3D-CAD におけるペン入力とマウス入力の比較評価

指導教員　須藤 正時 准教授　　伊藤 由莉

1. 研究の背景と目的

ものづくりの現場ではデジタル化が進み、これまで手作業で進められてきた作業も PC 上で行われることが多くなった。特にグラフィックデザインでは、手に近い繊細な表現をするための道具としてペンタブレットが活用されている。プロダクトデザインにおいても、スケッチやレンダリング加工等のデザインの初期段階でペンタブレットが使用されているが、中期段階以降、特に 3D-CAD 入力においては依然としてマウス入力が中心で、ペンタブレットや液晶ペンタブレット等のペン入力の入力装置はあまり普及していないのが現状である。

本研究では、3D-CAD におけるペン入力とマウス入力の比較評価をすることで、3D-CAD でペン入力を利用する際の利点と問題点を明らかにし、人の感覚に適した入力装置の知見を得ることを目的とする。

2. 実験計画

2.1 実験概要　実験は、マウス、ペンタブレット、液晶ペンタブレットの３つの入力装置で、3D-CAD ソフトを使ったプロダクトのモデリングを行ってもらう。被験者は、普段からペンタブレットの使用経験のある８人 (以下、A グループ) と、ペンタブレットの使用経験の無い 17 人（以下、B グループ）の計 25 人 (男性 16 人､女性９人､20 ～ 25 歳) を対象とした。被験者は全員右利きで、機器の操作は右手で行った。

2.2 実験装置　マウスには Magic Mouse（Apple 社)、ペンタブレットには Intuos Pro（wacom 社)、液晶ペンタブレットには Cintiq Companion（wacom 社)、実験用 PC には iMac 27-inch（Apple 社）を使用した（図 1)。なお、入力装置やキーボードの配置は、被験者が作業しやすい位置へ自由に設定させた。実験装置の配置例を図２に示す。3D-CAD ソフトには「Rhinoceros」を使用した。Rhinoceros は、滑らかなカーブやサーフェスを利用することにより、表現力豊かな３次元モデルを具現化することができ、3D-CAD ソフトの中でも比較的安価であるため、学生からプロのデザイナーまで幅広い層に使用されている。

2.3 タスク設定　被験者はワイングラスの写真と寸法を参考に、図３の手順で作業を行った。それぞれ形状が異なる３種類のワイングラス（図４）のモデリングをタスクとして設定した。入力装置の使用の順番やタスクの内容は、ランダムで行った。

2.4 実験の流れ　各入力装置で、3D モデルを制作させ、タスク完了平均時間の計測と、作業画面の録画を行った。各作業終了ごとにそれぞれの入力装置の使い心地について５段階で印象評価を行った。被験者にはタスクを行う前に各入力装置で操作の練習を十分に行わせた。実験の様子を図５に示す。

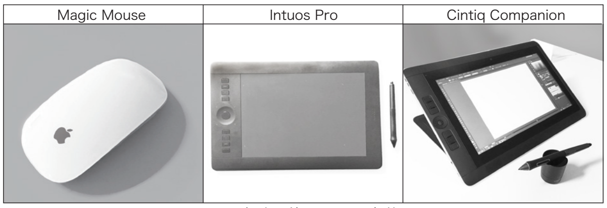

図１　実験に使用した入力装置

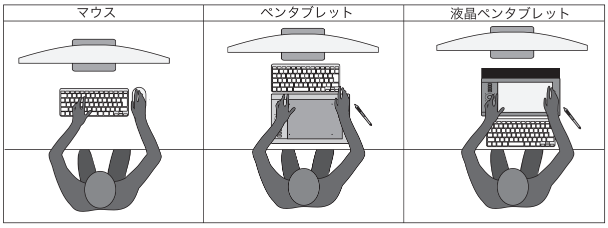

図２　入力装置の配置例

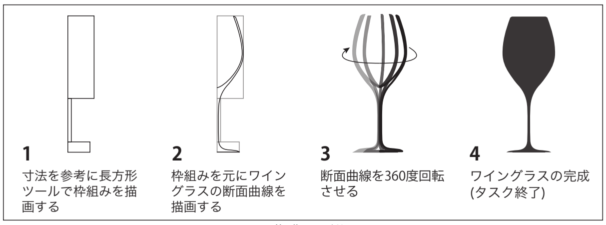

図３　作業の手順

図４　タスクの見本用グラス

図５　実験の様子

3. 結果と考察

3.1 計測結果　A グループと、B グループのタスク完了平均時間を比較した結果を図６に示す。A グループは液晶ペンタブレットが最も速く、次にマウス、ペンタブレットと続いた。一方で、B グループはマウスが最も速く、ペン入力とマウス入力では１分近く差が開いた。

