

問 1 以下は、位置合わせに関する問題である。（ a ）～（ g ）に最も適するものを解答群から選べ。

視覚的に現実世界と VR 世界を融合するためには、それぞれの世界の中に定義された 3 次元座標系を一致させる必要がある。これを（ a ）レジストレーション（位置合わせ）という。（ a ）レジストレーションは、現実世界の中に定義された 3 次元世界座標系から撮像系の 3 次元座標系への（ b ）変換と撮像系内の（ c ）変換の二つの変換を用いて、仮想世界の 3 次元座標値を 2 次元座標値に変換することにより実現することができる。（ c ）変換に必要な情報は、（ d ）カメラパラメータ（camera parameters）と呼ばれ、例えばビデオカメラ（video camera）のズーム（zoom）などの設定を変更することで変化するが、固定を前提としたシステムも多く、システム利用前のキャリブレーション（calibration）で取得できる。（ b ）変換に必要な情報は、（ e ）カメラパラメータと呼ばれる。（ e ）カメラパラメータを得るためのトラッキング（tracking）では、環境に設置したセンサ（sensor）を利用する（ f ）方式、撮像系側のセンサを利用する（ g ）方式、および、それらを組み合わせたハイブリッド（hybrid）方式に分類できる。

【a の選択肢】

1. 時間的
2. 光学的
3. 幾何学的
4. 内部
5. 外部

【b の選択肢】

1. アウトサイドイン（outside in）
2. ビューイング（viewing）
3. 透視
4. 投影
5. モデリング（modeling）

【c の選択肢】

1. アウトサイドイン（outside in）
2. ビューイング（viewing）
3. 透視
4. 投影
5. モデリング（modeling）

【d の選択肢】

1. ビューイング
2. 投影
3. 内部
4. 外部
5. モデリング

【e の選択肢】

1. ビューイング
2. 投影
3. 内部
4. 外部
5. モデリング

【f の選択肢】

1. カメラ
2. センサ
3. アウトサイドイン
4. インサイドアウト

【g の選択肢】

1. カメラ
2. センサ
3. アウトサイドイン
4. インサイドアウト

問 2 各文はレンジセンサの方式や 3 次元モデルを構築する手法を説明したものである。（ a ）～（ d ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

(2.1) センサ（sensor）から発せられた光（パルスレーザ（pulse laser））が、対象物体の表面に当たって跳ね返ってくるまでの時間から距離を計測する方式は（ a ）である。

【a の選択肢】

1. SLAM
2. SHIFT
3. 光切断法
4. 受動型ステレオ法
5. 飛行時間法

(2.2) コード化されたパターン（coded-pattern）を対象物体に投影し、投影された面または線を識別して視線との交点から距離を求める方式は（ b ）である。

【b の選択肢】

1. SLAM
2. SHIFT
3. 光切断法
4. 受動型ステレオ法
5. 飛行時間法

(2.3) 異なる位置から撮影した 2 枚の画像中で、同一点が撮影された画素位置から、二つの視線の交点を求めることによって 3 次元座標を得る方式は（ c ）である。

【c の選択肢】

1. SLAM
2. SHIFT
3. 光切断法
4. 受動型ステレオ法
5. 飛行時間法

(2.4) カメラ画像や LIDAR などの深度カメラから得た深度画像により周囲環境の 2 次元ないしは 3 次元構造を復元して環境地図を作成し、カメラの 3 次元位置や運動の軌跡を取得する技術は（ d ）である。

【d の選択肢】

1. SLAM
2. SHIFT
3. 光切断法
4. 受動型ステレオ法
5. 飛行時間法

問 3 以下は、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）の性質に関する問題である。

(3.1) 視野角と解像度に関する説明として最も適切なものを解答群から 1 つ選べ。

【選択肢】

1. 現行 HMD では視野角を広げるほどピクセル密度が向上するため、トレードオフはほぼ解消されている。
2. 高解像度と広視野角の両立は依然として難しく、視線追跡を用いた foveated rendering（中心窩レンダリング）などで処理負荷を抑える工夫がされている。

3. 光学透過型 HMD は閉塞型よりも容易に広視野化できるため、200° 以上の視野角を実現している。
4. ビデオ透過型では光学系の制約がないため、物理空間とバーチャル空間の視差調整を行う必要はない。
5. 視野角を広げる主な手法は外光遮断用 LCD の導入である。

