

資料

100mアイススレッジスピードレースにおけるスタート動作の三次元映像解析
—1998年長野冬季パラリンピック大会のレース分析—

A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of Sprint Start Motion in 100m Ice Sledge Speed Racing
—Racing Analysis of 1998 Winter Paralympic Games in Nagano—

道 用 亘 布 目 寛 幸 桜 井 伸 二
池 上 康 男 矢 部 京之助

Wataru DOYO, Hiroyuki NUNOME, Shinji SAKURAI
Yasuo IKEGAMI, Kyonosuke YABE

The refinement and improvement of ice sledge propelling techniques, particularly those of high caliber athletes competing in Paralympic Games, demands detailed knowledge of the mechanical characteristics of the ice sledge propelling movement pattern. The purpose of this study was to investigate the sprint start motion of ice sledge speed racing in 1998 Nagano Winter Paralympic Games. Four male competitors were video recorded by two high-speed video cameras at 200 fps during the 100m races. The direct linear transformation method was used to obtain three-dimensional movements of upper limbs, trunk and ice sledge. Linear velocities of the sledge and body segments and three joint angles were calculated.

Contrasting patterns of velocity-time curves in the ice sledge and the competitor's shoulder were observed in the ice sledge propelling. Similarity was observed in rowing. Also all competitors exhibited a similar series of angular motions; trunk extension—elbow extension—shoulder flexion—trunkflexion—elbow flexion—shoulder extension during each cycle. However, these kinematic variables did not show any relation to performance time. The fact that this might be connected to the absence of mechanical energy and efficiency during start was indicated.

1998年、長野冬季パラリンピック大会種目の一つとして開催されたアイススレッジスピードレースは、冬季に行なわれる障害者スポーツの一つである。このスポーツは、選手が通常のスピードスケートの刃を二本並行に取り付けたソリのような台（スレッジ）に乗り、スキーのストックのような道具（スティック）を両手で操って、氷上を滑る競技である¹⁾。参加対象者は切断、ポリオ、脳性麻痺、脊髄損傷などによって下肢に障害を有する者で、通常のスピードスケート競技が困難な、恒久的な障害を有する者である。主に体幹の支持能力によってクラス分けが行なわれ、機能的な座位バランスがない者はLW10、座位バランスが認められる者がLW11のクラスに分類される¹⁾。

昨年日本国内でパラリンピック大会が開催されたのを契機に、障害者スポーツはますます盛んになっている²⁾。しかしながら、オリンピック大会の競技種目と比較すると、パラリンピック大会で行なわれる多くの

競技はスポーツ科学の面から分析があまり進んでいないのが現状であり、アイススレッジスピードレース競技もその例に漏れない。

アイススレッジスピードレースの分析は、障害者の運動特性を明らかにすると同時に、レース中におけるトップアスリートの動作を分析・評価できるため、選手や指導者に対して、効率的な動作に関する基礎的資料を提示できると考えられる。

本研究の目的は、1998年長野冬季パラリンピック大会の100mアイススレッジスピードレースにおいて、競技者のスタート動作を三次元映像解析法を用いて評価し、その動作学的特徴を明らかにすることである。

方 法

撮影は1998年3月7日、長野パラリンピック冬季競技大会の100mアイススレッジスピードレースが開催

された、長野市オリンピック記念アリーナ(エムウェーブ)において行なわれた。

1) 対象

LW10 クラスおよび LW11 クラスにおける男性各2名、計4名が分析対象者として採用された。

2) 撮影方法

電氣的に同期させた2台の高速ビデオカメラ(Nac, MEMRECAM C2 S)を競技場の観客席に設置し、毎秒200フィールド、露出秒時間1/500秒で撮影を行なった(図1)。撮影視野は2名の競技者のスタート地点から前方8.0m、横7.5mの範囲であった。競技終了後、撮影領域を網羅して配置した14点のコントロールポイントから各カメラのDLTパラメーターを設定し、競技者の身体各部およびスレッジの3次元空間座標を算出した(図2)。

