

## 回流水槽における流速の分布

小野寺昇 宮地元彦 米谷正造 木村一彦

川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(平成3年8月23日受理)

Distribution of the Velocity of a Flowing Fluid at the Swimming Flume

**Sho ONODERA, Motohiko MIYACHI,  
Shozo YONETANI and Kazuhiko KIMURA**

*Department of Health and Sports Sciences, Faculty of Medical Professions  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-01, Japan  
(Received on Aug. 23, 1991)*

**Key words** : swimming flume, velocity of a flowing fluid, distribution

### 要 約

水泳運動におけるトレッドミルといわれる回流水槽の水流の速度の分布を検討した。速度は2.2m/秒まで出すことが可能である。水流の速度は0.25mと0.70mの水深にて、それぞれ9箇所測定した。我々は以下のような結果を得た。1) 回流水槽の両サイドの流速は中央部より速く、2) 水深0.25mでは上流の流速が下流の流速より速く、3) 水深0.70mでは下流の流速が上流の流速より速かった。

### Abstract

It was studied the distribution of the velocity of a flowing fluid in a swimming flume i. e., a kind of swimming "treadmill".

The speed can be varied to 2.2m/sec. The velocity of a flowing fluid was measured at 0.25m and 0.70m deep each nine points. We obtained the following results : 1) the velocity was faster at the both sides of a swimming flume than middle loop, 2) the velocity was faster at the upper stream than lower one in the 0.25m deep, 3) the velocity was faster at the lower stream than upper stream in the 0.70m deep.

## 緒 言

水泳運動中の酸素摂取量と水泳速度には、相関関係が見られる。Liljestrand and Stenstöm<sup>1)</sup> (1919) により水泳運動と酸素摂取量の関係が報告され、その後10余年を経て Karpovich and Millman<sup>2)</sup> (1944) によりこの関係が明確なものとなった。水泳運動中のエネルギー代謝量を負荷との相関から考察する場合、一定の水泳速度を保持することが重要であり、それを可能としたのがスイムミルと呼ばれる回流水槽である。

回流水槽を用いた最初の報告は、Holmer<sup>3)</sup> (1972) と Holmer and Åstrand<sup>4)</sup> (1972) によるものであった。

単水路の回流水槽では、流れの速度が分布することが理論的に知られているが、実際にスイムミルで速度分布を計測した報告はない。そこで、今回本学に導入された回流水槽が2機のスクリューにより速度を変化させる新機種であることから流速の分布を明かにした。

## 方 法

本学に導入された回流水槽（以下スイムミルと記載）の大きさは、長さ6.6m、幅2.55m、高さ2.3mである。そのうち、水槽部分は、長さ4.0m、幅1.7m、水深1mである。水深1mまで満たした水量は約15ton であり2機のスクリュー（7.5kw×2）により流速を2.4m/sec まで変えることが可能である。流速は、ALEC Electronics 社製の流速計（ACM-3）を用い、加速度を積分して速度として求めた。水温は24℃であった。流速は全部で18位置で測定した。水面から25cmの水深で9位置（水槽の中央、中央線上吹き出し口から30cm後方、中央線上吸い込み口から100cm前方、及び中央線から両側へ50cm離れた同位置）及び70cmの水深で9位置（前述の位置から底方向へ45cm移動した同位置）であった。

## 結果及び考察

表1に測定した流速の中央値を示した。流速は一定したものではなくある程度のゆらぎをもち変動した。このため中央値で示した。また、今回は流速の分布を検討するのが目的であるこ

とからスイムミルの中央上の流速を基準とした分布として示した。表1-Aには、方法で述べた表面に近い位置（水深25cm）で測定した9位置を示し、表1-Bには、底に近い位置（水深70cm）での9位置を示した。流れの下流から見て左側、右側とし、上流を前方、下流を後方と定義した。

流速は増速するに従って、水深25cm、及び水深70cmにおいて速度が増した。

水深25cmでは、いずれの流速においても左側及び右側前方は速く、中央はむしろ遅くなった。また、前方より後方が遅く、中央部後方の流速低下が著しかった。

水深70cmでは、左側及び右側前方は速く、中央前方が遅い傾向は水深25cmと同じであったが、中央部前方での低下が著しかった。水深70cmでは、中央部後方が前方より速く、水深25cmとは異なる傾向にあった。

