第74回「P2Mクラブ」

＜第6回 プロジェクトSE懇談会＞
「顧客要求への柔軟な対応が生みだす設計生産性低下のジレンマをどう乗り超えるか」
～ConOpsとMBSEを活用した“プロセス設計”の事例紹介～

（１）ConOps （運用概念） による設計思想の明確化

「仕様変更リスクを抑え、設計者が安心して設計に集中できる環境をつくる」ためのアプローチ

2025年10月29日
檜垣造船株式会社
佐藤　健司

前提と背景

　現代のビジネス環境は、地政学的リスク、労働・安全・環境規制の強化、テクノロジーの進化・多様化、顧客ニーズの多様化などにより、急速かつ不確実に変化しています。この「激変」を単なる脅威として受け止めるのではなく、競争優位を築く契機として捉える姿勢が前提にあります。

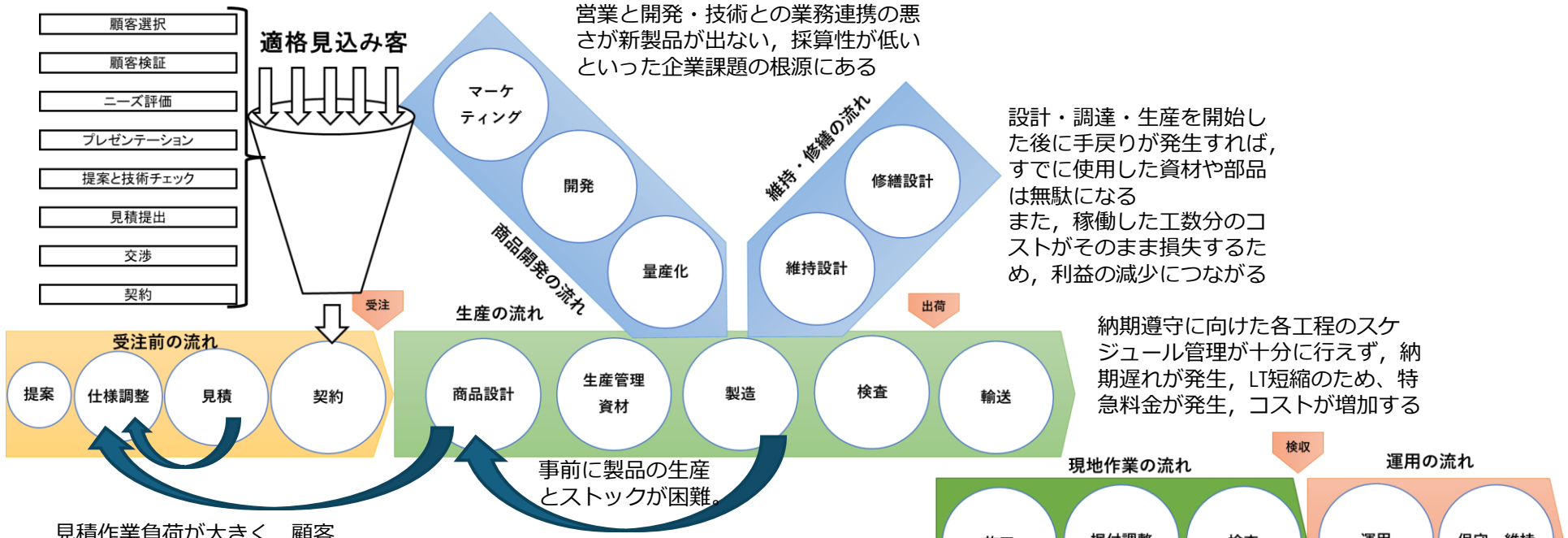
　こうした中、プロジェクトの進め方がますます難しくなっています。

　造船業界も例外ではなく、「法令規制要求事項の変化や顧客要求に柔軟に応える」ことが競争力の源泉である一方、派生設計の増加や仕様確定の遅れから設計リソースが逼迫し、外注依存や設計生産性低下といった課題を抱えています。

課題

1. 法令規制要求事項への対応が、希少なリソースを圧迫している。
2. 顧客要求仕様の曖昧さ、あるいは未決定事項が受注前に解決できていない。
3. 類似工事からの流用設計規模・内容が適正に評価されていない（過小評価されている）。そのため、設計計画が不十分となり、設計者の負荷管理、納期管理ができない。
4. 見積精度が低く、利益管理が弱くなりがちである。全ての活動が終了しないと損益が確定しない。
5. 設計者への負荷集中の結果、設計効率向上の活動が行えず設計品質問題が発生する。
6. 標準化が進まなくなり、購買、生産における量の拡大によるコストの追求が弱くなる。

納期が長く，手戻りが多い



営業と開発・技術との業務連携の悪さが新製品が出ない，採算性が低いといった企業課題の根源にある

設計・調達・生産を開始した後に手戻りが発生すれば，すでに使用した資材や部品は無駄になる
また，稼働した工数分のコストがそのまま損失するため，利益の減少につながる

納期遵守に向けた各工程のスケジュール管理が十分に行えず，納期遅れが発生，LT短縮のため、特急料金が発生，コストが増加する

事前に製品の生産とストックが困難。

見積作業負荷が大きく，顧客への納期回答に時間がかかる

仕様調整，見積の繰り返し作業が多い

顧客の詳細なニーズを設計部門に正確に伝えられず，手戻りやクレーム発生につながる

過度な顧客の要求仕様をチェックできないため，コストアップにつながる

設計変更が頻発する

顧客の要望に沿って仕様を確定するため，生産を始める直前や生産開始直後に，「やっぱり仕様を変更してほしい」との要望が入り，手戻りが発生するリスクが高い

短期間で施工，据付調整，検査を行わねばならず、ミスが発生する

業務多忙により、設計業務の標準化に取り組むことができない

課題に対するアプローチ

課題に対するアプローチとして

（1） ConOps （運用概念） による設計思想の明確化

（2） 超上流レビュー による合意形成の前倒し

（3） MBSE （モデルベースシステムズエンジニアリング） の小規模ユースケース活用

という、方向性を検討しています。

これらは「仕様変更リスクを抑え、設計者が安心して設計に集中できる環境をつくる」ためのアプローチです。

ConOps（Concept of Operations）概要

定義：ConOps（コンセプト・オブ・オペレーションズ）とは？

- あるシステムやプロジェクトの「運用コンセプト」を文章で表現したもの。
- システムの目的どのように使われるか（運用シナリオ）、関与する人・組織・プロセスの役割成功基準（どうなれば良いか）を明文化する文書。

