

STAMP/CAST分析における生成AIの支援 ～羽田空港航空機衝突事故を題材として～

メンバー	安樂 啓之 (インフォテック) 光井 颯 (日立システムズ) 諏訪 航司 (アズビル) 瀬川 和明 (キヤノン)	水野 浩之 (東芝) 鄧 少棠 (Photosynth) 吉村 隆広 (アイホン) 村上 孝 (スズキ)
------	--	---

主 査	金子 朋子 (創価大学)
副 主 査	高橋 雄志 (日本AIシステムサービス)
アドバイザー	佐々木 良一 (東京電機大学)

アジェンダ

- 背景
- STAMPの概要
- STAMP/CASTによる分析
- 提案手法
- 生成AIについて（前提、目的、検証）
- 今後の課題
- コースの感想
- まとめ
- 参考文献

背景

- IoT (Internet of Things) 時代を迎え
システムの構成要素それぞれが接続・連動し動作
大規模・複雑化が進んでいる
⇒ 構成要素間のコミュニケーションミスによる事故が発生

- 大規模・複雑化したシステムに対応した新しい分析手法、
事故モデルが必要

**複雑な相互作用をもつシステムの安全性分析として、
STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) に注目**

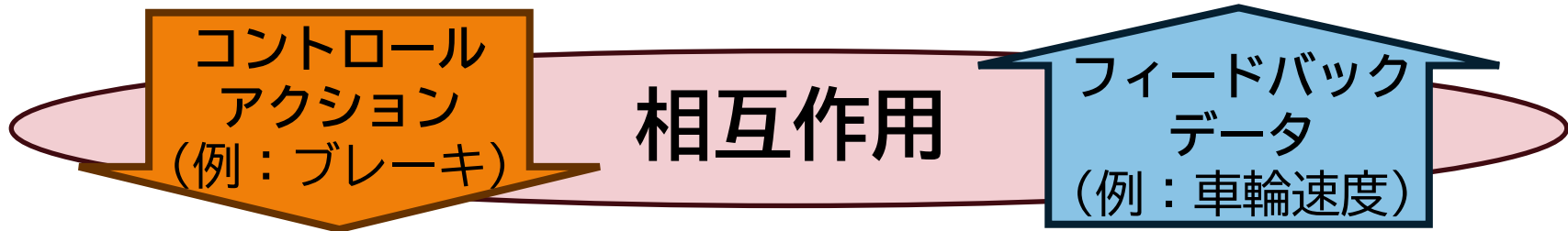
- STAMP を利用した分析手法の1つに

**事故の発生後に事故要因を分析することを目的とした
STAMP/CAST (Causal Analysis using System Theory) がある**

STAMPの概要

- **STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes: システム理論に基づく事故モデル)**
 - システムの事故の多くは構成要素の故障ではなくシステムの中で制御を行う「**制御要素 (コントローラー)**」と「**被制御要素 (被コントロールプロセス)**」の**相互作用**が適切に働かないことによっておきているという前提
 - システムの構造を「**安全制御構造 (Safety Control Structure)**」と名づけこれを作図するところからはじめる

コントローラー (例: ブレーキシステム制御装置)



被コントロールプロセス (例: 車輪ブレーキ本体)

システム理論に基づく事故モデルSTAMP

「STAMPガイドブック ~システム思考による安全分析~ 2019年3月公開」

STAMP/CASTの概要

■ CAST (Causal Analysis using System Theory)

- 事故全体の理解を可能とするフレームワークとプロセスを提供
- **事故の原因分析を安全制御構造の破綻にフォーカス**し、先入観や偏見による影響や偏りを小さくする事故分析技術

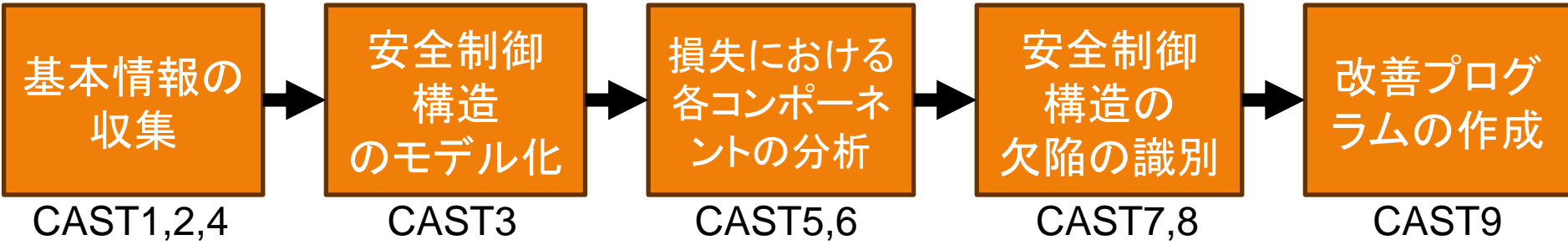
CAST分析の手順

CAST1	損失に関係するシステムとハザードを特定する
CAST2	そのハザードに関連するシステム安全制約とシステム要件を特定する
CAST3	ハザードを制御し、安全制約を実施するための安全制御構造を文書化する
CAST4	損失につながる近接事象を決定する
CAST5	物理システムレベルで損失を分析する
CAST6	安全管理構造のレベルを上げていき、上位の各レベルが、現在のレベルでの不十分な管理をどのように許容し、またなぜそのような事態を招いたのかを特定する
CAST7	損失に対する全体的な調整とコミュニケーションの寄与を調べる
CAST8	損失に関連するシステムおよび安全管理構造のダイナミクスと変化、および時間経過に伴う安全管理構造の弱体化を判断する
CAST9	提言の作成

