

ライブComputer Musicのための非線形フィードバックの活用

長嶋洋一¹

概要：非線形システムは自然界の随所に普遍的に存在していて、情報科学においてもフラクタルやカオスなどの研究テーマを豊富に提供している。工学的には「非線形フィードバック」という概念は「いかにして線形フィードバック」に縮退/簡素化していくかという対象になっているが、メディアアートの立場からは、積極的に非線形性を活用して数理造形的な「美」を生成する源としての意義を重視したい。オープンソース文化による「知の共有」と飛躍的なコンピュータ技術の発展は、過去に成し得なかった深みと広がりを実現する可能性を生み出した。本稿では、過去に非線形問題の領域で進めてきた検討をサーベイするとともに、2023年12月に初演した作品“Profound Recursion”において実装した「ライブ生成BGM」、新楽器による「ライブ生成演奏音」、フラクタル・グラフィクスのライブ生成について紹介すると共に、この領域の可能性について検討する。

Using Nonlinear Feedback for Live Computer Music

YOICHI NAGASHIMA^{†1}

Abstract: Nonlinear systems are ubiquitous throughout nature and provide a wealth of research topics in information science, including fractals and chaos. From an engineering standpoint, the concept of "nonlinear feedback" is the subject of how to reduce/simplify it to "linear feedback," but from a media art standpoint, I would like to emphasize its significance as a source of generating the "beauty" of mathematical design by actively utilizing nonlinearity. The "sharing of knowledge" through open source culture and the dramatic development of computer technology have created the potential to achieve a depth and breadth that was not possible in the past. In this paper, I survey the studies I have conducted in the area of nonlinear problems in the past, and introduce the "live-generated background music" implemented in the work "Profound Recursion" premiered in December 2023, the "live-generated performance sound" using new instruments, and the live generation of fractal graphics, and discuss the possibilities in this area.

1. はじめに

ポピュラー音楽などのライブ/コンサートで、音響だけでなくスクリーンに投射された映像によって盛り上がる演出は普通の風景となっている。しかしこれら商業音楽の世界では「ライブ」というのは演出によって作り上げられた幻想であり、実際にはシステムから提供されるムービー(モーショングラフィクス)に同期した「ドンカマ」信号に合わせて伴奏バンドが演奏することで動画と演奏が同期しているのであり、人間が演奏しているものの「巨大なカラオケ」とも言える。最近ではそのバンドもエアー演奏して事前に録音されたサウンドトラックを再生し、さらに主役の歌手も録音/加工された歌唱に合わせた「ロバク」と共にダンスする事が増えてきている。本稿で紹介するライブComputer Musicとはこのような商業音楽と違って、演奏者がノッてきてテンポが速くなればサウンドも映像も速くなり、演奏者が止まれば全ての音楽が停止することもある(演奏時間:Durationは即興的に伸び縮みする)というタイプである。

筆者が本格的なライブComputer Music作品を初演したのは1993年9月16日・大阪ライブホールでの作品

“CIS(Chaotic Interaction Show)”公演[1-2]であり、同年は任意団体だった音楽情報科学研究会[3]が4月に情報処理学会の正式な研究会になった年である。その30年後の第139回音楽情報科学研究会(はこだて未来大)[4]に発表参加する筆者が最近行った公演といえ、2023年12月16日・静岡文化芸術大学での作品“Profound Recursion”の初演[5-6]であり、この両作品には、(1)サウンドとグラフィクスをライブに生成、(2)センサ(新楽器)によってマルチメディア生成をライブ制御、(3)生成アルゴリズムの基礎にカオスを持つ、という共通点がある。後述のように30年間ほぼ(1)と(2)は共通であるものの、たまたまこのタイミングで(3)に回帰した偶然の背景には、「カオス/フラクタル/非線形」・「マルチメディアComputer Music」・「Max/jitter/Gen」という3つの領域での進展(研究/開発)があった。本稿では音情研30周年という節目に、この発展を再検討しつつ未来を展望してみたい(筆者の昨年2月の音情研発表/プレゼン[7]も併せて参照を推奨)。

「非線形システム」というのは自然界の随所に普遍的に存在していて、情報科学においてもフラクタルやカオスなどの研究テーマを豊富に提供している。一般的に工学の世界で「非線形フィードバック」という概念は、いかにして応用が容易な「線形フィードバック」に縮退/簡素化していくか、という対象になっている。しかし筆者はメディア

¹ 静岡文化芸術大学
Shizuoka University of Art and Culture

アートの立場から、積極的に非線形性を活用した、数理造形的に「美を生成する源」としての意義を重視している。これを支えるオープンソース文化による「知の共有」と飛躍的なコンピュータ技術の発展は、過去に成し得なかった深みと広がりを実現する可能性を生み出した。本稿では、過去に非線形問題の領域で進めてきた検討をサーベイするとともに、2023年12月に初演した作品で作曲(実装)したライブ生成BGM、新楽器による演奏音のライブ生成制御、フラクタル・グラフィクスのライブ生成について、過去に出来なかったことがようやく出来るようになってきた、という発展にfocusして紹介する。

2. 背景(A): 同期、非線形、フィードバック、カオス

自然界(宇宙)に絶対的に「孤立」しているものは無い。全てのものが相互に何らかの結合によってインタラクションし、エネルギーがあればそのフィードバックによって同期したり同期しなかったりして、その結合が非線形関係にあればカオスの状態に遷移することもある。プリゴジンが提起した「散逸構造」の考え方[8-12]はフラクタル数学[13-14]や非線形力学/同期[15-21]の領域に発展して、電子情報通信学会非線形問題研究会(NLP)では広く深くこの分野の研究が進められてきた[22-159]。この潮流は当然のようにコンピュータ音楽研究の領域にも大きく影響を及ぼし[160-167]、筆者もカオス関連テーマを研究の中心に据えていた時期(第1期)があり[168-178]、音楽情報科学研究会の情報処理学会として第1回(SIGMUS)の発表[169]はこの第1期カオス研究の時期であった。もちろん国内の人工知能学会や情報処理学会や電子情報通信学会では、同様に非線形現象と音楽の絡んだテーマの研究が進められた[179-191]が、筆者はここからしばらく(約15年ほど)カオスのブランク(寄り道)があり、このテーマ以外の領域の研究に没頭した。そして第2期として2011年頃から電子情報通信学会非線形問題研究会(NLP)において、主として「カオスの可聴化」などのテーマに取り組んできた[192-196]。本報告はこれに続く筆者のフラクタル/カオス関連研究の第3期とも言える。

筆者の第1期(1990年代)のカオス研究では、もっとも単純なロジスティック関数： $X(n+1) = \mu \cdot X(n) \cdot (1-X(n))$ の振る舞いに注目した。筆者の初めての本格的なライブComputer Music作品“CIS(Chaotic Interaction Show)”[1-2]は1993年9月に発表公演したが、その半年前に作曲/公演した作品“Chaotic Grains”について、記念すべき30年前の情報処理学会 音楽情報科学研究会 第1回研究会(ICOT)にて「Musical Concept and System Design of “Chaotic Grains”」と題して発表した[169]。この時のシステム[197]では2台のコンピュータのうち1台にカオスのアルゴリズムを走らせて、パラメータ μ を変化させて倍周期分岐が起きる領域の周辺で、3/6/5/7などの倍周期分岐からカオス状態(ランダム)に落ち込むギリギリ手前の「カオスの淵」のあたりを彷徨うことを目指した。内観であるが、パラメータを微小に変化させた時にシステムがライブ生成する音楽

情報の振る舞いが、まるで生き物のように「押し返してくる」感触に驚いた衝撃がその原点である。

当時の非力なコンピュータではカオス情報は離散的なMIDI情報として生成するのが精一杯であり、音源部分はオリジナル製作の疑似Granular Synthesis音源やSinusoid音源などを使っていた。CG映像作家・由良泰人とのコラボレーションによって、作品“CIS(Chaotic Interaction Show)”[1-2]のシステム[198]では、音楽系の2台のコンピュータに加えて映像系として2台のAmigaコンピュータを使用することで、グラフィック系にはカオスの要素は無いものの、多種のセンサによるリアルタイム演奏に対応してライブでのグラフィック生成(アニメーション描画)を実現した。ここでの関係性は「音楽→映像」のライブ生成だったが、1994年5月の次作“Muromachi”[199-200]公演においてはインタラクションの関係性を逆転させ[201]、パフォーマンスのペンシルマウスによる即興的な「お絵描き情報」をAmigaコンピュータから受け取って4台のコンピュータでカオス要素を加味して「映像→音楽」のライブ生成を実現した。

3. 背景(B): 音楽音響とグラフィクスのライブ生成

1994年11月の作品“Strange Attractor”[202-203]では3台のMacノート(Max)と1台のPC98ノート(Chaos生成オリジナルソフト)でライブにカオス音楽イベントを生成しつつ、もう1台のPC98ノート(2次元カオス描画オリジナルソフト)によってごく簡単ではあるものの、2次元フラクタル/カオスのグラフィックをライブ生成した。その後のライブComputer Music作品においては次第にカオス要素に拘らなくなっていったものの、逆にいかにインタラクティブ・メディアアート(サウンドとグラフィックのライブ生成)を行うかという追求を1990年代ずっと進めていく事になった。その模様は「DSPサマースクール2002」[205]での筆者の講演「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」[206]にまとめてあるが、関連した研究発表も進めた[207-214]。

1995年からは、当時のCG映画(ジュラシック・パークなど)で世界を席巻していたSGI(シリコングラフィクス)社の“Indy”ワークステーションのリアルタイムCG生成(Open-GI)を活用することになった。SGIのOSであるIRIXは、OSがカーネルからMIDIに強力に対応し、C言語ライブラリにもMIDI処理が標準対応しており(バグがあったため解析してパッチを当てた)、C言語によって「MIDIで3次元CGをぐるぐる回す」とか「MIDIでGranular Sampling制御したりサウンドファイルを20個ほど多重再生」などという実験ソフトウェアが、比較的短期間に開発できた[215]。1995年の作品“David”[216]では、改造“MIBURI”センサを着用したパフォーマンスの身体動作によってサウンドとグラフィックをライブ生成するために2台のMacと1台のIndyを使用し[217]、これが1996年の作品“Asian Edge”[218-221]ではコンピュータとして2台のMacと2台のIndyに加えてオリジナル製作「8×8 video switcher」なども加わったシステム[222]へと拡大し、このようなシステム構成は同年発表の作品

“Johnny”[223-224]や、1997年の作品“Atom Hard Mothers”[225-228]でもほぼ継承された。

サウンドパートについては、ICMC1997(ギリシャ・テッサロニキ)でリアルタイム音響処理エンジン“Kyma”と出会ったことで、筆者の作曲のうち「サウンド生成」の領域はその後の数年間は“Kyma”を中心とすることになった。“Kyma”は専用の音響処理ハードウェア(DSP)にコントロール側のPCソフトからSmalltalkでGUI記述した音響信号処理アルゴリズムをロードできるという強力なツールである[229]。当時はMax(MIDIベース)にMSPが加わってMax内でも一応のサウンド処理が出来るようになったものの、Macの処理能力の限界から作曲におけるサウンド生成パートとして利用するにはあまりに貧弱だったため、Kyma(MIDI経由でMaxから制御できる)が強力な援軍となったのである。1998年の作品“Ogress”[230-232]ではシンプルな構成であるものの、同年の作品“Atom”[233-235]ではセンサ(新楽器)「光の絃」が加わり、同年の作品“Visional Legend”[236-237]ではさらに拡大し、このメイキングはICMC(北京)[238]やIFAC(Kassel)[239]で報告した。その後もKymaでのリアルタイム音響処理は同年の作品“Mycoplasma”[240]、1999年の作品“Arrow of Time”[241]、同年の作品“Voices of Time”[242-243]、同年の作品“Piano Prayer”[244-245]、同年の作品“Eternal Traveller”[246-247]、2000年の作品“Great Acoustics”[248-249]、同年の作品“Beijing Power”[250-251]など主に関西で初演した作品において、ライブ・グラフィクスを省いた公演で主流となる音響生成/音響信号処理の中核となった。

4. 背景(C): 魑魅魍魎が跳梁跋扈する混沌時代

1990年代後半から2000年代前半までの時期(1996-2004)は、パーソナルコンピュータ(Macintosh/Windows)の性能向上が高額なワークステーションというエリート機を駆逐すると共に、周辺機器としてのマイコン、各種センサ類などの飛躍的發展に対応して、Computer Musicの「道具だて」も劇的に変化していった。筆者がコラボレータの照岡正樹(公益財団法人 ルイ・バストゥール医学研究センター AIデバイス研究室)と共同開発してきた筋電センサ[252]などの生体情報センシングは、Computer Musicの格好の「新楽器」となった。筆者の友人であるAtau Tanaka(Sensor Bandで有名)[253-254]がStanfordで開発した筋電楽器“BIOMUSE”に触発されて1990年代後半から2000年頃に3世代にわたって開発してきた筋電楽器“MiniBioMuse”シリーズ[252]は同氏からも賞賛され、その後もずっと交流を続けてきた[255-264]。初代の筋電楽器“MiniBioMuse-I”を使った作品としては、1997年の作品“Brikish Heart Rock”[265-266]および作品“天にも昇る寒さです”[267]があるが、音源としてはMIDI経由で外部の音源モジュールやサンプラーやIndyを使用していた。

2代目の筋電楽器“MiniBioMuse-II”を使った1999年の作品“Bio-Cosmic Storm”[268-271]では、2ch(両腕)の筋電ベルトを装着したピアニストは「鍵盤の上空5cmで”エリーゼのために”を弾いて」という指示を受けた。また、この作

品では初めて音響処理システムとしてSuperCollider(ver. 2)を使い、MIDI音源やKymaの無いシステムとなった(背景CGはコラボレータの中村文隆[東大]の制作したPC上のOpen-Glの3次元CG)。この時点でもMSPはまだバージョン1.0で非力なため、SuperColliderと比較して音響処理能力は相当に低いという印象で、「Kymaでなければ信号処理はSuperColliderで」という当時の基準ができた(MSPについては次節を参照のこと)。

2000年から2002年は筆者にとって、サウンド系でもグラフィクス系でも、色々と登場して乱立する魑魅魍魎(システム類)を実験する場としてのライブComputer Music公演が続くことになった。Mac上でMaxが提供する簡易なグラフィクス機能(“led”オブジェクト上での描画など)を超えるライブ・グラフィクス生成ソフトの“nato”はかなり製作者の主張に「癖」があったため敬遠し、筆者は“Image/ine”というソフトをMaxからのMIDI制御によって活用した。SUACが開学した2000年の作品“Wandering Highlander”[272-273]では、ダンサーの身体動作検出センサにより、サウンド系としてはKymaによるリアルタイム音響生成/処理を行い、グラフィクス系としては初めてImage/ineによるMIDI制御ライブ・グラフィクスを投射した。コラボレータとなった9人のSUAC学生(1期生=新入生)が「連画」の手法でリレー制作した45枚のCGをダンサーの動きで切り替えたり関節の曲げ量に対応してCGのズームやカラー変化をダイナミックに与えた。

2001年には尺八の大師範・箏/三弦の師匠・雅楽の演奏家と共に「欧州ツアー」を主催してシステムをパリ/カッセル/ハンブルクに持参するという条件も加わって、Indy Workstationがシステムから外れた[274-276]。17弦琴と13弦琴(渡欧では17弦琴のみ)をKymaでライブ音響処理する同年の作品“tegoto”[277-279]はサウンドのみだったが、第3世代の筋電楽器“MiniBioMuse-III”(片腕8チャンネル*2)を使った同年の作品“BioCosmicStorm-II”[280-281]では、センサ入力から全ての音響生成/信号処理、そして16チャンネルの筋電情報を表示するグラフィクスまでをMax4/MSP2で行った(→次節)。さらに同年の作品“Visional Legend ver. 2001”[282-284]では、1998年のバージョン[236-237]からグラフィクス系がImage/ineにより全面的にデジタル化され、笙の演奏ムービーとSUAC学生が制作した静止画とが笙ブレスセンサによってライブに制御された。欧州ツアーのコンサート最終曲として作曲した作品“Japanesque Germanium”[285-286]では、MaxとKymaでアルゴリズムに制作したBGM音響CDに、尺八・笙・箏の即興演奏とともにSuperColliderの電子音によるライブ演奏を加えたが、これは画面内のカーソル座標をパラメータとして、同時に生成音響のグラフを表示したことで、出ているサウンドと操作の関係性が明瞭になり、自然楽器とともに全体のアンサンブルを構成した。

2002年というのはこの混沌時代においても特異な年であり、前年(SUAC開学翌年)に筆者がプロデュースしたSUACメディアアートフェスティバル[287]に続いて再びプロデュースしたMAF2002[288]の一環で、IAMAS御一行の協力で「DSP

