小学校男子児童における投能力の発達に関する研究

山田　洋（東海大学体育学部）　小澤治夫（東海大学体育学部）
知念嘉史（東海大学体育学部）　内田匡輔（東海大学体育学部）
井上実奈子（東海大学大学院）　塩崎知美（筑波スポーツ科学研究所）
小河原慶太（東海大学開発工学部）　加藤達郎（東海大学体育学部）

Study for a Development of Throwing Ability in Children of an Elementary School

Hiroshi YAMADA, Haruo OZAWA, Yoshifumi CHINEN, Kyosuke UCHIDA, Minako INOUE,
Tomomi SHIOZAKI, Keita OGAWARA and Tatsuro KATO

Abstract

The purpose of this study was to examine a development process of throwing ability of an elementary school boy child is reviewed using picture analysis. The point of view was the amount of initial rate / height of projection / projection degree. The subjects were boy child 55 people who went to an elementary school of Nagano. Based on a protocol of a new physical fitness test of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, throw distance of a softball arm throw was measured. Using a digital video camera, movement of a throw of a subject in a sagittal plane was photographed. It was analyzed using two-dimensional DLT method by a picture analysis system (Frame DIAS, DKH company). As a result, throw distance increased with an increase of the age of the month. As a factor to affect throw distance, it was larger in influence of a projection initial rate than the height of projection and projection degree. Furthermore, amount of projection initial rate / height of projection / projection degree and relations of throw distance were examined every school year. In all school years, an initial rate affected throw distance, and the influence became larger as school years increased. In contrast, the influence of the amount of projection was small. The influence that projection degree gives to throw distance is larger in a first grader and a second grader.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 22, 55-64, 2010)

Ⅰ．はじめに

スキャモンの発育発達曲線にみられるように、幼児期には神経系の発達が著しく[1)]、動作が獲得される時期であると考えられる。ヒトの動作には、「走る」・「跳ぶ」・「投げる」・「打つ」等があるが、近年、これらの動作が出来ない子どもの増加が社会問題となっている。なかでも、「投」動作については、その低下の度合いが極めて顕著であるという報告がなされている[2, 3)]。これらの報告をふまえ、子どもの「投」動作の発達過程の現状について明らかにすることは、体育・スポーツ科学における最重要課題のひとつであると考えられる。

子どもの「投」動作に関する報告は、スポーツバイオメカニクスの分野においてなされており、子どもにみられるオーバーハンド投げの発達過程をボールおよびリリース前後の矢状面内での運動に着目して、年齢および性差との関連から調べた研究[4)]、幼児にテニスボール投げのトレーニングを６ヶ月間課し、トレーニングによって生じる投距離・投動作の変化を検討した研究[5)]等、様々な観点から報告されている。

ボールなどの投射物の投射距離を決定する因子としては、空気抵抗を無視できたとしたら、投射時の初速度、投射角度、および投射高である[6)]。発育・発達が著しい小学生のボール投げにおいても、これらの要因の変化・変容が投能力を反映しているのではないかと考えられる。そこで、本研究の目的は、映像解析を用いて、投距離に影響を及ぼす要因としての初速度・投射高・投射角を観点として、小学校男子児童の投能力の発達過程について検討することであった。

Ⅱ．方　　法

１．被験者

被験者は長野県の小学校に通う男子児童55名であった。被験者の身体特性、および月齢を表１に示す。被験者及び保護者、学校には、予め測定の趣旨を十分に説明し、同意を得た。

２．ボール投げの測定

文部科学省の新体力測定の実施要項[3)]に基づき、ソフトボール投げの遠投距離を測定した。測定に先立ち，被験者に対して担当教諭から測定についての説明がなされた。被験者には、できるだけ遠くにボールを投げるように指示をし、半径１ｍのソフトボール用の円の中で投球を行わせた。測定には１号球のソフトボールを使用した。被験者にはウォーミングアップを行わせ、その後十分な投球練習を行わせた。投球は一人２回実施し、記録の良い方の投球を検討資料とした。測定値はセンチメートル以下を四捨五入して、メートルで求めた。

３．投動作の撮影および分析方法

被験者の投球方向に向かって、右側方よりビデ

表１　被験者の月齢および身体特性
Table 1　The age of the month of subjects and physical characteristics

	n	月齢（月）	身長（cm）	体重（kg）	投距離（m）
1年	7	83±4	120±3	25±6	9±5
2年	7	94±4	124±5	24±4	14±5
3年	8	106±4	130±3	26±1	19±5
4年	11	119±4	138±6	33±8	25±8
5年	14	130±4	141±6	34±6	29±8
6年	8	143±5	149±8	43±14	32±11

