

科目記号	科目名
E	水産工学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：水産海洋工学

出題番号 151

【解答例】

(1) 浮体の質量は排水量と釣り合うので, $m = \rho L^2 h$ (kg)

(2) 流体抵抗は無視するので, ここでは, 慣性項及び重力, 浮力を考慮する。下向き正として,

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg - \rho V g$$

$m = \rho L^2 h$, $V = L^2(h + x)$ をそれぞれ代入して整理すると,

$$h \frac{d^2 x}{dt^2} + gx = 0$$

(3) $d^2 x/dt^2 = -A\omega^2 \cos \omega t$ となることから, それぞれ代入すると,

$$-hA\omega^2 \cos \omega t + gA \cos \omega t = 0$$

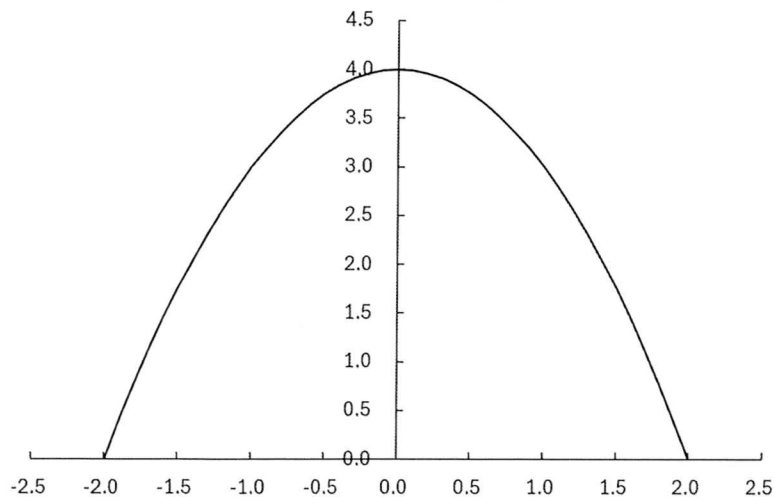
$$-h\omega^2 + g = 0$$

$$\therefore \omega = \pm \sqrt{\frac{g}{h}}$$

出題番号 152

【解答例】

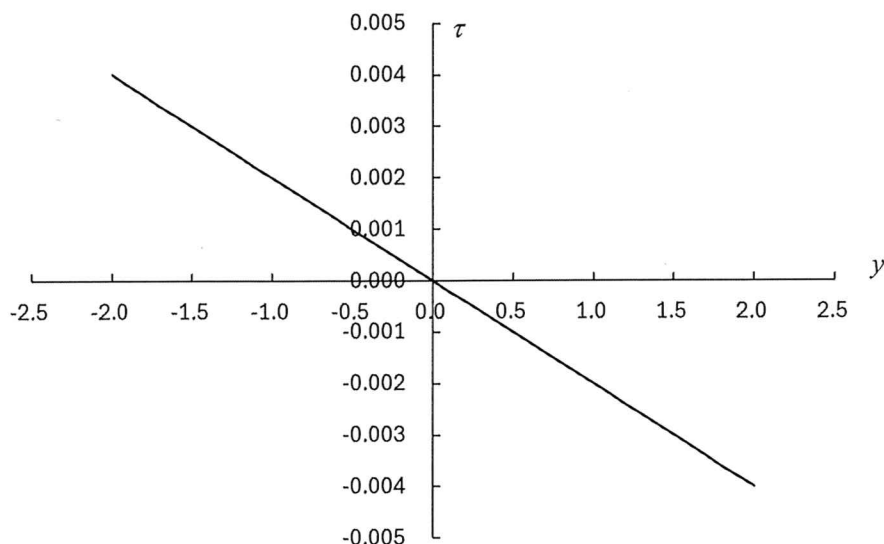
(1) 流速分布は, $u(y) = -y^2 + 4$ なので, 代表点 $(y, u) = (-2, 0)$, $(0, 4)$, $(2, 0)$ を通り, $(0, 4)$ を頂点とする上に凸の放物線を描画できれば正答とする。以下, 解答におけるグラフ例を示す。



