

研究報告

色情報による CV/GATE 生成・オーディオ信号による映像生成
および相互フィードバック

Generating CV/GATE signals based on color information and video based on
audio signals, And implementation mutual feedback

野垣 美歩

Miho NOGAKI
東京電機大学大学院
Tokyo Denki University

斎藤 博人

Hiroto SAITO
東京電機大学
Tokyo Denki University

概要

本研究では、演奏 (CV/GATE) と映像が影響し合う相互フィードバックシステムを制作する。生成する音と映像にランダム性を持たせるため、物体の色情報から CV (4ch) /GATE の初期値を生成する。その後は、オーディオ信号 (シンセサイザーとユーザ演奏) の特徴量から映像を生成し、同様に映像の特徴量から CV (5ch) /GATE を生成する。演奏 (CV/GATE) と映像のフィードバックは演奏終了まで繰り返す。アナログシンセサイザー (特にユーロラックモジュラー) への入力を想定し、ユーロラック規格で実装する。本システムは、メディアアートの一手法とし、ライブハウス用映像システムへの応用も可能である。

本システムは相互翻訳のような特性のもと、縮減による拡張性、および加速度的に蓄積される誤解を表現として提示する。そして、ユーザや鑑賞者の意識変容を期待する。

In this research, we produce a mutual feedback system in which performance (CV/GATE) and video influences each other. The initial values of CV (4ch) / GATE are generated from the color information of the object which the user chose to provide randomness to the generation of sound and video. Subsequently, the video is generated from the feature values of the audio signals (synthesizer and user performance). Moreover, CV (5ch) /GATE are also generated from the feature values of the video. The performance (CV/GATE) and video feedback are repeated until the end of the performance. We implemented the device according to the Eurorack standard, assuming the input of signals to analog synthesizers (particularly Eurorack modular).

This system is one method through which media and art can be applied to video systems for live houses.

1. 背景

シンセサイザーとは、一般的に電気信号で音を生成する電子楽器 (ミュージックシンセサイザー) を指す。近年では、再現性の低いユーロラック規格のモジュラーシンセサイザーが市場で勢いを増している。一方でビデオシンセサイザーとは、映像を生成する電子機器を指す。

両者シンセサイザーはライブハウスでの使用を想定されているが、現場では異なるユーザが使用する。ミュージックシンセサイザーは 100 年以上続く歴史の中で数多くの製品が発売されてきた。対して、ビデオシンセサイザーはミュージックシンセサイザーよりも市場規模が小さい。ビデオシンセサイザーの多くはミュージックシンセサイザーメーカーの製品であり、ミュージックシンセサイザーと制御信号を共有できる製品も存在する。しかし、オーディオ入力により映像を生成できる製品はあまり流通していない。2010 年代になると、ゲーム会社である Atari から発売されたビデオシンセサイザー『Atari Video Music』(1977 年発売) が再評価され始めた。『Atari Video Music』は、オーディオ信号の強弱や音色から映像を出力する機能が特徴である。現在ではニューヨークの電子楽器メーカーである Critter and Guitari から、オーディオ・MIDI 入力に対し映像を生成するビデオシンセサイザー『EYESY』が発売されている (Critter & Guitari 2021)。近年はユーロラック規格のビデオシンセモジュールも発売されている。ユーロラック規格ならではの機能として、CV/GATE を共有することができる。

また、視覚芸術と音楽は、これまでの歴史の中で互

いに影響を与え合っていた。アイザック・ニュートンは著書『光学』において、色とオクターブの7音階を関連付けることで白色光のスペクトルを7色に分類した(S, I, Newton. 1704)。20世紀美術における表現主義は、目に見えないものを描写する抽象絵画が特徴的である。中でも音楽に造詣の深いワシリー・カンディンスキーやパウル・クレーは音楽をモチーフにした作品や、音楽的なリズムと連続性を持った作品で有名である。カンディンスキーは著書において楽器の音色と色を具体的に対応させたうえで抽象芸術を論じている(W, Kandinsky. 1911)。一方で作曲家のジョン・ケージは、曲線と色彩で構成された記譜法による『Aria』(1958)などの図形譜を数多く残している(J, Cage. 1958)。ケージは、ヘンリー・デイヴィッド・ソロー著『日記』からドロージングを楽譜へ引用した『連歌』(1975-1976)においては、図形楽譜を用いる理由について「現代の楽器でも十八世紀の楽器でも、または東洋の楽器を加えても演奏できるようにするため」と言及している。また、ドロージングと実際の演奏との関係については「両者の論理的な結びつきを探することはあっても、詩的な関係は期待しない」とも残している。(J, Cage. 1977・1975)ニューウェイヴバンドのハルメンズは、アートワークを手掛けた作家である太田螢一を準メンバーとしている。

