Japanese Society of Physical Education

体育学研究 40：170-180，1995

資　料

パス解析を用いたオーバーハンドスロー動作の検討：成人女性を対象として

尾縣　貢[1)]　市村操一[1)]

Study of overhand throwing motions using path analysis: In adult women

Mitsugi Ogata[1] and Soichi Ichimura[1]

Abstract

The purpose of this study was to investigate overhand throwing motions of adult women using path analysis.

Throwing motions of 164 adult women were videotaped simultaniously from side and overhead views by two video cameras. Variables such as initial velocity of ball, velocity gained by body segments, body angle, angular velocity and evaluation of motions were obtained from video analysis. The path model indicating the cause and effect relations among these factors was investigated by path analysis.

The main results were as follows:

1) Influences of velocities gained by body segments on initial velocity of ball were bigger in order of arm, trunk and legs.

2) Forward rotation of shoulder and raising of upper-body during main phase and whip-like action influenced on velocities gained by body segments directly and indirectly.

3) Style of motion of arm and legs during preparatory phase influenced on postures at the starting of main phase.

Key words: adult women, throwing motion, path analysis

(Japan J. Phys. Educ. 40: 170-180, September, 1995)

キーワード：成人女性，投動作，パス解析

目　的

マイネル（Meinel）[30]は，「運動構造は弾力的な可動性を持つひとつの全体であり，そこでは個々の分節がそれらの機能のなかで相互に影響しあう.」と述べている．これは，運動中に見られるそれぞれの動作が互いに関連を持ち合い，因果関係が存在すると解釈できる．そのため，運動学習において効率的な指導を行おうとすれば，運動の流れ，すなわち動作要因間の因果関係を踏まえた上で，的確なポイントを指導することが望ましい．なかでも“投運動”は，走運動や跳運動に比較して技術構造が複雑なため，特別な練習を積まないと上達しない運動[6,34]であると言われており，運動の因果関係を踏まえた的確な技術指導の必要性は高いと考えられる．

一般に要因間の因果関係を知る方法としては，パス解析が用いられることが多い．この方法は，設定された因果関係モデルの妥当性を重回帰分析を利用して検討するものであり，外国では早くか

1）筑波大学体育科学系
〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

1. *Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki (305)*

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

ら主として社会学の分野で有効性が認められてきた[4,45]．また，我が国においても体育社会学の分野[2,28]，体育心理学の分野[18,22,23]などの研究に適応されている他に，投能力に及ぼす社会的要因などの影響を明らかにする研究[1,6,7]にも利用されている．しかし，これまでにはパス解析をバイオメカニクスの分野に応用した研究はなく，運動のパフォーマンスや動作要因などの間の因果関係を明らかにし，身体運動を解明するのに利用された例はない．そこで，動作を示す運動学的変数間の因果関係をパス解析を用いて明らかにしていくことで投運動を知る手掛かりになると考えた．

本研究では，成人女性の投運動をパス解析を用いて明らかにし，投運動指導に役立つ基礎的資料を得ることを目的とした．なお本研究で成人女性を対象としたのは，女性は投運動学習量の不足が原因で，男性と比較して顕著に低い投動作習熟度を示すことが多く[1]，投運動学習指導のあり方がスポーツ活動（教育活動）の場面でしばしば問題となるため，合理的指導の必要性をより強く感じたためである．

方　　法

本研究では投げる側の手を投げ手，反対側の手を自由手，原則として主動作をボールリリース（以後リリースとする）前に両足が完全に接地した時点からリリースまでの動作，主動作前に行われた動作を準備動作と定義した．

(1) 被検者

一般体育実技を受講している右手投げの女子大学生164名．年齢は，20.1±1.2 yrs，身長は，1.585±0.048 m，体重は，51.3±5.2 kg であった．

(2) ビデオ撮影

遠投では検定3号ソフトボールを使用し，直径2 m のサークルの中から中心角30度の円弧内に向かってオーバーハンドスローで投げるよう指示した（日本体育協会スポーツ科学委員会制定[35]．ただし，試技は3回実施し，測定は1 cm 単位とした．

試技中の遠投動作を側方から200 fps （NAC HSV-200）で，上方から60 fps （National NV-FS702）で同時に撮影した．ビデオは，投てきゾーンの中心点から投射方向に向かって，右側方30 m の地点と，ゾーンの中心点の真上6.8 m の地点に光軸が直交するように設置した．

上方から肩部の運動を正確にとらえるために，両肩峰に一辺3 cm の正方形のマークを装着した．なお，2方向からの画像を同期させるために，フラッシュを写しこんだ．

(3) モデル作成

遠投距離に最も大きな影響を持つ投射初速度[19]は，身体各部位の獲得速度の総和ととらえることができる[38,40]が，本研究では投射初速度を脚部，体幹部，腕部（上腕部＋前腕部＋手部）の獲得速度の総和と考えた．そして身体各部位による獲得速度の大きさは，動作要因により影響を受けるものと想定した．この概念に基づき，時間的順序・理論的仮説に従い[9]，投射初速度，身体各部位による獲得速度，動作要因の因果関係を示す図1のモデルを設定した．それぞれの要因間のパスは，以下のような根拠に基づき想定した．なお，「パスA, B」という表現は，AとBのパスを同時に説明していることを示し，「パスA→B」は，AからBに連なるパスを説明していることを意味している．

パス1, 2, 3：投射初速度は，脚，体幹，上腕，前腕，手といった身体各部位の獲得速度の総和と考えられる[38,40]が，本研究では脚部，体幹部，腕部（上腕部＋前腕部＋手部）の総和と考えた．

