

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。

=====

以下は、令和8年度「航空・宇宙部門—航空宇宙システム—選択科目Ⅲ—1」について、選択科目Ⅲで問われる「問題解決能力及び課題遂行能力」を軸に整理したものです。令和8年度の選択科目Ⅲは、複合的な問題を把握し、多様な視点から技術課題を抽出し、問題解決手法と遂行方策を論理的・合理的に説明する能力が問われています。また、マニュアルに沿って「現状・問題→観点・技術課題→最重要課題→解決策→波及効果→懸念事項→対応策」の因果関係を重視します。

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の社会目的は、

GNSS への妨害が発生しても航空管制機能を維持し、航空機の安全かつ継続的な運航を確保すること

です。

もう一段深く考えると、「GPS 妨害をなくすこと」自体が最終目的ではありません。

現代の航空では GNSS が PBN/RNP 等の航法だけでなく、監視、安全システム、各種自動化にも関係しているため、jamming や spoofing によって GNSS の完全性・可用性が損なわれても、航空機を安全に誘導し、必要な空域容量を可能な限り維持する**レジリエントな航空交通管理（ATM）**を実現することが目的です。FAA も GNSS 妨害によって PBN/RNP 能力などが失われ得ることを示しています。（[連邦航空局](#)）

したがって、

社会目的 → 航空交通の安全・継続性確保

問題 → GNSS 妨害による PNT 機能の劣化・喪失

技術課題 → 妨害下でも安全な航空管制を成立させること

という構造で捉えます。

2. 出題者の意図

この問題は単なる「GPS 妨害対策の知識問題」ではありません。

選択科目Ⅲの出題趣旨は、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、選択科目の立場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できるかを見るものです。

したがって出題者が確認したいのは、

「GNSS に依存した現代の航空交通システムに対して、jamming/spoofing という新たな脅威が顕在化したとき、航空管制インフラ技術者としてシステム全体のレジリエンスをどう構築するか」

です。

特に次の能力が重要です。

- GNSS 妨害を単なる「電波妨害」とせず、航空管制運用上の問題に変換できる。
- 「多面的な観点」から異なる 3 課題を抽出できる。
- 最重要課題を論理的に選定できる。
- CNS/ATM、PBN、DME/DME、VOR、ILS、INS 等の専門技術を使って解決できる。
- 解決策を全部実施した後に生じる新しいリスクまで評価できる。

これはマニュアルが重視する「具体的事例、観点、技術課題、最重要課題、分析、解決方法、波及効果、リスク・懸念事項とその対策」という選択科目Ⅲの構造そのものです。

3. 設問の重要箇所・注意すべき箇所

最も重要なのは次の 5 点です。

①「航空管制の運用について」

機体側の耐妨害 GPS 受信機だけを書いてはいけません。立場は「航空管制インフラ分野の技術者」です。

したがって、CNS/ATM、航法援助施設、管制方式、空域容量、情報共有、コンティンジェンシー運用等に軸足を置きます。

②「多面的な観点」

「安全面、技術面、運用面」と単にラベルを付けるだけでは弱いです。

例えば、

- 航法インフラの冗長性
- 妨害状況の認知・情報共有
- 管制運用の継続性

のように、問題解決の方向が異なる 3 観点にします。

③「技術課題」

「GNSS が妨害される」「バックアップが不足している」は問題・不足の指摘です。

課題は、

「代替航法インフラの確保」

のような「取り組むべきこと」に変換します。

④「最も重要とした理由」

「安全上重要だから」だけでは弱いです。

「航法機能を喪失すれば他の情報共有・管制対策を講じても航空機の位置維持・進入着陸が成立せず、安全運航の基盤そのものが失われるため」のように、3 課題の中での優先順位を説明します。

⑤「解決策を実行して生じる」

ここは非常に重要です。

最初から存在している GNSS 妨害そのものを「懸念事項」とするのではなく、**解決策を実施した結果として新たに発生・顕在化する懸念**を書く必要があります。

マニュアルでも設問を細分化し、「波及効果」「専門技術を踏まえた懸念事項」「対応策」のそれぞれに漏れなく回答することを求めています。

4. 論文作成上のポイント

本問では中心概念を

「GNSS 依存から、GNSS 妨害を前提としたレジリエント PNT・ATM への転換」

にすると論文全体がまとまります。

3 課題は、

- ①代替航法 → 位置を維持する
- ②妨害監視 → 異常を知る
- ③管制運用 → 安全に交通流を維持する

という役割分担にします。

そして最重要課題を①とすれば、

DME/DME/INS → 地上系 PNT

VOR/ILS 等 → 最終的な従来型バックアップ

マルチコンステレーション・マルチ周波数+RAIM/ARAIM 等 → GNSS 自体の強靱化

という多層防御に展開できます。

FAA でも DME/DME/IRU による GNSS 非依存 RNAV や VOR MON による GPS 障害時のバックアップという考え方が実運用されています。[\(連邦航空局\)](#)