目的：

- 利害関係者（設計部門・製造部門・安全管理部門・顧客など）間で共通理解を作る。
- 技術仕様書や設計詳細に入る前に「全体の方向性」を示す。
- 仕様に入る前に合意を形成する青写真

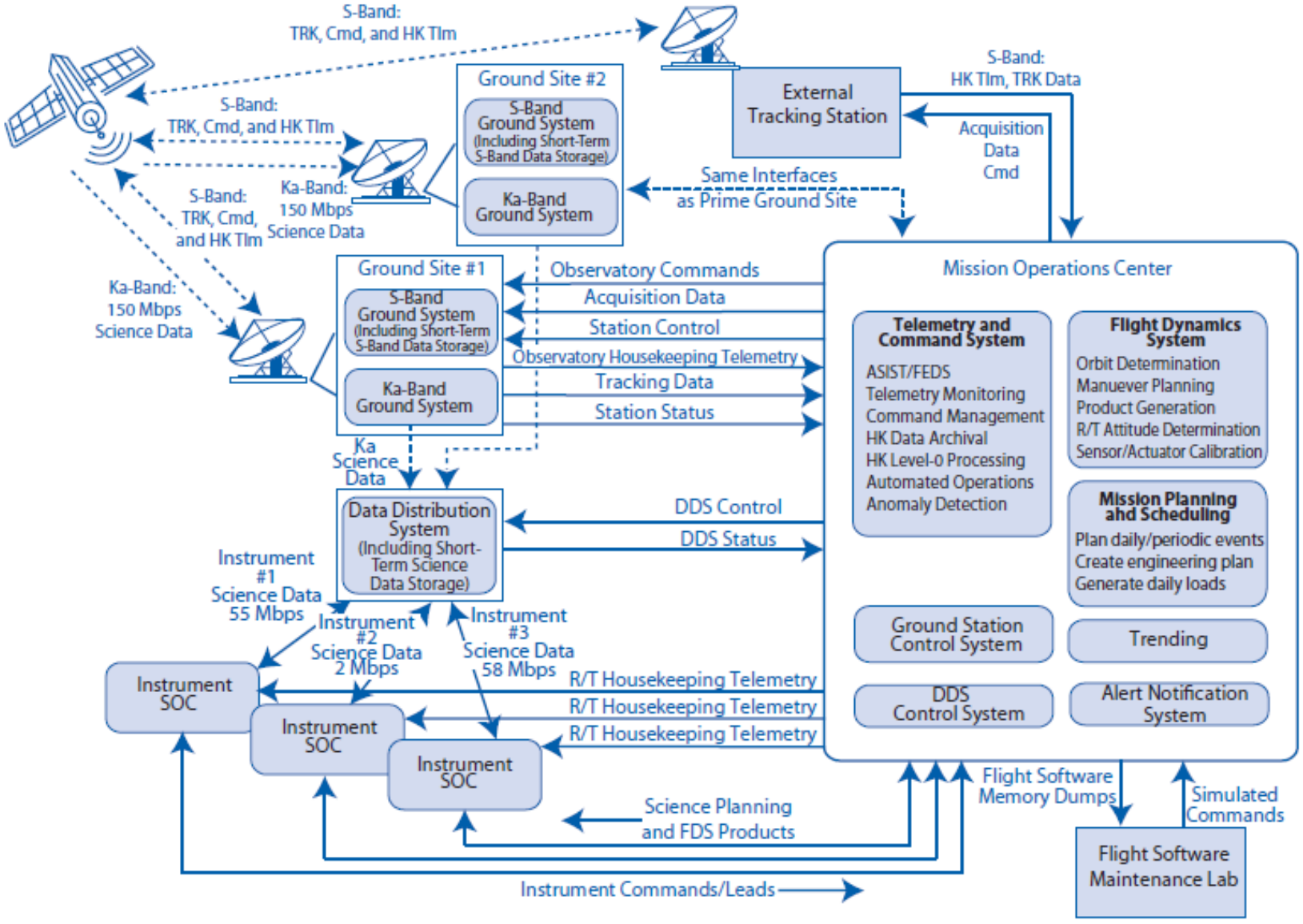
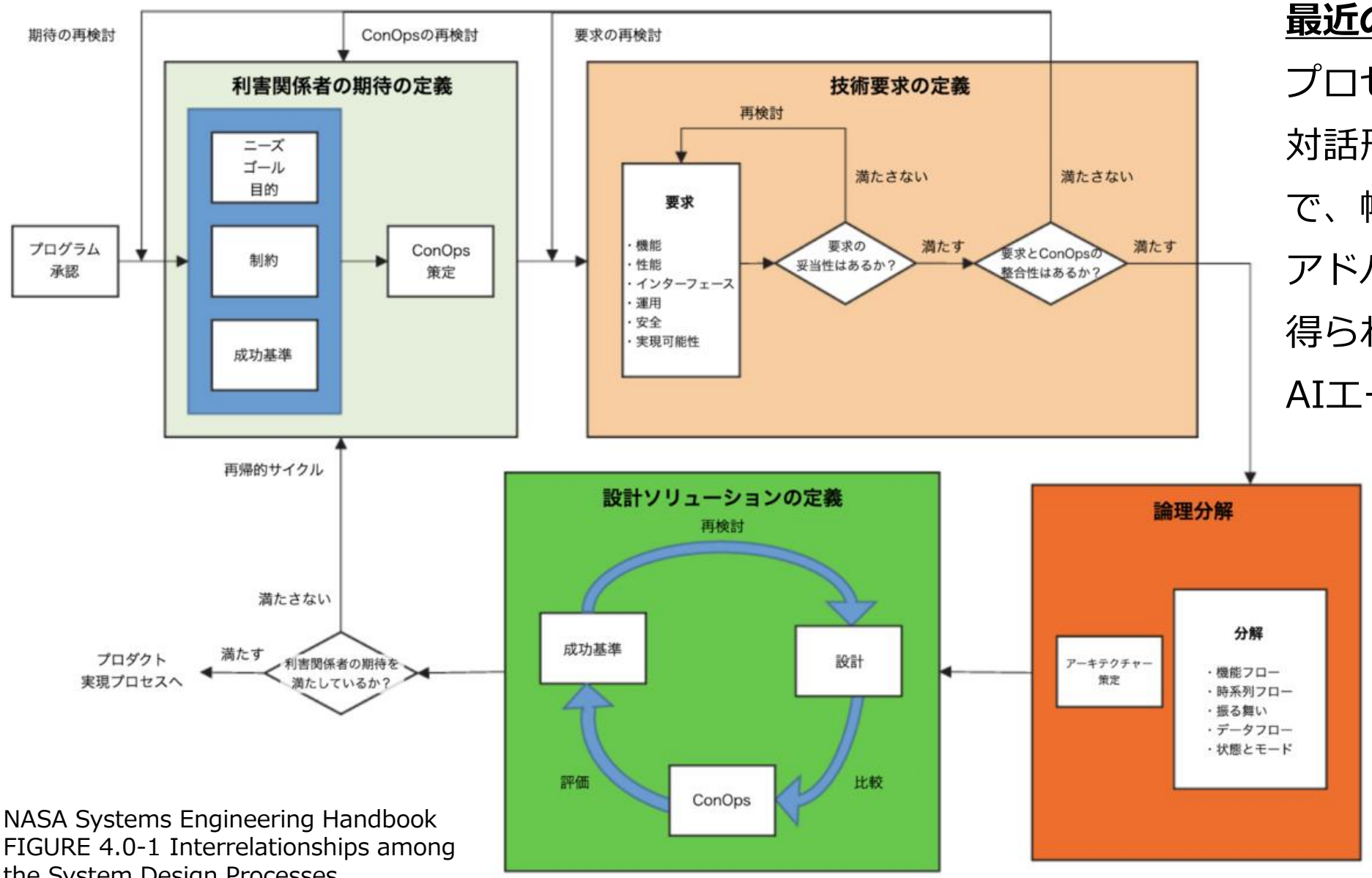


