

提言

子どもの動きの健全な育成をめざして
～基本的動作が危ない～



平成29年（2017年）7月11日

日本学術会議

健康・生活科学委員会

健康・スポーツ科学分科会

本提言は、日本学術会議健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

第 23 期 日本学術会議健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会

委員長	田畑 泉	(第二部会員)	立命館大学スポーツ健康科学部教授
副委員長	寒川 恒夫	(連携会員)	早稲田大学スポーツ科学学術院教授
幹事	田原 淳子	(連携会員)	国士舘大学体育学部教授
幹事	宮地 元彦	(連携会員)	国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所身体活動研究部長
	阿江 通良	(連携会員)	日本体育大学スポーツ文化学部教授
	井谷 恵子	(連携会員)	京都教育大学教授
	岡田 知雄	(連携会員)	神奈川工科大学応用バイオ科学部栄養生命科学研究科教授
	小熊 祐子	(連携会員)	慶應義塾大学スポーツ医学研究センター・大学院健康マネジメント研究科准教授
	金久 博昭	(連携会員)	鹿屋体育大学理事・副学長
	川上 泰雄	(連携会員)	早稲田大学スポーツ科学学術院教授
	定本 朋子	(連携会員)	日本女子体育大学体育学部教授
	下光 輝一	(連携会員)	公益財団法人 健康・体力づくり事業財団理事長、東京医科大学名誉教授
	田口 貞善	(連携会員)	京都大学名誉教授
	坪田 一男	(連携会員)	慶應義塾大学医学部眼科学教室教授
	永富 良一	(連携会員)	東北大学大学院医工学研究科教授
	野崎 大地	(連携会員)	東京大学大学院教育学研究科教授
	福永 哲夫	(連携会員)	鹿屋体育大学特任教授
	福林 徹	(連携会員)	東京有明医療大学保健医療学部柔道整復学科特任教授
	三輪 清志	(連携会員)	味の素株式会社客員フェロー

本提言の作成及び資料収集にあたり、以下の方々にご協力頂きました。

加藤 謙一	宇都宮大学教育学部教授
佐々木玲子	慶應義塾大学体育研究所教授
岡出 美則	筑波大学体育系教授
飯田 貴子	帝塚山学院大学人間科学部教授

本提言の作成に当たっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	中澤 貴生	参事官(審議第一担当)	(平成 27 年 3 月まで)
	井上 示恩	参事官(審議第一担当)	(平成 29 年 3 月まで)
	西澤 立志	参事官(審議第一担当)	(平成 29 年 4 月から)
	渡邊 浩充	参事官(審議第一担当)付参事官補佐	(平成 28 年 12 月まで)
	齋藤 實寿	参事官(審議第一担当)付参事官補佐	(平成 29 年 1 月から)
	井須 清夏	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成 28 年 9 月まで)
	岩村 大	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成 28 年 10 月から)

1 提言の背景

文部科学省が青少年を対象として継続的に実施している「体力・運動能力調査」の結果によると、子どもの体力・運動能力は、1985年前後をピークに著しい低下傾向にある。このような子どもの体力・運動能力低下は国民的な関心事である。子どもの日常生活や運動遊びにおいて出現する基本的な動きを、今日の幼児・児童と、体力・運動能力が高いレベルにあった1985年の幼児・児童と比較すると、明らかに劣っていることから、子どもの体力・運動能力低下の要因は、これまでの日本学術会議からの提言などでかねてより指摘されている「身体活動量・運動量の減少」に加え、「基本的な動きの未習得」を挙げることができる。

幼少期（1歳～9歳）に基本的な動きが十分に習得されなければ、安全かつ効果的に運動や日常活動を実施することができず、その結果、けがや事故の危険性が高まることが懸念される。また、動きの習得が不十分なことに伴い、体力の向上に必要な運動強度や運動量の確保が困難となることで、長期的には壮年期・中年期での生活習慣病等に罹患や、高齢期における転倒・骨折による寝たきり状態を招来することにつながりかねない。子どもの時期に基本的な動きを十分に習得しておくことが望まれるゆえんである。

2 提言の内容

我が国の子どもの動きの現状及びこれまでの研究成果を鑑み、子どもの動きの健全な育成を目指して以下の2点を文部科学省及びスポーツ庁に対し提言する。

(1) 子どもの動きが最も発達する幼児期（1歳～5歳）から児童期（6歳～12歳）に、全ての子どもが適切な動きを獲得する機会を均等に得られるよう、教育制度が整備されるべきである。具体的には、小学校体育教科書の作成、小学校での体育授業の質の向上を目的とした研修の充実、小学校への体育専科教諭の配置増加といった取り組みに加え、小学校教諭養成課程における体育・スポーツ関連科目の単位数や講義内容の充実が必要である。

(2) 子どもの動きに関する基礎研究の推進に取り組むべきである。具体的には全国的・経時的な子どもの動きの質の大規模調査の推進並びに最新の研究手法を導入した基礎研究の推進体制を整備する必要がある。

目 次

1	はじめに	1
2	子どもの動きの健全な発達を可能にする学術的基盤	4
(1)	子どもの動きの科学的研究に関する方法論	4
①	子どもの動きの発達とその評価	4
②	子どもの動きの評価から指導への活用	5
(2)	子どもの動きの発達	5
①	子どもの動きの発達の現状	5
②	幼児期における走・跳・投の発達の特徴	6
③	児童期における走・跳・投の習熟度	8
④	児童期における走・跳・投の改善と指導効果	11
(3)	発達に伴う身体組成及び骨格筋の量的・質的变化と運動能力との関係	12
①	子どもの身体組成	12
②	子どもの身体組成と運動能力	12
③	発育に伴う骨格筋量と筋力の変化	13
④	子どもの骨格筋と動きの質	14
(4)	動きと脳	14
①	運動学習能力を計測する実験手法、計算論を含めた分析手法の発達	14
②	MRI (fMRI) による脳構造・機能画像計測法の発達	15
3	提言	16
(1)	子どもの動きが最も発達する幼児期から児童期に、全ての子どもが適切な動きを獲得できるように、教育行政は組織的に取り組むべきである	16
(2)	子どもの動きに関する基礎研究の推進に取り組むべきである	17
	<参考文献>	18
	<参考資料> 審議経過	25

1 はじめに

人間の生活や生存の場での動きは、現在、子どもが親しんでいる外遊びやスポーツ並びに体育の授業で用いられる運動の起源になるものであるが、最近ではスポーツや運動が我々の生活においても市民権を得るようになった反面、人間が本来持っている座る、立つ、歩く、走る、転がるといった、生活場面で多用される基本的な動きが忘れられる傾向がみられる。

幼少期（満年齢で1歳～9歳）は、成長発達ステージの中でも、ヒトとしての動きを担保する直立歩行が確立し、個人的にも集団的にも活発な、そして複雑な身体活動を獲得しながら、日常的に身体活動を行える条件が生理的に整い、それを本格的に開始する時期である。ところが、まっすぐに走れない、立ち幅跳びにおいて両足で踏み切り両足で着地できない、転んでも手をつけない、正しく投げられないといった子どもが増加している。日常生活、体育、運動遊びにおいて出現する「走る」「跳ぶ」「投げる」「捕る」といった基本的運動能力を、4歳～6歳の子どもを対象として、1966年以降経時的に評価した定量的調査の結果によると、1986年以降「捕る」以外の動きで有意な記録の低下が見られた[1]。また、「走る」「跳ぶ」「投げる」「捕る」に「つく」「転がる」「平均台を移動する」を加えた7種類の基本的な動きを、定量的な記録でなく、観察的に動きの質を評価する方法を用いて、2007年の幼児と、運動能力が高いレベルにあった1985年の幼児を比較すると、図1に示す通り、2007年の年長児（5歳児）は、1985年の年少児（3歳児）とほぼ同様の段階にとどまっていることも報告されている[2]。さらに、幼少期の子どもの動きの発達を評価するツールによる日米の小学生の比較では、日本の子どもは、動かない環境での手の操作性は優れているが、道具の動きをコントロールする複数の動きを同時に遂行するなどの協調度合いの高度な課題になると不器用さが増すという結果が示されている[3]。つまり、近年の子どもの動きは、1985年頃との比較並びに他国と比較して、未熟なレベルにあると考えられる。

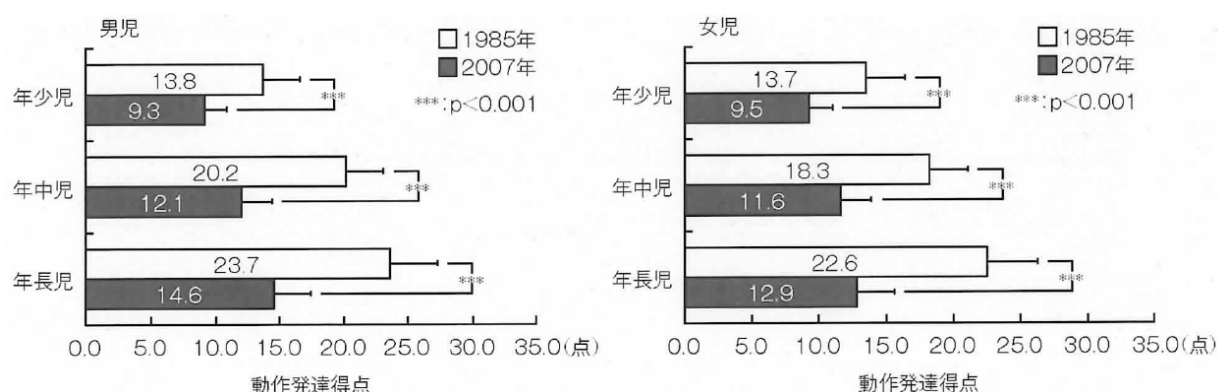


図1. 性別にみた1985年と2007年の動作発達得点の平均値と標準偏差。動作発達得点は著しく低下しており、男女とも2007年の年長児（5歳児）は1985年の年少児（3歳児）の動きの水準にある（中村ら、発育発達研究, 51, 1-18, 2011）。

