

＜原著＞

頸髄損傷チェアスキーヤーのターン時における
チェアスキー操作法研究

田中 利明¹⁾・福嶋 利浩²⁾・浦田 達也¹⁾・湯川 静信³⁾

Control of outriggers during turning in chair skier with tetraplegia

Toshiaki Tanaka¹⁾, Toshihiro Fukushima²⁾, Tatsuya Urata¹⁾
Shizunobu Yukawa³⁾

The purpose of this study was to examine how chair skiers with tetraplegia control outriggers during turning in chair skiing, as compared with those with paraplegia. Two male chair skiers (one with tetraplegia and one with paraplegia) participated in this study. We recorded electromyogram (EMG) activity during chair skiing and also performed motion analysis. The chair skier with tetraplegia showed continuous EMG activity in anterior and middle deltoid muscles during turning, while the chair skier with paraplegia showed EMG activity in extensor carpi radialis and biceps brachii muscles during turning. Inclination angle during turning of the chair skier with tetraplegia was larger than that of the chair skier with paraplegia. These indicate that the chair skier with tetraplegia pushed outriggers forward with their arm open during turning. In contrast, the chair skier with paraplegia lifted the outriggers to maintain body balance during turning. These results suggest that the degree of paralysis affects the way to handle outriggers in chair skiers.

Key words : Cervical spinal cord injury, Chair ski, Outriggers

頸髄損傷, チェアスキー, アウトリガー

緒言

冬季パラリンピックの歴史は比較的新しく、1976年に第1回大会がスウェーデンのエーンシエルドで実施された^{1)~3)}。また、はじめてチェアスキー（シットスキーまたはモノスキー）競技が試行されたのが1986年の第3回身体障害者世界選手権大会（スウェーデン・ツァーレン）であり、2年後の1988年第4回冬季パラリンピック（オーストリア・

インスブルック）において回転競技と大回転競技が正式種目として採用された⁴⁾。しかし、頸髄損傷チェアスキーヤーの参加は無く、頸髄損傷チェアスキーヤーがジャパンパラリンピックスキー競技大会（現ジャパンパラスキー競技大会）に初めて参加したのは、2001年大会からである。また、頸髄損傷チェアスキーヤーの研究データはほとんど見あたらない。今までは腹筋、背筋、および四肢に麻痺のある頸髄損傷者がチェアスキーをすること

1) 神戸医療福祉大学 (Kobe University of Welfare) 〒679-2217 兵庫県神崎郡福崎町高岡1966-5

2) 八代市立第7中学校 (Yatsushiro Municipal 7th junior high School) 〒866-0006 熊本県八代市郡築七番町41-2

3) 大阪国際大学 (Osaka international University) 〒570-8555 大阪府守口市藤田町6-21-57

は不可能であると言われてきた⁵⁾。しかし、今では補助具の開発や頸髄損傷者の努力により、スキーが可能となったにも関わらず、未だ頸髄損傷者でチェアスキーをする選手は多くない⁵⁾。

チェアスキーは、1本のスキー板にサスペンション（ショックアブソーバ）を介して椅子が取り付けられた構造をしており、座位姿勢で滑り降りるスキーである^{4), 7), 8)}。そして、転倒防止および推進力を得るために、アウトリガー（ストックの代わりに用いる補助具）が存在する。アウトリガーは、その先端がスキーと同様に滑走する形状をしている。そのため、アウトリガーの使用法は、通常のスキースtockの使用法と異なる。滑走中にバランスをとったり、雪面にアウトリガーを押し付け、抵抗を利用したりし、ターンのきっかけ作りなどに用いられる。また、スキー板のような感覚で、滑らせて使う選手もいる⁶⁾。

下肢麻痺者がスキーを操作する上で、チェアは最も重要な用具である。しかし、このチェアに乗るだけで簡単にスキー操作が出来るのではない。アウトリガーの操作をはじめ、スキー操作をする上で必要となるバランス能力、ターン時の体幹や上肢の操作法など、多くの技術を身につけなければならない^{9), 10)}。

