研 究

児童期前期における実行機能と敏捷性との関係

翔1) 山本 訓子1) 松村 京子2) 青山

[論文要旨]

本研究では、児童期前期における子どもの実行機能とセルフレギュレーション(SR)、敏捷性との関係について 仮説モデルを想定し、検討することを目的とした。6歳の子どもを対象とし、実行機能課題、SR 課題、敏捷性課 題の測定を行った。その結果、実行機能課題と SR 課題、実行機能課題と敏捷性課題との間に有意な相関関係がみ られた。また、想定された仮説モデルをもとに、実行機能がSR および敏捷性に影響を与えているかについて検討 するために共分散構造分析を行った。その結果、聴覚的ワーキングメモリ(WM)が SR に、抑制機能および視覚 的 WM が敏捷性に影響を与えていることが明らかになった。

Key words: 実行機能, セルフレギュレーション, 敏捷性, 調整力, 小学 1 年生

Ⅰ. 目 的

われわれにとって、外界の刺激に応じて意識的に行 動や思考を制御することは、日常生活において極め て重要である1)。このような能力を認知的な側面から とらえた実行機能が注目を浴びている。実行機能と は、高次の認知的制御および行動制御に必要とされる 能力である②。実行機能は広範な認知過程を含んでお り、Miyake らのモデル³⁾によると、抑制機能、切り 替え、更新という3要素を重要としている。抑制機能 は、 当該の状況で優位な行動や思考を抑制する能力、 切り替えは、課題を柔軟に切り替える能力、更新はワー キングメモリ (WM) に保持されている情報を更新す る能力である。この実行機能の3要素は、互いに関係 しながらも、区別し得るものであると報告されてい る3)。また、実行機能の概念を含み、社会的な適応行 動として現れたものはセルフレギュレーション(SR) と呼ばれ⁴⁾, 幼児期のSRの能力は就学後の学業成績

を予測すると報告されている5)。Kloo ら6)は、実行機 能の発達について、3~5歳頃までには、まず抑制機 能と WM が発達し、7歳頃から抑制機能、切り替え、 WMの3つの能力が同定されるようになると報告し ている。これらの能力の発達時期は同じではなく,別々 の発達経路を持つ7)。

また、近年、運動と実行機能との関連性を検討する 研究も行われており 8 , Kamijo ら 9 は、 $7 \sim 9$ 歳の子 どもを対象に、放課後に有酸素運動のトレーニングを 行ったグループは統制グループよりも有意に WM の 能力が高まったことを報告している。Davis ら¹⁰⁾は、 児童期の子どもにおいて、有酸素運動トレーニングを 行ったグループは統制グループよりも有意に SR の向 上がみられたことを報告している。さらに、有酸素運 動の能力が高い児童の方が低い児童に比べ抑制機能課 題の成績が高かったことを示す研究もみられる110。ま た, 有酸素運動だけでなく, 就学前の子どもの敏捷性 や平衡性などの調整力が求められる運動課題の成績が

The Relationship between Executive Function and Agility of Physical Abilities in the First Grade Primary School Students

[3025]

受付 18 4 5 採用 18. 7.13

Sho Aoyama, Noriko Yamamoto, Kyoko Imai-matsumura

- 1) 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科(博士課程学生)
- 2) 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科(教授)

WM および切り替え能力を含む実行機能課題の成績に影響を与えていることが報告されている¹²⁾。12~16歳の子どもにおいても、調整力課題の成績が WM 課題の成績を予測するという報告がみられる¹³⁾。このように、運動が実行機能に及ぼす影響については多くの研究で報告されている。