表1における結果を立体化し、図1に示した。中央上の流速が65cm/sec での水深25cm（図1-A）及び70cm（図1-B）の速度分布を立体的に示した。前述した速度分布の特徴が著明にあらわれた。理論的には、自由表面をもつ開水路において一様な流れが断面的に存在することはない<sup>5)</sup>。また、実際に回流水槽内での水泳では、流れの中に物体を置く場合と同様の流れの分布が生じる。つまり、泳者の両側に流れが分かれ、泳者に近いほど速度は遅く、両側の壁との中間が最も速くなる。

伊藤<sup>6)</sup> (1988) は水中姿勢と水抵抗について検討し、伸長伏臥位姿勢、右手前方左手体側伏臥位姿勢、平泳ぎキックの最大屈曲時伏臥位姿勢の順に水抵抗が大きくなることを示した。このことは、伸長伏臥位では流速が両側に分かれた後、後方まで一様な抵抗で流れることを意味し、逆に、いずれの泳法で運動しているときにも水抵抗が大きくなり一様な流れが得られないことを意味する。

阿久津<sup>7)</sup> (1964) は、4泳法の効率について検討し、Back, Crawl, Butterfly, Brest の順に高いことを報告した。これは、静止流体における実験であり、今後、回流水槽で効率の実験をするためには流体の流れの分布を把握する必要がある。また、水泳速度とエネルギー代謝量

表1 回流水槽における流速の分布

A	左前上	真前上	右前上	左真上	中央上	右真上	左後上	真後上	右後上
	21	20	20	18	21	40	13	23	19
	32	31	32	32	24	51	23	24	34
	45	45	55	47	39	48	35	42	45
	64	60	62	52	46	61	44	51	59
	80	69	78	73	65	77	63	51	75
	98	87	97	85	75	87	82	73	82
	110	101	113	103	88	103	93	78	95
	128	115	133	115	98	115	98	93	108
	150	135	151	135	120	138	123	108	125
	168	150	173	143	130	145	138	145	145
	188	160	188	155	140	160	145	160	163
	193	174	196	170	160	180	160	178	170

B	左前下	真前下	右前下	左真下	中央下	右真下	左後下	真後下	右後下
	12	7	16	13	7	9	11	9	9
	29	8	24	21	12	21	21	17	19
	37	13	32	28	17	31	30	21	28
	50	15	42	40	20	39	40	30	37
	63	23	46	50	26	48	53	34	47
	78	30	48	61	61	60	58	44	60
	96	32	56	73	33	68	72	49	68
	108	36	75	83	37	74	77	58	79
	120	42	92	91	49	89	88	58	90
	128	47	110	98	49	95	98	66	98
	145	55	115	108	54	105	102	75	105
	158	56	123	120	60	120	109	80	108

(cm/sec)

に関する報告が多くなされているが、今回の実験で流速が一定の値に達するまで数分要したことを考えれば、スイムミルでの負荷漸進方法による酸素摂取量からのエネルギー代謝量の推測には流速を正しく把握することが重要と考えられた。

ま と め

1. 本学に導入された回流水槽における流速の

分布を検討した。

2. 2機のプロペラスクリーをそなえた回流水槽では、中央部分より両側が速かった。
3. 表面に近い位置では、流れの上流で速く、下流で遅くなった。
4. 底に近い位置では、上流より下流が速かった。

