

〔原 著〕

ウェーブレット補間法による身体組成および 運動能力の加齢変化に関する検証 — 学齢期男子の解析 —

渡辺 英次 (専修大学商学部), 三島 隆章 (八戸大学人間健康学部)
藤井 勝紀 (愛知工業大学大学院経営情報科学研究科)
関 一誠 (早稲田大学スポーツ科学学術院), 伊藤 幹 (愛知工業大学)

Confirmation of Regarding Change of Body Composition and Motor Fitness with Age by Wavelet Interpolation Method — Analysis on boys during school age —

Eiji WATANABE ¹⁾, Takaaki MISHIMA ²⁾, Katsunori FUJII ³⁾
Kazuyoshi SEKI ⁴⁾ and Motoki ITO ⁵⁾

【Abstract】

There are a few reported simultaneous analyses of changes with age in body composition, physique and motor performance. In this study we made cross-sectional measurements of physique, body composition, and motor performance in school-age boys, and applied wavelet interpolation to the respective growth and development distance values. We then conducted a trend analysis of the aging distance curve and analyses of the maximum peak velocity (MPV) and local (LPV) shown in age change velocity curve against to age. The subjects were 469 schoolboys aged 7 to 14 years. Physique (height, weight, body mass index: BMI), body fat percentage: %BF, motor performance (20 m run, pro-agility test, vertical jump, standing long jump, side step, rebound jump index) were measured. Wavelet interpolation was applied to the age distance values for physique, %BF, and motor performance, and the following results were obtained. The MPVs of age shown in the growth velocity curves for height and weight were 13.2 and 13.5 years, which were similar to conventional findings. Overlap was shown in the LPVs

1) School of Commerce Senshu University

2) Faculty of Human Health Science, Hachinohe University

3) Business Administration and Computer science, Graduate School of Aichi Institute of Technology

4) Faculty of Sports Science, Waseda University

5) Aichi Institute of Technology

of BMI and %BF shown in the age change velocity curve, but in the age distance curve BMI showed a large trend while %BF showed a decreasing trend. These results are new findings. In motor performance development a mixed type was shown based on the nerve type of Scammon and the general growth pattern, but in the appearance of the LPV in the development velocity curves for each motor performance parameter, the 20 m run, pro-agility test, and side steps were more strongly related to the nervous system. In the vertical jump and standing long jump, the standing long jump depended more greatly on general growth pattern. These are the main findings to be emphasized.

I. 緒 言

アジリティ能力（急激な方向転換や急停止・急加速能力を表現した能力）、ダッシュ能力（走能力を含む）、瞬発力、敏捷性といった運動能力は、スポーツ競技の成就にも欠かせない能力であると同時に^{17, 18, 19, 20, 28)}、人が活動するための基礎的な運動能力でもある。文部科学省は毎年、体力・運動能力調査報告書を公表し、児童・青少年の体力低下問題に取り組み、平成 21 年度の公表では体力の下げ止まりを指摘した。このような結果は、児童・青少年期における横断的な体力・運動能力のデータから作図法によって運動能力発達を解析し、結果を導きだしている。しかし、学齢期の運動能力の発達には身体発育が強く影響し、特に成熟度の関与は強い。そのため、運動能力発達の傾向分析だけでは他の身体的要素との関わりが見えず、体力低下と身体発育の因果関係を検証できない。さらに、運動能力発達の経時的变化を単に折れ線グラフで描いても、変化率としての速度曲線が解析できない欠点がある。これまで、運動能力発達の基礎的な知見は松浦の研究^{21, 22, 23, 24)}に凝集されており、発達曲線の横断的データの解析を主流としている。これらの研究の中で松浦²⁴⁾は、運動能力発達の解析にも縦断的データの必要性を指摘し、さらに、解析手法を確立する必要性を示唆している。このように運動能力発達の解明には解析手法の確立が不可欠であり、縦断的データが收拾されることが期待される。松浦²³⁾自らも解析手法の模索を提示した。このように運動能力発達の解明には解析手法の確立が不可欠であり、縦断的データが收拾されることが期待

される。

運動能力発達のモデルパターンを最初に模索したのは木村¹⁴⁾であり、彼は Scammon の発育曲線モデル²⁵⁾を引用することで、このパターンを神経型と一般型の混合型であると提案したのである。Fujii et al¹⁰⁾はさらにこのことを明確にするために、文部科学省による体力・運動能力調査報告書の横断的データを活用し、そのデータにウェーブレット補間法を適用して発達曲線を記述した。その結果、背筋力、握力のように一般型に近い曲線モデルを示すものもあれば、走力、投力、サイドステップのように神経型に近い曲線モデルを示すものに大別できると指摘した。このような知見が得られたのは横断的な運動能力データであるが、ウェーブレット補間法によって記述される発達現量値曲線を微分して導かれる速度曲線の挙動が、詳細に解析可能となったからである。