近年では、『耳をすまして - 美術と音楽の交差点』(2011 茨城県近代美術館)『絵と音の対話』(2012 東京国立近代美術館)『アートと音楽 - 新たな共感覚をもとめて』(2012-2013 東京都現代美術館)などの視覚芸術と音楽に焦点をあてた展示が開催された。このように視覚芸術と音楽の関連性において、筆致や色に対する点と線や構図、装飾音や音色に対する楽式や和声・対位法のような形相対質料に似た構造を両者が含んでいることが背景にあると考えられる。

本研究では、音と映像の両方に作用する、リアルタイムフィードバックシステムの制作を試みる。再現性の低い結果を得るために、ハードウェアシンセサイザとユーザの演奏をフィードバックに介入させる。

2. 関連作品・研究

視覚芸術による楽曲生成において、山本らが動画をもとにしたマルコフ過程による自動作曲システムを音楽心理学的アプローチで制作し、後に音楽的場面転換の閾値をユーザがリアルタイムに変更することでユーザ適応も可能にした(山本, 宝珍, 野宮 2009)(山本, 宝珍, 野宮 2010)。また、バンドシーンではニューウェーブバンドであるP-MODELが、フラクタル状のヤシの木の画像データをもとにトラックを作成した(P-MODEL 1995)。

音楽と関わりを持つ映像表現では、ドイツのアニメー

ション作家であるオスカー・フィッシンガーはサイレント映画『Radio Dynamics』において、線や図形といったモチーフの動きや色の変化のみで音楽を表現した(O, W, Fischinger 1942)。また、中村滋延は具体音の意味性を音楽と映像の両方に作用することで感覚様相のズレを描いていく手法を見出した(中村 1994)。そして、中村隆行らは4つのフィードバックユニットの相互作用から生じたノイズを出力し、3D映像としてビジュアル化するシステムを制作した(中村, 柴山 2013)。

視覚と聴覚の統合において、1960年以降のドイツでのミュージック・シアターでは、演奏者の演劇的運動が視覚的要素でありながらも音楽に組み込まれていくような表現の試みがあった(L, Nono 1960-61)。

3. コンセプト

3.1. 不確定性と感覚様相による不定形

色や映像によって変化するCV/GATEを生成することで、音楽に不確定性が生まれる。本システムでは、再現不可能性を持ったモジュラーシンセサイザへの入力を想定して、CV/GATE規格を採用している。

映像生成部では、拡張性による縮小/縮小による拡張性を提示する。「木目を長いこと見続けていると徐々に見え方が変わってくることに気付く。注意深くディスプレイを見ると画素だけが揺れているように見えることに気付く。インターネットの関与しない鏡の中にもヴァーチャルの世界は存在することを思い出す。」という自身の感覚的経験から、感覚器官と空間への問題意識が生まれた。テクノロジーを用いた視覚芸術は自己言及の脆弱性を均したユーモアとしての拡張性を描くことしかできないのだろうか。各々の人体へと回帰して固有の感覚を暴露し、差異や視点に鋭敏になることで新たな拡張性を提示する。

3.2. 相互フィードバック

文化はしばしば誤解や誤用を始点とするパラダイムシフトが起きてきたと解釈している。コンピュータが加速度的に誤解を促すことで新たな表現が生まれていくことを期待している。そして、閉じられた空間・意識が変容していく様を鑑賞者自身が観察する。

