

## ローイング技術の分析的研究 (第2報)

佐野 裕司 浅見 俊雄 戸荊 晴彦 足立 長彦

山本 恵三 菊池 武道\*

## An Analytical Study of the Rowing Skill II.

by

Yuji Sano, Toshio Asami, Haruhiko Togari, Nagahiko Adachi,  
Keizo Yamamoto, Takemichi Kikuchi

A 6 min of rowing with maximal effort in the rowing tank with 1.7 m/sec of the flow rate was carried out by 4 trained oarsmen (who were on the Tokyo University clue) and 17 untrained fresh oarsmen (after 4 months of training period). Energy cost, strain curve of oar and crutch and angular changes of crutch were measured.

The results were as follows:

1. Rowing frequency and angular displacement of crutch and the total impulse given at oar of the trained oarsmen did not differ from those of the untrained. However, angular velocity of the crutch, impulse given at oar and crutch by one stroke and the total impulse given at crutch of the trained were significantly higher than those of the untrained.

2. Rowing frequency ranged from 21.7 to 30.3 strokes/min. Angular displacement and angular velocity of crutch and impulse per one stroke were tend to decrease as rowing frequency increased. The trained group showed higher crutch angular velocity and larger impulse than those of the untrained with the same rowing frequency.

3. A positive correlation was obtained between the impulse given at oar and the impulse given at crutch. The conversion rate of the former to the latter was higher in the trained group than in the untrained.

## 目 的

ボートのローイングは、化学的エネルギーを身体運動に変換し、それによってオールを水中で動かす。水の抵抗によって起こるオールの歪をクラッチに伝えて、その歪によって艇の推進力を得ようとする運動技術である。

ボートの練習を行えば、ローイングに使用されるエネルギー量が高められるとともに、それを艇の推進力に変換する過程での効率が高められるこ

とが推測される。したがって、このエネルギー変換の効率を測定することによって、技術の習熟の程度を客観的に評価することが可能ではなからうかと考えた。

前報<sup>15)</sup>では、ローイングのエネルギー需要量とクラッチに加えられた総力積との関係や、筋電図の放電パターンに、鍛練者と非鍛練者との間の差が認められたことを報告したが、本報は、オールおよびクラッチの力学的諸量、エネルギー需要量の相互関係の分析から、ローイング技術の分析を

試みたものである。

## 方 法

被検者は、東京大学対抗クルー4名（鍛練者）と、東大ボート部に入部して4ヶ月のトレーニングを積んだ新人17名（非鍛練者）の計21名である。これら被検者の年齢・体格は、表1に示す如くである。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Group	n	Age (yrs)		Height (cm)		Weight (kg)	
		mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D
trained	4	21.0	0.80	172.3	2.50	65.8	5.56
untrained	17	18.8	0.75	171.8	4.55	64.3	5.98
total	21	19.3	1.16	171.9	4.17	64.6	5.78

実験は、ローイングタンクでの漕によって行った。流水速度は、非鍛練者の能力に合わせて、1.7 m/secとし、1分間30ストロークで、6分間に全力を出しきるように漕がせた。

オールのインポート部およびクラッチのシャフト部にペーパーストレングージを貼布して、オールおよびクラッチの歪曲線を記録した。力の較正は、オールがブレードの直角方向、クラッチが艇の進行方向にそれぞれ既知の荷重を負荷して行った。

オールの角度変化を記録するために、オールとほとんど同じ動きを示すクラッチにエレクトロゴニオメーターを装置した。

歪曲線および角度曲線は、ビジオグラフ（三栄測器製）に記録し、1分ごとの3ストロークについて、歪曲線からは力積を、角度曲線からは角度変化と平均角速度を求め、3ストロークの平均を

毎分の平均値とした。力積については、この値に各分のストローク数をかけ、これを合計して6分間の総力積を算出した。角度変化、角速度についても同様にして全体の平均角速度を算出した。

エネルギー需要量は、6分間漕中および回復期30分間の呼気を連続してダグラスバックに採気し、酸素摂取量を測定し、安静時代謝量を差し引いて求めた。呼気ガスの分析には、呼気ガス瞬時分析

装置（三栄測器製）を用い、換気量の測定には、乾式ガスメーター（マックスプランク製）を用いた。また、安静時代謝量は、身長、体重からの計算値を用いた。

## 結 果

表2は、鍛練者群、非鍛練者群別にみた各測定項目の平均値と標準偏差および両群間の差の有意性を示したものである。ストロークとクラッチの角度変化およびオールの総力積を除いては、いずれも鍛練者群が有意に高い値を示した。