藤井⁸⁾は身体的発育発達研究における縦断的データの解析手法確立の 1 つにウェーブレット補間法を提唱した。これまでの藤井による先行研究^{3, 5, 6, 7)}から身体発育発達現象の解明に新たな知見が導かれてきた。発育発達現象は直線的な変化パターンを示すことはほとんどなく、多くの場合は曲線的な変化を示すため、曲線的な傾向を把握するためにはその変化率を算出する必要がある。しかし、従来までの研究形態は、運動能力の測定時の年齢や学年毎に平均値を算出し、これを比較する方法が取られてきた^{21, 22, 23, 24)}。もちろん作図法が適用されているが、このような研究形態では優れた運動能力を持つ子どもを見過ごす可能性が高いと指摘されている²⁴⁾。なぜなら、子どもは暦年齢が同じだとしても、身長や体重はも

ちろん運動能力の発達においても大きな個人差が生じるからである。さらに、身長最大の発達速度が出現する年齢である男子の約12歳、女子の約10歳では、体格・身体組成のみならずその成熟度においても個々の差異が顕著となる²⁶⁾。また、中学期において身長の思春期ピーク年齢(MPV: Maximum Peak Velocity)に基づき成熟別パターンを分類して検討すると、パターンごとに運動能力の発達が異なることも報告されている¹⁰⁾。さらに、高度スポーツへの参加者に生まれ月による有利・不利が生じていることが認められていることから^{12, 15)}、運動能力の発達プロセスをより詳細に検討することは非常に重要かつ不可欠な試みと考えられる。

そこで、本研究では、全国各地で定期的にスポーツ活動を実施している学齢期の男子を対象として、ダッシュ、急激な方向転換や急停止・急加速(アジリティ)、瞬発力、敏捷性といった運動能力の測定を実施するとともに、体格、身体組成についても測定を実施した。これらの測定データに対して、発達発達傾向を解析するためにウェーブレット補間法を適用した。ウェーブレット補間法は無限界微分が可能であり、速度曲線として発達発達の変化率を関数に投射することによって、発達発達現象の解明に有効性を示す。これによって学齢期男子の体格・身体組成、運動能力における発達発達の特徴が検討でき、学齢期における身体的発達発達の様相に関して重要な基礎的資料を提供することができる。特に本研究は、横断的データではあるが体脂肪率の加齢変化を世界に先駆けて解析できる有効性がある。そしてさらに、各運動能力発達に示されるMPVおよびLPV(Local peak velocity: 局所的極大発達速度)との関係について検討するものである。

II. 方 法

1. 被験者

被験者として、定期的にスポーツ活動に参加している全国各地の7歳から15歳の男子469人を抽出した。本研究における定期的スポーツ活動とは、週に1回以上のトレーニングを定期的

に行っていることで、要するに活発な学齢期の男女を対象としている。本研究の被験者は、運動教室、バドミントン、バレーボールおよび野球といったスポーツに参加していた。ここでの「運動教室」では、あるフィットネスクラブにおける、スイミングおよび体育館で身体の使い方のトレーニングを実施していた。つまり、本研究の被験者は、活動的な児童・生徒の集団であると定義することができる。測定を開始するにあたり、被験者、被験者の保護者およびスポーツの指導者に本研究の目的、方法および測定の安全性を十分に説明し、測定参加に対する同意書を得た。なお、本研究は八戸大学・八戸短期大学研究倫理委員会の倫理審査を受け承認を得たうえで実施された。

2. 体格・身体組成の測定

各被験者の身長は身長計(エーアンド・デイ社製デジタル身長計AD-6227)を用いて計測した。また、体重および体脂肪率は、体内脂肪計(タニタ社製タニタ体組成計インナースキャンBC-521)を用いて両足間から4電極のインピーダンス法によって測定した。また体重および体脂肪率の測定結果を基にして、除脂肪体重を算出した。BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。

3. 運動能力の測定

運動能力の測定は、20m走、プロアジリティ・テスト、垂直跳び、立ち幅跳び、反復横跳びおよびリバウンドジャンプ指数を測定した²⁹⁾。なお、20m走およびプロアジリティ・テストでは、光電管(Brower社製スピードトラップ)、垂直跳びおよびリバウンドジャンプ指数は、マットスイッチ(Fitronic社製フィットロジャンパー)を用いて測定した。

