

スピード・スケート競技の1500m滑走における ペース配分に関する研究

河合季信・宮坂雅昭*・田崎健太郎・高松 薫

Studies on pace in 1500-m speed skating

KAWAI Toshinobu, MIYASAKA Masaaki*, TAZAKI Kentaro, TAKAMATSU Kaoru

Performance time in 1500-m speed skating is about two minutes. The purpose of this study was to clarify the reasonable pace in 1500-m speed skating through two kinds of experiment using twenty-four college level speed skaters. For these experiments, 90-s board skating (Exp.1) and 90-s and 120-s board skating (Exp.2) were performed under four kinds of pace, respectively. The 120-s board skating was divided into four phases at 30-s intervals. In four kinds of pace, total step frequency from first phase (0~30sec) to third phase (60~90sec) was equal, but step frequency of each phase was different. Pace A was [Very Fast-Medium-Very Slow], Pace B was [Fast-Medium-Slow], Pace C was [Medium-Medium-Medium] and Pace D was [Slow-Medium-Fast]. In experiment 1, step frequency of final phase (90~120sec) after immediately 90-s board skating was examined. In experiment 2, oxygen debt after 90-s and 120-s board skating, step frequency of final phase and oxygen intake during 120-s board skating were examined. Results were as follows ;

- 1) Pace A makes quite a little oxygen debt and oxygen requirement until third phase, and records very few steps in final phase.
- 2) Pace B makes the littlest oxygen debt and oxygen requirement until third phase, and records the largest number of steps in the final phase.
- 3) Pace C has similar features with Pace B.
- 4) Pace D makes a lot of oxygen debt and oxygen requirement until third phase, and records few steps in the final phase.

Furthermore, we considered paces used in actual 1500-m speed skating in several national and international competitions. Consequently, it was recognized that Pace A or B in this study was used by superior skaters in those competitions.

Key words : 1500-m speed skating, Board skating, Pace, Oxygen debt, Oxygen intake

I. 緒言

運動技術は、体力、精神力とともに競技成績を決める極めて重要な要因である。陸上競技のト

ラック種目では、運動技術の種類として、フォームや呼吸法のほかに、ペース配分（以下、ペースと略す）をあげている⁵⁾。金原ら⁴⁾は、合理的なペースをスピードの合理的配分である物理的ペース、意識・努力感の合理的配分である心理的ペース、およびエネルギーの合理的配分である生理的

* (財)長野県体育協会

Nagano Amateur Sports Association

ペースの3つの側面からとらえることが重要であると指摘している。このとらえ方は、ほぼ同様の競技特性を有するスピード・スケート競技にも適用できるものと考えられる。

ペースに関するこれまでの研究は、高い効率が得られるペースに関する研究^{1,8)}と、優れた成績が得られるペースに関する研究の2つに分けられる。しかし、後者の研究は、Ariyoshiら²⁾の研究などが数例あるのみで、スピード・スケート競技に関する報告は見あたらない。

そこで本研究では、スピード・スケート競技の1500 m滑走において優れた成績を得るための合理的なペースについて検討した。

II. 方法

実験運動には、スピード・スケートの模擬運動である、スライドボード上での滑走(スライドボード滑走)を用いた(図1)。このスライドボード滑走は、左右への移動運動であるが、実際のスケートティングにおけるストレート滑走と類似している⁷⁾。スライドボードの幅は、実際の1500 m滑走のステップ頻度とほぼ同じになるように、いずれの被検者の場合も192 cmに統一した。

予備実験として、各被検者に30秒間および120秒間の全力スライドボード滑走を行わせた。30秒間の全力スライドボード滑走は、各ペースの各局面におけるステップ数が、最大能力に対してそれぞれどれくらいの割合となるのかを明らかにするためにいった。120秒間の全力スライドボード滑走は、90秒間の総ステップ数、および90秒をそれぞれ30秒ずつの3局面に分けたときの各局面のステップ数を設定するためにいった。

