

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560346

研究課題名(和文) スキー回転運動を模倣した重心回りトルク自動生成型チェアスキーの基盤開発

研究課題名(英文) Base development of the chair ski generating a torque around the center of gravity in ski turning automatically.

研究代表者

塩野谷 明 (Shionoya, Akira)

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：50187332

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、スキー回転運動で重要となる重心回りトルクを自動生成する機構を開発し、それを用いた新しいコンセプトのチェアスキーの基盤開発を行うものであった。研究の手順・方法は、1)新しいチェアスキーコンセプト構築・提案のためのスキー回転運動の再考2)提案コンセプトの有効性の検証3)チェアスキー試作機の製作であった。1)では、上級者の回転運動に重心回りトルク生成動作を確認した。2)では、重心回りトルク生成機構が少ない筋力で回転に必要な大きなトルクを生み出すことを確認した。3)では、重心回りトルク自動生成型チェアスキー・プロトタイプ製作を行うとともに、滑走実験からターンが容易に行なえることを確認した。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this study were to develop the mechanism to generate a torque around the center of gravity in ski turning automatically and develop the prototype of new concept chair ski equipping this mechanism. The procedures of this study were 1) reconsideration of ski turning for concept design and proposal of the new chair ski. 2) verification of an effectiveness of the proposed concept. 3) production of the new concept chair ski prototype. This study's results were summarized as follows; 1) the motion generating a torque around the center of gravity in an expert skier turning was reconfirmed. 2) it was confirmed that the mechanism generating a torque around the center of gravity generated a large torque necessary for ski turning with less muscular strength. 3) the prototype of chair ski equipping the mechanism for generating a torque around the center of gravity in ski turning automatically was developed, and it was confirmed that the new concept chair ski could turn easily.

研究分野：スポーツ工学

キーワード：チェアスキー 重心回りトルク 自動生成

### 1. 研究開始当初の背景

2020年オリンピック・パラリンピックの東京開催が決定し、日本がかつての活気を取り戻す期待感が大きい。オリンピック・パラリンピック開催地決定には各国首脳が出席するように、スポーツはその国の将来を左右するほど社会的にも影響力が強い。こういった背景からパラリンピックに代表される障がい者スポーツにも注目が集まり、日本は本申請研究対象でもあるチェアスキーでは毎回数多くのメダルを獲得している。チェアスキーに限らず、障がい者スポーツで使われる用具は陸上のオスカー・ピストリウスの義足ブレードを例に取るまでもなく、技術・テクノロジーの集合体である。反面、現在の用具はコンセプトが固定化され、また価格的な問題から特殊な限られた者だけのスポーツという弊害も出てきている。しかし技術の革新は新しいイノベーションを創出し、その結果より多くの人を対象となり、楽しむことができるスポーツへと変容させる可能性を持っている。

### 2. 研究の目的

本研究は、スキー回転運動で重要となる重心回りトルクを自動生成する機構を開発し、それを用いた新しいコンセプトのチェアスキーの基盤開発を行うものである。この機構によって、操作が容易になると考えられ、チェアスキーは障がい者だけのスポーツに留まらず、多くの人を対象としたスポーツに変容する。そしてその結果、チェアスキー人口の増大からチェアスキーの価格低減が図られるという好循環が期待できる。

### 3. 研究の方法

本研究の手順・方法は、以下のとおりである。

- 1)新しいチェアスキーのコンセプト構築・提案のためのスキー回転運動の再考
- 2)提案コンセプトの有効性の検証実験
- 3)チェアスキー・プロトタイプ製作

スキー回転運動の再考は、被験者としたスキー上級者（元SIAインストラクター）のスキー滑走中の映像解析から行った。映像の取得は、スキーヤーが滑走する後方からビデオカメラを保持した別のスキーヤー（元スキー競技者）が追従して行った。解析は、オクタ社製画像比較処理システムOTCV-8を用いて行った。

提案コンセプトの有効性の検証は、図1に示す実験システムによって行った。システムは床反力計を基盤とし、その台上にバネ機構を持ったスケートボード用の車輪を装着したスノーボードを固定、床反力計上でヒト前額面上のボード回旋運動を実施した。また、被験者には皮膚表面電極を配布し、腹直筋、外腹斜筋から筋電図を導出し、積分筋電図(iEMG)を算出した。このシステムを用い、バネ定数を変化させたとき、座面回旋運動時

にボードに作用する回転トルクおよびiEMGを計測・比較した。

上記験に基づいて提案するコンセプトの有効性を確認した後、そのコンセプトを再現した試作においては、2次元CADを用いて設計図を作成、これに基づいて試作モデルを製作した。

