

博士論文

円盤投のパフォーマンスに影響を与える体力および動作要因からみた
合理的なコーチングのための指針の提示

平成 30 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

前田 奎

目次

表のタイトル一覧	v
図のタイトル一覧	vi
関連論文	vii
I. 緒言	1
II. 文献研究	7
1. 体力に関する研究	7
(1) 円盤投における体力に関する研究	7
(2) 円盤投を除く投てき種目における体力に関する研究	8
2. 円盤投の投てき距離に影響する力学的要因	10
3. 円盤投の投てき動作に関する研究	14
(1) 第一両脚支持局面 (DSP1)	14
(2) 第一片脚支持局面 (SSP1)	16
(3) 支持なし局面 (NSP)	18
(4) 第二片脚支持局面 (SSP2)	19
(5) 第二両脚支持局面 (DSP2)	21
(6) 円盤投の投てき動作に関する研究の総括	23
III. 本研究の目的, 課題, 意義, 仮説および限界	25
1. 研究目的	25
2. 研究課題	26

3. 研究の意義	27
4. 研究の仮説	27
5. 研究の限界	28
(1) 作業上の仮定	28
(2) 対象者による限界	28
(3) 研究方法による限界	29
IV. 円盤投における投てき距離と体力要因との関係（研究課題 1）	30
1. 目的	30
2. 方法	32
(1) 対象者	32
(2) 調査項目	32
(3) 調査項目の測定方法	33
(4) 統計処理	33
3. 結果	36
(1) 各調査項目間の関係	36
(2) 各項目が投てき距離に与える影響の大きさ	36
(3) 投てき距離に対する体力の標準値の設定	42
4. 考察	47
(1) 形態および体力要因が投てき距離へ与える影響	47
(2) 投てき距離に対する体力の標準値の設定	51

5. 結 論	54
V. 円盤投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係（研究課題 2）	55
1. 目 的	55
2. 方 法	58
(1) データ収集および処理	58
(2) モデル作成	60
(3) 算出項目および方法	68
(4) 統計処理	74
3. 結 果	76
4. 考 察	80
5. 結 論	87
VI. 総合考察	88
1. 円盤投のパフォーマンス向上を目指した体力トレーニングに対するコーチング	90
2. 円盤投のパフォーマンス向上を目指した技術トレーニングに対するコーチング	98
3. 体力要因と動作要因との関係	101
4. 日本人円盤投競技者が国際大会で活躍するための指針	103
5. 今後の課題	105
(1) 対象者の投てき距離の範囲	105
(2) 各課題における研究手法	106
(3) 各課題における対象者とデータ収集の時期	106

VII. 結 論	108
謝 辭	110
文 獻	111
付 録	123

表のタイトル一覧

表 1 各項目の平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値および投てき距離との相関係数	37
表 2 各調査項目間の相関係数	38
表 3 形態に関する項目を用いたステップワイズ法による重回帰分析の結果	39
表 4 体力に関する全ての項目を用いたステップワイズ法による重回帰分析の結果	40
表 5 各カテゴリを代表する項目を用いた強制投入法による重回帰分析の結果	41
表 6 標準記録の推定式	43
表 7 投てき距離に応じた各体力要因の標準記録	44
表 8 投てき距離に応じた各体力要因の達成記録	45
表 9 キャリブレーションの標準誤差の平均値	61
表 10 各変数の平均値および標準偏差	77
表 11 モデルに取り上げた変数間の相関係数	78
表 12 著者の各体力要因と 55m および 60m の標準値	95

図のタイトル一覧

図 1 砲丸バック投げおよび砲丸フロント投げの様式	34
図 2 スナッチによる投てき距離の推定（回帰式）	46
図 3 静止座標系の定義	62
図 4 投てき動作の局面定義	63
図 5 円盤投動作のパスモデル	64
図 6 移動座標系の定義	70
図 7 腰回旋角度および膝関節角度の定義	75
図 8 円盤投動作における動作要因間の因果関係	79
図 9 円盤投競技者の体力評価項目の階層構造	92

関連論文

本論文は、以下の学術論文および学会発表をもとにまとめられたものである。

【学術論文】

前田 奎・大山卞圭悟・広瀬健一・尾縣 貢（2018）男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係-記録に応じた体力基準の推定-. コーチング学研究, 31 (2) : 175-184.

前田 奎・大山卞圭悟・関慶太郎・水島 淳・広瀬健一・尾縣 貢（2018）円盤投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係. 体育学研究, 印刷中.

【査読付学会議事録】

Maeda, K. , Ohyama, B. K. , Hirose, K. , and Ogata, M. (2016) Technical factors required for proper body translation in the discus throw. Proceedings of the 34th International Conference of Biomechanics in Sport, Tsukuba, Japan : 823-826.

【学会発表】

前田 奎・大山卞圭悟・尾縣・貢：男子円盤投の記録と体力との関係. 日本陸上競技学会
第14回大会（東京），2015年11月.

Maeda, K., Ohyama, B. K., Hirose, K., and Ogata, M. : Technical factors required for proper
body translation in the discus throw. Proceedings of the 34th International Conference of
Biomechanics in Sport (Tsukuba, Japan), 2016年7月.

前田 奎・大山卞圭悟・山元康平・広瀬健一・梶谷亮輔・戸邊直人・尾縣 貢：男子円盤
投競技者の体幹捻転に関するキネマティクスとパフォーマンスとの関係. 日本陸上競技
学会第15回大会（岡山），2016年12月.

前田 奎・大山卞圭悟・水島 淳・関慶太郎・広瀬健一・梶谷亮輔・尾縣 貢：男子円盤
投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果構造. 日本陸上競技学会第16回大
会（沖縄），2017年12月.

I. 緒 言

円盤投は、古代オリンピックから実施されている陸上競技投てき種目の一つであり、直径 2.5m のサークルと呼ばれる区域から、規定の重量の円盤（男性：2.0kg、女性：1.0kg）を投てきし、その距離を競う種目である。一般に、円盤投競技者は、投てき方向に背を向けた状態から、1 回転半のターン動作と呼ばれる準備動作を行った後に、円盤を投げ出す。一連のターン動作は、バックスイング最大の時点（Maximum backswing：BS）、右足が離地した時点（Right foot off the ground：R-off）、左足が離地した時点（Left foot off the ground：L-off）、右足が接地した時点（Right foot touchdown the ground：R-on）、左足が接地した時点（Left foot touchdown the ground：L-on）および円盤をリリースした時点（Release：Rel）の 6 つのイベントをもとに、BS から R-off までを第一両脚支持局面（あるいは準備局面）、R-off から L-off までを第一片脚支持局面（あるいはエントリ局面）、L-off から R-on までを支持なし局面（あるいは空中局面）、R-on から L-on までを第二片脚支持局面（あるいは移行局面）、L-on から Rel までを第二両脚支持局面（あるいは投げ局面）として、5 つの局面に分けて研究されてきた（Bartlett, 1992；Dapena, 1993；宮西ほか, 1997）。円盤投を含む投てき種目は、投てき物にできるだけ大きいエネルギーを与える必要があり、投てき物を遠くに投げるためには、身長や体重などが大きいこと、爆発的な力発揮能力および最大筋力が求められる（ボンパ, 2006；石河, 1977；シュモリンスキー, 1982；植屋ほか, 1994；山崎, 1993）。また、限られた空間の中で高速で複雑な動作を行うことから、円盤投は技術的に難しい種目であるとされており（Hay and Yu, 1995a）、円盤投競技者には優れた技術

の習得も要求されることがうかがえる。したがって、円盤投において高いパフォーマンスを達成するためには、体力および技術を高めることが必要不可欠であると考えられる。

円盤投競技者を対象として、投てき距離と体力との関係について検討した研究（原ほか，1994；畑山ほか，2011）において、投てき距離の大きな競技者ほどフルスクワットやベンチプレスなどの最大筋力が高い値であったこと、ハイクリーン、スクワットの最大筋力、跳躍種目（立幅跳、立三段跳および両足三段跳）において高い能力を有していたことが報告されている。また、指導書（金子，1988）においても、国際大会入賞者の体格が非常に大きく、世界一流選手の筋力（フルスクワット、ハイスナッチ、ハイクリーンおよびベンチプレス）が優れていることが示されている。しかしながら、いずれの先行研究においても、投てき距離と多くの体力要因との相関関係のみが検討されており、爆発的な力発揮能力や最大筋力に関連する体力要因は全て重要であるということだけが明らかにされている。

円盤投のコーチング現場において、競技者は、大きな力およびパワーを発揮する能力（以下、「パワー系体力」と略す）を強化するために、ウエイトトレーニング、走種目、跳躍種目、および投種目など、様々なパワー系のトレーニング手段を実施しており、それぞれのトレーニングが円盤投の投てき距離を大きくする上で、どのように関係しているかということ considering しながら、トレーニング計画を立案し、実践しているはずである。上述したように、先行研究（原ほか，1994；畑山ほか，2011）では投てき距離と各体力要因との相関関係の検討しかされておらず、投てき距離に対して各体力要因が与える影響の大きさについて検討した研究は見当たらない。さらに、Hommel and Kühl（1993）は、投てき種目における、いくつかの体力要因の標準値を設定しているが、これらの値がどのようにして算出

されたのかは明記されておらず，円盤投における各体力要因の標準値を示した研究は見当たらない．やり投においては，前田ほか（1990）が投てき距離に応じた各体力要因の下限水準を提示しており，それらはトレーニング現場において非常に有益な知見である．投てき距離に対して各体力要因が与える影響の大きさを明らかにした上で，目標とする投てき距離に応じて求められる体力基準を提示することができれば，より具体的なトレーニング計画の立案および実践の一助となる知見を得ることができると考えられる．

円盤投の投てき動作に関しては，世界トップレベルあるいはアジアトップレベルの競技者の動作の特徴を明らかにしたもの（Gregor et al. , 1985 ; 宮西ほか, 1998 ; 山本ほか, 2010），パフォーマンスと動作中のキネマティクスや動作時間との相関関係について検討したもの（Leigh et al. , 2008 ; Panoutsakopoulos and Kollias, 2012 ; 田内ほか, 2007a ; 前田ほか, 2017 ; 松尾・湯浅, 2005 ; 宮崎ほか, 2016），投てき距離と地面反力および下肢のキネティクスとの相関関係について報告したもの（Yu et al. , 2002）など，多くの研究が行われてきた．また，円盤投の投てき距離には，円盤リリース時の速度（以下，「初速度」と略す）が最も大きな影響を与えており（Hay, 1985 ; Hay and Yu, 1995a），初速度には競技者が投てき動作中に獲得した角運動量が関係することが示されている（Dapena, 1993）．角運動量に加えて，投てき動作前半における並進運動量についても，初速度との間に有意な正の相関関係が認められることが報告されている（前田ほか, 2017）．これらのことから，円盤投競技者が初速度を高めるためには，投てき動作を通して大きな運動量を獲得し，円盤へと伝達することが重要であり，大きな運動量の獲得および伝達のための動作が要求されると考えられる．

各局面で重要とされる動作についての文献を概観すると、第一両脚支持局面では、(右利き競技者の場合) 重心を左足の上あるいは越えたところまで移動させることが、成功試技のための重要な要因であることが示されている (Hay, 1985). しかし、積極的な体重移動がどのような動作に繋がるのかについては記述されていない。第一片脚支持局面では、「右脚をスイングする動作 (以下、「右脚の振込動作」と略す)」が行われる (Hay and Yu, 1995b). 宮崎ほか (2016) は、投てき動作前半、主に第一片脚支持局面での下半身の角運動量の増加は、「右脚の振込動作」を中心とする下半身の回転運動によるものであると示唆している。また、第一片脚支持局面では、「右脚の振込動作」と「左足を強く地面に押し込む動作」によって、投てき方向への推進が行われる (小野ほか, 2014 ; Silvester, 2003). 一方で、「右脚の振込動作」については、女性では投てき距離の大きな競技者ほど、弧を描くように大きく振り込んでいたが、男性競技者では有意な相関関係は認められなかったことも報告されている (Hay and Yu, 1995b). 支持なし局面では、腰が先行して回旋することによって、体幹の捻転が作り出される (Hay, 1985 ; Johnson, 1985). 円盤投と非常に類似した動作様式である、砲丸投の回転投法では、支持なし局面から第二片脚支持局面にかけて、「左脚をスイングする動作 (以下、「左脚の振込動作」と略す)」によって、角運動量の獲得が行われることが指摘されており (Ohyama et al., 2008), このことは円盤投においても同様であると考えられる。第二片脚支持局面では、左腕や素早い左脚の動作によって下半身を先行させて体幹の捻りを作り出し、L-on 時に円盤をできるだけ後ろに残しておくことが重要であると多くの指導書では示されている (小野, 1973 ; 尾縣, 1990 ; 金子, 1988 ; 佐々木ほか, 1991 ; Schwartz, 1986 ; Silvester, 1988). 一方で、山本ほか (2010) は、2007

年世界選手権大阪大会の上位3名に関して、体幹捻転角度の増加が主に空中局面で行われていたことから、上位3名の競技者はL-on時に意識的に円盤できるだけ後ろに残そうとしているわけではないという可能性を示唆している。さらに、女性では、投てき距離の大きな競技者ほどL-on時の体幹捻転角度が大きいが、男性では有意な相関関係は認められなかったことも報告されている (Leigh et al., 2008)。第二両脚支持局面は、投てき動作中に獲得した角運動量を円盤に伝達する局面である (Dapena, 1993; 宮西ほか, 1998) ため、円盤投のパフォーマンスに大きな影響を与える局面であると考えられる。第二両脚支持局面では、体幹の捻り戻し (宮崎ほか, 2016) や素早い振り切り動作 (田内ほか, 2007a) が行われ、初速度の60-70%程度が生み出される (Hay and Yu, 1995a; Schlüter and Nixdorf, 1984)。さらに、投てき距離の大きな競技者ほど、第二両脚支持局面での円盤の速度増加量が大きいことが明らかになっている (Hay and Yu, 1995a)。

このように、円盤投において高いパフォーマンスを達成するための投てき動作については、ある程度示されているものの、一貫した見解が得られていないと言える。これは、先行研究における標本数が少ないことや、世界トップレベルの競技者のみを対象としていることなどによる影響を受けていると考えられる。また、先行研究ではパフォーマンス (投てき距離あるいは初速度) との直接的な相関関係のみしか検討されていない。パフォーマンスと動作要因との直接的な相関関係についてのみを検討することによって、パフォーマンスとは直接的な相関関係が認められなくても、重要な動作要因との間に関係があり、間接的に高いパフォーマンスの達成に関連している動作要因を見落としてしまう可能性があると考えられる。尾縣・市村 (1995) は、「運動構造は弾力的な可動性を持つ一つの全体で

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」というマイネル（1981）の見解について触れた上で、運動学習において効率的な指導を行うために、運動中の動作要因間の因果関係を踏まえて、的確なポイントを指導することが望ましいと述べている。円盤投においても、パフォーマンスとの直接的な相関関係だけでなく、動作要因間の因果関係が明らかになれば、「原因-結果」を考慮したコーチングのための着眼点を提示することができるだろう。

以上のような背景から、円盤投におけるパフォーマンスに対して各体力要因が与える影響の大きさを検討することおよび高いパフォーマンス達成のための動作要因間の因果関係を明らかにすることは、より良い円盤投のコーチングに大きく貢献できる重要な研究課題であると考えられる。

Ⅱ. 文献研究

円盤投を含めた投てき種目において、高いパフォーマンスを達成するためには、形態的に大きく、爆発的な力発揮能力および最大筋力が求められる（ボンパ, 2006 ; 石河, 1977 ; シュモリンスキー, 1982 ; 植屋ほか, 1994 ; 山崎, 1993). また、限られた空間の中で高速で複雑な動作を行うことから、円盤投は技術的に難しい種目であるとされており（Hay and Yu, 1995a), 円盤投競技者には優れた技術の習得も要求される. 本章では、円盤投における体力に関する検討した研究、投てき動作に関する研究を概観し、円盤投のパフォーマンスを決定する要因について検討する.

1. 体力に関する研究

(1) 円盤投における体力に関する研究

原ほか(1994)は、国内男性円盤投競技者 77 名を対象に、形態および体力に関する項目について調査を行い、投てき距離との相関関係を検討した結果、50m 走を除く全ての項目において、有意な相関関係が認められたことを報告している.

畑山ほか(2011)は、国内上級円盤投競技者 5 名と国内中級円盤投競技者 8 名を対象に、身体特性（身長、体重、体脂肪率、胸囲、指極、腹囲、首囲、大腿囲、下腿囲、上腕囲および前腕囲）、1RM による最大筋力（ベンチプレス、ハイクリーンおよびスクワット）および跳躍種目（立幅跳、立三段跳および両足三段跳）について調査を行い、投てき距離との相関関係を検討した結果、投てき距離の大きい競技者ほど、ハイクリーンの挙上重量が

大きく、全ての跳躍種目において高い能力を有していたことを報告している。

円盤投競技者の形態および体力に着目した研究は、上述した先行研究（原ほか，1994；畑山ほか，2011）を除いて、ほとんど見当たらない。そこで、円盤投以外の投てき種目における、パフォーマンスと体力との関係について検討した研究について概観する。

(2) 円盤投を除く投てき種目における体力に関する研究

砲丸投のパフォーマンスは、スクワット、ベンチプレスおよびスナッチにおける最大挙上重量との間に有意な相関関係が認められることが報告されている（Terzis et al., 2012）。山科（1989）は、砲丸投および円盤投において、高校生の男性競技者を対象に、投てき距離と形態、体力および運動能力との単相関および重相関分析を行った結果、砲丸投では身長、フルスクワット、50m 走および垂直跳が、円盤投では指極、体重、50m 走、フルスクワットおよびベンチプレスが、競技力の特性因子と考慮され、投てき距離に貢献している要素となっていることを明らかにしている。廣瀬ほか（2013）は、ハンマー投において、実業団競技者および学生競技者を対象に、競技パフォーマンス（自己記録）とコントロールテストとの関係について検討した結果、パワー系競技者の体力評価に用いられる「4 種目テスト（30m 走、立幅跳、立三段跳および砲丸バック投げ）: TEST QUADRATHLON (Jones et al., 1987)」の総合得点、立幅跳、立三段跳、砲丸バック投げおよびクリーンについて、競技パフォーマンス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。前田ほか（1990）は、熟練したやり投競技者を対象に、投てき距離と一般に体力指標として用いられている項目との関係について検討し、やり投競技者に必要な体力の下限水準の導出を試

みている。その結果、投てき距離と多くの体力要因との間に有意な相関関係が認められたことが報告されており、中でも 100m 走、ジャーク、身長がやり投パフォーマンスに与える貢献度の大きな体力要因であることが明らかとなっている（前田ほか，1990）。さらに、前田ほか（1990）は、やり投パフォーマンスとの間に有意な相関関係の認められた各体力要因について、やり投の投てき距離に対する下限水準の推定式を示している。このように、各投てき種目において、パフォーマンスと体力との関係について検討した研究は散見されるものの、それぞれの研究で対象としている競技者の競技レベル、人数などが異なっている。幅広い競技レベルの多数の競技者を対象に調査を行うことで、より一般化可能な知見を得ることができると考えられるが、幅広い競技レベルの多数の競技者を対象としたものは、円盤投における原ほか（1994）の報告、やり投における前田ほか（1990）以外では見当たらない。円盤投においては、原ほか（1994）や畑山ほか（2011）の報告から、競技力の高い円盤投競技者ほど、高い体力水準であることは明らかになっているものの、これらの先行研究においては、投てき距離との相関関係のみが検討されており、調査された全ての形態あるいは体力要因が同じ次元で扱われている。すなわち、形態および体力要因が投てき距離に与える影響の大きさを明らかにすること目的として、円盤投競技者の形態および体力要因について検討した研究は行われていない（問題点 1）。

前田ほか（1990）の報告では、上述したように、やり投のパフォーマンスに対する貢献度の大きな体力要因が明らかになっていることに加えて、やり投競技者に必要な各体力要因の下限水準の設定がなされている。円盤投においては、Hommel and Kühl（1993）が、いくつかの体力要因の標準値が示されているが、これらの値がどのようにして算出されたの

かは明記されておらず、円盤投における各体力要因の標準値を示した研究は、ほとんど見当たらない（問題点2）。

2. 円盤投の投てき距離に影響する力学的要因

円盤投の投てき距離を決定する要因には、初速度、投射角、投射高などのリリースパラメータと呼ばれる要因、円盤の姿勢角および迎え角、円盤の角速度、飛行中の円盤が受ける空気力学的な要因（風速、風向など）などが挙げられる（Hay, 1985）。これらの中でも、初速度は投てき距離との間に強い相関関係が認められることが、多くの研究において報告されている（Badura, 2010 ; Bartlett, 1992 ; Hay, 1985 ; Hay and Yu, 1995a ; 前田ほか, 2017 ; Schlüter and Nixdorf, 1984）。前田（1995）は、投てき距離に明らかな差がない場合は、初速度以外の要因による影響が大きくなる可能性があるとして述べているが、投てき距離を向上させるためには、高い初速度を獲得する必要があることがうかがえる。

投射角について、Hay（1985）は、円盤に作用する力の方向、力を作用し続けた距離によって決定すると述べている。加えて、Hay（1985）は、投てき4種目の最適投射角に関して、砲丸投では45°より若干低い程度、円盤投では35-40°程度、やり投では30-40°程度、ハンマー投では38-44°程度であり、種目によってそれぞれの最適投射角は異なると報告している。Lockwood（1963）は、10名の円盤投競技者（48.8-57.9m）を分析し、全被検者の投射角が30-45°、そのうち6名は34-37°の範囲内であったことを報告している。Hay and Yu（1995a）は14名の男性円盤投競技者（53.20-67.14m）および15名の女性競技者（43.10-68.08m）を分析し、全被検者の投射角が30-43°（男性平均：36.14±2.57°、女性平

均： $36.34 \pm 3.79^\circ$) の範囲内であったことを報告している。また、Hay (1985) は優れた競技者 (45–60m) は投射角を $35\text{--}40^\circ$ で投げ出すことを推奨している一方で、競技力の低い競技者は 45° を超えない範囲でわずかに増加させるべきであると述べている。しかし、上述した先行研究だけでも、投射角には $30\text{--}45^\circ$ までの開きがあること、Hay (1985) が競技レベルによって最適な投射角は異なると報告していることから、投射角は条件や競技者によって最適な値が異なることがうかがえる。他方、投てき距離と投射角との間に有意な相関関係は認められなかったことを報告している研究 (Leigh et al. , 2008 ; 前田ほか, 2017) も存在することから、投射角が投てき距離に与える影響はそれほど大きくないと考えられる。投射角と姿勢角の差は、迎え角と呼ばれ、優れた競技者の迎え角は負になることが報告されている (Hay, 1985) 。前田 (1995) は、実験におけるほとんどの投てき試技で、負の迎え角 (-15° が極大値) を示し、正の迎え角となった場合は投てき距離が小さくなったことを報告している。すなわち、迎え角が負の値となるように、円盤を投げ出すことができれば、投てき距離の向上につながることもうかがえる。しかし、飛行中の円盤は常に姿勢角は変化し、相対的な風の大きさとその方向も絶えず変化して、互いが複雑に影響し合うため、状況に応じて最適な迎え角は異なると考えられる。

投射高について、Hay (1985) は、円盤を投げ出す瞬間の競技者の姿勢によって決定し、初速度や投射角と比較すると相対的にそれほど重要ではない要因ではあるが、他の全ての要因が等しい場合、投射高の高い方が有利であると述べている。山本ほか (2008, 2010) は、2007 年世界選手権大阪大会における上位 8 名の競技者 (身長 of 平均値 : 1.98m) の平均投射高は、1.89m (身長比 : 95.6%) であるのに対して、日本一流競技者の平均投射高は

1.66m（身長比：90.7%）であり，世界トップレベルの競技者の方が0.23m，5%程度高い結果であったと報告している．また，Gregor et al.（1985）は1984年オリンピックロスアンゼルス大会円盤投決勝における上位3名の競技者（身長の平均値：1.90m）の平均投射高は1.73m（身長比：91%）と報告している．他方，前田ほか（2017）は，投てき距離と投射高および投射高（身長比）との間に有意な相関関係は認められなかったことを報告している．前田（1995）は，円盤投のようにある程度飛行距離が大きく，空気力学的要因が飛行に影響を与えるような場合，投射高は投てき距離を大きく左右する要因にはならないと述べている．これらのことから，投射高についても，投てき距離に与える影響はそれほど大きくないと考えられる．

