

# 円 盤 投 の 研 究

富 田 友 治

## A Study on Discus Throw

Tomoji Tomita

The Faculty of Physical Education, Sapporo University

### 序

競技の技術やフォームを考える場合、どの程度の水準を対象とするかを明確にしなければならない。何となれば、円盤投50米級の技術を考えるときに30米級の技術は全く通用しないし、平均的統計等で最高級の水準に対する推論は的はずれになるからである。この小論では、円盤投の理想的フォームと技術について考察するが、名古屋大学小野勝次教授が（専攻数学S20年，学士院賞授賞，日本学生陸上競技連合指導者会議常任講師）著書，陸上競技の力学や月刊陸上競技等で，力学的観点からキネシオロジ的に明細に解説しているので，ここでは，技術の力学的部面は小野氏の説を基礎として，コーチ論の立場から円盤投の理想的フォームと技術を論述する。

## I 円盤投の身体適性について

### 1. 腕の長さ

投擲動作によってあたえられる投擲物の初速度は，投げようとする競技者の，人体の運動速度と，腕と手との運動速度の合計したものと考えられるから，円盤の初速度

は（円盤の地面に対する速度）ターン，ローテート，ターンにおける身体回転速度と，手に保持した円盤の身体に対する速度の合計したものになる。

第1図のごとく，身体自身の回転速度 $W_1$ と，腕の回転速度 $W_2$ の合計したものが円盤の初速度であるから，振り切りにおける円盤の線速度は，ターンを考慮して（角速度を考慮して）次式が得られる。

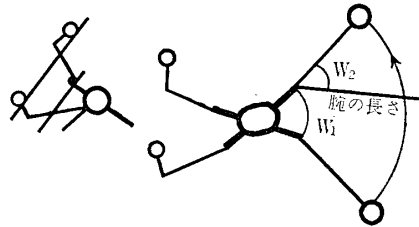
$$(W_1 + W_2) \times \text{腕の長さ}$$

すなわち，身体及び腕の回転速度が，A・B両競技者が全く同じであるとするならば振り切りにおける円盤の初速度は，腕の長さによって差が生ずることになる。

円盤の初速度を高めるためには，大きな力を長く作用させることが必要であって，力の作用線を長くすることによって，慣性モーメントを大きくすることができる。

第1図

円盤投の場合の身体と腕の回転速度と円盤の身体に対する速度。



以上のことから肩巾が広く，腕の長いことは円盤投競技者として極めて有利であることがわかる。

## 2. 脚や腕の強さ

円盤が振り切りによって高い初速度を得るためには力が必要である。回転も振り切りも脚や腕の力によって行われる。力の一部は力として作用し，他の大部分はスピードとして用いられるから，大きな力は，高い速度を生む要因になる。力は足が着地していなければ出ない。円盤投のターン中は，脚のキック時間を長く，いわゆる支え足が着地している時間を長くして重心に対しての移動距離を長くとらせながら加速させ，円盤に対してスピード(力)を蓄積させる必要がある。また，速度を高めるために，膝まげの状態から膝を伸ばしていくことが早い屈伸を行うために必要である。ターン時に，100米と同じスタート姿勢を要求されるのもこのためである。ターン，ローテート，ターンの際に強く指摘される腰のひねりの際の姿勢の安定と，振り切りの場合の右脚の支え(右投として)と左脚拇趾球に体重をかける動作の場合にも当然脚力は要求される。

身体運動は千差万別だが，大別して直進運動と回転運動（角運動）の二つに大別できよう。身体運動では歩行のように部分の回転運動によって全体が直進する例が多いが，円盤投では回転（角）運動であるといって差支えないからターンの始動時から走運動に近い形で回転（角）運動が始まり，振り切りにおいて線速度を高めるこの運動では，速度の変化と速度の方向変化が必要である。この場合，ゆっくり変える場合に