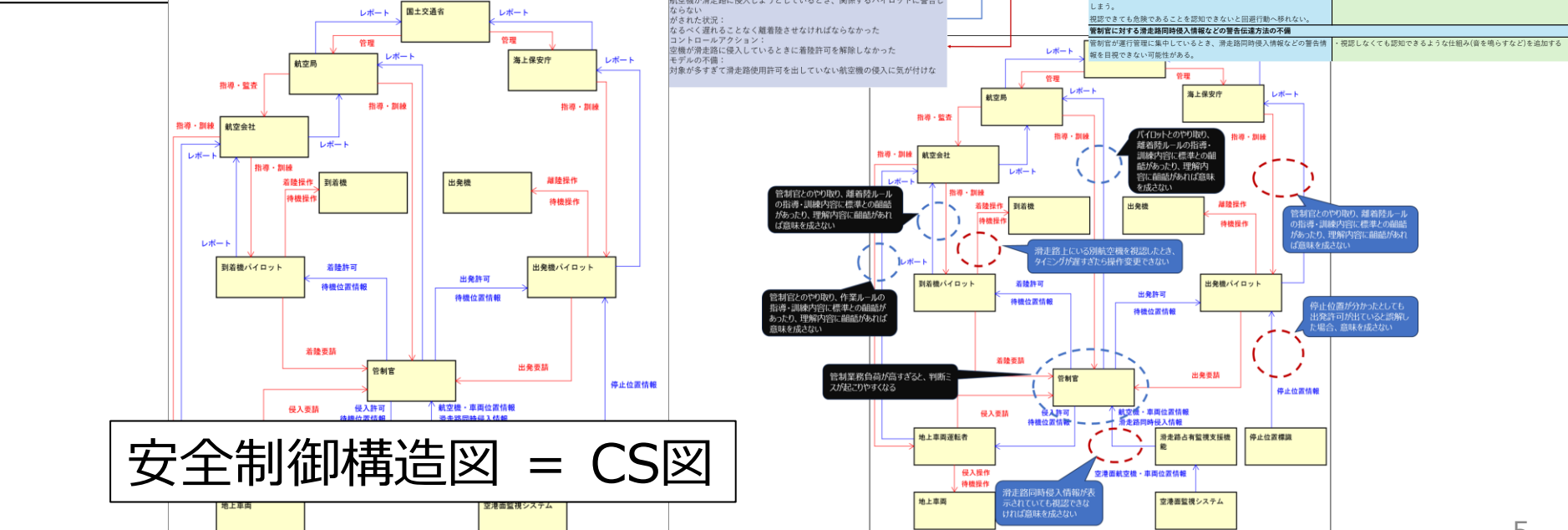
※Engineering a Safer Worldに示される手順
(引用) 安全性分析の新風潮と事故分析手法STAMP/CAST

STAMP/CASTによる分析例

※CAST HANDBOOKに示される手順のまとめりで記載



アクシデント	ハザード	安全制約	到着機(JA516)パイロット	出発機(JA722A)パイロット	管制官が見える状況	改善動向
空港上で着陸した航空機と別の航空機が衝突し、死傷者が出た	着陸中の航空機が使用している滑走路に別の航空機が侵入した	着陸中の航空機が使用している滑走路に別の航空機が侵入していない	<ul style="list-style-type: none"> 安全要求と制約: <ul style="list-style-type: none"> 着陸許可をもらってから着陸しなければならない 意思決定がされた状況: <ul style="list-style-type: none"> 定刻になるべく遅れることなく着陸しなければならない 自機に着陸許可が出ていた 非安全なコントロールアクション: <ul style="list-style-type: none"> 別の航空機が滑走路に侵入しているときに着陸を延期できなかった メンタルモデルの不備: <ul style="list-style-type: none"> 早く着陸しなくてはならない 自機に着陸許可が出ていたため、滑走路の空き状態を疑わなかった 	<ul style="list-style-type: none"> 安全要求と制約: <ul style="list-style-type: none"> 着陸許可をもらってから滑走路に侵入しなければならない 意思決定がされた状況: <ul style="list-style-type: none"> 離陸時に滑走路から早く着陸して早く着陸しなくてはならない 非安全なコントロールアクション: <ul style="list-style-type: none"> 着陸許可なしで滑走路に侵入した メンタルモデルの不備: <ul style="list-style-type: none"> 早く離陸しなくてはならない 復讐していたが待機を認知していなかった 	<ul style="list-style-type: none"> 管制官が見える状況 管制官の業務全体の中でセパレートしても問題のない業務を複数人で分担する 	<ul style="list-style-type: none"> 改善動向 上位組織による指導・訓練方針の策定 国際・国内標準やルールを策定し、指導・訓練要綱として展開
What?何が起きたのか	Why?原因究明のため明らかにしたいこと	なぜ滑走路に侵入したのか?	なぜ滑走路に別の航空機が侵入したことを警告できなかったのか?	なぜ滑走路に別の航空機が侵入したことを警告できなかったのか?	なぜ着陸動作を中断できなかったのか?	



安全制御構造図 = CS図

STAMP/CAST分析における問題と提案する解決法

■ 問題

- STAMP特有のモデル（CS図）を用いたり、複雑な手順を有していたりする
⇒ 分析者への依存度が大きく、分析自体も時間がかかる

分析者の熟練度に依存せずに分析の質および分析効率を向上させたい！

■ 提案する解決法

- 人間のような文章生成や情報検索をする **生成AIによる支援**

■ 解決法の検証方法

- 以下の3つの課題のいずれかを解決できれば適用可能とみなす

- **課題1. 分析のいずれかの手順に利用できる**
- **課題2. 分析効率を上げる**
- **課題3. 分析者の熟練度に依存せず支援できる**

前提条件

- 検証の話が始める前に前提条件を説明します。



検証における生成AIの準備

- 本検証は生成AIの最適化を狙っていないので、必要最低限の情報を与え、実施した。



検証における研究員の熟練度

- 昨年度初めてCAST分析に挑戦した人
- 今年初めてCAST分析に挑戦した人

検証の目的

■ 本検証の目的

課題1

STAMP/CAST
分析のいずれかの
手順で利用できる

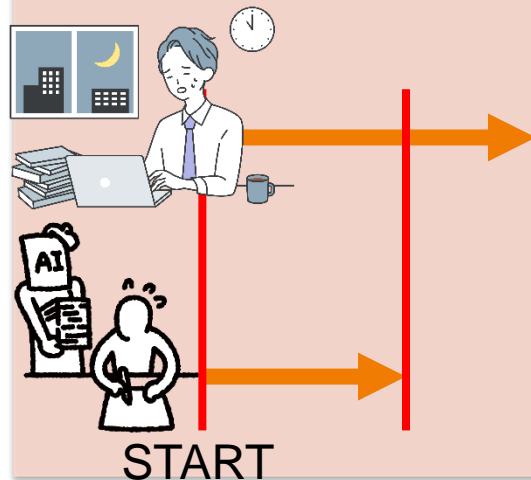
- 生成AIによって
STAMP / CASTに
よる分析を**支援**でき
ることを検証



