

**問 1** 次の文章は、バーチャルリアリティ技術の歴史の中で、今日の発展につながってきた代表的な研究やシステム事例について説明したものである。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(1.1) コンピュータグラフィックスの分野では 1968 年、I. Sutherland が（ a ）Display という概念を提唱し、最初の HMD (Head Mounted Display) を開発した。この HMD は小型 CRT に提示された映像をハーフミラーを介して見る（ b ）シースルーのシステムであり、頭部には利用者の頭の回転を計測する機械式のリンク機構が取り付けられていた。

**【a の選択肢】**

1. Augmented
2. Hyper
3. Virtual
4. Immersive
5. Ultimate

**【解答】 5**

**【b の選択肢】**

1. 光学式
2. ビデオ
3. 機械式
4. ミラー
5. CRT 式

**【解答】 1**

(1.2) 1982 年に開発された（ c ）とはテレイグジスタンスの概念を実現するために開発されたマスタースレーブ型のロボットである。これは、（ d ）ロボットの視覚情報や力覚情報を（ e ）側の操縦者に立体視映像や力覚フィードバックを用いて提示することで、操縦者が実際に成り代わっているような感覚を生成する。

**【c の選択肢】**

1. TELESAR

2. SENSORAMA
3. マスター（リーダ）
4. スレーブ（フォロワー）
5. 小型

**【解答】1**

**【d の選択肢】**

1. TELESAR
2. SENSORAMA
3. マスター（リーダ）
4. スレーブ（フォロワー）
5. 小型

**【解答】4**

**【e の選択肢】**

1. TELESAR
2. SENSORAMA
3. マスター（リーダ）
4. スレーブ（フォロワー）
5. 小型

**【解答】3**

(1.3) ノースカロライナ (North Carolina) 大学で行われた CG 映像に触ることを目指した「GROPE」プロジェクト (project) では、( f ) の力覚フィードバック装置を用い、分子結合シミュレーションの結果として得られる分子間反力を力覚で表現する試み等が行われた。

**【f の選択肢】**

1. スtring (string) 型
2. マスターアーム (master arm) 型
3. エグゾスケルトン (exoskeleton) 型
4. マウス (mouse) 型

5. ペン (pen) 型

【解答】 2

(1.4) 1980 年代に MIT の Media Lab で開発された、部屋全体をコンピュータのインタフェースとして利用する（ g ）では椅子に座った利用者が壁面スクリーンに提示された情報を音声やジェスチャによって操作することができた。

【g の選択肢】

1. Clear Board
2. Media Room
3. Second Life
4. t-Room
5. Immersive Display

【解答】 2

問 2 以下は、バーチャルリアリティの構成に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(2.1) バーチャルリアリティの基本構成について、最も適切な記述は（ a ）である。

【a の選択肢】

1. バーチャルリアリティの分野における出力システム、すなわちディスプレイ (display) は、触覚刺激の創出機構のみを指す。
2. バーチャルリアリティを構成する要素である入力システムは、感覚器を介してユーザ (user) からシステムへ伝わる情報の流れを司る。
3. バーチャルリアリティの入力システムの場合、物を操作するのであれば、手を伸ばして掴み、指先で握るという操作が模擬される必要がある。
4. バーチャルリアリティシステムを構成するディスプレイと入力システムは、システムとバーチャル世界の間のインタフェース (interface) を司る。
5. バーチャルリアリティシステムでは、インタラクティブ (interactive) な表現を行うため、人間の操作入力に対して、体験世界のシミュレーション (simulation) を行うことなく、直ちに出力を行わなければならない。

**【解答】3**

(2.2) バーチャルリアリティ世界についての次の記述の中で、適切でないものは（ b ）である。

**【b の選択肢】**

1. 100%バーチャルリアリティのために作り込まれた世界では、その中に存在するさまざまな物体相互間の拘束関係や相互作用を、最初からスクラッチビルド (scratch-and-build) する必要がある。
2. 遠方の世界がバーチャルリアリティの世界に接続されるような例として、レイグジスタンスがあげられる。
3. バーチャルリアリティの世界を、インターネット (internet) に展開されるデータ (data) 世界と接続することは、安全面の観点から行われたい。
4. 遠方のロボット (robot) を高い臨場感のもとで操作する場合、ユーザがあたかもその遠方世界にテレポートしたような状況を作り出すことができる。
5. バーチャルリアリティ世界においては、表面的に感じられる世界の裏側に存在する深層的な現実感を生成する為のリアルタイムシミュレーション (realtime simulation) の仕組みが必要である。

**【解答】3**

(2.3) バーチャルリアリティの概念モデル (model) として、MIT から提案された AIP キューブ (cube) についての次の記述の中で、適切でないものは（ c ）である。

**【c の選択肢】**

1. A は Autonomy (自律性), I は Interaction (対話性), P は Presence (臨場感) である。
2. 現在存在する多くの電子メディアは、AIP キューブのいずれかの頂点にプロットされる。
3. AIP の立方体において、すべてを有するものが理想的な VR である。
4. P は、高臨場型ディスプレイと対応づけることのできる要素である。
5. AIP キューブが与える枠組みは、現状のメディア技術とバーチャルリアリティとの間の位置づけを論じる上で、有効である。

**【解答】2**

(2.4) バーチャルリアリティの世界とユーザの関係は（ d ）であり，バーチャルリアリティにおける体験とはほとんどのヒューマン（human）インタフェースとは異なり，第一人称体験である．また，バーチャルリアリティの場合，本質的なのは，インタフェースの方式において言語的すなわち恣意的な決まりごとが極小化されており，（ e ）との相似性が極めて高いという点である．このようにヒューマンインタフェースの概念からバーチャルリアリティを見ると，システムと人間との関係がこれまでとはいくつかの点において決定的に違うといえることができる．