一方、実行機能が運動に及ぼす影響についての研究 はほとんどみられない。しかし、実行機能に含まれる 抑制機能や WM が、敏捷性で求められるような運動 抑制や正確に素早く運動を行う能力に対して重要な役 割を果たしていることは十分に考えられる。敏捷性は. 外界の動きに対して、体を素早く適切に動かす、ある いは自分が意図する動きを素早く実現するうえで重要 な能力である14)。また、敏捷性は、複雑な神経過程を 含み、動きとして現れてくる運動を調整し統合する能 力である調整力の構成要素である15,16)。そして、敏捷 性を含む調整力は神経系の発達に伴い2~3歳頃から 急速に発達し、小学校高学年でほぼ成人レベルにまで 達すると言われており17,18),就学前後の時期の発達は 明らかである。このように、子どもの運動特性をとら えるには、最大努力による運動だけでなく、調整力で 求められるような運動抑制を含む運動制御の能力に注 目することが重要であるといえる19)。実際に、敏捷性 を測定する運動課題では、運動の順序を正確に記憶す ることや, 体の動きを抑制し, 次の動きに素早く切り 替えることが求められる12)。

以上のことから、実行機能の構成要素である抑制機能や WM が敏捷性に影響を与えていることが想定される。そこで、本研究では仮説モデルとして、実行機能の各要素が SR および敏捷性に対して影響を与えているとする仮説モデルを設定した(図1)。そして、実行機能および敏捷性の発達が著しいと考えられる小学1年生を対象に測定を行い、このモデルの検討を行うことを本研究の目的とした。本研究により、実行機

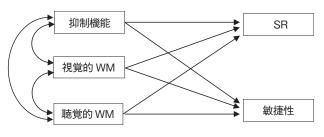


図1 実行機能の各要素が SR および敏捷性に対して影響を与えているとする仮説モデル

能の敏捷性への影響について明らかになれば、実行機能がこれまでの研究で明らかになっている学業成績や社会的能力だけでなく運動能力においても重要な役割を担っているとする実行機能の新たな側面への重要性を強調する知見が得られることが期待される。

Ⅱ. 対象と方法

1. 対象児

A県B小学校の1年生53名(男児30名, 女児23名; 平均月齢81.75か月,標準偏差3.61,範囲76~87か月), 2学級を対象とした。

2. 評価項目

i. 実行機能課題

a. 抑制機能課題

抑制機能を測定するために、フルーツ・ベジタブルストループ課題^{20,21)}を用いた。

b. WM: 視覚的 WM 課題と聴覚的 WM 課題

- (1) 視覚的 WM を測定するために、手の動作課題(K-ABC II) ²²⁾を用いた。
- (2) 聴覚的 WM を測定するために, 逆唱課題(日本版 WISC- IV下位尺度)を用いた。

ii. SR 課題

子どもの行動面のSRを測定するために、Head-Toes-Knees-Shoulders(HTKS)課題⁵⁾を用いた。この課題では、WM、認知的柔軟性、抑制の能力の統合が求められる。

iii. 敏捷性課題

身体運動の移動や方向転換を素早く行う能力である 敏捷性を測定する代表的な指標として反復横跳びが広 く用いられている²³⁾ことから、本研究では敏捷性課題 として新体力テスト実施要項(6~11歳対象)より、 反復横跳びを用いた²⁴⁾。

3. 手続きおよび倫理的配慮

2016年7月,小学1年生の児童55名の保護者に研究への参加を文書で依頼した。研究への参加は53名(96%)が同意した。保護者の同意が得られた児童に対して、実行機能課題、SR課題、敏捷性課題を小学校の一室で、訓練された大学院生により個別に行い、内容はビデオで記録された。一人当たりの所要時間は約20分であった。

第77巻 第5号, 2018 443

表1 各課題の記述統計量

課題	人数	平均値	標準偏差	範囲
抑制機能課題	53	28.23	10.73	7~65
視覚的 WM 課題	53	9.32	2.94	2~16
聴覚的 WM 課題	53	5.36	1.3	0~7
SR 課題	53	47.57	7.24	25~59
敏捷性課題	53	26.72	4.22	19~37

