

平成 25 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

走幅跳の踏切準備動作と跳躍パフォーマンスの関係
—踏切前 2 歩に着目して—

所属系（領域） スポーツ科学系

氏 名 木村 友哉

研究指導教員 青木 和浩

合格年月日 平成 26 年 2 月 24 日

論文審査員 主査

村上 久 和 彦

副査

柳谷 登 志 雄

副査

青木 和 浩

目次

第1章 緒言	3
第2章 文献考証	4
第1節 走幅跳の局面構成	4
第2節 踏切前のストライド調節とストライドパターン	5
(1)踏切前のストライド調節	5
(2)踏切前のストライドパターン	5
第3節 走幅跳における踏切準備動作	6
第4節 踏切準備動作のトレーニング	7
第3章 目的	9
第4章 方法	10
第1節 実験①-踏切準備動作と跳躍パフォーマンスの関係	10
(1)被験者	10
(2)実験方法	10
(3)データ処理	10
(4)算出項目と算出方法	11
(5)実験日時	12
第2節 実験②-踏切準備のトレーニング効果	13
(1)被験者	13
(2)実験方法	13
(3)トレーニング	13
(4)測定について	14
(5)データ処理	14
(6)算出項目と算出方法	14
(7)実験の詳細	14
第3節 統計処理	15
第5章 結果	16
第1節 実験①-踏切準備動作と跳躍パフォーマンスの関係	16
(1)助走速度と跳躍記録の関係	16

(2) ストライドパターンについて.....	16
(3) 踏切準備動作とストライドパターンの関係.....	16
(4) 踏切準備動作とストライド比率の関係.....	16
第2節 実験②—踏切準備のトレーニング効果.....	18
(1) ストライドパターンの変化と跳躍記録の関係.....	18
(2) トレーニングによる踏切準備動作の変化.....	18
(3) トレーニング前後の内省報告.....	18
第6章 考察.....	19
第1節 助走速度と跳躍記録の関係.....	19
第2節 ストライドパターンについて.....	19
第3節 踏切準備動作とストライドパターンの関係.....	20
第4節 踏切準備動作とストライド比率の関係.....	20
第4節 踏切準備のトレーニング効果.....	22
(1) ストライドパターンの変化.....	22
(2) 踏切準備動作の変化.....	23
(3) 被験者の内省報告.....	23
第5節 指導場面への示唆.....	23
第7章 結論.....	25
第8章 要約.....	26
謝辞.....	27
参考文献.....	28
英文要約.....	31
図・表.....	32

第1章 緒言

走幅跳は助走・踏切・空中・着地の4局面で構成されている⁶⁾。その中でも、助走路面で得られる助走速度と跳躍記録には高い関係があると報告されているため^{4,8,16,23,27)}、重要な局面であることがわかる。しかしながら、走幅跳における助走は単に疾走速度を高めるだけではなく、それを生かすための効果的な踏切が出来る技術の修得が必要である²⁷⁾。技術が熟練していないと、助走で得られた疾走速度を減速させながら踏切に向かうことになるため、助走の疾走速度の向上とともに踏切の技術向上も必要であると考えられる。踏切時にはすでに、動作的な要素がある程度決定づけられているため、踏切準備動作が直接的に記録と関係している³⁶⁾ことから、効果的な踏切を行うためには踏切準備動作が重要である。

踏切準備動作における課題は助走で得られた水平速度を保持しつつ、身体重心を下げながら踏切に移行することである⁹⁾。踏切6~5歩前からは接地位置の変動は小さく、ストライドの変動が大きくなり、それまでの助走路面とはストライドの変動という点においても違いがみられている¹⁷⁾。その中でも特徴的であるのが、踏切2歩前から1歩前のストライドは長く、1歩前から踏切のストライドは短いという“長-短”のストライドパターンである¹⁹⁾。このストライドパターンは世界一流⁸⁾や国内の学生や高校生^{17,23)}を対象にした研究でも報告されている。Hayら(1986)は、“長-短”のストライドパターンと跳躍記録には関係がないことを報告している⁶⁾が、Cohら(1997)は、踏切1歩前から踏切までのストライドが長い競技者に対して、競技力の低い選手の技術をよく表していると指摘している¹⁹⁾。競技者や学校体育での走幅跳の指導においても、踏切前のストライドを安定させることは重要とされ、特に“短-長”のストライドパターンは踏切準備では改善すべきである^{28,29,33)}。指導書でも、踏切1歩前から踏切は、素早く・短くといった記載が多く^{11,12,29,34)}、“長-短”のストライドパターンと跳躍パフォーマンスの関係を検討することは、踏切準備動作のコーチングやトレーニングの一助になると考えられる。また、踏切準備動作と跳躍記録に関係があるため、“長-短”のストライドパターンと踏切準備動作の関係を明らかにすることで、踏切準備動作の課題を達成する要因を明らかにすることもできると考えられる。

さらに、“長-短”のストライドパターンを行えていない競技者にトレーニングを実施し、踏切前2歩のストライドパターンや踏切準備動作の変化による跳躍パフォーマンスへの影響を明らかにすることで、指導場面への有用な指標になり得ると考えられる。

第2章 文献考証

第1節 走幅跳の局面構成

走幅跳の局面構成は、助走・踏切・空中・着地⁶⁾や、助走・踏切準備・踏切・空中・着地で構成されている。

助走局面では、踏切動作をコントロールできる範囲での最大の走スピードを発揮することが課題である⁴⁾。

踏切局面では、助走速度を、踏切を介して、いかに効果的に跳躍距離に結びつけるかがポイントである⁴⁾。また、踏切では、疾走と異なり、足裏全体で接地が行われる。これには、2種類の動作が提示されており、接地の際に踏切脚を前から後ろに引くように動かし、踏切でのブレーキを少なくするという積極的接地(Active landing)と、踏切足は動かさず、重心と足の相対的位置を変えない固定式接地(a 'locking' placement of the foot)がある。前者は、踏切時に水平速度の減少を抑えるもので、後者は大きな垂直速度を獲得することに貢献している⁴⁾。

空中局面では、踏切時に前方回転が発生するため、その状態で着地を行おうとすると上体が前に倒れて望ましくない着地動作となる。そのため、空中では四肢をまわす「はさみ跳び」や、四肢を上下に伸ばす「そり跳び」を行う必要がある⁴⁾。

着地局面は、踏切離地時に放射角が決まっているため、出来るだけ重心と踵の着地点を少なくするように行うべきである⁴⁾。このように走幅跳では、局面ごとに求められる課題が異なり、それぞれをクリアーにしながら跳躍を行う必要があり、技術的な巧さが必要とされる。その中でも、跳躍距離を決定づけるのは、助走局面で得られた助走の最高速度と跳躍記録であり、両者には高い関係性があると報告がされている^{4,8,16,23,27)}。しかし、踏み切った後、空中に飛び出していくには、鉛直方向への速度も重要となってくるが、現在までの研究によると鉛直速度と跳躍記録の関係性は低いと言われている。これは、鉛直速度は跳躍記録に関係がないということではなく助走で得られる水平速度と違い、鉛直速度の獲得は容易ではないことを示している²⁹⁾。助走局面で得られた水平速度を効果的に鉛直速度へと変換するためにも、踏切準備局面は重要であり、要求される課題は多いように考えられる。また、踏切間近でも、最高速度とほぼ変わらないスピードで疾走しているため、その中で自分の体をコントロールし、水平速度を保持しながらも鉛直方向へ跳び出すのは極めて難しいと考えられる。

第2節 踏切前のストライド調節とストライドパターン

(1) 踏切前のストライド調節

走幅跳や三段跳は、踏切線を越えて踏み切ると無効試技となり、跳躍記録として認められないという競技規則がある。しかし、跳躍記録は踏切線から着地痕跡までであるため、踏切線により近い位置で踏み切ることが重要である。

Lee は競技者が踏切線の 6m 手前から踏切線に合わせるために、視覚的にストライド調節を行っていることを明らかにしている¹⁶⁾。また、Hay は踏切 5 歩前からストライド調節を行っているとして報告しており¹⁷⁾、Lee らの報告よりも手前から調節していることを指摘している。踏切 6 歩前からは、ストライドのバラツキが小さくなっていくため、踏切 6 歩前から踏切線に合わせようと視覚的に調節していることが明らかになっている。

以上のことから、正確に踏切板に合わせるために、競技者は踏切数歩前からストライドの調節を行っていることがわかる。ストライド調節が行われる原因としては、助走の初期加速局面や高速加速局面における足跡のバラツキの誤差を踏切前に修正していると考えられている。そのため、正確な踏切に向けたストライド調節を行うためには、助走の初期加速局面で、足跡のバラツキの誤差を少なくすること、高速加速局面において、ストライドの安定化を試みることで、踏切前に大幅なストライド調節をせずに踏切を行うことができる²⁰⁾。

(2) 踏切前のストライドパターン

踏切前では、正確に踏み切るためにストライドの調節を行っているが、ただストライドの調節を行うだけでは、助走速度を効果的に踏切へと還元することは難しい。そこで、踏切前に行われるストライドパターンをみると、Coh ら(1997)は、走幅跳競技者を対象に、踏切前 2 歩のストライドに特徴的なパターンがみられていたと報告している¹⁹⁾。踏切 2 歩前から踏切 1 歩前にかけてのストライドは長く、踏切 1 歩前から踏切にかけては短いというパターンであった。特に、記録の良い、競技力の高い者においてこのパターンがみられたとしており、競技力の低い者たちは、踏切 1 歩前から踏切までのストライドが踏切 2 歩前から踏切 1 歩前までのストライドと比べて、平均して 34 cm 長かった。これは、競技力の低い者たちの踏切準備の技術をよく示している。競技場面においても、技術が未発達な中高生などは、最後の 1 歩が大きくなってしまいう「間延び」したストライドで踏切に向かっている姿がよくみられる。競技力の高い者が“長-短”のストライドパターンを行っているのであれば、跳躍記録や身体動作と何か関係している

と考えられる。ストライドの変化を分析した過去の研究では、自己最高記録が 8m00 を越える男子の一流選手や⁶⁾、ヨーロッパカップの1次リーグに出場した女子競技者⁶⁾においても踏切前2歩は“長-短”のストライドパターンが行われていることが報告されているため、走幅跳の踏切前において行われる特徴的な動作であるといえる。助走全体のストライドパターンをみた研究結果でも、踏切前2歩は“長-短”とストライドの長さが変化している^{7,33)}。指導書でも、「最後の1歩を素早く」、や「駆け上がるように踏切に向かう」などとあるように踏切前の指導の観点としては、重要とされている^{1, 12, 29, 34)}。また、競技者のみではなく、生徒・児童を対象とした学校体育の走幅跳の指導の観点でも、踏切前のリズムを安定させることや、“短-長”のストライドパターンにならないように注意するとあることから、競技力向上には、“長-短”のストライドパターンを行うことは有効であることが示されている^{28, 29, 33)}

跳躍距離＝助走速度×技術⁹⁾と言われてるように、どちらも成り立った上での跳躍距離であり、“長-短”のストライドパターンを技術の1つとして捉えるのであれば、跳躍記録に影響を及ぼす要因であると考えられる。

本研究では、Hayら(1986)が用いた踏切1歩前から踏切までのストライドに対する踏切2歩前から踏切1歩前のストライドの比を用いることで、踏切前の“長-短”のストライドパターンを評価する指標とした。また、指導書で踏切1歩前から踏切までのピッチに着目していることから、2歩前から1歩前までのピッチに対する1歩前から踏切までのピッチの高さの比率も“長-短”のストライドパターンを評価する指標として用いた。

第3節 走幅跳における踏切準備動作

踏切準備動作は、助走から踏切へとスムーズに移行するために行われる。助走速度と跳躍記録は高い関係にあるが、走幅跳における助走は単に疾走速度を高めるだけではなく、それを生かすための効果的な踏切が出来る技術の習得が必要となる²⁴⁾。効果的に踏切を行うための準備動作であるのが踏切準備動作である。

踏切準備動作では、助走で得られた身体重心の水平速度をなるべく保持しつつ、身体重心を下げ、踏切に移行すること³⁵⁾、踏切1歩前離地時に、踏切脚を積極的に前方に引き出し、上体を後傾し、腰を先行させる動作が有効であること³⁵⁾など様々な課題がある。伊藤ら(2009)は、日本一流選手の助走と踏切準備動作を比較し、さらに、踏切準備

動作と跳躍パフォーマンスの関係を検討している。踏切 2 歩前離地後の踏切脚の前方への素早いリカバリー動作が跳躍パフォーマンスを高めることに影響を与えたと考えられている。また、“長-短”のストライドパターンが起きる原因として、踏切 2 歩前接地脚の大腿振り下ろし速度の低下による滞空期の増大が関係していたのではないかと指摘している²⁹⁾。

志賀ら(2005)は、踏切 1 歩前から踏切までの身体動作と跳躍記録の関係を調べたところ、踏切時の接地時間・踏切 1 歩前の支持脚が屈曲した局面の体幹角度と水平速度・踏切 1 歩前離地時の水平速度の 4 つが跳躍記録と直接関係していたと報告している³⁰⁾。また、森長ら(2003)は、失敗試技と成功試技での踏切準備動作の違いを検討しており、成功試技では、踏切 1 歩前接地から踏切接地にかけての速度の減少が失敗試技より少ない、踏切 1 歩前接地での上体角が成功試技の方が前傾していた、成功試技での膝関節角度は踏切 2 歩前離地で最も深く、踏切離地にかけて浅くなっていたと報告しており、跳躍の成否にも踏切準備動作が、関係していると考えられる³¹⁾。

以上のことから、踏切準備動作では、各歩の接地・離地ごとに求められている動作が異なっており、踏切前 2 歩においては、非常に様々な項目から評価されることが必要であると考えられる。また、これまでの先行研究から、踏切準備動作は踏切 2 歩前から踏切までとしているものが多いため、本研究でも踏切準備を踏切 2 歩前から踏切までとした。

第 4 節 踏切準備動作のトレーニング

走幅跳における技術トレーニングは、助走路で跳躍を行うことが多い。指導書などで紹介されているトレーニング内容では、助走練習・短助走跳躍・中助走跳躍・全助走跳躍が主にあげられる³⁰⁾。特に、基本的な踏切・踏切準備のトレーニングとしては、短助走跳躍を用いて行う。短助走跳躍の短助走は、指導書によって様々であるが、7～8 歩や 10 歩程度の助走距離で行われるものが一般的であり、しっかりとスピードを出し、細かい点に留意しながら行えば、全助走跳躍の 70～80%の完成度と捉えることができる。また、全助走跳躍と比較して、踏切時には、鉛直方向のキック時間が長く、踏切後半の鉛直力の方積が大きく、跳躍高と滞空時間が同程度であるため短助走跳躍は踏切動作や空中動作を意識的に練習するのに好都合であり³²⁾、踏切～着地までの跳躍づくりを行う練習手段としては最適であるとされている。技術的に中程度とされる十種競技者を対象

とした走幅跳の練習手段に関する研究では、中助走跳躍(12~14 歩)と短助走跳躍を比較したところ、運動の内容に違いがみられたことから、技術練習として短助走跳躍を行うときは、上体の前傾や踏込みの仕方に留意しながら行うべきであるとしている³⁹⁾。

中野らは、小学校高学年を対象に、踏切準備局面を中心とした指導効果を検討している。指導後は、踏切前のストライド、ピッチともに一定の値を示すように変化し、特に、踏切1歩前のピッチは高くストライドは短くなっており、踏切前に前上方への力を得やすいパフォーマンスに変化していた。しかし、踏切準備局面をイメージして運動するかどうかは跳躍距離の向上に直接影響を及ぼすものではなかったが、指導後の各局面の運動イメージでは、踏切準備局面の記述数が大幅に増加していた。運動習熟に伴って運動イメージは増加するため、踏切準備局面を中心とした指導によりこの局面の技能習熟が促進され、運動イメージが増加したとあるため、局面を意識させて指導・トレーニングを行うことは、運動イメージの促進につながると考えられる²⁹⁾。

そこで、本研究では、踏切準備動作の向上を目的とし、指導書や先行研究を参考に10歩程度の短助走跳躍を被験者へのトレーニングとして選択した。また、踏切前に“長-短”のストライドパターンを意識させるため、助走路両端に踏切線2m手前にコーンを置き、踏切1歩前の目標とさせることで、踏切前のステップに意識がいくように工夫した。運動を行った後は、出来るだけフィードバックを行うことが重要であるため、1本ごとに“長-短”のストライドパターン獲得を目的とした技術指導をもとに、細かく指導を行った。

第3章 目的

踏切準備動作については踏切前 2 歩のストライド変化が顕著であることが知られている。したがって、本研究では踏切 2 歩前におけるストライドの変化パターンと跳躍パフォーマンスの関係を明らかにすることを目的とした。

第4章 方法

第1節 実験①-踏切準備動作と跳躍パフォーマンスの関係

(1) 被験者

本研究の被験者は、男子大学陸上競技者21名(身長 176.3 ± 5.0 cm、体重 68.5 ± 4.7 kg、年齢 19.6 ± 1.5 歳、最高記録 7.12 ± 0.62 m)であった。

実験に先立ってこれらの被験者には、研究のねらいや意義、実験状況、安全性などを説明し、協力の同意を得た。

(2) 実験方法

実験は、平成25年度J大学陸上競技記録会(4月、5月、6月)の男子走幅跳の全試技を対象とし、測定を行った。その際の公式記録を実験記録とし、無効試技や跳躍が途中で終了するような著しい失敗の場合は、分析対象としなかった。

