

# セオリーコース試験問題

実施日	◆ 2015年06月13日(土)
入室締切	◆ 10:20 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 豊中キャンパス

## ★ 注意事項 ★

### 《 開始前の注意事項 》

1. 入室締切時間 10:20 を厳守してください。締切時間以降の入室はできません。
2. 受験票と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の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。

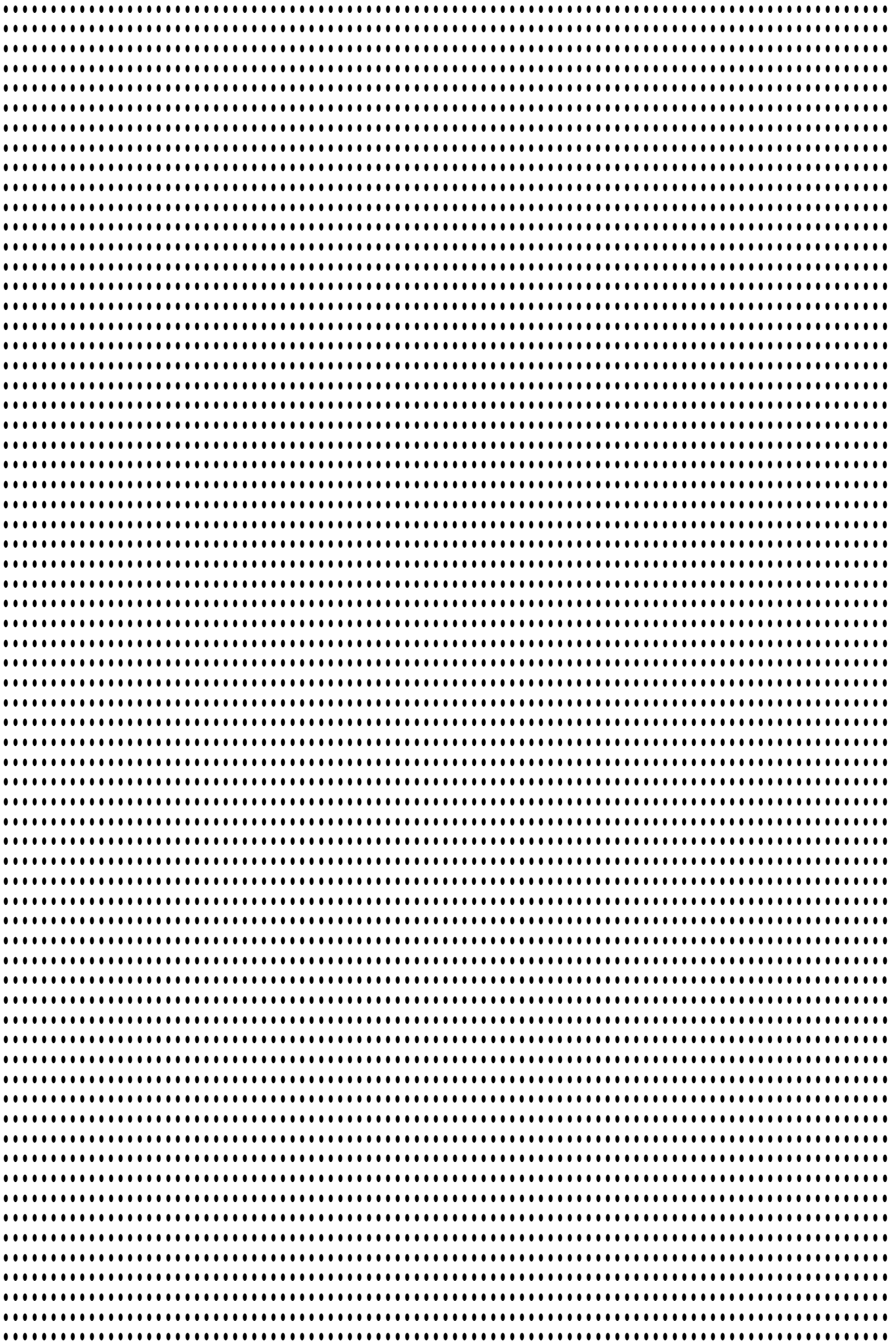
### 《 退席時の注意事項 》

- 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6月下旬に、当学会ホームページ (<http://www.vrsj.org>) 上で発表します。
- 6月下旬に受験者全員に合否通知書を、合格者に認定証を発送します。到着はその数日後となります。

特定非営利活動法人 日本バーチャルリアリティ学会

〒113-0033 東京都文京区本郷 2-28-3 山越ビル 301 TEL 03-5840-8777



第1問

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。以下の問いに答えよ。

- (a) 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 ( 1 ) or effect though not in actual fact or form」と定義されている。( ) にもっとも適するものを以下の解答群から選び、記号で答えよ。

【1の解答群】

ア. appearance      イ. essence      ウ. nature      エ. observance      オ. reality

- (b) バーチャルリアリティの三要素をまとめたものである。( 2 ) ~ ( 3 ) の空欄 にもっとも適するものについて解答群から選び、記号で答えよ。

要素	説明
( 2 )	人工環境のなかで人間の異なる感覚モダリティ(modality)間に矛盾のない状態が実現される
3次元の空間性	人間にとって自然な3次元空間を構成する
( 3 )	人間が空間内で、人工環境と( 3 )をしながら自由に行動できる