(3.2) 遮蔽矛盾（Occlusion conflict）を防ぐための手法として最も適切なものを解答群から 1 つ選べ。

【選択肢】

1. バーチャル物体の輝度を上げて実物を上書きする。
2. バーチャル物体を半透明化して奥行き関係を曖昧にする。
3. 実環境の背景を完全に黒でマスクして表示する。
4. カメラの露出を下げて輝度差を抑える。
5. 空間マッピングによって得られた深度情報（距離情報）を利用し、現実物体による遮蔽を正しく反映させる。

(3.3) システム遅延に関する説明として最も適切なものを解答群から 1 つ選べ。

【選択肢】

1. 遅延が大きいほど安定した表示が得られるため、ユーザの没入感が高まる。
2. 光学透過型 HMD では実映像を直接見ているため、入出力システムに遅延が生じることはない。
3. 遅延が位置ずれや酔いの原因となるため、予測補正（time-warp）やフレームレスレンダリングなどで補償される。
4. 高フレームレート化よりも描画処理をゆっくり行う方が、現実の動きと表示を合わせやすい。
5. 遅延対策としては表示輝度を下げて残像を減らすことで体感遅延を抑えるのが一般的である。

(3.4) 焦点深度（accommodation depth）に関する説明として最も適切なものを解答群から 1 つ選べ.

【選択肢】

1. HMD では、実際の物体までの距離に合わせて自動的に焦点が変わるため、焦点調節のずれは生じない.
2. 多くの HMD では映像の焦点距離が固定されており、実際の奥行きに合わせて結像距離を変えることはできない.
3. 焦点深度は、映像の明るさを変えることで調整できる.
4. 可変焦点ミラーは、映像のゆがみを補正するための装置である.

(3.5) アバターロボットを介したコミュニケーションに関する問題である. アバターロボットをコミュニケーションメディアとして利用する利点のひとつに、遠隔地の対話者とあたかも対面しているかのように感じる事（social telepresence）の効果がある. その効果について、次の説明の中で最も正しくないものを選択せよ.

【選択肢】

1. 一義的にはロボット自体の存在感が遠隔地の対話者にとって操作者の代理としての存在感を代表する形になる. これがアバターロボットの存在価値の一つである.
2. ロボット操作者から見た対話者の存在感は、ロボットが移動することによって向上する. これはカメラがロボットとともに移動することで生ずる運動視差に起因しており、カメラの回転運動よりも前後方向の動きの方が効果的である.
3. ロボット操作者から見た対話者のように存在感の一部が運動視差に起因する場合、カメラ視点の効果的な移動は並進速度で決まるので、側方移動も出来る全方位移動走行系でのカメラ移動は、レイグジスタンス追従系での存在感と臨場感にとって効果的である.
4. 移動感覚は視野内での相対的なオプティカルフローで決まるので、視点の初期位置は地面からの高さや水平方向以外は自由に設定しても良い.
5. 移動型のアバターロボットの場合、運動視差が得られるため、両眼カメラとヘッドマウンテッドディスプレイによる両眼視差は、対話者の存在感の向上において必要が無い.

(3.6) ロボットをコミュニケーションメディアとして利用する利点として、最も正しくない説明を選択せよ。

【選択肢】

1. ロボット操作者による非言語的な行為をアバターロボットに 3 次元的に表現させることができる。これは身体性へのメタファーであるため、人型ロボットでなければ利点が生じない。
2. ゲイズアウェアネス（gaze awareness）や指さしといった行為は、ロボットの頭の動きや腕の動きと明確に対応させることで等価的に再現することができる。
3. レーザーポインタなどでゲイズアウェアネス（gaze awareness）や指さしといった行為と同様の効果を実現した事例もあるため、アバターロボットは必ずしも人型である必要は無い。
4. ゲイズアウェアネス（gaze awareness）や指さしといった行為の提示は身体性へのメタファーであるため、ロボットの挙動は意識的な身体挙動と明示的に対応させる必要がある。特に実時間応答性を損なうことは身体性の利点を著しく損なう。
5. 身体性の高いコミュニケーションの手段としてロボットとの身体的接触を利用する試みがある。触覚印象を利用できる点において映像アバターには無いアドバンテージとなる。

(3.7) 臨場感コミュニケーション（communication）に関する問題である。臨場感コミュニケーションシステムに関する次の説明のうち最も間違っているものを解答群から選択せよ。

