンコード(改行)を送るピアノ伴奏者に注目し、音楽の進行(メール送付)を見守った。Computer Musicの世界では、多くの作曲家は半ば本能的に「可視化」を発想の一部として創作に取り組んでいるが、テクノロジーやアイデアの進展で新たな可視化の可能性が刻々と生まれているとすれば、そこにアンテナを立ててうまく活用していくというアプローチも重要であるだろう。

7. おわりに

ライブComputer Musicにおける情報可視化について、「生体情報センシング」と「ライブ生成カオス」という2つの手法におけるケーススタディを中心として考察した。筆者はかつて、「可視化」と対極的な「可聴化」という世界にも触れたが[84]、人間にとって視覚と聴覚は生きていく上でいずれも重要な対外チャンネルであり、相補的に活用するという可能性はまだ無限にあると考えられる。今後もメディアアートの世界で可視化と可聴化の新しい可能性を探求していきたい。

参考文献

- 1) <https://nagasm.org/ASL/>
- 2) <https://nagasm.org/ASL/ASL.html>
- 3) <https://nagasm.org/ASL/YouTube.html>
- 4) 長嶋洋一: インタラクティブアートの統合的システム・プラットフォームとしてのMax/MSP, DSPサマースクール2002論文集, 静岡文化芸術大学 (2002) <https://nagasm.org/ASL/dsps2002/>
- 5) 長嶋洋一: 音楽/芸術表現のための新インターフェース, 静岡文化芸術大学紀要・第4号2003年, 静岡文化芸術大学 (2004) <https://nagasm.org/ASL/suac2003/>
- 6) 長嶋洋一: Computer Musicパフォーマンスはこの20年間で進歩したのか, 情報処理学会研究報告(2012-MUS-96), 情報処理学会 (2012) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmus201208.pdf>
- 7) Yoichi Nagashima: Comprovisession - Improvisational real-time composing environment for multimedia session performance, Proceedings of 2013 International Symposium on Performance Science, ISPS (2013) <https://nagasm.org/ASL/paper/ISPS2013.pdf>
- 8) Yoichi Nagashima: Assembling Music, Proceedings of 2nd International Symposium on Sound and Interactivity, SI15 (2015) https://nagasm.org/ASL/paper/SI2015_nagasm.pdf
- 9) 長嶋洋一: 新楽器へのアプローチ, 情報処理学会研究報告(2015-MUS-108), 情報処理学会 (2015) https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201508_2.pdf
- 10) 長嶋洋一: 脳波センサ”MUSE”は新楽器として使えるか, 情報処理学会研究報告(2015-MUS-110), 情報処理学会 (2016) <https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201603.pdf>
- 11) Yoichi Nagashima: Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments - DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015, Proceedings of 2016 International Computer Music Conference, ICMA (2016) https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2016_nagasm.pdf
- 12) 長嶋洋一: 楽器と演奏される音楽との関係について, 情報処理学会研究報告(2019-MUS-124), 情報処理学会 (2019) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmus201908-2.pdf>
- 13) 長嶋洋一: ライブComputer Musicパフォーマンスにおける身体運動とインタラクションについての考察, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会資料(技術研究報告)HCS2021-01, 電子情報通信学会 (2021) https://nagasm.org/ASL/online2021_01_03/HCS202101.html
- 14) Yoichi Nagashima: Tutorial/Workshop "Sensors for Interactive Music Performance", International Computer Music Conference, Berlin, Germany (2000.08.26) <https://nagasm.org/ASL/workshop/icmc2000/>
- 15) 長嶋洋一: レクチャー/コンサート「インタラクティブ・メディアアート」, 電気学会・電子情報通信学会・情報処理学会・照明学会・映像情報メディア学会・日本音響学会各東海支部・電気設備学会中部支部・IEEE名古屋支部連合大会シンポジウム, 静岡大学 (2000.09.17) <https://nagasm.org/ASL/wander/>
- 16) Yoichi Nagashima: Workshop "Sensors for Interactive Music Performance, Studio CCMIX, Paris, France (2001.09.19) <https://nagasm.org/ASL/paris/>
- 17) Yoichi Nagashima: Workshop "Composition of [Visional Legend]", International Workshop on "Human Supervision and Control in Engineering and Music", Kassel, Germany (2001.09.21) <https://nagasm.org/ASL/kassel/>
- 18) Yoichi Nagashima: Lecture/Concert "Interactive Media Art with Biological Interfaces", STEIM open Lecture/Concert, Studio STEIM, Amsterdam, Netherlands (2004.08.30) <https://nagasm.org/Sabbatical2004/0826/steim02.html>