パス4→1：ムチ動作中に見られる肘関節の「伸展―屈曲―伸展」という一連の動作によりボールの移動距離，関節の運動範囲が大きくなり，筋がパワーを発揮する時間とボールに力が加わる距離が伸び，大きなエネルギーをボールに与えることに寄与する[41]．このような一連の動作により弾性エネルギーが利用され，初速度を高めるのに貢献する[27]．

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

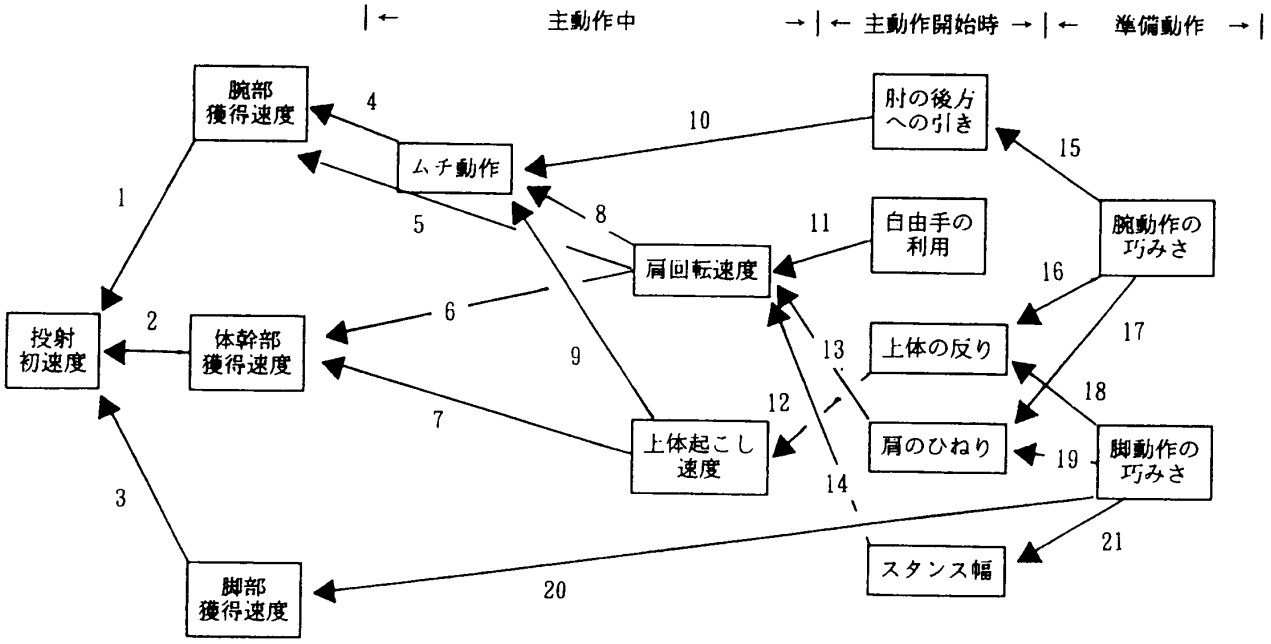


図1 想定したオーバーハンドスロー動作のパスモデル

パス6, 7：主動作中の投げ手側肩の移動速度は，体幹（肩）が反時計方向へ回転する速度，上体を起こす速度に影響を受けると推測できる．

パス8：速い肩の回転が効率的なムチ動作につながる[38]．また，肩の反時計回りの回転（右投げを上から見た場合）により肘の急激な伸展が導かれる[8]．

パス9：ヤリ投げでは上体の反りを利用したムチ動作が見られる[17]．

パス11：逆手（自由手）の利用により腰の回転が導かれる[10]．そして，水平面に近い身体の回転運動では腰から上体と運動が伝わる[3]．

パス12：上体を後傾させた姿勢で主動作を開始することが主動作中の上体の起こしを速くすると推測できる．

パス13：投げ手側の肩を大きく後方へ引いて体幹をねじった姿勢で主動作に移行することが主動作中の肩の回転速度を高める[37]．

パス14→5：ステップした前足が接地した瞬間から胴体は，並進から鉛直軸まわりの回転に移り手の速度が急激に増す[53]．そして，肩の回転は，スタンスの幅に影響を受けると推測できる．

パス15→10：ムチ運動は，肩，肘，手首の最高速度出現の時間的ずれにより生じる[20]が，肩が加速された時点で肘を肩の高さに保って，腕を後方に残しておくことも重要になる[42]．腕の後方への残しは，準備動作における腕動作に影響を受けるという報告がある[38]が，肘の高さも同様に準備動作における腕動作に影響を受けると推測できる．