**【d の選択肢】**

1. 対面的
2. 包含的
3. 複合的
4. 身体運動
5. 情報世界

**【解答】 2**

**【e の選択肢】**

1. 対面的
2. 包含的
3. 複合的
4. 身体運動
5. 情報世界

**【解答】 4**

**問 3** 以下は，バーチャルリアリティ（virtual reality）とは何かに関する問題である．（ ）に最も適するものを解答群から選べ．

(3.1) 米国継承英語辞典（The American Heritage Dictionary）の第 3 版では，バーチャルとは，「existing in（ a ） or effect though not in actual fact or form」と定義されている．

**【a の選択肢】**

1. appearance

2. essence
3. nature
4. observance
5. reality

**【解答】2**

(3.2) バーチャルリアリティの三要素として正しいものは（ b ）である。

**【b の選択肢】**

1. 実用性, 実現性, 実際性
2. 実時間の相互作用性, 3次元の空間性, 自己投射性
3. 有用性, 再現性, 新規性
4. 実時間の空間性, 3次元空間の相互作用性, 自己投射性

**【解答】2**

(3.3) バーチャルリアリティは, さしずめ, 3C と 3E のための道具 (human tools for 3Cs and 3Es) である。3C とは, ( c ), Control, Communication であり, 3E は, Elucidation, Education, ( d ) である。

**【c の選択肢】**

1. Cooperation
2. Community
3. Correspondence
4. Creation
5. Comfort

**【解答】4**

**【d の選択肢】**

1. Expenditure
2. Emergence
3. Evacuation

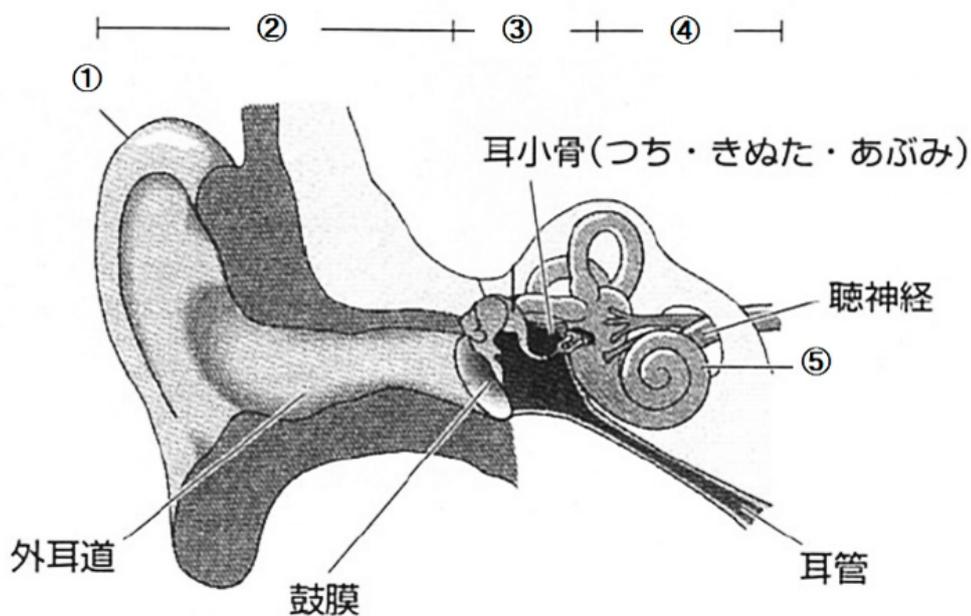
4. Entertainment

5. Essence

【解答】4

問 4 以下は、聴覚に関する設問である。次の図に関する以下の問いに答えよ。

図は耳の断面を表している。身体の外側から順に数字が1から4まで振られている。数字は図中に示された身体の断面を外側から順番に指し示している。1番は2番の一部である。3番には鼓膜と耳小骨（つち・きぬた）が含まれている。4番は3番よりも身体内側に位置する。5番はカタツムリのような渦巻形状である。



(4.1) 図の①～⑤の名称の組み合わせとして次の解答群で正しいものは（ a ）である。

【aの選択肢】

1. ①蝸牛 ②外耳 ③耳介 ④内耳 ⑤中耳
2. ①耳介 ②外耳 ③中耳 ④蝸牛 ⑤内耳
3. ①耳介 ②外耳 ③中耳 ④内耳 ⑤蝸牛
4. ①外耳 ②中耳 ③耳介 ④内耳 ⑤蝸牛
5. ①外耳 ②耳介 ③内耳 ④中耳 ⑤蝸牛

**【解答】3**

(4.2) 図の①～⑤の説明として次の解答群で正しいものは（ b ）である。

**【b の選択肢】**

1. ①は進化の過程での名残の器官にすぎず聴覚において特に機能は担っていない。
2. ②には鼓膜に音を伝える外耳道がふくまれ、それは広帯域にわたり平坦な伝達特性をもつ。
3. ③には耳小骨とホース（hose）状の半規管が含まれる。
4. ④には⑤の器官のみが含まれ、音を神経信号に変換している。
5. ⑤の中に埋め込まれた電極列から聴神経に直接情報を入力する技術が確立している。

**【解答】5**

(4.3) 聴覚の空間定位に寄与するある種のフィルタ（filter）として機能しているのは図の①～⑤のうちどれか選べ（ c ）。

**【c の選択肢】**

1. ①
2. ②
3. ③
4. ④
5. ⑤

**【解答】1**

**問 5** 以下は、脳神経系の解剖学的構造と神経生理学の基礎に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(5.1) 大脳は、大脳半球と（ a ）から成り、大脳皮質の皮下組織には、大脳皮質と視床や脳幹との間を中継する（ b ）や情動・意欲・記憶・自律神経活動にかかわる（ c ）が含まれる。

