HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ダーツの軌跡のイメージによる投動作，着矢点の変化
Author(s)	今井，史
Relation	若手イメージ研究者のためのブラッシュアップセミナー（Brush up seminar for young researchers on mental imagery）．2013年3月16日（土）～17日（日）．北海道大学学術交流会館，札幌市.
Citation	若手イメージ研究者のためのブラッシュアップセミナー予稿集，80-85
Issue Date	2013-03-14
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/52536
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	conference paper
File Information	imai.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ダーツの軌跡のイメージによる投動作，着矢点の変化

○今井　史
（北海道大学大学院文学研究科）
キーワード：操作対象物の動きのイメージ，運動計画過程，動作解析

目　的

本研究では，ダーツ投擲の際にダーツの軌跡，特に，あえて実現不可能な軌跡をイメージすることによる，投動作やダーツが刺さる位置（着矢点）の変化を調べ，操作対象物の動きのイメージと運動の計画，実行過程の関係を検討した。

球技やダーツといった運動課題では，何かを狙って物を飛ばす，転がすことを求められる。これらの運動課題では，ボールなどの飛ばす，転がす対象となる物の動きのイメージが利用されることや運動に影響を及ぼすことが，スポーツ選手の発言や先行研究によって示唆されている。例えば世界的なゴルファーの Jack Nicklaus は，ショットを行う前に必ずボールの軌跡，すなわち動きをイメージすると述べている。また，軌跡をイメージした後は，その軌跡を実現するためのスイングのイメージが浮かんでくるという（Nicklaus，2005）。この発言から，彼はスイング動作の詳細を決定するために，軌跡のイメージを利用しているのではないかと考えられる。

軌跡のイメージが運動に影響を及ぼすことを示唆した実験的研究としては，Woolfolk，Parrish & Murphy（1985）の研究などがある。彼らはゴルフのパッティングを課題とする実験を行い，カップインするボールの軌跡を運動実行の直前にイメージした群は，カップを逸れる軌跡をイメージした群よりも，相対的に成績が良いことを示した。軌跡のイメージによる同様の成績の変化は，ダーツ投擲を課題とする実験でも確認されている（e.g., Nordin & Cumming, 2005）。また, Imai & Matsumoto（2011）は，標的を逸れる軌跡をイメージする条件同士の比較から，イメージする軌跡に合わせて運動が変化することを示唆した。彼らが行った実験では，標的の上へ逸れるダーツの軌跡をイメージする条件では，下へ逸れる軌跡をイメージする条件よりも，着矢点が相対的に高いことが示された。この実験結果は，あたかも軌跡のイメージに引きずられるかのように，実際のダーツの軌跡や，それを生み出す動作が変化したことを示唆する。

Imai & Matsumoto（2011）は，彼らの実験結果を踏まえて，操作対象物の動きのイメージに基づいて運動が計画，実行されるという仮説を提唱した。この仮説に従えば，先述した Nicklaus の発言は，まさに，軌跡のイメージに基づいて運動が計画される過程を言い表したものと解釈できる。また，Woolfolk et al（1985）や Nordin & Cumming（2005）の実験結果は，標的に到達する軌跡をイメージした群では，イメージに合わせて適切な運動が計画されたが，標的を逸れる軌跡をイメージした群では，イメージに合わせて不適切な運動が計画されてしまい，両群間に成績差が生じたと説明できる。このように，軌跡のイメージに関する既存の言語報告や実験結果は，Imai & Matsumoto（2011）の仮説によって，統一的な説明が可能である。このことから，操作対象物の動きのイメージと運動の計画，実行過程の関係についての仮説として，この仮説はある程度の妥当性を有していると考えられよう。

ただし，先行研究を少し詳しく見直してみると，そこでは軌跡のイメージと呼べるイメージのうち，一部のもののみが研究対象であったと指摘できる。先行研究では，例えば，ダーツ投擲課題において標的の上や下など，どちらの方向に逸れる軌跡をイメージするかといった，細かい教示が実験参加

