

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特 許 公 報(B2)

(11)特許番号
特許第7752880号
(P7752880)

(45)発行日 令和7年10月14日(2025. 10. 14)

(24)登録日 令和7年10月3日(2025. 10. 3)

(51)Int. Cl.
B 2 5 J 11/00 (2006. 01)

F I
B 2 5 J 11/00 Z

請求項の数 3 (全 29 頁)

(21)出願番号	特願2023-553652(P2023-553652)	(73)特許権者	512291064
(86)(22)出願日	令和5年6月22日(2023. 6. 22)		チュンアン ユニバーシティー インダストリー アカデミック コアポレイション
(65)公表番号	特表2025-514577(P2025-514577A)		ファウンデーション
(43)公表日	令和7年5月9日(2025. 5. 9)		大韓民国 ソウル 1 5 6 - 7 5 6 ドン
(86)国際出願番号	PCT/KR2023/008645		ジャク-グ、 8 4 フクソンノ、チュン
(87)国際公開番号	W02024/177205		ーアン ユニバーシティー
(87)国際公開日	令和6年8月29日(2024. 8. 29)	(74)代理人	110002022
審査請求日	令和5年8月31日(2023. 8. 31)		弁理士法人コスモ国際特許事務所
(31)優先権主張番号	10-2023-0024219	(72)発明者	リー ギック
(32)優先日	令和5年2月23日(2023. 2. 23)		大韓民国 1 4 3 0 6 キョンギドウ ク
(33)優先権主張国・地域又は機関	韓国(KR)		アンミョンシ ハアンロ 2 8 4 1 3 0
			1 ホ 1 2 1 9 ドン (ハアンドン ハア
			ン 1 2 - ダンギ ハイ ライズ パブリ
			ック アpartment)
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

膝から足裏に至る身体部位を覆うスーツ部と、
人体の腱を倣って、ドライバの力が衣服と身体に分散されるように、関節周辺と筋肉を取り囲む非弾性材質からなる力伝達パターン部と、
人体の靱帯を倣って、関節を取り囲むようにデザインされた非弾性材質からなるアンカーポイント部と、を含み、
前記力伝達パターン部は、膝後方部から開始して、ふくらはぎに沿って足首までつながるY字状パターンを有し、
前記アンカーポイント部は、更に、膝の周囲に固定されて、歩行時に下に引く力を取ってくれ、前記スーツ部が滑ることを防止する膝アンカーポイントを含み、
前記アンカーポイント部は、更に、足裏と足首の周辺に固定されて、前記スーツ部が強制に脱がれることを防止する足首アンカーポイントを含み、
前記力伝達パターン部は、更に、前記足首アンカーポイントに連結されて、ふくらはぎに沿って長さ方向に配置された連結部と、前記連結部の上端に連結され、膝上端を抱き込むストラップとを含み、
更に、前記力伝達パターン部の一側両端のそれぞれに連結されて、足首を抱き込んで固定する固定支持部を含むことを特徴とする生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ。

【請求項 2】

前記スーツ部は、膝開口部を有し、柔軟性と伸縮性を有することを特徴とする請求項 1 に

記載の生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ。

【請求項 3】

前記スーツ部は、踝開口部を含み、膝から足裏に至る身体部位を 3 次元で覆い、ニーソックスやストッキング形状を有することを特徴とする請求項 2 に記載の生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

歩きは、人間の生活で最も基本的な動きである。人間は、常に歩行能力を向上させる装置開発に関心を持ってきた。これは、着用者の歩行効率を高める様々なウェアラブル機器の開発につながっている。

【0003】

近年、歩行効率を向上させるために、様々なウェアラブル装置を開発している。このような研究は、注目するような結果をもたらした。特に、足首は、人間のすべての関節のうち、最も高い量の機械的出力を生成するため、初期に足首関節にフォーカスを置いた補助装置に関する注目した。

20

【0004】

図 1 C の (a) に示しているように、足首の補助に用いられる空圧式外骨格は、荷物を持って歩く間、6 % の代謝費用の減少を達成した。Collins らは、足首を補助するために採られた電源が供給されない外骨格を用いて歩く間、7.2 % の代謝費用の減少を達成した(図 1 C の (b))。Quinlivan et al. は、多重関節ソフトエクソスースト(図 1 C の (c))により補助される歩行で、約 23 % の代謝費用の減少を達成した。

【0005】

最近、様々な研究グループにおいて、新陳代謝費用の減少を正当化し、着用者の歩行安定性を向上させ、負傷を予防するデータを提示した。最近では、新陳代謝費用の減少だけでなく、着用者の歩行安定性を高めるか、負傷を予防する機能に関する研究がなされている。

30

【0006】

従来の足首用エクソスーストの最適化により、脳卒中後遺症に悩んでいる人々の歩行障害を緩和するための研究も行われている。また、単モータと二重モータの間で作動システムを変換する足首エクソスーストの設計が提案されている(図 1 C (d))。

【0007】

今後、このようなウェアラブル補助装置は、日常生活で一般に使用可能である。しかし、最近の技術にもかかわらず、ウェアラブル機器を使用することは、依然として、容易ではない。多くのウェアラブル装置は、関節と平行な方向に身体に付着されている固い構造からなる外骨格である。

【0008】

40

このような外骨格の構造は、重く且つ体積が大きく、歩行に際して、慣性増加による不便さとエネルギー消耗の増加につながり、日常生活で外骨格を使用し難い。また、外骨格の関節と人体の間にアライン不良があると、外骨格が関節に誤った力を加えて、自然な運動を妨げる。

【0009】

最近の研究において、外骨格の高級設計にもかかわらず、問題が残っている。エクソスーストは、服のようなデザインで、最近、ウェアラブル機器分野で注目されている。布で製作されたエクソスーストは、軽く且つシンプルな構成で、着用が容易であるというメリットがある。また、着用者の動きに何等の制限も置かない。エクソスーストは、外骨格に比べて、軽い特性により、代謝のロスを減らすことができる。このようなメリットに鑑みると、エ

50

クソーストは、日常生活で使用するに適したウェアラブル機器であると言える。

【0010】

しかし、このようなメリットにもかかわらず、エクソーストは、ウェアラブル装置として不都合がある。補助力を受けるとき、容易に変形して、対象関節に十分な力が伝達されない。

【0011】

このような変形問題を緩和するために、様々な研究が行われている。Wehnerらは、服の変形を減らすために、多数の固定点を用いて、電力損失を減らした(図1Cの(e))。しかし、この方式は、既存のエクソーストの軽く且つ単純な構成、着用が容易であるというメリットを有していない。初期バージョンでAsbeck et al.は、スーツ変形を最小化するため、骨盤から足首まで支持領域を多数方向に分散して、力を伝達する足首補助エクソーストを設計した。図1Cの(f)における最新バージョンの足首エクソーストは、腰に着用する追加衣類と、支持のための追加アンカーポイントがある特殊靴を用いて、変形の問題を緩和した。これらの設計を基に、エクソーストの剛性を最大限極大化することができるが、補助足首の他に、他のアンカーポイントが必要であるので、エクソーストの重量と複雑性が増加する。腰から太もも、膝、足首に下がるほど、体重が体に及ぶ影響は大きくなる。そこで、足首補助服の重量を減らし、構造を単純化することは、非常に重要な事項である。

10

【0012】

上記のような変形を防止する方法は、3つに分けられる。図1Aから分かるように、固い部品を追加する方法と、2つをいずれも用いる方法がある。これにより、柔らかく且つコンパクトなエクソースト開発の必要性を確認することができる。

20

【0013】

エクソーストの変形問題を緩和するために、衣類デザインに生体から影響されたパターン方法論を具現した。人間の足取りは、オストラロピテクス時代以後、500,000年を超える期間の間、進化した。この期間の間、人間の身体構造は、効率的な二足歩行を得た。

【0014】

このような最適の身体構造をスーツデザインに具現すると、現在よりも軽く且つ効率よい形態のスーツを生産、製作、設計する可能性を有することになる。ウェアラブルロボットは、生物学的な方法により、限界を克服した事例が多い。

30

【0015】

Asbeck et al.は、人間が歩く方式に対する理解を基にデザインされた軽く且つ効率よいエクソーストを具現した。着用者の骨格構造と生物学的四肢の足首関節部分を倣うことで、エクソーストのより透明で安全で効果的な建築設計を達成することができる。Park et al.は、筋肉、腱、及び靱帯からなる筋骨格系をエミュレートし、固いフレーム無く、スーツに十分な固定力を提供した(図1C(g))。Yang et al.は、走りにおいて、股関節屈筋靱帯の動的作用を基に、走り効率を向上させるために、パッシブ股関節エクソーストを開発した。最近では、エクソーストデザインだけでなく、補助戦略にも生物学的に影響された方法を活用した研究が行われている。Nuckolsらは、図1C(h)のように、歩く間、筋肉力を測定し、これを基に補助戦略を開発した。

40

【0016】

すなわち、衣服の形態に開発されるウェアラブルロボットであるエクソスーツが提示された以後、様々な形態のロボットが開発されて、様々な関節においてその効果が検証されている。しかし、多くのエクソスーツは、衣服よりは、ドライバによる補助力の印加及びその効果についてのみ集中して開発されており、衣服の形態自体に対しては行われなかった。それにより、ウェアラブルロボットの観点で重要なシステムの重量及び着用方法などについては、考慮がなされていなかった。

【0017】

前述した従来技術は、着用者に大きい補助力を与えるための方向に開発されて、システム

50

が重い、単一要素が様々なパートを複合的に着用する。このような形態は、着用に多大な時間を要するか、着用感を悪化させる限界を有している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

本発明の目的は、上記のような従来の問題点を解決するためになされたものであって、生体模倣に基づく衣服設計方法論により軽量及びシステム簡素化などの効果を期待することができる、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法を提供することにその目的がある。

【0019】

本発明の他の目的は、足首補助ウェアラブルスーツが、1つの衣服形態に開発され、該当デザインは、人間の下肢筋骨格系を倣って設計され、特に、筋肉、靱帯、また、腱を倣った部分に、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法を提供することにある。

【0020】

また、本発明の他の目的は、大きく、膝と足首を倣ってデザインが行われており、骨の動き及び形状を反映して、着用をより容易にするように設計され、この時、それぞれの倣った筋骨格系システムの種類によって、互いに異なる衣服の材質を適用して、着用性及び補助効率を最大化する方向に設計された、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法を提供することにある。

【0021】

また、本発明の他の目的は、生体模倣によりデザインされたウェアラブルスーツの体積及び重量を最小化し、これにより、普段着内にウェアラブルロボットの着用を可能にする、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法を提供することにある。

【0022】

更に、本発明の他の目的は、人間の筋骨格系システムの形状及び各細部要素の特性について把握し、歩行動作による各要素の機能及び動作機序について分析し、これに基づく材質選定及び衣服の要素配置を選定した、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法を提供することにある。