課題2

分析効率を上げるこ
とができる

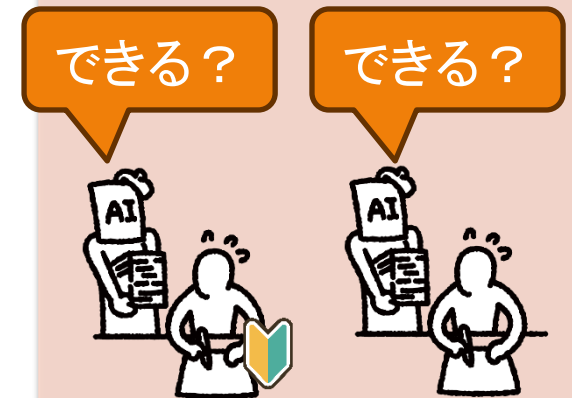
- 生成AIを使うことで
分析時間を短縮す
ることができること
を検証



課題3

STAMP/CAST
分析者の熟練度に依
存せず支援できる

- STAMP/CAST分析
の熟練度が少ない
人でも分析を行うこ
とが可能か検証



生成AIによる支援の検証

- 分析対象：羽田空港航空機衝突事故とは
 - 令和6年1月2日17時47分頃、日本航空JAL516便（新千歳発羽田行き）と海上保安庁所属JA722A（被災地への支援物資輸送準備中）が羽田空港のC滑走路上で衝突した事故

JAL516

17:43 C滑走路へ向かう指示
(到着1番目)

17:45 34R着陸支障なしと管制へ報告

JA722A

17:45 C滑走路(C5)へ移動
(出発機1番目)

※その後滑走路に侵入

事故発生

生成AIによる支援の検証

■ 検証の進め方・結果

(1) プロンプトの準備

STAMP/CAST分析を行うためのプロンプトを準備。

(2) 分析に使えるかの検証

生成AIを使い、プロンプトを実行し、出力された内容が各STAMP/CAST分析に必要な情報を含んでいることを検証。

(3) 分析効率が上がるかの検証

- ① 分析時間の比較を行う
- ② 分析結果を比較し、結果の一致度を比較

①で分析時間を比較、②で結果の異なる部分を比較し、妥当性を確認。

(4) 熟練度に関係なく支援可能か

複数の分析者(複数)が利用可能な環境で分析を実施する。
熟練度や環境に関係なく、分析手順が実施可能で、出力結果が得られることを比較。

生成AIによる支援の検証

■ 検証の進め方・結果

(1) プロンプトの準備

STAMP/CAST分析を行うためのプロンプトを準備。

→色々試行錯誤した結果、プロンプトは4つになった。
(論文の付録に収録しています。)

(2) 分析に使えるかの検証

生成AIを使い、プロンプトを実行し、出力された内容が各STAMP/CAST分析に必要な情報を含んでいることを検証。

(3) 分析効率が上がるかの検証

- ① 分析時間の比較を行う
- ② 分析結果を比較し、結果の一致度を比較

①で分析時間を比較、②で結果の異なる部分と比較し、妥当性を確認。

(4) 熟練度に関係なく支援可能か

複数の分析者(複数)が利用可能な環境で分析を実施する。熟練度や環境に関係なく、分析手順が実施可能で、出力結果が得られることを比較。

→詳しくは次ページ以降で説明します。

生成AIによる支援の検証

(1) プロンプトの準備

■ 検証の進め方（結果）

作成したプロンプトは以下①～④の4つとなった。
プロンプトの機能を(a)から始まる内容として記載

No	プロンプトの役割	対応CAST手順
① 作成したプロンプト	事故概要, アクシデント, ハザード, 安全条件の分析, および事故に至るまでの経緯の説明 (a) アクシデントの概要説明 / (b) アクシデント, ハザード, 安全制約の作成 / (c) 事故に至るまでの時系列での説明	CAST1, 2, および4
	事故に関する関連コンポーネントの抽出, CS図の作成, UCAの抽出, 事故に直接関連するコンポーネント間の物理モデルの作成 (a) 事故に関する範囲設定 / (b) 事故に関するコンポーネントの列挙 / (c) 事故に関する制御ループの列挙 / (d) 事故に関する制御コンポーネント, 被制御コンポーネント, CA, フィードバックの列挙 / (e) 事故原因につながる制御の欠如, 不適切なフィードバックの列挙 / (f) 制御コンポーネント, 被制御コンポーネント, UCA, プロセスモデルの欠陥, メンタルモデルの欠陥, 対策の列挙 / (g) 不適切な制御ループの問題点の列挙 作成したプロンプトに含まれている出力	CAST3 および5
	事故に間接的に関連するコンポーネントを追加し論理モデルを作成, 損失への関与の分析, および長期的なスコープにおける安全コントロールストラクチャーの弱化に関する懸念項目を抽出 (a) 本システムの外部に位置する上位コンポーネントの列挙 / (b) コンポーネント間の制御ループの列挙 / (c) 制御コンポーネント, 被制御コンポーネント, コントロールアクション, フィードバックの列挙 / (d) 各コンポーネントに対する安全要求と制約の列挙 / (e) 長期的な安全コントロールストラクチャーの弱化や変化の懸念の列挙	CAST6-9
	①～③の内容を踏まえた改善提案の作成	CAST9

各プロンプト分析出力が
必要なCAST手順

生成AIによる支援の検証

(1) プロンプトの準備

■ 検証の進め方（結果）

作成したプロンプトは以下①～④の4つとなった。
プロンプトの機能を(a)から始まる内容として記載

No	プロンプトの役割	対応CAST手順
①	事故概要, アクシデント, ハザード, 安全条件の分析, および事故に至るまでの経緯の説明 (a) アクシデントの概要説明 / (b) アクシデント, ハザード, 安全制約の作成 / (c) 事故に至るまでの時系列での説明	CAST1, 2, および4
②	事故に関する関連コンポーネントの抽出, CS図の作成, UCAの抽出, 事故に直接関連するコンポーネント間の物理モデルの作成 (a) 事故に関する範囲設定 / (b) 事故に関するコンポーネントの列挙 / (c) 事故に関する制御ループの列挙 / (d) 事故に関する制御コンポーネント, 被制御コンポーネント, CA, フィードバックの列挙 / (e) 事故原因につながる制御の欠如, 不適切なフィードバックの列挙 / (f) 制御コンポーネント, 被制御コンポーネント, UCA, プロセスモデルの欠陥, メンタルモデルの欠陥, 対策の列挙 / (g) 不適切な制御ループと問題点の列挙 / (h) 改善が必要な制御コンポーネントとフィードバックの列挙	CAST3, および5
③	事故に間接的に関連するコンポーネントを追加し論理モデルを作成, 損失への関与の分析, および長期的なスコープにおける安全コントロールストラクチャーの弱化に関する懸念項目を抽出 (a) 本システムの外部に位置する上位コンポーネントの列挙 / (b) コンポーネント間の制御ループの列挙 / (c) 制御コンポーネント, 被制御コンポーネント, コントロールアクション, フィードバックの列挙 / (d) 各コンポーネントに対する安全要求と制約の列挙 / (e) 長期的な安全コントロールストラクチャーの弱化や変化の懸念の列挙	CAST6~8
④	①~③の内容を踏まえた改善提案の作成	CAST9

