【問1】

CSG(Constructive Solid Geometry：空間領域構成法)により立体を定義する方法として，陰関形式の曲面や平面によって分けられる領域の 積集合を用いる方法がある．たとえば，図1.1のような半rの球面の部($x^2+y^2+z^2-r^2 \leqq 0$)とxy平面の上側の領域($z \geqq 0$)の積集合は，2 のような半球形となる．

以下の(a)～(d)により定義される立体として，最も適するものを解答群から選び，記号で答えよ．ただし，A, B, Cは正の実で， $A>B>C$ とする

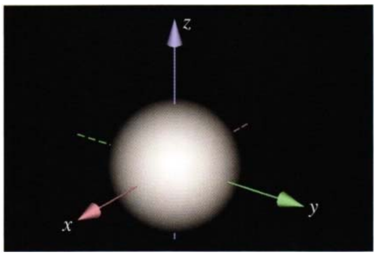


図1.1

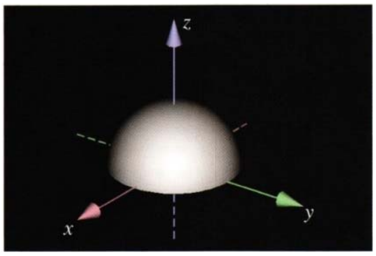
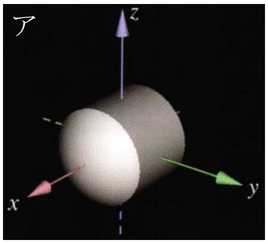
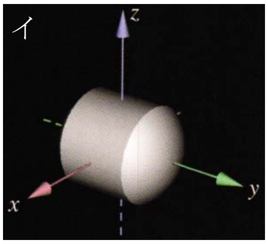


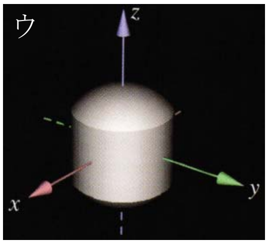
図1.2

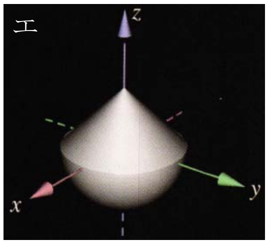
(a) 領域($x^2+y^2+z^2-A^2 \leqq 0$)，領域($y^2+z^2-B^2 \leqq 0$)の積集合

【解答群】



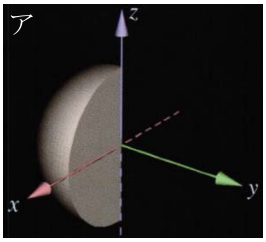


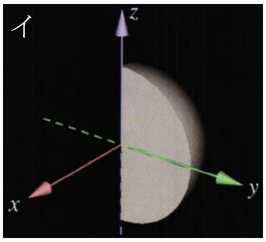


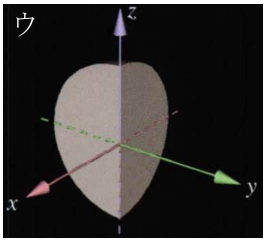


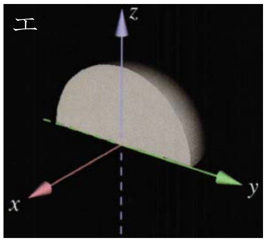
(b) 領域($x^2+y^2+z^2-A^2 \leqq 0$)，領域($x \leqq 0$)，領域($y \leqq 0$)の積集合