Figure 4.1-4 Example of an associated end-to-end operational architecture

最近の潮流：

ConOps（運用概念）を作成するために、自然言語での「雰囲気」「意図」表現をAIに伝え、AIがコードや業務プロセスを補完・最適化していく新しいスタイルが生まれている。

NASA Systems Engineering Handbook
FIGURE 4.1-1



NASA Systems Engineering Handbook
FIGURE 4.0-1 Interrelationships among the System Design Processes

<u>最近の潮流：</u>

プロセスが確立していれば、対話形式でAIを活用することで、幅広い視野から論点整理、アドバイス、意思決定支援が得られる。

AIエージェント

NASA Systems Engineering Handbook 4.1.1.2.4「Concept of Operations (ConOps)の確立と支援戦略」

初期のステークホルダーの期待が確立された後、「運用構想 (Concept of Operations, ConOps)」の開発を行うことで、技術チームがステークホルダーの期待を十分に理解し、それをどのように満たすかについて合意を得ることができる**（過去の文脈からステークホルダ（ペルソナ）を自動生成可能な時代に）**。

このプロセスでは、期待される要件のギャップや曖昧な記述が発見された場合、ステークホルダーの期待の初期セットをさらに洗練させることにもつながる。

運用構想では、システムがどのように振る舞うかをシナリオや概念として示し、ステークホルダーの期待を実装に依存しない形で理解することを可能にする。つまり、「どのように（設計を通じて）要求を満たすか」ではなく、「何が期待されているのか」を定義するものである。

これにより、**システムに求められる振る舞いの特性や、人々がシステムとどのように相互作用するのか**を明確にする。また、**支援戦略には、製造、試験、展開、運用、維持、廃棄といったプロセスを確保**するための取り決めが含まれる（**リアルとAIとのディジタルツイン**）。

NASA Systems Engineering Handbook 4.1.1.2.4「Concept of Operations (ConOps)の確立と支援戦略」

ConOps（運用構想）は、ステークホルダーの期待を明確に捉えるための重要な要素であり、プロジェクトの要求定義およびアーキテクチャ設計において重要な役割を果たす。特に、システムのユーザー要素に関連する要求やアーキテクチャの開発を促進する

ConOps（運用構想）は、システム要求を決定する上で重要な要素であり、そのためシステム設計プロセスの初期段階で考慮されるべきである。ConOps やユースケースを検討することで、通常は見落とされがちな要求や設計上の機能を明らかにすることができる。ConOps は、**すべての重要な運用シナリオ（通常の運用だけでなく、異常時の対応も含む）** を考慮する必要がある。有用かつ包括的なシナリオを作成するためには、**重大な故障やシステムの機能低下時の運用（Degraded-Mode Operations）**を検討することが重要である。さらに、ConOps は、ライフサイクル全体を通じた人員配置の目標を明確にし、**人間とシステムの機能分担を決定するための重要な補助ツール** となる。ミッション目標を達成するプロセスを詳細に検討することで、人間のオペレーターがどのような役割を果たし、システムが何を提供するのかを明確にする 必要がある。

ConOps（Concept of Operations）概要

ConOpsに含まれる主な要素：

要素	
背景と目的	なぜこの船・システムを造るのか 顧客・規格・市場要求は何か
運用シナリオ	船がどう使われるか（例：貨物輸送・特殊任務・環境規制対応） 想定される運航環境（海域・気象条件・港湾制約）
ステークホルダー	社内（営業、資材、設計、工務、品質保証、安全管理）、顧客（船主、傭船社、運行管理会社、船員等）、船級協会など
運用フロー	竣工 → 運用 → 保守 → 廃棄のライフサイクルでどう管理するか
制約条件	コスト・納期・規制・人員スキル
成功の指標	品質異常の発生率低下、燃費性能達成、顧客検査合格率など

ConOps（Concept of Operations）概要

具体例：設計起因の品質異常防止を目的としたConOps

背景：近年、設計段階での干渉・寸法不整合による再工事コストが増加。

目的：設計部門と製造現場の間で共通理解を持ち、設計異常を未然に防ぐ。

運用シナリオ：

- 設計段階で3Dモデルによる干渉チェックを必須化
- 製造部によるレビュー参加を標準フロー化
- 品質保証部が「設計起因不具合DB」を作成し、設計者にフィードバック

