

# スピードスケートにおけるタイムの標準化に関する研究

## A Study on the Standardization of the Time in Speed Skating

河 合 季 信

Toshinobu KAWAI

### I は じ め に

スピードスケートは、種目ごとに決められた距離を滑走し、それに要したタイムを競う競技である。競技に用いられるトラックは、スイスに本部のある国際スケート連盟 (International Skating Union) という統括団体によって世界共通の規格が定められおり、オリンピックや世界選手権、各国国内選手権などのいわゆる公式試合ではそれらが用いられる。したがって、異なる場所や時期に行なわれた大会の記録でも、一般には同じ価値を持つものとして同列に扱われて比較される。こうした中で、世界記録や日本記録という概念は広く受け入れられている。また、世界記録や日本記録という考え方は、スピードスケートのみならず、一定の規格を持った競技施設で行なわれる測定型スポーツ、たとえば陸上競技や水泳などにも広く認められる。

ところで、スピードスケートの滑走速度を生み出す推進力は、氷の摩擦力と空気抵抗の和からなる抵抗力と、スケーターが発揮するプッシュオフ力との差によって決まる<sup>3)</sup>。したがって、プッシュオフ力が一定とすれば、スピードスケートにおける滑走速度は、氷の摩擦力や空気抵抗などの抵抗力によって決定する。空気抵抗は、速度の2乗に比例するので、スピードスケートにおける空気抵抗の影響は、ランニングにおける影響よりも大きくなる。根本<sup>4)</sup>は、Di Pramperoらの結果<sup>1)</sup>とカルガリー・オリンピックの男子優勝記録から、滑走中に空気抵抗に打ち勝つために使われるエネルギーの割合を算出した。その結果、いずれの種目においても50%以上のエネルギーが空気抵抗に打ち勝つために使われていたと報告している。スピードスケートは、よく知られているように、腰部を大きく曲げた前傾姿勢で滑走するが、これは空気抵抗による影響をできるだけ小さくするためなのである。

また、空気抵抗は空気密度に比例することもよく知られている。そして、空気密度そのものは、気圧に比例し気温に反比例する。Ingen Schenauら<sup>4)</sup>は、風洞実験によってスピードスケートの滑走速度と空気抵抗との関係をモデル化し、高度(気圧)による影響を計算した。その結果、高度1,700m地点では平地に比べて500mで1.95秒、10,000mでは45.4秒もの差が出ると報告している。0.01秒の差を競うスピードスケートにおいて、この差は無視できないほど大きいものといえる。

一方、スピードスケート競技の現場では「よく滑るリンク (=スケート場)」とか「記録の出るリンク」と呼ばれるリンクがあり、広く共通認識が持たれている。古くは、旧ソ連(現カザフ共和国)のメデオにあるリンクや、国内では長野県松本市にある浅間温泉スケートリンク

などがそのように呼ばれていた。これらのリンクに共通しているのは、高地（メデオは1,700 m、浅間は1,000 m）にあること、氷の摩擦が少ない（といわれている）ことである。すなわち、上述した推進力のマイナス要素が小さいことにある。近年は「記録製造リンク」の称号は、天候の影響がない室内リンクへと移っている。なかでも、高度1,000 mにあるカルガリー（カナダ）の室内リンクは「高速リンク」として世界的に有名である。2000年4月現在、男女合わせて10種目の種目別世界記録のうち9個、日本記録は8個がカルガリーにおいて樹立されたもの<sup>8)</sup>であり、この結果は非常に大きく偏っているといえるだろう。こうしてみると、最初に述べた「世界記録」や「日本記録」は、どのような意味があるのか疑問である。「高速リンク」で得られた記録とその他の普通のリンクで得られた記録とを同列に比較してよいものなのだろうか。

この疑問を裏付ける競技現場での会話に、「このタイムは、〇〇なら△△秒に相当する」というものがある。〇〇には日常的に使用しているリンクや有名なリンク、たとえば上述のカルガリーなどが入る。こうした会話は、現場ではごく日常的に交わされている。したがって、現場においてはリンクによってタイムに一定の偏りがあると経験的に認識されているのである。また、この頭のなかで計算された△△秒は、経験を積んだ指導者や選手間においてはそれほど大きな差が生じない。つまり、AリンクとBリンクとの間に一定のタイム差の関係を見出しているのである。したがって、異なるリンクの記録をそのまま比較することは困難でも、一定の補正を行うことによって同列に扱うことは可能であるかもしれない。

