設計生産論　過去問解答

2012 年度

泉井先生

問題1-1

(a) 品質機能展開(QFD)：QFDには，狭義のQFDと広義のQFDが存在．狭義の方は，ただ単に顧客の要求をアンケートなどで収集し，それを品質特性の表(?) に分類するだけの話である．一方，広義のQFDとは，狭義のQFDに加え，品質特性をその重要度に従って点数化し，顧客の要求する機械品位を求めることを指す．

(ネットより)QFDは、お客様の声を技術の言葉(特性)に変換して製品の設計品質を決めていきます。横軸にお客様の声を、縦軸に技術特性を記述します。そして、これを機能部品の品質に展開したり、個々の部品や信頼性などにも展開したりしていきます。

(b) 光造形：製品の3Dデータを用意，スライスデータを作成し，液体状の光硬化性樹脂に紫外線などのレーザーを照射し目的の層を作成する．これを繰り返すことにより所望の形状を得る．

(c) 粉末床溶融結合法：樹脂や，特に金属の粉末の薄い層にレーザーを当て，所望の部位を溶融・焼結させて層を形成する．

問題1-2

線形計画問題

いつもの．

茨木先生

問題2

(a)Bezier曲線:n個の制御点から得られるn-1次の曲線である．一般に，両端の制御点以外は通過しないように設定される．この曲線は制御点の群を含む最小の凸多角形の内部に入るように設定される．ある点*Pi*を移動させた時，曲線形状に及ぼされる影響は*t*=*i=n*の時に最大となり，これらから外れるに従って小さくなる．

Bezier曲線の特徴

・"直線の内分点を順次計算し最終的な点を曲線上の点とする"

・両端の*P*0*;Pn*は必ず通る．

・その他の制御点は一般に通らない．

・曲線は制御点群の最小の凸多角形に入る(convex hull)

・制御点*Pi*の曲線に対する影響は*t* = *i=n*の時最大で，これから外れるほど減少するが，ゼロにはならない．

B-Spline 曲線：隣接する点に挟まれた各空間に対し，個別の多項式を用いて決定される曲線である．次数*k*が大きくなるほど曲線は制御店の多角形から離れていく．曲線は両端以外の制御点は通らず，二次曲線とは等価にならない．ある点を移動させた時に，曲線形状に及ぼされる影響はその制御点の近傍に限定される．

B-spline 曲線の特徴

・制御点*Pi*が曲線に及ぼす影響は*Ni;k*(*t*)が非ゼロにある範囲に限定される．

・次数が高くなると曲線は制御点の多角形から離れていく

・(k次spline曲線は全ての点でk-1次微分可能)

・曲線に関与している制御点の作るconvex hullに入る．(?)

・B-splineは二次曲線を等価に表現できない．

ベジエ曲線とともに、コンピュータグラフィックスの世界で広く利用されている。

(b)winged-edgeモデル：3DCADのモデリングにおける，B-repモデルの一つでソリッドモデルの一つ

Wikipediaより→Winged-Edgeデータ構造(ウイングド・エッジデータこうぞう)とは計算幾何学において多角形モデルを表現するために使用される境界表現(B-rep)である。3つ以上の面が集まり辺を共有しているときに面、辺、および頂点の形状と位相を明示的に表現する。面は交差している辺の本来の方向に対して反時計回りに順序付けられる。さらにこの表現では数値的に不安定な状態も可能になる。

面，辺，頂点

・１本の稜線の上下には必ず２つの頂点が存在する

・１本の稜線の左右には必ず２つの面が存在する

・２つの頂点からは２本ずつ稜線が存在する

このデータ構造は，単連結な面分のみによって構成された多面体を対象とし，その面の表と裏を区別し，稜線を中心として，それに隣接する頂点，稜線，面分の接続関係を陽に記述している．このデータ構造と，オイラーオペレータを用いることにより，非現実的な位相を持つ立体が発生しないことが保証される．

(by ネットより)

長所

・非現実的な位相を持つ立体が発生しないことが保証される.

