

# 一人計測班のRowing計測ガジェット 「CKG-50」開発史

- PENTAの漕法を科学する -  
(PENTAと共に歩んだ10年間の軌跡)

*for PENTA Rowing Club  
PENTA Photo Book 2021*

## 5. ボート (Rowing) の物理学

## 5. ボート (Rowing) の物理学

ボート (Rowing) は、オールを漕いで艇を進めるスポーツです。艇速やタイムには物理法則が関係します。ここでは、定理証明には深くは触れませんが、重要な物理法則や分析結果について、関連文献とその内容を紹介します。

- ・ 抵抗、抗力
- ・ 艇速一定の条件
- ・ 速度変化
- ・ 重心 (の移動)

- ・ オールにかかる力
- ・ エネルギー損失
- ・ 漕手の効率
- ・ 内部効率

これらは、PENTAの漕法の分析・評価、仮説設定など、ボード競技におけるデータ分析、普段の練習やレースに向けた戦略策定などに向け、重要な基礎となります。

タイムを決める決定的要因である加速度、速度を中心に、ローマオリンピックの頃からのRowing計測、力学、漕艇技術について振り返ります。

技術的な観点から、主に、下記の(方々の)文献をベースにまとめています。

Dr. Valery Kleshnevの「Biomechanics of Rowing」がRowing(特に計測分野)の集大成のように思います。

- ・「ローマへの道」, 青野洋 島田恒夫 佐藤哲夫;  
実質的に堀内浩太郎さんのコーチング記録。それについていった漕手も凄い。
- ・「Physics of Rowing」, Anu Dudhia;  
英語ですが題名通りの内容です。色んな言語への翻訳がありますが、日本語訳がまだない(一部試みられたようですが)
- ・「漕艇(エイト)に関する工学的的方法」, 鈴木勝雄;  
堀内浩太郎さんが推薦して投稿された模様。解析を最後まで理解するには難しい。  
ボートの物理的特性の解説は他ではあまり見ないが本質を表しており初歩として理解しておく価値がある。
- ・「The new 2nd edition of Biomechanics of Rowing」, Kleshnev Valery;  
NKやConcept2にも技術提供しているようです。Rowing Fasterの計測部分を担当。  
最新のRowing技術を学ぶのに必須のようです。  
10年位前に計測を始めたころからKleshnev Valery氏のBiorowのサイトは気になっていましたが、実はすごい方でした。
- ・「漕艇譜 5 ROWING MANUAL 2020」, 小沢哲史;  
ボートの技術や練習方法、コーチングに至るまで幅広く解説。日本国内におけるRowingのバイブル的存在。
- ・「‘TSUKUBA ROWING STYLE’」に関する研究(I) 田崎 洋佑, 齊藤 慎一, 鈴木 正成, 筑波大学体育紀要  
Health&Sport Science, Tsukuba Univ. 2:69-75. 1979  
筑波漕法に関する重要な研究論文であり、当時の様子を知る上でも重要な文献。
- ・「Rowing Faster 2nd Edition」, Volker Nolte;  
多分、海外でのRowingに関する教科書的な存在。

# ローマへの道

青野洋 島田恒夫 佐藤哲夫

1960年開催のローマオリンピックに日本代表  
として出場した東北大学クルーの活動記録

<https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>

漕法、速度、加速度に関する重要な記載を抜粋させていただきました。  
今では、ブレードも変わり、漕法に関して色々な科学的分析がなされていますが、  
60年近くたった今でも本質をついており、当時の技術の高さを感じます。

追記：改めて堀内浩太郎さんの凄さが感じられる資料です。ローゼンバークスタイルがベースのように見え、現在かなり確立された近代漕法と少し違うところがありますが、本質を突いた内容だと思います。  
島田さん、佐藤さんにも当時のオリンピックの様子など少しお話を伺う機会があり、大変興味深いものがありました。  
2010年頃？から本資料の作成を進められおり、完成の際にもご紹介いただきました。  
東北大学漕艇部の方が本資料を大切に後世に残すため、上記URLで参照できるようにされたようです。

## ローマへの道

<https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>

## 昭和33年度（1958）【加速度曲線分析】

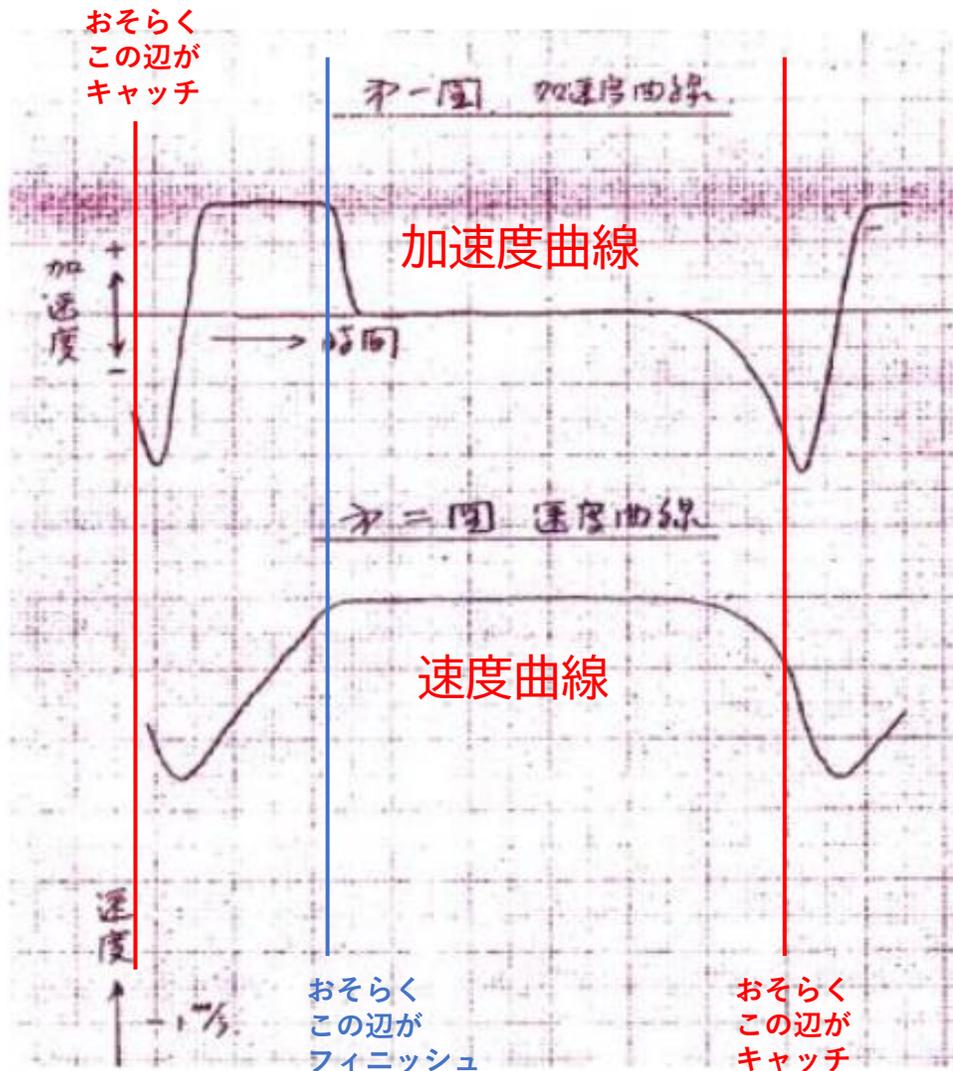
左側の曲線第一図は、キャッチから次のキャッチに至るワンサイクルで、どのように艇に加速度を与えればよいのか、理想的な曲線を示している。

漕手の揃った蹴り戻しはキャッチ前に鋭い谷間を描き、水を捉えた瞬間オールが撓って艇を加速し、強いストロークの後水を突き放してフィニッシュする。

この時、艇は最高速度を得て（第二図：速度曲線）次の加速まで水の抵抗を受けて次第に減速する。

この減速に見合うよう、フォワードにおいて漕手がゆっくりと艇を手繰り寄せていけば、艇速を落とさずに艇を滑らせ次のキャッチで加速するサイクルを維持していく。

基線より上の面積と下の面積とが等しい時、艇は一定速度で進む。



# エイトの（前後）加速度波形

「ローマへの道」 <https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>より

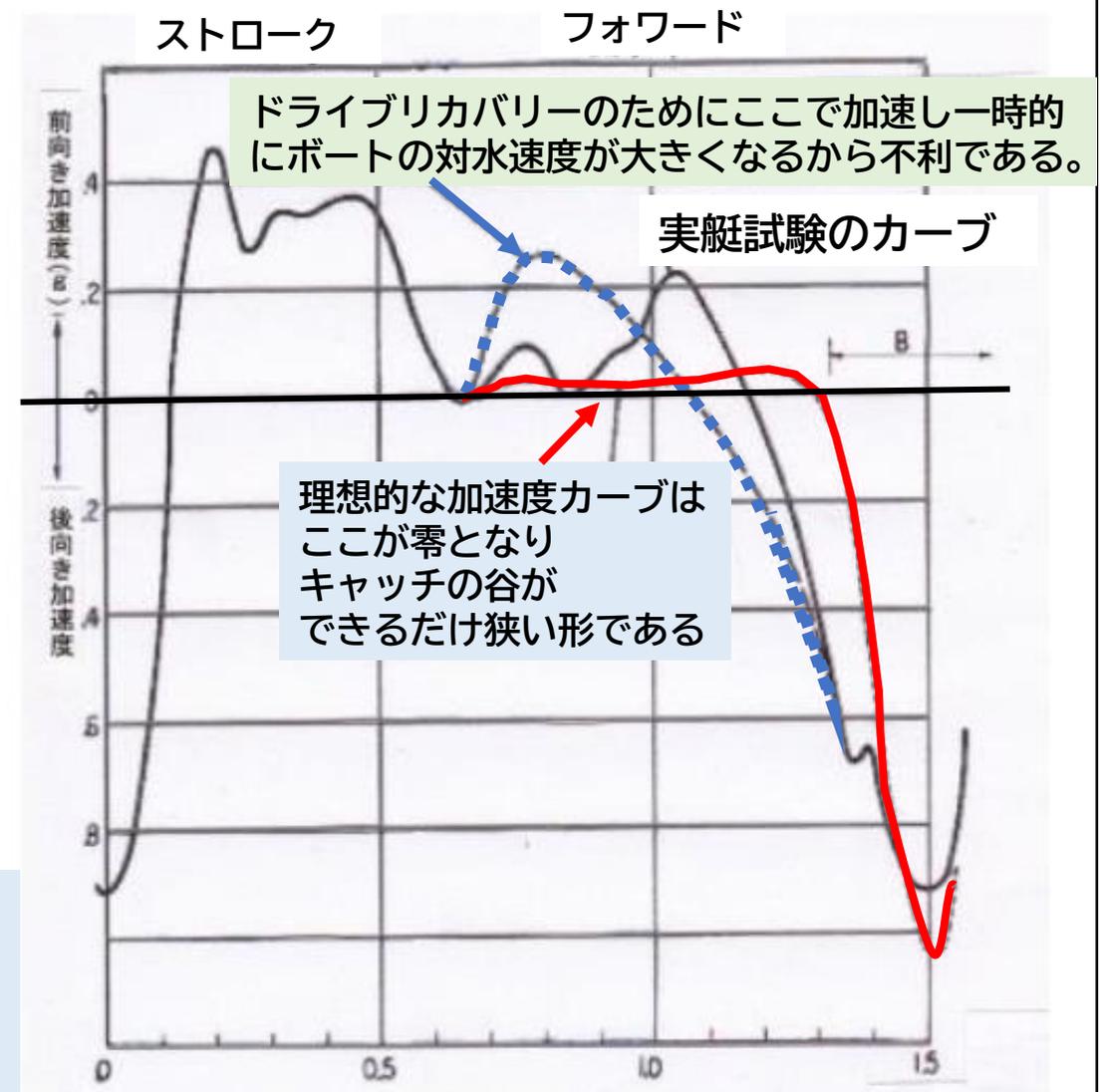
右の曲線は、早大エイトが防衛庁の研究水槽の中を漕ぎ、加速度を実測したものである。

キャッチでの谷間は深く、水を捉えて一気に加速している。

しかしこの曲線に解説してあるように、フォワードエンド近くで、加速フォワードの意識によるものか、ストラップを強く引っ張って艇を手繰り寄せしており、このため艇に水の抵抗が生じて艇速を落としている。

またフィニッシュ直後に腹筋を使って上体を起こすと、強くストラップを引っ張って艇に加速を与えるので水の抵抗を受ける。初歩的なクルーによく見られる曲線である。

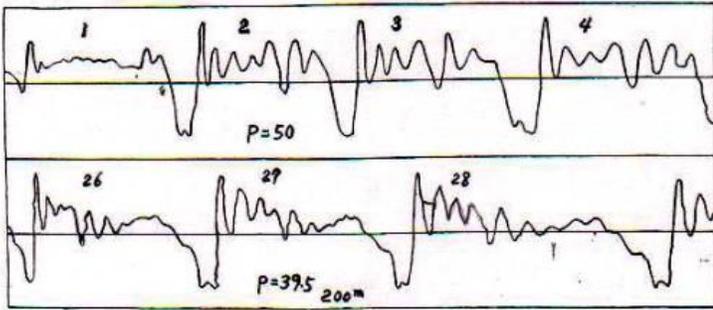
水をキャッチするためストレッチャーに漕手の全体重をかけて脚を蹴ると、艇にはマイナスの加速度を与える。ローイングボートにおいては避けられないことだ。マイナスの加速度はいくら大きくても構わない。しかし問題は**その時間**だ。



ローマへの道

<https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>

東北大



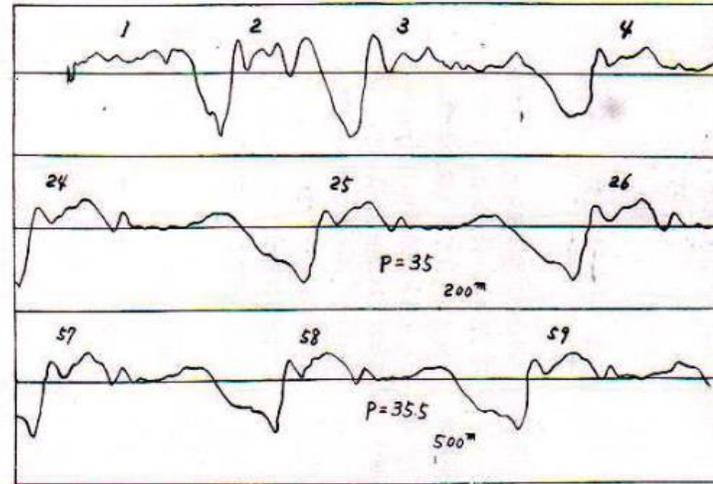
大学クルーの  
スピード調査

基本的漕法の完成をめざす

日本漕艇協会強化部長

谷古茂

東京工大



四年後の東京オリンピック大会をめぐってこのほど日本漕艇協会から一歩進んで従来の指導方針から一歩進んで科学的な視野に手を伸ばし本格的な指導強化策に乗り出した。

**速度計による調査**

その手始めとして戸田橋コースでローマ大会予選の出場候補クルーを集め、二回にわたって速度計

四年後の東京オリンピック大会をめぐってこのほど日本漕艇協会から一歩進んで従来の指導方針から一歩進んで科学的な視野に手を伸ばし本格的な指導強化策に乗り出した。

これは各クルーの艇上に加速度メーターを設けて千米を力走させ百米ごとにタイムをとって調査するもので、この結果スタートダッシュ時のスピードの変化、タイムとピッチの

関係等がはっきりデータに現われた。この調査研究の目的はデータに現われたピッチ、タイム、区間タイム、オール数と加速度計に現われたスピードのグラフを調べてそのクルーの欠点をはつきりつかむことで、欠点を指摘して是正するのに有力な役割を果たすことになった。

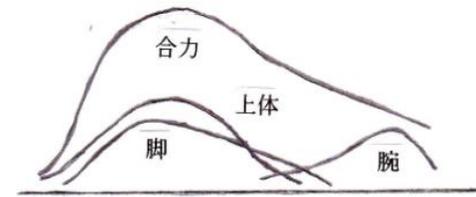
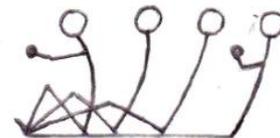
東工大 (風向順風)

東北大 (風向順風)

オール数	区間	タイム	ピッチ	巨離	オール数	区間	タイム	ピッチ
27	500	000	50	000	27	500	000	50

**【キャッチは脚で】** 艇を速く進めるためには、オールでつかんだ水を平らに一気に漕ぎ切ることが要諦である。そのためには水をキャッチしたら水流よりも速く引かなければならず、跳ね返りのスピードが必要となる。すなわち脚の蹴る力がキャッチの良否を決めるのである。腕だけでキャッチしたり、上体を起こしてキャッチすると、オールを引き切るバックスピードがつかないため、オールに押されて上体が倒れこむことになり、艇への加速は極めて鈍いものとなる。現在の漕姿は、まだ足腰の力が弱いため跳ね返りのスピードがつかず、腕を曲げたり上体を起こしてのキャッチであり、水を押すレンジが短く力も弱い。すなわち、脚、上体、腕の三つの力を同時に作動させているのである。この三力を分離して作動させていく必要がある。脚の持つ力とスピード、力の強い上体および力は弱いスピードのある腕、それぞれの特性を活かして艇に推進力を与えることがローイングの基本である。