4. 解析の手続き

- 1) 体格・身体組成および運動能力について、7歳から15歳まで各年齢別に統計値を算出した(Table 1)。
- 2) 7歳から15歳までの体格・身体組成および運動能力について、一元配置の分散分析を実施した。(Table1, 3)

- 3) 7歳から15歳までの体格・身体組成および運動能力の加齢変化に対してウェーブレット補間法を適用し、現量値曲線および速度曲線を記述した。
- 4) ウェーブレット補間法によって記述された速度曲線からMPV (Maximum Peak Velocity) 年齢およびLPV (local peak velocity) 年齢を特定した。
- 5) 特定されたMPVおよびLPVの出現傾向を解析した。

5. ウェーブレット補間法について

ウェーブレット補間法 (Wavelet Interpolation Method: WIM) は、与えられた発育データから真の発育曲線を近似的に記述するために、データとデータをウェーブレット関数 (基底関数は Meyer の mother wavelet) によって補間し、発育現量値曲線を描き、その描かれた現量値曲線を微分して得られた発育速度曲線を導き、思春期ピーク年齢を調べる方法である。ウェーブレット補間法の特性は、局所的現象を敏感に読み取り、近似の精度が極めて高いことである。その理論的背景の詳細や有効性の根拠については、藤井の先行研究^{3, 4, 5, 6)}ですでに述べてあるので、ここではウェーブレット補間法によるデータ解析のアルゴリズムについては割愛する。本研究では、ウェーブレット補間法を学齢期における7歳から15歳までのBMIと体脂肪率に対して適用した。そして、それぞれの加齢現量値を微分して導かれた速度曲線

からMPV年齢を特定した。このMPV年齢は思春期最大発育速度年齢のことで、特にウェーブレット補間法から導かれた思春期ピークのことである。また、同時にLPV年齢についても特定した。LPVとはMPV以前に表れる局所的発育ピークのことである。ウェーブレット補間法から導かれた発育現量値およびその微分である速度は、基本的にはウェーブレット関数から算出され、その手続きはUnix-workstationのSunflareによって計算されている。本研究のデータは横断的データであるが、各形質におけるMPV年齢を導く事を行っても問題はないと考えられる。

III. 結 果

1. 体格・身体組成の発育特徴

Table 1は、体格および身体組成の測定結果を示したものである。この表には7歳から15歳までの統計値を示してある。この統計値は横断的な結果なので、分散分析によって発育変化を判断した。その結果、身長、体重、体脂肪率およびBMIのいずれにおいても、年齢間に有意な差異が認められた ($P < 0.05$)。したがって、7歳から15歳までの体格と身体組成の平均値に対してウェーブレット補間法を適用した。

Fig. 1は7歳から15歳の身長に対してウェーブレット補間法を適用したグラフであり、黒丸印は発育現量値曲線、白丸印は現量値曲線を微分した速度曲線を示している。これらのグラフよりい

Table 1 Age related change of physical characteristics of subjects

Age	n	Body height (cm)	Body weight (kg)	BMI (kg/m ²)	Body fat (%)
7	13	124.5 ± 5.3	24.7 ± 4.7	15.6 ± 1.6	19.1 ± 3.9
8	51	129.6 ± 5.8	28.2 ± 5.6	16.5 ± 2.2	18.9 ± 5.7
9	70	135.5 ± 5.3	32.2 ± 5.0	17.2 ± 2.1	19.4 ± 5.5
10	79	140.7 ± 6.4	34.7 ± 5.7	17.3 ± 2.2	17.5 ± 5.3
11	150	145.6 ± 7.1	37.9 ± 6.6	17.8 ± 2.2	15.8 ± 5.5
12	114	150.6 ± 7.9	40.7 ± 6.8	18.1 ± 2.0	13.3 ± 4.0
13	68	160.4 ± 8.0	48.7 ± 7.7	19.3 ± 2.0	13.4 ± 4.5
14	86	166.8 ± 5.8	56.5 ± 7.6	20.4 ± 1.9	14.5 ± 3.9
15	16	170.2 ± 4.4	65.3 ± 5.6	22.5 ± 1.2	17.1 ± 1.2
ANOVA		*	*	*	*

