

## 能動義手ケーブル用牽引力測定用ロードセルの評価

## －第2報：Clothes Pin Testによる動作比較－

## Evaluation of traction measurement load cell for Bowden cable control

2<sup>nd</sup> Report: Operation comparison with Clothes Pin Test

○ 加藤和久（東電大院） 大西謙吾（東電大院） 飯田拓大（東電大院）

高見響（東電大院） 須田裕紀（新医福大）

Kazuhisa KATO, Kengo OHNISHI, Takuhiro IIDA, Hibiki TAKAMI, Grad. School of Science & Engineering, Tokyo Denki University  
Hironori SUDA, Department of Prosthetics & Orthotics and Assistive Technology, Niigata University of Health and Welfare

**Abstract:** Quantitative evaluation based on the measurement of Bowden cable traction in a body-powered prosthesis are very rare yet important to improve the motion efficiency of the prosthesis. This report targets to measure, record and evaluate the using condition of body-powered prosthesis during daily life. A sensor unit to record the traction and to measure cable excursion are designed and prototyped. In this report, we attached the load cell in the cable of quasi-body-powered prosthesis, and tested with Clothespin Test. The sensor signal of the load cell during Clothespin Test showed small variance between the trials and subjects. From this result, the load cell will be evaluated under multiple task and modified to realize the measurement cable operation within the amputees daily living.

**Key Words:** Bowden Cable, Body-powered prosthesis, Cable tension,

## 1. はじめに

体内力源式能動義手(以下, 能動義手)は, 両側の上肢帯, ならびに切断側の肩関節, 肘関節を動かすことにより, ハーネスのケーブルハンガーと手先具間の距離が生まれ, コントロールケーブルに張力が発生し, 手先具の開閉を操作する<sup>(1)</sup>. 能動義手はコントロールケーブルの張力をハーネスを通じて知覚できることや, 把持力の調整が容易であり, 巧緻性の高い作業に適していることは知られている<sup>(2)</sup>. また, 能動義手に関しては, コントロールケーブルの要素技術に関する研究<sup>(3)</sup>はあるのに対し, 義手装着者の操作中のケーブル牽引力の測定に基づく定量的な評価に関する研究は少ない. そこで, 本研究では能動義手使用者の日常生活での義手の使用状態を記録し, 作業に応じたケーブルの牽引状態の定量的な情報の取得, 蓄積, 評価分析を可能とする計測・記録デバイスの開発を目的とする.

本報告では設計試作した牽引力測定用ロードセルを模擬能動前腕義手のコントロールケーブルに装着し, 模擬義手を着用した非切断者がClothes Pin Testの接近, 掴み, 移動, 放し, 離脱の動作の際の操作中の牽引力を測定し, 記録されたデータについて分析した結果を報告する.

## 2. 牽引力測定用ロードセル

ロードセルは, ケーブルの牽引力(最大53 N)を測定するため, 長軸方向の荷重による変形を感知するものとして, 直径10 mm, 全長35 mm, 質量3.8 g, 材質A7075のロードセルを設計, 試作した<sup>(4)</sup>(Fig.1). ひずみゲージ(共和電業, KFG-120-C1-23)を貼り付け, 2ゲージ法のブリッジ回路を構成し, 増幅回路にシグナルコンディショナ(UNIPULSE, U500)を使用した. 設計に当たっては, ロードセルはケーブルに取り付けて使用するの, 起歪体は質量, 慣性モーメントを小さくするため重心と中心が一致する円筒型, 引張荷重計測用としてS字形状にし, 寸法はひずみゲージ貼り付け部のひずみが大きくなるようSolidWorks simulationにて静解析を行い決定した. また, ロードセルのケーブル間中に取り付け, 固定するため, 起歪体の両端に孔を設け, ケーブルを孔挿入してねじで圧接結合させる方法とした.

増幅回路は携帯性を備えるようプリント基板に取り付け, ロードセルと300 mmのシールドケーブルでつなぐ形とした. 試作したロードセルは $0 \leq N \leq 58.9$ で較正実験を行い, 線形性があることを確認した.



