

コースロープの消波性能と競技記録に与える影響

佐藤 陽平 (Yohei Sato)

東京大学大学院工学系研究科

藤島 実 (Minoru Fujishima)

東京大学大学院工学系研究科

宮下 充正 (Mitsumasa Miyashita)

東洋英和女学院大学人間科学部

〔要旨〕

競泳競技において、プール内に存在する波は、選手の抵抗を増加させ競技記録の低下要因となる。世界記録レベルの競技記録を生み出すには、選手のトレーニングのみならず、競技施設の向上、すなわち、消波性の高いプールの研究が不可欠である。競技記録に悪影響を与える波としては、次の2種類が考えられる。先行している他の選手が造った波と、ターン後における、ターン前に自分が造ってきた波である。従って、コースロープはこれらの波に着目して開発する必要がある。

今回、このような考察のもと、コースロープの消波性能の評価法を提案し、4種類の形状のコースロープ消波性能の測定および検証を行った。その結果、コースロープの形状により水波の透過率で約10%の相違が現れることがわかった。また、コースロープの消波性能の競技記録へ及ぼす影響を測定したところ、コースロープ種類により50mスタートダッシュで約0.1秒違ってくることが分かった。

◆キーワード：コースロープ、消波性能、競技タイム

1. はじめに

近年、オリンピックなどビッグゲームが行われる際、競技施設の性能が注目されてきている。例えば、スピードスケートのアイスコンディションの調整や、陸上競技の高速トラックの敷設などである。これらの競技では、スポーツ選手の競技能力の向上と同時に、競技施設の性能向上が記録を作り出していると考えてもよい。そのため、これらの競技施設について、高度な研究が盛んに行われている。

競泳競技においては、消波性能の高いプール施設が求められる。これは、波の中を泳ぐ（進む）時の抵抗は、波のない静水中を泳ぐ（進む）ときの抵抗より増加すると考えられるからである。従って、選手が泳ぐ進路上の波を少なくすることが、記録の向上につながることになる。プール内の波を減らす方法としては、オーバーフローのプール壁の採用、消波性能の高いコースロープの設置などがあげられる。この中で、コースロープの開発研究は、消波性能の評価方法も定まっておらず、現段階では十分に行われてはいないようである。

そこで本論文では、まず、コースロープの消波性能の評価方法を提案する。次に、コースロープの消波性能が競技記録に与える影響について行った実験の結果を報告する。

2. コースロープの消波性能の測定と実験

最初に、コースロープと波のエネルギーの関係について考える。

選手が泳ぐ時に発生する波のエネルギーは、コースロープにより

- 隣のコースに透過するエネルギー
- 自分のコースに反射してくるエネルギー
- コースロープ内で吸収するエネルギー

に分かれる（図1）。透過エネルギーおよび反射エネルギーが低いほど、プール内の波は低くなる。そこで、波の透過および反射の測定を試みた。

2.1 試験体

メーカー、直径が異なる4種類のコースロープを用いた。コースロープの設置にあたっては、トルクレンチを用いてリールを巻き上げ、張力を一定にしている（表1）。

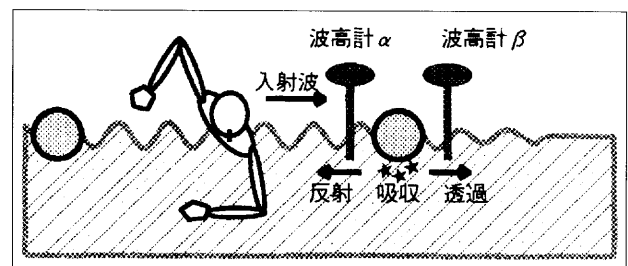


図1 コースロープと波のエネルギー

表1 コースロープメーカーおよび直径

試験体	A	B	C	D
直径(mm)	150	150	110	110
メーカー	M社	E社	M社	E社

2.2 試験方法

実験は東京大学第2 食堂地下の25m室内プールにて実施した。測定対象のコースロープは図2に示すロープ位置(I)および(II)に設置した。Lane 2のセンターライン上を選手が25mのスタートダッシュを行った。 α, β に設置した波高計で、波高を0.01秒単位で測定した。 α の波高計は、選手の造波エネルギーおよびコースロープの反射エネルギーを測定することを、 β の波高計は、コースロープを透過するエネルギーを測定することを、それぞれ目的とした。測定回数は、測定データのばらつきを考慮し、各コースロープに対し、3名の選手が最大努力で5回づつ合計15回とした。

