

方向転換走能力を決定する要因の探索

	鹿屋体育大学	高井洋平
(共同研究者)	同	青木 竜
	同	塩川 勝行
	同	吉武 康栄
	同	金久 博昭

Investigation on the Determinants of Sprint with Change of Direction

by

Yohei Takai, Toru Aoki, Katsuyuki Shiokawa,
Yasuhide Yoshitake, Hiroaki Kanehisa
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the association of determinants of the change of direction sprint. In relation with leg extension power and selective reaction time. Subjects were collegiate male soccer players. Sprint times with or without change of direction (turning backwards, right or left side) were performed either in unanticipated or preplanned conditions in which the instruction of turning direction was known or hidden to the participants prior to the trial. Maximal Leg extension power and reaction times in the preplanned and unanticipated conditions were also measured using an isokinetic strength measurement system and a visual stimulus system, respectively. Both sprint times with or without change of direction in the unanticipated condition were longer than those in the preplanned condition directions. Cronbach's α was less than 0.70, indicating that sprint times in the unanticipated condition were

not interchangeable with those in the preplanned condition. The differences in the sprint times between both conditions were not significantly related to the selective reaction times. Sprint times with or without change of direction in the unanticipated condition were significantly associated with leg extension power relative to body mass, and the corresponding relationships differed from those in the preplanned one. The current results indicate that (1) the determinants of change of direction in the unanticipated condition differed from those in the preplanned condition, and (2) sprint time with change of direction in the unanticipated condition was associated with leg extension power, but not with selective reaction time.

要 旨

本研究は、方向転換走能力の決定要因について、方向転換走タイムと脚伸展パワーおよび選択反応時間との関連から明らかにすることを目的とした。被検者は大学サッカー選手であった。方向転換走は転換する方向（前後左右の4方向）が事前に指示されない条件（予測不可条件）および事前に指示される条件（予測可能条件）の2条件で行った。両条件での直線走および方向転換走タイムを光電管で測定した。さらに、等速性最大脚伸展パワーおよび全身反応による単純および選択反応時間も測定した。予測不可条件での走タイムは、方向に関係なく予測可能条件よりも遅かった。測定値間の内部整合性を示すCronbach's α は0.70よりも小さく、各条件における走タイムは互いに代替することができないことが示唆された。予測不可条件での走タイムと体重当たりの脚伸展パワーとの関係は有意であり、予測可能条件でのそれらの関係とは異なった。また、両条件間の走タイムの差と選択反応時間との間に有意な相関関係は認められなかった。以上の結果から、1) 予測不可条件での方向転換走能力の決定要因は、予測可能条件でのそれと異なること、および2) 予測不可条件の方向転換走能力は脚伸展パワーと関連するが、選択

反応時間とは関係しないことが明らかとなった。

緒 言

直線走および方向転換走の能力は、サッカーやアメリカンフットボールのような球技スポーツで成功するために必要不可欠な能力である^{6,13)}。その能力の決定要因については、これまでに数多くの研究がなされている^{5,8,9,10,23,24)}。それらの実験設定として、実施者が予め進む方向を認識した状況（予測可能条件）で行っている。しかしながら、多くの球技スポーツでは、選手は相手選手やボールの移動方向または速度の変化に対して反応しなければならないため、予め進行方向が予測できない状況（予測不可条件）におかれている。そのような予測不可条件での方向転換走の能力に対し、予測可能条件での先行研究の知見が適応されるのかどうかは明らかでない。

刺激に対して速度や方向の急速な変化を伴う運動時の身体能力である敏捷性¹⁷⁾は、力発揮能力や認知および判断のような情報処理能力と関連している²³⁾。球技スポーツ選手を対象とした測定結果として、予測可能条件での方向転換走タイムは、最大脚伸展パワーと相関関係がない、もしくは低いことが報告されている^{10,23)}。一方、近年、予測可能条件と予測不可条件での方向転

換走中の筋活動および動作様式に着目した研究も行われている。それによると、方向転換時の走速度は、予測可能条件と比べ予測不可条件では遅くなり^{2,3)}、また方向転換時に発揮される関節トルクおよび下肢筋群の筋活動は、予測可能条件より予測不可条件で高くなる²⁾。これら一連の知見は、予測不可条件での方向転換走には、予測可能条件でのそれと比較して高い筋出力が必要であることを意味しており、予測不可条件での方向転換走の能力と最大発揮筋力との関係は、予測可能条件でのそれらの関係とは異なることが予想される。

