

目と手の協応課題における幼児の協調運動と運動戦略の特徴

三好 智子・長岡 雅美

(武庫川女子大学心理・社会福祉学部心理学科、健康・スポーツ科学部健康・スポーツ科学科)

Characteristics of Young Children's Coordinated Movements and Motor Strategies in Eye-Hand Coordination Tasks

Satoko MIYOSHI, Masami NAGAOKA

*Department of Psychology, School of Psychology and Social Welfare,
Department of Health and Sports Sciences, School of Health and Sports Sciences
Mukogawa Women's University*

Abstract

In this study, we examined the general circle-tracing motion in young children and the characteristics of the coordinated movements and motor strategies involved in such motions. In Experiment, a self-motor-control task and indicator-tracking tasks were performed, and differences in accuracy and other measured variables were assessed for each task. In addition, task and age differences were examined. The findings of this experiment established that in the self-motor-control task, the degree of accuracy was high and the pen stroke strong; additionally, the time required decreased as age increased. However, the accuracy was low and the pen stroke was weak in the indicator-tracking tasks. These findings suggest that in the self-motor-control task, the fact that a motor plan for tracing a circular form was established in advance allowed the tracing movement to be executed with a high degree of accuracy and with strong pen strokes due to stable manipulation of the pen. In the indicator-tracking tasks, the fact that a motor plan could not be predicted suggested that participants accomplished the task by easing pressure on the pen in order to move it rapidly to match indicator and stroke timing.

はじめに

私たちは身体運動を行う時、その運動目的にあわせて上肢や手指、姿勢制御などの身体の各要素を協調させることによって、身体を調整し運動目的や計画を達成していくと考えられる。さらに、身体各部位の協調だけでなく外からの情報を基に相互に作用しあって運動を変容させていく。例えば、スポーツの場面では、ボールをゴールに入れるために、様々に変化する異なる条件下においてゴールの位置を正確に捉え、円滑に動作を切り替えて対応することが求められる。また、文字を書く、ものを操作する、手を伸ばして物を取るなどの日常的な単純な動作であっても、必要な外部情報を抽出して課題に応じて適切に遂行しようとしている。つまり、より目的に合ったパフォーマンスを発揮するためには、運動の制御や学習における感覚・知覚系と運動系との関係に関わる認知機能である知覚運動協応によって、運動計画を変容させていくだけでなく、身体的位置関係の把握、動きの方向やスピードの調整、筋緊張の程度をコントロールすることが必要不可欠である。

幼少年期は運動発達が著しい時期であり、生涯にわたる運動全般の基本となる動きを習得するうえで最も重要な時期であるといわれている^{1), 2)}。運動発達は粗大運動発達と微細運動発達に分類され、粗大運動発達 (gross motor development) は、体幹の運動を中心とした運動機能であり、背臥位から腹臥位・座位・立位・歩行と獲得していく発達を意味し、そのパフォーマンスの評価においては、学齢期以上で

は筋力、持久力、パワー、バランス、柔軟性など特定のテストバッテリーによってスコア化され定量されている。また、就学以前の幼児についても、特に定められた共通の項目はないものの同一項目でデータが収集され³⁾、年齢に伴う発達の特徴を知ることが可能となっている。一方、微細運動発達 (fine motor development) は、手指や上肢の関節部位を協応させて行う協調運動の発達を意味し、微細運動における運動パフォーマンスの評価においては、描画動作のプロセスに注目し描画の精度や速度の変化、ペンを持つ側の上肢運動機能の研究⁴⁾がある。

しかしながら、幼児期の運動発達においては、多様な動きの獲得と質の向上という特徴をもつ一方で、このような運動発達の進行や表出される運動パフォーマンスには個人差がみられ、運動パフォーマンスの差異がいかなる理由で表出されるのか、それらが幼児期以降の運動発達にどう関係するか、その背景となるメカニズムは不明確な点が多い。さらに、動きの発達には、知覚・認知機能が強く関連しており、要求された課題に対して最適に運動を遂行するための協調運動の制御機能の発達や習得のメカニズムを探ることは発達の特徴を知る上で極めて有用であるにもかかわらず、前述した知覚運動協応や新しい環境下に適応していくときに生じる様々なプロセスは明らかにされておらず、定量的に評価する方法も確立されていない。そこで、幼児期の運動発達の特性について動作・運動の操作や制御過程を規定する協調運動を評価するためには、要求された課題に対する身体動作の発達段階を把握する必要がある。

