

健常児・者における描画中の運筆遂行能力の発達特徴

中島そのみ¹⁾ 大柳俊夫²⁾ 中村裕二¹⁾ 瀧澤聡³⁾ 池田千紗^{4,5)} 仙石泰仁¹⁾

要旨：著者らが開発した運筆中の軌跡及び筆圧を記録可能な評価機器を用い、健常児・者における描画課題の運筆遂行能力の発達特徴を検討した。被験児・者は小学校1～6年生までの健常児72名、健常成人15名とし、線引き課題と自由描画課題の2つの描画課題を実施した。その結果、線引き課題では学年の進行に伴いはみ出し距離が短くなるが、運筆速度には発達の傾向は見られなかった。自由描画課題では学年の進行に伴い底辺の傾きが小さくなっていった。よって、視覚的フィードバックがより必要な線引き課題において、学齢期では描画の正確性と運筆速度はそれぞれ独立して制御されている可能性が示された。

キーワード：運筆，描画，発達特徴

はじめに

書字や描画などのHandwritingの分析では、これまで所用時間や成果物から正確性やうまく書いているかどうかを主観的に判断することによって評価が行われていた¹⁻³⁾。しかし、Handwritingは連続した動作であり、動作中の運動制御の特徴と運筆結果との関連性が解ることや、成果物に対する評価もより客観的な指標で判断できることが適切な支援や機器の提供を行う上でも重要である。そのため近年では、タブレットPCを用いた評価が開発され、運筆中の筆圧を記録するといった課題遂行中の指標や運筆した線の軌跡長などを用いた定量的な結果も評価として用いられるようになってきた⁴⁻⁷⁾。

我々は書字や描画に困難さを示す児への介入方

法を検討するため、書字・描画遂行中の評価を行えるシステムを開発し予備的研究を行ってきた⁸⁾。これまでに、健常成人と7歳児に対して線引き課題を実施し、運筆中の速度変化や筆圧変化は運動制御の状態を示す指標となることを示した⁹⁾。また、不器用さを示す発達障害児に対し同様の課題を実施した結果、対象児群は定型発達児群よりはみ出し距離が有意に長く、所要時間は有意に短いといった特徴が示された¹⁰⁾。しかし、本システムを評価機器として用いるには、様々な課題を用い十分なコントロールデータを構築することが必要である。

本研究では、小学1～6年生までの定型発達をしている学齢児と健常成人に対し、本システムを用いて線引き課題と自由描画課題を実施し、それぞれの正確性、運筆速度、筆圧レベルならびに運筆中の速度変化の発達の特徴を明らかにすることを目的とする。

方法

1. 対象

対象は書字・描画活動を日常的に行っている小

- 1) 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科
- 2) 札幌医科大学医療人育成センター教養教育研究部門
- 3) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科
- 4) 札幌医科大学大学院保健医療学研究科
- 5) 北海道教育大学札幌校 特別支援教育専攻

学校1年生から6年生(以下, 学齡児群)と20~21歳の大学生(以下, 成人)とした。内訳は1年生12名(男6名, 女6名), 2年生10名(男5名, 女5名), 3年生14名(男6名, 女8名), 4年生15名(男7名, 女8名), 5年生11名(男5名, 女6名), 6年生10名(男5名, 女5名), 成人15名(男6名, 女9名)で, 計87名であった。対象者は全員右利きで, 普段の生活において運筆に問題を生じさせるような整形外科的, 眼科学的な問題を認めず, 課題の遂行に支障ない視力と運動能力であった。

2. 使用機器および実験環境

使用機器はディスプレイ上に直接入力のできる液晶ペンタブレット(Wacom DTI-520U Model)とペン型マウス, PC(Windows XP), 開発したソフトウェアを使用した。ディスプレイ上にペン型マウスで描画することにより, 描画開始から終了までの所用時間, 総移動距離, 野線からはみ出した距離(以下, はみ出し距離)が算出される。なお, 記録されるデータの精度については以下のようになっている。軌跡の座標については0.01mm単位, 経過時間についてはミリ秒単位で測定した。筆圧についてはグラムなどの単位で示すことができないため, 液晶タブレットで測定された値をそのまま使用して「レベル」と表記し, 0から1023のレベルで記録した⁸⁾。また, 液晶タブレットで使用するペン型マウスの入力位置とディスプレイとのずれは, 課題の施行前に較正を行った。なお, 使用機器および実験環境の詳細は著者らの先行研究と同様とした⁹⁾。