競技会での実験のため、記録上位8名は試技6本、その他は試技3本であった。

被験者の動作を2次元分析するため、助走路の側方15mに2台のビデオカメラ(EXILIM、CASIO社製)を設置し、踏切前4歩～踏切まで(踏切板前12mから助走路と砂場の境)をそれぞれ撮影した(300f/sec)。

得られた映像は動作解析ソフト(DFrame-DIAS、DKH社製)を用いて、2次元分析を行った。

また、助走速度測定のため、助走路最後方にレーザー式速度測定器(LAVEG)を設置し、得られたデータから最高速度を算出した。

また、図1に実験設定を示した。

(3) データ処理

踏切準備動作と跳躍パフォーマンスとの関係を検討するために、各被験者の最高記録が出た試技を分析対象とした。

被験者の動作を2次元分析するため、得られた映像は動作解析ソフト(DFrame-DIAS、DKH社製)を用い、身体分析点(23点)¹⁾を目視でデジタイズし、2次元座標値を算出し、2次元DLT法により実座標に換算した。また、最高遮断周波数を6HzとしButter worth digital filterを用いて平滑化した²⁾。

ストライド長は踏切 4 歩前から踏切までの接地時のつま先をデジタイズし、実座標に換算した。

(4) 算出項目と算出方法

身体を頭部、体幹、左右の上腕、前腕、手、大腿、下腿、足部の 14 部分からなるリンクセグメントモデルにモデル化し²⁾、平滑化したデータから踏切 2 歩前接地から踏切離地までのストライド長、ピッチ、膝関節屈曲角度（踏切脚・リード脚）、膝関節屈曲角速度（踏切脚・リード脚）、股関節角度（踏切脚・リード脚）、股関節角速度（踏切脚・リード脚）、上体角、上体角速度、全身の身体重心を算出した。また、身体分析点、部分角度、関節角度、身体重心変位を時間で数値微分することにより、その速度を求めた。

算出項目と算出方法を以下に示した。

a) 助走速度：レーザー式速度測定器(LAVEG)によって得られた助走の最高速度。踏切 2 歩前からは身体重心の水平速度とした。

b) ストライド：1 歩にかかった距離

接地した足のつま先をデジタイズした点と逆足接地時のつま先をデジタイズした点までの距離とした(step length をストライドとした)

c) L2：踏切 2 歩前から踏切 1 歩前までのストライド

d) L1：踏切 1 歩前から踏切までストライド

e) ストライド比率：L1 に対しての L2 の長さ (L2/L1)。ストライドパターンの評価の指標として用いた。

f) ストライドパターン：ストライド比率が 100%未満の者をパターン A、ストライド比率が 100%から 112%未満の者をパターン B、ストライド比率が 112%以上の者をパターン C とした

g) ピッチ：1 歩（ストライド）にかかった時間の逆数とした

h) P2：踏切 2 歩前から踏切 1 歩前までのピッチ

i) P1：踏切 1 歩前から踏切までのピッチ

j) ピッチ比率：P2 に対しての P1 のピッチの高さ (P1/P2)。ストライドパターンの評価の指標として用いた。

k) 身体重心変位(鉛直方向)：踏切 2 歩前離地時を 100%とし、身体重心の下降率とした

l) 踏切脚：踏切時の支持脚を踏切脚とし、踏切 1 歩前では非支持脚、踏切 2 歩前では支持脚を踏切脚とした。踏切脚の定義を図 2-1 に示した。

m) リード脚：踏切時の非支持脚をリード脚とし、踏切 1 歩前では支持脚、踏切 2 歩前では非支持脚をリード脚とした。リード脚の定義を図 2-2 に示した。

n) 膝関節屈曲角度：膝関節中点と大転子を結んだ線分と膝関節中点と足関節中点が結ぶ線分とのなす角度

o) 膝関節屈曲角速度：膝関節屈曲角度が 1 秒間に屈曲する速度。正は伸展方向、負は屈曲方向とする

p) 股関節角度：膝関節中心と大転子を結んだ線分が、鉛直線と成す角度。角度の正負は図 3 に示した。

q) 股関節角速度：股関節角度の移動速度。前方への振り上げは正、後方への振り戻しは負とした。

r) 上体角度：胸骨上縁と大転子を結んだ線分が、鉛直線となす角度。角度の正負は図 3 に示した。

s) 上体角速度：上体角度の移動速度。前傾は正、後傾は負とした。

(5) 実験日時

実験場所：順天堂大学さくらキャンパス陸上競技場走幅跳助走路

実験日時：2013 年 4 月 13 日（土） 天候：晴れ 気温：9.4℃

2013 年 5 月 4 日（土） 天候：晴れ 気温：13.9℃

2013 年 6 月 1 日（土） 天候：曇り 気温：16.4℃

気象庁 2014 年 2 月 7 日 過去の気象データ検索

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=45&block_no=0378&year=&month=&day=&view=

Yahoo!天気・災害 2014 年 2 月 7 日 過去の天気

<http://weather.yahoo.co.jp/weather/jp/past/12/4510.html>

第2節 実験②-踏切準備のトレーニング効果

(1) 被験者

本研究の被験者は、男子大学陸上競技者8名(身長 179.6 ± 3.6 cm、体重 71.5 ± 4.4 kg、年齢 19.6 ± 1.0 歳、最高記録 6.80 ± 0.30 m)であった。

実験に先立ってこれらの被験者には、研究のねらいや意義、実験状況、安全性などを説明し、協力の同意を得た。

(2) 実験方法

実験は全天候型の陸上競技場の走幅跳用走路で行い、砂場の2m手前に踏切板を設置した。被験者には、各自に十分なウォーミングアップと助走練習を1~3本程度行わせて後、各自の全助走距離からの跳躍を3試技以上行った。

実験時の跳躍記録は、踏切線から着地痕跡までとして記録し、得られた映像から踏切位置を算出し、実測値へと変更した。無効試技はないものとし、著しく失敗した場合は、さらに実験試技を行わせた。

実験中は、技術アドバイスは一切行わないものとした。

実験方法は実験①と同様に行った。

Pre-Pre測定後、約1ヶ月空けてPre測定を行う。その後、4週間トレーニングを行い、トレーニング終了後、Post測定を行う。

Pre測定前に「走幅跳の技術で注意していること」「踏切前の感覚やイメージ」について、インタビュー形式で内省報告を行った。

Post測定後に、同じ方法と内容で内省報告をとり、トレーニングによる意識変化を調査した。

(3) トレーニング

実験②の被験者8名をトレーニング群(以下Tr群)4名・コントロール群(Ct群)4名の2群に分けた。トレーニング期間中にCt群の2名が怪我により参加不可能となったため、分析にはデータに不備のないTr群4名とCt群2名とした。

先行研究から踏切準備動作の獲得に有効である8~10歩程度の助走で行う短助走跳躍を選択した。

両群に、短助走跳躍を1日10本、週2回を4週間の計8回行わせた。

短助走跳躍は、被験者が各自の短助走距離(8~10歩)から着地までを含む跳躍とした。
Tr 群は、踏切板前 2m の位置にマークを設置し、踏切 1 歩前がそのマークの位置になるように指示をし、踏切準備動作の獲得を目的とした。

Cl 群には指導を一切行わず、短助走跳躍のみ行わせた。

(4)測定について

a)Pre-Pre : トレーニングを行わなければ技術変容がないことを測るため Pre 前に行った。上記の実験方法に則って行った。

b)Pre : トレーニング開始前の実験。上記の実験方法に則って行った。

c)Post : トレーニング終了後の実験。上記の実験方法に則って行った。

(5)データ処理

踏切準備動作と跳躍パフォーマンスとの関係を検討するために、各被験者の最高記録が出た試技を分析対象とした。

被験者の動作を 2 次元分析するため、得られた映像は動作解析ソフト(Frame DIAS, DKH 社製)を用い、身体分析点(23 点)¹⁾を目視でデジタルイズし、2 次元座標値を算出し、2 次元 DLT 法により実座標に換算した。また、最適遮断周波数を 6Hz とし Butter worth digital filter を用いて平滑化した²²⁾。

(6)算出項目と算出方法

算出項目と算出方法は、実験①と同様であった。

(7)実験の詳細

実験場所 : 順天堂大学さくらキャンパス陸上競技場赤幅跳助走路

実験日時 : 2013 年 6 月 25 日 (火) ~ 10 月 15 日 (火)

Pre-Pre 6 月 25 日 天候 : 雨 (撮影時晴れ) 気温 : 22.1℃

Pre 9 月 10 日 天候 : くもり 気温 : 22.9℃

Post 10 月 15 日 天候 : 雨 (撮影時晴れ) 気温 : 18.6℃

気象庁 2014年2月7日 過去の気象データ検索

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=45&block_no=0378&year=&month=&day=&view=

Yahoo!天気・災害 2014年2月7日 過去の天気

<http://weather.yahoo.co.jp/weather/jp/past/12/4510.html>

第3節 統計処理

跳躍記録、ストライド、ストライド比率、踏切準備の身体動作の各項目において、Pearsonの相関係数を求めた。ストライドパターン別の算出項目の比較には一元配置の分散分析を用いた。また、トレーニング前後における跳躍記録や各算出項目の平均値の差の検定にはt-testを用いた。なお、統計的有意水準は5%とした。

第5章 結果

第1節 実験①—踏切準備動作と跳躍パフォーマンスの関係

分析対象となった試技の跳躍記録は、 $6.74 \pm 0.45\text{m}$ であった。

(1) 助走速度と跳躍記録の関係

表 2 から、助走速度と跳躍記録には有意な正の相関がみられた ($n=21$ $r=0.908$ $p<0.001$)。踏切 2 歩前離地、踏切 1 歩前接地・離地、踏切接地の身体重心水平速度と跳躍記録には有意な正の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=0.512$ $p<0.05$, $n=21$ $r=0.554$ $p<0.01$, $n=21$ $r=0.746$ $p<0.001$, $n=21$ $r=0.681$ $p<0.001$)。踏切 2 歩前から踏切までの身体重心平均速度と跳躍記録には有意な正の相関がみられた ($n=21$, $r=0.661$, $p<0.01$)。

(2) ストライドパターンについて

表 1-1、図 4 から、L2 は L1 より有意に長かった ($p<0.01$)。また、表 1-2、図 5 から、P2 より P1 は有意に高かった ($p<0.001$)。図 6 にパターン A のストライドパターンを示した。パターン A の跳躍記録は 6.71 ± 0.48 、パターン B の跳躍記録は 6.91 ± 0.42 、パターン C の跳躍記録は、 6.41 ± 0.27 であった。

図 7-1、7-2 から、ストライド比率と跳躍記録、ピッチ比率と跳躍記録ともに関係はみられなかった。跳躍記録とストライド比率について 2 次回帰を行ったところ、 R^2 は 36%、 y (跳躍記録)が最大の時、 x (ストライド比率)は 112.4%であった(図 7-3)。パターン A、パターン B、パターン C の跳躍記録を図 8 に示した。

(3) 踏切準備動作とストライドパターンの関係

3 パターンにおける算出項目の差はみられなかった。特徴的な傾向がみられた身体重心水平速度、踏切 1 歩前離地から踏切接地の上体角速度、踏切接地から踏切離地のリード脚股関節角速度を図 9-1、2、3 に示した。

(4) 踏切準備動作とストライド比率の関係

a) 踏切 2 歩前接地：表 3-1 から、ストライド比率、ピッチ比率とリード脚膝関節屈曲角速度の間に有意な負の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=-0.585$ $p<0.05$, $n=21$ $r=-0.645$ $p<0.01$)。ストライド比率とリード脚股関節角速度の間に有意な正の相関がみられた ($n=21$ $r=0.649$ $p<0.01$)。

b) 踏切 2 歩前離地：表 3-2 から、ピッチ比率とリード脚膝関節屈曲角度の間に有意な負の相関がみられた ($n=21$ $r=-0.480$ $p<0.05$) (図 10-1)。ストライド比率、ピッチ比率

とリード脚股関節角速度の間に有意な正の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=0.549$ $p<0.01$, $n=21$ $r=0.538$ $p<0.05$)(図 10-2、10-3)。ストライド比率、ピッチ比率と踏切脚股関節角速度の間に有意な負の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=-0.504$, $p<0.05$, $n=21$ $r=-0.453$ $p<0.05$)(図 10-4、10-5)。

c)踏切 1 歩前接地：表 3-3 から、ピッチ比率と踏切脚膝関節屈曲角速度の間に有意な正の相関がみられた($n=21$ $r=0.656$ $p<0.01$) (図 11)。ストライド比率と踏切脚股関節角速度の間に有意な正の相関がみられた($n=21$ $r=0.443$ $p<0.05$)。

d)踏切 1 歩前離地：表 3-4 から、ストライド比率と踏切脚膝関節屈曲角度の間に有意な正の相関がみられた($n=21$ $r=0.499$ $p<0.05$)(図 12-1)。ピッチ比率とリード脚股関節角度の間に有意な負の相関がみられた($n=21$ $r=-0.446$ $p<0.05$)。ストライド比率、ピッチ比率と身体重心下降率の間に有意な正の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=0.705$ $p<0.001$, $n=21$ $r=0.854$ $p<0.001$)(図 12-2、12-3)。ストライド比率、ピッチ比率と鉛直速度の間に有意な負の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=-0.433$ $p<0.05$, $n=21$ $r=-0.741$ $p<0.001$)(図 12-4、12-5)。

e)踏切接地：表 3-5 から、ストライド比率、ピッチ比率とリード脚膝関節屈曲角度の間に有意な正の相関がみられた(数値はそれぞれ $r=0.701$ $p<0.001$, $r=0.636$ $p<0.01$)。ストライド比率・ピッチ比率とリード脚股関節角度の間に有意な負の相関がみられた($r=-0.473$ $p<0.05$ $r=-0.643$ $p<0.01$)(図 13-1、13-2)。ストライド比率・ピッチ比率と踏切脚股関節角度の間に有意な正の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=0.565$ $p<0.01$, $n=21$ $r=0.576$ $p<0.05$)(図 13-3、13-4)。ピッチ比率とリード脚膝関節屈曲角速度の間に有意な負の相関がみられた($n=21$ $r=-0.450$ $p<0.05$)。ピッチ比率と踏切脚股関節角速度の間に有意な正の相関がみられた($n=21$ $r=0.664$ $p<0.01$)。

f)踏切離地：表 3-6 から、ストライド比率・ピッチ比率と踏切脚膝関節屈曲角度の間に有意な負の相関がみられた(数値はそれぞれ $n=21$ $r=-0.452$ $p<0.05$, $n=21$ $r=-0.619$ $p<0.01$)。ピッチ比率と踏切脚股関節角度の間に有意な正の相関がみられた($n=21$ $r=0.533$ $p<0.01$)。ピッチ比率と上体角速度の間に有意な負の相関がみられた($n=21$ $r=-0.441$ $p<0.05$)。ストライド比率と鉛直速度の間に有意な負の相関がみられた($n=21$ $r=-0.441$ $p<0.05$)。

第2節 実験②—踏切準備のトレーニング効果

(1) ストライドパターンの変化と跳躍記録の関係

表4、図14から、Tr群はPostにおいてL2とL1に差がみられなかったことからストライドパターンの獲得はできなかった。また、Ct群は全てにおいて差がみられなかった。表4から、ピッチは、Pre・Pre,PreにおいてP2よりP1の方が有意に高かった($p<0.05$)。ストライド比率・ピッチ比率と跳躍記録の間にはTr群、Ct群ともに全測定で関係はみられなかった。

(2) トレーニングによる踏切準備動作の変化

トレーニング後において、Tr群は踏切1歩前接地時の踏切脚股関節角度に差がみられた($n=4$ $p<0.05$)。Ct群は、全て差が見られなかった(表5-2、図15)。

(3) トレーニング前後の内省報告

表6から、トレーニング前、被験者は「助走のスピード落とさない」というイメージを持っている者が多かった。また、踏切準備動作を行う意識を持っていたがトレーニング前は明確なものではなかった。トレーニング後は、踏切前のリズムや足の動きが意識され、“長-短”のストライドパターンも意識することができていた。

第6章 考察

第1節 助走速度と跳躍記録の関係

本研究の結果から、助走速度と跳躍記録には有意な相関がみられた。助走速度は、助走中の被験者の腰部にレーザーを1/100秒の頻度で当て、得られた距離から算出した水平速度であるため踏切前の各歩における水平速度は、接地・離地ごとの身体重心水平速度を用いた。踏切2歩前から踏切までの平均速度と踏切2歩前離地から踏切接地までの水平速度と跳躍記録には有意な相関がみられたことから、助走速度と跳躍記録の関係については先行研究を支持するものであった。

第2節 ストライドパターンについて

実験①の結果から、踏切前4歩のストライドパターンをみると、L2よりもL1は有意に短く、“長-短”のストライドパターンを行っていることが明らかになった(図4)。また、P2よりもP1は高く、踏切に向かってピッチは高くなっていった(図5)。しかし、図6から6名の被験者はL1の方が3.6%(約8cm)長かった。Cohらが指摘するように¹⁹⁾、本研究においてもL2よりもL1の方が長い者は平均記録より低かったため、踏切前2歩のストライドパターンが“長-短”となることは跳躍パフォーマンス向上の要因になると考えられる。