【0023】

また、本発明の他の目的は、関節の安定性を担当する靱帯を倣った場合、各関節を取り囲むデザインを適用し、材質の場合、紐形状の伸ばさない衣服材質を適用して、衣服に補助力が与えられる状況で、着用者によく結合できるように設計し、腱を模倣した場合、ドライバの力が衣服及び身体によく分散して適用されるように、関節周辺及び筋肉を取り囲む形状に設計し、綿のような伸長しにくい材質を適用し、その他の部位の場合、着用性を考えて、伸長し易く、透湿性の良い材質を適用して設計した、生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及び生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法を提供することにある。

【0024】

一方、本発明で達成しようとする技術的課題は、以上で言及した技術的課題に限定されず、言及していない他の技術的課題は、下記の記載から本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者に、明確に理解されるだろう。

【課題を解決するための手段】

【0025】

本発明に係る生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツは、膝から足裏に至る身体部位を覆うスーツ部と、人体の腱を倣って、ドライバの力が衣服と身体に分散されるように、関節周辺と筋肉を取り囲む力伝達パターン部と、人体の靱帯を倣って、関節を取り囲むようにデザインされたアンカーポイント部と、を含むことを特徴とする。

【0026】

前記力伝達パターン部は、非弾性材質からなる。

【0027】

前記スーツ部は、踪開口部を有し、柔軟性と伸縮性を有する。

【0028】

前記スーツ部は、踪開口部を含み、膝から足裏に至る身体部位を3次元で覆い、ニーソックスやストッキング形状を有する。

【0029】

前記力伝達パターン部は、膝後方から開始して、ふくらはぎに沿って足首までつながるY字状パターンを有する。

【0030】

前記アンカーポイント部は、膝の周囲に固定されて、歩行時に下に引く力を取ってくれ、スーツ部が滑ることを防止する膝アンカーポイントを含む。

【0031】

また、前記アンカーポイント部は、更に、足裏と足首の周辺に固定されて、スーツ部が強制に脱がれることを防止する足首アンカーポイントとを有する。

【0032】

前記アンカーポイント部は、非弾性材質からなる。

【0033】

更に、前記力伝達パターン部の一側の両端のそれぞれに連結されて、足首を抱き込んで固定する固定支持部を含む。

【0034】

前記力伝達パターン部は、足首アンカーポイントに連結されて、ふくらはぎに沿って長さ方向に配置された連結部と、前記連結部の上端に連結され、前記膝上端を抱き込むストラップとを含む。

【0035】

本発明に係る生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツの設計方法は、膝から足裏に至る身体部位を覆う柔軟性と伸縮性を有するスーツ部を設計するステップと、人体の腱を倣って、ドライバの力が衣服と身体に分散されるように、関節周辺と筋肉を取り囲む非弾性材質の力伝達パターン部を設計するステップと、人体の靱帯を倣って、関節を取り囲むようにデザインされた非弾性材質のアンカーポイント部を設計するステップとを含むことを特徴とする。

【0036】

前記スーツ部は、踪開口部を含み、膝から足裏に至る身体部位を3次元で覆い、ニーソックスやストッキング形状に設計される。

【0037】

前記力伝達パターン部は、膝後方から開始して、ふくらはぎに沿って足首までつながるY字状パターンを有するように設計される。

【0038】

前記アンカーポイント部は、膝の周囲に固定されて、歩行時に下に引く力を取ってくれ、スーツ部が滑ることを防止する膝アンカーポイントと、足裏と足首の周辺に固定されて、スーツ部が強制に脱がれることを防止する足首アンカーポイントとを有するように設計される。

【0039】

前記膝アンカーポイントは、力伝達パターン部で発生する力を直接受け、前側は、非弾性材質に設計される。

【0040】

前記足首アンカーポイントは、足首を抱き込み、足首関節で発生する動きを妨げず、アンカーポイントの役割を果たし、力伝達パターン部で発生する上側に引く力に耐えられる剛性を有するように設計される。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0041】

本発明によると、生体模倣に基づく衣服設計方法論に基づく軽量及びシステム簡素化などの効果を期待することができる。

【0042】

また、本発明によると、大きく膝と足首を倣ってデザインが行われており、骨の動き及び形状を反映して、着用をより容易にするように設計され、ここで、それぞれの倣った筋骨格系システムの種類によって、互いに異なる衣服の材質を適用して、着用性及び補助効率を最大化することができる。

【0043】

更に、本発明によると、生体模倣によりデザインされたウェアラブルスーツの体積及び重量は最小化することができ、これにより、普段着内にウェアラブルロボットの着用を可能にすることができる。

10

【0044】

また、本発明によると、人間の筋骨格系システムの形状及び各細部要素の特性に対して把握し、歩行動作による各要素の機能及び動作機序について分析し、これに基づく材質選定及び衣服の要素配置を選定することができる。

【0045】

更に、本発明によると、関節の安定性を担当する靱帯を倣った場合、各関節を取り囲むデザインを適用しており、材質の場合、紐形状の伸長しにくい材質を適用して、衣服に補助力が与えられる状況で、着用者によく結合されるように設計し、腱を倣った場合、ドライバの力が衣服及び身体によく分散して適用できるように、関節周辺及び筋肉を取り囲む形状に設計し、綿のような伸長し難い材質を適用し、その他の部位の場合、着用性を考えて、伸張し易く、透湿性の良い材質を適用して設計することができる。

20

【0046】

一方、本発明により得られる効果は、以上で言及した効果に限定されず、言及していない他の効果は、下記の記載から本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者に明確に理解されるだろう。

【0047】

本明細書における添付の図面は、本発明の好適な実施例を例示しており、発明の詳細な説明と共に本発明の技術的思想を理解させる役割をするので、本発明は、このような図面に記載された事項に限定して解析されてはいけない。

30

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】現在着用型足首ロボットの剛性度及び体積分布図(このイメージは、kneE-X0cksのように柔らかく且つコンパクトな新たな足首ロボットの必要性を確認させている)。

【図2】従来の着用型足首ロボットに比べて、kneE-X0cksのコンパクトなデザイン(これは、kneE-X0cksと現在着用可能な足首ロボットの体積を比較したイラストから確認することができる。)

【図3】従来の着用可能な足首ロボットの特性を分析した表(従来のウェアラブル足首ロボットに比べて、kneE-X0cksは、高い補助効果を示し、結果として、多数の部品にハードプレート又は更なる固定点が必要である)。

40

【図4】歩行周期区間別腓腹筋の筋活性度(腓腹筋は、ターミナルスタンスからプレスイングまでの区間で最も活性化され、低屈を行って、体を前へ動かす役割をする)。

【図5】膝から足裏までkneE-X0ckの全体構成を示し、(a)各部が別個の衣服であるため、着用者は、まるで靴下を履いたように早く且つ楽にkneE-X0cksを引くことができ、(b)結果として、kneE-X0ckは、さらに薄く且つ軽いデザインを有することができる。

【図6】筋肉、靱帯、及び支帯から影響されて設計された固定点パターン及び力伝達パターン(kneE-X0ckの力を支援し伝達する役割を果たし、力伝達パターンは、腓腹筋の機能と形状を倣い、足首関節で低屈を行う。この時、膝固定点と足首固定点は、kneE-X0cksが抜けることを防止し、それぞれの正しい位置に力を伝達する役割を果たし、膝固定点は、膝

50

蓋骨周辺靱帯の機能と形状を倣い、足首固定点は、足首支帯(ret-inacula)の機能と形状をシミュレーションする)、

【図7】kneE-X0cksの部品図(生体模倣人体解剖学により設計され、人体解剖学の特性を倣った11個類型の材料で作られ、DyneemaとCorduraは、剛性が高いため、kneE-X0ckの力を支持し伝達する部品に用いられ、クルメックスと3Dッシュは、通気性とクショニングが高いため、kneE-X0cksの着用感を高め、コブラバックル、ラダーロック、ウェビングストラップ、バイアスウェビングは、kneE-X0cksの各要素を互いに連結して、kneE-X0cksを単一衣類に構成するようにし、ベルクロ(登録商標)とゴムひもを用いて、kneE-X0ckの不要な余剰分を最小化することができる)。

【図8】20~30代対象者の体形を反映するための20~39歳韓国大人男性のサイズ(Size Korea測定)(kneE-X0cksは、体に密着されるきついデザインに製作されて、kneE-X0cksの着用性と補助効果を極大化するために、正確な実寸法を使用することが必要である)

10

【図9】本発明の実施例によるkneE-X0cksの7ステップの製造工程図(マネキンを目標寸法に合わせて最適化した後、ドレーピング方式を用いて各パターンを生成し、この過程で得た3次元パターンをフラットパターンに変換した後、各パターンに適した布切れを切り出す。これらを裁縫して、1つの服で連結した後、アイロンがけなどの仕上げ作業をし、最後に着用性テストから得たフィードバックを反映して、kneE-X0ckを完成する)、

【図10】日常生活の動きにより、本発明の実施例によるkneE-X0ckの着用写真(kneE-X0ckのさらに軽く且つ単純なデザインは、日常生活で利点となり、様々な動き性能テストと様々な種類の衣服テストは、kneE-X0cks着用が日常的な動き性能を妨げず、いずれの種類の衣服にも限定を受けないということを示す)、

20

【図11】本発明の実施例によるkneE-X0ckの静姿勢での剛性テスト(足首エクソスートであって、kneE-X0cksの最も重要な機能は、身体に力を伝達する機能であり、kneE-X0cksが変形することなく、身体に力を伝達できることを示す)、

【図12】(a)モバイルアクチュエータとの組み合わせによる歩行テストであって、kneE-X0ckのさらに軽く且つ単純なデザインの利点を立証することができ、(b)普段着内に着用することができ、無理なく作動し、結果グラフから、kneE-X0cksは、モバイルアクチュエータと結合しても、足首用エクソスートとして問題なく作動できることが分かる。

【発明を実施するための形態】

30

【0049】

以下では、本発明の実施例による生体模倣に基づく軽量ウェアラブルスーツ及びウェアラブルスーツ設計方法について説明する。

【0050】

本発明の実施例によると、様々な環境で誰でも容易に使用可能なエクソスートを提供すること。本発明の実施例による足首エクソスート(kneE-X0cks)100は、膝から足まで解剖学的領域を覆うために、膝靴下と同様な形状を有するように設計されている。

【0051】

結果として、kneE-X0ckは、図2に示しているように、従来の足首エクソスートよりも小さく且つ柔らかいデザインを有する。kneEX0cksのデザインパターンは、筋肉、靱帯、及び腱の解剖学を基にし、足首-足複合体及び膝関節に配置される(図6)。また、筋肉、靱帯、腱の特性差を考えて、様々な特性を有した生地を組み合わせ活用するハイブリッドパターンニング技法を適用した(図7)。ハイブリッドパターンニング技術は、従来の足首用エクソスートと比較して、軽く且つ単純な構成で、エクソスートの変形を緩和することができる。

