

アプリケーションコース試験

実施日	◆ 2019年12月15日(日)
遅刻限度時刻	◆ 10:45 厳守
試験時間	◆ 10:30~12:00 (90分)
会場	◆ 東京大学 本郷キャンパス ◆ 大阪大学 吹田キャンパス

★ 注 意 事 項 ★

《 開始前の注意事項 》

1. 遅刻限度時刻 10:45 を厳守してください。遅刻限度時刻以降の入室はできません。
2. 身分証明書を机の左上によく見えるように提示してください。
3. 時計・筆記用具以外の、ペンケースや携帯電話などは机上に置かないでください。
4. 呼び出し音や振動音のする携帯電話などの電源は切ってください。
5. 本試験の出題形式は選択式です。鉛筆を用いて、各小問に対応するカタカナの記号を1つだけ塗りつぶして下さい。複数の記号を塗りつぶすと無効解答になります。
6. 書き損じは消しゴムで完全に消してください。
7. 試験時間中は、乱丁・落丁、印刷不鮮明に関する質問以外はお受けできません。
8. 不正行為があったときは、すべての解答が無効になります。
9. その他、試験監督者の指示に従ってください。

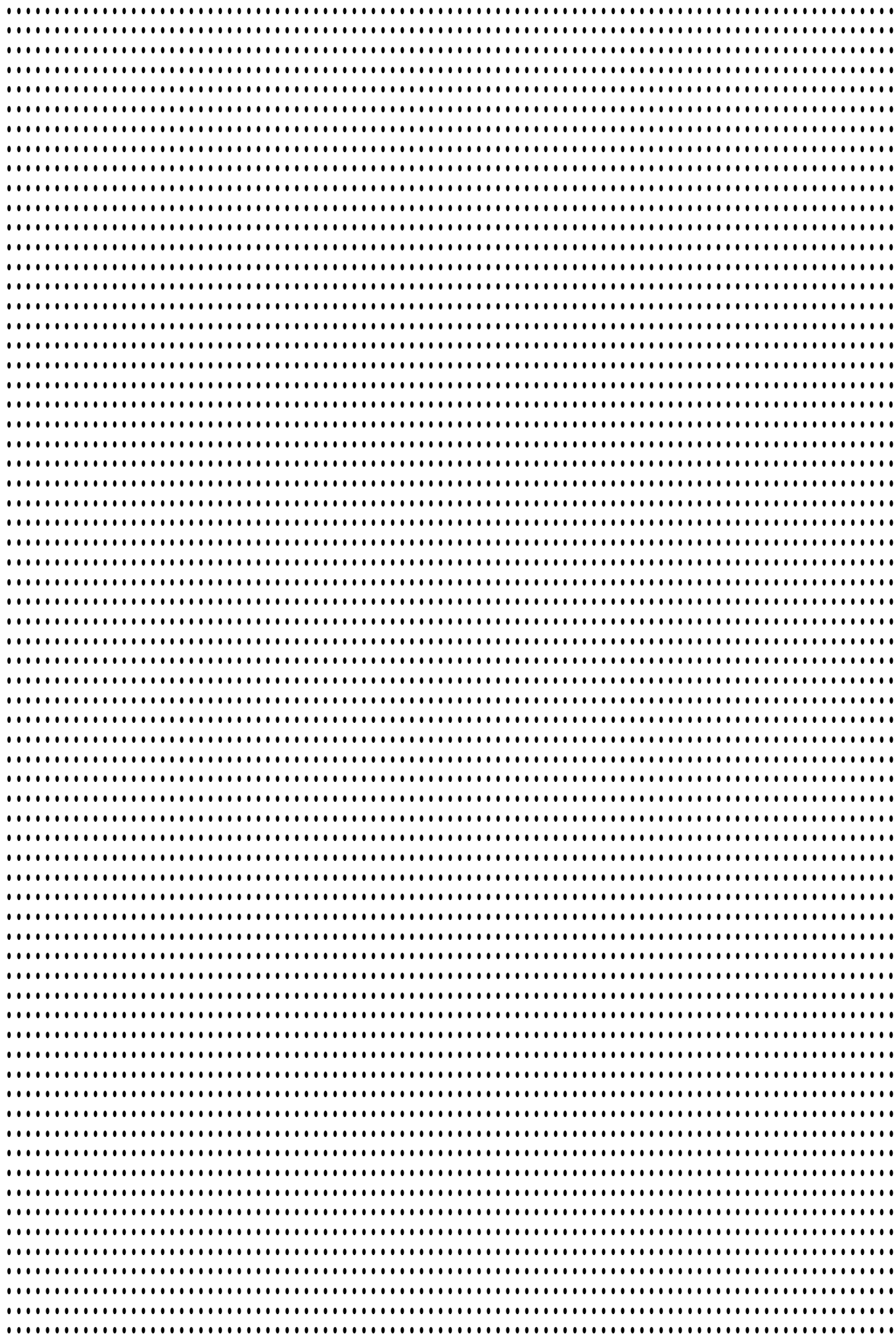
《 退席時の注意事項 》

- 試験開始後15分経過した時点で中途退出できます。中途退出する場合には、試験監督者に解答用紙を必ず手渡ししてください。問題用紙はお持ち帰り下さい。
- 試験終了時間5分前からは退出できません。
- 試験終了後、試験監督者が解答用紙を回収しますので、着席したままお持ち下さい。解答用紙回収後、問題用紙はお持ち帰り下さい。

- この試験の合格者の受験番号と模範解答を1月下旬に、当学会ホームページ(<http://www.vrsj.org>)上で発表します。
- 1月下旬に受験者全員に可否通知(メール)を、合格者に認定証(郵送)を発送します。

特定非営利活動法人 日本バーチャルリアリティ学会

〒162-0801 東京都新宿区山吹町 358-5 アカデミーセンター TEL 03-6824-9376 E-MAIL office@vrsj.org



第1問

以下は、実世界モデリング（real-world modeling）およびモデル化処理（modeling process）技術に関する問題である。以下の問いに答えよ。

- (a) カラーカメラ（color camera）、レンジセンサ（range sensor）によって得られるデータ（data）に関する記述として最も間違っているものは（ 1 ）である。

【1の解答群】

- ア. カラーカメラによって得られる画像の各画素の色は、撮影時の光源環境に影響される。
- イ. レンジセンサによって、センサ（sensor）から物体までの奥行き情報を画素ごとに格納した距離画像（2.5次元画像）が得られる。
- ウ. 物体表面の真の色をモデル化（modeling）するためには物体表面の反射特性を求める必要がある。
- エ. カラー（color）画像の各画素には赤、青、緑、透明度の値が含まれている。
