

ットーボック社製 3R45 を使用した。

G. 開発で得られた成果

G.1 着地時の衝撃加速度

走行中において、着地時の衝撃が大きいと考えられるため、25メートル地点から50メートル地点までの着地時のZ軸加速度における平均値と最低値(加速度としては軸方向の定義のために最低をさすが、衝撃加速度としては最大値と考えて差し支えない)を表2に示す。1歩ごとの着地衝撃の平均に関しては、全被験者が速度を上げるにともなって増加した。被験者Bの最高値が極めて大きくなっているのは、走行が安定していなかったため加速度の値にばらつきがあったと考えられる。また、健常者の被験者Cでは計測器が健足であったために着地時に揺れてしまい、評価対象としている義足走者に装着したセンサ向きと厳密には異なることも注意が必要である。

表2 フィールド実験2の被験者緒元

	Trial2 Ave.	Trial2 Min	Trial 3 Ave.	Trial3 Min
Sub. A	-14.9	-18.8	-20.9	-22.1
Sub. B	-12.6	-33.8	-30.6	-47.2
Sub. C	-25.8	-32.4	-29.2	-35.1

ターミナルインパクトとは遊脚相最後の膝関節伸展に大きな力が生じることである。大腿義足使用者に起こる現象であり、下腿部が遊脚相の後半に、急速に前方に振られて違和感を感じ、膝関節最大伸展位、すなわち膝関節屈曲伸展角速度の正負が入れ替わる瞬間に生じる力のことである。膝関節の屈曲伸展時生じるこのターミナルインパクト加速度はY軸加速度の大きさによって評価する事がグラフから明らかである。離地と着地の時間を判定するためにZ軸加速度を用い、その時刻のX軸角速度との関係を見るために同じグラフ(図11から図16)に示した。図内のX軸角速度は、同じグラフ内に表現するために実際の値よりも小さくスケール倍して描画してある。X軸角速度がマイナスからプラスになる間の0の地点(図11では、44.85秒、45.4秒)が遊脚相での膝関節伸

展の最後であるが、同時刻にY軸加速度のプラスの値が大きくなる。これが、ターミナルインパクトであり、値が大きいほどターミナルインパクトの加速度が大きい、すなわち大きな衝撃を受けていることがわかる。一方、健常者は健足に計測器を装着したため、走行中に計測器が揺れてしまい正確な値が検出されなかったことから、果たして義足者のようなターミナルインパクトが生じているかを判断することが今回はできなかった。

次に、フィールド実験2についての知見を整理する。

フィールド実験2では、本研究プロジェクトにおいて開発された下腿義足を装着した際の運動計測、ならびに大腿義足走者の運動計測の2つの異なる義足についての計測実験を行った。

図17から図22に得られたデータを描画してある。図に示したデータはいずれも、疾走中の加速度および角速度データである。被験者Dの下腿義足データに注目すると、着地衝撃の大きさは、約25Gにも達している。フィールド実験1でみたようなターミナルインパクトの加速度については、被験者Dではその兆候が見いだせないほどの小さな加速度であることがグラフからわかる。ターミナルインパクトが発生していないことを示す訳であるが、試作品の義足を初めて履いた日の実験であったために、被験者が速度を出さず安全に感じる速度域で試技を行ったためではないかと考えられた。

膝関節屈曲伸展角速度をみると被験者Dでは膝伸展角速度(負)の最大値は約1000deg/s、屈曲角速度(正)の最大値は約500deg/sであった。

大腿義足被験者Eに関して得られたデータに着目すると、着地衝撃による加速度は30Gにも達していることが顕著である。またこの際の角速度をみるとジャイロセンサの計測レンジ最大許容範囲の6000deg/sを上回った計測データが得られていることがわかる。この6000deg/sを超える角速度が本当に生じたのか、ということについては更なる実験と検証を必

要とする。

ターミナルインパクト時の下腿加速度をみるとその絶対値はそれほど大きくはない。ターミナルインパクト時の接線方向加速度の値は、約 5G から 8G 程度である。大腿義足装用者となって日が浅く、走行練習に関してはこの実験時に初めて行った被験者であったため、思い切った走行試技であったとはいいたため、この値が大腿切断者の膝継手つきの大腿義足データを代表するか否か、については更なる検証実験が必要である。