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
テーマ	GPS 妨害について知っていることを書く	GNSS 妨害下で航空交通をどう安全に継続するか
問題	GPS が使えなくなる	PNT 喪失が PBN・監視・管制運用へ波及する
課題	GPS 妨害が課題	代替航法インフラの確保が課題
観点	技術面、安全面、運用面	航法冗長性、妨害認知、運用継続性
解決策	妨害電波を止める	DME/DME、VOR/ILS、INS 等による多層防御

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
専門性	GPS、レーダー等を列挙	PBN、RNP、DME/DME/IRU、RAIM/ARAIM 等を因果関係の中で使用
最重要理由	安全だから	他の対策の前提となる基盤機能だから
波及効果	安全性向上	レジリエンス向上＋空域容量・定時性への効果
懸念	GNSS 妨害が続く	多重システム化による複雑化等、解決後に生じる問題
全体構成	技術知識を並べる	問題→課題→解決→効果→新リスク→対応の因果でつなぐ

6. 概要表

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	GNSS は PBN 等を支える航空交通の重要インフラである一方、信号強度が弱く jamming・spoofing の影響を受ける。近年、紛争地域周辺等で GNSS RFI が顕在化し、航法・監視・安全システム等への影響が問題となっている。航空管制として、GNSS 妨害発生時にも安全と必要な空域容量を確保できるレジリエンスが必要である。
技術課題①	タイトル：代替航法インフラの確保／観点：航法システムの冗長性／GNSS に依存しない代替 PNT を確保する観点で考えれば、地上系航法援助施設を含む代替航法インフラの確保が課題である。
技術課題②	タイトル：GNSS 妨害のリアルタイム把握／観点：状況認識・情報共有／航空機・管制機関が GNSS の信頼性を即時判断する観点で考えれば、GNSS RFI の監視・検知・情報共有体制の構築が課題である。
技術課題③	タイトル：GNSS 喪失時の管制運用確立／観点：航空交通の運用継続性／GNSS が利用不能でも安全な交通流を維持する観点で考えれば、GNSS 非依存のコンテインジェンシー管制方式の確立が課題である。
最重要課題	代替航法インフラの確保
理由	航空機が信頼できる位置・航法情報を確保できなければ、妨害情報を把握しても安全な航法・進入着陸を継続できない。したがって代替 PNT は GNSS 妨害時の航空管制運用を成立させる基盤だからである。
解決策①	DME/DME/INS による代替 PNT の構築。複数 DME の測距情報と INS/IRU を統合し、GNSS 非依存で RNAV に必要な位置情報を確保する。

項目	内容
解決策②	VOR・DME・ILS 等の Minimum Operational Network の維持。GNSS 全面喪失時でもエンルート航法から非 GNSS 進入まで継続可能な最低限の地上航法援助施設を戦略的に残す。
解決策③	GNSS 受信・完全性監視の強靱化。GPS だけに依存せず Galileo 等とのマルチコンステレーション・マルチ周波数化、RAIM/ARAIM 等の完全性監視、INS とのクロスチェックにより spoofing 等への耐性を高める。
波及効果	多層的 PNT が確立され、GNSS 障害だけでなく衛星・地上設備障害等に対する航空交通システム全体のレジリエンスが向上する。経路変更・欠航等を抑制し、定時性と空域容量維持にも寄与する。
懸念事項	GNSS、DME/DME、INS、VOR/ILS 等の多重化により、管制官・操縦士が使用可能な航法能力を誤認するなど、運用の複雑化によるヒューマンエラーが増加する懸念がある。
対応策	GNSS RFI 発生時のフェーズ別コンティンジェンシー手順、ATC-pilot 標準 phraseology、航法能力別運用方式を標準化し、シミュレータによる管制官・操縦士の合同訓練を反復する。

この骨子は、マニュアルの「現状・問題・求められる技術課題→観点・技術課題→解決策→すべての解決策実行後の波及効果→懸念事項への対応策」という概要表構造に合わせています。

参考出典

1. ICAO, “ICAO GNSS RFI Roadmap”

[ICAO GNSS RFI Roadmap](#)

GNSS 妨害下でも航空運航のレジリエンスを確保するため、GNSS 技術強化、独立した時刻源、補完 PNT を組み合わせる方向を示しています。(国際民間航空機関)

2. ICAO, “Protect satellite navigation from interference, UN agencies urge”

[ICAO GNSS interference statement](#)

jamming・spoofing による GNSS 妨害が航空安全に与える影響を示しています。(国際民間航空機関)

3. EASA/EUROCONTROL, “European Aviation Action Plan for Ensuring Safe Operations during GNSS Interferences”

[European Aviation Action Plan](#)

2026 年 3 月公表。安全を維持しつつ空域容量への悪影響を抑えることを目的としています。(EUROCONTROL)

4. FAA, “Global Navigation Satellite System (GNSS) Interference Resource Guide”

[FAA GNSS Interference Resource Guide](#)

jamming・spoofing に関する運航上の情報を整理しています。(連邦航空局)

5. FAA, “Very High Frequency Omnidirectional Range Minimum Operational Network (VOR MON)”

[FAA VOR MON](#)