- オ. カラーカメラもレンジセンサも可視領域しか撮影できないため、物体全体の形状を得るためには、異なる位置、方向から計測する必要がある。

- (b) 以下の文はレンジセンサの特徴を説明したものである。この中で最も間違っているものは（ 2 ）である。

【2の解答群】

- ア. 光切断法を用いたレーザレンジセンサ（laser range sensor）は、計測対象までの距離が遠くても光速を利用した方式と同等の高い精度が得られる。
- イ. 三角測量の原理を用いる手法は、受動型、能動型に関わらず距離が遠くなると精度が低くなる。
- ウ. 受動型ステレオ（passive stereo）法の精度及び解像度は光源環境や物体表面のテクスチャ（texture）に大きく左右される。
- エ. 位相差方式のレーザレンジセンサは、変調波長内と波長外の距離を判別できないという曖昧性があるため、建物内など制限距離内の計測に適している。
- オ. 飛行時間法（time of flight）を用いて一点までの距離を計測するレーザレンジセンサは、ミラー（mirror）やモーター（motor）によるスキャン機構（scanning mechanism）によって広範囲に距離を計測する。

(c) 各文はレンジセンサの方式を説明したものである。それぞれどの方式に対応するか、最も適するものを解答群の中から選びなさい。

i. 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 (3) である。

ii. 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 (4) である。

iii. 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 (5) である。

【3, 4, 5 の解答群】

ア. 飛行時間法

イ. 位相差方式

ウ. 受動型ステレオ法

エ. 光切断法

オ. 構造化光法

第2問

以下は、複合現実感・ウェアラブルコンピューティ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び、記号で答えなさい。

- (a) 頭部装着型ディスプレイなどを用いた拡張現実 (AR : Augmented Reality) システムの構成方法として、ビデオ映像をキャプチャすることでコンピュータ上において (6) と Computer Graphics (CG) の合成を行うビデオ透過式 AR と、実環境において (7) などの透過型光学系によって実環境からの光線情報と画像提示装置から出力された CG の合成を行う光学透過式 AR がある。

【6の解答群】

- | | | |
|------------|---------------|----------|
| ア. アーカイブ映像 | イ. トラッキングデバイス | ウ. カメラ映像 |
| エ. ハーフミラー | オ. 表示素子 | |