円盤の角速度は，単位時間当たりの円盤の回転角度で求めることができる．山崎（1993）は，円盤に鋭い回転を加えることでジャイロ効果が発生し，それにより円盤の飛行が安定し，空気抵抗を有効に作用させることができると述べている．Soong（1976）は，一定数まで回転を増加させることで円盤の軸の横揺れや縦揺れを少なくする効果があるが，一定数以上増加させてもその効果は変わらないと報告している．前田・白井（2007）は回転数が明らかに少ない円盤に関して，回転数の多い円盤と比べて投てき距離が小さくなる傾向であったとしているが，円盤によって質量分布が異なるため，それぞれの円盤で回転のしやすさが異なり，慣性モーメントの大きい円盤は回転数が少なくても距離の損失は小さくなることを報告している．つまり，円盤の角速度については大きければ大きいほど良いというわけではなく，一定の値を超えると投てき距離に与える影響は小さいことがうかがえる．さらに，慣性モーメントが大きい円盤ほど低い回転数でもジャイロ効果の恩恵を大き

く受けるため（前田・白井，2007），円盤によって角速度の最適値は異なると考えられる。

飛行中の円盤が受ける空気力学的要因について，Tutjowitch（1976）は，8m/s 以下の向かい風は競技者にとって有利となること，追い風では投射角を大きくすべきであることを報告している．Frohlich（1981）は，投てき方向に対して前方および右側からの風が競技者にとって最も有利であることを報告しており，このことは最適な風の方向は，投てき方向に対して右側に 20°の方向であるという Pharoah（1957）の見解を支持している（Bartlett，1992）．Poprawski（1994）は，風速 10m/s の向かい風，追い風，右側からの風，左側からの風および無風の条件で比較を行ったところ，右利き競技者にとっては右側から 10m/s の風が理想の条件に近く，この場合投てき方向の右側に向かって，円盤の右側が下がった円盤を投げ出すことを推奨している．このように，円盤投においては，投てき方向あるいは投てき方向の右側からの風が，投てき距離を伸ばす上で有利であることがうかがえる．一方で，風速や風向といった要因は競技者がコントロールできる要因ではないため，円盤投競技者には，状況に応じて投射角や姿勢角などをコントロールしつつ，初速度を高めることが要求されると考えられる．

ここまでは，投てき距離に影響を与える投てき動作以外の要因について検討した研究を概観してきたが，より大きな投てき距離を達成するためには，高い初速度を獲得するための投てき動作を明らかにすることが重要であると考えられる．したがって，次節では，円盤投の投てき動作に着目した研究によって得られた知見を検討する．

3. 円盤投の投てき動作に関する研究

Hay (1985) は、ターン動作を用いないスタンディングスローでの投てきとターン動作を用いた投てきを比較した結果、ターン動作を用いた投てきの方がより大きな初速度を得ることができることを述べている。また、円盤投競技者はターン動作に移る前に一連の準備動作を行うことが報告されている (Hay, 1985 ; 大山・宮下, 2012)。Dapena (1993) は、ターン動作を用いた投てき動作に関して、BS から L-off までの局面 (DSP1-SSP1) において、地面に対して鉛直軸まわりの角運動量を獲得し、L-off から L-on までの局面 (NSP-SSP2) において、獲得した角運動量の転移が行われ、L-on から Rel までの局面 (DSP2) において、角運動量を効率的に円盤に伝達することで、高い初速度を得ることができると述べている。宮西ほか (1998) は、競技者+円盤系の角運動量と身体の角運動量との差が、DSP2 の後半に大きくなったことを報告しており、これは身体から円盤へ角運動量が伝達されたことによるものであると指摘している。さらに、前田ほか (2017) は、初速度の高い競技者ほど、R-off 時および L-off 時の重心速度および並進運動量、NSP の重心移動距離が高値を示したことを報告しており、初速度を向上させるために、角運動量に加えて並進運動量の獲得も重要であることが示されている。以上の報告から、高い初速度の獲得には、大きな角運動量および並進運動量の獲得が要求され、円盤投競技者は大きな運動量の獲得につながる投てき動作を目指していると考えられる。本節では、投てき動作に着目した研究について、局面ごとに検討する。

(1) 第一両脚支持局面 (DSP1)

先述したように、DSP1 では地面に対して鉛直軸まわりの角運動量が獲得される (Dapena,

1993). DSP1 では、初速度の 21-25%が生み出されることが示されており (Hay and Yu, 1995a ; Schlüter and Nixdorf, 1984), 男性競技者については、DSP1 の円盤の速度増加と投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められたことが報告されている (Hay and Yu, 1995a). 一方で、Schlüter and Nixdorf (1984) の報告においては、DSP1 における円盤の速度増加量と初速度との間には有意な相関関係が認められなかったことも示されている.

Bartlett (1990) は、優れた競技者においては、DSP1 の動作時間の変動が大きかったことから、DSP1 に続く局面での動作は、DSP1 の動作による影響を全く受けないだろうと示唆しており、Stepanek and Susanka (1986) も同様の見解を示している. 他方、Hay (1985) は、これらの報告とは異なる見解を述べている. Hay (1985) は、左足を投てき方向に回転させながら、重心を左足の上あるいは左足を越えたところまで移動させることが、成功試技のための重要な要因であることを指摘している. 指導書 (Judge, 2014) においても、Hay (1985) と同様に、左への体重移動の重要性について言及されている. また、前田ほか (2017) も、BS 時に体重を右足に乗せ、DSP1 から SSP1 にかけて左足に体重を移動させるという Silvester (2003) の指摘を踏まえて、大きな角運動量の獲得には、体重移動が必要であると述べている. さらに、前田ほか (2017) は、野球の投球動作やバッティング動作、ゴルフのドライバーショットにおいて、身体の並進運動に引き続いて回転運動が行われながら、近位セグメントから遠位セグメントに向かって順序良く運動が行われるという報告 (石田, 2005 ; Matsuo et al., 2001 ; 桜井, 2004 ; Welch et al., 1995) を援用した上で、円盤投においても DSP1 での体重移動による身体の並進運動が、後の回転運動につながる可能性があることを指摘している. 加えて、小野ほか (2014) が作成した、観察的動

作評価法による円盤投動作技能の評価規準においても，DSP1 での重心の落とし込みや重心の水平移動といった項目が含まれている．

以上の報告から，DSP1 においては，円盤の速度を増加させることが初速度の獲得につながるとは言いきれないが，体重移動によって，競技者を推進させることが，後の回転運動につながる重要な要因であると考えられる．

(2) 第一片脚支持局面 (SSP1)

SSP1 においても，引き続き角運動量 (Dapena, 1993) および並進運動量 (Dapena, 1993 ; 前田ほか, 2017) の獲得が行われる．

まず，角運動量の獲得に関する動作について，多くの先行研究および指導書 (エッカー, 1999 ; Hay and Yu, 1995b ; Judge, 2014 ; 小野ほか, 2014 ; 山崎, 1993) において，SSP1 では「右脚の振込動作」が行われることが指摘されている．Hay and Yu (1995b) は，「右脚の振込動作」について，右脚が身体の近くを素早く横切る方法と身体の遠くを大きく回す方法の 2 種類について比較した結果，女性競技者に関して，右脚を弧のようにして大きく振り込む競技者ほど投てき距離が高かったことを報告している．しかし，男性競技者では同じような傾向は見受けられたものの，統計的には支持されなかったことが報告されている (Hay and Yu, 1995b)．一方で，宮崎ほか (2016) は，ターン動作の前半，特に SSP1 において，下半身の角運動量が大きく増加していたことを報告しており，これは「右脚の振込動作」を中心とする下肢の回転動作によって作り出されたものであることを示唆している．これらの報告から，男性競技者においては，具体的な方法は問わずに，「右脚の振込

動作」を行うことによって、角運動量の獲得が行われていると考えられる。

次に、並進運動量の獲得に関する動作について、Yu et al. (2002) は、SSP1 における左足の投てき方向への力積と投てき距離との間、左足の投てき方向への力積と地面反力のピークとの間、および左足の鉛直方向への力積と投てき距離との間のそれぞれについて、有意な正の相関関係が認められたことを報告しており、円盤投競技者は SSP1 において競技者+円盤系を投てき方向にできる限り力強く推進させるべきであると述べている。前田ほか (2017) は、L-off 時の重心速度および並進運動量のそれぞれについて、初速度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おり、SSP1 において重心速度を高めて、並進運動量を獲得することで、競技者+円盤系を推進させることが、初速度の向上につながることを示唆している。松尾・湯浅 (2005) は、L-off 時に重心速度がピークを迎えることを報告している。Judge (2014) は、左足を押し込む動作が並進運動のために重要であると指摘している。Silvester (2003) は、「右脚の振込動作」による強い回転力と「左脚を強く地面に押し込む動作」による推進力を結びつけることで、より大きな運動量を獲得することができる」と述べている。小野ほか (2014) の評価規準には、回転に関する項目として「右脚の振り込み」が、投てき方向への推進に関する項目として「左脚の押し込み」が含まれており、これらは Judge (2014) および Silvester (2003) の指摘を支持するものである。

以上の報告から、SSP1 においては、「右脚の振込動作」と「左脚を強く地面に押し込む動作」を行うことによって、角運動量および並進運動量の獲得が行われると考えられる。

(3) 支持なし局面 (NSP)

Dapena (1993) によると、NSP は投てき動作前半で獲得した運動量の転移が行われる。また、NSP では、腰が先行して上肢が水平外転することで体幹の捻りが作り出されることが示されている (Hay, 1985 ; Johnson, 1985)。小野ほか (2014) の評価規準には、「腰の先行」が含まれており、上半身よりも腰が先行することの重要性がうかがえる。前田ほか (2017) は、初速度と NSP における重心移動距離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、NSP での競技者+円盤系の推進が初速度の増大につながることを示唆している。Yu et al. (2002) は、NSP 後の R-on 時の鉛直方向の衝撃力のピークと投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められたこと、NSP 後の R-on 時の鉛直方向の衝撃力と後の局面である SSP2 での右足の前後方向の力積との間に有意な正の相関関係が認められたこと、SSP2 での右足の力積と投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められたことから、R-on 時の右足の衝撃力を大きくする必要があると述べている。そのために、NSP ではある程度重心の高さが必要であると指摘されている (Yu et al., 2002)。

小野ほか (2014) の評価規準には、「左脚の振り込み」という項目も含まれている。山崎 (1993) は、L-off 以降の左足の動かし方について、ハムストリングスにかかとを引きつけ、いったん折りたたむようにして動かす方法と、直線的に低い位置で動かす方法の 2 つがあると述べている。Ohyama et al. (2008) は、砲丸投の回転投法を用いている競技者について 3 次元動作分析を行った結果、投てき動作後半に並進運動量および角運動量が増加している競技者が存在し、これらの運動量の増加には、「左脚の振込動作」が関係していると述べている。Dapena (1993) は、NSP 以降の局面で角運動量はほとんど変化しないこと

を報告しているが、動作様式が極めて類似している砲丸投の回転投法において、投てき動作後半で角運動量が増加したという Ohyama et al. (2008) の報告に鑑みると、円盤投においても、「左脚の振込動作」によって運動量の獲得が行われている可能性が高いと考えられる。

以上の報告から、NSP においては、上半身よりも腰が先行して回旋することによって、体幹の捻転が確保されること、先の局面で「左脚を押し込む動作」が行われた結果、競技者＋円盤系が投てき方向に推進すること、そして「左脚の振込動作」によって運動量の獲得が行われることが示されている。

(4) 第二片脚支持局面 (SSP2)

Dapena (1993) は、SSP2 においても、獲得した運動量の転移が行われると述べている。Schlüter and Nixdorf (1984) は、SSP2 での円盤の速度変化量と初速度との間に有意な負の相関関係が認められたことを報告しており、これは SSP2 での腰の速度および肩の速度と初速度との間に負の相関関係が認められたことに関連していることが示されている (Bartlett, 1992)。すなわち、SSP2 において腰および肩が回旋することで、腰の先行が失われることで円盤の速度が増加し、SSP2 での円盤速度の増加は初速度の獲得にとって悪影響を与えている (Schlüter and Nixdorf, 1984)。SSP2 においても、腰は肩を先行しており (Lindsay, 1991)、多くの指導書 (小野, 1973 ; 尾縣, 1990 ; 金子, 1988 ; 佐々木ほか, 1991 ; Schwartz, 1986 ; Silvester, 1988) で、SSP2 では左腕や素早い左脚の動作によって下半身を先行させて体幹の捻りを作り出し、L-on 時に円盤をできるだけ後ろに残しておく

ことが重要であることが示されている。一方で、宮崎ほか（2016）は、SSP2の平均体幹捻転角速度は負の値（腰が肩よりも先行して回旋している状態が負）を示したにも関わらず、初速度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。このことについて、宮崎ほか（2016）は、初速度の高い競技者は、体幹の筋の働きによって体幹の捻転が抑えられているため、平均体幹捻転角速度が小さくなったと述べている。山本ほか（2010）は、2007年世界選手権大阪大会の上位3名に関して、体幹捻転角度の増加が主にNSPで行われていたことから、上位3名の競技者はL-on時に意識的に円盤をできるだけ後方に残そうとしているわけではないという可能性を示唆している。Leigh et al.（2008）は、L-on時の体幹捻転角度について、女性競技者では投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められたが、男性競技者では有意な相関関係は認められなかったことを報告している。これらの報告から、SSP2において、体幹の捻転が失われることは好ましくないが、積極的に体幹の捻転を生み出すことについては、必ずしも必要であるとは限らないと考えられる。

小野ほか（2014）の評価規準には、SSP2での「右足の回し込み」という項目が含まれている。山崎（1993）は、右脚の動きについて、右足で地面を押さえながらかかとを回し、このとき右膝を内側に倒すように早く入れると述べている。Yu et al.（2002）は、SSP2における右股関節内旋トルクと投てき距離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た上で、右脚全体の投てき方向への回旋動作の重要性について指摘している。大谷ほか（2014）は、砲丸投の回転投法における右下肢の動作について、「膝を回しこむ」回旋動作と「鉛直方向へのキック」を強調した動作であったことを報告している。このように、SSP2においては、右下肢が投てき方向に対して回旋する動作も行われることが明らかとな

っている。

(5) 第二両脚支持局面 (DSP2)

DSP2 では、投てき動作を通して獲得した運動量が円盤へと伝達される (Dapena, 1993 ; 宮西ほか, 1998)。上述したように、DSP2 の後半において、競技者+円盤系の角運動量と身体角運動量との差が大きくなったことが報告されており、これは身体から円盤へ角運動量が伝達されたことによるものであると示唆されている (宮西ほか, 1998)。

Hay and Yu (1995a) および Schlüter and Nixdorf (1984) によると、DSP2 では初速度の約 60-70%が獲得され、DSP2 での円盤の速度増加が、他のどの局面よりも格段に大きいことが明らかとなっている。さらに、Hay and Yu (1995a) はパフォーマンスの高い競技者ほど、DSP2 における円盤の速度増加量が大きくなることを報告している。したがって、DSP2 において円盤の速度を高めることが、大きな投てき距離の達成につながると考えられる。

Yu et al. (2002) は、DSP2 における左足の後方および鉛直方向の地面反力、左膝関節伸展トルク、投てき距離のそれぞれの間に有意な相関関係が認められたことを報告しており、DSP2 における左脚の主な役割は、後方および鉛直方向への推進力を生み出すことであり、競技者+円盤系の鉛直軸まわりの投てき方向への回転を加速させていると述べている。すなわち、DSP2 においては、左膝の伸展動作によって最終的な身体回転を生み出していることがうかがえる。

宮崎ほか (2016) は、リリース時の体幹捻転角度と初速度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、肩が腰を追い越す度合いが大きいことが初速度の獲得につな

がることを示唆している。一方で、Lindsay (1991) は Rel 時に肩が腰を追い越した状態での投げは、好ましくない技術であると述べている。このことについて、宮崎ほか (2016) は、対象者の形態的特性の違いによる影響を受けている可能性について指摘し、自由上肢の長い欧米の競技者と日本人競技者では望ましい技術が異なり、日本人競技者は体幹の捻転を強調することで上肢の運動範囲を補っていると述べている。さらに、宮崎ほか (2016) は、DSP2 の体幹捻転角速度と初速度との間に有意な正の相関関係が認められたことも報告しており、積極的な捻り戻し動作が下半身から上半身への角運動量の伝達に関わることを示唆している。したがって、日本人競技者においては、DSP2 で捻転された体幹を積極的に捻り戻すことが、初速度の獲得に関係している動作であることがうかがえる。

植屋・中村 (1992) は、投てき動作で生み出した運動量を振り切り動作（円盤を保持している腕をスイングする動作）によって効率的に円盤に伝えると述べている。宮下・金子 (1977) は、指導書において、円盤には両足、胴体、右腕を通して力が伝導され、振り切り動作に移ると述べている。また、他の指導書（金子，1988；山崎，1993）においても、身体のターンで得られる円盤のスピードは、全体の 60% でしかなく、残りの 40% は、腕の振り切りおよびスナップ動作によって生まれるとされている。

以上の報告から、DSP2 においては、左膝の伸展動作、体幹の捻り戻し動作および投てき腕の振り切り動作によって、DSP2 以前の局面で獲得した運動量が円盤に伝達されると考えられる。

(6) 円盤投の投てき動作に関する研究の総括

円盤投の投てき動作に関する研究は、本節で示したように、世界トップレベルあるいはアジアトップレベルの競技者の動作の特徴を明らかにしたもの (Gregor et al., 1985; 宮西ほか, 1998; 山本ほか, 2010), パフォーマンス (投てき距離あるいは初速度) と動作中のキネマティクスとの相関関係について検討したもの (Leigh et al., 2008; 前田ほか, 2017; 松尾・湯浅, 2005; 宮崎ほか, 2016), 投てき距離と地面反力および下肢のキネティクスとの相関関係について報告したもの (Yu et al., 2002) など, 多数存在する。しかし, これらの先行研究では, それぞれの動作要因とパフォーマンス (投てき距離あるいは初速度) との直接的な相関関係については検討されてきているものの, パフォーマンスと総合的な投てき動作との因果関係についての検討や, 投てき動作中の動作要因間の因果関係の検討はなされていない (問題点 3)。さらに, 上述した先行研究では, ある程度高い競技レベルの競技者のみを対象としているものが多く, 得られた全ての結果が一般化できるとは限らない。わずかに, Leigh and Yu (2007), Leigh et al. (2008) が, 複数の競技会に出場した 51 名の競技者を対象に分析を行っているものの, 扱われた動作要因が少なく, 投てき距離と関係の認められた動作要因が L-off 時の体幹捻転角度のみであったことから, 男性競技者では体力的な要因が, 投てき距離により大きな影響を与えていると指摘されている。Leigh and Yu (2007) および Leigh et al. (2008) が対象とした競技者は, 比較的体格が大きい外国人競技者であるが, 前述したように, 宮崎ほか (2016) は, 形態の異なる日本人競技者と欧米の競技者では, 望ましい技術が異なる可能性があるとして述べており, Leigh et al. (2008) の結果が日本人競技者にも当てはまるとは限らないと考えられる。このように,

幅広い競技レベルを有する多くの日本人円盤投競技者を対象に、3次元動作分析を行った研究はほとんど見当たらず、高いパフォーマンスを達成するための投てき動作について、一般化可能な知見を得るには至っていない（問題点4）。

Ⅲ. 本研究の目的, 課題, 意義, 仮説および限界

1. 研究目的

文献研究より, 円盤投のパフォーマンスと体力および投てき動作との関係について, 以下の問題点が指摘された.

- (1) 円盤投競技者には, 形態的に大きいこと, 高い筋力水準が要求されることが明らかとなっているが, 調査された全ての形態あるいは体力要因が同じ次元で扱われている. 形態および体力要因の投てき距離に対する影響の大きさを明らかにすること目的として, 円盤投競技者の形態および体力要因について検討した研究は行われていない (問題点 1).
- (2) 先行研究において, いくつかの体力要因の標準値が示されているが, これらの値がどのようにして算出されたのかは明記されておらず, 円盤投における各体力要因の標準値を示した研究は, ほとんど見当たらない (問題点 2).
- (3) 複数の研究において, 動作要因とパフォーマンスとの直接的な相関関係について検討されている. しかしながら, パフォーマンスと総合的な投てき動作との因果関係についての検討や, 投てき動作中の動作要因間の因果関係の検討はなされていない (問題点 3).
- (4) 投てき動作に着目した研究の多くが, ある程度高い競技レベルの競技者のみを対象としている. 幅広い競技レベルを有する多くの日本人円盤投競技者を対象に, 3 次

元動作分析を行った研究はほとんど見当たらず、高いパフォーマンスを達成するための投てき動作について、一般化可能な知見を得るには至っていない(問題点4)。

本研究では、上記の問題点を解決するために、日本人男性円盤投競技者における体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさを明らかにし、各体力要因の標準値を提示すること、そして高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係について検討することで、円盤投のコーチングに資する知見を得ることを目的とした。

2. 研究課題

本研究では、上述した研究目的を達成するために、以下に示す2つの研究課題を設定した。

【研究課題1】

円盤投における投てき距離と体力要因との関係

体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさを明らかにし、投てき距離に対する各体力要因の標準値を提示する(問題点1, 2)。

【研究課題2】

円盤投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係

高い初速度の獲得に直接的あるいは間接的に関係する動作要因間の因果関係について検討する(問題点3, 4)。

3. 研究の意義

本研究では、まず円盤投の投てき距離に対して、それぞれの体力要因が与える影響の大きさおよび投てき距離に応じた体力要因の標準値について検討を進める。円盤投において、高いパフォーマンスを達成するためには、形態的に大きく、高い体力水準を有していることが要求されると示されているが、各体力要因の重みづけはなされていないのが現状である。投てき距離に対して各体力要因が与える影響の大きさおよび投てき距離に応じた体力要因の標準値が明らかになれば、円盤投競技者が体力トレーニングを計画し、実践する上で、目標設定および達成度評価の一助となる資料を提示することができる。次に、円盤投における高い初速度を獲得するための、動作要因間の因果関係について検討を進める。先行研究および指導書において、円盤投競技者に求められる投てき動作については、ある程度示されているものの、パフォーマンスとの直接的な相関関係しか検討されていないのが現状である。動作要因間の因果関係について明らかにすることができれば、「原因-結果」という関係を考慮したコーチングに資する知見を得ることができる。本研究で得られる知見は、円盤投の体力および技術トレーニングにおける課題の設定や、円盤投競技者の体力および技術の評価、診断のために有益であり、円盤投のコーチングおよび研究の発展に寄与するものであると考えられる。

4. 研究の仮説

先述した研究課題に対して、以下の仮説を設定した。

- (1) 多くの体力要因は、投てき距離に関係しており、扱う用具の重量や動作様式が円盤

投の投てき動作に類似した体力要因ほど、投てき距離に対する影響が大きい。

- (2) 先行研究、指導書およびコーチング現場で重要と認識されている動作要因には、一連の投てき動作の流れに沿った因果関係が存在し、高い初速度の獲得に間接的あるいは直接的に関係している。

5. 研究の限界

本研究には、以下に示す研究方法による限界、一般化および普遍化に関する限界が存在する。

(1) 作業上の仮定

本研究では、バイオメカニクスの手法を用いて、投てき動作の分析を行った。したがって、分析を行う際には以下の仮定を設けた。

- 1) 対象者の重心は、阿江（1996）の身体部分慣性係数を用いて推定できる。
- 2) 競技会および実験における全力投てきは、全ての対象者が最大努力で遂行したものである。

(2) 対象者による限界

本研究では、日本における一般レベルからトップレベルに至るまでの競技力を有する日本人男性円盤投競技者を対象とした。そのため、本研究の対象者の性別、競技レベルなどの属性の範囲内で一般化が可能である。したがって、本研究で得られた知見を、国際大会

に出場あるいは入賞するようなトップレベルの円盤投競技者，また円盤の重量が異なる女性競技者，ジュニア期およびユース期の競技者にそのまま適用するには限界がある．

(3) 研究方法による限界

本研究では，複数の競技会および実験において，投てき動作の撮影を行った．そのため，風や気温，湿度などの気候条件，サークルのサーフェイスといった条件を，全ての試技で統一することはできなかった．

IV. 円盤投における投てき距離と体力要因との関係（研究課題 1）

1. 目的

円盤投を含めた投てき種目には、身長や体重などの体格が大きいこと、爆発的な力発揮能力および最大筋力が求められることが報告されてきた（ボンパ，2006；石河，1977；シユモリンスキー，1982；植屋ほか，1994；山崎，1993）。また，Hay and Yu（1995）は，円盤投は限られた空間の中で高速で複雑な動作を行うため，技術的に難しい種目であると述べており，優れた技術の習得が円盤投のパフォーマンス向上のために必要であることがうかがえる。これらのことから，円盤投でより高いパフォーマンスを発揮するためには，体力および技術を高めることが不可欠であると考えられる。

