

柔軟ひも状構造物を用いたキャスティングシステム

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

宇宙空間あるいは建設現場などにおいて、人的あるいは機械的アプローチが非常に困難な空間的に距離のある位置に軽量物を正確に配置する場合、軽量物の重さを利用してキャストしても届かない場合が多い。この場合、ひも状構造物の重さを利用して投げれば遠距離でも軽量物を正確に配置できるのではないかと考え、キャスティングシステムの着想に至った。本システムを構築する前段階として、キャスティング方法が類似しているフライフィッシングに注目し、現象の把握や数値解析を行うことを目的としている。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、スポーツ工学、人間工学の観点から最適なキャスティング方法を明らかにする。また、ロッドやラインなどの柔軟構造物の動的な実験を行う場合、その測定方法が難しい。そこで、動的挙動を正確に測定する方法も同時に確立することを目的としている。

本研究の目的を以下に列挙する。

- 1) ロッド、ラインなど、柔軟大変形構造物の運動を測定する方法の確立
- 2) ロッド、フライラインの運動の観測およびその挙動の解明
- 3) ロッド・ラインのモデル化および妥当性検証
- 4) ロッドの最適剛性、ラインの最適形状の推定

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。ここでは、フライラインの飛行モードを実験的に解明した結果を報告する。

2. フライフィッシングについて

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。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。フライはトラウト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擬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。フライラインは当初、鯨のひげや馬の毛で作られていたが、現在のフライラインはフローティングの場合、気泡を含んだビニールで出来ており、飛距離が出るようにテー

パが付けられるなど工夫がなされている。テープの付け方や表面のコーティングは各メーカーによって異なっている。フライフィッシング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の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。キャスト時のラインのループは図 1(a)のようにロッドティップが直線上を運動するようにするとループの幅が狭くなり、空気抵抗が少なくラインコントロールが容易である。これに対し、図 1(b)ではループの幅が広がるため、抵抗が大きく、ラインスピードが遅いので、コントロールは困難であるが、ソフトプレゼンテーションが行える。状況によってループ形状を変化させる必要があるが、通常はループ幅が狭くラインスピードが速い図 1(a)が望ましいと考えられる。そこで、本実験では、図 1(a)のループになるようにラインコントロールを行った。図 1(c)はロッドの変形量が大きく、ラインに力が伝わりにくい状態である。図 1(d)はロッドの回転速度が遅いため、ラインがループを描かないで落下する場合である。

