

ライフテクノロジー学

冬木 正紀

畿央大学大学院健康科学研究科 (〒635-0832 奈良県北葛城郡広陵町馬見中4-2-2)

Life technology

Masanori FUYUKI

Graduate School of Health Sciences, Kio University

(4-2-2 Umami-naka, Koryo-cho, Kitakatsuragi-gun, Nara 635-0832, Japan)

要約 ライフテクノロジー学は、超高齢・人口減少社会において生活の質を上げるための使い勝手の良い技術を研究開発する、本学発の健康科学の新しい学問である。人工筋肉と人工知能をそのキーテクノロジーとして、医工連携によりこの新しい学問の開拓が始まっている。本稿ではその現状を解説する。

Keywords：人工筋肉 人工知能 リハビリテーション 助産 食品ロス防止

1. ライフテクノロジー学の成り立ち

21世紀に入り、社会の高齢化と人口減少がニュースや紙面で取り上げられることが増加した。特に2040年には秋田市や青森市を含む日本の自治体の約半数が消滅の危機を迎えるという報告は国民に衝撃を与えた¹⁾。総務省の推計では40年後には人口は現在の7割に落ち込む一方で、高齢者の割合は4割を超える。労働力は低下し、医療負担は増加するため、現在の児童が壮年になる頃には、国家レベルと国民レベル双方において、経済と社会保障が破綻するとの見方もある²⁾。さらには、世界の人口は21世紀を通じて増え続け、世界規模の食糧の奪い合いが年々激しさを増すと予測されている。食料自給率が40%を下回っており、さらに農家の後継者不足が顕著な日本は深刻な食糧不足を迎えると予測されている³⁾。

このような国家的、国民的危機を回避するために産官学共に取り組んでいることは国民一人一人の生活の質的向上である。ここでいう生活には労働を含め、人生のあらゆるシーンが含まれている。生活の質的向上により、労働寿命や健康寿命が延び、出産や子育てへの意欲も増加すると考えられている。

産官学が具体的に取り組んでいることとして、人間の筋力を補助するための人体装着型のロボットスーツ(アシストスーツ)の開発がある。このアシストスーツが実用化されれば、就労者の高齢化や後継者不足が

年々深刻化している一次産業の労働力不足の緩和・解消に大きく寄与すると考えられている⁴⁾。また、介護・医療従事者の肉体的負担の軽減も期待されている。さらには、日常生活の中で使用することにより、高齢者が自力で出来ることが増え、健康寿命が延びることが期待されている。

もう1つ産官学が注力していることに、人工知能を組み込んだ生活・産業用製品の開発が有る。人工知能を組み込んだ機器により、人間の労働の一部を代替し、労働力不足を補うことをその目的としている。その最たるものが腫瘍の有無を驚異の精度と速度で診断する医療診断機LYNAである。また、年間数兆円の損失を生んでいるとされる食品ロスを抑えるための携帯電話用アプリLimiter等も開発されている。

しかしながら、国家的、国民的危機の回避に向けた以上の取り組みは根本的な問題を抱えている。それは、最先端の技術を重視するあまりに、開発された製品は実際の現場での使い勝手が悪く、社会に普及していないことである。

例えば、上記のアシストスーツとして筑波大学発のベンチャー企業が開発したHALやパナソニック系列のベンチャー企業のATOUNシリーズがある。また、東京理科大学発の(株)イノフィスが開発したマッスルスーツもある。これらは高価、高重量、低耐久性、動作不安定性など、現場の使用者が敬遠するいずれかあるいは複数の要素を持つため、社会的に普及して

いるとは言い難い。

人工知能を搭載した医療用機器に関しても、腫瘍画像診断装置はその高い性能ゆえに価格が高く未だ普及しておらず、腫瘍診断用以外の人工知能を搭載した医療用機器は製品化もされていない。また、食品ロス防止アプリは家庭の食材の日々の増減を自動で把握できず、十分な防止性能に至っていない。結果として、使い始めても使用を止める人が後を絶たない。

以上の問題を解決すべく生まれたのが、本学発の「ライフテクノロジー学」である。「ライフ」は生活であり人生である。ライフテクノロジー学では、生活の質的向上のための使い勝手の良い技術を研究開発する。本稿では、その例としてアシストスーツの根本的問題の解決に繋がる新しい人工筋肉の開発を解説する。また、その人工筋肉を用いた医療用アシストスーツの開発状況を説明する。さらに、助産のための製品への応用も解説する。そして、人工知能を搭載した医療用、生活用アプリの開発を展望する。

2. 実用的な人工筋肉の開発

従来のアシストスーツは、その駆動源により大きく二つに分けられる。一つがモーター式であり、もう一つが空気圧式である。モーター式は高重量であるが耐久性が高い、逆に空気圧式は軽いが耐久性が低いという一長一短の特徴を持つ。従来の工学の考え方では製品は何よりも耐久性が重視されるため、これまでは主にモーター式のアシストスーツの開発が行われてきた。しかし、最先端の技術を用いても高重量ゆえに現場での使い勝手が悪いことが明らかになってきており、空気圧式のアシストスーツへの期待が高まっている。

空気圧式のアシストスーツの泣き所である低い耐久性は、その駆動源である人工筋肉自体の低い耐久性に由来する。逆に言うと、人工筋肉の低耐久性を克服すれば、アシストスーツの社会的普及を促進しうる。