ストローク数は、実験条件では30と規定したのであるが、流水速度が実漕に比べて遅かったために水が重く、実際には1例を除いてすべて30以下であり、平均で21.7から30.3の間に分布した。そこで、ストローク数と他の変量との関係を見たのが図1～3である。

Table 2. Mean and standard deviation of each mechanical parameters

Group	Number of stroke (strokes/min)		Angular displacement of crutch (degree)		Angular velocity of crutch (rad/sec)		Impulse applied to oar per stroke (kg·sec)		total (kg·sec)		Impulse applied to crutch per stroke (kg·sec)		total (kg·sec)		Energy requirement (Cal)	
	mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D	mean	S.D
trained	24.7	3.44	68.4	8.65	0.99	0.025	42.9	4.90	6287	602	144.0	16.69	21050	968	104.8	8.92
untrained	26.5	1.98	61.7	5.90	0.88	0.041	36.6	4.42	5734	659	108.7	14.78	16961	1837	89.9	11.00
t	No		No		P<0.001		P<0.05		No		P<0.001		P<0.001		P<0.05	

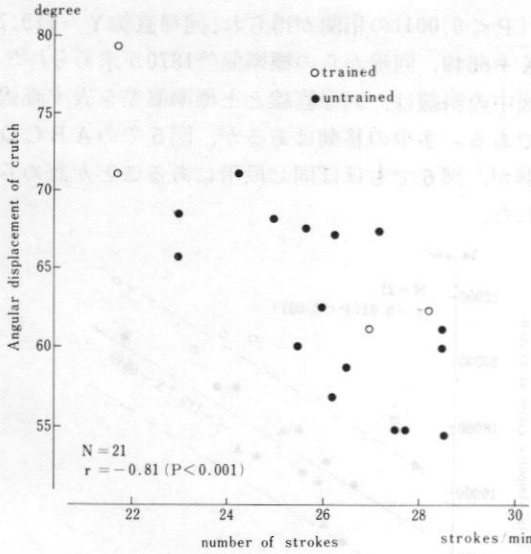


Fig. 1. Relationship between number of strokes and angular displacement of crutch.

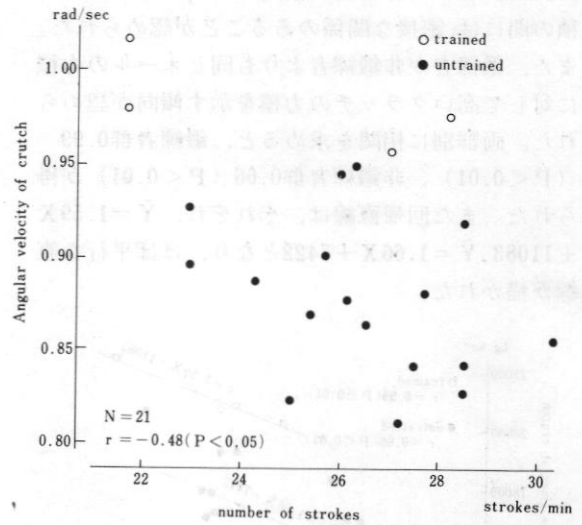


Fig. 2. Relationship between number of strokes and angular velocity of crutch.

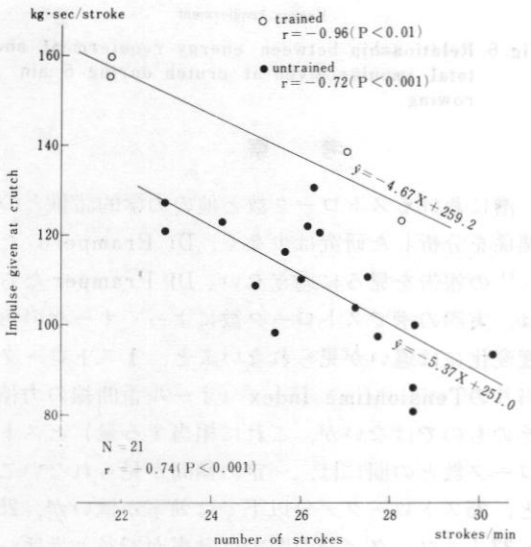


Fig. 3. Relationship between number of strokes and impulse per stroke given at crutch

図1は、ストローク数とクラッチの角度変化の関係を示したものである。全体として、 $r = -0.81$  ( $P < 0.001$ )と負の有意な相関を示し、ストローク数が多くなるとクラッチの角度変化（オールの角度変化とほぼ一致する）が小さくなる傾向を示した。鍛練者と非鍛練者の間には、両変数に有意差が認められなかったと同様に、この図においても両者の関係に差が認められなかった。