3. 運筆課題と教示

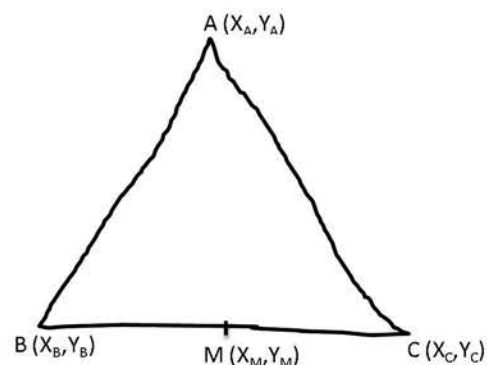
本研究では, 本ソフトウェアで実装した課題のうち線引き課題と自由描画課題の2つの課題を用い, 線引き課題, 自由描画課題の順で実施した。

線引き課題は2本の線で描かれた正三角形の野線間内に線を引く課題である。外側の正三角形の1辺は10cm, 内側の正三角形との間にできた隙間は3mmとした。自由描画課題は10cm角内に三角形を描く課題である。線引き課題は「野線と野線の間からはみ出さないように, かつ, なるべく早く

描くこと」と, 自由描画課題は「まず目からはみ出さないように前の課題のような大きさの三角形を描くこと」と教示した。また, 両課題とも「描いている途中でペンを画面から離さないこと」を伝えた。さらに, 課題遂行中に手をディスプレイに接触させても良いことを伝え, 本人の運筆しやすい肢位で実施した。また, 本研究で用いた液晶タブレット画面の表面は日常的に書字や描画を行う紙面とは異なることから, ペン型マウスによるディスプレイ上への運筆に慣れてもらうため, 被験者は実験前に数回の練習を行った。試行回数は両課題とも3回とした。

4. 分析方法

両課題とも得られたデータから, はみ出し距離, 運筆速度(平均値)と筆圧レベル(中央値)について各学年および成人の平均値を算出した。さらに自由描画課題については, “形のゆがみ”として次の2点について評価した。①三角形の頂点を描いた順番にA, B, Cとし点AのX座標と, 点Bと点Cを結んだ辺BCの中点MのX座標とのずれの絶対値を指標とした(以下, 頂点と底辺の中点とのずれ)。辺ABと辺ACの長さが等しいほど, 点AのX座標と点MのX座標の差は小さくなる。②点Bと点CのY座標のずれの絶対値を指標とした(以下, 底辺の傾き)。辺BCが水平に近いほど, 点B, 点CのY座標の差は小さくなる(図1)。



$$\textcircled{1} \text{頂点と底辺の中点との差} : |X_A - X_M| = |X_A - ((X_C - X_B) / 2)|$$

$$\textcircled{2} \text{底辺の傾き} : |Y_B - Y_C|$$

図1. 自由描画課題の形のゆがみの評価方法

線引き課題については3試行実施したうち、はみ出し距離が最小であった1試行、自由描画課題については3試行のうち、はみ出し距離が最小で、形のゆがみの2つの指標の合計が最小であった1試行をそれぞれ分析の対象とした。

両課題ともはみ出し距離、運筆速度、筆圧レベル、自由描画課題については形のゆがみについても、各学年及び成人ごとに平均と標準偏差を算出するとともに、分散分析を行い、その後 Tukey の多重比較検定を用いて各学年および成人の平均値の比較を行った。また学齢児群については評価結果と学年の関連を Spearman の相関係数から求め、学年の進行に伴う傾向について検討した。これらの分析には IBM SPSS Statistics 20 を使用し、有意水準は5%未満とした。