**【a の選択肢】**

1. 中脳
2. 間脳
3. 脳幹
4. 小脳

【解答】2

【b の選択肢】

1. 大脳基底核
2. 視床下部
3. 帯状回
4. 小脳

【解答】1

【c の選択肢】

1. 中心溝
2. 辺縁系
3. 中脳
4. 海馬

【解答】2

(5.2) 人間の脳の働きについて間違っているものは（ d ）である。

【d の選択肢】

1. 脳には機能の局在があり，大局的に見ると中心溝を境界として後部の頭頂葉と後頭葉が感覚入力を受容する領域である。
2. 前部の前頭葉が運動指令を出力している領域である。
3. 中心溝の前部の回にある一次運動野は運動指令を体の筋肉に送っており，右脳が上半身を，左脳が下半身を支配している。
4. 頭頂連合野に損傷があると，遠近・上下左右の識別が困難となる空間定位障害が起きる。

【解答】3

(5.3) 人間の視覚系の記述として正しいものは（ e ）である。

**【e の選択肢】**

1. 網膜から入った視覚情報は外側膝状体を經由して後頭葉の一次視覚野に投射される。
2. 両眼視差に対応する左右の眼球からの神経経路の差は一次視覚野に入る前の外側膝状体で統合される。
3. 一次視覚野より後の視覚情報の処理は、運動の情報や顔の認識等を含めて全て、協業的に行われる。
4. 一次視覚野は運動野と結合しているが、補足運動野とは結合がない。

**【解答】1**

**問 6** 以下は、味覚に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(6.1) 味覚の受容器で受容されない味は（ a ）である。

**【a の選択肢】**

1. 甘味
2. 旨味
3. 苦味
4. 辛味
5. 酸味

**【解答】4**

(6.2) 味覚は主として口腔内の神経系によって受容される。口腔内の神経に関する記述について間違っているものは（ b ）である。

**【b の選択肢】**

1. 味蕾は味細胞の集団であり、味孔と呼ばれる先端部で味成分を受容する。
2. 分子量の小さい酸味と塩味は味細胞外で七回膜貫通型受容体に結合して、細胞内に情報が伝えられる。
3. 舌の前部からの味情報は鼓索神経、舌の奥部や喉からの情報は舌咽神経を介して脳に伝達される。

4. 舌には有郭乳頭，葉状乳頭，茸状乳頭等がある。

【解答】2

問7 以下は，ヒトの空間の知覚に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(7.1) 三次元空間知覚について最も適切な記述は（ a ）である。

【aの選択肢】

1. 網膜像は二次元の広がりしか持たないが，そこに含まれるさまざまな奥行き手がかりを総合的に利用して奥行き情報を再構成している。
2. ヒトの網膜には厚みがあり，多くの細胞が奥行き方向に接続し光が浸透するために，奥行き情報が保存され，抽出可能である。
3. 三次元空間知覚のほとんどは両眼立体視によって生じており，片方の眼の視力を失うと奥行きはほとんど知覚されない。

【解答】1

(7.2) 両眼視差による立体視について最も適切な記述は（ b ）である。

【bの選択肢】

1. 離れた位置にある2つの眼の網膜像は，対象の奥行きによって異なる像差が生じる。これらの両眼像差から奥行きを復元することによって両眼視差による立体視が成立する。
2. 左右眼の情報は，左右の脳のそれぞれに別れて入力されるので，左右の脳を分断された人は両眼視差による立体視をすることができない。
3. ヒトは左右に目が2つ離れてあり，これらは常に1つの対象を向いて輻輳眼球運動する。そこで，対象までの距離によって左右の目がなす輻輳角度の差を利用して知覚するのが両眼視差による立体視である。

【解答】1

(7.3) 絵画的奥行き手がかりについて最も適切な記述は（ c ）である。

【cの選択肢】

1. 絵画的奥行き手がかりは、動的な調節・輻輳、運動視差、速度勾配と、静的な両眼視差、遮蔽、陰影などに分けられる。
2. 絵画的奥行き手がかりは、人の思いこみによって生じるので、個人差が大きく、安定しない。ただし、ヒトやサルのような系統発生的に高度な動物においてのみ見られる手がかりであり、複雑な処理を要する。
3. 絵画的奥行き手がかりは単眼性であり、網膜像に含まれる遠近法、テクスチャ勾配 (texture gradient)、遮蔽、陰影など比較的単純な手がかりであるが、その効果は非常に強い。

**【解答】3**

(7.4) 陰影からの形状復元について最も適切な記述は（ d ）である。

**【d の選択肢】**

1. 物体表面のテクスチャ (texture) によって投射光の反射率が異なることを脳が利用して形状を再構築するのが陰影からの形状復元である。さらに、テクスチャは均等であるという自然制約条件が用いられていると言われている。
2. 陰影からの形状復元は、複数の物体の間の奥行き関係を知覚するのに最も役立つ手がかりであり、コンピュータグラフィックス (computer graphics) においても、対象から少し離れたところに影を置くことで、対象を浮き上がらせて知覚させることなどに利用されている。
3. 物体表面の輝度の変化から、光源に対する表面の傾きを計算・復元するのが陰影からの形状復元である。さらに、光源は観察者の上方にあるという自然制約条件を活用して凸凹の曖昧性解決を行い、最終的な奥行きが知覚される。

