スタイラスペンの重心位置・重量が筆記・描画操作に与える影響の調査

大津 耕陽 *1，込山 彩乃 *1，小野 恭平 *2，掛 晃幸 *2，伊藤 雄一 *1

Effects of Stylus Weight and Center of Gravity on Writing and Drawing Behavior

Kouyou Otsu*1, Ayano Komiyama*1, Kyohei Ono*2, Akiyuki Kake*2, and Yuichi Itoh*1

Abstract – Stylus pens are widely used for writing and drawing on digital devices. Center of gravity and weight are among the factors that affect the writing feel of a pen, and some commercially available pens take these factors into account. However, their effects on writing and drawing operations remain unclear. In this study, we investigated their effects on writing and drawing operations in text transcription, copying, and coloring tasks using nine stylus configurations combining three center-of-gravity conditions and three weight conditions. In text transcription and copying, the effect of weight placement on stroke length varied with pen weight; under the medium-weight condition, forward weight placement was associated with longer strokes than rearward placement in both tasks. These findings suggest that stylus center of gravity and weight are not only factors affecting writing feel but also design parameters that can alter how lines are drawn and the pressure applied.

Keywords : stylus, center of gravity, weight, pen pressure, drawing

1. はじめに

スタイラスペンは，デジタル端末の画面上に文字や絵を直接描くための入力手段であり，仕事や学習における情報の記録から，イラストなどの創作まで，様々な作業に用いられている．これらの作業では，使用者はペンを支持しながら画面上でペン先を動かし，筆圧を加えて線を描く．そのため，作業者がペンを介して手で感じる感覚も，筆記・描画の体験に関わると考えられる．タブレット上の筆記行動を調査した研究では，入力精度や遅延とともに，画面とペン先の摩擦や，描かれる線の見え方が使用者の評価に関わることが報告されている [1]．このことは，画面上に自身の筆記内容がどう反映されるかだけでなく，手に持つペンの操作時に生じる感覚が，筆記・描画の体験に影響することを示唆している．

本研究では，ペンの操作時に生じる感覚を構成する要素として，ペン自体の持つ物理的特性に着目する．紙への筆記に用いる筆記具では，軸の太さや形状，重量，重心位置などの特性と，使用性や書き心地の関係を調べる研究が行われている [2]~[4]．特に，重心位置はペンを持った際のバランスに関わる要素であり，市販製品にも，ペン先側に重心を配置する工夫がみられる．例えば，三菱鉛筆の「ユニボール ワン F」は，金属製のペン先を採用した低重心設計を，安定した書き味を実現するための特徴としている [5]．また，Kim ら [4] は，市販ボールペンの物理特性と使用者の評価を調べ，重量が大きいことや重心がペン先に近いことが，高い満足度と関わることを報告している．これらの知見は，重量と重心位置が筆記具の使用感に関わる要因となることを示している．

一方で，筆記具の重量や重心位置が実際の筆記・描画操作にどのような影響を与えるかは明確でない．ペンを支える際には，重心と把持位置との関係に応じたモーメントが指先に作用し [6]，その大きさはペンの重量にも関わる．そのため，ペン内部の質量配置や重量によって，筆記・描画時のペンの支え方や動かし方が変わる可能性がある．特にスタイラスペンでは，1 本のペンを，ソフトウェア上で描画機能を切り替えながら，文字の筆記，輪郭の描画，領域の塗りつぶしなど，多様な用途に用いることが多い．これらの作業では，ペンを動かす範囲や方向転換の仕方が異なるため，重量や重心位置の影響も作業によって異なると考えられる．そこで本研究では，スタイラスペンの重心位置と重量が，筆記・描画操作に与える影響を調査する．

2. 関連研究

2.1 筆記具の設計と使用者の評価

筆記具の形状や質量配置と使用性との関係は，人間工学の観点から調査されている．鈴木らは，太さや重心位置の異なる複数の筆記具について，感覚評価，筆圧，筋活動などの指標から使用性を評価している [2]．その結果，軸径 10 mm，ペン先から 45–75mm の区間へ重心を配置することが筆記に適していると報告し

*1: 青山学院大学 理工学部
*2: 株式会社ワコム
*1: College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University
*2: Wacom Co., Ltd.