Values are means ± SD. *: Significant difference ($P < 0.05$) by ANOVA

くつかの発育速度のピークが認められることから、LPV および MPV 年齢の出現を推測できる可能性がある。このような考えに基づき身長の変化曲線に着目すると、13.2 歳に思春期における発育のピークが検出された。よって、この速度のピークは MPV を示していると考えられる。このような手法を用いて体重、BMI および体脂肪率について検討した結果を Table 2 に示した。ウェーブレット補間法を体重に適用した結果、8.4 歳、10.7 歳および 13.5 歳の 3 箇所に発育速度のピークが認められた。これらのうち 13.5 歳が最大速度であり、身長の MPV 年齢である 13.2 歳に近似していることから、男子の体重の MPV 年齢は 13.5 歳と特定できる。また、体脂肪率にウェーブ

レット補間法を適用した結果 (Fig 2)、曲線は波動を示し、8.5 歳および 10.7 歳の 2 箇所に加齢変化速度のピークが認められた。同様に BMI の加

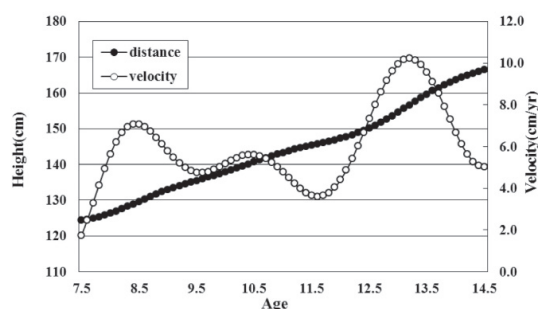


Fig. 1 MPV and LPV of height growth described by Wavelet Interpolation Method.

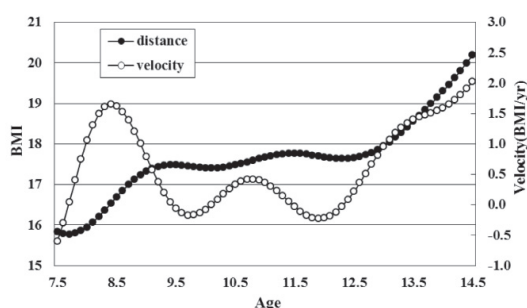


Fig. 2 MPV and LPV of BMI described by Wavelet Interpolation Method.

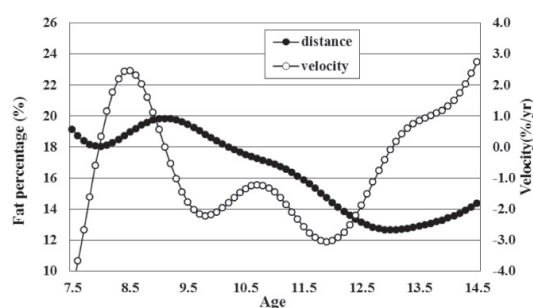


Fig. 3 MPV and LPV of fat percentage described by Wavelet Interpolation Method.

Table 2 Statistics of MPV and LPV in physique

	MPV			LPV of top			LPV of bottom		
	Age at MPV (yr)	Distances	Velocity	Age at MPV (yr)	Distances	Velocity	Age at MPV (yr)	Distances	Velocity
Body hight (cm)	13.2	156.6	(cm/yr)	8.4	128.9	7.1	9.6	136.0	4.7
				10.4	140.1	5.6	11.6	145.7	3.6
Body weight (cm)	13.5	47.5	(kg/yr)	8.4	27.6	6.0	7.3	25.1	-2.1
				10.7	35.4	3.6	11.7	38.0	1.6
							14.2	53.6	8.5
						(%/yr)			(%/yr)
Body fat (%)				8.5	18.9	2.5	9.8	18.8	-2.2
				10.7	17.3	-1.2	11.9	14.7	-3.1
BMI			(BMI/yr)			(BMI/yr)			(BMI/yr)
				8.4	16.5	1.6	9.7	17.5	-0.2
				10.8	17.6	0.4	11.9	17.7	-0.2

MPV: maximum peak velocity, LPV: local peak velocity.