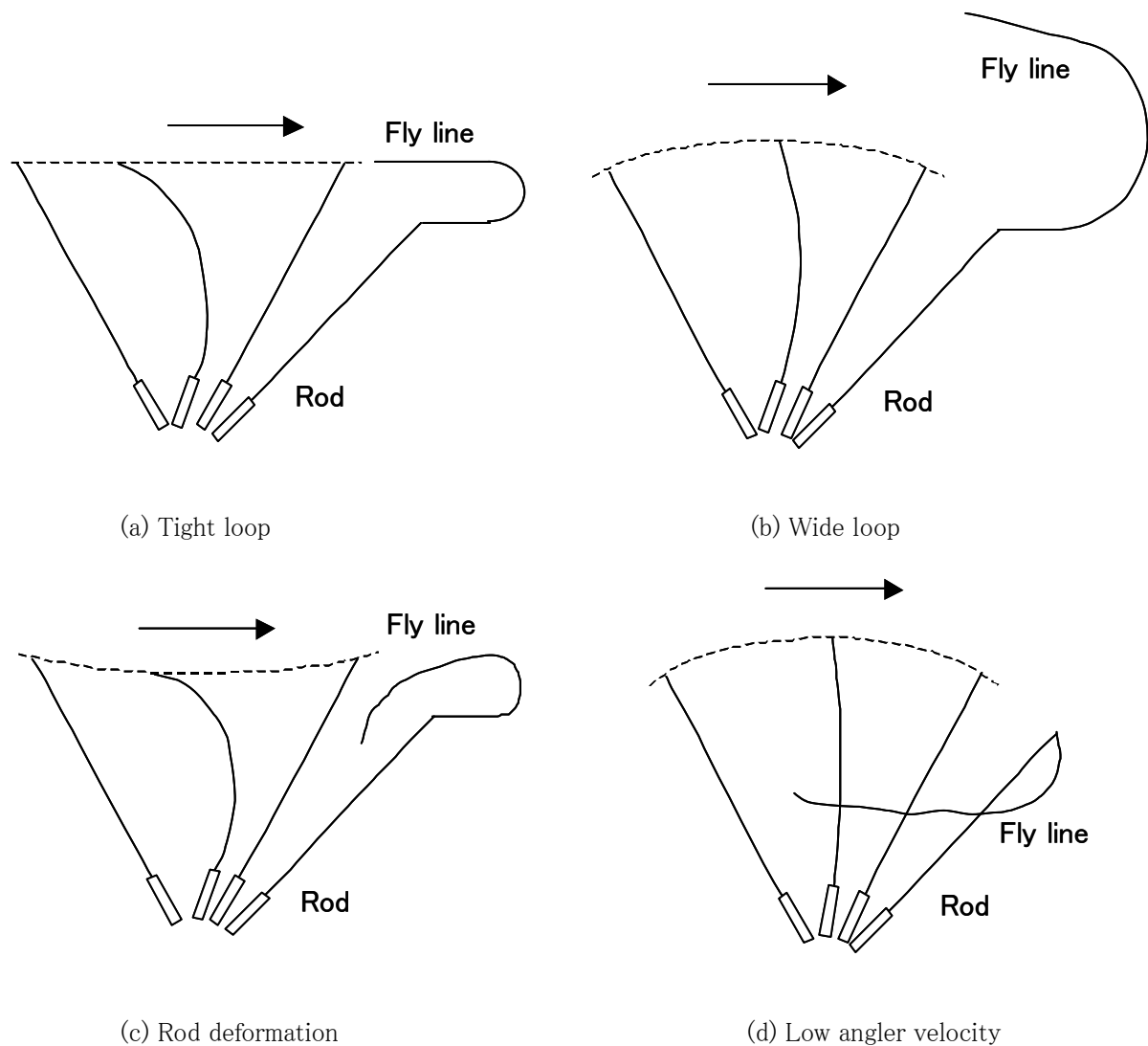


Fig.1 Casting mechanisms

3. ロッドとラインの挙動

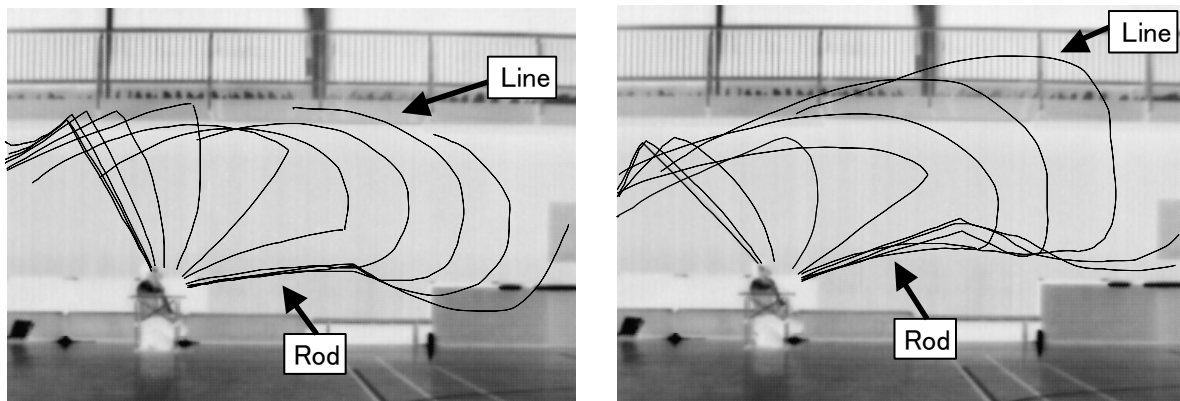
3.1 キャスティング実験

筆者ら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たが、圧電型の加速度計の場合にはロッドの弾性変形による荷重を測定してしまう、あるいは、低周波の運動の測定が困難であった。また、歪型の加速度計の場合には、重力の影響が生じてしまい、補正をしなければならないなどの問題があった。そこで、本研究では、画像情報からキャスティング運動を解明する。

ロッドとラインの動的挙動を把握するとともに、数値計算における入力データを得るために、キャスティング時の腕、ロッド、ラインの挙動を高速度カメラ(Photron Fastcam-PCI 512×480 Pixel)を用い、秒間30コマで撮影した。ラインの長さは5m, 7m, 9m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。

3.2 ロッド・ラインの運動軌跡

図2(a),(b)にそれぞれライン長さが5m, 9mの場合のキャスティング実験結果を示す。これら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。以降の節において画像処理データから定量的に腕、ロッド、ラインの挙動を解明する。



(a) Line length 5m

(b) Line length 7m

Fig.2 Casting experiment of forward cast

3.3 ロッド先端およびラインループ先端の速度

ここではロッド先端およびラインループ先端の運動を解明する。ラインループ先端とはロッド先端のx座標よりラインのx座標が大きくなる部位が生じた時間以降でラインのx座標が最大となる部位とした。その時間におけるロッドとラインの状態を図3に示す。

