

20m シャトルランテスト・ターン局面のステッピング

宮村 良太¹⁾, 本田拓也²⁾, 松永須美子³⁾, 松永 智^{4,5)}

The Stepping-to-Turn in Multistage 20 Meter Shuttle Running Test

Ryota MIYAMURA¹⁾, Takuya HONDA²⁾, Sumiko MATSUNAGA³⁾
and Satoshi MATSUNAGA^{4,5)}

This raises the possibility that the technical degree of the turn skill has an influence on the performance in the multistage 20-m shuttle run test (SRT). However, few data are available as to whether there were various stepping-to-turn patterns. If such is the case, much interest has arisen regarding the difference of stepping-to-turn effect on the test score in SRT. This research examined whether or not there were various stepping-to-turn patterns in SRT and investigated the turn characteristics among various sports. We recruited players from basketball, volleyball, football, baseball, rugby, tennis, kayak, badminton and team-handball university players. The stepping-to-turns of each subject were analyzed using recorded video images. Though previous researches showed that a movement track during the turning phase in SRT consisted of linear locus (LL) and ellipsoidal locus (EL), it has been shown that stepping pattern in LL could be divided into skipping turn (ST) and cutting turn (CT) with or without skipping, respectively. We founded that almost stepping-to-turns in the volleyball and baseball players, the basketball and handball players, and the football and rugby players were CT, ST and ellipsoidal turn, respectively. However, in SRT we couldn't decide a best stepping-to-turn pattern from the perspective of an energy efficiencies and fatigue tolerance. Thus the characteristics of the stepping-to-turn in SRT should be explored in future investigations.

Key words: change of direction, turn characteristics, various sports

¹⁾ 福岡県北九州市立花尾小学校, ²⁾ 茨城県立つくば特別支援学校, ³⁾ 南九州短期大学国際教養学科,

⁴⁾ 宮崎大学教育学部, ⁵⁾ 鹿屋体育大学大学院体育学研究科

責任著者: 松永 智

I. 緒言

20m シャトルランテスト (以下: SRT) は、全身持久力の測定のため、教育、及び競技の現場において広く用いられている¹⁰⁾。SRT は、特別な装置を用いることなく、屋内、屋外を問わず、同時に多くの人が参加できるため、フィールドテストとしての有用性は高く⁷⁾、1998 年からは小・中・高等学校で実施されている新体力テストの指標の1つとして採用されている¹⁴⁾。また、SRT 時の最大走速度と往復回数を用いて、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$) の推定の可能性も指し示されている^{2, 5, 11, 12, 13, 16, 18)}。

SRT は、20m の間を疾走、180 度方向転換、その後再加速する、折り返し動作を多く含むことから (本研究では「ターン」と称する)、求められる速度が漸増することによる走速度の変化、及びその際の走行時の姿勢変化など、持久走に比べて異なる運動特性を有している⁷⁾。新体力テストを行う小学校体育科の教育過程では学習指導要領に沿って授業展開されており、なかでも様々な運動の基礎である走動作について^{9, 20)}、陸上運動系 (低学年: 走・跳の運動遊び、中学年: 走・跳の運動、高学年: 陸上運動) の単元として取り扱われている。しかしながら、学習指導要領内には SRT で必要とされるターンの指導方法についての詳細な記述は認められない¹⁵⁾。

実際の小学校の教育現場において、20m 間を全力疾走した後、ライン上で立ち止まり、再び全力疾走を繰り返す児童の様子も多くみうけられ、ターンの巧拙が SRT 成績に影響を及ぼす可能性が指摘されている^{4, 19)}。SRT 中の被検者の頭部軌跡を動作解析した研究では^{21, 22)}、ラグビー選手のターンの走行軌跡は直線であったのに対し、陸上長距離選手は楕円軌道を取ることを報告している。このように、SRT のターン局面における走行軌道には競技特性がみられる一方、その軌道が示す形態には個人差が大きいことが示されている^{6, 21)}。また、ターン局面の走行軌道に関する研究において、直線軌道を取る場合、急激な切り替えし動作 (急な加減速) に起因する疲労感の増幅が、一方、楕円軌道を取る場合、総走行距離が大きく増加することが、その特徴として明らかになってきている³⁾。