齢変化では8.4歳と10.8歳に加齢変化速度のピークが示された (Fig 3)。したがって、身長 MPV 年齢、13.5歳の前に出現していることから、体脂肪率、BMI の加齢変化速度のピークは LPV 年齢と推測される。

2. 運動能力の発達特徴

Table 3 は、運動能力の測定結果を示したものである。加齢に伴う運動能力の発達変化を詳細に検討するために、まず7歳から15歳までの運動能力の平均値に対して、発達変化が認められるか否かを分散分析によって判断した。その結果、20m 走、プロアジリティ・テスト、立ち幅跳び、反復横跳び、垂直跳びおよびリバウンドジャンプ指数のいずれにおいても、年齢間に有意な差異が認められた ($P < 0.05$)。したがって、7歳から15歳までに運動能力の平均値に対してウェーブレッ

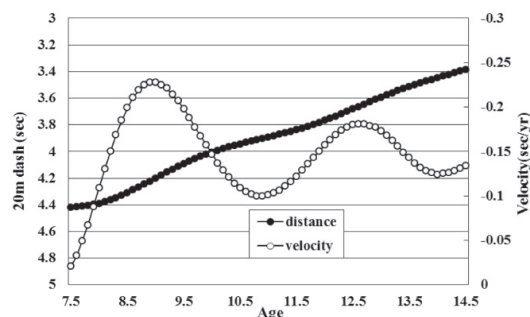


Fig. 4 MPV and LPV of 20m dash development described by Wavelet Interpolation Method.

ト補間法を適用した。Fig. 4 は20m 走の結果に対して、ウェーブレット補間法を適用したグラフを示している。なお、このグラフでは記録の増大が上方向になるように縦軸を逆に表記している。このように各運動能力に対してウェーブレット補間法を適用し、その結果をまとめたのが Table 4 である。

20m 走では、曲線は波動を示し、8.9歳および12.6歳の2箇所に発達速度のピークみられた。2つのピークを比較すると8.9歳の速度値は -0.23sec/yr 、12.6歳は -0.18sec/yr であり、8.9歳の方が速度値が大であることが分かる。走能力は Scammon の神経型の発達パターンに負っていることから、身長 MPV 年齢以前に発達速度のピークが示されたと推測され、よって、MPV が出現せず、8.9歳、12.6歳ともに LPV だと推測することができる。プロアジリティ・テストでは、速度曲線は波動を示し、8.6歳、10.8歳および12.9歳の3箇所に発達速度のピークみられたが、8.6歳の速度値がもっとも高い値を示した。この結果は、20m 走とはほぼ同様の傾向を示したことから、MPV は出現せず8.6歳、10.8歳および12.9歳のピークは LPV を示すと考えられる。立ち幅跳びでは、局所的発達のピークが8.7歳、10.8歳および12.9歳の3箇所みられ、12.9歳の速度曲線が8.7歳および10.8歳より高い値を示した。この結果から判断すると12.9歳が MPV と確認できる。反復横跳びでは、速度曲線は波動を示し、発

Table 3 Age related change of motor abilities of subjects

Age	n	20m dash (sec)	Pro Agility test (sec)	Standing long jump (cm)	Side step (times)	Vertical jump (cm)	RJ index (cm/s)
7	13	4.42 ± 0.18	6.58 ± 0.28	138 ± 11.4	38 ± 5	22.8 ± 3.9	101.8 ± 25.2
8	51	4.31 ± 0.21	6.43 ± 0.34	141 ± 17.0	39 ± 6	23.6 ± 4.0	98.7 ± 28.1
9	70	4.09 ± 0.21	6.03 ± 0.36	152 ± 16.6	43 ± 6	27.4 ± 4.2	104.8 ± 33.0
10	79	3.94 ± 0.20	5.86 ± 0.30	162 ± 15.7	47 ± 5	28.8 ± 4.3	119.0 ± 27.5
11	150	3.83 ± 0.17	5.69 ± 0.27	175 ± 15.3	49 ± 5	32.0 ± 4.3	133.3 ± 32.9
12	114	3.68 ± 0.24	5.57 ± 0.34	189 ± 18.3	53 ± 6	34.6 ± 5.3	135.3 ± 34.7
13	68	3.49 ± 0.21	5.36 ± 0.29	207 ± 16.9	56 ± 8	38.7 ± 5.7	150.4 ± 35.2
14	86	3.39 ± 0.18	5.24 ± 0.27	218 ± 18.1	59 ± 6	42.2 ± 5.8	163.7 ± 36.0
15	16	3.18 ± 0.07	5.08 ± 0.25	238 ± 16.1	60 ± 3	48.8 ± 2.9	193.2 ± 33.5
ANOVA		*	*	*	*	*	*

Values are means ± SD. RJ: rebound jump. *: Significant difference ($P < 0.05$) by ANOVA.

