

# 遠隔ドローイング学習支援のためのドローイングプロセスモデル

## A Drawing Process Model for a Drawing-Learning Support System in the Networked Environment

永井 孝\*<sup>1</sup>  
Takashi NAGAI

香山 瑞恵\*<sup>2</sup>  
Mizue KAYAMA

伊東 一典\*<sup>2</sup>  
Kazunori ITOH

\*<sup>1</sup> 信州大学大学院工学系研究科  
Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

\*<sup>2</sup> 信州大学工学部  
Faculty of Engineering, Shinshu University

The purpose of this study is to develop a support system in drawing-learning within a networked environment. In this paper, we describe the results of potential assessment for our system. Two assessment approaches are shown. One is the possibility of a digital pen as a drawing-tool. The other approach is the effectiveness of the drawing-learning support in the networked environment, based on the reuse of the learner's and/or expert's drawing process. The drawing process model for supporting individual drawing-learning is also discussed.

### 1. はじめに

ドローイングは、美術教育における基本的な技法と位置づけられ[佐藤 2004], 入門者が最初に学ぶべき内容とされる[関根 1984]. ドローイング学習は、何度も描き、誤りを正しながら身につけていくスキル学習である[Bernstein1967, Latash1998, Latash2002, 古川 2004]. 個人でこの学習を行う場合、自分の癖や弱点に気付くのは困難である。従来からも遠隔での美術教育は行われてきた[Tweddle2008, UAL, Ferraris2000]. しかし、ドローイングのような基本スキルの獲得のための指導は難しいとされていた[Takagi2003].

本研究の目的は、美術入門者に対するドローイング学習支援環境を構築し、この環境を遠隔教育に適用することで、指導の即時性と個別性を保ちつつ、時間と場所とに制約されない学習支援を実現することにある。本稿では、遠隔学習支援の可能性について、遠隔環境でのドローイング指導の有益性と、筆記具としてのデジタルペン[Anoto]の適用可能性とについて考察し、ドローイングプロセスの整理とその個人学習支援への適用に関して述べる。

### 2. 遠隔環境でのドローイング学習

#### 2.1 学習の流れ

非遠隔環境と遠隔環境でのドローイング学習の大きな違いは、描画途中に受ける指導の有無である。入門者にとっては、成果物への講評よりも、描画途中に受ける指導の方が重要である。つまり、指導の即時性と個別性ととの確保が遠隔ドローイング学習のポイントとなる。

本研究では、学習者のドローイングプロセスを記録・再利用することで、遠隔環境での指導の即時性と個別性の実現を目指す。提案環境での学習の主たる流れは次のようになる。

- 1) 指導者から学習者に制作課題を与える。
- 2) 学習者は課題にそったモチーフを構成し、ドローイングを行い、ドローイングプロセスデータおよび成果物を提出する。

- 3) 指導者は、提出されたドローイングプロセスを再生し、指導が必要な箇所に対するコメント等の追加を行う。さらに成果物への評価を行い、これら指導データを学習者へ返却する。
- 4) 学習者は、返却されたドローイングプロセスおよび指導データを再生しながら指導内容を確認し、自己評価を行う。

#### 2.2 遠隔ドローイング指導の有益性

5名の美術熟練者にプロトタイプシステムを試用させ、遠隔ドローイング指導の有益性についてのヒアリング調査を行った。

まず、同一モチーフに対する鉛筆とデジタルペンのドローイングを体験させた。描かれた結果の例を図1に示す。続いて、デジタルペンで取得した熟練者自身のドローイングプロセスのデータをプロトタイプシステムに取り込み、ドローイングプロセスの再生を体験させた。

体験後のヒアリングで得られた意見の例を以下に示す。

- ドローイング作業を最後まで見てから指導の必要な個所に指導ができるため、偏った評価にならなくていい。
- 指導データを示すことで、指導した内容を繰り返し確認させることができるので、授業中の指導を忘れるとか、聞き逃すことが少なくなる。
- 自分自身のドローイングを見た際、今まで気付かなかった癖に気付いた。

