

博士論文

2歳から6歳までの幼児期におけるリバウンドジャンプ能力
および疾走能力に関する発達過程と相互関係性

平成25年度

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 コーチング学専攻

坂口将太

目次

略語

表のタイトル一覧

図のタイトル一覧

関連論文（研究業績一覧）

I 章 緒言	1
II 章 文献研究	5
1. Stretch-shortening cycle 運動の遂行能力に関する研究	5
(1) Stretch-shortening cycle 運動	5
(2) Stretch-shortening cycle 運動の遂行能力の発達	6
(3) Stretch-shortening cycle 運動の遂行能力と移動運動に関する能力との関係	7
2. 幼児の運動能力に関する基礎研究	9
(1) 運動能力の発達	9
(2) 幼児の運動能力の現状について	12
(3) 幼児の疾走能力の発達	13
3. 文献研究から得られた知見	14
4. これまでに未解決な問題点	15
III 章 本研究の目的および課題	17
1. 研究目的	17
2. 研究課題	17

IV章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程と	
それに影響する要因（研究課題1）	19
1. 目的	19
2. 方法	21
(1) 対象者	21
(2) 実験運動	21
(3) 測定項目および測定方法	21
(4) 統計処理	22
3. 結果	23
(1) 年齢別に見た垂直跳，リバウンドジャンプ能力および形態的特性 の発達について	23
(2) 月齢ごとに見た垂直跳，リバウンドジャンプ能力および形態的特性 の発達について	28
4. 考察	41
(1) 年齢別に見た垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の発達について	41
(2) 月齢ごとに見た垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の発達について	43
5. 結論	47
V章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力と疾走能力との	
関係について（研究課題2）	49
1. 目的	49
2. 方法	51
(1) 対象者	51
(2) 実験運動	51
(3) 測定・算出項目	51

(4) 統計処理	53
3. 結果	53
4. 考察	62
5. 結論	63
VI章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力および疾走能力に関する	
縦断的発達過程（研究課題3）	65
1. 目的	66
2. 方法	68
(1) 対象者および測定時期	68
(2) 実験運動	68
(3) 測定項目および測定方法	68
(4) 活動量および活動内容に関する質問紙調査	69
(5) 統計処理	69
3. 結果	71
(1) 体格，垂直跳，リバウンドジャンプおよび疾走能力における1年経過前後の 変化とその相互関係	71
(2) 幼児の活発さおよび運動遊びの内容に関する質問紙調査	79
4. 考察	79
(1) 体格，垂直跳，リバウンドジャンプおよび疾走能力における1年経過前後の 縦断的な変化について	86
(2) 身長，垂直跳，リバウンドジャンプおよび疾走能力における1年経過前後の 変化率の相互関係について	87
(3) リバウンドジャンプ能力の発達と活動量および活動内容との関係について	88
5. 結論	89

VII章 総合討論	91
1. 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程	91
2. 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力と疾走能力との関係性	94
3. 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力からみた保育の現場への示唆	95
VIII章 結論	98
謝辞	100
引用・参考文献	101

略語

本研究で用いる略語は、以下の通りである。

SSC (Stretch-shortening Cycle)	: 伸張－短縮サイクル
CMJ (Counter movement jump)	: 垂直跳
RJ (Rebound jump)	: リバウンドジャンプ
RJ-index (Rebound jump index)	: リバウンドジャンプ指数
SF (Step frequency)	: ピッチ
SL (Step length)	: ストライド
FT (Flight time)	: 滞空時間
CT (Contact time)	: 接地時間

表のタイトル一覧

IV章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程とそれに影響する 要因（研究課題 1）

Table 1-1	Physical characteristics of subjects	・・・ 24
Table 1-2	Jumping abilities of subjects	・・・ 25
Table 1-3	Morphological characteristics of subjects (shank and foot region)	・・・ 29
Table 1-4	Morphological characteristics of subjects (Achilles tendon length / shank length, foot length / shank length and shank girth)	・・・ 30
Table 1-5	Relationship between age in month and physical characteristics	・・・ 33
Table 1-6	Cross table of age in month and jumping development type	・・・ 37

V章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力と疾走能力との関係について （研究課題 2）

Table 2-1	Physical characteristics of subjects	・・・ 54
Table 2-2	Jumping abilities of subjects	・・・ 55
Table 2-3	Running abilities of subjects	・・・ 56

VI章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力および疾走能力に関する 縦断的発達過程（研究課題 3）

Table 3-1	Contents of questionnaire	・・・ 70
Table 3-2	Longitudinal changes of physical characteristics, jumping abilities and 20m running velocity from 2012 to 2013	・・・ 72
Table 3-3	Relationship between briskness and selected number of physical activity	・・・ 85

図のタイトル一覧

IV章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程とそれに影響する 要因 (研究課題 1)

Figure 1-1	Age related changes of jump height in CMJ, RJ-index, jump height in RJ and contact time in RJ (with all subjects)	・ ・ ・ 26
Figure 1-2	Age related changes of jump height in CMJ, RJ-index, jump height in RJ and contact time in RJ (with the sexes separated)	・ ・ ・ 27
Figure 1-3	Relationship between jump height in CMJ and RJ-index	・ ・ ・ 32
Figure 1-4	Relationships between age in month and jump height in CMJ and RJ-index	・ ・ ・ 34
Figure 1-5	Age in month related changes of percentage of subjects in each jumping development ability type	・ ・ ・ 35
Figure 1-6	Comparison of jump height and contact time in RJ among each type in 50-month-old	・ ・ ・ 38
Figure 1-7	Comparison of body height and body weight among each type in 50-month-old	・ ・ ・ 39
Figure 1-8	Comparison of morphological characteristics among each type in 50-month-old	・ ・ ・ 40
Figure 1-9	Age related changes of jump height in CMJ, RJ-index, jump height in RJ and contact time in RJ from age two to eighteen	・ ・ ・ 42

V章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力と疾走能力との関係について (研究課題 2)

Figure 2-1	Relationships between Jump height in CMJ, RJ-index and index of
------------	---

running velocity	・ ・ ・ 58
Figure 2-2 Relationships between Jump height in CMJ, RJ-index and index of step length	・ ・ ・ 59
Figure 2-3 Relationships between Jump height in CMJ, RJ-index and index of step frequency	・ ・ ・ 60
Figure 2-4 Partial correlation coefficients between jump height in RJ, contact time in RJ and FT, CT in 20m running	・ ・ ・ 61

VI章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力および疾走能力に関する 縦断的発達過程 (研究課題 3)

Figure 3-1 Longitudinal changes of physical characteristics from 2012 to 2013	・ ・ ・ 73
Figure 3-2 Longitudinal changes of jump height in CMJ and RJ-index from 2012 to 2013	・ ・ ・ 74
Figure 3-3 Longitudinal changes of jump height and contact time in RJ from 2012 to 2013	・ ・ ・ 75
Figure 3-4 Longitudinal change of 20m running velocity from 2012 to 2013	・ ・ ・ 76
Figure 3-5 Relationships between rate of change of body height and rate of change of CMJ ability, RJ ability, 20m running velocity	・ ・ ・ 77
Figure 3-6 Relationships between rate of change of CMJ ability and rate of change of RJ ability	・ ・ ・ 78
Figure 3-7 Comparison of rate of change of RJ ability between boys and girls	・ ・ ・ 80
Figure 3-8 Relationships between CMJ ability, RJ ability and 20m running velocity	

	in 2012	• • • 81
Figure 3-9	Relationship between CMJ ability, RJ ability and 20m running velocity	
	in 2013	• • • 82
Figure 3-10	Relationships between rate of change of CMJ ability, RJ ability and rate	
	of change of 20m running velocity	• • • 83
Figure 3-11	Comparison of briskness between two groups	• • • 84

関連論文（研究業績一覧）

本論文は以下に示した投稿論文，学会発表および未発表資料をまとめたものである。

【原著論文】

1. 坂口将太・関子浩二（2013）2歳から6歳までの幼児におけるリバウンドジャンプ遂行能力の発達過程. 体育学研究 58 (2), 599-615.
2. 坂口将太・藤林献明・荻山 靖・関子浩二（2014）2歳から6歳までの幼児におけるリバウンドジャンプ遂行能力と疾走能力との関係. 発育発達研究 62, 印刷中.
3. 坂口将太・藤林献明・関子浩二：4歳から5歳に至る幼児におけるリバウンドジャンプ能力および疾走能力に関する縦断的発達過程. 体育学研究, 投稿中.

【学会発表】

1. 坂口将太・関子浩二：幼児におけるリバウンドジャンプ遂行能力の発達過程に関するコーチング学的研究. 日本コーチング学会第24回大会（広島大学）：2013年3月.
2. 坂口将太・関子浩二：2歳から6歳の幼児におけるはずみ運動遂行能力の発達過程とそれに影響する要因. 日本発育発達学会第11回大会（静岡産業大学磐田キャンパス）：2013年3月.
3. 坂口将太・関子浩二：2歳から6歳の幼児におけるリバウンドジャンプ遂行能力と疾走能力との関係. 日本体育学会第64回大会（立命館大学びわこ・くさつキャンパス）：2013年8月.

I 章 緒言

人間が重力環境下で生きていく中で運動を行う際には、着地時に主働筋が一度引き伸ばされエキセントリックな筋力発揮で負荷を受け止めた後、離地に向けてコンセントリックな筋力発揮で移動運動や物体操作を行う様相になることが一般的である。このような主働筋が一度引き伸ばされた後に短縮する運動は、Stretch-shortening cycle (以下, SSC) 運動と呼ばれている (Komi, 1984 ; 1992)。また、このタイプの筋収縮を利用することによって、急激かつ短時間に大きな筋力が発揮できることや効率の良い運動を遂行できることが明らかにされている (Asmussen and Bonde-petersen, 1974 ; Bosco and Komi, 1979 ; Bosco et al., 1981)。

図子ほか (1993) は、各種スポーツ選手における下肢の専門的な筋力およびパワー発揮特性について検討し、リバウンドドロップジャンプ (Rebound drop jump : 以下, RDJ) パフォーマンス、垂直跳 (Countermovement jump : 以下, CMJ) パフォーマンス、スクワット姿勢によるアイソメトリックな最大筋力発揮の特性はスポーツ種目の間で大きく異なることを明らかにし、陸上競技の跳躍選手や短距離選手、優れた球技選手などは RDJ のような SSC 運動の遂行能力に優れることを報告している。また、それまでに体力テストに利用されてきた CMJ や最大筋力を用いた評価診断法だけでは、スポーツ選手の専門性を十分に評価できないことを指摘し、運動遂行時間が 0.1~0.2 秒と極めて短時間の間に、典型的な SSC 運動を遂行する能力を評価診断するためには、運動遂行時間を加味した RDJ や連続リバウンドジャンプ (Rebound jump : 以下, RJ) を用いた評価診断法を取り入れることが有効であることを示唆している。

SSC 運動が重力環境下で生きる人間の基本的な様式であることを考えると、スポーツパフォーマンスという視点に加えて発育発達や体力・運動能力的な観点からも、SSC 運動の遂行能力に関する研究がなされることには大きな意味があると考えられる。遠藤ほか (2007) は、6~18 歳を対象にして、これまでの体力テストの代表である CMJ 能力に加

えて RJ 能力の発達過程について横断的に調査した。その結果、両遂行能力は発育に伴って増大するものの、必ずしも両方が対応しながら発達することはなく、異なる発達様相を示すことを報告するとともに、発育発達や体力・運動能力的な観点から SSC 運動の遂行能力に関する研究を推進することの必要性について指摘している。また、後期高齢者を対象にして、歩行機能の維持と低下防止に対する SSC 運動の遂行能力の重要性を示した研究もある（三井・凶子，2006a；2006b）。これらのことから、SSC 運動の遂行能力はスポーツ選手のために必要な能力であるとともに、重力環境下で生きる全ての人間の移動運動機能といった QOL の維持・向上に必要な運動能力であることが理解されつつある。

SSC 運動の遂行能力に関する発育発達や体力・運動能力的な観点からの研究では、6～18 歳までの児童および生徒を対象にして経年的変化を調査した遠藤ほか（2007）のものが存在し、就学後の小学生から高校生までの実態が明らかにされている。また、岩竹ほか（2008）は、思春期後期にある生徒を対象にして、SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係について検討するとともに、体育の授業などを通して思春期後期にある生徒が SSC 運動の遂行能力を高めるための取り組みについて提案している。しかし、就学前の幼児に関しては、CMJ に関するものは存在するものの（辻野ほか，1974）、RDJ や RJ 能力に関する検討はまったくなされていないのが現状である。SSC 運動が人間の移動運動に内在する基本的な要素であることを考えると、これまでに検討されていない幼児期の RJ を含めた SSC 運動の遂行能力の発達過程を明らかにすることは非常に重要であると考えられる。

幼児期は中枢神経系の調節機構の完成と中枢と末梢との間の調節機構が形成される時期であり、基本的な運動を習得するための極めて大切な時期であることが示されている（ガラヒュー，1999）。幼児期に SSC 運動の遂行能力を発達させることは、その後のスポーツ活動や QOL に対して重要な役割を果たすのではないかと考えられる。

また、SSC 運動の遂行能力と移動運動は密接な関係にあることが明らかにされている。加藤ほか（2009）は、幼児が「歩く運動」から「走る運動」を獲得する過程について調査し、「歩く運動」から「リーピング」という「跳ぶ運動」ができるようになると、やがて走

ることができるようになることを明らかにしている。「跳ぶ運動」の中には、跳び上がる局面と同時に、一旦空中に浮かんだ身体が落下し、それを受け止めるための運動が内在している。この「跳ぶ運動」が連続で遂行できるようになると、RJ ができることになり、連続した SSC 運動の様式が発生することになる。

さらに、Endo et al. (2008) は 12~18 歳の子どもの跳躍能力と疾走能力およびフットワーク能力との関係について検討し、CMJ 能力と比較して RJ 能力に優れている子どもの方が疾走能力およびフットワーク能力が高いことを報告している。このことから、高い疾走速度で走るためには RDJ や RJ といった短い運動遂行時間で行う SSC 運動が非常に重要な要素になると考えられる。

三井・図子 (2006b) は、73~93 歳の高齢者を対象に SSC 運動の遂行能力をリバウンド型の屈伸運動で評価し、その能力は加齢とともに低下していくことを報告している。それに加えて、SSC 運動の遂行能力が歩行機能にも密接に関係していることも報告している。幼児の疾走能力に関する研究では、八木ほか (1987) が 4.5~6.5 歳の幼児を対象に疾走能力の発達と跳躍能力の発達について調査した結果、疾走速度と垂直跳および立幅跳の跳躍距離との関係は加齢とともにほぼ並行して増大する傾向があり、歩幅比 (歩幅/身長×100) と両跳躍能力との間には有意な相関関係が認められたことを報告している。しかし、これまでに幼児における RJ を含めた SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係について調査した研究は存在していない。

近年、幼児の運動能力の低下が報告されており (文部科学省, 2012)、幼児の運動機会を多くすることやその時間を増やすことが求められている。また、幼児期の運動機会や運動時間を多くするだけでなく、限られた時間や空間の中で効率良く運動能力の発達を促進させられる方策を考案していく必要があることも示されている。したがって、幼児における SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係が明らかになれば、子どもの運動能力向上に対して具体的な方策を提示することが可能になることが考えられる。

これらのことから、RJ が幼児期のいつ頃からできるようになり、また就学前までにど

のような発達経過をたどるのかについての実態を把握するとともに、RJ 能力と疾走能力との関係を明らかにすることができれば、その後の成長過程の中でのスポーツ活動や QOL を高めるために、幼児期にはどのような対策を講じれば良いのかについて役立つ知見を提供できることが考えられる。

そこで、本研究では就学前の 2 歳から 6 歳までの幼児を対象として、RJ 能力の発達過程の実態を調査するとともに、RJ 能力と疾走能力の発達との関係性について明らかにし、幼児期における運動遊びや運動指導の内容に役立つ知見を明らかにすることを目的とした。

II 章 文献研究

1. Stretch-shortening cycle 運動の遂行能力に関する研究

(1) Stretch-shortening cycle 運動

重力環境下で生きていく人間が運動を行う時には、主動筋が一度引き伸ばされエキセン
トリックな筋力発揮で負荷を受け止め、その後コンセントリックな筋力発揮を行うこと
によって移動運動や物体操作を行っている。このような主動筋が一度引き伸ばされて、その
後短縮する運動は Stretch-shortening cycle (SSC) 運動と呼ばれている (Komi, 1984 ;
1992)。Asmussen and Bonde-petersen (1974) は、一流長距離選手と長距離走を専門と
しないスポーツ選手を対象として、歩行、疾走およびペダリング中におけるエネルギー効
率および弾性エネルギーの貯蔵について検討し、疾走や跳躍運動での筋活動の経済性には、
弾性エネルギー利用の役割が重要であることを示唆している。Bosco and Komi (1979)
は、バレーボール選手を対象として、スクワットジャンプ (Squat jump : 以下, SJ), 垂
直跳 (Counter movement jump : 以下, CMJ), ドロップジャンプ (Drop jump : 以下,
DJ) における地面反力と関節角速度およびパワーを検討した結果、事前の筋伸張を通して
の骨格筋のパフォーマンス向上は、筋活動の反射増強および貯蔵した弾性エネルギー利用
が複合された効果によることを示唆している。Bosco et al. (1981) は、パワー系種目のス
ポーツ競技者を対象にして、SJ および CMJ のパフォーマンスに対する反動動作による筋
の事前伸張の影響を検討している。その結果、CMJ に見られる反動動作は、コンセントリ
ックな力発揮や機械的仕事率を高めることを報告しており、その弾性エネルギーの利用や
貯蔵の効果は、速い伸張速度、高いエキセントリックな力、さらにはエキセントリック局
面からコンセントリック局面へと切り替える時間の短さに関係していることを示唆してい
る。これらのことから、SSC 運動を利用することによって、急激かつ短時間に大きな筋力
が発揮できることや効率の良い運動が遂行できることが明らかにされている。

関子ほか (1993) は、各種スポーツ選手における下肢の専門的な筋力およびパワー発揮

特性について研究を行い、リバウンドドロップジャンプ (Rebound drop jump: 以下, RDJ) および CMJ 能力, スクワット姿勢によるアイソメトリックな最大筋力発揮におけるパワー発揮特性は種目間で大きく異なることを明らかにし, 陸上競技の跳躍選手や短距離選手, 優れた球技選手などは RDJ のような SSC 運動の遂行能力に顕著に優れることを報告している. RDJ は 0.1~0.2 秒といった短時間で遂行される運動であり, バリスティック運動と呼ばれている. この種の運動は, それよりも長い運動遂行時間で行われる運動とは神経制御機構や力発揮に関する調節機序が異なることが示されている (Marsden, 1976; 米田, 1989). これらのことから, それまでに体力テストに利用されてきた CMJ や最大筋力を用いた評価診断法だけでは, スポーツ選手の専門性を評価するには十分でないことを指摘し, 運動遂行時間が 0.1~0.2 秒と極めて短時間の間に典型的な SSC 運動を遂行する能力の評価診断には, RDJ や連続リバウンドジャンプ (Rebound jump: 以下 RJ) を用いた評価診断が有効であることを示唆している (図子ほか, 1993). そして, CMJ 能力と RDJ や RJ 能力との関係性が検討されており, その相関関係があまり高くないことから RDJ や RJ 能力は CMJ 能力とは別の能力を評価していることが明らかにされている (図子・高松 1995a; 遠藤ほか, 2007)).

以上のことから, SSC 運動の遂行能力を評価するためには, これまでの体力テストにおける下肢のパワーを評価するための CMJ では不適であり, 短い運動遂行時間(0.2秒以内)で典型的な SSC 運動を行う RJ 運動をテストに用いた評価法が必要であると考えられる.

(2) Stretch-shortening cycle 運動の遂行能力の発達

辻野ほか (1974) が, 3 歳から成人を対象として, 垂直跳の発達過程について調査しており, 3~6 歳にかけて動作が発達し始めて 8 歳ごろまでにその動作が完成し, 跳躍高については成人に至るまで増大する傾向にあったことと報告している. さらに, Bosco and Komi (1980) も 4~73 歳を対象に SJ, CMJ および DJ を行わせ, それらの跳躍高の発達過程について調査したところ, いずれの跳躍高も 20 代までは加齢に伴って向上してい

くことを報告している。志手・新開谷（1996）は、小学 4 年生から 6 年生を対象として DJ の発達過程を調査した結果、DJ 能力は 5 年生から 6 年生にかけて増大し、その発達は跳躍高の増大に起因することを示唆している。遠藤（2007）は 6～18 歳の男子を対象にして、CMJ および RJ 能力について横断的に調査した結果、両遂行能力ともに加齢に伴って発達していく傾向にあったが、必ずしも両方が対応して発達するものではなく、相対的に RJ 能力が優位に発達する群、両方が同様に発達する群、相対的に CMJ 能力が優位に発達する群に分類されることを報告している。これらのことから、CMJ テストと RJ テストは異なる能力を評価しているものであり、SSC 運動の遂行能力を評価するためには、RJ のような典型的な SSC 運動を評価することが重要になると考えられる。

このように、SSC 運動の遂行能力の発達過程は明らかにされつつあるが、そのほとんどは小学期以降の児童・生徒を対象にしたものであり、幼児における DJ や RJ を用いた SSC 運動の遂行能力に関する発達過程について検討したものはほとんどなく、唯一存在する Bosco and Komi（1980）の研究では跳躍高のみを検討しており、接地時間という時間的な要素を評価していない。また、4 歳以前の幼児に関する発達過程の知見は存在しない。

(3) Stretch-shortening cycle 運動の遂行能力と移動運動に関する能力との関係

移動運動には、下肢の SSC 運動遂行の能力が大きく影響していること（Asmussen and Bonde-petersen, 1974）から、移動運動と SSC 運動の遂行能力との関係については様々な研究がこれまでに行われている。Mero et al.（1981）は、短距離競技者を対象として CMJ の跳躍高および DJ の跳躍高と 30m の全力疾走における最大疾走速度、ストライドおよびピッチとの関係を検討し、CMJ および DJ の跳躍高と最大疾走速度およびピッチとの間に有意な相関関係が認められたことを報告している。岩竹ほか（2002）は、大学男子陸上競技短距離選手を対象に 60m の全力疾走における区間加速度および区間疾走速度の積から算出した身体質量当たりのスプリントランニングパワーと、RJ の接地時間と滞空時間から算出した身体質量当たりの発揮パワーの最高値との関係を検討し、加速局面およ

び速度維持局面におけるスプリントランニングパワーおよび最高疾走速度と RJ のパワーとの間に有意な相関関係が認められたことを報告している。その他にも、RJ や DJ を含んだ SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係について、有意な相関関係が報告されている (Bosco et al., 1983 ; Chelly and Denis, 2001 ; Bret et al., 2002)。これらのことは、SSC 運動の遂行能力が競技者のスプリントパフォーマンスに対して影響を与える重要な能力になることを示唆するものである。また、発育発達の観点から、Endo et al. (2008) は 12~18 歳の子どもの跳躍能力と疾走能力およびフットワーク能力を調査し、CMJ 能力に対して RJ 能力の発達が優れている子どもの方が疾走速度および反復横跳びの点数が高いことを報告しており、思春期の児童・生徒においても RJ 能力が疾走能力に大きな影響を与えていることを示唆している。さらに、遠藤ほか (2012) は、中学 1 年生を対象として疾走能力、CMJ および RJ 能力の変化について、1 年間の追跡調査を行っている。その結果、CMJ および RJ の両能力は疾走能力と有意な相関関係が認められたが、疾走能力の変化率との間には RJ 能力の変化率のみに有意な相関関係が認められたことを報告している。岩竹ほか (2008) は、15 歳の学生を対象としてアイソメトリックな脚筋力、立三段跳、立五段跳、CMJ および RJ の測定値と 50m の疾走速度との関係について検討した結果、それぞれ疾走速度との間に有意な相関関係が認められたことを報告している。これらのことから、高い疾走速度を獲得するためには、RJ 能力が非常に重要な要素になると考えられる。

三井・凶子 (2006a) は、後期高齢者に自由歩行、大股歩行および最大努力での大股歩行を行わせ、その挙動と地面反力の動態について逆振り子モデルを用いて検討している。その結果、大きな歩幅を獲得するためには、下肢の SSC 運動の遂行能力が非常に重要な役割を果たすことを示唆している。また、リバウンド型の反復屈伸運動を用いて後期高齢者の SSC 運動の遂行能力を評価し、歩行能力との関係を検討した結果、歩行中の最大地面反力、前後方向における地面反力の負および正の力積と有意な相関関係が認められたという報告もある (三井・凶子, 2006b)。

これらのことから、RJ 能力に代表される SSC 運動の遂行能力はスポーツ選手の専門的能力の評価指標として有益であるだけでなく、歩行機能の維持や向上といった QOL においても重要となることが明らかにされている。そのために、RJ 能力がどのような発達傾向を示し、疾走能力の発達とどのように関わっているのかを、幼児についても明らかにしていく必要があると考えられる。

2. 幼児の運動能力に関する基礎的研究

(1) 運動能力の発達

幼児期における教育は、個人のその後の人生に大きな影響を与えていると言われている。ポルトマン（1961）は、人間の誕生時の状態を生理的早産と言ひ、人間が未熟な状態から成熟しなければならない大きな部分を残した可逆性に富んだ存在であることを指摘している。また、浅野（1982）も、ヒトの未成熟期はその他の動物に比べて長期に渡ることを指摘しており、活動的で可塑性の強い幼児期における教育が生涯不変の基礎になることを示している。幼児の運動について、ガラヒュー（1999）は、幼児の基本的な運動を移動運動、操作運動、姿勢制御運動の3つに分類している。これらの3つは、将来スポーツを行う上で基礎となる重要な運動であり、適切に増進させていくことが重要であると考えられる。また、Gallahue（1982）は、運動発達の段階とその年齢区分について示しており、幼児期は基本的な運動技能を獲得する大切な時期でもあることを指摘している。さらに、基本的な運動技能を幼児期に獲得することは、非常に重要であることを指摘している。Scammon（1930）の発育曲線からみても、幼児期は神経系統や体格などが著しく成長する最初の期間である。

これらのことから、幼児期において運動の基礎を築くことは、その後の人生を通しての運動発達に大きな影響を与えることになり、幼児期において様々なスポーツの基礎になり得る走・跳・投運動を適切に発達させることは極めて重要なこととなってくる。

幼児の運動能力の発達については、これまでに様々な研究が行われている。竹内ら（1968）

は、幼児のための運動能力に関する組テストの研究において、幼稚園年長組を対象にして 12 項目の運動能力検査を行い、その因子構造について因子分析を行っている。その結果、男児では第 1 因子に脚の瞬発筋力、第 2 因子に握力、第 3 因子に身体協調能力、第 4 因子に静的平衡能力、第 5 因子は不明として、第 6 因子に柔軟能力という運動能力の構造があることを明らかにしている。また、女児においては、第 1 因子に握力、第 2 因子に脚の瞬発筋力、第 3 因子に筋持久力、第 4 因子に平衡能力、第 5 因子に身体協調能力、第 6 因子に柔軟能力という運動能力の構造があることを明らかにしている。松浦と中村(1976)は、4~8 歳の幼児の運動能力の発達について 10 項目の運動を測定し調査している。その結果、測定した各種の運動能力は、加齢とともに直線的に発達し、未分化の状態から分化の方向に至ることを示している。また、因子分析によると、基礎的運動能力領域の割合は 4 歳レベルでは約 45%であり、運動能力全体に占める割合が大きいことを示している。特に、低い年齢では、体格および年齢が基礎運動能力にかなり大きく貢献することを報告している。さらに、体格、静的筋力、上・下肢の瞬発筋力の要素は、いずれの年齢においても運動能力に大きく貢献することを報告している。

これらのことから、幼児における運動能力の発達には、大きな力を発揮するための瞬発的な筋力の要素が重要になることが考えられる。

一方、浅見ほか(1992)は 4 歳から 15 歳までの子どもを対象として、各種運動能力における縦断的な発達過程について検討している。その結果、身長が増加量が小さい群ほど早く最大値に達する測定項目が多いと報告しており、成熟の早さが運動能力の発達に影響を与えていることを示唆している。また、各測定項目の相対的変化率についてみると、その増加パターンは測定年代の早くから発達する前半型、測定年代の後半に発達する後半型、その間の中間型の 3 つに分けられることを報告している。また、春日ほか(2011)は、3 歳から 5 歳までの各種運動能力における縦断的データを用いて、幼児における運動能力の年間発達量について検討した。その結果、年少から年中にかけて大きく発達する運動と年中から年長にかけて大きく発達する運動があることを報告している。これらのことから、

