

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

【解答】 3

【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）

【解答】 2

【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)

【解答】 4

【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

【解答】 3

【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

【解答】 4

【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

【解答】 3

【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

【解答】 4

2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、位置姿勢推定に関する問題である。（ a ）～（ b ）に最も適するものを解答群から選べ。

3 次元位置が既知の点の画像内での位置が分かると位置姿勢は推定可能である。正確には、3 次元空間中で一直線上にない（ a ）点があれば解は求まる。しかし、複数解が存在するために、その他の条件（トラッキング履歴を用いた運動の連続性、スムーズ（smooth）さに基づく解の適合度など）が利用できなければ、（ b ）点以上が必要となる。

【a の選択肢】

1. 2
2. 3
3. 4
4. 5
5. 6

【解答】 2

【b の選択肢】

1. 2
2. 3
3. 4
4. 5
5. 6

【解答】 3

2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、ユビキタスコンピューティング（ubiquitous computer）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。

ユビキタス環境を構築するためには、身の回りのあらゆる場所やモノの状況をセンシング（sensing）し、伝達する近距離無線通信技術によるインフラ（infrastructure）の整備が必要となってくる。このような領域を扱う無線ネットワーク（network）を無線 PAN（Personal Area Network）と呼び、それに実空間をセンシングする機能を付与し、協調して情報を収集するシステムを（ ）とよぶ。

【選択肢】

1. トラッキングシステム
2. Bluetooth
3. ZigBee
4. UWB（Ultra Wild Band）
5. センサネットワーク

【解答】 5

第 23 回 VR 技術者認定試験（アプリケーションコース）試験問題/模範解答
2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、センシングに必要なセンサノード（sensor node）のバッテリー（battery）問題に関する問題である。（ a ）～（ b ）に最も適するものを解答群から選べ。

センサノードをデータ（data）通信時以外は休止させるために、近隣のノード間で動作タイミングを順番に管理する（ a ）や、早いもの勝ちで管理する（ b ）を扱った方式がある。

【a の選択肢】

1. TDMA（Time Division Multiple Access）
2. DV-Hop（Distance Vector-Hop）
3. FIFO（First In, First Out）
4. CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance）
5. IEEE 802.15 ワーキンググループ（working group）

【解答】 1

【b の選択肢】

1. TDMA（Time Division Multiple Access）
2. DV-Hop（Distance Vector-Hop）
3. FIFO（First In, First Out）
4. CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance）
5. IEEE 802.15 ワーキンググループ（working group）

【解答】 4

2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、可視光通信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べ。

可視光通信とは、可視光域の光（波長:（ a ））を用いて人間には知覚できない方式で情報伝達する通信方式のことであり、近年の（ b ）技術の進歩に従い実用化が近づきつつある。可視光通信は周囲の電子機器に影響を与えない、環境に影響を受けずどこでも利用できる、などの利点があり、生活空間における様々な応用が期待されている。一般に、可視光通信ではベースバンド(baseband)信号より高周波で変調させたサブキャリア(subcarrier)信号を用い、具体的には周波数変調や位相変調、（ c ）変調などが用いられる。

【a の選択肢】

1. 280nm～780nm
2. 380nm～780nm
3. 280nm～880nm
4. 380nm～880nm

【解答】 2

【b の選択肢】

1. 白熱電球 (incandescent light bulb)
2. 蛍光灯 (fluorescent lamp)
3. 発光ダイオード (LED)
4. レーザ (laser)

【解答】 3

【c の選択肢】

1. フーリエ (Fourier)
2. CSMA/CD
3. モデム (modem)
4. パルス (pulse)

【解答】 3

2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は拡張現実（Augmented Reality：AR）システムにおいて実世界に情報提示を行う手法に関する文章である。（ a ）～（ d ）に入る最も適するものを解答群から選べ。

（ a ）は最も一般的なヘッドマウンテッドディスプレイ（Head Mounted Display：HMD）であり，小型化のために自由曲面プリズム（free-form prism）などを用いる場合がある。

【a の選択肢】

1. 網膜投影ディスプレイ（display）
2. 頭部搭載型プロジェクタ（HMPD, head mounted projective display）
3. 接眼光学系による HMD
4. ホログラフィック光学素子（HOE, holographic optical element）による HMD
5. 自由曲面プリズム（free-form prism）

