

車載カメラによるリアルタイム絵画調動画生成

赤井良行¹⁾ (正会員) 宇田尚典¹⁾ (非会員) 藤枝延維¹⁾ (非会員)

1) 株式会社豊田中央研究所

Real-time non-photorealistic video rendering with images from in-vehicle camera

YOSHIYUKI AKAI¹⁾(Member) HISANORI UDA¹⁾(Non Member)

NOBUSHIGE FUJIEDA¹⁾(Non Member)

1) TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.

e1715@mosk.tytlabs.co.jp

アブストラクト

クルマの自動走行が現実味を帯び、世界各国の自動車メーカーは技術の開発に力を注いでいる。完全自動走行の車内でドライバーは、運転に必要な安全の確保に集中する必要性がなくなると考えられる。ドライバーが運転から解放されると、車内での過ごし方は大きく変化し、クルマを単に移動のための道具としてではなく、新しい体験を楽しむインタラクティブツールとして利用することも可能になる。例えば、車窓から見える風景を非現実的なものに変換することで、非日常的なドライブを体験し、移動から新しい意味と価値を得られるようになる。そこで本論文では、クルマによる今までにないインタラクティブを提供するために、移動に伴う視覚情報の変化から絵画調の画像を生成するために適したシステムを提案する。その結果、走行中に車載カメラから取得した画像を用いた、絵画調動画の生成が可能になった。車内に設置した大型 LED ディスプレイを介して、搭乗者はリアルタイムに生成された絵画調動画を鑑賞できるようになった。

Abstract

Automatic driving of cars has been realized, and automobile manufacturers around the world are focusing on the development of technology. With complete automatic driving, the driver will not have to concentrate on ensuring safety for driving. When the driver is released from driving, the time in the passenger compartment will change greatly. It is also possible to use the car as an interactive tool to enjoy a new experience, not simply as a tool for moving. For example, by transforming the scene outside the car into an unrealistic image, experiencing unusual driving that movement will create new meaning and value. Therefore, in this paper, we propose a system suitable for generating pictorial images from visual information accompanying car movement. As a result, it became possible to create picturesque moving pictures with images acquired from the vehicle's camera during driving. In addition, passengers are now able to watch pictorial-style animations generated in real time via a large LED display installed in the passenger compartment.

1. はじめに

自動車の自動走行が現実味を帯び、世界各国の自動車メーカーは技術の開発に力を注いでいる。日本自動車工業会は、日本国内では 2020 年までに条件付き自動走行、2030 年には完全自動走行、そして 2050 年には自動走行の社会への定着を目指すとして発表した[1]。また、2015 年に国土交通省が行った自動走行に対する関心調査[2]では、「ドライバーは運転以外のことができるとしたならば、自動走行システムを導入するか？」との質問に対し 50%以上の日本人回答者が「ぜひ付けたい」と回答し「付けるかもしれない」を含めると 80%以上のポジティブな結果が出ている。この結果からユーザーは移動の間、運転以外の行為を行えることに高い関心を持っていることが分かる。

現在ドライバーは、車外の環境や計器など安全に必要な情報を得るために注意を注がなくてはならない。それに対し、完全自動走行が実現するとドライバーは、安全確保のための行動に集中する必要がなくなり、ドライバーの車内での過ごし方は大きく変化すると考えられる。

特に視覚と聴覚が自由になると、車室はビジネスの空間やクリエイティブなスタジオとしてこれまで以上に多種多様な過ごし方が可能になる。また同時にクルマを単なる移動の道具としてではなく、移動以外の目的を実現するツールとし利用すると、移動そのものにも、新しい意味と価値が生まれるであろう。

先行研究では、車載センサーから得られる車外の環境変化を素に音楽を自動生成する研究[3]や、大型筐体ゲームのような体感ゲームを、走行可能な市販車と VR 技術の組み合わせにより実現する研究[4]が行われている。

これらの研究が示すように、車載センサーや、AR あるいは VR といった技術を活用し、クルマを移動だけではなく、インタラクティブを楽しむツールとして用いると、クルマは A 地点から B 地点へ動くための手段としてだけではなく、エンターテインメント、あるいはクリエイティブな活動を行うツールとして利用でき、移動そのものに目的が生まれると考える。

そこで本論文では、クルマによる今までにないインタラクティブを提供するために、移動に伴う視覚情報の変化から絵画調の画像を生成するために適したシステムの開発を行い、クルマと創造活動を結びつけ、移動以外の可能性を示すことで、これまでとは異なるクルマとの関わり方を提案する。

2. 背景と目的

近年コンピューターによる自動絵画の研究は、凄まじい勢いで進歩している。例えば、Google によって開発された DeepDream[5]や、Leon A. Gatys らによって発表された A Neural Algorithm of Artistic Style[6]のように、機械学習を用いた非写実的画像生成(NPR: Non-Photorealistic Rendering)は非常に制度の高い絵画調画像を生成する。また、スマートフォンやデジタルカメラに代表される携帯デバイス向けに提供されているアプリケーションにも、手軽に高品質な絵画調エフェクトを生成できるものもある。

これらの技術をクルマと結びつけ、クルマに適した絵画調画像生成システムを開発することで、車室内での過ごし方が変化すると同時に、移動とクリエイティブな活動を結びつけた新しい移動の価値を提案できると考える。

そこで本研究では、NPR 技術とクルマの移動によるインタラクションから生成される絵画調動画を扱い、普段見慣れた風景をリアルタイムに絵画調に変換しながら移動できるシステムを構築する。さらに創作活動のために積極的に移動することで、映像作品や絵画を制作するツールとしてクルマを用いることを提案する。

3. 車室内映像提示装置

本研究では実際に車両を用い、車室内で絵画調画像の提示を行った。車室内で大画面の画像を提示する場合、様々な問題が発生する。例えば車室内に設置可能なプロジェクターの場合、十分な輝度を確保できず、日中の明るい環境では画像を確認できない。そこで一般的にはデジタルサイネージに用いられる大型 LED ディスプレイ (図 1) を車内後部座席前に設置し搭乗者に対し映像を提示した。