幼児の運動能力の発達は年齢や体格などの成熟度に大きな影響を受けるとともに、その速度は個人ごとに異なることが考えられる。加えて、3～5歳は、サイドステップ、けんけん跳びなどの片足連続跳躍、両足連続跳躍やジグザグ走などの運動が著しく発達する時期であることを示した報告もある（太田・鈴木, 1976; 金築・加藤, 1980）。これらのことから、幼児期においては、接地から離地に向けての動作の切り替えに必要とする運動能力が大きく発達する時期であることが考えられる。また、辻野ほか（1974）は垂直跳の動作の発達について調査を行った結果、動作は3～6歳で急速に発達し、8歳ごろに完了することが報告されている。このように、幼児期における運動能力は加齢とともに発達するが、幼児のSSC運動の遂行能力の発達過程については現在までのところでは明らかにされていない。人間がより良く生きて行く上でSSC運動の遂行能力が重要な運動能力の要素であることを考えると、幼児期におけるSSC運動の遂行能力の発達過程を明らかにする必要があると考えられる。

一方で、幼児の運動能力発達には、活動量も大きく影響することが明らかにされている。井上ほか（2006）は、2～4歳の幼児とその母親を対象に歩数計を用いて日常生活下における活動量を測定するとともに、運動能力との関係について検討している。その結果、母親の歩行量と幼児の歩行量との間に有意な正の相関関係があり、幼児の歩行量と20m走のタイムおよび立ち幅跳びの跳躍距離との間にも有意な正の相関関係が認められた。Robinson et al.（2012）は、4～5歳の幼児を対象に歩数計を用いた3日間の平均活動量と観察的評価による運動の発達水準との関係について検討している。その結果、平均歩数/分と観察評価による移動運動能力の得点および物体操作能力の得点との間に有意な正の相関関係が認められた。これらのことから、幼児の運動能力の発達にはこの時期の身体活動量が深く関わっていると考えられる。

また、Williams et al.（2008）およびCliff et al.（2009）は、幼児を対象として1軸加速度計を用いて分類した活動強度と観察的評価による運動能力の発達水準との関係を検討している。その結果、中から高強度運動および高強度運動に費やした時間の割合と移動運

動能力および物体操作能力に関する得点との間に有意な正の相関関係が認められたと報告している。Cliff et al. (2009) は総合的な運動発達と高強度運動に費やした時間の割合との間にも有意な正の相関関係が認められたことを報告している。さらに、田中 (2009) は 5 歳の幼児を対象にして、多軸加速度計を用いた活動強度と運動能力テストに関する結果との関係について検討した。その結果、運動能力テストの得点が高い群は低い群と比較して有意に身体活動量が高く、身体活動量・強度ともにより高い遊びを展開していることを報告している。これらのことから、幼児期における運動発達は、単に身体活動量の大きさや高さだけではなく、その活動強度にも大きく影響を受けることが考えられる。一方で、質問紙調査による園環境における活動内容と運動能力との間にも関係があり、運動遊びの頻度や戶外遊びの頻度が高い幼児は運動能力が高いことを報告している研究も多い (森ほか, 2004 ; 宮嶋ほか, 2010)。遠藤 (2009a) は、垂直跳および RJ 能力の発達特性について、相対的に RJ が発達している者は RJ に類似した運動経験の有無やその頻度が深く関わっている可能性を指摘している。そのために、幼児期における RJ の発達についても RJ に類似した運動経験の有無や頻度が大きく影響することが考えられる。しかしながら、幼児の RJ の発達に対する活動量、活動強度や活動内容の影響については全く明らかにされていないのが現状である。

(2) 幼児の運動能力の現状について

6～18 歳までの児童・生徒については、文部科学省が実施している体力テストを用いて縦断的、横断的に評価がなされている (文部科学省, 2011)。一方、幼児については、省庁による統一された評価法が作成されておらず、様々な運動を用いて幼児の運動能力評価が行われているのが実態である。その中で MKS 幼児運動能力検査は、全国の幼児を対象とした唯一の検査である。これは「東京教育大学体育心理学研究室作成の幼児運動能力検査の改訂版」と呼ばれている。この研究は松田 (1961) によって行われ始めたものであり、東京都内の幼児 1000 名を対象にして実施された。その後、松田と近藤 (1968) によって

全国規模の発達基準値が初めて作成された。そして、現在に至るまで種目の増減や変更が行われ続けており、現在では、25m走、立幅跳、ソフト（テニス）ボール投げ、体支持持続時間、両足連続飛び越し、捕球の6項目が測定種目となっている。幼児の運動能力について、幼児期運動指針（文部科学省，2012）においては、基本的な能力の低下が今日の幼児教育の問題であることが指摘されている。上述の運動能力テストを用いた全国規模の調査（Sugihara et al, 2006；杉原ら，2007；森ら，2010）によると、ほとんどの種目で1966年から1973年にかけては向上が認められ、1986年にはピークを迎えたが、1986年から1997年にかけては全種目において低下が認められた。また、1997年から2008年にかけては変化がなく、安定化傾向になったことが報告されている。したがって、幼児の運動能力は一度低下してから後に、向上の兆しをみせていないことになる。加えて、スポーツ立国戦略（文部科学省，2010）においては、子どもの体力向上を目的として幼児期・学童期の運動・スポーツ指針の策定を推進している。これらのことから、幼児の運動能力向上のためには、各種の運動能力間の相互関係を明らかにするとともに、それを基づいた運動指導の方策を提案していく必要があると考えられる。

(3) 幼児の疾走能力の発達

疾走能力は、幼児期から発達することはよく知られている。宮丸（1975）は、2～6歳の男児を対象にして、幼児の疾走における動作様式の経年的発達過程について検討している。その結果、疾走速度の増大が、歩数に関係なく歩幅の経年的増大によるものであることを報告している。齋藤・伊藤（1995）は、2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化を検討し、疾走速度および歩幅は2～12歳にかけて加齢とともに直線的に増加し、その後は大学生まで低い増加傾向なることが認められたことを報告している。また、下肢長の影響を取り除いた歩幅指数および歩数指数について、歩幅指数2～6歳まで、歩数指数は2～12歳まで加齢とともに著しく増加していく傾向にあったことが報告されている。宮崎ほか（2010）も、4～6歳の幼児と小学1年生を対象として幼児の走動作におけるピ

ッチと歩幅の変化を縦断的に調査した結果、平均走速度変化率は、ピッチ変化率および歩幅変化率との間に非常に高い有意な相関関係にあり、平均走速度変化率に対するピッチ変化率および歩幅変化率の貢献度については同程度であったことが報告されている。これらことから、幼児における疾走能力の発達は、歩幅および歩数の 2 つの要因の増大によることが明らかにされている。

加藤ほか (2009) は、10~18 ヶ月の幼児を対象として疾走運動の発達に関する 32 ヶ月にわたる縦断的な研究を行い、幼児の移動運動の発達は歩行からリーピングを経て疾走運動に至る順序になることを報告している。また、歩行から疾走運動への速度の増大は、ストライドの増加によるものであったことを報告している。八木ほか (1987) は 4.5~6.5 歳の幼児を対象に疾走能力の発達と跳躍能力の発達について調査した結果、疾走速度と CMJ の跳躍高および立幅跳の跳躍距離との関係は、加齢とともにほぼ並行して増大する傾向が見られたことを報告している。しかし、歩幅との関係は、年齢や男女によって増大する傾向は大きく異なり、歩数との関係が全く無かったことを報告している。また、歩幅比 (歩幅/身長×100) は両跳躍能力との間に高い相関関係が見られたことを報告している。これらことから、SSC 運動の遂行能力の指標となる跳躍能力が疾走能力に大きく関わっている可能性が考えられる。加えて、疾走速度が高くなるにつれて、より短時間で SSC 運動が遂行される。そのため、CMJ だけでなく RJ 能力も疾走速度に大きな影響を与えると考えられる。しかしながら、これまでのところでは、幼児期における RJ を含めた SSC 運動の遂行能力の発達と疾走能力の発達との関係については明らかにされていないのが現状である。

3. 文献研究から得られた知見

人間の SSC 運動についての重要性や発達過程および幼児期における運動発達とそれに関わる要因について、文献研究の結果としてこれまでに明らかにされている知見をまとめると以下のようなになる。

- (1) SSC 運動の遂行能力は、人間が重力環境下で活動する上で非常に重要かつ基本的な能力であり、疾走能力の向上や歩行機能の維持・向上のために内在している欠くことのできない能力である。
- (2) SSC 運動の遂行能力を評価するためには、これまでの体力テストにおける下肢のパワーを評価するための CMJ では不適であり、運動遂行時間が短時間（0.2 秒以内）であり、かつ典型的な SSC 運動である RJ をテスト運動に用いた評価診断法が必要となる。
- (3) RJ 能力と疾走能力の間には有意な相関関係があり、RJ が発達している児童・生徒の疾走能力が高いことから、RJ 能力は疾走能力に内在するより基礎的な能力として位置づけられる。
- (4) 一般的に、幼児の各種運動能力の発達は加齢とともに発達し、年齢や体格といった成熟度に加えて、その子どもの運動経験や活動量に大きな影響を受ける。
- (5) 疾走能力は幼児期から発達する重要な運動能力の 1 つであり、歩行運動から疾走運動への移行とともに、その後、幼児・児童・生徒の疾走能力が発達するためには、SSC 運動の遂行能力の発達が深く関わっている可能性が高い。
- (6) 近年の体力・運動能力テストの状況をみると、幼児の運動能力は一度低下すると向上の兆しがなく、現在の低下の状況は幼児教育の今日的問題となっている。そのために、幼児の運動能力を向上させる運動指導に関する知見を提示することが急務であり、コーチング学の重大な使命でもある。

4. これまでに未解決な問題点

これまでに未解決のままとなっている問題点をまとめると、以下のようになる。

- (1) 小学校以降の児童・生徒から成人に至るまでの CMJ および RJ の発達過程については明らかにされているが、それ以前の幼児については検討されておらず、幼児の SSC 運動の遂行能力の発達過程について明らかにする研究が必要になる。

- (2) 競技者や発育期の児童・生徒を対象として、**RJ** と疾走能力との関係性を明らかにした研究は存在するが、幼児を対象にした研究は存在しない。そのために幼児を対象として、**RJ** 能力と疾走能力との関係を明らかにする必要がある。その際に、**RJ** 能力は **SSC** 運動遂行能力を代表する評価指標として取り扱い、疾走能力はより上位にある能力とする。
- (3) 幼児の運動能力の低下が報告されており、運動能力向上に関する運動プログラムの開発や体育指導が行われているが、幼児期における各種運動能力の間関係や構造が不明確のままで行われているために、効果的なプログラムや指導内容が必ずしも存在しているとは言えない。
- (4) **RJ** 能力の発達には、運動経験の有無が影響していることが考えられているが、実際に **RJ** 能力の発達と活動量や活動内容との関係について検討した研究は存在しない。そこで、幼児を対象にして **RJ** 能力と日常生活における活動に関する内容を検討し、それらと発達との関係について研究する必要がある。

Ⅲ章 本研究の目的および課題

1. 研究目的

本研究では、2歳から6歳までの幼児期におけるRJ運動の遂行能力の発達過程を検討するとともに、この能力が人間の基本的な運動能力である疾走能力とどのような関係にあるのかについて明らかにする。

2. 研究課題

本研究では、上述の研究目的を達成するために、以下に示す3つの研究課題を設定した。また、本研究を進めていく上で、RJ能力はより基礎的なSSC運動遂行能力を代表する評価指標として取り扱い、疾走能力はより上位にある能力とする。

【研究課題1】

幼児におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程とそれに影響する要因の究明

2～6歳の幼児を対象として、CMJおよびRJ能力を横断的に評価し、両遂行能力の発達過程とその違いについて明らかにする（Ⅳ章）。

【研究課題2】

幼児におけるリバウンドジャンプ能力と人間の基本的な運動能力である疾走能力との関係の究明

RJ能力と疾走能力との関係について横断的な知見を基に明らかにし、幼児期におけるRJ能力の発達が疾走能力の発達にどのような影響を与えるかについて明らかにする（Ⅴ章）。

【研究課題3】

幼児におけるリバウンドジャンプ能力および疾走能力の発達についての縦断的変化の究明

RJ能力と疾走能力の発達について縦断的に検討するとともに、幼児の活動性および活

動内容と関係について明らかにする (Ⅵ章).

IV章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程と それに影響する要因 (研究課題 1)

1. 目的

重力環境下で生きる人間は、伸張-短縮サイクル (Stretch-shortening cycle) 運動 (Komi, 1992 ; 1994) を利用して、急激かつ短時間での大きな筋力発揮や効率的の良い運動を遂行している (Asmussen and Bonde-petersen, 1974 ; Bosco and Komi, 1979 ; Bosco et al., 1981). この SSC 運動の遂行能力を高度に高めているのが、陸上競技の跳躍選手や短距離選手、あるいは各種の球技スポーツの中で巧みやフットワークやジャンプを遂行しながら試合を有利に展開する選手である。図子ほか (1993) は、各種スポーツ選手における下肢の専門的な筋力およびパワー発揮特性について研究を行い、DJ パフォーマンス、CMJ パフォーマンス、スクワット姿勢によるアイソメトリックな最大筋力発揮の特性は種目間で大きく異なることを明らかにし、上述の跳躍選手や短距離選手、優れた球技選手などは SSC 運動の遂行能力に顕著に優れることを報告している。また、それまでに体力テストに利用されてきた CMJ や最大筋力を用いた評価診断法だけでは、スポーツ選手の専門性を十分に評価できないことを指摘し、運動遂行時間が 0.1~0.2 秒と極めて短時間の中に、典型的な SSC 運動を遂行する能力を評価診断するためには、RDJ や RJ を用いた評価診断法を取り入れることの有効性を示唆している。また、この SSC 運動の遂行能力は、スポーツ選手の競技パフォーマンスだけでなく、後期高齢者の QOL と密接に関係している。三井・図子 (2006a ; 2006b) は、歩行機能の維持と低下防止に対する SSC 運動の遂行能力の重要性を報告している。これらのことから、SSC 運動の遂行能力は、スポーツ選手の競技力向上だけでなく、人間が生きていく上で QOL を維持・向上させるために非常に重要な要素であることが理解されつつある。

SSC 運動の遂行能力が、人間が生きていく上で非常に重要な要素であるとする、その発達過程を明らかにすることは、スポーツ活動の促進や将来の QOL の基礎の構築に非常

に役立つ知見になると言える。SSC 運動の遂行能力の発達過程については、遠藤ほか(2007)が6~18歳の子どもを対象に横断的な調査を行い、その発達過程の実態が明らかにされている。しかし、就学前の幼児に関しては、CMJに関するものは存在するものの(辻野ほか, 1974)、RJを含めたSSC運動の遂行能力という観点からの検討はまったくなされていないのが現状である。SSC運動が全ての移動運動に内在する基本的な要素であるとする、検討されていない幼児期におけるSSC運動の遂行能力の発達過程を明らかにすることは、その後のスポーツ活動やQOLに非常に有益な知見になると考えられる。

一方、幼児期は身体の発育も著しい時期であることから(Scammon, 1930)、形態的な変化が運動能力に大きな影響をおよぼすことも考えられる。遠藤(2009b)の研究では、10~17歳の児童および生徒を対象にして、RJ能力と下肢の形態との関係について調査したところ、RJ能力と相対的なアキレス腱長との間に関係があり、下腿に対して相対的に長い腱を有していることが高いRJ能力の獲得できる要素になることを示唆している。また、RJと同類のDJでは、足関節に関与する力発揮が非常に大きく、足部の形態的および機能的な特性がこの種の運動には重要であることが明らかにされている(Bobbert et al., 1987; 関子・高松, 1995b)。これらのことから、幼児期における下腿および足部の形態が成人に近づくことでそれを支える筋量および筋力が増え、その結果として、RJ能力が発達する可能性が考えられる。そこで、幼児の身体各部の形態も同時に測定することで幼児のRJ能力に対する形態的な特性の影響を明らかにすることができると考えられる。

これらのことから、RJがいつからできるようになり、また就学前までにどのような発達経過をたどるのかについての実態を把握するとともに、その要因を下肢の形態的な変化などとも関連させながら理解することは非常に重要であると考えられる。そこで本研究は、2~6歳の幼児を対象にして、リバウンドジャンプおよび垂直跳と下肢の形態的要因に関する経年的変化を横断的に検討し、就学前の幼児におけるリバウンドジャンプを用いて評価したSSC運動の遂行能力の実態について明らかにすることを目的とした。

2. 方法

(1) 対象者

対象者は、I 県にある S 保育園に通う 2～6 歳の幼児 180 名（2 歳児 19 名：男児 8 名，女児 11 名，3 歳児 41 名：男児 19 名，女児 22 名，4 歳児 53 名：男児 33 名，女児 21 名，5 歳児 48 名，男児 30 名，女児 18 名，6 歳児 18 名：男児 10 名，女児 8 名）であった。実験を開始する前に、筑波大学研究倫理委員会の規定に則って、園長，保育士および保護者に対して安全性についての説明やケガや体調不良が起こった際の対処を説明した上で同意を得た。また，実験試技の前には，対象者に下肢などに傷害が無いことを確認して試技を行わせた。

(2) 実験運動

遠藤ほか（2007）を参考にして，運動遂行時間の短い跳躍運動として連続リバウンドジャンプ（RJ），比較的運動遂行時間の長い跳躍運動として垂直跳（CMJ）を用いた。通常，RJ 能力を評価するためには 5 回連続の RJ を用いるが，予備実験において，5 回跳び終わる前に試技を終了してしまう幼児や 5 回目以降も記録が伸び続けそうな幼児が存在したため，10 秒間連続して跳び続ける方法を用いた。対象者には，試技を行う前に本研究の実験試技に精通した陸上競技選手によるデモンストレーションを見せながら練習を行わせた。

(3) 測定項目および測定方法

1) 跳躍運動

各跳躍運動の遂行能力の指標として，RJ については RJ-index，CMJ については跳躍高を用いた。RJ は 10 秒間跳んだ中で RJ-index が最も高い試技を採用した。CMJ は 2 回跳んだ中で最も高い試技を採用した。全ての跳躍運動を可搬型の 1 軸ストレインプレート（PH-6210A ディケイエイチ社製）上で行わせ，滞空時間および接地時間を計測した。跳躍高は，滞空時間を以下の式に代入することにより算出した。

跳躍高 = $(g \cdot \text{滞空時間}^2) / 8$, g は重力加速度 (9.81m/s^2)

RJ-index は、跳躍高を接地時間で除すことで算出した (図子ほか, 1993; 遠藤ほか, 2007). このテストと指数は前述したように、すでに専門的なパワーテストとして確立されているものである. なお、CMJ および RJ の再現性を確認するために幼児 8 名を対象とした予備実験において、2 試行間の級内相関係数を算出したところ CMJ : ICC = 0.989, RJ : ICC = 0.965 と高い再現性が確認された.

2) 形態

足部および下腿の形態の発育傾向を調べるために、足長、下腿長、アキレス腱長および下腿周径を計測した. 足長、下腿長について、マルチン式人体計測器を用いて測定した. 下腿長は腓骨頭遠位端から腓骨頭近位端までの距離とし、足長は踵骨隆起から最も長い指までの距離とした. 下腿周径については、メジャーを用いて下腿部の最も太い部分の周径を計測した. アキレス腱長については、Muraoka et al. (2004) および遠藤 (2009) を参考にして、内側腓腹筋腱接合部の近位端と踵骨隆起との接合部を超音波画像診断装置 (P08063-02 Sonosite 社製) を用いて判断し、皮膚状にマークを施した後、その距離をマルチン式人体計測器で計測した. 加えて、下腿長に対する相対的な足長およびアキレス腱長を算出した. なお、計測は全て右脚で行い、立位で計測した.

(4) 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した. 身長、体重、形態的特性および跳躍能力における年齢間の有意差検定には一元配置分散分析を用いて、F 値が有意であった項目については Games-Howell 法により多重比較を行った. 相関係数は、Pearson の方法を用いて算出した. 月齢と跳躍能力の関係については、単回帰分析を行い、残差を算出した. また、月齢と SSC 運動の遂行能力の発達タイプについてのクロス集計表を作成し、 χ^2 検定ならびに残差分析を行った. RJ 能力の発達タイプ間の跳躍高、接地時間、形態の有意

差検定には一元配置分散分析を用いて、F 値が有意であった項目については LSD 法を用いて多重比較を行った。有意水準は、すべて危険率 5%未満とした。

3. 結果

(1) 年齢別に見た垂直跳，リバウンドジャンプ能力および形態的特性の発達について

1) 垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の発達

表 1-1 に対象者の身体的特性を示した。身長および体重ともに、経年的な発達が出現しており、全体および男児の身長については 6 歳まで 1 歳ごとに、全体および男児の体重と女児の身長および体重については 5 歳まで 1 歳ごとに統計的有意差が認められた。

表 1-2 および図 1-1, 1-2 に、CMJ の跳躍高，RJ-index，RJ の跳躍高および接地時間の発達過程について示した。CMJ の跳躍高，RJ-index とその跳躍高については、経年的な発達が認められた。CMJ において、全体では 5 歳まで 1 歳ごとに統計的有意差が認められた。男児では 2 歳と 3 歳，3 歳および 4 歳と 5 歳，6 歳との間に、女児では 5 歳まで 1 歳ごとにそれぞれ統計的有意差が認められた。また、RJ-index において、全体では、2 歳および 3 歳と 4 歳，5 歳との間、また 2 歳，3 歳，4 歳および 6 歳との間に統計的有意差が認められた。男児では 2 歳および 3 歳と 4 歳，5 歳，6 歳との間に、女児では 4 歳まで 1 歳ごとにそれぞれ統計的有意差が認められた。RJ-index の構成要素である跳躍高において、全体では 6 歳まで 1 歳ごとに統計的有意差が認められた。男児では 2 歳および 3 歳と 4 歳，5 歳の間、また 2 歳，3 歳，4 歳と 6 歳との間に統計的有意差が認められた。一方、女児では、4 歳まで 1 歳ごと、および 4 歳と 6 歳との間に統計的有意差が認められた。しかし、他の跳躍能力の傾向とは異なり、接地時間についてはいずれの場合も統計的有意差は認められなかった。

Table 1-1 Physical characteristics of subjects

		age (years)	2	3	4	5	6	F-value
Body height (cm)	all	n	19	41	54	48	18	153.4 p<0.001
		Mean ± SD	88.2 ± 3.8	94.9 ± 3.9	101.6 ± 4.3	109.4 ± 4.4	113.9 ± 3.8	2<3<4<5<6
	boys	n	8	19	33	30	10	92.5 p<0.001
		Mean ± SD	88.4 ± 3.9	94.4 ± 3.1	101.5 ± 4.3	109.9 ± 4.2	113.6 ± 3.3	2<3<4<5<6
	girls	n	11	22	21	18	8	62.0 p<0.001
		Mean ± SD	88.1 ± 3.8	95.4 ± 4.6	101.8 ± 4.5	108.8 ± 4.8	114.3 ± 4.5	2<3<4<5,6
Body weight (kg)	all	n	19	41	54	48	18	59.5 p<0.001
		Mean ± SD	12.6 ± 1.4	14.8 ± 1.5	16.6 ± 1.9	18.7 ± 2.1	20.5 ± 2.7	2<3<4<5,6
	boys	n	8	19	33	30	10	30.7 p<0.001
		Mean ± SD	12.4 ± 1.1	14.9 ± 1.5	16.7 ± 1.9	18.8 ± 1.9	20.1 ± 2.8	2<3<4<5,6
	girls	n	11	22	21	18	8	29.6 p<0.001
		Mean ± SD	12.8 ± 1.7	14.6 ± 1.6	16.4 ± 2.0	18.7 ± 2.4	21.1 ± 2.6	2<3<4<5,6

< : Significant differences (p<0.05) between ages

Table 1-2 Jumping abilities of subjects

		age (years)	2	3	4	5	6	F-value
Jump height in CMJ (m)	all	n	19	41	54	48	18	78.0 p<0.001
		Mean ± SD	0.049 ± 0.028	0.099 ± 0.027	0.132 ± 0.036	0.178 ± 0.034	0.188 ± 0.032	2<3<4<5,6
	boys	n	8	19	33	30	10	33.7 p<0.001
		Mean ± SD	0.058 ± 0.029	0.107 ± 0.027	0.131 ± 0.36	0.180 ± 0.033	0.181 ± 0.032	2<3,4<5,6
	girls	n	11	22	21	18	8	44.4 p<0.001
		Mean ± SD	0.043 ± 0.027	0.091 ± 0.024	0.132 ± 0.037	0.173 ± 0.037	0.197 ± 0.031	2<3<4<5,6
RJ-index	all	n	19	41	54	48	18	27.7 p<0.001
		Mean ± SD	0.277 ± 0.103	0.402 ± 0.124	0.579 ± 0.244	0.698 ± 0.233	0.826 ± 0.244	2<3<4,5 2<3<4<6
	boys	n	8	19	33	30	10	8.6 p<0.001
		Mean ± SD	0.341 ± 0.094	0.440 ± 0.137	0.609 ± 0.252	0.692 ± 0.240	0.806 ± 0.254	2,3<4,5,6
	girls	n	11	22	21	18	8	20.5 p<0.001
		Mean ± SD	0.230 ± 0.083	0.369 ± 0.103	0.532 ± 0.230	0.706 ± 0.229	0.850 ± 0.247	2<3<4,5,6
Jump height in RJ (m)	all	n	19	41	54	48	18	43.9 p<0.001
		Mean ± SD	0.050 ± 0.015	0.074 ± 0.018	0.098 ± 0.029	0.119 ± 0.033	0.143 ± 0.026	2<3<4<5<6
	boys	n	8	19	33	30	10	14.5 p<0.001
		Mean ± SD	0.058 ± 0.015	0.079 ± 0.021	0.099 ± 0.030	0.117 ± 0.033	0.139 ± 0.027	2,3<4,5 2,3<4<6
	girls	n	11	22	21	18	8	31.0 p<0.001
		Mean ± SD	0.045 ± 0.014	0.070 ± 0.015	0.097 ± 0.028	0.123 ± 0.034	0.148 ± 0.026	2<3<4,5 2<3<4<6
Contact time in RJ (s)	all	n	19	41	54	48	18	n.s.
		Mean ± SD	0.187 ± 0.032	0.191 ± 0.037	0.180 ± 0.038	0.176 ± 0.028	0.181 ± 0.034	
	boys	n	8	19	33	30	10	n.s.
		Mean ± SD	0.170 ± 0.014	0.183 ± 0.026	0.172 ± 0.037	0.175 ± 0.028	0.181 ± 0.037	
	girls	n	11	22	21	18	8	n.s.
		Mean ± SD	0.200 ± 0.036	0.198 ± 0.043	0.193 ± 0.039	0.178 ± 0.027	0.180 ± 0.033	