【選択肢】

1. ビデオ（video）会議システムでは身振り手振りが使えるので、遠隔地にある対象物を容易に指し示すことができる。
2. 人々の対話において、お互いが作業空間内のどこをみているかと言うことに気がつくことをゲイズアウェアネス（gaze awareness）と言い、次世代のビデオ会議システムではこれが支援されることが好ましい。
3. テレイマージョン（tele-immersion）は遠隔地間で 3 次元空間そのものを共有する、没入感の高いコミュニケーションの実現を目指しており、ビデオアバター（video avatar）技術などが注目されている。
4. 文字や絵を共有できるコミュニケーションシステムでは、単に描画結果が見えれば良い

のではなく、その生成過程が共有できることが重要である。

5. 知覚の恒常性は人間が遠近感をもつ手がかりとなっている。

(3.8) 拡張型トレイグジスタンスに関する次の説明のうち、最も適切なものはどれか。

【選択肢】

1. 異型のいろいろの形状のロボットにトレイグジスタンスをするためのマスターシステムとして、それぞれの形状に合わせたものを利用する場合、ソフトウェアの工夫が必要であるが汎用性に富む。
2. マイクロトレイグジスタンスの応用について、マイクロ世界をそのまま拡大することで作業を遂行しやすくなる。
3. 一对多の拡張トレイグジスタンスの利用法の一つに、管理制御された複数のロボットのうち一台だけを順番にトレイグジスタンスする手法がある。
4. 感覚を拡張するトレイグジスタンスの応用例として、X 線をとらえるセンサをロボットにとりつけ人間に提示することで、危険な状況を避けながら作業を行うことがあげられる。
5. 宇宙にロボットを配置した場合などに問題となる時間遅れは、1s 程度では直接の制御に対して問題にならない。

(3.9) 身体スケールの異なるロボットにトレイグジスタンスする際には、世界に対する違和感を感じることもある。視点の高さが $1/2$ のロボットを用いる場合に感じる違和感として最も適切でないものはどれか。

【選択肢】

1. 周辺の物体の堅さが変わったように感じる。
2. 世界の重力が 2G になったように感じる。
3. 自身の身長が $1/2$ になったように感じる。
4. 世界の寸法が 2 倍になったように感じる。
5. 転倒する速度が $\sqrt{2}$ 倍になったように感じる。

(3.10) 「存在感」について，以下の説明で最も適切でないものはどれか。

【選択肢】

1. 「今，そこに対象が存在している」という感覚として表現される。
2. リアリティの一部としての世界像形成にまつわる感覚である。
3. 「今見ていない対象」に対しては生じない。このためにテレビ会議の遠隔映像では中の人の存在感がしばしば失われる。
4. 感覚情報の遅れや誤りを補正する予測情報処理に関係しており，「予測と実測の差」としての違和感の検出によって損なわれる。
5. 異なる感覚間（マルチモーダル）の関係性によって強く認識される。

(3.11) 臨場感と存在感に関する説明で最も適切でないものはどれか。

【選択肢】

1. 臨場感はシステムの利用者に提供される感覚であるのに対して，存在感はシステムを利用している人の周りの人が，そのシステムを利用している人に対していただく感覚のことである。
2. 周りにいる人に何らかの影響を与える可能性が大きいものほど存在感が高い。
3. 存在感は実際の場に身をおいているような感覚であり，臨場感は人や物が確かな存在であると感じる感覚のことである。
4. インタラクションの可能性の程度や効果の高いものほど存在感がある。
5. 臨場感は，視覚，聴覚，触覚，嗅覚，味覚，前庭感覚など，すべてがそろうことが理想的である。

(3.12) 一般に波面記録再生方式によるレイグジスタンスの実現は困難である。その理由として最も適切でないものはどれか。

【選択肢】

1. オペレータの手と表示したロボットの手が干渉してしまい，自分がロボットの中にいるかのような状態が実現しがたいから。

2. 視覚において、そもそも波面の記録自体が技術的に困難であるから。
3. 実物大の環境再構成を実現しようとする、装置が非常に大きくなるから。
4. ホログラフィでは、実時間の情報の記録・再生が現在の技術ではできないから。
5. 人間の近くの物体の記録・再生を 3 次元かつ実物大で実時間インタラクティブに行うことが技術的に困難であるから。

