

McKibben 型人工筋肉を用いた介護リフトの設計

Design of nursing care lift using McKibben type artificial muscle

○佐藤巧哉*, 戸森央貴*

○Koya Sato*, Hiroki Tomori*

*山形大学

*Yamagata University

キーワード : 介護リフト (Nursing care lift) McKibben 型人工筋肉 (McKibben type artificial muscle), フリーボディダイアグラム (Free body diagram), 強度計算 (Strength calculation), 軽量化 (Weight saving),

連絡先 : 〒 992-8510 米沢市城南 4 丁目 3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 戸森研究室
佐藤巧哉, Tel.: (070)1143-2396, E-mail: tss28732@st.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

近年では少子高齢化が進み, 自力での移動が困難な人々が増加している. その影響でそういった人々を補助する介護者たちの負担が大きくなっている [1]. その介護者たちの負担を軽減するために介護リフトというものが用いられている. 介護リフトとは移動するのが困難な人が主に車いすとベッド間を乗り降りするために用いられるリフトのことである. 介護リフトの使い方について床走行式リフト (Fig.1) を例に挙げて説明する. なお, 説明に使う写真には MIKUNI の動画を引用した [2] まずベッドに寝ている被介護者の下にシートを潜り込ませ, ベッドの背もたれを起こす (Fig.2). 次にベッドの横から床走行式リフトをハンガー部が被介護者の上に来るように入れる (Fig.3). そしてシートに付けられた紐をハンガー部に取り付け, リフトを稼働し被介護者を持ち上げる (Fig.4). 更に被介護者を持ち上げたままその向きを 90 度変えてリ

フトを動かす介護者と被介護者が対面するようにする (Fig.5). 最後にリフト本体を動かし車いすに向けてリフトを下ろし, 車いすに乗せる (Fig.6). 車いすからベッドへ移動する際はこの手順の逆を行う. これが介護リフトの使い方である. 床走行式リフト以外にも介護リフトにはいくつか種類がある. アビリティーズ・ケアネット社製のグルドマン GH3+ (Fig.7) のように天井から吊り下げて歩行トレーニングにも使える天井走行リフト, アビリティーズ・ケアネット社製のささえ手 (Fig.8) のように自立を補助するスタンディングリフトなどがある [3][4]. これらを用いることで介護者たちが被介護者を補助する際に体にかかる負担を軽減することができる. しかし, 全ての介護現場に介護リフトが普及しているわけではない. それは介護リフトにいくつかの課題があるからである. 重く動かしにくい, 導入コストが高い, 吊り上げる際に衝撃が生じる, 構造が複雑でメンテナンスしづら

いといった点が課題として挙げられる。それらの課題を解決するため、私は空気圧ゴム人工筋肉を用いた介護リフトを提案する。空気圧ゴム人工筋肉とはゴムチューブと繊維でできたアクチュエータのことである。空気圧人工筋肉は柔らかく軽い素材でできているため、軽量で人にぶつかっても怪我をしにくく、衝撃を吸収できる。更に空気ですくため排気ガスが発生しないクリーンなアクチュエータとなっている。その特長が介護リフトの課題である重量と吊り上げ時の衝撃を解決できると考えた。今回その人工筋肉のなかでも McKibben 型人工筋肉に着目した (Fig.9)。一般的なゴム人工筋肉はゴムチューブに繊維を貼り付けた後、その上からゴム液を塗り乾燥させる作業を複数回行うことのできるため製作コストと時間がかかる。McKibben 型人工筋肉はゴムチューブにスリーブを被せて両端を固定するだけでできる簡単な構造で製作コストも安い。その簡単な作りのために製作できる長さには自由が利く。その点を利用して人が座ったシートを吊り下げてもぶつからない程度の長さをもった McKibben 型人工筋肉をシートを吊るすひもの代わりとして使うことができる。そうすることでシートを吊るす紐の役割とリフトを上下させるアクチュエータの役割を両方担えるため、構造が単純化されメンテナンスしやすくなる。以上のことから McKibben 型人工筋肉を用いることで、リフトの軽量化、安い製作コスト、人工筋肉による衝撃吸収、構造の単純化という形で介護リフトの課題を解決できると考えた。今回は人工筋肉のもつ衝撃吸収性能がリフトの吊り上げ時の衝撃を、軽さがリフト本体を動かす際の重さを解決できると考えたので、床走行式リフトを製作することに決定した。補足すると他にも移乗介護用装置の研究は行われており、安心感を与える見た目をした人型ロボットの RI-MAN というものがある (fig.10)[5]。このロボットはセンサで外部情報を獲得し、人を両腕抱え上げて移乗介護を行うものである。今回製

作するリフトは製作コストが安価になる点や機械部品が少ないことによる軽量化、単純な構造によるメンテナンスのしやすさで差別化を図る。

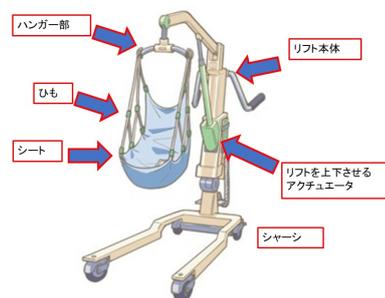


Fig. 1 床走行式リフトのイメージ図。Conceptual diagram of floor traveling lift.