3) 分析項目

スタートの合図後、競技者が2本のスティックを接地させた状態から氷上を押し、離地させるまでを drive phase、スティック離地後、再度漕ぐためにスティック

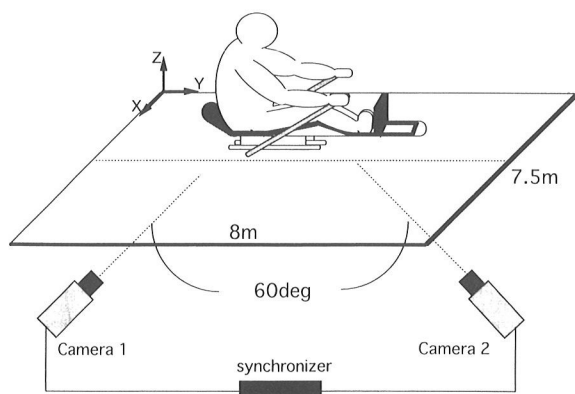


Figure1. Experimental Set up.

を前方に移動させ、氷上に接地させるまでを recovery phase とし、この一連の動作を1サイクルとした。スタートから計3サイクルの滑走動作が分析対象に用いられた。レース結果(時間)から競技者の平均速度、記録したビデオフィルムから3サイクルにおけるスレッジと体節の速度を算出した。また身体各部の3次元空間座標より得られたベクトルから肘関節、肩関節および体幹の角度変位を算出し⁵⁾ 評価した(図2)。時系列データは、2次の双方向バターワース型ローパスデジタルフィルタを用い⁶⁾、遮断周波数12.5 Hzで平滑化された。

結果と考察

1) 速度変動

本研究の競技者における100mの平均速度は、LW11クラスの1位の競技者が6.91m/sec、2位の競技者が6.87m/secであり、LW10クラスの1位の競技者6.74m/sec、2位の競技者5.69m/secより速かった(表

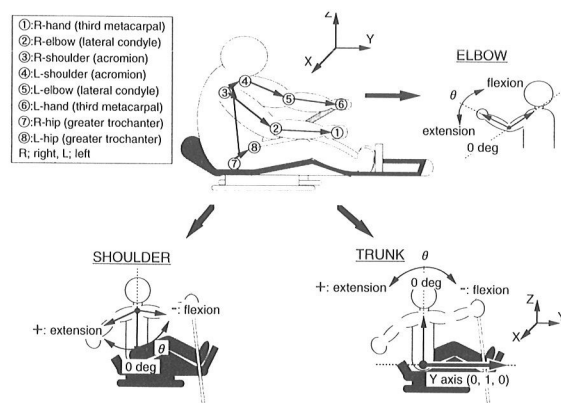


Figure2. Definition of vectors for angular calculation.

Table1. Racing results and mean velocities.

compititor	results	time (sec)	100m mean velocity (m/sec)	3 cycles at start mean velocity (m/sec)
LW11				
K. L.	rank1	14.47	6.91	1.94
Y. Y.	rank2	14.55	6.87	2.02
LW10				
Y. T.	rank1	14.83	6.74	2.23
T. W.	rank5	17.59	5.69	1.46

アイススレッジスピードレースのスタート動作特性

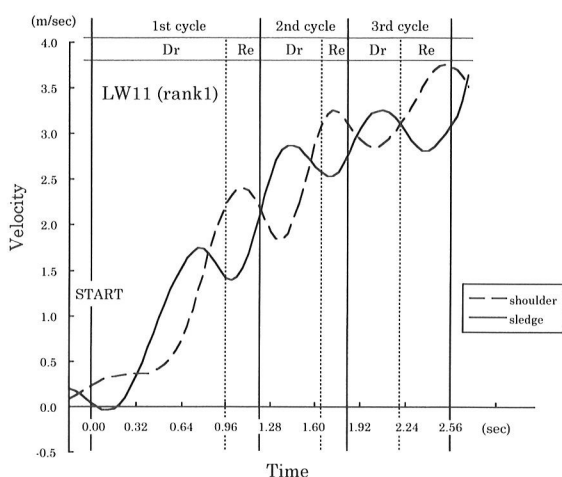


Figure3. Velocity-time curves of ice sledge and competitor's shoulder. (Dr: drive phase, Re: recovery phase)

