

# 荷繰り最少化AIシステム ～ 導入ガイドライン ～

---

2023年5月

港湾局港湾経済課港湾物流戦略室

# 目次

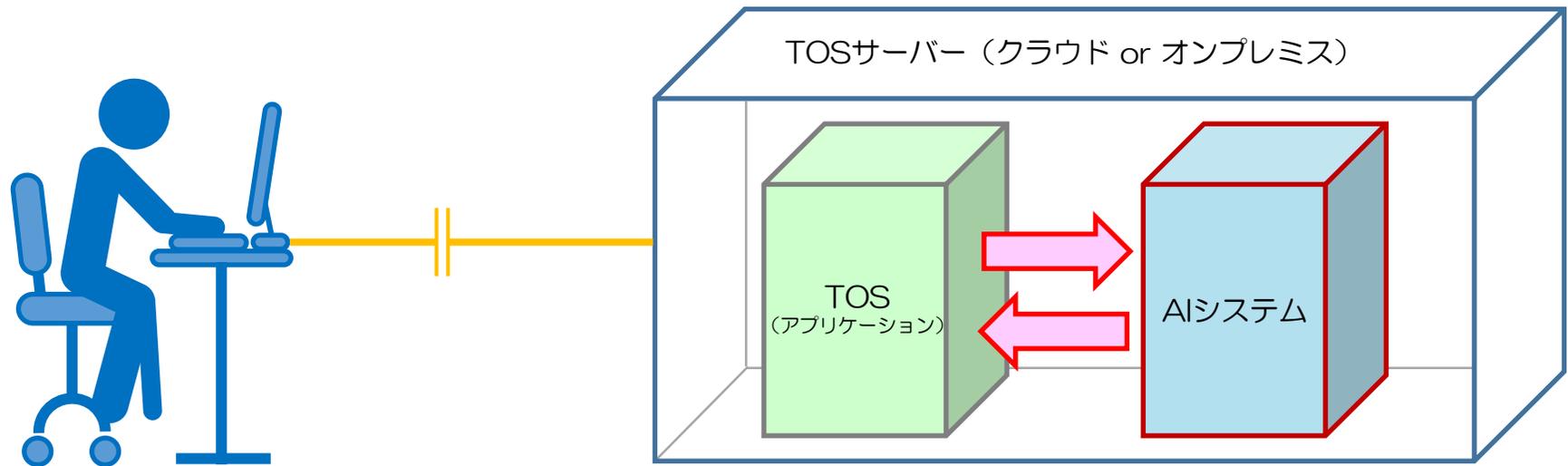
1. システム構成と導入パターン	.....	2
2. AIシステム導入の流れ	.....	7
事前検討段階	.....	9
導入作業段階	.....	13
運用準備・運用開始段階	.....	20
改善段階	.....	22

# 1. システム構成と導入パターン

---

- 本AIシステムについては、TOSとは独立したシステムとして存在し、TOSとお互いにデータを受け渡しながら動作する。
- AIシステムについては、TOSと同じ環境に配置されることを前提としている。

- AIシステムのシステム構成イメージ



- TOSはAIシステムに対し、コンテナ情報やヤード情報を共有
- AIシステムは、TOSから受けとったデータを元に各種計画を立案、結果をTOSに戻す。
- これにより、TOS利用者においても、可能な限り従来と同様の操作方法でAI機能を利用することが可能となる。

- 本AIシステムは、いくつかの機能から構成されている。
- 各ターミナルの状況に応じて、一部の機能のみを導入するパターンも考えられる。
- 各機能のデータ連携の必要性を考慮した場合、主な導入パターンは以下の通り。

導入パターン		説明
①	<ul style="list-style-type: none"><li>全機能導入</li></ul>	AIシステムの全機能（搬出入予測、スタッキングプラン、ヤードプラン、ヴェッセルプラン、ワーキングスケジュール）を導入するパターン。
②	<ul style="list-style-type: none"><li>スタッキングプラン</li><li>ヤードプラン</li><li>搬出入予測機能</li></ul>	搬出入予測の結果を用いたスタッキングプラン作成機能。 スタッキングプランに応じた蔵置場所を立案するヤードプラン作成機能。
③	<ul style="list-style-type: none"><li>ヴェッセルプラン</li><li>ワーキングスケジュール</li></ul>	コンテナ属性や重量、揚港等を考慮したヴェッセルプラン作成機能。 ヴェッセルプランを考慮した荷役機械のワーキングスケジュール作成機能。
④	<ul style="list-style-type: none"><li>搬出入予測機能</li></ul>	ヤードプランニングの参考情報とするための、コンテナ搬出入日時の予測機能。