東京オリンピック後の1964年より文部科学省が継続的に実施している「体力・運動能力調査」の結果によると、子どもの、走る・跳ぶ・投げるといった基礎的な運動能力は、1985年前後をピークに著しい低下傾向にあり、最近になって下げ止まりの状況にあるものの、いまだ顕著な向上はみられていない[4]。小学生においては、特にソフトボール投げや立ち幅とびといった、巧みな動きが求められる種目で、2010年以降も記録の低下が続いており[5]、最近の子どもの体力・運動能力低下の要因に、動きの質の低下を挙げることができる（表1）。運動能力を定量的に評価する「体力・運動能力調査」に加えて、子どもの動きの質の実態調査が望まれるゆえんである。

小学校

●男子

	握力 (kg)	上体起こし (回)	長座 体前屈 (cm)	反復横とび (点)	20m シャトルラン (回)	50m走 (秒)	立ち幅とび (cm)	ソフトボール 投げ (m)	体力合計点 (点)
平成28年度	16.47	19.67	32.88	41.97	51.88	9.38	151.42	22.41	53.93
平成27年度	16.45	19.58	33.05	41.60	51.64	9.37	151.27	22.51	53.81
平成26年度	16.55	19.56	32.87	41.61	51.67	9.38	151.71	22.89	53.91
平成25年度	16.64	19.54	32.73	41.42	51.40	9.38	152.09	23.18	53.87
平成24年度	16.71	19.44	32.59	41.59	51.60	9.36	152.36	23.77	54.07
平成22年度	16.91	19.28	32.58	41.47	51.28	9.38	153.45	25.23	54.36
平成21年度	16.96	19.28	32.55	40.81	50.06	9.37	153.66	25.41	54.19
平成20年度	17.01	19.12	32.68	40.99	49.39	9.39	153.96	25.39	54.19

●女子

	握力 (kg)	上体起こし (回)	長座 体前屈 (cm)	反復横とび (点)	20m シャトルラン (回)	50m走 (秒)	立ち幅とび (cm)	ソフトボール 投げ (m)	体力合計点 (点)
平成28年度	16.13	18.60	37.22	40.06	41.29	9.61	145.34	13.87	55.54
平成27年度	16.05	18.41	37.45	39.56	40.70	9.62	144.80	13.76	55.19
平成26年度	16.09	18.26	37.22	39.37	40.30	9.63	144.79	13.89	55.01
平成25年度	16.14	18.06	36.89	39.07	39.67	9.64	144.59	13.92	54.71
平成24年度	16.23	17.93	36.70	39.24	39.95	9.63	144.94	14.21	54.87
平成22年度	16.37	17.75	36.79	39.18	39.68	9.65	145.28	14.55	54.91
平成21年度	16.34	17.65	36.64	38.49	38.74	9.64	145.14	14.61	54.60
平成20年度	16.45	17.63	36.64	38.77	38.72	9.64	145.77	14.85	54.85

※最高値はピンク、最低値はブルーで網掛けしている。

※50m走は、値が小さいほど記録がすぐれている。

表1. 性別にみた平成20年（2008年）から平成28年（2016）の、体力・運動能力の全国平均値の変化。

立ち幅とび、ソフトボール投げといった、動きの質が記録に強く関連する種目の低下が続いている（平成28年度全国体力・運動能力等調査結果、調査の概要）。

子どもの体力の低下は、成人期における生活習慣病発症増加を招来することから、日本学術会議は、「子どもを元気にするための運動・スポーツ推進体制の整備」（日本学術会議健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会、平成20年8月28日）により、子どもの体力低下を予防することの重要性とその対策について提言した。しかし、この提言において、子どもの動きに関する問題について述べられることはなかった。基本的な動きの習得

がなければ安全かつ効果的な運動や遊びの実施の妨げとなり、体力の向上に必要な運動の強度や量も確保できず、子どもの体力が更に低下すると予測される。近年見られるその影響として、平成28(2016)年から学校定期健診に運動器検診の項目が加わったことに象徴される通り[6]、筋や関節などの運動器に問題を有する子どもが1～2割を占めることにも注目しなければならない。長期的には、基本的な動きの習得が不十分な子どもが成人するまでに十分な体力を身につけることができなければ、中・壮年期に生活習慣病に罹患し、高齢期には寝たきりとなる可能性が増すことが危惧される[7]。

「基本的な動きの習得」を阻む背景に、子どもを取り巻く近年の社会的・自然的環境の変化があり、これが子どもの生活から運動の機会を奪い、必要な動きの形成を阻害していると指摘されている。特に我が国の都市化した環境においては、子どもの健やかな成長に極めて重要な身体活動・運動を、安全かつ効果的に行うための成育環境が十分に保障されていない。具体的には、我が国の代表的な都市における公園・緑地等の一人当たりの面積は、欧米諸国の都市部に比べると半分以下であり[8]、さらに全国の運動・スポーツ施設の数も昭和60年から平成20年の間に約4分の3に減少している[9]。こうした子どもの成育環境は、動きの形成を阻害する要因となりかねない。日本学術会議は、「子どもを元気にする運動・スポーツの適正実施のための基本方針」(健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会、平成23年8月16日)並びに「我が国の子どもの成育環境の改善にむけてー成育方法の課題と提言ー」(心理学・教育学委員会・臨床医学委員会・健康・生活科学委員会・環境学委員会・土木工学・建築学委員会合同子どもの成育環境分科会、平成23年4月28日)において、子どもの身体活動量・運動量を増加させ、創造的な意欲と感性そして社会性を持つ人材として育つために豊かな成育環境が実現されなければならないと提言している。

一方、成育の環境には地域やその他の社会経済的要因によってその恩恵に格差が生じやすい。また、格差是正には大きな投資と長い時間が必要となる。そこで、全ての子どもが等しく動きの質を高める機会として、小学校での体育の授業に着目した。全ての子どもの動きの健全な発達を促し、等しく健やかな子どもを育成するためには、小学校における体育の指導内容及び方法の改善が望まれる。しかし、現在、小学校教諭一種免許を取得するために必要な体育・スポーツにかかわる授業は、初等体育教育法(2単位)を履修するだけでよいことになっている。また、図画工作や音楽のような専科教諭の配置もほとんどされていない。さらに、体育の教科書は小学校教科書目録に登録されていない。こうした制度のもとでは、小学校での体育の授業を通して子どもの動きの質や体力などの向上を期待することは難しいと言わざるをえない。

子どもの動きの形成は、もはや子どもの自然的発育・発達や自主的な活動に委ねられる域を出て、社会環境の再整備や学校等における教育の改善を通して保証されるべき危機的な状況に至っていると考えられ、このための早急な対処が望まれている。ここでは、子どもの動きに関連する学術成果に着目し、子どもの動きの健全な育成に必要な対策について提言する。

2 子どもの動きの健全な発達を可能にする学術的基盤

(1) 子どもの動きの科学研究に関する方法論

① 子どもの動きの発達とその評価

運動発達研究は、成長に伴って運動機能が分化、多様化、複雑化していく過程を客観的に捉えその特性を明らかにするもので、その成果は子どもを健全な育ちへと導くために有効に活用されてきた。古くは、乳幼児の運動の獲得あるいは変化の過程を個々に観察、記録することから始まり、成熟に伴って動きの獲得や変容の様子を記述した[10, 11]。これらの研究は、現象として観察される変化に不変の系列を見いだして、それが発達の指標とされ、その後の小児の発達診断などの基礎として引き継がれているものも多い。

運動を実施した結果に着目する方法（product-oriented approach）の中でも、運動パフォーマンス測定による定量化はこれまで長く行われてきた。距離、速度などの測定や、筋力、持久力、パワー、バランス、柔軟性などが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る。日本においては、学齢期以上では統一された測定項目について継続的データが蓄積され貴重な資料となっており（文部科学省体力・運動能力調査）、年齢に伴う発達の特徴を知ることができる。就学以前の子どもについては特に定められた共通の項目はないが、同一項目で多くのデータが収集されている[12]。これらの横断的な資料を元にした標準値を用いて、現代の子どもの運動能力の水準を定量的に評価すると、多くの運動種目において30年ほど前に比べて低い傾向にあることがわかる[1, 5]。また、幼少期の運動発達を評価するものには発達検査的な方法もよく用いられ、そこでは課題遂行の成否や定められた基準に対する達成率（パーセンタイル値）から得点化することで判定するものが多い。子どもの運動能力を評価するツール（バッテリーテスト）としては海外でも様々のものが用いられている。M-ABC（ムーブメントABC）は中でも比較的によく用いられているツールであるが、これを用いた日米の子どもの比較では、日本の子どもは、動かない環境での手の操作性は非常に優れているが、道具の動きをコントロールする、複数の動きを同時に遂行するなどの協調度合いの高度な課題になると不器用さが増すという結果が示されている[3]。

このような定量的あるいは発達診断的に動きを評価する方法の一方で、動きそのものに着目して質的な変化の過程を捉える方法（process-oriented approach）を用いた研究も行われている[13-22]。これらは主に身体部分の動きに着目して分類し、段階的に示した動きのパターンを基準にその発達や達成度を評価しようとするものである。これらの結果から、基本的な動きの多くは幼児期における変容が著しいことが認められる。また、最近の幼児の動きが未熟であることも明らかにされている[2, 23]。

さらに、動きの評価のための観察観点を定め、より指導現場での実用性のある評価基準も提案されている[24, 25]。この観察的評価方法による結果は定量的な結果との相関もみられることから、体育やスポーツを専門としない教師や指導者などでも動きの観点を理解することで運動中の子どもの動きをある程度評価できることが示唆される[26, 27]。

このような基本的な動きの評価において、それぞれを適切に見るための観点は、画像解析を用いた定量的分析研究などによって得られるところが多い。バイオメカニクスの手法を主として身体部位の変化特性を探り、成熟型に向けての発達の特徴が明らかにされている[17, 18, 28-32]。定量的に明らかにされた発達の特徴は、各年代の典型的な事例あるいは各段階の特徴として示され、それと対照することで評価に用いることが可能となる。

さらに幼少期には知覚、認知機能も動きに強く関連しており、課題動作の遂行によって調整力や協調的な動きの制御機能の発達をみている研究も多い。幼児から児童期にかけて、単純な動作から四肢の強調を伴った複雑な動きがより習熟した形で遂行可能になる過程が認められる[33-36]。