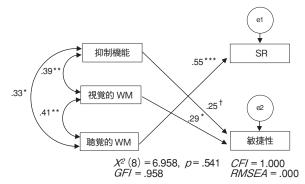
Ⅲ. 結果

各課題の記述統計量を表1に示した。

また、課題間の相関係数を算出し、表2に示した。なお、抑制機能課題は反応時間を測定しており、反応時間が短いほど抑制機能が高くなる。そのため、逆点項目として処理を行い、値が高いほど能力向上を示す正の相関となっている。抑制機能課題と視覚的WM課題、聴覚的WM課題、SR課題、敏捷性課題との間に有意な相関がみられ、視覚的WM課題と聴覚的WM課題、SR課題、敏捷性課題との間に有意な相関がみられ、聴覚的WM課題とSR課題との間に有意な相関がみられ、聴覚的WM課題と敏捷性課題との間の相関に有意傾向がみられた。

さらに、実行機能に含まれる抑制機能やWMが、SR および敏捷性に影響を与えているとする仮説モデル(図1)の適合性を検討するために、Amos 5.0を用いて共分散構造分析を行った。仮説モデルの各指標を算出したところ、適合度は低く、モデルとして採用するには適切とはいえなかった。したがって、不要なパスを消しながら、複数のモデルを検討した。その結果、それらのモデルの中で最も適合度が良かったものを図2に示す。なお、抑制機能については、前述したように、値が低いほど能力が高いことを示すため、逆点項目として処理を行った。

図 2 に示すモデルの適合度の結果は, X^2 (8) = 6.958, p = .541, GFI = .958, CFI = 1.000, RMSEA = .000であり, データとモデルの適合は基準を満たして



値は標準偏回帰係数を示す。パスを引いていない箇所は標準偏回帰係数が有意でなかったことを示す。 $^{\dagger}p$ < .10, $^{*}p$ < .05, $^{**}p$ < .01, $^{***}p$ < .001

図2 実行機能の各要素が SR および敏捷性に対して及 ほす影響

実行機能の各要素が SR および敏捷性に対して及ぼす影響について検討するために、図1の仮説モデルをもとに共分散構造分析を行った最適モデルの結果を示す。

いると判断した。

その結果, 抑制機能と視覚的 WM (β = .39, p < .01), 視覚的 WM と聴覚的 WM (β = .41, p < .01), 抑制機能と聴覚的 WM (β = .33, p < .05) との間に有意な相関がみられた。また,聴覚的 WM から SR へのパス (β = .55, p < .001) が有意となり,視覚的 WM から敏捷性へのパス (β = .29, p < .05) が有意であり,抑制機能から敏捷性へのパス (β = .25, p < .10) が有意傾向を示した。即ち,聴覚的 WM が高いほど SR が高くなり,抑制機能,視覚的 WM が高いほど SR が高くなることが明らかになった。

Ⅳ. 考 察

本研究で敏捷性を測定するために用いた反復横跳びは、単純な移動速度ではなく、動作方向を正確に変更する速さが求められ、優位な運動を抑制し、反対方向に体を移動させるために注意を素早く切り替えることが求められる運動課題であった。一方、本研究で用いたフルーツ・ベジタブルストループ課題で必要とされるような抑制機能は、当該の状況で優位な行動や思考

表2 全体の課題間の相関係数

	1	2	3	4	5
1. 抑制機能課題	_				
2. 視覚的 WM 課題	.394**	_			
3. 聴覚的 WM 課題	.331*	.406**	_		
4. SR 課題	.324*	.304*	.547***	_	
5. 敏捷性課題	.343*	.353*	.246 [†]	.099	