【7の解答群】

- | | | |
|-----------|-----------|---------|
| ア. 減光フィルタ | イ. ハーフミラー | ウ. 回折格子 |
| エ. 光ファイバー | オ. 偏光素子 | |

- (b) AR システムにおける物体の位置・姿勢の計測には、様々なトラッキング技術が用いられる。開発者が設計した空間パターンを認識するマーカ方式や、環境内に予め存在する特徴を追跡する (8) 方式が一般的な手法である。こうした特徴点のトラッキングにおいては、カメラ映像に存在する特徴を照合してから誤照合を除去するボトムアップ方式と、履歴などから予測したカメラパラメータに基づいてモデル内の特徴を画像平面に投影し近傍の対応する特徴を探索する (9) 方式が用いられる。

【8の解答群】

- | | | |
|----------|---------|---------|
| ア. 自然特徴 | イ. 人工特徴 | ウ. 環境特徴 |
| エ. カメラ特徴 | オ. 特徴符号 | |

【9の解答群】

- | | | |
|--------------|--------------|---------|
| ア. ウォーターフォール | イ. 近傍探索 | ウ. 特徴探索 |
| エ. トップダウン | オ. オプティカルフロー | |

- (c) AR システムの構成方法として、投影型の画像提示装置を用いて空間内の物体の表面に視覚情報を提示するプロジェクションマッピングによる方法が知られている。プロジェクションマッピングにおいては、対象の物体の形状とプロジェクタや観察者の位置に応じた (10) と、環境光と投影光を変化させることで物体色や環境光の特性を踏まえた (11) が行われることがある。

【10 の解答群】

- | | | |
|----------|----------|---------|
| ア. 位置合わせ | イ. 輝度補正 | ウ. 姿勢補正 |
| エ. 色補正 | オ. 幾何的補正 | |

【11 の解答群】

- | | | |
|----------|---------------|----------|
| ア. 測光的補正 | イ. パネルアラインメント | ウ. ガンマ補正 |
| エ. 階調補正 | オ. 時間的補正 | |

- (d) 実世界モデリングにおいては、レンジセンサなどを用いて物体の表面形状データの取得が行われる。レンジセンサで取得した情報は、センサとの距離を画素毎の値として表した（ 12 ）などの形式で表現されることがある。表面形状データは、複数の視点からのデータを ICP（Iterative Closest Point）などの手法で（ 13 ）した後、統合することで、物体の形状データとして取り扱うことができる。

【12 の解答群】

- | | | |
|-------------|------------|---------|
| ア. メッシュ | イ. RAW データ | ウ. 距離画像 |
| エ. ポイントクラウド | オ. 赤外線画像 | |

【13 の解答群】

- | | | |
|--------|----------|--------------|
| ア. 標準化 | イ. 位置合わせ | ウ. キャリブレーション |
| エ. 正規化 | オ. 閾値処理 | |

- (e) ウェアラブルコンピューティングにおいては、装着型のデバイスを使うのみではなく、常に動作して利用できる特性を指す「（ 14 ）」・作業支援などによって能力拡張を実現する「増幅性」・情報フィルタリングや外界とのインタフェースとなる「介在性」などの観点をもって、ユーザの実環境での活動を支援することが重要であると提唱されている。実際のシステムの設計においては、個人情報に関する（ 15 ）や倫理の観点を踏まえた上でユーザが周囲の人々にウェアラブルコンピューティングシステムを使用していることを許容されることが重要であるため社会受容性を考慮することが大切であると考えられている。

【14 の解答群】

- | | | | | |
|--------|-------------|--------|--------|--------|
| ア. 携帯性 | イ. バッテリーライフ | ウ. 親近性 | エ. 堅牢性 | オ. 恒常性 |
|--------|-------------|--------|--------|--------|

【15 の解答群】

- | | | | | |
|-----------|--------|---------|--------|--------|
| ア. プライバシー | イ. 顕著性 | ウ. 信用調査 | エ. 冗長性 | オ. 即時性 |
|-----------|--------|---------|--------|--------|

第3問

以下はトレイ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。()に最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) 標準型トレイグジスタンスに対する拡張型トレイグジスタンスの違いとして最も正しくないものは (16) である。

【16の解答群】

- ア. VR 技術を介した情報支援の付随.
- イ. 動いても疲れず、思い通りに空も飛べるようになる.
- ウ. AR 技術等を用いた赤外線映像化などの感覚の拡張.
- エ. 一時的な記録・再生を用いた早回しやスロー (slow) 再生による時間方向への拡張.
- オ. ロボットの大型化・小型化によるスケール (scale) 変換.