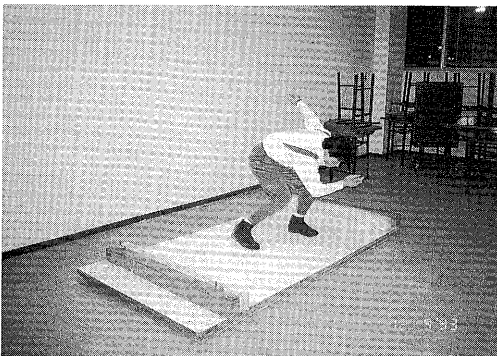


Fig. 1 View of the board skating

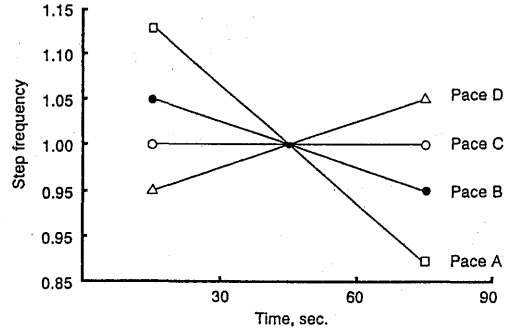


Fig. 2 Paces used in the Exp. 1 and 2.

本研究では、スピード・スケートの1500 m滑走における競技時間の約3/4にあたる90秒までのステップ数が同じになる、4種類のペースを用いた(図2)。

各ペースの特徴は、次の通りである。

ペース A : Very Fast-Medium-Very Slow

ペース B : Fast-Medium-Slow

ペース C : Medium-Medium-Medium

ペース D : Slow-Medium-Fast

各ペースの第1局面におけるステップ数は、ペースCの第1局面を基準として、ペースAが約1.13倍、Bが約1.05倍、Dが約0.95倍となるように設定した。

なお、被検者には、90秒間にわたってステップごとのインターバルタイムが時々刻々と変化するようにプログラムされた、パーソナルコンピュータ(SHARP社製 X-1 TURBO)からの発音音に合わせて、スライドボード滑走を行わせた。

本研究では、上述した実験運動およびペースを用いて、2つの実験を行った。

実験1では、各種ペースによる90秒間のスライドボード滑走が、その後の30秒間の全力滑走におけるステップ数に及ぼす影響について検討した。この実験では、最終局面のステップ数を測定した。被検者には、大学スケート部に所属する男子学生18名を用いた(年齢 20.2 ± 1.6 歳、身長 171.4 ± 5.2 cm、体重 65.3 ± 5.0 kg)。これらの被検者は、いずれもインターカレッジなどの大会に出場する競技水準を有しており、1500 mのベスト記録は、1分58秒24~2分9秒24の範囲内であった。

実験2では、各種ペースによる90秒間および120秒間のスライドボード滑走が、生理的諸機能

に及ぼす影響を明らかにするために、2つの実験を行った。実験2-1では、各種ペースによる90秒間のスライドボード滑走を行わせた。実験2-2では、各種ペースによる90秒間のスライドボード滑走を行わせ、その後さらにつづけて30秒間の全力滑走を行わせた。この実験では、運動に要した酸素摂取量、酸素負債量および酸素需要量を測定した。これらはダグラスバック法で測定し、呼気ガスの分析には、質量分析器（Perkin-Elmer社製）を用いた。また、実験2-2では最終局面のステップ数も測定した。被検者には、大学スケート部に所属する男子学生5名（年齢20.2±1.6歳、身長176.8±3.5cm、体重70.6±5.0kg）、女子学生1名（年齢19.0歳、身長163.0cm、体重58.0kg）を用いた。このうち男子3名、女子1名は国内、または海外の各競技会で活躍しており、1500mのベスト記録は、男子が1分56秒17～2分5秒53の範囲内にあり、女子が2分14秒09であった。また、このうち男子1名は、ショートトラック競技を専門としていた。

III. 結果

1. 各種ペースによる90秒間のスライドボード滑走がその後の30秒間の全力滑走におけるステップ数に及ぼす影響（実験1）

表1に、実験1の結果を示した。

被検者18名の平均値でみると、最終局面のステップ数は、ペースBが最も多く、次いでA・D、Cの順に多い値を示した。また、120秒間の総ステップ数は、ペースBが最も多く、次いで、A、D・Cの順に多い値を示した。しかし、いずれも

Table 1 Step frequency in 120-s board skating (Exp. 1).