【解答群】



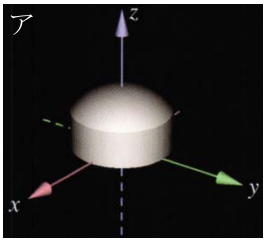


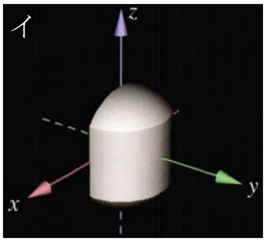


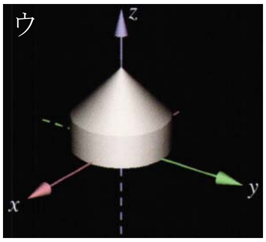


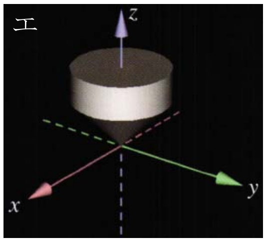
(c) 領域($x^2+y^2-z^2 \leqq 0$)，($x^2+y^2-C^2 \leqq 0$)，領域($y \leqq 0$)，領域($z-A \leqq 0$)，領域($z \geqq 0$)の積集合

【解答群】



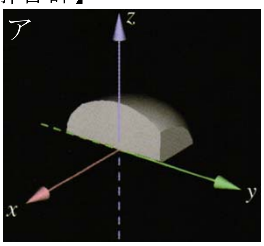


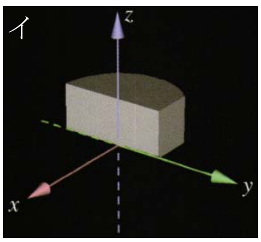


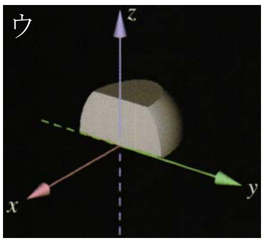


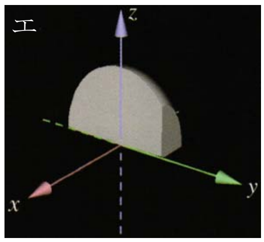
(d) 領域$\left(\frac{x^2}{A^2}+\frac{y^2}{B^2}+\frac{z^2}{C^2}-1 \leqq 0\right)$，領域($y-C \leqq 0$)，領域($x \leqq 0$)，領域($z \geqq 0$)の積集合

【解答群】









【問2】

以下は，ソリッドモデルの操作に関する問題である．(a)〜(d)の問いに最も適するものを解答群から選び記号で答えよ．

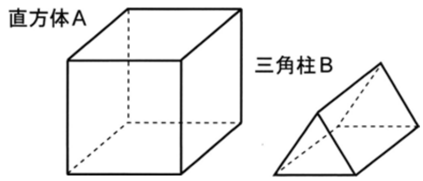
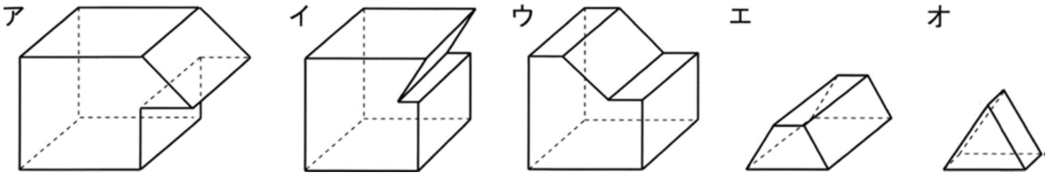


図2.1

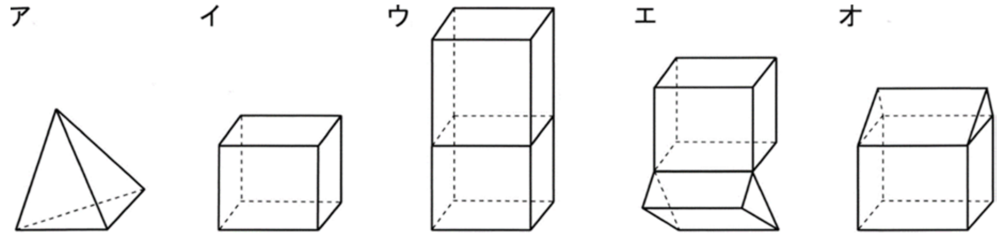
(a) CSGでプリミティブの代表的な集合演算には和，積，差がある．図2.1に示す1個の直方体Aと1個の三角柱Bの差(A-B)によって表現される立体はどれか．