ている．同様に，Kim ら [4] の実施した市販ボールペン 16 種類を対象とする感性評価では，重量が大きいこと，ペン先側に重心があること，太く滑りにくいグリップを備えることなどが高い満足度と関連していた．これらの結果は，ペンの重心位置や重量が，筆記時の感覚に影響を与えることを示唆している．

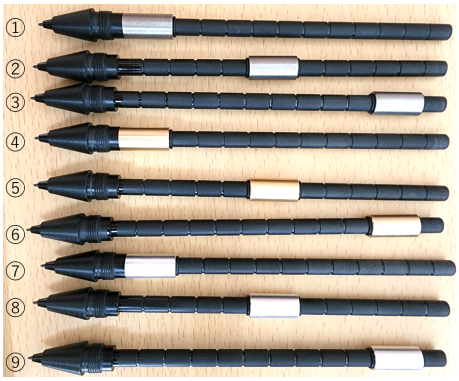
デジタルペンの重心位置に着目した研究として，伊藤ら [6] の研究がある．この研究では，重心が異なる 4 種類のペンを用いた際の，筆記した文字と平均文字とのずれをブレとして定量化し，書き心地の主観評価との関係や，文字の縦横比を調べている．結果として，全参加者をまとめた分析ではブレと主観評価の強い相関は確認されなかったが，一部の参加者や利き手・把持方法の群では関係がみられた．また，実験後に複数のペンを比較する評価を行った結果，ペン先側に重心があるものが好まれる傾向を報告している．

以上の研究は，筆記具の物理特性が使用者の満足度や操作に関わることを示しているが，重心位置と重量の影響が筆記・描画の作業内容によってどのように異なるかは明確でない．Goonetilleke ら [3] は，線をなぞる描画と筆記では適したペンの径や重量特性が異なることを示唆しているが，同じ重量の筆記具であっても，重心位置によって運筆や筆圧がどのように変わるのかは明らかでない．本研究では，文章書取り，模写，塗り絵という複数の課題を対象として，筆記具の重心位置と重量の 2 つの要因を操作した実験から，運筆や筆圧がどのように変化するかを調査する．

2.2　ペン型インタフェースに関する研究

Human-Computer Interaction（HCI）の分野では，ペン型デバイスの物理的特性や，デバイスが提示する感覚を調整し，筆記感覚を変化させる研究が行われている．Cho らは，紙に鉛筆，ボールペン，マーカーを走らせた際の振動と音を基に，筆記感覚を再現する RealPen を提案している [7]．また，Wang らは，ペン先と画面の間に生じる静電気によって筆記時の摩擦を制御する EV-Pen を提案しており [8]，描画と筆記を対象とした評価では，摩擦を制御して紙に書くような感覚を提示することで，使用体験が向上することを報告している．これらの知見は，使用者に伝わる力や感覚を調整することが，筆記感覚や使用体験に関わることを示している．

これらに加えて，ペンの重心位置を変化させ，操作状態を使用者に伝える手法も検討されている．Huang ら [9] は，内部の真鍮製のおもりを移動させることで，重心位置と慣性モーメントを変更できるペン型デバイス Glissade を提案している．例えば，本デバイスでは，コピーした内容が貼り付け可能な状態にあることを，ペンの後端側に重心を配置することで伝えることができる．評価実験では，ペンを傾ける操作や回す操作の途中で静的・動的な 6 種類の重心パターンを提示した際に，平均 94.25%の精度でユーザがペンからの情報提示パターンを識別できることを明らかにしている．



(a) ペンの内装



(b) 外装

図 1　9 条件のスタイラスペン．(a) の番号は表 1 に対応する．
Fig. 1　Nine stylus configurations.