問 4 以下はテレグジスタンス (telexistence) 技術について書かれた文章である。(a) ~ (e) に最も適するものを解答群から選べ。

遠隔ロボットに対するバイラテラル (bilateral) 制御によるテレオペレーション (tele-operation) としては、以下の方式があげられる。(a) は、マスター (master) からスレーブ (slave) に位置の指令を送ると同時に、スレーブで計測された位置の誤差がマスターに返され、これを減少させる方向にマスターを制御することで反力を返す。この方式では、外力にマスターとスレーブの両方の慣性や粘性が加わった力が提示される。(b) は、スレーブに力センサを取り付け、ここで検出された外力をマスターに返してフィードバック (feedback) を行う。この方式では、外力にマスター側の慣性や粘性が加わった力が提示される。また (c) は、マスターとスレーブの両方に力センサを取り付け、スレーブの力センサの値に従ってマスターの反力を制御する。この方式は、原理的には力の増幅率を無限大まで大きくすることで、マスターとスレーブ両方の慣性や粘性を除くことができる。

1950 年代までは主にマスター・スレーブ・マニピュレータ (manipulator) を中心に研究が行われていたが、これはマニピュレータの手の部分だけが遠方で仕事をするという限られた状況に限定されている。これに対し、1960 年代には、操作者の身体を甲羅や鎧状のロボットで覆い、人間の動作を計測しながら力を増強し、身体全体で制御作業を行う (d) 人力増幅機の研究が行われた。また 1970 年代になると、人間がコンピュータ (computer) を介して、ロボットの動作のプランニング (planning) や監視を行いながら、ロボットの自律機能がうまく働かないところでは人間が手助けを行う (e) 方式に関する研究が行われるようになった。

【a の選択肢】

1. 位置逆送型
2. 位置帰還型
3. 力逆送型

4. 力帰還型
5. 対称形

【b の選択肢】

1. 位置逆送型
2. 位置帰還型
3. 力逆送型
4. 力帰還型
5. 対称形

【c の選択肢】

1. 位置逆送型
2. 位置帰還型
3. 力逆送型
4. 力帰還型
5. 対称形

【d の選択肢】

1. アウタースケルトン (outerskeleton)
2. エグゾスケルトン (exoskeleton)
3. 管理制御
4. 自律制御
5. ハイブリット制御 (hybrid control)

【e の選択肢】

1. アウタースケルトン (outerskeleton)
2. エグゾスケルトン (exoskeleton)

3. 管理制御
4. 自律制御
5. ハイブリット制御 (hybrid control)

問 5 以下は，教育・訓練（シミュレータ (simulator) とその要素技術）に関する問題である。
(a) ～ (e) に最も適するものを解答群から選択せよ。

(5.1) 実験用シミュレータ（模擬実験装置）にとって最も重要な機能とは (a) である。

【a の選択肢】

1. 反力発生装置を備えること
2. 正確に模擬すること
3. 模擬音響装置を備えること
4. 高いインタラクティブ (interactive) 性を備えること
5. 正確性は低いリアルタイム (real-time) で計算を行うこと

(5.2) 訓練用シミュレータ（模擬訓練装置）に要求される性能として最も正しいものは (b) である。

【b の選択肢】

1. 正確性+リアルタイム性+娯楽性
2. リアルタイム性+インタラクティブ性+意外性
3. 正確性+インタラクティブ性+危険性
4. リアルタイム性+話題性+将来性
5. 正確性+リアルタイム性+インタラクティブ性

(5.3) 訓練用シミュレータを用いる利点として間違っているものは (c) である。

【c の選択肢】

1. 現実には存在しない架空の世界の訓練を行うことができる
2. 危険な状況での訓練を安全に行うことができる
3. 同様の訓練を繰り返し行うことができる
4. 実機を使うよりもコストを抑えることができる
5. 様々な状況、様々なシナリオの訓練を行うことができる

(5.4) 模擬視界装置は映像発生装置と（ d ）から構成されている。

【d の選択肢】

1. 演算処理装置
2. 反力発生装置
3. 映像表示装置
4. 動揺装置
5. 模擬音響装置

(5.5) 訓練用シミュレータを運用する上での注意点として最も正しいものは（ e ）である。

【e の選択肢】

1. シミュレータによる適正検査と実機による適正検査では結果が同じになる
2. VR 情報による精神的・肉体的疲労は発生しないので長時間の運用ができる
3. VR 情報による身体的・感覚的な影響（疲労や障害、誤認など）を考慮する
4. 訓練生だけで訓練が行えるので教官（指導員）を必要としない
5. 基本動作（Basic skills）の習得には適していない