目的

微細運動は、指先だけでなく手首や肘などの関節の自由度を組み合わせることによって遂行され、試行側の上肢だけでなく非試行側の上肢や手指、姿勢制御などの身体の各要素を協調させることによって、身体を調整し課題目的を達成させていくと考えられる。また、精度を要求された課題の場合、動作の運動時間が長くなる、いわゆるトレードオフ関係が認められる。運動遂行中における速度と正確性のトレードオフ関係は多くの異なる条件下や異なる年齢段階、異なる身体部位などに共通して確認されており身体運動の特性を表す一般的概念として認められている。著者らは、これまでに幼児の円描画動作の精度と速度との関係性について、速度と精度を要求する教示と精度のみを要求する教示の2種類の教示のもと、描画課題の一周にかかる時間と正確さ、滑らかさを比較した⁵⁾。この実験では、精度を求める教示の方が、一周にかかる時間が長いが正確で滑らかに描けていることを明らかにした。これらの結果から、自身で精度や速度を調整することが可能な課題に対して、本人にとって描きやすいペンの持ち方や体勢、速度など運動を制御する上で本人にとって最適な運動戦略が形成され、教示通りに課題遂行されると考えられる。しかし、実際の運動場面や日常生活動作では、ものを一緒に運ぶことや縄跳びと一緒に飛ぶなど時間的制限下での正確さだけでなく、他者の運動と自身の運動を適応させることも求められる。

本実験では、円描画課題においてこれまで実施されていた幼児期の一般的な円描画動作の特徴と他者の運動と自身の運動を適応させる円描画動作の特徴とを比較検証することを目的とする。併せて、本実験では課題試行中に表出される動作や様子を個人の運動戦略と捉え、描画動作の観察によって収集した質的データから幼児の運動戦略の特徴を検討する。具体的には、一般的な円描画動作の課題では速度と精度を自身で制御する自己運動制御課題を実施する。そして、他者の運動と自身の運動を適応させる課題では、移動する指標に対して自身の動作を合わせて円を描く指標追跡課題を実施する。また、移動する指標の時間変化の設定については、過度に速度が速いまたは遅い課題を要求した場合、幼児の運動発達段階を考慮すると正確性が著しく低下すると想定されるため、幼児にとって調整可能な指標速度を設定する必要があると考えられる。そこで指標追跡課題では、自身で精度や速度を調整できる円描画にかかる時間と同じくらいの速度の指標を用いる。

方法

参加者 兵庫県内の私立 A 幼稚園に在籍する 5 歳児クラスの幼児 27 名 (男児右利き 12 名 : 平均 5.97 ± 0.28 歳, 女児 15 名 (右利き 16 名・左利き 1 名) : 平均 6.05 ± 0.03 歳) と 4 歳児クラスの幼児 29 名 (男児 14 名 (右利き 10 名・左利き 1 名・両利き : 平均 4.99 ± 0.26 歳, 女児 15 名 (右利き 13 名・左利き 1 名・

両利き1名)：平均4.94 ± 0.34歳)を対象とした。優位手の判別では、着座し、身体の中央にペンを置き最初にとった側の手および参加者の自己申告により優位手を決定した。優位手が決まらない参加者については、左右手の両方の試行を実施し参加者が最も描きやすい手を優位手として決定した。測定期間は、2023年2月で、参加者の保護者から書面で同意を得た該当幼児のみ実施した。なお本実験は、武庫川女子大学研究倫理委員会の承認を得て実施された(承認番号No.20-52)。

装置 描画課題には、TraceCoder®(株式会社システムネットワーク)が搭載された12.3インチのSurface Pro(以下、タブレット)とSurfaceペン(いずれもWindows社)を用いた。描画課題の刺激は、青色の一重円(直径10cm、線の太さ約0.4mm)で全てタブレットのディスプレイ上に呈示された。そして、描画開始位置にあるオレンジの小円(直径5cm)にペン先を置き、一重円の基線に沿って描き、始点と終点を結ぶペン先の座標値が測定された。さらに、始点と終点までの時間データおよび筆圧データが測定された。本装置の精度は、0.2mmで、サンプリング周波数は33Hzであった。得られた座標データは、タブレット内に保存された。また、課題試行中の幼児の様子について全身が枠に入るようにビデオカメラで撮影された。