パス16, 17, 18, 19, 21：準備動作での脚と腕の動作は，主動作開始時のステップ幅，投げ手側肩の後方への引き，上体の後傾に影響を及ぼす[38]．

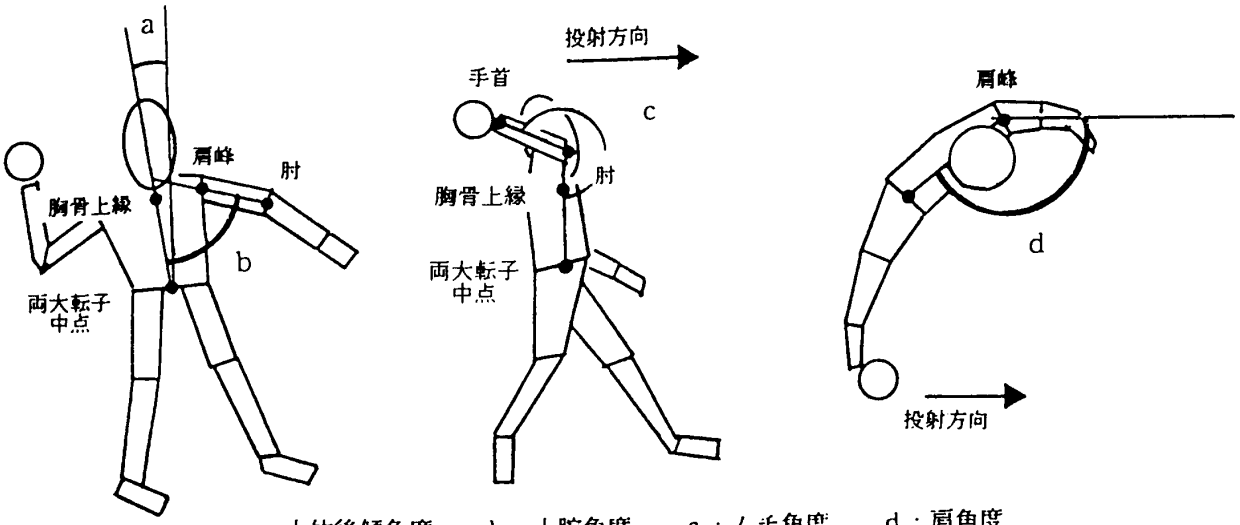
パス20→3：助走やステップなどの準備動作により運動量が獲得でき，投げそのものの運動量に加算されることになり，ボールの初速を大きくするのに貢献する[16]．また，脚の踏み出しや胴体の回転を用いないと投射初速度は通常の投げの約50%になる[46]．

(4) ビデオ分析

最大遠投距離を示した1試技につきビデオ分析を行った．ビデオ分析には，座標解析を利用して画像を分析し，kinematic な変数を算出

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education



a：上体後傾角度　b：上腕角度　c：ムチ角度　d：肩角度

図2　身体角度の定義

するものと，動作様式を観察的評価により類型化（ランク分け）するものが含まれた．

1)　座標解析

主動作に相当するフレームと，その前後6フレームを対象とし，パーソナルコンピューター（SharpX68000PR0）を使用して，分析点の座標を算出した．その後，データは5点移動平均法[36]により平滑化した．

次にモデルに取り上げられた動作要因を表現すると考えられる変数，速度に関する変数などを算出した．速度に関する変数を算出するに際しては，上方から撮影された60 fpsの画像をラグランジュの補間公式[44]を用いて200 fpsに変換し，次に，豊島ら[47]，石井・西畑[21]の用いた方法にならい，側方と上方の2方向からのビデオ画像より三次元座標を算出した．2方向からの両像の同期は，映し込まれたフラッシュとリリースポイントを参考にしながら行った．身体角度の定義については，図2を参照のこと．

①　側方からのビデオ

a)　ボールの投射初速度，投射角度，投射高．

b)　身体各部位による獲得速度：腕部（投射初速度—肩最高速度），体幹部（肩最高速度—腰最高速度），脚部（腰最高速度）．

c)　ステップ長〔モデルではスタンス幅に相当する〕：主動作開始時の前足つま先から後足つま先までの距離．身長比で示した．

d)　主動作開始時の上体後傾角度〔上体の反り〕：両大転子を結ぶ線分の中点を通り，上方に伸びる鉛直線と，その中点と胸骨上縁を結ぶ線分がなす角度を上体後傾角度とした．

e)　主動作中の上体角速度〔上体起こし速度〕：主動作中の平均角速度．

f)　ムチ角度〔ムチ動作〕：ムチ動作の定義には星川[15]の「ムチ動作とは主動作前半で屈曲した肘関節が後半に一挙に伸展する動作」，金子ら[25]の「身体の基幹部から末端部に向かって力学的エネルギーが順次伝達されるように見える現象」がある．本研究では星川の定義を参考に，ムチ動作の巧拙を，投げ手肘か投げ手側の耳珠点を通過する時点での肘と手首を結んだ線分が両大転子を結ぶ線分の中点と胸骨上縁を結ぶ線分とがなす角度（ムチ角度）により評価した．

g)　主動作前から主動作開始時にかけての自由手上腕角度の最大角度〔自由手の利用〕：自由手側上腕の肩峰と肘関節点を結ぶ線分と，両大転子を結ぶ線分の中点と胸骨上縁を結ぶ線

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

分がなす角度を自由手上腕角度とした.

h) 主動作開始時の投げ手上腕角度〔肘の後方への引き〕: 投げ手側上腕の肩峰と肘関節点を結ぶ線分と, 両大転子を結ぶ線分の中点と胸骨上縁を結ぶ線分がなす角度を投げ手上腕角度とした.

② 上方からのビデオ

h) 主動作開始時の肩角度〔肩のひねり〕: 自由手側の肩峰から投射方向に平行に伸びる線分と両肩峰を結ぶ線分がなす角度を肩角度とした.

i) 肩角速度〔肩回転速度〕: 主動作中の平均角速度.

2) 観察的評価

観察的評価は, 2名の投運動経験の豊富な指導者があたり, 撮影したビデオ画像を実速, スロー, 静止画像により観察しながら合議により決定した.

a) 準備動作における脚動作評価.

Leme and Shambes[29], Mosher and Schutz[32], 宮丸・平木場[31], 豊島ら[49], 中村ら[33], 金・松浦[26]の評価基準に関する報告, Toyoshima et al[46], 池上[17], 開徳[24]の準備動作の役割について論じた報告を参考にして, 準備動作中の脚動作の類型化を行い, 次の4パターンからなる評価基準を作成した.