現在は



これからは

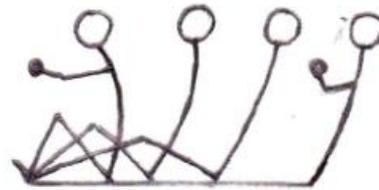


## 【キャッチは脚で】ローマへの道

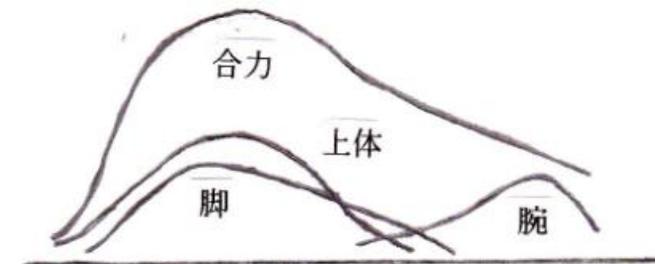
<https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>

艇を速く進めるためには、オールでつかんだ水を平らに一気に漕ぎ切ることが要諦である。そのためには水をキャッチしたら水流よりも速く引かなければならず、跳ね返りのスピードが必要となる。すなわち**脚の蹴る力がキャッチの良否を決める**のである。**腕だけでキャッチしたり、上体を起こしてキャッチすると、オールを引き切るバックスピードがつかない**ため、オールに押されて上体が倒れこむことになり、艇への加速は極めて鈍いものとなる。現在の漕姿は、まだ足腰の力が弱いため跳ね返りのスピードがつかず、腕を曲げたり上体を起こしてのキャッチであり、水を押すレンジが短く力も弱い。

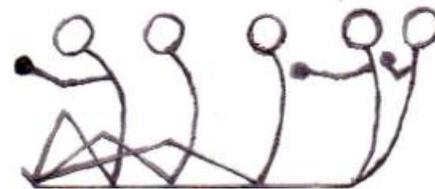
現在は



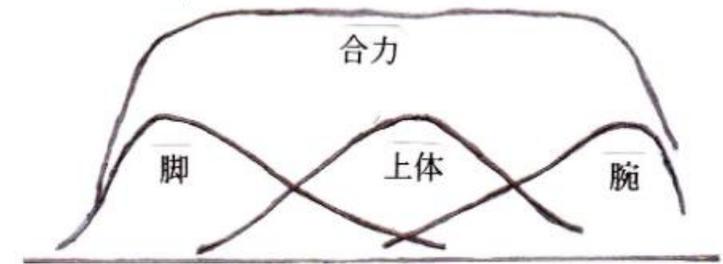
⇒ ⇒



これからは



⇒ ⇒



すなわち、脚、上体、腕の三つの力を同時に作動させているのである。この三力を分離して作動させていく必要がある。**脚の持つ力とスピード、力の強い上体および力は弱いスピードのある腕、それぞれの特性を活かして艇に推進力を与える**ことがローイングの基本である。脚が作動している間は、その働きを妨げないよう腕や上体はリラックスさせておく。**脚の働きが終わる頃、脚力によって飛ばされた上体のストロークによってローイングレンジを伸ばす**。そして**上体の役割が終わる頃、腕をシャープに引きつけ上体の残存バックスピードを吸収し、水を押し切る**のである。

## ローマへの道

<https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>

## 【キャッチは脚で】（続き）

脚が作動している間は、その働きを妨げないよう腕や上体はリラックスさせておく。脚の働きが終わる頃、脚力によって飛ばされた上体のストロークによってローイングレンジを伸ばす。そして上体の役割が終わる頃、腕をシャープに引きつけ上体の残存バックスピードを吸収し、水を押し切るのである。

## 【鍋蓋を回せ】

ローイングのイメージは、鍋の蓋を速く回転させるときと同じである。把手のゆるくなった鍋の蓋を垂直に持ち、この蓋を速く回転させようとすれば右手で蓋の縁を叩くだろう。こうして回転を始めた鍋蓋をさらに加速するためには、回数多く縁を叩いていく。しかし今のクルーは、右手で鍋蓋をつかんでほし掴んでほすのと同じ漕ぎをしている。これでは、艇を止めては漕ぎ止めては漕いでいる状況なので、なかなか艇は走らない。鍋蓋のイメージとは、つかんだ水を一気に引き切り漕ぎ放つスピードに乗ったローイングであり、鍋蓋の縁を叩くが如く、間断なく艇を加速していくことである。見方を変えれば、キャッチでブレードを水中に固定し、艇の原理で艇を進めるわけであり、ブレードをしっかりと水中に固定できないと艇はうまく走らないのである。

## 【ギャザーリング】

強い推進力を生み出すストロークは、ブレードがしっかりと水を捉えることから生まれてくる。そしてしっかりと水を捉えるためには、フィニッシュし終わってから次のキャッチまでのフォワードにおいて、上手に水を掴み飛び返れる体勢を作る「ギャザーリング」がスムーズに出来なければならない。リーチの不足、キャッチ前での上体の突っ込み、ブレードのスカイアップ、上体の起き上がり、ブレードの戻り、腕でのキャッチ、尻逃げ等々のいろいろな現象は、全てギャザーリングの悪さに起因したものであり、有効なストロークを引くことを阻害する要因である。8人揃ってスムーズなシットバックから柔らかいフォワードに移れるようになれば、自ずとバランスも良くなっていく。従って次のストロークに向けてのギャザーリングには、最も神経を集中してもらいたい。

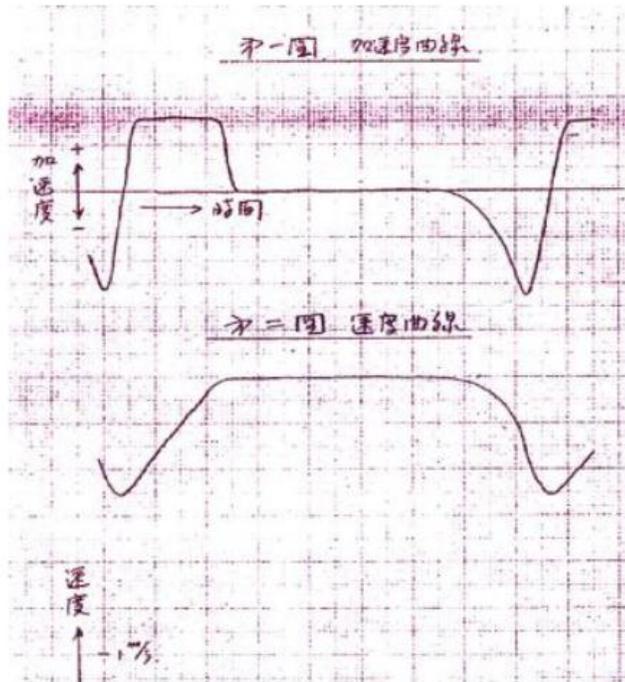
# ローマへの道 【加速度曲線分析】

ローマへの道

<https://tohoku-rowing.com/road-to-roma/>

加速度

速度



## 昭和33年度（1958）【加速度曲線分析】

左側の曲線第一図は、キャッチから次のキャッチに至るワンサイクルで、どのように艇に加速度を与えればよいのか、理想的な曲線を示している。

漕手の揃った蹴り戻しはキャッチ前に鋭い谷間を描き、水を捉えた瞬間オールが撓って艇を加速し、強いストロークの後水を突き放してフィニッシュする。

この時、艇は最高速度を得て（第二図：速度曲線）次の加速まで水の抵抗を受けて次第に減速する。

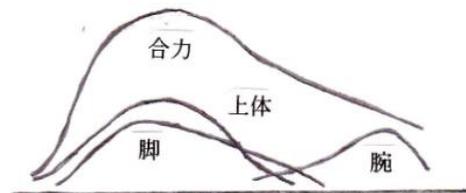
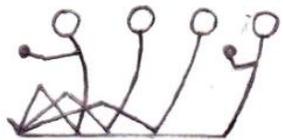
この減速に見合うよう、フォワードにおいて漕手がゆっくりと艇を手繰り寄せていけば、艇速を落とさずに艇を滑らせ次のキャッチで加速するサイクルを維持していく。

基線より上の面積と下の面積とが等しい時、艇は一定速度で進む。

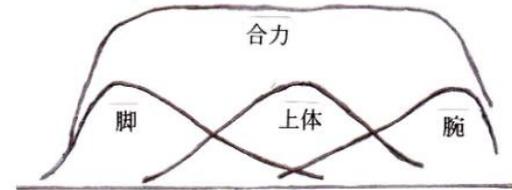
### 【キャッチは脚で】

艇を速く進めるためには、オールでつかんだ水を平らに一気に漕ぎ切ることが要諦である。そのためには水をキャッチしたら水流よりも速く引かなければならず、跳ね返りのスピードが必要となる。すなわち脚の蹴る力がキャッチの良否を決めるのである。腕だけでキャッチしたり、上体を起こしてキャッチすると、オールを引き切るバックスピードがつかないため、オールに押されて上体が倒れこむことになり、艇への加速は極めて鈍いものとなる。現在の漕姿は、まだ足腰の力が弱いため跳ね返りのスピードがつかず、腕を曲げたり上体を起こしてのキャッチであり、水を押すレンジが短く力も弱い。すなわち、脚、上体、腕の三つの力を同時に作動させているのである。この三力を分離して作動させていく必要がある。脚の持つ力とスピード、力の強い上体および力は弱いスピードのある腕、それぞれの特性を活かして艇に推進力を与えることがローイングの基本である。

現在は



これからは



# Physics of Rowing

<http://eodg.atm.ox.ac.uk/user/dudhia/rowing/physics/>

This site contains a series of pages covering the basic Physics of Rowing and, below, some frequently asked questions related together with links to where answers can be found.

## Contents

- [Basic Physics of Rowing \[FAQ\]](#)
- [Physics of Weight & Rowing \[FAQ\]](#)
- [Physics of Stream/Depth & Rowing \[FAQ\]](#)
- [Physics of Ergometers \[FAQ\]](#)
- [Bibliography & References](#)
- [Credits](#)

## Basic Physics of Rowing (Part of [Physics of Rowing](#))

### Contents

1. [Propulsion](#)
2. [Resistance](#)
3. [Kinetic Energy](#)
4. [Centre of Mass](#)
5. [Speed Variation](#)
6. [Balance](#)
7. [Levers](#)
8. [Gearing](#)
9. [Appendix: Newton's Laws of Motion](#)

## 2. Resistance

$$(2.2) \quad P = a \cdot v^3$$

**P:** power,  
**V:** verocity,  
**a :** constant

## 5. Speed Variation

If a crew rows 1 minute at 4 m/s, and then 1 minute at 6 m/s, the total distance they cover is  
 $60 \times 4 + 60 \times 6 = 600 \text{ m.}$  (5.1)  $W = 60 \times 4^3 + 60 \times 6^3 = 16800 \text{ Joules}$

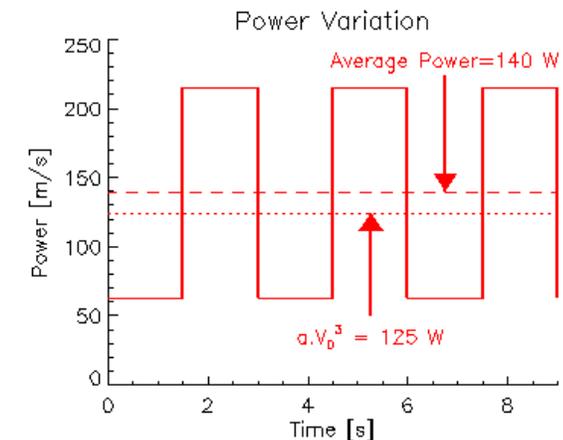
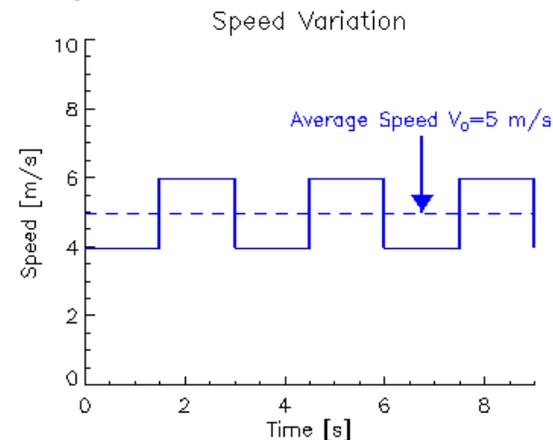
The average power over the two minutes (= work / time) is 140 Watts.

Suppose the same crew just rows 2 minutes at a constant 5 m/s. They will cover the same distance as before, but this time the total energy required is different.

$$(5.2) \quad W = 60 \times 5^3 + 60 \times 5^3 = 15000 \text{ Joules}$$

so the average power is also reduced, = 125 Watts.

This means **it is more energy-efficient to keep the same pace throughout a race** (or on an erg) rather than, for example, start fast and slow down, or start slow and speed up.



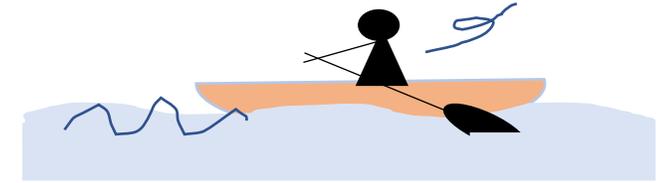
# 抵抗、抗力 (Resistance , Drag)

Physics of Rowing <http://eodg.atm.ox.ac.uk/user/dudhia/rowing/physics/>

## 2. Resistance (抵抗)

艇には様々な種類の抵抗がかかる。

- **Skin Drag**, due to friction between the hull entraining water along with the hull;
- **Form Drag**, due to turbulence created by the passage of the hull;
- **Wave Drag**, due to energy lost in creating waves.



(摩擦 (粘性) 抵抗)  
(形状抵抗)  
(造波抵抗)

**Skin Drag (摩擦 (粘性) 抵抗) が支配的で、80%  
空気抵抗は大きく変化する**

Drag : 抗力

**(2.1)  $R = a \cdot v^2$  摩擦抵抗は艇速の2乗に比例する**

R: Skin Drag (摩擦 (粘性) 抵抗), V: velocity (艇速), a : constant (定数)

**(2.2)  $P = a \cdot v^3$  艇速を一定に保つには、艇速の3乗に比例したパワーが必要**

艇速を一定に保つには、加えた力と抵抗が釣り合う必要がある。(加速度の変化は無し)

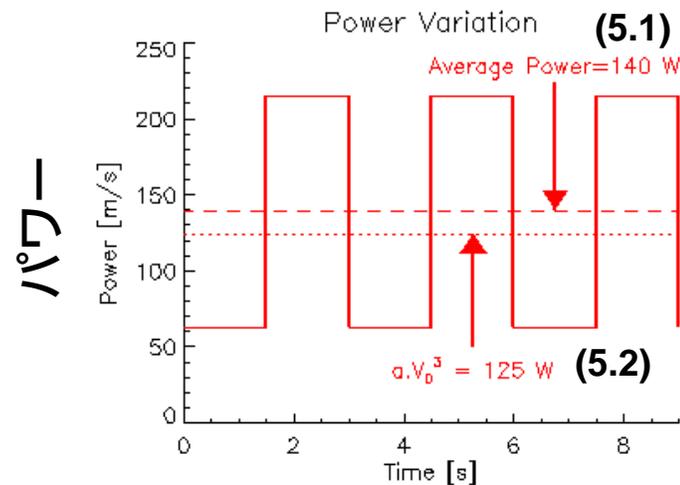
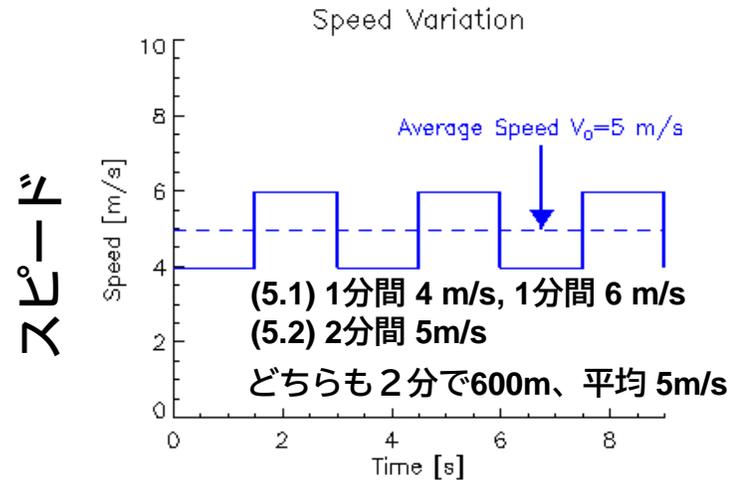
The average power  $P$  required (=force x velocity) is  $a \cdot v^2 \times v = a \cdot v^3$

P: power (パワー), V: velocity (艇速), a : constant (定数)

# マブチモータ理論？ 速度変化が少ないほうが有利

Physics of Rowing <http://eodg.atm.ox.ac.uk/user/dudhia/rowing/physics/>

(2.2)  $P = a \cdot v^3$  P: power (パワー), V: velocity (艇速), a : constant (定数)



## 5. Speed Variation (艇速の変化)

If a crew rows 1 minute at 4 m/s, and then 1 minute at 6 m/s, the total distance they cover is  $60 \times 4 + 60 \times 6 = 600$  m.

