

## 野球の守備用義手手先具の設計

## Designing a Terminal Device of a Upper Limb Prosthesis for fielding in Baseball

○ 大西謙吾 (東電大)

Kengo OHNISHI, Tokyo Denki University

**Abstract:** This paper reports on the development and mechanical design of the upper limb prosthesis terminal device for fielding in baseball. Prosthesis for recreation purpose is becoming more important due to its ability of enhancing the amputees to participate in sports activity. Developments of lower limb prosthesis for athletic sports has becoming more acknowledged, however, little has been conducted for upper limb prosthesis, especially for devices designed for bilateral upper limb amputees. This research focuses of the development of a terminal device to assist the amputee to play baseball. First, a terminal device for fielding is designed which concentrate on the catching function. The design consideration is defined and a fundamental experiment is carried out to assess and discuss the target of the improvement by comparing the results with the damping effect of a baseball glove at ball impact.

**Key Words:** Terminal Device, Upper Limb Prosthesis, Baseball, Ball Catching

## 1. はじめに

義手の研究開発は数多く行われているものの、その多くは、ハンド部の指の駆動メカニズムや制御手法であり、概ね義手の把持機能のみの議論でしかない。上肢切断者にとっては、義手が代替する手の開閉機能は基本的な機能であるが、それ以上に、義手を使用することで可能になる作業や活動、とりわけ、義手を使っての就業やレクリエーションといった社会参加につながるのかが重要である。冠婚葬祭などの行事に参加するにあたり、装飾義手や筋電義手は欠損部位を外観上補うことができるという点では、社会参加には十分有用性は高いといえる。しかしながら、装飾義手だけでなく能動義手も電動義手も、スポーツなどのレクリエーションにおいて、十分に利用されるものになっておらず、新たな義手の開発、設計、ならびに、適合評価方法に関する議論が必要である。

切断者のスポーツとして、バドミントン、テニス、ゴルフ、サッカーなどが行われているが、義肢を使用して競技を行うものとしては、陸上競技、自転車、アルペンスキーがあるが、おおむね義足を用いる競技である<sup>1)</sup>。高機能なスポーツ用義足<sup>2)</sup>の開発は、片側、両側に関わらず進んでいるのに対し、スポーツ用義手に関する開発は片側切断者用としては商品化されている<sup>3)</sup>ものの、その設計方法や適合評価方法については議論がなく、さらに両側切断者が使用できるスポーツ用義手は報告事例も極めて少ない。

本研究では、両側上肢切断者の障害者野球の参加を支援する義手の開発、設計を目標とし、使用者の要望にもとづき守備に必要な捕球・投球が可能な義手手先具の設計を進めた。本報告では、試作機の製作に至るまでの機能や仕様を選定、構造設計と試作機の基礎評価実験について述べる。

## 2. 開発・設計

義手は、目的とする作業に要する能力と現在の運動能力との差を埋める道具であることから、その機能を定めるにあたり、目的の作業の分析を行い、使用者の運動力を定めた。まず、目的とする野球の守備に求められる上肢の機能を、大きくわけ捕球と投球した。捕球においては、ボールの速度を手先具内でゼロに減速すること、投球は上肢の運動をボールに伝え加速できることとした。また、投球動作は捕球動作が行われた後に実施されることから、捕球機能が投球の必要条件とした。捕球機能としては、グラウンド上

で停止したボールを拾えること、さらに、グラウンド上を転がる、もしくはバウンドするボール、ならびにフライ、ライナーの飛球を扱えることとした。投球においては、目的とする到達点に向って方向と距離を調整することが可能であることとした。使用者の運動能力を定めるにあたり、使用者は、成年男性、両側上肢切断(右肩離断、左前腕切断)とした。肩関節、肘関節の可動領域、筋力は投球を行う上で十分とするものの、残肢(前腕)の長さは、橈骨の回内外を確認できる長さはないとした。