40

【0052】

また、kneE-X0ckのコンパクトなデザインとして、ズボンや靴のような様々な服装と共に着用することができる(図10)。

【0053】

以下では、本発明の実施例として、1)人体足の解剖学的構造と各部位の機能を説明する

50

。また、2)人体足の解剖学的構造から影響されたkneEX0cksのデザインパターンを説明する。更に、3)デザインパターンを基に、本発明の実施例によるkneE-X0cks試作品製作について説明し、具体的に生地及び製作手続きを説明する。また、4)着用性、人体保護服剛性、及びモバイル作動プロトタイプテストを通じて、本発明の実施例によるKneE-X0ckの性能と強度を評価する。5)最後に、評価された性能を他の最先端エクソスートと比較して、本発明による結論と貢献度を要約する。

【0054】

まず、人間の足解剖学及び機能について説明する。人間の二足歩行は、数千年にわたって進化した。これに骨盤から膝を経て足首に至る筋肉、腱、靱帯からなる筋骨格系内で効率的に力を伝達することができる二足歩行に最適化された解剖学的構造が開発された。骨盤と下肢の11個の関節からなる運動部は、人体質量の約30%に過ぎないが、残りの70%を支持し動く。さらには、推進力、衝撃吸収、姿勢安定、省エネルギーなど、様々な役割を果たす。

【0055】

人間において、力の伝達に関する主要な解剖学的実体は、骨、骨格筋、腱、靱帯、及び支帯である。主とした機能は、骨格筋の収縮で発生する力を、骨とその他の構造物に伝達して動かせる。骨は、骨格の殆どを形成する結合組織である。筋肉は、収縮運動により、動きと姿勢維持を担当する筋肉細胞からなる組織である。腱は、筋肉が骨に付くようにし、非常に強い特性を有している。靱帯は、骨と骨を連結し、関節安定性を提供するか、作動性を制限し、特定の動作を防止する結合組織である。最後に、支帯(retinaculum)は、腱をそれぞれの位置に固定し、安定化する役割を果たす。

【0056】

このような身体要素から影響されて、新たな足首エクソスートをデザインした。このようなそれぞれの身体要素は、それぞれの特性に合う生地と衣類副資材を使用して再現した。特に、kneE-X0cksは、足首運動において、最も活発な筋肉の1つである腓腹筋に関する要素から影響されて製作された。人体解剖学において、末端立脚期からスイング前段階に切り換える間、腓腹筋が活性化して、足首底屈運動を生成して、身体が間に動くことができる(図4)。この歩行周期の間、筋肉、腱、靱帯機能、及び骨構造を研究して、足首関節運動を支援するkneE-X0cksの生体影響デザインパターンを構築した(図6)。

【0057】

本発明の実施例では、数百万年に亘って進化した人体解剖学を基に、このような構造をエミュレーションすると、他のウェアラブル装置に比べて、足首エクソスートの軽く且つ単純なデザインになるはずであるという理論を立てた。

【0058】

以下では、本発明の実施例による足首エクソスート(kneE-X0cks)100に対する生体模倣デザインパターンについて説明する。

【0059】

まず、足首エクソスートの必須特性について説明すると、第一に、足首用エクソスートは、日常服であるため、スリム且つコンパクトで、楽でなければならない。薄型のデザインではなければならない。ハーバード大学の最先端足首エクソスートは、このような特徴から、最先端デザインと見なされる。しかし、エクソスートが滑ることを防止し、補助力の反作用を支援することができるアンカーポイントを提供するために、更なる腰ベルトが必要である。これは、デザインのボリュームを増やす。

【0060】

重量と体積が大きくなるほど、全体的な構造が複雑となるため、この足首用エクソスートは、脱着し難くなる。そこで、日常生活で使用するには無理がある。そこで、本発明の実施例では、日常生活でカジュアルに着用できる足首用エクソスートを具現するために、別の腰ベルトを不要にして、デザインを更にスリム且つコンパクトに作ることを目標とする。本発明の実施例では、腰アンカーの動作に代えるような膝アンカーポイント21を選択している。このような変化により、新たなkneE-X0cksデザインパターンを開発した(図5)

。

【0061】

第二に、kneE-X0cksは、補助力が加えられるとき、容易に変形してはいけない。変形は、力の能力を減少させ、力伝達の損失を誘発するからである。具体的に、kneE-X0ck 1 0 0は、ふくらはぎに沿って上に伝達される力を、足首のアンカーポイント 2 2で支援して、きびすを取り囲むように設計しなければならない。

【0062】

同時に、着用者の動きを妨げてはいけない。kneE-X0cks 1 0 0は、足首を取り囲む形態でデザインされたため、kneE-X0cksの着用時、足首の稼動範囲(ROM)は、楽な動きのために重要な考慮事項である。足首関節の場合、最も重要な動きは、矢状面での低屈/背屈、横側面での外転/内転、前頭葉での内転/外回である。

【0063】

このような動きの組み合わせを基に、足首は、外転(supination)と回内(pronation)と言う3次元身体動きを生成する。このような動きは、一定のROM内で発生する。平均して21歳から39歳の間の大人男性は、矢状面で低屈と背屈範囲がそれぞれ、 35.3° と 38.1° である。また、正面で内転範囲は、 34.6° 、外転範囲は、 37.5° 、横断面で平均ROMは、 $75.9 \pm 4.1^{\circ}$ ($60.1^{\circ} \sim 107.7^{\circ}$)である。このような動きの範囲を考えて、エクソスートは、このような領域内で自由に動くように設計されるべきである。

【0064】

kneE-X0cks 1 0 0の要求特性を要約すると、以下の通りである。エクソスートとしてのメリットを維持するためには、軽く且つ構造が単純でなければならない。同時に効率的な力伝達のためには、変形が小さくなければならない。また、日常生活で使いやすいように、ズボン、靴など、使用者が着用可能な服装に制限があってははいけない。

【0065】

以下では、本発明の実施例によるデザインパターンのための生体模倣方法論について説明する。

【0066】

kneE-X0ck 1 0 0は、歩行に関する人間の解剖学的部分(筋肉、腱、靱帯、及び支帯)から影響された。生体で影響された方法論を採択して、人体解剖学的構造の形状、構造、及び材料特性を倣って、効率的な歩行を達成する人体解剖学的機能を再現することを目標とする。しかし、形状を正確に倣うことは不可であるので、機能から影響されて、エクソスートに最も適した構成要素を使用することができる(図6)。

【0067】

kneE-X0cks 1 0 0の全体的なデザインに該当するスーツ部 1 0は、膝から足裏に至る身体部位を3次元で覆い、ニーソックスやストッキングのような形状をしている(図5)。そして、スーツ部 1 0には、踪開口部 1 2と膝開口部 1 1が形成される。

【0068】

パターンデザインの主な3つの考慮事項、すなわち、力伝達、アンカーポイント、及び衣類構成パターンがある。力伝達パターン部 3 0は、保護服の力を伝達することに対して、アンカーポイント部 2 0は、力が適切な位置で作用するように助ける(図6)。最後に、慎重な織物選択は、kneE-X0cksのすべての要素を効果的に行える1つの完成した衣服で結合する役割を果たす。kneE-X0ckの生体から影響された構成要素は、主に、エクソスート作動を可能にする補助力を伝達する伝達パターン設計と、このような力が適切な位置で作用するようにするアンカーポイントと関連がある。

【0069】

力伝達パターン部 3 0は、腓腹筋を倣って、足首低屈モーメントの発生と関連がある。腓腹筋は、後方区画で最も表面にある筋肉であり、足で最も大きい筋肉でもある。内転結節と内側との表面の間に付着した内側頭と、外側大腿との表面に付着した外側頭とから構成される。2つの上端部は共に結合されて、きびすに付着した踵骨腱に連結される(図6)。

このような形状の腓腹筋は、硬骨神経により収縮されて、各点で低屈(plantar flexion)として作用するか、膝点で足を曲げる。力伝達パターン部30は、膝後方部から開始してふくらはぎに沿って足首までつながり、Y字状パターンに製作されている(図6)。生体から影響された形状のため、上の力を足首関節に伝達し、膝が自然に曲がるようにして、足底屈を効果的に補助することができる。このようなY字状パターンの力伝達パターン部30は、足首アンカーポイント22に連結されて、ふくらはぎに沿って、長さ方向に配置された連結部31と、このような連結部31の上端に連結されて、膝上端を取り囲むストラップ32とを含む。また、力伝達パターン部30の連結部31の下部側両端のそれぞれに連結されて、足首を取り囲んで固定する固定支持部40を含む。

【0070】

腓腹筋を直接的に倣うための力伝達パターン部30の効率的な作動のためには、膝と足首アンカーポイントを含むアンカーポイント部20の役割が必須的である。2つのアンカーポイントのうち、膝アンカーポイント21は、膝の周囲に固定されて、歩行に際して、下に引く力を取ってくれ、スーツが滑ることを防止する。また、他のアンカーポイントである足首アンカーポイント22は、足裏と足首の周囲に固定されて、スーツが強制に脱がれることを防止する。

【0071】

膝アンカーポイント21は、膝関節の膝蓋骨周囲の靱帯を倣う。膝蓋骨の周辺は、膝蓋骨靱帯と側部靱帯からなる。pa-tellar ligamentは、膝蓋骨及び側部靱帯の下の大腿四頭筋腱の連続である。1つは、膝関節の両方に存在し、膝のヒンジのような動きを共に安定化する。膝蓋骨を取り囲むこのような靱帯をO字状パターンに倣って、膝の曲げを妨げなく、且つ、膝アンカーポイントがアンカーポイントの役割を果たすように設計された(図7)。力伝達パターン部30で発生する力を直接受ける膝アンカーポイントの先方は、Dyneema生地を用いて、変形を最小化した。膝アンカーポイントの後方は、膝を曲げるとき、服と皮膚の接触が多い箇所であるため、吸汗速乾性の生地を用いて、着用の便宜性を高めた。

【0072】

足首アンカーポイント22は、足首関節の支帯と靱帯を倣う。足首関節の多数の骨欠片は、内側及び外側靱帯により固定して安定化される一方、2つの伸筋支持台は、伸筋筋肉の腱を足首部位に束ね、足と足指が拡張される間、腱曲げを防止する。このように足首関節には、かかとに孔が開いた足首補助機器のように、足首を取り囲んでいる多数の靱帯と支帯がある(図7)。この形状を倣ってデザインされた足首アンカーポイント22は、足首を滑らか抱き込む様々な素材で製作されて、足首関節で発生する広範囲な動きを妨げることなく、アンカーポイントの役割を果たすことができる。このアンカーポイントも、力伝達部分で発生する上側に引く力に耐えられる剛性を持つべきであるので、Dyneemaを用いて変形を最小化した。

【0073】

それぞれの身体部位に該当するパターンは、該当性を有した素材を用いて、メリットを活かし、不都合を克服している。例えば、体形を覆う部分であるスーツ部10は、柔軟性と伸縮性のある伸縮性生地を主に用いて、筋肉に妨げられず、動きが可能であり、これに対して、スーツの力伝達パターン部30は、力の伝達を増やすために、非常に固い生地を使用する。靱帯模倣部分は、支持台の役割をするストラップのように、非常に固い材料からなる。これらは、スーツに作用する筋肉と力により、容易に変形しない。最後に、腱と支持台を倣った部分は、弾性ゴムバンドやバイアスウェビングなどの素材からなり、足首の動きに妨げられず、且つ高強度素材同士連結して、安定性を高める(図7)。

