

岐阜大学工学部 松下光次郎助教 歩行ロボットと運動解析の研究を元に地元企業と連携

膝サポーターの性能試験装置を開発・有効性評価 新商品が2月中旬発売

タナックが立体シリコン素材を用いて開発 タフシロン®人工筋肉膝サポーター(アクティブ/ホールド)

国立大学法人岐阜大学 工学部 機械工学科 知能機械コース 松下光次郎助教が試験装置を開発し、性能の有効性を評価した膝サポーターが2017年2月中旬に発売開始されます。この商品はシリコン等柔軟素材の形成加工・販売を手掛けるタナック（岐阜市）が開発した「タフシロン®人工筋肉膝サポーター（アクティブ/ホールド）」。タナックは歩行ロボットの研究や運動解析に精通している松下助教に性能評価を依頼。松下助教は膝関節屈曲時を想定した回転負荷試験装置を開発し、タナックの新商品と他社の既存商品の弾力特性を解析しました。その結果、タナックの2種類の新商品の歩行動作に有効となりうる弾力性能の特色が考察されました。

図1. 松下光次郎助教による性能評価結果(関節角度に対する回転負荷の近似曲線)

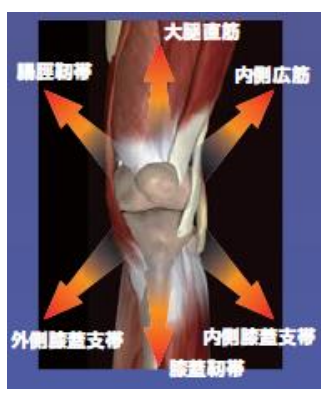
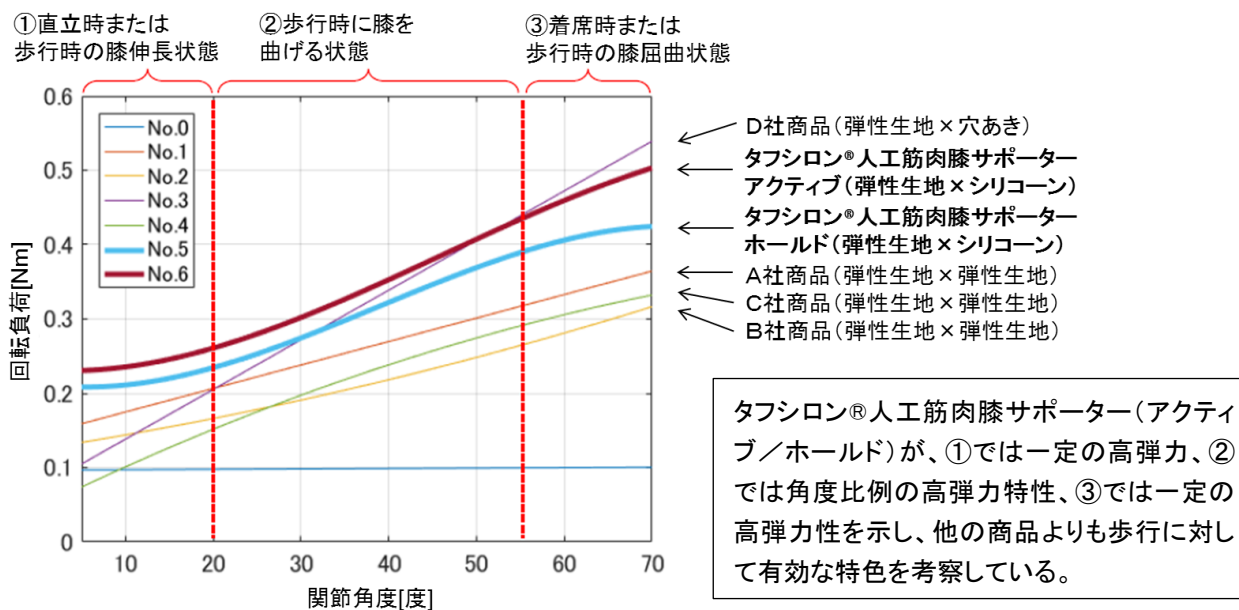


写真1. タフシロン®人工筋肉膝サポーター (左)アクティブ (右)ホールド

図2. 膝周りの6つの筋肉をシリコン素材で再現

写真2. 伸縮性素材で締め付けがきつなく自然な装着感

松下助教は歩行ロボットの研究開発を手掛けており、歩行運動のメカニズムに精通しています。また、各種センサを用いた運動解析の経験や、そのためのハードウェアとソフトウェアを含めた統合システムの開発経験が豊富です。そこでタナックは新商品の性能試験装置の開発と有効性評価を松下助教に依頼しました。