ここでは人工筋肉の仕組みを簡単に説明した上で、低耐久性を克服した著者の特許発明「フユキン」について説明する^{5),6)}。

2.1. 従来の人工筋肉

人工筋肉は、名前の通り、人工の筋肉であり、圧縮空気の給排により伸縮する。図1には人工筋肉による重量物の上げ下げの様子を示す。わずかに数百gの重さの人工筋肉に数気圧の空気を入れるだけで、数十kgの重りが持ち上がるが見てとれる。図2には人工筋肉とその内部を模式的に示している。ゴムチューブGの外周に、合成樹脂繊維を網目状に織った筒型のメッシュスリーブSを被せた上で、空気の給排機構を



図1. 人工筋肉による重量物の持ち上げ。直径約3cmの人工筋肉に5気圧の空気を供給すると、20kgの重りが筋肉の長さの20%ほど持ち上がる。(左) 排気時。(右) 給気時。

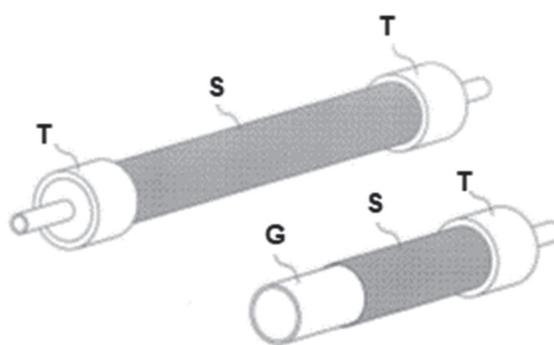


図2 人工筋肉とその内部の模式図。G:ゴムチューブ。S:メッシュスリーブ。T:圧縮空気を給排するためのターミナル。

備えるターミナル部Tにて両端を固定封鎖している。ゴムチューブGを外部から印加する空気圧で膨張させることにより全長を取縮させる。内蔵するゴムチューブGに空気圧が印加されて軸方向と半径方向に膨張しようとする際に、メッシュスリーブSが半径方向の膨張を取り出して網目の角度を変化させることでゴムチューブGに軸方向の収縮力を生じさせることを原理としている。

人工筋肉は、電磁式モーターや油圧シリンダ式アクチュエータに比べて、軽量で高出力、メンテナンスが容易、柔軟性が高く人間の筋特性に近い特性を有する、製造コストが低い、といったメリットを有する。しかし、スリーブとの摩擦によりゴムチューブの表面が傷付きあるいは摩擦によりゴムチューブの表面が傷付きあるいは摩擦して孔や亀裂を生じるため耐久性が低いというデメリットも有していた。

2.2. 「フユキン」の発明

著者は人工筋肉の低耐久性の問題を解決すべく、従来のゴムチューブへ最小限の加工を施すことによってその外周表面の耐摩擦性を向上させることを発明の目的とした。

そのために、ゴムチューブの外周全面に接着剤を塗布した上で、合成樹脂製の短繊維を垂直に植毛して植

毛層を設けた（図3）。植毛の際には静電気力を用いる静電植毛法を行った。

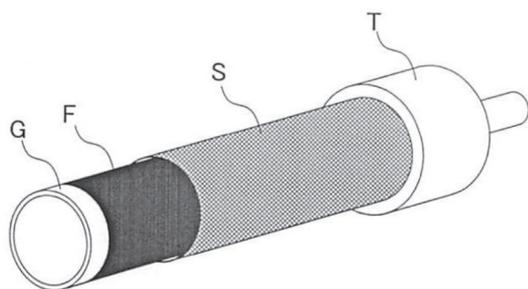


図3. 本発明の人工筋肉の内部。メッシュスリーブSとの摩擦からゴムチューブGを保護するために、ゴムチューブGの外周に静電植毛層Fを設けた。

2.3. 静電植毛層の役割

図4は、外周面に静電植毛層Fを有するゴムチューブGの断面の一部である。静電植毛層Fが外皮のメッシュスリーブSとの摩擦を受け流してゴムチューブGを摩擦から守る。植毛密度が低いと、「毛」である短繊維はスリーブSの内面の押圧により簡単に倒れるが、高密度に植毛されていれば、短繊維同士が互いに支持し合う形となり容易には傾斜しないため、人工筋肉の収縮に合わせて繰り返し緩衝層としての役割を果たす。

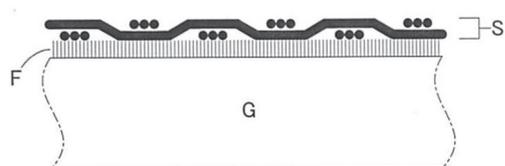


図4. 本発明の人工筋肉内のゴムチューブGの断面の一部の模式図。接着剤を塗ったゴムチューブGの外周表面に対して短繊維を垂直に植毛している。高密度に植毛した静電植毛層Fを設けることにより、メッシュスリーブSとの摩擦を受け流し、ゴムチューブ外周表面の摩耗を防ぐ。

2.4. 静電植毛用の短繊維および接着剤

植毛層Fを形成する短繊維の長さや太さは十分な植毛密度が確保できれば特に限定されないが、一般的な人工筋肉に用いられているスリーブに対しては、長さ0.5 mm程度、直径20 μm程度の短繊維を植毛することが好適である。植毛される短繊維の密度は5000本/cm²以上が好ましい。