- 19) Yoichi Nagashima: Lecture "Interfaces for Interactive Media Art", IRCAM Lecture, IRCAM, Paris, France (2004.09.13)
- 20) Yoichi Nagashima: Lecture/Concert "Interactive Art with Bio-Interfaces, La Kitchen open Lecture/Concert, La Temple, Paris, France (2004.09.17)
- 21) 長嶋洋一: 国際会議・招待講演"Interactive Multi-Media Performance with New Interfaces", 国際電脳音楽楽音訊技術検討会(International Workshop on Computer Music and Audio Technology), National chiao Tung University, 台湾 (2007.03.24) <https://nagasm.org/ASL/Taiwan2007/>
- 22) 長嶋洋一: ワークショップ・基調講演"Interactive Multi-Media Performance with New Interfaces", 「互動藝術展演」国際學術研討會(International Workshop on Interactive Media Art), 開南大学, 台湾 (2007.03.26) <https://nagasm.org/ASL/Taiwan2007/>
- 23) 長嶋洋一: レクチャー「Interactive Multi-Media Art with New Technology」, 筑波大学大学院人間総合科学研究科感性認知脳科学専攻こころの科学セミナー, 筑波大学 (2007.07.11) <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20070711/>
- 24) 長嶋洋一: ワークショップ「Sensor/Microelectronics Technology for Interactive Multi-Media Art」, 筑波大学大学院人間総合科学研究科感性認知脳科学専攻「感性認知脳科学基礎実習」ハンズオンセミナー, 筑波大学 (2007.08.08-12) <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20070808-12/>
- 25) 長嶋洋一: 「フィジカル・コンピューティング」ワークショップ, SUAC (2008-2010, 2013-2014, 2016-2017, 2019-2020)
- 26) Yoichi Nagashima: Tutorial "Parallel Processing Platform for Interactive Systems Design", International Conference on Entertainment Computing, Conservatoire National des Arts et Metiers, Paris,

- France (2009.09.02) <https://nagasm.org/ASL/ICEC2009/>
- 27) Yoichi Nagashima: Lecture "Technology for Computer Music / Interactive Multi-Media Performance with New Interfaces", International Festival/Competition SYNC.2010 Tutorial(1), The Ural State Conservatory, Yekaterinburg, Russia (2010.12.06) https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_1/
- 28) Yoichi Nagashima: Lecture "SUAC Installation - Case Studies as Physical Computing", International Festival/Competition SYNC.2010 Tutorial(2), The Ural State Conservatory, Yekaterinburg, Russia (2010.12.07) https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_2/
- 29) Yoichi Nagashima: Lecture "Interactive Art with Bio-Interfaces", International Festival/Competition SYNC.2010 Tutorial(3), The Ural State Conservatory, Yekaterinburg, Russia (2010.12.08) https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_3/
- 30) 長嶋洋一: ワークショップ「電子工作 - ハンダ付けの秘伝公開」, ミンミンゼミ・特別講義, 京都精華大学 (2014.05.19) <https://nagasm.org/1106/news4/20140519/>
- 31) [31] 長嶋洋一: ワークショップ「電子工作入門」, 美術学部構想設計専攻特別講義, 京都市立芸術大学 (2014.06.12/23) https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_1/ https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_2/
- 32) 長嶋洋一: ワークショップ「Arduinoワークショップ」, 美術学部構想設計専攻特別講義, 京都市立芸術大学 (2015.06.11-12) https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_3/
- 33) 長嶋洋一: ワークショップ「スケッチング」, 工学系/情報系/芸術系特別講義, 筑波大学 (2015.07.02-03) <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20150702-03/>
- 34) 長嶋洋一: レクチャー「マルチメディアアートツールMaxを用いたバイオフィードバックシステムの開発入門」, バイオフィードバック療法セミナー, 甲南女子大 (2015.10.12) <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20151012/>
- 35) 長嶋洋一: レクチャー「マルチメディアアートツールMaxを用いたバイオフィードバックシステムの開発入門」, バイオフィードバック療法セミナー, 人間環境大学 (2016.02.28) <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20160228/>