そこで、踏切前2歩のストライド比率、ピッチ比率と跳躍記録の関係をみたところ、図7-1、7-2より、跳躍記録とストライド比率、跳躍記録とピッチ比率の間に関係はみられなかった。ストライド比率は個人差が大きいと報告されており⁹⁾、先行研究と同じく跳躍記録とストライド比率の間に関係がみられなかったことからストライド比率と跳躍記録に関係はないと考えられる。また、跳躍記録とストライド比率について、2次回帰を用いたところ、ストライド比率が112.6%の時、跳躍記録が最大であったことから、踏切2歩前のストライドは踏切1歩前のストライドより約10%長くすることが最適であると考えられる。また、図8から、パターンBの跳躍記録が高値を示したことから、“長-短”の中でも110%程度のストライド比率が跳躍記録に影響すると考えられる。

以上のことから、踏切前2歩のストライドパターンは、“長-短”のパターンを行うことは必要であるが、ストライド比率が高くなることも跳躍記録に良い影響を与えないため、パターンBが跳躍記録に有効であると考えられる。

第3節 踏切準備動作とストライドパターンの関係

パターン A、B、C における踏切準備動作の算出項目に差はみられなかった。ストライドパターンに関係なく踏切準備動作が行われていると考えられる。統計的に有意な差はみられなかったが、特徴的な傾向がみられた。

まず、身体重心水平速度では、踏切 2 歩前から踏切まではパターン B が全体的に高い傾向を示した。特に踏切 1 歩前離地では、パターン A、C と比べて高かった。踏切 1 歩前離地の水平速度が跳躍記録と関係していることから³⁵⁾、パターン B が跳躍記録へ有効である可能性が考えられる。また、上体角速度はパターン B が踏切接地で後傾位に速く、踏切離地で前傾位に速かった。踏切では、後傾から前傾へ上体を起こすことで垂直初速度の獲得に有利であり、着地動作にも大きな影響を与えている³⁶⁾。パターン B は、踏切接地で素早く後傾し、さらに離地時には上体を起こす動作がみられたため、踏切において有効であると考えられる。踏切接地から踏切離地のリード脚股関節角速度において、パターン B は踏切接地では一番速く、踏切離地では一番遅かった。踏切におけるリード脚は素早く振って素早く止めることが重要とされているため³⁷⁾、パターン B では、踏切時のリード脚を有効に利用できていると考えられる。パターン B の跳躍記録が他のパターンの跳躍記録よりも高かったことから、パターン B は跳躍パフォーマンスに有効であると考えられる。

第4節 踏切準備動作とストライド比率の関係

踏切準備動作とストライド比率、ピッチ比率について関係をみたところ、踏切 2 歩前では、接地時のリード脚の膝関節屈曲と股関節の角速度に関係がみられた(表 3-1)。膝を屈曲させることは、回転モーメントを小さくすることになり³⁸⁾、進行方向へと素早くリード脚を持ってくることができる。踏切前では、足を前方で素早く動かす「さばく」ことが必要となる。ステップを行うことで、膝と股関節を小さく前方へリカバリーすることに貢献していると考えられる。また、離地時には、リード脚股関節角速度・踏切脚股関節角速度と関係がみられた(表 3-2、図 10-2、10-3、10-4、10-5)。ステップを行っている者ほど、リード脚は前方へ、踏切脚は後方へ速かった。踏切 2 歩前支持後半のキック動作抑制が離地後の踏切脚を前方へリカバリーすることに寄与していることが明らかになっているため、離地時において、踏切脚が後方へ残っていることは、踏切時にリード脚が遅れてしまうことになる。しかし、図 16 より、踏切 2 歩前の接地時間が 2

歩前から踏切の間では一番短いため、踏切脚は後方へと残っているが、効率的に地面をキック出来ていたのではないかと考えられる。また、踏切 2 歩前から踏切 1 歩前のストライドは踏切 1 歩前から踏切までのストライドより有意に長い。伊藤ら(2009)は、踏切 2 歩前での大腿の振り下ろし速度の低下による滞空期の増大が関係していたと考えられているため⁹⁾、踏切 2 歩前のストライドの長さが大腿の動作に起因していると考えれば、この股関節の角速度が前後へ速いことも踏切 2 歩前のストライドが長くなる原因であると考えられる。

踏切 1 歩前では、接地時に、ピッチ比率と踏切脚膝関節屈曲角速度が有意な相関であった(図 11)。また、離地時において、ストライド比率と踏切脚膝関節屈曲角度の間に有意な正の相関がみられた(図 12-1)。踏切 1 歩前の接地・離地では、踏切脚を伸展させて踏切へと移行していると考えられる。踏切 1 歩前では、膝をあまり屈曲させずに踏切接地へと移行することが重要であり、脚を前に「送る」動作⁹⁾が必要になってくる。踏切脚を伸展させて踏切を行うことが重要であると考えられるため、ステップを行うことは踏切接地に向けて有効であると考えられる。しかし、離地時のリード脚股関節角度が負の相関を示した。踏切 1 歩前では、後方への蹴りだしを抑えることも重要であるため⁹⁾、ステップを行うことで、踏切に向けて踏切脚は前方へと伸展させているのに対して、リード脚は後方に残っていた。過度にステップを行うことは、踏切 1 歩前接地脚を後方に残したまま踏切に向かう、いわゆる「遅れた」踏切になってしまうことも示唆された。

また、ストライド比率・ピッチ比率ともに身体重心下降率と鉛直速度の間に有意な関係がみられた(図 12-2、12-3、12-4、12-5)。踏切準備動作の課題でもある身体重心の下降は、ステップを行うことと関係していると考えられる。踏切 2 歩前から踏切 1 歩前の身体重心下降率と跳躍記録には関係があるといわれているが¹⁶⁾、伊藤ら(2009)の研究では関係がみられなかったこと⁹⁾から跳躍の良否には関係していないとしている。本研究でも踏切 2 歩前離地から踏切 1 歩前接地までの下降率が最も高かったが、下降率と跳躍パフォーマンスには関係がみられなかった。そこで、ステップと関係を見たところ、踏切 1 歩前の接地から離地にかけての身体重心下降率と関係があった。2 歩前から 1 歩前にかけて重心を下げることも必要であるが、踏切 1 歩前接地中に、下降させた身体重心を保持も必要である。1 歩前離地時の鉛直速度がほぼゼロに近いことから、「長-短」のストライドパターンは踏切準備の課題の達成に貢献していると考えられる。

最後に踏切では、接地時のリード脚・踏切脚の股関節角度との間に関係がみられた(図

13-1、13-2、13-3、13-4)。踏切では、膝を屈曲させ回転モーメントを小さくすることが重要であるが、ステップと関係がみられた項目は、踏切脚とリード脚の角度は開いており、リード脚の膝はあまり屈曲されておらず、踏切接地時では悪影響であった。川本ら（2003）は、踏切前2歩の“長-短”のステップを意識しすぎると踏切2歩前から減速し始め、失速しながら踏切に向かうというステップの短所も示している¹³⁾。このことから極端にストライドパターンを変化させることは、踏切での減速や踏切準備動作への悪影響が出ると考えられる。離地時での鉛直速度と負の相関がみられたことから踏切時にはネガティブに働く可能性があると示唆された。

離地時では、踏切脚の股関節角度に有意な関係がみられた。踏切脚を後方に残しすぎると空中動作を行うのが難しくなると考えられるため、“長-短”のストライドパターンを過度に行うことは、踏切から空中動作へ悪影響を及ぼすことが考えられる。

以上のことから踏切前2歩の“長-短”のストライドパターンは、大腿角度の開きによるL2の長さの獲得、踏切接地に向けて膝を伸展させて踏切へ入る、踏切1歩前で鉛直速度を抑え、身体重心を低くしたまま踏切へ入ることに利点があることが示唆された。しかし、踏切時には、ネガティブな要素が多いため過度に意識してステップを行うことは踏切で減速してしまう可能性も含んでいることも示唆された。

第4節 踏切準備のトレーニング効果

次に、実験②では、踏切前のストライドパターンが“短-長”になっている者を対象に、踏切準備動作のトレーニングによって、ストライドパターンや踏切準備動作に変化があるかを検討した。

(1) ストライドパターンの変化

表4、図14から、トレーニング前後における、ストライド比率・ピッチ比率において、有意な差がみられなかった。踏切2歩前のストライドの変化は個人差が大きいと報告されている¹⁴⁾ことから、トレーニングによってストライドに変化を与えることは難しくと考えられる。今後の課題としては、より強度の高いトレーニングやトレーニング期間の再検討などが必要であると考えられる。

ピッチ比率をみるとP1はP2よりも高い。L1のストライドは、全3回の測定で差はみられなかったが、ピッチは全測定においてP1が高かった。実験①の結果も同様で、L1においては、ストライド長に関係なく有意にL1のピッチが高い。指導書においても、

ストライドを小さくすることよりピッチを速くすることが第一であり、踏切前のストライドの傾向は自然と出来ているものである⁵⁰⁾と解説されている。そのため、本研究の非被験者は、さらにL1のストライドを短くすることで跳躍パフォーマンスの向上につながると考えられる。

(2) 踏切準備動作の変化

身体動作の変化をみると、踏切1歩前接地の踏切脚股関節角速度において、有意な差がみられた(図15)。踏切1歩前での踏切脚は、素早く前方にリカバリーをし、踏切に向かうことが課題とされている⁹⁾。本研究のトレーニングでは、踏切1歩前に有効であったと考えられる。この動作の改善が跳躍パフォーマンス向上と結びつくためには、L1を短くすることである。L1を短くし、1歩前接地時に速くなった股関節の動きを無駄にすることなく踏切に向かうことが本研究の被験者の跳躍パフォーマンス向上に必要であると考えられる。

(3) 被験者の内省報告

表6の内省報告から、トレーニング後には、踏切前に脚を前方で動かさず(さぼく)イメージを持つようになっていた。それまでは、助走を速く走り、なるべく減速しないで踏み切ることを意識していたため、踏切前に対しての感覚は低かった。トレーニング効果が前後で見られたのは、踏切1歩前接地の踏切脚股関節角速度が有意に速くなっていたこと合わせると、踏切前の脚動作の感覚が変わったことが原因であると考えられる。局面を中心とした指導は運動イメージの促進につながる²⁶⁾ことから、踏切準備動作の指導を行ったことが、被験者の意識につながり、動作の改善がみられたと考えられる。

第5節 指導場面への示唆

本研究の全ての結果から、踏切前の“長-短”のストライドパターンを行うことの有効性と危険性が示されたと考えられる。川本ら(2003)は、過度に行うことは踏切に向かって減速が大きくなると報告¹⁰⁾されているように、踏切前の極端なストライドの変化は跳躍記録に悪影響を与える可能性がある。今回、2次回帰によって算出されたストライド比率は、指導場面における指標になり得ると考えられる。また、ストライドパターンが“短-長”になっている競技者に対して、“長-短”となるように指導を行うこ

とは、跳躍パフォーマンス向上に有効であるとも考えられる。

実験②の内省報告でもあるように、差はみられなかったが感覚に違いが生じていた。技術指導により目的とした局面や動作のイメージの変化から動作につながることも、技術指導の際には運動イメージを明確にしながら行っていく必要があると考えられる。

第7章 結論

踏切前2歩のストライドパターンと跳躍パフォーマンスの間には、統計的に優位な関係は示されなかった。しかし、最適なストライド比率は、約112%であることが示唆された。

第8章 要約

本研究は、踏切前2歩で行われる“長-短”のストライドパターンに着目し、跳躍パフォーマンスとの関係を明らかにすることを目的とし、さらに、踏切準備のトレーニングを施すことで跳躍パフォーマンスに与える影響を明らかにすることを目的とした。

被験者は①大学男子走幅跳競技者21名(身長 176.3 ± 5.0 cm、体重 68.5 ± 4.7 kg、年齢 19.6 ± 1.5 歳、最高記録 7.12 ± 0.62 m)と、②男子大学陸上競技者8名(身長 179.6 ± 3.6 cm、体重 71.5 ± 4.4 kg、年齢 19.6 ± 1.0 歳、最高記録 6.80 ± 0.30 m)であった。

全被験者の動作を2次元分析するため踏切前2歩の撮影を行い、助走速度の測定を行った。分析対象は最高記録が出た試技であった。

結果は以下のとおりであった

- 1.助走速度と跳躍記録には有意な関係がみられた($n=21$ $r=0.908$ $p<0.001$)
- 2.跳躍記録とストライド比率の R^2 は 36%であり、112%が最適なストライド比率であり、パターンBの跳躍記録は一番高値を示した
- 3.ストライドパターンと踏切準備動作の間には統計的に有意な関係はみられなかった
- 4.トレーニングによって跳躍パフォーマンスの向上はみられなかった
- 5.トレーニングによってストライドの変化はみられなかったが、踏切1歩前接地時の踏切脚股関節角速度が有意に速くなっていた($p<0.05$)

以上の結果から、“長-短”のストライドパターンと跳躍パフォーマンスの間には統計的に関係は示されなかったが、踏切前2歩のストライド比率は約112%が最適であることが示唆された。また、パターンB(110%程度のストライド比率)は、統計的に有意な関係はみられなかったが、みられた特徴から踏切準備動作に有効に働くと考えられる。

踏切準備のトレーニングは、ストライドに変化を与えなかったが、股関節角速度を速くした。内省報告で踏切前のリズムやイメージを変化させた項目と類似していることも関係していると考えられる。パフォーマンス向上には、さらにL1が短くなることで改善された角速度を無駄にすることなく踏切に向かうことができると考えられる。

謝辞

本論文の作成にあたり、多大なご指導、ご支援をいただいた指導教官の青木和浩准教授、並びに審査をしていただいた佐久間和彦教授、柳谷登志雄准教授に厚くお礼申し上げます。

また、本論文の作成にご協力いただいた中丸信吾先生、渡辺圭祐先生、順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科博士前期課程の体カトレーニング研究室の1年生、被験者の皆様に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1)阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志(1992). 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定 (1部形態と運動の計測). *バイオメカニズム*(11), 22-33
- 2)阿江通良, 藤井範久(2002). *スポーツバイオメカニクス 20 講*, 東京, 朝倉書店, 34-43
- 3)淵本隆文, 伊藤章, 金子公宥, 許樹海 (1993). 走幅跳における「短助走跳躍」におけるバイオメカニクスの意義について. *日本体育学会大会号*, 44A, 404
- 4)深代千之(1990) *跳ぶ科学*.初版, 東京, 大修館書店, 34-37
- 5)Hay,J.G. (1988). Approach strategies in the long jump. *Int.J.Sport Biomechanics* .4, 114-129
- 6)Hay,J.G.,Miller,J.A.Jr and Canterma,R.W. (1986) .The techniques of elite male long jumpers. *J.Biomechanics*. 19, 855-866
- 7)飯干明, 大村一光, 小山宏之, 村木有也, 阿江通良(2005). 日本一流男子走幅跳選手の踏切準備と跳躍動作のバイオメカニクスの分析. *陸上競技研究紀要*, 1, 137-141
- 8)伊藤信之, 阿江通良, 小林寛道(1999). 一流走幅跳選手における助走分析. *日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告*・第 23 報-, 126-129
- 9)伊藤信之, 阿江通良, 小山宏之, 村木有也, 関子浩二, 松尾彰文, 山田真山美, 平野裕一(2009). 日本一流走幅跳選手における踏切準備動作. *陸上競技学会誌*, 7(1), 8-17
- 10)伊藤信之(2012). 走幅跳びの跳躍動作の評価法. *体育の科学*, 62, 210-215
- 11)Joseph L.Rogers.(1976). *コーチングマニュアル USA Track&Field COACHING MANUAL*. 植田恭史訳, 東京, 出版芸術社, 152-166
- 12)神尾正俊(1976). *陸上競技のコーチング(II)フィールド編*. 東京, 大修館書店, 147-149
- 13)川本和久, 池田久美子(2003). 女子走幅跳競技者の記録変遷の要因について. *陸上競技研究*, 55, 37-43
- 14)木野村嘉則, 森信二(2011). ジュニア走幅跳選手における助走歩数が跳躍距離, 助走速度, 踏切時間に及ぼす影響. *茨城工業高等専門学校研究彙報*, 46, 105-111
- 15)Koh,T and Hay,J.G.(1990). Leading leg motion and performance in the horizontal jumps.1 the Long Jump. *J Sports Biomechanics*,6,343-360
- 16)小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良(2007). 競技会における一流男