成功指標：設計起因不具合の再工事コストを前年比20%削減。

フィードバックと失敗の活用

1. フィードバックは専門知識習得に必須
2. 失敗は「学習資産」に変換できる
3. ConOpsで失敗シナリオを明文化 → 組織知識化

例えば、OODAループとAIを連携してみると
造船設計の不具合を減らすため、OODAループにAIを組み込む。AIが設計データを観察し、過去事例と照合して異常を判断、代替案を提示して意思決定を支援。改善内容を行動として標準化し、再びAIに学習させることで、設計・製造・QAが高速に学習し続ける仕組みが実現する。

ConOpsは「理由の論理的空間」

　哲学者ウィルフリド・セラーズは、人間の認識や行動を理解するには、単なる物理的な原因と結果の説明だけでは不十分だと考えました。

　彼が提唱した「理由の論理的空間（the Space of Reasons）」とは、人間が意識的に行う行為や信念が、互いに関連しあい、正当化され、必要に応じて修正される枠組みのことを指します。

　セラーズは、二つの異なる「空間」を区別しました。

- 因果の空間：自然科学が扱う、物理的な原因と結果のつながり。
- 理由の空間：人間の思考や行動が、どのように根拠づけられ、関連づけられるかを扱う領域。

　私たちが「意味を理解する」とは、この理由の空間の中で、規則や規範に従いながら考えたり行動したりすることだ、とセラーズは考えました。

理由と正当化

理由と正当化

「理由が存在するところには、必ず正当化が伴う」というのがセラーズの基本的な立場です。例えば誰かに「なぜそうしたのか」と問われたとき、その人は行動や信念を正当化する理由を示すことが求められます。これは、単なる事実の報告ではなく、「なぜその行為が妥当か」「なぜその信念を持つに足るのか」を説明することです。

AIと対話することで、因果の空間と理由の空間を往復しながら理解を深める方法が可能となります。

因果の空間ではモデルによるシミュレーション結果を検証でき、客観的かつ数値的に因果関係を把握できます。

理由の空間では目的や規範を言語化し、根拠づけや修正を行えます。この二つをAIとの対話で結びつけることで、思考の抜けや飛躍を防ぎ、網羅的かつ一貫性のある議論と意思決定を実現できます。

修正の可能性

修正の可能性

　セラーズはまた、理由や正当化には誤りの可能性が常に含まれていると考えました。ある理由や正当化が間違っていれば、それを修正する余地や必要性が生じます。つまり、「理由の論理的空間」では、常に反省や修正が可能であり、また必要とされるのです。このように「理由の論理的空間」とは、人間の思考や行動が、単なる因果関係ではなく、理由と正当化のやり取りを通じて成り立ち、誤りがあれば修正されていくという、規範的で柔軟な仕組みを示しています。

品質不適合と「理由の論理的空間」

品質不適合が発生したとき、その背景には単なる作業ミスや物理的な因果関係だけでは説明できない側面があります。

設計者の判断や行為は「なぜそのように考え、決定したのか」という理由を伴っており、その理由が適切に正当化されているかどうかが品質に直結します。

セラーズの「理由の論理的空間」の考え方を適用すると、設計者の意思決定は単なる因果関係ではなく、理由と正当化の体系の中で理解すべきものになります。

設計者が「意味を理解する」とは、技術的・組織的な規範に従い、正当な理由をもって設計を進めることだと位置づけられます。

理由と正当化 — 設計行為の説明責任

理由と正当化 — 設計結果ではなく事前での設計行為への説明責任

品質不適合を防ぐには、設計者が自らの判断に対して理由を説明できることが重要です。

「なぜこの設計プロセスを採用するのか」「どの基準に従うのか」と問われたとき、設計者は単なる過去の既成事実報告（前例踏襲）ではなく、正当化の根拠を示す必要があります。これは、設計プロセスがなぜ妥当であり、信頼できるものかを明らかにする行為です。

こうしたことを、プロジェクト開始前に展開できれば、設計者は万全な準備で取り掛かることができるようになるのではないでしょうか。

修正可能性 — 再発防止の鍵

修正可能性 — 再発防止の鍵

　セラーズが強調したように、理由や正当化には誤りの可能性が常に伴います。もしその根拠が誤っていれば、修正の余地と必要性が生じます。品質不適合の再発防止策は、まさにこの修正可能性を組織的に確保する取り組みだといえます。

- 提示された理由や正当化を点検する
- 誤りがあれば修正できる仕組みを整える
- 学習した内容を次の設計判断に反映する

　こうしたプロセスによって、設計者は「理由の論理的空間」の中で反省し、改善し続けることが可能になります。

プロジェクト初期段階での学習フレーム（ConOps視点）

1. 課題の定義と原因の見極め

- 学習は「関係性の理解」から始まる。
- ConOpsでは「どんな品質問題が想定されるか」を前提で洗い出すことで、後戻りコストを下げる。

2. 価値の明確化

- 学ぶ意義＝「なぜこの設計・仕様が必要か」を理解すること。

3. 目標と成功基準の設定

- ConOpsは「どうなれば成功か」を学ぶ段階。

ConOps（Concept of Operations）概要

具体例：新造船プロジェクトにおけるConOps

背景：環境規制対応の新型船を建造する。

目的：設計から運航まで一貫した環境性能とコスト効率を実現。

運用シナリオ：

- 設計部：排ガス規制を満たすエンジン選定
- 工務部：省力化施工手順の策定
- 品質保証部：検査フローをNK規格に整合
- 顧客：運航中の燃費モニタリングをフィードバック

成功指標：

- 燃費性能＋5%

プロジェクト初期段階での学習フレーム（ConOps視点）

1. 背景を学ぶ：顧客要求・規制・市場の制約条件
2. シナリオを学ぶ：どう運用されるかを想定し、現場感覚を反映
3. ステークホルダーを学ぶ：誰が関与し、どのように責任を負うのか
4. リスクを学ぶ：設計起因不具合、施工困難点を事前に洗い出す
5. 成功指標を学ぶ：何をもって「よくできた」とするのか