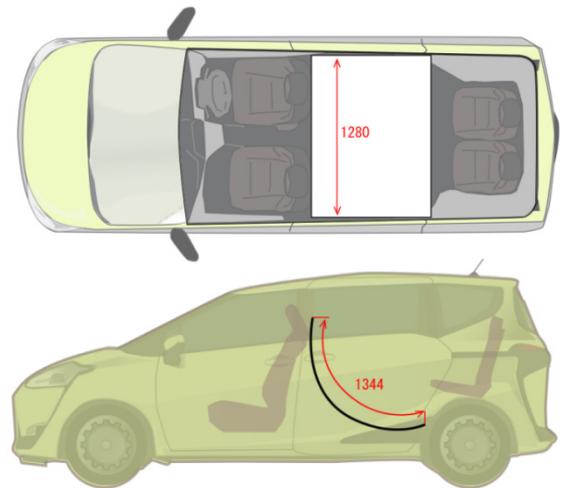


図1大型LEDディスプレイ

車内には、前方画像を取得する固定式および可動式の 2 台の WEB カメラを設置した。さらに後部座席と車両後方の映像を取得するための WEB カメラを設置し、計 4 台の WEB カメラを用い (図 2)、絵画調動画に必要なオリジナル画像の撮影を行った。

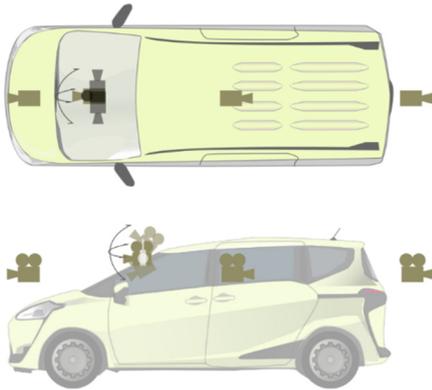


図2 車載カメラの位置

4. 車室内での映像提示

まず初めに、クルマ前方に設置した固定式カメラで取得した画像を大型 LED ディスプレイに提示し走行実験を行った。

その結果、数人の体験者から軽い動揺病(車酔い、映像酔い)の症状を確認した。体験後の聞き取りから、移動方向と視点の食い違いが動揺病の症状を引き起こしたと推測するに至った。実際の進行方向が図3内Aで示した方向であるのに対し、大型LEDディスプレイ内での消失点が、図3内点Bにあるため視覚的には点Bに向かい進んでいるように見える。そのために、加減速および回転運動から受ける体性感覚と視覚情報の不一致が軽い動揺病を引き起こしたと考えられる[7]。

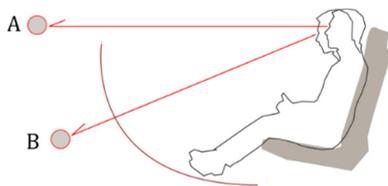


図3 進行方向と消失点

また急激な画像の変化による追従眼球運動[8]、もしくは画像のぶれにより起こる視運動性眼振に代表される視覚的問題によって動揺病を発症する可能性 [9] もある。

画面全体が視野に入る絵画やディスプレイから画像情報を取得する場合、頭部の位置は固定され、眼球運動による視線移動が集中的に行われている可能性は高い。さらに、視覚対象を知覚するために行われる視線移動は、情報の多い複雑な場所に集中する。例えば、顔を観察する視線は、目・鼻・口などのパーツと輪郭に集中する[20]。また風景や空間を観察する視線は、複雑さに加え、興味の対象に視線が集中することが過去の研究から明らかにされている[10]。

しかしながら車室内に大型 LED ディスプレイを設置する場合、重量や空間の制約上、現在の位置が最も現実的な構成になる。本研究は動揺病の抑制を目的としたものではなく、また動揺病については未だ明らかでない部分が多いため、積極的な動揺病対策は行ってはいない。しかしながら、クルマと映像を結びつける場合、動揺病を発症しないよう十分に配慮をする必要があると考える。

そこで、本研究で開発を行う絵画調動画生成システムでは、画像処理を行う際に、視覚情報を軽減すると同時に、急激な画像の変化が起こらない緩やかな変化により構成されるリアルタイム絵画調動画生成手法を用い、動揺病への配慮を行うことにした。

5. 生成絵画スタイルの選定

絵画調動画生成を行う上で、どのようなスタイルの絵画をモデルにシステムを開発するか選定を行った。

写真や動画から絵画調の画像を生成する場合、リアリスティックな絵画を生成するよりも、画像にドラスティックな変化を加える方が、より絵画らしさを表現しやすいと考える。しかしながら、極端に大きな変化を加え、画面を抽象化してしまうと車室外の風景との対応付けが困難になり、本研究の目的である“普段見慣れた風景をリアルタイムに絵画調に変換しながら移動”を実現するためには障害になると考える。そこで、一般的な絵画スタイルの知名度や、車室外の風景との対応付けの容易さを考慮し、生成する絵画のモデルを選定した。

まず絵画スタイルの知名度を確認するために、全国の主な美術館・博物館で行われた展覧会の入場者数を比較した。その結果2014年から2016年の3年連続で印象派の絵画に関連した展覧会の入場者数が最も多いことが確認できた。[表1]

表1 2014年から2016展覧会の入場者数[11][12][13]

	2014年	2015年	2016年
1	オルセー美術館展 印象派の誕生-描くことの自由-	マルモッタン・モネ美術館所蔵 モネ展	ルノワール展
	696,442人	763,512人	667,897人
2	台北 国立故宮博物院-神品至宝	ルーヴル美術館展 日常を描く 一風俗画にみるヨーロッパ(絵画の真髄)	恐竜博 2016
	402,241人	662,491人	508,282人
3	日本国宝展	チームラボ 踊る!アート展と、学ぶ! 未来の遊園地	ジブリの大博覧会~ナウシカから最新作『レッドタートル』まで~
	386,708人	465,995人	502,854人