(5.1)  $W = 60 \times 4^3 + 60 \times 6^3 = 16800$  Joules 速度変化あり

The average power over the two minutes (= work / time) is 140 Watts.

Suppose the same crew just rows 2 minutes at a constant 5 m/s. They will cover the same distance as before, but this time the total energy required is different.

(5.2)  $W = 60 \times 5^3 + 60 \times 5^3 = 15000$  Joules 速度変化なし

so the average power is also reduced, = 125 Watts.

This means it is more energy-efficient to keep the same pace throughout a race (or on an erg) rather than, for example, start fast and slow down, or start slow and speed up.

平均速度が同じなら、速度の変動幅が小さいほうが必要とするエネルギーが少なくて済む。

つまり、同じペースを維持したほうがエネルギー効率が良い。

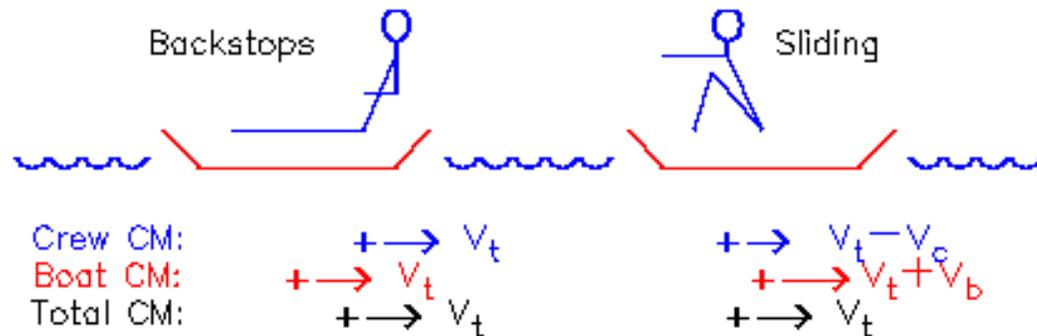
# 重心

Physics of Rowing <http://eodg.atm.ox.ac.uk/user/dudhia/rowing/physics/basics.html>

## Center of Mass (重心)

A rowing boat is not a solid body - it contains three separate components: (ボートは3つのパーツから成る)

1. Crew, representing 70-80% of the total mass; (クルー、重量は全体の70-80%)
2. Hull (and cox), representing 20-30% of the total mass; (船体とコックス、全体の20-30%)
3. Oars, representing less than 5%, which will be ignored. (オール、5%以下なので無視できる)



If a crew, mass  $m_c$ , is sitting still at backstops in a boat, mass  $m_b$  moving at velocity  $v_t$ , the total momentum of the system is  $m_c v_t + m_b v_t$ . If the crew then start to move sternwards at  $-v_c$  relative to  $v_t$ , the boat must move towards at a different relative velocity  $v_b$  to conserve momentum:

$$(4.1) \quad m_c v_t + m_b v_t = m_c (v_t - v_c) + m_b (v_t + v_b)$$

This gives (4.2)  $m_c v_c = m_b v_b$

If the crew are 80% of the total mass (i.e.  $m_c$  is 4/5 of  $m_c + m_b$ ), then  $m_c = 4 m_b$  so  $v_b = 4 v_c$ . If the crew move sternwards at  $v_c = 0.2$  m/s, the boat will move bowwards at an extra 0.8 m/s. In 1 second it looks to the crew that they've moved 1 m towards the stern of the boat, but to an outsider it looks like 80 cm of that movement was the boat moving towards the crew.

This is why the bows of a boat appear to surge after the finish of a stroke: although the blades have been extracted and are no longer accelerating the CM of the whole system, the crew's movement off backstops accelerates the hull forwards by an equal and opposite reaction.

漕手が艇尾方向に0.2m/sで動くと、ボートはさらに0.8m/sバウ方向に動く。クルーが1秒間に1m艇尾に向かって動いても、外からは80cmの動きにしか見えない。

ブレードが水中から抜け、全体の重心が加速していないにも関わらず、クルーのバックストップからの移動は艇を前方に加速させる。

関西造船協会誌 第2018号 平成4年9月

## 漕艇（エイト）に関する工学的な方法

鈴木勝雄

防衛大学校 機械工学教室

Rowingの物理学的本質が端的に表現されています。一部抜粋させていただきました。動的な解析の説明もありますが、理解の難易度が高かったため割愛しました。

艇速を一定に保つ条件[法則1], 増加させる条件[法則2]はとても重要な考え方（整理の仕方）だと思います。ニュートン力学に基づいたボートの力学についての解説が多い中、このような説明は他では見た記憶がないです。中盤から後半にかけての解析的な説明を理解するには、数学に関するより深い知識、工学ならではの近似の考え方、数値解析手法などが必要で、合わせて、最終的にはボートの本質を知る意欲が重要だと思います。

# 「艇速を一定状態に保つ」ための条件 [法則1]

関西造船協会誌 第2018号 平成4年9月  
漕艇（エイト）に関する工学的的方法

## [法則1]

艇の運動が周期的であれば、1周期の間に艇に働く  
全力積は0である。

上の法則を式で表せば以下となる。

$$\int_0^{T_C} R dt - \int_0^{T_F} T dt = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここでRは艇に働く抵抗、 $T$ はオールによる推力、 $T_C$ は1周期の時間、すなわちcatchから次のcatchまでの時間、 $T_F$ はオールのブレードが水中にある時間、すなわちcatchから次のfinishまでの時間を示している。

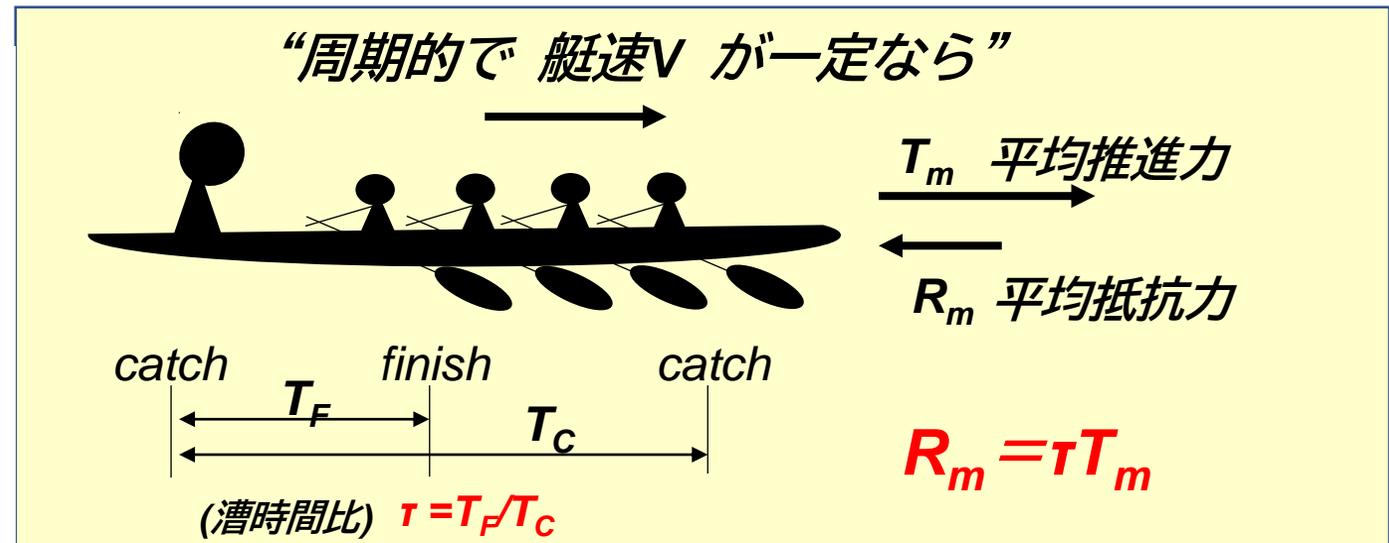
平均抵抗  $R_m$ 、平均推力  $T_m$ 、漕時間比  $\tau$  を以下のように定義しておくと、

$$R_m = \frac{1}{T_C} \int_0^{T_C} R dt, \quad T_m = \frac{1}{T_F} \int_0^{T_F} T dt, \\ \tau = T_F / T_C, \quad \dots\dots\dots(2)$$

法則1は次のように表される。

$$R_m = \tau T_m \quad \dots\dots\dots(3)$$

一般に艇速が大きい程  $R_m$  は大きいから、艇速を上げるには、平均推力と漕時間比の積を増大させればよいということになる。このことは当り前のように思えるが、艇速を増大させるための基本原理としてよく認識しておく必要がある。じっくりと良く水をつかまえ、大きな推力を出している漕法は、必ずしもピッチを上げた漕法に劣っているとは言えないということを示している。要は、大きな推力を出し、しかも推力を出している時間を相対的に長く取る漕法が速い艇速を産みだすということである。



# 「艇速を $\Delta V_s$ 増加させる」ための条件 [法則2]

関西造船協会誌 第2018号 平成4年9月  
漕艇（エイト）に関する工学的方法

## [法則2]

1周期（櫂漕1本）あたりの艇の運動量の増加は、艇の働く全力積に等しい。

すなわち、

$$W\Delta V_s = \int_0^{T_F} T dt - \int_0^{T_C} R dt \quad \dots\dots\dots(5)$$

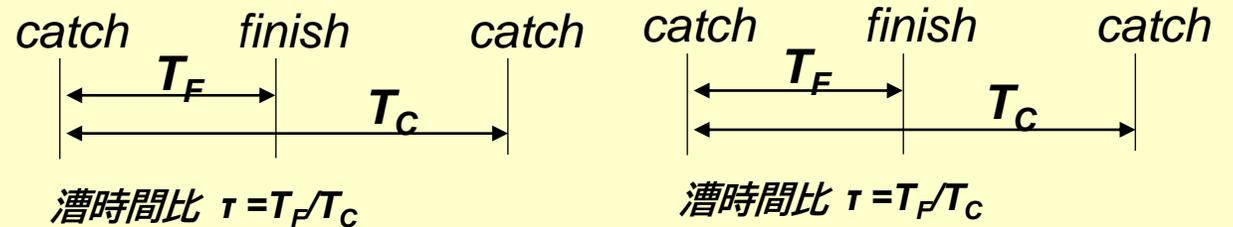
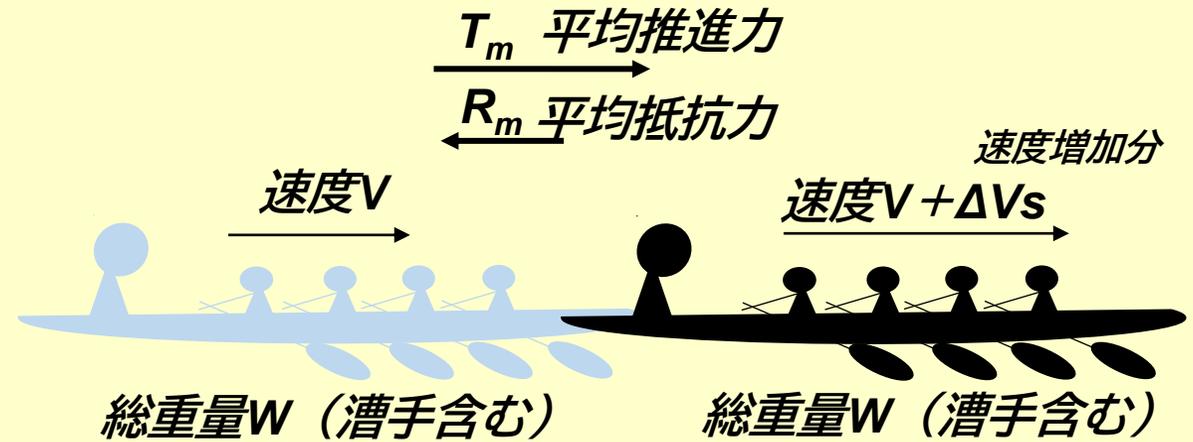
ここで $W$ は漕者を含めた艇の重量（質量）、 $\Delta V_s$ は1周期あたりの艇速の増加量を示す。式(2)を用いれば以下を得る。

$$\Delta V_s \cdot T_C = \frac{1}{W} (\tau T_m - R_m) \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここでも $\tau T_m$ は重要な役割を有している。

- ・ 総重量 $W$ が小さいほど速度を上げやすい
- ・ 抵抗力が小さいほど速度を上げやすい
- ・ 漕時間比が大きいほど、推進力が大きいほど速度を上げやすい

## “総重量 $W$ の艇の艇速を $\Delta V_s$ 増加させるには”



$$W \cdot \Delta V_s = (\tau T_m - R_m) / T_C \quad (1\text{周期当たりの力積の増分})$$

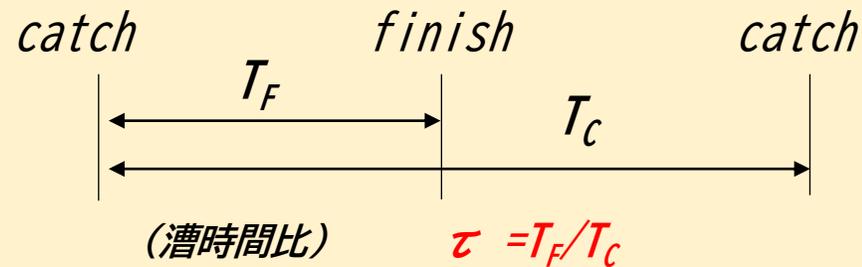
$$\Delta V_s \cdot T_C = (\tau T_m - R_m) / W \quad (1\text{周期での速度増分})$$

# 艇速を一定に保つ条件[法則1], 増加させる条件[法則2]

“周期的で 艇速 $V$  が一定なら” [法則1]