② 子どもの動きの評価から指導への活用

様々な機能面を含んで統合的に成長発達していく幼少期の動きの評価にあたっては、課題動作の出力結果による成否やその水準にとどまらず、習得度がどの程度であるか、あるいは一連の運動を構成するどの要素が未習熟であるか、それを引き起こす要因は何か、などを判断することが必要である。そしてそのことが動きの習得のための練習方法や指導法をデザインすることにもつながるものと考えられる。

(2) 子どもの動きの発達

① 子どもの動きの発達の現状

運動の動きや技能の習得には適時性があり、次のことが知られている[37]。幼児期（1歳～5歳）から児童期前半（6歳～8歳）における運動発達は著しく、この時期に獲得する基礎的動作は生涯を通じて運動全般の基本となること、そして児童期後半（9歳～12歳）は、運動獲得に最適な時期であり、多様な運動遊びや多くのスポーツと出会うことによって様々な動きや基礎的な運動技能を幅広く習得できることである。

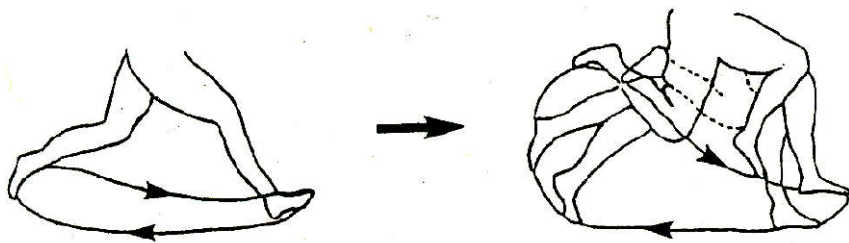
子どもの体力や運動能力は1985年以降低下を示しており[4]、肥満児童の割合も増加傾向にある[38]。この要因として、近年の社会環境や生活様式の変化、特に子どもの運動遊びや身体活動の減少、精神的ストレスの増大などが要因として考えられる。さらに、運動に積極的に取り組む子どもとそうでない子どもとの二極化の顕在化などが指摘されている[39]。

一般に子どもの運動能力の評価は、新体力テストをもとに、タイムや回数、距離といった記録を測定することで、数量的に捉えられる。しかしこの方法では、走り方や投げ方など運動がどのように行われているか、といった動きの質について十分に把握をすることが難しい。これに対して、幼児の走・跳・投などの基礎的運動技能について動きの発達を捉えた研究がある[40-42]。また、これらの研究によって示された基礎的運動技能の動きの発達を観察的に評価するための研究もみられる[43-45]。これらの研究は、いずれも幼児・児童の基礎的動きの質を観察的に評価することができる。基礎的運動技能の中でも代表的な走・跳・投といった動きは、これまでにその発達の特

徴が捉えられており、それぞれ2歳から6・7歳にかけてかなり成熟した動きになることが報告されている。

② 幼児期における走・跳・投の発達の特徴

走りの動きの発達の特徴は[40]、i) 歩幅が増大し、6・7歳にはその身長比が1.0を越えること、ii) 走行中の身体重心の上下動が減少すること、iii) 回復脚（キックした後脚を前方へ運ぶ局面）の動きで、踵が臀部へ近づき、腿がよくあがるようになること、離地時の支持脚が後方への伸展が増大し、よく脚を伸ばしてキックすることになることであり、その結果、図2のように(a) 脚の各関節の屈曲及び伸展の少ないパターンから(b) 脚の屈伸と振幅を大きくする大きな回転振動パターンへ変容することである。



(a) 股関節・膝関節の
屈曲・伸展の動作が
少ない「振動型」

(b) 股関節・膝関節の
屈曲・伸展の動作が
大きい「回転振動型」

図2. 走動作の発達の特徴

(宮丸、東京女子体育大学紀要, 10: 14-25, 1975)

図3に、立幅跳の動き発達の特徴を示した[41]。その特徴は2歳から6歳にかけて、i) 踏切での予備的なかがみ込みにおける腰関節・膝関節の屈曲及び踏切る瞬間における腰関節・膝関節・足関節の伸展が著しく増大すること、ii) 踏切の瞬間における身体の前傾角度が増大すること、iii) 踏切での両足の同時踏切が完成すること、iv) 翼のように腕を後方へ引き上げる動きや外側へ引き上げて安定装置にする未熟な動きから、両腕を大きく前方へ振り出す動き、すなわち、いったん後方へ振った両腕を踏切の開始から空中へとダイナミックに前方へ振り出す成熟型が増えてくることである。

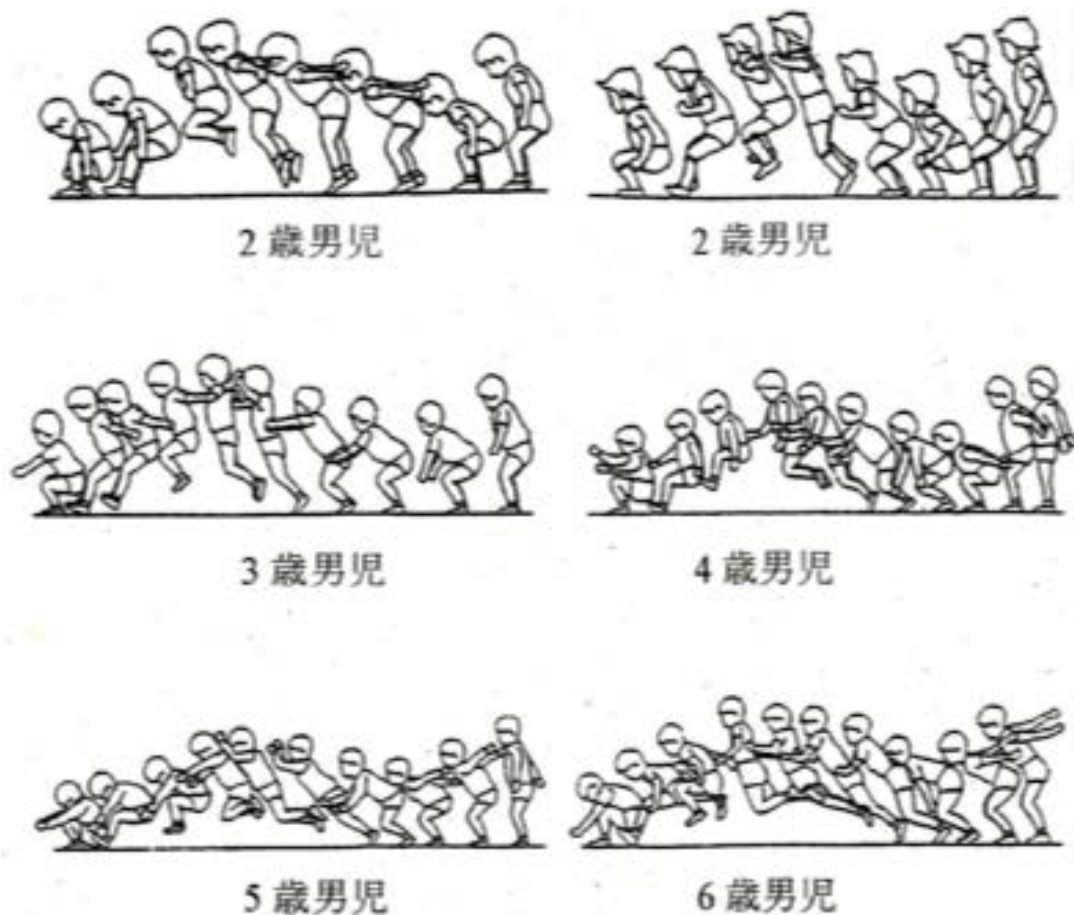


図3. 跳動作（立幅跳）の発達の特徴

（宮丸、東京女子体育大学紀要，8：40- 54，1973）

図4に、投げる動きの発達の特徴を示した[42]。その特徴は、パターン1では前腕の伸展のみであること、パターン2では投射の腕が頭上に上げられること、パターン3では上体、肩、腕のひねりが加わること、パターン4では投射の腕と同じ側の足が出されること、パターン5では投射と腕と反対側の足が出されること、パターン6では野球の投手のような動きになることである。