頸髄損傷者は腰髄損傷者と比較して、スキーターン時の体幹の使用法や、上肢の使用法が大きく異なる。それは、腰髄損傷者は腹筋、背筋、および上肢に障害はないが、頸髄損傷者は、それらの部位が正常に機能していない^{11)~13)}。そのために腰髄損傷者と同じスキー操作が出来ない。

スキーターンにおける重要な要素のひとつである外向傾姿勢（内傾角やアンギュレーション）は、健常者では体幹および腰部から形成される¹⁴⁾。チェアスキーヤーも健常者のターンと同様に外向傾姿勢が必要である。そ

の場合、腹筋と背筋が正常に働いている腰髄損傷者や下肢切断者では腰部や上肢を利用し、外向傾姿勢を形成するものと思われる。ターン時に、スピードや斜度に対応した外向傾姿勢が形成されない場合はバランスを崩し、転倒する危険性がある¹⁵⁾。特に、腹筋や背筋に麻痺のある頸髄損傷者は、腰部からの外向傾姿勢をとることが難しいと考えられる。そこで重要な役割を果たすのが、アウトリガーの操作である。しかし上肢にも麻痺があるため、腰髄損傷者と同様な操作ができない。それを補うための補助具（アウトリガーが握れないため、それを固定するためのマジックテープや、上腕三頭筋を補助するためのベルト）を装着し腰髄損傷者とは異なったアウトリガー操作が強いられる。以上のように頸髄損傷者は腰髄損傷者と比べて運動能力に大きな違いがある^{16)~20)}。

本研究の目的は、未だ競技選手が少ない頸髄損傷チェアスキーヤーのアウトリガー操作時の特徴を把握するために、雪上でアウトリガー操作を行わせ、その時の表面筋電図を測定した。それと同時に、スキー滑走中のフォームをビデオ撮影し2次元動作解析をすることにより、腰髄損傷者と頸髄損傷者のチェアスキー操作法の違いを検証する。

方法

1 被験者

被験者（表1）は、頸髄損傷、腰髄損傷チェアスキーヤー2名である。頸髄損傷被験者Aは、頸髄6番完全損傷（C6）でLW10クラス²¹⁾に出場する選手である。頸髄損傷被験者Aは19才のとき、オートバイの事故により頸髄を損傷し、腹筋、背筋、上腕三頭筋、橈側手根伸筋および円回内筋一部不全である。腹筋、背筋および上腕三頭筋等の機能

表1 被験者の特性

	被験者 A	被験者 B
性別	男	男
年齢	37歳	51歳
損傷部位	C6完全損傷	L1完全損傷
運動特性	四肢麻痺	下肢麻痺
チェアスキー歴	8年	4年
チェアスキークラス	LW10	LW12/1

を助けるための補助具を装着し、スキー滑走をしている。チェアスキー歴は8年である。腰髄損傷被験者 B は、LW12/1クラスに出場する選手である。45歳のとき、パラグライダーの事故により腰髄1番(L1)を完全損傷した。そのため下肢に麻痺はあるが、腰部より高位の上肢や腹筋、背筋等は正常に機能する。チェアスキー歴は4年で、両選手とも全国大会に出場する選手である。なお、被験者には各測定前に、研究の目的、測定方法、測定にともなう生じるかもしれない危険や結果の処理などについて十分説明を実施し、同意書による承諾を得た。

2 筋電図の導出方法

被験筋は左側の僧帽筋、大胸筋、橈側手根伸筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋後部、三角筋中部および三角筋前部の計8筋(図1)とし、表面電極による筋電図を記録した。筋電図は日本光電社製マルチテレメータシステム WEB-5000によって導出した。このときの筋電図の高域遮断域は1000Hz、時定数は0.03 secである。筋電図の測定にあたっては、針先で皮膚の表面を削り、電極を貼付する Okamoto et al.²²⁾の方法を採用した。

3 スキー滑走時の筋電図測定と動作解析

測定はH県R人工スキー場で、11時から16時までの時間に実施した。スタート地点からフォールライン(傾斜面の最大傾斜線)に対し右30度、13 mの地点にミニコーンを置