静電植毛に用いられる接着剤はゴム表面への接着力が強く、かつ、ゴム自体の変形伸縮に応じた弾力性・柔軟性を備えたものであれば特に限定されないが、特にウレタン系の溶媒タイプが好適である。

後述の耐久試験においてはこれらの仕様の短繊維および接着剤を用いた。

2.5. 耐久試験

著者は本発明の人工筋肉に対して耐久試験を実施した。

図5は耐久試験の実施状況を示す写真である。耐久試験には静電植毛したウレタンゴムチューブ（外径30 mm、肉厚0.4 mm）と静電植毛していない同ゴムチューブ（対照群）各3本を用いた。非荷重時の人工筋肉における可動部の長さは約200 mmであった。そして、20kgの重りで伸長負荷を掛けた状態で、エアコンプレッサーを接続した加圧装置による5気圧、3秒サイクル（加圧1.5秒、排気1.5秒）の引加を、ゴムチューブからの空気漏れが発生するまで繰り返した。なお、実際の使用現場における人工筋肉の使用方法与整合的な試験を行うため、排気時に人工筋肉が非荷重時の長さで止まるように台を設置した。



図5. 静電植毛を施した人工筋肉の耐久試験の様子。

耐久試験の結果は表1の通りである。静電植毛していない3本のゴムチューブを用いた人工筋肉ではいずれも5万回経過前にゴムチューブにピンホールが発生して空気漏れを生じた。一方、静電植毛したゴムチューブを用いた人工筋肉では100万回以上経過後も空気漏れは生じず、静電植毛による耐久性向上の効果が明確に検証できた。

図6は耐久試験後のゴムチューブの写真である。同図から明らかなように静電植毛なしのゴムチューブの

表1 耐久試験の結果

資料番号	静電植毛	耐久回数	破損状況
1	なし	3万2000	ピンホールからの空気漏れ
2		3万7000	同上
3		4万4000	同上
4	あり	100万以上	100万回で破損なし
5		100万以上	同上
6		100万以上	同上



図6. 耐久試験後の人工筋肉の内部。(左) 植毛なし (資料番号2)。(右) 植毛あり (資料番号5)。植毛なしの従来の人工筋肉ではメッシュスリーブの様子が転写する程にゴムチューブが傷ついているが、植毛ありの人工筋肉では植毛層に守られたゴムチューブに傷跡は無かった。

表面には人工筋肉の収縮時 (すわなちチューブの膨張時) のスリーブへの圧着によりスリーブの内面の模様が転写しており、表面に高いストレスが掛かっていたことが分かる。一方、静電植毛したゴムチューブでは100万回の試験後も植毛層に摩耗が認められたものの、顕著な植毛層のめくれは認められなかった。なお、静電植毛なしのゴムチューブ表面のピンホールはスリーブの跡の線内に発生したため、スリーブとの摩擦によりできた傷がゴムチューブの膨張収縮の繰り返しによ

り深くなった結果、ピンホールが発生したと考えられる。

図7には20 kgの負荷のもとでゴムチューブに引加する空気圧に対する人工筋肉の収縮量を計測して、植毛層の有無による比較を行った結果を示す。各々の点は表1の資料1、2、3および4、5、6の計測値の平均値を表す。各点の標準偏差は2 mm以下であった。植毛層なしに比べて植毛層ありの方が収縮量が小さいものの、その差はごくわずかであり、5気圧以上の圧力においては収縮量はほぼ同じとなった。したがって、ゴムチューブに植毛層を設けても人工筋肉の収縮特性にはほとんど影響を与えないことも確認できた。

2.6. 特許権の取得と商標登録

本発明により冬木学園は日本および米国における特許権を取得することに成功した (特許第6154088号⁵⁾、United State Patent, No. US10634171B2⁶⁾)。また、覚えて貰いやすい名称として、フユキのキンニクということで、「フユキン」を考案、申請し、特許庁に商標登録されている (商標第6196742号⁷⁾)。

3. 人工筋肉のリハビリテーションへの応用

人工筋肉「フユキン」を搭載したアシストスーツの最初の例として、本学の庄本康治理学療法学科長と発明した、脳卒中後の肩関節亜脱臼のリハビリテーション用のアシストスーツ「AirShoulder」を紹介する^{8,9)}。「Air」には3つの意味が込められている。すなわち、「空気」圧式の人工筋肉で腕を持ち上げる、腕が「空気」

