

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」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か日本技術士会のサイトをご覧ください。

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

=====

以下では、「選択科目Ⅲ論文作成マニュアル」の考え方（現状・問題→観点→技術課題→最重要課題→複数解決策→新たなリスク→対策、という論理連鎖）を基礎にしつつ、令和8年度から適用される改訂版コンピテンシーと、可搬型中性子源・高エネルギーX線等に関する公開技術資料を加えて整理します。選択科目Ⅲでは、単なる専門知識の列挙ではなく、「複合的な問題を把握し、多様な視点から分析して、問題解決のための課題と遂行方を論理的・合理的に説明できること」が中心になります。

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の社会目的は、

「放射線を利用した高度な非破壊検査技術を社会インフラの現場へ安全かつ実用的に導入し、内部劣化を早期・高精度に把握することで、重大事故を未然に防止するとともに、予防保全による社会インフラの長寿命化を実現すること」

です。

ここが論文全体の「目的C」に相当します。

特に重要なのは、単に「新しい放射線検査装置を開発する」ことが目的ではないことです。中性子は水素に高感度であり、コンクリート内部の滞水、空隙、土砂化、PC グラウト未充填、塩分など、外観目視では把握しにくい内部劣化の検出に有効です。理研では2025年にトレーラー搭載型 RANS-Ⅲで中性子発生に成功しており、現場利用を見据えた技術開発が進んでいます。（[理化学研究所](#)）

2. 出題者の意図

この問題は、かなり明確に**「研究開発者」ではなく「新規技術の開発及び導入の責任者」**として考えさせる問題です。

選択科目Ⅲで評価されるのは「問題解決能力及び課題遂行能力」であり、マニュアルでも、具体的事例、観点、技術課題、最重要課題、ニーズ、分析、解決方法、波及効果・リスク、その対策を論理的につなげることが重視されています。

したがって出題者が見たいのは、主として次の能力です。

- 中性子、高エネルギーX線という異なる物理特性を持つ技術を理解しているか
- 研究室レベルの性能ではなく、実インフラで要求される検出性能を成立させられるか
- 放射線を公衆環境で扱うため、被ばく・遮蔽・立入管理・法規制まで考えられるか
- 橋梁・トンネル等で取得した画像を、単に「見えた」で終わらず、健全性評価・補修判断につなげられるか
- X線と中性子を競合技術としてではなく、相補的に融合するハイブリッド技術として設計できるか
- 解決策を導入した結果、別の問題が生じるという二次的リスクまで予見できるか

特に令和8年度から改訂版コンピテンシーが適用されます。文部科学省資料でも、令和8年度技術士第二次試験から改訂版コンピテンシーを適用するとされています。[\(文部科学省\)](#)

3. 設問の重要箇所・注意箇所

この設問で特に重要なのは、**「利用拡大」ではなく「導入及び運用」**です。

つまり、原理説明だけでは不足します。

また「可搬型中性子源」「高エネルギーX線」「ハイブリッド」という3語は重要です。例えば高エネルギーX線は厚い鉄筋コンクリート内部の観察に、中性子は水素を含む物質や内部劣化の検出に強みがあり、両者には相補性があります。実際、高エネルギーX線については3.95 MeV 小型電子ライナックを用いた鉄筋コンクリート橋梁の検査技術が研究されています。[\(日本加速器学会\)](#)

さらに注意すべきなのが「多面的な観点」です。

「中性子源の小型化」「中性子強度向上」「検出器高感度化」の3つでは、すべて装置性能という同じ観点に寄り過ぎます。

今回は、

①検査性能、②放射線安全、③社会実装・運用

くらいに観点を離すと、多面性が明瞭になります。

もう一つ重要なのが、課題の表現です。マニュアルに沿えば「〇〇が不足している」ではなく、**解決すべき方向性を課題として書くことが重要です**。さらに、観点→問題→課題が論理的につながる必要があります。

