

博士論文

100m 走の加速局面における前傾姿勢の
保持を意識する時間の違いがパフォーマンスに及ぼす影響

足立 達也

広島大学大学院教育学研究科

2018年3月

目次

用語の定義	iii
第1章 緒言	1
第1節 研究の背景	1
第2節 文献研究	4
第3節 本研究の目的, 研究課題	7
第2章 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが前傾角度, 疾走速度, ピッチ, ストライドに及ぼす影響	8
第1節 目的	8
第2節 方法	9
第3節 結果	13
第4節 考察	16
第5節 小括	19
第3章 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが下肢動作, 筋放電量, パフォーマンスに及ぼす影響	20
第1節 目的	20
第2節 方法	21
第3節 結果	25
第4節 考察	46
第5節 小括	51
第4章 総合考察	52
第1節 本研究の成果	52

第2節	本研究の意義	55
第3節	通常疾走との比較	57
第4節	トレーニング現場への示唆	60
第5節	今後の課題	63
第5章	総括	64
第1節	パフォーマンスに及ぼす影響	64
第2節	結論	66
	文献	67
	謝辞	73

用語の定義

スプリンター：

スプリンターは、陸上競技の短距離走を専門とする競技者とした。

接地時：

接地時は、足部が地面に接触した瞬間とした。

離地時：

離地時は、足部のすべてが地面から離れた瞬間とした。

接地期：

接地期は、ある足における接地時から離地期までの局面とした。

回復期：

回復期は、ある足における離地期から次の接地時までの局面とした。

接地時間：

接地時間は、接地期の所要時間とした。

滞空時間：

滞空時間は、身体のどの部分も地面に接触していない間の所要時間とした。

回復脚：

回復脚は、離地期から次の接地時にある脚とした。

脚全体：

脚全体は，大腿と下腿を1つのセグメントと捉えたものとした。

サイクル：

サイクルは，片側の足の接地から，次の同じ足が接地した瞬間までのこととし，2歩分のこととした。

ピッチ：

ピッチは，1秒間当たりの歩数とした。また，1サイクルのピッチは，1サイクルに要した時間の逆数とした。

ストライド：

ストライドは，1歩における歩幅の大きさとした。また，1サイクルのストライドは，その平均の値とした。

疾走速度：

疾走速度について，10m区間毎の疾走速度は，0m地点から10m地点毎と被験者の胴体が重なる時点までのそれぞれの区間に所要した時間で距離を除いたものとした。また，1サイクルの疾走速度は，ピッチとストライドの積とした。

パフォーマンス：

パフォーマンスは，疾走速度と，疾走速度を構成するピッチとストライドとした。

主作用：

主作用は，競技者が任意の意識で目的の動作をおこなった時，その目的とする動きへの影響

のこととした。本研究においては、競技者は、前傾角度の保持を任意の意識でおこなうため、主作用は前傾角度への影響のこととした。

副作用：

副作用は、競技者が任意の意識で目的の動作をおこなった時、目的とした動き以外の疾走動作や筋活動への影響のこととした。本研究においては、副作用は、下肢の動作と筋放電量への影響のこととした。

第1章 緒言

第1節 研究の背景

人間にとって走るという運動は、外敵から身を守り、獲物を追いかけるために必要となる生活の基礎的な能力であった（宮丸・宮丸，1976）。また、走ることは誰にでもできる単純な運動であり、すべてのスポーツの基礎として広く用いられている運動である。この走るという運動が日常の生活に必要とされていただけに、走能力を競うゲームは古くからおこなわれていたと考えられる。短距離走の競技として最も古いのは古代ギリシャの祭典競技であり、1 スタディオン走や2 スタディオン走が実施されていた（宮丸・宮丸，1976）。現在はオリンピックにおいて、100m 走という陸上競技の花形種目として走能力を競うゲームがおこなわれており、その走パフォーマンスは向上してきている。

100m 走における最初の公式の世界記録は、1912年のストックホルム五輪において、アメリカのドナルド・リッピンコットが記録した10秒6である。そして、現在の100m 走の世界記録は、2009年のベルリン世界選手権において、ジャマイカのウサイン・ボルトが記録した9秒58である。約100年を経て、100m 走の記録が1秒も向上した要因として、選手のスパイク、スターティングブロックや全天候型のトラックという道具の改良によるものが挙げられる。一方、走るということを科学的に捉え研究対象とし、より効率の良い疾走動作やトレーニングが提案されてきたことも理由として挙げられる。

陸上競技100m 走は、走行中の平均疾走速度を高めた者ほど、タイムが短縮されていく種目である。この疾走速度はピッチとストライドの積から求められる。ピッチは単位時間当たりの歩数であり、ストライドは1歩の歩幅である。したがって、疾走速度を増大させるためには、このピッチとストライドの値を高める必要がある。研究報告として、疾走速度とピッチ、ストライドを同時に提示されることは多い。例えば、個人内のピッチとストライドを示したものもあり（広川ほか，2005）、子どもから大人という幅広い年代別のピッチとストライドを示したものもある（斉藤・伊藤，1995）。また、国内や海外の高い水準のスプリンターのピッチとストライドを示したものも報告されている（太田・有川，1999）。

これらのことから、100m 走の研究において、ピッチとストライドは重要なデータとして捉えられている。

100m 走は、加速局面、中間局面および減速局面の3局面に分類され (Delecluse et al., 1995 ; Simonsen et al., 1985), 局面毎に研究されることが多い (猪飼ほか, 1963 ; 伊藤ほか, 1998 ; 内藤ほか, 2013). 疾走速度は、スタートから 20m まで急激に増加し (Mackala, 2007), 40m, 50m 付近まで増加を続ける (羽田ほか, 2003). その後、加速局面を終えて、最高疾走速度が出現する中間局面を迎える。そして、最高疾走速度を維持できずに速度が逡減していき、70m, 80m 付近からゴールに向かって疾走速度は減少し続ける (羽田ほか, 2003). この最高疾走速度が高い短距離選手ほど、100m 走のタイムが短い (阿江ほか, 1994 ; 松尾ほか, 2010, 2015). また、100m 走が速い者ほど、0m から最高疾走速度が現れる地点までの距離が長くなる (天野・宮下, 2009). ゆえに、減速局面の距離が短くなるため、一流スプリンターは速度逡減が小さい (猪飼ほか, 1963). これらを考慮すると、最高疾走速度に至るまでの疾走速度の増加量と距離の長さが、100m 走タイムの短縮につながる一因となる。また、加速局面は、100m のレースに最も高く貢献していることが示されている (Tellez and Doolittle, 1984) これらのことから、100m 走のパフォーマンスを高めるためには、加速局面が重要になると考えられる。

加速局面において重要なことは、上体を前方に大きく傾け、地面反力の方向を前方に傾けることが必要であることが報告されている (Kugler and Janshen, 2010 ; Mero et al., 1992 ; Morin et al., 2011). 指導現場において、この上体を前方に傾けることは前傾姿勢と呼ばれている。Lockie et al. (2003) は、地面に大きな水平力を加えるためには、前傾姿勢の位置調節が効果的である可能性があることを述べている。

指導書において、川本 (2008) は疾走中の加速度を減さないために、上体の前傾を維持することが大切であることを示した。さらに、阿部 (2004) は疾走速度の上昇と上体の起こし方を同調させることが、滑らかな加速をすることに重要であることを示した。また、日本陸上競技連盟 (1988) は、競技者が地面をキックした力を推進力に変えるためには、

前傾角度を大きくすることが求められると示している。これらのことから、加速局面における前傾姿勢の重要性が指摘されている。

一方、学校現場において、文部科学省（2008；2009）は、学校で中学生や高校生がおこなう体育の陸上競技短距離走の技能に関して、スタートから徐々に前傾姿勢を起こしていき加速をおこなうことを示している。したがって、学校体育においても前傾姿勢についての指導が重要となることが考えられる。

以上のことから、本研究は、100m 走のパフォーマンスを向上させるために、加速局面における前傾姿勢について着目した。

第2節 文献研究

第1項 前傾姿勢とパフォーマンスの関係

村木・宮川（1973）は、日本トップスプリンター6名（100mのタイム：10.6秒）と一般陸上競技者（100mのタイム：12.38秒）7名を対象に、疾走動作の変化を検討した。その結果、疾走速度の上昇の変化と前傾姿勢の角度の変化は密接な関係があることが示された。また、トップスプリンターが前傾姿勢を保つ距離が長く、上体が前方に大きく傾いていることが明らかになった。

伊藤・伊藤（2010）は、大学陸上競技部に属している女子3名を対象に、前傾姿勢の保持を意識する距離を20m、40m、60mの3つに区分し、この前傾姿勢の保持を意識する距離の違いが100m走へ及ぼす影響を検討した。その結果、競技水準が高い競技者は、前傾姿勢を長い距離保つ意識をもつと疾走速度が増大した。また、前傾姿勢の保持を意識する距離の違いが、疾走速度を構成するピッチやストライドに影響を及ぼすことが明らかになった。

一方、エッカー（1999）は、前傾角度を大きくしても、疾走速度が大きくなるわけではないことを述べている。しかし、前傾角度の保持意識を変化させたことによる疾走速度への影響を定量化した研究は少ない（伊藤・伊藤，2010）。したがって、前傾姿勢を保持する意識の違いが、疾走速度とピッチやストライドに及ぼす影響に関する知見をさらに集積することが必要になると考えられる。

第2項 前傾姿勢の保持意識の決定

伊藤・伊藤（2010）は、前傾姿勢の保持の長さを距離によって意識するように指示した。しかし、練習や試合において、伊藤・伊藤（2010）が指示した距離は、競技場に示されていない。したがって、前傾姿勢の保持を意識することに、距離の長短を用いて実践することは困難であると考えられる。ゆえに、前傾姿勢の保持を意識する別の実践方法が必要である。前傾姿勢の保持を意識する場合、時間の長短を用いて実践することも考えられる。

この前傾姿勢の保持を時間の長短を用いて実践することは、環境に左右されることなく競技者の意識のみでおこなえるため、より実践的であると考えられる。

また、指導者からの指示や指導が、競技者の任意の意識による動作に及ぼす影響を検討した研究が報告されている（加藤・木越，2012；小森ほか，2012）。加藤・木越（2012）は、男子大学院生7名を対象に、疾走中の遊脚の動作について異なる意識の指示が、実際の疾走動作に及ぼす影響を検討した。その結果、異なる指示によって、疾走動作が変化することが明らかになった。こういった報告は、競技者の100m走のパフォーマンスを向上させる指導者の指示や指導を探るものであると考えられる。また、加藤・木越（2012）は、競技者が任意の意識で目的の動作をおこなった時、疾走動作がどのような変化を起こすのかについての知見を集積することが重要と述べている。競技者が任意の意識で目的の動作をおこなうことが、目的の動作自体に及ぼす影響のことを主作用として捉えることができる。そして、この主作用を定量化することが必要になる。これまで、加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、前傾角度に及ぼす影響は明らかにされていない。また、競技者の主観的事実と客観的事実には、ずれが生じることを指導者が把握する必要がある（福永・湯浅，1986）。これらのことから、前傾姿勢の保持を時間の長短によって意識するように指示し、その影響を定量化することは、100m走のパフォーマンス向上と100m走についての指導力向上につながることを期待される。

以上のことから、疾走速度や、それを構成するピッチやストライドに影響を及ぼす前傾姿勢の保持を時間の長短の違いによる影響を定量化することが必要になる。つまり、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、100m走の疾走速度やピッチとストライド及び前傾角度に及ぼす影響を明らかにすることが求められる。

第3項 目的の動作が目的の動作以外に及ぼす影響

後藤ほか（1976）は、成人男性3名を対象に、疾走速度が同じになるトレッドミル上において、歩幅や歩数を変化させたときの筋放電量を検討した。その結果、歩幅を大きくす

ると大腿二頭筋と腓腹筋の筋放電量が増加し、大腿直筋の筋放電量が減少した。原ほか(2008)は、成人男性 23 名を対象に、スクワットジャンプにおける股関節初期角度の違いが及ぼす影響について検討した。その結果、股関節角度が大きい試技の足関節角度は小さくなり、股関節角度が小さい試技の足関節角度は大きくなることが明らかになった。これらのことから、目的の動作をおこなった時、それ以外の疾走動作や筋活動を変化させることが想定される。したがって、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、疾走動作や筋放電量を変化させることが考えられる。目的とした動きがそれ以外の疾走動作や筋活動に及ぼす影響は、副作用として捉えることができる。そして、この副作用を定量化することが必要になる。これまで、加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、前傾角度以外の疾走動作や筋放電量に及ぼす影響は明らかにされていない。

第 4 項 疾走速度と下肢動作や筋活動の関係

遠藤ほか(2008)は、大学短距離選手の男子 5 名を対象に、疾走速度が大きい最大速度局面と疾走速度が小さい減速局面の下肢動作について、接地期と回復期に分けて検討した。その結果、2 つの局面の間には、足関節角度や下腿角度の違いがあることが明らかになった。先述の後藤ほか(1976)の研究において、疾走速度が増加すると大腿直筋の筋放電量は指数関数的に増加し、疾走速度にともない大腿二頭筋の筋放電量が増加する者もいた。これらのように、短距離走は下肢動作や筋活動の観点から検討されることが多く(馬場ほか, 2000; 伊藤ほか, 1997; 貴嶋ほか, 2010)、指導現場における走パフォーマンス改善のための重要な報告がなされてきた。

以上のことから、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、下肢動作や筋放電量に及ぼす影響を明らかにすることは、100m 走の技術練習や筋力トレーニングをおこなう際の有用な知見となることが考えられる。

第3節 本研究の目的, 研究課題

第1項 本研究の目的

ここまでの検討から, 加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが, パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることは, 100m 走のパフォーマンス向上と 100m 走についての指導力向上の一助となると考えられる. また, 同時に主作用の影響, 副作用の影響を明らかにすることは, 100m 走のパフォーマンス向上と 100m 走についての指導力向上に役立つ詳細なデータを得ることにつながると考えられる.

そこで本研究では, 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが, パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした.

第2項 本研究の研究課題

本研究では, 加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間を 3 種類用いた. 1 つ目は, 普段の練習や試合において, 前傾姿勢の保持を意識する時間であった. 2 つ目は, 1 つ目よりも短く, 前傾姿勢の保持を意識する時間であった. 3 つ目は, 1 つ目よりも長く, 前傾姿勢の保持を意識する時間であった.

そして, 以下の 2 つの研究課題を設定した. 研究課題 1 では, 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが, 前傾角度, 疾走速度, ピッチとストライドに及ぼす影響を明らかにする. 研究課題 2 では, 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが, 加速局面における下肢の動作への影響, 加速局面, 中間局面, 減速局面におけるパフォーマンスと筋放電量への影響を明らかにする.

第 2 章 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが前傾角度， 疾走速度，ピッチ，ストライドに及ぼす影響（研究課題 1）

第 1 節 目的

本章では，100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが，前傾角度，疾走速度，ピッチとストライドに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした．

第2節 方法

第1項 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属している男子短距離選手9名（年齢：20.8±1.3歳，身長：174.3±5.0cm，体重：68.1±7.8kg，自己記録：11.19±0.43秒）であった。なお，すべての被験者には本実験の主旨，内容および危険性について事前に説明し，実験への参加の同意を得た。

第2項 実験試技

被験者は実験試技の前にウォーミングアップをおこなった。ウォーミングアップ内容は任意とし，1時間程度とした。その後，被験者は実験試技をおこなった。実験試技は以下の3種類の加速方法を用いたクラウチングスタートからの100m走とし，計3本であった。また，以下に示した通常的时间とは，普段の練習や試合において，被験者が前傾姿勢の保持を意識する時間のことであった。

- 1) 通常的时间の意識で前傾姿勢を保ち加速し，100m走をおこなった試技（以下「前傾通常」と略す）。
- 2) 通常より短い時間の意識で前傾姿勢を保ち加速し，100m走をおこなった試技（以下「前傾短」と略す）。
- 3) 通常より長い時間の意識で前傾姿勢を保ち加速し，100m走をおこなった試技（以下「前傾長」と略す）。

各被験者の3本の試行順序は，試行順序による影響をなくすためランダムとした。なお，1本毎の休息は30分程度とした。

第3項 撮影方法

Fig. 1 に実験設定図を示した。実験試技の撮影方法は，有川ほか（2004）の方法を参考にし，カメラの配置を決めた。実験試技中において，被験者は，片側の脚の耳珠点，大転

子の2点に反射マーカを付けた状態で走行した。本研究において、この実験試技を高速
 度デジタルビデオカメラ（CASIO 社製，EXILIM EX-F1）4 台とデジタルビデオカメラ
 （SONY 社製，HDR-CX180）1 台を用い、100m の 0m—40m の範囲を 0m—20m と 20m—
 40m に分けて撮影した。なお、高速デジタルビデオカメラとデジタルビデオカメラの撮
 影スピードは、それぞれ毎秒 300 コマと 30 コマであった。

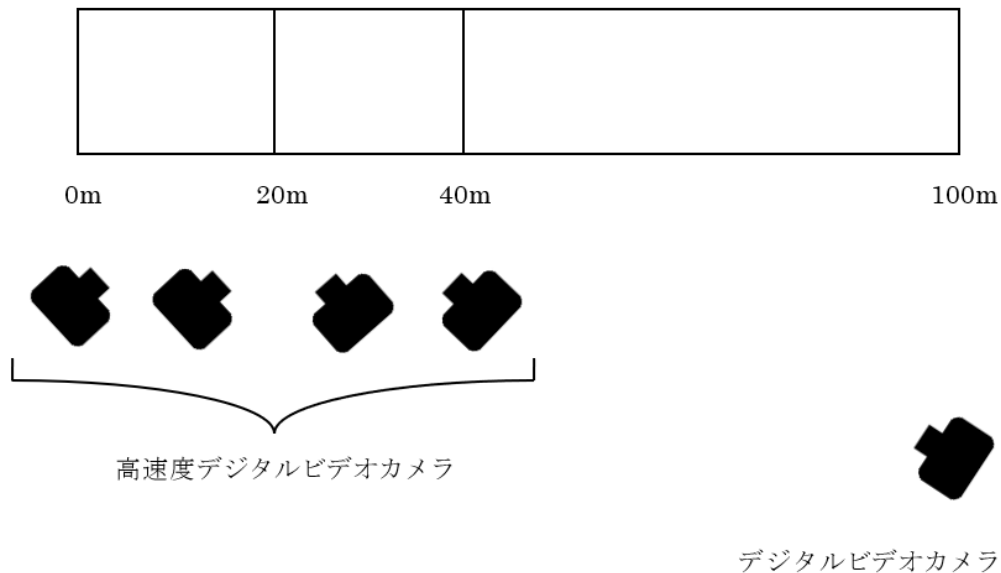


Fig. 1 Experiment setup.