- 女棒高跳、走幅跳および三段跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要, 3(3), 104-122
- 17)熊野陽人, 吉田雅行, 千住真知子(2012). 男子学生走幅跳選手の助走におけるストライドの調整に関する研究. 大阪教育大学紀要 第IV部門 教育科学, 61(1), 343-350
- 18)Lee,D.N.,Lishman,J.R, and Thompson,J.A.(1982).Regulation of Gait in Long Jumping. Journal of Experimental Psychology:Human Perception and Performance.8(3),448-459
- 19)Milan Coh,Otmar Kugovnik,Alex Dolenc(1997).Kinematic-Dynamic Analysis Of The Takeoff Action In Long Jump.TRACK COACH.139,4443-4453
- 20)森司朗, 岡田敏榮(1999). 走り幅跳びにおける歩幅調整に関する研究-踏切板の有無に関して-. 東京学芸大学紀要 1 部門, 50, 209-214
- 21)森長正樹, 安井年文, 重城哲, 加藤弘一, 岡野雄司, 小山裕三, 澤村博(2003). 走幅跳の成功試技と失敗試技における踏切および踏切準備動作の相違. 陸上競技研究, 1, 12-21
- 22)森長正樹, 北島悠樹, 重城哲, 澤野大地, 本道慎吾, 村上幸史, 稲垣治之(2012). 走幅跳の中助走跳躍トレーニングにおける着地動作の相違が踏切および踏切準備動作に与える影響. 陸上競技研究, 89, 24-31
- 23)村木有也, 阿江通良, 小山宏之(2005). 一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心速度変化. 陸上競技研究紀要, 1, 142-146
- 24)村木有也, 阿江通良, 小山宏之(2005). 2004 年度日本選手権男子走幅跳選手の跳躍動作の事例報告. 陸上競技研究紀要, 1, 147-151
- 25)村木征人(1982). 陸上競技(フォーム). 東京, ぎょうせい, 220-239
- 26)中野敦之, 松田泰定, 島本靖, 東川安雄(2004). 踏切準備局面を中心とした走幅跳の指導効果-運動イメージとパフォーマンスの変化を中心として-. 陸上競技研究, 57, 12-20
- 27)中雄勇人, 岩木祐太, 岩崎将大(2011). 走幅跳における踏切動作と助走の関係-中学生の踏切動作に着目して-. 群馬大学教育学部紀要, 芸術・技術・体育・生活科学編, 46, 117-123

- 28)尾縣貢, 高橋健夫, 福島洋樹, 安井年文, 関岡康雄, 永井純. 走幅跳の踏切準備におけるストライドパターンと踏切との関係 - 小学5年生の場合 -. 陸上競技研究, 31, 29-39
- 29)岡野進(1988). 陸上競技指導教本, 東京, 大修館書店, 143-168
- 30)岡野進(1989). 走幅跳・三段跳, 東京, ベースボールマガジン社, 86-94
- 31)大山裕之, 尾縣貢, 関岡康雄(1999). 走幅跳における踏切の正確性に関する研究. 陸上競技研究, 1, 23-29
- 32)大村一光(1995). つまづきの見つけ方 走り幅跳びの踏切準備, 学校体育, 48, 2-3
- 33)大村一光, 飯下明, 小山宏之(2006). 男子ジュニアトップ走幅跳選手における助走と踏切について. 陸上競技研究, 4, 27-35
- 34)澤木啓祐(2009). 順天堂メソッド 勝つための陸上競技. 順天堂大学陸上競技研究室編, 東京, ベースボールマガジン社, 100-106
- 35)志賀充, 永井純, 尾縣貢, 宮下憲, 大山下圭吾(2002). 走幅跳における踏切準備及び踏切局面の身体動作と記録の関係. 陸上競技研究, 4, 9-17
- 36)Vassilios Panoutsakopoulos, Iraklis Kollias(2007). Biomechanical analysis of sub-elite performers in the women's long jump. *New Studies in Athletics*, 22(4), 19-28
- 37)吉村篤司, 関岡康雄, 市村操一(1983). 十種競技者を対象にした走幅跳の練習手段に関する研究 - 踏切準備局面・踏切局面の動きについて -. 筑波大学体育科学系紀要, 6, 57-64

英文要約

Abstract

Relationship between take-off action and jump performance in long jump — focus on during the two steps before take-off

The purpose of this study was to examine relationship between take-off action and jump performance in long jump and the influence that the acquisition of the stride pattern before take-off gives for a jump performance. First, 21 male collegiate long jumpers were recorded on cine-film at 300Hz. A Lasergun(LAVEG) sampling at 100Hz was used to measure run-up the velocity. A correlation of ratio of the lengths of the second-last and last strides with the official distance of the jump were non-significant. Six subjects the last stride longer than the second-last stride compared poorly with the average. However, quadratic regression as an investigation between stride pattern before take-off and jump performance led to the result that was for 36% of determined coefficient, and also ratio of optimum strides was 112%. Furthermore several movement of take-off action correlated ratio of the lengths of the second-last and last stride. For the analysis, two steps before take-off showed performance and concerned take-off action in long jump.

Second, 4 male collegiate long jumpers with short run-up training(Tr) performed during 4weeks. Other 2 male collegiate long jumpers with non-experimental training(Ct) make a comparative study. The training of this study didn't affect the two steps before take-off. After training, changes in femur angular velocity at touch down of last stride in Tr group. Viewed from introspective report, some of trained members intended to perform quickly of the rhythm of the last two strides.

From these result, it was suggested that it was important technique to short the last strides in long jump.

図・表

表1-1.踏切4歩前から踏切までのストライド変化

	踏切4歩前	踏切3歩前	踏切2歩前	踏切1歩前	踏切
ストライド長(m)	2.18±0.13	2.15±0.13	2.05±0.14	2.18±0.16	2.04±0.12
ストライド長(%)	100.67±4.44	100.00±0.00	95.63±7.28	101.28±5.80	94.91±5.61

表1-2.踏切2歩前から踏切までのピッチと接地時間

	踏切2歩前	P2	踏切1歩前	P1	踏切
ピッチ(歩/秒)		4.43±1.06		5.29±1.22	
接地時間(秒)	0.103±0.012		0.122±0.010		0.131±0.007

表2.助走速度及び身体重心水平速度とピッチの関数

	2歩前		1歩前		踏切		平均速度 (2歩前接地~踏切離地)	助走速度 (AVEG)
	接地	離地	接地	離地	接地	離地		
水平速度(m/秒)	9.46±0.48	9.62±0.52	9.65±0.43	9.49±0.45	9.22±0.39	8.43±0.92	9.31±0.40	9.76±0.36
相関関係								
跳躍記録	0.402	0.512 *	0.554 **	0.746 ***	0.681 ***	0.278	0.655	** 0.874 ***
助走速度	0.470	0.637 **	0.747 ***	0.870 ***	0.853 ***	0.245	0.777	***

表3-1.踏切2歩前接地時の算出項目とヒップフォースの関係

	踏切2歩前		相関関係	
	接地	ストライド比	ピッチ比	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	51.75±9.44	0.085	0.225	
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	139.18±9.94	-0.123	0.135	
上体角度(度)	7.56±6.84	-0.311	-0.475	
リード脚股関節角度(度)	12.82±10.13	-0.602	-0.590	
踏切脚股関節角度(度)	36.08±3.88	0.463	0.444	
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-375.58±305.31	-0.585	-0.645	**
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-88.67±243.11	0.111	0.354	
上体角速度(度/秒)	6.82±115.36	-0.410	-0.267	
リード脚股関節角速度(度/秒)	526.55±156.61	0.649	0.305	**
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-438.50±133.87	-0.162	-0.030	
身体重心下降率(%)	0	0.122	0.550	
鉛直速度(m/秒)	-0.38±0.12	0.223	0.130	
水平速度(m/秒)	9.46±0.48	-0.083	-0.215	

表3-2.踏切2歩前離地時の算出項目とピッチの関係

	踏切2歩前		相関関係	
	離地	ストライト比	ピッチ比	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	77.44±9.59	-0.333	-0.480	*
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	139.40±9.30	-0.025	-0.016	
上体角度(度)	0.87±3.74	0.077	0.226	
リード脚股関節角度(度)	67.34±5.99	-0.160	-0.139	
踏切脚股関節角度(度)	-19.63±7.20	-0.105	-0.033	
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	891.62±139.11	-0.215	-0.419	
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-166.45±191.15	0.418	0.252	
上体角速度(度/秒)	58.27±50.41	0.115	-0.111	
リード脚股関節角速度(度/秒)	203.08±147.84	0.549	0.538	**
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-324.33±117.93	-0.504	-0.453	*
身体重心下降率(%)	0.61±1.43	-0.138	-0.549	
鉛直速度(m/秒)	0.10±0.20	0.174	0.305	
水平速度(m/秒)	9.62±0.52	-0.017	-0.141	

表3-3.踏切1歩前接地時の算出項目とパフォーマンスの関係

	踏切1歩前		相関関係	
	接地	ストライク比	ピッチ比	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	138.63±6.72	0.007	-0.302	
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	55.02±9.29	0.073	-0.044	
上体角度(度)	2.79±3.40	-0.181	0.027	
リード脚股関節角度(度)	41.12±5.41	0.348	0.061	
踏切脚股関節角度(度)	16.38±9.82	-0.012	0.229	
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-273.43±151.63	-0.340	0.137	
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-363.86±193.05	0.344	0.656	**
上体角速度(度/秒)	-37.52±56.07	-0.143	0.288	
リード脚股関節角速度(度/秒)	-308.84±95.77	0.314	-0.203	
踏切脚股関節角速度(度/秒)	671.39±77.00	0.443	0.187	*
身体重心下降率(%)	8.49±3.43	0.383	0.247	
鉛直速度(m/秒)	-0.64±0.14	-0.334	-0.089	
水平速度(m/秒)	9.65±0.43	0.035	-0.142	

表3-4.踏切1歩前離地時の算出項目とピッチャーの関係

	踏切1歩前		相関関係	
	離地	ストライク比	ピッチ比	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	141.12±7.08	-0.308	0.170	
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	123.34±13.52	0.499	0.258	*
上体角度(度)	-3.30±4.42	0.117	0.065	
リード脚股関節角度(度)	-25.87±6.03	-0.053	-0.446	*
踏切脚股関節角度(度)	62.48±4.51	-0.386	-0.253	
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	22.25±173.49	0.186	-0.043	
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	1053.21±150.43	-0.357	-0.199	
上体角速度(度/秒)	117.62±69.07	0.186	-0.025	
リード脚股関節角速度(度/秒)	-379.95±97.75	-0.393	-0.263	
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-185.24±72.77	-0.229	-0.080	
身体重心下降率(%)	2.85±2.98	0.705	0.854	***
鉛直速度(m/秒)	0.06±0.17	-0.433	-0.741	**
水平速度(m/秒)	9.49±0.45	-0.021	-0.139	

表3-5.踏切接地時の算出項目とパフォーマンスの関係

	踏切		相関関係	
	接地	ストライク比	ピッチ比	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	84.23±11.99	0.701	***	0.636
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	162.00±2.58	-0.083		-0.128
上体角度(度)	-6.89±5.72	-0.026		0.020
リード脚股関節角度(度)	-13.80±8.52	-0.473	*	-0.643
踏切脚股関節角度(度)	40.97±3.63	0.565	**	0.576
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-1099.55±150.11	-0.163		-0.450
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-249.92±122.92	0.136		0.121
上体角速度(度/秒)	-27.97±56.12	-0.171		-0.130
リード脚股関節角速度(度/秒)	600.37±103.42	0.095		0.071
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-221.81±62.95	0.332		0.654
身体重心下降率(%)	1.69±2.26	-0.008		0.408
鉛直速度(m/秒)	0.14±0.12	0.321		-0.283
水平速度(m/秒)	9.22±0.39	-0.077		-0.221

表3-6 踏切離地時の算出項目とパフォーマンスの関係

	踏切		相関関係	
	離地	ストライク比	ピッチ比	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	61.49±15.93	-0.012	-0.279	
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	166.70±6.64	-0.452	* -0.619	**
上体角度(度)	-0.34±8.00	0.260	0.456	
リード脚股関節角度(度)	79.06±6.69	0.288	0.178	
踏切脚股関節角度(度)	-16.56±5.14	0.265	0.533	*
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	368.32±143.64	-0.210	-0.305	
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	366.42±119.43	0.094	0.070	
上体角速度(度/秒)	29.20±58.85	-0.251	-0.441	*
リード脚股関節角速度(度/秒)	273.06±64.63	0.187	0.226	
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-405.72±67.40	-0.248	-0.318	
身体重心下降率(%)	-43.93±10.36	-0.303	-0.430	
鉛直速度(m/秒)	2.73±0.47	-0.441	* -0.291	
水平速度(m/秒)	8.43±0.92	0.004	-0.020	

表4. ストライトピッチの変化

		L2(P2)	L1(P1)	L2 vs L1 (P2 vs P1)	L2/L1(P1/P2)	相関関係 (跳躍記録)	実験記録(m)		
Pre-Pre	ストライド(m)	2.06±0.11	2.06±0.13	n.s.	99.74±0.93	n.s.	6.63±0.28		
	ピッチ(歩/秒)	4.56±0.27	5.14±0.42	*	112.64±5.28	n.s.			
	T群	Pre	ストライド(m)	2.10±0.14	2.00±0.06	n.s.		104.79±5.48	n.s.
			ピッチ(歩/秒)	4.56±0.26	5.10±0.31	*		112.00±4.67	n.s.
		Post	ストライド(m)	2.13±0.16	2.11±0.10	n.s.		100.86±4.35	n.s.
			ピッチ(歩/秒)	4.56±0.35	4.89±0.42	n.s.		107.41±4.45	n.s.
Pre-Pre	ストライド(m)	2.29±0.04	2.12±0.01	n.s.	108.07±1.58	n.s.	6.64±0.17		
	ピッチ(歩/秒)	4.46±0.23	4.97±0.20	n.s.	111.50±1.21	n.s.			
	Ct群	Pre	ストライド(m)	2.53±0.16	2.32±0.23	n.s.		109.08±3.86	n.s.
			ピッチ(歩/秒)	4.58±0.42	5.18±0.18	n.s.		114.27±14.27	n.s.
		Post	ストライド(m)	2.21±0.05	2.02±0.09	n.s.		109.79±7.23	n.s.
			ピッチ(歩/秒)	4.51±0.10	5.21±0.45	n.s.		115.78±12.59	n.s.
							6.71±0.13		

表5-1.踏切2歩前における算出項目の比較

	踏切2歩前-接地		有意差	踏切2歩前-離地		有意差
	Pre	Post		Pre	Post	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	54.41±1.15	52.10±4.05	n.s.	54.4±1.2	52.1±4.0	n.s.
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	129.96±4.66	144.62±5.14	n.s.	130±4.7	144.6±5.1	n.s.
上体角度(度)	8.03±2.11	8.98±3.59	n.s.	8.0±2.1	9.0±3.6	n.s.
リード脚股関節角度(度)	16.72±0.41	19.73±4.87	n.s.	16.7±0.4	19.7±4.9	n.s.
踏切脚股関節角度(度)	42.90±0.44	33.40±2.57	n.s.	42.9±0.4	33.4±2.6	n.s.
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-383.92±78.85	-375.88±262.02	n.s.	-383.9±78.9	-375.9±262.0	n.s.
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	354.94±88.97	139.82±16.82	n.s.	354.9±89.0	139.8±16.8	n.s.
上体角速度(度/秒)	78.62±7.19	-2.87±62.51	n.s.	78.6±7.2	-2.9±62.5	n.s.
リード脚股関節角速度(度/秒)	468.97±166.89	633.00±136.48	n.s.	469.0±166.9	633.0±136.5	n.s.
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-765.44±40.23	-498.22±147.75	n.s.	-765.4±40.2	-498.2±147.8	n.s.
身体重心下降率(%)	0	0	n.s.	-1.37±0.13	-0.05±0.44	n.s.
鉛直速度(m/秒)	-0.36±0.03	-0.34±0.13	n.s.	-0.35±0.03	-0.34±0.13	n.s.
水平速度(m/秒)	9.30±0.17	9.51±0.24	n.s.	9.30±0.17	9.51±0.24	n.s.

表5-2 踏切1歩前における算出項目の比較

	踏切1歩前-接地		有意差	踏切1歩前-離地		有意差
	Pre	Post		Pre	Post	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	139.28±4.58	139.83±2.25	n.s.	144.02±7.36	144.02±7.36	n.s.
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	63.41±9.51	66.18±5.11	n.s.	124.04±17.05	125.43±12.49	n.s.
上体角度(度)	10.43±3.36	7.07±1.67	n.s.	1.42±3.44	0.89±3.24	n.s.
リード脚股関節角度(度)	42.17±2.57	39.05±2.16	n.s.	-27.76±7.16	-30.86±3.46	n.s.
踏切脚股関節角度(度)	15.70±6.93	16.12±3.54	n.s.	63.22±7.69	64.61±4.61	n.s.
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-235.34±141.22	-228.81±171.85	n.s.	12.20±92.94	85.05±125.13	n.s.
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-409.54±77.68	-536.89±113.82	n.s.	1059.45±197.73	1026±67.75	n.s.
上体角速度(度/秒)	-9.17±41.84	-51.47±16.02	n.s.	105.50±35.62	99.94±60.20	n.s.
リード脚股関節角速度(度/秒)	-312.48±116.30	-335.30±147.23	n.s.	-362.71±75.54	-355.74±100.94	n.s.
踏切脚股関節角速度(度/秒)	667.11±88.22	706.15±68.86	*	-239.38±67.17	-170.95±67.11	n.s.
身体重心下降率(%)	6.23±2.46	6.89±1.46	n.s.	1.40±1.92	3.94±1.86	n.s.
鉛直速度(m/秒)	-0.70±0.18	-0.51±0.08	n.s.	0.01±0.17	0.02±0.08	n.s.
水平速度(m/秒)	9.16±0.23	9.20±0.21	n.s.	9.17±0.35	9.16±0.24	n.s.