4. 論文作成上のポイント

本問では、最重要課題を**「実構造物に対する検査信頼性の確立」**とする構成を推奨します。

理由は、放射線安全も極めて重要ですが、安全管理だけ成立しても「内部劣化を正しく検出・評価できない検査技術」では社会目的を達成できないからです。一方、検査性能を追求すると線量・装置規模等とのトレードオフが生じるため、解決策の中で安全性も同時に成立させます。

マニュアルで示されている「重要な理由」の分類では、これは**効果重視＋順番重視＋公衆安全重視**を組み合わせた考え方です。

そして、解決策は同じ内容を3回言い換えるのではなく、

①センシング技術 → ②画像・データ処理 → ③実証・標準化

と段階を変えると、課題遂行能力を表現しやすくなります。

5. 不合格者と合格者の思考の違い

着眼点	不合格になりやすい思考	合格論文につながる思考
社会目的	新型検査装置を開発する	予防保全によってインフラ事故を防止する
中性子	透過力が高い	水素感度等を利用して滞水・内部劣化を検出する
X線	内部が見える	密度・厚さ・鋼材等の情報を取得する

着眼点	不合格になりやすい思考	合格論文につながる思考
ハイブリッド	2方式を一緒に使う	相補情報を位置合わせ・融合して診断精度を高める
課題	装置が大きい、線量が高い	可搬性確保、検査信頼性確立、放射線安全確保
観点	安全、コスト、人材と単語だけ書く	「なぜその観点からその課題になるか」を説明する
最重要課題	なんとなく安全が重要	社会目的への効果、先行性、公衆安全等で理由付けする
解決策	AIを使う、DXを使う	ToF、散乱イメージング、FPD、CT、画像融合等まで具体化
リスク	被ばくする	解決策を実施したからこそ新たに生じるリスクを考える
全体	技術用語の羅列	現状→問題→課題→解決策→リスク→対策を一本につなぐ

この「物語として骨子をつなぐ」こと自体が、論理的説明能力の確認になります。

6. 概要表

項目	内容
社会目的	放射線非破壊検査によって社会インフラ内部の劣化を早期・高精度に把握し、重大事故を未然防止するとともに予防保全・長寿命化を実現する。
現状・問題	橋梁・トンネル等では外観目視だけでは内部の滞水、空隙、PCグラウト未充填、塩害、鋼材腐食等の把握に限界がある。一方、中性子、高エネルギーX線による内部可視化技術が進展し、可搬化・現場利用が現実化しつつある。ただし、実構造物では厚さ・配筋・水分等が不均一で、散乱線も発生するため、研究環境で得た性能をそのまま適用できない。さらに放射線安全、可搬性、検査時間、標準化等が社会実装上の制約となる。
課題①：検査性能の観点	実構造物に対する検査信頼性の確立。 構造物の厚さ、配筋、含水状態等が多様で、X線・中性子の減弱や散乱が変化する。欠陥寸法・深さ・材質に応じた検出限界を明確にし、定量評価可能な検査体系を確立する。
課題②：放射線安全の観点	現場における放射線防護の最適化。 高エネルギーX線や中性子の利用では、作業員及び一般公衆の被ばくを確実に管理する必要がある。特に中性子では二次γ線等も考慮し、線源・遮蔽・照射方向・管理区域等を含む安全体系を構築する。