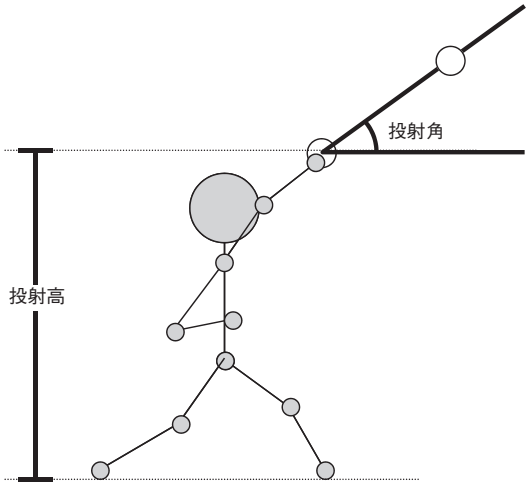


図１　投射高および投射角の定義
Fig. 1　The height of projection and projection degree

オカメラ（DCR-HC62、SONY社）を用いて、矢状面における動作を毎秒30コマで撮影した。撮影範囲は、被験者から投球方向に向かって前後２m、高さ２mとし、前後方向をX軸、鉛直方向をY軸と定義した。撮影の前後には、キャリブレーションポール（高さ２m、５個のコントロールポイントを取り付けたポール）を撮影範囲内の４箇所に垂直に立て、順に撮影した。

得られた映像データを毎秒30コマで画像取り込みシステム（Ultra EDIT、Canopus）を用いてコンピュータ（Dimension 3000、Dell社）に取り込み、オフラインで処理・解析した。映像解析システム（Frame DIAS Ⅳ、DKH社）を用いて、２次元DLT法により二次元座標を算出した。Filterは、Bryant: 6 Hzとした。算出したデータは以下の通りである（図１）。

ボール初速度：リリース時のボールの初速度水平成分と垂直成分の合成速度
ボール投射高：リリース時におけるボールの中心から、地面までの垂直距離
ボール投射角：ボールの速度ベクトルと水平面のなす角度

４．統計処理

値は平均値±標準偏差で表示した。ボール投げにおける投距離、初速度、投射高、投射角と月齢間の関係の検討についてはピアソンの積率相関係数を用いた。各学年間の比較については、一元配置の分散分析を用い、多重比較にはTukeyの方法を採用した。統計処理ソフト（JMP，SAS社）を用いて、有意水準は５％未満で検討した。

Ⅲ．結果および考察

１．被験者の身体特性

本研究では、発育・発達の過程を学年間で比較・検討するとともに、月齢の増大に伴う変化についても検討した。表１に被験者の月齢と身体特性を示す。身長、体重、投距離が学年、月齢の増加に伴って大きくなっている様子がわかる。従って本研究の被験者は、年齢相応の発育・発達をしていたといえる。

２．各項目と投距離の関係について

図２は、全被験者における各項目と投距離の関係を示している。月齢と投距離の間には有意な正の相関が認められ（$r = 0.74$、$p < 0.01$）、月齢の増大に伴って投距離が増大していた。すなわち、発育に伴い、投能力が発達していたことを意味していた。

同様に、投球時の初速度と投距離間（$r = 0.09$、$p < 0.01$）、投射高と投距離間（$r = 0.48$、$p < 0.01$）、投射角と投距離間（$r = 0.43$、$p < 0.01$）には、それぞれ有意な正相関が認められた。これらの結果は、初速度、投射高、投射角の全てが、投距離に影響を与えていること、なかでも、とりわけ、初速度の影響が大きいことを意味している。