図2は、ストローク数とクラッチの角速度との関係を示したものである。全体では、 $r = -0.48$  ( $P < 0.05$ )の有意な負の相関がみられ、ストローク数が多くなれば角速度が減少する傾向を示した。また、鍛練者群が非鍛練者群よりも同じストローク数では大きな角速度を示しているが、群別に相関を求めた結果は、鍛練者群 $-0.68$ 、非鍛練者群 $-0.37$ となって、いずれも有意な相関ではなかった。

図3は、ストローク数と1ストローク当りのクラッチの力積との関係を示したものである。全体では、 $r = -0.74$  ( $P < 0.001$ )と有意な相関を示し、ストローク数が多くなると力積が小さくなる傾向を示した。また、鍛練者は非鍛練者よりも同じストローク数で大きな力積を示し、群別に相関を求めると、鍛練者 $-0.96$  ( $P < 0.01$ )、非鍛練者 $-0.72$  ( $P < 0.001$ )といずれも有意な相関係数が得られ、それぞれ  $\hat{Y} = -4.67X + 259.2$ 、 $\hat{Y} = -5.37X + 251.0$ の回帰直線が求められた。

クラッチの角速度とクラッチの力積の間にも  $r = 0.55$  ( $P < 0.01$ )の相関が得られ、角速度が速くなれば力積が大きくなるという傾向が認められた。

図4は、オールの総力積とクラッチの総力積との関係を示したものである。全体としては、 $r =$

0.65 ( $P < 0.001$ )の高い相関が得られ、両者の力積の間には、密接な関係のあることが認められた。また、鍛練者が非鍛練者よりも同じオールの方積に対して高いクラッチの力積を示す傾向が認められた。両群別に相関を求めると、鍛練者群0.99 ( $P < 0.01$ )、非鍛練者群0.66 ( $P < 0.01$ )が得られた。また回帰直線は、それぞれ、 $\hat{Y} = 1.59X + 11063$ 、 $\hat{Y} = 1.66X + 7422$ となり、ほぼ平行な直線が描かれた。

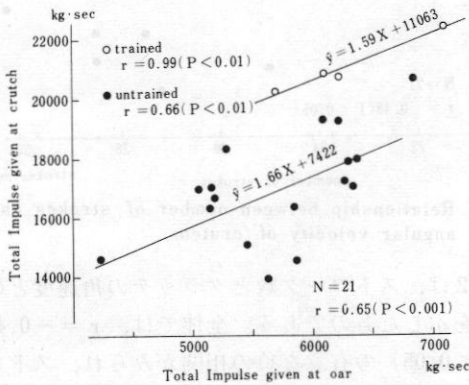


Fig. 4. Relationship between total impulse given at oar and crutch during 6 min rowing.

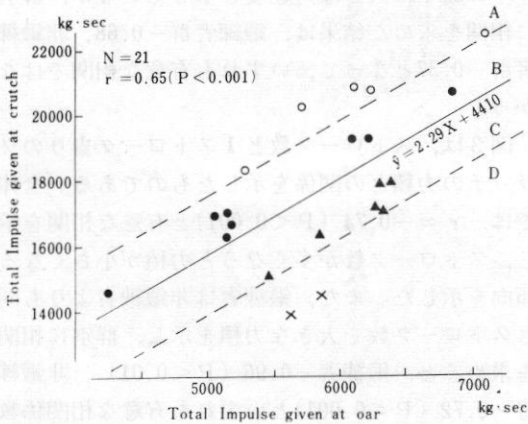


Fig. 5. Relationship between total impulse given at oar and crutch during 6 min rowing.

図5は、図4に全体に対する回帰直線 $\hat{Y} = 2.29X + 4410$ と回帰からの標準偏差1790を±した直線を引いて、A、B、C、Dの4群に区分したものである。このグループ分けをエネルギー需要量とクラッチの総力積との関係図にそのまま書き入れたのが図6である。この両者の間には、 $r = 0.61$

( $P < 0.001$ )の相関が得られ、回帰直線 $\hat{Y} = 119.7X + 6640$ 、回帰からの標準偏差1870が求められた。図中の斜線は、回帰直線と±標準偏差を表す直線である。多少の移動はあるが、図5でのA B C D群が、図6でもほぼ同じ段階にあることが認められた。

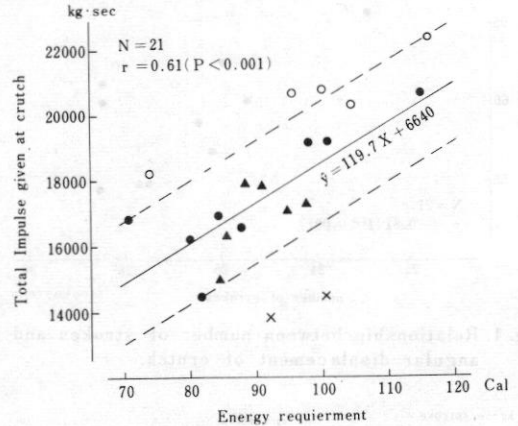


Fig. 6. Relationship between energy requirement and total impulse given at crutch during 6 min rowing.

