

ゴーカートで速く走りたい

神戸大学附属小学校 5年 富士 修睦

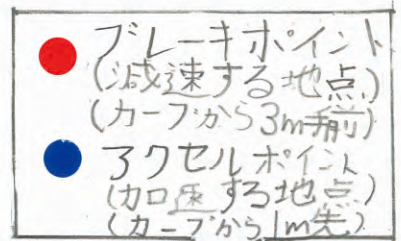
1. 研究のきっかけ

先日行ったかったテーマパークにあるタイムアタックができるゴーカートに挑戦できることになりました。レースゲームが現実の世界にあるようなゴーカートに、僕は速いタイムを出したくなりました。

このゴーカートには2つのステージがあり、最初のデビューステージで25km/時のカートで基準タイム(33.999秒以内)をクリアするとアタックステージに進むことができ、そこでは35km/時のカートで走ることができます。そこで、まずはデビューステージの基準タイムをクリアすることを目標に、計画を立てました。

2. 研究の手順

- ① デビューステージクリア計画
その1. 最短ルートを探す
その2. 目標タイムの設定
- ② デビューステージのふり回り
- ③ アタックステージに進める場合、そのふり回りと次の計画



3. 研究の内容と結果

3-1 最短ルートの探し方

ホームページ上のコースの写真(*)をダウンロードし、A4サイズに拡大コピーします。それに最短ルートを書きこんでいきます。直線を多くすることが最短ルートになると思います。コースの内側を通るような直線を引きました。直線同士が合わさる地点に角ができたので、できるだけインコースで互いの線に接するように、コンパスで弧を書き、(緑線)それにそって糸同士を結びました。また、その線の上に、1cmずつマーカーで目盛りをつけた糸を貼りました。



図1 コース写真、最短ルートを目盛り付きの糸で貼ったもの

3-2 目標タイムの設定

まずA4コピーの縮尺を調べます。

Google Earth(*)というWebサイトでゴーカートの敷地の一番広い所(紫線)の実際の長さを測ったところ、110m(11000cm)でした。A4コピー上の長さは25cmなので、縮尺は25/11000と求まります。(図1)

次に減速する地点と加速する地点を考えていきます。
 これはカーブの鋭いところ(A4上でカーブ半径2.5cm以下)の前後に
 設定します。慣れていないので、ブレーキポイントは、カーブ手前3mとし、アクセル
 ポイントはカーブを過ぎて1mのところになります。(A4上でブレーキポイントはカー
 ブ0.7cm手前、アクセルポイントはカーブ過ぎ0.2cmのところ)それぞれ
 青シールと赤シールを貼りました。(番号付①スタート、⑨ゴール)
 (このゴーカーは何周か走った後に、カートの状態と環境が整ってスタート地点
 に達したところからタイムカウントがはじまります。スタート地点で最高速度を出して
 おくことができるため、スタート地点にアクセル(加速)ポイントは
 ありません。)

表1 スタートから
それぞれのポイント
までの距離

区間	A4(cm)	実寸(m)
①~①	12.8	56.320
①~②	15.7	69.080
①~③	17.8	78.320
①~④	21.2	93.280
①~⑤	23.3	102.520
①~⑥	27.5	121.000
①~⑦	35.8	157.520
①~⑧	39.0	171.600
①~⑨	50.3	221.320

次に先ほどの目盛り付きの糸を見ながら、それぞれのポイントまでの
 区間の実寸サイズを縮尺をもとに計算しました。(表1)

次は速度について考えていきます。

ブレーキポイントでは、最高速度の25km/時から20km/時
 まで減速することになります。なぜ20km/時かという
 ことも祖父母の家に行くとき、高速道路でまっすぐの道は、
 100km/時の表示なのにカーブでは80km/時なので、
 $80/100 = 4/5$ になっていると思ったからです。