Pace	Step frequency (times)		
	0-90 sec	Final Phase	Total
A	127.2±6.1	39.0±3.2	166.2±7.7
B	127.2±5.7	40.7±2.8	167.9±7.2
C	126.4±5.7	38.8±3.2	165.1±7.9
D	126.1±5.1	39.0±2.9	165.1±6.6
Difference	ns	ns	ns

n=18

ns: No significant

ペース間に有意差は認められなかった。

この実験では、第1局面におけるステップ数は、予備実験で行った30秒間の全力滑走におけるステップ数に対する割合でみると、被検者間でかなり大きなばらつきが認められた（82.5～99.4%）。このことは、第1局面の運動強度が被検者間でかなり異なっていることを意味している。そこで、この割合をもとにして、被検者18名を6名ずつ3群に分けてグループごとに検討した。I群は割合が高いグループ、II群は割合が中位のグループ、III群は割合が低いグループとした。

最終局面のステップ数は、I群ではペースD、II群ではペースB、III群ではペースBが最も多い値を示した。また、120秒間の総ステップ数は、3群ともにペースBが最も多い値を示した。しかし、いずれの群においても、最終局面および120秒間のステップ数にはペース間に有意差は認められなかった。

2. 各種ペースによる90秒間および120秒間のスライドボード滑走が生理的諸機能に及ぼす影響（実験2）

表2に90秒間（実験2-1）、表3に120秒間（実験2-2）のスライドボード滑走におけるステップ数、酸素摂取量、酸素負債量および酸素需要量を示した。図3の左図は、これを図示したものである。各ペースにおける90秒までのステップ数は同じなので、90秒間の酸素摂取量、酸素負債量および酸素需要量は、少ないほど効率がよいことになる。

男子5名の平均値でみると、90秒間の酸素摂取量はペースD、酸素負債量および酸素需要量はペースBが最も少ない値を示した。しかし、いずれの項目においてもペース間に有意差は認められなかった。また、女子1名については、90秒間の酸素摂取量はペースD、酸素負債量はペースC、酸素需要量はペースBが最も少ない値を示した。

図3の右図は、90秒から120秒までの最終局面におけるステップ数、酸素摂取量、酸素負債量および酸素需要量を示したものである。ステップ数を除く他の3項目の成績は、実験2-2の値から実験2-1の値を差し引いて求めたものである。

男子5名の平均値でみると、最終局面のステップ数はペースBが最も多く、また酸素摂取量はペースC、酸素負債量はペースD、酸素需要量は

Table. 2 Step frequency, O₂ intake, O₂ debt and O₂ requirement in 90-s board skating (Exp. 2-1).

	Pace	Total step frequency (times)	Oxygen intake (L)	Oxygen debt (L)	Oxygen requirement (L)
Male (n=5)	A	120±12.9	4.423±0.625	8.784±1.511	13.027±2.119
	B	120±12.9	4.019±0.380	8.201±1.182	12.220±1.522
	C	120±12.9	3.990±0.578	8.460±1.443	12.450±1.922
	D	120±12.9	3.905±0.535	8.665±1.585	12.570±2.043
Difference		ns	ns	ns	ns
Female (n=1)	A	108	2.586	4.448	7.304
	B	108	2.836	3.933	6.772
	C	108	3.232	3.565	6.797
	D	108	2.735	4.665	7.400

ns: No significant

Table. 3 Step frequency, O₂ intake, O₂ debt and O₂ requirement in 120-s board skating (Exp. 2-2).

	Pace	Total step frequency (times)	Oxygen intake (L)	Oxygen debt (L)	Oxygen requirement (L)
Male (n=5)	A	158±16.7	5.939±0.792	9.672±2.195	15.611±2.812
	B	163±17.3	5.776±0.752	10.001±2.237	15.777±2.854
	C	162±17.2	5.998±0.905	10.215±1.961	16.213±2.807
	D	162±16.2	5.537±0.876	10.351±2.519	15.888±3.350
Difference		ns	ns	ns	ns
Female (n=1)	A	142	4.117	4.538	8.655
	B	146	4.191	4.759	8.950
	C	145	4.328	4.855	9.183
	D	140	3.845	4.114	7.959

ns: No significant

ペースCが最も多い値を示した。しかし、いずれの項目においても、ペース間に有意差は認められなかった。また、女子1名については、最終局面におけるステップ数はペースB、酸素摂取量、酸素負債量および酸素需要量はペースCが最も多い値を示した。