- 36) Yoichi Nagashima: Lecture "Biofeedback Instruments and Improvisation", 4th tempora International Meeting, Bordeaux, France (2016.08.30) <https://nagasm.org/1106/news5/tempora2016/>
- 37) Yoichi Nagashima: Lecture "Interactive Media Arts - New Ideas and New Technologies", General Lecture for Ekaterinburg's Contemporary Art Academy, Gorky library, Yekaterinburg, Russia (2016.09.19) https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_1/
- 38) Yoichi Nagashima: Lecture "Interactive Media Arts - New Ideas and New Technologies", General Lecture - open public, Ural branch of the National Center for Contemporary Arts, Yekaterinburg, Russia (2016.09.19) https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_2/
- 39) Yoichi Nagashima: Workshop "Introduction of Programming - Creating Art Objects", Practical Workshop for Art Academy's Designer Students, Center of Culture "Ordzhonikidzevsky", Yekaterinburg, Russia (2016.09.20) https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Workshop_1/
- 40) Yoichi Nagashima: Workshop "Interactive System Design - Creating Media Arts", Practical Workshop for Art Academy's Programmers Students, Center of Culture "Ordzhonikidzevsky", Yekaterinburg, Russia (2016.09.21) https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Workshop_2/
- 41) Yoichi Nagashima: Lecture "Human-Computer Interaction and Media Arts (part1)", Lecture Workshop at MARS Gallery, MARS Gallery, Moscow, Russia (2016.09.25) https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_3/
- 42) Yoichi Nagashima: Lecture "Human-Computer Interaction and Media Arts (part2)", Lecture Workshop at MARS Gallery, MARS Gallery, Moscow, Russia (2016.09.26) https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_4/
- 43) Yoichi Nagashima: Lecture "Bio-Sensing and Bio-Feedback Interfaces", Conference "Musical Interfaces and Robotics", 東京藝術大学 (2017.11.27) <https://nagasm.org/ASL/TUA2017/>
- 44) 長嶋洋一: レクチャー「生体情報センシングとメディア・アートを用いたバイオフィードバックとリハビリテーションの可能性」, バイオフィードバック療法セミナー, 奈良学園大 (2018.03.31) <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20180331/>
- 45) Yoichi Nagashima: Tutorial "Bio-Sensing Platforms for [Wellness Entertainment] System Design", International Conference on Entertainment Computing, Poznan University of Technology, Poznan, Poland (2018.09.17) <https://nagasm.org/ICEC2018workshop/>
- 46) B. Degazio, Musical Aspects of Fractal Geometry: Proceedings of International Computer Music Conference, pp.435-442, ICMA (1986).
- 47) R. L. Devany: An Introduction to Chaotic Dynamical Systems (Second Edition), Addison- Wesley Publishing Company (1989).
- 48) F. R. Moore: Elements of Computer Music, pp.413-453, Prentice Hall, Englewood Cliffs (1990)
- 49) 西沢清子, 関口晃司, 吉野邦生: フラクタルと数の世界, 海文堂出版 (1991)
- 50) R. Bidlack: Chaotic Systems as Simple (but Complex) Compositional Algorithms, Computer Music Journal, vol.16, no.3, pp.33-47, MIT Press (1993)
- 51) S. H. Strogatz: Nonlinear Dynamics and Chaos, Westview Press (1994)
- 52) 長嶋洋一: Chaotic Interaction Model for Hierarchical Structure in Music, 平成5年度前期全国大会講演論文集II, 情報処理学会 (1993) <https://nagasm.org/ASL/ipsj1993/>
- 53) 長嶋洋一: Musical Concept and System Design of "Chaotic Grains", 情報処理学会研究報告Vol.93, No.32(93-MUS-1), 情報処理学会 (1993) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmusl.txt>