達速度のピークが9.2歳と12.2歳の2箇所にみられ、9.2歳の速度曲線の方が高い値を示した。したがって、MPVの出現はなく、9.2歳および12.2歳のいずれもLPVだと推測される。垂直跳びでは、発達速度のピークは8.6歳、11.0歳および13.0歳の3箇所に認められ、8.6歳の速度値がもっとも高い値を示し、次に高い値を示したのは13.0歳で、11.0歳がもっとも低い値を示した。よって、MPVの出現はないと考えた方が妥当であり、8.6歳、11.0歳および13.0歳のいずれもLPVであると推測される。リバウンドジャンプ指数では、曲線において局所的発達のピークが10.4歳および13.4歳の2箇所に認められ、10.4歳の速度曲線の方が13.4歳より高い値を示した。この結果より、MPVの出現はないと考えた方が妥当であり、10.4歳および13.4歳のいずれもLPVであると推測される。

IV. 考 察

藤井⁹⁾は、女子BMIの加齢変化に対してウェーブレット補間法を適用し、その加齢変化速度からBMIのMPVを特定した。そして、BMIのMPV年齢は初経年齢の臨界期となることを提唱した。このことはBMIと体脂肪率が非常に高い相関が認められていることに起因する。しかし、体脂肪率の加齢変化を詳細に解析したわけではないので、BMIのMPVが体脂肪率のMPVと近似するかは明確ではない。本研究は横断的データではあるが、男子のBMIと体脂肪率の加齢変化速度曲線に出現するLPV年齢が重なることが示されたが、BMIと体脂肪率の加齢現量値曲線を見ると、BMIは最初のLPV年齢以後漸次増大傾向を示し、体脂肪率は逆に最初のLPV年齢以後減少傾向を示す。このことは、明らかに発育期における男子BMIの増大傾向は筋肉量の増大を意味し、女子のように決して脂肪の増大を意味し

Table 4 Statistics of MPV and LPV in motor abilities

	MPV			LPV		
	Age at MPV (yr)	Distances	Velocity	Age at MPV (yr)	Distances	Velocity
20m dash (sec)				8.9	4.22	-0.23
				12.6	3.67	-0.18
Pro Agility test (sec)						(sec/yr)
				8.6	6.38	-0.49
				10.8	5.81	-0.17
Standing long jump (cm)	12.9	195.4	19.3	12.9	5.49	-0.20
						(cm/yr)
				8.7	143.1	12.9
Side step (times)				10.8	166.1	12.4
						(times/yr)
				9.2	41.7	5.5
Vertical jump (cm)				12.2	51.9	4.3
						(cm/yr)
				8.6	24.1	5.7
Rebound jump index (cm/s)				11.0	30.3	3.2
				13.0	36.5	4.3
						(cm/s/yr)
				10.4	117.3	17.1
				13.4	143.8	14.6

MPV: maximum peak velocity, LPV: local peak velocity.

ていないことが明白になった。このように BMI と体脂肪率の加齢変化からこのような知見が導かれた意義は大きいといえる。

さて、幼児期から思春期急増開始年齢 (take off age) に至るまでの身長発育において、LPV が数箇所出現することが知られているが、この現象は mid-growth spurt と呼ばれている⁷⁾。本研究においても、身長発育速度曲線に 8.4 歳および 10.4 歳で LPV が出現しており、この LPV 年齢が mid-growth spurt と解釈することができる。この mid-growth spurt の期間中に認められた BMI や体脂肪率の増加に呼応するように、スピード、瞬発力、敏捷性といった運動能力が発達することが認められたことは、本研究における重要な知見のひとつである。また、本研究では身長 MPV 年齢は 13.2 歳、体重 MPV 年齢は 13.5 歳で、藤井⁸⁾ が体格 MPV 年齢の順序性について示した結果と類似している。そして、筋力や立ち幅跳びのような瞬発能力の MPV は身長 MPV 年齢の後に出現するとした知見を肯定している。兵庫県下の小・中学生を対象に文部科学省新体力テストと体格との関連性を検討した結果では、小学校低学年では体力水準が高ければ体重も重い、中学年から高学年になるとこの関係が逆転し、体力水準が低いほど体重が重いと報告している¹¹⁾。また、大阪市内の小中学生を対象に肥満状態と文部科学省新体力テストとの関連性について調べたところ、低学年では握力を除いて有意な差異は認められなかったと報告している¹⁶⁾。さらに、小学校 1 年生から中学 3 年生までの男女を標準、肥満、痩身に体格を分類して、50m 走および立ち幅跳びの結果にウェーブレット補間法を適用したところ、50m 走、立ち幅跳びのいずれにおいても小学校 3、4 年生頃までは体型による差異は認められないと述べている¹⁰⁾。これらの結果より、take off age 以前では体格と運動能力との間に、明確な関連性はないと考えるのが妥当であろう。