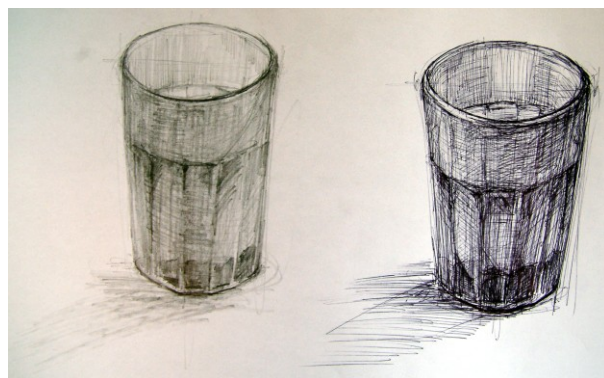


図1 鉛筆(左)とデジタルペン(右)のドローイング結果の例

すなわち、ドローイングプロセスの再生による描画行為の振り返り機能が評価され、遠隔ドローイング指導は有益であるとの評価がなされたといえる。

### 2.3 筆記具としてのデジタルペンの適用可能性の検証

ドローイングプロセスを記録するための筆記具として、市販されているデジタルペン[Anoto]を用いる。このペンの美術教育における筆記具としての適用可能性を検証するため、連続使用時間、限界筆圧、限界描画濃度、限界傾斜角度の4項目を評価した。評価結果を表1にまとめる。これらの結果を5名の美術熟練者に示し、デジタルペンによる描画を体験させた上で、美術教育への導入の可能性に関してヒアリングした。

いずれの熟練者も基本的な性能は指導上の基準を満たすとした上で、筆圧の制約やペンの傾き限界を考慮した課題設定が必要であると指摘した。さらに、鉛筆と比べた場合、以下の問題点が指摘された。

- 1) 一度描いた線が消せない、
- 2) 線の幅が一定、
- 3) 表現手法が少ない。

しかしながら、学習対象者を入門者に限定した場合、これらの問題点は指導上有効に機能するとの指摘もあり、デジタルペンはドローイング用筆記具として適用可能であると判断された。

### 3. ドローイングプロセスの整理

本研究において、学習者のドローイングプロセスは2種の場面で再利用される。1つ目は指導者によるプロセス評価であり、2つ目は個人学習支援ツールによるプロセス評価である。特に、個人学習支援においては、ドローイングプロセスに対する自動評価が重要な機能となる。

#### 3.1 ドローイングプロセスの段階

美術熟練者および美術指導の専門家5名に対して、ドローイ

表1 デジタルペンの評価結果

評価項目	内容	結果
連続使用時間	ペンの満充電状態からバッテリーがなくなる状態までの連続描画時間	4回計測時平均210分 (最長218分, 最短199分)
限界筆圧	描画しながらペン先を徐々に紙へ近づけ、筆圧の変化と紙へ描画された線の濃度	濃度が極端に薄い線は描画データを取得していない。一方、筆圧が0であっても、目視で線として認識可能なものはデータ取得可能
限界描画濃度	特定領域にクロスハッチを描き、ペンがアノパターンを読みとる限界の濃度	ボールペンとしてこれ以上濃度があげられない状態まで描画可能
限界傾斜角度	ペンによる描画データ取得限界角度	限界角度 $\theta$ : $43^\circ \leq \theta \leq 137^\circ$

ング行為についてのヒアリング調査を行った。その結果から得られたドローイングプロセスの段階とそれらの内容を表2に示す。

#### 3.2 ドローイングプロセスと描画結果との対応

美術熟練者より取得したドローイングプロセス(モチーフ2種、各5名分)をプロトタイプシステムで再生し、その定量的データの特徴をまとめた。定量的データのうち、ストローク数および筆圧の変化を検討した結果、描画プロセスは3つのフェーズに分割できることを見出した。図2に3フェーズに分割されたストローク数/筆圧グラフの例を示す。ここでは各フェーズをそれぞれA/B/Cとして区別する。