【2の解答群】

ア. 知覚の恒常性      イ. 低侵襲性      ウ. 非匿名性      エ. 自己完結性      オ. 自己投射性

【3の解答群】

ア. 実時間の相互作用      イ. 接触検出処理      ウ. 感覚間相互作用  
エ. 身体性の合成      オ. マグニチュード推定 (magnitude estimation)

- (c) バーチャルにかかわる言葉について、もっとも適切な記述は ( 4 ) である。

【4の解答群】

ア. バーチャルの反意語は、リアル(real)である。  
イ. バーチャルと仮想は、同義語である。  
ウ. バーチャルと虚(imaginary)は、同義語はである。  
エ. バーチャルの反意語は、ノミナル(nominal)である。  
オ. バーチャルとサポーズド(supposed)は、同義語である。

- (d) バーチャルと人間の認知機構について、間違っている記述は ( 5 ) である。

### 【5の解答群】

- ア. 人間が捉えている世界は、人間の認知機構のアポステリオリ(a posteriori)な仕組みにより認識されている。
- イ. 人間の視覚が検出する電磁波の波長の領域はおよそ 380nm~780nm である。
- ウ. 人間の聴覚が検出する空気の振動の周波数領域はおよそ 20Hz~20kHz である。
- エ. 自然の色とスペクトル(spectrum)が異なる光でも本物と同一の発火パターン(pattern)を錐体細胞に励起させれば、全く同じ色に見える。
- オ. 人間が現前していない空間であっても、VR の三要素を考慮して的確な情報抽出をすれば、現前しているのと同様な効果を引き起こすことができる。

### 第2問

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。該当するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) バーチャルリアリティの概念モデル(model)として、立方体状の構成に基づく説明が MIT Media Lab から提案された。このモデルについての次の記述の中で、適切でないものは ( 6 ) である。

### 【6の解答群】

- ア. Autonomy (自律性), Intuition (直感性), Presence (臨場感)の頭文字から AIP キューブ(cube)と呼ばれている。
  - イ. 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。
  - ウ. A は、シミュレーション(simulation)による世界法則の内蔵の度合いを表している。
  - エ. I は、システム(system)の直感的な入力の度合いを表している。
  - オ. P は、世界の表現がどの程度、臨場感の高いものであるかを表している。
- (b) バーチャルリアリティは、計算機のヒューマンインタフェース(human interface)として見た場合、従来のものとは異なっている。これについての次の記述の中で、適切なものは ( 7 ) である。

### 【7の解答群】

- ア. バーチャルリアリティは、生成された世界とユーザ(user)が対面することにより、その利便性が利用されるので第三人称的關係といえる。
- イ. バーチャルリアリティは、生成された世界に、コマンド(command)を対話的に送ることにより、その性能を引き出すことができる。
- ウ. バーチャルリアリティは、ユーザが生成された世界に入り込んで利用するので、第一人称的体験といえることができる。
- エ. バーチャルリアリティは、ユーザが生成された世界に入り込んで利用するので、没入感はあまり重要ではない。

- (c) バーチャルリアリティのインタフェース方式についての以下の記述の中で、適切でないものは ( 8 ) である。

**【8の解答群】**

- ア. バーチャルリアリティでは、ユーザは、生成された3次元空間の中に入り込んでインタラクション(interaction)を行うので、操作方法を新たに学習する必要がない。
- イ. バーチャルリアリティのインタフェースは、空間型であり、通常の実空間での操作と相似な操作を前提として作られる。
- ウ. バーチャルリアリティにおける操作では、デスクトップメタファ(desktop metaphor)を3次元に拡張することが基本的な設計方針であり、十分に検討された規則や記号的恣意性に基づいた操作を行う。
- エ. バーチャルリアリティのインタフェースは、3次元空間の体験をする際に、五感で状況を把握できるため、操作が直観的に理解できる点で優れている。
- (d) バーチャルリアリティ生成のための基本構成について、空欄にもっとも適するものを解答群から選べ。

バーチャルリアリティの技術とは、人工的に現実感を発生することを可能ならしめる技術である。人工的な現実には以下の要素の組み合わせによって実現できると考えられる。まず、我々の感覚入力を模擬する出力システム、すなわち ( 9 ) である。通常、( 9 ) は視覚刺激の創出装置を指すが、VRの分野においてはすべての感覚レンジ(range)に渡って用いられる。第二の要素は入力システムで、運動系を介してユーザからシステムへの情報の流れを司る。これら2つのシステムの裏側に、第三の要素として ( 10 ) システムが必要とされる。表面的に感じられる世界の裏側に深層的現実感が存在し、それらを生成するための仕組みが不可欠だからである。

**【9の解答群】**

- ア. モニタ (monitor)                      イ. デジタイザ (digitizer)  
ウ. ショーケース (showcase)              エ. ディスプレイ (display)  
オ. ゲーミフィケーション (gamification)

**【10の解答群】**

- ア. フィードバック(feedback)              イ. フィードフォワード(feedforward)  
ウ. パーソナライゼーション(personalization)      エ. プロジェクション(projection)  
オ. シミュレーション

**第3問**

次の文章は、バーチャルリアリティ技術の歴史の中で、今日の実現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す。文中の空欄にもっとも適することばを各解答群の中から選び、記号で答えよ。

