

G043サッカーのシュート

1

以下の文章は、サッカー選手がゴールキーパーの正面からゴールの端めがけてシュートする場合の成功する可能性について論じたものである。文章中の(①)～(⑩)の[]内に文字が指定してある場合はその文字を用いた式を[数値]とある場合は、当てはまる数値を入れよ。

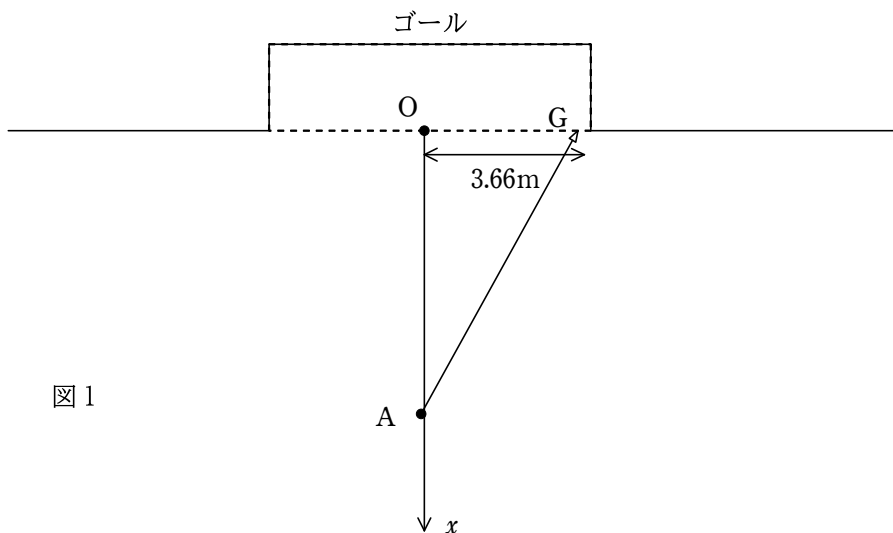


図 1

ゴールの中心Oにゴールキーパーが構えている、フリーキックにおいて、キッカーはOの正面 x 離れた位置Aからゴールの端めがけてシュートするものとする。ゴールキーパーはAからシュートした瞬間にゴールの端Gめがけて初速度0から加速度 a でスタートするものとする。Aからシュートされたボールは速さ v の等速直線運動でGに達するものとする。OG間の距離を $L = 3.66\text{m}$ とすると、AG間の距離は(①[x, L])なので、シュートボールがGに達する時間 t は

$$t = (②[x, L, v]) \quad (\text{i})$$

となる。時刻0にOにいたキーパーが加速度 a で時間 t だけ加速すると、Gに達したときの速さは(③[a, t])であり、平均速度が(④[a, t])なので、移動可能な距離は(⑤[a, t])で表される。これが、 L より大きいとシュートを止めることができる。よって、 $L > (⑤)$ のときにシュートが成功する。(i)より、

$$L > \frac{1}{2} a \frac{x^2 + L^2}{v^2}$$

この式を計算すると、

$$v > \sqrt{\frac{x^2 + L^2}{2L} a} \quad (\text{ii})$$

となる。

ここで、 $L = 3.66\text{m}$ 、一流のゴールキーパーの加速度である $a = 6.0\text{ m/s}^2$ と中堅レベ

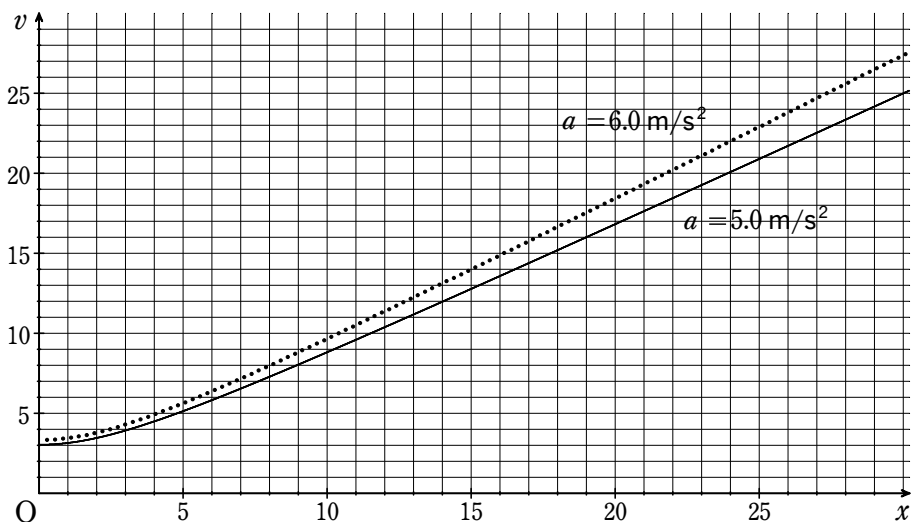
G043サッカーのシュート

ルのゴールキーパーの加速度 5.0 m/s^2 として(ii)に数値を代入し比較すると、

$$a = 6.0 \text{ m/s}^2 \text{ のとき, } v > \sqrt{0.820x^2 + 11.0}$$

$$a = 5.0 \text{ m/s}^2 \text{ のとき, } v > \sqrt{0.683x^2 + 9.15}$$

となる。これをグラフにすると、



インステップキック前後の足とボールの速さについては次のようなデータがある。未経験女子A, 未経験男子B, 中堅選手C, 大学サッカー選手D, プロサッカー選手Eの5人でデータ比較をしてみる。図1は各選手のインパクト直前の足のスイング速度とボールの初速度である。また、Fはプロサッカー選手の高スパスのデータである。単位はいずれも m/s である。