問 6 （ a ）～（ d ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

(6.1) デザインにおいて、モックアップやクレイモデルといった現物を使わず 3 次元モデルをコンピュータ上で作成・検討することで検討が（ a ）で行えるようになった。設計において

は、試作段階をコンピュータ上で検討できるだけでなく、製品の（ b ）といったユーザインタフェースの評価検討も応用される。生産設備においては、バーチャル工場で生産活動を行い、作業者をモデル化したデジタルマネキンを使って（ c ）の検討を行うことができる。これにより、製品の製造性、生産ラインの生産性や工程バランス等を評価し、実際の工場での量産開始と同時にフル生産を行う「生産の垂直立ち上げ」を実現する。さらにデジタルマネキンにより作業者の腰や腕にかかる負担をあらかじめ検討することで、作業の（ d ）に関する国際的な指標を満たした生産ラインを設計することができる。

【選択肢】

1. （ a ）高品質・高付加価値（ b ）操作性・快適性（ c ）作業挙動（ d ）しやすさ
2. （ a ）遠隔地（ b ）安全性（ c ）作業工程（ d ）効率
3. （ a ）低コスト・短期間（ b ）操作性・快適性（ c ）作業工程（ d ）疲労強度
4. （ a ）低コスト・短期間（ b ）安全性（ c ）作業挙動（ d ）効率
5. （ a ）遠隔地（ b ）操作性・快適性（ c ）作業挙動（ d ）疲労強度

問 7 以下は、精神神経科学への応用に関する問題である。（ a ）～（ c ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

(7.1) 精神神経科学への応用における課題は、高度な「自己投射性」が求められるため、高い（ a ）や（ b ）を生むシステム性能が必要となる。これには、高精度の視覚情報再現・立体音響等の聴覚情報提示、遅延の少ない（ c ）技術が必要になる。さらに歩行動作や触知動作が必要な場合がある。

【選択肢】

1. （ a ）現実感（ b ）疎外感（ c ）トラッキング
2. （ a ）視認性（ b ）臨場感（ c ）振動提示
3. （ a ）現実感（ b ）臨場感（ c ）トラッキング
4. （ a ）視認性（ b ）没入感（ c ）振動提示
5. （ a ）没入感（ b ）疎外感（ c ）トラッキング

問 8 以下は、シミュレーションに関する問題である。（ a ）～（ d ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

シミュレーションの対象となる物理現象などの“何らかの現象”は（ a ）である場合が多いが、コンピュータで処理するためには、現象を（ b ）し、（ c ）として処理しなければならない。視覚情報だけでなく、それ以外の感覚を使用したデータ表現方法として、音によるデータ表現方法がある。これを（ d ）と呼ぶ。

【a の選択肢】

1. 連続データ
2. 離散データ
3. 等高線
4. ベクトル量
5. スカラー量

【b の選択肢】

1. モデル化
2. アルゴリズム化
3. 数値化
4. データ化
5. 可視化

【c の選択肢】

1. 連続データ
2. 離散データ
3. 等高線
4. ベクトル量
5. スカラー量

【d の選択肢】

1. LIC 法
2. 粒子追跡法
3. 立体音響表現手法
4. 可聴化
5. ボリュームレンダリング

問 9 福祉のための VR に関して，以下の文章内の空欄（ a ）～（ d ）に入る最も適切な語句を選択せよ．

人間の認知・行動機能の一部が失われても，他の感覚器官や運動器官によってそれを代償することが可能である．これを可塑性と呼ぶ．この可塑性に基づいて，クロスモーダル（cross-modal）な代償機能を活用したバリアフリー（barrier free）技術が福祉にも有効である．人間の可塑性は（ a ）と共に弱くなり，代償機能の利用が難しくなる．そこで，（ b ）には，これまでの経験をそのまま生かしたジェロンテクノロジー（gerontechnology）が有効であると考えられる．支援用 IRT（情報ロボット技術）では，人間の筋力を代行するような（ c ）に加えて，ユーザー（user）の認知能力をサポート（support）する（ d ）の技術が必要であり，そこではバーチャルリアリティと認知科学・脳科学の連携が有効である．