- 54) 長嶋洋一: Chaotic Interaction Model for Real-Time Composition, 1993年度人工知能学会全国大会論文集I, 人工知能学会 (1993) <https://nagasm.org/ASL/jsai1993/>
- 55) Yoichi Nagashima: PEGASUS-2 : Real-Time Composing Environment with Chaotic Interaction Model, Proceedings of 1993 International Computer Music Conference, ICMA (1993) <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc93.txt>
- 56) Yoichi Nagashima: Chaotic Interaction Model for Compositional Structure, Proceedings of IAKTA / LIST International Workshop on Knowledge Technology in the Arts, IAKTA (1993) <https://nagasm.org/ASL/paper/iaкта.txt>
- 57) 長嶋洋一: Chaos理論とComputer Music, 京都芸術短期大学紀要[瓜生]第16号1993年, 京都芸術短期大学 (1994) <https://nagasm.org/ASL/chaos02/>
- 58) 長嶋洋一: マルチメディア作品におけるカオス情報処理の応用(研究ノート), 京都芸術短期大学紀要[瓜生]第18号1995年, 京都芸術短期大学 (1996) <https://nagasm.org/ASL/chaos03/>
- 59) 長嶋洋一: アルゴリズム作曲 <https://nagasm.org/ASL/>

- max01/
60) <https://nagasm.org/ASL/max01/fig16.gif>
61) <https://nagasm.org/ASL/max01/fig17.gif>
62) <https://nagasm.org/ASL/doc1/ev001.jpg> ~ <https://nagasm.org/ASL/doc1/ev005.jpg>
63) <https://www.youtube.com/watch?v=AmjHjvLNNwg> , https://www.youtube.com/watch?v=GoLEIdiF_n4
64) <https://www.youtube.com/watch?v=oWBk5yKfSsI> , <https://www.youtube.com/watch?v=8ZgxICoSqRg>
65) K. Devlin, 新美吉彦, 後恵子(訳): 数学;新しい黄金時代, pp.86-110, 森北出版 (1999)
66) C. Madden: Fractals in Music, High art Press, Salt Lake City (1999)
67) R. L. Devaney, 後藤憲一(訳): カオス力学系入門 第2版, 共立出版 (2003)
68) 蔵本由紀(編): リズム現象の世界, 東京大学出版会 (2005)
69) G. Loy: Musimatics, pp.304-363, The MIT Press, Cambridge (2006)
70) A. Pikovsky, M. I. Rosenblum, and J. Kurths, 徳田功(訳): 同期理論の基礎と応用, 丸善 (2009)
71) 郡宏, 森田善久: 生物リズムと力学系, 共立出版 (2011)
72) 郡宏: 力学系によるアプローチ: 振動現象を具体例として, https://www.cf.ocha.ac.jp/acpro/kori/papers/suri_kagaku_2011.pdf
73) 長嶋洋一: 非線形科学の視点から「コンピュータ音楽」を考える, 電子情報通信学会非線形問題研究会資料(技術研究報告)NLP2010-133, 電子情報通信学会 (2011) <https://nagasm.org/ASL/paper/201101NLP.pdf>
74) 長嶋洋一: カオスに対する聴覚的なアプローチ(1), 電子情報通信学会非線形問題研究会資料(技術研究報告)NLP2010-158, 電子情報通信学会 (2012) <https://nagasm.org/ASL/paper/201203NLP.pdf>
75) 長嶋洋一: サウンド知覚のカオス共鳴によるモデル化に向けて, 電子情報通信学会非線形問題研究会(NLP)研究会資料(技術研究報告)NLP2013-144, 電子情報通信学会 (2014) <https://nagasm.org/ASL/paper/201401NLP.pdf>
76) 長嶋洋一: カオスに対する聴覚的なアプローチ(2), 電子情報通信学会非線形問題研究会(NLP)研究会資料(技術研究報告)NLP2014-44, 電子情報通信学会 (2014) <https://nagasm.org/ASL/paper/201407NLP.pdf>
77) 長嶋洋一: Interactive Computer Musicのための生体センサ等を応用した「新楽器」について, 平成10年度前期全国大会講演論文集2, 情報処理学会 (1998) <https://nagasm.org/ASL/ipsj1998/page3.gif> , <https://nagasm.org/ASL/ipsj1998/page4.gif>
78) 長嶋洋一: センサを利用したメディア・アートとインスタレーションの創作, 京都芸術短期大学紀要[瓜生]第20号1997年, 京都芸術短期大学 (1998) <https://nagasm.org/ASL/sensor01/>
79) 長嶋洋一: 生体センサによる音楽表現の拡大と演奏表現の支援について, 情報処理学会研究報告Vol. 98, No. 74(98-MUS-26), 情報処理学会 (1998) <https://nagasm.org/ASL/sensor03/>
80) Yoichi Nagashima: BioSensorFusion - New Interfaces for Interactive Multimedia Art, Proceedings of 1998 International Computer Music Conference, ICMA (1998) <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc98.pdf>
81) Yoichi Nagashima: "It's SHO time" - An Interactive Environment for SHO(Sheng) Performance, Proceedings of 1999 International Computer Music Conference, ICMA (1999) <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc99.pdf>
