

博士論文 平成26年（2014）年度

ジェネラティブアートの定量的感性評価に基づく
デザイン手法の研究

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
関根 雅人

博士論文要旨 2014年度（平成26年度）

ジェネラティブアートの定量的感性評価に基づく デザイン手法の研究

近年、ジェネラティブアート制作環境の普及に伴い、デジタルサイネージやプロジェクションマッピングなど、応用範囲が拡大しており、さらには、「絵画やオブジェを部屋に飾るのと同様の感覚で」ジェネラティブアートがインテリアデザインの一部として用いられるようになってきている。これに従い、ジェネラティブアート映像の感性品質（Affective Quality）を考慮することが重要になり、リラックスできるような映像、または、リフレッシュでき、気持ちが活性化するような映像など、具体的な感性品質が求められるようになってくると考えられる。しかし、「鑑賞者がどのように感じるか」という感性品質を目的にしたジェネラティブアートの制作手法これまでは示されてきてこなかった。

本研究では、このような背景から、ジェネラティブアートの現在形である、コンピュータプログラムを用いた半自動生成的な動的グラフィック表現の感性品質デザイン手法の構築を行い、ジェネラティブアートのクリエイターが感性品質を目的に映像生成プログラム制作を行う際のパラメータ設定指針を示すことを目的とした。作者の勘や直観に依存しない、システムティックな感性品質デザイン手法の構築を行う為に、環境心理学分野で構築され、一般映像の感性評価モデルとして広く用いられてきた覚醒度・感情価の二次元感性モデルを採用しジェネラティブアート映像視聴におけるその適用可能性を検証した上で、ジェネラティブアート映像の物理的な特徴量と覚醒度・感情価との相関性を分析して行った。

その結果、まず、ジェネラティブアート映像を用いた官能評価実験および確認的因子分析より、ジェネラティブアート映像視聴において感情価・覚醒度の二次元感性モデルが適用可能であることを確認した。また、映像の特徴量分析及び各因子得点との回帰分析により、感情価・覚醒度に対応したジェネラティブアート特有の物理的な特徴量を評価指標として抽出し、覚醒度に対応した指標として Motion Intensity（動きの勢い、速さ）およびフレーム間差分量の推移特徴、感情価に対応した指標として動きの滑らかさ・視点の定め易さを示す顕著点推移ベクトルの角速度の有効性を示した。最後に、分析の知見を基に、プログラム上で調節可能な物理属性により、ボトムアップに視聴者の感性反応を誘導する為のデザインガイドライ

ンを策定した。

キーワード: 感性品質, ジェネラティブアート, 低次特徴量, 覚醒度, 感情価

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 後期博士課程

関根 雅人

Abstract of Doctoral Thesis Academic Year 2014

A study on a design method for Generative Art based on quantitative affective analyses

In recent years, an application range of Generative Art is getting broader as video contents for digital signage or projection mapping, along with the popularization of its production resources. Additionally, Generative Art is becoming to be used as a part of interior design with the ease of hanging a painting or an art piece. Therefore, a consideration for affective quality of generative graphics is expected to be more important, and designing specific qualities such as relaxing or refreshing would be required in that situation. However, no method for designing affective quality of Generative Art have been proposed.

This research aims to propose a method for designing affective quality of contemporary Generative Art, which is dynamic graphics semi-automatically generated by computer program, in order to assist generative art creators to adjust parameters in generative algorithm for designing a specific affective quality. The arousal and valence affective model, which was proposed originally in environmental psychology and widely applied to affective estimation of normal video contents, is the base theory of developing the design method. The first phase of this research is confirming applicability of the affective model to viewing generative graphic videos, and the second is correlation analysis between factor scores of arousal and valence to each video stimuli and low-level features of generative art videos.

Consequently, an applicability of the affective model to viewing generative graphic videos is confirmed by the result of sensory evaluation test and a confirmatory factor analysis. In addition, results of the correlation analysis suggests effectivity of some indexes: The motion intensity and a frequency characteristics of time series of frame differences have significant correlation with arousal, and an angler speed of transition of the most salient part in each video have significant correlation with valence. In conclusion, based on findings in the correlation analysis, a design guide line is proposed.

Keywords: affective quality, generative art, low-level feature, arousal, valence

Masato Sekine
Graduate School of Media and Governance
Keio University

目次

第1章 序論	1
1.1 ジェネラティブアートの歴史と定義	1
1.2 今日のジェネラティブアートの広がりと感性的価値について	5
1.3 本研究の目的	8
第2章 関連研究と本研究の枠組みについて	9
2.1 はじめに	9
2.2 一般的な映像コンテンツの感性的品質推定における感性モデル	10
2.2.1 基礎因子について	11
2.2.2 感情の2因子モデルの利用	12
2.2.3 官能評価実験における評価スケール	13
2.2.4 映像分析手法について	14
2.3 既往研究との差異および新規性について	16
2.3.1 一般的な映像とジェネラティブアート映像の差異	16
2.3.2 分析目的の差異	17
2.3.3 本研究の新規性について	18
2.4 本研究の枠組み	18
第3章 映像刺激の制作について	20
3.1 はじめに	20
3.2 ジェネラティブアート映像のクライテリア	20
3.2.1 モチーフの抽象性	20
3.2.2 規則性と不規則性	20
3.3 実験1の映像刺激	22
3.4 実験2の刺激映像	23
第4章 印象評価実験	26
4.1 印象評価実験の概要	26
4.1.1 評価項目の作成	26

4.1.2	刺激提示方法	27
4.2	因子分析および因子得点の算出	28
4.3	印象評価における個人差の確認	35
4.3.1	分析方法	35
4.3.2	覚醒度における評価傾向	36
4.3.3	感情価における個人差の結果	41
4.4	本章のまとめ	49
第 5 章	モーション解析による覚醒度分析	50
5.1	はじめに	50
5.2	動き指標の算出	50
5.2.1	オプティカルフロー解析	50
5.2.2	Motion Amount の算出	51
5.2.3	Motion Intensity の算出	51
5.3	覚醒度と動き指標の回帰分析	52
5.3.1	覚醒度と Motion Amount の回帰分析	52
5.3.2	覚醒度と Motion Intensity の回帰分析	53
5.4	考察	53
5.4.1	回帰分析結果について	53
5.4.2	移動量分布について	55
5.4.3	覚醒度評価の時間枠についての留意	56
5.5	実験 2 データを用いた有効性の検証	60
5.6	分析指標の感情価への影響の検証	62
5.7	本章のまとめ	62
第 6 章	フレーム間差分量による覚醒度評価	63
6.1	はじめに	63
6.2	フレーム間差分量の算出	63
6.3	覚醒度と平均差分量の回帰分析	64
6.4	覚醒度と差分量時系列のスペクトル構成の回帰分析	65
6.4.1	差分量時系列のスペクトル構成の算出	66
6.4.2	回帰分析	67
6.4.3	考察	68
6.5	実験 2 のデータによる検証	69
6.5.1	フレーム間差分量の算出	70

6.5.2	差分量時系列のスペクトル構成の算出	70
6.5.3	回帰分析	72
6.5.4	考察	73
6.6	分析指標の感情価への影響の検証	73
6.7	本章のまとめ	74
第 7 章	顕著点情報および対称性を用いた感情価分析	75
7.1	はじめに	75
7.2	質的な特徴の観察	75
7.2.1	感情価の低い映像の特徴	75
7.2.2	感情価の高い映像の特徴	77
7.3	画像顕著性を利用した顕著点の推移情報の算出	80
7.3.1	顕著性マップの算出	80
7.3.2	顕著点推移情報の算出	80
7.3.3	顕著点推移の滑らかさの算出	83
7.4	顕著点推移の滑らかさと感情価の回帰分析	85
7.4.1	考察	86
7.5	映像の対称性の感情価への影響の分析	86
7.6	分析指標の覚醒度への影響の検証	87
7.7	本章のまとめ	88
第 8 章	デザインガイドラインについて	90
8.1	はじめに	90
8.2	ガイドラインの目的と構成	90
8.2.1	目的	90
8.2.2	対象者	90
8.2.3	構成	91
8.3	導入：基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について	91
8.3.1	覚醒度について	92
8.3.2	感情価について	92
8.4	実践：覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導するための方法 . . .	93
8.4.1	覚醒度を上昇させる為には	93
8.4.2	覚醒度を抑制させる為には	95
8.4.3	感情価を上昇させる為には	97
8.4.4	感情価を低下させる為には	99

8.5	発展：覚醒度と感情価感情価値の組み合わせによる感性カテゴリの デザイン	100
8.5.1	Exciting	101
8.5.2	Relaxing	102
8.5.3	Gloomy	103
8.5.4	Distressing	104
8.5.5	組み合わせの注意点	105
8.6	ガイドラインの有用性テスト	106
8.6.1	ガイドライン習得の様子	107
8.6.2	ガイドライン読了後の映像の変化	108
8.6.3	ガイドライン読了後の意識変化	108
8.6.4	ガイドラインの改善課題	109
第9章	結論	111
9.1	研究成果のまとめ	111
9.1.1	覚醒度・感情価の二次元感性モデルの適用可能性	111
9.1.2	覚醒度・感情価に対応する物理指標の抽出	112
9.1.3	感性因子と映像の物理属性の対応についての考察	113
9.2	今後の課題	114
付録A	付録	125
A.1	ジェネラティブアートにおける感性品質デザインの為のガイドライン 127 ガイドラインの目的と構成 128 対象者について 129 第1章 導入 130 第2章 実践 134 第3章 発展 156	

目 次

1.1	George Nees, “23-Ecke”, 1965 ¹	2
1.2	Frieder Nake, “13/9/65 Nr.2.”, 1965 ²	3
1.3	Manfred Mohr, “random walk”, 1969 ³	4
1.4	Kenneth Martin, “composition”, 1949 ⁴	5
1.5	FRAMED*ショールームでの展示風景 ⁵	7
2.1	Russell と Pratt の円環モデル ⁶	13
2.2	SAM(Self Assessment Manekin) 上から感情価、覚醒度、支配性を それぞれ5段階でイラスト化したもの ⁷	14
2.3	研究の枠組み及び流れ	19
3.1	google 画像検索で”Generative Art”にヒットした上位の画像	21
3.2	Galanter によるジェネラティブシステムの規則性と不規則性の尺度 ⁸	22
3.3	映像刺激例3種, 9秒から12秒時点まで一秒ごとにフレームを抽出	23
3.4	線描映像のキャプチャ画像, 左から滑らかさ大、中、小,	24
3.5	円映像のキャプチャ画像, 左からランダム無し、小、大,	25
3.6	正方形映像のキャプチャ画像, 左からランダム無し、有り,	25
4.1	実験に使用した評価項目	28
4.2	実験環境風景	29
4.3	因子分析に用いるデータ形式	29
4.4	実験1の因子分析における固有値、回転後の因子負荷プロット	31
4.5	実験2の因子分析における固有値、回転後の因子負荷プロット	32
4.6	主成分分析に用いるデータ形式 (例: 実験1 覚醒度、数値はダミー)	36
4.7	実験1 覚醒度スクリープロット	37
4.8	実験1 覚醒度、第1主成分負荷量の分布	37
4.9	実験2 覚醒度スクリープロット	39
4.10	実験2 覚醒度、第1主成分負荷量の分布	39
4.11	実験1 感情価スクリープロット	41

4.12	実験1 感情価第1-第2主成分のプロット	42
4.13	実験1 感情価第1-3主成分のプロット	42
4.14	実験1 感情価、主成分負荷量の分布	43
4.15	実験2 スクリーンプロット	45
4.16	実験2 感情価第1-第2主成分のプロット	46
4.17	実験2 感情価第1-第3主成分のプロット	46
4.18	実験2 感情価、主成分負荷量の分布	47
5.1	Motion Amount の概念図	51
5.2	Motion Amount の概念図	52
5.3	覚醒度と Motion Amount の散布図	54
5.4	覚醒度と Motion Intensity の散布図	55
5.5	クラスター分析結果	56
5.6	移動量のヒストグラム	57
5.7	約 100msec および約 200msec 間隔での Motion Intensity の散布図	59
6.1	差分量時系列 2次元プロット例：左列が覚醒度因子得点の高い順に 3つ、右列が低い順に3つを掲載。縦軸が差分量 [pixel]、横軸がフ レーム数に対応。	64
6.2	平均差分量と覚醒度の散布図	65
7.1	実験1 における感情価の低い映像 2種 1秒ごとのキャプチャ画像	76
7.2	実験2 における感情価の低い映像 2種 1秒ごとのキャプチャ画像	77
7.3	実験1 における感情価の高い映像 2種 1秒ごとのキャプチャ画像	78
7.4	実験2 における感情価の高い映像 2種 1秒ごとのキャプチャ画像	79
7.5	顕著性マップの計算モデル概念図. ⁹	81
7.6	Center-Surround Operation 概念図. ¹⁰	82
7.7	弁別視野領域算出の図式	82
7.8	顕著箇所算出方法の概念図	83
7.9	推移の滑らかさとベクトルの回転角度の関係	83
7.10	実験1 の顕著点推移の滑らかさ (角速度) と感情価の散布図	86
7.11	実験2 の顕著点推移の滑らかさ (角速度) と感情価の散布図	87
7.12	対称映像・非対称映像の感情価因子得点平均値の差の検定	88
7.13	対称映像・非対称映像の覚醒度因子得点平均値の差の検定	89
8.1	覚醒度・感情価の二次元平面	92

8.2	覚醒度上昇方法 1-1：移動速度を速くする	93
8.3	覚醒度上昇方法 1-2：平均速度を速くする	94
8.4	覚醒度上昇方法 2：急な変形、速度変化を行う	95
8.5	覚醒度上昇方法 3：使用する色のコントラストを高く設定する	96
8.6	誘目箇所となる特徴	97
8.7	感情価上昇方法 1: 滑らかさを構成するための二つの操作	98
8.8	感情価上昇方法 2: 動きの方向に規則性を持たせる	99
8.9	感情価低下方法 1: 動きを粗くする二つの操作	100
8.10	覚醒度・感情価と 4つのサブカテゴリの関係	101
8.11	Exciting な映像を作る為の操作の組み合わせ例	102
8.12	Relaxing な映像を作る為の操作の組み合わせ例	103
8.13	Gloomy な映像を作る為の操作の組み合わせ例	104
8.14	Distressing な映像を作る為の操作の組み合わせ例	105
8.15	映像制作ソフトの UI と操作方法	106
8.16	ガイドライン習得の様子	107

表 目 次

4.1	形容詞対一覧	27
4.2	因子負荷量	30
4.3	因子負荷量	32
4.4	実験 1 各刺激の平均因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)	33
4.5	実験 2 各刺激の平均因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)	34
4.6	実験 1 主成分分析結果 (覚醒度次元)	36
4.7	各映像の第 1 主成分得点 (5 項目平均) と覚醒度	38
4.8	実験 2 主成分分析結果 (覚醒度次元)	39
4.9	各映像の第 1 主成分得点 (5 項目平均) と覚醒度	40
4.10	実験 1 主成分分析結果 (感情価次元)	41
4.11	各映像の主成分得点 (5 項目平均) と感情価	43
4.12	実験 2 主成分分析結果 (感情価次元)	45
4.13	各映像の主成分得点 (5 項目平均) と感情価	48
5.1	各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入) , Motion Amount (単位: <i>pixels/unittime</i>), Motion Intensity (単位: <i>pixels/vector</i>) 53	
5.2	各刺激の移動量分布比率 (単位:%, 小数点 2 位以下四捨五入)	58
5.3	フレーム間隔を変えた際の Motion Intensity (単位: <i>pixels/vector</i>) , 括弧内は約 33.3msec との比率	60
5.4	実験 2 各刺激の Motion Intensity (単位: <i>pixels/vector</i>) と移動量 分布比率 (単位:%)	61
6.1	FFT パラメータ	66
6.2	周波数帯域と周期の時間長	67
6.3	各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)、平均差分量 (小数点第 2 位以下四捨五入)、差分量時系列のスペクトル比 (単位 は%)	68
6.4	重回帰分析結果	69

6.5	FFT パラメータ	70
6.6	周波数帯域と周期の時間長	71
6.7	各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)、平均差分量 (小数点第 2 位以下四捨五入)、差分量時系列のスペクトル比 (単位 は%)	72
6.8	重回帰分析結果	73
7.1	実験 1 各刺激の感情価と顕著点推移の滑らかさ (角速度)	84
7.2	実験 2 各刺激の感情価と顕著点推移の滑らかさ (角速度)	85

第1章 序論

本研究は、ジェネラティブアートが潜在的に備える感性価値に着目し、感性的品質を体系的に構成する為のデザイン手法を構築することを目的としている。「ジェネラティブアート」という概念を巡って、研究者や芸術家による議論が行われるようになったのは、1990年代後期であり、その歴史や定義についての共通見解が徐々に形成されてきているのが現状である [1]。序論となる本章では、まずはじめにジェネラティブアートの歴史と代表的な定義について述べる。次に、研究背景となる昨今のジェネラティブアート作品形式の動向と社会応用の動向について述べ、本研究が対象とするジェネラティブアートの範囲とその目的を示す。

1.1 ジェネラティブアートの歴史と定義

「ジェネラティブアート」という呼称が用いられるようになったのは、1965年、世界初のコンピュータプログラムによるドロ잉作品展、George Neesの“Generative Computergraphik”展であると言われている (図 1.1)。Nees がその数年後に著した博士論文 [2] は、当時の急進的なアートコミュニティの中で広まり、“Generative”と“Computer”とが結びつけられた形で、人々の意識に定着して行った。また、1965年11月、NeesはコンピュータグラフィックスアーティストのFrieder Nake (図 1.2)と再度作品展を行ったが [3]、この際にも両者ともに“generative”という言葉を使用して作品を説明している。

そのため、「ジェネラティブアート」と言えば、特にコンピュータプログラムを用いて、(部分的に) “自動で生成”されるアートを指すように用いられるようになったと考えられる。同様にコンピュータプログラムを用いた生成的なグラフィックのパイオニアとしては、同時期にニューヨーク及びドイツで活動をしていた Michael Noll や、Nake に影響を受ける形でコンピュータによるドロ잉を開始した Manfred Mohr (図 1.3) が、Nees、Nake に加えて初期ジェネラティブアートのパイ

¹University of Bremen, compArt daDa: the database Digital Art 内 (<http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/639>) より。



図 1.1: George Nees, “23-Ecke”, 1965¹

オニアとして挙げるができる。また、美学哲学者の Max Bense が、“Generative Aethetics”[4] の概念を示し、このような芸術運動を後押ししたことも、ジェネラティブアートが一つの芸術ムーブメントを形成した要因として考えられる。こうした 60 年代後半のコンピュータアートのムーブメントが、現在の「コンピュータを用いた自動生成的なグラフィック」という、狭義のジェネラティブアートの礎を築いたと言える。

多くの研究者やアーティストより、コンピュータアートの文脈が、狭義の「ジェネラティブアート」という概念を浸透させる直接的な要因となったという歴史認識が共有されている一方、「ジェネラティブ」という言葉はコンピュータプログラム

²Nake, F. ;“Computer art: a personal recollection ”, in Creativity and Cognition2005. Proceedings of the Fifth Conference on Creativity and Cognition, 12-15 April, Goldsmiths College, ed. L. Candy, ACM Press, New York, pp.54- 62 (2005) より

³Manfed Mohr 自身の web サイト <http://www.emohr.com/> より.

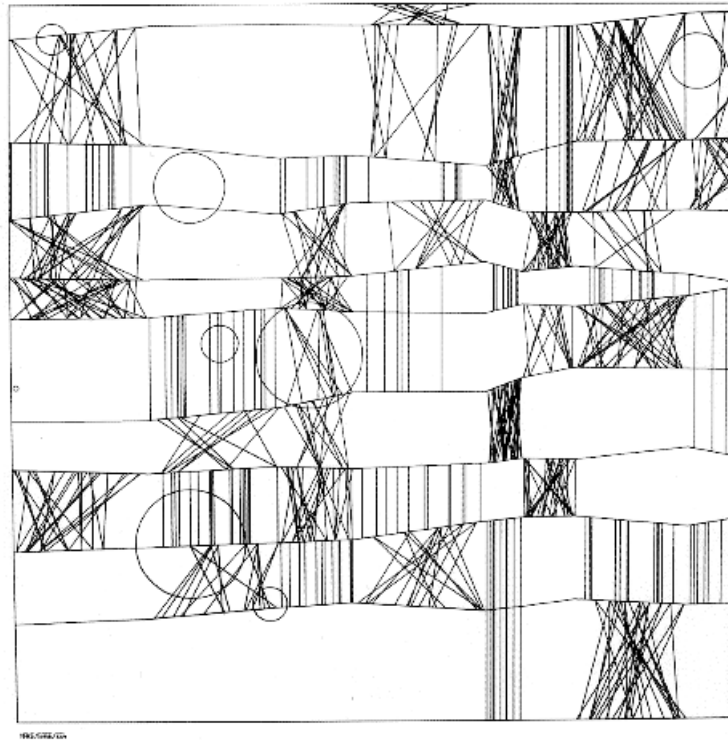


図 1.2: Frieder Nake, “13/9/65 Nr.2.”, 1965²

を用いることを意味するのではなく、本質的には、自律システムや規則によって生成される、という意味合いを示していることが、共通した見解として示されてきている。例えば、「ジェネラティブアートとは何か」という議題を巡り、広く参照されてきた P. Galanter の論文、“What is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory” [5] では、「ジェネラティブ・アートは、アーティストが、自然言語の文法、コンピュータプログラム、機械、その他の手続き的な創意を用いて、芸術作品に対して何らかの自律性を働かせたり、その結果を生み出すようなシステム一式を用いて行う、芸術的な実践を意味している。」と定義されており、コンピュータは数有る手段のひとつに過ぎないことが示されている。その上で、ジャカード織やイスラム建築におけるアラベスク、さらには7万年以上も前の赤土片に人工的に刻まれたグリッドデザイン、またヴィジュアルアートのみならず音楽分野における W. A. Mozart の音楽のサイコロ遊び、Jhon Cage の音楽作品での音のランダムセレクションをも含めることができると主張されている。同様に、M. A. Boden (2009) [1] でも、コンピュータ以前にジェネラティブアートの方法論を用いた作品として、1949年に Kenneth Martin により発表された、基礎的な幾何学図形（矩形、

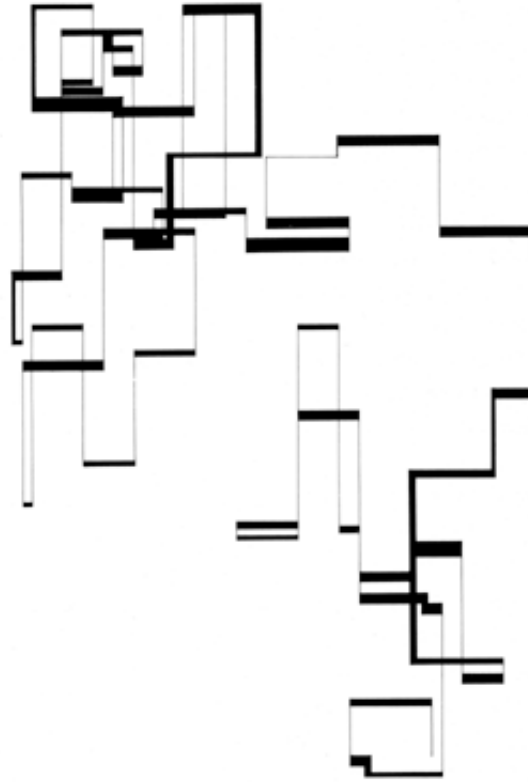


図 1.3: Manfred Mohr, “random walk”, 1969 ³

円, ダイアグラム) とプロポーションのルールを用いて構成されたグラフィック作品 (図 1.4) を挙げ、ジェネラティブアートの要件はコンピュータを用いることではなく、制約的なルールによる意思決定が含まれることが最重要要件であるとのべている。また、M. Pearson (2012) [6] では、現代のジェネラティブアーティストの視点から、ジェネラティブアートの方法論の鉄則として、「自律性」を持ったシステムと、システムのプロセス結果の「予測不可能性」を挙げている。作品をつくる為に、アーティストはランダムあるいはセミランダムな要素を含んだ基本のルールや定式を作り、自律システムによってそのルールを開始するが、そのシステムは完全にアーティストの制御下にはなく、アーティスト自身も、生成プロセスの結果に驚くようであればならない、と主張している。

³イギリス政府 TATE コレクション (<https://www.tate.org.uk/art/artworks/martin-composition-t01758>) より



図 1.4: Kenneth Martin, “composition”, 1949 ⁴

このように、各論者において共通しているのは、ジェネラティブアートの本質は作品制作の方法論にあり、人間の恣意的な意匠に対置する要素としての自律システムおよび規則を「他者」として作品構成に取り込んで行くという形式の最重要性である。広義のジェネラティブアートとは、制作理由およびコンセプトなど“Why”や、内容“What”（ヴィジュアルアート、音楽などのモダリティの別）を問わず、人間の恣意的な意匠以外に自律システムを用いた作品群全般を表す概念として再定義がなされてきており、その上で、現代において、ジェネラティブアートの方法論を実現する為の強力なツールとしてコンピュータプログラムが位置づけられている。

1.2 今日のジェネラティブアートの広がりと感性的価値について

「自律システムを作品形成に用いる」という意味での広義のジェネラティブアートは、時代に関わらず常に存在し、その方法論は純粋な芸術作品だけでなく、工芸、

建築、服飾、など所謂応用芸術の幅広い分野で実践されてきている。一方で、狭義のジェネラティブアートである、コンピュータプログラムを用いた半自動生成的なグラフィック表現はコンピュータグラフィックス技術の発展と共に、静止画から動的な映像表現へと進化してきた。そして近年のパーソナルコンピュータの処理能力の飛躍的な向上と、Processing[7] や openFrameworks[8]、Cinder[9] 等のオープンソースのグラフィック描画用のプログラミング環境の普及により、リアルタイム生成によるインタラクティブ性をも含んだ表現が多くのクリエイターによって試みられてきており、再度、ジェネラティブアートへの注目が高まってきている。1960年代と大きく異なる点としては、当時は数学とコンピュータサイエンス領域の、さらに一部の専門家によって担われていたが、現代では、一般の映像デザイナーや、美術大学の学生など、より幅広い層がジェネラティブアートの方法論を利用した作品制作に参入出来るようになってきているということである。そうした幅広い層への広がり背景には、プログラミング環境の普及だけでなく、インターネット上での豊富なリファレンス、ソースコードの共有も重要な推進力として機能していると考えられる。従来、ジェネラティブアートのプログラムを制作する場合、制作者はアルゴリズムの設計から行わなければならなかったが、現在では、既存のアルゴリズムがソースコードや関数の形で共有されており、既存アルゴリズムを組み合わせ、パラメータを調節することでシステムをカスタマイズしていく簡便な方式により、ジェネラティブアート映像を生成することが可能になっている。このように、作品制作の最初のステップにおける技術的ハードルが大きく引き下がったことが、今日のジェネラティブアートクリエイターの増加に繋がっていると考えられる。

そして、クリエイター増加が後押しとなり、ジェネラティブアートの手法を用いて生成された映像が、モーショングラフィックスの素材として、CM、ミュージックビデオ、テレビ番組や映画のタイトルロールなどの商業映像、また、VJ、ダンスの舞台演出などのエンタテインメント分野にも広く応用されるようになってきている。例えば、上述の Peason は、ジェネラティブアーティストとして、ファインアート作品を手がけながらも、芸術祭や映画祭などのイベントプロモーション用のタイトル映像を手がけてきている。また、Flight 404 名義で活動する Robert Hodgin は、様々な音楽アーティストの音源と同期したジェネラティブアート映像をミュージックビデオに提供しつつ、ジェネラティブアルゴリズム自体を iTunes のビジュアルアイザのコアシステムとして提供するなど、ジェネラティブアートの新しい応用形式を実践している。また、昨今では、デジタルサイネージ、プロジェクションマッピング

⁵FRAMED*オフィシャルウェブサイト内 (<http://frm.fm/showroom/>) より



図 1.5: FRAMED*ショールームでの展示風景⁵

など、ジェネラティブアートの応用範囲が空間装飾へと拡大しており、さらには、「絵画やオブジェを部屋に飾るのと同様の感覚で、デジタルアートで空間を彩る」というコンセプトで発表されたデジタルガジェット FRAMED*[10] 等により、ジェネラティブアートがインテリアデザインの一部として用いられるようになってきている。今後、非発光ディスプレイの実現など、ディスプレイ技術の発展に伴って、近い将来、ジェネラティブアートが「動的なテクスチャ」として壁面を占め、私的空間のインテリアデザイン要素となっていく可能性も考えられる。エンタテインメント分野では、視聴者の興味を惹き付けるような、刺激的で新奇な表現を生み出すことが求められていたが、環境デザインの一部として用いられる段階では、映像の感性的品質 (Affective Quality) [11] を考慮することが重要になり [12]、生活者が心地よく、リラックスできるような映像、または、リフレッシュでき、気持ちが活性化するような映像など、具体的な感性的品質が求められるようになると考えられる。

上述のように、現在ジェネラティブアート映像の制作環境や制作手法のリファレンスは、インターネットを通じて容易に手に入れることができ、パーソナルコンピュータとネットワーク環境さえ整ってしまえば誰もがジェネラティブアート映像の制作に参入できる状況が整っている。しかし、ジェネラティブアートの制作手法はアルゴリズムの教示やソースコードの共有という形で普及してきているものの、「鑑賞

者がどのように感じるか」という感性的品質を目的にした制作手法は示されてきてこなかった。言い換えれば、システムやアルゴリズムは共有されているが、最終的な出力映像の印象を左右するパラメータの設定指針については、制作者の直感や暗黙知などのヒューリスティクスに依存する傾向が強く、また、その部分がジェネラティブアートにおける「属人性」が残されている部分であるとも言える。従って、制作経験の乏しいクリエイターが、なんらかの感性的品質（たとえば見る人が心地よくリラックスできるような映像）を目的とし、ジェネラティブアートを制作する場合には、トライアンドエラーの繰り返しによる手探りの状態からはじめ、徐々に判断能力を得て行く他に方法が示されていないことになる。Pearson の指摘するように、芸術作品としてのジェネラティブアートにおいての美的判断は、クリエイターの重要な役割であるが、環境デザインの一要素として捉えた場合、アーティスト個人の美的判断だけでなく、適応空間の使用者の感性的評価が重要な判断基準となってくる。そのため、クリエイター個人の主観に頼った感性的品質判断だけでなく、一般的視聴者の傾向を踏まえた、体系的な感性的品質デザイン手法の構築が必要であると考えられる。

1.3 本研究の目的

本研究では、このような背景から、狭義のジェネラティブアートの現在形である、コンピュータプログラムを用いた半自動生成的な動的グラフィック表現の感性的品質デザイン手法の構築を行い、ジェネラティブアートのクリエイターが感性的品質を目的に映像生成プログラム制作を行う際のパラメータ設定指針を示すことを目的とした。

第2章 関連研究と本研究の枠組みについて

2.1 はじめに

前章で示したように、本研究の目的は、ジェネラティブアート（コンピュータプログラムを用いた半自動生成的な動的グラフィック表現）の感性品質デザイン手法の構築を行い、クリエイターが感性品質を目的に映像生成プログラム制作を行う際のパラメータ設定指針を示すことである。多くのクリエイターが利用可能な、システムティックな感性品質デザイン手法の構築を行う為には、まず第一に映像視聴者の感性反応とジェネラティブアート映像の物理属性の両者を体系的に扱い、その対応関係について知見を蓄積していく必要がある。これまでジェネラティブアート映像と視聴者の感性反応の対応とを調査した研究は前例がないが、一般的な映像（映画、スポーツ映像、会議映像、ミュージックビデオ等）に対しては、感性的品質を低次元画像特徴量から定量的に推定する試みは数多くなされてきている [14][15][16][17][18][19]。これらの既往研究のアプローチは、複雑な対象である人間の感性と、動画像とをパラメトリックに扱い、両者間の相関を統計的に調べるための方法として有効であり、ジェネラティブアート映像の感性品質分析に対しても応用可能性があると考えられる。そこで、本章 2.2 では、まず、一般的な映像の感性品質推定で用いられている、感性モデルおよび映像分析手法についてまとめる。

一方で、既往研究で分析対象としている一般的な映像と、ジェネラティブアート映像とには、映像の抽象性に起因する認知処理の上で差異があることが予想され、既往研究で提案されている手法の有効性に影響が生じる可能性が考えられる。本章 2.3 では、一般的な映像と、ジェネラティブアートの映像刺激としての差異と分析目的について整理し、既往研究に対する本研究の新規性について述べる。

最後に本章 2.4 では、本研究の枠組みと具体的な流れについてまとめる。

2.2 一般的な映像コンテンツの感性的品質推定における感性モデル

これまで、映画、スポーツ映像、会議映像、ミュージックビデオ等の一般的な映像に対する定量的な感性品質推定手法の研究が行われてきている。その背景には、近年爆発的に増加しているビデオコンテンツに対し、これまでのヒューリスティックなタグ付けに代えて、映像の低次特徴量を基に自動的にインデックスを付加して検索に役立てるという目的や、シーンのセグメンテーション、映像のハイライトを自動抽出する、という目的がある。そのため、先ず第一に、映像コンテンツ視聴時における、視聴者の感性反応に対応する妥当なモデルを設定する必要があるが、大別して、感情のカテゴリカルアプローチと、次元的方法のアプローチの二つのアプローチが採られてきている。感情のカテゴリカルアプローチとは、喜怒哀楽など感情を幾つかのカテゴリに区分し、それぞれを離散的に扱う方法である。例えば Kang[20] は、“fear” “sadness” と “joy” の二つの感情カテゴリを設定し、それぞれの Hidden Markov Model を、色、動き、カット頻度をデータとして訓練することで、感情の検出モデルを構築している。また、Moncrieff[21] は、ビデオのホラーイベントを抽出するために、“startle”, “apprehension”, “surprise”, “apprehension to climax” の4つのカテゴリ区分を設定し、音声エネルギーからそれらを推定する手法を提案している。このようなカテゴリカルアプローチの問題点は、カテゴリ数や、カテゴリ区分が各ケースごとに恣意的に設定されており、様々な映像に適用できる統一的なモデルとは言い難いことである。

こうした問題に対し、Hanjalic ら [14] は、映像に対する感性反応を離散的に区分して扱うのではなく、感性の次元的方法アプローチである感情価-覚醒度-支配性 (Pleasure-Arousal-Dominance) モデル [22] を採用しており、感情の基礎因子を想定することで映像の低次特徴量との相関性を基に各因子のレベルを評価し、因子レベルのバランスによって最終的な感性反応を推定する手法を提案した。ここで用いられている感情価-覚醒度-支配性の基礎因子は、Osgood らのセマンティック・ディファレンシャル研究において、はじめにさまざまな文化圏での言語表現 (英語圏およびナバホ族、日本人、メキシカンスパニッシュ) の基礎因子として見出され [23]、最終的に、ソナーシグナルや絵画などの非言語的表現の感性評価にも同様の因子構造が確認されており [24]、評価者や評価対象に関わらず、普遍的な感性モデルであることが示されてきている。また、Mehrabian によって、表情や腕・身体の動き、姿勢などの身体表現に対しても、同様の因子構造が確認されている [25][27]。さらに、Mehrabian

と Russell によって、言語表現による状景描写でも検証されている [22]。このように、感情価-覚醒度-支配性モデルは、あらゆる対象評価に有効な感性評価モデルであり、人間が外的刺激を判断する際の普遍的な評価軸に対応しているものと考えられる。本研究でも、こうした普遍性および信頼性を鑑み、感性の次元的アプローチを採用することとした。以下では、感情価-覚醒度-支配性の基礎因子の意味について説明した上で、映像コンテンツ評価に用いられてきた感情価-覚醒の2因子モデル、および、官能評価実験の為の評価スケールについて説明する。

2.2.1 基礎因子について

感情価因子 (Pleasure)

感情価因子は、感情における快-不快やポジティブさ-ネガティブさに対応する基礎次元である。快-不快、嬉しさ-嫌さといった感情それぞれに反応する脳部位が特定されており、生理学的にもその妥当性が証明されている。また、笑みや笑いの表情という形をとって、感情価の反応が行動指標に表現される。Russel と Mehrabian は、感情価は、「好み」や「正の強化」、「接近と回避」といった動機付けにおける反応の概念とは区別して捉えるべきであることを主張しており [22]、これらの反応は、感情価次元 (快-不快) だけでなく、他の二つの次元、覚醒度次元もしくは支配次元が原因となって生じうることを指摘している。例えば Evans と Day(1971)[26] によれば、接近行動時の対象 (実験ではポリゴン) の注視時間と覚醒度との間に相関が見られたが、その他の次元との相関は見られず、接近行動が必ずしも快感情を伴う必要がないことが示されている。

覚醒度因子 (Arousal)

覚醒度因子 (Arousal) は、生体が外的刺激に対してどの程度迅速に反応できるかを示す基礎次元である。また、感情の「強さ」に値するものであることも示唆されている (Berlyne, 1960[28], Duffy, 1957[29])。Berlyne (1960) の定義によると、最も覚醒が低い状態が眠りや昏睡の状態であり、最も高い状態が熱狂した興奮状態 (frantic excitement) である。生理学的には、Malmö (1959) [30] により、覚醒の状態が、脳幹における上行性網様体賦活系の活性であることが示されており、この反応は EEG (Electroencephalogram, 脳電図) によって計測することができる。また、第二の指標として、血圧上昇、酸素消費量上昇、心拍上昇、筋肉収縮、発汗量上昇などの自律神経系の反応が挙げられている。EEG、自律神経系の反応いずれの指標

についても、主観的な口述表現としての覚醒と高い相関性が示されている (Thayer, 1967, 1970) [31][32]. しかし、Feldman と Waller (1962) [33] は、脳電図の覚醒の反応は網様体に起因するが、自律神経系の反応は視床下部に起因することを指摘しており、覚醒の反応を単一の基礎次元に帰することの生理学的妥当性を疑問視する意見も存在する.

支配性因子 (Dominance)

支配性因子は、環境や状況、対象に対する自己の支配感や操作感に対応する基礎次元であり、ある状況に対して、個人が束縛されて居らず、自由に振る舞うことができるという感覚の度合いを示すものである. 例えば、自宅で音楽を聴く場合と、コンサートホールで音楽を聞く場合とでは、前者の方が「自分は自由に振る舞うことができる」という感覚が生じるが、このような自己感覚を指す. しかし支配性因子については生理学的な根拠が示されてきておらず、セマンティック・ディファレンシャル法によってその存在が示唆されているのみである (Snider, Osgood, 1969) [34]. また Russell と Pratt(1980)[35] は、支配性については、状況に対する知的解釈を伴う反応であることを指摘しており、純粹な情動反応にはあたらないとし、基礎次元からこれを除くべきであることを主張している.

2.2.2 感情の2因子モデルの利用

上述の3つの基礎因子のうち、支配性因子は生理学的根拠に乏しいこと、知的解釈を伴う反応であること、などの理由から、感情価-覚醒度の2因子モデルが妥当であるとする主張が Russell と Pratt によってなされてきており、実際に環境評価での追実験では支配性因子の存在が棄却された研究結果を示すものもある. 感情の基礎因子が2つであるか、3つであるか、という論争は現代においても未だ継続しているものの、写真・テレビ・ラジオ・コンピュータ等のメディアにおけるコンテンツに対する感性反応は、感情価および覚醒度の2次元空間上に対応させられること (Dietz,1999) [36]、支配性因子の影響は限定的である、といった理由から、映像コンテンツの感性評価モデルとしては、支配性因子を除外し、感情価および覚醒度を基礎次元とする二次元感性モデルが用いられることが多い. 例えば Russell と Pratt の円環モデル [11] では、感情価と覚醒度平面上 45° 毎に、Exciting、Relaxing、Distressing、Gloomy の4つのサブカテゴリを設け、感性品質を大まかに分類する方法が提案されている (図 2.1). 本研究で扱うジェネラティブアート映像についても、鑑賞者がインタラクティブに変化させることができる映像であれば支配性因子

を考慮する必要があるが、ノンインタラクティブの映像を試聴する場合には、支配性がコンテンツ内容によって左右されることは限定的であると予想され、一般映像の感性推定研究に倣い感情価-覚醒度の二次元モデルを用い、ジェネラティブアート映像の感性品質を大まかに区分して行くアプローチが有用であると考えられる。

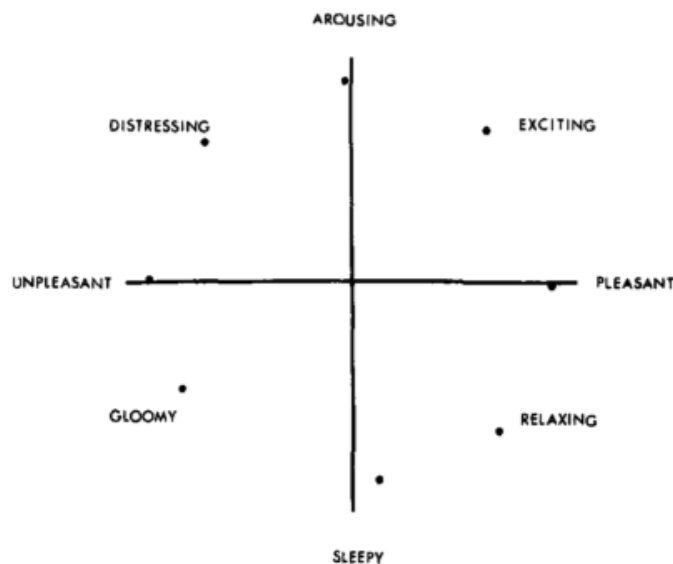


図 2.1: Russell と Pratt の円環モデル¹

2.2.3 官能評価実験における評価スケール

視聴者に映像刺激を提示し、印象評価実験を行う際に用いられる主な手法は、Meharbian&Russell モデル [22] や Russell の円環モデル [11] で提示されている形容詞群を用いた SD 法形式による方法と、各因子の反応を段階的にイラストとして描写した SAM (Self Assessment Manekin) [37] が用いる方法がある (図 2.2)。前者の利点は、対象映像の評価軸が既往モデルの因子構造と対応しているかどうか、因子分析により確認が行える点である。また、後者の利点は、言語的表現を使用せず、イラストによって基礎因子を評価してもらうため、直接的に因子得点が算出できる点である。しかし、後者の場合は評価対象が既往モデルの因子構造と対応しているということが前提条件となる。これまでにジェネラティブアート映像に対して、感情

¹J. A. Russell : “Core Affect and the Psychological Construction of Emotion”, Psychological Review, 110, 1, pp.145-172 (2003) より。

価-覚醒度の二次元モデルの適用可能性を検証した研究は行われていないため、本研究では、まずSD法により二次元モデルの適用可能性を検証する必要がある。

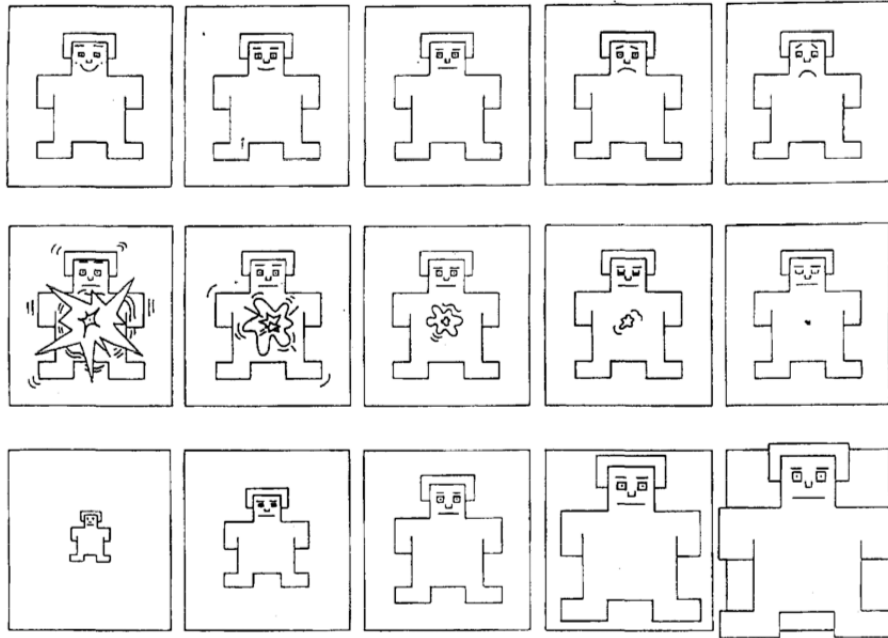


図 2.2: SAM(Self Assessment Manekin) 上から感情価、覚醒度、支配性をそれぞれ 5段階でイラスト化したもの³

2.2.4 映像分析手法について

ここでは、既往研究で提案されてきた、覚醒度推定および感情価推定のための映像分析指標について述べ、本研究での適用可能性について考察して行く。

Arousal Feature

映像の特徴量から覚醒度を推定する場合に用いられる代表的な指標の一つは、映像内の動きの勢い (Motion Intensity) である。Benjamin らは、動きのあるビデオ映像と、ビデオ映像からキャプチャした静止画像を被験者に提示し、SAM を用いた主観的な覚醒状態の報告と、表情筋・心拍、皮膚電位の計測から、画像の動きが被験者の覚醒度に対して大きな影響を与えることを明らかにした [13]。この結果を根

³Bradley, Margaret M., and Peter J. Lang. "Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential." *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry* 25.1 : pp49-59, (1994) より。

抛に、Hanjalic[14]らは映像内の動きの勢いについて、オプティカルフロー解析を用い、映像内のオブジェクトの動きをベクトル表現することで、定量的な覚醒度推定値を算出するモデルを提案している。ただし、ここでの覚醒度推定は、映像のハイライトを検出する目的で、二つのフレーム間での動きベクトルの平均値を求め、瞬間的な覚醒度を推定するものである。オプティカルフロー解析自体は、画像情報から機械的に求めることが可能であるため、ジェネラティブアート映像にも直接的に適応可能であるが、映像デザインの為の知見を得るには、一瞬の覚醒度分析では不十分であり、一定の時間長の映像について平均の Motion Intensity や分布を求め、主観的な覚醒度評価との対応関係を分析して行く必要がある。