疾走やサイドステップからの 90°、180° の方向転換能力の高低は、サッカー、バスケットボール、テニス、野球などのパフォーマンス発揮の上で重要な因子であり、ターン局面における足運び (以下: ターンステップ) はこの方向転換を構成する主要な因子として位置付けられている。しかしながら、SRT のターン解析を行った先行研究では^{21, 22)}、ターン局面における走行の軌道を類型化してはいるが、どのようなターンステップが行われたのかを明らかにするまでには至っていない。

そこで本研究では、様々な競技特性を有する大学生を対象に、SRT におけるターンステップに着目し¹⁾、その特性について検討を加えた。そして、抗疲労の観点からより効率的なターンステップの方法の開発のための知見の獲得を目指し、それらを基に児童・生徒への実技指導へと展開できるように努めたいと考えている。

II. 研究方法

1. 被検者

被検者は、宮崎大学に在籍する学生 30 名 (男子 18 名、女子 12 名) とし、バスケットボール 9 名、

バレーボール4名、サッカー4名、野球3名、ラグビー2名、テニス2名、カヌー1名、バドミントン1名、ハンドボール1名の競技者と、特に運動を行っていない3名であった。被検者の身体的特性は Table 1 に示した。被検者には、事前に実験の概要と予想される危険性などを十分に説明し、文書による同意を得た。なお、本研究は宮崎大学教育学部研究倫理委員会の承認を得て行われた。

Table 1 Characteristics of subjects

	Male (n=18)	Female (n=12)
Age (years)	20.0±1.6	19.7±0.9
Height (cm)	172.2±0.1	162.7±5.4
Weight (kg)	67.3±8.9	58.3±9.6
BMI (kg/m ²)	22.6±1.8	22.0±3.0

2. 測定方法

(1) 20m シャトルランテスト

被検者はウォーミングアップを行った後、屋内で SRT を実施した。新体力テスト実施要領に従い¹⁴⁾、電子音に合わせて 20m 間隔の 2 本の平行線の間を往復するよう指示した。なお、1 回の試技には、衝突等の安全性を考慮して 1 グループ 3～6 名で行わせた。

SRT の最大ターン回数は、被検者が疲労困憊に至り、電子音によって設定された速度を維持できず設定時間内に 2 回続けて到達が不可能になったと被検者が自己判断するまでの回数とした。なお、実験試技は 1 回とした。

(2) 動作分析

SRT 中のターンステッピングの記録のため、ライン後方 6.5m の位置から全身が映るように、デジタル HD ビデオカメラレコーダー (Handycam [HDR-XR520V], SONY 社製) にて 1 秒間に 30 コマ撮影した。

撮影された画像をパーソナルコンピュータに取り込み、画像解析ソフトウェア (PMB, SONY 社製) を用いて解析した。ターンステッピングについては、ラインに接地、もしくは跨いだ足と、その前後 3 歩までの一連の動作と規定した (Fig.1)。