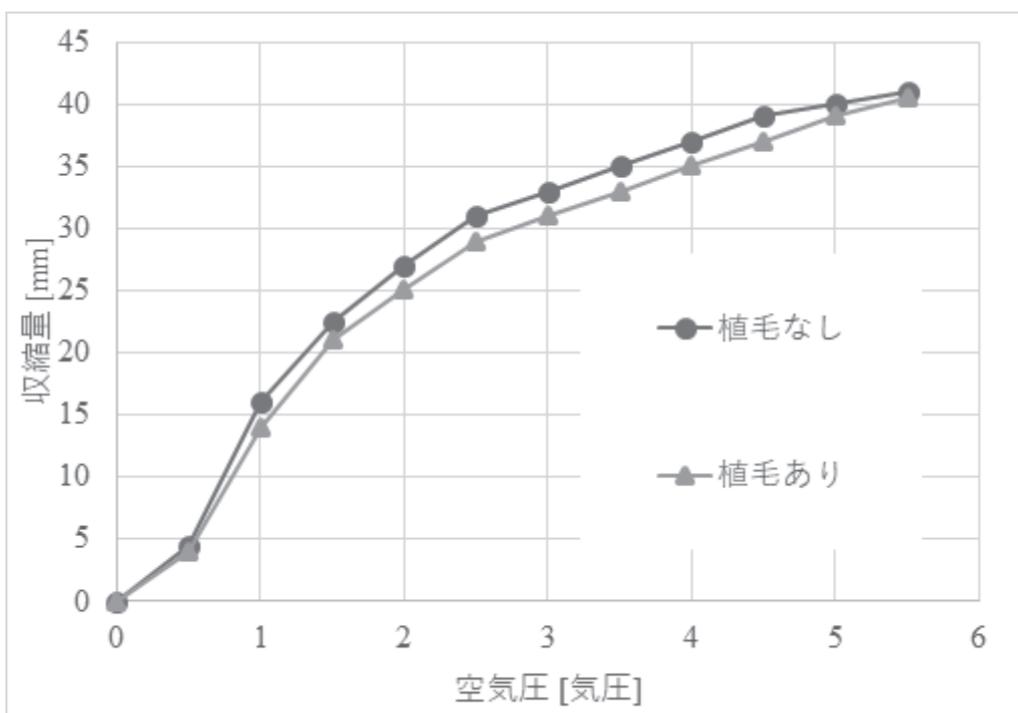


図7. 空気圧の印加による人工筋肉の収縮量。人工筋肉への負荷は20kgであり、空気圧を印加していない時の人工筋肉の長さは約200mmである。植毛を施しても収縮量への影響がわずかであることが分かる。

のように軽く持ち上がる、「空気」のように付け心地の良い軽い「肩」装具という意味である。

3.1. 脳卒中片麻痺による肩関節亜脱臼

脳卒中片麻痺患者においては、発症当初もしくは発症後の長期において弛緩性麻痺を生じた場合に、肩関節の下方亜脱臼を生じることが多い。そして、リハビリテーションは一般的に長期間に渡り、アームスリングを装着した状態で行うことが多い。

アームスリングには、大きく分けて肘関節屈曲型と肘関節伸展型がある。脳卒中片麻痺を原因とする肩関節下方亜脱臼の改善に向けたリハビリテーションにおいては、肘を伸ばした状態で肩関節を保持でき、肘の屈伸が許容されることが望ましいため、肘関節屈曲型はどちらかといえば適切ではない。

肘関節伸展型のアームスリングとして、「オモニューレクサプラス」（オートボックジャパン株式会社）等が製品化されている（図8）。しかし、従来技術の肩装具は、懸垂ストラップが上腕から前腕にかけて密着した形で緊張状態とならなければ腕の重量を十分に支えることはできず、さらに肩関節周囲筋群の弛緩の程度が重いユーザに対して十分な肩関節の保持効果を発揮できない場合がある。そのため、実際にはユーザが亜脱臼が整復されていない状態に気づかずにリハビリテーションを行っていることが少なくない。

また、脳卒中片麻痺患者における肩関節亜脱臼は腕の重量による下方亜脱臼のみならず、前方亜脱臼（いわゆる「前ズレ」）や後方亜脱臼（いわゆる「後ズレ」）も起こしやすい。しかし、腕の前後に設けた引っ張りバンドの緊張力自体によって腕の重量を支える従来技術では、引っ張りバンドを調整して前後方向への緊張

力を偏向させると、上下の腕の牽引力の方向がずれるおそれがあるだけでなく、調整自体も面倒であった。

さらに、従来技術の肩カフや前腕カフは、常に肩や腕に密着固定されていなければならないため、ユーザの皮膚かぶれの原因ともなっていた。

3.2. 「AirShoulder」の発明

著者と本学の庄本康治理学療法学科長は、従来技術の問題を解決すべく、引っ張りベルトに替えて、外部からの入出力により全長を任意の長さに伸縮可能かつ軽量な人工筋肉を用いたリハビリテーション装具を開発した（図8）。その特徴を以下に記す。

(1) ユーザに合わせた肩関節の適切な固定

本発明の肩装具は、肩カフと上腕カフの側面同士を肩関節をまたいでつなぐ数本の人工筋肉と、肩カフと上腕カフの前面同士、後面同士を肩関節をまたいでつなぐ人工筋肉を搭載している。これらの人工筋肉の牽引力を適宜調整することにより、やや上向きの関節窩に対応する角度で上腕骨頭が当接するように牽引力を掛けることができ、肩関節のより適切な固定が可能となる。そして、ユーザの体格、骨格、症状、リハビリテーションにおける運動の種類や目的に応じて、牽引力の大きさと方向を最適化することが可能である。

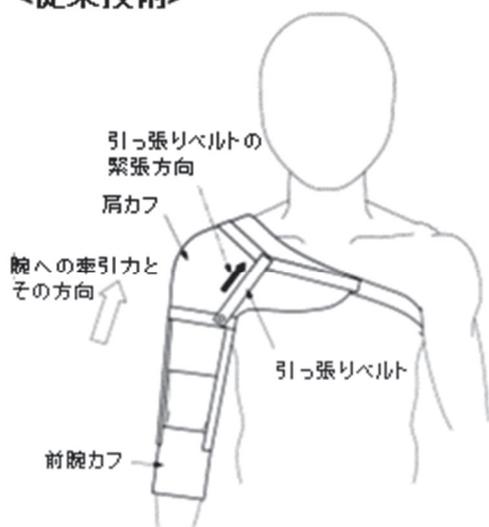
(2) 牽引力の微調整

人工筋肉は、一端のターミナルに交換可能なガスボンベをチューブで接続し、間に圧力調整バルブを設けて使用するが、いずれも小型軽量とすることが可能であり、複数の人工筋肉を個別に操作して牽引力を微調整できる。