特に、クロード・モネに代表される“水面の動きや大気の変化[14]”や“人の動き[15]”を表現に取り入れた作品は非常に人気が高い。それゆえに、専門的な解釈とは違う、一般的な印象派絵画のイメージとして、明るい色彩を用い、筆跡の残る大胆なタッチで光や空気感を描く画風が定着していると考えられる。これは、日本語版 Wikipedia に記載されている印象派の特徴に、「目に見える筆のストローク、戸外制作、空間と時間による光の質の変化の正確な描写、描く対象の日常性、人間の知覚や体験に欠かせない要素としての動きの包摂、斬新な描画アングル」[16]と記載されていることから推測可能である。

形を明確に描く説明的な線を排除した画風により動きを表現する技法は、車載カメラから取得した“動きのある動画”から視覚情報を軽減し、穏やかに変化する絵画調動画を生成する上で非常に相性が良いと推測される。

そこで本研究では、一般的な印象派のイメージを「光や空気感を描き、形を明確に描く説明的な線を排除した、動きのある

画風」と定義し、これを基に、リアルタイム絵画調動画生成システムの制作を行った。

6. 開発条件

本研究ではシステムの開発を `cycling' 74 Max7` [17] を用い、HP-ProBook 450G3 上で行った。実験では完成結果の展示を行なう車両に搭載された車載カメラによりあらかじめ録画した動画を用いた。使用した動画の条件を表 2 に示す。本研究で用いた `max7` はビジュアルプログラミング言語の一種で、視覚的な操作により直感的なプログラミングを行なえる言語である。

表 2 動画情報

撮影時天候	晴天
フレームレート	10fps
画面サイズ(横×縦)	640×650
実験画面キャプチャー直前 10 秒の平均時速	35.69km/h(SD=2.69)
キャプチャー場所	北緯 35 度 16 分 63.3 秒 東経 136 度 91 分 94.64 秒

7. ディレイ効果を用いた表現

動画の視覚情報を軽減させる手法には、動画のフレームレートを減らす手法や、ブラーによるぼかし効果を用いる手法などいくつか考えられる。しかしながら動画のフレームレートを減らす手法は、一定時間内の変化量は軽減するが、フレームから次のフレームへの移動で連続性が失われ急激な変化が失われ瞬間的に情報量は増加してしまう。動画において画面上の情報量は画面上のオブジェクトの形状や数にのみ起因するのではなく、フレームごとの画面の変化にも関係する。つまり、車載カメラにより取得した動画は、クルマの移動量に比例して画面上の動きが多くなり情報量も増加する。本研究では車載機材の都合上フレームレート(10fps)が比較的低い動画を用いて実験を行っている。10fps 動画では滑らかな動きを再現できず、フレームの欠損を認識できる。それゆえに視覚情報の軽減を行うと同時にフレームの欠損を補完できるシステムが望ましい。

7.1 ディレイとフィードバックによる処理

処理の第一段階では、動画上の動きの成分を軽減させるためにフィルムカメラで用いる多重露光技法を応用した。これは建築物等を撮影する際、固定したカメラのシャッターを複数回切り多重露光により通行人、小動物といった動体を撮影段階で取り除く技法で、デジタル動画で行う場合、取得したフレーム画像にディレイエフェクトをかけ、新しいフレーム上に合成を繰り返すことで(図 4)再現できる。本研究では `max7` のオブジェクト `[jit.xfade]` を用い多重合成を行なった。合成処理に用いたオブジェクトの組み合わせを図 5 に示す。`[jit.xfade]` オブジェクトはクロスフェード合成を行なうためのオブジェクトである。クロスフェード合成は図 5 内 A に入力された画像上に図 5 内 B から入力された画像を合成する。合成比は図 5 内 C の 0 から 1

の範囲のクロスフェード量によって決定される。合成比が 0 の場合、図 5 内 A に入力された画像のみ出力され、逆に 1 の場合図 5 内 B から入力された画像のみ出力される [18]。本研究ではリアルタイムにカメラから入力される画像を図 5 内 A に入力し、図 5 内 B から入力される画像と合成した後、図 5 内 E から 2 つのルートに出力した。図 5 内 E から出力される画像のうち 1 つは `[Video out]` に繋がり、もう一方は遅延処理を行な `[jit.matrixset]` (図 5 内 D) に送られる。`[jit.matrixset]` は画像をマトリクス上に格納するアレイである [18]。実験では 15 フレームを格納できるアレイを設定し 15 番目のアレイに格納された画像が出力されるよう設定した。制作したプログラムでは 1/100 秒に一度画面が更新される。つまり 1500ms の遅延後、画像は図 5 内 B に入力される。図 5 内 E から `[jit.matrixset]` に送られる画像はループしているため遅延をかけた合成が繰り返される。この処理を行った画像上では静止物は常に同じ場所に像が重なるため、画像が濃くなり詳細も現れる。それに対し動体は背景の色に消されてしまう。この処理を行った画像上では静止物は常に同じ場所に像が重なるため、画像が濃くなり詳細も現れる。それに対し動体は背景の色に消されてしまう。

この処理を車載カメラにより撮影した走行画像に行くと、建築物や植栽は速度に比例し変化をするために詳細があやふやになり、逆に並走するクルマは変化が少ないため情報が残る。そのオリジナル画像(図 6-1)と、同じフレームでキャプチャーした実験結果を図 6-2 に示す。

