

画家の感情提示による絵画鑑賞初心者の解釈促進

小林 奎太*¹ 米澤 朋子*²

要 旨

美術館は芸術教育の場としての側面を持ち、鑑賞者には主体的な解釈が求められている。キャプション¹⁾等の鑑賞支援が行われているが、初心者が主体的解釈を自力で行いやすくなる効果は十分でない。本稿では、絵画上に散りばめられた絵画情報に着目する「着目姿勢」とそれらを帰納的に集約する「抽象化姿勢」の欠如を根本的な課題と捉えた上で、各既存支援に見られる課題を概説し、課題解決に向けた、画家の表情と動作による画家の内部状態表現手法のフレームワークを検討する。

キーワード：絵画鑑賞、初心者、主体的解釈、画家の感情

Promoting the Interpretation of Painting Appreciation by Presenting the Emotions of Artists

Keita KOBAYASHI Tomoko YONEZAWA

Abstract

Art museums serve as venues for art education, and require viewers to engage in active interpretation. While support for appreciation, such as captions, is provided, the effectiveness of facilitating independent interpretation for beginners is insufficient. This study considers the lack of a "focus attitude" in terms of attention to information displayed by a painting and an "abstraction attitude" to inductively aggregate information displayed by a painting as fundamental problems. We outline the problems noted in each existing support and examine a framework for a method of expressing the internal state of artists through facial expressions and actions to address these problems.

Keywords: Appreciation of paintings, beginners, active interpretation, painter's emotions

*¹ 関西大学大学院総合情報学研究科

*² 関西大学総合情報学部

1) 作品のタイトルや作品解説などを記載したパネルや札。作品の下や横に設置される。

1. はじめに

1.1 美術館の役割

美術館は正式名称を美術博物館と呼び、博物館の一種である。他にも、博物館の下位概念として植物園や水族館と多様な施設が設置されている。

そのため、美術館の役割は博物館の役割から演繹的に紐解くことができる。博物館法において、博物館は歴史資料、美術品、自然史資料、動植物など資料の種類に関わらず、1) 資料の収集・保管／育成・展示、2) 資料についての調査研究、3) 教育普及活動やレクリエーションに資するために必要な事業の計3点を満たし、博物館法の規定による登録を受けた機関と定義されている^[1]。

この定義より、美術館の役割は1) 芸術作品の収集・保存・展示、2) 芸術についての調査研究、3) 芸術教育活動や感性体験に資する活動となる。感性体験には娯楽としての意味も含まれる^[2]。

1.2 芸術教育の場としての美術館が陥る現状

ここで、義務教育外で専門的な美術教育を受けていない「初心者」の鑑賞に着眼する。

美術館の鑑賞支援体制が初心者にとって不十分であるため、初心者の芸術教育の場として美術館が最大限に機能できていない、というのが端的な議題となっている。

博物館は鑑賞者自ら解釈を発展させ、自由に知を構成していく自立的学習（以降、主体的解釈と呼ぶ）を前提に設計されているため、美術館の鑑賞においても、絵画から自ら解釈を発展させることが求められている。しかし、絵画展示から自力で意味を構築できない初心者にとって、主体的解釈は難しい。加えて、2000年頃を境に、美術館での主体的解釈を重視する傾向は加速しており、ますます初心者の主体的解釈の支援は重要性を増している^[3]。これに対し、美術館での主体的解釈を促す仕組みがある。例えば音声ガイドやスマートデバイスなどを介した補助情報の提示がある他、検証中の研究も様々に進んでおり、キャプションの効果^[4]や、作品とのインタラクション^[5]が行われている。主体的解釈は、鑑賞の満足度や鑑賞時間、鑑賞の動機づけに有効であるため、美術館での芸術教育を飛躍的に高質化させる見込みがある^[6]。

