

以下の論文は、ChatGPT をカスタマイズした「技術士二次試験三上塾 AI 論文作成ツール」

<https://suninfo.co.jp/g2gpt/>

が作成した「概要論文」なので、一般的な合格論文と異なります。

勉強の進め方としては、以下の資料を元に論文の方向性を掴みつつ、概要表や出典などを参考に以下の概要論文を修正すると短時間で効率的な勉強ができます。以下の出典の URL をクリックしてもサイトが表示されない場合は、出典名をネット検索してください。

以下の論文では、観点と課題を章の最初に書いていますが、課題などを最後に書きたい場合は、テンプレート（プロンプト）を変更すれば最後に書くことが可能です。

=====

以下では、令和 8 年度・機械部門「機械設計」選択科目Ⅲ—1 について、**選択科目Ⅲで評価される「問題解決能力及び課題遂行能力」**を中心に整理します。令和 8 年度の試験案内でも、選択科目Ⅲは「複合的な問題や課題を把握し、多様な視点から分析し、問題解決の手法と遂行方策を論理的・合理的に説明できる能力」を問うものとされています。

また、マニュアルでも、選択科目Ⅲでは「具体的な事例→観点→技術課題→最重要課題→解決方法→リスク→対策」という骨格が重要です。

今回は、具体的製品をスマートフォンに設定します。これは、バッテリー、ディスプレイ、筐体、基板、カメラ等の異種部品・材料が高密度に組み込まれ、修理・再利用・再生・再製造・リサイクルと易分離・易解体設計との関係を機械設計技術者の立場から論じやすいためです。EU でもスマートフォンについて耐久性、電池寿命、分解・修理、部品供給等を含むエコデザイン要求が既に適用されています。[\(Energy Efficient Products\)](#)

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の社会目的は、

「製品のライフサイクル全体で資源価値をできるだけ長く維持し、天然資源投入量と廃棄物発生量を抑制して、持続可能かつ資源自律性の高い循環型社会・産業構造を実現すること」

です。

単に「製品を分解しやすくすること」が社会目的ではありません。

流れとしては、

易分離・易解体設計

- 修理・再利用・再生・再製造・リサイクルの促進
- 製品・部品・材料の価値維持
- 資源投入・廃棄量の削減
- CE への転換

と捉えることが重要です。

経済産業省も「成長志向型の資源自律経済戦略」において、国内資源循環システムの自律化・強靱化等を政策目的に掲げています。[\(経済産業省\)](#)

2. 出題者の意図

最大のポイントは、これは CE の知識を説明する問題ではなく、「機械設計」の問題だということです。

出題者は、主に次の能力を見ています。

1. CE という社会ニーズを機械設計上の問題へ変換できるか
2. 具体的な製品を設定し、5R を踏まえて異なる観点から技術課題を抽出できるか
3. 「分解しやすさ」だけでなく、機能・信頼性・安全性・製造性等とのトレードオフを考えられるか
4. 最重要課題を合理的に選び、専門技術を使った複数の解決策を提示できるか
5. 解決後にも残る・新たに生じるリスクを予測し、対策まで提示できるか

つまり、

CE という社会問題 → 機械設計上の技術課題 → 設計解 → 新たなリスク → 設計対策

まで一貫して論理を通せるかが勝負です。

マニュアルが示す「複合的な問題や課題を把握し、社会的利益や技術的優位性など多様な視点から分析し、課題とその遂行を論理的・合理的に説明する」という選択Ⅲの狙いにも一致します。

3. 重要な箇所と注意すべき箇所

特に重要なのは設問中の**「5R を踏まえて」「易分離や易解体設計」「多面的な方向」「観点を3つ」「それぞれの技術課題」「最も重要とした理由」「複数の解決策」「すべての解決策を実行しても新たに生じるリスク」**です。

注意したいのは、課題を単なる問題点として書かないことです。

×「接着剤が多く、分解しにくいことが課題である。」

よりも、

○「分離性と機能・信頼性を両立する締結・接合構造の構築が課題である。」

とします。

さらに、「環境」「コスト」「人材」のような抽象的観点だけで終わらず、**機械設計技術者として設計変数を操作できる技術課題**に落とすことが重要です。

4. 論文作成上のポイント

今回の答案では、3 課題を次のように切り分けると論理が明快です。

- **構造設計の観点**：分解性と機能・信頼性を両立する接合構造
- **製品アーキテクチャの観点**：交換・再利用可能なモジュール構造
- **材料循環の観点**：材料識別・選別性を高める材料構成

そして最重要課題は第 1 課題とします。

なぜなら、スマートフォンでは小型・薄型化、防水・防塵、耐落下性、剛性などが要求される一方、CE では非破壊で容易に分解できることが要求され、**両者のトレードオフを設計段階で解決することが 5R の入口になるから**です。

実際、EU のスマートフォン向けエコデザイン要求でも、落下・防塵防水等への耐性と、分解・修理性が同時に要求されています。[\(Energy Efficient Products\)](#)