この大腿義足被験者については、健足側の膝下位置における運動計測を同じセンサモジュールを用いて同期して行った。その結果を示すのが、図 21 と図 22 である。加速度、角速度のいずれをみても、義足から得られたデータと比較して著しく小さな値が観測されている事がわかる。細かな振動成分が目立つがこれは、装着が皮膚表面にテーピングによってなされていたことからセンサ本体が揺れるために生じたものと考えられた。加速度および角速度のデータに大きな違いがある事の原因としては、義足の健足との間に機械的特性が大きく異なることにくわえて、義足と健足の下肢の動かし方にも違いがあるためだと推定される。

競技歴の長い被験者 D と比較して、この初心者被験者 E の走り方で大きく異なる点は、下腿の内転動作にも明瞭な差が観察される。すなわち被験者 E の遊脚相後期、ターミナルインパクトの直前の Z 軸加速度を観察すると、著しく大きく立ち上がっていることが分かる。この正の値はすなわち下腿の外転動作を示しており、義足ランナーの初心者が股関節まわりに、下肢全体を振り回すような動作によって、下腿を外転させながら脚を運ぶよう様子をセンサデータが示している。恐らくトレーニングによってこのような特徴が変化していくものと考えられる。

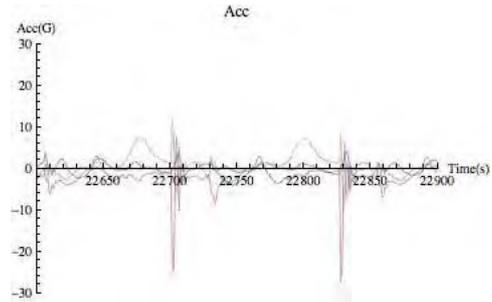


図 17 被験者 D(下腿義足)走者の疾走中の下腿加速度

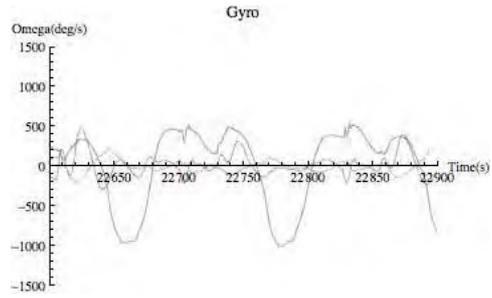


図 18 被験者 D(下腿義足)走者の疾走中の下腿角速度

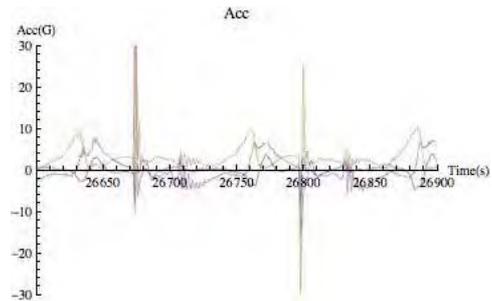


図 19 被験者 E(大腿義足)走者の疾走中の下腿加速度

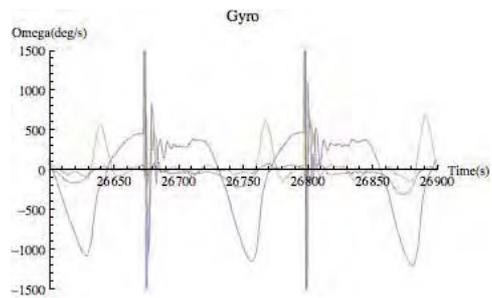


図 20 被験者 E(大腿義足)走者の疾走中の下腿角速度

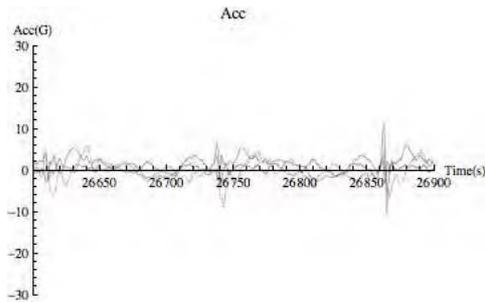


図 21 被験者 E(大腿義足)走者の疾走中の健足側下腿加速度

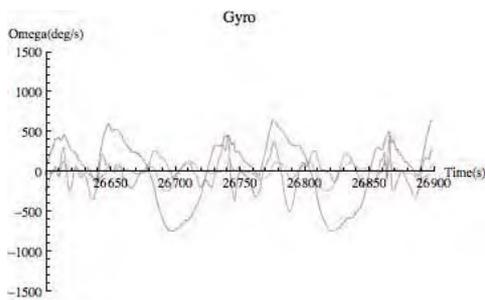


図 22 被験者 E(大腿義足)走者の疾走中の健足側下腿角速度

H. 予定してできなかったこと

研究期間最終工程の2011年3月12日(土)に、我々は再度の被験者実験を神奈川工科大学にて行う事を計画していた。このフィールド実験では、大腿義足被験者の実験データを得る事が目的であった。しかしながら、ご承知のとおり、前日3月11日(金)に東北関東大震災が発生し、被験者実験は中止された。したがって予定されていた大腿義足に関するフィールド実験データを得る事が出来なかった。

I. 考察

保原が述べているように、義足研究のなかでも競技用義足の定量評価に関する研究報告は極めて少ない(保原 2011)。なかでも義足および、その構成要素である板バネや継手、ソケットといったパーツの善し悪しをこれまで定量的に評価した論文は非常に少ない。一般的に義足ランナーにおいて、その能力指標とも言える疾走速度が速くなるにつれて、板バネのステイフネスを大きくすることは経験的にも知

