

# 柔軟ひも状構造物を用いたキャスティングシステムに関する研究

## Casting system using flexible string

プロジェクト代表者: 渡邊鉄也 (工学部・助教授)

Tetsuya Watanabe (Dept. of Mec. Eng. Associate Professor)

### 1. 緒 言

フライフィッシングは15世紀頃に英国で始まり、現在のようなスタイルになったのは19世紀後半から20世紀始めである(1)。そして、昭和の初期に日本に伝わってきたといわれている。フライは魚が捕食するカゲロウ、カワゲラあるいはトビケラなどの水生昆虫を模倣した疑似餌であるため、小さく軽いものである。このような軽量物を飛ばす場合、軽量物自体の重さを利用しても飛距離が短い。そこで、ラインの重さを利用して軽量物を飛ばす方法が考え出された。日本古来の漁法としてテンカラがあり、この釣りもラインの重さを利用して毛鉤を投げるが、テンカラの場合、フォールスキャスト時にラインを伸ばすことが出来ない点で、フライフィッシングと決定的に異なる。現在、フライフィッシングは従来の日本のフィッシングスタイルとは異なる点でスポーツの1つとして位置づけられてきている。フライフィッシングではラインの重さで疑似餌となるフライを飛ばすという独特な方法をとっているため、フライフィッシングを行う上でキャスティングはマスターしなくてはならない事項である。フライフィッシングはさまざまな要素によって構成されているが、中でもキャスティングの占める割合は極めて大きい。キャスティングではラインの重さを利用して投げなくてはならないので、ラインを遠くへ飛ばすのは容易ではない。フライラインが簡単に飛ばない理由は2つある。1つは空気抵抗の影響であり、もう1つは飛行中のラインの形状が時間変化するため、ライン全体に力を伝えるのが難しいことである。空気抵抗を減らすにはラインループをコンパクトにし前面投影面積を小さくすればよい。ラインに力を的確に伝えるにはラインが歪んでいたり、しわが寄っていたりしてはならない。進行方向にまっすぐであり、ループの幅が狭いほどよいとされている。したがって、キャスティングをするに当たりフライラインの動きを如何にすべきかということがとても大切なことである。しかし、フライラインは柔軟なひも状の構造物であるため、その運動は複雑なものとなり、現象の把握やモデル化などが困難である。そこで、本研究は、スポーツ工学、人間工学的な観点から最適なキャスティング方法を明らかにしていくことを目標としている。フライラインあるいはひも状構造物の動的挙動に関する研究はさまざまあるが、実験的な検討はなされていないのが現状である。研究者は、フライキャスティングにおいて、リバウンド現象が生じることを発見した。これは、キャスティング後にロッドの角速度が再度増加する現象である。ここでは、特にリバウンドに着目し、現象およびキャスティングへの影響などを明らかにする。

### 2. ロッドとラインの挙動

#### 2.1 キャスティング実験

研究者が行った過去の実験では、ロッドのバット部に圧電型の加速度計や歪型の加速度計を設置してロッドあるいは腕の角加速度を測定していた。また、高速度カメラ(Photron Fastcam-PCI 512×480 Pixel)により撮影したデータから、ロッドの角度や角速度を求めていたが、数値解析の入力データとして用いるには精度の面で問題があった。そこで、ここでは角速度計(Silicon Sensing Systems)を用いた。角速度計はブリップ部に設置し、200Hzのサンプリングでデータを集録した。同時に高速度カメラでライン挙動データを集録した。ラインの長さは5m, 7m, 9m, 12mとした。ラインの長さとはロッドの先端からの長さである。

また、数値計算における計算の簡略化のため、手首は回転しないようにロッドのグリップと腕をひもで結んだ。また、ひじはテーブルの上に置き、回転以外の運動は極力しないようにした。キャスティングデータは経験者から採取し、風の影響を極力軽減するために体育館で計測を行った。

## 2・2 ロッド・ラインの運動軌跡

図1にライン長さが5mの場合のキャスティング実験結果の一例を示す。この図はフォワードキャストをしたときのロッドおよびラインの軌跡を 0.1 秒間隔で示したものである。ライン長さによるループ形状、ロッド形状の違いを把握することができる。