選手	A	B	C	D	E	F
足のスイング速度 V_0	11	13	14	18	20	8
ボールの速度 v	14	18	20	26	30	10

このデータを基に分析すると、中堅選手Cがシュートするとき、ゴールキーパーが一流選手であれば、ゴールOから(⑥[数値]) m 以内、中堅選手であれば(⑦[数値]) m 以内でシュートすれば成功するという計算になる。

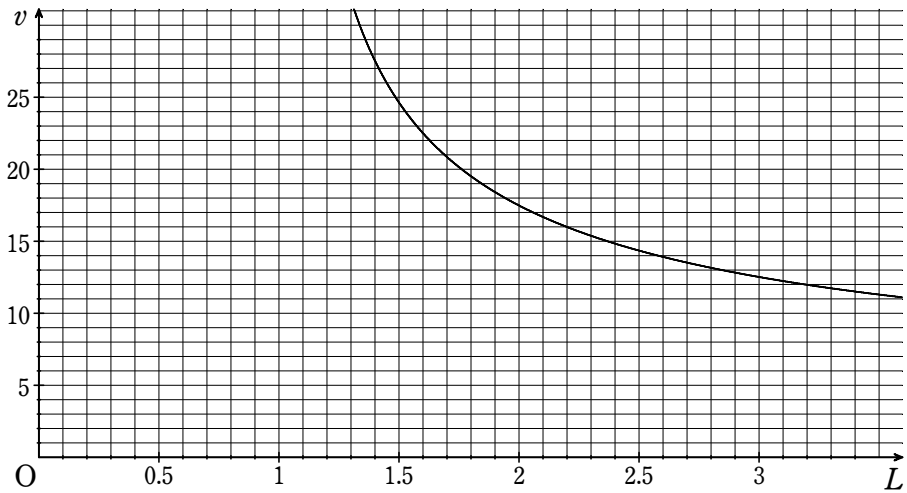
また、 20m の位置からシュートを成功させるには一流選手がゴールキーパーの場合(⑧[数値]) m/s 以上の速さのボールが必要となる。

PK戦を行う場合、Oからどれだけ離れた位置にシュートすれば成功するかを考えてみよう。 $x = 11\text{m}$ と固定し、ゴールキーパーの加速度 $a = 5.0 \text{ m/s}^2$ とする。ゴールキーパーは飛んでくるボールの方へ最大限体を伸ばしてボールを取ろうとする。ボールを取る手先が重心の位置より 1.0m 先であるとすると、重心の位置は L の値より 1.0m 小さい値を採用する必要がある。今回はそこまで考えることにする。

$$v > \sqrt{\frac{303}{L-1} + 2.5(L-1)}$$

これをグラフにすると、

G043サッカーのシュート



このグラフを見ると、20m/sでボールを蹴ることができる中堅選手は、キーパーから (⑨[数値]) m以上離れた位置にシュートしないと成功しないことが分かる。プロサッカー選手なら (⑩[数値]) m離れた位置でも成功することになる。

ゴールの端のほうにシュートされたのではゴールキーパーはボールを取ることができない。そこで、ゴールを成功させないためには、ゴールキーパーはシュートされるボールのコースを予測して動く必要があることが分かる。予測が速すぎるとキッカーは予測されたコースの逆に蹴ってくるので、動きを悟られないように工夫をする必要がある。

G043サッカーのシュート

解説

- ① 図よりAGは三平方の定理より $\sqrt{x^2+L^2}$
- ② 距離÷速さが時間なので、 $\frac{\sqrt{x^2+L^2}}{v}$
- ③ 初速0で加速度 a で時間 t だけ加速し他ので、 at
- ④ 初速度0なので、平均速度は $\frac{0+at}{2} = \frac{1}{2}at$
- ⑤ 平均速度 $\frac{1}{2}at$ で時間 t だけ移動するので、 $\frac{1}{2}at \times t = \frac{1}{2}at^2$
- ⑥ 中堅選手Cのボールの速さは20m/sであり、キーパーが一流なので、
加速度 $a = 6.0\text{m/s}^2$ のグラフを読むと、 $x = 22\text{m}$ 以内
- ⑦ $a = 5.0\text{m/s}^2$ のグラフを読むと $x = 24\text{m}$ 以内
- ⑧ $x = 20$ で $a = 6.0\text{m/s}^2$ のグラフを逆に読むと $v = 17\text{m/s}$
- ⑨ $v = 20\text{m/s}$ でグラフを見ると $L = 1.7\text{m}$
- ⑩ プロサッカー選手のボールの速さは $v = 30\text{m/s}$ なので、グラフを見ると $L = 1.3\text{m}$