本研究では2〜3歩前進するうちに両足が空中に浮いている期間が存在する準備動作をステップと定義した. 評価4を4点, 評価3を3点, 評価2を2点, 評価1を1点とした.

評価4: • 完全なステップから投げる. 完全なステップとは, 空中にあるときに後足(右脚)の前への引き付けが十分なもの, 投射方向に対して横向きの姿勢を保ち前進するもの, 足の運びのリズムが滑らかなもの, というように完成度の高いステップを指す.

• 投げ手と反対側の膝を高く引き上げて勢いをつけて, 大きく一歩を踏み出して投げる.

評価3: • 不完全なステップから投げる. 不完全なステップとは, 評価4であげたような条件を満たしていないステップを指す.

評価2: • 2〜3歩の歩行から投げる.

評価1: • 足の踏み出しがなく, 構えたままの足の位置で投げる.

• 小さく一歩投げ手と逆足を踏み出して投げる.

• ステップや歩行を用いても投げ手と同じ側の足を踏み出して投げる.

なお, 評価1の「足の踏み出しがなく, 構えたままの足の位置で投げる.」に該当する者は, 最初から両足を接地させているため, 主動作に移行する時点を見極めるのが難しいため, ボールを最も後方に引いた時点(投げ手側の肩との相対的位置)を主動作開始と考えた. なお, 本研究では, これに該当する者はいなかった.

b) 準備動作における腕動作評価

Haywood et al.[13], 宮丸・平木場[31], 豊島ら[49]による評価基準に関する報告を参考にして, 準備動作中の腕動作の類型化を行い, 次の3パターンからなる評価基準を作成した. 評価3を3点, 評価2を2点, 評価1を1点とした.

評価3: 肩を中心として手首を時計回り(投げ手側から見た場合)に回しながら, しかも肘を伸展させながら後方に引くバックスウィング.

評価2: 肘を曲げたまま上腕の外転と水平伸展によるバックスウィング.

評価1: 肘を曲げたまま上腕の外転によるバックスウィング.

(5) パス解析

本研究ではパス解析に関する解説[9,43,52]と, パス解析を利用した研究[1,2,4,6,7,18,22,23,28]を参考にして解析を進めた. 手順としては, まず想定した投運動のモデルに対応して, 逐次的連立回帰方程式を立て, 平均0, 分散1に標準化された偏回帰係数, すなわち標準偏回帰係数(パス係数)を算出した. パス係数の有意性については幾つかの考え方があり, Duncan[4]はBeta-weightは少なくとも標準誤差の2倍であれば有意であるとし, 海老原・宮下[6]は標準偏回帰係数が0.1を越えるものを実質的には意味があると解釈している. 本研

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

究では，t検定によりパス係数の検定を行い5％を有意水準と解釈した[9]．またパス解析では従属変数の分散は，独立変数とモデルに含まれていない残余変数との一次結合によって完全に決定されるため，残余変数の総効果は$\sqrt{1-R^2}$（Rは重相関係数）で推定できる．

結果と考察

準備動作における脚動作と腕動作の観察的評価の結果と，遠投距離との関係を図3に示している．脚動作では評価得点4，3，2，1の順に遠投距離は優れており，評価得点と遠投距離の間には$r=0.595$（$p<0.001$）の有意な相関が認められた．また，腕動作でも評価得点3，2，1の順に遠投距離は優れており，両者の間には$r=0.392$（$p<0.001$）の有意な相関が認められた．これらのことから，本研究で設定した準備動作における脚動作，腕動作の評価基準は，投能力を的確に表現したものであり，妥当なものであったと判断できる．

表1は，パスモデルに取り上げた要因と投射角度，投射高の平均値と標準偏差を示している．表2は，モデルに取り上げた要因間の相関係数を示している．表3は，逐次的に重回帰分析を行う過程で従属変数となる要因（内生変数）と，独立変数となる要因（外生変数）との関係をパス係数，重相関係数，決定係数および残余効果で表している．これらを実際にパスモデルに記入したのが図4である．

表1　ビデオ分析から得られた変数の平均と標準偏差

変　数	単位	平均	標準偏差
遠投距離	m	21.91	7.53
投射角度	deg	29.8	6.2
投射高	m	1.908	0.138
投射初速度	m/s	16.40	3.19
腕部獲得速度	m/s	12.62	2.90
体幹部獲得速度	m/s	1.36	0.68
脚部獲得速度	m/s	2.41	0.52
ステップ長/身長		0.608	0.089
上体後傾角度	des	17.0	6.6
ムチ角度	deg	242.3	24.4
自由手上腕角度	deg	42.7	25.9
投げ手上腕角度	deg	70.4	18.1
肩角度	deg	178.8	21.6
肩角速度	rad/s	8.66	2.23
上体角速度	rad/s	1.65	0.68
脚動作評価	点	2.6	1.0
腕動作評価	点	2.3	0.6