【解答】 3

（ b ）は水晶体の屈折力を用いないため視距離によらず鮮明な映像を観察できる利点がある。

【b の選択肢】

1. 網膜投影ディスプレイ（display）
2. 頭部搭載型プロジェクタ（HMPD, head mounted projective display）
3. 接眼光学系による HMD
4. ホログラフィック光学素子（HOE, holographic optical element）による HMD
5. 自由曲面プリズム（free-form prism）

【解答】 1

また、（ c ）は波長選択性の特徴により透過度が高く、広い両眼視野を確保できる利点がある。

【c の選択肢】

1. 頭部搭載型プロジェクタ
2. 接眼光学系による HMD
3. ホログラフィック光学素子による HMD
4. ハンドヘルドディスプレイ
5. 自由曲面プリズム（free-form prism）

【解答】 3

さらに、（ d ）は特殊なスクリーン（screen）を要する制約はあるが、接眼光学系に起因する映像歪みが存在しないという利点がある。

【d の選択肢】

1. 頭部搭載型プロジェクタ
2. 接眼光学系による HMD
3. ホログラフィック光学素子による HMD
4. ハンドヘルドディスプレイ
5. 自由曲面プリズム（free-form prism）

【解答】 1

2023 年 12 月 9 日（土）実施

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。

【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

【解答】 5

【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

【解答】 3

【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

【解答】 4

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。

【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）

【解答】 2

【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）

【解答】 3

以下は、テレグジスタンスと臨場感コミュニケーションに関する問題である。

テレオペレーション（teleoperation）に関する次の説明のうち最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. ANL で研究開発された最初のマニピュレータは、マスターとスレーブが電氣的に接続された電動式マニピュレータであった。
2. バイラテラル（bilateral）とは、マスターからスレーブに運動指令が伝わりるとともに、スレーブからマスターに力の感覚が戻ってくるという意味である。
3. 力逆送型（force reflecting type）ではスレーブ・マニピュレータに配した力センサが検出する外力を人間にフィードバック（feedback）するため、スレーブ側の慣性と粘性が感じられる。
4. 力帰還型（force feedback type）の方式では、マスター側にもスレーブ側にも力センサを取り付け、力に関してはマスターの力センサを参照してスレーブの力を制御する。
5. 操作する人間にも感じられる装置の慣性や粘性を極力へらした状態を実現するために有望な方式が、対称型（symmetry type）である。

【解答】 2

一般に波面記録再生方式によるテレグジスタンスの実現は困難である。その理由として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 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。
2. ホログラフィ（holography）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。
3. 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（interactive）に行うことが技術的に困難であるから。
4. 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。
5. 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。

【解答】 5

拡張型テレグジスタンスに関する次の説明で適切でないものを解答群から
選べ。

な

2024年12月2日訂正

【選択肢】

1. マイクロ（micro）テレ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。
2. 異型のいろいろの形状のロボットにテレ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（software）の工夫が必要であるが汎用性に富む。
3. 感覚を拡張するテレ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。
4. 一对多の拡張テレ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テレグジスタンスする手法がある。
5. 火星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。

【解答】 3

「自己所有感」について。以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. リアリティ（reality）の一部としての自己像形成にまつわる感覚である。
2. 自己と外界を隔てる空間の自他分離に関係し、「その手は私のものだ」のように表現される。
3. 学術的にはラバーハンドイリュージョン（rubber hand illusion）という錯覚現象において説明されている。
4. 視覚や触覚などのマルチモーダル（multimodal）な事象同時性によって強く認識され、特に皮膚触覚に強く支配される。
5. 自己主体感を伴わないものに対しては生じない。

【解答】 5

「自己主体感」について、以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. リアリティの一部としての自己像形成にまつわる感覚である。
2. 自己運動と他者運動を隔てる運動の自他分離に関係し、「その動きは私が動かしている」のように表現される。
3. 道具やマウスカーソル（mouse cursor）の様に身体とは明らかに異なるものの動きに対しても生じる。
4. 運動を伴わないものに対しては生じない。
5. 自己所有感を伴わないものに対しては生じない。

【解答】 5

「存在感」について、以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 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。
2. 「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。
3. 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。
4. 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。
5. 「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々の存在感がしばしば失われる。