【解答群】



(b) 境界表現のソリッドモデルで扱われる立体は二多様体とよばれ，以下の性質をもつ．
「面に穴を含まない二多様体では，面の数をf，稜線の数をe，頂点の数をvとするとv-e+f=2の関係が成り立つ．」
解答群に示す立体のなかで，この性質を<u>もたないもの</u>はどれか．

【解答群】



(c) 境界表現のソリッドモデルは，頂点，稜線，面によって表現される．頂点，稜線，面の間の接続関係に関する情報を位相情報，頂点の座標や面の法線ベクトルなど位置や姿勢に関する情報を幾何情報とよぶ．位相情報を変更せずに幾何情報だけ変更して，2つの立体を一致させられるとき，2つの立体の位相情報は同じであるという．図2.2の立体と位相情報が同じ立体はどれか．ただし，図2および解答群に示した立体において，長さが0の稜線や面積が0の面はないものとする．

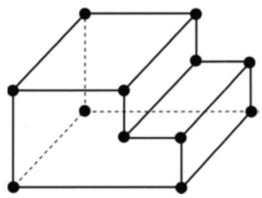
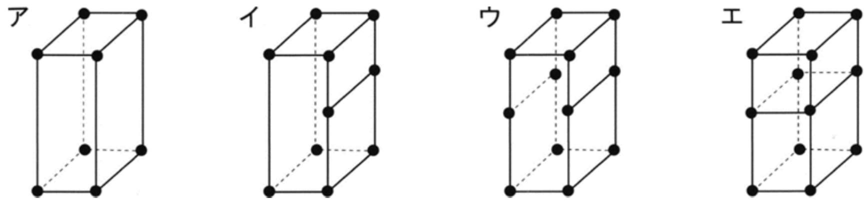


図2.2

【解答群】



(d) 式v-e+f=2を保持するように位相情報を変化させる操作をオイラー操作とよぶ．MEV(Make Edge Vertex)操作は，稜線1本と頂点1固を,MEF(Make Edge Face)操作は，稜線1本と面1個をそれぞれ新たに加える操作で，オイラー操作の一種である．図2.3は，MEV操作およびMEF操作の例を示している．これらの操作を組み合わせて，図2.4に示す1個の直方体に対して，MEVを4回とMEFを2回適用して実現できる形状はどれか．ただし，図2.4および解答群に示した立体において，長さが0の稜線や面積が0の面はないものとする．

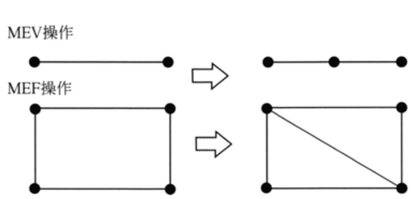


図2.3

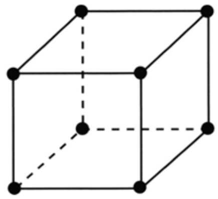
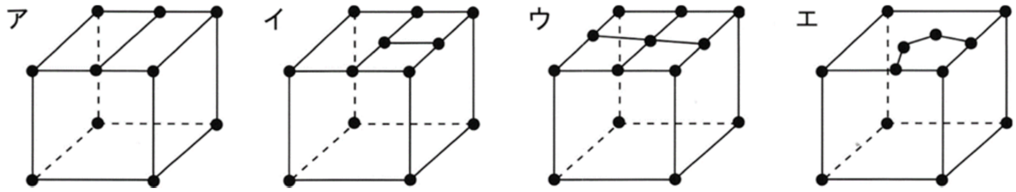


図2.4

【解答群】



【問3】

以下は，モデリングに関する問題である．(a)～(d)の問いに最も適するものを解答群から選び，記号で答えよ．なお，設問(b)～(d)の解答群において，∪は和集合，∩は積集合，－は差集合の集合演算を表すものとし，演算は左から順に行われるものとする．