られてきたが、こうした経験知にもとづく用具の選択について科学的な知見が蓄積されているとは言いがたいのが現状である。くわえて、義足の分野では、その適合性を左右するソケット製作は義肢装具士に一任されており、ソケットによって義足に加わる衝撃力や衝撃加速度が緩衝されているのか、といったことが装着者の主観によってのみ語られてきたと考えられる。ソケットが適合するまでの長い期間を経た後ではないと、改良された義足パーツの良否が判断出来ないことは今後改良する余地がある。加速度や角速度といった運動学変量を直接計測することの出来る小型センサデバイスによって今後、主観から客観へと義足と人間の適合性評価を下すことが出来るようになると考えられる。

義足は、ソケットを除くパーツが共通に利用出来るように改良が進められて来たが、断端の形状や位置が個人によって大きく異なるために、同様に製作したうえで定量評価を統計的な手法で行う事は困難であると言える。個人にカスタマイズされた義足を個人の身体に装着したセンサによって計測することは、より適合性の高い義足を生み出すことが期待されると同時に、義足装着者が訓練によってどのように運動を獲得していくのか、というリハビリテーションの観点からも有用なツールになりうると考えている。

J. 結論

本研究課題である、「疾走用膝継手ならびにステップ用膝継手、子供用スポーツ義足、足部カバーの製品化に向けた開発と評価」のなかで、我々の研究グループでは、疾走用膝継手の評価のため、小型慣性センサをもちいた下肢の運動計測を行った。

開発した膝継手を装着した被験者による走行実験は研究期間内に生じた東北関東大地震のため、フィールド実験が中止となり膝継手そのものの評価が出来なかった。しかしながら、下腿義足走者における、膝下部分の6軸慣性データをセンサから高速なサンプリング周波数

にて計測することが出来た。

特に膝下に貼付けたセンサ装置によって、下腿切断者が走行中に感じているターミナルインパクトと呼ばれる現象、すなわち遊脚相後期に膝関節伸展し、膝関節角度が最大となった瞬間にうける衝撃加速度をセンサ計測によって得られた。このターミナルインパクト加速度は、膝関節の屈曲伸展角度変化に対しての接線方向に生じる加速度とみなすことができ、義足装着の加速度センサの値から、定量的な評価が可能である。定摩擦による義足継手部分のブレーキによってターミナルインパクトによるショックを減じる措置を講じている開発側、本研究グループにおいては今仙技術研究所等の研究者にとっては有用なデータを今後計測出来ることが明らかになったと言える。

K. 健康危険情報

我々の開発した計測用の試作装置は、義足に両面テープにて貼付けられ、被験者の体感によれば全く気にならない大きさ、重量であった。したがって、計測装置を装着した被験者が走行中に支障をきたし、怪我をする可能性はない、と考えられる。

