

通信教育講座

技術士一次試験対策講座

基礎科目



| | |
|-----------------------|-----|
| 0章 基礎科目について | 1 |
| ・出題傾向 | 2 |
| 1章 設計・計画 | 3 |
| ・出題傾向 | 3 |
| ・重要事項 | 4 |
| 1-1 設計理論 | 5 |
| 1-2 システム設計 | 25 |
| 1-3 製造システム | 41 |
| 1-4 練習問題 | 46 |
| 2章 情報・論理 | 57 |
| ・出題傾向 | 57 |
| ・重要事項 | 58 |
| 2-1 アルゴリズム | 59 |
| 2-2 論理演算 | 72 |
| 2-3 情報理論の基礎 | 77 |
| 2-4 ネットワークとコンピューテーション | 79 |
| 2-5 練習問題 | 111 |
| 3章 解析 | 125 |
| ・出題傾向 | 125 |
| ・重要事項 | 126 |
| 3-1 行列とベクトルの基礎 | 127 |
| 3-2 計算力学 | 149 |
| 3-3 力学 | 170 |
| 3-4 熱伝導問題 | 174 |
| 3-5 流体力学 | 177 |
| 3-6 固体力学 | 180 |
| 3-7 電磁気学 | 187 |
| 3-8 練習問題 | 191 |
| 4章 材料・化学・バイオ | 203 |
| ・出題傾向 | 203 |
| 4章A 材料 | 203 |
| ・出題傾向 | 203 |

| | |
|-------------|----------------------|
| • 重要事項 | 204 |
| 4 A - 1 | 材料の分類 205 |
| 4 A - 2 | 原子間・分子間の化学結合様式 205 |
| 4 A - 3 | 材料物性 207 |
| 4 A - 4 | 金属材料 213 |
| 4 A - 5 | セラミックス 215 |
| 4 A - 6 | 高分子材料 216 |
| 4 A - 7 | 複合材料 218 |
| 4 A - 8 | 半導体材料 219 |
| 4 A - 9 | 練習問題 220 |
| 4章 B | 化学225 |
| • 出題傾向 | 225 |
| • 重要事項 | 226 |
| 4 B - 1 | キーワード解説と例題 227 |
| 4 B - 2 | 練習問題 248 |
| 4章 C | バイオ257 |
| • 出題傾向 | 257 |
| • 重要事項 | 258 |
| 4 C - 1 | 細胞の構造と分裂 259 |
| 4 C - 2 | 遺伝と遺伝子 262 |
| 4 C - 3 | バイオテクノロジー 272 |
| 4 C - 4 | 代謝と酵素 277 |
| 4 C - 5 | 練習問題 282 |
| 5章 | 技術連関291 |
| • 出題傾向 | 291 |
| • 重要事項 | 293 |
| 5 - 1 | 技術史 294 |
| 5 - 2 | 社会・技術相関 299 |
| 5 - 3 | リスク管理・品質管理 303 |
| 5 - 4 | 環境 308 |
| 5 - 5 | エネルギー 318 |
| 5 - 6 | 練習問題 332 |

ギリシャ文字

| 大文字 | 小文字 | 名 称 | 大文字 | 小文字 | 名 称 | 大文字 | 小文字 | 名 称 |
|----------|------------|-------|-----------|-----------|-------|------------|-----------------|-------|
| A | α | アルファ | I | ι | イオタ | P | ρ | ロー |
| B | β | ベータ | K | χ | カッパ | Σ | σ | シグマ |
| Γ | γ | ガンマ | Λ | λ | ラムダ | T | τ | タウ |
| Δ | δ | デルタ | M | μ | ミュー | Υ | υ | ユプシロン |
| E | ϵ | エプシロン | N | ν | ニュー | Φ | φ, ϕ | ファイ |
| Z | ζ | ジータ | Ξ | ξ | クサイ | X | χ | カイ |
| H | η | イータ | O | o | オミクロン | Ψ | ψ | プサイ |
| Θ | θ | シータ | Π | π | パイ | Ω | ω | オメガ |

電気・磁気の単位

| 量 | 量記号 | 単位を定義する式 | 名 称 | 単位記号 |
|-------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------|
| 電 流 | I | 基 本 | アンペア (ampere) | A |
| 電 圧 | V | $P=VI$ | ボルト (volt) | V |
| 電 気 抵 抗 | R | $R=V/I$ | オーム (ohm) | Ω |
| 電 気 量 (電 荷) | Q | $Q=It$ | クーロン (coulomb) | C |
| 静 電 容 量 | C | $C=Q/V$ | ファラド (farad) | F |
| 電 界 の 強 さ | E | $E=V/l$ | ボルト毎メートル | V/m |
| 電 束 密 度 | D | $D=Q/A$ | クーロン毎平方メートル | C/m ² |
| 誘 電 率 | ϵ | $\epsilon=D/E$ | ファラド毎メートル | F/m |
| 磁 界 の 強 さ | H | $H=I/l$ | アンペア毎メートル | A/m |
| 磁 束 | Φ | $V=\Delta\Phi/\Delta t$ | ウェーバ (weber) | Wb |
| 磁 束 密 度 | B | $B=\Phi/A$ | テスラ (tesla) | T |
| 自 己 (相 互) インダクタンス | $L, (M)$ | $M=\Phi/I$ | ヘンリー (henry) | H |
| 透 磁 率 | μ | $\mu=B/H$ | ヘンリー毎メートル | H/m |

l は長さ(m) A は面積(m²) P は電力(W)

