

2015年度 修士論文

方向転換スピードに寄与する
直接的因子と間接的因子の抽出
— 期分けを用いたメカニズムの考察 —

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 スポーツ医科学専門領域

5014A017-5

佐々部 孝紀

研究指導教員：広瀬 統一 教授

目次

I . 緒言	4
I - i . 方向転換スピードと球技スポーツの関係	4
I - ii . Reactive agility テストと Change of direction speed テスト	5
I - iii . CODs、RA に対するトレーニング効果	7
I - iv . CODs と構成要素との関係	8
I - iv - i . 形態	8
I - iv - ii . 下肢の筋機能	10
I - iv - iii . 直線スプリントスピード	12
I - iv - iv . テクニック	12
I - v . 方向転換動作におけるテクニックと筋力、形態との関係	13
II . 方法	17
II - i . 被験者	17
II - ii . 測定項目	17
II - ii - i . 方向転換タイム、各期のタイムの測定	17
II - ii - ii . キネマティクスの分析	20
II - ii - iii . 直線スプリントスピードの測定	21
II - ii - iv . 形態の測定	21
II - ii - v . 筋機能の測定	21
II - iii . 統計解析	22

III. 結果	23
III - i. 直接的因子の抽出	23
III - ii. 間接的因子の抽出	26
III - iii. 直接的因子と各期のタイム、 接地時、離地時の速度との関係	28
IV. 考察	34
IV - i. 直接的因子と方向転換スピードの遅速	35
IV - ii. 期分けを用いたメカニズムの考察	38
IV - iii. 間接的因子の貢献	41
V. 現場への応用、研究の限界	42
VI. 結論	43
VII. 参考資料	44
VIII. 謝辞	51

I. 緒言

バスケットボールは世界的にもメジャーなスポーツであり、日本国内においても競技者人口は約 60 万人にのぼる（公益財団法人 日本バスケットボール協会）。バスケットボールの試合では、40 分間、比較的狭いコートの中で、地上から 305cm の高さに設置されたゴールへシュートを決めることが求められる。そのため持久力やスピード、ジャンプ力など様々な体力要素が必要であり、その中でも方向転換スピードは特に重要な体力要素であると言われている。実際にゲーム中は 2 秒に 1 回方向転換動作が行われ、競技レベルの高い選手は方向転換スピードが高いことも報告されている。しかしながら方向転換スピード向上のトレーニングのための科学的知見は未だ不足しており、効率的なトレーニング方法は明らかになっていない。そこで本研究では大学男子バスケットボール選手を対象として、方向転換スピードの遅速に影響を与える、体格、体力、技術的因子について詳細に分析し、トレーニングプログラム立案のための基礎情報を得ることを目的とした。以下に本分野に関する先行研究をまとめ、課題を提示する。

I - i . 方向転換スピードと球技スポーツとの関係

方向転換スピードは球技スポーツ選手にとって重要な体力要素である (Sheppard and Young, 2006)。バスケットボールのゲーム中には 2 秒に 1 回、動作の切り替えが行われることが分かっており (McInners et al, 1995)、サッカーにおいても 1 試合で 700 回以上の方向転換が行われると報告されている (Bloomfield et al, 2007)。また、異なる競技レベル間での方向転換スピードの差も報告されており、バスケットボールにおいてはコーチの評価が高く、出場時間が長い選手の方向転換スピー

ドテストのタイムが優れ (Erculj et al, 2010; Hoare, 2000; Hoffman et al, 1996)、サッカーにおいてもジュニアユースからユース、ユースからプロへの昇格の際、方向転換スピードの速い選手が上位カテゴリに選抜されている(津越と浅井, 2010)。このように球技パフォーマンスにとって重要な体力要素である方向転換スピードについては近年多くの報告がなされており、注目が集まっている。

I – ii . Reactive agility テストと Change of direction speed テスト

方向転換スピードはアジリティ能力を構成する一要素であると考えられている。Sheppard and Young (2006)によれば、アジリティは刺激に対して反応し、素早く方向転換を行う能力とされている。そのためアジリティの向上には、刺激に対する反応という認知的な側面と、素早く方向転換をするという身体的な側面があり、方向転換スピードの能力は後者を意味する。このように方向転換スピードには認知的な要素は含まれていないためアジリティとは異なる体力要素であるにも関わらず、研究によっては非反応課題である方向転換スピードテストで測った能力をアジリティと表現している研究も散見される (Barnes et al, 2007; Hoffman et al, 1996)。そのため近年は2つの体力要素を区別するために、アジリティを測るテストを Reactive agility (以下 RA) テスト、非反応の方向転換能力を測るテストを Change of direction speed (以下 CODs) テストとし、それぞれ別の体力要素として評価する傾向にある (Sheppard et al, 2006; Young et al, 2011)。

RA の能力は、方向転換スピードと知覚・意思決定要素から構成される (Sheppard and Young, 2006) (図 1)、特に知覚・意思決定要素についてはスポーツに特異的な情報を読み取れるかが重要であると言われている

(Sheppard et al, 2006)。Young et al (2011) は、異なるレベルのオーストラリアンフットボール選手にビデオに映し出された相手選手に反応する RA テスト (Specific RA テスト)と、映し出された矢印に反応する RA テスト (General RA テスト)を行わせたところ、Specific RA テストではレベル間に差が見られたが General RA テストではレベル間に差は見られなかったと報告している。General RA テストにレベル間の差が見られなかった理由として、試技自体は 90 度以上の鈍角の方向転換を 1 回行うだけの簡単なものであったこと、矢印への単純な選択反応の速さは競技パフォーマンスに影響を及ぼさなかったことが考えられる。

一方、CODs を測るためのテストは多数存在し、テストによって直線の距離、移動方法、方向転換の角度、回数等、各変数が異なっている (Brughelli et al, 2008)。そのためテストによって求められる能力は違ってくると考えられる。各競技団体に用いられている CODs のテストの例として、サッカーでは 10m×5 (津越と浅井, 2010)、バスケットボールではプロアジリティ (P.J.Read et al, 2014)、T テスト (Chaouachi et al, 2009; Hoffman et al, 1996)など 180 度の方向転換が含まれるものが多く、180 度の方向転換動作と競技パフォーマンスの優劣との関係も報告されている (津越と浅井, 2010; Hoare, 2000)。また、サッカーにおいて試合中の方向転換角度について分析した研究では、90~180 度の鋭角な方向転換が 100 回程度と報告されており (Bloomfield et al, 2007)、バスケットボールのハーフコートのオフENSEの動きにおいても鋭角な方向転換が含まれる (Perse et al, 2009)。先述の通りサッカーもバスケットボールも 180 度の CODs と競技パフォーマンスとの関係性は報告されており、鋭角な方向転換のスピードは角度が鈍角に近づいても転換することが報告されていることから (Young et al, 2001)、鋭角な方向転換能

力を高めることは球技スポーツ選手にとって重要であると思われる。また、特にバスケットボールの場合はリングから 6.75m の距離に引かれた 3 ポイントラインの周囲やその中でプレーが行われることが多いことから、短い距離での鋭角な角度での CODs が重要であると考えられる。

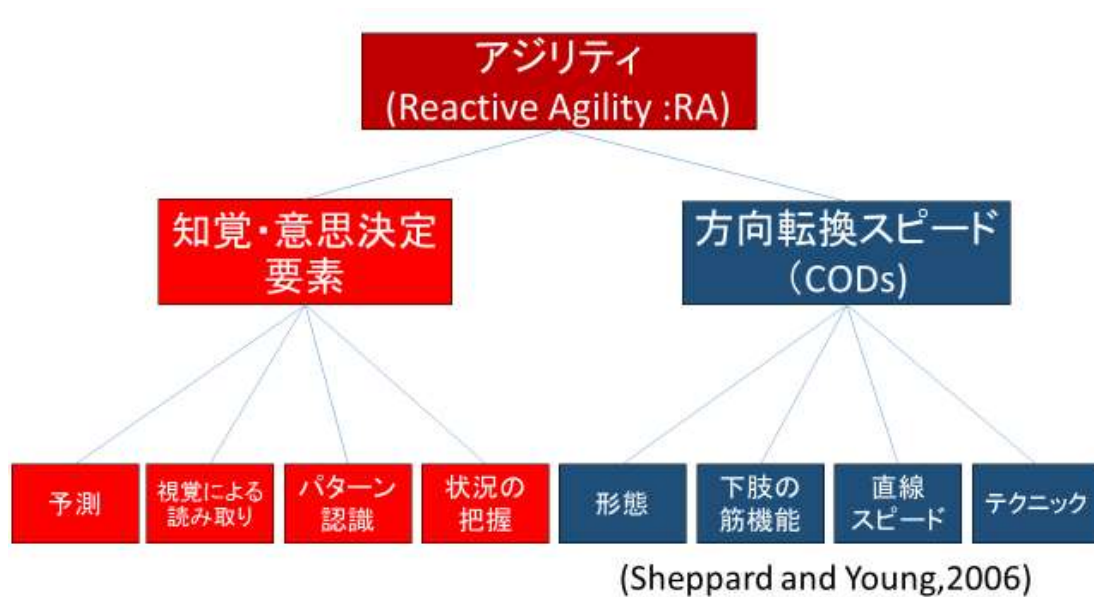


図 1. アジリティ、方向転換スピードに寄与する因子

I - iii . CODs、RA に対するトレーニング効果

RA を向上させるには、先述した認知的側面と身体的側面 2 つの側面に対するアプローチが必要である。Serpell et al (2011) は、ビデオを用いた認知的なトレーニングにより知覚・判断の時間が短縮され、Specific RA テストのタイムが向上したことを報告している。その研究では、視点をスクリーンに映った仮想の相手の肩、体幹、臀部に合わせることを指示され、最終的に仮想の相手がどちらに動いたかが分からないようビデオが途中で消えることによって、予測能力が向上するようにプログラムされている。

一方、身体的能力である CODs を向上させるために、その動作を練習した結果タイムが向上したという報告はあるものの (Young et al, 2001)、トレーニングをどのような要素に注目して行うことで効率的に CODs を向上させることができるかは明らかになっていない。先述の通り方向転換動作には様々なものがあることから、その方向転換能力を構成する要素を分類し、それぞれを分習法的にトレーニングする必要があると考えられる。

I - iv . CODs と構成要素との関係

CODs に寄与する因子としては、形態、下肢の筋機能、直線スピード、テクニックの 4 因子が影響するという Young のモデルが知られている(図 1) (Sheppard and Young, 2006; Young et al, 2002)。

以下に形態 (身長、体重、体脂肪)、筋力 (筋出力、筋パワー)、直線走スピード、テクニックそれぞれの要素と CODs の関係について検討した先行研究結果を提示した上で、現時点での本分野における課題を示す。

I - iv - i . 形態

形態には身長、体重、体脂肪率などの項目が挙げられる。身長と CODs との関係について、Chaouachi et al (2009)は T テストのタイムと身長との間に中程度の正の相関 ($r=0.40$)を報告しており、身長の低い選手の方がタイムが速かったとしている。一方で複合的な方向転換課題のタイムと身長に相関がみられなかったという報告もある (Mayhew et al, 1989)。また、体重と CODs の関係についても、ごく少数の研究のみがなされており (Chaouachi et al, 2009; Mayhew et al, 1989)、

これらの研究では、CODs テストのタイムと体重の間に中程度の正の相関($r=0.46\sim 0.58$)が報告されており、体重が軽いほうがタイムが速かったとされている。身長、体重と CODs に関する先行研究から総合的に考えると、研究数は少ないものの、身長が小さく、体重の軽い、つまり体格の小さい選手が方向転換には有利であることが推察される。その理由として、同じ速度で移動していても体格の小さい選手のほうが扱う自体重が少なくなり、減速、ストップや再加速が容易になることが考えられる。また、体重の重い選手の方が筋量が多くなり発揮できる力も大きくなると考えられるが、Peterson et al (2006)は T テストのタイムと筋力の相関($r=-0.41$)よりも T テストのタイムと体重あたりの筋力との相関($r=-0.63$)の方が強いことを報告しており、絶対的な筋力よりも体重あたりに発揮できる筋力が T テストの遅速には重要であるとしている。一般的に身長は長さ (m)、筋力は筋断面積 (m^2)、体重は体容積 (m^3)に依存する。身長や肩幅など、身体の各セグメントの長さが同じ割合で大きくなると仮定すると、身長が 2 倍になるときは筋断面積は 2² 倍に、身体の容積、体重は 2³ 倍になる。そのため、体格の大きい選手 (身長が高く、体重が重い選手)は体格の小さい選手に比べて体重あたりの筋力は劣ると考えられることが広く認知されている (Baechle and Earle, 2002)。これらのことから体格については単に小さい方が有利だと考えるだけでなく、筋力をはじめとした筋機能との関連について考える必要がある。