[†] p < .10, *p < .05, **p < .01, ***p < .001

を抑制する能力である²⁵⁾。以上のことから、実行機能の下位機能である抑制機能が敏捷性で求められるような運動の抑制にも影響を与えていたと考えられる。

また, 聴覚的 WM から敏捷性への影響はみられなかったが, 視覚的 WM が敏捷性に影響を与えていることが明らかになった。敏捷性は, 移動の速さだけでなく, 視覚的な説明による課題の理解および視覚的な記憶が求められる¹²⁾。敏捷性課題として測定した反復横跳びは, 対象児である小学1年生にとってほとんど経験したことがない複雑な運動課題であり, 検査者がその方法を実際にやってみせて説明する必要があった。言葉による教示も同様に行っていたが, どのような動きをすればよいのかを視覚的に記憶する能力が求められたと考えられる。さらに, 課題を行っている最中にはできるだけ素早く移動する必要があり, 次の動きを頭の中でイメージしながら動く必要があることから, 視覚的 WM が敏捷性に影響を与えていたのではないかと考えられる。

一方、抑制機能、視覚的 WM、聴覚的 WMの実行機能の要素は互いに有意な相関関係にあること、共分散構造分析の結果から、実行機能の中でも聴覚的 WM が SR に影響を与えていることが明らかになった。Miyake ら³は、実行機能の要素は互いに相関していることを報告している。SR の測定として用いた HTKS 課題では、課題が進むにつれて言葉で説明されたルールを覚えておく必要があるため、聴覚的 WM が SR に影響を与えていたと考えられる。McClelland ら⁵は、幼児期の子どもを対象とした研究において、実行機能課題と HTKS 課題との相関関係は認められたが、実行機能課題の中でも聴覚的 WM 課題のみが HTKS 課題を予測したことを報告しており、本研究の結果と一致している。

本研究では、調整力の中でも特に敏捷性を測定することができる反復横跳びについて検討を行った。運動制御を必要とする他の運動能力に対しても実行機能が影響を与えるのかについて検討することは今後の課題である。また、本研究では、小学1年生を対象としており、実行機能や調整力の発達が顕著である幼児期についても検討していくことも必要である。今後の研究により、実行機能とさまざまな運動能力との関連性を幅広い発達段階において検証することが期待される。

Ⅴ. 結 論

児童期前期の子どもにおいて、実行機能とSRおよび敏捷性との間に有意な相関関係がみられ、聴覚的WMがSRに、抑制機能および視覚的WMが敏捷性に影響を与えていることが明らかになった。本結果より、実行機能の重要な構成要素である抑制機能が敏捷性で求められるような運動の抑制にも影響を与えていたと考えられる。また、動きを視覚的に記憶する能力が体の移動や方向転換を素早く行う能力である敏捷性に影響を与えていることが考えられる。本研究により、これまでの先行研究で報告されてきた実行機能が学業成績や対人行動等に与える影響だけでなく、運動制御を必要とする敏捷性にも影響を与えていることが示唆された。

「幼少期における実行機能と調整性運動能力との関係」, 第19回日本教育実践学会発表,平成28年11月.

「Relationship between executive function, self-regulation, and agility during early childhood」,The 18thEuropean Conference on Developmental Psychology,平成29年8月.

科学研究費(基盤研究(c))課題番号16K01866(松村京子) の研究助成を受けています。

利益相反に関する開示事項はありません。

文 献

- 森口佑介. 就学前期における実行機能の発達. 心理 学評論 2008;51:447-459.
- 2) Duncan J. Disorganization of behavior after frontal lobe damage. Cognitive Neuropsychology 1986;3: 271-290.
- 3) Miyake A, Friedman N, Emerson M, et al. The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex Frontal Lobe Tasks: A Latent Variable Analysis. Cognitive Psychology 2000; 41: 49-100.
- 4) McClelland M, Cameron E. Self-regulation and academic achievement in elementary school children. New Directions for Child and Adolescent Development 2011; 133: 29-44.
- 5) McClelland M, Cameron E, Duncan D, et al. Predictors of early growth in academic achievement: the head-toes-knees-shoulders task.