各フェーズを分割するためには2つの判断基準が同時に満たされることが求められる。1つ目の基準は、ストローク数および平均筆圧が0となる1単位時間以上の区間(図2中矩形で囲んだ箇所)の存在である。2つ目の基準は、1つ目の基準で分割された連続するフェーズ間において、ストローク数あるいは平均筆圧の変化の仕方が互いに異なるということである。

各フェーズの終了時点での描画結果を図3に示す。前述のフェーズ判断基準と図3の描画結果とを併せて整理する。

フェーズA: 単純な形状を描きながら、構図を決めていき、パースを描いたりしている様子がうかがえる。

フェーズB: 全体を均一的に描画していき、ドローイングとして評価可能な状態にまで描き進めている。

フェーズC: モチーフの質感を描き、ディテールを高め、画面とのバランスを取っている。

学習者が納得できる状態まで描画を行い、最終的には完成と判断している。

#### 3.3 ドローイングプロセスとドローイングの段階

ドローイングプロセスデータから3.2に示した3フェーズを同定させるために、各フェーズの特徴をまとめた。各フェーズについて、ストロークの筆圧、数、線種、およびストローク集合の大きさ、ばらつき、そして描画範囲を表3に示す。筆圧とストローク数はドローイングプロセス内での相対値である。ストローク集合は、ストロークが連続する時間において近接する領域を描画したものである。筆圧は低/中/高の3段階で区別する。ストローク数は少/中/多の3段階とした。線種は直線/単純な曲

表2 ドローイングプロセスの段階と内容

段階	内容
1	モチーフをよくみる
2	モチーフがどんな位置に置かれているかに注目する
3	画面に対してのバランスを考えながら構図を決める
4	ごく単純な形態(直方体の集合)の構成としてとらえる
5	モチーフの構造を分解的にみながら形をとらえる
6	モチーフの質感を描く
7	ディテールを仕上げる