サマースクール 2002」を開催し、そこでCycling'74社のプログラマでありアーティストのJoshua Kit Claytonを招いて、翌月に世界に発表する「jitter」をその場で参加者に配布して解説するというワークショップを開催した[205]。このコンサートでKit Claytonが公演した作品には開発者の特権でjitterが使われたが、この時点では他に世界中で誰もjitterは使える筈もない。筆者がこのコンサートで初演した作品「Berlin Power」[289]では、ライブ演奏するBass Recorderのサウンドをライブサンプリングしてリアルタイム音響処理している部分はKymaを使った(これがほぼKyma利用の最後)が、ライブ・グラフィクスは特殊なシステムを活用してみた。現・IAMAS教授の小林茂(GainerやFunnelでも有名)が当時はRoland社のエンジニアであり、同氏が開発していたのが「DV-7」[290]という「ビデオワークステーション」であった。筆者は友人である同氏に依頼して、本来の機能を超えてMaxからのMIDI制御でこのマシンを使えるように改造(BeOSから同氏はこの隅々を熟知)してもらって、この作品でフルにその機能を活用した。現在では「movieのスピードをライブ可変」・「センサvalueに応じてmovieのフレームを移動」などはjitterで余裕の処理であるが、当時はこの改造DV-7でのみ可能だった。

その後、NIME2003(Montreal)で採択された作品「Quebec Power」[291]やNIME2005(Vancouver)で採択された作品「Wriggle Screamer II」[292-293]以降、基本的にはライブComputer MusicのサウンドパートもグラフィクスパートもMax/MSP/jitter環境で実装するようになっていったが、コンピュータの性能の限界で「ある種の妥協」を強いられることが続いた。例えば、「楽器が光ってもいいじゃないか」(GHI)というプロジェクトで新楽器を開発したが[294-296]、2007年に作曲してNIME2007(New York)で採択された作品「Cyber Kendang」[297-300]では、新楽器(インドネシアの民族楽器Kendang[太鼓]を改造して自身が光る)を演奏した発光をjitterの光学認識によって発音する構想だったものの、画像処理のレイテンシが音楽演奏の要求を満たさず、最終的には両掌背面に装着した加速度センサによってMIDIトリガする事になった。当時の画像認識系のComputer Musicパフォーマンスの多くは期せずして世界中で「太極拳」が多かったのだが、そのスローモーション動作によって画像処理系の性能限界をうまくカバーしていたものと思われる。

5. 背景(D): MSP(Max Signal Processing)の意義

前節で述べたように、Maxで直接にサウンド情報を扱うMSP(Max Signal Processing)が登場した当初(1997年~2000年頃)はまだコンピュータ自体とMSPの処理能力に限界があり、Computer Musicの作曲においてサウンドパートはいろいろなシステムを組み合わせることで実現した。2001同年の作品「BioCosmicStorm-II」[280-281]では、オリジナル製作の筋電センサ「MiniBioMuse-III」が両腕の計16チャンネルの筋電情報をライブ検出してMIDI化し、これを受けて16チャン

ネル個別に簡易FMオシレータを駆動するというMSPパッチによって、初めて作品全体が1台のMacBookで実現できた。2002年夏には、ホールのオーケストラピットに座ってオペラ作品の電子音響パート(宇宙人の声)をライブ生成したり、SonyラジオCM「人体の音楽」編の作曲のためにそれぞれMSPを駆使した[301]。さらに筆者はSUAC(静岡文化芸術大学)デザイン学部で、多くの学生インスタレーション作品/パフォーマンス作品の制作を支援してきたが、そこではMax/MSPを活用した作品も少なくなく、メディアアートの視点において、MSPのメディアデザイン教育における意義は非常に重要であると考えている。以下では、筆者が「SUACインスタレーション」というページ(Part1~Part6)に紹介している、筆者が具体的に支援した学生作品の中で特にサウンド部分にMSPを活用した事例をまとめておく。それぞれのページ内で作品タイトルを検索すると、記録として写真・作品解説・メイキング・プレゼン資料(swfファイルは保存してFlash Playerで参照のこと)・YouTubeリンクなどが並んでいる。

SUACインスタレーション(1)[302]では、作品「つぶ次郎」[303]、作品「Shocking」[304]、作品「REproduction」[305]、作品「奏工房」[306]、作品「Chessでポン!」[307]、作品「スプラウトス」、作品「うたかた」、作品「ハコロ」[308]、作品「詩想作曲法」[309]、作品「Drum's D・N・A」、作品「音波(おとなみ)」[310]、作品「music box ~freestyle~」、作品「ちゃぶ台返し用ちゃぶ台」、を紹介している。SUACインスタレーション(2)[311]では、作品「映像ハーブ」[312]、作品「Beat Box」[313-314]、作品「KODAMA」[315-316]、作品「Tiny Living」[317-318]、作品「digitalive paint」[319]、作品「はやくスシになりたい」[320-321]、作品「おはなしパネル」[322-323]、を紹介している。SUACインスタレーション(3)[324]では、作品「心臓音」[325-326]、作品「二人はウラハラ」[327-328]、作品「食音植物」[329]、作品「AED」[330]、作品「花音(CANON)」[331-335]、作品「もふぽっど(mofPod)」[336]、作品「ひとり応援団」[337-339]、作品「Revolution-J」[340-342]、作品「OT0cakecco」[343-344]、作品「日本の音風景」[345-346]、作品「カラーオーケストラ」[347-348]、作品「三味線の兵(つわもの)」[349-350]、を紹介している。

SUACインスタレーション(4)[351]では、作品「GHI2014」[352-353]、作品「あふれこっつ」[354-356]、作品「CUT SOUND ROOM」[357-359]、作品「POMPOM」[360-363]、作品「おしゃべりスリッパ」[364-366]、作品「めざせ! 怪獣王」[367]、作品「オーケストラBOX」[368]、作品「プレシ音」[369-370]、作品「テクノキッチン」[371]、作品「jump girl」[372-374]、作品「にゃん~パン」[373-375]、作品「エンドレスサウンド」[376]、作品「音してブロック」[377]、作品「理子の焼肉」[378-379]、作品「こだまくん」[380-381]、を紹介している。SUACインスタレーション(5)[382]では、作品「移りゆく窓」[383-384]、作品「世界キーボード」[385]、作品「音で読む絵本」[386]、作品「いつでも雨傘」[387-388]、作品「声の結晶 -Crystal of Melody-」[389-390]、作品「世界を救え! ウサギシューティング!」[391-393]、作品「上

がって下がってまた上がって”[394-395]、作品”Frog Live ~ in REAL-TIME”[396-401]、作品”Chewing Music”[402-407]、作品”瓦割り台”[408-410]、作品”FrogLIVE ~幻の4匹目”[400][411-414]、作品”新インターフェースによる音楽パフォーマンス”[415]、作品”Mr. Joys”[416]、を紹介している。SUACインスタレーション(6)[417]では、作品”魔法の本”[418]、作品”ミュージックハイツ不仲”[419-420]、作品”遠隔同居ちゃん”[421]、を紹介している。

6. 新作”Profound Recursion”への道

以上のような背景(歴史)と共に筆者は、その時点で最新のアイデアやテクノロジーを駆使して、非線形同期・マルチメディアパフォーマンス・サウンドのライブ生成・グラフィックスのライブ生成を作曲のテーマとした挑戦を続けてきた。関連したりしなかったりの研究テーマとして色々な領域にも雑食性で取り組みつつ、多くのコラボレータとのプロジェクトも進めてきた[422]。そして2023年12月、指導している院生・王福瀛の修了制作のライブComputer Music作品を初演する場として、さらに筆者のSUACでの最終講義という性格を併せ持つイベント[423]を企画して、その中の「Mini-Live」として久しぶりに「非線形フィードバック」に回帰して、現在の最高の環境(Max8/Gen/jitter)で作曲・公演したのが、冒頭に紹介した作品”Profound Recursion”[5-6]である。このイベント「SUACメディアデザインウィーク2024 サテライトイベント Final Lecture/Workshop by YN」[424]の会場での配布資料[425]に記載したプログラムノート(曲目紹介)は以下である。本稿ではここから、この作曲に至る詳細(メイキング)について、30年間の筆者のComputer Music研究/公演活動の歴史[7]をふまえて解説していく。

タイトル : ”Profound Recursion”

新楽器”Dodecahedron”を用いたインタラクティブ・マルチメディア・ライブパフォーマンス作品。自然界の一つの本質であるRecursive(再帰性)をテーマとして、リアルタイムのサウンド生成とグラフィック生成のアルゴリズムに採用した。

Max8/Gen環境下でライブ生成される背景音響パートは、(1)「たすき掛けフィードバック」相互作用により生成する2系統の音響信号処理モジュールと、(2)小数点以下乱数の正弦波ピッチ発生モジュールを同時に20系統、発生/消滅させる音響クラスター生成モジュールからなる。

新楽器”Dodecahedron”(正12面体に計10個の赤外線距離センサを搭載)からのパフォーマンス情報に対応したライブ生成サウンドパートでは、3種類のMax8/GenによるOscillator Syncアルゴリズムに従って擬似的フォルマント合成音響を生み出す。

スクリーン上のライブ・グラフィックスパートは2.5次元フラクタルのアルゴリズムに基づきMax8/jitter/Genによってリアルタイム生成され、新楽器のパフォーマンス情報に対応したパラメータ変化によって、ライブ生成サウンドと共に生き物のような動きを生み出す。

上記プログラムノートにあるように、新作”Profound Recursion”には大きく4つの要素がある。その第一として、筆者は常に「作曲の一部としての新楽器開発」と位置付け

ているように、この作品のために、久しぶりに新楽器”Dodecahedron”を開発した。次節ではこの経緯について「7. 新楽器”Dodecahedron”への道」として、その伏線となったいくつかの新楽器プロジェクトの歴史について紹介するとともに、”Dodecahedron”メイキングの詳細を解説する。新作”Profound Recursion”の要素の2番目と3番目はサウンド要素に関してである。第二はライブ生成される背景音響(パフォーマンス情報とは関係なく自動的に即興生成されるサウンドパート)であり、ここでは非線形フィードバックというテーマが中心になった。第三は新楽器の演奏行為(パフォーマンス情報)によって即興生成されるサウンドパートであり、新たなアプローチとして”Osc-Sync”テクニックに注目した。そして第四の要素はライブ生成グラフィックスのパートで、ここで再びフラクタルのテーマ(第3期)に回帰した。

ここで基礎となったのが、Max/MSP/jitterの機能を大きく拡大させた発展の”Gen”である[426]。本作品の作曲の大きなきっかけとなったのは、2020年に世界を襲ったCOVID-19パンデミックであった。発表参加予定の国際会議や国内の学会の開催予定を全て吹き飛ばし、あらゆる活動をオンラインの暗闇に押し込み、筆者の研究室に来る予定だった北京の王福瀛の来日を2年間も遅らせることになった原因は全て、憎きCOVID-19である。本稿ではこの「COVID-19下」という特異な時期に、筆者が集中的にGenを勉強し整理し、その成果として作曲に採用してきた経緯について「8. 新技術”Gen”の再考とサウンド/グラフィック生成」および「9. 新作”Profound Recursion”のMax8プログラミング」としてまとめた。

なお補足として、ここで前々節「3. 歴史(B): 音楽音響とグラフィックスのライブ生成」と前節「4. 歴史(C): 魑魅魍魎が跳梁跋扈する混沌時代」に関して、本稿の「Gen時代より以前」の「ライブ・グラフィック生成」について簡単に整理しておく。「Gen以前の時代」(2010年頃まで)には、ライブComputer Musicパフォーマンスにおいてグラフィックス要素を「ライブに生成する」と言っても、それはDraw系アニメーション、静止画アニメーション、動画再生、といった機能に限られていた。筆者はオリジナル製作「MIDI制御ビデオ信号スイッチャ」[427]によって、ステージ上のパフォーマンス映像(ビデオカメラ)や再生ムービーやPC/GWSの生成CG/静止画など8系統のアナログビデオ信号を最大8チャンネルのプロジェクト出力に振り分けることをMaxからのMIDIで実現(聴衆に提示するグラフィックス全体をライブ生成)してきたが、個々のビジュアルコンテンツは「再生」であって「画素単位での生成」ではなかった。唯一”Indy”では可能だったものの、ソフト”Image/ine”でもシステム”DV-7”でも基本的には同じである。唯一、1994年の”Strange Attractor”[202-203]ではごく簡易な2次元カオスのライブ生成を行ったものの、黒背景に少数の演算結果をプロットするだけ(5fps程度)の超簡易カオス描画であり、その後もフラクタル/カオスのリアルタイム描画というのはPC上では夢物語だった。これがjitter/Genによってようやく現実になってきたのであり、一部は第7節で、さらに

その詳細を第8節/第9節で解説する。

7. 新楽器“Dodecahedron”への道

筆者が作曲の一部として進めてきた「新楽器」に関しては本稿で深入りできないので、筆者が「インタラクティブ・テクノロジー」・「新インターフェース/新楽器」などのテーマでこれまでに行ってきたレクチャー/チュートリアル/ワークショップ[428-464]や学会発表等[465-520]を参照されたい。この中で本発表の新楽器“Dodecahedron”に繋がった契機は、BasicStampやMITのコンピュータ教育支援などで有名な米国Parallax社[521]が開発した、32ビットCPUを8個内蔵して並列処理を実現したPropellerプロセッサの研究である[477][483][486][489][522-523]。

筆者はかねてよりjitter/Kinectでの画像認識センシングのレイテンシの大きさについて、楽器(音楽演奏パフォーマンスの検出)として疑問を持っており、テレミンの伝説的名演[524]に憧れていた。そこでこのPropellerプロセッサを用いて、8個の距離センサのリングを2重に持ちさらに両掌(8ch*2)の上空での「空中モミモミ」を検出する新楽器“Peller-Min”(計32チャンネルのテレミン)(図1)を開発し、2009年に作曲した作品“controllable untouchableness”の公演で使用した[525-529]。その翌年の2010年にはロシア・エカテリンブルクで開催された国際電子音響音楽のコンペティションSYNC2010の審査員/レクチャー(3本)講師/ガラコンサート公演に招かれたが、“Peller-Min”は組み立て可能で国内搬送は可能であるものの巨大な二重リングを航空機に持ち込めないために、2本のマイクスタンドに対応した計8チャンネル版の距離センサ(名前無し)をAKI-H8を用いて製作した。そして16チャンネル筋電楽器“MiniBioMuse-III”も演奏に用いて、ようやく性能が向上してきたjitterによるOpen-GLの3Dグラフィクスを駆使した新作“Ural Power”を現地で初演した[530-531]。この作品は翌2011年のNIME2011(オスロ)に採択されて再演した[532-533]。



Fig 1. 新楽器“Peller-Min”.

“Peller-Min”の複数の距離センサ(8センサのリングを二重で計16チャンネル)によって主としてFM音源のアルゴリズムでMSPによってサウンドパートを構成する、という作品“controllable untouchableness”の手法は、「楽器を組み立てること自体が音楽演奏」というコンセプトで2014年に開発した新楽器“GHI2014”[496][500][534-542](図2)においても、6チャンネルの超音波距離センサによって実装した(楽器自体が激しく光るので赤外線距離センサは不適)。しかし筆者にとって印象的だったのは“Peller-Min”のテーブル部分、つまり両掌に対応した左右各8チャンネルの「青色LED~光センサ」のペアの上空の掌による「空中モミモミ」の操作感であった。当時はFM音源の程度だったサウンド生成アルゴリズムが、後述するようにGenを用いて複雑化・高度化した時に、そのパラメータを微妙にコントロールする「空中モミモミ」に再び複数の距離センサを用いる・・・というアイデアが浮かぶ伏線となった。



Fig 2. 新楽器“GHI2014”.