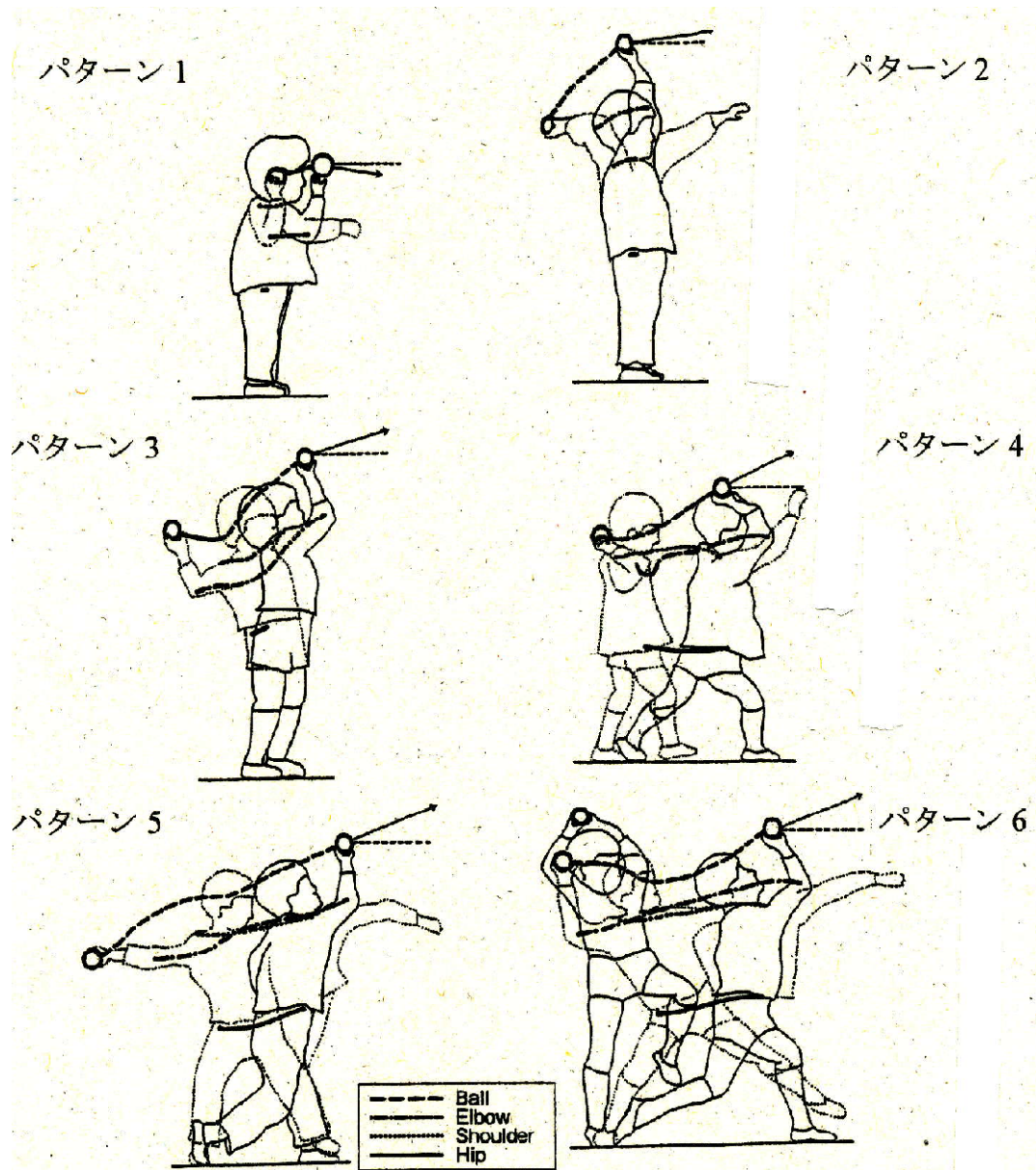


図4. 投動作の発達の特徴

(宮丸、体育の科学, 30 (7) : 464-471, 1980)

③ 児童期における走・跳・投の習熟度

前述の幼児期における基礎的運動は、就学前に成熟したレベルを示す子どももみられることが報告されている[40-42]。しかし、これらの研究報告は、いずれも約30年以上も前のものである。したがって、これらの基礎的運動技能の発達特徴が現代の子どもにも同様のことがいえるかについては、今後、組織的な研究を行う必要がある。図5に、日本体育協会(2009)で作成した基礎的動きにおける観察評価の観点を示した[46]。この観点をもとに現代の小学生における走(50m走)・跳(立幅跳)・投(ソフトボール投、以下「ボール投」)における動きの習熟度が検討されている[47]。

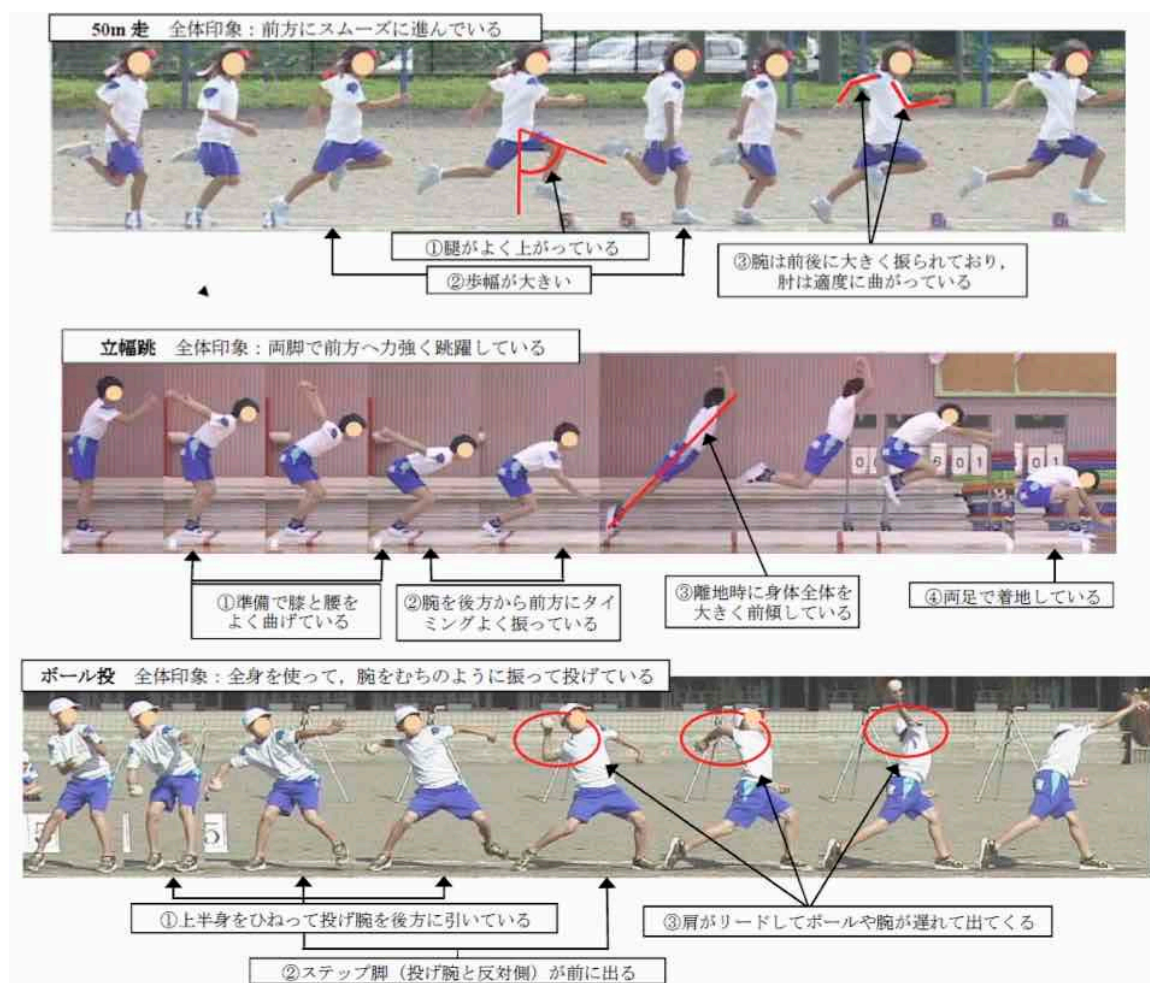


図5. 走、跳、投動作における観察評価の観点

(日本体育協会、平成20年度スポーツ医・科学研究報告：5-19, 2009)

表2に、観察評価からみた50m走、立幅跳及びボール投の動きの習熟度を示した。習熟度をみるための観察は、全体印象と部分観点の2つの見方がもとになっている。全体印象は、その運動が目的に合った動きであるかどうかを全体の動きを通して捉えようとするものである。一方、部分観点は、全体印象の善し悪しを判断するための3から4つの部分的な動きである。たとえば、走運動の場合、全体印象は「前方にスムーズに進んでいる」をA：良くできる、B：できる、C：不十分の3段階で評価した。50m走の全体印象「前方にスムーズに進んでいる」は、全学年において、男子ではA評価が21.1-43.8%、B評価が40.0-78.9%、3年生と6年生を除きC評価が6.7-26.7%の範囲であった。立幅跳の全体印象「両脚で前方へ力強く跳躍している」は、全学年において、男子ではA評価が6.7-28.6%、B評価が23.3-58.8%、C評価が23.5-70.0%の範囲であった。ボール投の全体印象「全身を使って、腕をむちのように振って投げている」は、全学年において、男子ではA評価が6.5-73.3%、B評価が20.0-68.8%、5、6年生を除きC評価が5.6-26.3%の範囲であった[26]。

表1 観察的評価から見た50m走、立幅跳およびボール投の各動作における習熟度 (加藤, 2010)

項目	評価観点	性別						男子						女子					
		学年																	
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
50m走	全体印象 (前方にスムーズに進んでいる)	A	23.3	22.2	21.1	33.3	33.3	43.8	28.6	22.2	25.0	18.2	66.7	23.5					
		B	53.3	66.7	78.9	40.0	60.0	56.3	61.9	70.4	62.5	68.2	26.7	70.6					
		C	23.3	11.1	0.0	26.7	6.7	0.0	9.5	7.4	12.5	13.6	6.7	5.9					
	部分観点	①腰がよく上がっている	36.7	42.1	47.4	60.0	46.7	50.0	42.9	44.4	43.8	45.5	60.0	35.3					
立幅跳	全体印象 (両脚を前方へ力強く跳躍している)	A	6.7	21.1	18.8	23.1	28.6	17.6	18.2	18.5	16.7	0.0	5.9	10.0					
		B	23.3	47.4	43.8	38.5	35.7	58.8	31.8	33.3	44.4	33.3	29.4	40.0					
		C	70.0	31.6	37.5	38.5	35.7	23.5	50.0	48.1	38.9	66.7	64.7	50.0					
	部分観点	①準備で膝と腰をよく曲げている	66.7	78.9	75.0	53.8	78.6	100.0	77.3	88.9	77.8	47.6	82.4	85.0					
ボール投	全体印象 (全身を使って、腕をむちのように振って投げている)	A	6.5	26.3	50.0	73.3	31.3	73.3	0.0	8.0	17.6	8.7	5.9	10.0					
		B	67.7	47.4	44.4	20.0	68.8	26.7	39.1	28.0	41.2	39.1	41.2	40.0					
		C	25.8	26.3	5.6	6.7	0.0	0.0	60.9	64.0	41.2	52.2	52.9	50.0					
	部分観点	①上半身をひねって投げ腕を後方に引いている	67.7	63.2	77.8	86.7	100.0	80.0	34.8	32.0	47.1	39.1	47.1	35.0					
ボール投	②ステップ脚 (投げ腕と反対側) が前に出る		83.9	94.7	100.0	100.0	100.0	100.0	56.5	80.0	88.2	87.0	88.2	95.0					
		③肩がリードしてボールや腕が遅れて出てくる	87.1	63.2	100.0	100.0	100.0	100.0	60.9	80.0	94.1	87.0	82.4	85.0					

単位: %

表2. 観察的観点から見た 50m 走、立幅跳及びボール投げの各動作における習熟度
(加藤、平成 21 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告Ⅳ, 43-48, 2010)