5. 不合格者と合格者の思考の違い

設問を読んだ場面	不合格になりやすい思考	合格につながる思考
CE	「リサイクルについて書こう」	「5R 全体で製品・部品・材料価値を維持する問題だ」
製品設定	「何でもよいから製品を選ぶ」	「易分離・易解体を機械設計として論じやすい製品を選ぶ」
観点	「環境、コスト、人材にしよう」	「構造設計、製品アーキテクチャ、材料循環から切ろう」
技術課題	「接着剤が多いことが課題」	「分離性と機能・信頼性を両立する接合構造の構築が課題」

設問を読んだ場面	不合格になりやすい思考	合格につながる思考
最重要課題	「重要だから最重要」	「5R 全体の成立条件であり、他課題への波及性も大きいから最重要」
解決策	「分解しやすくする」	「締結標準化、可逆接合、モジュール化など設計手段まで示す」
専門性	CE の一般論を書く	締結、接合、シール、公差、モジュール、DFMA 等で機械設計を示す
リスク	「コスト増加」だけ	解決策によって新たに生じる技術的リスクを因果関係で考える
対策	「十分検討する」	CAE、FMEA、加速耐久試験等の具体的手段を示す

6. 概要表

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	リニアエコノミーから CE への転換が進む。修理、再利用、再生、再製造、リサイクルの 5R を促進するには、製品開発段階から易分離・易解体設計を組み込み、製品・部品・材料の価値を循環させる必要がある。一方、易解体化は強度、剛性、防水・防塵、小型軽量化等とトレードオフになる。
CE を推進する具体的製品	スマートフォン。電池、ディスプレイ、カメラ、基板、筐体等から構成され、修理・部品再利用・再生・再製造・材料リサイクルの対象となる。
技術課題①	構造設計の観点：分離性と機能・信頼性を両立する接合構造の構築。接着接合は薄型化、防水、剛性確保に有利だが、解体時に加熱・溶剤・破壊作業を要する場合があります、部品再利用を阻害する。このため非破壊で短時間に分離でき、かつ使用時の強度・防水性を満足する接合構造が課題。
技術課題②	製品アーキテクチャの観点：交換・再利用可能なモジュール設計の推進。電池、表示部、カメラ、充電端子等を機能単位で交換可能とし、故障部のみ交換して製品・部品寿命を延長できる構造が課題。
技術課題③	材料循環の観点：材料識別・選別性を高める材料設計の推進。異種材料の複合化や識別困難な樹脂等は再資源化を阻害する。このため材料種類の削減、材質表示、異材分離性を考慮した設計が課題。
最重要課題	分離性と機能・信頼性を両立する接合構造の構築。
理由	解体できなければ修理・部品交換・再利用・再製造・高品位リサイクルの入口に到達できない。一方、単純な易解体化では防水性、耐落下性、剛性等を低下させ製品寿命を縮め、CE に逆行する。このトレードオフ解消が機械設計上の中核だからである。

項目	内容
解決策①	締結構造の標準化・共通化。ねじ種類・径・工具種類を削減し、締結方向を統一する。スナップフィット等も適材適所で採用し、締結点数・解体工程数を削減する。
解決策②	可逆接合・易剥離接着の導入。バッテリー等にストレッチリリース型接着材等を適用し、通常使用時には保持力を確保しながら、修理・解体時には非破壊で分離可能とする。
解決策③	モジュール化・DFMAの導入。電池、表示部、カメラ、充電端子等を交換可能なモジュールとし、インターフェース、締結位置、公差体系を標準化する。組立性と分解性を設計初期から同時評価する。
リスク	易解体化による締結点削減、接着量低減、モジュール境界増加により、筐体剛性、防水・防塵性、耐落下衝撃性、振動耐久性が低下し、早期故障によって製品寿命が短縮するリスク。
対策	CAE・FMEA・信頼性試験による設計最適化。FEMによる応力・変形解析、シール面圧解析を行い、締結位置・リブ・ガスケット形状を最適化する。設計FMEAで故障モードを抽出し、落下、振動、温湿度サイクル、防水防塵等の試験で妥当性を検証する。

参考とした主な出典

1. 経済産業省「成長志向型の資源自律経済戦略」
[経済産業省「成長志向型の資源自律経済戦略」](#)（経済産業省）
2. IEC「IEC 62430:2019 Environmentally conscious design (ECD) – Principles, requirements and guidance」
[IEC 62430:2019](#)（IEC Webstore）
3. IEC「IEC TS 63428:2024 Guidance on material circulation considerations in environmentally conscious design」
[IEC TS 63428:2024](#)（IEC Webstore）
4. European Commission「Smartphones and Tablets – Ecodesign requirements」
[European Commission – Smartphones and Tablets](#)（Energy Efficient Products）
5. European Union「Commission Regulation (EU) 2023/1670 of 16 June 2023 laying down ecodesign requirements for smartphones, mobile phones other than smartphones, cordless phones and slate tablets」
[Commission Regulation \(EU\) 2023/1670](#)（EUR-Lex）
6. European Commission「Ecodesign for Sustainable Products Regulation」関連資料
[Sustainable products to become norm for consumers as new law enters into force](#)（Environment）