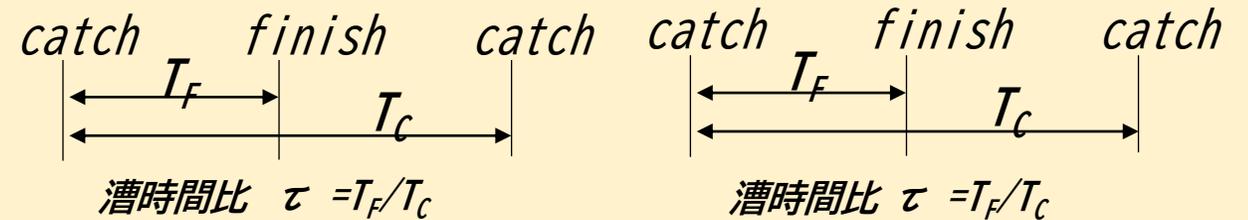
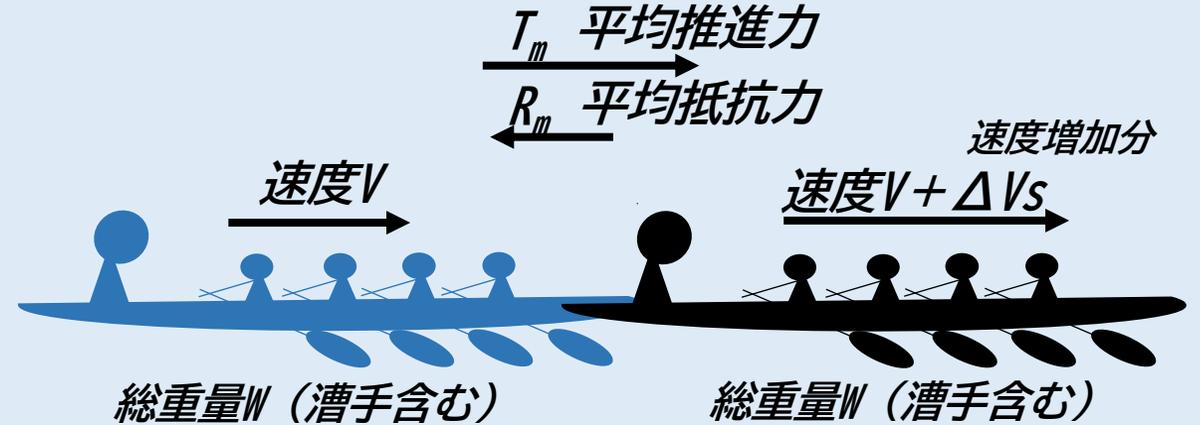
平均推進力と平均抵抗力がつりあう



$$R_m = \tau T_m$$

速度を上げるには、  
平均推進力と漕時間比を  
大きくする

“総重量 $W$ の艇の艇速を $\Delta Vs$ 増加させるには” [法則2]



$$W \cdot \Delta Vs = (\tau T_m - R_m) / T_C \quad (1 \text{ 周期当たりの力積の増分})$$

$$\Delta Vs \cdot T_C = (\tau T_m - R_m) / W \quad (1 \text{ 周期での速度増分})$$

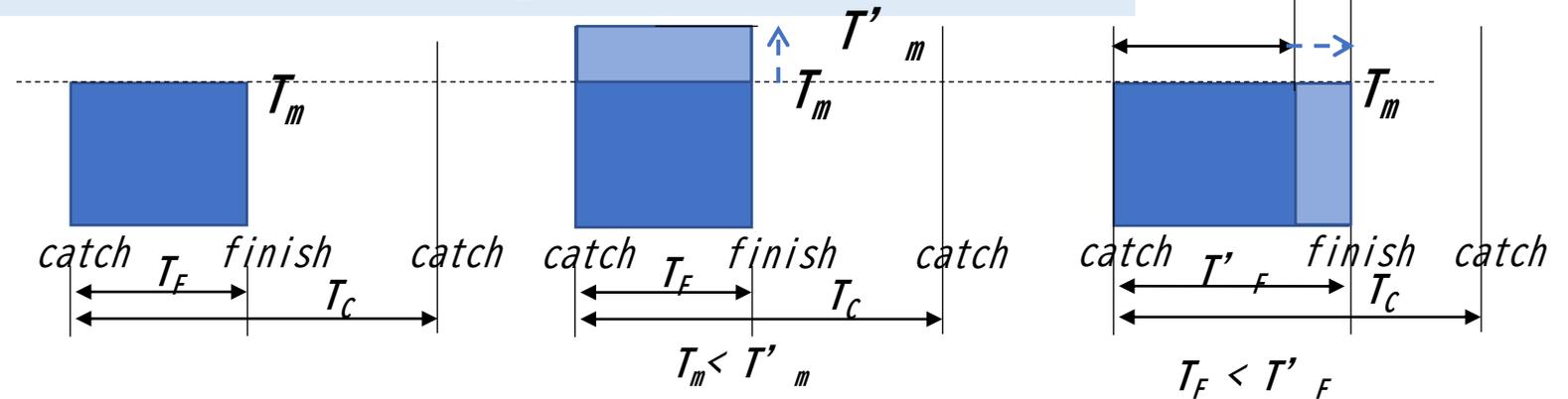
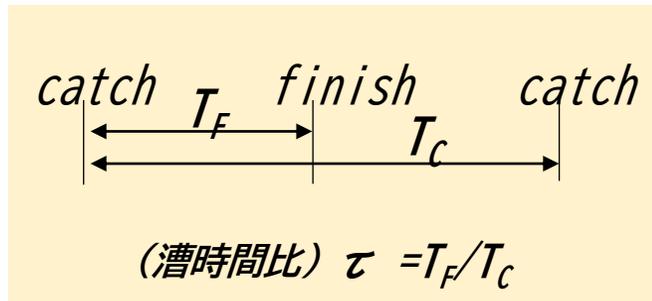
- $\Delta Vs$  増加させる
- ・ 総重量 $W$ を小さくする
  - ・ 抵抗力を小さくする
  - ・ 漕時間比と平均推進力の積を大きくする
  - ・  $T_C$ を小さくする

# [法則1, 2] について一度まとめてみる

## [法則1] “周期的で 艇速V が一定なら (一定に保つには)”

$$R_m = \tau T_m \quad R_m : \text{平均抵抗力} \quad T_m : \text{平均推進力} \quad \tau = T_F / T_C : \text{漕時間比}$$

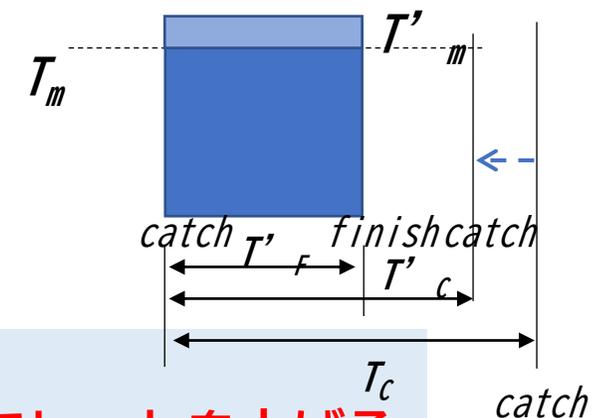
- 艇速を上げるには漕時間比と平均推進力の積 ( $\tau T_m$ ) を大きくする → (1)



## [法則2] “総重量Wの艇の艇速を $\Delta V_s$ 増加させるには”

$$\Delta V_s \cdot T_C = (\tau T_m - R_m) / W \quad W : \text{総重量 (漕手含む)}$$

- 総重量Wを小さくする ← 軽い艇にする (漕法ではない)
- 抵抗力を小さくする ← 艇を改良する (漕法ではない)
- 漕時間比と平均推進力の積を大きくする → (2) (1)と同じ
- 上記および  $T_C$  (周期) を小さくする → (3) つまり、強く漕いでレートを上げる



# [法則1, 2] について簡単にまとめる

## 艇速を増加させるには

[法則1より]

(1) 漕時間比( $\tau$ )と平均推進力( $T_m$ )の積( $\tau T_m$ )を大きくする

[法則2より]

総重量 $W$ を小さくする ← 軽い艇にする (漕法ではない)

抵抗力を小さくする ← 艇を改良する (漕法ではない)

(2) 漕時間比と平均推進力の積を大きくする

→ (1)と同じ

(3) (2) および $T_c$  (周期) を小さくする

→ つまり、強く漕いでレートを上げる

40str/minを超えるとロスが大きくなり、42-44str/minが上限と思われる。  
(Biomechanics of Rowing の記載内容より)

# 漕手の「重心移動」の艇速度への影響

艇速移動は、また、艇全体の重量（クルーの重量を含む） $W$ とクルーの重量 $W_c$ の比に関係している。艇速はほぼ以下の式で書けるとする。

$$\dot{X}_s = V_m - \frac{W_c}{W} V_{cs} \sin \omega t \quad \dots\dots\dots(7)$$

簡単のため、漕手が艇上で単振動しているとする

ここで $V_m$ は平均艇速、 $V_{cs}$ は漕者の艇から見た移動速度の振巾。艇の抵抗が速度の2乗と $W$ の2/3乗の積に比例するとして(7)式を法則1の式に代入すると以下の式を得る。

$$V_m/V_{m0} = [(W_c/W)^{2/3} - \frac{1}{2} (V_{cs}/V_{m0})^2 (W_c/W)^2]^{1/2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここで $V_{m0}$ は $V_{cs} = 0$ で且つ $W = W_c$ としたときの平均艇速。通常は $V_{cs}/V_{m0} \doteq 0.2 (< 0.817)$ であるので $W/W_c$ が小さい程、すなわち、艇の重量を軽くする程、平均艇速は大となることがわかる。 $W/W_c (\doteq 1.3)$ を5%減ずることができれば、艇速は1%増加する(2000mで20m)。更に漕者の対艇速度 $V_{cs}$ を10%減じた」とすると艇速は0.35%増える(2000mで7m)。

以上をまとめれば、艇の重量をなるべく軽減し、漕者の体重（の重心）移動を極力少なく、且つ、滑らかな移動を心掛けることが艇速増加をもたらすということになる。これらのことは関係者の間では良く知られているようで、Nolte<sup>4)</sup>の解説や、東北大の調和漕法などにあらわれているようである。

一人計測班コメント：オーバーリーチやバックの取りすぎは、不要な前後の重心移動や、上下動を引き起こし、艇速の減速要因になる。艇速を上げるには漕時間比と平均推進力の積（ $\tau T_m$ ）を大きくするすればよい。そのためにはオールを強く・長く引くために前後移動は必要であり、前記と矛盾する。この矛盾の中で、如何に効率の良い点を探るかがRowingの難しさ、面白さにつながっているのであろう。（スライディングリガーにより機械的なメカニズムで重心移動を抑えられるが、体力勝負に拍車がかかりレース自体の面白さは薄れるかも）

# The new 2nd edition of **Biomechanics of Rowing**

## CONTENTS

Preface to the Second Edition

1 Introduction

2 Measurements (計測)

3 Analysis (分析)

4 Technique (テクニック)

5 Ergometer Rowing (エルゴ)

6 Rowing Equipment and Rigging (装具・リギング)

7 Performance Analysis in Rowing (パフォーマンス)

8 Various Cross-Disciplinary Topics (相互関係)

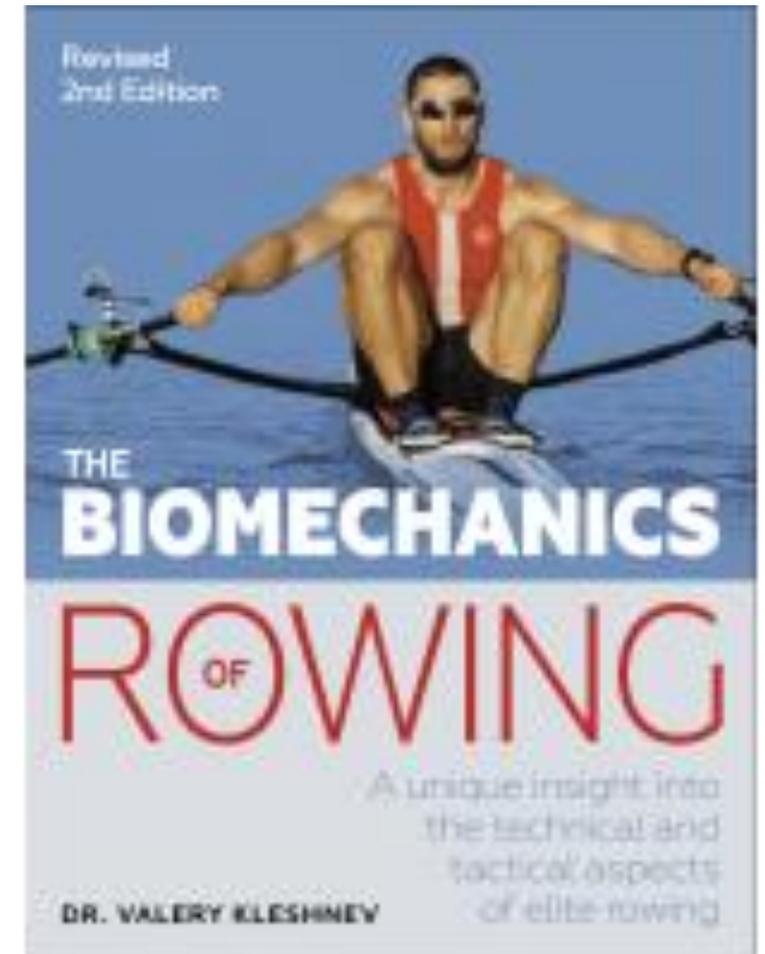
References

Index

Dr. Valery Kleshnev  
はVolker Norte氏の  
「Rowing Faster」の計  
測部分を担当。  
NKやConcept2にも技  
術提供しているよう  
です。本書は最新の  
Rowing技術を学ぶ  
のに必須のよう  
です。

**Dr Valery Kleshnev** spent ten years as a member of the USSR National Rowing team, where he won a gold medal at the junior World Championships in 1975, a silver Olympic medal in 1980 and a bronze at the World Championships in 1982. After graduating in physical education in 1984, Valery was awarded a PhD in rowing biomechanics from the Saint-Petersberg Sport Institute, Russia, in 1991. In 1998 he was employed by the Australian Institute of Sport and moved to Canberra, where he worked with the world's best rowing coaches and crews. In 2005 Valery took a position of National Biomechanics Lead at the English Institute of Sport and moved to Britain, and helped the British rowing team to win two gold and four other medals at the 2008 Olympic Games in Beijing.

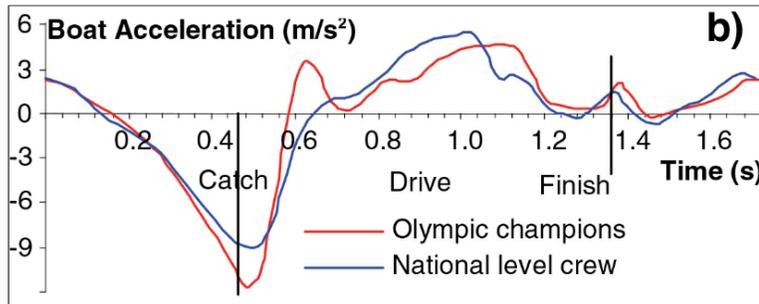
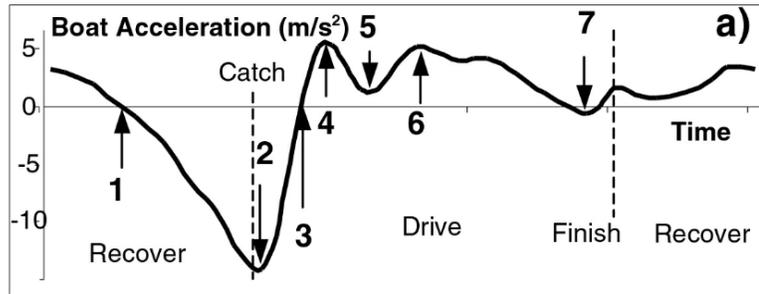
Rowingの計測に関する技術、計測したデータの分析・解釈に関する情報が網羅的に収録されています。



Second edition 2020  
© Dr Valery Kleshnev 2016 and 2020

# 加速度波形の解釈

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing



- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1. 'Zero before catch' | 5. 'Drive hump'  |
| 2. 'Negative peak'     | 6. 'Second peak' |
| 3. 'Zero after catch'  | 7. 'Finish hump' |
| 4. 'First peak'        |                  |

Fig. 2.22 A typical pattern of boat acceleration during the stroke cycle (a), comparison of boat acceleration with crews of different standards (b). Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.34).

## 1. 'Zero before catch'

At this moment, the crew changes the force application to the stretcher from pulling to pushing, which coincides with the peak seat velocity during the recovery and is followed by the seat deceleration towards the catch. At higher stroke rates and in better crews, this moment occurs later and closer to the catch.

## 2. 'Negative peak'

caused by shortening the leverage of the stretcher force relative to the hips at the placement of the heels onto the footplate. The best crews manage to maintain the value of the drive hump just above zero.

## 3. 'Zero after catch'

occurs, when the boat acceleration becomes positive due to the gate/handle forces increasing faster than the stretcher force. This moment happens earlier in better crews.

## 4. 'First peak'

caused by the fast increasing of the gate/handle forces ('front-loaded' drive) and defines 'the initial boat acceleration' sub-phase and 'the trampoline effect'.

## 5. 'Drive hump'

explained by an increase of force on the stretcher during 'the main rower's acceleration' sub-phase, which is caused by shortening the leverage of the stretcher force relative to the hips at the placement of the heels onto the footplate.

## 6. 'Second peak'

occurs when leg velocity and stretcher forces start decreasing, while relatively higher handle/gate forces are maintained by fast movements of the trunk and arms. This causes the deceleration of the rower's CM and the transfer of his kinetic energy to the boat mass.

## 7. 'Finish hump'

related to the transition phase from the drive to recovery and blade removal from the water.