1.< : Significant differences (p<0.05) between ages

2. n.s. : not significant

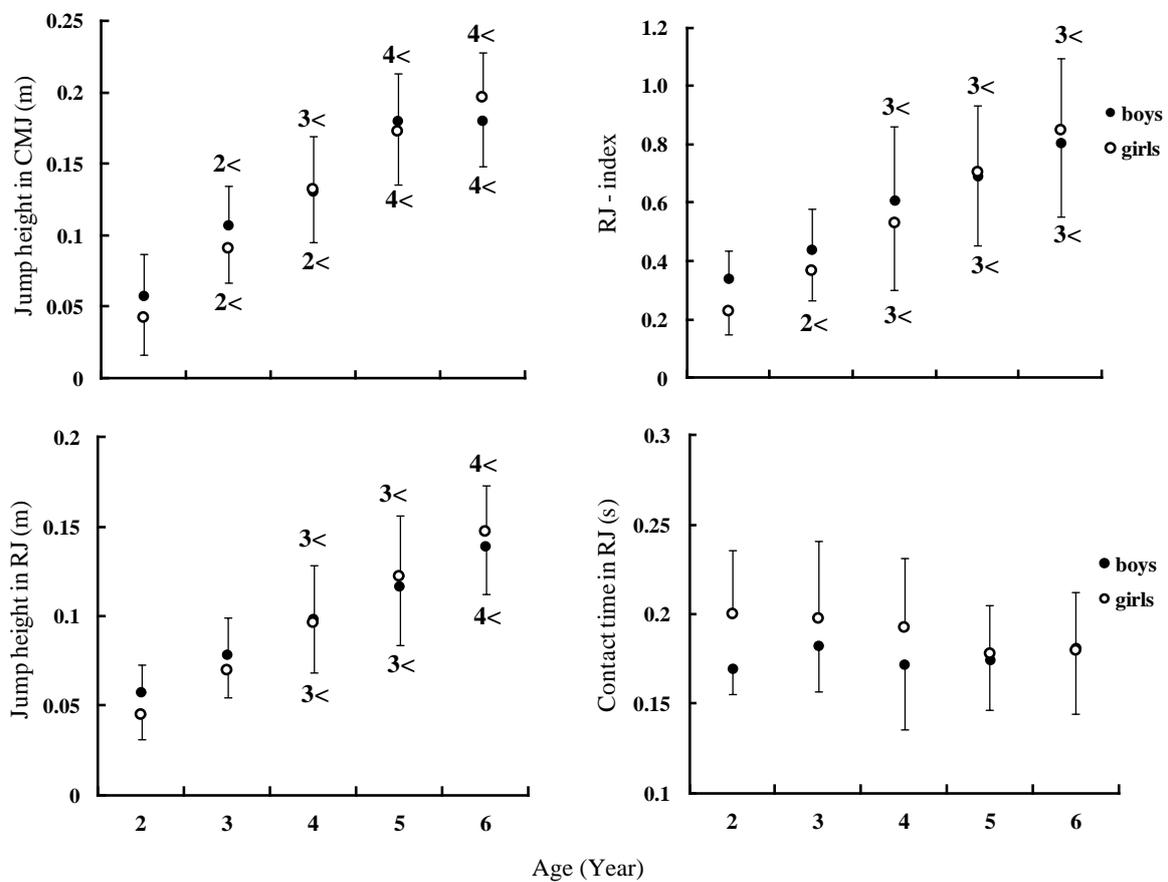


Figure 1-2 Age related changes of jump height in CMJ, RJ-index, jump height in RJ and contact time in RJ (with the sexes separated)

< : Significant differences ($p < 0.05$) between ages

2) 下腿および足部の形態的な発育

表 1-3, 1-4 に足長, 下腿長, アキレス腱長, 相対的アキレス腱長, 相対的足長および下腿周径囲の発達を示した。足長, 下腿長およびアキレス腱長のいずれにおいても経年的な発達が認められた。足長については, 全体では 5 歳まで 1 歳ごとに, 男児では 3 歳から 1 歳ごと, 女児では 5 歳まで 1 歳ごとに統計的有意差が認められた。下腿長については, 全体では 6 歳まで 1 歳ごとに統計的有意差が認められた。男児では足長と同じく 3 歳から 1 歳ごとに, 女児も 5 歳まで 1 歳ごとに統計的有意差が認められた。アキレス腱長については, 全体では 6 歳まで 2 歳ごとに統計的有意差が認められた。男児では 2 歳および 3 歳と 4 歳, 5 歳との間, 2 歳および 3 歳と 6 歳との間に統計的有意差が認められた。また, 女児では 2 歳および 3 歳と 4 歳, 5 歳, 6 歳との間に統計的有意差が認められた。相対的アキレス腱長については, 全体において 2 歳と 3 歳, 5 歳および 6 歳との間に統計的有意差が認められた。男女ともに年齢間に統計的有意差は認められなかった。相対的足長については経年的な減少が出現し, 全体では 3 歳まで 1 歳ごと, 3 歳から 6 歳まで 2 歳ごとにそれぞれ統計的有意差が認められた。男児では 2 歳, 3 歳, 4 歳と 5 歳, 6 歳との間に, 女児では, 2 歳から 3 歳まで 1 歳ごと, 3 歳から 6 歳まで 2 歳ごとにそれぞれ統計的有意差が認められた。下腿周径囲については, 経年的な増大が認められた。全体では, 6 歳まで 2 歳ごとに統計的有意差が認められた。男児については, 2 歳および 3 歳と 5 歳および 6 歳との間, 2 歳と 4 歳と 5 歳および 6 歳との間に統計的有意差が認められた。女児については, 2 歳および 3 歳と 5 歳および 6 歳との間, 3 歳から 5 歳までの間で統計的有意差が認められた。

(2) 月齢ごとに見た垂直跳, リバウンドジャンプ能力および形態的特性の発達について

1) 月齢と垂直跳, リバウンドジャンプ能力および形態的特性との関係

図 1-3 に CMJ の跳躍高と RJ-index の関係について示した。CMJ の跳躍高と RJ-index の間には, 全体 ($r=0.700, p<0.001$), 男児 ($r=0.626, p<0.001$) および女児 ($r=0.763, p$

Table 1-3 Morphological characteristics of subjects (shank and foot region)

		age (years)	2	3	4	5	6	F-value
Foot length (cm)	all	n	19	41	54	47	18	83.0 p<0.001
		Mean ± SD	14.2 ± 0.8	15.3 ± 0.7	16.1 ± 0.8	17.1 ± 0.7	17.8 ± 1.0	2<3<4<5,6
	boys	n	8	19	33	29	10	75.2 p<0.001
		Mean ± SD	14.8 ± 2.2	17.1 ± 1.3	18.6 ± 1.0	21.5 ± 1.5	23.1 ± 2.7	2,3<4<5<6
	girls	n	11	22	21	18	8	80.8 p<0.001
		Mean ± SD	13.9 ± 2.7	17.3 ± 2.4	19.0 ± 3.7	22.0 ± 3.7	23.1 ± 3.1	2<3<4<5,6
Shank length (cm)	all	n	19	41	54	47	18	52.3 p<0.001
		Mean ± SD	14.3 ± 1.9	17.2 ± 1.1	18.8 ± 1.2	21.7 ± 1.5	23.1 ± 1.3	2<3<4<5<6
	boys	n	8	19	33	29	10	75.2 p<0.001
		Mean ± SD	14.8 ± 2.3	17.1 ± 1.3	18.6 ± 1.0	21.5 ± 1.5	23.2 ± 1.1	2,3<4<5<6
	girls	n	11	22	21	18	8	80.8 p<0.001
		Mean ± SD	14.0 ± 1.7	17.3 ± 1.0	19.0 ± 1.4	22.0 ± 1.7	23.1 ± 1.5	2<3<4<5,6
Achilles tendon length (cm)	all	n	19	41	54	47	18	33.3 p<0.001
		Mean ± SD	7.7 ± 1.0	8.2 ± 1.2	9.3 ± 1.2	10.4 ± 1.3	10.7 ± 1.4	2,3<4<5,6
	boys	n	8	19	33	29	10	16.3 p<0.001
		Mean ± SD	7.7 ± 1.1	8.1 ± 1.2	9.2 ± 1.1	10.3 ± 1.2	10.3 ± 1.2	2,3<4<5 2,3<6
	girls	n	11	22	21	18	8	17.3 p<0.001
		Mean ± SD	7.6 ± 1.0	8.2 ± 1.3	9.6 ± 1.3	10.6 ± 1.6	11.3 ± 1.4	2,3<4,5,6

< : Significant differences (p<0.05) between ages

**Table 1-4 Morphological characteristics of subjects
(Achilles tendon length / shank length, foot length / shank length and shank girth)**

		age (years)	2	3	4	5	6	F-value
Achilles tendon length / Shank length (%)	all	n	19	41	54	47	18	4.2 p<0.01 2>3,5,6
		Mean ± SD	53.8 ± 6.9	47.8 ± 7.8	49.7 ± 5.7	48.1 ± 5.8	46.5 ± 5.6	
	boys	n	8	19	33	29	10	n.s
		Mean ± SD	52.6 ± 8.1	48.0 ± 8.5	49.3 ± 5.2	48.1 ± 5.8	44.6 ± 6.4	
	girls	n	11	22	21	18	8	n.s
		Mean ± SD	54.6 ± 6.1	47.7 ± 7.4	50.4 ± 6.5	48.2 ± 6.0	49.0 ± 3.2	
Foot length / Shank length (%)	all	n	19	41	54	47	18	52.3 p<0.001 2>3,4>5,6
		Mean ± SD	100.0 ± 11.3	89.0 ± 6.1	85.7 ± 5.5	79.0 ± 4.0	77.3 ± 4.2	
	boys	n	8	19	33	29	10	21.8 p<0.001 2,3,4>5,6
		Mean ± SD	98.7 ± 15.0	90.2 ± 7.4	86.9 ± 5.2	79.4 ± 4.0	76.2 ± 4.5	
	girls	n	11	22	21	18	8	26.3 p<0.001 2>3,4>5,6
		Mean ± SD	101.0 ± 8.5	87.9 ± 4.6	83.7 ± 5.4	78.3 ± 3.9	78.6 ± 3.7	
Shank girth (cm)	all	n	19	41	54	47	18	29.3 p<0.001 2,3<4<5,6
		Mean ± SD	20.1 ± 1.2	20.4 ± 1.3	21.5 ± 1.2	23.2 ± 1.9	23.4 ± 1.6	
	boys	n	8	19	33	29	10	18.2 p<0.001 2,3<5,6 2<4<5,6
		Mean ± SD	19.9 ± 0.7	20.7 ± 1.1	21.4 ± 1.1	22.7 ± 1.1	22.9 ± 1.3	
	girls	n	11	22	21	18	8	16.4 p<0.001 2,3<5,6 3<4<5
		Mean ± SD	20.3 ± 1.5	20.1 ± 1.5	21.8 ± 1.4	23.9 ± 2.6	24.0 ± .9	

1.<, > : Significant differences (p<0.05) between ages

2. n.s. : not significant

< 0.001)ともに有意な正の相関関係が認められた。また、右図は各年齢別の関係であり、全体では 2 歳, 3 歳, 4 歳および 5 歳, 男児では 3 歳, 4 歳, 5 歳, 女児では 2 歳, 3 歳, 4 歳において有意な正の相関関係が認められた。

表 1-5 に月齢と形態的特性の相関係数を示した。相対的アキレス腱長および相対的足長以外の項目においては、いずれの場合も有意な正の相関関係が認められた。相対的足長については、いずれの場合においても有意な負の相関関係が認められた。また、相対的アキレス腱長については、全体では有意ではあるが弱い負の相関関係が認められた。しかしながら、男女別に見てみるとどちらも有意な相関関係は認められなかった。

図 1-4 に月齢と CMJ の跳躍高および RJ-index の関係について示した。いずれの跳躍能力においても、月齢との間には有意な正の相関関係が認められた。回帰直線の決定係数については、全体の CMJ の跳躍高では 0.659, RJ-index では 0.422, 男児の CMJ の跳躍高では 0.579, RJ-index では 0.301 であり、女児の CMJ の跳躍高では 0.728, RJ-index では 0.564 であった。いずれの跳躍能力においても、月齢の増加とともに発達傾向を示すが、RJ-index については月齢 50 ヶ月あたりから大きなばらつきがみられるようになった。Steinberg (1987) は思春期の子どもの成熟について、「早熟」、「標準」、「晩熟」に分類する場合、平均値±1SD を基準に分類することを提案している。また、遠藤 (2007) は子どもの跳躍能力の発達タイプを回帰直線の残差の 1SD を基準に分類し、その発達過程を検討している。本研究ではこれらを参考にして、それぞれの回帰直線の残差の 1SD を基準として跳躍能力の発達を分類した。その結果、月齢に対して跳躍能力がより発達している群 (good 群 : CMJ : 全体 30 名, 男児 18 名, 女児 12 名, RJ : 全体 31 名男児 17 名, 女児 10 名), 月齢に対して跳躍能力の発達が劣っている群 (poor 群 : CMJ : 全体 34 名, 男児 17 名, 女児 12 名, RJ : 全体 22 名, 男児 14 名, 女児 10 名), 月齢に沿って跳躍能力が発達している群 (equal 群 : CMJ : 全体 116 名, 男児 65 名, 女児 56 名, RJ : 全体 127 名男児 69 名, 女児 60 名) に分類された。図 1-5 に月齢 50 ヶ月未満と 50 ヶ月以上に分けたグループにおける CMJ 能力および RJ 能力の発達タイプの割合に関する変化を示した。

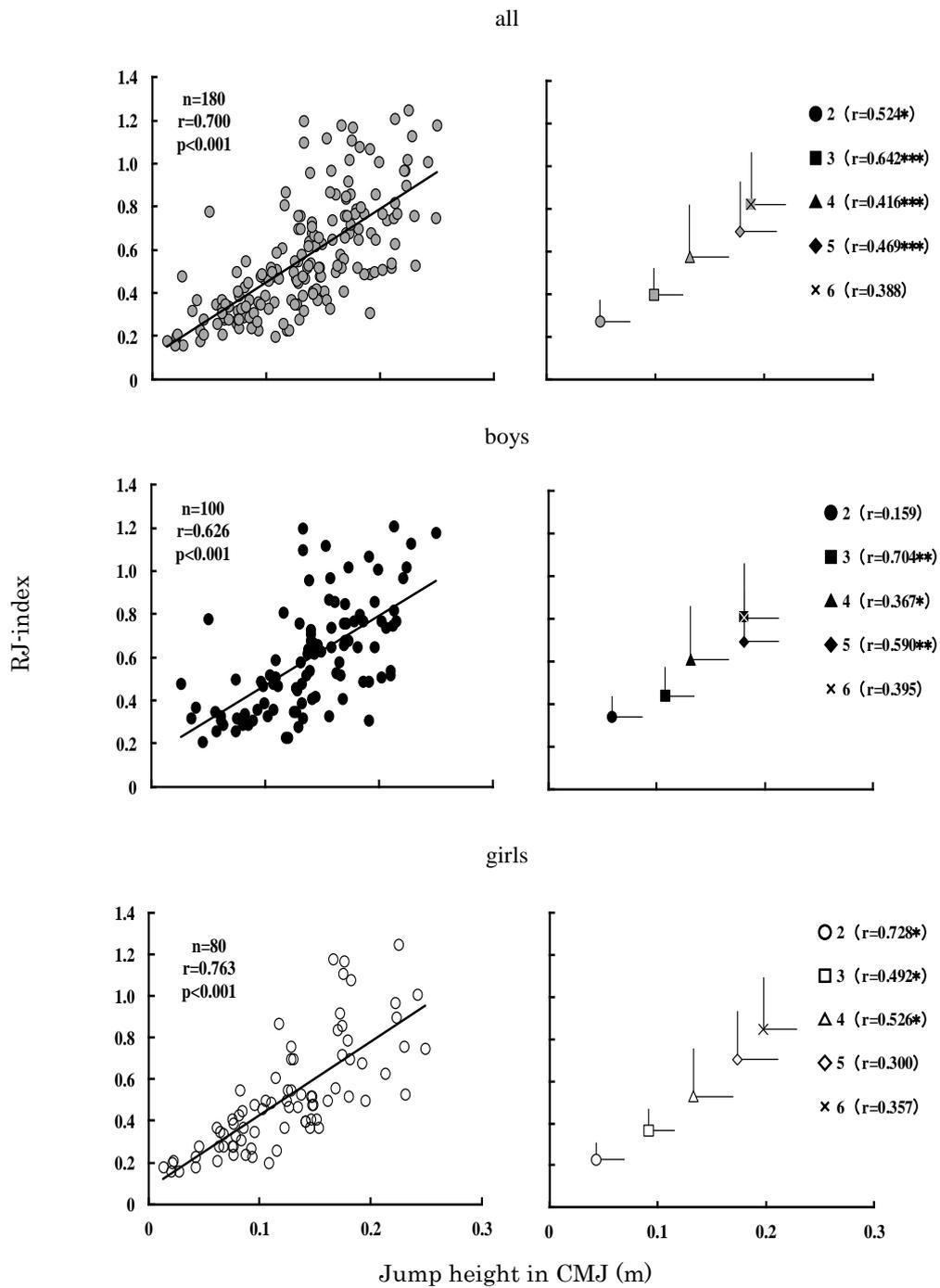


Figure 1-3 Relationship between jump height in CMJ and RJ-index

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Table 1-5 Relationships between age in month and physical characteristics

	Body height (cm)	Body weight (kg)	Foot length (cm)	Shank length (cm)	Achilles tendon length (cm)	Achilles tendon length / shank length (%)	Foot length / shank length (%)	Shank girth (%)
all	0.900***	0.760***	0.840***	0.897***	0.673***	-0.190*	-0.714***	0.626***
boys	0.905***	0.739***	0.822***	0.893***	0.652***	-0.191	-0.692***	0.616***
girls	0.894***	0.776***	0.896***	0.899***	0.701***	-0.155	-0.774***	0.661***

* : p<0.05, *** : p<0.001

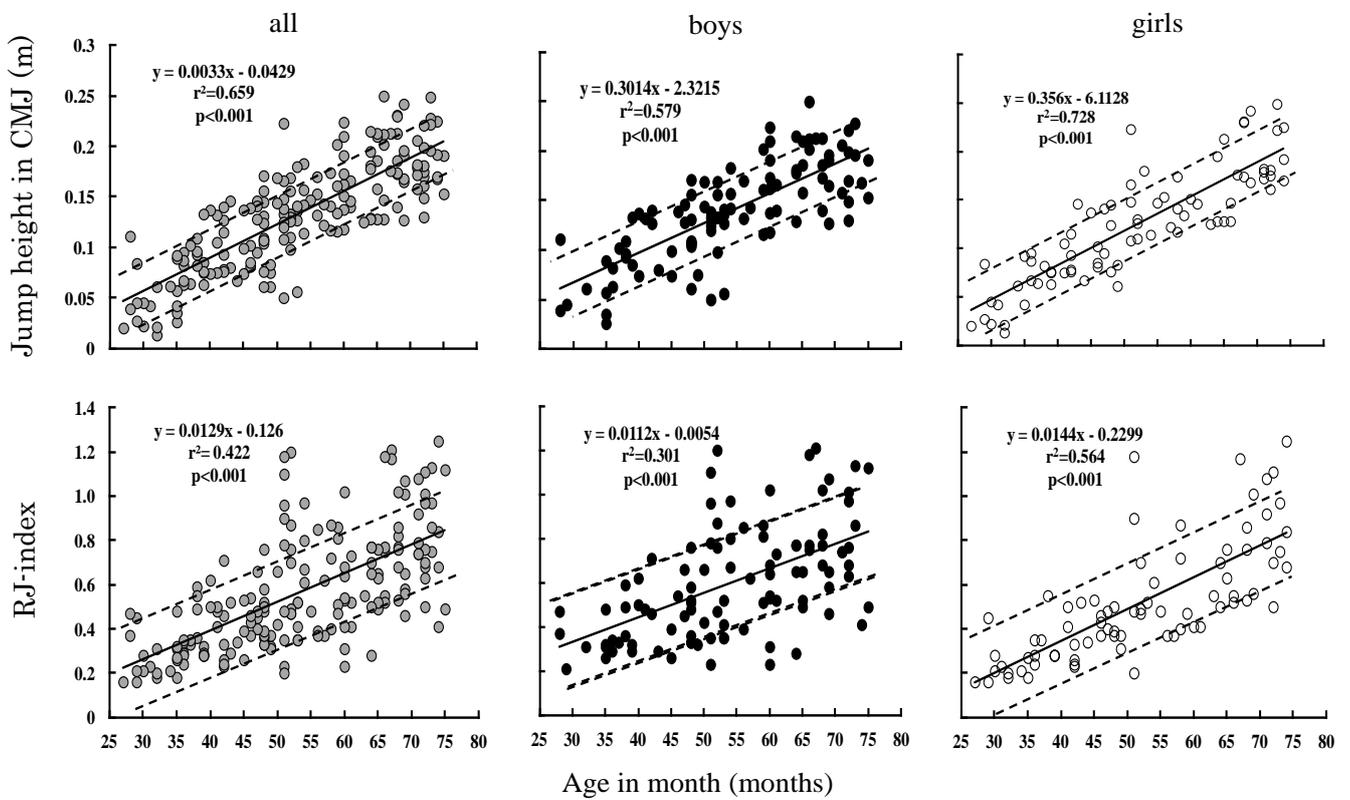


Figure 1-4 Relationships between age in month and jump height in CMJ and RJ-index

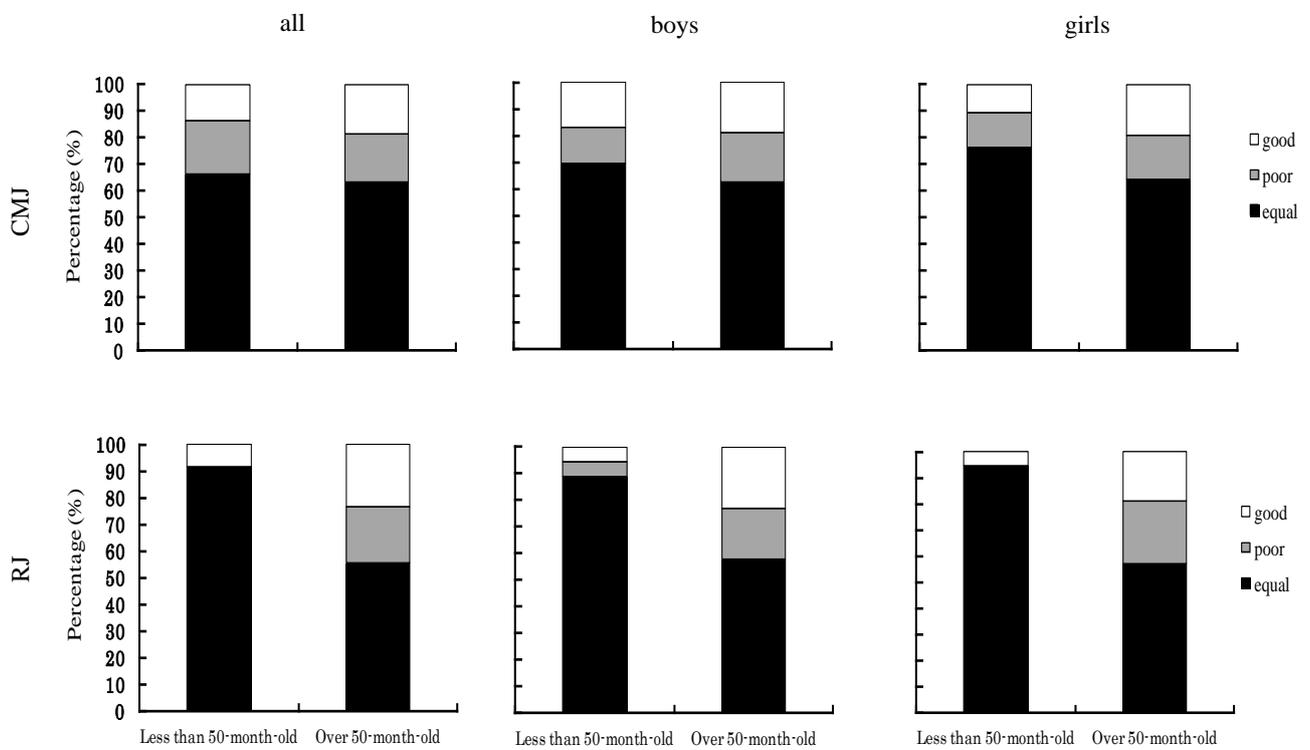


Figure 1-5 Age in month related changes of percentage of subjects in each jumping ability development type

また、月齢と跳躍能力の発達についてのクロス集計表を作成し、 χ^2 検定を行った。その結果、CMJ 能力については、50 ヶ月以上と 50 ヶ月未満における各群に属する人数の偏りに有意差はなかったが（全体： $\chi^2=0.94$, $p=0.626$, 男児： $\chi^2=0.54$, $p=0.761$, 女児： $\chi^2=1.99$, $p=0.369$ ）、RJ 能力においては、50 ヶ月以上と 50 ヶ月未満における各群に属する人数の偏りは有意に異なることが認められた（全体： $\chi^2=29.52$, $P<0.001$, 男児： $\chi^2=10.42$, $p<0.01$ 女児： $\chi^2=15.84$, $p<0.001$ ）。残差分析の結果、いずれの場合も 50 ヶ月未満において、equal 群に属する人数が期待度数に対して有意に多くなるとともに、50 ヶ月以上において、全体では good 群および poor 群に属する人数が期待度数に対して有意に多くなることが認められた。男児では good 群、女児では poor 群に属する人数が期待度数に対して有意に多くなることが認められた（表 1-6）。

2) RJ-index の発達で評価した 3 群における月齢 50 ヶ月以上の発達に関する比較

50 ヶ月以上において、RJ-index の発達に関するばらつきが大きくなることが明らかになったことから、その RJ-index の構成要素である跳躍高と接地時間に分けて、good 群、equal 群、poor 群による比較を実施した。図 1-6 に示す通り、男児および女児ともに、good 群が equal 群および poor 群よりも有意に高い跳躍高と短い接地時間を示すことが認められた（全体の跳躍高： $F=37.76$, $p<0.001$, 接地時間： $F=37.47$, $p<0.001$, 男児の跳躍高： $F=31.12$, $p<0.001$, 接地時間： $F=21.88$, $p<0.001$, 女児の跳躍高： $F=18.57$, $p<0.001$, 接地時間： $F=8.81$, $p<0.01$ ）。図 1-7 に身長および体重について示した。男児および女児ともに、どの群間においても統計的有意差は認められなかった（全体の身長： $F=0.68$, $p=0.508$, 体重： $F=0.354$, $p=0.703$, 男児の身長： $F=0.093$, $p=0.911$, 体重： $F=0.059$, $p=0.943$, 女児の身長： $F=2.057$, $p=0.141$, 体重： $F=0.992$, $p=0.380$ ）。また、図 1-8 に下腿および足部の形態特性について示した。男児および女児ともに、どの群間においても統計的有意差は認められなかった（全体の足長： $F=0.857$, $p=0.428$, 下腿長： $F=0.406$, $p=0.667$, アキレス腱長： $F=0.987$, $p=0.376$, 相対的アキレス腱長： $F=0.325$, $p=0.723$,

Table 1-6 Cross table of age in month and jumping development type

Age in month		CMJ development type (all)			total	Age in month		RJ development type (all)			total
		good	equal	poor				good	equal	poor	
Less than 50-month-old	observed frequency	10	49	15	74	Less than 50-month-old	observed frequency	6	68	0	74
	adjusted residual	-0.9	0.4	-0.4			adjusted residual	-2.7*	5.2*	-4.2*	
Over 50-month-old	observed frequency	20	67	19	106	Over 50-month-old	observed frequency	25	59	22	106
	adjusted residual	0.9	-0.4	0.4			adjusted residual	2.7*	-5.2*	4.2*	
Total		30	116	34	180	Total		31	127	22	180

Age in month		CMJ development type (boys)			total	Age in month		RJ development type (boys)			total
		good	equal	poor				good	equal	poor	
Less than 50-month-old	observed frequency	6	25	5	36	Less than 50-month-old	observed frequency	2	32	2	36
	adjusted residual	-0.3	0.7	-0.6			adjusted residual	-2.4*	3.3*	-1.8	
Over 50-month-old	observed frequency	12	40	12	64	Over 50-month-old	observed frequency	15	37	12	64
	adjusted residual	0.3	-0.7	0.6			adjusted residual	2.4*	-3.3*	1.8	
Total		18	65	17	100	Total		17	69	14	100

Age in month		CMJ development type (girls)			total	Age in month		RJ development type (girls)			total
		good	equal	poor				good	equal	poor	
Less than 50-month-old	observed frequency	4	29	5	38	Less than 50-month-old	observed frequency	2	36	0	38
	adjusted residual	-1.1	1.2	-0.4			adjusted residual	-1.9	3.3*	-3.2*	
Over 50-month-old	observed frequency	8	27	7	42	Over 50-month-old	observed frequency	8	24	10	42
	adjusted residual	1.1	-1.2	0.4			adjusted residual	1.9	-3.3*	3.2*	
Total		12	56	12	80	Total		10	60	10	80

* : $p < 0.05$; residual analysis was used for statistical analysis.