また、体脂肪率については CODs テストのタイムと高い正の相関が認められ、体脂肪率が低い方がテストのタイムが速かったという報告から($r=0.80$) (Chaouachi et al, 2009)、中程度の正の相関が認められたもの($r=0.32\sim 0.47$) (Mayhew et al, 1989; Scanlan et al, 2014)、相関が認

められなかったもの (Alemdaroglu, 2012)など、研究によって異なる報告がなされている。体脂肪率も体重と同様、体重あたりに発揮できる筋出力の値に影響すると考えられる。理論的には、脂肪は関節に対して力を発揮しないため体脂肪率が低い選手のほうが体重あたりの力発揮の面では有利と考えられる。しかし先述した先行研究については体重あたりの筋力を測定しておらず、各研究で報告の相違があった理由については明らかにできなかったため、それらの関係性については未だ不明である。

I - iv - ii . 下肢の筋機能

下肢の筋機能には筋力、パワーが含まれ、CODsに関する数多くの研究がなされているが一定の見解は得られていない (Chaouachi et al, 2009; Salaj and Markovic, 2011; Spiteri et al, 2014; Wisloff et al, 2004)。先述の通り CODs テストには様々なものがあり (Brughelli et al, 2008)、その方向転換角度、直線距離などによって求められる筋発揮の様式が違ってくることが1つの理由として考えられる。しかしながら180度方向転換動作だけに限定した場合であっても筋機能とCODsの関係について異なる報告がなされている (Barnes et al, 2007; Spiteri et al, 2014; Wisloff et al, 2004)。

先行研究において、筋力は主にスクワットの最大挙上重量 (以下SQ1RM)によって測定されている。180度のCODsテストのタイムとSQ1RMについては中程度から高い負の相関があり、筋力の大きい選手がCODsテストのタイムが速かったという報告がされているが($r=-0.68\sim-0.80$) (Spiteri et al, 2014; Wisloff et al, 2004)、弱い相関に留まっているという報告もある ($r=-0.37$) (Barnes et al, 2007)。ただ、

膝関節の単関節の筋力よりも下肢の複合的な筋機能のほうが方向転換スピードとは強い相関があるという報告から (Alemdaroglu, 2012)、単関節での出力よりも下肢複合関節での力発揮が重要であることは共通した見解であるといえる (Sheppard and Young, 2006)。

パワーの測定は主に垂直跳びによって測定されている。パワーも筋力と同様に 180 度の CODs テストに限定した場合にも様々な報告がなされている。Barnes et al (2007)や笹木ら (2011)は CODs テストのタイムと垂直跳びの間に中程度の負の相関 ($r=-0.44\sim-0.58$)があり、垂直跳びの数値が高いほど CODs テストのタイムが速かったと報告している一方で、Salaj and Markovic (2011)や Spiteri et al (2014)は相関が認められなかったとしている。また、垂直方向のパワーを測定する垂直跳びの他に、水平方向のパワーを測定する立幅跳びもパワーの指標として測定している研究もある。Peterson et al (2006)は男女の大学アスリートに T テスト、垂直跳び、立幅跳びを行わせたところ、男女ともに立幅跳びのほうが垂直跳びよりも T テストのタイムと強い相関を示していると報告している (男子垂直跳び: $r=-0.26$, 男子立幅跳び: $r=-0.61$, 女子垂直跳び: $r=-0.71$, 女子立幅跳び: $r=-0.79$)。方向転換動作は垂直方向よりも水平方向への力発揮が求められるためこのような結果を示したものと考察されているが、他に同一被験者に垂直跳び、立ち幅跳び、方向転換テストを行わせて相関を報告している研究はなく、力発揮方向がどのように CODs に影響しているかについても未だ研究の余地がある。

I - iv - iii. 直線スプリントスピード

直線スピードについては、スプリント動作を含む CODs テストの場

合、スプリントスピードと COD s の間に中程度以上の正の相関 ($r=0.41\sim0.74$)が認められており、スプリントスピードが速いほうが COD s は速いといえる (Sheppard et al, 2006; 笹木ら, 2011; Scanlan et al, 2014; Alemdaroglu, 2014)。また、その中でも特に 90 度以下の鈍角な方向転換を行う課題ではスプリントタイムとの相関が高くなっており ($r=0.74$) (Sheppard et al, 2006)、最も鋭角な 180 度の方向転換動作を含むものは中程度の相関に留まっている ($r=0.41\sim0.51$) (笹木ら, 2011; Alemdaroglu, 2014)。一方スプリント動作を含んでいないサイドステップの往復のような COD s テストでは、スプリントスピードと COD s に相関は認められていない (Salaj and Markovic, 2011)。またスプリントトレーニングによって、鈍角な方向転換動作のみを含むテストの結果は向上するが、鋭角な方向転換を含むテストにはスプリントトレーニングの効果が転移しないことも明らかになっている (Young et al, 2001)。このようにスプリントスピードは、COD s テストの種類によって寄与率の大小が決まってくると推察される。具体的には直線スプリント動作を含むこと、方向転換角度が鈍角であること、また、直線スプリント距離が長いこと、これらを満たす COD s テストは直線スプリントとの相関が高くなると考えられる。

I - iv - iv . テクニック

テクニックには、体幹・姿勢の制御、加速と減速のストライド調整、フットワークが挙げられる。体幹・姿勢の制御として、Sasaki et al (2011)はスプリントからの 180 度の COD s のタイムと方向転換動作中の体幹傾斜角の間に中程度の負の相関 ($r=-0.50$)が認められたことを報告しており、次の進行方向に体幹を傾斜しながら方向転換を行ってい

る選手のほうが CODs タイムが速かったとしている。また、Shimokochi et al (2013)はサイドステップからの 180 度方向転換の離地時のスピードと重心高の負の相関 ($r=-0.59$)を報告しており、低い重心をとっている選手のほうが方向転換のスピードが速かったとしている。先行研究においてはこれらのテクニックを用いることによって次の進行方向への床反力が大きくなり、推進力が増加したことによって CODs が速くなったものと考えられている (Shimokochi et al, 2013)。しかしながら Shimokochi et al (2013)の研究では立位で重心の近くにある仙骨を仮想の重心と定義しているため、スプリントからの 180 度方向転換などより複雑な動作では実際の重心とのずれが大きくなると考えられる。このように CODs と体幹・姿勢の制御の関係については重要性は報告されている一方で、加速と減速のストライドの調整やフットワークと CODs との関係について報告している研究はみられず、どのようなテクニックを用いることで CODs が速くなるかについてもさらなる研究が必要であると考えられる。

I - v . 方向転換動作におけるテクニックと筋力、形態との関係

方向転換動作に関してはテクニックに関する情報が不足しているものの、トレーニングのアプローチ方法についてはいくつか提唱されている。一般的にはラダーやミニハードルを用いた足を素早く動かすためのトレーニングや、実際にその方向転換テストと同様の課題をトレーニングとして行わせるもの散見されるが (小粥, 2007; Milanovic et al, 2013; Young et al, 2001; Yap and Brown, 2000)、方向転換動作を行う上で効率的な姿勢を身につけるようなプログラムは見られない。

このように CODs のテクニックへの要素のアプローチに関しては、フ

ットワークに対するものが多く、体幹・姿勢の制御に対するアプローチが確立されていない。一方で、CODsと同様に球技スポーツにおいて重要な体力要素である直線スプリントスピードにおいては形態、下肢の筋機能、テクニック等の要素と直線スプリントスピードの関係だけでなく、各要素間、特にテクニックと形態、筋機能との関係についても多くの報告がなされている (Kale et al, 2009; Mackala et al, 2015; Peterson et al, 2006)。

スプリント動作については多くのキネマティクスの研究がなされており (Mackala et al, 2015; Paruzel et al, 2006)、どのような走り方がスプリントタイムを速くするのは明白である。方向転換動作においてその動作中のキネマティクスはテクニックと表現されるが (Sheppard and Young, 2006)、スプリントにおいてはパラメータと表現されている (Kale et al, 2009; Paruzel et al, 2006)。しかしながら動作のキネマティクスであるという点に関してはテクニックとほぼ同義であると考えられるため、ここでは同義のものとして扱う。代表的なパラメータに、ストライド長、ストライド頻度が挙げられ (Mackala et al, 2015)、この2つのパラメータを向上させることが出来ればスプリントスピードが向上するという事は容易に考えられる。実際に優れたスプリンターはこの2つのパラメータが優れており (Paruzel et al, 2006)、スプリントスピードを高める戦略としても広く認知されている。しかしこの2つのパラメータの間には負の相関が報告され、トップレベルになるほどその相関は大きくなっており (Paruzel et al, 2006)、その中でもいかにストライド長、ストライド頻度を高めるかということがスプリントスピードを高めるための課題であり、走動作で直接観察されない筋機能や形態に比べて特に重要視されている。しかしながらその主要

な 2 つのパラメータを高めるためには、技術的な練習に加えて基礎的な筋力、パワーを高めることも必要であることも報告されている (Weyand et al, 2000; Kale et al, 2006)。

ストライド頻度を高めるためには、短い時間で地面に大きな力を加え、接地時間を短くする必要がある (Weyand et al, 2000)。実際に女子のトップスプリンターの中でも、大きな筋力が発揮できるような、体格 (ローレル指数) の大きな選手のストライド頻度が大きいことも報告されている (Paruzel et al, 2006)。またストライド長についても、下肢のパワーや高い身長との相関が報告されている (Kale et al, 2006; Paruzel-Dyja et al, 2006)。

このようにスプリントにおいては方向転換動作とは異なりキネマティクス (パラメータ) とスプリントスピードとの関係性が明確になっており、加えてそのキネマティクスを高める要素として、筋機能、形態が位置付けられている (図 2)。

方向転換動作もスプリントのように筋機能、形態がテクニックを通して CODs に貢献しているとすれば、複雑なテクニックを必要とする方向転換動作ではテクニックの習得度合によって筋機能、形態が CODs に活かしている場合と活かしていない場合があるであろう。その違いが先行研究での筋機能、形態の貢献度の不一致につながっていると考えられる。また加速、減速や再加速を含む複合動作である方向転換動作について理解を深めるためには、動作を細かく分解し、各期について分析する必要があると考えられる。

そこで本研究では、バスケットボール選手の競技パフォーマンスに影響すると考えられる 180 度方向転換課題と各体力要素およびキネマティクスの測定を行い、従来行われている CODs と各要素との相関の分析に

加え、各要素間の関係、特にキネマティクスと他の要素との関係を明らかにすること、各期についての分析を行うことにより、CODsの向上に必要な要素を明らかにすることを目的とした。また、重心高や体幹傾斜角などのキネマティクスと筋機能に関係性が認められると仮説をたて、研究を行った。

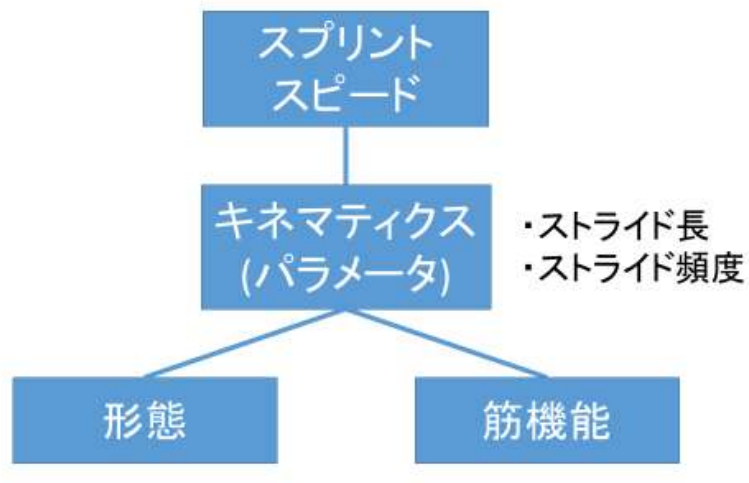


図 2. スプリントスピードに寄与する因子

II. 方法

II - i . 被験者

被験者は大学男子バスケットボール選手 14 名（身長： 180.3 ± 4.9 cm、体重： 77.2 ± 5.2 kg、年齢： 20.4 ± 1.1 歳）とした。選定基準として、現在方向転換動作に支障をきたす傷害を有していないこと、下肢の手術歴がないこと、方向転換動作を行う際に右脚でのターンを用いるものとした。研究実施に際して早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得た（承認番号：2015-225）。また、実験を行う際には被験者に十分な説明を行い、同意書にて同意を得た上で実施した。