図1はタナックの2種類の新商品「タフシロン®人工筋肉膝サポーター(アクティブ/ホールド)」と、他社の既存4商品について膝関節モデルを用いて回転動作時に生じる負荷を測定し、その近似曲線を求めたものです。本新商品は①では一定の高弾力、②では角度比例の高弾力特性、③では一定の高弾力性を示し、他の商品にはない歩行動作に有効となり得る特色が考察されます。

### <従来の膝サポーターの問題点の解決を目指してタナックが開発した新商品>

従来の膝サポーターには次のような問題点がありました。

- ・生地張力には限界があり、しなやかさもない
- ・編み、生地補強では形状、張力のかけ方に制限がある
- ・締め付けが強いタイプには固定するものが多く動きにくい
- ・一日装着していると圧迫感が強すぎるものもある

⇒タナックはこれらの問題を解決する、膝蓋骨の安定と動きやすさを両立させる膝サポーターを実現するために、高柔軟性・高伸縮性の立体シリコン素材を用いて製品開発を行いました。その結果生まれたのが、「タフシロン®人工筋肉膝サポーター(アクティブ/ホールド)」です。「アクティブ」は歩行時の膝への負担を緩和したい方、長時間歩行をする方やウォーキングをする方向けの商品。「ホールド」は歩行、椅子からの立ち上がり、階段の上り下りにおいて膝に負担を感じている方向けの商品です。

### <負荷性能評価装置の開発および計測>

膝にサポーターを装着した際の膝の屈曲時の負荷をあきらかにするために、膝関節を模したモデルにもとづく関節回転負荷試験装置を開発しました(写真3、4)。この装置は、歩行ロボット開発技術を活かして生地との干渉を避けるための関節構造を有し、また運動解析技術を用いて磁気式モーションキャプチャにて膝屈曲角度、6軸力覚センサにて膝への回転負荷の計測を可能としています。タナックの2種類の新商品と、他社4社の既存商品について、測定を繰り返し行い、近似曲線を求めた結果が図1のグラフです。

写真3. 岐阜大学工学部 松下光次郎助教による性能評価試験装置(膝サポーター装着時)

磁気式モーションキャプチャで膝の屈曲角度を計測  
6軸力覚センサで膝への負荷トルクを計測

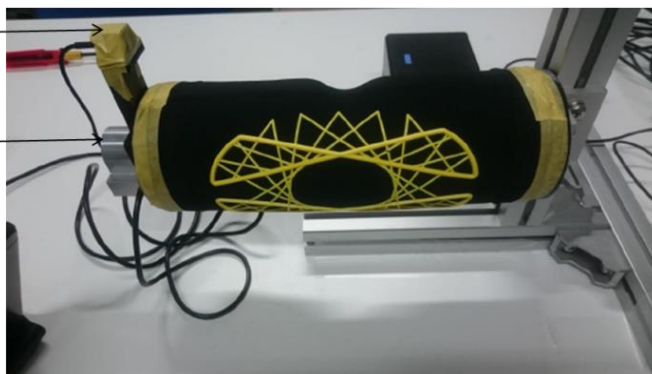


写真4. 岐阜大学工学部 松下光次郎助教による性能評価試験装置(伸張時、屈曲時)

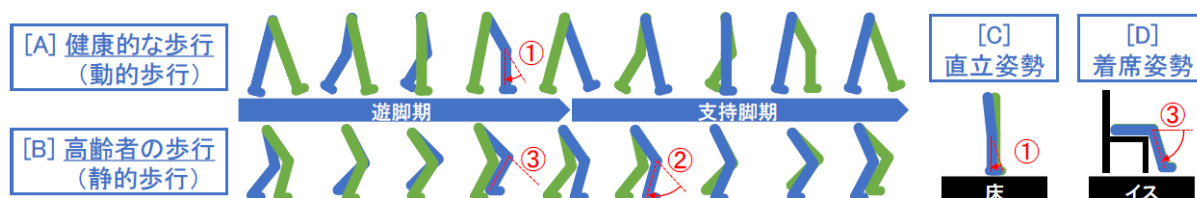


＜性能評価から考察された新商品の歩行に対して有効な特色＞

膝の3段階の屈曲角度範囲(下表左端の①②③(図1のグラフの横軸(関節角度)に該当))について、①初期区間(膝伸張付近)では膝サポーターには一定の高弾力性が求められます。②中間区間では、膝の屈曲角度に比例する高弾力性が求められます。③最終区間(最大屈曲付近)では、曲げた膝を保持できるような一定の高弾力性が求められます。さらに4種類の動作・姿勢([A]健康的な歩行(動的な歩行)、[B]高齢者の歩行(静的歩行)、[C]直立姿勢、[D]着席姿勢)に応じて、膝サポーターの役割は異なります。性能評価の結果、本新商品は次のように有効な特色が考察されます。