第77巻 第5号, 2018 445

- Frontiers in Psychology 2014; 5:599-613.
- 6) Kloo D, Perner J. Training transfer between card sorting and false belief understanding helping children apply conflicting descriptions. Child Development 2003; 74: 1823-1839.
- 7) 森口佑介. わたしを律するわたし. 京都大学学術出版会, 2012.
- 8) Kamijo K, Takeda Y. General physical activity levels influence positive and negative priming effects in young adults. Clinical Neurophysiology 2009; 120:511-519.
- 9) Kamijo K, Pontifex M, O'Leary K, et al. The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children.

 Developmental Science 2011; 14: 1046-1058.
- 10) Davis L, Phillip T, McDowell E, et al. Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized Controlled Trial. Health Psychology 2011; 30: 91-98.
- 11) Hillman C, Buck S, Themanson J, et al. Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children.

 Developmental Psychology 2009; 45: 114-129.
- 12) Niederer I, Susi K, Janine G, et al. Relationship of aerobic fitness and motor Skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina); A cross-Sectional and longitudinal study. BMC pediatrics 2011; 11:34-43.
- 13) Rigoli D, Piek J, Kane R, et al. Motor coordination working memory, and academic achievement in anormative adolescent sample: Testing a mediation model. Archives of Clinical Neuropsychology, 2012: 1–15.
- 14) 宮口和義, 出村慎一. 幼児の敏捷性に対するテレビ ゲーム及び運動遊びの影響. 発育発達研究 2012;55: 23-32.
- 15) 西村 誠,山口孝治.幼児期の調整力の学習効果についての縦断的研究.仏教大学教育学部学会紀要2015;14:109-115.
- 16) 加納裕久. 幼児期におけるコオーディネーション研究の理論的基礎. 人間発達学研究. 2016;7:51-64.

- 17) 出村愼一, 村瀬智彦, 春日晃章, 他. 幼児のからだ を測る・知る; 測定の留意点と正しい評価法. 杏林 書院, 2011.
- 18) 武島愛理, 富永大介. 幼児期における協調運動の発達と実行機能の関連性. 第54回日本教育心理学会大会, 2012:389.
- 19) 佐々木玲子. 子どものリズミカルな運動の調整能の 発達について. 体育研究所紀要 2002;41:1-14.
- 20) Archibald J, Kerns A. Identification and description of new tests of executive functioning in children. Child Neuropsychology 1999; 5:115-129.
- 21) Lohe S, Roebers M. Executive Functions and The Differential Contribution to Sustained; Attention in 5-to 8-Year-Old Children. Journal of Educational and Developmental Psychology 2013; 3:51-63.
- 22) 松原達哉,藤原和弘,前川久男,他. K・ABC 心理・教育アセスメントバッテリー実施採点マニュアル. 丸善メイツ株式会社,1993.
- 23) 園田拓也,西口 周,福谷直人,他.大学生バトミントン選手における敏捷性と下肢筋力の関連の調査. 第51回日本理学療法学術大会 2016;51:1286.
- 24) 文部科学省. "新体力テスト実施要項(6~11歳 対象)" http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/ stamina/05030101/001.pdf(2018年4月2日アクセス可能)
- 25) 森口佑介. おさなごころを科学する. 新曜社, 2014.

(Summary)

The present study investigated the relationship between earlier period of childhood executive function (EF), self- regulation (SR), and agility in physical abilities on the hypothesis model. A sample of 6-year-old children performed a series of EF, SR, and agility task. Results revealed significant correlations between EF tasks and SR task performance, and EF tasks and agility task performance. Furthermore, a path analysis assessed whether each EF affected SR and agility performance on the hypothesis model. Results showed that auditory working memory (WM) directly influenced SR, and inhibition and spatial WM directly influenced agility performance.

(Key words)

executive function, self-regulation, agility, coordination ability, first grade primary school students