II - ii . 測定項目

方向転換タイム、テクニック、直線スピード、形態、筋機能の測定を行った。方向転換タイム、テクニックの測定の際には上下黒のインナーを着用して行った。他の測定項目は被験者が練習で使用している短パン T シャツ、シューズを着用し、形態測定の際のみシューズを脱いで測定を行った。測定項目のうちスクワット最大挙上重量と身長はトレーニングルームで測定を行い、他の測定項目については体育館のフロアにて測定を行った。

II - ii - i . 方向転換タイム、各期のタイムの測定

スタート&ゴールライン、方向転換ラインを 5m の間を開け床面に貼付し、ハイスピードカメラ (EXILIM EX-F1, Casio 社製) を 4 台、光電管 (Timing Systems, BROWER 社製) を図 3 のように設置した。また、表 1 に示す 24 部位にマーカーを貼付した (表 1)。

表 1. マーカー貼付部位

頭頂	両肘頭	両大転子	両つま先
両耳垂	両手首	両膝外側裂隙	
胸骨柄	両手先	両外果	
両肩峰	両上前腸骨棘	両踵	

被験者にはスタート&ゴールラインの手前 30cm に両足をそろえた静止姿勢からスタートしてスプリント動作を開始し、方向転換動作を行いながら方向転換ラインを右足で踏み、スタート&ゴールラインまでスプリントで戻ってくるよう指示した。すべての動作を全力で行うよう指示しハイスピードカメラで撮影した (300Hz)。試技間には十分な休息を取り、試技間で疲労の影響がでないよう配慮した。方向転換ラインを踏んでいなかった場合は無効試技とし、3 回成功するまで行った。成功試技のうち、光電管で測定したタイムが最も速かった試技を解析対象とし、3 次元動作解析ソフト (Frame-DIAS V: ディケイエイチ社製)を用いて動作解析を行った。

貼付したマーカーの位置情報から阿江の算出式 (阿江ら,1992)を用いて身体重心 (以下: 重心)を算出し、重心がスタート&ゴールライン上を通過し、再びスタート&ゴールライン上を通過するまでに要した時間を映像の各ライン上から算出し、方向転換タイムと定義した (図 4)。

また、初めに重心がスタート&ゴールラインを通過した時点から減速を始めるまでを加速期、減速を初めて重心移動速度の方向が変わる (0 になる)までを減速期、重心速度の方向が変わり再びスタート&ゴールラインを通過するまでを再加速期とし、減速期、再加速期については、左足の接地、離地前後でさらに分け、合計 5 期に分類した (図 4)。また、方向転換動作の左足接地時、左足離地時の Y 軸方向 (図 4)の重心速度を、

接地、離地の1フレーム前からの重心位置の差から算出した。

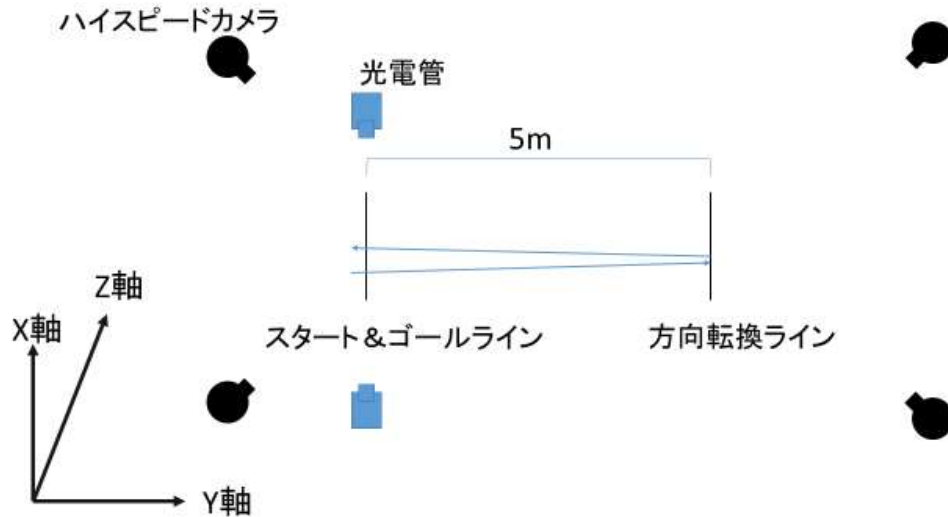


図 3. 機材配置図

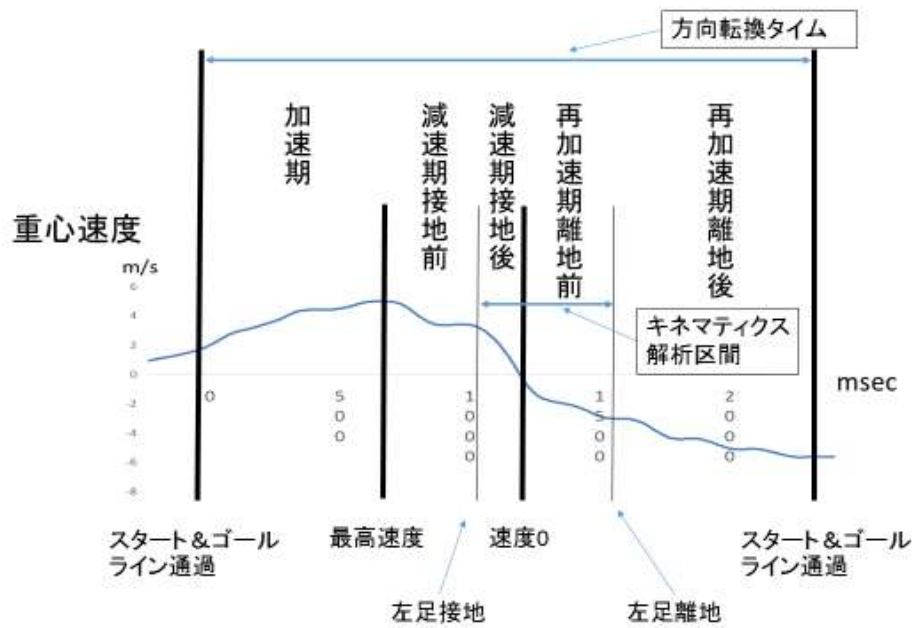


図 4. 重心速度の推移と期分け

II - ii - ii . キネマティクスの分析

キネマティクスについては方向転換動作時の最低重心高（以下：重心高）、方向転換動作時の最大体幹傾斜角度（以下：体幹傾斜角）を、動作解析を用いて算出した。まず、図 3 のように試技の進行方向に直行する軸を X 軸、試技の進行方向を Y 軸、垂直軸 Z 軸を定義した。キネマティクスの解析区間は左足接地時から左足離地時までとした（図 4）。重心高は方向転換動作時の床から重心までの Z 軸上の距離を算出し、そのときの最低値を重心高として定義した。体幹傾斜角を算出するにあたって、両上前腸骨棘の midpoint と、両肩峰の midpoint を結んだ点を体幹と定義し、方向転換動作時の Z 軸と体幹軸でなす角度の最大値を体幹傾斜角と定義した（図 5）。

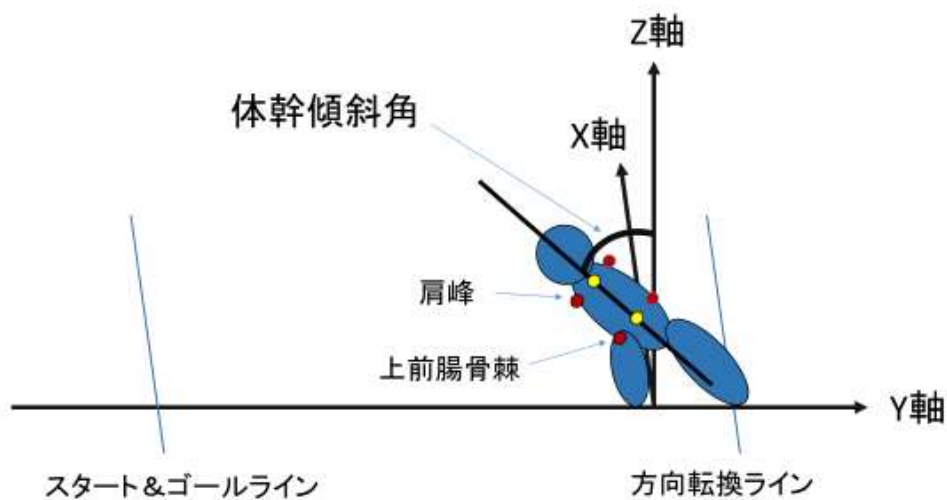


図 5. 体幹傾斜角

II - ii - iii . 直線スプリントスピードの測定

直線スピードとして、10m スプリントのタイム（以下：10m タイム）を測定した。スタートラインから10mの地点にゴールラインを設定し、各ラインに光電管を設置した。被験者にはスタートライン手前より静止姿勢からスタートして全力でゴールラインを駆け抜けるよう指示した。3回測定を行い、最も速かったものを10m タイムとして採用した。

II - ii - iv . 形態の測定

形態として、身長、体重の測定を行った。身長は身長計を用いて1cm単位まで測定した。体重は体重計（HBF-223,オムロン社製）を用いて0.1kg単位まで測定した。

II - ii - v . 筋機能の測定

筋機能として、垂直跳び、立幅跳び、スクワットの最大挙上重量（筋力）の測定を行った。垂直跳びはヤードスティック（Swift performance equipment 社製）を用いて指高（腕を上方に伸ばした時の指の高さの地上からの距離）と垂直跳び時の最高到達点を記録し、その差から跳躍高を算出した。3回測定を行い、最も大きな値を分析対象とした。立ち幅跳びは、両足をそろえた静止姿勢から前方へ全力で跳躍させ、両足で着地を行い、跳躍前のつま先から着地後の踵の距離を跳躍距離として記録した。3回測定を行い、最も大きな値を分析対象とした。スクワットは、Baechle and Earle (2002)の方法に準じ、大腿部が床と並行（平行）になるまで行った際の最大挙上重量を測定値とした。被験者は普段からトレーニングとして日常的にスクワットを行っていた。なお、測定されたスクワットの最大挙上重量を被験者の体重で除し、体重あたりのスク

ワットの最大挙上重量（以下：SQ/体重）とした。

II - iii . 統計解析

方向転換スピードに寄与する因子として、各測定項目から方向転換スピードと直接相関を示すものを直接的因子とし、直接的因子を説明する要因を間接的因子として各々分析を行った。また、抽出された各因子が方向転換のどの期でスピードの遅速に影響するかを明らかにするため、各因子と各期（e.g.加速期）のタイム、接地時、離地時の速度との相関を求めた。

直接的因子を抽出するために、方向転換タイムと各測定値の関係をピアソンの積率相関分析と重回帰分析を統計解析ソフト（IBM SPSS Statics22）を用いて分析した。ピアソンの積率相関分析で相関係数が 0.4 以上の中程度以上の有意な相関があったもの、また重回帰分析で方向転換タイムを従属変数とし、ステップワイズ法を用いて他の測定項目から独立変数として採用されたものを直接的因子とした。

また、以上の分析で抽出されたキネマティックデータと他の各測定項目についてピアソンの積率相関分析で、相関係数が 0.4 以上の中程度以上の有意な相関があったものを間接的因子として抽出した。