図3. タナックの新商品 タフシロン®人工筋肉膝サポーター のメリット

角度範囲	張力特性	メリット
① 初期区間 (膝伸張付近)	一定な 高弾力性	A 高弾力であることから、着地・支持脚(膝伸張)時に生じる膝への負担軽減.
		B
		C 一定の高弾力であるから、「膝伸張状態維持」と「膝角度調整によるバランス」を両立.
		D
② 中間区間	角度比例な 高弾力性	A
		B 高弾力であることから、着地時・支持脚(膝伸張)時に生じる膝への負担軽減. 特に、角度が大きいほど膝への負担が大きくなるので、角度応じた負担軽減が重要.
		C
		D
③ 最終区間 (最大屈曲付近)	一定な 高弾力性	A
		B 遊脚の負担軽減効果(角度比例の場合、振上げが大きいほど遊脚を遮るから).
		C
		D イス着席時に膝が最大屈曲を維持可能とする.



＜松下光次郎助教による膝サポーターの性能評価のまとめ＞

性能評価の結果、タナックの2種類の新商品はいずれも有効な弾力性能が考察されます。

1. 他のサポーターと比較し、膝曲げが少ない部分からのサポート力が大きい

①直立姿勢で膝伸展を保持しやすい

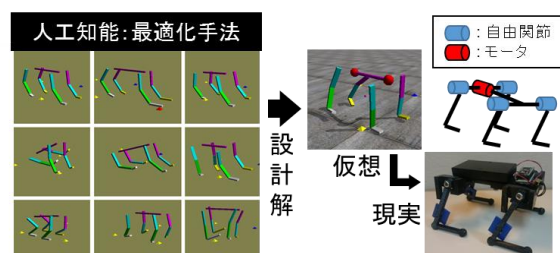
- ②歩行の際、着地前の膝伸展をサポートするので、足運びにおいて膝を伸ばした状態のスムーズな着地をうながしやすい
- 2. 膝曲げが大きくなる（屈曲角度 90 度付近）で、サポート力の強さが一定になる
- ③膝を大きく曲げた状態のとき比例的な大きな回転負荷力がかからないため座りやすい

<松下光次郎助教の本性能評価との関連研究事例>

本性能評価に関連する松下助教の研究事例の一部として次のものが挙げられます。

・省エネな運動を実現するロボット開発のための進化設計シミュレーション（粘弾性構造の最適化）

省エネなロボットを開発するためには、ダイナミックな運動を考慮した設計が重要です。そこで、3D ダイナミック・シミュレーター上にて、制御と身体（主に粘弾性構造）の同時の最適化を試み、単振動するモータ1個にて、犬のような四脚歩行（トロット歩容）を実現するロボット開発に成功した。このロボットは、適切な身体構造が重力・慣性力を有効活用する準受動歩行ロボットである。



進化計算<遺伝的アルゴリズム>による動的ロボット設計

写真6. 1つのモータで四脚歩行するロボット

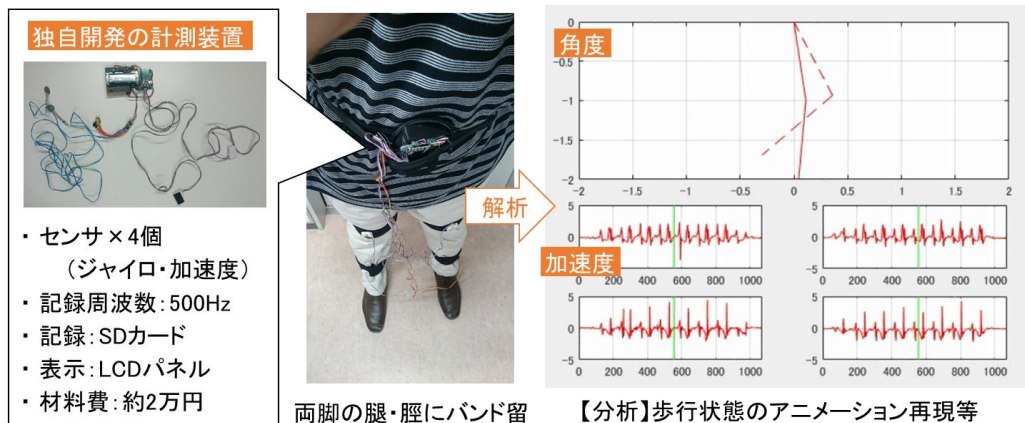
・簡単・安価・長時間・適正精度な9軸モーションセンサによる運動評価システムの構築