・この翼状に配置されている稜線の情報によって，形状要素の探索が容易化する.

・すべてのデータを１つのデータ内に保持しているので，データ数が少なくて済む．

短所

・面分／頂点まわりの探索処理では判定処理が必要である．if文が必要となりアクセス効率が悪い．

・多重連結の面分に対応していない．

・双対性が欠如している．

(by ネットより)

Half-edgeモデル：3DCADのモデリングにおける，B-repモデルの一つでソリッドモデルの一つ

頂点、稜線、半稜線、面分の四種類の位相要素の集合によって表現するソリッドモデル用データ構造。

Winged edgeデータ構造では，探索の際に頻繁に判定処理が必要とされる．そこで，この探索の際の判定処理を不必要とする能率的なデータ構造として，Half edgeデータ構造が考案された．Half edgeデータ構造では，稜線を２つに分けたものを半稜線といい，半稜線の，稜線と面分と頂点の組に対する所属を一意に決めている．ここに，２つに分けられた稜線をHalf edgeと言う．従って，Half edgeを２つ併せて１つの稜線と等価になる．このデータ構造はソリッドモデリングシステムにおいて広く用いられている．Half edgeデータ構造は，接続稜線の情報の持ち方により，Face-Edge型(FE型)，Vertex-Edge型(VE型)，FE 型とVE 型を合わせた併合型の３種類がある．

長所

・あらゆる分析、変形に適している。

・拡張性が高い。

短所

・他のデータ構造と比べると概念が高度。

・多くの位相用データを保持するため、インデックスフェースセットと比較するとメモリ効率が悪い。(ポリゴンセットよりは良い。)

(by ネットより)

(c)CAD・CAM を用いたコンピュータ支援製造(機械加工) の課題(特に，CAD・CAM・NC加工の情報の流れに関した問題点．その他の課題を論じても良い)：

デジタルエンジニアリング：開発から生産にいたる製造活動の質の向上と開発期間の短縮を目的とし，情報技術を活用し，開発プロセス全体のデジタル化を進める．

時間的な制約の縮小→CAD,CAM,CAT,CAEのように各製造工程のデータを一元管理，包括的な結合．

空間的な制約の縮小→遠隔地に点在する異部門間でデータを一元管理．

CAD・CAMを用いたコンピュータ支援製造(機械加工)の課題：

・情報の流れが一方的．加工段階の問題をモデルにフィードバックするのが困難．

・各段階で情報の欠落，追加がある．

・職人の経験から得たワザを組み込むことが出来ないため最後の所で職人の仕事に勝てない事．

・データ交換に問題が生じやすい．

2013年度

泉井先生

問題1

問A

製品の部品点数を削減することで，コストを削減できる可能性がある理由を述べよ．また，部品点数削減によりコストが上昇する可能性がある理由についても述べよ．

製品アーキテクチャとして，統合型アーキテクチャ，モジュール型アーキテクチャがある．

どちらのアークテクチャにせよ，部品点数を減らすことで単純に製造工程が簡易化されコストを削減できる可能性がある.

一方，類似する多種の製品を同時に製造販売している場合では，部品数の増加に伴う製造工程の複雑化によるコスト増加の影響よりも，機能を分散化させ，類似製品間で部品を共通化することによるコスト削減の影響が上回ることがある．また，個々の部品を別々に設計可能なため，個々の部品の改良を行う際もコスト削減が見込まれる．このような場合，部品点数削減により，他の類似製品作成に際して改めて別の部品を用いる必要が生じ，コストが上昇する可能性がある．このような状況は統合型アーキテクチャにおいて主に発生しやすいと思われる．

問B

サプライチェーンの下流で製品分化を行うことの利点を説明せよ．また，そのための製品アーキテクチャの設計指針を説明せよ．

サプライチェーンの製品分化は大きく分けて二つのパターンに分類される．

(i) サプライチェーンの上流で製品分化

長所

・各製品の受注を個別化できる．

・地域ごとの特色に合わせてプラットフォームを用意

短所

・各製品の売れ筋に大幅な差が生じると損害が出る．(無駄な在庫を抱える)