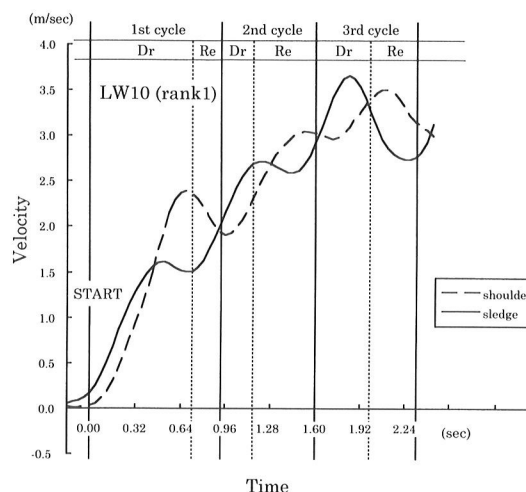


Figure4. Velocity-time curves of ice sledge and competitor's shoulder. (Dr: drive phase, Re: recovery phase)

Table2. Mean total range of flexion during 3cycles at sprint start.

competitor	results	ANGLES (deg)		
		elbow	shoulder	trunk
LW11				
K. L.	rank1	24.1	77.0	17.7
Y. Y.	rank2	27.9	78.6	9.5
LW10				
Y. T.	rank1	36.9	78.5	14.7
T. W.	rank5	39.5	77.7	16.4

1)。しかしながらスタート後3サイクルの平均速度に関して、LW11クラスの1位の競技者が1.94m/sec、2位の競技者が2.02m/sec、LW10クラスの1位の競技者が2.23m/sec、2位の競技者が1.46m/secの結果を示し、LW10、11のクラスによる相違、レース結果に依存した傾向は窺えなかった(表1)。このことは、レース結果にスタート時の加速の及ぼす影響が小さい可能性も考えられる。本研究は、対象者が4名と少ないことが結果に反映したと考えられ、今後より多くの対象者に関して分析する必要がある。

図3、4は3サイクルにおける競技者の肩とスレッジの速度変化を示したものである。競技者の身体を代表する速度として、本来身体重心の速度を採用すべきであるが、本研究では両肩の中心の速度を代表値に使用した。これは下肢が麻痺した対象者は、身体各体節の質量比が健常者と異なると考えられるため、先行研

究のデータが適用できないからである¹⁾。

全対象者に関して、drive phaseにスレッジが加速すると肩は減速し、recovery phaseではスレッジが減速すると肩が加速するという逆位相の速度変化パターンが認められた。このことは漕艇競技の身体重心とボートの速度関係に類似しており、スタート動作の特徴の一つであると考えられた。

2) 関節運動パターン

肘関節、肩関節、体幹の角度に関して、スタート時の3サイクルを平均した角度範囲はスタート時の速度と同様、クラスによる相違およびレース結果に依存した傾向は見られなかった(表2)。しかしながら全対象者において、以下の身体運動パターンが窺えた。図5、6はその典型例を示している。スタート合図直後、競技者はまずスレッジを滑走させるため、肩関節伸展とほぼ同時に体幹後屈を行なう。続けてスティックに