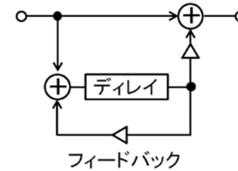


図 4 ディレイエフェクト処理の流れ

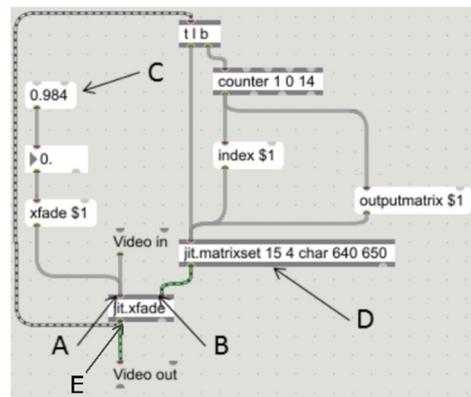


図 5 ディレイエフェクト処理の構成

この 2 枚の画像を比較すると、オリジナル画像の左右に配置された建築物や植栽が、実験結果では詳細な形を失い、並走するクルマは車速に応じて形を残しているのが確認できる。実験結果の画像は一見して速度が高く変化の多い画像のように感じられるが、実際の動画は緩やかで変化の少ない画像である。

特に並走するクルマが存在しない環境では、左右の風景は画像処理後の画面上では、緩やかに色彩や幅が変化する筋になるため、画像全体から、注視する対象や、情報の多い複雑な場所が連続して現れることが少なくなる。



図 6-1 オリジナル画像



図 6-2 ディレイエフェクト処理画像

7.2 動きのある画風との関係

ディレイエフェクトの重ね合わせにより生成した画像は、単に情報量を軽減しただけではなく、印象派の動きの表現とも関連付けることができる。例えば、クロード・モネは「*Le Boulevard des Capucines*」を描く際、スナップ写真のブレから人の動く様子を感じ取り表現手法に取り入れた[15]。写真内の動きから生じるブレは、シャッターが切られる間、対象物の位置が移動するために起こる現象である。ディレイエフェクトの重ね合わせでは移動する対象物が新しいフレームごとに別の場所に合成される。つまりスナップ写真のブレと同じような効果を得ることができる。また、印象派の動きの表現に影響を受けたイタリア未来派の画家たちが表現したスナップ写真的運動の表現にも共通していると考えられる。それゆえにディレイエフェクトを用いた処理は、情報量の軽減のみではなく、動きを表現し、移動から生成する絵画調画像の技法としても有効的であると考えられる。

これ以降はこのベースを用い色彩効果による光や空気感の表現を行う。

8 RGB(三原色)ディレイによる色彩表現

本章では、RGB のずらしにより、光や空気感を表現する色彩技法について言及する。

8.1 色彩の分解による表現

印象派の登場と同時期に出版された J. W. V. ゲーテの「色彩論」は印象派独特の色彩表現に大きな影響を与えた。それ以前の絵画では絵の具は丁寧にパレット上で混色され、筆跡の残らない滑らかなタッチで描かれた。印象派の画家たちは筆跡の残る大胆なタッチで、キャンバス上に絵の具を置く「筆触分割(色彩分割)」によって鮮やかで、光のきらめきと、そこに漂う空気感を表現した[14]。パレット上で丁寧に混色された絵の具と、キャンバス上に絵の具を置く技法の大きな違いは、色の鮮やかさにある。例えばグレーを混色した場合、丁寧に混色されたグレーで画面全体を着色した場合、鑑賞する距離や角度に依存することなく均等で安定した画面になる。それに対し、絵の具を直接キャンバスにおき画面全体がグレーに感じられるように着色した場合、距離や角度により異なる表情を表す。これは人の目が色彩を知覚するメカニズムに関する現象である。人の目には暗所で機能する桿体細胞と、明所で機能する3種類の錐体細胞、計4種類の視細胞がある。色彩の知覚に関する3種類の錐体細胞はそれぞれ短波長、中波長、長波長の3つの異なる分光感度を持つ受容体であり、それぞれ青、緑、赤の色感覚に対応すると考えられている[19]。言い換えるならば筆触分割によって着色された色彩は、視覚系によって混色されるのである。それゆえに、距離や角度によってそれぞれの錐体細胞が受ける刺激が変化することで微妙な色彩の変化が起こるのである。この効果が画面全体を明るくし軽やかにしている[20]。また同時に、色彩のズレが生み出す色彩の輝きや、空間が印象派独特の光や空気感を表現する色彩技法につながると思われる。

絵画で用いられるカラーシステムは、ディスプレイ表示に用いられる RGB カラーシステムとは異なるシステムである。同時に、車室内に設置された LED ディスプレイ平面では、搭乗者の距離は固定されているため距離や角度により異なる表情を表すことは困難である。そこで、ディスプレイ平面上に固定した距離および角度からの鑑賞でも、印象派絵画風の筆触分割効果を堪能できる表現を再現するために、色彩操作を行う画像処理の組み合わせをいくつか行った。結果、RGB それぞれにディレイ処理を行い、クルマの移動によって生み出される色彩のズレから効果的な画像を生成することができた。次節では RGB ディレイエフェクト処理について言及する。

8.2 RGB ディレイエフェクト処理

RGB 各チャンネル画像の中心をずらし再合成すると、画面内の対象物の輪郭周辺に R・G・B それぞれの色彩が現れる。この効果を応用することで筆触分割に近い、もしくは同様に脳によって混色される色彩が再現できるのではないかと考え、まず最初に単純に RGB 各チャンネル画像をずらす効果を確認した。実験の一例とし、 $R(x-30px, y+30px)$ $G(x, y)$ $B(x+30px, y-30px)$ 移動した画像を図7に示す。この結果から得られた画像

は非常に焦点が合いにくい画面で、7章で行ったディレイエフェクト処理との組み合わせも相性の悪いものであった。



図 7 RGB ずらし効果

そこで3色分解撮影と呼ばれるフィルムカメラの古典的な特殊撮影法をデジタル手法に置き換え実験を行った。

フィルムカメラを用いた3色分解撮影はRGBそれぞれの光学フィルターを使い3度に分け多重露光する技法である。多重露光を行った場合、1度目の露光と2度目、3度目の露光には時間のズレが生じる。つまり、撮影時に移動をしなかった物体はフィルム上にズレのない像として焼き付けられるが、移動物体は移動速度に応じてRGBそれぞれの色がズレ焼き付けられる。これと同じ効果を動画で再現する場合、取得した画像を一度RGBに分解し、Rを基準に数ミリ秒遅延させ再合成することで可能である(図8)。

