

リュージュ パラメトリックスタディ

酒 井 謙 二

第一工業大学 航空工学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2)

E-mail:k-sakai@daiichi-koudai.ac.jp

The Parametric Study for the Luge Game to get the High Record at the Olympic Game

Daiichi Institute of Technology
Kenji SAKAI

The parametric study for the luge game to get the high record at the Olympic game are requested by the Japanese Olympic Committee. Three parameters, which are the initial speed, the aerodynamic drag, and the friction drag, are studied. Japanese luge team record was the 18th at the Nagano Olympic game. To get the 1st record, the aerodynamic drag must be reduced 13.3% and the initial speed must be increased 1.6%.

The friction drag reduction effect is small compared with the aerodynamic drag and the initial speed.

Key Words : Parametric Study,Luge ,Olympic Game ,Aerodynamic Drag, Initial Speed, Friction Drag

1. はじめに

日本オリンピック協会のリュージュの担当者から、宇宙航空研究開発機構(JAXA)・総合技術研究本部に、リュージュの風洞試験の依頼があった。外国のそりの形を見ると、空気抵抗を減らすような工夫がされており、日本もそれらの詳細な検討をしたいということであった。風洞試験は、総合研究本部の風洞技術開発センターの2mx2m低速風洞で実施された。これを機会に、空気抵抗減の目標値を明確にする観点からも、成績向上のため、初速度、空気抵抗係数、摩擦抵抗係数について、それらの感度解析を行った。



図 1.2 リュージュ(2)

2. 影響パラメータ

リュージュの滑走中の写真を図 1.1と図 1.2 に、その写真を図 1.3 に示す。



図 1.1 リュージュ(1)



図 1.3 リュージュそり

検討モデルを図 2 に示す。

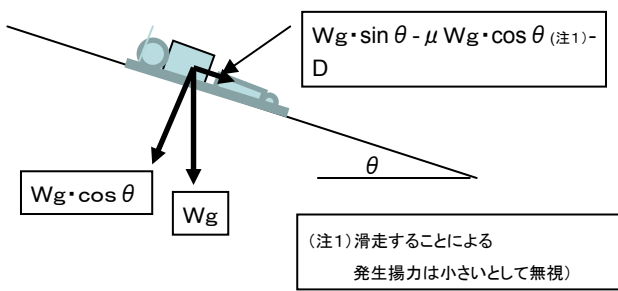


図2 検討モデル

この図から、成績に影響するパラメータとして、全体の重量(体重+そり重量)、摩擦係数、空気抵抗が予想されるが、さらにもうひとつのパラメータとしてスタート時に選手の走りと手がきによって作られる初速度が加わる。

なお、滑走中に発生する揚力は小さいとして今回の検討では無視した。

3. 検討したコース

検討したコース及び成績は長野大会男子一人乗りとした。これを選んだ理由は、オリンピックの詳細データが入手できたことによる。コースの区間ごとの長さや高低差を表1に示す。

区間	全長(m)	高低差(m)
スタート~01	37	4.4542
01~02	259	22.6545
02~03	325.5	42.0898
03~04	240	24.3065
04~ゴール	174.5	-8.6081
	290.5	16.7381

表1 長野大会コース概要

なお、区間4(最終区間)はこの区間のみ登りがあり、2つの区間に分けてデータがある。

4. 長野大会の男子一人乗りの成績

長野大会の男子一人乗りの成績のうち、日本の18位と5位、および1位の各区間の成績を表2に示す。

区間	合計タイム(秒)		
	1位(ロシア)	5位(ドイツ)	18位(日本)
1	3.173	3.134	3.212
2	16.426	16.377	16.580
3	28.125	28.118	28.436
4	35.366	35.414	35.827
ゴール	49.372	49.676	50.356
トップとの差	0	0.304	0.984

表2 1位、5位、18位の区間ごとの比較

ちなみに、1位はロシア、5位はドイツであった。また、18位から5位までの差は0.304秒、トップとの差は0.984秒である。

5. 日本の現状の影響パラメータの推算

日本18位の現状の影響パラメータの初期値として、

①空気抵抗係数は、参考文献1の中の「人が寝ている抵抗データ」がCd=0.00675であり、リュージュの場合、体の一部が隠れているため、その7割。

②摩擦抵抗係数は、参考文献2の車の雪氷滑走路面の係数が0.01程度であるが、リュージュの場合はこの値よりかなり小さいと考え、その4割。

として推算した。

これら空気抵抗係数と摩擦抵抗係数の初期値をベースに、区間1の実績から初速度の初期値を決定した。求められた初期値をベースに区間ごとにタイムを推算し、影響係数の微小修正を行ない、最終的な空気抵抗係数、摩擦抵抗係数、初速度を推算した。