以上の研究は，ペンを通じて使用者に伝わる感覚を調整することが，筆記感覚の変化や情報提示の手段となることを示している．前節の知見を踏まえると，ペンの持つ重心位置・重量は，筆記感覚や操作を調整する一つの設計パラメータとなることが考えられるが，重心・重量特性が筆記操作に与える影響は明確でない．

3.　重心位置・重量がペン操作に与える影響の調査

3.1　実験設定

本実験では，重心位置と重量が筆記・描画操作に与える影響を調べるため，重心位置と重量の設定が異なる 9 条件 (後述) のスタイラスペンを用いて, 文章書取り，模写，塗り絵を実施し，その際の筆記・描画特性を比較する．

実験参加者は，青山学院大学に所属する大学生・大学院生 27 名で，全員右利きであった（男性 14 名，女性 13 名，年齢：平均 22.7 ± 1.4 歳）．参加者を 9 名ずつの 3 群に分け，文章書取り，模写，塗り絵のいずれか一つのタスクを割り当てた．各参加者は，割り当てられたタスクを各条件で 1 回ずつ，計 9 回実施した．9 条件を体験する順序は，同じタスクの参加者間で異なるように設定した．1 日につき 3 条件を実施し，3 日間で 9 条件を完了した．また，各条件の間には 10 分間の休憩を設けた．なお，本実験は青山学院大学の研究倫理審査の承認を受けて実施した（承認番号 H22-007）．

3.2　実験で使用するスタイラスペン

本実験では，専用に開発したスタイラスペンを評価に用いた．図 1 にその内装と外装を示す．このスタイ

表 1　実験条件：おもりの素材とペンの実測重心位置・質量．重心位置はペン先からの距離である．
Table 1　Weight materials and measured pen center of gravity and mass.

番号	配置	重量	おもりの素材	重心 [mm]	質量 [g]
1	前方	高	タングステン	57.3	19.2
2	中央	高	タングステン	78.5	19.3
3	後方	高	タングステン	99.8	19.3
4	前方	中	真鍮	64.0	14.0
5	中央	中	真鍮	77.3	14.2
6	後方	中	真鍮	91.0	14.1
7	前方	低	アルミニウム	70.8	11.4
8	中央	低	アルミニウム	76.0	11.3
9	後方	低	アルミニウム	81.3	11.4

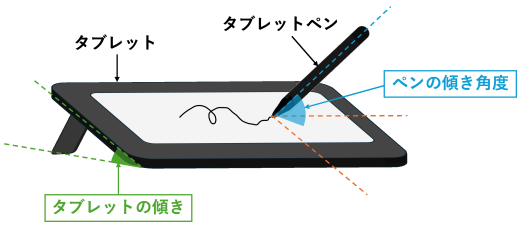


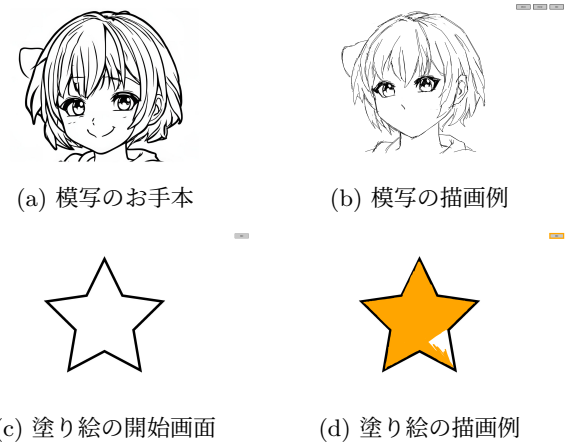
図 2　液晶ペンタブレットとペンの配置．
Fig. 2　Experimental setup.