本稿では新楽器“GHI2014”のメイキングの詳細を紹介する紙面はないので[534]に刻々と記録した日々の「メイキング」を参照されたいが、この新楽器の開発にあたっては、海外での公演ツアーに携行することを念頭に「分解してコンパクトに格納して現地で組み立てる」点を重視して、ネオジム磁石を活用した。部品の結合と電極を兼ねたネオジム磁石は“LittleBits Synth Kits”[543]にも活用されているもので、筆者は2014年にこの“LittleBits Synth Kits”も改造[544-551]して実際に作品“GHI2014ogaki”を公演[537-539]していた。

最近ではSUAC学生も3Dプリンタで筐体/造形を制作するのが普通になってきたため[552-559]、これまで個人的に忌避していたものの個々のパーツを3Dプリンタで作る可能性も検討したが、さらに上手い(ズルい)手法として、本プロジェクトにおいて筆者は、学生にも密かに推奨している「既存の何かを改造する」[490]という路線をとった。「改造で新楽器を」というプロジェクトとしては、“Cyber Kendang”[294]や「ジャミーズ娘」[496]などをSIGMUSでも報告してきた。そしてたまたま調べ物をしていて発見したのは、「ウチダ 教材総合カタログ 中学校 Vol.89」

[560-561]にあった「追加2種セット」の正12面体「正多面体構成模型」(図3)である。ポリプロピレン製の一辺10cmの正五角形の各辺(稜)の内部にネオジム磁石が仕込まれていることで、容易に正12面体を組み立てることが出来るという教材である。「12」という数字には「5度円」などComputer Musicの中核の本質である「数学と音楽」の神秘が潜んでおり、”GHI2014”では「二つの正8面体」というフォルムで妥協していた筆者にとって、いよいよ本命の正12面体フォルムを採用すると決めて、新楽器名として”Dodecahedron”が先に決まった。



Fig 3. 正12面体構成模型.

手慣れた「改造」と決まればあとは一直線である。まずは「いかにも教材」という黄色のカラーを渋い黒色に塗装して[562]、次に電子回路を配線したが、今回はあまりにシンプルのため回路図を描くこともなく制作してしまい、ハンダ付けもArduinoのプログラミングも「Arduino Microのピン配置図」[563]を横に置いただけで完了してしまった。作業工程[564]においては、定番のSHARPの赤外線距離センサG P 2 Y O A 2 1 Y K [565]を10個使って、Arduino基板上的コネクタ(組み立て時に抜き差しするため必要)から2芯シールド線で電源を供給しつつ電圧出力をArduinoのA0からA9までの10チャンネルとして返すだけである。なおG P 2 Y O A 2 1 Y K直下の+5VとGND間に105の積層セラミックコンデンサを付けているのは定番のノイズ対策/安定化ノウハウである。また距離センサ(Typ. 30mA)を10個使うことから、ArduinoのUSB経由でなく外部+5V電源アダプタによって安定した電源ラインを設けてある。正12面体の底面にはこのArduino基板を配置し(底面はコンサート会場のデスクに両面テープで貼ることを想定して塗装せず)、底面に隣接する層の5個の正五角形の面には何も取り付けない。そしてその上の層の5個の正五角形の面の中央にそれぞれ1個ずつの距離センサを配置し、最上面の正五角形には5個の距離センサを円環状の等間隔に配置した。これは演奏パフォーマンスにおける人間の両腕の可動域を考慮してのことである。なお本作品においては、最上面の5個の距離センサをライブサウンド生成のための「空中モミモミ」に使用し、側面にある5個の距離センサは腕をだらんと脱力した際の動作を検出して、作品演奏中の自然なシーンチェ

ンジに使用した。

Arduinoのセンシング情報をホストのMaxに送る方法についてはワークショップ資料[566]として整理/公開しているが、(1)単純にArduinoのアナログ入力情報をシリアルUSBで送る(垂れ流し)、(2)「Arduino2Max」のライブラリを使ってUSBシリアル経由でハンドシェイク通信(Maxからリクエストがあった時にArduinoが検出返送)する、(3)「Firmata+maxduino」ライブラリを活用して双方向通信する、(4)「Arduino-USBMIDI」と筆者が呼ぶ方法、の4種類があり、ここでは(4)の「Arduino-USBMIDI」を採用した。この場合、他の(1)から(3)ではArduinoファミリの何でも使えるのに対して、特殊なハードウェアを前提とするのでArduino Microが必須となる。「Arduino-USBMIDI」の場合、「MIDIUSB.cpp」と「MIDIUSB.h」をインクルードするとArduinoが「OSに認識されるUSB-MIDIデバイス」となってくれる(通信はMIDIの31520bpsでなくBluetoothと同じ115200bps)ので、Max側ではUSBシリアルポートの割り当ても不要で、USBを挿すとそれだけでホストのMacからは「MacOS標準MIDIデバイス」と見えて、Maxパッチのmidi関係オブジェクトを叩いて表示されるリストにも現れてくれる。塗装作業に続くこの電子工作とArduinoプログラミングの作業は、3日間(2時間+3時間+4時間)で完了して、新楽器”Dodecahedron”が誕生した(図4)。

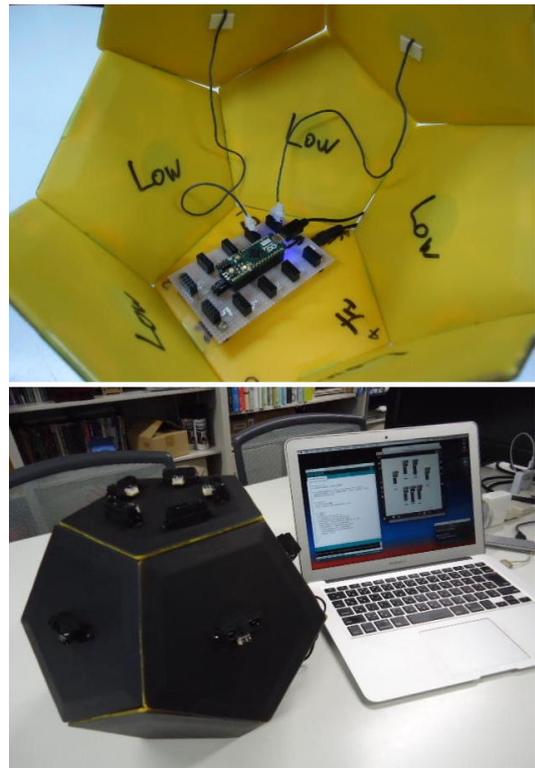


Fig 4. 新楽器”Dodecahedron”.

8. 新技術”Gen”の再考とサウンド/グラフィック生成

本稿では深入りできないので参考文献[196][501][506-512][567-570]で参照して欲しいのだが、本プロジェクトのもう一つの伏線として、触覚/触感センサである「PAWセンサ」に関連した一連の研究が大きく関係している。筆者

というフェーズに入った。ここで重要なのは、新楽器を用いた「新作の作曲」を念頭に、改造して使いそうな美味しいサンプルだけを残しつつ、とりあえず全部を試してみる、という文字通りの「試行錯誤」であり、これは筆者にとってまさに作曲の一部と言える。電子音響音楽の作曲においては、素材として歴大なサウンドサンプルを「可能な限り視聴してピンとくるものだけ残す」という作業が作曲の重要な一部であるのと同じである。そして新作“Profound Recursion”に採用したサウンド生成/グラフィック生成のためのMax8パッチを構成する要素は全て、この作業の過程で抽出されたサンプルを色々に改造した成果によって構成されている。例えば、“complex.poly.maxpat”[586]が“MRTI2015”のフラクタル描画の元となったものであり、“fractal.explorer.maxpat”[587]が新作“Profound Recursion”のグラフィックを生成している元となったものであり、“jit.gen.flowfield.dir2euler.maxpat”[588]が2016年の欧露ツアー[589]において、フランス・ボルドーのArtist Meetingコンサートで初演した作品“Bordeaux Power” (Rehearsal)[590]やロシア・モスクワでのレクチャーでデモ公演[591]したグラフィック生成の元となったものである。

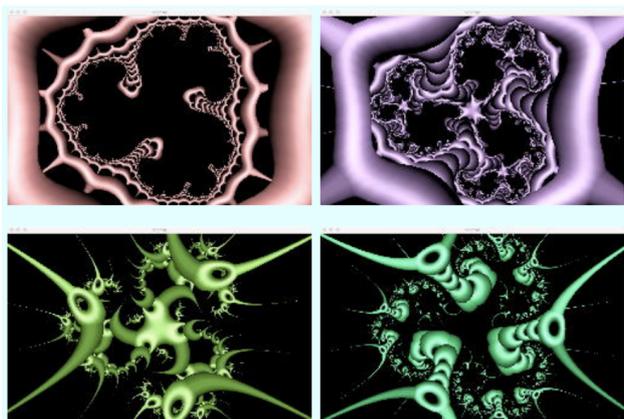


Fig 8. 試作グラフィックスの例.

筆者の場合、国際会議などの海外出張という機会は内的テンションが上がるためか、過去にも多くの機会に「道中の作業」(空港のラウンジ、移動の電車内、ホテルの部屋)としてプログラミングや実験/試作などを色々と進めてきた。そして本プロジェクト“Profound Recursion”の具体的な作曲は、2022年のArs Electronica出張の前後に開始した模様で、日記[592]の2022年8月30日(火)にあるMaxスクリーンショット[593-595]および2022年9月5日(月)にあるMaxスクリーンショット[596-597]は、まだ断片的な「部品」であるものの、ほぼ最終的な作品パッチに通底する段階まで試作が進んでいたようである。しばらくした日記[592]の2022年9月20日(火)のMaxスクリーンショット[598-599]および2022年9月21日(水)のMaxスクリーンショット[600-602]では、個々のパーツを結びつけて全体を構成するという、まさに“Composition”作業が進んでいる。その後、日記[592]の2022年9月29日(木)、2022年9月30日(金)では処理能力(CPU使用率)との戦いなどもあったが、ここで後期の授業が始まることで作曲の作業は中断することになった。

そして学園祭の合間[603]からの2022年11月4日(金)、2022年11月7日(月)、2022年11月9日(水)、2022年11月10日(木)、2022年11月17日(木)あたりまでではほぼ作曲の概形までは出来たようである(図8)。次の記録は日記[592]の2023年1月7日(土)であり、これではほぼ完成したものを記録した様子が2023年1月18日(水)にある。この時点ではSMCに応募するという構想だったが、結果的にはここでの発表は幻となった。そしてその後、約9ヶ月の「塩漬け」期間を経て、今回のイベント[423]での初演となったのだった。

9. 新作“Profound Recursion”のMax8プログラミング

公演した新作“Profound Recursion”[5-6]で筆者が用いたMax8パッチは、そのままでは他者のパソコンで正常に動作しない(パッチを置いたディレクトリ指定のための予備操作によってカスタマイズする必要がある[→後述])ため、そのまま公開することを避けている。そこで本節では、メインパッチ(図9)に配置されている各種のサブパッチを個々に紹介するなかで、その全体像とGen/jitterの活用について解説していく。図9のメインパッチ画面には4つのウィンドウがあるが、右下の「Maxコンソール」は異常が起きた際のモニター用であり作品には関係しないものの常に開いておくのがMaxプログラマー愛用の経験則である。左下のスクリーンウィンドウは公演会場のプロジェクタと同じ縦横比となっている「jitterスクリーン」であり、実際にはまずMacのディスプレイ設定を「ミラーリングOFF」にして、プロジェクタに現れた第2画面の中にこれを移動しておく。そしてESCキーに割り当てたfullscreen表示ONにすると、その第2画面の全体にライブ生成グラフィックスが投射され、一方でこの第1画面は演奏者の手元で「シーン番号」をモニターしたりセンサ入力が正常である事を確認できる。

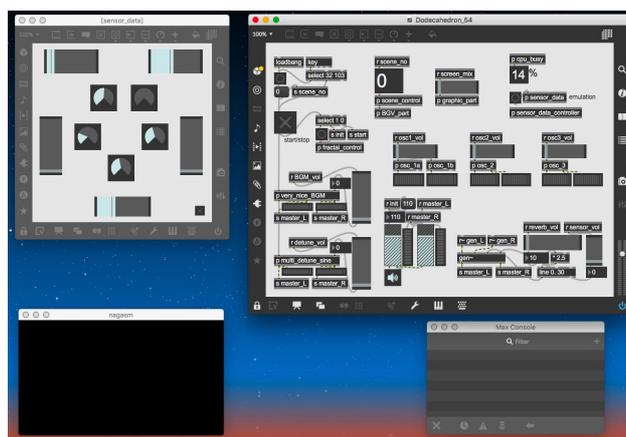


Fig 9. “Profound Recursion”のメインパッチ.

図9の右上は実際のメインパッチ本体であり、ここにサウンド要素として「ライブ生成される背景音響(パフォーマンス情報とは関係なく自動的に即興生成されるサウンドパート)」および「新楽器の演奏行為(パフォーマンス情報)によって即興生成されるサウンドパート」と「ライブ生成グラフィックスのパート」などがあり、詳しく後述する。そして左上にあるのが新楽器”Dodecahedron”から「Arduino-USBMIDI」を経て送られてきたセンサ情報を5本のスライダ

(周囲の5面)と5個のツマミ(回転ボリューム)状(最上面)に対応させて表示するウインドウであり、その中身としては図10のようになっていて、センサ情報のゲーティングと共に、開発時にはセンサ無しでも実行できるように、あらかじめダミーとして実際に演奏行為を記録したセンサ情報(MIDIシーケンス)を再生してシステムに送る機能を盛り込んでいる。

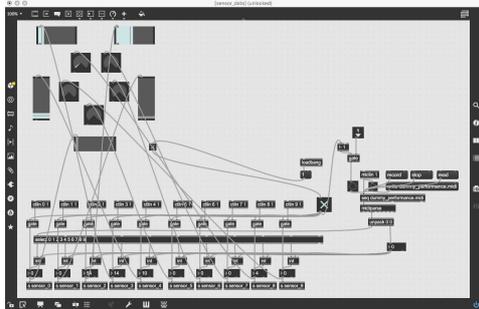


Fig 10. センサ情報処理パッチ.

図9の右上のメインパッチ本体のうち、本稿で解説する重要なブロックとしては、左端中段にある「very_nice_BGM」と左下端にある「multi_detune_sine」の2つが「ライブ生成される背景音響」に相当し、その右の中段に並んでいる「osc_1a」と「osc_1b」と「osc_2」と「osc_3」の3つが、「演奏行為によって即興生成されるサウンドパート」に相当している。また「ライブ生成グラフィックスのパート」は上段中央の「graphic_part」(図11)で生成されるが、シーンの推移などに応じて他の部分も関係している。図11の「graphic_part」にあるのはほぼ全てが通常のjitterオブジェクトであるが、その中で左下にある「jit.gl.pix」がGenによる処理で、ここを叩いて表示されているのが図11の下にあるスクリプト(長いので全部は表示されていない)である。

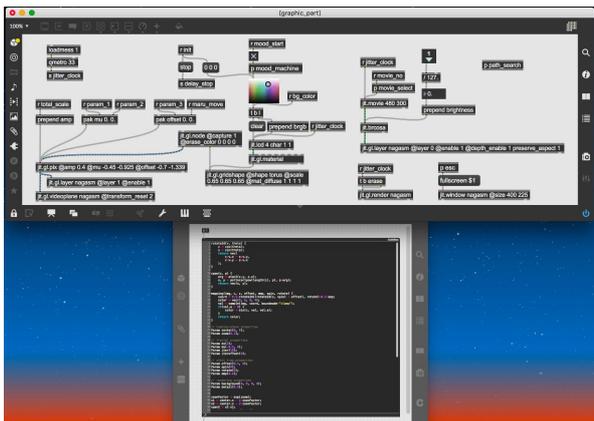


Fig 11. グラフィック生成パッチ.

図11の「graphic_part」サブパッチの右上あたりには、ムービーを再生する「jit.movie」オブジェクトがある。作品「Profound Recursion」のコンセプトは全てのグラフィックをライブ生成することにあるのに何故movie再生なのか、という質問に対する回答のヒントは作品解説の「ライブ・グラフィックスパートは2.5次元フラクタルのアルゴリズムに基づき」にある。フラクタルのアルゴリズムによってライブ生成している画面の背景は図8のようにブラックであ

り、ここに3Dフラクタルを2次的に「眺めた」風景が表示されているが、実は作品の終盤での(盛り上げ)演出のために、漆黒だった背景に静止画が淡く浮かんで消えたり、さらに最後にはそれが簡単なループ動画になることで、ライブ2次元フラクタルだと思っていたビジュアルが気付いてみると奥行きのある「2.5次元」だった、というサプライズを地味に仕込んでみた。実際の公演[5-6]では14種類ほど用意して次々にrandom選択される筈だったmovieの実際の選択は1個か2個だけだったので、別な公演の機会があれば、終盤の印象は大きく異なることになる。

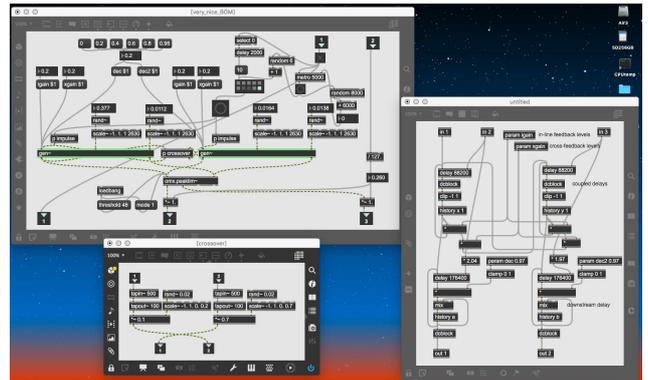


Fig 12. 背景音響生成パッチの一つ.