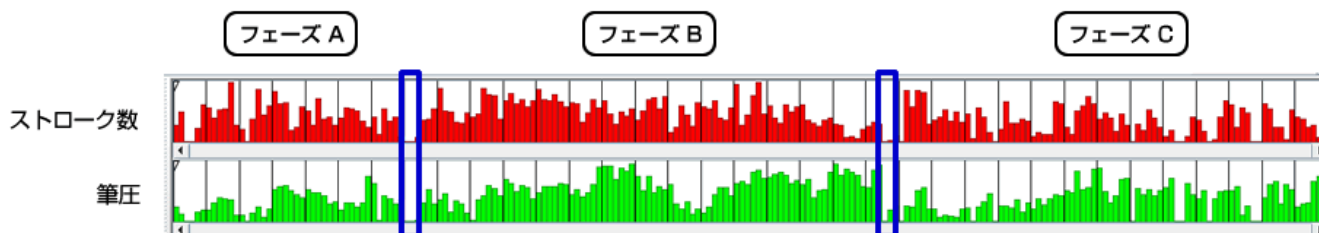


図2 ドローイングプロセスの分割例

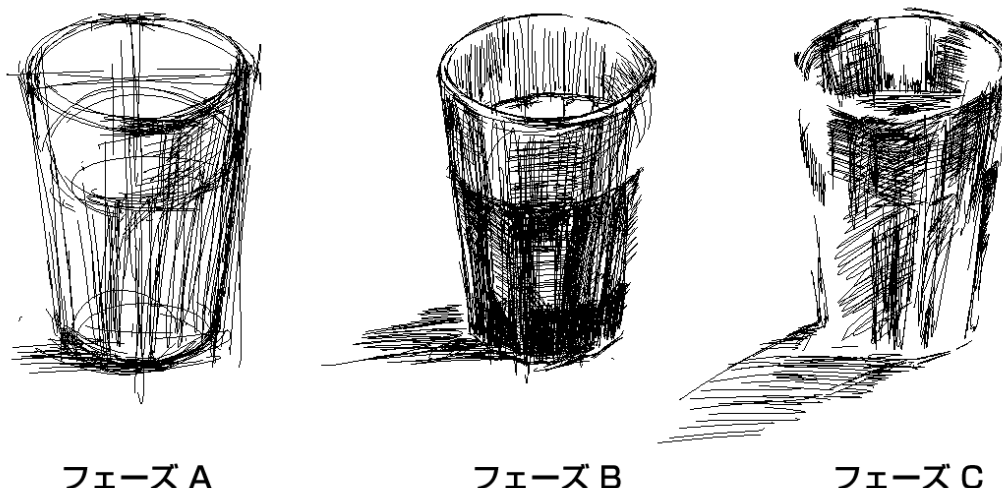


図3 各フェーズにおけるドローイング結果

表3 各フェーズの特徴

フェーズ	ストローク			ストローク集合		描画範囲
	筆圧	数	線種	大きさ	ばらつき	
A	低	小	直線・単純な曲線	大きい	不均一	広い
B	中, 高	多	多様	小さい	均一	狭い
C	低, 中, 高	中	多様	小さい	不均一	狭い

表4 ドローイングプロセスの各段階と各フェーズの対応

フェーズ	プロセスの段階	タイミング
A	1,2,3,4	最後ではない
B	1,5	Aの後ろまたはCの前
C	1,6,7	初期ではない

線(バジェ曲線に変換した際、制御点が線の方向に対して片側にあるもの)/多様(すべての線種で構成され、主たる線を特定できない)の3種とした。ストローク集合の大きさは大きい/小さいの2段階で区別し、ばらつきは均一/不均一の2段階とした。描画範囲は広い/狭いの2段階とした。

この表に示した幾何的な特徴と表2の7段階のプロセスの説明とを対応付けた結果がプロセスモデルである。対応付けを行ったプロセスモデルを表4に示す。フェーズはA,B,Cが各1つずつに分割される。フェーズAは1から4段階に対応し、フェーズBは1段階と5段階とに対応し、フェーズCは1段階と6から7段階とに対応する。各フェーズの描画全体での出現するタイミングは、フェーズAはドローイングプロセスの初期段階に出現し、フェーズBはフェーズAの後に続き、フェーズCの前となる。Cフェーズは、ドローイングプロセスの前期には出現せず、後期に出現することが多い。

#### 4. ドローイングプロセスに基づく個人学習支援

##### 4.1 ドローイングプロセス

学習者のドローイングプロセスを表3の幾何的な特徴に基づきフェーズに分割し、それらのフェーズが出現するタイミング/頻

度/順序などと、3.3で示したプロセスモデルとの比較結果に基づき個人学習支援を試みる。

例えば、机の上に置かれたグラスを描くドローイング課題の場合を考える。描きはじめの段階では、単純な形状でパースを決めることで複雑な形状をしたモチーフが描きやすくなる。しかしながら初心者の多くは、描きはじめのフェーズからグラスの形状を描こうとする。この行為は指導対象となる。指導者からは、“まずモチーフを内包した単純な直方体を描くように”との指摘が与えられる。この段階で描かれる線は補助線である。そのため、完成作品に影響を与えない程度に筆圧を低く抑え、濃度の薄い線を描くように指導することもある。

##### 4.2 個人学習支援の適用ポイント

個人学習支援ツールでは、前述のような指導の自動化が図られる。初心者のドローイングプロセスを幾何的な特徴として捉えた場合、ストロークは筆圧は高く、線種は多様であり、ストローク集合は小さく、描画範囲は広くない。この特徴は、表3よりフェーズAではないことが分かる。その結果、“モチーフをよく見ること、単純な形態にとらえて描き始めること、筆圧を低く抑え、直線、単純な曲線で描くこと”といったアドバイスがシステムから生成される。

アドバイスのみならず、参考とすべき熟練者や他学習者のドローイングプロセスを提示することも可能となる。熟練者や他学習者のドローイングプロセスを再利用することにより、学習者へのアドバイスをより具体的に示すことができ、指導内容を的確に理解させることにもつながる。また、新たな技法や課題などの気づきを誘発する事も可能となろう。