二つ目代表的な指標は、映像のカット切替の頻度 (Shot Switch Rate) である。Lang らの実験により、一定時間内の映像のカット切替の頻度が主観的および生理的な覚醒度を上昇させることが示されてきており [38][39]、覚醒度を推定する為の有効な指標として様々なタイプの映像の分析に用いられている。カット切替頻度は、一定時間内のカットの平均回数を算出する方法や、一定のカットの持続時間を時系列的に表現する方法が提案されている。しかし、こうした方法は、映像シーケンスにおける「カット」位置が特定されていることが前提となるため、映像のどの瞬間が「カット」であるか、ヒューリスティクスによる判断が必要となってくる。また、「カット」と表されるものの中には、全く異なるシーンを繋ぎ合わせる場合（従って、色、明度、などが大きく変化する場合）と、同じシーンで、例えば人を別の角度から撮った映像を繋ぎ合わせる場合（従って、色、明度等は大きく変化せず、構図だけが変化する場合）とがある。一般映像の覚醒度推定においてはこうした違いは考慮されておらず、Lang らの実験においても、画素変化量と覚醒度上昇との関係については言及されていない。しかしながら、Candy らによって行われた実験では、画素値の変化量の大きさが、映像の主観的な「はげしさ」の印象と対応していることが報告されており [40]、カットの頻度とは、画像工学的には画素値の急激な変化の頻度を表すものである可能性が考えられる。加えてジェネラティブアート映像には、カットという画像操作が用いられないものも多くあるため、カット頻度を画素値の変化量を用いて代替する分析指標を考案する必要がある。

Valence Feature

感情価推定の代表的な分析指標としては、明度、コントラスト、彩度、カラーエネルギーが挙げられる。これらの指標は、映画撮影術の文法を根拠として、映画やミュージックビデオの感情価推定のために恣意的に選定されたものである。映画撮

影時のライティングは、映画シーンの雰囲気を出すための強力な手法であり、映像の明度やコントラストはこのライティングを画像特徴量から定量的に推定し、雰囲気を特定するための指標として用いられる [41]。そのため、分析対象となる映像の種類によっては、必ずしもこうした指標が有効ではない可能性も考えられる。例えば Hanjalic[14] が対象としたサッカーの試合のテレビ映像の場合、色はチームのユニフォームカラーやグラウンド等で一定であり、また、ライティングも一定であるため、映画のようにシーンの雰囲気とそれらの属性が強く関係しているとは考えにくく、分析指標としても上記の特徴量は用いられていない。本研究で扱うジェネラティブアートも、色やライティングがデザイン属性として用いられるが、形の変化や動きが特に重要なデザイン属性となっている。従って、ジェネラティブアートの感情価分析の為には、形の変化や動きに関する指標を独自に検討して行く必要がある。

2.3 既往研究との差異および新規性について

2.3.1 一般的な映像とジェネラティブアート映像の差異

上述のように、既往研究において、一般の映像を対象とした感性品質推定の枠組みが提案されてきており、その分析手法についてはジェネラティブアート映像を対象にした感性品質推定にも有効性があると期待できる。しかし、一般の映像と比較し、ジェネラティブアート映像は、映像の抽象性に起因する認知処理の上で差異があることが予想され、既往研究で用いられている推定手法の結果とは傾向が異なってくる可能性が考えられる。一般の映像を視聴する際、視聴者は図像の意味作用(何が映っているか、図像が何を意味するか)を読み解き、その連なりによってコンテキストを理解する。この場合、視聴者は図像に対する理解スキーマを利用するため、視覚情報に対して概念駆動型の認知処理を行うことになる [42]。一方でジェネラティブアート映像は、点や線、幾何学図形といった抽象的な図像要素を用いて映像を構成して行くため、視聴者は映像の意味の認知よりも、形状やその変化の仕方、配置、動き方などの物理的構造特徴に対するデータ駆動型の認知処理が主となると考えられる。

このような映像の抽象性の違いは、第一に、映像の意味作用に起因する感情価次元の反応の個人差に関わってくると想定される。一般の映像では、映像内の図像に対する個人的な好みによって、快不快が真逆になってしまう場合がある。例えば、昆虫が好きな人と嫌いな人とでは、同じ昆虫の映像に対する快不快は真逆になって

しまう、といった場合である。こうした映像の意味作用に起因する感性反応の個人差は、映像の低次特徴量からは直接的に推定することは不可能である。仮に、映像の明度や彩度といった物理的構造特徴が快感情を促すものであったとしても、意味作用の影響により「不快」に上書きされる、ということも考えられる。一方で、ジェネラティブアートのような抽象的な図像に対しては、意味作用に起因する快不快評価の個人差が一般の映像に比して軽減され、より純粋に低次特徴量から感情価次元の反応を分析することが可能であると予想される。

また、第二に、映像の抽象度は、視覚情報のパタン認知処理における認知負荷量の増減に影響を及ぼし、覚醒度の上昇にも関わってくるのが想定される。データ駆動型処理は概念駆動型処理に比べ、ワーキングメモリー上の処理に対する認知負荷量を増大させ [42]、また、ワーキングメモリーへの認知負荷量の増大は覚醒度の上昇を引き起こす要因となると考えられている [38][39]。一定の規則性に留まらず、ランダム性を含みつつ、時に別の規則性へと移っていくような映像に対して、視聴者はアドホックにその規則性を認知し、展開を追って行くことになる。従って、常にワーキングメモリー上の認知処理に負荷がかかる状態が維持され、一般の映像と同等の動きの勢いや変化量があったとしても、覚醒度が高くなる傾向が予想される。このような観点からも、既往研究によって提案されている感性的品質手法による推定が、ジェネラティブアート視聴時の視聴者の主観的評価の傾向と必ずしも対応するとは限らず、ジェネラティブアート映像を対象に、改めてその傾向を検証して行く必要があると考えられる。

2.3.2 分析目的の差異

一般の映像を対象とした既往研究では、映像のハイライト推定、シーン検索、映像セグメンテーションやカテゴリズを行う目的で感性品質推定モデルが提案されてきた。本研究では、ジェネラティブ・アートを制作する際の指針として自作コンテンツの感性評価を行うことを想定しているため、映像の個々の属性を示す画像特徴量が、どのように主観的な感性反応と対応しているか、具体的・定量的な傾向についての知見も有用な情報となる。そのような知見を得るためには、被験者によるジェネラティブ・アート映像視聴実験を通じて、各指標と感性因子との対応を個々に検証して行く必要があるだろう。

2.3.3 本研究の新規性について

本研究では、一般映像の感性品質推定研究で採られてきたアプローチを参照し、感情価-覚醒度の基礎因子と低次元画像特徴量との回帰分析から、ジェネラティブアート映像の属性と感性品質との対応関係を知見として求めて行く。一般の映像とジェネラティブアート映像は、映像刺激として異なった特徴をもつため、ジェネラティブアート映像に対して感情価-覚醒度の二次元感性モデルの適用可能性を検証して行くことが、本研究の第一の新規性であると言える。また、各因子の分析指標についても、既往研究の分析手法を参照しつつ、ジェネラティブアートのデザイン属性に適した独自の分析指標を設定していく必要があるため、新たな分析指標を提案することが二つ目の新規性として挙げられる。最後に、映像属性と感性因子との対応関係についての知見を纏め、作品制作におけるプログラムのパラメータ設定に活かせる形式で提示して行くことが三つ目の新規性としてあげられる。

2.4 本研究の枠組み

これまで述べてきたように、本研究では、ジェネラティブアートの感性品質デザイン手法の構築を行うことを目的に、ジェネラティブアート映像の物理属性を表す指標を設定し、感性因子との相関性の傾向を知見としてまとめ、作品制作におけるプログラムのパラメータ設定に活かせる形式で提示して行く。研究の枠組みについて図 2.3 に纏める。

この枠組みに従い、具体的には、

1. 映像刺激の作成
2. 官能評価実験の実施（映像と被験者を代えて2度実施）
3. 確認的因子分析による覚醒度・感情価モデルの有効性の検証
4. 各映像刺激の覚醒度・感情価因子得点の算出
5. 映像の特徴量分析による覚醒度・感情価指標の算出
6. 因子得点と分析指標との回帰分析

という流れで研究を行い、分析結果の考察から得られた知見を基に、イラストを交えたデザインガイドラインとして、具体的に映像操作と結びつけた形で提示して行く。

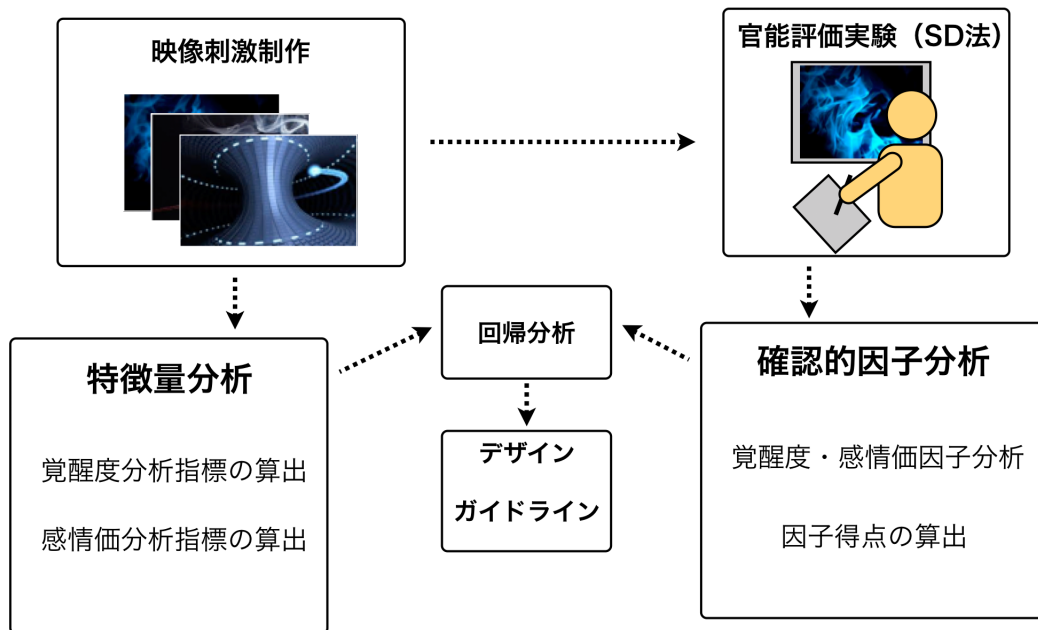


図 2.3: 研究の枠組み及び流れ

以降の章から、各項目について詳述する。

第3章 映像刺激の制作について

3.1 はじめに

本章では、印象評価実験に用いた映像刺激の制作について述べる。汎用的なデザイン手法を構築する為に、実験結果の知見をジェネラティブアート映像一般に広く適用出来るよう、ジェネラティブアートの代表的な特徴やタイプを取り揃えた映像刺激を用いる必要がある。そこで、映像の制作にあたっては、ジェネラティブアート映像の主立ったクライテリアを参照し、制作の指針とした。印象実験は映像刺激と被験者を代えて2度実施したが、ここではそれぞれの映像刺激制作についても具体的に記述する。

3.2 ジェネラティブアート映像のクライテリア

3.2.1 モチーフの抽象性

一つ目のクライテリアは、画面構成単位となるモチーフの抽象性である。第1章ではジェネラティブアートの代表的な定義を挙げたが、その定義上は、必ずしも構成要素となるモチーフが限定されることは無い。しかしながら、実際には多くのジェネラティブアートで、生成システムの特徴をより明確に映像に反映させるため、点・線・面（幾何学図形）といった、図面構成の基礎要素がモチーフとして用いられてきている（図3.1はgoogle画像検索で“Generative Art”にヒットした上位の画像）。そこで、1回目の実験では、点モチーフを用いた映像、2回目の実験では線と面（円と四角形）を用いた映像を生成することにした。

3.2.2 規則性と不規則性

二つ目のクライテリアは、動きや画面構成における規則性と不規則性である。第一章でも挙げた Galater[5]は、ジェネラティブアートに用いられるシステムを、規則性と不規則生の尺度上にマッピングし（図3.2参照）、極めて規則的（Highly Ordered）なジェネラティブアートから、不規則（Highly Disorderd）なジェネラティブア

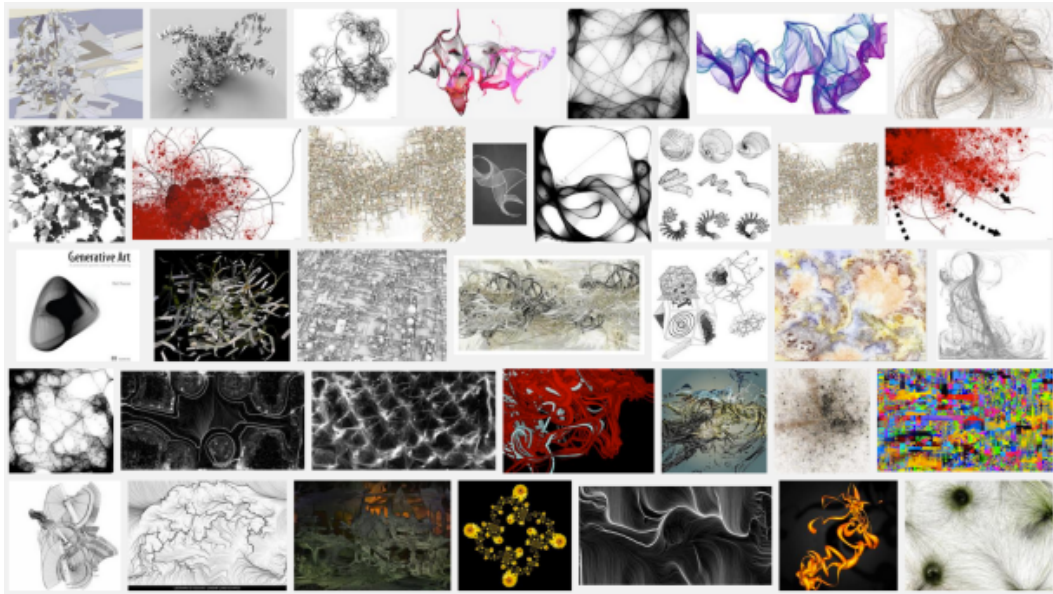


図 3.1: google 画像検索で”Generative Art”にヒットした上位の画像

トまでをシステムとの対応から三つに分類している。例えば、テキスタイルデザインに見られるシンメトリーや、ボーダーラインの繰り返し、イスラム建築のタイルによる平面充てんは、極めて規則的なルールによるジェネラティブアートであり、一方で、Morzart の音楽のサイコロ遊びや、William Burroughs の Cut-up テクニクを用いた文章、Carl Andre の Random Spill を用いた作品などは、無秩序を作り出すシステムを用いた不規則なジェネラティブアートである。また、その中間領域として、遺伝的アルゴリズムやスウォーム、ニューラルネットワーク、L-System など、複雑系アルゴリズムを用いた規則性と不規則性の混交したジェネラティブアートを挙げている。

現代のジェネラティブアートについても、幾何学的な規則性、確率的なランダムイゼーション、複雑系アルゴリズムによる創発性を組み合わせることで、規則性と不規則性の入り交じった映像を生成する手法がとられている。従って、映像刺激制作には、幾つかの代表的なアルゴリズムを利用し、規則性と不規則性の間で様々なバリエーションを生成する必要がある。そこで、1 回目の実験では、複雑系アルゴリズムである Boids アルゴリズムを利用しパラメータを変化させることで規則性のバリエーションを生成し、2 回目ではシンメトリーと、ランダム関数および Perlin

¹P. Galanter: “What is generative art? Complexity theory as a context for art theory(2003)”, In GA2003 6th Generative art Conference, (2003) より

Generative Art Systems

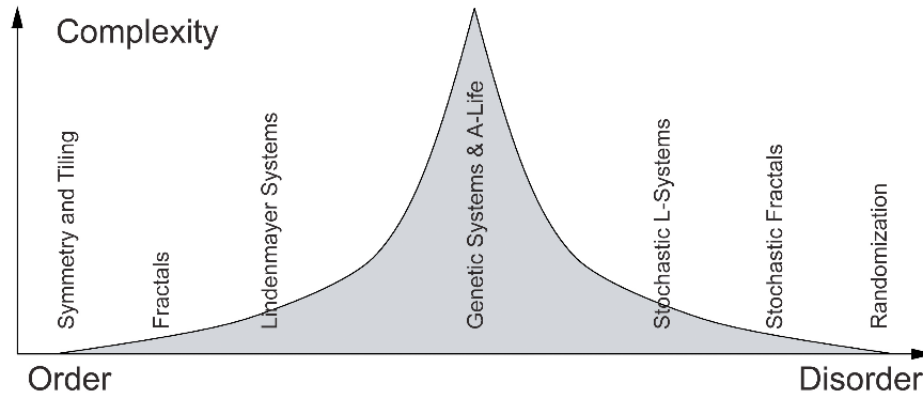


図 3.2: Galanter によるジェネラティブシステムの規則性と不規則性の尺度¹

noise アルゴリズムを用いることで、規則性のバリエーションを生成した。

3.3 実験 1 の映像刺激

実験 1 の映像刺激は、モチーフとして点（パーティクル）を用い、動きのアルゴリズムとして、鳥や魚などの群れの動きのシミュレートに用いられる人工生命アルゴリズムである Boids[43] を使用し生成した。Boids アルゴリズムは、各オブジェクト（本実験の映像刺激においてはパーティクル）ごとに、

- 位置情報 (x, y, z の 3 次元位置情報)
- 他のオブジェクトとの接近閾値
- 最大速度
- 速度ベクトル (x, y, z の 3 次元ベクトル)

の 4 つのパラメータを持っており、また、行動原理として、

- 引き離し：他のオブジェクトが接近閾値を越えたら、ぶつからないよう移動速度を変化させる
- 整列：周囲のオブジェクトと速度ベクトルを合わせようとする

- 結合：全オブジェクトの中心（重心）へ向かって速度ベクトルを変化させる

の3つが定義されている。パラメータのうち、接近閾値と最大速度の2つのパラメータの設定を調節することで、空間対称性をもった集合形態が、まとまりを維持して動くような規則性の高い映像から、高速でオブジェクトの配置パターンが変化して行くランダム性の高い映像まで、段階的に生成することが可能である。最大速度3段階×接近閾値5段階の組み合わせにより、拡散形状、変化速度の異なる15種類の映像を生成した。図3.3にそのうちの3種類の映像例を示す。

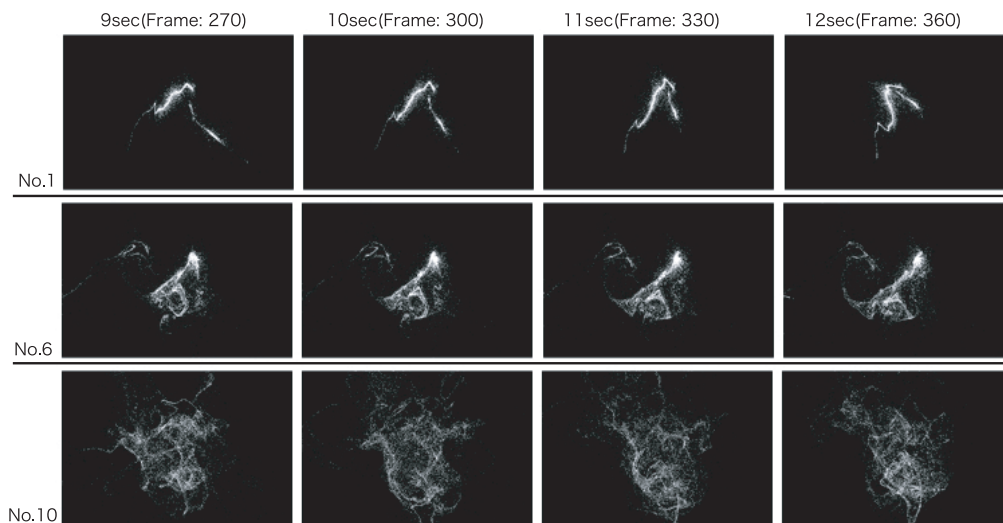


図 3.3: 映像刺激例 3 種, 9 秒から 12 秒時点まで一秒ごとにフレームを抽出

各映像の時間長は、映像の動きの印象を評価するうえで充分と考えられる長さかつ、全15刺激の試行の合計時間で被験者の疲労が生じない程度として、1刺激あたり45秒に設定した。画像解像度は720×480、フレームレートは30fpsである。

3.4 実験2の刺激映像

実験2では、線描と幾何学図形による3タイプ、計21刺激の映像を用いた。各映像の時間長は、映像の動きの印象を評価するうえで充分と考えられる長さかつ、全21刺激の試行の合計時間で被験者の疲労が生じない程度として、1刺激あたり60秒に設定した。画像解像度は720×480、フレームレートは30fpsである。

まず一つ目のタイプ（線描映像）では、パーリンノイズ関数を用いて時間的に変

化するベクトル場を生成し、線が流れて行く映像を構成した。パーリンノイズ関数のパラメータを変更することで、滑らかなベクトル場から、粗いベクトル場までを段階的に生成することができ、線の軌道がそれに応じて変化する。流れの滑らかさを小・中・大の三段階、動きの速さを低速・中速・高速の三段階設定し、

- 滑らかさ大（低速, 中速, 高速）
- 滑らかさ中（低速, 中速, 高速）
- 滑らかさ小（低速, 中速, 高速）

の計9種の映像刺激を生成した（図3.4参照）。

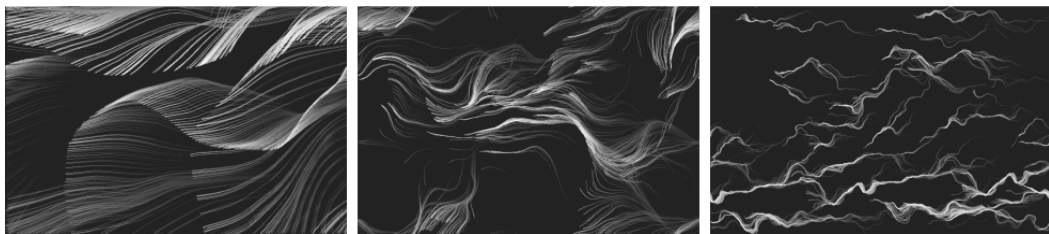


図 3.4: 線描映像のキャプチャ画像。左から滑らかさ大、中、小。

二つ目のタイプは、直径80pixelの円状のオブジェクトをモチーフに用いた映像である。画面の中心点から対称的に等速直線運動するアルゴリズムに対し、ランダムウォークアルゴリズムを段階的に加えることで、規則性の高い映像から不規則な映像まで段階的に生成した。それぞれ、低速と高速、二つの運動速度を設定し、

- ランダム無し（低速, 高速）
- ランダム小（低速, 高速）
- ランダム大（低速, 高速）

の計6種の映像刺激を生成した（図3.5参照）。オブジェクトの色には透明度が設定してあり、重なることで複雑な図形を構成する。

三つ目のタイプは、動きのアルゴリズムは二つ目のタイプと同様で、直径300pixelの正方形のオブジェクトをモチーフに用いた映像である。規則性はランダム無しと有りの二段階設け、それぞれ、低速、中速、高速の三つの運動速度を設定し、

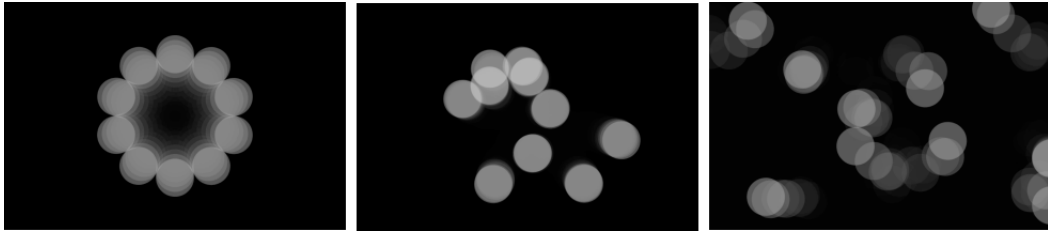


図 3.5: 円映像のキャプチャ画像, 左からランダム無し、小、大.

- ランダム無し (低速, 中速, 高速)
- ランダムあり (低速, 中速, 高速)

の計6種の映像刺激を生成した (図 3.6 参照). オブジェクトの色には透明度が設定しており、重なることで複雑な図形を構成する.

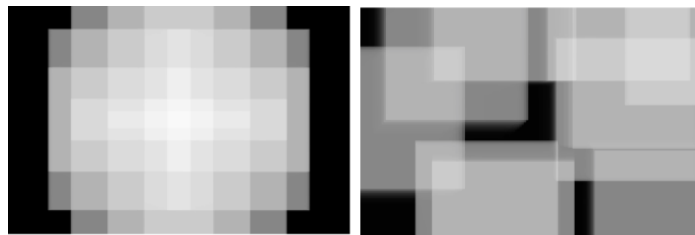


図 3.6: 正方形映像のキャプチャ画像, 左からランダム無し、有り.

第4章 印象評価実験

4.1 印象評価実験の概要

本章ではジェネラティブアート映像を用いた印象評価実験について述べる。印象評価実験は、単一アルゴリズムにより生成したジェネラティブアート映像を用いた実験（以下、実験1）と、様々なタイプのアルゴリズムによる映像を用いた追実験（以下、実験2）の二度の実験を行った。各実験では、運動スピードや空間的な分散度、運動軌道の規則性の異なる複数の映像刺激を作成し、各映像刺激について感情価および覚醒度形容詞対10組を用いて、SD法により印象評価を行った。

実験1での被験者数は、大学生および大学院生33名（19～26歳、平均年齢21.8歳、女性17名、男性16名）、実験2での被験者数は大学生および大学院生25名（19～25歳、平均年齢21.24歳、女性12名、男性13名）であった。実験1と2の両方に参加した被験者は1名のみであった。いずれの実験でも、被験者は研究の目的を知らされておらず、「これからお見せする映像の印象を評価項目に従って評価してもらいます」と、具体的なタスクのみを説明を受けた。

4.1.1 評価項目の作成

印象評価実験に使用する形容詞群は感情価・覚醒度の2次元感性モデルとして、Modified Mehrabian and Russellモデル[44]で用いられている形容詞群を参照した。MRモデルはもともと環境の居心地を評価するために考案されたものであり、五感すべてを通じて受けた複合的な感性反応をあらわす形容詞群となっている。そのため、中には視覚的な刺激を形容する言葉として不適切なものがある。その形容詞を除き、感情価形容詞から5つ、覚醒度形容詞から5つ抽出し、日本語形容詞に翻訳を行った(表4.1)。削除した形容詞対は、感情価については「Hopeful - Despairing (希望のある - 絶望的な)」、覚醒度については「Jittery - Dull(過敏な - 鈍感な)」である。日本語訳に際しては、井上ら[45]で用いられている日本語形容詞を参考にしつつ、日本語・英語二カ国語話者の監修を受けて形容詞の選定を行った。評定用の

評価項目では、幾つかの形容詞対を逆転させて図 4.1 のように並べ、7 段階評価の形式をとった。

表 4.1: 形容詞対一覧

感情価形容詞対		覚醒度形容詞対	
Happy うれしい	Unhappy うれしくない	Frenzied 激しい	Sluggish のろい
Pleased 快い	Annoyed 不快な	Excited 活気ある	Calm 穏やかな
Satisfied 満足な	Unsatisfied 不満足な	Stimulated 刺激的な	Relaxed なごやかな
Contented 満ち足りた	Melancholic 気が滅入る	Aroused 興奮する	Unaroused 興奮しない
Relaxed 飽きない	Bored 退屈な	Wide awake 目が覚める	Sleepy 眠たくなる

4.1.2 刺激提示方法

映像出力には 24 型液晶ディスプレイ、BenQ RL2450H を使用した。ディスプレイの表示領域は $531.36 \times 298.89\text{mm}$ であるため、アスペクト比 3:2 の映像刺激の表示領域は $448.33 \times 298.89\text{mm}$ になり画面両端に 40mm 程のブランク領域が生じた、また、解像度 $720 \times 480\text{pixel}$ の映像をディスプレイ上で $1620 \times 1080\text{pixel}$ の表示領域に伸長表示しているため、映像における 1pixel のディスプレイ上での換算値は $298.89\text{mm}/480 = 0.62\text{mm}$ であった、被験者は画面から約 60cm 70cm の距離を保ち、映像を観察した (図 4.2)。順序効果をなくすため、映像の提示順は実験毎に無作為に並べ替えて表示した、実験の流れは、

1. 映像刺激を提示 (実験 1 では 45 秒、実験 2 では 60 秒)
2. 休止時間を設ける (実験 1 では 60 秒、実験 2 では 45 秒、画面はブラックアウト)
3. 休止時間の間に評価を行う
4. 休止時間の後、次の映像刺激へ

というサイクルで全刺激の印象評価を行ってもらった。

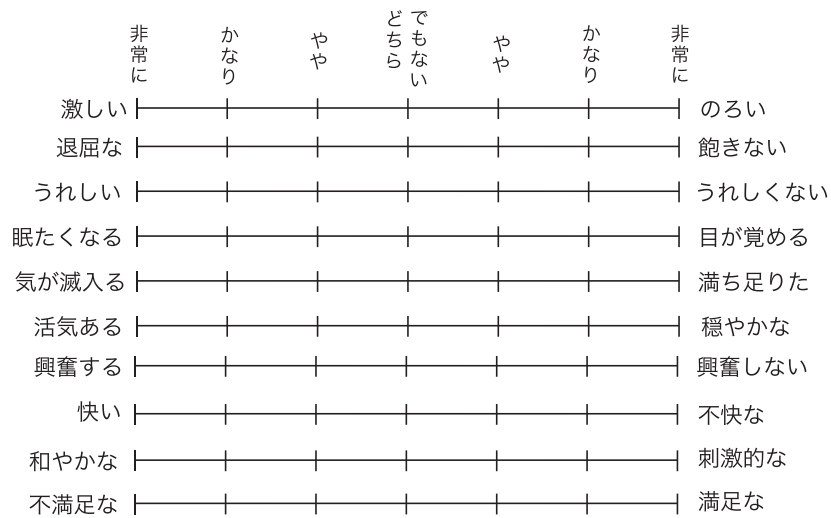


図 4.1: 実験に使用した評価項目

4.2 因子分析および因子得点の算出

印象評価実験の後、形容詞対について因子分析を行った。実験 1 では、33 名 × 15 刺激分 495 サンプルの印象評価結果データをもとに感情価形容詞対 5 項目、覚醒度形容詞対 5 項目、合計 10 項目の因子分析を行った。SD 法のデータは、評価対象 × 形容詞 × 被験者の 3 相データであるため、被験者と評価対象を一つの相にまとめ、2 相データとして扱い因子分析を行った（図 4.3）。因子数は 2、最尤法・共通因子分析・バリマックス回転による因子分析の結果を表 4.2 および図 4.4 に示す。



図 4.2: 実験環境風景

覚醒度、感情価形容詞10対

	はげしい	目が覚める	活気ある	・・・	飽きない
mov1 被験者1	-2	-1	-1	・・・	-3
mov1 被験者2	-1	-2	-2	・・・	-2
mov1 被験者3	-2	-1	-2	・・・	-2
被験者 × 映像刺激

mov15 被験者33	-3	-2	-3	・・・	-3

図 4.3: 因子分析に用いるデータ形式

表 4.2: 因子負荷量

	覚醒度	感情価	共通性
活気ある - 穏やかな	.907	.057	.83
激しい - のろい	.866	-.001	.75
刺激的な - 和やかな	.857	-.015	.73
目が覚める - 眠たくなる	.678	.321	.56
興奮する - 興奮しない	.659	.480	.66
満ち足りた - 気が滅入る	.112	.870	.77
快い - 不快な	-.092	.857	.74
満足な - 不満足な	.132	.850	.72
うれしい - うれしくない	.124	.843	.74
飽きない - 退屈な	.418	.660	.61
因子寄与	3.70	3.43	
累積寄与率	36.99	71.30	

表 4.2 からは、第一因子は覚醒度形容詞に負荷が高く、第二因子は感情価形容詞に負荷が高いため、第一因子が覚醒度因子、第二因子が感情価因子を示していると考えられる。累積寄与率は第一因子で 36.99 %、第二因子で 71.3 % となった。また、尺度の信頼性を確認するため Cronbach の α 係数を求めたところ、覚醒度因子で約 0.90、感情価因子で約 0.90、全体で約 0.88 であり信頼性の高さが示された。

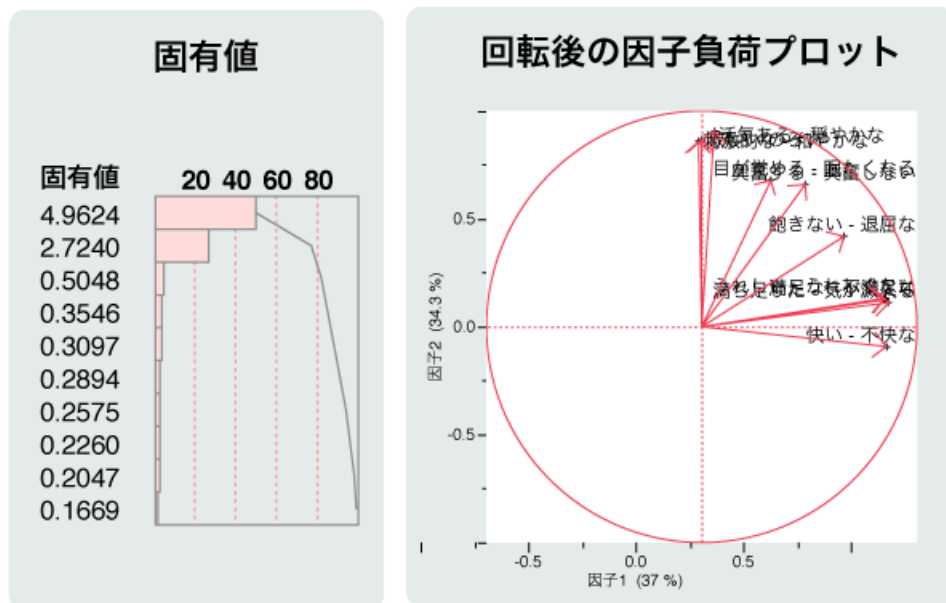


図 4.4: 実験 1 の因子分析における固有値、回転後の因子負荷プロット

同様に、実験 2 では、25 名 × 21 刺激分 525 サンプルの印象評価結果データを元に因子分析を行った。因子数は 2、最尤法・共通因子分析・バリマックス回転による因子分析の結果を表 4.3 および 4.5 に示す。実験 2 の因子分析でも、実験 1 とほぼ同等の結果が示された。Cronbach の α 係数を求めたところ、覚醒度因子で約 0.89、感情価因子で約 0.86、全体で約 0.77 であり、信頼性の高さが示された。

表 4.3: 因子負荷量

	覚醒度	感情価	共通性
活気ある - 穏やかな	.865	-.154	.77
激しい - のろい	.833	-.115	.71
刺激的な - 和やかな	.826	-.299	.77
目が覚める - 眠たくなる	.778	.119	.62
興奮する - 興奮しない	.622	.202	.43
満ち足りた - 気が滅入る	-.086	.797	.64
快い - 不快な	-.197	.829	.73
満足な - 不満足な	-.012	.844	.71
うれしい - うれしくない	.013	.795	.63
飽きない - 退屈な	.413	.568	.49
因子寄与	3.33	3.17	
累積寄与率	33.33	65.05	

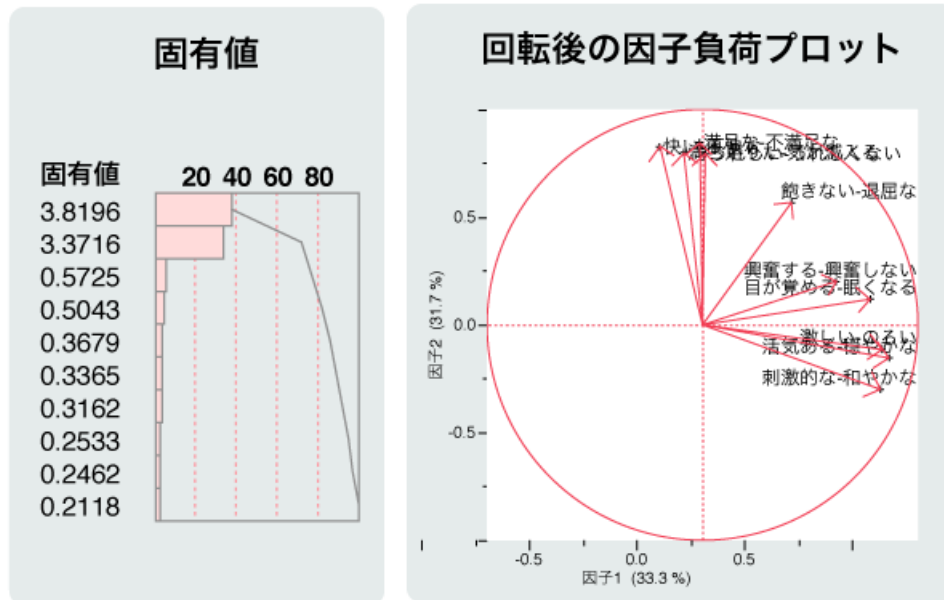


図 4.5: 実験2の因子分析における固有値、回転後の因子負荷プロット

これらの結果より、ジェネラティブアート映像視聴に対しても、感情価と覚醒度の2次元感性モデルを適用可能であることが示唆された。続いて、各因子について、各映像の被験者間での平均因子得点を算出し、映像の動きの指標との回帰分析の従属変数として用いることにした。実験1の各映像の平均因子得点を表4.4、実験2の平均因子得点を表4.5に示す。

表 4.4: 実験1 各刺激の平均因子得点 (小数点第4位以下四捨五入)

刺激	覚醒度	感情価
1	-0.986	0.259
2	-0.349	0.186
3	1.097	-0.025
4	0.827	0.245
5	-1.141	-0.227
6	-0.520	0.461
7	1.052	0.250
8	0.056	0.314
9	-0.630	0.594
10	0.939	0.321
11	-1.117	-0.086
12	-0.075	-0.421
13	0.863	-0.677
14	0.382	-0.880
15	-0.400	-0.314

表 4.5: 実験 2 各刺激の平均因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)

刺激	タイプ	速度	覚醒度	感情価
1	円・ランダム無	低	-0.963	0.507
2	円・ランダム無	高	-0.004	0.113
3	円・ランダム小	低	-0.432	-0.507
4	円・ランダム小	高	0.653	-0.409
5	円・ランダム大	低	0.716	-0.622
6	円・ランダム大	高	0.941	-0.716
7	線・滑らかさ大	低	-0.671	0.634
8	線・滑らかさ大	中	-0.287	0.867
9	線・滑らかさ大	高	0.909	0.675
10	線・滑らかさ中	低	-0.632	0.342
11	線・滑らかさ中	中	-0.313	0.156
12	線・滑らかさ中	高	1.028	0.316
13	線・滑らかさ小	低	-0.261	-0.023
14	線・滑らかさ小	中	0.186	-0.184
15	線・滑らかさ小	高	1.045	-0.369
16	矩形・ランダム無	低	-0.844	0.173
17	矩形・ランダム無	中	-0.483	0.174
18	矩形・ランダム無	高	0.796	-0.604
19	矩形・ランダム有	低	-1.154	-0.275
20	矩形・ランダム有	中	-0.490	0.013
21	矩形・ランダム有	高	0.261	-0.262

4.3 印象評価における個人差の確認

印象評価実験結果に対する確認的因子分析により、ジェネラティブアート映像視聴においても覚醒度、感情価の因子構造が確認することが出来た。その際、形容詞に対する評価項目をひとつの変数にとり、被験者と映像を一次元にまとめて因子分析を行った為に、それぞれの被験者ごとの映像に対する好み、個人差がどの程度含まれているのか、明らかではない。感性評価の結果は、デザイン手法を構築して行く際の基礎的な情報となるため、前段階として、映像に対する個人の好みがそれぞれの因子にどのように影響しているのか、個人差がどの程度存在し、それを考慮すべきであるかどうかを検証して行く必要がある。

4.3.1 分析方法

ここでは被験者ごとの映像に対する評価傾向の違いを分析対象とするため、被験者をひとつめの変数にとり、各刺激映像と覚醒度次元、感情価次元、それぞれに対応する評価項目を一つの次元にまとめ、主成分分析を行う。図 4.6 にデータ形式を示す。図の様に、感性評価データを被験者ごとに列表現し、映像刺激と評価項目の組み合わせを行表現したデータを主成分分析にかける。その際、被験者による評価スケールの違いを取り除く為に、相関行列を元にした主成分分析を採用した。これは、+3 から-3 の 7 段階評価の場合、全体を通して+3 や-3 など、極端な数値で評価する傾向がある人や、全体的に+1、-1 など小さな数値で評価する傾向がある人がいるが、これは感じ方の違いというよりも、自分の感じ方をはっきり表明する性格であるかそうでないか、という性格差である可能性が高い。今回確認したい個人差は、そうした性格の違いではなく、例えば、動きの遅い映像を好む傾向があるか、速い映像を好む傾向があるか、といった、映像のタイプに対応した相対的な評価の傾向である。そのため、元データに対して標準化を行う、相関行列を元にした主成分分析を用いることとした。

		被験者				
		被験者1	被験者2	被験者3	...	被験者33
刺激 × 5評価項目	mov1 はげしい	-2	-1	-1	...	-3
	mov1 目が覚める	-1	-2	-2	...	-2
	mov1 活気ある	-2	-1	-2	...	-2

	mov15 刺激的な	-3	-2	-3	...	-3

図 4.6: 主成分分析に用いるデータ形式 (例: 実験1 覚醒度、数値はダミー)

4.3.2 覚醒度における評価傾向

始めに実験1の覚醒度における主成分分析結果を表4.6、スクリープロットを図4.7、主成分負荷量のヒストグラムを図4.8、各映像刺激ごとに5つの評価項目の主成分得点の平均値を表4.7に示す。なお、ここでの主成分負荷量は、固有値の平方根に固有ベクトルを掛けて算出したものである。

表 4.6: 実験1 主成分分析結果 (覚醒度次元)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
固有値	18.45	1.57	1.49	1.12	1.07	0.95	0.88	0.78	0.68
寄与率	0.56	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
累積寄与率	0.56	0.61	0.65	0.69	0.72	0.75	0.77	0.80	0.82

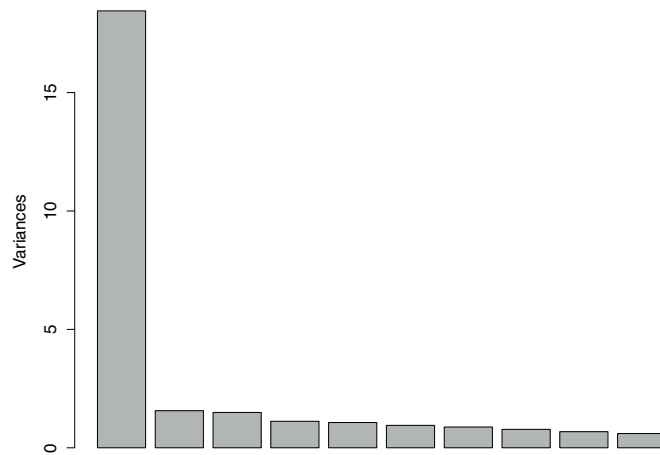


図 4.7: 実験 1 覚醒度スクリープロット

スクリープロットと固有値の値を見ると、第 1 主成分の固有値が 18.4 でそれ以降第 2 主成分の固有値が 1.5、と急激に下降していることが分かる。第 1 主成分の寄与率は約 56%であるが、覚醒度を評価の要因が特に第 1 主成分に占められる割合が大きいことが分かる。主成分負荷量は、各被験者と各主成分との相関性を示しているが、図 4.8 を見ると、高い値に分布が偏っており、評価傾向の個人差が少ないことが分かる。

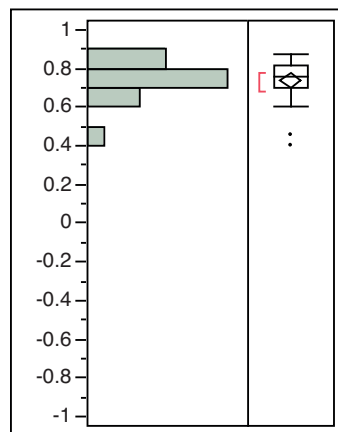


図 4.8: 実験 1 覚醒度、第 1 主成分負荷量の分布

表 4.7: 各映像の第 1 主成分得点（5 項目平均）と覚醒度

刺激	PC1average	覚醒度
1	-4.87	-0.99
2	-1.59	-0.35
3	5.69	1.10
4	4.25	0.83
5	-5.91	-1.14
6	-2.19	-0.52
7	5.53	1.05
8	0.25	0.06
9	-2.67	-0.63
10	5.07	0.94
11	-5.73	-1.12
12	-1.00	-0.07
13	3.94	0.86
14	1.37	0.38
15	-2.13	-0.40

また、各映像刺激ごとに 5 つの評価項目の第 1 主成分得点の平均値を求め、値が高い映像順にその傾向を観察したところ、パーティクルの動きが速い映像ほど第 1 主成分得点が高くなっている傾向が確認出来た。各映像の覚醒度との回帰分析を行ったところ、 R^2 乗 = 0.99（相関係数 = 0.99）、 $p < .0001$ の極めて高い相関であり、第 1 主成分と考えられる「動きの速さ」のみでも、覚醒度を充分評価できることが示された。回帰モデルは、覚醒度因子得点 = $-1.32e-11 + 0.1973831 * \text{第 1 主成分得点}$ であった。

実験 2 の分析結果について分析結果を表 4.8、スクリープロットを図 4.9、第 1 主成分負荷量の分布を図 4.10、各映像刺激ごとの主成分得点を表 4.9 に示す。

表 4.8: 実験 2 主成分分析結果 (覚醒度次元)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
固有値	12.37	1.56	1.15	1.07	1.00	0.85	0.73	0.71	0.70
寄与率	0.49	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
累積寄与率	0.49	0.56	0.60	0.65	0.69	0.72	0.75	0.78	0.81