さらに各直接的因子と各期のタイム、左足接地時、離地時の速度についてピアソンの積率相関分析を行い、相関係数を求めた。

各解析とも有意水準は危険率 5%未満とした。

Ⅲ. 結果

方向転換タイム、他の各測定項目、各期のタイムの平均値を表 2、表 3 に示す。以下、加速期のタイムは加速 T、減速期接地前のタイムは減接前 T、減速期接地後のタイムは減接後 T、再加速期離地前のタイムは再離前 T、再加速期離地後のタイムは再離後 T とする。

表 2. 方向転換タイムと各測定項目値

方向転換タイム	2.34±0.06 (sec)
重心高	0.48±0.04 (m)
体幹傾斜角	171.6±9.8 (deg)
10mタイム	1.81±0.07 (sec)
身長	180.3±4.9 (cm)
体重	77.2±5.2 (kg)
垂直跳び	64.1±4.1 (cm)
立幅跳び	261±12.7 (cm)
SQ/体重	1.73±0.22

表 3. 方向転換タイムと各期のタイム

方向転換タイム	加速T	減接前T	減接後T	再離前T	再離後T
2.34±0.06	0.56±0.08	0.37±0.05	0.25±0.03	0.38±0.03	0.78±0.05 (sec)

Ⅲ - i . 直接的因子の抽出

方向転換タイムと他の測定項目間 (表 4)では重心高 ($r=0.47$) (図 6)、体幹傾斜角 ($r=-0.76$) (図 7)、立幅跳び ($r=-0.56$) (図 8)に中程度以上の有意な相関が認められた。

表 4. 方向転換タイムと各測定項目との相関係数 (* … $r > 0.4, p < 0.05$)

	方向転換タイム
重心高	0.47*
体幹傾斜角	-0.76*
10mタイム	0.26
体重	-0.05
身長	-0.13
垂直跳び	-0.35
立幅跳び	-0.56*
SQ/体重	-0.27

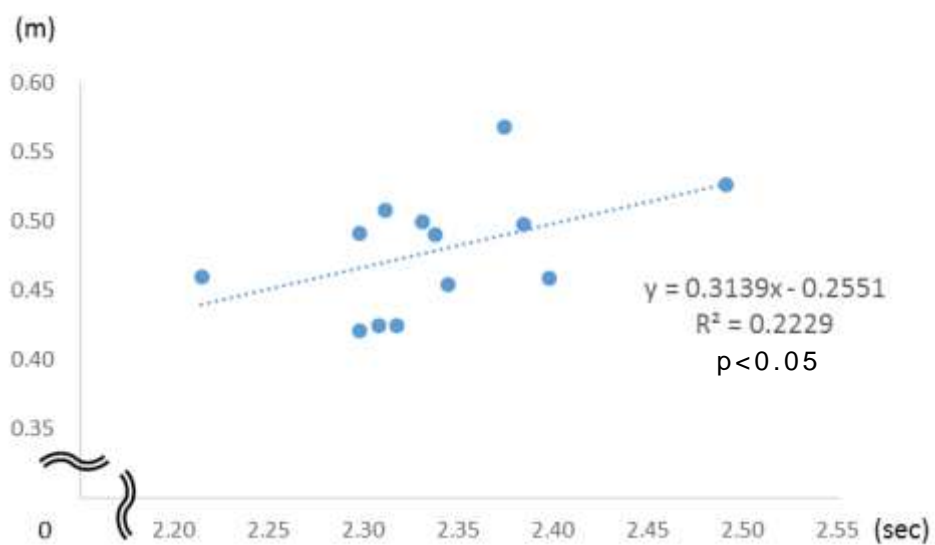


図 6. 重心高と方向転換タイム

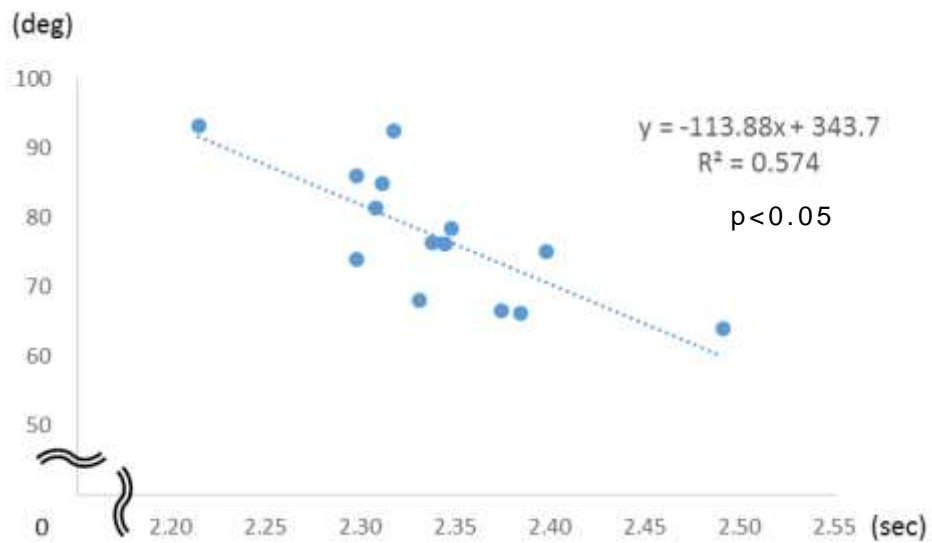


図 7. 体幹傾斜角と方向転換タイム

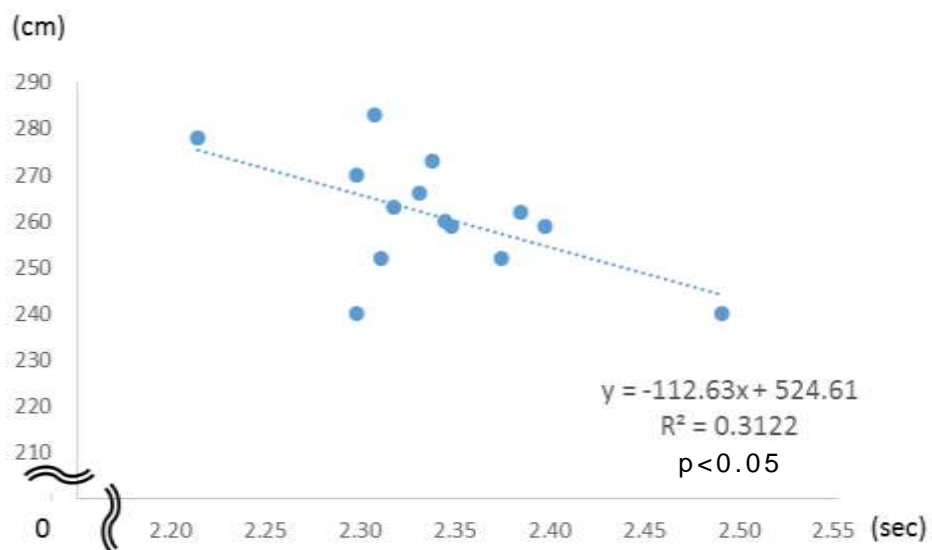


図 8. 立幅跳びと方向転換タイム

一方、方向転換タイムを従属変数とした重回帰分析では体幹傾斜角 ($\beta = -0.87$) および 10m タイム ($\beta = 0.43$) が独立変数として採用された (表 5)。また、モデルの決定係数は $R^2 = 0.78$ であった。

表 5. 重回帰分析ステップワイズ法にて採用された
独立変数の標準偏回帰係数 (* … p<0.05)

	β
体幹傾斜角	-0.87*
10mタイム	0.43*

III – ii . 間接的因子の抽出

ピアソンの積率相関分析にて重心高、体幹傾斜角の 2 項目が方向転換タイムに関連するキネマティックデータとして相関が認められたため、その 2 項目と各測定項目についてピアソンの積率相関分析を行った (表 6)。重心高と相関が認められた因子は SQ/体重 ($r=-0.58$) (図 9)、体幹傾斜角 ($r=-0.67$) (図 10)であった。また、体幹傾斜角と相関が認められた因子は重心高 ($r=-0.67$)であった。

表 6. 重心高、体幹傾斜角と他の測定項目との相関係数

(* … $r>0.4, p<0.05$)

	重心高	体幹傾斜角
重心高		
体幹傾斜角	-0.67*	
10mタイム	-0.23	0.23
体重	0.08	0.21
身長	0.31	0.13
垂直跳び	-0.42	0.31
立幅跳び	-0.30	0.27
SQ/体重	-0.58*	0.18

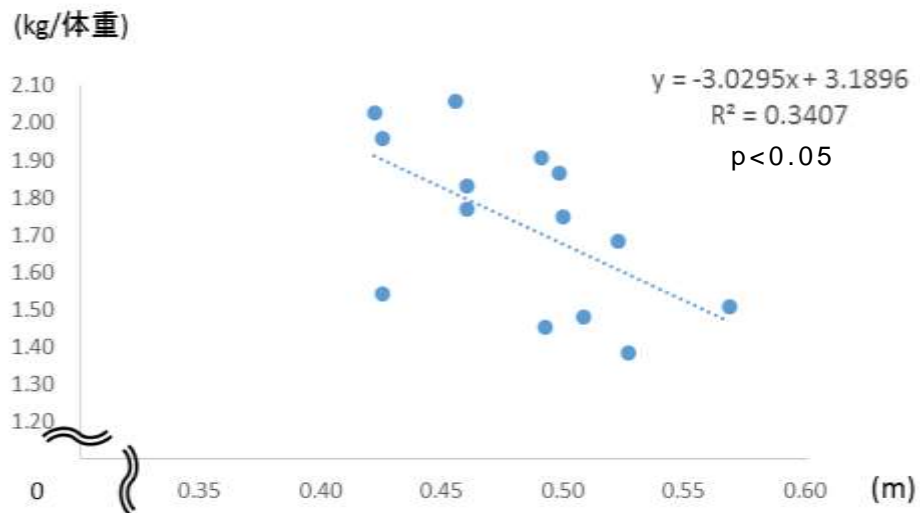


図 9. 重心高と SQ/体重

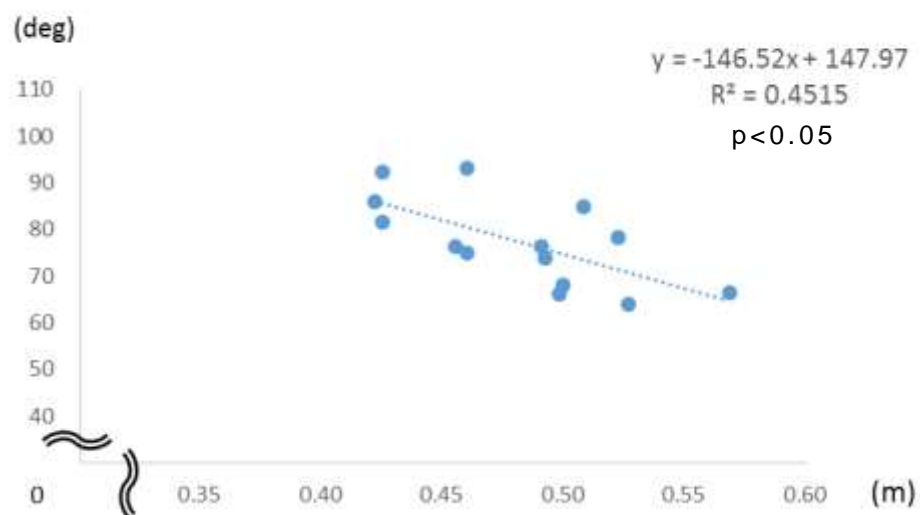


図 10. 重心高と体幹傾斜角

Ⅲ－iii．直接的因子と各期のタイム、接地時、離地時の速度との関係

重心高、体幹傾斜角、立幅跳び、10mタイムが方向転換タイムの説明因子として相関が認められたため、各直接的因子と、各期のタイム、左足接地時重心速度（以下：接地V）、左足離地時重心速度（以下：離地V）についてピアソンの積率相関分析を行った（表7）。体幹傾斜角と有意な中程度以上の相関が認められたのは加速T ($r=-0.59$) (図11)、再離前T ($r=0.58$) (図12)、再離後T ($r=-0.59$) (図13)、接地V ($r=0.48$) (図14)であった。立幅跳びと有意な中程度以上の相関が認められたのは加速T ($r=-0.62$) (図15)、接地V ($r=0.78$) (図16)であった。重心高と10mタイムについては各期のタイムと相関は認められなかった。また、各期のタイムと接地V、離地Vについてピアソンの積率相関分析を行った（表8）。接地Vとは再離前Tに有意な中程度以上の相関が認められた ($r=0.48$) (図17)。また離地Vとは再離前T ($r=0.57$) (図18)、再離後T ($r=-0.83$) (図19)に有意な中程度以上の相関が認められた。