は力はあまり要しないが急激に変えるためには大きな力を要する。この場合の力の源泉は脚である。小野氏によれば、投擲の回転速度は円盤では1分間150回転ぐらいである。投擲の場合は、アームの長さ（回転半径）によって必要回転数がちがうが、ハンマー投ではアームが長いので振り切り初速度は1分間120回転程度で充分であるといっているが、円盤投ではアームが短かいために、ハンマーと同じように振り切り初速度を回転だけに求めることはできないので（ハンマーはアームが長く4回転ターン中に、50米以上もハンマーが移動するが、円盤では $1\frac{3}{4}$ 回転でアームも短かく、円盤移動距離は10米～12米ぐらいである）振り切りの初速度を得るためには回転速度で60%腕その他で40%を生み出さねばならないという。必要初速度を秒速25米とすれば、振り切り時に腕によって秒速10米を生み出す必要がある。そのためには強い腕力や腰などの力が必要であり、ハンマー投よりもはるかに腕の強化が必要になる。

以上のことから、脚や腕の強さということが身体適性として重要になると考えるのである。

### 3. バランスとコントロール

非常に速い助走にあたる円盤投のターンでは、特に身体のバランスが重要である。特に回転運動では、バランス維持が難しい。バランスを崩すと、力の方向が合わなくなり、力が相殺してしまうので速度を生み出せない。

その意味で、平衡感覚の発達が望まれる。また全身の協調がなければ振り切り点ですべての力を集中できない。タイミングもリラックスもこの点ですべて重要であることは論をまたない。特に能力がすぐれている場合は、動作に余裕がもてるので、脚、腰、腕などの強化によって全力以下で速度を生み出す動作ができるよう身体強化が必要であると同時に、それがバランスやコントロールにも関係するから、全体的なトレーニングや専門トレーニングで身体強化と平衡感覚の養成が望まれるゆえんである。

## II 円盤投のターン

### 1. 円盤のスウィング

（投擲動作は以下右投として記述する。）

ターンを始める前運動としてのスウィングは円盤投全体技術から見のがされがちであるが技術的には連続しているので重視する必要がある。それは、身体運動全体にもいえることだが、身体重心のなめらかな移動がなければどの技術もうまくいかない。始動時に崩れることは以後の運動の良否を決定づけるので特に重視すべきものと

考える。

円盤投では、足を約30cm前後ぐらい離してサークル後部に立つ、右脚は中央線前におき体は右足の方に傾け、膝はいくらかゆるめて円盤を左右に振動させ、腰と右腕を引き体を前方に傾斜させてターンを始めるために、体重を右足から左足の拇趾のつけねに移動させる。このときに（スウィングからターンに移る時）肩の力を抜くことによって右後方に残された円盤は、更に残されて、少くとも肩の線より $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 残って回転に移行できる。このとき、肩(特に左肩)に力が入り肘をあげて硬直する共通の欠点があると、反動で腕と円盤が肩の線に近ずき円盤を残せないで、その後の回転時の身体と脚、腰のローテートや振り切りを不利にし、身体全体がこわばって全体動作がぎこちなくなるし、バランス、リズムを崩してターンへの移行をなめらかに、力強く行えなくなる。

この意味で、スウィング時からターンへの移行時は肩、肘の力を抜き、(特に左肩と左肘)円盤を後方に残してターンに移行する時点を重視することが必要である。

## 2. ターンについて

スウィングからターンに移行する際にもいえることであるが、円盤を保持する腕は、肘を伸ばし、肩と水平(円盤)ぐらいに高く保つ必要がある。これは、アームを長くすることによって腕(円盤)の慣性モーメントを大きくするためである。このようにすれば、回転速度はおそくなるが、角運動量は大きくなり、投擲に有利である。腕を下げたり、身体に近づけていけばアームが短くなり、回転速度が速くなっても角運動量が小さくなって不利になるので、肘を伸ばし、円盤を高く保持してアームを長くする方がスピードの蓄積に有利である。