(3) リハビリテーションの自由度の向上

本発明の肩装具は、上腕カフの肘関節の肘窩側（肘

<従来技術>



<本発明>

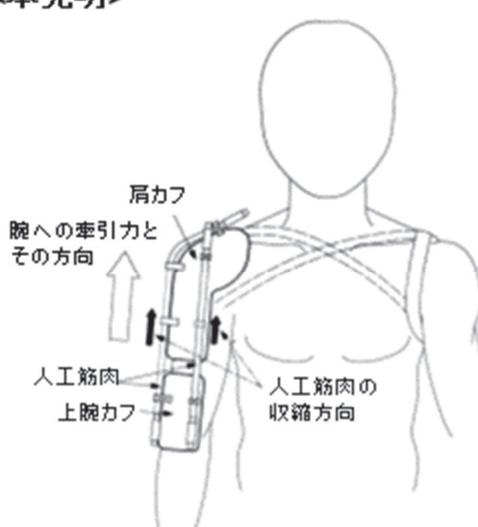


図8. 脳卒中片麻痺を原因とする肩関節下方亜脱臼用のリハビリテーション装具。

の反対側)に当たる側は開放し、装着時にユーザの肘関節の屈伸を許容する。これにより、腕への牽引力に大きな影響を与えることなく、ユーザは自由に肘を屈伸させることが可能となり、リハビリテーションの自由度を向上させることができる。

(4) FESとのハイブリッド治療

本発明の新規肩装具をユーザに装着した状態で、肩周囲筋に機能的電気刺激(FES)を加えることにより、肩関節下方亜脱臼の新しいリハビリテーションも可能となる。

機能的電気刺激(FES: functional electrical stimulation)は、直接2次運動ニューロンに電気刺激を与えて筋収縮を生じさせることで、脳卒中や脊髄損傷の中枢性運動麻痺を改善する治療法であり、肩装具と併用したハイブリッドFESによる相乗効果が期待できる。

3.3. 開発状況

昨年末より西大和リハビリテーション病院にて本発明の試作品を試験して頂いている。同院の生野公貴リハビリテーション部技師長をはじめとするスタッフの方々の御協力のもと、脳卒中後のリハビリテーションにいらっしゃる患者の方々に試作品を装着して頂き、従来品との比較を行っている(図9)。患者の方々による使用感の向上、レントゲン写真により可視化される整復程度の向上、肩関節の安定による歩行の向上等が確認されている。試験数を増やし、細かな改善を重ねながら開発を続ける予定である。

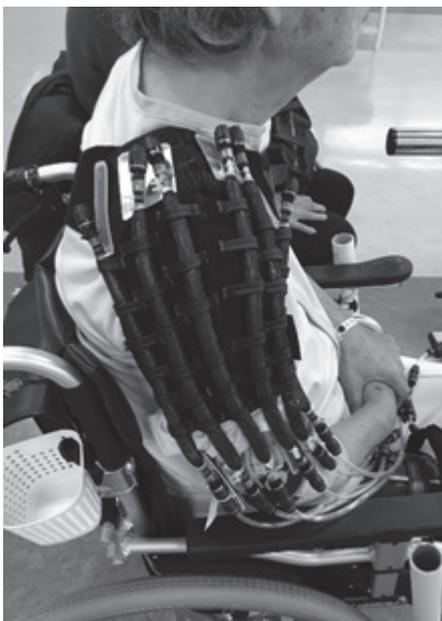


図9. 西大和リハビリテーション病院の患者様による、本発明「AirShoulder」の試作品の装着風景。

4. 人工筋肉の助産への応用

ここまでは人工筋肉が重量物を持ち上げる力を活用

するための技術を説明してきたが、人体で力こぶが出来るのと同様に、人工筋肉も軸方向に縮む際には半径方向に膨らむ。そして、その膨らみ具合や硬さは加える空気圧により連続的に変化させることが出来る。この性質を生かしたライフテクノロジー学の一例として、人工筋肉を搭載した助産用の発明「安産準備パッド、安産準備椅子」について説明する。

4.1. 安産準備の必要性

妊婦の前傾姿勢は、尖腹・懸垂腹を招来する可能性があり、妊娠期には忌避すべき姿勢である。特に、椅子等に座る際には、前傾姿勢の原因となる骨盤の後傾を避け、骨盤を立てて垂直に座る姿勢が望ましい。しかし、一般的な椅子の座面は平板であるか、クッションの弾力により骨盤が沈みこみがちであるため、無意識のうちに骨盤が後傾しがちとなる。

また、出産時には、妊婦の産道や会陰部の柔らかさが安産の重要な条件となるが、椅子に座る生活が定着し、運動不足気味の現代人においては股関節の外転の可動域が縮小している場合が多く、産道や会陰部も硬くなり気味である。そのため、会陰部に対する圧迫・弛緩を繰り返すことで骨盤底筋の柔軟性を高める会陰マッサージが有効である。

さらに、分娩の際に胎児の頭が骨盤から出やすいように、仙腸関節(腰の辺りにある仙骨と骨盤の関節)が開く体位(マックロパーツ)を周産期に訓練することも安産に重要である。