本ツールの機能を以下に示す。

- ドローイングプロセスデータの再生

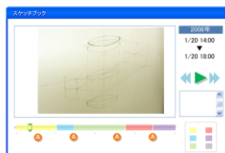
1. デジタルペンでドローイングをする。



2. ドローイングプロセスデータをPCに取り込む



4. 個人学習支援ツールからアドバイスを受け学習する。



ネットワーク

3. 指導依頼をする。

6. 指導内容を受け取る。

7. 指導者からの指導を再生して学習する。



5. ドローイングデータを再生し指導を追加する。



図4 個人学習支援ツールを適用した学習の流れ

- ドローイングデータの各フェーズ分割と表示
- 描画プロセスのアドバイス
- 描画テクニックのアドバイス
- 熟練者・他学習者の参考とすべきドローイングの提示
- 熟練者・他学習者とのドローイングプロセスとの比較再生
- ドローイングプロセスへの注釈(テキスト・幾何)追加

この学習支援の仕組みは、学習者がドローイングプロセスを提出後、指導フィードバックを受けるまでの間の個人学習を支援するためのツールとして具体化される(図4参照)。個人学習支援ツールは、学習者のドローイングデータとプロセスモデルとの比較から、ドローイングの癖や修正すべき点等を指摘する。併せて、本ツールのアドバイスを的確に理解させる為に、熟練者や他学習者のドローイングデータから参考となる部分を抽出し提示も行う。これにより、個別指導の自動化と指導効率の向上を実現することが期待される。

5. まとめ

本稿では、遠隔環境でのドローイング支援の有益性と、ドローイング用具としてのデジタルペンの適用可能性とを検討した。その結果、学習者を入門者と限定することでデジタルペンは筆記具として適用可能であり、遠隔ドローイング学習環境は有益であることを確認した。また、デジタルペンの性能上の制約を考慮した描画課題の必要性も確認された。さらに、ドローイングプロセスの整理と、その結果の個人学習支援ツールへの適用について述べた。

今後は、学習支援環境および個人学習支援ツールの実装、ドローイングプロセスの精緻化およびそれに対応する専門家知識の抽出、遠隔環境でのドローイング指導の方法論の具体化を図る。

参考文献

[佐藤 2004] 佐藤聖徳：美術・デザイン系大学におけるデッサ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).

[関根 1984] 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，No.6，pp.89-100(1984).

[Bernstein 1967] Bernstein, N. : The Co-ordination and Regulation of Movements, Pergamon Press, New York (1967).

[Latash 1998] Latash, M. L. : Progress in Motor Control, Vol.1, Bernstein's Traditions in Movement Studies, Human Kinetics: Urbana, IL (1998).

[Latash 2002] Latash, M.L. : Progress in Motor Control, Vol.2, Structure-Function Relation in Voluntary Movement, Human Kinetics: Urbana, IL (2002).

[古川 2004] 古川康一：スキルサイエンス，人工知能学会誌，Vol.19, No.3, pp.355-364 (2004).

[Tweddle 2008] Tweddle L. K. : Reinventing Papert's Constructionism - Boosting Young Children's Writing Skills with e-Learning Designed for Dyslexics, The Electronic Journal of e-Learning, Volume 6, Issue 3, pp. 227-234(2008).

[UAL] University of the Arts London : MA Visual Arts (Digital Arts Online), [http://www.wimbledon.arts.ac.uk/\(2009/2/1](http://www.wimbledon.arts.ac.uk/(2009/2/1) accessed).

[Ferraris 2000] Ferraris C., and Martel C. : Regulation in Groupware: The Example of a Collaborative Drawing Tool for Young Children, Proc. of the 6th Int. Workshop on Groupware, pp.119-127 (2000).

[Takagi 2003] Takagi S., Matsuda N., Soga M., Taki H., Shima T. and Yashimoto F. : A learning support system for beginners in pencil drawing, Proc. of the 1st Int. Conf. on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia, pp.281-282(2003).

[Anoto] Anoto Group AB : Digital pen & paper, <http://www.anoto.com/the-pen.aspx> (2009/2/1 accessed).

[謝辞] 本研究に対してデジタルペンおよび筆記用紙を貸与いただいた大日本印刷(株)に感謝する。