刺激を察知してから運動発現までの情報処理能力は、スポーツパフォーマンスに影響する^{1,16)}。反応時間は情報処理能力の時間的側面を反映するものであり、それはスポーツ鍛錬者の指標となる^{11,20,21)}。また、予測可能条件で測定された反応時間は、予測不可条件よりも早い^{12,14)}。先に述べたように、予測不可条件での方向転換走速度は予測可能条件と比較して遅くなることを考えると、方向転換走のタイムにおける両条件間の差は、刺激察知から運動発現までの情報処理能力が関連する可能性がある。

以上のことから、予測不可条件での方向転換走能力と最大発揮筋力および情報処理能力との関係は、予測可能条件でのそれらの関係と比較して異なることが予想される。しかしながら、これまでのところ、予測不可条件での方向転換走の成績が、最大発揮筋力および情報処理能力と関連するかどうかについて検討した例はない。そこで、本研究では、予測不可条件での方向転換走タイムと最大発揮筋力および情報処理能力との関係が、予測可能条件でのそれらの関係と異なるという仮説を立て、その実際を検証することを目的とした。

1. 研究方法

1.1 実験の概要

本研究では大学サッカー選手を対象に、1) 予測不可条件での方向転換走能力と最大発揮筋力との関係(実験1)、および2) 予測不可条件と予測可能条件の方向転換走のタイム差に、情報処理能力の指標となる選択反応時間が及ぼす影響(実験2)について検討した。

実験1および2に共通して、予測可能条件および予測不可条件で直線走および方向転換走のタイムを、光電管(TC-Timing System, Brower Timing System, USA)を用いて0.01秒単位で測定した。光電管は、被検者の腰部の高さに設定した。転換する方向は、特別に作成したプログラム(AO-T2CH, Applied Office, Japan)を用いて制御した。また、方向転換走タイムに加え、脚伸展パワーおよび全身反応時間の測定を実施した。

なお、本研究は、実験の目的および測定方法について鹿屋体育大学倫理委員会の承認を得た上で、行われた。実験の前に、被検者には研究の目的および測定の方法および危険性を口頭で説明し、書面にて同意を得た。

1.2 被検者

被検者は、大学サッカー部に所属する男子学生であった。実験1では67名(20.5±1.3歳, 172.9±5.8cm および 67.9±6.6kg)を対象に、実験2では35名(20.4±1.0歳, 172.8±5.9cm および 67.1±5.6kg)を対象とした。両実験における被検者は、競技年数が7年以上であり、1日2時間以上、週6日間のトレーニングを行っていた。すべての被検者は、正常な裸眼・矯正視力を持ち、外科的な疾患や機能障害を有していなかった。