以上は、実験からの力学的モデルや現場での経験によって認識されていることであり、実際の記録を元に検証した例は見当たらない。そこで本研究は、①リンクによって記録に差が生じるかを検証し、②異なるリンク間において一定の関係があるのかを検討した。

## II 方 法

### 1. 分析対象

あらゆるスポーツ・パフォーマンスは、「一回性<sup>5)</sup>」という特徴を持っているため、同じパフォーマンスを再現することは、原理的に不可能である。したがって、上述した競技現場における仮定の会話を実際に検証することはできない。しかしながら、同一条件下で測定された同一集団の記録を集め、統計的に処理することによって、一定の傾向を得ることは可能であると考えられる。

スピードスケートでは、毎年ワールド・カップというシリーズ大会や世界選手権、世界スプリント選手権といった世界大会が開催されている<sup>7)</sup>。各国ごとに若干の選手の出入りはあるが、ほぼ同じ集団がシーズンを通して競い合っている。これらの大会には、それぞれに世界チャンピオンというタイトルが与えられるため、それぞれの大会に対する取り組み方は異なるものの、各選手は一定のモチベーションを保ちながら参加している。したがって、このシリーズに参加している選手達の記録をまとめることによって、リンク間の記録に偏りがあるかどうかを検証

表1 分析の対象となった大会およびレース数

大会名	場所	日付	種目				
			500m	1,000m	1,500m	3,000m	5,000m
99/00 ワールドカップカルガリー大会	カルガリー	2000/1/29~1/30	39	21	44	19	22
2000 世界距離別選手権	長野	2000/3/2~3/4					
1999 世界スプリント選手権	カルガリー	1999/2/20~2/21	89	87	—	—	—
98/99 ワールドカップ長野大会	長野	1998/12/12~12/13					

することができると考えられる。

表1に分析の対象とした大会およびレース数を示した。分析の対象としたリンクは、カルガリーと長野（日本）とした。いずれも室内リンクであることに加えて、カルガリーは大部分の世界記録が樹立されたリンクであること、長野は日本にある唯一の室内リンクであることが選択の理由である。

また、異なるシーズンに両地で開催された大会を分析の対象とした。これは、ある時期に観察された関係が、異なる時期においても当てはまるかどうかを検証するためである。

なお、分析の対象となったレースは、大会スケジュールの関係から1999/2000シーズンは短距離から長距離まで男女各4種目、1998/1999シーズンは短距離種目の2種目だけとなった。

## 2. 分析項目

各大会の公式記録書を中心にレース結果を収集し、それぞれの年度について双方のリンクで開催された大会のいずれにも出場した選手のタイムを抽出した。なお、短距離種目である500mおよび1,000mについては、スタートレーンによってタイムに相違が出る可能性があるため、双方の大会において同一レーンでスタートした選手のタイムのみを分析の対象とした。

それぞれのレースについて対となるタイムをもとに、カルガリーと長野のタイム比（CAL/NAG係数）を算出した。

## 3. 統計処理

リンク間タイムの差を比較するために対応のあるt検定を行なった。また、CAL/NAG係数における種目間の差を比較するために、一元配置の分散分析を行なった。さらに、年度間におけるCAL/NAG係数の差を比較するために、対応のないt検定を行なった。有意性の判定はいずれも5%とした。

# III 結果と考察

## 1. リンク間のタイム格差について

表2は、結果を示したものである。いずれの種目においても、また男女を問わず、カルガリーの記録は長野の記録に比べて有意に小さな値であった。すなわち、カルガリーは長野に比べて「よく滑る」「記録の出る」リンクであったといえることができる。

現在、オリンピックのスピードスケート競技には、参加資格タイム（qualifying time）が設定されている<sup>7)</sup>。また、世界距離別選手権や国内主要大会への出場資格を得るための基準の

表2 1999/2000シーズンのカルガリーと長野における各種目の結果

種目	n	カルガリー	長野	有意差	相関係数	カルガリー/長野	
500m	男子	20	35.57±0.39	36.29±0.34	p<0.05	0.635	0.980±0.009
	女子	19	38.76±0.57	39.32±0.57	p<0.05	0.777	0.986±0.010
1,000m	男子	7	70.02±0.71	71.95±1.21	p<0.05	0.579	0.973±0.013
	女子	14	77.56±1.57	78.70±1.42	p<0.05	0.895	0.985±0.009
1,500m	男子	24	108.59±1.37	110.32±1.14	p<0.05	0.603	0.984±0.010
	女子	20	119.20±1.61	120.99±1.68	p<0.05	0.723	0.985±0.010
3,000m	女子	19	250.63±5.60	255.33±5.69	p<0.05	0.929	0.982±0.008
5,000m	男子	22	392.69±5.09	400.25±7.34	p<0.05	0.773	0.981±0.011