L. 成果に関する公表

本研究の成果は、日本義肢装具学会学術大会において発表を予定している。また本研究の協力者である仰木研究室学部学生、堀内智浩君の卒業論文として、試作プロトタイプ実験に関する研究成果をまとめた。

M. 知的財産権の出願・登録状況

現在のところ、本研究において得られた知的財産権について、出願は予定していない。

参考文献

- (1) 東洋功, 小林一敏, 山田 悟史, 走速度の変化にともなう下肢の角速度・角加速度の電気計測. ジョイント・シンポジウム講演論文集, pp. 229-232, 2003
- (2) Chandler, R. F., Investigation of Internal

Property of the Human Body, U. S. Dept. of Transportation, 1975

(3) 保原浩明, 緒方徹, エネルギー蓄積型疾走用足部の普及とランニング研究の動向, バイオメカニクス研究, 14, 3, pp. 110-116, 2011.

(4) 山本篤, 福田厚治, 伊藤章, 大腿切断者の疾走動作; 男子 100m 日本記録保持者の例, バイオメカニクス研究, 14, 3, pp. 101-109, 2011.

倫理審查申請書、說明書、同意書

(ヒトを対象とする支援機器の実証試験)
倫理審査申請書(新規申請)

受付 番号	
----------	--

平成22年10月25日 提出

下記実証試験につき、倫理審査を申請いたします。

研究課題	疾走用膝継手ならびにステップ用膝継手、子供用スポーツ義足、足部カバー、の製品化に向けた開発と評価		
研究期間	平成22年12月11日(倫理委員会承認後)から平成23年3月31日まで		
試験の種類	<input type="checkbox"/> パイロット試験(予備的パイロット試験の場合のみチェック)		
研究組織			
研究代表者	氏名	長縄 正裕 印	
	(所属・職)	(株)今仙技術研究所 常務取締役	
	連絡先	〒484-0083 愛知県犬山市大字犬山字東古券 419 番地 TEL:0568(62)8221 fax:0568(61)3752 naganawa@imasengiken.co.jp	
連絡担当者	氏名	()	
	(所属・職)	()	
	連絡先		
実証試験研究実施機関・施設			
	施設名	実験責任者	
	(1) (財)鉄道弘済会 (施設内倫理審査 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし)	氏名	大槻 雄治
		所属・職	義肢装具サポートセンター所長
		連絡先	〒116-0003 東京都荒川区南千住 4-3-3
	(2) (株)松本義肢製作所 (施設内倫理審査 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし)	氏名	日比野 文昭
		所属・職	部長取締役
		連絡先	〒485-8555 愛知県小牧市大字林 210 番地 3
	(3) (株)アクティブプロス (施設内倫理審査 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし)	氏名	高橋 茂
		所属・職	代表取締役
		連絡先	〒243-0001 神奈川県厚木市東町 2-1-103
	(4) (有)砂田義肢製作所 (施設内倫理審査 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし)	氏名	砂田 和幸
		所属・職	部長取締役
		連絡先	〒901-2101 沖縄県浦添市西原 5-2-16
	(5) (株)澤村義肢製作所 (施設内倫理審査 <input type="checkbox"/> あり <input checked="" type="checkbox"/> なし)	氏名	近藤 潤侍
		所属・職	
		連絡先	〒652-0804 兵庫県神戸市兵庫区塚本通 6-1-7
実験実施施設ごとの内訳			
対象者に関する事項			
全施設合計	対象者総数 14 名 うち、男性 11 名、 女性 3 名 対象年齢層 6 歳～ 52 歳 対象とする障害の種類 大腿切断者と下腿切断者 対象者の実験参加期間 実験の期間 2010 年 12 月 -2011 年 3 月		