ラスペンは，ペン軸，おもり，カバーから構成されており，ペン軸に対しておもりをアタッチメントとして装着することで，重心位置と重量を変更できる．このスタイラスペンのペン先は，市販のペンタブレットに付属するスタイラスペンと同様の形状・材質のものを用いており，ペンタブレットへの入力操作に対応する．

本実験では，ペン内部に配置するおもりの位置と素材の違いによって，おもりの配置位置と重量の二要因をそれぞれ 3 水準で操作する，合計 9 つの実験条件を設定した．表 1 に，各実験条件におけるおもりの配置，実測重心位置，質量を示す．前方・中央・後方の名称はおもりの配置を表す．おもりの素材には，タングステン，真鍮，アルミニウムの 3 種類を用いた．本稿では以降，それぞれの設定を高重量条件，中重量条件，低重量条件と称する．各条件で使用するおもりの形状・寸法は同一であり，実験時には外装によってカバーをすることで実験参加者からはペンの外観が同一に見えるように設定した．本実験では市販のペンタブレット（Wacom One，Wacom 製）を使用して後述するタスクを実施してもらい，その際の操作ログを記録した．タブレットについては，図 2 に示すようにスタンドで支持し，傾斜角を 30 度に設定した．

3.3　タスク

本実験では評価タスクとして，文章書取り，模写，塗り絵の 3 種類のタスクを設定した．全タスクで線幅を固定し，筆圧等に応じて線幅を変更しない設定で実施した．模写と塗り絵では時間制限を設けず，参加者



(a) 模写のお手本　(b) 模写の描画例

(c) 塗り絵の開始画面　(d) 塗り絵の描画例

図 3　模写と塗り絵の課題と描画例．
Fig. 3　Copying and coloring tasks and example drawings.

が完成したと判断した時点で申告してもらった．

文章書取り：指定された日本語文を，画面上の罫線に沿って書き写すタスクである．題材には，青空文庫にて公開されている作品（宮沢賢治「ポラーノの広場」「グスコーブドリの伝記」，太宰治「十五年間」）を用いた．実施時間は 1 条件につき 30 分とし，線幅は 2 ピクセルで固定した．

模写：指定された手本（図 3(a) に示す顔の線画）を模写するタスクである．題材は Canva の画像生成機能を用いて実験用に作成したものであり，全参加者・全条件で同一のものを用いた．模写タスクでは，描画に加えて，ペンでなぞった領域を削除できる「消しゴム」機能を利用できるよう設定した．描画線幅は 2 ピクセル，消しゴムの幅は 4 ピクセルとした．図 3(b) に実験参加者の描画例を示す．

塗り絵：図 3(c) に示す星形の内側を塗りつぶすタスクである．本タスクでは，ペン先が画面に接触した位置に黄色の点を描画する専用のアプリケーションを使用した．この際，描画線幅は 8 ピクセルで固定した．図 3(d) に実験参加者の描画例を示す．

3.4　操作指標の定義

本実験では，ペン先が画面に接触してから離れるまでを 1 ストロークと定義し，各ストロークについて平均筆圧，ストローク長，平均加速度，ペンの傾き角度の 4 指標を算出した．筆圧計算には，機器が出力する筆圧値のストローク内平均を用いた．ストローク長は，連続して記録された 2 点間の距離の総和であり，ペン先を離さずに引いた線の長さを表す．平均加速度は，座標間の距離と時間差から求めた速度の変化率の絶対値をストローク内で平均した値であり，運筆中の加減速の大きさを表す．傾き角度は，図 2 に示す画面に対するペンの角度を表し，大きいほどペンを画面に対して立てた姿勢となる．傾き角度については記録された

表 2　タスク別の分析対象ストローク数．各値は参加者 9 名・9 条件の合計である．
Table 2　Number of analyzed strokes by task.

タスク	筆圧	ストローク長	加速度	傾き角度
文章書取り	144,688	147,642	138,282	147,722
模写	60,394	62,867	59,463	61,531
塗り絵	2,640	2,762	2,680	2,698

2 方向の傾き成分をストローク内で平均し，それらを $\bar{x}_{\mathrm{tilt}}$，$\bar{y}_{\mathrm{tilt}}$ として，次式から角度 θ を算出した．

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{\bar{x}_{\mathrm{tilt}}^2 + \bar{y}_{\mathrm{tilt}}^2}}{64}\right) \tag{1}$$