Fig.1 Load cell

## 3. Clothespin Testによるロードセルの実用性評価

試作したロードセルを模擬能動義手のコントロールケーブルに装着し, 義手の動作訓練や作業能力評価に用いられる動作に対し, 繰返し計測が可能かを検証することでセンサとしての有効性を調査することを目的とする. 本実験では, Clothespin Test(以下, CT)中の接近, 掴み, 移動, 放し, 離脱の動作中のケーブル牽引力信号を測定し, 信号の変動傾向を確認することで, 評価を行った.

CT<sup>(5)</sup>に用いるPinch Exercise(以下, PE)の機材はRolyan社製Graded Pinch Exerciserを参考に自作した. 洗濯バサミ, 洗濯バサミの初期位置の水平棒, 目標位置用の金網は, 洗濯ばさみが取り付けられた姿勢角度が保持できるように加工を施した(Fig.2). 洗濯ばさみの把持力は11 N, 寸法84×60.4×25 mmのものを使用した.

## 3.1 条件

本実験では模擬能動前腕義手の能動フックをコントロールケーブル操作し, CT課題を実行時のケーブル牽引力, 能動フックの空間中の位置姿勢とフックの開き角度の関係

を分析して，ケーブル牽引力信号を評価する。

能動フックには Hosmer5XA，輪ゴムは 2 個を用い，能動フックの空間中の位置姿勢とフックの開き角度は三次元動作解析装置（ノビテック，VENUS3D）を用い，マーカ 7 個を能動フックに取り付け，4 台のビデオカメラで記録した。ロードセルの出力信号はデータログにてサンプリング周波数 100 Hz で記録した。ロードセルの出力信号はオフラインで較正実験にて求めた換算式でケーブル牽引力信号に変換した。

CT は水平棒から金網の水平棒へ洗濯ばさみを移動させる動作を取り付け動作，垂直棒から水平棒へ洗濯ばさみを移動させる動作を取り外し動作とした。取り付け動作開始時は水平棒の設定した三か所に洗濯ばさみを被験者が把持しやすい角度で一様に取り付ける。取り外し動作も同様に洗濯ばさみを調整し金網の水平棒に取り付けた。PE の金網の底辺中心部を基準位置に設定し基準位置から (-125,274,0)mm の位置を下部，(27,396,0)mm の位置を中部，(126,596,0)mm の位置を上部の目標位置とする。また水平棒の洗濯ばさみの位置は，基準から(-125,100,190)mm の位置を左部，(27,100,190)mm の位置を中部，(126,100, 190)mm の位置を右部とし，印をつけた。

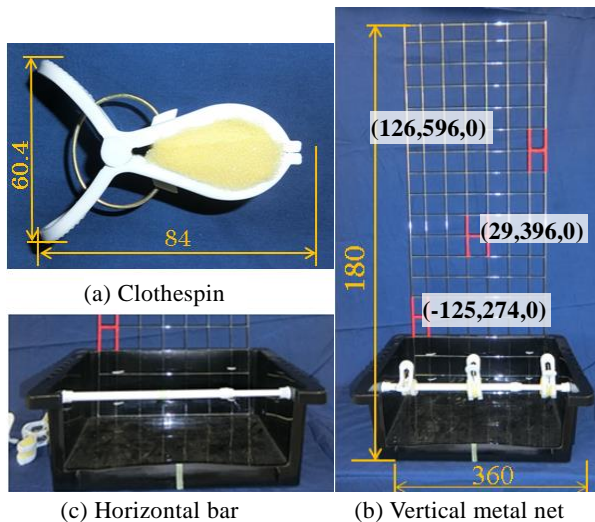


Fig.2 Pinch Exercise kit

### 3.2 手順

CT では被験者は模擬能動前腕義手を装着し，PE 前方で，床に印のある被験者立ち位置に立つ。被験者の臍前にフックを静止した姿勢を初期姿勢とし，初期姿勢から取り付け動作時は PE の水平棒に取り付けた洗濯ばさみへと接近，掴み，金網の水平棒に移動，放し，離脱を左から低，中から中，右から高の位置への順で洗濯ばさみを動かす。取り外し動作時は同じ動作を高，中，低の順で洗濯ばさみを水平棒に戻す。3 つの洗濯ばさみの取り付け動作，取り外し動作を各々 1 試行とし，各 5 試行を測定した。