- (b) トレイグジスタンスにおいて作業環境を改善しようとして行う工夫であっても、操縦者が普段の行動で身につけているスキル (skill) を直観的に再現するためには (17) ようにしてしまうことは間違いである。

【17の解答群】

- ア. 通信の時間遅れを小さくするために有線ケーブル (cable) を使う
- イ. 手先作業の滑らかな実現のために人間よりも関節数の多いロボットアームを使う
- ウ. 作業領域を見やすくするために両眼カメラの幅を狭くして、狭い領域の視覚的情報量を向上させる
- エ. 作業領域を見やすくするためにカメラに自動手ぶれ補正機能を付ける
- オ. 力覚フィードバックにオン (on)・オフ (off) 機能を付ける

- (c) 操縦者の 1/4 スケールのロボットへのトレイグジスタンスを想定する。操縦者にとっては (18) のように感じることになる。

【18の解答群】

- ア. 世界の重力が 1/4 G になったように感じる.
- イ. 世界の重力が 1/2 G になったように感じる.
- ウ. 世界の重力が 2 G になったように感じる.
- エ. 世界の重力が 4 G になったように感じる.
- オ. 世界の動きに特段の変化はなく、ただ周囲のものが大きくなったように感じる.

- (d) 操縦者の手先の動きの 4 倍速で動く手先を持つロボットへのテレイグジスタンスを想定する。操縦者にとっては（ 19 ）のように感じることになる。

【19 の解答群】

- ア. 腕の質量が 1/2 倍になったように感じる。
- イ. 腕の質量が 1/4 倍になったように感じる。
- ウ. 腕の質量が 2 倍になったように感じる。
- エ. 腕の質量が 4 倍になったように感じる。
- オ. 腕の重さに特段の変化はないが、腕の長さが伸びたように感じる。

- (e) 「自己所有感」について、以下の説明で最も正しくないものは（ 20 ）である。

【20 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 自己主体感を伴わないものに対しては生じない。
- オ. 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。

- (f) 「自己主体感」について、以下の説明で最も正しくないものは（ 21 ）である。

【21 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 運動を伴わないものに対しては生じない。
- オ. 自己所有感を伴わないものに対しては生じない。

(g) 「臨場感」について以下の説明で最も正しくないものは（ 22 ）である。

【22 の解答群】

- ア. 運動を伴わない時には生じない。
- イ. 「今、その場に（私が）臨んでいる」という感覚として表現される。
- ウ. 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。
- エ. 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。
- オ. 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。

(h) 「存在感」について、以下の説明で最も正しくないものは（ 23 ）である。

【23 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 「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。
- ウ. 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。
- エ. 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。
- オ. 「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がんばり感が失われる。

第4問

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。

- (a) 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。以下の説明で最も正しくないものは（ 24 ）である。

【24 の解答群】

- ア．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。
- イ．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。
- ウ．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。
- エ．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。
- オ．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。

- (b) 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。以下の説明で最も正しくないものは（ 25 ）である。

【25 の解答群】

- ア．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。
- イ．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。
- ウ．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。
- エ．弁別閾は物理刺激の量に比例する。
- オ．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。

- (c) 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。以下の説明で最も正しくないものは（ 26 ）である。

【26 の解答群】

- ア. 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、姿勢の変化にとっても強い影響を受ける。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 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。
- オ. 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。

- (d) 人の身体に現れる、生体信号（心拍・皮膚電位・呼吸など）の計測手法に関する説明のうち、以下の説明で最も正しくないものは（ 27 ）である。

【27 の解答群】

- ア. 生体信号（心拍・皮膚電位・呼吸など）は行動計測に比べて意識的な応答による変化の抑制が困難であることから、医療的な指標以外にも嘘発見器などの意識下応答の計測に用いられることが多い。
- イ. 生体信号は随意的な反応をする神経系ではなく、交感神経・副交感神経の支配を受けているため、事象に対する応答は少なくとも数十秒程度は遅れる。
- ウ. 皮膚電位と皮膚コンダクタンスは電極を用いた皮膚の電気活動計測の主な計測対象である。これらは発汗神経活動と強い関係にある。
- エ. 呼吸によって心拍数がある程度上げ下げできるなど、呼吸と心拍には密接な関係がある。心拍間隔の変動には心拍由来のゆらぎと呼吸由来のゆらぎが共に現れる。
- オ. 心拍の計測は各種センサによって血流の時間変動を計測するのが一般的である。赤外線センサは代表的なその一つである。