３．学年別にみた各項目と投射距離の関係について

本研究では、小学校男子児童の投能力の発達過程をさらに詳細に捉えるために、１年生から６年生までの学年毎に、各項目と投射距離の関係につ

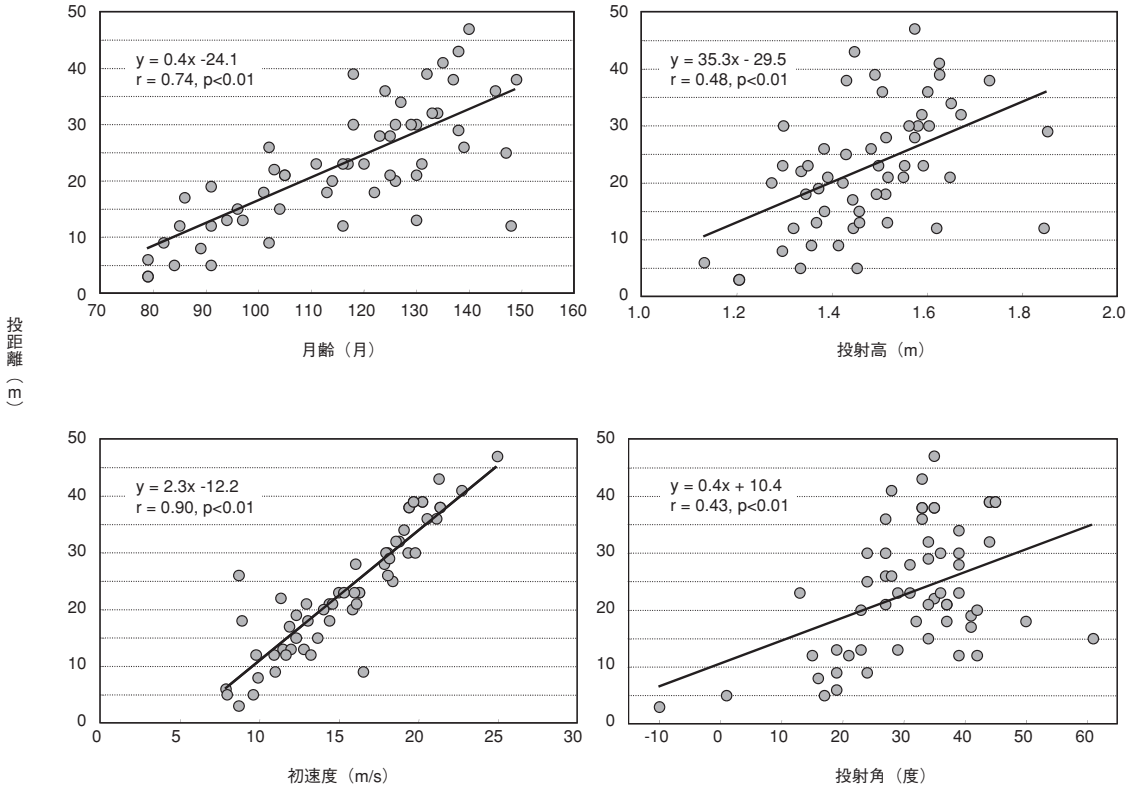


図 2　全被験者における各項目と投距離の関係（n ＝55）
Fig. 2　Relations between each item and throw distance in all subjects (n ＝55)

いて検討した。

図 3 は、学年別にみた月齢と投距離の関係を示している。5 年生（r ＝0.56、p ＜0.05）にのみ、有意な正の相関関係が認められ、月齢とともに投距離が増大したことを意味していた。1 年生、2 年生、3 年生、4 年生、6 年生においては、両者の間に相関関係は認められなかった。

図 4 は、学年別にみた初速度と投距離の関係を示している。1 年生（r ＝0.79、p ＜0.05）、2 年生（r ＝0.78、p ＜0.05）、4 年生（r ＝0.88、p ＜0.05）、5 年生（r ＝0.94、p ＜0.05）、6 年生（r ＝0.97、p ＜0.05）において有意な正の相関関係が認められ、初速度の増大に伴い、投距離が増大したことを意味していた。月齢の増加とともに、相関係数も高くなっており、投距離に及ぼす初速度の影響が大きくなっている様子がわかる。一方、3 年生（r = -0.72、p ＜0.05）においては、有意な負の相関関係が認められ、月齢の増加に伴って初速度が減少していた。

図 5 は、学年別にみた投射高と投距離の関係を示している。全ての学年において、両者の間に相関関係は認められなかった。

図 6 は、学年別にみた投射角と投距離の関係を示している。1 年生（r ＝0.91、p ＜0.05）、2 年生（r ＝0.79、p ＜0.05）、6 年生（r ＝0.88、p ＜0.05）において、有意な正の相関関係が認められ、投射角の増大に伴い、投距離が増大したことを意味していた。3 年生、4 年生、5 年生においては、両者の間に相関関係は認められなかった。このことから、低学年で投距離の短い場合では、投射角を大きくすることで投距離を伸ばす可能性が考えられた。