次節では、初心者が絵画展示から自力で意味を構築できない理由を詳述する。

1.3 初心者が主体的解釈を行う際の課題

初心者が絵画展示から自力で意味を構築できず、主体的解釈を行えない理由は、キャプションなどのボトムアップ型モデル²⁾（図1）の構造的な説明が、初心者が主体的解釈を行うのに

2) 絵画に関連する情報の各所から帰納的に絵画情報の共通項を抽出し、情報を抽象化していく思考法^[7]。

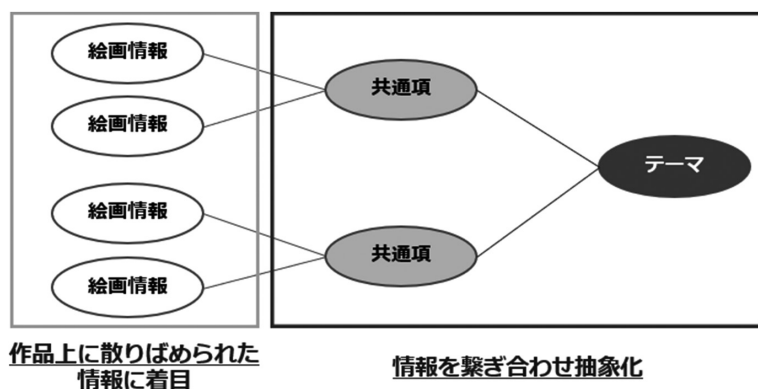


図1 ボトムアップ型モデル



図2 ロンドン版『ひまわり』(フィンセント・ファン・ゴッホ作)

適さないからだと考えられる。

具体例として、フィンセント・ファン・ゴッホ（ゴッホ）の代表作の一つロンドン版『ひまわり』を例にとる（図2）。絵画情報に該当するのが、15本のひまわり、黄色の花弁、黄色の花瓶、黄色の背景である。そして、この絵画情報は「ひまわり」と「黄色」という共通項に抽象化される。また、ゴッホは心の状態を色と形で表現し、黄色を美しく希望的であると好んでいた。これらの絵画情報は「黄色での希望的な心情表現の可能性」と抽象化できる^[8]。加えて、ゴッホは仲間を求め、芸術家との共同生活に憧れを抱いていた。『ひまわり』が制作されたのは、他でもないゴッホの誘いに唯一応じたポール・ゴーガンの到着を心待ちにしていた時期なのである。共通項を抽出すると「夢の実現」となり、これまで抽象化してきた「ひまわり」「黄色」「黄色での希望的な心情表現の可能性」「夢の実現」という共通項を統合すると、「目前に迫っ

た夢の生活への期待感」という作品のテーマが浮き彫りになってくる。

このように、絵画上に散りばめられた絵画情報から共通項を抽出し、同じく画家の感情及び画家の背景に関する絵画情報から抽出した共通項と絡み合わせていくことで、作品テーマに向けた解釈を進めるのが、ボトムアップ型モデルの基本的な考え方であり、これにより主体的解釈が行われるとされる。ただし、特に初心者主体の主体的解釈において、あくまで重要視されるのは、絵画情報に着目をする姿勢並びに抽象化を進める姿勢であり、作品テーマの厳密な言語化は必須とされていない。『ひまわり』の例からも見て取れるように、作品テーマの厳密な言語化には、相当数の絵画情報を含む抽象化を深く行う必要があるが、特に画家の背景への着目と抽象化は難易度と労力が桁違いに高いからである。

ここまで述べたように、ボトムアップ型モデルによる思考法では、絵画情報への着目と、そこから得た情報を帰納的に集約していく抽象化が必要となるため、「着目姿勢」と「抽象化姿勢」が養われていない初心者にとって、主体的解釈は難しい。その結果、初心者は描写対象や写実的表現という絵画の一部にしか目がいていない（リアリティ制約）^[9]。描写の美しさが作品の好感度を大きく左右する現象が、初心者において顕著である点も、リアリティ制約によるものと推察される^[10]。