推算した結果は以下の通り。

重量=113Kg(実測値)

空気抵抗係数 Cd=0.004904

(基準面積:0.2m²)

摩擦抵抗係数 μ=0.00400 [Kg·s/m²]

初速度 Vs=9.87m/s

(区間1の結果から推算)

これを使った推算結果と実績との比較を表3、図3に示す。

区間	合計タイム(秒)	
	18位実績	18位解析
1	3.212	3.210
2	16.580	17.424
3	28.436	28.972
4	35.827	35.898
トータル	50.356	50.357

表 3 日本18位の解析との比較

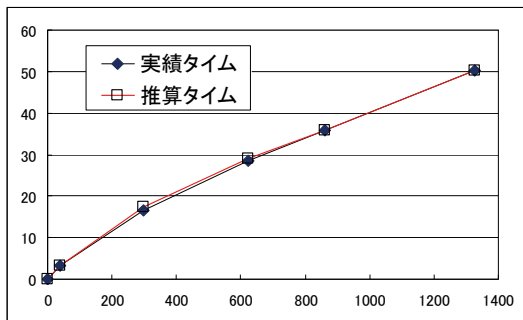


図 3 18位の解析との比較(タイム(秒)~距離(m))

両者は良い一致を示し、推算した影響係数が妥当であると考えられる。

6. 5位(ドイツ)と同じタイムを達成する条件

5位と同じタイムを達成するとした時の、空気抵抗係数と初速度の推算結果は以下のとおり。

なお、今回は、目標を明確にするため、重量と摩擦抵抗係数は18位の値で固定した。

空気抵抗係数 $Cd=0.00488$
(18位現状の4.9%削減)

初速度 $=10.11m/s$ (18位現状の3.4%増加)

区間ごとの実績と解析結果との比較を表4と図4に示す。

区間	合計タイム(秒)	
	5位実績	Cd 4.9%減 Vs 3.4%増
1	3.134	3.131
2	16.377	17.176
3	28.118	28.622
4	35.414	35.476
トータル	49.676	49.675

表 4 5位実績と解析結果との比較

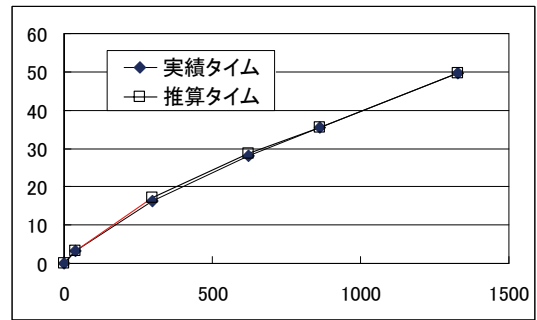


図 4 5位の解析との比較(タイム(秒)~距離(m))

これから、空気抵抗については約5%、初速度については約3%の改善ができれば、5位入賞は可能と考えられる。改善の難しさはわからないが、数値としては十分達成できる目標と考えられる。

7. 1位(ロシア)と同じタイムを出すためには

7.1 空気抵抗係数と初速度の目標値の検討

1位のタイムを出すとした時の、空気抵抗係数と初速度の推算を行った。5位と同様に、重量と摩擦抵抗係数は18位の値で固定した。推算結果は以下の通り。

空気抵抗係数

$Cd=0.00425$ (18位現状の13.3%削減)

初速度 $=9.935m/s$ (18位現状の1.6%増加)

区間ごとの実績と解析結果との比較を表5と図5に示す。

区間	合計タイム(秒)	
	1位実績	Cd 13.3%減 Vs 1.6%増
1	3.173	3.170
2	16.426	17.245
3	28.125	28.636
4	35.366	35.426
トータル	49.372	49.372