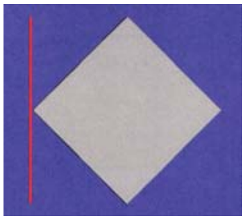
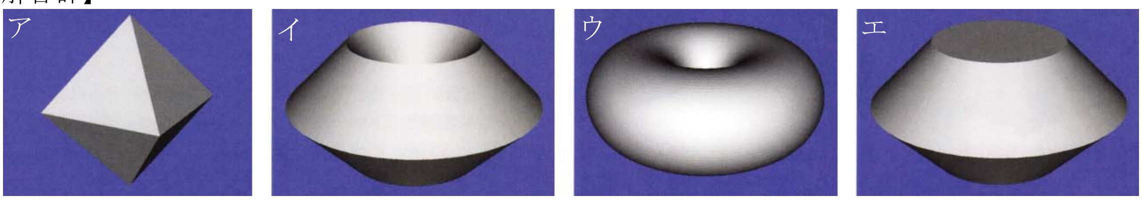


図3.1

(a) 図3.1に示される正方形を，3次元空間内で赤線を軸に回転移動させるスイープ操作でできる形状はどれか．ただし，赤線は正方形と同一平面上に存在しているものとする．

【解答群】



(b) 図3.2の形状をつくるための集合演算はどれか．

【解答群】

ア．円柱－円錐　イ．円柱∪円錐　ウ．円柱∩円錐
エ．円柱－球　オ．円柱∪球　カ．円柱∩球


図3.2

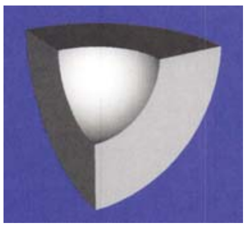


図3.3

(c) 図3.3の形状をつくるための集合演算はどれか．

【解答群】

ア．球∩直方体∪球　イ．球－直方体－球　ウ．球∩直方体∩球
エ．球－球∩直方体　オ．球－球－直方体　カ．球∩球∩直方体

(d) 図3.4の形状をつくるための集合演算はどれか．

【解答群】

ア．円柱∪円柱－直方体　イ．円柱∪円柱∩直方体
ウ．円柱∩直方体－円柱　エ．円柱－直方体－円柱
オ．円柱－直方体∩円柱　カ．円柱－直方体∪円柱

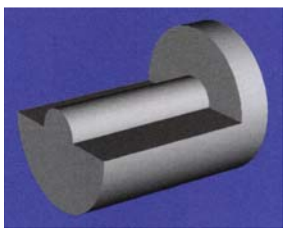
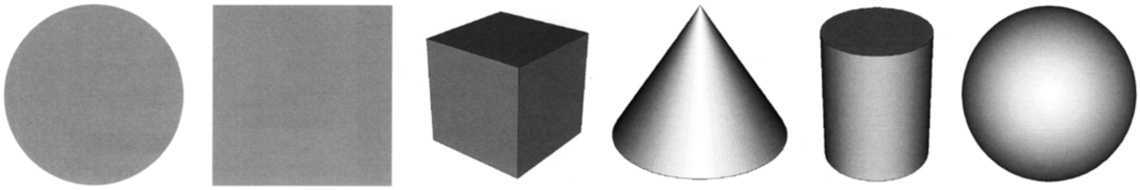


図3.4

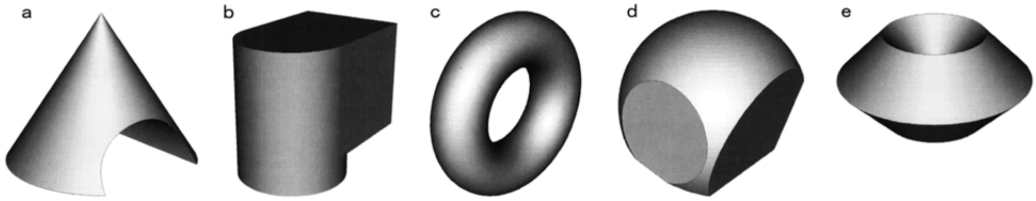
【問4】

a～eの形状は，A～Fの形状に集合演算または，スイープ操作を施して作成したものである．a～eの形状は，どのような操作によって得られたものか．最も適するものを解答から選び，記号で答えよ．ただし，集合演算の和を∪， 積を∩，差を－と書き，A～Fの形状を適当な位置に移動，回転,拡大・縮小させてから所定の操作を行うこととする．さらに，A，Bのスイープ中においては，その大きさを変えないものとする．