一般的にスポーツでは，体力と技術を概念的に分けて捉えることが多いが，関子（2003）は体力要因，技術要因，集中力などのメンタルな要因の全てが，実施する一つの運動中に内在しており，そのいずれが変化しても，動きが変容することになると述べている。関子（2003）が体力と技術の関係について指摘しているように，円盤投の競技現場においても，体力が低いことが優れた技術を習得する上で制限要因となり，体力を向上させることで技術習得が可能となる事例もしばしば見受けられる。また，円盤投のように，限られた時間内に一定の質量を持った投てき物を加速させるためには，運動エネルギーの発生源となる身体の加速に対する要求も大きくなると考えられる。この要求を満たすために，投てき競技者には，パワー系体力が必要となることは自明であると言える。実際に，円盤投の投てき距離の大きな競技者ほど，フルスクワットやベンチプレスなどの最大筋力が高い値であ

ったこと（原ほか，1994），ハイクリーン，スクワットの最大筋力および跳躍種目（立幅跳，立三段跳，および両足三段跳）において高い能力を有していたこと（畑山ほか，2011）が報告されている．このように，競技力の高い円盤投競技者ほど，パワー系体力が高い水準であることが明らかになっている．円盤投の競技現場において，競技者は，パワー系体力を強化するために，投種目，ウェイトトレーニング，跳躍種目，および走種目など，様々なパワー系のトレーニング手段を実施している．しかしながら，いずれの先行研究においても，多くの体力要因と投てき距離との相関関係についてしか検討されておらず，各体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさについて明らかにした研究は見当たらない．さらに，Hommel and Kuhl（1993）は，投てき種目における，いくつかの体力要因の標準値を設定しているが，これらの値がどのようにして算出されたのかは明記されておらず，円盤投における各体力要因の標準値を示した研究は見当たらない．形態および体力要因が投てき距離に与える影響の大きさを明らかにした上で，目標とする投てき距離に応じて求められる体力基準を提示することができれば，より具体的なトレーニング計画の立案，目標設定および達成度評価の一助となり得ると考えられる．

そこで，本研究では，円盤投競技者を対象として，形態および体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさを明らかにし，投てき距離に対する各体力要因の標準値を提示することを目的とした．

2. 方 法

(1) 対象者

円盤投 (2.0kg) における最高記録が 30m 以上である日本人男性円盤投競技者を対象に、後に示す項目について質問紙法による調査を行った。本研究では、質問紙を合計 126 部配布し、そのうち 114 部を回収した (回収率 90.5%)。質問紙には、研究の目的や内容などを記載し、文書によって研究参加の同意を得た。

(2) 調査項目

先行研究およびトレーニング上の実用性を考慮して、以下に示す形態および体力要因について調査を行った。体力に関する項目は、投種目、ウエイトトレーニング種目 (以下、「WT 種目」と略す)、跳躍種目および走種目の 4 つの種目カテゴリ (以下、「カテゴリ」と略す) の中から調査項目を選択した。

対象者の自己記録として、1. 円盤投公認最高記録 (以下、「投てき距離」と略す)、形態に関する項目として、2. 身長、3. 体重、4. 指極、体力に関する項目の投種目として 5. 円盤の立ち投げ (以下、「立ち投」と略す)、6. 砲丸バック投げ、7. 砲丸フロント投げ、8. 鉄球投、WT 種目として、9. スナッチ、10. クリーン、11. ベンチプレス、12. フルスクワット、13. デッドリフト、跳躍種目として、14. 立五段跳、15. 立三段跳、16. 立幅跳、走種目として 17. 30m 走、18. 100m 走を調査した。

9 のスナッチから 13 のデッドリフトまでの項目については、1 回を挙上可能な最大の重量について、その他の項目については、自己最高記録について回答を得た。

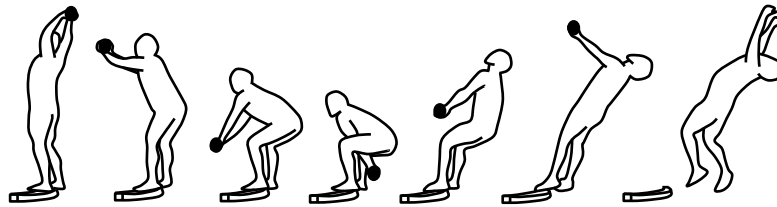
(3) 調査項目の測定方法

砲丸フロント投げおよびバック投げは、砲丸投サークルに設置されている足留材の上から一般男子用の砲丸（16lbs：約 7.26kg）を両手で前方および後方に投てきし（図 1）、足留材の外側から砲丸の落下点までの距離を記録とした。鉄球投は、立ち投と同じ動作様式で、一般女子用の砲丸（4.0kg）を投てきし、サークルの内縁から落下点までの距離とした。スナッチおよびクリーンについては、バーベルを地面から一気に挙上する方法あるいはバーベルを大腿部の前で保持した状態から挙上する方法のどちらかによる 1 回最大挙上重量とした。立五段跳および立三段跳は、直立姿勢から助走をせずに両脚で跳躍した後に、片脚ずつ交互に 4 歩あるいは 2 歩の水平跳躍運動を行った後に、両足で着地し、踏み切った位置から着地した地点で踏み切り位置に最も近い位置までの距離とした。立幅跳は、直立姿勢から助走をせずに身体の屈伸運動のみで反動をつけて両脚で跳躍し、踏み切った位置から着地した地点で踏み切り位置に最も近い位置までの距離とした。30m 走および 100m 走は、スターティングブロックを用いたクラウチングスタートあるいはスタンディングでのスタートによる全力疾走とし、手動で計測したタイムとした。

(4) 統計処理

全ての項目は、平均値と標準偏差（Standard Deviation：以下、「SD」と略す）で示した。形態および体力に関する各項目と投てき距離との関係を検討するために、Pearson の積率相

(a) 砲丸バック投げ



(b) 砲丸フロント投げ

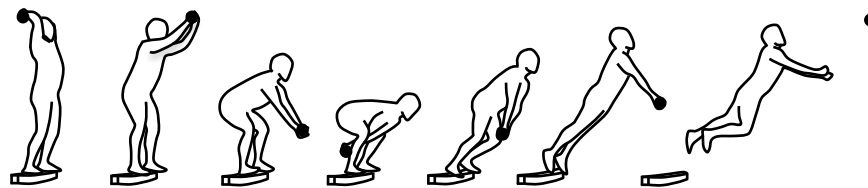


図 1 砲丸バック投げおよび砲丸フロント投げの様式

関係数を用いた。本研究では、各項目が投てき距離に与える影響の大きさを明らかにするために、各項目を独立変数、投てき距離を従属変数としたステップワイズ法および強制投入法による重回帰分析を行った。重回帰分析を行うにあたって、動作様式が円盤投の投てき動作と極めて類似した鉄球投および立ち投げは除外した。また、形態に関する項目と体力に関する項目を、同じ次元で扱うべきではないと判断し、形態に関する項目と体力に関する項目を分けて重回帰分析を行った。その後、各項目を従属変数、投てき距離を独立変数とする単回帰式を求め、標準値を検討するための推定式とした。さらに、標準値から 1SD 差し引いた値も算出した。なお、有意性は危険率 5%で判定した。統計解析ソフトウェアは、IBM SPSS Statistics 21.0 for Mac (IBM 社製) を用いた。

3. 結 果

(1) 各調査項目間の関係

各調査項目の標本数，平均値，標準偏差，最大値，最小値および投てき距離との相関係数を表 1 に，各項目間の相関係数を表 2 に示した．全ての調査項目において，投てき距離との間に有意な相関関係が認められた．

(2) 各項目が投てき距離に与える影響の大きさ

表 3 に，形態に関する項目を用いた，ステップワイズ法による重回帰分析の結果を示した．その結果，指極および体重が採用され，身長が除外された．重回帰方程式の F 値は，危険率 1%未満で有意であり，決定係数は 0.390 であった．標準化偏回帰係数は，大きい順に指極，体重であった．

表 4 に，体力に関する全ての項目を用いた，ステップワイズ法による重回帰分析の結果を示した．その結果，砲丸バック投げおよびスナッチが採用され，その他 10 項目は除外された．重回帰方程式の F 値は，危険率 1%未満で有意であり，決定係数は 0.667 であった．標準化偏回帰係数は，大きい順に砲丸バック投げ，スナッチであった．

表 5 に，各カテゴリ内で投てき距離との間の相関係数が最も大きかった項目を用いた，強制投入法による重回帰分析の結果を示した．その結果，重回帰方程式の F 値は危険率 1%未満で有意であり，決定係数は 0.670 であった．標準化偏回帰係数は，大きい順に砲丸バック投げ，スナッチ，立五段跳，30m 走であり，砲丸バック投げおよびスナッチは統計的に有意であった．

表 1 各項目の平均値，標準偏差，最大値，最小値および投てき距離との相関係数

項目	標本数	平均値	標準偏差	最大値	最小値	投てき距離との相関係数
投てき距離(m)	114	44.74	6.11	60.10	32.53	—
身長(cm)	114	178.3	5.5	190	161	.497**
体重(kg)	114	94.1	11.0	124	67	.518**
指極(cm)	89	183.4	8.3	203	160	.543**
立ち投(m)	110	37.79	4.73	52.00	26.00	.898**
砲丸バック投げ(m)	87	14.66	2.03	19.00	9.35	.788**
砲丸フロント投げ(m)	85	13.03	1.76	16.50	8.00	.761**
鉄球投(m)	59	19.79	3.34	25.50	11.86	.742**
スナッチ(kg)	108	89.3	17.3	130	50	.741**
クリーン(kg)	111	126.0	21.4	180	60	.730**
ベンチプレス(kg)	114	142.9	31.3	230	80	.662**
フルスクワット(kg)	105	175.0	36.7	290	100	.612**
デッドリフト(kg)	104	192.6	34.5	280	100	.602**
立五段跳(m)	99	13.82	1.21	16.75	11.00	.638**
立三段跳(m)	72	7.96	.70	9.50	6.00	.627**
立幅跳(cm)	107	280	17.5	325	240	.555**
30m走(秒)	59	4.29	.24	5.00	3.60	-.348**
100m走(秒)	63	12.36	.77	14.90	10.93	-.336**

** : p < 0.01

表 2 各調査項目間の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. 投てき距離	-	497**	518**	543**	898**	788**	761**	742**	741**	730**	662**	612**	602**	638**	627**	555**	-348**	-336**
2. 身長		-	419**	649**	512**	480**	481**	406**	271**	240*	207*	197*	199*	423**	316**	345**	-147	-198
3. 体重			-	397**	508**	485**	588**	498**	612**	570**	618**	623**	482**	028	113	035	155	031
4. 指極				-	490**	547**	573**	504*	258*	218*	233*	258*	243*	490**	315*	452**	-160	-188
5. 立ち投					-	807**	768**	763**	722**	705**	667**	552**	588**	614**	602**	561**	-418**	-327*
6. 砲丸バック投げ						-	894**	696**	724**	753**	640**	525**	677**	725**	659**	686**	-521**	-523**
7. 砲丸フロント投げ							-	586**	762**	720**	671**	597**	636**	626**	666**	578**	-381**	-360**
8. 鉄球投								-	502**	480**	496**	313*	636**	622**	486**	545**	-563**	-405**
9. スナッチ									-	912**	799**	750**	659**	517**	506**	442**	-272*	-169
10. クリーン										-	790**	765**	713**	517**	513**	426**	-313*	-268*
11. ベンチプレス											-	772**	677**	408**	396**	377**	-306*	-205
12. フルスクワット												-	744**	300**	362**	315**	-237	-128
13. デッドリフト													-	432**	493**	393**	-398**	-439**
14. 立五段跳														-	835**	790**	-612**	-632**
15. 立三段跳															-	699**	-437**	-538**
16. 立幅跳																-	-517**	-504**
17. 30m走																	-	576**
18. 100m走																		-

相関係数は小数点を省略. **p<0.01 *p<0.05

表 3 形態に関する項目を用いたステップワイズ法による重回帰分析の結果

	B	SEB	β	VIF
(定数)	-28.062	11.248		
指極	.295**	.067	.400	1.187
体重	.200**	.050	.359	1.187
R	.635			
自由度調整済みR ²	.390			
SEE	4.775			

B: 偏回帰係数, SEB: 標準誤差, β : 標準化偏回帰係数,
VIF: 分散拡大要因, R: 重相関係数, R²: 決定係数,
SEE: 推定値の標準誤差, **: p < 0.01

表 4 体力に関する全ての項目を用いたステップワイズ法による重回帰分析の結果

	B	SEB	β	VIF
(定数)	10.081	3.920		
砲丸バック投げ	1.596**	.384	.530	2.099
スナッチ	.126**	.045	.357	2.099
R	.826			
自由度調整済みR ²	.667			
SEE	3.527			

B: 偏回帰係数, SEB: 標準誤差, β : 標準化偏回帰係数,
VIF: 分散拡大要因, R: 重相関係数, R²: 決定係数,
SEE: 推定値の標準誤差, **: p < 0.01

表 5 各カテゴリを代表する項目を用いた強制投入法による重回帰分析の結果

	B	SEB	β	VIF
(定数)	-10.328	17.318		
砲丸バック投げ	1.371**	.466	.456	3.418
スナッチ	.119**	.044	.338	2.175
立五段跳	.977	.671	.194	2.517
30m走	2.518	2.741	.100	1.690
R	.836			
自由度調整済みR ²	.670			
SEE	3.542			

B: 偏回帰係数, SEB: 標準誤差, β : 標準化偏回帰係数,
VIF: 分散拡大要因, R: 重相関係数, R²: 決定係数,
SEE: 推定値の標準誤差, **: p < 0.01

(3) 投てき距離に対する体力の標準値の設定

各項目について、投てき距離に対する標準値の推定を試みた。表 6 に、投てき距離に対する各調査項目の標準値を算出するための推定式を示した。表 7 は、得られた推定式から求めた、30m から 75m に至るまでの各項目の標準値であり、これらの値を「標準記録」として設定した。また表 8 は、標準値から 1SD を差し引いた値を、最低限達成しなければならない記録として、「達成記録」としたものである。スナッチを例として、「標準記録」および「達成記録」のそれぞれの回帰直線を、図 2 内に直線および破線にて示した。

表 6 標準記録の推定式

項目	推定式	R ²
身長	$y = 0.446x + 158.29$	.247
体重	$y = 0.9346x + 52.282$	.268
指極	$y = 0.7327x + 150.02$	.295
立ち投	$y = 0.6937x + 6.6333$	.807
砲丸バック投げ	$y = 0.2586x + 2.8605$	.622
砲丸フロント投げ	$y = 0.2086x + 3.563$	.544
鉄球投	$y = 0.4004x + 1.4083$	.551
スナッチ	$y = 2.0573x - 3.0184$	.549
クリーン	$y = 2.559x + 11.105$	.533
ベンチプレス	$y = 3.3826x - 8.4323$	.439
フルスクワット	$y = 3.614x + 12.18$	.374
デッドリフト	$y = 3.4655x + 36.758$	.362
立五段跳	$y = 0.1246x + 8.2006$	.407
立三段跳	$y = 0.0692x + 4.8035$	.393
立幅跳	$y = 1.5915x + 208.71$	.308
30m走	$y = -0.013x + 4.8664$	.121
100m走	$y = -0.0397x + 14.146$	.113

従属変数 y: 各項目, 独立変数 x: 投てき距離

表 7 投てき距離に応じた各体力要因の標準記録

投てき距離	身長 (cm)	体重 (kg)	指極 (cm)	立ち投 (m)	砲丸バック投げ (m)	砲丸フロント投げ (m)	鉄球投 (m)	スナッチ (kg)	クリーン (kg)
75m	191.7	122.4	205.0	58.66	22.26	19.21	31.44	151.3	203.0
70m	189.5	117.7	201.3	55.19	20.96	18.17	29.44	141.0	190.2
65m	187.3	113.0	197.6	51.72	19.67	17.12	27.43	130.7	177.4
60m	185.1	108.4	194.0	48.26	18.38	16.08	25.43	120.4	164.6
55m	182.8	103.7	190.3	44.79	17.08	15.04	23.43	110.1	151.9
50m	180.6	99.0	186.7	41.32	15.79	13.99	21.43	99.8	139.1
45m	178.4	94.3	183.0	37.85	14.50	12.95	19.43	89.6	126.3
40m	176.1	89.7	179.3	34.38	13.20	11.91	17.42	79.3	113.5
35m	173.9	85.0	175.7	30.91	11.91	10.86	15.42	69.0	100.7
30m	171.7	80.3	172.0	27.44	10.62	9.82	13.42	58.7	87.9

投てき距離	ベンチプレス (kg)	フルスクワット (kg)	デッドリフト (kg)	立五段跳 (m)	立三段跳 (m)	立幅跳 (cm)	30m走 (秒)	100m走 (秒)
75m	245.3	283.2	296.7	17.55	9.99	328.1	3.89	11.17
70m	228.3	265.2	279.3	16.92	9.65	320.1	3.96	11.37
65m	211.4	247.1	262.0	16.31	9.30	312.2	4.02	11.57
60m	194.5	229.0	244.7	15.68	8.96	304.2	4.09	11.76
55m	177.6	211.0	227.4	15.06	8.61	296.2	4.15	11.96
50m	160.7	192.9	210.0	14.44	8.26	288.3	4.22	12.16
45m	143.8	174.8	192.7	13.81	7.92	280.3	4.28	12.36
40m	126.9	156.7	175.4	13.19	7.57	272.4	4.35	12.56
35m	110.0	138.7	158.1	12.57	7.23	264.4	4.41	12.76
30m	93.0	120.6	140.7	11.94	6.88	256.5	4.48	12.96

表 8 投てき距離に応じた各体力要因の達成記録

投てき距離	身長 (cm)	体重 (kg)	指極 (cm)	立ち投 (m)	砲丸バック投げ (m)	砲丸フロント投げ (m)	鉄球投 (m)	スナッチ (kg)	クリーン (kg)
75m	186.2	111.4	196.7	53.93	20.23	17.45	28.10	134.0	181.6
70m	184.0	106.7	193.0	50.46	18.93	16.41	26.10	123.7	168.8
65m	181.8	102.0	189.3	46.99	17.64	15.36	24.09	113.4	156.1
60m	179.6	97.4	185.7	43.52	16.35	14.32	22.09	103.1	143.3
55m	177.4	92.7	182.0	40.06	15.05	13.28	20.09	92.8	130.5
50m	175.1	88.0	178.3	36.59	13.76	12.23	18.09	82.6	117.7
45m	172.9	83.3	174.7	33.12	12.47	11.19	16.09	72.3	104.9
40m	170.7	78.7	171.0	29.65	11.17	10.15	14.08	62.0	92.1
35m	168.4	74.0	167.4	26.18	9.88	9.11	12.08	51.7	79.3
30m	166.2	69.3	163.7	22.71	8.59	8.06	10.08	41.4	66.5

投てき距離	ベンチプレス (kg)	フルスクワット (kg)	デッドリフト (kg)	立五段跳 (m)	立三段跳 (m)	立幅跳 (cm)	30m走 (秒)	100m走 (秒)
75m	214.0	246.5	262.2	16.34	9.29	310.6	4.13	11.94
70m	197.1	228.5	244.8	15.71	8.94	302.6	4.20	12.14
65m	180.2	210.4	227.5	15.10	8.60	294.7	4.26	12.33
60m	163.3	192.4	210.2	14.47	8.25	286.7	4.33	12.53
55m	146.4	174.3	192.9	13.85	7.91	278.8	4.39	12.73
50m	129.4	156.2	175.5	13.22	7.56	270.8	4.46	12.93
45m	112.5	138.1	158.2	12.60	7.21	262.9	4.52	13.13
40m	95.6	120.1	140.9	11.98	6.87	254.9	4.59	13.32
35m	78.7	102.0	123.6	11.35	6.52	246.9	4.65	13.52
30m	61.8	83.9	106.2	10.73	6.18	239.0	4.72	13.72

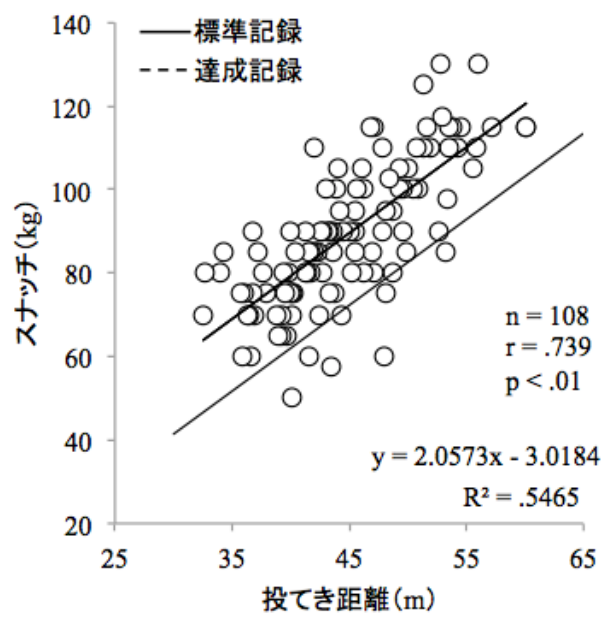


図 2 投てき距離によるスナッチの推定 (回帰式)

4. 考 察

(1) 形態および体力要因が投てき距離へ与える影響

まず、本研究において調査した体力に関する項目と、投てき距離との関係を検討した結果、全ての項目との間に有意な相関関係が認められた(表1)。このことは、円盤投の投てき距離が大きい競技者ほど、パワー系体力が高い水準にあると報告した先行研究(原ほか, 1994; 畑山ほか, 2011)の結果を支持しており、パワー系体力を高めることが、円盤投の投てき距離を向上させるための一つの要因であることを示唆するものであった。また、形態に関する項目と投てき距離との間にも有意な相関関係が認められた(表1)。このことは、円盤投の投てき距離が大きい競技者が、大きな体格であることを報告した先行研究あるいは指導書(原ほか, 1994; シュモリンスキー, 1982; 山崎, 1993)を支持しており、円盤投競技者には身長および体重が大きく、指極が長いことが要求されることを示唆するものであった。

日常的な円盤投のトレーニングにおいては、投種目、WT 種目、跳躍種目あるいは走種目といったパワー系種目によって、大きなパワーを発揮する能力を高めようとしている。これまで、円盤投競技者における各体力要因は、投てき距離との相関関係しか検討されておらず、投てき距離へ与える影響の大きさについて検討した研究は見当たらない。そこで本研究では、各項目を独立変数、投てき距離を従属変数とした重回帰分析を行い、投てき距離に関連する体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさを明らかにすることを試みた。

1) 形態に関する項目が投てき距離に与える影響の大きさ

形態に関する項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、指極および体重が採用され、重回帰方程式の決定係数は 0.390 であった (表 3)。このことから、形態に関する項目のみで投てき距離を推定した場合、指極および体重によって、投てき距離のおよそ 39%を説明できることが示唆された。また、表 3 の標準化偏回帰係数の大きさから、投てき距離に対する影響は、大きい順に指極、体重であることが明らかとなった。

一般に、回転する物体の接線方向の速度は、回転半径と角速度の積によって求められるが、この回転半径に特に大きな影響を与える形態的要因として、指極が挙げられる。また、円盤投では、より重く、より力強い競技者の方が有利で、良い成績であるとされている (ハルトマンほか, 2013)。絶対的な筋量を増やし、体重を増加させることで、最大筋力が向上し、競技者が投てき動作で獲得できるエネルギーがより大きくなると考えられ、その結果、最終的には投てき距離の向上へとつながることが予想される。これらのことが、指極および体重が、投てき距離への影響が大きな項目であった要因であると考えられる。これまで、円盤投には高い身長が求められることが指摘されてきたが (ボンパ, 2006 ; 石河, 1977 ; 山崎, 1993)、本研究の結果から、身長が大きい、すなわち下肢や体幹の挺子が大きいことは、指極が大きい、すなわち回転半径が大きいことに比べて、投てき距離に与える影響が大きいことが推察される。本研究において、身長が除外され、指極および体重が採用されたことも踏まえると、円盤投競技者に求められる形態的要因は、回転半径に大きな影響を与える指極、および最大筋力、競技者のエネルギー獲得に大きな影響を与える体重であることが示唆された。身長が高くなるほど、上肢長が長くなることは予想されるものの、

本研究の対象者の中にも、身長では平均値を下回っているが、指極では平均値を大きく上回る競技者が存在していた（身長：177cm，指極：195cm）。指極は、身長と同様に、四肢や体幹部の周径囲ほどトレーニングによる影響を受けにくいと考えられる。そのため、円盤投競技者のタレント発掘の際には、身長はもちろんであるが、指極にも目を向ける必要があると考えられる。

