

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 年度の実験科目Ⅲが「実験科目についての問題解決能力・課題遂行能力」を問う 600 字×3 枚の記述式であること、また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→解決策→リスク→対策」という構造を踏まえて整理します。

1. 設問テーマの社会目的

この設問の社会目的は、

「地上系ネットワークだけでは十分な通信サービスを提供できない地域・状況を NTN で補完し、地上系と非地上系を一体化することで、我が国の通信インフラを広域化・大容量化・強靱化し、いつでもどこでも継続的に通信できる社会を実現すること」

です。

特に重要なのは、単に「HAPS や LEO を普及させること」が目的ではない点です。

設問文には、

- 山間部・離島・海上
- 災害被災地
- 通信ネットワーク全体の容量拡大
- 地上系との統合

- 継ぎ目のない通信サービス

が示されています。

したがって論文全体の上位目的を、

「通信カパレッジの拡大+通信容量の拡大+災害時を含む通信インフラの強靱化」

に置くと、論旨がぶれにくくなります。

2. 出題者の意図

選択科目Ⅲでは、専門知識を並べるだけではなく、複合的な問題を分析して課題を抽出し、その解決を論理的・合理的に説明する能力が問われます。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、最も重要な技術課題、ニーズ、分析、解決方法、リスク、対策」などを整理する考え方が示されています。

本問で特に確認したい能力は、

「HAPS・LEO という個別技術を知っているか」ではなく、「NTN を実際の通信インフラとして全国展開し、既存の 5G 等と統合すると何が問題となり、それをどう解くのか」を情報通信技術者として体系的に説明できるか

です。

3GPP では Release 17 から NR-NTN が本格的に標準化され、衛星通信特有の遅延やドップラーへの対応などが規定され、Release 18、19 へと機能拡張が進んでいます。[\(3GPP\)](#)

したがって出題者は、**「研究段階の技術紹介」ではなく「社会実装・地上網統合段階の問題解決」**を要求していると考えべきです。

3. 重要箇所と注意すべき箇所

最重要ワードは**「社会実装」「多面的な異なる観点」「広域展開」「既存地上ネットワークとの統合」「継ぎ目のない通信」「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。

特に注意すべきなのは、課題を単なる問題点として書かないことです。

例えば、

「LEO ではドップラーシフトが大きい。」

では、これは**問題・現象**です。

そこから、

「高速移動する LE0 衛星ではドップラーシフトやセル移動が生じ、地上系と同じ無線制御では通信品質を維持しにくい。したがって、**NTN・地上系間のシームレス接続の実現が課題である。**」

まで持っていく必要があります。

マニュアルでも、課題抽出では背景にある問題発生要因・制約要因を分析し、数値等によって具体化することが推奨されています。

4. 論文作成上のポイント

この問題は、次の一本のストーリーにすると強くなります。

地上網ではカバーできない場所がある

- NTN を導入する
- しかし NTN には伝搬・移動・容量・地上系連携の問題がある
- そこで地上系と NTN を統合制御する
- 無線・バックホール・ネットワーク制御を高度化する
- その結果、新たに複雑化・サイバー攻撃等のリスクが増える
- ゼロトラスト等によって対処する

また、3つの課題は同じような観点にしないことが重要です。

今回は、

①接続性、②通信容量、③信頼性・安全性

と明確に分けます。

そのうえで①を最重要課題として、解決策を「無線区間」「ネットワーク制御」「フィードリンク」の3層に展開します。

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	合格者の思考
社会目的	HAPS・LEOを導入する	全国どこでも継続的通信を可能にする
課題	「遅延が大きい」「電波が弱い」	問題を分析し「〇〇の実現・高度化」を課題化
観点	技術面、コスト面、人材面	接続性、通信容量、信頼性など設問に直結
NTN	衛星通信技術を説明する	NTNと地上5Gを一つの通信基盤として考える
最重要課題	自分が詳しい技術を選ぶ	社会目的への効果から選ぶ
解決策	AI、IoT、5Gなどを羅列	問題原因と1対1で対応する技術を書く
専門性	HAPS、LEOを書く	Doppler補償、ハンドオーバー、SDN/NFV、ネットワークスライシング等を使う
リスク	コスト増、人材不足	全解決策実施後だからこそ発生するリスクを書く
論文全体	各設問を別々に回答	社会目的→課題→解決策→リスクを因果で接続