# ‘the trampoline effect’ トランポリン効果 Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing

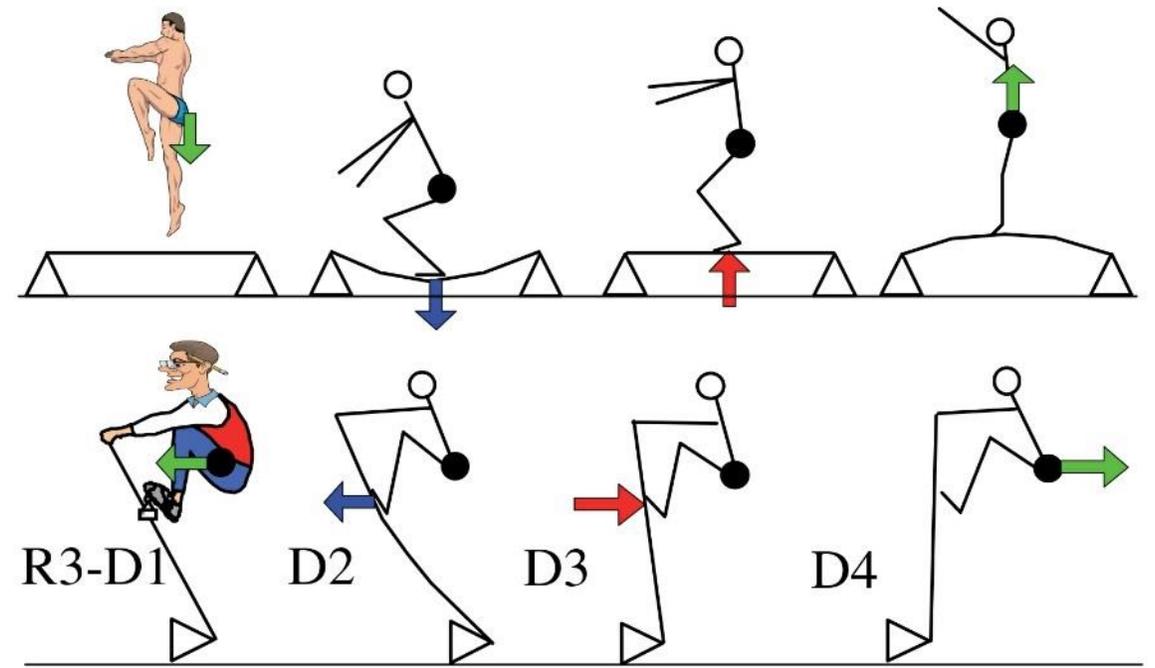
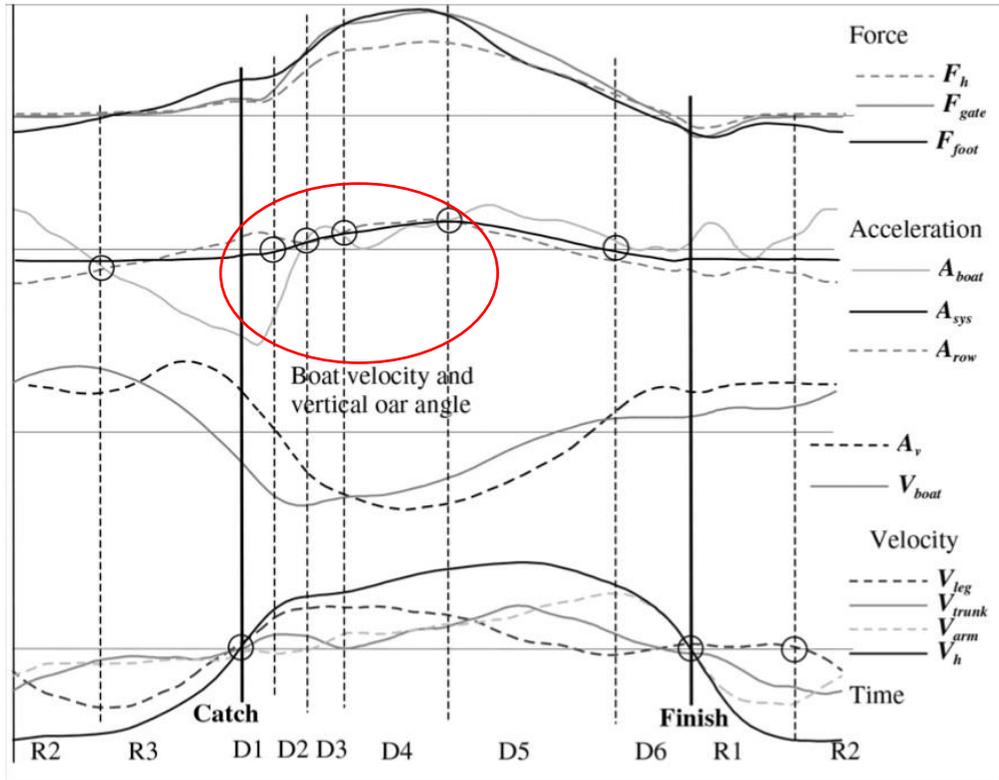
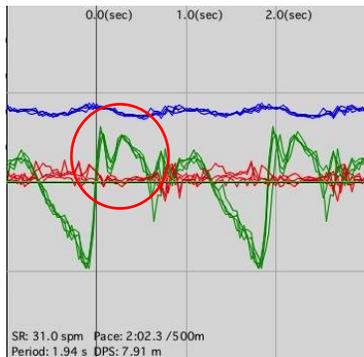


Fig. 3.17 The ‘trampoline effect’ in rowing.  
Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing



CKG-50で計測した加速度波形 (エイト)  
 青：上下加速度  
 赤：左右加速度  
 緑：前後加速度

CKG-50で計測した波形でも2こぶ山になっている現象がみられ、PENTA内でも一部の人で色々議論しましたが、この理由が分かりませんでした。最近Dr. Kleshnev ValeryのBiomechanics of Rowingを勉強している際に、トランポリン効果というこの説明にたどり着きました。トランポリンは一度跳ねると加速しませんが、ボードの場合は跳ねた後もオールに力を入れることができフィニッシュまで加速でき点が違いますが。

# 効率

効率  $E = \text{出力} / \text{入力}$

$$E = pP_{out} / P_{in}$$

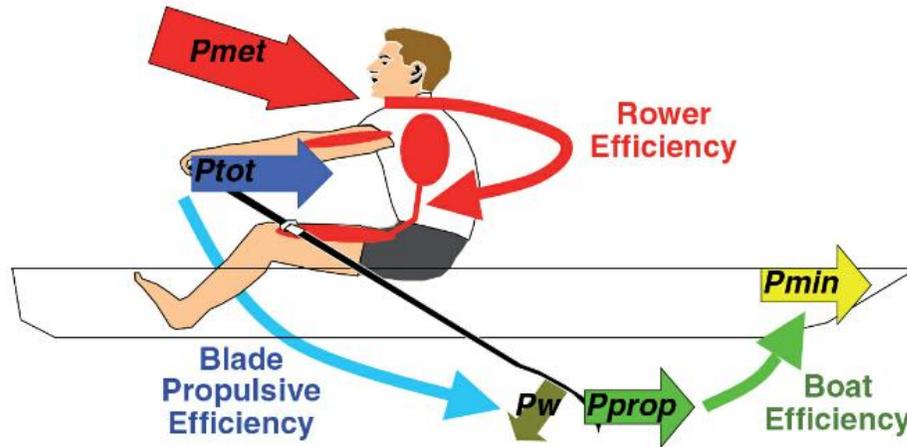


Fig. 3.1 Schematics of energy transformation in rowing (a) and energy losses (b).

Valery. Biomechanics of Rowing (p.64).

## ■ 入出力ポイント

- ・代謝パワー(漕手)
- ・機械パワー(オールハンドル)
- ・ブレード推進力(ブレード)
- ・艇の推進力(ボート)

## ■ 効率

- ・漕手
- ・ブレード
- ・ボート

$P_{met}$  : Metabolic Power (代謝パワー)

(Rower Efficiency: 漕手の効率)

$P_{tot}$  : Total Mechanical Power  
(全機械パワー)

(Blade Propulsive Efficiency:  
ブレードの推進効率)

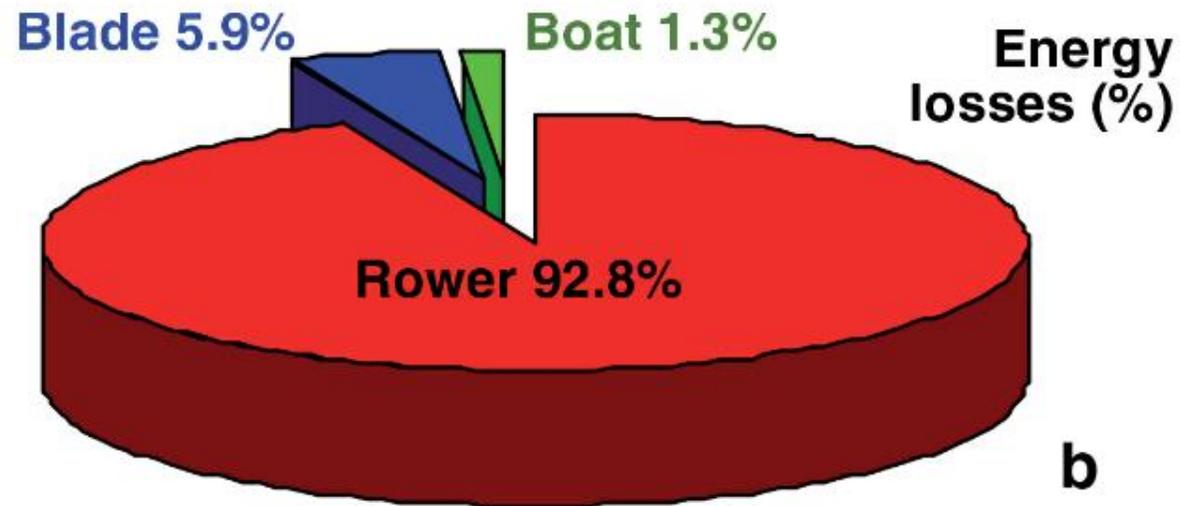
$P_{prop}$  : Propulsive Power(ブレード推進力)

(Boat Efficiency: ボートの効率)

$P_{min}$  : 最小限の推進力

# エネルギー損失

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing



Rowingの効率には、大きく3つの構成要素があり、エネルギーロスの割合は以下の通りです。

- (1) 漕手 (92.8%)
- (2) ブレード (5.9%)
- (3) ボート (1.3%)

Fig. 3.1 Schematics of energy transformation in energy losses (b).

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.64).

In rowing, **three main efficiency components** can be identified, which are linked by a chain of energy transfer (Fig. 3.1). The rower transforms a metabolic energy into mechanical power and transfers it to the blade propulsion; the blade transfers propulsive power into kinetic energy of the rower-boat system; the kinetic energy is spent on overcoming drag resistance, where some extra losses occur as well due to variation of the boat velocity.

Therefore, the three components could be called **1) rower's efficiency**  $E_{row}$ , **2) blade efficiency**  $E_{bl}$  and **3) boat efficiency**  $E_{boat}$ .

# 漕手の効率

## Rower's Efficiency

To produce maximal power, a muscle must contract at an optimal velocity, because movements with very slow or fast speed are less efficient. Fig. 3.5 illustrates a Hill principle of muscle mechanics, discovered in the 1920s by the famous physiologist Archibald Vivian Hill.

The hyperbolic relationship between velocity and force was obtained from a study of frog muscle tissue, but a number of recent researches confirmed that it can be valid for complex multi-joint movements, which can be measured as velocities of body segments.

**According to the Hill principle, the maximal power can be achieved in a movement at about 30 per cent of both the maximal static force and near 30 per cent of the maximal unloaded velocity of a muscle contraction.**

Static (isometric) muscle contraction does not produce any mechanical work and power, because its velocity is zero, and power is a product of force and velocity.

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing

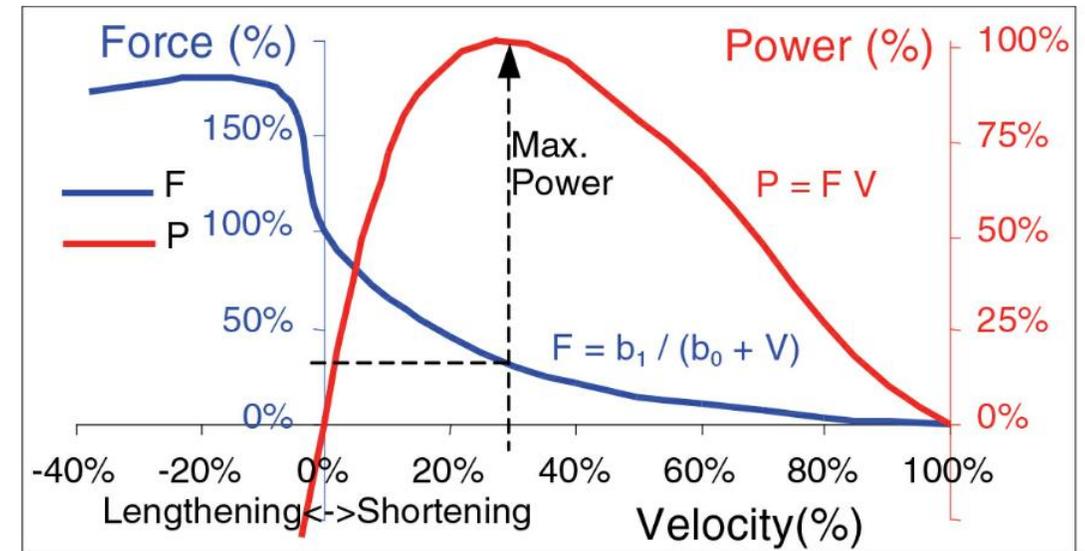


Fig. 3.5 Relationships between velocity, force and power of a muscle contraction (Hill principle).

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.70).

筋肉は適切な速度で最大パワーを発揮する。ボートの推進力にはならない姿勢を維持するための静止動作があり、代謝エネルギーを消耗する。

# 内部効率

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing

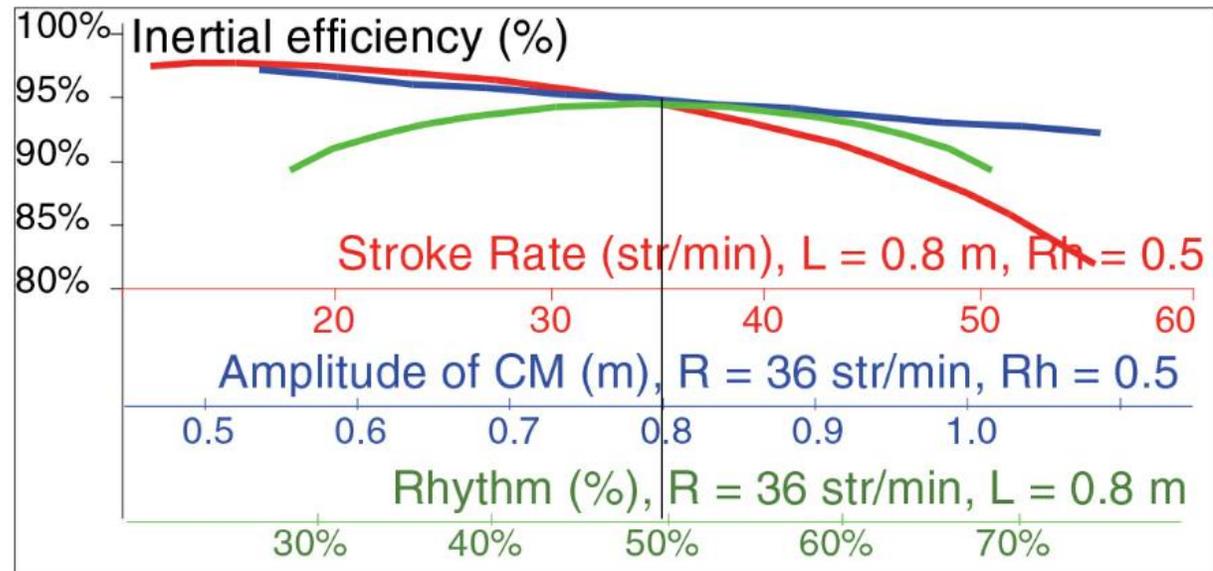


Fig. 3.10 Dependence of inertial efficiency on the stroke rate, amplitude of CM movement and rhythm.

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.74).

Absolute inertial losses  $P_{in}$  significantly increase at higher stroke rates and longer travel of the rower's CM. However, the rower's power production  $P_{row}$  also grows, so inertial efficiency  $E_{in}$  ( $= P_{row} / (P_{row} + P_{in})$ ) does not decrease dramatically. Fig. 3.10 shows  $E_{in}$  at various combinations of  $R$ ,  $L$  and  $R_h$  ( $M_{row} = 90\text{kg}$  and  $M_{erg} = 18\text{kg}$ ).

The inertial losses can be decreased by means of quick acceleration between the rower's CM and ergo / boat at the beginning of the drive and recovery and maintaining a constant velocity between these masses as long as possible.