- AIシステムを導入することにより想定される効果は以下の通り。
- なお、前頁のAIシステムの導入パターンにより、生じる効果は変わる。

効果指標	想定される効果	導入パターン			
		①	②	③	④
荷繰りシフト回数	荷繰りシフト回数の減少	○	○	—	—
マーシャリングシフト回数	本船荷役前に実施するマーシャリングシフト回数の削減	○	—	○	—
荷役機械総稼働時間 荷役機械の総移動距離	荷役機械の総稼働時間及び総移動距離の短縮	○	○	○	—
外来トレーラーの構内滞在時間	ゲートインからゲートアウトまでに要する時間の短縮	○	○	—	○
本船荷役時間	本船荷役開始から終了までの時間短縮	○	○	○	—
ガントリークレーンの作業効率	ガントリークレーンの作業効率の向上 (1基の時間あたり取扱コンテナ数の平均値の上昇)	○	○	○	—
各種プランニング作業時間	AIによる各種計画等の立案による、作業時間の短縮	○	○	○	○
構内シャーシ走行距離	蔵置場所の最適化による走行距離の短縮	○	○	○	—

- 実証による確認には至っていないものの、AIシステムの導入による効果として、さらに想定されるものを以下に示す。

効果指標	想定される効果
オペレーション上の人的ミス	マニュアル等で定められた作業の失念、コンテナ属性の考慮忘れ等によるミスの削減
コンテナ段積み数	ヤード全体のコンテナ段積み数の平準化
蔵置ルール順守率	コンテナのサイズ、高さ、種類、重量、危険物などの蔵置ルールの順守率の向上
本船積み重量バランス	本船積みの際の、本船の前後左右の重量バランスの更なる適正化

## 2. AIシステム導入の流れ

- AIシステムの導入に関する主な流れは以下の通り。
- AIシステムを導入するにあたり、導入の意思決定を行うための「事前検討段階」、導入決定後の「導入作業段階」、導入完了後の「運用準備・運用開始段階」、運用後の状況を踏まえた「改善段階」の4段階に分けている。

### ■ AIシステムの導入の流れ



### ■ 各段階での主な検討・作業事項

- 事前検討段階では、ターミナルにおける現状の課題、現在のオペレーションルールの洗い出し、TOSにおけるデータ保有状況等から、AIシステムの導入の是非や導入パターンを検討する。
- 導入作業段階においては、主にTOSベンダー等と連携し、導入作業を行う。
- 運用準備・開始段階においては、AIシステム導入後の運用方法の教育・社内周知等を行い、AIシステムの運用開始が可能な状態まで体制を整える。
- 改善段階においては、運用開始後に生じた課題を整理し、システムの改修や運用方法の改善などを行う。

## 2. AIシステム導入の流れ

事前検討段階

- AIシステムの導入を決定するためには、解決したい現状の課題や、現在のターミナルのオペレーションルール、TOSが保有している情報等を整理し、明確化する必要がある。

## ■ 事前検討段階における主な検討事項

検討事項	主な内容
解決すべき 現状の課題	<p>ターミナルにおいて現状課題となっている事項を整理する。 これにより、AIシステムにおいて具体的にどの機能を導入すべきかを明確化する。</p> <p>（例）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ コンテナ搬入時に蔵置場所が明確化されておらず、蔵置場所決定までに時間を要している。</li> <li>▶ 本船積付計画や荷役機械の作業スケジュール作成に時間を要しており、作業員の負担になっている。</li> <li>▶ 事前作業の効率化のため、コンテナの搬出入タイミングを大まかに把握したい</li> </ul>
現状のオペレーション ルール	<p>基本的なコンテナの蔵置場所決定のルールに加え、ターミナル特有のオペレーションや、TOS操作のルールを整理し、これらのルールを明確化する。</p> <p>（例）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 複数の蔵置候補レーンがある場合、蔵置率を平準する観点からレーンを選定する。</li> <li>▶ 蔵置候補ベイ内の蔵置ローについて、走行レーンから見て奥側から蔵置する。</li> <li>▶ 条件が複数ある空コンの搬出時は、蔵置期間が長いコンテナを選定する。</li> </ul>
TOSにおいて現状 保有する情報と機能	<p>TOSにおいて電子的に情報を保有している項目と保有していない項目を明確化する。 必要に応じ、現状保有していない情報を電子的に保有することができるよう、TOSを改修する。</p> <p>（例）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 荷役機械の位置情報、作業ログ</li> <li>▶ コンテナ情報（重量、種別、サイズ、品目、危険物、揚港等）</li> <li>▶ 本船情報（船型、ハッチ情報等）</li> </ul>