【a の選択肢】

1. 体重増加
2. 加齢
3. ストレス（mental stress）増加
4. 運動能力低下

【b の選択肢】

1. 男性
2. 女性

3. 青少年
4. 高齢者

【c の選択肢】

1. 認知能力増幅型
2. 化学増幅型
3. エネルギー（energy）増幅型
4. 時空間領域増幅型

【d の選択肢】

1. 認知能力増幅型
2. 化学増幅型
3. エネルギー（energy）増幅型
4. 時空間領域増幅型

問 10 以下は、ヒト・社会の測定と評価に関する問題である。

(10.1) 実験の計画に関する次の文章のうち、適切でないものを解答群から 1 つ選べ。

【選択肢】

1. 実験的方法では、統制された環境で、独立変数と従属変数の因果関係を探る。
2. 独立変数を複数設定する場合、お互いに独立であり直行していることが望まれる。
3. 独立変数以外の要因は、同一またはランダムにするなど、慎重に統制する必要がある。
4. 観察的方法は、実験者が独立変数を操作できない場合に用いられる。
5. 観察的方法は、実験的方法よりも統制が困難であり、外部妥当性の問題が多い。

(10.2) 心理物理学的測定に関する次の文章のうち、適切でないものを解答群から 1 つ選べ。

【選択肢】

1. ヒトが知覚できるかは，様々なノイズの影響により，物理量に対して確率的に決まる．
2. 恒常法では，床効果や感度不足を避けるため，独立変数の最適化が不可欠である．
3. 恒常法は，主観の影響が入りにくい良い方法であるが，試行数が莫大になる．
4. 極限法では，被験者が自ら刺激の物理量を操作し，ぎりぎり見える値を判断する．
5. 主観的等価点の計測は，閾上の知覚を計測し表現する方法として，一般的である．

(10.3) 統計的検定に関する次の文章のうち，適切でないものを解答群から 1 つ選べ．

【選択肢】

1. 統計的検定のロジックは，背理法である．
2. 帰無仮説に基づく統計量の確率分布に対して，観測データが生じ得ない確率を調べる．
3. 有意水準の臨界値を超えると，差があると判断する．
4. 観測する従属変数の性質や対応の有無などに応じ，適切な検定を選択する必要がある．
5. 統計的検定の性格上，検定により「差がない」とは結論しにくい．

(10.4) 調査的方法とその分析に関する次の文章のうち，適切でないものを解答群から 1 つ選べ．

【選択肢】

1. 質問紙調査では，内容と数を考慮して設定するが，回答時間は考慮する必要がない．
2. 調査ではサンプリングバイアスが大きな問題であり，無作為抽出が望ましい．
3. 調査的方法では，独立変数を操作できず，基本的に因果関係を特定できない．
4. 調査でよく用いられる測定法として，意味差判別法がある．
5. SD 法は，単独で使うことよりも，因子分析と組み合わせて使うことが一般的である．

(10.5) VR 心理学に関する次の文章のうち，適切でないものを解答群から 1 つ選べ．

【選択肢】

1. ヒトは，外界の情報を感覚入力として受け取り，脳で処理することで知覚世界を創る．

2. リアリティは、少なくとも物理的リアリティ要因と、心理的リアリティ要因により決定される。
3. 実世界を VR 装置を介して感覚入力としてユーザに提示する際は、情報は失われない。
4. 心理処理をうまく活用できれば、リアリティを効果的に増幅可能である。
5. 倫理的問題によって実施できない社会心理学の実験も、VR を用いて試みられている。

問 11 以下は、「ヒトを対象とする医学系研究に関する倫理指針」についての問題である。（ a ）～（ b ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

(11.1) 神経刺激インタフェースなどの研究において、生体に電気刺激を与える実験を行う場合、その行為が侵襲に該当するかどうかは（ a ）を通じて判断される。また、この指針は研究が（ b ）を目的とする場合にも適用されることがあるため、研究者は倫理的妥当性を慎重に検討する必要がある。

【a の選択肢】

1. 研究倫理審査機関
2. 医療機関
3. 研究倫理審査機構
4. 安全衛生委員会

【b の選択肢】

1. 営利
2. 治療
3. 教育
4. 広報

問 12 以下は、電気刺激の安全性に関する問題である。（ a ）～（ d ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

(12.1) (a) は心臓に直接電流を流すことによる感電であり, 100 μ A 程度で発生する. 一方で, VR 研究では直接心臓に電流を流れる状況は通常想定されないため, (b) に気をつけるべきである.