図1 筋活動量測定筋



図2 頸髄損傷者のスキー時の服装

き、選手にはコーンを支点として「試合でターンをする要領で操作するように」と指示を出した。

スキー滑走時の筋電図を測定し、同時にスタート地点より約50 m下正面からビデオ撮影を実施した。その映像を運動解析システム(Dynas - 2DG、新大阪商会)において分析した。筋電図の測定時間とビデオ撮影時間から筋電図と動作を同期した。スキーターンは左ターンを採用した。スキー場の斜度は12度で、凹凸のない平坦な斜面である。被験者 A はアウトリガーを握るだけの握力がない為、補助具としてマジックテープでアウトリガーと腕を固定すると共に上腕三頭筋不全の為、三頭筋を補助する為の補助具として胸、

背中へのベルト（図2）を用いて固定した。

動作解析によりスティックピクチャーを作成することで、ターン始動期、舵取り期および準備期における傾き角とターン内側のアウトリガー中心部と肩峰を結んだ角度を測定すると共に、そのときの各部位の筋活動を測定した。

スキーヤーがターンを行う際には、傾き角（内傾角：アンギュレーション）¹⁴⁾をつくる必要がある。チェアスキーヤーも同様に傾き角をつくりターンを行うが、チェアに乗っているため、左右大転子の中心部と胸骨上縁部を結んだ直線と鉛直軸との角度を傾き角として測定した。

結果

1 スキーターンの期分け

全日本スキー連盟編、「日本スキー教程指導理論編」のターン技術の構造¹⁴⁾でターンを準備期、始動期および舵取り期に分類され

ている。頸髄損傷被験者Aのチェアスキーターン（図3）に、あてはめると、写真①から③が始動期、写真④から⑩が舵取り期、そして写真⑪から⑬が次のターンの準備期になる。

また、腰髄損傷被験者Bのチェアスキーターン（図4）にあてはめると写真①が始動期、写真②から⑧が舵取り期、そして写真⑨から⑪が次のターンの準備期になる。

2 筋電図記録と動作解析

腰髄損傷被験者Bの筋電図記録（左ターン時）を見ると（図4）、ターン始動期に大胸筋、上腕三頭筋、三角筋後部および三角筋前部に筋放電が認められた。続いて舵取り期中期（図4、写真⑦）において橈側手根伸筋と上腕二頭筋に筋放電が現れた。

動作解析によるスティックピクチャーを見ると、ターン始動期から舵取り期での傾き角（左右大転子の中心部と胸骨上縁部を結んだ直線とY軸との角度）は平均 32.8 ± 4.3 度で