**【解答】3**

(7.5) 運動視差について最も適切な記述は（ e ）である。

**【e の選択肢】**

1. 運動視差は、両眼が左右に離れていることによって生じる網膜像の速度差のことである。この速度差を定量的に操作することで、奥行き方向に運動する物体の知覚を生じさせることができる。
2. 運動視差は、頭部の回転によって生じる網膜上の平行な光流動のことである。したがって、奥行き知覚は静止して観察するよりも、頭部を左右に回転させて観察する方が精

度が高くなることが報告されている。

3. 狭義には頭部運動にともなって生じる網膜像の変化を運動視差と言い、注視点より手前は頭部と逆方向に、遠くは同方向に、網膜上で生じる運動像差である。頭部を運動させながら、適切に連動した運動視差を単眼で観察すると静止した奥行きが知覚される。

**【解答】3**

**問 8** 以下は、人間の視覚情報処理に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(8.1) 物体認識は、運動知覚や奥行き知覚のような初期・低次視覚と対比して、（ a ）の機能の 1 つと考えられている。ここでは、初期・低次知覚の処理で構築された情報と観察者が持つ（ b ）との照合が必要であり、それによって知覚対象が椅子か机かという認識が可能となると考えられている。顔の認識については、目や口だけを上下反転させて加工した顔画像を観察すると強い違和感が生じるが、その顔画像を上下反転させると違和感が低下する現象「（ c ）」がある。これは、顔の認識は上下が通常から反転した顔画像の入力ではうまく機能しないことを示しており、加工しない顔画像を上下反転させても顔の同定や識別などが困難になる。このような顔認識の方位による感度の違いは、正立した顔画像への接触頻度・親近性が高く、（ d ）が生じていることが原因の一つだと考えられている。

**【a の選択肢】**

1. 中位視覚
2. 下垂体
3. 左半球
4. 高次視覚
5. 右半球

**【解答】4**

**【b の選択肢】**

1. 知識
2. 神経細胞
3. DNA
4. 感性

5. 洞察力

【解答】1

【c の選択肢】

1. ホロウマスク (hollow-mask) 錯視
2. エビングハウス (Ebbinghaus) 錯視
3. フレーザー・ウィルコックス (Fraser-Wilcox) 錯視
4. マガーク (McGurk) 効果
5. 顔倒立効果

【解答】5

【d の選択肢】

1. 運動残効
2. 複合感覚
3. 過学習
4. 既視感
5. イメージシフト (image shift)

【解答】3

問 9 以下は、深部感覚に関する設問である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(9.1) 深部感覚は、四肢相互の位置関係、四肢の動き、四肢に加わる力などを検出する。深部感覚の受容器は（ a ）と呼ばれる。（ a ）には、（ b ）、（ c ）、関節受容器がある。（ b ）は、（ d ）に感覚神経と運動神経が接続した構造をしている。（ b ）の両端は（ e ）に付着している。（ b ）は、（ d ）の長さを調節することにより、筋肉の伸張・収縮情報を適切に受容する。筋肉の伸張・収縮に対する（ b ）と（ c ）の反応は異なっており、相補って深部感覚情報を精密に伝えることができる。

【a の選択肢】

1. 深部受容器
2. 固有受容器
3. 触覚受容器

4. 侵害受容器
5. 化学受容器

**【解答】2**

**【b の選択肢】**

1. マイスナー小体
2. ルフィニ腱器官
3. 筋紡錘
4. 筋線維
5. ゴルジ腱器官

**【解答】3**

**【c の選択肢】**

1. ゴルジ腱器官
2. メルケル腱器官
3. 毛包受容器
4. 筋紡錘
5. 筋原線維

**【解答】1**

**【d の選択肢】**

1. 神経線維
2. 錘外筋線維
3. 遠心性線維
4. 錘内筋線維
5. 求心性線維

**【解答】4**

**【e の選択肢】**

1. 求心性線維
2. 錘内筋線維

3. 筋原線維
4. 遠心性線維
5. 錘外筋線維

【解答】5

問 10 以下は、音の高さの知覚、および聴覚による空間知覚の基礎に関する問題である。最も適するものを解答群から選べ。

(10.1) 音の高さの知覚について間違っているものはどれか。

【選択肢】

1. 私たちは、私たちが聴くことのできる全周波数帯域にわたって、絶対的な音の高さの知覚に加え、オクターブごとに等価に感じるような周期的な音の高さの知覚を得ることができる。
2. 音の高さの知覚をもたらす情報は、蝸牛内で複合的に符号化されている。
3. 多くの楽器音や音声を構成している複合音は基本音とその位相の整数倍の倍音成分から成る。
4. 複合音の基本音成分が欠けていても、明瞭な音の高さを知覚することができる。
5. 正弦波の高さの知覚はその周波数と一対一で対応している。

【解答】3

(10.2) 以下は、聴覚による空間知覚について述べた文章である。

現在最も普及している簡易的な立体音響システムが所謂「ステレオ」であるが、ステレオで用いられている空間知覚の手がかり情報が両耳間差である。2つあると考えられている両耳間差のうち両耳間（ a ）は、各耳と音源までの距離が左右で異なることによって生じる。また聴覚系は頭部や耳介が音を遮ることによって音源に加える複雑なスペクトルパタンの変化を空間知覚に利用できることもわかっており、これを頭部伝達関数と呼ぶ（英語表記の頭文字をとって（ b ）と略称される）。測定された頭部伝達関数を音源にたたみ込むことで、原理的には完全に音源の空間位置を再現することができる。しかし、音の空間知覚は聴覚系の処理だけで決まるものではなく、特に大きく視覚の影響を受けることがわかっている。その事実は音源定位が視覚で知覚された位置によってバイアスをうける（ c ）効果という現象によって示される。この現象は、空間知覚に関しては一般に視覚の方が精度が高いため聴覚もそれを利用し