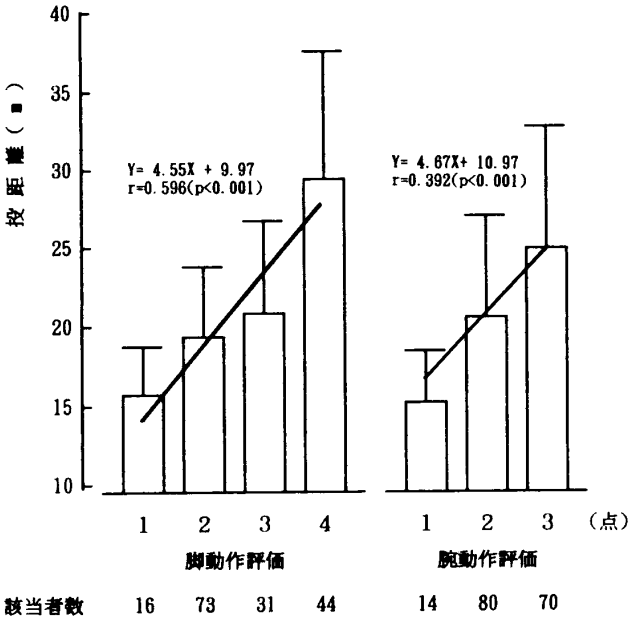


図3　準備動作における脚動作と腕動作の評価点と遠投距離との関係

投射初速度には腕部，体幹部，脚部の獲得速度からの有意なパスが通り，これら全ての部位が投射初速度に対して影響力を持っていることが分かる．このうちでも腕部の獲得速度からのパス係数が0.909と大きく，腕部の獲得速度が投射初速度に大きな影響を及ぼしていると言える．Toyoshima et al[46]は，脚と胴体（体幹）の動作を制限し，腕だけでボール（重量100 g）を投げさせた場合，初速度は通常のオーバーハンドスローの約53.1％，脚の動作を制限した場合では84.0％であったと報告しており，この研究においても腕部の貢献度は大きいものであった．

腕部獲得速度へはムチ角度から有意なパスが通っている．星川[15]は，ムチ動作とは主動作前半で屈曲した肘関節が後半に一挙に伸展する動作と定義しており，また金子ら[25]は身体の基幹部か

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

表2　モデルに取り上げられた変数間の相関係数

変数	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(1) 投射発速度	—	979***	078	587***	564***	345***	510***	489***	416***	411***	622***	453***	580***	400***
(2) 腕部獲得速度		—	−085	555***	532***	377***	514***	459***	443***	393***	592***	429***	583***	357***
(3) 体幹部獲得速度			—	−598***	−142	−430	040	056	−069	−047	−059	142	−187*	077
(4) 脚部獲得速度				—	685***	208**	231**	366***	164*	407***	601***	211**	567***	354***
(5) ステップ長					—	295***	265***	389***	257**	372***	627***	384***	535***	440**
(6) 上体後傾角度						—	103	352***	222**	155*	201*	380***	365***	179*
(7) ムチ角度							—	185*	498***	191*	329***	426***	222**	287***
(8) 自由手上腕角度								—	152	355***	469***	234**	305***	426***
(9) 投げ手上腕角度									—	067	197*	321***	196*	213**
(10) 肩角度										—	512***	024	287***	253**
(11) 肩角速度											—	473***	491***	454***
(12) 上体角速度												—	336***	219**
(13) 脚動作評価													—	313***
(14) 腕動作評価														—

***p<0.001　**p<0.01　*p<0.05　相関係数の小数点は省略.

表3　パス解析の結果

変数	標準偏回帰係数 (2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	R	R^2	U
(1) 投射初速度	909***	212**	159*											1.000***	1.000	0
(2) 腕部獲得速度						357***			475***					0.682***	0.465	0.732
(3) 体幹部獲得速度									−162	218**				0.201*	0.040	0.980
(4) 脚部獲得速度												567***		0.567***	0.321	0.824
(5) ステップ長												537***		0.537***	0.288	0.844
(6) 上体後傾角度												351***	070	0.379***	0.144	0.925
(7) ムチ角度							396***	149*	232**					0.585***	0.342	0.811
(8) 投げ手上腕角度													298***	0.298***	0.089	0.955
(9) 肩角度												237**	178*	0.338***	0.115	0.941
(10) 肩角速度				448***					275**		197*			0.717***	0.514	0.697
(11) 上体角速度					380***									0.380***	0.144	0.811

(12)自由手上腕角度　(13)脚動作評価　(14)腕動作評価　R：重相関係数　R^2：決定係数　U：残余効果
標準偏回帰係数は小数点を省略. ***p<0.001　**p<0.01　*p<0.05

ら末端部に向かって力学的エネルギーが順次伝達されるように見える現象であると定義している．ムチ動作中に見られる肘関節の「伸展—屈曲—伸展」という一連の動作により，ボールの移動距離，あるいは関節の運動範囲が大きくなり，その結果，筋がパワーを発揮する時間とボールに力が加わる距離が伸び，ボールに大きなエネルギーを与えると指摘されている[41]．また，このような一連の動作により弾性エネルギーが利用され，初速度を高めるのに貢献するとも考えられている[27]．尾県ら[37]は，女性の合理的な投動作の特徴として投射初速度に対する手部の貢献が大きいことをあげており，それは効率的なムチ動作によるものだと推測している．これらの報告[27,37,41]からムチ角度が大きいこと，すなわち効率的なムチ動作が腕部獲得速度を高める要因であったことを示すパスは妥当なものだと言える．また肩角速度，上体角速度からも腕部獲得速度に有意なパスが通っており，投げ手側肩を投射方向に速く回転させること，主動作中に体幹を前方に速く起こすことは，腕によるボールへの加速を助長すると考えられる．これは，肩の回転，上体の起こし動作が投げ手側肩の移動速度を高め，その結果として腕を速く振ることにつながったためだと推測できる．

ムチ角度へ通ったパスには，肩回転速度，上体角速度，投げ手上腕角度からの3本があった．これは，主動作開始時に投げ手側の肘を後方高く引き上げること，主動作中に肩を速く回転させること及び上体を投方向へ速く起こすことが効率的