本研究では、絵画鑑賞の初心者に対する鑑賞支援システムの構築を目指す中で、初心者の主体的解釈の本質的な鑑賞支援として、初心者の着目姿勢と抽象化姿勢に着目し、鑑賞行為や理解を促進することを目指す。

次章では、初心者の鑑賞支援として現在行われている施策や研究を詳しく述べるが、施策や研究を検討していく上で必要になる予備知識として、美術館での鑑賞者行動を観察した川崎の研究結果を紹介しておきたい^[11]。

1.4 美術館での鑑賞者行動

1.4.1 鑑賞者の鑑賞時間

美術館を訪れた鑑賞者の作品1点当たりの鑑賞時間は最頻値が15秒間、平均値が20秒間とされ、60秒間以上鑑賞を続ける者は全体の0.2%しか存在しない。関心に依りて鑑賞時間が前後するとはいえ、決して十分な鑑賞時間とは言えない。また、ここでの鑑賞時間は、美術館の滞在時間を総作品点数で除算した数値のため、移動時間や休憩時間が含まれている。さらに、美術館の出口付近に展示されている作品は、入口付近に展示されている作品と比べ、鑑賞時間が25%～50%減少する。そのため、出口付近の作品は更なる鑑賞時間の短縮が見込まれる。

1.4.2 鑑賞時間と作品点数の相関

1点当たりの鑑賞時間と総作品点数の関係性に目を移すと、負の相関が認められており、作品点数の増加に伴い、鑑賞時間が減少する。図3に示すように、美術館の規模には適切な限度があると言える。

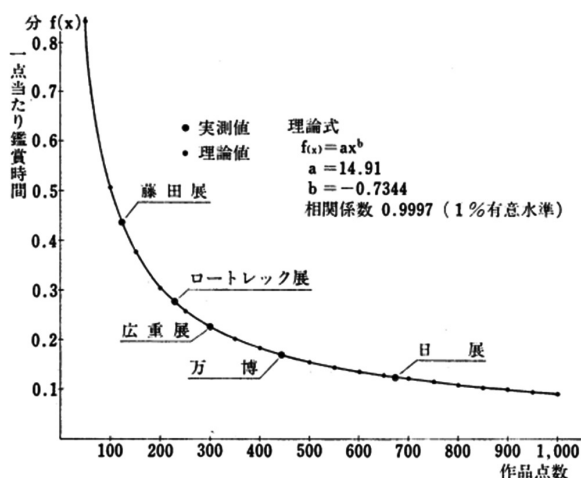


図3 展示規模別作品1点当たりの鑑賞時間^[11]

1.4.3 滞在時間と疲労

美術館での滞在時間が30分間以上で50%、80分間で80%の鑑賞者が何らかの形で疲労を訴えており、疲労は鑑賞を低質化させる1つの要因と推測されている^[12]。

2. 関連研究

これまで、主体的解釈が初心者にとって困難であることは、美術館や研究者も認識しており、国内外問わず、美術館を中心に作品鑑賞は支援されてきた^[3]。本章では、これまで実施されてきた施策や研究を、1) 文字情報による支援とその限界、2) 会話促進による支援、3) 作品とのインタラクションによる支援、4) トップダウン型モデルでの支援に分類した上で紹介し、先述した着目姿勢と抽象化姿勢の観点を交えながら課題点を検討する。

2.1 文字情報による支援とその限界

2.1.1 キャプション

キャプションは作品タイトル、制作者名、制作年といった基礎データと作品内容の説明を平均150字～225字（分散は大きい）で記述した解説文であり、言語化促進、不確実性低減、着目姿勢獲得の効果が認められている^[4]（図4）。絵画作品に添う形で設置され、絵画鑑賞の補助資料として利用される。実際に言語化促進と不確実性低減の効果は大きく、米国とオランダの美術館で実施されたキャプションの有無を比較した調査では、絵画内容が抽象的な場合、鑑賞者の85%が鑑賞時の楽しさが向上したと述べ、日本人大学生50名に対する同質の調査では、描写対象に関する説明によって、絵画から受ける印象が豊かになったことが確認されている^[13]。