Fig. 2 床走行式リフトの使い方 1. How to use the floor traveling lift 1.



Fig. 3 床走行式リフトの使い方 2. How to use the floor traveling lift 2.



Fig. 4 床走行式リフトの使い方 3. How to use the floor traveling lift 3.



Fig. 5 床走行式リフトの使い方 4. How to use the floor traveling lift 4.



Fig. 9 スタンディングリフトの写真. Photo of standing lift.



Fig. 6 床走行式リフトの使い方 5. How to use the floor traveling lift 5.



Fig. 10 RI-MAN の写真. Photo of RI-MAN



Fig. 7 天井走行式リフトの写真. Photo of overhead lift.



Fig. 8 スタンディングリフトの写真. Photo of standing lift.

2. 研究内容

2.1 設計: リフト本体

製作する介護リフトの側面図を Fig.11 に示す. 今回介護リフト本体の材料に軽量さと丈夫さを兼ね備えたアルミフレームを用いた. 選択したアルミフレームは MISUMI 製の軽いフレームで断面積が 40mm × 40mm のものである. このアルミフレームを選択した理由は、他の断面積のフレーム、および断面積が等しい他のフレームタイプのフレームと比較した結果、たわみが許容値に抑えられ、比較的軽く費用が安価だからである. しかし、各部のたわみを計算した際に許容値を超えるようであればたわみにくい高剛性のアルミフレームを使用することも考慮している. 120kg の重量 (1176N) がハンガー部にかかった場合でも正常に使用できるように設計する. その基準として MISUMI の強度目安表を参考にする [6]. たわみが生じる部材の長さの千分の一以内にたわみ量を抑えることが必要になる. 設計にあたってたわみを防ぐために図に示すように 2 本の補強材を組み込んだ. この形状にした理由は、人工筋肉を接続するハンガー部が

回転する際にリフト本体とぶつかるのを防ぐためである。リフト下部にはシャーシを取り付け、人を乗せた状態でリフトごと移動できるように設計した。

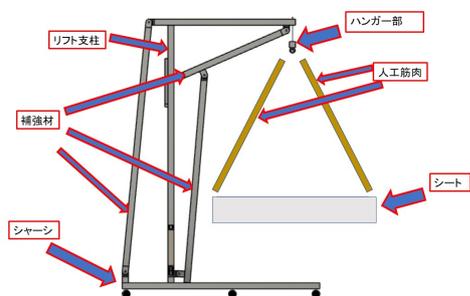


Fig. 11 介護リフトの側面図. Side view of care lift.

2.2 設計: ハンガー部まわり

ハンガー部の俯瞰図を Fig.12 に、正面図を Fig.13 に示す。回転機構を搭載するために回転軸としてボルトを採用した。このボルトは 1176N の荷重に耐えられるものを使用する。リフト上部とハンガー部のアルミフレームに 12mm の穴を空け、ハンガー部の下からねじを通す形で固定する。リフト上部のアルミフレームの穴の上下にナットとばね座金を組み込むことで回転により緩むことを防ぐ設計になっている。また、ワッシャとスラスト軸受をボルトの頭とハンガー部の間に挟みこむことでスムーズな回転を行えるようにした。人工筋肉を接続する部分にはアイボルトを組み込む。

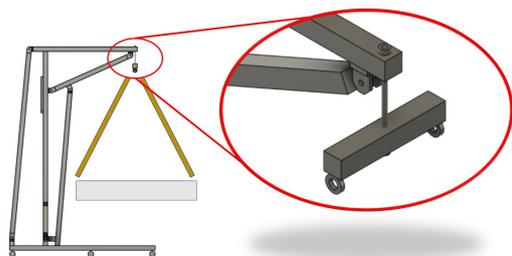


Fig. 12 ハンガー部の俯瞰図. Bird's-eye view of the hanger.

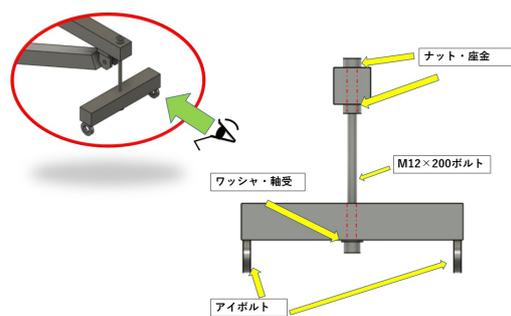


Fig. 13 ハンガー部の正面図. Front view of hanger.