幼少期では神経系の発達が顕著であり、神経系の関与が大きい敏捷能力や瞬発能力のような運動能力は小学校の低学年に LPV が検出されることがある。Fujii et al¹⁰⁾ は、平成 17 年度の文部科学省公表の男子の体力・運動能力調査の結果

に対してウェーブレット補間法を適用したところ、反復横跳びおよび 50m 走の発達速度曲線は小学校低学年に発達速度のピークが出現することから、Scammon の発育パターンから分類すると、神経型と一般型の性質を併せ持った曲線を示すことを示唆した。また、ジュニアスポーツ選手を対象に行われた調査²⁹⁾、本研究の結果 (Table 4) において、反復横跳び、20m 走およびプロアジリティ・テストの発達の様相に類似性が認められることも、これらの知見を支持するものである。敏捷性の構成要素である単純反復運動能力を示すステップ回数、小学校 5 年生まで漸増するがそれ以降では有意な発達が認められないことが報告されている¹⁾。単純反復運動は脳皮質を介さない相反神経支配が関与することから、下位中枢によって制御される運動能力だといえることができる¹³⁾。このような下位中枢によって制御されているステップ動作は、反復横跳びにおけるステップワーク、20m 走におけるピッチの増加、プロアジリティ・テストにおける素早い方向転換といった動作に寄与していると考えられる。よって、反復横跳び、20m 走およびプロアジリティ・テストといった運動能力に神経系の発達がみられる約 10 歳頃に LPV 年齢が出現したと考えることができる。また、立ち幅跳びにおいても小学校中学年において動作が洗練されること²⁾、垂直跳びにおいてもスムーズな動作の伝導の重要性も唱えられていることから²⁷⁾、本研究で測定した運動能力の発達において、明らかに神経系の発育が関与していると考えられる。そして、その中でも、20m 走、プロアジリティ・テスト、反復横跳びは、より神経系の関与が強く、垂直跳びや立ち幅跳びでは、立ち幅跳びの方がより一般型の発育に負うことが強いと考えられる。

このように、本研究によって学齢期男子の体格、身体組成、運動能力の発育・発達の様相がウェーブレット補間法によって新たな知見を提供することができた。特に、横断的データではあるが、体格と運動能力の発育・発達が同時に解析された点は、Fujii et al¹⁰⁾ の知見を再検証できたことで十分な評価が示された。さらに、BMI と体脂肪率の加齢変化が同時に解析されたことは、従

来には全くない研究であり、本研究によって新たに導かれた重要な知見と位置づけられよう。今後は、体格、身体組成と運動能力の発育・発達の間連構図が明確にされれば、さらに発育期の子どもの身体発育発達現象の解明に大きな期待が待たれるであろう。

V. 結 語

本研究は、学齢期男子の身体的発育・発達の様相を検証するために、7歳から15歳までの男子を対象に横断的な体格、身体組成および運動能力の測定を行い、それぞれの発育・発達現量値に対してウェーブレット補間法を適用した。その結果、身長、体重の発育速度曲線に示されたMPV年齢は13.2歳、13.5歳と従来の知見を指示していた。特に、BMIと体脂肪率の加齢変化速度曲線に示されるLPVは両要素において重なることが示されたが、加齢現量値曲線ではBMIは増大傾向を示すが、体脂肪率では減少傾向を示した結果は新たな知見として提唱することができた。運動能力発達はScammonの神経型と一般型の発育パターンによる混合型を示すとされるが、本研究における各運動能力の発達速度曲線に示されたLPVの出現は、20m走、プロアジリティ・テスト、反復横跳びは、より神経系の関与が強く、垂直跳びや立ち幅跳びで、その中でも立ち幅跳びの方がより一般型の発育に負うことが強いことを主張する有力な知見と位置づけられる。