者に対して行われることもあった（e.g.，Imai & Matsumoto，2011）。しかし，ダーツ投擲における右から左へカーブする軌跡などのように，通常の運動では実現しえない軌跡をあえてイメージさせるような教示は，行われていない。ここから，Imai & Matsumoto（2011）の仮説や先行研究で扱われている軌跡のイメージとは，ボールやダーツが実際に描きうる軌跡（e.g.，直線的軌跡や，山なりの軌跡）のイメージであったと考えられる。

他方，我々は，ダーツ投擲における左や右に曲がる軌跡などのように，通常の運動では実現できない軌跡をあえてイメージすることもできるはずである。先述のように，実現不可能な軌跡のイメージは先行研究では扱われていないといえるが，こうしたイメージが運動に影響するか否かを明らかにすることで，操作対象物の動きのイメージと運動計画，実行過程の関係についての理解がより深まると期待される。もし実現不可能な軌跡のイメージは運動に影響を及ぼさないならば，そうしたイメージは運動計画，実行過程に関与しないものと考えられる。そして，操作対象物の動きのイメージと運動計画，実行過程の関係が，イメージした軌跡の実現可能性によって変化するというモデルを提案できよう。他方，実現可能な軌跡のイメージに加え，実現不可能な軌跡のイメージも運動に影響を及ぼすならば，あらゆる軌跡のイメージが運動に影響する可能性があるといえる。特に，軌跡のイメージに基づいて運動を計画，実行するという機序が，実現不可能な軌跡をイメージした場合も働くならば，イメージした軌跡を部分的にでも実現するかのように，運動が変化するかもしれない。例えば，右から左へ曲がるダーツの軌跡をイメージした場合，イメージした軌跡を少しでも再現するかのように，通常と比べて，投擲時の手の動きが右から左へと弧を描くようになるのではないだろうか。このような現象が起きるならば，操作対象物の動きをイメージするというプロセスそのものが，運動計画，実行過程に組み込まれており，どのような軌跡のイメージも不可避的に運動に影響する，というモデルが推奨されよう。

そこで本研究では，イメージと運動計画，実行過程の関係を明らかにするための次の一歩として，主に，実現不可能な軌跡のイメージが運動に影響を及ぼすか否かを，実験的に検討することとした。実験参加者には，ダーツ投擲課題において，実現不可能な軌跡として，左から右へ曲がって標的に命中する軌跡（slice），右から左へ曲がる軌跡（hook），一度下降してから上昇する U 字形の軌跡（hop-up）をイメージするよう求める。また，実現可能な軌跡として，山なりの放物線様の軌跡（drive）および，直線的軌跡（straight）をイメージすることや，イメージ条件の比較対象として，自由に投擲を行うこと（free）も求める。

実現不可能な軌跡のイメージも運動の計画，実行過程に関与するならば，イメージした軌跡を少しでも実現するかのように，投運動や着矢点が変化する可能性がある。slice では，通常よりも左から右へ弧を描くように手を動かす投げ方になり，反対に hook では，右から左へ弧を描くように手を動かす投げ方になるのではないだろうか。両条件ではこれに合わせて，リリース位置，着矢点も左や右にずれる可能性がある。hop−up では，U 字形の軌跡全体は実現できないが，軌跡の最初にあたる下降部分，または最後の上昇部分をのみ実現するように投動作が変わるかもしれない。前者では通常より着矢点が下がり，後者では手の動きがすくい投げのようになるのではないかと推測される。自然な軌跡をイメージする straight では，通常よりも手の動きが速くなると予測される。通常のダーツ投擲では，標的に向かって山なりの放物線を描くように手を真っ直ぐ振り下ろし，左右の動きは少なくすることが推奨されている（日本ダーツ協会，2013）。straight においてこの動作が速くなれば，左右方向よりも，特に前後，上下方向における単位時間あたりの手の動きが大きくなるであろう。同じく自然な軌跡をイメージする drive では，

通常よりも，手が描く放物線の頂点付近でダーツがリリースされるのではないかと思われる。その結果，単位時間あたりの，上下方向における手の動きは通常より小さくなり，リリース位置や着矢点が高くなる可能性がある。他方，実現不可能な軌跡のイメージが運動計画，実行過程に関与しないならば，slice，hook，hop-up では上述のようなイメージに合わせた変化は現れないであろう。