- (a) M. Krueger は、鑑賞者が作品を対話的に鑑賞する（ 11 ）という新しいアート(art)の概念を作り出した。「METAPLAY」という作品では、鑑賞者の姿をビデオカメラ(video camera)で撮影し、シルエット(silhouette)として作品の中に合成することで、鑑賞者自身が作品を構成する形態であった。

【11 の解答群】

- ア. コミュニケーションアート (communication art)    イ. インターネットアート (internet art)  
ウ. パフォーマンスアート (performance art)    エ. パブリックアート (public art)  
オ. インタラクティブアート (interactive art)

- (b) 1963 年に M. Heilig が開発した（ 12 ）では、町中をバイク(bike / motorcycle)に乗って走り回る体感型ゲーム(game)の先駆けで、移動中の状況に応じて音響や椅子の振動、あるいはファン(fan)による風の提示、匂いの提示などの仕組みが組み込まれていた。

【12 の解答群】

- ア. CAVE    イ. Mareorama    ウ. Motorcycle Club    エ. Sensorama    オ. VideoPlace

- (c) I. Sutherland が 1968 年に開発した最初の HMD (Head Mounted Display) は、小型の CRT とハーフミラー(semitransparent mirror) を用いた光学式シースルー (see through) のシステムで、利用者の頭の回転を計測するために（ 13 ）センサ(sensor)を取り付けることで、利用者は自分が向いている方向の映像を見ることができた。

【13 の解答群】

- ア. 機械式    イ. 光学式    ウ. 磁気式    エ. 赤外線式    オ. 超音波式

- (d) 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、（ 14 ）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。

【14 の解答群】

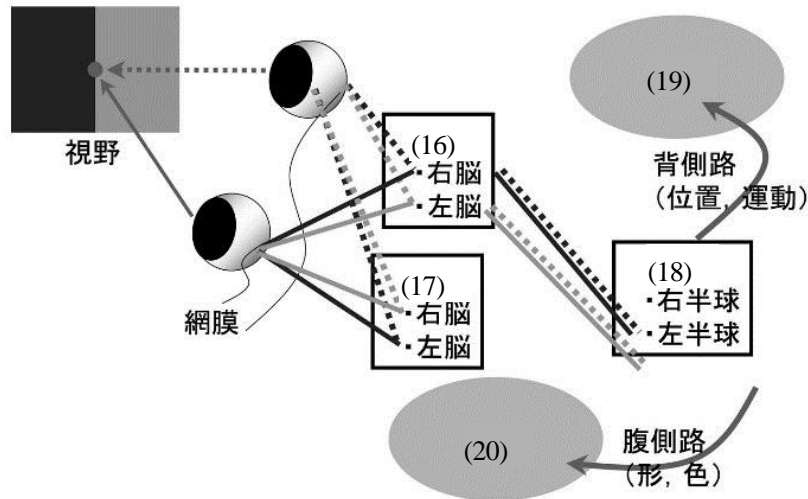
- ア. スtring(string)型    イ. マスターアーム(master arm)型  
ウ. エグゾスケルトン(exoskeleton)型    エ. マウス(mouse)型    オ. ペン(pen)型

- (e) 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(computer)のインタフェースとして利用する（ 15 ）では、椅子に座った利用者が壁面スクリーン(screen)に提示された情報を音声やジェスチャ(gesture)によって操作することができた。

【15 の解答群】

第4問

次の図の空欄に該当するもっとも適切な神経系の部位・名称を下の解答群から選択せよ。



【16の解答群】

- ア. 前頭連合野    イ. 島                      ウ. 上丘                      エ. 外側膝状体    オ. 内側膝状体

【17の解答群】

- ア. 一次視覚野    イ. 側頭連合野    ウ. 島                      エ. 外側膝状体    オ. 上丘

【18の解答群】

- ア. 前頭連合野    イ. 一次視覚野    ウ. 神経節細胞    エ. 頭頂連合野    オ. 島

【19の解答群】

- ア. 頭頂連合野    イ. 運動前野      ウ. 側頭連合野    エ. 神経節細胞    オ. 前頭連合野

【20の解答群】

- ア. 頭頂連合野    イ. 前頭連合野    ウ. 運動前野      エ. 側頭連合野    オ. 内側膝状体

第5問

以下は、ヒトの空間の知覚に関する問題である。(a)~(e)の問いにもっとも適するものを解答群から選択せよ。

- (a) 三次元空間知覚についてもっとも適切な記述は ( 21 ) である。

【21の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。

(b) 両眼視差による立体視についてもっとも適切な記述は ( 22 ) である。

**【22の解答群】**

- ア. 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。
- イ. 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。
- ウ. 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。

(c) 絵画的奥行き手がかりについてもっとも適切な記述は ( 23 ) である。

**【23の解答群】**

- ア. 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。
- イ. 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、複雑な処要とする。
- ウ. 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。

(d) 陰影からの形状復元についてもっとも適切な記述は ( 24 ) である。

**【24 解答群】**

- ア. 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。
- イ. 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もっと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。

ウ. 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。

(e) 運動視差についてもっとも適切な記述は（ 25 ）である。

【25 の解答群】

- ア. 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。
- イ. 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、奥行きの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。
- ウ. 狭義には頭部運動にともなう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。