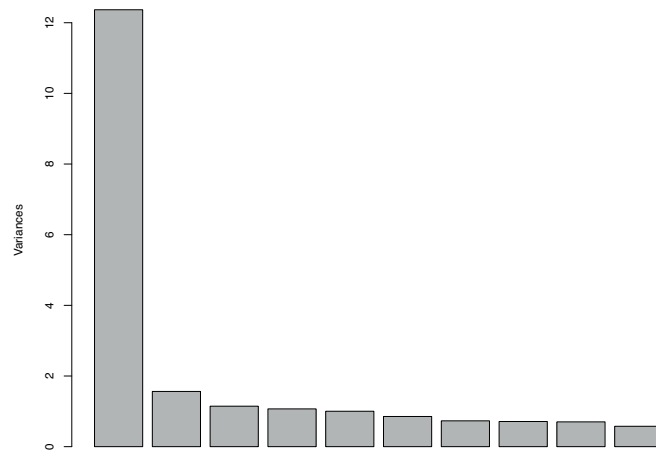


図 4.9: 実験 2 覚醒度スクリープロット

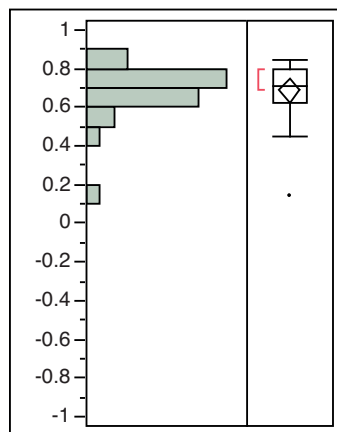


図 4.10: 実験 2 覚醒度、第 1 主成分負荷量の分布

表 4.9: 各映像の第 1 主成分得点（5 項目平均）と覚醒度

刺激	PC1 average	覚醒度
1	-4.27	-0.96
2	0.17	0.00
3	-1.91	-0.43
4	2.57	0.65
5	3.34	0.72
6	4.43	0.94
7	-3.44	-0.67
8	-1.57	-0.29
9	3.99	0.91
10	-3.06	-0.63
11	-1.76	-0.31
12	4.60	1.03
13	-1.37	-0.26
14	0.99	0.19
15	4.62	1.04
16	-3.79	-0.84
17	-1.85	-0.48
18	3.67	0.80
19	-4.83	-1.15
20	-2.01	-0.49
21	1.48	0.26

実験 2 の結果も、実験 1 と同様に、第 1 成分以降固有値が急降下しており、やはり、映像内のオブジェクトの動きが速い映像ほど主成分得点が高くなっている傾向が観察出来た。主成分負荷量の分布についても同様に、高い値に分布が偏っており、個人差が少ないことが分かる。主成分得点の平均値と覚醒度との回帰分析結果は、 R^2 乗 = 0.99（相関係数 0.99）、 $p < .0001$ と、やはり実験 1 と同様の結果となった。回帰モデルは、覚醒度因子得点 = $4.7619e-5 + 0.221456 * \text{第 1 主成分得点}$ であった。

映像の速さが覚醒度を上昇させる傾向は既往研究の知見と一致しており、ジェネラティブアート映像においても、motion intensity という指標が、覚醒度推定値を

物理的に算出する際に有用であることが示された。

4.3.3 感情価における個人差の結果

実験1の感情価における分析結果を表4.10、スクリープロットを図4.11、主成分負荷量と主成分得点のプロットを図4.12および4.13、各映像刺激ごとの主成分得点を表に示す。主成分負荷量プロット内の赤文字が、被験者のベクトルを表し、主成分得点の黒文字が各映像刺激を表している。また、図4.14には、各主成分負荷量の分布を示す。

表 4.10: 実験1 主成分分析結果 (感情価次元)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
固有値	8.20	3.54	2.30	2.16	2.02	1.83	1.70	1.19	1.05
寄与率	0.25	0.11	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03
累積寄与率	0.25	0.36	0.43	0.49	0.55	0.61	0.66	0.70	0.73

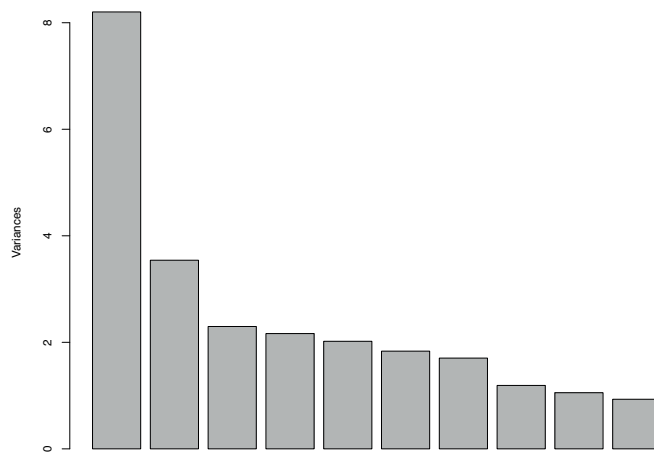


図 4.11: 実験1 感情価スクリープロット

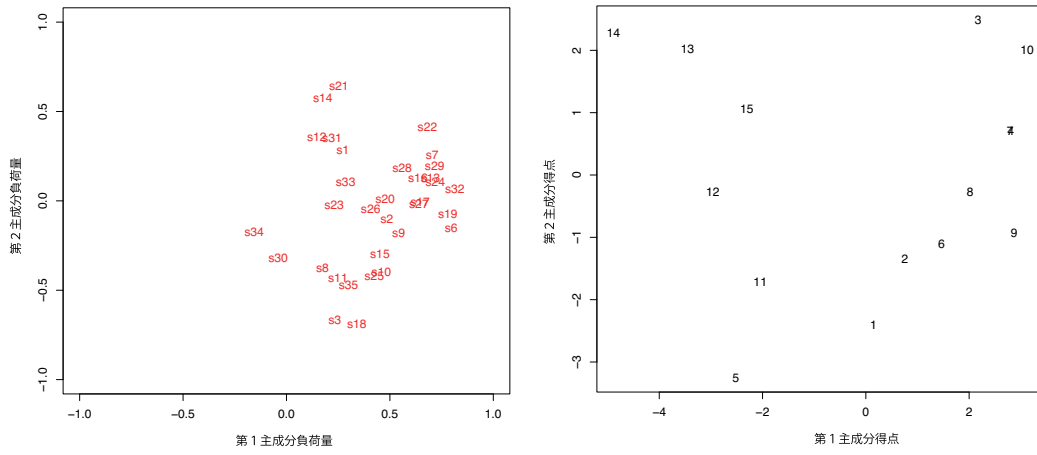


図 4.12: 実験1 感情価第1-第2主成分のプロット

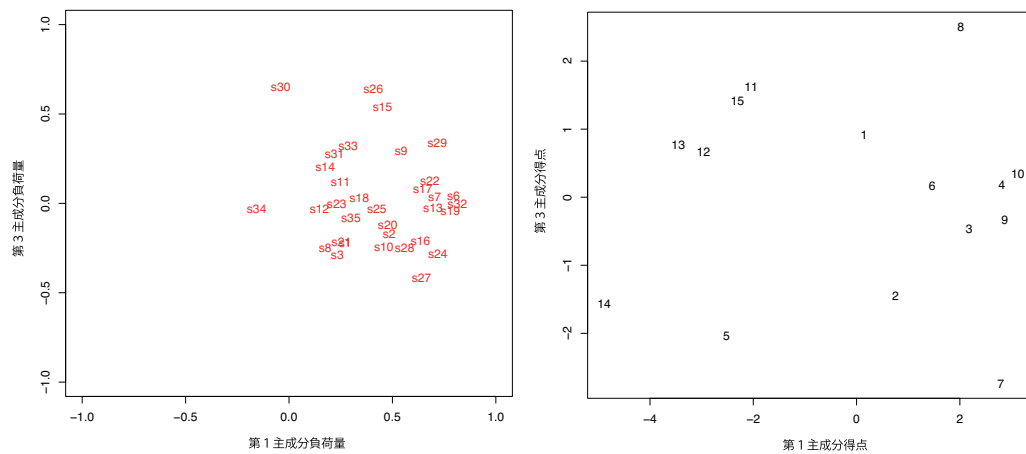


図 4.13: 実験1 感情価第1-3主成分のプロット

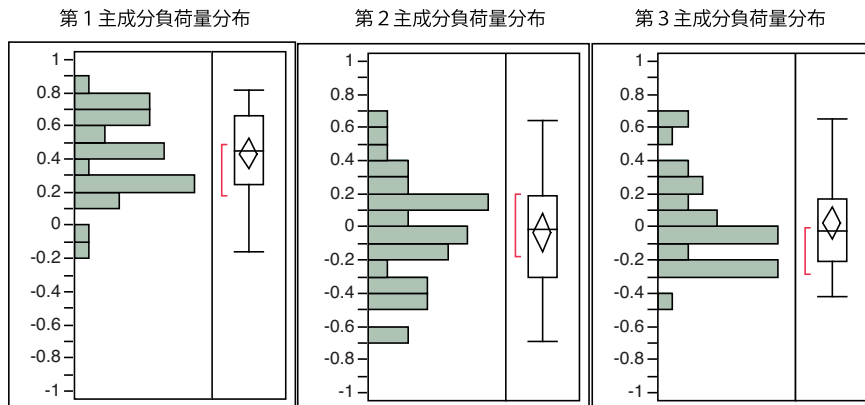


図 4.14: 実験 1 感情価、主成分負荷量の分布

表 4.11: 各映像の主成分得点（5項目平均）と感情価

刺激	PC1 average	PC2 average	PC3 average	感情価
1	0.15	-2.40	0.92	0.259
2	0.75	-1.34	-1.45	0.186
3	2.18	2.48	-0.47	-0.025
4	2.81	0.70	0.18	0.245
5	-2.52	-3.25	-2.04	-0.227
6	1.47	-1.10	0.16	0.461
7	2.79	0.71	-2.74	0.25
8	2.02	-0.27	2.51	0.314
9	2.87	-0.93	-0.33	0.594
10	3.12	2.01	0.34	0.321
11	-2.04	-1.71	1.62	-0.086
12	-2.96	-0.27	0.67	-0.421
13	-3.45	2.03	0.77	-0.677
14	-4.89	2.28	-1.57	-0.88
15	-2.30	1.07	1.42	-0.314

分析結果を見ると、第 1 主成分の寄与率が約 24.9%、第 2 主成分が約 10.7%、第 3 主成分が約 7.0%、それ以降の成分の寄与率は徐々に減衰している。従って、映像の快-不快については、覚醒度の様に単一の要因が大きな割合を占めるのではなく、

様々に細かな要因が働いている可能性が示された。スクリープロットと固有値の大きさから、第3主成分までの3成分について考察し、モデル形成の為の指針とする。

まず第1主成分得点と映像の質について傾向を観察したところ、主成分得点の低いものは、映像の開始から終わりまで、大まかな構造が変化しない、“単調な”映像で占められていた。その逆に、主成分得点の高いものは、構造変化に富んだ、“豊かな”展開のある映像であった。これらの傾向から、第1主成分は、映像の“展開の豊かさ”に関するものであると考えられる。図4.14の第1主成分負荷量分布からは、多くの被験者の負荷量が正方向の値に偏っており、一般的に単調な映像よりも、“豊かな”展開のある映像を、好ましく評価する傾向があることが確認出来る。前章でもとめた、各映像の感情価因子得点と、第1主成分得点との回帰分析を行ったところ、 $R^2 = 0.819$ （相関係数0.905）、 $P < .0001$ であり、被験者全体の平均的な傾向と一致していることが分かる。寄与率は25%と程度では有るが、映像の快不快を評価する上で一般的な評価要因となることが示された。回帰モデルは、感情価因子得点 = $9.393e-12 + 0.1408876 * \text{第1主成分得点}$ であった。

第2主成分について、同様に傾向を観察したところ、主成分得点と、映像内のパーティクルの速さとが対応している傾向が確認出来た。図4.14の第2主成分負荷量分布を見ると、負荷量の分布は広く、動きの速いものを好む人、動きの遅いものを好む人、個人差があることが分かる。感情価因子得点との回帰分析の結果は、 $R^2 = 0.125$ （相関係数-0.353）、 $p = 0.1955$ で、有意な相関は見られず、速さに対する好みにも個人差が存在することが示された。回帰モデルは、感情価因子得点 = $5.63e-12 - 0.0844548 * \text{第2主成分得点}$ であった。

次に第3主成分について傾向を観察したところ、対応が厳密では無いものの、主成分得点が高い映像は、パーティクルが画面全体に一樣に拡散しているものが多く、逆に得点が高い映像は、パーティクルの分布にまとまりがあるものが多い傾向が見られた。図4.14の第3主成分負荷量分布を見ると、被験者のベクトルが広がっているものの、正方向に偏りが見られ、パーティクルが一樣に拡散している映像は好まれない傾向があることが分かる。感情化因子得点との回帰分析の結果は、 $R^2 = 0.0043$ （相関係数0.0661）、 $p = 0.8149$ で有意な相関は確認出来なかった。回帰モデルは、感情価値因子得点 = $1.139e-17 + 0.019442 * \text{第3主成分得点}$ であった。

次に実験2の感情価における分析結果を表4.12、スクリープロットを図4.15、主

成分負荷量・主成分得点のプロットを図 4.16 および 4.17、各映像刺激ごとの主成分得点を表 4.13 に示す。また、図 4.18 には、各主成分負荷量の分布を示す。

表 4.12: 実験 2 主成分分析結果 (感情価次元)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
固有値	6.18	2.94	1.73	1.51	1.44	1.30	1.17	0.97	0.86
寄与率	0.25	0.12	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03
累積寄与率	0.25	0.36	0.43	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72

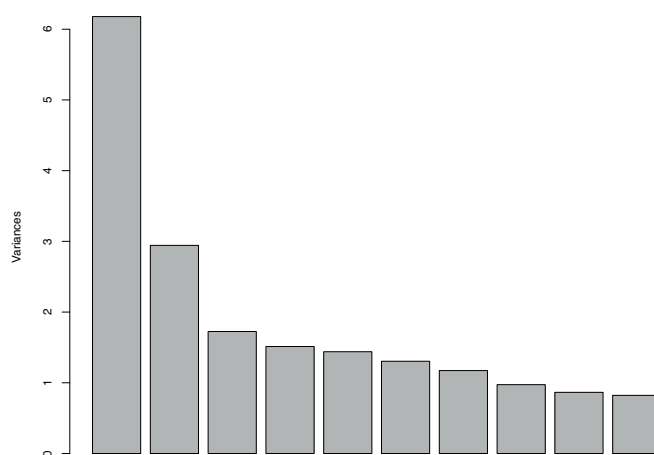


図 4.15: 実験 2 スクリープロット

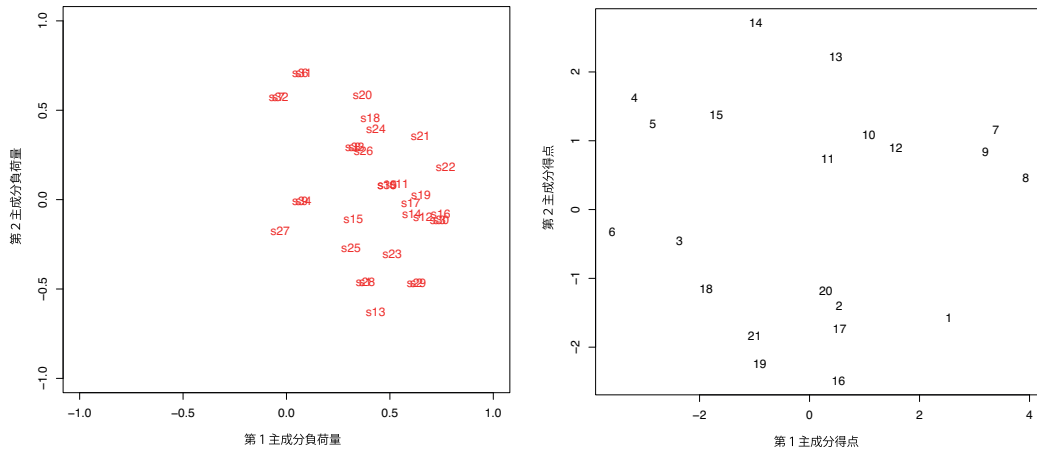


図 4.16: 実験2 感情価第1-第2主成分のプロット

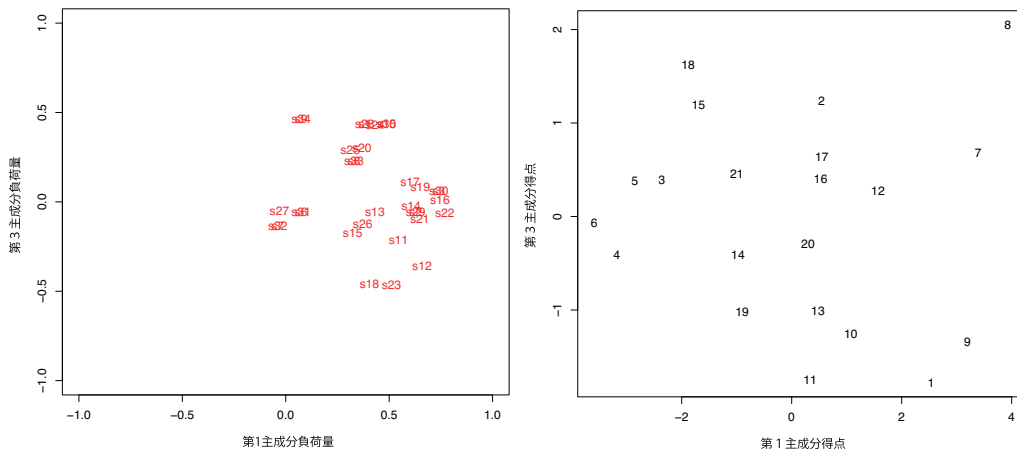


図 4.17: 実験2 感情価第1-第3主成分のプロット

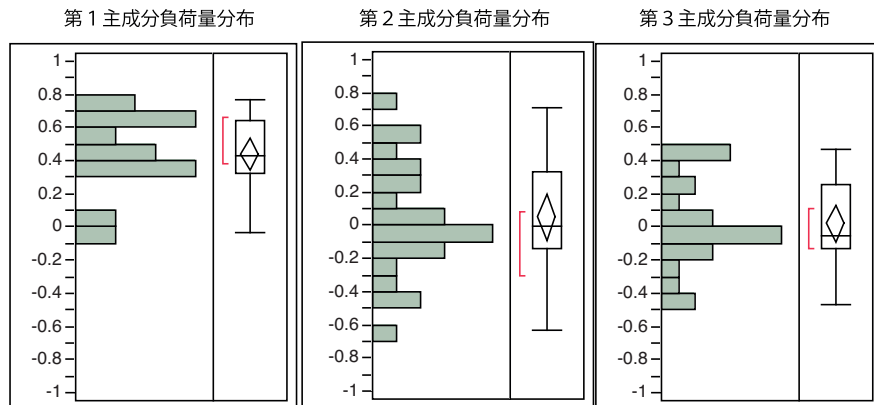


図 4.18: 実験2 感情価、主成分負荷量の分布

分析結果を見ると、第1主成分の寄与率が約24.7%、第2主成分が約11.8%、第3主成分が約7.0%であり、それ以降の成分の寄与率は徐々に減衰している。実験1と同様に、幾つかの要因によって、快不快が評価される傾向が示された。スクリープロットと固有値の大きさから、第3主成分までの3成分について考察し、モデル形成の為の指針とする。

まず第1主成分得点と映像の質について傾向を観察したところ、主成分得点の高いものは、映像内のオブジェクトの動きが滑らかであり、逆に得点の低いものは、滑らかさが低く、粗い動きによって構成された映像であった。従って、第1主成分は、動きの滑らかさに関する成分であると考えられる。図4.18の第1主成分負荷量分布を見ると、正方向に分布が偏っており、被験者全体の傾向として、動きの滑らかさが低く、粗い動きをする映像よりも、滑らかな映像を好む傾向があることが分かる。また、感情価因子得点と、第1主成分得点との回帰分析を行ったところ、 $R^2 = 0.958$ (相関係数0.979)、 $P < .0001$ であり、被験者全体の平均的な傾向と一致ともしている。回帰モデルは、感情化因子得点 = $-4.762e-5 + 0.2060346 * \text{第1主成分得点}$ であった。

第2主成分について、同様に傾向を観察したところ、主成分得点の低いものは、シンメトリーや直線による図形の構成など、幾何学的な規則性が高く、逆に主成分得点の高いものは、ランダムな線やオブジェクトの配置など、不規則性が高い映像であることが分かった。従って、第2主成分は、画面構成における幾何学的規則性に関する成分であると考えられる。図4.18の第2主成分負荷量分布を見ると、分布

表 4.13: 各映像の主成分得点（5項目平均）と感情価

刺激	PC1 average	PC2 average	PC3 average	感情価
1	2.54	-1.57	-1.78	0.507
2	0.54	-1.40	1.23	0.113
3	-2.36	-0.45	0.39	-0.507
4	-3.18	1.63	-0.41	-0.409
5	-2.85	1.24	0.38	-0.622
6	-3.59	-0.32	-0.07	-0.716
7	3.39	1.16	0.68	0.634
8	3.93	0.46	2.05	0.867
9	3.20	0.84	-1.34	0.675
10	1.08	1.08	-1.26	0.342
11	0.33	0.74	-1.75	0.156
12	1.57	0.90	0.27	0.316
13	0.48	2.22	-1.01	-0.023
14	-0.98	2.71	-0.41	-0.184
15	-1.69	1.38	1.20	-0.369
16	0.53	-2.49	0.40	0.173
17	0.55	-1.73	0.64	0.174
18	-1.88	-1.15	1.63	-0.604
19	-0.90	-2.25	-1.02	-0.275
20	0.30	-1.19	-0.29	0.013
21	-1.00	-1.83	0.46	-0.262

は全体に広がっており、幾何学的規則性に対しては、個人によって好みに分かれる可能性が示されている。感情価因子得点と、第1主成分得点との回帰分析を行ったところ、 $R^2=0.001$ （相関係数0.037）、 $P=0.8740$ であり、有意な相関は見られず、画面構成における規則性に対する好みに個人差が存在することが示された。回帰モデルは、感情価因子得点 $= -4.762e-5 + 0.0108526 \times$ 第2主成分得点であった。

第3主成分については、主成分得点と映像の質の対応関係を観察したところ、有効な解釈を見出すことができなかった。

4.4 本章のまとめ

本章では、まずはじめに、ジェネラティブアート映像の感性評価における、覚醒度・感情価の感性モデルの適応可能性を確認するため、様々なアルゴリズムによって生成したジェネラティブアート映像に対して、SD法による印象評価実験を実施し、確認的因子分析を行った。その結果、ジェネラティブアート映像視聴においても覚醒度・感情価の因子構造を確認することができた。

また、各因子に対する被験者の評価傾向の個人差の検証を行ったところ、覚醒度次元では、「動きの速さ」が主な評価要因であることが確認でき、また個人差も少ないことから、既往研究で用いられてきた評価指標である Motion Intensity の有効性が示唆された。

一方で、映像の快-不快の評価に対応する感情価次元では、幾つかの要因が複合的に評価されており、下位の要因では個人差が存在することが分かった。まず、被験者全体の一般的な傾向と一致する要因としては、「展開の豊かさ-単調さ」と「動きの滑らかさ-粗さ」が、映像の快感情を評価する際に最も大きな要因となっていることが示唆された。

また、下位の要因では、「動きの速さ」「映像モチーフの拡散度合い」「幾何学的規則性」も評価要因となっており、それぞれ個人差が存在していることが示唆され、「映像モチーフの拡散度合い」については、モチーフ一様に画面内に拡散している映像は好まれない傾向があることが分かった。

第5章 モーション解析による覚醒度分析

5.1 はじめに

本章ではジェネラティブアート映像の覚醒度評価におけるモーション解析の有効性の検討について報告する。一般的な映像を対象とした既往研究では、覚醒度推定の指標として、Motion Intensityが挙げられていることを述べた。この指標は、オプティカルフロー解析を用い、連続するフレーム間での画面内の平均的な動きの長さ（ベクトル長）を求めるものである。全てのベクトル長を平均化したものであるため、画面内の一部だけで動きが起きていた場合と全体で動きが起きていた場合との、動きの規模の区別は考慮されていない。そこで、動きの全体規模の違いが覚醒度の上昇に齎す可能性についても検証する為に、Motion Intensityに加え、Motion Amountという指標を提案し、主観的な覚醒度との回帰分析を行った。始めに実験1の結果を元にMotion IntensityおよびMotion Amountの指標の有効性を確認し、その後有効であった指標について実験2の結果を用いて検証を行った。

5.2 動き指標の算出

5.2.1 オプティカルフロー解析

実験1の各映像刺激ごとに30[fps] × 45[sec]、合計データ1350枚のbitmap画像を得た後、各映像刺激からオプティカルフローの算出を行った。オプティカルフローの計算にはOpenCVライブラリ[46]を用い、ブロックマッチング法により算出した(22)。パラメータを調整し、誤差の少ない結果を判断したところ、ブロックサイズは2 × 2pixelの場合が最も良好な結果が得られたためこのサイズを用いた。ブロックサイズ2 × 2、画像サイズ720 × 480であるため、1フレーム辺りに算出されるベクトル数は $720/2 \times 480/2 = 86,400$ 個である。

5.2.2 Motion Amount の算出

Motion Amount は、画面の広い範囲でオブジェクトが早く動き続けた場合に高くなり、逆に狭い範囲で遅く動き続けた場合には低くなる、動きの全体規模を表す指標である。

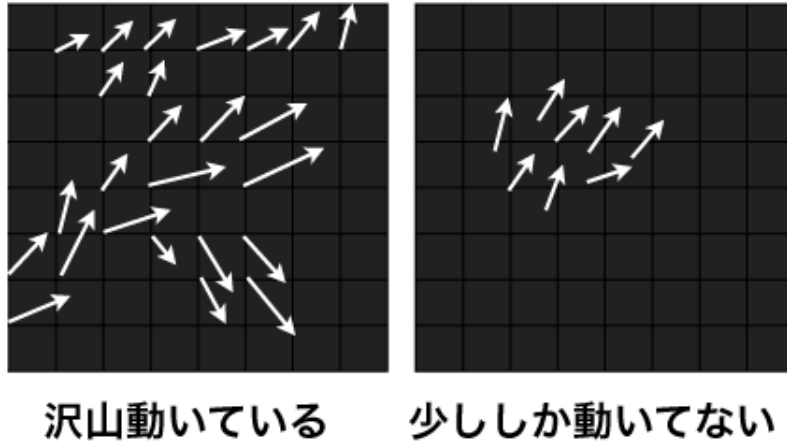


図 5.1: Motion Amount の概念図

t 番目のフレームにおける i 番目のベクトルの長さを $m(t, i)$ とすると、Motion Amount MA は、

$$MA = \frac{\sum_{t=1}^L \sum_{i=1}^N m(t, i)}{L} \quad (5.1)$$

より、画面内の全ベクトルの総計のフレーム平均が算出される。これを Motion Amount として扱う。このとき、 L はフレーム長、 N は 1 フレーム辺りのベクトル数を示し、 $L = 1349$ 、 $N = 86,400$ である。算出された各刺激の Motion Amount を表 6.3 に示す。

5.2.3 Motion Intensity の算出

Motion Intensity は、映像内で速く移動するオブジェクトの割合が多かった場合に値が高くなり、逆に遅く移動するオブジェクトの割合が多かった場合には値が低くなる指標であり、オブジェクト移動の平均速度に対応する。

Motion Intensity を求めるにあたり、まず、各刺激のデータから 0 よりも大きい

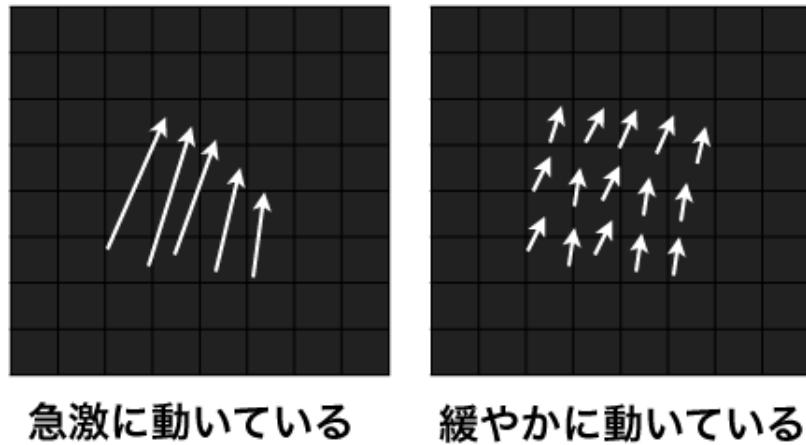


図 5.2: Motion Amount の概念図

長さを持つベクトルの個数 V を、

$$V = \sum_{t=1}^L \sum_{i=1}^N f(t, i) \quad (5.2)$$

$$f(t, i) = \begin{cases} 1 & m(t, i) > 0 \\ 0 & m(t, i) = 0 \end{cases} \quad (5.3)$$

より算出し、

$$MI = \frac{\sum_{t=1}^L \sum_{i=1}^N m(t, i)}{V} \quad (5.4)$$

全ベクトルの長さの合計を V で割ることで、Motion Intensity MI が求められる。算出された各映像刺激の Motion Intensity を表 5.1 に示す。

5.3 覚醒度と動き指標の回帰分析

5.3.1 覚醒度と Motion Amount の回帰分析

先ず始めに、Motion Amount と覚醒度との回帰分析を行った。図 5.3 に各刺激の覚醒度因子得点と Motion Amount との関係を示したが、Motion Amount が大きい映像は覚醒度が高くなる傾向がやや見られるものの、Motion Amount が小さい値にも関わらず、覚醒度が極めて高い映像があることがわかる。回帰分析の結果、覚醒度因子 = $-0.448667 + 2.3461e-5 * \text{motion amount}[\text{pixel}]$ 、決定係数 R^2 乗 0.132 (相関係数 0.363)、 $p = 0.1828$ となり、有意な相関は示されなかった。

表 5.1: 各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入) , Motion Amount (単位: *pixels/unittime*) , Motion Intensity (単位: *pixels/vector*)

刺激	覚醒度	Motion Amount	Motion Intensity
1	-0.986	4424	1.78
2	-0.349	2483	2.15
3	1.097	2765	3.79
4	0.827	8876	2.98
5	-1.141	9043	1.84
6	-0.520	14601	2.04
7	1.052	27403	3.06
8	0.056	30459	2.16
9	-0.630	19047	2.22
10	0.939	30542	2.45
11	-1.117	12202	1.74
12	-0.075	38838	2.29
13	0.863	40033	2.55
14	0.382	23065	2.21
15	-0.400	23073	2.09

5.3.2 覚醒度と Motion Intensity の回帰分析

次に Motion Intensity と覚醒度との回帰分析を行った。図 5.4 に各刺激の覚醒度因子得点と Motion Intensity の関係を示したが、Motion Intensity の大きさに比例し、覚醒度因子得点が高くなる傾向が示されている。回帰分析の結果、覚醒度因子得点 = $-2.918754 + 1.239149 * \text{Motion Intensity}[\text{pixel}]$ 、決定係数 r^2 乗 0.712 (相関係数 0.844) ($p < .0001$) となり、有意な強い相関があることが確認された。

5.4 考察

5.4.1 回帰分析結果について

まず、Motion Amount について、値が大きい映像は覚醒度が高くなる傾向がやや見られるものの、値が低くとも覚醒度が極めて高い映像もあり、覚醒度を評価す

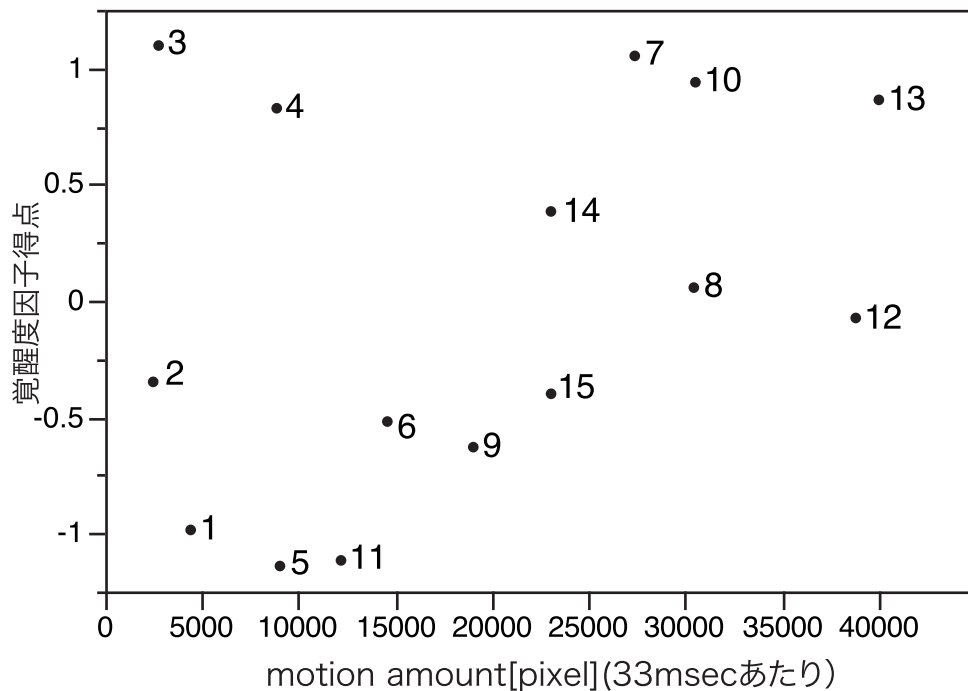


図 5.3: 覚醒度と Motion Amount の散布図

る指標としては不十分であることがわかった。映像3や4は、パーティクルがまとまって動く映像であるため、拡散して動く映像に比べ、画面の狭い範囲でしか映像変化が起きていないことになり、その結果 Motion Amount が低くなる。しかし、それらの映像の覚醒度は上位に位置し、また Motion Intensity は他の映像と比較して高いため、映像変化の規模よりも、オブジェクトの移動速度が覚醒度の上昇に強く影響していることが推察できる。

一方、Motion Intensity については、散布図からも明確な相関関係があることを読み取る事ができ、回帰分析の結果からも有意な強い相関があることが確認できた。また、サンプル群に対して Ward 法によるクラスター分析を行ったところ、距離が著しく変化している位置で2ないし3つのグループに分けられる可能性が示された(図 5.5)。ここで2つのグループを想定すると、

- 平均移動量 2.5pixel 以上で覚醒度が1に近いグループ (刺激 3, 4, 7, 10, 13) と
- 平均移動量 2.5pixel 以下で、覚醒度が0.5以下のグループ (刺激 1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15)

に分けることができる。

また、3つのグループを想定すると、

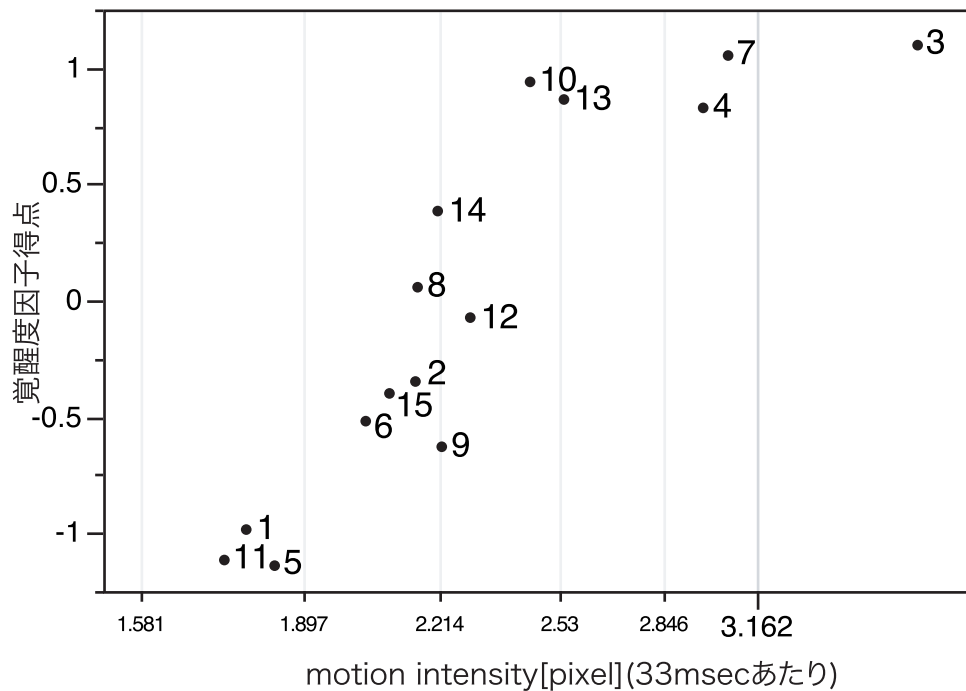


図 5.4: 覚醒度と Motion Intensity の散布図

- 平均移動量 2pixel 以下で，覚醒度が-1 付近のグループ（刺激 1, 5, 11）
- 平均移動量 2.2pixel 近辺で，覚醒度が-0.5～0.5 の間に分布しているグループ（刺激 2, 6, 8, 9, 12, 14, 15）
- 平均移動量 2.5pixel 以上で，覚醒度が1 近辺のグループ（刺激 3, 4, 7, 10, 13）

に分けられる。このことから，平均移動量と覚醒度は単純な比例関係でなく，単位時間辺りの移動量がある感覚上の閾値を越えると，急激に覚醒度が上昇する傾向があることが推察できる。

5.4.2 移動量分布について

上述の Motion Intensity は全フレームの非ゼロベクトル長の平均をとったものであるため、約 33.3msec 辺り約 1.5～3pixel と極めて小さな値になっている。他の映像を評価する場合にも、直接的にこの数値域から覚醒度を評価できるかどうかについては議論の余地が残る。そこで、実際にどの程度の移動量が含まれているか、その分布を確認する為にヒストグラムを作成し、分析を行った。ヒストグラムを図 5.6 に示す。縦軸が度数（対数スケール）であり、横軸が移動量（pixel）である。

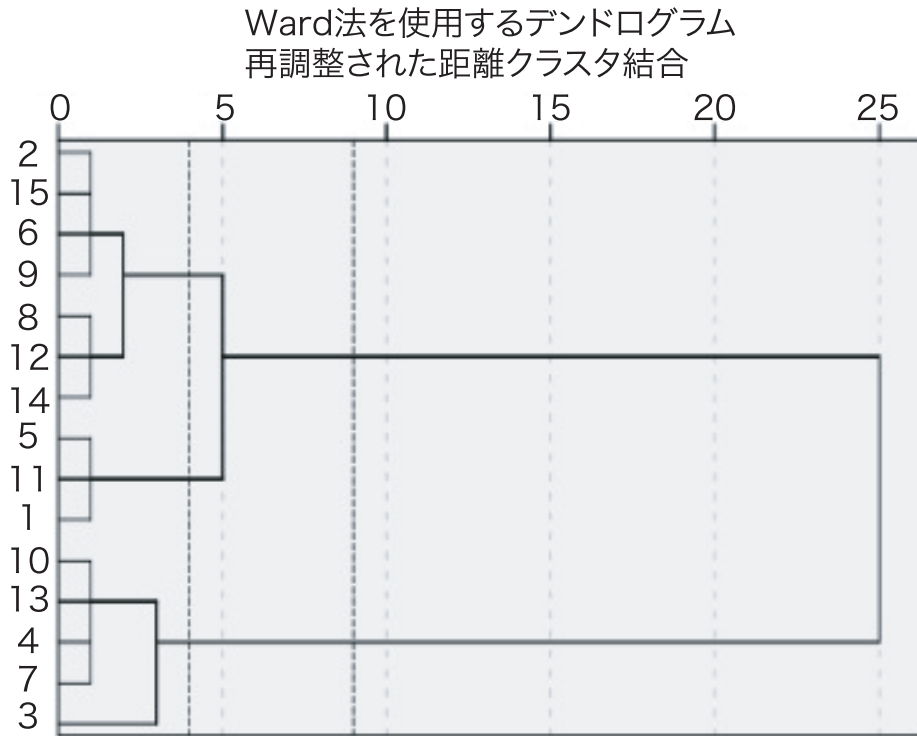


図 5.5: クラスタ分析結果

ヒストグラムを観察すると、覚醒度の低いグループで特に最左のビン（移動量 3.5pixel 以下）が他に比べて突出していることが確認できる。そこで、3.5pixel 以下の移動量の分布比率（表 5.2 参照）を求め、覚醒度との回帰分析を行ったところ、 $\text{覚醒度} = 7.8063159 - 9.2528986 * \text{分布比率}$ 、決定係数 r^2 乗 0.75（相関係数-0.87）、 $p < .0001$ の強い負の相関があることが示された。したがって、単位時間を約 33.3msec とすると、移動量約 3pixel（ディスプレイ上の表示領域に換算すると、約 2mm）以下の遅い動きの割合が多い時に覚醒度が低くなり、逆にそれよりも速い動きの割合が多くなると覚醒度が上昇する傾向があることが推察できる。移動量分布の分析においても、感覚上の閾値の存在を指示する結果となった。

5.4.3 覚醒度評価の時間枠についての留意

これまで見て来た Motion Intensity は、約 33.3msec という単位時間での移動量データのみを扱っているため、この時間枠での移動量が直接覚醒度の上昇に関わっているのか、より長い時間枠で継続する動きの部分を示しているのかについては、このデータのみでは判断することができない。Card らの Model Human Processor

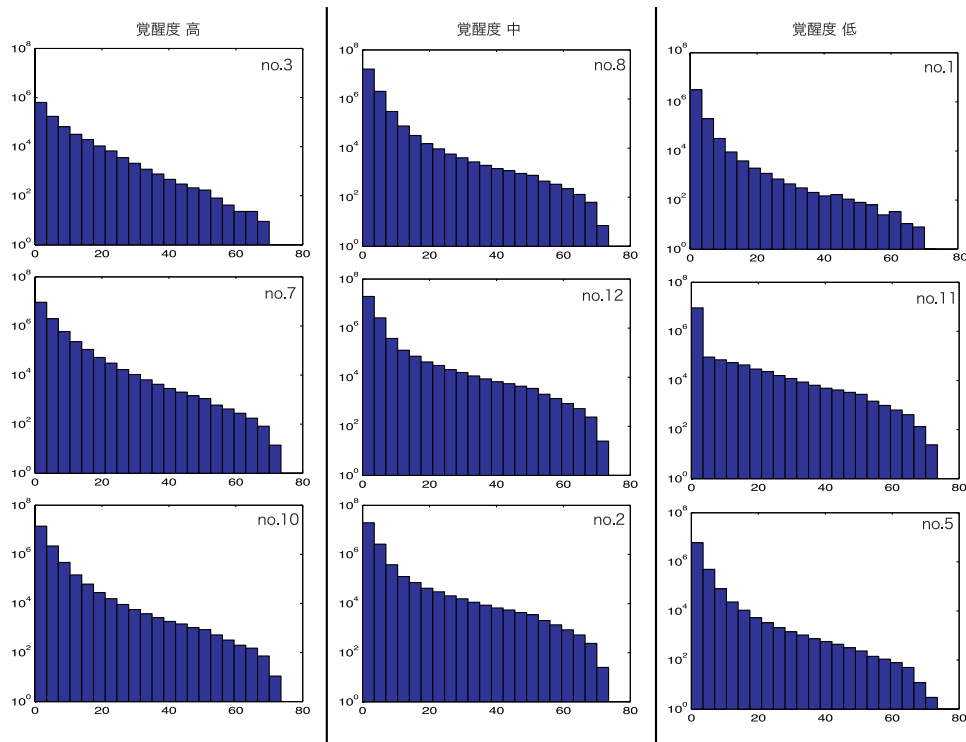


図 5.6: 移動量のヒストグラム

によれば、人間の認知処理にかかる 1 サイクルは (知覚プロセッサ 1 サイクル約 100msec) + (認知プロセッサ 1 サイクル約 100msec) = 合計約 200msec であり [47], 約 33.3msec は知覚プロセッサの 1 サイクル以下の時間幅となる。知覚段階での情報処理が覚醒度の上昇に関わっているのか、それよりも後の情報処理に関わっているのか、あるいは両方が関わっているかを判断し、覚醒度評価に最も適した時間枠を特定するためには、より長い単位時間での移動量データでの分析を行い、比較考察を行う必要がある。そこで、フレーム間隔を変えてオプティカルフロー解析を行い、各映像の平均移動量の変化の確認を行った。

表 5.3 に約 33.3msec (1 フレーム間隔)、約 100msec (3 フレーム間隔)、約 200msec (6 フレーム間隔) での平均移動量を示し、図 5.7 に約 100msec、約 200msec 間隔での Motion Intensity と覚醒度の散布図を示す。これらからは、覚醒度の高いグループの映像である刺激 3,4,7,10 は、フレーム間隔を広くするに従い移動量も増加していることがわかる (約 200msec の移動量が約 33.3msec の移動量と比較して約 1.7 倍~3 倍)。これらの映像は、同方向に連続して伸びて行く動きが多いために、フレーム間隔に比例して移動量が増加していると考えられる。約 200msec 程度の時間枠で大きく移動する動きが多く含まれる映像の覚醒度が高くなる傾向が見られるこ

表 5.2: 各刺激の移動量分布比率 (単位:%, 小数点 2 位以下四捨五入)

刺激	0-3.5pixel	3.5 - 14pixel	14pixel - 70pixel
1	92.3	7.4	0.3
2	85.9	13.7	0.4
3	66.8	28.4	4.8
4	73.3	25.7	1.0
5	90.6	9.0	0.4
6	88.6	11.1	0.2
7	75.4	22.6	1.9
8	86.7	12.9	0.4
9	86.4	12.9	0.7
10	82.7	16.5	0.8
11	96.1	2.2	1.7
12	85.3	13.7	1.0
13	81.3	17.5	1.2
14	86.0	13.6	0.4
15	88.0	11.7	0.3

とから、人間の認知特性上、約 33.3msec が決定的な時間枠でなく、それ以上の時間枠での移動量が覚醒度の上昇に関わっている可能性も考えられる。

一方、覚醒度が中程度以下のグループでは刺激 2 以外の映像は、フレーム間隔を広くしても移動量があまり変化していない (約 200msec の移動量が約 33.3msec の移動量と比較して約 1.5 倍以下)。この結果には、2 種類の原因が混在していると考えられる。1 つ目は、オブジェクトの移動速度が遅く実際に移動量増加が少ないものである。

2 つ目は、オプティカルフロー解析の特性上、動きの軌道を誤って解析されてしまっているものである。オプティカルフローは直線移動の追跡を前提とするものであるが、曲線軌道やランダム運動が多く含まれる映像では、フレーム間隔が広くなった場合にエイリアシングが発生し、結果として移動量があまり変化していないのではないかと推察される。また、パーティクルが分散している映像については、フレーム間隔が広がるに従い軌道の追跡が困難になるため、異なるパーティクルを誤認して追跡している可能性も考えられる。刺激 2 の映像については、まとまっ