以上の予測を検証するため，標的の中心を原点と見立てた x, y 軸からなる 2 次元平面における着矢点の座標値，身体の前後，左右，上下方向をそれぞれ x，y，z 軸とする 3 次元空間におけるリリース時の手の座標値，ならびにリリース直前の手の位置からリリース時の手の位置までの移動の程度(リリース座標値変化量)を指標として用いた。

方　法

実験参加者　6 名の右利きの男性（平均 20.2 歳，標準偏差 2.9 歳）が実験に参加した。

材料　A3 用紙を縦長に用い，用紙の左右端から 14.9cm, 下端から 21cm の位置を中心とする，直径 3cm の円を標的として描いた。円の中心は十字のマークで示され，参加者は特にここを狙うよう求められた(Fig. 1)。この標的は参加者ごとに，標的の中心と参加者の肩が同じ高さになるよう調整された上で，投擲位置の 180cm 前方に提示された。その他，投擲用のダーツとして市販の鉄製のダーツ（ハードダーツ）を用意した。

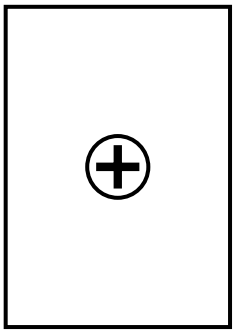

Fig. 1　標的

装置　今井・菱谷（2007）による身体の動きを計測するための実験システムを用いた。この装置は，主に実験用 PC と動作計測装置で構成され, 参加者への条件名の音声提示や，条件名提示後からダーツをリリースするまでの投動作の計測を担った。具体的には，参加者の右手の甲に装着した有線式センサの位置を，投擲位置の後方 40cm，床上 87cm の位置に設置したトランスミッタを原点とする, 3 次元空間中の xyz 座標値として 120Hz の周期で計測し，これを動作データとした。

手続き　実験の流れを Figure 2 にまとめた。

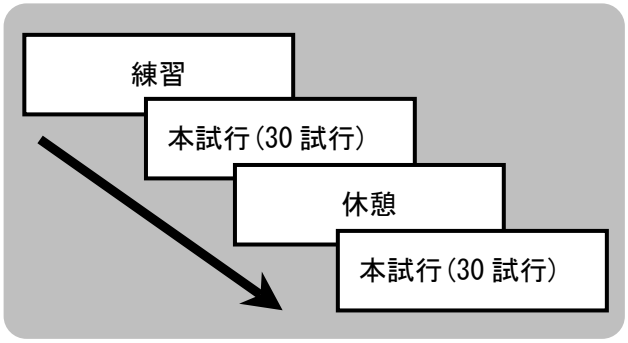

Fig. 2　実験のおおまかな流れ

実験参加者ははじめに, 実験の概要を説明され，次いで，計測装置の一部であるセンサなどを装着し，ダーツやセンサなどに慣れるまで数回の投擲を練習として行った。その後，本試行が行われ，6 つの課題条件が 5 試行ずつ計 30 試行行われた。どの条件が行われるかは毎試行ランダムであった。参加者は標的にダーツを命中させることに加え，イメージの条件では，指示された軌跡をダーツのリリースまでイメージし続けるよう求められた。イメージをし続けることを求めたのは，指示された以外のイメージを作り直すことなどを防ぐためであった。free の場合は，イメージを用いないことも含めて，自由に投擲することが認められた。各試行は，参加者が右手にダーツを持ち，その手を下ろして投擲位置に立った状態で開始された。はじめに「test」という音声が提示されると，参加者はダーツを構えた。1500ms 後，課題条件のいずれかの名称が音声提示されると，参加者はその条件に従いつつダーツを投げた。条件名の音声提示と同時に投動作の計測が開始され，参加者がダーツをリリースすると投動作の計測ならびに，その試行が終了となった。本試行が 30 試行終了した後，小休憩を挟み，同じ要領で本試行がもう 30 試行行われ，実験が終了した。