第 4 項 測定項目と算出方法

本研究の被験者水準，速度曲線と先行研究の被験者水準，速度曲線の報告（小林ほか，
 2009；羽田ほか，2003；村木・宮川，1973）を考慮して，0m—40m を加速局面の対象とし
 た。そして，5m，10m，20m，30m，40m 通過時の前傾角度を測定した。前傾角度は，伊藤・
 伊藤（2010）の方法を参考にして，耳珠点と大転子を結んだ直線と地面に対する垂直線と
 のなす角度とした。前傾角度はビデオ動作解析装置（DKH 社製，Frame-DIASIV）を用いて
 求められた。撮影されたビデオ画像をコンピュータに取り込み，ビデオ動作解析装置を用
 いて，耳珠点，大転子のデジタイズをおこなった。これらの実座標を三次元 DLT 法によっ
 て，較正マークをもとに実長換算から求めた。また，被験者の進行方向を X 軸，X 軸に直

行するものを Y 軸，鉛直軸を Z 軸に用いた．較正マークの間隔について，X 軸は 2.50m 毎に，Y 軸は 1.21m 毎に，Z 軸は 0.20m 毎に設定した．

有川ほか（2004）を参考にして，0m—40m の間の疾走速度，ピッチとストライドを算出した．実験試技のスタート開始は，雷管を用いておこなった．0m—40m において，スタート開始から 10m 地点に被験者の胸骨上縁が重なった時点までを最初の 10m 区間，その後は 10m 毎に，胸骨上縁が重なる時点までを次の 10m 区間とした．全 4 区間の区間所要時間を求めるため，高速度デジタルビデオカメラで撮影されたビデオ画像をコンピュータに取り込み，再生画像をコマ送りした．0m—100m において，スタート開始から 100m 地点に被験者の胸骨上縁が重なった時点までを 100m 全体の区間とした．この区間の区間所要時間を求めるため，デジタルビデオカメラで撮影されたビデオ画像をコンピュータに取り込み，再生画像をコマ送りした．その後，各区間にかかったコマ数と 1 コマ当たりの時間の積から，区間所要時間の算出をおこなった．区間歩数として，それぞれの区間で足が接地した回数を数えた．2 区間にまたがった場合は，そのまたがった 1 歩の時間の比率によって 0.01 歩数単位で算出した．以下に，区間疾走速度，区間ピッチ，区間ストライドを求めるための式を示した．

区間疾走速度 (m/sec) = 各区間の距離/各区間の所要時間

区間ピッチ (steps/sec) = 各区間の歩数/各区間の所要時間

区間ストライド (m/step) = 各区間の距離/各区間の歩数

加速局面のパフォーマンスとして検討するため，0m から各距離の疾走速度，ピッチとストライドを算出した．以下に，0m から各地点の疾走速度，0m から各地点のピッチと 0m から各地点のストライドを求めるための式を示した．

0m から各地点の疾走速度 (m/sec) = 0m から各地点の距離/0m から各地点の所要時間

0m から各地点のピッチ (steps/sec) = 0m から各地点の歩数/0m から各地点の所要時間

0m から各地点のストライド (m/step) = 0m から各地点の距離/0m から各地点の歩数

第5項 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。測定値の関係を、Pearson の相関分析を用いて検討した。加速方法間の測定値の差を検討するために、Bonferroni 法を用いて多重比較をおこなった。すべての検定では $p<.05$ を有意とし、 $p<.10$ を有意傾向とした。

第3節 結果

Table 1 には、加速局面における3つの加速方法の前傾角度を示した。すべての加速方法の前傾角度は5m地点から40m地点にかけて漸減しており、同じ変化のパターンを示した。5m地点（前傾短<前傾通常<前傾長）、10m地点（前傾短<前傾通常<前傾長）、20m地点（前傾短<前傾長）、30m地点（前傾短、前傾通常<前傾長）における前傾角度に有意な差が認められた。

Table 1 Forward angle with three methods in the acceleration phase.

	Shorter method	Normal method	Longer method	Multiple comparison
5 m (deg)	34.7±9.6	48.8±7.7	52.8±8.9	SM<NM*, LM* NM<LM*
10 m (deg)	25.6±9.1	37.2±8.5	44.3±9.0	SM<NM**, LM*** NM<LM**
20 m (deg)	17.0±7.6	22.0±5.2	27.5±5.4	SM<LM*** NM<LM#
30 m (deg)	16.2±5.4	19.5±6.8	25.2±5.2	SM<LM* NM<LM**
40 m (deg)	12.7±4.8	12.9±6.1	12.7±4.7	n.s.

SM:Shorter method NM:Normal method LM:Longer method ***:p<.001 **:p<.01 *:p<.05 #:p<.10

Table 2 には、0m—30m, 0m—40m, 0m—100mにおける3つの加速方法の疾走速度、ピッチとストライドを示した。0m—30m（前傾短<前傾通常、前傾長）における疾走速度に有意な差が認められた。0m—40m（前傾短<前傾通常、前傾長）における疾走速度に有意な差が認められた。0m—30m, 0m—40m, 0m—100mにおける3つの加速方法のピッチとストライドには、有意な差はみられなかった。

Table 2 0 m—30 m, 0 m—40m, and 0 m—100 m running velocity, stride frequency, and stride length.

		Shorter method	Normal method	Longer method	Multiple comarison
Running velocity (m/sec)	0 m—30 m (m/sec)	6.58±0.18	6.70±0.15	6.71±0.17	SM < NM*, LM*
	0 m—40 m (m/sec)	7.10±0.20	7.21±0.16	7.21±0.18	SM < NM*, LM*
	0 m—100 m (m/sec)	8.25±0.26	8.29±0.24	8.33±0.26	n.s.
Stride frequency (steps/sec)	0 m—30 m (steps/sec)	4.12±0.24	4.14±0.26	4.17±0.22	n.s.
	0 m—40 m (steps/sec)	4.21±0.23	4.23±0.26	4.26±0.22	n.s.
	0 m—100 m (steps/sec)	4.33±0.22	4.34±0.25	4.37±0.24	n.s.
Stride length (m/step)	0 m—30 m (m/step)	1.60±0.09	1.62±0.09	1.61±0.08	n.s.
	0 m—40 m (m/step)	1.69±0.09	1.71±0.10	1.70±0.08	n.s.
	0 m—100 m (m/step)	1.91±0.10	1.92±0.11	1.91±0.10	n.s.

SM:Shorter method NM:Normal method LM:Longer method[* :p<.05]

Table 3 には、加速局面における 3 つの加速方法の 10m 毎の疾走速度、ピッチ、ストライドを示した。0m—10m（前傾短く前傾通常，前傾長）における疾走速度に有意な差が認められた。しかし、いずれの区間においても、3 つの加速方法のピッチとストライドに有意な差はみられなかった。

Table 3 Running velocity, stride frequency, and stride length at every 10 m with three methods in the acceleration phase.

		Shorter method	Normal method	Longer method	Multiple comparison
Running velocity (m/sec)	0 m—10 m (m/sec)	4.51±0.10	4.61±0.10	4.62±0.13	SM < NM**, LM*
	10 m—20 m (m/sec)	8.17±0.27	8.32±0.20	8.35±0.17	SM < LM#
	20 m—30 m (m/sec)	8.95±0.29	9.02±0.27	9.04±0.26	n.s.
	30 m—40 m (m/sec)	9.32±0.30	9.33±0.25	9.30±0.27	n.s.
Stride frequency (steps/sec)	0 m—10 m (steps/sec)	3.63±0.25	3.65±0.25	3.69±0.25	n.s.
	10 m—20 m (steps/sec)	4.57±0.28	4.60±0.27	4.62±0.21	n.s.
	20 m—30 m (steps/sec)	4.61±0.24	4.63±0.27	4.63±0.21	n.s.
	30 m—40 m (steps/sec)	4.60±0.23	4.62±0.29	4.62±0.22	n.s.
Stride length (m/step)	0 m—10 m (m/step)	1.25±0.07	1.27±0.07	1.26±0.07	n.s.
	10 m—20 m (m/step)	1.79±0.09	1.81±0.10	1.81±0.08	n.s.
	20 m—30 m (m/step)	1.95±0.09	1.95±0.10	1.95±0.08	n.s.
	30 m—40 m (m/step)	2.03±0.09	2.03±0.12	2.02±0.09	n.s.

SM:Shorter method NM:Normal method LM:Longer method *:p<.05 #:p<.10

Fig. 2 には、前傾通常の 0m—30m における疾走速度と前傾通常の 0m—100m における疾走速度との関係を示した。前傾通常の 0m—30m における疾走速度と前傾通常の 0m—100m における疾走速度との間には、強い相関関係 ($r=.849$, $p<.001$) があつた。

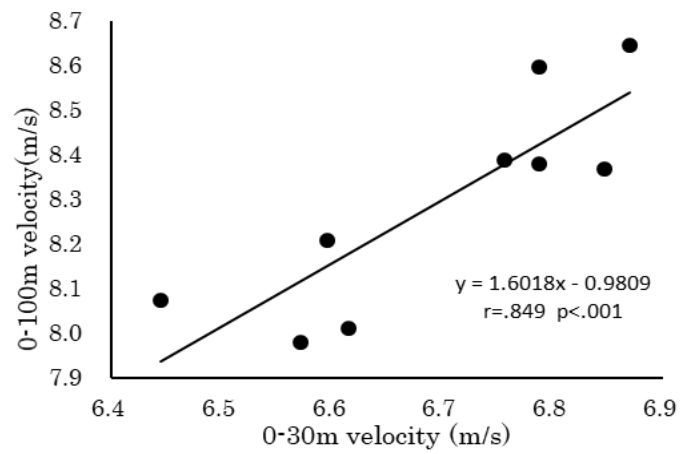


Fig. 2 Relationship between 0 m—30 m running velocity with normal method and 0 m—100 m running velocity with normal method.
[*: $p<.05$]

第4節 考察

本研究において、各被験者は、加速局面における前傾姿勢の保持を時間の長短で意識した。前傾短と前傾長の前傾角度は、前傾通常に比べ、5mから有意な差があらわれた。このことから、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、本研究の被験者に、スタート直後の5mという早い段階から、前傾角度を調整させる影響をあたえた。伊藤・伊藤（2010）は、加速局面において、前傾姿勢の保持を意識する距離を短くしたときの前傾角度は、前傾姿勢の保持を意識する距離を長くしたときよりも小さくなることを報告した。本研究においても、スタートから30mまでの前傾角度の大きさは、この報告と一致した結果であった。一方、3種類の加速方法間で、前傾角度の有意な違いがなくなったのは40mであった。このことから、本研究の競技水準の被験者では、前傾姿勢を長く維持する意識、短く維持する意識を用いたとしても、40m地点における前傾角度の違いはなくなることが示唆された。

本研究では、0m—30m、0m—40mにおいて、前傾通常と前傾長の疾走速度は、前傾短に比べ、有意に高かった（すべて $p < .05$ ）。したがって、前傾姿勢を時間的に短く保つ意識で加速することは、加速局面である0m—30m、0m—40mの疾走速度を減少させる役割があった。Morin et al.（2011）は、接地中に加えられた力積の水平成分に加えられた力積で除した値を用い、加速局面における加速能力について検討をおこなった。その結果、この値が大きい者ほど、加速局面における疾走速度が高かった。篠原・前田（2014）は、Morin et al.（2011）が用いたこの値について、スタートのブロッククリアランス局面で検討をおこなった。その結果、地面反力の作用方向がより前方に傾いた者ほど、体幹がより前傾していたことを報告した。この理由として篠原・前田（2014）は、前傾角度が大きくなることで、身体重心が低くなり、水平方向における負の方向に力を加えやすくなることを報告した。また、身体質量に対する胴体の質量比は48.9%である（阿江ほか、1992）。これらのことから、100m走の疾走中に前傾姿勢をとると身体重心が前方に移動し、接地位置と身体重心が結ぶ線分が前方に傾き、水平方向における負の方向に力を加えやすくなることが考えられた。小林ほか（2009）は、4歩目—6歩目という加速局面において、一流選手は、地面反力

の作用方向を進行方向に傾斜させ力積の水平成分を獲得し、身体の色度増加分の累積が大きなストライドでの疾走を可能にしたと報告した。したがって、身体の色度により、ストライドを増加させた可能性が考えられる。しかし、本研究において、加速局面におけるストライドの増加はなかった。したがって、本研究の被験者の水準では、前傾角度を大きくさせるという疾走動作の変化が、ストライドを改善させるには十分でない可能性があった。あるいは、地面反力の作用方向を進行方向に傾斜させるには、前傾角度以外による影響があることが考えられた。

本研究において、加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、加速局面における前傾角度という疾走動作を変化させた。しかし、その疾走動作の変化は、0m—10m や 0m—20m という加速の立ち上がりの疾走速度のみに作用し、0m—100m の疾走速度には影響を及ぼさなかった。加藤・木越（2012）は、男子大学生を被験者に、全力疾走時における遊脚の引き付け動作を意識的に変えさせた。その結果、被験者の実際の走動作は変化した。しかし、被験者の疾走速度は変化しなかった。つまり、1回の試技において、動作を意識的に変化させることは、実際の疾走動作を変化させるが、疾走速度を必ずしも増加させるとは限らない。一方、本研究において、前傾姿勢の保持を時間の長短で意識する1回の試技は、加速局面の疾走動作を変化させ、加速の立ち上がりの局面の疾走速度を増加させた。以上のことから、加速局面における前傾姿勢の保持を時間で意識することは、加速局面における疾走速度を増加させることへの有用性があることが示された。

加えて、30m の通過タイムが良い者ほど、最高疾走速度が高く、100m 走のタイムが良い（松尾ほか、2015）。本研究の被験者は、前傾通常の 0m—30m における疾走速度と前傾通常の 0m—100m における疾走速度との間には、強い相関関係（ $r=.849$, $p<.001$ ）があったことから、松尾（2015）の報告に一致した。また、最高疾走速度が高い短距離選手ほど、100m 走のタイムが短い（阿江ほか、1994；松尾ほか、2015）。これらのことから、前傾姿勢を意識的に長く保つことが、加速局面における走動作を改善し、0m—30m の疾走速度や最高疾走速度を増加させ、100m 走のタイムを改善する可能性が示された。したがって、継

続的な前傾姿勢を維持するためのトレーニングや実践への取り組みは、走動作や最高疾走速度、100m 走のタイムを改善する可能性があることが示唆された。

また、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、疾走速度の構成要素であるピッチとストライドを変化させなかった。これまで、短距離選手をピッチ型とストライド型に分けた研究がなされてきた（阿江ほか，1994；内藤ほか，2013）。疾走速度の増加の要因には、ピッチとストライドの上昇，ピッチの上昇，ストライドの上昇，ピッチとストライドに影響を受けないとされる4つのタイプがあるという報告もある（松尾ほか，2014）。したがって、疾走速度の増加がピッチとストライドのどちらから影響を受けているかは、個人により異なることが考えられた。今後、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いがパフォーマンスに及ぼす影響について、4つのタイプを個別に検討していく必要があると考えられた。

第5節 小括

本章では、100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、前傾角度、疾走速度、ピッチとストライドに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。被験者は、男子短距離選手9名であった。主な結果は、以下の通りであった。

- 1) 5m, 10m, 20m, 30m 地点において、前傾短の前傾角度は小さく、前傾長の前傾角度は大きかった。また、40m 地点において、3つの加速方法間で前傾角度に差はなかった。
- 2) 0m—10m, 0m—30m, 0m—40m において、前傾通常と前傾長の疾走速度は、前傾短よりも大きかった。
- 3) 前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、ピッチとストライドをほとんど変化させなかった。

以上の結果から、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、加速局面における前傾姿勢という走動作を変化させ、疾走速度に影響を及ぼすことが明らかになった。

第3章 100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが下肢動作， 筋放電量，パフォーマンスに及ぼす影響

第1節 目的

本章では，100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが，加速局面における下肢の動作への影響，加速局面，中間局面，減速局面におけるパフォーマンスと筋放電量への影響を明らかにすることを目的とした．

第2節 方法

第1項 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属している男子短距離選手6名（年齢：20.7±0.9歳，身長：171.3±6.0cm，体重：64.3±4.1kg，自己記録：11.19±0.21秒）であった。なお，すべての被験者には本実験の主旨，内容および危険性について事前に説明し，実験への参加の同意を得た。

第2項 実験試技

実験試技は，研究課題1と同じであった。

第3項 撮影方法

Fig. 3 に実験設定図を示した。5.0m，17.5m，32.5m 地点の側方 30m から固定された高速デジタルビデオカメラ（CASIO 社製，EXILIM EX-F1）（以下「カメラ」と略す）3台を用いて 0m—40m の範囲を撮影した。100m 地点の側方 40m からカメラ1台を用いて 40m—100m の範囲をパンニング撮影した。なお，カメラの撮影スピードとシャッタースピードは，それぞれ毎秒 300 コマと 1/2000 秒であった。また，池田ほか (2013) の研究を参考に，40m—90m の範囲における 10m 毎の通過地点と被験者の走行するレーンの両外側の2つの地点が同一線上になるように，コーンを2つずつ設置した。10m 毎の通過の時点をも，両端のコーン上端が結ぶ線分と被験者の胸骨上縁が重なった時点とした。

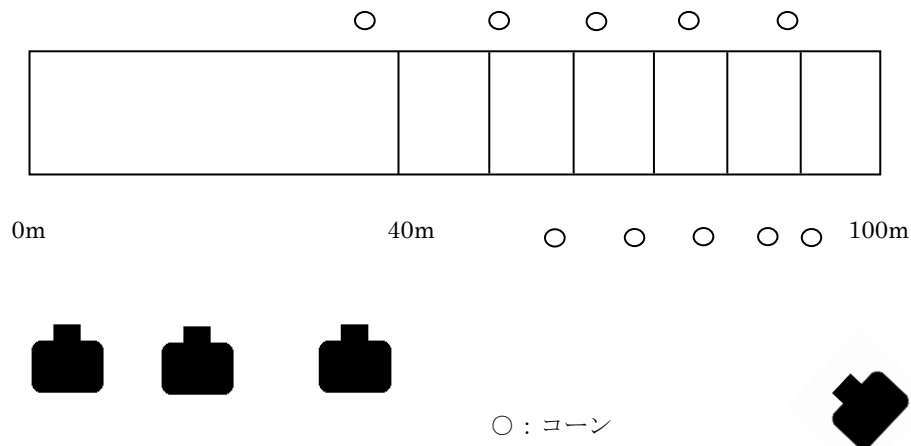


Fig. 3 Experiment setup.