2.3 McKibben 型人工筋肉

McKibben 型人工筋肉が収縮する様子を表した概略図を Fig.14 に示す。McKibben 型人工筋肉とは繊維を編んで作られたスリーブの中にゴムチューブを入れて両端を固定して作る人工筋肉である。この人工筋肉は空気圧をかけるとゴムチューブが膨らみ、両端がスリーブによって繋がれて固定されているため軸方向に収縮する。McKibben 型人工筋肉はゴムやスリーブといった軽く柔らかい素材でできているため、人に触れても怪我をしにくい。また、両端が密閉されており摺動部がないので、手を挟んで怪我をする可能性が少ない。更には持ち上げる機構にモーターやギアが組み込まれていないため、動作時に衝撃が生じにくい。両端には 3D プリンターで製作するターミナルを接続する。

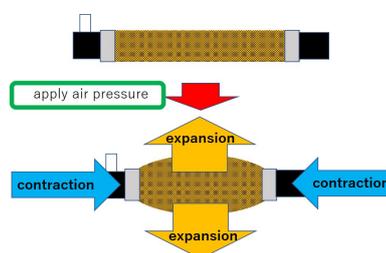


Fig. 14 McKibben 型人工筋肉の収縮. McKibben type artificial muscle contraction.

2.4 人工筋肉に求める仕様

今回介護リフトに使用する人工筋肉には以下の条件を求める。

垂直方向に 100mm(ベッドと車いすの座面の高低差)の収縮量

120kg(高齢者の体重 60kg × 安全率 2)を持ち上げる出力

これらの条件を満たすため McKibben 型人工筋肉を採用した。高齢者の体重は厚生労働省のデータを参考にした [7]。ベッドと車いすの座面の高低差は、介護リフトのシャーシが入る分のスペースを確保したベッドの座面の高さ 55cm と車いすの座面の高さ 45cm の差分である (Fig.15)。この判断は過去の実験に基づいて行った。その実験において 0.3MPa の空気圧をかけられた 900mm の McKibben 型人工筋肉が 40kg のものを 80~77mm 持ち上げたという実績がある。ちなみに McKibben 型人工筋肉よりも出力の高い軸方向繊維強化型人工筋肉を使うことも考慮したが、研究室の設備で製作可能な最大長さが介護リフトに用いるためには短かった。そういった状況も加味して、設備に関係なく製作できる McKibben 型人工筋肉を採用した。今回は人工筋肉を 4 本並列に並べ、被介護者を持ち上げる設計にした。

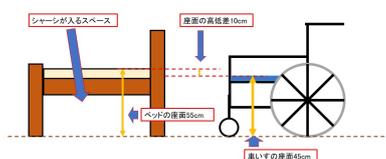


Fig. 15 ベッドと車いすの座面の高低差.
Height difference between the seat of the bed and the seat of the wheelchair.

2.5 結言

今回は床走行式リフトの設計案を提案した。今後は介護リフトの強度計算やそれに伴う寸法

修正や部材の見直しなどを行っていく。それらを行う際はフリーボディダイアグラムという各部品にかかる力やモーメントを記した図を用いる。そして、介護リフトが完成したのちに、それを用いて吊り上げ時の衝撃の調査や既存の介護リフトとの重量の比較などを行っていく予定である。

3. 参考文献

参考文献

- 1) 家族が抱える高齢者介護の負担 - 現状と課題 -, URL(https://www.jstage.jst.go.jp/article/agishiten/28/1/28_2/_pdf/-char/ja)
- 2) 床走行式リフト — 製品ラインアップ — ミクニのリフト【福祉・介護機器】, URL(<https://www.mikuni-la.co.jp/care/lineup/mighty-light1.html>)
- 3) アビリティーズ, グルドマン GH3+, URL(https://www.abilities.jp/fukushi_kaigo_kiki/fukusiyougu/idouyoulift/stair-lift/729600)
- 4) アビリティーズ, ささえ手, URL(https://www.abilities.jp/fukushi_kaigo_kiki/fukusiyougu/idouyoulift/703100)
- 5) 小田島 正, 大西 正輝, 田原 健二, 向井 利春, 平野 慎也, 羅 志偉, 細江 繁幸抱え上げ動作による移乗作業を目的とした介護支援ロボット研究用プラットフォーム”RI-MAN”の開発と評価
URL (http://onishi-lab.jp/riken/pdf/RSJ_2007_25_4.pdf)
- 6) MISUMI-NOVA, アルミフレーム強度目安表, URL (https://jp.misumi-ec.com/special/alumiframe/tech/capacity_guideline/?bid=bid_almf_wy_23_dt1.t.1_sc5129_20223)
- 7) 第 3 部 身体状況調査の結果, URL (<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou08/dl/01-03.pdf>)