3.2 印象評価　各入力装置における印象評価の項目を表 1、A グループ、B グループの評価結果をそれぞれ図７、図８に示す。数値は高いほど優位とした。多重比較による有意差の検定を行った結果、A グループは操作の楽しさ（Q2）や魅力（Q12）でペン入力とマウス入力との間に有意差が認められた。一方、B グ

Comparative Evaluation of Usability of Mouse-Inputting and Pen-Inputting in 3D-CAD

Yuri ITO

ループでは、誤操作の回数（Q6）やポインティングのしやすさ（Q7）でペン入力とマウス入力との間に有意差が認められた。また、ペン入力での作業にストレス（Q10）を感じたことが明らかになった。

計測結果、印象評価共に、A グループではマウス入力とペン入力との間に大きな差は無かった。一方、B グループは計測結果、印象評価共にマウスの評価が最も高く、次いで液晶ペンタブレット、ペンタブレットという結果になり、グループ間でペン入力の使い心地の評価に差があることが明らかになった。

3.3 画面録画　録画した作業画面を分析した結果、B グループは、ペンボタンを用いたペン入力特有の操作（図 9）での誤操作が多く見られた。A グループではこのような誤操作が少ないことから、両グループ間でペン入力の評価に差が出たことは、操作への慣れが起因していると考えられる。

メニューの選択では、狙った箇所と別の場所をクリックしてしまうミスが多かった。カーソルが固定できるマウスに対し、ペン入力は手の微細な動きがカーソルの動きに反映されてしまうため、手が安定しなかったりペン先が滑ると誤操作に繋がる（図 10）。

また、右利きの人がペンで操作する場合、右・右下方向への移動を伴う操作では操作が遅くなることが既往の論文から明らかになっている [1]。評価環境ではクリックした箇所から右下方向にメニューがポップアップするのだが、今回被験者は全員右利きであったため、右下方向にポップアップしたメニューが手で隠れてしまい、ペン入力に不利な右下方向への操作を行わざるを得なかった（図 11）。メニューの選択による誤操作は両グループで見られたため、単に慣れだけの問題ではなく、マウスでの操作を前提とした現在のインターフェースが、ペン入力の際の使いにくさや、誤操作の多さに繋がったと考えられる。

3.4 自由記述　自由記述（表 2）では、液晶ペンタブレットにおいて「画面上の情報に直接触れているような感覚」、「新鮮で楽しかった」等、マウスと全く異なる操作感覚を高く評価する記述が、グループを問わず多く見られた。また、「描き動作という直感的な操作方法が、より頭の中のイメージに近い表現を可能にする」という意見も複数あった。

3.4 考察まとめ　評価環境はマウス入力を前提としたインターフェースであったため、ペン入力で操作を行った際の誤操作が増え、ペン入力の評価が低くなった。しかし、ペン入力は普段の描き動作に近いため、自由曲線の表現が豊かになることや、液晶ペンタブレットの直感的な操作に魅力や楽しさを感じたことが自由記述から示唆された。以上の結果から、インターフェース上の問題が解決すれば、3D-CAD におけるペン入力の評価は上がると考えられる。