項目	内容
課題③： 社会実装 の観点	現場適用可能な検査システムの標準化・運用高度化。橋梁・トンネルでは狭 隘部、交通規制、電源、振動、粉塵等の制約がある。可搬化、自動計測、検査 時間短縮、データ形式・判定基準の標準化を進める。
最重要課 題	実構造物に対する検査信頼性の確立
理由	内部劣化を正しく検出・評価できなければ、補修の要否を誤り、インフラ利用 者の安全確保という社会目的を達成できない。また検査性能を定量化すること が、標準化・安全設計・社会実装の前提になるため。
解決策①	X線・中性子の相補的センシング。高エネルギーX線透過・散乱画像と高速中 性子散乱イメージング、ToF等を対象に応じて使い分ける。X線で密度・鋼材 等、中性子で水分・滞水等を把握し、ハイブリッド計測する。
解決策②	画像融合・定量診断の高度化。FPD等によるデジタル画像、散乱線補正、CT・ 画像再構成、位置合わせ、AI画像解析を活用し、X線・中性子画像を融合す る。模擬欠陥供試体によりPOD（欠陥検出確率）等を評価する。
解決策③	実証試験と標準化。実橋・模擬供試体で、欠陥寸法、深さ、含水率、塩分濃 度等を変えた性能試験を行い、検出限界・再現性・不確かさを定量化する。検 査手順、校正方法、判定基準を標準化する。
新たなリ スク	高精度化のため線量・照射時間を増加させると、作業員・公衆の被ばくリスク や交通規制時間が増加する。また複数モダリティとAIを利用すると、画像位 置ずれや学習データの偏りによる偽陽性・偽陰性が生じ、健全性を誤判定する リスクがある。
対策	ALARAの考え方に基づき、コリメータ、局所遮蔽、距離・時間管理、インター ロック、エリアモニタ等で線量を最適化する。画像については標準試験体によ る校正、位置合わせ精度管理、POD評価、AI結果と技術者判定のクロスチェッ ク、既存NDTとの相互検証を実施する。

参考資料

1. 理化学研究所「可搬型小型中性子源システム RANS-Ⅲ中性子発生成功！—内部劣化
を可視化しインフラ長寿命化の実現へ—」（[理化学研究所](#)）
[理化学研究所 RANS-Ⅲ資料](#)
2. 理化学研究所「超小型非破壊検査装置『中性子塩分計 RANS- μ 』を開発」（[理化学
研究所](#)）
[理化学研究所 RANS- \$\mu\$ 資料](#)
3. 理化学研究所「中性子によるコンクリート内損傷の透視—非破壊検査法でインフラ
利用者の安全を守る—」（[理化学研究所](#)）
[理化学研究所 コンクリート内損傷透視資料](#)

4. 国土交通省「点検支援技術性能カタログ（橋梁・トンネル）令和 8 年 3 月」（[国土交通省](#)）
[国土交通省 点検支援技術性能カタログ](#)
 5. 原子力規制委員会「放射性同位元素等規制法とは」—同法は放射性同位元素・放射線発生装置の使用等を規制し、放射線障害防止と公共の安全確保を目的としています。（[日本国家公務員人事庁](#)）
[原子力規制委員会 放射性同位元素等規制法](#)
 6. 日本非破壊検査協会「放射線部門（RT）」—RT、NRT、DR、CR、X 線 CT、FPD、放射線安全管理等を対象としています。（[科学技術学会](#)）
[日本非破壊検査協会 放射線部門](#)
 7. 文部科学省「技術士に求められる資質能力（コンピテンシー）改訂への対応について」—令和 8 年度第二次試験から改訂版コンピテンシーを適用。（[文部科学省](#)）
[文部科学省資料](#)
-

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。マニュアルが推奨する「設問（1）（2）（3）に対応させた章立て」にしています。

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) 実構造物に対する検査信頼性の確立

検査性能の観点で考えれば、実構造物に対する検査信頼性の確立が課題である。具体的には、橋梁、トンネル、配管設備等では、部材厚、配筋、材質、含水状態等が不均一であり、放射線の減弱や散乱の影響も異なる。高エネルギー X 線は厚いコンクリートや鋼材等の内部構造の把握に有効であり、中性子は高い透過能と水素への感度から滞水、空隙等の検出に有効である。このため、両者の相補性を活用し、対象とする変状の寸法、深さ等に応じた検出限界と測定精度を明確化する必要がある。

