

ドローイング学習支援システムにおける自動評価機能の 性能向上のためのアウトライン描画段階同定アルゴリズムに関する 基礎的検討

A Basic Study on the Outline Drawing Phase Identification Algorithms for Improvement of Auto Drawing Assessment Function in Drawing Learning Support System

浅井 雄大^{*1}, 香山 瑞恵^{*1}, 舘 伸幸^{*1}, 永井 孝^{*2}

Yudai ASAI^{*1}, Mizue KAYAMA^{*1}, Nobuyuki TACHI^{*1}, Takashi NAGAI^{*2}

^{*1}信州大学大学院総合理工学研究科

^{*1}Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

^{*2}ものづくり大学

^{*2}Institute of Technologists

Email: 23w2004a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：我々はこれまで、ドローイングのスキル獲得を支援するシステムを構築・運用してきた。本研究の目的は、同システムにおける、学習者によるドローイング作品に対する自動評価機能の性能向上である。本稿では、ドローイングにおいて特に重要とされるアウトライン描画段階に着目し、この段階の終了時刻を同定するアルゴリズムの開発を試みる。そして2種の提案アルゴリズムの精度を比較し、同システムへの実装可能性について考察する。

キーワード：ドローイング、自動評価、アウトライン描画段階、アルゴリズム、性能評価

1. はじめに

ドローイングとは、ストロークと呼ばれる濃淡をもつ線を用いて、描画対象物(以下、モチーフ)の形状や質感を描画することである。ドローイングは、美術教育における基礎的な技術として位置づけられ、美術入門者が最初に学ぶべき内容とされる^(1,2)。本研究では、2012年度よりドローイング学習支援システムを運用している。美術専門学校でのデジタルドローイングクラスで用いられているこのシステムは、毎年約20名により入学時から隔週で6回のドローイングデータを蓄積している。対象モチーフは紙箱(前半3回)と紙袋(後半3回)である。

本研究の目的は、これらのドローイングデータを用いて、アウトライン描画段階(後述)の終了時刻を同定するアルゴリズムを開発することである。この終了時刻の推定を自動化することにより、同段階の評価指標の解析や、学習支援システムでの自動評価機能の実装が可能になる。本稿では、以下に示す2種のリサーチクエスチョン(RQ)を設ける。

RQ1:全学習者のアウトライン描画段階終了時刻を同一時刻とする場合、個々人の終了時刻との差の総和が最も小さくなるのはどの時刻か。

RQ2:個々人の終了時刻に対する全学習者共通の終了時刻との誤差と、本稿で提案するアルゴリズムを適用した時刻との誤差に有意な差はあるか。

2. アウトライン描画段階の定義

永井らは、1回のドローイングを行う過程(以下、ドローイングプロセス)が3つのフェーズに分けられることを示している⁽³⁾。このうち、最初のフェーズでは、用紙に対するモチーフの構図や比率、モチ

フの形状を決定する。本研究におけるアウトライン描画段階はこの最初のフェーズを含むものとする。この段階が終了する時刻を「1番最初のハッチングが描かれる時刻の前で、1番最後に引かれたストロークが記録された瞬間」と定義する。以下、ドローイング開始0[s]から推定した終了時刻までを、アウトライン描画段階終了時刻の正解データ(以下、正解時刻)とする。なお、解析対象者は、アウトライン描画段階が存在する描画者のみとする。

3. RQ1:全描画者共通の時刻による同定

RQ1では、全描画者のドローイングプロセスにおけるアウトライン描画段階終了時刻を、解析者が設定した共通の時刻(共通時刻)で同定できるかを検証する。具体的には、共通時刻を0~695[s]の間で1[s]ずつ変化させ、共通時刻と正解時刻におけるストローク数の分布を群間比較する。検定手法には、ウィルコクソンの符号順位和検定を用いる($p=0.05$)。

3.1 結果と考察

正解時刻におけるストローク数の分布に有意差が見られなかったのは、共通時刻を155~191[s]とした場合の分布であった。また、各描画者のストローク数の平均絶対誤差(以下、MAE)が最も小さくなったのは、共通時刻を168[s]に設定した場合であった。

この結果から、168[s]を共通時刻とした場合に、最も正確な同定ができることがわかる。しかし、描画者個人でみると、ストローク数のMAEが119[本]と、大きくなってしまっている。

4. RQ2:2つのパラメータによる同定

4.1 同定アルゴリズムの概要

今回の定義においては、アウトライン描画段階終了直後にハッチングが描画される。よって、最初に描かれるハッチングを検出できれば、アウトライン描画段階終了時刻を同定することができると考えた。今回はハッチングを検出するために、2つのパラメータ(①直前に引かれたストロークのベクトルとのコサイン類似度の絶対値と、②直前に引かれたストロークとの重心間の距離)を用いる。これらのパラメータはそれぞれ、ハッチングを描く際の指導内容(「複数の直線を平行に描く」と、「直線どうしの間隔を狭めて描く」)に基づいている。なお今回は、これらの指導内容が各ドローイングの描画特徴として現れると仮定する。