課題 まず初めに、参加者には一重円を自身が描きやすいと感じる動作で描いていく自己運動制御課題を実施した。次に、開始位置に呈示されたオレンジの小円が移動し、時計回りに移動する小円の動きに合わせてなぞっていく指標追跡課題を行なった。この時、一重円上に12mm/sec(一周25s)の速度で円運動を行う指標(直径2.5cm)を用いた。それぞれの課題において、描画の描き出し位置と方向は、右手試行では270度の位置から時計回りとし、左手試行では90度の位置から反時計回りとし、その場所に呈示されたオレンジの指標を描画の開始位置とした。なお、全ての参加者間で課題の試行順序は固定された。

手続き 参加者は、机にあるタブレットと参加者の正中面とが垂直になる位置に正しく着座するよう求められ、机にあるタブレット上の円線に沿って描くよう求められた。机と椅子は、普段教室で使用しているものを使用した。自己運動制御課題では「できるだけ速く、きれいに」と教示し、指標追跡課題では指標が動くことその方向に加えて「オレンジの玉と一緒にかつ線からはみ出さないように」と教示した。本実験では、優位手において呈示された円を一周描くまでを1試行とし、自己運動制御課題と指標追跡課題を各2試行の計4試行が行われた。なお、課題実施前に参加者には2種類の課題の説明を紙媒体で説明した。

また、参加者の試行中の身体の動きの特徴については、子どもの協調運動機能を神経心理学的観点から測定するために開発されたMovement Assessment Battery for Children⁶⁾の検査項目の下位検査にある微細運動のチェックリストや幼児期の描画動作に関する先行研究⁷⁾を参考に、描画動作の観察項目(上半身3項目、頭部・視線3項目、ペンの握り方4項目、非試行手・足3項目、課題中の調整7試行、試行手の関節運動6項目)を作成した。作成にあたっては、幼児の身体運動学を専門とする大学教員に項目内容を検討し、項目内容の選定と修正を行った。これらの観察項目を基に2名の専門家によって参加者の全ての試行の描画動作が観察された。

データ解析 本実験では、教示通りに遂行できた試行を選別した。具体的には、自己運動制御課題では2試行のうち教示通りに速度と精度の調整が行われた試行を、指標追跡課題では2試行のうち指標が一周する到達時間により合わせることでできた試行をそれぞれ解析データとして用いた。そして、各課題の平均ズレ量(精度の指数)、平均筆圧、平均躍度(滑らかさの指標)を従属変数とした。さらに一周にかかった遂行時間と指標との到達時間差(速度の指標)も従属変数とした。ズレ量では、基線から逸脱した座標値を一周分算出した。指標との到達時間差は、指標となる小円が一周した時間とペンが終点に到達した時間との差分を算出した。また、描画動作の観察項目では、撮影されたビデオ映像を観察しながら2名の専門家が合議により各観点の頻度を決定した。なお、統計処理はJASP 0.18.1を用い有意水準は5%以下とした。

結果

各課題における平均ズレ量、平均筆圧、平均躍度、平均測定時間および平均到達時間差の平均値と標準偏差を Table1 に示す。また、試行中の描画動作の観察結果を Table2 に示す。まず、平均ズレ量、平均筆圧、平均躍度、平均測定時間において学年と課題を要因とする 2 要因分散分析を行った。

ズレ量の分散分析の結果、課題の主効果が有意であった ($F(1, 54) = 135.60, p < .001, \eta^2 = 0.54$) が学年の主効果 ($F(1, 54) = 0.62, p = .43, \eta^2 = 0.00$) と課題と学年の交互作用 ($F(1, 54) = 0.08, p = .77, \eta^2 = 0.00$) はともに有意ではなかった。このことから、学年によるズレ量の違いはないが、指標追跡課題のズレ量の方が自己運動制御課題よりも多いことが示された。次に、筆圧の分散分析の結果、課題の主効果は有意であった ($F(1, 54) = 12.35, p < .001, \eta^2 = 0.02$) が学年の主効果 ($F(1, 54) = 0.16, p = .69, \eta^2 = 0.00$) と課題と学年の交互作用 ($F(1, 54) = 0.39, p = .533, \eta^2 = 0.00$) はともに有意ではなかった。このことから、学年による筆圧の違いはないが、指標追跡課題の筆圧の方が自己運動制御課題よりも低いことが示された。