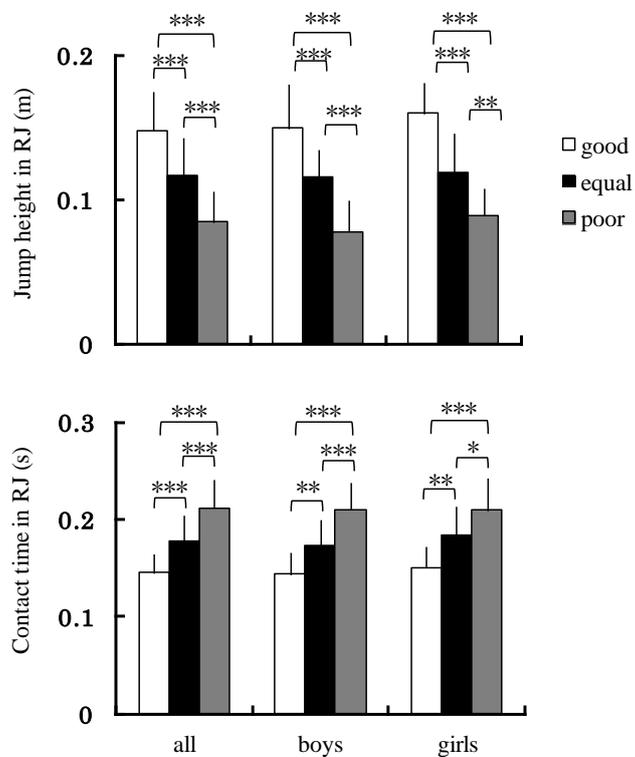


Figure 1-6 Comparison of jump height and contact time in RJ among each type in 50-month-old

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$; significant differences between group

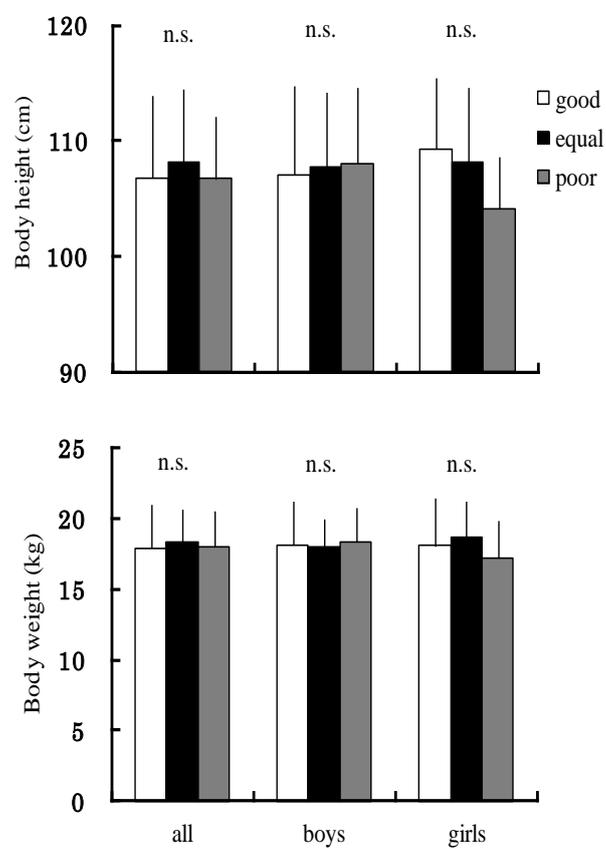


Figure 1-7 Comparison of body height and body weight among each type in 50-month-old

n.s.: not significant

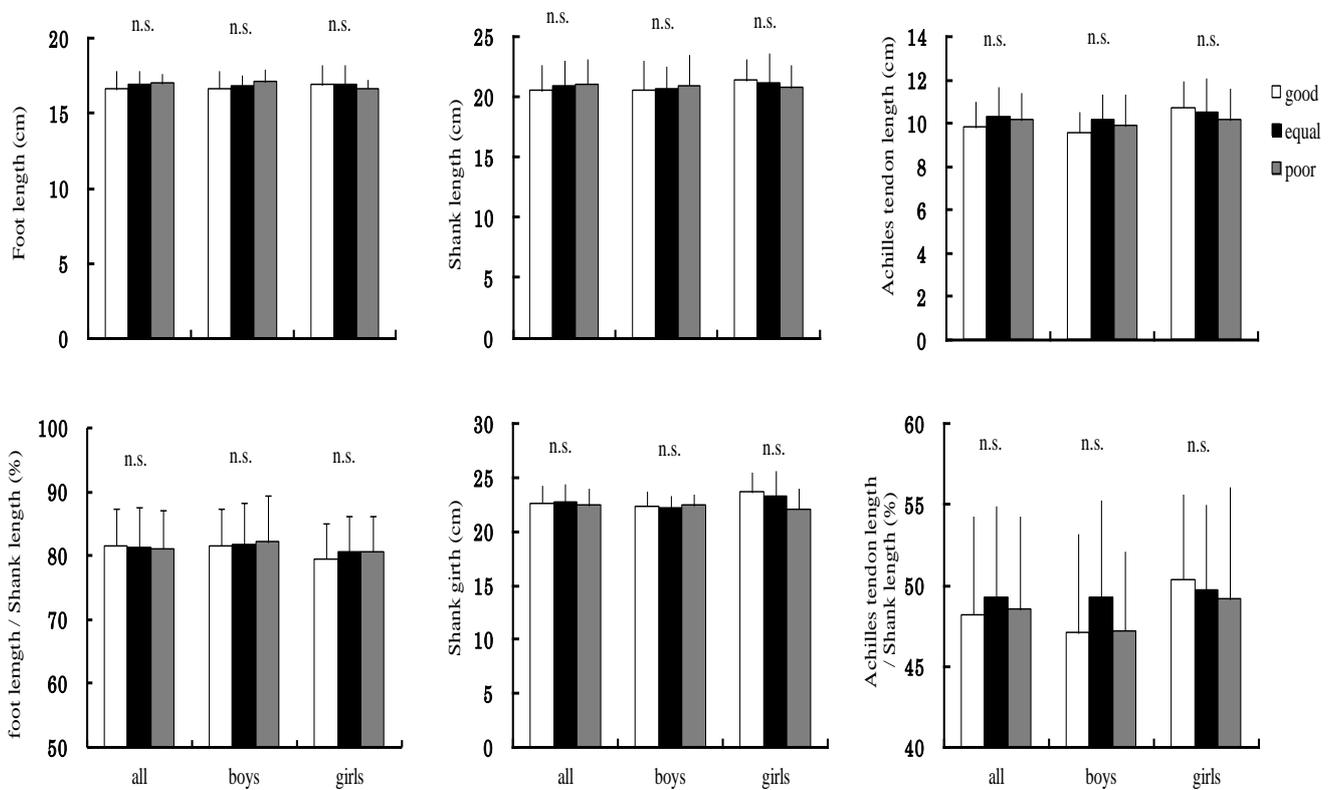


Figure 1-8 Comparison of morphological characteristics among each type in 50-month-old

n.s.: not significant

相対的足長 : $F=0.036$, $p=0.965$, 下腿周径囲 : $F=0.190$, $p=0.827$, 男児の足長 : $F=0.836$, $p=0.438$, 下腿長 : $F=0.105$, $p=0.900$, アキレス腱長 : $F=0.932$, $p=0.399$, 相対的アキレス腱長 : $F=0.830$, $p=0.441$, 相対的足長 : $F=0.042$, $p=0.959$, 下腿周径囲 : $F=0.084$, $p=0.919$, 女児の足長 ; $F=0.254$, $p=0.777$, 下腿長 : $F=0.168$, $p=0.846$, アキレス腱長 : $F=0.345$, $p=0.710$, 相対的アキレス腱長 : $F=0.100$, $p=0.905$, 相対的足長 : $F=0.139$, $p=0.871$, 下腿周径囲 : $F=1.142$, $p=0.249$).

4. 考察

研究課題 1 の目的は、2～6 歳までの幼児における RJ 能力を評価し、SSC 運動の遂行能力に関する発達過程について明らかにすることであった。本研究課題では、先行研究(八木ほか, 1994 ; Ikeda and Aoyagi, 2008)において、幼児における形態、筋力および鉛直方向への跳躍能力について性差が認められなかったという報告があることから、男女混合のサンプルとして考察していくこととする。

(1) 年齢別に見た垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の発達について

まず、CMJ の跳躍高については経年的に発達することが認められ(表 1-2 および図 1-1, 1-2), これまでの報告とよく一致するものであった(辻野ほか, 1974)。また、2～6 歳までの幼児における RJ の RJ-index, 跳躍高と接地時間についてみると(表 1-2 および図 1-1, 1-2), RJ-index と跳躍高は経年的に発達することが認められたが、接地時間については経年的な発達(短縮傾向)は認められなかった。そこで、6～18 歳までの遠藤ほか(2007)の結果を引用し、本研究課題の結果である 2～6 歳までのものを加えて経年的変化について検討した(図 1-9)。その結果、CMJ の跳躍高、RJ の RJ-index および跳躍高は、2～18 歳まで経年的な発達傾向があり、どこかの年齢段階で著しく停滞することや突然急激な向上が出現することはないことが明らかになった。一方、リバウンドジャンプの接地時間は、経年的には変化しないことも明らかになった。これらの 2～18 歳までの経年的な変化傾向

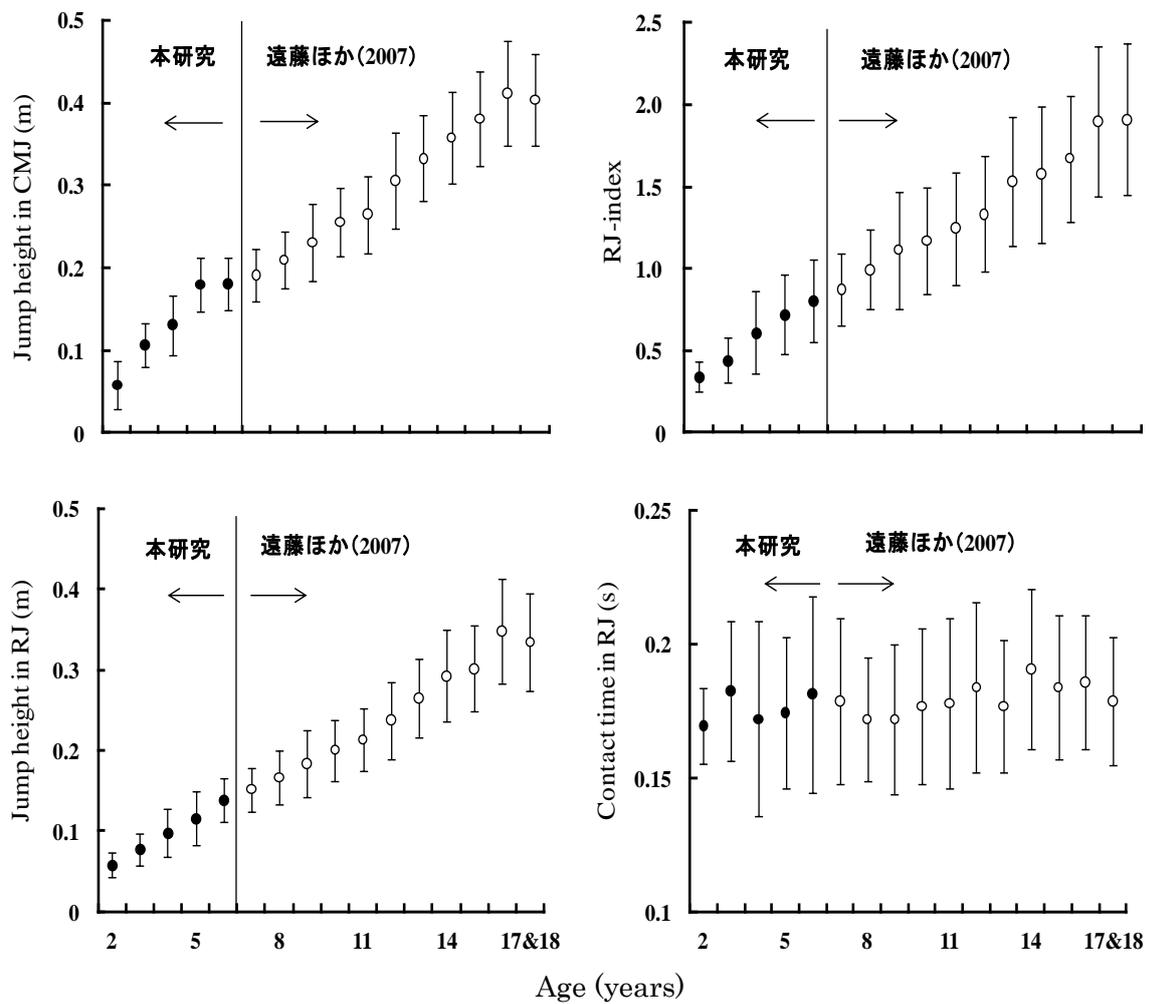


Figure 1-9 Age related changes of jump height in CMJ, RJ-index, jump height in RJ and contact time in RJ from age two to eighteen

は、幼児、児童、生徒における SSC 運動の遂行能力を評価診断するために役立つものであると考えられる。遠藤ほか (2007) や本研究課題で得られた値を基に、RJ 能力が下位に位置する子どもに対して、それを高める遊びや運動経験を与えることができれば、SSC 運動の遂行能力を向上させることができ、小学校以降での運動遊びやスポーツ活動の基礎および成人期以降に向けての QOL の基礎を培うことができるのではないかと考えられる。

次に、RJ-index と CMJ 跳躍高との間の相関関係についてみると (図 1-3)、男児 ($r = 0.626, p < 0.001$) および女児 ($r = 0.763, p < 0.001$) ともに有意な正の相関関係が認められた。図子・高松 (1995a) は、男子体育学生を対象にした CMJ 跳躍高と RDJ-index との関係を検討し、その相関係数が $r = 0.584 (p < 0.001)$ であったことを報告している。また、遠藤ほか (2007) の 6~18 歳を対象とした研究においても、CMJ 跳躍高と RJ-index との関係を検討し、その相関係数が $r = 0.765 (p < 0.001)$ であったことを報告している。したがって、幼児における RJ 能力と CMJ 能力との関係は、児童、生徒や成人とほぼ同じ程度であることが明らかになった。

(2) 月齢ごとにみた垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の発達について

次に、月齢と RJ-index および CMJ 跳躍高との関係を検討したところ、男児および女児ともに月齢との間に高い相関関係が認められ、有意な回帰式が得られた。また、回帰直線に対する分布のばらつきを見ると、RJ-index においては月齢 50 ヶ月付近を境にして分布が広がっている傾向が見られた (図 1-4)。そこで、Steinberg (1987) や遠藤ほか (2007) の方法を参考にして、それぞれの回帰直線の残差 $\pm 1SD$ を基準にして、月齢以上に RJ-index および CMJ 跳躍高が発達している群 (good 群)、月齢に準じて発達している群 (equal 群)、月齢に対して跳躍能力の発達が劣っている群 (poor 群) の 3 群に分類し、月齢 50 ヶ月未満と 50 ヶ月以上における各群の人数について検討した。その結果、CMJ 跳躍高においては、男児および女児ともに人数の偏りに有意差はなかったが (全体: $\chi^2 = 0.94, p = 0.626$, 男児: $\chi^2 = 0.54, p = 0.761$, 女児: $\chi^2 = 1.99, p = 0.369$), RJ-index

においては男児および女児ともに人数の偏りに有意差が認められた(全体: $\chi^2=29.52$, $P<0.001$, 男児: $\chi^2=10.42$, $p<0.01$ 女児: $\chi^2=15.84$, $p<0.001$). 50ヶ月未満における equal 群に属する人数は, いずれの場合においても期待度数に対して有意に多く, 全体においては 50ヶ月以上における good 群および poor 群に属する人数が期待度数に対して有意に多いことが認められた. また, 男児では 50ヶ月以上における good 群に属する人数, 女児では 50ヶ月以上における poor 群に属する人数が, それぞれ期待度数に対して有意に多いことが認められた(表 1-6 および図 1-5). これらの結果は, 2~6歳までの幼児期には, CMJ 能力の発達には大きなばらつきは認められないが, RJ 能力の発達には月齢 50ヶ月以降で著しく発達する幼児と発達が進行しない幼児が出現し, ばらつきが生じることを示すものである. 月齢が経過することに伴って, 身長や体重などの形態的な発育が生じ, 筋肉も大きく長く発達することから, CMJ 能力の発達はそれにともなって変化していくことが推察できる. 一方, RJ 能力の発達については, 月齢 50ヶ月頃を境にして, CMJ 能力と同様に発育の影響を受けながら順調に発達する幼児, 発育水準以上に発達する幼児, また発育水準に沿って発達せず停滞する幼児が出現し始めている可能性が考えられる. このことについて, 要因の 1つとして形態の発育が挙げられる. 幼児期は形態の発育が著しい時期であり, 本研究においても月齢と形態的特性との間に相関関係が認められた(表 1-5). これに加えて, 10~17歳の子どもを対象とした遠藤(2009b)の研究では, RJ-index のみに下腿長に対する相対的なアキレス腱長との有意な正の相関関係が認められたことを報告しており, 相対的に長い腱を有していることが高い RJ 能力を獲得できる要素になる可能性を示唆している. しかしながら, 3群における身長, 体重, 足長, 下腿長, アキレス腱長, 相対的なアキレス腱長, 相対的な足長および下腿周径について比較検討した結果, 全体, 男女ともに 3群間に統計的な有意差は認められなかった(図 1-7, 1-8). これらのことから, 幼児における RJ 能力の発達は, ある程度発育の影響を受けつつ発達していくものであるが, 月齢 50ヶ月以上における発達のばらつきには発育やそれに伴う筋量の増大以外の要因が大きく影響していると考えられる. 遠藤(2009b)も個人の跳躍能力の特性

に対する下肢の形態的特性の影響は少ないことや筋の機能的な要因が影響していることを示唆している。竹内ほか（1968）や中村・松浦（1979）は筋力発揮が幼児における運動能力を構成する重要な下位領域であると示唆している。その筋力発揮について、八木ほか（1994）は幼児の等速性筋力発揮において、単位筋断面積当たりの筋力に関与する神経系の影響が他の年代に比べて比較的大きいことを示唆している。これらのことから、月齢 50 ヶ月以上における RJ 能力の発達のはらつきには、筋の神経—筋伝達といった機能的な要因が影響していると考えられる。

上述の月齢によって分類した 3 群について、RJ-index の構成要素である跳躍高と接地時間を比較すると、経年的な変化の認められた RJ 跳躍高では、good 群が equal 群および poor 群に比べて有意に高いことが認められた。一方、経年的な変化は認められなかった接地時間についても、good 群が equal 群および poor 群に比べて有意に短いことが認められた（図 1-6）。これらのことから、月齢に対して発育水準が高い幼児は、より短時間でより高く跳ぶ能力、いわゆる下肢の爆発的なパワー発揮能力が大きく発達していることが示唆される。

Scammon（1930）の発育曲線からみると、3～4 歳は神経系の発達が著しい時期であるとともに、運動を司る脳の運動野が急速に発達することも示唆されている（東ほか、1992）。Chugani（1998）は、幼児期は神経ネットワーク間をつないで神経伝達を円滑にするシナプスが急激に増加する時期であることを報告している。加えてガラヒュー（1999）は、幼児期は中枢神経系の調節機構が完成し、中枢と末梢との間の関係性が形成される時期であることを示している。石河ほか（1987）も、幼児期は神経系の機能と密接な関係がある巧緻性、敏捷性、平衡性、協応性などの調整力が顕著に発達する時期であることを示している。さらに、RJ に類似した RDJ 能力には着地前の予備緊張や先取り動作を含めた運動調節機構などの神経系の要因が影響していることが報告されている（凶子・高松、1995b）。これらに加えて、上述した 3 群間の形態的特性に有意差が認められなかったことや幼児の筋力発揮の発達には神経系の要因の影響が大きいこと（八木、1994）から、good 群はより大きな力を発揮するための神経—筋伝達といった筋の機能的な要因が発達していること、

空中での姿勢制御や着地前の先取り動作を含めた中枢神経系による運動制御が発達していることが考えられる。そして、それらが総合的に発揮された結果として、good 群は高い RJ-index を示したと推察される。

これらの諸要因の発達には、RJ 運動に類似するような SSC 運動を多数経験することが関係するのではないかと考えられる。例えば、ある台や階段などの高いところから跳び下りる運動、ケンケンなどの弾み運動や各種の跳躍遊びなどを、多くの時間をかけながら多様な経験をすることによって、RJ 能力に必要とされる神経-筋機能および中枢神経系における運動調節機構の発達が促されていることが推察できる。遠藤 (2009a) は、小学生以降の子どもから成人、アスリートに至るまでの RJ 能力の発達の要因の 1 つに RJ に類似した運動の経験の有無やその差異が影響していると示唆している。そのため、幼児においても運動経験の有無やその差異が RJ 能力の発達に影響している可能性が考えられる。加えて 4 歳以降は、3~4 歳ごろにかけて経験し獲得された基本的な動作が定着し、さらに洗練されていく時期だとされている (文部科学省, 2012)。つまり、4 歳以降で RJ 能力の発達にばらつきが見られた理由としては、3~4 歳において獲得した RJ に類似した運動が神経系の発達やその後の運動の継続によりさらに向上した幼児がいる一方で、RJ 能力の発達が停滞している幼児はそういったことが少ないことが挙げられる。このことから、幼児期に先に示したような経験が少ない場合には、その先の年齢においても常に $-1SD$ の位置にある可能性も十分に予想される。したがって、この年齢における幼児に対して、RJ 運動に類似するような SSC 運動を遊びの中に多数取り込むことは、幼児体育の観点から考えて非常に重要なことであることを提案したい。

本研究の結果から、幼児における RJ 能力は 4 歳頃から発達水準に差が出始めるとともに、発達の顕著な幼児については跳躍高が高いだけでなく、接地時間も短いことが明らかになり、形態的な発育に沿って発達する CMJ 能力とは異なる発達傾向を示すことが示唆された。しかし、本研究の結果は、横断的なものであり幼児期における RJ 能力の発達過程を完全に反映しているとは言えないため、今後サンプル数を増やした調査を行う必要が

ある。それに加えて今後は、幼児の運動経験、活動量およびその他の運動能力との関係について調査することや実際にこの年齢の幼児に障害物を越えながらの連続跳躍運動、ケンケン運動やなわ跳びといった RJ 運動に類似するような SSC 運動を遊びの中で多数経験させることによって生じる縦断的な変化について検証していくことが必要である。

5. 結論

本研究課題では、2～6 歳の幼児 180 名（2 歳児 19 名：男児 8 名，女児 11 名，3 歳児 41 名：男児 19 名，女児 22 名，4 歳児 53 名：男児 33 名，21 名，5 歳児 48 名，男児 30 名，女児 18 名，6 歳児 18 名：男児 10 名，女児 8 名）を対象にして、垂直跳（CMJ）およびリバウンドジャンプ（RJ）について横断的な調査を行い、RJ 能力の発達過程について明らかにした。また、下腿および足部の形態項目として、足長，下腿長，アキレス腱長，相対的アキレス腱長，相対的足長，下腿周径囲を計測した。主な結果は以下の通りである。

- (1) 2 歳から 6 歳の CMJ と RJ に関する両遂行能力は、経年的な発育に伴って発達していくことが認められた。
- (2) 月齢と CMJ 能力および RJ 能力の関係について単回帰分析を行い、その残差±1SD を基準に 3 群に分類したところ、CMJ 能力についてはすべての月齢で 3 群間に差はなかったが、RJ 能力については月齢 50 ヶ月前にはなかった 3 群の差が、50 ヶ月後には出現しはらつき始めることが明らかになった。
- (3) 50 ヶ月後で分類した 3 群の RJ における跳躍高および接地時間は、good 群が他の 2 群に比較して、跳躍高が高いだけでなく接地時間も有意に短いことが認められた。
なお、下腿および足部の形態的な要因については群間に統計的な有意差は認められなかった。

これらの結果から、2～6 歳における幼児の RJ 能力は、CMJ 能力と同様に発育とともに発達するが、月齢 50 ヶ月（4 歳ごろ）を境にして、その発達が優れる幼児と停滞する幼児にばらつきが生じ始めることが明らかになった。この月齢 50 ヶ月以降における RJ 能力

の発達差に対しては、形態的要因は影響しておらず、それ以外の要因（神経系や運動調節機構）によるものであることが示唆された。

V章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力と疾走能力との関係について (研究課題 2)

1. 目的

幼児期は、身体の発育とともに様々な基礎的運動能力を獲得していく時期であることはよく知られている。ガラヒュー (1999) は幼児期に習得される基礎的な運動について、移動運動、操作運動、姿勢制御運動の3つに大きく分類している。これらは、将来スポーツなどを行う上で基礎となる運動であり、これらに関する運動能力の発達が将来に渡るスポーツ能力の良否に重要であることが考えられる。その中の移動運動において、人間の疾走運動は18カ月ごろから確認されている(加藤ほか, 2009; Gesell, 1940)。加藤ほか(2009)は幼児の歩行から疾走運動への発達過程について縦断的に調査したところ、歩行から疾走への発達過程において、リーピングという跳躍運動の出現を経て疾走運動へと発達していくことを報告している。

リーピングなどの跳躍や疾走中の接地から離地までの局面には、下肢の筋一腱は接地時にエキセントリックな筋力発揮で負荷を受け止め、その後コンセントリックな筋力発揮で身体を移動させる様相が内在している。この主働筋が一度引き伸ばされた後に短縮する運動のことは、スポーツ科学のなかでは伸張-短縮サイクル (Stretch-shortening cycle : SSC) 運動と呼ばれている (Komi, 1984 ; 1992)。また、この SSC 運動には人間が効率的に運動を遂行することや急激に大きな力を発揮するのに重要な役割があることも広く知られている (Asmussen and Bonde-petersen, 1974 ; Bosco and Komi, 1979 ; Bosco et al., 1981)。下肢の SSC 運動遂行能力の指標となる運動には、垂直跳 (CMJ) やリバウンドドロップジャンプ (RDJ) あるいは連続リバウンドジャンプ (RJ) などの跳躍運動が挙げられる。RDJ や RJ は、接地時間が 0.2 秒程度と短いことから (岡子ほか, 1993 ; 遠藤ほか, 2007)、このような運動のことはバリスティック運動と呼ばれ、比較的遂行時間が長い運動とは神経制御機構や力発揮に関する調節機序が異なることが示されている (Marsden,

1976 ; 米田, 1989). 陸上競技短距離走の接地時間は 0.1~0.2 秒と短く, 短い時間で大きな力を発揮するという点においては共通する. これまでに RJ や RDJ などのパリストティックな SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係が研究され, 両者の間には有意な正の相関関係があることが報告されている (Mero et al., 1981 ; 岩竹ほか, 2002). このようにスポーツの世界においては, SSC 運動の遂行能力と疾走能力との間関係については明確にされており, SSC 運動の遂行能力を高めることの重要性も明らかにされている.

一方, 発育発達の観点から SSC 運動の遂行能力の発達と疾走能力の発達との関係を見ると, 12~18 歳の子どもの SSC 運動の遂行能力と疾走能力およびフットワーク能力との関係について, CMJ 能力に対して RJ 能力の発達が優れている児童・生徒の方が疾走能力およびフットワーク能力が高いことが報告されている (Endo et al., 2008). また, 研究課題 1 において, CMJ 能力は年齢の増加とともに直線的に発達していくのに対して, RJ 能力の発達は 4 歳頃を境にしてその発達にばらつきが生じることが明らかとなっている. さらに, 三井・凶子 (2006) は, 73~93 歳の高齢者を対象にして SSC 運動の遂行能力を屈伸型のはずみ運動で評価した結果, 加齢とともにその能力が低下し, それは歩行機能の低下にも密接に関係していることを報告している. これらのことから, SSC 運動の遂行能力は, 人間の歩行や疾走などの移動運動に大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる.

