

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。

設問は以下のサイトをご覧ください。

https://www.engineer.or.jp/c_categories/index02022.html

=====

以下では、令和8年度の選択科目Ⅲが「問題解決能力及び課題遂行能力」を問う試験であり、社会・技術上の複合的問題を多様な視点から分析し、課題とその遂行を論理的・合理的に説明する能力を評価する、という公式の位置付けを踏まえて整理します。

また、「選択科目Ⅲ論文作成マニュアル」の「観点→技術課題→最重要課題→解決策→リスク→対策」という骨子化の考え方を基礎にしています。

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の社会目的は、単純に「測定精度を上げること」ではありません。

高機能製品に要求される高精度部品を安定して製造するため、既存の計測資源を有効活用しながら形状計測の信頼性を向上させ、品質保証・製造品質・生産性を向上させることです。

因果関係で整理すると、

製品の高機能化 → 部品の高精度化 → 加工精度を正しく評価する必要 → 形状計測誤差の半減 → 高精度加工・品質保証の実現

となります。

ここで重要なのは、「加工精度そのものを半減させる」のではなく、**既存の計測設備及び計測方法を改善して「形状に対する計測誤差」を半減する**という条件です。

2. 出題者の意図

出題者は、最新の高精度測定機を購入すればよい、という設備更新の知識を問うているのではありません。

選択科目Ⅲでは、社会的ニーズや技術進歩に伴うエンジニアリング問題について、選択科目に関わる観点から技術課題を抽出し、多様な視点から分析して問題解決手法と遂行方策を提示する能力が問われています。

したがって、この問題では主として、

「既存設備」という制約条件の中で、計測誤差を構成する要因を分析し、どこを改善すれば形状計測誤差を半減できるかを技術的に組み立てられるか

を見ています。

特に評価されやすいのは、

測定環境、測定機・プローブ、測定戦略・データ処理

という異なる誤差要因を切り分け、その中から支配的な課題を選び、具体的な計測技術に落とし込む能力です。

公式コンピテンシーでも、複合的問題について背景に潜在する問題発生要因や制約要因を抽出・分析し、多角的視点から複数の選択肢を提起して合理的に解決策を提示することが「問題解決」とされています。

3. 設問の重要な箇所・注意すべき箇所

最重要語句は、**「既存」「改善」「形状」「計測誤差」「半減」「多面的な観点」「すべての解決策を実行しても」「新たに生じうるリスク」**です。

特に次の点に注意します。

設問の語句	読み取り
既存の計測設備	高性能 CMM への全面更新だけで解決しない
計測設備及び計測方法を改善	ハードと測定方法の双方が対象
形状に対する計測誤差	単なる寸法測定だけに限定しない

設問の語句	読み取り
半減	「改善する」では弱く、誤差要因を定量管理する発想が必要
多面的な観点	同じ観点から似た課題を3つ並べない
最も重要	3課題の中から1つ選び、その理由を書く
複数の解決策	最重要課題に直接効く解決策を複数提示
すべての解決策を実行しても	解決策の失敗を書くのではない
新たに生じるリスク	解決後だからこそ発生・顕在化する問題を書く

マニュアルでも、設問中の重要なキーワードを一文で曖昧に解釈せず、キーワード単位に分解して理解することが重視されています。

4. 論文作成上のポイント

この問題は**「誤差要因の分解」**が勝負です。

例えば形状計測結果を乱す要因を、

①環境由来 → ②測定機・プローブ由来 → ③測定戦略・解析由来

と分解します。

そこから課題を「不足している」「悪い」という問題表現ではなく、

- 温度環境の安定化
- 測定システムの精度管理
- 測定戦略の最適化

という達成方向を示す課題表現にします。

そして最重要課題について、「なぜ重要か→何をするか→どう誤差低減につながるか」が一直線につながる構成にします。

ISO 15530 シリーズでも、CMM 測定の不確かさについて、測定機だけでなくタスク固有の不確かさを扱っており、シミュレーションによる評価では測定装置・環境・測定戦略・測定対象などが考慮されています。[\(ISO\)](#)