運筆中の速度変化の特徴は、単位移動距離あたりの運筆速度の移動平均値の変動をグラフ化した。それを元に、先行研究を参考に次の3つに分類した⁹⁾。①1辺の描き始めより徐々に速度が上昇し、描き終わりに向け徐々に減速するか、1辺の切り替えで明らかに速度の増減が見られる(以下、三峰性)。②1辺目の描き終わりと2辺目の描き始めの速度の増減は確認できるが、2辺目と3辺目は確認できない。もしくは、2辺目の描き終わりと3辺目描き始めの速度の増減は確認できるが、1辺目と2辺目は確認できない。また、切り替えが2つ以上見られる(以下、三峰性に近い)。③速度変化がほとんどなく、切り替えが見られない(以下、速度変化なし)とした(図2)。分類は、2名の作業療法士で行い、両課題における各学年及び成人ごとの速度特徴の割合を算出した。

5. 倫理的事項

対象児童については、児童および実施施設の施設長(学校長)に対して書面と口頭で説明を行い研究への同意を得、施設長(学校長)の許可の下、課題を実施した。また成人については筆者が書面と口頭で説明を行い研究への同意を得て課題を実施した。なお、本研究は、札幌医科大学倫理委員会の承認を得て実施した(平成22年3月4日付承認)。