表5-3 踏切における算出項目の比較

	踏切-接地		有意差	踏切-離地		有意差
	Pre	Post		Pre	Post	
リード脚膝関節屈曲角度(度)	86.47±6.11	87.98±5.65	n.s.	69.89±16.84	59.97±10.76	n.s.
踏切脚膝関節屈曲角度(度)	159.95±1.90	156.25±4.42	n.s.	169.46±2.92	162.66±7.00	n.s.
上体角度(度)	0.19±4.58	0.13±1.96	n.s.	4.50±9.62	5.63±3.44	n.s.
リード脚股関節角度(度)	-10.55±9.63	-9.01±9.57	n.s.	79.37±7.96	79.57±1.93	n.s.
踏切脚股関節角度(度)	41.32±3.87	41.47±4.04	n.s.	-20.74±4.63	-12.64±2.48	n.s.
リード脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-1106.46±102.86	-1048.96±100.91	n.s.	424.55±65.52	322.48±76.91	n.s.
踏切脚膝関節屈曲角速度(度/秒)	-292.60±142.67	-315.36±151.13	n.s.	373.07±139.31	387.37±44.31	n.s.
上体角速度(度/秒)	-57.82±41.24	-64.10±64.12	n.s.	23.29±20.02	10.24±27.61	n.s.
リード脚股関節角速度(度/秒)	674.60±102.21	668.66±127.83	n.s.	224.27±56.90	262.91±53.08	n.s.
踏切脚股関節角速度(度/秒)	-192.38±108.86	-220.77±68.05	n.s.	-365.71±99.25	-431.87±21.40	n.s.
身体重心下降率(%)	2.67±1.47	1.60±2.35	n.s.	-37.61±7.64	-41.07±15.53	n.s.
鉛直速度(m/秒)	-0.01±0.18	0.18±0.04	n.s.	2.78±0.56	3.07±0.51	n.s.
水平速度(m/秒)	8.85±0.38	8.86±0.25	n.s.	8.29±0.48	8.33±0.30	n.s.

表6.トレーニング前後による被験者の感覚の変化

		トレーニング前
A		助走時のスピードを落とさず踏切前の2歩のみを意識して踏み切るイメージをもっていた。
B		踏切前2歩のリズムでは、踏み切る瞬間のみを意識していた。 踏切前は余裕を持ち、スピードを維持しながら踏切へ向かうイメージで行っていた
C		踏切前は足を「さばく」よりもスピードを落とさないように心がけていた 踏み切った時にブレーキをかけてしまい、上方向へ飛び出すことが多かった
D		踏切の時に、最後の1歩が長くなるように(まのび)しないようにしていた
		トレーニング後
A		踏切前の2歩を更に意識できるようになった。 素早く前でさばくイメージがついたため、リード脚が遅れず、踏み切りのタイミングが取りやすくなった 踏切時の後傾少なくなり、体の真下で踏み切る感覚が身に付いた。
B		以前まで持っていた踏切2歩前のリズムの意識が変わった。 踏切に強いアクサセントを持っていたが、踏切2歩前からそれを意識できるようになった。
C		踏切前に脚を前でさばくことが出来るようになり、踏切時にリード脚を前に出すことができた 踏切時のブレーキ感がなくなり、前方向へ飛び出すことができた
D		意識しなくても間延びせず踏み切れるようになり、前に抜ける感覚が出るようになった。

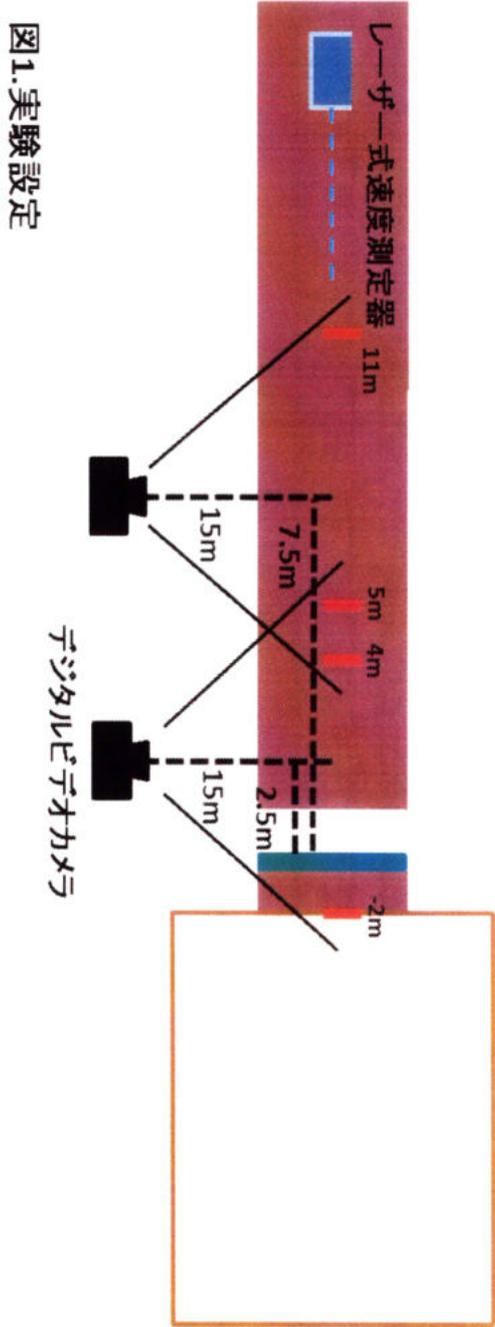
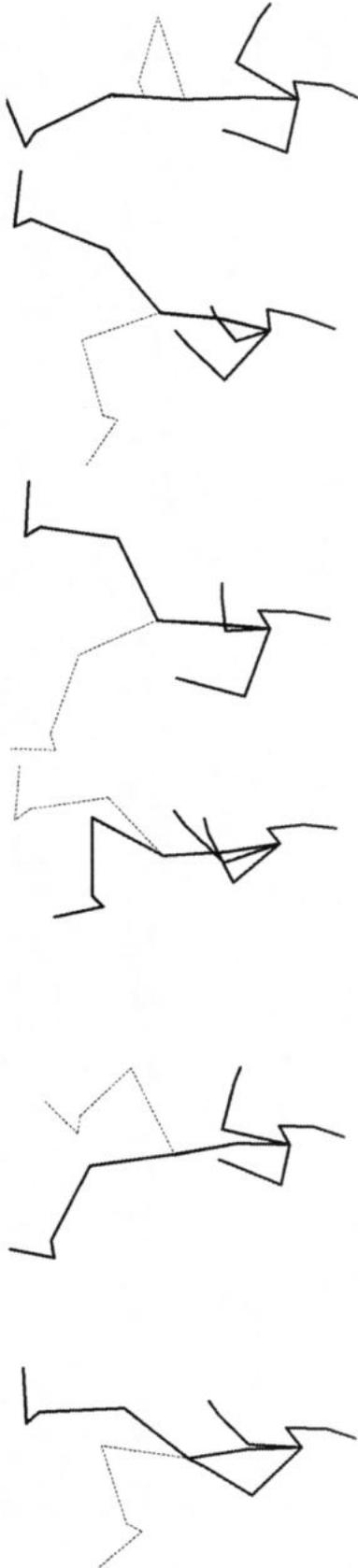


図1. 実験設定

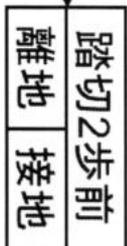
踏切脚



L1



L2



—— 踏切脚
 - - - リード脚

図2-1.踏切脚の定義

リード脚

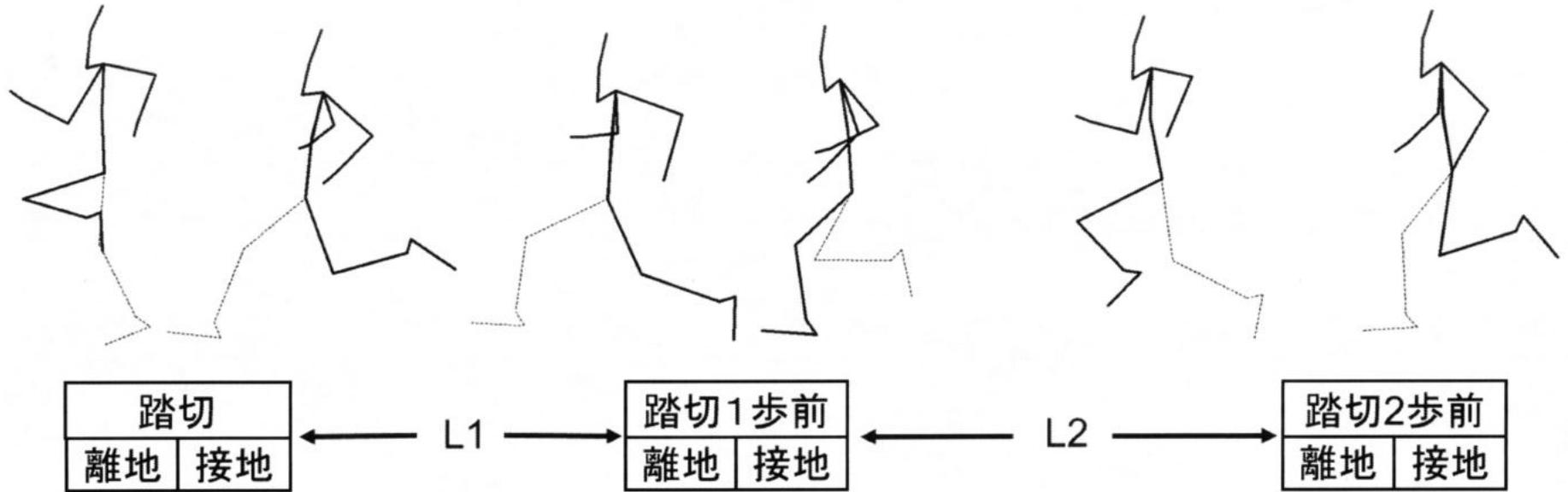
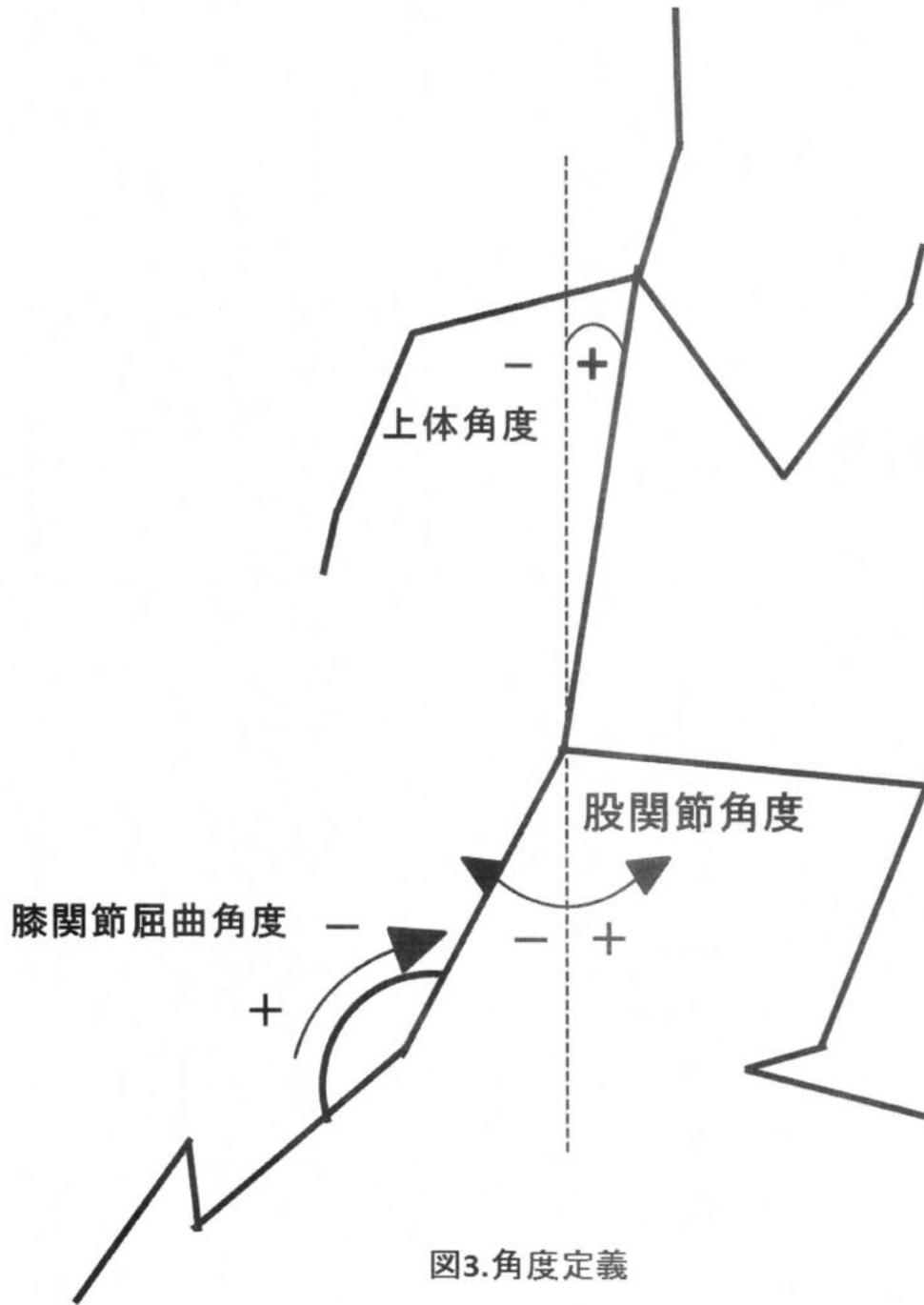