2) 体力に関する項目が投てき距離へ与える影響の大きさ

体力に関する全ての項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、砲丸バック投げおよびスナッチが採用された。重回帰方程式の決定係数が 0.667 であった（表 4）ことから、砲丸バック投げとスナッチのみで投てき距離を推定した場合、およそ 67%を説明できると解釈できる。このことは、パワー系体力の中でも砲丸バック投げとスナッチが、特に投てき距離に与える影響が大きいことを示唆するものである。ここで、表 2 の項目間の相関係数について見てみると、砲丸バック投げは他の全ての項目との間に、中程度-強い相関関係が認められた。すなわち、砲丸バック投げは、本研究で扱った体力に関する全ての項目との関係が比較的強く、様々な要素を総合して評価することのできる項目であると言えよう。したがって、円盤投競技者のパワー系体力を評価する際には、砲丸バック投げおよびスナッチを採用すれば良いと判断できる。しかしながら、そうした場合、競技者の個性、例えば走種目や跳躍種目は苦手であるが WT 種目は得意である、WT 種目は苦手であるが跳躍種目は得意である、などを見逃してしまう危険性が考えられる。そこで、本研究では、投種目、WT 種目、跳躍種目および走種目の各カテゴリの中で、投

てき距離との相関係数が最も高かった項目を選定し、強制投入法による重回帰分析を試みた。その結果、重回帰方程式の決定係数は 0.670 であり（表 5）、砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳および 30m 走によって投てき距離を推定した場合、およそ 67%を説明できることが明らかとなった。このことは、強制投入法による重回帰分析でも、投てき距離の推定の精度を下げることにはならず、むしろ若干精度を上げる結果となったことを示している。わずかではあるが、各カテゴリから選択した 4 項目を用いた場合の決定係数の方が大きいことも踏まえると、砲丸バック投げおよびスナッチだけではなく、それぞれのカテゴリの項目を用いることによって、円盤投競技者の体力をより正確に評価することができるとともに、トレーニング計画の立案および実践への多様なアプローチも可能になるだろう。また、表 5 の標準化偏回帰係数の大きさから、投てき距離に対する影響は、大きい順に砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳、30m 走であることが明らかとなった。すなわち、投種目、WT 種目、跳躍種目、走種目の順に、優先度が高いということが示唆された。

砲丸バック投げは、パワー系種目に必要な体力を評価するフィールドテスト「TEST QUADRATHLON (Jones, 1987)」や、やり投競技者に必要とされる体力項目を測定するテスト「Testing the capacity of javelin throw (Borgstrom, 1989)」に含まれる項目であり、スナッチは、高負荷でのスピード筋力を必要とする競技のパフォーマンス向上に効果的な種目である (Hoffman et al., 2004 ; Stone et al., 1980)。これら 2 つの項目の動作は、体幹、股関節および膝関節の屈曲、伸展を伴うものであることから、体幹では腰背部の脊柱を伸展する筋群、股関節では伸筋群が、それぞれのパフォーマンスに大きく関与していることが推察される。これらの筋群は、いずれも円盤投の投てき動作において主働筋となるもので

ある。さらに、砲丸バック投げは、下肢から体幹、そして上肢の連動による投射運動であり、スナッチは、下半身から上半身、そしてバーベルへと力を伝達し、バーベルを挙上するという出力形態である。このように、砲丸バック投げおよびスナッチは、他の項目と比べて、動作特性が円盤投の投てき動作と類似しており、円盤投に求められる、中程度から高い速度での力発揮能力を必要とする項目である。先述したように、これまで円盤投には爆発的な力発揮能力あるいは最大筋力といった体力要因が必要であることが報告されており（原ほか，1994；畑山ほか，2011；シュモリンスキー，1982），爆発的な力発揮能力あるいは最大筋力に関連する全ての体力要因が同じ次元で扱われてきた。本研究の結果から、パワー系体力の中でも、円盤投の投てき動作との類似度によって、投種目、WT 種目、跳躍種目、走種目の順に、優先度を順位付けすることができ、円盤投と類似した種目におけるパワー発揮能力が重要であることが示唆された。本研究の結果は、円盤投における、より効率的な体力トレーニング計画を立案し、実践するための有用な知見であると考えられる。

(2) 投てき距離に対する体力の標準値の設定

本研究では、投てき距離との間に有意な相関関係の認められた項目について、30m から75m に至るまでの投てき距離を達成するための標準値の設定を試みた。その結果、表 6 および 7 に示したような標準値が得られた。投てき距離は、形態および体力要因による結果であるため、本来であれば、従属変数を投てき距離、独立変数を各体力要因にすべきであるが、本研究では、「特定の投てき距離を達成するための、各体力要因の標準値」を明らか

にすることを目的としたため、各体力要因を従属変数、投てき距離を独立変数とする単回帰式を用いた。図 2 に示したように、スナッチと投てき距離との相関係数は 0.739 と有意であるものの、同程度の投てき距離における個人間の差もかなり大きかった。この傾向はいずれの調査項目においても認められた。そこで、「標準記録」から 1SD を差し引いた値を、最低限達成しなければならない記録として、「達成記録」とした。

本研究で示した「標準記録」と、Hommel and Köhl (1993) が提示した標準値の中から、どちらにも含まれている項目について比較したところ、WT 種目については、本研究で示した「標準記録」が Hommel and Köhl (1993) の報告を上回っていたが、跳躍種目については、本研究で示した「標準記録」が Hommel and Köhl (1993) の報告を下回っていた。これらの違いには、本研究における対象者である日本人と、Hommel and Köhl (1993) が対象としたドイツ人との間の体格の差が影響していることが考えられる。実際に、2009 年世界選手権ベルリン大会から 2013 年世界選手権モスクワ大会にかけて 3 連覇を果たしたドイツ人円盤投競技者の Robert Harting 選手は、身長 201cm、体重 126kg (加藤, 2013) と非常に大きな体格である。本研究の結果から、日本人上位円盤投競技者の体格について確認すると、日本歴代 2 位 (調査当時) の記録を持つ競技者は、身長 184cm、体重 99kg、日本歴代 3 位 (調査当時) の記録を持つ競技者 (2018 年 5 月時点での日本記録保持者) は、身長 184cm、体重 107kg であり、世界上位のドイツ人円盤投競技者との間には、明らかな体格差があることがわかる。WT 種目において、身長が低ければバーベルを挙上する範囲は小さくなるため、より高重量のバーベルを扱うことができると考えられる。また、跳躍種目や投種目に関しては、身長が高いことによって、一步で獲得できる歩幅が大きくなること

や動作のレバーアームが大きくなることで、より大きな重心移動や末端の速度を高めることが可能になり、記録の差を生み出す要因になっていると考えられる。このように、Hommel and Kühl (1993) の報告と本研究の結果には、いくつかの違いが見受けられたものの、対象者の体格が大きく異なることによる影響を受けていることが推察される。したがって、本研究で示した「標準記録」および「達成記録」は、日本人円盤投競技者が目標とすべき体力基準である。先述したように外国人競技者との間に大きな体格の差がある中で、今後日本人円盤投競技者が国際大会に出場し、活躍するためにも、本研究で提示した「標準記録」が重要な基準になり得るであろう。また、本研究で示した「標準記録」は、指導者および競技者がトレーニング課題を把握し、目標を設定する上で有益な資料であると考えられる。

5. 結 論

本研究の目的は、円盤投競技者を対象として、形態および体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさを明らかにし、投てき距離に対する各体力要因の標準値を提示することであった。日本人男性円盤投競技者 114 名（記録範囲：32.53–60.10m）を対象に、形態および体力要因について、質問紙法による調査を行い、投てき距離との関係を検討した。

その結果、本研究における全ての調査項目と投てき距離との間に有意な相関関係が認められた。形態に関する項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行ったところ、指極および体重が採用され、これら 2 項目で投てき距離のおよそ 39%を説明できることが示唆された。投てき距離に対する影響は、指極、体重の順に大きかった。体力に関する全ての項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行ったところ、砲丸バック投げおよびスナッチが採用された。次に、各種目カテゴリの中で、投てき距離との相関係数が最も高かった項目を用いて、強制投入法による重回帰分析を行った結果、選択した 4 項目で投てき記録のおよそ 67%を説明できることが示唆された。投てき距離に対する影響は、砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳、30m 走の順に大きかった。さらに、投てき距離に応じた各体力要因の値を推定する単回帰式を算出し、標準記録を示すことができた。

本研究の結果から、形態に関する項目では指極および体重、体力に関する項目では投種目、WT 種目、跳躍種目、走種目の順に、投てき距離に対する優先度が大きく、円盤投の投てき動作と類似度が高い種目におけるパワー発揮能力が重要であることが示唆された。

さらに、本研究で示した標準記録は、指導者および競技者がトレーニング課題や目標を設定する上で実用性が高く、種目選択やタレント発掘のためにも有益な示唆となるであろう。

V. 円盤投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係（研究課題

2)

1. 目的

円盤投の投てき距離は、初速度、投射高、投射角、姿勢角、迎え角および飛行中に円盤が受ける空気力学的要因などの影響を受けており、それらの中でも初速度は最も大きな影響を与える要因であることが報告されている (Bartlett, 1992; Hay, 1985; Hay and Yu, 1995a). したがって、円盤投競技者には、より高い初速度を獲得するための投てき動作の習得が要求される.

円盤投の投てき動作に関する研究は、世界トップレベルあるいはアジアトップレベルの競技者の動作の特徴を明らかにしたもの (Gregor et al., 1985; 宮西ほか, 1998; 山本ほか, 2010), パフォーマンス (投てき距離あるいは初速度) と動作中のキネマティクスや動作時間との相関関係について検討したもの (Leigh et al., 2008; Panoutsakopoulos and Kollias, 2012; 田内ほか, 2007a; 前田ほか, 2017; 松尾・湯浅, 2005; 宮崎ほか, 2016), 投てき距離と地面反力および下肢のキネティクスとの相関関係について報告したもの (Yu et al., 2002) など、多数存在する. しかし、これらの先行研究では、パフォーマンスとそれぞれの動作要因との直接的な相関関係について検討されてきているものの、パフォーマンスと総合的な投てき動作との因果関係についての検討や、投てき動作中の動作要因間の因果関係の検討はなされていない. パフォーマンスと直接的に相関関係の認められる動作要因についてのみを検討することによって、パフォーマンスとは直接的な相関関係が認められな

くても、重要な動作要因との間に関係があり、間接的に高いパフォーマンスの達成に関連している動作要因を見落としてしまっている可能性があると考えられる。また、尾縣・市村（1995）は、「運動構造は弾力的な可動性を持つ一つの全体であり、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」というマイネル（1981）の見解について触れた上で、運動学習において効率的な指導を行うために、運動中の動作要因間の因果関係を踏まえて、的確なポイントを指導することが望ましいと述べている。円盤投は、限られた空間から、回転と並進を伴う高速の動作を行って円盤を投げ出すため、技術構造が複雑である。そのため、円盤投において、投てき動作中の動作要因間の因果構造を明らかにすることは、的確なコーチングを行うために必要であると考えられる。

要因間の因果関係について検討する方法としては、パス解析が用いられることが多く、体育・スポーツ社会学（青木，1986）、心理学（稲地・千駄，1992；伊藤，1989；佐々木，1999）などの分野の研究において利用されてきた。しかし、バイオメカニクスの分野にパス解析を応用した研究はほとんど見当たらない。わずかに、走動作（志賀ほか，2004）やオーバーハンドスロー動作（尾縣・市村，1995）を対象に、パス解析によって運動のパフォーマンスや動作要因間の因果関係が明らかにされており、それらの研究で得られた知見は、走動作および投動作における、「原因-結果」を考慮したコーチングに利用可能なものである。円盤投においては、Hay and Yu（1995a）が円盤の速度、投射高、投射角および損失（あるいは利得）距離について、項目間の相関関係をもとに、投てき距離を規定するモデルを作成しているが、競技者の動作要因については示されていない。また、Leigh and Yu（2007）は、多数の円盤投競技者を対象に、動作分析を行っているが、算出した動作要因

間の関係については考慮しておらず、今後の課題として動作要因間の関係について検討する必要があると述べている。志賀ほか（2004）や尾縣・市村（1995）と同様に、パス解析を用いて、円盤投における動作要因間の因果関係を明らかにすることができれば、「原因-結果」を考慮した円盤投のコーチングのための着眼点を提示することができると考えられる。

そこで本研究では、日本人男性円盤投競技者を対象として、高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係について、パス解析を用いて検討し、円盤投のコーチングに資する知見を得ることを目的とした。

2. 方 法

(1) データ収集および処理

1) 対象者

日本人男性円盤投競技者 61 名を分析対象とした。分析対象とした試技の投てき距離の平均値および標準偏差は $44.94 \pm 6.79\text{m}$ であり，範囲は 30.06–59.21m であった。なお，分析対象者は右投げが 59 名，左投げが 2 名であった。

2) 試技の撮影および画像の同期

公式競技会および実験的な条件下において，分析対象者の投てき動作を撮影した。以下，それぞれの詳細な撮影設定について述べる。

①競技会

競技会では 55 名の競技者について分析を行った。対象となった競技会は，第 82 回日本学生陸上競技対校選手権大会（2013，東京），第 94 回関東学生陸上競技対校選手権大会 1 部・2 部・3 部（2015，神奈川），第 95 回関東学生陸上競技対校選手権大会 1 部（2016，神奈川），および 2016 年に A 大学で行われた競技会であった。3 台のハイスピード VTR カメラ（Casio 社製，EX-F1）を用いて，対象者の投てき動作を撮影した。撮影コマ数は 300fps，露出時間は競技会時の天候に応じて 1/1000–1/4000s に設定した。3 方向からの画像の同期は，足の接地，離地および円盤をリリースした時点のコマ数を合わせることで行った。

②実験

陸上競技円盤投において，公式競技会に出場経験を有する男性円盤投競技者 6 名を対象

に、2014年8月17日にA大学にて行った実験における全力投てきの試技について撮影を行った。実験を行うにあたって、被検者には研究目的および実験内容を十分に説明し、実験への参加の同意を得た。試技の撮影には、3台のハイスピードVTRカメラ(Casio社製、EX-F1)を用いた。撮影コマ数は300fps、露出時間は1/2000sであった。3方向からの画像の同期は、LED型シンクロナイザ(DKH社製、PH-105)を用い、同期ランプを画角内に写し込むことによって行った。

③データ処理

競技会での分析試技については、1人の対象者につき、撮影した3投あるいは6投の試技の中から、最も記録の良かった投てきを分析対象とした。実験に関しては、各被検者任意の本数(1-6本)を投てきし、その中から記録の最も良かった試技を分析対象とした。試技間には十分な休息を確保し、いずれの試技も全力で行った。撮影したVTR画像をFrame-DIAS IV(DKH社製)を用いて、上肢8点(左右の第三中手指関節中心、手関節中心、肘関節中心、肩関節中心)、下肢12点(左右のつま先、第三中足指節関節中心、踵点、足関節中心、膝関節中心、股関節中心)、頭部および体幹部5点(頭頂、左右耳珠点を結ぶ線分の中点、胸骨上縁、左右の肋骨下端)および円盤中心1点の計26点の2次元座標値を得た。得られたそれぞれのVTR画像の2次元座標値と、あらかじめ設定した実空間座標値が既知のコントロールポイントの座標値から、DLT法を用いて分析点の3次元座標値を算出した。本研究は1名の熟練した分析者が手動でデジタルイズを行った。身体分析点はマーカを用いず、認識の難しい身体分析点についても、身体セグメントの軸や関連する解

剖学的ランドマークのうち, 視覚による認識が可能なものとの相対的な位置関係を活用し, 座標値の特定を行った. なお, 各競技会および実験における, キャリブレーションの標準誤差の平均値は表 9 に示した. 求めた 3 次元座標値は残差分析法によって最適遮断周波数 (5-9Hz) を決定し, Butterworth digital filter を用いて平滑化を行った (Winter, 1990). なお, 投てき方向に正対したときに右方向を X 軸正方向, 鉛直上方を Z 軸正方向, X 軸と Z 軸の外積によって得られる方向を Y 軸正方向とし, X 軸, Y 軸, Z 軸からなる右手系座標系を静止座標系と定義した. 例として, 図 3 に第 82 回日本学生陸上競技対校選手権大会の座標系の定義を示した. 左投げの競技者のデータについては, 位置座標を左右反転し, 右投げとして取り扱うこととした.

(2) モデル作成

モデルの作成に先立ち, 本研究では図 4 に示した局面定義を用いた. 競技者が投てき動作を開始してから円盤をリリースするまでの時系列に沿った動作要因間の因果構造について検討するために, 投てき距離に最も大きな影響を与える初速度と, 後述する動作要因を用いて, 図 5 に示されるモデルを設定した. 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ている (尾縣・市村, 1995).

1) パス 1, 2, 3

初速度は, 脚, 体幹, 上腕, 前腕および手といった身体各部位の獲得速度の総和であると考えられる (尾縣・関岡, 1995 ; 尾縣・市村, 1995). 円盤投では, 投てき腕の肘関節は

表 9 キャリブレーションの標準誤差の平均値

	X軸 (m)	Y軸 (m)	Z軸 (m)
第82回日本学生陸上競技対校選手権大会	0.004	0.006	0.008
第94回関東学生陸上競技対校選手権大会 1部	0.003	0.004	0.007
第94回関東学生陸上競技対校選手権大会 2部・3部	0.004	0.005	0.007
第95回関東学生陸上競技対校選手権大会 1部	0.005	0.004	0.009
大学競技会	0.007	0.008	0.009
実験	0.008	0.007	0.009

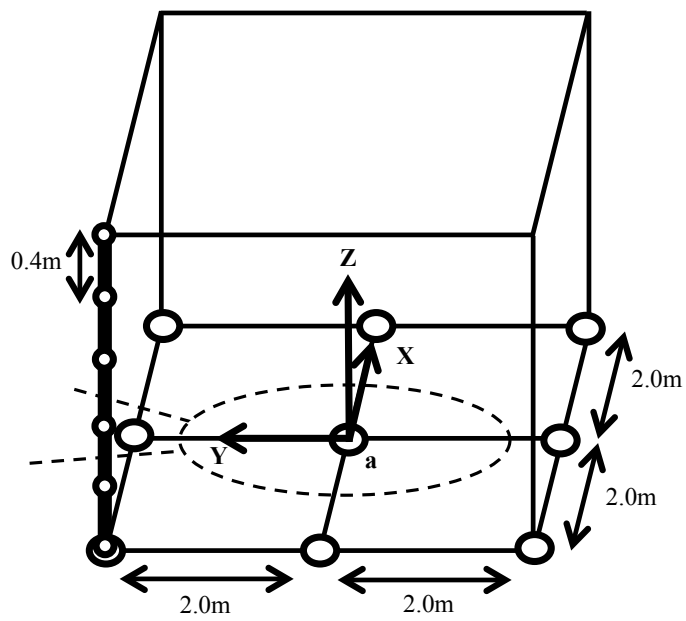


図 3 静止座標系の定義

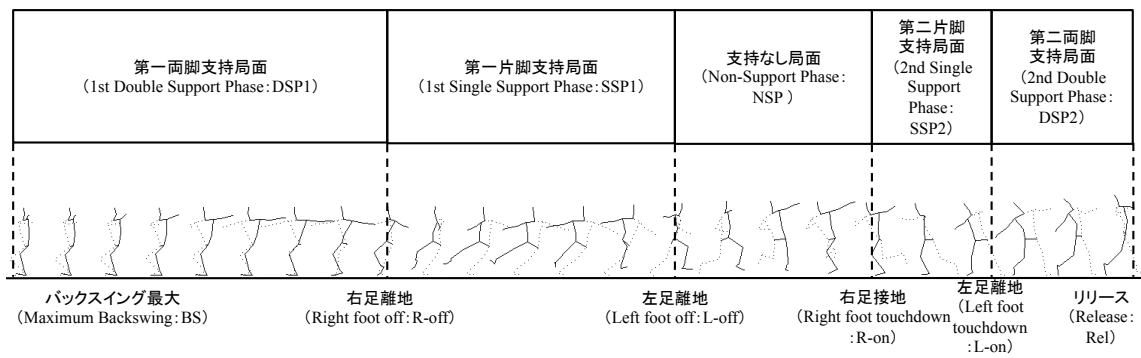


図 4 投てき動作の局面定義

BS	R-off	L-off	R-on	L-on	Rel
DSP1	SSP1	NSP	SSP2	DSP2	

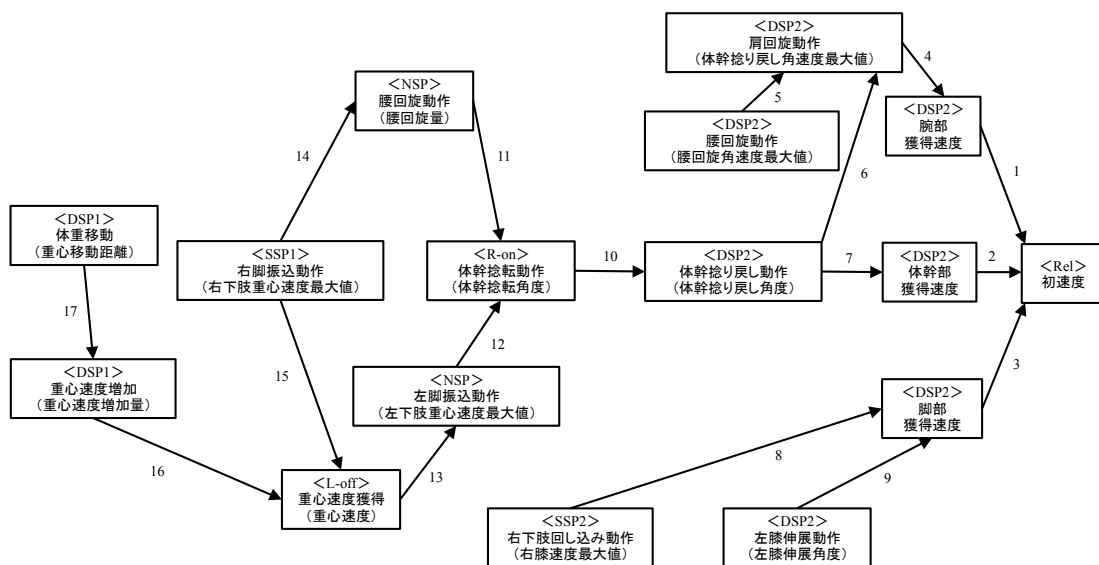


図 5 円盤投動作のパスモデル

ほぼ完全に伸展した状態で投てき動作が行われることも考慮し、脚部、体幹部および腕部（上腕部+前腕部+手部）の総和とした。

2) パス 4

円盤投の投てき動作を通して、競技者は肘関節伸展位および肩関節水平外転位となっている場合がほとんどである。肘関節伸展位および肩関節水平外転位では、肩関節の水平内転に関わる筋群である大胸筋や三角筋の前部などの短縮が生じにくい状況であると考えられる。また、肩関節の水平外転が強調されすぎていると、円盤が肩よりも大きく後方に位置することになるため、リリースに向けて円盤に力を加えて加速させるためには、比較的優れた筋力を有する必要があることが推察される。本研究で対象とした日本人男性円盤投競技者は、世界トップレベルの競技者と比較して、体格および体力が劣ることが報告されている（前田ほか, 2018）。そのため、本研究で対象とした競技者においては、肩関節の水平外転を強調しすぎずに、DSP2 において円盤に力を加えて十分に加速させることができる位置に、円盤を保持している可能性があることが推察される。このような状況で、肩の回旋動作が素早く行われた場合、肩関節の水平内転に関わる筋群の伸張-短縮サイクルが関与し、腕部獲得速度が高まり、初速度の獲得に繋がると考えられる。

3) パス 5, 6

速い腰の回旋動作および体幹の大きな捻り戻し動作によって、体幹の筋群の伸張-短縮サイクルが生じ（宮崎ほか, 2016）、体幹の捻り戻しによる肩の回旋が速くなると考えられる。

4) パス 7

体幹の前後屈、側屈によっても体幹部獲得速度が高まると考えられるが、体幹の捻転動

作が投てきパフォーマンスに対して、より大きなエネルギーを発揮するための前提となる

(田内・遠藤, 2009) ことを考慮すると, DSP2 においては主に投てき動作を通して獲得した体幹の捻転を捻り戻す動作によって体幹部獲得速度が高まると推察される.