幼児の疾走能力について, 八木ほか (1987) が, 4.5~6.5 歳の幼児を対象にして疾走能力の発達と跳躍能力の発達について調査した結果, 疾走速度と垂直跳の跳躍高および立幅跳の跳躍距離との関係は加齢とともに増大する傾向が認められ, 特に歩幅比 (歩幅/身長×100) については両跳躍能力との間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している. しかし, 幼児を対象とした RJ 能力と疾走能力との関係について調査した研究は見当たらない. また, 近年では, 幼児の運動能力の低下が報告されており (文部科学省, 2012), 幼児の運動機会に関する質を高めること, 量 (時間) を増やすことが求められている. したがって, 幼児における RJ 能力で評価する SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係が明らかになれば, 幼児期に各種の跳躍運動や跳躍遊びを通して SSC 運動の遂行能力を発達さ

せることで、その後の発達過程の中で良好に疾走能力を向上させることが推察できる。さらに、様々なスポーツの基礎に疾走能力が存在することを考えると、運動やスポーツを楽しむ姿勢づくりや運動嫌いの子どもの減少という方策に役立つことが考えられる。

そこで本研究課題では、2歳から6歳までの幼児を対象にしてSSC運動の遂行能力の指標としてCMJおよびRJを行わせ、2つの跳躍種目のパフォーマンスから評価したSSC運動の遂行能力と疾走能力との関係について明らかにすることを目的とした。

2. 方法

(1) 対象者

対象者は、I県にあるS保育園に通う2～6歳の幼児166名（2歳児10名：男児6名，女児4名，3歳児38名：男児18名，女児20名，4歳児53名：男児32名，女児21名，5歳児48名，男児30名，女児18名，6歳児18名：男児10名，女児7名）であった。実験を開始する前に、筑波大学研究倫理委員会の規定に則って、園長，保育士および保護者に対して安全性についての説明やケガや体調不良が起こった際の対処を説明した上で同意を得た。また，実験試技の前には，対象者に下肢などに傷害が無いことを確認して試技を行わせた。

(2) 実験運動

研究課題1と同様に，下肢のSSC運動の遂行能力の指標としてRJおよびCMJを用いた。RJは先に示した研究課題1と同様に，10秒間連続で跳び続ける方法を採用した。対象者には，試技を行う前に本研究の実験試技に精通した陸上競技選手によるデモンストレーションを見せながら練習を行わせた。また，疾走能力の指標は，20m走を行わせて評価した。

(3) 測定・算出項目

CMJ 能力の指標である跳躍高は、滞空時間から算出した。試技は 2 回行わせて、良い方の試技を採用した。RJ 能力の指標には、RJ-index を用いた。10 秒間に渡って跳んだ中で、index の値が最も高かった試技を採用した。測定には可搬型の 1 軸ストレインプレート (PH-6210A ディケイエイチ社製) 上で行わせ、滞空時間および接地時間を計測した。跳躍高は、滞空時間から以下の式によって算出した。

$$\text{跳躍高} = (g \cdot \text{滞空時間}^2) 8^{-1},$$

g は重力加速度 (9.81m/s²)

RJ-index は、以下の式に代入することによって算出した。

$$\text{RJ-index} = \text{跳躍高 (m)} / \text{接地時間 (s)} \quad (\text{図子ほか, 1993; 遠藤ほか, 2007})$$

20m 走については、光電管を設置してゴールタイムを計測し、タイムを距離で除した平均速度を算出した。ゴールの 5m 先に人を立たせて、幼児にはそこに向かって全力で走るよう指示した。スタートの影響を除外するために、光電管の 1m 手前からスタートさせた。10~15m 地点の疾走動作をハイスピードカメラ (240fps) で撮影し、その 1 サイクルについて MediaBlend (ディケイエイチ社製) を用いてストライド (SL), ピッチ (SF), 接地時間 (CT) および滞空時間 (FT) を算出した。

幼児期の疾走能力は発育に大きな影響を受けることから、Alexander (1977), 斉藤・伊藤 (1995) および末松ほか (2008) を参考にして、身長の影響を考慮した走速度指数, 歩幅指数, 歩数指数を以下の式から算出した。

$$\text{走速度指数} = \text{疾走走速度} / (\text{身長} \cdot g)^{1/2} = \text{歩幅指数} \cdot \text{歩数指数}$$

$$\text{歩幅指数} = \text{SL} / \text{身長}$$

$$\text{歩数指数} = \text{SF} \cdot (\text{身長} \cdot g)^{1/2}$$

g は重力加速度 (9.81m/s²)

(4) 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した。各項目における年齢間の有意差検定には一元配置分散分析を用い、F 値が有意であった項目については Games-Howell 法により多重比較を行った。

CMJ の跳躍高および RJ-index と走速度指数, 歩幅指数, 歩数指数との関係については, pearson の積率相関係数を算出した。また, RJ の跳躍高および RJ 接地時間と疾走時の接地時間および滞空時間との関係については, 身長を制御変数とした偏相関係数を算出した。有意水準は危険率 5%未満で判定し, 10%未満を有意傾向として扱った。

3. 結果

表 2-1 に対象者の特性を示した。身長は男女ともに 3 歳から 5 歳までは 1 歳ごとに, 6 歳と 4 歳以下との間に統計的有意差があり, 経年的に増大する傾向が認められた。体重については, 男児は 5 歳までは 1 歳ごとに, また 6 歳と 4 歳以下との間に統計的有意差があり, 経年的に増大する傾向が認められた。女児についても 3 歳から 5 歳までは 1 歳ごとに, また 6 歳と 4 歳以下との間に統計的有意差があり, 経年的に増大する傾向が認められた。

表 2-2 に対象者における SSC 運動の遂行能力の経年的変化を示した。CMJ の跳躍高については, 男女ともに 3 歳から 5 歳までは 1 歳ごとに, また 6 歳と 4 歳以下との間に統計的有意差があり, 経年的に増大する傾向が認められた。RJ-index については, 4 歳, 5 歳および 6 歳と 3 歳以下との間には統計的有意差があり, 経年的に増大する傾向が認められた。RJ の跳躍高については, 男女ともに 4 歳および 5 歳は 3 歳以下, 6 歳は 4 歳以下との間に統計的有意差があり, 経年的に増大する傾向が認められた。RJ 接地時間について

Table 2-1 Physical characteristics of subjects

	age	n	Body height (cm)	Body weight (kg)
boys	2	6	89.6 ± 3.7	12.6 ± 1.3
	3	18	94.3 ± 3.2	14.9 ± 1.6 2 <
	4	32	101.7 ± 4.1 3 <	16.8 ± 1.9 3 <
	5	30	109.9 ± 4.2 4 <	18.8 ± 1.9 4 <
	6	10	113.6 ± 3.3 4 <	20.0 ± 2.8 4 <
	age	n	Body height (cm)	Body weight (kg)
girls	2	4	88.9 ± 4.0	12.6 ± 1.8
	3	20	95.4 ± 4.8	14.7 ± 1.6
	4	21	101.8 ± 4.5 3 <	16.4 ± 2.0 3 <
	5	18	108.8 ± 4.8 4 <	18.7 ± 2.4 4 <
	6	7	114.3 ± 4.9 4 <	21.2 ± 2.7 4 <

< : Significant differences ($p < 0.05$) from prior ages

Table 2-2 Jumping abilities of subjects

	age	n	Jump height in CMJ (m)		RJ-index		Jump height in RJ (m)		Contact time in RJ(s)
boys	2	6	0.065 ± 0.031		0.340 ± 0.110		0.057 ± 0.018		0.169 ± 0.016
	3	18	0.106 ± 0.027		0.431 ± 0.134		0.077 ± 0.019		0.182 ± 0.027
	4	32	0.134 ± 0.033	3 <	0.604 ± 0.254	3 <	0.099 ± 0.030	3 <	0.174 ± 0.035
	5	30	0.180 ± 0.033	4 <	0.692 ± 0.240	3 <	0.117 ± 0.033	3 <	0.175 ± 0.028
	6	10	0.181 ± 0.032	4 <	0.806 ± 0.254	3 <	0.139 ± 0.027	4 <	0.181 ± 0.037
girls	2	4	0.058 ± 0.019		0.293 ± 0.109		0.054 ± 0.010		0.192 ± 0.042
	3	20	0.092 ± 0.025		0.362 ± 0.099		0.069 ± 0.016		0.199 ± 0.043
	4	21	0.132 ± 0.037	3 <	0.532 ± 0.230	3 <	0.097 ± 0.028	3 <	0.193 ± 0.039
	5	18	0.173 ± 0.037	4 <	0.706 ± 0.229	3 <	0.123 ± 0.034	3 <	0.178 ± 0.027
	6	7	0.189 ± 0.025	4 <	0.864 ± 0.262	3 <	0.144 ± 0.025	4 <	0.172 ± 0.027

< : Significant differences ($p < 0.05$) from prior ages

Table 2-3 Running abilities of subjects

	age	n	Average running velocity (m/s)		Step length (m)		Step frequency (Hz)	Index of running velocity	Index of step length		Index of step frequency				
boys	2	6	2.56 ± 0.17		0.59 ± 0.06		4.21 ± 0.23	0.85 ± 0.07	0.66 ± 0.06		1.27 ± 0.08				
	3	18	3.04 ± 0.38		2 <	0.71 ± 0.10	2 <	4.22 ± 0.35	0.99 ± 0.19		0.76 ± 0.11	1.31 ± 0.11			
	4	32	3.43 ± 0.39		3 <	0.85 ± 0.09	3 <	4.19 ± 0.31	1.12 ± 0.13		2 <	0.83 ± 0.09	2 <	1.35 ± 0.11	
	5	30	4.03 ± 0.39		4 <	0.98 ± 0.09	4 <	4.31 ± 0.34	1.29 ± 0.13		4 <	0.89 ± 0.09	3 <	1.44 ± 0.11	4 <
	6	10	4.30 ± 0.38		4 <	1.09 ± 0.10	5 <	4.05 ± 0.25	1.33 ± 0.13		4 <	0.97 ± 0.09	4 <	1.38 ± 0.08	
girls	2	4	2.44 ± 0.30		0.57 ± 0.07		4.09 ± 0.23	0.79 ± 0.11	0.64 ± 0.05		1.23 ± 0.08				
	3	20	2.76 ± 0.27		0.68 ± 0.08		4.07 ± 0.32	0.90 ± 0.09	0.71 ± 0.07		1.27 ± 0.09				
	4	21	3.44 ± 0.38		3 <	0.87 ± 0.11	3 <	4.11 ± 0.22	1.12 ± 0.15		3 <	0.85 ± 0.10	3 <	1.32 ± 0.07	
	5	18	3.96 ± 0.34		4 <	1.01 ± 0.09	4 <	4.07 ± 0.28	1.26 ± 0.10		4 <	0.93 ± 0.06	3 <	1.35 ± 0.08	3 *
	6	7	4.32 ± 0.22		5 <	1.11 ± 0.05	5 <	4.03 ± 0.28	1.33 ± 0.10		4 <	0.97 ± 0.01	4 <	1.37 ± 0.09	

1. < : Significant differences (p<0.05) from prior ages

2. * : Significant difference (p < 0.05) between age

は、男女ともにどの年齢間にも統計的有意差は認められなかった。

表 2-3 に対象者の疾走能力の経年的変化を示した。平均疾走速度については、男児では 5 歳まで 1 歳ごとに、また 6 歳と 4 歳以下との間に統計的有意差があり、経年的に増加する傾向が認められた。女児では 3 歳から 6 歳までに 1 歳ごとに統計的有意差があり、経年的に増加する傾向が認められた。SL については、男児において 1 歳ごとに統計的有意差があり、経年的に増大する傾向が認められた。女児では、3 歳から 6 歳まで 1 歳ごとにおいて統計的有意差があり、経年的に増大する傾向が認められた。SF については、男女ともに統計的有意差は認められなかった。走速度指数については、男児では 6 歳および 5 歳と 4 歳以下、また 4 歳と 2 歳との間に統計的有意差があり、経年的に増大する傾向が認められた。女児においても、6 歳および 5 歳と 4 歳以下、また 4 歳と 3 歳以下との間に統計的有意差があり、経年的に増大する傾向が認められた。歩幅指数については、男児では 2 歳ごとに統計的有意差があり、経年的に増大する傾向が認められた。女児では、6 歳と 4 歳以下、5 歳及び 4 歳と 3 歳以下との間に統計的有意差があり、経年的に増大する傾向が認められた。歩数指数について、男児では 5 歳と 4 歳以下との間に統計的有意差が認められた。女児では、5 歳と 3 歳との間に統計的有意差が認められた。

図 2-1 には、CMJ の跳躍高および RJ-index と走速度指数との関係について示した。いずれの項目においても有意な正の相関関係が認められた。年齢ごとの相関関係について見ると、男児では、CMJ の跳躍高との関係は 3 歳では有意傾向となり、4 歳以降から有意な相関関係が認められた。RJ-index との関係は 4 歳では有意傾向となり、5 歳以降で有意な相関関係が認められた。女児では、CMJ の跳躍高との関係は 3 歳から 5 歳までは有意な相関関係が認められるが 6 歳では認められなくなった。RJ-index との関係は 4 歳では有意傾向となり、5 歳以降になると有意な相関関係が認められるようになった。

図 2-2 には、CMJ の跳躍高および RJ-index と歩幅指数との関係について示した。年齢ごとの相関関係を見ると、男児については、CMJ の跳躍高との関係は 4 歳から有意な相関関係が認められた。RJ-index との関係は 5 歳から有意な相関関係が認められた。女児で

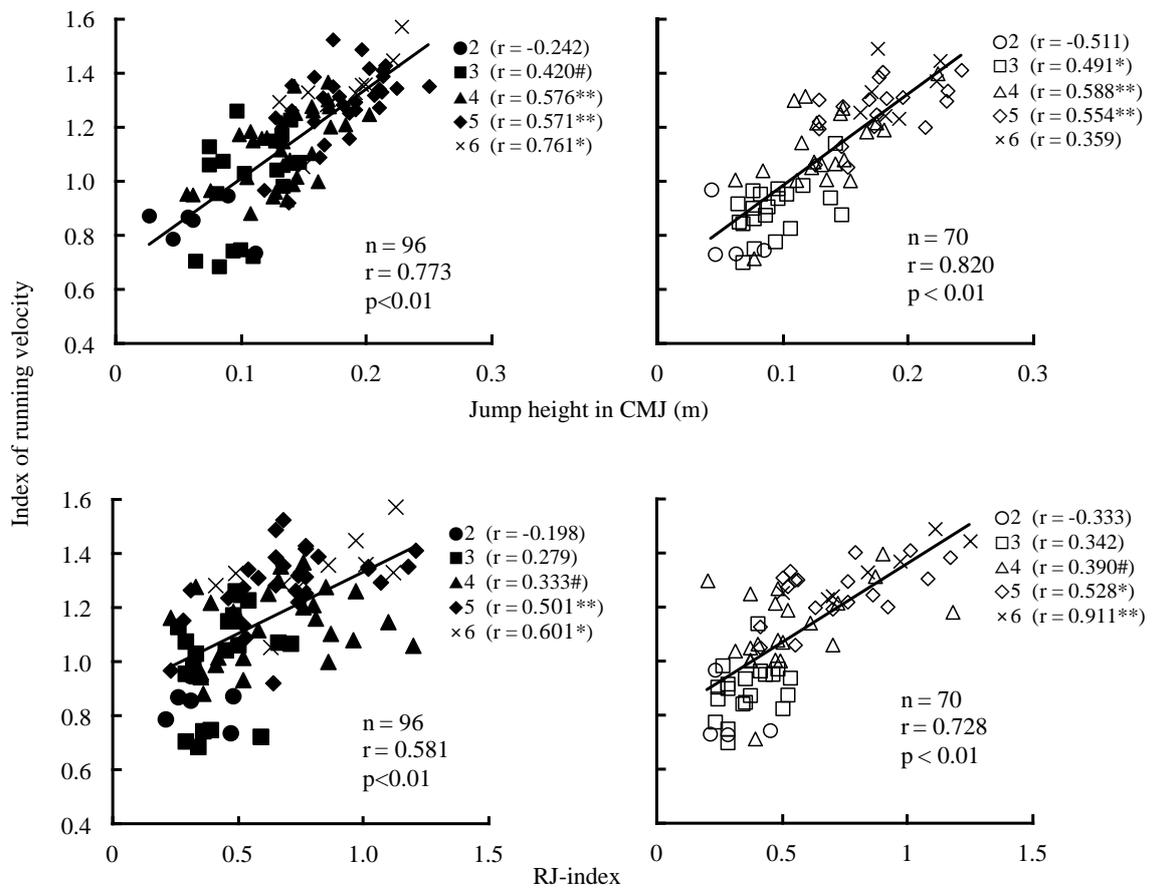


Figure 2-1 Relationships between Jump height in CMJ, RJ-index and index of running velocity

#: $p < 0.1$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

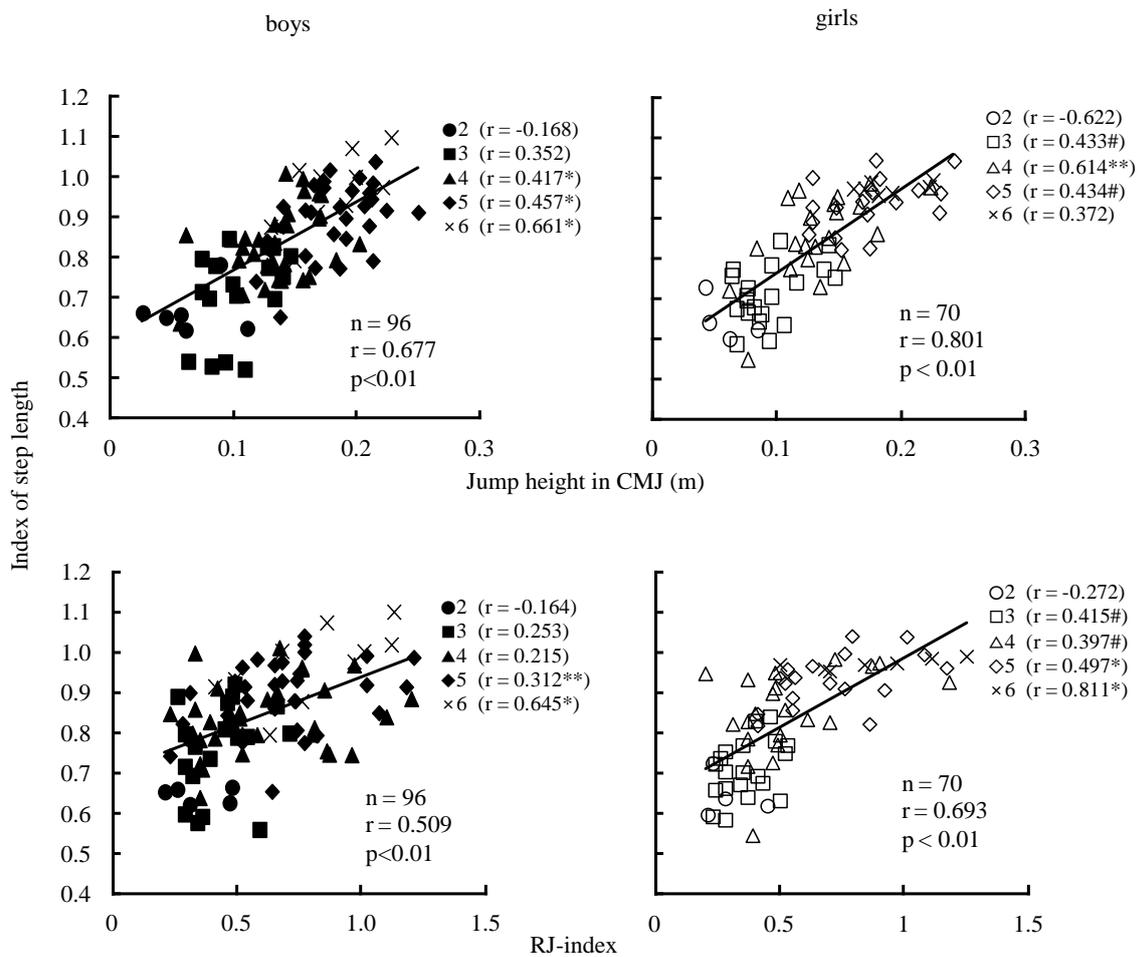


Figure 2-2 Relationships between Jump height in CMJ, RJ-index and index of step length

#: p < 0.1, *: p < 0.05, **: p < 0.01

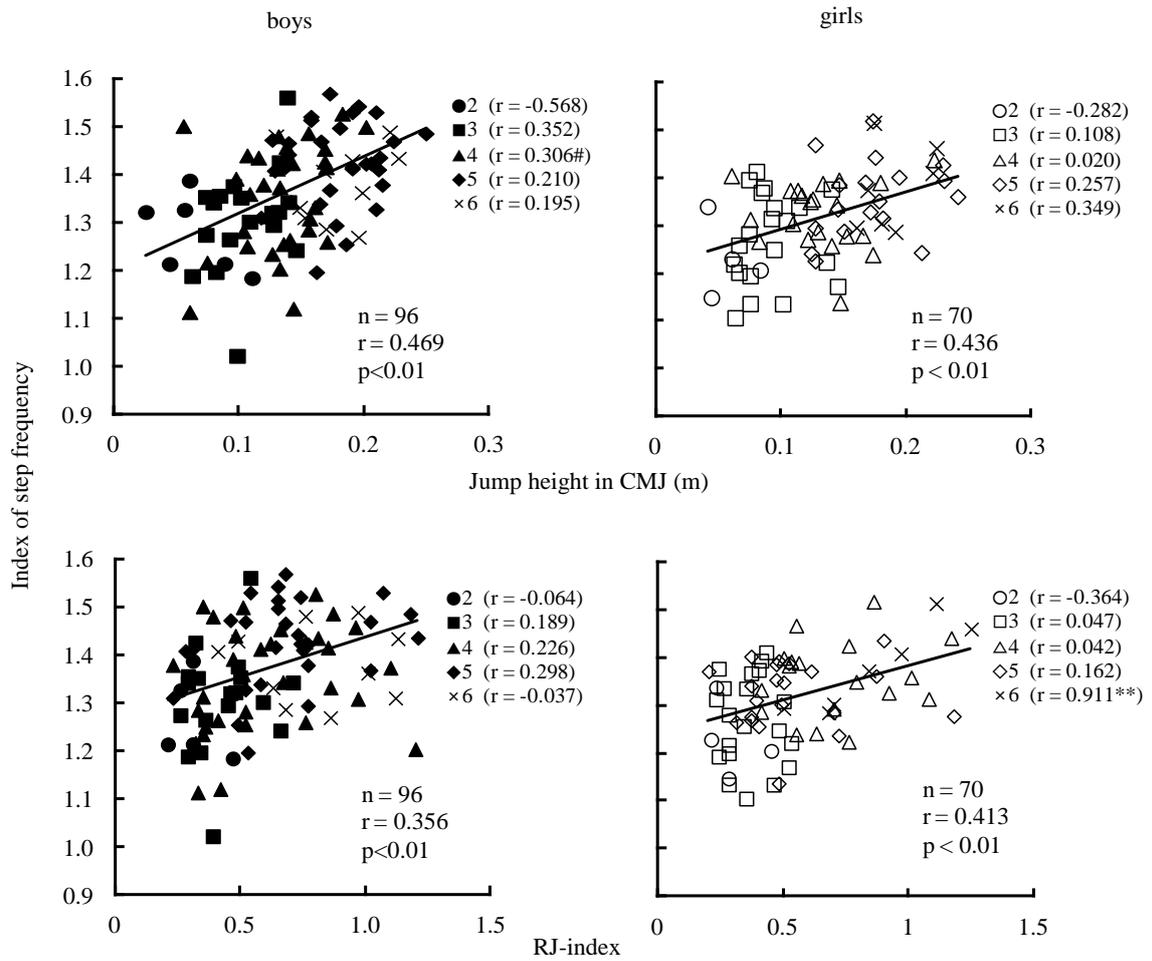


Figure 2-3 Relationships between Jump height in CMJ, RJ-index and index of Step Frequency

#: $p < 0.1$, **: $p < 0.01$

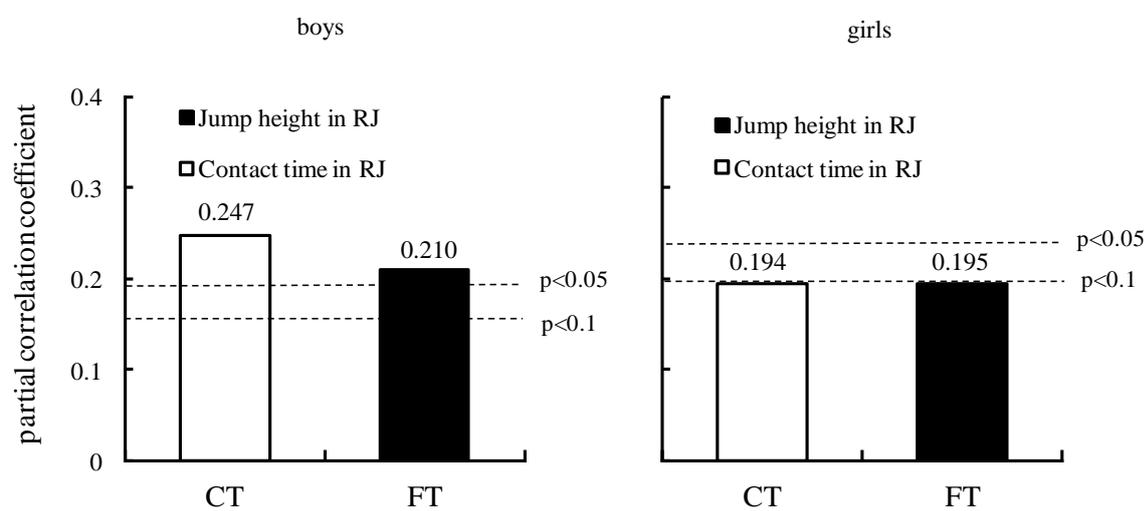


Figure 2-4 Partial correlation coefficients between jump height in RJ, contact time in RJ and FT, CT in 20m running

は、CMJの跳躍高との関係は3歳と5歳では有意傾向、4歳では有意な相関関係が認められたが6歳になると認められなくなった。RJ-indexとの関係は3歳と4歳では有意傾向となり、5歳以降から有意な相関関係が認められるようになった。

図2-3には、CMJの跳躍高およびRJ-indexと歩数指数との関係について示した。いずれの項目においても、有意な正の相関関係が認められた。年齢ごとの相関関係を見ると、男児では、CMJとの関係で4歳のみ有意傾向が認められた。女児では、RJ-indexとの関係で6歳のみ有意な相関関係が認められた。

図2-4には、RJの接地時間と20m走中のCTおよびRJの跳躍高と20m走中のFTとの関係を示した。両方とも男児のみ有意な正の相関関係が認められた。

4. 考察

本研究課題の目的は、CMJおよびRJ遂行能力と疾走能力との関係を検討し、幼児におけるSSC運動の遂行能力と疾走能力との関係について明らかにすることであった。

疾走能力の経年的変化については、先行研究で報告されている内容（宮丸ほか、1990；齋藤・伊藤、1995；宮丸、2001）とほぼ同様の結果であった。

CMJの跳躍高およびRJ-indexと疾走能力との関係を検討したところ（図2-1および2-2）、男女ともに両遂行能力と走速度指数、歩幅指数および歩数指数との間に有意な正の相関関係が認められた。これらのことから、児童・生徒の場合と同様に、幼児期においてもSSC運動の遂行能力は疾走能力と関係があり、それは大きなストライドおよび高いピッチの獲得に影響していることが考えられる。したがって、思春期の児童・生徒や成人で認められてきたSSC運動の遂行能力と疾走能力との関係が、幼児期においても認められることが示唆された。その理由としては、接地時に筋一腱が強制的に伸張されてエキセントリックな筋力発揮がなされ、その後、離地に向けてコンセントリックな筋力発揮に切り替えるSSC運動は、重力環境下で人間が移動する上では必要不可欠な要素であるからだと考えられる。三井・凶子（2006）は、高齢者の歩行についてもSSC運動の遂行能力が大きく