【解答】 5

体性感覚ディスプレイは、バーチャルな物体に触ったときの表面の感触や硬さ、（ ）などを提示する。（ ）に最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 凹凸
2. 温度
3. 剛性
4. 湿度
5. 重さ

【解答】 5

さまざまな感覚要素から構成される臨場感の測定には、1) 主観評価（印象評定）、2) 心理物理評価、3) 脳活動計測、4) 生体信号計測、5) 行動計測の五つの手法が考えられる。

主観評価は通常、提示された言葉（形容詞対など）に対応する印象を被験者自ら評定する手法である。以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 印象評定は特殊な測定装置がなくても質問紙で手軽に行える。
2. 自分が感じている印象としての内観（意識化）は回答が容易で正確に答えられるため、短時間で計測可能で信頼性が高い。
3. 解釈の個人差が影響しないように質問で提示する言葉は予備実験などにおいて厳選する必要がある。
4. 回答の個人差を抑制するためにデータの統計的分析を行い、できる限り信頼性の高い結果を導く必要がある。
5. 心理物理評価と異なり物理刺激への応答に限定されないため、物理的対応が取りづらい高次の認知的感覚に対する感性評価としても利用できる。

【解答】 2

心理物理評価は物理刺激に対する人の応答特性を定量的に測定する手法である。以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 心理物理実験を行うことで異なる提示条件で同じ感覚が生じる物理刺激の量を「主観的等価点」として求めることができる。
2. 心理物理実験を行うことで異なる感覚が生じ始める物理刺激の変化量を「丁度可知差異」として求めることができる。この変化量のことを「弁別閾」ともいう。
3. 脳活動計測とは異なり、心理物理評価では意識下のプロセスを探ることはできない。
4. 弁別閾は物理刺激の量に比例する。
5. ネッカーの立方体のような多義図形は代表的な心理物理実験刺激である。

【解答】 3

臨場感のより直接的な測定手法として脳活動計測を利用することが考えられている。以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 非侵襲の脳活動計測として、fMRI（機能的磁気共鳴撮像法）・NIRS（近赤外分光法）があり、これらは脳の血流変化（代謝）を捉えるものである。血流計測であるため、姿勢の変化にととも強い影響を受ける
2. 非侵襲の脳活動計測として、脳の神経活動の電磁変化を捉える EEG（脳電場計測法）・MEG（脳磁場計測法）がある。電磁ノイズに弱く、同じ信号を繰り返し計測できないと情報の再現は難しい。
3. 脳活動計測にあたって X 線撮影の場合と同様に遮蔽室を用いるのは計測に強い電磁波を用いるためである。
4. 侵襲型の脳活動計測では非侵襲型に比べて遥かに鮮明な信号が得られるものの、未だその成果は医学的な研究と治療に限定されている。
5. 脳の直接刺激でバーチャルリアリティを実現する目処はたっていない。現在、経皮電気刺激で実用的なものは末梢神経に対する感覚刺激と筋刺激が主である。

【解答】 3

2023 年 12 月 9 日（土）実施

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として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こと（social telepresence）に対する効果が期待される。以下の説明で適切でないものを解答群から選べ。

【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。これがロボットアバターの存在価値の一つである。
2. 逆にロボット操作者から見た対話者の存在感も、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、ト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ィ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。

【解答】 5

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適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

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

【解答】 5

第 23 回 VR 技術者認定試験（アプリケーションコース）試験問題/模範解答
2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、可視化技術に関する問題である。（ a ）～（ f ）に最も適するものを解答群から選べ。

1 次元のコンピュータシミュレーション（computer simulation）では、出力データが（ a ）のみであり、可視化の方法はグラフ（graph）表現などで十分である。2 次元のコンピュータシミュレーションでは、（ b ）を扱うことが可能となり、（ a ）も平面内での分布を表現することが可能となる。

【a の選択肢】

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

【解答】 5

【b の選択肢】

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

【解答】 4

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（ c ）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（ d ）し、（ e ）として処理しなければならない。

【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

【解答】 1

【d の選択肢】

1. モデル（model）化
2. アルゴリズム（algorithm）化
3. 数値化
4. データ化
5. 可視化

【解答】 1

【e 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

【解答】 2

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（ f ）と呼ぶ。

【f の選択肢】

1. LIC（Line Integral Convolution）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（volume rendering）

【解答】 4

以下は、VR コンテンツ（contents）を構成する要素に関する問題である。VR コンテンツにより提供される世界はそれぞれのアプリケーション（application）に依存し、時間的、空間的に現実世界との同一性を確保するかどうかによって、いくつかのパターン（pattern）に分類される。a ～ d に示すそれぞれのアプリケーションの時間的・空間的同一性に関して、最も適するものを解答群から選べ。なお、選択肢は複数回利用しても良い。