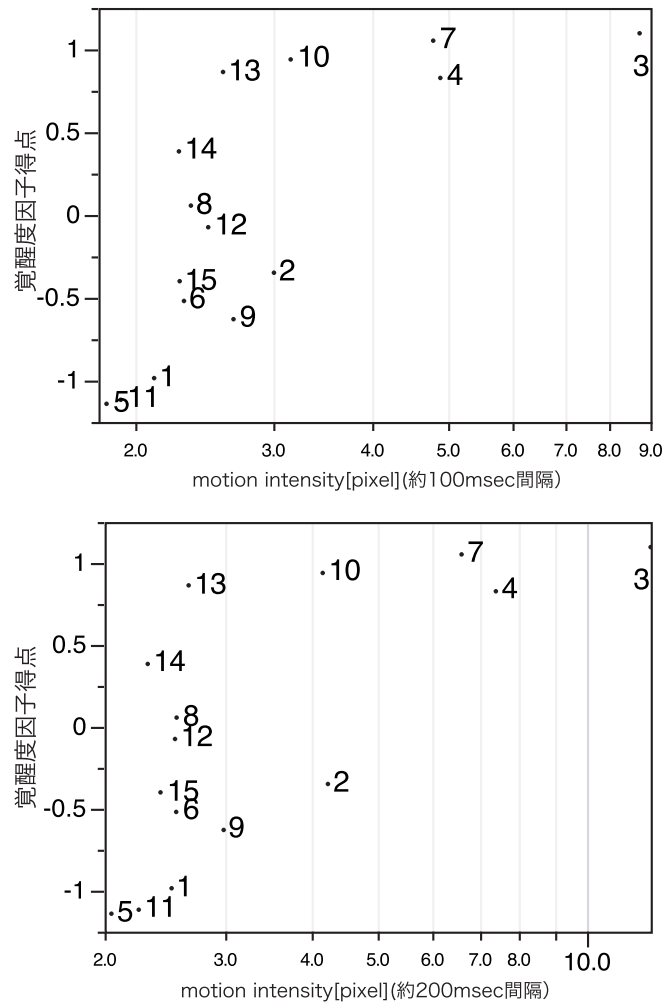


図 5.7: 約 100msec および約 200msec 間隔での Motion Intensity の散布図

て同方向に伸びて行く動きが多いために、フレーム間隔を広くしても正確に移動量が解析できていると考えられるが、他の映像についても正確に追跡が出来ていれば移動量が増加する可能性がある。長い時間枠での移動量の算出には、ブロックマッチング法によるオプティカルフロー解析では不十分であるため、より精度の高い動体解析技術を用い、人間の認知特性上、最も適切な覚醒度評価の時間枠を特定していく必要がある。

表 5.3: フレーム間隔を変えた際の Motion Intensity (単位: *pixels/vector*) , 括弧内は約 33.3msec との比率

刺激	約 33.3msec MI	約 100msec MI	約 200msec MI
1	1.78	2.12 (1.19)	2.50 (1.41)
2	2.15	3.00 (1.40)	4.22 (1.96)
3	3.79	8.72 (2.30)	12.41 (3.27)
4	2.98	4.88 (1.64)	7.40 (2.48)
5	1.84	1.84 (1.00)	2.05 (1.11)
6	2.04	2.31 (1.14)	2.54 (1.25)
7	3.06	4.78 (1.56)	6.60 (2.15)
8	2.16	2.36 (1.09)	2.55 (1.18)
9	2.22	2.67 (1.20)	2.98 (1.34)
10	2.45	3.15 (1.29)	4.15 (1.69)
11	1.74	1.92 (1.11)	2.24 (1.29)
12	2.29	2.48 (1.08)	2.53 (1.11)
13	2.55	2.59 (1.02)	2.65 (1.04)
14	2.21	2.28 (1.03)	2.31 (1.05)
15	2.09	2.28 (1.09)	2.41 (1.15)

5.5 実験 2 データを用いた有効性の検証

以上述べてきたように、実験 1 のデータを用いて Motion Amount と Motion Intensity の二つの指標の有効性を確認したところ、Motion Intensity および、移動量 3.5pixel/33.3msec 以下の分布比率と覚醒度との有意な相関性が示された。この指標が様々なタイプのジェネラティブアート映像の覚醒度評価に対しても有効であるかどうかを検証する為に、実験 2 のデータを用いて同様に回帰分析を行った。分析に用いた各映像刺激の覚醒度得点と、Motion Intensity、及び移動量分布比率を表 5.4 示す。まず、Motion Intensity と覚醒度の相関分析を行ったところ、覚醒度 = $-1.216572 + 0.0994425 * \text{Motion Intensity}$ 、決定係数 r^2 乗 0.514 (相関係数 0.717) ($p = 0.0003$) と中程度の正の相関性が確認出来た。また、移動量 3.5pixel/33.3msec 以下の分布比率との回帰分析を行ったところ、覚醒度 = $0.8196749 - 2.317181 * \text{分布比率}$ 、決定係数 r^2 乗 0.5380 (相関係数 -0.733) ($p = 0.0002$) と中程度の負の相関性が確認出来た。これらから、映像のタイプごとに精度の差は生じるものの、Motion

Intensity および移動量分布が様々なタイプのジェネラティブアート映像の覚醒度評価に有効な指標であることが示唆された。

表 5.4: 実験 2 各刺激の Motion Intensity (単位: *pixels/vector*) と移動量分布比率 (単位:%)

刺激	覚醒度	Motion Intensity	0-3.5pixel	3.5 - 14pixel	14pixel - 70pixel
1	-0.963	2.19	90.6	9.0	0.4
2	-0.004	7.99	13.8	81.7	4.5
3	-0.432	6.60	46.7	42.7	10.6
4	0.653	12.6	16.3	54.8	29.0
5	0.716	18.62	13.7	37.9	48.4
6	0.941	24.89	7.2	25.4	67.4
7	-0.671	14.18	38.2	29.2	32.6
8	-0.287	16.27	26.7	36.1	37.2
9	0.909	17.83	20.0	33.4	46.6
10	-0.632	11.96	46.0	27.2	26.7
11	-0.313	10.84	39.7	37.8	22.5
12	1.028	13.09	30.8	36.3	33.0
13	-0.261	12.86	50.9	20.2	28.9
14	0.186	15.15	41.1	23.9	35.0
15	1.045	16.41	35.3	25.8	38.9
16	-0.844	6.57	78.8	7.3	15.0
17	-0.483	7.08	27.7	62.6	9.7
18	0.796	14.40	8.0	53.4	38.6
19	-1.154	8.63	68.2	9.9	21.8
20	-0.490	7.26	32.8	58.0	9.1
21	0.261	11.50	12.4	64.0	23.6

5.6 分析指標の感情価への影響の検証

覚醒度分析指標としての有効性が確認出来た Motion Intensity と 3.5pixel の移動量分布比率が、感情価に影響している可能性を検証するために、各指標と感情価との相関性の検証を行った。始めに実験 1 の Motion Intensity と感情価因子の回帰分析を行ったところ、決定係数 r^2 乗 0.0015 ($p = 0.8907$)、実験 2 では、 r^2 乗係数 0.0601 ($p = 0.2841$)、と有意な相関性は示されなかった。また、3.5pixel 以下の分布比率についても回帰分析を行ったところ、実験 1 では決定係数 r^2 乗 0.0020 ($p=0.8741$)、実験 2 では、決定係数 r^2 乗 0.099 ($p = 0.1652$) と、優位な相関性は示されなかった。このことから、画面内のオブジェクトの移動速度を示す Motion Intensity は感情価の上昇、抑制に強く影響していないことが示唆された。

5.7 本章のまとめ

ジェネラティブアート映像のオプティカルフロー解析を用い、映像変化の規模を表す指標として Motion Amount、オブジェクトの動きの速さを表す指標として Motion Intensity を提案し、印象評価実験を通じて得られた各映像の覚醒度因子得点との相関性を分析した。その結果、Motion Intensity と覚醒度因子得点との間に強い相関性が確認され、また、Motion Intensity が一定の値を越えると急激に覚醒度が上昇する傾向があることが示唆された。さらに、移動量分布の分析からは単位時間約 33.3msec あたりの移動量 3pixel (ディスプレイ上の表示領域に換算すると約 2mm) 付近を境にそれよりも遅い動きの割合が多い時に覚醒度が低くなり、逆にそれよりも速い動きの割合が多くなると覚醒度が上昇する傾向があることが示された。

これらの結果より、ジェネラティブアート映像視聴において、オプティカルフローの移動量を用いた覚醒度評価が有効性が示され、また、Motion Intensity と覚醒度が単純な比例関係ではなく、速度域によって覚醒度の上昇率が変化する傾向があることが示された。一般の映像の覚醒度推定においても、動きの量が覚醒度の上昇に関わることは示されて来たが、こうした傾向は想定されてこなかった。今回、ジェネラティブアート視聴においてこのような傾向があることを示したことで、例えば、視聴者を鎮静させる目的の映像を制作する場合には、3pixel/33.3msec 以下の動きの割合を多くする、逆に興奮させる目的の映像を制作する場合には 3pixel/33.3msec 以上の動きの割合を多くする、といったように、定量的な動きのデザイン手法の一助となることが期待できる。

第6章 フレーム間差分量による覚醒度 評価

6.1 はじめに

本章ではジェネラティブアート映像の覚醒度評価におけるフレーム間差分量の有効性の検討について報告する。一般的な映像を対象とした既往研究では、カット頻度 (Shot Rate) が用いられてきた。この指標の問題点については第1章で述べた。この問題点に対して、フレーム間差分量という連続値を時系列として扱い、時系列特徴を求めることで、カット頻度の代替指標とすることを考案した。モーション解析の場合と同様に、始めに実験1の結果を元に指標の有効性を確認し、その後有効であった指標について実験2の結果を用いて検証を行った。

6.2 フレーム間差分量の算出

実験1の各映像刺激ごとに30[fps] × 45[sec]、合計データ1350枚のbitmap画像を得た後、連続するフレーム間で輝度変化(二値のため、白→黒、及び、黒→白)のあったピクセル数を抽出し、データ長1349の時系列データを算出した。

時刻 t における着目画素の画素値を $I_{ij}(t)$ 、次時刻の同位置の画素値を $I_{ij}(t+1)$ とすれば、

$$f(i, j, t) = |I_{ij}(t+1) - I_{ij}(t)| \quad (6.1)$$

によって差分値が算出される。変化の生じたピクセル数を算出するため、

$$d(i, j, t) = \begin{cases} 1 & f(i, j, t) \geq \theta \\ 0 & f(i, j, t) < \theta \end{cases} \quad (6.2)$$

により差分値の二値化処理を行う。刺激映像は白黒二色の映像であるため、閾値 $\theta = 1$ とした。差分量時系列を $\{D_t \mid D_1, D_2, D_3, \dots, D_{s-1}\}$ 、総フレーム数 $s = 1350$ とすると、

$$D_t = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} d(i, j, t) \quad (6.3)$$

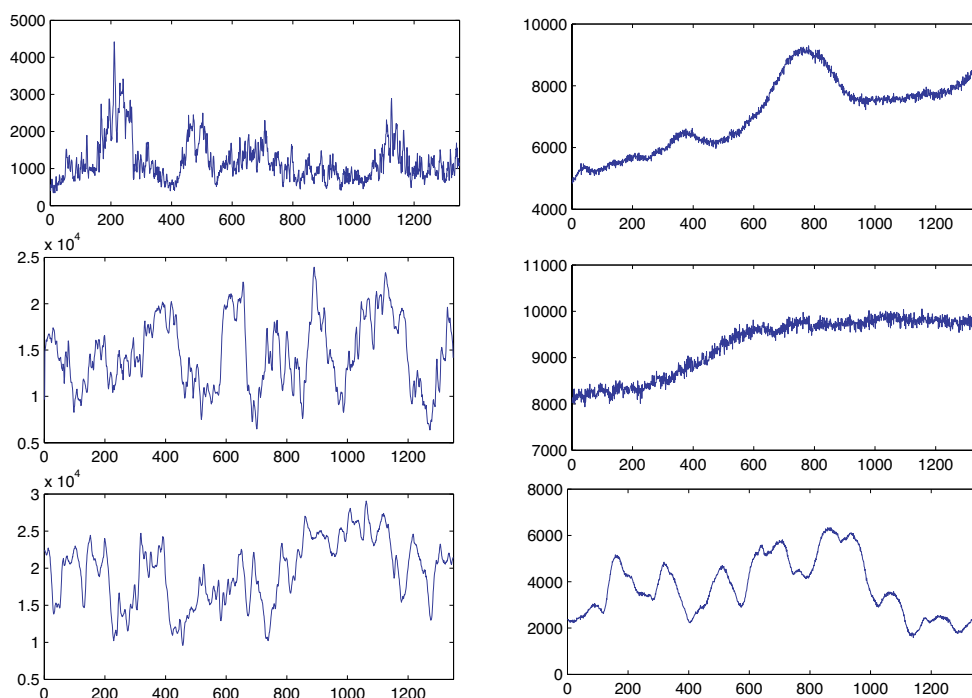


図 6.1: 差分時間系列 2 次元プロット例: 左列が覚醒度因子得点の高い順に 3 つ、右列が低い順に 3 つを掲載. 縦軸が差分量 [pixel]、横軸がフレーム数に対応.

によりフレーム間差分量が全フレーム分算出される ($m = 720, n = 480$).

図 6.1 に映像の覚醒度因子得点の高い順から 3 刺激、及び低い順から 3 刺激の差分時間系列を二次元プロットした例を示す. 横軸はフレーム数 (t)、縦軸は変化のあったピクセル数である (画像の総ピクセルは $720 \times 480 = 345,600$). 振幅に合わせて縦軸を調節している.

6.3 覚醒度と平均差分量の回帰分析

Candy の知見を参照すると、「映像の変化量が多い程、覚醒度が高い」という仮説を立てることができる. この「映像の変化量」が、単純に映像内の差分量の多寡に相当するかどうか検証する為、覚醒度因子得点と、各映像刺激の平均差分量との回帰分析を行った. 各映像刺激の平均差分量 MD は、次式で表される.

$$MD = \frac{\sum_{t=1}^{s-1} D_t}{S - 1} \quad (6.4)$$

表 6.3 内に各映像刺激の平均差分量を示す.

覚醒度因子得点を従属変数、平均差分量を独立変数にとり、二変量の回帰分析を行ったところ、決定係数 r^2 乗 = 0.054 ($p = 0.4043$) となり、二変量に有意な相関性は認められなかった。この結果より、単純に映像のフレーム間差分量の多寡によっては、覚醒度を評価できないことが示された。図 6.2 では幾つかの映像の 1 秒間 (30 フレーム分) のフレーム間差分の累積イメージと覚醒度との関係を図示したが、差分量が多くとも覚醒度が低い映像、逆に、差分量が少なくとも覚醒度が高い映像があることがわかる。

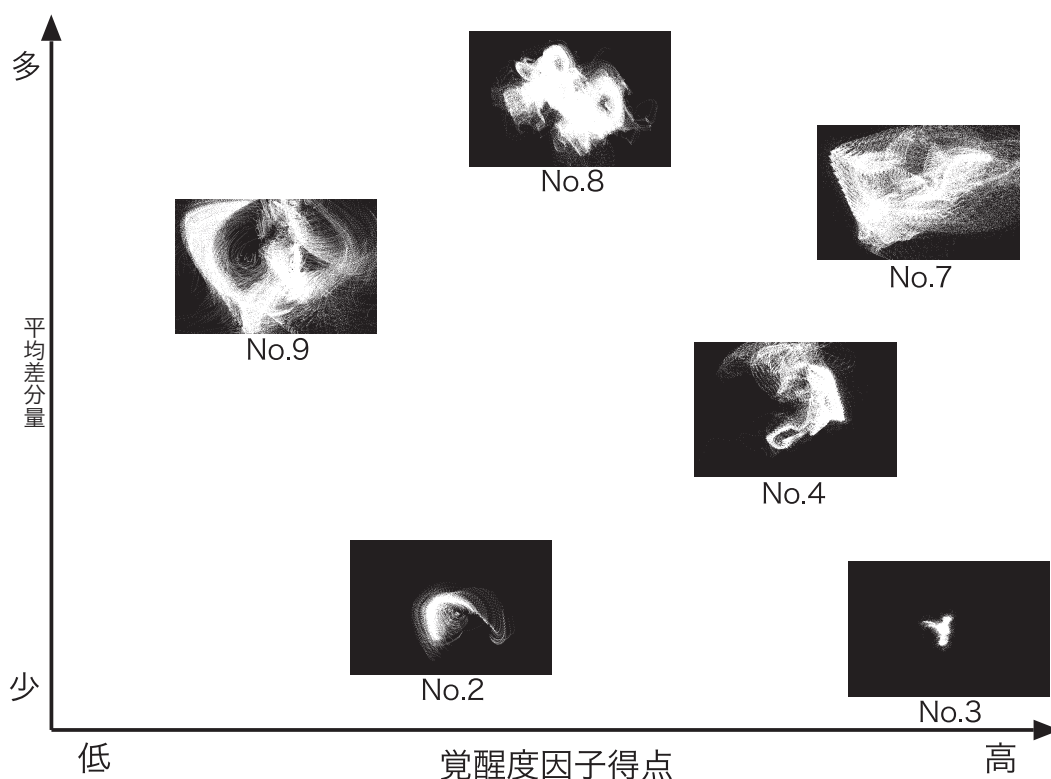


図 6.2: 平均差分量と覚醒度の散布図

6.4 覚醒度と差分量時系列のスペクトル構成の回帰分析

Lang らの「映像算出速度」という概念は、映像変化の時間的特徴を示していると捉えることができる [38][39]。Lang らは、一定時間内の映像のカット数を「映像算出速度」と表したが、カット間の映像の類似度が低ければ、映像のカットが切り替わる瞬間にはフレーム間差分量のピークが生じると考えられる。即ち、カット数の増大に従い、短時間で頻繁に差分量のピークが生じるということになる。このよ

うな時間的特徴の観点から差分量データを解釈すると、図 6.1 からは、覚醒度因子得点の高い刺激は、差分量時系列の波形形状が鋭く、短時間で差分量のピークが頻繁に生じており、波形の高周波成分が支配的であることが観察できる。逆に、覚醒度因子得点の低い刺激は、差分量の変動が緩やかでピークが生じておらず、波形形状がなだらかで、低周波成分が支配的であることが観察できる。このように各映像の覚醒度因子得点と差分量時系列の波形特徴の対応から、差分量の変動特性と覚醒度因子得点との相関が有る可能性が観察されたため、差分量時系列のスペクトルを算出した後、低域から高域まで 6 つの帯域に分けて各帯域の合成スペクトルの構成比を算出し、因子得点との回帰分析に用いることとした。

6.4.1 差分量時系列のスペクトル構成の算出

はじめに、各刺激映像の差分量時系列のフーリエ解析 (FFT) により波形の周波数スペクトルを算出した。FFT の各パラメータを表 6.1 に示す。ナイキスト周波数を求める為に、サンプル数は差分量時系列の第一サンプル (D_1) を削除した 1348 サンプルとした。

表 6.1: FFT パラメータ

サンプリング周波数 f_s	30Hz
ナイキスト周波数 n_s	15Hz
サンプル長 l	1348
ウィンドウ長 w	1348

FFT の結果より、0Hz からナイキスト周波数 15Hz までの $hl = \frac{l}{2} + 1 = 675$ 個のパワースペクトル $\{P_i \mid P_1, P_2, P_3, \dots, P_{hl}\}$ を得た。その後、周波数領域を対数スケール上で低域から高域まで 6 つの帯域に分け、各帯域の合成スペクトル構成比を算出した。この際、 P_1 (0Hz のパワー) は DC 成分であるため、これを除外して計算を行った。

まず、パワースペクトル P に対応する周波数列の対数 $\{LF_i \mid LF_1, LF_2, LF_3, \dots, LF_{hl}\}$ は、

$$LF(i) = \log(\delta f \times (i - 1)) \quad (6.5)$$

により算出できる。次に、帯域幅 BW は、

$$BW = \left| \frac{LF_{hl} - LF_2}{6} \right| \quad (6.6)$$

により算出し、各帯域の領域最小値 \min 、及び \max は、

$$\min(x) = F_2 + BW \cdot (x - 1) \quad (6.7)$$

$$\max(x) = F_2 + BW \cdot x \quad (6.8)$$

により求められる。各帯域合成スペクトルの全体における構成比 $\{SS_x \mid SS_1, SS_2, SS_3, \dots, SS_6\}$ は、

$$SS(x) = \frac{\sum_{i=2}^{hl} f(x, i)}{\sum_{i=2}^{hl} P_i} \times 100 \quad (6.9)$$

$$f(x, i) = \begin{cases} P_i & \text{IF } \min(x) \leq LF_i < \max(x) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6.10)$$

により算出した。映像刺激ごとの各帯域のスペクトル構成比を表 6.3 内に示す。また、各帯域周期の時間長を表 6.2 に示す。

表 6.2: 周波数帯域と周期の時間長

帯域	周波数	周期長
低域 1	0.066 - 0.022 Hz	14.98 - 44.93 sec
低域 2	0.200 - 0.066 Hz	5.61- 14.98 sec
中域 1	0.579 - 0.200 Hz	1.66 - 5.61 sec
中域 2	1.714 - 0.579 Hz	583 - 1664 msec
高域 1	5.742 - 1.714 Hz	197 -583 msec
高域 2	14.98 - 5.742 Hz	66 - 197msec

6.4.2 回帰分析

各映像の覚醒度因子得点 (1×15 刺激) を従属変数、差分量時系列のスペクトル構成比 (6 帯域 \times 15 刺激) を独立変数に設定し、重回帰分析を行った。多重共線性を避けるため、ステップワイズ法 (変数増減法, 閾値 p 値 = 0.1) により独立変数を選択した後、回帰モデルの作成を行った。重回帰分析の結果、中域 2 (回帰係数 17.95, $t = 5.07$, $p = 0.0002$) のみが有意な変数として選択された (表 6.4)。回帰モデルは、覚醒度因子得点 = $-0.681214 + 17.949397 \cdot \text{中域 2}$ 、決定係数 r^2 乗は 0.664 (相関係数 0.815) ($p = 0.0002$) でありモデルの有意性が示された。

表 6.3: 各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)、平均差分量 (小数点第 2 位以下四捨五入)、差分量時系列のスペクトル比 (単位は%)

刺激番号	覚醒度	平均差分量	低域 1	低域 2	中域 1	中域 2	高域 1	高域 2
1	-0.986	3772.7	73.69	17.33	8.69	0.20	0.02	0.07
2	-0.349	1731.6	11.57	38.72	43.09	6.06	0.44	0.11
3	1.097	1192.9	10.57	52.57	14.13	10.68	9.63	2.43
4	0.827	5492.8	21.82	37.36	30.96	7.85	1.91	0.11
5	-1.141	7086.3	70.30	23.75	3.56	1.38	0.47	0.53
6	-0.520	11628.4	32.49	64.00	2.50	0.82	0.08	0.12
7	1.052	14548.8	9.29	50.14	30.22	8.28	1.98	0.09
8	0.056	21854.5	62.18	30.62	6.26	0.62	0.17	0.15
9	-0.630	11452.1	29.16	65.28	4.09	0.98	0.33	0.15
10	0.939	19579.8	45.41	24.60	20.31	8.67	0.97	0.03
11	-1.117	9272.7	85.72	7.48	3.50	1.25	0.59	1.46
12	-0.075	20043.3	45.28	51.11	2.94	0.35	0.15	0.18
13	0.863	18605.2	12.74	44.87	37.75	4.20	0.31	0.13
14	0.382	17422.4	10.07	54.83	27.99	5.18	0.73	1.20
15	-0.400	18157.1	35.15	54.61	9.50	0.40	0.13	0.21

6.4.3 考察

まず、覚醒度因子得点と、各映像刺激の平均差分量との回帰分析を行ったところ、フレーム間差分量の多寡によっては映像の覚醒度を評価できないことが示された。これは、例えば画面領域に一様にパーティクルが拡散した、拡散度の高い映像刺激において、パーティクルが重なること無く動いており、差分量は大きくなる傾向に有るが、全体形状に変化の無い規則的な映像となり、主観的な「映像の変化」としては捉えられないのではないかと考えられる。

一方で、差分量の時間的特徴に着目し、差分量時系列のスペクトル構成比による分析を行ったところ、中域 2 (583 - 1664 msec) のスペクトル比と覚醒度との間に強い正の相関が認められた。一周期は、差分量の増加と減少の二つの映像変化を含んでいるため、一つ分の変化に換算すると、約 290~830msec の時間枠になる。

この時間枠は、最短の認知処理時間から、視覚的短期記憶の保持時間の時間幅

表 6.4: 重回帰分析結果

項	回帰係数	標準誤差	t 値	p 値
切片	-0.681214	0.184395	-3.69	0.0027
中域 2	17.949397	3.541953	5.07	0.0002

に対応したものではないか、と推察できる。Card らの Model Human Processor[47]によれば、視覚情報の認知処理 1 サイクルにかかる時間長は知覚プロセッサ処理に約 100msec、認知プロセッサに約 100msec、合計約 200msec である。200msec 以上の間隔は仮現運動が知覚されなくなることからも、200msec 付近が視知覚現象を区切る事の出来る最少の時間枠であることが示唆されており、これ以下の時間枠で複数の動きがあった場合、連続する動き同士が融合して一つの現象として知覚されると考えられる。

一方、Phillips によれば、視覚的短期記憶 (Visual STM) の保持時間は約 600msec であることが報告されており [48]、また、乾と宮本の実験では、人物の顔の分割画像を順次的に表示した際に、最初に提示された画像と最後に提示された画像の間隔が 600msec 以内であれば、5 分割以下の画像を一つのまとまった顔としてパターン認知を行えることが報告されている [49]。このことから、600msec という時間枠が、VisualSTM に保持された視覚情報の符号化の時間枠であることと考えられる。Lang の報告においても、短時間で多くの視覚情報が入って来た場合に、符号化・貯蔵への処理資源を増やす為に覚醒度が上昇する、と考えられている。即ち、約 200~600msec の時間長の映像の変化 (大量のオブジェクトの加速-減速、拡大-縮小・変形等) が頻繁に生じ、他の時間長の動きに対して支配的である場合に、映像の符号化・貯蔵プロセスに必要な認知処理資源が増大し、資源の配分を促す為に覚醒度が上昇すると推察できる。

6.5 実験 2 のデータによる検証

以上述べてきたように、実験 1 のデータを用いて平均差分量と差分量時系列のスペクトル構成比の二つの指標の有効性を確認したところ、後者の中域 2 (583-1664msec) と覚醒度との有意な相関性が示された。この指標が、様々なタイプのジェネラティブアート映像の覚醒度評価に対しても有効であるかどうかを検証する為に、実験 2 のデータを用いて同様に重回帰分析を行った。

6.5.1 フレーム間差分量の算出

実験2の各映像刺激ごとに $30[\text{fps}] \times 45[\text{sec}]$ 、合計データ 1800 枚の bitmap 画像を得た後、連続するフレーム間での輝度変化を算出し、データ長 1799 の時系列データを算出した。実験1の映像の色情報は白・黒の2値であったが、実験2では輝度が256段階の8ビット表現になっている。実験1では変化のあったピクセル数を計測したが、実験2では輝度変化量の合計を求める。

時刻 t における着目画素の画素値を $I_{ij}(t)$ 、次時刻の同位置の画素値を $I_{ij}(t+1)$ とすれば、

$$f(i, j, t) = |I_{ij}(t+1) - I_{ij}(t)| \quad (6.11)$$

によって差分値が算出される。差分量時系列を $\{D_t \mid D_1, D_2, D_3, \dots, D_{s-1}\}$ 、総フレーム数 $s = 1800$ とすると、

$$D_t = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} f(i, j, t) \quad (6.12)$$

によりフレーム間差分量が全フレーム分算出される ($m = 720, n = 480$)。

6.5.2 差分量時系列のスペクトル構成の算出

実験1と同様に、はじめに各刺激映像の差分量時系列のフーリエ解析 (FFT) により波形の周波数スペクトルを算出した。FFT の各パラメータを表 6.5 に示す。ナイキスト周波数を求める為に、サンプル数は差分量時系列の第一サンプル (D_1) を削除した 1798 サンプルとした。

サンプリング周波数 f_s	30Hz
ナイキスト周波数 n_s	15Hz
サンプル長 l	1798
ウィンドウ長 w	1798

FFT の結果より、0Hz からナイキスト周波数 15Hz までの $hl = \frac{l}{2} + 1 = 900$ 個のパワースペクトル $\{P_i \mid P_1, P_2, P_3, \dots, P_{hl}\}$ を得た。その後、実験1で求めた帯域閾値を元に周波数領域を対数スケール上で低域から高域まで6つの帯域に分け (表 6.6)、各帯域の合成スペクトル構成比を算出した。この際、 P_1 (0Hz のパワー) は

DC成分であるため、これを除外して計算を行った。映像刺激ごとの各帯域のスペクトル構成比を表 6.7 内に示す。

表 6.6: 周波数帯域と周期の時間長

帯域	周波数	周期長
低域 1	0.066 - 0.016 Hz	14.98 - 59.93 sec
低域 2	0.200 - 0.066 Hz	5.61- 14.98 sec
中域 1	0.579 - 0.200 Hz	1.66 - 5.61 sec
中域 2	1.714 - 0.579 Hz	583 - 1664 msec
高域 1	5.074 - 1.714 Hz	197 -583 msec
高域 2	14.98 - 5.074 Hz	66 - 197msec

表 6.7: 各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)、平均差分量 (小数点第 2 位以下四捨五入)、差分量時系列のスペクトル比 (単位は%)

刺激番号	覚醒度	低域 1	低域 2	中域 1	中域 2	高域 1	高域 2
1	-0.963	0.06	0.28	0.60	0.04	0.01	0.00
2	-0.004	0.01	0.04	0.24	0.56	0.15	0.01
3	-0.432	0.03	0.13	0.26	0.17	0.22	0.19
4	0.653	0.05	0.05	0.20	0.24	0.25	0.21
5	0.716	0.01	0.07	0.15	0.24	0.26	0.28
6	0.941	0.03	0.07	0.14	0.23	0.23	0.31
7	-0.671	0.30	0.16	0.03	0.01	0.03	0.48
8	-0.287	0.46	0.29	0.09	0.01	0.01	0.14
9	0.909	0.15	0.39	0.41	0.04	0.01	0.01
10	-0.632	0.15	0.16	0.05	0.01	0.04	0.59
11	-0.313	0.20	0.24	0.21	0.06	0.02	0.27
12	1.028	0.18	0.25	0.44	0.11	0.01	0.01
13	-0.261	0.23	0.10	0.18	0.04	0.04	0.42
14	0.186	0.17	0.17	0.29	0.06	0.03	0.28
15	1.045	0.25	0.24	0.08	0.08	0.33	0.02
16	-0.844	0.06	0.27	0.53	0.11	0.03	0.01
17	-0.483	0.03	0.07	0.35	0.45	0.09	0.02
18	0.796	0.01	0.03	0.08	0.34	0.46	0.08
19	-1.154	0.41	0.33	0.17	0.07	0.02	0.01
20	-0.490	0.08	0.22	0.37	0.25	0.06	0.02
21	0.261	0.05	0.13	0.36	0.28	0.14	0.04

6.5.3 回帰分析

各映像の覚醒度因子得点 (1 × 21 刺激) を従属変数、差分量時系列のスペクトル構成比 (6 帯域 × 21 刺激) を独立変数に設定し、重回帰分析を行った。多重共線性を避けるため、ステップワイズ法 (変数増減法, 閾値 p 値 = 0.1) により独立変数を選択した後、回帰モデルの作成を行った。ステップワイズ法による独立変数選択の結果、高域 1 が有意な変数として選択されたため、単回帰分析を行ったところ、覚醒度因子得点 = $-0.36735 + 3.1621399 \times \text{高域 1}$ 、決定係数 r^2 乗 0.322 (相関係数

0.567) ($p = 0.0073$) の弱い正の相関が示された。また、実験 1 で有意とされた中域 2 の構成比と覚醒度との単回帰分析を行ったところ、 r^2 乗 0.0411 ($p = 0.378$) と、有意な相関は示されなかった。また、線モチーフと面モチーフに映像を分け、高域 1、中域 2 の構成比との単回帰分析を行ったところ、線モチーフでは、高域 1 の r^2 乗は 0.178 (相関係数 0.422) ($p = 0.2577$)、中域 2 の r^2 乗 0.588 (相関係数 0.767) ($p = 0.0159$) となり、中域 2 の構成比が覚醒度上昇に関わっていることが示された。一方で、面モチーフでは、高域 1 の r^2 乗 0.7022 ($p = 0.0007$)、高域 2 の r^2 乗 0.1632 ($p = 0.1927$) であり、モチーフ混合の場合よりも、高域 1 の構成比との正の相関関係が強く示された。

表 6.8: 重回帰分析結果

項	回帰係数	標準誤差	t 値	p 値
切片	-0.36735	0.180008	-2.04	0.0554
高域 1	3.1621399	1.052784	3.00	0.0073

6.5.4 考察

実験 2 のデータを用いて差分量時系列のスペクトル構成比の指標としての有効性を検証したところ、実験 1 よりも高い帯域である、高域 1 (周期長 197~583msec) が有意な帯域として示された。一周期は、差分量の増加と減少の二つの映像変化を含んでいるため、一つ分の変化に換算すると、約 100~290msec の時間枠になる。この時間枠は、実験 1 の考察で述べた、最短の認知処理時間 200msec から視覚的短期記憶の保持時間 600msec の時間枠に部分的に重なるものの、全体的に、より短い時間枠となっている。しかしながら、線モチーフの映像と面モチーフの映像とに分けて各帯域との回帰分析を行ったところ、線モチーフの場合は中域 2 で有意な正の相関が示され、面モチーフは高域 1 の正の相関が強く示されたことから、点や線などの細かいモチーフを用いた場合に、長い周期の変化 (遅い変化) でも覚醒度が上昇する傾向があることが推察できる。

6.6 分析指標の感情価への影響の検証

覚醒度分析指標としての有効性が確認出来たフレーム間差分量の推移特徴が、感情価に影響している可能性を検証するために、感情価との相関性の検証を行った。実験

1で覚醒度と相関のあった帯域である中域2（周期長 583-1664msec）の帯域比率と感情価の相関について単回帰分析を行ったところ、決定係数 r^2 乗 0.0012 ($p=0.9043$) となり、有意な相関は示されず、他の帯域についても同様に有意な相関は示されなかった。一方で、実験2の結果については、高域1（周期長 197~583msec）帯域比率と感情価の単回帰分析を行ったところ、決定係数 r^2 乗 0.578（相関係数-0.760）（ $p < .0001$ ）と中程度の負の相関性が確認され、また、低域2（周期長 5.61- 14.98 sec）について決定係数 r^2 乗 0.335（相関係数 0.579）（ $p=0.0060$ ）、低域1（周期長 14.98 - 59.93 sec）について決定係数 r^2 乗 0.216（相関係数 0.465）（ $p = 0.0338$ ）の弱い正の相関が確認された。このことから、映像のモチーフによっては、画面の急激な変化が頻繁に引き起こされることで、覚醒度を上昇させるとともに、感情価を低下させる可能性があることが示唆された。しかしながら、実験1では相関関係が確認出来なかったことから、実験2に用いた映像において、高域1と感情価に関わる属性とが相関関係にあり、高域1と感情価が擬似相関となっている可能性も考えられる。そのため、感情価の指標について、高域1との回帰分析を行い、その相関性を求めた上で再考察を行う必要がある。

6.7 本章のまとめ

ジェネラティブアート映像のフレーム間差分量の解析を行い、映像の総変化面積を表す指標と、変化量の上昇・下降の時間的推移を表す指標を提案し、印象評価実験を通じて得られた各映像の覚醒度因子得点との相関性を分析した。その結果、変化量の増加・減少の時間的推移について、実験1では周期長 583-1664msec、実験2では周期長 197~583msec の帯域比と覚醒度との相関性が確認できた。このことから、映像の種類によっては影響の強い周期長は変化するものの、急激な変化量の増加・減少が頻繁に起こった場合に、覚醒度が上昇する傾向があることが示された。また、映像のモチーフによっては、画面の急激な変化が頻繁に引き起こされることで、覚醒度を上昇させるとともに、感情価を低下させる可能性があることが示唆された。

第7章 顕著点情報および対称性を用いた感情価分析

7.1 はじめに

第2章で述べたように、感情価次元については、様々な映像タイプに共通して用いることのできる汎用性の高い分析指標は示されてきていない。そのため、ジェネラティブアートの特徴に併せて、独自に分析指標を考案する必要がある。感情価と関係のある属性を推定する為に、まずは感情価因子得点と刺激映像との対応を観察し、質的な特徴を求めて行った。次に、質的な特徴を定量的に表すことの出来る指標を考案し、因子得点との回帰分析を行い、指標の有効性を確かめるとともに、感情価に関わる属性の傾向を定量的に検証して行った。

7.2 質的な特徴の観察

実験1および実験2に用いた各映像の因子得点算出の結果、因子得点が高かった映像および低かった映像を観察したところ、それぞれに共通した特徴があることが確認できた。

7.2.1 感情価の低い映像の特徴

まず、実験1で感情価の低い映像を観察したところ、

- パーティクルが画面の広い範囲に一様に分散している
- パーティクルの運動方向が不規則である
- 巨視的な構造の変化に乏しい

という特徴が見受けられた。図7.1は、実験1において感情価の最も低かった2種の映像を1秒ごとにキャプチャした画像である。図では縮小されて細かな点が消えているため、左の映像は一見画面の一部に点が集まっているように見えるが、画面

全体の半分以上の面積に広くパーティクルが拡散し不規則に運動するため、目がちらつく様な映像になっている。右の映像も同様に、画面全体にパーティクルが拡散し、それぞれのパーティクルがまとまりを持たずに、独立した方向に動く映像である。また、45秒間を通じて、それぞれの全体的な構造は殆ど変化しないため、細部の変化に注意が向き易い映像であると考えられる。

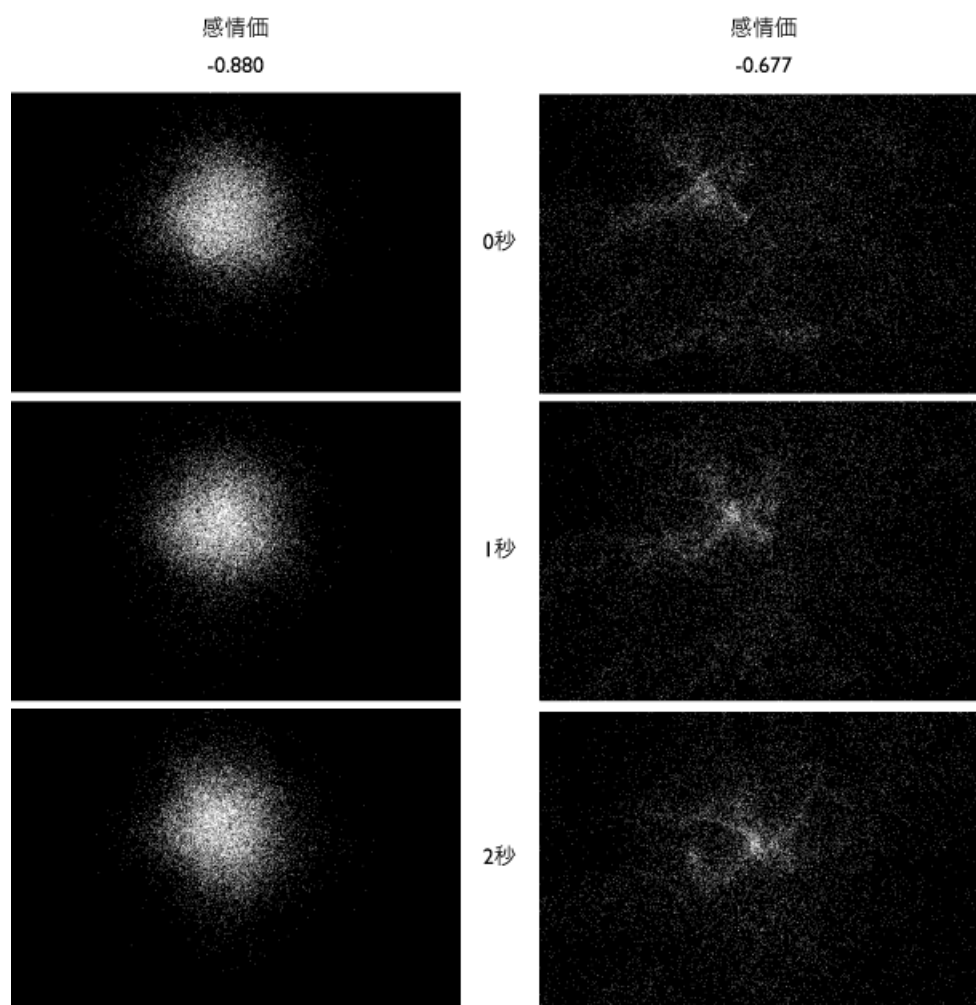


図 7.1: 実験 1 における感情価の低い映像 2 種 1 秒ごとのキャプチャ画像

また、実験 2 で感情価の低い映像を観察したところ、

- オブジェクトが画面の広い範囲に一様に分散している
- オブジェクトの運動方向が不規則である

という特徴が見受けられた。図 7.2 は、実験 2 において感情価の最も低かった 2 種の映像を 1 秒ごとにキャプチャした画像である。これらの映像は、ランダムウォー

クアルゴリズムでオブジェクトの動きを生成した映像であり、特にオブジェクトの運動方向の不規則さが顕著な映像である。

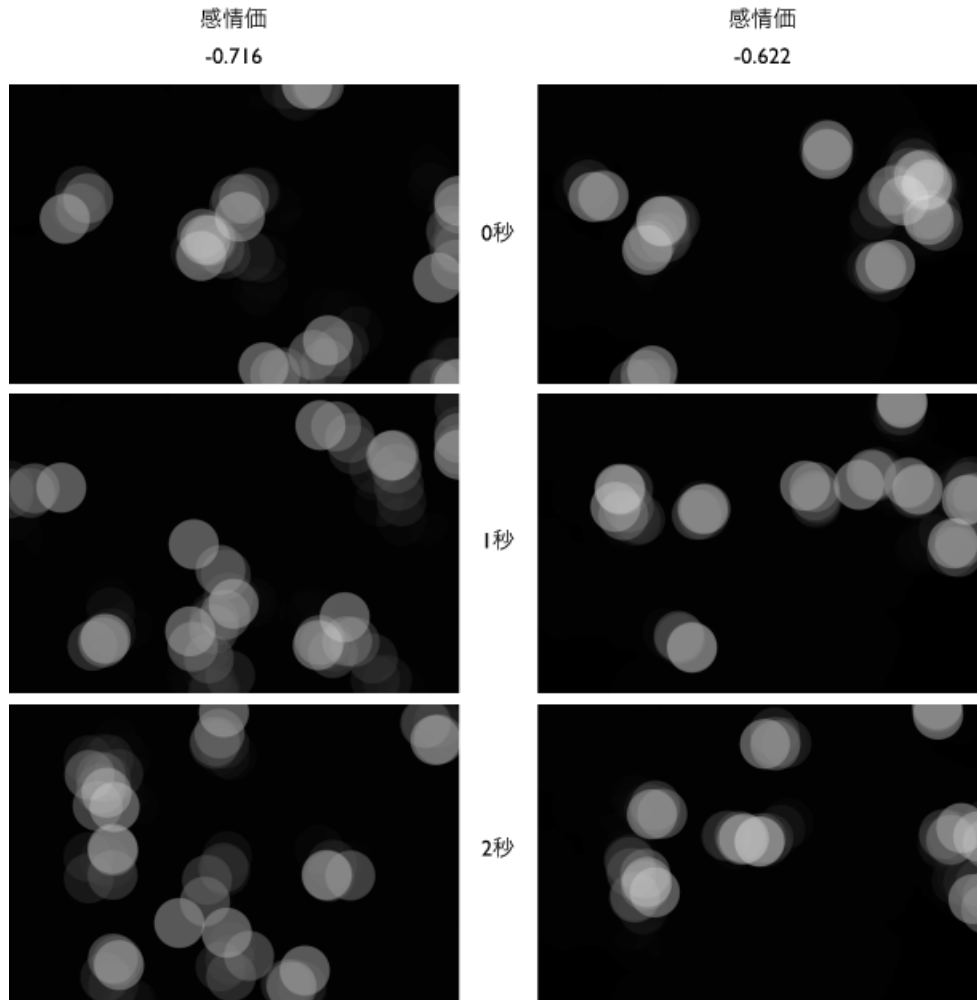


図 7.2: 実験2における感情価の低い映像2種1秒ごとのキャプチャ画像

両実験の感情価の低い映像に共通した特徴である、オブジェクトの画面全体への分散と運動方向の不規則さにより、被験者は映像に対して視点を定めづらく、目が惑わされるような状態になり、その結果疲労を感じたのでは無いか、と推察される。

7.2.2 感情価の高い映像の特徴

一方で感情価の高い映像を観察したところ、実験1の映像では、

- パーティクルの分布に濃淡がある

- パーティクルの運動方向に規則性がある
- 巨視的な構造が緩やかに変化する

という特徴が見受けられた。図 7.3 は、実験 1 において感情価の最も高かった 2 種の映像を 1 秒ごとにキャプチャした画像である。感情価の低い映像とは対称的に、パーティクルの分布に濃淡があり、また、塊を維持したまま纏まって運動するため、運動方向に規則性が見られる。全体的な構造も緩やかに変化するため、見ていて飽きが生じにくいような映像になっていると考えられる。