従来から、先行技術文献¹⁰⁾に開示されている座位姿勢矯正座具のように、着座時の骨盤と背骨との正しい位置や角度を保持し、着座姿勢そのものを矯正する整体機能を備えた座面パッド自体は提案されている。

しかし、この先行技術は、坐骨を高く保ち、太腿が腰の付け根から膝まで前傾する「正しい正座の姿勢」による顎関節-背骨-骨盤の関係を実現することを目的としており、安産の準備のために、骨盤の坐骨結節を固定した状態で骨盤底筋を弛緩させ、さらに、股関節を開いて両太腿を外転させるといったマックロパーツの訓練や、その状態での会陰マッサージを行うことには適しておらず、想定もしていない。また、その他にも多数の着座姿勢保持目的のクッションや椅子が提案されているが、安産を促進するための妊婦の姿勢訓練を目的とした先行技術は見られないし、マックロパーツの訓練に適した先行技術も存在しない。

4.2. 「安産準備パッド、安産準備椅子」の発明

著者らは従来技術では考慮されていない特徴を備えた安産準備用パッドおよび椅子を発明した¹¹⁾。本発明のパッドの模式図を図10に示す。本発明の特徴を以下に記す。

(1) 骨盤を立てることと会陰マッサージの両立

従来の座位の正しい姿勢とされる「正座」およびその促進技術では、骨盤を立てることは出来ても、骨盤底筋を緊張させてしまい、同筋を緩和する会陰マッサージは出来なかった。本発明では、中央部表面に両坐骨基底を包持可能な凹部を有し、後部表面には臀部支持体を備えることにより、骨盤底筋を緊張させることなく骨盤を立てることが出来る。そして、前記凹部の中心線上に使用者の会陰部に当接する縦長の会陰マッサージ体を設けることにより、会陰マッサージとの両立を実現している。

(2) 現代生活様式におけるマクロパーツの訓練

マクロパーツは昔の和式生活における洗濯やトイレ

の際のしゃがみ込みの体位でもある。本発明では、パッドあるいは椅子の前部に両大腿部で挟む外転保持クッションが配備されていることにより、現代の椅子生活の中でわざわざしゃがみこむことなくマクロパーツが訓練できる。

(3) 妊娠期の各ステージに応じた構造の変化

骨盤を立てた座位は妊娠30週以降、会陰マッサージは妊娠36週以降、そして、マクロパーツの訓練は分娩前の数週間と、分娩に向けて実施が望ましい要素は段階的に増えていく。そこで、本発明のパッドおよび椅子では、妊娠期の各時期に合わせて構造を変化させられるように、会陰マッサージ体および外転保持クッションを脱着可能としている。