(ii) サプライチェーンの下流で製品分化

長所

・注文を受けてからそれぞれに合う部品を付けて発送出来るので，無駄な在庫を抱えにくい．

・製品の性能ごとに世界共通でプラットフォームを用意してモジュールの差異により，地域ごとのニーズに合わせる．

短所

・受注から発送までに(i) よりも時間がかかる．

設計指針：製品の差異をできるだけ少ない部品で実現する．サプライチェーンのできるだけ後ろの段階で差異をつくらせるようにする．

問C

いつもの．

茨木先生

問題2

問A

Winged-edgeモデル

(1) 辺E3 に関わる部位を表で示す．

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | pV | nV | pf | pcw | Pccw |
| E3 | V4 | V3 | L3 | E7 | E6 |
| E3’ | V3 | V4 | L1 | E2 | E4 |

(2)Winged edgeモデルと比べて，Half edgeモデルの原理的な長所を述べよ．

Winged edge モデルでは，探索の際に頻繁に判定処理が必要とされる．一方，Half edgeモデルでは，この探索の際の判定処理を不必要なため能率的である．

(3)Winged-edgeモデルやHalf-edgeモデルに代表されるB-repモデルと比べて，CSGモデルの原理的な長所，短所を述べよ．

CSG：基本形状立体の組み合わせ(プリミティブ)．半空間の組み合わせでプリミティブを表現

CSGの長所

・矛盾形状の判定が容易

・形状の修正が容易

CSG→ B-repへの変換は容易，その逆は困難→実際の形状モデリングは両者の組み合わせ．

CSGの短所:円柱の側面のような曲面はプリミティブで表現できるが，それ以外の複雑な曲面は表現が難しい．また，集合演算により立体を表示するため，表示に時間がかかる．形状の局所変更が困難．

問B

直進3 軸を持つ従来の工作機械に対し，直進3 軸・旋回2 軸を持つ5 軸加工機を導入して，機械加工を行うことで，どのような理由から加工精度の向上が期待できるか．以下のような場合について論ぜよ．その他に自由に論じても構わない．

♦ 　従来の工作機械では，段取り替えを行わないと加工できないような形状の加工．

♦ 　垂直に近い立壁の加工．

♦ 　曲面の加工．

5 軸加工機の3 軸に対するメリットは３つある．

第一に，5 軸でなくては加工できない部品が存在する事(航空機の部品など)

第二に，加工の自由度の高さから複雑な加工を行い得る事

第三に，加工に使用する工具を変更する際に，段取りを変える必要が無いことがある．

これは段取り替えに起因する取り付け誤差をなくし得る事につながり，故にこの様な加工に対し，5 軸の方が3 軸に対して優れているといえる．

(ノート) 5軸加工機を使うメリット

(1)5軸加工機でないと加工できない部品がある．

例) インペラ，ブリスク→ 航空機部品に多い

ウィングリーブ(2)工程集約

一回のセッティングであらゆる方向から工作物にアプローチできるため段取り替えが削減できる．

2014 年度

泉井先生

問題1

問A

ラピッドプロトタイピングの目的を説明せよ．さらに，ラピッドプロトタイピングの代表的な方法を2つの名称をあげ，それぞれの方法の詳細を簡潔に説明せよ．

ラピッドプロトタイピングの目的: 設計の効果の確認干渉のチェック．製造方法の検討．金型を必要としない小ロットの生産が可能．3DCAD データさえあれば製品を直接製造可能

・光造形法

(1) 製品の3D データを用意．

(2) スライスデータを作成

(3) 液体状の光硬化性樹脂に紫外線のレーザーを照射し，目的の層を形成．

(4) 次の層にもレーザー照射を繰り返す．

・粉末床溶融結合法

樹脂や特に金属の粉末の薄い層にレーザー等を当て，所望の部分を溶融・焼結させて層を形成する．

問B

Fig.1に示されているようなDFAにおける*α*と*β*の定義を述べよ．また，*α*と*β*を用いて部品を分類する意義を説明せよ．

マニュアルハンドリングにおいて，部品を任意の角度で持ったときに，穴の形と角度を合わすために上図の*α*軸*β*軸方向に最大何度の回転をさせる必要があるかを示している．