- a. 風センサと送風機を用い、遠隔地の映像に向けて息を吹きかけると遠隔地に風を発生させることで、遠隔地に息を届けたかのように思わせるもの

【選択肢】

6. 時間的・空間的ともに同一性あり
7. 時間的にのみ同一性あり
8. 空間的にのみ同一性あり
9. 時間的・空間的ともに同一性なし

【解答】 2

- b. 一人のプレイヤーが架空の物語の世界に入り込み、架空のキャラクターとのインタラクションを通じて物語の世界観を体験するもの

【選択肢】

1. 時間的・空間的ともに同一性あり
2. 時間的にのみ同一性あり
3. 空間的にのみ同一性あり
4. 時間的・空間的ともに同一性なし

【解答】 4

- c. 自分の腰に付けた二眼カメラの映像を HMD を通して観察することで、自分が背の低い子供になったかのような生活体験を提供するもの

【選択肢】

1. 時間的・空間的ともに同一性あり
2. 時間的にのみ同一性あり
3. 空間的にのみ同一性あり
4. 時間的・空間的ともに同一性なし

【解答】 1

- d. サーキットの走行路に沿って多数のスピーカーを設置し、自動車レースの走行記録から再現したエンジン音を走行位置に応じたスピーカーから再生することで、観客に過去のレースを体験させるもの

【選択肢】

1. 時間的・空間的ともに同一性あり
2. 時間的にのみ同一性あり
3. 空間的にのみ同一性あり

4. 時間的・空間的ともに同一性なし

【解答】 3

VR は Creation, Control, Communication の 3C と Elucidation, Education, Entertainment の 3E のための道具であると言われる。Creation の例としては (a), Control としては (b), Communication としては (c) などが挙げられる。また, Elucidation, Education, Entertainment の例としてはそれぞれ (d), (e), (f) などがある。

(a), (b), (c) に入る言葉の組み合わせとして最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. a: デジタルアーカイブ b: 訓練用シミュレータ c: VTuber
2. a: デザイン b: テレイグジスタンス c: 訓練用シミュレータ
3. a: メディアアート b: ロボットの軌道計画 c: メタバース
4. a: プレビズ b: メタバース c: アトラクション
5. a: メタバース b: ロボットの軌道計画 c: デジタルアーカイブ

【解答】 3

(d), (e), (f) に入る言葉の組み合わせとして最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. d: メディアアート e: ロボットの軌道計画 f: メタバース
2. d: より高度な VR の実現 e: 訓練用シミュレータ f: アトラクション
3. d: テレイグジスタンス e: アトラクション f: ゲーム
4. d: デジタルアーカイブ e: 環境制御 f: 3e フードプリンタ
5. d: 訓練用シミュレータ e: デジタルアーカイブ f: VTuber

【解答】 2

メタバースの説明として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. オンラインの 3 次元世界プラットフォーム上でユーザが予め決められたキャラクターを使用してユーザ間コミュニケーションを行う。
2. 3 次元シミュレーション空間において、ユーザが自己投射したアバタを介して体験共有型のコミュニケーションを行う。
3. メタバースのコミュニケーションを一つのメディアと捉えた場合、コンテンツの供給者も消費者もアバタとしてメタ空間に存在し、平等なメディアである。
4. メタバースのコミュニケーションを一つのメディアと捉えた場合、コンテンツ同士が同じ空間を共有できるため、チャンネルという概念ではなく距離という概念で、コンテンツへの参加レベルを受信者が選択していくメディアである。
5. メタバース世界においては、コンテンツは複数アバタによって空間共有され、アバタを介して参加するため、実社会の劇場型コンテンツよりも参加しやすい