ているからだ、と解釈されており、各感覚モダリティは一般に（ d ）に統合され全体として効率よく精度を高めていると考えられる。

**【a の選択肢】**

1. レベル差
2. 時間差
3. 音色差
4. 周波数差

**【解答】 2**

**【b の選択肢】**

1. HTTF
2. RHTF
3. HRTF
4. TFRH

**【解答】 3**

**【c の選択肢】**

1. 腹話術
2. カクテルパーティ
3. ダブル・フラッシュ
4. マガーク

**【解答】 1**

**【d の選択肢】**

1. 個別的
2. 抑制的
3. 相補的
4. 加算的

**【解答】 3**

問 11 以下は、味覚・嗅覚ディスプレイに関する問題である。以下の文章において、（ ）

に最も適するものを解答群から選べ。

(11.1) 味覚ディスプレイに必要な仕組みとして間違っているものは（ a ）である。

**【a の選択肢】**

1. 任意の味を合成する仕組みと、感覚受容器である舌と味物質をとの接触を作り出す仕組みの二つが必要である。
2. 五つの基本味の組み合わせによって、ある程度の種類の味を合成することが可能である。
3. 五つの基本味に対応した物質が特定されており、それらの濃度によって味を合成することが可能である。
4. 味を感じる器官は主に舌であり、舌と味物質の接触は舌の上に何らかの装置を設置することで実現できる。
5. 味物質を下に接触させる機構には、抗菌作用のある部材を用いれば特別な衛生管理なしに実現することが出来る。

**【解答】** 5

(11.2) 味覚ディスプレイの仕組みとして正しいものはどれか。最も適するものは（ b ）である。

**【b の選択肢】**

1. 味物質を口内に搬送する仕組みとしては、固形物を口内に射出する方式が効率的と言える。
2. 味物質を口内に搬送する仕組みとして、液体物をチューブ (tube) を介して体外から口内に射出する方式は実現が容易である。
3. 味物質を口内に搬送する仕組みとしては、気体を鼻先に射出する方式によって、簡単に実現することが出来る。
4. 味物質を口内に搬送する仕組みとしては、あらかじめ口に含んだガム (chewing gum) のような物体を電磁波で加熱し、溶け出した物質を口内に拡散する方式が安全的と言える。
5. 味物質を口内に搬送する仕組みとしては、複数の錠剤状の味物質を水とともに混合して口内に射出し、口内で溶け出した水と味物質が混ざることによって任意の味を作る方法が有効である。

**【解答】** 2

**問 12** 以下は、人間の身体各部の角度と運動を計測するモーションキャプチャに関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(12.1) 角度センサである（ a ）を用いる（ b ）モーションキャプチャでは、人体に対して外骨格のようなフレームを取り付け、そのフレームの関節角度を計測する。また、角度を計測するデバイスとして、回転物体がその状態を維持しようとする性質を利用した（ c ）を用いる場合には、フレームを用いずに計測を行うことができる。（ c ）では、得られた角速度を（ d ）することで角度を求めている。

**【a の選択肢】**

1. 加速度センサ
2. ゴニオメータ
3. 超音波センサ
4. カメラ
5. ジャイロスコープ

**【解答】 2**

**【b の選択肢】**

1. 光学式
2. 角速度式
3. 無線式
4. 機械式
5. 磁気式

**【解答】 4**

**【c の選択肢】**

1. オシロスコープ
2. 回転計
3. イメージセンサ
4. ジャイロスコープ
5. 距離計

**【解答】 4**

**【d の選択肢】**

1. 積分
2. 分析
3. 二乗
4. 変換
5. 微分

**【解答】 1**

**問 13** 以下は脳神経活動の計測に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(13.1) PET, NIRS, fMRI, MEG, EEG の 5 種の脳神経活動計測装置のうち、空間分解能が最も高いのは（ a ）である。また、（ b ）は、超伝導量子干渉計 (SQUID) を用い、脳神経の電気的な活動によって生ずる磁場を計測するもので、時間分解能が高いのが特徴である。歴史的に古くから用いられているのは、脳の神経活動である電気信号を、皮膚に貼付した電極により計測する（ c ）である。この方法の短所は、（ d ）が低いことと、（ e ）ことである。