4. 制作物の概要

4.1. システム構成

システムの構成を図1に示す。まず、CV GATEの初期値には、ユーザがカラーセンサで取得した物体の色情報を使用する。これによって音と映像にランダム性を持たせる。色情報は、M5 Stack Basic から ESP32

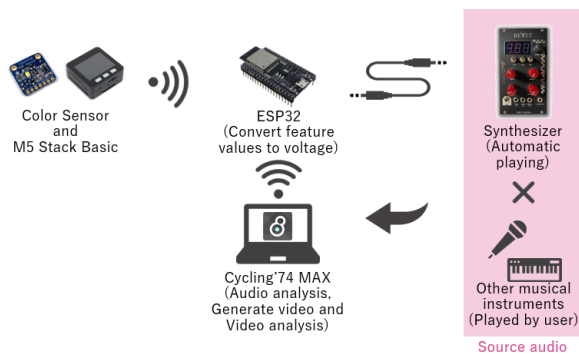


図 1: システム概要図

へと WebSocket 通信を介して送信される。ESP32 上で色情報から CV/GATE を生成し、ミュージックシンセサイザ (以下シンセサイザ) へ出力される。CV/GATE を入力したシンセサイザの演奏に、ユーザの演奏を加えた楽曲全体のオーディオ信号を Cycling'74 MAX に入力し、特徴量を抽出する。次に、オーディオ信号の特徴量を用いてあらかじめ作成した 3D オブジェクトを MAX 上で制御する。そして、生成した映像の特徴量を抽出し WebSocket 通信を介して MAX から ESP32 へ送信される。映像の特徴量を用いて CV/GATE を生成し、以降演奏 (CV/GATE) と映像が相互にフィードバックする。ユーザは物体の色情報をカラーセンサで読み取った後、CV/GATE を入力したシンセサイザや他の楽器を演奏することを想定している。ESP32 をサーバとした WebSocket 通信によりそれぞれの双方向通信を実現している。

4.2. 使用特徴量

制作物において使用される色情報の特徴量は、赤・緑・青・明度である。オーディオ信号の特徴量は、ピーク振幅・周波数成分・スペクトル重心・SNR・調性・BPM である。一般的に SNR とは通信信号等の受信信号と背景雑音のレベルの比を表す値である (Cisco)。本研究では、振幅最大値を取る周波数の振幅とその他楽器との平均振幅の比として使用する。映像の特徴量は、彩度平均・明度平均・コントラスト・画像重心の y 座標・グラフィックの示す向き (傾き) である。スペクトル重心 $f_c(t)$ は、以下の式 (1) を用いて算出した。

$$f_c(t) = \frac{\sum_{f=0}^{\frac{f_s}{2}} X(t, f) \cdot f}{\sum_{f=0}^{\frac{f_s}{2}} X(t, f)} \quad (1)$$

5. CV/GATE ジェネレータ

作成中のプロトタイプを図 2 に示す。本研究は、色情報から CV (4ch) /GATE を、映像の特徴量から CV (5ch) /GATE を出力する MIMO システムを実装する。

5.1. Oct/V 方式・Hz/V 方式での CV 生成

本システムでは、Oct/V 方式および Hz/V 方式での CV 生成が可能である。ユーザがトグルスイッチで生成方式を切り替え可能である。発音周波数 F と CV の電圧値 $Voltage$ の各方式における関係を式 (2) および図 3, 図 4 に示す。現時点においては、市販製品と同様に両方式 1 V 入力時 55 Hz の出力を想定して特徴量をスケールリングした。一方で、両方式間に互換性を持たせると、同電圧レンジで発音可能な音域が異なる。ユーロラックを基準とした電圧レンジ (0~5 V) では、Oct/V 方式は最大 880 Hz, Hz/V 方式では最大 275 Hz まで出力できる。そこで、Hz/V 方式選択時の増幅率は、ユーザが半固定抵抗で制御できるよう設計した。しかし、増幅可能最大電圧である 12 V を Hz/V 方式の VCO に入力した場合、出力は 660 Hz となる。よって、Oct/V 方式と Hz/V 方式間で互換性を持たせることは不可能である。高域の処理方法が今後の課題となる。現時点での出力可能電圧範囲は、Oct/V 方式選択時 0~5 V, Hz/V 方式選択時 0~12 V である。