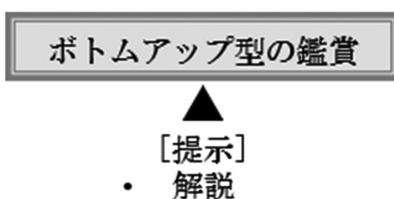


図4 キャプションによる支援イメージ

着目姿勢の獲得では、説明によって自身の持っていなかった観点を得ることで、絵画を見る目に変化する（表1）。潜在下にもなかった観点を与えられる点で言語化促進と異なり、日本人大学生50名に対する調査では、構図に関する説明によって、局所的な描写対象の特定から絵画全体の表現に初心者視点の視点が拡大し、リアリティ制約が緩和された^[14]。

表1 キャプションの着目姿勢と抽象化姿勢に対する効果

着目姿勢	○
抽象化姿勢	×

しかし、キャプションは主体的解釈の支援において、抽象化の放任、確認率の低さという2点の課題を抱える。まずキャプションは、知識提供により着目姿勢を初心者に与えるものの、その後の抽象化は鑑賞者個人に任されており、鑑賞者の平均鑑賞時間から推測しても、キャプション確認後に抽象化まで行われているとは考えづらい。そして、広谷らが調査したキャプションの確認率^[15]であるが、「よく確認する」「一部確認する」「確認しない」の割合は、それぞれ35%、32%、33%となっており、約1/3は着目姿勢を獲得していないと考えられる。キャプションの情報量と鑑賞における美的評価に負の相関が見られることから、鑑賞者にとってキャプションの確認には一定の心理的ハードルが存在する。

2.1.2 情報システムの活用

作品に添える従来のキャプションに加え、近年では主にスマートフォンを活用した支援が増加しており、著名な支援に電子解説機能と作品推薦機能が挙げられる^[16]。電子解説機能は、スマートフォンを通じて鑑賞者の位置を特定し、鑑賞者の近辺に展示されている作品のキャプションを手元のスマートフォンで提示する。他方、作品推薦機能はスマートフォンを通じて、美術館の推薦する作品を鑑賞者へ提示する。平均鑑賞時間が3.73秒であった作品が21.95秒まで伸長した例もあるなど鑑賞者の注目誘致に貢献している。

両機能とも手元確認が可能な点で共通しており、鑑賞者の確認コストを軽減する試みと評価できる。また、前者は鑑賞者の位置情報をログとして蓄積できるため、鑑賞者の行動分析にも役立てられる。

ただし、支援の方向性はキャプションの延長線上であるため、キャプションと同様の課題を抱えている。

2.2 会話促進による支援

会話促進による支援は、対話型鑑賞の効果を検証する一環として、初心者同士に会話を続けながら鑑賞するよう促した施策であり、発話活性化と恒常的な鑑賞時間の伸長が確認されている^[3] (図5)。

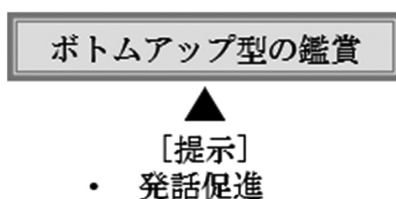


図5 会話促進による支援イメージ

ただし、同時に解釈まで議論が深化できていないことも明らかになっており、主体的解釈の支援として効果が見込めない点が最大の課題となる^[3]。初心者が着目姿勢と抽象化姿勢を満たさないことから、初心者同士では着目すべき絵画情報に着目できず、表面的な議論で空転してしまっていると推察できる(表2)。仮に、議論の中で絵画情報に着目できていても、検証結果より、絵画情報を帰納的に集約していく抽象化まで至れていないことは確実である。