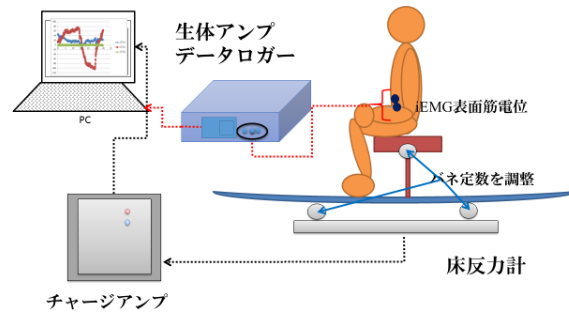


図1 提案コンセプトの有効性検証実験の概要

### 4. 研究成果

- 1)新しいチェアスキーのコンセプト構築・提案のためのスキー回転運動の再考

図2は、画像比較処理システムOTCV-8を用いて解析を行ったスキーヤーの回転運動と開発するチェアスキーの回転のコンセプトを示している。

スキーヤーは、最大傾斜線上では雪面からの反力を身体重心に受け、遠心力と向心力のつり合いから安定した姿勢を保つ（図中左の姿勢）。ここでスキーヤーが立ち上がり動作を行うことで、雪面からの反力は重心を外れ、重心下を通過することで重心回りトルクが発生し（図中左から2つ目の姿勢）、回転運動（スキーターン）へと移行する（図中右2枚の姿勢）。これを模式的にチェアスキー前頭面上で示したものを、図2中の下部に示した。この動きを再現するチェアスキーの構築を目指した。

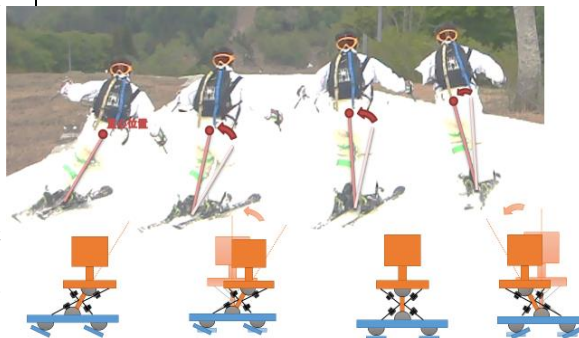


図2 スキー滑走時重心回りトルクとチェアの動き

## 2)提案コンセプトの有効性の検証実験

図3ならび4は、上記で示したスキーヤー回転運動時のメカニズムに基づくチェアスキーの回転コンセプトの有効性の検証実験の結果を示す。

図3からスキー回転運動において、スキーヤーが行う立ち上がり動作に伴う重心回りトルクをバネによって再現した実験の結果、バネ定数が高いほど、大きなトルクが獲得されていることが伺える。弾性力が弱い(バネ定数が低い)場合、 $\pm 50\text{N}$ 前後の回転トルクであるのに対し、弾性力が強い(バネ定数が高い)場合、 $\pm 100\text{N}$ 前後の回転トルクと2倍の回転トルクとなっている。また、重心移動距離も2倍となっている(表1参照)。

さらにバネ定数を変え、トルクを発生させる弾性力を変えた場合の筋電出力(iEMG)について比較すると、弾性力が高いときほど発揮される筋力の小さいことが確認された(図4参照)。この傾向は、腹直筋(左図)、外腹斜筋(右図)両筋ともに認められた。すなわち弾性力が強い場合、腹直筋では10%、外腹斜筋では40%程度小さい筋力で、2倍の回転トルクを発生させることが可能となることが確認された。