SI 基本単位

| 量 | 単位の名称 | 単位記号 |
|-------|-------|------|
| 長 さ | メートル | m |
| 質 量 | キログラム | kg |
| 時 間 | 秒 | s |
| 電 流 | アンペア | A |
| 熱力学温度 | ケルビン | K |
| 物 質 量 | モ ル | mol |
| 光 度 | カンデラ | cd |

SI 補助単位

| 量 | 単位の名称 | 単位記号 |
|-------|---------|------|
| 平 面 角 | ラ ジ ア ン | rad |
| 立 方 体 | ステラジアン | sr |

注) 熱力学温度としては従来から用いられているセルシウス度(°C)をSI単位として使うことができます。

固有の名称を持つ組立単位

| 量 | 単位の名称 | 単位記号 | 定義 |
|------------------|------------|--------------------|--|
| 周波数 | ヘルツ | Hz | $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ |
| 力 | ニュートン | N | $1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ |
| 圧力, 応力 | パスカル | Pa | $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ |
| エネルギー, 仕事, 熱量 | ジュール | J | $1\text{J} = 1\text{N}\cdot\text{m}$ |
| 仕事率, 工率, 動力, 電力 | ワット | W | $1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$ |
| 電荷, 電気量 | クーロン | C | $1\text{C} = 1\text{A}\cdot\text{s}$ |
| 電位, 電位差, 電圧, 起電力 | ボルト | V | $1\text{V} = 1\text{J}/\text{C}$ |
| 静電容量, キャパシタンス | ファラド | F | $1\text{F} = 1\text{C}/\text{V}$ |
| (電気) 抵抗 | オーム | Ω | $1\Omega = 1\text{V}/\text{A}$ |
| (電気の) コンダクタンス | ジーメンズ | S | $1\text{S} = 1\Omega^{-1}$ |
| 磁束 | ウェーバ | Wb | $1\text{Wb} = 1\text{V}\cdot\text{s}$ |
| 磁束密度・磁気誘導 | テスラ | T | $1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$ |
| インダクタンス | ヘンリー | H | $1\text{H} = 1\text{Wb}/\text{A}$ |
| セルシウス温度 | セルシウス度または度 | $^{\circ}\text{C}$ | |
| 光束 | ルーメン | lm | $1\text{lm} = 1\text{cd}\cdot\text{sr}$ |
| 照度 | ルクス | lx | $1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$ |
| 放射能 | ベクレル | Bq | $1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1}$ |
| 質量エネルギー分与, 吸収線量 | グレイ | Gy | $1\text{Gy} = 1\text{J}/\text{kg}$ |
| 線量当量 | シーベルト | Sv | $1\text{Sv} = 1\text{J}/\text{kg}$ |

SI 接頭語

| 単位に乗ぜられる倍数 | 接頭語の名称 | 接頭語の記号 |
|------------|--------|--------|
| 10^{24} | ヨタ | Y |
| 10^{21} | ゼタ | Z |
| 10^{18} | エクサ | E |
| 10^{15} | ペタ | P |
| 10^{12} | テラ | T |
| 10^9 | ギガ | G |
| 10^6 | メガ | M |
| 10^3 | キロ | k |
| 10^2 | ヘクト | h |
| 10 | デカ | da |

| 単位に乗ぜられる倍数 | 接頭語の名称 | 接頭語の記号 |
|------------|--------|--------|
| 10^{-1} | デシ | d |
| 10^{-2} | センチ | c |
| 10^{-3} | ミリ | m |
| 10^{-6} | マイクロ | μ |
| 10^{-9} | ナノ | n |
| 10^{-12} | ピコ | p |
| 10^{-15} | フェムト | f |
| 10^{-18} | アト | a |
| 10^{-21} | ゼプト | z |
| 10^{-24} | ヨクト | y |

三角関数に関するおもな公式

- (1) $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$
- (2) $1 + \tan^2 \alpha = \sec^2 \alpha$
- (3) $1 + \cot^2 \alpha = \operatorname{cosec}^2 \alpha$
- (4) $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$
- (5) $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$
- (6) $\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$
- (7) $\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cot \beta \mp 1}{\cot \beta \pm \cot \alpha}$
- (8) $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$
- (9) $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta)$
- (10) $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$
- (11) $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$
- (12) $\sin \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \{ \sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta) \}$
- (13) $\sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} \{ \cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta) \}$
- (14) $\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \{ \cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta) \}$
- (15) $\cos \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} \{ \sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta) \}$
- (16) $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$
- (17) $\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha$
- (18) $\sin 4\alpha = 4 \sin \alpha \cos \alpha - 8 \sin^3 \alpha \cos \alpha$
- (19) $\sin n\alpha = {}_n C_1 \sin \alpha \cos^{n-1} \alpha - {}_n C_3 \sin^3 \alpha \cos^{n-3} \alpha$
 $+ {}_n C_5 \sin^5 \alpha \cos^{n-5} \alpha - \dots$

微分法・積分法の公式

◆ 微分法

- (1) $(x^n)' = nx^{n-1}$
- (2) $(k)' = 0$
- (3) $\{f(x) + g(x)\}'$
 $= f'(x) + g'(x)$
- (4) $\{f(x) - g(x)\}'$
 $= f'(x) - g'(x)$
- (5) $\{kf(x)\}' = kf'(x)$
- (6) $\{g(x)h(x)\}'$
 $= g'(x)h(x) + g(x)h'(x)$
- (7) $(\sin x)' = \cos x$
- (8) $(\cos x)' = -\sin x$
- (9) $(e^x)' = e^x$
- (10) $(\log x)' = \frac{1}{x} \quad (x > 0)$
- (11) $y = g(t), t = h(x)$ のとき
 $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt} \frac{dt}{dx}$
- (12) $(\sin ax)' = a \cos ax$
- (13) $(\cos ax)' = -a \sin ax$
- (14) $(e^{ax})' = ae^{ax}$