図2-2.リード脚の定義

—— リード脚
----- 踏切脚



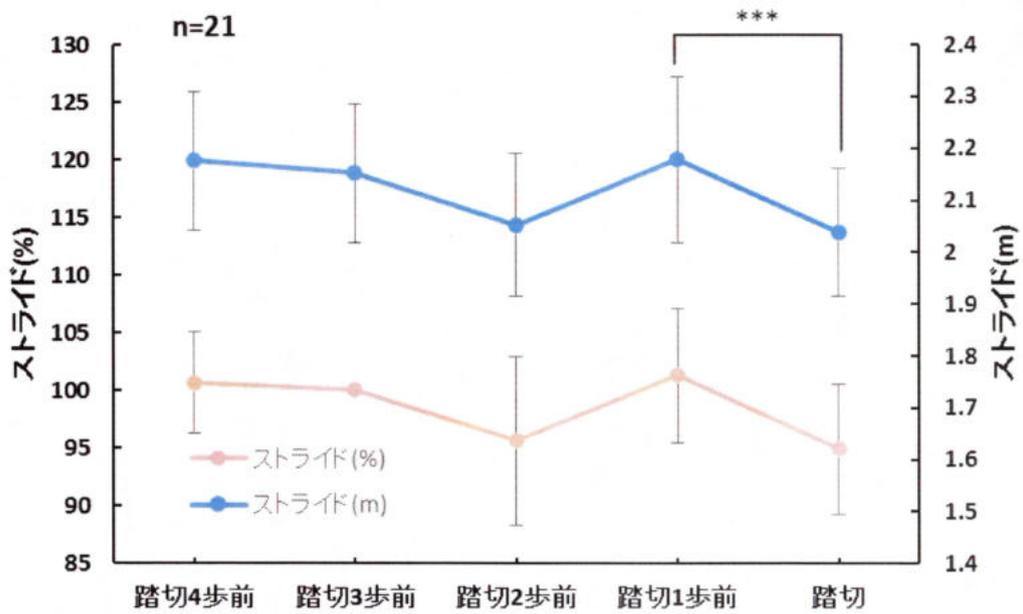


図4.踏切4歩前から踏切のストライド

***p<0.001

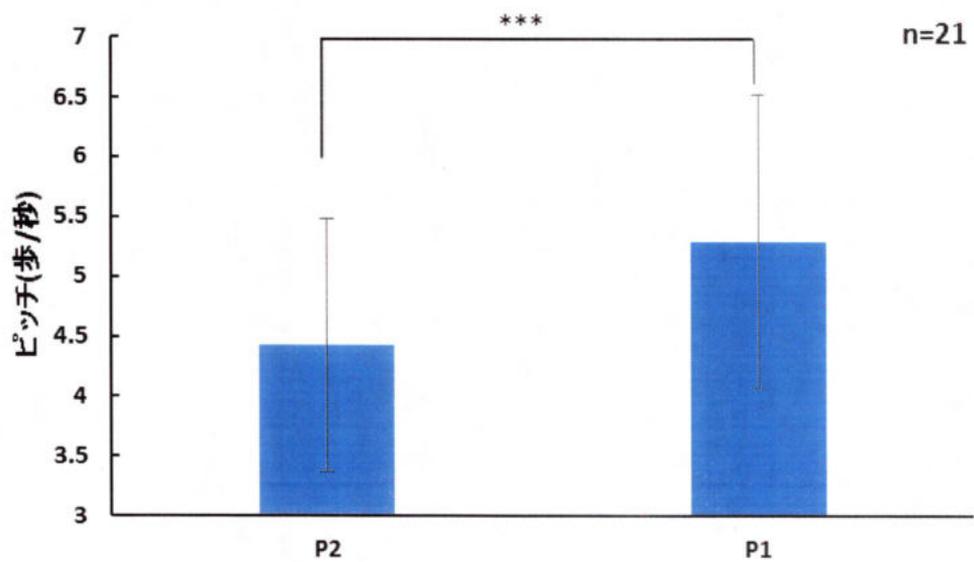


図5.踏切前2歩のピッチ

***p<0.001

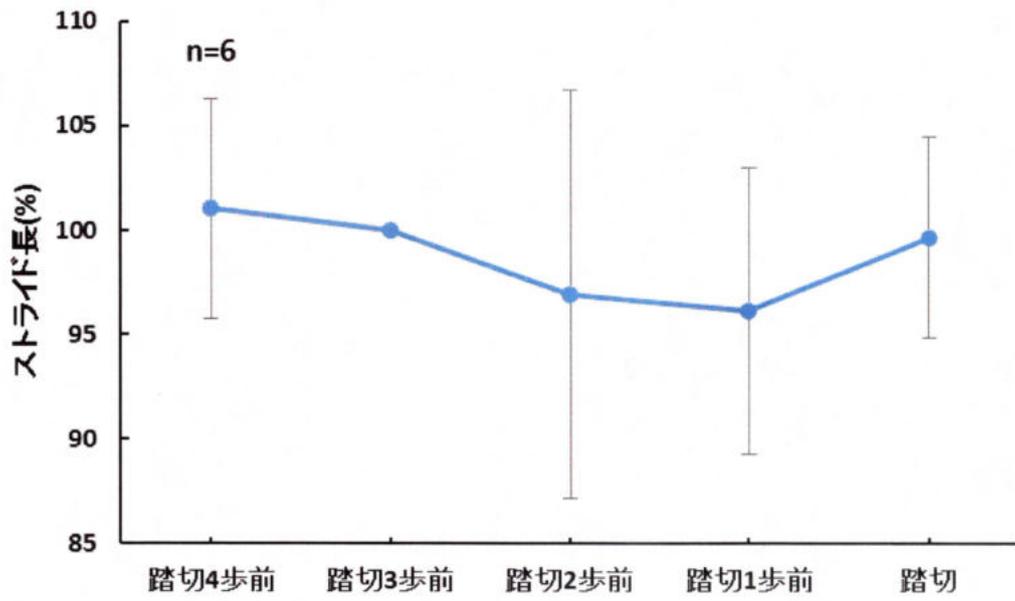


図6.踏切4歩前から踏切のストライド

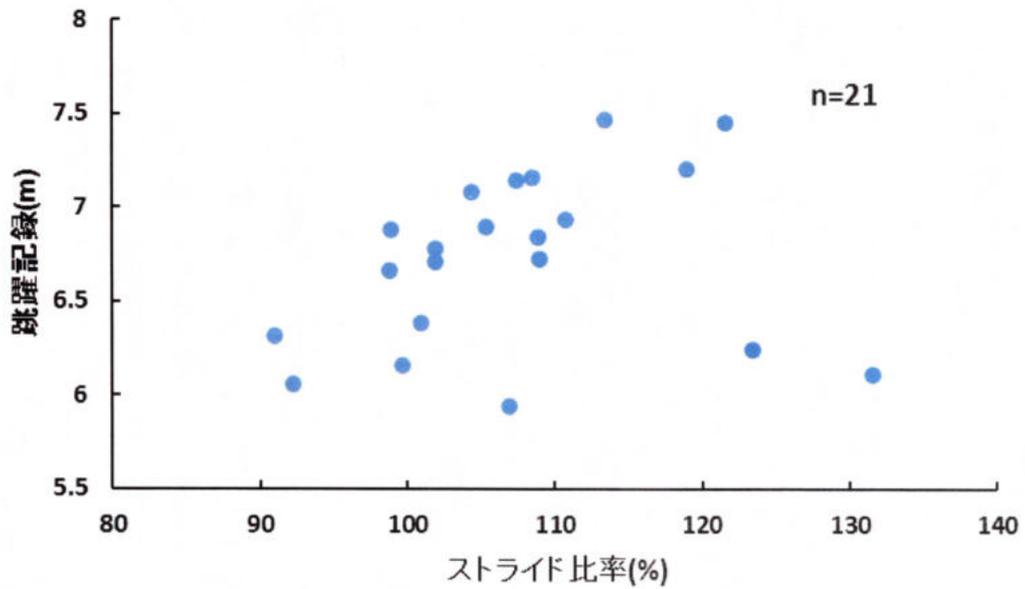


図7-1.ストライド比率と跳躍記録の関係

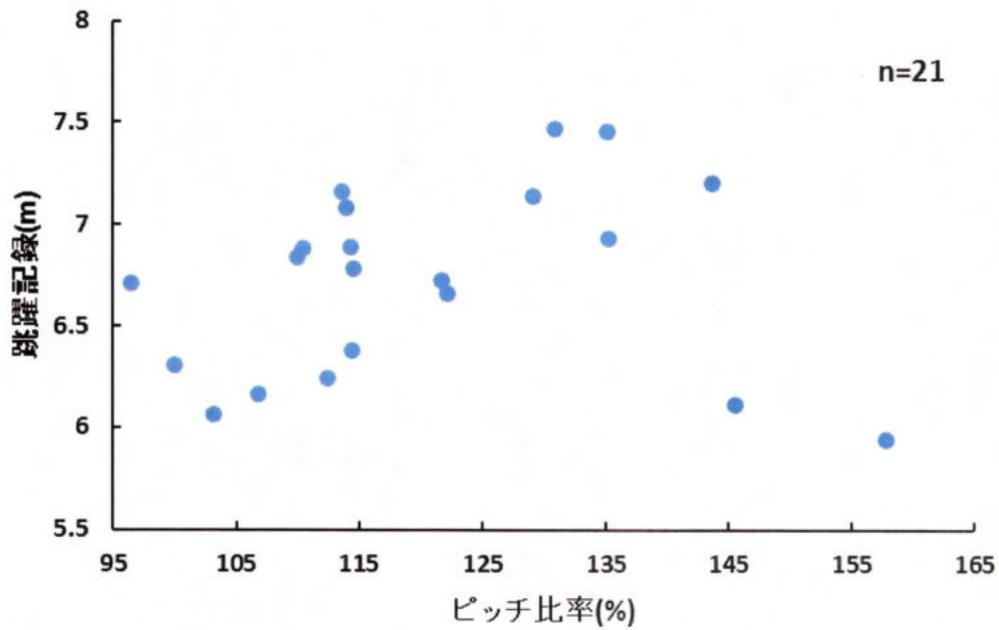


図7-2.ピッチ比率と跳躍記録の関係

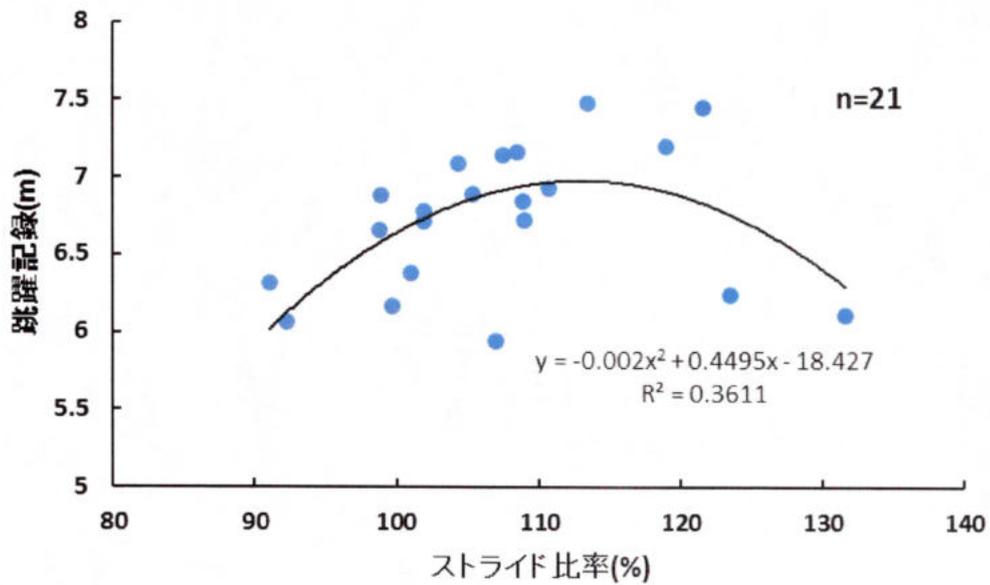


図7-3.2次回帰によるストライド比率と跳躍記録の関係

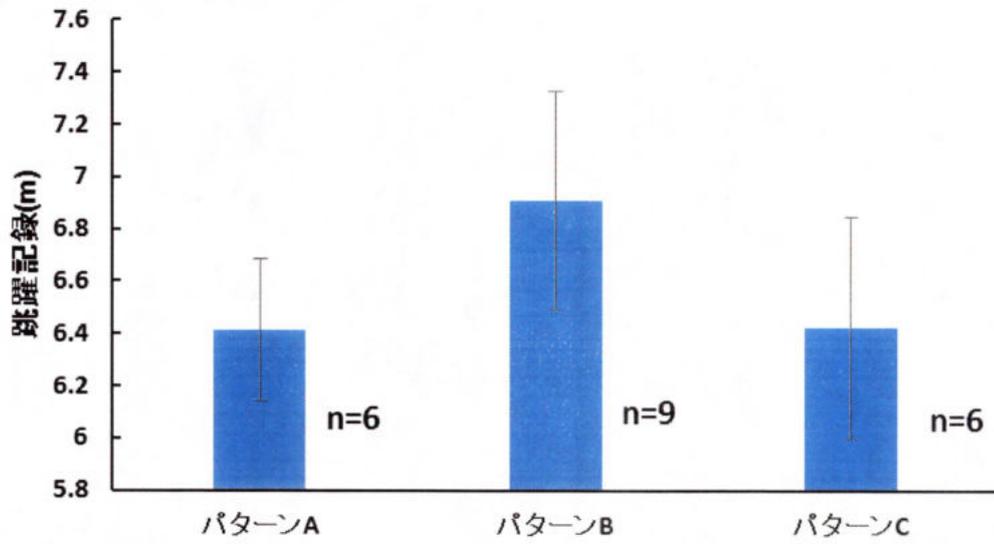


図8. スライドパターン別の跳躍記録

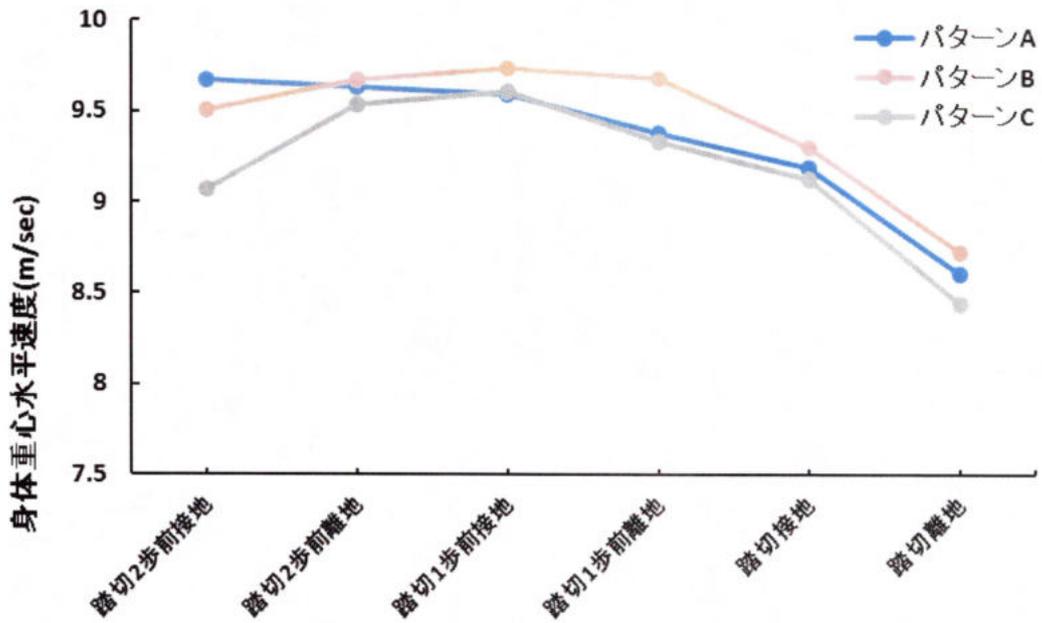


図9-1. 各パターンにおける身体重心水平速度

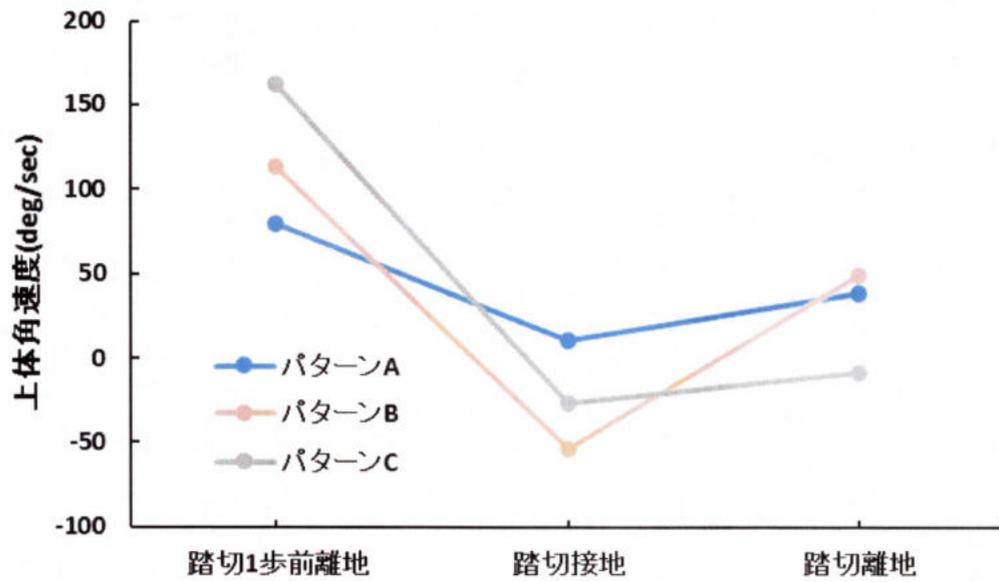


図9-2.各パターンにおける上体角速度の変化

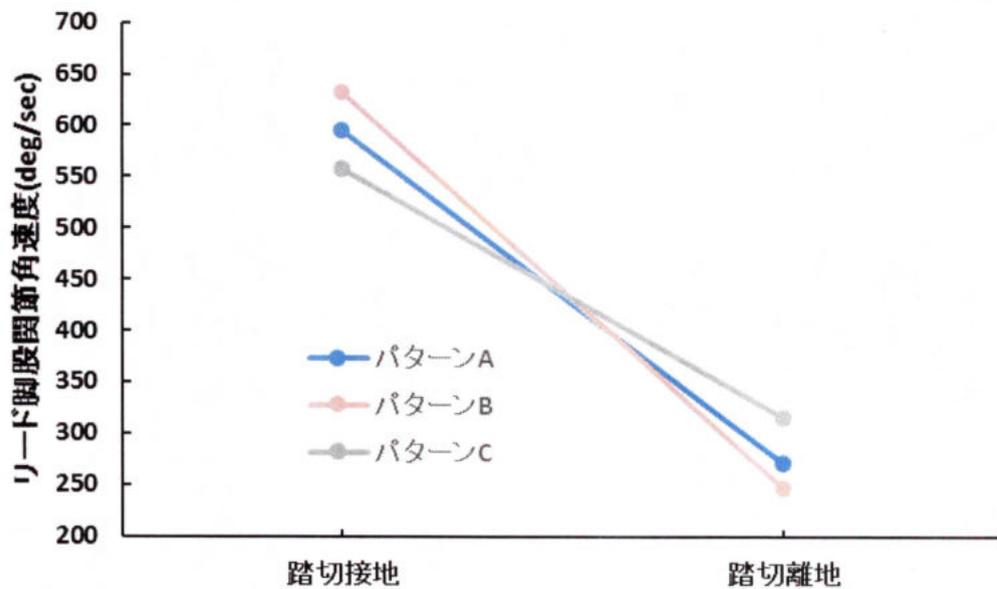


図9-3.各パターンにおけるリード脚股関節角速度の変化

