

ペン入力による動的な軌跡の描画に関するユーザビリティ評価

富樫 政徳[†] 大谷 智子^{*} 山崎 俊彦[†] 相澤 清晴[‡][†] 東京大学大学院 情報理工学系研究科[‡] 東京大学大学院 情報学環^{*} 東京大学 インテリジェント・モデリング・ラボラトリー

1 はじめに

昨今、タッチスクリーンを搭載した携帯情報端末や、タブレット型 PC など、表示画面との直接のインタラクションが可能な手書き入力デバイスが注目を集めている。それらのデバイスを使いながら、紙に近い筆記感覚を実現するためには、デジタイザのサンプリングレートや精度といったハードウェアの性能だけでなく、ソフトウェアによる動的なストロークの描画表現も極めて重要な要素となる。

我々は、ペンの動きに迅速に追従する滑らかで美しい軌跡の描画方法を研究している [1]。今回、研究中のストローク描画方式の検証を兼ねて、ペイント系、ドロー系、スケッチ用、手書きノート用といったコンセプトの異なる市販アプリケーションとの比較によるユーザビリティ評価を行った。本稿では、その結果を示し、得られた知見をもとに、書き心地に影響する要因についての考察を行う。

2 方法

評価には、下記の 6 種類のアプリケーションを用いた。(以降、行頭の記号で表記する。)

- A. Microsoft ペイント (Windows 7 付属)
- B. Adobe Photoshop CS4
- C. Adobe Illustrator CS4
- D. Autodesk SketchBookPro 2010
- E. 独自方式 (筆圧も含めた逐次的な平滑化 [1])
- F. Microsoft Windows Journal (Windows 7 付属)

A は、よく知られていることから、評価の基準として位置づけた。B・C は、用意した環境では筆圧が反映できなかったため、それぞれの顕著な特徴である、描画の遅れと事後的な軌跡の平滑化の参考として用いた。E の独自方式は、逐次的にサンプリング点列を曲線セグメントで近似しながら、筆記と同時に、筆圧も含めた軌跡の平滑化を施すもので、F に見られるような筆記後の軌跡の平滑化が行われない描画方式である。D と E は、筆記と同時に滑らかな軌跡を描く点では同じであるが、内部のデータ形式として、D はペイント系、E はドロー系に属する。また、D は、描画軌跡のアンチエイリアス処理が強く施されるのが特徴で、軌跡と背景の境界の階調変化が緩やかである。

Usability Evaluation for Dynamic Rendering of Handwritten Strokes. Masanori TOGASHI[†], Tomoko OHTANI^{*}, Toshihiko YAMASAKI[†], Kiyoharu AIZAWA^{†‡},
[†]Graduate School of Information Science and Technology,
[‡]Interfaculty Initiative in Information Studies, *Intelligent Modeling Laboratory, The University of Tokyo

各アプリケーションは、白色 (RGB 255,255,255) の背景に黒色 (RGB 0,0,0) の軌跡を描くように統一し、描画領域が最大になるように GUI レイアウトを調整した。ブラシの基準サイズは、2 pixel 相当になるように揃えたが、A は設定の都合上、2 番目に細いブラシを選択した。

評価用のマシンには、タブレット PC Lenovo ThinkPad X200 Tablet (CPU: Core2Duo 1.83GHz L2 6MB, メモリ: 4GB, LCD: 12.1inch 1280×800, OS: Windows 7 Professional 32bit) を用いた。また、画面には液晶保護フィルム (ELECOM EF-FL121W) を貼り、ペン先には標準の芯の代わりにフェルト芯 (Wacom FUZ-A121) を用いた。これにより、ペン先と画面との間の適度な摩擦を確保しつつ、筆記時の音を自然に発生させている。

各アプリケーションの提示の際には、種類を特定できないようにするために、タイトルバーやツールバーなどが位置する画面周囲の領域だけを、灰色 (RGB 192,192,192) の特殊なウィンドウを最前面表示させることで、常に覆い隠すようにした。そのため、実際に描ける領域は、画面中央部の 1120×700 pixel の領域となっている。

評価には、普段ペンタブレットを使用していない 20 代～40 代の男女それぞれ半数ずつ合計 24 名の協力を受けた。

タスクとして、図 1 に示す図形や文字を、各アプリケーションの描画領域内に描いてもらい、表 1 に示す評価項目の形容詞対に対して、-3 から 3 まで 7 段階の整数値による評価値を選んでもらった。各アプリケーションごとのタスクにかかる時間は 3 分を目安とし、個人差を考慮してペースを調整した。アプリケーションを提示する順番は、1 回目: A-B-C-D-E-F, 2 回目: A-C-B-F-E-D として部分的に入れ替え、1 回目と 2 回目の間に 5 分の休憩を挟み、各アプリケーションを合計 2 回評価してもらった。