【解答】 1

実験用シミュレータと訓練用シミュレータの違いを表現している記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 実験用シミュレータはコストより模擬の正確性が重要であり、訓練用シミュレータは実現コスト、が課題である。
2. 実験用シミュレータと訓練用シミュレータの開発・設計段階で共通するのは「レンダリング手法の選択・数式化」である。
3. 訓練用シミュレータの開発・設計段階では「カリキュラム策定」だけでなく「評価項目の設定」も必要である。
4. 訓練用シミュレータは、自然工学・物性工学・人間工学・数値解析・メカトロニクス・計算機工学、さらには教育工学等の要素を含むシステムである。
5. 訓練用シミュレータは実験用シミュレータと異なり、身体的・感覚的な影響（疲労や障害）等注意了設計・開発・運用が必要である。

【解答】 2

2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、医療への VR の応用に関して基本的な考えの記述である。（ a ）～（ c ）に入る最適な言葉の組み合わせを選べ。

精神神経科学への応用においての課題は、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

【解答】 3

感覚・運動の補綴と拡張に関する以下の文章の（ a ）～（ e ）に最も適するものを解答群から選べ。ただし、同じ語句は 2 回使えない。

（ a ）では、感覚モダリティ間の情報変換と変換後のモダリティによる（ b ）が研究開発で重要である。例えば、文字や画像を触覚刺激パターンとして提示するオプタコン（optacon）などがある。最近では、電気信号に情報変換し、感覚神経に直接入力する方法も研究されている。聴神経を刺激する（ c ）、網膜細胞を刺激する人工網膜、視覚皮質を刺激する人工視覚などが研究され、一部は実用化されている。運動機能の低下への対処やそのリハビリ（rehabilitation）のためには、力覚ディスプレイを用いた運動の補綴が行われる。弱った筋力を補助するパワーアシスト（power assist）や切断した手腕を筋電信号で動かす電子義手、麻痺した四肢の筋やそれに繋がる神経を刺激して四肢を制御可能とする（ d ）などが研究されている。また、脳から直接電気信号を取り出し、ユーザの運動意図を推定して外部の機械や車椅子などを動かす（ e ）が近年注目されている。

【a の選択肢】

1. 感覚代行
2. 感覚ディスプレイ
3. 電気前庭刺激（GVS）
4. 体感メディア（media）

第 23 回 VR 技術者認定試験（アプリケーションコース）試験問題/模範解答
2023 年 12 月 9 日（土）実施

5. 脳機械インタフェース（BMI/BCI）

【解答】 1

【b の選択肢】

1. 感覚代行
2. 感覚ディスプレイ
3. 電気前庭刺激（GVS）
4. 体感メディア（media）
5. 脳機械インタフェース（BMI/BCI）

【解答】 2

【c の選択肢】

1. 人工内耳
2. オプトジェネティクス（optogenetics）
3. 人工神経
4. 脳機械インタフェース（BMI/BCI）
5. 人工耳石

【解答】 1

【d の選択肢】

1. 脳機械インタフェース（BMI/BCI）
2. 人工神経
3. 没入感
4. 機能的電気刺激（FES）
5. モーションキャプチャ（motion capture）

【解答】 4

【e の選択肢】

1. 脳機械インタフェース（BMI/BCI）
2. 人工神経
3. 没入感
4. 機能的電気刺激（FES）
5. モーションキャプチャ（motion capture）

【解答】 1

実験の計画に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. VR が学問として発展し続けるためには、VR のアプリケーションがヒトや社会に及ぼす効果を科学的に明らかにし、適切な評価をする必要がある。そのためには、実験や観察が行われる。
2. 観察的方法は、対象とする事象の因果関係に関して、実験者が独立変数を操作できない場合に有効である。結果は従属変数と捉えることができるので、原因となる独立変数が推定できる。
3. 実験的方法では、複数の独立変数はお互いに相関した関係にあることが望ましく、またそれ以外の要因はできる限り統制されるべきである。統制は重要な特性を慎重に選んで行わねばならない。
4. 観察は、より自然に近い状態で対象を調べることができ、大規模な問題に対しても科学的な立場で定量的な評価を行うことが可能である点で有効な方法である。