7. 1800 文字程度の論文

以下は、指定された章立てをそのまま使用した答案例です。マニュアルの骨子表が重視する「現状・問題→観点・技術課題→解決策→リスク・対応策」の対応関係を崩さない構成としています。

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

0) CE を推進する具体的な製品、設備や機器

対象製品をスマートフォンとする。スマートフォンは電池、ディスプレイ、カメラ、基板、筐体等の多様な部品・材料から構成される。このため、易分離・易解体設計により修理、再利用、再生、再製造、リサイクルの 5R を促進し、製品・部品・材料の価値を循環させることが重要である。

1) 分離性と機能・信頼性を両立する接合構造

構造設計の観点で考えれば、分離性と機能・信頼性を両立する接合構造の構築が課題である。具体的には、スマートフォンでは小型・薄型化、防水・防塵性、筐体剛性等を確保するため接着接合が用いられる。一方、強固な接着は解体時に加熱や破壊を伴い、電池や筐体等の再利用性を低下させる。このため、使用時の強度やシール性を維持しつつ、廃棄・修理時には非破壊で容易に分離できる接合構造が必要である。

2) 交換・再利用可能なモジュール設計

製品アーキテクチャの観点で考えれば、交換・再利用可能なモジュール設計の推進が課題である。具体的には、電池や充電端子等の一部が故障しただけで製品全体を廃棄すれば資源循環性が低下する。このため、故障頻度や寿命の異なる部品を機能単位でモジュール化し、個別に交換、再生、再利用できる構造とする必要がある。

3) 材料識別・選別性を高める材料設計

材料循環の観点で考えれば、材料識別・選別性を高める材料設計の推進が課題である。具体的には、異種材料の一体化や識別困難な樹脂の使用は、解体後の選別を困難にして再生材の品質を低下させる。このため、材料種類の削減、材質表示、異材間の分離性を設計段階から考慮し、高品位な材料リサイクルにつなげる必要がある。

2. 抽出した技術課題のうち最も重要と考える技術課題と解決策

私は「分離性と機能・信頼性を両立する接合構造の構築」が最も重要な課題と考える。理由は、製品を非破壊で分解できなければ修理、部品再利用、再生、再製造及び高品位リサイクルが困難となり、5R 全体の実現を阻害するからである。

1) 締結構造の標準化・共通化

締結部品及び締結方法の標準化が重要である。具体的には、ねじの径、頭部形状及び工具種類を削減し、締結方向を可能な限り統一する。また、繰返し着脱可能なねじ締結やスナッフフィットを適材適所に採用し、締結点数と解体工程数を削減する。これにより分解時間を短縮し、部品損傷を抑制する。

2) 可逆接合・易剥離接着の導入

接着が必要な箇所には可逆接合技術を導入することが重要である。具体的には、電池等にストレッチリリース型接着材等を採用し、通常使用時には必要な保持力を確保する一方、修理・解体時には所定の操作で剥離可能とする。これにより部品を破壊せず回収し、再利用・再生につなげる。

3) モジュール化と DFMA の導入

組立性と分解性を両立するモジュール設計が重要である。具体的には、電池、ディスプレイ、カメラ、充電端子等を交換可能なモジュールとし、機械的・電氣的インターフェース、締結位置及び公差体系を標準化する。また、DFMA の考え方により設計初期から部品点数、締結数、工具数及び分解工程数を評価し、組立・分解工数を最小化する。

3. 解決策を実行しても新たに生じうるリスクと対策

1) リスク

リスクとしては、易解体化に伴う製品の機能・信頼性低下がある。具体的には、締結点数や接着面積の削減、モジュール境界の増加によって筐体剛性やシール性能が低下し、落下衝撃、振動、温度変化等による緩みや浸水が発生する可能性がある。その結果、製品寿命が短縮すれば廃棄量が増え、CE 推進に逆行する。

2) 対策

対策としては、CAE と信頼性評価を組み合わせた設計最適化がある。具体的には、FEM による応力・変形解析やシール面圧解析を行い、締結位置、リブ形状、ガスケット形状等を最適化する。また、設計 FMEA により易解体化に伴う故障モードを抽出し、落下試験、振動試験、温湿度サイクル試験及び防水・防塵試験によって設計妥当性を検証する。これにより易解体性と耐久性・信頼性を両立させ、製品寿命の延長と 5R による資源循環を実現する。

この答案で特に評価されやすい軸は、「易解体なら何でもよい」とせず、易解体性と防水・剛性・耐久性の相反要求を機械設計で解く構成にしている点です。実製品でも、接着剤が修理を難しくする一方、モジュール化や容易な電池交換が修理性を高めることが確認されており、設問の技術的核心と整合します。[ifixit.com](https://www.ifixit.com) IEC TS 63428:2024 も、材料

循環性向上の具体的手段として、design for disassembly、材料の分離性、トレーサビリティ、部品耐久性等を挙げています。([IEC Webstore](#))

以上