表2 会話促進の着目姿勢と抽象化姿勢に対する効果

着目姿勢	×
抽象化姿勢	×

解釈は自由が認められているとはいえ、ただ結びつければよいわけではなく、無理のある意味づけを妥当な解釈とは呼べないため、絵画情報から意味を立ち上げづらいミニマル・コンセプトチュアルな作品や社会背景のある作品にも不向きである。

単に解釈を介さない鑑賞を繰り返すだけでは鑑賞は深化せず、初心者には適宜情報を与え、気づきを促す必要がある。

2.3 作品とのインタラクションによる支援

近年、情報処理技術によって初心者の主体的解釈が支援され始めた。視線計測技術や位置計測技術、音声認識技術を用いて鑑賞者と絵画作品のインタラクションを実現し、インタラクションの中で獲得した情報を思考材料とさせる。浮世絵内の人物と自由に対話できる玉木らの

「浮世絵システム」を取り上げる^[5]。鑑賞者が対峙している絵画内の人物を位置計測技術により、鑑賞者の発言を音声認識技術により識別している。鑑賞者は浮世絵内の人物に質問を投げかけ、その返答を新たな質問に繋げていくことで主体的に知識を獲得していく（図6）。浮世絵が採択された理由は、当時の流行や風俗を描いているため、鑑賞に社会背景の知識が必要となり、絵画内の人物に対する質問を強要しやすい点に起因する。効果は検証段階である（表3）。

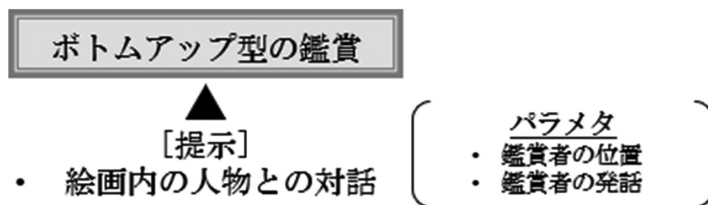


図6 浮世絵システムによる支援イメージ

表3 浮世絵システムの着目姿勢と抽象化姿勢に対する効果

着目姿勢	×/○
抽象化姿勢	×

加えて、例え着目姿勢と抽象化姿勢を初心者に与え、主体的解釈を支援できても、作品体験自体を変容させてしまっている点が大きな問題である。

2.4 トップダウン型モデルでの支援

従来の提案はボトムアップ型モデルを前提に、着目姿勢や主体性を与えることで、初心者の主体的解釈を支援してきた。しかし、絵画に関連する絵画情報への着目と、そこから得た情報を帰納的に集約していく抽象化は熟達者向きの鑑賞方法であるとする見方もある。

その中で奥本ら^[17]のように、従来とは逆に展示を抽象的概念から詳細な情報へと具体化し

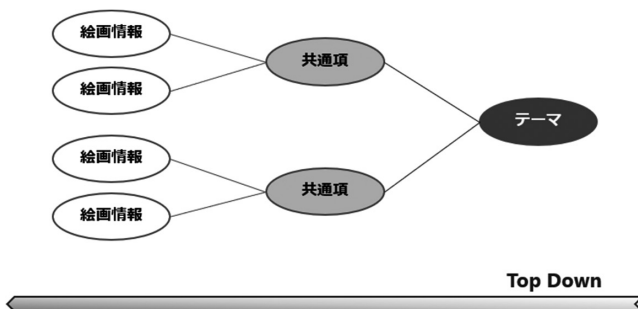


図7 トップダウン型モデル

ていくトップダウン型モデルを提唱した研究が存在する（図7）。奥本らはトップダウン型モデルに則り、博物館の来館者を対象に、来館者の関心に応じて展示テーマ、各展示コーナーの共通項、各展示の情報という順序で情報を提示する事前学習用のwebページ教材を開発し、検証を実施した。検証に参加した来館者は、専門的知識を持たない者のみで構成されている。検証の結果、webページ教材で事前学習を行った来館者は、アンケート調査において、独自の解釈及び情緒的感想等のより抽象的な記述が有意に増加していた。テーマ、展示情報の共通項、展示情報を認識した鑑賞で、それらに着目し、情報を繋ぎ合わせ抽象化を行う姿勢が確認されたことは注目に値する。