$$Voltage_{oct} = \frac{\log F - \log 27.5}{\log 2} [V] \quad (2)$$

$$Voltage_{hz} = \frac{F}{55} [V]$$

5.2. V-Trigger 方式・S-Trigger 方式での GATE 生成

本システムでは、V-Trigger 方式および S-Trigger 方式での GATE 生成が可能である。生成方式は、ユーザがトグルスイッチで切り替える。

5.3. インタフェース

ユーザが演奏開始タイミングを制御できるように、スタートボタンを設置している。また、M5 Stack Basic と MAX それぞれと ESP32 が接続できているか確認するために LED を設置した。フロントパネルの中央には 2.8 インチの TFT を設置する。ESP32 起動後、M5 Stack Basic と接続可能になったら待機画面を表示する。スタートボタンが押されたら、通信先・CV 生成方式・GATE 生成方式・出力電圧値が表示される。動作中の TFT 画面を図 5 に示す。

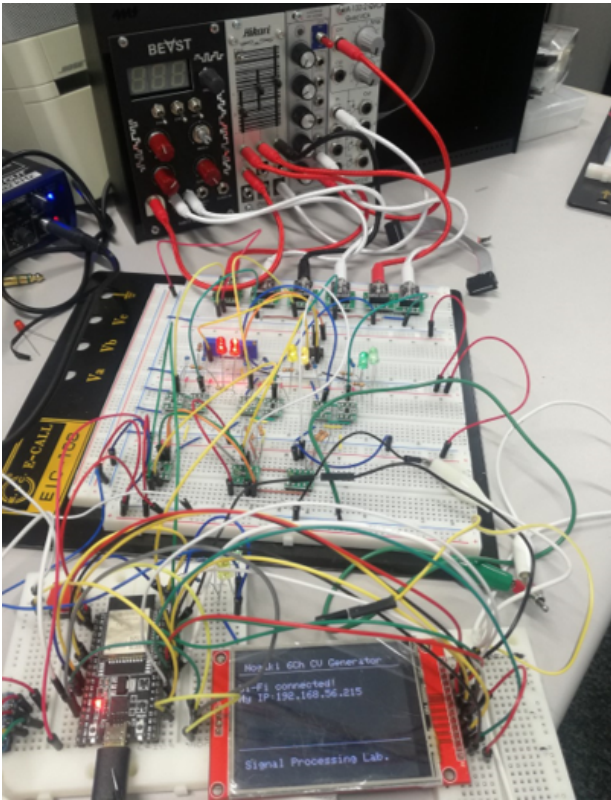


図 2: 作成中のプロトタイプ

5.4. 処理手順

信号生成部の処理手順は以下の通りである。

1. ESP32 起動後, Wi-Fi へ接続
2. M5 Stack Basic および MAX と接続, TFT が待機画面に遷移
3. スタートボタン押下後, M5 Stack Basic との通信を開始
4. 120 ms ごとに色情報を受信, CV/GATE 変換用にスケールリング
5. I2C バス用双方向電圧レベル変換モジュール(PCA9306 搭載) によって出力電圧を制御
6. アドレス変換器 (LTC4316) によって出力先のアドレスを変換
7. DA コンバータ (MCP4725) 搭載モジュールによって 12bitDA 変換, CV/GATE 出力
8. 4~7 を 50 シーケンス実行後, M5 Stack Basic との通信を切断し, MAX との通信を開始
9. 30 ms ごとに映像の特徴量を受信, 同様に CV/GATE 出力
10. 9 を演奏終了までループ

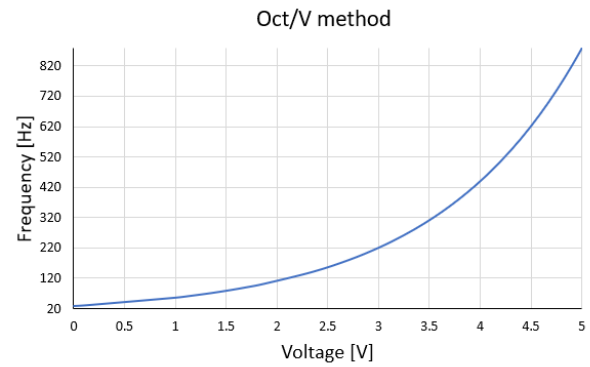


図 3: 入力電圧と出力周波数の関係 (Oct/V 方式)