## ■ 事前検討段階における主な検討事項

検討事項	主な内容
AIシステムの導入パターン	<p>解決すべき現状の課題、現状のオペレーションルール、TOSにおいて現状保有する情報と機能を踏まえ、AIシステムの導入パターンを選択する。</p> <p>また、ターミナルの課題解決ニーズに応じて、新たな機能を追加可能か検討を行う。</p> <p>（例）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 全機能導入</li> <li>▶ まずは搬出入予測機能を導入し、効果を検証する。</li> <li>▶ スタッキングプラン、ヤードプラン機能を導入し、蔵置場所決定を可能な限り自動化する。</li> </ul>
導入作業体制	<p>導入作業を進めるにあたり、社内体制及びTOSベンダーとの連携体制を構築する。</p> <p>場合によっては、自社に導入しているTOSのベンダーだけではAIシステムの導入が難しい場合もあるため、AI関係に知見のあるベンダー等とも連携が可能か検討する。</p> <p>（例）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ターミナルオペレーター + TOSベンダー</li> <li>▶ ターミナルオペレーター + TOSベンダー + AIシステムベンダー</li> <li>▶ ターミナルオペレーター + TOSベンダー + 大学等研究機関</li> </ul> <p>ターミナルオペレーターにおいては、単にベンダーにAIシステム構築を委託するだけでなく、構築するAIシステムの動作結果や、現状のオペレーションルールに沿った運用が可能かどうか評価するなどの役割を担う必要がある。</p>
AIシステムの導入判断	<p>検討事項の内容（AIシステムの導入により課題解決が可能か、AIシステムを利用する際にターミナルのオペレーションルールに対応することが可能か、TOSとAIシステムの連携が可能か、作業体制の構築が可能か等）を踏まえ、AIシステムの導入を実施するか判断する。</p>

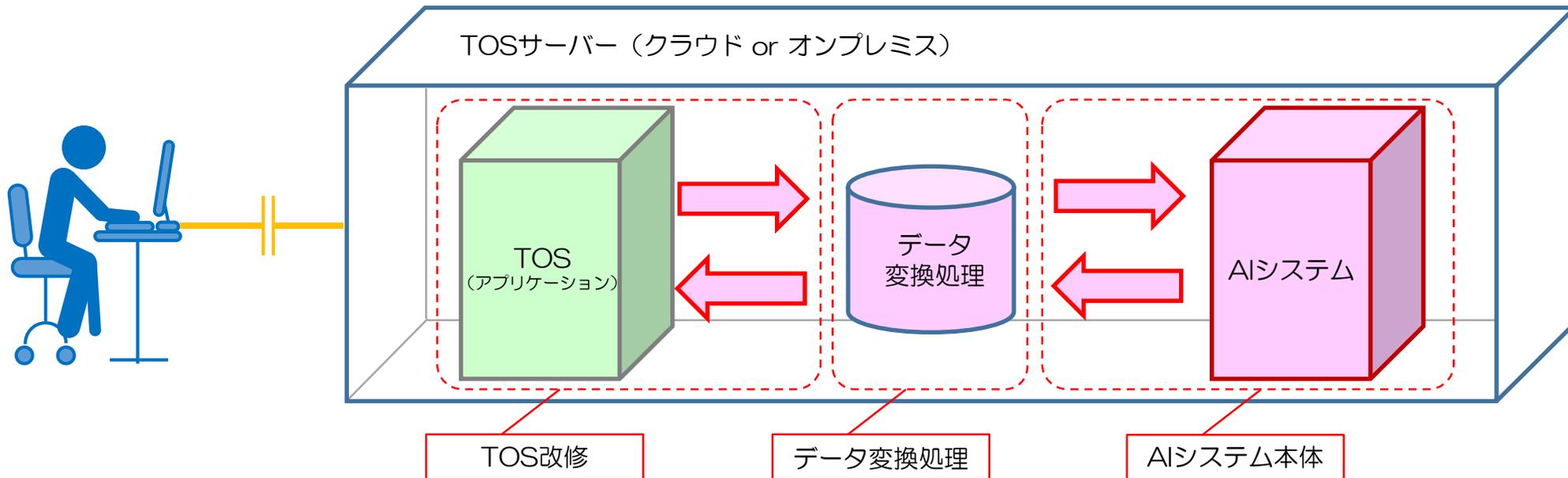
- AIシステムを導入する場合は、さらに「必要データの収集」、「TOSとの連携方式」、「システムの配置環境」に関する検討を行う必要がある。