粘性応力分布は、以下の式になる。

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = -0.002y$$

そのため、代表点 $(y, \tau) = (-2, 0.004)$ 、 $(0, 0)$ 、 $(2, -0.004)$ を通る直線を描画できていれば、正答とする。以下、回答におけるグラフ例を示す。



(2) 粘性応力は以下の式で計算できる。

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = -0.002y$$

よって、それぞれ代入して、

$$-0.002 \times 0 = 0.0 \text{ (Pa)}$$

$$-0.002 \times 1.0 = -0.002 \text{ (Pa)}$$

※回答は粘性応力の絶対値としての 0.002Pa も正解とする。

(3) 流速を所定の範囲で積分し、その値を y の区間の長さで除すことで、平均流速は以下の式のように求められる。

$$\bar{u} = \frac{1}{4.0} \int_{-2.0}^{2.0} -y^2 + 4 \, dy$$

$$\bar{u} = \frac{1}{4} \left[-\frac{y^3}{3} + 4y \right]_{-2}^2$$

$$\bar{u} = \frac{1}{4} \left\{ \left(-\frac{8}{3} + 8 \right) - \left(\frac{8}{3} - 8 \right) \right\} = \frac{8}{3} \text{ (m/s)}$$

【出題の意図】

進学後に水産海洋工学分野の研究を行うためには、流体力学に関する基礎的な知識を身につける必要がある。本問題は、受験者が流体力学の基本的な概念を理解し、それらを用いて現象を数理的に表現できるかを確認することを目的として出題した。

出題番号 151 では、水面に浮かぶ立方体を対象として、静止時における力のつり合いと、鉛直方向に変位させた際の運動方程式を導出させる。さらに、導出した運動方程式から立方体の振動特性を求めさせることで、浮力、運動方程式および単振動に関する基礎的な理解を確認することを目的としている。このような考え方は、洋上風力などの浮体や船舶の動揺を理解するうえでも基礎となる。

出題番号 152 は、ニュートン流体の流速分布を基に、速度勾配、粘性応力分布および平均流速を求めさせるものである。これにより、粘性応力に関する基本的な関係を理解し、微分および積分を用いて流れ場の特性を評価できるかを確認することを目的としている。これらは CFD 解析等を行う際にも必要となる基礎知識であり、単にシミュレーションを実行するだけでなく、使用する物性値やパラメータの物理的意味を理解できているかを確認するものである。

出題内容：水産情報・工学

出題番号 161

【解答例】

(1)

$$(ア) \text{ リスク比 (RR) : } \frac{30/200}{10/800} = 12.0$$

$$\text{オッズ比 (OR) : } \frac{30/(200-30)}{10/(800-10)} \approx 13.9$$

(イ) 現場での解釈：

・リスク比 (12.0) は、「高水温環境は低水温環境に比べて、発症確率 (割合) が 12 倍高い」ことを意味する。

・オッズ比 (13.9) は、「低水温環境に比べて、高水温環境では発症するオッズ (病気になる確率としない確率の比) が約 13.9 倍になる」ことを意味する。

稀なイベントにおける特徴：

・イベントの発生確率 p が非常に小さい (稀である) 場合、オッズの分母である $1-p$ が 1 に極めて近くなる。そのため、オッズは確率 p に近似できる。したがって、各群のオッズがそれぞれのリスク (確率) とほぼ同等になるため、「オッズ比の値はリスク比の値に限りなく近づく (近似する)」という特徴が現れる。

(2)

(例：漁具の網目の選択性による影響)

漁獲調査において、漁具の網目の大きさ (目合) の影響で小型魚が網を抜け出し、一定以上の大きな体長を持つ個体のみが偏ってサンプリングされたとする。この「体長が制限されたデータ」を用いて「体長と体重の相関」を計算すると、データの範囲 (分散) が狭まるため、本来の資源集団全体の相関係数よりも値が小さく算出 (過小評価) されてしまう影響を受ける。

出題番号 162**【解答例】**

(1)

(ア) 解答用紙に以下のような2×2 (横軸・縦軸の項目と4つの記号の配置) が正しく書かれていれば正解とする。

	予測：陽性 (疾病あり)	予測：陰性 (疾病なし)
実際：陽性 (疾病あり)	TP	FN
実際：陰性 (疾病なし)	FP	TN

(イ)