次に、コース写真をA3サイズ2枚分の大きさに
 拡大コピーして、その上をミニカーで走らせて、実際の走り
 をイメージしてみました。



図2 ミニカーで走りをイメージ

ここである疑問がわきました。ゴーカーはアクセル
 をふんですぐ25km/時に加速したり、ブレーキをふんで
 すぐ20km/時に減速したりするのかという疑問です。

そこで、止まった状態(0km/時)から最高速度
 (25km/時)に達するまでに、何秒かかるかをテーマパーク
 に問い合わせたところめいはいアクセルをふんで
 およそ3~4秒ということでした。なのでここでは
 3秒としたいと思います。ということは、アクセルポイントでは20km/時
 から25km/時まで、5km/時の分加速するので、それにかかる時間は

$$\div 5 \left(\frac{25 \text{ km/時}}{(25-20) \text{ km/時}} = \frac{3 \text{ 秒}}{\square \text{ 秒}} \right) \div 5 \quad \square = 0.6 \text{ (秒)} \text{ となります。}$$

式(1)

→(最高速度):(加速する分の速度) = (0km/時から最高速度に達するまでの時間):(求める時間)

ブレーキをふんで25km/時から20km/時になる時のことも考えてみます。

ブレーキは強くふめば、すぐに止まると思いますが、ここではカーブ手前3mから加減して
 ふもうと思っているので、加速と同じようにカートの速さが変わる(止まるまでに
 3秒)と考えて求めてみます。

$$\therefore 56 \frac{25 \text{ km/時}}{(25-20) \text{ km/時}} = \square \text{ 秒} \div 5 \quad \square = 0.6 \text{ (秒)} \text{ となります。}$$

↳ 式(2)

(最高速度):(減速割合の速度)=(0km/時から最高速度に達するまでの時間):(求める時間)
 ミニカーを使ってイメージをして、他にも気付いたことがありました。それは走りかたに3種類の区間があることです。その種類とそれにかかる時間は次の通りです。

表2. 3種類の区間とそれぞれの時間の求め方

	区間の種類	時間の求め方
A	同じ速さで走る区間	キョリ÷速さ
B	加速しながら走る区間	式(1)より0.6秒
C	減速しながら走る区間	式(2)より0.6秒

この3つの式により、タイムを求めていきます。まずはミニカーを走らせたイメージをもとにして速度とタイムの図を書き、A、B、Cにあてはまる区間を書きこみました。ゴカートではキョリを(m)で、時間を(秒)で計るため速度はm/秒に直しました。より細かくタイムを求めたいので、ここでは中身の計算は小数第3位まで計算します。(小数第4位まで求め四捨五入)

$$\bullet 25 \text{ (km/時)} \times \frac{1000 \text{ (km} \rightarrow \text{m)}}{60 \text{ (分)} \times 60 \text{ (秒)}} = 6.944 \text{ (m/秒)}$$

$$\bullet 20 \text{ (km/時)} \times \frac{1000 \text{ (km} \rightarrow \text{m)}}{60 \text{ (分)} \times 60 \text{ (秒)}} = 5.556 \text{ (m/秒)}$$