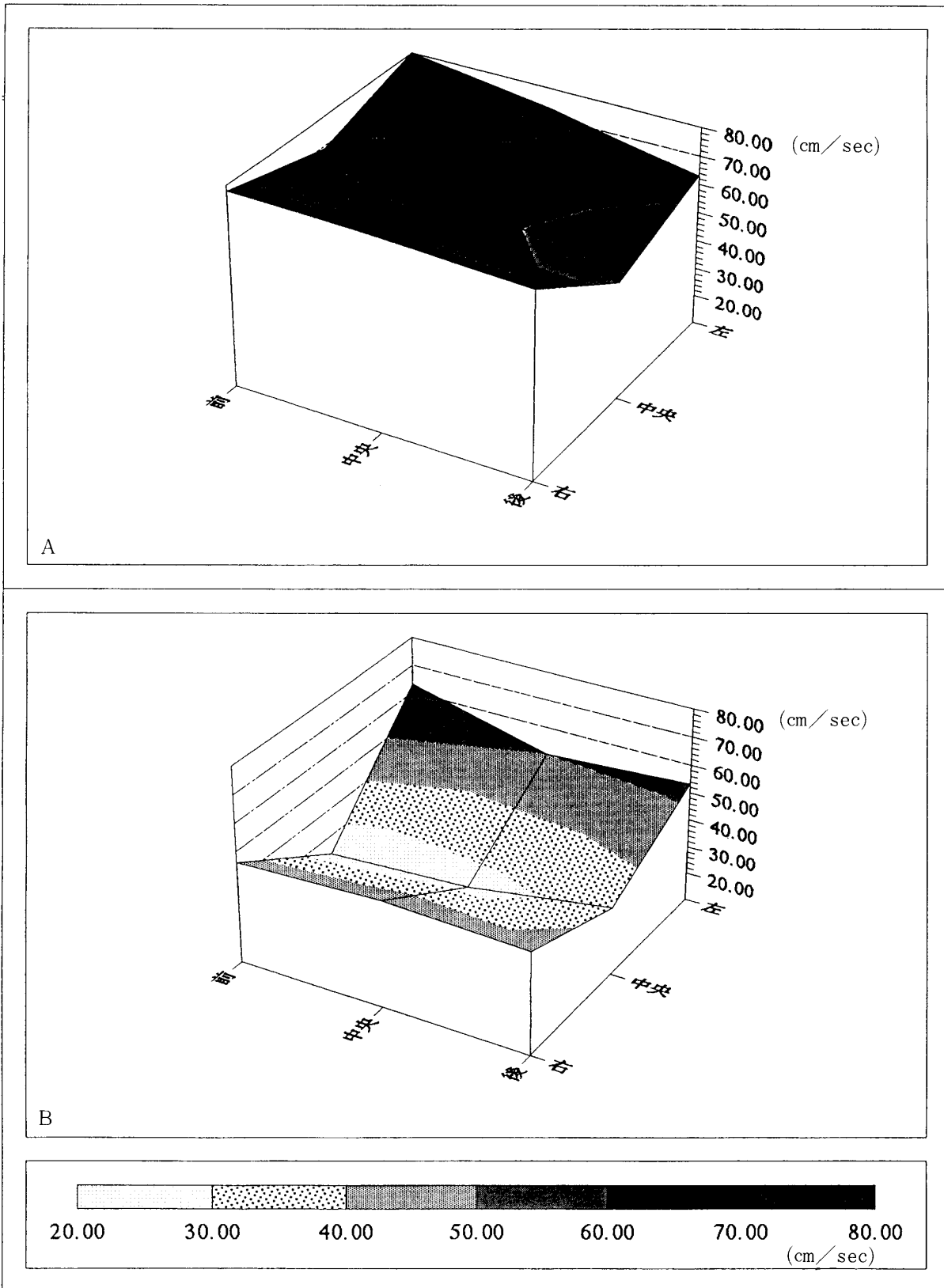


図1 中央部65cm/sec 流速からみた水深25cm (A) 及水深70cm (B) における流速の分布

## 文 献

- 1) Liljestrand, G., N. Stenström (1919) Studien über die Physiologie des Schwimmer, *Scand. Arch. Physiol.*, **39**, 1—63.
- 2) Karpovich, P. V. and N. Millman (1944) Energy expenditure in swimming, *Am. J. Physiol.*, **142**, 140—144.
- 3) Holmer, I (1972) Oxygen uptake during swimming in man, *J. Appl. Physiol.*, **33**, 502—509.
- 4) Holmer, I. and P. O. Åstrand (1973) Swimming training and maximal oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.* **33**, 510—513.
- 5) 谷 一郎 (1988) 流れ学, pp 39—43, 岩波全書.
- 6) 伊藤雅浩 (1988) 水中姿勢と水抵抗との関係, *水泳研究*, **116**, 4—19.
- 7) 阿久津邦男 (1964) 水泳のエネルギー代謝に関する研究 (その1), 水泳のスピードと効果の関係, *体力科学*, **13**, 180—188.