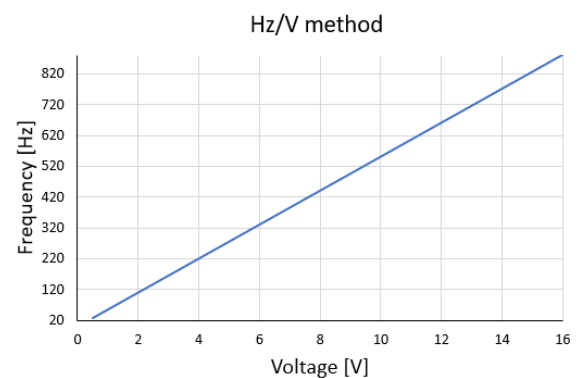


図 4: 入力電圧と出力周波数の関係 (Hz/V 方式)

6. 色情報による CV/GATE の生成

6.1. 色情報による CVGATE の生成

ステージ上でのユーザの可動範囲を広くするため, 入力部 (M5 Stack Basic) と CV/GATE 出力部 (ESP32) をワイヤレス通信させる. 使用する特徴量は, 赤 (Red)・緑 (Green)・青 (Blue)・明度 (Clear) である. 本システムでは最大 5ch の CV を出力可能だが, ソースとなる色情報の次元数に合わせて, M5 Stack Basic 通信時の出力 CV は 4ch とする.

6.2. 色情報と CV/GATE の対応関係

色情報と CV の対応関係を式 (3) に示す. Oct/V 方式・Hz/V 方式間で互換性を持たせるため, 色情報を周波数にスケールリングしている. CV をピッチに inputs する際は, 12 平均律に基づいて設計をした方がより実用的である. しかし, 本研究ではドローンサウンドが特徴的なユーロラックモジュラーシンセサイザを使用す

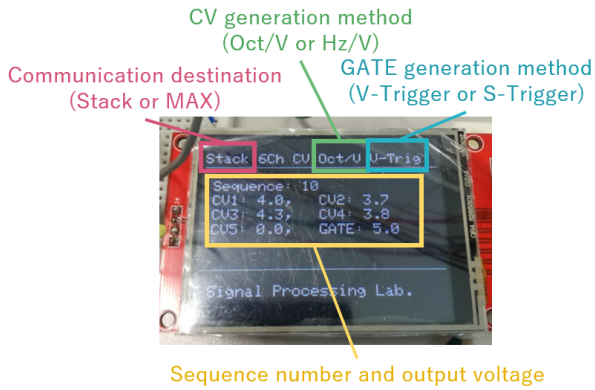


図 5: 動作中の TFT 画面

るため微分音も発生するように設計した。GATE においては、Clear の値が 100 以上になった時 ON となる。

$$\begin{aligned}
 \text{Frequency_CV1} &= (\text{Red} - 5) \times 13 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV2} &= (\text{Green} - 6) \times 16 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV3} &= (\text{Blue} - 6) \times 30 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV4} &= (\text{Clear} - 20) \times 5 [\text{Hz}]
 \end{aligned} \quad (3)$$

7. オーディオ信号による映像の生成

オーディオ信号の特徴量から、MAX 上の 3D オブジェクトの明度・コントラスト・色相・大きさ・動きやカメラ座標を制御している。使用する特徴量は、ピーク振幅・周波数成分・スペクトル重心・SNR・調性・BPM である。

8. 映像による CV 生成

8.1. 映像の特徴量抽出

使用する映像の特徴量は、彩度平均・明度平均・コントラスト・画像重心の座標・グラフィックの示す向き(傾き)である。画像重心の座標においては y 座標を用いる。

8.2. 映像の特徴量と CV の対応関係

映像の特徴量と CV の対応関係を式 (4) に示す。

$$\begin{aligned}
 \text{Frequency_CV1} &= (\text{Moment} - 5.5) \times 303 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV2} &= \text{Saturation} \times 2.1 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV3} &= (\text{Brightness} - 10) \times 2.8 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV4} &= \text{Centroid} \times 2.6 [\text{Hz}] \\
 \text{Frequency_CV5} &= \text{Contrast} \times 6000 [\text{Hz}]
 \end{aligned} \quad (4)$$