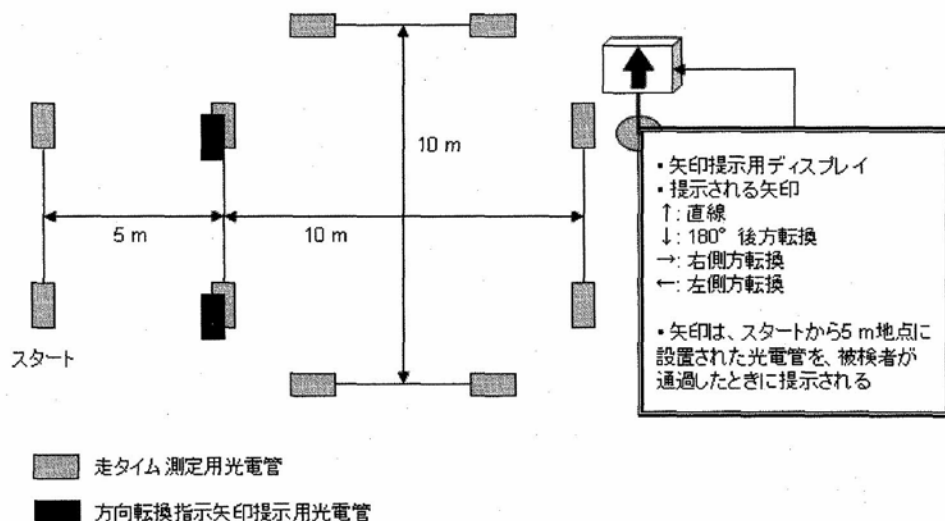


図1 直線走および方向転換走タイムの測定方法

1.3 方向転換走タイムの測定

図1に、実験設定を示す。両条件とも、始めに被検者には最大努力で5 mの直線走を行わせ、5 m通過時に前方に設置されたディスプレイに表示される矢印に従って前後左右の4方向に転換させた。ディスプレイの高さは、被検者および条件間で一定(110 cm)であった。走タイムは、スタートから5 m地点と5 mからゴール地点のタイムをそれぞれ測定した。試行回数は2回とし、試行間には3分間の休息を設けた。被検者が足を滑らせる、あるいは転換する方向を間違えた場合には、追加の測定を行った。被検者は、トレーニングシューズを着用し、屋内で測定を行った。測定の前には、ウォーミングアップを30分間行わせた。

本研究の実施に先立ち、直線走および方向転換走タイムの再現性を確認するために、体育学部所属する学生5名を対象に、同様の測定を7日間以上空けて2回行った。予測可能および不可条件ともに、方向に関わらず1日目と2日目の走タイムには有意な差は認められなかった。1回目と2回目の測定の間の級内相関係数および信頼区間(CI)は、予測可能条件で0.91(CI, 0.79-0.97)、予測不可条件で0.91(CI, 0.77-0.96)であった。これらの値は再現性の基準値を満たしており¹⁹⁾、本研究で用いた走タイム測定は再現性があるこ

とを示している。

1.4 脚伸展パワーの測定

脚伸展パワーは、等速性脚伸展パワー装置(竹井機器工業)を用いて測定した。脚伸展速度は、毎秒80cmに設定した。被検者は、長座姿勢から膝関節を角度90度に屈曲させた姿勢をとり、片脚ずつ交互に最大努力で脚伸展パワー発揮を行った。測定に先立ち、装置に慣れることおよびウォーミングアップの目的として、試行前に主観的な努力度の50%および80%での脚伸展パワー発揮を2~3回行わせた。測定のための試行回数は5回とした。

1.5 全身反応時間の測定

光刺激装置(T.K.K.1264a, 竹井機器工業)を用いて、単純および選択反応時間を、前後左右の4方向で測定した。単純反応時間の測定では、被検者に予め提示される方向を知らせた。選択反応時間の測定では、試行前に提示される方向の情報を被検者には与えなかった。被検者には、方向提示モニターから2 m離れた台の上に立たせ、モニターに矢印が提示されると出来るだけ早くその台から離れるように指示した。両条件での反応時間は、モニターに矢印提示されてか

ら足が台から離れるまでの時間とした。それぞれの条件について2回ずつ行い、試行間には2分間の休息を設けた。

1.6 データ処理および統計処理

それぞれの条件における直線走および方向転換走タイムおよび光刺激に対する全身反応時間は最高タイムを採用した。走タイムおよび反応時間は、それぞれの方向で条件間のタイム差（予測不可条件 - 予測可能条件）を算出した。脚伸展パワーは左右それぞれの最大値を採用し、体重で除した相対値を用いた。また、本研究では右もしくは左側への反応が被検者の利き脚側であったときに利き脚側と定義し、その逆側を非利き脚側とした。

独立変数は、予測可能条件および不可条件での走タイム、単純および選択反応時間、体重当たりの脚伸展パワーであった。予測可能条件および不可条件での走タイムの比較には、繰り返しのある2元配置分散分析（2条件×4方向）を用いた。方向間の比較には、Scheffeによる多重比較を行った。0-5m区間の走タイムの影響を考慮するため、各方向の条件間の走タイムの比較について、0-5m区間の走タイムを共変量とした共分散分析を行った。また、両条件の走タイムにおける内部整合性を調べるために、Cronbach's α を算出した。各条件での走タイムと脚伸展パワーとの関係、および選択反応時間との関係を明らかにするために、ピアソンの積率相関係数(r)を算出した。有意水準は5%未満とした。すべての統計処理は、統計ソフト（SPSS19.0 for windows, IBM）を用いて行った。

2. 研究結果

2.1 直線走および方向転換走タイムにおける

予測可能条件および予測不可条件の比較

0-5m区間の走タイムは、実験1では 1.14 ± 0.04

秒、実験2では 1.17 ± 0.04 秒であった。実験1での直線走（ 1.12 ± 0.05 秒 vs. 1.14 ± 0.04 秒、予測可能条件 vs. 予測不可条件）を除いて、0-5m区間の走タイムは、条件および方向に関わらず有意な差は認められなかった。