図9の右上のメインパッチの左端中段にある「very_nice_BGM」サブパッチ(図12)は、筆者にとって新作「Profound Recursion」の作曲の中でも最重要視したサウンド生成アルゴリズム検討の成果である。図12の左上の「very_nice_BGM」サブパッチの中央付近に並ぶ(緑色の)2つの「gen~」(同じ構成)を叩いて開いたのが右側のウインドウであり、その2つの間にある「crossover」サブパッチもウインドウの下側にある。簡単に言えば2つの「gen~」ブロックは一種のディレイ/フィルタであり、これが「crossover」によって相互に相手の出力を自分の入力に「たすき掛け」のようにフィードバック合っている、という構成である。実際にはここに「impulse」という、瞬間的にホワイトノイズを出すブロックからの出力も与えられているが、基本的には「相手からもらった音響に処理を加えて投げ返す」というキャッチボールであり、その色々なパラメータが進行するシーン要素も加味しつつrandomに変容している、というアルゴリズムである。このモジュールのサウンドは演奏開始の冒頭(イントロのグラフィックス変容部分)から最後にミュートするまでずっと鳴り続けているが、決して発振(ハウリング)しないようリミティングもかけている。

図9の右上のメインパッチの左下端にある「multi_detune_sine」が、もう一つの「ライブ生成される背景音響」を担当しているが、実はこの部分だけは、作曲の過程で時間をかけて実現した処理と、最終的な作品での実装との間に大きな違いがあり、そのままでは誤解を招くので敢えてこのサブパッチの内部を伏せている。図13はこのブロックでの楽音生成の実験中の模様であるが、基本的にはこのウインドウの右上にある「multidetunesine_A」というサブパッチと、同等なもう

一つの「multidetunesine_B」というブロックの2つをサウンド出力系にミックスして出力している。その中枢である「double_multi_sine」の中身がこのウインドウの左下にあり、ここでは「multi_sine_L」と「multi_sine_R」という同一構成のサブパッチ(ウインドウの中央)からの出力を、要するに時間をかけてRチャンネルとLチャンネルで交互にフェードイン/フェードアウトしている。ここでの「肝」が「multi_sine_L」と「multi_sine_R」の両方に共通の処理(中央)で、ウインドウ左上にあるJavaScriptで記述された「multidetunesine.js」というJSオブジェクトに「biggerer」メッセージが送られると、このJavaScript記述によって、その下に離れて置かれている「gen~」(ウインドウ右下)には、その都度、異なる10個のcycleオブジェクトが小数点以下まで異なるランダム周波数生成ブロックとして出現する。結果としては、大きく2つのサウンド生成ブロックは、それぞれが「10個の小数点以下まで異なる周波数のサイン波形」を生成しつつステレオの左右チャンネルをスローで移動する、という『不協和音のサウンドクラスター群』★が生成され続けることになる。これは前述の「very_nice_BGM」サウンドに比べて音量は「背景の背景」ほどに小さいものであるが、生成背景音響の隙間を埋めて、いい感じのグワグワ感を生み出すことが出来た。

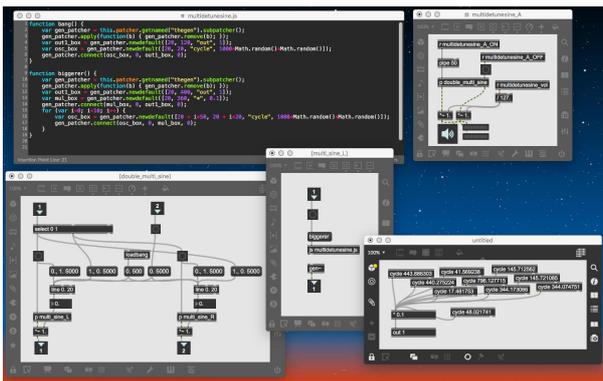


Fig 13. 背景音響生成パッチの一つ。

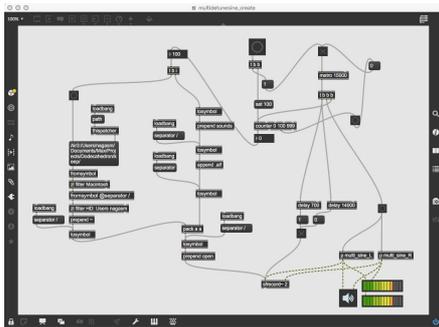


Fig 14. 背景音響生成パッチの実装の一つ。

ただし図13の背景音響生成パッチは、実験によってその可能性を見極めたものの、実際には相当のCPU処理量を伴う(時にはCPU専有率が40%ほどになる)ことが判明した。これだけであればなんとかライブパフォーマンスに耐えられるものの、他のサウンド生成系、そして目玉であるフラクタルのライブ生成処理もあるために、同じパッチにそのまま共存は困難と判明して、次善の(ちょっとズルい)対策をとった。図14のパッチがこの作業のために開発したもので

あり、右下の「multi_sine_L」と「multi_sine_R」は図13と同一であり、この図14のパッチはつまり、「パッチの置かれたディレクトリ直下に置かれた[sounds]というディレクトリの中に、[100.aif]から[999.aif]までの900個のAIFFサウンドファイルを作り、その中身として毎回、duration約13秒の★『不協和音のサウンドクラスター群』が書き込まれる」という処理を実行する。その結果のAIFFファイルはフリーウェア”ALL2MP3”による一括変換で535KBほどのmp3ファイルとなり、“sounds”ディレクトリは900本で482.6MBになった。実際の作品公演においては、「multi_detune_sine」サブパッチ内ではこのディレクトリからランダムに「100-999」のいずれかのmp3サウンドファイルを選んで「play~」で再生しているだけだが、その中身(心)としては同一の不協和音サウンドクラスター群をライブ生成(ランダム選択)して実現していることになる。このような実装を採用することによって、この部分のCPU専有率はほぼゼロになるという画期的な改善になった。

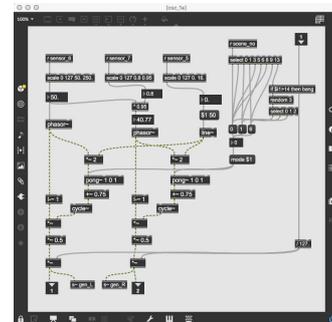


Fig 15. 演奏音響生成パッチの一つ。

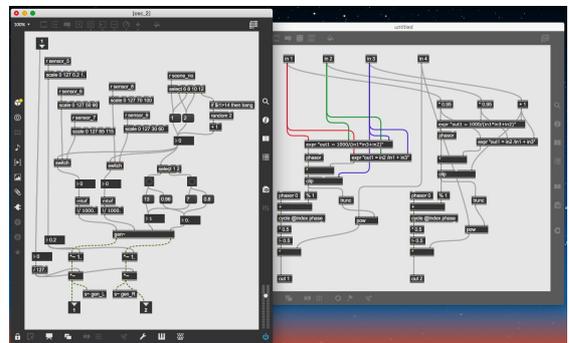


Fig 16. 演奏音響生成パッチの一つ。

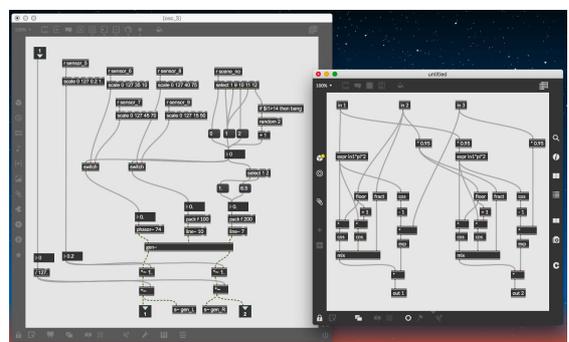


Fig 17. 演奏音響生成パッチの一つ。

残っているのは、図9の右上のメインパッチ本体の中段に並んでいる「osc_1a」と「osc_1b」と「osc_2」と「osc_3」という、「演奏行為によって即興生成されるサ

ウンドパート」のブロックである。そして図15が「osc_1a」と「osc_1b」に相当するサブパッチ、図16が「osc_2」、図17が「osc_3」相当するサブパッチであり、図15にはGenは使わずにMSPで実現したが、図16と図17ではそれぞれの「gen~」を開いた中身が右側に表示されている。

図15の「osc_1a」と「osc_1b」は典型的な「Oscillator Sync」のMSPによる実装であり、2系統のそれぞれのピークを微妙に変化させることでフォルマント的な特性が得られることを実験的に見出して採用した。今回のイベント[423]ではミニライブとして筆者は前座を務めて、トリには修了制作の公演としてM2・王福瀛の作品“方圓”[604-605]を公演してもらったが、彼女も作曲においてMax/MSP/jitter/Genを駆使しており、一緒にサウンド生成の勉強をする中で知った「Oscillator Sync」テクニックは彼女の作品のサウンド生成にも使われている。ただし、まだComputer Musicの作曲を始めたばかりということもあり、Computer Musicの一つのポイントであるMapping Strategy[502]の理解は未熟であり、広範なパラメータ変化をそのままサウンド生成やグラフィクス生成に反映させたことで、あまりにもサウンド/グラフィクスのキャラが劇的に(過度に)変化し過ぎて関係性が希薄になる、という「可能性の陥穽」にハマった感もあった。筆者は前座としてその差異を勉強する教材を意識して、パラメータをscalingして狭帯域で行き来させる変化に限定することで、シーンごとに生成されるサウンド/グラフィクスの変化幅を狭い範囲とすることで、「Oscillator Sync」のサウンドが「鳴き声」っぽく変化したり、フラクタルのグラフィックも「生き物」のようにぐりぐり動くような演出を心がけた。何でも出来るComputer Musicにおいて、生成アルゴリズムのパラメータ範囲に対してシーンごとに極力、変化範囲を限定して狭めるというのは「熟練の技」とでも言えるのだろう。

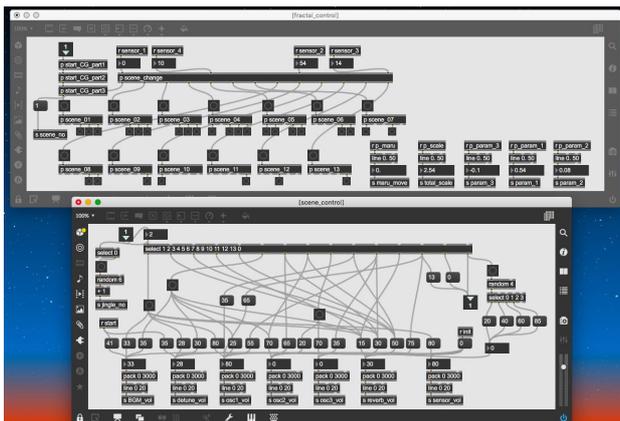


Fig 18. シーン変更パッチ.

図16の「osc_2」もGenによって実装された一種の「Oscillator Sync」アルゴリズムであり、図17の「osc_3」はGenによって実装された一種の複雑なFM音源アルゴリズムと言える。この2系統はいずれもメインの演奏制御サウンド「osc_1a」と「osc_1b」に付加的/重層的に加わるような位置付けとなっていて、シーンの推移(図18)によってその重み付けが変わっていくようになっている。ただしシー

ン番号はシーケンサのように「進んでいく」のではなくて、センサ情報によるトリガで範囲内からランダム選択され、その選択範囲もまたシーンの推移によって変化するので、全体として公演の長さdurationはパフォーマーの即興に応じて自在に伸び縮みし、さらに公演ごとに現れる「姿」はかなり違ったものになる(その場限り)というのが醍醐味である。

10. おわりに

音楽情報科学研究会30周年というキーワードに導かれるままに、30年経ってもある意味で変わっていない経過を赤裸々に報告した。その中身としては相当なあらゆる意味での進展に支えられてきたのだが、まあ人間が一番、基本的には変わらないのかもしれない。これまで書いたことが無かった「謝辞」として、イベント[424]の会場で提示したプレゼン[606]の最後に「謝辞」として列記したものを、次の「謝辞」に再録しておくことにする。皆さん本当にありがとうございました。

謝辞

両親に感謝
家族に感謝
音楽に感謝
テクノロジーに感謝
KAWAIに感謝
音楽情報科学研究会に感謝
CQ出版に感謝
NiftyServeに感謝
〇〇さんに感謝(多数省略)
SUACに感謝
あらゆる幸運な偶然に感謝、たまたま生きた時代に感謝
OpenSource文化に感謝
人間の創造性に感謝
まずまずの健康に感謝

参考文献/URL

1. http://www.youtube.com/watch?v=GoLEIdiF_n4
2. <https://www.youtube.com/watch?v=AmjHjvLNNwg>
3. https://nagasm.org/ASL/paper/JMACS_SIGMUS.txt
4. <https://www.ipsj.or.jp/kenkyukai/event/mus139.html>
5. <https://youtu.be/CpworYLSYu4>
6. <https://youtu.be/fLZ5MK56SEQ>
7. 長嶋洋一. 過去のJMACS/SIGMUSでの発表から新たな地平を展望する. 情報処理学会研究報告(2022-MUS-136), 情報処理学会, 2023. https://nagasm.org/ASL/paper/presentation20230228_small.pdf
8. I.プリゴジン/G.ニコリス, 小島陽之助(訳). 散逸構造—自己秩序形成の物理学的基礎. 岩波書店, 1980
9. I.プリゴジン, 小出昭一郎/安孫子誠也(訳). 存在から発展へ—物理学における時間と多様性. みすず書房, 1984
10. I.プリゴジン/I.スタンジェール, 伏見康治/伏見謙/松枝秀明(訳). 混沌からの秩序. みすず書房, 1987
11. イリヤ・プリゴジン, 安孫子誠也/谷口佳津宏(訳). 確実性の終焉—時間と量子論、二つのパラドクスの解決. みすず書房, 1997
12. 北原和夫. プリゴジンの考えてきたこと. 岩波書店, 1999.
13. 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.