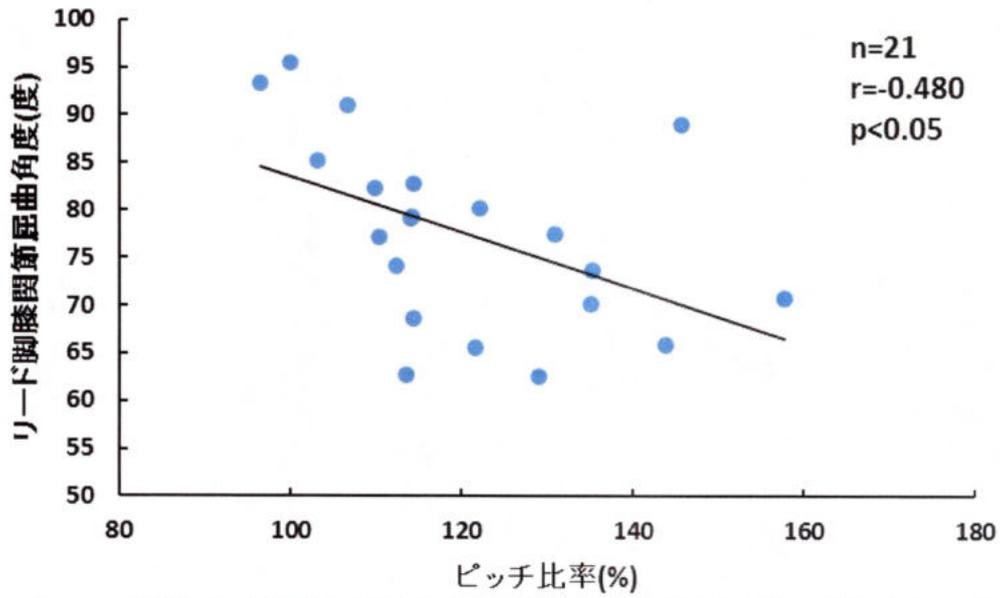


図10-1.踏切2歩前離地におけるピッチ比率とリード脚膝関節屈曲角度の関係

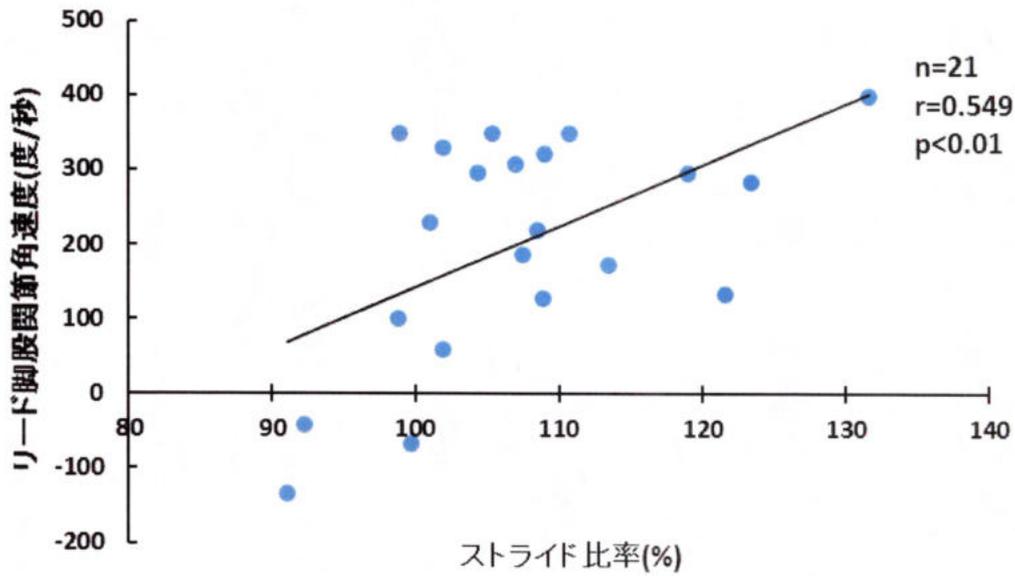


図10-2.踏切2歩前離地におけるストライド比率とリード脚股関節角速度の関係

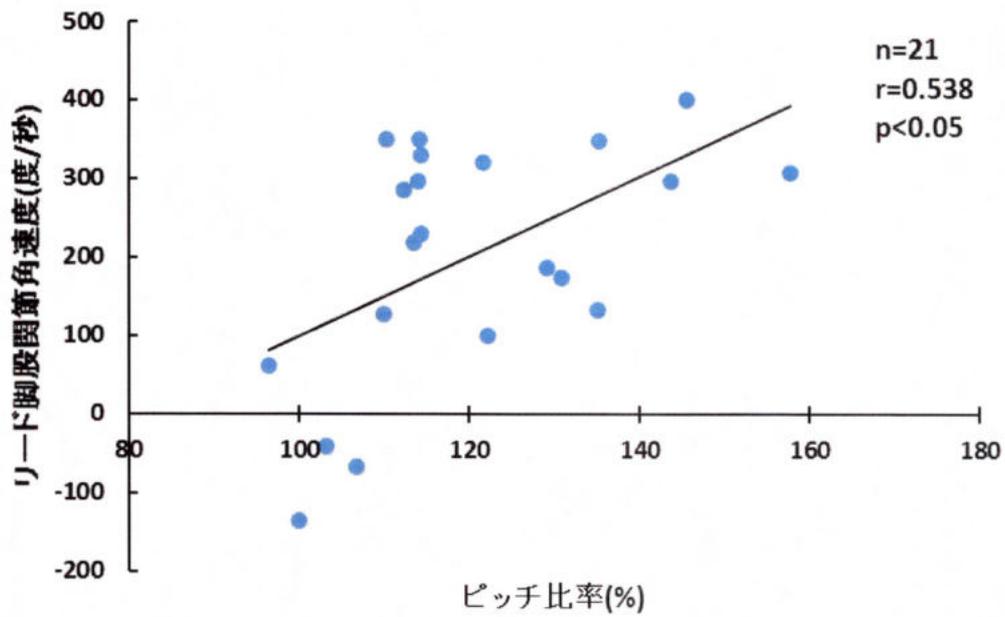


図10-3.踏切2歩前離地におけるピッチ比率とリード脚股関節角速度の関係

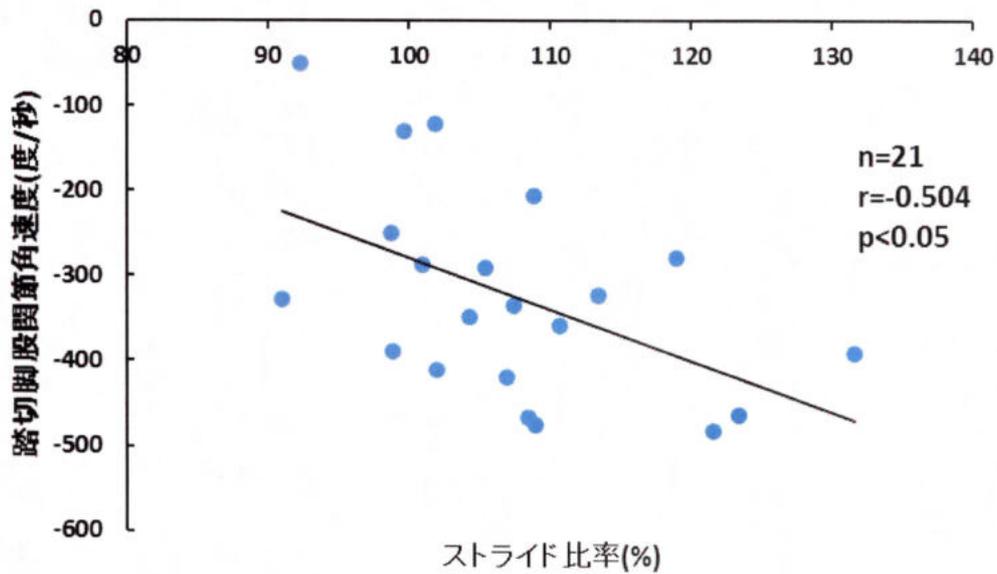


図10-4.踏切2歩前離地におけるストライド比率と踏切脚股関節角速度の関係

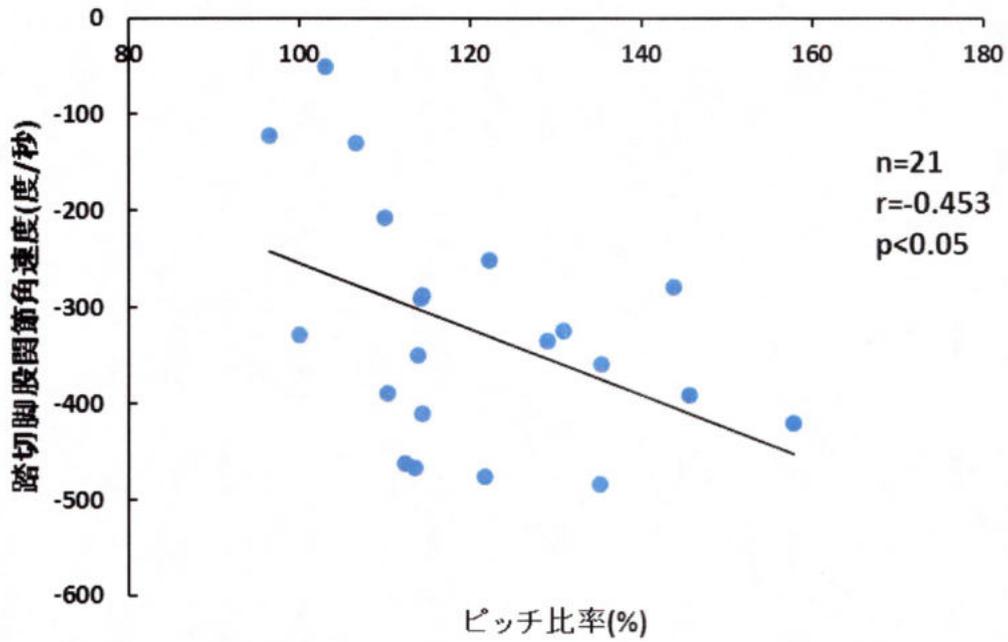


図10-5.踏切2歩前離地におけるピッチ比率と踏切脚股関節角速度の関係

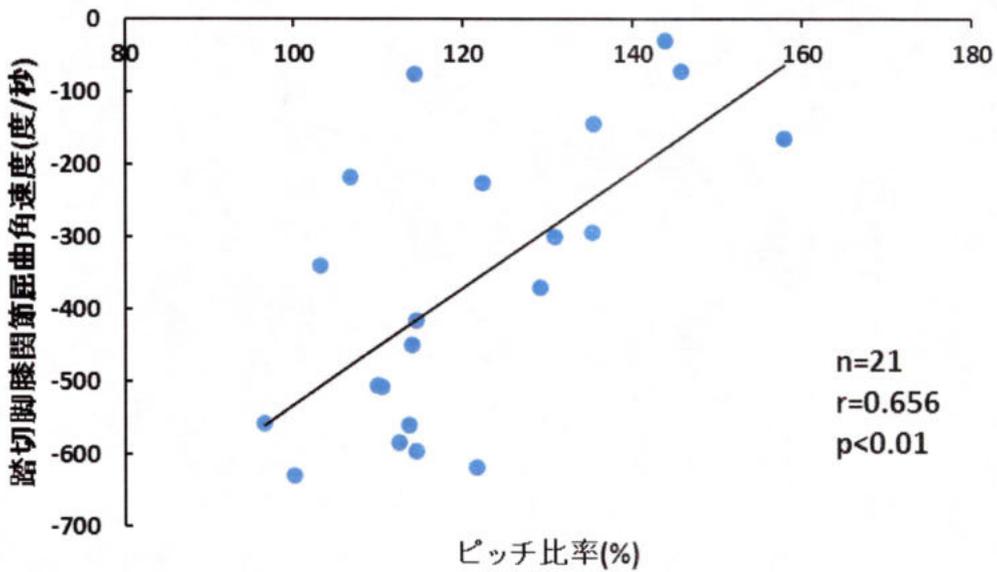


図11.踏切1歩前接地におけるピッチ比率と踏切脚膝関節屈曲角速度の関係

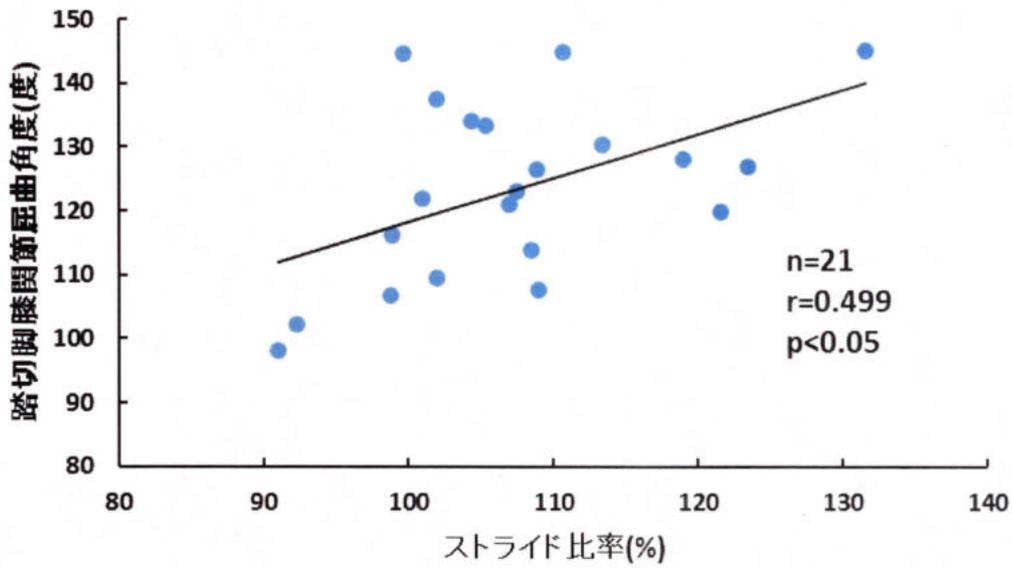


図12-1.踏切1歩前離地におけるストライド比率と踏切脚膝関節屈曲角度の関係

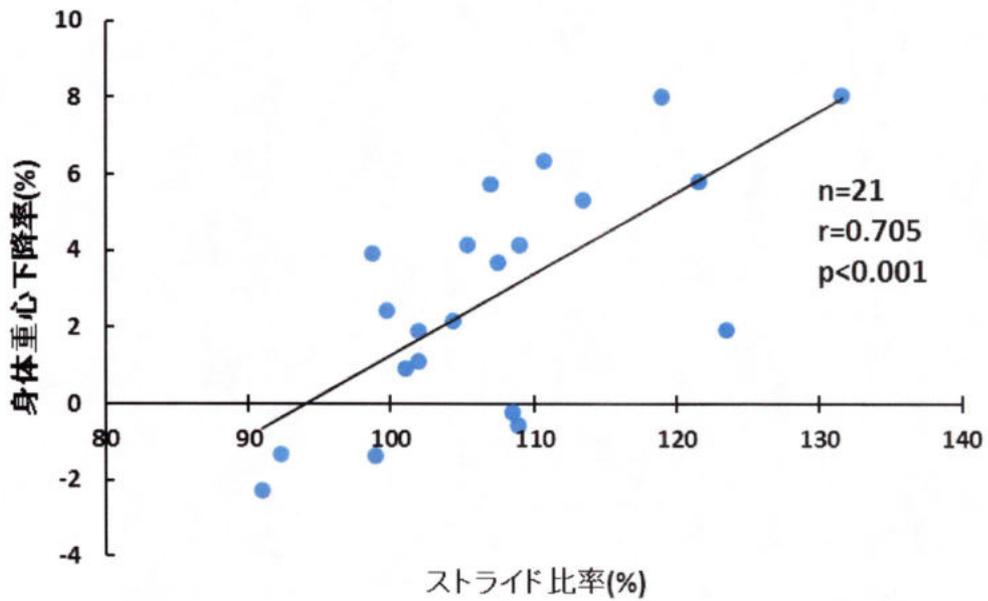


図12-2.踏切1歩前離地におけるストライド比率と身体重心下降率の関係

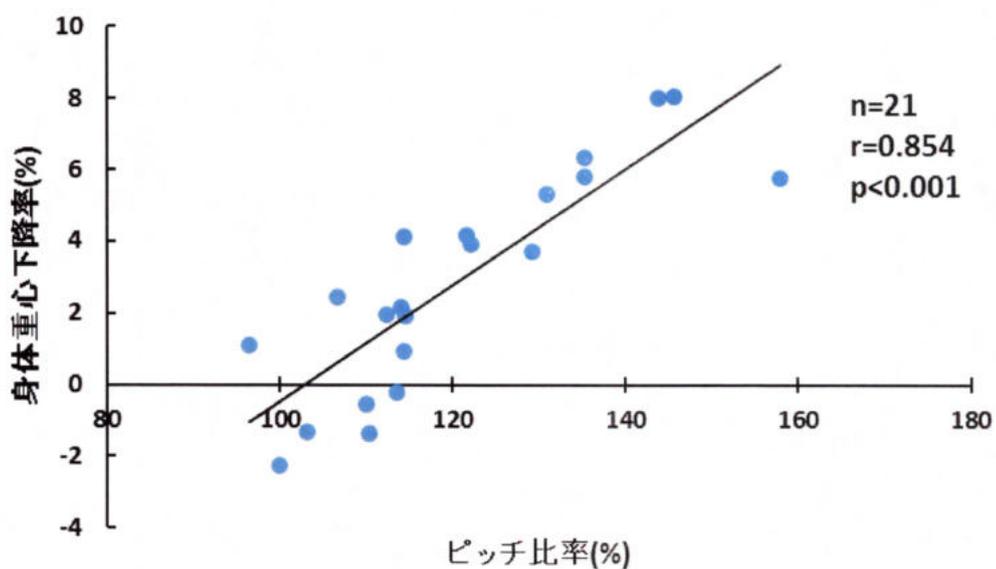