【0074】

人体解剖学的な構造を倣った部品がkneE-X0ckの着用性に影響するので、各部品を衣服で連結して、各部品の機能を効果的に活性化し、スーツがずれるか、意図しない動きを許容しないようにしなければならない。このような着用感に対する考慮は、着用者の便宜性を高めるために、柔らかく且つ伸縮性のある生地で構成されたベースレイヤと、適当に柔ら

10

20

30

40

50

かいが、剛性が高い生地で衣服の剛性を確保する固定レイヤとからなる。kneE-X0cksは、尻までつながる関節を通じて安定性を確保する他のエクソスートとは異なり、膝から足首まで続く部分のみで構成されている。

【0075】

そこで、スーツの滑り効果に弱いざるを得ない。そこで、スーツの固定力は、ストラップ又はゴムひもからなる2つの固定層を用いて確保する。このような形状の固定層は、大腿骨と膝蓋骨の端を抱き込むストラップを、ラダーロックで固定する膝固定層と、アーチで足首の後方部を覆うアーチ固定層とがある。

【0076】

アーチを支持し、足首の激烈な動きにもスーツが脱がれることを防止する。固定層にベルクロ（登録商標）が含まれているため、着用者によりスーツのサイズ調節が可能である。また、ドレーピング方式により、人体の曲線を反映して、身体の動きを妨げなく、スーツで発生する力の伝達を増やす。これを基に、kneE-X0cksの全ての部分は、個別的な特性を維持し、且つ、1つの衣装で連結して、高い完成度を有することができる。

【0077】

以下では、本発明の実施例によるkneE-X0cks試作品製作について説明する。

【0078】

kneE-X0cksの全体的な構成は、ファブリックを基にして、各パートの特性に合う生地と副資材を用いて、メリットは活かし、不都合は補うことが必須的である。このため、それぞれ固有の特性を有した4種の生地、3種の副資材織物、3種の副資材を用いて、kneE-X0cks 100を製作した。

【0079】

織物には、Dyneema、Cordura、Coolmax、及び3D-meshが含まれる。副資材織物は、ゴムひも、ウェビングストラップ、バイアスウェビングで構成した。副資材としては、コブラバックル、皮錠、ベルクロ（登録商標）がある(表1)。

【0080】

同じ重量の鋼繊維よりも15倍強く、アラミド繊維(主に防弾服に使われるが、柔軟性がさらに良い)よりも45%軽いDyneema生地は、kneE-X0cksに用いられる核心生地である。図7に示しているように、Dyneemaは、力伝達パターン及びアンカーポイント部品のように、強力な支持が必要な箇所に、ウェビング又はコブラバックルと共に使われる。

【0081】

しかし、Dyneemaは、様々な限界があるため、補助的な役割が可能な生地と適切に結合しなければならない。Dyneemaは、表面が荒くて硬いため、着用者の皮膚に直接触れると、不便さを誘発する。そこで、Dyneema生地より着用しやすく、ある程度の剛性と高い透湿度、乾燥速度を備えたCordura生地を、Dyneema生地の下部の裏地として用いた。

【0082】

また、Dyneema生地内(力伝達パターン部分)に、3D構造のメッシュパッドを付着して、モーメントの駆動によるワイヤの動きで、皮膚が寄せることを防止した。また、透過パターン部分の二股箇所には、ベルクロ（登録商標）があるウェビングストラップを付着して、膝の周りや太ももの周りなど、身体サイズの差による力伝達位置や服の絞り程度の誤差を最小化した。ウェビングストラップを用いると、Dyneema素材だけで製作しにくかった外部の助けがなくても、容易にサイズ調節が可能である。

【0083】

DyneemaファブリックがkneE-X0ckの骨組み役割をすると、Coolmaxファブリックは、各部品を連結する肉の役割を果たす。クルメックス生地は、伸縮性が良い編織からなり、断面積の広い繊維で構成されている。そこで、速い乾燥と同時に着用者に安らかさを提供する。kneE-X0cksのベースレイヤに用いられたCoolmax生地は、kneE-X0cksの完成度を高めてくれる。

【0084】

最後に、伸縮性のあるゴムひもが固定層を構成して、服の変形を減らし、意図しない滑り

を防止する。この固定層も、ベルクロ（登録商標）や皮施錠装置で付着されて、着用者が張力を調節して、圧力の程度を容易に調節することができる(図7)。

【0085】

表1に示したkneE-X0ckの各パターンは、生体模倣パターンデザインを目標とする人体解剖学的特性に合う生地と素材を用いた。力を伝達し、パターンを支持するために、Dyneema及びCordura又はウェビングのような高剛性織物及び素材が用いられる。通気性の良いクルメックスやゴムひもなどの生地と素材を用いて、着用者の便宜性を考えたパターンを適用した。

【0086】

10

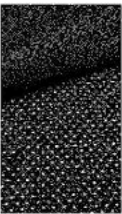
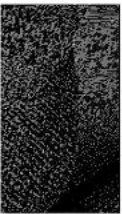
20

30

40

50

【表 1】

	DYNEEMA	CORDURA	COOLMAX	3D-MESH 3 mm	RUBBER BAND	STRAP WEBBING	BIAS WEBBING
							
Fabric weight	109 g/m ² Wale:	121 g/m ² Wale:	136 g/m ² Wale:	755 g/m ² Wale:	927 g/m ²	766 g/m ²	371 g/m ²
Tensile strength	1800 N/5 cm Course:	1500 N/5 cm Course:	330 N/5 cm Course: 210	1300 N/5 cm Course:	1300 N/5 cm	2700 N/5 cm	1800 N/5 cm
Tearing strength	1600 N/5 cm Wale: 49 N Course: 72 N	910 N/5 cm Wale: 73 N Course: 49 N	N/5 cm Wale: 25 N Course: 15 N	1100 N/5 cm Wale: 190 N Course: 180 N	N/A	N/A	N/A
Bursting strength	No burst (max 2060 kPa)	1700 kPa	590 kPa	No burst (max 2060 kPa)	N/A	N/A	N/A
Abrasion resistance	Over 20,000 Rubs	Over 20,000 Rubs	Over 20,000 Rubs	Over 20,000 Rubs	N/A	N/A	N/A
Water Vapor transmission	Under 30 g/m ²	1044 g/m ²	1524 g/m ²	844 g/m ²	N/A	N/A	N/A
Absorbency	Over 60 s	Over 60 s	1.0 s	1.0 s	N/A	N/A	N/A
100% Dry time	N/A	N/A	60.7 min	39 min	N/A	N/A	N/A

【0087】

KneE-X0cksは、日常服として着用可能なソフトエクソストである。kneE-X0cks製造工程の第1の部分は、膝から足まで基本レイヤの全体形状を取ることである。膝からつま先までの体形は、稼動範囲が最も大きく、屈曲が最も多い部位の1つであるため、ベースレイヤが靴下のように体を滑らかに抱き込むような着用感に限界がある。

【0088】

2次元(2D)衣類パターンの製作だけで着脱可能である。これを緩和するために、ベースレイヤの形状は、ドレーピングパターン工法で製作し、各部位に合う生地をマネキンボディに直接着られた。これを基に、身体の3D曲線を2D衣類パターンに反映することができる。このスーツに用いられた身体サイズは、韓国20～39歳男性の平均サイズを示す(図8)。基層製作に必要な本体サイズは、周りと高さに分けられる。

10

【0089】

周りの種類は、膝蓋骨の中間地点を過ぎる膝周り、ふくらはぎの突出地点を過ぎるふくらはぎ周り、足首地点を過ぎる足首周り、下端を過ぎるかかと-足首周りの5つがある。かかとと足首地点、そして、足の甲を通過する垂直足の甲周り、高さとは、床からすね骨上端までの膝高さ、床から足首骨までの足首高さ、足広さ、すなわち、足の内側点間の水平距離など、4つがある。足と足側面のポイント、かかとからつま先までの足長さ、このような寸法を適用して、ドレーピングを行うためには、別のパッドや生地を用いて、各寸法によるマネキンの補正が必要である。このマネキンを用いて、韓国20～39歳男性の平均サイズに合うベースレイヤを作った。

20

【0090】

このサイズを基準に、クルメックス生地からなるベースレイヤを製作した。ベースレイヤが完成した後、腓腹筋の生体模倣デザインを用いて、力伝達パターンを製作した。腓腹筋の機能を効果的に倣うために、部品の各部分を筋肉の該当位置に配置した。腓腹筋の内側及び外側頭の役割をするストラップは、三角3D出力物を基にして集められ、集められたストラップは、アクチュエータを通じて作動するワイヤを固定するコブラバックルを固定した。Dyneema素材の直四角状のピースを通じて、踵骨位置に固定したコブラバックルとリングを連結し、内部に3Dメッシュ素材のパッドを追加して、摩擦による着用者の負傷を防止した。

【0091】

力伝達パターン部分の位置を基準に、膝のアンカーポイントは、上側位置に、足首のアンカーポイントは、下側位置に位置するようにした。このような方式で、図3aに示しているように、ベースレイヤ、アンカーポイント、及び力伝達部品が連結される。kneE-X0ckの全ての部品を連結した後、更なる固定レイヤを縫って、保護服の変形や身体移動、又はアクチュエータ力による意図しない滑りを防止する。kneE-X0cksは、殆ど布で作られたため、前工程でしわがあるしかなく、kneE-X0cksは、アイロンをかけて、このような部分を真っ直ぐ伸ばし、適切な形状を付与した。最後に、摩耗テストにより得たフィードバックを適用し、最終修正して、kneE-X0ckを完成する。

30

【0092】

本発明の実施例により製作されたアクチュエータとワイヤを除く副資材が含まれた膝蓋骨保護服の重量は、106.3gであった。kneE-X0ckの重量のうち、力伝達パターンは、48g、アンカーポイントは、40gを占める。kneE-X0cksは、靴下を履くように着用者の足を挿入して、一気に着用することができる。kneE-X0cksを着用した後、足首固定点(足のアーチから開始)が正しい位置にあるかを確認した後、ベルクロ(登録商標)を用いて、サイズを調整して固定する。

40

【0093】

以後、膝上端とふくらはぎにベルクロ(登録商標)を用いて、不要な垂れを除去し、膝のアンカーポイントを着用者に完璧に合うように調整する。各部位に合う縫製方法を使用することも、kneE-X0cksのメリットを極大化する他の方法である。kneE-X0cks縫製に際して、一般の縫製で製作する場合よりも強い張力を耐え、容易に破れることを防止するために