**【a の選択肢】**

1. PET
2. NIRS
3. fMRI
4. MEG
5. EEG

**【解答】 3**

**【b の選択肢】**

1. PET
2. NIRS
3. fMRI
4. MEG

5. EEG

**【解答】4**

**【c の選択肢】**

1. PET
2. NIRS
3. fMRI
4. MEG
5. EEG

**【解答】5**

**【d の選択肢】**

1. 空間分解能
2. 安全性
3. 時間分解能
4. 携帯性能
5. 記憶容量

**【解答】1**

**【e の選択肢】**

1. 計測中に大きな音が生ずる
2. 強磁場を用いる
3. ノイズの影響を受けやすい
4. 大規模な冷却装置を必要とする
5. 脳に強い刺激を与える

**【解答】3**

**問 14** 以下は、聴覚ディスプレイに関する問題である。最も適するものを解答群から選べ。

(14.1) 音像定位伝達関数合成法の説明として、不適切なものはどれか。

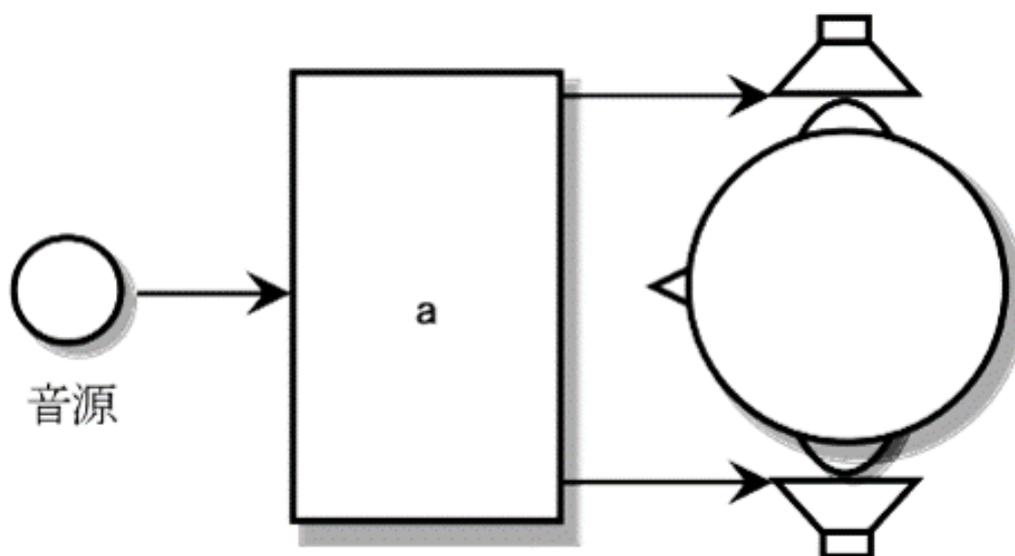
**【選択肢】**

1. 両耳の位置でのみ正しい音場が生成される.
2. 音源から両耳までの音の伝播のなかでも、室内の伝播も伝達関数として表現する手法である.
3. この手法において、音源から耳までの音の伝播は室伝達関数と頭部伝達関数によって計算される.
4. 耳の位置計測が必要な手法である.
5. 両耳への音はヘッドフォン (head phone) でのみ提示可能な手法である.

【解答】5

(14.2) 下図はバイノーラル (binaural) 再生の原理を説明する図である. a に当てはまらないものはどれか.

音源からの音が a という処理を経て、両耳側面のスピーカーから提示される



【選択肢】

1. 反射音処理
2. 吸音処理
3. 頭部伝達関数計算

4. 感性処理
5. 室伝達関数計算

**【解答】 4**

(14.3) トランスオーラル (transaural) 再生の説明として、適切なものはどれか。

**【選択肢】**

1. 音源から両耳までのすべての物理現象を伝達関数として表現し、複数のスピーカ (speaker) を用いて両耳位置での音を生成する。スピーカ同士の音のクロストーク (cross talk) をキャンセル (cancel) する計算が必須となる。
2. 音源から両耳までのすべての物理現象を拡散方程式として表現し、複数のスピーカを用いて両耳位置での音を生成する。両耳の音のクロストークをキャンセルする計算が必須となる。
3. 音源から両耳までのすべての物理現象を頭部伝達関数として表現し、複数のスピーカを用いて両耳位置での音を生成する。スピーカ同士の音のクロストークをキャンセルする計算が必須となる。
4. 音源から両耳までのすべての物理現象を伝達関数として表現し、複数のスピーカを用いて立体音場を生成する。ヘッドトラッキング (head tracking) なしで音源からの音が正しく生成され複数人での使用に向いている。
5. 音源から両耳までのすべての物理現象を伝達関数として表現し、複数のスピーカを用いて両耳位置での音を生成する。ヘッドフォン同士の音のクロストークをキャンセルする計算が必須となる。

**【解答】 1**

(14.4) 音場直接合成法に関する説明として、適切なものはどれか。

**【選択肢】**

1. ある境界内のすべての場所で正しく音が聞こえる 3 次元音空間を生成。
2. 「ある音場における音源を含まない任意の領域を囲む閉曲面境界上の音圧と空気の粒子速度を一致させることで同一の音場を再現できる」というキルヒホッフ (Kirchhoff) の微分 (differential) 定理に基づいている。
3. 無限個のスピーカをある境界面に外向きに配置することで実現する。

4. 両耳の位置計測結果に基づいてスピーカの出力を変化させることで音空間を生成する.
5. 「ある音場における音源を含めた任意の領域を囲む閉曲面境界上の音圧と空気の粒子速度を一致させることで同一の音場を再現できる」というキルヒホッフの微分定理に基づいている.

**【解答】1**

**問 15** 以下は、バーチャルリアリティシステムに関する問題である。( ) に最も適するものを解答群から選べ.

(15.1) バーチャルリアリティのモデリング (modeling) では、( a ) と ( b ) に必要な情報を、その処理に適した形でモデリングする。( a ) は人間の感覚特性に、( b ) はバーチャルリアリティシステムの目的・用途にあわせて行う必要があるため、バーチャルリアリティではモデリングもこの 2 つを考慮して行うことが多い.