第4項 測定項目と算出項目

本研究の被験者水準，速度曲線と先行研究の被験者水準，速度曲線の報告（小林ほか，2009；羽田ほか，2003；村木・宮川，1973）を考慮して，0m—40mを加速局面，40m—80mを中間局面，80m—100mを減速局面の対象とした。

加速局面において，10m以降から最高速度が出現するまでのトランジッション局面（Delecluse et al., 1995）が，パフォーマンスに大きく影響しているという報告（内藤ほか，2013）がある。したがって，トランジッション局面前期と後期と考えられる15m付近と35m付近における股関節，膝関節，足関節，大腿，下腿の角度及び角速度，脚スイング速度を測定した。加えて，加速局面の初期である5m付近における上記の値についても測定した。これらの測定値はビデオ動作解析装置（DKH社製，Frame-DIASIV）を用いて求められた。コンピュータに取り込んだビデオ画像から，ビデオ動作解析装置を用いて耳珠点，大転子，脛骨外側顆上縁，外果突点，足尖点の5点のデジタイズをおこなった。これらの実座標を二次元DLT法によって，較正マークをもとに実長換算から求めた。なお，デジタイズして求められたデータを，三点移動平均法を用いて6Hzのローパスデジタルフィルタに通過させた。また，被験者の進行方向をX軸，鉛直軸をY軸に用いた。較正マークの間隔をX軸は2.50m毎に，Y軸は0.20m毎に設定した。

関節とセグメントの角度定義を Fig. 4 に示した. また, 前傾角度, 大腿角度, 下腿角度, は鉛直線を基準とした. すべての角度は, 時計回りを正, 反時計回りを負の値として扱った. 脚スイング速度は, 時計回りを正, 反時計回りを負の値として扱った. 動作の局面分けとデータの規格化については羽田ほか (2003) や遠藤ほか (2008) の方法にしたがい, 2 歩分を 1 サイクルとし, 被験者の接地期を 100%, 回復期後半, 回復期前半をそれぞれ 50%として時系列変化のデータを規格化した.

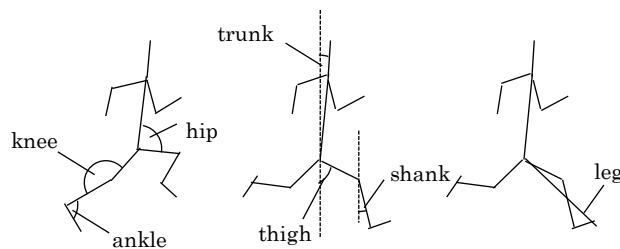


Fig. 4 Definition of the joints angle and the segment.

実験試技のスタート開始は, 雷管を用いておこなった. スタート開始から 40m 地点に被験者の胸骨上縁が重なった時点までの区間, その後は, 前の区間終了地点から 80m, 100m 地点に胸骨上縁が重なる時点までをそれぞれ次の区間とした. 全 3 区間の区間所要時間を求めるため, カメラで撮影されたビデオ画像をコンピュータに取り込み, 再生画像をコマ送りした. その後, 各区間にかかったコマ数と 1 コマ当たりの時間の積から, 区間所要時間の算出をおこなった. 区間歩数として, それぞれの区間で足が接地した回数を数えた. 2 区間にまたがった場合は, そのまたがった 1 歩の時間の比率によって 0.01 歩数単位で算出した. 以下に, 区間疾走速度, 区間ピッチ, 区間ストライドを求めるための式を示した.

区間疾走速度 (m/sec) = 各区間の距離/各区間の所要時間

区間ピッチ (steps/sec) = 各区間の歩数/各区間の所要時間

区間ストライド (m/step) = 各区間の距離/各区間の歩数

また, 加速局面における 5m, 15m, 35m 付近の 3 つの試技のピッチ, ストライド, 接地時間, 滞空時間を測定した. 5m, 15m, 35m 付近において, 杉林ほか (2003) の研究を参

考に、接地時から次の同じ足の接地時までの時間を算出して、その逆数をピッチとした。また、接地時と次の同じ足の接地時の足尖点のデジタイズをおこない、これらの実座標を二次元 DLT 法によって、較正マークをもとに実長換算した平均値をストライドとした。加えて、接地時から次の同じ足の接地時までの時間において、再生画像をコマ送りすることにより、接地している間の時間を接地時間、空中に身体がある時間を滞空時間とした。

疾走中の筋活動電位を電極数が 3 つ、電極間は 10mm のワイヤレス筋電センサ（ロジカルプロダクト社製）を 4 台用い、双極導出法により求めた。被験筋は大臀筋、大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋であった。木塚ほか（2006）を参考に、以下に示す筋活動電位の測定と処理をおこなった。剃毛、アルコール綿により皮脂の除去をおこない、皮膚前処理剤を用いて角質の除去をおこなった後、各筋の筋腹に電極を貼り付けた。筋腹中央を確認するため、被験者に収縮と弛緩を繰り返させた。神経筋接合部にはかからず、確認した筋腹中央部分に電極を貼り付けた。求められた筋活動電位を lp_wSensor7_std（ロジカルプロダクト社製）を使用して 1000Hz のサンプリング周波数で A/D 変換後、パーソナルコンピュータへ取り込んだ。この筋活動電位について、アーチファクト成分をハイパスフィルタで除去した後、全波整流し筋放電量として Root Mean Square（以下「RMS」と略す）を求めた。なお、ハイパスフィルタでは、データを遮断周波数 20Hz で 4 次位相ずれのないバターワースデジタルフィルタに通過させた。筋放電量は加速局面、中間局面、減速局面中の RMS の和を各局面にかかった時間で割り、単位時間当たりの値を求めた。

第 5 項 統計処理

測定値は平均値および標準偏差で示した。加速方法間の測定値の差を検討するために、Tukey-Kramer 法を用いて多重比較をおこなった。すべての検定では $p < .05$ を有意とし、 $p < .10$ を有意傾向とした。

第3節 結果

第1項 前傾角度

Fig. 5 に加速局面における3つの加速方法の前傾角度を示した。すべての加速方法の前傾角度は5m地点から40m地点にかけて漸減しており、同じ変化のパターンを示した。5m地点（前傾短<前傾通常, 前傾長）、10m地点（前傾短<前傾長）、15m地点（前傾短<前傾通常<前傾長）、20m地点（前傾短, 前傾通常<前傾長）、25m地点（前傾通常<前傾長）、35m地点（前傾短<前傾長）における前傾角度に有意な差が認められた。

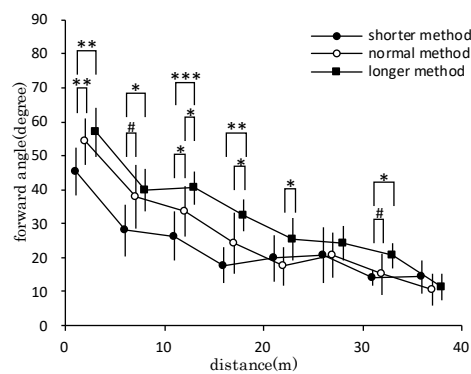


Fig. 5 Forward angle with three methods in the acceleration phase.

[***p<.001 **p<.01 *p<.05 #p<.10]

Fig. 6 に5m付近における3つの試技の前傾角度の変化を示した。また、左列を回復期後半、中列を接地期、右列を回復期前半として時系列変化を示した。Fig. 7 と Fig. 8 も同様の示し方をした。回復期後半において、0%—50%時点（前傾短<前傾通常, 前傾長）の前傾角度に有意な差が認められた。接地期において、0%—100%時点（前傾短<前傾通常, 前傾長）の前傾角度に有意な差が認められた。回復期前半において、0%—50%時点（前傾短<前傾通常, 前傾長）の前傾角度に有意な差が認められた。

Fig. 7 に15m付近における3つの試技の前傾角度の変化を示した。回復期後半において、0%—50%時点（前傾短<前傾通常, 前傾長）の前傾角度に有意な差が認められた。接地期において、0%, 40%, 60%, 70%, 80%, 90%（前傾短<前傾通常）、0%—100%時点（前傾

短く前傾長)の前傾角度に有意な差が認められた。回復期前半において、20%、40%、50%時点(前傾短く前傾通常)、0%—50%時点(前傾短く前傾長)40%、50%(前傾通常く前傾長)の前傾角度に有意な差が認められた。

Fig. 8に35m付近における3つの試技の前傾角度の変化を示した。回復期後半において、10%時点(前傾通常く前傾短)の前傾角度に有意な差が認められた。

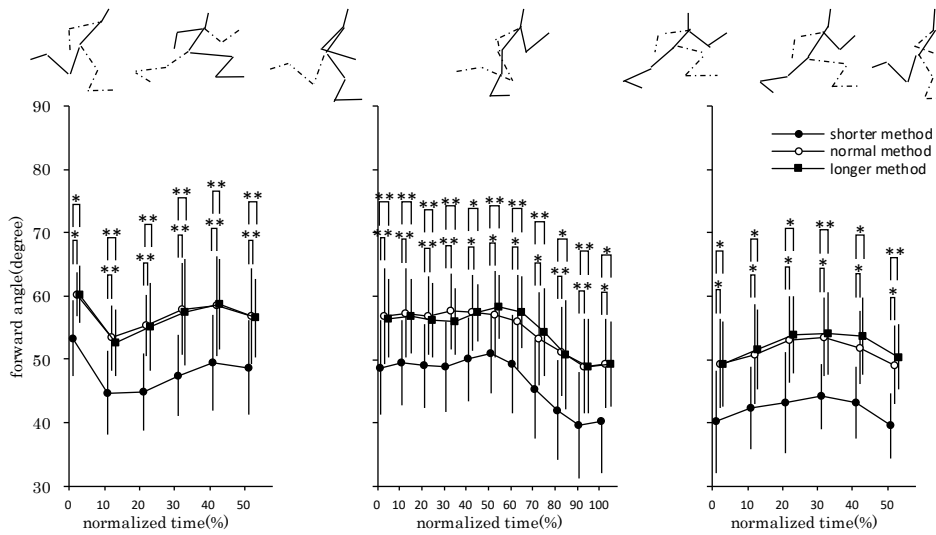


Fig. 6 Changes of the forward angle for each phase at the 5 m with the three acceleration methods.

[**: $p < .01$ *: $p < .05$]

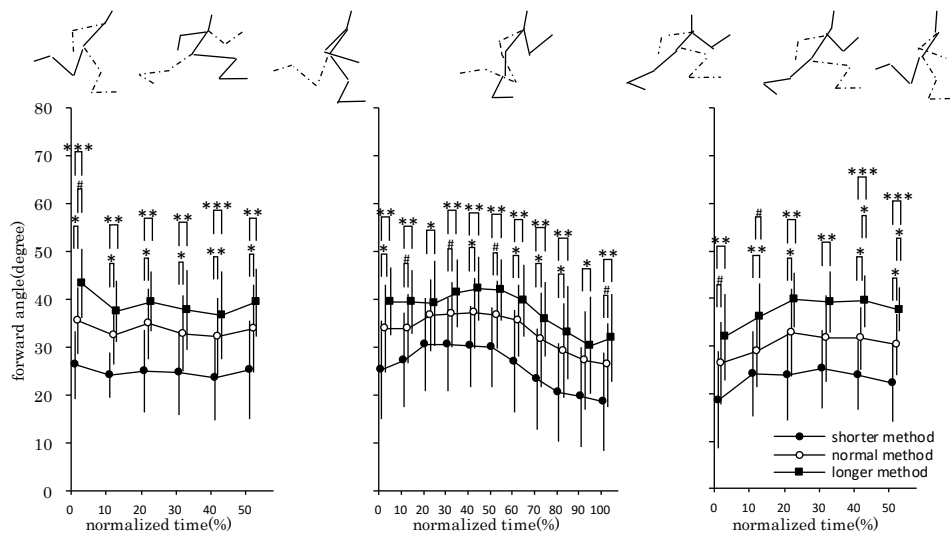


Fig. 7 Changes of the forward angle for each phase at the 15 m with the three acceleration methods.

[***:p<.001 **:p<.01 *:p<.05 #:p<.10]

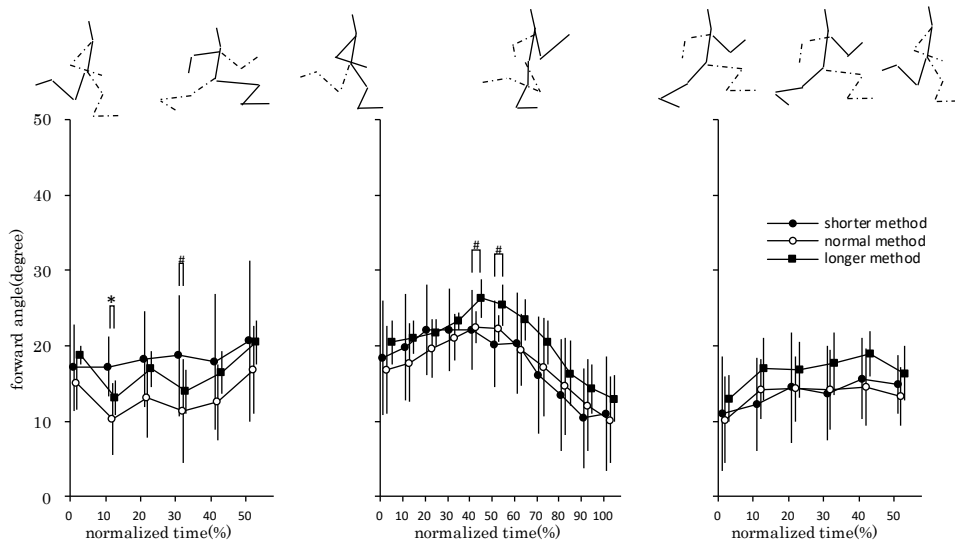


Fig. 8 Changes of the forward angle for each phase at the 35 m with the three acceleration methods.

[*:p<.05 #:p<.10]

第2項 疾走速度, ピッチ, ストライド

Table 4 に加速局面, 中間局面, 減速局面における3つの試技の疾走速度, ピッチ, ストライドを示した. 減速局面 (前傾短く前傾長) における疾走速度に有意な差が認められた. すべての局面において, 3つの加速方法間のピッチに有意な差はなかった. 加速局面 (前傾短く前傾長) におけるストライドに有意な差が認められた.

Table 4 Running velocity, stride frequency, and stride length in the acceleration, maximum, and deceleration phase.

		Shorter method	Normal method	Longer method	Multiple comparison
Running velocity (m/sec)	0 m—40 m	7.07±0.22	7.17±0.12	7.18±0.16	n.s.
	40 m—80 m	9.18±0.30	9.31±0.34	9.32±0.42	SM < NM#, LM#
	80 m—100 m	8.79±0.38	8.92±0.32	9.04±0.40	SM < LM**
Stride frequency (steps/sec)	0 m—40 m	4.34±0.22	4.35±0.17	4.34±0.25	n.s.
	40 m—80 m	4.61±0.19	4.64±0.12	4.64±0.22	n.s.
	80 m—100 m	4.31±0.16	4.33±0.13	4.37±0.23	n.s.
Stride length (m/step)	0 m—40 m	1.63±0.07	1.65±0.06	1.66±0.07	SM < NM#, LM**
	40 m—80 m	1.99±0.10	2.01±0.09	2.01±0.09	n.s.
	80 m—100 m	2.04±0.11	2.06±0.10	2.08±0.16	n.s.

SM:Shorter method NM:Normal method LM:Longer method **:p<.01 #:p<.10

Table 5 に加速局面における 5m, 15m, 35m 付近の 3 つの試技のピッチ, ストライド, 接地時間, 滞空時間を示した. 15m 付近 (前傾短く前傾長) におけるストライドに有意な差が認められた.

Table 5 Running velocity, stride frequency, stride length, support time, and air time at the 5 m, 15 m and, 35m with the three acceleration methods.

		Shorter method	Normal method	Longer method	Multiple comparison
Stride frequency (steps/sec)	5 m	4.56±0.23	4.50±0.31	4.60±0.31	n.s.
	15 m	4.69±0.20	4.67±0.14	4.72±0.21	n.s.
	35 m	4.63±0.20	4.75±0.14	4.72±0.32	n.s.
Stride length (m/step)	5 m	1.33±0.04	1.35±0.07	1.36±0.06	n.s.
	15 m	1.75±0.08	1.79±0.08	1.80±0.06	SM < NM#, LM*
	35 m	1.94±0.10	1.92±0.09	1.95±0.12	n.s.
Support Time (sec)	5 m	0.14±0.02	0.14±0.03	0.13±0.01	n.s.
	15 m	0.10±0.01	0.10±0.01	0.11±0.01	n.s.
	35 m	0.10±0.01	0.10±0.00	0.10±0.01	n.s.
Air Time (sec)	5 m	0.08±0.00	0.09±0.02	0.08±0.01	n.s.
	15 m	0.11±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01	n.s.
	35 m	0.12±0.00	0.11±0.01	0.12±0.01	n.s.