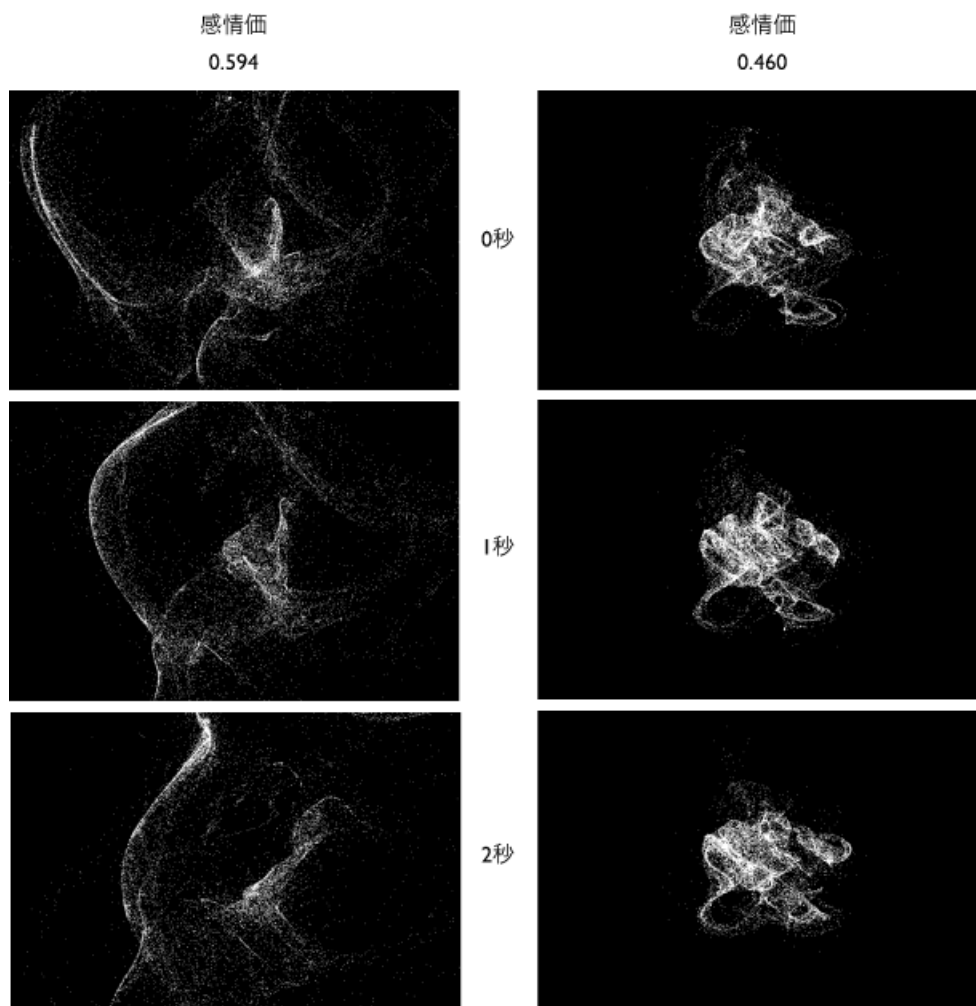


図 7.3: 実験 1 における感情価の高い映像 2 種 1 秒ごとのキャプチャ画像

また、実験 2 で感情価の高い映像を観察したところ、感情価の最も高い映像 3 種が全て線描・なめらかさ大の映像であり、動きの滑らかさが特に顕著な特徴であった。図 7.4 は、実験 2 において感情価の最も高かった 2 種の映像を 1 秒ごとにキャ

プチャした画像である。また、他のタイプの映像においても、ランダムな運動をする場合と、規則的な動きをする場合とでは、規則的な動きをする方が感情価が高く評価される傾向があることが分かった。

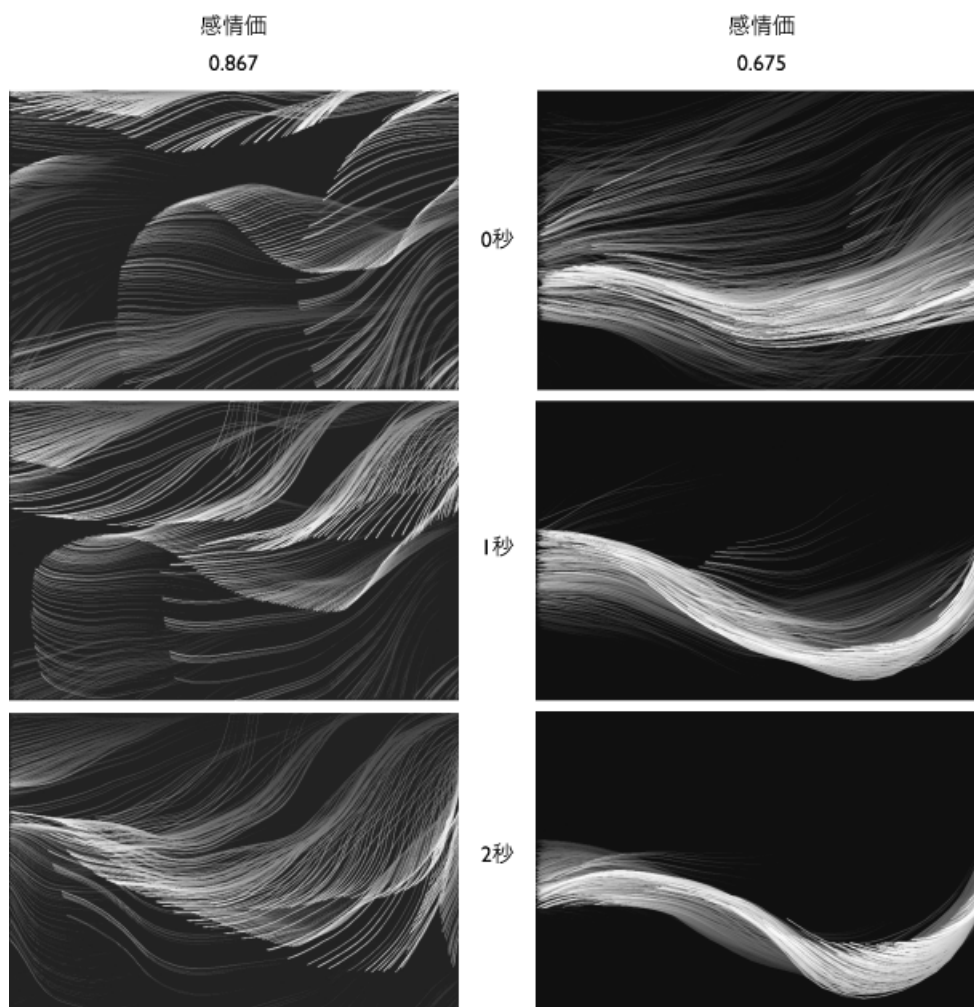


図 7.4: 実験 2 における感情価の高い映像 2 種 1 秒ごとのキャプチャ画像

両実験の感情価の高い映像に共通した特徴である、運動方向のまとまりや滑らかな動きにより、被験者は映像に対して視点を定め易く、動きを目で追い易い印象を得たのではないかと推察される。

7.3 画像顕著性を利用した顕著点の推移情報の算出

感情価の高い映像の特徴と低い映像の特徴から推測できることは、映像において、モチーフのまとまりや滑らかな軌道の結果生じる、視点の定め易さ、動きの追いつきが感情価と関係している傾向である。こうした特徴を定量化する為の指標として、顕著性マップを利用し、顕著点の推移情報を算出し、分析指標とすることを考案した。

7.3.1 顕著性マップの算出

顕著性マップ (Saliency Map) とは、画像中において視覚的な注意を引く領域を、色・明度・エッジ方向の画像特徴量から算出する為の数理モデルである。はじめに Koch と Ullman によって、統合特徴理論 [50] をもとにした視覚的顕著性マップの生理学的モデルが提案されており [51]、これを Itti らが信号処理アルゴリズムとして実装したものである (図 7.5 参照) [52]。このモデルは、人間の網膜神経節細胞の受容野において、色・明度・エッジ方向などの各低次特徴チャンネルごとに、周囲とは異なる場所が検出される性質があり、全チャンネルでの顕著性を統合することで画像内におけるボトムアップな注意を誘導する値が得られる、という考えに基づいている。これを実装する為に、Itti らは、まず入力画像からガウシアンピラミッドを用いた異なるスケールの画像を算出し、各チャンネルで異なるスケール間での減算を行うことで、周囲とことなる箇所を求める Center-Surround Operation と呼ばれる手法を用いている (図 7.6 参照)。昨今では、動画像に対応させるために、輝度変化特徴・運動方向特徴といった動的特徴を統合したものも提案されている。

本研究では、動画像の顕著性を扱っている Itti(2003)[52] を参照し、色・明度・エッジ方向・運動方向、輝度変化の基礎特徴のうち、輝度変化を除く 4 つの特徴チャンネルを同一の重みで合成することで算出した。

7.3.2 顕著点推移情報の算出

次に、映像の全フレームの顕著性マップを基に顕著点の推移情報の算出を行った。顕著性マップでは、元の画像と同じ解像度 780×480 の画像 1 ピクセルごとに顕著性の度合いがスカラー値で表現されているため、人間の視野に併せた領域を一まとまりとして平均の顕著性を求め、平均値が高い領域を顕著箇所として抽出する必要

¹木村昭悟, "人間の視覚的注意の確率モデル: 動的ベイジアンネットワークに基づく最新のアプローチ", 信号処理シンポジウム予稿集, pp.314-319, (2010, 11 月) より

²<http://fussy.web.fc2.com/algo/algo12-3.htm> より

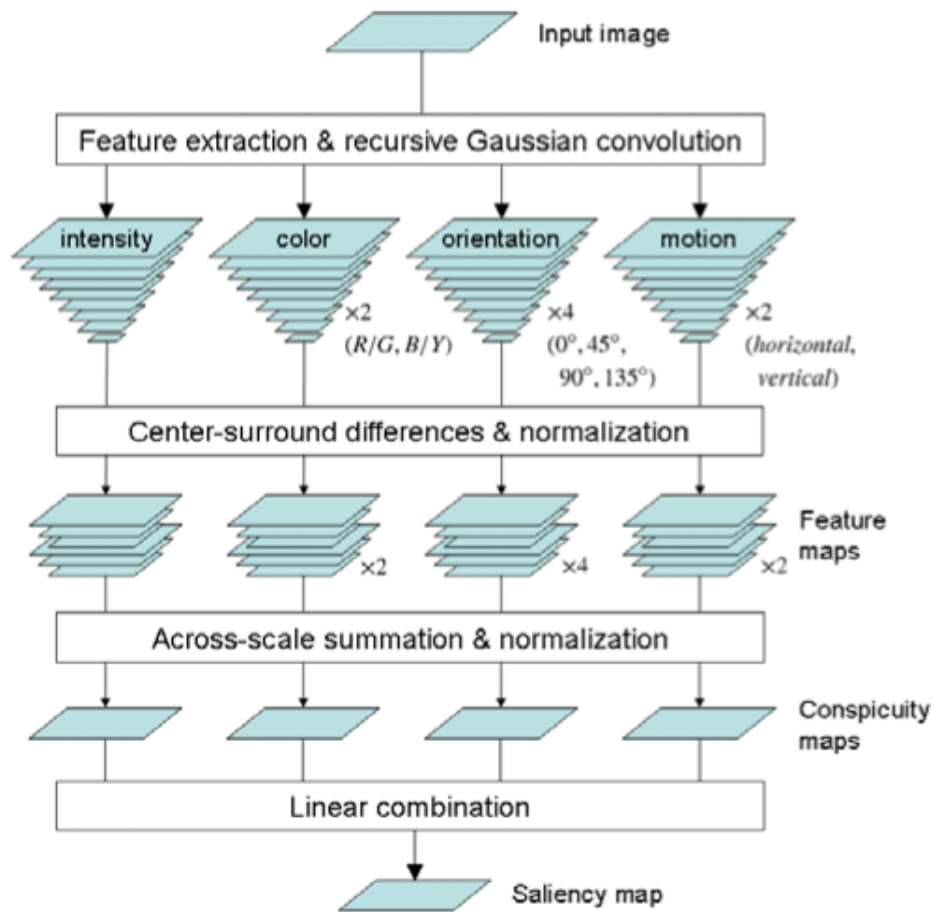


図 7.5: 顕著性マップの計算モデル概念図. ¹

がある。この領域を求めるため、人間の弁別視野角度を参照した。弁別視野は、網膜上の中心窩には錐体細胞が多く分布することで、視力や色の弁別などの視機能が最も優れた領域となっており、約 5° 以内であると言われている [54]。これ以上広い領域の情報受容は眼球運動が必要になるため、瞬間的に情報収集を行える領域として弁別視野領域である約 5° 毎に顕著性の平均値を求めることが妥当であると考えられる。今回の実験環境では、60~70cm の距離をとり視聴を行ってもらったため、弁別視野領域を算出する為に、画面までの距離 $l = 650\text{mm}$ に設定し、

$$R = (l \times \tan \theta) \times 2 \quad (7.1)$$

により、弁別視野領域の直径 R を算出した。 θ は 2.5° である。弁別視野領域の直径 R は約 56.72mm 、1pixel のディスプレイ上での換算値は $298.89\text{mm}/480 = 0.62\text{mm}$

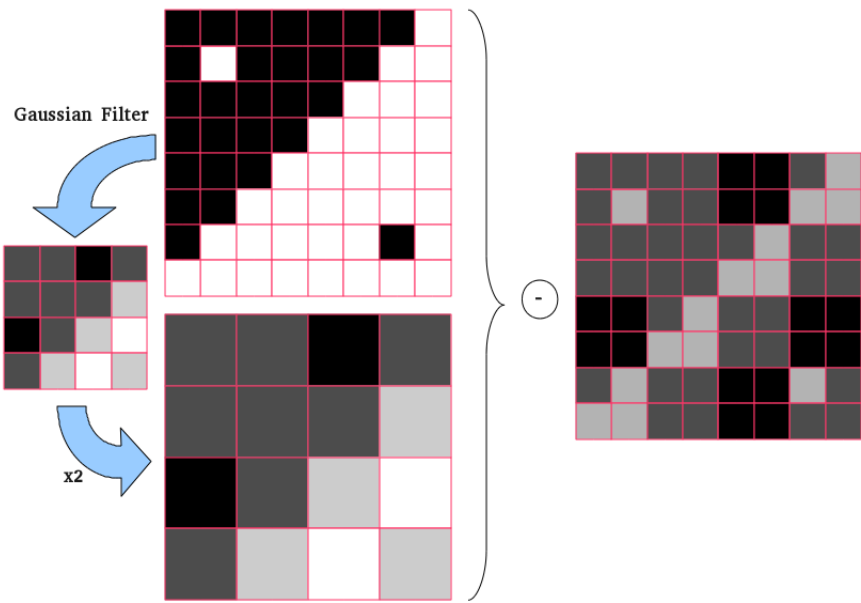


図 7.6: Center-Surround Operation 概念図. ²

であったため、直径約 90pixel の領域に相当する。そこで、今回は 90pixel × 90pixel 範囲で顕著性の平均値を 1 pixel ずつシフトさせて全領域で求め、最大の平均値が得られた箇所の中心座標をそのフレームでの顕著点とし (図 7.8 参照)、各映像ごとに顕著点の時系列 $\{P_t \mid P_1, P_2, P_3, \dots, P_s\}$ を得た。実験 1 では総フレーム数 $s = 1350$ 、実験 2 では $s = 1800$ である。

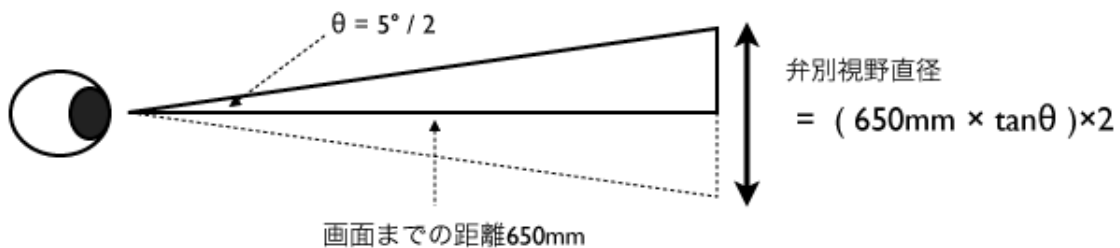


図 7.7: 弁別視野領域算出の図式



図 7.8: 顕著箇所算出方法の概念図

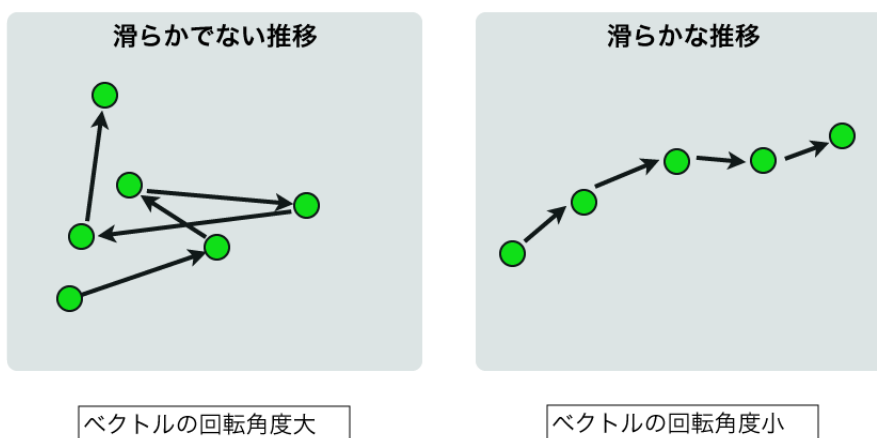


図 7.9: 推移の滑らかさとベクトルの回転角度の関係

7.3.3 顕著点推移の滑らかさの算出

次に、顕著点の時系列 P の推移の滑らかさを算出する。図 7.9 の左のように、滑らかでない推移の座標点を繋いで行くと、連続する座標点間のベクトルの回転角度が大きくなる。一方で、右のように滑らかな推移の場合は、ベクトルの回転角度は小さくなる。ある時点 t での回転角度 $\phi(t)$ は、

$$\phi(t) = \arccos \frac{\overrightarrow{P_t P_{t-1}} \cdot \overrightarrow{P_t P_{t+1}}}{|\overrightarrow{P_t P_{t-1}}| |\overrightarrow{P_t P_{t+1}}|} \quad (7.2)$$

で求めることができるので、

$$\omega = \frac{\sum_{t=2}^{s-1} \phi(t)}{s-2} \quad (7.3)$$

により、単位時間あたりの平均回転角度 ω 、即ち角速度が算出され、これを顕著点推移の滑らかさの指標として用いた。各映像刺激の計算結果を表 7.1、表 7.2 に示す。

表 7.1: 実験 1 各刺激の感情価と顕著点推移の滑らかさ (角速度)

刺激	感情価	角速度 [°]
1	0.259	41.09
2	0.186	22.65
3	-0.025	37.25
4	0.245	39.93
5	-0.227	45.84
6	0.461	55.57
7	0.250	48.08
8	0.314	76.54
9	0.594	45.35
10	0.321	44.91
11	-0.086	84.82
12	-0.421	82.97
13	-0.677	79.98
14	-0.880	95.52
15	-0.314	80.31

表 7.2: 実験 2 各刺激の感情価と顕著点推移の滑らかさ (角速度)

刺激	タイプ	速度	感情価	角速度
1	円・ランダム無	低	0.507	19.57
2	円・ランダム無	高	0.113	41.34
3	円・ランダム小	低	-0.507	37.94
4	円・ランダム小	高	-0.409	55.38
5	円・ランダム大	低	-0.622	74.22
6	円・ランダム大	高	-0.716	89.11
7	線・滑らかさ大	低	0.634	16.42
8	線・滑らかさ大	中	0.867	16.19
9	線・滑らかさ大	高	0.675	45.12
10	線・滑らかさ中	低	0.342	18.35
11	線・滑らかさ中	中	0.156	22.01
12	線・滑らかさ中	高	0.316	40.79
13	線・滑らかさ小	低	-0.023	19.55
14	線・滑らかさ小	中	-0.184	21.55
15	線・滑らかさ小	高	-0.369	55.02
16	矩形・ランダム無	低	0.173	15.97
17	矩形・ランダム無	中	0.174	19.64
18	矩形・ランダム無	高	-0.604	40.96
19	矩形・ランダム有	低	-0.275	10.44
20	矩形・ランダム有	中	0.013	23.37
21	矩形・ランダム有	高	-0.262	35.21

7.4 顕著点推移の滑らかさと感情価の回帰分析

映像の顕著点推移の滑らかさ (角速度) を独立変数、感情価を従属変数にとり回帰分析を行ったところ、実験 1 では、感情価因子 = $0.7552617 - 0.0128623 \times \text{角速度}$ 、 r^2 乗係数 0.449 (相関係数 -0.670) ($p = 0.00063$) の中程度の負の相関が確認でき (図 7.10)、実験 2 では、感情価因子 = $0.4549495 - 0.0133048 \times \text{角速度}$ 、 r^2 乗係数 0.365 (相関係数 -0.604) ($p = 0.00063$) のやや弱い負の相関が確認できた (図 7.11)。この結果から、顕著点推移の滑らかさを表すベクトルの方向の角速度が、感

情価を部分的に説明することが確認された。

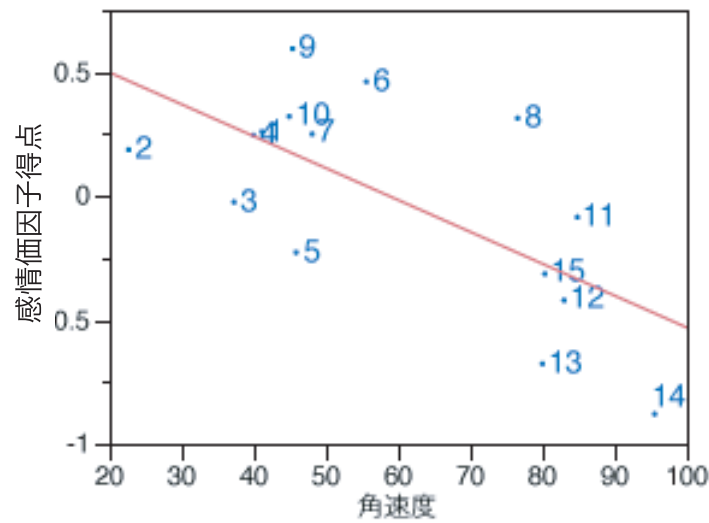


図 7.10: 実験 1 の顕著点推移の滑らかさ（角速度）と感情価の散布図

7.4.1 考察

顕著点の推移は二つの意味を含んでいる。一つは、画面一体に顕著な箇所が広がっている映像では、注意を引きつける箇所の候補が複数箇所存在し、最大顕著箇所が瞬間的にジャンプする、言わば「目移りしてしまう」場合がある。もう一つは、最大顕著箇所が連続的に移動し、従って、連続的な推移軌道を表している場合である。今回はいずれの場合も、「最大顕著位置の推移」という一つの指標に含まれている。そのため、「顕著点推移ベクトルの角速度」という指標は、まず、顕著箇所が頻繁にジャンプする様な「目移りする」映像の場合に値が大きくなり、また、オブジェクトの動きの方向が不規則で、「動きを目で追いにくい」ような映像の場合にも大きくなる。感情価との単回帰分析の結果、顕著点推移ベクトルの角速度と感情価との間に、弱～中程度の相関性が確認されたことから、まとまりの捉え易さ、動きの滑らかさ、といった視線の推移を安定させる特徴は、感情価を上下させる要因の一部であると捉えることができる。

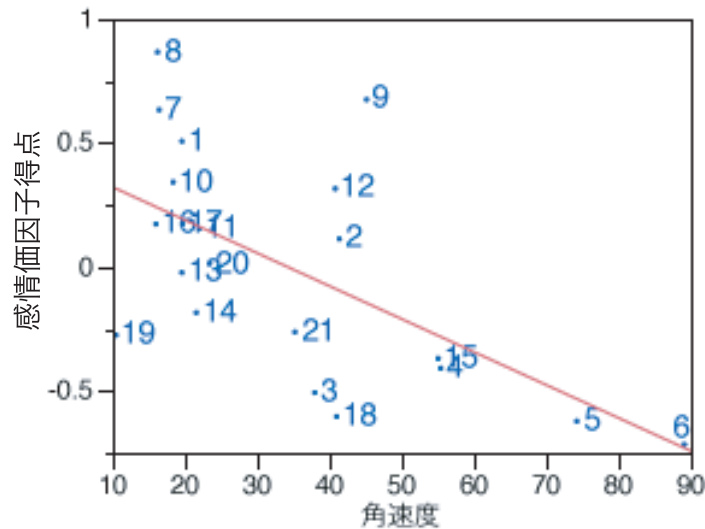


図 7.11: 実験 2 の顕著点推移の滑らかさ（角速度）と感情価の散布図

7.5 映像の対称性の感情価への影響の分析

映像の規則性という側面について、運動方向のまとまりでは説明出来ない規則性として、画面内の構図の対称性が考えられる。人間が対称性の高い形態を好むことは、これまで芸術・デザイン・建築等の多くの分野で指摘されてきており、対称性と感情価の関係を検証する必要がある。実験 2 の映像では、円モチーフ、四角形モチーフについて、点対称の運動をする映像と、非対称の運動をする映像とが含まれているため、この二つをグループに分け、平均値の差の検定を行った。その際、より多くのケースで比較を行う為に、映像ごとの平均因子得点を算出する以前の、被験者×対象映像（300 ケース）の因子得点のデータを用いて検定を行った。分散分析の結果、非対称-対称の平均値の差は-0.46903、 $p < .0001$ となり、有意水準 5% で両者の平均には有意な差が有ることが示された（図 7.12），従って、対称性の高い映像は、非対称の映像よりも感情価が高く評価される傾向があることが示唆された。

7.6 分析指標の覚醒度への影響の検証

感情価分析指標として有効性が確認出来た顕著点推移ベクトルの角速度が、覚醒度に影響している可能性を検証する為に、覚醒度との相関性の検証を行った。実験 1 の推移ベクトルの角速度と覚醒度について単回帰分析を行ったところ、決定係数 r^2 乗 0.0034 ($p = 0.8375$) と有意な相関は示されなかった。一方、実験 2 について

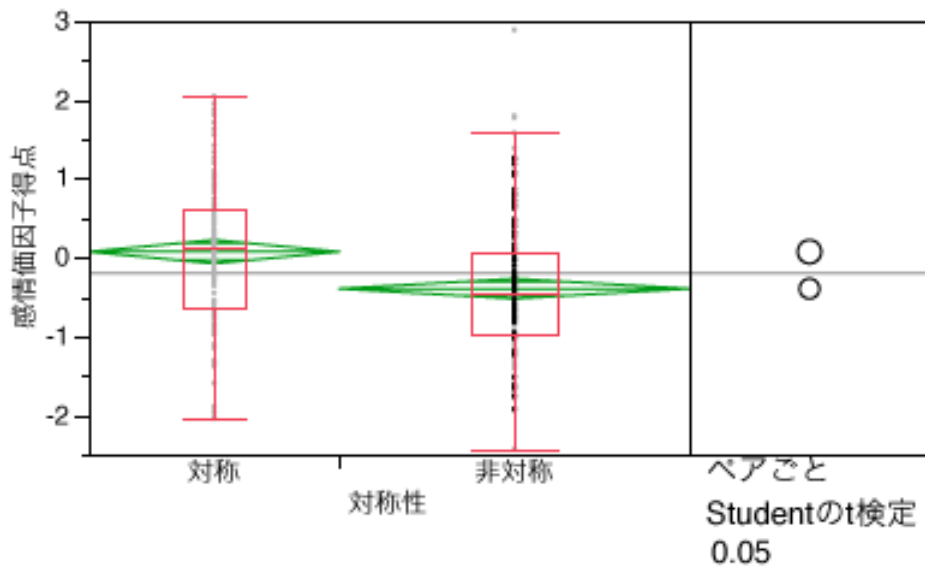


図 7.12: 対称映像・非対称映像の感情価因子得点平均値の差の検定

は、決定係数 r^2 乗 0.6410 (相関係数 0.800) ($p < .0001$) と強い正の相関性が示された。この結果について、実験 2 映像刺激の顕著点推移ベクトルの角速度が覚醒度指標と相関関係にある可能性を考慮し、ベクトルの角速度と覚醒度の各指標との回帰分析を行ったところ、motion intensity とは決定係数 r^2 乗 0.4300 (相関係数 0.656) ($p=0.0012$) の中程度の正の相関、フレーム間差分推移の帯域比率・高域 1 とは r^2 乗 0.438 (相関係数 0.662) ($p = 0.0013$) の正の相関が示された。6.6 で示したように、実験 2 の高域 1 は感情価と強い負の相関が確認されている。一方で、実験 1 の場合は、いずれの組み合わせでも有意な相関は示されなかった。そこで、実験 2 の映像において、顕著点推移ベクトルの角速度の指標と、覚醒度指標とが、覚醒度指標を介した擬似相関に有る可能性を考慮し、各変数間の偏相関係数を求め、相関係数との比較を行ったところ、覚醒度とベクトル角速度の相関係数が 0.8006 に対して、覚醒度指標の影響を取り除いた場合の偏相関係数は 0.4531 となった。この場合の決定係数は r^2 乗は 0.2053 となり、覚醒度指標の影響を取り除いた場合でも弱い正の相関があるということが確認出来た。

また、対称性についても覚醒度への影響を検証したところ、非対称-対称の平均値の差は 0.370356、 $p = 0.0012$ となり、有意水準 5% で両者の平均には有意な差が有ることが示された (図 7.13)。従って、対称性の高い映像は、感情価を高くするとともに、非対称の映像よりも覚醒度を低く抑制する傾向があることが示唆された。

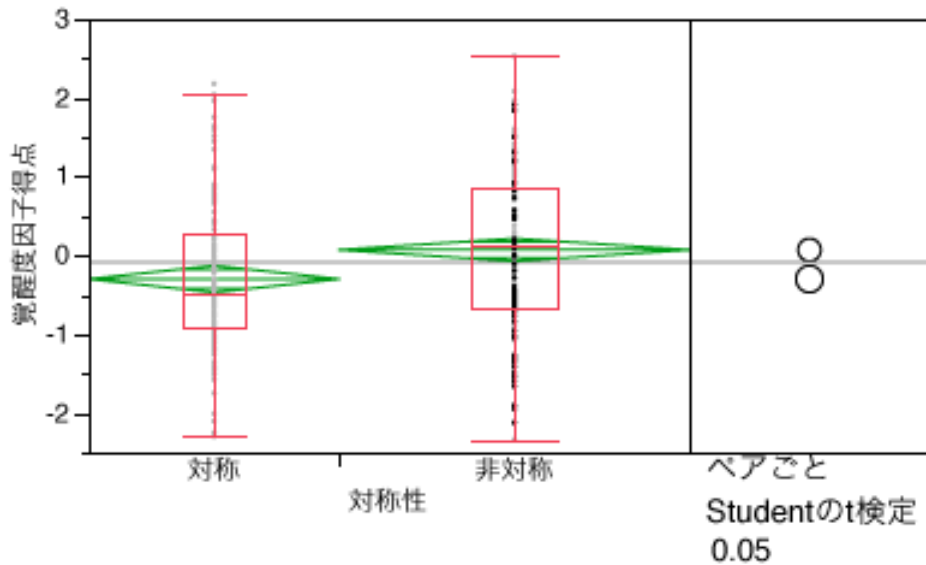


図 7.13: 対称映像・非対称映像の覚醒度因子得点平均値の差の検定

7.7 本章のまとめ

感情価分析の有効な指標について、感情価因子得点の高かった映像および低かった映像の質的な特徴の観察から、動きの滑らかさ・規則性、オブジェクトの分散度などの属性が、映像の時空間的な「まとまり」の捉え易さ、展開の追い易さが感情価に関わっている可能性が推察された。そこで、顕著性マップを利用して映像の顕著点の推移を算出し、顕著点推移ベクトルの角速度を求めることで、滑らかさを表す指標を考案した。感情価との回帰分析を行ったところ、実験1で中程度の負の相関 (r^2 乗 0.449, $p = 0.00063$) が示され、実験2では弱い負の相関 (r^2 乗 0.365, $p = 0.00063$) が示された。顕著点推移ベクトルの角速度と感情価との間に、弱～中程度の相関性が確認されたことから、まとまりの捉え易さ、動きの滑らかさ、といった視線の推移を安定させる特徴は、感情価を上下させる要因の一部であると捉えることができる。また、運動方向のまとまりでは説明出来ない規則性として、画面内の構図の対称性について、対称性のある映像と非対称の映像にグループに分け、平均値の差の検定を行った。その結果、二つのグループの平均値には有意な差があることが確認され、従って、対称性の高い映像は、非対称の映像よりも感情価が高く評価される傾向があることが示唆された。

第8章 デザインガイドラインについて

8.1 はじめに

映像の物理属性を表す指標と覚醒度・感情価との相関性の分析、および質的な観察から得られた知見を基に、ジェネラティブアート・クリエイターが感性品質を目的とした映像制作を行う為のデザインガイドラインを策定した。本章ではその内容について説明する。

8.2 ガイドラインの目的と構成

8.2.1 目的

本ガイドラインは、ジェネラティブアートを用いて、視聴者の「心地」を誘導することに焦点を当てている。映像視聴の際に、視聴者は映像から様々な感情や情動を誘発される。その中には、大きく分けて、映像内容の意味に起因する場合（トップダウン型）と、映像の物理的な構造自体に起因する場合（ボトムアップ型）の二つの要因が存在する。本ガイドラインはジェネラティブアート映像における動きや変化など、プログラム上で調節可能な物理的属性により、ボトムアップに視聴者の感性反応を誘導するための方法を示すことを目的としている。

8.2.2 対象者

ジェネラティブアートの基本的な生成手法を理解しており（Processing、openFrameworksなどのExampleを一通り理解出来るリテラシーがある）、ジェネラティブアート映像を用いて視聴者の「心地」を誘導することを目的とするクリエイターを対象としている。斬新なジェネラティブアートの生成テクニックを身につけたい、もしくは、ジェネラティブアートのディテールの表現に興味があるという目的は対象外である。本ガイドラインは斬新な表現手法の読了や、詳細な表現技術を紹介するものではない。

8.2.3 構成

利用者が本ガイドラインの基本的な方針を理解した上でデザイン実践を行えるよう、導入・実践・発展の3つの章により構成されている。

1. 導入：基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について
2. 実践：覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導するための方法
3. 発展：覚醒度および感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン方法

8.3 導入：基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について

本ガイドラインでは、多くの心理学の実験を通じて構築されてきた、覚醒度・感情価の二次元感性モデルを利用する。映像視聴の際に生じる感情や情動は、実に多種多様な形容表現により表されるが、その背後には、感情の強さに対応する「覚醒因子」と快-不快に対応する「感情価因子」が存在することが明らかになっている(図8.1)。本ガイドラインでは、多種多様な感性品質を個別にデザインするのではなく、その背後に存在する覚醒度および感情価を直接上昇・抑制させる方法を示し(第2章)、二つの因子の組み合わせにより、幾つかの感性カテゴリをデザインする方法(第3章)を示して行く。



図 8.1: 覚醒度・感情価の二次元平面

8.3.1 覚醒度について

覚醒度は、感情の強さに対応し、人間が周囲からの刺激に対してどの程度迅速に反応できるかを示す基礎因子である。覚醒度が極めて高くなる状態は、例えば、車の運転などで事故に遭いそうになり、状況を瞬時に判断して対処するような状態である。日常的な言葉で表せば、ドキドキしている状態や焦っている状態は覚醒度が高い時であると言える。逆に、長時間何の刺激も無く、眠気を催すような場合は、覚醒度が極めて低い状態である。人間が通常の日常活動を行っているときは、この中間の状態である。

8.3.2 感情価について

感情価は、快-不快に対応する基礎因子である。食事の「おいしい」「まずい」、「匂いがよい」「臭い」、湿度や気温が丁度良く「気持ちよい」、じめじめして「気持ち悪い」など、生体として対象がポジティブなものであるか、ネガティブなものであるかの判定を表す反応である。また、快-不快の感情価は、映像の「面白さ」とは

異なる概念である。例えば映画や音楽でも、全編通して「快い」よりも、一時的に不安を生じさせる様な、不快な状態を作り出し、不安を「解決」することで、全体としての「面白さ」に繋がる場合がある。感情価のガイドラインは、このような総合的な「面白さ」をデザインすることは目的としておらず、場面場面に生じる快-不快の情動を効果的に促進する方法を示すことを目的としている。

8.4 実践：覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導するための方法

ここでは、様々な感情の基礎である、覚醒度と感情価を直接的に上昇・抑制させる為の映像操作方法を紹介する。なお、ここでは24インチのディスプレイ（表示領域 約 450 × 300mm）に表示された映像を60cm～70cm離れた距離から試聴する場合を想定して説明する。

8.4.1 覚醒度を上昇させる為には

オブジェクトの移動速度を速くする

覚醒度を上昇させる為の最も基本的な操作は、映像内のオブジェクトの速度を速くすることである。画面上で秒速約65mm以下の移動は遅く感じられる傾向があるため、最低限それよりも速い速度に設定する（図8.2）。

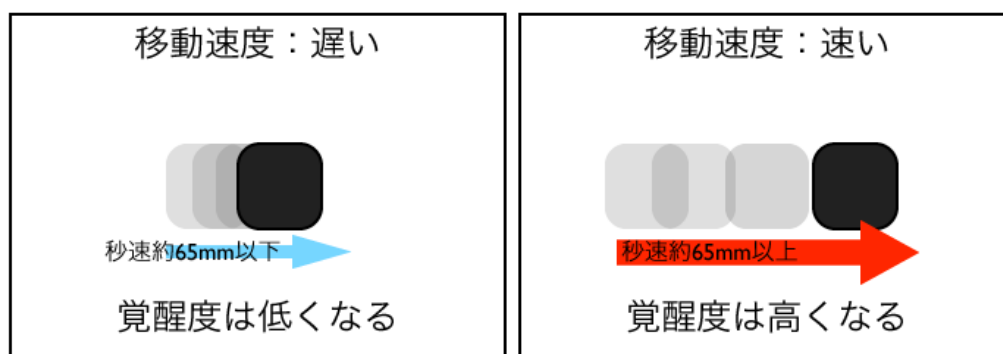


図 8.2: 覚醒度上昇方法 1-1：移動速度を速くする

複数のオブジェクトが動く場合には、全体の平均移動速度を上昇させることが効

果的である。速く動くオブジェクトの割合が少なく、ゆっくり動くオブジェクトの割合が多い場合、全体の平均速度が下がってしまうため、覚醒度の上昇を妨げることに繋がる。画面上を広く支配しているオブジェクトが速い速度で動くことが効果的である（図 8.3）。

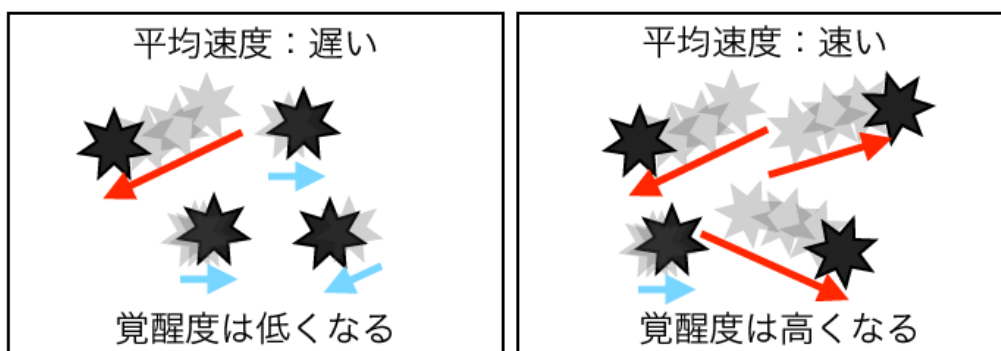


図 8.3: 覚醒度上昇方法 1-2：平均速度を速くする

オブジェクトの急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速を頻繁に行う

画面上の”急な変化”は覚醒度の上昇に繋がる。急な”変化”とは、例えば、オブジェクトの急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速などである。こうした変化を頻繁に行うことで、覚醒度上昇を促すことができる（図 8.4）。しかし、これらの操作を繰り返し行う場合、間隔が短過ぎると認知限界を越えてしまい、変化していることが認知できなくなるため 100msec 程度を限度とする。

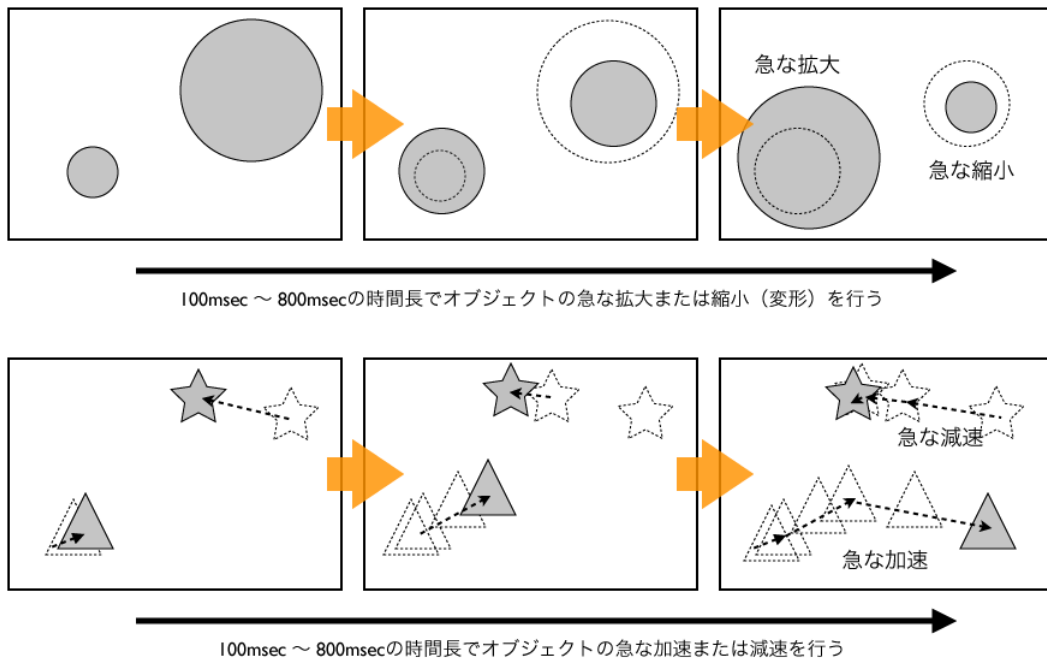


図 8.4: 覚醒度上昇方法 2：急な変形、速度変化を行う

使用する色のコントラストを高くする

覚醒度の上昇は、画面上の”変化”に起因するため、オブジェクトと背景色の輝度コントラストを高く設定することにより画面変化が明瞭になり、効果的に覚醒度を上昇させることができる。

例えば、

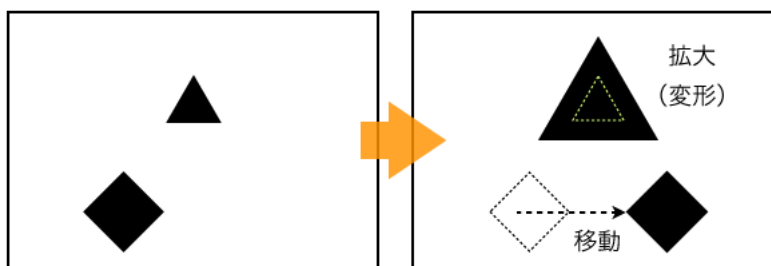
- コントラストが低い状態での拡大、縮小 < コントラストが高い状態での拡大、縮小
- コントラストが低い状態でのオブジェクトの移動 < コントラストが高い状態でのオブジェクトの移動

このように、同じ操作であっても、コントラストが高く設定されている場合の方が、より効果的に覚醒度を上昇させることができる（図 8.5）。

8.4.2 覚醒度を抑制させる為には

覚醒度を下げたい場合は、覚醒度を上げる方法の逆の操作を行う。

コントラストが高い場合：変化に対する覚醒度上昇が高くなる



コントラストが低い場合：変化に対する覚醒度上昇が低くなる

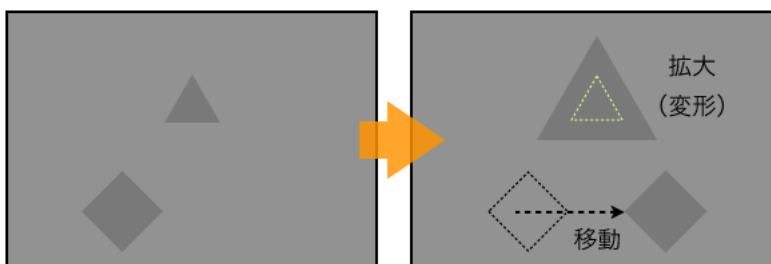


図 8.5: 覚醒度上昇方法 3：使用する色のコントラストを高く設定する

オブジェクトの移動速度を遅くする

視聴者が遅いと感じる移動速度の目安は約 5° /秒であり、映像内のオブジェクトがそれよりも遅く動いている場合に覚醒度を効果的に低く誘導することができる。複数のオブジェクトが動く場合には、全体の平均移動速度を低くすることが効果的である。ゆっくり動くオブジェクトの割合が少なく、速く動くオブジェクトの割合が多い場合、全体の平均速度が上がってしまうため、覚醒度の抑制を妨げることに繋がる。

オブジェクトの急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速を避ける

特に 100msec～800msec の短い時間でこれらの操作行くと、覚醒度が上昇してしまうことに繋がるので、変形、輝度変化や速度変化は 1000msec 以上の時間をかけてゆっくりと行うこと。

利用する色のコントラストを低く設定する

覚醒度の上昇は、画面上の”変化”に起因するため、オブジェクトと背景色の輝度コントラストを低く設定することにより画面変化が不明瞭になり、移動や変形など

による覚醒度の上昇を抑制することができる。

8.4.3 感情価を上昇させる為には

誘目箇所を絞る

画面の中で、周囲とは異なる特徴を持つ場所に、視聴者の注意は惹き付けられ易い。このような、目を引く箇所、誘目点がある程度絞られていることが、感情価を上げる映像デザインを行う上での準備段階となる。何処に注目して良いか迷ってしまう様な映像は感情価を大きくて低下させることに繋がるため、誘目箇所を画面上に幾つかに絞ることが肝要である。ただし、誘目点が1箇所など、極端に絞り過ぎることは、展開の単調さ（次項目に挙げる）に繋がることもあるので、バランスに留意が必要である。

誘目箇所となる特徴は、

- 周囲と明度差がある
- 周囲と補色関係になっている
- 周囲とエッジの向き（形）が異なる

である（図 8.6）。



図 8.6: 誘目箇所となる特徴

全体的な構造を変化させ、展開を豊かにする

全体的な構造の変化に乏しい、単調な映像は感情化を低下させる傾向がある。細部の変化があったとしても、例えば全体的に一方向に動き続ける場合や、全体が完全にランダムに動き続ける、などは単調であると見なされる。様々に画面の内容が

変化する、展開豊かな映像シーケンスを構成することが、感情価を上昇させる為の条件である。

動きを滑らかにする

画面上のオブジェクトの滑らかな動きは、感情価を効果的に上昇させることができる。動きの速度変化と方向変化を徐々に変化させることで滑らかさを作り出すことができる。逆に、速度と方向を急激に、もしくは不規則に変化させると動きの滑らかさが失われ、感情価の低下に繋がる。特に、誘目箇所の動きの滑らかさは感情価を上げる上で最も重要である（図8.7）。