◆ 積分法

- (1) $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \quad (n \neq -1)$
 - (2) $\int k dx = kx + C$
 - (3) $\int \{f(x) + g(x)\} dx$
 $= \int f(x) dx + \int g(x) dx$
 - (4) $\int \{f(x) - g(x)\} dx$
 $= \int f(x) dx - \int g(x) dx$
 - (5) $\int kf(x) dx = k \int f(x) dx$
 - (6) $\int g'(x)h(x) dx$
 $= g(x)h(x) - \int g(x)h'(x) dx$
 - (7) $\int \cos x dx = \sin x + C$
 - (8) $\int \sin x dx = -\cos x + C$
 - (9) $\int e^x dx = e^x + C$
 - (10) $\int \frac{1}{x} dx = \log x + C \quad (x > 0)$
 - (11) $t = h(x)$ のとき
 $\int g(t) dt = \int g\{h(x)\} h'(x) dx$
 - (12) $\int \cos ax dx = \frac{1}{a} \sin ax + C$
 - (13) $\int \sin ax dx = -\frac{1}{a} \cos ax + C$
 - (14) $\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$
- (k, a は定数, C は積分定数)

0章 基礎科目について

基礎科目は、計画・設計、情報・論理、解析、材料・化学・バイオ、および技術関連の5分野から数題ずつ出題され、それぞれの分野から3題ずつを選択して合計15題を1時間で解答することになっています。1題1点で15点満点です。平成16年度現在では、合格点は基礎科目だけでは40%の6点以上で、かつ、専門科目（50点満点、20点以上）との合計で50%以上（33点以上）となっています。

試験科目の説明では、次のようになっています。

基礎科目：科学技術全般にわたる基礎知識

出題分野は次の(1)～(5)のとおりです。

- (1) 設計・計画に関するもの（設計理論、システム設計等）
- (2) 情報・論理に関するもの（アルゴリズム、情報ネットワーク等）
- (3) 解析に関するもの（力学、電磁気学等）
- (4) 材料・化学・バイオに関するもの（材料特性、バイオテクノロジー等）
- (5) 技術関連（環境、エネルギー、品質管理、技術史等）

基礎科目の出題内容は、比較的レベルが高く、十分な準備が必要です。以下の各章の説明をよく理解し、かつ、不明な点は参考文献で調べるなどして、備えておく必要があります。

一次試験の程度については、文部科学省の一次試験実施大綱によれば、「試験の程度は、基礎科目及び専門科目については、4年制大学の自然科学系学部の専門教育程度とする。」とされていますが、教育内容は大学により差があるので、大学で使われる標準的な教科書に出ている程度と見ておくべきでしょう。

具体的には、教養課程で使われる数学や物理・化学・生物等の教科書の内容の復習に加え、専門課程での設計・計画の理論、専門科目の基礎となっている諸理論や技術史、さらには、品質管理、環境、エネルギー問題等ですが、新聞雑誌等で報道される新しい情報や現実社会で起きている現象にも目や耳を傾けて整理しておく必要があります。

基礎科目出題傾向

| | 平成 13 年度 | 平成 14 年度 | 平成 15 年度 | 平成 16 年度 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 1. 設計・計画 | 6 | 6 | 5 | 4 |
| 設計理論 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| システム設計 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 製造システム | 1 | 1 | | |
| 2. 情報・論理 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| アルゴリズム | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 論理演算 | 1 | | | |
| 情報理論 | 1 | 1 | | |
| ネットワーク | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3. 解析 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 熱流体 | 1 | | 1 | |
| 力学（質点, 流体, 固体） | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 計算力学 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| ベクトル解析 | 1 | 2 | | 1 |
| 電磁気学 | | | | |
| 4. 材料・化学・バイオ | 7 | 8 | 7 | 7 |
| 材料特性 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 化学 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| バイオテクノロジー | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 5. 技術関連 | 8 | 4 | 7 | 8 |
| 技術史 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 社会・技術関連 | 1 | | 1 | 1 |
| 品質管理 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 環境 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| エネルギー | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 合 計 | 30 | 27 | 28 | 30 |

以下、各章ごとに出題傾向や程度、基礎的事項の解説と例題、関連する演習問題が提供されますので、十分に理解・把握して、資料なしで要点の説明ができるレベルまで勉強してください。また、紙数の関係で十分に説明しきれない部分や、わかりにくい点については、章末の参考文献で勉強することをお勧めします。

1 章 設計・計画

出題傾向

「一次試験科目表」では基礎科目の「設計・計画に関するもの」に関しては、「設計理論，システム設計等」となっています。

設計・計画という言葉は従来から用いられていますが，その定義は人により若干異なっていました。これに対し，岩波講座 現代工学の基礎「設計系」では，設計学という分野に体系化していますので，これを参考にするのが良いでしょう。

過去の出題分野は，

- ① 設計理論に関するもの
- ② システム設計に関するもの
- ③ 製造システムに関するもの

の3つに分類されます。

問題は4～6題出題され，そのうち3題を解答するのがこれまでの形です。

①の設計理論は，設計の概念，設計者の責任，設計仕様，安全性設計，リサイクル，ライフサイクル，設計と社会，規格・基準などが出題されています。

②のシステム設計は，システムの信頼性に関する問題および安全率と損害額，待ち行列，輸送時間とコスト，検査回数とコスト，物流コスト売上高期待値など最適化に関する問題が出題されています。