関わっていることを報告している。一方、RJ や RDJ の遂行には神経系の要因が大きく関わっている可能性が報告されていることから（図子・高松，1995b；研究課題 1），RJ 能力は疾走中の運動制御や筋一腱のスムーズな運動の切り替え，あるいは短時間での大きな力発揮といった機能的な要因に大きく関与していることが考えられる。そこで，RJ の接地時間と疾走中の接地時間（CT）および RJ の跳躍高と疾走中の滞空時間（FT）との関係を検討してみると（図 2-3），男児においてのみだが両方に相関関係が認められた。これらのことは，疾走中のストライド長（SL）を大きくするためには RJ の跳躍高を獲得する能力が，また一方では，ストライド頻度（SF）を高めるためには RJ の接地時間を短縮する能力が関係していることが示唆された。FT と RJ の跳躍高は，ともに大きな仕事を行うということで共通しており，CT と RJ の接地間は短時間に素早く遂行するという点で共通している。したがって，幼児についても RJ の接地時間を短縮して高く跳ぶという 2 つの要素を発達させていくと，疾走能力の発達に役立つことが推察できる。

年齢ごとに相関係数を検討すると，男女ともに CMJ の跳躍高および RJ-index と走速度指数および歩幅指数との関係において，有意な相関関係が示された（図 2-1 および図 2-2）。特に，RJ-index との相関係数は，年齢が上がるに伴って CMJ 跳躍高との値以上になる傾向が見られた。幼児では，3～4 歳頃から獲得した運動の洗練化が始まることが示されている（文部科学省，2012）。宮丸（2001）は，疾走の運動形態は 3～5 歳で急速に発達し，6～7 歳頃までには基本的な疾走の運動形態が定着することを報告している。本研究課題における相関係数の結果から考えると，疾走運動の形態が洗練化する 3～4 歳の時期に，リバウンドジャンプに類似した重力に抗して弾むような運動をより良く行うことができると，ストライドやピッチが高まり，疾走運動のより良い発達に貢献することを示唆できる。

図子ほか（1993）は，様々なスポーツ選手の最大筋力発揮や CMJ および RDJ の遂行能力を比較した結果，陸上競技の短距離や跳躍競技者は他のスポーツ競技者と比較して RDJ の遂行能力が高いことを報告している。また，Endo et al.（2008）は 12～18 歳の児童・生徒を対象にして，CMJ と RJ の相対的な発達傾向が疾走能力およびフットワーク能力に

及ぼす影響の違いを検討しており、相対的に RJ 能力がより発達している児童・生徒の方が高い疾走能力を有していることを報告している。これらのことから、CMJ および RJ のいずれの遂行能力も大切であるが、その中でも単に 1 回だけ跳ぶ CMJ と比較して、RJ のように重力に抗して連続して弾み続けるタイプの SSC 運動の遂行能力の方が疾走能力には大きく関係していることが考えられる。

研究課題 1 においては、4 歳頃から RJ 能力に大きなバラつきが生じることを報告している。幼児期の 4 歳頃から RJ 能力の発達にばらつきが生じること、RJ 能力と疾走能力との関係が加齢とともに強くなっていくことや高い疾走速度においても RJ 能力が関係していること (Mero et al., 1981 ; 岩竹ほか, 2002) から、幼児期から RJ 能力に着目していくことが、その後の疾走能力の発達に大きな影響を与える可能性も考えられる。

今後は、RJ 能力と疾走能力との関係を縦横断的に検討していくとともに、運動実施状況や日常生活の中での行動との関連性について検討していくことが必要であると考えられる。

5. 結論

本研究では、2~6 歳の幼児 166 名 (2 歳児 10 名 : 男児 6 名, 女児 4 名, 3 歳児 38 名 : 男児 18 名, 女児 20 名, 4 歳児 53 名 : 男児 32 名, 女児 21 名, 5 歳児 48 名, 男児 30 名, 女児 18 名, 6 歳児 18 名 : 男児 10 名, 女児 7 名) を対象にして、垂直跳 (CMJ), リバウンドジャンプ (RJ) および 20m 走の測定を行い、幼児における SSC 運動の遂行能力と疾走能力との関係について検討した。主な結果は以下の通りである。

- (1) CMJ, RJ 能力および 20m 走の平均疾走速度は、幼児においても加齢に伴って発達していく傾向が認められた。
- (2) CMJ および RJ 能力と疾走能力との関係について検討した結果、男女ともに走速度指数、歩幅指数 (ストライド), 歩数指数 (ピッチ) との間に有意な正の相関関係が認められた。特に、RJ-index と走速度指数および歩幅指数との相関係数は、年齢が上が

るに伴って向上していく傾向が認められた。

- (3) **RJ** の構成要素である **RJ** 跳躍高と疾走中の滞空時間, **RJ** の接地時間と疾走中の接地時間との間には, 男児においてのみそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。

これらの結果から, **CMJ** および **RJ** 能力は, 2~6 歳の幼児についても, 児童・生徒の場合と同様に年齢に応じて発達すること, また疾走中のストライドおよびピッチには, **RJ** から評価できる運動遂行時間の短縮と大きな仕事の獲得能力が関係し, 疾走能力に影響を与えていることが示唆された。

VI章 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力および疾走能力の 発達についての縦断的発達過程 (研究課題 3)

1. 目的

疾走能力は、多くのスポーツに関わる基礎的な運動能力の1つとして知られており、発育発達の観点から適切に増進させていくべき運動能力である。また、疾走運動は生後 18～24 ヶ月頃から遂行可能になる (Gesell, 1940 ; 加藤ほか, 2009) と言われており、幼児期からその発達が確認されている運動能力である。加藤ほか (2009) は、歩行から走運動への発達過程について縦断的に調査し、歩行からリーピングという跳躍運動を経て疾走運動に移行していくことを報告している。このことは、幼児の疾走能力の発達には、接地時に筋一腱のが制伸張された後に、離地に向けて短縮させる能力が重要であることを示すものである。この運動のことは、伸張-短縮サイクル (Stretch-shortening cycle : SSC) 運動と呼ばれ、重力環境下で生きる人間の自然な運動であるとともに、多くの有効性が確認されている (Asmussen and Bonde-petersen, 1974 ; Bosco and Komi, 1979 ; Bosco et al., 1981 ; Komi, 1984, 1992)。

研究課題 1 では、幼児における SSC 運動の遂行能力の発達過程を調査したところ、垂直跳 (CMJ) の遂行能力に関しては発育に伴って発達していく傾向にあったが、連続リバウンドジャンプ (RJ) の遂行能力に関しては月齢 50 ヶ月頃を境にその能力が発育水準以上に発達する者、発育に伴って発達する者、発育に伴わずに発達が停滞する者に分かれ始めることが明らかとなった。これらのことから、CMJ と RJ で評価することのできる SSC 運動の遂行能力は幼児期についても発達する能力であり、幼児期に獲得し向上させることのできる水準は個人によって異なることが示された。

研究課題 2 では、疾走能力と CMJ および RJ 能力との関係について調査し、幼児の疾走能力は CMJ 能力に加えて RJ 能力にも相関関係が認められ、幼児の疾走能力に RJ 能力が関与していることが示された。これまでに、成人の陸上競技者や思春期の児童・生徒を

対象として、RJ 能力と疾走能力との関係については多くの研究が行われている (Mero et al., 1981 ; 岩竹ほか, 2002 ; 岩竹ほか, 2008 ; Endo et al., 2008). 一方、RJ 能力と疾走能力の縦断的な変化や関係性については、遠藤ほか (2012) が思春期にある生徒を対象として疾走能力と CMJ および RJ 能力の 1 年間の縦断的な変化および関係性を検討している。その結果、年次変化率の関係性については RJ 能力と疾走能力との間にのみ相関関係が認められており、思春期の生徒の疾走能力の発達に RJ 能力の発達が大きく影響していることを報告している。これらのことから、生徒における知見が幼児期においても同様に生じるのか、すなわち、RJ 能力と疾走能力との間の関係性を縦断的に調査し、RJ 能力の発達が疾走能力の発達に影響を与えているかどうかを明らかにすることは意味あることであると考えられる。研究課題 1 において、幼児に関する RJ 能力の発達には月齢 50 ヶ月頃から差が生じること、また、研究課題 2 において、幼児の疾走能力に RJ 能力が関係していることを明らかにしてきた。そこで、これまでに横断的に明らかにした知見を縦断的に調査し、幼児における RJ 能力および疾走能力の発達の実態とその関係性をより明確にすることができれば、幼児期における育児や保育の中での運動に対する考え方を見直す知見を得ることができると考えられる。

一方、幼児の運動能力は保育環境での活動量や活動内容に影響されることが報告されている (吉田ほか, 2004 ; 森ほか, 2004 ; 井上ほか, 2006 ; 田中, 2009 ; 宮嶋ほか, 2010)。また、RJ 能力の発達についても、それに類似した運動経験の有無が大きく関わっていることも指摘されている (遠藤, 2009)。これらのことから、研究課題 1 で明らかとなった RJ 能力の発達のばらつきは RJ に類似した運動経験が関与している可能性が考えられる。しかしながら、RJ 能力の発達に対する保育環境での活動量や活動内容に関する影響を検討した研究は存在しない。そのため、縦断的な研究を実施する際には、幼児の活動量や活動内容についても調査し、RJ 能力の発達に対する活動量および活動内容の影響を明らかにすることも重要であると考えられる。

そこで研究課題 3 では、RJ 能力にばらつきが生じている 4 歳の幼児を対象として、CMJ

および RJ 能力と疾走能力について縦断的な調査を行い、RJ 能力の発達と疾走能力の発達との相互関係について明らかにし、それらの発達に対する活動量および活動内容の影響について検討することを目的とした。

2. 方法

(1) 対象者および測定時期

対象者は、I 県にある S 保育園に通う 4 歳の幼児 37 名（男児 24 名，女児 13 名）であった。測定時期は、1 回目の測定が 2012 年 6 月，2 回目の測定が 14 ヶ月後の 2013 年 8 月であった。実験を開始する前に、筑波大学研究倫理委員会の規定に則って、園長，保育士および保護者に対して安全性についての説明やケガや体調不良が起こった際の対処を説明した上で同意を得た。また，実験試技の前には，対象者に下肢などに傷害が無いことを確認して試技を行わせた。

(2) 実験運動

研究課題 1, 2 同様に，SSC 運動の遂行能力の指標として RJ および CMJ を用いた。本研究課題においても，研究課題 1, 2 同様に予備実験において，5 回跳び終わる前に試技を終了してしまう幼児や 5 回目以降も記録が伸び続けそうな幼児が存在したため，10 秒間連続して跳び続ける方法を用いた。対象者には，試技を行う前に本研究の実験試技に精通した陸上競技選手によるデモンストレーションを見せながら練習を行わせた。また，疾走能力の指標として，20m 走を行わせた。

(3) 測定項目および測定方法

1) 跳躍運動

各跳躍運動の遂行能力の指標として，RJ については RJ-index，CMJ については跳躍高を用いた。RJ は 10 秒間跳んだ中で RJ-index が最も高い試技を採用した。CMJ は 2 回跳

んだ中で最も高い試技を採用した。跳躍運動について、測定にはマルチジャンプテスト（ディケイエイチ社製）を用いて跳躍高と接地時間を計測した。RJ-index は、跳躍高を接地時間で除すことで算出した（遠藤ほか，2007）。

2) 20m 走

20m 走については、光電管を設置してゴールタイムを計測し、距離をタイムで除した平均疾走速度を算出した。ゴールの 5m 先に人を立たせて、そこに向かって全力で走るよう指示した。スタートの影響を除外するため光電管の 1m 手前からスタートさせた。

(4) 活動量および活動内容に関する質問紙調査

幼児の園での活動量および活動内容を調査するために、保育者に対して質問紙調査を行った（表 3-1）。質問紙の内容は、幼児の活発さ、運動遊びの内容についての質問を記載し、該当する番号に丸をさせる形式とした。幼児の活発さについては、番号の 1 を 5 点、5 を 1 点としてそれぞれの質問に対する回答を得点化した。運動遊びの内容については、選択された項目数を計数した。また、RJ-index の平均値を基準として、平均値の $+1/2SD$ 以上を RJ 発達上位群、平均値の $-1/2SD$ 以下を RJ 発達下位群に分類し、両群間の得点を比較した。

(5) 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した。年次間（2012 年と 2013 年）の平均値の有意差検定には対応のある t 検定を用いた。CMJ 能力および RJ 能力と疾走能力との関係、それぞれの年次変化率の間関係、質問紙調査における幼児の活発さと運動遊びの内容との関係については Pearson の積率相関係数を算出した。男女間の RJ の年次変化率の比較および RJ-index の年次変化率で分類した 2 群間における質問紙の得点の比較には対応のない t 検定を用いた。有意水準は全て 5%未満を有意、10%未満を有意傾向とした。

3. 結果

- (1) 体格，垂直跳，リバウンドジャンプおよび疾走能力における1年経過前後の変化とその相互関係

表 3-2 に各測定項目における1年間の経過前後とその変化について示した。男女ともに全ての項目において，1年間の経過前後で統計的な有意差が認められた。また，図 3-1 に身長および体重の変化を男女別に示した。身長および体重ともに，1年間の経過前後で統計的な有意差があり，個別にみてもほとんど同じ傾きで発達している傾向が認められた。

図 3-2 に CMJ の跳躍高と RJ-index における1年間の経過前後とその変化を男女別に示した。男児の CMJ の跳躍高および RJ-index では，ほとんどが増大傾向にあったが，その傾きについては個人別に大きく異なっていた。特に，RJ-index については，著しく発達するものと停滞および著しく減少するものが認められた。一方，女児の CMJ の跳躍高と RJ-index では，男児と同様にほとんどが発達傾向にあることが認められた。しかし，RJ-index については，著しく発達するものが存在する一方で，男児とは異なって停滞もしくは著しく減少するものは認められなかった。

図 3-3 に RJ-index を構成する跳躍高および接地時間における1年間の経過前後とその変化を男女別に示した。男児の跳躍高と接地時間をみると，跳躍高は RJ-index と同様に，発達するものと低下するものが認められたが，接地時間についてはほとんどが減少傾向にあり，収束していく傾向が認められた。女児の跳躍高と接地時間については，男児とほぼ同様の傾向が認められた。

図 3-4 に 20m 疾走速度における1年間の経過前後とその変化を男女別に示した。男女ともに発達する傾向にあり，その傾きもほぼ類似していることが認められた。

図 3-5 に身長の変化率と CMJ, RJ-index および 20m 疾走速度の変化率との相互関係を男女別に示した。男女ともに全ての項目において有意な関係は認められなかった。また，図 3-6 に CMJ の跳躍高と RJ-index の変化率に関する関係について男女別に示した。男女ともに CMJ の変化率と RJ-index の変化率との間には有意な相関関係は認められなかった。

Table 3-2 Longitudinal changes of physical characteristics, jumping abilities and 20m running velocity from 2012 to 2013

			2012	2013	difference	t-value	
Body height (cm)	Mean \pm SD	boys	101.09 \pm 3.68	109.44 \pm 3.85	8.35 \pm 1.79	22.780	p<0.001
		girls	101.90 \pm 3.71	110.17 \pm 4.32	8.27 \pm 0.91	32.551	p<0.001
Body weight (kg)	Mean \pm SD	boys	16.58 \pm 1.81	18.84 \pm 2.72	2.26 \pm 1.17	9.421	p<0.001
		girls	16.71 \pm 2.04	19.13 \pm 3.35	2.42 \pm 1.62	5.357	p<0.001
Jump height in CMJ (m)	Mean \pm SD	boys	0.131 \pm 0.034	0.182 \pm 0.034	0.051 \pm 0.028	8.832	p<0.001
		girls	0.142 \pm 0.035	0.189 \pm 0.035	0.047 \pm 0.010	4.392	p<0.01
RJ-index	Mean \pm SD	boys	0.551 \pm 0.208	0.891 \pm 0.291	0.340 \pm 0.264	6.304	p<0.001
		girls	0.518 \pm 0.171	0.836 \pm 0.285	0.318 \pm 0.173	6.595	p<0.001
Jump height in RJ (m)	Mean \pm SD	boys	0.095 \pm 0.029	0.127 \pm 0.033	0.032 \pm 0.035	4.542	p<0.001
		girls	0.095 \pm 0.021	0.125 \pm 0.028	0.030 \pm 0.023	4.682	p<0.01
Contact time in RJ (s)	Mean \pm SD	boys	0.179 \pm 0.032	0.147 \pm 0.017	-0.032 \pm 0.035	-4.817	p<0.001
		girls	0.192 \pm 0.035	0.156 \pm 0.023	-0.036 \pm 0.027	-4.809	p<0.001
Running velocity (m/s)	Mean \pm SD	boys	3.43 \pm 0.43	4.10 \pm 0.33	0.68 \pm 0.22	15.152	p<0.001
		girls	3.46 \pm 0.28	4.10 \pm 0.33	0.64 \pm 0.21	10.891	p<0.001

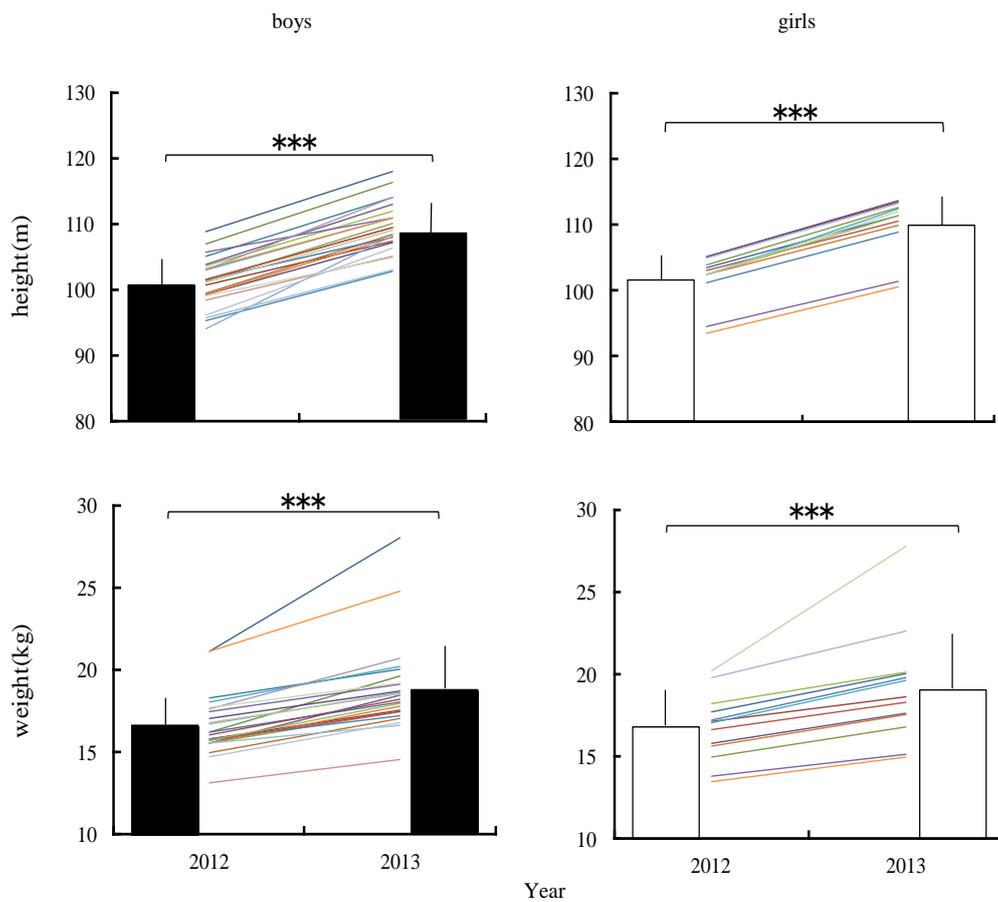


Figure 3-1 Longitudinal changes of physical characteristics from 2012 to 2013

***: $p < 0.001$; significant differences between groups

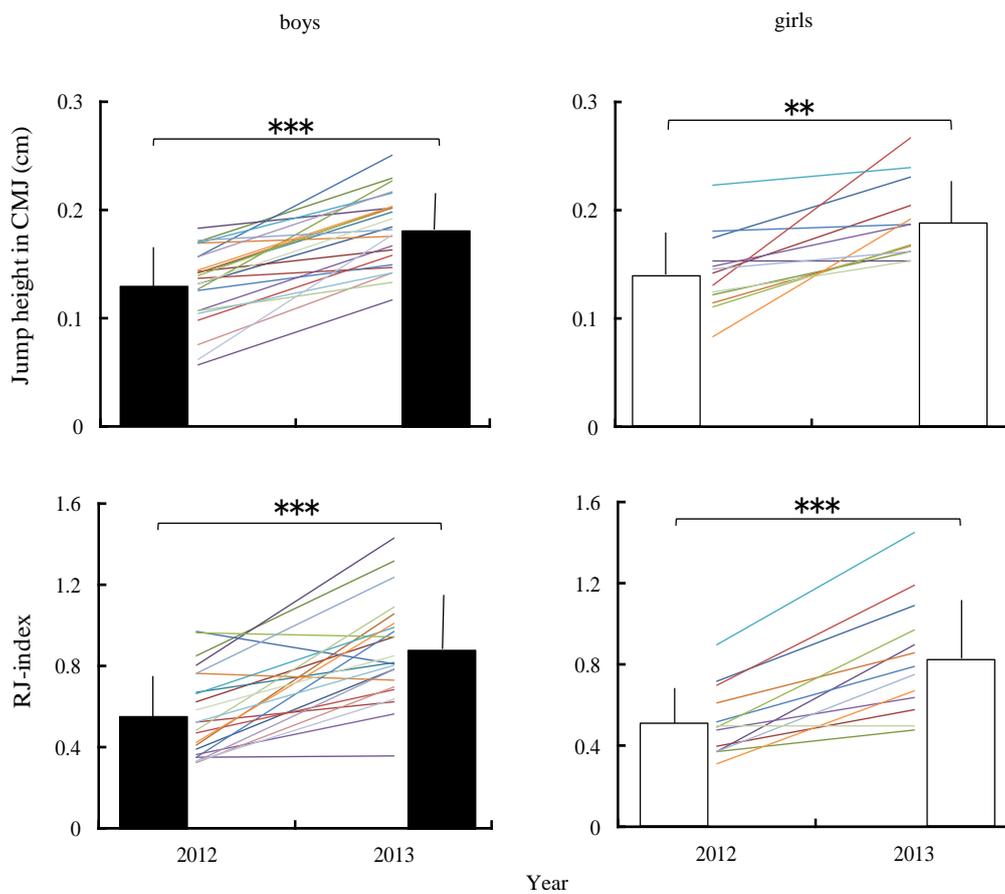


Figure 3-2 Longitudinal changes of jump height in CMJ and RJ-index from 2012 to 2013

: $p < 0.01$, *: $p < 0.001$; significant differences between groups

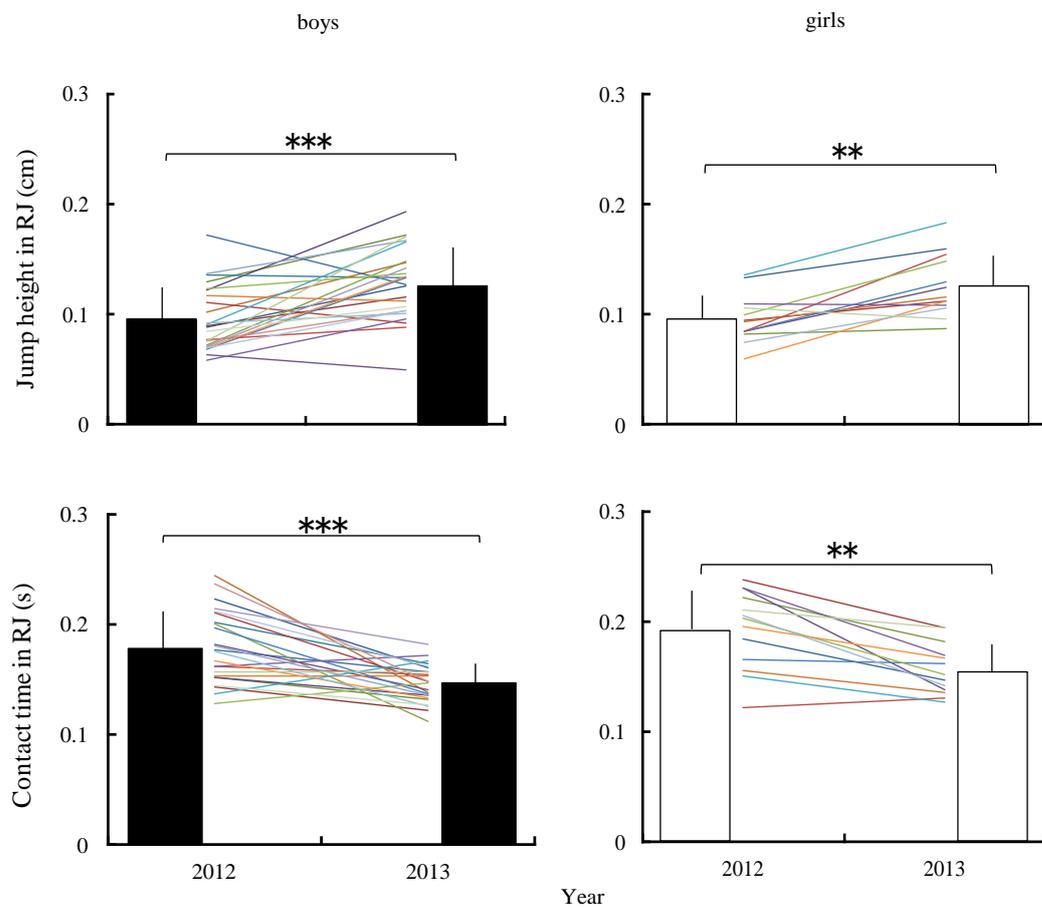


Figure 3-3 Longitudinal changes of jump height and contact time in RJ from 2012 to 2013

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; significant differences between groups