ドライブの初めとリカバリーにおいて漕手の重心とボートの重心の移動を素早くし、出来るだけ艇速を維持することで、内部ロスが低減することができる。レートが20str/minから40str/minの間では、内部ロスの増加は1.3%だが、40str/minを超えるとロスがさらに大きくなる。42-44str/minが上限と思われる。重心移動のロスは0.5mから1.0mの間で3.3%であり、どれくらいにするかは難しいが、ハンドル移動距離の半分程度と見積もられている。重心移動を少なく、ハンドル移動距離を長くすることが望ましいが、腕の筋肉より多くの力を発揮する脚と上体の筋力が使いにくくなるため、全体のパワー効率が下がる。

Rhythm : 漕時間比、 L : 漕手の重心移動距離、 R : レート

# Blade Efficiency (ブレード効率)

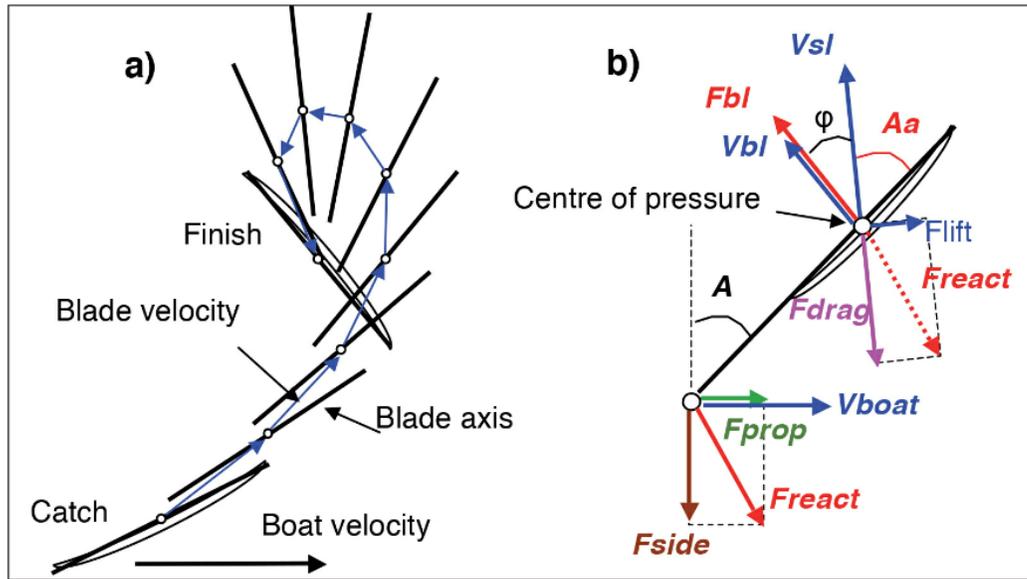
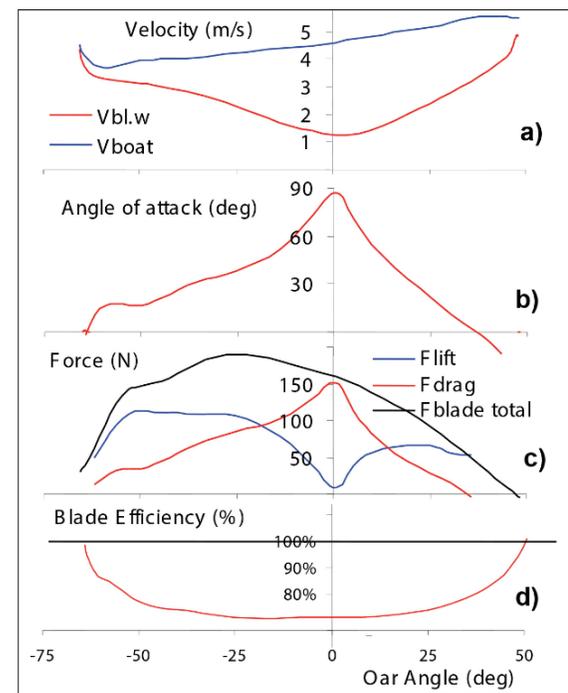


Fig. 3.3 Movement of the blade through the water (a), definition of forces and velocities used in calculations of the blade propulsive efficiency (b).

Valery. Biomechanics of Rowing (p.66).



The blade efficiency is higher, when the blade force decreases, but blade velocity increases (ratio  $F_{bl} / V_{bl}$  becomes lower). This usually happens at the end of the drive, which explains the rise of the efficiency curve. The efficiency is 100 per cent, when blade force is zero, that is, the rower does not pull at all, but the blade still moves in the water.

ブレードの場合、最終的には、効率だけではなく、速度（艇速）との関係も考える必要があるということか？

The scalar product of the force and velocity is waste power  $P_w$ , which is spent on moving the water at the blade:

$$P_w = F_{bl} * V_{sl} \cos\varphi$$

where  $\varphi$  is the angle between the force,  $F_{bl}$ , and velocity,  $V_{sl}$ , vectors. The waste power,  $P_w$ , is subtracted from the total power  $P_{tot}$  produced by a rower.

The remaining part is propulsive power  $P_{prop}$ , which moves the rower-boat system forward. The definition of the propulsive efficiency is the ratio of the propulsive power to the total power, so the **blade efficiency**  $E_{bl}$  can be defined as:

$$E_{bl} = P_{prop} / P_{tot} = (P_{tot} - P_w) / P_{tot}$$

# Finish Factor (FF)

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing

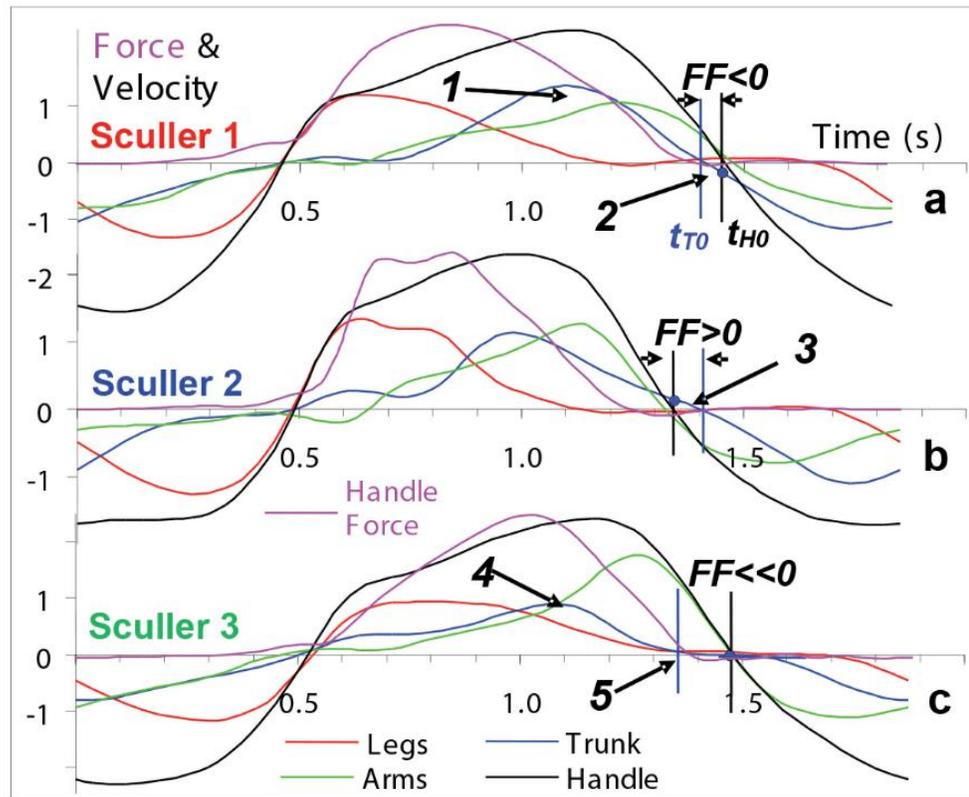


Fig. 4.23 Three types of Finish Factor.

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.113).

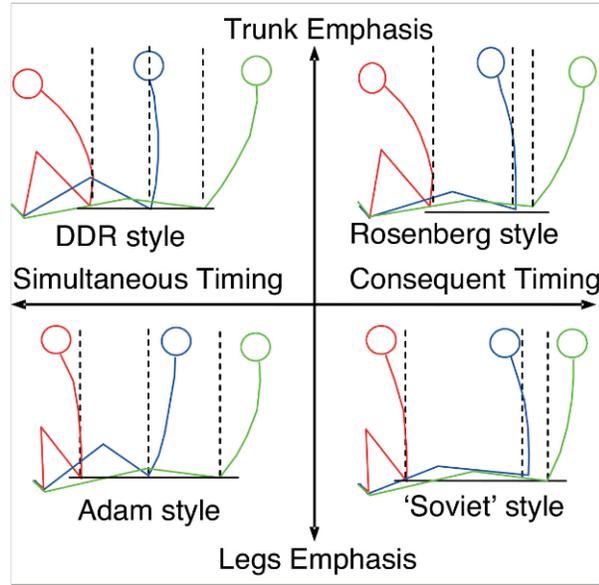
The Finish Factor (FF) was defined as delta time between moments of changing direction at the trunk  $t_{TO}$  and the handle  $t_{HO}$  ( $FF = t_{TO} - t_{HO}$ ). This could be graphically represented by a distance on the X-time axis between points where curves of the trunk and handle velocities cross the axis in the positive-to-negative direction (Fig. 4.23). **Negative FF means trunk changes direction earlier than the handle (which is correct technique)**, and positive FF means it changes later (the incorrect technique).

**In sweep categories, the average FF was positive at low rates (which is quite a common mistake), but at high rates it became more negative than in scullers. At racing rates (36–40 str/m), FF was quite similar at about – 50 to – 60ms in all categories except open male rowers, where it was more negative at – 80ms.** Athletes of the open category had a more negative average FF than lightweights because they **need more time to change the direction of heavier trunk mass.**

On average, the World best rowers always had a consistently negative Finish Factor, which is an important part of their efficient technique.

負のフィニッシュファクター (Negative FF) : ハンドルの引き終わりより、上体の動きの方向変化が先。スweepでレートが低いとPositive FFとなることがあるが、**重い上体の方向転換には時間がかかるため、Negative FFが適切な動き。**

# Rowing Styles



Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.105).

Historically, the rowing style had no strict scientific definition; its evolution can be found in a comprehensive book by Peter Mallory.

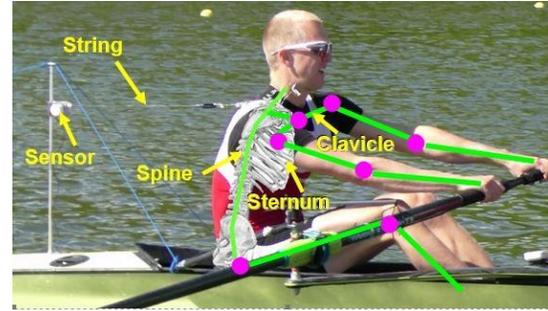
A popular classification of rowing styles was introduced by Peter Klavara in 1977, who defined three rowing styles:

- **Adam style** – Comparatively long leg drive and limited amplitude of the trunk. Simultaneous activity of legs and trunk during the stroke;

- **DDR style** – Large, forward declination of the trunk, which begins the drive, followed by simultaneous activity of the legs;

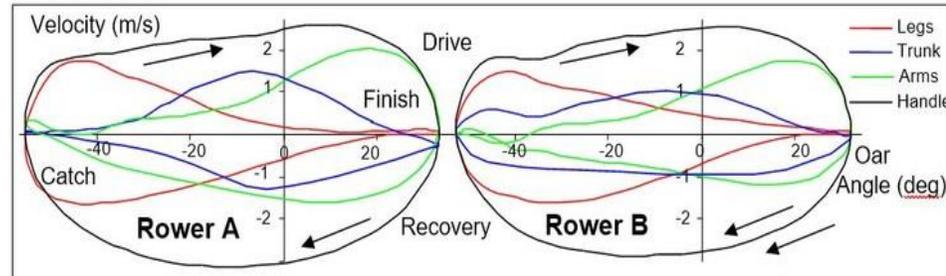
- **Rosenberg style** – Large, forward declination of the trunk at the beginning of the stroke, then strong leg extension without significant trunk activation. At the end of the cycle the trunk stops in the deep backward position.

row2k Features : Rowing Styles, Analysis and Optimisation, by Dr. Valery Kleshnev March 24, 2021  
<https://www.row2k.com/features/5531/Rowing-Styles--Analysis-and-Optimisation--by-Dr--Valery-Kleshnev/>

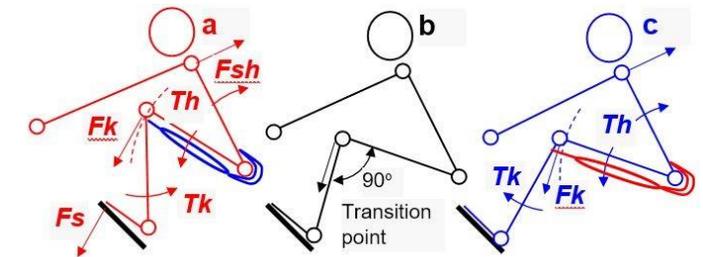


All three body segments **contribute nearly equally to the stroke length**, about one third each: **legs 33%**, **trunk 31%** and **arms 36%**. However, the **most of legs and trunk movements occur during the first two thirds of the drive**, when forces are high, but arms work mainly at the finish, at low forces. Therefore, the **average shares of total power production** were higher for **legs (43%)** and **trunk (33%)**, but lower for **arms (24%)**.

The segments power of the World best rowers have higher trunk share and less arms: **legs 43%**, **trunk 36%**, **arms 21%**.



25 World best rowers in small boats, we have analyzed the trunk angles relative to the vertical axis. It was found that the average trunk angle at the **catch a1 was 22.5o** and **a2 at finish was 25o**, so the total angular displacement of the trunk was on **average 47.5o**.



In 2015 I developed Rowing Style Factor (RSF), which was defined as the ratio of the seat travel to the handle travel during the first 20% of the drive length: from catch till the transition point. The optimal RSF value was defined at 90-95%, which means only 5-10% of the handle movement could be contributed by upper body, and the main part should be provided by legs.

# 漕法の歴史 (Rowing Styles)

## 漕法と艇速変動

### ■近代漕法以前

- ・英国伝統漕法(ETS)(1900年代)：フィックタイプでの漕法
- ・フェアバーン・スタイル(1920年代)：  
フォームに縛られず、リラックス・フィニッシュ、走る水に合わせキャッチ。近代漕法への突破口。現代では非合理的な点もあるが、現在でも通用する部分はある。
- ・アダム・スタイル (1950年後半)：  
脚力の最大発揮を目的。かなりの足の屈曲と少ない前傾姿勢でキャッチ前に上体のスイングを開始。スイングの大部分をストローク前半に使う。

### ■近代漕法 (1970-1990)

- ・英国漕法 (ヤヌセク1974)：  
ロングレール技術に属し、アダム漕法の流れを汲む。脚の極端な圧縮と少ない前傾。ハイレートと組み合わせて高速化を図る。
- ・ローゼンバーグスタイル：  
脚-上体-腕の明確な順列が特徴。キャッチと同時に強力にレグ・ドライブ。前半はスイングせず、レグ・ドライブ終了前にスイングを開始し、スイング終了前に腕を引く。(従来の日本での標準スタイルであったが腰痛・故障を起こしやすい)
- ・DDRスタイル：  
東ドイツに由来する。Rowing技術としてほぼ完成されたもの。動作の急変を避け、十分な前傾とフォワードレンジの拡大。上体のスイングはドライブとオーバーラップして開始する。ミドルでは脚力と背筋を合わせ、状態がほぼ垂直。肩の移動と上腕でできるだけ長く引く。

漕艇譜 5/2020 P.204 VIII-53 漕法の系譜 (2019-12-7作成)、原著：月刊漕艇78.3

筑波漕法は、日本人の体格を考慮し、アダム漕法の改良版として開発された。筑波大学体育紀要Health&Sport Science, Tsukuba Univ. 2:69-75. 1979

### 艇速変動の原因

艇速が変動する主たる原因は、後述するように漕者の体重移動(スライディングシートを介してクルーがレール上を前後に移動する)による艇全体の重心の前後移動である。重心の前後移動を圧さえる漕法、例えばグリップの移動に比して、体重の移動距離を短くする漕法(ローイングスタイル, Fig.1)は有利な漕法ということになる。

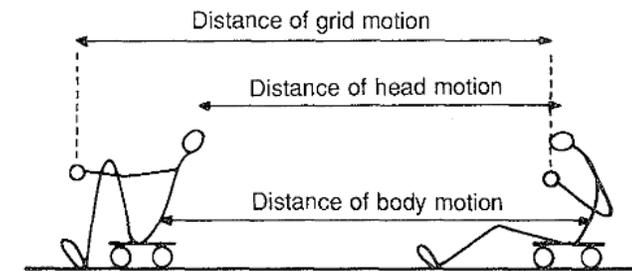
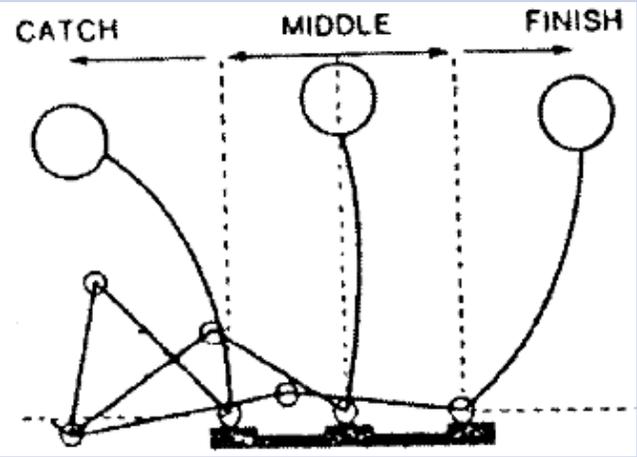
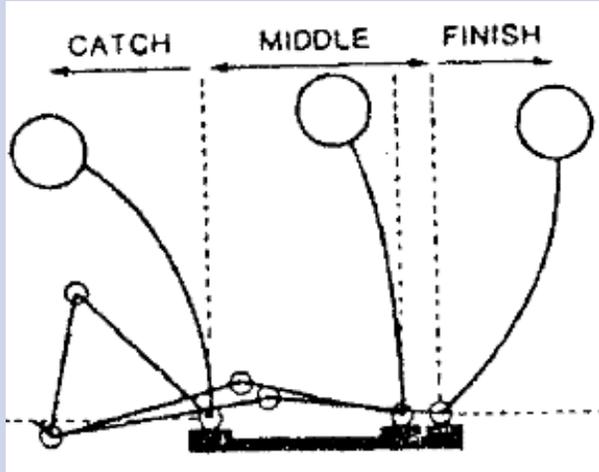
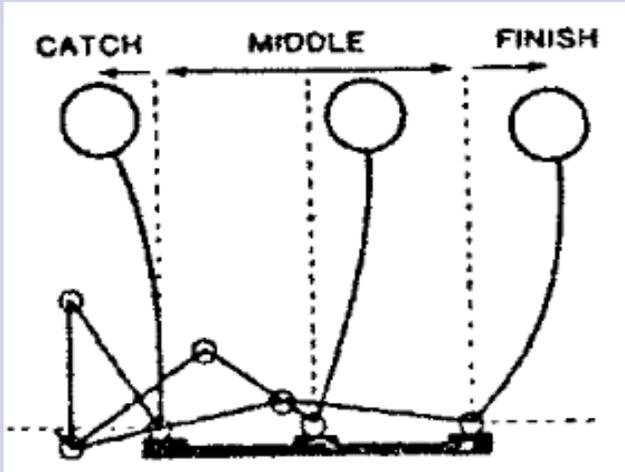


Fig. 1 A suggestive scheme of moving crew's weight.