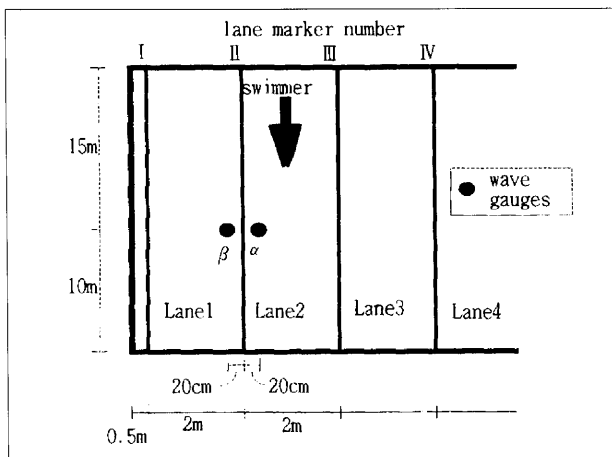


図2 波高計設置点

2.3 解析方法および測定結果

α, β の位置に設置された波高計により、時刻暦での波高が測定される。波高のサンプルを図3に示す。このサンプルでは、横軸5秒を過ぎたところで、選手が波高計の横を通過している。

2.3.1 波のパワー

測定した波高より、波のパワーの算出を試みた。不規則波の単位面積当たりの平均パワー (Power (J/m^2))は、以下のように表せられる。

$$Power = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1} \rho g \int_{T_1}^{T_2} \{h(t)\}^2 dt$$

ただし、 $h(t)$ は時刻 t における波高である。

今回の解析では、時刻暦の波のパワーが必要である。そこで、時刻暦の波のパワーを表わすものとして、時刻 T における $P (J/m^2)$ を以下の式で定めた。 P は、波高の2乗に時刻 T を中心にした窓関数を乗じることにより、算出している。

$$P(t) = \frac{1}{2} \cdot \rho g \cdot \frac{1}{\sigma \sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(\frac{T-t}{\sigma}\right)^2 \{h(t)\}^2 dt$$

ただし、 ρ は水の密度(kg/m^3)、 g は重力加速度(m/sec^2)、 σ は窓関数の広がりパラメーターである。今回の実験では、 $\sigma = 1.5$ とした。 P のサンプルを図4に示す。

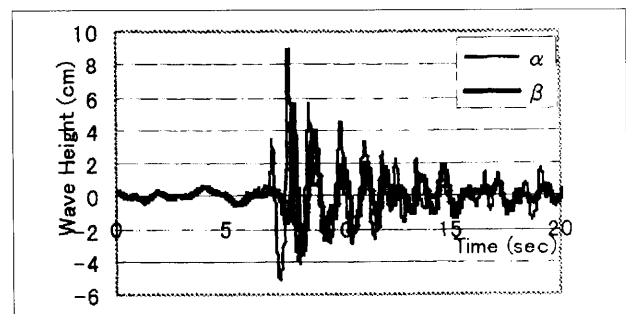


図3 波高の時刻暦

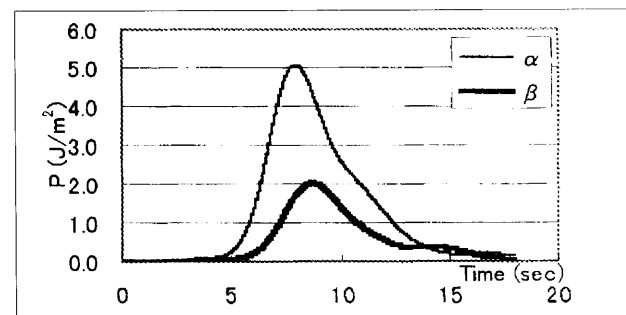


図4 Pの時刻暦

2.3.2 波の透過率

ある選手が発生させた波が、隣接コースの選手への競技記録低下要因とならぬためには、隣接コースへの波の伝播が少ない程よい。このことを評価するために、以下の式で透過率(%)を定義した。 α, β のパワーの最大値を用いているのは、選手の泳ぎを乱すパワーの強い波の透過率に着目するためである。