躍度の分散分析の結果、課題の主効果 ($F(1, 54) = 0.15, p = .70, \eta^2 = 0.00$) および学年の主効果 ($F(1, 54) = 0.97, p = .33, \eta^2 = 0.01$) ともに有意ではなかったが、課題と学年の交互作用は有意傾向が認められた ($F(1, 54) = 3.14, p = .082, \eta^2 = 0.02$)。このことから、課題の違いや年齢の違いによる明らかな滑らかさの差は認められなかった。最後に、測定時間の分散分析の結果、課題の主効果は有意ではなかったが ($F(1, 54) = 0.05, p = .83, \eta^2 = 0.00$)、学年の主効果 ($F(1, 54) = 6.04, p = .02, \eta^2 = 0.05$) および課題と学年の交互作用 ($F(1, 54) = 5.76, p = .02, \eta^2 = 0.05$) では有意であった。交互作用が有意であったため、単純主効果検定を行った結果、自己運動制御課題では、4 歳児クラスよりも 5 歳児クラスの測定時間が短いことが示された ($F(1, 54) = 5.91, p = .018, \eta^2 = 0.09$)。一方、指標追跡課題では、4 歳児クラスと 5 歳児クラスの間で測定時間に違いは認められなかった ($F(1, 54) = 3.01, p = .09, \eta^2 = 0.05$)。このことから、課題の違いによって一周にかかる時間の差は認められなかったが、年齢が上がることによって自己運動制御課題の測定時間が短くなることが示された。

次に、各学年で参加者の到達時間が指標の到達時間よりも遅いかどうかについて 5 歳児クラスと 4 歳児クラスともに 1 サンプルの t 検定で検討した。その結果、5 歳児クラスの到達時間と指標の到達時間に有意な差が認められた ($t(26) = 9.89, p < .001, d = 0.32$)。また、4 歳児クラスの到達時間と指標の到達時間にも有意な差が認められた ($t(28) = 13.34, p < .001, d = 0.37$)。このことから、5 歳児クラスと 4 歳児クラスともに指標の到達時間より遅れて到達することが示された。

次に、描画課題試行中の身体的特徴の観察の結果、5 歳児クラスでは背筋はタブレットと垂直に保つことができているが、試行手を動かすのと同じように体も一緒に円を描くような動きを行なっている参加者が自己運動制御課題では 3 名、指標追跡課題では 11 名いた。一方、指標追跡課題ではこのような動きを参加者の 9 名がタブレットに顔を近づけた状態であり、また他の 2 名の参加者は頭部の角度が傾いていた。また、ペンの握り方の項目では 2 指握りや 3 指握りをしており 5 歳児クラスの多くは正しくペンを握っていた。課題中の調整では、試行途中でペンが基線や指標から外れた時など上手くいかなかった時に「あー」と声を出す参加者や「んー」と声を絞り出す参加者がいた。特に、指標追跡課題中の発言では指標に対して「待って待って」と発言する参加者や「うまくできている？できている？」と試行中ずっと実験者に問いかけている参加者がいた。また、試行側の関節運動では自己運動制御課題や指標追跡課題ともに多くの参加者が肘と手首の関節を協調させながら描画動作を行っていた。その中でも指標追跡課題では、試行手を動かすのと同じように体も一緒に動いている 11 名の参加者は、肘と手首の関節運動だけでなく頭部を含む上半身も一緒に動いていた。

目と手の協応課題における幼児の協調運動と運動戦略の特徴

Table1 各従属変数の平均値と標準偏差

課題	学年		ズレ量(cm)	筆圧(N)	躍度(m/s ³)	測定時間(S)	指標との到達時間(S)
自己運動制御課題	5歳児 (n=27)	M (SD)	0.31 (0.42)	4.38 (0.58)	1.74 × 10 ³ (0.04 × 10 ³)	22.37 (6.15)	—
	4歳児 (n=29)	M (SD)	0.42 (0.61)	4.28 (0.71)	1.55 × 10 ³ (0.05 × 10 ³)	28.83 (12.46)	—
指標追跡課題	5歳児 (n=27)	M (SD)	2.60 (1.35)	4.12 (0.71)	1.65 × 10 ³ (0.03 × 10 ³)	25.79 (0.42)	-0.79 (0.42)
	4歳児 (n=29)	M (SD)	2.83 (1.61)	4.09 (0.66)	1.68 × 10 ³ (0.03 × 10 ³)	25.98 (0.39)	-0.98 (0.39)