- (e) 人の身体に現れる，行動（眼球運動・瞳孔径・調節・重心動揺・身体動作など）の計測手法に関する説明のうち，以下の説明で最も正しくないものは（ 28 ）である．

【28 の解答群】

- ア．行動（眼球運動・瞳孔径・調節・重心動揺・身体動作など）の計測手法は，瞳孔径などの例外を除けば，意識的に応答することができる計測対象であるため，意識下の応答をとらえることは困難である．
- イ．眼球運動には随意性の運動と不随意性の運動がある．随意性の眼球運動の代表格はサッカードであり，注視の対象を変更する際に現れる．
- ウ．調節は水晶体の曲率を調節して視覚像を鮮明に結像させる働きを持っているが，眼球運動の影響を受けて反射的に変化することで，一時的に結像を崩してしまうことがある．
- エ．重心動揺は平衡感覚だけでなく，視覚や足裏の圧力感覚の影響を受ける．
- オ．体性感覚に準拠する身体動作自体の繰り返し再現性は，視覚的な目標へのリーチング動作の再現精度よりも高い．

第5問

ロボットアバターを介したコミュニケーションに関する問題である。

- (a) 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、以下の説明で最も正しくないものは（ 29 ）である。

【29 の解答群】

- ア. ロボット操作者による非言語的な行為をロボットアバターに 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。
- イ. ゲイズアウェネス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。
- ウ. レーザーポインタなどでゲイズアウェネス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、ロボットアバターは必ずしも人型である必要は無い。
- エ. ゲイズアウェネス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。
- オ. 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。

- (b) ロボットを介したコミュニケーションにおいても、人同士と同様に相互認識のインタラクションが生じる。以下の説明で最も正しくないものは（ 30 ）である。

【30 の解答群】

- ア. 人と人が対話するときには顔や身体の向きや手足の動きを観察することによって対話者が次に何をしようとしているかを予測することが出来る。この予測に基づいて早めに自分の行動を準備することによって、円滑な相互行動が可能となる。
- イ. 歩行のすれ違いは予期動作の一環であるため、すれ違い時の相互距離はすれ違う対象への予期に左右される。その距離は予期しやすい対象とは近く、予期しがたい対象とは遠くなる。これは対人心理的距離（Interpersonal psychological distance）が表出される一例である。
- ウ. 歩行の意思決定は意識上でなされるが、繰り返し動作としての歩行動作の生成は意識下で行われるため、すれ違い距離の変更は無意識の応答としてなされる。
- エ. 歩行のすれ違い時の挙動もこうしたインタラクションの一環であるため、移動するロボットアバターに顔や手の動きが表現されていない場合、予期によるすれ違い距離に変化は生じない。
- オ. 移動を伴わない場合でも対人心理的距離（Interpersonal psychological distance）は常時機能しており、移動の際の自由度によって表出される。

- (c) 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事（social telepresence）に対する効果が期待される。以下の説明で最も正しくないものは（ 31 ）である。

【31 の解答群】

- ア. 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。
 - イ. 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。
 - ウ. 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、テ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。
 - エ. 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。
 - オ. 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。
- (d) 身体スケールの異なるロボットにテ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事があふ。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正しくないものは（ 32 ）である。

【32 の解答群】

- ア. 自身の身長が 1/2 になったように感じる。
 - イ. 世界の寸法が 2 倍 になったように感じる。
 - ウ. 転倒する速度が $\sqrt{2}$ 倍 になったように感じる。
 - エ. 世界の重力が 2 G になったように感じる。
 - オ. 周辺の物体の堅さが変わったように感じる。
- (e) テレイグジスタンスにおいてアバターロボットが自身の挙動と一致しないときには運動の主体感が損なわれる場合がある。手先の動きとして最も主体感を損なう変化は（ 33 ）である。

【33 の解答群】

- ア. 手先の速度が 2 倍になった。
- イ. 関節の角速度が 2 倍になった。
- ウ. 手先の運動方向が逆向きになった。
- エ. 手先の運動方向の縦横が入れ替わった。
- オ. 手先の色が失われた。

第6問

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。

- (a) 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び、それぞれ記号で答えよ。 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：（ 34 ）
- (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：（ 35 ）
- (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：（ 36 ）
- (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：（ 37 ）

【34～37 の解答群】

- ア．時間的・空間的ともに同一性あり
イ．時間的にのみ同一性あり
ウ．空間的にのみ同一性あり
エ．時間的・空間的ともに同一性なし

- (b) 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～Cに入る言葉の組み合わせとして最も適するものは（ 38 ）である。

【38 の解答群】

	A	B	C
ア.	デジタルアーカイブ	訓練用シミュレータ	VTuber
イ.	デザイン	テレイグジスタンス	訓練用シミュレータ
ウ.	メディアアート	ロボットの軌道計画	メタバース
エ.	プレビズ	メタバース	アトラクション
オ.	メタバース	ロボットの軌道計画	デジタルアーカイブ

D～Fに入る言葉の組み合わせとして最も適するものは（ 39 ）である.