日本体育協会の基礎的動きの観察的評価の基準は、先行研究を参考にして少なくとも小学校中学年までには身につけてほしい動きの水準として作成されたものである[46]。したがって、50 m 走、立幅跳及びボール投げの各動きは、4年生までには全体印象においてA評価以上が少なくとも80%のものが達成できていることが望ましいと考えられる。しかし、男女高学年の各動きにおける全体印象A評価の割合は、80%を越えたものは皆無であった。このことは、現代の子どもの動きの質（出来栄え）が低い状態にある可能性を示唆しており、今後の調査で子どもの動きの質の変化を経年的に観察していくことが望まれる。

④ 児童期における走・跳・投の改善と指導効果

前述したように現代の子どもの基礎的運動能力が低下している原因の一つに幼少期における生活環境の変化がある。すなわち、子どもが安全に運動する場所や機会などが制限された結果、多様な運動を経験することが大きく減少したことである。しかし、環境が大きく変わっても幼少年期は、運動を経験し、学習するために最適な時期であることに変わりはない。したがって、子どもには動きを学習する機会が提供される必要がある。

子どもが体系的に動きを学習できる主な環境の一つとして、小学校生活を挙げることができる。中でも体育の授業は、極めて重要な動きの学習の場になる。これまで小学校の体育授業において走、跳、投などの基礎的運動技能の学習効果を検討した研究では、小学6年生の短距離走、小学6年生の走り幅跳び、小学2、3年生のオーバーハンド投げについて、体育を専門とする小学校教員による2～3週間の動きの質の改善を目指す体育授業介入によって、いずれも記録の向上や動きの改善が可能であることを明らかにしている[48-50]。いずれの動きにおいても、動きの改善に焦点を当てた指導により、動きの質だけでなく記録の改善が見られた点が重要である。研究ではなく、実施の教育現場における取り組みの事例として、東京都は、「アクティブプラン to 2020-総合的な子供の基礎体力向上方策（第3次推進計画）-」の一環として、脳と体を調整し技術を高めることを目的とした授業を行う学校を、平成27年には50校指定し、体力・運動能力テストの成績が向上するなどの成果をあげている（<http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/press/2016/pr160128b.html>）。つまり、動きの発達を支援する適切で組織的指導を行えば、近年遅れや低下が危惧される子どもの動きが適切に発達することが期待される。それは、成人期における体力、成人期における充実したスポーツライフを楽しむことを可能とし、生活の質を高めることにもつながるであろう。

(3) 発育に伴う身体組成及び骨格筋の量的・質的变化と運動能力との関係

① 子どもの身体組成

身体が発育に伴う体力・運動能力の発達には、発育に伴う骨格筋量の増加が関連する。骨格筋量の発育変化については、四肢などの特定の筋を通して把握されてきたが、走・跳・投といった全身の動きの能力との関係をみる場合には、全身の骨格筋量を評価することが望ましい。これまでのところ、骨格筋量を正確に定量できる方法を用い、幼児・児童を対象に全身骨格筋量の発育変化を捉えた研究はない。全身骨格筋量に代わるものとして、一般に体脂肪以外の組織量の指標である除脂肪量が測られている。その場合に、体脂肪量や体脂肪率も定量され、それら身体組成に関するデータは、身体が発育状態と栄養の摂取状態、身体活動・運動の実施状況、肥満度などを評価する指標として広く活用されている。

欧米人を対象にした身体組成の発育変化に関する研究結果[51, 52]によると、誕生から1歳までの間は、体脂肪量及び除脂肪量ともに急増するが、その程度は前者が後者を上回るために体脂肪率も急増する。その後、10・11歳頃までは、体脂肪量及び除脂肪量は、それぞれ男女ともにほぼ一定の割合で増加し、それらの値及び年齢変化に大きな性差は認められない。しかし、その間の両組織量の変化の程度は一様ではなく、体脂肪率は、女子では5・6歳頃まで、男子では6・7歳頃まで年齢が進むにつれ漸減し、それら以降の年齢では女子では思春期を通して、男子では11・12歳ころまで再び増加する。そのような体脂肪率が低値から高値に転ずる現象はアディポシティリバウンドと呼ばれ[53]、その時期に肥満傾向にある子どもの出現率は男女とも高くなり、平成28年度文部科学省学校保健統計調査によると、肥満傾向児の出現率は、5歳男子2.68%、5歳女子2.44%から11歳男子10.08%、11歳女子8.81%へと増加する[38]。

② 子どもの身体組成と運動能力

これまでのところ、幼児期から小学校期の子どもの対象に、身体組成と運動能力との関係を検討した研究例は少ない。それら限られたエビデンスによると、幼児(2～5歳)においては、皮下脂肪や体脂肪の増加が運動能力の発達に負の影響を及ぼす可能性が示唆されている[54]。また、小学生では、走速度の説明因子として体重当たりの筋量が正の要因として、垂直跳びの高さでは体脂肪量が負の要因としてそれぞれ選択され[55]、小・中学生の場合に、ジャンプ能力の低い者は、性、暦年齢、発育度に関係なく体脂肪率が高い[56]。一方、肥満度の指標としてbody mass index(BMI、体重/身長²)を採用し、それと運動能力との関係をみた研究は多く、BMIは運動能力あるいは体力のスコアと負の関係にあり[57, 58, 59, 60]、肥満児は非肥満児に比較して、特に体重移動を伴う運動課題の成績が低い[58, 61, 62]。すなわち、幼児・児童における運動能力は、骨格筋量(除脂肪量)そのものよりも、身体に占める骨格筋量の比率あるいは体脂肪率の影響を強く受ける。このことと先述のアディポシティリバウンドの現象とを考え合わせると、幼児期・小学校期における体づくりにおいては、成熟度に見合う正常な骨格筋量の獲得を促すと同時に、体脂肪の過剰な蓄積を抑え、骨格筋

の量的比率を高く（体脂肪率を低く）することが目標となる。それを可能にする運動プログラムは、高い運動能力の発揮に適した体づくりを可能にすると同時に、成人期の生活習慣病発症との関連で近年問題視されている小児肥満の増加[63]の防止につながる。

10歳以下であっても、身体活動・運動を定期的実践している子どもは、除脂肪量が大きく[64]、体脂肪率が低い[65]。また、幼児を対象にした研究の結果によると、体脂肪率に与える影響は、食事の内容よりもエネルギー消費の方が大きい[66]。身体組成をより良い状態で発育期を推移させるためには身体活動・運動が必要不可欠であり、必要とされる運動の強度及び時間に関するガイドラインも存在する[67]。しかし、我が国の幼児期から小学校期の身体組成に、運動介入がどのような影響を及ぼすのかについては不明な点が多い。運動プログラムの強度及び時間と身体組成の変化との関係について、今後さらにエビデンスが蓄積される必要がある。

③ 発育に伴う骨格筋量と筋力の変化

体力や運動能力の重要な規定因子である身体の力発揮能力は、骨格筋の収縮により発生した張力（筋力）によって決まる。筋力は筋量（筋横断面積や筋厚）に依存する。男女それぞれについて、上肢から下肢にかけての筋横断面積[74, 75, 76]や筋厚[77]を年齢横断的あるいは縦断的[78]に観察した研究は、発育に伴い筋断面積や筋厚が増加することを示している。男子・女子ともに、5歳から11歳までの筋量増加が著しい[79, 80]。児童から成人にかけての筋横断面積の増加は女性よりも男性で顕著である[81]。このことは、小学生以降の筋量の性差を示すものであり、最大筋力や力発揮能力の性差の背景になっているとともに、技術（習熟度）が大きく関与する複雑な運動における性差の発育に伴う拡大傾向（例えば投球動作[82]）にも関連すると考えられる。

身体の発育に伴う筋横断面積の増大に伴い、最大筋力も増加する[74, 76, 83, 84, 85]。最大筋力の増加は筋横断面積の増加を上回る。これは、筋横断面積に加えて筋横断面積当たりの筋力（固有筋力）が増加するためである。骨格筋のいわゆる質的要素である固有筋力に関しては、すでに半世紀以上前から発育による筋力変化の要因として固有筋力の増加が指摘されている[86]。男女それぞれにおいて、上肢や下肢に存在する関節の伸展・屈曲筋力の発育に伴う増加（7～12歳）は固有筋力の増加がその一因であることが指摘され[74]、その後、男女の上腕屈筋群及び大腿伸筋群、男子の大腿屈筋群において、固有筋力が発育に伴い増加することが示された[75]。その理由として、筋線維組成の変化や神経系の発達の見点から考察が進められている。25歳頃までは発育に伴ってより大きな筋力を生み出すのに有利な速筋（タイプⅡ）線維が増加することが示されている[76]。また、児童は成人に比べて最大収縮時の骨格筋の随意的興奮度が低いことが報告されている[87]が、他の筋群では7歳から15歳までの男女において固有筋力が一定であることが報告されており[76, 87]、発育に伴う固有筋力の可塑性は筋によって異なる可能性がある。ただし、固有筋力には明確なトレーニング

ング効果が認められる[88]ことから、対象とした幼児・児童の運動経験の違いが影響する可能性がある。

④ 子どもの骨格筋と動きの質

骨格筋の量的・質的特性は、体力だけでなく動きの質、ひいては様々な身体運動の出来栄を左右し、その発達過程に大きな影響を及ぼすことが予想される。身体的に相似形であっても、特定の動き（例えばランニングやジャンプなど、大筋群を用いたパワフルな動き）は体型に比例したものとはならず、そのことを考慮せずに成人の練習プログラムやトレーニングをそのまま幼児・児童に適用すると運動能力の発達を妨げ、場合によっては障害の原因となる可能性もある。こうした点に関する知見は乏しいが、発育期に行う運動と骨格筋の量的・質的特性の発育に伴う変化との関連性に関して、大規模で包括的な調査を通じたエビデンスの獲得が急務である。また、子どもの動きや運動能力と関連する身長・体重並びに肥満度の推移に関しては、学校保健統計などで把握されているが、肥満度と同様に子どもの動きや運動能力と関連する骨格筋量の推移についての統計は皆無であることから、全国的な調査で子どもの身体組成の変化を経年的に観察していくことが望まれる。