50

、オーバロックとカバーステッチを主に用いた。また、この縫製方式による膝アンカーポイントの下の長い縫目は、衣服の捻れの可否によらず、基準チェック線の役割をして、すね骨に沿って安定して着用されるようにする(図5 b)。

【0094】

本発明の実施例により製作されたkneE-X0cksの重量は、106.3 g(ワイヤ及びセンサを除く)である。また、膝と足首にのみ固定が可能なデザインに、膝上に存在する追加部品を無くして、ボリュームを大いに減らした。そこで、ニーソックスと知られた靴下の1種から影響された名前であるkneE-X0cksという名前のように、デイリー靴下の厚さと体積と変わらない(図10)。ドライビング部分を除いたスーツ着用時間は、編当り、平均約30秒であった。そこで、kneE-X0cksを最初に着用した7人の被験者は、外部着用の助けなく、靴下の着脱と同様な方式で着脱可能である。

10

【0095】

kneE-X0cksのメリットは、軽く且つ早い着用性にだけ限らない。図10に示しているように、日常生活に必要な様々な動きを無理なくすることができ、日常服と靴着用に対する制約がほとんど無い。様々な身体サイズ(身長:176±5、体重:71.9±6.8)を有した25.8±1歳の男性7人を対象に、kneE-X0cks着用性テストを行った。図10のように様々な動きを行って、kneE-X0cks動作性能を評価した。これを基に、kneE-X0ckを着用しても、日常生活に支障はないことが分かる。

【0096】

従来の足首補助エクソスートよりも着用が簡便で且つ軽いながらも、剛性は同等水準の足首エクソスートを製作した。これを確認するために、ヒューマンスーツに一連の剛性テストを行った。柔らかい素材中心の構成により、kneE-X0cksにモータ力が伝達されるときに発生する非線形変形を補償するための剛性モデルが必須的である。

20

【0097】

このため、kneE-X0cksを着用した7人の被験者(年齢:5.8±1歳、伸張:176±5歳、体重:71.9±6.8歳)を対象に強直度試験を行い、今回は、静姿勢で剛性を測定するために分析された。全ての被験者に、研究の目的、計画書、含み/除外基準など、研究の内容を知らせ、研究に参加する前に同意した。研究のプロトコルは、中央大学臨床審査委員会(1041078-202107-HR-214-01C)の承認を受けた。

【0098】

終端姿勢からプレスイングにつながる時点を基準に、実際にkneE-X0ckの補助動作が発生する時点に最大限近く姿勢を設定した。これは、歩行周期の31~50%に該当し、腓腹筋が最大に活性化する範囲に属する。また、各被験者の所望する歩行を測定した結果を基に、被験者の足の歩幅(被験者の平均歩行速度:1.715 m/s、被験者の平均歩幅:0.802 m)で各被験者の足を開けて配置した。速度と歩幅、歩行速度、及び歩幅の場合、平地で40 m距離を測定しており、前後方10 m区間を除く20 m区間で測定した値を使用した。

30

【0099】

静姿勢でギアヘッド(GP 62, Maxon, Switzerland)と結合したモータ(RE 50, 200W, Maxon, City, Switzerland)を用いて、kneE-X0cksに力を伝達し、ここに加工された滑車を連結した。Bowdenケーブル(ALLIGATOR 31-STRAND INNER CABLE, ALLIGATOR, Taiwan)を、ケーブルハウジングBHL100, JAGWIRE, Taiwan)と共にプーリーに連結し、このケーブルを通じて、モータの動力を伝達した。モータは、モータドライバ(EPOS 4 70/15, Maxon, Switzerland)で制御し、力は、ロードセル(LSB 205, Futek, USA)を用いて測定した。制御システムは、システム設計プラットフォーム(LABVIEW, National Instruments, City, State, USA)を用いて設計した。

40

【0100】

図11は、前記条件で得た剛性評価結果、すなわち、kneE-X0cksを着用した7人の被験者に最大450 Nの力を10回繰り返して加えたとき、剛性度を示す図である。ヒューマンスーツの剛性モデルは、G Lee et al. が提案した適合方程式を基にフィットした。

50

【0101】

$$\delta_{\text{suit}} = C_1 \ln(C_2 F + 1)$$

ここで、 C_1 と C_2 は、ヒューマンスーツ剛性モデルの係数、 F は、ケーブル力、 δ_{suit} は、ケーブル変位である。kneE-X0cksの平均剛性値は、従来のBae et alによるスーツよりも21%低かった。しかし、これをスーツウェイトに対する剛性値に換算して比較すると、約5倍剛性が強いことを示す。

【0102】

歩行状況でkneE-X0ckの実際力伝達性能を検証すると共に、スーツにモータの力が作用する状況で衣服としての完成度を測定するために、膝関節を着用した踏み車で予備モバイルテストオーダーメイド型モバイルアクチュエータを用いたX0cksを行った。ヒューマンスーツを着用した硬直テストで、最も高い結果を得た被験者を選定した。

【0103】

被験者(年齢: 26歳、身長: 175cm、体重: 73kg)は、kneE-X0ckを着用した後、踏み車で被験者が所望する歩行速度(1.25m/s)で歩行テストを行った。テストは、図10のように、モバイルシステムにより行われた。ギアヘッド(GP 32, Maxon, Switzerland)と結合されたモータ(PEQDD)は、kneE-X0ckに力を提供することに用いられた。滑車がモータに連結されている。Bowdenケーブル(AL-LIGATOR 31-STRAND INNER CABLE, ALLIGATOR, Taiwan)は、ケーブルハウジング(BHL100, JAGWIRE, Taiwan)と共に使用され、力を伝達するプーリーに連結した。

【0104】

テストの全体制御システムは、リアルタイムコントローラ(Com-pactRIO, National Instruments, USA)と、システム設計プラットフォーム(LABVIEW, National Instruments, USA)であった。モータは、モータドライバ(Gold Solo Twitter 10/100, Elmo Motion Control, Israel)を用いて、EtherCAT通信で制御し、kneE-X0cksに伝達される力は、ロードセル(LSB 205, Futek, USA)を用いて測定した。

【0105】

テストに用いられたアクチュエータシステムの総重量は、2.47kgである。全体重量のうち、補助力を伝達し制御することに使われるケーブルとセンサの重量は、226gである。本発明の発明者は、作動システムを自体開発しており、今後の開発及び高度化により、体積と重量を減らす計画である。

【0106】

kneE-X0cksは、従来のエクソスートよりも軽く且つ単純であるというメリットがあり、このようなメリットは、モバイルアクチュエータとの組み合わせによる歩行テストを通じて、立証することができる。前の歩行テスト結果、kneE-X0cksは、着用者が動くときも致命的な変形なく作動することができ、モバイルアクチュエータに問題なく結合できることを示す。

【0107】

本発明の実施例では、bio-inspired patternに基づくデザイン方式を適用して、新たな形態の足首用エクソスートであるkneE-X0cksを製作し、従来の足首用エクソスートに対して向上した剛性/重量比を検証した。人体解剖学的な構造を基にした生体模倣パターン及び製造工法で、従来の足首用エクソスートに対するkneE-X0ckの重量と体積を効果的に減少させて、エクソスートの補助的効果は維持し、且つ、着用性は高めた。

【0108】

本発明の実施例において、kneE-X0ckの性能テスト及び検証は、テザリングシステムを用いて行われた。図12から分かるように、モバイル作動システムとの組み合わせを基に、下着と類似した着用しやすい足首エクソスートを生産しようとするkneE-X0cksの目標が達成された。