【39 の解答群】

	D	E	F
ア.	メディアアート	ロボットの軌道計画	メタバース
イ.	より高度な VR の実現	訓練用シミュレータ	アトラクション
ウ.	テレインジスタンス	アトラクション	ゲーム
エ.	デジタルアーカイブ	環境制御	3D フードプリンタ
オ.	訓練用シミュレータ	デジタルアーカイブ	VTuber

第7問

以下は、エンターテインメント VR と商業 VR に関する問題である。() に最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

(a) エンターテインメント VR に関する文章の中で最も正しいものは (40) である。

【40 の解答群】

- ア. VR コンテンツの没入感はハードウェアとソフトウェアの組み合わせによって効果が決まっているためコンテンツは何を乗せても良い。
- イ. ホログラム・タイムトラベラーはホログラム技術を用いた世界初のゲーム作品である。
- ウ. VR ZONE は日本国内で初となる VR アミューズメント施設として開業した。
- エ. R-360 は2軸の回転機構を持つ体感ゲーム用筐体として発売された。
- オ. スター・ツアーズの体験はインタラクティブ性が高いため、エンターテインメント VR として分類される。

(b) 商業 VR に関する文章の中で最も正しいものは (41) である。

【41 の解答群】

- ア. VR ゲームは多くの家庭にある PC で容易に動作するためマネタイズがしやすい。
- イ. 2019 年現在の商業 VR は実験的なものが多く、採算を取らなくても良いため大企業によって予算が投入されやすい。
- ウ. スマートフォン (smartphone) を用いた VR は簡易的なものであり、商用で利用されることは稀である。
- エ. 大規模商業施設では多くのユーザが訪れるため、被験者に知られる事なく様々な心理的影響を計測する実験が日常的に行われている。
- オ. メタバースや MMORPG などの多人数コミュニケーションを主体としたものでは、利用料金は無料だがアバターの装飾品などを販売するなどのマネタイズ (monetize) 形式がありうる。

第8問

以下は、VR コンテンツに関する問題である。()に最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) VR 技術を応用したシミュレータ（模擬装置）は、大きく、訓練用シミュレータと（ 42 ）用シミュレータの2種類に分類できる。訓練用シミュレータを用いるメリットとしては、主に、危険な状況での訓練を安全に行うことができる、実機を使うよりもコストを抑えることができる、同様の訓練を繰り返し行うことができるといった点が挙げられる。訓練用シミュレータに要求される性能として最も正しいものは（ 43 ）である。例えば、自動車の運転を対象としたシミュレータにおいて、ある一定時間内の（ 44 ）を実世界で同様に複数回にわたり再現することは、一般に困難であるが、シミュレータに用いられる VR 空間においては可能となっている。

【42 の解答群】

ア．観察 イ．実験 ウ．監視 エ．観測 オ．防備

【43 の解答群】

ア．正確性＋インタラクティブ性＋危険性
イ．正確性＋リアルタイム性＋インタラクティブ性
ウ．リアルタイム性＋インタラクティブ性＋意外性
エ．正確性＋リアルタイム性＋娯楽性

【44 の解答群】

ア．運転者の感情 イ．周辺の交通 ウ．歩行者の感情 エ．信号サイクル オ．運転者の体調

- (b) 一般的なマーケットで入手可能な、主な VR ヘッドセットの動向として、2015 年には、体験中の体験者の生体情報取得用として、（ 45 ）センサが搭載された機種がリリースされている。2016 年には、Playstation®に対応した VR ヘッドセットがリリースされ、一般ユーザに大きな人気を得た。2019 年には、VR ヘッドセットに内蔵されたカメラを使用し、コンピュータビジョンにより体験者の（ 46 ）を推定可能な機種がリリースされ、体験者の限定したエリア内での空間移動に同期表示可能な機種において、別途、設置が必要であった（ 47 ）が不要となっている。VR ヘッドセットは Nintendo LABO、ハコスコ、Oculus、HTC などさまざま発売されているが対象年齢は（ 48 ）に設定されている。