これは、初心者であっても美術館の鑑賞時に「作品テーマ」「共通項」「絵画情報」のような軸を得れば、それらに着目し、情報を繋ぎ合わせられることを示唆したと言える（図8、表4）。

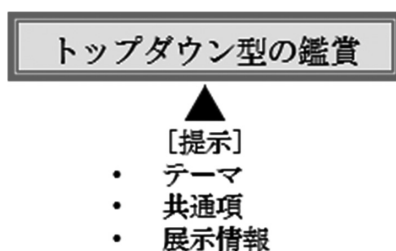


図8 webページ教材による支援イメージ

表4 webページ教材の着目姿勢と抽象化姿勢に対する効果

着目姿勢	○
抽象化姿勢	○

一方で、トップダウン型モデルは作品テーマ、共通項、絵画情報すべてを鑑賞者に示す性質上、初回時は確認行為となってしまう、着目姿勢と抽象化姿勢が発揮されるのは、あくまでトップダウン型モデルを経た後であるため、絵画鑑賞における一回性（一度解答を知ってしまうと、二度と解答を知る前の自由な主体性を再現できない）を担保できない。

3. 提案システム

前章での検討内容を踏まえ、美術館での絵画鑑賞における初心者の主体的解釈に向けた支援システムを提案する。

3.1 要件定義

既存提案の課題点を含め、鑑賞支援システムに必要な要件を定義すると、「作品体験を変容

させずに着目姿勢と抽象化姿勢を促進し、絵画鑑賞の一回性及び支援内容の確認しやすさを損なわない」システムとなる。

ボトムアップ型モデルを前提とした支援では、初心者の主体的鑑賞における抽象化までは支援できない。また、トップダウン型モデルを前提とした支援では、絵画鑑賞が模範解答の確認作業となってしまう、その作品に対して自力で考えを巡らせる余地が失われかねない。そこで本研究は、事前学習用 web 教材の検証で示唆された「初心者であっても作品テーマ、絵画情報の共通項、絵画情報のような軸を持てば、軸に着目し、関連する情報を繋ぎ合わせられる可能性」に注目した。

3.2 マイルストーン型モデルの検討

トップダウン型モデルで鑑賞の一回性を損なう原因は、作品テーマ、絵画情報の共通項、絵画情報すべてを提示することにある。これに対し、本システムでは共通項のみを提示し、それを軸に絵画情報への着目と抽象化を行うマイルストーン型モデルを検討した（図9）。

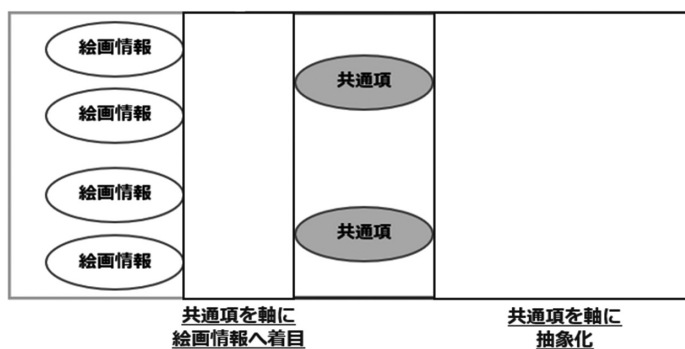


図9 マイルストーン型モデル

本研究で提示する共通項は「画家の感情」に限る。これは1) 思考の余地を残すため、2) 画家の感情は解釈の方向を決定づける要因であり、多くの絵画情報及び抽象化に関わるため、3) 『ひまわり』の例で先述したように、画家の背景に関する着目と抽象化は難易度と労力が高く、初心者の主体的解釈に適さないため、である。