実験1および2ともに、5m地点からゴール地点までの走タイムは、方向に関わらず予測不可条件のほうが、予測可能条件よりも有意に遅かった（図2）。0-5m区間の走タイムを共変量として走タイムを調整した場合でも、走タイムの両条件間の差は有意であった。直線走タイムが、他の走タイムよりも有意に早く、180度後方への転換走タイムが最も遅かった。利き脚側および非利き脚側の転換走タイムには有意な差は認められなかった。内部整合性の指標である Cronbach's α は、各方向の両条件間で0.27-0.54（実験1）および0.39-0.59（実験2）であった。

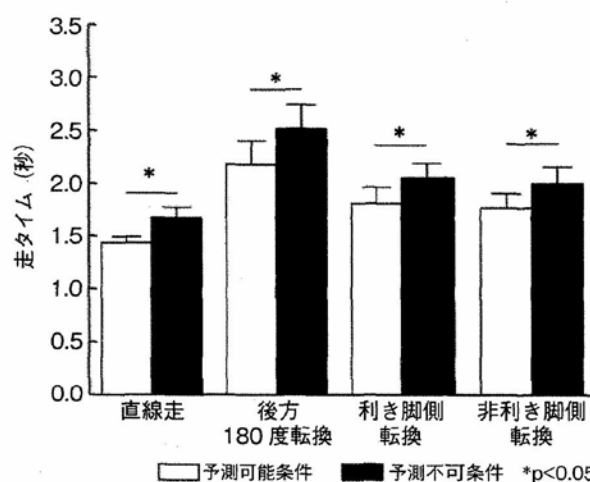
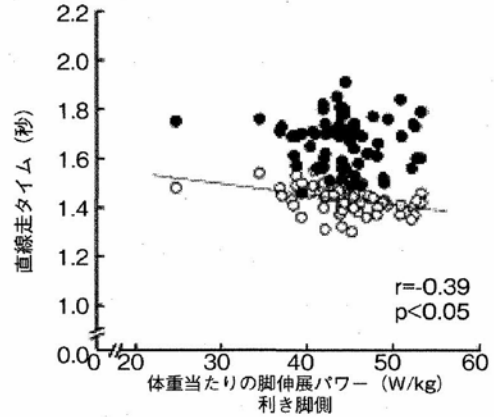
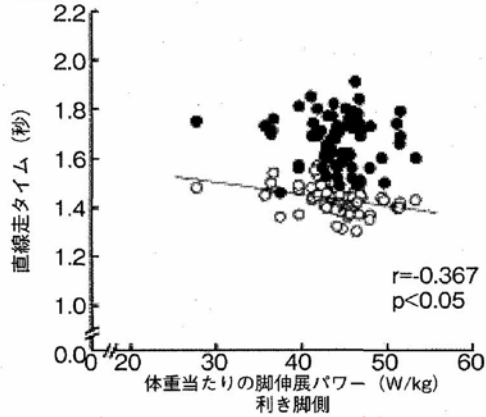


図2 直線走および方向転換走タイムにおける予測可能条件および予測不可条件間の比較（実験1のデータ）

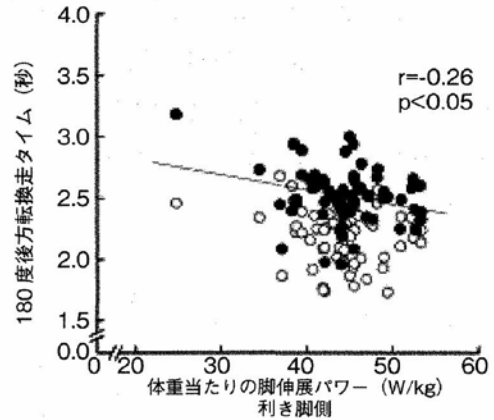
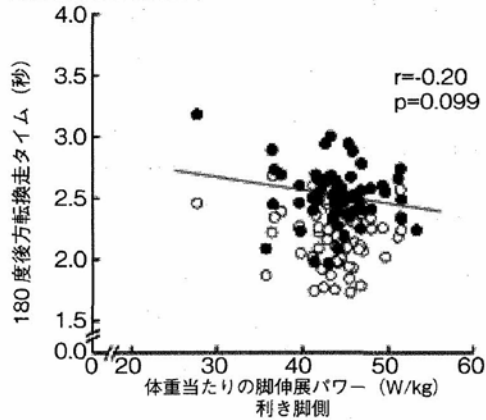
2.2 予測可能条件および予測不可条件の方向転換走タイムと脚伸展パワーの関係（実験1）