これらにより，マニュアルハンドリングにおいて作業者がその工程にかける時間を部品ごとに数値的に扱うことが可能である．(組み立て時間の定量的評価)

問C

いつもの．

茨木先生

問題２

問A

(1) 荒加工と仕上げ加工の違い：荒加工では，効率よく切削することが大事なので精度はあまり重要視せず，径の大きな工具を選択し，軸方向切り込み量や送り幅は工具の強度が許す範囲で，できるだけ大きい値に設定する．

一方，仕上げ加工では，最終的な精度を出す事が目的なので，荒加工よりも小さな径の工具を選択し，軸方向切り込み量や送り幅もその精度に対して適切な値に設定する．

(2) ストレートエンドミルとボールエンドミルとは何か：どちらも切削加工に用いる工具，エンドミルの一種である．

ストレートエンドミルは先端がストレートなタイプであり，側面と底面とで加工可能であり，軸方向切り込み量はボールエンドミルよりも大きく出来るため，短時間で大きな堆積を削ることが出来る．しかし，側面が曲面である場合，階段状の削り残しが残ってしまう．波上の模様であるカスプを考えなくて良いという特徴がある．

一方，ボールエンドミルは先端に球がついたタイプであり，先端の球でしか切削できないため大きく切り込む事にはあまり向かない．側面が曲面である場合に適している．また，カスプが残るという特徴がある．

(3) 等高線工具パスと，走査線工具パスとは何か：

等高線パスは荒加工によく用いられるパスであり，高さ別の層毎に切削を行う．接触角度が30°から90°という、等高線加工の制限から、勾配の急な領域は加工され、なだらかな領域はより適した加工法のために、残される。

走査線パスはよく仕上げ加工に用いられるパスであり，荒加工のカスプからの中仕上げや、角度の浅い領域の仕上げに使われる．

仕上げ加工で用いるパス：

(4) カスプ高さとは:カスプとは，切削加工後に加工面に残る削り残しである．波上の模様になる．カスプ高さとは，その高さであり，所望の精度を出すためにはこれを一定の高さ以下にする必要がある．カスプ高さを決定する要因は，軸方向切り込み量及び送り幅(ピッチ) である．

(5) 同じ等高線上の平面内で見たときに，辺と辺の重なる，正方形の４つの頂点において，このようなことは起こると考えられる．

問B

従来，直進3軸を持つ一般的な工作機械を使った加工していた部品に対し，直進3軸・旋回2軸を持つ5軸加工機を導入して，機械加工を行う一般的な利点を，主に以下の観点から論ぜよ．

♦ 　加工精度の向上

♦ 　加工能率の向上

5軸加工機の3軸に対するメリットとして，加工の自由度の高さから複雑な加工を行い得る事がある．これにより加工精度は向上する．また，加工に使用する工具を変更する際に，段取りを変える必要が無いことがある．これは段取り替えに起因する取り付け誤差をなくし得る事につながり，加工精度，加工能率ともに向上する．故にこの様な加工に対し，5軸の方が3軸に対して優れているといえる．

2015年度

泉井先生

問題１

問A

1. アディティブ・マニュファクチャリングの利点を切削加工や射出成形と比較しながら説明せよ．

切削加工では難しい複雑な形状の製造が可能であり，射出成形の際に必要となる金型のような加工準備が不要である．また，3D-CADデータさえ手に入れば，製造において装置を操作するための特別な知識が不要であるという利点もある．