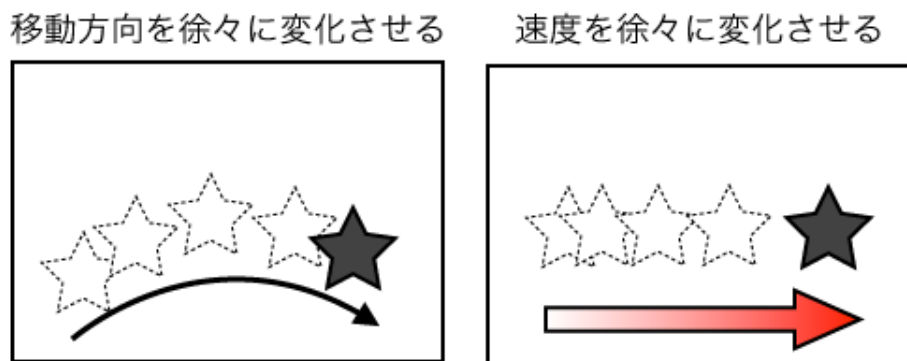


図 8.7: 感情価上昇方法 1: 滑らかさを構成するための二つの操作

動きの方向に規則性をもたせる

複数のオブジェクトを扱う場合は、それぞれのオブジェクトが完全に独立した方向に動いている状態よりも、まとまりを持って規則的に動いている状態の方が感情価を上昇させることができる（図8.8）。

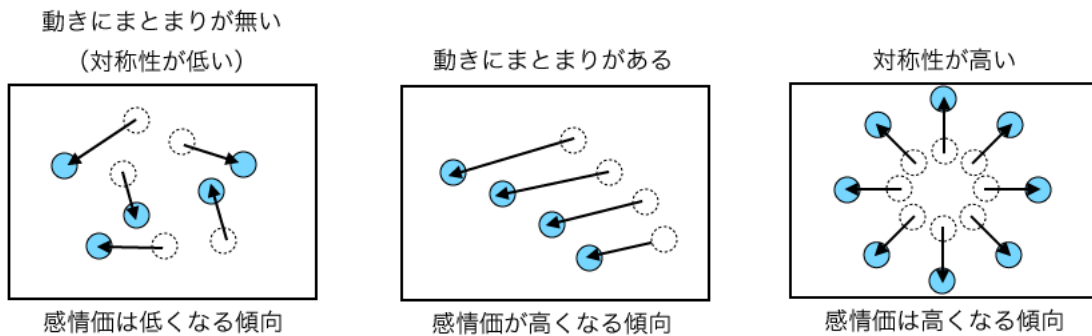


図 8.8: 感情価上昇方法 2: 動きの方向に規則性を持たせる

また、対称性の高い動きは、対称性の低い動きよりも感情価が高くなる傾向がある。

8.4.4 感情価を低下させる為には

感情価を下げ、意図的に不快にするには、感情価を上げる方法の逆の操作を行う。

誘目箇所を画面全体に分散させる

何処に注目して良いか迷ってしまう様な映像は感情価を大きくて低下させる傾向があるため、オブジェクトを画面全体に分散させるなど、画面の一部だけ特徴を持つ場所を作らないようにする。

動きを粗くする

動きの速度変化と方向変化を急激かつ不規則に変化させることで動きの粗さを作り出すことができる。特に、誘目箇所の動きの粗さは感情価を大きく下げることにつながる (図 8.9)。

移動方向を不規則に変化させる 速度を不規則に変化させる

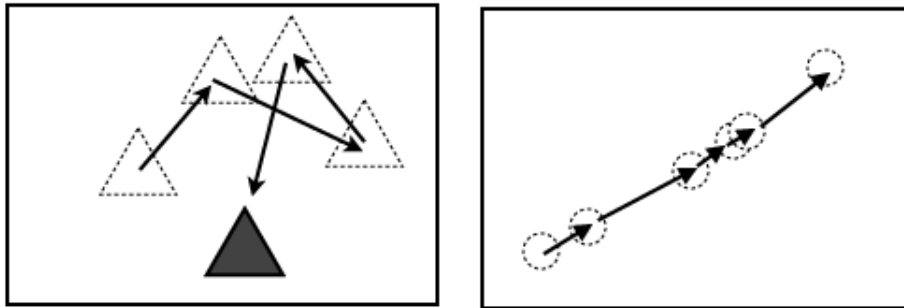


図 8.9: 感情価低下方法 1: 動きを粗くする二つの操作

動きの方向をまばらにする

複数のオブジェクトを扱う場合は、まとまりを持って規則的に動いている状態よりも、それぞれのオブジェクトが完全に独立した方向に動いている状態の方が感情価を低下させることができる。

8.5 発展：覚醒度と感情価感情価値の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

実践の章では、覚醒度と感情価をそれぞれ上昇・抑制するための方法を示してきた。発展の章では、二つの軸を組み合わせ、Exciting, Relaxing, Gloomy, Distressing の4つの感性サブカテゴリ（図 8.10）をデザインするための方法を説明する。

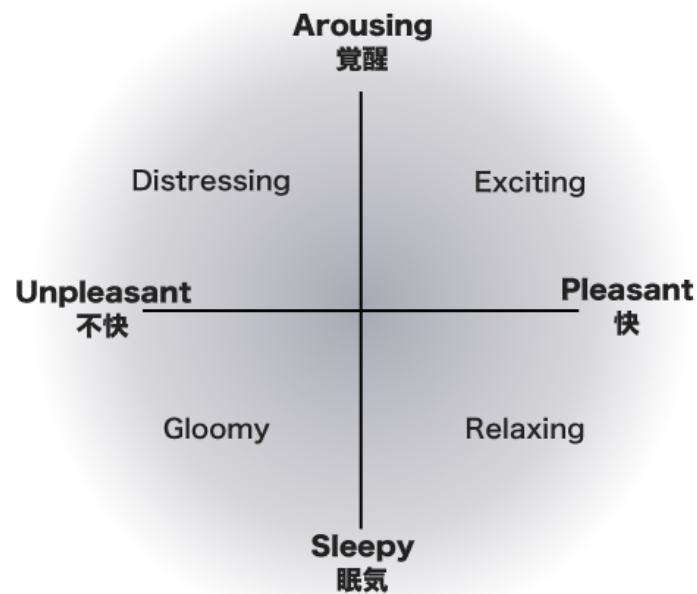


図 8.10: 覚醒度・感情価と4つのサブカテゴリの関係

8.5.1 Exciting

Exciting はポジティブな興奮状態であり、覚醒度、感情価ともに高くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を速くし、移動方向にまとまりを持たせる」というように、覚醒度を上昇させる方法と、感情価を上昇させる操作を掛け合わせることで、Exciting の状態に誘導することができる。また、より効果的に各因子のレベルを上昇させるには、それぞれ2つ以上組み合わせることが望ましい (図 8.11)。

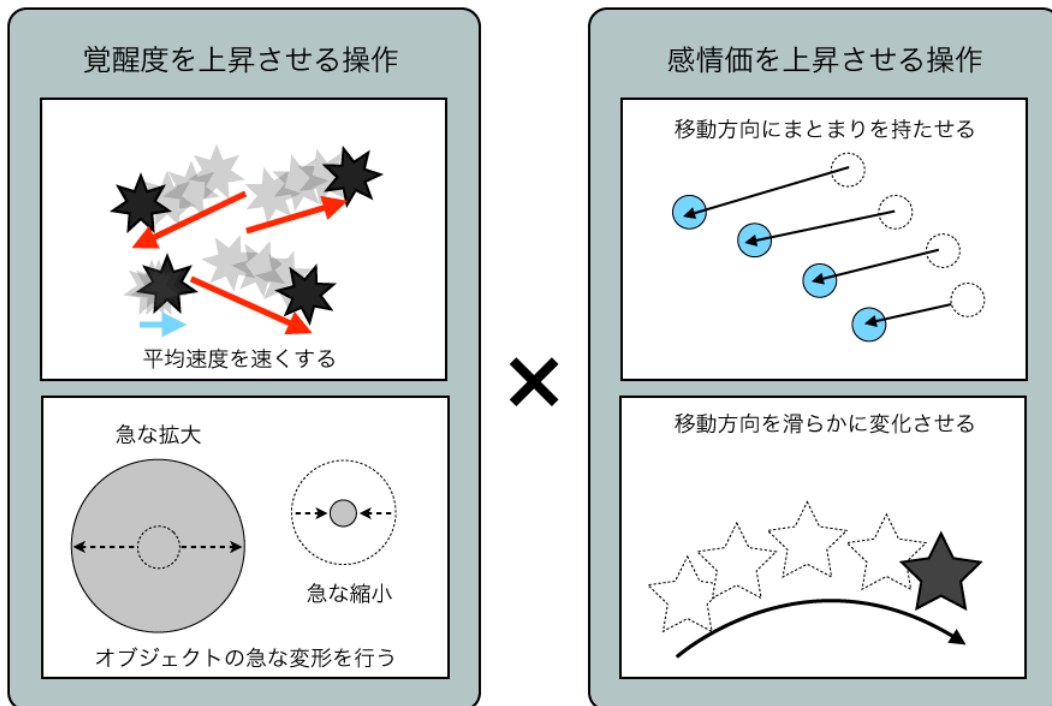


図 8.11: Exciting な映像を作る為の操作の組み合わせ例

8.5.2 Relaxing

Relaxing はポジティブな鎮静状態であり、覚醒度を低く、感情価を高くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を遅くし、移動方向を滑らかに変化させる」というように、覚醒度を抑制させる方法と、感情価を上昇させる操作を掛け合わせることで、Relaxing の状態に誘導することができる (図 8.12)。

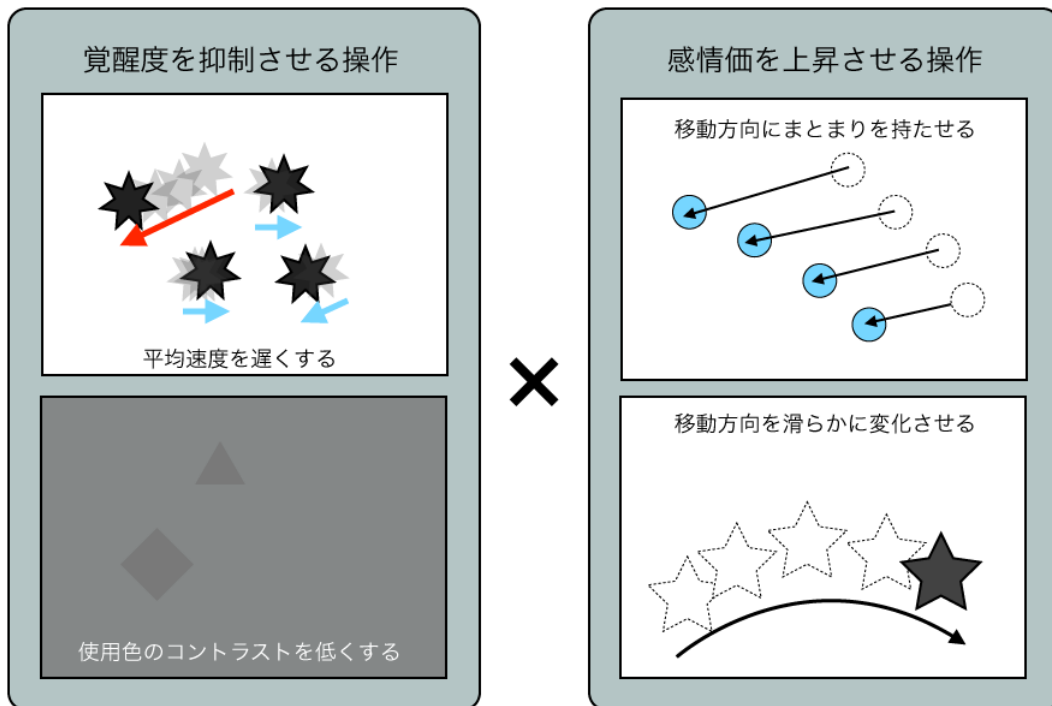


図 8.12: Relaxing な映像を作る為の操作の組み合わせ例

8.5.3 Gloomy

Gloomy はネガティブな鎮静状態であり、覚醒度、感情価をともに低くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を遅くし、移動方向をまばらにする」というように、覚醒度を抑制させる方法と、感情価を低下させる操作を掛け合わせることで、Gloomy の状態に誘導することができる (図 8.13)。

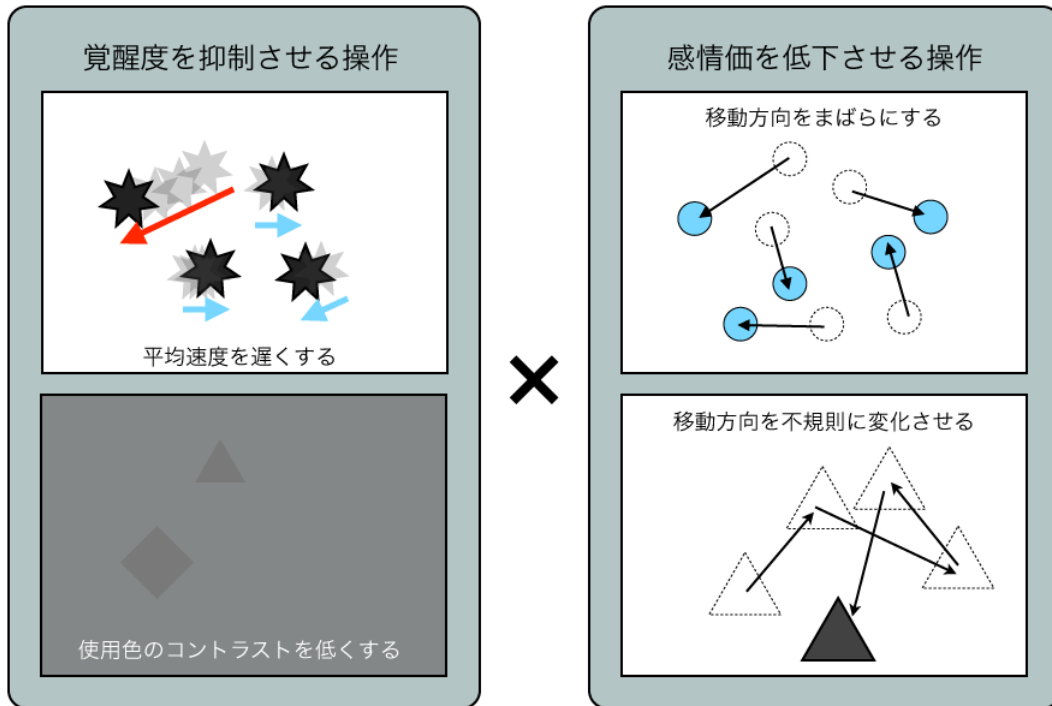


図 8.13: Gloomy な映像を作る為の操作の組み合わせ例

8.5.4 Distressing

Distressing はネガティブな興奮状態であり、覚醒度を高くし、感情価を低くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を速くし、移動方向をまばらにする」というように、覚醒度を上昇させる方法と、感情価を低下させる操作を掛け合わせることで、Distressing の状態に誘導することができる (図 8.14)。

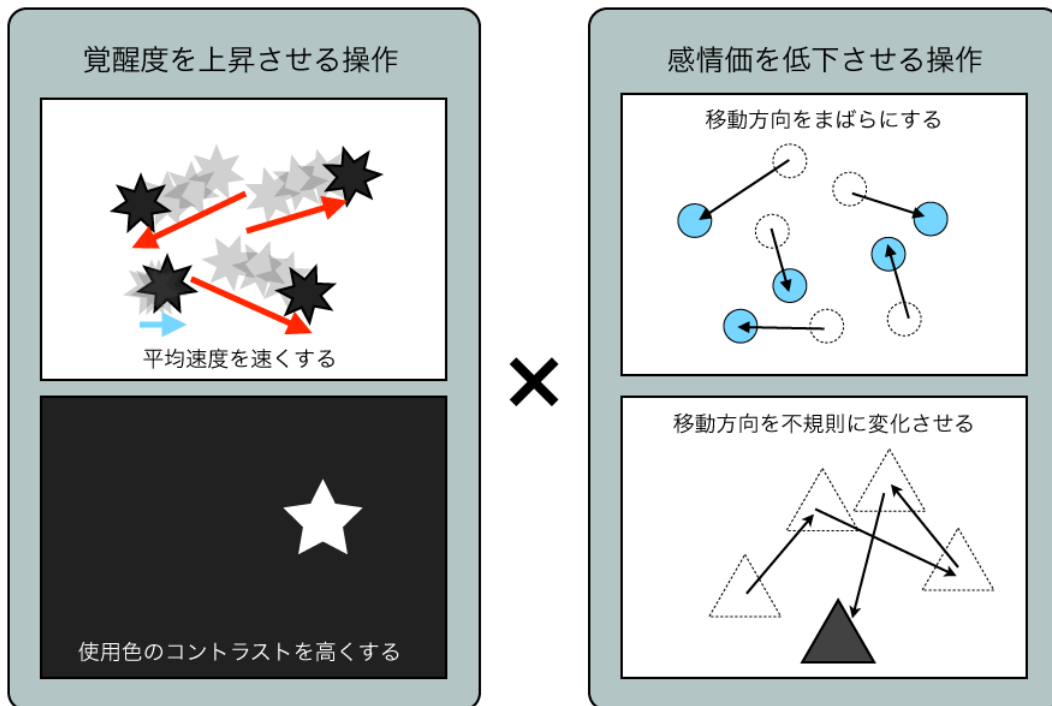


図 8.14: Distressing な映像を作る為の操作の組み合わせ例

8.5.5 組み合わせの注意点

覚醒度の上昇・抑制と感情価の上昇・低下のそれぞれの操作の組み合わせの中には、幾つか相性の悪い組み合わせが存在する。一つ目は、覚醒度を上げる操作「急な加速・減速」と、感情価を上げる操作である滑らかな動きを作る為の「速度を徐々に変化させる」が構造的に両立不可能ということである。もう一つは、覚醒度を上げる操作が感情価を下げてしまう、交互作用が起きる場合である。覚醒度を上げる操作「急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速を頻繁に行う」について、100msec-500msec 程度の短い周期で、大きな変化を繰り返し行くと、感情価を下げる傾向がある。そのため、感情価も高く、覚醒度も高い Exciting な映像を作る為には、こうした操作を控え、代わりに平均速度を速くするか、500msec - 800msec 程度の周期で変化を行うようにする。

8.6 ガイドラインの有用性テスト

今回策定したガイドラインの有用性を確認する為に、学生3名（それぞれをA, B, Cと呼ぶこととする）に簡易的なジェネラティブアート映像生成ソフトを用いて、映像制作を行ってもらった。3名には映像制作経験や、ジェネラティブアートの制作経験について事前アンケートを行った。A（25歳男性）は、4年の映像制作経験があり、モーショングラフィックスや実写編集を行うことが多いと答えた。Processing等を使ったジェネラティブアート制作の経験については未経験であった。B（21歳女性）は、映像制作の経験についてはiMovieでの簡易な映像制作のみと答えた。ジェネラティブアート制作については、授業でProcessingを使用し、他人が作ったアルゴリズムをプログラムに組み込んだ経験があると答えた。C（22歳女性）は、3～4年の映像制作経験があり、グラフィックやアニメーションを制作している。ジェネラティブアート制作については、未経験であった。

使用したソフトは、実験1映像の制作に用いたBoids映像を生成するもので、画面上にカーソルを位置させ、その座標位置を変えることで、プログラム内のパラメータが変化する仕組みになっている。x座標がパーティクルの拡散-纏まりに対応し、y座標が動きの速さ-遅さに対応している（図8.15）。

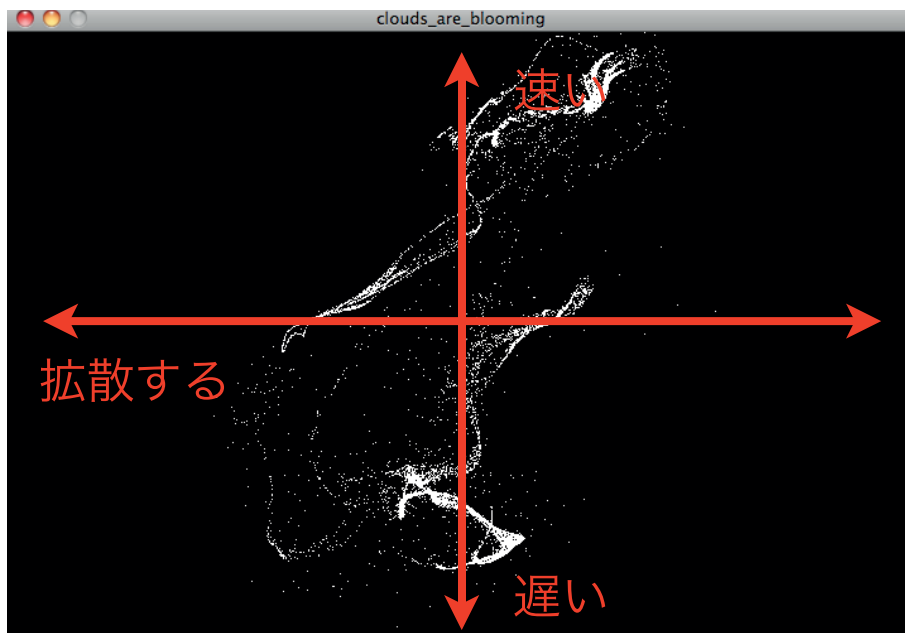


図 8.15: 映像制作ソフトのUIと操作方法

制作者には、

1. 「見ていて気分が楽しくなり興奮する様な、エキサイティングな映像」
2. 「見ていて心地よくリラックスできる様な映像」

という二つの映像の制作課題を与え、ガイドライン読了前と、ガイドライン読了後と2度同じ課題で映像を制作してもらい、制作過程の意識の違いや、ガイドラインについて気付いたこと、要改善点について尋ねた。

8.6.1 ガイドライン習得の様子

ガイドラインの提示は、サンプルムービーを埋め込んだ Power Point 形式のスライドを各自読み進めてもらった。この際、特に解説は行わず、分からない語句があったらその都度尋ねてもらおうとした。ガイドライン読了に掛かった時間は、それぞれ、Aは約12分、Bは約17分、Cは約20分であった。

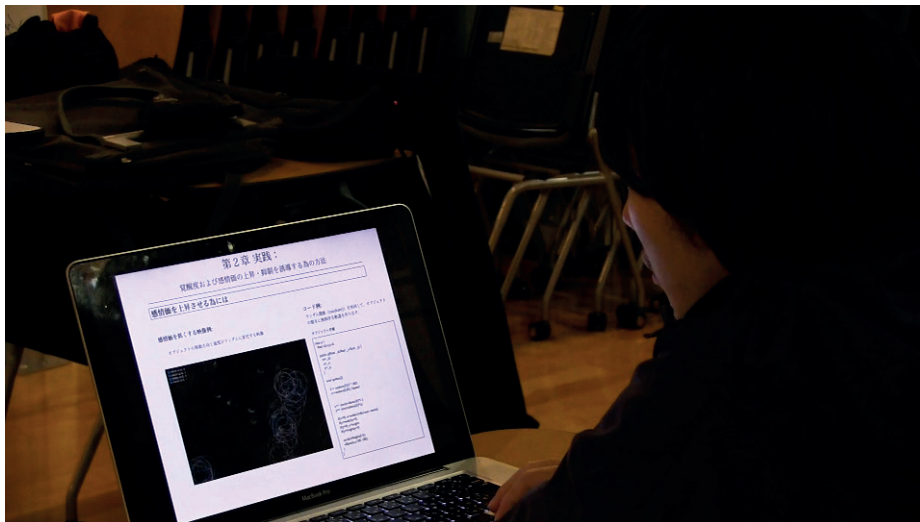


図 8.16: ガイドライン習得の様子

読了後、ガイドラインの内容を理解出来たか確認の為に、以下の文の括弧内の単語、当てはまる方に丸をつけるように以下のアンケートをとったところ、3名とも正しく回答出来ており、上記の時間で内容を理解できていたことを確認した。

- 1. の映像とは、覚醒度が（高く・低く）、感情価が（高い・低い）状態に誘導するものである。

- 2. の映像とは、覚醒度が（高く・低く）、感情価が（高い・低い）状態に誘導するものである。

8.6.2 ガイドライン読了後の映像の変化

スライド形式のガイドラインの読了後、制作者には印刷版を配布し、必要に応じて読み返しながらか映像を制作してもらった（制作した映像は付録に収録）。各者の主な映像変化について、以下に記す。

- A. 読了前、1の「エキサイティングな映像」は、パーティクルが全体に拡散している状態が長く、また、画面中央付近を中点として全体が回転するような動きを繰り返すようになっている。読了後は纏まりと拡散部分の濃淡にメリハリができ、誘目箇所が絞られる映像となった。また、全体の構造変化が豊かであり、読了前の「繰り返し」しているような印象が弱まっている。2の「リラックスできる様な映像」は、構造変化や動きの滑らかさについては前後で大きな変化は見られないが、読了後はより纏まり部分が明確になっており、誘目箇所が絞られる映像となっている。
- B. 「エキサイティングな映像」について、ガイドライン読了前後を比べると、読了後は全体の速度がやや遅くなっており、纏まりと拡散の濃淡にメリハリのついた映像になっている。2の「リラックスできるような映像」については、読了前はパーティクルが画面中央部に常に密集しているため、やや構造変化が単調な映像となっているが、読了後は密集と拡散のバランスが中程度となり、徐々に全体構造が変化して行く映像となっている。
- C. 「エキサイティングな映像」「リラックスできるような映像」両者について、読了後、パーティクルの拡散が極端に抑えられ、一部に密集した映像になっている。また、「エキサイティングな映像」では、読了後、誘目点を絞ることを特に配慮し、他の要点への配慮が希薄になった為か、動きの滑らかさが低下し、全体的に粗い動きになっており、「リラックスできるような映像」では、一部に過度にパーティクルが密集しているため、読了前と比べて構造変化に乏しい映像になっている。

8.6.3 ガイドライン読了後の意識変化

制作後、「映像制作について、自身の中で何か変化したことはありますか？」と尋ねたところ、各者下のように回答している。

- A. ガイドラインを読んで、何となくやっていたことが説明され、なるほど、と思いつながら理解することができた。普段の制作にも活かすことができそう。
- B. ガイドラインを読む前は、何となくの感覚で作ったが、ガイドラインを読むことで、その感覚が言葉にされており、スッキリと理解出来て、2回目は具体的に考えて作ることができた。
- C. ガイドラインを見る前は、なんとなくそれっぽくなるようなバランスを探しながら映像を作ったが、ガイドラインを見ると、目標が明確になるので、作りやすくなった。

全制作者が語るように、「エキサイティング」や、「リラックス」、という目的で制作する場合、明確な指針は無く「何となく」自身の感覚を頼りに制作したようである。今回のテストの場合、予め、数少ないパラメータのバランスを調節しながら、リアルタイムに変化を見て、映像製作が出来るように環境を整えたため、自身の感覚を頼りに制作することができたが、ゼロからコーディングして映像を作っていく際や、パラメータが多い場合には、映像操作と感性品質との対応が直感的に捉えづらくなってくると考えられる。そのような場合に、ガイドラインを参照することで、感性品質を具体的な映像操作に置き換えて目標を設定でき、制作がスムーズになることが期待出来る結果となった。

8.6.4 ガイドラインの改善課題

特に何を意識して制作をしたか、口頭で尋ねたところ、3名全員が感情価を上げる為に、誘目点をつくるということを特に意識していたことが分かった。理由としては、それまで特に意識していなかったことを提示され、納得すると、特にその部分に注意が注がれる、という心理的な傾向が働いたためと考えられる。そのデメリットとしては、一つのポイントに意識が集中してしまい、他のポイント、(例えば展開の豊かさや、滑らかな動き)への配慮が少なくなってしまう、ということが挙げられる。実際に各者の読了前と読了後の映像を比較すると、Cは、顕著点をつくることに過度に集中してしまい、滑らかな動きや展開の豊かさへの配慮が失われていた。このような意識配分の偏りを抑止するために、全体のポイントをまんべんなく抑えて制作することを促すような注意喚起を記載する必要があることが分かった。

また、各者に改善が必要と感じる点を尋ねたところ、「 msec、や視野角度5°などの数値を具体的にイメージするのがむずかしかった。」という意見が共通して得

られた。これは、日常的にこうした単位で対象を把握することが少ないために、具体的なイメージを持つことができなかつたと考えられる。こうした定量的な指標を制作に活かす為には、映像アナライザーのような形で、ソフトウェアによって制作をサポートを行うことが一つの解決方法として挙げられる。

第9章 結論

9.1 研究成果のまとめ

本研究の成果は以下の3点に集約される。一つ目は、もともと環境心理学分野で構築され、一般映像の感性評価に応用されてきた覚醒度・感情価の二次元感性モデルを、ジェネラティブアート映像視聴においても適用可能であることを明らかにしたことである。二つ目は、覚醒度および感情価の各因子と相関関係にあるジェネラティブアート映像の物理特徴量を、独自の評価指標として抽出したことである。三つ目は、評価指標と各因子の相関分析から、各因子の感性反応を効果的に上昇・抑制する為の知見を示し、GA映像の感性品質デザイン支援の為のガイドラインを策定したことである。

9.1.1 覚醒度・感情価の二次元感性モデルの適用可能性

覚醒度・感情価の二次元感性モデルは、環境心理学分野で提案され、その後一般映像の感性評価モデルとして用いられてきた。ジェネラティブアート映像視聴においてもこの感性モデルが適用可能であるか、ジェネラティブアートのクライテリアである、抽象的なモチーフ（点・線・面）と、規則性と不規則性の観点から、代表的な特徴を備えた映像刺激群を用い、映像刺激セットと被験者を代え、2度の官能評価実験を行った。官能評価実験では、Modified Mehrabian & Russell モデルの感情価・覚醒度の形容詞群を用い、元々言語表現による状景描写の実験で見出された直交二因子構造がジェネラティブアート視聴においても追認されるか、確認的因子分析を行った。官能評価結果の因子分析を行ったところ、累積寄与率から両実験とも二つの因子が想定される結果が提示され、形容詞対の因子負荷量からそれぞれ Modified Mehrabian & Russell モデルの感情価・覚醒度の直交因子構造に対応する結果が示された。この結果から、ジェネラティブアート映像視聴においても、覚醒度・感情価の二次元感性モデルを適用可能であることが確認出来た。

9.1.2 覚醒度・感情価に対応する物理指標の抽出

覚醒度に対応する物理指標

覚醒度分析に有効な指標について、画面内の動きの速さや勢いを表す motion intensity と、変化面積の急激な増加・減少の頻度を表すフレーム間差分推移特徴の二つの指標の有効性が見出された。

motion intensity については、映像全フレームのオプティカルフロー解析から動きベクトルを求め、全フレーム全ベクトル長の平均値をする場合と、全フレーム全ベクトル長の分布比率 (3.5pixel/33.3msec 以下の比率) を利用する場合の二つの方法で分析を行い、両者共に有効性が確認された。これらから、ジェネラティブアート視聴においても動きの速さが覚醒度上昇に関わること、また、今回の実権環境下で秒速約 100pixel (画面上では秒速約 65mm) の速度を境に、それ以上の速度が覚醒度を上昇させる傾向があることが示唆された。

フレーム間差分推移特徴については、映像全フレームのフレーム間差分を求めて時系列データとし、時系列の周波数解析より 6 つの帯域に分けてその構成比と覚醒度との相関関係を分析したところ、実験 1 (点モチーフ) では 583 -1664msec 周期、実験 2 (線モチーフおよび面モチーフ) では 197 - 583msec 周期での差分量の増加・減少が覚醒度と正の相関関係があることが示された。さらに、実験 2 において、線モチーフの映像と面モチーフの映像とに分けて各帯域との回帰分析を行ったところ、線モチーフの場合は実験 1 と同様の 583 -1664msec 周期において有意な正の相関が示され、面モチーフは 197 - 583msec 周期の正の相関がより強く示された。このことから、画面上の急激な画素変化の頻度が覚醒度上昇に関わっており、また、映像の描画単位となるモチーフが細くなるほど、長い周期での変動 (遅い変動) でも覚醒度が上昇する傾向があることが示された。

感情価に対応する物理指標

感情価分析の有効な指標について、感情価因子得点の高かった映像および低かった映像の質的な特徴の観察から、動きの滑らかさ・規則性、オブジェクトの分散度などの属性が、映像の時空間的な「まとまり」の捉え易さ、展開の追い易さが感情価に関わっている可能性が推察された。そこで、顕著性マップを利用して映像の顕著点の推移を算出し、顕著点推移ベクトルの角速度を求めることで、滑らかさを表す指標を考案した。感情価との回帰分析を行ったところ、実験 1 で中程度の負の相

関 (r^2 乗 0.449, $p = 0.00063$) が示され、実験 2 では弱い負の相関 (r^2 乗 0.365, $p = 0.00063$) が示された。顕著点推移ベクトルの角速度と感情価との間に、弱～中程度の相関性が確認されたことから、まとまりの捉え易さ、動きの滑らかさ、といった視線の推移を安定させる特徴は、感情価を上下させる要因の一部であると捉えることができる。また、運動方向のまとまりでは説明出来ない規則性として、画面内の構図の対称性について、空間対称性のある映像と、非対称の映像との感情価因子得点の平均値の差の検定を行ったところ、分散分析の結果、非対称-対称の平均値の差は-0.46903、 $p < .0001$ となり、有意水準 5%で両者の平均には有意な差が有ることが示された。従って、対称性の高い映像は、非対称の映像よりも感情価が高く評価される傾向があることが示唆された。

9.1.3 感性因子と映像の物理属性の対応についての考察

覚醒度は外的刺激に対してどの程度迅速に対応することが出来るかを表す一連の生体反応の自己感覚である。人間の場合、心拍の上昇、血圧上昇といった反応が現れるが、外的刺激から危険を察知して回避行動の為に生体機能を一時的に向上させる反応は、単細胞生物などの単純な構造をもった生物にも見られる、生物一般が備える生体反応である。このような側面からも、覚醒度は、外界からの危険に対する生命維持の最も基本的・プリミティブな生体反応に基づく情動であると言える [55]。本研究で確認された、「動きの速度」や「急激な変化の頻度」という指標は、自然界では眼前の対象物が自身の身体に危険を齎すかどうかを判断する属性であると考えられ、例え画面上の抽象的な図像であっても、そうした属性が認知系のボトムアッププロセスによって判断され、思考に先んじる形で生体反応を促し、その結果自己感覚として捉えられているのではないかと推察される。

一方で、感情価は、その名が示すように、対象が自身にとってポジティブかネガティブか、快-不快の「価値」判断に対応する情動である。食べ物の「おいしい」「不味い」、「匂いが良い」「臭い」というような「刺激の質」に対する価値判断であり、覚醒度が、専ら身体に直接危害を加える様な対象からの逃避という受動的な反応に対応しているのに対し、感情価は、補食や繁殖のために対象に接近するか・否か、という自発的な行動判断に対応していると考えられる。本研究で確認された、動きのなめらかさ、構図の対称性は、ゲシュタルト心理学における知覚的群化のプレグナンツの法則 [56] に通じるものであるが、プレグナンツの法則に従う様な

単純かつ安定した秩序を持つ形態は心理的に「快の刺激」となることも指摘されてきている [57][58]. さらに、サル、アライグマ、トリを用いた選択実験によって、Rensch は、動物が非対称性や不規則性よりも対称性、規則性、秩序を好むという美的選好を示すことを明らかにしており、後に Anderson[60] らのオマキザルとリスザルを用いた実験で、この結果が追認されている。ほ乳類をはじめとする高等脊椎動物の多くの身体外観は左右対称であることから、対称性がこれらの生物にとって特別な意味があることは理にかなったことであると考えられる。また、規則性や秩序に関しては、Schuster と Beisl [61] により、人間は環境の中に規則性を見出すことで、効率よく知覚し、記憶の負担を減らそうとする傾向があることが指摘され、Dörner と Vehrs[62] の実験からは、そのような規則性を見出せる対象を美しいと価値づけられることが示されている。従って、「対象の質」を判断するための初段階であるパターン認識の難易度に関わる特徴として、動きの滑らかさや構図の対称性といった特徴が対象の知覚情報量を圧縮できることにつながり、感情価の上昇に繋がっているのではないかと推察される。

9.2 今後の課題

本研究で明らかになった知見や、ガイドラインは、実際に映像制作に利用されてこそ、その意義が発揮されるものである。また、実際に試用されることで、新たな知見が得られ、ガイドラインがバージョンアップされて行くことが期待出来る。そのために、まず一つ目の課題としては、ガイドライン内容や本研究で得られた知見を、実際のジェネラティブアート映像に直結出来る、映像制作アプリケーションを開発することである。現在のジェネラティブアートは、主にテキストベースのコーディングによる制作手法により行われている。このような手法は、プログラミングリテラシーの低い人が、ジェネラティブアートの制作を行う大きなハードルとなっている。ガイドラインの有用性のテストの際に制作者が挙げたように、日常的に扱わない様な単位で表現された定量的な指標を参考にして、コーディングにより映像を制作することは困難であると考えられる。解決策としては、モジュール式ソフトウェアを用いたジェネラティブアート制作手法が考えられる。これは、例えばアナログシンセサイザーがオシレータ・フィルタ・アンプリファア、といったセクションに区切り、波形の種類、フィルタ形状、アンプリファアの時間変化について、タイプの選択とパラメータの調節により、音色制作を行うように、ジェネラティブアートにおいても、動きのタイプと、パラメータ調節によって、映像を調節出来る仕組みを採用する、という方式である。このような方式にすることで、プログラミング

リテラシーを持たない人でも、簡単にジェネラティブアート映像を制作することが出来るようになると期待出来る。さらに、前章のガイドラインの改善課題で述べた映像アナライザー機能を付加し、パラメータ変更都度に感性品質を推定表示することで、映像操作と分析評価がシームレスに繋がった制作プロセスを実現可能であると考えられる。

二つ目の課題は、本研究で明らかになった知見・ガイドラインの、環境デザイン要素としての映像制作への応用である。例えば、病院や宿泊施設など、利用者の居心地に配慮が求められる施設を対象に、本研究の知見を活かした映像を配置し、その効果を検証する、等である。本研究で得られた知見は、あくまで限られた環境、限られた年代の被験者の傾向が反映されており、環境や視聴者の年代が異なれば、場面場面に特有の傾向が見られる可能性がある。ディスプレイサイズに関しても、今回の実験環境で用いたディスプレイ以外での大きさ、例えば屋外の壁やスマートフォンなど、様々なディスプレイサイズでも本研究の知見が有効かどうか、検証して行く必要がある。さらには、立てかけた場合や、水平においた場合、床面に映し出した場合などの状況の違いがどのように影響するか、その傾向を調査することも環境デザインの一部としてのジェネラティブアートを普及させる上で有効であると考えられる。また、本研究では1分程度の映像を用いたが、実際に居住空間等に設置する場合、長時間映像に接していることを考慮する必要が出てくる。そのような場合には、ガイドラインの映像操作を元にした、より”マクロ”な、映像操作、シーンの移り変わりのデザイン等が必要になってくると考えられる。

最後に、今後の研究ビジョンを記しておきたい。本研究の実験では、同一のモチーフ（点）、同一のアルゴリズムによって生成された映像にも関わらず、動きのパラメータの違いによって、多くの人から好まれる映像、そうでない映像とが分かれる結果が得られた。これは、意味の無い点の集合による映像でも、視聴者の感性反応を様々なデザインでできること、動的形状そのものに普遍的な感性訴求性が備わっていることを示している。普遍的な美を数量的に解明し、デザインに応用しようという試みは、グラフィックやプロダクトデザインにおいて、これまで特に静的な形に対しては数多く行われてきたものの、動的なビジュアルデザインに対して行われてきた例は数少ない。それは、静的な形に関する属性（長さ、面積、輪郭線の角度など）の計量が容易であることに比べ、動的なビジュアルはそうした属性が刻々と変化するため、単純に計量が困難であること、さらには、属性の変化の仕方にも美的効果が生じ、計量だけでなく時系列解析技術が必要となることが理由として考えら

れよう。近年の情報処理技術の飛躍的な向上により、現在では画像解析や時系列解析をデザイン研究の為に手軽に活用出来る環境が整えられた。今後、これまで数量的な解明が行われてこなかった動的ビジュアルデザインに、本研究のアプローチを広く適用できることを示し、動的表現における数量化美術の手法を開拓して行きたい。

謝辞

まず始めに、修士時代とは研究方針が変わり、その方針に沿った学術的な知識や技術がほぼ無いに等しい学生であったにも関わらず、研究指導を引き受けてくださった小川克彦教授に感謝の意を表させていただきます。研究を進める中で、当然ながら多くの壁にぶつかって来ましたが、その都度先生には突破口を開くヒントとなるアドバイスを頂けたからこそ、挫折すること無く、新しいアプローチを試し続けようという思いを保てたのだと思います。先生の指導を得て、ようやく学術研究の何たるか、その基礎を身につけることが出来ました。

また、副査を引き受けてくださった渡辺利夫教授には、特に心理データ分析上のテクニカルなアドバイスを頂き、同じく副査の田中浩也准教授からは、研究対象とした映像の位置付けについての御指摘を、脇田玲教授からは、ガイドラインの有用性に対する御指摘を頂きました。それぞれ、研究当初はその重要性の認識が甘かった点であり、認識を改める為の的確なアドバイスを頂けたことを感謝しております。

政策・メディア研究科エクス・デザインプログラムの諸先生方からは、特に研究内容の実用面に関する鋭い御指摘を頂き、デザイン研究を行う上で見失っては行けない視点を再認識することに繋がりました。今後デザイン研究を続けて行くなかで、先生方の言葉を何度も振り返ることと思います。

小川研究室の先輩である天笠邦一さんには、研究生活を送る上で、心理的に厳しい状況に陥った時、常に暖かい励ましを頂きました。研究分野は違えど、身近に同じ環境で博士号を取得した先輩が居たことは大変心強いことでした。また、同研究室の博士課程で、学部時代からの付き合いでもある田島悠史君とは、芸術に携わるものとしての共通点もあり、博士課程のことだけでなく、芸術について、キャリアについて、ざっくばらんに話あうことができました。研究のことだけでなく、多方面で話合える相手が研究室に居ることは、何かと気の多い私にとって非常に大切な支えであったと思います。また、研究室の後輩をはじめとする SFC の学生の皆

様には実験に快く協力して頂き、研究実施をスムーズに行う上で大変重要な役割を担って頂いたと感謝しております。

そして最後に、いつも私の知的好奇心の追求を後押しし、支えてくれる両親・家族に最大の感謝の意を表し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] Boden, Margaret A. and Edmonds, Ernest A.: “What is generative art?”, Digital Creativity 20: 1, pp.21-46 (2009)
- [2] Nees, G. : “Generative Computergraphik”, Siemens AG, Berlin (1969)
- [3] Nake, F. ;“Computer art: a personal recollection”, in Creativity and Cognition2005. Proceedings of the Fifth Conference on Creativity and Cognition, 12-15 April, Goldsmiths College, ed. L. Candy, ACM Press, New York, pp.54-62 (2005)
- [4] Bense, Max, and Jaisa Reichardt, : “The projects of generative aesthetics.” Cybernetics, Art, and Ideas, pp.57-60. (1971)
- [5] Galanter, P. : “What is generative art? Complexity theory as a context for art theory(2003) ” , In GA2003 6th Generative art Conference, (2003)
- [6] マット・ピアソン著, 久保田 晃宏 監訳, 沖 啓介 訳:“ジェネラティブ・アート Processing による実践ガイド ” , 株式会社ピー・エヌ・エヌ新社, (2012)
- [7] Processing Official Web Site: <http://processing.org/>
- [8] openFrameworks Official Web Site: <http://www.openframeworks.cc/>
- [9] Cinder Official Web Site: <http://libcinder.org/>
- [10] THA LTD. : “FRAMED* ” web site, <http://frm.fm>
- [11] Russell, J. A. : “Core Affect and the Psychological Construction of Emotion”, Psychological Review, 110, 1, pp.145-172 (2003)
- [12] Dennis, C., et al.:“The mediating effects of perception and emotion: Digital signage in mall atmospherics ” , Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 17, pp.205-215 (2010).