数字についているタッシュが付いたものは減速や加速が終わって一定の速さになりはじめた時

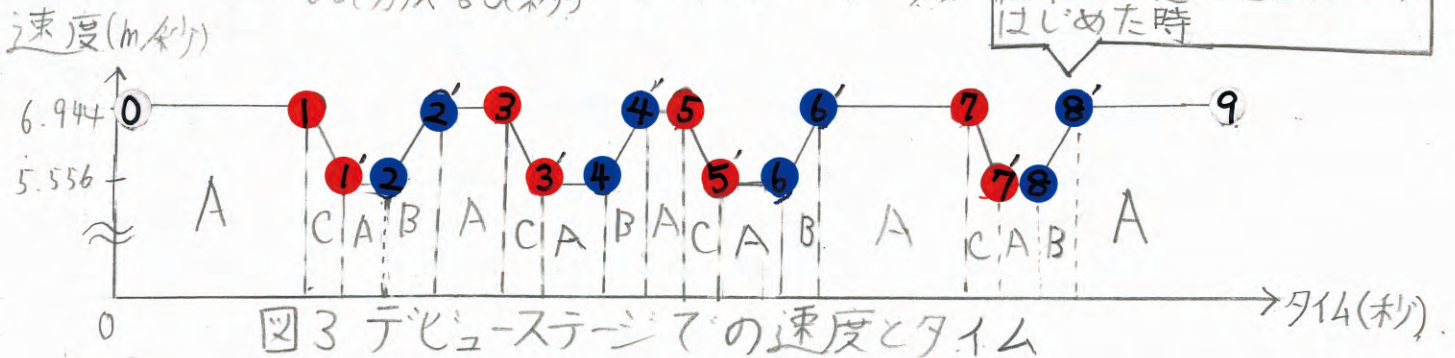


図3 テビューステージでの速度とタイム

次にそれぞれの区間にかかるタイムを求めるために、表3のようにまとめ、わかっていることを書きこみました。

表3 テビューステージでのキョリ、速度、時間関係

	①~①'	①~①'	①'~②	②~②'	②'~③	...
キョリ (m)	表より 56.320	①	②	③	④	...
速度 (m/秒)	6.944	6.944 → 5.556	5.556	5.556 → 6.944	6.944	...
時間 (秒)	③	式(2)より 0.600	①	式(1)より 0.600	②	...

表3の③①②...の時間を求めていきます。

(1) ③ = $56.320 \div 6.944 = 8.111$ (秒)

(2) ①を求めるために④を求めます。

① + ④は①~②のキョリなので、

表より、①~② = ① + ④

① + ④ = $69.080 \text{ (m)} - 56.320 = 12.760 \text{ (m)}$

④ = $12.760 - ①$

②を求めるために必要な速度が変化しているため、図3を使います。

図3ではたて軸が速度、横軸がタイムなのでそれぞれの区間の面積 = キョリとなることが分かります。①~①'の区間④は台形の面積で求めることができます。

$$\textcircled{2} = (5.556 + 6.944) \text{ m} \times 0.6 \text{ (秒)} \div 2 = 3.750 \text{ (m)}$$

$$\textcircled{4} = 12.760 \text{ (m)} - 3.750 \text{ (m)} = 9.010 \text{ (m)}$$

$$\text{つまり、}\textcircled{1} = 9.010 \text{ (m)} \div 5.556 \text{ (m/秒)} = 1.622 \text{ (秒)}$$

(3) (2)で①を求めたように、⑦を求めろために④を求めます。

表より

$$\textcircled{カ} + \textcircled{キ} = 78.320 \text{ (m)} - 69.080 \text{ (m)} = 9.240 \text{ (m)}$$

$$\textcircled{キ} = 9.240 - \textcircled{カ}$$

④は②~②'の区間の台形の面積 = ①~①'の区間の面積 = 3.75 (m)

$$\textcircled{キ} = 9.240 \text{ (m)} - 3.750 \text{ (m)} = 5.490 \text{ (m)}$$

$$\text{つまり}\textcircled{7} = 5.490 \text{ (m)} \div 6.944 \text{ (m/秒)} = 0.791 \text{ (秒)}$$

このようにして各区間の時間を求め、①~⑨におけるタイムを表にしました。

表4 デビューステージで走るキロとタイム

	キロ(実計)(m)	速さ(km/h)	速さ(km/h)	タイム(秒)
0	00.000	25.000	6.944	0.000
①	56.320	25.000	6.944	8.111
①'	60.070	20.000	5.556	8.711
②	69.080	20.000	5.556	10.333
②'	72.830	25.000	6.944	10.933
③	78.320	25.000	6.944	11.724
③'	82.070	20.000	5.556	12.324
④	93.280	20.000	5.556	14.342
④'	97.030	25.000	6.944	14.942
⑤	102.520	25.000	6.944	15.733
⑤'	106.270	20.000	5.556	16.333
⑥	121.000	20.000	5.556	18.984
⑥'	124.750	25.000	6.944	19.584
⑦	157.520	25.000	6.944	24.303
⑦'	161.270	20.000	5.556	24.903
⑧	171.600	20.000	5.556	26.762
⑧'	175.350	25.000	6.944	27.362
⑨	221.320	25.000	6.944	33.982