ConOpsと学習理論の接点

1. **議論の場としてのConOps:**

➢議論は推論を促し、専門知識を強化する。

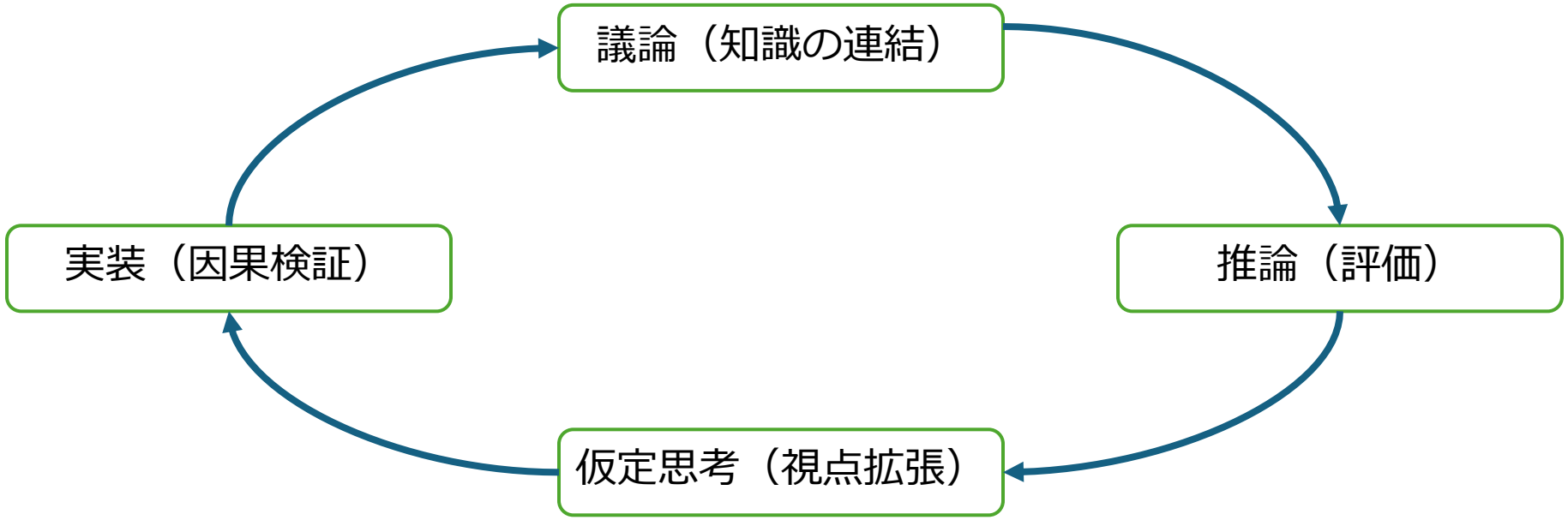
➢ConOps段階での議論は「仕様書前の深い学習の場」。

➢推論による理解「もし～だったら」という仮定思考が新しい解決策を導く。

2. **メタ認知:**自分たちが「どの前提で設計を進めているのか」を問い直すことで、過信や盲点を減らす。
3. **フィードバック:**過去案件の失敗事例（手直し・不具合）を初期段階のConOps議論に組み込むことで、学習を再利用。

議論と推論の力

1. 議論は知識のつながりを強化する
2. 推論は理解を深め、代替案の評価に不可欠
3. 仮定思考（もし～ならば）が新たな視点を与える



ユーザー指向の学習

1. 誰が、いつ、どの順序で操作するかを明確化
2. 現場スキルや組織構造を反映させる
3. 書く／説明することでメタ認知が促進

（例）AIに点検手順アプリをコーディングさせるための入力プロンプト例

背景・目的
- 開発対象: [点検手順アプリ]
- 達成したい成果: [安全作業の標準化と記録]

誰が・いつ・どの順序で
- 主体: [作業者／監督者／品質保証担当]
- タイミング: [作業前／作業中／承認後]
- 順序: [点検→入力→承認→ログ保存]

現場スキル・組織構造の反映
- 現場スキル水準: [モバイル入力に慣れていない／簡易UIが必要]
- 組織構造: [承認権限は安全管理部のみ]
- 必須連携: [品証部が週次レビュー]

メタ認知を促すための書き出し
- 生成コードの意図を200字で説明させる
- 「なぜこの順序にしたか」をコメントで明記させる
- テストケースには役割と順序の根拠を関連付ける

出力形式
1) フロー図（役割・順序・タイミング）
2) コード（UI・ロジック・権限）
3) コメント（なぜこの順序か）
4) テスト（役割ごとのケース）

運用シナリオは「学習教材」

1. 通常時だけでなく「障害・例外」を含む
2. 誰が何をするか、どう連携するかを明記
3. 実際の現場シナリオを通じて知識を定着

（例）AIに検査記録アプリをコーディングさせるためのプロンプト例

目的 / 背景
- 開発対象: [検査記録アプリ]
- 成果: [通常点検と障害発生時の迅速対応を一元管理]

通常時のフロー（因果の空間）
- 誰が: [作業者が入力、監督者が承認]
- 何を: [点検チェックリスト記録]
- 順序: [例: 作業者入力→承認→データ保存→日報集計]

障害・例外シナリオ
- 想定ケース:（ 1. 入力忘れ、 2. 機器エラー、 3. 誤承認）
- 誰が対応するか: [例: 品証部が記録修正／安全管理部が再承認]
- どう連携するか: [例: Slack通知→担当者呼び出し→再承認フローへ移行]

現場シナリオでの知識定着（理由の空間）
- 「通常」「障害」「回復」の3パターンを1つのストーリーで説明
- 各ステップの意図（なぜ必要か）をコメントに書く
- 役割と手順を図解（フロー図またはシーケンス図）として提示