- [13] Detenber, Benjamin H., Robert F. Simons, and Gary G. Bennett Jr. : “Roll ‘em!: The effects of picture motion on emotional responses.” *Journal of Broadcasting & Electronic Media* 42.1 : pp113-127 (1998)
- [14] Hanjalic, A. and L. -Q. Xu : “Affective Video Content Representation and Modeling”, *IEEE Transactions On Multimedia*, 7, 1, pp.143-154 (Feb. 2005)
- [15] Xu, M., Luo, S. J. S. and L. Duan : “Hierarchical Movie Affective Content Analysis Based on Arousal and Valence Features”, *MULTIMEDIA '08 Proceedings of the 16th ACM international conference on Multimedia*, pp.677-680 (2008)
- [16] Arifin, S. and P. Y. K. Cheung : “A Computation Method for Video Segmentation Utilizing the Pleasure-Arousal-Dominance Emotional Information”, *MULTIMEDIA '07 Proceedings of the 15th international conference on Multimedia*, pp.68-77 (2007)
- [17] Jaimes, A. , Yoshida,N. , Murai, K., Hirata, K. and J. Miyazaki : “Interactive Visualization of Multi-Stream Meeting Videos based on Automatic Visual Content Analysis”, *IEEE Intl. Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp.411-414(2004)
- [18] Zhang, S., Huang, Q., Jiang, S., Gao, W., and Q. Tian : “Affective Visualization and Retrieval for Music Video”, *IEEE Transactions on Multimedia*, 12, 6, pp510-522 (2010)
- [19] Zhang, S., Tian, Q., Jiang,S., Tian, Q. and W. Gao : “Affective MTV analysis based on arousal and valence features.” In *Multimedia and Expo, 2008 IEEE International Conference on* (pp. 1369-1372). IEEE.(2008)
- [20] Kang, H. B.: “Analysis of scene context related with emotional events,” *ACM Multimedia* pp. 311-314, (2002)
- [21] Moncrieff, S., Dorai, C. and S. Venkatesh : “Affect computing in film through sound energy dynamics”, *ACM Multimedia*, pp. 525-527, (2001)
- [22] Mehrabian, A. and J. A. Russell : “The Basic Emotional Impact of Environments”, *Perceptual and Motor Skills*, 38, pp.283-301 (1974)

- [23] Osgood, C. E.: "The cross-cultural generality of visual-verbal synesthetic tendencies" *Behavioral Science*, 1960, 5, pp146-169. (1960)
- [24] Solomon, L. N. : "A factorial study of the meaning of complex auditory stimuli (passive sonar sounds)", Unpublished doctoral dissertation, Univer. of Illinois, (1954)
- [25] Mehrabian ,A. : "A semantic space for nonverbal behavior". *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 1970, 35, pp248-257. (1970)
- [26] Evans, D. R., and H.I. Day: "The factorial structure of responses to perceptual complexity". *Psychonomic Science*, 1971, 22, pp357-359, (1971)
- [27] Mehrabian, A. : "Nonverbal communication", Chicago: Aldine Atherton, (1972)
- [28] Berlyne, D. E. : "Conflict, arousal, and curiosity.", New York, McGraw-Hill, (1960.)
- [29] Duffy, E. : "The psychological significance of the concept of "arousal" or "activation."", *Psychological Review*, 1957, 64, pp265-275, (1957)
- [30] Malmö, R. B.: "Activation: a neuro-psychological dimension" *Psychological Review*, 1959, 66, pp367-386, (1959)
- [31] Thayer, R. E.: "Measurement of activation through self-report" *Psychological Reports*, 1967, 20, pp663-678, (1967)
- [32] Thayer, R. E.: "Activation states as assessed by verbal report and four psychophysiological variables" *Psychophysiology*, 1970, 7, pp86-94, (1970)
- [33] Feldman, S. M. and H. J. Waller: "Dissociation of electrocortical activation and behavioural arousal." *Nature*, 1962, 196, pp1320-1322, (1962)
- [34] Snider, J. G., and C. E. Osgood(Eds.): "Semantic differential technique" Chicago: Aldine, (1969)
- [35] Russell, J. A. and G. Pratt : "A Description of the Affective Quality Attributed to Environments", *Journal of Personality and Social Psychology*, 38, pp.311-322(Aug, 1980)

- [36] Dietz, R. B. and A. Lang : “Affective agents; Effects of agent affect on arousal, attention, liking and learning”, in Proceedings of the Third International Cognitive Technology Conference, San Francisco (1999)
- [37] Bradley, Margaret M., and Peter J. Lang.: “Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential.” Journal of behavior therapy and experimental psychiatry 25.1 : pp49-59, (1994)
- [38] Lang, A., Bolls, P., Potter, R. F. and K. Kawahara : “The Effects of Production Pacing and Arousing Content on the Information Processing of Television Messages”, Journal of Broadcasting & Electronic Media, 43, 4, pp.451-475 (1999)
- [39] Lang, A., Dhillon, K. and Q. Dong : “The effects of emotional arousal and valence on television viewers’ cognitive capacity and memory”, Journal of Broadcasting & Electronic Media, 39, 3, pp.313-327 (1995)
- [40] Candy, J. C., et al. : “Transmitting Television as Clusters of Frame-to-Frame Differences”, The Bell System Technical Journal, 50(6): pp1889-1917, (1971)
- [41] Wang, Hee Lin, and Loong-Fah Cheong. “Affective understanding in film.” Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on 16.6, pp689-704. (2006)
- [42] 中島 : “映像心理学の理論”, 有斐閣, pp.201-202, pp.401-412 (2011)
- [43] Reynolds, C. W. : “Flocks, Herbs, and Schools : A Distributed Behavioral Model”, Computer Graphics, 21, 4, pp.25-34 (1987)
- [44] Billings, W. L. : “Effects of Store Atmosphere on Shopping Behavior”, Honors Projects, Paper 16 (1990)
- [45] 井上, 石淵: “構造方程式モデリングによる Mehrabian and Russell モデルの検討”, 情報科学研究 (関西学院大学情報処理研究センター) , 12, pp.39-58 (1997)
- [46] opencv.jp : “OpenCV -1.0 リファレンス マニュアル”, http://opencv.jp/sample/optical_flow.html
- [47] Card, S. K., Moran, T. P. and A. Newell : “The Model Human Processor An Engineering Model of Human Performance”, In K. R. Boff, L. Kaufman, &

- J. P. Thomas (Eds.), Handbook of Perception and Human Performance. 2: Cognitive Processes and Performance, pp.1-35 (1986)
- [48] Phillips, W. A.: “On the Distinction between Sensory Storage and Short-Term Visual Memory ”, Perception and Psychophysics, vol. 14, pp.283-290 (1994).
- [49] 乾 俊郎, 宮本 健作: “顔の情報処理機構:視覚的イメージの形成過程 ”, 大阪大学 人間科学部紀要, Vol. 5, pp.192-221 (1979).
- [50] Treisman, A.M. and G. Gelade : “A feature-integration theory of attention,” Cognitive Psychology, vol.12, no.1, pp.97-136, (1980)
- [51] Koch, C. and S. Ullman : “Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. ”, Human neurobiology, vol.4, no.4, pp.219-227, (1985)
- [52] Itti, L., Koch, C. and E. Niebur : “A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.20, no.11, pp.1254-1259, (1998)
- [53] 木村昭悟, : “人間の視覚的注意の確率モデル: 動的ベイジアンネットワークに基づく最新のアプローチ”, 信号処理シンポジウム予稿集, pp.314-319, (2010, 11月)
- [54] 福田忠彦: “生体情報システム論”, 産業図書, 東京, (1995)
- [55] アントニオ・R・ダマシオ (著), 田中 三彦 (訳) : “感じる脳 情動と感情の脳科学 よみがえるスピノザ”, ダイヤモンド社, pp.67 (2005)
- [56] Koffka, K. : “Principles of Gestalt psychology”, A Harbinger Book, Harcourt, Brace & World, Inc. p.110 (1935)
- [57] Hüppe, A., : “Prägnanz - ein gestalttheoretischer Grundbegriff[Prägnanz - A fundamental term in gestalt-theory]”, Profil, München, (1984)
- [58] Palmer, S.E., : “Symmetry, transformation, and the structure of perceptual systems.” In Beck, F.(Ed.), Organization and representation in perception. Eflbaum, Hillsdale, NJ. pp 95-144 (1982)

- [59] Rensch, B. : “Ästhetische Faktoren bei Farb und Formbevorzugungen von Affen.” Zeitschrift für Tierpsychologie, 14, 71-99. (1957)
- [60] Anderson, J. R., et al. : “Are monkeys aesthetists? Rensch (1957) revisited”, Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 31, 71-78. (2005)
- [61] Schuster, M., Beisl, H. : “Kunst-Psychologie” Wadurch Kunstwerke wirken”. Du-Mont, Köln, (1978)
- [62] Döner, D., Vehrs. W. : “Ästhetische Befriedigung und Unbesimmtheitsreduktion”, Psychol. Rev., 37:321-334 1975

付録A 付録

- ジェネラティブアートにおける感性品質デザインのためのガイドライン
- ジェネラティブアートにおける感性品質デザインのためのガイドライン (PowerPoint ファイル形式, 及び HTML 形式, DVD-ROM 収録)
- 映像刺激 (DVD-ROM 収録)
- 官能評価データ (Excel ファイル形式, DVD-ROM 収録)
- ガイドラインの有用性テストで制作された映像 (Excel ファイル形式, DVD-ROM 収録)

ジェネラティブアートにおける 感性品質デザインのためのガイドライン

ガイドラインの目的と構成

本ガイドラインは、ジェネラティブアートを用いて、視聴者の「心地」を誘導することに焦点を当てている。

映像視聴の際に、視聴者は映像から様々な感情や情動を誘発される。その中には、大きく分けて、映像内容の意味に起因する場合(トップダウン型)と、映像の物理的な構造自体に起因する場合(ボトムアップ型)の二つの要因が存在する。本ガイドラインはジェネラティブアート映像における動きや変化など、プログラム上で調節可能な物理的属性により、ボトムアップに視聴者の感性反応を誘導するための方法を示すことを目的としている。

利用者が本ガイドラインの基本的な方針を理解した上でデザイン実践を行えるよう、導入・実践・発展の3つの章により構成されている。

1. 導入:基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について
2. 実践:覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導するための方法
3. 発展:覚醒度および感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン方法

対象者について

本ガイドラインの対象者：

- ジェネラティブアートの基本的な生成手法を理解している
(Processing, openFrameworksなどのExampleを一通り理解出来るリテラシーがある)
- ジェネラティブアートを用いて、視聴者の「心地」を誘導することを目的としている

本ガイドラインの対象外：

- 斬新なジェネラティブアートの生成テクニックを身につけたい
→本ガイドラインは新奇で斬新なジェネラティブアートの生成手法を目指すものではない。
- ジェネラティブアートのディテールの表現に興味がある
→本ガイドラインは詳細な表現技術を紹介するものではない。視聴者の「心地」を誘導する為の映像操作に焦点を当てている。

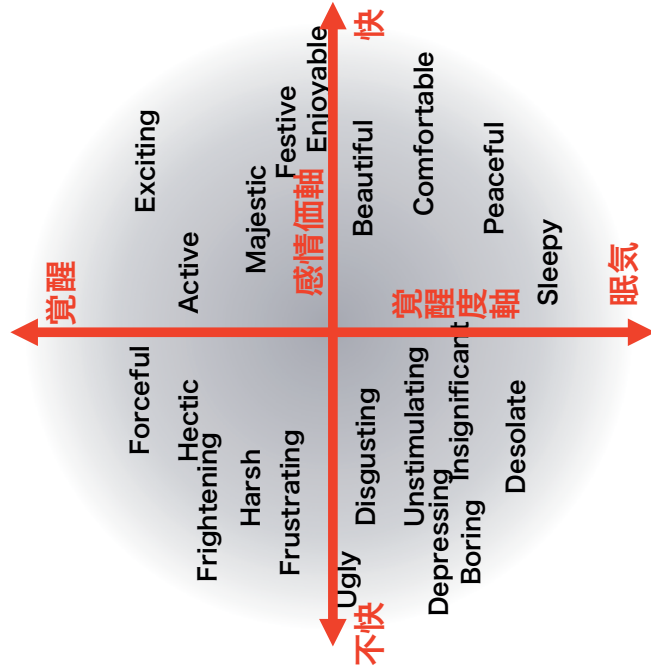
第1章 導入

基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について

第1章 導入：

基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について

本ガイドラインでは、多くの心理学の実験を通じて構築されてきた、覚醒度・感情価の二次元感性モデルを利用する。映像視聴の際に生じる感情や情動は、実に多種多様な形容表現により表されるが、その背後には、感情の強さに対応する「覚醒因子」と快-不快に対応する「感情価因子」が存在することが明らかになっている。



本ガイドラインでは、多種多様な感性品質を個別にデザインするのではなく、その背後に存在する覚醒度および感情価を直接上昇・抑制させる方法を示し(第2章)、二つの因子の組み合わせにより、幾つかの感性カテゴリをデザインする方法(第3章)を示して行く。

第1章 導入：

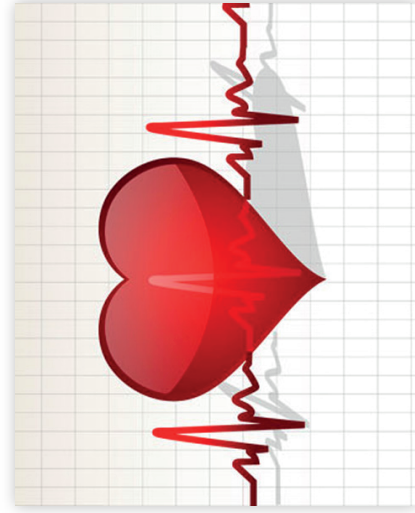
基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について

覚醒度について

覚醒度は、感情の強さに対応し、人間が周囲からの刺激に対してどの程度迅速に反応できるかを示す基礎因子である。

覚醒度が極めて高くなる状態は、例えば、車の運転などで事故に遭いそうになり、状況を瞬時に判断して対処するような状態である。日常的な言葉で表せば、ドキドキしている状態や焦っている状態は覚醒度が高い時であると言える。

逆に、長時間何の刺激も無く、眠気を催すような場合は、覚醒度が極めて低い状態である。人間が通常の日常活動を行っているときは、この中間の状態である。



第1章 導入：

基礎感性モデル「覚醒度・感情価の二次元感性モデル」について

感情価について

感情価は、快-不快に対応する基礎因子である。食事の「おいしい」「まずい」「匂いがよい」「臭い」、湿度や気温が丁度良く「気持ちよい」、じめじめして「気持ち悪い」など、生体として対象がポジティブなものであるか、ネガティブなものであるかの判定を表す反応である。

また、快-不快の感情価は、映像の「面白さ」とは異なる概念である。例えば映画や音楽でも、全編通して「快い」よりも、一時的に不安を生じさせる様な不快な状態を作り出し、不安を「解決」することで、全体としての「面白さ」に繋がる場合がある。

感情価のガイドラインは、このような総体的な「面白さ」をデザインすることは目的としておらず、場面場面に生じる快-不快の情動を効果的に促進する方法を示すことを目的としている。



第2章 実践

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

この章は、様々な感情の基礎である、覚醒度と感情価を直接的に上昇・抑制させる為の映像操作方法を紹介する。

なお、ここでは24インチのディスプレイ(表示領域 約 450 × 300mm)に表示された映像を60cm~70cm 離れた距離から試聴する場合を想定して説明する。

各セッションでは、例としてProcessingで生成した映像 (FPS30) と、その生成コード例の一部を示す。

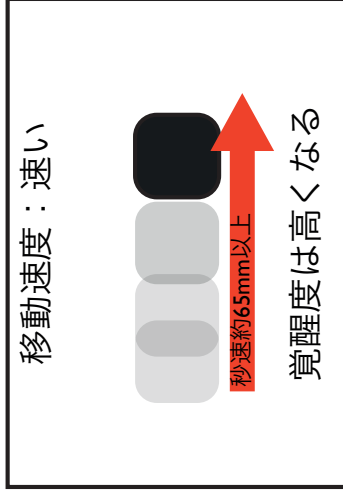
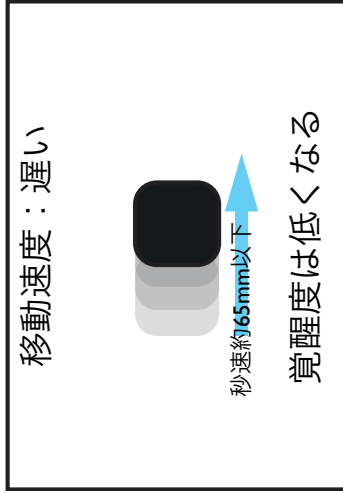
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

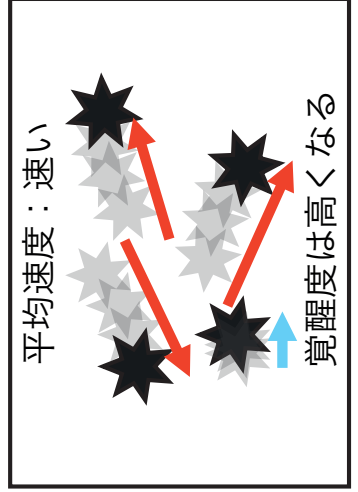
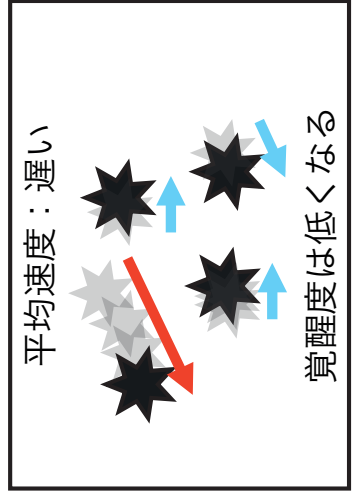
覚醒度を上昇させる為には

1. オブジェクトの移動速度を速くする

覚醒度を上昇させる為の最も基本的な操作は、映像内のオブジェクトの速度を速くすることである。画面上で秒速約65mm以下（30fpsで1フレーム毎約3.5pixel）の移動は遅く感じられる傾向があるため、最低限それよりも速い速度に設定する。



複数のオブジェクトが動く場合には、全体の平均移動速度を上昇させることが効果的である。速く動くオブジェクトの割合が少なく、ゆっくり動くオブジェクトの割合が多い場合、全体の平均速度が下がってしまうため、覚醒度の上昇を妨げることが繋がる。画面上を広く支配しているオブジェクトが速い速度で動くことが効果的である。



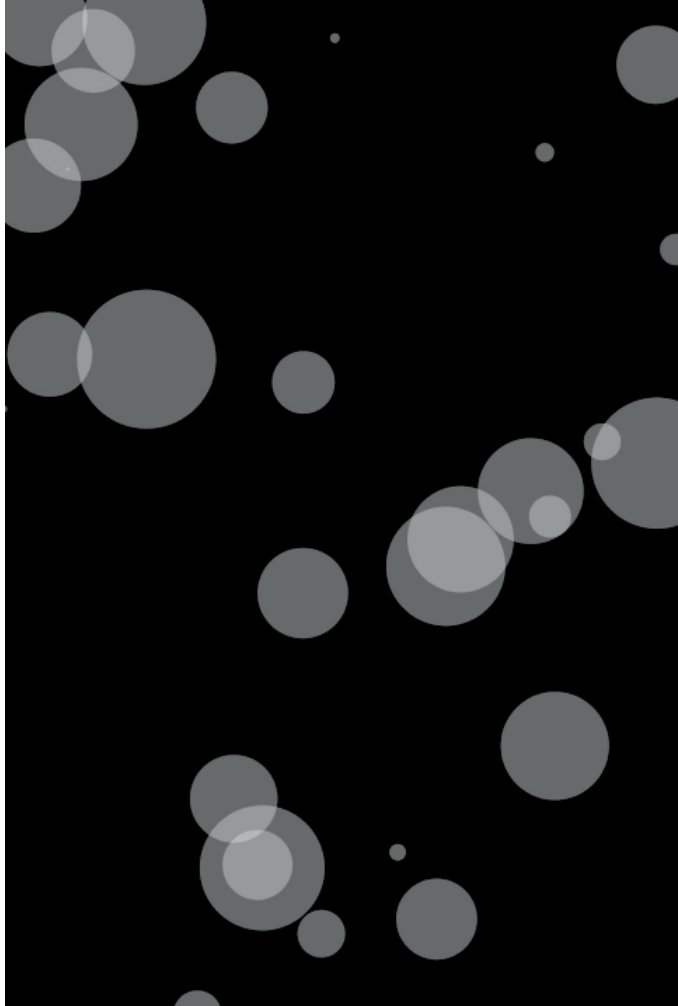
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

覚醒度を高くする映像例：

オブジェクトの全体的な移動速度が基準値 (30fpsで1フレーム毎約3.5pixel) よりも充分に速い映像



コード例：

各オブジェクトの1フレームでの速度ベクトルを20pixelに設定. (毎秒600pixel)

オブジェクト生成時のコード例

```
float speed = 20;
//x方向、y方向の絶対量を得る
float vec_x = (random(speed));
float vec_y = speed - vec_x;
//random_direction()でx方向とy方向の向き (1 or -1) を得る
PVector dir = random_direction();
vec_x *= dir.x;
vec_y *= dir.y;
//Particle(x座標位置,y座標位置,x方向速度,y方向速度,円直径)
particles.add( new Particle(random(width), random(height),
vec_x, vec_y, random(max_size)
)
);
```

オブジェクトの位置更新

```
void update(){
    pos_x += vec_x;
    pos_y += vec_y;
}
```

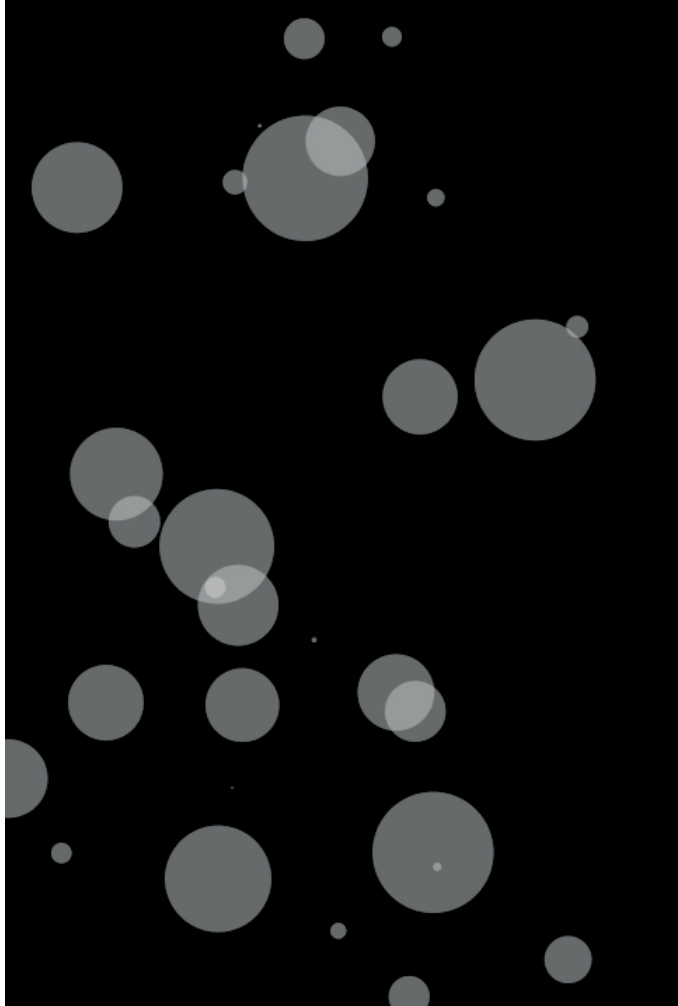
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

覚醒度を低くする例：

オブジェクトの全体的な移動速度が基準値 (30fpsで1フレーム毎約3.5pixel) よりも遅い映像



コード例：

各オブジェクトの1フレームでの速度ベクトルを2pixelに設定。 (毎秒60pixel)

オブジェクト生成時のコード例

```
float speed = 2;
//x方向、y方向の絶対量を得る
float vec_x = (random(speed));
float vec_y = speed - vec_x;
//random_direction()でx方向とy方向の向き (1 or -1) を得る
PVector dir = random_direction();
vec_x *= dir.x;
vec_y *= dir.y;
//Particle(x座標位置,y座標位置,x方向速度,y方向速度,円直径)
particles.add( new Particle(random(width), random(height),
vec_x, vec_y, random(max_size)
)
);
```

オブジェクトの位置更新

```
void update(){
    pos_x += vec_x;
    pos_y += vec_y;
}
```

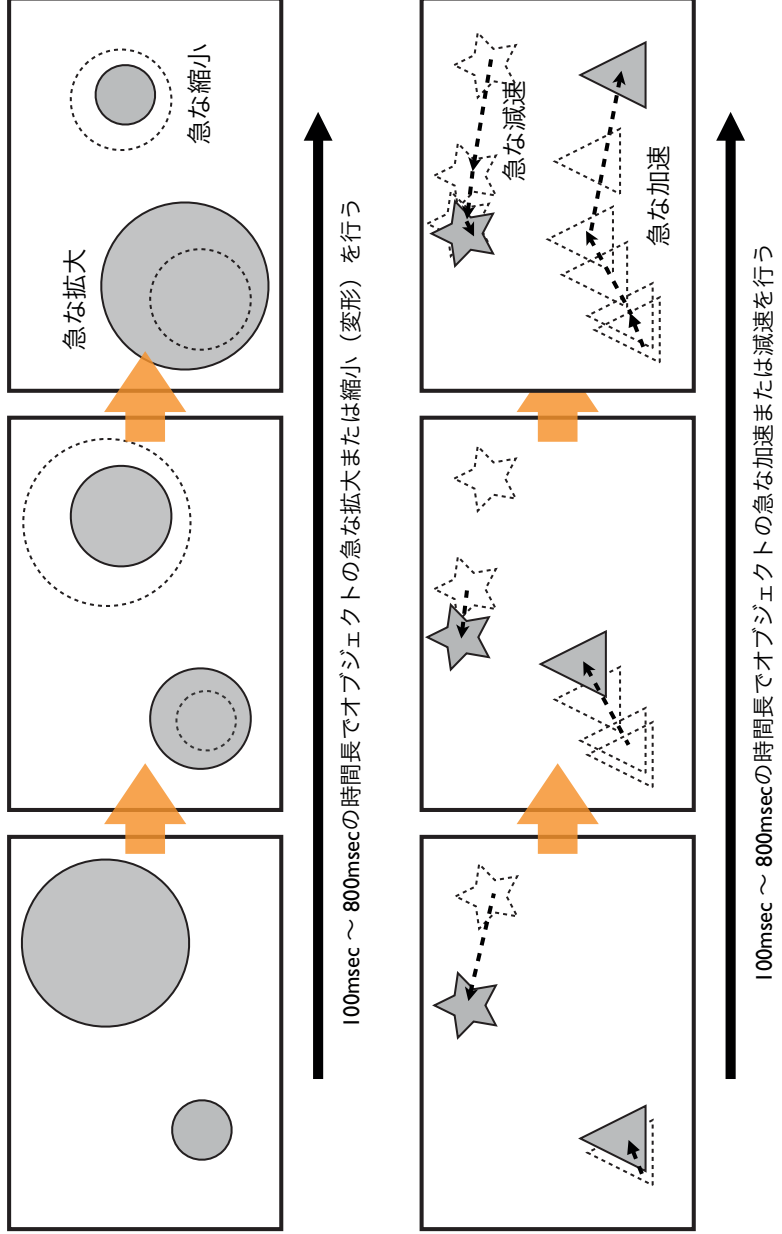
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

2. オブジェクトの急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速を頻繁に行う

画面上の“急な変化”は覚醒度の上昇に繋がる。急な“変化”とは、例えば、オブジェクトの急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速などである。こうした変化を頻繁に行うことで、覚醒度上昇を促すことができる。しかし、これらの操作を繰り返す場合、間隔が短過ぎると認知限界を越えてしまい、変化していることが認知できなくなるため100msec程度を限度とする。



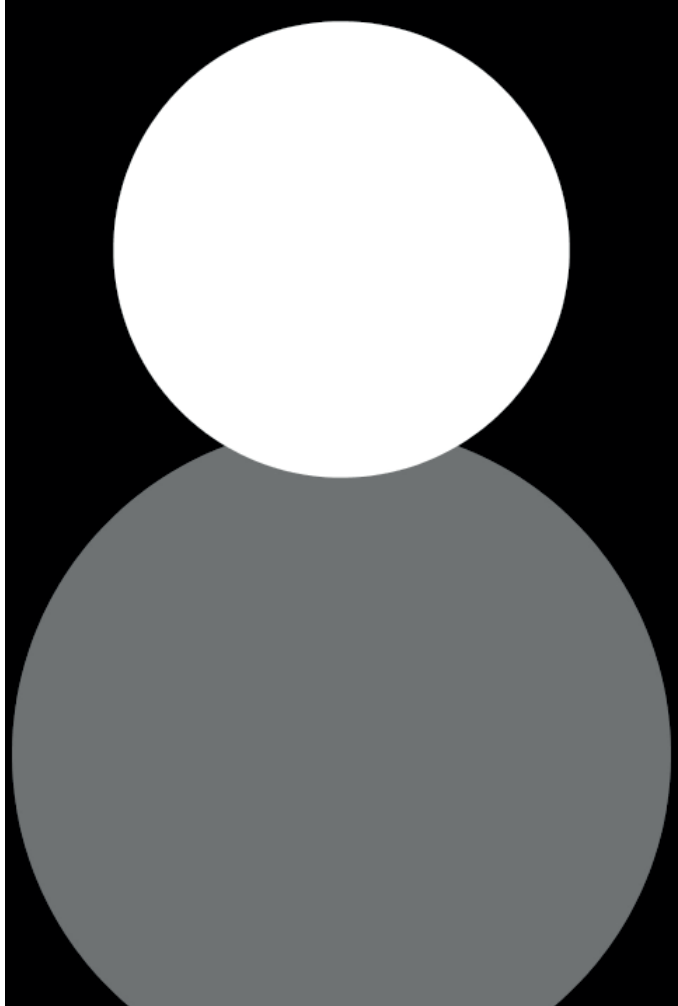
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

覚醒度を高くする映像例：

オブジェクトの拡大・縮小、輝度変化を、急に・頻繁に行った映像
(300msec周期)



コード例：

sine関数を用い、300msec周期でオブジェクトサイズや明度のコントロールを行う

変数の宣言・初期化

```
float diameter;  
float angle = 0;  
float cycle_ms = 300;  
float speed = PI*2 / (cycle_ms / 1000) / 30;  
diameter = height - 10;
```

描画関数内

```
void draw(){  
  fill( 127* sin(angle) + 127);  
  ellipse(width/4, height/2, diameter, diameter);  
  //サイズのコントロール  
  float d1 = 10 + (sin(angle + PI) * diameter/2) + diameter/2;  
  fill(255);  
  ellipse(width/4*3, height/2, d1, d1);  
  angle += speed;  
  if(angle >= PI*2){  
    angle -= PI*2;  
  }  
}
```

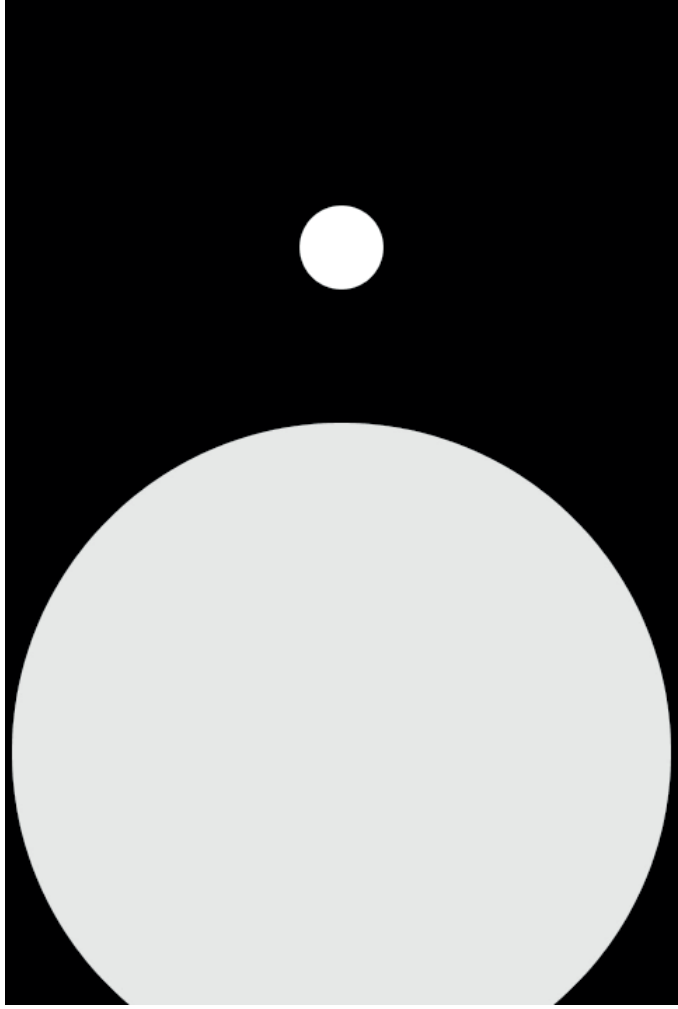
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

覚醒度を低くする映像例：

オブジェクトの拡大・縮小、輝度変化を、ゆっくり行った映像
(3000msec周期)



コード例：

sine関数を用い、3000msec周期でオブジェクトサイズや明度のコントロールを行う

変数の宣言・初期化

```
float diameter;  
float angle = 0;  
float cycle_ms = 3000;  
float speed = PI*2 / (cycle_ms / 1000) / 30;  
diameter = height - 10;
```

描画関数内

```
void draw(){  
  fill( 127* sin(angle) + 127);  
  ellipse(width/4, height/2, diameter, diameter);  
  //サイズのコントロール  
  float d1 = 10 + (sin(angle + PI) * diameter/2) + diameter/2;  
  fill(255);  
  ellipse(width/4*3, height/2, d1, d1);  
  angle += speed;  
  if(angle >= PI*2){  
    angle -= PI*2;  
  }  
}
```

第2章 実践：

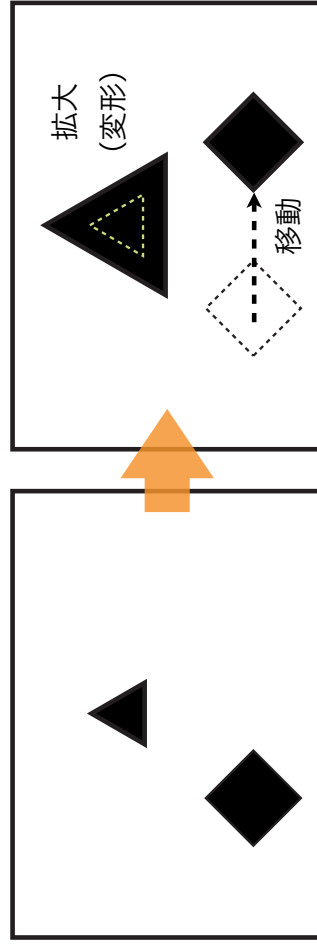
覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

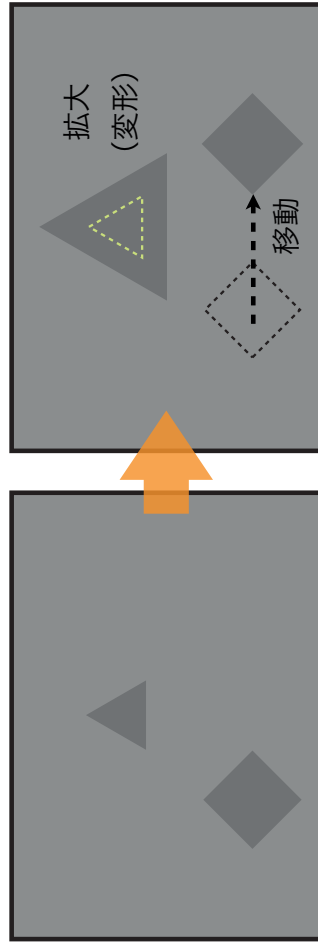
3. 使用する色のコントラストを高くする

覚醒度の上昇は、画面上の"変化"に起因するため、オブジェクトと背景色の輝度コントラストを高く設定することにより画面変化が明瞭になり、効果的に覚醒度を上昇させることができる。

コントラストが高い場合：変化に対する覚醒度上昇が高くなる



コントラストが低い場合：変化に対する覚醒度上昇が低くなる



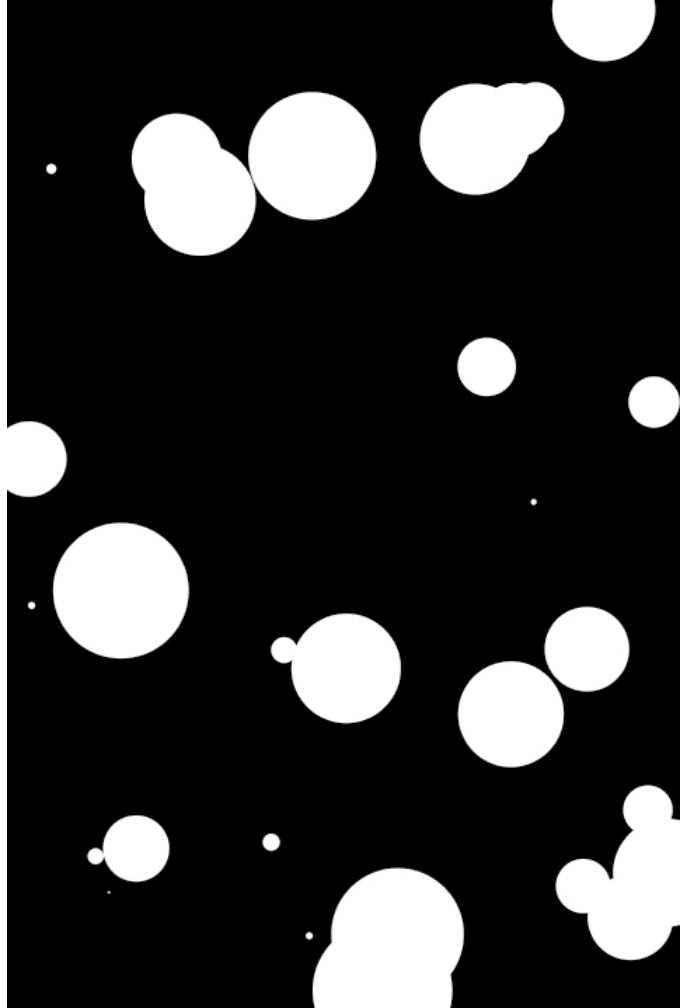
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

覚醒度を高くする映像例：

オブジェクトと背景のコントラストを高く設定した映像



コード例：

背景色background()の明度を最少の0に、オブジェクト
描画色fill()を最大の255に設定

背景色の設定

```
background(0);
```

オブジェクトの描画関数内

```
public void draw(){  
  noStroke();  
  ellipseMode(CENTER);  
  fill(255);  
  ellipse(position[0], position[1], drawSize, drawSize);  
}
```

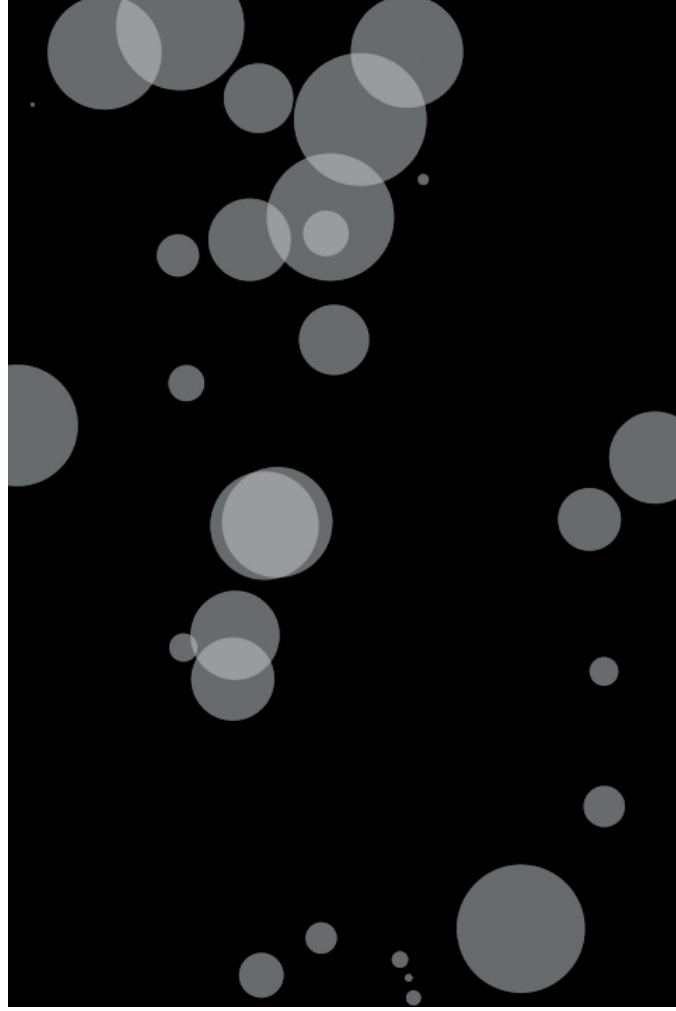
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を上昇させる為には

覚醒度を低くする映像例：

透明度を使用し、オブジェクトと背景のコントラストを低く設定した映像。



コード例：

オブジェクト描画色fill()に透明度を設定し、30%の透明度にする

背景色の設定

```
background(0);
```

オブジェクトの描画関数内

```
public void draw(){  
  noStroke();  
  ellipseMode(CENTER);  
  fill(255, 30);  
  ellipse(position[0], position[1], drawSize, drawSize);  
}
```

第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

覚醒度を抑制させる為には

覚醒度を下げたい場合は、覚醒度を上げる方法の逆の操作を行う。

1. オブジェクトの移動速度を遅くする

視聴者が遅いと感じる移動速度の目安は約5°/秒であり、映像内のオブジェクトがそれよりも遅く動いている場合に覚醒度を効果的に低く誘導することができる。複数のオブジェクトが動く場合には、全体の平均移動速度を低くすることが効果的である。ゆっくり動くオブジェクトの割合が少なく、速く動くオブジェクトの割合が多い場合、全体の平均速度が上がってしまうため、覚醒度の抑制を妨げることに繋がる。

2. オブジェクトの急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速を避ける

特に100msec～800msecの短い時間でこれらの操作を行うと、覚醒度が上昇してしまうことに繋がるので、変形、輝度変化や速度変化は1000msec以上の時間をかけてゆっくりと行うこと。

3. 利用する色のコントラストを低く設定する

覚醒度の上昇は、画面上の"変化"に起因するため、オブジェクトと背景色の輝度コントラストを低く設定することにより画面変化が不明瞭になり、移動や変形などによる覚醒度の上昇を抑制することができる。

第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

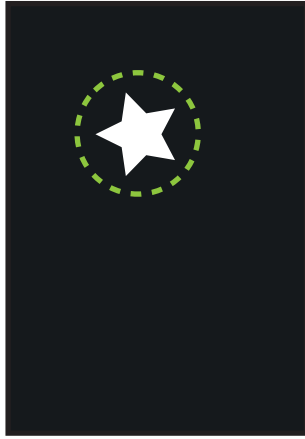
感情価を上昇させる為には

1. 誘目箇所を絞る

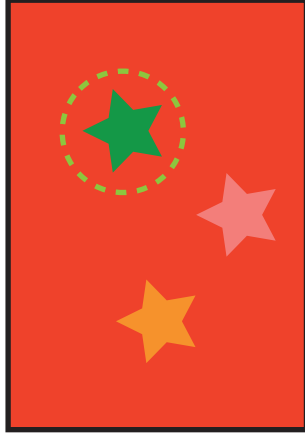
画面の中で、周囲とは異なる特徴を持つ場所に、視聴者の注意は惹き付けられ易い。このような、目を引く箇所、誘目点がある程度絞られていることが、感情価を上げる映像デザインを行う上での準備段階となる。何処に注目して良いか迷ってしまう様な映像は感情価を大きく低下させることに繋がるため、誘目箇所を画面上に幾つかに絞ることが肝要である。但し、誘目箇所を作る為にモチーフが1点のみに集中し過ぎると、感情価を下げてしまいう傾向があるので留意が必要である。

誘目箇所となる特徴は、①周囲と明度差がある、②周囲と補色関係になっている、③周囲とエッジの向きが異なる、である

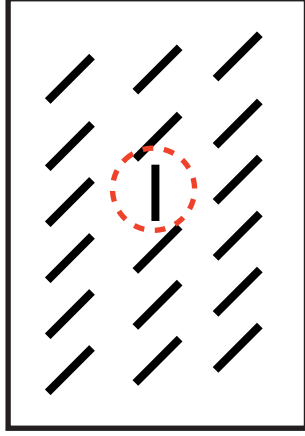
周囲と明度差がある



周囲と補色関係になっている



周囲とエッジ方向が異なる



第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を上昇させる為には

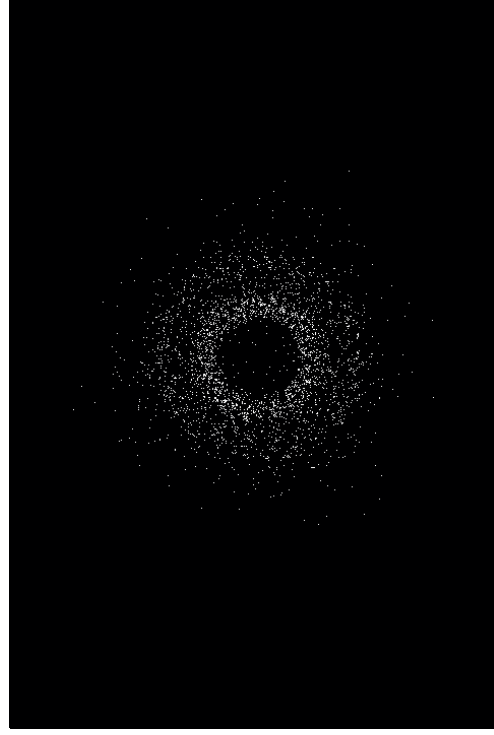
2. 全体的な構造を変化させ、展開を豊かにする

全体的な構造の変化に乏しい、単調な映像は感情価を低下させる傾向がある。細部の変化があったとしても、例えば全体的に一方向に動き続ける場合や、全体が完全にランダムに動き続ける、などは単調であると見なされる。

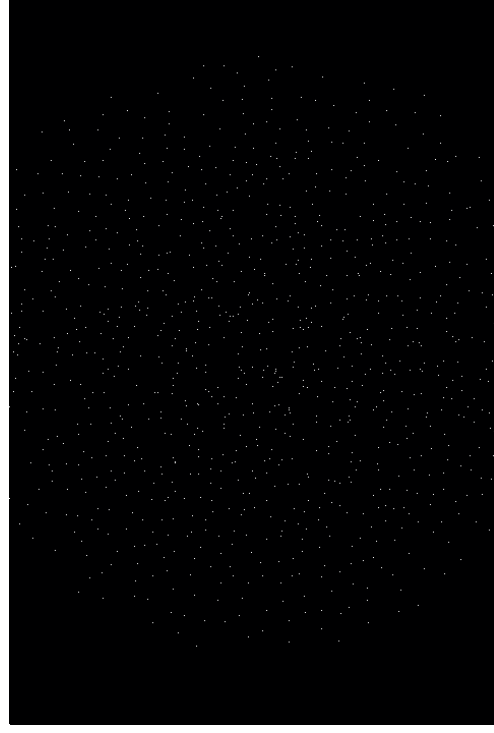
様々な画面の内容が変化する、展開豊かな映像シークエンスを構成することが、感情価を上昇させるための条件である。

147

同じような動きを繰り返す「単調」な映像の例



繰り返しではあっても、構造が徐々に変化する例



これらの映像は、どちらとも周期的な運動をする映像だが、左よりも右のほうが構造が徐々に変化し、また周期も長いことから、「展開豊かである」と判断され、左の様な短い周期で同じ動きを繰り返す映像よりも、快感情が上昇する傾向がある。

第2章 実践：

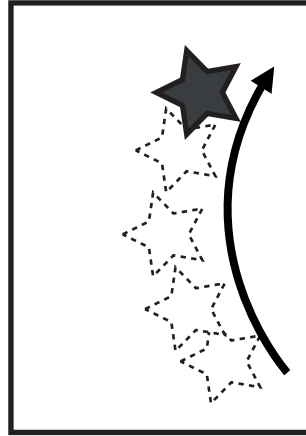
覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を上昇させる為には

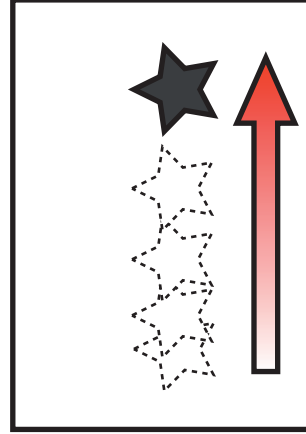
3. 動きを滑らかにする

画面上のオブジェクトの滑らかな動きは、感情価を効果的に上昇させることができる。動きの速度変化と方向変化を徐々に変化させることで滑らかさを作り出すことができる。逆に、速度と方向を急激に、もしくは不規則に変化させると動きの滑らかさが失われ、感情価の低下に繋がる。特に、誘目箇所の動きの滑らかさは感情価を上げる上で最も重要である。