投射角と投距離の関係においては、学年の違い、すわなち、発育・発達に伴う特徴が認められ

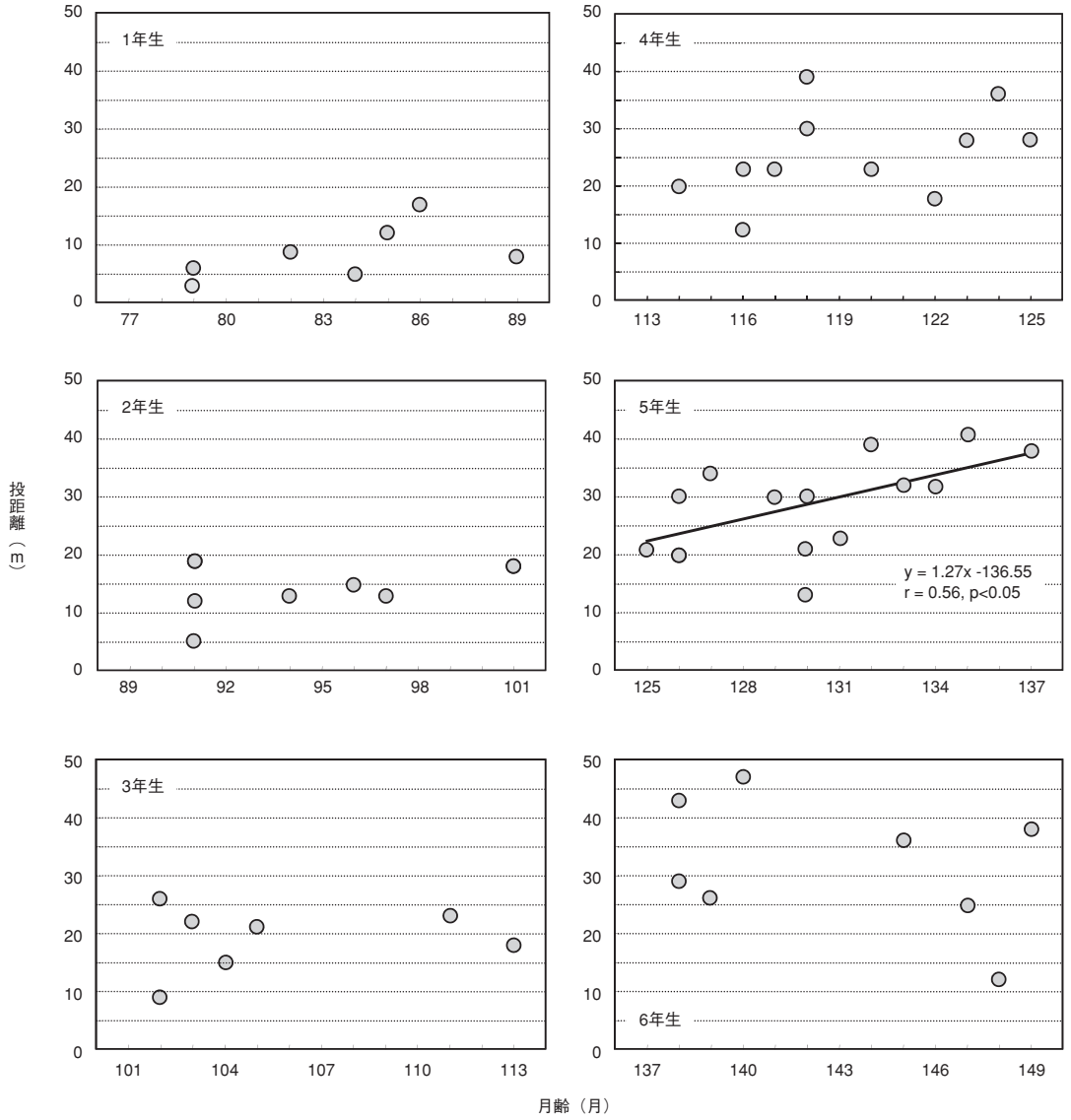


図３　学年別にみた月齢と投距離の関係
Fig. 3　Relations between age of month and throw distance in every school year

ため、学年毎に投射角とその標準偏差を算出し（図７）、学年間で比較・検討を行った。各学年における投射角においては、一元配置の分散分析の結果、有意な差が認められた（$p < 0.05$）。多重比較の結果、１年生と４年生の間、１年生の５年生の間に有意な差が認められた（$p < 0.05$）。これらの結果から、投射角は、１年生・２年生・３年生から４年生にかけて徐々に増大するが、その後、５年生・６年生では頭打ちになると解釈できる。標準偏差に関しては、投距離の場合は学年が大きくなると標準偏差も大きくなるが、投射角の標準偏差は学年が上がるにつれて小さくなっており、発育・発達に伴い、投射角のバラツキが収束していくことを意味している。川添ら[6]は、幼稚園児のオーバーハンドスローにおける投距離決定因子の発達を重回帰分析によって調べ、「月齢、身長、体重、初速度、投射角度、投射高および動作点数の７因子のうち、初速度および投射角

