

# 2022年度 スポーツ健康学部自己推薦入学試験 (理数系)

## 筆記試験

|      |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 |  |  |  |  |  |
| 氏名   |  |  |  |  |  |

### 設問 I

以下の文章は体脂肪研究の権威である A 教授と、「最近はかった体脂肪率にショックを受けた」と悩んでいる高校生の B さんの会話である。2 人の会話のやり取りを読み、以下の問いに答えなさい。

- B さん 今日体脂肪率のことを教えてもらいたくて、先生の研究室にお邪魔しました。実は先日、温泉に行ったときに脱衣所の体重計に乗ったら、体脂肪率も表示されたのですが、その値を見たらショックでした。それでいろいろ調べていたら、もうちょっと体脂肪率のことを詳しく知りたくなったので、父に「それならいい先生がいるよ」と教えてもらって、先生のところに参りました。本日はよろしくお願いします。
- A 教授 もちろんです。B さんのお父様は私の教え子でしたからね。何でも聞いてください。
- B さん それではさっそく。基本的な質問で申し訳ないのですが、そもそも体脂肪率って何なのですか？
- A 教授 それは確かに基本的な質問ですが、すごく大事な疑問です。体脂肪率は簡単に言うと、体の中にある脂肪の重量、これを脂肪量と言いますが、脂肪量の体重に占める割合のことです。つまり体脂肪率は ( a ) を ( b ) で割ったものに ( c ) をかけて % で表示した数値になります。そして、世の中で一般的に体脂肪率という言葉を使う時には、以下のような前提があります。「人間の体を脂肪とそれ以外の 2 つの部分にわけて考えている」という前提です。
- B さん 脂肪以外って何ですか？
- A 教授 脂肪以外のすべて、つまり骨や筋肉や血液や内臓や髪の毛などで脂肪を含んでいない部分の重量の和です。「脂肪を除いた部分の重さ」ということから、その重量の和を除脂肪量と呼んだりします。
- B さん よくわかりました。つまり脂肪量と除脂肪量を足したものが ( b ) になるのですね。
- A 教授 その通りです。
- B さん 「前提」というからには、この「脂肪量と除脂肪量とに分ける」という前提自体が変わる、ということもあるのでしょうか？
- A 教授 もちろんです。例えば「脂肪量」と「骨量」と「それ以外」の 3 つにわけて考える、「脂肪量」と「骨量」と「体水分量」と「それ以外」の 4 つにわけて考える、といった具合です。
- B さん そうなんですね。でもちょっと不思議です。2 つにわけようと 3 つにわけようと、どうして体の一部を構成する部分の重さがわかるのでしょうか？
- A 教授 これも大変良い質問ですね。大概の人はそこまで考えないで自分の体脂肪率を見て一喜一憂するだけで

す。

Bさん 私も一喜一憂してしまっています...

A教授 まあ人間なんてそんなもんです。さて説明を簡単にするため、「脂肪量と除脂肪量の2つに分ける」前提で、脂肪量をどのように求めるのか考えてみましょう。この目的で、古くから標準的な方法として使われてきたのが水中体重秤量法です。

Bさん 水中体重？

A教授 そうです。完全に水の中に潜って体重をはかるのです。

Bさん そんなことできるのですか？

A教授 もちろんです。大きな水槽に水をいっぱいためて、その中に沈んでもらって体重をはかります。その時の重さを水中体重といいます。

Bさん はあ... それでなぜ脂肪量がわかるのか理解できません。

A教授 そうですね。それだけではわかりません。アルキメデスの原理を使うんです。

Bさん アルキメデスの原理？何ですかそれは？

A教授 ああ、そうでした。昔はアルキメデスの原理を確か中学1年生くらいで習ったのですが、いまはもう学校ではきちっと教えなくなっていると聞きました。今は水中体重の話をしていますから、水を前提に説明しますが、アルキメデスの原理というのは、「水中の物体は、その物体が押しのかけた体積の水の重量と同じ浮力を受ける」という法則です。

Bさん アルキメデスって、市中を裸で走ったっていう、あの人ですか？歴史だったか何かの授業で習った記憶があるのですが...

A教授 そのアルキメデスです。でもその覚え方はちょっとどうですかね。それだけ聞くとただの変人みたいです。彼は入浴中にこの原理につながるアイデアをひらめいて、わかったぞ！と言って服を着ることすら忘れて外に飛び出したのです。

Bさん すみません。でもまだなぜアルキメデスの原理で脂肪量がわかるのか理解できません。

A教授 そう慌てないでください。アルキメデスの原理は物体の体積を求めるために利用します。水中体重秤量法では人を水の中に沈めて重さをはかりましたね。この場合の物体は人です。つまり人の体積を求めるために水中体重をはかります。

Bさん あっ、水に潜った状態で体重を計ると体重は軽くなるから...