**【a の選択肢】**

1. シミュレーション
2. 運動
3. デザイン (design)
4. コントロール (control)
5. レンダリング

**【解答】5**

**【b の選択肢】**

1. シミュレーション
2. 運動
3. デザイン (design)
4. コントロール (control)
5. レンダリング

**【解答】1**

(15.2) ( c ) ( d ) に当てはまるものを 2 つ選べ (順不同)

視覚提示のためのレンダリングに 3 次元コンピュータグラフィクス（computer graphics）を用いると、任意の視点からの映像を生成できるため、視点を自由に移動しながらバーチャル世界を観察できる。しかし、提示物体の量や複雑さが増すにつれて、レンダリング処理の計算量が多くなり、（ c ）や（ d ）が不足する。

**【選択肢】**

1. ストーリー（story）性
2. リアリティ
3. 行動の自由度
4. 安定性
5. リアルタイム性

**【解答】 2**

(15.3) 一方、予め様々な視点でのバーチャル世界の画像を用意しておき、視点位置にあわせて切り替えることで視覚提示を行えば、レンダリングは視点位置に合った画像を選択して提示するだけなので、提示物体の量や複雑さによらずレンダリング処理の計算量は少ない。しかし、メモリの制約などから十分な数の画像を用意できないと、（ e ）が不足してしまう。

**【e の選択肢】**

1. ストーリー（story）性
2. リアリティ
3. 行動の自由度
4. 安定性
5. リアルタイム性

**【解答】 3**

**問 16** 以下は、バーチャル世界における力触覚レンダリングに関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(16.1) 典型的な力触覚レンダリングでは、動特性など必要な情報がモデリングされた物体とのインタラクションでは、指先や手先などの接触点すなわち（ a ）の位置と方向の検出、（ a ）とバーチャル物体との接触検出、反力計算および（ b ）、そして力およびトルクの提

示, の順に力触覚情報の計算が周期的に実行される.

**【a の選択肢】**

1. 力覚ポインタ (pointer)
2. テクスチャ
3. Proxy point
4. God-object
5. クーロン (coulomb) 摩擦

**【解答】** 1

**【b の選択肢】**

1. 透視変換
2. 重量計算
3. 立体分割
4. 物体変形
5. 量子化

**【解答】** 4

(16.2) バーチャルな物体をなぞる動作において, 表面情報の力触覚レンダリングは自然に感じさせるために重要な役割を果たす. 力触覚レンダリングのための表面情報は, 物体形状と, 物体表面の ( c ) 特性および ( d ) 特性の組み合わせで表現される.

**【c の選択肢】**

1. 剛性
2. 反射
3. 慣性
4. 摩擦
5. 湿度

**【解答】** 4

**【d の選択肢】**

1. 塑性

2. 弾性
3. 粘性
4. 破壊
5. 温度

【解答】3

問 17 以下は、バーチャル世界の構成手法に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(17.1) 3次元空間におけるカメラの位置は、ユークリッド (Euclid) 座標で表され、姿勢はロール (roll)・ピッチ (pitch)・ヨー (yaw) の ( a ) で表現することができる。ただし、カメラの姿勢の実装には、( b ) と呼ばれるテクニックが用いられる場合が多い。

【a の選択肢】

1. クォータニオン (quaternion)
2. ラジアン (radian) 角
3. オイラー (Euler) 角
4. ラグランジアン (Lagrangian)
5. ガウシアン (Gaussian)

【解答】3

【b の選択肢】

1. クォータニオン (quaternion)
2. ラジアン (radian) 角
3. オイラー (Euler) 角
4. ラグランジアン (Lagrangian)
5. ガウシアン (Gaussian)

【解答】1

(17.2) 下の図は飛行機におけるロール・ピッチ・ヨー方向の回転を示したものである。最も適切な組み合わせを選べ。

- ①は右の翼が下がって左が上がるような回転
- ②は機体の進行方向が左右に変わるような回転
- ③は前後方向の回転



**【選択肢】**

- 1. ①ロール ②ピッチ ③ヨー
- 2. ①ロール ②ヨー ③ピッチ
- 3. ①ピッチ ②ロール ③ヨー
- 4. ①ピッチ ②ヨー ③ロール
- 5. ①ヨー ②ピッチ ③ロール

**【解答】2**

(17.3) バーチャル世界をグリッドベースの空間に区切ることで、体験者がいる空間やその近傍の空間のみレンダリングや衝突判定を行うことで大幅に処理を削減することが可能になる。ただし、レンダリングの場合は、遠いオブジェクトであっても視界に入っており見える場合が多い。そのため、( a ) と呼ばれる手法や ( b ) と呼ばれるバーチャル環境の管理技法を用いてリアルタイム性を維持することが一般である。( a ) は視点からの距離に応じてモデルの精細さを切り替えていく手法である。一方、( b ) とは、3次元の空間を構成する各

種オブジェクトを階層的な（ c ）などで表現したデータセットである。

**【a の選択肢】**

1. bounding volume
2. scene graph
3. Level of Detail
4. Z バッファ法
5. S D法

**【解答】3**

**【b の選択肢】**

1. bounding volume
2. scene graph
3. Level of Detail
4. Z バッファ法
5. S D法

**【解答】2**

**【c の選択肢】**

1. ツリー構造
2. ポリゴン
3. bounding volume
4. ニューラルネットワーク
5. scene graph

**【解答】1**

**問 18** 以下は、電気刺激による視覚提示手法に関する問題である。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

(18.1) 非侵襲に経皮電気刺激によって視覚提示を実現できる方法は（ ）である。

**【選択肢】**

1. 網膜の視細胞の直下に電極を設置し、直下の双極細胞を刺激する方法。
2. 後頭部と頭頂部に電極を設置して交流刺激を行い眼内閃光を生じさせる方法。
3. 網膜の内側（神経節細胞側）に電極を設置する方法。
4. 視神経刺激に電極を巻き付け、パルス電流刺激を行い眼内閃光を生じさせる方法。