生成AIによる支援の検証

(2) 分析に使えるかの検証

■ 検証の進め方（結果）

CAST1からCAST9は**生成AIの出力結果を編集をすることで作成が可能**であることが検証できた。

凡例：○:転記, △:入力データの解釈, 編集等, ×:人手による分析が必要

CAST手順	まとめ作業	生成AIの出力からのインプットデータ	編集方法
CAST1	○	(i) プロンプト①の実行結果(a)	(i)をそのまま記載
CAST2	できるかどうか？	(i) プロンプト①の実行結果(b)	(i)をそのまま記載
CAST3		(i) プロンプト②の実行結果(b) (ii) プロンプト②の実行結果(d)	CS図上のコンポーネントとして、(i)を配置し、コンポーネント間のコントロールアクション、およびフィードバックを(ii)を元に矢印で繋いで図を作成する。
CAST4		(i) プロンプト①の実行結果(c)	(i)をそのまま記載
CAST5		(i) プロンプト②の実行結果(d)	CS図(CAST3の出力結果)上のコンポーネントに(i)を追記する。
CAST6		(i) プロンプト③の実行結果(a) (ii) プロンプト③の実行結果(c)	CS図(CAST5の出力結果)上のコンポーネントに(i)を追加で配置し、コンポーネント間のコントロールアクション、およびフィードバックを(ii)をもとに矢印を追記する。
CAST7		(i) プロンプト③の実行結果(d)	(i)をそのまま記載
CAST8		○	(i) プロンプト③の実行結果(e)
CAST9	○	(i) プロンプト④	(i)をそのまま記載

利用するプロンプトの種類と出力の対応
プロンプトの出力の加工方法

生成AIによる支援の検証

(2) 分析に使えるかの検証

■ 検証の進め方（結果）

CAST1からCAST9は生成AIの出力結果を編集をすることで作成が可能であることが検証できた。

凡例：○：転記，△：入力データの解釈，編集等，×：人手による分析が必要

CAST手順	まとめ作業	生成AIの出力からのインプットデータ	編集方法
CAST1	○	(i) プロンプト①の実行結果(a)	(i)をそのまま記載
CAST2	○	(i) プロンプト①の実行結果(b)	(i)をそのまま記載
CAST3	△	(i) プロンプト②の実行結果(b) (ii) プロンプト②の実行結果(d)	CS図上のコンポーネントとして、(i)を配置し、コンポーネント間のコントロールアクション、およびフィードバックを(ii)を元に矢印で繋いで図を作成する。
CAST4	○	(i) プロンプト①の実行結果(c)	(i)をそのまま記載
CAST5	○	(i) プロンプト②の実行結果(f)	CS図(CAST3の出力結果)上のコンポーネントに(i)を追記する。
CAST6	△	(i) プロンプト③の実行結果(a) (ii) プロンプト③の実行結果(c)	CS図(CAST5の出力結果)上のコンポーネントに(i)を追加で配置し、コンポーネント間のコントロールアクション、およびフィードバックを(ii)をもとに矢印を追記する。
CAST7	○	(i) プロンプト③の実行結果(d)	(i)をそのまま記載
CAST8	○	(i) プロンプト③の実行結果(e)	(i)をそのまま記載
CAST9	○	(i) プロンプト④	(i)をそのまま記載

生成AIによる支援の検証

(2) 分析に使えるかの検証

■ 検証の進め方（結果）

CAST1からCAST9は生成AIの出力結果を編集をすることで作成が可能であることが検証できた。

凡例：○：転記，△：入力データの解釈，編集等，×：人手による分析が必要

CAST手順	まとめ作業	生成AIの出力からのインプットデータ	編集方法
CAST1	○	(i) プロンプト①の実行結果(a)	(i)をそのまま記載
CAST2	○	(i) プロンプト①の実行結果(b)	(i)をそのまま記載
CAST3	△	(i) プロンプト②の実行結果(c) (ii) プロンプト②の実行結果(d)	CS図(CAST3の出力結果)上のコンポーネントに(i)を追記する。
CAST4	○	(i) プロンプト②の実行結果(e)	CS図(CAST5の出力結果)上のコンポーネントに(i)を追加で配置し、コンポーネント間のコントロールアクション、およびフィードバックを(ii)をもとに矢印を追記する。
CAST5	○	(i) プロンプト③の実行結果(f)	(i)をそのまま記載
CAST6	△	(i) プロンプト③の実行結果(a) (ii) プロンプト③の実行結果(c)	(i)をそのまま記載
CAST7	○	(i) プロンプト③の実行結果(d)	(i)をそのまま記載
CAST8	○	(i) プロンプト③の実行結果(e)	(i)をそのまま記載
CAST9	○	(i) プロンプト④	(i)をそのまま記載

**すべてのCAST手順において○か△であった。
⇒分析支援は十分に可能**

生成AIによる支援の検証

(3) 分析効率が上がるかの検証

- 生成AIが分析を支援することで、人手による分析の**1/5程度の時間**となった。

ケース	所要時間
生成AIによる分析 (Microsoft Copilot)	3時間程度 <ul style="list-style-type: none"> ・生成AIによる分析 : 数分 ・人手による清書 : 3時間
研究員による分析	14時間程度 <ul style="list-style-type: none"> ・報告書などの読み込み 3時間 ・最初からCAST5までの分析 3時間 ・ステークホルダーの抽出 2時間 ・CAST6以降の抽出 3時間 ・最終的な整理など 3時間

} 反復作業を含む

生成AIによる支援の検証

(3) 分析効率が上がるかの検証

- 人と生成AIでは**最終55%程度の一致があったが、CAST4からCAST7では一致しない傾向があった。**

CAST手順	比較項目	分析による検知		判定		
		人手	生成AI	人手のみ	生成AIのみ	両方
CAST1	-	-	-	-	-	-
CAST2	アクシデント, パワード, 安全制約	4	9	1(10%)	6(60%)	3(30%)
CAST3	コンポーネント, 分析観点	26	10	19(66%)	3(20%)	7(24%)
CAST4	近接事象	3	3	3(50%)	0(0%)	0(0%)
CAST5	コンポーネント, 分析観点	21	12	18(60%)	11(27%)	1(3%)
CAST6	コンポーネント, 分析観点	26	21	14(40%)	9(26%)	12(34%)
CAST7	損失の関与者	4	5	3(38%)	4(50%)	1(13%)
CAST8	俯瞰分析の観点	5	4	3(43%)	2(29%)	2(29%)
CAST9	改善提案	8	9	2(18%)	3(27%)	6(55%)