第6問

以下は、平衡機能の基本特性や身体運動と傾斜の知覚特性に関する問題である。(a)～(d)の問いに記号で答えよ。

(a) 前庭動眼反射に関して間違っている記述は（ 26 ）である。

【26 の解答群】

- ア. 頭部が回転すると、前庭動眼反射は眼球を頭部回転と逆方向に回転させる。
- イ. 頭部の回転が続くと眼振を起し、頭部回転と逆方向の緩徐な眼球運動と同方向の急速眼球運動を交互に繰り返す。
- ウ. 前庭動眼反射の利得は水平および垂直運動ではほぼ1となるが、回旋の利得は小さい。
- エ. 直線加速度が加わった時に起こる代償性眼球運動は、頭部運動と逆方向に起こり、利得はほぼ1である。
- オ. 頭を傾けた時に起こる眼球反対回旋は、頭部傾斜と反対方向への眼球の回旋であるが、利得は小さい。

(b) 前庭脊髄反射に関して間違っている記述は（ 27 ）である。

【27 の解答群】

- ア. 前庭脊髄反射は、外乱に対する身体平衡の維持と視野の網膜像の動きを抑える機能を担っている。

イ. 頭部が動いた時にブレーキ(brake)をかけるように前庭頸反射が四肢に働き、頭位を固定して安定化させる。

ウ. 前庭脊髄反射は、姿勢のくずれや頭位の変化を回復するように四肢を伸展・屈曲させる。

エ. 耳石器は静的状態あるいは緩やかな運動時に静的な姿勢反射を起こし、半規管は回転運動時に動的姿勢反射を惹き起こす。

(c) 回転知覚に関する以下の文章中の ( 28 ) と ( 29 ) にもっとも適するものはそれぞれどれか。

水平回転を知覚する刺激閾値は概ね ( 28 ) 程度である。ヨー(yaw)回転の閾値がピッチ(pitch)やロール(roll)に比べて低い傾向がある。等角加速度で加速すると、( 29 ) までは角速度が増すように感じるが、その後は回転感覚が減衰し減速していると感じるようになり、次第に回転を感じなくなる。

【28 の解答群】

- ア.  $0.1\sim 0.3 \text{ deg}$       イ.  $0.1\sim 0.3 \text{ deg/s}$       ウ.  $1\sim 3 \text{ deg/s}$   
エ.  $0.1\sim 0.3 \text{ deg/s}^2$       オ.  $1\sim 3 \text{ deg/s}^2$

【29 の解答群】

- ア. 1~2 秒      イ. 5~10 秒      ウ. 20~40 秒      エ. 1~2 分      オ. 5~10 分

(d) 傾斜知覚に関する以下の文章中の ( 30 ) にもっとも適するものはどれか。

静的なロール傾斜を知覚する閾値は ( 30 ) である。身体をロール傾斜させると、ロール角が小さい時には実際の傾斜角より大きく感じ、ロール角が大きい時には実際より小さく感じる。

【30 の解答群】

- ア.  $0.048\sim 0.073 \text{ deg}$       イ.  $0.15\sim 0.22 \text{ deg}$       ウ.  $0.48\sim 0.73 \text{ deg}$   
エ.  $1.5\sim 2.2 \text{ deg}$       オ.  $4.8\sim 7.3 \text{ deg}$

第7問

以下は、体性感覚に関する設問である。(a)~(e)の問いにもっとも適するものを解答群の中から選び、記号で答えよ。

(a) 温度感覚に関する次の文章のうち、間違っている記述は ( 31 ) である。

【31 の解答群】

- ア. 温覚を伝える神経線維は無髄線維である。  
イ. 冷覚受容器は自由神経終末である。  
ウ. 温覚受容器は  $40\sim 45^\circ\text{C}$  付近でもっともよく神経発射する。

- エ. 冷覚受容器は20℃付近でもっともよく神経発射する.
- オ. 温覚も冷覚も感じない中性判断の生じる温度を無関帯という.

(b) 痛覚に関する次の文章のうち、間違っている記述は（ 32 ）である.

**【32 の解答群】**

- ア. 表在性痛覚の受容器は自由神経終末であり、神経線維は太い有髄線維（Aβ線維）と無髄線維と考えられている.
- イ. 表在性痛覚は、速い痛みと遅い痛みに分けられる. 速い痛みは針を皮膚に突き刺したときなどに感じられる鋭い痛みである.
- ウ. 遅い痛みの特徴は、痛みがにぶく空間的な広がりをもって感じられることである.
- エ. 痛みは、比較的長い時間的観点から、急性の痛みと慢性の痛みに分けられる.
- オ. 慢性痛は除去が望ましい「有用性のない」痛みである.

(c) 深部感覚に関する次の文章のうち、間違っている記述は（ 33 ）である.

**【33 の解答群】**

- ア. 深部感覚の受容器は体の内部の情報を受容するので、固有受容器と呼ばれる.
- イ. 固有受容器には、筋紡錘、ゴルジ(Golgi)腱器官、関節受容器がある.
- ウ. 深部感覚は位置覚、運動覚、力覚に分けられる.
- エ. 位置覚は、自分の四肢の相対的位置を知る感覚であり、運動覚は、自分の体を動かすとき、その動きの速さや方向を知る感覚である.
- オ. 深部痛覚は、筋肉、骨、内臓、結合組織などからの痛みである.