実験実施施設ごとの内訳	
(1) 鉄道弘済会	対象者総数 8名 うち、男性 5名、女性 3名 対象年齢層 7歳～52歳 対象とする障害の種類 大腿切断者と下腿切断者 対象者の実験参加期間 週間(日、時間) 実験の期間 2010年12月～2011年3月
(2) 株松本義肢製作所	対象者総数 1名 うち、男性 1名、女性 名 対象年齢層 41歳 対象とする障害の種類 大腿切断者 対象者の実験参加期間 週間(日、時間) 実験の期間 2010年12月～2011年3月
(3) アクティブプロス	対象者総数 2名 うち、男性 2名、女性 名 対象年齢層 34歳～ 歳 対象とする障害の種類 大腿切断者と下腿切断者 対象者の実験参加期間 週間(日、時間) 実験の期間 2010年12月～2011年3月
(4) 有砂田義肢製作所	対象者総数 1名 うち、男性 1名、女性 名 対象年齢層 41歳 対象とする障害の種類 大腿切断者 対象者の実験参加期間 週間(日、時間) 実験の期間 2010年12月～2011年3月
(5) 株澤村義肢製作所	対象者総数 2名 うち、男性 2名、女性 名 対象年齢層 歳～ 歳 対象とする障害の種類 大腿切断者と下腿切断者 対象者の実験参加期間 週間(日、時間) 実験の期間 2010年12月～2011年3月
添付書類	
<ul style="list-style-type: none"> ■ カバーシート(本様式) ■ 研究実施計画書(様式2)) ■ 対象者への説明文書(様式3) ■ 対象者または代諾者の同意書(様式4) <input type="checkbox"/> 対象者あての依頼状(必要に応じて) <input type="checkbox"/> 質問紙調査を含む場合の質問紙(質問紙調査を含む場合必須) <input type="checkbox"/> 対象者を機縁募集する場合の主治医等への依頼状、添付すべき資料 (宛先:) <input type="checkbox"/> 対象者を公募する場合に用いる広告・文書等 (内訳:) <input type="checkbox"/> 研究者が主治医等である場合に、インフォームドコンセントの取得のための説明者に対する依頼状、添付すべき資料 (内訳:) <input type="checkbox"/> 共同研究者から所属機関等に提出(予定)の倫理審査申請書のコピー、倫理委員会による承認を証明する文書等 	

<p>(内訳:)</p> <p><input type="checkbox"/> 研究に関する参考資料(重要論文のコピー等)</p> <p>(内訳:)</p> <p><input type="checkbox"/> 国外で実施予定実験に関する資料</p> <p>(内訳:)</p> <p><input type="checkbox"/> その他()</p>
--

(ヒトを対象とする支援機器の実証試験)
実証試験研究計画書

作成日 平成 22 年 11 月 26 日

作成責任者 氏名 渡辺 学
所属・職名 ㈱今仙技術研究所 課長

1. 実証試験研究課題

研究課題	疾走用膝継手ならびにステップ用膝継手、子供用スポーツ義足、足部カバーの製品化に向けた開発と評価
研究期間	平成 22 年 12 月 11 日（倫理委員会承認後）から平成 23 年 3 月 31 日まで

(A) 研究組織

	氏名	所属・役職・職種	分担項目	連絡先
研究代表者	長縄 正裕	㈱今仙技術研究所 常務取締役	総括	〒484-0083 愛知県犬山市大字犬山字 東古券 419 番地 TEL (0568)62-8221 FAX (0568) 61-3752
実験担当責任者	後藤 学	㈱今仙技術研究所 技術二課 課長代理	設計・市場調査・ 開発まとめ	
分担研究者	大塚 滋	㈱今仙技術研究所 技術二課 係長代理	設計・機械試験	
	大蔵 史景	㈱今仙技術研究所 義肢装具士	同上	
	黒岩 成一	㈱今仙技術研究所 製造課 係長	製造・評価	
	今井 伸一	㈱今仙技術研究所 製造課	同上	
	伊藤 智昭	㈱今仙技術研究所 海外販売課 課長	市場調査まとめ	
	渡辺 学	営業二課 課長	市場調査他	
	稲本 真也	営業二課	同上	
	島田 かおり	営業二課 義肢装具士	市場調査・製作	
	宮永 豊 熊谷 一男 坂井 優之 白井二美男 沖野 敦郎 齋藤 拓 大野 祐介 梅澤 慎吾 岩下 航大	(財)鉄道弘済会・医師 義肢装具サポーターセンター・ 義肢製作課長 同上・義肢研究室長 同上・義肢研究員 義肢装具士 同上 同上 同上・理学療法士 同上	医学的診断 総括・経理 義肢製作・ 適合評価 同上 同上 同上 適合・動作評価 同上	〒116-0003 東京都荒川区南千住 4-3-3 TEL (03)-5615-3313 FAX (03)-3891-3293