比較を行う項目

分析によって見つけた項目数

分析結果の項目を種類で整理し、一致度を集計した

生成AIによる支援の検証

(3) 分析効率が上がるかの検証

- 人と生成AIでは**最終55%程度の一致があったが、CAST4からCAST7では一致しない傾向があった。**

CAST手順	比較項目	分析による検知		判定		
		人手	生成AI	人手のみ	生成AIのみ	両方
CAST1	-	-	-	-	-	-
CAST2	アクシデント, ハザード, 安全制約	4	9	1(10%)	6(60%)	3(30%)
CAST3	コンポーネント, CA	26	10	19(66%)	3(10%)	7(24%)
CAST4	近接事象	3	3	3(50%)	3(50%)	0(0%)
CAST5	コンポーネント, 分析観点	21	12	18(60%)	11(37%)	1(3%)
CAST6	コンポーネント, CA	26	21	14(40%)	9(26%)	12(34%)
CAST7	損失の関与者	4	5	3(38%)	4(50%)	1(13%)
CAST8	俯瞰分析の観点	5	4	3(43%)	2(29%)	2(29%)
CAST9	改善提案	8	9	2(18%)	3(27%)	6(55%)

生成AIによる支援の検証

(3) 分析効率が上がるかの検証

- 人と生成AIでは**最終55%程度の一致があったが、CAST4からCAST7では一致しない傾向があった。**

人手の分析

主語 + 述語 + (目的語) + (修飾語) + ...

分析の途中で反復することで、より詳しい分析を行っている。

生成AIの分析

主語 + 述語 + (目的語)

生成AIによる分析は、**反復を行わない**

⇒ **分析結果の詳細度が異なっていた**

知	判定		
	人手のみ	生成AIのみ	両方
AI	-	-	-
9	1(10%)	6(60%)	3(30%)
0	19(66%)	3(10%)	7(24%)
3	3(50%)	3(50%)	0(0%)
12	18(60%)	11(37%)	1(3%)
21	14(40%)	9(26%)	12(34%)
5	3(38%)	4(50%)	1(13%)
4	3(43%)	2(29%)	2(29%)
9	2(18%)	3(27%)	6(55%)

生成AIによる支援の検証

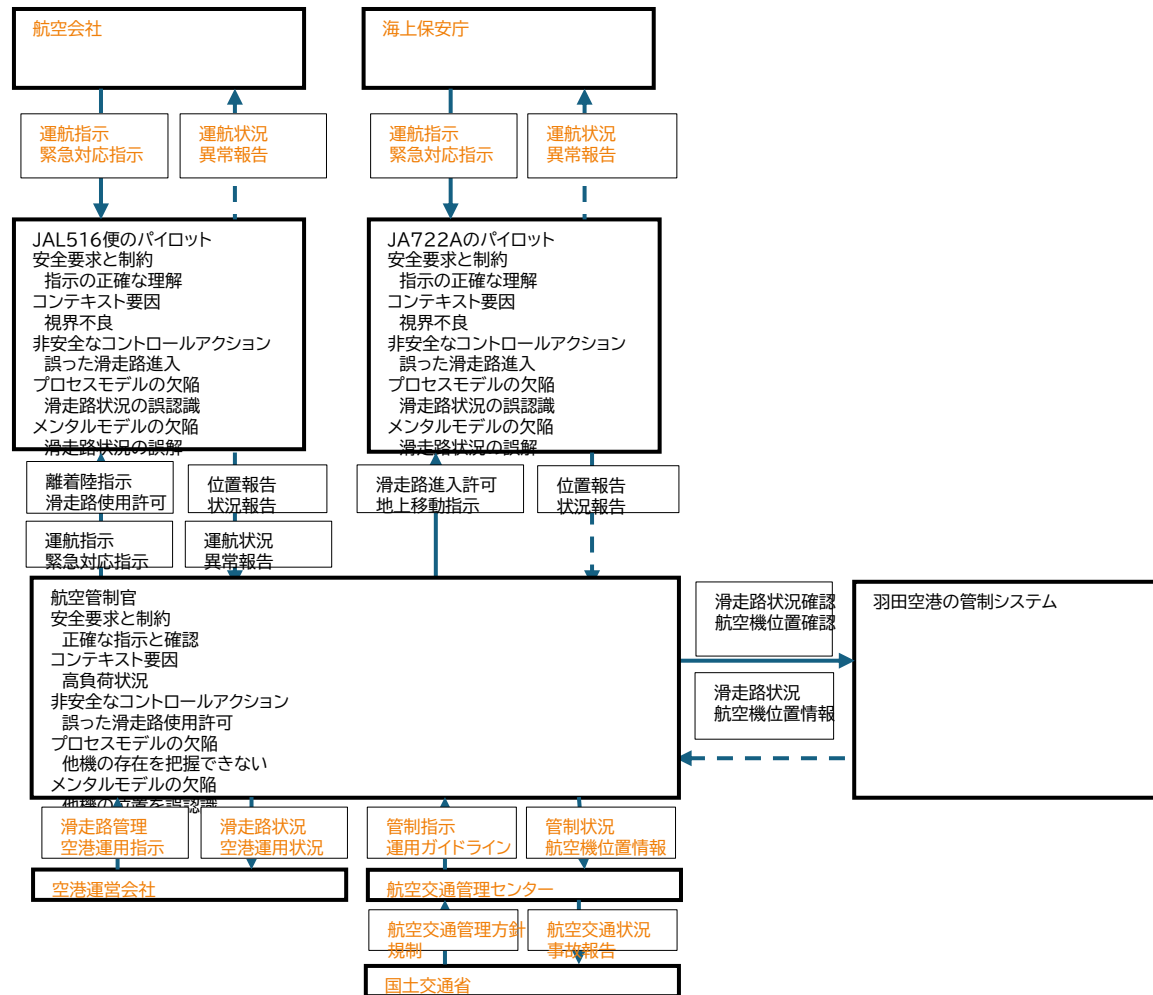
(4) 熟練度に関係なく支援可能か

- 3名の分析者により複数の生成AIを用いてモデルを作成したところ、**下記各種生成AIにて検証を行い、出力をもとにモデル作成ができる**ことを出力結果から判断できた。