図12-3.踏切1歩前離地におけるピッチ比率と身体重心下降率の関係

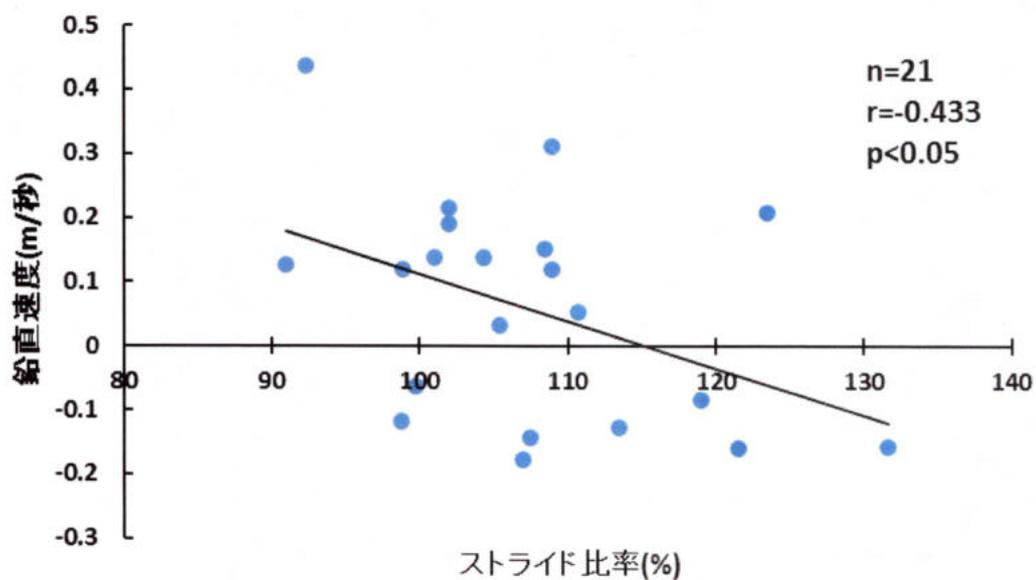


図12-4.踏切1歩前離地におけるストライド比率と鉛直速度の関係

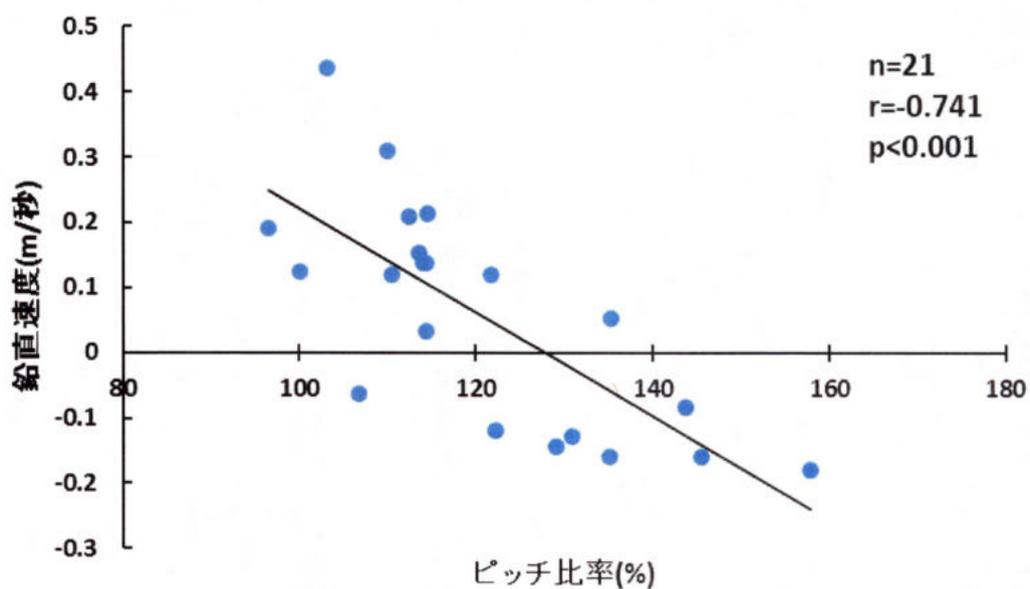


図12-5.踏切1歩前離地におけるピッチ比率と鉛直速度の関係

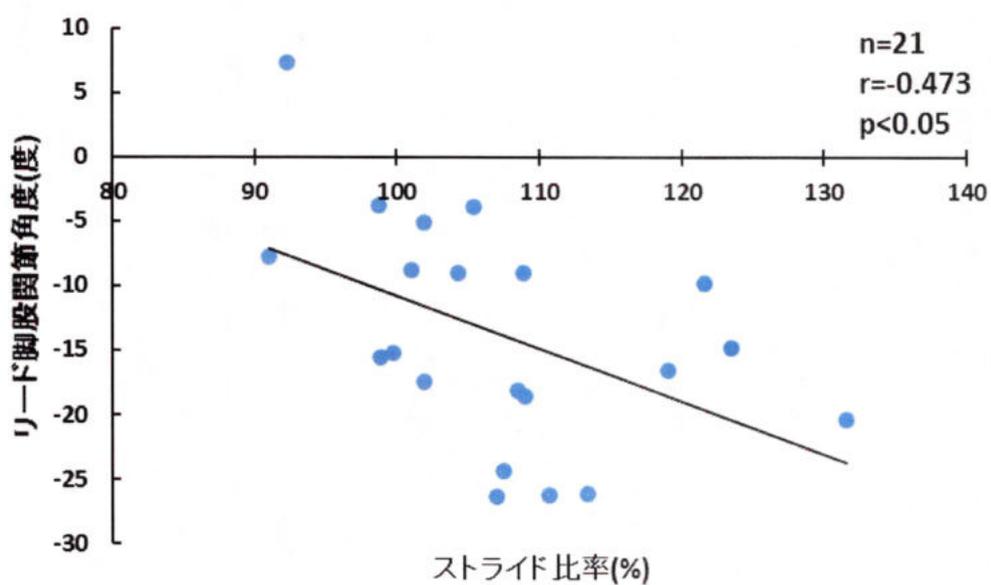


図13-1.踏切接地におけるストライド比率とリード脚関節角度の関係

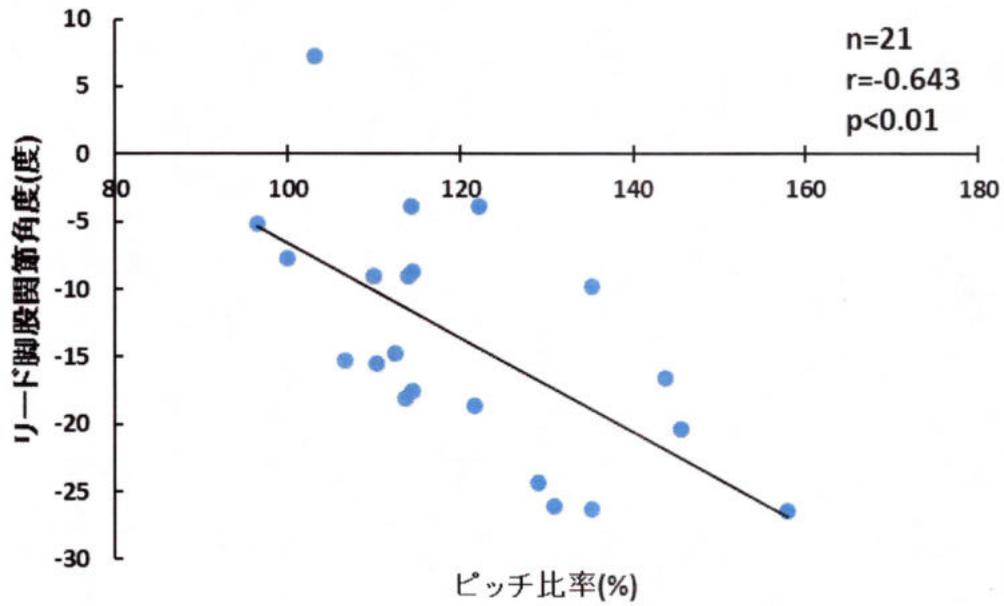


図13-2. 踏切接地におけるピッチ比率とリード脚股関節角度の関係

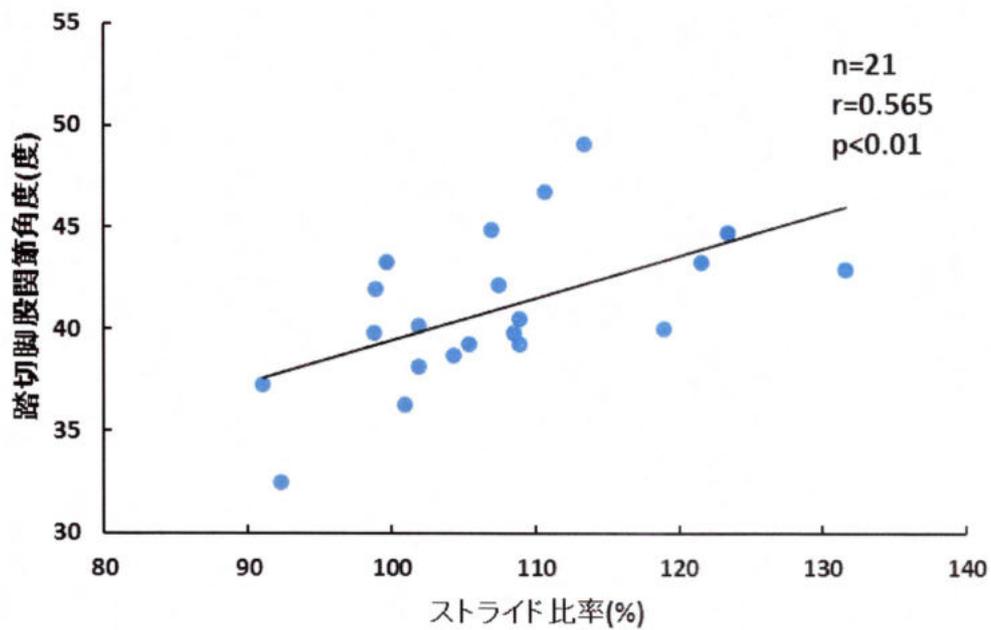


図13-3. 踏切接地におけるストライド比率と踏切足股関節角度の関係

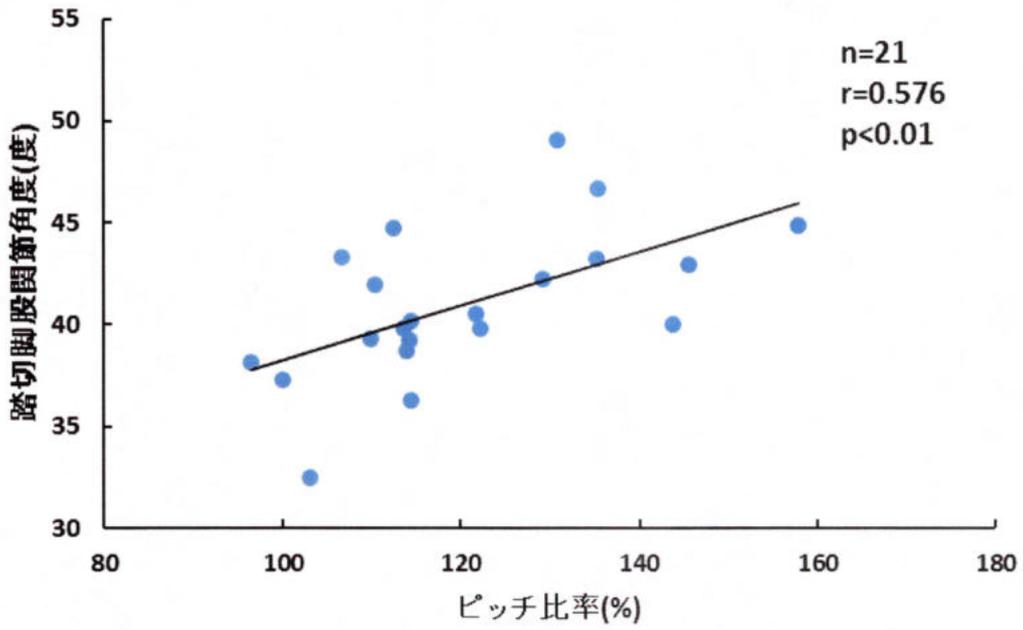


図13-4.踏切接地におけるピッチ比率と踏切足股関節角度の関係

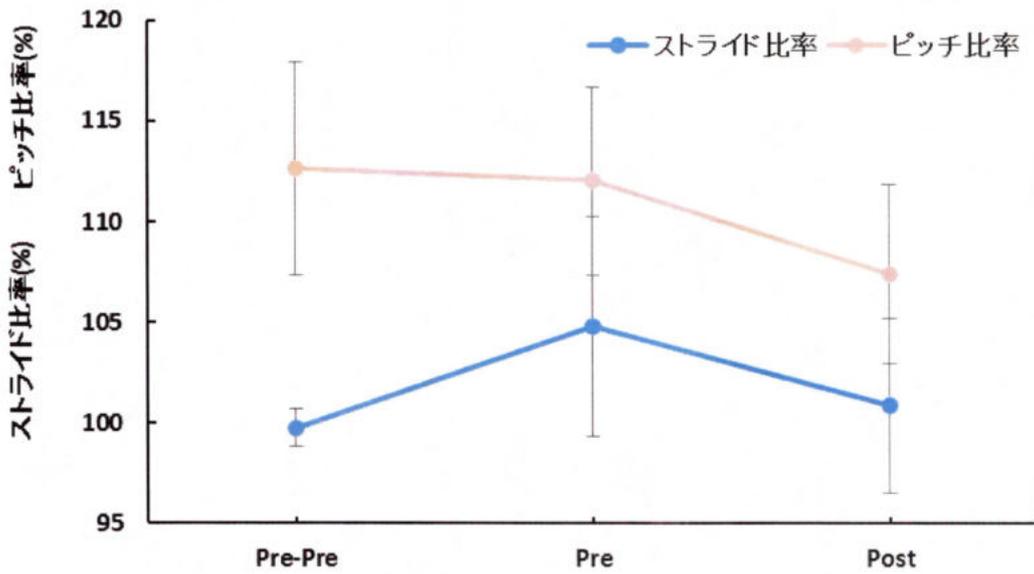


図14.ストライド比率とピッチ比率の変化

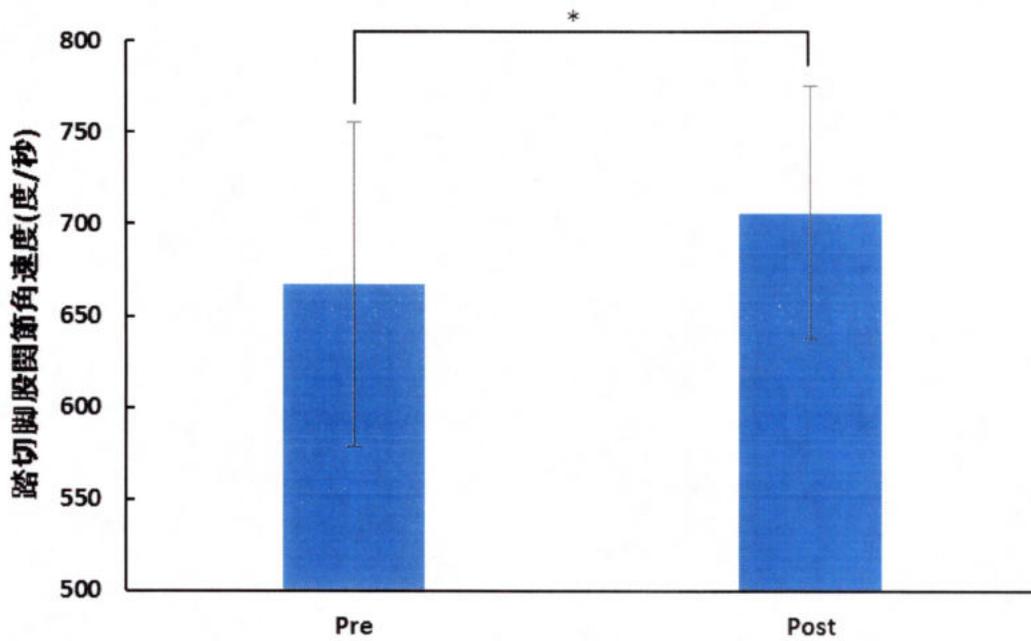


図15.トレーニングによる踏切脚股関節角速度の変化 *p<0.05

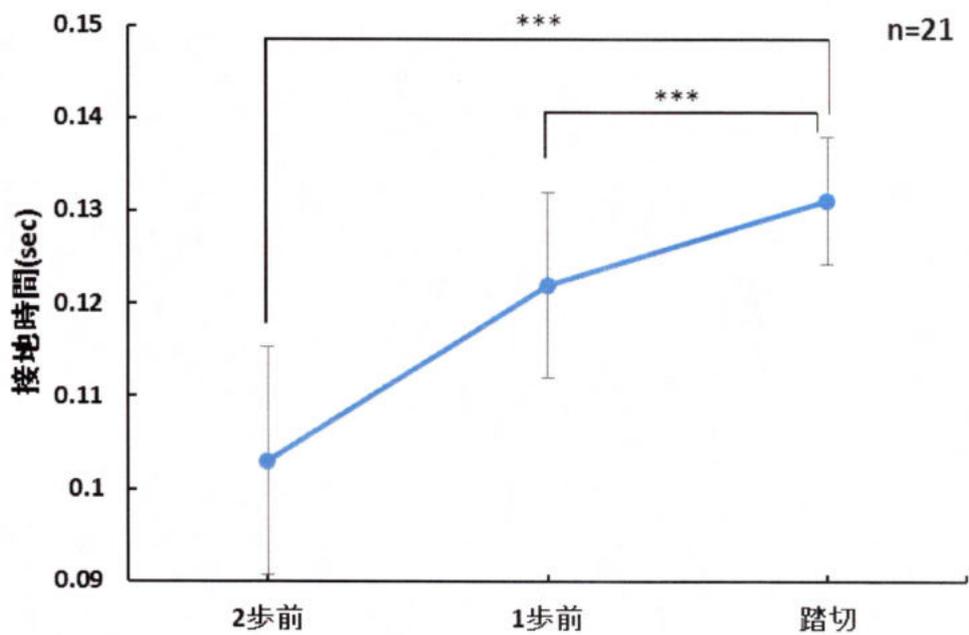


図16.踏切2歩前から踏切の接地時間 ***p<0.001