### 3.3 結果・考察

本実験は被験者への事前説明への同意のもと行われた。被験者は右利き成人男性 2 名（身長・体重・年齢：A）177 cm・63 kg・22 歳，B）165 cm・50 kg・21 歳），ハーネスを調整し，事前に動作を繰り返し練習した後測定を行った。

ケーブル牽引力信号は 5 点間移動平均を用いて平滑化した。1 試行の取り付け動作の測定結果を Fig.3 に，取り外し動作を Fig.4 に示す。この結果から，一連の動作中に異常な変動は計測されておらず，装着環境を整えれば使用可能であることが確認された。また，取り付け動作と取り外し

動作では各々の動作時の最大ケーブル牽引力は手先具を移動させ，フックの開き幅を洗濯ばさみの把持部にケーブルを牽引して合わせたときに生じており平均 34.7 N 標準偏差  $\pm 1.5$  N，平均 34.6 N 標準偏差  $\pm 0.9$  N であった。

各被験者での最大ケーブル牽引力は，取り付け動作と取り外し動作が被験者 A では各々平均 34.9 N  $\pm$  S.D. 0.9 N，平均 35.9 N  $\pm$  S.D. 1.27 N，被験者 B では平均 33.6 N  $\pm$  S.D. 0.6 N，34.2 N  $\pm$  S.D. 0.7 N であり，被験者間での大きな差異はないものの適切に差は検出できることが確認された。

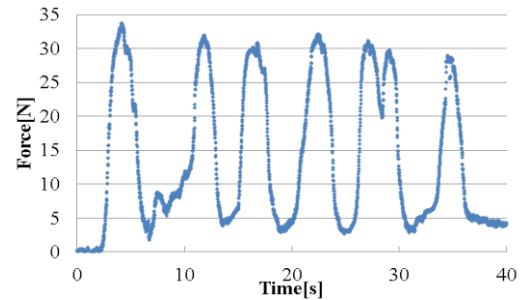


Fig.3 Traction force on cable when attaching clothespins

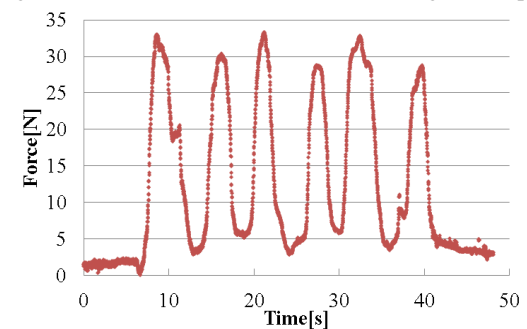


Fig.4 Traction force on cable when detaching clothespins

### 4. まとめ

試作した牽引力測定用ひずみゲージ式円筒型ロードセルを模擬能動前腕義手に取り付け，Clothespin Test 課題時の接近，掴み，目標点への移動，放し，離脱動作を測定した。測定結果からケーブル牽引力信号の連続的な測定，ならびに再現性が確認された。今後は動作と力の関係を分析をまとめる。

### 参考文献

- (1) 陳隆明，大庭潤平，義手による ADL 動作(日常生活動作)獲得—主として前腕切断者用筋電義手について—，日本ロボット学会誌，Vol.23，No.7，pp.773-778，2005.
- (2) 北山一郎，他 6 名，義手手先具の機能比較研究，人間工学，Vol.27，No.7，pp.240-241，1991.
- (3) 末田統，義手の感覚装置と義手の制御能力の評価，バイオメカニズム，Vol.1，pp.171-184，1972.
- (4) 加藤和久，大西謙吾，高見響，能動義手ケーブル操作記録計の開発，第 25 回ライフサポート学会フロンティア講演会論文集，第 25 回ライフサポート学会フロンティア講演会事務局，p.75，2016.
- (5) Anders L Fougner, et al., System training and assessment in simultaneous proportional myoelectric prosthesis control, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol.11, No.1, pp.75-87, 2014.