Table2 描画動作の観察項目と各課題の観察結果

観点	項目	5歳児(n=27)		4歳児(n=29)	
		自己運動制御課題 (%)	指標追跡課題 (%)	自己運動制御課題 (%)	指標追跡課題 (%)
上半身	背筋の曲がりや傾き	3.70	11.11	24.14	17.24
	絶えず動く／もぞもぞ(そわそわ)する	0.00	0.00	0.00	3.45
	手を動かすのと同じように体も一緒に動いている	11.11	40.74	6.90	17.24
頭部・目線	タブレットに顔を近づけすぎ	11.11	33.33	17.24	17.24
	頭を傾けすぎ(変な角度)	0.00	7.41	20.69	17.24
	課題を見ていない	0.00	0.00	0.00	0.00
ペンの握り方	ペンの握りがおかしい・うまく握れていない	11.11	11.11	24.14	24.14
	持ち手がペン先から離れすぎる	0.00	0.00	13.79	13.79
	持ち手がペン先に近すぎ	3.70	7.41	17.24	17.24
	課題遂行中、持ち手を替える	0.00	0.00	0.00	0.00
非試行手・足	ペンとは反対側の手を固定していない	3.70	3.70	6.90	6.90
	肘がついている	0.00	0.00	0.00	0.00
	両足が地面についていない	0.00	0.00	0.00	0.00
課題中の調整	ぎくしゃくとした動き(震える等)	0.00	0.00	10.34	10.34
	力を入れすぎてタブレットを強く押す	0.00	0.00	3.45	0.00
	力が入っていない	0.00	0.00	3.45	0.00
	声が漏れる・声を発する	11.11	7.41	10.34	10.34
	課題遂行にあまりにも時間がかかる	0.00	0.00	0.00	0.00
	速すぎて正確さが欠ける	0.00	0.00	0.00	0.00
	指示(教示)が入っていない	0.00	0.00	0.00	0.00
試行側の関節運動	肘の屈伸運動のみ	0.00	0.00	13.79	20.69
	手首の回旋運動のみ	0.00	3.70	0.00	0.00
	指関節運動のみ	0.00	0.00	0.00	0.00
	肘の屈伸運動と手首の回旋運動と指関節運動	0.00	0.00	0.00	0.00
	手首の回旋運動と指関節運動	0.00	0.00	0.00	0.00
	肘の屈伸運動と手首の回旋運動	100.00	92.95	86.21	75.86

一方、4歳児クラスでは、課題開始前に指示された背筋の曲がりや傾きそして頭部の角度が試行途中で崩れてしまった参加者がいた。また、ペンの握り方の項目では、ペンを指先で持つ指尖り握りや中指と薬指の間にペンを挟む挟み握りの参加者もいたが、多くは2指握りや3指握りをしており4歳児でも

正しくペンを握っていた。さらに、課題中の調整項目では、試行手や試行中の上肢の緊張が強くなって手の振戦が見られたり、反対にペンを寝かせて描くことで力をかけずに課題中の調整を行っていた様子が観察された。声を発する参加者の多くは喉の奥がつまったような「あー」や「うー」などの意味のない発声をした。また、試行側の関節運動では、自己運動制御課題や指標追跡課題ともに多くの参加者が肘と手首の関節を協調させながら描画動作を行っていた。しかし中には、指先の関節運動のみを利用しながら描画動作を行っている参加者もいたが、これはペンを寝かせた状態で描画動作をしている参加者に観察された。また、肘の関節運動のみを利用しながら描画動作を行っている参加者のほとんどは、指尖り握りや挟み握りでペンを操作させていた。