以上の結果より、本研究で提案するチェアスキーの回転機構は、弱い力で大きなトルク生成を可能にすることから、コンセプトの有効性が示唆されたものと考えられる。

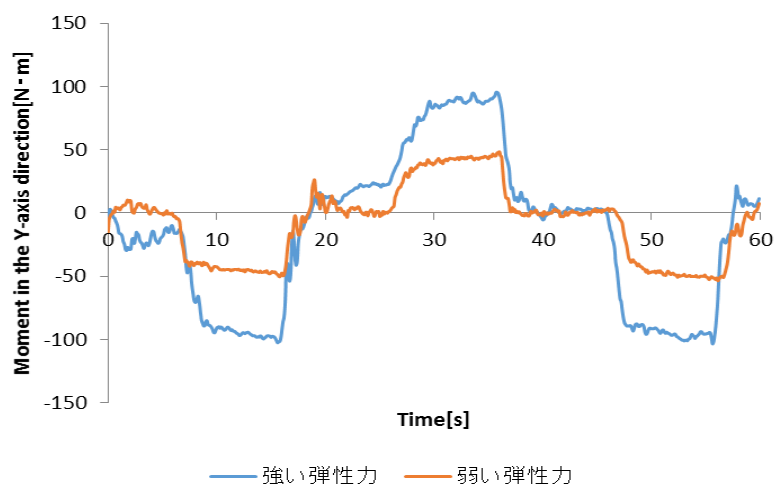


図3 弾性力の違いによってボードに作用する重心回りトルクの差

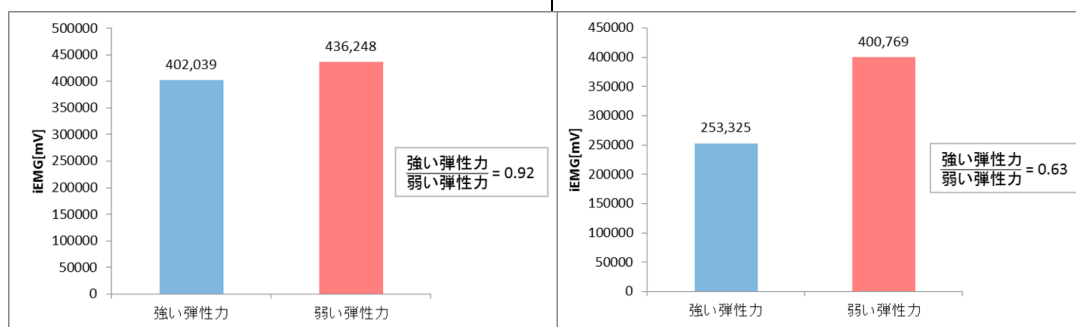


図4 弾性力の違いによる重心回りトルク発生時の筋力差  
(左図：腹直筋，右図：外腹斜筋)

表1 弾性力の違いによる軸回りモーメントおよび重心移動距離の違い

		Y軸周りモーメント[N·m]		重心移動距離[m]	
		左曲がり	右曲がり	左曲がり	右曲がり
弾性力	強い	103.297	95.467	0.165	0.152
	弱い	53.500	48.403	0.085	0.077
弱い弾性力 / 強い弾性力		1.931	1.972	1.931	1.972

### 3)チェアスキー・プロトタイプの製作

図5は、確認されたコンセプトの有効性に基づき製作した2D CADモデルを示している。スキー回転運動を模倣し、重心回りトルクによって脚部が回転する動きを再現するために、座面を前頭面上で回旋運動するように設計した。

図6はそれに基づいて試作されたチェアスキーの外観を示している。チェアスキーは競技等で使用される1本スキーではなく、安定感・安全性を考慮して2本スキーとした。脚部はそれぞれ16度の範囲で回転(回旋)するように設計され、安全のためにストッパーを装着して16度以上の回転はしないようにした。また、スキー回転運動を支援するために操作用のジョイ・スティックを装着した。加えてバネ機構を用い、スキー回転時の重心回りトルク増強を支援する機構とした(図7参照)。図8に、本チェアスキーによるスキー回転の様子を連続写真で示す。スムーズなスキー回転の様子が伺える。

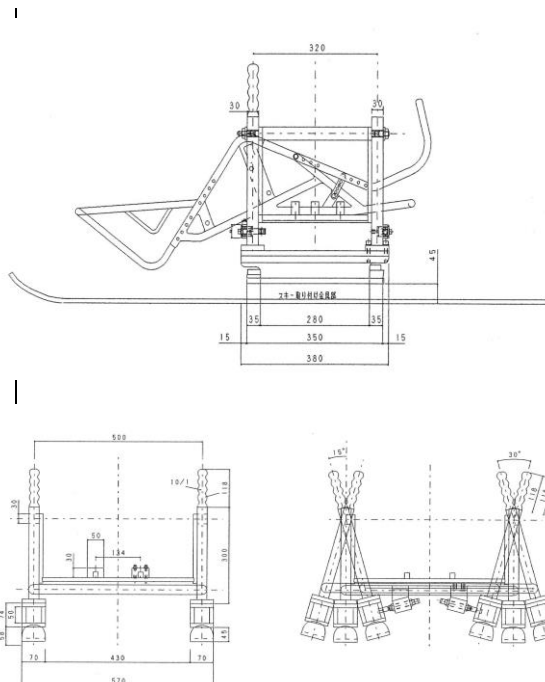


図5 チェアスキー2D CAD モデル

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 3 件)

1. 小笠原貴之, 高坂大貴, 清水 悠太, 今村啓, 監物勇介, 塩野谷 明: 新しいチェアスキーのコンセプトデザイン. 日本機械学会年次大会講演論文集, No.14-1, G2310102, 2014.

2. 塩野谷 明, 清水謙吾, 鈴木純也, 木本理可, 今村啓, 監物勇介: 重心回りトルク生成型チェアスキーの操作性に関する概念設計. 冬季スポーツ科学フォーラム 2015 講演集, p22, 2015.

3. 今村啓, 監物勇介, 木本理可, 神林勲, 塩野谷 明: シート可動型チェアスキーの基盤構築. 日本スキー学会第 27 回大会講演論文集. pp52-53, 2017.

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

塩野谷 明 (SHIONOYA Akira)  
長岡技術科学大学・工学研究科・教授  
研究者番号: 50187332



図6 試作されたチェアスキーの外観



図7 バネによる重心回りトルク増強機構



図 8 開発したチェアスキーによるスキー回転の様子