

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32657

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K23350

研究課題名（和文）切り絵制作における技能に釣り合った難易度を持つ下絵生成システムの研究開発

研究課題名（英文）Development of a drafting system for paper-cutting with a difficulty level balanced with the skill level of production

研究代表者

東 孝文（HIGASHI, Takafumi）

東京電機大学・システムデザイン工学部・助教

研究者番号：90879967

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、芸術創作活動の1つである切り絵の製作を焦点とした。切り絵制作はペン形状のデザインナイフを操舵することで紙を裁断することから、ヒューマンコンピュータインタラクション（HCI）分野の観点から、制作物の難度と製作者の技能を定量化する。その結果、難度と技能の評価、制作時の心理状態を評価することで制作へのユーザ体験が変化すること、また製作者にあわせて難度をもとに下絵を選別することでHCI分野にもとづいた芸術制作におけるUXを向上させることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究では、芸術創作活動の1つである切り絵の制作を対象に「製作者のより有意義な体験」のデザインするために、製作者の技能を評価する機能、制作物の難易度を評価する機能を開発する。技能と難易度、期待のモデルから利用者の技能に最適な難易度を提示する。これらの要因は数値化困難であるとともに、製作者の期待との関わりはワークショップの講師など一部の熟練者のみが持つ暗黙知に委ねられている。これらの関係についてモデル化することで、熟練者が持つ知識の表出化を目指す。

研究成果の概要（英文）：In this study, I focused on producing paper-cutting, an artistic, creative activity. Paper cutouts are cut by steering a pen-shaped design knife. I quantify the difficulty of the production and the maker's skill from the perspective of the field of human-computer interaction (HCI). As a result, this study quantitatively reveals that differences in difficulty affect the user's flow experience by evaluating the maker's psychological state. I also confirmed that the selection of drafts based on the difficulty level of the artwork according to the maker improves the UX in art production based on the HCI field.

研究分野：ヒューマン・コンピュータインタラクション

キーワード：芸術創作支援 自己効力感 難易度分析 行動分析

1. 研究開始当初の背景

芸術創作活動において、多くの制作物にはそれぞれの難易度があるとともに、制作者にも難易度に対応可能な技能がある。しかし、下絵の素材集では制作物の難易度について「初心者向け」や「レベル3」など曖昧な表記なものが多く、初心者自身の技能に見合った難易度を選択することは困難である。技能と不釣り合いな難易度での制作は簡単すぎる場合、技能向上の効果が弱く体験を飽きやすく感じる。また、難しすぎる場合は失敗と挫折により制作を諦めてしまう。本研究では、難易度と技能とのバランスを制御した下絵を作成することで、制作に対するユーザ体験(UX: User eXperience)の向上を目指す。

本研究では、芸術創作の一つである切り絵制作における技能と難易度の分析が不可欠である。申請者は**制作技能や下絵の難易度、制作時の集中について、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)分野の観点から切り絵制作について研究**している。従来の画像生成に関する研究では、より高速・高精度な画像生成を目的としたネットワーク構造の構築に焦点が当てられたものが多く、人が芸術創作活動を支援するためのシステム開発については、ほとんど議論されてこなかった。しかし、人の手による芸術創作は文化的活動の一つとして世界中で根付いている。文化を継承し守ることも重要な課題と考える。

本研究では、芸術創作活動の1つである切り絵の制作を焦点とした。切り絵は紙に印刷した黒色と白色の2色に塗り分けた下絵から不要な白色の部分を切り落とすことで制作する。切り絵制作はペン形状のデザインナイフを操舵することで紙を裁断することから、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)分野におけるヒューマンタスクモデルにもとづいた制作物の難易度と制作者の技能を定量化から、初心者向けの難易度を特定するとともに、中級者向けなど初心者には難し過ぎる難易度の下絵を初心者向けの難易度に調整することで、初心者向けの難易度を持つ下絵を作成する。これにより、HCI分野にもとづいた芸術制作におけるUXの向上を支援する。

2. 研究の目的

本研究では、「制作者のより有意義な体験」のデザインを支援するため、制作者の技能、制作物の難易度及び制作者の期待との相関関係をモデル化することにより、利用者の技能と期待に最適な難易度を提示するシステムを開発するために、次の(1)及び(2)について取り組むことで、制作者の技能と制作物の難易度の関係を明らかとすることで制作の体験価値の向上を支援する。