考察

自己運動制御課題と指標追跡課題においてどのような描画動作の特徴があるのかを検討した結果、年齢に関係なく自己運動制御課題では、指標追跡課題よりもズレ量が少なく、筆圧も強いことが示された。これらの結果から、自己運動制御課題のような自身で運動を制御する場合には、事前に円描画の運動の計画を立てることができることから、ペンの操作性を安定させるために筆圧を強くするような動作を実行した結果、スムーズな描画動作が実行できたと考えられる。一方、幼児では指標追跡課題のような自身以外の運動と協調して動く運動の制御が難しかったと考えられる。指標追跡課題では、事前に指標速度を予測することが困難であるため、指標とタイミングを瞬時に合わせるための素早い動作に繋げるために上肢の力を抜くなど筆圧を弱めに調整しながら描画動作を遂行していると考えられるが、幼・小児期の上肢運動機能の発達では、筆圧の安定性は7歳以降で安定するという発達過程が示されており⁴⁾、指標追跡課題における筆圧の弱さの根拠が、課題を最適に遂行させるための運動パターンなのか、4～6歳児における筆圧の安定性の未発達さにあるかについては検証できなかった。

次に、各課題における年齢の違いについて検討した結果、自己運動制御課題では、5歳児クラスでは4歳児クラスよりも自己運動制御課題の一周にかかる測定時間が短かったが、精度と筆圧には年齢の違いがないことが分かった。このことから、年齢が上がることによって、速度を上げて描画動作を遂行することが可能となることが示唆された。この理由としては、4歳児よりも5歳児にとって、精度の要求よりも速度の要求に対して調整することが容易であることがその原因であると思われる。一方、指標追跡課題では年齢に関係なく指標が到着する時間にタイミングが僅かに遅れて到着することが示されたことから、幼児期では自身で動作を調整する場合には、年齢が上がるにつれて精度を維持したまま速度を上げることが可能になるが、自身の動きと同程度の速度に合わせる場合、筆圧を弱めに調整することで指標とのズレを修正しようと試みるが、4～6歳では上肢の運動機能や筆圧の安定性が保たれていないため、指標とタイミングよく合わせる事が難しかったと考えられる。特に、指標追跡課題では基線以外の外部からの情報(指標など)や刺激(速度の変化)が加わりさらに、指標の動きを予測して追跡を行うことが要因となり、移動する指標に対して自身の動作を合わせて円を描く運動に対して自身の動作を調整あるいは修正することが困難になったのではないかと示唆される。これらの他に、指標追跡には指標を捉える眼球運動機能や注意力などの能力⁸⁾の発達とその関与も原因であると思われる。

また、描画課題試行中の身体的特徴の観察の結果をまとめると、課題前に座位の方位を指示していることから5歳児クラスでは極端に背筋の湾曲や傾きを示す参加者数は少なかったが、タブレットに顔を近づけた状態の参加者は一定数いた。姿勢保持と課題への取り組みを同時に行う二重課題実施下においては、注意などの認知資源をそれぞれの課題に配分する必要が生じるため、この注意の配分がそれぞれの課題遂行結果に影響し得ると考えられている⁹⁾。二重課題下では姿勢制御が低下することを報告した研究は数多く存在しており^{10), 11)}、課題の遂行が姿勢保持に大きく影響を与えることから、自身で動作を制御する課題であっても要求された動作に加えて、指定された座位姿勢の保持も求められた結果、5歳児クラスでは背筋をまっすぐ保つことには注意を向けることができたが、求められた課題を遂行するために頭部をタブレットに近づけたのではないかと考えられる。一方、4歳児クラスでは座位姿勢の保持よりも、おそらく要求された課題を優先的に遂行することに注意を向けたのであろう。これら上半身

との姿勢の維持と頭部の曲がりや傾きについては、特に一部の5歳児では、指標追跡課題で要求された課題を遂行するために頭部とタブレットの距離を縮め、体幹を含む上半身を利用するという特異的な運動戦略を示す幼児が一定数いることが分かったが、これらが姿勢の維持と指標を追跡する課題遂行のための運動戦略の乏しさからくる特異的な運動パターンか、そもそも発達段階で見られる運動戦略の1つで、発達するにつれて上記のような特異的な運動戦略が収束していくものなのか発展していくものなのかどうかは、明らかにすることができなかった。