8.3. MAX 通信時の GATE 生成

8.3.1. BPM に同期した GATE 生成

ESP32 が MAX と通信している時、現在は GATE が BPM に同期して生成される。様々な場面での演奏を想定し、BPM の入力を以下の 3 パターン用意した。

1. 事前に用意したクリックデータを MAX 上で再生し、音圧が一定値を超えたら GATE ON
2. BPM をユーザが MAX 上で数値入力(演奏開始のタイミング調整は検討中)
3. 演奏時にユーザが決めたテンポで L キーを押下、移動平均から BPM を算出

入力された BPM に基づいて、任意の音価を出力する機能を実装した。しかし、現時点では通信の間隔・MAX 上の処理速度により、同期できていない。

8.3.2. 時間縮小錯覚による GATE 生成

当初は、BPM と時間縮小錯覚 (time-shrinking) を用いて GATE を生成する予定だった。時間縮小錯覚とは、隣接する時間間隔における、主観的な長さの過小評価のことを示す。詳細を図 6 と以下に示す。

20 ms の音で区切られた 2 つの時間間隔 T_1 , T_2 を提示する。 $-80 [\text{ms}] \leq T_1 - T_2 \leq 40 [\text{ms}]$ の時、被験者は $T_1 : T_2 = 1 : 1$ であると評価した。時間縮小錯覚は発見当初、 $T_1 < T_2$ の条件下で発生するとされていた。その後、宮内の実験によって $T_1 > T_2$ の場合も T_1 の過小評価が発生すると判明した(宮内 2004)。

正確なテンポでの GATE 生成が実現すれば、時間縮小錯覚による GATE の生成機能は実装可能である。しかし、時間縮小錯覚は等間隔に近い音源の提示を前提としている。実際に楽器として使う際は音楽性が損なわれる可能性があるため、検討が必要である。

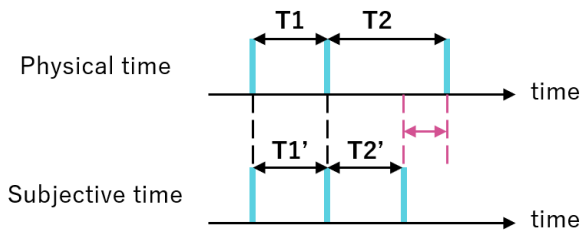


図 6: 時間縮小錯覚における物理的な時間と主観的な時間の差異

表 1: 取得された色情報

赤	緑	青	明度
23	15	13	52
141	58	37	239
24	16	13	54
126	47	32	206
26	17	14	59

表 2: 取得されたオーディオ信号の特徴量

ピーク振幅	スペクトル重心 [Hz]	SNR [dB]	Low	Mid	High
0.76	90.97	37.30	0.23	0.22	0.17
0.70	1648.92	46.57	0.22	0.24	0.20
0.43	666.50	29.54	0.21	0.24	0.20
0.86	136.42	36.82	0.23	0.26	0.21
0.73	82.20	34.12	0.24	0.25	0.20