図4に、90秒間の酸素負債量と最終局面のステップ数との関係を示した。被検者M.Y, T.K, Y.O, M.Mの4名は、90秒までの酸素負債量が少ないペースほど、ステップ数が多くなる傾向が認

められた。また、男子5名の平均値でも、同様の傾向が認められた。しかし、ショートトラック競技を専門とするT.Kは、ペースDにおいて90秒までの酸素負債量が最も少なく、最終局面のステップ数が最も多い結果を示した。

IV. 考察

本研究では、スピード・スケート競技における1500m滑走の合理的なペースを明らかにするために、スピード・スケートの模擬運動である、ス

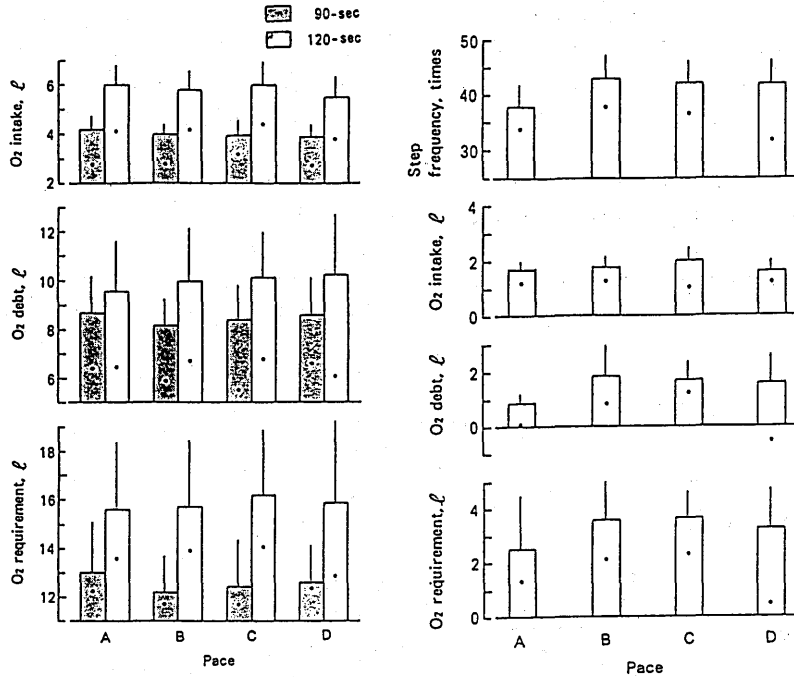


Fig. 3 O₂ intake, O₂ debt and O₂ requirement in 90-s and 120-s board skating (left figure), and differences of step frequency and physiological parameters between two kinds of board skating (right figure).
 ▤ indicates mean value of 5 male subject.
 • indicates value of a female subject.

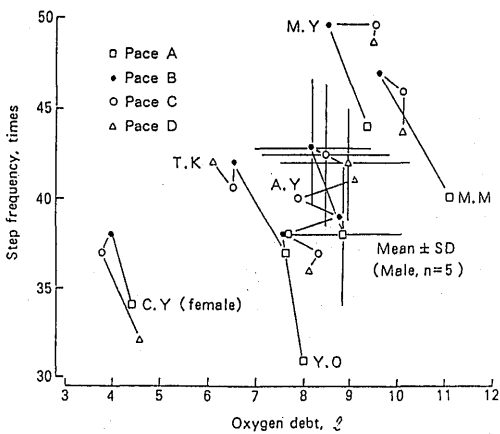


Fig. 4 Relationship between O₂ debt after 90-s board skating (Exp. 2 - 1) and step frequency during the final phase of 120-s board skating. (Exp. 2 - 2)

ライドボード滑走を用いて2つの実験を行った。その結果、本研究で用いた4種類のペース間には、ステップ数、酸素摂取量、酸素負債量および酸素需要量などに統計上の有意差は認められなかった。しかし、実際の競技場面では、1/100秒のレベルで勝敗を争っていることを考えると、本研究で認められた若干のステップ数の差にも、重要な意味を見いだすことはできるものと考えられる。本研究で認められた各ペースの特徴は、次のようなものであった。