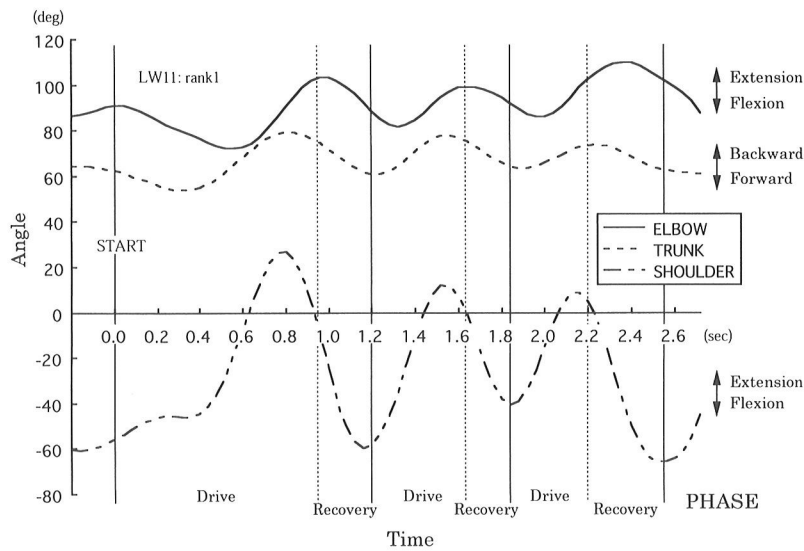


Figure5. Patterns of elbow, trunk and shoulder angles (LW11, rank1).

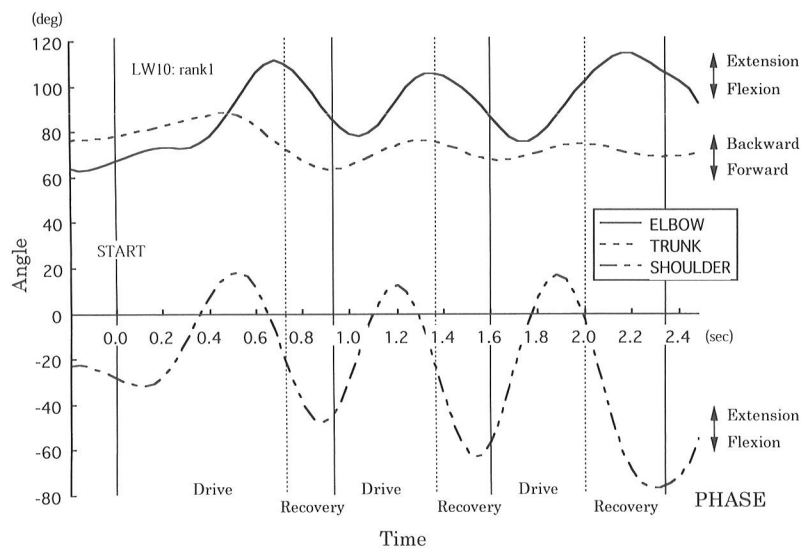


Figure6. Patterns of elbow, trunk and shoulder angles (LW10, rank1).

より氷上を押すため、肘関節伸展を開始する。それからスティックを前方に運び次のストロークに向かうため、スティック離地近くに肩関節屈曲、体幹前屈を行なう。これが drive phase の一連の動作である。recovery phase において、競技者は肩関節屈曲、体幹前屈を続けながら、次のサイクルの準備として肘関節屈曲を開始し、最後にスティックを氷上に接地させるため肩関節伸展を行なう。その後体幹後屈一肘関節伸展一肩関節屈曲一体幹前屈一肘関節屈曲一肩関節伸展を繰り返すことになる (図7)。これら一連の関節運動パターンが、アイススレッジスピードレース競技者の特徴と

考えられる。またこの一連において、LW11 クラスの1位の競技者は、体幹後屈と肩関節伸展、体幹前屈と肩関節屈曲の運動はほぼ同時に出現していた (図5)。このことは、座位バランスを考慮したクラス分け⁴⁾による動作の相違とも考えられ、更なる分析が待たれる点である。

速度との関係を見ると、スレッジと競技者の系が推進力を得るために行なう関節運動は、スレッジが大きく加速する drive phase の肩関節伸展、体幹後屈および肘関節伸展であると考えられる。しかしながらこの局面において、3関節の角度範囲とレース結果の関係に