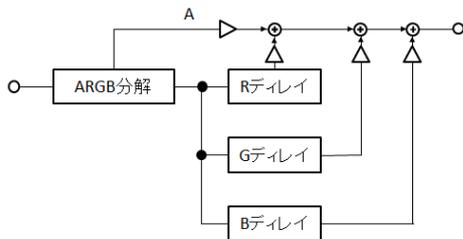


図 8 色彩の遅延処理の流れ

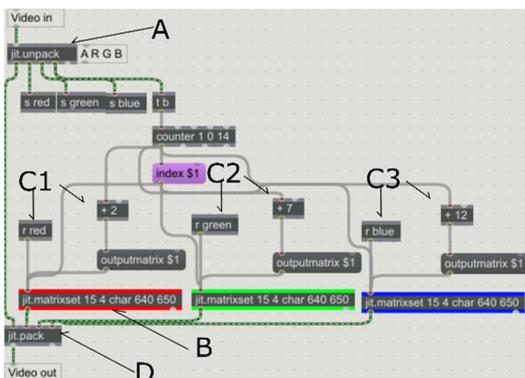


図 9 色彩の遅延処理の構成

RGBディレイエフェクト処理の第一段階では図9内Aで示すMAX7オブジェクト[jit.unpack]を用いアルファチャンネルおよびRGB各チャンネルの分解を行なった。分解されたチャンネルのうちアルファチャンネルを除くRGB各チャンネルは第5章で用いた[jit.matrixset](図9内B)に入力される。図9内C1で示す入力Rチャンネルである。Rチャンネルでは2フレーム遅延処理が行なわれる。第5章で述べたように1/100秒ごとにプログラムが更新される。つまりRチャンネルでは200msecの遅延処理が行なわれる。C2ではGチャンネル=700msec(7フレーム)、C3ではBチャンネル=1200msec(12フレーム)の処理を行なう。遅延処理が行なわれた各チャンネルは図9内D[jit.pack]によって再構築された後にVideo outから出力される。その結果を図10に示す。

得られた結果を確認すると、遠い距離にある対象物は画面上各フレームの変化が少ないのに対し、手前は大きな変化が起こる。そのために画面上部では変化が少ないのに対し下部では大きなズレによる変化が確認できる。また並走するクルマも速度に応じてその変化量が異なることも確認できる。

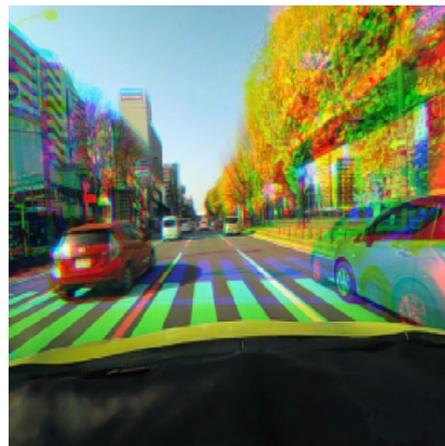


図 10 RGBディレイエフェクト処理結果

8.3 ディレイエフェクト処理との組み合わせ

次に、RGBディレイエフェクト処理で得られた結果と7章で行ったディレイエフェクト処理を組み合わせた結果を図11および図12に示す。

結果、色彩のズレから生じる半透明の筋が、そこに漂う空気感を表す効果を得られたと考える。また図6のディレイエフェクトのみの画像と比較すると、R・G・B分解によって生まれたズレがディレイエフェクト処理により再合成されたことで複雑な色彩が発生していることが確認できる。これらの効果の組み合わせにより、絵画調の動画を生成できることを確認した。そこで完成したシステムを実車に搭載し検証実験を行った、その結果について次節で述べる。



図 11 ディレイエフェクト処理の組み合わせ1



図 12 ディレイエフェクト処理の組み合わせ2

8.4 RGB ディレイによる色彩表現のまとめ

車室内に設置された大型 LED ディスプレイは、一般的に公共スペースなどに設置し、ある程度の距離からの鑑賞を前提に設計されている。そのためディスプレイの解像度は非常に低い。その結果、高速で移動中の画像は複雑な情報が少なく視点が集中しにくい画像を生成することができた。しかしながら図 11 内左上のビル群や、図 12 のような彩度が低く比較的色彩が統一された環境で、徐行や停止前の低速状態で生成される画像の、繊細な絵画調表現を大型 LED ディスプレイ上では十分に再現することはできなかった。そこで本章で行った実験結果を基に、大型 LED ディスプレイ上で効果的な表現を行うための実験を行う必要性を確認した。

9 大型 LED ディスプレイに適した画像生成

本章では 8 章までに行った画像処理後の画像に明度と彩度の調整を加え、大型 LED ディスプレイに適した絵画調動画生成を行い、色相を調整することで画面全体の調和を図る。

8 章では RGB システムを用い色彩の調整を行ってきた。本章以降の画像処理には HSV システムを用い調整を行う。HSV システムは色相(Hue)、彩度(Saturation)、明度(Value)の 3 つの成分により構成されている。それゆえに RGB システムと比べ直感的に画面全体の調整が行え、本章以降の処理に非常に適している。