- (1) 下絵が持つ難易度の評価
- (2) 下絵を初心者向けの難易度へと易化するシステム
- (3) 易化した下絵での制作による制作者の心理状態

3. 研究の方法

(1) 下絵が持つ難易度の評価

難易度評価について、人間動作のモデルを応用することで制作の難易度とその影響に関する研究をしている。切り絵の制作には初心者向け等の難易度があり、初心者は高難度な線ほど、裁断する時間が長くなる傾向にある。切り絵の難易度は裁断する線の距離とその周辺の線までの幅に大きな影響を受けることから、裁断する線が持つ距離と間隔について、HCI領域におけるヒューマンタスクモデルの1つであるステアリングの法則を適用することで難易度を定量化する(図1)。また技能について、未経験な初心者は下絵の線とナイフで裁断した軌跡を比較したとき、裁断の精度が低いことを確認した。本研究では、この精度からの評価をもとに定量的に制作者の技能を評価する。

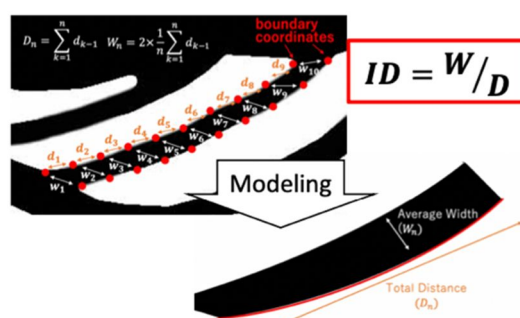


図1: モデル化による下絵の難易度計測

(2) 下絵を初心者向けの難易度へと易化するシステム

初心者向けの素材集から125種類の下絵が持つ難易度を計測した。その結果、素材集が設定している6段階の難易度の内、レベル1は平均難易度が9.6であり裁断する線の最大

の難易度が 25.0 未満であることを確認した。また、レベル 2 は平均難易度が 19.5, 最大難易度は 34.2, レベル 3 の平均難易度は 22.5, 最大難易度は 41.4 だった。レベル 2 をレベル 1, レベル 3 をレベル 2 の難易度へと下絵の難易度を易化させるシステムを開発した。本システムにより下絵(A)及び(B)の難易度はレベル 2 からレベル 1 へ, 下絵(C)及び(D)はレベル 3 からレベル 2 へと易化した下絵を作成した(図 2)。

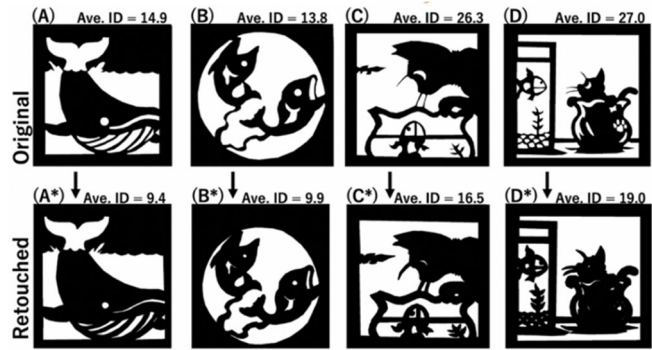


図 2: システムによる易化された下絵

(3) 易化した下絵での制作による制作者の心理状態

制作時の心理状態について、難易度と技能をもとにフロー理論から各要素のバランス及び技能向上の変化を調査する。フロー理論のモデルを活用することで、いくつかの難易度で制作したときのアンケート分析から「フロー」「不安」「リラックス」状態から制作時の下絵の難易度が与える心理状態の変化を調査する。実験では、7名の初心者(未経験者)、5名の中級者(月に1,2回の頻度で練習する者)、5名の熟練者(アーティストとして活動する者)が、様々な難易度の絵(初心者向けの素材集の下絵)を裁断したときの体験についてフロー状態を評価するためのアンケート調査(FlowStateScale)をもとに評価する。