本式における定数「64」は傾き成分を角度に換算するための係数であり，算出した角度は度数で表す．

3.5　主観評価

各条件の終了後，作業に対する印象 8 項目を 7 段階で評価する項目，日本語版 NASA-TLX の 6 項目，および全体的な負荷を尋ねる 1 項目からなるアンケートを実施した．また，全条件終了後には，9 本のペンの持ち心地を順位付けしてもらった．なお，本稿では客観的な操作指標に焦点を当てて結果を報告する．

4.　結果

分析には参加者・ペン条件ごとのストローク値を用い，加速度と筆圧には四分位範囲に基づく外れ値除去を適用した．分析対象となるストローク数を表 2，条件別の結果を図 4 に示す．

分析では 1 ストロークを 1 観測とし，タスク・指標ごとに整列ランク変換を適用した上で，位置 3 水準・重量 3 水準の二元配置分散分析を実施した．交互作用が有意であった場合には，位置と重量の組合せによる違いを調べるため，ART-C を用いて条件別の対比較を行った．その際，重量を固定した位置間の 9 対と，位置を固定した重量間の 9 対の計 18 対について Bonferroni 補正を適用した．交互作用が有意でなく，主効果が有意であった場合には，有意であった要因の 3 水準間を比較し，3 対について Bonferroni 補正を適用した．有意水準は 5%とし，以下に示す比較の p 値は Bonferroni 補正後の値である．以降，各操作指標毎に分析結果を述べる．

4.1　筆圧

分散分析の結果，位置の主効果は全タスクで，重量の主効果は文章書取りと模写で有意，塗り絵では有意傾向（$p = .067$）であった．また，位置と重量の交互作用は全タスクで有意であった（全て $p < .001$）．

条件別比較では，3 タスクに共通して，高重量条件で前方・中央配置の筆圧が後方配置より高く，中重量条件で中央配置の筆圧が前方・後方配置より高かった（全て $p < .001$）．また，低重量条件では中央・後方配置の筆圧が前方配置より高かった（全て $p < .01$）．

文章書取りと模写では，全ての位置間で筆圧に有意差がみられた．高重量条件では前方，中央，後方の順に，中重量および低重量条件では中央，後方，前方の順に筆圧が高かった（全て $p < .001$）．塗り絵では，上記以外の位置間に有意差はみられなかった．これらの結果から，ペンの重心位置が筆圧に与える影響は，ペンの重量によって異なることが明らかになった．

4.2　ストローク長

文章書取りと模写では，位置・重量の主効果と交互作用がいずれも有意であった．

条件別比較では，両タスクに共通して，中重量条件で前方配置のストローク長が後方配置より大きかった（いずれも $p < .001$）．文章書取りでは，さらに中重量条件で中央配置のストローク長が後方配置より大きく，高重量条件では前方・後方配置のストローク長が中央配置より大きかった（全て $p < .001$）．低重量条件では位置間に有意差はみられなかった．模写では，中重量条件で前方配置のストローク長が中央配置より大きく（$p < .001$），低重量条件では前方配置のストローク長が後方配置より大きかった（$p = .007$）．高重量条件では位置間に有意差はみられなかった．塗り絵では，位置と重量の交互作用は有意ではなく，重量の主効果が有意であった．重量条件間を比較した結果，低重量条件のストローク長が中重量条件より大きかった（$p = .013$）[1]．以上の結果より，中重量条件では，文章書取りと模写に共通して，おもりを前方に配置すると後方に配置した場合よりも 1 ストロークで描かれる線が長くなった．この結果は，ペンの重量を変えずとも，おもりの配置によって線の長さが変化することを示している．

4.3　平均加速度

文章書取りでは位置・重量の主効果が，模写では重量の主効果が有意であった．一方で，塗り絵では主効果は有意ではなかった．位置と重量の交互作用については，全タスクで有意であった．