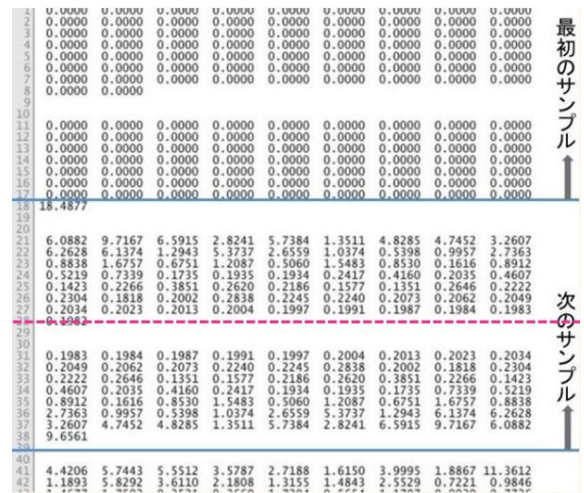
表 3: 取得された映像の特徴量

彩度平均	明度平均	コントラスト	画像重心の座標	グラフィックの示す向き [rad]
127.98	164.94	0.24	449.51	6.27
130.96	164.20	0.24	449.02	6.26
129.18	168.66	0.20	453.94	6.28
124.32	172.01	0.13	449.06	6.27
121.47	183.50	0.15	448.23	6.28

9. 動作結果と考察

9.1. 動作結果

システムはリアルタイムに動作した。スタートボタン押下から演奏開始までの遅延も知覚できない程度であった。一方で、GATEが不正確なテンポで生成された。また、出力されるCVの抑揚が小さく感じられた。デモンストレーション時の演奏と映像のデータを <https://tdu.box.com/s/4b4wu1080ffqzhrys1ej780n315v868o> に示す。



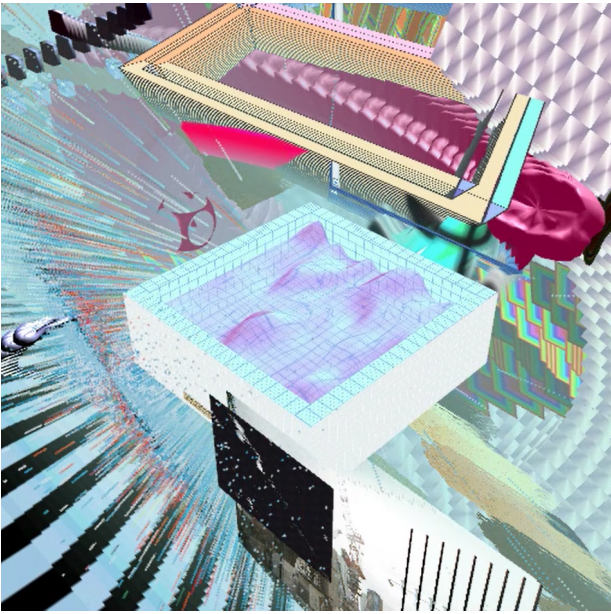


図 9: 生成した映像の様子②

9.2. 考察

• CV の生成

電圧値の抑揚が少なく、音色の変化がなだらかであった。これは、映像生成で使用するオーディオ信号の特徴量におけるスケージングと、MAXの処理速度が原因だと考えられる。映像生成部の再制作およびチューニングが必要である。また、Hz/V方式における高域処理が今後の課題となる。

• GATE の生成

現時点ではクリックから4分音符のGATEを出力させている。しかし、正確なテンポで出力されていなかった。これは、通信の間隔・MAX上の処理速度が原因だと考えられる。MAX上の処理を2台のコンピュータに分担させる、あるいはスレッド処理に書き換えることが必要である、また、今後は音価を考慮しながら通信間隔を調整する。そして、時間縮小錯覚を用いてGATE生成を行うか検討する。

10. まとめ

色情報から始まり、演奏(CV/GATE)と映像が相互に影響し合い生成されるシステムを実装した。オーディオ信号のピーク振幅・周波数成分・スペクトル重心・SNR・調性・BPMと映像の彩度・色相・明度・画像重心・グラフィックの形状が指す方向を特徴量として使用した。色情報から4chのCVを、映像の特徴量か

らは5chのCVを生成することで、MIMOシステムとして動作している。アナログシンセサイザ(特にユーロラックモジュール)への入力を想定して、CVおよびGATEの生成方式をユーザが切り替えられるように設計した。また、ユーザが演奏開始のタイミングを制御できるように、スタートボタンを設置した。

以上のシステムを用いて、実際にデモンストレーションとして楽曲演奏を行った。その結果、システムはリアルタイムに動作した。しかし、GATEが正確なテンポで生成されなかった。