	山中 俊治 仰木 裕嗣 檜垣 万里子 神山 友輔 村松 充 辻 勇樹	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 教授 慶應義塾大学大学院 准教授 慶應義塾大学大学院 SFC 研究所所員 慶應義塾大学大学院 博士課程 1 年 同上 慶應義塾大学大学院 修士課程 2 年	設計・デザイン スポーツ競技用義足 内蔵慣性センサユニット 設計・デザイン 同上 同上 同上	〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322 TEL 0466-49-3478 FAX 0466-47-5041
研究指導教員 総括責任者				
助言を担当する 医師				

(B) 共同研究実施機関・組織・施設・研究実施場所

機関・組織名	実施組織・場所	実施内容	倫理審査状況

(C) 研究協力機関

機関・組織名	実施組織・場所	実施内容	倫理審査状況
(株)澤村義肢製作所		フィールドテスト	
(株)松本義肢製作所		同上	
(株)アクティブプロス		同上	
(有)砂田義肢製作所		同上	
(D) 研究資金			

2. 研究の概要（1 ページ以内にまとめること）

(A) 支援機器の目的・目標

本格的な競技までは望まないが、スポーツレクリエーションへのモチベーションがある下肢切断者は多い。スポーツに多くの効能が認められ、医師・理学療法士・義肢装具士らからもスポーツ用義足部品開発の要望が多い。

運動用膝継手を開発することで、国産部品でのスポーツ義足を大腿切断者にも低価格で使用でき、より多くの切断者にスポーツへの入門を促し、地域スポーツクラブなど、切断者同士のコミュニケーション作りや心身の安堵等、生活の質向上・健康増進が期待できる。

本研究における疾走とは、トレッドミル上における予備測定において、個別の歩行限界速度よりも速い速度かつ両脚支持期なしで行うものを「疾走」と定義づける。

(B) 開発する支援機器の概要

疾走用膝継手は、運動用膝継手として走ることに特化した疾走用膝継手である。

ステップ用膝継手（多段ロック膝）は、これまで義足膝継手では不可能だった、テニスやバドミントンなどの競技に対応した任意方向に移動し易い機能を持っている膝継手である。

足部カバーは、スポーツ用義足部品のカーボン板ばね足部に使用する、風防機能と安全性を考慮した軟質のカバーである。

子供用足部は、学童に合わせたサイズ及び板バネ特性を取り入れた足部である。

(C) 実証試験の目的

疾走用膝継手、ステップ用膝継手の2種類の膝継手、足部カバーの開発を進め実用化を目指す。また新規開発品として子供向けの足部の開発を行い、官能評価を含めたモニター評価を繰り返し設計へフィードバックする。

(D) 研究の概要（この研究によって実証すべき機器の性能、研究デザイン、研究方法の概要）

① 疾走用膝継手は、単軸構造で軽量・シンプルな設計で構造強度の合理性と耐久性の向上を図る。また、昨年度実施したフィールドテストでは膝継手の遊脚相制御が入門者レベルの使用には評価が良いが、競技者レベルの使用には機能が不十分と客観的評価を得たことから、本開発では中級者、競技者レベルの使用を視野に入れた遊脚相制御方法の見直し・改良と、可動域制限やアライメント調整機器等の追加機能をフィードバックし、使用性の向上を目指す。2回の試作を行い、それぞれベンチテスト、フィーリングテストに用いる。

② ステップ用膝継手（多段ロック膝）は、更なるコンパクト、軽量化、操作仕様の向上を行い、期間内に量産設計を完了する。フィールドテストからのフィードバックを反映し、さらにデザインアプローチを取り入れることを試みる。2回の試作を行い、それぞれベンチテスト、フィーリングテストに使用する。入門、中級者とは別に、ノルディックスキーのトップアスリート選手に使用していただき、そのフィードバックも改良案として取り入れる。実用化を目標に、必要な機能の見極め、販売価格などの検討も並行して進める。