図3に、両条件間の走タイムと体重当たりの脚伸展パワーとの関係を示した。予測不可条件での直線走は、利き脚および非利き脚側の体重当たりの脚伸展パワーに関係なく有意な相関関

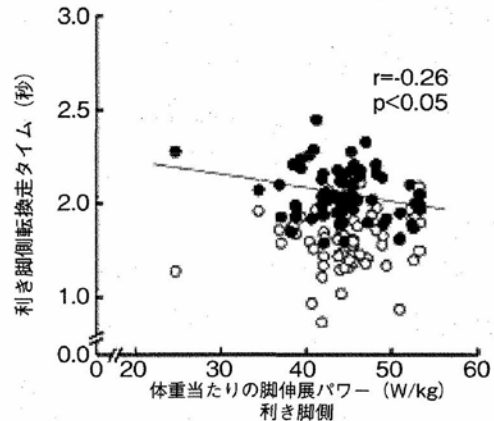
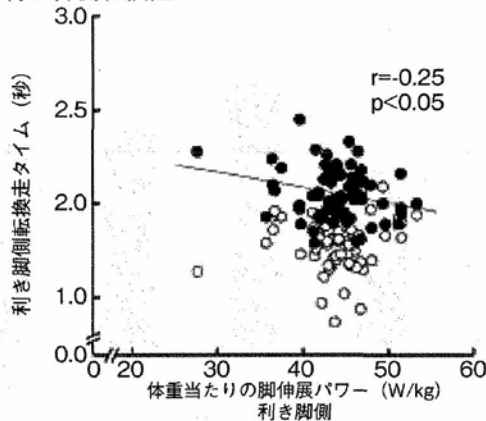
A. 直線走



B. 180度後方転換走



C. 利き脚側転換走



D. 非利き脚側転換走

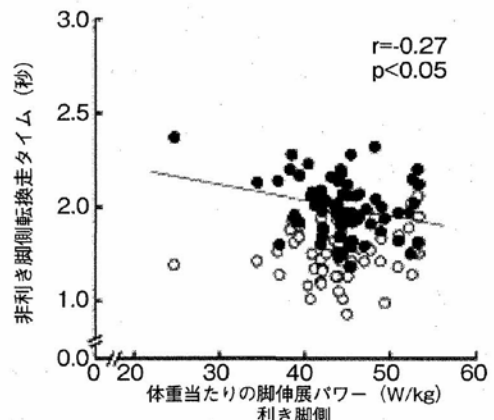
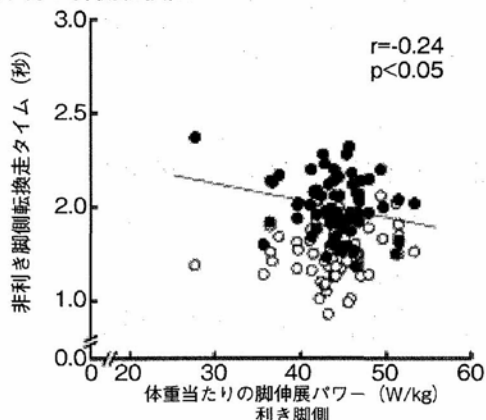


図3 予測可能および不可条件の走タイムと脚伸展パワーとの関係 ●予測不可条件 ○予測可能条件

係は認められなかった。それに対し予測可能条件では、両変数間の関係は有意であった ($r=-0.37 \sim -0.39$, $P<0.05$)。予測不可条件の後方および左右方向への転換走タイムは、利き脚および非利き脚側に関わらず体重当たりの脚伸展パワーと有意な相関関係 ($r=-0.24 \sim -0.27$, $P<0.05$) または相関傾向 ($r=-0.20$, $P=0.099$, 後方転換 vs. 利き脚側) が認められた。一方、予測可能条件では、それらの関係は有意なものではなかった ($r=-0.13 \sim 0.17$, n.s.)