研究員	STAMPモデルによる分析の経験年数	利用した生成AI	実施日	実施結果
A	2年	Microsoft Copilot	2024/12/14	分析可能
		Gemini1.5 Flash	2024/12/17	分析可能
B	5年	Microsoft Copilot	2024/12/17	分析可能
C	1年	ChatGPT-4o	2024/12/17	分析可能
		Perplexity(default)	2024/12/17	分析可能

生成AIによる支援の検証

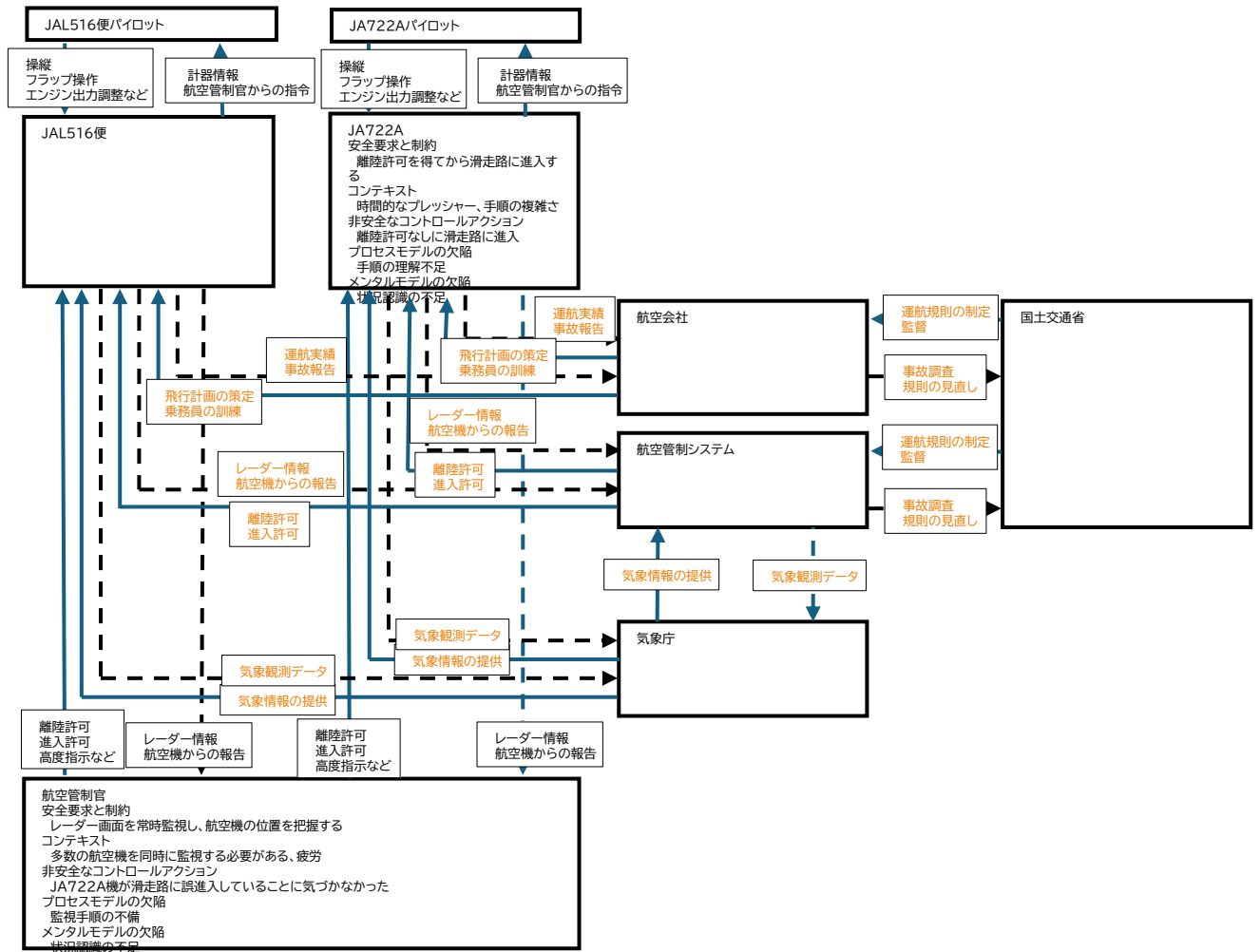
(4) 熟練度に関係なく支援可能か



CAST6時点でのCS図 (Microsoft Copilot版)

生成AIによる支援の検証

(4) 熟練度に関係なく支援可能か



CAST6時点でのCS図 (Gemini Flash版)

生成AIによる支援の検証

■ 今回の検証に基づく考察

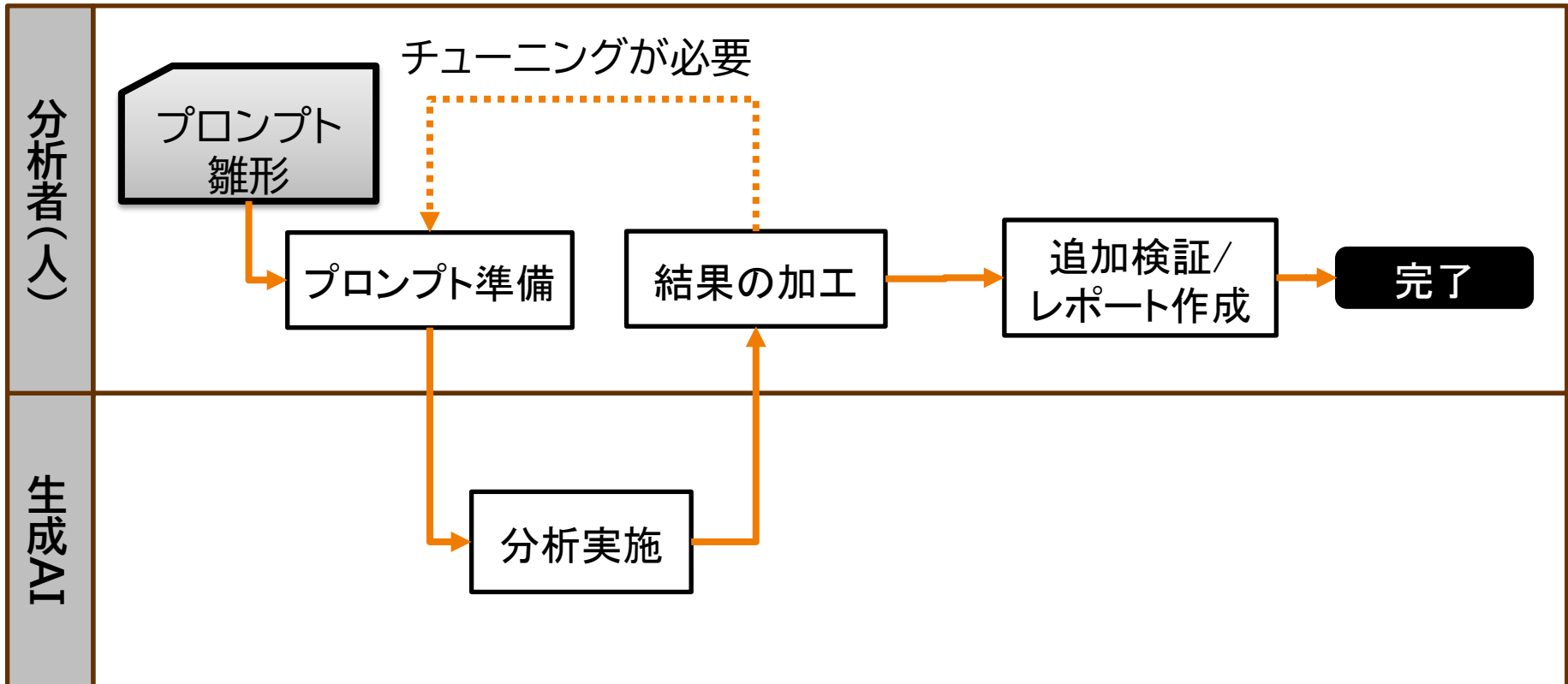
- 生成AI活用のノウハウ・テクニック等について、今後の分析では必要
- 事故の詳細な情報がないため、分析結果が一般的となっている可能性がある
- 生成AIの速さを活かすことで柔軟な分析の戦略を立てることが可能。
- 各種生成AIで実行可能であり、広く利用可能であることを期待
- 生成AIによる分析に、プロセスの反復を組み込むことでより質の高い分析が期待できる