また、ターンからフィニッシュまでの円盤の移動距離は $1\frac{3}{4}$ 回転として計算すれば、約10米以上にもなるのであるから、円盤を身体に近づけたり、下げたりした場合にはこの距離が短くなり非常に不利である。このことは(円盤を肩と水平ぐらいに高く保って腕を後方に残すこと。)キネシオロジーとしても完全に有利になる。勿論、角速度は回転半径が大きくなれば角速度は小さくなるが、角速度の損失よりも角運動量の大きいことが重要であり、次の回転への移行的(空中時)に膝を身体側に振り込むことによって回転速度を速めるので、ターンの前段階では、大きな角運動量を得ることに集中した方がよい。このことは、時例的にはフィギュアスケートの回転例でも了解できよう。ターン初期で回転速度にこだわることは、以上から現在の時点では技術的にも結果的にもマイナスであるといえよう。

さらにこのことはターンにおける脚の動作にもいえる。左足拇趾に体重を移行させ、

第2図 ターン始動時における腕と円盤の位置



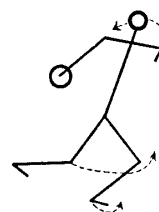
短距離のスタートのように右脚の動作をする場合に、軸の左脚に右脚を接してターンを行うようようなどが陸上競技専門誌でも解説していることがあるが、この点については、前述の角運動量を大きくする意味から考えて、そのまま受けとると大きなマイナスになる。ターンを、走るときのフォームという

イメージは正しい。しかし右脚を引きつける時期が早かったり、ターン始動時から右脚の膝を左脚に近づける事は、回転速度を高めるけれども角運動量が小さくなる。円盤投ターンにおける現在の最大の欠点は、ここにある。右脚の引きつけは、左脚が地面を離れてから、身体が空中にある間に行なって、始めて次の回転運動が速くなるのであるから、左脚の着地している間は、右脚は大きくサークルの外側まで振り出すような形で運動量を大きくすることに専心すべきである。何となれば、脚は質量が大きく、動きの可動性も大きいので角運動量を増加させる場合に身体要因としては一番大きいからであり、この意味でも円盤投射の場合のターンにおける技術の最大ポイントになるといえるのである。(右膝をある程度伸ばし、つま先を上げ、くるぶしの内側でサークル外のボールを蹴るような感じとか)。(膝から下、下腿を外側に向けて膝を高く上げて走るような感じ)とかいう表現が、トップレベルのコーチ間でいわれているのも、基本的には前述のような角運動量を大きくする技術のコーチ学的表現にはかならない。

図3のように右脚は膝をかなり伸ばした形で巻き込むような振り出しを行ない、短距離疾走のような前傾した姿勢で(バランスがとれるならば)  $\frac{3}{4}$ ターンをする時の前に左脚の支持脚が地面を離れてはいけない。これは身体重心を動かすためには足が地面についていなければ加速できないし、支持脚が離れて空中にジャンプすれば、身体重心は重力にまかせるよりほかないからである。加速をするためには、キック中は重心の移動距離は長くなるので、その意味で支持脚は接地している必要がある。キック中の足(つま先で)はさらに回転方向にひねって回転を助けながらキックの後半で右脚の膝をまき込むようにして身体に近づけ慣性モーメントを小さくして回転を速くする。

このときに、下肢は上体を追い越してローテート

第3図 支持脚のひねりと振出脚の膝の動き。



するので身体がねじれ円盤が残り、振り切りコースが長くなって回転速度が高まって円盤の初速度が高くなる。この上体と脚のねじれも、また、腰に弾みをつけることになり画期的な記録向上につながる要因の一つになるとおもわれる。