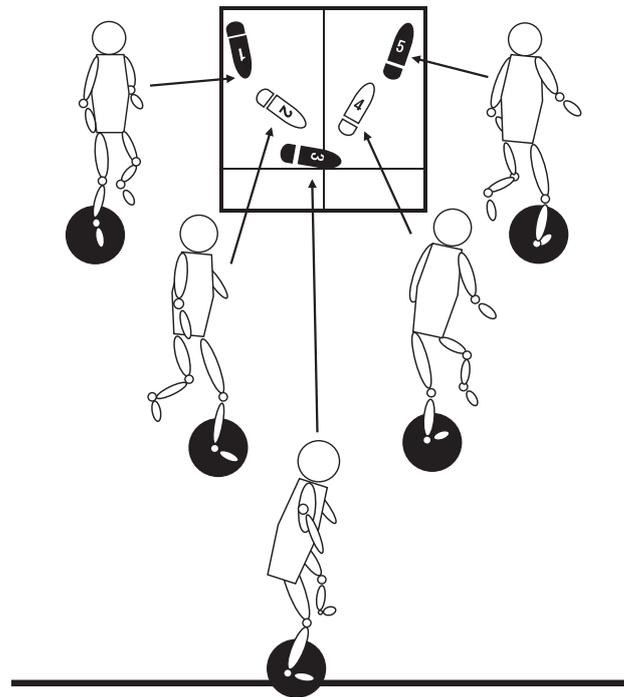


Fig.1 Schematic of a series of stepping-to-turns

(3) ターンステッピングの分類

先行研究では²¹⁾、180度ターン局面の走行軌道を、①直線軌道型 (linear locus : LL) と②楕円軌道型 (ellipsoidal locus : EL) の2種類に大別している。本研究では、LL、EL、及び③その他型の3種類の走行軌道を基に、ステップ時のつま先の向きや足の着地点の違いから、各被検者のターンステッピングを更に細かく分類した。

Ⅲ．結果

1. ターンステッピングの種類

被検者のターンステッピングのパターンのうち、複数の被検者で観察された10種類を Fig. 2～4に示した。

LLのうち、左右の足が交互に接地する足の向き、及び足の着いた場所の違いから更に4種類に細分化された [カッティングターン (Cutting turn : CT) (Fig. 2, CT-type1, CT-type2, CT-type3, CT-type4)]。またLLのなかでも左右交互ではなく同じ足が連続して接地するスキップ動作を伴うターンステッピングが確認され、これも足の向き、及び足の着いた場所の違いから更に3種類に分類された [スキップターン (Skip turn : ST) (Fig.3, ST-type4, ST-type5, ST-type6)]。またELもまた接地する足の向き、及び足の着いた場所の違いから、さらに3種類に細分化された (ellipsoidal Turn:ET)(Fig.4, type8-10)。CT、ST、及びETに分類できないパターンをその他に分類した。なお、ターンにおける振り返る方向 (回転方向) は、被検者や同じ被検者であっても各ターンによって異なっていることが多かった。そのため、本研究ではステッ

ピングに着目するため、回転方向に捉われず、すべて反時計回り（右足での踏み切り）として扱った。

2. ターンステップングの出現割合

出現回数と割合は、Table 2 に示した。最も多くみられたターンステップングのタイプは、CT であり (70.2%)、次いで ET (16.6%)、ST (12.5%) の順で出現した。

CT、ET、LT の 3 種類のターンステップングのうち、最も多く観察された CT (70.2%) は、バレーボールや野球競技者に、次に多く観察された ET (16.6%) はサッカーやラグビー競技者に、ST (12.5%) は、バスケットボールやハンドボール競技者に多くみられた。

CT、ET、ST の 3 種類から更なる詳細な分類を行ったところ、試技全体において最も多くみられたターンステップングは、CT-Type 2 であった (42.8%)。次いで CT-Type 3 (11.8%)、CT-Type 4 (11.2%) となった。ST では Type 6 の割合が最も多く (9.3%)、ET では Type 9 の割合が多かった (7.9%)。試験開始直後の比較的走行速度が遅いレベルでは、CT の出現が多かった一方、速度の上昇に伴い CT の出現割合が減少していき、ST 及び ET の出現割合が増加した (Fig.5)。ST は約 20% をピークとして上昇に歯止めがかかったが、ET は徐々に増加していき、最終的には 100% の割合を占めるまでに至った。