目標タイムは、
33.98秒(小数第3位を四捨五入)
と設定できました。

3-3 デビューステージのふり返り

走るときの天気は弱い雨でした。スタッフの方からコースがぬれていると基準タイムをクリアするのは、なかなか難しいと説明があったので、計画していた最短キロやブレーキ、アクセルポイントがはくいくかに配りになりました。しかし、まずはタイムカウントがはじまる前の準備走行で走ってみると、

思ったよりカーブが走るのが早く、計画していたブレーキをほとんど踏まなくてもカーブを曲がることのできたので、最速タイムを目指して走ることになりました。全部で4周走り、計画を立てた直線とインコースを気にしながら走ったところなんと4周目で、33.986(秒)で基準タイムをクリアできました。



図4 コーブル前の写真



図5 タイム

(図5のABCは僕のことです。)
了タワステージに初めてとても嬉しかったです。

3-4 アタックステージのふり返し

今回は、走り始めてからすぐに強い雨がふってきました。速いうえにすべりやすく、ブレーキポイントでは思った以上にスピードを落とさなければいけません。と中、速度をおとしたまま走りました。結果は31.013秒でAライセンスという特別な称号をもらえる基準タイムの26.999秒には4秒以上も足りませんでした。計画を立てていながらたけれど、くやしかったので、今回のアタックステージでどういうルートでコースを走ったかと、どこでブレーキ、アクセルをふんだかを、家族にスマートフォンで撮ってもらったビデオで見直しをして、「次こそクリアする計画」を立てました。

3-5 次こそクリアする計画

実際に走ったルートは、図6の通りでした。これをもとに見直しをします。

- 最終カーブは、もう少しインコースで回れるように、もう少し前から少し右に回るようにすると(黄色の線)大回りせずにきりを短くできる。
- カーブ手前5mから減速し(スタッフの方からアドバイス)、カーブ1m先から加速。
- カーブ速度はデビューステージで曲がることのできた25km/時を目安にする。



図6 実際のルートと次の計画

これをもとに計画を立てました。35km/時のカートも0km/時から35km/時まで加速するのにかかる秒数は3~4秒とテーマパークの方から聞いたので、3秒として計算します。デビューステージと同じようにきり(実寸)や時間を求めた。(表4)この計画(26.65秒<26.999秒)だと基準タイムをクリアできます。

表5 次のアタックステージで走るきりとタイム

	キリ(実寸)m	速さ(km/時)	速さ(km/秒)	タイム(秒)
0	0.000	35.000	9.722	0.000
①	90.200	35.000	9.722	9.278
①	97.341	25.000	6.944	10.135
②	129.800	25.000	6.944	14.809
②	136.941	35.000	9.722	15.666
③	156.200	35.000	9.722	17.647
③	163.341	25.000	6.944	18.504
④	178.200	25.000	6.944	20.644
④	185.341	35.000	9.722	21.501
⑤	235.400	35.000	9.722	26.650 (*)

(*) 26.65秒(小数第3位を四捨五入)

4.感想

わからないことができたときに、表を書いて整理したらパズルのようにわかっていってとても楽しかったです。コーカートも楽しかったです。

(※1)

参考にしたもの: https://www.suzuka-circuit.jp/gpfields/g_s/g-kat/, 2022年7月2日

(※2)

: <https://earth.google.com/web/>, 2022年7月23日