2.3 予測可能条件および不可条件の方向転換走タイムと選択反応時間との関係 (実験2)

選択反応時間は、反応方向に関わらず単純反応時間よりも有意に遅かった (図4)。両条件とも非利き脚側への反応が最も早かった。単純お

よび選択反応時間と走タイムとの間には条件とも有意な相関関係は認められなかった。走タイムおよび反応時間における条件間のタイム差間にも有意な相関関係は認められなかった (図5)。

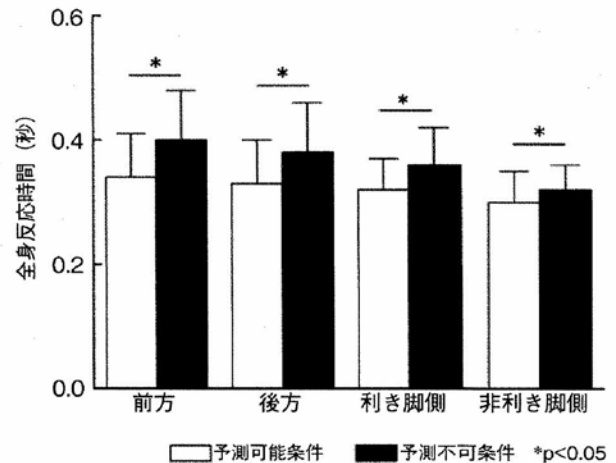


図4 単純反応時間と選択反応時間の比較

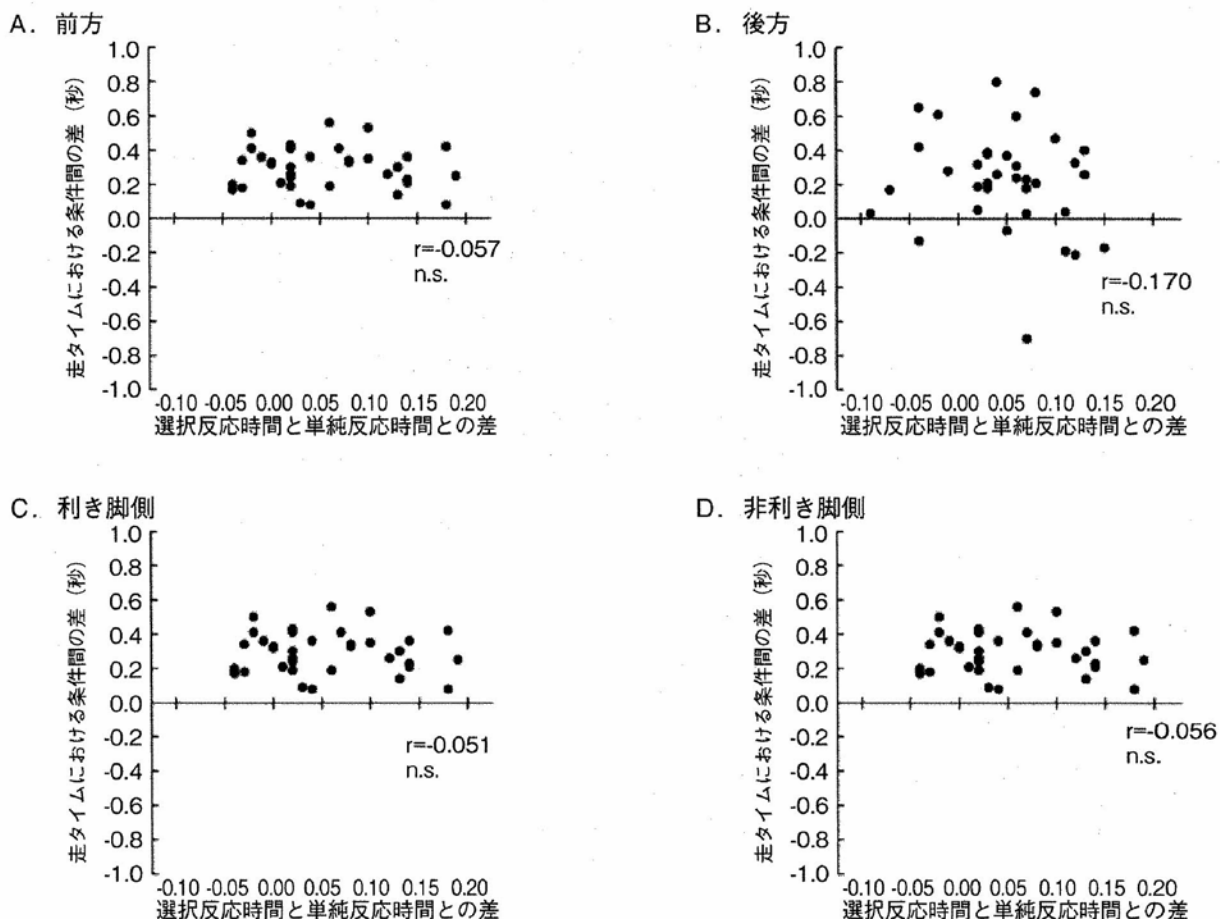


図5 走タイムおよび全身反応時間における条件間のタイム差の関係

3. 考 察

本研究で得られた知見は以下のとおりである。

1) 予測不可条件での方向転換走のタイムと脚伸展パワーの関係は有意であり、予測可能条件でのそれらの関係とは異なった(実験1)。2) 予測不可条件での方向転換走のタイムは、予測可能条件と比較して遅くなるが、そのタイムの差に選択反応時間は関連しなかった(実験2)。

予測可能条件および予測不可条件における走タイムの内部整合性を示す Cronbach's α は 0.70 よりも小さかった。この係数 α は 0.70 以上で内部整合性を満たす^{4, 18)}。したがって、本研究の結果は、予測不可条件での走タイムは、予測可能条件での走タイムで代替することができないことを示している。

予測不可条件での走タイムは、方向に関わらず予測可能条件のそれよりも遅く、全身反応時間における選択反応時間も単純反応時間よりも遅かった。このことは、事前に予測可能である出来事に対する反応時間は、予測不可能な状況と比較して早く反応できるという Posner¹²⁾ の報告と一致している。しかしながら、本研究の仮説とは異なり、両条件間の走タイムの差は、全身反応時間における選択反応と単純反応の差と有意な相関関係を示さなかった。つまり、本研究で測定された選択反応のような情報処理能力は、予測可能および不可条件での走タイムの差を説明する要因ではないといえる。