5) パス 8, 9

SSP2 から DSP2 にかけては, 右下肢の回し込み動作および捻り込み動作(小野ほか, 2014), 左下肢の伸展動作 (Yu et al., 2002) がパフォーマンスに影響を与える動作であることが示されている. 脚部獲得速度には, SSP2 における右下肢の動作による身体の加速, および DSP2 における左膝の伸展動作による並進から鉛直軸まわりの回転への転移が影響を与えていると推察される.

6) パス 10

体幹捻り戻しを大きくするためには, 十分な体幹の捻転を確保する必要がある. NSP は体幹の捻りを作り出す局面である (Hay, 1985 ; Johnson, 1985) ことから, R-on 時に体幹の捻転が大きいことが要求されると考えられる.

7) パス 11, 12

NSP において, 体幹の捻転を確保するためには, 肩を腰が追い越す必要があるため, 腰の回旋量を大きくすることが要求される. また, 指導書 (山崎, 1993) およびコーチング現場において, L-off 以降には左脚をスイングさせるような動作, いわゆる「左脚の振込動作」の関与が指摘されている. NSP で左脚全体をスイングさせることにより, 左股関節が回旋する方向に引き出され, 体幹の捻転を確保することに繋がると考えられる.

8) パス 13

左脚を強く地面に押し込むこと (Silvester, 2003) によって, L-off 時の重心速度は高くなる (前田ほか, 2017). 前述した「左脚の振込動作」を有効に活用するためには, 左脚を強く地面に押し込んでいること, すなわち L-off 時の重心速度が高まっていることによる影響を受けていると考えられる.

9) パス 14

DSP1 においては右脚をスイングする動作, いわゆる「右脚の振込動作」が行われる (Hay and Yu, 1995b). 右脚をスイングすることによって, 右股関節が回旋する方向に引き出され, 腰の回旋量が大きくなると推測される.

10) パス 15, 16

地面に力を作用させ, 身体を加速することができるのは, 主に両足が接地している局面であると考えられる. 両足が接地している DSP1 において, 重心速度を増加させることが, L-off 時の重心速度の獲得につながる. さらに, 前述した「右脚の振込動作」は, 身体の推進に関連する動作である (Silvester, 2003) ことから, 片足支持の状態での身体の加速に関与していることが推察される.

11) パス 17

DSP1 での重心速度を増加させるためには, DSP1 での積極的な体重移動 (Hay, 1985) を行う必要があると考えられる.

(3) 算出項目および方法

本研究では、先行研究や指導書で指摘されている動作について検討し、先述したような時間的順序および理論的仮説をもとにパスモデルを作成した。近年、変数間の因果関係の検討には、「構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling : SEM, 以下、「SEM」と略す)」を用いることが一般的であるが、SEM は主に心理学や社会学の分野で扱われており、標本数が比較的大きく、モデルがシンプルである場合が多い。バイオメカニクスの分野に SEM を適用した研究としては、わずかに末松ほか (2008) が挙げられる。末松ほか (2008) は、男子小学生の疾走能力の指数と疾走中の接地時点の動作との因果構造を検討しているが、対象者は全体で 383 名と多く、接地時点の動作のみであることから、モデルも比較的シンプルなものとなっている。本研究においても、SEM を用いることを検討したが、標本数が先行研究 (末松ほか, 2008) ほど確保できなかったこと、本研究の目的が投てき動作全体を通じた動作要因間の因果関係を明らかにすることであり、シンプルなモデルを作成できなかったことから、SEM を用いずに、従来のパス解析を採用することとした。従来のパス解析における問題点として、SEM では、モデル適合度が算出されるが、従来のパス解析ではモデル適合度は算出することができないことが挙げられる。そこで、モデルの妥当性を確保するために、SEM における、モデルの修正を行う最もポピュラーな方法である、有意でないパスをモデルから削除するという方法 (今野, 2012) を採用することとした。具体的には、設定したモデルに採用する、ある動作要因について、複数の選択肢が考えられる (例えば、パス 9 の左膝伸展動作については、左膝の伸展角度および角速度が算出できる) 場合、有意でないパスを採用しないという方法である。このように、それぞ

れの動作要因について、単一の選択肢になるもの、複数の選択肢が考えられるものかどうかを判断した上で、パス係数の有意性を検討し、モデルの修正を試みた。その結果、以下に示す動作要因を分析に用いることとした。

1) 各座標系の定義

後述する体幹捻転角度および左膝関節角度を算出する際に設定した、各座標系の定義を図6に示した。なお、それぞれの座標系は全て右手系で定義した。

①上胴座標系

左右肋骨下端の midpoint から左右肩関節の midpoint へ向かう単位ベクトルを Z_{ut} とし、左肩関節から右肩関節へ向かう単位ベクトルを S_{ut} とした。次に、 Z_{ut} と S_{ut} の外積によって得られる単位ベクトル Y_{ut} とし、さらに、 Y_{ut} と Z_{ut} との外積によって得られる単位ベクトルを X_{ut} とした。そして、 X_{ut} 、 Y_{ut} および Z_{ut} を軸とする座標系を上胴座標系 Σ_{ut} と定義した。

②下胴座標系

左右股関節の midpoint から左右肋骨下端の midpoint へ向かう単位ベクトルを Z_{lt} とし、左股関節から右股関節へ向かう単位ベクトル S_{lt} とした。次に、 Z_{lt} と S_{lt} の外積によって得られる単位ベクトルを Y_{lt} とし、さらに、 Y_{lt} と Z_{lt} との外積によって得られる単位ベクトルを X_{lt} とした。そして、 X_{lt} 、 Y_{lt} 、 Z_{lt} を軸とする移動座標系を下胴座標系 Σ_{lt} と定義した。

③大腿座標系

左大腿座標系について、左膝関節から左股関節に向かう単位ベクトルを Z_{lth} 、左膝関節から左足関節に向かう単位ベクトルを S_{lth} とした。次に、 Z_{lth} と S_{lth} の外積によって得られる単位ベクトルを X_{lth} とし、さらに、 X_{lth} と Z_{lth} との外積によって得られる単位ベクトル

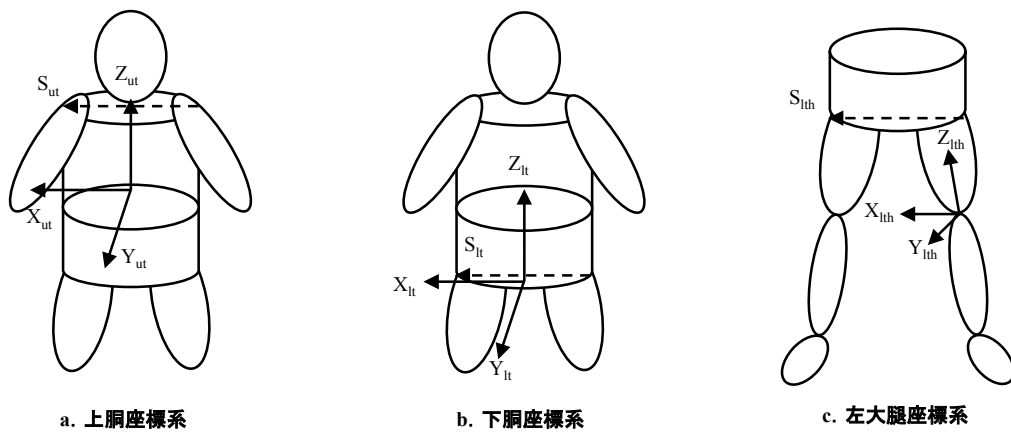


図 6 移動座標系の定義

を Y_{1th} とした。そして、 X_{1th} 、 Y_{1th} および Z_{1th} を軸とする座標系を左大腿座標系 Σ_{1th} と定義した。

2) 初速度

円盤中心の 3 次元座標値の各成分の変位を微分し、各成分を合成することにより円盤の合成速度を算出し、Rel 時の円盤の合成速度を初速度とした。

3) 身体各部位による獲得速度

本研究では、投動作を扱った尾縣・市村（1995）を参考に、投てき距離に最も大きな影響を持つ初速度を、腕部（上腕部+前腕部+手部）、体幹部および脚部の獲得速度の総和と捉えた。腕部獲得速度は、初速度から DSP2 での右肩の最高速度を差し引いたものを、体幹部獲得速度は、DSP2 における右肩の最高速度から右腰の最高速度を差し引いたものを、脚部獲得速度は、DSP2 における右腰の最高速度とした。なお、いずれの速度も各成分を合成したものをを用いて算出した。

4) 重心速度および重心移動距離

得られた 26 点の分析点の 3 次元座標値から、阿江（1996）の身体部分慣性係数を用いて、競技者+円盤系の合成重心（以下、「重心」と略す）を算出した。得られた重心の座標値の変位を微分し、各成分を合成することにより重心の合成速度を算出した。合成重心として算出するために、各競技者の体重に円盤の質量（2.0kg）を加えたものを競技者+円盤

系の質量として扱った。本研究では、L-off 時の合成重心速度を用いた。また、R-off 時の合成重心速度から BS 時の合成重心速度を差し引いたものを、DSP1 における重心速度増加量として算出した。さらに、後のコマにおける重心から前のコマにおける重心に向かう合成ベクトルを算出し、その合成ベクトルの大きさを積算することで、重心移動距離とした。本研究では、DSP1 の重心移動距離を算出した。

5) 左右下肢重心速度

左右の脚の振込動作に代表される下肢全体の移動を表すパラメータとして、下肢の 3 セグメント（足部、下腿部および大腿部）の重心位置および身体部分慣性係数（阿江，1996）をもとに、下肢全体の重心位置を算出し、得られた座標値の変位を微分することにより、下肢重心の合成速度を算出した。本研究では、SSP1 における右下肢重心の最高合成速度および NSP における左下肢重心の最高合成速度を用いた。

6) 右膝速度

SSP2 における下肢全体の動きを表すパラメータとして、右膝関節の 3 次元座標値の変位を座標成分ごとに微分し、各成分を合成することによって、右膝の合成速度を算出した。本研究では、SSP2 における右膝の最高合成速度を用いた。

7) 体幹捻転角度

上胴座標系 Σ_{ut} と下胴座標系 Σ_{lt} の関係を以下の式のように示し、回転行列 R のカルダン

角における3回転目の角度を体幹捻転角度とした。

$$\Sigma_{ut}=R \Sigma_{lt}$$

本研究では、R-on時の体幹捻転角度を用いた。また、Rel時の体幹捻転角度からL-on時の体幹捻転角度を差し引いたものを、DSP2における体幹捻り戻し角度として算出した。

また、DSP2における体幹捻転角度の変位を微分したものを、体幹捻り戻し角速度として算出した。本研究では、DSP2における体幹捻り戻し角速度の最大値を用いた。

8) 腰回旋量および腰回旋角速度

図7aに腰回旋角度の定義を示した。左股関節から右股関節に向かうベクトルをXY平面に投影し、静止座標系のX軸とのなす角度を腰回旋角度とし、投てき方向に背を向けた状態を0°とした。本研究では、R-on時の腰回旋角度からL-off時の腰回旋角度を差し引いたものを、NSPにおける腰回旋量として算出した。さらに、腰回旋角度の変位を微分したものを腰回旋角速度として算出し、DSP2における腰回旋角速度の最大値を用いた。

9) 左膝関節角度

図7bに左膝関節角度の定義を示した。左膝関節角度は、左膝関節から左足関節に向かうベクトルを左大腿座標系に投影し、左大腿座標系のZ軸(Z_{lth})とのなす角度とした。本研究では、DSP2の左膝角度の最大値から、L-on時の左膝角度を差し引いたものを、DSP2における左膝伸展角度として算出した。

(4) 統計処理

初速度および各動作要因間の関係は、Pearson の積率相関係数を用いて検討した。また、本研究では、尾縣・市村（1995）を参考にパス解析を行った。手順としては、まず設定した投てき動作のモデルに対応して、逐次的に強制投入法による重回帰分析を行い、平均 0、分散 1 に標準化された偏回帰係数、すなわち標準化偏回帰係数を算出し、これをパス係数とした。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差変数との一次結合によって完全に決定されるため、残差変数の総効果（残差効果）は、 $\sqrt{1 - R^2}$ で推定した。統計処理には、IBM SPSS Statistics 25.0 for Mac（IBM 社製）を用い、有意性は危険率 5% で判定した。

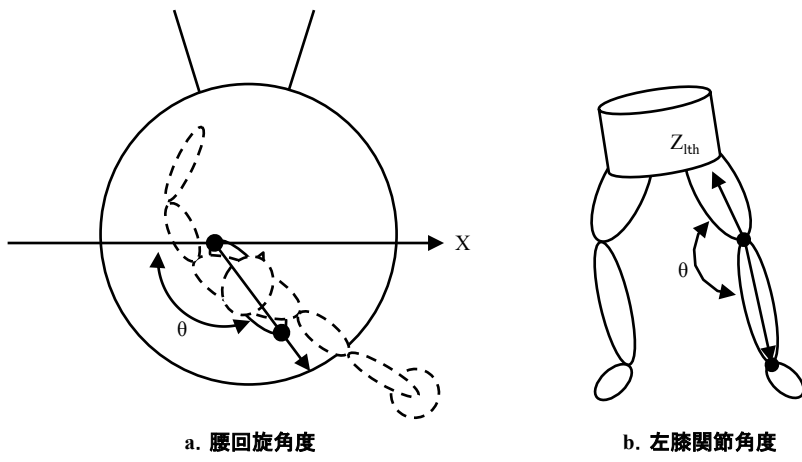


図 7 腰回旋角度および膝関節角度の定義

3. 結 果

表 10 は、本研究で扱った各変数の平均値および標準偏差を示したものである。初速度と投てき距離との間には、有意な正の相関関係が認められた ($r=0.966$, $p<0.01$)。表 11 は、モデルに取り上げた変数間の相関係数を示している。図 8 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、パス係数および残余効果で示したものである。

本研究で設定したモデルにおいて、いずれのパス係数も有意であった。初速度には、腕部獲得速度、体幹部獲得速度および脚部獲得速度から有意なパスが通っており、パス係数は、腕部獲得速度、体幹部獲得速度、脚部獲得速度の順に大きかった。腕部獲得速度には、肩回旋動作から、肩回旋動作には、腰回旋動作および体幹捻り戻し動作から有意なパスが通っていた。肩回旋動作に対するパス係数は、腰回旋動作、体幹捻り戻し動作の順に大きかった。体幹部獲得速度には、体幹捻り戻し動作から有意なパスが通っており、脚部獲得速度には、左膝伸展動作および右下肢回し込み動作から有意なパスが通っていた。脚部獲得速度に対するパス係数は、右下肢回し込み動作、左膝伸展動作の順に大きかった。体幹捻り戻し動作には、体幹捻転動作から有意なパスが通っていた。体幹捻転動作には、腰回旋動作および左脚振込動作から有意なパスが通っており、パス係数は、腰回旋動作、左脚振込動作の順に大きかった。腰回旋動作には、右脚振込動作から有意なパスが通っており、左脚振込動作には、重心速度獲得から有意なパスが通っていた。重心速度獲得には、右脚振込動作および重心速度増加から有意なパスが通っており、パス係数は右脚振込動作、重心速度増加の順に大きかった。重心速度増加には、体重移動から有意なパスが通っていた。

表 10 各変数の平均値および標準偏差

変数	平均値±標準偏差
投てき距離(m)	44.94±6.79
初速度(m/s)	20.25±1.50
DSP2腕部獲得速度(m/s)	14.39±1.34
DSP2体幹部獲得速度(m/s)	3.16±0.78
DSP2脚部獲得速度(m/s)	2.70±0.39
DSP1 重心移動距離(m)	0.31±0.07
DSP1 重心速度増加量(m/s)	0.87±0.23
SSP1 右下肢重心速度最大値(m/s)	5.60±0.40
L-off時 重心速度(m/s)	2.46±0.29
NSP 左下肢重心速度最大値(m/s)	5.04±0.57
NSP 腰回旋量(deg.)	67.68±29.30
R-on時 体幹捻転角度(deg.)	45.26±17.62
SSP2 右膝速度最大値(m/s)	2.57±0.52
DSP2 体幹捻り戻し角度(deg.)	64.20±20.10
DSP2 左膝伸展角度(deg.)	38.04±11.64
DSP2腰回旋角速度最大値(deg./s)	898.33±187.64
DSP2 体幹捻り戻し角速度最大値(deg./s)	611.62±139.54

表 11 モデルに取り上げ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	15	16
1. 初速度	-	847**	430**	071	021	415**	491**	559**	514**	558**	411**	-079	285*	046	124	385**
2. 腕部獲得速度		-	-043	-092	-023	391**	358**	555**	452**	493**	286*	030	135	-021	086	335**
3. 体幹部獲得速度			-	-208	174	308*	248	101	194	212	393**	-208	370**	008	-031	178
4. 脚部獲得速度				-	-188	-365**	160	040	033	040	-191	288*	110	234	.241	-030
5. 重心移動距離					-	438**	143	124	133	-027	166	-188	219	002	-099	091
6. 重心速度増加量						-	344**	434**	344**	277*	286*	035	291*	-160	-179	321*
7. 右下肢重心速度							-	631**	625**	306*	283*	089	279*	047	-018	317*
8. 重心速度								-	710**	210	285*	062	350**	101	-044	382**
9. 左下肢重心速度									-	475**	489**	092	345**	-032	-106	365**
10. 腰回旋量										-	655**	-128	367**	-106	-168	285*
11. 体幹捻転角度											-	-118	546**	-241	-201	329**
12. 右膝速度												-	094	-155	003	141
13. 体幹捻り戻し角度													-	049	-318*	529**
14. 左膝伸展角度														-	120	052
15. 腰回旋角速度															-	170
16. 体幹捻り戻し角速度																-

相関係数は小数点を省略。局面、時点、最大値などの表現は省略。 **p<0.01 *p<0.05

BS	R-off	L-off	R-on	L-on	Rel
DSP1	SSP1	NSP	SSP2	DSP2	

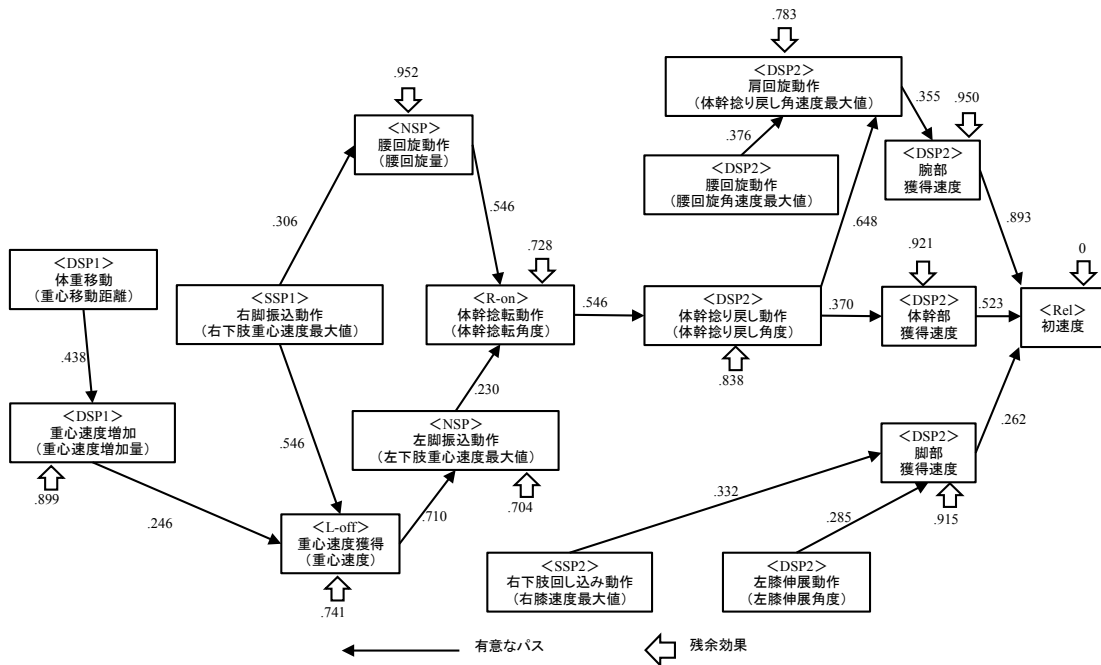


図 8 円盤投動作における動作要因間の因果関係

4. 考 察

本研究において、初速度と投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められた。この結果は、先行研究 (Hay, 1985 ; Hay and Yu, 1995a ; 前田ほか, 2017) を支持するものである。円盤投の投てき距離には、初速度に加えて、飛行中の円盤に作用する空気力学的要因も影響を与えることが報告されている (Hay and Yu, 1995 ; 前田, 1995 ; 小野, 1957 ; Poprawski, 1994) ことを考慮し、本研究では空気力学的要因による影響を除外するため、初速度をパフォーマンス変数とした。

初速度には、腕部獲得速度、体幹部獲得速度および脚部獲得速度から有意なパスが通っていたことから、これらの身体部位による獲得速度が、初速度に対して影響を与えていることが明らかとなった。パス係数の大きさから、初速度に対する影響力は、腕部獲得速度、体幹部獲得速度、脚部獲得速度の順に大きいことが示された。投てき動作の最終局面である DSP2 では、初速度のおよそ 60-70%が獲得され、パフォーマンスの高い競技者ほど DSP2 での円盤の速度増加量が大きくなることが報告されている (Bartlett, 1992)。さらに、投てき動作を通して獲得した競技者+円盤系の角運動量を、円盤に伝達することで、円盤の速度が獲得されることが示されている (Dapena, 1993 ; 宮西ほか, 1998)。また、DSP2 における投てき腕の動作として、水平内外転、伸縮 (田内ほか, 2007b ; 山本, 2015)、外転が行われることから、投てき腕は水平内転動作による円盤の加速および伸縮や外転によって回転半径を大きくすることで肩回旋動作を利用した円盤の加速を行う役割を担っていると考えられる。すなわち、腕部獲得速度は、右肩が最高速度を迎えた後に肩関節の運動および肩の回旋動作を含む総合的な動作によって獲得された円盤の速度であると解釈すること

ができる。これらのことから、DSP2 では、右肩が最高速度となった後に、投てき腕の水平内転、外転および伸縮動作などによって円盤の加速および円盤への角運動量の伝達を行うことが、初速度の獲得に大きな影響を与えていると考えられる。

腕部獲得速度には、肩回旋動作から有意なパスが通っており、肩回旋動作には、腰回旋動作および体幹捻り戻し動作から有意なパスが通っていた。パス係数の大きさから、肩回旋動作に対する影響力は、腰回旋動作、体幹捻り戻し動作の順に大きいことが明らかとなった。また、体幹捻り戻し動作からは、体幹部獲得速度にも有意なパスが通っていた。これらの結果から、DSP2 において、腰を速く回旋させること、体幹の捻り戻し角度を大きくすることにより、体幹の捻り戻し、すなわち肩の回旋が速くなり、腕部の獲得速度が大きくなること、そして DSP2 における体幹の捻り戻し角度を大きくすることで、体幹部の獲得速度が大きくなることが示唆された。宮崎ほか（2016）は、DSP2 において、腰の回旋が肩よりも先行する位相ずれによって、体幹の筋群の伸張-短縮サイクルが生じている可能性について指摘している。したがって、腰を速く回旋することで肩との位相がずれ、体幹の筋群の伸張-短縮サイクルが生じ、体幹捻り戻し角度が大きくなり、かつ肩の回旋が速くなり、最終的に腕部の速度が大きくなると考えられる。

脚部獲得速度には、左膝伸展動作および右下肢回し込み動作から有意なパスが通っていた。パス係数の大きさから、脚部獲得速度に対する影響力は、右下肢回し込み動作、左膝伸展動作の順に大きいことが明らかとなった。Yu et al.（2002）は、地面反力から下肢関節トルクを算出し、投てき距離との相関関係について検討した結果、SSP2 から DSP2 の間の右股関節内旋トルクおよび左膝関節伸展トルクと投てき距離との間に有意な正の相関関係

係が認められたことを報告している。すなわち、SSP2 から DSP2 にかけては、右下肢の内旋動作および左下肢の伸展動作が重要であることが示されている (Yu et al., 2002)。本研究では、右下肢の内旋動作に関する要因として、SSP2 における右膝の最高速度を、左下肢伸展動作に関する要因として、DSP2 における左膝伸展角度を算出し、脚部獲得速度との関係について検討した。小野ほか (2014) は、円盤投の達成度評価規準の項目の一つに、ターン動作後半における「右足の回し込み(右足が接地してから左足が接地するまでの間、投てき方向に右足が回り続けていること)」を取り上げている。また、円盤投のコーチング現場においても、R-on 以降右脚を回し続け、地面を押すことは、高いパフォーマンスの達成のための重要な動作の一つであると考えられている。さらに、Yu et al. (2002) は、DSP2 における強い左膝の伸展の重要性について指摘している。これらの先行研究での指摘およびコーチング現場での認識と、本研究の結果から、SSP2 において、右脚を回旋させることで右膝の速度を高め、DSP2 において、左膝の伸展角度を大きくすることによって、脚部の獲得速度、すなわち右腰の速度が大きくなり、初速度の獲得に繋がることが示唆された。