14. 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.
15. S.H.Strogatz. Nonlinear Dynamics and Chaos. Westview Press, 1994
16. R.L.Devaney, 後藤憲一(訳). カオス力学系入門第2版. 共立出版, 2003.
17. スティーヴン・ストロガッツ, 長尾力(訳). SYNC なぜ自然はシンクロしたがるのか. 早川書房, 2005.
18. 蔵本由紀. リズム現象の世界. 東京大学出版会, 2005.
19. A.Pikovsky/M.Rosenblum/J.Kurths, 徳田功(訳). 同期理論の基礎と応用. 丸善, 2009.
20. 千葉逸人, 無限次元蔵本モデルの安定性理論. 京都大学数理解析研究所講義録, 第1688巻2010年, 2010.
21. 郡宏. 生物リズムと力学系. 共立出版, 2011.
22. 白井克彦, 雑音の加わった非線形振動系におけるゆらぎ, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J53-A No.9 pp.470-477, 1970.
23. 牛田明夫, 池野英三, 非線形振動回路の解法(結合の弱い場合), 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J54-A No.4 pp.169-176, 1971.
24. 甲田精宏, 時間おくれをもつ発振器における振動の自己変調について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J55-A No.10 pp.565-567, 1972.
25. 間瀬憲一, 堀内和夫, 非線形システムの局所的実現可能性, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J56-A No.2 pp.67-73, 1973.
26. 鈴木嘉彦, 今井聖, 二次非線形系の安定性と周期振動解の新しい解析法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J56-A No.12 pp.785-786, 1973.
27. 甲田精宏, 時間遅れをもつ発振器の強制同期について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J56-A No.12 pp.785-786, 1973.
28. 川田勉, 井上浩, ある種の二階自律系に現れる第2種リミットサイクルの撰動論による解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J57-A No.10 pp.764-765, 1974.
29. 大黒一弘, 遅延時間を持つ位相同期回路の引込み特性の解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J57-A No.12 pp.872-879, 1974.
30. 川田勉, 井上浩, 二階位同期系に現れる非同期解の大域的性質, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J58-A No.1 pp.1-8, 1975.
31. 太田有三, 羽根田博正, 丸橋徹, 非線形周期系の周期解の存在と安定性について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J58-A No.2 pp.105-112, 1975.
32. 山口健次郎, 柴山廣, 外力を加えた自励振動系に発生する高調波振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J58-A No.9 pp.601-602, 1975.
33. 川田勉, 井上浩, 撰動論による位相同期系の基礎的な解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J58-A No.12 pp.759-766, 1975.
34. 小泉卓也, 宮川洋, 時間遅れのある位相同期系の過渡応答の最適化, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J59-A No.2 pp.125-132, 1976.
35. 神力正宣, 2自由度自励振動系の抑制現象とその応用, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J59-A No.3 pp.185-191, 1976.
36. 上田皖亮, リミットサイクルの発生消滅と同期化現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J59-A No.12 pp.1128-1130, 1976.
37. 山口健次郎, 柴山廣, 林千博, 周波数引込現象に伴う自励振動周波数の変化, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J60-A No.4 pp.407-411, 1977.
38. 松木通孝, 森真作, 非同期励振現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J61-A No.1 pp.74-76, 1978.
39. 武田和美, 立田次郎, 中川正雄, 角替利男, し張発振器における雑音による周期変動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J61-A No.2 pp.151-158, 1978.
40. 牛田明夫, 非線形定常振動解の一求解法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J61-A No.3 pp.231-238, 1978.
41. 大森英樹, 高橋豊, 離散のフーリエ変換による非線形自励振動系の一解法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J62-A No.8 pp.528-528, 1979.
42. 松木通孝, 森真作, 2自由度振動系における非同期励振現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J62-A No.9 pp.598-604, 1979.
43. 白尾嘉章, 木戸正夫, 森谷孝雄, 非対称折線復元力を有する非自律系の分岐現象に関する一考察, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J62-A No.11 pp.777-784, 1979.
44. 遠藤哲郎, 上田博, 太田豊生, 3個の発振器の環状結合系における単一・多重モード発振, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J62-A No.11 pp.793-799, 1979.
45. 古賀利郎, 伊藤真, 任意に与えられたC2級の単一閉曲線をリミットサイクルとする非線形系の構成, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J63-A No.4 pp.247-253, 1980.
46. 白尾嘉章, 木戸正夫, 加地信之, 森谷孝雄, 非対称折線復元力を有する非自律系が複数の調和外力を有する場合の分岐現象に関する一考察, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J63-A No.5 pp.301-308, 1980.
47. 川上博, 小林邦博, 周期的外力を加えた非線形回路にみられる周期振動とその分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J63-A No.11 pp.753-760, 1980.
48. 川上博, 小林邦博, 非線形方程式に現れる分岐集合の大域的性質, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.9 pp.699-706, 1981.
49. 井上嘉明, 上田皖亮, むだ時間を含む自励振動系における自己変調現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.9 pp.791-792, 1981.
50. 森武宏, 桑原道義, むだ時間を含む線形システムの一安定化法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.10 pp.805-810, 1981.
51. 斉藤利通, 藤田広一, 重区分線形系によるカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.10 pp.827-834, 1981.
52. 白尾嘉章, 木戸正夫, 非対称折線復元力を有する非自律系の1/4分数調波解の分岐点近傍の振舞に関する一考察, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.10 pp.870-871, 1981.
53. 川上博, 勝田祐司, 3階ダフィング方程式のホップ分岐とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.11 pp.940-947, 1981.
54. 竹内義之, 三宝義照, 猪野朋敦, 非線形系の安定判別法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J64-A No.12 pp.1056-1057, 1981.
55. 川上博, 勝田祐司, 同期化問題に関連した2次元自律系の動的性質, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J65-A No.4 pp.269-276, 1982.
56. 赤松剛男, 高階非線形系に現われる方向性不安定不変閉曲線, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J65-A No.4 pp.394-395, 1982.
57. 川上博, 松尾次郎, 非線形系にみられる二重漸近運動の分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J65-A No.7 pp.647-654, 1982.
58. 白尾嘉章, 木戸正夫, 永原敏邦, 加地信之, 非対称折線復元力を有する非自律系が損失項をもつ場合の分岐現象に関する一考察, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J66-A No.1 pp.99-100, 1983.
59. 潮俊光, 平井一正, 平山裕, 不感帯をもつサンプル値システムにおける分岐現象とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J66-A No.8 pp.754-761, 1983.
60. 室井哲也, 中川正雄, 分岐現象のある系への注入同期, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J67-A No.2 pp.151-152, 1984.
61. 村尾健次, 香田徹, 区間力学系における不規則解の時系列解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J67-A No.5 pp.511-518, 1984.
62. 牛田明夫, 久米智宏, 時変周波数入力をもつ非線形系の定常振動解の求解法について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J67-A No.7 pp.621-628, 1984.
63. 福澤均, 森末道忠, ジョセフソン素子におけるカオス現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J67-A No.9 pp.926-927, 1984.
64. 斉藤利通, ヒステリシスカオス発生器について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J67-A No.12 pp.1162-1167, 1984.
65. 香田徹, 緒方栄次, ベルヌイ試行とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J68-A No.2 pp.146-152, 1985.
66. 稲葉直彦, 斉藤利通, 森真作, 定電流パルスによって制御される発振器のカオス現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J68-A No.3 pp.271-278, 1985.
67. 井上正一, パラメータ励振回路における概周期振動の分岐とカオス発生の一解析法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J68-A No.7 pp.621-626, 1985.
68. 山口健次郎, 吉田宣郎, 非線形復元力をもち強制自励振動系に発

- 生ずる振動現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J69-A No.12 pp.1516-1522, 1986.
69. 会田雅紀, 安久正紘, 時間遅れ素子を用いた非線形回路におけるカオスの発生法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J69-A No.12 pp.1623-1624, 1986.
70. 北川隆明, 富安隆一, 伊藤真, 外力のあるパラメータ励振系の概周期振動とカオス発生, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J70-A No.4 pp.648-654, 1987.
71. 山口健次郎, Duffing-van der Pol方程式の解のセパトリクス閉路に関連する非周期振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J70-A No.6 pp.897-902, 1987.
72. 赤松則男, ガリウム・ヒ素リングオシレータに発生する周期倍増現象とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J70-A No.7 pp.1028-1035, 1987.
73. 柿沼義則, 品田好洋, 齊藤利通, 理想的でないヒステリシスカオス発生器について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J70-A No.11 pp.1705-1707, 1987.
74. 田中敏幸, 佐藤力, 周期パラメータ励振をもつ2階離散振動系の安定領域, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J70-A No.12 pp.1777-1783, 1987.
75. 齊藤利通, 区分線形拘束方程式で記述されるカオス発生回路について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J71-A No.4 pp.965-972, 1988.
76. 齊藤利通, 1個のダイオードを含むカオス発生回路の族について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J71-A No.6 pp.1275-1281, 1988.
77. 富安隆一, 北川隆明, 伊藤真, Duffing-Mathieu型方程式におけるカオス解, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J71-A No.6 pp.1337-1338, 1988.
78. 遠藤哲郎, 成田哲也, 2自由度非線形振動系における二つの周期解のカオスへの分岐経路, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J71-A No.9 pp.1752-1755, 1988.
79. 田中敏幸, パラメータ励振をもつ非線形離散振動の実験に対する近似解, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J71-A No.10 pp.1837-1842, 1988.
80. 甲田精宏, 森真作, 時間遅れを含む自励振動系に生じる振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No.2 pp.309-318, 1989.
81. 稲葉直彦, 森真作, カオス発振器結合回路にみられるトラスの分岐現象とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No.3 pp.614-617, 1989.
82. 上原哲郎, 稲葉直彦, 森真作, パルス幅制御発振器におけるカオス現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No. 5 pp.760-769, 1989.
83. 齊藤利通, 不感帯コンダクタハイパーカオス発生器, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No.7 pp.1084-1092, 1989.
84. 丸山隆志, 稲葉直彦, 西尾芳文, 森真作, DELAY振幅制御発振器にみられるカオス現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No.11 pp.1814-1820, 1989.
85. 吉永哲哉, 川上博, 周期的外力を加えた非線形回路にみられる余次元2の分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No.11 pp.1821-1828, 1989.
86. 遠藤哲郎, 今井征雄, 位相同期回路の分岐とカオスの電子回路実験, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J72-A No.12 pp.1973-1981, 1989.
87. 池口徹, 合原一幸, 伊東晋, 宇都宮敏男, カオスニューラルネットワークの次元解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J73-A No.3 pp.486-494, 1990.
88. 清水和彦, 合原一幸, 小谷誠, カオスニューラルネットワークの電子回路モデル, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J73-A No.3 pp.495-508, 1990.
89. 吉永哲哉, 川上博, 周期倍分岐過程に生じる樹状パターン, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J73-A No.3 pp.639-641, 1990.
90. 山口健次郎, 生島章好, 柴山廣, 強制自励振動系における分岐と周波数引込み現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J74-A No.3 pp.465-473, 1991.
91. 西尾芳文, 稲葉直彦, 森真作, 二つのダイオードを含む4次元自励振動回路に発生するカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J74-A No.4 pp.681-691, 1991.
92. 谷淳, カオスの最急降下法を適用したニューラルネットにおける学習および記憶想起の動特性について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J74-A No.8 pp.208-215, 1991.
93. 稲葉直彦, 齊藤利通, ダイオードを含むある3次元自励振動回路族におけるカオス発生の物理的メカニズムに関する考察, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J74-A No.12 pp.1766-1773, 1991.
94. 西尾芳文, 稲葉直彦, 森真作, 非線形負性インダクタを含む自励振動回路に発生するカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.4 pp.754-761, 1992.
95. 平井一正, 足立智彦, 非線形複合システムの分岐集合, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.6 pp.1028-1034, 1992.
96. 勝田祐司, 川上博, 対称性をもつ非線形自律系に見られる平衡点と周期解の分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.6 pp.1035-1044, 1992.
97. 安久正紘, 関山明年, 分岐確率過程における1/f揺らぎのモデル, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.6 pp.1106-1108, 1992.
98. 石山邦彦, 合原一幸, 伊東晋, 宇都宮敏男, カオスニューロンモデルの情報理論的解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.8 pp.1379-1388, 1992.
99. 甲田精宏, 森真作, 時間遅れを含む自励振動系の強制振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.8 pp.1425-1429, 1992.
100. 松木通孝, 森真作, 周期開閉される非線形負性抵抗を含む回路の振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No. 9 pp.1465-1475, 1992.
101. 吉永哲哉, 川上博, 環状に結合した硬い発振器に見られる同期した準周期振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.12 pp.1811-1818, 1992.
102. 西尾芳文, 森真作, ヒステリシス飽和特性をもつ非線形インダクタを含むLCR発振器に発生するカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.12 pp.1819-1825, 1992.
103. 片桐徹, 齊藤利通, Lost Solutionによるカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J75-A No.12 pp.1895-1896, 1992.
104. 三堀邦雄, 齊藤利通, 区分線形ダイオードを含む自律系ハイパカオス発生回路, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.3 pp.390-395, 1993.
105. 平井一正, 大西竜太, 非線形複合発振器の同期現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.4 pp.612-617, 1993.
106. 稲葉直彦, 小倉真, ダイオードを含む強制レイリー発振器に見られる分岐現象とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.7 pp.942-950, 1993.
107. 松尾哲司, 木嶋昭, ヒステリシス素子を含む強制振動系における周期解の無限集合の分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.7 pp.951-959, 1993.
108. 上田哲史, 川上博, ジョセフソン接合素子を含む回路に生じるヘテロクリニック軌道, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.10 pp.1450-1456, 1993.
109. 勝田祐司, 川上博, 対称性をもつ非線形非自律系に見られる周期解の分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.12 pp.1753-1760, 1993.
110. 中島弘之, 甲田哲也, 上田皖亮, リカレントニューラルネットワークによる離散力学系の学習過程, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J77-A No.1 pp.24-31, 1994.
111. 安田陽, 鳳紘一郎, Siサイリスタにおける交替周期カオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J77-A No.4 pp.654-661, 1994.
112. 藤田得光, 安田恵一郎, 横山隆一, 散逸系カオスを用いた大域的最適化手法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J77-A No.6 pp.881-889, 1994.
113. 松原正一, 悪魔の階段のフラクタル構造, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J77-A No.8 pp.1167-1170, 1994.
114. 小針憲一, 斎藤利通, 川上博, しきい値が周期的に変化する弛張発振器に見られるカオスと基本的な分岐現象について, 電子情

- 報通信学会論文誌 A Vol.J77-A No.11 pp.1477-1485, 1994.
115. 笠原毅, 中川匡弘, パラメータ制御型カオスニューラルネットワークとその応用, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J78-A No.2 pp.114-122, 1995.
 116. 小河清隆, 中川匡弘, 脳波におけるカオスとフラクタル性, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J78-A No.2 pp.161-168, 1995.
 117. 鈴木克典, 西尾芳文, 森真作, カオス発生回路を用いた雑音発生器, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J78-A No.3 pp.365-372, 1995.
 118. 渡辺正峰, 合原一幸, 近藤駿介, カオスニューラルネットワークによる自動学習, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J78-A No.6 pp.686-691, 1995.
 119. 鈴木克典, 西尾芳文, 森真, ツインカオスの非同期同時発振, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J79-A No.3 pp.813-819, 1996.
 120. 山崎康弘, 齊藤利通, 三堀邦彦, ヒステリシスカオス発生回路の分岐現象と周期外力応答, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J79-A No.8 pp.1404-1411, 1996.
 121. 潮俊光, 観測器を用いたカオス同期システムの構成, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J79-A No.8 pp.1412-1417, 1996.
 122. 高坂拓司, 上田哲史, 川上博, 不安定化制御によるカオスの一生成法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J79-A No. 8 pp.1418-1426, 1996.
 123. 田中剛, 中川匡弘, 時間依存周期写像を用いたカオス想起モデル, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J79-A No.11 pp.1826-1843, 1996.
 124. 中島弘之, 上田皖亮, カオス同期におけるRiddled Basinのモデル, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.1 pp.112-119, 1997.
 125. 北島博之, 川上博, 周期倍分岐とNeimark-Sacker分岐列について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.3 pp.491-498, 1997.
 126. 松葉育雄, パラメータ空間上のくりこみ変換を用いた1次元写像の周期倍化分岐解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.4 pp.653-662, 1997.
 127. 西正信, 松本隆, R-L-Diode回路のPecora-Carrollカオス同期とマスキング, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.9 pp.1421-1430, 1997.
 128. 寺田和子, 吉澤修治, 西村千秋, 筋肉のHodgkin-Huxley方程式の周期解の分岐, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.11 pp.1960-1967, 1997.
 129. 大矢雅則, 小坂稔, 情報力学によるカオス現象の考察, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.12 pp.2138-2144, 1997.
 130. 中村雄一, 川上博, ニューラル振動子における硬い発振, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J80-A No.12 pp.2171-2172, 1997.
 131. 平井一正, 非線形制御系のカオス発生パラメータ領域, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J81-A No.3 pp.369-376, 1998.
 132. 松葉育雄, "ラグ帰帰, しきい値モデル, カオスの臨界特性", 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J81-A No.3 pp.389-396, 1998.
 133. 稲葉直彦, 藤本亮, 川上博, 吉永哲哉, 強制レイリー発振器の高調波引込領域にみられる周期倍分岐とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J81-A No.8 pp.1134-1141, 1998.
 134. 山口健次郎, 頼光元嗣, 硬い性質を併せもつ強制自励振動系の分岐現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J81-A No.8 pp.1151-1159, 1998.
 135. 稲垣耕作, 創発仮説とカオスの縁の計算万能性, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J81-A No.9 pp.1230-1237, 1998.
 136. 中村雄一, 川上博, 3成分系アナログニューラル発振器の分岐現象とカオスアトラクタ, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J81-A No.10 pp.1345-1351, 1998.
 137. 西正信, 浜野英知, 松本隆, 非線形ダイナミカルシステムの部分システム単調性とカオス同期, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No.1 pp.40-46, 1998.
 138. 宮林直樹, 茂呂征一郎, 森真作, 笹瀬巖, 異なったカオス発振器の結合系に生じる同期現象と分岐現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No.2 pp.289-293, 1999.
 139. 関屋大雄, 茂呂征一郎, 森真作, 笹瀬巖, 4個のカオス発振器をキャパシタで完全結合した系に生ずる同期現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No.3 pp.375-385, 1999.
 140. 中村雄一, 中野圭裕, 川上博, ねじれ環状構造に結合されたニューラル発振器のN相振動, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No.2 pp.228-238, 1999.
 141. 大野互, 遠藤哲郎, 上田皖亮, 周期的強制外力項をもつPLL方程式におけるカオスアトラクタのクライシスによる消滅と間欠性, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No. 5 pp.627-636, 1999.
 142. 遠藤優史, 一木守二, 遠藤哲郎, 二つのPLLの結合系に見られる間欠カオスについて, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No. 5 pp.669-676, 1999.
 143. 増田直紀, 合原一幸, ウェーブレット係数列を用いたカオス時系列の予測, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J82-A No.11 pp.1710-1718, 1999.
 144. 北川隆明, 外力が加わったvan der Pol方程式の初期値依存性のカオス解について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J83-A No.8 pp.1021-1024, 2000.
 145. 上田哲史, 吉永哲哉, 川上博, 陳関栄, 高次元自律系におけるNeimark-Sacker分岐の一計算法, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J83-A No.10 pp.1141-1147, 2000.
 146. 関屋大雄, 森真作, 笹瀬巖, カオス発振器の完全結合系における自己スイッチングの同期現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J83-A No.11 pp.1264-1275, 2000.
 147. 菱沼勲, 三好徹哉, 稲葉直彦, 微小周期外力の印加されたレイリー発振器にみられるあひる解の崩壊とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J84-A No.9 pp.1157-1166, 2001.
 148. 松崎徹也, 中川匡弘, 双極型ロジスティックカオスニューロンの特性と電子回路による実装, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J85-A No.5 pp.537-547, 2002.
 149. 松崎徹也, 中川匡弘, フラクショナルカオスニューロンモデル, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J85-A No.11 pp.1201-1210, 2002.
 150. 足立正和, 山本茂, 潮俊光, 対称性を有する区分的アフィンシステムにおけるリミットサイクルの解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J86-A No.3 pp.207-212, 2003.
 151. 有賀悠美, 遠藤哲郎, 発振器の結合系に見られる遷移ダイナミクスとカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J86-A No.5 pp.559-568, 2003.
 152. 有賀悠美, 遠藤哲郎, 発振器の結合系における分岐現象-非線形性を強めた場合, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J86-A No.11 pp.1254-1259, 2003.
 153. 関川宗久, 稲葉直彦, 吉永哲哉, 川上博, 超微小な周期外力の印加によるあひる解の崩壊とカオス, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J87-A No.2 pp.199-207, 2004.
 154. 関川宗久, 三好徹哉, 西尾芳文, 稲葉直彦, 対称性をもつある強制回路に発生する周期窓, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J87-A No.5 pp.606-616, 2004.
 155. 関川宗久, 稲葉直彦, 吉永哲哉, Taming Chaos現象のからくり, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J88-A No.6 pp.788-792, 2005.
 156. 福田徹, 吉田勝俊, 佐藤啓仁, 菅又厚, ノイズによる非結合型の同期化制御, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J88-A No.9 pp.1055-1062, 2005.
 157. 清水邦康, 遠藤哲郎, 田中久陽, 非線形結合された二つのvan der Pol発振器の平均化法による同期特性の解析, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J90-A No.2 pp.111-121, 2005.
 158. 保高智昭, 中川匡弘, カオスリカレントニューラルネットワークを用いた不規則時系列の学習・予測, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J90-A No.6 pp.524-534, 2007.
 159. 日浦尚利, 潮俊光, 一次元パルス幅変調制御系における分岐現象, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J90-A No.10 pp.771-774, 2007.
 160. L.Chadabe, Interactive Composing. Proceedings of International Computer Music Conference, pp.298-306, 1983.
 161. B.Degazio, Musical Aspects of Fractal Geometry. Proceedings of International Computer Music Conference, pp.435-442, 1986.

