

# ペンの把持情報を利用した ペンタブレット型ドローイング支援インタフェース

山本景子<sup>†,†††</sup> 金谷一朗<sup>††</sup> 佐藤宏介<sup>†</sup>

本稿は、ペンタブレットによるドローイングの支援に関するインタフェースの研究報告である。従来のコンピュータドローイングインタフェースは、ペンの筆圧、傾き、回転をセンシングし、ストロークの濃度、幅に対応させるにとどまり、これら以外のパラメタの調整（ストロークのカラー、テクスチャなど）には、メニュー、アイコンなどの GUI 要素をユーザが操作する必要があった。そこで、筆者らは、より一般的なペンの把持情報を用いてストロークのパラメタを調整する手法を提案し、その実現可能性を探るため、デザイナーを被験者としたドローイング時の把持位置変化の計測実験を行った。またそれらを入力パラメタとして利用するドローイング支援システムを開発した。

## Computer Aided Drawing Interface using Form of Pen-Gripping

KEIKO YAMAMOTO,<sup>†,†††</sup> ICHIROH KANAYA<sup>††</sup> and KOSUKE SATO<sup>†</sup>

This paper represents a novel computer-human interface designed for 2-D drawing. In this area pen-based input devices are often used, however, quite a few information, e.g. tip pressure, tilt angle, and roll angle, have been used conventionally. This has limited the usability of pen-based computing. To illustrate, if a user wanted to control some parameters of a stroke, e.g. color, texture, etc, s/he would need to reach appropriate GUIs; which might make the user uncomfortable. In this paper the authors discuss the possibility of using a “position of gripping” for controlling such parameters. The authors report the result of a fundamental experiment to investigate how human control the position of gripping when they are drawing by using uniquely designed gripping-position-aware pen.

### 1. はじめに

Mark Weiser の “Ubiquitous Computing” や Donald A. Norman の “The Invisible Computer” は、コンピュータが主張せず見えない存在となり陰から支える社会を理想としている。本来、コンピュータに限らず道具とは、彼らも提唱するように、ユーザを真の作業に集中させ、その操作法に意識が向かない「透明な」存在となり、ユーザの活動を支援するべきである。特に創造活動においてこの点は重要である。手は人の身体の一部ではあるが、この意味で究極の道具である。そして、その手を最大限活かす手段として「把持状態」に着目することは、ユーザ支援インタフェースの発展への足がかりであると筆者らは考える。

人が道具を用いて何かをする時、握るという行為は必ず行われる。そして、字を書く、釘を打つ、小石をつまむなど、人はその目的に応じて把持動作を変えている。つまり、操作者の意図が反映された結果が把持動作として現れ、逆に把持動作の違いから操作者の意図を読みとれる可能性がある。

そこで本稿では、この考えに基づき、ユーザの自然な把持動作を利用したペン型ドローイング支援システムを提案する。人が道具を用いて作業するとき自然に行う動作である「把持」から信号（この把持時に得られる信号を、以降「把持情報」とする）を検出し、それを入力とすることで、ユーザがシステムにあわせるのではなく、まるでシステムがユーザの意図を読み取るかのようなふるまいが可能となるペン型入力インタフェースを提案し、その実現可能性について考察する。このインタフェースにより、副次的なコマンド操作からユーザを解放でき、作業効率の向上に加えて、システムの学習コストや使用時のストレスの低減を達成するのはもちろん、ユーザの思考を阻害せず創造性を発揮できることを目指す。

† 大阪大学 大学院基礎工学研究科  
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

†† 大阪大学 大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Osaka University

††† 日本学術振興会 特別研究員  
Japan Society for the Promotion of Science

## 2. 関連研究

ポインティングやドロ잉時の把持情報として利用可能なペン型入力デバイスの特徴量として、

- ペン軸の傾き
- ペン軸周りの回転
- 筆圧 (ペン先が筆記面にかける圧力)
- 把持圧 (指がペン軸にかける圧力)
- 握り方 (把持時の手のフォーム)
- 把持位置 (ペン軸上での指の位置)

などが挙げられる。以下にそれらを入力情報として利用する研究例と、各々で計測している把持の特徴量とそれに対応するパラメータについて表 1 にまとめる。

このように、把持動作時の筆圧、ペン軸の傾き、回転、把持圧、握り方を利用する研究例はあるが、把持位置を利用した研究例はあまり知られていない。

## 3. 把持位置を利用するドロ잉インタフェースの設計指針

2 章で紹介した研究で利用される特徴量に加え、把持情報として検出可能な特徴量として、把持位置が考えられる。本稿では把持位置を、ペン把持時に指 (拇指・示指・中指) がペンに接触する箇所のペン先からの距離と定義する。