5. 不合格者と合格者の思考の違い

項目	不合格になりやすい思考	合格を狙う思考
問題認識	「高精度測定機が必要だ」	「既存設備で誤差を半減する条件は何か」
課題抽出	測定精度が不足している	温度環境の安定化を図る
多面性	CMM 関連の似た話を 3 つ書く	環境・設備・測定戦略から分解する
原因分析	測定機の性能だけを見る	環境、機械、プローブ、ワーク、測定戦略を分析
最重要課題	書きやすいものを選ぶ	誤差半減への寄与が最大のものを選ぶ
解決策	高精度測定機を導入する	既存設備の校正、補正、測定条件最適化を組み合わせる
専門性	温度管理を徹底する	熱膨張補正、温度勾配、20℃基準等を使う
リスク	解決策がうまくいかない	解決策成功後に新たに顕在化するリスクを考える
全体構成	知っている技術を羅列	「目的→課題→解決策→リスク」が一貫

マニュアルでも、最重要課題の理由として「目的に対して最も効果が大きい」「先に実施しないと他の課題が進まない」等、論理的な理由付けを行う方法が示されています。

6. 概要表

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	製品の高機能化に伴い、部品には一層高い加工精度が要求されている。一方、既存の計測設備・方法では、温度変動、測定機・プローブの幾何誤差、測定条件・解析条件等により形状計測誤差が発生する。このため、既存設備を活用しながら計測誤差を半減する必要がある。
課題①：環境面	観点：測定環境の安定性。技術課題：温度環境の安定化。恒温化だけでなく、測定機・ワークの温度差、温度勾配、熱膨張、測定前の温度ならし等を管理する。
課題②：設備面	観点：計測設備の精度保証。技術課題：測定システムの精度管理。CMM 本体の幾何誤差、プロービング誤差、スタイラス、校正状態等を管理し、定期検証・中間点検を行う。
課題③：測定方法面	観点：測定結果の再現性。技術課題：測定戦略の最適化。測定点数・配置、走査速度、プローブ姿勢、フィルタ、評価アルゴリズム、基準要素設定等を標準化・最適化する。
最重要課題	温度環境の安定化

項目	内容
理由	温度変化は測定機とワーク双方の寸法・形状に影響し、既存設備の性能を十分に引き出す前提条件となるため。また、環境誤差を抑制しなければ設備補正や測定戦略改善の効果を正確に評価できないため。
解決策①	温度場の可視化・安定化。複数温度センサで室温、ワーク、定盤等を監視し、空調・発熱源・気流を改善する。温度ならし時間を標準化する。
解決策②	熱変位補正の高度化。ワーク材質の線膨張係数と実測温度を用いて 20℃基準への補正を行う。測定機側の温度補正と組み合わせる。
解決策③	測定不確かさの定量評価。校正された標準器・類似ワークによる反復測定等から温度、プローブ、繰返し性などの不確かさ成分を評価し、誤差半減を定量的に検証する。
リスク	温度補正・ソフトウェア補正への過度な依存により、材質の線膨張係数のばらつき、局所温度差、センサ異常等を見逃し、補正值は正しくても実際の形状評価を誤るリスク。
対策	校正標準器・マスターワークによる定期的な実測検証を行い、補正結果と実測値を照合する。管理図によるトレンド監視、定期的な CMM 性能検証、中間点検を組み合わせ、補正值の妥当性を継続確認する。

ISO 10360-2 は接触式 CMM の受入検査・再検証を、ISO 10360-5 は接触プロービングシステムを含む CMM 性能の検証を規定しており、設備精度の継続的な確認という骨子の技術的根拠になります。(ISO) また ISO 15530-3 は校正されたワーク又は測定標準を利用した CMM 測定不確かさ評価を扱っています。(ISO)

参考出典

1. ISO 10360-2:2009, Geometrical product specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) – Part 2: CMMs used for measuring linear dimensions
[ISO 10360-2:2009](#)
2. ISO 10360-5:2020, Geometrical product specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring systems (CMS) – Part 5: Coordinate measuring machines (CMMs) using single and multiple stylus contacting probing systems using discrete point and/or scanning measuring mode
[ISO 10360-5:2020](#)
3. ISO/TS 15530-1:2013, Geometrical product specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 1: Overview and metrological characteristics
[ISO/TS 15530-1:2013](#)

4. ISO 15530-3:2011, Geometrical product specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 3: Use of calibrated workpieces or measurement standards
[ISO 15530-3:2011](#)
5. ISO/TS 15530-4:2008, Geometrical Product Specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 4: Evaluating task-specific measurement uncertainty using simulation
[ISO/TS 15530-4:2008](#)