6. 概要表

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	山間部、離島、海上、災害被災地では地上基地局のみでの全国的な通信確保に限界がある。一方、HAPS・LEOを用いたNTNの標準化・実用化が進展している。しかし、NTNは衛星等の移動、長い伝搬路、ドップラー、フィーダリンク容量、地上系との異種ネットワーク統合などの問題を有する。
課題① 接続性の観点	NTN・地上系間のシームレス接続の実現。LEOでは衛星・ビームが高速移動し、伝搬遅延やドップラーシフト等が地上系と異なる。NTNと地上5G間で接続断や品質低下を抑制するモビリティ管理が必要。
課題② 通信容量の観点	NTNの伝送容量拡大。広域を少数のHAPS・衛星でカバーするため、ユーザ集中時には無線資源やフィーダリンクがボトルネックとなる。周波数利用効率とバックホール容量の向上が必要。
課題③ 信頼性・安全性の観点	地上・NTN統合網のレジリエンス向上。災害時には地上設備の損壊、フィーダリンク断、NTNへのトラフィック集中が同時発生し得る。さらに攻撃対象領域も拡大するため、冗長性・セキュリティ確保が必要。

項目	内容
最重要課題	NTN・地上系間のシームレス接続の実現
理由	NTN の社会目的は地上網を単に置換することではなく補完・統合することにある。利用者が地上/NTN を意識せず継続通信できなければ、平常時の不感地域解消も災害時の通信継続も十分達成できないため。
解決策①	NTN 対応無線アクセス制御の高度化。GNSS 等による位置・軌道情報を利用した Doppler 補償、Timing Advance、Conditional Handover 等により高速移動ビーム環境でも接続を維持する。
解決策②	地上・NTN 統合ネットワーク制御。SDN/NFV、ネットワークスライシング、Multi-Connectivity 等を用いて、遅延、帯域、混雑度、障害状況に応じ地上系・HAPS・LEO を動的に選択する。
解決策③	フィーダリンクの大容量・冗長化。Ka 帯等に加え光無線通信を活用し、HAPS－地上、HAPS－LEO 等をマルチパス化する。光リンクでは高精度 PAT（捕捉・追尾・指向）制御等を導入する。
新たなリスク	地上 5G、HAPS、LEO、SDN/NFV 等が一体化すると制御系が複雑化し、SDN コントローラや統合認証基盤へのサイバー攻撃・障害が複数ネットワークへ波及し、広域通信障害となるリスクが生じる。
対策	ゼロトラスト、相互認証、暗号化、ネットワークスライス分離、SDN 制御系の地理冗長化を行う。さらに AI/テレメトリによる異常検知、地上系・HAPS・LEO 間の自動迂回制御によって障害局所化と迅速復旧を図る。

NICT では HAPS－地上/HAPS－LEO 間の 10Gbps 双方向光通信を目標とする研究開発が進められており、フィーダリンク大容量化という論点には現実の研究開発との整合性があります。[\(NICT\)](#)

参考出典

1. 3GPP 「5G Non-Terrestrial Networks」 - Release 17～19 の NTN 標準化・高度化。[3GPP 5G Non-Terrestrial Networks](#)
2. 3GPP TS 38.108 「NR; Satellite Access Node radio transmission and reception」 - NR-NTN 衛星アクセスノードの無線仕様。[3GPP TS 38.108](#)
3. 3GPP TR 38.863 「Non-terrestrial networks (NTN) related RF and co-existence aspects」 - NTN の RF・共存技術。[3GPP TR 38.863](#)
4. NICT 「次世代型 NTN のための HAPS における光無線通信の研究開発—HAPS 用光無線装置の開発および実証」 - HAPS－LEO/HAPS－地上間の 10Gbps 光通信等。[NICT 研究開発概要](#)
5. NICT 「Beyond 5G における超広域・大容量モバイルネットワークを実現する HAPS 通信技術の研究開発」 - HAPS サービスリンク・フィーダリンクの高速大容量化。[NICT HAPS 通信技術研究開発](#)