(d) 皮膚機械受容単位に関する次の文章のうち、間違っている記述は（ 34 ）である.

**【34 の解答群】**

- ア. ヒトの皮膚無毛部の機械受容単位は、受容野の形態と神経発射特性から4種類に分類される.
- イ. 速順応 I 型単位(FA I)は機械的刺激の速度に応答し、その受容野境界は不鮮明である.
- ウ. 遅順応 I 型単位(SA I)に対応する受容器は、メルケル(Markel)触盤である.
- エ. 速順応 II 型単位(FA II)は機械的刺激の加速度に応答し、その受容野境界は不鮮明である.
- オ. 遅順応 II 型単位(SA II)に対応する受容器は、ルフィニ(Ruffini)終末である.

(e) 触覚に関する次の文章のうち、間違っている記述は（ 35 ）である.

**【35 の解答群】**

- ア. 触2点閾を測定してみると、手指や口唇、舌などでは小さく、背、腹、大腿、ふくらはぎなどでは

大きくなる。

- イ. 皮膚に正弦波振動刺激を提示して振動検出閾曲線を測定すると、振動周波数 250 Hz 付近で検出閾がもっとも低くなり、そのときの振動検出閾値は約 0.1 $\mu$ m に達する。
- ウ. 振動検出閾曲線のパターン(pattern)決定に関与する機械受容単位は、刺激周波数 100 Hz 付近を境に交代する。
- エ. 刺激周波数 20 Hz では、FA I が振動検出閾を決定する。
- オ. 刺激周波数 200 Hz では、FA II が振動検出閾を決定する。

#### 第8問

以下は、味覚・嗅覚の情報伝達に関する問題である。( )にもっとも適するものを解答群から選択せよ。

- (a) 味覚・嗅覚は ( 36 ) によって得られる感覚であり、( 37 ) によって得られる視覚・聴覚・体性感覚とは異なる点が多に多い。味は、舌や上あご、喉の奥に存在する ( 38 ) の先にある味受容体に味物質が結合することで感知される。一方、匂いは ( 39 ) 内にある嗅細胞の受容体に匂い物質が結合することで感知される。

#### 【36, 37 の解答群】

ア. 物理刺激    イ. 記憶の想起    ウ. 化学物質の刺激    エ. 断続的な刺激    オ. 快刺激

#### 【38 の解答群】

ア. 絨毛    イ. 味角    ウ. 迷走神経    エ. 粘膜    オ. 味蕾

#### 【39 の解答群】

ア. 糸球体層    イ. 嗅球    ウ. 鼻腔    エ. 気管    オ. 梨状皮質

- (b) 脳内で順々に処理されてきた味覚情報と嗅覚情報は、( 40 ) に入力され、そこで多感覚処理される。さらに好き嫌いを判断する扁桃体や記憶処理に深く関わる海馬に送られる。

#### 【40 の解答群】

ア. 視床下部    イ. 眼窩前頭皮質    ウ. 橋  
エ. ブローカ野(Broca's area)    オ. ウェルニッケ野(Wernicke's area)

#### 第9問

以下は、カメラ(camera)を使った光学式モーションキャプチャ(motion capture)に関する問題である。( )にもっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) カメラを使った光学式モーションキャプチャでは、計測対象部分に複数の ( 41 ) を配置し、そ

の位置を計測することで体全体の動きを獲得する。( 41 )には、カメラに取り付けられた赤外線照明光を再帰性反射素材によって反射する( 42 )が多く用いられている。( 41 )を2台以上のカメラで捉え、( 43 )の原理に基づいて距離を算出する。一方、( 41 )を用いずに計測を行う方法も実用化されつつあり、( 44 )を用いた姿勢推定が行われる。

【41の解答群】

- ア. マーカ(marker)      イ. センサ      ウ. フレーム(frame)      エ. カメラ  
オ. 光源

【42の解答群】

- ア. フォトディテクタ(photo detector)型      イ. 画像処理型  
ウ. 赤外線照明型      エ. アクティブ(active)型      オ. パッシブ(passive)型

【43の解答群】

- ア. 位置計測      イ. フェルマー(Fellmer)      ウ. 三角測量      エ. 放射光  
オ. アルキメデス(Archimedes)

【44の解答群】

- ア. 超音波      イ. 紫外線      ウ. 画像特徴量  
エ. ピクセル(pixel)      オ. レーザー(laser)

(b) 光学式モーションキャプチャの特徴に関して、正しい記述は( 45 )である。

【45の解答群】

- ア. 映像は情報量が豊富なので、カメラが2台あればどんな動きでも計測できる。  
イ. 高性能なカメラを用いることで計測精度や速度を改善することができる。  
ウ. 計測対象部分の隠れに強い。  
エ. 被験者の体に何も装着しない状態でのモーションキャプチャは不可能である。  
オ. 一般的なカメラを用いたシステムでも100Hz程度の計測が可能である。

第10問

以下は、聴覚ディスプレイに関する問題である。( )にもつとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

(a) 「音像定位伝達関数合成法(以下:両耳型)」においてスピーカ(speaker)から呈示する音を計算する際は、聴取位置や音源位置までの室内の反射や回折等を反映した( 46 )と、頭部近傍の音現象を表現した( 47 )とに伝達関数を分けて計算することが多い。なお、頭部近傍での音の伝搬は、耳介、