【解答】 3

心理物理学に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 恒常法は主観の影響が入りにくい客観的な良い方法であるが、一つの閾値を求めるのに数百試行以上が必要であり、一般的な研究では他の条件の閾値と比較しなければならないので、試行数はさらに莫大になる。
2. 被験者にさまざまな強度の刺激をランダム（random）な順序で提示し、感覚の有無を回答させる手法は、心理物理学的測定法の 1 つであり、極限法と呼ばれる。
3. 提示刺激の絶対閾測定では、感覚の有無を直接判断させる方法のほかに、刺激の存在する場所（2 か所のどちらか）を回答させる方法があるが、その場合はチャンスレベル（chance level）が 50%となるので、正答率が 75%となる物理量を閾値とすることが多い。
4. 提示刺激の水準の選択は重要であり、天井効果や床効果が生じないように適切な刺激の範囲と水準を選択するべきである。

【解答】 2

測定法に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 弁別閾については、ウェーバーの法則（Weber's law）が知られており、弁別閾は基準となる刺激の物理量に比例する。
2. スティーブンスのマグニチュード推定法（Steven's Magnitude Estimation）は、刺激に対する知覚量に相当する数字を推定させる方法であり、基準となる標準刺激に対する数値を与えておこなわれる。
3. 調整法では、被験者が自分で刺激の物理量を操作しながら知覚の変化を判断することで絶対閾や弁別閾の値を求める。恒常法や極限法に比べて少ない試行数で計測でき、被験者の主観の影響も受けにくい。
4. 心理量が物理量のべき乗になることを示したべき法則が提案されており、感覚モダリティ（modality）や刺激の種類に応じたべき指数が与えられると、簡便に特定の物理量に対する心理量を推定することができる。

【解答】 3

統計的検定に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 統計的検定では p 値（ p -value）の大きさによって条件間の差の有無を判断するが、 p 値の大きさが検定対象となる差の大きさと直接対応しているわけではない。
2. 統計的検定における有意差の有無の判断には、まず条件間に「差がない」とする帰無仮説を設けて、その帰無仮説が棄却された場合に「差がある」という結論を導く。なお、帰無仮説が棄却されない場合でも、その結果から「差がない」と積極的に言えるわけではない。
3. 帰無仮説を棄却する有意水準には一般に 5%や 1%などの値が設定されるが、これは差がない可能性が 5%や 1%しかないということを意味している。観測データから得られた p 値がこれらの有意水準の臨界値を越えない（確率が高い）ときに、帰無仮説を棄却して「差がある」と判断する。
4. 2 群の平均値の差の検定では、平均値の差を標準誤差の推定量で割った値、すなわち検定統計量を横軸としたとき、その確率分布が t 分布（ t -distribution）となることから、 t 統計量の値に基づいて検定を行う。

【解答】 3

第 23 回 VR 技術者認定試験（アプリケーションコース）試験問題/模範解答

2023 年 12 月 9 日（土）実施

以下は、VR 産業論に関する問題である。以下の文章の（ a ）～（ d ）に最も適するものを解答群から選べ。

その定義は人によってさまざまであるが、印刷産業やマルチメディア機器産業までを含めれば、（ a ）産業はすでに巨大な産業分野を形成するに至っている。この産業の隆盛は、国民の意識変化と関係があるのではないかと考えられる。内閣府による豊かさに関する国民の意識調査の結果によれば、昭和 47 年当時においては、（ b ）の豊かさが重要と考える人と（ c ）の豊かさが重要と考える人の割合はそれぞれ拮抗していたのに対し、平成 11 年においては前者 30%に対し、後者は（ d ）に達している。

【a の選択肢】

1. 運輸
2. コンテンツ
3. 放送
4. 観光
5. 武器

【解答】 2

【b の選択肢】

1. モノ
2. 金額
3. ココロ
4. 学力
5. 国際化

【解答】 1

【c の選択肢】

1. モノ
2. 金額
3. ココロ
4. 学力
5. 国際化

【解答】 3

【d の選択肢】

1. 20%
2. 40%
3. 50%
4. 60%
5. 70%

【解答】 4

以下は、新しいメディア（media）技術と社会のかかわりについての問題である。

メディアに関する記述として最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 絵画は洞窟の壁画にまでさかのぼることができ、写真の技術が開発された際にも壁画のような図形的な描写が得られることが求められた。
2. VR はテレビ（television）を經由して発展してきたメディアの新しい形態であり、視覚だけでなく体感的な表示が含まれる表現の手段である。
3. 映画はテレビに遅れて写真の再現性を取り入れたものであり、リアルタイムの事象の表現には向いていないが、入念につくられた作品を提示するのに適している。
4. マルチメディア（multimedia）は、多数の感覚に対する情報を提示するメディアであり、VR と同じ意味で使われている。
5. VR の起源をさかのぼると絵画に至ることになり、そこには VR の考え方のほぼすべてを見ることができる。