関西造船協会誌 第2018号 平成4年9月  
漕艇 (エイト) に関する工学的的方法

# 代表的な漕法比較

漕法	DDR漕法(東ドイツ)	ローゼンバーグ漕法	アダム漕法
イメージ図			
説明	<p>ローイング技術としてほぼ完成されたもの。動作の急変を避け、十分な前傾とフォワードレンジの拡大。上体のスイングはドライブとオーバーラップして開始。ミドルで脚力と背筋を合わせ、状態がほぼ垂直。肩の移動と上腕でできるだけ長く引く。</p>	<p>脚-上体-腕の明確な順列が特徴。キャッチと同時に強力にレグ・ドライブ。前半はスイングせず、レグ・ドライブ終了前にスイングを開始し、スイング終了前に腕を引く。従来の日本での標準スタイルであったが腰痛・故障を起こしやすい。</p>	<p>かなりの足の屈曲と少ない前傾姿勢でキャッチ前に上体のスイングを開始。スイングの大部分をストローク前半に使う。</p>

# 筑波漕法

筑波大学体育紀要 Health & Sport Science, Tsukuba Univ. 2 : 69-75. **1979**

## “TSUKUBA ROWING STYLE”に関する研究 (I)

田崎 洋佑 齊藤 慎一 鈴木 正成

筑波漕法に関する重要な研究論文であり、当時の様子を知る上でも重要なため、下記に抜粋させていただきました。

ローイングは①脚けり (leg drive), ②上体あおり (body swing), および③腕ひき (arm pull), の3つの動作によって構成される。漕法 (rowing style) の種類によって、これらの3つの動作をどのように連結して1ストロークを完結させるかが異なる。

世界の漕艇界には漕法上2つの大きな流れがある。

その1つは、上記3つの動作を①→②→③の順に、比較的分離しながら組み立てるスタンダードな漕法であり、他の1つは、①+②→③のように上体あおりと脚けりをほぼ同時に作動させるAdam漕法である。

スタンダード漕法は日本やアメリカなどの漕艇界で広く採用されており、Adam漕法は西独やイギリスで採用されている。近年の世界漕艇界に君臨している東独は、Adam漕法に立脚したいわゆる“DDR漕法”を展開している。

## “TSUKUBA ROWING STYLE”に関する研究 (I)

筑波大学体育紀要 Hea1th &amp; Sport Science, Tsukuba Univ. 2 : 69-75. 1979

日本漕艇界における男子シェルエイト2000mの最高タイムは、1960年のローマオリンピック代表クルー（東北大学）の5分59秒であり、オリンピックにおいて6位内入賞を措しくも逃している。その後において、身体的特性がローマオリンピック代表クルーに勝るクルーが国内に多数あったにもかかわらず、6分を切るクルーの出現をみていない。（注：本記事は1979年）

むしろ、世界のトップグループの5分40秒台の艇速にたいして、その格差は拡大する一方にある。また、同一の漕艇クラブが年次的に発揮するタイムは、体格、体力の年次的変動と必ずしも平行して変動していない現状にもある。これらの事実は、国内で採用されているスタンダード漕法が、漕手の体力と艇速を一致させることにおいて、技術的に難点をもっている可能性を示唆している。

米諸国の漕手にくらべていずれの力においても劣り、脚長や腕長などの身体的特性においても劣る日本人漕手の身体的条件からみて、3つの力要素を分離利用することによっては、諸外国クルーの艇速に迫ることはほとんど不可能と考えられる。むしろ、3つの力要素を出来る丈集約して強力なストロークをうることが必要であり、同時に1ストロークのタイムを短縮して、より高いピッチで2000mを漕ぎ切ることが要求されると考える。

このような観点にたって、我々はAdam漕法の線上でとらえられる“筑波漕法”を考案した。

Adam漕法の特徴は、①脚けりと②上体あおりを同時に使い、①+②→③腕ひきの順に動作を組み立てている。一方、筑波漕法はわずかに②を先行して使い、②+①→③のように動作を組み立てている。筑波漕法では、上体あおりをキャッチ時に集中して使用することからストローク（ミドドライブ）中には、上体あおりをほとんど使えないという点でAdam漕法と異なる。

## “TSUKUBA ROWING STYLE”に関する研究 (I)

筑波大学体育紀要 Hea1th &amp; Sport Science, Tsukuba Univ. 2 : 69-75. 1979

我々はこの漕法を茨城県漕艇協会に所属する3つのエイトクルーに応用した。これらのクルーは1978年（8月）の全日本オックスフォード楫選手権大会（茨城県高校選抜クルー，優勝），全日本学生選手権大会（筑波大学クルー，3位），および全日選手権大会（住友金属鹿島クルー，4位；筑波大学クルー，5位）において，それぞれ“筑波漕法”を展開し，上位の成績をえた。

本報告では，この“筑波漕法”について，スタンダード漕法と対比させながら定性的検討をおこなった結果について述べる。（以下は要点の一部）

**Aスタンダード漕法の特徴**

- 1) キャッチ時の前傾姿勢が大きいために，シートが前方に出ている感じが少い。
- 2) キャッチの瞬間に，爆発的な脚けりがあり，脚が伸びきった後もストレッチャーに圧力を加えている時間が比較的長い。
- 3) 脚が伸びきった後，肩と腕の働きが比較的長時間にわたって作用する。
- 4) 上体のスイングが比較的大きく垂直を相当すぎるのところまでバックスイングをする。

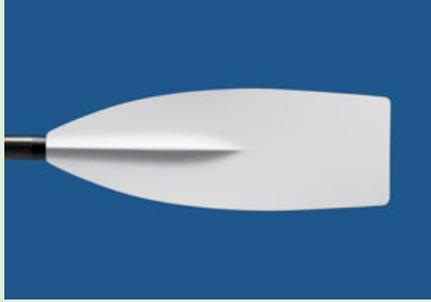
**B 筑波漕法の特徴**

- 1) 脚のドライブ距離が長い。
- 2) 脚のドライブはキャッチからやや遅れた時点から集中的に使われている。
- 3) キャッチ時の上体の前傾姿勢は，腰（シート）が前方にいっぱい出されるために小さい。
- 4) 脚が伸びきった後の肩と腕の働きは，スタンダード漕法にくらべて小さい。

以上のべたようなスタンダード漕法と筑波漕法の差異と特徴は，実戦での北海道大学クルーと筑波大学クルーのそれぞれのローイングフォームの連続写真にも認められる。

# オールの違い

## マコン (対称)



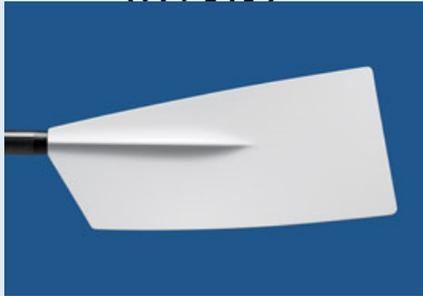
<https://www.concept2.jp/oar/macon-blade>

マコンは1960年代から30年間に渡って広く利用されたブレードです。現代ではほとんどの漕手がより効率的な、非対称性の形状を有するブレードを使用するようになりました。

### 特徴

- 対称性を有する、チューリップ型の形状
- 中心に芯あり

## ビックブレード (非対称)



<https://www.concept2.jp/oar/big-blade>

非対称的なデザインと、大きな表面積により、水をより強く押すことが可能になっています。より効率的なローイングを実現するために、経験的には、マコンと負荷を同じ程度にするためには、アウトボードを10 cmほど短くすることが必要です。

エントリーにおける軽いキャッチ、ドライブ後半1/3における比較的大きな負荷。

### 特徴

- 引っかける感覚が非常に強い
- 先端部の表面積が最も大きい
- 先端部が平ら

## マコン世代のメンバが多い中、現代のビックブレードにどう対処すべきか？

水をつかみやすくなった。昔よりうまくなった感じがする。

マコンよりブレードを深くいれろと言われていたようだが、負荷が重くなりすぎる。

スカルでは、しっかり入れないとフィニッシュで浮いてくる。

→ つかみやすくなって、ベント (しなり) も大きくなっている。この特性を無理なくうまく活用すべし。

# 大きな泡で漕ぐな

瀬田ローイング倶楽部 ボートの常識と非常識  
<http://www.setarc.jp/columns/furukawa/>

大きな泡で漕ぐな 初版公開日: 1999-03

<http://www.setarc.jp/columns/furukawa/010.html>

浅く漕げば大きくて白い泡がブレードの廻りに発生する。

キャッチで傾めに水中へ漕ぎ入れればブレードの背面に空気が入って音をたてながらやはり白い泡が発生する。ファイナルで傾め上にけり上げながら抜いても同じことが起る。これらはすべて水に上下方向の回転をする運動エネルギーを与える。そして最終的には水の分子間の摩擦となり熱に変換されコースの水に吸収される。

ここで消費されたエネルギーは“艇速の決定に関与しない”成分となる。漕手の発揮した限られた大切なエネルギーはこの分だけ無駄に使われたことになる。つまり、**ストローク中は浅く漕いだりしてブレードをスリップさせては損をする**ということである。Bigブレードが現れた結果、水中をスリップしないことによる効率向上効果はかなりある。言い直せば、**Bigブレードは水中スリップがスタンダード型ブレードに比べて大幅に少ない**。イメージ的にはスリップが起らないと考えた方がよい。面積の小さいスタンダード型ブレードなら強く漕げば漕ぐほどスリップが起って大きな泡が起り、昔は強く漕いだ証明となり得たのだ。が今は違う。**大きな泡は非効率なブレードワークの証拠**であり強く漕いだ証になり得ない。全く自慢にならなくなった。大きな泡をたてて漕ぐのはヤメロ！！と叫びたい。

現在ではローイングに於いてブレードは完全な艇子の支点であり動かなくて良い。「水中にブレードという**抗を打て**」とか「**プリンにスプーンを差し込む感じ**」等の表現でブレードと水の間を言うコーチも多い。さらに、**キャッチからミドル近くまではブレードは艇の推進方向および外側（推進方向70～0度）に進むので水流が先端からネックの方向に流入する**。この時**ブレードの廻りに泡が無くて層流が形成されれば丁度、飛行機の翼のように揚力が発生する** (Hydrodynamic Lift)。

## 一人計測班のコメント：

これ、ビックブレードの今、まさにそうですね。

昔のマコンは、

- (1) 幅も狭く、ビックブレードに比べ水が逃げやすかった、
- (2) 流体力学に基づいた設計改善の余地が十分あった、

のに対し、

ビックブレードや最新のブレードは

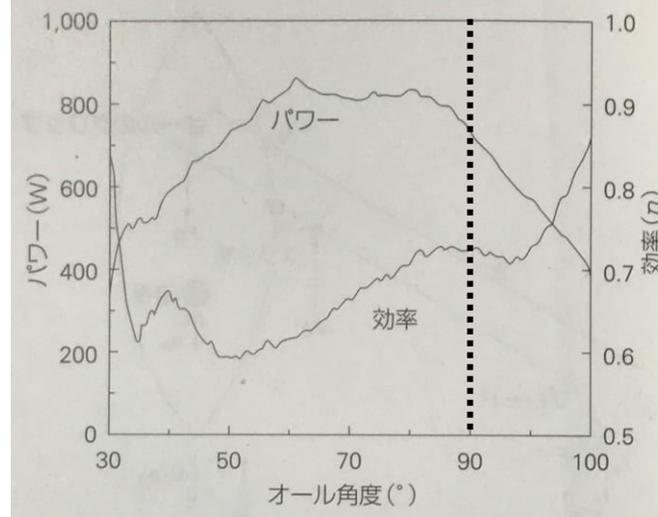
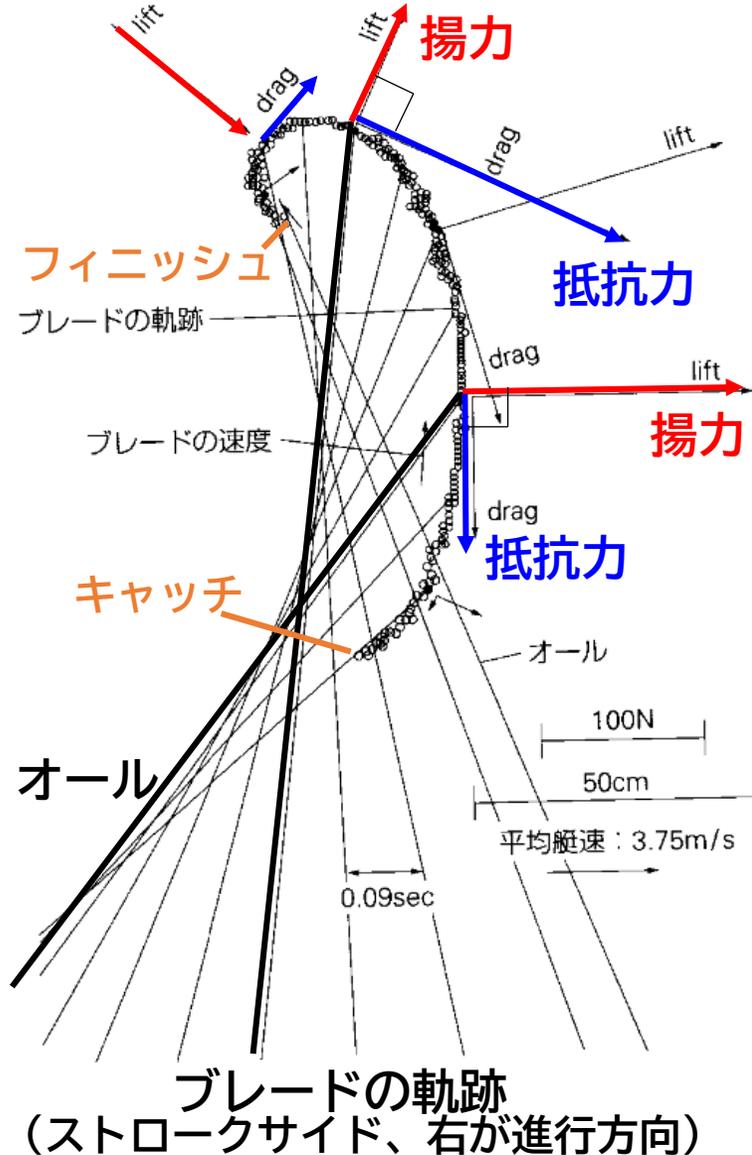
上記2点が格段に改善されているということだと思います。

(2)に関しては、ブレードにかかる力としては、

水からの抗力と、水流による揚力（飛行機の翼と同じ）があり、揚力が大きく関与するとのことのようにです。キャッチからミドルにかけては、特にブレードが水中で大きく横方向に滑り、オールの角度によっては、推進力への寄与が大きいようです。