- ①ペース A は、90秒までに生じる酸素負債量および酸素需要量がかなり多く、最終局面におけるステップ数および120秒間の総ステップ数はかなり少ない。
- ②ペース B は、90秒までに生じる酸素負債量および酸素需要量が最も少なく、最終局面におけるステップ数および120秒間の総ステップ数は最も多い。

- ③ペース C は、ペース B に近い特徴がある。
- ④ペース D は、90秒までに生じる酸素負債量および酸素需要量が多く、最終局面におけるステップ数および120秒間の総ステップ数は少ない。

本来ならば、これらの特徴が何に起因するのかを、エネルギー産生機構などの面から論議するのが適切であろう。しかし、実践の面から考えた場合、本研究で用いたペースと実際の1500m滑走との関連性を明らかにし、1500m滑走の合理的ペー

スとは何かを論議することが、より重要であると考えられる。ここでは、その点に焦点を合わせて論議を進める。

図5に、120秒間のスライドボード滑走におけるステップ数の変化と実際のスピード・スケートにおける1500m滑走のスピードの変化を示した。スライドボード滑走の成績には、実験1における全被検者を対象にした場合の平均値を用いた。1500m滑走の成績には、1987年の世界選手権で得られた世界記録と日本記録を用いた。図5の上

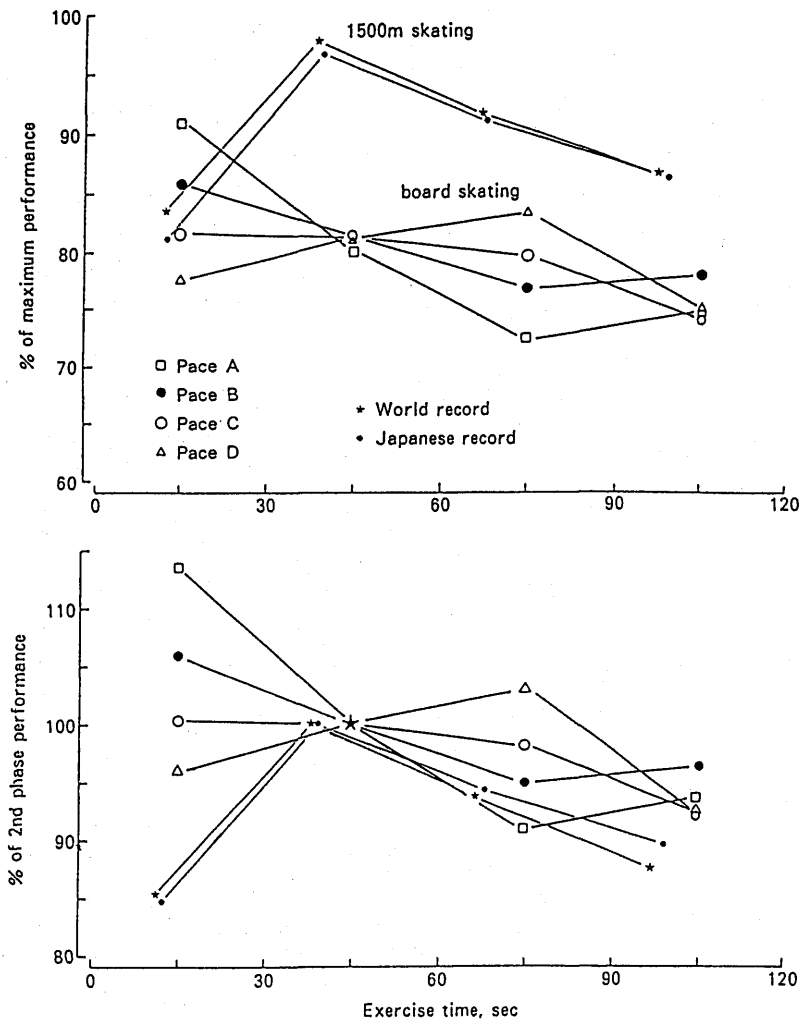


Fig. 5 Changes of step frequency in 120-s board skating, and changes of speed of world and japanese record in 1500m speed skating.