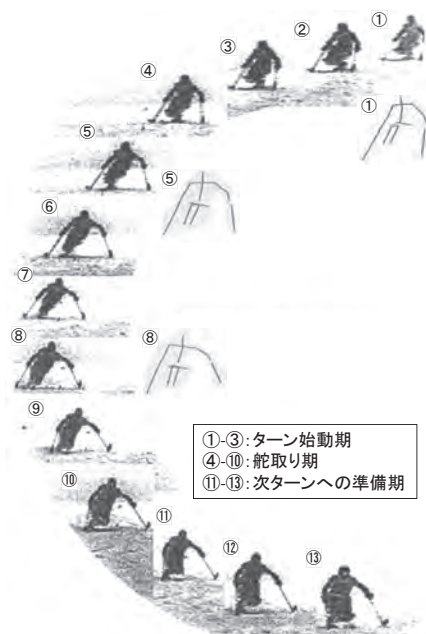


図3 被験者A（C6完全損傷）の筋電図記録時のターン動作

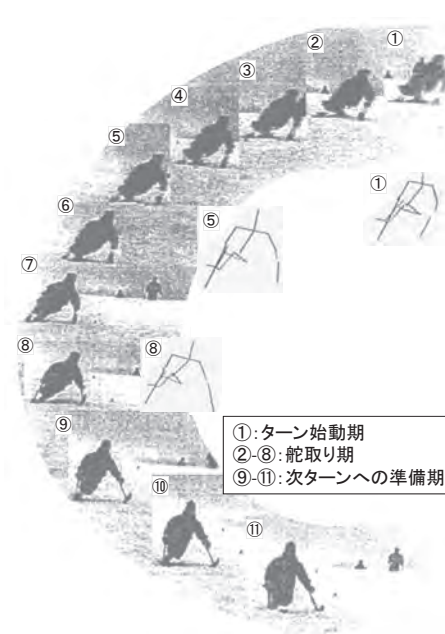


図4 被験者B（L1損傷）の筋電図記録時のターン動作

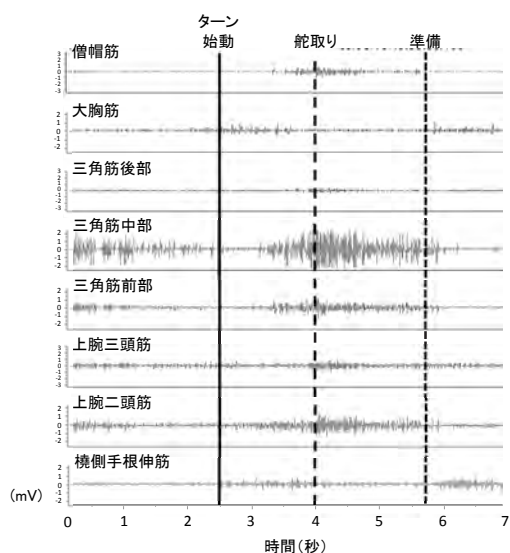


図5 スキーターン時の筋電図記録 被験者 A(C6完全損傷)

あり、最大角度は40.1度であった。また、傾き角とターン内側のアウトリガー中心部と左肩峰を結んだ角度は平均 51.9 ± 15.7 度であり、最大角度は76.8度であった。

頸髄損傷被験者 A の筋電図記録を見ると(図3)、始動期に腰髄損傷被験者 B で現れた大胸筋、上腕三頭筋および三角筋後部からの筋放電は認められなかった。しかし、三角筋前部には筋放電が見られた。また、腰髄損傷被験者 B で現れなかった三角筋中部の筋放電が認められた。腰髄損傷被験者 B で見られた舵取り期の桃側手根伸筋の筋放電は見られなかったが上腕二頭筋は始動期から筋放電が見られた。腰髄損傷被験者 B にみられたターン始動期と、舵取り期で異なる筋群の筋放電が、頸髄損傷被験者 A では観察されなかった。

頸髄損傷被験者 A のターン始動期から舵取り期での傾き角(左右大転子の中心部と胸骨上縁部を結んだ直線と Y 軸との角度)は平均 12.2 ± 4.9 度であり、最大角度は24.0度であった。また、傾き角とターン内側のアウトリガー中心部と左肩峰を結んだ角度は平均 28.6 ± 10.4

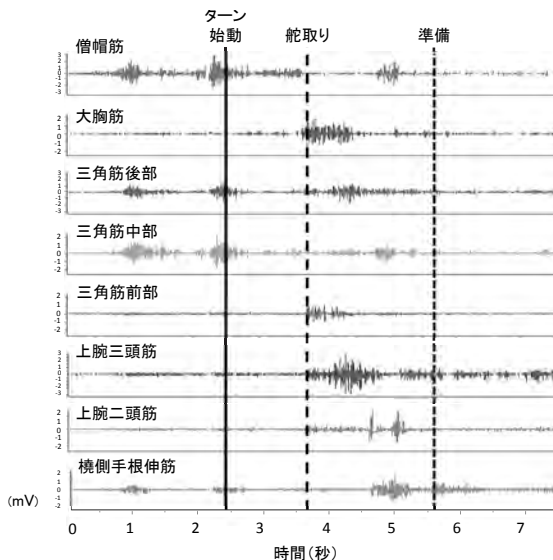


図6 スキーターン時の筋電図記録 被験者 B(L1損傷)