(4) 動きと脳

身体の動きを制御しているのは、言うまでもなく脳の働きである。ここ 20 年の実験手法、データ解析手法、理論的研究の進歩により、多様な環境のもとで自由に運動し、様々な道具を使いこなすために必要な脳の運動制御・学習能力についての知見が大きく積み上がってきた。このような研究の大きな進展には、特に、以下に挙げる 2 つの研究手法の進歩が寄与していると考えられる。

① 運動学習能力を計測する実験手法、計算論を含めた分析手法の発達

運動学習能力を解明することを目的として、古典的な心理学（スポーツ心理学等）の分野を中心に精力的な研究が行われてきた。例えば、様々な運動課題の運動学習曲線、トレーニング時間間隔、頻度、バラエティが運動学習に及ぼす影響、反応時間を調べることによる中枢神経系での処理動態などについて興味深い知見が得られてきた[89]。しかし、実際に脳の中で生じている様々な感覚・運動変換プロセスとの対応づけを意図した、洗練された運動課題が用いられるようになったのは、1990 年代に入ってからのことである。特に、ロボットマニピュランダムを用いた腕到達運動（リーチング運動）の学習実験パラダイム[90]はまたたく間に世界中に普及し、fMRI などの脳機能画像計測[91]や計算論的な手法[92, 93]と組み合わせられることにより、ヒトが身体運動を新しい環境下に適応していくときに生じる様々な脳内プロセスが解き明かされるようになってきた[94, 95]。

しかし、このような客観的かつ信頼性の高い手法が開発されているにも関わらず、その手法が幼少期から思春期の子どもに適用された例は世界的にみてもほとんどない。

子どもの筋力や有酸素性作業能力の発達変化が精力的に調べられてきたように、このような方法に代表されるような先進的な計測手法を用いて、脳が身体運動を制御・学習する能力を調べ、遺伝の影響、筋力、運動習慣、学業成績、認知機能などとの関連を探ること、さらには子どもを対象として動きの発達や習得のメカニズムを探ることは極めて有用であろう。

② MRI (fMRI) による脳構造・機能画像計測法の発達

近年、幼少期から思春期にいたる脳の構造画像が縦断的、横断的に計測され、年齢と、大脳皮質、大脳基底核や視床等の皮質下部位、小脳、脳部位間を結ぶ線維構造との関連が極めて精力的に研究されている[96]。こうした研究により、発育発達とともに白質が増える一方、灰白質の量が減少する[97]、脳の構造が部位ごとに年齢特異的な変化を見せる[98]、IQが高い子どもに特徴的な発達パターン[99]などの知見が見出されてきている。

灰白質や白質の量が、比較的短期間の運動学習トレーニングによって変化すること[100]、有酸素運動によって脳由来神経成長因子の分泌が促され、脳神経系の可塑的な変化に大きな影響を及ぼすこと[101, 102]などの知見に基づけば、幼少期から思春期に、脳神経系の構造が、運動習慣や前述の運動制御・学習能力などと互いにどのように関連しながら発達していくかを解き明かすことがこれから非常に重要なトピックとなることが十分予想される。実際、身体運動との関連が特段強調されているわけではないが、北米神経科学学会の2013年最後の会報では「Scientists examine how brain structure and function change during adolescence」と題した記事が組まれ、この時期における脳の構造や機能を調べることの重要性が強調されている[103]。身体運動を直接駆動する筋に関していえば、MRIや超音波断層法を使った筋断面積の発育・発達変化が精力的に調べられる[104]など、我が国の研究者は国際的に大きな役割を果たしてきた。この計測対象を、動きを制御する脳にまで広げ、かつ、身体活動習慣、運動能力などとの関連を探っていくことは、子どもの脳と身体の動きが相互に関連しながら発達・発育していくことを考えれば非常に重要であると考えられる。

3 提言

我が国の子どもの動きの現状及びこれまでの研究成果を鑑み、子どもの動きの健全な育成を目指して以下の2点を提言する。

(1) 子どもの動きが最も発達する幼児期から児童期に、全ての子どもが適切な動きを獲得できるように、教育行政は組織的に取り組むべきである。

幼児期、児童期（小学校期）は動きの形成を含め生涯の運動・スポーツ活動を決定する重要期であり、かつ25年前に比較して「走る」「跳ぶ」「投げる」「捕る」などの子どもの日常生活や体育・運動遊びで出現する基本的な動きの質が低下している[2]。子どもの健全な動きの形成を効率的に実現するには、全ての子どもを対象に、時期を失することなく、動きの評価や質の向上を要素に加えた教育・指導（動きの教育）を行う必要がある。

子どもの動きの健全な発達を促し、健やかな子どもを育成するためには、小学校における体育の指導法の改善が望まれる。平成29年3月に公表された新しい小学校学習指導要領（2020年度から実施）の目標の一つとして、「各種の運動の行い方及び身近な生活における健康・安全について理解するとともに、基本的な動きや技能を身に付ける」ことが挙げられており[105]、平成29年6月に示された新たな学習指導要領解説の中でも、「基本的な動き」「多様な動き」をつくる運動の重要性がより具体的に示されている[106]。しかし、現在、小学校教諭一種免許を取得するために必要な体育にかかわる授業は、初等体育教育法（2単位）を履修するだけでよいことになっている。こうした制度のもとでは小学校教員に子どもの動き、体力や運動技能などを高めることを期待することは難しいと言わざるを得ず、小学校教諭の養成過程における体育科教育を抜本的に見直すべきである。

子どもに対する体育教育の重要性は、ユネスコや国連など国際機関がつとに発言するところであるが[107]、問題点として、小学校教員の体育授業実施能力への懸念が表明されている。理由は、多くの国で小学校の体育授業が、全科目を受け持つクラス担任によって実施されるところにある。日本も例外ではない。子どもの動き形成にとって最重要時期に当たる小学校期に動き教育を担当する教員には、発達の段階に応じた動き教育に対する強い熱意と高い専門的な観察力・評価力・指導力が求められる。しかし現実には、小学校教員志望者の半数強が「指導に自信がない」「運動が苦手」で体育授業に「不安がある」と回答した東京都のアンケート結果が公表されている。これらの問題を解決する手立てとして、小学校での体育授業の質の向上を目的とした研修の充実、幅広い知識と指導技能を有した体育専科教員の小学校への配置の増加が望まれる。さらに、小学校の体育授業に教科書が用意されない状況も、動き教育の展開に妨げとなっている。何故に動き教育が必要であるのか、正しい動きとは何かを児童に十分に理解させる必要があるが、そうした知識は言語によって初めて内面化される。身体を動かすだけのドリル的教育ではなく、根拠や実施方法の言語化と共通化が要請される。また、教科書の不在が、子ども自身による体育授業への準備や振り返り、保護者による学習支援を妨げている。

そのために、わかりやすく文字化された教科書は不可欠なのである。

幼児期も児童期と同様に子どもの動きの獲得に重要な時期であることから、保育園や幼稚園、こども園などにおける動き教育を充実させる手立てを検討すべきである。しかし、幼児教育は義務化されておらず、所得格差が広がる昨今、質の高い教育を全ての幼児が受けられない現状が存在する。また、家庭の貧困や所得格差が子どもの運動能力やスポーツ参加と関連することも報告されている[108, 109]。したがって、全ての子供を対象とした動き教育を全国的に担保するためには、義務教育の小学校の体育の授業において実施するのが最良の方法である。

以上を鑑み、文部科学省に対し、小学校教諭養成課程における体育・スポーツ関連科目の単位数や講義内容の充実に加え、小学校での体育授業の質の向上を目的とした研修の充実、小学校への体育専科教諭の配置増加、小学校体育教科書の作成に取り組むことを提案する。

(2) 子どもの動きに関する基礎研究の推進に取り組むべきである。

(1)の提言が具現化する子どもの健全な動きづくりをより実りあるものとするには、子どもの動きに関する基礎研究を推進する必要がある。

子どもの動きの質の評価に関する研究、動きを支える体型や身体組成、筋力や持久力などの体力といった子どもの身体特性や心理特性に関する研究は、国内外の研究者によって個々に進められているのが現状であり、その規模も限られたものである。特に動きの質の低下の要因についてはほとんど明らかとなっていない。また、ヒトの動きを司る脳や神経の働きを見ることを可能とする最新技術が、子どもの動きの質の解明に応用される機会は極めて少ない。このような研究の現状では、小学校教諭が依って立つべき学習指導要領や教科書の策定に資する知識の体系化にも支障が生じよう。子どもの動きについて、全国的かつ経年的に実態を把握するとともに、子どもの動きに関連する体格・身体組成や脳・神経機能に関する基礎研究を、スポーツ科学、教育学、心理学、脳・神経科学などの幅広い分野の研究者が協力し、組織的に実施する体制の整備を、文部科学省及びスポーツ庁に提案する。

<参考文献>

1. はじめに

- [1] Sugihara, T., Kondo, M., Mori, S., Yoshida, I.: Chronological change in preschool children's motor ability development in Japan from the 1960s to the 2000s. *Int. J. Sport Health Sci.* 1: 49-56, 2006.
- [2] 中村和彦, 武長理栄, 川路昌寛, 川添公仁, 篠原俊明, 山本敏之, 山縣善太郎, 宮丸凱史: 観察的評価法による幼児の基本的動作様式の発達. *発育発達研究*, 51, 1-18, 2011.
- [3] Miyahara, M., Tsujii, M., Hanai, T., Jongmans, M., Barnett, A., Henderson, S.E., Hori, M., Nakanishi, K., Kageyama, H.: The movement Assessment Battery for Children: A preliminary investigation of its usefulness in Japan. *Human Movement Science*, 17, 679-697, 1998.
- [4] 文部科学省中央教育審議会: 子どもの体力向上のための総合的な方策について(答申), 2002.
- [5] 文部科学省: 平成28年度全国体力・運動能力、運動習慣等調査報告書, 2016
- [6] 文部科学省スポーツ・青少年局生涯スポーツ課: 今後の健康診断の在り方等に関する意見. 2013
- [7] 厚生労働省健康局: 健康づくりのための身体活動基準 2013. 2013.
- [8] 国土交通省都市局公園緑地・景観課: 平成23年度末種別毎都市公園等整備現況. 2012.
- [9] 文部科学省スポーツ・青少年局生涯スポーツ課: 体育・スポーツ施設現況調査の概要. 1969-2008.