結　果　と　考　察

各指標について，課題条件（6 水準；drive, straight, slice，hook，hop-up，free）を要因とする実験参加者内 1 要因分散分析を実施し，多重比較にはライアン法を用いた。なお，着矢点 x 座標値については，標的が描かれた用紙のサイズの都合上，最大で 14.9（用紙右端を超過），最小で−14.9（左端を超過）とした。同様に着矢点 y 座標値も最大・最小値を 14.9 および−14.9 とした。これにより，仮に着矢点 y 座標値のみで有意差が検出された場合に，着矢点 x 座標値では最大・最小値の制限のために有意差が検出されなかった，という解釈は棄却されると考えられた。以下では，各指標の分析結果を述べ，随時考察を行う。

着矢点 x 座標値　主効果は有意ではなかった（F（5，25）＝1.211，p＝0.333）。

着矢点 y 座標値　主効果が有意であった（F（5，25）＝3.38，p＝0.018）。多重比較では，drive と hop−up 間のみ差異が有意となり（t（25）＝3.583，p＝0.001），drive は hop−up よりも相対的に着矢点が高いことが示された（Fig. 3）。

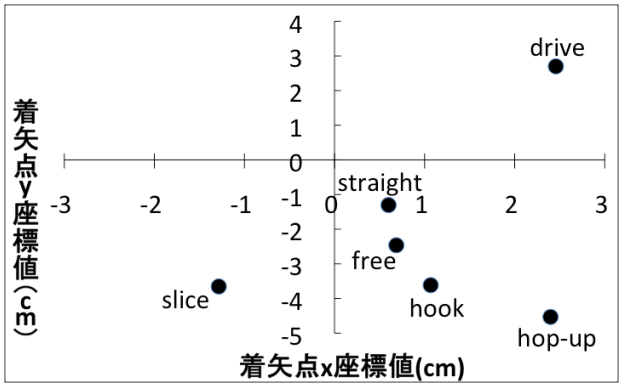

Fig. 3　各課題条件の着矢点 xy 座標値

drive と hop-up の間で着矢点 z 座標値においてのみ差が生じた理由は，予測されたように，drive において着矢点が高くなるという効果と，hop-up において着矢点が低くなるという効果があり，これらの相反する効果が強調しあったためと思われる。どちらか一方の効果のみが生じていたならば，drive や hop−up と他の条件との間に差異が観察されてもよいはずである。したがって，drive と hop−up の両条件で，イメージした軌跡を実現するかのように，投動作が変化していたものと考えられる。hook，slice，straight については，着矢点の分析ではイメージの効果が観察されなかった。

リリース x 座標値　主効果は有意ではなかった（F（5，25）＝2.442，p＝0.062）。

リリース y 座標値　主効果が有意で（F（5，25）＝3.116，p＝0.025），多重比較では hook と slice，free，hop-up 間の各差異が有意となった（順に t（25）＝3.303, p＝0.003 ; t（25）＝3.189, p＝0.004 ; t（25）＝3.061，p＝0.005）。これは hook でのリリース位置が右寄りだったことを意味する（Fig. 4）。

リリース z 座標値　主効果が有意であった（F（5，25）＝5.555, p＝0. 001）。多重比較では，drive と他条件の差が全て有意となり（drive と straight，hook，hop-up，free，slice の各ペア順に t（25）＝4.391，p＝0.0002 ; t（25）＝4.358，p＝0.0002 ; t（25）＝4.039，p＝0.0004 ; t（25）＝3.672，p＝0.001 ; t（25）＝3.219，p＝0.004），drive はリリース位置が高いことが示された（Fig. 4）。

リリース位置の分析では，2 つのイメージ条件においてイメージの効果があったと考えられる。まず，hook では予測されたように，free などよりもリリース位置が右側に移動していた。これは，右から左へ曲がる軌跡のイメージに沿って，投動作が変化したためと解釈可能である。hook では着矢点の変化が検出されていなかったことから，投動作は変化したが，ある程度は通常時同様の正確さを保って，標的にダーツを投げることができたと解釈すべきであろう。その他，drive においても予測どおり，リリース位置が高くなるという結果が得られた。これは drive では着矢点が高くなる効果があったとする，先の分析結果と合致する。slice，hop−up，straight については，リリース位置の分析からはイメージの効果が観察されなかったといえよう。これらの条件では，いずれも hook