6. NICT「高度通信・放送研究開発委託研究に係る令和6年度新規委託研究の公募を開始」－ NTN と地上系ネットワークの相互利用を目的とする HAPS 研究。[NICT NTN・HAPS 研究開発](#)
-

7. 約 1800 文字の論文例

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) NTN・地上系間のシームレス接続

接続性の観点で考えれば、NTN・地上系間のシームレス接続の実現が課題である。具体的には、LEO では衛星及びビームが高速移動するため、地上系と比較して伝搬遅延やドップラーシフトが大きく、セル切替えも頻繁となる。このため、地上 5G と NTN を跨ぐ際のハンドオーバー失敗や通信品質低下を抑え、利用者がネットワークの違いを意識せず通信を継続できる仕組みが必要である。

2) NTN の伝送容量拡大

通信容量の観点で考えれば、NTN の伝送容量拡大が課題である。具体的には、HAPS や LEO は広域をカバーできる一方、多数の利用者が限られた無線資源やフィードリンクを共有する。特に災害時には地上網から NTN へトラフィックが集中するため、サービスリンク及びフィードリンクの容量不足が通信品質を低下させる。

3) 地上・NTN 統合網のレジリエンス向上

信頼性・安全性の観点で考えれば、地上・NTN 統合網のレジリエンス向上が課題である。具体的には、大規模災害時には基地局、光回線、電源等が同時被災し、NTN へのトラフィック集中も生じる。また、衛星、HAPS、地上網の統合に伴い攻撃対象領域も拡大する。このため、障害やサイバー攻撃時にも重要通信を維持できる構成が必要である。

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「NTN・地上系間のシームレス接続の実現」が最も重要な課題と考える。理由は、NTN と地上網を一体化し、場所や災害の有無によらず通信を継続するという社会目的を達成するうえで基盤となる課題だからである。

1) NTN 対応無線アクセス制御の高度化

衛星特有の伝搬環境に対応した無線アクセス制御が重要である。具体的には、UE の GNSS 位置情報及び衛星軌道情報から伝搬遅延と周波数偏移を予測し、Timing Advance 及び Doppler 補償を行う。また、Conditional Handover 等を用い、衛星・ビームの移動を予測した早期切替えにより通信断を抑制する。

2) 地上・NTN 統合ネットワーク制御

地上系と NTN をサービス要求に応じて動的に使い分けることが重要である。具体的には、SDN/NFV 及びネットワークスライシングを活用し、遅延、帯域、混雑度及び障害状況を一元的に把握する。さらに Multi-Connectivity を適用し、平常時は地上 5G を優先し、圏外や災害時には HAPS・LEO へ自動的に経路を切り替える。

3) フィーダリンクの大容量・冗長化

NTN を支えるフィーダリンクの大容量化と冗長化が重要である。具体的には、Ka 帯等の RF リンクに加えて光無線通信を導入し、HAPS-地上及び HAPS-LEO 間を高速化する。さらに高精度な捕捉・追尾・指向 (PAT) 制御を用いるとともに、複数のゲートウェイ及びリンクを用意し、障害時には経路を自動切替える。

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、統合ネットワークの複雑化による広域障害がある。具体的には、地上 5G、HAPS、LEO を SDN/NFV 等で一元制御することで、SDN コントローラや認証基盤がサイバー攻撃又は障害を受けた場合、その影響が複数のネットワークへ波及し、広域な通信障害を引き起こす可能性がある。

2) 対策

対策としては、ゼロトラストを基本とした多層防御と障害局所化がある。具体的には、端末・基地局・衛星等の相互認証、通信の暗号化、ネットワークスライス間の分離を行う。また、SDN 制御系及び認証基盤を地理的に冗長化し、テレメトリと AI による異常検知を行う。異常時には影響範囲を隔離するとともに、地上系、HAPS、LEO 間で通信経路を自動迂回させ、重要通信の継続と迅速な復旧を図る。

この構成では、マニュアルが示す「観点→課題→具体的な問題」「最重要課題→理由→複数解決策」という流れを明確にしています。特に最重要課題の理由は、マニュアルに示される**効果重視・順番重視**の考え方に沿っています。

また、専門用語は単なる加減で羅列せず、**Doppler 補償→衛星移動への対応、SDN/NFV→統合制御、PAT→光フィーダリンク、ゼロトラスト→統合後のセキュリティリスク**というように、それぞれ問題・解決策との因果関係を持たせています。これがこの問題で最も重要な書き方です。

以上