結果

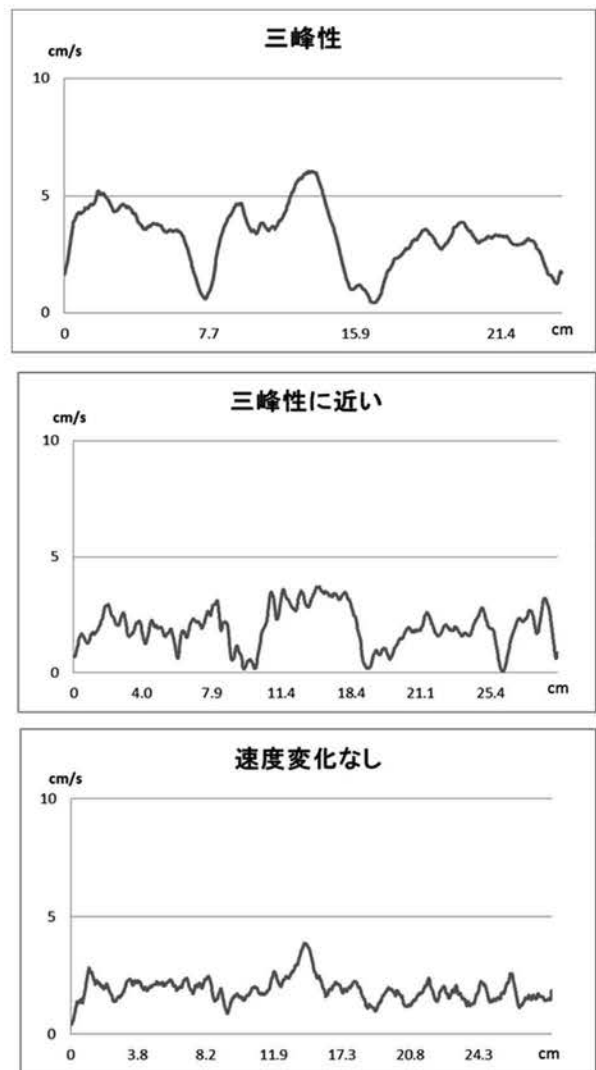


図2 運筆中の速度変化の特徴

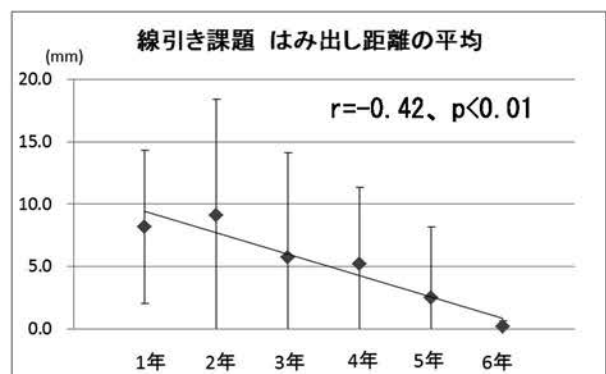


図3 線引き課題における学年ごとののはみ出し

表1 線引き課題における各学年および成人ごとの評価結果

	はみ出し距離(mm)		運筆速度(平均値)(cm/s)		筆圧レベル (中央値)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1年生 N=12	8.2	6.1	2.1	0.9	779.5	239.2
2年生 N=10	9.1	9.3	2.2	0.9	753.1	168.2
3年生 N=14	5.7	8.4	2.2	0.4	874.2	165.8
4年生 N=15	5.2	6.1	2.3	0.8	895.8	130.9
5年生 N=11	2.5	5.6	2.1	0.7	877.2	121.8
6年生 N=10	0.2	0.5	2.0	0.8	818.9	177.0
成人 N=15	0.0	0.0	2.5	0.5	854.0	145.1

表2 自由描画課題における各学年および成人ごとの評価結果

	はみ出し距離(mm)		運筆速度(平均値)(cm/s)		筆圧レベル (中央値)(レベル)		頂点と底辺の midpoint とのずれ(mm)		底辺の傾き(mm)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1年生 N=12	0.2	0.5	4.1	1.4	842.3	175.5	16.1	4.3	2.6	1.2
2年生 N=10	0.0	0.0	4.0	1.7	737.9	185.1	16.6	4.8	1.6	0.8
3年生 N=14	0.0	0.0	3.6	0.8	838.7	237.6	14.6	4.1	1.5	1.0
4年生 N=15	0.1	0.3	4.8	1.2	879.5	122.3	16.2	4.1	2.2	1.8
5年生 N=11	0.0	0.1	3.7	2.1	932.5	96.3	14.0	2.4	0.7	0.4
6年生 N=10	0.1	0.4	3.8	1.7	803.5	175.6	14.4	5.0	1.4	0.8
成人 N=15	0.1	0.4	4.3	0.8	857.1	162.6	10.2	2.8	0.6	0.6

1. 各指標における学年および成人毎の平均値の比較

1) 線引き課題(表1)

はみ出し距離の平均値は1年生 8.2mm, 2年生 9.1mm, 3年生 5.7mm, 4年生 5.2mm, 5年生 2.5mm, 6年生 0.2mm, 成人 0.0mm で, 1年生と成人($p<0.05$), 2年生と6年生($p<0.05$), 2年生と成人($p<0.05$)の間でははみ出し距離に有意な差がみられた。学齢児群では学年進むにつれはみ出し距離が短くなる傾向があった($r=-0.42$, $p<0.01$) (図3)。運筆速度の平均値は, 学齢児群において 2.0~2.3cm/s の間にあり, 成人で 2.5 cm/s とやや速かったが, 各学年および成人との間で有意な差はみられなかった。また, 学齢児群においても学年の進行に伴う傾向は見られなかった。

筆圧レベルは2年生が一番小さく 753.1レベル, 4年生が一番大きく 895.8レベルであった。しかし各学年および成人との間で有意な差は見られなかった。また, 学齢児群においても学年の進行に伴う傾向は見られなかった。

2) 自由描画課題(表2)

各学年および成人における 10cm 角内からののは

み出し距離の平均値は 0.0~0.2mm でわずかであった。運筆速度の平均値は, 3年生が一番遅く 3.6 cm/s, 4年生が一番速く 4.8cm/s であった。筆圧レベルの平均値は2年生が一番小さく 737.9レベル, 5年生が一番大きく 932.5レベルあった。自由描画課題でははみ出し距離, 運筆速度, 筆圧レベルにおいて各学年および成人の間で有意な差はなく, 学齢児群においても学年の進行に伴う傾向は見られなかった。