表7. 各直接的因子と、各期のタイムと、
接地時、離地時の速度との相関係数（* … $r>0.4, p<0.05$ ）

	体幹傾斜角	重心高	立幅跳び	10mタイム
加速T	-0.59*	0.36	-0.62*	0.04
減接前T	0.19	-0.31	0.31	0.37
減接後T	0.13	0.16	0.13	-0.38
再離前T	0.58*	-0.13	0.23	0.07
再離後T	-0.59*	0.33	-0.24	0.06
接地V	0.48*	-0.26	0.78*	-0.35
離地V	0.24	-0.27	0.18	-0.16

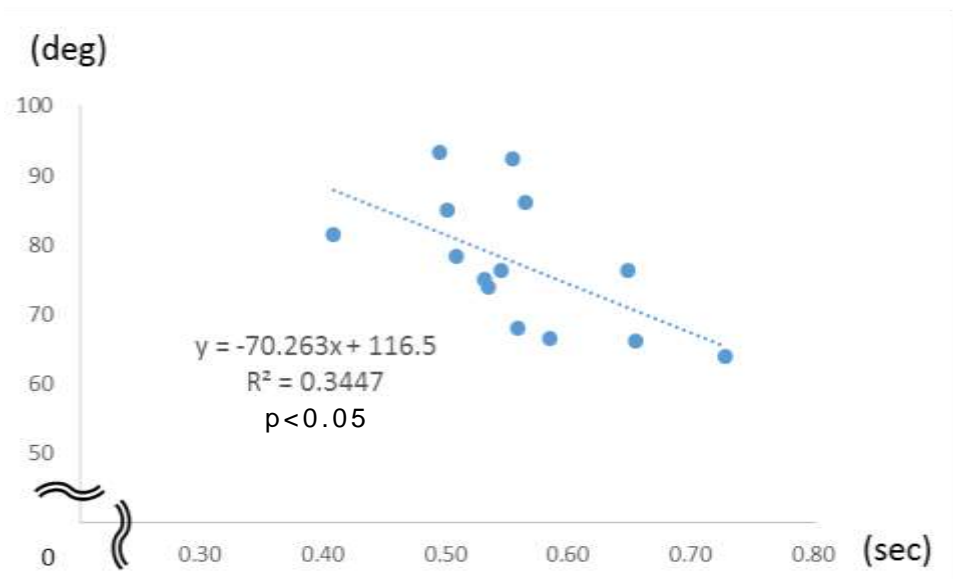


図 11. 体幹傾斜角と加速 T

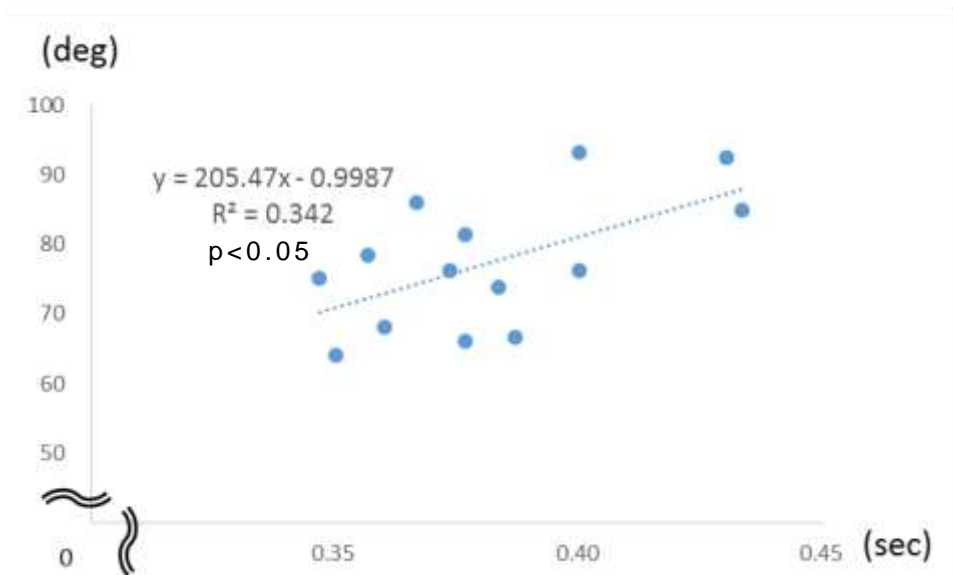


図 12. 体幹傾斜角と再離前 T

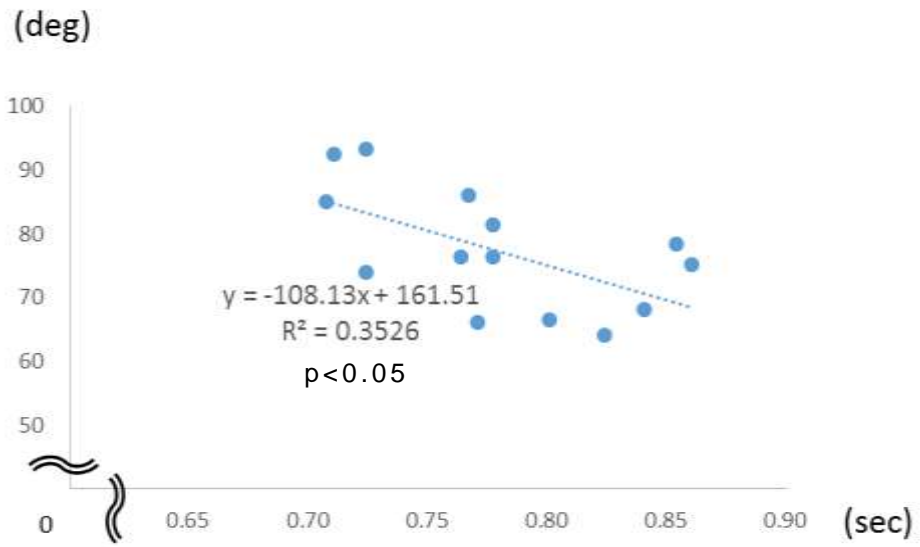


図 13. 体幹傾斜角と再離後 T

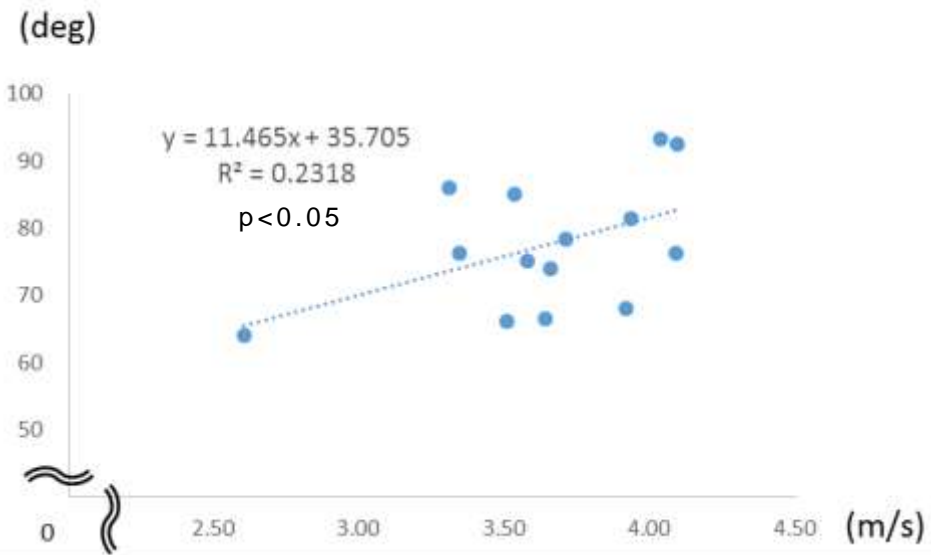


図 14. 体幹傾斜角と接地時速度

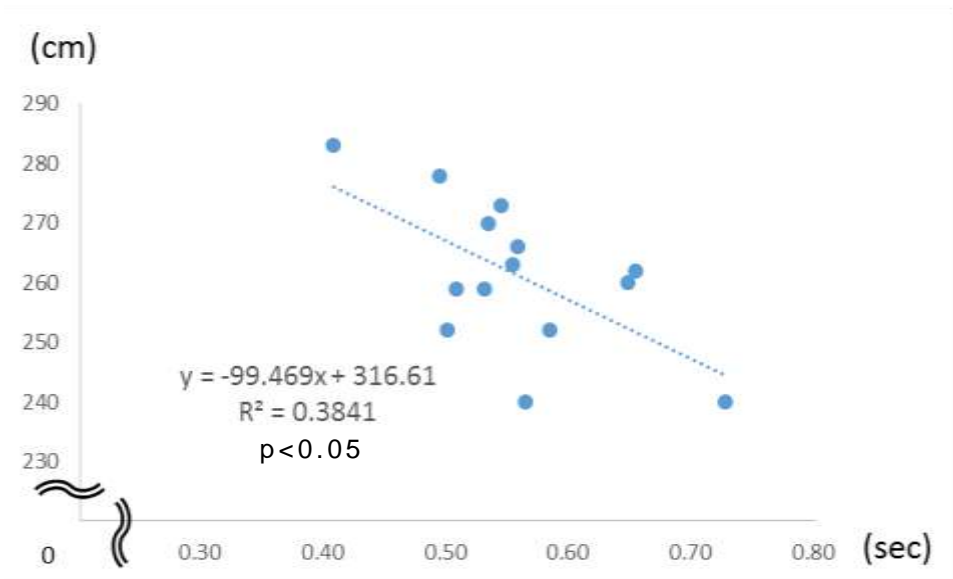


図 15. 立幅跳びと加速 T

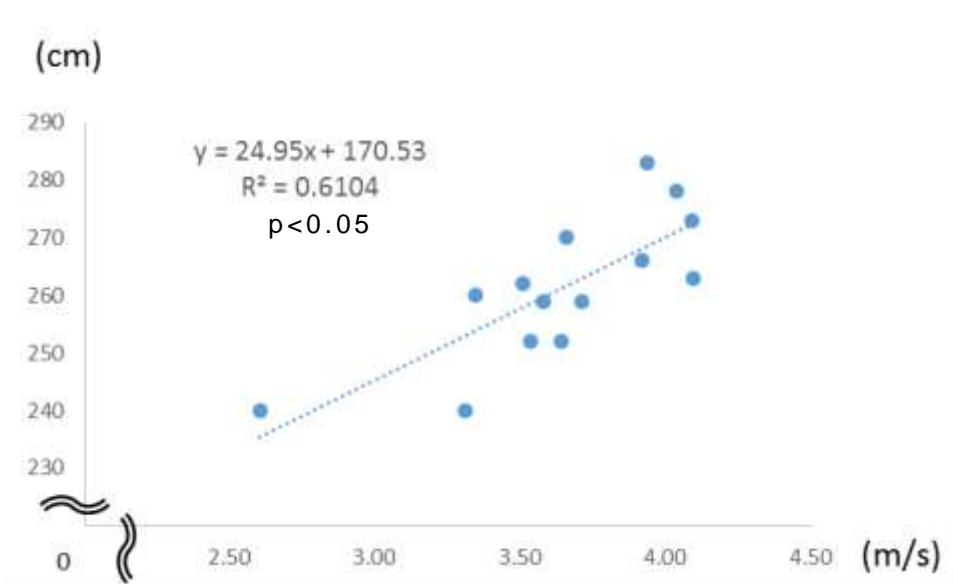


図 16. 立幅跳びと接地時速度

表 8. 各期のタイムと接地時、離地時速度との相関係数 (* … p<0.05)

	加速T	減接前T	減接後T	再離前T	再離後T
接地V	-0.76	0.04	0.43	0.48*	-0.29
離地V	-0.01	-0.01	0.36	0.57*	-0.83*