③の製造システムは，製造物責任法，検査などが出題されています。

問題形式はほとんどが文章表現の真偽問題ですが，システム設計に関する問題は計算問題が出題されます。計算問題は問題をよく見れば問題中の定義などに解法が示されている問題が多く，与えられた数値を機械的に代入し計算するだけで解答できるものもありますので，難しく考えずに例題，練習問題を通しての学習が必要です。

試験時間に対して出題数が多く，問題を読むだけでも時間が相当かかりますので，簡単に解答ができる問題から解答してください。複数出題のうち3題を解答することになっていますが，4題以上解答した場合はそれら全部が不正解となりますのでご注意ください。

重要事項

1. 設計理論

(1)設計の定義

設計とは

設計の概念

人工物のライフサイクル

コンカレントエンジニアリング

(2)設計の分類

概念設計

基本設計

詳細設計

シリーズ設計

バラエティ設計

パラメトリック設計

編集設計

(3)設計の方法

設計原理

設計対象物に対する情報

設計方法の分類

設計活動基本工程

設計に求められる事柄と実現方法

設計支援ツール

CAD/CAM/CIM

創造設計原理

(4)環境社会と設計

技術の発展方向

設計と社会の関わり

PL法

知的所有権

デファクトスタンダード

2. システム設計

(1)システムとモデル

システム工学

シミュレーション

モデル化

モンテカルロ法

マスターセオリー

ムーアの法則

(2)システムの信頼性設計

バスタブ曲線

信頼性設計

信頼性の計算

システムの集中と分散

計算機システムの信頼性と経済性

(3)最適化の方法

目的関数による評価の問題

最大値/最小値を求める問題

3. 製造システム

(1)製造システムの計画

デジタルファクトリー

ヴァーチャルファクトリー

(2)製造システムの管理と運用

PPP/LCA/EPR

インバース・マニュファクチャリング

1-1 設計理論

(1) 設計の定義

1) 設計とは

人為的に作り出されたものを人工物といいます。この人工物を生み出す過程を生産と呼びます。生産の中でも最初の段階で、どんな人工物をどのように生産するかを決定する過程を設計といいます。

すなわち、設計とはある目的を具体化するために、どんなものをどのように作るかを決めることをいいます。

英語で設計を「デザイン (Design)」といますが、日本では「設計」と「デザイン」とは区別して使われる場合があります。その場合の「デザイン」は、意匠のことをいいます。

2) 設計の概念

設計業務は、その対象によって異なります。

a. 建築設計

建築設計の設計業務は、下記4段階に区分されます。

企画設計, 基本設計, 実施設計, 施工設計

b. 機器設計

機器設計は、製品企画、開発段階の製品設計と部品の加工や組み立てのための生産設計があります。

製品設計は、概念設計、基本設計、詳細設計に区分されます。

c. ソフトウェア設計

ソフトウェア設計には、システム設計とシステム構築があります。

システム設計には概念設計と基本設計があります。概念設計では要求機能を定義し、基本設計では基本的なアルゴリズムを決定する論理設計とシステム構築計画を決定する物理設計を実施します。

システム構築には、詳細設計と製造があり、これにはサブシステムプログラミング、インテグレーション、テスト検証、インストレーションがあります。^注

注 ソフトウェア設計の場合は製造という工程が存在せず、全て設計と呼んでも良い面を持っています。

d. メカトロニクス設計

メカトロニクス設計の業務には、製品企画、概念設計、基本設計、詳細設計があり、その後、試作、量産製造の段階に移ります。

e. 工業製品設計

一般に、工業製品の設計手順は、概念設計、基本設計、詳細設計、生産設計となっています。

3) 人工物のライフサイクル

人工物である製品のライフサイクルとは、下記の過程のことをいいます。

- ① 製品企画、② 設計（含む研究開発）、③ 製造、④ 販売および流通、
⑤ 使用、⑥ 保全、⑦ 回収、⑧ 再利用およびリサイクル、⑨ 廃棄

4) コンカレントエンジニアリング

コンカレントエンジニアリングとは協調設計のことであり、製品企画から設計、試作、生産設計の各段階を並列化し、ムダな待ち時間を短縮することで開発時間を短縮することを目的にしています。

そのために、それぞれの段階の間で生成される情報を集約・共有化し、設計ミスや設計不適合を削減し、設計の手直しが後工程で発生しないように配慮しています。

例題 1-1

(平成 13 年)

ビーバは木を集めてダムを作る習性がある。この行為は「設計」と見なされる活動を含むかどうか、5人が議論を行った。以下に各人の「設計」についての見解を示すが、論理の展開が最も妥当と思われるものを選ぶ。

- ① 人間の行為でないならば、設計とは言えない。
② 図面を用いていないならば、設計とは言えない。
③ 作ったものに経済的な価値がないならば、設計とは言えない。
④ 目的を意識していないならば、設計とは言えない。
⑤ ダム以外のものは作れないならば、設計とは言えない。

解説と解答

設計とは、「ある目的を具体化するために、どのようなものをどのように作るかを定めること」と定義されていますので、目的を意識することが必要であり、④が正解であることがわかります。

①は正しいように思われますが、ある目的を持って人間の行為でないバイオや自然現象を利用してその目的を達成するのも設計と考えられますので、妥当とはいええない表現です。②は、図面なしで文章にて指示するのも設計行為の一部といえますので、妥当とはいえません。③は、作ったものに経済的価値がなくても設計といえるので妥当とはいえません。④は、動物の習性などの営みによって結果がもたらされ、そこに特に目的が意識されていない場合には設計とはいええないので妥当な表現であるといえます。⑤は、ダム以外のものを作れなくても人工物をどのように作り出すか目的を意識した行為であれば設計といえますので、妥当な表現とはいえません。