形のゆがみの指標である頂点と底辺の midpoint とのずれでは, 1年生と4年生 1.6cm, 2年生 1.7cm, 3年生 1.5cm, 5年生と6年生 1.4cm, 成人 1.0cm で, 成人と1年生, 2年生, 4年生との間で有意に成人の頂点と底辺の midpoint とのずれの値が小さかった($p<0.01$)。学齢児群においては学年の進行に伴う傾向は見られなかった。底辺の傾きでは, 1年生 2.6mm, 2年生 1.6mm, 3年生 1.5mm, 4年生 2.2mm, 5年生 0.7mm, 6年生 1.4mm, 成人 0.6mm で, 1年生と5年生($p<0.01$), 1年生と成人($p<0.01$), 4年生と5年生($p<0.05$), 4年生と成人($p<0.01$)との間で高学年もしくは成人の底辺の傾きの値が有意に小さかった。学齢児群では学年の進行に伴い

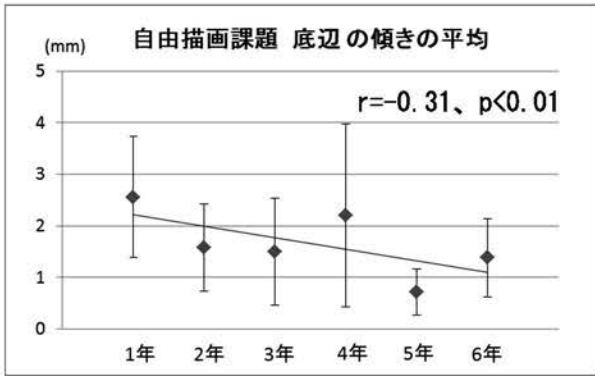


図4 自由描画課題における学年ごとの底辺の傾きの平均

底辺の傾きが小さくなる傾向があった ($r=-0.31$, $p<0.01$) (図4)。

2. 運筆中の速度変化の特徴 (図5)

線引き課題では、1年生から4年生において速度変化なしが約20~40%と見られていたが、5年生以降は見られなくなり、成人は全て三峰性を示していた。自由描画課題では、速度変化なしが見られず、全群とも80%以上は三峰性を示していた。

考察

1. 各指標における学年および成人の差について

線引き課題では、はみ出し距離において6年生と成人が低学年に比べ有意にはみ出し距離が短く、学齢児群でも学年の進行に伴いはみ出し距離が短くなっていった。このことから、線引き課題における正確性が学年の進行とともに向上することが明らかとなった。しかし、運筆速度についてはそのような傾向が示されなかった。7歳児と成人を対

象にした同様の研究では、7歳児は成人に比べ正確性を維持するため運筆速度を遅くする方略をとり、正確さを重視していると考えられていた⁹⁾。しかし今回の結果より、学齢期では学年が低いほど正確さを得るために運筆速度を遅くする方略をとるのではなく、正確性を得るための方略を獲得していない可能性が示唆された。速さと正確性はそれぞれ独立して制御される変数として発達しながら、やがて一つの変数で制御されるようになると言われており¹¹⁾、今回の結果はそれを支持する結果であった。

自由描画課題では、はみ出し距離、平均運筆速度において一定の傾向がなかった。自由描画課題のはみ出し距離は10cm角内からのはみ出しなので、線引き課題に比べ正確性を維持するための視-運動系の feedback 制御が少なくすんだためと考えられる¹²⁾。

筆圧レベルにおいては、両課題とも一定の傾向はみられなかった。指標追跡描画課題を用いた研究では、筆圧は3~7才の間で直線形の発達が見られるが、7~12才では同程度であったと報告されている。これは学齢期ではすでに筆圧は安定していることを示唆する結果である⁵⁾。また、筆圧は、被験者に指示を与えていないことや検査中の筆圧変動を被験者自身で把握できないことにより、年齢が増加しても個人のばらつきが大きくなる原因ではないかと述べられている⁶⁾。今回の結果も同様のことが影響している可能性がある。