・Accuracy (正解率)：予測対象とした全個体のうち、実際に疾病を発症した個体を「陽性」、発症していない個体を「陰性」と、モデルが正しく的中 (分類) させた割合。

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

・Precision (適合率)：モデルが「疾病を発症している (陽性)」と予測・警告した個体のうち、実際に本当に疾病を発症していた個体の割合 (誤報の少なさ、予測の信頼度を表す)。

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

・Recall (再現率)：実際に疾病を発症している個体全体のうち、モデルが漏らさずに「疾病である (陽性)」と予測・発見できた割合 (見落としの少なさ、検出力を表す)。

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN}$$

(ウ)

Precision と Recall は、一般に分類の判定閾値を変更すると、一方を高めようとするともう一方が低下しやすいというトレードオフの関係にある。そのため、どちらか一方だけではモデルの性能を適切に評価することは難しい。F1 値は Precision と Recall の調和平均を用いることで、両者のバランスを考慮した総合的な性能評価を行う指標である。

(2)

・偶然誤差：測定の際に大きさや方向が不規則に変動する誤差である。例えば、魚体長を測定する際の読み取りのばらつきや、水温計の微小な変動などが挙げられる。

・系統誤差：測定値が一定方向に偏る誤差である。例えば、ゼロ点がずれた測定器を用いた場合や、較正されていない測定器を使用した場合には、測定値が常に真値より大きく (または小さく) なる。

・偶然誤差を小さくするには：同じ条件で測定を繰り返し、その平均値を用いることで偶然誤差の影響を小さくできる。また、測定回数を増やすほど平均値は真値に近づく。

【出題の意図】

近年の水産・海洋分野における計測技術の高度化に伴い、多様なデータから相関や因果関係を適切に解釈するデータリテラシーが強く求められている。出題 161 では、群間差の統計指標である「リスク比」と「オッズ比」の数理的定義や実務的解釈、および「稀なイベント」における両者の近似性について問うた。さらに、サンプリング範囲の制限による「相関係数の切断効果」を網目選択性等の具体例を交えて説明させ、データ偏りが解析結果に与えるバイアスを正しく見極める洞察力を評価した。出題 162 では、水産・海洋のデータ解析に不可欠なモデル評価技術と測定誤差の基礎知識を問うた。小問(1)では、養殖等の現場で導入が進む機械学習を題材とし、混同行列に基づく指標（正解率、適合率、再現率）の定義を答えさせた。また、これら指標間のトレードオフと調和平均である「F1 値」による総合評価の必要性を説明させ、適切なモデル評価能力を測った。小問(2)では偶然誤差と系統誤差の定義および対処法を問うことで、信頼性の高いデータ収集を行う基礎的素養を評価した。

出題内容：行動計測工学

出題番号 471

(1) 超音波信号の発信時刻を t_0 とすると、超音波発信機からハイドロホン H_A および H_B までの距離は、それぞれ、

$$|SA|=c(t_A-t_0)$$

$$|SB|=c(t_B-t_0)$$

と表される。したがって、両者の差をとると、

$$|SA| - |SB| = c(t_A-t_0) - c(t_B-t_0) = c(t_A-t_B)$$

となる。 $\Delta t = t_A - t_B$ であるから、

$$|SA| - |SB| = c \Delta t$$

となる。

(2) 双曲線になると解答していればよい。ハイドロホン H_A および H_B で受信した信号の到達時間差が一定である場合、超音波発信機からハイドロホン H_A および H_B までの距離差

$$|SA|-|SB|$$

も一定となる。したがって、超音波発信機の位置 S の軌跡は、ハイドロホン H_A および H_B を焦点とする双曲線の一方の曲線となる。なお、 $\Delta t > 0$ の場合は $|SA| > |SB|$ となるため、位置 S はハイドロホン H_B に近い側の曲線に存在する。反対に、 $\Delta t < 0$ の場合は、ハイドロホン H_A に近い側の曲線に存在する。