表 5 1位の解析との比較

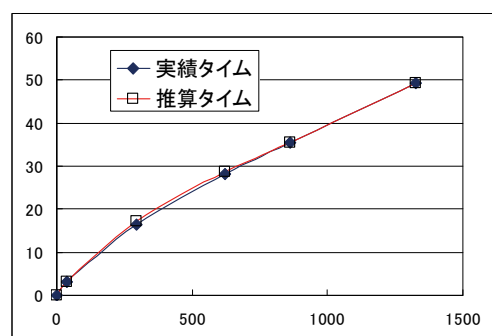


図 5 1位の解析との比較(タイム(秒)~距離(m))

興味深いことに、初速度に関しては、1位ロシアと18位日本との差はほとんど無いということである。その後の区間で差が出てきている。

7.2 初速度は現状で、空気抵抗係数のみで1位を達成する条件

次に改善目標を選手のほうに求めるのではなく、すべて空力の改善で達成する場合の改善量を検討した。検討結果を以下に示す。

空気抵抗係数Cd=0.004156
 (18位現状の15.3%削減)
 初速度=9.78m/s(18位現状値)

区間ごとの実績と解析結果との比較を表6と図6に示す。

区間	合計タイム(秒)	
	1位実績	15.3%Cd 減少
1	3.173	3.207
2	16.426	17.332
3	28.125	28.718
4	35.366	35.493
トータル	49.372	49.371

表6 1位を空気抵抗減のみで達成

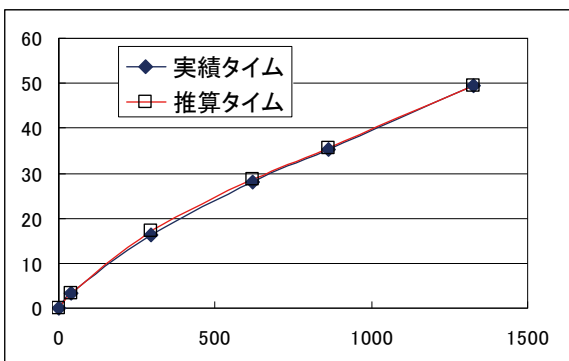


図6 1位を空気抵抗減のみで達成 (タイム(秒)~距離(m))

これから、現状の空気抵抗の15.3%削減が達成できれば、十分1位を狙えることが分かる。

8. 摩擦抵抗係数の改善効果

摩擦抵抗係数はその刃の改善や、刃の向きなどが考えられる。その改善効果を検討するために、現在の摩擦抵抗係数の推算値から5%減少した時の改善効果を検討した。改善効果を表7に示す。

区間	合計タイム(秒)	
	18位解析	5%μ改善
1	3.21	3.209
2	17.424	17.412
3	28.972	28.950
4	35.898	35.87
トータル	50.357	50.309

表7 摩擦抵抗5%減の効果

これから摩擦抵抗の5%の改善では短縮されるタイムは、0.048秒(1位との差の5%)である。また、摩擦抵抗の10%の改善できれば、0.096秒(1位との差の約1割)を稼ぐことができる。しかし、空気抵抗係数や初期速度に比べて影響度は小さいと考えられる。

9. まとめ

長野大会の男子一人乗りリュージュのコースと成績をベースに、18位の日本の成績を5位入賞、および1位にするためのパラメータスタディを行った。

今回は、重量と摩擦抵抗は変わらないとして検討を行った。その結果、

- ①5位と同じタイムにするには
 空気抵抗係数で6.2%の低減、初速度で3.5%の増加を行えばよいことが分かった。
- ②1位と同じタイムにするには
 空気抵抗係数で13.3%の低減、初速度で1.6%の増加を図れば良いことが分かった。
- ③選手能力は同じ(初速度は同じ)で、空気抵抗係数のみの改善で1位を得るためには空気抵抗係数で15.3%の低減を必要することが分かった。
- ④摩擦抵抗係数については、10%の低減で約0.096秒の改善(1位との差の約1割)が得られるが、空気抵抗係数や初速度に比べ、その影響度は小さいと考えられる。

10 参考文献

- ① Sighard F. HOERNER ‘ FLUID-DYNAMIC DRAG ‘ 1958 Published by the Author
- ② 外崎得雄、甲斐高志、上田哲彦
 ‘雪氷滑走路面摩擦係数測定装置の開発’
 航空宇宙技術研究所報告1443号