2. 子どもの動きの健全な発達を可能にさせる学術的基盤

(1) 子どもの動きの科学的研究に関する方法論

- [10] Gesell, A.: *The first five years of life*. Harper and Brothers, New York, 1940.
- [11] Halverson, H.M.: An experimental study of prehension in infants by means of systematic cinema records. *Genetic Psychology Monographs*, 10, 107-286, 1931.
- [12] 亀丸武臣: 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*, 1, 128-132, 2003.
- [13] Hellebrandt, F.A., Rarick, G.L., Glassow, R., Carns, M.L.: Physiological analysis of basic motor skills. *Am. J. Physical Med.*, 40, 14-25, 1961.
- [14] Wickstrom, R.L.: *Fundamental motor patterns*. 3rd ed. 101-135, Lea & Febiger, 1983.
- [15] Robertson, M.A., Konczak, J.: Predicting children's overarm throw ball velocities from their developmental levels in throwing. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 72-2, 91-103, 2001
- [16] Gallahue, D., Ozmun, J., Goodway, J.: *Understanding motor development: Infants, Children, Adolescents, Adults*. 7th ed. p.8, 2012.

- [17] 宮丸凱史:成長にともなう走能力の発達—走りをはじめから成人まで—. Jap. J. Sports Sci., 14, 427-434, 1995.
- [18] 加藤謙一, 深川登志子, 大鈴貴洋, 宮丸凱史: 幼児期における歩行から走動作への発達過程に関する追跡的研究. 体育学研究, 54, 307-315, 2009.
- [19] 宮丸凱史, 平木場浩二: 幼児のボールハンドリング技能における協応性の発達 (3) —投動作様式の発達とトレーニング効果—, 体育科学, 10, 114-124, 1982.
- [20] 宮丸凱史, 斎藤昌久, 戸村義文, 朝比奈一男: 幼児のボールハンドリング技能における協応性の発達 (1) —捕球動作様式の発達について—, 体育科学, 9, 103-114, 1981a.
- [21] 宮丸凱史, 斎藤昌久, 戸村義文, 朝比奈一男: 幼児のボールハンドリング技能における協応性の発達 (2) —ボールバウンシングの動作様式について—, 体育科学, 9, 115-126, 1981.
- [22] 加藤謙一, 添野好正: 小学生におけるドッジボール投動作の発達に関する研究, 発育発達研究, 60, 14-23, 2013.
- [23] 中村和彦・川路昌寛・宮丸凱史・山口有次・武長理栄・飯塚正規, 今日における幼児の基本的動作の発達. 日本発育発達学会第6回大会プログラム, P49, 2008.
- [24] 日本体育協会スポーツ医・科学研究委員会: 平成17・18・19年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 「幼少期に身につけておくべき基本運動(基礎的動き)に関する研究—第Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ報—」, 2006, 2007, 2008
- [25] 日本体育協会: アクティブ・チャイルド・プログラム, 2010.
- [26] 加藤謙一: 小学生の走・跳・投における運動能力とそれらの動きの観察的評価との関係, 平成21年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告Ⅳ, 43-48, 2010.
- [27] 佐々木玲子, 石沢順子: 観察的評価からみた幼児の基本的動作の習得度と評価の有効性についての検討. 慶應義塾大学体育研究所紀要, 53, 1-9, 2014
- [28] 加藤謙一, 宮丸凱史, 松本剛: 優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴, 体育学研究, 46, 179-194, 2001.
- [29] 陳周業, 石井良昌, 渡部和彦: 児童の立ち幅跳びにおける関節可動域のバイオメカニクス的研究. 発育発達研究, 48, 1-7, 2010.
- [30] 桜井伸二, 宮下充正: 子どもにみられるオーバーハンド投げの発達, Jap. J. Sports Sci., 1, 152-156, 1982.
- [31] 関根克浩, 豊川琢, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志: 小学校男子における投動作の発達に関するキネマティクスの研究. バイオメカニクス研究, 3-1, 2-11, 1999.
- [32] 小林育斗, 阿江通良, 宮崎明世, 藤井範久: 優れた投能力を持つ小学生の投動作の特徴とその標準動作. 体育学研究, 57, 613-629, 2012.
- [33] Gasser, T., Rousson, V., Caflisch, J., Jenni, O.: Development of motor speed and associated movements from 5 to 18 years. Dev. Med. Child Neurol., 52-3, 256-263, 2010.
- [34] Sasaki, R.: Developmental characteristics of temporal control of movement in preschool and school children of different ages. Percept Mot Skills., 85, 1455-1457, 1997.

[35] 森下はるみ, 邊仁敬: ホップ系リズム動作の発達とトレーニングの適時性, 体育の科学, 45-6, 439-444, 1995.

[36] Getchell, M.: Age and task-related differences in timing stability, consistency, and natural frequency of children's rhythmic, motor coordination. Dev. Psychobiol, 48, 675-685, 2006.

(2) 子どもの動きの発達

[37] マイネル, K 金子明友訳: スポーツ運動学, 大修館書店: 東京, pp. 121-143, 1981.

[38] 文部科学省: 学校保健統計調査, 2016.

[39] 中央教育審議会: 健やかな身体を育む教育の在り方に関する専門部会. 審議経過報告書, 2005.

[40] 宮丸凱史: 幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達—1—幼児の Running Pattern の発達過程. 東京女子体育大学紀要, 10: 14-25, 1975.

[41] 宮丸凱史: 幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達—2—幼児の立幅跳びにおける Jumping Pattern の発達過程. 東京女子体育大学紀要, 8: 40- 54, 1973.

[42] 宮丸凱史: 投げ動作の発達. 体育の科学, 30 (7): 464-471, 1980.

[43] 中村和彦・宮丸凱史・久野譜也: 幼児の投動作様式の発達とその評価に関する研究. 筑波大学体育科学系紀要, 10: 157-166, 1987.

[44] 金善應・松浦義行: 幼児及び児童における基礎運動技能の量的変化と質的变化に関する研究—走, 跳, 投運動を中心に—. 体育学研究, 33: 22-38, 1988.

[45] 高本恵美・出井雄二・尾縣貢: 小学校児童における走, 跳及び投動作の発達: 全学年を対象として. スポーツ教育学研究, 23: 1-15, 2003.

[46] 日本体育協会 (代表者: 阿江通良) 幼少年期に身につけておくべき基礎的動きの選択及び評価観点の決定. No. IV 子どもの発達段階に応じた体力向上プログラムの開発事業—文部科学省委託事業—平成 20 年度スポーツ医・科学研究報告: 5-19, 2009.

[47] 加藤謙一: 小学生の走・跳・投における運動能力とそれらの動きの観察的評価との関係. 平成 21 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 IV, 子どもの発達段階に応じた体力向上プログラムの開発事業, 43-48, 2010.

[48] 土肥照典・加藤謙一・秋元寛次: 小学 6 年生の体育授業における走り幅跳びの練習効果. 体育学研究, 49 (5): 457-469, 2004.

[49] 加藤謙一・関戸康雄・岡崎秀充: 小学 6 年生の体育授業における疾走能力の練習効果. 体育学研究, 45 (4): 530-542, 2000.

[50] 尾縣 貢・高橋建夫・高本恵美・細越淳二・関岡康雄: オーバーハンスロー能力改善のための学習プログラムの作成: 小学校 2・3 年生を対象として. 体育学研究, 46 (3): 281-294, 2001.

(3) 発育に伴う身体組成及び骨格筋の量的・質的变化と運動能力との関係

- [51] Fomon, S.J., Haschke, F., Ziegler, E.E., Nelson, S.E. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am. J. Clin. Nutr.* 35: 1169-1175, 1982.
- [52] Veldhuis, J.D., Roemmich, J.N., Richmond, E.J., Rogol, A.D., Lovejoy, J.C., Sheffield-Moore, M., Mauras, N., and Bowers, C.Y. Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and obesity. *Endocr. Rev.* 26: 114-146, 2005.
- [53] 富樫健二：子どもの身体組成. 体育の科学 61:185-190, 2011.
- [54] 増田 隆：日本人幼児の運動能力と身体組成の関係についての縦断的研究. 中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要 43: 271-277, 2011.
- [55] 吉本隆哉, 高井洋平, 藤田英二, 福永裕子, 金高宏文, 西菌秀嗣, 金久博昭, 山本正嘉：小・中学生男子の下肢筋群の筋量及び関節トルクが走・跳躍能力に与える影響. 体力科学 61: 79-88, 2012.
- [56] 福永裕子, 高井洋平, 藤田英二, 山本正嘉：発育発達期の身体組成・筋形態・下肢筋力の分析 ―体格を基準としたパフォーマンスレベルによる違い―. スポーツトレーニング科学 14: 9-15, 2013.
- [57] Brunet, M., Chaput, J-P., and Tremblay, A. The association between low physical fitness and high body mass index or waist circumference is increasing with age in children: the ‘Quebec en Forme’ Project. *Int. J. Obes.* 31: 637-643, 2007.
- [58] Okely, A.D., Booth, M.L., and Chey, T. Relationships between body composition and fundamental movement skills among children and adolescents. *Res. Quart. Exerc. Sport* 75: 238-247, 2004.
- [59] Sheikh, M., Vesalinaseh, M., Nasiri, E. Relationship between motor proficiency and anthropometric measure in six to twelve years-old children. *Ann. Biol. Res.* 3: 3765-3770, 2012.
- [60] Siahkouhian, M., Mahmoodi, H., Salehi, M. Relationship between fundamental movement skills and body mass index in 7-to-8 year-old children. *World Appl. Sci. J.* 15: 1354-1360, 2011.
- [61] Castetbon, K. and Andreyeva, T. Obesity and motor skills among 4 to 6-year-old children in the united states: nationally-representative surveys. *BMC Pediatr.* 12:28, .2012
- [62] D’ Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., and Lenoir, M. Relationship between motor skill and body mass index in 5- to 10-year-old children. *Adapt. Phys. Activ. Q.* 26:21-37, 2009.
- [63] Matsushita, Y., Yoshiike, N., Kaneda F., Yoshita, K., and Takimoto, H. Trends in childhood obesity in Japan over the last 25 years from the national nutrition survey. *Obes. Res.* 12: 205-214, 2004.
- [64] Baxter-Jones, A.D.G., Eisenmann, J.C., Mirwald, R.L., and Faulkner, R.A., and Bailey, D.A. The influence of physical activity on lean mass accrual during