現在はユーロラックモジュールとして実装するために、基板を発注している。今後は、Hz/V方式における高域処理、GATE信号における時間縮小錯覚の検討を行う。そして、GATE生成における遅延・通信問題の改善を試みる。映像生成部を再制作し、利用シーンを検討しながら特徴量の重みづけを再チューニングする。9月に基板が完成する予定である。実装後、レイテンシの評価を行い、演奏会にて実際に使用する。

11. 参考文献

- Critter & Guitari. 『EYESY』 2022年7月14日閲覧。(https://www.critterandguitari.com/eyesy)
- ICON. 『ビデオ・シンセサイザーの世界～World of Video Synthesizer 001: ビデオ・シンセサイザーの基礎知識』 2022年7月14日閲覧。(http://icon.jp/archives/17680)
- Sir Isaac Newton(島尾永康訳). 1983. 『光学』 東京岩波書店.
- Wassily Kandinsky(西田秀穂訳). 1979. 『カンディンスキー著作集 1 改訂版 抽象芸術論—芸術における精神的なもの—』 美術出版社.
- 白石美雪. 2009. 『ジョン・ケージ—混沌ではなくアナーキー』 武蔵野美術大学出版局.
- John Cage. 2009(小沼純一編・伊藤制子引用箇所訳). 『ジョン・ケージ著作選』 ちくま学芸文庫.
- Y, Kato., S, Kurabayashi. 2014. “A Cross-Media Music Retrieval System by Converting Color Changes into Tonal Changes” in *IEEE 15th International Conference on Mobile Data Management, Brisbane, QLD, 2014*, IEEE, Tokyo, Japan, pp. 349-352, doi: 10.1109/MDM.2014.51.
- 長嶋洋一. 1995. 「マルチメディア Computer Music 作品の実例報告」『日本音響学会秋季研究発表会講演論文集』情報処理学会研究報告 Vol.97, No.71(94-MUS-11).

NTT インターコミュニケーション・センター [ICC]. 『テクノ・アートの総決算 第3回リヨン現代美術ビエンナーレ』 2021年2月2日閲覧. (https://www.ntticc.or.jp/pub/ic_mag/ic016/lyon/lyon_j.html)

山本 敏生, 宝珍 輝尚, 野宮 浩揮. 2009. 「動画をもとにした自動作曲」『平成21年度情報処理学会関西支部大会論文集』 C-22.

山本 敏生, 宝珍 輝尚, 野宮 浩揮. 2010. 「動画をもとにした自動作曲のユーザ適応について」『平成22年度情報処理学会関西支部大会論文集』 E-01.

Cisco Meraki Japan. 『無線の基礎：信号対雑音比 (SNR) と無線信号強度』 2022年7月14日閲覧. (https://www.cisco.com/c/m/ja_jp/meraki/documentation/mr/wifi-basics-and-best-practices/wireless-fundamentals-signal-to-noise-ratio-snr-and-wireless-signal-strength.html)

中村 隆行, 柴山 拓郎. 2013. 「ラップトップ音楽作品『Internal Sound Flow』の制作と表現」『先端芸術音楽創作学会会報』 Vol.4, No.4.

宮内良太. 2004. 「隣接する二つの時間間隔の知覚に関する研究」九州大学博士論文.

同年東京電機大・工・電子助手, 情報環境学部を経て現在東京電機大・システムデザイン工学部教授. 博士(工学). 信号処理, 会話システム (特に話速変換) の研究に従事.



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

12. 参考作品

Oskar Wilhelm Fischinger. 1942. 「*Radio Dynamics*」

P-MODEL. 1995. 「残骸の船 *Saksit*」 in 『舟』, COCA-13083.

Luigi Nono. 1960-61 *Intolleranza (Handlung in 2 Teilen)*

中村 滋延. 1994 《*WALK*》コンピュータ音響とビデオのための映像音響詩

13. 著者プロフィール

野垣 美歩 (Miho NOGAKI)

1998 年生まれ. 東京電機大学大学院システムデザイン工学研究科在籍. 信号処理と芸術について研究をしている.

斎藤 博人 (Hiroto SAITO)

1995 東京電機大・工・電子卒, 1997 同大大学院修士課程了. 2000 同大大学院博士後期課程単位取得退学.