(3) 2 台のハイドロホン H_A, H_B から得られる到達時間差だけでは、発信機の位置 S は A および B を焦点とする 1 本の双曲線上に限定されるだけであり、2 次元平面上の位置を一意に決定することはできない。そこで、3 台目のハイドロホン H_C を設置し、例えば A と B の到達時間差から得られる双曲線と、ハイドロホン H_C の位置を C として、 A と C の到達時間差から得られる別の双曲線を求める。これらの双曲線の交点を求めることにより、発信機の 2 次元位置を推定できる。なお、位置

推定を行うためには、3 台のハイドロホンを一直線上に配置しないことが前提となる。

(4) 音源位置の推定に影響を及ぼすか音響的なノイズ以外の要因は以下などが考えられる

水中音速の変化

水中の音速は一定ではなく、水温、塩分および水圧などによって変化する。位置推定において一定の音速を仮定している場合、実際の音速との差によって、到達時間差から算出される距離差に誤差が生じる。その結果、推定される双曲線の位置がずれ、発信機の位置推定誤差が大きくなる。特に、水温や塩分が水平方向または鉛直方向に不均一な海域では、音波の伝搬速度や伝搬経路が変化するため、位置推定精度が低下する。

ハイドロホン位置の測量誤差

潮流や波浪によってハイドロホンが設置位置から移動した場合、計算に用いるハイドロホンの座標と実際の座標が一致しなくなる。その結果、到達時間差から求めた双曲線が正しい位置に形成されず、発信機の推定位置に誤差が生じる。

時計同期のずれ

各ハイドロホンの時計が正確に同期していない場合、実際には同じ信号を受信していても、記録された到達時刻にずれが生じる。この時刻のずれが到達時間差の誤差となり、距離差および音源位置の推定誤差につながる。

海面・海底反射によるマルチパス

超音波が発信機からハイドロホンへ直接到達するだけでなく、海面や海底で反射して複数の経路を通過して到達することがある。この現象をマルチパスという。反射波を直接波と誤認すると、信号の到達時刻を正しく求められず、到達時間差に誤差が生じるため、誤った位置が推定される。

出題番号 472

(1) 関心領域 (Region of Interest)

(2) Open 処理 (オープニング) は、次の順番で行う。

1. 収縮処理
2. 膨張処理

最初に収縮処理を行うことで、魚体から離れた小さな白色ノイズを除去する。その後、膨張処理を行うことで、収縮によって小さくなった魚体領域をおおむね元の大きさに戻す。

(3) 単眼カメラ画像から魚体長を mm 単位で求めるためには、カメラ校正と、画像座標を実空間座標へ変換するための平面校正が必要である。寸法既知のチェッカーボードなどの校正物体を撮影し、カメラの焦点距離、主点、レンズ歪み係数などの内部パラメータを求める。これにより、レンズ歪みによる画像上の位置や長さのずれを補正する。次に、魚が遊泳する水平面上に、位置または間隔が既知の基準点やチェッカーボードを設置して撮影し、画像上のピクセル座標と、実空間上の mm 単位の座標との対応関係を求める。魚体が一定の水平面上を遊泳すると仮定した場合、画像座標と実空間座標との対応関係を求めることができる。これを吻部および尾部の画像座標に適用し、両点を実空間上の座標に変換する。

(4) 主に以下のメリットがある。

- 教師データの準備，そのアノテーションや学習が不要である
- 計算負荷が小さく GPU など高性能な計算機の必要性が深層学習と比較すれば少ない
- 深層学習と比較すれば処理時間が短いことが多く，リアルタイム化しやすい
- アルゴリズムや判定根拠を解釈しやすく，処理過程が明確なため誤検出の原因を確認しやすい
- 条件が一定の環境では少量のデータでも利用できる

出題意図

出題番号 471

音響テレメトリーによる魚類の行動計測の基礎として，到達時間差を利用した位置推定の原理を理解し，魚類の遊泳位置を定量的に計測するために必要な測位手法や，実海域における位置推定精度に影響を及ぼす要因を理解しているかを評価する。

出題番号 472

画像計測による魚類の行動計測の基礎として，画像処理による対象魚の抽出，魚体特徴の検出，カメラ校正による実空間計測の原理を理解し，画像から魚体長などの行動・形態情報を定量化するための基礎技術を理解しているかを評価する。