頭、肩など人体による影響を受けるため（ 47 ）は（ 48 ）に適応する必要がある。また、聴取者の頭部運動を位置センサによって計測し、音場における耳の位置と音源との相対位置関係に基づいて伝達関数を切り替えることで、（ 49 ）が大幅に改善されることが知られている。

【46の解答群】

- ア. 室伝達関数    イ. 頭部伝達関数    ウ. 体内伝達関数  
エ. 室外伝達関数    オ. 口内伝達関数

【47の解答群】

- ア. 室伝達関数    イ. 頭部伝達関数    ウ. 体内伝達関数  
エ. 頭内伝達関数    オ. 室内伝達関数

【48の解答群】

- ア. 適切    イ. 患者    ウ. 計測日ごと    エ. 適当    オ. 個人ごと

【49の解答群】

- ア. 上下誤りや頭内定位    イ. 左右誤りや後頭部定位    ウ. 前後誤りや頭内定位  
エ. 左右誤りや前頭部定位    オ. 左右誤りや頭内定位

第11問

以下は、体性感覚ディスプレイに関する問題である。それぞれの問いに答えよ。

(a) (      ) にもっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

体性感覚ディスプレイは、バーチャルな物体に触った時の（ 50 ）や（ 51 ）、（ 52 ）などを提示する。体性感覚ディスプレイの実現には、感覚受容器への（ 53 ）が不可欠であり、目的の（ 53 ）をどのようなしくみでどのように発生させるかという問題を解くことになる。

【50の解答群】

- ア. 内面の凹凸    イ. 温度    ウ. 驚き    エ. 液面の感触    オ. 表面の感触

【51の解答群】

- ア. 硬さ    イ. 色    ウ. 反射    エ. 透過    オ. 多層構造

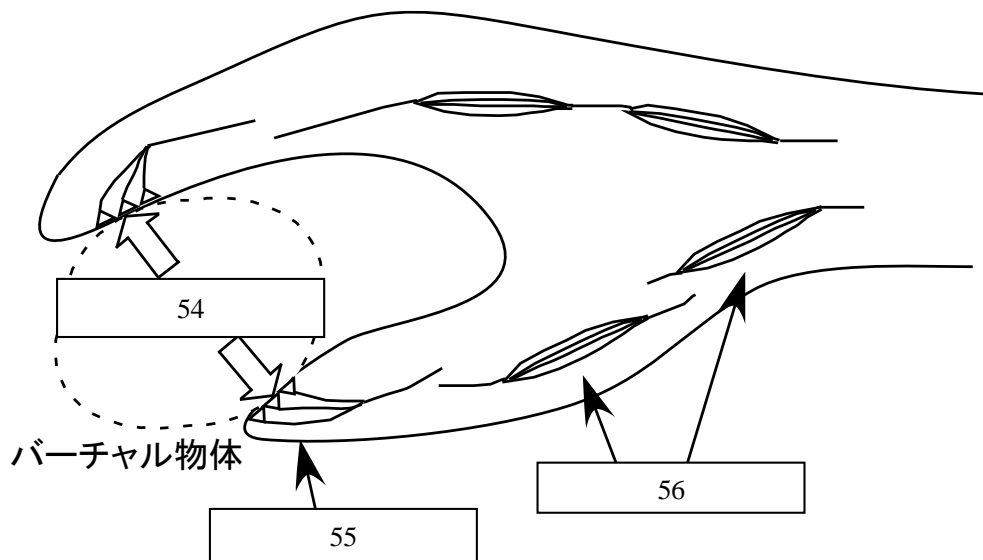
【52の解答群】

- ア. 感性    イ. 重さ    ウ. 印象    エ. 構造    オ. 画像

【53の解答群】

ア. 通電      イ. 加熱      ウ. 投射      エ. 物理刺激      オ. 攻撃

(b) 以下の図は、体性感覚ディスプレイの実現方法の概要を説明するものである。( 54 )～( 56 )にもっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。



【54の解答群】

ア. 人工的な反力      イ. 人工的な圧力      ウ. 人工的な重力  
エ. 人工的な推力      オ. 人工的な応力

【55の解答群】

ア. 皮膚感覚      イ. 深部感覚      ウ. 浅部感覚      エ. 内臓感覚  
オ. 特殊感覚

【56の解答群】

ア. 皮膚感覚      イ. 深部感覚      ウ. 浅部感覚      エ. 内臓感覚  
オ. 特殊感覚

第12問

以下は、複数の感覚の複合や、神経系への直接刺激に関する問題である。(a)～(d)の問いにもっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

(a) 複数の感覚の複合について正しい記述は ( 57 ) である。

【57の解答群】

ア. 人間は様々な感覚モダリティを有しているが、実世界においてこれらを単体で利用している。  
イ. 人間は複数の感覚チャンネル(channel)からの情報を統合して外界の認識、働きかけを行っている。

- ウ. HMD に位置姿勢センサを取り付けて使用した場合、体性感覚情報に合わせた視覚情報の更新が出来るため疎外感が高まる。
- エ. 歩行感覚提示装置と HMD を併用することで、歩行動作による体性感覚情報に加えて、移動による見えの変化が起こるため、VR 空間内での乗り物に乗っているような移動感覚が高まる。
- オ. 食感提示を行う場合、歯ごたえ、味、音、香りと感覚情報チャンネルが増えるほど、バーチャルな食品の現実感は急速に減少する。