82) 長嶋洋一: 新・筋電センサ"MiniBioMuse-III"とその情報処理, 情報処理学会研究報告Vol. 2001, No. 82(2001-MUS-41), 情報処理学会 (2001) <https://nagasm.org/ASL/SIGMUS0108/>
83) 長嶋洋一: 生体センサによるパフォーマンスとシステムの遅延/レスポンスについて, 平成14年度前期全国大会講演論文集4, 情報処理学会 (2002) <https://nagasm.org/ASL/ipsj2002/IPSJ0203.pdf>
84) Yoichi Nagashima: Interactive Multi-Media Performance with Bio-Sensing and Bio-Feedback, Proceedings of International Conference on Audible Display (2002) <https://nagasm.org/ASL/paper/ICAD2002.pdf>
85) Yoichi Nagashima: Interactive Multimedia Art with Biological Interfaces, Proceedings of 17th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics (2002) <https://nagasm.org/ASL/paper/IAEA2002.pdf>
86) 長嶋洋一: 宇宙人音楽と人体音楽の作曲事例報告, 情報処理学会研究報告Vol. 2003, No. 16(2003-MUS-49), 情報処理学会 (2003年) <https://nagasm.org/ASL/SIGMUS0302/>
87) 長嶋洋一: メディア・アートと生体コミュニケーション, 静岡文化芸術大学紀要・第3号2002年, 静岡文化芸術大学 (2003) <https://nagasm.org/ASL/suac2002/>
88) Yoichi Nagashima: Bio-Sensing Systems and Bio-Feedback Systems for Interactive Media Arts, Proceedings of 3rd International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME (2003) <https://nagasm.org/ASL/NIME03/>
89) Yoichi Nagashima: Combined Force Display System of EMG Sensor for Interactive Performance, Proceedings of 2003 International Computer Music Conference, ICMA (2003) <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc2003-1.pdf>
90) 長嶋洋一: 脳波センサ" MUSE" は新楽器として使えるか, 情報処理学会研究報告(2015-MUS-110), 情報処理学会 (2016) <https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201603.pdf>
91) 長嶋洋一: 脳波センサ" Muse 2"・" Muse S" は新楽器として使えるか, 情報処理学会研究報告(2020-MUS-129), 情報処理学会 (2020) <https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS202011.pdf>
92) <https://nagasm.org/ASL/mbm-1/>
93) <https://nagasm.org/ASL/mbm-2/>
94) <https://nagasm.org/ASL/mbm-3/> , <https://nagasm.org/ASL/SIGMUS0108/>
95) https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html#4th
96) https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html#5th
97) https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html#5_5th
98) 長嶋洋一: 特集記事「生体情報の信号処理<筋電を中心に>, インターフェース, CQ出版社 (2015年4月)
99) https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html
100) <https://nagasm.org/Sketching/VPP-SUAC.html>
101) <https://www.youtube.com/watch?v=n6acfgCrYN4>
102) <https://www.youtube.com/watch?v=60QeshLDQy4> , <https://www.youtube.com/watch?v=uyhngQPLvk8>
103) <https://www.youtube.com/watch?v=Doebf2mwRc0>
104) <https://www.youtube.com/watch?v=GMU102byjVc> , <https://www.youtube.com/watch?v=nbya5DMgjzQ> , https://www.youtube.com/watch?v=_03t6pBhZ9o , <https://www.youtube.com/watch?v=mcR1F4te4DM>
105) https://nagasm.org/ASL/paper/MBM3_Live.jpg
106) 長嶋洋一: 生体センサとMax4/MSP2による事例報告, 情報処理学会研究報告Vol. 2002, No. 14(2002-MUS-44), 情報処理学会 (2002) <https://nagasm.org/ASL/SIGMUS0202/>
107) <https://www.youtube.com/watch?v=7dKa4jI2J5w> , <https://www.youtube.com/watch?v=eWj0J0mevqg>
108) <https://www.youtube.com/watch?v=H8-AeibByWI>
109) <https://www.youtube.com/watch?v=Jk706nxaWfW>
110) <https://www.youtube.com/watch?v=Igd2DnQXi4>
111) <https://www.youtube.com/watch?v=bumEliMz9V8>
112) <https://www.youtube.com/watch?v=RGmzypsiRaM>
113) https://www.youtube.com/watch?v=nvXWG_02Xh4 , <https://www.youtube.com/watch?v=Rd-mPax3hS8>