値は、平均値(秒)±標準偏差

一つとしても、前シーズンおよび当該シーズンのベストタイムが用いられている<sup>7)</sup>。後者は、あらかじめ決められた大会の結果(順位)によっても出場資格を得ることができるが、前者については、タイムによっていわゆる「足切り」が行なわれる。

本研究の結果からすれば、たとえばある選手がオリンピック参加資格タイムのボーダー上にあるとき、選手のコンディションや出来ばえなどではなくリンクのタイム格差によって、長野では資格をクリアできずカルガリーではクリアできるということが起こりうることになる。実際に、国内の主要大会への参加資格を得るために、より「よく滑る」リンクでの大会に参加するという事例は、よく見られる。よく滑るリンクで記録を測定する機会が多い者ほど有利となるような、こうした機会格差は公正さを要求される参加資格を決定する上では大きな問題であろう。

## 2. リンク間のタイムの関係について

では、異なるリンク間のタイム格差には、一定の関係が成立しているのだろうか？

図1は、1999/2000シーズンのカルガリーと長野の各大会におけるタイムの関係を示したものである。500m以上の種目については、500mあたりのタイムに換算して示してある。図1に示されたように、カルガリーと長野のタイム間には直線関係が認められる。各種目、性別ごとに2つのリンク間の相関係数を算出したところ、男子1,000mを除いて、いずれの種目においても強い相関関係が認められた(表2)。また、各種目とも男子に比べると女子の方が相関が強く、3,000mにおいては $r=0.929$ という非常に強い関係が認められた。したがって、これら2つのリンク間には、「タイム格差はあるものの一定の関係が成立していた」ということができる。すなわち、一方の結果に一定の補正をすることによって、両者を比較することができるということが明らかになった。

そこで、2つのリンク間の関係を定量化するために、それぞれの対となる記録でカルガリーと長野とのタイム比(CAL/NAG係数)を算出した。これは、現場において、たとえば長野の記録をカルガリーでの記録に換算しようとする場合、回帰式を用いるよりもより簡易に用いることができるという利点がある。この係数は、全体で見ると $0.983\pm0.010$ であり、一見したところ、種目間に大きな差は認められなかった(表2)。そこで、種目間の差を比較するため