(E) インフォームド・コンセントの取得方法、個人情報保護の方法の概要

本研究を通して知り得た個人情報については、各機関が定める個人情報保護方針を厳守し、目的以外の用途には使用しないことを徹底し、研究対象者の人権擁護とプライバシーの保護に努める。

研究対象者に対する十分な情報提供・開示とインフォームド・コンセントおよび研究対象者の自己決定を原則とし、あらかじめ研究対象者に対し研究にかかわる事項を文書により説明し、原則として文書により署名・同意を得た上で研究を行う。研究対象者および研究者本人を含めた人の安全性の確保と社会的、倫理的問題への配慮に努める。

3. 機器の詳細

1. 疾走用膝継手

- ・関連する先行研究

平成 21 年度 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト (同グループ)
研究代表者名 長縄正裕

- ・この開発の経緯

昨年度、同グループがフィールドテストを含め、試作機器の研究を行ったが、実用化には至らなかった。入門者レベルの使用において走行動作の獲得に至ったが、中級者、競技者レベルの使用では膝継手の追従性に満足する結果が得られなかった。(写真 1、2)。

- ・機器の構造、作動原理

機器は競技に耐えられる強度があり、かつ軽量が望ましいため、主要構造部品にアルミ合金を使用している。

疾走用膝継手は単軸構造であり、遊脚相制御には機械的摩擦装置を備え屈曲抵抗を調整する。また伸展時に起こる衝撃に対して工業用油圧ダンパにより身体への衝撃を緩衝する(図 1)。疾走用膝継手にはスポーツ用板バネ足部を直接取付けることができる。

- ・準備状況

昨年度の試作品はベンチテストで強度、耐久性を確認した後、フィールドテストで実使用を行った。フィールドテストでは初心者、中級者レベル以上の使用に対し遊脚相屈曲抵抗不足、ソケット・膝継手間の早期干渉による屈曲可動域不足等の課題点、不具合点をフィードバックし、機器の実用化を目指す。



写真 1 疾走用膝継手



写真 2 フィールドテスト

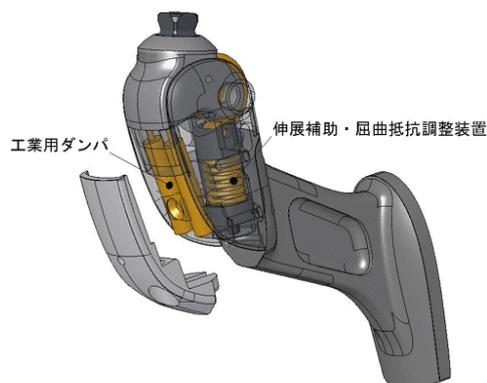


図 3 疾走膝構成図

2. ステップ用膝継手

・関連する先行研究

平成 21 年度 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト（同グループ）
研究代表者名 長縄正裕

・この開発の経緯

昨年度、同グループがフィールドテストを含め、試作機器の研究を行ったが、実用化には至らなかった。開発成果としてクロスカントリースキー、スノーボード、バドミントン、テニスなどで使用され、既存の膝継手よりも開発機器の機能が良いと評価された。またトップアスリートの競技において、クロスカントリースキーでは、国内外の大きな競技大会で成果を残し、国内最大の競技大会ジャパンパラリンピックでは二つの種目で優勝を果たした。

・機器の構造、作動原理

機器は競技に耐えられる強度があり、かつ軽量が望ましいため、主要構造部品にアルミ合金を使用している。操作する部分は競技や服の上などからも操作し易いようデザインされ、噛み込みやエッジなどが無いよう使用者に配慮している。

作動原理は、操作部であるロック解除ボタンを押すことでロックが解除され、膝屈曲角度 20 度毎に段階的にロックするしくみとなっている（図 1、2）。任意の段階角度で衝撃吸収機構が働き、荷重時に膝軸とは別の軸で屈曲、ダンパを圧縮することで衝撃を吸収できる（図 3）。



図 2 内部構造



図 2 ロック時 左から 0 度、20 度、100 度（最大）

図 3 衝撃吸収時

・準備状況

これまでに、3 次試作（図 4）までを行い、フィールドテストで実績を挙げてきた（図 5）。昨年度は全国におけるフィールド試験において使用上の安全性、耐久性が確認され、現在も実地試験を継続している。