9.1 明度・彩度調整による提示画像生成

解像度の低い大型 LED ディスプレイに画像を提示する場合、色彩の変化がグラデーションのように緩やかに行われるよりも、面積の広い色彩の塊で提示する方が効果的である。色彩のグラデーションをつぶし、諧調の少ない色彩表現をデジタル処理により実現するためには、色彩の明度および彩度を調整しコントラストを高くすることで表現可能である。この処理を、ディスプレイ処理を行わない画像に適した場合は、画面はメリハリが明確に現れ情報量の多い複雑な部分が画面上に現れる。しかしながら 8 章までに行った画像処理と組み合わせることにより、クルマの速度が高い場合、画面全体は緩やかに変化する色彩の筋によって構成されるために 7 章で行ったディレイエフェクト効果による情報量の軽減は維持される。それに対し徐行や、停止直前の低い速度での移動では、8 章 2 節の結果から得られた RGB のズレが効果的に強調される。明度と彩度の調整を行った結果を図 13 に示す。この結果を大型 LED ディスプレイで確認した結果、クルマの速度が低い状態で生成された絵画調動画内のビル群のような彩度の低い対象物の変化を確認できた。

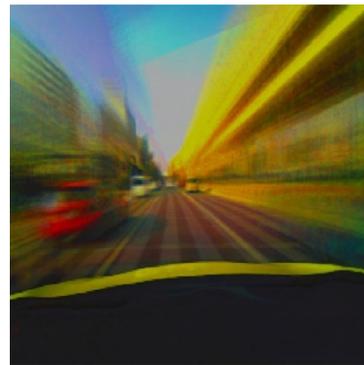


図 13 明度と彩度の調整

9.2 大型 LED ディスプレイに適した画像のまとめ

本章では 8 章で確認した大型 LED ディスプレイ上に絵画調動画を提示した場合に起こる問題を、大型 LED ディスプレイの再現特性を考慮し、明度と彩度を調整することで解決した。

またパソコン画面上で確認した詳細画像上では、さらに効果的に RGB のズレが強調され、明度と彩度の変化量の次第で滲みや、ぼかし、掠れといった絵画的表現を加えることもできることを確認した。これは車室内でリアルタイムに生成した画像を、大型 LED ディスプレイ上に提示するだけでなく、画面のキャプチャーや、動画録画により作品を保存することで、絵画調画像の二次利用も可能であることを示している。そこで次章では色相の操作により、画面全体のイメージを変化させ、絵画調動画の質の向上を図る。

10 色相操作によるイメージの調整

印象派以降の絵画表現では、視覚情報を写真的にキャンバスに定着させるのではなく、気温や感情などの非視覚情報もそれ

以前の絵画よりも明確に、画家達それぞれの感性により表現された。特に色相の操作は感情表現の最もポピュラーな手法である。取り分け、愛、悲しみ、怒り、喜びといった人間の基本的な感情と色彩との関係は、文化や伝統などに依存せず共通性が高いとされている[21]。

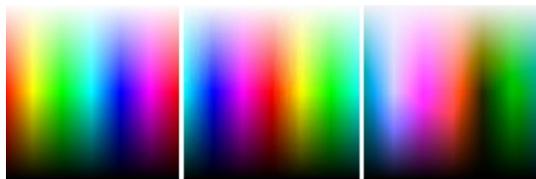
そこで本章では色相の操作による画面全体の印象変化について言及する。

10.1 色相の回転と明度

HSVシステムで色相(HSVのH値)は図14で示すように赤から始まり、黄色、緑、青、紫の順に変化し、赤紫を経て赤に戻る360度の角度を持つ色相環に配置される。本研究では画像処理の都合上、色相環を横一列に展開した色相帯の画像ファイル(図15内1)を用いて実験を行った。



図14 360度の色相環



1 2 3

図15 色相帯の操作

$$\begin{aligned}
 x &= \max\{R, G, B\} \\
 y &= \min\{R, G, B\} \\
 z &= x + y \\
 R' &= z - R \\
 G' &= z - G \\
 B' &= z - B
 \end{aligned}$$

式1 補色置き換え

$$\begin{aligned}
 & \text{if } R = \max\{R, G, B\} \\
 & H = 60((G-B)/(\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\})) \\
 & \text{if } G = \max\{R, G, B\} \\
 & H = 60((B-R)/(\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\})) + 120 \\
 & \text{if } B = \max\{R, G, B\} \\
 & H = 60((R-G)/(\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\})) + 240 \\
 & \text{if } H > 360 \\
 & H = H - 360 \\
 & H' = H + 180 \\
 & \text{if } H' > 360 \\
 & H' = H' - 360
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= (\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}) / \max\{R, G, B\} \\
 V &= \max\{R, G, B\}
 \end{aligned}$$

式2 色相を180度回転

そこでまず初めに色相を変化させるための実験を行った。図15内2で示す画像は、図15内1の色彩を補色と置き換えた物である。補色置き換えに用いた数式を式1に示す。オリジナルのカラーチャート(図15内1)上では両端にあった赤色が中心にあった緑色と入れ替わっていることが分かる。

次に図15内3で示した画像では、HSVシステムの彩度(HSVのS値)および明度(HSVのV値)を変化させず色相のみを操作するシステムを採用し色相を180度回転させた。変換に用いた数式を式2に示す。実験ではMAX7上で[jit.hue]を用いた。[jit.hue]は画像の色相を回転させるオブジェクトである。その結果、黄色は黒に近い茶色になり青色は青味を帯びた白に置き換えられている。これは黄色と青紫色の補色の組み合わせは最も明度差が大きいためである。これら2つのシステムを用いた画像の色相操作を行った結果を図16および図17に示す。図16の画像は図15内2のシステムを用いて色相を180度回転させ補色に入れ替えたものである。図17で示す画像は彩度および明度を保持し、色相のみを回転した結果である。

それぞれの画像右上の植栽を比較すると、図16内では明度が低い青紫色に入れ替わっていることが確認できる。この現象は画像全体で暗部と明部のバランスを崩し、立体認識に必要な情報が極端に失われる可能性がある。それに対し図17内では植栽は明るい水色に置き換えられていることから暗部と明部のバランスが維持されていることが分かる。