## 2・3 ロッドの角速度

図2に角速度計から得られた時刻歴波形を示す。ラインの長さはそれぞれ5m、7mである。図の正の部分がフォワードキャストで負の部分がバックキャストであり、フォールスキャストを繰り返したものである。これらのデータから繰り返しの周期や最大角速度、リバウンドについて解明していく。角速度データには微振動が含まれており、数値解析において影響をおよぼす恐れがある。そこで、角速度データにローパスフィルタをかけ、その振動成分を調査した。図3にライン長さ5mの場合のフォワードキャストの時刻歴波形とフィルタをかけた後の波形、そしてスペクトルを示す。フィルタ後の波形に注目すると、キャスト開始後、ロッドおよびラインに空気抵抗が作用し始めると微振動成分が発生し、時間とともに増加する波形となっている。そして、キャストが終了すると振動は減衰する傾向にある。振動数はラインが長くなると増加する傾向にあり、ラインが5mの場合は5.99Hz、7mの場合は6.92Hz、9mの場合は7.65Hz、12mの場合は8.57Hzであった。グリップ固定状態におけるロッドの2次の固有振動数が7.25Hzであることから、この振動はロッドの固有振動であり、空気抵抗などの外乱により励起されたものである。したがって、数値解析ではこの振動成分を除去した波形を用いる必要があることがわかった。

## 3. リバウンド現象

角速度の時刻歴波形にはピークが2つあることがわかる。1つめのピークはキャスト中の最大角速度を示しており、2つめのピークはキャスト後に生じている。図4の上図はライン長さ5mの場合のフォワードキャスト波形であり、下図は上図を微分して求めた角加速度波形である。角加速度波形に注目すると、負の最大加速度が生じている時刻でロッドの振りを停止させている。この部位をロッドストップと呼ぶ。その後、ロッド、腕、ラインの慣性により角速度は正の値となっているが減少する。その後、角速度が増加しピークを迎えて減少している。この現象をリバウンドと呼ぶ。図5はキャスティング中の状態を示したものであるが、ロッドストップの時にロッドは変形しており、その後リバウンド現象が生じている。この現象はラインやロッドの慣性力、空気抵抗によりロッドが変形し、その復元力やラインが前方に飛んだときのロッドを引く力によるものであると考えられる。そこで、ロッドあるいはラインの有無によりリバウンド現象が生じるのか調査した。図6にロッド、ラインの有無による角速度を示す。(a)はグリップのみ、(b)はロッドのみ、(c)はロッドに5mのラインをつけてキャストした場合である。(a)に注目するとリバウンドが生じていないことがわかる。これに対し(b)、(c)にはリバウンドが生じていることから、ロッドが存在しないとリバウンドは生じないことがわかる。したがって、リバウンドは主にロッドが変形した後の復元力が腕に作用して生じている。また、最大速度から最大リバウンドまでの時間(以降、リバウンド間隔と呼ぶ)はラインがある方が長いことがわかる。これは、ラインの慣性力により、ロッドが復元する時間が長くなったためである。図7にライン長さによる最大リバウンド速度を示す。この図から、ラインが長くなるにつれ、リバウンド速度も増加することがわかる。

図8にリバウンド間隔を示す。ライン長さによる顕著な差は見られないが、ラインが長くなると時間が短くなる傾向にある。これは、ラインが長いと最大角速度が速いため、ロッドの復元が速いことによる。図9に最

大角速度と最大リバウンドの比を示す。ラインが長いほど、比は大きくなることがわかる。ラインが12mの場合には最大角速度がリバウンドの3倍近くにもなっている。

本研究では特にリバウンド現象に注目し、現象およびキャスティングへの影響などを実験的に明らかにすることを目的とし、以下の結果が得られた。

- 1) キャスト時の時刻歴角速度にリバウンド現象が生じることがわかった。
- 2) フォルスキャストの周期はライン長さによる顕著な差は見られないことがわかった。
- 3) ロッドの最大角速度はライン長さに比例して速くなる傾向にあることがわかった。
- 4) リバウンド現象はロッドグリップのみでは生じないことがわかった。
- 5) リバウンド現象は主にロッドの復元力により生じることがわかった。