### III 振 り 切 り

ターンによって得た大きな運動量を $\frac{3}{4}$ 回転時に入っている前に、右脚のまき込みと下肢の上体に対するローテイトによって、慣性モーメントを小さくし回転速度を速めて振り切りに入るが、このとき、円盤重量はそれ程重くないが(男子用 2 kg)回転のアームが長いので慣性モーメントは相当大きい。このとき遠心力が80~150 kgぐらいなので、上腕のモーメントを考える場合に、振り切りによって秒速10米ぐらい速度を高める可能性がある。身体は、質量が大きくても回転軸のすぐそばをまわっているので慣性率あまり大きくないし、肩による円盤への加速能は殆どない。この点から考えて、振り切りによる円盤の初速度は、ローテイトによるねじりの脚と腰のひねりの弾みと、腕のモーメントの和で秒速10米を加え、ターンによって得た15米の初速度によって、振り切りでは初速度が秒速25米になると概算できるから、振り切り直前では(振り切りの構えの意)、たとえば、身体の回転がとまったとしても円盤のスピードを落すのは不利である。金原氏はこのことを身体の回転を止めないで、投げの構えで右膝をまげ、身体を右足側に倒して、投げで身体の回転が腕の振り切りよりも一瞬先んじて始まる必要があるといっているのは、ターン直後の両足着地が遅れたり、ターン後半で下半身の回転の遅れが、投げの構えに移った直後に円盤への加速を止めて不利になることを含めていることになるので筆者はこの意見に同意する。

図 I に示した如く円盤投では、身体の回転速度 $W_1$ と身体に対する腕の回転速度 $W_2$ が円盤の初速度になるが、 $W_2$ には手のスナップの速度が加わる。振り切りにおける円盤の速度も手よりは速く動けないから、手は力は弱いですがスナップによって振り切り、最後の瞬間に円盤に加速ができるので初速度に影響をもつし、IVで述べる円盤に回転力をあたえて飛行中の円盤の安定にも直接関係をもつので重要な技術であるから手の強化が必要である。

ターンから振り切りに入る瞬間では、右脚に重心をしっかりと乗せることを強調したウィッシュマンの意見は、砲丸投、槍投では特に強調されるが、円盤投では重心をかける瞬間はあっても、左足にもある程度の重心がかかっていなければ振り切りができないから、右脚へ重心をかけることを強調するのは左足への重心をかけることを無

視する傾向を生み、技術的には不利になると考える。すなわち、振り切り時にはⅢの3で述べた如く、右脚の膝をやや曲げて、左足拇趾球に体重をかけることにより、肩巾を加えてアームを長くする振り切りを行ってこそ、力の作用するコースが長くとれるのであり、左足を軽視すると、円盤が手をはなれる前に左足が浮き上がって、力の作用距離を短かくしてしまう欠点が出現する可能性が強い。この意味で、振り切りでは両足が地面に接地して金原氏の説明の如く、力の作用線を長くとり、アームを長くすることが現時点での技術ポイントの重要な一つの点として強調したい。

#### IV 投擲角と空気の影響について

##### 1. 投擲角

円盤の投擲距離を伸ばすには、初速度の高いことが第1要因であるが、投擲角もまた大きな要因になる。投射された円盤には、水平分力と垂直分力が作用する。水平分力には加速度はないので飛距離は初速度で決まる。垂直分力は重力の引きが作用する。投擲角が大きければ垂直分力が大きく上方に上がるが、水平距離は得られない。投射角が小さければ水平分力が大きくて上に上がれない。この場合、投射位置の高さと着陸位置の差が投射角決定では問題になるが、走巾跳や、砲丸投と異なって、円盤の場合には水平距離が長いので、それ程問題にならないので削除する。しかし初速度が異なれば投射角にちがいがでてくる。

小林一敏氏の作成した計算図表では（文献10P171～174計算図表3）無風とみて、投射距離50米として、投射位置の高さと着地の差を150cmとみれば、投射角は $30^{\circ}$ ～ $20^{\circ}$ の範囲になると概算できる。この場合の初速度秒速25米前後である。実際にはこのほか空気の影響や、円盤の回転軸の向き、回転速度などが相互に関係をするので決定できないが、すぐれた選手のフォーム分析からみて $20^{\circ}$ ～ $25^{\circ}$ という大雑把な形で投射角の範囲をあらわすより外はない。