先述したように、本研究で設定したモデルにおいて、体幹捻り戻し動作は、体幹部獲得速度および肩回旋動作に影響を及ぼす要因であった。肩回旋動作が腕部獲得速度に直接影響を与えていたこと、体幹の積極的な捻り戻し動作が角運動量の伝達に関わる動作であると示唆されている (宮崎ほか, 2016) こと考慮すると、体幹の捻り戻し動作は初速度を高める上で重要な役割を担っていると考えられる。体幹の捻り戻し角度を大きくするためには、十分な体幹の捻転を確保しておく必要がある。そこで、DSP2 における体幹捻り戻し動作と R-on 時の体幹捻転動作の関係について見てみると、体幹捻転動作から体幹捻り戻し

動作に、有意なパスが通っていた。田内・遠藤（2009）は、投てきパフォーマンスに対する体幹の捻転動作は、より大きなエネルギーを発揮するための前提となる動作としての役割を果たしていると指摘している。したがって、NSP において、体幹の捻転を作り出し、その後積極的な体幹の捻り戻しを行うことは、大きなエネルギーを生み出し、伝達するための動作であり、初速度の獲得に影響を及ぼす動作であると推察される。

体幹捻転動作には、腰回旋動作および左脚振込動作から有意なパスが通っていた。パス係数の大きさから、体幹捻転動作に対する影響力は、腰回旋動作、左脚振込動作の順に大きいことが明らかとなった。このことは、R-on 時に体幹捻転角度を確保するためには、NSP における腰の回旋量を大きくすること、「左脚の振込動作」によって左下肢の速度を高めることが有効であることを示唆するものである。腰回旋動作と左脚振込動作との間には有意な正の相関関係も認められており（表 11）、「左脚の振込動作」を行うことで、NSP における腰の回旋量も大きくなるものと考えられる。また、パス係数の大きさに着目すると、R-on 時に体幹の捻転を大きくすることに対して、NSP における「腰の先行」が「左脚の振込動作」よりも大きな影響を与えていることがうかがえる。NSP で腰が先行し、R-on 時に体幹の捻転が大きくなることで、右足が接地した時点からリリースするまでの円盤の軌跡が長くなると考えられる。円盤の軌跡が長くなることは、円盤に長い時間力を作用させることができることを意味しており、初速度の獲得につながることを示されている（Bartlett, 1992 ; Hay, 1985）。そのため、NSP で「腰の回旋動作」と「左脚の振込動作」によって、R-on 時の体幹捻転角度を大きくすることは、本研究で示したモデルの中でも、初速度獲得のために重要な役割を担っていると考えられる。

腰回旋動作には、右脚振込動作から有意なパスが通っており、左脚振込動作には、重心速度獲得から有意なパスが通っていた。さらに、重心速度獲得には、右脚振込動作および重心速度増加から有意なパスが通っていた。パス係数の大きさから、重心速度獲得に対する影響力は、右脚振込動作、重心速度増加の順に大きいことが明らかとなった。また、重心速度増加には、体重移動から有意なパスが通っていた。これらの結果から、NSPの腰回旋量を大きくするために、「右脚の振込動作」も有効であること、「左脚の振込動作」にはL-off時の重心速度が高いことが影響していること、L-off時の重心速度を高めるためには、「右脚の振込動作」が有効であり、DSP1で重心速度を増加させておく必要があること、そしてDSP1で重心速度を増加させるためには、重心移動距離を大きくする必要があることが示唆された。Hay (1985) は、動作前半において、(右利き競技者の場合) 重心を左足の上あるいは左足を越えたところまで移動させることが、成功試技のための重要な要因であると述べているが、重心移動がどのような動作に関連するのか、ということについては明記されていない。本研究の結果から、DSP1で十分な体重移動を行うことは、DSP1での重心速度増加およびL-off時の高い重心速度の獲得による身体の推進の強調に関わる動作につながるということが明らかとなった。L-off時の重心速度が高いことは、指導書(Judge, 2014)で指摘されている技術的な失敗の一つである「過回転」を防ぐことができるとともに、大きな並進運動量を獲得するための重要な要因であることが示されている(前田ほか, 2017)。また、Silvester (2003) は、「右脚の振込動作」による強い回転力と、「左脚を強く地面に押し込む動作」による推進力を結びつけることの重要性について指摘している。先行研究における指摘と本研究の結果から、SSP1で「右脚の振込動作」を行うこと、「左脚を強く地

面に押し込む動作」によって、L-off時の重心速度を高めることができ、NSPでの左下肢重心の速度も大きくなり、効率的な「左脚の振込動作」につながると推察される。さらに、左右の下肢の振込動作を行うことによって、腰の回旋量が大きくなり、R-on時に体幹の捻転が大きくなると考えられる。

以下、本研究の結果を動作開始時点から順にまとめる。動作前半（DSP1-SSP1）においては、DSP1での積極的な体重移動、SSP1での「右脚の振込動作」によって重心速度を高める、といった競技者の推進に関わる動作が重要であることが示された。また、動作中盤（SSP1-NSP）にかけては、左右の下肢の振込動作によって、競技者を推進させながら、腰を回旋させ、体幹捻転角度を大きくする必要がある。これらの動作は円盤の水平速度に大きな影響を与える鉛直軸まわりの角運動量（Dapena, 1993）の獲得に関わる動作であると考えられる。動作後半（SSP2-DSP2）では、右膝の速度を高めること、および左膝を伸展させることで、脚部による獲得速度を高め、SSP2以前に獲得した体幹の捻転を積極的に戻し、腰、肩ともに速く回旋させることで、体幹部および腕部による獲得速度を大きくすることが、高い初速度の獲得に有効であることが示唆された。パスモデルに取り上げられた動作要因は、ターン動作で運動量を獲得し、円盤へと伝達することに関わるものであり、力学的な原則に基づく合理的な動作要因であったと考えられる。

本研究で設定したパスモデルに取り上げられたそれぞれの動作要因は、競技者が投てき動作を開始してから円盤をリリースするまでの時系列に沿った、動作要因間のつながりを示したものであった。本研究の結果から、円盤投におけるターン動作中のそれぞれ動作要因は、他の動作要因に影響を与えることによって、間接的に初速度を規定していることが

明らかとなった。本研究の分析対象者は、日本人初級レベルから日本人上級レベルまでの、広範な競技レベルを有する男性円盤投競技者であったため、本研究で設定したモデルは、日本人男性円盤投競技者が、高い初速度を達成するための投てき動作の因果構造モデルを示している。また、本研究の結果は、先行研究、指導書およびコーチング現場で指摘されている各動作要因間の因果関係を考慮した、科学的根拠に基づく円盤投のコーチングに活用することができると考えられる。

5. 結 論

本研究の目的は、日本人男性円盤投競技者を対象として、高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係について、パス解析を用いて検討し、円盤投のコーチングに資する知見を得ることであった。61名の男性円盤投競技者を対象に、3次元動作分析を行い、算出された初速度、身体各部位による獲得速度および動作要因の関連を示すパスモデルを設定し、要因間の因果関係をパス解析によって検討した。

本研究で設定したモデルから、初速度には腕部、体幹部および脚部獲得速度の全てが影響を及ぼしていることが示された。また、体重移動、重心速度の獲得、左右下肢の振込動作、肩および腰の回旋動作、体幹の捻転および捻り戻し動作、右膝の速度を高める動作、あるいは左膝の伸展動作が、直接的、間接的に身体各部位の獲得速度に影響を与えていることが確認された。さらに、本研究で設定したモデルに取り上げられた動作要因は、競技者が投てき動作を開始してから円盤をリリースするまでの時系列に沿った動作要因間の因果関係を示したものであった。本研究で設定したモデルは、日本人男性円盤投競技者が、高い初速度を達成するための投てき動作の因果構造モデルを示しており、「原因-結果」という関係を踏まえた円盤投のコーチングに活用できると考えられる。

VI. 総合考察

円盤投では、限られた空間から一定の質量を有する円盤をより遠くへ投てきする必要があるため、形態を含む体力要因に対する要求が大きくなる（ボンパ、2006；石河、1977；シュモリンスキー、1982；植屋ほか、1994；山崎、1993）。さらに、回転と並進を伴う高速の動作によって円盤を投てきするという複雑な動作様式から、優れた投てき技術を習得する必要があることが指摘されている（Hay and Yu, 1995a）。円盤投の投てき距離には、初速度が最も大きな影響を与えることが報告されている（Badura, 2010；Bartlett, 1992；Hay, 1985；Hay and Yu, 1995a）。また、投てき動作中に競技者が獲得する角運動量を大きくし、その角運動量を円盤へと伝達することが、初速度を大きくする上で重要であることが明らかとなっている（Dapena, 1993）。さらに、投てき動作中に獲得した並進運動量も初速度に関係していることも示されている（前田ほか、2017）。したがって、円盤投では、爆発的筋力や最大筋力といった体力要因を向上させつつ、より大きな運動量を獲得し伝達するための合理的な投てき動作を習得することが競技者の目標となる。

円盤投の投てき距離に係する体力要因に関して、先行研究（原ほか、1994；畑山ほか、2010）から、投てき距離の大きな競技者ほど、ベンチプレス、スクワット、クリーンといった WT 種目、立幅跳や立三段跳といった跳躍種目、30m 走や 100m 走といった走種目、砲丸バック投げのような投種目において、高い水準であることが明らかとなっている。しかし、先行研究（原ほか、1994；畑山ほか、2010）では、それぞれの体力要因と投てき距離との相関関係についてのみが示されており、各体力要因が投てき距離に与える影響の大

きさについては検討されてこなかった。また、指導現場においても、上述した体力要因はパフォーマンスを向上させる上で重要であると認識されているが、具体的にどの程度の水準まで向上させる必要があるのか、ということは明らかになっていない。

投てき距離あるいは初速度に関係する動作要因に関して、先行研究 (Leigh et al., 2008 ; 前田ほか, 2017 ; 松尾・湯浅, 2005 ; 宮崎ほか, 2016 ; Yu et al., 2002) において、投てき距離や初速度といったパフォーマンス変数との直接的な相関関係は、ある程度明らかにされている。尾懸・市村 (1995) が投動作を対象として動作分析を行った研究の中で、「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」というマイネル (1981) の指摘に触れているように、円盤投においてもそれぞれの動作が互いに関連を持ち合い、パフォーマンスを構成している可能性が高いと考えられる。しかし、円盤投における一連の投てき動作を対象として、動作要因間の因果関係については検討されてこなかった。

そこで本研究では、研究課題 1 において、体力要因が投てき距離に与える影響の大きさを明らかにし、各体力要因の標準値を設定した。次に、研究課題 2 において、高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係について検討し、高い初速度を獲得するための投てき動作のパスモデルを作成した。本章では、これら 2 つの研究課題から得られた知見をもとにして、日本人男性円盤投競技者における高いパフォーマンスを達成するための体力トレーニングおよび技術トレーニングに対するコーチングに関する実践現場への示唆を考察するとともに、今後の課題についても検討する。

1. 円盤投のパフォーマンス向上を目指した体力トレーニングに対するコーチング

研究課題 1 では、日本人男性円盤投競技者 114 名を対象として、一般にフィールドテストで競技者の体力を評価する際に用いられる項目について、投てき距離との相関関係について検討した上で、重回帰分析を用いて投てき距離に与える影響の大きさを明らかにした。さらに、単回帰分析によって各体力要因の標準値を設定した。その結果、本研究で調査した全ての項目と投てき距離との間に有意な相関関係が認められた。すなわち、本研究で扱った項目は、円盤投競技者の体力評価に用いる際に妥当であると考えられる。重回帰分析の結果から、形態に関しては指極および体重が、体力に関しては砲丸バック投げおよびスナッチが、投てき距離に対して有意な影響を与えていること、本研究で扱った体力要因の中でも、投種目、WT 種目、跳躍種目、走種目の順に投てき距離に対する影響が大きいことが示された。これらの結果は、動作様式が円盤投の投てき動作と類似したものが、投てき距離に対して有意な影響を与えていることを示唆するものである。図子 (2013) は、トレーニング手段について、①試合そのものの手段化、②限定的な試合の手段化、③パフォーマンス構造に直結した要素を取り出した手段 (専門的な運動)、④パフォーマンス構造に直結しないが、習熟および強化すれば貢献が期待できる手段 (一般的な運動) に分類できると述べている。本研究で調査した項目は、いずれも円盤投競技者のトレーニング手段として用いられているものであり、図子 (2013) の分類の中では、④の一般的な運動に含まれると考えられる。しかし、投てき距離に有意な影響を与えていた砲丸バック投げおよびスナッチは、円盤投の投てき動作との類似点も存在することから、パフォーマンス構造に関係する要素も少なからず含まれている可能性が

高く、一般的な運動の中でも、より専門的な運動に近いものであることがうかがえる。

また、図子（2016）は、跳躍種目の競技力を評価するための各種テスト運動の階層構造性を示している。この階層構造において、ウエイトトレーニングといった筋力系エクササイズは実際の跳躍種目からは離れた位置にあり、筋力系エクササイズの上の階層にジャンプエクササイズやスプリントエクササイズといった実際の跳躍種目に近い運動が位置づけられている（図子，2016）。このことを踏まえて、本研究の結果をもとに、円盤投における体力を評価するための各種テスト運動の簡易的な階層構造モデルを作成し、図 9 に示した。跳躍種目の階層構造（図子，2016）とは異なり、砲丸バック投げ、砲丸フロント投げのような投種目が実際の投てき動作に近い位置に、WT 種目は投種目の次に位置づけられるが、その中でもクリーンやスナッチといった種目は、投てき動作の主要局面で要求される下肢関節の伸展動作を伴う全身での爆発的筋力に関係していることに加えて、上肢の関与も大きいため、その他の WT 種目よりも上位に位置している。跳躍種目については、大きな力、パワーを発揮して自身の身体を加速、推進させることが要求されるという点で、円盤投に必要な体力要因が含まれると考えられるが、実際の投てき動作とは様式が大きく異なるため、投種目および WT 種目のクリーンおよびスナッチよりも下位に位置づけている。また、走種目についても、跳躍種目と同様の理由により、WT 種目よりも下位に位置している。なお、矢印の太さは、相関係数の大きさを考慮して、関係の強さを表している。図子（2016）は、どの競技種目においても、競技力を評価するための階層性を把握しておくことが、適切な評価診断において不可欠であると指摘しており、円盤投においても、競技者およびコーチは、図 9 に示した階層

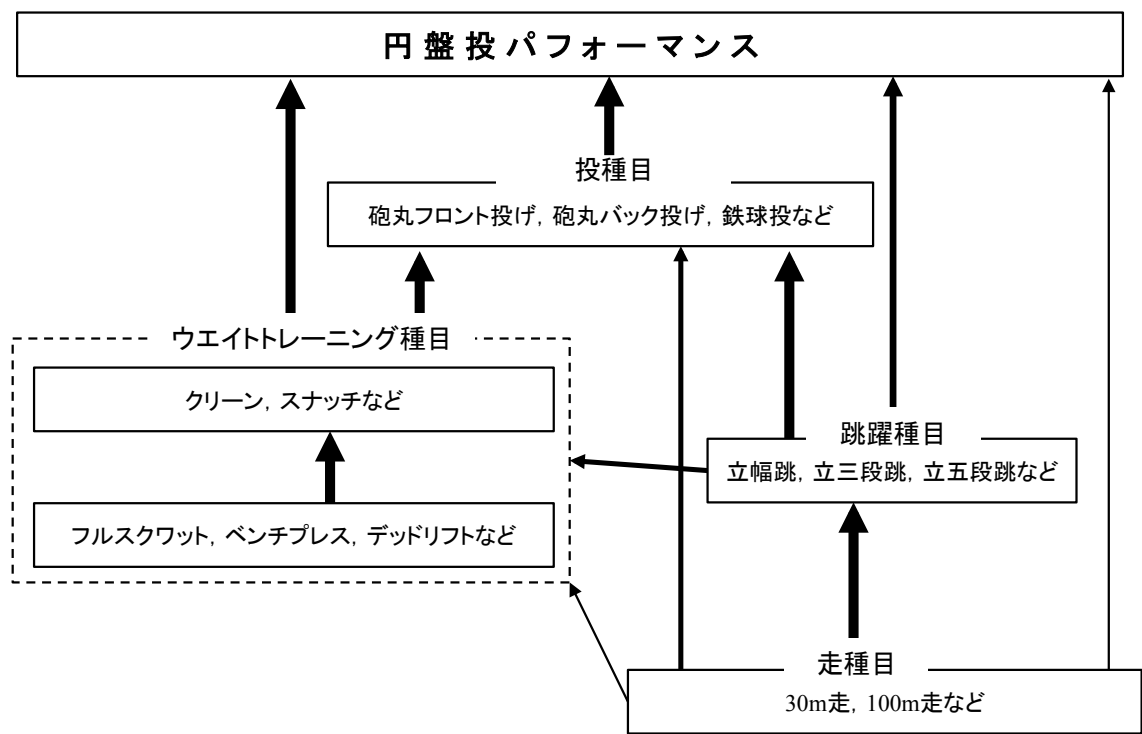


図 9 円盤投競技者の体力評価項目の階層構造

構造モデルを把握しておく必要があるだろう。この階層構造モデルは、多くの競技者に対して適用可能であると考えられるが、本研究の対象者の中には、WT 種目の水準はそれほど高くないものの、投種目において比較的高い水準であり、投てき距離も日本トップレベルである競技者

や、フルスクワットやデッドリフトといった低速で高出力が要求される種目においてはそれほど高い水準ではないものの、中-高速での全身の力発揮が要求されるクリーンやスナッチ、跳躍種目および投種目において比較的高い水準であり、投てき距離も日本トップレベルである競技者

も見受けられた。このように、階層構造モデルに当てはまらない競技者、すなわち物体を投てきする能力に長けている競技者や跳躍種目のような比較的高速での力発揮を得意とする競技者も存在することから、研究課題 1 においても述べたように、個々の競技者の特性を把握しておくことが、円盤投競技者のパフォーマンス向上を目指したコーチングを実践する上で重要であると考えられる。

一般に、円盤投競技者は、投てき距離を向上させるために、目的に応じた体力トレーニングを行っている（例：筋力を高めるためにウエイトトレーニングを行う、全身のパワー発揮能力を高めるために砲丸フロント投げ、バック投げを行う、など）が、競技者にとって、体力トレーニングに充てることのできる時間は限られている場合が多いと考

えられる。そこで、本研究で得られた結果を、実践現場に応用する場合について検討する。

例えば、体力トレーニングを行うための時間が限られている場合、砲丸バック投げおよびスナッチを優先して行うべきであると考えられる。しかし、ある程度体力トレーニングに時間を割くことができる場合や円盤投を始めて間もない場合、各カテゴリで抽出された5つの項目を中心に、中でも砲丸バック投げおよびスナッチを優先して行う必要があるだろう。さらに、先述の階層構造モデルから、各カテゴリで抽出されなかった項目も円盤投競技者の体力を構成していると考えられるため、各カテゴリで抽出されなかった7項目についても強化を図ることで、より高いパフォーマンスを達成することができるだろう。また、円盤投競技者のパフォーマンス向上を目指した体力トレーニングを計画し、実践する際には、本研究で示した標準値（標準記録、表7）を活用することで、それぞれの競技者にとって、より明確な目標設定が可能になると考えられる。一方で、図2にも示したように、特定の水準を達成している競技者が、必ずしも標準記録を超えているというわけではないということにも留意し、先述したような階層構造モデルや個々の競技者の特性を把握した上で、それぞれの課題を設定し、コーチングを実施することが重要になるだろう。

ここからは、著者自身（2018年時点での自己最高記録：55.14m）を対象に、今後記録を向上させるための標準値および階層構造モデルの活用例についても検討する。著者の形態および体力要因と55mおよび60mに必要とされる標準値について、表12に示した。まず、形態について、身長は60mの基準に達していないが、指極については60mの基

表 12 著者の各体力要因と 55m および 60m の標準値

項目	著者(55.14m)	55m	60m
身長(cm)	177	182.8	185.1
体重(kg)	106	103.7	108.4
指極(cm)	194	190.4	194.0
立ち投(m)	46.50	44.79	48.26
砲丸バック投げ(m)	18.15	17.08	18.38
砲丸フロント投げ(m)	16.20	15.06	15.68
鉄球投(m)	24.00	23.43	25.43
スナッチ(kg)	130	110.1	120.4
クリーン(kg)	170	151.9	164.6
ベンチプレス(kg)	210	177.6	194.5
フルスクワット(kg)	220	211.0	229.0
デッドリフト(kg)	280	227.4	244.7
立五段跳(m)	15.05	15.06	15.68
立三段跳(m)	8.70	8.61	8.96
立幅跳(cm)	310	296.2	304.2
30m走(秒)	4.11	4.15	4.09
100m走(秒)	未計測	11.96	11.76

・・・60mの基準を超えている項目

準を超えている。これらの要因は、トレーニングによって変化させることのできない要因であるが、研究課題1において身長よりも指極による影響が大きいことが明らかとなっていることから、60mに十分達することのできる形態であると考えられる。体重についてみると、60mの水準よりも2.4kg小さいことから、さらなる筋量の増加によって体重を向上させることは、60mに達するための課題の一つであることがうかがえる。次に、体力については、種目カテゴリごとに確認する。投種目については、砲丸フロント投げのみ60mの基準を超えているものの、立ち投、砲丸バック投げおよび鉄球投については、60mの基準には達していない。研究課題1より、投種目は投てき距離に最も大きな影響を与えることが示されたため、投種目のパフォーマンスを向上させることが、著者が60mに到達するためには要求されると考えられる。WT種目については、フルスクワットを除く全ての種目で60mの基準を超えているため、優先して向上させる必要はないが、少なくとも60mの基準値を維持させておく必要はあるだろう。跳躍種目については、立幅跳のみ60mの基準を超えているが、立五段跳および立三段跳は、60mの基準には達していない。そのため、立五段跳および立三段跳の記録は向上させるべきであると考えられる。走種目については、100m走は未計測のため言及できないが、30m走はわずかに60mの基準に達していないため、走種目についてもトレーニングの余地があることがうかがえる。これらのことから、著者は比較的低速-中速での力発揮能力には優れるが、高速での力発揮が要求される種目では60mの基準に達しておらず、今後投てき距離を向上させる上で、高速での力発揮が要求される種目の強化が優先されるだろう。先述の階層構造モデルから、走種目や跳躍種目の向上は、他の種目の向上にもつながることが推察さ

れる。これらのことを踏まえて、著者が 60m に到達するための体力トレーニングの計画を立案する場合、一般的準備期には低速-中速での力発揮が要求される WT 種目の実施と並行して、走種目および跳躍種目を優先して強化する必要があるだろう。村木 (1994) は、一般的準備期でのトレーニング内容は一般的・全面的なものが中心となり、一般的訓練と専門的訓練に費やされる時間配分は一般的訓練が多くなるが、上級者ほど専門性への選択を強めるという一般論を展開している。実際に、著者は 2018 年時点で円盤投の競技経験年数が 16 年であり、日本では比較的上級の競技者であるため、近年は専門的トレーニングの優先度を高めていた。また、競技経験年数が浅く、競技力も高まっていない段階での一般的準備期には、一般的・全面的なトレーニングの占める割合が大きかった。しかし、今後著者が 60m の達成を目指すためには、改めて一般的準備期において、走、跳躍、投およびウエイトトレーニングを全面的に向上させることが要求されるだろう。また、専門的準備期は一般的準備期で高めた一般的訓練性の前提条件を土台に、専門的な訓練性の向上にトレーニング内容を集中させる期間であり、競技種目に直結した専門的訓練が主な内容となる (村木, 1994)。さらに、専門的準備期において、一般的訓練の方向性は、一般的準備期で獲得した状態の維持であり、強化的には専門的要素により深く関連するものへと絞られる (村木, 1994)。著者の各 WT 種目の値が、すでに 60m の基準を達成していることも考慮すると、専門的準備期では WT 種目の値を維持しつつ、より高速での出力が要求される走種目、跳躍種目については向上を目指していくこと、円盤投のパフォーマンス構造に関係する要素が含まれる投種目の向上に積極的に取り組むことが要求される。