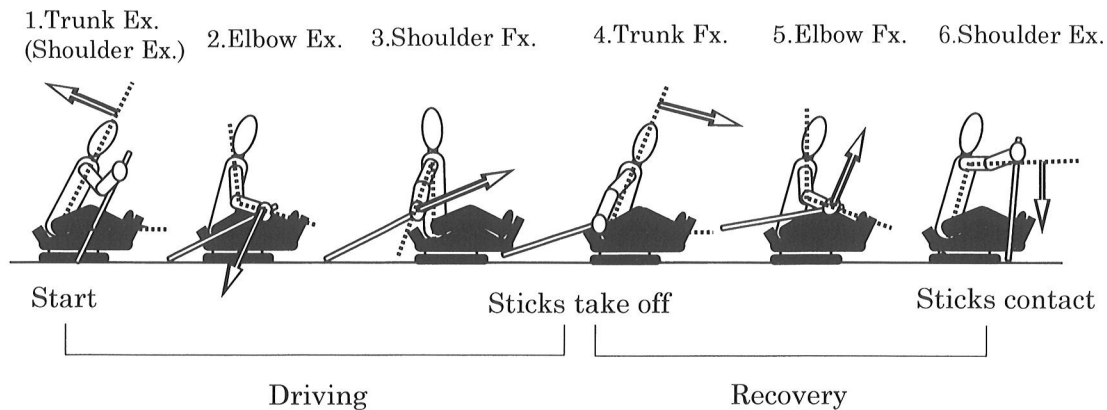


Figure7. A series of joint angle pattern during each cycle at sprint start (Ex.: extension, Fx.: flexion).

Table3. Mean velocities (3 cycles at start) and total ranges of flexion (drive phase).

racing result	mean velocity at start		angle (deg)		
		(m/sec)	elbow	shoulder	trunk
LW11					
K. L.	rank 1	1.94	19.8	67.6	17.2
Y. Y.	rank 2	2.02	22.3	72.2	9.3
LW10					
Y. T.	rank 1	2.23	31.2	60.5	10.6
T. W.	rank 5	1.46	34.4	60.5	15.5

一定の傾向が窺えなかった (表 3)。

本研究ではアイススレッジスピードレースのスタート動作に関して、運動学的特徴を明らかにした一方、レース結果に関与した動作の特徴を見いだすことができなかった。今後より多くの対象者との比較を行なうと同時に、エネルギー発揮・効率の面からも検討を加える必要がある。

結 論

本研究は、1998年3月7日、長野市で開催されたパラリンピック冬季競技大会の100mアイススレッジスピードレースにおいて、レース中の選手のスタート動作を分析した。その結果、漕艇競技と同様に、競技者の肩とスレッジは逆位相の速度変化パターンを示すことが認められた。また競技者は1サイクルにおいて、

体幹後屈(肩関節伸展)ー肘関節伸展ー肩関節屈曲ー体幹前屈ー肘関節屈曲ー肩関節伸展の一連動作を行なうことが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 池上康男、道用 亘. アイススレッジスピードレースの動作分析. バイオメカニクス研究. 2 (4):303-306, 1998.
- 2) M. J. Harland and J. R. Steele. Biomechanics of the Sprint Start. Sports Med. 23 (1): 11-20, 1997.
- 3) 武藤芳照、矢部京之助. 障害者の医・科学. Jap. J. Sports. Sci. 15: 63-65, 1996.
- 4) 日本リハビリテーション医学会. 障害者スポーツ. 医学書院. 1996.
- 5) 桜井伸二ほか. 野球の投手の投動作の三次元動作解析. 体育学研究. 35 (2): 143-156, 1990.
- 6) Winter, D. A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement (second edition). John Wiley & Sons. Inc. 1990.

(1999年12月5日受付)