114) <https://www.youtube.com/watch?v=D5y8grkVcgM> , <https://www.youtube.com/watch?v=32FLfkZyKk>

- 115) <https://www.youtube.com/watch?v=j8HlrZfKtYe>
- 116) <https://www.youtube.com/watch?v=Q1jVDDieiZI>
- 117) <https://www.youtube.com/watch?v=0u0QCU1PH00>
- 118) <https://www.youtube.com/watch?v=uKQ1xyt9oIs> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=pJrvbtDcpYE>
- 119) 「露夜」(もや) <https://nagasm.org/1106/moya/>
- 120) <https://www.youtube.com/watch?v=H0q0eTUwV5g> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=4xTqcXSyYj4>
- 121) NIME2004 <https://nagasm.org/NIME/>
- 122) <https://www.youtube.com/watch?v=b-snUQ1I1VM> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=EceZpd3A4Do>
- 123) https://nagasm.org/Sabbatical2016/tempora2016_rehearsal.mp4
- 124) https://nagasm.org/1106/news5/Mars_Photo/
- 125) <https://nagasm.org/Sketching/PAW-double.html>
- 126) <https://nagasm.org/Sketching/>
- 127) 長嶋洋一: ウェルネス・エンターテインメントを実現するメディアアート, 京都市立芸術大学美術研究科(メディアアート)博士(後期)課程 博士論文 (2019) https://nagasm.org/ASL/paper/KCUA_nagasm_final.pdf
- 128) 長嶋洋一: お触り楽器, 情報処理学会研究報告(2015-MUS-108), 情報処理学会 (2015) https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201508_1.pdf
- 129) Yoichi Nagashima: Multi Rubbing Tactile Instrument, Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME (2016) https://nagasm.org/ASL/paper/NIME2016_nagasm.pdf
- 130) Yoichi Nagashima: Towards the BioFeedback Game --- with Interoception and Rehabilitation ---, Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications, VS-Games (2016) <https://nagasm.org/ASL/paper/VS-Games2016.pdf>
- 131) Yoichi Nagashima: Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments --- DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015 ---, Proceedings of 2016 International Computer Music Conference, ICMA (2016) https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2016_nagasm.pdf
- 132) 長嶋洋一: 生体情報センシングと内受容感覚コミュニケーションの可能性について, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会資料(技術研究報告)HCS2017-102, 電子情報通信学会 (2018) <https://nagasm.org/ASL/paper/HCS201803.pdf>
- 133) 長嶋洋一: 「触覚バイオフィードバック」汎用プラットフォームの提案 -メディアアートのウェルネスデザイン応用を目指して-, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会資料(技術研究報告)HIP2018-39, 電子情報通信学会 (2018) <https://nagasm.org/ASL/paper/HIP201808.pdf>
- 134) 長嶋洋一: ウェルネス・エンターテインメントのための錯覚体験システム ~ 聴覚やマルチモーダル錯覚を中心として~, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会資料(技術研究報告)HIP2019-87, 電子情報通信学会 (2020) <https://nagasm.org/ASL/paper/HIP202002.pdf>
- 135) 長嶋洋一: メディアデザインにおけるバイオフィードバック応用の事例報告, 電子情報通信学会MEとバイオサイバネティクス研究会資料(技術研究報告)MBE2021-01, 電子情報通信学会 (2021) <https://nagasm.org/ASL/paper/MBE202101.pdf>
- 136) https://www.youtube.com/watch?v=n7K7x0_2dD8 ,
<https://www.youtube.com/watch?v=8rwwjmhainZs>
- 137) <https://www.youtube.com/watch?v=LF7KojKRP2Y> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=2SD84alrN1A> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=FM1Af3TyXNk> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=u6Gb62DBv7A>
- 138) <https://nagasm.org/1106/Sketch2015/Happy.html> ,
<https://nagasm.org/1106/SI2015/Happy.html>
- 139) <https://www.youtube.com/watch?v=Xst9dXRCALU> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=C0oaxStd5Q4> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=0bDPpRR5oIE>