SM:Shorter method NM:Normal method LM:Longer method *:p<.05 #:p<.10

第3項 下肢関節角度，大腿・下腿角度

Fig. 9 に 5m 付近における 3 つの試技の股関節角度（上段），膝関節角度（中段），足関節角度（下段）の変化を示した。また，左列を回復期後半，中列を接地期，右列を回復期前半として時系列変化を示した。Fig. 11 と Fig. 13 も同様の示し方をした。回復期後半において，40%，50%時点（前傾通常，前傾長<前傾短）の股関節角度に有意な差が認められた。20%，30%時点（前傾通常<前傾短）の足関節角度に有意な差が認められた。接地期において，0%，10%，20%，30%，60%，70%，80%，90%（前傾通常<前傾短），0%—100%時点（前傾長<前傾短）の股関節角度に有意な差が認められた。70%時点（前傾長<前傾短）の膝関節角度に有意な差が認められた。回復期前半において，0%時点（前傾長<前傾短）の股関節角度に有意な差が認められた。

Fig. 10 に 5m 付近における 3 つの試技の大腿角度（上段），下腿角度（下段）の変化を示した。また，左列を回復期後半，中列を接地期，右列を回復期前半として時系列変化を示した。Fig. 12 と Fig. 14 も同様の示し方をした。接地期において，50%—80%時点（前傾長<前傾短）の大腿角度に有意な差が認められた。回復期前半において，30%—50%時点（前傾短<前傾通常）の下腿角度に有意な差が認められた。

Fig. 11 に 15m 付近における 3 つの試技の股関節角度，膝関節角度，足関節角度の変化を示した。回復期後半において，40%，50%時点（前傾通常，前傾長<前傾短）の股関節角度に有意な差が認められた。20%時点（前傾通常<前傾短）の膝関節角度に有意な差が認められた。接地期において，0%—80%時点（前傾通常<前傾短），0%—100%時点（前傾長<前傾短）の股関節角度に有意な差が認められた。70%，80%時点（前傾通常，前傾長<前傾短）の膝関節角度に有意な差が認められた。回復期前半において，0%—20%時点（前傾長<前傾短）の股関節角度に有意な差が認められた。

Fig. 12 に 15m 付近における 3 つの試技の大腿角度，下腿角度の変化を示した。回復期後半において，0%時点（前傾短<前傾通常）の下腿角度に有意な差が認められた。接地期において，40%，50%時点（前傾通常<前傾短），40%—90%時点（前傾長<前傾短）の大腿角

度に有意な差が認められた。回復期前半において、30%—50%時点（前傾短<前傾長）の大腿角度に有意な差が認められた。40%、50%時点（前傾短<前傾通常）、50%時点（前傾短<前傾長）の下腿角度に有意な差が認められた。

Fig. 13 に 35m 付近における 3 つの試技の股関節角度、膝関節角度、足関節角度の変化を示した。回復期後半において、40%時点（前傾短<前傾通常）の股関節角度に有意な差が認められた。0%時点（前傾通常<前傾短）の膝関節角度に有意な差が認められた。接地期において、40%、50%時点（前傾通常、前傾長<前傾短）の膝関節角度に有意な差が認められた。40%時点（前傾通常<前傾短）の足関節角度に有意な差が認められた。回復期前半において、10%時点（前傾通常、前傾長<前傾短）の膝関節角度に有意な差が認められた。

Fig. 14 に 35m 付近における 3 つの試技の大腿角度、下腿角度の変化を示した。接地期において、50%、60%、90%、100%時点（前傾短<前傾通常）、40%、50%、100%時点（前傾短<前傾長）の下腿角度に有意な差が認められた。回復期前半において、0%、10%時点（前傾短<前傾通常）、0%時点（前傾短<前傾長）の下腿角度に有意な差が認められた。

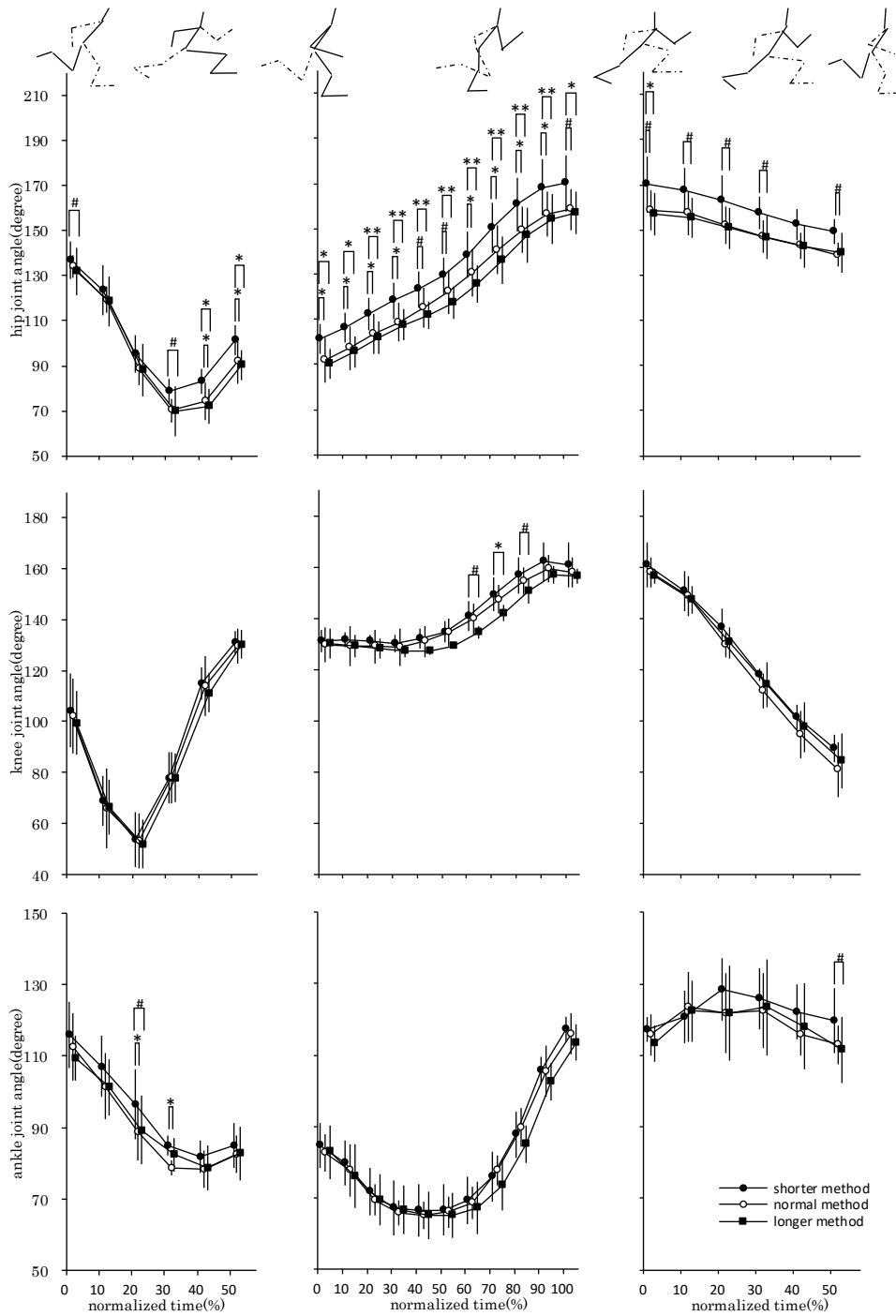


Fig. 9 Changes of the hip, knee, and ankle joints angle for each phase at the 5 m with the three acceleration methods.

[**:p<.01 *:p<.05 #:p<.10]

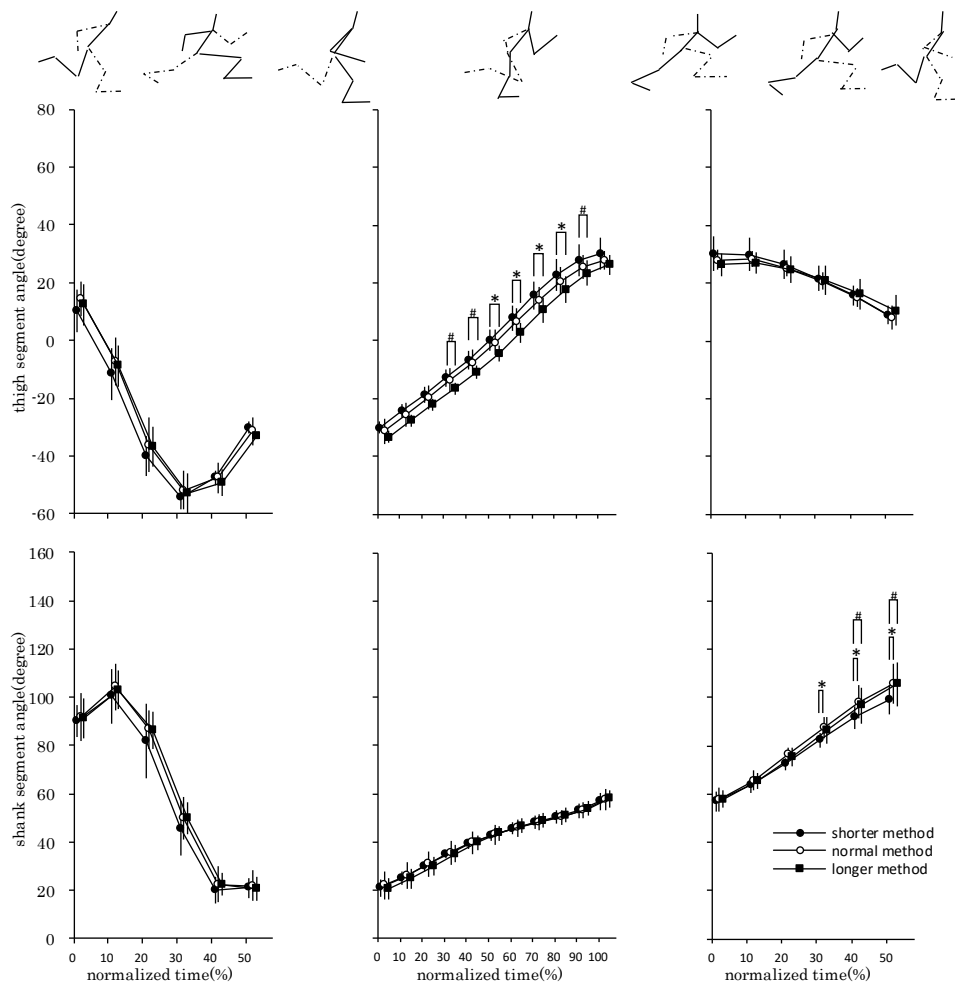


Fig. 10 Changes of the thigh, and shank segment angle for each phase at the 5 m with the three acceleration methods.
[*:p<.05 #:p<.10]

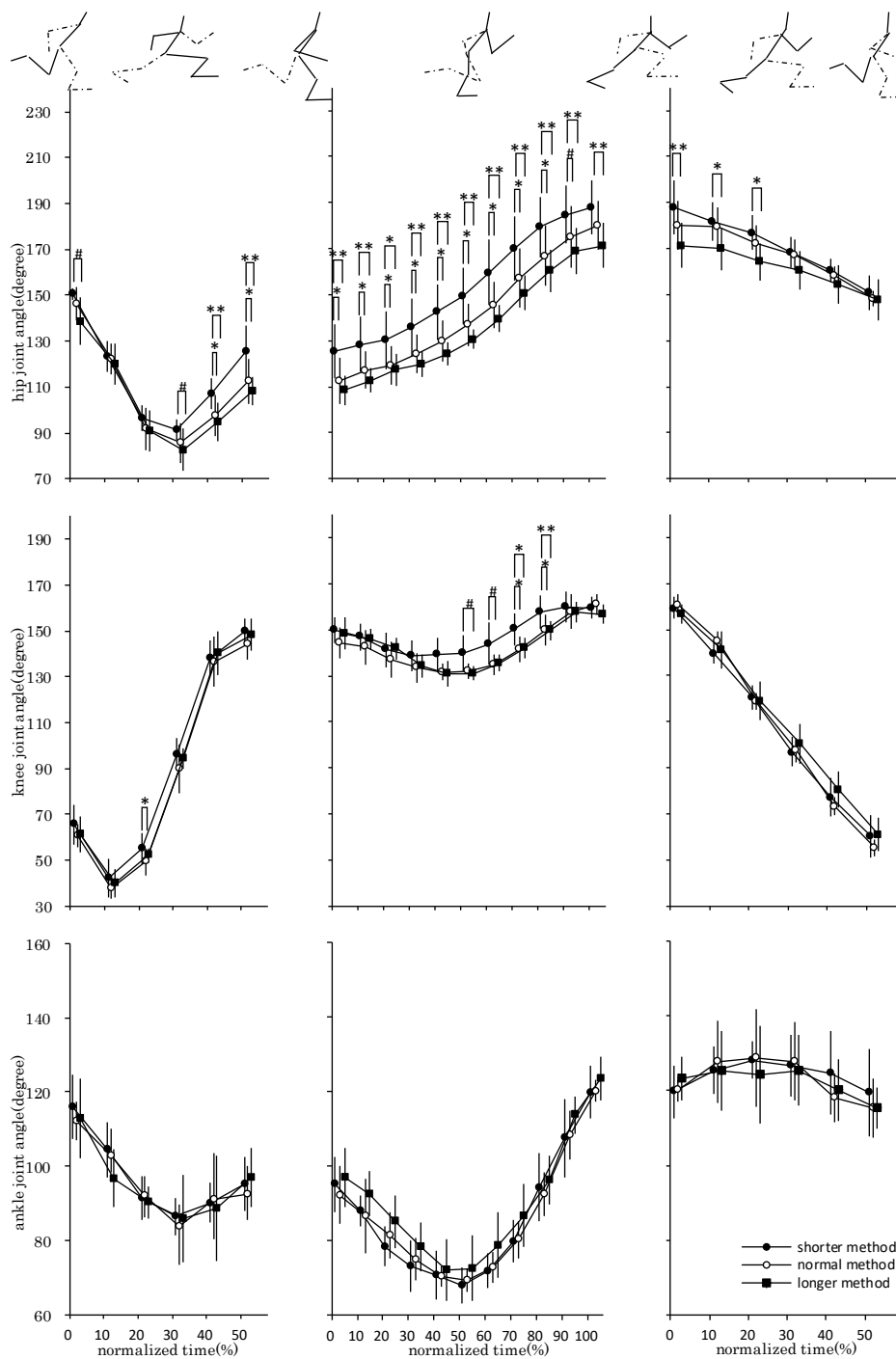


Fig. 11 Changes of the hip, knee, and ankle joints angle for each phase at the 15 m with the three acceleration methods.

[**: $p < .01$ *: $p < .05$ #: $p < .10$]

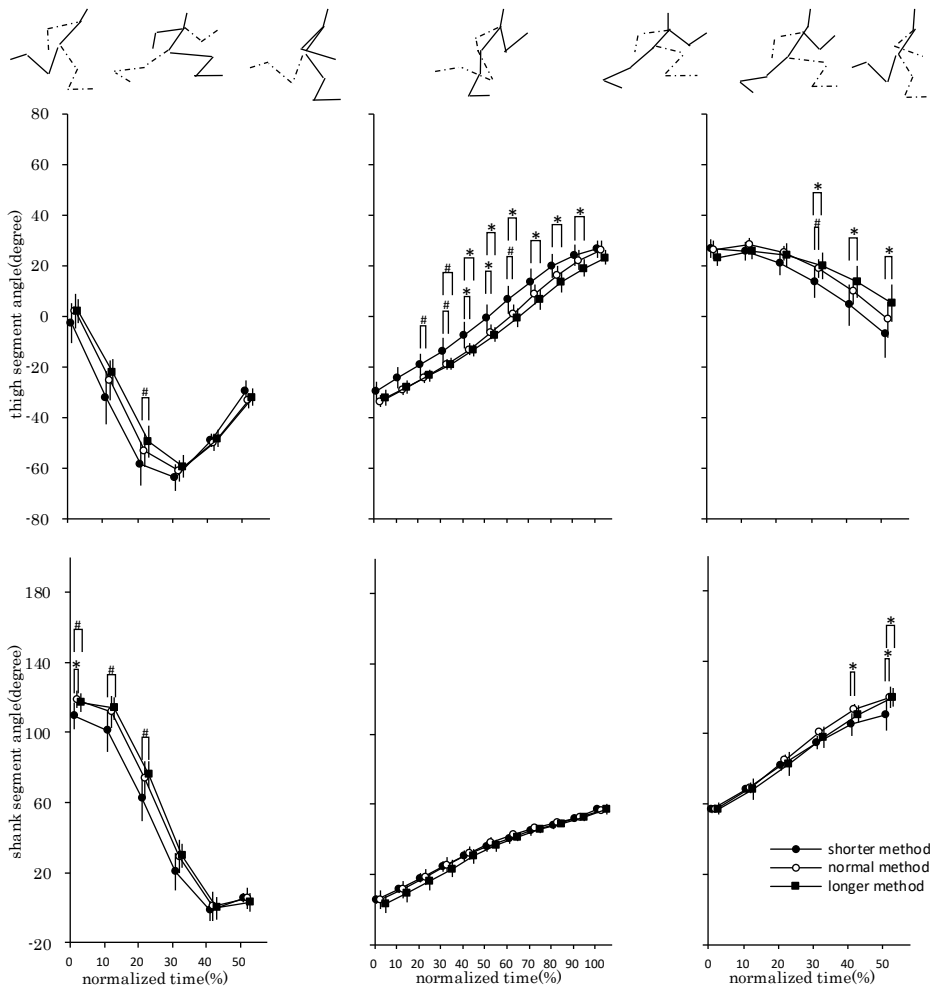


Fig. 12 Changes of the thigh, and shank segment angle for each phase at the 15 m with the three acceleration methods.
 [*: $p < .05$ #: $p < .10$]

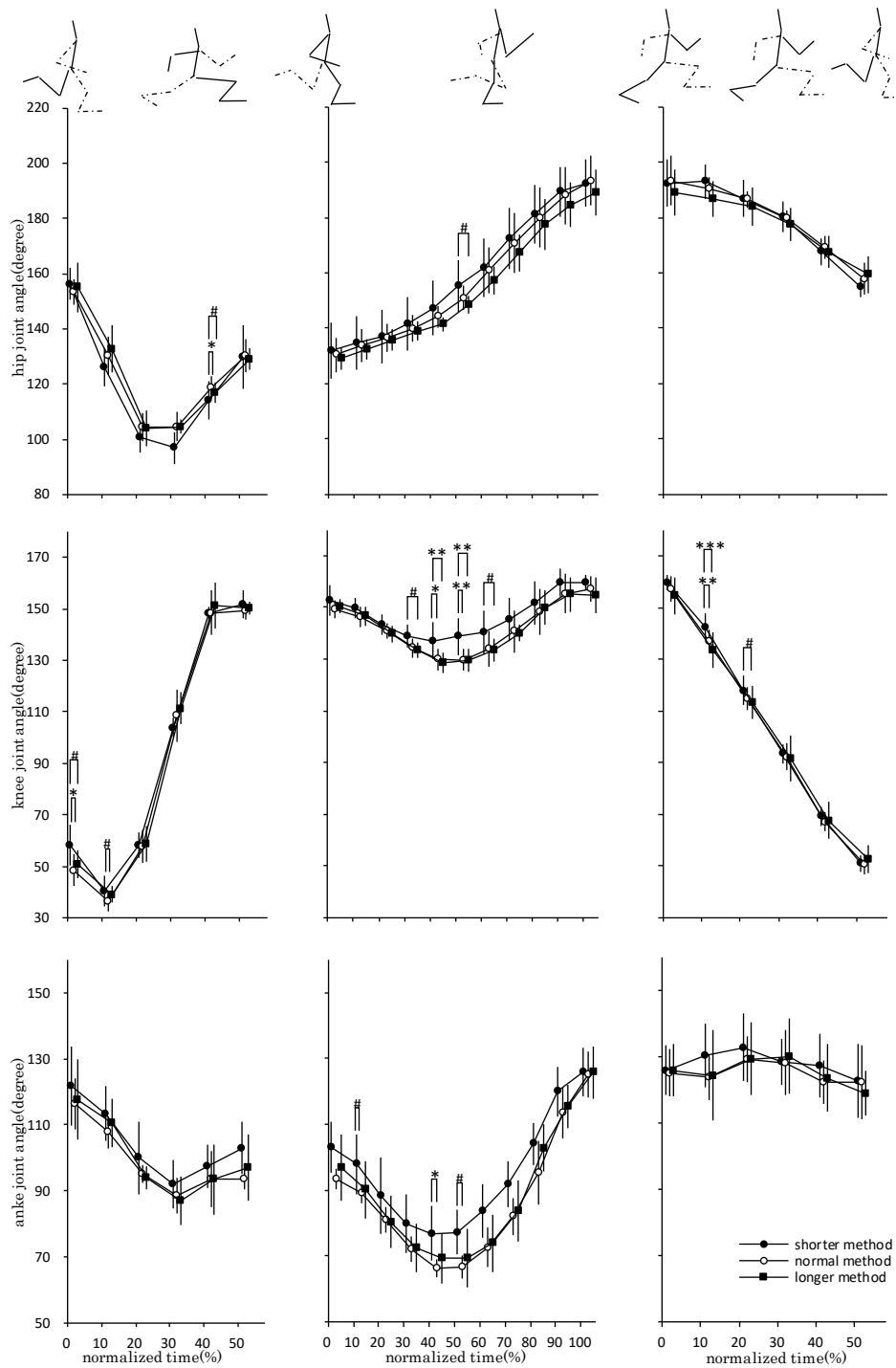


Fig. 13 Changes of the hip, knee, and ankle joints angle for each phase at the 35 m with the three acceleration methods.