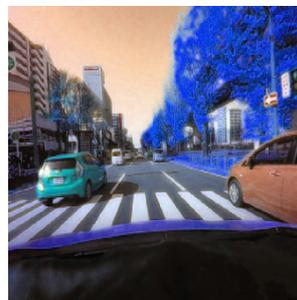


図16 色相操作無調整



図17 色相操作明度維持

次に図13で用いた画像の色相を+30度回転させた画像を図18に示す。この画像は画面全体が暖色系の色に統一され、図13とは異なる印象を創りだしていることが確認できる。



図18 色相によるイメージ調整

10.2 色相操作によるイメージの調整のまとめ

本章では色相の操作により画面全体を異なる色調でまとめることで絵画調動画のイメージを調整した。その結果、単純に色相を回転させた場合、色彩の明度も同時に入れ替わり対象物の陰影のバランスが崩れる問題を確認した。そこでオリジナルの色彩の明度を保持したまま回転を加えることで陰影のバランスを保った色相操作を行った。結果として画面全体の色調を調節することでオリジナル画像とは感性的に異なるイメージを持った絵画調動画を生成するシステムを構築できたと考える。

11 絵画調動画生成の考察

本研究では、一般的な印象派のイメージを「光や空気感を描き、形を明確に描く説明的な線を排除した、動きのある画風」と定義し、このイメージを基に移動する車室内で、車載カメラから取得した画像からリアルタイムに絵画調動画生成し、大型LEDディスプレイへの提示を行った。動画生成には移動による画像の変化を効果的に利用すると同時に、移動する車室内での鑑賞を考慮し画像処理を行った。その流れを図19に示す。

実車に搭載したシステムは、体験者への配慮からあらかじめディレイや色彩調整のパラメータを設定したプリセットをいくつか用意した。

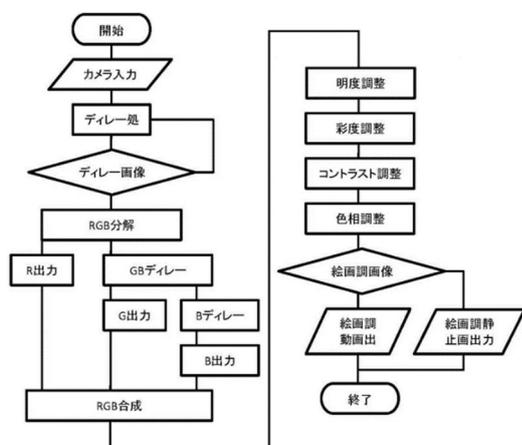


図19 絵画調動画生成の流れ

完成したシステムを実車に搭載し検証を行った、その様子を図20に示す。実際に走行した結果、クルマが速い速度で移動する場合、生成される動画は緩やかに変化し複雑な情報は取り除かれた。特に市街地や住宅街など連続して類似した風景が現れる環境では、極端な画像変化は発生しにくい(図21-1)。しかしながら、図5内Cのクロスフェード値や他の設定を変化させ画像(図21-2)の生成を楽しむこともできる。それゆえに視線が車外の風景などに向けられ画像と比較を行い普段見慣れた風景を再確認するきっかけを提供できたと考える。逆に徐行時や停止直前の低速時には多くの変化が起こるため動画全体にメリハリができた絵画風動画に変化のリズムを与えることができたと考ええる。

また、複数のディレイ処理はカメラの切り替えにより、前方の映像の上に後方カメラで取得した画像を合成するコラージュ

画像を可能にした。生成した動画を車室内で鑑賞可能な絵画調動画だけではなく、印刷物として二次利用が可能なクオリティを持った画像にしたことで、動画をただ受動的に鑑賞するのではなく、カメラの操作やキャプチャー画面の保存など積極的な作品制作が可能になったと考える。実際にクルマを用いて制作した作品例を図22~25に示す。



図20 車室内の様子



図21-1 クロスフェード値
0.984



図21-2 クロスフェード値
0.85

12 まとめ

本研究では絵画調動画生成を、やみくもにエフェクトを組み合わせるのではなく、走行中の車室内で鑑賞することを考慮した上で、一般的な印象派絵画の持つイメージを手掛かりに画像処理を行った。その後、実車に搭載し実証実験を行った結果、大型LEDディスプレイの解像度が低いため十分な再現ができない絵画調動画もあったが、明度や彩度を調整することで独特の絵画調動画を生成できた。その結果、移動するクルマの速度や回転を用い絵画調動画を生成し、カメラの切り替えや、クルマの状態コントロールすることでコラージュ作品を生成できるシステムを完成させた。このシステムを搭載したクルマは単に移動の道具ではなく、筆やパレットのようにアートを制作するツールとして、移動に創作活動を結びつける新しい価値を与えてくれると考える。

今後は積極的に動揺病の研究を取り入れ、快適に絵画調動画鑑賞できるシステムを構築するとともに、異なる絵画調の表現技法の開発を行い、より多くの鑑賞者が体験可能なシステムにして行きたいと考える。