(b) 複数の感覚の複合について正しい記述は ( 58 ) である。

【58 の解答群】

- ア. 様々な感覚ディスプレイを組み合わせる際には、それらの時間的空間的な整合性が重要であるが、それらに不一致があっても違和感が残るだけである。
- イ. 様々な感覚ディスプレイを組み合わせる際には、それらの時間的空間的な整合性は重要ではなく、むしろ個々のディスプレイの性能を向上することで VR 酔いが無くなる。
- ウ. 様々な感覚ディスプレイを組み合わせる際には、それらの時間的空間的な整合性が重要であるが、人間が知覚できないほど小さなずれは許容される。
- エ. 様々な感覚ディスプレイを組み合わせる際には、それらの時間的空間的な整合性が重要であり、全くずれは許容されない。
- オ. 様々な感覚ディスプレイを組み合わせる際には、それらの時間的空間的な整合性は重要でなく、むしろ個々のディスプレイの性能が向上することが複合のキーポイント(key point)である。

(c) 神経に直接電気信号を入力する方法として正しい記述は ( 59 ) である。

【59 の解答群】

- ア. 手術で電極を神経に接続し直接刺激する方法は、手術を伴うが医学的知識も必要ないほど軽微なもので気軽に利用できる。
- イ. 皮膚の上に電極を張り付け皮下の神経を刺激する方法は、電極の貼り付け場所を精密に決めることが出来ればいつ張っても同じ性能を発揮する。
- ウ. 手術で電極を神経に接続し直接刺激する方法は、医学的知識に基づいて手術によって設置する。しかし、一度設置すれば安全である。
- エ. 皮膚の上に電極を張り付け皮下の神経を刺激する方法は、同じ電極の貼り付け場所でも日によって皮膚の状態が異なるため、性能も異なる。
- オ. 手術で電極を神経に接続し直接刺激する方法は、細い電極を使うため、多くの神経を一度に刺激するためにはその数だけ電極が必要となる欠点がある。

(d) 神経に直接電気信号を入力する方法として正しい記述は ( 60 ) である。



【60 の解答群】

- ア. 手術で電極を神経に接続し直接刺激する方法は、人工内耳に見られるように電極に入力する刺激と知覚される感覚が一对一对応するため、調整は容易である。
- イ. 皮膚の上に電極を張り付け皮下の神経を刺激する方法は、電極の大きさと貼り付け位置に刺激出来る神経の数は依存しない。
- ウ. 手術で電極を神経に接続し直接刺激する方法は、人工内耳に見られるように電極に入力する刺激と知覚される感覚の対応が不明であるが、個人に依存しない調整方法が見つかっている。
- エ. 皮膚の上に電極を張り付け皮下の神経を刺激する方法は、皮膚の奥深くの神経を刺激するには最適である。
- オ. 手術で電極を神経に接続し直接刺激する方法は、皮膚の奥深くの神経を刺激するには最適である。

第13問

以下は、柔軟物の変形シミュレーションに関する問題である。(a)~(e)の問いにももっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) 変形とは、外力により物体表面や内部に移動、つまり（ 61 ）が生じる状態をいう。一般に、変位が微小であれば、物体は（ 62 ）を示す。

【61 の解答群】

- ア. 塑性      イ. 粘性      ウ. 力覚      エ. 変位      オ. 破壊

【62 の解答群】

- ア. 弾性変形      イ. 過渡運動      ウ. つり合い      エ. せん断      オ. 塑性

- (b) 変形シミュレーションは、見た目や触感に影響するため、バーチャル環境の視覚や力触覚表現において重要な役割を果たす。（ 63 ）に基づく変形モデルには、代表的なものに、バネ質点モデルや有限要素モデルがある。

【63 の解答群】

- ア. 破壊力学      イ. 幾何学      ウ. 物理法則      エ. 生理学

- (c) バネ質点モデルは、物体を質点と質点間を結ぶ（ 64 ）で表現し、各質点の運動を解いて物体変形を表現するモデルである。有限要素モデルは、物体を3角形要素などの集合として表現し、各要素に成り立つ支配方程式の（ 65 ）により得られる連立方程式を解いて、弾性論に基づいた物体変形を表現するモデルである。

【64 の解答群】

ア. 剛体      イ. 流体      ウ. 紐      エ. バネ

【65 の解答群】

ア. 差分      イ. 一般化      ウ. 重ね合わせ      エ. 積分

(d) 弾性の説明としてももっとも適切なものは ( 66 ) である.

【解答群】

- ア. 弾性とは、2 物体が衝突後にひとかたまりとなって運動する状態をいう.
- イ. 弾性とは、作用する外力を取り去ると元に戻る性質をいう.
- ウ. 弾性とは、破壊に要するエネルギー(energy)が小さくもろい性質をいう.
- エ. 弾性とは、作用する外力によって体積を保存した状態で変形する性質をいう.
- オ. 弾性とは、作用する外力を取り去っても元に戻らない性質をいう.

(e) 変形シミュレーションについて、間違っているものは ( 67 ) である.