【45 の解答群】

ア．温度 イ．脳波 ウ．超音波 エ．視線計測 オ．筋電

【46 の解答群】

ア．位置 イ．感情 ウ．体調 エ．視線 オ．体重

【47 の解答群】

ア. 外部マーカ イ. パーテーション ウ. 警報装置 エ. 外部センサ オ. 非常停止ボタン

【48 の解答群】

ア. 5 歳以上 イ. 小学生以上 ウ. 中学生以上 エ. 成年以上 オ. 各社さまざま

(c) 医用 VR システムに関する記述である。最も間違っているものは、(49) である。

【49 の解答群】

- ア. 医療への VR 応用は、臨床研究の倫理指針に従う必要がある。
- イ. 開発初期から、可能な限り専門領域の医療者と共同で研究開発をすすめることが肝要である。
- ウ. 医学的リハビリテーションへの VR 応用のメリットは、現実世界で実施するよりも多種多様な条件で環境を構築できることが 1 つとして挙げられる。
- エ. 手術ロボットを用いた手術は、使用しない場合に比したメリットが未だ十分に見いだされておらず、実際の医療現場での活用は、殆ど進んでいない。
- オ. 外科学における応用領域としてステントを用いた血管内治療の手技修得のためのシステムが活用されている。

(d) 地理情報システム (GIS) に関する記述である。最も間違っているものは (50) である。

【50 の解答群】

- ア. 地理情報システム (GIS) は、地球上の位置情報を利用した IT システムである。
- イ. カーナビは、地理情報システム (GIS) ではなく、ITS (Intelligent Transport System : 高度道路交通システム) の分野に含まれると考えられている。
- ウ. 地理情報システム (GIS) は、データ補間処理により 3 次元表示する場合があるが、データ作成・流通の容易さの観点から、2 次元ベースでのデータベース構築・管理が強く推奨されている。
- エ. 地理情報システム (GIS) は、カナダの国土の広大な森林の管理にコンピュータを導入するようになったことが始まりだといわれている。
- オ. 固定資産や土地利用を管理する地理情報システム (GIS) は、土地情報システムと呼ぶことがある。

第9問

以下の文章における（ ）に最も適する述語を解答群の中から選び、記号で答えよ。

人間を含む実験

（ 51 ）は、（ 52 ）を独立変数として操作して、（ 53 ）を従属変数として計測する学問領域・方法論である。元来、この分野は精神世界と物理世界の関係に着目し、両者を結びつける法則を解明する学問領域であった。しかし、現在ではその思想的意義は薄れている。実験によって得られたデータは、値にばらつきを持つのが普通である。たとえば図 1 は、条件1と条件2で得られた結果を重ねて描いたものである。両条件では（ 54 ）には差があるが、同時に（ 55 ）の重なりが大きく、本当に差があるかどうかは判断しづらい。こうした結果から、どの程度はっきりしたことが言えるのかを統計理論に基づいて調べるのが（ 56 ）である。

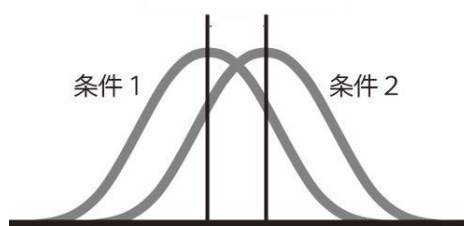


図1

【51 の解答群】

ア. 人文科学 イ. 心理物理学 ウ. 神経科学 エ. 認知心理学 オ. 統計数学

【52, 53 の解答群】

ア. 心理量 イ. 活動量 ウ. 汎関数 エ. 精神量 オ. 物理量

【54 の解答群】

ア. 分布形状 イ. 平均値 ウ. 標準偏差 エ. 分散 オ. モーメント

【55 の解答群】

ア. 平均値 イ. 分布 ウ. 中央値 エ. 最頻値 オ. 弁別閾

【56 の解答群】

ア. 分散分析 イ. 実証実験 ウ. POC エ. 解析幾何 オ. 統計的検定

第10問

以下は、VR 産業論に関する問題である。以下の文章の（ ）に最も適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

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、（ 57 ）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、（ 58 ）の豊かさが重要と考える人と（ 59 ）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（ 60 ）に達している。