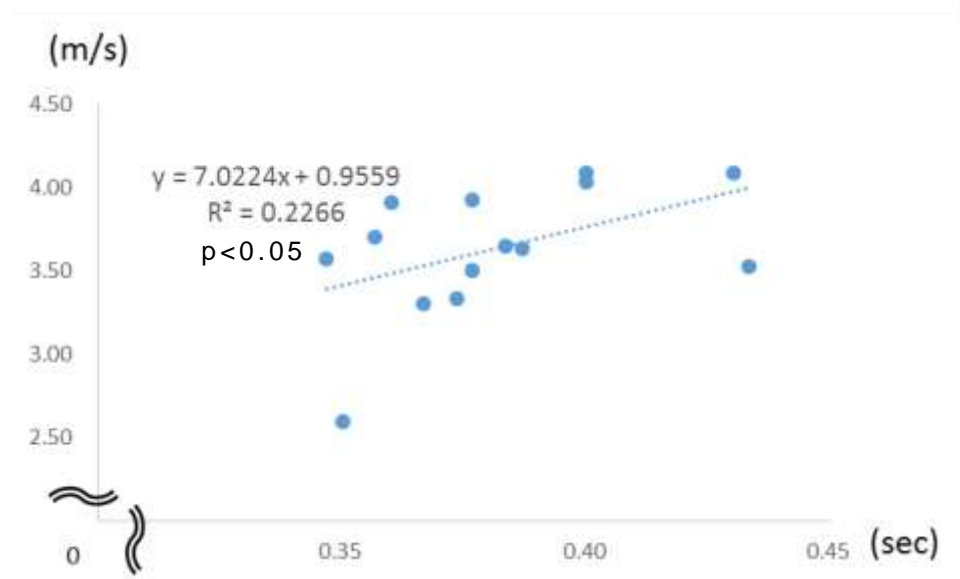


図 17. 接地 V と再離前 T

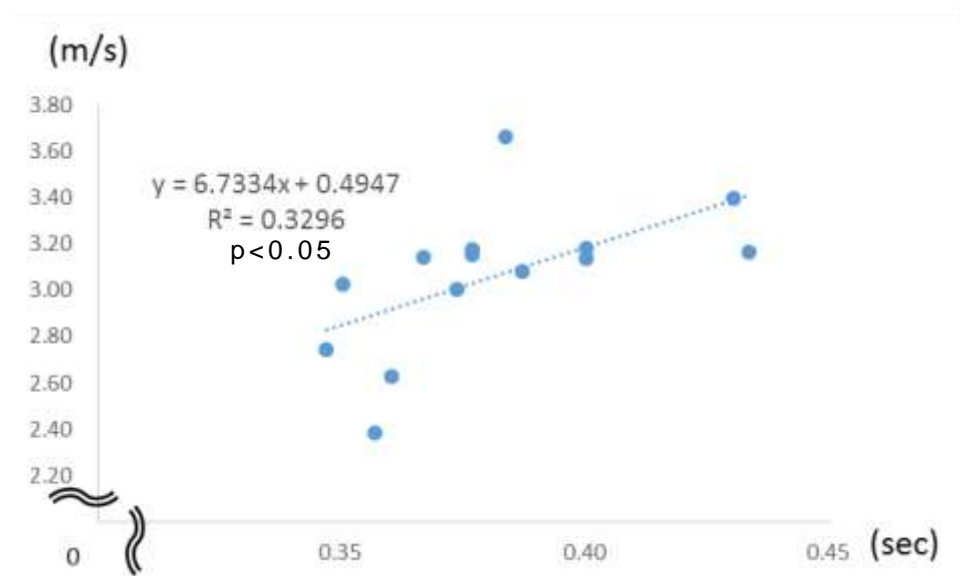


図 18. 離地 V と再離前 T

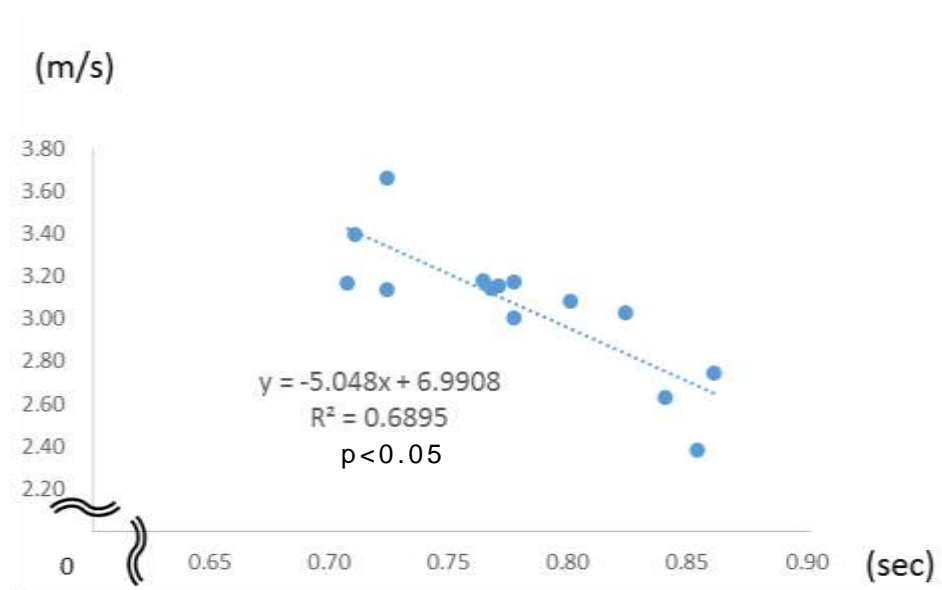


図 19. 離地 V と再離後 T

IV. 考察

本研究では、ピアソンの積率相関分析において、スプリントを用いた180度の方向転換スピードテストのタイムと、重心高、体幹傾斜角の2つのキネマティックデータ、立幅跳びに有意な中程度以上の相関が認められた。また、重回帰分析においては直線スプリントの10mタイム、体幹傾斜角が方向転換タイムの説明変数として採用された。そのため重心高、体幹傾斜角、立幅跳び、10mタイムを直接的因子と定義した。また、重心高とSQ/体重（筋力）の間にも有意な中程度の相関が認められ、これを間接的因子と定義した。図20に各因子と方向転換タイムとの関係性を示したうえで、以下に考察を進める。

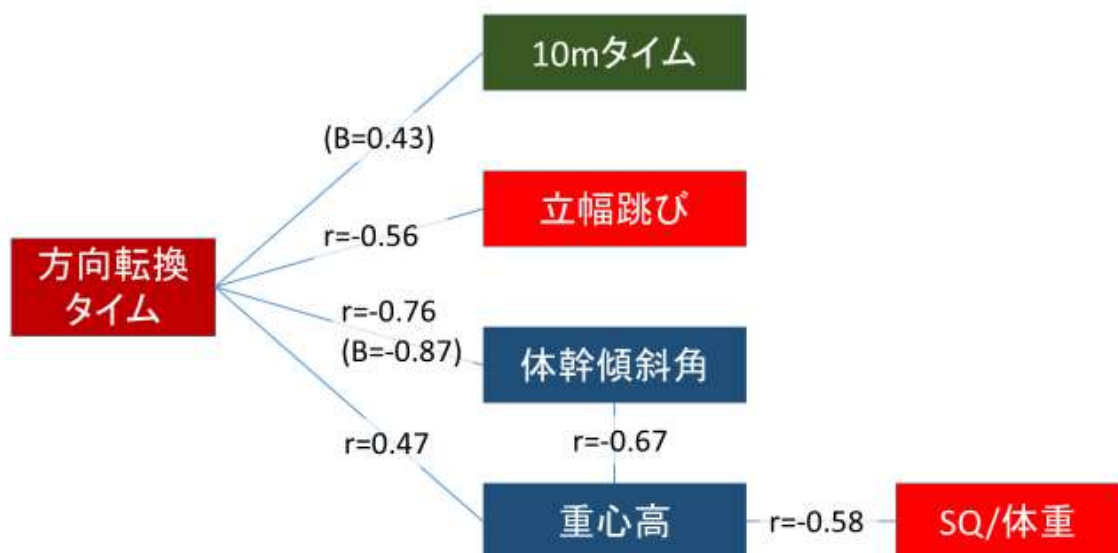


図 20. 方向転換タイムと直接的因子、間接的因子の関係

重回帰分析の結果は ()内に表示

IV - i . 直接的因子と方向転換スピードの遅速

先行研究において、サイドステップを用いた 180 度方向転換動作の際、低い重心をとっている選手の方が CODs が速いことが報告されている (Shimokochi et al, 2013; 小山ら, 2015)。本研究は移動方法にスプリントを用いているものの、先行研究と同様の結果を示した。また、Sasaki et al (2011)はスプリントを用いた 180 度方向転換動作において、次の進行方向への体幹傾斜角と CODs に中程度の相関を報告しており、本研究もそのデータを支持する結果となった。先行研究において、重心が低い選手のサイドステップでの方向転換のスピードが速くなったメカニズムとして、床反力の角度が挙げられる。次の進行方向へ速く進みたい場合、床反力の角度を水平方向に近づける必要がある (Shimokochi et al, 2013)。また身体が回転運動を起こさずに推進力を得る場合、床反力は重心の周辺を通過するため (Kugler and Janshen, 2010)、床反力の角度は足の接地位置と重心の位置の影響を受けると考えられる。理論的には接地位置が重心から水平方向に遠く、重心高が低いほど床反力の角度は水平に近づく (図 21)。

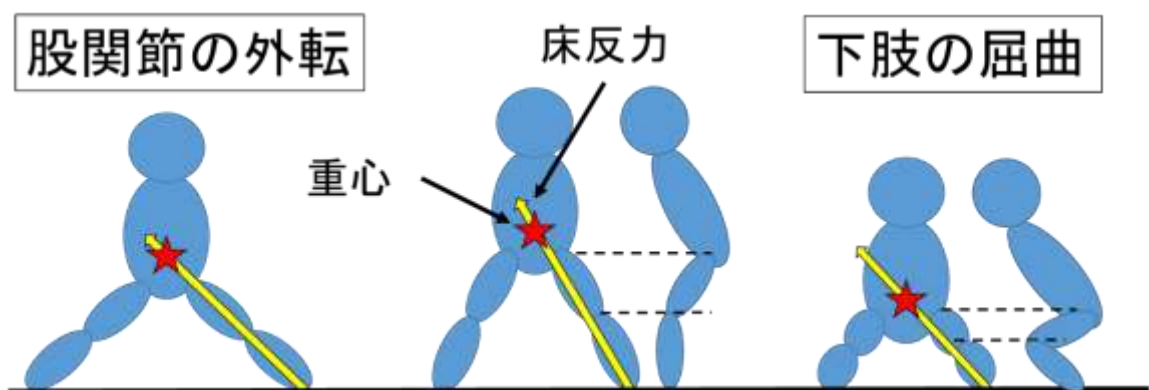


図 21. サイドステップを用いた方向転換動作における
重心位置、接地位置と床反力角度の関係

上半身の姿勢を維持したまま移動する必要のあるサイドステップからの方向転換のような試技では（小山ら, 2015）、床反力の角度を水平に近づけるために股関節の外転や、下肢の屈曲といった戦略をとっていると考えられる（図 21）。しかしながら先行研究で用いられているサイドステップでの方向転換と、本研究で用いられているスプリントからの180度方向転換動作では用いられる戦略が異なると考えられる。先行研究で用いられているサイドステップでの方向転換動作は、一般的に「カッティング」と呼ばれる（Sheppard et al, 2006; Shimokochi et al, 2013）。Shimokochi et al (2013)や、小山ら (2015)の研究で用いられているような、移動方法にサイドステップを用いながらのカッティングや、Sheppard et al (2006)の研究で用いられているようなスプリントからのカッティングがあるが、どちらも方向転換動作中に身体を側方に移動し、離地までは基本的に身体の向きは一定である。一方、Sasaki et al (2011)や本研究で用いられている方向転換動作は「ターン」と呼ばれ（Sasaki et al, 2011; Hirose and Seki, 2015）、方向転換動作が完了したときには、スプリント動作のように身体の向きは進行方向を向いていると考えられる（土黒, 2003）。先述の通りカッティング動作においては股関節の外転と下肢の屈曲の2つの戦略により床反力の角度を水平に近づけることが可能であるが、次の進行方向に身体を向けてしまっているターン動作においては、股関節の外転よりも下肢の屈曲によって重心と足部の位置関係を調節し、床反力の角度を水平に近づけていたのではないかと考えられる。また、特にサイドステップを用いたカッティング動作においては視線のぶれを防いだり、方向転換後にすぐ次の方向転換動作が行えるようにするため、上半身は左右前後にぶれないことが理想とされている（小山ら, 2015）。しかしながらターン動作においては、方向転換後、その方