### 考 察

漕におけるストローク数と他の力学的諸量との関係を分析した研究は少なく、Di Prampero たち<sup>7)</sup>の報告を見るに過ぎない。Di Prampero たちは、実際の漕でストローク数によってオールの角度変化には違いが見られないこと、1ストローク当りのTensiontime Index (オール歪曲線の力積そのものではないが、これに相当する量)とストローク数との間には、一定の傾向が見られないこと、25ストローク/分以下では効率が低い、25~37ストローク/分の間では効率が23%とほぼ一定の値を示すことを報告している。

Celentano たち<sup>6)</sup>も同様の実験結果から、ストローク数が増すとストロークに要する時間(オールを引く時間)が減少すること、オールのなす仕事量は大きくなり艇速は増大することを報告している。

これらの実験は、いずれも同一被検者に種々のストローク数で漕がせたものであり、本実験の個人間に見られるストローク差と他の変量を分析したものをそのまま対比することは出来ないが、い

くつかの点で相異点が見られる。ストローク数の増大に伴ってクラッチの角度変化、すなわちオール角度変化が減少すること、クラッチの角速度が減少すること、クラッチの力積が減少することが、その相異点である。

また、図2の1ストローク当りのクラッチの力積に総ストローク数をかければ6分間の総力積となることから、両群の回帰直線に6Xをかけたものが、ストローク数に対する両群の平均的な総力積を表わすことになる。つまり総力積(Z)は、

$$\text{鍛練者群} \quad Z = -28.02X(X - 55.50)$$

$$\text{非鍛練者群} \quad Z = -32.22X(X - 46.74)$$

となり、極大値はそれぞれ $X = 27.75, 23.37$ となる。

すなわち、鍛練者では約28ストローク/分、非鍛練者では約24ストローク/分の時に総力積が最大となることになる。クラッチの総力積は、艇の推進力に直接かかわる変量と考えられるので、この点でも、艇速はストローク数の増大に伴って速くなるとするCelentanoたち<sup>6)</sup>の報告とは一致しない。

こうした相異が実験方法上の違いによるものなのか、漕法や鍛練度等の違いによるものなのかは今後の研究を待たねばならない。

オールの歪曲線は、測定が容易なこともあって、石河たち<sup>8) 9)</sup>、Isiko<sup>10) 11)</sup>、Asamiたち<sup>4) 5)</sup>、Takahashiたち<sup>17)</sup>、Di Pramperoたち<sup>7)</sup>、Celentanoたち<sup>6)</sup>、Schneiderたち<sup>16)</sup>、など多くの研究者が記録分析しているが、オールが進行方向に対して角度変化することから、 $f \sin \alpha$  ( $f$ : オールに直角方向の力、 $\alpha$ : 進行方向とオールのなす角)が進行方向への成分となる。そこで $\alpha$ を無視したオールの力積とオールの力が加わった結果として表われるクラッチの艇の進行方向への歪から得られたクラッチの力積との関係をみたのである。この力が艇の推進力となると考えられるからである。

図5に見られるように、全体としては、0.65の相関ではあるが、標準偏差が示すように、同じオールの力積であっても、クラッチの力積にはかなりの幅がみられる。この幅を生み出す要因に鍛練度があげられるであろう。すなわち鍛練者では、オールの歪をクラッチに伝える率が高く、しかも

相関係数がきわめて高いことから、その率に個人差の小さいことが考えられる。

前報<sup>15)</sup>でエネルギー需要量とクラッチの力積との間にこれと同じ関係のみられることを報告したが、Asamiたち<sup>4)</sup>は、エネルギー需要量とオールの力積との間にも技術差に相応した回帰直線の引かれることを報告している。

漕では、エネルギーはオールの歪に、オールの歪はクラッチの歪に変換して艇の推進力となり、そのそれぞれのエネルギー変換の効率に、技術による差が表われるものと考えられる。身体資源としての出さうエネルギー量または、実際に運動に用いたエネルギー量とパフォーマンスとの関係で、スポーツ技術の分析を試みた研究には、Miuraたち<sup>12)</sup>の走、宮下<sup>13) 14)</sup>の水泳、浅見たち<sup>1) 2)</sup>、Asamiたち<sup>3)</sup>の蹴、Asamiたち<sup>4) 5)</sup>の漕などがあるが、図5,6の関係も、これらの研究と同様に、技術を客観的に評価するための一つの方法を示唆するものであろう。