[**:p<.01 *:p<.05 #:p<.10]

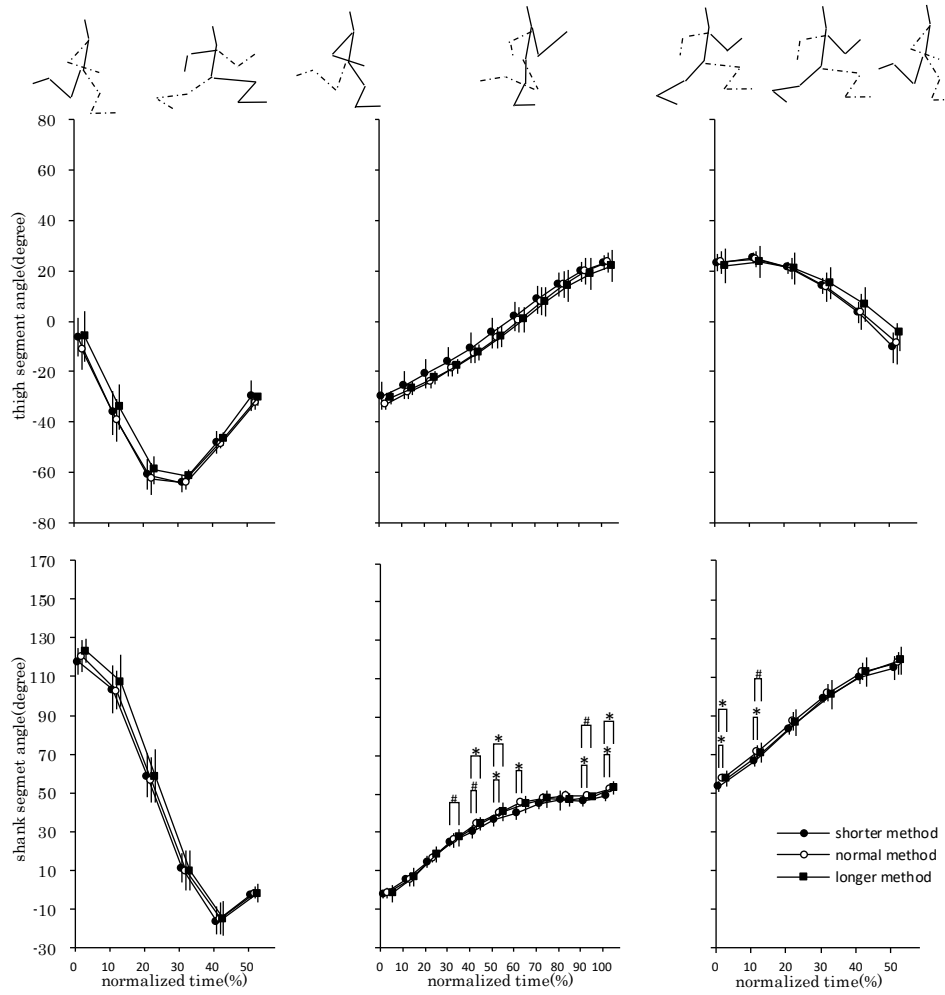


Fig. 14 Changes of the thigh, and shank segment angle for each phase at the 35 m with the three acceleration methods.

[*: $p < .05$ #: $p < .10$]

第4項 下肢関節角速度，大腿・下腿角速度，脚スイング速度

Fig.15 に 5m 付近における 3 つの試技の股関節角速度（上段），膝関節角速度（中段），足関節角速度（下段）の変化を示した。また，左列を回復期後半，中列を接地期，右列を回復期前半として時系列変化を示した。Fig. 17 と Fig.19 も同様の示し方をした。回復期後半において，40%時点（前傾短，前傾長<前傾通常）の足関節角速度に有意な差が認められた。

Fig.16 に 5m 付近における 3 つの試技の大腿角速度（上段），下腿角速度（中段），脚スイング速度（下段）の変化を示した。また，左列を回復期後半，中列を接地期，右列を回復期前半として時系列変化を示した。Fig. 18 と Fig. 20 も同様の示し方をした。回復期前半において，30%時点（前傾短<前傾長）の大腿角速度に有意な差が認められた。10%，20%時点（前傾短<前傾通常）の下腿角速度に有意な差が認められた。

Fig.17 に 15m 付近における 3 つの試技の股関節角速度，膝関節角速度，足関節角速度の変化を示した。回復期後半において，0%時点（前傾短<前傾長）の股関節角速度に有意な差が認められた。接地期において，70%—90%時点（前傾短<前傾通常）の股関節角速度に有意な差が認められた。70%—90%時点（前傾短<前傾通常），20%—40%時点（前傾長<前傾短）の膝関節角速度に有意な差が認められた。90%時点（前傾長<前傾通常）の足関節角速度に有意な差が認められた。回復期前半において，10%—40%時点（前傾短<前傾長）の股関節角速度に有意な差が認められた。30%時点（前傾通常<前傾長）の膝関節角速度に有意な差が認められた。

Fig.18 に 15m 付近における 3 つの試技の大腿角速度，下腿角速度，脚スイング速度の変化を示した。回復期後半において，0%時点（前傾短<前傾長），50%時点（前傾長<前傾短）の大腿角速度に有意な差が認められた。30%時点（前傾通常，前傾長<前傾短）の下腿角速度に有意な差が認められた。接地期において，70%—100%時点（前傾短<前傾通常）の大腿角速度に有意な差が認められた。0%—40%時点（前傾長<前傾短），90%—100%時点（前傾短<前傾長）の大腿角速度に有意な差が認められた。30%時点（前傾短<前傾長），

80%時点（前傾通常<前傾短）の下腿角速度に有意な差が認められた。50%、60%時点（前傾長<前傾短）、60%時点（前傾長<前傾通常）の脚スイング速度に有意な差が認められた。回復期前半において、0%時点（前傾短<前傾通常）、0%—50%時点（前傾短<前傾長）の大腿角速度に有意な差が認められた。20%時点（前傾短<前傾通常）、20%—40%時点（前傾短<前傾長）の下腿角速度に有意な差が認められた。

Fig.19 に 35m 付近における 3 つの試技の股関節角速度、膝関節角速度、足関節角速度の変化を示した。回復期後半において、50%時点（前傾長<前傾短）の膝関節角速度に有意な差が認められた。接地期において、0%—20%時点（前傾長<前傾短）の膝関節角速度に有意な差が認められた。

Fig.20 に 35m 付近における 3 つの試技の大腿角速度、下腿角速度、脚スイング速度の変化を示した。回復期前半において、50%時点（前傾短<前傾長）の大腿角速度に有意な差が認められた。

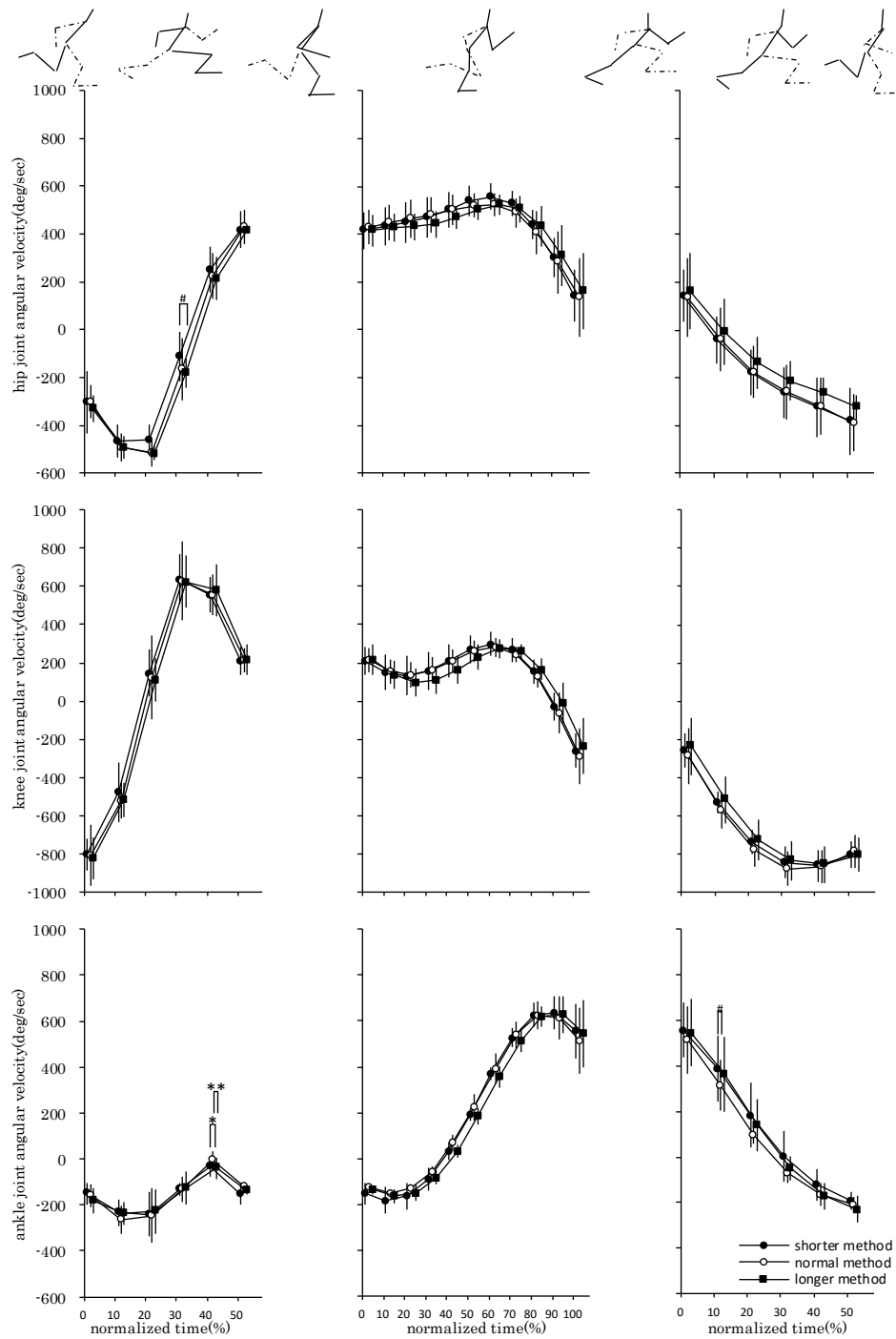


Fig. 15 Changes of the hip, knee, and ankle joints angular velocity for each phase at the 5 m with the three acceleration methods.
 [**:p<.01 *:p<.05 #:p<.10]

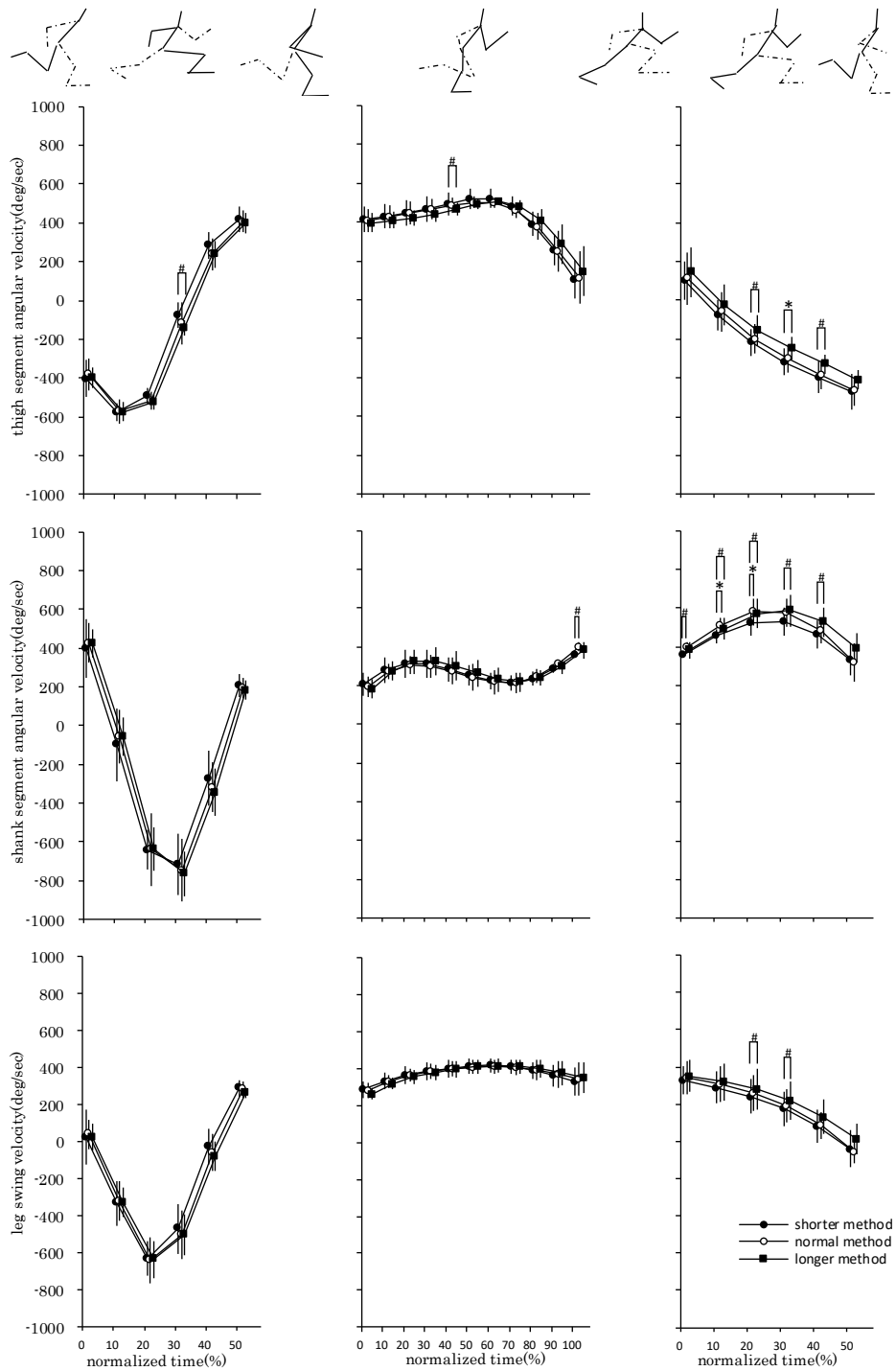


Fig. 16 Changes of the thigh, and shank segment angular velocity, and leg swing velocity for each phase at the 5 m with the three acceleration methods.

[*: $p < .05$ #: $p < .10$]

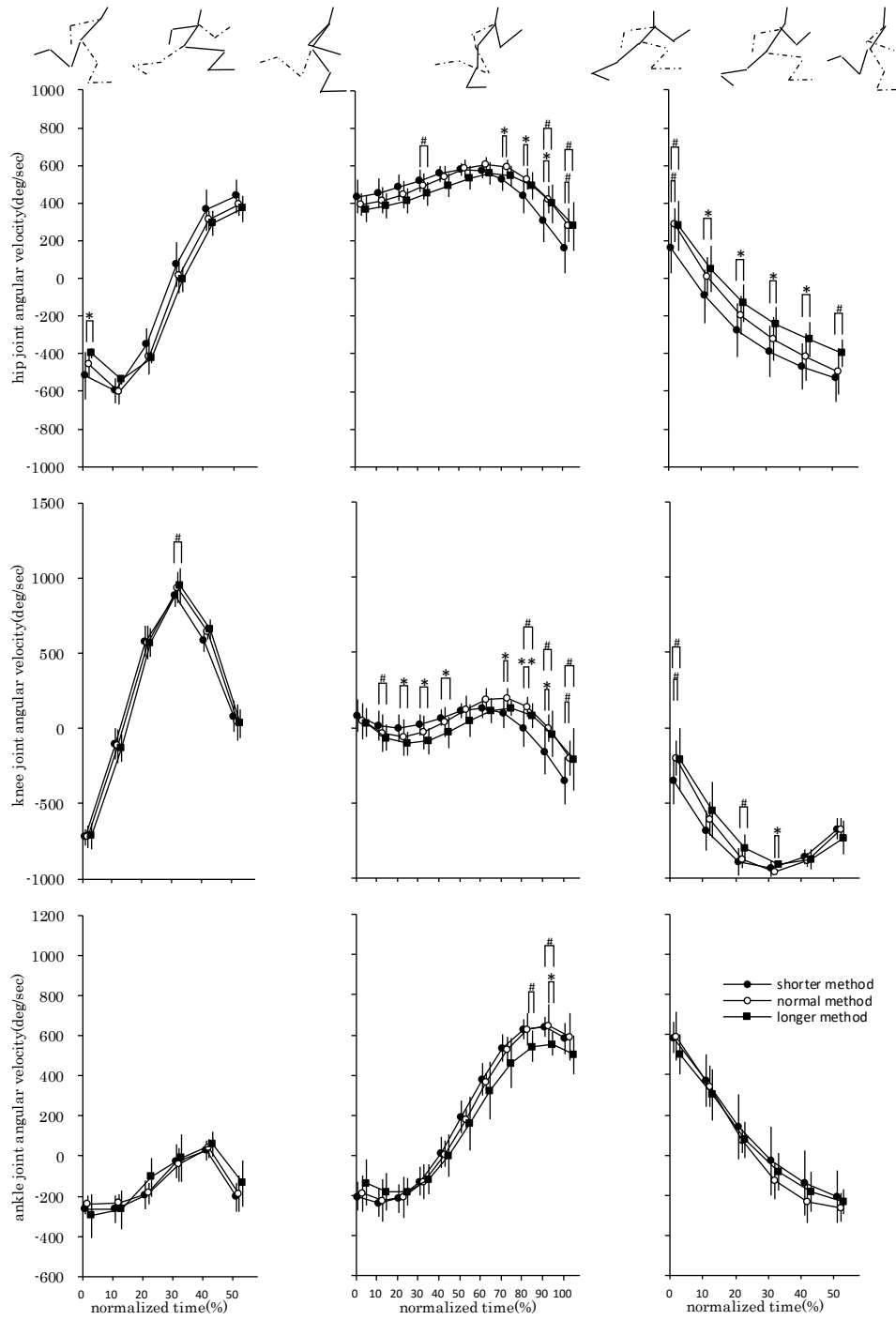


Fig. 17 Changes of the hip, knee, and ankle joints angular velocity for each phase at the 15 m with the three acceleration methods.
 [**: $p < .01$ *: $p < .05$ #: $p < .10$]