例題 1-2

(平成 15 年)

設計に関連した次の記述の中から最も適切なものを選べ。

- ① 芸術家は自分の心象を自由に表現するのに対して、工学の設計者は独自の考え方を設計に反映させることは許されない。
- ② 同じ設計仕様を与えられた 2 人の設計者が異なる設計案を提示したとする。この場合、2 人の設計案が共に設計仕様を満たすことはありえない。
- ③ 設計は科学的な判断に基づいて論理的に合理的に進めることが重要であって、設計案に冗長な機能や情緒的な価値を反映してはならない。
- ④ 企業の特徴や姿勢を伝えるために製品の意匠デザインに工夫を凝らしてもよいが、製品の構成や構造の設計に影響を与えてはならない。
- ⑤ 数学の問題解答においては解を導いたときに作業は終わるが、一般には設計の作業は数学の場合のように終了が明確に定まるものではない。

解説と解答

設計作業は、設計内容が決定した後でも、継続的な設計修正作業が生じるのが一般的であり、数学の解のように終了が明確に定まるものではないので、⑤が正解となります。

設計の品質は与えられた仕様に対し、いかに独自性を出し最適設計をするかによりますので、①、②は不適切な表現です。高信頼性が要求されている場合は冗長設計をしますので、③は誤りです。意匠デザインも設計仕様の 1 つと見なされますので、構成や構造はそれを満足するように設計しなければならず、④は誤りです。

(2) 設計の分類

1) 概念設計

概念設計は次のステップで進めます。

a. 要求分析

市場要求，ライフサイクル情報，技術情報，市場動向などから技術要求を分析し，まとめます。

b. 機能明確化

技術要求に基づき機能を明確にします。

c. 実現原理の検討

機能を実現するための方策，原理を検討します。

d. 実体化

実現原理に基づき，実現する物理的な機構，配置，動作など基本図を作成します。

2) 基本設計

基本設計では，概念設計に基づきこれらを定量的に検討し，機能，性能，品質，コストの最適化を図り基本計画書を作成します。この他に意匠，生産性，操作性，リサイクル性，安全性，保全性などを検討します。

3) 詳細設計

詳細設計では，基本設計の基本計画書を基に部品図を作成し，部品図に基づき組み立て図を作成します。

4) 生産設計

生産設計では，各部品の加工方法を指示する加工図，加工工程を指示する加工工程図，組み立て方法を指示する組み立て工程図などがあります。

5) 新規設計

新規設計とは，新たな設計を一から設計することです。必要により，他部門の専門家を含め新規設計部を重点に新設計レビュー会を実施しフォローします。

6) 再設計

再設計とは，製品の原理も設計法も十分に知られており，過去に設計したものをもう一度設計することです。

7) 改良設計

改良設計とは，再設計の一種であり，性能やコストを改良することを目的とした

設計のことです。

8) シリーズ設計

シリーズ設計とは、過去の製品や類似製品を改良した設計のことです。

9) バリエティ設計

バリエティ設計とは、やや異なる仕様の製品を設計することです。

10) パラメトリック設計

パラメトリック設計とは、大きな出力といったパラメータを少し変更するだけの設計のことです。

11) 編集設計

編集設計とは、再設計の技法の一つで、図面上で部品を一つの図形として定義しておき、そのような部品を組み合わせる設計のことで、後述する CAD に適した設計手法です。

(3) 設計の方法

1) 設計原理

設計を具体的に進めていく際に、解候補はいくつも存在します。その中からどの候補が最適か判断の拠りどころとなるのを設計原理といいます。

具体的には

- a) 簡単なものほどすぐれている。
- b) 問題が解けないときは問題を変えてみる。
- c) 冗長、余裕について配慮する。
- d) 根拠なしの思いつきだけで進めるのはだめ。

a. 設計の思考過程

設計の思考は、図 1-1 に示すように展開していきます。

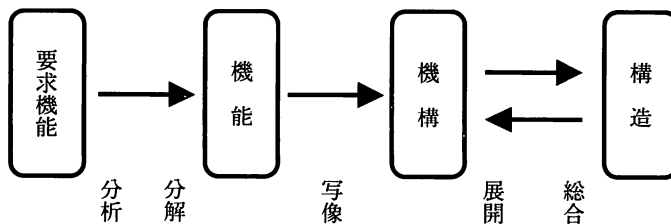


図 1-1 設計思考の展開

b. アナリシスとシンセシス

アナリシスとは、解析、分析という意味で、設計においては実体からその機能、属性、性能を明らかにする作業のことをいいます。[#]

シンセシスとは、全体の構成、合成、統合、総合という意味で、設計においては、要求された機能、属性、性能を満足させる実体を求める作業のことをいいます。図1-2にアナリシスとシンセシスの関係を示します。

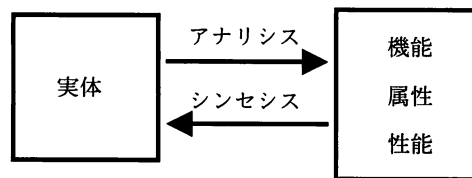


図1-2 アナリシスとシンセシス

2) 設計対象物に対する情報

設計対象物に対する情報を記載したものを仕様書 (Specification) といいます。仕様書には、人工物を記述するために必要な、要求に関する情報を記載します。

- a 要求 (Requirement) : 設計する人工物に要求される属性、状態、挙動、機能などの情報
- b 属性 (Attribute) : 人工物が持つ幾何学的、物理的、化学的、機械的性質
- c 状態 (State) : 人工物のある場、ある時刻における属性
- d 挙動 (Behavior) : 人工物の状態の時間的な変化推移
- e 機能 (Function) : 人工物の挙動を人間が特定の意図を持って主観的に観察する人工物の働き