これらのことから、今後著者が 60m を達成するためには、一般的準備期における各体力要因の全面的強化、とりわけ走種目および跳躍種目の強化を優先すること、専門的準備期には一般的準備期で高めた体力を維持させつつ、走種目および跳躍種目のさらなる向上と投種目の強化を積極的に取り入れる必要があると考えられる。このように、本研究で示した標準値および階層構造モデルは、競技者の現状と課題の把握、目標の設定およびトレーニング計画の立案に活用できる。

これまでの指導書および先行研究の知見をもとに体力トレーニングに対するコーチングを実施する場合には、どの体力要因を優先すべきか、また各体力要因をどの程度まで向上させる必要があるのか、ということは明らかになっていなかったため、とにかく全ての体力要因を向上させる、競技者の不得意とする体力要因を優先する、といったコーチングになってしまう可能性が高いと考えられる。また、円盤投競技者の体力要因に関する研究自体が少ないため、コーチや競技者の経験に基づく場合も多かったことが推察される。一方で、本研究で得られた知見をもとに体力トレーニングに対するコーチングを実施する場合には、上述したような投てき動作と類似点が存在する体力要因を優先する必要があること、競技者の体力評価に階層構造モデルが有用であること、目標とする投てき距離に応じた各体力要因の標準値が明確であることなど、エビデンスベースのコーチングが可能になるだろう。

2. 円盤投のパフォーマンス向上を目指した技術トレーニングに対するコーチング

研究課題 2 では、日本人男性円盤投競技者 61 名を対象に投てき動作の三次元動作分

析を行い、パス解析を用いて、高い初速度を達成するための動作要因間の因果関係を明らかにした。その結果、投てき動作前半から中盤における大きな並進運動量および角運動量の獲得に関する動作要因、投てき動作後半における運動量の円盤への伝達に関する動作要因が互いに影響を与え合うことで、間接的あるいは直接的に高い初速度の獲得を規定していることが示された。本研究で設定したパスモデルは、日本人男性円盤投競技者が、高い初速度を獲得するための「原因-結果」を考慮したコーチングに応用可能である。先行研究から、投てき距離や初速度の優れる競技者ほど投てき動作前半の重心速度が高いこと（前田ほか，2017）、DSP2における体幹の捻り戻しが速いこと（宮崎ほか，2016）、L-off時の体幹捻転角度が小さいこと（Leigh et al.，2008）などが明らかになっている。また、指導書において、DSP1での体重移動が重要であること（Hay, 1985; Silvester, 2003）、「右脚の振込動作」による強い回転力と「左脚を強く地面に押し込む動作」による推進力を結びつける必要があること（Judge, 2014; Silvester, 2003）、SSP2では右足で地面を押しえながらかかとを回し、このとき右膝を内側に倒すように早く入れる動作が重要であること（山崎，1993）などが示されている。これらの指導書および先行研究で得られた知見をもとに技術トレーニングに対するコーチングを行う場合、例えば体幹の捻転が確保できていないような競技者に対しては、体幹の捻転を強調させるといった一つの動作に着目した指示を出すことは可能であるが、そのために具体的にどのような動作を遂行すべきか、ということについてエビデンスベースの指示を出すことは困難であったと考えられる。一方で、本研究で設定したパスモデルをコーチングに応用した場合、先述した競技者を例に考えると、体幹を捻転させるためには、NSPにおいて腰を回

旋させる，あるいは左脚の振込動作を強調させるといった方向性の提示が可能である．本研究で示したように，ある時点あるいは局面の動作はそれ以前の動作による影響を受けているため，その時点あるいは局面の動作のみに着目するだけでなく，その前後の動作にも着目することで，競技者のパフォーマンスを向上させるための多様なアプローチも可能になると考えられる．

本研究で設定したパスモデルでは，投てき動作前半から中盤には大きな並進運動量および並進運動量の獲得に関する動作要因が，投てき動作後半には獲得した運動量の円盤への伝達に関する動作要因が，初速度を規定していた．これらの結果は，競技者の投てき動作の問題点の所在を把握する際に応用可能であると考えられる．初速度を高めるためには，大きな運動量の獲得が重要であることが示されている（Dapena, 1993；前田ほか, 2017）が，投てき動作前半における体重移動，重心速度の増加あるいは右脚の振込動作が不十分である場合には，並進運動量の獲得に問題が生じ，投てき動作前半から中盤における左右の脚の振込動作や腰の回旋が不十分である場合には，角運動量の獲得に問題が生じると評価することができる．また，投てき動作後半の下肢の回し込み，伸展動作や体幹の回旋動作が不十分である場合には，獲得した運動量の伝達に問題が生じると解釈できる．このように，そもそもの運動量の獲得が不十分であるのか，それとも運動量は十分に獲得できているが伝達が不十分であるのか，という観点で投てき動作を評価することは，競技者の課題を大まかに把握し，目指すべき投てき動作の方向性について検討する際に重要であると考えられる．

3. 体力要因と動作要因との関係

体力と技術は相互に関係することが指摘されており（グロッサー・ノイマイヤー，1995；村木，1994；図子，2003），コーチングの現場においても同様のことが認識されている．本研究では，体力を調査した時期と動作分析で対象とした競技会の時期が異なっており，それぞれの研究課題における対象者も全てが共通しているわけではないため，体力要因と動作要因との関係について詳細に検討することはできないが，各研究課題で得られた結果をもとに，円盤投における体力要因と動作要因との関係について，考察する．

研究課題 1 において，投てき距離に対して有意な影響を与えている項目であった砲丸バック投げおよびスナッチは，下肢から体幹，そして上肢に向けて，運動が連鎖的に起こり，砲丸やバーベルといった用具に力を伝達するという動作様式である．また，研究課題 1 でも述べたように，これらの体力要因は，体幹，股関節および膝関節の屈曲，伸展を伴って大きなパワーを発揮するという点で，円盤投における DSP2 の動作様式と類似している．小林（2001）は，スポーツのパフォーマンスを高めるためには，体幹の筋力を鍛えて身体のパワー発揮能力を高めると同時に，エネルギーの流れやすい動作体系の構築を図る必要があると指摘している．DSP2 では，投てき動作を通して獲得した競技者＋円盤系の角運動量を，円盤に伝達することで，円盤の速度が獲得される（Dapena，1993；宮西ほか，1998）．これらのことから，砲丸バック投げやスナッチは，円盤投競技者の体幹，股関節および膝関節の屈曲，伸展に関わるパワー発揮能力を反映するトレーニングであることに加えて，下肢から上肢へ力や運動量が伝達しやすい動作体系を構

築するためのトレーニングにもなり得ると考えられ、運動量の伝達に関する動作要因に影響を与えていることが推察される。

研究課題2において、初速度に対して、最も大きな影響を与えていた腕部獲得速度は、肩関節の運動および肩の回旋動作を含む総合的な動作によって獲得された円盤の速度であると解釈できる。また、研究課題1において、投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められた砲丸バック投げは、肩関節の屈曲を伴って物体を加速させて投射する運動、ベンチプレスは、肩関節の屈曲に作用する大胸筋が動員される運動であり、これらの体力要因は、腕部獲得速度に関する動作要因に影響を与えていることが推察される。他にも、研究課題2における、大きな運動量の獲得に関する動作である「SSP1 右脚振込動作→L-off 時重心速度→NSP 左脚振込動作」というパスは、地面から離れた下肢をスイングさせる動作と接地している脚を地面に押し込む動作によって身体を推進させ、地面へ力を作用させた脚をその後にスイングさせることを示している。これらの動作要因は、研究課題1における跳躍種目や走種目の動作様式と類似しているため、両者の間には関係があると考えられる。

このように、各研究課題で得られた結果から体力要因と動作要因との関係についてはある程度は考えられるものの、これらはいくまで推測の域を出ないものである。実際には、体力要因と動作要因は上述したように単純に関係しているだけでなく、複雑に関係し合ってパフォーマンスを構成していると考えられる。それぞれの要因が独立したものではないことを理解した上で、コーチングを実施することが重要であろう。

4. 日本人円盤投競技者が国際大会で活躍するための指針

日本国内における円盤投の競技レベルは、年代問わず、徐々に向上している傾向にあることが報告されており（高梨・畑山，2010）高梨・畑山（2010）の報告した2010年以降も、日本国内全体の競技レベルは、少しずつではあるものの向上している。実際、2017年には堤雄司選手が60.54mを記録し、38年ぶりに日本記録が更新され、2018年には、湯上剛輝選手が62.16mを記録し、日本記録の水準がさらに向上した。しかしながら、2017年に開催された世界陸上競技選手権大会の参加標準記録が65.00m、8位入賞者の記録が64.04mであったことを考慮すると、日本の円盤投の競技レベルは、国際的な水準からは遅れを取っており、国際大会で活躍することが困難な種目であると言える。そこで本節では、日本人競技者が今後国際大会に出場し、活躍することを目指して、日本人競技者がさらにパフォーマンスを向上させるための体力トレーニングおよび技術トレーニングの指針についても検討する。

研究課題1でも触れたように、世界トップレベル競技者は日本人競技者と比較して、形態的に非常に大きいことが明らかとなっている。他の体力要因についても見てみると、1976年のモントリオールオリンピックで優勝したMac Wilkins選手（USA，自己記録：70.98m）は、フルスクワットが310kg、ベンチプレスが200kg、クリーンが190kg、スナッチが150kg、1984年のロサンゼルスで5位に入賞したArt Burns選手（USA，自己記録：71.18m）は、フルスクワットが300kg、ベンチプレスが280kg、クリーンが195kg、スナッチが150kgであることが示されている（金子，1988）。これらの値は、研究課題1における日本人トップレベル競技者よりもさらに高値である。形態的に大きければ、筋

量も多くなり、より大きな力およびパワーを発揮できることが推測できる。他方、研究課題1でも述べたように、形態的に小さいことが、ウエイトトレーニングでの挙上重量を向上させる上で有利な点にもなり得る。つまり、本来日本人競技者は、高身長で四肢が長い世界トップレベル競技者よりも、筋力を向上させやすい可能性があるにも関わらず、世界トップレベル競技者の水準よりも劣っているのが現状であると言える。投てき距離に大きな影響を与える形態的要因として、体重が抽出されたことも踏まえると、日本人競技者は絶対的な筋量を増加させて、より大きな力およびパワーを発揮できるようにすることで、体力要因を世界トップレベルの競技者と同程度あるいはそれ以上にする必要があると考えられる。

宮崎ほか(2016)が指摘しているように、世界トップレベル競技者と日本人競技者との間の形態の違いは、目指すべき投てき動作にも影響を与えていることが推察される。初速度を高めるためには、大きな運動量を獲得する必要がある(Dapena, 1993; 前田ほか, 2017)。並進運動量および角運動量には、体重が関係しているため、形態的に大きな世界トップレベル競技者の方が、日本人競技者よりも大きな運動量を獲得している可能性が高いと考えられる。そのため、日本人競技者には、積極的な体重移動によって重心速度を高め、大きな並進運動量を獲得すること、右脚の振込動作、腰の回旋、左脚の振込動作といった動作を強調させることによって大きな角運動量を獲得することが求められるだろう。大きな運動量を獲得できたとしても、円盤へと伝達することができなければ、初速度を高めることにはつながらないため、まずは伝達できる範囲で大きな運動量を獲得し、その後さらに大きな運動量を獲得できるような動作を目指す、というよ

うに競技者の能力や競技レベルに応じて、段階的に目標を設定する必要があると考えられる。

5. 今後の課題

本研究では、円盤投のパフォーマンス（投てき距離あるいは初速度）と体力要因、動作要因との関係について着目し、高いパフォーマンスを達成するための体力トレーニングおよび技術トレーニングに対するコーチングに関する実践現場への示唆を提示してきた。しかし、本研究では日本人男性円盤投競技者のみが分析対象となっていること、体力に関する調査方法が質問紙法であったこと、投てき動作の分析手法が手動でのデジタルタイズであり精度に改善の余地があったこと、体力および動作それぞれのデータを収集した時期が異なり、各課題の全ての対象者が同一ではないことなどから、円盤投競技者が高いパフォーマンスを達成するための体力トレーニングおよび技術トレーニングに対するコーチングの体系化に向けて、今後さらに検討すべき課題がある。

(1) 対象者の投てき距離の範囲

本研究で対象とした競技者の投てき距離の範囲は、研究課題1では32.53–60.10m、研究課題2では30.06–59.21mであり、いずれも日本人男性競技者であった。近年の世界大会における入賞者の投てき距離について見てみると、世界トップレベルの競技者はおよそ63m以上と、本研究における分析対象者の投てき距離の範囲外である。さらに、世界トップレベル競技者は形態および体力的特徴が日本人競技者とは異なるため、本研究で得られた知見が適用できない可能性がある。したがって、今後は世界トップレベルの競

技者を対象として分析を行い，本研究で得られた知見との比較による再検討が必要である．世界トップレベル競技者の形態，体力要因および投てき動作の特徴について詳細に検討できれば，日本人競技者がパフォーマンスを向上させるための指針について，より具体的に提示することができると考えられる．

(2) 各課題における研究手法

本研究は，幅広い競技レベルを有する多数の日本人男性円盤投競技者を対象者として研究をデザインしたため，研究課題 1 では質問紙法を採用して調査を行い，研究課題 2 では競技会および実験で得られた映像を手動でデジタイズすることによって 3 次元動作分析を行った．したがって，研究課題 1 においては，得られた回答が必ずしも正確であるかどうかの検証ができていない，研究課題 2 においては，手動でデジタイズしたことによる誤差が少なからず存在する，といった問題点が挙げられる．今後は，実際に円盤投競技者にフィールドテスト実施して測定を行い，光学式 3 次元動作分析装置を用いて投てき動作を分析するなどして，より精度の高い結果を得る必要があるだろう．

(3) 各課題における対象者とデータ収集の時期

本研究では，研究課題 1 と研究課題 2 における全ての対象者を同一にはできなかった．また，体力要因および動作要因についてのデータを収集したタイミングが異なっていた．体力要因と動作要因との間には，密接な関係があるとされているが（グロッサー・ノイマイヤー，1995；村木，1994；図子，2003），本研究では体力要因と動作要因との関係

について、先述のように考察したものの、各課題の対象者が異なっていたこと、それぞれのデータ収集の時期が異なっていたことから、両者の関係について詳細に検討することができなかった。今後は、同一の対象者を用いて、体力要因と動作要因について同じタイミングで計測を行い、両者の関係について明らかにすることができれば、円盤投におけるより良いコーチングのための実践的な知見を得ることができると考えられる。

VII. 結 論

本研究の目的は、日本人男性円盤投競技者における体力要因が投てき距離へ与える影響の大きさを明らかにし、投てき距離に対する体力要因の標準値を提示すること、そして高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係について検討することで、円盤投のコーチングに資する知見を得ることであった。その結果、以下に示すような結論が得られた。

- 1) 投てき距離の大きな円盤投競技者ほど、形態的に大きく、高い体力水準であった。形態に関する要因では、指極および体重、体力に関する要因では、砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳、30m 走の順に、投てき距離に対する影響が大きいことが明らかとなった。さらに、投てき距離に応じた標準値を提示した。
- 2) 高い初速度獲得のためのパスモデルについて検討した結果、初速度には腕部、体幹部および脚部獲得速度の全てが影響を与えていた。また、体重移動、重心速度の獲得、左右下肢の振込動作、肩および腰の回旋動作、体幹の捻転および捻り戻し動作、右膝の速度を高める動作、あるいは左膝の伸展動作が、直接的、間接的に身体各部位の獲得速度に影響を与えていた。

本研究で得られた結果から、円盤投において、高いパフォーマンスの達成を目的とするトレーニングの実施、あるいはコーチングにあたって、体力要因については、投てき動作との類似度を踏まえた上で、競技者に要求される体力要因の優先度を理解しておく必要が

あること、動作要因については、競技者が大きな運動量を獲得し、伝達するための動作要因間の「原因-結果」というつながりを考慮する必要があることが示唆された。本研究で得られた知見は、体力要因、動作要因の側面から、円盤投の高いパフォーマンスを達成するためのコーチングの指針を明らかにしたものであり、日本人男性円盤投競技者がパフォーマンスを高めるための有益な知見を提供している。

謝 辞

本論文の作成にあたり、尾縣貢教授には、研究計画の作成から論文の執筆にいたるまで、終始懇切丁寧なご指導およびご校閲を賜りました。尾縣先生には、論文の作成だけでなく、競技についてもご指導いただきました。これらを通して、「題材は現場にたくさん転がっている」という、コーチング学分野の研究を進める上での基礎となる視点や考え方について深くご教示いただきました。ここに心から感謝の意を表します。

大山卞圭悟准教授には、10年間に渡り、競技、研究、そして学生生活の様々な面において、多大なるご指導を賜りました。競技者としても、研究者としても、本当に未熟であった私が、競技力を伸ばし、本論文を上梓することができたのも、大山先生のあたたかいご指導のおかげであると、強く感じております。本当にありがとうございました。

山田幸雄教授、西嶋尚彦教授、岡田弘隆准教授には、副査を快くお引き受けいただき、論文の構成、研究成果の実践現場での活用、他競技からみた本研究の価値についてなど、論文全般に渡って貴重なご指導およびご助言をいただきました。木越清信助教、山元康平氏、福岡大学の広瀬健一助教、日本大学の関慶太郎助手には、陸上競技の専門家の立場から、貴重なご助言を賜りました。ここに深くお礼申し上げます。

陸上競技研究室の諸先輩、同輩、後輩の皆様からは、本論文の実験、撮影補助に多くのご協力をいただきました。この場を借りて、心からお礼申し上げます。

最後に、長きに渡る学生生活を常にあたたかく見守り、多大な支援を続けてくれた両親に、心より感謝の意を表します。

2019年3月 前田 奎

文 献

[A]

阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Japanese Journal of Sports Science*, 15 : 155–162.

青木邦男 (1986) 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.

[B]

Badura, M. (2010) Biomechanical Analysis of the Discus at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 25 : 23–35.

Bartlett, R. M. (1992) The biomechanics of the discus throw: A review. *Journal of Sports Science*, 10 (5) : 467–510.

ボンパ: 尾縣 貢・青山清英監訳 (2006) 競技力向上のトレーニング戦略. 大修館書店, p. 216.

Borgstrom, A. (1989) Javelin throwing in Sweden-training and methods of evaluation. *Thrower*, 46 : 56–59.

[D]

Dapena, J. (1993) New Insights on Discus Throwing. *Track Technique*, 125 : 3977–3983.

[E]

エッカー：澤村 博監訳（1999）基礎からの陸上競技バイオメカニクス．ベースボール・マガジン社，pp. 164-175.

[F]

Frohlich, C. (1981) Aerodynamic effects on discus flight. *American Journal of Physics*, 49 : 1125-1132.

[G]

Gregor, R. J., Whiting, W. C. and McCoy, R. W. (1985) Kinematic analysis of Olympic discus throwers. *International Journal of Sports Biomechanics*, 1 (2) : 131-138.

グロッサー・ノイマイヤー：朝岡正雄ほか訳（1995）選手とコーチのためのスポーツ技術のトレーニング．大修館書店．

[H]

原 信一・有吉正博・繁田 進（1994）円盤投競技者の体格・体力に関する調査研究．陸上競技研究，46 : 36-39.

ハルトマン・ミノウ・ゼンフ：高橋日出二ほか訳（2013）初歩の動作学-トレーニング学：金メダルへの道しるべ．合同会社コレスポ，p. 102.

畑山茂雄・高梨雄太・佐々木大志（2011）円盤投競技者の体力特性と競技力の関連性．陸

上競技研究, 87 : 17-26.

Hay, J. G. (1985) Track and Field : Throwing. In : Chrzanowski, C. (eds.) The Biomechanics of Sports Techniques (3rd Edition). Prentice-Hall, pp. 475-519.

Hay, J. G. and Yu, B. (1995a) Critical characteristics of technique in throwing the discus. Journal of Sports Sciences, 13 (2) : 125-140.

Hay, J. G. and Yu, B. (1995b) Free-Leg Action In Throwing The Discus. Track Coach, 134 : 4265-4268.

廣瀬健一・高梨雄太・青木和浩・金子今朝秋 (2013) ハンマー投競技者のパフォーマンスとコントロールテストの関連性について. 陸上競技研究, 92 : 38-44.

Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M. and Kang, J. (2004) Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 18 (1) : 129-135.

Hommel, H. and Kühl, L. (1993) Rahmentrainingsplan fuer das Aufbautraining, Wurf. Meyer & Meyer, p. 235.

[I]

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.

石田和之 (2005) 野球における動作の習熟プロセス. 体育の科学, 55 (7) : 517-521.

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, 34 : 159-166.

[J]

Johnson, C. (1985) Re-appraise discus throwing. *The Thrower* December : 14-16.

Jones, M. (1987) *THROWING*. The Crowood Press : Wiltshire, pp. 91-95.

Judge, L. W. (2014) Discus. In : USA Track & Field (eds.) *Track & Field Coaching Essentials*.
Human Kinetics, pp. 277-297.

[K]

金子今朝秋 (1988) 投てき競技総論, 円盤投. 陸上競技指導教本. 日本陸上競技連盟編,
大修館書店, pp. 221-234.

加藤康博 (2013) 第 14 回世界選手権モスクワ大会全 47 種目優勝者名鑑&種目別総括. 陸
上競技マガジン, 63 (15) : 148-159.

小林寛道 (2001) スポーツにおける体幹の働き. *体育の科学*, 51 (6) : 412-413.

今野勝幸 (2012) 構造方程式モデリング-モデル構築の再検討-. 外国語メディア学会 (LET)
関西支部 メソドロジー研究部会 2012 年度報告論集 : 68-74.

[L]

Leigh, S. and Yu, B. (2007) The associations of selected technical parameters with discus throwing
performance : A cross-sectional study. *Sports Biomechanics*, 6 (3) : 269-284.

Leigh, S. , Gross, M. T. , Li Li. and Yu, B. (2008) The relationship between discus throwing performance and combinations of selected technical parameters. Sports Biomechanics, 7 (2) : 173-193.

Lindsay, M. (1991) Biomechanical Analysis of the Discus. In : Bartlett, R. M. (Eds.) Report on the 1990 AAA/WAAA National Championships, Vol. 1 : The Throws. Crewe & Alsager College of Higher Education, pp. 47-53.

Lockwood, H. H. (1963) Throwing the Discus. In : Pearson, G. F. D. (Eds) Athletics. Thomas Nelson and Sons Ltd, p. 214.

[M]

前田 奎・大山卞圭悟・広瀬健一・尾縣 貢 (2017) 円盤投における並進運動に関するパラメータと円盤の初速度との関係. 陸上競技学会誌, 15 : 35-46.

前田 奎・大山卞圭悟・広瀬健一・尾縣 貢 (2018) 男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係-記録に応じた体力基準の推定-. コーチング学研究, 31 (2) : 175-184.

前田正登・平川和文・宮口和義・宮口尚義 (1990) やり投競技者 (男子) のための体力指標. スポーツ方法学研究, 3 (1) : 1-7.

前田正登 (1995) 円盤投における投射初期条件. スポーツ方法学研究, 8 (1) : 29-38.

前田正登・白井信幸 (2007) 円盤の静的特性に関する研究-ユース規格の導入に伴う影響-. 陸上競技研究, 68 : 38-43.

Matsuo, T., Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W. and Andrews, J. R.

(2001) Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *Journal of Applied Biomechanics*, 17 (1) : 1-13.

松尾宣隆・湯浅景元 (2005) 円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と円盤+投擲者角運動量に及ぼす効果. *中京大学体育学論叢*, 46 (2) : 33-43.

マイネル, K : 金子明友訳 (1981) *スポーツ運動学*. 大修館書店.

宮西智久・富樫時子・川村 卓・桜井伸二・若山章信・岡本 敦・只左一也 (1997) アジア大会における円盤投げのバイオメカニクスの分析. *日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス研究班編, 佐々木秀幸ほか監, アジア一流陸上競技者の技術-第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告-*. 日本陸上競技連盟, pp. 168-181.

宮西智久・桜井伸二・若山章信・岡本 敦・只左一也 (1998) アジア一流競技者における円盤投げの角運動量の3次元解析. *バイオメカニクス研究*, 2 (1) : 10-18.

宮下桂治・金子今朝秋 (1977) 円盤投. 織田幹雄監, *円盤投・ヤリ投 陸上研究入門シリーズ 9. ベースボール・マガジン社*, pp. 13-104.

宮崎利勝・高橋和将・平山大作・内藤 景・阿江通良・大山卞圭悟 (2016) 円盤投げにおける体幹の捻転動作が円盤の初速度に与える影響. *陸上競技学会誌*, 14 : 19-26.

村木征人 (1994) *スポーツトレーニング理論*. ブックハウス HD.

