

陸上競技を数学で解く ～スポーツの平等性について～

長崎県立長崎北陽台高等学校 1年 橋元南緒

*陸上 800m 競争とは

400mトラックを2周する競技。レーンの種類は2種類あり、オープンとセパレートである。中高生の大会の場合、予選はオープンで、準決勝・決勝はセパレートで行われることがほとんどだ。セパレートで走る場合、ブレイクラインと呼ばれる第2コーナー辺りにひかかれている白い線を越えてから内側に走っていかなければならない。

1. 研究の動機

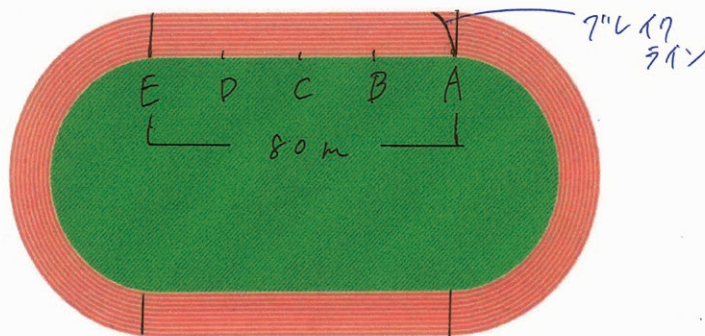
800mをセパレートで走る場合、そのブレイクラインは半径80mの弧を描くような形で作られている。これは外側のレーンの距離的不利を解消するためであると分かるが、もしそのような形でなく一直線にひかれていたならば外側のレーンを走るときにどれほど距離的不利が生じるのか、またその場合、距離的不利を小さくする方法はあるのかというのを研究していきたいと思ったから。

2. 研究の内容と方法

私が9レーン(1番外側)を走っていると仮定する。高校の全国大会やプロの世界大会の800mのレースを見てみると、先頭は4レーンを走っていることが多い。そのため、私の内側にいる8人の中の先頭は4レーンを走っているとする。

レーンの幅など計算に用いる値は日本陸上競技連盟で記されている値とする。

*自分は第2コーナー通過時点で先頭で走っていることを目標とする。



3. 研究内容

i. レーンの幅

1レーンの幅は1.22mと公式で記されているため、A地点から4レーンの内側までは

$$1.22\text{m} \times 3 \text{レーン} = 3.66\text{m} = 3.7\text{m}$$

A地点から9レーンの内側までは

$$1.22\text{m} \times 8 \text{レーン} = 9.76\text{m} = 9.8\text{m}$$

ii. ブレイクラインから内側までの直線距離

各レーンのブレイクラインから内側までの直線距離を求めるために三平方の定理を使う。

例えば私(9レーン)と先頭(4レーン)の両者どちらともE地点を目指して走るとき、それぞれの直線距離は

$$\text{私(9レーン)} : \sqrt{80^2 + 9.8^2} = 80.598\dots \approx 80.6$$

$$\text{先頭(4レーン)} : \sqrt{80^2 + 3.7^2} = 80.085\dots \approx 80.1$$

このようにして私(9レーン)と先頭(4レーン)がB, C, D, E地点を目標にして走った時のそれぞれの直線距離を計算すると下の表のようになる。

(図3)

内側に着いた時の位置(m)	【B】 20	【C】 40	【D】 60	【E】 80
ブレイクラインから内側までの直線距離(m)	20.3	40.2	60.1	80.1
	22.3	41.2	60.8	80.6

iii. あらゆる場合を考える

今回は

- ① 私と先頭が二人とも同じ地点を目標にして走る場合
- ② 私がブレイクラインから最も近い地点に、先頭はブレイクラインから最も遠い地点を目指して走る場合
- ③ 先頭がブレイクラインから最も近い地点に、私はブレイクラインから最も遠い地点を目指して走る場合

この3通りのいずれかが走る距離に大きな差が出そうと考えたため、この3通りの場合について調べていく。

場合① 私も先頭もE地点を目標に走る(先頭は秒速6.06mで走っているとする)

先頭がA地点からE地点まで走るのにかかるタイムは

$$80.1 \div 6.06 = 13.21$$

この場合にE地点を過ぎたあたりで私が先頭で走るために最低限必要なスピード(m/s)を求めるため、その値をxと置くと

$$80.6 \div x = 13.21 \quad x = 6.1014 \dots = 6.1$$

これより約6.1m/sで走らなければならない。

たったこれだけの差だと感じるかもしれないが400メートルのタイムで考えると、6.06m/sの時66.006...秒である一方、6.1m/sの時65.573...秒となり約0.5秒の差が生まれる。陸上世界での0.5秒は大きな差である。

場合② 私はB地点を、先頭はE地点を目標に走る。(先頭は秒速6.1mで走っているとする)

先頭がA地点からB地点まで走るのにかかるタイムは場合①で計算したとおり13.21秒

また、私がB地点を通過してE地点まで走るときの距離は図3より

$$22.3 + 60 = 82.3$$

この場合にE地点を過ぎたあたりで私が先頭で走るために最低限必要なスピード(m/s)を求めるため、その値をxと置くと

$$82.3 \div x = 13.21 \quad x = 6.2301 \dots = 6.23$$

よって6.23m/s以上で走らなければならない。

これを400mのタイムで考えると6.06m/sの時66.006...秒である一方、6.23m/sの時64.205秒となり約2秒の差が生まれる。場合①よりも差が大きいことが分かる。