【57 の解答群】

ア. 運輸 イ. コンテンツ ウ. 放送 エ. 観光 オ. 武器

【58, 59 の解答群】

ア. モノ イ. 金額 ウ. ココロ エ. 学力 オ. 国際化

【60 の解答群】

ア. 20% イ. 40% ウ. 50% エ. 60% オ. 70%

第11問

以下は、人体影響評価に関する問題である。以下の文章の（ ）に最も適する語句の組み合わせを解答群から選び、記号で答えよ。

VR 映像が人体に与える副作用の評価には、ストレスに関する自律神経系の活動変化、眼精疲労に関する視機能、VR 酔いに関連する平衡機能の3点が重要であると考えられている。

自律神経系の活動は、心拍数の変化の時間的な揺らぎによって評価できる。呼吸周波数の（ a ）付近に現れる揺らぎ成分を HF（High Frequency）と呼び、これは主に自律神経系の（ b ）活動に関係してリラックス状態を反映すると考えられる。一方、（ c ）以下に現れる揺らぎ成分を LF（Low Frequency）と呼び、これには副交感神経活動と交感神経活動の両方が含まれていると考えられることから、LF と HF の比である LF/HF が主に（ d ）活動に関係して興奮状態を反映すると考えられる。VR の影響に関する視覚機能の評価指標として主に使われるのは（ e ）である。

（ e ）とは、目のレンズ系のはたらきを意味している。その測定では被験者が見ている目印が高速で動く状況で、目印にすばやく焦点を合わせたときのレンズの厚み（ f ）を調べる方法をとる。生理学的には、レンズの厚みを増加させるために（ g ）の活動が減少するとされており、（ e ）速度から眼精疲労と（ g ）の活動の変化が推定できる可能性がある。

VR 酔いとは、VR 映像を見るときに生じる乗り物酔いに似た症状のことである。これは、視覚、（ h ）、および体性感覚などの感覚間の不一致により起因すると言われている。たとえば、止まっている車に乗っているときに隣の車が動き始めると自分が動いているように感じる錯覚は、視覚と（ h ）の不一致により生じる錯覚（ i ）であり、この錯覚が生じた後には（ j ）が有意に増加することから、（ j ）を計測することで VR 酔いを評価できる可能性がある。

上記の文章において、a～d に入る言葉の組み合わせは（ 61 ）である。

【61 の解答群】

	a	b	c	d
ア.	0.15Hz	交感神経	0.05Hz	副交感神経
イ.	0.3Hz	副交感神経	0.15Hz	交感神経
ウ.	0.6Hz	交感神経	0.2Hz	副交感神経
エ.	0.9Hz	副交感神経	0.3Hz	交感神経
オ.	1.2Hz	交感神経	0.4Hz	副交感神経

e～g に入る言葉の組み合わせは（ 62 ）である。

【62 の解答群】

	e	f	g
ア.	調節	屈折力	副交感神経
イ.	輻輳	屈折力	交感神経
ウ.	輻輳	回折力	副交感神経
エ.	調節	回折力	交感神経

h～jに入る言葉の組み合わせは（ 63 ）である.

【63 の解答群】

	h	i	j
ア.	聴覚	ドプラ効果	脈拍数
イ.	触覚	エレベータ錯覚	眼球運動
ウ.	前庭感覚	自己運動感覚	重心動揺
エ.	味覚	自己受容感覚	唾液の量

第12問

以下の文章の中から最も適切でないものを、各小問につき 1 つ選択し、記号で答えよ。

(a) 実験の計画

【64 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 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。

(b) 心理物理学

【65 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 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。

(c) 測定法

【66 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 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。

(d) 統計的検定

【67 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。
- エ. 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。

第13問

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

VR 技術の感覚代行への応用では、残された感覚を介して刺激を伝達するために感覚モダリティ間の（ 68 ）と提示のための（ 69 ）が研究開発の中心になる。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。最近では感覚神経を直接刺激する方法も研究されており、耳の中の聴神経を刺激する（ 70 ）、目の中の視細胞を刺激する（ 71 ）、脳の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（powerassist）や切断した手腕を筋電信号で動かす（ 72 ）、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機能的電気刺激（FES）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（ 73 ）が近年注目されている。

【68, 69 の解答群】

- ア. 体感メディア
- イ. 感覚ディスプレイ
- ウ. シミュレーション
- エ. 情報変換
- オ. インタラクション

【70, 71 の解答群】

- ア. 人工耳石
- イ. オプトジェネティクス（optogenetics）
- ウ. 前庭電気刺激
- エ. 人工網膜
- オ. 人工内耳

【72, 73 の解答群】

- ア. 脳機械インタフェース（BMI/BCI）
- イ. 人工神経
- ウ. データグローブ（data glove）
- エ. 筋電義手
- オ. モーションキャプチャ（motion capture）

以上