- 140) <https://nagasm.org/1106/Sketch2019/Happy.html>
- 141) Yoichi Nagashima: A Compositional Environment with Interaction and Intersection between Musical Model and Graphical Model --- "Listen to the Graphics, Watch the Music" ---, Proceedings of 1995 International Computer Music Conference, ICMA (1995) <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc1995.html>
- 142) 長嶋洋一: インタラクティブ・マルチメディア作品 "Asian Edge" について, 京都芸術短期大学紀要 [瓜生] 第19号 1996年, 京都芸術短期大学 (1997) <https://nagasm.org/ASL/asian/>
- 143) Yoichi Nagashima: Real-Time Interactive Performance with Computer Graphics and Computer Music, Proceedings of the 7th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Man-Machina Systems, International Federation of Automatic Control (1998) <https://nagasm.org/ASL/paper/ifac98.pdf>
- 144) 長嶋洋一: メディアアートにおける画像系の制御について, 情報処理学会研究報告Vol. 2000, No. 76 (2000-MUS-36), 情報処理学会 (2000) <https://nagasm.org/ASL/paper/SS2000.pdf>
- 145) <https://www.youtube.com/watch?v=eun3-e4p59Q> ,
https://www.youtube.com/watch?v=_D1MLZAYNJE ,
<https://www.youtube.com/watch?v=NOMaDmyWygU>
- 146) <https://nagasm.org/ASL/videosw/>
- 147) <https://www.youtube.com/watch?v=hdYImL-CyH0> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=n0E-CFRrNcc> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=ZL61siGkcNw> ,
https://www.youtube.com/watch?v=zhu_0fygaaU
- 148) <https://www.youtube.com/watch?v=ri6MTatPNdU>
- 149) <https://www.youtube.com/watch?v=42uyyPkwFgg>
- 150) <https://www.youtube.com/watch?v=Lo1rTsrQLjY> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=f-E1Dv8KV5c> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=EWB6oQuIeZc>
- 151) <https://www.youtube.com/watch?v=Thr-3ic48EQ>
- 152) <https://nagasm.org/ASL/max02/>
- 153) 長嶋洋一: Max/MSPとKymaとLabVIEWによる音響処理について, 平成15年度全国大会講演論文集2, 情報処理学会 (2003) <https://nagasm.org/ASL/paper/IPSJ0303.pdf>
- 154) 長嶋洋一: 基礎心理学実験プロトタイプングツールとしてのMax7とウェルネスエンターテインメントプラットフォームとしてのMax7, 情報処理学会研究報告(2018-MUS-120), 情報処理学会 (2018) <https://nagasm.org/ASL/paper/SIGMUS201808.pdf>
- 155) 長嶋洋一: 音楽情報科学ツール"Max"を用いたメディアデザイン - RFIDの活用例を中心として, 情報処理学会研究報告 (2019-MUS-124), 情報処理学会 (2019) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmus201908-1.pdf>
- 156) <https://nagasm.org/ASL/max03/>
- 157) https://nagasm.org/ASL/Max7_1/
- 158) https://nagasm.org/ASL/Max7_part2_1/
- 159) <https://nagasm.org/ASL/Sketch01/>
- 160) <https://www.youtube.com/watch?v=vtbUT2R2qmE> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=SwXvlhsB8qw>
- 161) <https://nagasm.org/1106/europe/> , <https://nagasm.org/1106/europe/EUreport.html> , <https://nagasm.org/1106/europe/report.html>
- 162) <https://nagasm.org/1106/news5/docs/DSPSS2002.html>
- 163) <https://nagasm.org/1106/MAF2002/>
- 164) https://www.youtube.com/watch?v=_5Emv7LXd9E
- 165) <https://www.mm.jp.or.jp/ippinkan/newpage146.htm>
- 166) <https://www.youtube.com/watch?v=H8-AeibByWI>
- 167) <https://www.youtube.com/watch?v=Gi00hVnoA0c>
- 168) <https://nagasm.org/ASL/Jaminator/>

- 169) <https://www.youtube.com/watch?v=aXv-NAnt6iw>
- 170) <https://www.youtube.com/watch?v=Midqvqe-j-hw>
- 171) 長嶋洋一: 改造による新楽器の創造, 情報処理学会研究報告(2011-MUS-93), 情報処理学会 (2011) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmus201112.pdf>