向にスプリントを行うことが前提となっている (Hewit et al, 2010)。また、スプリント動作の加速局面においては、体幹をより前傾させたほうが床反力の角度が水平に近づき推進力を得ることができる (Kugler and Janshen, 2010)。そのため本研究のようなスプリントからの 180 度方向転換動作、つまりターン動作においては、方向転換動作後すぐに加速ができるように、方向転換動作中から次の方向に体幹を傾斜する戦略がとられていたのではないかと考えられる。

また、本研究では重心高と体幹傾斜角は有意な相関を示しており ($r=-0.67$)、体幹傾斜角が大きな選手ほど重心が低くなっていた。その理由として、図 22 のように、体幹を傾斜するとによって直立姿勢に比べ重心が低くなると考えられること、また重心が低い方が安定性が増すため姿勢をコントロールしやすいことなどが考えられる (Sayers, 2000)。

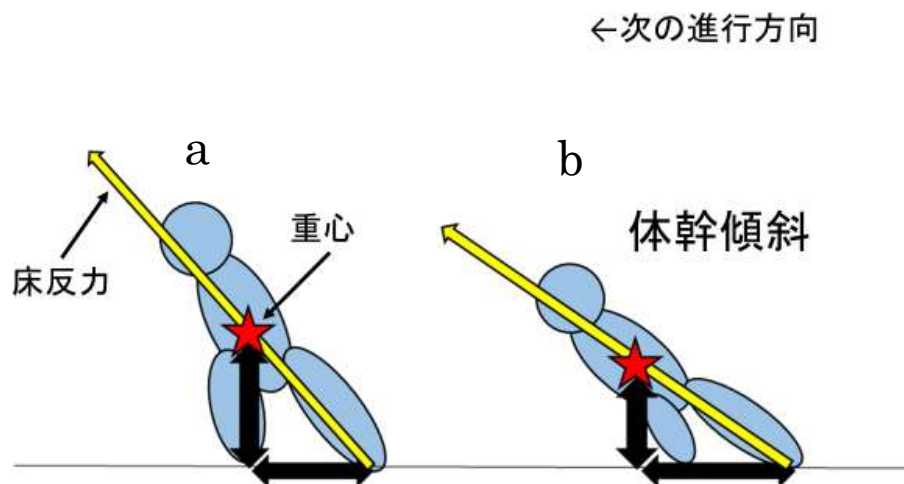


図 22. 体幹傾斜による床反力角度の変化

また、本研究においては立幅跳びと方向転換タイムとの間に負の相関 ($r=-0.56$)が認められ、立幅跳びの跳躍距離が長い選手の方向転換スピードが速いという結果になった。方向転換動作は水平方向への移動を伴

う動作であるため、垂直方向のパワー（垂直跳びの跳躍高等）よりも水平方向のパワー（立幅跳びの跳躍距離等）の方が重要だと考えられる。実際に Peterson et al (2006)は CODs と垂直跳びの相関 ($r=-0.26$)よりも CODs と立幅跳びの相関 ($r=-0.61$)が強かったことを報告している。本研究においても立幅跳びとの相関は認められたが垂直跳びとの相関は認められず、先行研究を支持する結果となった。

直線スプリントの 10m タイムと方向転換タイムについては、ピアソンの積率相関分析では相関は認められなかったものの、重回帰分析では 10m タイムは独立変数として採用された。先行研究においてはスプリントタイムと方向転換タイムとの相関を報告しているものもあるが、それらは 10m×5 など、比較的長い直線スプリントを用いているものが多い (Hirose and Nakahori, 2015; 笹木ら, 2011)。本研究においては 5m×2 という短い距離を用いた試技だったため、直線スプリント能力よりも他の要素の貢献が大きくなり単相関では相関が認められなかったが、スプリント動作自体は含まれているので、重回帰分析により他の要素の影響を補正すると関係性が認められたものと考えられる。

IV – ii . 期分けを用いたメカニズムの考察

先行研究において、方向転換動作の分析は重心速度の方向が切り替わる前後での局面しか分析が行われないことが多く (Sasaki et al, 2011; Shimokochi et al, 2013)、加速、減速も含めた方向転換動作全体を分析している研究はみられない。方向転換動作に関連のあると考えられる加速、減速についてもキネマティクスの研究がなされているが (Hewit et al, 2011; Kugler and Janshen, 2010)、それらの知見をそのまま方向転換動作に適応できるのかも明らかになっていない。また先行研究にお

いて形態や筋機能が方向転換動作に寄与するとの報告は散見されるが (Chaouachi et al, 2009; Peterson et al, 2006)、そのメカニズムは明らかになっていない。そこで本研究では抽出された各直接的因子がどのように方向転換動作全体に影響を与えているか、各期のタイム、接地時、離地時の速度との関係をもとに考察した。

まず、加速期タイムと相関が認められたのは接地時速度 ($r=-0.72$)、体幹傾斜 ($r=-0.59$)、立幅跳び ($r=-0.62$)である。立幅跳びは垂直跳びよりも水平方向へ傾いた床反力を得ることで前方に跳ぶことができる (Fukashiro et al, 2005)。また、短い距離でのスプリントにおいても、床反力の角度を水平に近づけることによって効率的な加速が可能となる (Kugler and Janshen, 2010)。そのため立幅跳びの能力が優れている選手は短い時間での加速が可能になり、加速期タイムが短くなったもと考えられる。接地時速度と加速期タイムの関係 ($r=-0.72$)から、そのように短い時間で加速を行っていた選手は、方向転換の左足接地時に速い重心速度のまま接地していたことが推察される。また、接地時速度と体幹傾斜角との間にも正の相関が認められた ($r=0.48$)。図 22 b のように体幹の傾斜が大きくなると、重心の真下に支持基底面が位置しなくなる。静止している状況ならばバランスをくずして倒れてしまうが、重心付近を通過する床反力を得ていれば、身体は回転運動を起こさないためその姿勢を維持することができる (Kugler and Janshen, 2010)。そのため図 22 b のように大きく体幹を傾斜させるには、より水平成分が大きい、水平方向に傾いた床反力が必要となる。接地時速度が大きい選手は水平方向への運動量 (=速度×質量)が大きいいため、床反力の角度がより水平に近づき、大きな体幹傾斜角をとることができたと考えられる。

減速期接地前タイムと減速期接地後タイムは各要素と有意な相関は

認められず、再加速期離地前タイムは体幹傾斜角 ($r=0.59$)、離地時速度 ($r=0.57$)と有意な正の相関が認められ、再加速期離地後タイムも体幹傾斜角 ($r=-0.59$)、離地時速度 (-0.83)と有意な負の相関が認められた。先述の通り体幹傾斜角が大きな選手は接地時の水平方向への速度、運動量が大きい。大きな力を下肢で吸収するためには下肢の屈曲が必要であるため (Podraza and White, 2010)、体幹傾斜角の大きい選手は下肢を大きく屈曲させていたと考えられ、実際に重心高は低くなっている。また、Domire and Challis (2007)はジャンプ動作において下肢の屈曲角度が大きいほうが離地までの時間が長くなると報告しており、今回の試技においても体幹傾斜角の大きい選手は下肢を大きく屈曲していたため、再加速期離地前タイムが長くなったものと推察される。また再加速期離地前タイムと離地時速度、離地時速度と再加速期離地後タイムにそれぞれ相関が認められた理由として、再加速期離地前タイムの時間が長くなることでより長く重心に対して力を加えられ、離地時速度が速くなり、離地時速度が大きいことでゴールまでの再加速期離地後タイムが短くなったものと考えられる。以上の期分けについての考察を図 23 にまとめる。

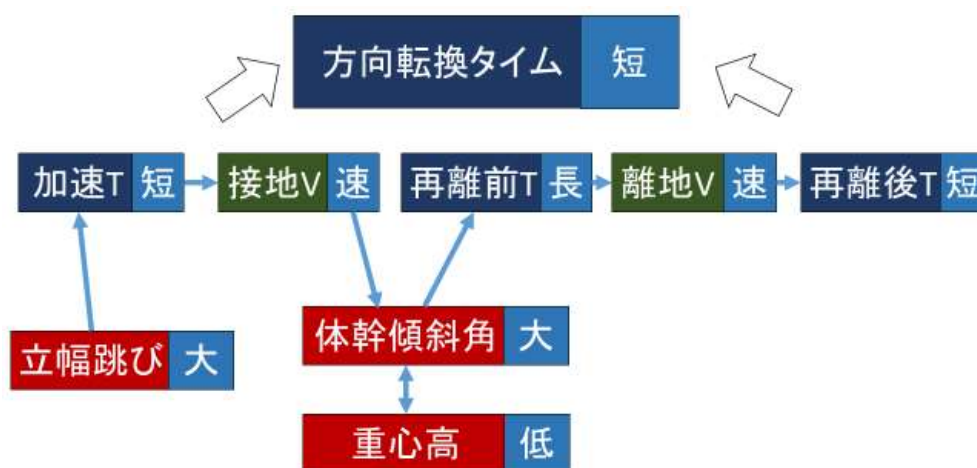


図 23. 各期のタイム、重心速度、直接的因子の関係

IV - iii . 間接的因子の貢献

本研究では重心高と SQ/体重 ($r=-0.58$)に有意な相関が認められた。スクワット動作にはハーフ、パラレル、フルなど様々な深さがあり、深さによって動員される筋活動の割合が違っていると報告されている (Caterisano et al, 2002)。今回の測定におけるスクワットは、比較的下肢の屈曲角度の大きいパラレル (大腿が地面と平行)を用いているため、SQ/体重の数値は深い下肢の屈曲角度での筋出力を表している。一方、図 23 で示した通り大きな体幹傾斜角、それに伴う低い重心高をとるには、大きな接地時速度が必要であると考えられる。今回のデータにおいて、接地時速度と減速期接地前タイムに相関は認められていない。つまり接地時速度が速かった選手と遅かった選手に重心速度を 0 にするまでの時間の差がなかったともいえるため、接地時速度が速い選手の方が接地後に大きな力で減速していたと考えられる。また、着地動作においては衝撃を吸収するために下肢の屈曲が必要であると報告されている (Podraza and White, 2010)。そのため、本研究の試技のように水平方向の大きな運動量を吸収し、大きな体幹傾斜をとりながら低い重心高をとる場合にも深い下肢の屈曲角度での筋出力が必要であったため、重心高と SQ/体重に有意な相関が認められたものと考えられる。

V. 現場への応用、本研究の限界

スプリントを用いた 180 度の方向転換スピードには、大きな体幹傾斜角、低い重心高などのテクニック、パワー、スプリント能力が寄与することが明らかとなった。また実際にテクニックを身につけるためには筋力が必要である可能性が示唆された。そのため、スプリントを用いた 180 度方向転換動作のトレーニングを行う際には、その動作に必要なテクニックを習得するだけでなく、筋力、パワー、スピードなど基礎的な体力を身につけることも重要であると考えられる。

本研究では床反力の測定を用いずに実験を行った。そのため、考察で述べたような床反力角度の変化が起きたかどうかは断言することができない。また身体の回旋が加わりながら行われる試技であったため、今回の解析方法では下肢の屈曲角度が算出できなかった。そのため体幹傾斜角の増加、重心高の低下に伴う下肢の屈曲が起きていたかは明らかにできず、それらの関係性については推測に留まった。また、今回のデータはバスケットボール選手のスプリントを用いた 180 度方向転換動作についてであり、他競技の選手や、鈍角な角度 (90 度など) の角度での方向転換動作について適用できるかは不明である。

また本研究は相関の値を用いて考察しているが、実際の因果関係については明らかになっていない。そのため今後はトレーニングの介入等を行い、実際の因果関係を明らかにする必要があると考えられる。

VI. 結論

本研究において、スプリントを用いた 180 度方向転換動作のスピードと、次の進行方向への体幹の傾斜、重心高、立幅跳び、10m スプリントスピードとの関係性、重心高と下肢の筋力との関係性が明らかとなった。また、それらの因子は方向転換動作の各期にそれぞれ違った形で寄与していることが示唆された。

VII. 参考文献

1. 公益財団法人 日本バスケットボール協会公式 HP.
<http://www.japanbasketball.jp/jba/data/enrollment/>
2. J.M.Sheppard and W.B.Young. Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences* 24(9): 919-932, 2006
3. S.E.McInnes, J.S.Carison, C.J.Jones, and M.J.McKenna. The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences* 13(5): 387-397, 1995
4. J.Bloomfield, R.Polman, and P.O`Donoghue. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine* 6: 63-70, 2007
5. F.Erculj, M.Blas, and M.Bracic. Physical demands on young elite European female basketball players with special reference to speed, agility, explosive strength, and take-off power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(11): 2970-2978, 2010
6. D.G.Hoare. Predicting success in junior elite basketball players the contribution of anthropometric and physiological attributes. *Journal of Science and Medicine in Sport* 3 (4): 391-405, 2000
7. J.R.Hoffman, G.Tenenbaum, C.M.Maresh, and W.J.Kraemer. Relationship between athletic performance tests and playing time in Elite college basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 10(2): 67-71, 1996
8. 津越智雄、浅井武. Jリーグサッカークラブにおける上位カテゴリーへの選手選抜に関する横断的研究—体力・運動能力を対象として—.