移動方向を徐々に変化させる



速度を徐々に変化させる



第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を上昇させる為には

感情価を高くする映像例：

オブジェクトの移動方向と速度が滑らかに変化する映像



コード例：

パビリオンノイズ (noise()) を利用して、オブジェクトの動きに滑らかな軌道を作り出す。

オブジェクト定義

```
class p {
  float id,x,y,s,d;

  public p(float _id,float _x,float _y) {
    id=_id;
    x=_x;
    y=_y;
    s=random(2.5); //speed
  }

  void update(){
    d=noise(x/ 400, y/400,0) *360;
    x+= (cos(radians(d))*s);
    y+= (sin(radians(d))*s);
    if(x<0) x=width;//offscreen rewind
    if(x>width)x=0;
    if(y<0) y=height;
    if(y>height)y=0;
    strokeWeight(0.5);
    ellipse(x,y,100,100);
  }
}
```

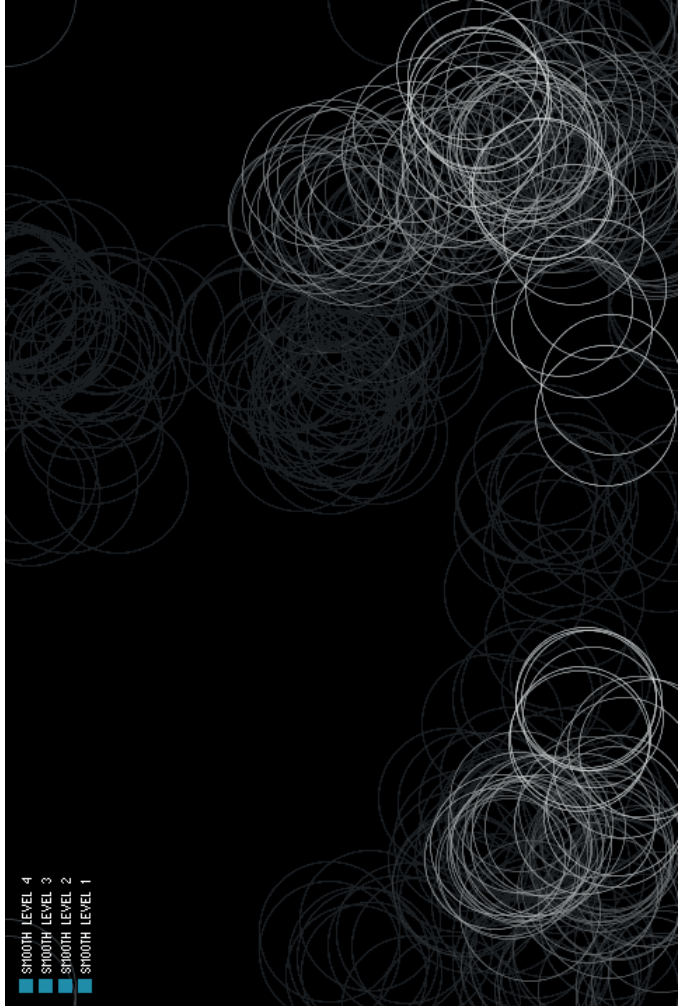
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を上昇させる為には

感情価を低くする映像例：

オブジェクトの移動方向と速度がランダムに変化する映像



コード例：

ランダム関数 (random()) を利用して、オブジェクトの動きに無秩序な軌道を作り出す。

オブジェクト定義

```
class p {
  float id,x,y,s,d;

  public p(float _id,float _x,float _y) {
    id=_id;
    x=_x;
    y=_y;
  }

  void update(){
    d = random(5)/5 * 360;
    s=random(0,50); //speed

    x+= (cos(radians(d))*s);
    y+= (sin(radians(d))*s);

    if(x<0) x=width;//offscreen rewind
    if(x>width)x=0;
    if(y<0) y=height;
    if(y>height)y=0;

    strokeWeight(0.5);
    ellipse(x,y,100,100);
  }
}
```


第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

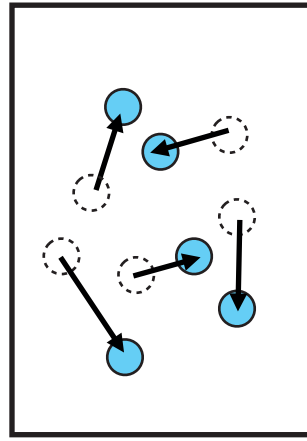
感情価を上昇させる為には

4. 動きの方向に規則性を持たせる

複数のオブジェクトを扱う場合は、それぞれのオブジェクトが完全に独立した方向に動いている状態よりも、まとまりを持って連続的、規則的に動いている状態の方が感情価を上昇させることができる。

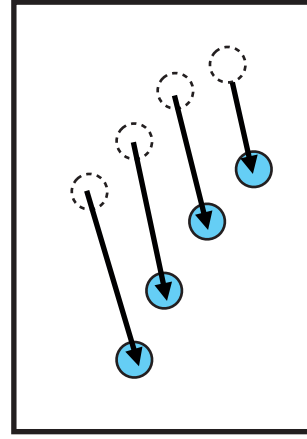
また、対称性の高い動きは、対称性の低い動きよりも感情価がやや高くなる傾向がある。

動きにまとまりが無い
(対称性が低い)



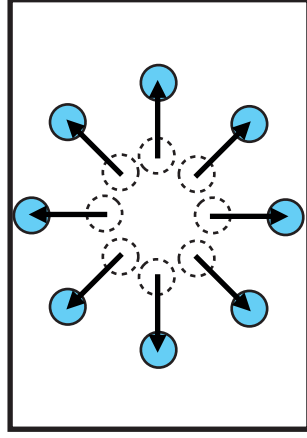
感情価は低くなる傾向

動きにまとまりがある



感情価が高くなる傾向

対称性が高い



感情価はやや高くなる傾向

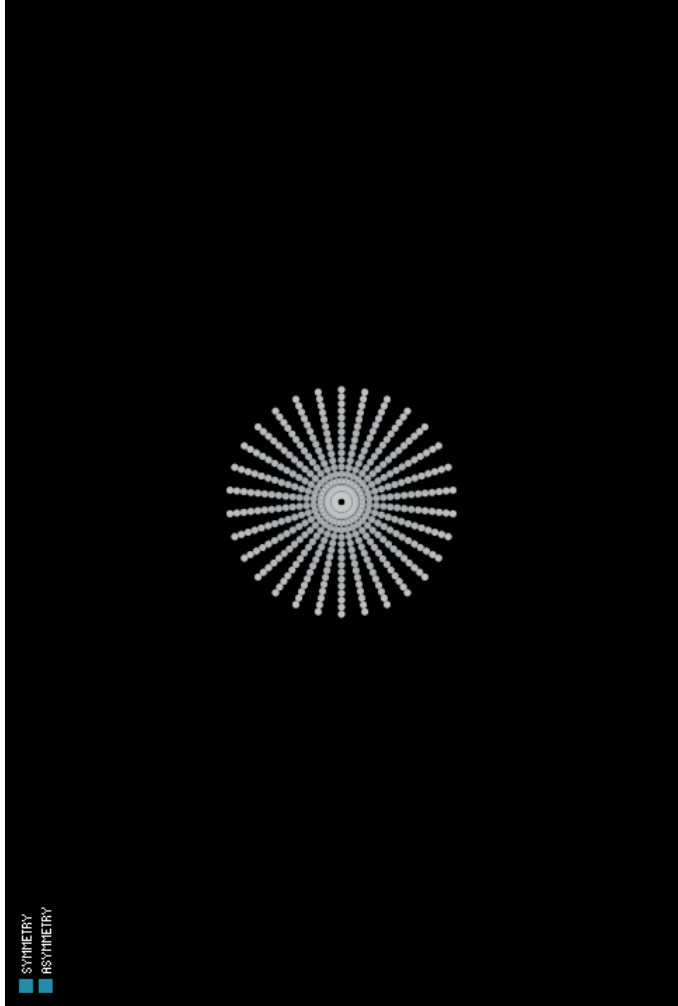
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を上昇させる為には

感情価を高くする映像例：

軌道方向の対称性が高く、結果生成されるパターンも対称性が高い映像



コード例：

中心点から均等に進行方向を回転させ、点対称の動きを生成する

オブジェクト生成コード

```
int particle_num = 30;
void make_particles(){
    float angle_step = PI*2 / particle_num;
    float speed = 5;
    for(int i = 0; i < particle_num; i++){
        float vecX = sin(angle_step * i + angle_step/2) * speed;
        float vecY = cos(angle_step * i + angle_step/2) * speed;
        particles.add( new Particle(
            width/2,
            height/2,
            vecX,
            vecY,
            particleSize,
            0)
        );
    }
}
```

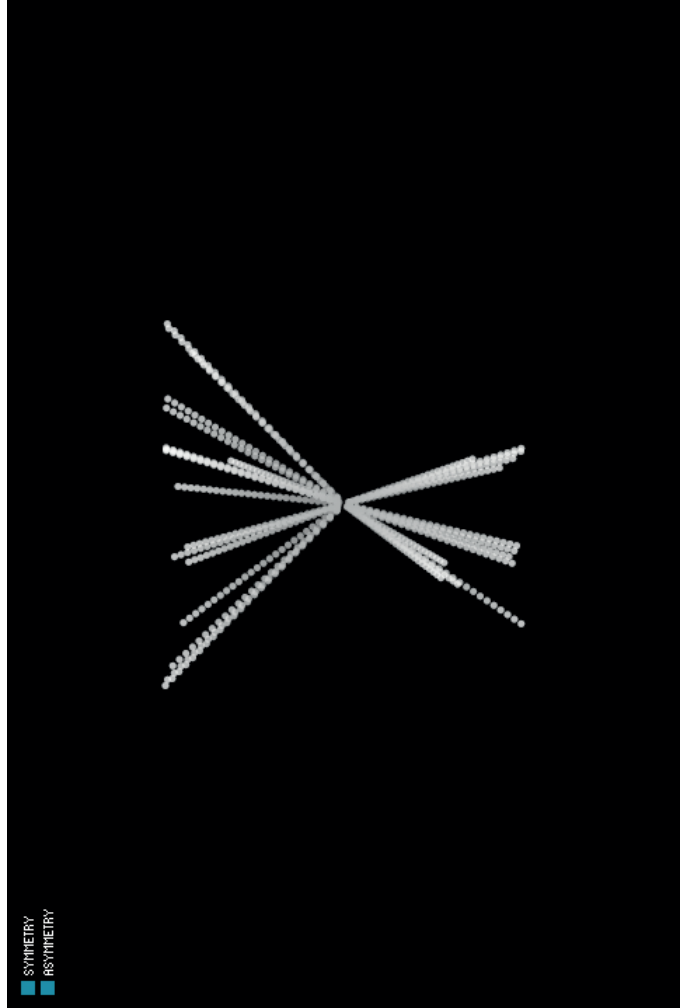
第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を上昇させる為には

感情価を低くする映像例：

対称性の低い軌道方向



コード例：

ランダム関数で無秩序な軌道方向を生成する

オブジェクト生成コード

```
int particle_num = 30;
void make_particles(){
    for(int i = 0; i < particle_num; i++){
        int dirX = int(random(10));
        if(dirX % 2 == 0){dirX = -1;}else{dirX=1;}
        int dirY = int(random(10));
        if(dirY % 2 == 0){dirY = -1;}else{dirY=1;}

        float rVecX = random(_velocity);
        float rVecY = _velocity - rVecX;

        float vecX = dirX* sin(Pi*2 / random(30) ) * speed;
        float vecY = dirY* cos(Pi*2 / random(30) ) * speed;

        particles.add( new Particle(width/2, height/2,
            vecX, vecY,
            particleSize,
            gen.nextInt(10)* _force)
        );
    }
}
```

第2章 実践：

覚醒度および感情価の上昇・抑制を誘導する為の方法

感情価を低下させる為には

感情価を下げ、意図的に不快にするには、感情価を上げる方法の逆の操作を行う。

1. 誘目箇所を画面全体に分散させる

何処に注目して良いか迷ってしまう様な映像は感情価を大きくて低下させる傾向があるため、オブジェクトを画面全体に分散させるなど、画面の一部だけ特徴を持つ場所を作らないようにする。

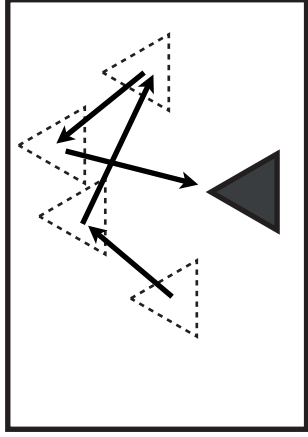
2. 全体的な構造変化を無くし、展開を単調にする

全体的な構造の変化に乏しい、単調な映像は感情価を低下させる傾向がある。細部の変化があつたとしても、例えば全体的に一方向に動き続ける場合や、全体が完全にランダムに動き続ける、などは単調であると見なされる。

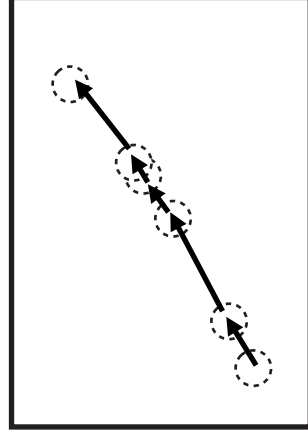
3. 動きを粗くする

動きの速度変化と方向変化を急激かつ不規則に変化させることで動きの粗さを作り出すことができる。特に、誘目箇所の動きの粗さは感情価を大きく下げることにつながる。

移動方向を不規則に変化させる



速度を不規則に変化させる



4. 動きの方向をまばらにする

複数のオブジェクトを扱う場合は、まとまりを持って規則的に動いている状態よりも、それぞれのオブジェクトが完全に独立した方向に動いている状態の方が感情価を低下させることができる。

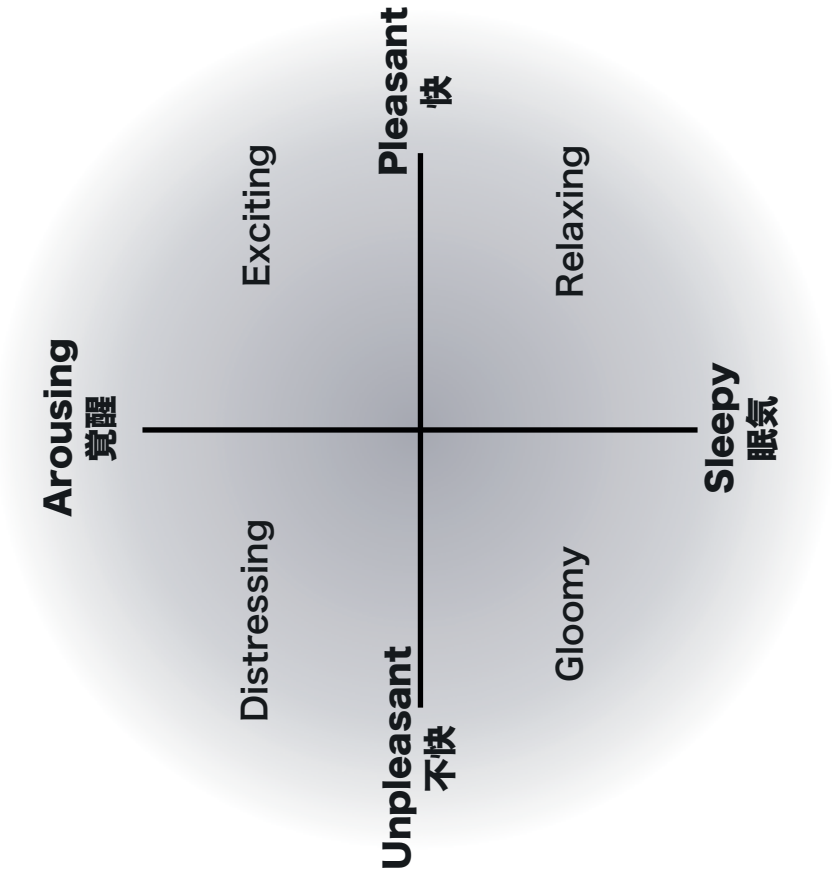
第3章 発展

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

実践の章では、覚醒度と感情価をそれぞれ上昇・抑制するための方法を示してきた。発展の章では、二つの軸を組み合わせ、Exciting, Relaxing, Gloomy, Distressingの4つの感性サブカテゴリをデザインするための方法を説明する。

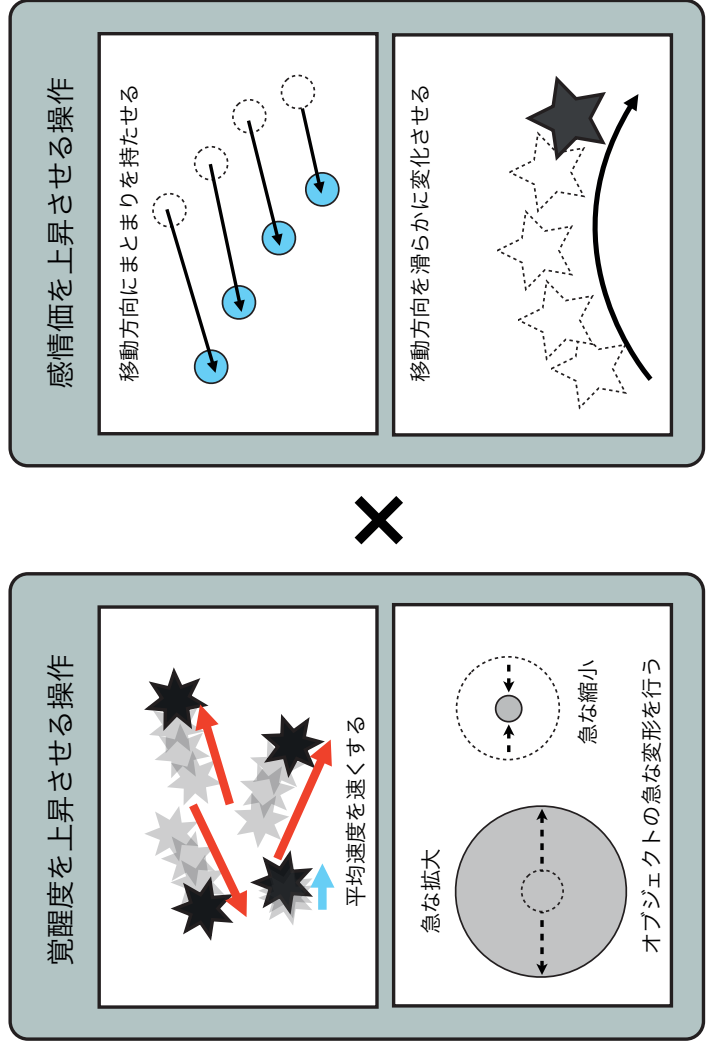


第3章 発展：

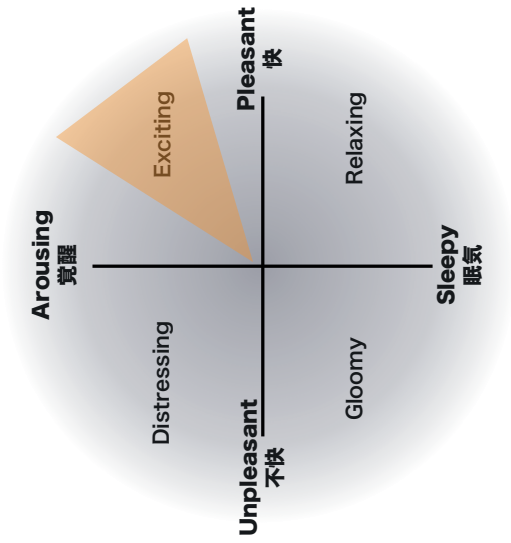
覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザインの

Exciting

Excitingはポジティブな興奮状態であり、覚醒度、感情価ともに高くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を速くし、移動方向にまとまりを持たせる」というように、覚醒度を上昇させる方法と、感情価を上昇させる操作を掛け合わせること、Excitingの状態に誘導することができる。また、より効果的に各因子のレベルを上昇させるには、それぞれ2つ以上組み合わせることが望ましい。



Excitingな映像を作る為の操作の組み合わせ例



第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Exciting

覚醒度・感情価が共に高いExcitingな映像例:

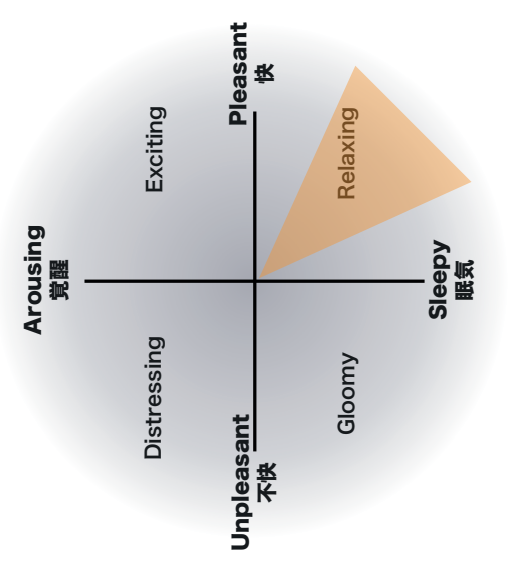
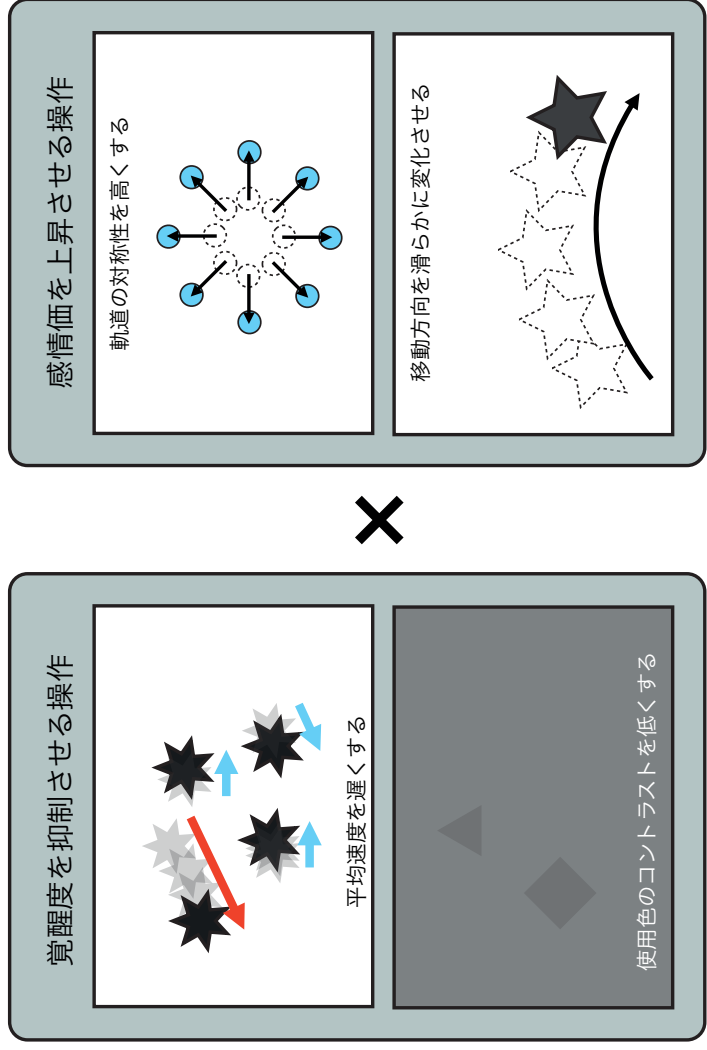


第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Relaxing

Relaxingはポジティブな鎮静状態であり、覚醒度を低く、感情価を高くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を遅くし、移動方向を滑らかに変化させる」というように、覚醒度を抑制させる方法と、感情価を上昇させる操作を掛け合わせることによって、Relaxingの状態に誘導することができる。



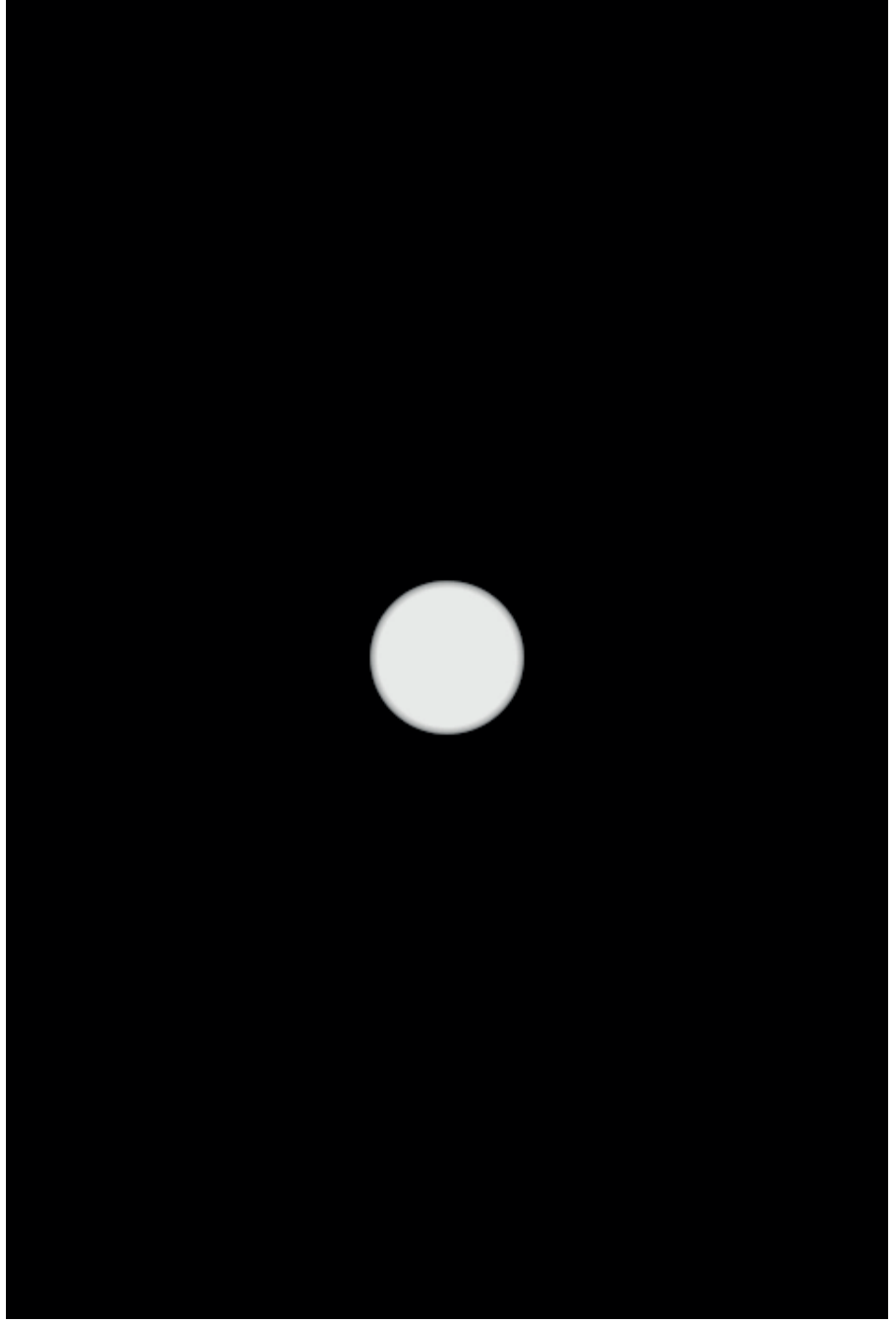
Relaxingな映像を作る為の操作の組み合わせ例

第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Relaxing

覚醒度が低く、感情価が高いRelaxingな映像例:

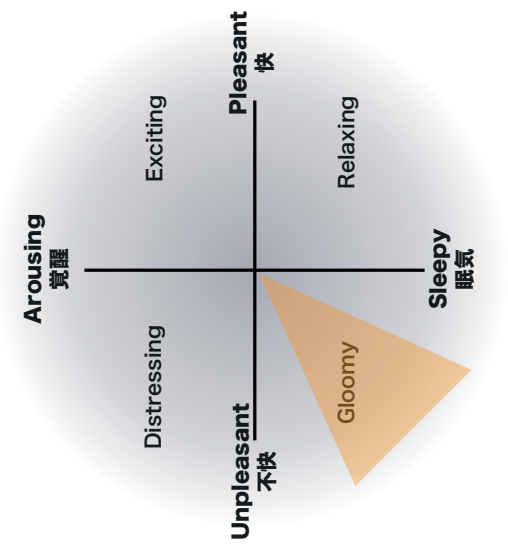
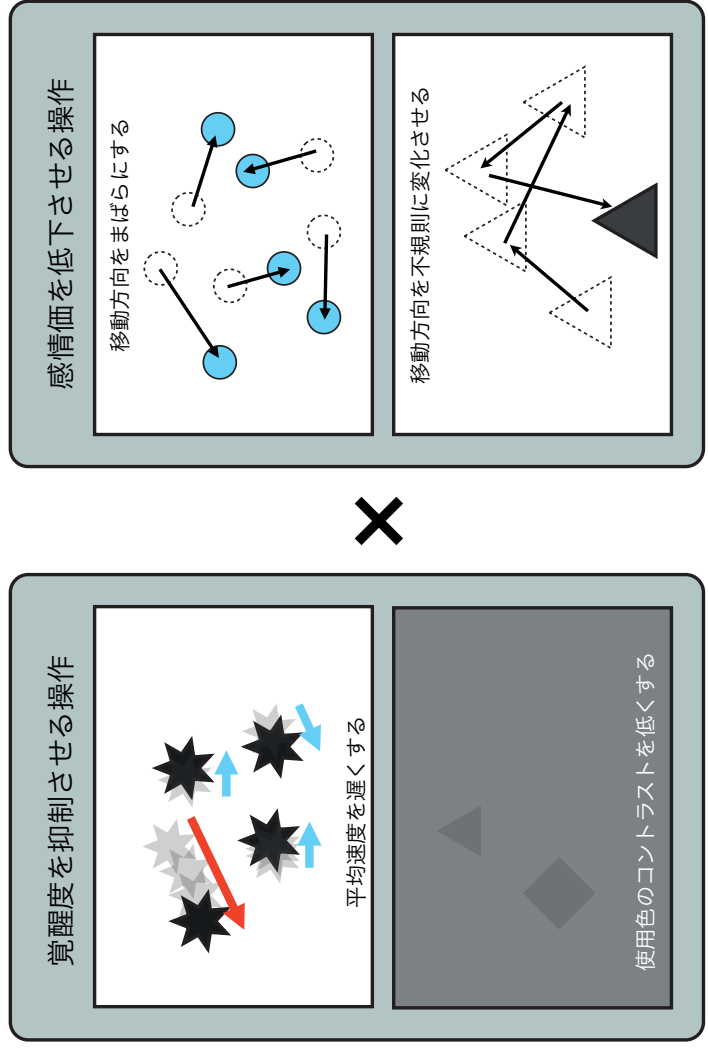


第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Gloomy

Gloomyはネガティブな鎮静状態であり、覚醒度、感情価をともに低くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を遅くし、移動方向をまばらにする」というように、覚醒度を抑制させる方法と、感情価を低下させる操作を掛け合わせることで、Gloomyの状態に誘導することができる。



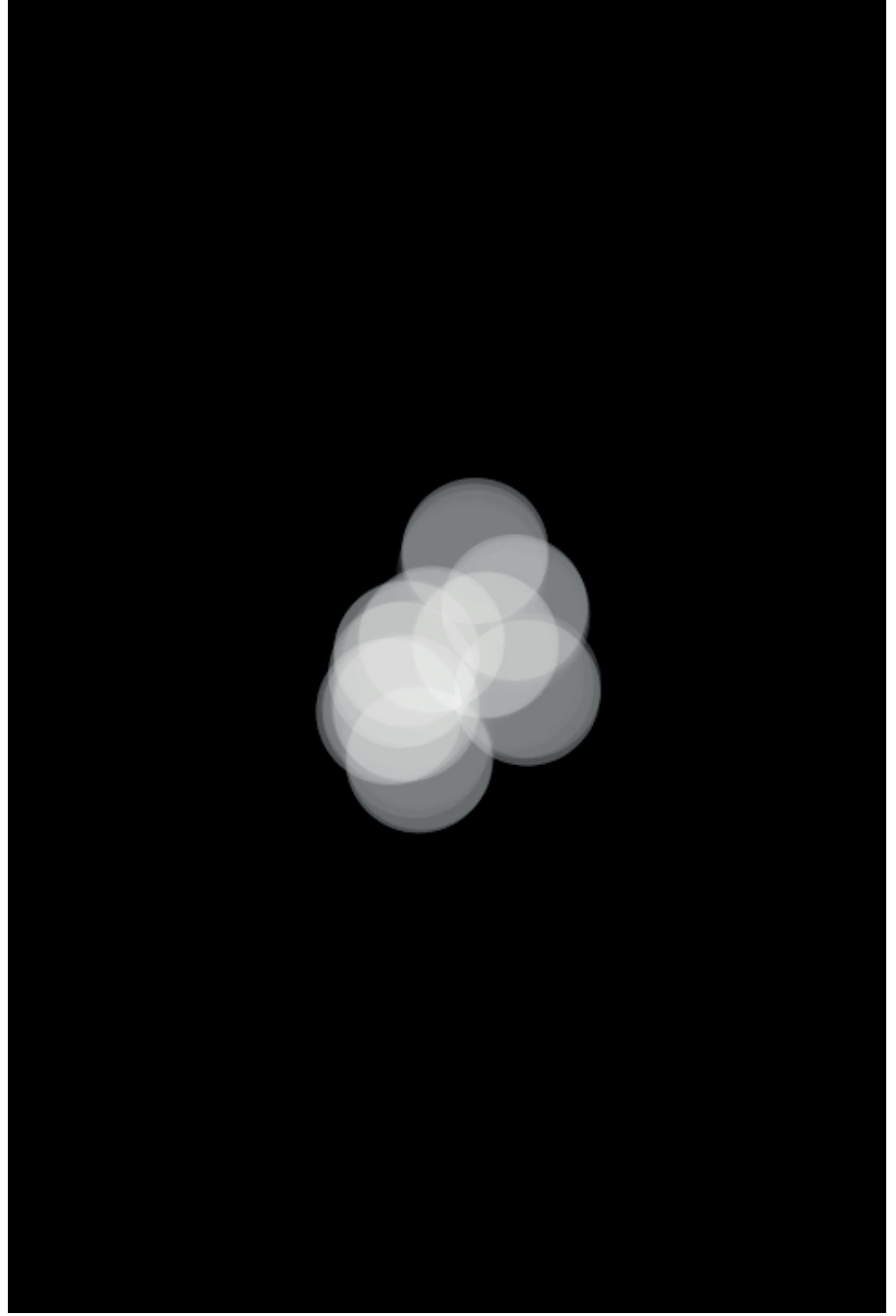
Gloomyな映像を作る為の操作の組み合わせ例

第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Gloomy

覚醒度・感情価が共に低いGloomyな映像例:

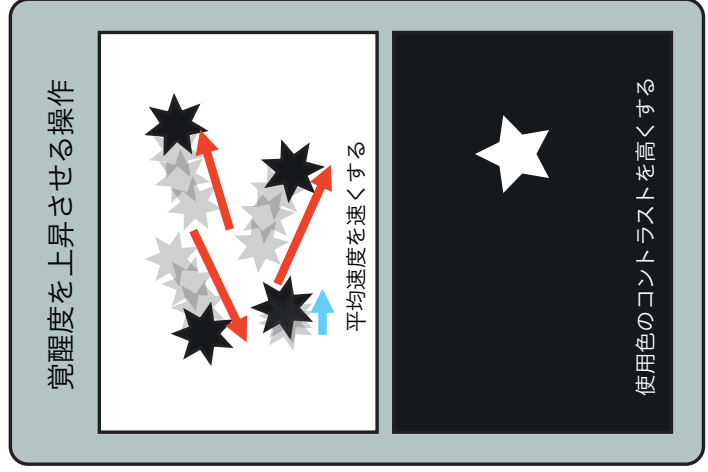
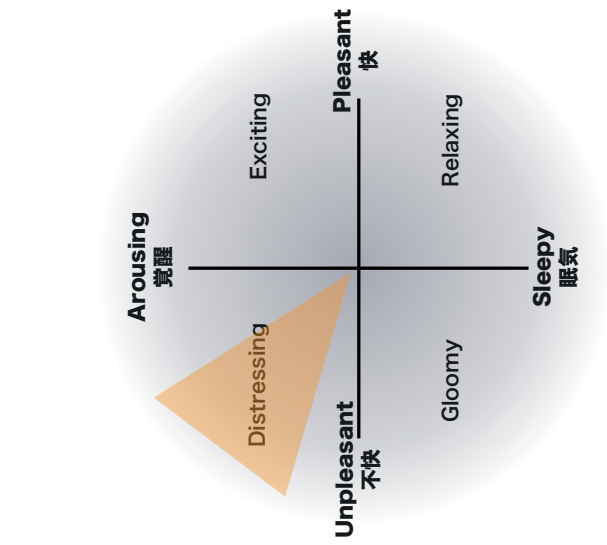


第3章 発展：

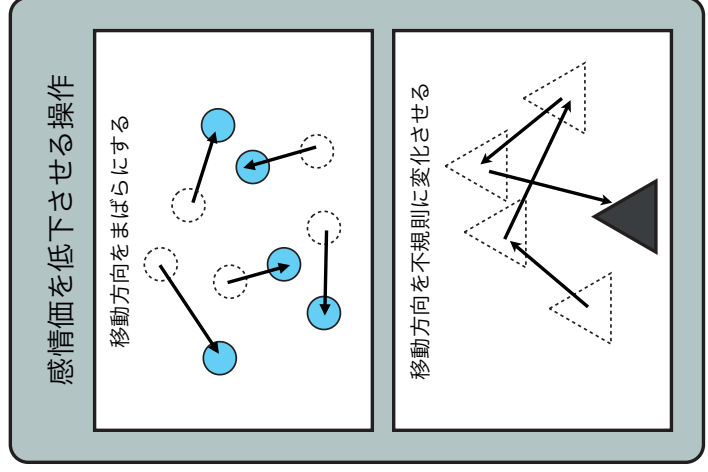
覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Distressing

Distressingはネガティブな興奮状態であり、覚醒度を高くし、感情価を低くすることでデザインできる。例えば、「全体の移動速度を速くし、移動方向をまばらにする」というように、覚醒度を上昇させる方法と、感情価を低下させる操作を掛け合わせること、Distressingの状態に誘導することができる。



×



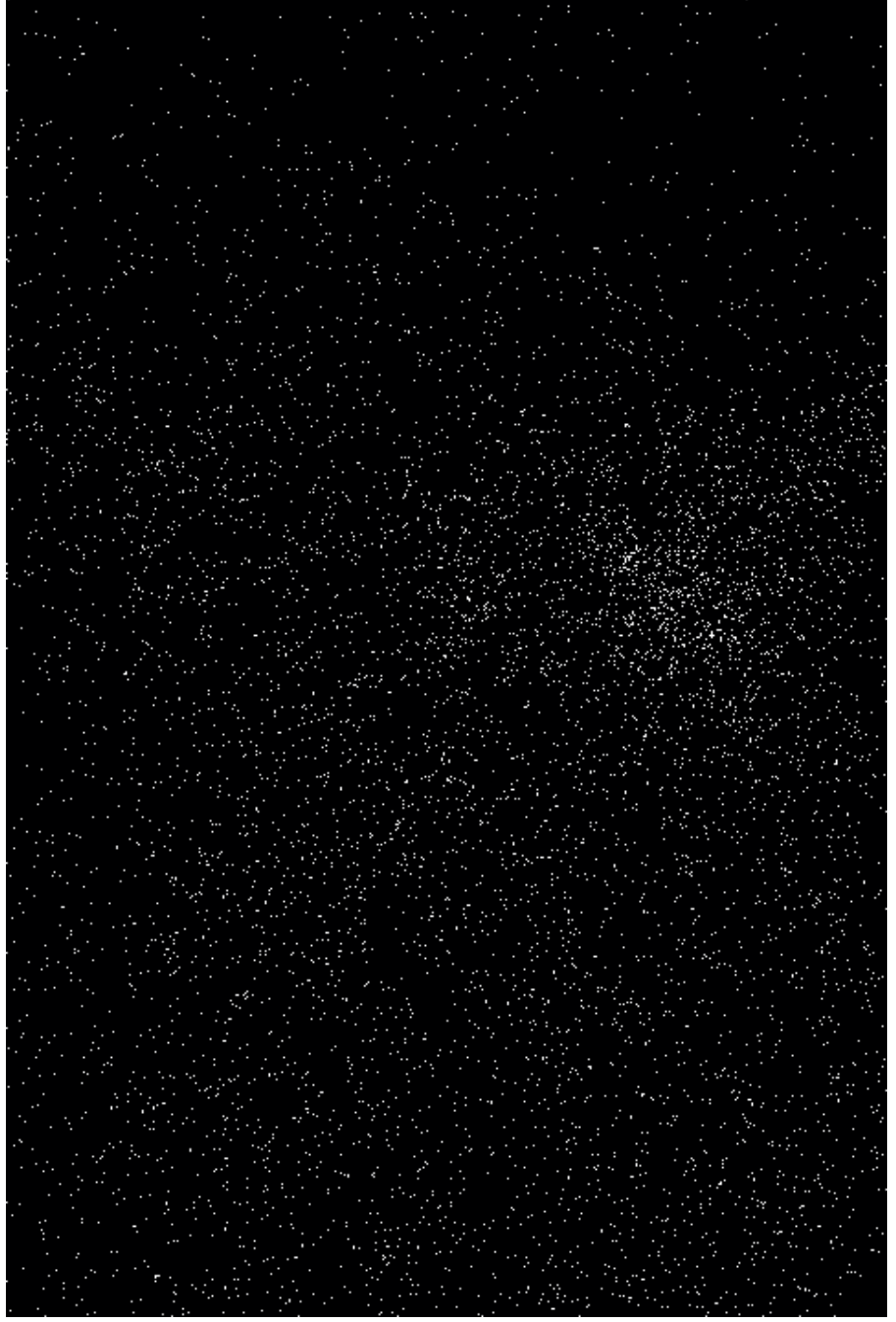
Distressingな映像を作る為の操作の組み合わせ例

第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

Distressing

覚醒度が高く、感情価が低いDistressingな映像例:



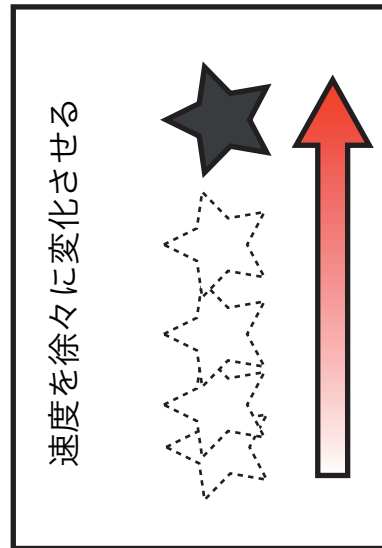
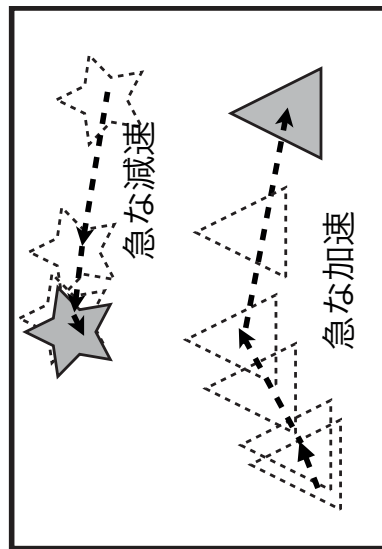
第3章 発展：

覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

組み合わせの注意点

それぞれの操作の組み合わせの中には、幾つか相性の悪い組み合わせが存在する。

一つ目は、覚醒度を上げる操作と、感情価を上げる操作が、構造的にバッティングしてしまう場合である。



覚醒度を上げる為の操作：急な加速、急な減速と、感情価を上げる為の操作：速度を徐々に変化させる、は構造的に両立不可能である。

第3章 発展：

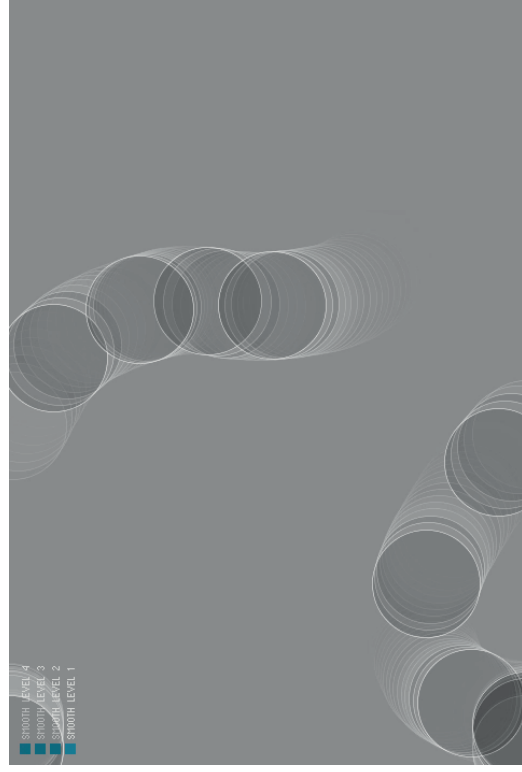
覚醒度と感情価の組み合わせによる感性カテゴリのデザイン

組み合わせの注意点

もう一つは、覚醒度を上げる操作が感情価を下げってしまう、交互作用が起きる場合である。

覚醒度を上げる操作「急な拡大・縮小、変形、輝度変化、加速・減速を頻繁に行う」について、100msec - 500msec程度の短い周期で、大きな変化を繰り返す行くと、感情価を下げる傾向がある。

そのため、感情価も高く覚醒度も高いExcitingな映像を作る為には、上記の操作を控え、代わりに平均速度を速くするか、500msec - 800msec程度の周期で変化させるようにする。



例：オブジェクトは滑らかに変化しているが、画面明度の頻繁な変化は感情価を下げてしまう。