以上から設計する義手の機能、ならびに仕様を次のように定めた。

- 捕球機能と投球機能の両方を備えるものとする。捕球から投球には腕の動きだけで移行できるようにする。
- 外野守備用とし、20mの高さから落下する軟式野球用ボールを捕球できること。捕球は肩より低い位置で行うものとし、基本姿勢で手先具の捕球面は鉛直上向きとなるようソケットには接合されている。
- 水平距離で30mボールを投げられることを目標とする。投球は前腕の回内外がないことの代償運動を伴い、練習を通じ目標距離が達せられることとする。下投げ、横投げの腕の振りでの投球ができることとする。
- グラウンドでの使用のため、耐塵性、耐候性を備える。
- 軽量でかつ衝撃吸収を繰り返す使用条件、ならびに普段のメンテナンスが可能でないことから、短期間での交換を前提とし、再製作が簡易でかつ廉価であることとする。

なお、装飾性も重要な要素であるが、試作機においては形状等に反映しないこととした。詳細設計にあたり、材料として廉価で入手しやすく加工性に優れる硬質ポリ塩化ビニルをフレーム部に用いることとした。形状は、市販のTRS社の捕球用手先具に用いられているラクロスのクロスや、「スカイキャッチ」等の商品名が市販されている遊具を模倣することとし、外枠フレームと網目状のネットからなる構成とした。フレームについては、捕球時の衝撃に対し強度が担保されるよう接合面がない環状とすること、主に切削加工と硬質ポリ塩化ビニルは熱可塑性を活用し工業用ドライヤーで加熱し成形できるように、硬質ポリ塩化ビニル薄肉管を用い、切断面を工夫した。寸法は、前腕の長さや、障害者野球の公式球の直径が72mmであることを加味し、外径114mmの管を用い、全長270mm、全幅150mmの手先具を

試作した．ネットには，0.5mm厚の天然ゴムシートを用い，リベットでフレームに固定した．図1に試作した手先具を示す．



Fig. 1 Prototype terminal device for fielding

### 3. 実験

試作した手先具の捕球機能の評価実験として，落下するボールの捕球時にフレームの根元に伝わる衝撃（加速度）信号の減衰特性を野球グローブと比較した．ボールは，手先具のネットの中心に，グローブではポケットに落とすこととし，ボールを1, 1.5, 2mの高さからそれぞれ2回ずつ落とした．手先具は，ボルトで支柱に固定し，グローブはY字状の硬質ポリ塩化ビニルのフレームにはめ，フレームをボルトで支柱に固定した．なお，グローブはフレームに対し動きが生じないよう形状を整えた．衝撃による振動は，3軸加速度センサモジュール（カイオニクス社，KXM52-1050）をフレームの支柱固定の固定ボルト部に隣接してねじで固定し，信号を計測，記録した．

1.5mの高さからボールを落とす際の手先具とグローブの実験結果を図2に示す．手先具では，ボールは1.5, 2mの高さの全試行ではネットから跳ね返り，ボールがこぼれたのに対し，グローブでは，全ての試行でボールを停止できた．ボールを停止できた試行では，いずれも図2下の様な減衰波形を示したのに対し，ボールが跳ね返った試行では大きな振幅が0.5sまで続いた後に急激に振幅が小さくなる傾向を示した．また，図3に示すように，手先具の振動の整定時間を1.5mと2mで比較すると，2mのほうが短い結果となった．

この実験結果より，試作した手先具の捕球機能はグローブと比べ著しく劣ることが定量的に確認できた．まず，衝突時の速度の大きい2mの条件で整定時間が短縮した理由として，ボールの跳ね返り速度が大きくなり，ネットから短時間で離れることによる影響と考えられる．このことから，整定時間を安定させることをまずは目標とする．これには，フレーム部の幅，長さやネット部の張力，ベルトの硬さ，厚さ，長さ，幅，本数などが影響するものとして，特性を調整する．なお，実験は，ボールが手先具から跳ね返ることから2mまでで終了したが，20mの高さのフライまで捕球できることを目標とすることから，20mの高さまでのグローブの減衰特性を計測し，特性を近似させるよう，調整することで手先具の捕球機能の改良を進める．また，捕球機能の向上が図れた後に投球機能の評価を行うとともに，ソケットに接合し，使用評価を行い，改良を行う．