一般的に普及しているペンタブレットでは、筆圧がストローク幅に対応している。これは筆圧が技術的にセンシングしやすいことや、筆圧制御によるドロ잉結果への影響が少ないことが考えられる。しかし、筆圧を強めるとストローク幅が大きくなり、弱めると細くなるという応答が、筆による経験から体得した知識があるため自然に感じられることもその理由として考えられる。

把持位置に関して言えば、画家、デザイナーなどドロ잉の専門家は、ドロ잉時にペン、絵筆

表 1 把持の特徴量と操作パラメータとの対応例

Table 1 Examples of physical parameters of pen-drawing.

研究例	特徴量	パラメータ例	アプリケーション例
中橋ら <sup>1)</sup>	把持圧	運動ゲイン	ポインティング
川端 <sup>2)</sup>	把持圧		署名認証
Wacom 社ペンタブレット	筆圧、傾き等	濃淡、ストローク幅等	エフェクトの変更
Bi ら <sup>3)</sup>	回転	曲率、ズーム率、ブラシモード	ドロ잉、地図ビューワ等
山本ら <sup>4)</sup>	握り方	ツールモード	三次元造形支援
本研究	把持位置	ストローク幅、ストローク補正	ドロ잉

の筆先から遠い位置で把持する傾向があり、特に精密な描き込みを行う時には筆先近くに把持位置が移動する傾向がある。そこで、把持位置に応じて、ストローク幅の変更、カラーの変更、ストロークの補正などを行うことにより、ユーザが描き込みたいドロ잉内容によって自動的にモードを切り替えることが有用な支援となりうる。

本稿での「把持情報」の定義は、人が道具を用いるときに自然に行う動作である把持から得られる信号である。ユーザがドロ잉時に自然に行う把持から得られる信号には、ペン型デバイスを用い特定のストロークを引くことによるジェスチャ入力や意図的な手指のアクションは含まない。ただし、ドロ잉の結果に影響を与えず、ユーザが身体的にも心理的にも自然に入力できる動作により得られる信号は「把持情報」に含めることとする。

センサの配置について考えると、川端<sup>2)</sup>は、署名認証を目的とし、自然に普段通りの署名が行え再現性の高いデータが計測されることを重視し、センサを筆記具側に仕込む設計をしている。これに対し、ユーザの身体側にセンサを仕込むアプローチも考えられる。この場合、より正確で詳細なユーザの動きが計測できる利点はあるが、着脱が困難であったり、装置が大掛かりになってしまうなどの欠点も有する。これらを考慮し、筆者らは、ペン側にセンサを配置することとする。また鎌倉<sup>5)</sup>によると、通常筆記具を保持し、運筆するためには拇指・示指・中指の 3 指が用いられることから、それら 3 指に接するようにペン側に接触位置センサを配置する。

## 4. ドロ잉時の把持位置計測実験

3 章で述べたインタフェースの実現可能性を探るため、ドロ잉の詳細度と把持位置には相関があるとの仮説を立て、ドロ잉時の把持位置を計測する基礎的な実験を行った。以下にその詳細を述べる。

### 4.1 実験用システムの構成

実験用システムの外観を図 1(a) に示す。構成要素は、液晶ペンタブレット (Wacom 社 Cintiq 12WX DTZ-1200W/G0)、制御用コンピュータ (Apple 社 MacBook, Intel Core 2 duo 2GHz, 2GB RAM)、入力デバイスである。なお、入力デバイスはタブレット付属のスタイラスペンに接触位置センサ (SpartFun Electronics 社 SoftPot Membrane Potentiometer) を拇指・示指・中指が接触するように三角柱側面部に一つずつ計 3 カ所配置したもの (図 1(b) 参照)、AD コンバータ (National Instruments 社 NI USB-6009)

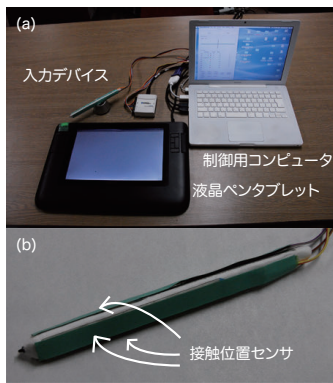


図 1 (a) 実験装置, (b) 入力デバイス把持部  
Fig. 1 (a) Experimental setup, (b) Input device.