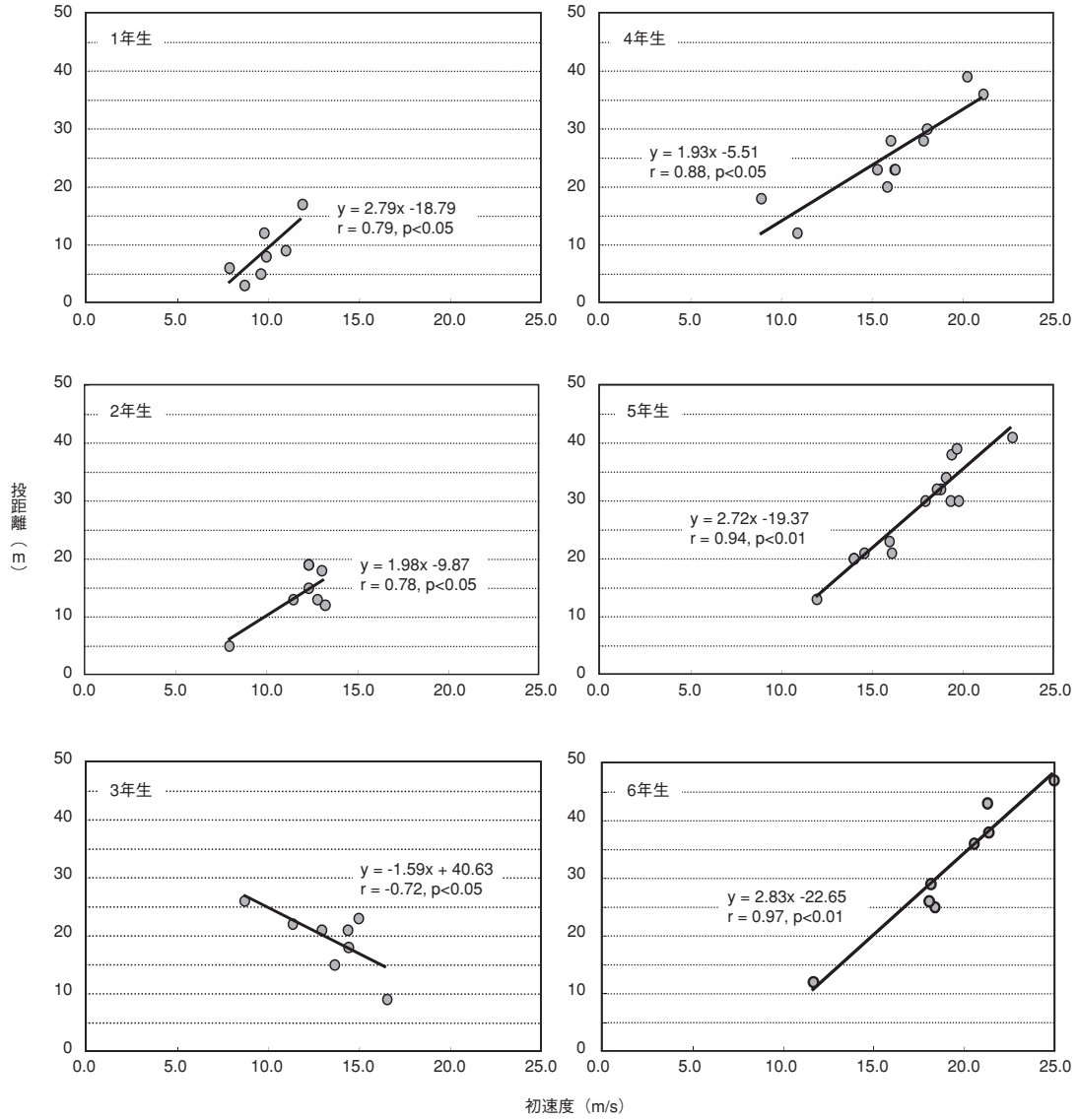


図 4　学年別にみた初速度と投距離の関係
Fig. 4　Relations between initial rate and throw distance in every school year