- 体育学研究 55: 565-576, 2010
9. J.L.Barnes, B.K.Schilling, M.J.Falvo, L.W.Weiss, A.K.Creasy, and A.C.Fry. Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21(4): 1192-1196, 2007
 10. J.M.Sheppard, W.B.Young, T.L.A.Doyle, T.A.Sheppard, and R.U.Newton. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport* 9: 342-349, 2006
 11. W.Young, D.Farrow, D.Pyne, W.McGregor, and T.Handke. Validity and reliability of agility tests in junior Australian football player. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(12): 3399-3403, 2011
 12. W.B.Young, M.H.Mcdowell, and B.J.Scarlett. Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15(3): 315-319, 2001
 13. M.Brughelli, J.Cronin, G.Levin, and A.Chaouachi. Understanding change of direction ability in sport. A review of resistance training study. *Sports Med* 38(12): 1045-1063, 2008
 14. P.J.Read, J.Hughes, P.Stewart, S.Chavda, C.Bishop, M.Edwards, and A.N.Turnr. A need analysis and field-based testing battery for basketball. *Strength & Conditioning Journal* 36(3): 13-20, 2014
 15. A.Chaouachi, M.Brughelli, K.Chamari, G.T.Levin, N.B.Abdelkrim, L.Laurencelle, and C.Castagne. Lower limb

- maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(5): 1570-1577, 2009
16. J.Bloomfield, R.Polman, and P.O`Donoghue. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine* 6: 63-70, 2007
 17. M.Perse, M.Kristan, S.Kovacic, G.Vuckovic, and J.Pers. A trajectory-based analysis of coordinated team activity in a basketball game. *Computer Vision and Image Understanding* 113: 612-621, 2009
 18. B.G.Serpell, W.B.Young, and M.Ford. Are the perceptual and decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(5): 1240-1248, 2011
 19. W.B.Young, R.James, I.Montgomery. Is muscle power related to running speed with change of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42(3): 282-288, 2002
 20. Y.Shimokochi, D.Ide, M.Kokubu, and T.Nakaoji. Relationships among performance of lateral cutting maneuver from lateral sliding and hip extension and abduction motion, ground reaction force, and body center of mass height. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(7): 1851-1860, 2013
 21. J.L.Mayhew, F.C.Piper, T.M.Schwegler, and T.E.Ball. Contribution of speed, agility and body composition to anaerobic power measurement in college football players. *Journal of Applied*

- Sport Science Research 3(4): 101-106, 1989
22. M.D.Peterson, B.A.Alvar, and M.R.Rhea. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. Journal of Strength and Conditioning Research 20(4): 867-873, 2006
 23. T.R.Baechle, R.W.Earle, 石井直方(監修),長谷川裕(監修), 岡田純一(監修). ストレングストレーニング&コンディショニングーNSCA 決定版(第2版). ブックハウス・エイチデイ, 2002
 24. A.Scanlan, B.Humphries, P.S.Tucker, and V.Dalbo. The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. Journal of Sports Sciences 32(4): 367-374, 2014
 25. Utku Alemdaroglu. The Relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. Journal of Human Kinetics 31: 99-106, 2012
 26. U.Wisloff, C.Castagna, J.Helgerud, R.Jones, and J.Hoff. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. J Sports Med 38: 285-288, 2004
 27. T.Spiteri, S.Nimphius, N.H.Hart, C.Specos, J.M.Sheppard, and R.U.Newton. Contribution of Strength characteristic to change of direction and agility performance in female basketball athletes. Journal of Strength and Conditioning Research 28(9): 2415-2423, 2014

28. S.Salaj and G.Markovic. Specificity of jumping, sprinting, and quick change-of-direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(5): 1249-1255, 2011
29. 笹木正吾,金子聡,矢野玲,浅野翔太,永野康治,櫻井敬晋,福林徹. 方向転換走と直線走および垂直跳びの関係—重回帰分析を用いた検討—. *トレーニング科学* 23(2): 143-151, 2011
30. S.Sasaki, Y.Nagano, S.Kaneko, T.Sakurai, and T.Fukubayashi. The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine* 10: 112-118, 2011
31. 小粥智浩. 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 第6巻 予防とコンディショニング B-1-e アジリティトレーニング. 財団法人日本体育協会 139-147, 2007
32. C.W.Yap and L.E.Brown. Development of speed, agility, and quickness for the female soccer athlete. *Strength and Conditioning Journal* 22: 9-12, 2000
33. Z.Milanovic, G.Sporis, N.Trajkovic, N.James, and K.Samija. Effect of a 12week SAQ training programme on agility with and without the ball among young soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine* 12: 979-103, 2013
34. K.Mackala, M.Fostiak, and K.Kowalski. Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *Journal of Human Kinetics* 45: 135-148, 2015
35. M.Kale, A.Asci, C.Bayrak, and C.Acikada. Relationships among jumping performance and sprint parameters during

- maximum speed phase in sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(8): 2272-2279, 2009
36. M.Paruzel-Dyja, A.Walaszczyk, J.Iskra. Elite male and female sprinters` body build, stride length and stride frequency. *STUDIES IN PHYSICAL CULTURE AND TOURISM* 13(1): 33-37, 2006
37. P.G.Weyand, D.B.Sternlight, M.J.Bellizzi, and S.Wright. Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J Appl Physiol* 89: 1991-1999, 2000
38. 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志. 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定. *バイオメカニズム* 11: 23-33, 1992
39. 小山孟志, 有賀誠司, 陸川章, 長尾秀行, 小河原慶太, 山田洋. バスケットボール選手におけるサイドステップ動作の運動学的特徴. *東海大学スポーツ医科学雑誌* 27: 21-27, 2015
40. F.Kugler and L.Janshen. Body position determines propulsive forces in accelerated running. *Journal of biomechanics* 43(2): 343-348, 2010
41. N.Hirose and T.Seki. Two-year changes in anthropometric and motor ability values astalent identification indexes in youth soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 19(2): 158-162, 2015
42. 土黒秀則. スピード系のトレーニング. *ストレングス&コンディショニング*. 大修館書店. 117-125, 2003
43. J.Hewit, J.Cronin, C.Button, and P.Hume. Understanding change of direction performance via the 90° turn and sprint test.

- Strength and Conditioning Journal. 32(5): 82-88, 2010
44. M.Sayers. Running techniques for field sport players. Sports Coach Autumn: 26-27, 2000
45. N.Hirose and C.Nakahori. Age differences in change-of-direction performance and its subelements in female football players. International Journal of Sports Physiology and Performance 10: 440-445, 2015
46. J.Hewitt, J.Cronin, C.Button, and P.Hume. Understanding deceleration in sport. Strength and Conditioning Journal. 33(1): 47-52, 2011
47. S.Fukashiro, T.F.Besier, R.Barrett, J.Cochrane, A.Nagano, and D.G.Lloyd. Direction control in standing horizontal and vertical jumps. International Journal of Sport and Health Science 3: 272-279, 2005
48. J.T.Podraza and S.C.White. Effect of knee flexion angle on ground reaction forces, knee moments and muscle co-contraction during an impact-like deceleration landing: Implications for the non-contact mechanism of ACL injury. The Knee 17: 291-295, 2010
49. A.Caterisano, R.F.Moss, T.K.Pelinger, K.Woodruff, V.C.Lewis, W.Booth, and T.Khadra. The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscle. Journal of Strength and Conditioning Research 16(3): 428-432, 2002

VIII. 謝辞

本論文の執筆にあたり、指導教員である広瀬統一教授には厚く御礼申し上げます。修士論文の執筆のみならず、学部のゼミからの5年間、トレーナー、スポーツ医科学の基礎知識、トレーナーとしての考え方や実際の現場の話など、多くのことを教えてくださいました。時には厳しく、時には優しく接していただき、手のかかる学生だったとは思いますが最後まで本当にお世話になりました。卒業後もまだまだ広瀬統一教授から学ぶことは多いと思いますが、これからは1人のトレーナーとして、今まで教えていただいたことをスポーツ界に還元できるよう精進して参ります。本当にありがとうございました。

また、副査を快く引き受けてくださいました土屋純教授、倉石平教授にも厚く御礼申し上げます。土屋純教授には、研究の実験についてのご相談にのっていただいただけでなく、学部時代からも大変お世話になりました。器械運動の授業でできない技があったとき、その技の理論やコツを親身に教えていただき、できなかった技ができるようになりました。そのときの経験から、壁にぶち当たったときに、一度立ち止まって考え工夫することの大切さを学びました。その考え方が、私自身のトレーナー活動や、今回の論文の執筆においても大変生きています。本当にありがとうございました。倉石平教授は、教授としてだけではなく、男子バスケットボール部の監督としても大変お世話になりました。学部に入學したばかりのとき、バスケットボールに関して素人の私を学生トレーナーとして受け入れてくださりました。そしてバスケットボールのことや、指導者の心得を教えてください、時には厳しくご指導をくださり、その経験が現在のトレーナー活動に生きています。バスケットボールへの理解がなければ今回の研究のアイデアは出てきませんでした。

本当にありがとうございました。

また、被験者を快く引き受けてくださったバスケットボール部の部員のみなさんや、大伴茉奈さん、吉岡修平さんを初めとするトレーナー、コーチングスタッフの皆さま、学生スタッフにも厚く御礼申し上げます。いつもひたむきなみなさんを見ていて、現場に必要なことから得られたアイデアがこの研究につながっています。この研究結果が少しでも選手たちにも還元できるよう、私自身もこれからより一層精進して参ります。

そして熊崎昌さん、峯田晋史郎さん、坂井禎良さんを初めとする広瀬研究室のみなさんにも厚く御礼申し上げます。熊崎さんには研究のご相談だけでなく、トレーナーとしてのご相談等、様々な面で大変お世話になりました。峯田さんと坂井さんは実験の補助を快く引き受けてくださったり、研究内容について共に討論したり、お2人の助けがなければ論文の執筆はできませんでした。研究以外にもお互いの得意な分野のことを教え合ったり、トレーナーとして必要だからとトレーニングをしたり、2人のおかげで楽しく有意義な2年間を送ることができました。本当にありがとうございました。

また、共に切磋琢磨し、楽しい日々を送ってきた大学の友人、色々なことを教えてくださった先輩方、いつも慕ってくれている後輩たち、山口県の恩師や友人たち、これまで陰ながら支えてくださった母親を初めとする家族、ここには挙げきれないくらいたくさんの方々に、今まで支えていただきました。この場を借りて、深く感謝申し上げます。