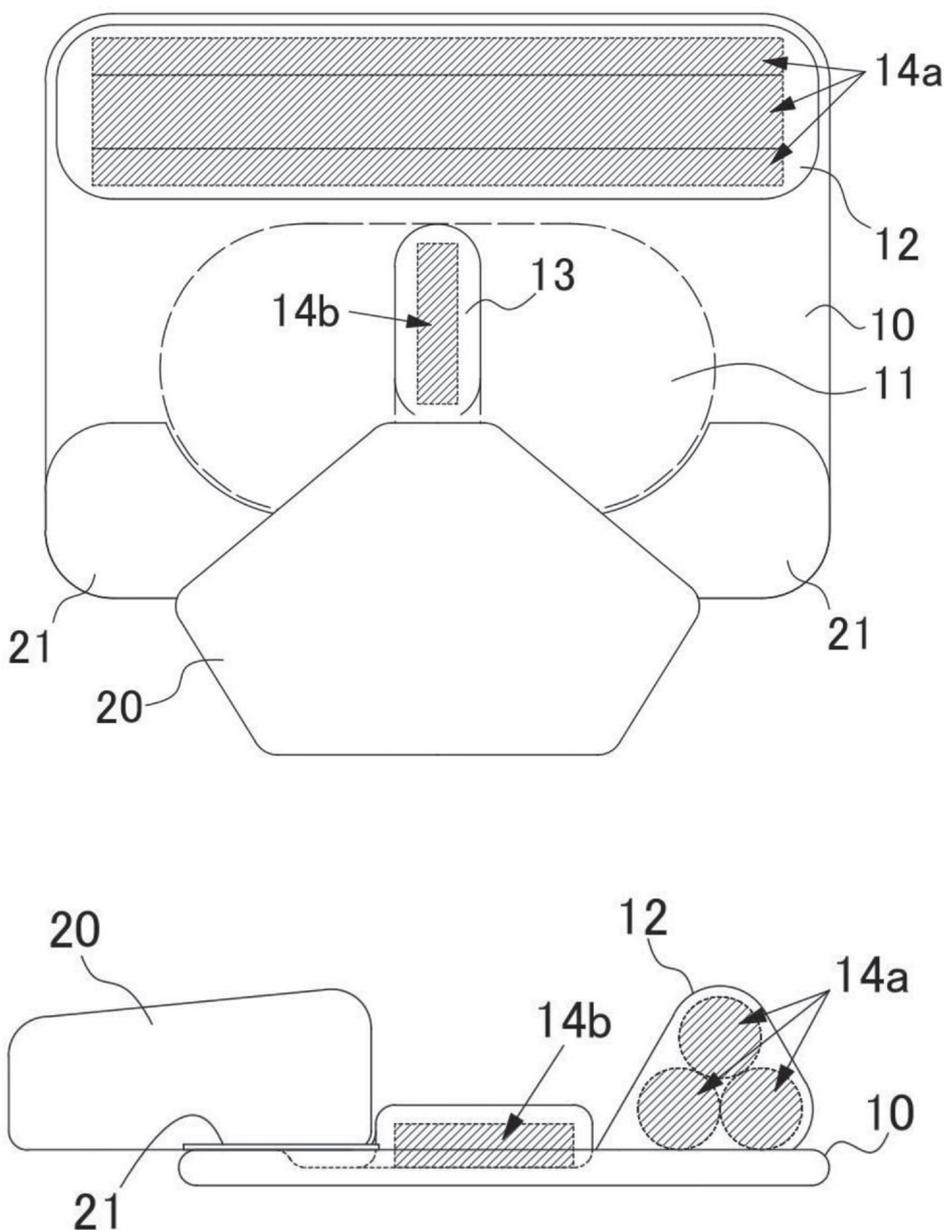


図10. 本発明の安産準備パッドの平面図および断面図¹⁾。
 10 パッド本体、11 凹部、12 臀部支持体、13 会陰マッサージ体、14a 人工筋肉（臀部支持体）、14b 人工筋肉（会陰マッサージ体）、20 外転保持クッション、21 フラップ。

(4) ロケーションに合わせたパッドと椅子の選択

屋外に椅子を携帯していくことは妊婦にとって負担が大きい。そこで、屋外の椅子に置くことが出来てかつ軽量の安産準備パッドを本発明では用意した。なお、マクロパーツの訓練には、両膝の外旋角度は正面に対して10度から20度が好適であるため、本発明では、自宅等の屋内で使用する座面の高さが調整できる安産準備椅子も用意した。

(5) 人工筋肉を用いた形状と硬度の連続的調整

妊婦の体型は妊娠期の経過と共に変化する。本発明では、臀部支持体および会陰マッサージ体に空気圧式の人工筋肉を用いることにより、硬度や形状の連続的な調節機能を実現しており、妊娠期を通じて適切に安産の準備ができる。

4.3. 開発状況

本発明は著者の研究室に所属する修士課程一年生の岩田塔子めぐみ助産院院長の発案が原点となっている。同氏の修士研究として開発を進めている。

5. 人工知能の開発と応用

5.1. 人工知能の特徴

近年、人工知能が脚光を浴びているが、人工知能自体は1956年にその概念が提唱されて以来開発が続いており、我々の身の回りにも数十年前から人工知能が搭載された機器が多く存在する。例えば炊飯器であり、冷蔵庫である。それらの機器と今世紀に入り開発されている人工知能との違いは、人間の思考の方法を人工知能に取り入れていることである。

人間の脳は神経ネットワークを持っており、五感を通じて瞬間瞬間に脳に入る数万個ともいわれる情報を基に、次の行動を決定している。この思考の特徴は、20世紀の人工知能のように個々の情報に単純に優先順位をつけることではなく、複数の情報の組み合わせに優先順位をつけることである。例えば、我々が犬を見て犬と認識する際には、犬の色々なパーツの形状や色の組み合わせにより犬か否か判断している。また、情報の組み合わせの順位付けの例としては、尻尾や後脚の形状の組み合わせよりも顔のパーツの組み合わせを重視して、犬とオオカミを区別している。

21世紀に入り、記録・通信技術の進化と疑似神経ネットワークの概念の研究が進んだことにより、情報を組み合わせて順位付けして行動を決定する、今世紀型の人工知能を搭載したロボットの製品化が進んでいる。例えば、検索ソフトのGoogleであり、自動掃除ロボットのルンバである。無人自動車の開発も進んでおり、米国では宅配に無人自動車を導入した地区も存在する。

5.2. 医療分野への応用

今世紀型の「思考する」人工知能の導入は医療分野でも始まっている。米国発の腫瘍検出用の画像診断機LYNAは顕微鏡画像から正答率99%の精度で転移した乳がんを発見できる。ベテランの病理医の正答率は約40%である。また、内視鏡画像から大腸がんを発見する日本の画像診断機EndoBRAINは、わずか0.4秒で正診度98%の診断を下すことが出来る。これらの機器の人工知能は、過去の数万枚の画像資料をもとに疑似神経ネットワークを形成し、腫瘍の形状や色、つや、分布等の組み合わせにより腫瘍の有無を判断する。ただ、いずれも高性能ゆえに高価格であり、EndoBRAINは貸出を中心として今後普及を進めることが計画されている。

その一方で、より安価で使い勝手の良い医療診断機の製品化は進んでいない。著者は本学の大住倫弘准教授と共に脳卒中後の疼痛のリハビリテーションの予後予測に関する人工知能の開発を進めている¹²⁾。大住准教授の疼痛とリハビリテーションに関する専門知識に、著者のプログラミングのノウハウを加えることにより、現場でもボタン一つで診断できる人工知能搭載アプリが出来上がりつつある。

5.3. 食品分野への応用

食品分野においては、国全体で年間数兆円の損失と言われる食品ロス防止用の携帯用アプリの開発と製品化が進められている。食品ロスには飲食店におけるロスのみならず、家庭からのロスも1兆円規模で含まれており、国民一人当たり一日一杯分のお米を捨てている換算になる。そのため、主婦を中心に携帯アプリの使用を始める人が増えている。アプリは大きく二つの種類に分けられて、一つは「家計簿レシープ！」に代表される、レシートを読み込み、家計簿作成と献立提案をしてくれる携帯アプリである。もう一つは「Limiter」に代表される、バーコード情報を読み込み、食材の賞味期限管理が出来る携帯アプリである。