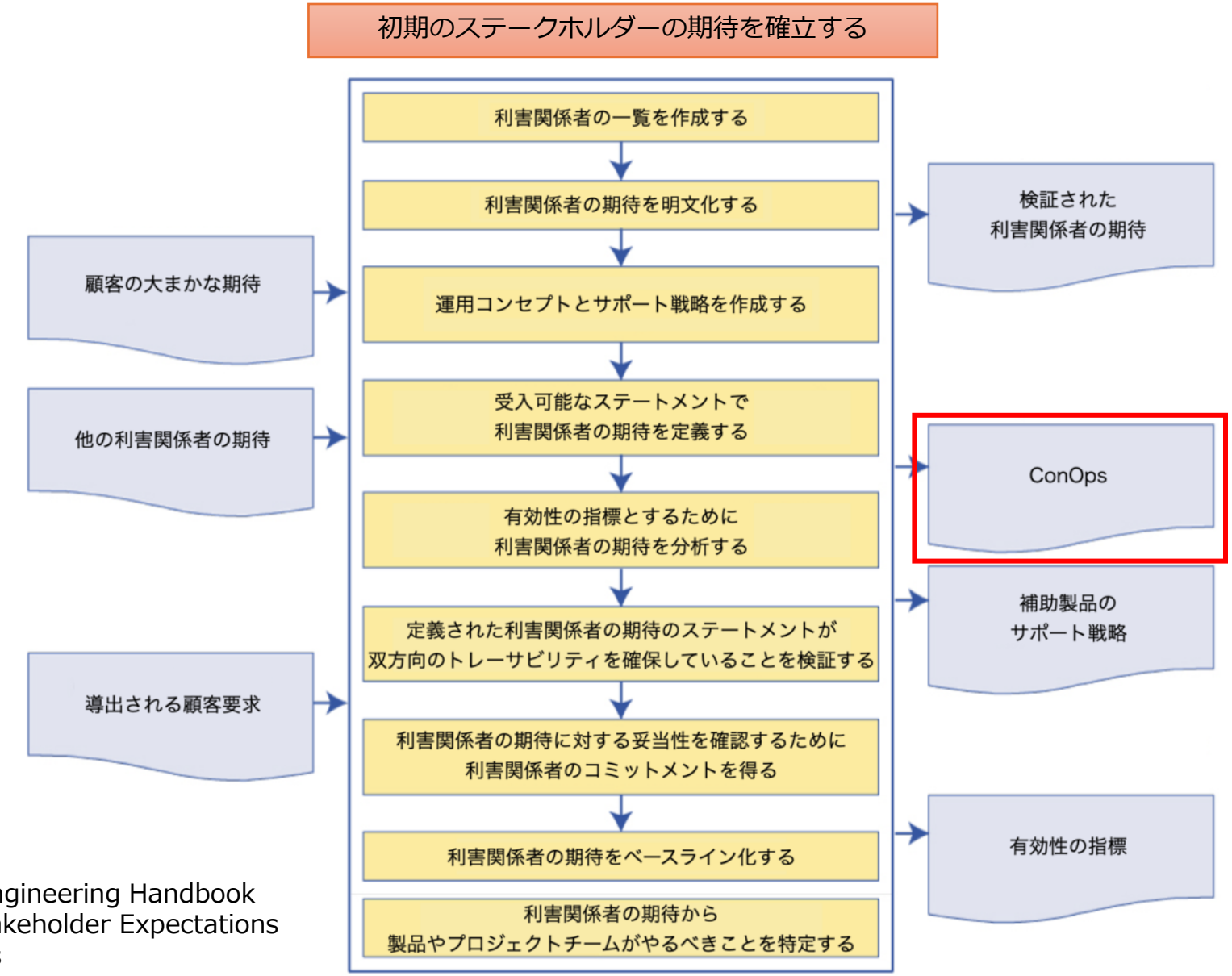
出力要求
1) 通常と障害のシナリオフロー
2) コード（UI・処理・権限）
3) コメント（意図と理由を簡潔に）
4) テストケース（通常／障害／回復の3分類）

マネージャー層に求められる実務的役割

1. 翻訳者：ConOpsで議論された抽象概念を、部下や現場が理解できる具体的行動に落とす。
2. ファシリテーター：設計と製造の立場を調整し、議論を深める。
3. 知識の体系化：議論で得た知見を整理し、次のプロジェクトに引き継ぐ。

ConOps作成の基本

1. 目的：文書の狙いを明示
2. 範囲：対象システムと関与部門
3. 背景：現状の問題点と改善の方向性
4. 提案コンセプト：代替案比較と採用理由
5. 運用シナリオ：正常／異常／障害時の流れ



NASA Systems Engineering Handbook
FIGURE 4.1-1 Stakeholder Expectations Definition Process

CONOPS目次体系(1/4)

１．導入 (Introduction)

・プロジェクトの説明 (Project Description): 開発活動とシステムの背景、目的、想定されるシステムの概要を記述します。

・背景 (Background): 新しいシステムの必要性を生じさせた状況や、高レベルのミッション目標、システム運用の目的、開発の根拠をまとめます。

・前提条件と制約 (Assumptions and Constraints): 技術の成熟度やシステムの提供期限など、開発における基本的な前提条件や制約を明示します。

２．文書 (Documents)

・適用文書 (Applicable Documents): プロジェクトの要件を構成する文書、モデル、標準などを列挙します。

・参考文書 (Reference Documents): システムやシナリオの理解に役立つ補足情報を提供します。

CONOPS目次体系(2/4)

３．想定されるシステムの詳細 (Description of Envisioned System)

・ニーズ、目標、目的 (Needs, Goals and Objectives of Envisioned System): システムの能力、動作、運用に関する期待を記述します。

・システムと主要要素の概要 (Overview of System and Key Elements): ユーザーやオペレーターを含むシステムの各要素を機能レベルで説明します。

・インターフェース (Interfaces): システムが他の外部システムとどのように連携するか、主要なインターフェースを記述します。

・運用モード (Modes of Operations): システムが目的を達成するために必要なさまざまなモードや構成を説明します。

・提案される機能 (Proposed Capabilities): システムが提供する予定の機能や能力を、ライフサイクル全体にわたって記述します。

CONOPS目次体系(3/4)

４．物理的環境 (Physical Environment)

・システムが運用される環境条件や制約を詳細に説明します。

５．支援環境 (Support Environment)

・システムの運用、保守、サポートに必要なインフラやリソースを記述します。

６．運用シナリオ、ユースケース、および設計基準ミッション (Operational Scenarios, Use Cases and/or Design Reference Missions)

・通常時の条件 (Nominal Conditions): システムが正常に動作するシナリオやユースケースを説明します。

・異常時の条件 (Off-Nominal Conditions): システムが異常や障害に直面した際のシナリオや対応方法を記述します。

CONOPS目次体系(4/4)

７．影響の考慮事項 (Impact Considerations)