A 円　B 正方形　C 立方体　D 円錐　E 円柱　F 球

a　b　c　d　e



【aの解答群】

ア．D－E　イ．C∪F　ウ．C∪D
エ．F－E　オ．Bの回転移動スイープ　カ．Bの平行移動スイープ

【bの解答群】

ア．D－E　イ．C∪E　ウ．C∪F
エ．C∪D　オ．Aの回転移動スイープ　カ．Bの回転移動スイープ

【cの解答群】

ア．C∩F　イ．D－E　ウ．F－E
エ．Aの回転移動スイープ　オ．Aの平行移動スイープ　カ．Bの回転移動スイープ

【dの解答群】

ア．C∩F　イ．C∪E　ウ．C∪F
エ．Aの回転移動スイープ　オ．Bの回転移動スイープ　カ．Aの平行移動スイープ

【eの解答群】

ア．D－E　イ．F－E　ウ．D－F
エ．Aの回転移動スイープ　オ．Bの回転移動スイープ　カ．Bの平行移動スイープ

【解答1】

(a) ア (b) ウ (c) エ (d) ア

3次元空間における平面や曲面は数式で表すことができます．立体のモデリングにおいても指定した断面を指定した方向にスイープする場合などに3次元座標系で断面や方向を指定しなければなりません．そのような場合には3次元空間を座標系として理解していなければなりませんので，平面や曲面を数式として理解しておくことは重要です．

(a) 第1の領域($x^2+y^2+z^2-A^2 \leqq 0$)は半径Aの球の内部を表します．第2の領域($y^2+z^2-B^2 \leqq 0$)はx軸を中心軸とする半径Bの円柱の内側を表します．したがって，この2つの領域が重なった部分はアになることがわかります。第2の領域($y^2+z^2-B^2 \leqq 0$)の円柱がx軸を中心軸とするものであることに注意してください．イ，ウは円柱の軸方向が異なります．エは円柱ではありませんので該当しません。

(b) 第1の領域($x^2+y^2+z^2-A^2 \leqq 0$)は半径Aの球の内部を表します．第2の領域($x \leqq 0$)はx軸が負の領域，第3の領域($y \leqq 0$)はyが負の領域を表します．すなわちyz平面とzx平面で切り取られるx, yが負の領域を占める球なので正解答はウとなります．

(c) 第1の領域($x^2+y^2-z^2 \leqq 0$)は原点を頂点としてz軸の正負の方向に広がる円錐を表します。第2の領域($x^2+y^2-C^2 \leqq 0$)はz軸方向の円柱を表します．第3，第4の領域($z-A \leqq 0$, $z \geqq 0$)は，この重なる立体をz方向が0からAの範囲に限定しています．最初の領域が，原点を頂点とする円錐であることを理解してください．正解答はエになります．

(d) 第1の領域$\left(\frac{x^2}{A^2}+\frac{y^2}{B^2}+\frac{z^2}{C^2}-1 \leqq 0\right)$は楕円体の内部であり，第2の領域($y-C \leqq 0$)は$y$が$C$より小さい領域，第3の領域($x \leqq 0$)は$x$軸が負の領域,第4の領域($z \geqq 0$)は$z$が正の領域を表します．すなわち$yz$平面が断面となる$x$負の空間と$xy$平面より$z$の正の空間で，$y$はCで切り取られる領域を表します．該当するのはアとウですが，楕円体はz軸方向の径が最も小さいので正解答はアとなります．

【解答2】

(a) イ (b) エ (c) ウ (d) イ

(a) アは，差ではなく和で実現できます．エおよびオは，差ではなく積で実現できます．ウは底面に鈍角を有する三角柱との差なら実現できますが，図1に示す三角柱の底面に鈍角はありませんので実現できません．したがって，正解答はイとなります．