か drive との間に差異が検出されているが，他の条件との間には差異が検出されていない。さらに，hook や drive との差異は，他の条件と hook，drive との間にも認められる。例えば slice と hook 間同様の差異が，free と hook 間などにも出ている。したがって，slice，hop-up，straight と，hook や drive との差異は，主に hook，drive におけるイメージの効果で生じた，と解釈するのが妥当であろう。

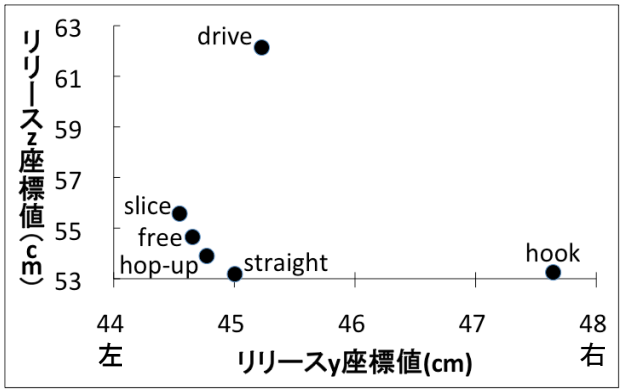

Fig. 4　各課題条件のリリース xy 座標値

リリース x 座標値変化量　主効果は有意ではなかった（F（5，25）＝2.304，p＝0. 075）。

リリース y 座標値変化量　主効果が有意であった（F（5，25）＝3.678，p＝0. 012）。多重比較では, slice と hook 間の差異のみが有意となり（t(25)＝3.744，p＝0.001），slice は hook よりも相対的に変化量の値が大きく，リリース時に左から右方向へと手が大きく動いたことが示された（Fig. 5）。

リリース z 座標値変化量　主効果が有意であった（F（5，25）＝3.352，p＝0. 019）。多重比較では，straight と drive 間の差異のみが有意となり（t（25）＝3.744，p＝0.001），straight は drive よりも相対的に値が小さく，リリース時に上から下へ手が大きく動いたことが示された（Fig. 5）。

リリース座標値変化量の分析からは，4 つのイメージ条件において，イメージの効果が観察されたと考えられる。まず，slice と hook 間でリリース y 座標値変化量においてのみ, 差異がみられた。これは，予測どおり，イメージした軌跡を実現するかのように，slice では手が左から右へと大きく動き，hook では手が右から左へと大きく動いており，これら相反する効果が強調しあったためと思われる。どちらか一方の効果のみが生じていたならば，slice，または hook と他の条件との間に差異が観察されてもよいはずである。hook において右から左へ手が大きく動いたという解釈は，同条件ではリリース位置が右側へ寄っていたという，先の分析結果とも合致する。総合すると，hook では参加者が肩や肘の体幹方向への回旋運動を利用し，右から左へ弧を描くように手を動かして，通常よりも身体の右側でダーツをリリースしたと考えられる。slice では，参加者が右から左へと弧を描くように右手を動かしていたと考えられるが，先述のようにリリース位置の変化は観察されていなかった。右から左へと弧を描くように右手を動かすためには，肩や肘を体幹とは反対方向へ回旋させなければならず, これは右腕の構造上困難である。そのため，hook と比べると左右方向における手の動きが小さくなるなどし，リリース位置の変化は顕在化しなかったと解釈できよう。

drive と straight 間には，リリース z 座標値変化量においてのみ差異が認められた。drive では，手が山なりの放物線を描いて動き，その頂点付近でダーツをリリースしたために，変化量が小さく，straight では手が速く動いていたために，変化量が大きくなり，これらの相反する効果が強調しあって，有意差が生じたと考えられる。drive に関する分析結果は，同条件ではリリース位置や着矢点が高いという，先の分析結果とも合致する。他方，straight は，リリース z 座標値変化量について予測されたような結果が得られたが，予測に反し，リリース x 座標値変化量においては，他の条件との差異が検出されなかった。このように straight における投動作の変化があまり顕在化しなかった理由については，実験後の参加者の報告が手がかりを与えてくれるかもしれない。実験後，6 名のうち 4 名の参加者が，実際に自分が投げたダーツの飛び