これにより、着目する絵画情報と抽象化の方向性を見出しやすくなり、初心者は絵画情報と作品テーマを画家の感情と結びつけながら、自力で推論を行える。

再度ゴッホの『ひまわり』を例にとると、マイルストーン型モデルでは、共通項として「期待感に満ちたゴッホ」を提示する。これにより、初心者は「ひまわりの描かれた絵画」という認識から「希望感溢れるひまわりの絵画」と認識を改め、絵画上に散りばめられた「黄色で統一された明るい色合い」といった絵画情報に気づきやすくなる。そして、着目した絵画情報と「期待感に満ちたゴッホ」という共通項をもとに「絵画で自分の感情を描きたかった可能性」

や「黄色に希望的イメージを持っていた可能性」といった作品テーマに自然と考えを巡らせやすくなる。

3.3 試作システムの方針

本研究では、作品体験を変容させずに着目姿勢と抽象化姿勢を促進し、絵画鑑賞の一回性及び確認のしやすさを損なわないシステムの提案を目指す。

そこで、マイルストーン型モデルに則り、画家の表情と動作により表現した「画家の感情」を共通項として提示し、初心者に主体的解釈の軸を与えることで着目姿勢と抽象化姿勢を促進する。初心者が直感的に理解できるよう、提示形式は映像資料とした。また、作品体験の変容を避けるため、映像資料は鑑賞の補助資料として扱い、絵画作品そのものは改変しない。現時点では、絵画鑑賞時に併用可能なタブレット型端末への表示を想定している。

本システムは初心者を対象としており、作品テーマの厳密な言語化を必須としていないため、絵画に直接影響を与える画家の感情と背景の内、提示する共通項は画家の感情に留め、画家の背景については扱わない。厳密な作品テーマまで言語化をさせる場合は、画家の背景に関する情報をすべて提示する必要がある。初心者の確認率の低下を招いてしまうことと、過度に初心者の解釈余地を奪ってしまうことが懸念されるためである。

画家の内部状態の中で、特に共感を通じた理解を高めやすいと考えられる感情に着目する。感情価の高いポジティブな状態かどうかに応じて異なるふるまい（動作と表情）をする画家キャラクター（図10）が絵画の近くで動作することで、直感的な理解を誘導できると考えた。

この表現は、キャプション内の説明を元に抽出したポジティブ／ネガティブ値（P/N 値）から出力することができる。

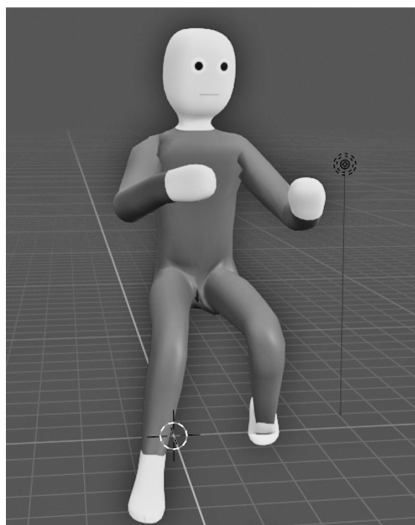


図10 画家キャラクター

3.4 有効性について

提案する枠組みに応じたシステムを構成し、主体的解釈への影響を検証する必要がある。具体的には今後、支援なしの鑑賞と、キャプション文字のある鑑賞、および画家のノンバーバルな表現のある鑑賞を比較し、着目姿勢、抽象化姿勢、支援内容の理解を調べる。また、絵画作品によって主体的解釈の難易度が異なるため、抽象絵画から具象絵画まで複数種類の絵画を用いることも求められると考えている。

4. おわりに

本稿では、絵画鑑賞の初心者（義務教育外で専門的な美術教育を受けていない者）に対する鑑賞支援として、マイルストーン型モデルに基づき画家の表情や動作を模すCGキャラクタの提示を提案した。