さらに、試行側の関節運動の観察の結果から、4歳児クラスと5歳児クラスの幼児の多くは、指の関節を動かすのではなく肘や手首を動かして円を描くような運動戦略が示された。藤原ら¹²⁾の研究では、8歳から90歳の健常者を対象にして大円(直径10cm)と小円(直径4cm)をメトロノームに合わせて大円では一周8秒、小円では一周3秒でトレースする課題を行なった結果、大円を描く場合では遠位の手や手指関節を固定し粗大運動を行う近位の肩肘関節を、反対に小円を描く場合では近位の肩肘関節を固定し細かな運動を行う遠位の手や手指関節をそれぞれ動かすことに加えて、小円の動作の方がより正確な運動に適していることが報告されている。本実験では10cmの円を課題として用いた結果、指先の動きは観察されなかったが肘と手首の関節の動きが観察され藤原ら¹²⁾と異なる結果となった。これには、要求された課題の違いが関連していると考えられる。すなわち、本実験では精度と速度を自身で制御できる課題と指標と一緒に合わせる課題を用いたことで、多くの幼児は粗大な動きを行う近位の肩肘関節運動だけでなく、より描画動作の精度を上げるために遠位の手首関節を戦略的に利用したと考えられる。また、一部の5歳児と4歳児では指標追跡課題の場合、手首の運動と合わせて体幹を含む上半身を戦略的に利用して描画運動を実行する特徴が見られた。このことから、移動する指標に対して自身の動作を合わせて円を描く運動の場合、指標の動きを予測して追跡を行うなどの他の要因も考えられることから、一般的に精度や速度を求められる描画の巧緻性とは少し異なる運動能力を必要とするのではないかと考えられる。

最後に、自己運動制御課題と指標追跡課題において、自身の運動に伴う身体的感覚を言語に変換しようとする現象が4歳児クラスと5歳児クラスともに観察された。このような自身の運動に伴う身体的感覚を言語に変換しようとする作業は、自身の動作を意識的に知覚し、自身の運動経過に意識を向け運動を制御すると考えられている¹³⁾。例えば、「待つて」の言葉に関しては、実際の指標の動きよりも自身の動作が遅れていると主観的に評することで、自身の動作を調整しようと試みていると考えられる。また、「あー」などの発声に近い言葉に関しては、自身の運動動作に伴う身体的感覚を言語に変換しようとする努力しながらも、自己の動作に意識を向け調整しようと試みているのではないかと考えられる。つまり、自己運動制御課題ではペン先が基線から外れていること、指標追跡課題では実際の指標の動きよりも自身の動作が遅れていること、そして、ペン先が基線から外れていることをそれぞれ主観的に評価しフィードバックすることによって、自身の動作を調整しようと試みていると考えられる。特に、4歳児クラスでは発声に近い言葉のみ発せられたことから、自身の運動に伴う身体的感覚を言語に変換することが難しいのではないかということが示唆される。

まとめ

本実験では、円描画課題においてこれまで実施されていた幼児期の一般的な円描画動作の特徴と他者の運動と自身の運動を適応させる円描画動作の特徴とを比較検証することを目的とする。併せて、本実験では課題試行中に表出される動作や様子を個人の運動戦略と捉え、描画動作の観察によって収集した質的データから幼児の運動戦略の特徴を検討した。その結果、自己運動制御課題では、事前に円描画の運動を計画し、戦略的に筆圧を強くすることによってペンの操作を安定させるような運動を遂行することが可能になることが示唆された。一方、指標追跡課題では、5歳児と4歳児ともに事前に指標速度を予測することが困難であるため、指標とタイミングを瞬時に合わせるための素早い動作に繋げるために上肢の力を抜くなど戦略的に筆圧を弱めに調整しながら描画動作を遂行しているのではないかと考えられるが、この筆圧を弱めることが課題遂行のための戦略なのか、そもそも幼児期における筆圧の安定性

の未発達さであるのかを、明確にすることはできなかった。

さらに、本実験で得られた身体的特徴では、粗大な動きを行う近位の肩肘関節運動だけでなくより描画動作の精度を上げるために遠位の手首関節を利用し描画動作を遂行するといった戦略的な特徴が見られた。特に、指標追跡課題では、体幹を含む上半身の円運動をも利用するという特異的な運動戦略を示す幼児が一定数いることが分かった。中には、背筋の湾曲や傾斜、頭の角度などの体幹の不安定性が観察されたが、このような課題遂行中の身体的特徴が描画動作の成果に直接的に影響するかどうかは本実験では検証できなかった。しかし、上肢の運動制御に座位姿勢が関連することを考慮すると¹⁴⁾、表出された動作の結果が単に課題の違いによるものであると断言するには限界があるため、今後、観察された上肢運動が測定結果に影響を与えているかどうかを検討する必要がある。