自由描画課題における形のゆがみの2つの評価指標は、成人と学齢児低学年で有意な差が見られた。学齢児群においては底辺の傾きだけが学年の

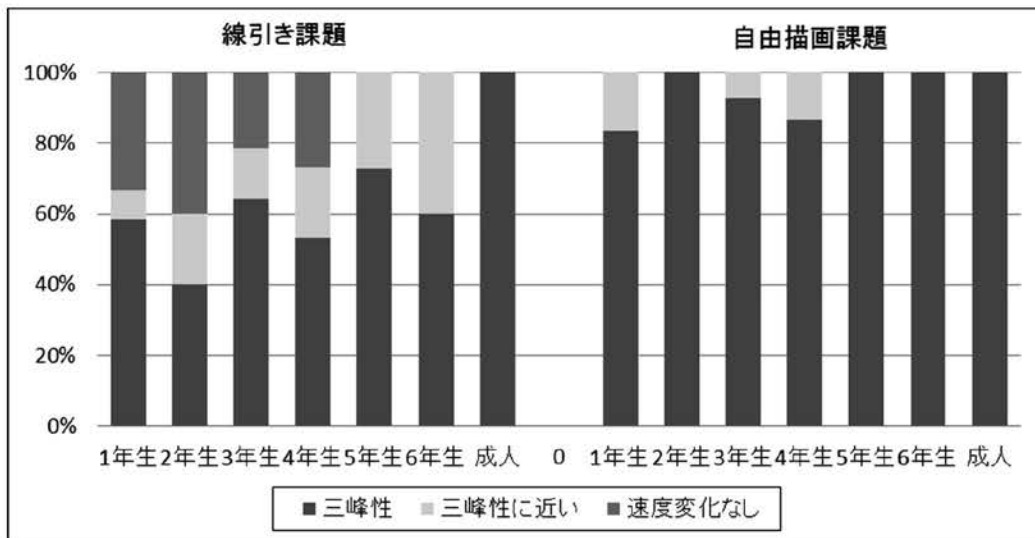


図5 両課題における速度変化の特徴の割合

進行にともなって小さくなっていた。これは、頂点を底辺の midpoint にくるように描くことは学齢期では高学年でも難しい課題であると考えられた。本研究と同じ大きさの課題において、成人や3年生の児では肩や肘の動きで筆記具を操作する傾向にあることが報告されているが¹³⁾、今回の結果は、筆記具操作方法の発達の傾向も含めて検討していく必要がある。

本研究で用いた形のゆがみに関する指標は図形をイメージして再生する課題を用いており、図形模写と類似している。図形模写の評価は、提示した図形が描けているかどうか主観的に判断されることが多く、描けている場合の精度を測る客観的な指標は明確ではない。三角形の模写が正しく描けている基準として、新版K式発達検査では「底辺がおおむね水平であること」を基準の1つにあげており¹⁴⁾、これは本研究で設けた形のゆがみの指標の底辺の傾きと同様の視点である。また、二等辺三角形ならびに正三角形は、三角形の頂点の二等分線は底辺を垂直に二等分するという性質を持っていることから、頂点と底辺の midpoint とのずれをもう一つの形のゆがみの指標とした。結果からは、成人と学齢児間で線引き課題のような巧緻運動の制御だけでなく、図形の構成能力にも何らかの差があることを定量的に示すことができたことから、自由描画課題における形のゆがみの2つの指標は評価として一定の妥当性があると考えている。

2. 運筆中の速度変化について

線引き課題では、高学年以降になると「速度変化なし」の特徴は見られなくなり、自由描画課題では、「速度変化なし」が見られず、成人、学齢児群とも80%以上は「三峰性」を示していた。

本研究結果から5年生以降になると視覚的フィードバックによる制御が減少してくることが考えられる。また、描画中の視覚的フィードバックをあまり必要としない自由描画課題では、三峰性を示すことが多い。三峰性のような釣鐘状の速度変化は、リーチ動作において動作の開始に先立って高度にプログラムされていることを意味すると指摘されており¹⁵⁾、自由描画課題の特徴を反映する結果が示されていた。

3. まとめと今後の課題

運筆遂行能力を評価できるシステムを用い、健常学齢児と健常成人における特徴の違う2つの描画課題を実施し遂行後の結果に加え、速度変化の特徴を分析した。今回の結果は、本評価システムでの両課題における標準値となり、今後、発達障害児の評価を行っていく際の有用なデータとなる。今後は運筆動作に問題を示す発達障害児を対象に評価を行い、本評価システムでの特徴を明らかにしていきたい。