方と最も近かったと思われるイメージとして，straight をあげ，残る 2 名は drive をあげた。ここから，多くの実験参加者がもともと直線に近い軌跡でダーツを飛ばそうとしており，その結果，straight におけるイメージの効果が，さほど顕著には現れなかったと考えられないだろうか。この点は，実験参加者数を増やし，実際のダーツの飛び方が straight に近いと報告した者と，drive に近いと報告した者との間で，各イメージの効果の現れ方を比べることで，検証できるかもしれない。

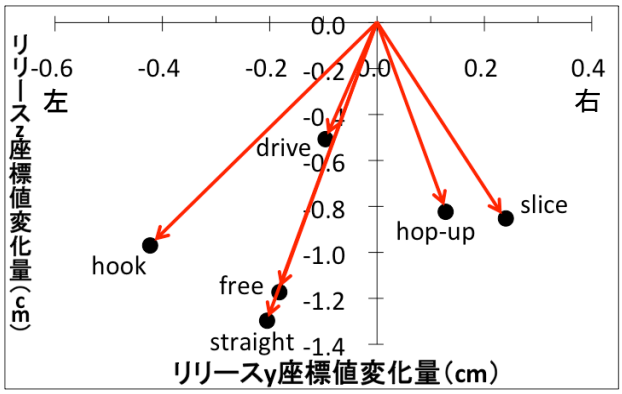

Fig. 5　各課題条件のリリース yz 座標値変化量（原点は各課題条件におけるリリース直前の手の位置を表している）

以上のすべての分析結果を総合すると，実現不可能な軌跡をイメージしたとしても，あたかもその軌跡を部分的にでも実現するかのように，投動作や着矢点が変化していたといえる。今回は実験参加者数が比較的少なく，多人数を対象とする実験では，違う結果が出る可能性もある。しかし，現時点では，操作対象物の動きのイメージを生成するプロセスそのものが運動計画，実行過程に組み込まれており，どのような軌跡のイメージも，ある程度不可避的に運動に影響を及ぼすというモデルが推奨されよう。それではなぜ，操作対象物の動きのイメージと運動計画，実行過程が，このような関係にあるのだろうか。あくまでも一つの想像に過ぎないが，もともと正確な投運動を支える機能として，操作対象物の動きをイメージする能力が発展し，それが後々に，いわゆる空想などと呼ばれるような，運動には直接役立たない操作対象物の動きをイメージすることにも，使用されるようになっていったのではないだろうか。人間ほど正確かつ遠方へ物を投げることができる動物はおらず，この能力は我々の祖先が生存競争を勝ち抜く際に有利に働いたといわれている（Crosby, 2002）。イメージがその能力を支える一助であると考えることで，イメージの機能や運動の機序について，何らかの手がかりがつかめるかもしれない。

引用文献

Crosby, A. W. (2002). *Throwing Fire：Projectile technology through history*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press.

今井史・菱谷晋介（2007）．ダーツ競技における照準時間，スローイング動作計測装置の試作 Research Support Notes,（北海道大学大学院文学研究科報告），7，1-20.

Imai, F., & Matsumoto, S. (2011). The role of outcome imagery in motor control. *Journal of Mental Imagery*, **35(1 & 2)**, 47-62.

Nicklaus, J. (2005). *Golf my way: The instructional classic, revised and updated*. Champaign. IL: Human Kinetics.

日本ダーツ協会（2013）．ダーツの投げ方　日本ダーツ協会　2010 年 2 月 16 日<http://www.darts.or.jp/darts/rule01.html>（2013 年 2 月 15 日）

Nordin, S. M., & Cumming, J. (2005). More than meets the eye: Investigating imagery type, direction, and outcome. *The Sport Psychologist*, **19(1)**, 1-17.

Woolfolk, R. L., Parrish, M. W., & Murphy, S. M. (1985). The effects of positive and negative imagery on motor skill performance. *Cognitive Therapy and Research*, **9(3)**, 335-341.

謝辞

本研究は JSPS 特別研究費奨励費(21・1059) の助成を受けたものです。