

立上り抜重でのパラレル操作に関する バイオメカニクス的研究

佐々木 敏¹⁾・西薊 秀嗣²⁾・須田 力²⁾・三宅 章介³⁾・
加藤 満⁴⁾・見戸 長治⁵⁾・井上 修梧⁶⁾

A biomechanical study on parallel turn with rising actions

Tsutom SASAKI¹⁾・Hidetsugu NISHIZONO²⁾・Tsutomu SUDA²⁾・Shosuke MIYAKE³⁾・
Mitsuru KATO⁴⁾・Choji MITO⁵⁾・Shugo INOUE⁶⁾

Abstract

The current experiment aims to measure changes of muscle in order to clarify the distinctive characteristics of ski movement in parallel turns. The subjects are instructed to provide the movement for rising action in turns. The data of variable knee angle and muscle activity patterns of subjects of different skill level were obtained by means of electro-transducer, EMG and 16mm movie.

Our finding is summarized as follows,

1. The resistance of snow surface is a factor to regulate mobilities of knee joints.
2. The difference of movement appears in terms of the changes of the angle and timing in the movements of knee joints.
3. Load weight for uphill-side ski is measured in terms of differences of muscle activity patterns biceps femoris of uphill-side.
4. Rhythm of contraction and relaxation in muscle is one of significant factors to determine the skiing skill.
5. Biceps femoris of skilled skiers work antagonistically against snow resistance in order to stabilize body posture.
6. Tensor fasciae latae of both sides tend to contract antagonistically against each other in either turn.
7. Changes of posture of upper body give strong influence over lower limbs.

1) 北星学園女子短期大学

2) 北海道大学教育学部

3) 北星学園大学

4) 北海道女子短期大学

5) 北海道大学体育指導センター

6) 藤女子大学

1) Hokuseigakuen Women's Junior College, Chuo-ku, Sapporo (064)

2) Faculty of Education, Hokkaido University, Kita-ku, Sapporo (060)

3) Hokuseigakuen College, Shiroishi-ku, Sapporo (061-01)

4) Hokkaido Women's Junior College, Bunkyoudai, Ebetsu (060-01)

5) Physical Education and Training Center, Hokkaido University, Kita-ku Sapporo (060)

6) Fuji Women's College, Kita-ku, Sapporo (001)

緒 言

スキー運動に関与する身体部位は下肢である。また、ターンの基本的な動作は、股関節を運動の支点とした大腿部の運動で構成されている。³⁾ これらのことは、われわれが行ってきた足圧測定による一連の報告からも明らかである。⁹⁾¹⁰⁾ ターンに関わる動作については、個人差や技能の巧拙による相違が著しい。したがって、動作や技能の特徴を筋の働きとして具体的に捉える必要がある。Erikson A. ら¹⁾は競技スキーヤーと一般スキーヤーの筋活動を放電時間との関係で比較し、競技スキーヤーの方が、筋を集中的に収縮し、時間的にも短かいと報告している。また、前嶋⁶⁾らは、技法の異なる回転方法間の筋電図学的研究を行なっている。その中で指導課程が進行するに従い、筋放電パターンが異なると結論付けている。しかし、回転運動中の姿勢保持に関わる筋の活動や、回転を直接主動する筋に関しての研究は現在のところなされていない。また、滑降中の筋電図を競技者の姿勢保持という観点から測定した例もあるが、⁴⁾⁷⁾左右の回転における両脚部間の筋活動の相違に関しての報告は見出せない。また写真解析による報告²⁾や重心位置に関する研究もあるが、⁵⁾膝関節角度の変化について直接測定した報告は見られない。

スキーでは、運動の性質上大腿部の筋は2種類の活動を行なっているものと理解できる。¹¹⁾ 1つには抗重力的の反応であり、姿勢維持のために重要な働きをする各種の筋活動である。一方にはスキーを回転(スピン)させるように働く筋の動的反応がある。

われわれは、これらの筋活動に着目し、大腿部の筋を観察し同時に上体の姿勢制御⁸⁾に関係深いと考えられる腰部の筋活動を捉え、スキー運動の特徴と技術的特質を明らかにする目的で実験を行なった。