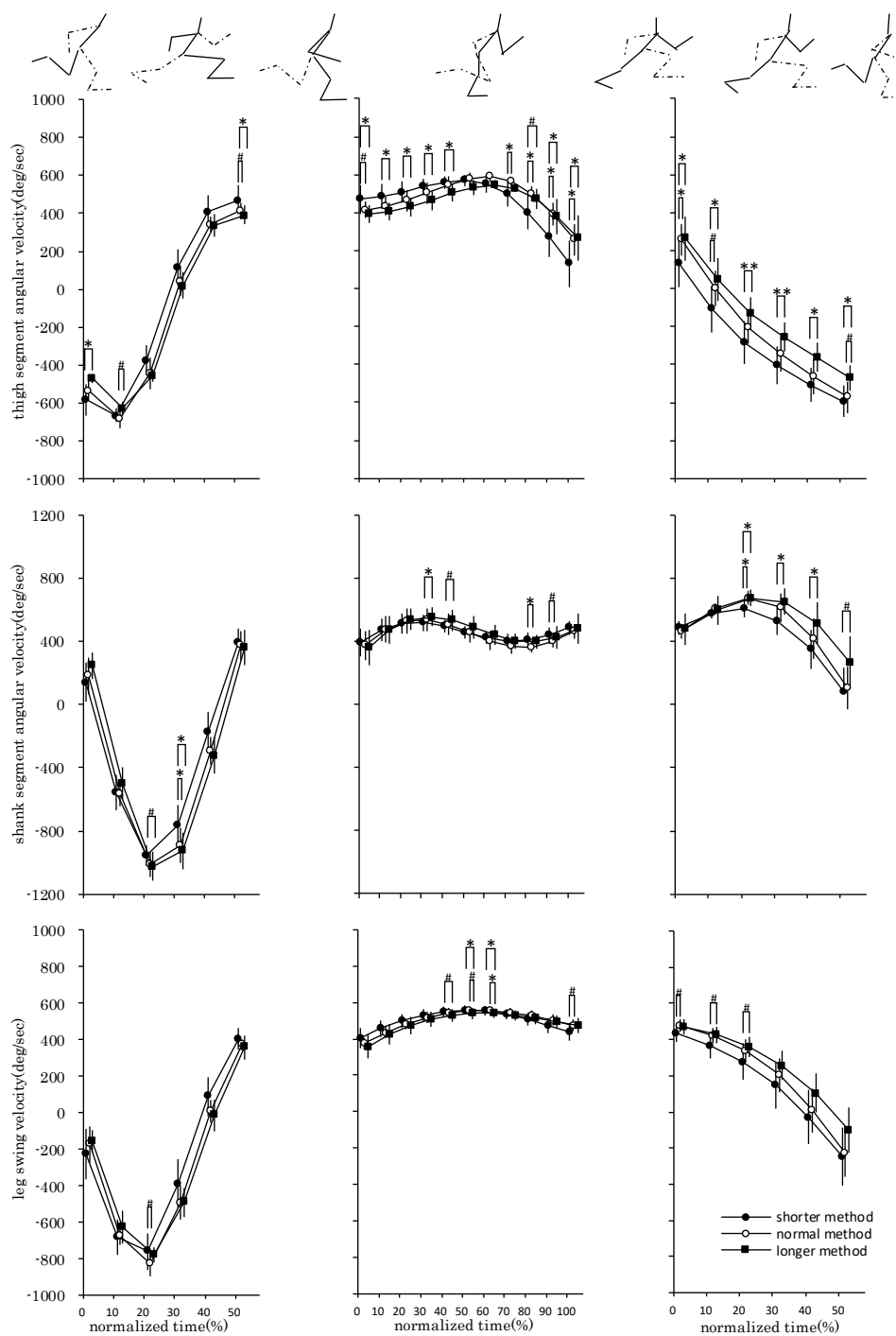


Fig. 18 Changes of the thigh, and shank segment angular velocity, and leg swing velocity for each phase at the 15 m with the three acceleration methods.
 [**: $p < .01$ *: $p < .05$ #: $p < .10$]

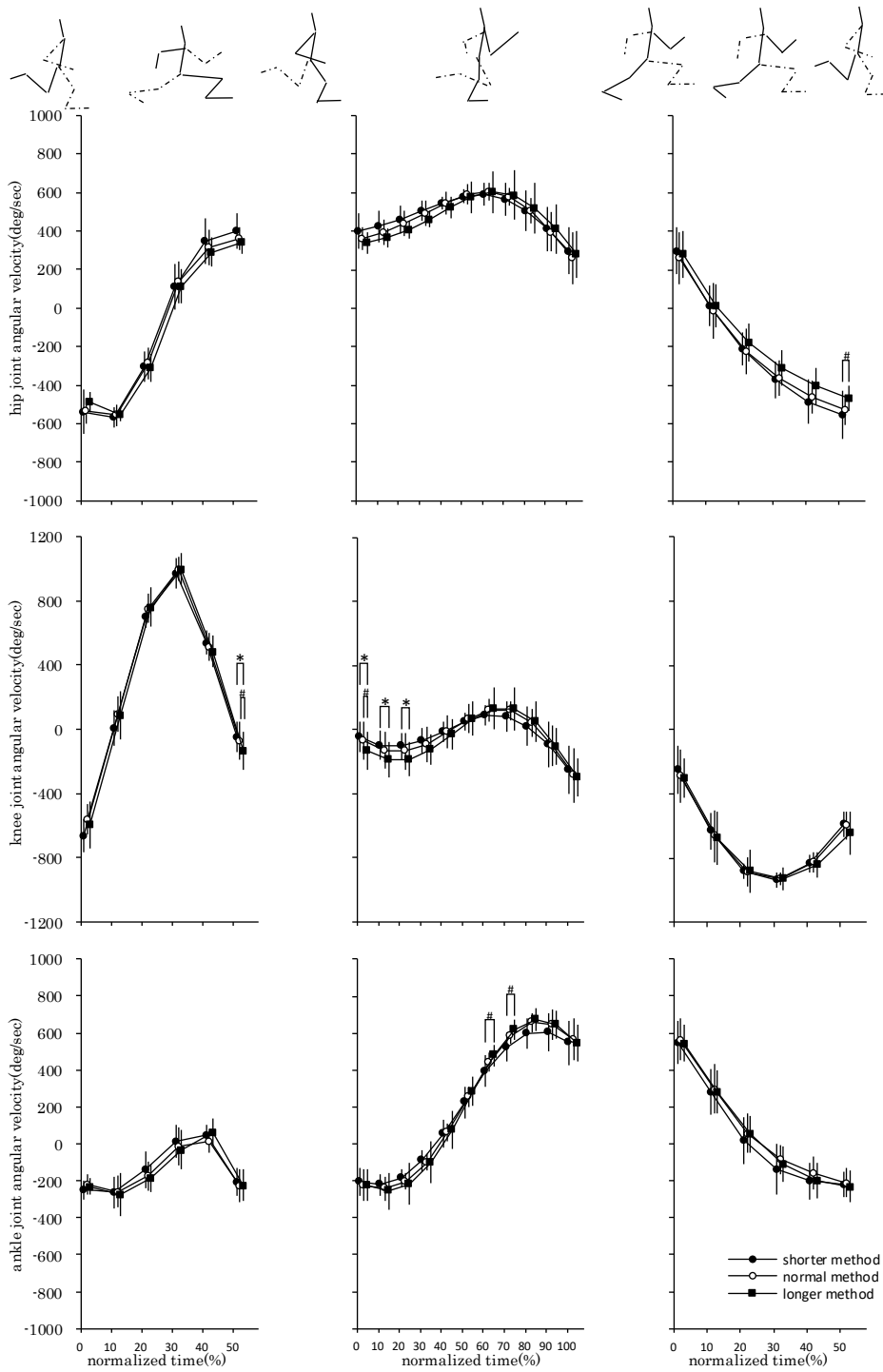


Fig. 19 Changes of the hip, knee, and ankle joints angular velocity for each phase at the 35 m with the three acceleration methods.

[*: $p < .05$ #: $p < .10$]

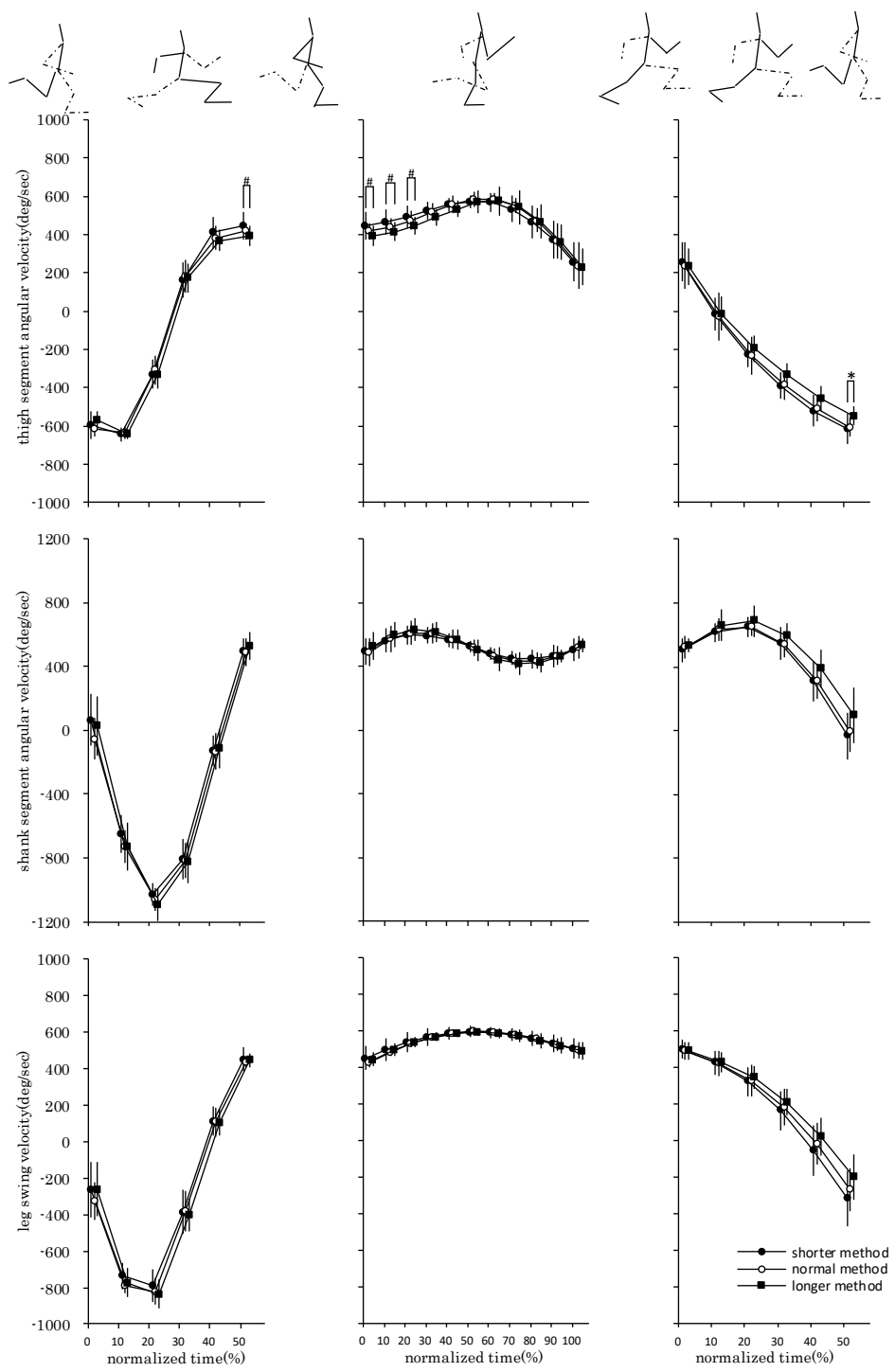


Fig. 20 Changes of the thigh, and shank segment angular velocity, and leg swing velocity for each phase at the 35 m with the three acceleration methods.
 [#:p<.10]

第5項 筋放電量

Table 6 に加速局面，最高速度局面，減速局面における3つの加速方法の単位時間当たりの大殿筋，大腿直筋，大腿二頭筋，腓腹筋のRMSを示した。また，各局面における3つの加速方法間で比較した際，各筋肉のRMSが小さい順に，白，ドット，横線で示した。加速局面（前傾長>前傾通常）における腓腹筋のRMSに有意傾向が認められた。減速局面（前傾長>前傾通常）における大腿二頭筋のRMSに有意傾向が認められた。

Table 6 RMS of the gluteus maximus, rectus femoris, biceps femoris and, gastrocnemius muscle per unit time of three trials in the acceleration, maximum speed, and deceleration phases.

		Shorter method	Normal method	Longer method	Multiple comparison
RMS of 0m—40m(mv)	Gluteus maximus	176.9±51.7	189.1±54.6	183.1±41.6	n.s.
	Rectus femoris	245.2±30.7	226.9±29.9	251.4±50.6	n.s.
	Biceps femoris	338.6±68.3	350.4±84.6	349.5±79.9	n.s.
	Gastrocnemius	218.2±39.0	193.0±47.4	229.4±56.5	NM<LM#
RMS of 40m—80m(mv)	Gluteus maximus	166.7±56.6	190.1±71.0	178.4±49.4	n.s.
	Rectus femoris	246.8±34.7	266.2±44.5	278.0±48.5	n.s.
	Biceps femoris	346.6±82.7	336.7±95.1	349.3±77.6	n.s.
	Gastrocnemius	200.8±59.5	219.9±49.5	226.3±43.1	n.s.
RMS of 80m—100m(mv)	Gluteus maximus	161.1±57.4	177.7±68.2	176.1±50.6	n.s.
	Rectus femoris	231.5±48.5	251.8±33.3	262.9±51.3	n.s.
	Biceps femoris	329.2±97.7	305.0±82.0	346.7±113.0	NM<LM#
	Gastrocnemius	193.6±61.3	251.9±46.2	232.6±50.5	n.s.

SM:Shorter method NM:Normal method LM:Longer method #p<.10

第4節 考察

第1項 前傾姿勢の保持

加藤・木越（2012）は、走者が任意の意識で目的の動作をおこなった時、疾走動作がどのような変化を起こすのかという知見を集積することが必要であることを報告した。本研究において、被験者は任意の時間の長短の意識で前傾姿勢の保持をおこなう3つの加速方法を用いて100mを走行した。その結果、前傾短の前傾角度はスタート直後から他の加速方法より小さく、前傾長の前傾角度はスタート直後から他の加速方法より大きくなること示された。したがって、走者は時間の長短の違いにより、前傾姿勢の保持をしようとすると、スタート直後から前傾角度を変化させることが明らかになった。また40m地点において、本研究の被験者水準では、3つの加速方法の前傾角度はほぼ同様となることが明らかになった。

第2項 接地期における疾走動作

Morin et al. (2011) は、接地中に加えられた力積の水平成分を加えられた力積で除した値を用い、加速局面における加速能力について検討をおこなった。その結果、この値が大きい者ほど、加速局面における疾走速度が高かった。篠原・前田（2014）は、Morin et al. (2011) が用いたこの値について、スタートティンブブロックに対して力を加えるブロッククリアランス局面で検討をおこなった。その結果、地面反力の作用方向がより前方に傾いた者ほど、離地時における股関節角度は小さく、体幹がより前傾していたことを報告した。この理由として篠原・前田（2014）は、股関節角度が小さくなることと前傾角度が大きくなることで、身体重心が低くなり、力をより水平方向に傾けて加えやすくなることを報告した。本研究において、前傾通常と前傾長は15m付近の離地時を含めた接地期における股関節角度が小さく、加速局面のほとんどの地点における前傾角度が前傾短に比べて大きかった。以上のことから、接地期において、前傾通常と前傾長は、地面反力の力積の水平成分を増加させる疾走動作になる可能性があると考えられた。

馬場ほか（2000）や伊藤ほか（1997）の報告によると、接地中における膝関節は屈曲をした後に伸展していくが、トルクの推移は伸展トルクを示した。また、接地中における足関節は背屈をした後に底屈していくが、トルクの推移は底屈トルクを示した。したがって、この動作は筋腱複合体の伸張—短縮サイクルが起こっていると考えられる（馬場ほか、2000）。この伸張—短縮サイクルでは、接地期前半における筋腱複合体の伸張時に弾性エネルギーが貯蔵され、そのエネルギーが筋腱複合体の短縮時に利用されていると考えられている（Ishikawa and Komi, 2004）。また、筋肉の伸張速度が大きくなることで、発揮張力が増加する（ウィンター、2011）。本研究の15m付近と35m付近の接地期前半において、前傾長の膝関節角速度は、前傾短よりも小さかった。したがって、前傾長の膝関節伸展筋の伸張速度が増大したことを示している。以上のことから、前傾長は、大きな伸張速度で弾性エネルギーを利用していた可能性が考えられた。したがって、前傾長は、前傾短よりも地面に大きい力を加えていた可能性が考えられた。

本研究の35m付近の接地期において、前傾通常と前傾長の下腿角度は、前傾短よりも大きくなった。阿江（2001）は、接地期における下腿角度が大きくなることが、推進力が前方に向けられたことを示した。また、小木曾ほか（1998）は、接地期後半において、下腿の後下方向への力積が増加したことが、疾走速度の増加につながったと報告した。以上のことから、前傾通常と前傾長は下腿を前方向に傾けさせたことで、地面反力の正の水平成分を増加させる可能性があると考えられた。また、世界一流の陸上競技選手は、接地脚小腿の前傾角度が大きい（矢田ほか、2011）。したがって、前傾通常と前傾長は、前傾短よりも、良い疾走動作に近づくことが示唆された。

関節力は関節トルクによって生じるという報告（大島・藤井、2016）を参考にすると、接地中において、膝関節角度が伸展していくことは膝関節力を後方に向けることにつながると推察される。また、足関節角度が底屈していくことは足関節力を前方に向けることにつながると推察される。したがって、この2つの作用は下腿を後方回転させるものである。

35m付近の接地期中期において、前傾通常と前傾長の膝関節角度や足関節角度は、前傾短

よりも小さく、離地時には差がない。このことから、前傾通常と前傾長は、膝関節角度が前傾短よりも伸展する角度が大きく、足関節角度が底屈する角度が大きいことが推察された。したがって、前傾通常と前傾長は、下腿の前傾を妨げる可能性が考えられた。しかし、先述の通り、前傾通常と前傾長の下腿角度は、前傾短よりも大きくなった。したがって、35m 付近において、膝関節角度が伸展していくことと足関節角度が底屈していくことは、下腿の前傾を妨げる影響は少ない可能性が考えられた。

脚の最大スイング速度は、疾走速度と正の相関関係がある（伊藤ほか，1998）。本研究においては、脚スイング速度を時系列変化で検討をした。その結果、15m 付近の接地期における 50%、60%時点において、前傾短の脚スイング速度は、前傾長よりも大きかった。また、15m 付近において、3 つの加速方法間のピッチには差はなかった。前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。加藤ほか（2011）は、加速局面における個人の疾走速度は、脚のスイング速度のみが影響しているわけではなく、その他の要因が影響している可能性があることを述べている。したがって、本研究の疾走速度を構成するピッチとストライドの結果から、脚スイング速度が大きくなることで、疾走速度が大きくなるとは限らないことが明らかになった。

上記の加速局面における前傾角度、接地期における下肢の角度や角速度の検討から、前傾通常と前傾長は、地面反力の力積の水平成分を増加させた可能性があると考えられた。小林ほか（2009）は、接地中の力積の水平成分の増加が、ストライドを大きくすることを示した。本研究の加速局面において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。以上のことから、前傾長は地面反力の力積の水平成分を増加させたことで、ストライドを大きくする可能性が示唆された。