条件別比較では，文章書取りと模写に共通して，高重量条件で前方配置の平均加速度が中央配置より大きく，中重量条件で中央配置の平均加速度が前方・後方配置より大きかった（全て $p < .001$）．文章書取りでは，高重量条件で前方配置の平均加速度が後方配置より大きく（$p < .001$），低重量条件では後方配置の平均加速度が前方・中央配置より大きかった（いずれも $p < .001$）．また，模写では，高重量条件で前方・後方配置の平均加速度が中央配置より大きく，中重量条件

1: 図 4(b) の右側，塗り絵タスクの結果では，この重量間比較の結果を各重心位置に共通して表示している．

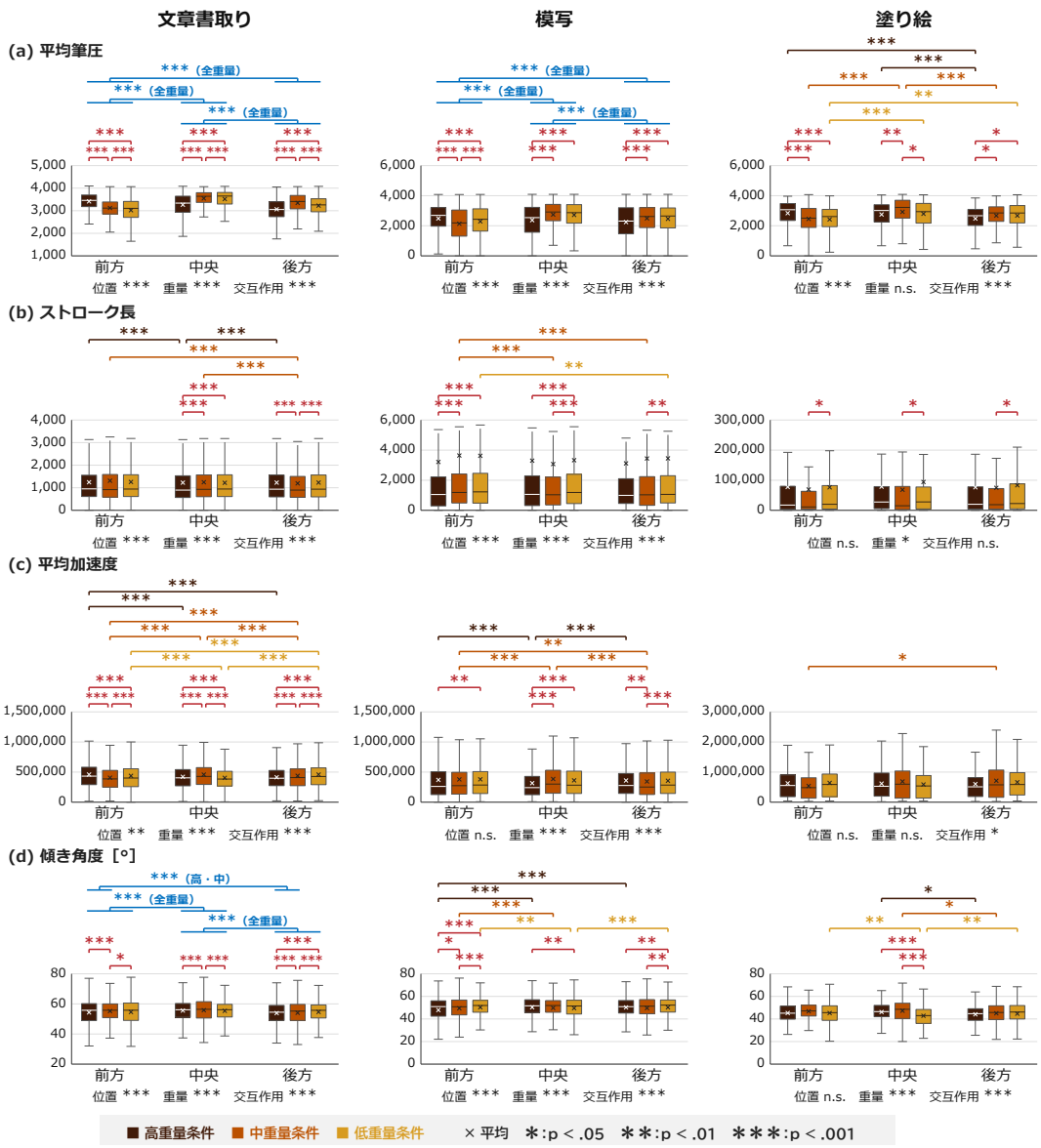


図 4　タスク別の操作指標．括弧は有意差を表し，箱と同色の括弧はその重量条件での位置間比較，赤い括弧は重量間比較を示す．複数の重量条件で共通して有意だった位置間比較は，青い括弧にまとめ，対象の重量条件を併記した．

Fig. 4　Stroke-level pen pressure, stroke length, acceleration, and tilt angle across the three tasks.

では中央配置の平均加速度が前方・後方配置より大きかった（全て $p < .001$）．低重量条件では位置間に有意差はみられなかった．塗り絵では，中重量条件で後方配置の平均加速度が前方配置より大きく（$p = .045$），その他の条件別比較では有意差はみられなかった．

以上より，平均加速度に対する位置の影響は重量条件やタスクによって異なった．特に文章書取りでは，平均加速度が最も大きい配置が，高重量条件では前方，中重量条件では中央，低重量条件では後方と，重量条件に応じて異なっていた．

4.4　ペンの傾き角度

位置の主効果は文章書取りと模写で有意，塗り絵では有意傾向（$p = .086$）であった．重量の主効果と位置・重量の交互作用は，全タスクで有意であった．