実験方法

実験は1985年3月27日から28日にかけて、札幌市内の荒井山スキー場で行なった。気温は16

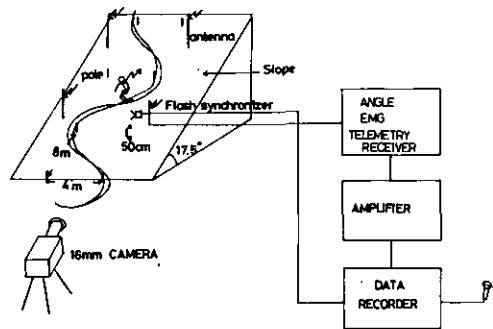


Fig. 1 Diagram of an experimental slope and instruments.

度、雪温は0度の実験条件であった。

使用した斜面は斜度17.5度の一様な斜面であった。ここに幅20m、滑走距離40mの実験区間を設定し、この区間内に幅4m、縦に7m毎にポールを設置し実験斜面を形成した。滑走はこのポールの外側を回転することとした。

筋電図の導出は、日本光電社製のテレメータのEMG計を用い、同社製のデータレコーダーに同時に記録した。(図1)

脚部の運動を膝関節の角度変化として捉えるために、角度トランスデューサを用い、テレメータにより記録した。なお、運動の全体像を捉えるために、滑走線の最大傾斜線上にボレック社製16mmカメラを設置し、64 f/sec. で撮影した。そして、全ての信号を同期した。

滑走動作は、最も基本的で伝統的な回転様式である¹¹⁾立上り抜重によるパラレルターンとした。滑走は左右2回転ずつ試行させ、中間の1回転ずつについて分析を行なった。また、全ての用具について美津濃社製のものを使用した。

結果及び考察

大腿の内旋時に上体の姿勢保持のために働くと考えられる大腿筋膜張筋からのEMGと、膝関節の角度変化に伴う数値を表1に示す。筋放電時間は1.8sec. から2.6sec. の範囲であり、1回のターン中放電が継続されているのが観察された。また放電時間が1秒近く分散しているが、回転動作や立上りの動作が発現するタイミングの相違が、筋放電時間に個人差及び技能差

Table 1. Knee joint angles and EMG of M. tensor fasciae lates

skier	muscle motion time (sec.)		number of peaks at one motion time		voltage of EMG (max. mV)		angle of max. flexion on the knee joints (deg.)	
	R.	L.	R.	L.	R.	L.	R.	L.
H. S.	2.2	2.0	3.	3	1.3	1.8	50	60
T. S.	2.4	2.6	3	3	1.7	1.4	50	55
H. N.	1.8	1.9	3	2	2.0	2.0	70	65
S. T.	1.8	1.8	2	3	1.7	1.3	75	70
S. M.	2.2	2.4	3	3	1.3	1.7	45	60

として現れたものと考えられる。このことは、被検者個々についての左右の筋放電時間の差が極めて小さい(0.1~0.2 sec.) ことから理解できる。一方、筋の放電様式について観察すると、1回の筋放電時間の中に数回のピーク電圧が記録されている。これについては全被検者において同様の結果が得られた。このことは、スキー運動の特徴を筋放電様式の面から裏付けるものと考えられる。すなわちこれらの放電様式の発生する背景には、絶えず雪面からの抵抗を受ける身体とスキーに対して、スキーの加速度的運動に追随しようとする身体の反応が存在するためと考えられる。

ターンの導入動作を立上り抜重と規定したことで、膝関節の最大伸展角度は全ての被検者において大きな相違は認められず、その値は10度~20度前後であった。しかし、最大屈曲角度は45度から80度までの範囲に分散しており、屈曲に関する個人差には大きいものがあつた。屈曲時での最大値は、連続する運動の中で一瞬に見られる値である場合もある。これらの動作の特徴は、雪面の凹凸に対する反応の結果と見ることでもできる。しかし、屈曲動作と大腿筋膜張筋の放電の最大値が同調する形で出現していることを考えると、個人の滑りの特徴として理解することが妥当であると考えられる。図2は上級者(H. S.)の図であるが、以上のことを良く表わしている。また、スティックピクチャーの動作図と比較観察すると、ターンの振り出しのメキムから次のターンに移る手前までの間に最大屈曲が表われている。これに同調するように大腿筋膜張筋の放電量も増加する傾向を示してい