検討事項	主な内容
必要データの収集	AIシステムの導入に必要なデータの種類や内容、用意するデータの精度を確認する。 （データ精度が低い場合、エラーデータや、本船揚げしたはずのコンテナがヤードに存在しないなどの不整合データが多く存在する）
TOSとの連携方式	TOSを導入している各ターミナルでは、TOSベンダー毎にAIシステムとの連携のための検討が必要となる。AIでは不要なデータ除去や連携ファイル間の整合性調整、AIで用意している標準レイアウトに対応するための変換など、標準のフォルダ連携に加え、APIやFTPなど連携方式を取り決める必要がある。
システムの配置環境	AIシステムは常にTOSとのデータの受け渡しを行う。 また、個別企業の機微な情報を扱うことから、TOSと同様の環境に配置されることを前提とする。 この際、ターミナルの現場に配置（オンプレミス形式）する場合と、データセンターに配置（クラウド形式）の2パターンが考えられるが、導入中のTOSの状況を踏まえ、セキュリティや費用を考慮して選択する必要がある。

## 2. AIシステム導入の流れ

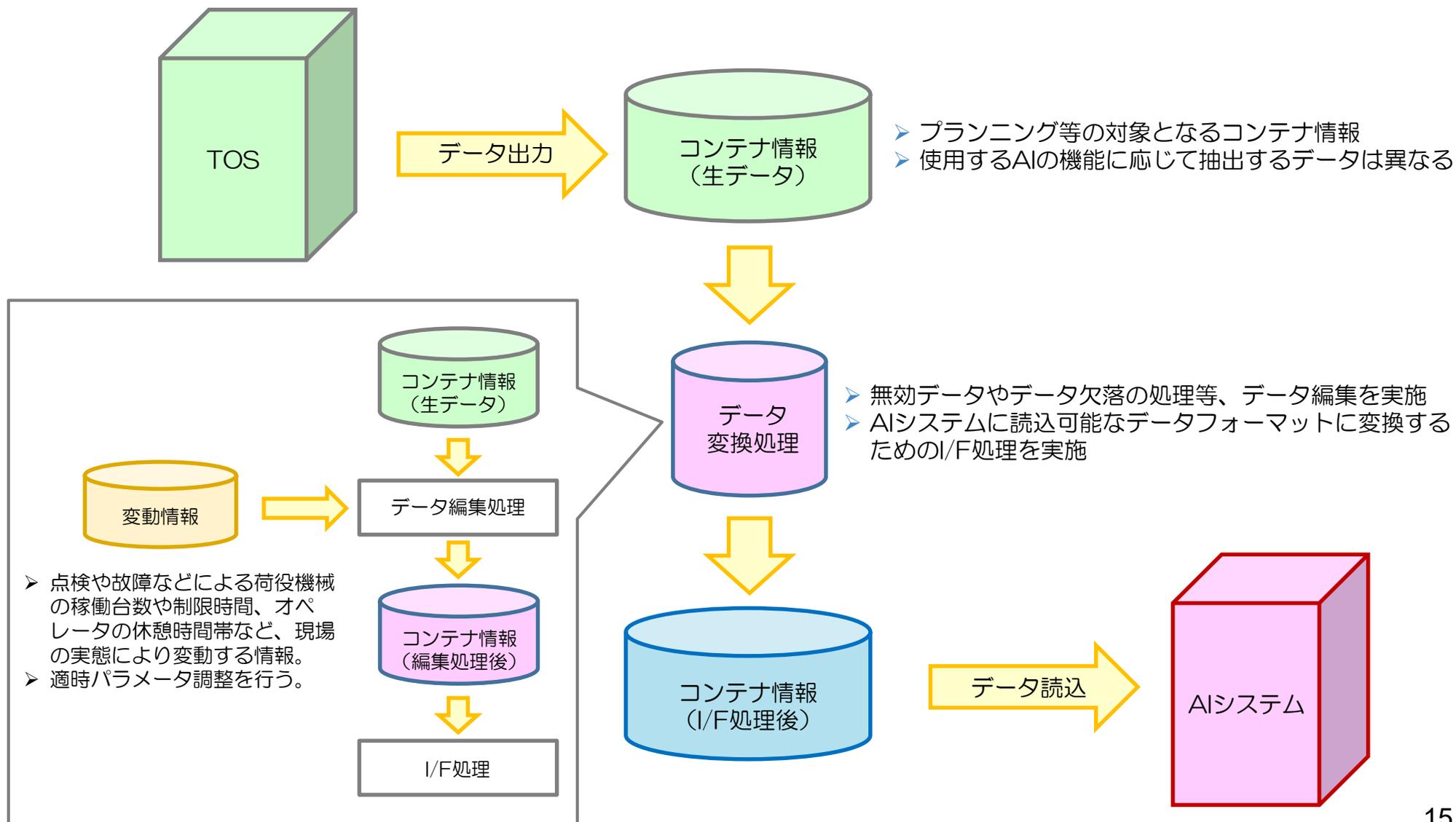
導入作業段階

- AIシステムの導入にあたり、AIシステム本体の構築のほか、TOS側も機能改修等が必要となる。
- 各システムの構築、TOSの機能改修のイメージ



- ・ ターミナルが導入するAIシステムのパターンに応じ、AIシステム本体を構築する。
- ・ 必要に応じて、データのフォーマット変換等を行うデータ変換処理システムを構築する。  
(TOSからの出力データに合わせて、AIシステム本体の読取機能を構築する場合は不要)
- ・ TOS本体についても、AIシステム側にデータを出力し、AIシステム側からデータを読込機能を追加するための機能改修が必要となる。

- TOSからAIシステムにデータを受け渡す際のデータ変換処理のイメージは以下の通り。



- AIシステムの構築・導入作業として具体的に実施する事項は以下の通り。

No.	作業項目	主な内容
①	AIシステム 導入パターンの確認	選択したAIシステム導入パターンに基づき、必要なAIシステムの機能構築を行う。
②	AIシステムの配置環境整備	前述のシステム配置環境において検討した結果に基づき、AIシステムを配置する環境を構築する。
③	ヤードマップ情報設定	ヤードのレイアウト情報をAIシステムに設定する。
④	ターミナル 固有情報の設定	RTGやガントリークレーンの基数、構内輸送機器の台数等、ターミナル固有のパラメーターをAIシステムに設定する。