1. アディティブ・マニュファクチャリングの代表的な方法を2つ示し，そのプロセスの概要を説明せよ．

・液槽光重合法

　液体状の光硬化性樹脂に紫外線などのレーザーを照射し，目的の形の層を作成する．

・シート積層法

　レーザーを用いて材料(紙，プラスチック)を順番に断面形状に切り取り接着剤で張り重ねる．紙が水分を吸い込むため，経時変化が起きやすい．

・結合剤照射法

　セラミックや金属粉末に結合剤をインクジェットで吹き付けて目的の形状の層を作成する．

・材料押出法

　熱可塑性樹脂を高温で溶かして積層させる．

・材料噴射法

　材料を直接噴射して積層させる．一層の成形のたびにカッターで削って精度を保証する．

・粉末床溶融結合法

　樹脂や金属の粉末の薄い層にレーザーなどにより所望の部品を溶融焼結させて層を形成する．

・志向エネルギー堆積法

　レーザーで金属の対象物を加熱し，加熱された部位に金属粉末を落とすことで付着させる．

問B

統合型アーキテクチャとモジュール型アーキテクチャの違いを少なくとも次の3つの単語を使いながら説明せよ．(製品の多様性，局所性能，部品の共通化)

統合型アーキテクチャは一つの部品に複数の性能が割り当てられている，主に大域性能を持つアーキテクチャであるのに対して，モジュール型アーキテクチャは一つの部品に一つまたは少数の性能が割り当てられている，主に局所性能を持つアーキテクチャである．そのため，モジュール型は他の製品との部品の共通化が容易であり，機能の少ない製品については製品の多様性の面でも有利である．一方，多くの機能を持つ製品についてはモジュール型の場合，部品数も多くなることから製品が巨大化する可能性があり，統合型アーキテクチャのほうがコンパクトに製造することができる．

問C

いつもの．

茨木先生

問題２

問A

(1)三角錐の頂点，辺，面についてWinged-edgeモデルのうち，E2に関わる部分を表せ．

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | pv | nv | pf | nf | pccw | pcw | nccw | Ncw |
| E2 | V3 | V1 | S1 | S2 | E1 | E4 | E5 | E3 |

(2)B-reqモデルの代表例である「BUILDモデル」と比較して，Winged-edgeモデルの原理的な長所を述べよ．

形状についての情報の検索において，「BUILDモデル」は全ての表を検索しなければならないのに対して，Winged-edgeモデルは条件合う部分のみを抽出するのが容易であるため短い時間で行うことが可能となる．

「BUILDモデル」では辺の方向の情報が足りずに矛盾した形状を許容してしまうのに対して，Winged-edgeモデルは辺の方向について側面の条件なども考慮しているため，矛盾した形状とならない．

(3)B-reqモデルと比較して，CSGモデルの原理的な長所，短所を述べよ．

2013年度と同様

問B

1. エンドミル加工における，等高線パスと走査線パスの違いを説明せよ．例として，図のような三角柱のポケットをボールエンドミルで加工する場合を考え，等高線パスと走査線パスの模式図を描き，説明せよ．

2014年度と同様．図は省略

1. 図の粗加工では一般に等高線パスと走査線パスの何れが良いと考えるか，理由と共に説明せよ．

走査線パスを用いる．等高線パスの場合，三角柱のうち，三角形の面にエンドミルが接して切削を行わなければならない状態となり，エンドミルに大きな抵抗がかかるから．

1. 加工物の形状から，等高線パスを計算するアルゴリズムとして，Voronoi線図を用いる方法が知られている．Vonoroi線図とは何かを説明し，Voronoi線図を用いてどのように等高線パスを計算するのか説明せよ．

？？？

1. 図の三角柱を等高線パスで粗加工するとき，送り速度や主軸回転数が一定でも工具に作用する切削抵抗が一時的に大きくなる箇所があると予想される．等高線パス上のどのような箇所か？

三角柱の三角形の面に接して，切削を行う箇所．

1. 工具に作用する切削抵抗が一時的に大きくなることは，工具損傷の原因となる場合があり，好ましくない．これを避けるために，どのような方策が考えられるか，説明せよ．

工具の方向を変更する．具体的は，真上から直線的におろして切削するのではなく，多軸機を用いて，斜め方向から加工を行うようにする．