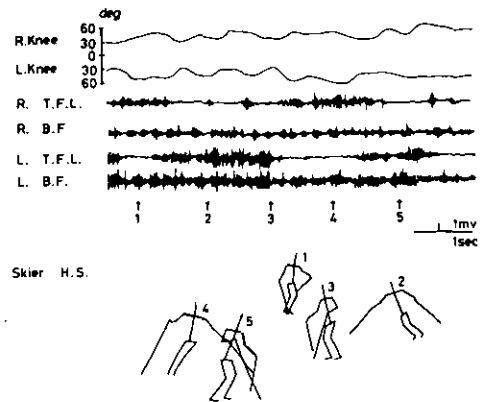


Fig. 2 Changes of the angles of the knee joints, EMG and stick pictures in parallel turns for a skilled skier. notes; T. F. L.—M. tensor fasciae lates

B. F. —M. biceps femoris

る。このことは姿勢反射の結果とも考えられ、⁹⁾ 上級者のスキー運動を特徴付けるものと考えられる。

大腿筋膜張筋の上級者での活動は、緊張と弛緩が一定時間で推移しており、規定された運動の再現性の高さを示すものと考えられる。この点においても技能の習得状態の良さと、技能の水準の高さを示している。

大腿2頭筋の放電様式は、ターン全期間に渡って緊張が継続されていることを意味する。左右の大腿部での電圧差は認められるが、放電様式には特に著しい差は認められない。この大腿2頭筋の反応は、スキーの加速度的運動に対する筋反応と考えられ、ターン中に加わる外力に対してコンセントリックな緊張を継続した結果

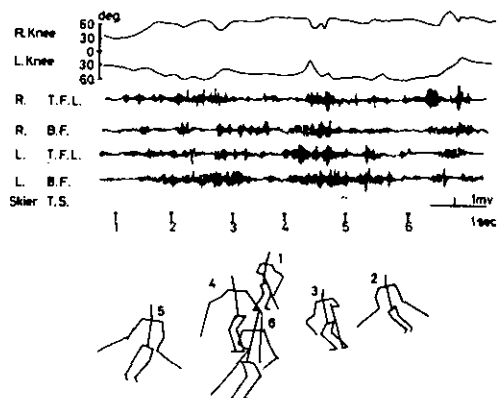


Fig. 3 Changes of the angles of the knee joints, EMG and stick pictures in parallel turns for a skier of intermediate skill.

notes; T. F. L.—M. tensor fasciae
latae
B. F. —M. biceps femoris

と考えられる。

EMG に関する上級者の筋放電様式は、大腿 2 頭筋と大腿筋膜張筋とで全く異なる反応様式を持つ。このことも上級者の技能の特質の一つであると考えられる。また動作との関係から観察すると、大腿筋膜張筋は立ち上り動作を基準として左右のターンの外側の筋に緊張が現われ、内側の筋放電は停止することが認められた。内側での筋放電が単発的に観察できる場合もあるが、これは上体の姿勢制御のために補助的に働いた結果であると理解できる。

図 3 は中級者 (T. S.) のものである。

膝関節の角度変化には上級者と同様に一定の周期性が認められる。しかし、伸展動作と屈曲の動作発現のタイミングに相違が認められる。T. S. では、右ターンでの角度変化は緩慢な変化を示し、左ターンでは急激な変化となっている。これは、個体内において、左右のターンに関する技能差が現われたものと考えられる。また、回転中期に不安定な角度波形が観察される。これは大腿部の内旋による踵の捻り押し出し動作と関連し、かつ上体のバランス保持とも深く関係すると考えられる。