から構成されており、制御用コンピュータと USB 経由で通信している。

#### 4.2 実験方法

被験者に普段通りの握り方で入力デバイスを把持させ、以下の 4 種類のタスク (数値の単位は [mm]) を行わせた。

- タスク 1 経路トレース (経路幅: 30(L), 10(S))
- タスク 2 円柱スケッチ (枠サイズ: 150×250)
- タスク 3 漢字書き取り (枠サイズ: 40 角 (L), 20 角 (M), 10 角 (S))
- タスク 4 自由スケッチ (枠サイズ: 150×250)

その際、把持位置、時間、ペン先の位置、筆圧を計測した。ただし、いずれの特徴量もストロークのパラメータ等に影響を与えない設定とした。被験者は、週平均回数ペンや筆、タブレットで絵を描く 20 代のデザイナー 3 名 (男性 1 名, 女性 2 名) で、全員右利きである。被験者には把持位置を計測していることを伝えずに実験した。また、全タスクで指とセンサの対応を統一するため、ペンに目印を付け、手の内でペンが回転しないよう指示した。実験経過はビデオカメラによる撮影によりモニタリングし、実験後にはアンケートに回答させた。2 群の値の比較に関しては、t 検定 ( $p < 0.05, 0.01$ ) により検証した。

#### 4.3 実験結果

タスク毎の全被験者の把持位置の箱ひげ図を図 2 に示す。普段ペンを握る時の握り方 (鎌倉の分類での「三面把握-標準型」) で把持させデータ取得した結果、被験者やタスクによって 3 指のいずれかが取得できない場合があったため、安定して計測できた示指のみを示す。

表 2 は、タスク 1(L) とタスク 1(S) での把持位置の違いをまとめた。被験者 C は経路幅の大小の違いにより把持位置が変化しなかったが ( $p < 0.05$  で有意差なし)、被験者 A と B の示指は、経路幅が小さい

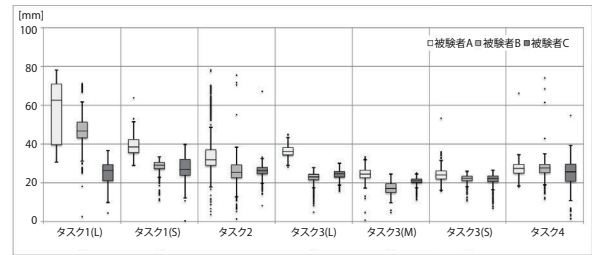


図 2 タスク毎の把持位置  
Fig. 2 Positions of pen-gripping.

場合には大きい場合に比べてよりペン先に近い位置を握っていることがわかった ( $p < 0.05$  で有意差あり)。

表 3 は、タスク 1(L) とタスク 3(L) での把持位置の違いをまとめた。全被験者が、タスク 1 に比べてタスク 3 ではよりペン先に近い位置を握っていることがわかった ( $p < 0.05$  で有意差あり)。

#### 5. 把持位置利用ドローイング支援システム

実験結果を踏まえ、4 章で述べた装置を用い、把持位置に応じたストローク幅とカラー、ストローク補正の有無を切り換え可能なドローイング支援システムを構築した。把持位置がペン先から遠い (ペンを浅く持った) 場合 (青 (灰色) で表示) はストローク幅を太くかつストロークをなめらかに、把持位置がペン先から近い (ペンを深く持った) 場合 (黒で表示) は細くかつストロークを無加工で描画される。ストロークの補正 (円滑化) は、ストローク 20[mm] につき一つの 4 次バーンスタイン・ベジエ曲線をフィッティングさせた。20[mm] を超過するストロークは複数の連続したストロークに分割してフィッティングを行った。また、把持位置は実験結果を踏まえ、ペン先側のセンサ端か

表 2 タスク 1(L) とタスク 1(S) の握り位置の平均値の差  
Table 2 Difference of averages of positions of Task 1(L) and Task 1(S).

	示指 ([mm])	拇指 ([mm])	中指 ([mm])
被験者 A	18.33*	n.s.	—
被験者 B	20.45**	7.379**	—
被験者 C	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: 非有意 \* :  $p < 0.05$  \*\* :  $p < 0.01$  — : データ欠損

表 3 タスク 1(L) とタスク 3(L) の握り位置の平均値の差  
Table 3 Difference of averages of positions of Task 1(L) and Task 3(L).