### 4. まとめ

切断者の社会参加を支援する，レクリエーション用義手の開発，設計について示した．義手の手先具の機能，仕様を定め，試作の評価として，ボール捕球時の衝撃波形の減

衰特性を計測し，グローブと比較した．今後は改良設計・評価実験を進め，実用に至りたい．

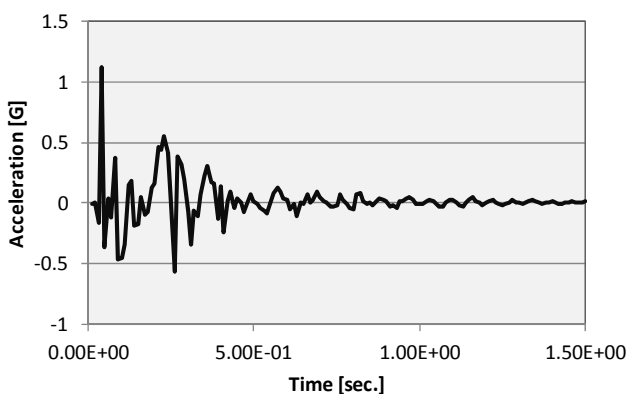
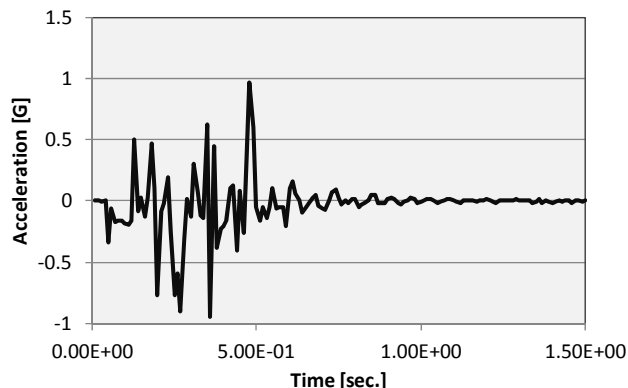


Fig. 2 Experimental result of the acceleration at ball catch with the prototype terminal device, top, and a baseball glove, bottom.

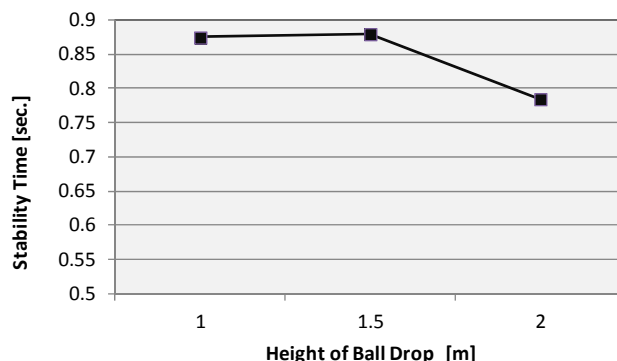


Fig. 3 The stability time of the prototype terminal device in relation to the height of the ball drop

### 謝辞

本研究を進めるにあたり，有益な助言をいただいたタカハシ補装具サービスの義肢装具士の高橋功次氏，ならびに障害者野球チームの埼玉ウィーズの諸氏に感謝申し上げます．

### 参考文献

- (1) 千住秀明,大峯三郎, 橋元隆, 義肢装具学, 神陵文庫, 2008
- (2) 白井二美男, 障害者スポーツと義肢装具—パラリンピックの現状—夏季パラリンピック：陸上競技と義肢, 日本義肢装具学会誌, Vol.24, No.2, pp.119-125, 2008.
- (3) TRS Inc. <http://www.oandp.com/products/trs/>