度であり、最大角度は51.9度であった。

考察

雪上におけるチェアスキーターン時の筋電図記録から、腰髄損傷被験者 B のスキーターン時のアウトリガー操作方法は、三角筋前部、三角筋後部、上腕三頭筋および大胸筋を使用しアウトリガーを体幹下部より前方に突き出す操作を行い、ターン後半部では上腕二頭筋と桃側手根伸筋を使用し、アウトリガーを持ち上げる操作を行っている²³⁾。腰髄損傷者の握力は健常者と同等以上あり、そのためアウトリガーを持ち上げることができる。この動きは健常者がスキーストックを操作する動作に類似している。

これに対し、頸髄損傷被験者 A は上腕三頭筋が機能しないため、腰髄損傷被験者 B と同様の操作(アウトリガーを体幹下部より挙上する操作)は出来ない。そのため、補助具としてベルトを装着している。そのベルトを引き伸ばすため、ターン始動期から舵取り期にかけて、三角筋中部に持続的な筋放電が出現するものと推察される。同時期に、上腕

二頭筋と三角筋前部の放電が出現している。これは、上腕三頭筋が機能しないために、腕を開いた状態（肩の側方挙上）でアウトリガーを前方に押し出す操作を示唆するものである。これは頸髄損傷被験者 A がアウトリガーを下から持ち上げる操作をしないで、腕を開いた状態のまま、その腕を前方に突き出し、操作しているものと推察される。このことは頸髄損傷者が腹筋や背筋が機能しないため、腰からの外向傾姿勢が取れないことを示唆する。そのことにより腕を斜め前方に突き出し、首から外向傾姿勢を取っているものと推察される。

しかし、筋電図記録だけで操作の特定をするのは実証性が乏しいため動作解析を絡めて考察する。腰髄損傷者の最大傾き角は40.1度あり、傾き角とターン内側アウトリガー中心部と左肩峰突起を結んだ角度は76.8度であった。それに対し、頸髄損傷者は最大傾き角が24.0度、傾き角とターン内側アウトリガー中心部との角度は51.9度であった。これらのことから、腰髄損傷者のスキーターンは上体を意識して傾け（外向傾姿勢）、アウトリガーを体幹より離し、さらに手首を返すことで、アウトリガーを持ち上げてターンを行っていたと言える。それに対し、頸髄損傷者は外向傾姿勢が弱く、ターン運動時に意図して上体を傾ける運動が困難であり、アウトリガーも体幹より離す事が難しいため、アウトリガーを持ち上げることが出来ず、腕を開いたままの動作になったと推察する。

まとめ

頸髄損傷被験者 A は腰髄損傷被験者 B のアウトリガー操作や、健常者のストック操作と同様の「下から挙上する」操作が出来ないことが証明された。そして、頸髄損傷チェア

スキヤーはアウトリガーを操作する上で、補助ベルトを使用し、その補助ベルトを押し広げ、腕を前方に押し出すことによりスキーターン操作をしていることが確認された。また、頸髄損傷者は腰髄損傷者の様に腰からの外向傾姿勢が取れていないことが確認された。

頸髄損傷者はターン時においてアンギュレーションが取りづらいため、上肢によるバランスが重要になる。しかし、障害により上肢を動かすためにも補助ベルトが必要になる。そこで今後、補助ベルトの強さや長さ、装着位置等の改良も検討する必要がある。

謝辞

今回の研究を進めるにあたり被検者を快く引き受けていただいたチェアスキー選手に心よりお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 井手精一郎：身体障害者スポーツの歴史と現況. 臨床スポーツ医学, 3, 1117-1125, 1986.
- (2) 中村太郎：パラリンピックの歴史と課題. バイオメカニクス研究, 4 (4), 254-261, 2000.
- (3) (財) 日本障害者スポーツ協会編：「最新版障害者のスポーツ指導の手引き」. ぎょうせい, pp159-161, 2002.
- (4) 酒井繁, 菊池進, 沖川悦三他：チェアスキーによる両足障害者のためのアルペンスキー指導を考える. 日本スキー学会誌, 7 (1), 165-178, 1997
- (5) 日本チェアスキー協会編：チェアスキー '90活動報告書. 2-4, 1990.
- (6) 田中利明, 矢部京之助：ジャパンパラ