なお、光学式 3D 計測を想定する場合には、光沢・色等の表面特性も計測性能に影響するため、ISO 10360-13 も有力な参考資料になります。(ISO)

7. 概要表から作成した約 1800 字の論文

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) 温度環境の安定化

測定環境の安定性の観点で考えれば、温度環境の安定化が課題である。具体的には、製品の高機能化に伴って部品の加工公差が厳しくなれば、従来は無視できた熱変位も形状計測誤差に占める割合が増大する。測定室が 20℃に管理されていても、加工直後のワークと測定機に温度差があれば熱膨張による誤差が生じる。また、空調の気流、照明、作業者等による局所的な温度勾配も測定結果に影響する。このため、ワーク、測定機及び測定空間を含めた温度管理が必要である。

2) 測定システムの精度管理

計測設備の精度保証の観点で考えれば、測定システムの精度管理が課題である。具体的には、既存の三次元測定機 (CMM) では、長期間の使用に伴う案内機構の幾何誤差、スケール誤差等に加え、プロービング誤差やスタイラスのたわみ等が形状計測誤差となる。また、測定機本体の精度が維持されていても、プローブ校正が不適切であれば高精度な形状評価は困難である。このため、標準器を用いた定期検証と中間点検により計測システム全体の精度を維持する必要がある。

3) 測定戦略の最適化

測定結果の再現性の観点で考えれば、測定戦略の最適化が課題である。具体的には、同一ワークでも測定点数や配置、走査速度、プローブ姿勢、フィルタ、形状評価アルゴリズム及び基準要素の設定によって測定結果が変化する。特に自由曲面や微細形状では測定条件の影響が相対的に大きい。このため、対象形状に応じた測定条件を最適化し、測定手順を標準化する必要がある。

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「温度環境の安定化」が最も重要な課題と考える。理由は、熱変位は測定機とワークの双方に影響し、これを抑制しなければ他の精度改善策の効果を正確に評価できないからである。

1) 温度場の可視化・安定化

測定空間全体の温度変動を抑制することが重要である。具体的には、測定室、CMM 定盤及びワークに複数の温度センサを配置し、時間的変動と空間的温度勾配を把握する。その結果から空調吹出口、照明等の発熱源を改善する。また、加工直後のワークは恒温室内で十分に温度ならしを行い、測定機との温度差を低減してから測定する。

2) 熱変位補正の高度化

温度変化による測定値への影響を定量的に補正することが重要である。具体的には、ワーク温度を測定し、材質ごとの線膨張係数を用いて 20℃基準に換算する。さらに、測定機のスケール温度等を監視し、CMM の温度補正機能と組み合わせる。これにより、環境温度を完全には一定にできない既存設備でも熱変位による計測誤差を低減する。

3) 測定不確かさの定量評価

計測誤差半減の効果を定量的に評価することが重要である。具体的には、校正された標準器又は実ワークに近いマスターワークを反復測定し、温度、CMM、プローブ及び繰返し性等に起因する不確かさ成分を分析する。そして改善前後の測定不確かさを比較し、形状計測誤差の半減を検証する。また、支配的な不確かさ要因を継続的に抽出し、追加改善につなげる。

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、温度補正への過度な依存による形状評価の誤りがある。具体的には、補正システムを高度化するほど測定者が補正值を過信し、ワーク内部の温度勾配、材料の線膨張係数のばらつき、温度センサのドリフト等を見逃す可能性がある。その結果、数値上は安定していても真の形状から偏った測定結果を量産判定に使用するリスクが生じる。

2) 対策

対策としては、補正值と実測値を組み合わせた精度保証がある。具体的には、トレーサビリティの確保された標準器やマスターワークを定期的に測定し、補正後の測定結果の妥当性を検証する。また、測定結果を管理図で監視し、平均値やばらつきの変化からセンサドリフトや CMM の経時変化を早期検出する。さらに、定期的な性能検証と日常の中間点検を

組み合わせ、補正に依存し過ぎない計測管理体制を構築する。これにより、既存設備を有効活用しながら計測信頼性を継続的に確保する。

この答案で特に重要なのは、「温度管理」だけの一般論で終わらず、「温度場の安定化→熱変位補正→不確かさによる効果検証」と3つの解決策に役割を分けたことです。また、リスクを「温度管理が失敗する」とせず、**解決策がすべて機能した後に、補正の高度化ゆえに生じる「補正值への過度な依存」**とした点が、設問(3)への対応として重要です。

以上