[O]

尾縣 貢 (1990) 円盤投. 佐々木秀幸ほか編 *スポーツ Q&A シリーズ 実践陸上競技-フ*

ワールド編-. 大修館書店, pp. 173-183.

尾縣 貢・市村操一 (1995) 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. 体育学研究, 40 : 170—180.

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, 39 : 350-362.

大谷 亮・藤井宏明・小林志郎・大橋千里・小山裕三・大山卞圭悟 (2014) 砲丸投のグライド投法と回転投法における投げ局面の右下肢動作の相違. 陸上競技研究, 99 : 36-47.

Ohyama Byun, K., Fujii, H., Murakami, M., Endo, T., Takesako, H., Gomi, K. and Tauchi, K. (2008) A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 23 : 53-62.

大山卞圭悟・宮下 憲 (2012) 円盤投における投擲開始前準備動作：一世界一流女子競技者と日本人一流女子競技者の比較一. 陸上競技学会誌, 10 : 11-15.

小野勝次 (1957) 円盤投. 小野勝次編著, 陸上競技の力学. 同文書院, pp. 181-187.

小野勝次 (1973) 円盤投げ. 陸上競技の技術. 講談社, pp. 189-199.

小野真弘・徐 広孝・大山卞圭悟・西嶋尚彦 (2014) 円盤投動作技能の評価規準. 体育測定評価研究, 14 : 1-10.

[P]

Panoutsakopoulos, V. and Kollias, A. K. (2012) Temporal analysis of elite men's discus throwing technique. *Journal of Human Sport & Exercise*, 7 (4) : 826-836.

Pharoah, M. (1957) Observations on discus throwing. AAA Coaching Newsletter, 4 : 9-10.

Poprawski, R. (1994) Discus and the wind. Track & Field Quarterly Review, 94 (3) : 36.

[S]

桜井伸二 (2004) 投動作のメカニズム (第 10 章投動作). 金子公宥・福永哲夫編 バイオ
メカニクス身体運動の科学的基礎. 杏林書院, pp. 239-246.

佐々木万丈 (1999) 体育学習における能力的不適応経験時のコーピングと心理的ストレス
反応の関係 : 中学生の場合. 体育学研究, 44 : 445-456.

佐々木秀幸・岡野 進・恩田 実 (1991) 円盤投げ. シリーズ絵で見るスポーツ 17 陸上
競技. ベースボールマガジン社, 141-154.

Schlüter, W. and Nixdorf, E. (1984) Kinematische Beschreibung und Analyse der
Diskuswurftechnik. Leistungssport, 6 : 17-22.

シュモリンスキー : 成田十次郎・関岡康雄訳 (1982) ドイツ民主共和国の陸上競技教程.
ベースボールマガジン社, pp. 411-424.

Schwartz, G. K. (1986) Fundamentals of discus throwing. Track and Field Quarterly Review,
86 : 22-25.

志賀 充・尾縣 貢・福岡直樹・関岡康雄 (2004) スプリント走における疾走動作間の関
係-中学生を対象として-. いばらき健康・スポーツ科学, 22 : 19-28.

Silvester, L. J. (1988) Discus Throw. Track and Field Quarterly Review, 88 : 30-31.

Silvester, L. J. (2003) Discus. In : Silvester, L. J. (eds.) Complete Book of Throws. Human

Kinetics, pp. 65-97.

Soong, T. C. (1976) The dynamics of discus Throw. *Journal of Applied Mechanics*, 43 : 531-536.

Stepanek, J. and Susanka, P. (1987) Discus Throw : Results of A Biomechanic Study. *New Studies in Athletics* , 2 (1) : 25-36.

Stone, M. H. , Sanborn, K. , O'bryant, S. H. , Hartman, M. Stone, E. M. , Proulx, C. , Ward, B. and Hruby, J. (2003) Maximum strength-power-performance relationships in college throwers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17 (4) : 739-745.

末松大喜・西嶋尚彦・尾懸 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の因果構造. *体育学研究*, 53 : 363-373.

[T]

高梨雄太・畑山茂雄 (2010) 日本国内における円盤投の競技力動向. *陸上競技研究*, 83 : 31-39.

田内健二・遠藤俊典 (2009) 陸上競技の投てき種目における体幹の捻転動作の役割. *バイオメカニクス研究*, 13 (3) : 170-178.

田内健二・磯 繁雄・持田 尚・杉田正明・阿江通良 (2007a) 円盤投の動作時間と投てき記録との関係. *陸上競技研究紀要*, 3 : 25-31.

田内健二・持田 尚・村上雅俊・阿江通良 (2007b) 日本一流円盤投げ選手の技術分析-円盤速度に対する身体各部位の貢献について-. *陸上競技研究紀要*, 3 : 127-131.

Terzis, G., Kyriazus, T., Karampatsos, G. and Georgiadis, G. (2012) Muscle strength, body composition, and performance of an elite shot-putter. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7 (4) : 394–396.

[U]

植屋清見・池上康男・中村和彦・桜井伸二・岡本 敦・池川哲史（1994）円盤投げのバイオメカニクス的研究. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編, 佐々木秀幸ほか監, 世界一流競技者の技術-第 3 回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書-. ベースボールマガジン社, pp. 257–271.

植屋清見・中村和彦（1992）砲丸投・円盤投の動作学. *Japanese Journal of Sports Science*, 11 : 615–621.

[W]

Welch, C. M., Banks, S. A., Cook, F. F. and Draovitch, P. (1995) Hitting a baseball : A Biomechanical Description. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 22 (5) : 193–201.

Winter, D. A. (1990) Kinematics. In : Winter, D. A. (eds.) *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley and Sons, pp. 11–50.

[Y]

山本大輔 (2015) 円盤投げにおける男女間の円盤加速動作の違い. 天理大学学報 : 9-16.

山本大輔・伊藤 章・田内健二・村上雅俊・淵本隆文・田邊 智 (2008) 世界 1 位と日本
1 位の男子円盤投選手の円盤加速動作の比較. 陸上競技研究紀要, 4 : 124-127.

山本大輔・伊藤 章・田内健二・村上雅俊・淵本隆文・田邊 智・遠藤俊典・竹迫 寿・
五味宏生 (2010) 円盤投のキネマティクスの分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス
研究班編, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術 : 第 11 回世界陸上競技選手権大
阪大会 : 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 日本陸上競技連盟, pp.
189-200.

山科忠彦 (1989) 陸上競技 投てき種目における記録の因子-砲丸投げ・円盤投げについて-.
第 40 回日本体育学会大会号 : 577.

山崎祐司 (1993) 円盤投げ (最新陸上競技入門シリーズ 12). ベースボールマガジン社.

Yu, B. , Broker, J. , and Silvester, L. J. (2002) A Kinetic Analysis of Discus-Throwing Techniques.
Sports Biomechanics, 1 (1) : 25-46.

[Z]

図子浩二 (2003) 特集 動作の練習効果 スポーツ練習による動きが変容する要因-体力要
因と技術要因に関する相互関係-. バイオメカニクス研究, 7 (4) : 303-312.

図子浩二 (2013) トレーニング論Ⅱ/トレーニング理論と方法論. 公認スポーツ指導者養成
テキスト共通科目Ⅲ. 日本体育協会, pp. 104-117.

関子浩二（2016）パフォーマンスの構造を理解しトレーニングサイクルを循環させる-特

集：パフォーマンスを評価する-。コーチングクリニック，30（6）：4-7.

付 録

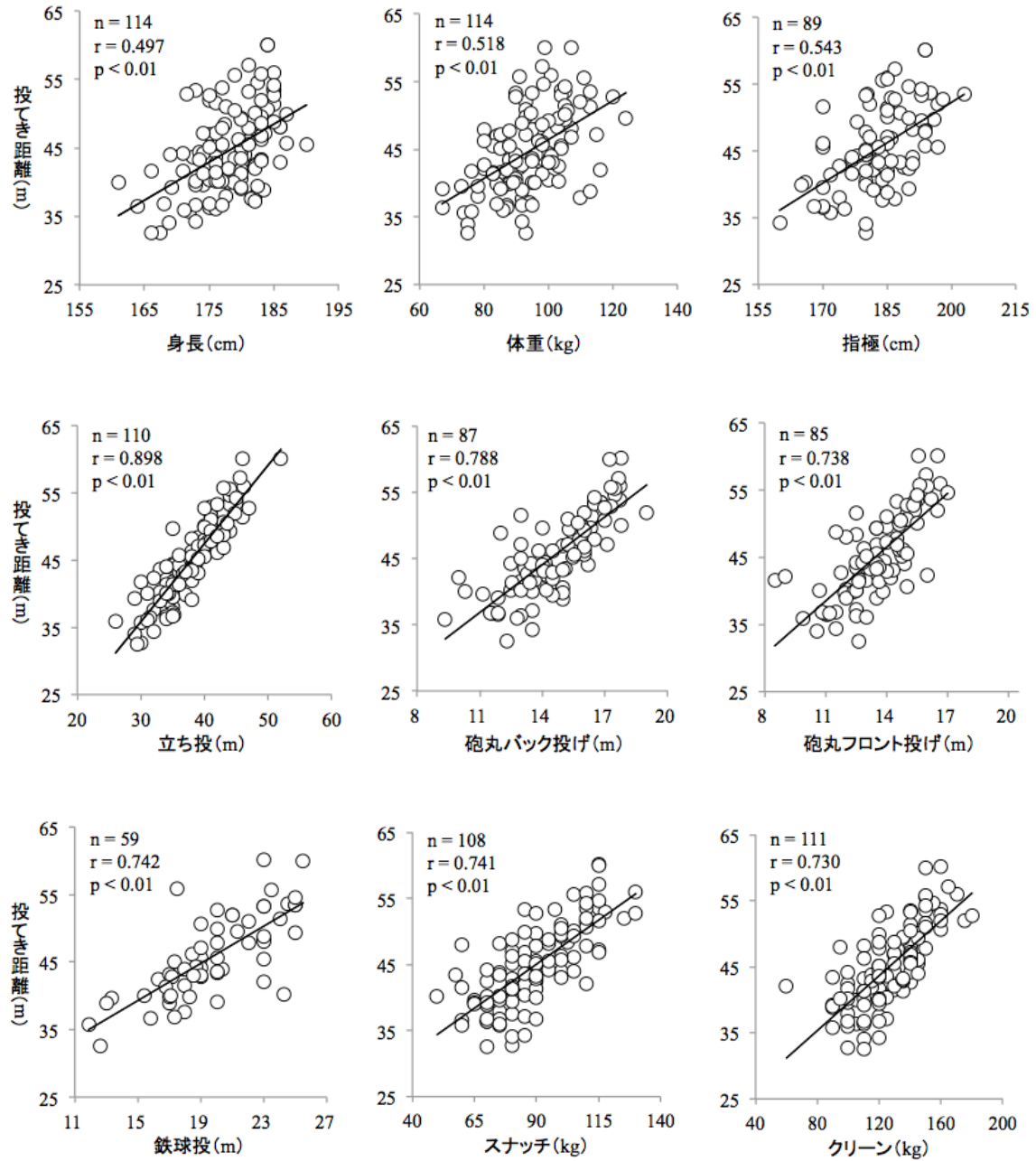


図. 投てき距離と各体力との関係 (1)

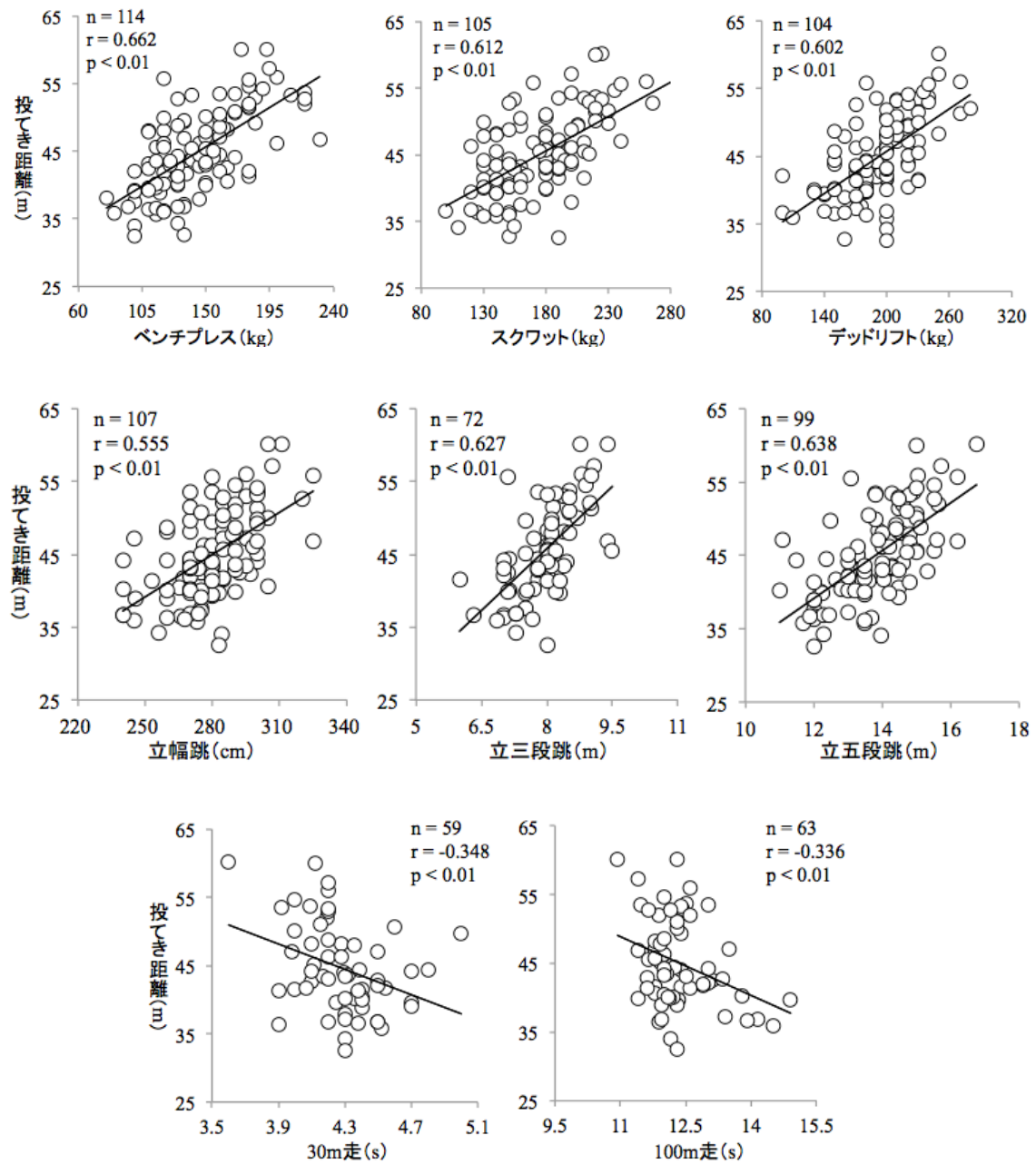


図. 投てき距離と各体力との関係 (2)

配布した質問紙

男子円盤投のパフォーマンスに関わる体力要因についての調査

(アンケートのお願い)

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 3年制博士課程1年次 前田 奎

主指導教員 教授 尾縣 貢
副指導教員 准教授 大山 卞 圭悟

本研究について

競技のパフォーマンスは心技体の充実によって結果が左右されますが、中でも投てき種目は投てき物の飛距離を競う競技特性上、物を遠くに投げることのできる体力が記録向上のために重要となります。そのため、コーチングの立場において、高いパフォーマンスを達成するために必要な体力水準を知ることが有意義であると考えられます。

日本人男子円盤投競技者の体力について、原ほか（1994）は、最高記録が30m以上の男子円盤投競技者77名を対象に、体格や体力などに関する37の項目について質問紙法による調査を行っています。この調査結果から、体格・体力などに関する項目とパフォーマンスとの関係を明らかにしています。

しかし、原ほか（1994）以降「円盤投競技者のパフォーマンスに関わる体力要因」に関する研究は、ほとんどなされていないのが現状です。さらに近年、少しずつではありますが、日本における男子円盤投の競技レベルも向上してきており、1994年時と比べて、体力の構造の変化が生じていることが考えられます。

そこで、本研究では日本人男子円盤投競技者の体力項目について質問紙調査を用い、一般に体力指標として用いられている項目とパフォーマンスとの関係を再検討し、特定の目標記録を達成するために必要な体力について、その下限水準を明らかにすることを目的としています。

質問紙は、回答しづらい点もあるかとは思いますが、日本人男子円盤投競技者のための体力指標を作成することで、競技者がトレーニングを行う際や、指導者がコーチングを行う際の具体的な指針となり、円盤投競技の更なる発展に繋がると信じています。何卒ご協力よろしくお願い申し上げます。

研究の説明事項

1. 研究への参加について

研究への参加・協力は自由意思によって行っていただきます。また、一度参加・協力に同意した場合でも、いつでも不利益を受けることなく同意を撤回することができます。研究への参加・協力の可否についてご不明な点があればどうぞ遠慮なくお知らせください。

2. プライバシー及び個人情報の取扱い

回収したアンケート用紙は厳重に保管し、研究以外の目的には使用いたしません。また、得られたデータはパスワードによるロックのかかったコンピュータに保管し、研究終了後に破棄致します。調査結果につきましては統計的処理などを行うため、個人が特定されることはございません。

3. 回答時間について

回答にはおおよそ 10～15 分程度の時間がかかります。

4. 調査主体等について

・調査主体
〒

・お問い合わせ先（研究への参加・協力に関してご質問やご意見がありましたら、下記までご連絡ください。）
〒

誠に恐縮ではございますが、**1～2週間程度**を目処にご回答・返信いただけますよう、よろしく願い申し上げます。なお、回答用紙は同封の封筒（切手貼付済み、返送先住所記入済み）に入れ郵便ポストにご投函されるか、電子メール（ ）にてご返信ください。

説明事項に同意して頂けましたら以下にご署名の上、質問にお答えください。ただし、回答途中で中断することにより、回答者へ不都合が生じることは一切ありません。

本研究に関する説明事項を理解し、調査・研究への参加に同意します。
平成 年 月 日
ご署名 _____

ご多忙中とは存じますが、ご協力よろしくお願い申し上げます。

アンケート調査表

1. 生年月日をお答えください。
19 年 月 日

2. 現在の所属について当てはまるところに「✓」を振ってください。
大学 大学院 実業団 クラブチーム その他_____

3. 現在の身長と体重をお答えください。
身長 _____ cm 体重 _____ kg

4. 競技について

4-1. 陸上競技を本格的に始めたのは何歳からですか？また、当てはまる時期に「✓」を振ってください。
_____ 歳 小学校 中学校 高校 大学 その他_____

4-2. 円盤投を本格的に始めたのは何歳からですか？また、当てはまる時期に「✓」を振ってください。
_____ 歳 小学校 中学校 高校 大学 その他_____

4-5. 円盤投の自己ベストをお答えください。
自己ベスト _____ m _____ cm

4-6. 自己ベストを記録した年をお答えください。
_____ 年

4-7. 円盤投のシーズンベストをお答えください。
シーズンベスト _____ m _____ cm

4-8. あなたの最高競技成績と、現在最も当てはまると思う競技レベルについてお答えください。競技レベルに関しては下記から当てはまるものをお選びください。
例（最高競技成績：日本選手権 5 位 競技レベル：（ 3 ）

（最高競技成績： _____ 競技レベル（ _____ ）

1. 国際大会入賞レベル（オリンピック、世界選手権、アジア大会、ユニバーシアード等） 2. 国際大会出場レベル

3. 日本選手権入賞レベル 4. 日本選手権出場レベル 5. 地区選手権入賞レベル（関東選手権、東海選手権等）

6. 地区選手権出場レベル 7. 県選手権入賞レベル 8. 県選手権出場レベル 9. 日本インカレ入賞レベル

10. 日本インカレ出場レベル 11. 地区インカレ入賞レベル 12. 地区インカレ出場レベル 13. その他（ _____ ）

5.体力について

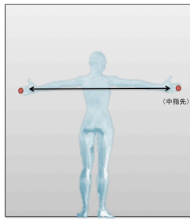
5-1.ウエイトトレーニングを始めたのは何歳の頃からですか？

_____ 歳頃

5-2.次の項目について自己最高記録 (PB)、シーズンベスト (SB) 時の値をお答えください。

(実施が難しい場合は無記入で構いません。)

5-2-1. 指極の長さについてお答えください。



測定方法：左の図のように腕を水平に広げ、片腕の中指先端を壁に当て、左右の中指先端の間の距離を測定してください。

_____ cm

5-2-2. 握力についてお答えください。

右：PB _____ kg SB _____ kg

左：PB _____ kg SB _____ kg

5-2-3. 背筋力についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-4. フルスクワットの最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-5. パラレルスクワット (大腿が地面と平行) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-6. ハーフスクワット (膝関節角度が約 90°) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-7. フロントスクワットの最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-8. ベンチプレス (Bench Press) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-9. インクラインベンチプレス (Incline Bench Press) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-10. スナッチ (Snatch) の最大挙上量についてお答えください。

ハング (地面から持ち上げた状態で)：PB _____ kg SB _____ kg

地面から：PB _____ kg SB _____ kg

5-2-11. クリーン (Clean) の最大挙上量についてお答えください。

ハング (地面から持ち上げた状態で) : PB _____ kg SB _____ kg

地面から : PB _____ kg SB _____ kg

5-2-12. フロントジャーク (Front Jerk) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

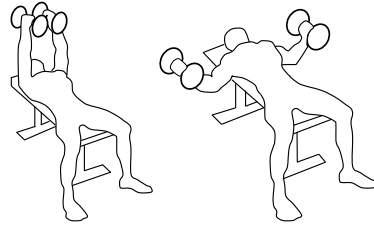
5-2-13. バックジャーク (Back Jerk) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-14. デッドリフト (Deadlift) の最大挙上量についてお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

5-2-15. ラテラルレイズ (ダンベルフライ : 下図) について、最大挙上重量および普段行っている重量・回数をお答えください。



PB _____ kg SB _____ kg

_____ kg × _____ 回

5-2-16. ツイストについて、最大挙上重量および普段行っている重量・回数をお答えください。

PB _____ kg SB _____ kg

_____ kg × _____ 回

5-2-17. 30m 走の最高記録についてお答えください。(普段行っている方法での記録を記入してください。)

スタンディングスタート PB _____ 秒 SB _____ 秒

クラウチングスタート PB _____ 秒 SB _____ 秒

加速走 PB _____ 秒 SB _____ 秒

5-2-18. 50m 走の最高記録についてお答えください。

スタンディングスタート PB _____ 秒 SB _____ 秒

クラウチングスタート PB _____ 秒 SB _____ 秒

加速走 PB _____ 秒 SB _____ 秒

5-2-19. 100m 走の最高記録についてお答えください。

スタンディングスタート PB _____ 秒 SB _____ 秒

クラウチングスタート PB _____ 秒 SB _____ 秒

加速走 PB _____ 秒 SB _____ 秒

5-2-20. 垂直跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ cm SB _____ cm

5-2-21. 立ち幅跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ cm SB _____ cm

5-2-22. 立ち3段跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ m SB _____ m

5-2-23. 立ち5段跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ m SB _____ m

5-2-24. 両足3段跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ m SB _____ m

5-2-25. 両足5段跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ m SB _____ m

5-2-26. 助走付き5段跳びの最高記録についてお答えください。

PB _____ m SB _____ m

5-2-27. 砲丸バック投げの最高記録についてお答えください。
地面から 砲丸足留材の上から

7.26kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

5.45kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

4kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

2.72kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

その他 _____ kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

5-2-28. 砲丸フロント投げの最高記録についてお答えください。
地面から 砲丸足留材の上から

7.26kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

5.45kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

4kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

2.72kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

その他 _____ kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

5-2-29. 円盤 (2.0kg) の立ち投げの最高記録についてお答えください。

PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

5-2-30. 鉄球投 (砲丸を用いて円盤の立ち投げと同じ動作を行うもの) の最高記録についてお答えください。

4.0kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

その他 _____ kg : PB _____ m _____ cm SB _____ m _____ cm

5-2-31. 正規重量とは異なる重量を用いた円盤投のトレーニングでの最高記録についてお答えください。

(おおよその記録で構いません。)

1.5kg : PB m cm SB m cm

1.75kg : PB m cm SB m cm

2.25kg : PB m cm SB m cm

2.5kg : PB m cm SB m cm

その他 kg : PB m cm SB m cm

5-2-32. この他に重視している体力テスト項目とその最高記録についてお答えください。

5-2-33. 今後どのような体力項目を強化したいですか。(自由記述)

※ 以上でアンケートは終了です。ご多忙の中、ご協力いただきありがとうございました。