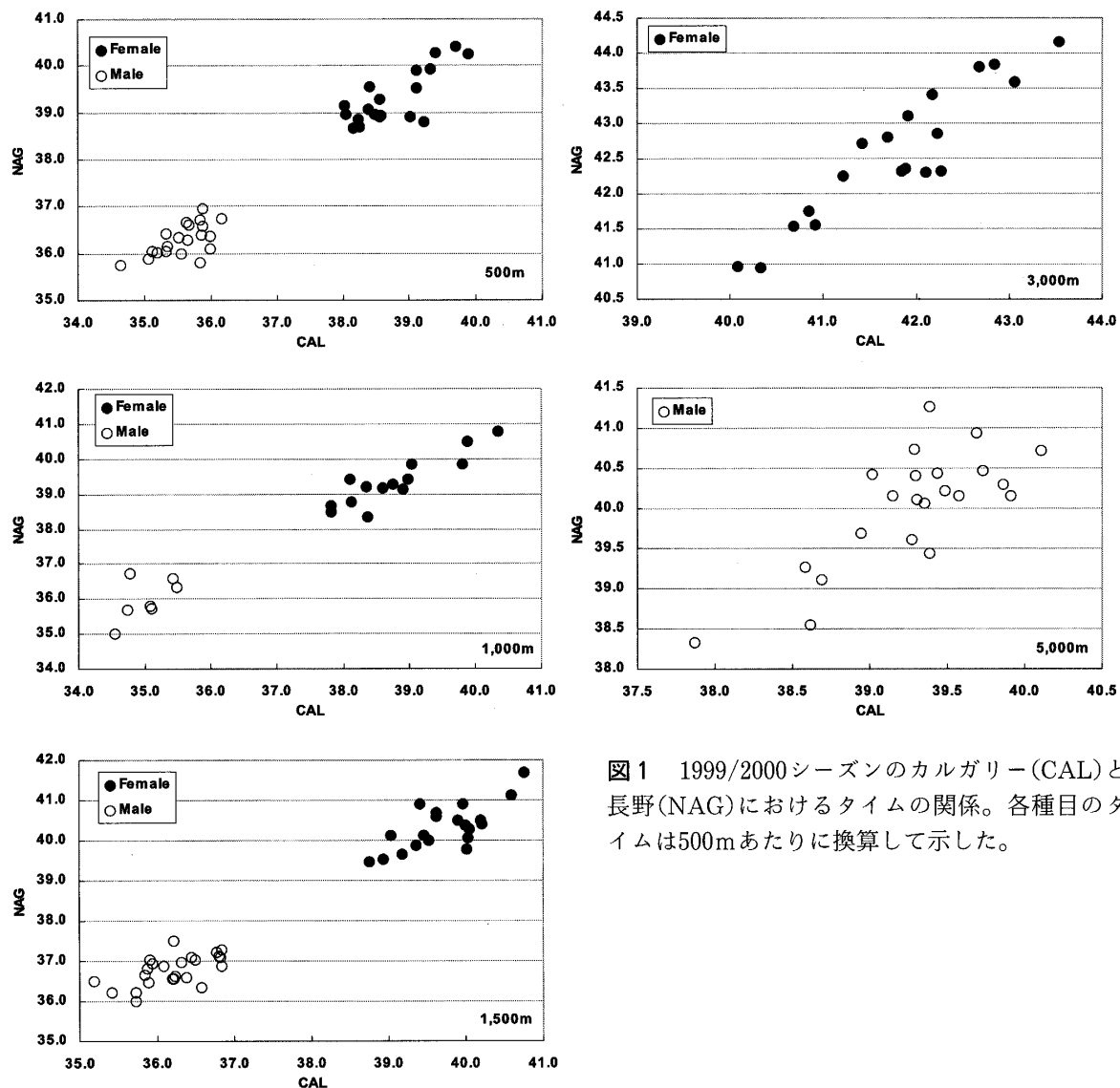


図1 1999/2000シーズンのカルガリー(CAL)と長野(NAG)におけるタイムの関係。各種目のタイムは500mあたりに換算して示した。

に、一元配置の分散分析を行なった。その結果、F値は0.682 ( $p=0.605$ )となり、統計的にも有意差は認められなかった。これらの結果を見る限り、種目に関係なく、長野での結果に全体の平均である0.983を掛けることによって、カルガリーの記録と比較することができることになる。

ところで、Ingen Schenauら<sup>4)</sup>のモデルによる計算では、標高が高くなるほど、特に長距離種目で空気抵抗の減少が記録に影響を及ぼすと報告している。こうした傾向は、本研究の結果からは認められなかった。長距離種目では、標高が高くなることによって空気抵抗が減少するというプラスの効果ばかりでなく、酸素分圧の低下による酸素摂取量の減少というマイナスの効果を受ける。これらの相対的な関係によって、スポーツ種目ごとに最適な高度があるといわれている。ちなみに、Di Prampero<sup>2)</sup>によると、一流選手の場合、スピードスケートでは標高2,500mが最適な高度であると報告している。したがって、本研究において、短距離種目と長距離種目との間に係数の相違が認められなかったことは、リンク格差によるタイム差がリンク

の標高以外の要因にも影響していたことを示すものである。Ingen Schenauらのモデルで考えると、氷の摩擦係数や気温などがその要因としてあげられる。また、標高と同様に気圧に影響する天候なども関係していると考えられる。しかし、本研究ではそれらの影響を検討するためのデータを得ることが出来ない。今後の課題としてとどめることにする。

### 3. 補正係数の普遍性について

前項において、ある特定の大会間のタイム比を元に算出したCAL/NAG係数には、種目間で統計的な有意差は認められなかった。すなわち、一つの係数を用いてすべての距離を補正することが出来ることを意味する。