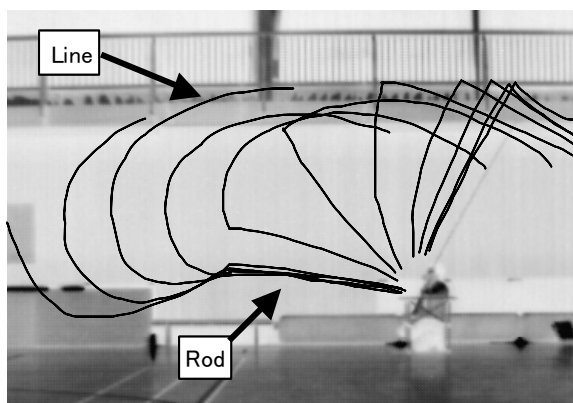
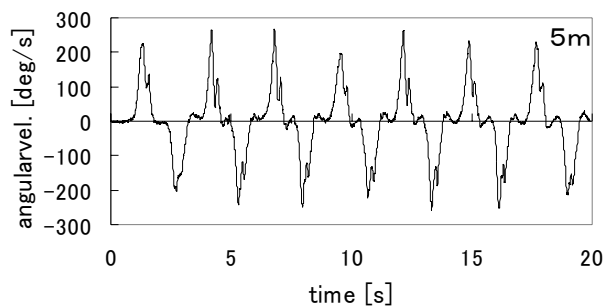
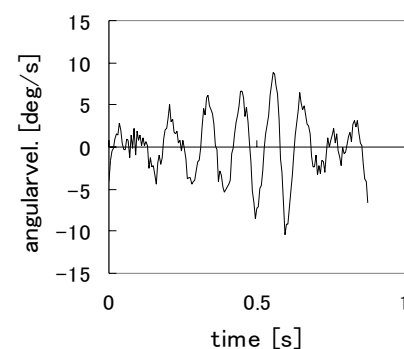
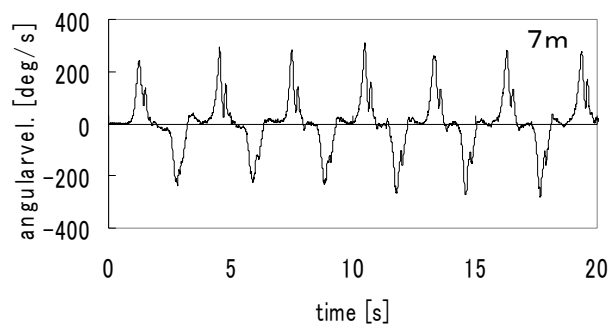
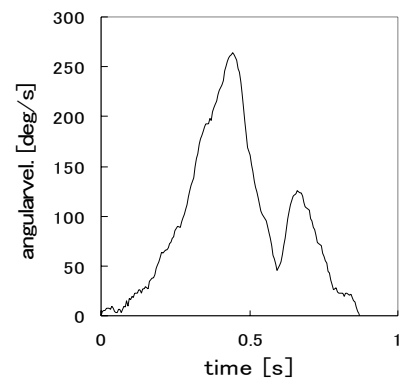