第 3 項 回復期における疾走動作

膝関節角度が大きくなると、大転子まわりの慣性モーメントが大きくなり（深代ほか，2010）、股関節屈曲に必要な力が大きくなると考えられる。35m 付近における回復期前半に

において、前傾短の膝関節角度が大きくなった。したがって、前傾短は股関節屈曲をおこなうために必要な力が大きくなり、動作にかかる時間が増加したと推察される。ゆえに、前傾短は回復脚の動作が遅くなる可能性が示された。この回復脚の動作の遅れは滞空時間を増加させ、ピッチの低下につながることを示されている（中野ほか，1991）。以上のことから、前傾短の疾走動作はピッチの低下を招く動きである可能性が示唆された。しかし、3つの加速方法間の滞空時間やピッチに差がなかった。この理由として、ピッチとストライドには負の相互関係があるため（Hunter et al., 2004）、前傾短はストライドを小さくすることで、ピッチを維持したことが考えられた。一方、前傾通常と前傾長の膝関節角度は小さくなった。したがって、前傾通常と前傾長は、大転子まわりの慣性モーメントが小さいまま股関節屈曲をおこない、回復脚の動作が速くなる可能性が示された。しかし、35m付近における回復期前半において、前傾長の股関節角速度と大腿角速度は、前傾短よりも大きかった。したがって、前傾長の股関節屈曲速度は小さくなっていたことが明らかになった。ゆえに、回復期前半において、膝関節角度が小さくなり、慣性モーメントを小さくしたとしても、股関節屈曲が速くなるとは限らないことが示唆された。

第4項 筋放電量

減速局面において、前傾長の疾走速度は前傾短よりも有意に高かった。また他の局面において、前傾通常や前傾長の疾走速度は前傾短よりも高い値を示した。また、疾走速度が増加するにつれて、下肢の筋放電量も増加するという報告がある（後藤ほか，1976）。しかし、本研究のすべての局面において、3つの加速方法間の単位時間当たりの大殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋のRMSに有意な差はなかった。この理由として、本研究における加速方法間の疾走速度の差は、後藤ほか（1976）の結果と比べて大きくなかったことが考えられた。したがって、加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、100m走中の下肢の筋放電量を大きく変化させるものではないことが明らかとなった。

後藤ほか（1976）は、不慣れなトレッドミル上を走行させると、筋の緊張がみられると

述べている。本研究においても、前傾姿勢の保持を意識する時間を短くさせること、長くさせることは、後藤ほか（1976）の環境とは異なるが、不慣れな状態であったと考えられた。したがって、前傾短と前傾長は筋放電量が増加する状態であったことが考えられる。

ウィンター（2011）は、サイズの原理と筋電図について以下のことを示した。サイズの原理にしたがって、筋肉にある運動単位は、発火頻度を増加させることで、筋張力を増加させている。さらに大きな筋張力が必要になると、より大きい運動単位を動員することで、より大きな筋張力を獲得している。また、この運動単位の活動電位は電氣的に計測することができ、計測されたものが筋電図である。したがって、筋放電量が増加すれば、筋張力が増加すると考えられる。

しかし、関節トルクは筋張力とモーメントアームの積であることから（ザチオルスキー・クレマー、2009）、関節トルクとモーメントアームを測定できていない本研究において、筋張力を算出することはできない。

以上のことから、前傾長の筋放電量が前傾通常よりも有意に大きくなる傾向があったことや前傾短の多くの局面における下肢の筋肉の筋放電量が小さくなっている理由を説明することは困難であった。

第5節 小括

本章では、100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、加速局面における下肢の動作への影響、加速局面、中間局面、減速局面におけるパフォーマンスと筋放電量への影響を明らかにすることを目的とした。被験者は大学男子短距離選手6名であった。主な結果を以下に示した。

- 1) 減速局面において、前傾長の疾走速度は前傾短よりも大きかった。
- 2) 加速局面において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。とりわけ、15m 付近において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。
- 3) 前傾通常と前傾長の前傾角度は前傾短よりも大きかった。
- 4) 接地期において、前傾通常と前傾長の下肢三関節角度は、前傾短よりも小さくなる時点があった。
- 5) 35m 付近の接地期において、前傾通常と前傾長の下腿角度は前傾短よりも大きかった。
- 6) 15m, 35m 付近の接地期前半において、前傾長の膝関節屈曲角速度は前傾短よりも大きかった。このため、膝関節伸展筋の伸張速度は、前傾短よりも大きくなる可能性があった。
- 7) 35m 付近の回復期前半において、前傾通常と前傾長の膝関節角度は、前傾短よりも小さかった。
- 8) 加速局面、中間局面、減速局面において、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、下肢の筋放電量をほとんど変化させなかった。

以上の結果から、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、前傾角度や下肢の動きを変化させ、疾走速度やピッチとストライドに影響を及ぼすことが示唆された。一方、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いによる下肢の筋放電への影響は大きくないことが示唆された。

第4章 総合考察

第1節 本研究の成果

第2章では、100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、前傾角度、疾走速度、ピッチとストライドに及ぼす影響を明らかにした。主な結果を以下に示した。1) 5m, 10m, 20m, 30m 地点において、前傾短の前傾角度は小さく、前傾長の前傾角度は大きかった。また、40m 地点において、3つの加速方法間で前傾角度に差はなかった。2) 0m—10m, 0m—30m, 0m—40m において、前傾通常と前傾長の疾走速度は、前傾短よりも大きかった。3) 前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、ピッチとストライドをほとんど変化させなかった。

以上の結果から、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、加速局面における前傾姿勢を変化させ、疾走速度に影響を及ぼすことが明らかになった。

第3章では、100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、加速局面における下肢の動作に及ぼす影響と、加速局面、中間局面、減速局面におけるパフォーマンスと筋放電量に及ぼす影響を明らかにした。主な結果を以下に示した。1) 減速局面において、前傾長の疾走速度は前傾短よりも大きかった。2) 加速局面において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。とりわけ、15m 付近において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。3) 前傾通常と前傾長の前傾角度は前傾短よりも大きかった。4) 接地期において、前傾通常と前傾長の下肢三関節角度は、前傾短よりも小さくなる時点があった。5) 35m 付近の接地期において、前傾通常と前傾長の下腿角度は前傾短よりも大きかった。6) 15m, 35m 付近の接地期前半において、前傾長の膝関節屈曲角速度は前傾短よりも大きかった。このため、膝関節伸展筋の伸張速度は、前傾短よりも大きくなる可能性があった。7) 35m 付近の回復期前半において、前傾通常と前傾長の膝関節角度は、前傾短よりも小さかった。8) 加速局面、中間局面、減速局面において、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、下肢の筋放電量をほとんど変化させなかった。

以上の結果から、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、下肢の動作を変化させ、100m

走のパフォーマンスに影響を及ぼすことが明らかになった。

しかし、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、必ず同じ結果を引き起こすとは限らないことが示唆された。例えば、第2章の結果では、加速局面における前傾通常 of 疾走速度は前傾短よりも大きかったが、第3章の結果では、同様の差は認められなかったことが挙げられる。

そこで、第2章の加速局面（0m—40m）と100m全体（0m—100m）、第3章の加速局面（0m—40m）と中間局面（40m—80m）と減速局面（80m—100m）の結果（Table 2, Table 4）から、前傾短、前傾通常、前傾長の疾走速度、ピッチ、ストライドの具体的な数値の差を検討する。

第2章の100m全体の疾走速度、第3章の加速局面、中間局面、減速局面の疾走速度では、前傾長、前傾通常、前傾短の順で大きい値が示されている。したがって、第3章の100m全体の疾走速度では、前傾長、前傾通常、前傾短の順で大きい値が示されていると考えられる。第2章の加速局面、100m全体のピッチ、第3章の減速局面のピッチでは、前傾長、前傾通常、前傾短の順で大きい値が示されている。第3章の加速局面、減速局面のストライドでは、前傾長、前傾通常、前傾短の順で大きい値が示されている。

これらの具体的な値の検討から、前傾姿勢の保持を意識する時間を長くすると、100m全体の疾走速度は大きくなる可能性が示唆された。一方、前傾姿勢の保持を意識する時間を短くすると、100m全体の疾走速度は小さくなる可能性が示唆された。したがって、前傾姿勢の保持を意識する時間の長短は、100m全体の疾走速度と関係することが明らかになった。

また、100m走は、加速局面と中間局面と減速局面から構成されている。したがって、100m走の疾走速度の増減には、各局面の疾走速度が関係する。しかし、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、各局面の疾走速度に必ず同じ影響があるとは限らないことが明らかになった。

加えて、疾走速度は、ピッチとストライドの積である。したがって、疾走速度の増減に

は、ピッチとストライドが関係する。しかし、本研究において、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、ピッチとストライドに必ず同じ影響があるとは限らないことが明らかになった。

以上の検討から、100m 走の加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、疾走動作を変化させ、100m 走のパフォーマンスに影響を及ぼすことが明らかになった。しかし、100m 走中のどこの局面（加速局面、中間局面、減速局面）の何のパフォーマンス（疾走速度、ピッチ、ストライド）に影響を及ぼすかを断定することは、本研究では困難であった。

第2節 本研究の意義

100m 走は、加速局面、中間局面および減速局面の3局面に分類される (Delecluse et al., 1995; Simonsen et al., 1985). 疾走速度は、スタートから 20m まで急激に増加し (Mackala, 2007), 40m 近くまで増加を続ける (羽田ほか, 2003). その後、加速局面を終えて、最高疾走速度が出現する中間局面を迎える. そして、最高疾走速度を維持できずに速度が逡減していく. この最高疾走速度が高い短距離選手ほど、100m 走のタイムが短い (阿江ほか, 1994; 松尾ほか, 2010, 2015). また、100m 走が速い者ほど、0m から最高疾走速度が現れる地点までの距離が長くなる (天野・宮下, 2009). ゆえに、減速局面の距離が短くなるために、一流スプリンターは速度逡減が小さい (猪飼ほか, 1963). これらを考慮すると、最高疾走速度に至るまでの疾走速度の増加量と距離の長さが、100m 走タイムの短縮につながる一因となる. これらのことから、100m 走のパフォーマンスを高めるためには、加速局面が重要になると考えられる.

加速局面において重要なことは、上体を前方に大きく傾け、地面反力の方向を前方に傾けることが必要であることが報告されている (Kugler and Janshen, 2010; Mero et al., 1992; Morin et al., 2011). 指導現場において、この上体を前方に傾けることは前傾姿勢と呼ばれている. 速度の上昇の変化と前傾姿勢の角度の変化は密接な関係があること (村木・宮川, 1973), 前傾姿勢の保持を意識する距離の違いが 100m 走の疾走速度に影響を及ぼすこと (伊藤・伊藤, 2010) が報告されている.

そこで本研究は、前傾姿勢の保持を意識する場合、時間の長さを用いて実践することを考えた. そして、前傾姿勢の保持の長さを時間によって意識するように指示し、その影響の定量化を試みた. この理由は、競技者の 100m のパフォーマンスを向上させる指導者の指示や指導を探ることにつながると考えられるためであった.

また、加藤・木越 (2012) は、走者が任意の意識で目的の動作をおこなった時、疾走動作がどのような変化を起こすのかについての知見を集積していくことが重要と述べている.

さらに、疾走中において、目的とした動きがそれ以外の疾走動作や筋活動を変化させた

という報告もされている（後藤ほか，1976；加藤・木越，2012）．したがって，前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが，下肢動作や筋放電量を変化させると考えられる．加えて，100m 走は下肢動作や筋活動の観点から検討されることが多く（馬場ほか，2000；遠藤ほか，2008；後藤ほか，1976；伊藤ほか，1997；貴嶋ほか，2010），指導現場における100m 走のパフォーマンス改善のための重要な報告がなされてきた．以上のことから，前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが，下肢動作や筋放電量に及ぼす影響を明らかにすることは，100m 走の技術練習や筋力トレーニングをおこなう際の有用な知見となることが考えられた．

本研究の成果と以上のことから，指導現場における短距離走のパフォーマンス改善のための重要な知見となると考えられる．つまり，本研究は，加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間を変化させると，どのような動作が引き起こされるかを予想でき，どのような技術練習やトレーニングが必要になるかの一つの基礎につながる研究であったと考えられる．

第3節 通常疾走との比較

通常疾走と異なる条件での疾走の報告がいくつかある。例えば、通常疾走と用具を用いた疾走の比較（末松ほか，2004），通常疾走とを動作や努力度の意識を変化させた疾走の比較をおこなった報告である（加藤・木越，2012；伊藤・村木，2005）。これらの研究は、通常疾走では得られない動作や今後に習得すべき技術の発見になるため、おこなわれていると考えられる。したがって、通常疾走と異なる条件での疾走の比較をすることは、通常疾走では得られない動作や今後に習得すべき技術の発見につながり、パフォーマンス向上の手掛かりになると考えられる。

本研究において、前傾通常は加速方法は、被験者が普段の練習や試合のように、前傾姿勢の保持を意識する時間のことであった。したがって、本研究の前傾通常は、通常疾走と捉えることができる。ここまで、加速方法間の検討を前傾短、前傾通常、前傾長との検討をおこなってきた。本節では、通常疾走との比較を理解しやすくするため、前傾通常と前傾短、前傾通常と前傾長の比較をそれぞれ示した。

第1項 前傾通常と前傾短の比較

前傾通常は、前傾短よりも接地中における前傾角度が大きく前方に傾いていた（Fig. 6, Fig. 7）。また、前傾通常は、前傾短よりも接地中における股関節角度は小さく（Fig. 9, Fig. 11）、下腿角度は大きかった（Fig. 14）。加えて、中間局面（前傾短<前傾通常）の疾走速度、加速局面（前傾短<前傾通常）のストライドに有意傾向の差が認められた（Table 4）。

篠原・前田（2014）は、股関節角度が小さくなることと前傾角度が大きくなることで、身体重心が低くなり、水平方向における負の方向に力を加えやすくなることを報告した。阿江（2001）は、接地期における下腿角度が大きくなることにより、推進力が前方に向けられたことを示した。また、小木曾ほか（1998）は、接地期後半において、下腿の後下方向への力積が増加したことが、疾走速度の増加につながったと報告した。加えて、小林ほか（2009）は、接地中の力積の水平成分の増加が、ストライドを大きくすることを示した。

以上のことから、加速局面において、通常疾走よりも前傾姿勢の保持を意識する時間を短くすることは、前傾角度と下腿角度を小さく、股関節角度を大きくさせることが明らかになった。そして、この影響がパフォーマンスを低下させる可能性が示唆された。

第2項 前傾通常と前傾長の比較

前傾通常は、前傾長よりも前傾角度が小さくなる時点がいくつか示された (Table 1, Fig. 5, Fig. 7)。しかし、多くの局面では前傾角度に差はなく (Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8)、下肢動作にもほとんど差はなかった (Fig. 9~Fig. 20)。一方、前傾通常は、前傾長よりも下肢の筋放電量が有意に小さくなる傾向が認められた (Table 6)。加えて、各局面の疾走速度、ピッチとストライドに差はなかった (Table 2~Table 4)。

加速局面において、大きな疾走速度を得るためには、地面反力の大きな力積の水平成分を得ることが必要である (福田・伊藤, 2004)。この水平成分を得るためには、上体を大きく傾けることが必要になる (Kugler and Janshen, 2010 ; Mero et al., 1992)。したがって、前傾長は、前傾角度が大きく、疾走速度の増加につながる疾走動作であったと考えられた。しかし、前傾長の疾走速度は前傾通常とほぼ同じ大きさであった。この理由として、前項にある股関節角度と下腿角度について、前傾長と前傾通常の間に差がなかったことが考えられた。したがって、前傾長と前傾通常は、ほぼ同じ大きさの力積の水平成分を得ていた可能性が考えられた。

Debaere et al. (2013) は、競技者が水平速度を大きくするために、体幹の前傾を積極的におこなっていることを述べている。したがって、競技者は普段の練習や試合において、この前傾姿勢を前方に傾ける動作をおこなっていると考えられる。このことから、前傾通常の前傾角度をさらに大きくすることや保持するのは容易でないことが考えられた。

土江 (2011) は、体を前傾させることで発生する体が倒れる力、地面をキックすることで発生する体が起こされる力、この2つの力が釣り合うことが重要であると述べている。前傾長は、前傾通常よりも前傾角度が大きかったため、倒れる力は大きくなった可能性が

考えられた。しかし、倒れる力と起こされる力のバランスが悪化し、大きな加速力を生むことが困難であった可能性があると考えられた。

以上のことから、通常疾走よりも前傾姿勢の保持を意識する時間を長くすることは、疾走動作を変化させる影響が小さいことが明らかになった。また、前傾角度をさらに大きくするときに、地面をキックすることで体が起こされる力とのバランスも考慮する必要があることが示唆された。

第4節 トレーニング現場への示唆

本研究の結果から、通常疾走よりも、前傾姿勢の保持を意識する時間を短くすることが、前傾角度と下腿角度を小さく、股関節角度を大きくさせることが明らかになった。そして、この影響がパフォーマンスを低下させる可能性が示唆された。また、通常疾走よりも、前傾姿勢の保持を意識する時間を長くすることが、疾走動作やパフォーマンスを変化させる影響が小さいことが明らかになった。

指導者からの指示や指導が、競技者の任意の意識による動作に影響を及ぼすことが報告されている（加藤・木越，2012；小森ほか，2012）。また、競技者の主観的事実と客観的事実には、ずれが生じることを指導者が把握する必要がある（福永・湯浅，1986）。本研究では、前傾短と前傾長の試技は、それぞれ前傾通常より短い時間の意識と長い時間の意識で、前傾姿勢を保ち加速することを指示した。したがって、加速局面の早い段階から、前傾角度を大きくすることや小さくするという内容の指示はおこなっていない。しかし、本研究の結果では、スタート直後から前傾角度の大きさを調節していることが明らかになった。以上のことから、指導者が、前傾姿勢の保持をする時間についての指示をする際には、これらの変化が起こることを考慮して、前傾姿勢の動作改善の指導をする必要があることが示唆された。

初心者は前傾姿勢を早く起こす傾向があることが指摘されている（浅川・古藤，1964）。また、中間局面において、疾走する姿勢は直立であることが示されている（Young et al., 2001）。これらを考慮すると、初心者は、中間局面の疾走動作に早く入ろうとして、前傾姿勢を早く起こす傾向になる可能性が考えられる。この疾走動作は、前傾短の疾走動作に近づくことが予測される。このような競技者には、前傾姿勢の保持を意識する時間を少しずつ伸ばし、加速局面と中間局面を区別して練習させるのが有効であろう。

競技者が体幹の前傾を積極的におこなっていること（Debaere et al., 2013）を考慮すると、前傾通常の前傾角度をさらに大きくすることや保持するのは容易でないと考えられる。また、前傾通常の前傾角度をさらに大きくすることが可能であったとしても、疾走動作には

問題が生じることが予測される。その問題とは、体を前傾させることで発生する体が倒れる力、地面をキックすることで発生する体が起こされる力、この2つの力が釣り合うことが重要であるため（土江，2011），前傾長の疾走動作は，倒れる力に偏ったアンバランスなものになる可能性があることである。