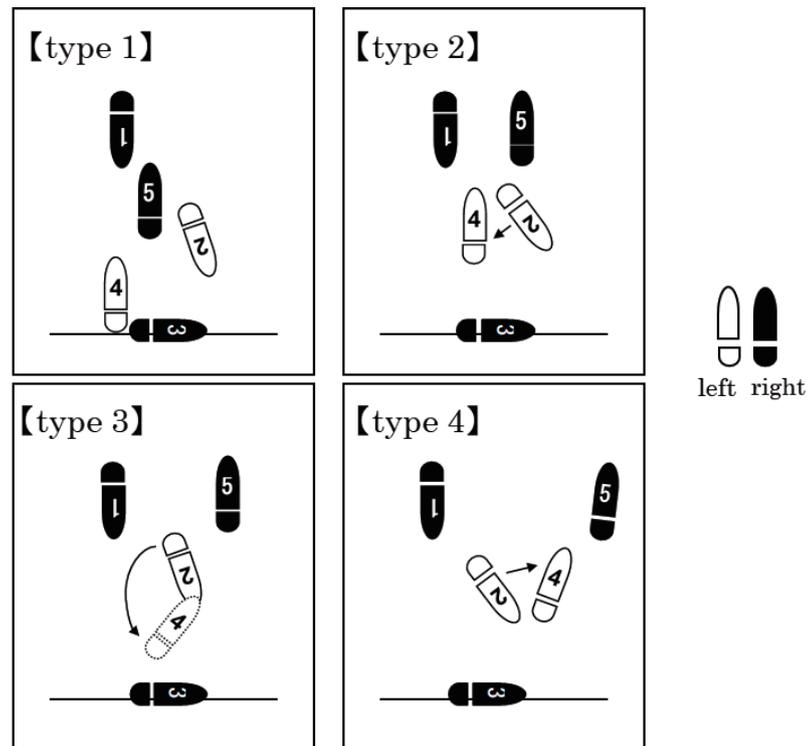


Fig.2 Turn-stepping patterns in cutting turn

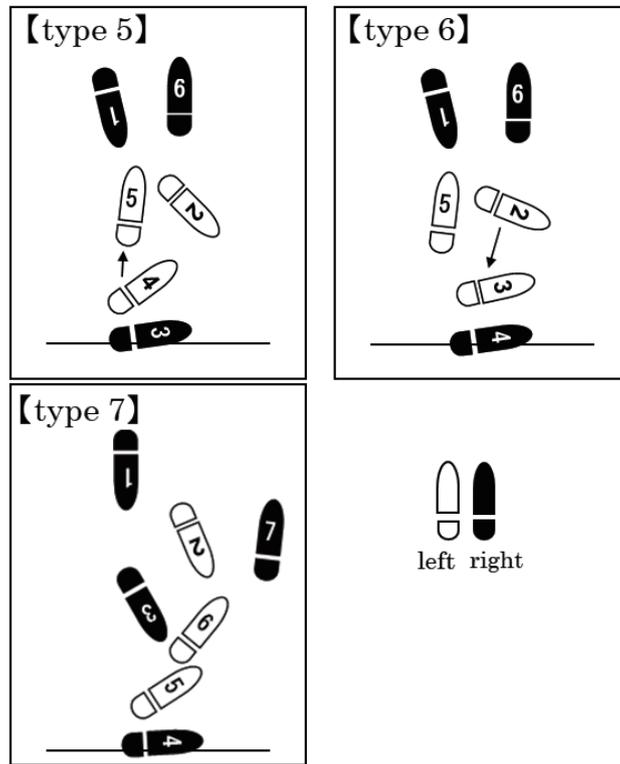


Fig. 3 Turn-stepping patterns in skip turn

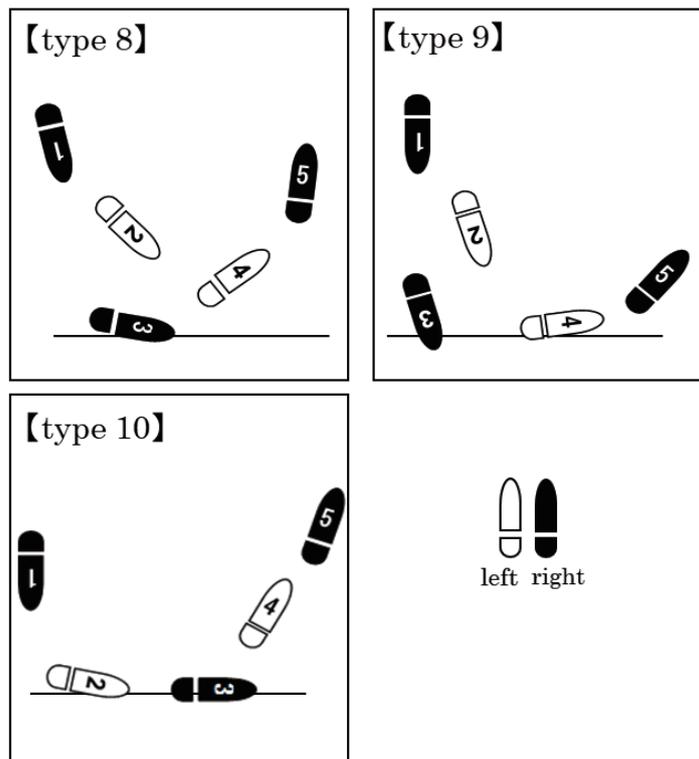


Fig. 4 Turn-stepping patterns in ellipsoidal turn

Table 2 The appearance frequency in turn-stepping pattern

Pattern		frequency (times)	(%)		frequency (times)	(%)
LL	CT	925	70.2	Type 1	58	4.4
				Type 2	564	42.8
				Type 3	155	11.8
				Type 4	148	11.2
	ST	164	12.5	Type 5	25	1.9
				Type 6	123	9.3
EL	ET	218	16.6	Type 7	16	1.2
				Type 8	57	4.3
Others		10	0.8	Type 9	104	7.9