162. P.Beyls, The Musical Universe of Cellular Automata. Proceedings of International Computer Music Conference, pp.34-41, 1989.
163. Robert L.Devany, An Introduction to Chaotic Dynamical Systems (Second Edition). Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
164. S.Isabella, A.Oppenheim, G.Wornell, Effects of Convolution on Chaotic Signals. Proceedings of 1992 IEEE ICASSP, vol.4, pp. 133-136, 1992.
165. L.Pecora, T.Carroll, Synchronized Chaotic Signals and Systems. Proceedings of 1992 IEEE ICASSP, vol.4, pp.137-140, 1992.
166. R.Bidlack, Chaotic Systems as Simple (but Complex) Compositional Algorithms. Computer Music Journal, vol.16, no.3, pp.33-47, 1993.
167. Gordon Monro, Synthesis from Attractors, Proceedings of International Computer Music Conference, pp.390-392, 1993.
168. 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/index.html>
169. 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.
170. 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/index.html>
171. Yoichi Nagashima. PEGASUS-2 : Real-Time Composing Environment with Chaotic Interaction Model. Proceedings of 1993 International Computer Music Conference, 1993. <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc93.txt>
172. Yoichi Nagashima. Chaotic Interaction Model for Compositional Structure, Proceedings of IAKTA / LIST International Workshop on Knowledge Technology in the Arts, 1993. <https://nagasm.org/ASL/paper/iakta.txt>
173. 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/index.html>
174. 長嶋洋一. Attractor Synthesisによる楽音合成システムの検討. 平成6年度前期全国大会講演論文集I, 情報処理学会, 1994. <https://nagasm.org/ASL/ipsj1994/index.html>
175. Yoichi Nagashima. Multimedia Interactive Art : System Design and Artistic Concept of Real-Time Performance with Computer Graphics and Computer Music, Proceedings of Sixth International Conference on Human-Computer Interaction, ELSEVIER, 1995. <https://nagasm.org/ASL/paper/hci95.txt>
176. 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/index.html>
177. 長嶋洋一. マルチメディア・インタラクティブ・アート開発支援環境と作品制作・パフォーマンスの実例紹介. 情報処理学会研究報告 Vol.96.No.75 (95-MUS-16), 情報処理学会, 1996.
178. 長嶋洋一. アルゴリズム作曲における非周期的ルールの考察, 日本音響学会音楽音響研究会資料 Vol.15.No.4, 日本音響学会, 1996. <https://nagasm.org/ASL/sound02/index.html>
179. K.Aihara, T.Yoshikawa, Ordered and Chaotic Systems and Information Processing. Journal of JSAI, vol.8, no.2, pp.179-183, 1993.
180. 大矢健一, ニューラルネットのダイナミクスによるリズム認知モデル. 情報処理学会研究報告 Vol.1994 No.71, 情報処理学会, 1994.
181. 徳永隆治, 広がるカオスの応用可能性. 情報処理学会研究報告 Vol.35 No.10, 情報処理学会, 1994.
182. 平野砂峰旅, 大域結合カオスのコンピュータミュージックへの応用. 情報処理学会研究報告 Vol.1996 No.19, 情報処理学会, 1996.
183. 江口良治, 作曲のためのインターフェース. 情報処理学会研究報告 Vol.1996 No.102, 情報処理学会, 1996.
184. 稲垣耕作, カオスの縁のデジタル性について. 情報処理学会論文誌 Vol.40 No.SIG02, 情報処理学会, 1999.
185. C. Madden, Fractals in Music, High art Press, Salt Lake City, 1999.
186. 吉田友敬, 山本佐代子, 武田昌一, 生体情報等への音楽リズムモデルの適用可能性. 情報処理学会研究報告 Vol. 2003 No.127, 情報処理学会, 2003.
187. Toshihiro Kita, Sonification of Bifurcation and Chaos, <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/ICICIC.2007.530>
188. 小川圭祐, 久原泰雄, ライフゲームのセルパターンを対応する音に変換するライブ音楽生成システムの試み. 情報処理学会研究報告 Vol.2008 No.78, 情報処理学会, 2008.
189. 董際国, 森田啓義, 整数ロジック写像の諸性質: 発散, 収束, 周期性. 電子情報通信学会技術研究報告. NLP2012-112, 電子情報通信学会, 2012.
190. 信川創作, 西村治彦, 堅田尚都, カオスアトラクタ併合によるcubic離散写像及びカオスニューロン系におけるカオス共鳴. 電子情報通信学会論文誌A, Vol.J95-A No.4, 電子情報通信学会, 2012.
191. 長谷川拓海, 坪根正, 安定性変換に基づく未知定常状態の安定化. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J96-A, No.9, 電子情報通信学会, 2013.
192. 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 (NLP) 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>
193. 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 (NLP) 研究会資料 (技術研究報告) NLP2011-158, 電子情報通信学会, 2012. <https://nagasm.org/ASL/paper/201203NLP.pdf>
194. 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/NLP2014_01.pdf
195. 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>
196. 長嶋洋一. 触覚/触感インターフェースとライブ生成フラクタル/音響によるウェルネス・エンタテインメン. 電子情報通信学会非線形問題 (NLP) 研究会資料 (技術研究報告) NLP2022-01, 電子情報通信学会, 2022. <https://nagasm.org/ASL/paper/NLP202201.pdf>
197. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/Chaotic.GIF>
198. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/CIS.GIF>
199. http://www.youtube.com/watch?v=_DIMLZAYNJE
200. <http://www.youtube.com/watch?v=eun3-e4p59Q>
201. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/Muromachi.GIF>
202. <http://www.youtube.com/watch?v=oWBk5yKfSsI>
203. <http://www.youtube.com/watch?v=8ZgxICoSqRg>
204. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/strange.GIF>
205. <https://nagasm.org/1106/news5/docs/DSPSS2002.html>
206. 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/dspss2002/index.html>
207. 長嶋洋一. マルチメディアComputer Music作品の実例報告. 情報処理学会研究報告 Vol.94.No.71 (94-MUS-7), 情報処理学会, 1994.
208. 長嶋洋一. Multimediaパフォーマンス作品Muromachi(研究ノート), 京都芸術短期大学紀要 [瓜生] 第17号1994年, 京都芸術短期大学, 1995. <https://nagasm.org/ASL/paper/uryuu-94.txt>
209. 長嶋洋一. 画像情報と統合されたコンピュータ音楽創造環境の構築. 平成7年度前期全国大会講演論文集I, 情報処理学会, 1995. <https://nagasm.org/ASL/ipsj1995/index.html>

210. 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, 1995.
211. 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(研究ノート), 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/index.html>
212. 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(研究ノート), 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/index.html>
213. Yoichi Nagashima. Real-Time Interactive Performance with Computer Graphics and Computer Music, roceedings of the 7th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Man-Machina Systems, IFAC, 1998. <https://nagasm.org/ASL/paper/ifac98.pdf>
214. 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.
215. <https://nagasm.org/ASL/indy/index.html>
216. <http://www.youtube.com/watch?v=F02BfEv3gbE>
217. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/david.GIF>
218. <http://www.youtube.com/watch?v=hdYImL-CyH0>
219. <http://www.youtube.com/watch?v=n0E-CFRrNCc>
220. [http://www.youtube.com/watch?v=ZL61siGkcNw \(rehearsal\)](http://www.youtube.com/watch?v=ZL61siGkcNw (rehearsal))
221. [http://www.youtube.com/watch?v=zhu_0fygaaU \(making\)](http://www.youtube.com/watch?v=zhu_0fygaaU (making))
222. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/asian.GIF>
223. <http://www.youtube.com/watch?v=ri6MTatPNdU>
224. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/Johnny.GIF>
225. <http://www.youtube.com/watch?v=Lo1rTsrQLjY>
226. <http://www.youtube.com/watch?v=f-E1Dv8KV5c>
227. <http://www.youtube.com/watch?v=EWB6oQuleZc>
228. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/mothers.GIF>
229. 長嶋洋一. 楽音合成アルゴリズム. <https://nagasm.org/ASL/sound04/index.html>
230. <http://www.youtube.com/watch?v=SEXpA5WjoA0>
231. <http://www.youtube.com/watch?v=IkAhIviEHIM>
232. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/ogress.GIF>
233. <http://www.youtube.com/watch?v=M-LfiVeh3DY>
234. <http://www.youtube.com/watch?v=2CwY9tsf4XY>
235. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/atom0.GIF>
236. <http://www.youtube.com/watch?v=0u0QCU1PH00>
237. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/legend.GIF>
238. Yoichi Nagashima. "It's SHO time" --- An Interactive Environment for SHO(Sheng) Performance, Proceedings of 1999 International Computer Music Conference, 1999. <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc99.pdf>
239. Yoichi Nagashima. Composition of "Visional Legend", Proceedings of International Workshop on "Human Supervision and Control in Engineering and Music", 2001. <https://nagasm.org/ASL/kassel/index.html>
240. <http://www.youtube.com/watch?v=MHXH57bU1Oc>
241. http://www.youtube.com/watch?v=CGJviG_kNGc
242. <http://www.youtube.com/watch?v=ARcWcrPZAKs>
243. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/voices.GIF>
244. <http://www.youtube.com/watch?v=pKmDNJO6ZFQ>
245. <http://www.youtube.com/watch?v=PxqYZS5NlkU>
246. <http://www.youtube.com/watch?v=hC1Fqc8qk7M>
247. http://www.youtube.com/watch?v=72f8_1P6Lws
248. <http://www.youtube.com/watch?v=vRCTrmzZOG4>
249. <http://www.youtube.com/watch?v=J-ZZ1ozrwzs>
250. http://www.youtube.com/watch?v=f_QH7yszMe0
251. <http://www.youtube.com/watch?v=Fh5ry8XWH80>
252. 長嶋洋一. 筋電センサ関係情報. https://nagasm.org/ASL/CQ_mbed_EMG.html
253. <https://www.musicainformatica.org/topics/sensorband.php>
254. <https://www.andrewhugill.com/thedigitalmusician/tanaka.html>
255. 長嶋洋一. インタラクティブ・メディアアートのためのヒューマンインターフェース技術造形, 静岡文化芸術大学紀要・第1号2000年, 静岡文化芸術大学, 2001. <https://nagasm.org/ASL/paper/SUACkiyou2001.pdf>
256. 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/index.html>
257. 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/index.html>
258. 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>
259. 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>
260. Yoichi Nagashima. Bio-Sensing Systems and Bio-Feedback Systems for Interactive Media Arts, Proceedings of 3rd International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2003. <https://nagasm.org/ASL/NIME03/index.html>
261. 長嶋洋一. SCANNED SYNTHESISのための身体動作コントロール, AES東京コンベンション2003講演論文集, 2003. <https://nagasm.org/ASL/AES2003/index.html>
262. Yoichi Nagashima. Combined Force Display System of EMG Sensor for Interactive Performance, Proceedings of 2003 International Computer Music Conference, 2003. <https://nagasm.org/ASL/paper/icmc2003-1.pdf>
263. Yoichi Nagashima. Controlling Scanned Synthesis by Body Operation, Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics, 2004. <https://nagasm.org/ASL/paper/ICA2004.pdf>
264. 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/paper/SUACkiyou2004.pdf>
265. <http://www.youtube.com/watch?v=60QeshlDQy4>
266. <http://www.youtube.com/watch?v=yuhnGQPLvk8>
267. <http://www.youtube.com/watch?v=Doebf2mwrC0>
268. <http://www.youtube.com/watch?v=GMU102byjVc>
269. <http://www.youtube.com/watch?v=nbya5DMgizQ>
270. http://www.youtube.com/watch?v=_03t6pBhZ9o
271. <http://www.youtube.com/watch?v=mcRIF4te4DM>
272. <http://www.youtube.com/watch?v=THr-3iC48EQ>
273. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/wander0.GIF>
274. <https://nagasm.org/1106/europe/index.html>
275. <https://nagasm.org/1106/europe/EUreport.html>
276. <https://nagasm.org/1106/europe/report.html>
277. <http://www.youtube.com/watch?v=aqprldm-nrw>
278. http://www.youtube.com/watch?v=DmXhSn_IV1Y
279. <http://www.youtube.com/watch?v=7lkdas4I6Xs>
280. <http://www.youtube.com/watch?v=7dKa4jI2J5w>
281. <http://www.youtube.com/watch?v=eWjOJ0mevqg>
282. <http://www.youtube.com/watch?v=uKQ1xyt9oIs>
283. <http://www.youtube.com/watch?v=pJRVbitDcpYE>
284. <https://nagasm.org/ASL/dspss2002/kassel.GIF>
285. <http://www.youtube.com/watch?v=vtbUT2R2qmE>
286. <http://www.youtube.com/watch?v=SwXvIhsB8qw>
287. <https://nagasm.org/1106/SS2001/index.html>
288. <https://nagasm.org/1106/MAF2002/index.html>
289. http://www.youtube.com/watch?v=_5Emv7LXd9E