(b) エはv=12, e=20, f=11なので$v-e+f$=2が成立しません．それ以外の図形では$v-e+f$=2が成立します．

(c) 図2.2の頂点，稜線，面の数をそれぞれv, e, fとすると，図2.2の図形において，v=12, e =18, f =8となります．これらがすべて等しい図形はウだけであり，ほかの図形は正解答にはなりえません．ここで，ウの各頂点・辺・面におけるほかの頂点・辺・面との接続関係は，図2.2の各頂点・辺・面の接続関係と一致していることが確認できます．これらのことから，正解答はウとなります．

(d) アはMEVを2回とMEFを1回で実現できます．ウはMEVを5回とMEFを3回で実現できます．エはMEVを4回とMEFを1回で実現できます．したがって，正解答はイとなります．MEVを1回適用すると頂点と稜線が1つずつ，MEFを1回適用すると稜線と面が1つずつ増えることを考慮に入れて，解答群に示された立体の頂点，稜線，面の個数を数えても，イが正解答であることが確かめられます．

【解答3】

(a) イ (b) オ (c) エ (d) カ

(a) スイープ表現は，ある平面図形を定められた軌跡に沿って移動させたときにできる軌跡として，立体形状を表現する手法です．この問題では赤い軸を中心に回転させます．赤い軸を中心に回転させることによって，中央部分がくぼんだそろばんの玉のような立体ができあがります．

(b) 図の立体を構成している立体を考えると，円柱の下に球が付けられていることがわかります．したがって，2つの立体を足し合わせる，すなわち，和集合を用いることで，図の立体ができあがります．球部分と円柱の側面部分が滑らかにつながっていることから，円柱と(円柱を含むような球体)の積集合では，図の形状が作成できないことにも注意してください．

(c) 図の立体を構成するためには，球の8分の1カット部分の中央部をさらに差集合演算でくりぬく必要があります．1回の集合演算で8分の1カットをつくるには積集合を使う必要があることに気がついてください．大きい球を直方体で積集合し，さらに小さな球で差集合するとできます．しかし，その選択肢はあり

ません．集合演算の順番を変えて，まず，大きい球に小さな球を差集合でくりぬいておき，そのあとで直方体と積集合することでつくることができます．

(e) 図の立体は，大きな円柱と小さな円柱の構造を見ることができます．また，大きな円柱が平面で切り取られています．したがつて，大きな円柱と直方体の差集合をとることでカット面をつくり，そのあとで小さな円柱の和集合をとることで図の立体をつくることができます．

【解答4】

(a) ア　(b) イ　(c) エ　(d) ア　(e) オ

(a) この図形は上部が円錐で底面部分が切り取られています．切り取られている部分が円柱形状かあるいは円錐形状であることがわかります．差集合の選択肢から該当するものはアしか考えられません．実際は，円錐に対し，横にした円柱を差集合演算しています．したがつて，正解答はD円錐とE円柱の差集合演算をとるアとなります．

(b) この立体は，円柱と角柱の特徴をもっており，円柱と立方体の和集合演算で生成されることに気がついてください．円柱に対し，立方体を移動させて合成しています．正解答はC立方体とE円柱の和集合をとるイになります．

(c) この立体は縦になっていますがトーラスです．トーラスは円を円の外の軸を中心に回転させた回転移動スイープで生成することができます．したがって，正解答はエとなります．

(d) この形状は，球面を平面で切っています．それも複数個所切られています．つまり球に対し立方体を複数回数分差集合演算することで生成できます．しかし，ここではそのような選択肢はありません．一方，積集合演算でも面の切り取りが可能です．球と立方体の積集合演算でこの形状が生成できることに気がついてください．球と移動0回転させた立方体を積集合演算することで生成されています．したがって，正解答はC立方体とF球の積集合をとるアです．

(e) この形状は，円錐形状の集合演算を複数回行うことでも生成できますが，回転移動スイープでもつくることができます．回転移動スイープに選択できる形状は2種類ですが，正方形を45°回転させてから回転移動スイープを行うと目的の立体が生成できることに気がつくはずです．正解答はオのBの回転移動スイープです．