10

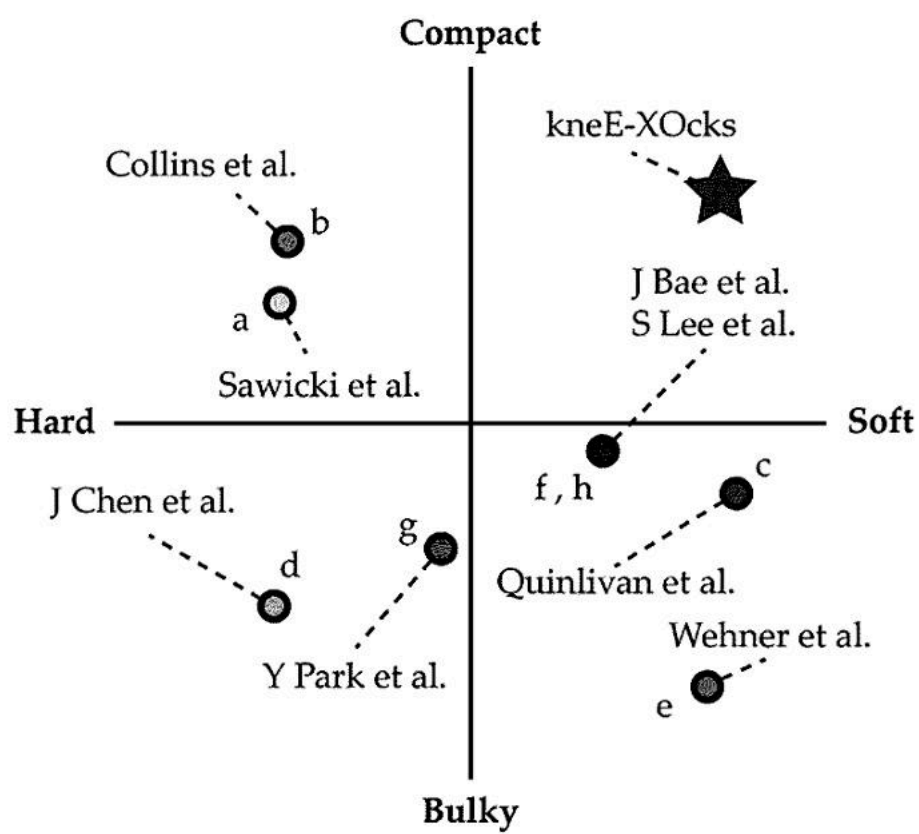
20

30

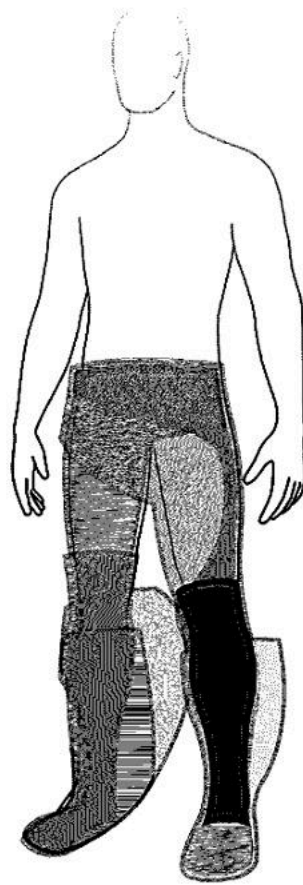
40

50

【図 1】



【図2】



10

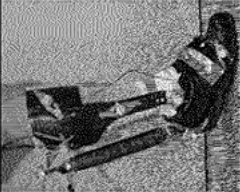
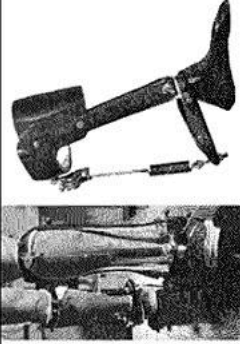
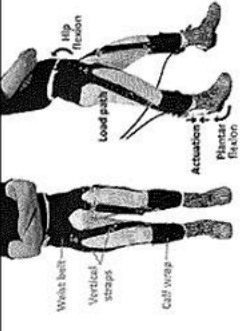
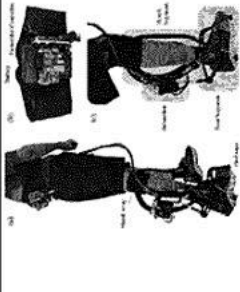
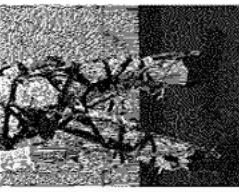
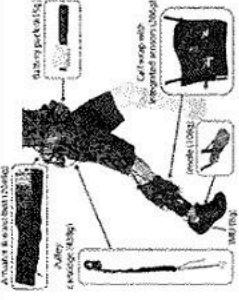
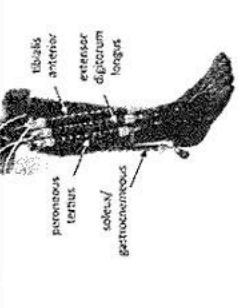
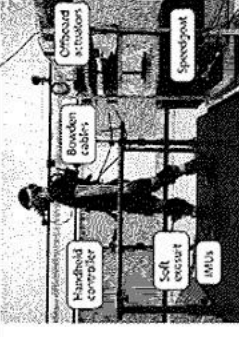
20

30

40

50

【図3】

a. Sawicki, et al		Exoskeleton type ► Pneumatic driven ► Calf & foot plates ► Using hard materials to secure fixation power in the calf
b. Collins, et al		Exoskeleton type ► Spring & clutch passive driven ► Calf & foot plates ► Using hard materials to secure fixation power in the calf
c. Quinlivan, et al		Exosuit type ► Cable driven ► Waist & Calf components ► Adding a waist belt to secure fixation power
d. J Chen, et al		Exoskeleton type ► Cable driven ► Waist & Calf components ► Switchable configurations actuation system which can alter between single and dual motor
e. Wehner, et al		Exosuit type ► Pneumatic driven ► Waist & Knee & Calf components ► Adding anchor points to secure fixation power
f. J Bae, et al		Exosuit type ► Cable driven ► Calf & foot components ► Using hard materials to secure fixation power in the calf
g. Y Park, et al		Exosuit type ► Pneumatic driven ► Manufacture of a pneumatic actuator with a design that mimics the shape and function of muscle
h. S Lee, et al		Exosuit type ► Cable driven ► Muscle-based assistance strategy wherein the exosuit assistance was derived from direct measurements of soleus muscle dynamics