[透過率] = $\text{Max}(P_\beta) / \text{Max}(P_\alpha) \times 100$ ただし、 P_α, P_β はそれぞれ α, β 位置における P である。

2.3.3 波の減衰時間

選手がターン後、折り返し泳ぐ際に、コース内に

波が残っていると、その波は競技記録の低下要因となる。従って、自らのコース中の波がより早く減衰する必要がある。そこで、Lane 2内の波の減衰を評価するため、波の減衰時間(sec)を以下の式で定めた。

$$[\text{減衰時間}] = [\text{P}_\alpha \text{がMax(P}_\alpha\text{)の} 1/e(\text{約}37\%) \text{に減衰した時刻}] - [\text{P}_\alpha \text{が最大となった時刻}]$$

2.3.4 透過率、減衰時間の解析結果及び考察

解析結果を図5,図6に示す。透過率、減衰時間ともに値が低いほど、コースロープの理想に近い。コースロープ種類により、透過率で最大10%、減衰時間で最大約0.4秒の差が測定された。直径150mmのコースロープと直径110mmのコースロープの差が顕著に表れていない。この点については、巻き上げトルク強度を変化させ、さらに調べる必要がある。

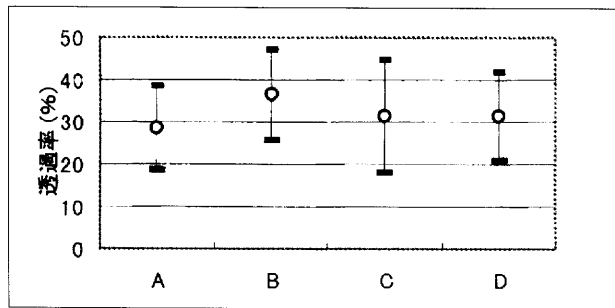


図5 透過率

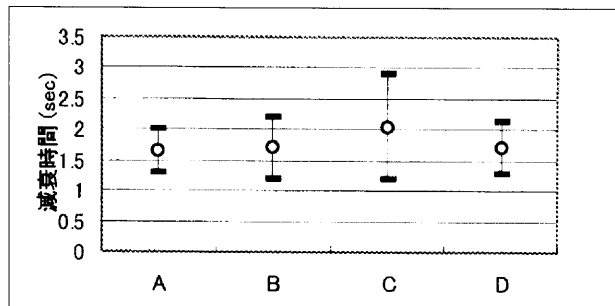


図6 減衰時間

3. コースロープ消波性能と競技記録との関連についての測定実験

コースロープの消波性能が、選手の競技記録に実際どれだけ影響するのかを測定することを目的に、実験を行った。

3.1 試験体

消波性能の測定と実験(2.コースロープ消波性能の測定と実験)に使った試験体と同じコースロープを

用いた。

3.2 試験方法

コースロープを図7のとおり設置した。東京大学水泳部員15名に各個人1コースあたり3回、1コース当たり合計45回、測定延べ270回、最大努力での50mスタートダッシュを行った。測定には、約1ヶ月間要した。

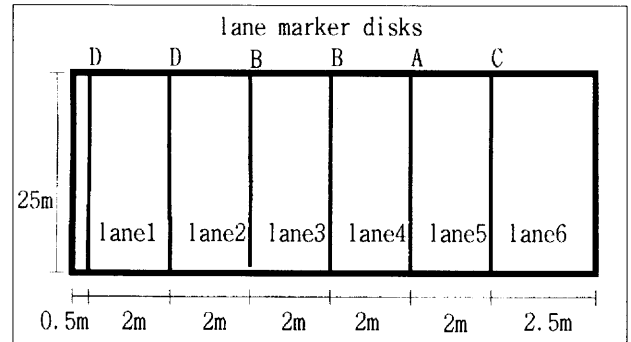


図7 コースロープ配置図

3.3 解析方法および結果

各個人の一回ごとのタイムと平均タイムとの差を計算し、それをコース別にヒストグラムにて表示した(図8)。

また、上記の差をコースごとに平均値を計算し、全体平均との差を算出した(表2)。Lane 1とLane 6では、プール壁の影響を受け、全体平均より遅くなっている。Lane 2とLane 5では、プール壁の影響などほぼ同じ条件にもかかわらず、約0.1秒の差がある。この差は、コースロープの種類の違いにより生じた可能性があると考えられる。