Fig.1 Casting experiment of forward cast



(a) line length 5m



(b) line length 7m

Fig.3 Forward cast wave with filter

Fig.2 Angular velocity during false cast

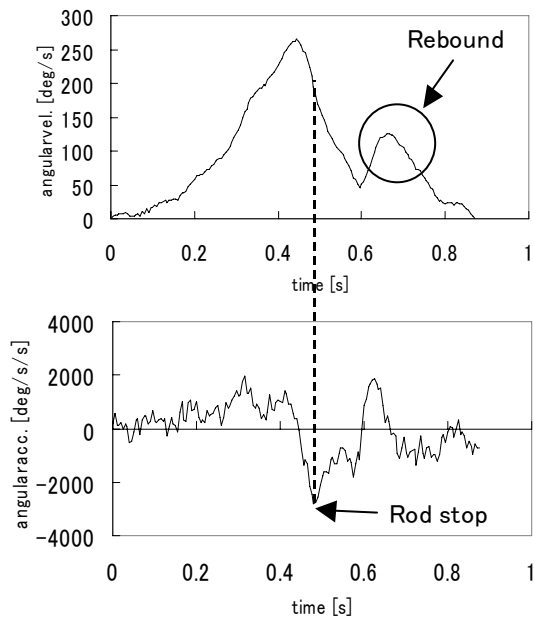
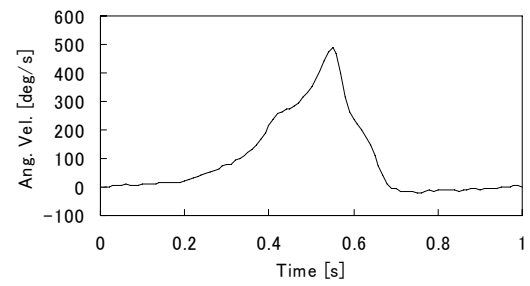
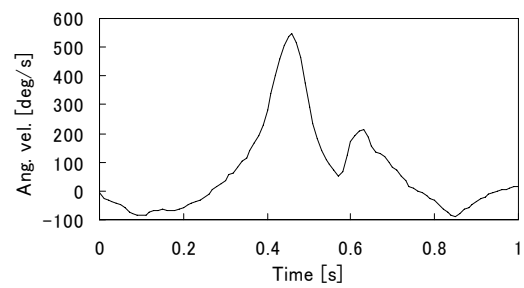


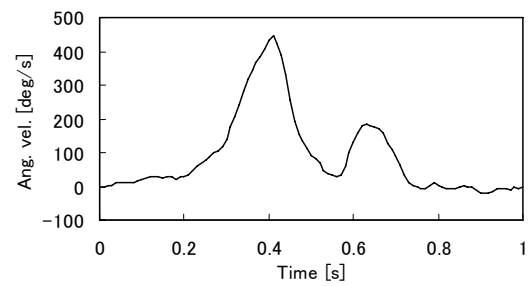
Fig.4 Rebound and Rod stop



(a) Grip



(b) Rod



(c) Rod and line

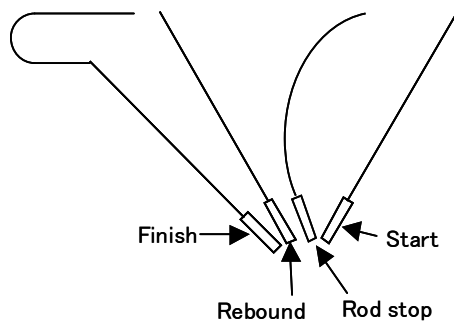


Fig.5 Casting condition

Fig. 6 Rebound with respect to rod and line

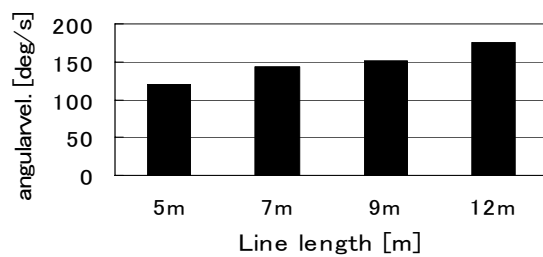


Fig.7 Max. rebound velocity

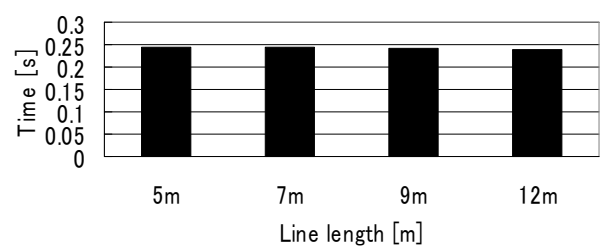


Fig.8 Time from max. vel. to max. rebound