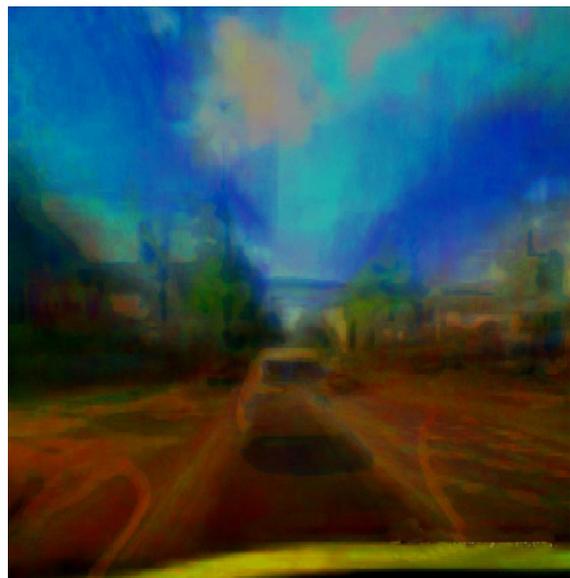


図22 習作1

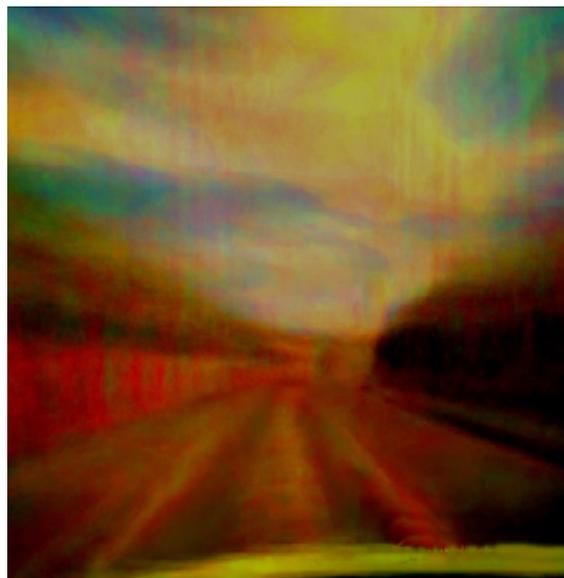


図23 習作3



図24 習作2



図25 習作4

参考文献

- [1] 一般社団法人日本自動車工業会. SMART MOBILITY CITY 2015 国際シンポジウム 自動運転ビジョン. 2015, 7p.
- [2] 国土交通省. 自動走行ビジネス検討会 中間とりまとめ報告書. 2015, 16p.
- [3] 嶋田 英人, 宇田 尚典, 大濱 吉紘, 安田 浩志. 車載センサーを用いた音楽生成装置. 日本バーチャルリアリティ学会 大会論文集, 2015, 20, p140-141.
- [4] R Kodama, M Koge, S Taguchi, H Kajimoto. COMS-VR: Mobile Virtual Reality Entertainment System using Electric Car and Head-Mounted Display. COMS-VR: Mobile Virtual Reality Entertainment System using Electric Car and Head-Mounted Display. Proceeding of 2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI), p.130-133, 2017
- [5] “DeepDream”. <https://deepdreamgenerator.com/>, (参照日 2017/1/30)
- [6] Gatys Leon A, Ecker Alexander S, Bethge Matthias. A Neural Algorithm of Artistic Style. eprint arXiv:1508.06576. 2015.
- [7] J. T. Reason, and J. J. Brand. Motion sickness”, Academic Press Inc. 1975.
- [8] 北崎充晃, 中野智亮. 眼球運動の適切制御による映像酔いの低減. 日本バーチャルリアリティ学論. 2010, 15-1, p.17-25.
- [9] 北川悦司, 田中成典, 安彦智史, 塚田義典. 乗り物内でのメディア利用時における動揺抑制システムに関する研究開発. 映像情報メディア学会誌. 2013, Vol.67 p.J388-J399. (参照 2017-8-30).
- [10] ロバート・L. ソルソ. 脳は絵をどのように理解するか—絵画の認知科学(鈴木光太郎, 小林哲生 訳). 新曜社, 1997, p149-182
- [11] 「【レポート】2014 年美術展入場者数 BEST20 | Art Annual online」 <http://www.art-annual.jp/news-exhibition/news/45546/>(参照 2017-8-30).
- [12] 「【レポート】2015 年美術展入場者数 BEST20 | Art Annual online」 <http://www.art-annual.jp/news-exhibition/news/56352/>(参照 2017-8-30).
- [13] 「【レポート】2016 年展覧会入場者数 BEST30 | Art Annual online」 <http://www.art-annual.jp/news-exhibition/news/64771/>(参照 2017-8-30).
- [14] 小田茂一. 光を表象する3原色の色遣いと絵画の変容. 愛知淑徳大学論集. メディアプロデュース学部篇 / メディアプロデュース学部論集編集委員会 編. 2013, p. 17-31.
- [15] 田之倉稔. イタリアのアヴァンギャルド—未来派からピランデロへ. 白水社, 1981, p115-119.
- [16] 「印象派」 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%B0%E8%B1%A1%E6%B4%BE> (参照 2017-8-30).
- [15] 「cycling '74 max 7 製品情報」 <http://www.mi7.co.jp/products/cycling74/max/>, (参照 2017-1-30).
- [18] 「 Jitter 入門マニュアル 赤松 正行」 http://okikata.org/ma3/jitterbook/Jitter_book.pdf p36, p44, p49 (参照 2019-3-19)
- [19] 篠田博之, 藤枝一郎. 色彩工学入門-定量的な色の理解と活用-. 森北出版, 2007, p37-71
- [20] 森敏郎. 眼科学を通じた絵画鑑賞法. 日本視能訓練士協会誌. 2005, Vol.34, P29-35
- [16] 近江源太郎. 色彩感覚 データ&テスト. 日本色研事業株式会社, 1999, 6p.

赤井良行 (正会員)



1998 年多摩美術大学大学院デザイン科修了,
2001 年 Southampton University Winchester School of Art MA 修了, 2004 年 Kungl. Konsthögskolan ゲストスチューデント, 2006 年 chalmers university of technology ゲストスチューデント, 2007 年 interactive institute 客員研究員, 2010 年 同契約終了, 2014 年筑波大学大学院人間総合学科感性認知脳科学専攻博士後期課程 博士 (感性科学), 2016 年株式会社豊田中央研究所入社, 2000 年以降インタラクティブアートの制作に従事. 情報処理学会会員.

宇田尚典



1988 年鳥取大学電気工学科卒業,
1990 年九州大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了,
1996 年九州大学より博士 (工学) 授与
1990 年三洋電機株式会社入社, 1999 年某社(株)退職,
1999 年株式会社豊田中央研究所入社,
車載レーダ等の開発を行う。
2012 年より, 工学と芸術の融合テーマを扱う。

藤枝延維



2005 年 福井工業高等専門学校卒業
同年 株式会社豊田中央研究所入社,
運転支援システムの研究・開発に従事
2016 年より自動車を利用したエンタテインメントシステムの研究・開発に従事