美術館は鑑賞者にとって、美術教育の場であることが求められるが、絵画情報（絵画内に散りばめられた情報）から帰納的に共通項を抽出し、作品テーマに向けて情報を抽象化していく「主体的解釈」を前提とした設計になっているため、絵画情報への着目姿勢と、得た情報を帰納的に集約していく抽象化姿勢を持たない初心者にとって、主体的解釈は難しい。

本研究では、先行研究の課題点も踏まえ、初心者の支援に必要な要件を「作品体験を変容させずに着目姿勢と抽象化姿勢を促進し、絵画鑑賞の一回性及び確認のしやすさを損なわない」システムと定義した。そして、画家の表情と動作により表現した「画家の感情」を提示することで、着目姿勢と抽象化姿勢を促進する提案を行った。

参考文献

- [1] 文化庁『博物館総合サイト～博物館について～』, <https://museum.bunka.go.jp/museum/>, 2023.
- [2] 駒見和夫：博物館における娯楽の役割 和洋女子大学紀要 文系編 (2003).
- [3] 岡田猛・縣拓充：芸術表現の創造と鑑賞，およびその学びの支援，教育心理学年報59巻，pp. 144～169 (2020).
- [4] 田中吉史・松本彩季：絵画鑑賞における認知的制約とその緩和，認知科学20巻1号，pp. 130～151 (2013).
- [5] 玉木晴也・酒井嗣之介・吉田龍一・太田耀介・竹村裕・溝口博・楠房子・江草遼平・稲垣成哲・山口悦司・杉本雅則・生田目美紀：能動的な絵画鑑賞に向けた絵画鑑賞支援システムに関する研究，ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 (2016).
- [6] 奥本素子・加藤浩：美術館学習初心者の絵画鑑賞のための博物館認知オリエンテーションモデルの提案，日本教育工学会論文誌33巻1号，pp. 11～21 (2009).
- [7] 小島道裕：参加する博物館—内外の博物館教育から，歴史地理教育，695，pp. 8～13 (2006).
- [8] Gombrich, E. H.: 美術の物語 第16版 (天野・大西・奥野・桐山・長谷川訳), pp. 544～553, 河出書房新社 (2019).
- [9] 田中吉史：美術初心者は絵画から何を読み取るか？—具象絵画鑑賞時の発話による探索的な検討，認知科学25巻1号，pp. 26～49 (2018).

- [10] 井上征矢・穂積毅重・玉川信一・五十殿利治：感性工学研究論文集5巻2号, pp. 17～24 (2005).
- [11] 川崎清：美術館計画と鑑賞行動, 人間工学19巻3号, pp. 131～138 (1983).
- [12] Davey, G.: What is Museum Fatigue?, Visitor Studies Today Volume 8 Issue 3, pp. 17～21 (2005).
- [13] Elbert, J.・Temme, V.: Amount and Kind of Information in Museums: Its Effects on Visitors Satisfaction and Appreciation of Art, Visual Arts Research, Vol. 18, No. 2, pp. 28～36 (1992).
- [14] 田中吉史・松本彩季：絵画鑑賞における解説文の効果, 日本認知科学会27回大会発表論文集(2010).
- [15] 広谷浩子・加藤ゆき：博物館展示における「ことば」の役割～利用者による展示理解を進めるには～, 全国科学博物館協議会研究発表大会：資料(24), pp. 109～114.
- [16] 松永菜摘・村松真帆・秦井良・渡邊貴之：美術館におけるスマートフォン館内ガイドシステムを用いた鑑賞行動分析, 第78回全国大会講演論文集1号, pp. 785～786 (2016).
- [17] 奥本素子・加藤浩：生涯学習としての自立的博物館学習を促進させる学習支援モデルの研究, 科学教育研究31巻4号, pp. 400～409 (2007).