また、ストロークのベクトルは、ストロークの最小外包矩形の頂点のうち、ストローク始点に最も近い頂点から対角に位置する頂点までとし、ストロークの最小外包矩形における対角線の中点をストロークの重心とする。

上記の2つのパラメータの時間遷移を確認すると、正解時刻直後で、連続して、ストロークどうしのコサイン類似度の絶対値がある値を上回り、同時に、重心距離がある値を下回る区間が存在することが確認された。この区間でハッチングが描画されると仮定し、各パラメータの適切な閾値を探索する。

4.2 閾値の設定

代表学習者3名と指導者1名が描いたドローイングを対象に、各パラメータの仮閾値を設定する。この代表学習者と指導者は、すべてのドローイングにおいてアウトライン描画段階の終了時刻が美術専門家により指摘可能であり、かつ、熟練度が多様な描画者である。ここでは、正解時刻におけるストローク数とのMAEが最も小さくなるような閾値候補の組み合わせる。

その結果、最適なアルゴリズムは、「直前に引かれたストロークのベクトルとのコサイン類似度の絶対値の下限を0.9に、直前に引かれたストロークの重心どうしの距離の上限を7[mm]に設定し、7[本]以上連続でそれらの閾値を超えた場合に、そのストローク群をハッチングとみなし、そのストローク群の直前にストロークが引かれた時刻をアウトライン描画段階終了時刻(以下、推論時刻)とする」とした。

4.3 新規データへの適用結果と考察

4.2節で定義したアルゴリズムを、4.2節で示した4名の描画者と2015年度の学習者25名に適用した。2012年度から2022年度の内から2015年度の学習者を選出した理由は、学習者のドローイング熟練度が最も広範囲にわたるためである。

ここでは、共通時刻(168[s])と推論時刻におけるストローク数の誤差を比較する。また、共通時刻と推論時刻それぞれにおいて、正解時刻との誤差を求め、比較を行う。検定手法には、ウィルコクソンの符号順位と検定を用いる($p=0.05$)。

その結果、推論時刻におけるストローク数の誤差の方が有意に小さいことが確認できた($p=0.01$)。また、共通時刻における誤差のMAEは119[本]であり、推論時刻における誤差のMAEは92[本]となった。

また、図1に示すように、正解時刻に対する推論時刻との誤差の方が、共通時刻との誤差よりも有意

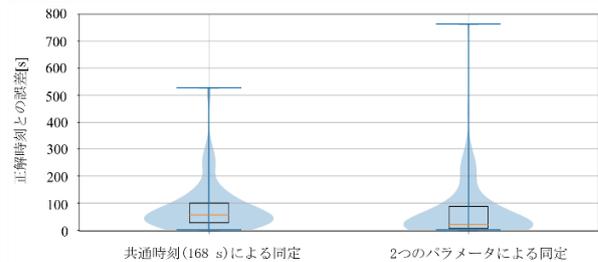


図1 正解時刻との誤差の分布

に小さい結果となった($p=0.02$)。そして、正解時刻に対する、共通時刻との誤差のMAEは82[s]、推論時刻との誤差のMAEは66[s]となった。すなわち、共通時刻による同定よりも、2つのパラメータに基づく提案アルゴリズムによる同定の方が高い精度を示した。しかし、複数のドローイングにおいて、正解時刻よりも極端に早い時刻を推論時刻としてしまう現象が確認された。これらのドローイングの描画過程を見ると、描画者は、短く、かつ同じ方向のストロークをつなげてアウトラインを描いていた。よって、そのようなストロークをハッチングとして誤検出してしまったと考えられる。

5. おわりに

本稿では、アウトライン描画段階終了時刻を同定する手法の開発・比較を行った。RQ1では、今回の場合、共通時刻で同定する場合には168[s]が最も正確であり、RQ2では、提案アルゴリズムによる同定の方が高い精度を示した。しかし、正解時刻と推論時刻の誤差が極端に大きい描画者も存在するため、ドローイング学習支援システムに適用するには、より精度の高い同定アルゴリズムが必要であると思われる。

今後は、ストローク自体の向きとストローク重心が移動する向きの類似度などのパラメータを追加し、同段階の同定アルゴリズムの改良を行っていく。

謝辞

遠隔ドローイング学習支援システムを2012年より導入いただき、ドローイングプロセスデータの収集にご協力いただいている日本外国語専門学校留学科海外芸術大学留学コースの教員と学生、関係者の皆様に感謝申し上げます。本研究の一部は科研費(23K17015)により支援されています。

参考文献

- (1) 佐藤聖徳: “美術・デザイン系大学におけるデザイン指導の発展的試み”, 静岡文化芸術大学研究紀要, Vol.4, pp.153-162 (2004)
- (2) 関根英二: “美術体系の試み”, 美術教育学会大学美術教科教育研究会報告, Vol.6, pp.89-100 (1984)
- (3) 永井孝, 崎本貴之, 香山瑞恵: “美術入門者に対するドローイングプロセスモデルによる学習支援ツールの検討”, 人工知能学会第二種研究会資料, Vol.2017, No.SK-23, pp.10-14 (2017)