LL : linear locus, EL : ellipsoidal locus, CT : Cutting turn,
ST : Skip turn, ET : Ellipsoidal turn

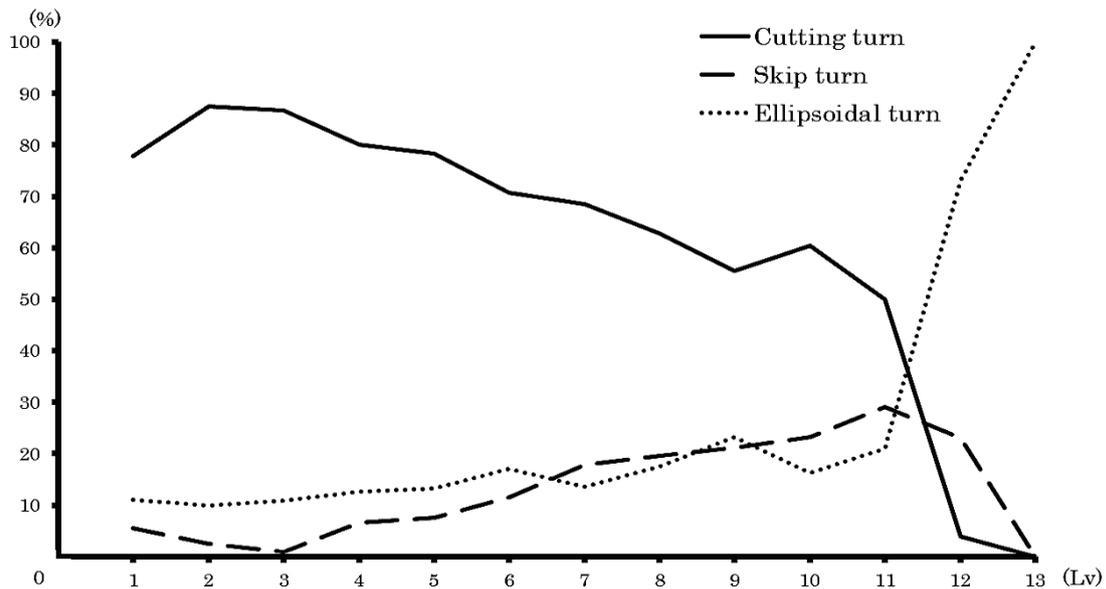


Fig.5 Changes in proportion of various turns as the level increases.

The running speed and number of times of each level (km/h and time) ; Lv.1: 8.0 km/h (1-7), Lv.2: 9.0 km/h (8-15), Lv.3: 9.5km/h (16-23), Lv.4: 10.0 km/h (24-32), Lv.5: 10.5 km/h (33-41), Lv.6: 11.0 km/h (42-51), Lv.7: 11.5 km/h (52-61), Lv.8: 12.0 km/h (62-72), Lv.9: 12.5 km/h (73-83), Lv.10: 13.0km/h (84-94), Lv.11: 13.5 km/h (95-106),Lv.12: 14.0 km/h (107-118), Lv.13: 14.5 km/h (119-131).