【解答群】

- ア. バネ質点モデルは、簡潔な実装により物体変形を表現可能とする.
- イ. 有限要素モデルは弾性論におけるパラメータ(parameter) (弾性率, ポアソン比(Poisson's ratio)) に基づく高精度の変形を可能とする一方、実装が複雑であり計算量が多い.
- ウ. 変形シミュレーションを行うために、モデル要素の位置や弾性パラメータを事前に設定する必要はない.
- エ. 弾性パラメータの計測法には、引張試験, 超音波エラストグラフィ(elastography), MRE(Magnetic Resonance Elastography) などがある.
- オ. 変形シミュレーションの忠実性と実時間性にはトレードオフ(trade off)の関係がある.

第14問

以下は、人間の運動を計算機上で表現するための人体モデルとその運動生成に関する問題である。(a)~(e)の問いにもっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ.

(a) 人体の剛体リンク(link)系モデルについての以下の記述のうち、間違っているものは ( 68 ) である.

【解答群】

- ア. 剛体リンク系は、関節で接続された複数の剛体からなる.
- イ. 通常、股関節は3自由度の球面関節として表現される.
- ウ. 通常、肘関節は1自由度の回転関節として表現される.
- エ. 多数の球面関節と回転関節を使うことで、実際の人体の運動を厳密に表現するモデルができる.

オ. 実際の人体の肩関節や膝関節では、回転とともに回転中心が移動する。

- (b) 次の文章の ( 69 ) ( 70 ) に入る語句の組み合わせとしてもっとも適したものはどれか。  
逆運動学の解法には大きく分けて解析的手法と数値的手法がある。解析的手法は、リンクの位置を関節角の関数として表し、その ( 69 ) を求める方法である。数値的手法の一つとして、( 70 ) を評価関数とする最適化問題を解く方法がある。

【69, 70 の解答群】

ア. 導関数    イ. 逆関数    ウ. 関節速度の2乗和    エ. 速度誤差の2乗    オ. 位置誤差の2乗

- (c) 逆運動学問題が無数の解を持つ場合の例としてもっとも適切なものは ( 71 ) である。

【解答群】

- ア. 障害物がないとき、物体を与えられた始点から終点まで移動する経路は無数にある。  
イ. 手の位置・姿勢と肩関節の位置を固定したまま、肘をある円弧上の別の位置に移動させることができる。  
ウ. 腕を静止させるのに必要な筋張力の組み合わせは無数にある。  
エ. 肩関節の位置を固定すると、手が到達できない領域がある。  
オ. 人が手のある位置から別の位置まで移動させるときの速さの時間変化をグラフ(graph)にすると、一般に釣鐘形になる。

- (d) 力学シミュレーションにより人体モデルの運動を生成する方法について、間違っているものは ( 72 ) である。

【解答群】

- ア. 力学シミュレーションは、映画などの高品質を要求される用途を含め、人体モデルの運動生成に広く用いられている。  
イ. 力学シミュレーションによる運動生成は、外力を受ける可能性がある場合に有効である。  
ウ. PID 制御だけでは人体モデルが転倒する可能性がある。  
エ. バランス(balance)制御の一手法として、重心位置を用いる方法がある。  
オ. 有限状態機械を用いた制御系設計では、各状態に対応する制御器と状態遷移のための条件を定義する必要がある。

第15問

以下は、3次元音空間の聴覚レンダリング(rendering)とモデルに関する問題である。( ) にもっとも適するものを解答群から選び、記号で答えよ。

- (a) 両耳伝達関数モデルは、精緻な3次元音空間知覚を表現するために、( 73 ) への入力信号を正確に再現・合成するモデルである。

【73の解答群】

- ア. ヘッドホン(headphone)    イ. 右耳    ウ. 左耳  
エ. 両耳    オ. マイクロホン(microphone)

- (b) 音の伝搬速度を一定とすると、自由音場では音源から受聴位置までの距離に応じた( 74 ) と( 75 ) をレンダリングする必要がある。

【74の解答群】

- ア. 遅延    イ. 早さ    ウ. 温度    エ. 周波数    オ. 反射

【75の解答群】

- ア. 反射    イ. メロディ(melody)    ウ. 早さ    エ. 減衰    オ. 低周波数

- (c) 反射音のレンダリングモデルとして間違った記述は( 76 ) である。

【解答群】

- ア. 幾何音響理論は、回折等音の波動的振る舞いを全て含む厳密的な理論である。  
イ. 虚像法の計算は、計算に際し反射の次数をあらかじめ決定しておく必要がある。  
ウ. 虚像法では、反射の次数に対して指数関数的に計算量が増加する。  
エ. 音線法では、ある受音点近傍を通過する音における計算を結果として扱う。  
オ. 幾何音響理論では、高周波数の精度が比較的高い。

- (d) 音響レンダリングモデルについて間違っているものは( 77 ) である。

【解答群】

- ア. 回折現象の周波数特性は、低域通過型である。  
イ. 後部残響音では、反射波の密度が上昇するため到来する波面の方向性が弱まる。  
ウ. 音源や聴取点が移動する場合には、ドプラ効果(Doppler effect)をレンダリングするのが望ましい。  
エ. 音響レンダリングをリアルタイム(real time)で実現するには専用のハードウェア(hardware)を用意する必要がある。  
オ. 初期反射音と後部残響音が別々にレンダリングされた場合には、聴覚上違和感がないように接続する必要がある。