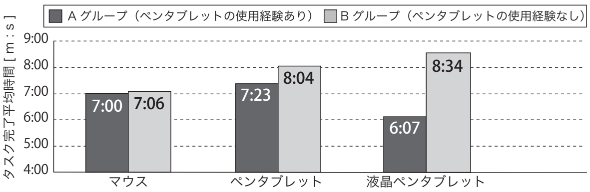

図 6　グループ別タスク完了平均時間

表 1　印象評価の項目

Q1: 機器の操作の難易度	難しい	1 ←→ 5	難しくない
Q2: 機器の操作の楽しさ	楽しくない	1 ←→ 5	楽しい
Q3: 目の疲れ	疲れた	1 ←→ 5	疲れのない
Q4: 手の疲れ	疲れた	1 ←→ 5	疲れのない
Q5: 操作中の手や腕の動き	大きい	1 ←→ 5	小さい
Q6: 誤操作の回数	多い	1 ←→ 5	少ない
Q7: ポインティングのしやすさ	やりにくい	1 ←→ 5	やりやすい
Q8: ポインティングの精度	精度が悪い	1 ←→ 5	精度が良い
Q9: イメージ通りの操作ができるか	できない	1 ←→ 5	できる
Q10: 機器を使う際にストレスを感じたか	感じた	1 ←→ 5	感じない
Q11: キーボード入力に煩わしさを感じたか	感じた	1 ←→ 5	感じない
Q12: 機器そのものに魅力を感じたか	感じなかった	1 ←→ 5	感じた

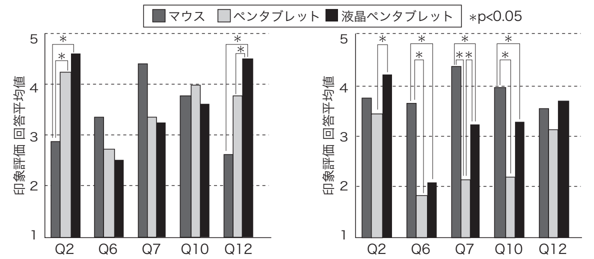

図 7　A グループの印象評価（一部抜粋）　図 8　B グループの印象評価（一部抜粋）

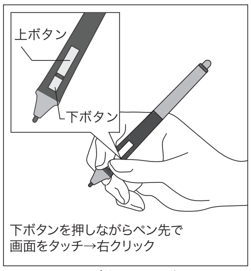

図 9　ペンボタンでの右クリック

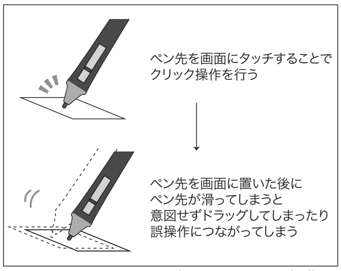

図 10　メニューの選択で見られた誤操作

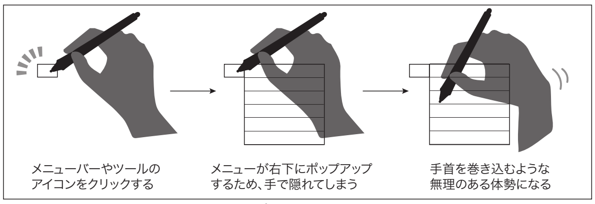

図 11　メニューのポップアップによる使いづらさ

表 2　自由記述 (一部抜粋)

マウス	・小さい動作でカーソルが動くのが楽・普段から使っているので特に問題なく作業できた ・トラックパッドと操作が違って、指の本数とかが混ざりがちだった ・普段マウスを使わないので、拡大縮小等の操作が難しかった
ペンタブ	・右クリックは少し難しかったが、あとは普段の書き動作と同じなので慣れるのは早かった ・はじめは戸惑ったが、慣れれば楽しかった・画面の大きさと作業面の大きさが違うのが戸惑う ・ペンボタンを間違えて押してしまう　・手の動きが大きく疲れた　・画面の端がポイントしづらい
液晶タブ	・マウスだと一度頭で変換しているところを、ペンだと頭で思い描いたままに表現できる ・新鮮で楽しい　・操作が面白い　・情報に直接触れているような感じ ・タッチでの拡大縮小や右クリックでの操作が難しい　・画面の四辺がポイントしづらい

4. 結論

ペン入力に沿ったインターフェースの開発が進むことで、プロダクトデザインにおいてペン入力は有効な入力手段になる可能性が高い。今後は本研究の結果を踏まえた上で、ペン入力や人の手の動きに沿ったメニューのポップアップ等のインターフェースデザインを制作し、検証する必要がある。

【参考文献】
1）加藤直樹，中川正樹：ペンユーザインタフェースの設計のためのペン操作性の検討，情報処理学会論文誌，vol.5，No.39，pp.1536-1546，1998