【解答】 2

超臨場感メディアに関する記述として最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. スーパーハイビジョン（super high-vision）はテレビが発展したものでありテレビよりも多くの情報が含まれているが、身体性については超臨場感メディアとして見た場合は不足している。
2. 立体テレビは従来のテレビとは全く異なるものであり、身体性も持ち合わせているメディアとして超臨場感メディアに近い位置にある。
3. ウェアラブルはモバイル（mobile）技術を発展させたものとしての特性を持っており、環境の中に置かれたコンピュータと連携して人間の身体の運動機能を拡張することに主眼が置かれている超臨場感技術の一種である。
4. 「超」には2つの意味があり、Super と Mesa であって、前者は高臨場感の延長、後者は不連続進化した別のものを指している。
5. MR は、VR とは全く異なる技術であり現実空間を変形して混ぜ合わせることによって作られる新しいリアリティで主に芸術的な超臨場感表現に向いている。

【解答】 1

文化財のモデル化に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 文化財のモデル化では、正確性が重要視されるため、ノイズ（noise）や誤差が大きい計測を用いる代わりに、CAD ソフトウェアなどを用いて手作業でモデリングを行う必要がある。
2. 3 次元スキャナ（scanner）は対象の表面形状を測定することができるが、対象の大きさや材質、計測環境に応じてさまざまな装置や手法が開発されている。
3. 人物の動きなどを正確に記録する必要がある場合は、モーションキャプチャシステム（motion capture system）が用いられる。
4. 対象となる文化財がすでに無い場合でも、考古学的検証に基づきモデル化を行う事は可能である。
5. 文化財のモデル化では、3 次元スキャナとデジタルスチルカメラ（digital still camera）を併用しても良い。

【解答】 1

ミュージアムと VR に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. ミュージアム展示を目的とした VR コンテンツでは、その正確性が重要であるため、その分野における適切な専門家を監修者に入れるべきである。
2. VR の自律性、対話性、没入感といった特性を最大限活かすため、ミュージアム展示でも CAVE（没入型多面ディスプレイ装置）や HMD など、個人で没入して体験できる装置を積極的に活用するべきである。
3. 公共性の高いミュージアムでは、VR を使った展示であっても来館者に対してなるべく均等に体験の機会を提供できるように配慮することも大切である。
4. MR（Mixed Reality）技術を使うと、展示されている実物の文化財を中心に、その場で文化財の背景情報を体験することができると期待される。
5. ミュージアム展示用の VR システムでは、メンテナンス（maintenance）や運用がしやすいことも重要な要素である。

【解答】 2

バーチャルリアリティの応用に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【a の選択肢】

1. パブリックアート（public art）は、公共空間などにおかれた彫刻や抽象オブジェのような芸術作品であり、多くはその地域の直接的な収入源として役立っている。
2. デジタルパブリックアートは、パブリックアートにメディア技術を取り入れたものであり、ホワイトキューブでの展示と違い展示物には頑健性が求められる。
3. 羽田空港で行われたデジタルパブリックアートは、「空気の港 - テクノロジー ✕ 空気で感じる新しい世界」と題するもので、空港内の天井や床、椅子、エスカレーター（escalater）、バゲッジクレーム（baggage claim）、駅のホーム（home）、通路の時計など、さまざまな場所にアート作品が配置された。
4. 「空気の港」では、飛行機や鳥をモチーフ（motif）とした映像や投影がもちいられており、空港の文脈や空港のイメージ（image）との一致が図られた作品が展示されていた。

2023 年 12 月 9 日（土）実施

5. 心の豊かさに対する要求は、かつてのように物の豊かさと同列に考えられるものではなくっており、より重要ととらえられている。

【解答】 1

博物館へのデジタル技術の応用に関する記述として最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. デジタル技術はデータが劣化しないため、劣化するモノを中心とした従来の博物館を置き換えることができる。
2. 博物館では実物の保存と研究に業務の中心が置かれており、本物の維持のためには閲覧者の要望は全く考慮する必要がないため、デジタルの複製を展示しておけば十分である。
3. 博物館の展示物はそのものだけで訴求力があるため、展示物の周りには一切なにも置く必要はないし説明も不要であり、デジタル技術の応用も避けるべきである。
4. デジタル技術は従来の展示の方針を変えなくとも、時間的な変化や内部構造を見せるなどの多様な展示を可能としている。
5. デジタル技術は柔軟な機能を持つが、過去の映像を実際の展示物の上に重ね合わせてその動きを見せることは現在の技術でも非常に困難である。