この係数が普遍的なものであれば、年度に関わらず一定の値を取るはずであり、あらゆる場所や時期において得られた記録を同列に比較検討することの可能性が出てくるといえる。そこで、本研究では、前項までとは異なるシーズン（1998/1999年度）に開催された世界的大会の結果を用いて、前項までと同じカルガリーと長野におけるタイム比であるCAL/NAG係数を算出し、両者を比較した。図2はその結果を示したものである。両者の結果について、対応のないt検定を行なったところ、有意な相違が認められた。すなわち、1999/2000年度と1998/1999年度のカルガリーと長野におけるタイム比（CAL/NAG係数）は異なるものであった。したがって、ある1つの係数を使って、2つのリンク間のタイムを比較することはできないといえる。これらの相違が生じた原因については、前項と同様に、氷摩擦係数や気温、天候などが考えられる。あるいは、2シーズンの分析対象となった集団の相違による要因が影響しているのかもしれない。いずれにしても、前項と同様に、本研究の結果からだけではこれ以上の検討は出来ないため、この点についても今後の課題としたい。

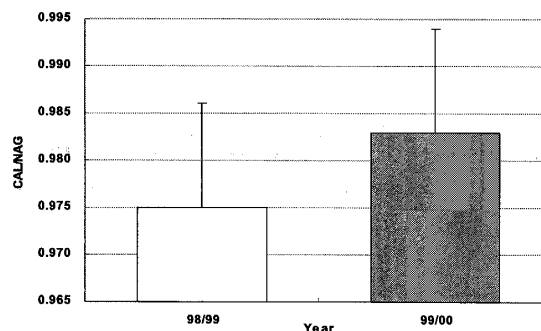


図2 1998/1999シーズンと1999/2000シーズンにおけるCAL/NAG係数の比較

## IV ま と め

本研究は、スピードスケート競技において、場所や時期などの条件が異なる記録を同一の尺度で比較することが妥当であるかどうかを検討するために、カルガリーと長野で開催された世界的な大会の記録を複数年に渡って分析した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) カルガリーの記録は長野の記録に比べて、有意に速いものであった。すなわち、カルガリーのリンクは長野のリンクに比べて「よく滑るリンク」であった。
- 2) 特定の2大会間の記録には、強い相関関係が認められた。したがって、そこで得られた係数を用いることによって、2大会の記録を同一の尺度で比較することが可能である。
- 3) 同じ2リンク間においても、時期が異なるとタイム比から算出した係数に相違が認められた。したがって、時期の異なる2リンク間の記録を単一の係数で補正することはできない。

本研究の結果は、場所や時期の異なる記録を比較することについて、否定するものではない。むしろ、同一集団から算出した2リンク間の係数を使うことで、同一シーズン内におけるコンディションを評価したり、同一集団内における選手個人のポジショニングを把握したりする上で有効であることが明らかになったといえる。

また、異なる条件で記録されたタイムを基準として大会の参加資格を与えたり、滑走順をシードしたりすることには大きな疑問を投げかける結果であるといえよう。

本研究を進めるにあたり、結果を解釈する上でより多くの情報が必要なことが明らかとなった。今後はそれらを含め、より詳細な検討を行なっていきたい。また、本研究では条件が変化しにくい室内リンク同士の結果を分析したのみである。室内リンクと屋外リンク、あるいは屋外リンク同士の結果を用いても、本研究と同様の結果をえることができるかについても、さらに検討する必要があるだろう。

## 参 考 文 献

- 1) Di Prampero P.E., Cortili G., Mognoni P. and Saibene F.: Energy cost of speed skating and efficiency of work against air resistance. *J. Appl. Physiol.* 40: 584-591, 1976.
- 2) Di Prampero P.E.(宮村実晴, 池上康男訳): スポーツとエネルギー, 真興交易医書出版部, 東京, pp.51-55, 1991.
- 3) Ingen Schenau G. J. van and Bakker K.: A biomechanical model of speed skating. *J. Human Movement Studies* 6: 1-18, 1980.
- 4) Ingen Schenau G. J. van: The influence of air friction in speed skating. *J. Biomechanics* 15: 449-458, 1982.
- 5) Meinel K.(金子明友訳): スポーツ運動学, 大修館書店, 東京, p.127, 1981.
- 6) 根本 勇: スピード・スケートのバイオメカニクスとトレーニング. *バイオメカニズム学会誌*12: 131-138, 1988.
- 7) 財団法人日本スケート連盟編: 日本スケート連盟スピードスケート規則集 1999年度版. 財団法人日本スケート連盟, 東京, 1999.
- 8) 財団法人日本スケート連盟編: 1997~2000年度 スピードスケート記録集. 財団法人日本スケート連盟, 東京, 2000.

本研究は、平成10年度北海道女子大学短期大学部(現:北海道浅井学園大学短期大学部)特別研究費の助成を受けて実施した。