次に EMG について考えると、大腿 2 頭筋の放電様式は、上級者のそれとほぼ同様な傾向が

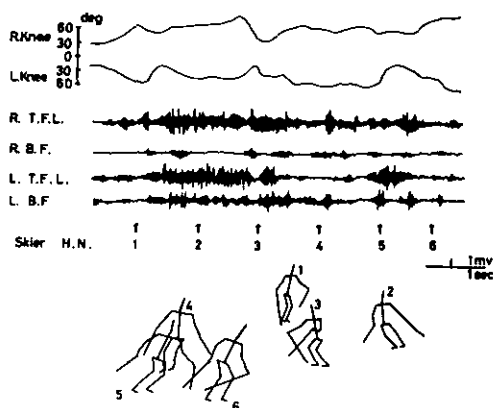


Fig. 4 Changes of the angles of the knee joints, EMG and stick pictures in parallel turns for a skier of intermediate skill.

notes; T. F. L.—M. tensor fasciae
latae
B. F. —M. biceps femoris

認められる。しかし、大腿筋膜張筋の放電形態は、両大腿部の筋で同時性を保ちながら筋力を発現している。これは回転外側の肩部が外転動作を起こしたため、結果的に上体の後傾姿勢が形成され、同時に上体が内傾したために、筋放電が認められたと考えられる。また、この点に技能的課題を見出すことができる。

中級者 (H. N.) についても T. S. と同様な技能課題が存在する。図 4 において膝関節角度の変化を見ると、最大屈曲時に R. 65度、L. 70度を示し、大きな上下動が観察された。膝関節に関する動作パターンは、周期性が明確に認められる。

EMG について見ると、右大腿筋膜張筋に一定の周期性を認めることはできる。しかし、同時に緊張の継続性もまた認められる。これに対して、左脚部に関しては緊張と弛緩が繰り返し一定の時間間隔で発現していることが分かる。従って、左右のターンに対する運動性の相違を筋放電の面から裏付けたと言える。

大腿 2 頭筋の放電様式には H. N. 特有の筋力発現の形態があるものと考えられる。特に右大腿部に注目すると、右ターン中にはあまり筋放電は観察されない。しかし、左ターンに関しては、継続的な筋力発現の様子を観察できる。こ

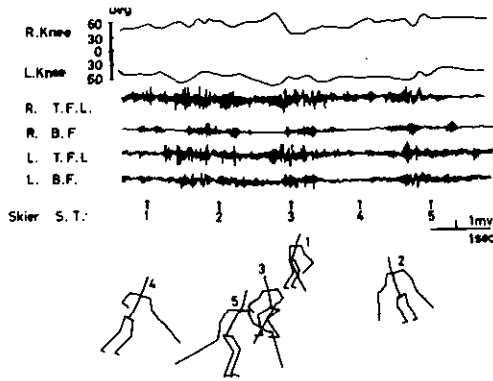


Fig. 5 Changes of the angles of the knee joints, EMG and stick pictures in parallel turns for a skier of intermediate skill.

notes; T. F. L.—M. tensor fasciae
lates
B. F. —M. biceps femoris

のことについては、外側スキーに多く荷重し、ターン中には内側スキーへの荷重があまり行なわれていないと判断するのが論議のあるところである。大腿2頭筋は滑走中にコンセントリックな緊張を引き起こすと考えるならば、外側スキーへの明確な乗り込み現象を、筋放電の面から立証したと言える。しかし、左大腿部ではこのような現象が強く観察できない。このような傾向は、中級者(S.T.)についても認められるところである。(図5)

S.T. では、特に内側スキーへの荷重が起きた際に現われている。この点でH.N.のそれとは区別されよう。

膝関節の角度変化からみた動作パターンに関しては、周期性は明らかである。しかし16mm写真からの動作分析によると、膝関節の伸展動作には他の被検者と比較し大きな遅延が認められる。この動作は、いわゆる送り出し操作¹¹⁾と呼ばれるものに類似した動作と言える。従って、指定された運動を再現するという点で、他の被検者のターンと区別される。

中級者S.M.の筋放電は、T.S.及びH.N.と同様な傾向を示している。(図6)しかし、全ての筋において、より長い時間緊張が継続されている。また、膝関節の角度変化に関しては、