10

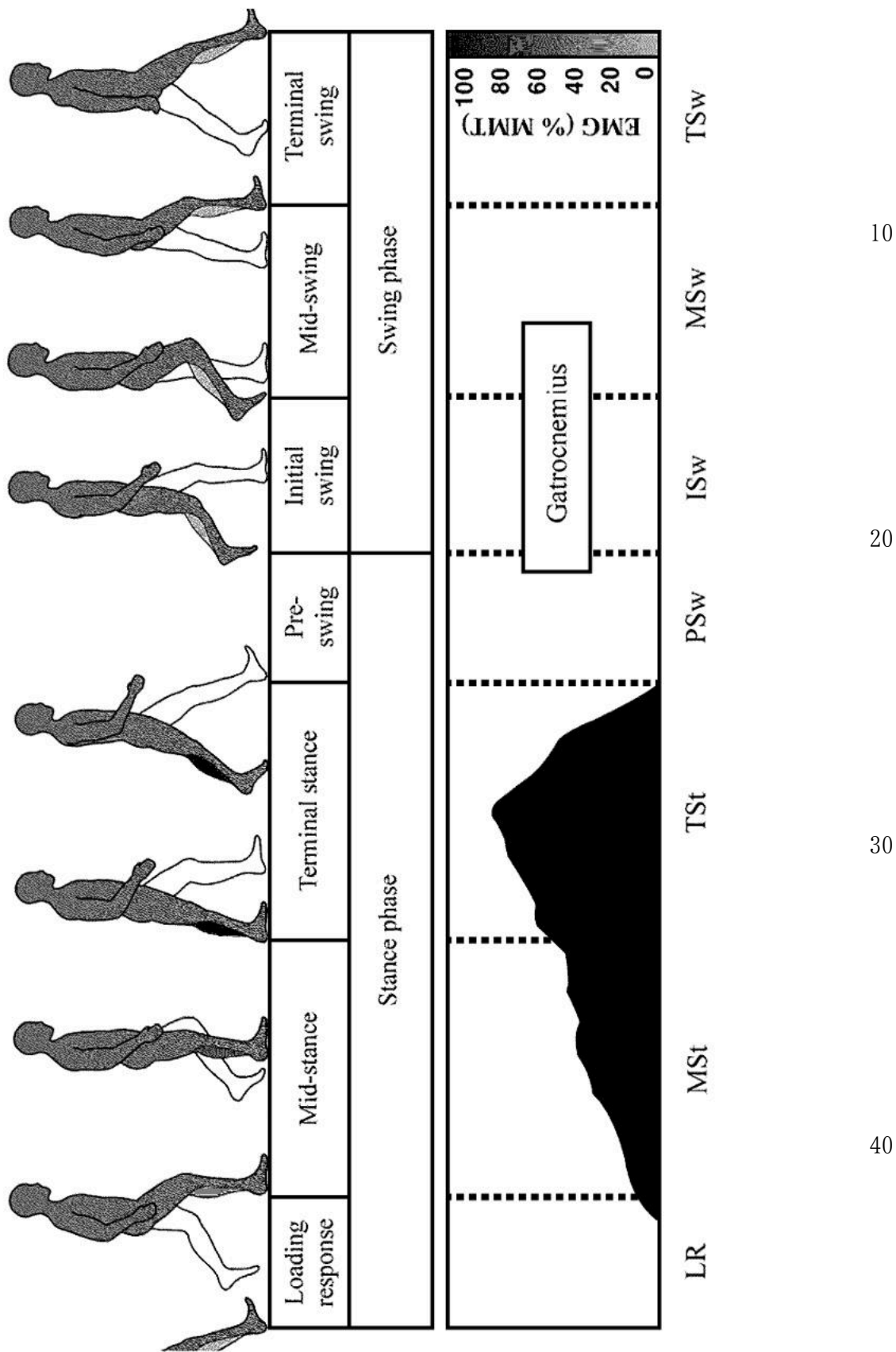
20

30

40

50

【図4】



10

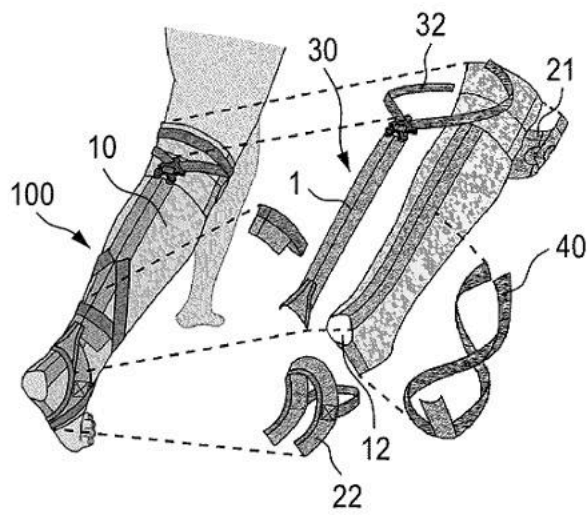
20

30

40

50

【図5】



Front



Side



Back

10

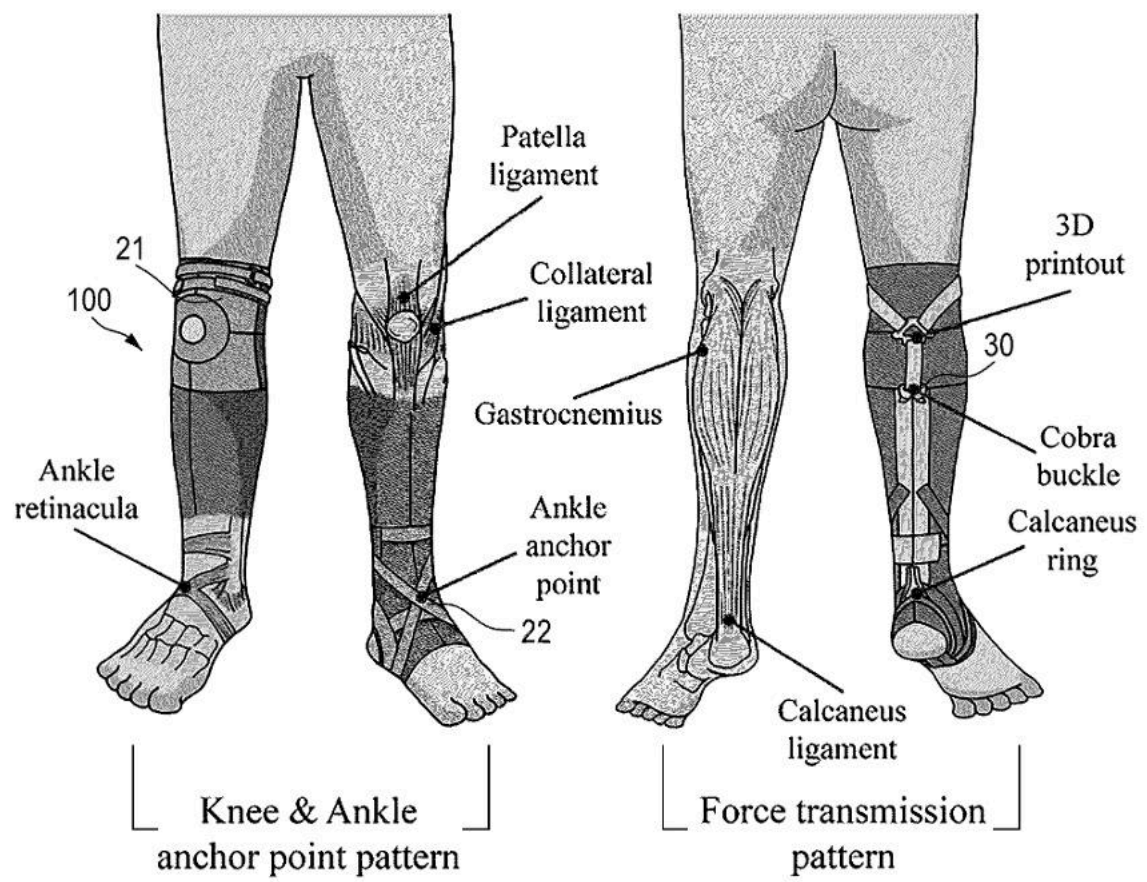
20

30

40

50

【図6】



10

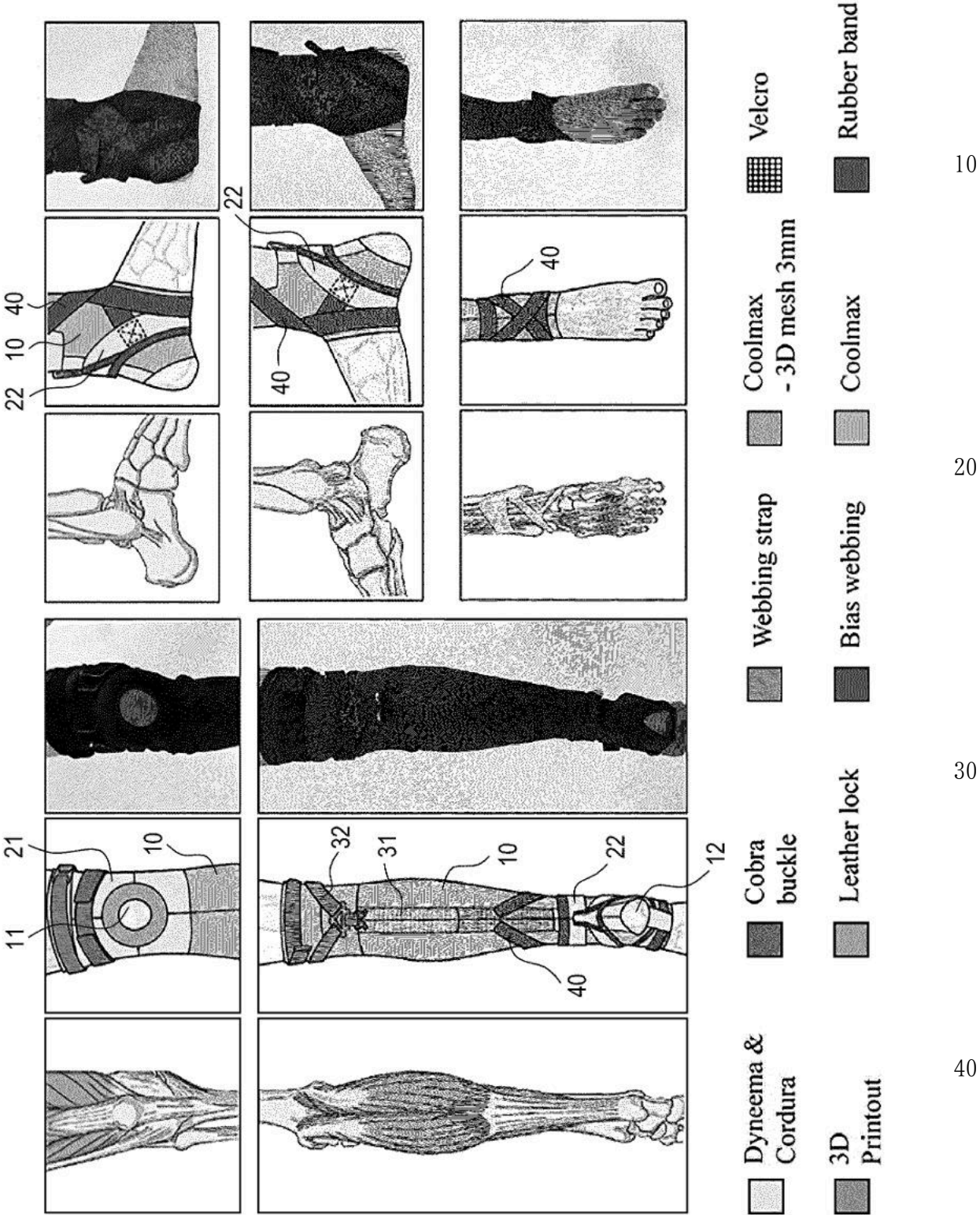
20

30

40

50

【図7】



10

20

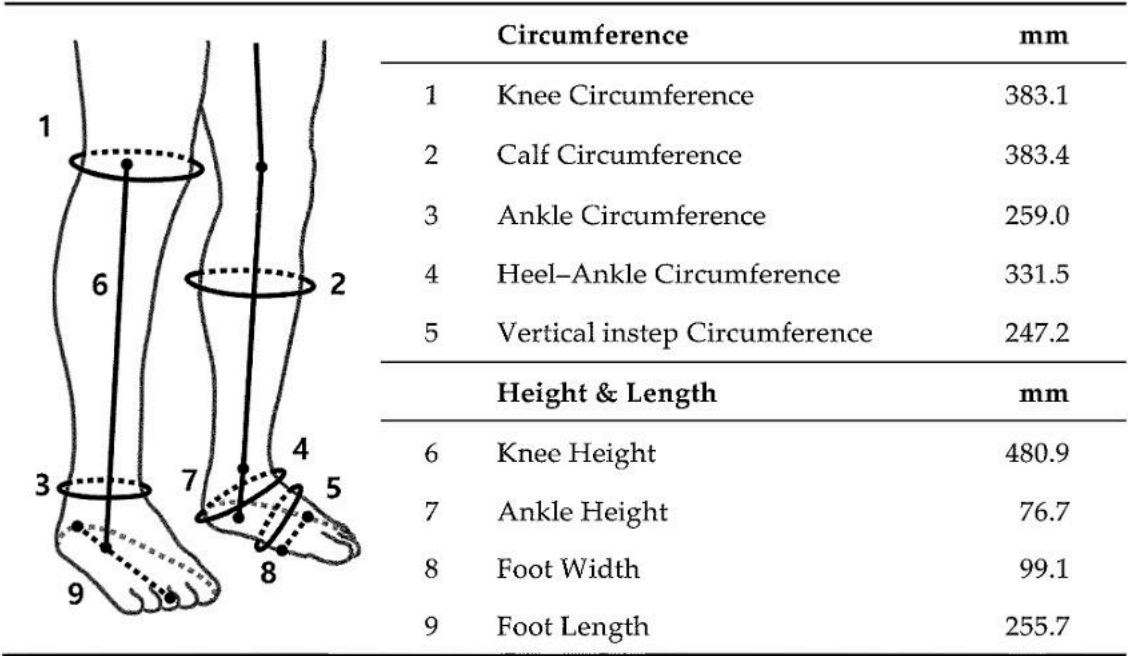
30

40

50

【図 8】

10



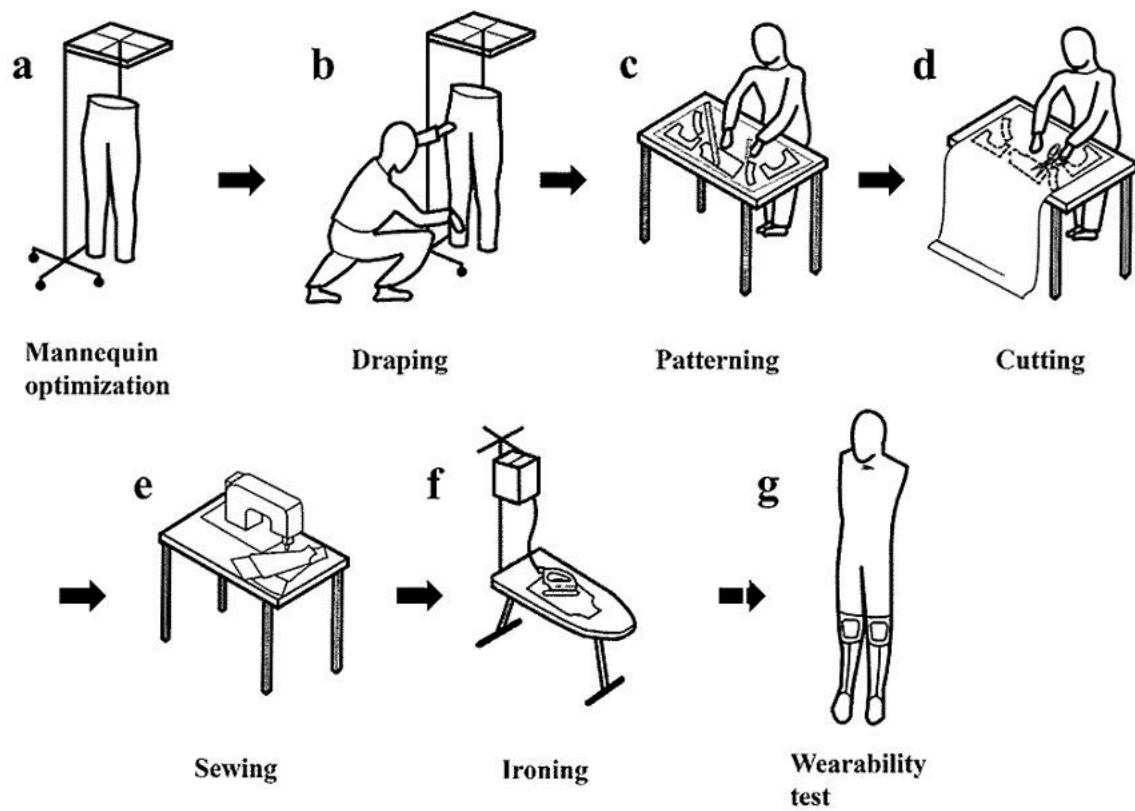
20

30

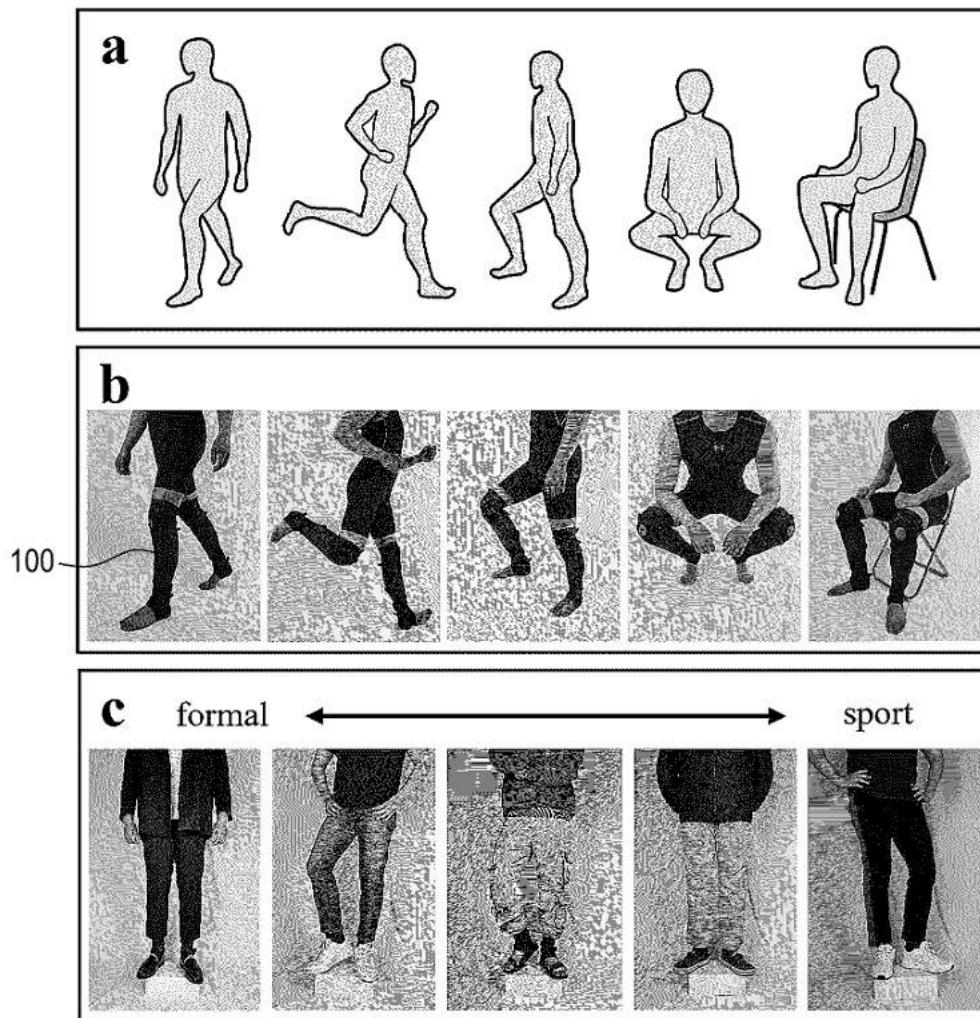
40

50

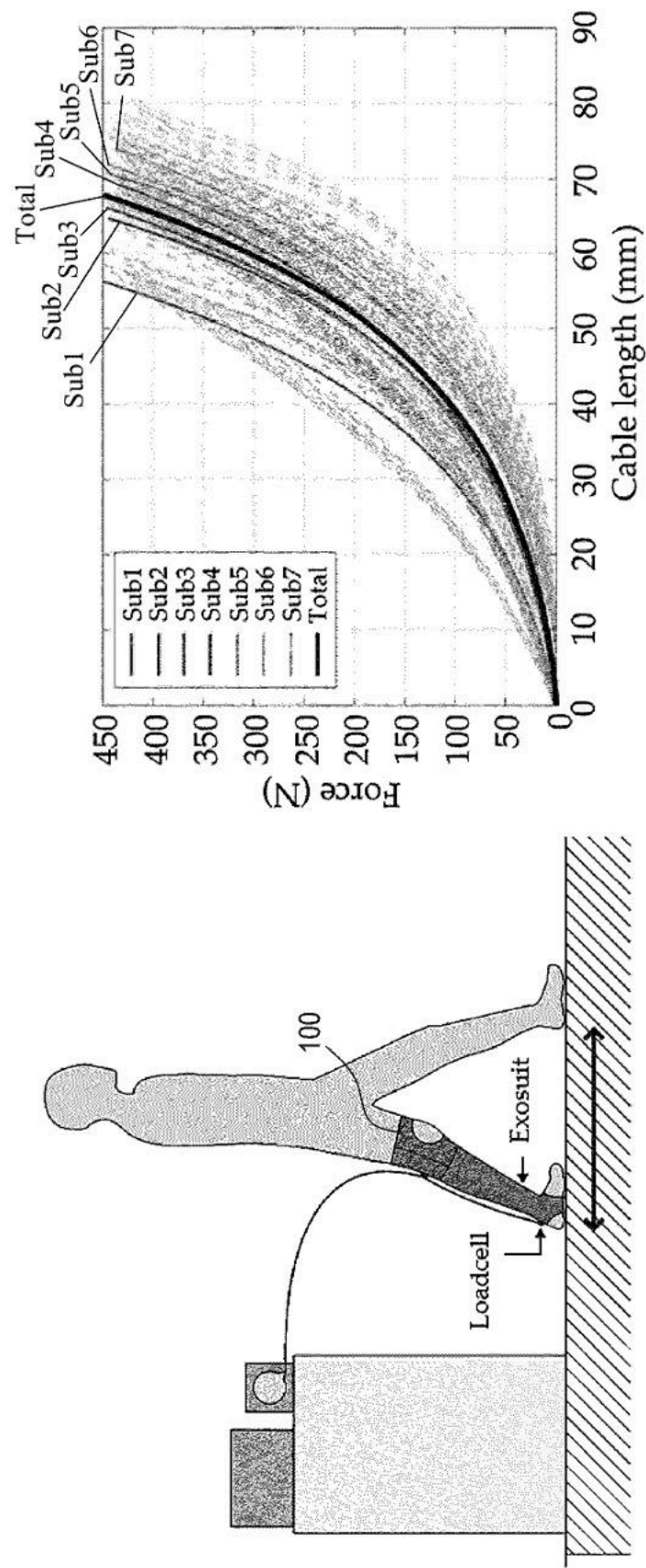
【図9】



【図10】



【図 11】



10

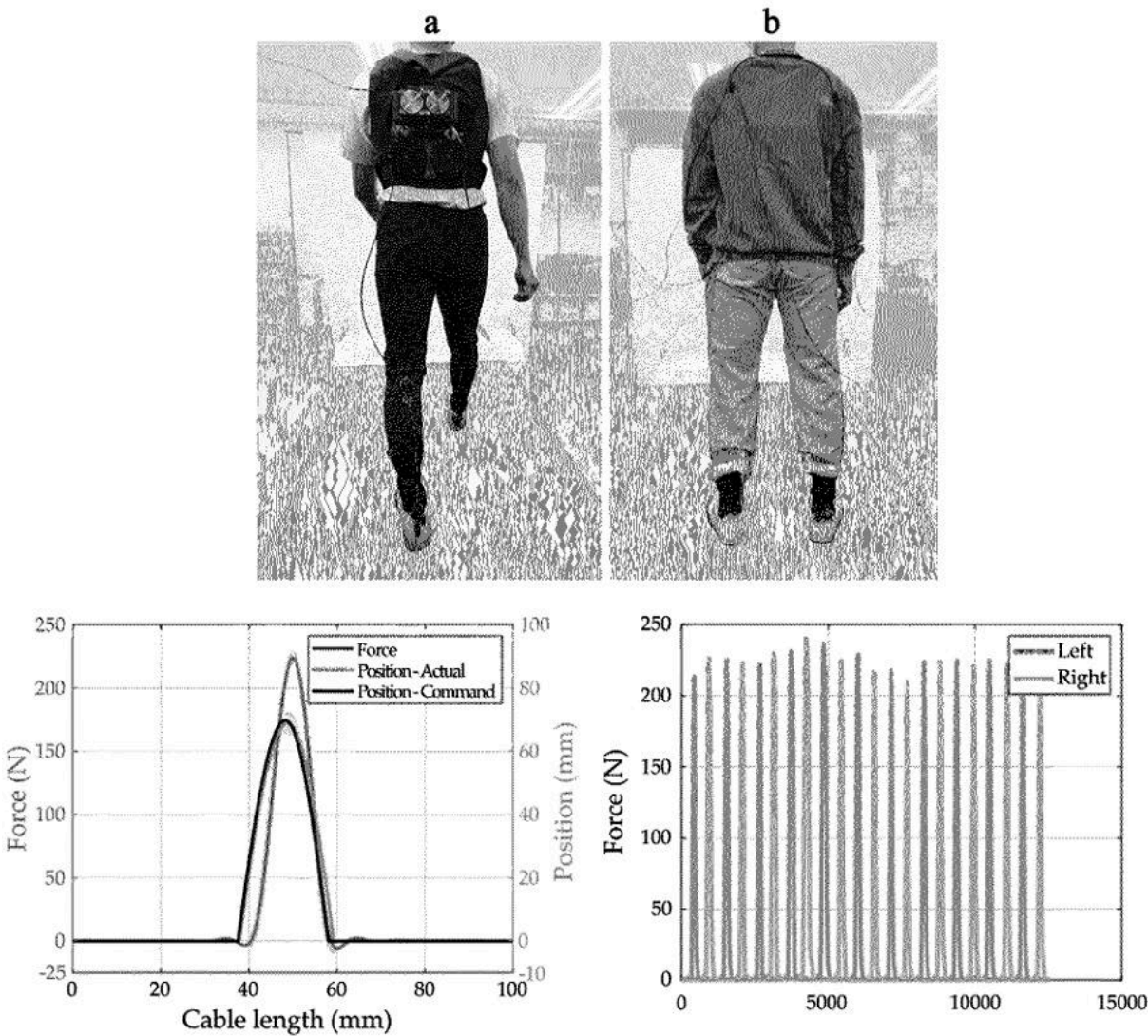
20

30

40

50

【図 1 2】



【図 1 3】

【表 13】

表 1

	DYNERMA	CORDURA	COOLMAX	3D-MESH 3 mm	RUBBER BAND	STRAP WEBBING	BIAS WEBBING
							
Fabric weight	108 g/m ²	121 g/m ²	136 g/m ²	255 g/m ²	927 g/m ²	766 g/m ²	371 g/m ²
Tensile strength	Wale: 1800 N/5 cm Course: 1600 N/5 cm	Wale: 1500 N/5 cm Course: 910 N/5 cm	Wale: 330 N/5 cm Course: 210 N/5 cm	Wale: 1300 N/5 cm Course: 1100 N/5 cm	1300 N/5 cm	2700 N/5 cm	1800 N/5 cm