場合③ 私がE地点を、先頭がB地点を目標に走る。(先頭は秒速6.06mで走っているとする)

先頭がA地点からB地点を通過してE地点まで走るときの距離は図3より

$$20.3 + 60 = 80.3$$

E地点まで走るタイムは

$$80.3 \div 6.06 = 13.2508 \dots = 13.25$$

また、私がE地点まで走るときの直線距離は図3より80.6m。この場合にE地点を過ぎたあたりで私が先頭で走るために必要なスピードをxと置くと

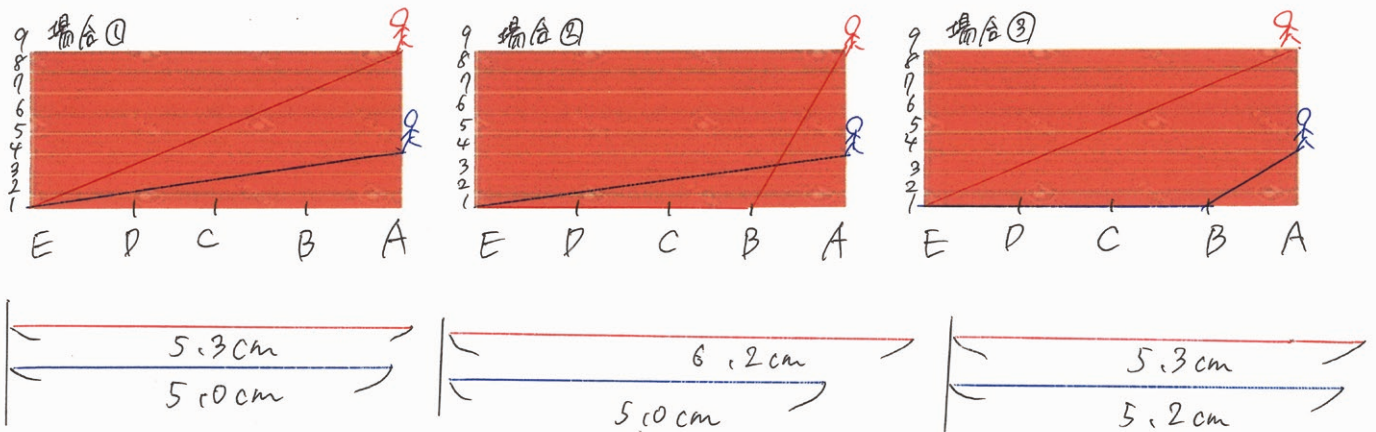
$$80.6 \div x = 13.25 \quad x = 6.0830 \dots = 6.08$$

よって6.08%以上で走ると先頭で走ることができる。

この3つの中で最も走る距離に差が出たのは場合②(私はB地点を、先頭はE地点を目標に走る)である。

なぜこのように走る距離に差が出たのか。

これを解明するために陸上トラックに三角形を描いて考えてみることにした。



三角形の斜辺の傾斜が大きくなるほど
総走距離が長くなっている!!!

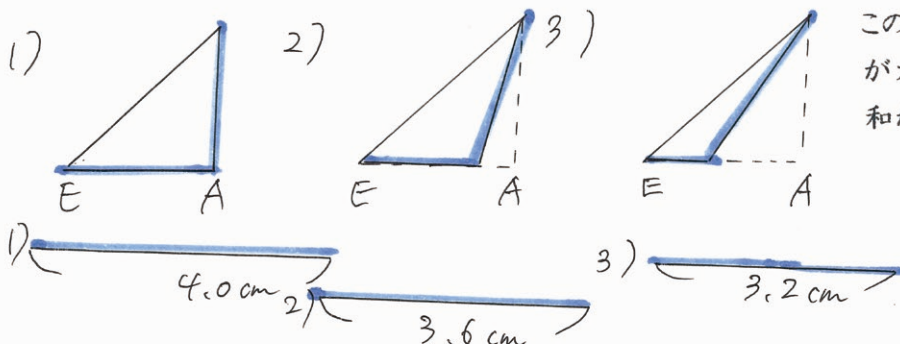
結果

以上の研究から次のことが考えられる。

- ① それぞれのレーンのA地点からE地点まで目指して走るときが最短のコースである。
- ② それぞれのレーンのA地点から、よりブレイクラインに近い位置で内側につくほど走る距離が長くなる。
- ③ どのレーンからでも走るコースによって距離的不利を小さくすることができる。

① は2つの点を結ぶ線を最短にする場合にどこにも折れ曲がらず、1本の直線となるという点と直線の性質から考えられる。

また②は



この図から分かるように斜辺に対する角の大きさが大きくなるほど斜辺以外の2つの辺の長さの和が短くなる

これらの結果より

もしブレイクラインが直線だったら外側のレーンのほうが距離的不利が生じやすいが、走るコースによってそのハンデを小さくできることが証明できた。

4. 感想

陸上をやってきてずっと疑問に思っていたことがこの研究によって解消された。普通にみるとそんなに差はないように感じるが陸上の世界では0.1秒0.01秒の差が大きな差となる。その差を生じないようなラインを考えてれている陸上協会に感謝したい。

またスポーツに関する問題でも数学の力を使って解決することができたというのは大きな発見だった。これからもいろんな問題を数学的に考えて解決出来るようにしていきたい。