# オールによるパワーの伝達

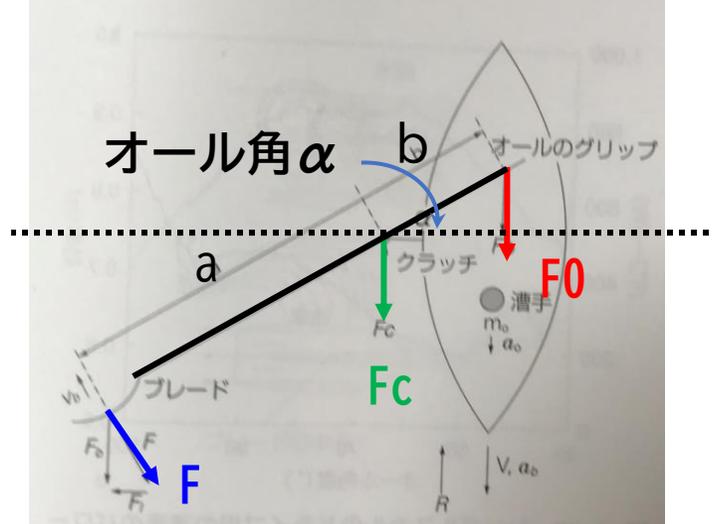
バイオメカニクス —身体運動の科学的基礎— より引用



ブレードの近傍に発生する乱流（泡の原因になる）によって、ブレード軌道に水平な方向に**抵抗力**（drag）が、直交する方向に**揚力**（lift）が生じる。（左図）

オール入水直後と離水直前にオールのパワーは低くなるが、効率そのものは高い。同じ運動であればブレード面積が大きくなるほど、水中をすべる速度は少なくなり「重い水を遅く動かす」ことになる。

左図より、オールが90度付近では、dragの方がliftより大きい**が、その他の角度ではliftの方がdragより大きい**。艇方向に寄与する成分に換算してみる必要があるが、**liftによる影響が多分にある**ことが分かる。



漕手がクラッチで進行方向にかけた力を**F0**、ブレードに直角に作用する力を**F**とすると、クラッチ部分にかかるボード進行方向の力**Fc**は、  

$$F_c = F_0 + F \cos \alpha$$
 クラッチをボード進行方向に対して横向きに押す（ラテラルプレス）力**F<sub>l</sub>**は、

$$F_l = F \sin \alpha$$
 となり、両者の比は

$$F_l / F_c = \sin \alpha / (\cos \alpha + F_0 / F)$$
 ブレードからクラッチまでの距離（アウトボード）をa、クラッチからハンドルまでのインボードをbとすると  $F = b/a \cos \alpha F_0$  であるから、  

$$F_l / F_c = \sin \alpha / (\cos \alpha + a/b \cos^{-1} \alpha)$$
 ボードの推進方向の成分はオール角  $\alpha$  で変化する。

# キャッチで蹴るな、フィニッシュで休むな

瀬田ローイング倶楽部 ボートの常識と非常識  
<http://www.setarc.jp/columns/furukawa/>

## キャッチで蹴るな、フィニッシュで休むな

<http://www.setarc.jp/columns/furukawa/013.html>

水に浮かんだボートと漕手をつなぐ固定点はストレッチャーシューズの部分のみである。自由に浮かんだボートに対してさらに漕手は可動シートによって自由に艇内を動かすることができる。しかし、ここで大切なのは1ストロークごとにスライドシートを使って大きく前後に動いていると思うのは漕手の主観のほか何のもでもない。陸から客観的にみればボートと漕手は一つの慣性体であり、実際のところはほとんどの動きの部分はボートの側が動いて、漕手は少しだけ動いているのである。このことは船台からボートに乗り込んだまま全員で空漕ぎをすれば直ぐに体感できる。

**ブレードが空中にあったり、まだ完全に推進力を発揮していない時に激しく脚を蹴ったらどうなるかを考えてみてほしい。**大きくボートは後退することになる。エントリーからキャッチでのブレードを水中に固定する作業の途中では推進力を生む状況までに水との関係が成立していない。**この時に決して激しく蹴ってはいけない。**コーチはバカのひとつ覚えか口癖のようにキャッチから脚を蹴れというのにはヤメロ！！

**ブレードが完全に固定されるまでは水流と周期しながらスムーズに動きその後、固定を感じた瞬間に脚蹴りを爆発させるべきである。**スイッチONの絶妙なタイミングが求められる。漕手にどのタイミングで脚を蹴るのかを考えさせたり、感じさせることが最もコーチングでは重要となる。

初版公開日: 1999-06

ブレードの動きが反転するもう一方がフィニッシュである。ボートはキャッチから加速され、フィニッシュに向かって一方的に増速する。従って**フィニッシュはストロークの終りではなく、正に佳境**である。ストローク中で一番速く押す必要になり、その直後にブレードの動きを反転させ前へ繰り出すという難しい一連の動作が求められる。**いくら水平に漕ぐ必要があるからと言ってハンドルを腹にブチ当てるまで引いては往復運動となり速度零の瞬間が発生してしまう。**これは速いボートの速度からくるブレードの動きの要求に答えられなくてリズムを崩したり、フィニッシュで引っかけて抵抗を作る原因となる。

ストロークの加速をスムーズに終わらせるためには動きを止めて休んでいる場合ではない。**引いて来たスピードで返すことが大切**となる。そのためにはハンドルはブレードの動きと同じく**スムーズな円運動**が求められる。さらに**同じレートで漕ぐなら動き**を止めれば何処かで埋め合わせのため急ぐ結果となり、リズムが複雑になる。

一人計測班のコメント：キャッチで蹴るタイミングはとても重要です。数値解析やシミュレーションで**キャッチで蹴るタイミングをほんの少し遅くする**のが良いという結果も出ているようです。また、フィニッシュについては**Negative FF (Finish Factor)**に通じるものがあります。

# ファイナルで止まるとは？ とある映像についての議論



ファイナルで止まるのがなぜいいのか。どなかた解説してください。

**対象映像** : <https://www.facebook.com/rp3rowingusa/posts/2068649916576588>

## 【ペンタメンバの主な意見】

- ・フィニッシュを止めているのではなく、フィニッシュ直後から慎重にバランス取るために、力で素早くハンザウェイをしないので、止まっているように見えるのと思います。
- ・FinishからHands-awayまでの動き（加速度的！）をクルー全員で揃えることは第二の艇を進めるタイミングだという意識を共有していました。8人の上体の体重が進行方向と反対に同時に動くのですから艇への推進力になるのは直感的にも分かり易いです。「Finishのタイミングから合わせる」、という記述は、Finishの姿勢から皆で次のストロークのタイミングを合わせる、という意味です。
- ・\*without disturbing the flow of the boat\*というのは、\*ボートの流れを乱すことなく\*という意味ですか？これが出来るのはオールがチョッパーだからでしょう。

## 【現役コーチの見解】

- ・体は止めたほうがいい（止めるというか、「筋肉を締める」という意味で）。体が止まらないということは、筋肉が緩んでいるということで、力が伝わらない。野球でも（ゴルフも？）体で「壁を作る」と言う。
- ・ハンドルは自然に動く（艇速に合わせて）。
- ・オールはフィニッシュで止めるのではなく、クラッチを加速してきた動きはフォロースルーとして弧を描いて前へ。フィニッシュで水を（艇を）突き放す動き。野球のピッチングと同じで、リリースポイントを離れてフォロースルーがある。

# ファイナルで止まるとは？（続き1）

漕艇譜5/2020 P.181 VIII-30 クイック・ハンズアウェイからコンティニュアス・フォワード（2019-12-7作成）において、クイック・ハンズアウェイの問題点として以下を挙げている。

- (1) 運動の余計な特異点が生じる
- (2) リラックス時間が減る
- (3) フィニッシュ姿勢からの速い脱出は、減速の削減にはならない

ファイナルで止まるとは？ に関する【一人計測班の見解（初期：後に訂正）】（特にエイトを前提とした見解）  
 ファイナルで止まるとは？議論同感です。力学的観点（エネルギー効率の観点）からファイナルからフォワードエンドにかけて論点は3つあると思います。

(a) ファイナル：フィニッシュの瞬間はボートの重量（MB）と、漕手の重量（MC）が完全に一体になる。合計重量（MB+MC）がベントのしなりが戻るときのボードの加速と慣性に寄与し、速度の伸びにつながるのだと思います。例えて言うと、ストロークで稼いだ貯金（収入）に利息をつける。利息をがつつりもらうには若干の時間が必要。滑らかにつなぐフォロースルー。

(b) ファイナルからフォワード：ブレードが水中から離れ、漕手がフォワードすれば（膝を緩めれば）、ボートと漕手は運動の系が別々になる。漕手が艇尾方向に移動すれば、艇速は増す。全員でフォワードを引っ張れば加速できるが、タイミング合わせとその後の処理が大変。利息にリバレッジをかけるのに似て、きっちり次のキャッチまでタイミングが合わないと暴落する。また、平均速度が上がっても変動率が多くなるので結局はエネルギーロスが増える（リバレッジをかけた割には手数料が増える）。

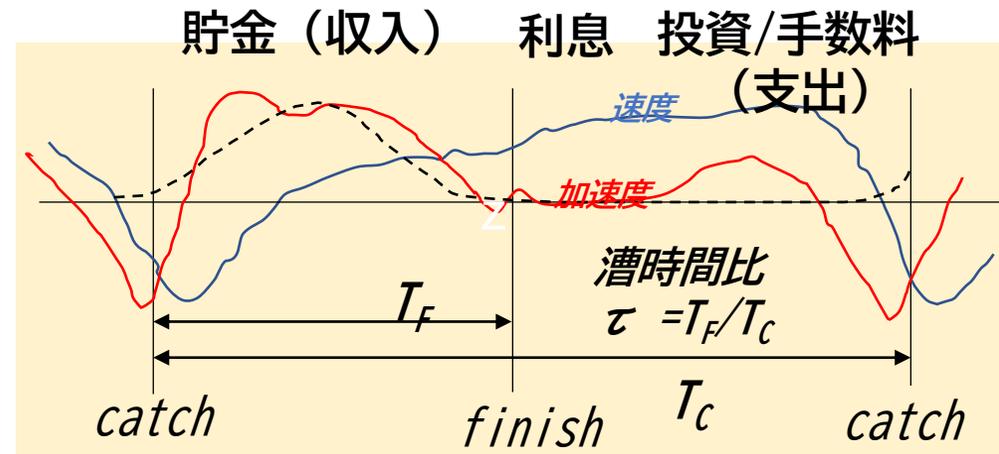
(c) フォワードエンド：フォワードの途中からキャッチに向け、ストレッチャーに体重を乗せなければならず（艇を止める力が働き）、必ず次のストロークに向けて減速（支払い）が必要となる。全体の損失を少なくして支出をなるべく少なくするには、艇速に合わせて艇を迎え（膝を緩め）、ストレッチャーに体重を乗せる時間を短くする（次の投資の資金引き出し手数料をなるべく少なくする）。

## ファイナルで止まるとは？（続き2）

(a) ~ (c) をいかにロスなくスムーズに行うか、ストローク中に稼いだ貯金（収入）になるべく多くの利息をつけ、次のストロークにかけて目減りさせないようにする（上手な投資をする）かがコツなのは。その時、ハンズアウェイは、なるべく外乱を与えない（余分な手数料を払わない）ようにし、ボディーワーク、膝の立ち上がりと共にスムーズに。ファイナルで止まるという表現は、この切替動作をスムーズに行うことの重要性を表現しているのではないかと想像します。

ビックブレードは水がつかみやすく、しなりもよい。  
このため、収入が得やすく、バントをうまく使えば利息を稼ぎやすくなった。

ただ、ハイレート的环境下では、(b), (c) は多少とらえ方を変える必要があるかもしれません。（レートが上がれば、ストレッチャに体重を乗せる時間は相対的に短くなり、うまくすれば手数料の割合が減る。手数料が減り、収入が増えれば、支出（次の投資）の戦略も変わるかもしれません）



ハンドルフォース、**加速度**、**速度**変化のイメージ

# Finish Factor (FF)

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing

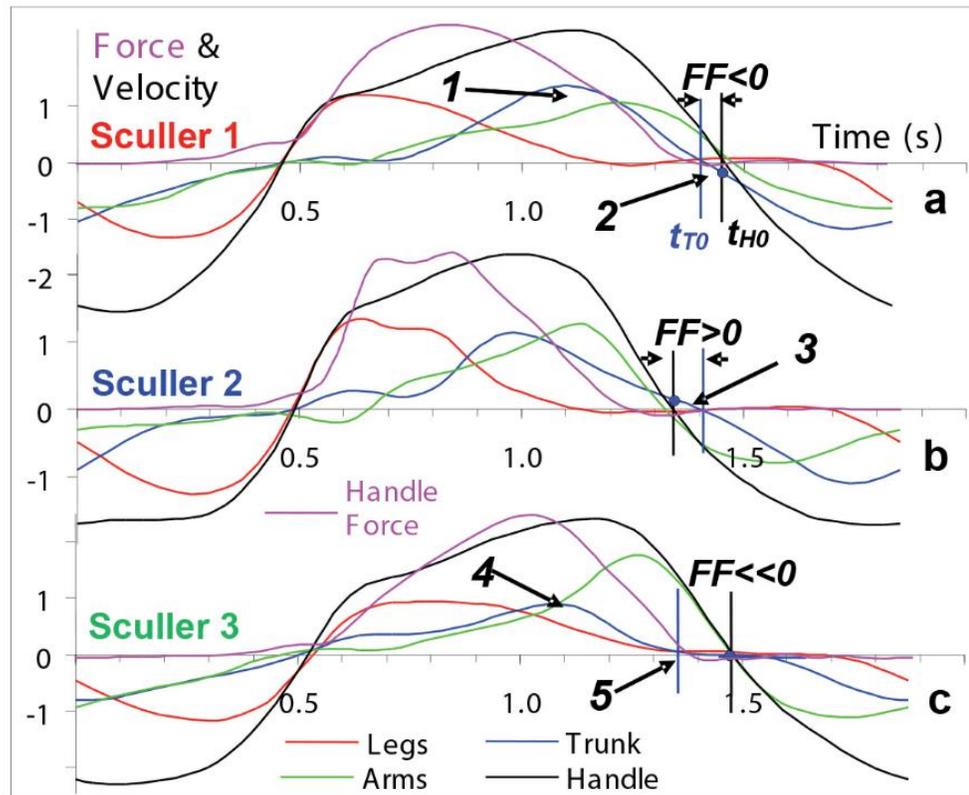


Fig. 4.23 Three types of Finish Factor.

Kleshnev, Valery. Biomechanics of Rowing (p.113).

The Finish Factor (FF) was defined as delta time between moments of changing direction at the trunk  $t_{TO}$  and the handle  $t_{HO}$  ( $FF = t_{TO} - t_{HO}$ ). This could be graphically represented by a distance on the X-time axis between points where curves of the trunk and handle velocities cross the axis in the positive-to-negative direction (Fig. 4.23). **Negative FF means trunk changes direction earlier than the handle (which is correct technique)**, and positive FF means it changes later (the incorrect technique).

**In sweep categories, the average FF was positive at low rates (which is quite a common mistake), but at high rates it became more negative than in scullers. At racing rates (36–40 str/m), FF was quite similar at about – 50 to – 60ms in all categories except open male rowers, where it was more negative at – 80ms. Athletes of the open category had a more negative average FF than lightweights because they need more time to change the direction of heavier trunk mass.**

On average, the World best rowers always had a consistently negative Finish Factor, which is an important part of their efficient technique.

負のフィニッシュファクター (Negative FF) : ハンドルの引き終わりより、上体の動きの方向変化が先。スweepでレートが低いとPositive FFとなることがあるが、**重い上体の方向転換には時間がかかるため、Negative FFが適切な動き。**

# ファイナルで止まるとは？ 見解修正 (Negative Finish Factorの説明を受けて)

「ファイナルで止まる」の「(どの状態で)止まる」の定義にもよりますが、ハンドルと上体の動きからすると、ハンドルの引き終わりより上体移動の方向転換の方が先にする必要があります。

「ロスを少なくする」という観点で「手数料を少なくする」という表現はそれほど間違っていないようですが、フィニッシュからフォワードのつなぎ目では、「利息を稼ぐ」というより、「借金を背負わないようにする(利息をもらう時の手数料の支払いを少なくする)」という表現の方があっているようです。

前の説明で、「例えて言うと、ストロークで稼いだ貯金(収入)に利息をつける。利息をがつつりもらうには若干の時間が必要。滑らかにつなぐフォロースルー。」

これは間違った表現で、どちらかというと、

「せっかくストロークで稼いだ貯金(収入)なのに、ファイナルでへんにもたついて借金を背負わない(手数料を多く払わないですむ)ように、リカバリーに入る体勢をスムーズにとる」があっているのかもしれませんが。(また、利息をもらう時の手数料を少なくする)

また、「ビックブレードは水がつかみやすく、しなりもよい。このため、収入が得やすく、ベントをうまく使えば利息を稼ぎやすくなった。」の「ベントをうまく使えば利息を稼ぎやすくなった。」の表現は、

「ベントをうまく使えば、借金を背負いにくくなった(余分な手数料の支払いが少なくなった)。」の方が適切かもしれません。

マコンと違い、ビックブレードでは、フィニッシュまでテンションがかかりやすいので、

「フィニッシュでの押切に注力するより、上体が後ろに残らないことに注力したほうが良い。」ということでしょうか。他の部分の収入と支出論についての基本的には変わらないと考えます。