図4, 図5にそれぞれ5m, 9mの場合のロッド先端、ループ先端の挙動を示す。これらは、3回の実験結果を表示したものである。5m, 9mともにロッド先端の軌跡には再現性があることがわかる。ループ先端は9mの場合には再現性があるが、5mの場合にはばらつきが生じた。これは、ロッド先端の軌跡からもわかるように9mの場合に比較して5mの場合には軌跡が弧を描いており、ラインの運動エネルギーを増加させる

ことができず、コントロール性能が低下したことによると考えられる。次に、図6にライン長さによるロッド先端、ライン先端のx方向最大速度を示す。ロッド先端に注目すると、9mより7mの方が若干大きな値となったが、ラインが長くなるほど最大速度は速くなる傾向にある。また、ループ先端に注目すると、ラインが長くなるほど最大速度は速くなることがわかる。両者を比較すると、ロッド先端の方が最大速度は速いことがわかる。

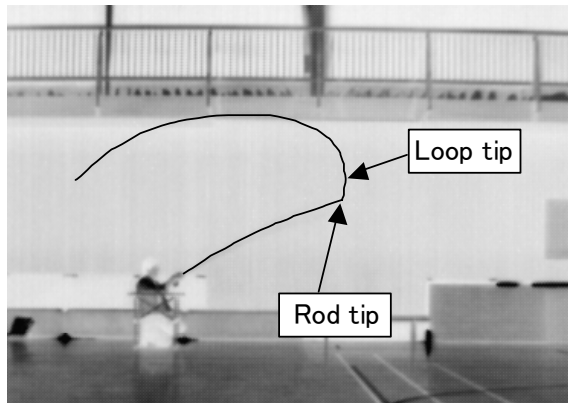


Fig.3 Rod tip and Loop tip

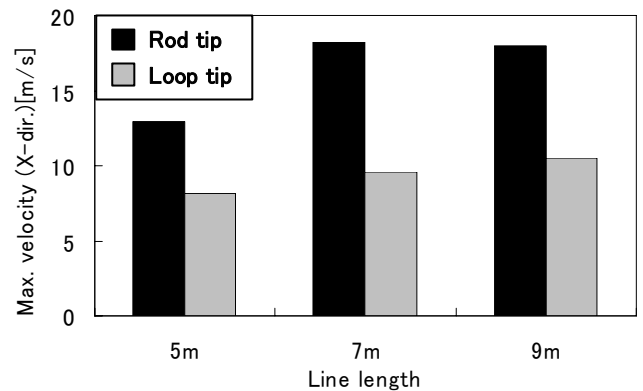


Fig.6 Max. velocity (x-direction)

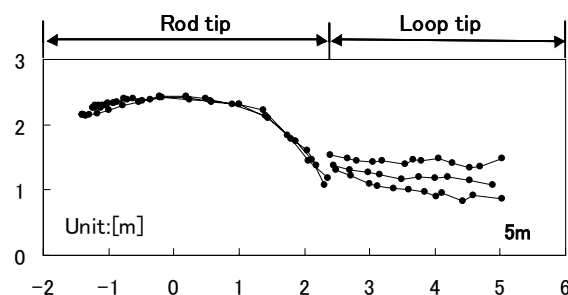


Fig.4 Trace of rod tip and loop tip(5m)

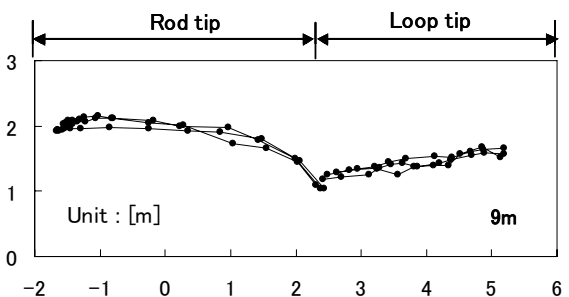


Fig.5 Trace of rod tip and loop tip(9m)

4. 結 言

本研究ではフライラインのキャストについて人間工学、スポーツ工学の観点から実験的な検討を行い、本実験の範囲内において以下の結果が得られた。

[1]ロッド・ラインの運動軌跡

- 1) 高速度カメラを用いた動画測定により、ロッドおよびラインの挙動を視覚的に把握することができた。
- 2) 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た。

[2]ロッド先端およびラインループ先端の速度

- 1) ロッド先端の軌跡、速度には再現性があることがわかった。
- 2) ロッド先端の軌跡が弧を描くとラインに加わる運動エネルギーが減少し、ラインコントロール性能が低減するという、フライフィッシングの原理を実証できた。
- 3) ラインが長いほどロッド先端、ループ先端の速度が速くなることがわかった。
- 4) ループ先端の速度よりライン先端の速度の方が速いことがわかった。