3) 設計方法の分類

設計の方法には、定型的設計と創造的設計があります。

a. 定型的設計

すでに今までに作られたものの組み合わせ、またはそれらを参照して作っていく設計を定型的設計といいます。

世の中で行われている一般の設計の多くは、この種の設計といえます。

注 属性は数値 (Value) を持つ。

先行品参照設計，前例踏襲設計，よこにらみ設計，模倣設計等と呼ばれる場合があります。

b. 創造的設計

前例がほとんどなく，全て新たに設計するものを創造的設計といいます。実験装置設計，試作品設計等がこれに相当します。

なお，実験装置あるいは試作品設計を行う前に，新設計の範囲，他部分との取り合い，実験装置または試作品の目的等を明確化することが重要です。

4) 設計活動基本工程

機械設計における仕事の流れは，次のとおりです（図1-3）。

- a 全体企画：作ろうとするモノ，作るための活動（情報収集，技術調査，市場調査，制約条件の調査等）
- b 設計企画：設計の内容，設計活動の内容を決定
- c ポンチ絵：頭に浮かんだ考えを図に書き，決定
- d 計画図：考えを具体化
- e 最終計画図：c，dを繰り返し全体まとめ
- f 部品図・組立図：作業指示として作成
- g 製作：fにより指示監督
- h 確認：設計どおりか確認
- i 設計の後工程：設計自体を評価（記録，伝達，権利化，発表，宣伝）

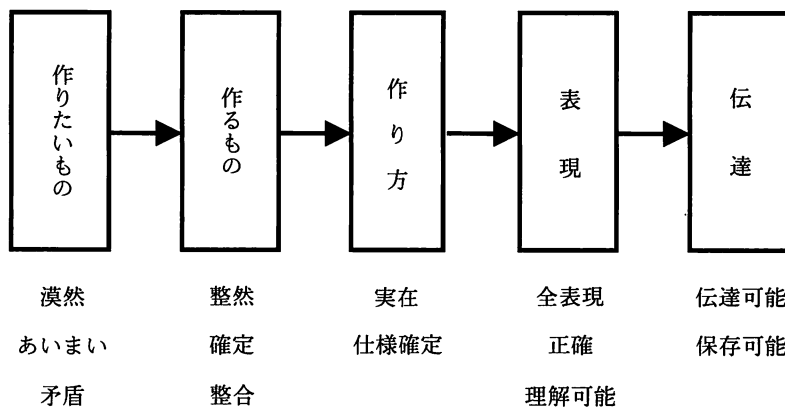


図1-3 設計の流れ

5) 設計に求められる事柄と実現方法

設計に求められる事柄と実現方法としては、次のものがあります。

a. 質の高い設計をすること

- (a) 多くの設計者の考えることを利用する。…技術関連図等
- (b) 利用可能な現存技術を利用する。…標準, カタログ等
- (c) すでに確立した技術を使う。…設計マニュアル等
- (d) 過去の経験を生かす。…設計データベース, 失敗・事件事例等
- (e) 理論を適用する。…CAE 等

b. 設計の能率を上げること

実現方法の手段としては CAD 等を利用する。

c. 考えを拡大すること

- (a) 人の考えの法則性を利用する。…思考演算法 (p.16 参照), TRIZ (p.15 参照), 設計公理等
- (b) 多くの設計者が考えることを利用する。…技術関連図書等

d. 考えを強くすること (検証)

実現の手段としては, 仮想演算を実施する。…仮想演算法等 (p.16 参照)

6) 設計支援ツール

設計支援ツールとして, 次のものがあります。

- a) CAD
- b) CAE
- c) CAM/CIM
- d) 標準, 規格, 基準, カタログ
- e) 設計マニュアル
- f) チェックリスト
- g) 設計データベース
- h) TRIZ
- i) ARIZ

a. CAD

CAD (Computer Aided Design) とは, 「コンピュータ支援設計」という意味です。CAD 形状モデルは 2 次元情報と 3 次元情報がありますが, 最近では実際の

設計で必要になるさまざまな情報の処理のできる3次元情報を取り扱うようになってきました。

3次元情報を持つと、CADは下記の計算ができます。

- 部品の重量，慣性モーメント，重心
- 任意の断面形状がわかるので，最も強度が弱い部分の抽出
- CAEでの解析やシミュレーション
- 機械同士の干渉
- 運動性能

(a) CAD形状モデリングの基礎

CADモデリングは，下記のように表現することにより作図されます。

a) 直線

$$ax+by+c=0$$

b) 円

$$(x-x_0)^2+(y-y_0)^2=r^2$$

c) 自由曲線 (2次元)

目的とする曲線をいくつかの区画に区分し近似的に自由曲線で表現します。

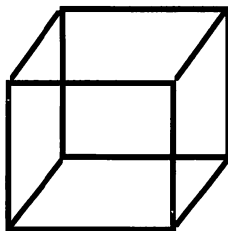
自由曲線には，ベジェ曲線，B-スプライン曲線，有理ベジェ曲線，有理多項式表現曲線などがあります。

d) 自由曲面 (3次元)