2) 現場における放射線防護の最適化

放射線安全の観点で考えれば、現場における放射線防護の最適化が課題である。具体的には、高エネルギー X 線や中性子を一般公衆に近接する橋梁等で利用する場合、作業員及び公衆の被ばくを確実に管理する必要がある。また、中性子では散乱中性子や二次 γ 線も考慮する必要があり、固定施設とは異なる照射方向、遮蔽、立入管理等の現場条件に対応した安全管理が求められる。

3) 現場適用可能な検査システムの標準化

社会実装の観点で考えれば、現場適用可能な検査システムの標準化が課題である。具体的には、実インフラでは狭隘部、交通規制、電源、振動、粉塵等の制約がある。このため、線源・加速器・検出器・遮蔽体の可搬化とともに、検査時間の短縮、校正方法、データ形式及び健全性判定基準を標準化し、再現性のある検査体系を構築する必要がある。

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「実構造物に対する検査信頼性の確立」が最も重要な課題と考える。理由は、内部劣化を正確に検出・評価できなければ補修の要否を誤り、インフラ利用者の安全確保という目的を達成できず、さらに検査性能の定量化が標準化や社会実装の前提となるからである。以下にその解決策を示す。

1) X線・中性子の相補的センシング

変状の物理的特性に応じた放射線の選択とハイブリッド化が重要である。具体的には、高エネルギーX線透過・散乱法により部材厚、密度変化、鋼材等を把握する。一方、高速中性子散乱イメージングや飛行時間法（ToF）により、水分、滞水、空隙等を可視化する。これらを同一座標系で計測し、相補的な情報を取得することで内部変状の識別能力を向上させる。

2) 画像融合と定量診断の高度化

複数の放射線画像を統合した定量診断が重要である。具体的には、FPD等によるデジタル画像に散乱線補正、画像再構成及び位置合わせ処理を行い、X線画像と中性子画像を融合する。さらに、既知の空隙、滞水、腐食等を有する模擬欠陥供試体を用いてAIを学習させ、欠陥検出確率（POD）、位置及び寸法を定量評価する。

3) 実証試験による性能評価・標準化

現場導入に向けた検査性能の客観的な評価が重要である。具体的には、実橋及び模擬供試体を用い、部材厚、鉄筋量、欠陥寸法、深さ、含水率等を変化させた実証試験を行う。既存の超音波法、電磁波レーダ法等とも比較し、検出限界、再現性及び測定不確かさを定量化する。これらを基に校正方法、測定手順及び健全性判定基準を標準化する。

3. 解決策の導入に伴い新たに生じうるリスクと対策

1) リスク

リスクとしては、高精度化による放射線安全性及び誤判定リスクの増大がある。具体的には、深部の微小欠陥を検出するため放射線出力や照射時間を増加させれば、作業員及び一般公衆の被ばくリスクが増大する。また、X線・中性子の画像融合やAI診断の高度化に伴

い、画像の位置ずれや学習データの偏りによる偽陽性・偽陰性が生じ、健全性を誤判定するおそれがある。

2) 対策

対策としては、放射線防護の最適化と診断結果の多重検証がある。具体的には、ALARA の考え方に基づき、コリメータによる照射野限定、局所遮蔽、距離・時間管理、インターロック及びエリアモニタを組み合わせ、作業者・公衆の線量を合理的に低減する。また、標準試験体による定期校正、画像位置合わせ精度の管理及び POD 評価を行う。さらに、AI のみで健全性を判定せず、有資格技術者によるレビューと既存非破壊検査結果とのクロスチェックを行い、誤判定による重大損傷の見逃しを防止する。

この答案で特に意識したのは、「中性子・X線について詳しい人」で終わらず、「技術を社会実装する責任者」として読める構成にした点です。課題①→解決策①②③→リスク・対策が一本につながっており、マニュアルで重視される「問題解決のための課題とその遂行について論理的かつ合理的に説明する」という方向にも合わせています。

上記の様に、自分の受験部門・受験科目のわかりやすい過去問解説や概要論文を作って効率的に勉強したいという方は、以下の「技術士二次試験三上塾 AI 論文作成プログラム」を参考にしてください。

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

技術士二次試験 三上塾