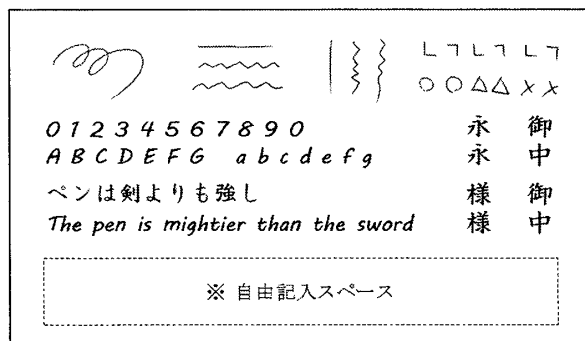


図 1. タスクに使用した図形と文字

表 1. 評価項目と尺度（形容詞対）

評価項目	尺度（形容詞対）
(1) 書き心地	不快 ↔ 快い
(2) 描画の遅れ（追従性）	遅い ↔ 速い
(3) 筆記時の軌跡の忠実さ	ずれる ↔ 書いた通り
(4) 筆記後の筆跡の修正	気になる ↔ 気にならない
(5) 線の色の濃さ	薄い ↔ 濃い
(6) 筆圧と線の太さの対応	鈍い ↔ 繊細
(7) 線と背景の境界	硬い ↔ 柔らかい
(8) 曲線のなめらかさ	あらい ↔ なめらか

表 2. 評価値の集計結果

評価項目	アプリケーション					
	A	B	C	D	E	F
(1)	0.4	-1.0	-0.4	1.6	0.9	0.8
(2)	0.3	-2.3	-0.1	1.1	0.7	0.4
(3)	0.5	-0.3	-0.9	1.7	1.0	0.9
(4)	0.8	0.7	-1.2	1.1	0.9	0.5
(5)	1.2	-0.3	0.4	0.0	-0.7	-0.3
(6)	-1.1	-1.2	-1.3	2.0	1.2	1.0
(7)	-0.3	0.5	0.5	1.6	0.8	0.4
(8)	0.5	1.3	1.3	2.2	1.8	1.6

表 3. 評価項目 (1) と他の評価項目との相関

評価項目	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
相関係数	0.90	0.92	0.53	-0.10	0.88	0.52	0.55

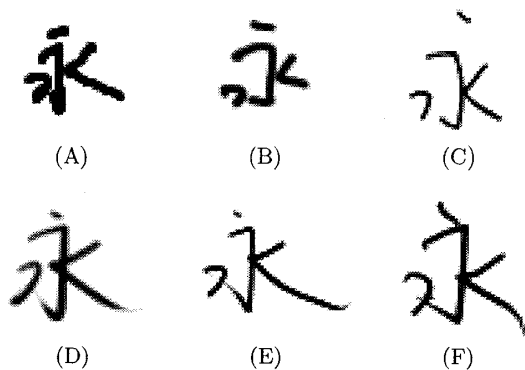


図 2. 軌跡描画の例

- (A) Microsoft ペイント (B) Photoshop CS4
 (C) Illustrator CS4 (D) SketchBook Pro 2010
 (E) 独自方式 (F) Windows Journal

3 結果

最終的に、各アプリケーションに対するそれぞれの評価項目の評価値は、1 回目と 2 回目、および、実験協力者間での平均値とした。こうして得られた評価値の集計結果を表 2 に示す。また、同一の実験協力者による、それぞれのアプリケーションごとの軌跡描画の例を図 2 に示す。

結果として、評価項目 (5) の線の色の濃さを除き、D が全ての評価項目で最も高い評価値を得た。次いで、E と F が続く。E は、評価項目 (5) の線の色の濃さを除き、個別の評価項目で F を上回った。もともと手書きを指向している D・E・F は、総じて評価値が高い傾向にある。一方、今回の条件で筆圧が反映できていない A・B・C は、評価項目 (6) の評価値の低さとして表れており、いずれも評価項目 (1) の書き心地の評価値が低い。B は、他のアプリケーションに比べて、目に見えて描画の遅れが大きかったが、それを反映して、評価項目 (2) の描画の追従性の評価値が顕著に低く、評価項目 (1) の書き心地の評価値も最低となっている。C は、ストロークが確定した後に、平滑化された軌跡の再描画が行われるが、軌跡のずれを表す評価項目 (3) と (4) の評価値が低い。評価項目 (7) の線と背景の境界は、アンチエイリアスの効き具合のことであるが、D の評価値の高さは、図 2 (D) の例によく表れている。

4 考察

「書き心地」という包括的で抽象的な評価が、個別のどの評価項目と関係があるかを調べるために、アプリケーションの種類にわたり、評価項目 (1) と他の評価項目との相関係数をそれぞれ求めた。その結果を表 3 に示す。

すると、評価項目 (2) の描画の追従性、評価項目 (3) の筆記時の忠実さ、評価項目 (6) の筆圧と太さの対応との相関が高いことが見て取れる。一方、評価項目 (5) の線の色の濃さは相関が低いことがわかる。評価項目 (4) の事後的な平滑化 (↔ 同時平滑化) や評価項目 (8) の曲線のなめらかさは、E の独自方式で特に意識した考えであるが、書き心地との相関を見ると、それほど関係は無いようである。

5 まとめ

書き心地に関連すると思われる評価項目について、さまざまな特徴を有するアプリケーションを対象に、動的な軌跡の描画に関するユーザビリティ評価を行った。今回、研究中の独自方式は、最も高い評価を得ることはできなかったが、結果として、より遅延が少なく、実際の筆記軌跡を描画軌跡として忠実に描画でき、筆圧を太さに反映できるものが、快い書き心地を与えるという知見が得られた。

参考文献

- [1] 富樫政徳, 山崎俊彦, 相澤清晴, “手書き入力による時系列標本点の逐次補間” IMPS, I4-3, 2009.
- [2] 菅田智一, 吉田孝博, 半谷精一郎, “手書き文字の時系列データの圧縮・復元方法に関する研究” IMPS, I2-16, 2008.