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

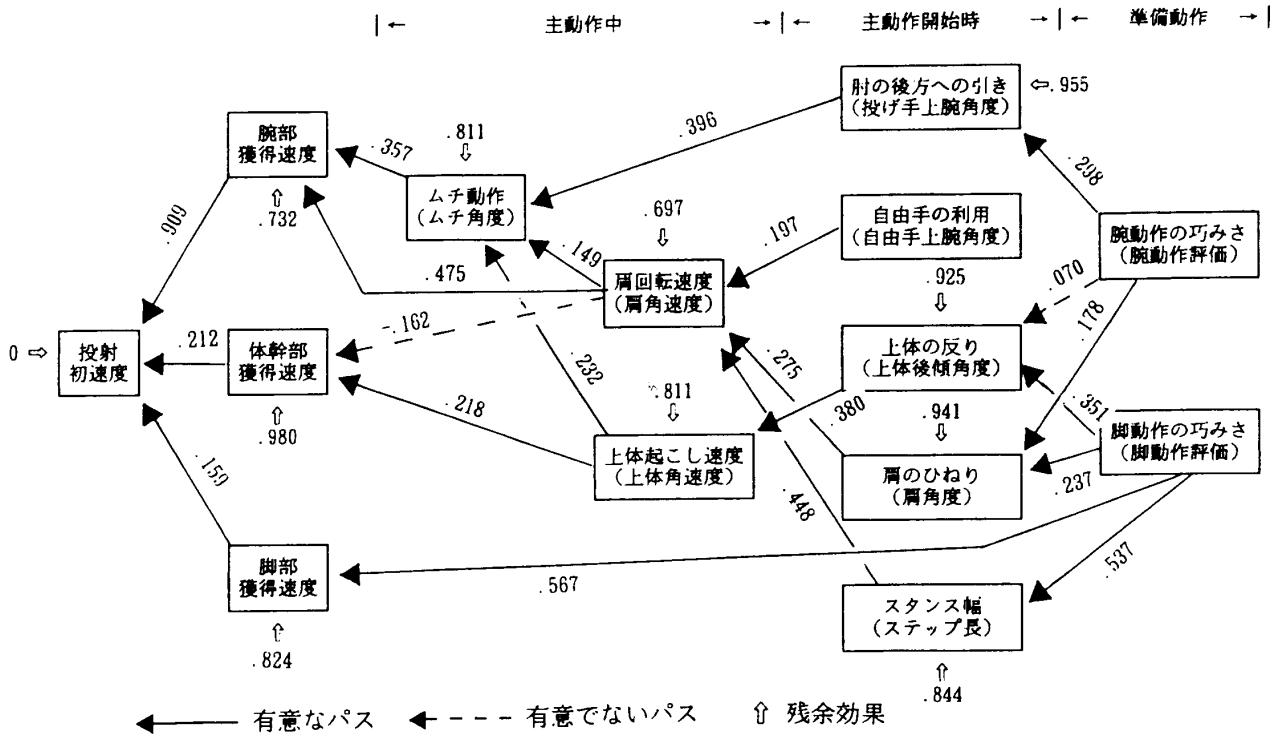


図4　オーバーハンドスロー動作における動作要因（速度に関する要因も含む）間の因果関係

なムチ動作を導くと解釈できる．これまでのムチ運動の原因やその巧拙を規定する要因を主として体幹の回転としているこれまでの報告[20,37]からすると，上体の起こし，投げ手の肘の位置がムチ動作に強い影響を持つという本研究の結果は，興味深いものである．

このうちの投げ手上腕角度には準備動作での腕動作評価から有意なパスが通っており，準備動作で十分なバックスウィングが行われることが，主動作開始時の投げ手側の肘を高く保つことにつながり，これが大きなムチ角度を導く一要因になるという一連の因果関係が明らかになった．また肩の回転速度には自由手上腕角度，肩角度，ステップ長から有意なパスが認められた．自由手の利用は腰の回転を導き[10]，腰の回転は肩の回転につながっていることから[3,14]，自由手の利用が肩の回転に影響を与えるという関係を示すパスは妥当なものと言える．また，肩角度が大きいこと，すなわち投げ手側の肩を後方に大きく引くことは，体幹のひねりを大きくし[47,48]，速い肩の回転につながるという見解[37]がこれまで幾つかの報告で示されているが，本研究で見られた肩角度から肩回転速度へのパスは，これらの見解と一致するものである．また，ステップ長の大きさが投射初速度[51]や重心移動[3,12]に影響を与えることは明らかにされているが，これは前足を接地させる位置（重心との相対的位置）により重心移動や，それに続く身体の回転運動に違いが生じるためと考えられる．本研究ではステップ長が大きいほど肩の回転が速いという結果が得られたが，これはステップを大きく取ることが，前足を突っ張り，上体の並進運動を左肩中心の速い回転運動に変えた[53]ためと考えられる．

ムチ角度に有意なパスが通った上体角速度は，体幹部獲得速度にも有意なパスが認められた．これまでに観察的評価の評価基準として上体の反りの利用をあげている報告はいくつかある[10,50]が，上体の反りの利用が投運動の中で如何なる役割を果たすかといったことは明確にされれていなかった．これらの結果から主動作中の上体の起こし動作の役割が明らかになり，投運動の合理性を判断する一つの基準になりえることが再確認できたも

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

のと言える．そして，上体角速度へは接地時の上体後傾角度から有意なパスが通っており，主動作開始時の上体の後傾が大きいことが速い上体の起こしにつながったものと言える．