一般に投射距離が短くなるにつれて、投射角度は大きくする必要がある。また円盤では揚力があるので向い風の場合には無風時よりも投擲角を小さくすることになるであろう。

##### 2. 空気の影響

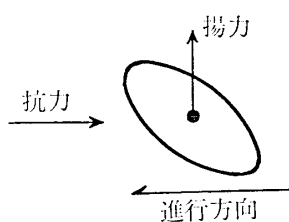
円盤は扁平な形状をしているので、投射されたあとは円盤自身が翼面効果をもっている。

円盤は回転しながら飛行するが、その際には、ジャイロ効果によって円盤の回転速

度が速ければ速いほど回転面の方向が安定して飛行することができる。円盤が回転していることは直接には飛距離を伸ばすことにはならないけれども、円盤が安定しているということは、円盤の翼面効果をもたせることになるので間接には飛距離を伸ばすのに有効な効果をもつのでスナップの重要性は大きい。

また、円盤が飛行するときは円盤の飛行方向からの抗力（空気抵抗）と進行方向に対して垂直にうける揚力の二つの空気による影響を受けることになる。図4はこの円盤に対する空気の影響を示したものである。

第4図 円盤に対する空気の影響

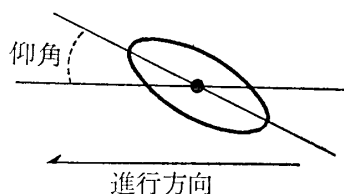


抗力と揚力は、円盤の速度、傾斜、風向等によって変化するが、仰角が小さいと円盤はかなり大きい揚力を受けて、いわゆる風に乗った状態となって飛距離を伸ばすことになる。反対に仰角が大きいと抗力が大きくなり、失速して飛距離が短くなる。揚力も抗力も円盤の速度の二乗に比例するから円盤の初速度が大きい程、仰角を小さくすれば大きい揚力を受けて飛距離がのびることになる。(重力は速度に関係しない)この揚力効果は、円盤前端から  $\frac{1}{4}$  ぐらいのところであらうので、技術的には、振り切り時には円盤前端を幾分下げようような形で投擲動作をする必要がある。

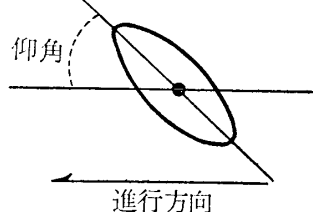
以上のことから空気の影響と投擲角を考慮した円盤振り切り時の技術は、向い風では幾分低く投げ、追い風では幾分高く投げるといふ技術と配慮が必要になる。

仰角の大小と揚力の関係

第5図(イ) 仰角小, 揚力大



第6図 (ロ) 仰角大, 抗力大



## V 要 約

キネシオロジーを基礎として円盤投の技術をコーチ論的に論述したが、要約すれば、円盤の身体適性は、形態的には、肩巾が広く、腕が長い事が絶対的に有利になる。

機能的には、全身の筋力、特に脚筋力と腕の筋力の強いことが、円盤の高い初速度を得る条件であり、フォームの安定のために、前庭迷路の情報感度が高く平衡感覚や



バランス能力,コントロール力を備えたものが良いということ,まず前段で述べた。

続いて,円盤投の技術では,ターンと,フィニッシュにおける動作の重点と連携について,特に重視しなければならない点として,ターン始動時の腕の大きな残し方としての肩,肘の力の抜くことの重要性(これによりすくなくとも円盤は肩より20°は残る)角運動量を大きくするターンの脚の動かし方,及び角速度の $\frac{3}{4}$ 回転時の増加理論と技術,角速度と線速度の関係と回転技術について述べ,フィニッシュでは両脚に体重を乗せることの必要性和円盤への最後の加速と右脚の重要性を強調した。