どちらの種類のアプリも明確な長所がある一方で、「食材の残量の現実的な把握手段の欠如」という問題点を抱えており、使用をやめる人も多い。すなわち、調理の度に食材の使用量を手動で一つ一つ携帯アプリに打ち込む必要があり、その煩雑な作業をしないと、次から間違えた情報を基にアプリが献立提案をする。家事や仕事に忙しい現代人がそのような煩雑な作業を完璧に行うことは難しいため、アプリからの間違えた献立の提案により、さらなる食品ロスを引き起こしている。そのため、アプリの使用を止めることになる。

上述の問題を解決すべく著者と本学の中居由美子准教授が特許出願したのが「食材購入管理支援システム」

である¹³⁾。本システムでは食材購入量は携帯端末によりレシート、バーコード等から読み取り、家庭での調理による食材の減少量については、直接計数するのではなく、選択したレシピデータ上の食材量を消費量とみなし、この消費量を在庫量から減じることで食材ごとの残量を推定する。

また、本システムでは、購入食材を選ぶ際に、家庭の消費期限切れが間近な食材を優先的に料理に用いるレシピを勧める「期限優先モード」と、ユーザの食したい特定の食材を基にレシピを勧める「食材優先モード」のどちらかを選択することが出来る。

現在、在阪のアプリケーション会社と連携し開発を始めている。食品ロスの削減、食事準備の時間短縮、そして豊かで健康的な食生活の実現に資することが期待される。

6. まとめ

本稿ではライフテクノロジー学の成り立ちから、そのキーテクノロジーである人工筋肉と人工知能の開発と応用例までを解説した。特に人工筋肉に関しては、低い耐久性という根本的問題を静電植毛により解決したことを説明した。また、人工筋肉の応用例として、脳卒中片麻痺による肩関節亜脱臼のリハビリテーション用のアシストスーツを発明したことと、学外の方々の協力も得て開発が進んでいることを説明した。さらに、アシストスーツ以外への応用例として、人工筋肉を搭載した安産準備用品の発明について述べた。そして、人工知能の開発と応用の例として、脳卒中後の疼痛リハビリテーションの予後予測のためのアプリと食品ロス防止用のアプリについて言及した。これらの開発は現在順調に進んでいる。

謝辞

最初に、ライフテクノロジー学の発足に御尽力下さいました、本学の冬木正彦学長、植田政嗣健康科学部長、庄本康治理学療法学科長、水上亨男大学事務局長に深く御礼を申し上げます。また、日頃より研究を共に進めて頂いております、本学の太住倫弘准教授および中居由美子准教授、めぐみ助産院の岩田塔子院長に感謝の意を示します。西大和リハビリテーション病院の生野公貴リハビリテーション部技師長をはじめとするスタッフの皆様には、いつもお忙しいところ、リハビリテーション装具の開発に御協力頂いております。そして、患者様方には実際に装具を装着して試験して頂いております。大変感謝致しております。本学の教員、職員の方々には日頃より様々な形で御支援、御激励、御協力を頂いております。これらのことに篤く御

礼を申し上げます。そして最後になりましたが、本稿を執筆する機会を下さいました今北英高教授をはじめとする本学紀要編集委員会の皆様に御礼を申し上げます。

本稿に記した研究・開発は、本学の次世代研究開発プロジェクトの一環として萌芽的研究費を用いて行われています。また、文部科学省からの科学研究費補助金（課題番号20K11249）の助成を受けて行われています。

引用文献

- 1) 日本創成会議・人口減少問題検討分科会提言「ストップ少子化・地方元気戦略」(2014)
- 2) 厚生労働省政策レポート「戦後社会保障制度史」
- 3) 河合雅司：未来の年表、講談社、東京、p132(2017)
- 4) 山田薫、安池直人、加藤宏康、岡部貴典、池田拓也：アシストスーツ農業楽々、日本経済新聞2017年3月20日朝刊
- 5) 特許第6154088号「流体圧式アクチュエータ用弾性体チューブ及びアクチュエータ」発明者：冬木正紀、権利者：学校法人冬木学園
- 6) United State Patent, No. US10634171B2: Elastic tube for fluid pressure actuator and actuator, Inventor: Masanori Fuyuki, Assignee: FUYUKI ACADEMY.
- 7) 商標第6196742号「フユキン」権利者：学校法人冬木学園
- 8) 特願2019-085379「肩装具、肩装具を用いたリハビリテーション方法」発明者：庄本康治、冬木正紀、出願者：学校法人冬木学園
- 9) 商願2020-017602「AirShoulder」出願者：学校法人冬木学園
- 10) 特許第6522857号「座位姿勢矯正座具」発明者：川邊研次、権利者：川邊研次
- 11) 特願2019-232160「安産準備パッド、安産準備椅子」発明者：岩田塔子、中居由美子、冬木正紀、出願者：学校法人冬木学園
- 12) 太住倫弘（研究代表者）、冬木正紀、住谷昌彦：脳卒中後疼痛の神経リハビリテーション予後を推定するモデルの構築、科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号20K11249
- 13) 特願2020-038387「食材購入管理支援システム」発明者：冬木正紀、中居由美子、出願者：学校法人冬木学園