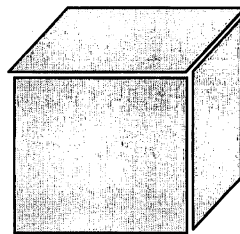
2次元ベジェ曲線を拡張してベジェ曲面を作成します。

(b) 3次元形状モデリング

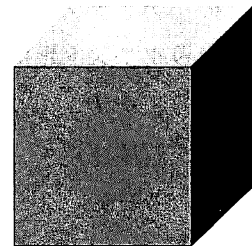
3次元形状モデリングには，次の3種類があります (図1-4)。



ワイヤーモデル



サーフェスモデル



ソリッドモデル

図1-4 3次元CADモデリング形状

基礎科目

a) ワイヤーモデル

立体を輪郭線だけで表現する中身のないスケルトンだけのモデルをいいます。

b) サーフェイスモデル

立体の面の情報だけを保持していますが、中身はありません。立体の見映えを良くするための陰影、強調、表面の質感を表現できます。

c) ソリッドモデル

立体の内部に関する情報も保持した完全なモデルです。

b. CAE

CAE (Computer Aided Engineering) とは、CADで生成された部品形状を利用して、有限要素法などにより強度計算や振動解析など複雑な技術計算を行うものです。

c. CAM/CIM

CAM (Computer Aided Manufacturing) とは、CADに従って加工を行うときに、加工をコンピュータによって支援するものです。

具体的には、NC (Numerical Control : 数値制御) あるいは作業用ロボットのプログラミングとドッキングすることにより加工します。

CIM (Computer Integrated Manufacturing) とは、NCをコンピュータでコントロールする加工システムです。

d. 設計マニュアル

設計マニュアルとは定められた設計手順書のことで、それまでにその部署が作ってきた経験をもとにして製品の設計に関する全ての技術およびノウハウをまとめて、次の設計の具体的な手順を示すものです。

e. チェックリスト

チェックリストとは、設計結果をチェックして確実な設計が行えるようにしたリストです。チェックリストには、設計結果のチェックリスト、不適合のチェックリスト、品質確認用チェックリストなどがあります。

f. 設計データベース

設計データベースとは設計に必要な全ての種類の知識を具体的に表出したもので、下記種類があります。

a) 標準, 規格データ

- b) 使用することのできる部品や要素のデータ
- c) 使用可能な設備と加工法のデータ
- d) 自分の部署または会社がそれまでに作ったもの全てについてのデータ
- e) 設計・生産に対する制約についてのデータ
- f) 生産物の周辺に関するデータ
- g) 設計者に対する知識情報（工程，基本現象，生産・加工方法，社会的常識，経済的常識など）
- h) 失敗事例・事故事例・不適合事例

g. TRIZ

TRIZ（「トウリーズ」と読む）はロシア語で「発明問題解決理論」の頭文字を英語表記したもので、旧ソ連 G. S. アルトシューラーによって考え出された技術問題の創造的開発手法であります。

彼は特許の分析により、どの発明も同じような考えの道筋をたどっている場合が多く、その道筋を積極的に利用すれば技術的問題は解決できると考え、この手法を提案しました。

TRIZ は漫然とした問題から TRIZ 問題解決手法により問題解決のヒントを得るものです。

TRIZ 問題解決手法には、下記があります。

- a) 発明問題解決アルゴリズム
- b) システムの対立克服の技法
- c) 物質・場における標準解法

h. ARIZ

TRIZ の問題解決手法の 1 つである発明問題解決のアルゴリズムを ARIZ といいます。ARIZ の問題解決の考え方の基本は、下記の 3 つがあります。

- a) 時間で分離する。
- b) 空間で分離する。
- c) 全体と部分で分離する。

7) 創造設計原理

創造設計原理とは、創造的設計をする場合の設計に関する原理（良い，正しい，早い設計）のことです。

基礎科目

これには、次の3段階があります。

a) 着想段階

水平法, 対話法, プレーンストーミング法

b) 着想発展段階

思考演算法, 仮想演習法, 思考探索

c) 評価段階

暗黙の原理, 技術の発展方向の法則

a. 思考演算法

思考演算法は、いったん生じた着想を発展させるのに有効なヒントを得る手法です。それには下記の検討が有効です。

a) 変換・逆転

b) 直列と並列の入れ替え

c) 四則演算

d) 写像

e) 対称・鏡像・回転

f) 相似則

g) 拡大・縮小

h) トポロジック的変形

b. 仮想演習法

設計とは頭に浮かんだ概念に脈絡をつけ、1つの筋の通った考えに作り上げることです。その得られた脈絡について、さまざまな状況を仮定してそれに対する対策や準備をすることを仮想演習法といいます。

仮想演習法では、下記のことを検討することが必要です。

a) 周囲環境…経済, 為替, 国際関係

b) 企画の変更…組織, 競争企業

c) 予期せぬ外乱

d) 事故対応

e) クリティカルパス

f) 予備ルート…裕度

g) 予備仮想踏査

例題 1-3

(平成 14 年)

次のうちから、誤っているものを選び。

- ① 自然物は設計という行為を経ないで存在しているが、一般的に人工物は設計という行為を経て存在している。
- ② 設計された人工物が社会に及ぼす影響は、設計段階において完全には把握できないものである。
- ③ 設計の仕様は、厳密に言えば全てが言葉によって明示的に与えられているわけではなく、設計者が自分の判断と責任で付加する部分がありうる。
- ④ 設計物の使い方によっては、設計者が意図しない機能が発揮されることがある。
- ⑤ 設計仕様を満たす設計解はただ 1 つだけ存在する。

解説と解答

設計仕様を満たす設計解は、複数存在します。したがって、⑤が誤りです。他は正しい表現です。

例題 1-4

(平成 13 年)

ある製品の設計案を技術者がまとめた。しかし、その製品の利用者になると思われる人に設計案を説明したところ、その設計案には満足できないと言われた。この指摘に対する技術者の対応としてふさわしくないものを、次の中から選べ。