IVでは,円盤の投射角の問題と,抗力,揚力の関係を述べ,風向いや能力差による投擲角の換え方の基本理念を述べた。

これらをまとめれば,スウィング時の円盤をよく残し,角運動量を大きくするために大きなモーションで,右膝をかなり伸ばしてターンを行い,ローテイトするときに膝をふり込み, $\frac{3}{4}$ 回転時に移行するときに慣性モーメントを小さくして回転速度をはやめ,振り切りの円盤初速度を高める線速度に結びつけることを強調したのである。

これらを考え,史上最高の合理的フォームといわれる西ドイツのL.バステルマンや,各種諸外国の大会における連続写真や,リングフィルム分析をして,日本の円盤投の実情を比較すると,単に体力のちがいはかりでなく,技術上でも劣っている事を発見し,技術を改革すれば現状の体力でも彼我の差が相当に縮まることが予想できると考え,技術のイメージとポイントをまとめた。多くの御批判御検討をお願いする次第である。

## 文 献

- |     |                           |                            |                 |      |
|-----|---------------------------|----------------------------|-----------------|------|
| 1.  | Lホメンコフ (大島鎌吉訳)            | ソ連の陸上競技                    | ベースボール<br>マガジン社 | 1956 |
| 2.  | 小野 勝 次                    | 陸上競技の力学                    | 同文書院            | 1958 |
| 3.  | 久内 武                      | 陸上競技マガジン第8巻12号<br>トムソンの円盤投 | ベースボール<br>マガジン社 | 1958 |
| 4.  | 宮畑 虎彦 高木 公三郎              | 身体運動学                      | 学芸出版社           | 1959 |
| 5.  | 星野 春 雄                    | 体育物理学序説                    | 不味堂             | 1960 |
| 6.  | 小野 勝 次                    | 陸上競技マガジン第9巻13号<br>あすの技術の夢  | ベースボール<br>マガジン社 | 1960 |
| 7.  | 日本学生陸上競技連合<br>指導者会議シンポジウム | 陸上競技第11巻9号<br>円盤投の技術のポイント  | 同 社             | 1961 |
| 8.  | 小野 勝 次                    | 陸上競技マガジン第10巻8号<br>円盤投の技術   | ”               | 1961 |
| 9.  | 釜 本 文 雄                   | 陸上競技マガジン第10巻5号             | ”               | 1961 |
| 10. | ブレスナン<br>タトル<br>クレツマイヤー   | 共著<br>(猪飼道夫<br>訳) 陸上競技     | 体育の科学社          | 1962 |

104 札幌大学紀要

11.	ケーンドーテイ, 織用幹雄	陸上競技	ベースボール マガジン社	1962
12.	金原 勇	陸上競技 (フィールド編)	学芸出版社	1964
13.	浅川 正一, 古藤 高良	陸上競技	大修館	1964
14.	日本学生陸上競技連合 指導者会議シンポジウム	陸上競技第14巻9号	ベースボール マガジン社	1964
15.	ベルノーウイッシュマン (福岡孝行訳)	陸上競技の方法	"	1965
16.	小林 一 敏	スポーツ科学講座第8巻 スポーツとキネシオロジー	大修館	1965
17.	コーチング, クリニック (金原 勇)	円盤投の技術とトレーニング	ベースボール マガジン社	1965
18.	宮下 桂治, 林 東治	陸上競技マガジン第11巻11号 円盤技術のポイント	"	1966
19.	宮畑 虎彦	キネシオロジー(スポーツトレーナ 一教本一級用)	日本体育協会	1967
20.	小野 勝次	月刊陸上競技1巻1号 円盤投	講談社	1967
21.	金原 勇	月刊陸上競技1巻4号 円盤投	"	1967
22.	小野 勝次	月刊陸上競技2巻1号 円盤投	"	1968