条件別比較では，文章書取りにおいて，全重量条件で中央配置の傾き角度が前方・後方配置より大きかった（全て $p < .001$）．一方，模写と塗り絵では，低重量条件で中央配置の傾き角度が前方・後方配置より小さかった（全て $p < .01$）．模写では，高重量条件で中央・後方配置の傾き角度が前方配置より大きく，中重量条件では中央配置の傾き角度が前方配置より大きかった（全て $p < .001$）．また，中央配置では，低重量条件の傾き角度が高重量条件より小さかった（$p < .01$）．塗り絵では，高重量条件および中重量条件で中央配置の傾き角度が後方配置より大きかった（それぞれ $p = .027$，

$p = .017$）．また，中央配置では，低重量条件の傾き角度が高重量条件および中重量条件より小さかった（それぞれ $p < .01$，$p < .001$）．

以上より，中央配置がペンの傾き角度に与える影響は，タスクと重量条件によって異なった．文章書取りでは，全重量条件で中央配置の傾き角度が前方・後方配置より大きかったのに対し，模写と塗り絵では，低重量条件で中央配置の傾き角度が前方・後方配置より小さかった．すなわち，中央配置では，文章書取りでペンを立てる傾向がみられ，模写と塗り絵の低重量条件ではペンを寝かせる傾向がみられた．

5. 考察

筆圧に対する重心位置の影響は，重量によって異なった．3 タスクとも，高重量条件では前方配置の筆圧が後方配置より高く，低重量条件ではこの大小関係が逆転した．この結果は，同じ重量でもおもりの配置，すなわち重心位置によって筆圧が変化し，筆圧が低くなる配置が，高重量条件では後方，低重量条件では前方と，重量に応じて異なることを示している．

一方，運筆や姿勢への影響には作業による違いがみられた．低重量条件の中央配置では，文章書取りでペンを立て，模写・塗り絵では寝かせる傾向がみられた．また，ストローク長と加速度に着目すると，低重量条件の位置間比較で有意差が認められたのは，文章書取りでは加速度，模写ではストローク長であった．このことから，線の区切り方や方向転換などの運筆様式が異なる作業では，重心位置や重量の影響が異なる操作指標に現れる可能性がある．さらに，塗り絵の低重量条件では，中央配置は前方配置より傾き角度が小さい一方，筆圧は高く，筆圧の上昇は必ずしもペンを立てる姿勢変化を伴わなかった．これらの結果から，1 本のスタイラスペンを多様な用途に用いる場合には，作業内容と調整したい操作に応じて，重量や質量配置を検討することが重要であると考えられる．