	示指 ([mm])	拇指 ([mm])	中指 ([mm])
被験者 A	25.55**	14.44**	—
被験者 B	20.52**	12.49**	—
被験者 C	0.797*	5.181**	3.231**

n.s.: 非有意 \* :  $p < 0.05$  \*\* :  $p < 0.01$  — : データ欠損

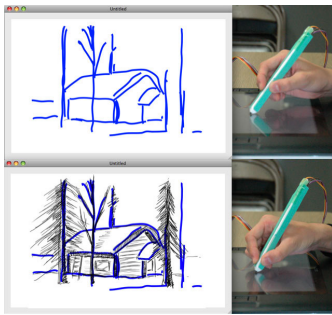


図3 ドローイング例。(上) ラフドローイング、(下) 詳細ドローイング。

Fig.3 Example of drawing. (Above) rough drawing, (Below) minute drawing.

ら 30[mm] を閾値とし 2 値とした。ドローイング例を 図 3 に示す。上段がペンを浅く持った場合、下段がペンを深く持った場合である。

## 6. 考 察

まず実験に対する考察を述べる。タスク 1 で把持位置に有意差が見られた芸術大学所属の被験者 A, B は、アンケートによると、日常のドローイングの際に、絵筆や筆ペン、鉛筆などを用いる際に、意識的に把持位置を変化させる場合があるが、タブレット使用時は把持位置を意図的に変化させることはしないと回答した。これは、鉛筆等は把持位置によってドローイングが影響を受けやすいのに対し、通常のタブレットでは把持位置により応答が特に変化しないためと考えられる。このことから、把持位置によりドローイングが変化する応答を示す道具を用いる際には、把持位置を変化させることは自然に行える可能性があると言える。また、タスク中、3 指のいずれかがデータ取得できない場合があったが、これは特に手の小さな被験者にとって入力デバイス把持部の軸直径がやや大きく、指先がセンサに接触しにくい場合であることがわかった。本システムではセンサを軸周囲 3 面に配置したが、接触位置情報が安定して得られる示指が接触する箇所に配置することが望ましく、今後改善する。

次に提案システムに対する考察を述べる。本システムの使用者から、「GUI によってストロークの太さ、フィルタリングの有り無しを切り替えるよりも、(ペンの握り替えによるほうが) ストレスの少ない自然なドローイング体験が出来た」という意見が得られた。従来のコンピュータ支援設計システムの入力インタフェースは、操作に熟練が必要であったり、GUI などの操作メニューの切り換えに一時思考を中断し、視線を移動させる必要がある。本提案インタフェースは、把持動作による入力が習熟によってひとたび指先の「記憶」

となると、視覚的なガイドによらず操作を行えるため、作業対象から目を放す必要がない。また、単一の入力デバイスで異なる目的のために機能を時系列的に切り換えることが可能であり、道具を作業毎に持ち替える煩わしさも解決している点などもデザイン支援において有効であると考えられる。

一方、実験でも明らかとなったように、ユーザの個人差を考慮する必要がある。本論文では把持位置を固定閾値により 2 値化した。初期設定時に閾値となるデータを取得する、連続値に対応可能とするなど検討する必要がある。

## 7. おわりに

ドローイングのための把持情報を利用するインタフェースの提案し、ペンの把持位置を利用するインタフェースの設計指針を示した。またその実現可能性を探るため、接触位置センサとペンタブレットを用いた基礎的な実験により、ドローイング時の把持位置の変化について調査した。

今後は本インタフェースを用いた詳細な被験者実験を行う。また、把持位置以外の把持情報を利用し、例えば把持圧をガイド線への吸着度に対応させ、握り方に応じてストロークのブラシ形状を切り替えることなどを検討し、アニメーション映画の画面レイアウト作成時など、数種類の機能を切り替えながら行うデザイン作業支援に応用を検討したい。

**謝辞** 本研究は科研費 (21.252) の助成を受けたものである。

## 参 考 文 献

- 1) 中橋 佑介, 福井 幸男, 西原 清一, 佐藤 滋, 北島 宗雄: 操作時の把持力を利用したポインティングデバイスの研究, 情報処理学会第 67 回全国大会講演論文集, pp.4.13-4.14, (2005).
- 2) 川端 一輝: 認識ペンによる直筆・オンライン署名同時生成方式認証システムの開発, 「IPA 創造的ソフトウェア育成事業」最終成果報告発表会論文集, (1998).
- 3) Xiaojun Bi, Tomer Moscovich, Gonzalo Ramos, Ravin Balakrishnan, Ken Hinckley: An exploration of pen rolling for pen-based interaction, UIST2008, pp. 191-200, (2008).
- 4) 山本 景子, 金谷 一朗, 佐藤 宏介: 三次元形状デザインのための道具握り判別型インタフェース, 芸術科学会論文誌, Vol. 7, No. 3, pp. 102-112, (2008).
- 5) 鎌倉 矩子: 手のかたち手のうごき, 医歯薬出版, (1989).