生成AIによる支援の検証

- 今後の課題については、以下の通り
 - ① プロンプトライブラリの整備が必要
 - ② 広範に活用可能な分析手順の確立が必要
 - ③ AIによる対策立案支援による広範な分析

今後の課題

- 今回実施した分析検証のスキームをもとに、今後の改善ポイントを示す。

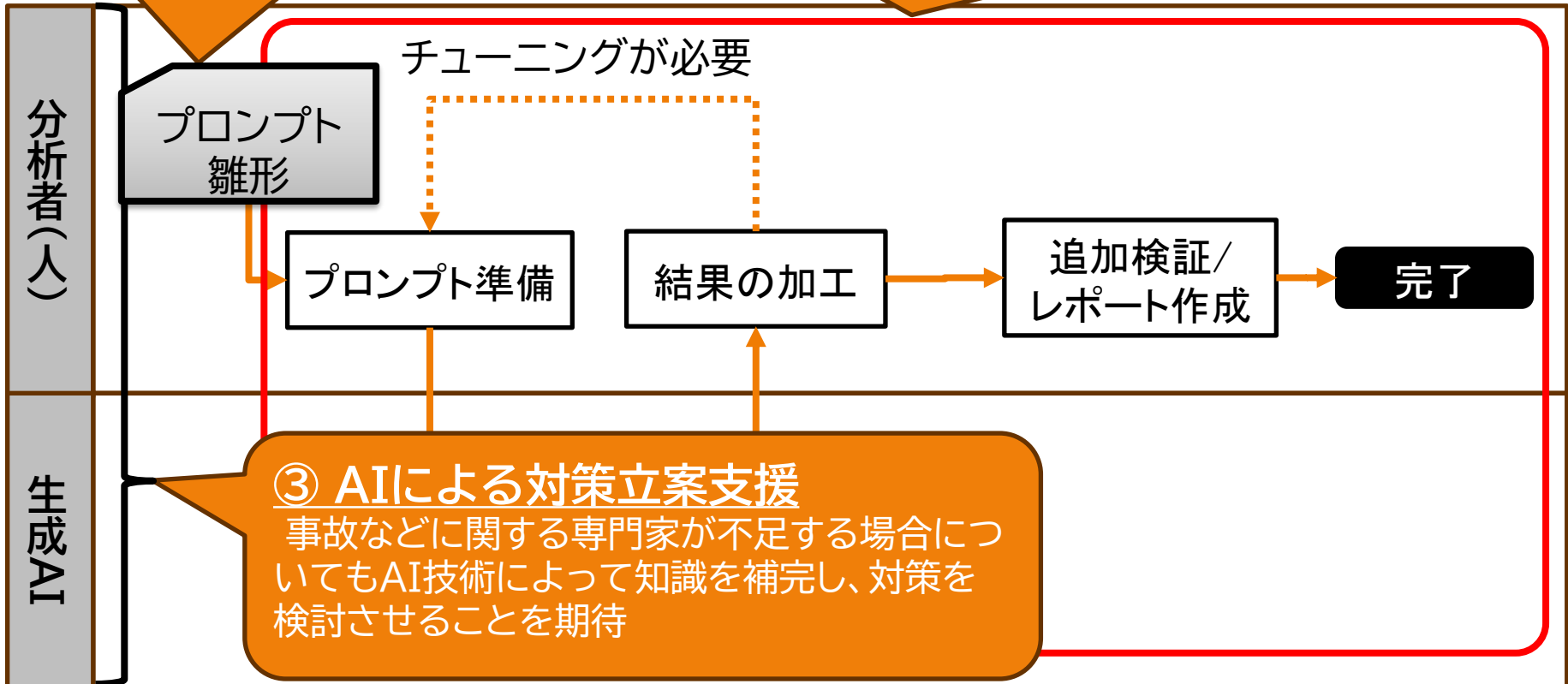


今後の課題

今回実施した分析検証のスキームをもとに 今後の改善ポイント

① プロンプトライブラリ整備
 プロンプトの発展・共有をし、だれでも使えるようにする

② 広範に活用可能な分析手順確立
 多くの事例をもとに今回の分析手順を検証。人と生成AIの役割・手順の改善を実施



③ AIによる対策立案支援
 事故などに関する専門家が不足する場合についてもAI技術によって知識を補完し、対策を検討させることを期待

まとめ

- 本検証にて、羽田空港航空機衝突事故を題材として、**STAMP / CAST分析における生成AIの効果的な分析支援が可能であることを確認**できた。また下記のような特性があることが分かった。
 - 生成AIの支援によって、STAMP/CAST分析の時間が短縮可能
 - 人と生成AIの分析には分析プロセスの反復性に違いがみられた
 - 生成AIはインプットには含まれない推論に基づく回答を行うことが観察されたことから、精査が必要