290. <http://www.mmjp.or.jp/ippinkan/newpage146.htm>
291. <http://www.youtube.com/watch?v=H8-AeibByWI>
292. http://www.youtube.com/watch?v=nvXWG_O2Xh4
293. <http://www.youtube.com/watch?v=Rd-mPax3hS8>
294. 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.
295. Yoichi Nagashima. GHI project and "Cyber Kendang", Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2007. <https://nagasm.org/ASL/paper/NIME07.pdf>
296. Yoichi Nagashima. GHI Project : New Approach for Musical Instrument, Proceedings of 2007 International Computer Music Conference, Vol.1, 2007. <https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2007.pdf>
297. http://www.youtube.com/watch?v=jz_GUO0X12Q
298. <http://www.youtube.com/watch?v=b0qLOzAW0Sg>
299. <http://www.youtube.com/watch?v=KfTzq8NjZEw>
300. <http://www.youtube.com/watch?v=lcoANcRQ0ao>
301. 長嶋洋一. 宇宙人音楽と人体音楽の作曲事例報告. <https://nagasm.org/ASL/SIGMUS0302/index.html>
302. 長嶋洋一. SUACインストールション(1). <https://nagasm.org/1106/installation/index.html>
303. <http://www.youtube.com/watch?v=yNAg9h2Oa14>
304. <http://www.youtube.com/watch?v=36DX1tzqJo4>
305. <http://www.youtube.com/watch?v=Sg6QbLlPjRc>
306. <http://www.youtube.com/watch?v=wiy7LAelwno>
307. <http://www.youtube.com/watch?v=U32ncKUHela>
308. <http://www.youtube.com/watch?v=NmG70Lskuls>
309. <http://www.youtube.com/watch?v=oC-e1d2oxxs>
310. <http://www.youtube.com/watch?v=gPyU6ANmZNI>
311. 長嶋洋一. SUACインストールション(2). <https://nagasm.org/1106/installation2/index.html>
312. http://www.youtube.com/watch?v=3JsxBC3ee_4
313. <http://www.youtube.com/watch?v=jw5XQXpQ4sE>
314. <https://nagasm.org/1106/installation2/0322010-1.pdf>
315. <http://www.youtube.com/watch?v=wPU3NTYqWk8>
316. http://www.youtube.com/watch?v=o_eMAIJQ2io
317. <http://www.youtube.com/watch?v=5F6VHUjUbXm>
318. <http://www.youtube.com/watch?v=Wmt5u7ZAC9c>
319. <http://www.youtube.com/watch?v=io17VuZI-Js>
320. <http://www.youtube.com/watch?v=L06nZHSgifU>
321. <https://nagasm.org/1106/installation2/0622019-1.swf>
322. http://www.youtube.com/watch?v=StOq_D3mPII
323. <https://nagasm.org/1106/installation2/0622032-1.swf>
324. 長嶋洋一. SUACインストールション(3). <https://nagasm.org/1106/installation3/index.html>
325. <http://www.youtube.com/watch?v=eZMowVIWbPc>
326. <https://nagasm.org/1106/installation3/0722006-1.swf>
327. <http://www.youtube.com/watch?v=VxvXwnzsQ00>
328. <https://nagasm.org/1106/installation3/0622019-2.swf>
329. <https://nagasm.org/1106/installation3/0722002-2.swf>
330. <https://nagasm.org/1106/installation3/0722006-2.swf>
331. <http://www.youtube.com/watch?v=BraLNGJVHzE>
332. <http://www.youtube.com/watch?v=Zx3evaOks0A>
333. <http://www.youtube.com/watch?v=nVSi9zGHKGGk>
334. <http://www.youtube.com/watch?v=wDXuxi0xtpU>
335. <https://nagasm.org/1106/installation3/0722005-2.swf>
336. <https://nagasm.org/1106/installation3/0822022-1.swf>
337. <https://nagasm.org/1106/installation3/0822019-2.pdf>
338. <http://www.youtube.com/watch?v=swgZ3BhqxLc>
339. <https://nagasm.org/1106/installation3/0822019-2.swf>
340. <https://nagasm.org/ASL/Jaminator/index.html>
341. <http://www.youtube.com/watch?v=Midqvqej-hw>
342. <http://www.youtube.com/watch?v=aXv-NAnt6iw>
343. <http://www.youtube.com/watch?v=6wTE2CgXT9c>
344. https://nagasm.org/1106/installation3/misaki_M2.pdf
345. <http://www.youtube.com/watch?v=leEdFhLzWRU>
346. <https://nagasm.org/1106/installation3/Lee.pdf>
347. <http://www.youtube.com/watch?v=p7910CXUbfk>
348. <https://nagasm.org/1106/installation3/Ryu.pdf>
349. <http://www.youtube.com/watch?v=mku3SNQVQhI>
350. <http://www.youtube.com/watch?v=qBgdqfJCLMLM>
351. 長嶋洋一. SUACインストールション(4). <https://nagasm.org/1106/installation4/index.html>
352. <http://www.youtube.com/watch?v=ZHEIBR-hN-0>
353. <http://www.youtube.com/watch?v=EIvutV-jQ8U>
354. https://nagasm.org/1106/installation4/Tosaya_panel.pdf
355. <http://www.youtube.com/watch?v=Ld9IkbbOcfg>
356. <https://nagasm.org/1106/installation4/tosaya.pdf>
357. <http://www.youtube.com/watch?v=VVHhcxq532M>
358. <http://www.youtube.com/watch?v=hqQreTj9-U>
359. <https://nagasm.org/ASL/max05/fig/tosaya.pdf>
360. <https://nagasm.org/1106/news4/Ryu/panel.pdf>
361. <http://www.youtube.com/watch?v=pfv1KAGFJc0>
362. <https://nagasm.org/1106/news4/Ryu/presentation.pdf>
363. <https://nagasm.org/1106/news4/Ryu/report.pdf>
364. <https://nagasm.org/1106/news4/sugauchi/panel1.jpg>, <https://nagasm.org/1106/news4/sugauchi/panel2.jpg>
365. <http://www.youtube.com/watch?v=VjWHBGC3HTI>
366. <http://www.youtube.com/watch?v=b1is-mC7a7Q>
367. <http://www.youtube.com/watch?v=fMgQbW-17pI>
368. <http://www.youtube.com/watch?v=UINIEF6zwG4>
369. <http://www.youtube.com/watch?v=e-U.LH69H5jQ>
370. <http://www.youtube.com/watch?v=Quf330vkG14>
371. <http://www.youtube.com/watch?v=YtMLZR-6xN4>
372. http://www.youtube.com/watch?v=wdB4Rp_Qjl8
373. <https://nagasm.org/1106/installation4/MaWen2.pdf>
374. <https://nagasm.org/1106/installation4/MaWen1.pdf>
375. <http://www.youtube.com/watch?v=HcvKvCzZBU>
376. <http://www.youtube.com/watch?v=3IMKVKmmqbg>
377. <http://www.youtube.com/watch?v=Z3nhNLqvISA>
378. http://www.youtube.com/watch?v=jh_pzpH6AwY
379. <http://www.youtube.com/watch?v=wpkGIA7l2QI>
380. <http://www.youtube.com/watch?v=im-hyOeXTsE>
381. http://www.youtube.com/watch?v=muNZE_12gF0
382. 長嶋洋一. SUACインストールション(5). <https://nagasm.org/1106/installation5/index.html>
383. <http://www.youtube.com/watch?v=kgrQtfQnpk0>
384. <https://nagasm.org/1106/installation5/mai2.pdf>
385. <http://www.youtube.com/watch?v=mD4k9yJhwp0>
386. http://www.youtube.com/watch?v=4yjUuZAJW_c
387. <http://www.youtube.com/watch?v=85W09xvk4dM>
388. http://www.youtube.com/watch?v=_opkFunXZnY
389. <http://www.youtube.com/watch?v=okb6xwroUjk>
390. <https://nagasm.org/1106/installation5/snow.pdf>
391. <http://www.youtube.com/watch?v=kEpP2cDBo5E>
392. <http://www.youtube.com/watch?v=T2ODsdf1KB0>
393. <https://nagasm.org/1106/installation5/sugiyama.pdf>
394. <http://www.youtube.com/watch?v=TjzQq5nRW4>
395. <https://nagasm.org/1106/installation5/miki1.pdf>
396. <http://www.youtube.com/watch?v=j8-qlBRldpE>
397. <http://www.youtube.com/watch?v=RF4kARlczGE>
398. <https://youtu.be/d5Aenl9oT6I>
399. <https://youtu.be/VmLxrBB4TQs>
400. https://youtu.be/1m7zi8bN_mU
401. <https://nagasm.org/1106/installation5/yoshida.pdf>
402. <https://youtu.be/W2qLSG4E-WM>
403. <https://youtu.be/dyqF3ouuuY>

404. <https://youtu.be/QRPNyOmPdIA>
405. <https://youtu.be/niEs3dBaN6g>
406. <https://youtu.be/lsc4-VpS78o>
407. <https://nagasm.org/1106/installation5/azuki01.pdf>
408. <https://youtu.be/c0FXvIbpyzk>
409. <https://youtu.be/tt4ZFEgc70g>
410. <https://nagasm.org/1106/installation5/Ayuki.pdf>
411. <https://youtu.be/Zt76A27nRKg>
412. <https://youtu.be/e6BbASRaxsM>
413. <https://youtu.be/3Gb7TMSzF6A>
414. <https://nagasm.org/1106/installation5/Saya.pdf>
415. <https://youtu.be/KTcYpNYrSGE>
416. https://youtu.be/8sW_7rtYzQE
417. 長嶋洋一. SUAC インスタレーション(6). <https://nagasm.org/1106/installation6/index.html>
418. <https://youtu.be/4P4s6TqxPrq>
419. <https://youtu.be/nYUUD0b2iqw>
420. <https://youtu.be/mhCFQtDXSV8>
421. <https://youtu.be/Wc3w168utYY>
422. <https://nagasm.org/ASL/ASL.html>
423. <https://nagasm.org/1106/MDW2024/index.html>
424. <https://nagasm.org/1106/MDW2024/report.html>
425. <https://nagasm.org/ASL/paper/resume.pdf>
426. 長嶋洋一. フラクタル/カオスのライヴ生成に関する高速化の検討, 電子情報通信学会非線形問題(NLP)研究会資料(技術研究報告) NLP2023-01, 電子情報通信学会, 2023. <https://nagasm.org/ASL/paper/NLP202301.pdf>
427. <https://nagasm.org/ASL/videosw/index.html>
428. 長嶋洋一. Computer Music とメディア・アートの現状と可能性. 1996年10月16日『神戸山手女子短期大学・公開講演会』(神戸). <https://nagasm.org/ASL/paper/yamate96.txt>
429. 長嶋洋一. インタラクティブ・アートのための技術講座---センサとMIDIシステムによるインタラクション入門---. 1997年5月17,24日『京都造形芸術大学』. <https://nagasm.org/ASL/lecture01/index.html>
430. 長嶋洋一. 自然と人間とコンピュータ音楽. 1997年10月15日『神戸山手女子短期大学・公開講演会』(神戸). <https://nagasm.org/ASL/lecture02/index.html>
431. 長嶋洋一. センサ@コンピュータミュージック. 1999年8月6日『情報処理学会・コンピュータ音楽チュートリアル』(筑波). <https://nagasm.org/ASL/withatau/index.html>
432. 長嶋洋一. インタラクティブ・アートのためのセンサテクノロジー. 1999年12月8日『成安造形大学』. <https://nagasm.org/SSS/step001/seian99.pdf>
433. Yoichi Nagashima. Sensors for Interactive Music Performance, 2000年8月26日『International Computer Music Conference』(ベルリン). <https://nagasm.org/ASL/workshop/icmc2000/index.html>
434. 長嶋洋一. インタラクティブ・メディアアート. 2000年9月17日『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). <https://nagasm.org/ASL/wander/index.html>
435. Yoichi Nagashima. Interactive Media Art with Biological Interfaces. 2004年8月30日『STEIM 公開レクチャーコンサート』(STEIM、アムステルダム). <https://nagasm.org/Sabbatical2004/0826/steim02.html>
436. Yoichi Nagashima. Interactive Multi-Media Performance with New Interfaces. 2007年3月26日『「互動藝術展演」國際學術研討會(International Workshop on Interactive Media Art)』(開南大学, 台湾). <https://nagasm.org/ASL/Taiwan2007/index.html>
437. 長嶋洋一. Interactive Multi-Media Art with New Technology. 2007年7月11日『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』. <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20070711/index.html>
438. 長嶋洋一. Sensor/Microelectronics Technology for Interactive Multi-Media Art. 2007年8月8日-8月12日『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』. <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20070808-12/index.html>
439. Yoichi Nagashima. Parallel Processing Platform for Interactive Systems Design. 2009年9月2日『International Conference on Entertainment Computing』(Conservatoire National des Arts et Metiers, Paris). <https://nagasm.org/ASL/ICEC2009/index.html>
440. Yoichi Nagashima. Technology for Computer Music / Interactive Multi-Media Performance with New Interfaces. 2010年12月6日『International Festival/Competition SYNC.2010 Tutorial(1)』(The Ural State Conservatory, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_1/index.html
441. Yoichi Nagashima. SUAC Installation - Case Studies as "Physical Computing" -. 2010年12月7日『International Festival/Competition SYNC.2010 Tutorial(2)』(The Ural State Conservatory, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_2/index.html
442. Yoichi Nagashima. Interactive Art with Bio-Interfaces. 2010年12月8日『International Festival/Competition SYNC.2010 Tutorial(3)』(The Ural State Conservatory, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/ASL/SYNC2010_Lecture_3/index.html
443. Yoichi Nagashima. Sketching as entertainment of design. 2012年7月20日『Sketching in Hardware 2012』(University of Oregon, US). <https://nagasm.org/ASL/paper/Sketching2012nagasm.pdf>
444. Yoichi Nagashima. New Platform for Design Entertainment. 2013年7月20日『Sketching in Hardware 2013』(PARC, California US). https://nagasm.org/ASL/paper/Sketching2013_nagasm.pdf
445. 長嶋洋一. 電子工作入門(1). 2014年6月12日『美術学部 構想設計専攻 特別講義』(京都市立芸術大学). https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_1/index.html
446. 長嶋洋一. 電子工作入門(2). 2014年6月23日『美術学部 構想設計専攻 特別講義』(京都市立芸術大学). https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_2/index.html
447. 長嶋洋一. 「スケッチング」ワークショップ. 2014年11月23-24日『メディアデザインウィーク』(SUAC). <https://nagasm.org/1106/MDW2015/nagasm.html>
448. 長嶋洋一. Arduinoワークショップ. 2015年6月11日・12日『美術学部 構想設計専攻 特別講義』(京都市立芸術大学). https://nagasm.org/ASL/kuca_workshop_3/index.html
449. 長嶋洋一. 「スケッチング」ワークショップ. 2015年7月2日・3日『工学系/情報系/芸術系 特別講義』(筑波大学). <https://nagasm.org/ASL/Tsukuba20150702-03/index.html>
450. 長嶋洋一. 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. 2015年10月12日『バイオフィードバック療法セミナー』(甲南女子大). <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20151012/index.html>
451. 長嶋洋一. 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. 2016年2月28日『バイオフィードバック療法セミナー』(人間環境大学). <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20160228/index.html>
452. Yoichi Nagashima. Interactive Media Arts - New Ideas and New Technologies. 2016年9月19日『General Lecture for Ekaterinburg's Contemporary Art Academy』(Gorky library, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_1/index.html
453. Yoichi Nagashima. Interactive Media Arts - New Ideas and New Technologies. 2016年9月19日『General Lecture - open public』(Ural branch of the National Center for Contemporary Arts, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_2/index.html
454. Yoichi Nagashima. Introduction of Programming - Creating Art Objects. 2016年9月20日『Practical Workshop for Art Academy's