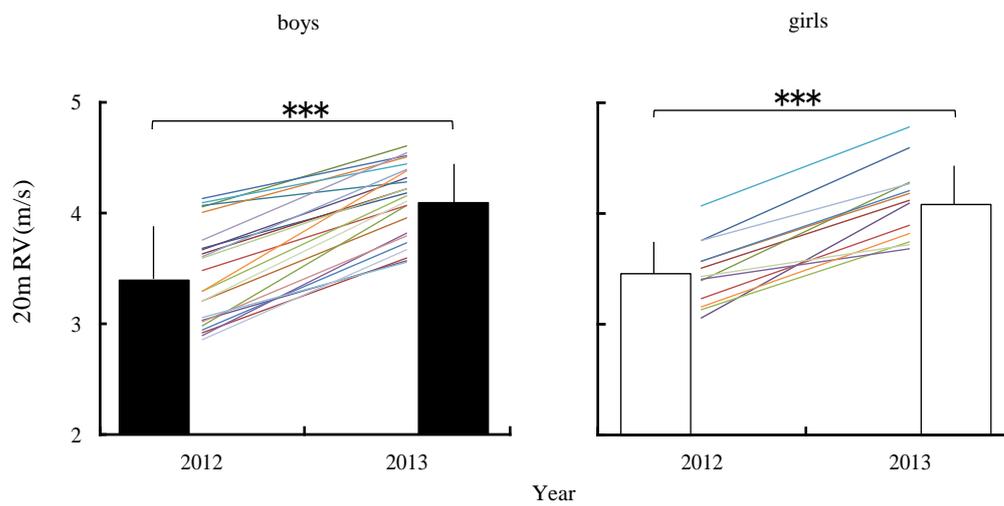


Figure 3-4 Longitudinal change of 20m running velocity from 2012 to 2013

***: $p < 0.001$; significant differences between groups

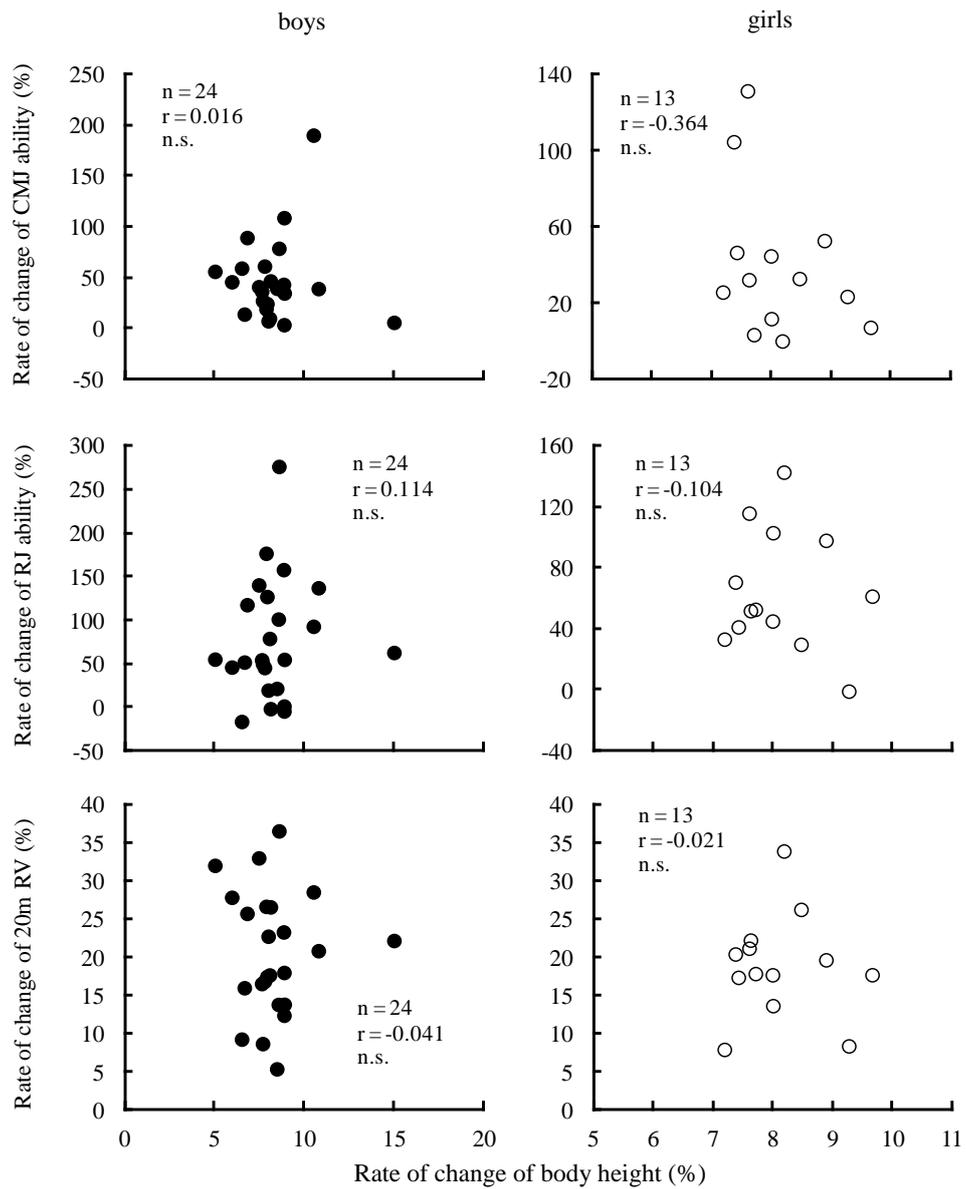


Figure 3-5 Relationships between rate of change of body height and rate of change of CMJ ability, RJ ability, 20m running velocity

n.s.: not significant

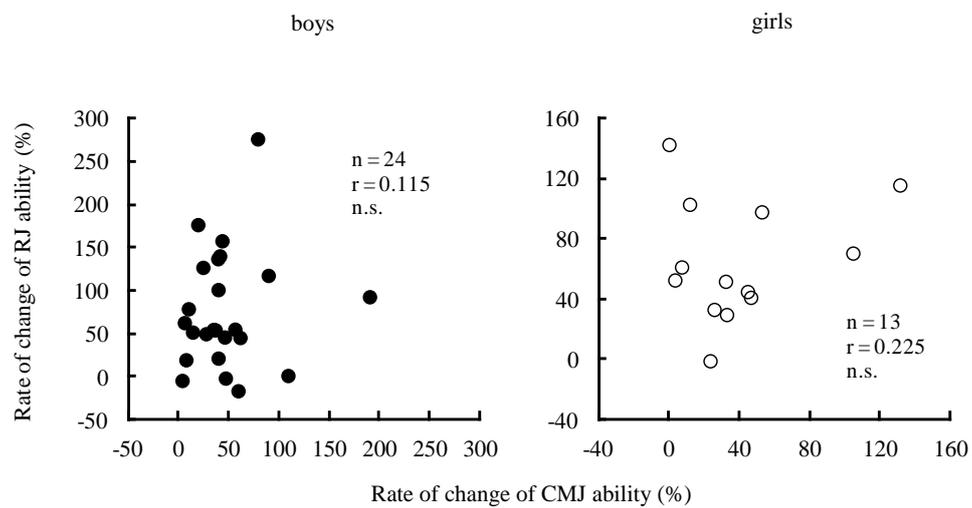


Figure 3-6 Relationships between rate of change of CMJ ability and rate of change of RJ ability

n.s.: not significant

さらに、男女の間における RJ-index の変化率の平均値を比較すると、統計的に有意な差は認められなかった (図 3-7 : $t=0.666$, $p=0.510$).

図 3-8 および図 3-9 に各測定時期における CMJ の跳躍高および RJ-index と 20m 疾走速度との間の関係について男女別に示した。2012 年および 2013 年ともに、においては、有意および有意傾向の正の相関関係が認められた。また、図 3-10 に CMJ の跳躍高および RJ-index の変化率と 20m 疾走速度の変化率との間の関係について男女別に示した。男女ともに、RJ-index の変化率と 20m 疾走速度の変化率との間にのみ有意な正の相関関係が認められた。

(2) 幼児の活発さおよび運動遊びの内容に関する質問紙調査

先行研究 (八木ほか, 1987 ; Ikeda and Aoyagi, 2008) を参考にすると、幼児期には鉛直方向の跳躍能力には性差のないこと、そして本研究課題の男女間では RJ-index の年次変化率に差が認められなかったことから、質問紙調査の回答内容の結果は男女別にせずに全体で結果を分析した。

図 3-11 に保育者に対する園児の活発さに関する質問紙調査についての結果を、RJ-index の変化率が高い上位群と低い下位群に分けて平均値±標準偏差を示した。その結果、有意傾向が認められ、上位群の方が高い傾向であった ($t=1.890$, $p<0.1$)。さらに、園児の性格と運動遊びの種類との関係を検討すると有意な正の相関関係が認められた ($r=0.528$, $p<0.05$) (表 3-3)。

4. 考察

本研究課題の目的は、RJ 能力にばらつきが見られる 4 歳の幼児を対象として、CMJ および RJ 能力と疾走能力について縦断的な調査を行い、RJ 能力の発達と疾走能力の発達との相互関係について明らかにし、それらの発達に対する活動量および活動内容の影響について検討することであった。

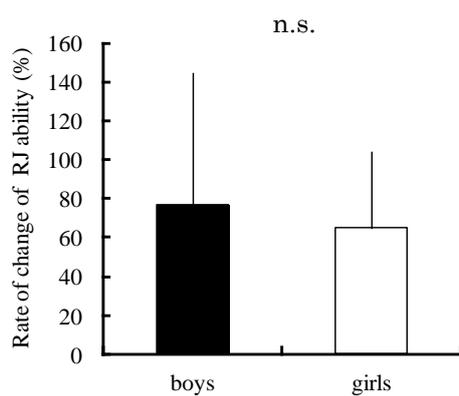


Figure 3-7 Comparison of rate of change of RJ ability between boys and girls

n.s.: not significant

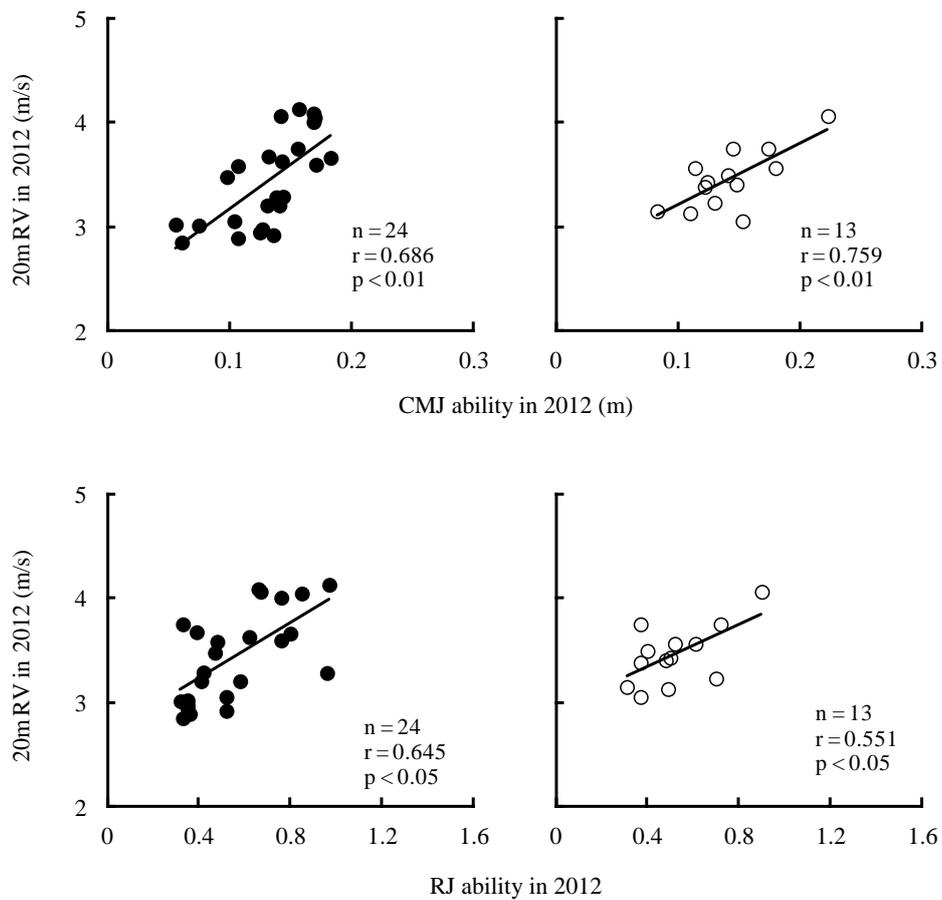


Figure 3-8 Relationships between CMJ ability, RJ ability and 20m running velocity in 2012

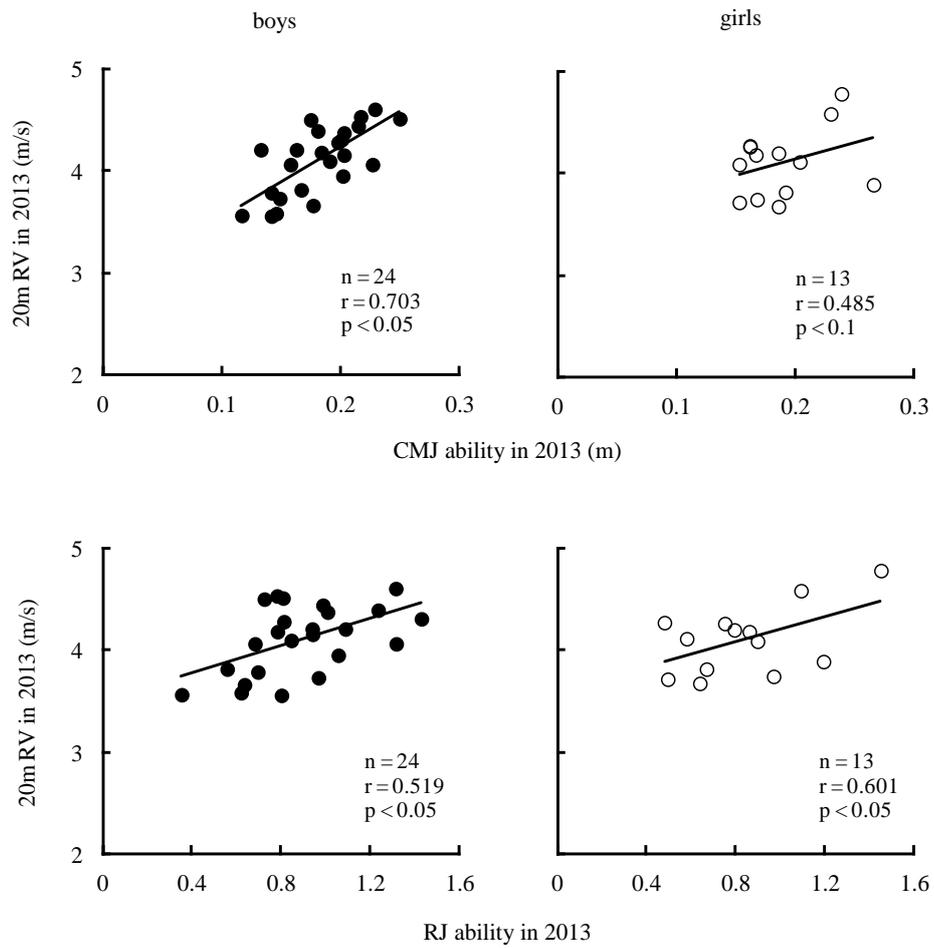


Figure 3-9 Relationships between CMJ ability, RJ ability and 20m running velocity in 2013

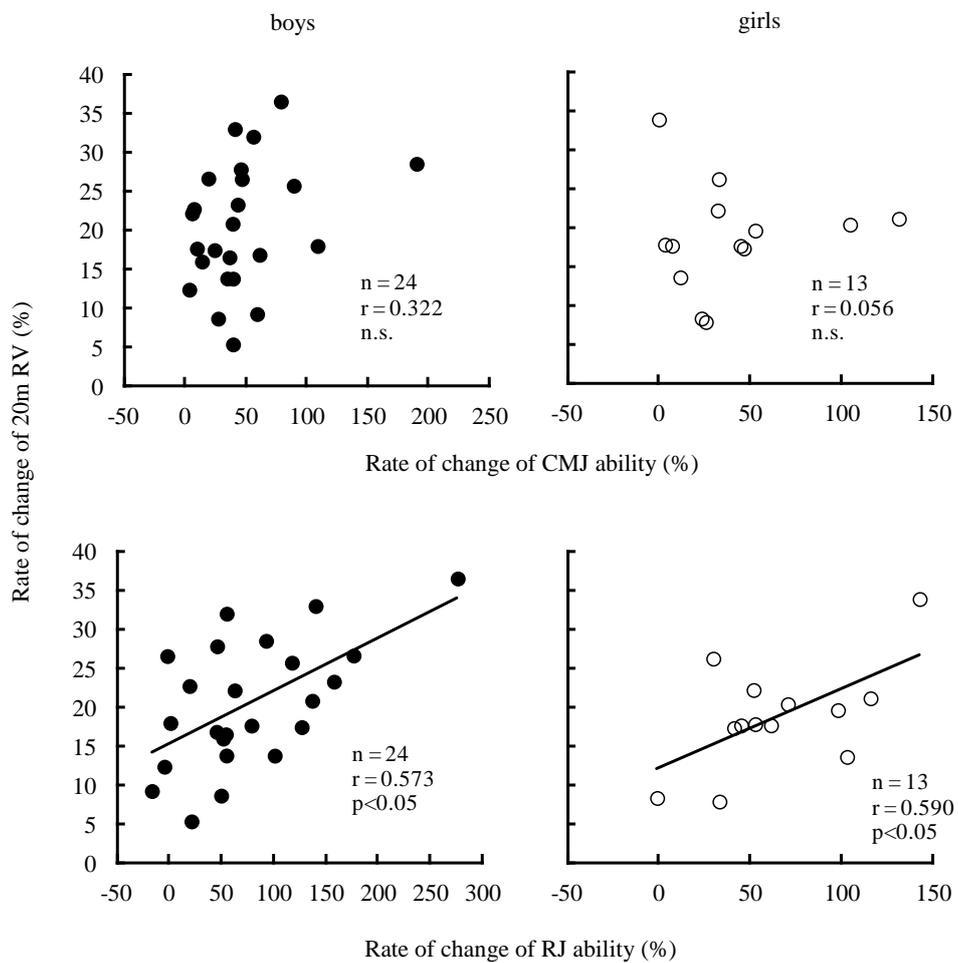


Figure 3-10 Relationships between rate of change of CMJ ability, RJ ability and rate of change of 20m running velocity

n.s.: not significant

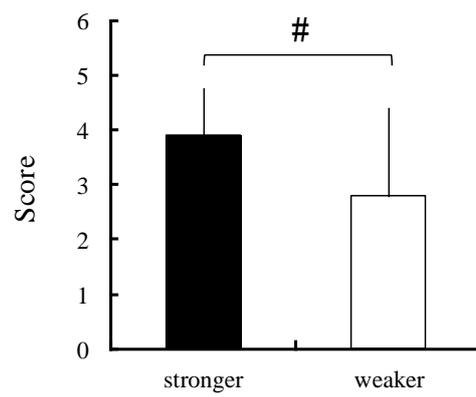


Figure 3-11 Comparison of briskness between two groups

#: Marginally Significant ($p < 0.1$) between groups

Table 3-3 Relationship between briskness and selected number of physical activity

	Selected number of physical activity
Briskness	0.528*

*: $p < 0.05$

(1) 体格、垂直跳、リバウンドジャンプおよび疾走能力における1年経過前後の
縦断的な変化について

1年間経過前後の縦断的な変化をみると、体格については男女ともに有意な増大が認められた(表 3-2 および図 3-1)。また、研究課題 1 の報告と比較してみても4歳および5歳の時点の平均値は同程度であった。このことから、本研究課題における幼児の体格の縦断的な発育は横断的な調査と同様の傾向を示すものであると示唆される。

一方で、RJ能力については男女ともに著しい増大傾向が認められ、研究課題 1 における6歳の平均値と同程度まで発達していた。個人の発達傾向を検討してみても、ほとんどの者が発達傾向を示していた(図 3-2)。そこで、RJ能力の構成要素であるRJの跳躍高および接地時間の縦断的な変化を検討してみると、どちらも有意な変化が認められた(図 3-3)。RJの跳躍高については、研究課題 1 と同様の発達傾向であり同程度の平均値であったが、RJの接地時間については、研究課題 1 の結果と異なり大きく短縮する傾向が認められた。これらのことから、跳躍高の発達傾向に差異が無く、接地時間が大きく短縮していたためにRJ能力の著しい発達が引き起こされたと考えられる。研究課題 1 では、月齢50ヶ月以上においてRJ能力が著しく発達している幼児は発達が停滞している幼児と比較して、跳躍高が有意に大きいだけでなく接地時間も有意に短かったことが明らかになっている。また、RJ能力の発達にはRJに類似した運動経験の有無が影響すると指摘されている(遠藤, 2009a)。さらに、本研究課題においては、ほとんどの幼児がRJ能力を発達させていた。これらのことから、本研究課題における幼児は、園内での活動においてRJに類似した弾む運動を多数経験していたと推察される。今回、同一園内のみでの縦断的な発達過程を検討しているため、今後、他の園でも同様の調査を行い、園内での運動内容を比較していく必要があると考えられる。

次に、疾走能力の縦断的な変化について検討してみると、疾走能力についても男女ともに20m疾走速度の有意な増大が認められた(図 3-4)。研究課題 2 の結果と比較してみても同様の発達傾向であった。このことから、疾走能力の縦断的な発達は横断的な調査と同

様の発達傾向であることが示唆される。

(2) 身長, 垂直跳, リバウンドジャンプおよび疾走能力における 1 年間経過前後の
変化率の相互関係について

発育の指標となる身長の年次変化率と CMJ, RJ および疾走能力の年次変化率との関係性を検討してみると, 男女ともに有意な相関関係は認められなかった (図 3-5)。これらのことから, これらの運動能力は必ずしも発育に対応して発達していくわけではないことを示唆することができる。八木ほか (1994) は幼児の筋力発揮における神経系の影響が他の年齢よりも大きい事を指摘している。このことから, 幼児期における運動能力の発達は身体の発育以外の要因も大きく関与していることが考えられる。

次に, CMJ 能力と RJ 能力における年次変化率間の関係性を検討してみると, これについても男女ともに有意な相関関係は認められなかった (図 3-6)。このことは, 幼児期において CMJ 能力と RJ 能力は必ずしも対応して発達する能力ではないことを示唆している。研究課題 1 においても, 月齢 50 ヶ月以降で CMJ 能力と RJ 能力の発達傾向が異なることが報告されており, CMJ 能力を高める要因と RJ 能力を高める要因は 4 歳以降から異なることが考えられる。これは, RJ 能力が短時間で大きな力を発揮するという運動様式で, CMJ 能力よりも神経系の要因が大きく影響することや短い接地時間と高い跳躍高の両方を獲得するために両要素に関わる能力を複合的に発揮しなければならないためだと考えられる。遠藤ほか (2007) も児童・生徒における CMJ 能力と RJ 能力は必ずしも対応して発達するわけではないことを報告しており, 関子・高松 (1995a) も大学生を対象とした研究において, RJ に類似した RDJ 能力と CMJ 能力の関係性はあまり強くないことを報告している。そのため, 幼児期から CMJ 能力と RJ 能力は異なる能力であることを理解する必要があると考えられる。

各測定時期における CMJ 能力および RJ 能力と疾走能力との関係を検討してみると, 2012 年および 2013 年のいずれにおいても有意な正の相関関係にある傾向が認められた

(図 3-8 および図 3-9). このことから、幼児期においても CMJ および RJ 能力は疾走能力に影響を与える要因であることが示唆される.

しかしながら、CMJ および RJ 能力と疾走能力における年次変化率間の関係性を検討してみると、男女ともに RJ 能力と 20m 疾走速度との間にのみ有意な正の相関関係が認められた(図 3-10). これは、最大筋力や動作時間の長さに大きく依存する CMJ 運動よりも短時間で大きな力を発揮し、接地後、離地へと素早く移行するという運動様式である RJ 運動の方が疾走中の力発揮の様式に近いいため、RJ 能力の発達が発走能力の発達により大きな影響を与えたと考えられる. このことから、4 歳以降の幼児における疾走能力の発達には RJ 能力の発達が重要な要素となることを示唆することができる.

(3) リバウンドジャンプ能力の発達と活動量および活動内容との関係について

本研究課題における 5 歳時の RJ-index の平均値は研究課題 1 および 2 における 5 歳の平均値を上回り 6 歳と同程度の値を示している. 研究課題 1 において、RJ 能力の発達は月齢 50 ヶ月以降からばらつきが認められることが明らかとなっている. 今回のサンプルは、発達の停滞が見られる者が少なく、著しい発達を示す者が多く存在し、その中には RJ-index が 1.0 を超え 6 歳の平均値を大きく上回る者も存在したため平均値が高くなったと考えられる. そのような著しい発達を示した幼児の活動量や活動内容を明らかにすることで幼児期の RJ-index を高めるための要因を探ることができると考えられる. そこで、今回の対象者の保育者に質問紙調査を行い、幼児の RJ-index と活動量や活動内容との間の関係性について検討した. また、本研究課題では男女間で RJ-index の年次変化率に差が認められなかったこと(図 3-7)や先行研究(八木ほか, 1987; Ikeda and Aoyagi, 2008)において鉛直方向の跳躍能力に性差が認められないという報告があることから、男女混合のサンプルを用いて考察を進めていくこととする.

質問紙調査の結果において、RJ 発達上位群の方が活発である傾向が認められた(図 3-11). 加えて、幼児の活発さと選択された運動遊びの数との間に有意な正の相関関係が認められ

た(表 3-3)。これらのことから、活発な幼児は多様で活発な活動を多く経験していると考えられる。その中で、RJ に類似した SSC 運動を多く経験することで RJ 能力が大きく発達したと推察される。

幼児の運動能力については、保育環境での活動量や活動内容が大きな要素となることが報告されている(森ほか, 2004; 宮嶋ほか, 2010)。また、遠藤(2009a)は RJ 能力の発達には、RJ に類似した運動経験の有無やその量が影響を与える可能性を指摘している。本研究課題においても、RJ 能力の発達には保育環境での多様で活発な活動が関係していることが示唆された。これらのことから、RJ 能力を発達させていくために、幼児体育や遊びの中に RJ に類似した運動を数多く取り入れて行くことが重要であると考えられる。そして、それが疾走能力の向上にも繋がると考えられる。

今後の課題としては、幼児の園での活動時間における行動観察や実際に幼児に対して RJ に類似した運動を多く取り入れた運動プログラムを行わせ、その効果を検討することや幼児の運動遊びの内容を観察し詳細に検討する必要がある。それらが明らかになることで、RJ 能力の発達に対する活動内容の影響をより詳細に評価することができるようになると考えられる。

5. 結論

本研究では、保育園に通う 4 歳児 38 名(男児 24 名, 女児 14 名)を対象として、垂直跳(CMJ)、リバウンドジャンプ(RJ)の遂行能力および疾走能力における 1 年間の発達を縦断的に調査した。加えて、保育者に対して活動状況に関する質問紙調査を行い、RJ の発達に対する活動量や活動内容の影響について検討することを目的とした。主な結果は以下の通りであった。

- (1) 男女ともに、CMJ 跳躍高、RJ-index および疾走能力は有意に向上していた。RJ-index の個人の発達傾向を検討してみると、先行研究同様、増大傾向にある者と停滞もしくは低下傾向にある者の存在が認められた。

- (2) 身長の年次変化率と CMJ 能力, RJ 能力および疾走能力の年次変化率との関係を見てみると, いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった. また, CMJ 能力の変化率と RJ 能力の変化率との間にも有意な相関関係は認められなかった.
- (3) CMJ および RJ 能力の年次変化率と疾走能力の年次変化率との関係については, 男女とも RJ 能力の年次変化率と疾走能力の年次変化率との間にのみ有意な相関関係が認められた.
- (4) 保育者に対する質問紙調査では, RJ 能力の発達上位群の方が活発に活動している傾向であることが認められた. 加えて, 幼児の活発さと運動遊びの数との間に有意な正の相関関係が認められた.

これらの結果から, 幼児期において疾走能力の発達には RJ 能力が深く関わっており, RJ 能力の発達は保育環境でより多様で活発な活動を通して, RJ に類似した弾むような運動を経験することが関係している可能性が明らかとなった. そのため, 弾むような運動を多く取り入れることで RJ 能力や疾走能力をより良く発達させることができると考えられ, 保育者に対して, RJ のように弾むような運動を体育や運動遊びに取り入れて行くことの重要性を指摘することができると考えられる.