- 172) Yoichi Nagashima: SUAC Studio Report, Proceedings of 2012 International Computer Music Conference, ICMA (2012) <https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2012.pdf>
- 173) Yoichi Nagashima: Consumer Generated Media and Media Entertainment, Journal of International Scientific Publication: Media & Mass Communication, ISSN 1313-2339 (2014) <https://nagasm.org/ASL/paper/Bulgaria.pdf>
- 174) <https://nagasm.org/1106/MAF2008/>
- 175) <https://www.youtube.com/watch?v=1PZ1WsgES7s>
- 176) 長嶋洋一: GHIプロジェクト - 楽器が光ってもいいじゃないか, 情報処理学会研究報告Vol. 2007, No. 37 (2007-MUS-70)/(2007-EC-7), 情報処理学会 (2007) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmus0705.pdf>
- 177) Yoichi Nagashima: GHI project and "Cyber Kendang", Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME (2007) <https://nagasm.org/ASL/paper/NIME07.pdf>
- 178) Yoichi Nagashima: GHI Project : New Approach for Musical Instrument, Proceedings of 2007 International Computer Music Conference, Vol.1, ICMA (2007) <https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2007.pdf>
- 179) Yoichi Nagashima: Untouchable Instrument "Peller-Min", Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME (2010) <https://nagasm.org/ASL/paper/NIME2010.pdf>
- 180) Yoichi Nagashima: Untouchable Instruments and Performances, Proceedings of 2011 International Computer Music Conference, ICMA (2011) <https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2011.pdf>
- 181) Yoichi Nagashima: Untouchable Performance and Technology, Proceedings of Asia Computer Music Project 2011, ACMP (2011) https://nagasm.org/ASL/paper/ACMP2011_nagasm.pdf
- 182) 長嶋洋一: 新楽器「GHI2014」 <https://nagasm.org/ASL/GHI2014/>
- 183) 長嶋洋一: GHI2014 - 楽器が光ってもいいじゃないか, 情報処理学会研究報告(2014-MUS-104), 情報処理学会 (2014) <https://nagasm.org/ASL/paper/sigmus201408.pdf>
- 184) Yoichi Nagashima: Assembling Music, Proceedings of 2nd International Symposium on Sound and Interactivity, SI15 (2015) https://nagasm.org/ASL/paper/SI2015_nagasm.pdf
- 185) https://www.youtube.com/watch?v=jz_GU00X12Q , <https://www.youtube.com/watch?v=b0qL0zAWOSg> , <https://www.youtube.com/watch?v=KfTzq8NjZEw> , <https://www.youtube.com/watch?v=lcoANcRQ0ao>
- 186) <https://www.youtube.com/watch?v=nLZP1Y6PNfs> , <https://www.youtube.com/watch?v=qydojZZ-KnI> , https://www.youtube.com/watch?v=-T_LT4AdvME , https://www.youtube.com/watch?v=Vt7p3oqEF_Y , <https://www.youtube.com/watch?v=yppgmZwsRws>
- 187) <https://www.youtube.com/watch?v=sRhxGdGaSQfE> , <https://www.youtube.com/watch?v=c1e1U4tTkcU> , https://www.youtube.com/watch?v=wh_iztSy-B8
- 188) <https://www.youtube.com/watch?v=ZHELBR-hN-0> , <https://www.youtube.com/watch?v=EIVutV-jQ8U> , <https://www.youtube.com/watch?v=FGk9SYFvnLo> , <https://www.youtube.com/watch?v=1M2Wjn4mXaY> , <https://www.youtube.com/watch?v=b3h0C6JK2Lk>
- 189) <https://nagasm.org/ASL/beat/>
- 190) <https://nagasm.org/ASL/Glocken/>
- 191) <https://nagasm.org/ASL/Chronostasis/>
- 192) <https://nagasm.org/1106/SS2001/photo/q0078.jpg> , <https://nagasm.org/1106/SS2001/photo/q0089.jpg> , <https://nagasm.org/1106/SS2001/photo/r040.jpg> , <https://nagasm.org/1106/SS2001/photo/r312.jpg>
- 193) <https://nagasm.org/1106/MAF2002/pic2/miwal.jpg> ~ <https://nagasm.org/1106/MAF2002/pic2/miwa4.jpg>