度の 2 因子が各学年男児において大きく影響しており、身体資源である身長や体重や、動作フォームの発達度を示す動作点数といった他の 5 因子はほとんど影響しない」と述べている。本研究においても、小学校男子児童を対象に同様の知見を得ることが出来た。さらに、学年毎に検討したことにより、投射角度が大きく影響する過程から、投射初速度が大きく影響する過程を捉えることができた。

本研究の結果から、月齢の増大、すなわち発育・発達に伴う投距離の増大に影響を与える要因として、投射初速度・投射高・投射角度があり、中でも投射初速度の影響が大きいことが確認された。さらに、投射初速度・投射高・投射角度と投距離の関係を、学年毎に調べた結果、ほぼ全ての学年において、初速度が投距離に影響を与えていた。これに対し、投射高の影響は小さかった。さらに、１年生、２年生においては、投射角度が投

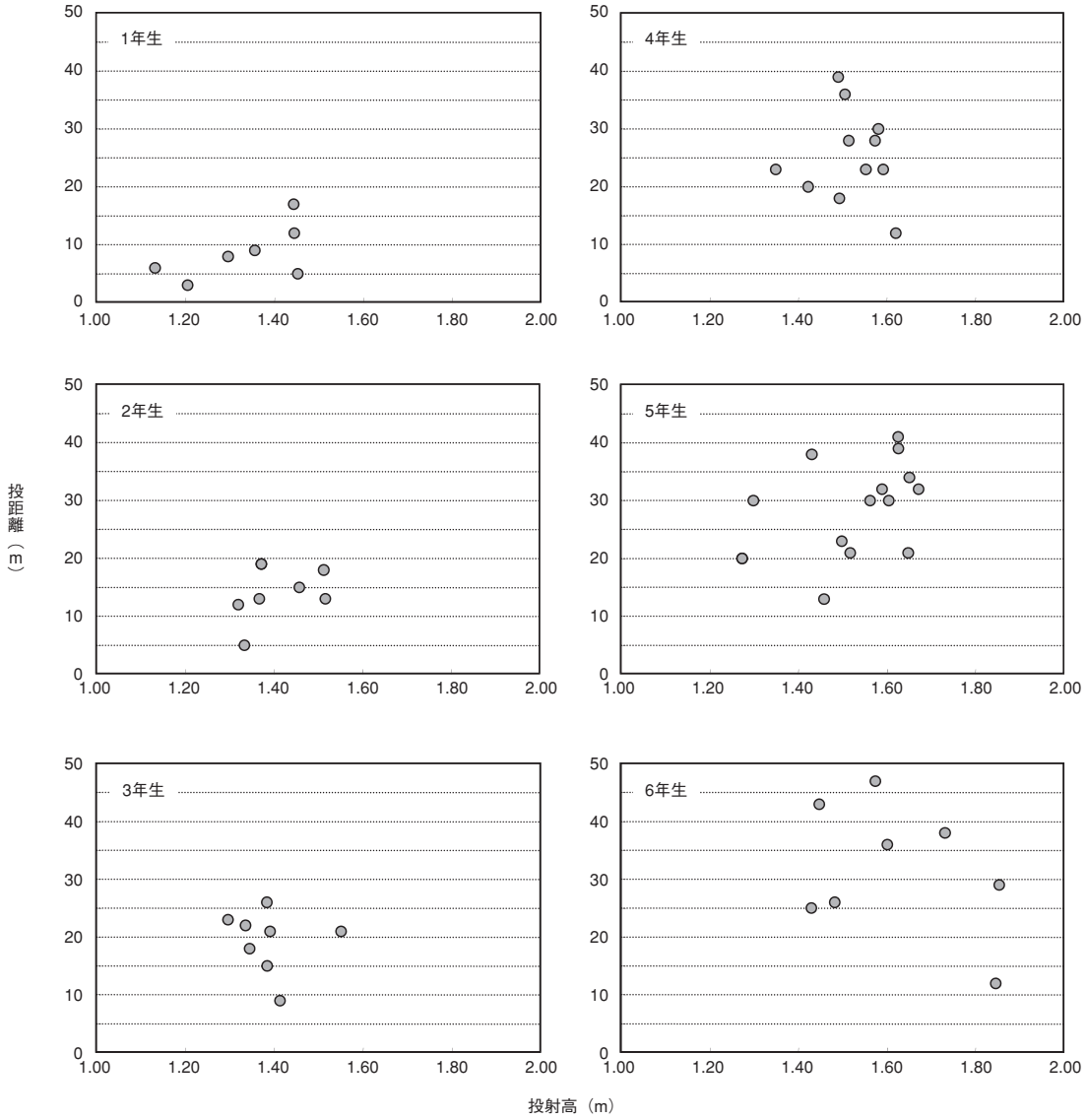


図５　学年別にみた投射高と投距離の関係
Fig. 5　Relations between height of projection and throw distance in every school year