現在、大型・高価・高解像度な計測装置にもとづく運動評価が主流だが、運動評価のためには全体的に詳細な動作情報を把握する必要があるわけではなく、動作特徴が示される身体動作ポイントを効率よく計測することでも運動を評価することが可能です。そこで、加速度・ジャイロ・地磁気で構成される9軸モーションセンサと人工知能技術を用いて、運動ごとに特化した簡単・安価・適正精度な運動評価システムの研究開発を行っている。

<高齢者の簡易歩行評価>

9軸モーションセンサを両脚の腿・脛にバンド留めし歩行動作を計測するだけで、簡単に歩行特徴（着地タイミング・関節角度）を分析するシステムを開発。簡易アニメーションによる歩行状態の再現など直感的に特徴を確認することが可能。理学療法士との共同研究。

写真5. 歩行状態のアニメーションを再現するシステム



＜睡眠時の身体動作量評価＞

睡眠時における動作特徴を明らかにすることを目的として、9軸モーションセンサ12個をウェアに取り付けた身体運動量長時間計測システムを開発。身体12体節の状態を10時間以上の計測が可能。また人工知能・機械学習との組合せにて、身体動作種類のリアルタイム判別も可。

＜手指先運動評価＞

手指先運動評価が可能な9軸モーションセンサ内蔵ボールを開発。評価精度を証明するため、高解像度に位置計測が可能な磁気式モーションキャプチャと比較検証を行い、持上・横移動・振動などの動作特徴量を十分に評価することが可能であることを確認。

図4. 物体の横移動量と持上量を測定するシステム

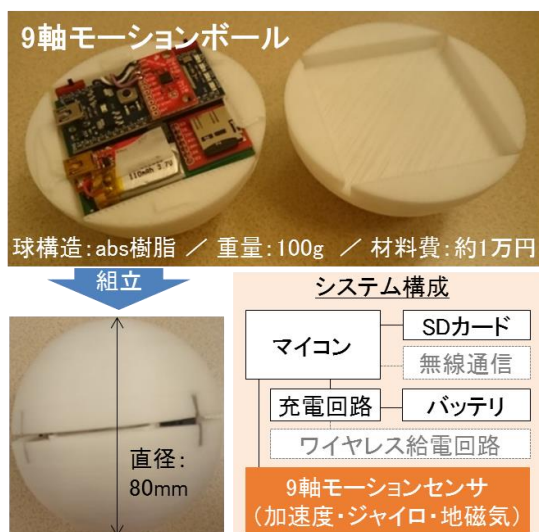
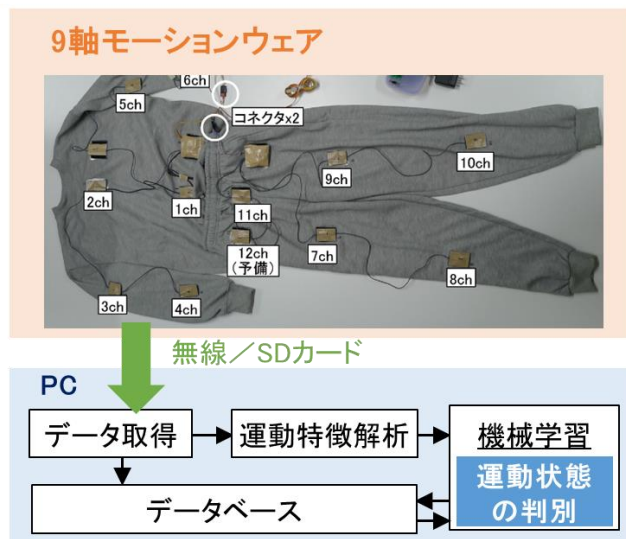


写真7. 9軸モーションセンサを貼り付けたウェア



【松下 光次郎 (まつした こうじろう) 助教 プロフィール】

岐阜大学 工学部 機械工学科 知能機械コース 助教、博士 (工学)

＜略歴＞

生年月日: 1977年8月23日

2000年 東京理科大学 工学部 機械工学科 卒業

2001年 スイス Zurich University,

Informatics, Artificial Intelligent laboratory, 研究員

2003年 英国 Sussex University, Informatics (修士課程修了)

2007年 東京大学大学院工学系研究科 博士課程修了

東京大学大学院工学系研究科 日本学術振興会特別研究員 (PD)

2009年 東京大学大学院工学系研究科 特任助教

電気通信大学 知能機械工学科 特任助教

大阪大学医学系研究科 脳神経外科学講座 特任助教

2013年 大阪大学医学系研究科 脳神経外科学講座 特任講師

2014年 岐阜大学工学部 助教、現在に至る



※本リリースは文部科学記者会、科学記者会および各社科学担当に送信しております。

【本件に関する問い合わせ先】

・岐阜大学 総務課広報室 担当: 吉田、伊藤

TEL: 058-293-3377/2009 FAX: 058-293-2021 MAIL: kohositu@gifu-u.ac.jp