最後に、描画動作を遂行する上で、幼児らは与えられた教示に従って描く速度や筆圧などの変数を調整するだけでなく、姿勢や上肢の関節をそれぞれ協調させていると考えられる。描画動作に限らず課題遂行に多様なプロセスがあることを前提として、出来不出来などの課題の成果のみ着目するのではなく、個人の運動戦略の問題として捉える必要があると考えられる。また、今後は何かに合せて一緒に動くだけでなく、一定の距離を保ちながら動くなどの状況に合わせて自身を動作させる課題や、時空間情報、大きさ情報など外部刺激に対する情報処理を検証することで、幼児期の知覚運動協応の発達やその運動がどう調整・修正されていくのか、さらには走る・飛ぶなどの粗大運動にどのように影響するかなど、幼児の運動制御メカニズムを検証することが課題である。

付記

本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C)課題番号 19K11635 研究代表 長岡雅美)「幼児期から児童期におけるコオーディネーション能力の発達」の研究成果の一部である。

引用文献

- 1) Meinel K, (金子朋友訳). マイネル・スポーツ運動学. 大修館書店, 1981, pp.299-315.
- 2) Gallahue D. L, (杉原隆監訳). 幼少年期の体育. 大修館書店, 1999, pp.45-50.
- 3) 穂丸武臣. 幼児の体格・運動能力の30年間の推移とその問題. 子どもと発育発達, 2003, Vol.1, No.2, pp.128-132.
- 4) 橋爪一治・伊賀崎伴彦・村山伸樹・林田祐樹. 幼・小児期における上肢運動機能の発達－指標追跡描円運動課題の3次元モデル－. 臨床神経生理学, 2012, Vol.40, No.2, pp.73-81.
- 5) 三好智子・長岡雅美. 幼児期におけるコオーディネーション能力評価に向けた基礎的研究(1)－TraceCoder®を用いた描画動作の特徴－. 日本幼小児健康教育学会第38回大会抄録集, 2019, pp.34-35.
- 6) Henderson S.E. & Sugden, D.A. Movement Assessment Battery for Children manual. Psychological Corporation, London, 1992.
- 7) 増田貴人. MABCを用いた発達性協調運動障害が疑われる幼児の描画動画の検討. 弘前大学教育学部紀要, 2007, No.98, pp.67-73.
- 8) 海老澤嘉伸・南谷晴之・守靖之・高瀬守一郎. 運動指標追跡における注意力と滑動性眼球運動特性との関係－実験およびシミュレーションによる検討－. 電子情報通信会論紙D, 1988, Vol.J71, No.67, pp.1117-1126.
- 9) Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. Gait & Posture, 2002, 16 (1), pp.1-14.
- 10) Blanchard Y, Carey S, Coffey J, Cohen A, Harris T, Michlik S, & Pellecchia G.L. The influence of concurrent cognitive tasks on postural sway in children. Pediatric Physical Therapy, 2005, 17 (13), pp.189-193.
- 11) Legrand A, Bui-Quoc E, Doré-Mazars K, Lemoine C, Gérard C. L, & Bucci M. L. Effect of a dual task on postural control in dyslexic children. PLoS One, 2012, 7, e35301.
- 12) 藤原奈緒子・櫛田直規・村上恒二・藤本眞一. デジタルトレーステスト法を用いた上肢協調性の検討. 一年齢・利き手・描画方法による相違について－. 広島大学保健学ジャーナル, 2003, Vol.2, No.2, pp.22-28.

- 13) 金子正和. スキー運動における自己観察について –スキー滑走姿勢(プルーク姿勢)の再現能力–. 日本スキー学会誌, 1997, Vol.7, No.1, pp.155-164.
- 14) Miyahara M, Piek J P, & Barrett N. C. Effect of postural instability on drawing errors in children: a synchronized kinematic analysis of hand drawing and body motion. *Human Movement Science*, 2008, 27, pp.705-713.

受理日 2024 年 1 月 19 日