距離に及ぼす影響が大きいことが明らかになった。

以上のことから、投距離に影響を与える因子として、初速度は１年生から６年生まで大きな影響を与えるが、その中で低学年の間は投射角を増大させることで距離を稼ぎ、中学年から高学年にかけて、学年が上がると投射角の増大が頭打ちになり、そのバラツキも小さくなっていき、一定の投射角をもった投球の中で初速度の大きいものが距離を伸ばしていくと思われる。本研究においては、各学年におけるサンプル数が未だ十分とはいえないが、投射初速度・投射高・投射角度と投距離の関係が、発育・発達に伴ってどのように変わっていくかについて新たな知見を得ることができた。今後は、よりサンプル数を増やし、これらの知見の検証を行うとともに、動作の関与についても検討する必要がある。

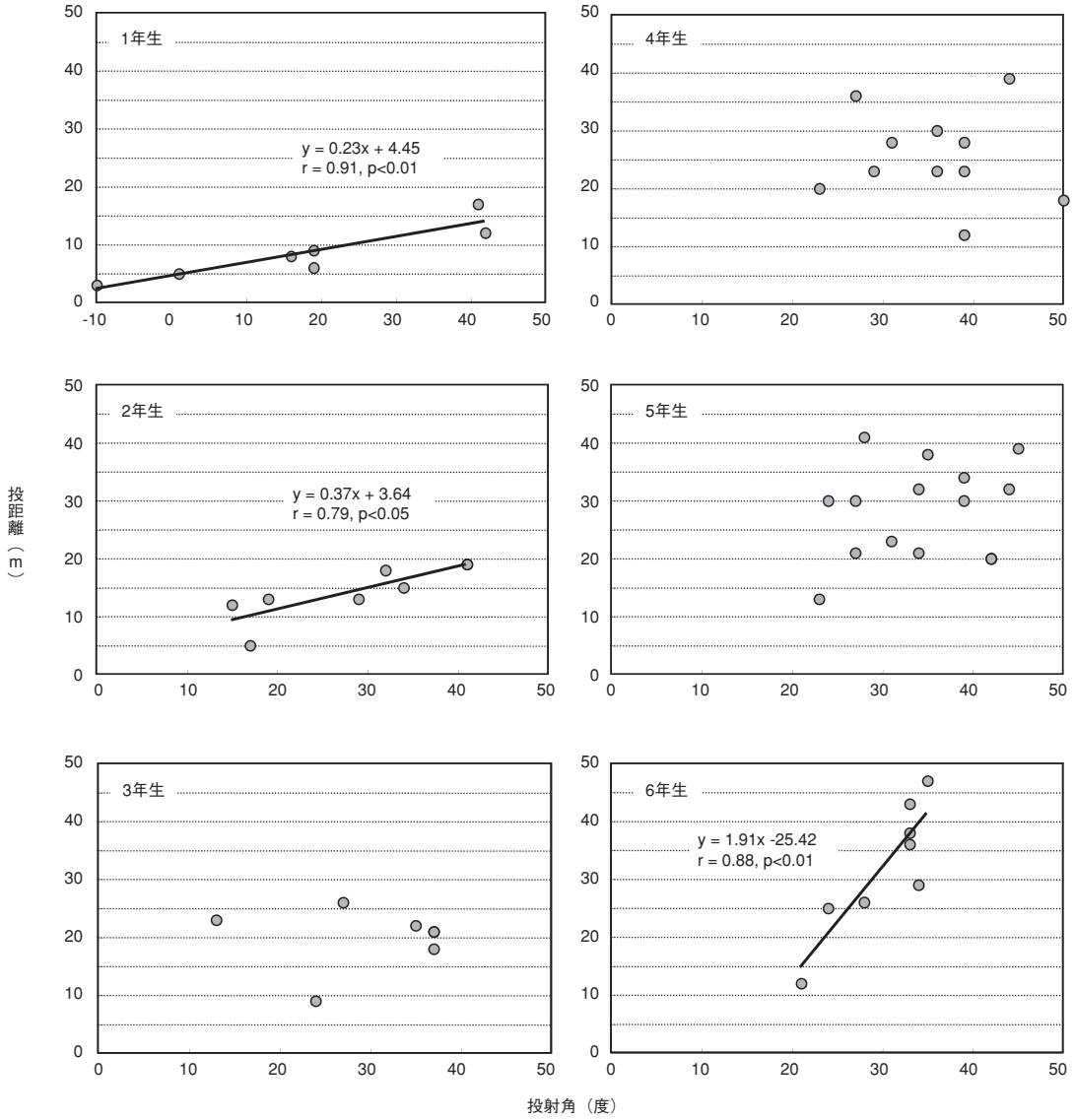
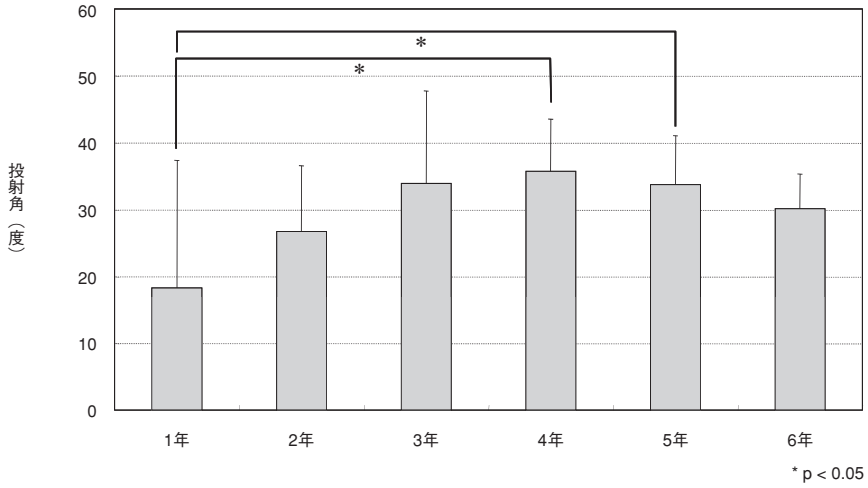