VII章 総合討論

人間が重力環境下において活動する上で、筋-腱の伸張-短縮サイクル (Stretch-Shortening Cycle : SSC) 運動は非常に重要な役割を果たしている。また、SSC 運動の遂行能力の発達過程や歩行機能や疾走能力といった移動運動との関係性について数多くの研究がなされており、人間の一生涯における SSC 運動の重要性が明らかにされつつある。そのような SSC 運動の遂行能力について、幼児期における発達過程や疾走能力との関係については未解決な点が数多く存在している。これまで検討されていない幼児期の SSC 運動の遂行能力の発達過程を調査することで、幼児から成人における SSC 運動の遂行能力の重要性を明らかにすることができると考えられる。加えて、疾走能力との関係性や活動量および活動内容との関係性を検討することで、低下したままの現状にある幼児の運動能力のより良い発達に役立つ知見を得ることができると考えられる。

そこで、本研究は小学校就学前の幼児を対象として SSC 運動の遂行能力の発達過程および疾走能力との関係性を調査し、幼児期における SSC 運動遂行能力の視点から見た運動遊びや運動指導の内容に役立つ知見を明らかにすることを目的とした。

1. 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力の発達過程

本研究では、2歳から6歳までの幼児期における下肢の SSC 運動の遂行能力に関する発達過程を明らかにすることを第一の目的とした。この SSC 運動の遂行能力とは、多くの先行研究で実証されているように、重力環境下で生きる人間が弾性体のようにして運動を遂行するための基礎的運動能力のことである。また、この定義で概念化された運動能力を評価するために最も簡便なテストとしては、その場での連続跳躍であるリバウンドジャンプ (Rebound Jump : RJ) を用いたテストが普及している。本研究ではこのテストと指数 (Rebound jump index : RJ-index) を用いて研究を推進した。

これまでの SSC 運動の遂行能力に関する発達研究において、児童・生徒を対象としたも

のとして、垂直跳（Counter Movement Jump : CMJ）と上記の RJ を用いたものが存在する（遠藤ほか，2007）。一方、幼児を対象としたものには、CMJ を用いた研究は存在するが（辻野ほか，1974）、RJ を用いた研究は存在しない。したがって、本研究では 2 歳から 6 歳までの幼児を対象にして、CMJ と RJ を用いて両能力の発達過程を横断的に検討した。その結果、CMJ と RJ の両能力ともに経年的に発達する傾向が認められた。また、RJ における跳躍高には経年的な変化が認められたが、接地時間においては同様な変化は認められなかったことから、RJ 能力の発達は跳躍高の増大に依存していることが明確にできた。これらの結果は、これまでに示されてきた児童・生徒の内容とほぼ類似したものであった。

したがって、表 1-1 および図 1-1 に示した 2 歳から 6 歳までの幼児における RJ-index、接地時間、跳躍高の知見は、本研究で初めて明らかにされたものである。今後、幼児を対象にして同様な RJ テストを行う際、本研究で提示した基準値を用いれば、幼児がこの種の能力に劣るか優れているかを評価診断することができる。

一方、児童・生徒を対象にして研究している遠藤ほか（2007）の基準値に、本研究における 2 歳から 6 歳までの幼児の RJ-index、接地時間、跳躍高を繋ぎ合わせて示した結果は、非常に価値あるものであることを指摘することができる（図 1-9）。

さらに、月齢 50 ヶ月以降（4 歳ごろ）になった時点で、RJ-index に大きなばらつきが出現していることが認められた（表 1-6）。このばらつきの上位にあたる +1SD に位置し、大きな発達傾向を示している幼児については、跳躍高だけでなく接地時間についても有意に短いことから、接地時間を短縮する能力の発達が月齢 50 ヶ月以降のばらつきを発生させている要因となっている可能性が示唆された（図 1-6）。このばらつきが生まれる要因には、様々なものが考えられるが、その中でも形態的な変化は最も影響のある要因だと考えられる。遠藤（2009b）は、児童および生徒を対象にして、RJ 能力と下肢の形態との関係について調査し、RJ 能力と相対的なアキレス腱長との間には関係があり、下腿長に対して相対的に長い腱を有することが高い RJ 能力に影響することを示唆している。また、RJ

と同類のドロップジャンプ (Drop jump : DJ) では、足関節に関与する力発揮が非常に大きく、足部の形態特性が非常に重要であることも明らかにされている (Bobbert et al., 1987 ; 図子・高松, 1995b). しかし、本研究の結果からは、足長、下腿長、アキレス腱長、相対的アキレス腱長、相対的足長および下腿周径囲のいずれも関係しないことが認められた (図 1-7 および 1-8). これらのことから、本研究で示した RJ 能力の発達には、児童および生徒を対象にした場合とは異なり、幼児期の場合には下肢および足部の形態的特性は影響していないことが明らかになった.

本研究では、このばらつきが生じる要因に関する機序とそれがなぜ生じるのかについては明らかにすることができなかった. 今後は、それが生得的な要因なのか、習得的な要因なのか、または内在的な要因なのか、外在的な要因なのかについて検討していく必要があると考えられる.

上記については横断的な調査から得られた知見であるが、これについて 4 歳から 5 歳までの 1 年間の変化を見た縦断的な調査からの検討を加えると、RJ-index, 接地時間, 跳躍高のいずれについても、1 年間で有意に増大していることが認められた (表 3-2, 図 3-2 および 3-3).

これらの結果は、横断的研究から得られた知見が縦断的にも認められることを示すものである. また、ほとんどの幼児が 1 年間で RJ 能力を向上させている一方で、横断的な研究で認められたばらつきの出現と類似して、縦断的な研究においても停滞または低下する幼児が存在することも認められた. 遠藤 (2009a) は、児童・生徒における RJ 能力の違いを生じさせる要因には、RJ に類似した様々な SSC 運動の経験に関する質と量が影響していることを指摘している. 本研究においても、保育者への質問紙調査の結果から、RJ 能力が高い上位群が下位群の幼児よりも、日頃の幼稚園の中で活発な活動を行っていることが認められた (図 3-11). さらに、これらの幼児は RJ に類似した種々の SSC 運動を多数行っている可能性も明らかになった (表 3-3). これらの知見は幼児期の運動や遊びに関する方法や内容を十分研究していくことの重要性を指摘するものであり、適切な幼児体育

の必要性を示唆するものである。

2. 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力と疾走能力との関係性

人間の基本的な運動能力である走る能力、すなわち疾走能力と RJ 能力との関係については、これまでに陸上競技の短距離選手や思春期後期の児童・生徒を対象にして検討されている（岩竹ほか，2002；岩竹ほか，2008；Endo et al., 2008）。また，幼児を対象にした場合には，垂直跳および立幅跳との関係については検討されているが（八木ほか，1987），幼児の RJ 能力の発達過程がこれまでに明らかにされてこなかった（上記のように本研究で初めて明らかになった）ことから，RJ 能力と疾走能力との関係についても検討されていない。そこで，本研究では 2 歳から 6 歳までの幼児を対象として RJ 能力と人間の基本的な運動能力である疾走能力との関係について横断的に検討した。

RJ-index と走速度指数，歩幅指数，歩数指数との間に有意な正の相関関係があり，走速度指数および歩幅指数の相関係数は年齢が向上するにつれて高くなることが認められた（図 2-1，2-2 および 2-3）。宮丸（2001）は疾走運動形態について，動作は 3～5 歳にかけて著しく発達し始めて 6～7 歳に完成することを示している。先に示した本研究の結果は，これらの疾走能力の発達に関して，RJ 能力が何らかの影響を及ぼしている可能性を示唆するものである。

また，RJ-index を構成する跳躍高および接地時間と疾走運動中における滞空時間および接地時間との関係を検討した結果，男児に関しては跳躍高と滞空時間，接地時間同士との間にいずれも有意な相関関係が認められた（図 2-4）。これらのことは，RJ における大きな仕事を行って高く跳躍できる能力が疾走運動における歩幅を伸ばすことに貢献し，短時間に弾性体のように振る舞い運動遂行時間を短縮する能力が歩数，すなわちピッチを高めることに貢献することを示すものであると考えられる。

上記については横断的な調査から得られた知見であるが，これについて 4 歳から 5 歳までの 1 年間の変化を見た縦断的な調査からの検討を加えると，RJ-index，接地時間，跳

躍高のいずれについても、1年間で有意に増大していることが認められた（表 3-2, 図 3-2 および 3-3）。また、疾走能力についても同様の傾向が認められた（表 3-2 および図 3-3）。さらに、RJ-index の変化率と疾走能力の変化率の間には有意な正の相関関係が認められた（図 3-10）。これらの結果は、RJ 能力と人間の基本的な運動能力である疾走能力との関係が、横断的な研究だけではなく縦断的な研究についても認められることを示唆するものである。したがって、幼児期の段階においても、人間の基本的な運動能力である疾走能力を発達させることに関して、RJ 能力が影響を及ぼすことを指摘するものであり、疾走能力を高めるために RJ 能力に着目した幼児体育を展開することの重要性を示唆するものでもある。

3. 幼児期におけるリバウンドジャンプ能力からみた保育の現場への示唆

近年、幼児の運動能力は低迷した現状にあることが報告されており、その対策として、幼児期の段階で運動能力の基礎を培う必要性が強く求められている（文部科学省, 2012）。本研究の研究対象になっている SSC 運動の遂行能力と疾走能力は、多くのスポーツを遂行するための運動能力として欠くことのできないものであるとともに、人間が一生に渡って安全かつ生き甲斐を持って活動するための生活生存の場における基本的な運動能力である。研究課題 1, 2 および 3 で得られた知見をもとにすると、SSC 運動の遂行能力と疾走能力の発達を促進させるための幼児体育のあり方や方策についての知見を提示することかできる。

幼児の RJ 能力は発育とともに発達していくが、月齢 50 ヶ月頃（4 歳ごろ）を境にして発達にばらつきが生じ始め、月齢に沿った発達がなされる幼児、月齢の増大以上に発達が進んでいる幼児、月齢に沿わず発達が停滞または遅れている幼児に分かれていくことが明らかとなった。したがって、月齢 50 ヶ月頃（4 歳ごろ）までに、幼児に対して体育的な方策によって、RJ 能力の発達を促すような試みを実施する必要があることを示唆することができる。

また、本研究の結果を通して、初めて2歳から6歳までの幼児におけるRJ能力に関する発達過程を明らかにすることができた。また、遠藤の知見と融合させることによって、2歳から18歳までの幼児から成人前までの長期スパンにおける一連の発達過程を提示することもできた。これらの値は、各年代におけるRJ能力の指標を明確にするものであり、幼児期から思春期後期の成人前までのRJ能力の発達を評価するための判断材料になるものである。幼児期の段階で、その年代の中で+1SDを上回る幼児は、SSC運動の遂行能力に関する専門性が高いスポーツにおける優れた競技者へと成長していく可能性があり、-1SDを下回る幼児に関してはスポーツが苦手な子どもになり、そのまま大人へと成長していく可能性があることも推察できる。そして、これらのばらつきには、体格や形態的特性が影響していないことから、SSC運動を巧みに行うことのできる機能性、すなわち調整力が影響していることが考えられる。したがって、保育者に対してSSC運動として跳んだり跳ねたり、あるいは弾んだりする運動を幼児に対して体育的な方策として導入していくことの大切さを理解する必要性を指摘することができる。

幼児期においても、思春期後期の生徒と同様に、疾走能力とRJ能力との間に有意な正の相関関係が認められるとともに、その値は年齢が上がるに連れて大きくなる傾向が認められた。4歳から5歳までの縦断的な発達過程においては、RJ-indexの年次変化率と疾走速度の年次変化率との間に有意な正の相関関係も認められた。これらのことから、幼児においても、SSC運動の遂行能力、すなわち弾性体のように弾むことのできる能力や短時間で大きな力を発揮する能力の発達が、基本的な疾走能力の発達に対して影響を与えていることが示唆された。したがって、幼児期から積極的にRJ能力を高めることが疾走能力を高めることに貢献することから、保育者がRJのように跳んだり跳ねたり、あるいは弾んだりする運動を幼児に対して体育的な方策として導入していくことの大切さを理解する必要性を指摘することができる。

本研究の結果からRJ能力の発達には、保育環境の中において多様で活発な活動を行い、跳んだり跳ねたり、あるいは弾んだりする運動を多数経験することが重要であることを示

唆することができた。これらのことは、本研究で明らかにしてきた知見，すなわち幼児における SSC 運動の遂行能力を高めることに関しては，保育園および生活環境の中で，SSC 運動が含まれる遊びを多数経験することが大きく関係することを示唆するものである。本研究の成果は，幼児期の体育や運動遊びにおける指導内容や運動内容のあり方やその方策を考える場合に非常に有益な知見を提示している。

VIII章 結論

本研究では、2歳から6歳までの幼児を対象として、CMJおよびRJ能力を評価し、幼児期におけるRJ能力の発達過程と人間の基本的な運動能力である疾走能力との関係を明らかにし、RJ能力の観点からみた幼児期の体育や運動遊びにおける指導内容や運動内容に役立つ知見を明らかにすることを目的とした。CMJ能力の評価には跳躍高、RJ能力の評価にはRJ-indexを用いた。研究課題1ではRJ能力の発達過程とそれに影響する要因(IV章)について、研究課題2では幼児におけるRJ能力と人間の基本的な運動能力である疾走能力との関係(V章)について検討した。研究課題3では、4歳から5歳に至る幼児のRJ能力の発達、疾走能力の発達、その相互関係を縦断的に検討した(VI章)。主な結果は以下の通りである。

- (1) 研究課題1において、2歳から6歳までの幼児におけるRJ能力はCMJ能力と同様に経年的に発達するが、月齢50ヶ月(4歳)頃を境に発達に大きなばらつきが生じ、月齢に沿って発達する群(equal群)、月齢以上に発達する群(good群)、月齢に沿わず発達が停滞する群(poor群)が発生し、good群は他の2群と比較してRJにおける高い跳躍高と短い接地時間を有していた。また、3つの群間の形態的特性に差が認められなかった。これらの結果から、これまで明らかにされていなかった2歳から6歳までの幼児期におけるRJ能力の発達過程について明らかにすることができた。これにより、幼児期のRJ能力の基準値を提示することが可能となった。また、月齢50ヶ月頃からRJ能力の発達にばらつきが生じていることが認められた。このことは、幼児期からRJ能力を評価診断することの重要性を示唆している。
- (2) 研究課題2において、2歳から6歳までの幼児におけるRJ能力と疾走能力を評価する疾走速度、歩幅および歩数に関する指標(走速度指数、歩幅指数、歩数指数)との間に有意な相関関係があるとともに、走速度および歩幅指数は年齢が上がるに伴って

高くなる傾向が認められた。また、男児において疾走中の滞空時間と RJ における跳躍高との間および疾走中の接地時間と RJ における接地時間との間に有意な正の相関関係が認められた。これらの結果は、幼児期における疾走能力にも、思春期の児童・生徒同様に RJ 能力が大きく影響を与えていることを示唆している。そして、疾走運動が急速に発達していく幼児期において RJ のように重力に抗して弾むような運動を運動遊びや運動指導の内容に取り入れることの必要性を示唆している。

- (3) 研究課題 3 において、4 歳から 5 歳に至る幼児における 1 年間の縦断的な変化を検討してみると、研究課題 1 の横断的な調査と同様の発達過程が確認された。また、RJ-index の年次変化率と疾走能力の年次変化率との間に有意な正の相関関係が認められた。RJ 能力の発達上位群が下位群の幼児より活発な活動を行っている傾向が認められ、幼児の活発さと運動遊びの種類との間に有意な正の相関関係が認められた。これらの結果から、幼児の縦断的な RJ 能力の発達過程や疾走能力との関係性は研究課題 1, 2 の横断的な研究と同様の発達様相および関係性であることを明らかにすることができた。また、多様で活発な活動の中で RJ のような弾む運動を多く経験することで RJ 能力をより良く発達させていくことができることを示唆している。

本研究で得られた知見から、幼児期から RJ 能力の発達に着目することは、その後の運動能力の発達を検討していく上で非常に重要であることが示唆された。幼児期においても RJ 能力の発達が人間の基本的な運動能力である疾走能力の発達に大きく影響することから、幼児体育や遊びの中に RJ のように弾む運動を積極的に取り入れていくことで RJ 能力や疾走能力を高めていくことができると考えられる。これらのことは、幼児体育や運動遊びといった保育や生活環境において、運動能力のより良い発達を促すための運動内容や運動指導を考える上で有益な知見になり得ると考えられる。

謝辞

本論文を作成するにあたり、終始懇切丁寧な御指導、御校閲を賜りました岡子浩二教授に心より御礼申し上げます。岡子先生には、研究を進めて行く上で必要となるスキルについても分かりやすくご教授いただきました。先生から学んだことは、今後自身の研究を進めて行く上で重要な基盤になると確信しております。

また、アドバイザーコミッティの一員として、論文作成全般にわたって3年間御指導、御校閲を賜りました尾縣 貢教授、渡辺良夫教授のお二方にもこの場を借りて厚く御礼申し上げます。尾縣先生には、特に修士時代において御指導を賜り、研究の基礎をご教授いただきました。そして、混成ブロックのコーチとしても御指導いただきましたことに感謝の意を表します。渡辺先生には、論文を執筆していく上で重要となる論理の整合性や論理の展開についてご教授いただきましたことに深く感謝致します。

論文審査会においては、長谷川 聖修教授、西嶋尚彦教授には多大なる御指導、御助言を賜りました。本論文の内容について関心を示していただき、今後の研究の展開に繋がる貴重な御助言を誠に有り難うございます。

さらに、筑波大学コーチング原論・トレーニング学領域岡子研究室の皆様には、本論文の実験を行うにあたって多大なるご協力を賜りましたことに深く感謝致します。特に、先輩である荻山 靖氏（筑波大学 Sports Research & Development コア研究員）、藤林献明氏のお二方には、実験準備や実験中だけでなく論文作成においても多大なるご支援を賜りましたことをこの場を借りて心より御礼申し上げます。また、さくら学園保育園の永沼 真由美園長をはじめとする保育士の先生方、園児の皆様には実験の実施にあたって快く御協力を賜りましたこと、ここに厚く御礼申し上げます。

最後に、私をここまで育てていただいた両親に心から感謝の意を表します。そして、修士2年から現在に至るまで、時には一緒に笑い、時には私を叱咤激励し、常に傍で私を支えてくれた高橋亜弓さんに心より御礼申し上げます。

引用・参考文献

-A-

Alexander, R. M. (1977) Terrestrial locomotion. In: Alexander, R. M. and Goldspink, G. (Eds) *Mechanics and energetics of animal locomotion*. Chapman and Hall: London, pp. 168-203.

浅見高明・杉本光公・石島 繁 (1992) 縦断的資料による発育発達期の体力の特徴. 筑波大学体育学系紀要 15 : 167-175.

浅野辰三 (1982) 幼児の健康・体育. 逍遥書院. 東京.

Asmussen, E. and Bonde-Petersen, F. (1974) Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 92 : 537-545.

東 洋・繁多 進・田島信元 (1992) 発達心理学ハンドブック. 福村出版. 東京.

-B-

Bobbert, M.F., Huijing, P.A. and Van Ingen-schnau, G.J. (1987) Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19 : 332-338.

Bosco, C. and Komi, P.V. (1979) Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle rough prestretching. *Acta Physiologica Scandinavica*, 106 : 467-472.

Bosco, C., Komi, P.V. and Ito, A. (1981) Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111 : 135-140.

Bosco, C. Luhtanen, P. and Komi, P.V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50 : 273-282.

Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A. B., Messonnier, L. and Lacour, J. R. (2002) Leg

strength and stiffness as ability factors in 100m sprint running. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42 : 274-281.

-C-

Chelly, S.M. and Denis, C. (2001) Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 : 326-333.

Chugani, H.T. (1998) A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Preventive Medicine*, 27 : 184-188.

Cliff, D.P., Okely, A.D., Smith, L. M. and Mckeen, K. (2009) Relationships between fundamental motor skills and objectively measured physical activity in preschool children. *Pediatric Exercise Science*, 21 : 436-449.

-D-

出村慎一 (1995) 幼児期における静的および動的平衡性の発達と性差. *体育学研究* 40 : 67-79.

-E-

遠藤俊典・田内健二・木越清信・尾縣 貢 (2007) リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. *体育学研究* 52 : 149-159.

Endo, T., Tauchi, K. and Ogata, M. (2008) Development of running and footwork abilities from a viewpoint of jumping ability characteristics. *International Journal of Sport and Health Science*, 6 : 120-127.

遠藤俊典 (2009a) 子どもから成人, アスリートに至るまでの跳躍能力の発達特性—垂直跳およびリバウンドジャンプの遂行能力の発達過程の対比に着目して—. *陸上競技研究*

1 : 2-13.

遠藤俊典 (2009b) 垂直跳およびリバウンドジャンプの遂行能力の発達過程からみた跳躍能力の特性に関する研究. 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育科学専攻学位論文(博士).

遠藤俊典・田内健二・長岡 樹 (2010) 疾走能力と垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の縦断的变化：中学校1年生を対象とした1年間の追跡調査. 陸上競技研究 1 : 21-27.

-G-

ガラヒュー, L D : 杉原 隆訳 (1999) 幼少年期の体育-発達の視点からのアプローチ-. 大修館書店 : 東京, pp. 30-64.

Gallhue, L D. (1982) Understanding motor development in children. John Wiley & Sons Inc. New Jersey, pp. 156-249.

Gesell, A. (1940) The first five years of life. Harper & Brothers publishers, London, pp. 70-75.

-I-

飯嶋裕美・木塚朝博・速水達也・岩見雅人・板谷 厚・鈴木寛康 (2010) 不安定な接地面上での運動遊びが幼児の運動能力に与える効果. 発育発達研究 47 : 10-20.

Ikeda, T. and Aoyagi, O. (2008) Meta-analytic Study of Gender Differences in Motor Performance and Their Annual Changes among Japanese Preschool-aged Children. School Health, 4 : 24-39.

井上芳光・山瀧夕紀・谷 玲子 (2006) 母親の運動経験・活動性が幼児の運動量・運動能力に及ぼす影響. 日本生理人類学会誌 11 : 1-6.

石河利寛・高田典衛・小野三嗣・勝部篤美・松浦義之・宮丸凱史・森下はるみ・小林寛道・近藤充夫・清水達雄 (1987) 調整力に関する研究成果のまとめ. 体育科学 15 : 75-87.

岩竹 淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤 健・岩壁達男（2002）陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. 体育学研究 47 : 253-261.

岩竹 淳・山本正嘉・西菌秀嗣・河原繁樹・北田耕司・凶子浩二（2008）思春期後期の生徒における加速および全力疾走能力と各種ジャンプ力および脚筋力との関係. 体育学研究 53 : 1-10.

-K-

金築優子・加藤紀子（1980）4・5才児における基礎運動能力に関する一考察. 夙川学院短期大学研究紀要 5 : 74-87.

加藤謙一・深川登志子・大鈴貴洋・宮丸凱史（2009）幼児期における歩行から走運動への発達過程に関する追跡的研究. 体育学研究 54 : 307-315.

Komi, P.V. (1984) Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 12 : 81-121.

Komi, P.V. (1992) stretch-shortening cycle. *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publications: Oxford, pp. 184-202.

金 善鷹・松浦義行（1988）幼児及び児童における基礎的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 : 27-38.

-M-

松田岩男（1961）幼児の発達に関する研究. 東京教育大学体育学部研究紀要 1 : 38-53.

松田岩男・近藤充夫（1968）幼児の運動能力検査に関する研究-幼児の運動能力の発達基準の作成-. 東京教育大学体育学部研究紀要 7 : 33-45.

松浦義行・中村栄太郎（1976）基礎的運動能力の発達に関する研究-4～8歳の男児について

- て. 体育学研究 21 : 293-303.
- Marsden, G.D. (1976) Servoaction in human thumb. *The Journal of Physiology*, 257 : 1-44.
- Melo, A., Luhtanen, P., Viitasalo, J.T. and Komi, P.V. (1981) Relationship between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 3 : 16-22.
- 三井 孝・岡子浩二 (2006a) 身体の逆振り子運動からみた高齢者歩行における歩幅の獲得要因. 体育学研究 51 : 447-457.
- 三井 孝・岡子浩二 (2006b) はずみ運動を用いて評価した高齢者における伸張-短縮サイクル運動の遂行能力. 体育学研究 51 : 773-782.
- 宮口和義・出村慎一・蒲 真理子・鶴沢典子 (2010) 幼児におけるラダー運動の成就度の年代差・性差および走能力との関係. *スポーツパフォーマンス研究* 2 : 1-11.
- 宮嶋郁恵・土井由紀子・井上勝子・青木理子・小森有子 (2010) 幼児の生活習慣と運動能力の関係—遊びを中心に—. *福岡女子短大紀要* 73 : 37-44.
- 宮丸凱史・加藤謙一・久野譜也・芹沢玖美 (1990) 発育期の子どもの疾走能力の発達に関する研究 (1) —児童の疾走能力の縦断的発達—. 平成2年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 スポーツタレントの発掘方法に関する研究—第2報— : 128-137.
- 宮丸凱史 (2001) 疾走能力の発達. 杏林書院 : 東京, pp. 31-69.
- 宮崎彰吾・加藤達郎・山田洋・小原慶太・植村隆志 (2010) 幼児の走動作におけるピッチと歩幅の変化. *バイオメカニズム学会誌* 34 : 312-316.
- 文部科学省 (2010) スポーツ立国戦略. 文部科学省スポーツ・青少年局企画・体育課, pp. 6-9.
- 文部科学省 (2011) 平成22年度全国体力・運動能力、運動習慣等調査報告書. 文部科学省スポーツ青少年局生涯スポーツ課.

文部科学省 (2012) 幼児期運動指針ガイドブック. 文部科学省スポーツ青少年局参事官 (体育・青少年スポーツ担当), pp. 6-46.

森 司朗・杉原 隆・吉田伊津美・近藤充夫 (2004) 園環境が幼児の運動能力発達に与える影響. 体育の科学 54 : 329-336.

森 司朗・杉原 隆・吉田伊津美・筒井清次郎・鈴木康弘・中本浩揮・近藤充夫 (2010) 2008年の全国調査からみた幼児の運動能力. 体育の科学 60 : 56-66.

宗高弘子・松浦義行・宗高平八 (1971) 幼児の運動能力の地域差について—離島・団地・都市の場合—. 体育学研究 16 : 91-97.

Muraoka, T., Muramatsu, T., Fukunaga, T. and Kanehisa, H. (2004) Geometric and elastic properties of in vivo human Achilles tendon in young adults. *Cells Tissues Organs*, 178 : 197-203.

-N-

中村栄太郎・松浦義行 (1979) 4—8歳の幼児・児童の基礎運動能力の発達に関する研究. 体育学研究 24 : 127-135.

日本体育協会 (2010) アクティブ・チャイルド・プログラム.

-O-

太田利彦・鈴木 衛 (1976) 幼児の運動能力の研究：年令差・性差・体格差について. *Artes Liberales* 17 : 39-67.

-P-

ポルトマン, A : 高木正孝訳 (1961) 人間はどこまで動物か——新しい人間像のために. 岩波新書 : 東京, pp. 60-125.

-R-

Robinson, L.E., Wadsworth, D.D. and Peoples, C.M. (2012) Correlates of school-day physical activity in preschool students. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83 : 20-26.

-S-

斎藤昌久・伊藤 章 (1995) 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化. *体育学研究* 40 : 104-111.

Scammon, R.E. (1930) *The measurement of man*. Univ. Minnesota press.

志手典之・新開谷 央 (1996) 小学校児童におけるリバウンドドロップジャンプを用いた跳躍動作のパワー発揮の発達に関する研究. *スポーツ教育学研究* 16 : 39-46.

末松大喜・西嶋尚彦・尾縣 貢 (2008) 男子小学生における疾走能力の指数と疾走中の接地時点の動作と因果構造, *体育学研究* 53, 363-373.

Sugihara, T., Kondo, M., Mori, S. and Yoshida, I. (2006). Chronological Change in Preschool Children's Motor Ability Development in Japan from the 1960s to the 2000s. *International Journal of Sport and Health Science*, 4 : 49-56.

杉原 隆・近藤充夫・吉田伊津美・森 司朗 (2007) 1960年代から2000年代に至る幼児の運動能力発達の時代変化. *体育の科学* 57 : 69-73.

-T-

竹内一二美・川畑愛義・松浦義行 (1968) 幼児のための運動能力組テストに関する研究. *体育学研究* 13 : 49-57.

田中沙織 (2009) 幼児の運動能力と身体活動における関連について : 5歳児の1日の生活からみた身体活動量を中心として. *保育学研究* 47 : 112-120.

辻野 昭・岡本勉・後藤幸弘・橋本富二雄・徳原康彦 (1974) 発育にともなう動作とパワー

の変遷について-跳躍動作（垂直跳び，立ち幅跳び）-。キネシオロジー研究会（編），身体運動の科学-1-Humman Powerの研究，杏林書院。東京：pp. 203-243.

-W-

Williams, H.G., Pfeiffer, K.A., O'neill, J.R., Dowda, M., McIver, K.L., Brown, W.H. and Pate, R.R. (2008) Motor skill performance and physical activity in preschool children. *Obesity*, 16 : 1421-1426.

-Y-

八木規夫・水谷四郎・脇田裕久・小林寛道（1987）幼児の疾走能力の発達と跳躍能力の発達。三重大学教育学部研究紀要 38 : 77-85.

八木規夫・後藤洋子・杉田正明・小林寛道（1994）幼児の等速性脚伸展筋力と脚屈曲筋力の発達の特徴：等速性筋持久力テストの結果から。三重大学教育学部研究紀要・自然科学 45 : 137-147.

米田継武（1989）素早い力発揮の制御。 *Japanese Journal of Sports Science*, 8 : 657-662.

吉沢茂弘・石崎忠利・本多宏子（1975）幼児の有酸素的作業能に関する研究（1）。 *体力科学* 24 : 37-44.

-Z-

岡子浩二・高松 薫・古藤高良（1993）各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性。 *体育学研究* 38 : 265-278.

岡子浩二・高松 薫（1995a）バリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を決定する要因-筋力および瞬発力に着目して-。 *体力科学* 44 : 147-154.

岡子浩二・高松 薫（1995b）リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因：下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して。 *体育学研究* 40 : 29-39.