IV. 考察

SRTにおけるターン局面の動作解析により、競技特性によって走行経路が直線や楕円軌道をとることが知られているが^{21, 22)}、その足運び、すなわちターンステップングに着目した検討はみあたらない。本研究では、児童・生徒を対象としたSRT中の効率的なターンステップングの指導法の開発を視野に入れ、まずは様々な運動部に所属する大学生を対象に、競技特性を考慮したSRTにおける走行経路別のターンステップングの分類を行うことを主な目的とした。本研究で得られた第1の知見は、ELにおけるターンのステップは1種類しかみられなかったものの(Fig.4)、LLのターンステップングには、左右の足が交互に接地するCTと左右の足が交互に接地せずスキップ動作を伴うSTの2種類のターンステップングが観察されたことである(Fig.2, 3)。CTはさらに、左右の足が交互に接地する足の向き、及び足の着いた場所の違いから4種類(CT-type1~4)に、STもまた同様の観点から3種類(ST-type5~7)に細分化することができた。これは、本研究に参加した被検者が様々な競技種目によって構成されていたことから、競技種目による差異によるものと考えられる。

本研究で得られた第2の知見は、SRTのターン局面ではCTの占める割合が多く、なかでもCT-type2の出現頻度が高かったことである(Table 2)。CT、ET、LTの3種類のターンステップングのうち、最も多く観察されたCTは、直線的で、かつ素早いターン動作を必要とする種目であるバレーボールや野球競技者が、次に多く観察されたETは多くの時間、直線的な動きを主に行うサッカーやラグビー競技者が、STは、直線的ではあるがスキップや不規則な足運びを用いたフェイント動作の使用頻度の高いバスケットボールやハンドボール競技者に多くみうけられた¹⁷⁾。SRTは個人差や競技特性によってターンステップングの様式が異なり^{8, 10, 21, 22)}、本研究で得られた結果はこれらの知見を支持するものであった。しかしながら、競技特性の影響を受けていないと推察される運動部に所属していない被検者が3種類すべてのターンを用いていたことも観察され、ターンステップングと競技種目との関係性については今後さらなる検討が必要と思われる。

本研究で付随的にみいだされた知見として、全ての被検者におけるターンステップングから、各ターンの走行スピードのレベル別のターンステップングの出現割合を検討したところ、CTはスピードが遅いテスト前半から中盤にかけてその割合が高く、速度が増加したテスト終盤にかけてその割合が減少していったことがある。一方、STとETは走行スピードが遅いテスト前半での出現割合は低いものの、テスト中盤から終盤にかけてその割合が増加していった(Fig.5)。エネルギー効率からの検討では、楕円型のターンは下肢への負担が小さい一方、走行距離が長くなるためその効率が悪く、過度な体内の酸素消費を伴うことが知られている^{21, 22)}。テスト前半で直線軌道のターンを行い、テスト中盤から後半にかけて楕円軌道のターンに変化していった被検者もみられたことから、「なぜステップをSRTの途中で変化させたのか」、アンケートを試みたところ、「直線軌道のターンは加減速が大きく、下肢への負担が大きいため、その負担を軽減するため楕円形ターンに変えていった」といった意見がみられた。この意見は、SRT中のステップパターンの変遷のメカニズム追及をする上で非常に興味深いものであり、今後のさらなる課題探求に生かしていきたいと考えている。

まとめとして、本研究でみられたSRTのターンステップングは、①EL、LL及びその他に分類でき、さらにLLをとるターンにはスキップ動作の有無によりSTとCTの2種類に類型

化できた。そして、② CT は、バレーボール部や野球部に、ET はサッカー部やラグビー部に、ST はバスケットボール部やハンドボール部に所属している被検者に多くみうけられ、競技特性による違いが観察された。しかしながら、SRT におけるターンの際、どのターンステッピングがエネルギー効率や疲労耐性から適性しているのかについては、本研究からはみいだすことはできなかった。