コースの感想

参加者	感想・コメント
A	今年本チームへは、2回目の参加となりました。当初希望していた、研究についても取り組むことができ、活動の中で学ぶことも多く感謝しています。ありがとうございました。
B	去年に引き続き2回目の分科会参加となりました。STAMP/CASTの手法理解、生成AIによる分析支援の可能性が確認でき大変有意義でした。
C	STAMP/CAST手法について演習を通してプロセスを理解することで、システム設計におけるセーフティ・セキュリティの担保について多くを学ぶことができました。
D	セーフティ・セキュリティの分野に対して、STAMP/CAST手法やインシデント事例など幅広く学ぶことができ大変有意義な時間でした。
E	この1年を通してSTAMP/CASTを学ぶことができました。SOTIF(ISO 21448)のAnnexにSTAMP/STPAが採用されたこともあり、引き続きこちらも勉強したいと思います。
F	セーフティ・セキュリティの分野における第一人者から直接教わる機会は、なかなかないので、良い学びの場となりました。また、STAMP/CAST手法を単純に学ぶのではなく、AIを使った分析支援の応用という研究分野としての参画の場にしていただけたことにも感謝しております。
G	セーフティ・セキュリティの分野におけるさまざまな分析手法について学びました。特に、STAMP/CAST手法について理解が深まり、事故の予防やリスク管理の新たな視点を得ることができました。この研修に参加できて、とても有意義でした。
H	STAMP/CAST手法について実際の事故を題材に分析したことで、分析プロセスを深く学習することができました。またAI活用についても経験でき大変有意義な活動となりました。ありがとうございました。

Q&A

**ご清聴ありがとうございました。
ご質問があればお願いいたします。**

参考文献

- 独立行政法人 情報処理推進機構(IPA), STAMPガイドブック ~システム思考による安全分析~ Ver.1.0, <https://www.ipa.go.jp/digital/stamp/ug65p90000001xs-att/000072491.pdf>, 2019
- 金子 朋子, 安全性分析の新風潮と事故分析手法STAMP/CAST, コンピュータ ソフトウェア, 40(3), pp.73-87, 2023
- 独立行政法人 情報処理推進機構(IPA), はじめてのSTAMP/STPA ~システム思考に基づく新しい安全性解析手法~ Ver.1.0, <https://www.ipa.go.jp/digital/stamp/ug65p90000001xs-att/000055009.pdf>, 2016
- Nancy G. Leveson, CAST HANDBOOK: How to Learn More from Incidents and Accidents, MIT, 2019
- Nancy G. Leveson, Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety, The MIT Press, 2012
- 内閣サイバーセキュリティセンター(NISC), 人工知能(AI)への取組, https://www.nisc.go.jp/pdf/policy/kokusai/Provisional_Translation_JP_Engaging_with_AI.pdf
- 羽田空港航空機衝突事故対策検討委員会, 羽田空港航空機衝突事故対策検討委員会 中間取りまとめ, <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001753299.pdf>, 2016
- Microsoft, Knowledge sources overview, <https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-copilot-studio/knowledge-copilot-studio,2025/2/17>参照
- ICT総研, 2024年度 生成AIサービス利用動向に関する調査, <https://ictr.co.jp/report/20240830.html/>, 2024/12/26参照

Appendix

- ・羽田についての分析結果

羽田空港航空機衝突事故の分析結果

■ 羽田空港航空機衝突事故のMicrosoft Copilotによる分析結果

	問題点	本来あるべき姿	改善勧告
航空管制官 ⇄ パイロット	コミュニケーション不足により滑走路使用許可の誤解が発生し、衝突事故が発生	明確な指示と確認により、滑走路の安全な使用が確保される	管制官とパイロット間のコミュニケーション訓練を強化し、指示の確認プロセスを徹底する
管制システム ⇄ 航空管制官	着陸進行状況の報告が遅れ、滑走路上の状況把握が遅れたため、衝突を回避できなかった。	JAL516便のパイロットが着陸進行状況を適時に報告し、航空管制官が滑走路状況を正確に把握する。	着陸進行状況報告手順の強化、管制官とパイロット間のコミュニケーション訓練の徹底、滑走路状況のリアルタイムモニタリングシステムの導入。
国土交通省 ⇄ 航空交通管理センター	規制の更新頻度が低く、最新の安全対策が反映されていなかった	正確な滑走路状況の提供により、航空機の安全な運用が可能	視覚支援システムを導入し、滑走路状況のリアルタイム監視を強化する
航空会社 ⇄ パイロット	緊急事態対応の指示が不適切で、事故対応が遅れた	適切な緊急対応指示により、迅速な事故対応が可能	緊急対応マニュアルを整備し、定期的な訓練を実施する
空港運営会社 ⇄ 航空管制官	滑走路管理が不適切で、視界不良時の対応が不十分だった	適切な滑走路管理により、視界不良時でも安全な運用が可能	視覚支援システムを導入し、視界不良時の滑走路管理を強化する

羽田空港航空機衝突事故の分析結果

■ 羽田空港航空機衝突事故の研究員による分析結果

分析から見える弱点	改善勧告
指導・訓練内容の不一致	
航空局→管制官 航空会社→パイロット、地上車両運転手 海上保安庁→海保パイロット という異なる複数パスでの指導・訓練があり、指導内容や理解内容に齟齬が出る可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・上位組織による指導・訓練方針の策定 ・国際・国内標準やルールを策定し、指導・訓練要綱として展開
管制官の負荷増大化	
離着陸機、地上車両などから滑走路侵入許可要請が集中することで適切な運行管理ができなくなる可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・管制官の業務全体の中でセパレートしても問題の無い業務を複数人で分担する
出発機・地上車両の滑走路侵入許可の不明瞭さ	
停止位置標識によって停止位置が分かったとしても侵入許可が出ていると誤認識していたら滑走路に侵入してしまう。	<ul style="list-style-type: none"> ・信号機などの許可・不許可を明示的に示す装置にする
着陸機に対する滑走路侵入機・車両有無の不明瞭さ	
滑走路侵入機・車両があったとしても夜間や天候不良時には視認が遅れてしまう。 視認できても危険であることを認知できないと回避行動へ移れない。	<ul style="list-style-type: none"> ・着陸対象滑走路に侵入機や車両があることを知らせる装置の設置
管制官に対する滑走路同時侵入情報などの警告伝達方法の不備	
管制官が運行管理に集中しているとき、滑走路同時侵入情報などの警告情報を目視できない可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・視認しなくても認知できるような仕組み(音を鳴らすなど)を追加する