表2 全体平均と各コースの平均との差

LANE	lane1	lane2	lane3	lane4	lane5	lane6
全体平均との差	0.08	0.04	-0.06	-0.08	-0.08	0.10

4. 考察

競技記録とコースロープの関係は、顕著な結果が得られなかった。これは、実験期間が約1ヶ月と長期になり、選手のコンディションによるタイムのばらつきが大きくなってしまったのが原因だと思われる。今後は、コースロープによる波の減少と、波の減少による競技記録の向上に分けて実験することで、より正確な結果が得られると考えられる。

5. 謝辞

本研究は(財)日本水泳連盟および東京大学水泳部の協力を得て実施されたものである。

〈参考文献〉

- 1) MIYASHITA, M., "Critical aspects of biomechanics in swimming," in Biomechanics and Medicine in swimming VII, (eds j.p. Troup et al) E&FN Spon. pp.17-22, 1996.
- 2) Ohmichi, H., Takamoto, M. and Miyashita, M. "Measurement of the waves caused by swimmers" in Biomechanics and Medicine in Swimming. (eds, A.P. Hollander et al) Humann Kinetics. pp103—107, 1983.
- 3) Takamoto, M., Omichi, H., and Miyashita, M. "Wave height in relation to swimming velocity and proficiency in front crawl. in Biomechanics IX-B." (eds D.A. Winter et al) Human Kinetics. pp486—491, 1983.

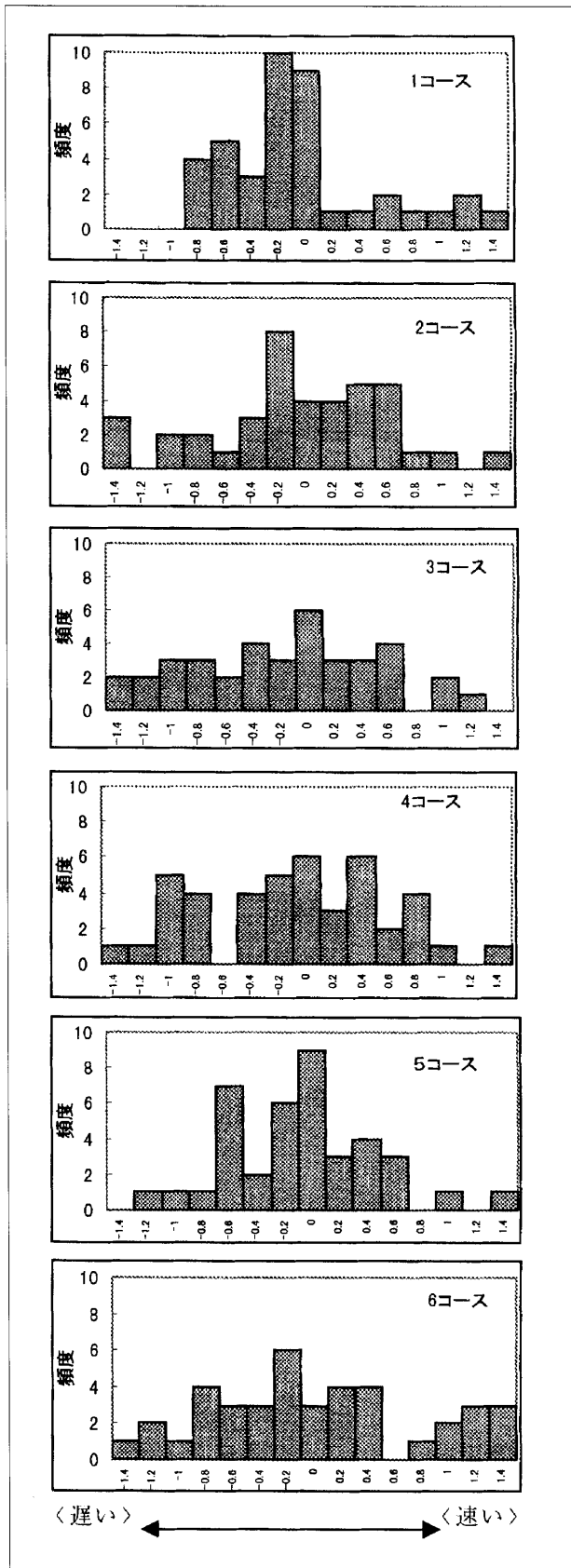


図8 コース別ヒストグラム