・環境への影響 (Environmental Impacts): システムが環境に与える可能性のある影響を評価します。

・組織への影響 (Organizational Impacts): システムの導入や運用が組織に及ぼす影響を分析します。

・科学的/技術的影響 (Scientific/Technical Impacts): システムが科学的研究や技術開発に与える影響を検討します。

８．リスクと潜在的な問題 (Risks and Potential Issues)

・システム開発や運用に関連するリスクや潜在的な問題を特定し、対策を検討します。

事例

ドローン航路ConOps（運用概念）案（経済産業省）

空飛ぶクルマの運用概念（経済産業書）

ドローンの運用コンセプト（ConOps）に関する調査報告（IPA）

CONOPS イメージ図

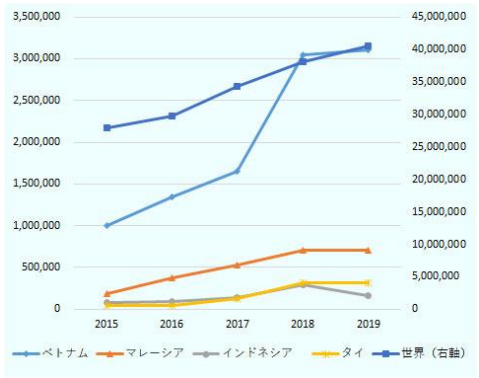
ロール鋼材荷下ろし港

環境規制海域

日本国内の製鉄所から鉄鋼製品（コイル・鋼板など）をアジア地域へ輸出

ロール鋼材積載港

・積載物：ロール鋼材／量
・輸送環境条件（加熱・除湿）



ウッドペレット生産推移
国際連合食糧農業機関（FAO）からジェトロ作成

PKS(パーム椰子殻)出荷港

・港湾施設制約条件（喫水）

東南アジアの製油所からPKS(パーム椰子殻)を国内バイオマス発電施設へ輸入

PKS(パーム椰子殻)出荷港
／バイオマス発電施設

PKSロット数量： 10,000トン
比重が軽い

バイオマス用バルク船に関しては、以下のいずれかの契約が大多数
-COA契約（数量運送契約）
＝一定期間に一定貨物を特定の積地から特定の揚地まで輸送する契約。船は不特定
-スポット契約
＝特定の積地から特定の揚地までのスポット輸送する契約

フェーズ	主な作業
積載	鉄鋼製品：港湾クレーンで積載。PKS：専用設備で積載（9,000～11,000トン）。
出航準備	燃料補給、積載バランス調整、潮汐条件確認。
航行	航行ルート最適化（燃費、潮流考慮）。
到着・荷役	鉄鋼製品：大型港で荷下ろし。PKS：浅喫水港で荷揚げ。

1．導入

例

1. 導入 (Introduction)

1.1 背景 (Background)

輸出: 日本国内の製鉄所から鉄鋼製品（コイル・鋼板など）をアジア地域へ輸出。

輸入: 東南アジア（インドネシア・マレーシア）からバイオマス燃料（PKS）を日本のバイオマス発電所向けに輸入。

特殊要件: 日本国内のバイオマス発電所は **喫水が浅い港（～10m）** を利用するため、船舶の喫水制限に対応する必要がある。

1.2 目的と適用範囲 (Purpose and Scope)

貨物船の **設計・運用方針** を確立し、鉄鋼製品の安全な輸送と PKS の大量輸送を可能にする。

喫水の浅い港に対応した **船舶仕様、荷役計画、運航ルール** を明確化する。

1.3 前提条件と制約 (Assumptions and Constraints)

船舶の **最大喫水は 9.5m** までとし、積載量を調整する必要がある。

PKS は 10,000トン単位で輸入し、揚陸時の荷揚げ効率を考慮。

鉄鋼製品の輸出は **潮汐・港湾設備に応じた積載制限** を設定。

様式

1. 導入 (Introduction)

1.1 背景 (Background)

貨物船の開発目的と市場ニーズ

造船会社が本プロジェクトを実施する理由

運航会社（オーナー）の期待と要求

1.2 目的と適用範囲 (Purpose and Scope)

本 ConOps 文書の目的と適用範囲

本文書がどの段階の関係者に向けたものか（設計者、建造担当、オペレーター、維持管理者など）

1.3 前提条件と制約 (Assumptions and Constraints)

設計・建造に関する制約（環境規制、SOLAS条約、IMO要件）

技術的制約（エンジンの種類、燃料選択、排出ガス規制）

航行エリアの想定（航路、気象条件）

2．システム概要

例

2. システム概要 (System Overview)

2.1 船舶の運用コンセプト (Concept of Operations for Cargo Ship)

鉄鋼製品輸送：日本国内の港で積載 → 東南アジアの指定港へ輸送

PKS輸送：東南アジア（インドネシア・マレーシア）の港で積載 → 日本の発電所向け港で荷揚げ

船舶の特徴：

喫水制限に対応するため、 **浅喫水船（Low Draft Bulk Carrier）** を採用

積載量を調整し、港湾条件に適合

PKS の粉塵管理を考慮し、 **専用の船倉設計** を採用

2.2 主要な設計要件 (Key Design Requirements)

最大積載量 **DWT → 喫水制限時 に制限**

貨物室の設計：

鉄鋼製品用：コンテナ化または鋼材用ラックを設置

PKS 用：粉塵抑制のため **密閉倉** とし、排気システムを設置

積載・荷役設備：

自動クレーン搭載（港湾設備が不十分な場合の対応）

PKS荷揚げ用のサクション式コンベア（環境対策）

様式

2. システム概要 (System Overview)

2.1 貨物船の運用コンセプト (Concept of Operations for Cargo Ship)

貨物船の運用目的（例：コンテナ船、バルクキャリア、タンカーなど）

船舶の主要な構成要素（船体、機関、貨物設備、通信設備）

2.2 主要な設計要件 (Key Design Requirements)

船体設計（耐波性、復原性、耐久性）

推進システム（ディーゼルエンジン、LNG燃料エンジン、電動推進）

貨物取扱設備（クレーン、ハッチカバー、ポンプシステム）

2.3 システムインターフェース (System Interfaces)

船舶と外部インフラの関係（港湾設備、貨物積み降ろし、航行管制）

船内システムの相互関係（エンジン制御システム、ナビゲーション、貨物管理）

3．運用フェーズとタイムライン

例

3. 運用フェーズとタイムライン (Operational Phases and Timeline)