付 記

本研究は科研費（若手研究B 21700624）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 浅見高明, 渋川侃二 (1975) 調整力に関する研究 (2) — その発達傾向について —, 体育科学, 3: 188-199
- 2) 陳周業 (2008) 児童における基本動作発達に関する運動学的研究 — 立ち幅跳びに着目して —, 広島大学大学院教育学部研究科紀要 第二部, 57: 309-315
- 3) 藤井勝紀, 山本浩 (1995) 身長 of 成熟別発育速度曲線の解析, 体力科学, 44: 431-438
- 4) Fujii, K. (1996a) A comparative interpolation method of WIM and a cubic spline function to longitudinal height data during adolescence in boys. Nagoya Journal of Health. Physical Fitness and Sports, 19: 9-17
- 5) 藤井勝紀, 松浦義行 (1996b) 男子体格の平均発育曲線から導き出される速度曲線の解析, 体育学研究, 41: 247-260
- 6) Fujii, K. and Matsuura, Y. (1999) Analysis of the growth velocity curve for height by the Wavelet Interpolation Method in children classified by maturity rate. Am. J. Hum. Biol., 11: 13-30
- 7) 藤井勝紀 (2002) 身体発育現象としての mid-growth spurt の検証, 体育学研究, 47: 347-359
- 8) 藤井勝紀 (2006) 発育・発達への科学的アプローチ — 発育・発達と健康の身体情報科学 —, 三恵社: 名古屋, p.112-173
- 9) Fujii, K. (2006) Critical period of menarche derived from changing velocity curve of BMI with age. Adolescentology, 24: 193-200
- 10) Fujii, K., Tanaka, N., Ishigaki, T., Hanai, T., Kim, S.-H. and Nho, H. (2008) Confirmation regarding physical fitness based on polynomial regression evaluation of body fat percentage for BMI in adolescence. The Korean Journal of Growth and Development, 16: 43-47
- 11) 平川和文, 高野圭 (2008) 体力の二極化進展において両極にある児童生徒の特徴, 発育発達研究, 37: 57-67
- 12) 広瀬統一, 平野篤 (2008) 成長期エリートサッカー選手の生まれ月分布と生物学的成熟度の関係, 発育発達研究, 37: 17-24
- 13) 広瀬統一, 平野篤, 福林徹 (2002) 骨年齢と暦年齢でみた成長期サッカー選手の反応時間とステッピング能力の横断的变化, 体力科学, 51: 299-306
- 14) 木村邦彦 (1966) ヒトの発育, メジカルフレンド社: 東京
- 15) 岡田毅 (2004) 相対的年齢 (Relative Age) としての生まれ月と高度スポーツへの社会化 — 2002

- 年のプロ野球選手の分析 ― 鹿児島大学教育学部研究紀要人文・社会学編, 55: 79-91
- 16) 小野くに子, 奥田豊子 (2008) 体力の二極化進展において両極にある児童生徒の特徴. 大阪教育大学紀要 第II部門, 57: 1-10
- 17) Ostojic, S. M., Mazic, S. and Dikic, N. (2006) Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *J. Strength Cond. Res.*, 20: 740-744
- 18) Vaeyens, R., Malina, R. M., Janssens, M., van Renterghem, B., Bourgois, J., Vrijens, J., and Philippaerts, R. M. (2006) A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *Br. J. Sports Med.*, 40: 928-934
- 19) 星川佳宏 (2007) プロサッカー選手を選抜した潜在的理由. *スポーツ方法学研究*, 21: 83-89
- 20) Kohmura, Y., Aoki, K., Yoshigi, H., Sakuraba, K. and Yanagiya, T. (2008) Development of a baseball-specific battery of tests and a testing protocol for college baseball players. *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1051-1058
- 21) 松浦義行 (1980) 発達運動学, 逍遙書院: 東京
- 22) 松浦義行 (1982) 体力の発達, 朝倉書店: 東京
- 23) 松浦義行 (2002) 統計的発達発達学, 不昧堂出版: 東京
- 24) 松浦義行 (2005) 身体的発達発達論序説, 不昧堂出版: 東京
- 25) Scammon, R. E. (1930) The measurement of body in childhood. In: Harris JA, Jackson CM, Paterson DG, et al Eds, *The Measurement of Man*, University of Minnesota Press.
- 26) 田中望, 藤井勝紀, 石垣享, Nho, H., Kim, S-H., 花井忠征 (2009) 韓国人中学生の身体組成と体力との関係構図における発達学的検証. *発達発達研究*, 41: 44-57
- 27) 山田洋, 加藤達郎, 三上恭史, 金子公宏, 塩崎知美, 横井孝志 (2006) 幼児の跳躍動作における運動伝導の評価. *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 18: 62-68
- 28) 渡邊將司, 高井省三 (2005) ジュニア競泳選手のパフォーマンスに影響する要因の年齢変化. *体力科学*, 54: 353-362
- 29) 渡辺英次, 三島隆章, 岩館千歩, 関一誠 (2010) ジュニアスポーツ選手における身体的発達発達の特徴に関する考察 ― Polynomial による解析 ―. *教育医学*, 55: 251-264