【解答】 4

社会的事象へのデジタル技術の応用に関する記述として最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 災害時は緊迫した状況の中にあるためソーシャルメディア (Social media) などで遊んでいる人はほとんどいない。
2. 災害時にはインターネット (internet) 回線も寸断されるため、ほとんど役に立たないことが多く、災害に強いネットワークを国が主導で構築する必要がある。
3. インターネットによるパケット (packet) 通信は、有料の回線契約によって使えるものであって、災害時には課金の仕組みも破壊されている可能性があり有効に使えるとは限らない。
4. 災害時に発信された SNS (Social networking service) のメッセージは更

2023 年 12 月 9 日（土）実施

新が非常に速い情報であり現場の状況を知るのに極めて有効である。

5. 災害時に記録された写真などの情報は長く共有することができるため、大きな災害が起こった地域では誰もが知っているので次の災害に万全の備えができていくことが多い。

【解答】 4

超高齢化時代におけるデジタル技術の利用に関する記述として最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 我国における高齢化問題に対処するためにデジタル技術を利用する方針として、元気な高齢者の知識や技能を ICT（Information and Communications Technology）によって再構成して社会に供給する可能性が検討されている。
2. 高齢化は世界的な現象であり、どこの国でも大きな問題となっているため他国で開発された高齢者のための多くのデジタル技術を日本でも利用することができる。
3. 高齢者は十分な労働力を提供することが困難であるため、社会的な活動を行うよりできるだけ支出を多くするように心がけることによって社会の経済の循環に貢献する以外にできることは将来も少ない。
4. 高齢者は多くの知識を持ち合わせていることが多い上に能力も非常に均質であるため、それを集合することで複数人で若い労働者と等価な力を発揮するように ICT で支援することは比較的容易である。
5. 高齢者の知識を伝える方法の 1 つとしてライフログ（Lifelog）が有効であり、個人が見聞したことすべてを記録しておいて若者が利用することはすでに十分に行われている。

【解答】 1

デジタル技術による知識の伝達に関する記述として最も適するものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 知識の伝達を行うには、有効な知識を書き残してもらうのが最も有効であり、デジタル技術はそれをいくらかでも利用しやすいように共有する手段を提供できる。
2. 有能な高齢者が活動してきた実績をビデオなどで記録することは容易

であり、できるだけ多くの映像を残す努力がされてきたので、若年層はそれを視聴することによって容易に知識を得ることができる。

3. 形式知としてまとめることが困難な知識を伝達するのは容易ではないが、ウェアラブルコンピュータによって体験が行われた状況を記録してそれに適切なインデックス (Index) を付けられれば有効な手段となる可能性が高い。
4. コンピュータは記録を残すのが容易であり、各人の活動の記録は電子メールや SNS からほとんどわかるため、それらをデータベースとして共有すれば社会の生産性を高めるのに非常に有効である。
5. 個々の組織における活動に有効な知識は、多くがインターネットに公開されているため、インターネットから暗黙知を引き出す AI (Artificial Intelligence) 技術の適用によって比較的簡単に得ることができる。

【解答】 3

デジタル技術による高齢者の知識の伝達に関する記述として適切でないものを解答群から選べ。

【選択肢】

1. 高齢者が持っている知識としては、さまざまな経験に関するものがあり、そのほとんどは現在の若年層に有効に利用されている。
2. 高齢者の知識を活用するには、それらの知識を高齢者から取得し、利用しやすいように構造化した上で、実際に活用するために提供することなどが必要だが、それぞれの手続きを ICT で支援することが有効と考えられる。
3. 高齢者の知識と技能を伝達するための仕組みとして高齢者クラウド (cloud) が研究されており、複数の高齢者が集まって一名のバーチャルな労働者となるような考え方の実現を目指している。
4. 高齢者の知識を伝える方法としてオーラルヒストリー (oral history) があるが、デジタル技術によってそのフレームワークを自動化することができると考えられている。

【解答】 1