図は、スピード・スケートの1500m滑走および120秒間のスライドボード滑走における各局面の成績を最大能力に対する割合で示したものである。最大能力には、スライドボード滑走では30秒間の全力滑走におけるステップ数を、1500m滑走ではスピード・スケートの500m滑走における100～500mまでの平均速度を用いた。

1500m滑走は、スライドボード滑走とは異なり、第1局面から第2局面にかけて、スピードが上昇することが認められた。この相違は、両者の運動特性の違いによるものであると考えられる。そこで、図5の下図のように、第2局面の成績に対する割合で両者のスピードの変化を比較すると、第2局面から第3局面にかけて、世界記録と日本記録とは、ペースAに近いスピードの変化を示すことが認められた。

図6に1987年世界選手権、全日本選手権、全日本学生選手権における1500m滑走のスピードの変化を示した。各大会ともに上位24名の平均値を用いた。第2局面から第3局面にかけてのスピードの変化は、各大会ともに、ペースBとほぼ同様の変化を示すことが認められた。

これらのことは、ペースBは「最高あるいは最高に近い成績が確実に出せるペース」⁴⁾として、誰もが用いることのできる有効なペースであることを示唆している。また、ペースAおよびAとB

との中間のペースは、「失敗の危険性は高いが、最高の成績が出せる可能性のあるペース」⁴⁾、すなわち世界記録や日本記録、あるいは自己最高記録を樹立しようとする場合に有効なペースであることを示唆している。

本研究では、実際の1500m滑走の各局面のスピードをどの程度にするとういかにについて具体的な指針を得るために、第2局面のスピードをもとにして、各大会をさらに検討した。第2局面のスピードは、世界選手権では平均13.8m/sで、全日本選手権、学生選手権に比べて約1m/s高い値であった。このことは、1500m滑走で優れた成績をあげるためには、第2局面において高いスピードを発揮する能力が重要なことを示唆している。なお、世界選手権の500m滑走における平均スピードは14.2m/sであり、このスピードに対する第2局面のスピードの割合は平均97.2%であった。また、第2局面のスピードに対する第1局面のスピードの割合および最終局面のスピードの割合は、それぞれ約86%、約92%であった。学生選手権の結果は、この結果とほぼ同じであったが、全日本選手権の結果は、リンクコンディションなどの影響もあり、この結果とは若干異なっていた。

本研究では、ペースをさらに具体的に把握するために、第2局面に要した時間と最終局面に要した時間との差を検討した。参加者24名の平均値は、

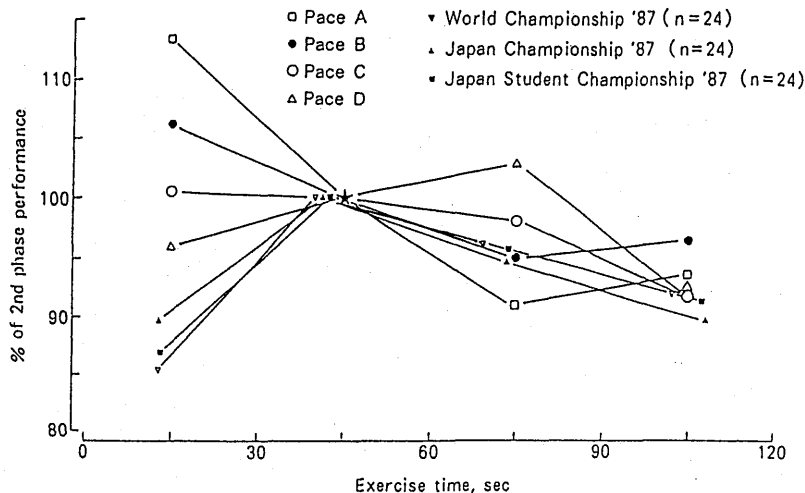


Fig. 6 Changes of step frequency in 120-s board skating, and changes of speed in 1500m speed skating under several competitions.