以上のことから，前傾角度を大きく長く保つには，地面をキックすることで発生する体が起こされる力を大きくするトレーニングが必要であると考えられる。体が起こされる力というのは，接地中の地面反力における水平成分の力のことであると考えられる。この地面反力の正の力の水平成分が前方に傾き，身体重心より下方を通ると，身体重心を中心軸とした後方回転が生じる（深代，2010）。この傾きが大きくなるようなトレーニングが100m走のパフォーマンス向上に必要であると考えられる。

加速局面のパフォーマンス改善の1つの手段として，スレッド走トレーニングがおこなわれている（Kawamori et al., 2014 ; Zafeiridis et al., 2005）。Kawamori et al. (2014) は，通常疾走時の疾走速度から，30%疾走速度が低下する重りを引くスレッド走トレーニングを週に2回，8週間おこない，10m走についてのトレーニング効果を検討した。その結果，8m付近において，地面反力の力積の鉛直成分は減少した。また，地面反力の力積の水平成分は変化がなかった。したがって，地面反力の作用方向が前方に傾いたと報告した。Zafeiridis et al. (2005) は，5kgの重りを引くスレッド走トレーニングとスレッドを用いないスプリントトレーニングを週に3回，8週間おこない，50m走についてのトレーニング効果を検討した。その結果，スレッド走トレーニングをおこなうと，加速局面における0m—20m区間の疾走速度と前傾角度が大きくなることが示された。以上のことから，スレッド走には，地面反力の作用方向が前方に傾き，体が起こされる力をより大きくできる可能性があると考えられた。また，スレッド走をおこなうことで，前傾角度が大きくなる効果があることが考えられた。

村木・宮川（1973）は，疾走速度の高い短距離競技者は前傾姿勢を保つ距離が長く，上体が前方に大きく傾いていることを報告した。また，エッカー（1999）は，前傾角度を大

大きくしても、疾走速度が大きくなるわけではないと述べている。これらのことから、走るのが速い者は前傾角度が大きく長いのであって、前傾角度を大きくした者が速く走れるとは限らない。

以上のことから、前傾姿勢についての疾走動作を改善するときには、前傾短のような疾走動作になっている競技者には、前傾角度の保持を意識する時間の長短にアプローチするのは有効であろう。一方、前傾角度の保持を意識する時間を長くしても、パフォーマンス改善にならない競技者には、体を前傾させることで発生する体が倒れる力、地面をキックすることで発生する体が起こされる力（土江，2011）へのアプローチが必要であると考えられる。

第5節 今後の課題

本研究では、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、パフォーマンスや下肢動作、筋放電量に及ぼす影響が明らかになった。しかし、いくつかの今後の研究の課題点も挙げられる。

一つ目は、頭部や頸部のセグメントを除く体幹部のみのセグメントの前傾角度を検討する必要があることである。本研究における前傾角度の定義は、耳珠点と大転子を結ぶ線分と鉛直線がなす角度であった。したがって、頸部による動きが前傾角度に影響を及ぼすことが考えられた。

二つ目は、被験者を男子大学短距離選手に限定したため、本研究の結果の適応範囲が限られてくる点である。今後は、被験者のレベルや年齢の幅を広げ、より一般的な知見を得ることが課題になる。

三つ目は、疾走速度の変化は上肢の動作からも影響を受けるため（笠井，1982；木越，2015；前田・三木，2010；Mann，1981），前傾姿勢の保持を意識する時間の違いによる上肢への影響を検討すべき点である。疾走中の腕振り動作を制限された時の疾走速度は、腕振り動作を制限されていない時よりも約10%減少すると示されている（Wiemann and Tidow，1995）。したがって、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いによる上肢への影響を明らかにすることで、さらに詳しい100m走のパフォーマンス改善の知見を得ることができると考えられる。

四つ目は、地面反力の水平成分や鉛直成分の力積を測定できていない点である。前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、疾走速度の増加に寄与すると考えられている地面反力（福田・伊藤，2004）にどう影響するかについても検討すべきである。

第5章 総括

第1節 パフォーマンスに及ぼす影響

本研究では、加速局面における前傾姿勢の保持を意識する時間を3種類用いた。1つ目は、普段の練習や試合において、前傾姿勢の保持を意識する時間であった。2つ目は、1つ目よりも短く、前傾姿勢の保持を意識する時間であった。3つ目は、1つ目よりも長く、前傾姿勢の保持を意識する時間であった。これらの時間で、前傾姿勢の保持を意識する加速方法を用いた100m走を疾走した試技を、順に、前傾通常、前傾短、前傾長とした。そして、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、100m走のパフォーマンスに及ぼす影響を検討した。

第2章において、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、パフォーマンスに及ぼす影響を以下に示した。

- 1) 0m—10m, 0m—30m, 0m—40mにおいて、前傾通常と前傾長の疾走速度は、前傾短よりも大きかった。
- 2) いずれの区間においても、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、ピッチとストライドに大きい影響はなかった。

第3章において、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、パフォーマンスに及ぼす影響を以下に示した。

- 1) 減速局面において、前傾長の疾走速度は、前傾短よりも大きかった。
- 2) 加速局面において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。とりわけ、15m付近において、前傾長のストライドは前傾短よりも大きかった。
- 3) いずれの局面においても、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いは、ピッチに大きい影響はなかった。

以上の結果から、前傾姿勢の保持を意識する時間の違いが、必ず同じ結果を引き起こすとは限らないが、100m走のパフォーマンスに影響を及ぼすことが明らかになった。また、具体的な値の検討も考慮すると、前傾姿勢の保持を意識する時間を長くすると、100m全体

の疾走速度は大きくなる可能性が示唆された。一方，前傾姿勢の保持を意識する時間を短くすると，100m 全体の疾走速度は小さくなる可能性が示唆された。

第2節 結論

以上の結果の検討から、通常疾走よりも前傾姿勢の保持を意識する時間を短くすることは、100m 走のパフォーマンスを低下させることが明らかになった。一方、通常疾走よりも前傾姿勢の保持を意識する時間を長くすることは、100m 走のパフォーマンスを向上させることが明らかになった。

文献

- 阿部征次（2004）改訂版スプリント・トレーニングマニュアル．ベースボールマガジン社：東京，pp. 161-163.
- 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．バイオメカニズム，11：23-33.
- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英考・平野敬靖（1994）世界一流スプリンターの100m レースパターンの分析：男子を中心に．陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編，佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良監，世界一流競技者の技術．ベースボールマガジン社：東京，pp. 14-28.
- 阿江通良（2001）スプリント走に関するバイオメカニクスの研究から得られるいくつかの示唆．スプリント研究，11：15-26.
- 天野秀哉・宮下憲（2009）男子 100m 走中の疾走速度動態からみたタイム特性．日本体育学会大会予稿集，60：244.
- 有川秀之・太田涼・中西健二・駒崎弘匡・上園竜之介（2004）男子児童における疾走能力の分析．埼玉大学紀要教育学部，53（1），79-88.
- 浅川正一・古藤高良（1964）写真と図解による陸上競技．大修館書店：東京，p. 12.
- 馬場崇豪・和田幸洋・伊藤章（2000）短距離走の筋活動様式．体育学研究，45：186-200.
- Debaere, S., Delecluse, C., Aerenhouts, D., Hagman, F., and Jonkers, I. (2013) From block clearance to sprint running: characteristics underlying an effective transition. *J. of Sports Sci.*, 31 (2) : 137-149.
- Delecluse, C., Van Coppennolle, H., Willems, E., Van, Leemputte, M., Diels R., and Goris M. (1995) Influence of high resistance and high velocity training on sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27 : 1203-1209.
- 遠藤俊典・宮下憲・尾縣貢（2008）100m 走後半の速度低下に対する下肢関節のキネティック的要因の影響．体育学研究，53：477-490.

- 深代千之・川本竜史・石毛勇介・若山章信（2010）オイラーに挑戦！：回転運動の力学。
スポーツ動作の科学. 東京大学出版会：東京, pp. 63-82.
- 福田厚治・伊藤 章（2004）最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接
地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか. 体育学研究, 49：29-39.
- 福永哲夫・湯浅景元（1986）コーチングの科学. 朝倉書店：東京, pp. 2-5.
- 後藤幸弘・松下健二・辻野昭（1976）走の筋電図的研究：各種走速度における筋電図. 大
阪市立大学保健体育学研究紀要, 11：55-68.
- 羽田雄一・阿江通良・榎本靖士・法元康二・藤井範久（2003）100m 走における疾走スピー
ドと下肢関節のキネティクスの変化. バイオメカニクス研究, 7：193-205.
- 原樹子・立正伸・横澤俊治・平野裕一（2008）スクワットジャンプの股関節初期角度の違
いがパフォーマンスに与える影響. Japanese Journal of Elite Sports Support, 1：21-31.
- 広川龍太郎・高野進・末續慎吾・金子太郎・植田恭史（2005）陸上競技短距離競技者"末續
慎吾"の 100m 走中の疾走速度分析. 東海大学紀要体育学部, 34, 93-96.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., and McNair, P. J. (2004) Interaction of step length and step rate during
sprint running. Med. Sci. Sports Exerc., 36：261-271.
- 猪飼道夫・芝山秀太郎・石井喜八（1963）疾走能力の分析：短距離走のキネシオロジー.
体育学研究, 7：59-70.
- 池田泰明・三村達也・下野誠仁・鈴木智喜・大森純子・加藤謙一（2013）中学生における
短距離走の適正距離に関する研究. 陸上競技研究, 93：7-14.
- Ishikawa, M., and Komi, P. V. (2004) Effects of different dropping intensities on fascicle and
tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. J. Appl. Physiol., 96：848-
852.
- 伊藤章・斉藤昌久・淵本隆文（1997）スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルク
とピークパワー, および筋放電パターンの変化. 体育学研究, 42：71-83.
- 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道（1998）100m 中間疾走局面

- における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43 : 260-273.
- 伊藤宏・伊藤藍 (2010) 100m 走の加速疾走区間における上体の前傾姿勢が最高疾走速度に与える影響について. 静岡大学教育学部研究報告教科教育学篇, 41 : 229-236.
- 伊藤浩志・村木征人 (2005) スプリント走における主観的努力度の違いが疾走速度, ピッチ・ストライド, 下肢動作に及ぼす影響. スポーツ方法学研究, 18 : 61-73.
- 加藤彰浩・木越清信 (2012) 全力疾走時における意識の相違による動作の変容: 遊脚の動作に着目して. 陸上競技研究, 89 : 15-23.
- 加藤彰浩・鶴飼興平・木越清信 (2011) 100m 走における疾走速度および疾走動作の個人内変動. 陸上競技研究, 84 : 12-22.
- 笠井達哉 (1982) 走における腕振り動作の効果. 国士舘大学体育研究所報, 2 : 61-66.
- Kawamori, N., Newton, R. U, Hori, N., Nosaka, K. (2014) Effects of weighted sled towing with heavy versus light load on sprint acceleration ability. J. Strength cond. Res., 28 (10) : 2738-2745.
- 川本和久 (2008) 福島大学陸上部の「速い走り」が身につく本. マキノ出版: 東京, pp. 92-93.
- 木越清信 (2015) 短距離走における腕振り動作の反動効果が疾走速度に及ぼす影響. 筑波大学体育系紀要, 38 : 133-138.
- 貴嶋孝太・福田厚治・伊藤章・堀尚・川端浩一・末松大喜・大宮真一・山田彩・村木有也・淵本隆文・田邊智 (2010) 男女短距離選手のスタートダッシュ動作. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術: 第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会: 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書: pp. 24-38.
- 木塚朝博・増田正・木竜徹・佐渡山亜兵 (2006) 表面筋電図 (バイオメカニズム・ライブラリー). バイオメカニズム学会編著, 東京電機大学出版局: 東京, pp. 1-64.
- 小林海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄 (2009) スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究. スポーツ科学研究, 6 : 119-130.

- 小森大輔・関子浩二・小森智美（2012）リバウンドジャンプ初心者のための指導法：姿勢づくりに着目して．スポーツパフォーマンス研究，4：161-170.
- Kugler, F., Janshen, L. (2010) Body position determines propulsive forces in accelerated running. *J. Biomech.*, 43 (2) : 343-348.
- Lockie, R. G., Murphy, A.J., and, Spinks, C. D. (2003) Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field sport athletes. *J. Strength cond. Res.*, 17 : 760-767.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・杉田正明・土江寛裕・阿江通良（2010）100mのレース分析．澤木啓祐編，世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術．財団法人日本陸上競技連盟，pp. 5-17.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・山本真帆・高橋恭平・小林海・杉田正明（2014）男女100mレースにおける記録と，スピード，ピッチ，およびストライドの関係について．陸上競技研究紀要，10：64-74.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・高橋恭平・小林海・杉田正明（2015）2015シーズンと記録別にみた男女100mのレース分析について．陸上競技研究紀要，11：141-149.
- Mackala, K. (2007) Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100metres. *New Studies in Athletics*, 22 (2) : 7-16.
- 前田正登・三木健嗣（2010）スプリント走における腕振りの役割．陸上競技研究，80：13-19.
- Mann, R. V. (1981) A kinetic analysis of sprinting. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 13 : 325-328.
- Mero, A., Komi, P. V., and Gregor, R. J. (1992) Biomechanics of Sprint Running. *Sports Med.*, 13 : 376-392.
- 宮丸凱史・宮丸郁子（1976）短距離走．金原勇編著，陸上競技のコーチング（I）．大修館書店：東京，pp. 171-298.
- 文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説 保健体育編．東山書房：東京，pp. 58-69.

- 文部科学省（2009）高等学校学習指導要領解説 保健体育編・体育編. 東山書房：東京，
pp. 43-52.
- Morin, J. B., Edouard, P., and Samozino, P. (2011) Technical ability of force application as a
determinant factor of sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 43 (9) : 1680-1688.
- 村木征人・宮川千秋（1973）短距離疾走の加速過程における運動の変化：歩幅，サイクル
数，上体の前傾，および下肢関節筋群を中心として. 東海大学紀要体育学部, 3 : 55-72.
- 内藤景・荻山靖・宮代賢治・山元康平・尾縣貢・谷川聡（2013）短距離走競技者のステッ
プタイプに応じた 100m レース中の加速局面の疾走動態. 体育学研究, 58 : 523-538.
- 中野正英・尾縣貢・伊藤道郎・吉武信二（1991）100m レース後半の疾走速度減速を規定す
る動作要因の検討. 陸上競技研究, 6 : 2-7.
- 日本陸上競技連盟（1988）陸上競技指導教本. 大修館書店：東京, p. 22.
- 太田涼・有川秀之（1999）100m レース中の疾走速度，ピッチ，ストライドの変化について：
日本と世界一流選手との比較. 陸上競技研究, 37 : 8-16.
- 小木曾一之・安井年文・青山清英・渡辺健二（1998）全力疾走時の速度変化に伴う支持脚
各部の機能の変化. 体力科学, 47 (1), 143-154.
- 大島雄治・藤井範久（2016）水平面における下胴の動きに着目した疾走動作の三次元動力
学. 体育学研究, 61 : 115-131.
- 斉藤昌久・伊藤章（1995）2 歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化. 体育学
研究, 40 (2) : 104-111.
- 篠原康男・前田正登（2014）クラウチングスタートのブロッククリアランスにおける力発
揮と動作の関係. 体育学研究, 59 : 887-904.
- Simonsen, E. B., Thomsen, L., and Klausen, K. (1985) Activity of mono- and biarticular leg muscles
during sprint running. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 54 : 524-532.
- 末松大喜・遠藤 俊典・宮下 憲（2004）疾走とミニハードル走における疾走動作の相違に
関する一考察. 陸上競技研究, 57 : 2-11.

- 杉林孝法・村木征人・伊藤浩志 (2003) 全力疾走反復条件下におけるパフォーマンス動態.
スポーツ方法学研究, 16 (1) : 27-37.
- Tellez, T. and Doolittle, D. (1984) Sprinting from start to finish. *Track technique*, 88 : 2802-2805.
- トム・エッカー : 澤村博監訳, 安井年文・青山清英訳 (1999) 基礎からの陸上競技バイオメカニクス. ベースボール・マガジン社 : 東京, p. 70.
- 土江寛裕 (2011) 陸上競技入門ブック 短距離・リレー. ベースボール・マガジン社 : 東京, pp. 38-41.
- ウィンター : 長野明紀・吉岡伸輔訳 (2011) バイオメカニクス : 人体運動の力学と制御 (原著第4版). ラウンドフラット : 東京, pp. 222-246.
- Wiemann, K., and Tidow, G. (1995) Relative activity of hip and knee extensors in sprinting: implications for training. *New Studies in Athletics*, 10 : 29-49.
- 矢田恵大・阿江通良・谷川聡・伊藤章・福田厚治・貴嶋孝太 (2011) 標準動作モデルによる世界一流および学生短距離選手の疾走動作の比較. *陸上競技研究*, 87 : 10-16.
- Young, W., Benton, B., Duthie, G., Pryor, J. (2001) Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength Cond. J.*, 23 (2) : 7-13.
- Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V., Ioakimidis, P., Dipla, K., and Kellis, S. (2005) The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 45 (3) : 284-290.
- ザチオルスキー・クレマー : 高松薫・関子浩二訳 (2009) 筋力トレーニングの理論と実践, 大修館書店 : 東京, pp. 17-47.

謝辞

本研究の実施ならびに本論文の作成にあたり、本当に多くの方々のご指導、ご支援を賜りました。

主査の広島大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座の上田毅教授からは、研究計画からデータ収集、学会発表、本論文の作成等を通して、私を研究者や教育者として成長させてくれるため、終始懇篤なご指導をしてくださいました。いつも私のレベルまで降りてきて、一歩先を照らしてくれているようでした。私もそのような研究者、教育者になれるよう精進していきたいと思います。ここに、厚くお礼を申し上げます。

副査の広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座の古賀信吉教授からは、お忙しいなか、本論文の査読と審査会でのご助言をしていただきました。私にはない視点で、本論文を改善できるご意見をくださり、競技者に指導をするコーチングとしては、必要になる視点を気づかせていただきました。ここに、厚くお礼を申し上げます。

副査の広島大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座の出口達也教授からは、理論と実践のバランスの重要性を学ばせていただきました。客観的な数値がなぜ起こっているのかを常に考える、現場に生きる研究を考えるという、ご指導を賜りました。ここに、厚くお礼を申し上げます。

博士課程前期まで指導教員をしていただいた環太平洋大学体育学部長黒川隆志先生からは、先行研究の蓄積と整理を地道に続けていくことの重要性についてのご指導を賜りました。現在も、この作業が私の研究の基礎になっていると感じます。ここに、厚くお礼申し上げます。

また、広島大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座の先生方、上田研究室、黒川研究室でゼミを一緒に取り組んでいただいた諸先輩方、後輩の皆様にも感謝致します。

末筆ながら、大学院への進学と大学での9年間の生活援助をしてくださった両親にも、深く感謝致します。