4. 研究成果

(1) 制作物の難易度評価と制作者の技能評価

創作活動の中でも切り絵はデザインナイフを使って紙を裁断することで絵を創作する絵画手法である。デザインナイフで紙を裁断するときの座標をもとに、白と黒色に塗り分けられた下絵の境界の座標を抽出し、裁断する線の距離と幅を決定する。その後、ステアリングの法則をもとに、裁断する線の幅と距離の長さから難易度を計測する。

技能評価について、下絵が持つ裁断する線の座標と制作者が裁断した線の座標の差から精度を計測する。初心者7名と熟練者7名が平均難易度14.9の絵柄で制作した結果、初心者の平均誤差は1.24mmであり、1.0mm以下の差は60.0%、1.5mm以下の差は全体の92.0%だった。一方で、熟練者の平均誤差は0.51mmであり、1.0mm以下の差は95.0%だった(図3)。

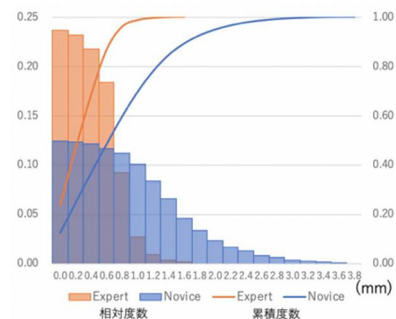


図 3: 初心者と熟練者の裁断精度の差

(2) 易化した下絵での制作による制作者の心理状態

易化する前後の下絵で初心者が制作したときの精度とフロー状態の変化を評価した。その結果、難易度を易化することで、精度が有意に向上することを確認した(図4)。また、フローでは、特に初心者による(C)(D)のレベル3での制作は「技能と難易度とのバランス」や「時間間隔の変化」の因子に対して負の相関を持ち、レベル2の(C*)(D*)で制作したとき、正の相関へ有意に変化することを確認した。

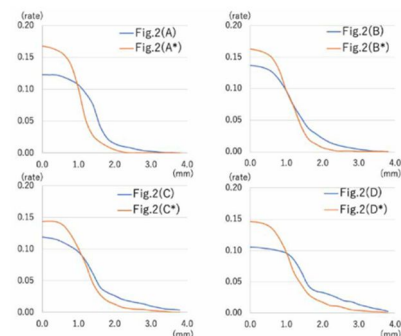


図 4: 元画像と易化画像での裁断誤差

以上の成果より、下絵の難易度を初心者向けへと修正する易化システムを開発し、レベル3の難易度を持つ下絵をレベル2へと易化した下絵で制作することで、UXについてユーザのフロー状態から向上することを確認した(図5)。

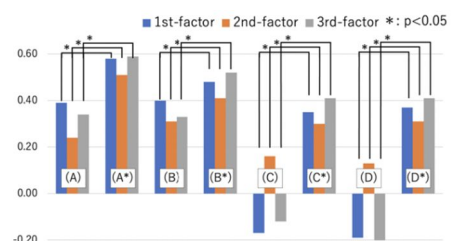


図 5: 元画像と易化画像でのフローの差

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Higashi Takafumi	4. 巻 4
2. 論文標題 Evaluation of Skill Improvement by Combining Skill and Difficulty Levels During Paper-cutting Production	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction	6. 最初と最後の頁 1～17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3427319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 HIGASHI Takafumi、KANAI Hideaki	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Improvement of Pressure Control Skill with Knife Device for Paper-Cutting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1856～1864
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2019EDP7237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 HIGASHI Takafumi、KANAI Hideaki	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Improvement in the Effectiveness of Cutting Skill Practice for Paper-Cutting Creations Based on the Steering Law	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 730～738
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2019IIP0020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Higashi Takafumi
2. 発表標題 Evaluation of Skill Improvement by Combining Skill and Difficulty Levels During Paper-cutting Production
3. 学会等名 ACM ISS 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Higashi Takafumi
2. 発表標題 Improve User Experience by Adjusting Draft Design through Retouching System for Paper-cutting Production
3. 学会等名 ACM C&C 2022 poster (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Higashi Takafumi
2. 発表標題 Retouching System to Ease Difficulty of Craft Design for Paper-Cutting
3. 学会等名 HCI International (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関