世界選手権が2.53秒、全日本選手権が3.69秒、全日本学生選手権が3.05秒であり、前嶋⁶⁾やHolum³⁾が推奨している、2秒以内に比べて、若干大きい値であった。これらの大会におけるスピードの変化の平均値は、本研究におけるペースBに類似していることから、前嶋やHolumが推奨しているペースは、ペースBとペースCとの中間に位置するものと考えられる。一方、本研究におけるペースAとはほぼ同様なスピードの変化を示した、世界記録および日本記録が得られたレースにおけるこの時間差は、それぞれ3.93、3.83秒であり、世界選手権の参加者中、最も大きい値であった。このことは、前半から積極的にスピードをあげていかなければ、世界記録や日本記録は樹立できないことを示唆していると考えられる。

ここでは、本研究で得られた結果と実際のスピード・スケートにおける1500m滑走の成績との関連性について検討してきたが、本研究の結果は、実際の競技場面上における結果を説明するものとして位置づけることができると考えられる。

また、本研究では、ショートトラック競技を専門とする被検者では、90秒までに生じる酸素負債量が最も少なくなるペースや最終局面でのステップ数が最も多くなるペースが他の被検者とは異なることが認められた。このことは、ショートトラック競技の種目特性によるものと考えられる。すなわち、ショートトラック競技では、タイムよりもむしろ順位が争われるために、試合やトレーニングの場面で用いられるペースとしては、本研究で用いたペースDに近いものが多い。そのために、被検者T.KではペースDで90秒までに生じる酸素負債量が最も少なく、最終局面でのステップ数が最も多くなったものと考えられる。しかし、このことについては、本研究で用いた被検者個人の実験によるものである可能性も考えられるので、今後さらに検討することが必要がある。

V. 要 約

本研究では、スピード・スケート競技における1500m滑走の合理的なペース配分を明らかにすることを目的とした。このために、大学スケート部員を用いて、2つの実験を行った。実験1では、4種類のペースによる90秒間のスライドボード滑走がその後の30秒間の全力滑走におけるステップ数に及ぼす影響について検討した。実験2では、

4種類のペースによる90秒間および120秒間のスライドボード滑走がステップ数および生理的諸機能に及ぼす影響について検討した。実験1、2ともに、各ペースにおける90秒までのステップ数は同じにした。

その結果、各ペースの特徴として次のことが認められた。

- ①ペースA (Very Fast-Medium-Very Slow) は、90秒までに生じる酸素負債量および酸素需要量がかなり多く、最終局面におけるステップ数および120秒間の総ステップ数はかなり少ない。
- ②ペースB (Fast-Medium-Slow) は、90秒までに生じる酸素負債量および酸素需要量が最も少なく、最終局面におけるステップ数、および120秒間の総ステップ数は最も多い。
- ③ペースC (Medium-Medium-Medium) は、ペースBに近い特徴がある。
- ④ペースD (Slow-Medium-Fast) は、90秒までに生じる酸素負債量および酸素需要量が多く、最終局面におけるステップ数および120秒間の総ステップ数は少ない。

なお、本研究で用いた各ペースと実際の1500m滑走との関連性を検討した結果、各大会において優れた成績をあげているペースは、本研究におけるペースAからBの範囲内にあることが認められた。

(謝辞：本稿を終えるにあたり、多大なご指導をいただいた、筑波大学浅見高明教授に深く感謝の意を表します。)

参考文献

- 1) Adams WC and Bernauer EM (1968) : The effect of selected pace variations on the oxygen requirement of running a 4 : 37 mile. Res Quart 39 : 837-846.
- 2) Ariyoshi M, Yamaji K and Shephard RJ (1979) : Influence of running pace upon performance : Effects upon treadmill endurance time and oxygen cost. Eur J Appl Physiol 41 : 83-91.
- 3) Holum D (1984) : The complete hand book of speed skating. Enslow publishers Inc., New Jersey, pp. 223-244.
- 4) 金原勇, 高松薫, 辺土名博司, 阿江通良 (1971)

- ：ハイスピードの持続能力が高まるペースとフォームに関する実験的研究. 昭和46年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. II, ハイスピード持続能力の解明. pp. 30-46.
- 5) 金原勇(1976)：陸上競技のコーチング (I). 大修館, 東京, pp. 21-26.
- 6) 前嶋孝(1981)：スピード・スケートの科学, 各距離におけるペース配分. *Skating* 12 : 3-9.
- 7) 前嶋孝(1988)：冬季スポーツのトレーニング—スピードスケートの場合—. *コーチングクリニック* 2 : 51-55.
- 8) Mathews D. et. al. (1963) : Aerobic and anaerobic work efficiency. *Res Quart* 34 : 356-360.