今後の課題として、本研究で明らかとなった 10 種類のターンについて、加速度やターン径の測定をもとに身体のエネルギー供給や総走行距離などの比較を行い、より効率的なターンの仕方を探求していくことが望まれる。

参考文献

- 1) Andrews JR, McLeod WD, Ward T and Howard K (1977) The cutting mechanism. *Am J Sports Med*, 5: 111-121.
- 2) Barnett A, Chan LYS and Bruce IC (1993) A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak $\dot{V}O_2$ in Hong Kong Chinese students. *Pediatr exerc sci*, 5: 42-50.
- 3) Boreham CA, Paliczka VJ and Nichols AK (1990) A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J Sports Med Phys Fitness*, 30: 19-23.
- 4) 土居聖也, 松村勲, 東畑陽介, 吉本隆哉, 金高宏文 (2012) 持久走のトレーニング処方ができる 20m シャトルランテストの活用法—シャトル数から $\dot{V}O_{2max}$ 相当の走速度を簡易に推定する方法の検討—, *スポーツパフォーマンス研究*, 4: 192-203.
- 5) Flouris AD, Metsios GS and Koutedakis Y (2005) Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. *Br J Sports Med*, 39: 166-170.
- 6) Gibson SC, Broomhead A, Lambert S and Hawley JA (1998) Prediction of maximal oxygen uptake from a 20-m shuttle run as measured directly in runners and squash players. *J Sport Sci*, 16: 331-335.
- 7) 石井裕明, 石井裕明, 千葉智則, 高橋信二, 前田明伸 (2003) 20m シャトルランテスト中の呼気ガス動態の特性. *日本体育学会大会号*, 54: 303.
- 8) Kilding AE, Aziz AR and Teh KC (2006) Measuring and predicting maximal aerobic power in international-level intermittent sport athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 46: 366-372.
- 9) 小林寛道 (1990) 走る科学, 大修館書店, 東京, pp35-39.
- 10) Léger LA and Lambert J (1982) A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_{2max}$. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 49: 1-12.
- 11) Léger LA, Mercier D, Gadoury C and Lambert J (1988) The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6: 93-101.
- 12) Mahar MT, Welk GJ, Rowe DA, Crofts DJ and McIver KL (2006) Development and validation of a regression model to estimate $\dot{V}O_{2peak}$ from PACER 20-m shuttle run performance. *J Phys Act Health*, 3: 34-46.
- 13) Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, Kumakura N, Ikeda A and Wilk B (2004) Validity of the multistage 20-m shuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. *Pediatr Exerc Sci*, 16: 113-125.

- 14) 文部科学省 (1998) 新体力テスト実施要項, 文部科学省, 東京, pp6.
- 15) 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説体育編, 東洋館出版社, 東京, pp14-71.
- 16) Ruiz J, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB and Zabala M (2008) Artificial neural network-based equation for estimating $\dot{V}O_{2\max}$ from the 20m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med*, 44: 233-245.
- 17) 鈴木雄太, 阿江通良, 榎本靖士 (2010) サイドステップおよびクロスステップによる走方向変換動作のキネマティクスの研究. *体育学研究*, 55: 81-95.
- 18) Stickland MK, Petersen SR and Bouffard M (2003) Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can J Appl Physiol*, 28: 272-282.
- 19) 高橋信二 (2016) 全身持久力テストとしてのシャトルランを再考する. *体育の科学*, 66 : 568-573.
- 20) 白井永男, 岡田修一 (2011) 発達運動論, 放送大学教育振興会, 東京, pp72-81.
- 21) 吉田雄大, 板谷厚, 高橋信二, 木塚朝博 (2015) 競技特性と個人差が20m シャトルランテストのターンにおよぼす影響. *体育測定評価研究*, 15: 25-32.
- 22) 吉田雄大, 高橋信二, 千葉智則, 前田明伸, 木塚朝博 (2013) 3 軸加速度センサを用いたシャトルランにおける走行特性の評価. *体育学研究*, 58: 35-44.

(2020年5月8日受理)