【a の選択肢】

1. ミクロショック
2. マクロショック
3. 低温やけど
4. 知覚閾値

【b の選択肢】

1. ミクロショック
2. マクロショック
3. 低温やけど
4. 知覚閾値

(12.2) 電気が抵抗を通電するとジュール熱が発生し, それが過度になると火傷の危険を伴う. この熱量は (c) で表される. (ただし, H はジュールで表される熱 [J], I は電流 [A], R は抵抗 [Ω], t は時間 [s] である.)

【c の選択肢】

1. $H = I^2Rt$
2. $H = I^2R/t$
3. $H = It/R$
4. $H = R^2It$

(12.3) 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission, IEC) によれば, 感電リスクを考えるうえで最も重要なのは (d) であり, 電流量が安全性を左右する.

【d の選択肢】

1. 身体に流れる電流量
2. 電極間の距離
3. 電極間の電位差
4. 身体に流れる電流の周波数

問 13 以下は、味覚電気刺激の VR / AR 技術としての応用を説明したものである。（ a ）
～（ c ）に最も適するものを解答群から選べ。

(13.1) 味覚電気刺激は、（ a ）塩味を操作できるため、福祉・美容分野における摂食制限の補助インタフェースとしての応用も検討されている。

【a の選択肢】

1. 化学物質を追加することなく
2. 味覚物質を加えることで
3. 味蕾の活動を抑えることで
4. 電極を加熱することで

(13.2) 口腔外設置型装置では、（ b ）に電極を設置して味覚提示を行う。この手法の報告では、下顎部に陽極を設置すると喉奥に味覚が生起されることが示されている。

【b の選択肢】

1. 顎部や首後ろ
2. 舌の上
3. 左右の頬
4. 耳下部

(13.3) 舌へ直接的に電極を当てる手法は味覚提示として効率がよいが、陽極も陰極も舌面に接

触しているため（ c ）を分けることが困難となる。

【c の選択肢】

1. 陽極刺激と陰極刺激
2. 化学刺激と温冷刺激
3. 味覚提示と視覚提示
4. 味覚提示と嗅覚提示

問 14 以下は、食器一体型の味覚電気刺激装置に関する記述である。（ ）に最も適するものを解答群から選択せよ。

(14.1) ストロー型装置では、コップやストローに電極を設置し、舌表面への電気刺激は（ ）を介して伝達される。

【選択肢】

1. 飲料
2. 空気
3. 唾液
4. 絶縁膜

(14.2) ストロー型装置の利点は舌表面への電極設置などの余分な動作を要せず、（ ）が刺激提示の準備となる点である。

【選択肢】

1. 吸引という食事的所作
2. 頬への電極設置
3. 食器の加熱操作
4. 飲料の冷却操作

(14.3) グラス型装置では、液体の量や角度によって電極と液体が触れなくなることがあり、（ ）する設計上の工夫が有効である。

【選択肢】

1. 電極をグラス上部まで配置
2. 電極をグラスよりも十分に小型化
3. 電極をグラスに対して絶縁化
4. 電極をグラスに対して平行配置

(14.4) 電気味覚フォークは、フォーク金属部を一方の電極とし、（ ）にもう一方の電極を備える構造となっている。

【選択肢】

1. 柄の部分
2. 舌表面
3. 顎部
4. 手首部

問 15 以下は、VR 視野表示にあたり考慮すべき事項を説明したものである。（ a ）～（ d ）に最も適するものを解答群から 1 つ選べ。

映像の生成から表示までの処理過程において遅延が生じると、感覚運動フィードバックとの時間的不整合を引き起こし VR 酔いの原因となる。そのためシステム全体として（ a ）を確保することが不可欠である。ディスプレイ面や光学系の非線形特性に起因する幾何学的歪みは、視覚的空間認知に影響を及ぼし、（ b ）として知覚される。人間の視覚系が知覚しうる輝度の物理的範囲、すなわち（ c ）は極めて広く、バーチャル空間の映像表示を現実世界の明暗印象と整合させるためには、表示系の（ d ）を高めることが求められる。

【a の選択肢】

1. 光学的歪み
2. 時間的整合性

3. 色再現性
4. ダイナミックレンジ
5. 輝度補正精度

【b の選択肢】

1. 光学的歪み
2. 時間的整合性
3. 色再現性
4. ダイナミックレンジ
5. 輝度補正精度

【c の選択肢】

1. 光学的歪み
2. 時間的整合性
3. 色再現性
4. ダイナミックレンジ
5. 輝度補正精度

【d の選択肢】

1. 光学的歪み
2. 時間的整合性
3. 色再現性
4. ダイナミックレンジ
5. 輝度補正精度

(15.1) (問 15 の空欄 a) を確保するための手法として、適切でないものを解答群から 1 つ 選べ.