引用文献

- 1) Burton AW, Dancisak MJ : Grip Form and Graphomotor Control in Preschool Children. *Am J Occup Ther.* 54: 9-17, 2000.
- 2) 尾崎康子：筆記具操作における上肢運動機能の発達の變化．*教育心理学研究* 48:145-153, 2000.
- 3) 中島そのみ, 仙石泰仁, 中村真理子：線引き課題における筆記用具の把持形態と操作性の発達の関係．*作業療法*, 21: 109-117, 2002.
- 4) Rosenblum S, Livneh-Zirinski M: Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci*, 27:200-14, 2008.
- 5) 橋爪一治, 伊賀崎伴彦, 村山伸樹, 他：幼・小児期における上肢運動機能の定量化：視標追跡等速描円運動能力の発達に関して．*電子情報通信学会技術研究報 MBE, ME とバイオサイバネティクス*, 106: 21-24, 2007.
- 6) 橋爪一治, 伊賀崎伴彦, 村山伸樹, 他：幼・小児期における上肢運動機能の発達視標追跡描円運動課題の3次元モデル．*臨床神経生理学*, 40: 73-81, 2012.
- 7) 高木大輔, 森山早苗, 長崎浩：円描画動作における速度-精度トレードオフ関係 若年者と高齢者の比較．*作業療法*, 27:371-379, 2008.
- 8) 大柳俊夫, 中島そのみ, 中村裕二, 他：運筆課題を用いた上肢機能評価のためのソフトウェアの研究開発．*札幌医科大学保健医療学部紀要*, 12: 1-8, 2010.

- 9) 中島そのみ, 大柳俊夫, 中村裕二, 他: 運筆速度と筆圧の変化に着目した運筆遂行能力の評価. 作業療法 30: 567-571, 2011.
- 10) 坂本香代子, 中島そのみ, 世良彰康, 他: 不器用さを示す発達障害児の線引き課題の結果と背景要因の関連について. 日本発達系作業療法学会誌, 1: 39-45, 2012.
- 11) 奥住秀之, 國分充, 島田恭子: 児童の道具操作における速度・正確性トレードオフの発達変化—なぞり書き, 折り紙, シール貼りの3つの課題から—. Anthropol. Sci. (J-Ser.) 115: 37-40, 2007.
- 12) 鈴木良次: 手のなかの脳. 東京, 東京大学出版会, 1994, pp25-48
- 13) 池田千紗, 中島そのみ, 大柳俊夫, 他: 描画課題における筆記具操作方法の分析—健常成人, 健常児, 不器用児の比較. 日本作業療法学会抄録集 2013: P272-Rd.
- 14) 生澤雅夫: 新版 K 式発達検査法 発達検査の考え方と使い方 第2版. ナカニシヤ出版, 京都, 1992, pp. 195.
- 15) Anne Henderson, Charlane Pehoski・編著(園田, 岩城・監訳): 子どもの手の機能と発達—治療的介入の基礎—. 東京, 医師薬出版株式会社, 1994, pp88-97

Developmental characteristics of handwriting performance of normal children and healthy adults.

By

Sonomi Nakajima¹⁾ Toshio Ohyanagi²⁾ Yuji Nakamura¹⁾
Satoshi Takizawa³⁾ chisa Ikeda^{4,5)} Yasuhito Sengoku¹⁾

From

- 1) Department of Occupational Therapy, School of Sciences, Sapporo Medical University
- 2) Department of Liberal Arts and Sciences, Center for Medical Education, Sapporo Medical University
- 3) Hokusyo University, School of Lifelong Sport, Department of Sport Education
- 4) Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University
- 5) Hokkaido University of Education, Special Education Course

Abstract: The study aims to show developmental characteristics of handwriting performance of normal children and healthy adults assessed by new system which the authors have developed, to record changes in pen velocity and pen pressure during conducting handwriting tasks. The participants comprised 72 normal children (grades 1-6) and 15 healthy adults. We used two handwriting tasks, termed a drawing task a free drawing task. With increase of the grade, the outside stroke length got shorter in a drawing task and the gradient got smaller in a free drawing task. These results suggest that the possibility that accuracy and pen velocity during a drawing task that visual feedback needs more were controlled independently each.