- ① 類似製品が過去において利用者に受け入れられた事実を説明する。
- ② 試作してみるまでは何も分からないと説明する。
- ③ 満足できないという根拠が正しいかどうか詳しく聞いて確かめる。
- ④ 市場調査や計画の過程に問題があったかどうか検討する。
- ⑤ 利用者の価値意識が変化しているかどうか検討する。

解説と解答

技術者は、設計案を基に技術的見解を利用者に説明する責任があります。試作する場合でも、試作の目的、実機と試作機の違い、工程などをあらかじめ説明することが必要ですので、②が誤った対応です。他は正しい対応といえます。

例題 1-5

(平成 16 年)

次に示す設計技術者として負わなければならない責任のうち、最も不適当なものを選び。

- ① 成果（設計した製品および関連資料など）に対する責任
- ② 間違っていると思われる他人の指示や特定の規範に対し批判する責任
- ③ 消費者に悪影響を与える情報でも、所属する組織に不利になる情報は守秘する責任
- ④ 人間や環境に対し、安全を維持する責任
- ⑤ 上司などの指示に無批判でプロジェクトに参加するのではなく、自らの考えも入れて判断を下し、自律的にかかわる責任

解説と解答

設計者は技術的制約と経済的制約のほかに、環境や製造物責任等の社会的制約を考慮しなければいけません。よって、③の消費者に悪影響を与える情報は守秘してはいけません。したがって、③が不適当な表現です。他は正しい表現といえます。

例題 1-6

(平成 15 年)

設計や計画を行う際に設定する設計荷重や設計条件の不確かさに関する次の記述の中で、最も適切なものを選び。

- ① 地震の強さをいずれの地域でも精度良く推定することは容易ではなく、設計に当たっては、かなりの安全の余裕を見なければならない。そのためには、地震に耐える構造物や機器を経済的に設計することは不可能である。
- ② 極めて稀にしか発生しない事象や荷重に対して万全の設計や計画を施すと、とても経済的に実現できない場合もある。このような場合には、設計対象物の一部が万一破壊しても、最悪の結果を招かないように製品や構造物を設計することが重要である。
- ③ 使い方を誤ると、極めて確率が小さくても人命が失われる恐れがあるのであれば、設計者は設計、計画を放棄するしかない。
- ④ 一般に、製品や構造物は複数の部品や部材から構成されている。不慮の負荷に晒された場合にも、これらの部品や部材の一つでも損傷を受けないように設計しなければならない。

- ⑤ 新規性の高い製品や構造物の設計荷重や設計条件、負荷を設定するときは、過去の事例や実績を最大限に重視するのがよい。

解説と解答

極めて稀にしか発生しない事象や荷重に対しては設計対象物の一部または大半が損傷を受けても、人命保護や財産保護等最悪の結果を招かないよう設計することが重要です。したがって、②が正解となります。

設計対象物に要求される安全性能のレベルに応じて耐震設計を行うので、①は不適切な表現です。使い方を誤ると、極めて確率が小さくても人命が失われる恐れがあるものに対しては、安全対策を講じたり取扱説明書等に禁止事項を明記したりすることが可能ですので、③は不適切な表現です。

製品や構造物を設計する場合は、それらを構成する部品または部材の重要度を決定し、それに応じた耐久性や安全性能を付与しているので、④は不適切な表現です。

新規性の高い製品や構造物を設計する場合は、過去の事例や実績がそのまま参考にならないことが多いので、試作、モックアップあるいは数値解析シミュレーション等による十分な事前検討が必要ですので、⑤は不適切な表現です。

(4) 環境社会と設計

1) 技術の発展方向

最近の技術発展の動向は、下記のとおりです。

- a) マイクロ化…ナノ技術
- b) 媒体の変化…ウオータジェット切断
- c) 限界の超越…高温超伝導
- d) 情報化・知能化…知能化研削盤
- e) 技術の革命…エレクトロニクス
- f) エネルギーの交代…脱石油
- g) 異分野の融合…自動車とIT技術 (ITS)

2) 設計と社会の関わり

設計は技術的制約と経済的制約のほかに、次の社会的な制約を考慮しなければいけません。

- a) 環境…LCA (Life Cycle Assessment)

- b) 製造物責任…PL (Product Liability) 法
- c) 知的所有権…工業所有権, 著作権など
- d) 標準・規格…ISO, JIS など
- e) 技術の伝達…技術の伝承

3) LCA

LCA (Life Cycle Assessment) とは, 生産物の設計, 生産, 販売, 使用, 後処理を通して, 資源, エネルギー, 廃棄物を評価することをいいます。

4) PL (Product Liability) 法

PL 法とは製造物責任 (Product Liability : PL) を明確にし, 製品の^{かし}瑕疵や欠陥と被害の因果関係のみを証明すれば製造者に損害賠償を請求できるという法律のことです。

すなわち, 消費者は物的・身体的障害を被ったとき, 生産者に対し損害賠償を求められることができるというのが PL 法です。

また, 「製造者の製品に対する責任は, 使用後の廃棄段階に至るまで存在する」という考え方の拡大製造者責任 (Extended Producer Responsibility : EPR) についても, 今後考慮しなければなりません。

5) 知的所有権

知的所有権には大きく分けて, 工業所有権と著作権があります。

a) 工業所有権

特許権, 実用新案権, 意匠権, 商標権, 半導体同時配置利用権, 植物新品種保護権があります。

b) 著作権

複製権, 出版権, 放送権, 上映権, 演奏権などがあります。

6) デファクトスタンダード

世界標準などがなにも定められていない分野で, 個々の企業または企業群が自分たちで決めたものが実質的に市場を支配し, その製品分野の標準となることをデファクトスタンダード (実質的標準) といいます。