フェーズ	主な作業
積載	鉄鋼製品：港湾クレーンで積載。PKS：専用設備で積載（9,000～11,000トン）。
出航準備	燃料補給、積載バランス調整、潮汐条件確認。
航行	航行ルート最適化（燃費、潮流考慮）。
到着・荷役	鉄鋼製品：大型港で荷下ろし。PKS：浅喫水港で荷揚げ。

様式

- **3. 運用フェーズとタイムライン (Operational Phases and Timeline)**
- **3.1 運用ライフサイクル (Operational Lifecycle)**
- **設計・建造フェーズ**（仕様確定、設計検討、建造、試運転）
- **運航フェーズ**（定期運航、貨物積載・荷役、メンテナンス）
- **維持管理フェーズ**（定期点検、ドック入り、修理）
- **廃船フェーズ**（リサイクル計画、環境対策）
- **3.2 主要な運用イベント (Key Operational Events)**
- 出航準備（積載計画、燃料補給、クルーチェック）
- 航行（航海計画、燃費管理、気象回避）
- 入港・貨物荷役（荷役時間管理、安全管理）
- メンテナンス（定期検査、エンジン保守）

４．運用シナリオ

例

4. 運用シナリオ (Operational Scenarios)

4.1 通常運用シナリオ (Nominal Operations)

鉄鋼製品輸送シナリオ

国内の製鉄所近隣港で積載
積載最大 40,000トン（港湾設備次第で制限）
出航、指定ルートを航行
到着後、クレーンまたはフォークリフトで荷揚げ

PKS輸送シナリオ

東南アジアのPKS積出港で **10,000トンを積載**
日本向け港湾に到着、 **サクション式コンベアで荷揚げ**
環境対策として、粉塵抑制を実施

4.2 異常時運用シナリオ (Off-Nominal Operations)

積載超過・喫水超過時の対応：バラスト水調整または積載重量制限

PKSの発火リスク：温度管理、換気システムを監視

船体座礁リスク：潮汐データをリアルタイム監視し、安全な水深を確保

様式

4. 運用シナリオ (Operational Scenarios)

4.1 通常運用シナリオ (Nominal Operations)

積載計画（貨物の種類ごとの荷役手順）

航行シナリオ（最適航路選定、燃費管理）

機関運転（エンジン出力調整、排出ガス制御）

4.2 異常時運用シナリオ (Off-Nominal Operations)

機関故障対応（予備推進装置の使用、緊急連絡手順）

航行システム異常（レーダー、GPS故障時の手動操船手順）

貨物管理の異常（貨物の移動、荷崩れ対応）

環境リスク対応（燃料漏れ、排出ガス事故）

4.3 非常時運用シナリオ (Emergency Operations)

火災発生時の対応（消火設備、避難計画）

衝突・座礁時の対応（損傷管理、船体補修）

海賊対策（警備体制、通信連絡手順）

5．船舶のオペレーション管理

例

5. 船舶のオペレーション管理 (Ship Operations Management)

5.1 船員の役割とトレーニング (Crew Roles and Training)

浅喫水港の操船訓練（引き潮時の安全操船）

PKS粉塵管理の安全講習（発火リスク対策）

5.2 指令・通信戦略 (Command and Communication Strategy)

港湾設備のリアルタイム監視（AIS, VTSとの連携）

荷役中の無線連絡（港湾クレーンとの統合通信システム）

様式

5. 船舶のオペレーション管理 (Ship Operations Management)

5.1 船員の役割とトレーニング (Crew Roles and Training)

船長・航海士・機関士の責務

定期的な訓練プログラム（SOLAS/ISM規程対応）

5.2 指令・通信戦略 (Command and Communication Strategy)

航行中の指令体系（船内指揮命令系統）

陸上との通信（衛星通信、AIS、Eメール）

5.3 燃料管理とエネルギー効率 (Fuel Management and Energy Efficiency)

燃費最適化の手法（エンジン負荷管理、風力・太陽光活用）

環境規制への対応（排出ガス規制、バラスト水管理）

6．物流・保守・人員配置計画

例

6. 物流・保守・人員配置計画 (Logistics, Maintenance, and Staffing)

PKS荷役設備の定期点検（サクション式コンベア）

鉄鋼製品積載時の安全確認（バランス崩れ防止）

様式

6. 物流・保守・人員配置計画 (Logistics, Maintenance, and Staffing)

6.1 統合後方支援 (Integrated Logistic Support, ILS)

燃料・部品補給計画

予備部品管理（陸上倉庫と船上ストック）

6.2 定期メンテナンス計画 (Planned Maintenance Schedule)

クラス検査（国際条約・船級協会の要件）

エンジンオーバーホールと船体メンテナンス

6.3 必要な人員とスキルセット (Staffing and Skill Requirements)

船員の必要資格（STCW条約に基づく訓練要件）

自動化・デジタル技術の活用による省人化

7．リスク管理とフェイルセーフ計画

例

7. リスク管理とフェイルセーフ設計 (Risk Management and Fail-Safe Design)

7.1 主要リスクと対応策 (Key Risks and Mitigation Strategies)

航海リスク（荒天、衝突、海賊）

機関リスク（エンジントラブル、電源喪失）

環境リスク（油流出、排出規制違反）

7.2 フェイルセーフ機能 (Fail-Safe Features)

冗長化設計（デュアルエンジン、予備発電機）

自動化システム（予測メンテナンス、異常検知AI）

様式

7. リスク管理とフェイルセーフ設計 (Risk Management and Fail-Safe Design)

7.1 主要リスクと対応策 (Key Risks and Mitigation Strategies)

航海リスク（荒天、衝突、海賊）

機関リスク（エンジントラブル、電源喪失）

環境リスク（油流出、排出規制違反）

7.2 フェイルセーフ機能 (Fail-Safe Features)

冗長化設計（デュアルエンジン、予備発電機）

自動化システム（予測メンテナンス、異常検知AI）

参考文献

NASA Systems Engineering Handbook
https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2018/09/nasa_systems_engineering_handbook_0.pdf

システム思考とモデルベースデザイン / Systems Thinking and Model Based Design
https://is.edu.k.u-tokyo.ac.jp/systems-thinking