【解答】2

問 19 以下は、電気刺激を含む刺激に関する問題である。

(19.1) 感覚と刺激方法の表において（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

表では、左から 1 行目の項目として感覚、感覚器、感覚神経、刺激手法の代表例 が並んでいる。

2 行目、視覚、眼、視神経と続いたあと、ディスプレイや網膜刺激や電気神経刺激や (a) が並んでいる。

3 行目、聴覚、耳、聴神経と続いたあと、ヘッドホンやスピーカーや (b) が並んでいる。

6 行目、平衡感覚、感覚器として空欄 (c)、前庭神経、前庭電気刺激が並んでいる。

感覚神経と刺激手法の代表例

感覚	感覚器	感覚神経	刺激手法の代表例
視覚	眼	視神経	ディスプレイ, (a), 網膜刺激, 視覚電気刺激
聴覚	耳	聴神経	ヘッドホン, スピーカー, (b)
味覚	舌	舌咽神経と一部顔面神経	味覚電気刺激
嗅覚	鼻	嗅神経	匂い合成装置
平衡覚	(c)	前庭神経	前庭電気刺激

【a の選択肢】

1. 耳介
2. HMD (head mounted display)
3. 内耳
4. 骨伝導刺激

【解答】2

【b の選択肢】

1. 耳介

2. HMD (head mounted display)
3. 内耳
4. 骨伝導刺激

【解答】4

【c の選択肢】

1. 耳介
2. HMD (head mounted display)
3. 内耳
4. 骨伝導刺激

【解答】3

(19.2) 味覚と電気刺激に関する以下の文章について，誤っているものを一つ選べ。

【選択肢】

1. カップやスプーンなどの食器内部に電極を配置する手法では，咀嚼や嚥下時での味覚操作が困難という問題がある。
2. 陽極刺激は金属味と呼ばれる電気特有の味が感じられるが，陰極刺激では感じられない。
3. 陽極のみが口腔外またはその近くに設置されるのが「陽極刺激」，陰極のみが口腔外またはその近くに設置される「陰極刺激」である。
4. 味覚電気刺激による味覚操作は，飲食物の持つ味の抑制・増強だけでなく味覚配信メディアも検討されている。
5. 味覚電気刺激により，味付けをしていなくても塩味を感じることができ，食事制限の補助インタフェースとして有効である。

【解答】3

(19.3) 電気刺激を行う際に留意しなければならないこととして，誤っているものを選べ。

【選択肢】

1. 国際電気標準会議（IEC）によると，感電のリスクを考える上で最も重要なのは身体に流れる電流量である。
2. 皮膚の放電に伴う痛みややけど防止のため，電極をしっかりと貼り付けた状態にしてから

電源を入れる，電源を入れている間に電極を剥がさないよう留意する。

3. 非侵襲の電気刺激では，0.5mA を超えなければ深刻なリスクを負うことはほぼない。
4. 電流，周波数，電気の通る回路について考慮していれば，通電継続時間について考慮する必要はない。

**【解答】** 4

(19.4) AR での実空間とバーチャル空間の統合時の位置合わせに関して誤っているものを選び。

**【選択肢】**

1. HMD 外部からは，カメラ画像から三角測量ベースのトラッキングを行うことで校正できる。
2. キャリブレーションの問題は，3次元から2次元への投影行列を推定することと等価である。
3. HMD 視点からの校正は，カメラ画像の自然特徴量から追跡する SLAM 技術が主流になっている。
4. 視界のある3次元点が映像上のどの画素と重なるかの3次元 - 2次元対応付けでは，両眼の瞳孔間距離を考慮したモデルを使用すれば AR 投影には十分である。

**【解答】** 4

**問 20** 以下の課題に対しての対応策の正しい組合せはどれか。

(20.1) 視覚の最も高い空間解像度に合わせて視野全体をレンダリングすると，22800×14400px の解像度をリアルタイムに処理する必要があるが，計算コストが高くなり，レンダリング遅延が生じるという課題がある。

**【選択肢】**

1. 対策として，表面形状に従った逆変換を射影変換に適用する。
2. 対策として，ディスプレイの中心視野を高解像度にし，周辺視野は低解像度でレンダリングする。
3. 対策として，スリット等によって両眼独立な映像提示領域を分割する。
4. 対策として，可変焦点レンズの焦点距離を調整する。
5. 対策として，1kHz を超えるフレームレートでレンダリングを実施する。

**【解答】 2**

(20.2) 加齢に伴い、焦点調節機能が衰えてしまうという課題がある。

**【選択肢】**

1. 対策として、表面形状に従った逆変換を射影変換に適用する。
2. 対策として、ディスプレイの中心視野を高解像度にし、周辺視野は低解像度でレンダリングする。
3. 対策として、スリット等によって両眼独立な映像提示領域を分割する。
4. 対策として、可変焦点レンズの焦点距離を調整する。
5. 対策として、1kHz を超えるフレームレートでレンダリングを実施する。

**【解答】 4**

(20.3) 立体視をするためにメガネをかけなければいけないという課題がある。

**【選択肢】**

1. 対策として、表面形状に従った逆変換を射影変換に適用する。
2. 対策として、ディスプレイの中心視野を高解像度にし、周辺視野は低解像度でレンダリングする。
3. 対策として、スリット等によって両眼独立な映像提示領域を分割する。
4. 対策として、可変焦点レンズの焦点距離を調整する。
5. 対策として、1kHz を超えるフレームレートでレンダリングを実施する。

**【解答】 3**

(20.4) 曲面スクリーンに投影した映像がひずむという課題がある。

**【選択肢】**

1. 対策として、表面形状に従った逆変換を射影変換に適用する。
2. 対策として、ディスプレイの中心視野を高解像度にし、周辺視野は低解像度でレンダリングする。
3. 対策として、スリット等によって両眼独立な映像提示領域を分割する。
4. 対策として、可変焦点レンズの焦点距離を調整する。

5. 対策として、1kHz を超えるフレームレートでレンダリングを実施する.

**【解答】** 1