- リンピック出場チェアスキーヤーにおけるアウトリガーの重要性について. 障害者スポーツ科学, 4 (1), 19-28, 2006.
- (7) Canadian Association for Disabled Skiing Technical Committee: Integrating Students with a Disability into Skiing Activities. Canark Business service Inc. Kimberly, B.C,Canada,1995.
- (8) 田中利明他: リハビリテーションとレクリエーション援助. 嵯峨野書院, pp264-271, 1998.
- (9) Iiboshi, R., O.Tanaka, H. Iijima, E. Okikawa, and A. Miyamoto: Development of sledge equipment and competitive sit-ski in Japan .In Yabe, K. (Ed.) .Trends and Issues in Winter Paralympic Experts Congress -4th Paralympic Congress - ,Nagano Paralympic Organizing Committee (NAPOC) ,pp.11-13,1998.
- (10) Yabe, K. : Trends and Issues in Winter Paralympic Experts Congress-4th Paralympic Congress,Nagano paralympic Organizing Committee (NAPOC) ,1998.
- (11) 伊藤倫之, 美津島隆, 田島文博: 障害者の生理学的特徴. 臨床スポーツ医学, 20 (10), 1109-1115, 2003.
- (12) Yabe, K., Y. Ikegami, S. Sakurai, H. Nunome, W. Doyo and T. Terashima. : Kinematic analysis of the 100m sprint start of ice sledge racing at the 1998 Winter Paralympic Games in Nagano. Doll-Tepper, G.,M. Kroneand W. Sonnenschein (Eds) .New Horizons in Sport for Athletes with a Disability,Vol.1. Proceedings of the international VISTA 99Conference.Meyer & Meyer sport. Aachen,pp.121-126,2001
- (13) Yabe,K. :Effects of physical activity on physical fitness of quadriplegics. In Ueda, S.,et al. (Eds) .Proceedings of the 8thWorld Congress of the International Rehabilitation Medicine Association (IRMA VIII) , Monduzzi Ed. pp.1779-1786,1997.
- (14) (財) 全日本スキー連盟編: 日本スキー教程 (指導理論編). スキージャーナル, pp34-42, 2001.
- (15) 寺島徹, 桜井伸二, 岡本敦, 桜井佳世, 池上康男, 矢部京之助: 長野パラリンピックにおけるシットスキーの動作解析. バイオメカニクス研究, 2 (4), 307-312, 1998.
- (16) Bulbulian, R., R. E. Johnson, J. J. Gruber, and B. Darabos : Body Composition in paraplegic male athletes, Medicine and science in sports and exercise. 19 (3) 195-196 1987.
- (17) 今井銀四郎編: 脊髄損傷その他の対麻痺. 医師薬出版, 1998.
- (18) 齊鹿稔, 河合伸也: スポーツによる頸椎損傷の病態および治療上の留意点. 臨床スポーツ医学, 8 (9), 975-979, 1991.
- (19) 住田幹男他編集: 脊髄損傷の outcome - 日米のデータベースより -. 医歯薬出版, 2001.
- (20) Yabe,K. :Effects of physical activity on physical fitness and motor performance in persons with disabilities. Jpn. J. of Adapted Phys. Sports Sci.1:2-15,2003.
- (21) 飛松好子: 障害者スポーツのクラス分け. 臨床スポーツ医学, 20 (10), 1117-1126, 2003.
- (22) Okamoto, T. Tsutsumi, H. Goto, Y. and P. D. Andrew : A simple procedure to attenuate artifacts in surface electrode recordings by painlessly lowering skin

impedance. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 27 (3), 173-176, 1987.

- (23) 田中利明, 福嶋利浩, 矢部京之助: 頸髄損傷者のチェアスキーにおけるアウトリガー操作時の筋電図学的研究. 日本体育学会第54回大会号抄録集. p311, 2003.