本実験では線幅を固定したが，筆圧に応じて線幅や濃さが変わる環境では，物理条件による筆圧の違いが描画結果に反映される可能性がある．重量と重心位置の選択は，ソフトウェア上の筆圧感度の設定と併せて，使用者が求める線を描くための手段となり得る．今後は，今回観測した操作指標の変化と，描画結果，筆記速度・精度，主観評価との関係を調べ，それらの変化が作業の進めやすさや負担軽減に結び付くかを検討する．

6. おわりに

本研究では，スタイラスペンの重心位置と重量が筆記・描画操作に与える影響を調査した．おもりの位置 3 条件と重量 3 条件を組み合わせた 9 条件のペンを用い，文章書取り，模写，塗り絵を行うユーザ実験を実施した．その結果，筆圧に対する重心位置の影響は重量によって異なり，3 タスクとも，高重量条件では前方配置の筆圧が後方配置より高く，低重量条件ではこの大小関係が逆転した．また，文章書取りと模写では，重心位置によるストローク長の違いが重量条件によって異なり，中重量条件では両タスクに共通して前方配置のストローク長が後方配置より大きかった．加速度や傾き角度にも条件による差がみられ，その現れ方はタスクによって異なった．これらの結果は，重心位置と重量の組合せが，筆圧や運筆，ペンの姿勢変化に関わる設計パラメータとなることを示唆している．本実験は各タスク 9 名を対象とした初期評価であり，同じおもりの配置条件でも重量によって重心の絶対位置が異なるという制約がある．今後は参加者を増やして結果の再現性を検証するとともに，描画結果や主観評価との関係を調べ，重心位置や重量の違いによる操作の変化が作業の進めやすさや負担軽減に結び付くかを検証する．

参考文献

[1] Annett, M., Anderson, F., Bischof, W. F. and Gupta, A.: The pen is mightier: understanding stylus behaviour while inking on tablets; Proc. Graphics Interface 2014, pp. 193–200 (2014).

[2] 鈴木剛，上野義雪：使用性を考慮したボールペンの機能条件に関する研究；人間工学，Vol. **43**，pp. 156–157 (2007).

[3] Goonetilleke, R. S., Hoffmann, E. R. and Luximon, A.: Effects of pen design on drawing and writing performance; Applied Ergonomics, Vol. **40**, No. 2, pp. 292–301 (2009).

[4] Kim, K., Proctor, R. W. and Salvendy, G.: Emotional factors and physical properties of ballpoint pens that affect user satisfaction: implications for pen and stylus design; Applied Ergonomics, Vol. **85**, 103067 (2020).

[5] 三菱鉛筆株式会社：ユニボール ワン F；`https://mpuni.life/special/uniball_one-recipe/`，2026 年 9 月 16 日参照.

[6] 伊藤奈々美，能宗巧，瀬崎夕陽，関口祐豊，中村聡史，近藤葉乃香，梅澤侑己，橋本忠樹：筆記のブレを利用したデジタルペンの重心の違いによる書き心地推定手法；情報処理学会研究報告，Vol. **2025-HCI-215**，No. 34，pp. 1–8 (2025).

[7] Cho, Y., Bianchi, A., Marquardt, N. and Bianchi-Berthouze, N.: RealPen: providing realism in handwriting tasks on touch surfaces using auditory-tactile feedback; Proc. UIST 2016, pp. 195–205 (2016).

[8] Wang, Q., Ren, X., Sarcar, S. and Sun, X.: EVPen: leveraging electrovibration haptic feedback in pen interaction; Proc. ISS 2016, pp. 57–66 (2016).

[9] Huang, K.-C., Sun, C.-K., Huang, D.-Y., Chen, Y.-C., Chang, R.-C., Hsu, S.-w., Yang, C.-Y. and Chen, B.-Y.: Glissade: generating balance shifting feedback to facilitate auxiliary digital pen input; Proc. CHI 2020, pp. 1–13 (2020).