図 6　学年別にみた投射角と投距離の関係
Fig. 6　Relations between projection degree and throw distance in every school year



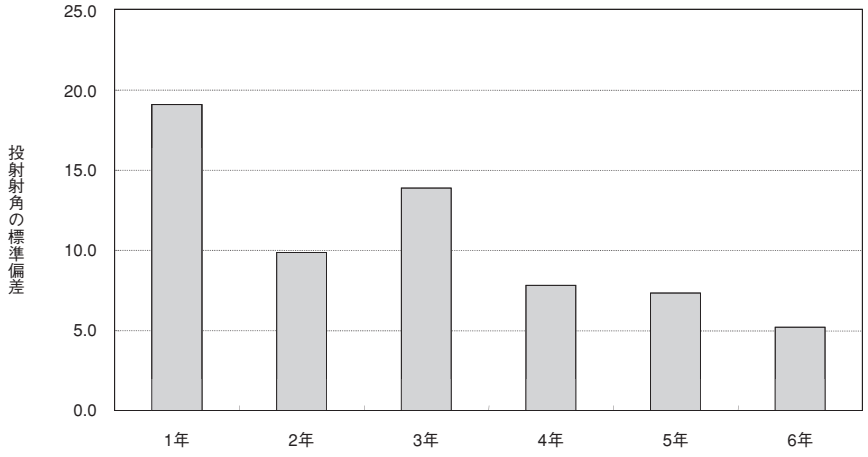


図７　投射角とその標準偏差の各学年における比較
Fig. 7　Projection degree and the standard deviation in each school year

引用・参考文献

1）高石昌弘，発育発達と子どものからだ，子どもと発育発達，1, 9-12, 2003.
2）東京都立大学 体育研究室編，日本人の体力標準値 第四版，21-23, 55-57, 160-163, 不昧堂，1989.
3）文部科学省　スポーツ青年局　平成20年度 全国体力・運動能力，運動習慣等調査結果について，文部科学省，2009.
4）桜井伸二・宮下充正 , 子どもにみられるオーバーハンド投げの発達，J. J. SPORTS SCI., 1-1, 152-156, 1982.
5）深代千之・稲葉勝弘・小林規・宮下充正，幼児にみられる投能力の発達，J. J. SPORTS SCI., 1-3, 231-236, 1982.
6）川添 公仁 ・ 植屋 清見・中村 和彦，幼稚園児のオーバーハンドスローにおける投射距離決定因子の発達に関する研究，日本体育学会大会号 50, 403, 1999.