予測可能条件での直線走タイムは、体重当たりの脚伸展パワーとの間に有意な相関関係が認められたが、方向転換走タイムとは有意な相関関係を示さなかった。このことは、下肢筋群の力発揮能力は、予測可能条件での直線走タイムとは関連する^{7, 22)} が、方向転換走タイムとは関連しない^{10, 23)} という先行知見と一致する。予測不可条件での直線走タイムは、体重当たりの脚伸

展パワーと関連が認められなかったが、後方および左右方向への転換走タイムは体重当たりの脚伸展パワーと関連が認められた。この結果は、先述した仮説を支持するものであった。Besier et al.²³⁾ は、予測不可条件で行われるカッティング中の下肢の関節にかかる負荷および筋活動は高くなることを報告している。このような知見と本研究の結果を考え合わせると、予測不可条件での方向転換走パフォーマンスには、高い力発揮能力が必要であることが示唆される。予測不可条件での走タイムと体重当たりの脚伸展パワーとの関係は、直線走と方向転換走とは異なった。先行研究においても、予測可能条件での直線走能力は、方向転換走能力と関連しないこと²⁴⁾ や脚伸展パワーとの関連も直線走と方向転換走で異なること^{7, 10, 22, 23)} が報告されている。それら先行研究および本研究の結果を考慮すると、予測不可条件での走タイムの減弱に影響する要因が直線走と方向転換走では異なる可能性が示唆される。

予測不可条件での方向転換走タイムと体重当たりの脚伸展パワーとの関係は有意であったものの、その関係性は低いものであった。Young et al.²³⁾ は、アジリティ能力に関連する要因として転換時の技術的要因を挙げている。例えば、Sasaki et al.¹⁵⁾ は、180度方向転換時の接地から体幹最大傾斜までの体幹角度の変位量が大いものほどタイムが遅いことを報告している。つまり、本研究で得られた結果を考慮すると、方向転換走パフォーマンスの規定要因として、転換時の技術的要因(動作様式、四肢および体幹の協調性など)の影響が大きい可能性がある。カッティング動作時の膝関節角度の違いを調べた報告³⁾ によると、片脚支持局面において、予測可能条件より予測不可条件のほうが膝関節の屈曲角度が大きい、その差は4度以下であるといわれている。また、予測の可否による姿勢制御