A教授 そうです。水に潜った状態で体重を計ると、体重は軽くなりますね。その軽くなった分が、その人が受ける ( d ) です。

Bさん なるほど！ ( d ) は ( b ) から ( e ) を差し引けば求めることができるというわけですね。

A教授 その通りです。( d ) がわかれば、アルキメデスの原理から...

Bさん はい！先生！潜っている人が押しのかけた体積の水の重量がわかります！あれっ？でも押しのかけた水の重量は ( d ) と同じで、それがわかったとしても、その体積はどうやって求めるのかなあ...

A教授 はい、そこで水の重量から体積を求めるために必要なのが、水の密度です。

Bさん ああ、そうか！ (1) [水の体積] ( A ) [水の重量] ( B ) [水の密度] ですね？

A教授 そうです。

Bさん 潜っている人が押しのかけた水の体積というのは、つまりこの人自身の体積なので、水中体重を計るとこの人の体積を求めることが出来るということが理解できました。でもまだ脂肪量が...

A教授 ここから脂肪量を求めるためにも、密度の情報が必要になります。

Bさん 何の密度ですか？

A教授 人体の密度、もっと詳しく言うと、人の脂肪の密度と除脂肪部分の密度の2つが必要になります。ここからは黒板に書いて説明しますね。

人の脂肪の密度を  $D_f$  ( $\text{g/cm}^3$ ) とし、除脂肪部分の密度を  $D_m$  ( $\text{g/cm}^3$ ) とします。  
ある人のからだに含まれる脂肪量が  $x$  ( $\text{kg}$ )、除脂肪量が  $y$  ( $\text{kg}$ ) だとしましょう。この  $x$  と  $y$  はまだわかりません。しかし  $x$ 、 $y$ 、 $D_f$ 、 $D_m$  を使って、

この人のからだに含まれる脂肪の体積 = ( ア ) ( $\text{kg/m}^3$ )

この人のからだに含まれる除脂肪部分の体積 = ( イ ) ( $\text{kg/m}^3$ )

のようにして表すことができます。ここで単位に注意して下さい。

$$1 (\text{m}^3) = 10^6 (\text{cm}^3)$$

$$1 (\text{g/cm}^3) = 1000 (\text{kg/m}^3)$$

です。今は、人のからだを「脂肪量と除脂肪量の2つに分ける」前提で考えていますから、この人の体積を  $V$  ( $\text{m}^3$ ) とすれば、 $V$  は  $x$ 、 $y$ 、 $D_f$ 、 $D_m$  を使って、

$$V = (\text{ア}) + (\text{イ}) \quad \dots \text{式 (2)}$$

と表すことができます。またこの人の体重を  $W$  ( $\text{kg}$ ) とすると、やはり「脂肪量と除脂肪量の2つに分ける」前提で考えていますから、

$$W = x + y \quad \dots \text{式 (3)}$$

となります。 $D_f$  と  $D_m$  はわかっているのです...

Bさん ちょっと待って下さい。 $D_f$  と  $D_m$  はわかっているって、人の脂肪の密度と除脂肪部分の密度がなぜわかっているのですか？

A教授 はい、死体を使って...

Bさん えっ、死体？マジですか！？

A教授 ええ、動物実験や死体を使った研究などから、人の脂肪の密度と除脂肪部分の密度はこれくらい、ということがわかっています。ここでは人が変わっても  $D_f$  と  $D_m$  は変わらない、という前提で話を進めます。 $D_f$  と  $D_m$  はわかっていますし、 $W$  は体重計を使えばわかります。また  $V$  は水中体重秤量法で求めることができます。

Bさん アルキメデスの原理ですね。

A教授 そうです。ここで  $x$  と  $y$  がわかりませんが、 $x$  と  $y$  の関係を表す式が (2) (3) の2つあるということは...