【15.1 の選択肢】

1. ヘッドトラッキングデータを用いて、ディスプレイ上の映像をユーザの頭部運動に同期して更新する。
2. レンダリングパイプラインを最適化し、フレーム遅延（latency）を最小化する。
3. ディスプレイのリフレッシュレートを向上させることで、動作遅延やフリッカを抑制する。
4. ユーザの瞳孔間距離（IPD）を正確に測定し、左右眼の映像差を補正する。
5. 予測補間（motion prediction）を用い、ユーザの頭部運動を先読みして映像を生成する。

(15.2) (問 15 の空欄 b) を軽減するためのキャリブレーション手法として、適切でないものを解答群から 1 つ選べ。

【15.2 の選択肢】

1. 基準となる 3 次元物体上の点に、HMD 上で表示される 2 次元の十字線を使用者が重ねて記録し、得られた 3 次元 - 2 次元対応から投影行列を算出する。
2. 使用者の瞳の位置を事前に測定し、アイレリーフ距離や瞳孔間距離を考慮して投影行列を算出する。
3. HMD に内蔵された加速度センサを用い、使用者の頭部の加速度データから直接投影行列を算出する。
4. HMD 内ディスプレイ上に表示した点を使用者に注視させ、HMD 内蔵アイトラッキングカメラにより検出された瞳孔中心との対応から投影行列を算出する。

(15.3) 人の (問 15 の空欄 c) に表示系を適合させるための技術として、適切でないものを解答群から 1 つ選べ。

【15.3 の選択肢】

1. 実環境の照度分布を基に映像の輝度を圧縮変換し、ディスプレイ出力の範囲内で視覚的な明暗対比を保つ。
2. 局所的に発光強度を制御できる表示素子を用いて、部分的な輝度コントラストを向上さ

せる。

3. 表示装置の最大発光輝度を引き上げることで、全体的な輝度差を拡大させる。
4. 周囲環境の照度をセンサで取得し、シーン全体の輝度を動的に調整して明暗の知覚的整合を保つ。
5. 出力信号の各色成分を独立に補正して、色の再現性を最適化する。

(15.4) 表示系の（ 問 15 の空欄 d ）を高めるための技術として、適切でないものを解答群から 1 つ選べ。

【15.4 の選択肢】

1. ディスプレイのガンマ特性をキャリブレーションし、入力信号に対して出力輝度が線形に応答するよう補正する。
2. 標準的な色空間（sRGB, Rec.709 など）に合わせてディスプレイの出力色度をプロファイル化する。
3. 観察環境の照明色温度を測定し、ホワイトポイントを適応的に補正する。
4. 観察者の瞳孔間距離（IPD）を測定し、左右眼の視差を補正して色のずれを低減する。
5. 現実空間の反射スペクトル特性に基づいてバーチャル物体の分光反射率を推定し、光源スペクトルと組み合わせて表示色を決定する。

問 16 以下は、複合現実感（Mixed Reality: MR）に関する問題である。

(16.1) MR の映像提示技術に関する記述のうち、適切でないものを解答群から 1 つ選べ。

【選択肢】

1. Gaussian Splatting は、点群データの各点をガウス分布としてモデル化し、その重ね合わせにより放射輝度場を再構成する手法であり、Neural Radiance fields（NeRF）と比べて高速なリアルタイム描画に適している。
2. Neural Radiance Fields（NeRF）は、多数の視点画像からシーン内の放射輝度分布をニューラルネットワークで学習し、任意視点からの連続的なレンダリングを可能にする技術である。

3. SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) は、現実空間内でのカメラやセンサの自己位置推定と環境地図構築を同時に行う手法であり、MR システムにおけるバーチャル物体の空間的整合性維持に利用される。
4. ビデオシースルー型 HMD では、現実空間の映像をカメラで一度取得してからディスプレイ上に重畳表示するため、カメラ映像の遅延が空間的なずれを引き起こすことがある。
5. 放射輝度整合性 (Radiometric Consistency) とは、バーチャル物体と現実環境の照明・反射特性を一致させることで、両者を視覚的に一貫した空間として知覚させる手法であり、時間的整合性と同義である。