に違いがあることからカッティング動作時の動的な姿勢制御に違いがある可能性がある。これらの差が転換走パフォーマンスにどの程度影響するかどうかについては不明であり、今後転換時の動作様式に着目した検討を行う必要がある。

4. まとめ

本研究は、大学サッカー選手を対象に予測不可条件での方向転換走タイムが、最大脚伸展パワーおよび情報処理能力を示す選択反応時間と関連するかどうかを検討した。その結果、予測不可条件での方向転換走タイムは、予測可能条件よりも遅かったが、そのタイムの減弱に選択反応時間は関連しなかった。一方、予測不可条件での方向転換走タイムは最大脚伸展パワーと関連し、その関係は予測可能条件でのそれらの関係とは異なった。以上の結果から、予測不可条件の方向転換走能力は脚伸展パワーと関連するが、選択反応時間とは関係しないことが明らかとなった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く御礼申し上げます。また、本研究の実施に多大なご協力を賜りました鹿屋体育大学サッカー部の皆様、中本浩輝講師ならびに博士後期課程前大純朗君には心より感謝いたします。

文 献

- 1) Abernethy B. Training the visual-perceptual skills of athletes. Insights from the Study of Motor Expertise. *Am. J. Sports Med.*, 24: S89-92(1996)
- 2) Besier T.F., Lloyd D.G., Ackland T.R., Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35: 119-127(2003)

- 3) Besier T.F., Lloyd D.G., Ackland T.R., Cochrane J.L., Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33: 1176-1181(2001)
- 4) Bland J.M., Altman D.G., Statistics notes: Cronbach's alpha. *BMJ*, 314: 572(1997)
- 5) Castillo-Rodriguez A., Fernandez-Garcia J.C., Chinchilla-Minguet J.L., Carnero E.A., Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *J. Strength Cond. Res.*, 26: 725-732(2012)
- 6) Gil S., Ruiz F., Irazusta A., Gil J., Irazusta J., Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 47: 25-32(2007)
- 7) Harris N.K., Cronin J.B., Hopkins W.G., Hansen K.T., Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *J. Strength Cond. Res.*, 22: 691-698(2008)
- 8) Jones P., Bampouras T.M., Marrin K., An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 49: 97-104(2009)
- 9) Little T., Williams A.G., Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 19: 76-78(2005)
- 10) Marcovic G., Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 47: 276-283(2007)
- 11) Olsen E.A., Relationship between psychological capacities and success in college athletics. *Research quarterly*, 27: 79-89(1956)
- 12) Posner M.I., Chronometric Explorations of Mind. In. New York.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, (1978)
- 13) Reilly T., Williams A.M., Nevill A., Franks A., A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J. Sports Sci.*, 18: 695-702(2000)
- 14) Rosenbaum D.A., Human movement initiation: specification of arm, direction, and extent. *J. Exp. Psychol. Gen.*, 109: 444-474(1980)
- 15) Sasaki S., Nagano Y., Kaneko S., Sakurai T., Fukubayashi T., The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *J. Sports Sci. Med.*, 10: 112-118(2011)
- 16) Schmidt R.A., Wrisberg C.A., Motor learning and performance: a problem-based learning approach.

- 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; (2004)
- 17) Sheppard J.M., Young W.B., Agility literature review: classifications, training and testing. *J. Sports Sci.*, 24: 919-932(2006)
- 18) Tavakol M., Dennick R., Making sense of Cronbach's alpha. *Int. J. Med. Education*, 2: 53-55 (2011)
- 19) Vincent W.J., Statistics in Kinesiology.: Champaign IL: Human Kinetics; (1995)
- 20) Wang Y.T., Chen S., Limroongreungrat W., Change L.S., Contributions of selected fundamental factors to wheelchair basketball performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37: 130-137(2005)
- 21) Williams L.R., Walmsley A., Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *J. Sci. Med. Sport*, 3: 460-475(2000)
- 22) Wisloff U., Castagna C., Helgerud J., Jones R., Hoff J., Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br. J. Sports Med.*, 38: 285-288 (2004)
- 23) Young W.B., James R., Montgomery I., Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 42: 282-288 (2002)
- 24) Young W.B., McDowell M.H., Scarlett B.J., Specificity of sprint and agility training methods. *J. Strength Cond. Res.*, 15: 315-319(2001)