GPS 障害時に従来型航法へ復帰するためのバックアップネットワークの実例です。
([連邦航空局](#))

6. FAA, “Distance Measuring Equipment (DME)”

[FAA DME Navigation](#)

複数 DME による DME/DME RNAV と、GPS バックアップとしての DME 維持について説明しています。(連邦航空局)

7. EASA, “EASA updates Safety Information Bulletin on GNSS interference”

[EASA GNSS interference SIB update](#)

2026 年 7 月改訂。pilot-ATC phraseology、訓練、ATC 容量確保等が盛り込まれています。(EASA)

7. 1800 文字程度の論文

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) 代替航法インフラの確保

航法システムの冗長性の観点で考えれば、地上系航法援助施設を含む代替航法インフラの確保が課題である。具体的には、航空交通では GNSS を利用した PBN が普及し、RNAV や RNP 等による効率的な運航が行われている。一方、jamming により測位不能となり、spoofing により誤った位置情報を正常と認識すれば安全な航法が困難となる。このため、GNSS 喪失時にも航空機が信頼できる位置を確保できる代替 PNT が必要である。

2) GNSS 妨害のリアルタイム把握

状況認識・情報共有の観点で考えれば、GNSS RFI の監視・検知・情報共有体制の構築が課題である。具体的には、jamming では信号喪失を認識しやすいが、spoofing では受信機が偽信号を真正な信号と判断する場合がある。また、妨害範囲は時間的、空間的に変化する。このため、地上監視局や航空機から GNSS 異常情報を収集し、管制機関と航空機で迅速に共有する必要がある。

3) GNSS 喪失時の管制運用確立

航空交通の運用継続性の観点で考えれば、GNSS 非依存のコンティンジェンシー管制方式の確立が課題である。具体的には、GNSS 妨害によって一部航空機が RNP 等の航法要件を満足できなくなれば、通常の PBN 経路を維持できず交通流が混乱する。このため、使用可能な航法能力に応じた経路変更、管制間隔拡大等により安全な交通流を維持する必要がある。

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「代替航法インフラの確保」が最も重要な課題と考える。理由は、航空機が信頼できる位置・航法情報を確保できなければ、妨害を検知しても安全な航法や進入着陸を継続できず、航空管制運用そのものが成立しないからである。

1) DME/DME/INS による代替 PNT

GNSS に依存しない地上系 PNT の構築が重要である。具体的には、複数の DME 局から得られる測距情報を DME/DME 測位に利用し、INS・IRU の自律航法情報と統合する。これにより GNSS が使用不能でも位置誤差の発散を抑制し、一定の RNAV 運航を継続する。

2) 地上航法援助施設の維持

GNSS 全面喪失にも対応可能な Minimum Operational Network の確保が重要である。具体的には、VOR、DME、ILS 等を全廃せず、航空路や主要空港を考慮して戦略的に配置する。これにより GNSS 喪失時には VOR/DME 等による航法へ移行し、目的地又は代替空港では ILS 等による非 GNSS 進入を可能とする。

3) GNSS 利用の強靱化

GNSS そのものの耐障害性と完全性監視の向上が重要である。具体的には、GPS 単独依存を避け、Galileo 等を含むマルチコンステレーション・マルチ周波数受信を活用する。さらに RAIM・ARAIM 等の完全性監視や INS との位置クロスチェックにより異常を検出し、信頼できない測位情報を航法計算から排除する。

3. 解決策を実行した上で生じる波及効果と懸念事項への対応策

1) 波及効果

航空交通システム全体のレジリエンスが向上する効果がある。具体的には、衛星系、地上系及び自律航法を組み合わせた多層的 PNT を構築することで、意図的な GNSS 妨害だけでなく衛星障害や地上設備障害にも対応できる。これにより安全性を確保しながら経路変更や欠航を抑制し、空域容量と定時性の維持にも寄与する。

2) 懸念事項

懸念事項としては、航法システムの多重化による運用の複雑化がある。具体的には、GNSS、DME/DME、INS、VOR 等を状況に応じて切り替えるため、管制官と操縦士が利用可能な航法能力や切替状態を誤認し、不適切な管制指示や飛行経路逸脱を招く可能性がある。

3) 対応策

対応策としては、GNSS 妨害時の運用手順の標準化と訓練の徹底がある。具体的には、妨害レベルに応じたコンティンジェンシー手順、管制官・操縦士間の標準 phraseology、航法能力別の経路設定及び管制間隔を事前に定める。さらに GNSS 喪失や spoofing を模擬した

シミュレータによる管制官・操縦士の合同訓練を反復し、異常時にも確実に代替運用へ移行できる体制を構築する。

この論文で特に狙っているのは、「妨害対策技術の羅列」ではなく、「代替 PNT を中心に航空管制システムのレジリエンスを構築する」という一本のストーリーです。設問の語句を章立てにも反映して設問との対応関係を明確にする方法は、選択科目Ⅲマニュアルの「設問を分解して漏れなく答える」「設問の言葉をオオム返しする」という考え方にも沿っています。

以上