- adolescence: a longitudinal study. *J. Appl. Physiol.* 105: 734-741, 2008.
- [65] Ara, I., Vicente-Rodriguez, G., Jimenez-Ramirez, J., Dorado, C., Serrano-Sanchez, J.A., and Calbet, J.A. Regular participation in sports is associated with enhanced fitness and lower fat mass in prepubertal boys. *Int. J. Obes. Relat. Disord.* 28: 1585-1593, 2004.
- [66] Atkin, L-M. and Davies P.S.W. Diet composition and body composition in preschool children. *Am. J. Clin. Nutr.* 72: 15-21, 2000.
- [67] 日本学術会議健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会：提言 子どもを元気にする運動・スポーツの適正実施のための基本方針. pp. 1-7, 2011.
- [68] Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J.R., Daniels, S.R., Dishman, R.K., Gutin, B., Hergenroeder, A.C., Must, A., Nixon, P.A., Pivarnik, J.M., Rowland, T., Trost, S., and Trudeau, F. Evidence based physical activity for school-age youth. *J. Pediatr.* 146: 732-737, 2005.
- [69] Harris, K.C., Kuramoto, L.K., Schulzer, M., and Retallack, J.E. Effect of school-based physical activity interventions on body mass index in children: a meta-analysis. *CMAJ.* 180: 719-726, 2009.
- [70] Eliakim, A., Scheett, T., Allmendinger N., Brasel, J.A., and Cooper, D.M. Training, muscle volume, and energy expenditure in nonobese American girls. *J. Appl. Physiol.* 90:35-44, 2001.
- [71] Stenevi-Lundgren, S., Daly, R.M., Linden, C., Gardsell, P., and Karlsson, M.K. Effects of a daily school based physical activity intervention program on muscle development in prepubertal girls. *Eur. J. Appl. Physiol.* 105: 533-541 2009.
- [72] Stenevi-Lundgren, S., Daly, R.M., Karlsson, M.K. A school-based exercise intervention program increases muscle strength in prepubertal boys. *Int. J. Pediatr.* 2010:307063, 2010
- [73] Abbott, R.A. and Davies P.S.W. Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children. *Eur. J. Clin. Nutr.* 58: 285-291, 2004.
- [74] 金久博昭, 福永哲夫, 角田直也, 池川繁樹：発育期青少年の単位筋断面積当りの筋力：発育期の体力に関する基礎的研究. *体力科学* 34: 71-78, 1985.
- [75] 金久博昭, 角田直也, 池川繁樹, 福永哲夫:相対発育からみた日本人青少年の筋断面積. *人類学雑誌*, 97: 63-70, 1989.
- [76] Kanehisa, H., Yata, H., Ikegawa, S., and Fukunaga, T. A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscles during growth. *Eur. J. Appl. Physiol.* 72: 150-156, 1995.
- [77] 福永哲夫, 川上泰雄:発育期青少年の筋の形態的特性. *体育科学*, 22: 36-41, 1994.
- [78] 福永哲夫, 川上泰雄：筋の構造的特性に及ぼす発育の影響. *体育科学*, 23: 37-42, 1995.

- [79] Malina, R. M. The quantification of fat, muscle, and bone in man. *Clin. Orthopaed.* 65: 9-38, 1969.
- [80] Malina, R. M. Growth of muscle tissue and muscle mass. *Human Growth* 2: 77-99, 1986.
- [81] Deighan, M., De Ste Croix, Mm, Grant, C., and Armstrong, N. Measurement of maximal muscle cross-sectional area of the elbow extensors and flexors in children, teenagers and adults. *J. Sports Sci.* 24: 543-546, 2006.
- [82] 桜井伸二：投げる科学. 大修館書店, 1991.
- [83] De Ste Croix, M. B., Armstrong, N., Welsman, J. R., and Sharpe, P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Ann. Human Biol.* 29: 50-62, 2002.
- [84] De Ste Croix, M. B., Deighan, M., and Armstrong, N. Functional eccentric-concentric ratio of knee extensors and flexors in pre-pubertal children, teenagers and adult males and females. *Int. J. Sports Med.* 28: 768-772, 2007.
- [85] Kanehisa, H., Abe, T., and Fukunaga, T. Growth trends of dynamic strength in adolescent boys. A 2-year follow-up survey. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 43: 459-464, 2003.
- [86] Asmussen, E. and Heebøll-Nielsen, K. K. A dimensional analysis of physical performance and growth in boys. *J. Appl. Physiol.* 7: 593-603, 1955.
- [87] O'Brien, T. D., Reeves, N. D., Baltzopoulos, V., Jones, D. A., and Maganaris, C. N. In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. *Exp. Physiol.* 95: 202-210, 2010.
- [88] 福永哲夫：ヒトの絶対筋力-超音波による体肢組成・筋力の分析-. 東京：杏林書院, 1978.

(4) 動きと脳

- [89] Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: A behavioral emphasis. *Human Kinetics Publisher* 5th ed, 2011.
- [90] Shadmehr R Mussa-Ivaldi FA. Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. *J. Neurosci.* 14:3208-3224, 1994.
- [91] Imamizu H, Miyauchi S, Tamada T, Sasaki Y, Takino R, Pütz B, Yoshioka T, Kawato M. Human cerebellar activity reflecting an acquired internal model of a new tool. *Nature*, 403:192-195, 2000.
- [92] Thoroughman KA, Shadmehr R. Learning of action through adaptive combination of motor primitives. *Nature* 407:742-747, 2000.
- [93] Yokoi A, Hirashima M, Nozaki D. Gain field encoding of the kinematics of both arms in the internal model enables flexible bimanual action. *J. Neurosci.* 31:17058-17068, 2011.

- [94] Shadmehr R, Wise SP. The Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning. MIT Press, 2004.
- [95] Nozaki D, Kurtzer I, Scott SH. Limited transfer of learning between unimanual and bimanual skills within the same limb. *Nat. Neurosci.* 9:1364-1366, 2006.
- [96] Giedd JN, Rapoport JL. Structural MRI of pediatric brain development. what have we learned and where are we going? *Neuron* 67:728-734, 2010.
- [97] Paus T, Collins DL, Evans AC, Leonard G, Pike B, Zijdenbos A. Maturation of white matter in the human brain: a review of magnetic resonance studies. *Brain Res. Bulletin* 54:255-266, 2001.
- [98] Brown TT, Kuperman JM, Chung Y, Erhart M, McCabe C, Hagler DJ, Venkatraman VK, Akshoomoff N, Amaral G, Bloss CS, Casey BJ. Neuroanatomical assessment of biological maturity. *Curr. Biol.* 22:1693-1698, 2012.
- [99] Shaw P, Greenstein D, Lerch J, Clasen L, Lenroot R, Gogtay N, Evans A, Rapoport J, Giedd J. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature* 440:676-679, 2006.
- [100] Draganski B, Gaser C. Busch V, Schuierer G, Bogdahn U, May A. Changes in grey matter induced by training. *Nature* 427:311-312, 2004.
- [101] Wrann CD, White JP, Salogiannis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, Lin JD, Greenberg ME. Exercise Induces Hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 Pathway. *Cell Metabolism* 18:649-659, 2013
- [102] Griffin EW, Mullally S, Foley C, Warmington SA, O' Mara SM, Kelly AM. Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. *Physiol. Behav.* 104:934-41, 2011.
- [103] Society for Neuroscience. Scientists examine how brain structure and function change during adolescence. *Inside Neuroscience, Neurosci Q.* Fall 2013.
- [104] Kanehisa H, Yata H, Ikegawa S, Fukunaga T. A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscle during growth. *Eur. J. Appl. Physiol.* 72:150-156, 1995.

3. 提言

- [105] 文部科学省 小学校学習指導要領, 2017.
- [106] 文部科学省 小学校学習指導要領解説 体育編, 2017.
- [107] UNESCO: International Charter of Physical Education, Physical Activity and Sport. 2005
- [108] 石井暢, 富田由紀子, 平出耕太, 水野眞佐夫: 日本の子供における貧困と体力・運動能力の関係, 北海道大学大学院教育学研究院紀要, 122:93-105, 2015.
- [109] ベネッセ教育総合研究所: 子どものスポーツ・芸術・学習活動データブック. 2009.

<参考資料 1>健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会審議経過

第 22 期

平成 23 年

12 月 12 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 1 回）

○役員を選出、今後の進め方について

平成 24 年

2 月 3 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 2 回）

○第 22 期における活動内容の検討と必要なワーキンググループ設置に関する事項について

4 月 20 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 3 回）

○今後の活動案、ワーキンググループ案について

7 月 13 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 4 回）

○各ワーキンググループの活動状況について

11 月 16 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 5 回）

○各ワーキンググループの活動状況、日本スポーツ体育健康科学学術連合報告、シンポジウムについて

平成 25 年

1 月 11 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 6 回）

○提言の骨子、各ワーキンググループの活動について

5 月 10 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 7 回）

○提言の進捗状況、各ワーキンググループの活動について

6 月 24 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 8 回）

○シンポジウムについて

9 月 27 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 9 回）

○シンポジウムについて

10 月 11 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 10 回）

○提言について、2020 東京オリンピックに関する提言について

平成 26 年

12 月 13 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 11 回）

○シンポジウムについて

3 月 10 日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第 12 回）

○提言、子どもの動きの男女差、男女共同参画ワーキンググループ、シンポジウムについて

第23期

平成27年

- 3月12日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第1回）
○役員を選出、今期の活動計画について
- 8月17日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第2回）
○今後の活動計画について
- 12月21日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第3回）
○提言について、学会における合同シンポジウムについて

平成28年

- 5月13日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第4回）
○提言について
- 10月3日 健康・生活科学委員会健康・スポーツ科学分科会（第5回）
○提言について

平成29年

- 4月28日 日本学術会議幹事会（第245回）
提言「子どもの動きの健全な育成をめざして～基本的動作が危ない～」
について承認