準備動作中の脚動作と腕動作は，多くの動作要因に影響を与えている．豊島ら[49]は主動作に先立つ脚，腕の重要性を指摘しているか，本研究の結果からも主動作に及ぼす準備動作の重要性をあらためて知ることができる．脚動作からはステップ長，脚部獲得速度，肩角度，上体後傾角度へのパスが有意であった．ヤリ投げの準備動作であるクロスステップの役割は，助走で得た速度を大きく損ねることなく身体の後傾をつくることと考えられている[5,39]が，ボール投げにおける準備動作としてのステップも上体の後傾を大きくするという役割を果たすと推測できる．また，準備動作で大きく一歩を踏み出して投げるとステップ長を広げることにつながったり，直接に脚部の獲得速度を高めることに貢献していることが明らかである．さらに，準備動作の主な役割の一つとして，身体を投射方向に対して横向きにしながら，肩を後方に引き，上体のねじれをつくることがあげられている[47,48]が，本研究の結果からも肩を後方に引くこと，すなわち肩角度を大きくするためには，準備動作で大きく一歩を踏み出したり，十分なバックスウィングを行うことが必要であると言える．他にも，腕動作評価からは先述のように投げ手上腕角度へも有意なパスが通っている．

このように準備動作中の腕動作と脚動作は，主動作開始時の多くの動作要因に影響を与えることで，投射初速度を間接的に規定していると言える．これに関連して特別な投運動学習経験を持たない女性は，特別な投運動学習経験のある男性・女性，特別な投運動学習経験を持たない男性に比べて準備動作が劣っており，その結果として主動作開始時の動作要因に差異が生じ，これが低い投能力につながっているという報告[38]がある．また準備動作は動作スピートが低いため動作の制御が容易である[11]と考えられていることからも，女性の未熟練者には準備動作から指導を始めることが有効だと考えられる．

本研究ではオーバーハンドスローにおける動作要因の因果関係をパス解析を用いて検討し，準備動作から投射までの時間経過の中での動作要因間の関係を示すモデルの作成を試みた．本研究で得られた知見は，投運動学習の場において，動作要因間の「原因—結果」という関係を踏まえた指導を展開するのに活用できると考えられる．

要　　約

本研究は，成人女性を対象に，オーバーハンドスロー動作をkinematicな分析と，パス解析を用いて検討することを目的とした．164名の女子大学生の投動作を側方と上方からの2方向からビデオ分析し，算出された投射初速度，身体各部位による獲得速度，動作要因の関連を示すパスモデルを設定した．これらの要因間の因果関係がパス解析により検討された．このモデルから，投射初速度には腕部，体幹部，脚部の全てが影響を及ぼしていること，肩の回転や上体の起こし動作，あるいはムチ動作が，直接的，間接的に各部位の獲得速度に影響を及ぼすこと，準備動作中の腕と脚の動作形態が主動作開始時の動作などに影響を及ぼすことが確認できた．

文　　献

1) 青木邦男（1986）女子大生の投能力におよぼすスポーツ参与の影響：パス解析を用いて．体育の科学 36: 201–204.
2) 青木邦男（1987）運動部参加者のスポーツに対する評価的態度を規定する要因—パス解析を用いて—．体育の科学 37: 767–771.
3) Atwater, A. E. (1979) Biomechanics of overarm throwing movements and throwing injuries. Exerc. and Sport Sci. Reviews 7: 43–85.
4) Duncan, O. D. (1966) Path Analysis sociological example. The American J. of sociology. 72: 1–16.
5) ダイソン：金原　勇・渋川侃二・古藤高良（1972）陸上競技の力学．大修館書店：東京，pp. 244–249.
6) 海老原修・桜井伸二・宮下充正（1983）就学前児童のスポーツ参与が及ぼす影響について．J. J. Sports Sci. 2: 72–78.
7) 海老原修・宮下充正（1988）異なる社会的環境下におけるスポーツ参与が基本的運動動作の発達

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

に及ぼす影響について．第9回バイオメカニクス学会大会論文集．pp. 154–162.

8) Felter, M. and Dapena, J. (1986) Dynamic of the Shoulder and elbow joints of throwing arm during a baseball pitch. Int. J. Sports Biomech. 2: 235–59.

9) 藤田英典（1976）パス解析：その特徴と限界．名古屋大学教育学紀要 23: 87–100.

10) 深代千之・稲葉勝弘・小林 規・宮下充正（1982）幼児にみられる投能力の発達．J. J. Sports Sci. 1: 231–236.

11) 深代千之（1983）走幅跳と三段跳の Biomechanics. J. J. Sports Sci. 2: 600–613.

12) Gibson, B. J. and Elliot, B. C. (1987) A three dimensional cinematographic analysis of junior baseball pitchers. J. Human Movement Studies 13: 363–375.

13) Haywood, K. M., Williams, K. and VanSant, A. (1991) Qualitive Assessement of the backswing in older adult throwing. Res. Quart. Exerc. Sport 62: 340–343.

14) 平野裕一・浅見俊雄（1988）野球の投動作とその指導．体育の科学 38: 93–100.

15) 星川 保（1982）大きさと重さの異なるボールの投げ．J. J. Sports Sci. 1: 104–109.

16) Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H. and Hashimoto, I. (1981) Biomechanics analysis of javelin throw. In: Morecki et al. (Ed.) Biomechanics VII-B, University Park Press: Baltimore. pp. 271–276.

17) 池上康男（1982）やり投げ考．J. J. Sports Sci. 1: 99–103.

18) 稲地裕昭・千駄忠至（1992）中学生の運動部活動における退部に関する研究：退部因子の抽出と退部予測尺度の作成．体育学研究 37: 55–68.

19) 石井喜八（1980）投げる．浅見俊雄編．身体運動学概論（5版）．大修館書店：東京，pp. 126–138.