- Designer Students』(Center of Culture “Ordzhonikidzevsky”, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Workshop_1/index.html
455. Yoichi Nagashima. Interactive System Design - Creating Media Arts. 2016年9月21日『Practical Workshop for Art Academy's Programmers Students』(Center of Culture “Ordzhonikidzevsky”, Yekaterinburg, Russia). https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Workshop_2/index.html
456. Yoichi Nagashima. Human-Computer Interaction and Media Arts (part1). 2016年9月25日『Lecture Workshop at MARS Gallery』(MARS Gallery, Moscow, Russia). https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_3/index.html
457. Yoichi Nagashima. Human-Computer Interaction and Media Arts (part2). 2016年9月26日『Lecture Workshop at MARS Gallery』(MARS Gallery, Moscow, Russia). https://nagasm.org/1106/news5/Russia_Lecture_4/index.html
458. Yoichi Nagashima. Bio-Sensing and Bio-Feedback Interfaces. 2017年11月27日『Conference “Musical Interfaces and Robotics”』(東京藝術大学). <https://nagasm.org/ASL/TUA2017/index.html>
459. 長嶋洋一. 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. 2018年3月31日『バイオフィードバック療法セミナー』(奈良学園大). <https://nagasm.org/ASL/BFseminar20180331/index.html>
460. Yoichi Nagashima. Bio-Sensing Platforms for “Wellness Entertainment” System Design. 2018年9月17日『International Conference on Entertainment Computing』(Poznan University of Technology). <https://nagasm.org/ICEC2018workshop/index.html>
461. 長嶋洋一. メディア・アートを用いた筋電図バイオフィードバックの可能性. 2019年6月30日『第47回日本バイオフィードバック学会学術総会』(愛知学院大学). <https://nagasm.org/ASL/BF2019/index.html>
462. Yoichi Nagashima. Sketching for Wellness Entertainment and Rehabilitation. 2019年9月28日『Sketching in Hardware 2019』(Detroit, US). https://nagasm.org/ASL/paper/Sketching2019_nagasm.pdf
463. 長嶋洋一. テクノロジーによる即興の支援 --- 楽器が求める即興と様式が求める即興. 2019年12月1日『日本音楽即興学会 第11回大会』(尚美学園大学). <https://nagasm.org/ASL/paper/JASMIM2019.pdf>
464. Yoichi Nagashima. Interactive Multimedia Generated by Rubbing/Tactile Interfaces - Biofeedback Effects for Wellness Entertainment. 2022年9月11日『Ars Electronica “Expanded Animation 2022” Symposium - “Synaesthetic Syntax: Gestures of Resistance”』(Linz, Austria). <https://www.youtube.com/watch?v=MkV6Vrv5Wtc>
465. 長嶋洋一. ミュージック・シアターのためのHyper System N. 1991年12月8日『音楽情報科学研究会』・『東京現代音楽祭』(東京、音楽之友社ホール). <https://nagasm.org/ASL/jmacs/index5.html>
466. 長嶋洋一. [広義の楽器]用ツールとしてのMIDI活用. 情報処理学会研究報告 Vol.96, No.124 (96-MUS-18), 情報処理学会, 1996. <https://nagasm.org/ASL/midi01/index.html>
467. 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/index.html>
468. 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/index.html>
469. Yoichi Nagashima. BioSensorFusion: New Interfaces for Interactive Multimedia Art. Proceedings of 1998 International Computer Music Conference, 1998.
470. 長嶋洋一. [サイバー楽器]のシステムデザインについて. 平成12年度前期全国大会講演論文集2, 情報処理学会, 2000. <https://nagasm.org/ASL/cyber/index.html>
471. 長嶋洋一. 静岡文化芸術大学スタジオレポート. 情報処理学会研究報告 Vol.2000, No.118 (2000-MUS-38), 情報処理学会, 2000. <https://nagasm.org/ASL/suac-rep/index.html>
472. 長嶋洋一. メディア・インストールーションを用いたインタラクティブ・パフォーマンスについて. 平成13年度前期全国大会講演論文集2, 情報処理学会, 2001. <https://nagasm.org/ASL/ipsj2001/index.html>
473. 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>
474. 長嶋洋一. SUACにおけるメディアアート活動の報告 (2000-2001). 静岡文化芸術大学紀要・第2号2001年, 静岡文化芸術大学, 2002. <https://nagasm.org/ASL/paper/SUACkiyou2002.pdf>
475. 長嶋洋一. 電気刺激フィードバック装置の開発と音楽パフォーマンスへの応用. 情報処理学会研究報告 Vol.2002, No.40 (2001-MUS-45), 情報処理学会, 2002. <https://nagasm.org/ASL/SIGMUS0205/index.html>
476. 長嶋洋一. サウンド・インストールーションのプラットフォームについて. 情報処理学会研究報告 Vol.2007, No.50 (2008-MUS-75)(2008-HCI-128), 情報処理学会, 2008.
477. 長嶋洋一. 並列処理プロセッサを活用したメディアアートのための汎用インターフェース. 情報処理学会研究報告 Vol.2008, No.78 (2008-MUS-76), 情報処理学会, 2008.
478. 長嶋洋一. メディアアートのための汎用インターフェースのプラットフォームについて. 情報科学技術フォーラム2008講演論文集, 情報処理学会・電子情報通信学会, 2008. <https://nagasm.org/ASL/paper/FIT2008.pdf>
479. 長嶋洋一. フィジカル・コンピューティングとメディアアート/音楽情報科学. 情報処理学会研究報告 Vol.2008, No.89 (2008-MUS-77), 情報処理学会, 2008.
480. 長嶋洋一. インストールーション作品のHCIについてのアフォーダンス的考察 ~MAF2008(SUAC)での事例から~. 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.108 No.489 (HIP2008-149~155), 電子情報通信学会, 2009. <https://nagasm.org/ASL/paper/HCG2009.pdf>
481. 長嶋洋一. デザインプロセスにおける「スケッチ」と物理コンピューティング. 静岡文化芸術大学紀要・第9号2008年, 静岡文化芸術大学, 2009. <https://nagasm.org/ASL/paper/SUACkiyou2009.pdf>
482. 長嶋洋一. シーズ指向による新楽器のスケッチング. 情報処理学会研究報告 2009-MUS-080, 情報処理学会, 2009.
483. Yoichi Nagashima. Parallel Processing System Design with “Propeller” Processor. Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2009. https://nagasm.org/ASL/paper/NIME09_2.pdf
484. 長嶋洋一. 並列処理プロセッサ“Propeller”によるプラットフォームの検討. 情報処理学会研究報告 2009-MUS-083, 情報処理学会, 2009.
485. 長嶋洋一. メディアアートにおけるインタラクティブデザイン事例紹介 --- SUACの学生インストールーション作品の変遷 ---. 第59回 ヒューマンインタフェース学会研究会 研究報告集, ヒューマンインタフェース学会, 2010. <https://nagasm.org/ASL/paper/HCG2009.pdf>
486. 長嶋洋一. 並列処理プロセッサ“Propeller”によるスケッチング・プラットフォーム. 静岡文化芸術大学紀要・第10号2009年, 静岡文化芸術大学, 2010. <https://nagasm.org/ASL/paper/SUACkiyou2010.pdf>
487. Yoichi Nagashima. Untouchable Instrument “Peller-Min”. Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2010. <https://nagasm.org/ASL/paper/NIME2010.pdf>
488. 長嶋洋一. メディアアートにおけるエンタテインメントの視点とは ~開学10年間のSUAC学生インストールーション作品の変遷. エンタテインメントコンピューティング2010論文集,

- EC2010実行委員会, 2010. <https://nagasm.org/ASL/paper/EC2010.pdf>
489. Yoichi Nagashima. Untouchable Instruments and Performances. Proceedings of 2011 International Computer Music Conference, 2011. <https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2011.pdf>
490. 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.
491. Yoichi Nagashima. Untouchable Performance and Technology. Proceedings of Asia Computer Music Project 2011, ACM, 2011. https://nagasm.org/ASL/paper/ACMP2011_nagasm.pdf
492. 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.
493. Yoichi Nagashima. SUAC Studio Report. roceedings of 2012 International Computer Music Conference, 2012. <https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2012.pdf>
494. 長嶋洋一. デザイン・エンタテインメントを支援するプラットフォームについて. 平成24年度全国大会講演論文集, 情報処理学会, 2013. <https://nagasm.org/ASL/paper/IPSJ2013.pdf>
495. 長嶋洋一. SUACスタジオレポート2013. 情報処理学会研究報告 (2013-MUS-99), 情報処理学会, 2013.
496. 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.
497. 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>
498. 長嶋洋一. 音楽エンタテインメントを「作る」～SUACスタジオレポート2014～. 情報処理学会研究報告 (2015-MUS-106), 情報処理学会, 2015.
499. 長嶋洋一. 生体信号の情報処理のためのプラットフォームについて. 情報処理学会研究報告 (2015-EC-35), 情報処理学会, 2015. <https://nagasm.org/ASL/paper/SIGEC201503.pdf>
500. Yoichi Nagashima. Assembling Music. Proceedings of 2nd International Symposium on Sound and Interactivity, SI15, 2015. https://nagasm.org/ASL/paper/SI2015_nagasm.pdf
501. 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.
502. 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.
503. 長嶋洋一. 脳波センサ"MUZE"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.
504. 長嶋洋一. 脳波バンド"MUZE"による心理計測の可能性について. 日本音楽知覚認知学会2016年春季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2016. <https://nagasm.org/ASL/paper/onchi201605.pdf>
505. 長嶋洋一. 皮膚から音を聞く可能性・第2弾. 情報処理学会研究報告 (2016-MUS-111), 情報処理学会, 2016.
506. Yoichi Nagashima. Multi Rubbing Tactile Instrument. Proceedings of International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2016. https://nagasm.org/ASL/paper/NIME2016_nagasm.pdf
507. Yoichi Nagashima. Towards the BioFeedback Game --- with Interoception and Rehabilitation ---. Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications, 2016. <https://nagasm.org/ASL/paper/VSGames2016.pdf>
508. Yoichi Nagashima. Bio-Sensing and Bio-Feedback Instruments --- DoubleMyo, MuseOSC and MRTI2015 ---. Proceedings of 2016 International Computer Music Conference, 2016. https://nagasm.org/ASL/paper/ICMC2016_nagasm.pdf
509. 長嶋洋一. 生体情報センシングのバイオフィードバック療法への応用について. 知覚情報研究会・研究報告, 電気学会, 2017. <https://nagasm.org/ASL/paper/IEE2017nagasm.pdf>
510. 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/HIP201808.pdf>
511. 長嶋洋一. post-Gainer時代の音楽情報科学platform. 情報処理学会研究報告 (2018-MUS-119), 情報処理学会, 2018.
512. 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>
513. 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.
514. 長嶋洋一. ウェルネス・エンタテインメントを実現するツールキット: スケッチングとメディアアート. 情報科学技術フォーラム2019講演論文集, 情報処理学会・電子情報通信学会, 2019. <https://nagasm.org/ASL/paper/FIT2019.pdf>
515. 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, <https://nagasm.org/Sketching/index.html>
516. 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.
517. 長嶋洋一. ライヴ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/paper/HCS202101.pdf>
518. 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>
519. 長嶋洋一. 「新楽器をデザインする」というエンタテインメント. エンタテインメントコンピューティング2021講演論文集, EC2021実行委員会, 2021. <https://nagasm.org/ASL/paper/EC2021.pdf>
520. 長嶋洋一. 新・生体センサシステム"EmotiBit"は新楽器として使えるか. 情報処理学会研究報告 (2021-MUS-132), 情報処理学会, 2021.
521. <https://www.parallax.com/>
522. 長嶋洋一. Propellerを使った体験型アート作品の製作(前編), トランジスタ技術, CQ出版社, 2008年9月.
523. 長嶋洋一. Propellerを使った体験型アート作品の製作(後編), トランジスタ技術, CQ出版社, 2008年10月.
524. <https://www.youtube.com/watch?v=pSzTPGINa5U>
525. <http://www.youtube.com/watch?v=nLZPIY6PNfs>
526. <http://www.youtube.com/watch?v=qydojZZ-KnI>
527. http://www.youtube.com/watch?v=-T_LT4AdvME
528. http://www.youtube.com/watch?v=Vt7p3oqEF_Y
529. <http://www.youtube.com/watch?v=yppgmZwsRws>
530. <http://www.youtube.com/watch?v=D5y8grkVcgM>
531. <http://www.youtube.com/watch?v=32FLFkgZYKk>
532. <http://www.youtube.com/watch?v=j8H1rzfKTyE>
533. <http://www.youtube.com/watch?v=Q1jVDDieiZI>
534. <https://nagasm.org/ASL/GHI2014/index.html>
535. <http://www.youtube.com/watch?v=ZHEIBR-hN-0>
536. <http://www.youtube.com/watch?v=EIVutV-jQ8U>
537. <http://www.youtube.com/watch?v=sRhdGaSQfE>
538. <http://www.youtube.com/watch?v=c1e1U4tKcU>
539. http://www.youtube.com/watch?v=wh_iztSy-B8
540. <http://www.youtube.com/watch?v=FGk9SYFvnlO>

541. <http://www.youtube.com/watch?v=1M2WjN4mXaY>
542. <http://www.youtube.com/watch?v=b3h0C6JK2Lk>
543. <https://www.littlebits-jp.com/synth-kit>
544. <https://nagasm.org/1106/news4/20140514/index.html>
545. <https://nagasm.org/1106/news4/20140515-2/index.html>
546. <https://nagasm.org/1106/news4/20140516/index.html>
547. <https://nagasm.org/1106/news4/minmin/index.html>
548. <https://nagasm.org/1106/news4/20141117/index.html>
549. <https://nagasm.org/1106/news4/20141118-2/index.html>
550. <https://nagasm.org/1106/news4/20141119/index.html>
551. <https://nagasm.org/1106/news4/20141120/index.html>
552. https://nagasm.org/1106/news4/Ryu_3Dprint/index.html
553. <https://nagasm.org/1106/news6/20210715-2/index.html>
554. <https://nagasm.org/1106/news6/20210716-2/index.html>
555. <https://nagasm.org/1106/news6/20210720/index.html>
556. <https://nagasm.org/1106/news6/20210727-2/index.html>
557. <https://nagasm.org/1106/news6/20210729/index.html>
558. <https://nagasm.org/1106/news6/20230706-2/index.html>
559. <https://nagasm.org/1106/news6/20230714/index.html>
560. <https://www.uchida.co.jp/education/catalog/mate89jr/seo/0414.html>
561. <https://nagasm.org/ASL/Sketch20/fig3/12menntai.jpg>
562. <https://nagasm.org/1106/news6/20220705/index2.html>
563. <https://nagasm.org/1106/news6/20220711/DSC00004.JPG>
564. <https://nagasm.org/1106/news6/20220711/index.html>
565. <https://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02551/>
566. 長嶋洋一. ウェルネス・エンタテインメントやバイオフィードバックを実現するフレームワーク/ツールキットとしてのメディアアート--- "ポストGainer"の新しい展開、生体センシングと内受容感覚の可能性---. <https://nagasm.org/Sketching/index.html>
567. 長嶋洋一. ウェルネス・エンタ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>
568. 長嶋洋一. インタラクティブな錯覚体験システムの試作報告. 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) HCS2020-49, 電子情報通信学会, 2020. <https://nagasm.org/ASL/paper/Hcs202010.pdf>
569. 長嶋洋一. インタラクティブウェルネス・エンタテインメントのためのインタラクティブな錯覚体験システムに向けて, 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) HCS2021-29, 電子情報通信学会, 2021. https://nagasm.org/ASL/paper/HCS202108_HQ.pdf
570. 長嶋洋一. バイオフィードバック・リハビリテーションを実現するメディアアート, LIFE2022(第21回日本生活支援工学会大会+日本機械学会 福祉工学シンポジウム2022+第37回ライフサポート学会大会) 論文集, 日本生活支援工学会大会・日本機械学会・ライフサポート学会, 2022. <https://nagasm.org/ASL/paper/LIFE2022.pdf>
571. <https://nagasm.org/Sketching/PAW-double.html>
572. Yoichi Nagashima. Interactive Multimedia Generated by Rubbing/ Tactile Interfaces - Biofeedback Effects for Wellness Entertainment . <https://www.youtube.com/watch?v=MkV6Vrv5Wtc> , <https://nagasm.org/ASL/paper/EA2022presentation.pdf>
573. "Gen: Inside Max's Secret Weapon with Cycling '74 | Loop". <https://www.youtube.com/watch?v=eDYs2UZzhI4>
574. <https://nagasm.org/ASL/Sketch14/index.html>
575. Gen Overview. https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/gen_overview
576. Gen. https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/gen_topic
577. Gen~ Code Export Licensing FAQ
578. Musicdsp.org. <https://www.musicdsp.org/en/latest/>
579. <https://nagasm.org/ASL/Sketch14/fig2/014.jpg>
580. <https://www.youtube.com/watch?v=GhifuuM7WH4>
581. <https://www.youtube.com/watch?v=XD3EGp2ora4>
582. https://www.youtube.com/watch?v=N15_ZfaQlaI
583. https://www.youtube.com/watch?v=BsXzBH_xQic
584. <https://www.youtube.com/watch?v=GMIx3HyZGSo>
585. <https://www.youtube.com/watch?v=TX-COlw-xQY>
586. <https://nagasm.org/ASL/Sketch14/fig7/007.jpg>
587. <https://nagasm.org/ASL/Sketch14/fig7/009.jpg>
588. <https://nagasm.org/ASL/Sketch14/fig7/015.jpg>
589. <https://nagasm.org/1106/news5/docs/Tour2016.html>
590. https://nagasm.org/Sabbatical2016/tempora2016_rehearsal.mp4
591. https://nagasm.org/1106/news5/Mars_Photo/Mars10.jpg
592. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/index.html>
593. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig1/002.jpg>
594. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig1/003.jpg>
595. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig1/004.jpg>
596. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig1/015.jpg>
597. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig1/016.jpg>
598. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig3/018.jpg>
599. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig3/019.jpg>
600. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig3/026.jpg>
601. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig3/028.jpg>
602. <https://nagasm.org/ASL/Sketch15/fig3/029.jpg>
603. <https://nagasm.org/ASL/Sketch16/index.html>
604. <https://youtu.be/cuWXZqVYEDo>
605. https://youtu.be/_wn4aFWaQgo
606. <https://nagasm.org/1106/MDW2024/lecture.html>