Bさん 2元連立1次方程式ですね。そうか、これを解けば  $x$  も  $y$  もわかるから、あっ、 $x$  は脂肪量だから... 脂肪量を求めることができる！ということは体脂肪率も計算できますね。

A教授 よく出来ました。さて、先日計ったBさんの体脂肪率はいくつだったのですか？

Bさん えっ！言わないとだめですか？

A教授 いえいえ言わなくてもいいですよ。でもせっかくだから、私の研究室にある水中体重計で正確に体脂肪率を計ってみませんか？

Bさん うーん、水に潜るんですよね？つまり水着に着替えるってということですね？ちょっと勇気がいりますが、

せっかくだからやってみます！

問1 ( a ) から ( e ) にあてはまる最も適切な語句・数字を答えなさい。

問2 水の体積を求める下線部(1)の式を完成させるため、( A )、( B )にあてはまる最も適切な数学記号を答えなさい。

問3 式(2)を完成させるために(ア)、(イ)にあてはまる項を、 $x$ 、 $y$ 、 $Df$ 、 $Dm$ の中からそれぞれ適切なものを選び、適宜数字も使って表しなさい。単位に注意して完成させること。

問4 以下はBさんの水中体重秤量法における測定の結果である。

体重=50 (kg)

水中体重=2.4 (kg)

水の密度を1 (g/cm<sup>3</sup>)として、アルキメデスの原理から、Bさんの体積  $V_b$  (m<sup>3</sup>) を求めなさい。

問5 Bさんのからだの密度  $D_b$  (g/cm<sup>3</sup>)を求めなさい。答えは四捨五入して小数点第2位まで記載すること。

問6  $D_f=0.9$  (g/cm<sup>3</sup>)、 $D_m=1.1$  (g/cm<sup>3</sup>)とし、問5で求めた  $D_b$  (g/cm<sup>3</sup>) の値を用いて、Bさんの体脂肪率 (%) を計算して答えなさい。以下のA教授の講義メモを参考にするとよい。解答を導く途中経過も書くこと。また答えは四捨五入して小数点第1位まで記載すること。

～A教授の講義メモ～

$D_b$  (g/cm<sup>3</sup>)は、式(2)式(3)より、

$$D_b \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{W \times 1000}{[(\text{ア}) + (\text{イ})] \times 10^6}$$

と表すことができる。ここで、 $y = W - x$  なので、 $y$  を消去して、

$$\frac{x}{W} = \frac{1}{D_b} \times \left( \frac{D_m \times D_f}{D_m - D_f} \right) - \frac{D_f}{D_m - D_f}$$

と表すことができる。

## 設問Ⅱ

以下の文章のカッコ①～⑤に入る数値をそれぞれ答えなさい。

体重 70[kgW]の人が 60[kgW]のバーベルを肩に乗せてスクワット運動を 1 回行った。最下位の姿勢から立ち上がるまでの身体重心の上昇が 50[cm]であったとすると、この人の下肢筋肉群が発揮した平均の力は絶対単位にすると ( ① ) [N]、行った仕事は ( ② ) [J]となる。したがって身体とバーベルを合わせた位置エネルギーの増分は ( ③ ) [J]である。さらにこの運動を 2[sec]間で行ったとすると、発揮した力学的パワーは ( ④ ) [W]となる。ここまでの話は力学的パワーを単位時間当たりの仕事あるいは単位時間当たりの発揮エネルギーとしているが、計算上は発揮した平均の力 ( ① ) と立ち上がる平均速度 ( ⑤ ) [m/sec]の積と同じになる。重力加速度は 9.8[m/sec<sup>2</sup>]として計算しなさい。

## 設問Ⅲ

体重 70[kgW]の人が平地を歩いている時、右足を 0[msec]で着地してから 750[msec]で離地するまでに身体が地面から受けた力を上下、左右、前後の 3 方向に分けて図示した (上下方向の破線は体重を示す)。歩いている時に体重は変わらないので、この受けた力は身体重心の加速度を表すことになる。ただし歩いている時には着地直後と離地直前のそれぞれ 10%程度は両足支持になるので、それらの区間においては右足の地面反力だけで身体重心の加速度は決められない。その理解の上で以下の①～⑥の問いに答えなさい。重力加速度は 9.8[m/sec<sup>2</sup>]として計算しなさい。

まず上下方向をみると 200[msec]付近で 800[N]の力を受けていた。①この時の身体重心の加速度の向きと大きさを記しなさい (小数点以下第 2 位を四捨五入)。そして 550[msec]付近でも同様の力を受けていた。②上下方向でみると 500～600[msec]付近ではどのような歩き方になっていたと考えられるか? 50 字以内で記しなさい。

つぎに左右方向をみると継続して左向きの力を受けていた。③左右方向でみると着地から離地まで身体重心をどのように加速していたか? 50 字以内で記しなさい。また④右足に受けた力によって身体重心の速度は何[msec]付近で左向きに最大になったか? を記しなさい。

さらに前後方向をみると 300[msec]付近で後ろから前へと受けた力の向きは変わっていた。⑤前後方向でみるとこの変化は何を意味するか? 50 字以内で記しなさい。また⑥500～600[msec]付近で上向きに受けた力と 550～650[msec]付近で前向きに受けた力の時間差から考えられる歩き方の特徴を 50 字以内で記しなさい。