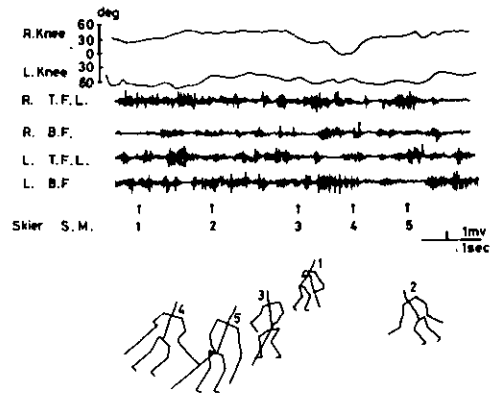


Fig. 6 Changes of the angles of the knee joints, EMG and stick pictures in parallel turns for a skier of intermediate skill.

notes; T. F. L.—M. tensor fasciae
lates
B. F. —M. biceps femoris

他の被検者と比較し動作のパターンが明確とは言えない。このことは、スティックピクチャーから理解されるように、上体の内傾動作によるものと考えられる。

結 論

本研究の目的は、スキー滑降中に働く筋の活動を捉え、スキー運動の特徴及び特質を明らかにすることであった。そのために、立上り抜重によるターンに運動を規定した。これについてEMG, 角度計, 16mm映画により分析を試みた。左右のターンに関して以下の知見を得たのでこれを報告する。

- 1) 雪面からの抵抗は、膝関節の運動性を規制する因子の一つである。
- 2) 運動の相違は、膝関節の角度変化とそのタイミングの違いとして現われる。
- 3) 内側荷重は、回転内側の大腿2頭筋の筋放電様式の相違として捉えられる。
- 4) 筋の緊張と弛緩のリズムは、滑走技能を決定付ける重要な因子の一つである。
- 5) 技能の高い者の大腿2頭筋は、雪面抵抗に対して抗重力的に作用し身体姿勢を安定させる。
- 6) 両側の大腿筋膜張筋は、左右のターンに

ついて拮抗的に働こうとする。

- 7) 上体の姿勢変化は、下肢筋群に強く作用する。

用具の提供については、朝里スキー学校校長前田正信氏の御協力を頂いた。
ここに謝意を表します。

引用・参考文献

- 1) Eriksson, A., Forsbery, A., Nilson, J. and karsson, J. "Muscle strength, EMG activity, and oxygen uptake during downhill skiing." Int. Congr. Biomech. 6th. (A): 54-61, 1978.
- 2) Fukuoka, T. "Zur Biomechanik und kybernetik des alpinen Shilaufts." in Wilhelm Limpert Verlag, Fromkfurt/M., 1971.
- 3) 井上修梧, 「スキーのパラレルターンに関する一考察」—Step Parallel turn—, 藤女子大学・藤女子短期大学紀要, Vol. 18-2: 5-17, 1980.
- 4) 猪飼道夫, 「スキー・アルペン」, 札幌オリンピック・スポーツ科学研究報告; 157-180, 1972.
- 5) 三浦望慶・池上康男・袖山 紘, 「ブルークボーゲンにおける重心位置と動作」, 身体運動の科学 IV, 日本バイオメカニクス学会編, 杏林書院; 238-47, 1983.
- 6) 前嶋 考・石河利寛・形本静夫・中野偉夫, 「スキー回転技術に関する筋電図学的研究」, 身体運動の科学 II, キネミオロジー研究会編, 杏林書院; 201-8, 1976.
- 7) Michio I., Karuhiko W. and Tetsuo F., "Motion analysis and telemetering electromyography of alpine skiing." Int. Congr. of Winter Sports Medicine, Sapporo; 106-10, 1972.
- 8) 斉藤 進・山辺紘猷・村瀬研一・塚原 進「ヒトの姿勢制御機構について」, 姿勢第2回シンポジウム論文集, 姿勢研究所編, 人間と科学社; 225-33.
- 9) 佐々木敏・西園秀嗣・加藤 満・三宅章介・須田 力・見戸長治, 「ブルーク, シュテム, パラレルによる山回りターン時の外側スキーの足圧変化」, 北海道体育学研究, Vol. 19: 15-20, 1984.
- 10) 佐々木敏・西園秀嗣・加藤 満・三宅章介・須田 力・見戸長治・井上修梧, 「山回りターンにおけるパラレル操作での足圧変動」, 北海道体

育学研究, Vol. 20: 7-15, 1985.

- 11) 全日本スキー連盟, 「日本スキー教程」, スキージャーナル社, 1980, pp. 75-78.