20) 石井喜八・斎藤好史・三浦孝仁・小松敏彦（1984）投動作にみられる速度増大の要因．星川保・豊島進太郎編，第7回バイオメカニクス学会大会論文集．名古屋大学出版会：名古屋，pp. 109–113.

21) 石井喜八・西畑賢次（1987）投動作の3次元分析と熟練度の比較—女子ハンドボール選手のオーバーハンドスロー—．第8回日本バイオメカニクス学会大会論文集，pp. 192–195.

22) 伊藤豊彦（1987）原因帰属様式と身体的有能さの認知がスポーツ行動に及ぼす影響—スポーツ行動に関する原因帰属モデルの検討—．体育学研究 31: 263–271.

23) 伊藤豊彦（1989）問題選手に対する原因帰属様式—選手の認知と指導法の判断—．体育学研究 33: 159–166.

24) 開徳真理（1987）オーバーハンド・スローにおける女子未熟練者の特徴．日本体育学会第38回大会号．p. 316.

25) 金子公宥・豊岡示朗・伊藤 章（1983）槍投げにおける“鞭効果”．身体運動の科学Ⅳ．杏林書院：東京，pp. 69–79.

26) 金善應・松浦義行（1988）幼児及び児童における基礎運動技能の量的変化と質的変化に関する研究．体育学研究 33: 27–38.

27) Komi, P. V. and Bosco, C. (1978) Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. Med. Sci. Sports 10: 261–265.

28) 粂野 豊・池田 勝・山口泰雄（1979）パス解析によるスポーツ参与の分析．筑波大学体育紀要 2: 23–30.

29) Leme, S. A. and Shambes, G. A. (1978) Immature throwing patterns in normal adult women. J. Human Movement Studies 4: 85–93.

30) マイネル：金子明友（1981）スポーツ運動学．大修館書店：東京，p. 155.

31) 宮丸凱史・平木場浩二（1982）幼児のボールハンドリング技能における協応性の発達(3)—投動作様式の発達とトレーニング効果—．体育科学 10: 111–124.

32) Mosher, R. E. and Schutz, R. W. (1983) The development of a test of overarm throwing: An application of generalizability theory. Canadian J. Applied Sports Sciences 8: 1–8.

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

34) Nelson, K. R., Tomas, J. R. and Nelson, J. K. (1981) Longitudinal change in throwing performance: Gender differences. Res. Quart. Exerc. Sports 62: 105–108.

35) 日本体育協会スポーツ科学委員会編（1982）．体力テストガイドブック．ぎょうせい：東京，pp. 88–108.

36) 沼倉三郎（1956）測定値計算法．森北出版：東京，pp. 262–269.

37) 尾県 貢・中田順造・山本章雄・熊安貴美江（1989）成人女性におけるオーバーハンドスロー

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Physical Education

動作の検討—投距離に影響を与える体力要因を考慮して—. 体育学研究 34: 63–72.
38) 尾縣 貢・関岡康雄 (1995) 特別な投運動学習経験のない成人女性のオーバーハンドスロー動作の特徴. 体育学研究 38: 350–362.
39) 恩田実 (1988) やり投. 日本陸上競技連盟(編). 大修館書店：東京, pp. 254–255.
40) 斎藤好史・天野勝弘・鈴木正保・石井喜八 (1984) 投動作における身体各部の貢献度. 星川保・豊島進太郎編, 第7回バイオメカニクス学会大会論文集. 名古屋大学出版会：名古屋, pp. 114–117.
41) 桜井伸二 (1992) 投げる科学. 大修館書店：東京, pp. 83–84.
42) 桜井伸二 (1992) 投げる動きを教えるためには—格好良く投げるためには—. 体育の科学 42: 627–630.
43) 盛山和夫 (1983) 量的データの解析法. 直井優編. 社会調査の基礎. サイエンス社：東京, pp. 121–203.
44) 篠崎寿夫・松下祐輔 (1976) 応用数値計算法入門(上). コロナ社：東京, pp. 227–230.
45) Spreitzer, E. and Synder, E. E. (1974) Socialization into Sport: An exploratory path analysis. Res. Quart. 47: 238–245.
46) Toyoshima, S., Hoshikawa, T., Miyasita, M. and Oguri, T. (1974) Contribution of the body parts to throwing performance. In: Nelson, R. C. and Morehouse, C. A. (Eds.) Biomechanics IV. University Park Press: Baltimore, pp. 169–174.
47) 豊島進太郎・三浦望慶・池上康男 (1976) 種々の投てき物を投げたときの投動作の分析. 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告：34–47.
48) 豊島進太郎 (1980) ボール投げと体幹のひねり. 体育の科学 30: 478–482.
49) 豊島進太郎・星川 保・松井秀治 (1984) 女子の投運動から“よい投動作”の基準を探る. 星川保・豊島進太郎編, 第7回バイオメカニクス学会大会論文集. 名古屋大学出版会：名古屋, pp. 102–108.
50) 角田俊幸・稲葉勝弘・宮下充正 (1976) 投能力の発達. 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告. pp. 13–23.
51) 山本誠二・前田 明・丸山嘉久・西薗秀嗣・芝山秀太郎 (1990) 野球の投球動作 (オーバーハンドスロー) におけるボールの初速度に関する要因の分析的研究. 日本バイオメカニクス学会編. バイオメカニクス研究. メディカルプレス：東京, pp. 247–251.
52) 安田三郎・海野道郎 (1977) 社会統計学 (2版). 丸善：東京, pp. 225–247.
53) 吉福康郎 (1982) 投げる—物体にパワーを注入する—. J. J. Sports Sci.: 85–90.

(平成6年10月6日受付
平成7年5月27日受理)

NII-Electronic Library Service