## 結 論

東京大学代表クルー4名(鍛練者)、4ヶ月の練習を積んだ新人クルー17名(非鍛練者)を被検者として、ローイングタンクを用いて、流水速度1.7m/secで6分間の全力漕を実施した。その際のエネルギー需要量、オール、クラッチの歪曲線、クラッチの角度変化を測定して分析し、次の結果を得た。

1). 鍛練者と非鍛練者との比較では、ストローク数、クラッチの角度変化およびオールの総力積には差がなかったが、クラッチの角速度、オールの1ストロークの力積、クラッチの1ストロークの力積および総力積では、鍛練者が有意に高い値を示した。

2). ストローク数は、21.7~30.3ストローク/分の分布を示し、ストローク数が増すとクラッチの角度変化、角速度、および1ストローク当りの力積が減少する傾向がみられた。また、鍛練者は同じストロークでも、クラッチの角速度および力積で非鍛練者よりも大きな値を示した。

3). オールの力積とクラッチの力積との間には正の相関が見られた。また、鍛練者はオールの力積

をクラッチの力積に変換する率が高かった。

4). エネルギー需要量, オールの力積, クラッチの力積のそれぞれの間のエネルギーの変換の効率から, 技術を客観的に評価することが可能なことが示唆された。

#### 文 献

- 1) 浅見俊雄, 戸菊晴彦: サッカーのキック力に関する研究, 体育学研究, 12(4): 267~272, 1968.
- 2) 浅見俊雄, 戸菊晴彦, 菊池武道, 足立長彦, 北川薫, 佐野裕司: サッカーのキックにみられるパワーとパフォーマンスとの関係について, キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学 I, 147~157, 杏林書院, 1973.
- 3) Asami, T., H. Togari, T. Kikuchi, N. Adachi, K. Yamamoto, K. Kitagawa, and Y. Sano: Energy efficiency of ball kicking. *Biomechanics*, V-B: 135~140, 1976.
- 4) Asami, T., N. Adachi, K. Yamamoto, K. Ikuta, and K. Takahashi: Biomechanical analysis of rowing skill. *Biomechanics*, VI-B: 109~114, 1978.
- 5) Asami, T., N. Adachi and K. Yamamoto: Biomechanical analysis of rowing performance. *Biomechanics*, VII, (印刷中)
- 6) Celentano, F., G. Cortili, P.E. Di Prampero, and P. Cerretelli: Mechanical aspects of rowing. *J. Appl. physiol.*, 36(6): 642~647, 1974.
- 7) Di Prampero, P. E., G. Cortili, F. Celentano, and P. Cerretelli: Physiological aspects of rowing. *J. Appl. physiol.*, 31(6): 853~857, 1971.
- 8) 石河利寛, 山川純, 御子柴紀子, 伊藤幸子: 水槽実験による漕艇動作の研究. スポーツ科学委員会報告集: 1~5, 1963.
- 9) 石河利寛, 伊藤幸子, 御子柴紀子, 山川純: テレメータによる漕艇運動の分析. 医用電子と生体工学, 3: 203~208, 1965.
- 10) Ishiko, T.: Application of telemetry to sports activities. *Biomechanics*, I: 138~146, 1967.
- 11) Ishiko, T.: Biomechanics of rowing. *Biomechanics*, II: 249~252, 1971.
- 12) Miura, M., H. Matsui, M. Miyashita, K. Kobayashi, T. Hoshikawa, and H. Sodeyama: A study on the relationship between physical performance and physical resources. *Jap. J. phy. Educ.*, 15-4: 231~235, 1971.
- 13) 宮下充正: 水泳の科学. 1~25, 杏林書院, 1970.
- 14) 宮下充正: Efficiency からみたスキル. キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学 II, 61~71, 杏林書院, 1976.
- 15) 佐野裕司, 浅見俊雄, 戸菊晴彦, 足立長彦, 山本恵三, 北川薫, 菊池武道: ボートのローイング技術の分析的研究, キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学 II, 192~200, 杏林書院, 1976.
- 16) Schneider, E., E. Angst, and J. D. Brandt: Biomechanics in rowing. *Biomechanics*, VI-B: 115~119, 1978.
- 17) Takahashi, K., T. Asami, H. Togari, and Y. Sano: An Analysis of strain curves of an oar during rowing. *Biomechanics*, VI-B: 145, 1978.