Tearing strength	Wale: 49 N Course: 72 N	Wale: 25 N Course: 49 N	Wale: 25 N Course: 15 N	Wale: 190 N Course: 180 N	N/A	N/A	N/A
Bursting strength	No burst	1700 kPa	530 kPa	No burst	N/A	N/A	N/A
Abrasion resistance	(max 2060 kPa)	Over 20,000 Rubs	Over 20,000 Rubs	(max 2060 kPa)	N/A	N/A	N/A
Water Vapor transmission	Under 30 g/m ²	1044 g/m ²	1524 g/m ²	844 g/m ²	N/A	N/A	N/A
Absorbency	Over 60 s	Over 60 s	1.0 s	1.0 s	N/A	N/A	N/A
100% Dry time	N/A	N/A	60.7 min	39 min	N/A	N/A	N/A

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 パク スンジン

大韓民国 08816 ソウル クアナクク 3ギル シリムロ 40 110ホ 7ドン

(72)発明者 ムン ジュンヤン

大韓民国 06969 ソウル トンジャクク ヘクセオクロ 8 ダセオンビルディング 20
3ドン

(72)発明者 パク ジョンエル

大韓民国 08203 ソウル クロク シンドリロ 65 1505ホ

審査官 杉山 悟史

(56)参考文献 特表2020-518295 (JP, A)

特開2020-059938 (JP, A)

特開2008-050705 (JP, A)

米国特許出願公開第2020/0022864 (US, A1)

韓国公開特許第10-2019-0111716 (KR, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 ~ 21/02