⑤	TOS情報の読込検証	TOSとのデータの受け渡しについて検証し、検証結果に応じて、データの収集作業やクレンジング作業などを実施し、TOSとAIシステム間のデータ連携にエラーが生じないか確認する。
⑥	各種パラメータの設定	機能上、追加的に必要な情報や設定項目がある場合には任意で設定を行う。
⑦	機械学習の実行	機械学習に必要なデータを用いて、機械学習を実行し、学習済みのモデルを構築する。
⑧	AIシステム 処理結果の確認	構築したAIシステムが算出した結果を確認し、各種条件に応じた蔵置位置となっているか、運用上可能な計画となっているかを確認・評価する。

■ 導入作業に係る各項目の具体内容は以下の通り。

No.	作業項目	主な内容
①	AIシステム 導入パターンの確認	AIシステムの導入目的、狙い、期待する効果、導入後の業務運用、稼働時期などについて、関係者において認識を共有し、担当作業の内容などを確認する。
②	AIシステムの配置環境整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ AIシステムの導入パターンにおいて取り扱うデータのボリュームについて検討</li> <li>▶ 業務運用に対応可能なレスポンスを提供するネットワーク環境の確保 (TOSからAIシステムにデータを渡し、AIシステムにおいて結果を出力、TOSに結果を返すまでの時間)</li> <li>▶ データ処理によって生じる最大負荷への対応</li> <li>▶ バックアップに関する仕様または要件 等</li> </ul>
③	ヤードマップ情報設定	<p>以下について整理し、AIシステムに設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ターミナルヤード全体のレーン配置</li> <li>▶ ベイ・ロー・ティアの最大数</li> </ul>
④	ターミナル 固有情報の設定	<p>ターミナル固有情報をAIシステムのパラメータ情報として情報整理を行う。 対象となる主な情報は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 荷役機械関連 RTG・GCなどの台数、移動距離などの仕様</li> <li>▶ 本船荷役関連 着岸本船数と位置、GCの割振り方法 等</li> </ul>

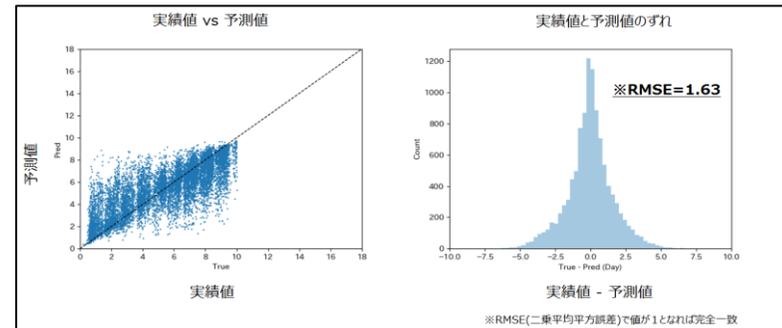
■ 導入作業に係る各項目の具体内容は以下の通り。

No.	作業項目	主な内容
⑤	TOS情報の読込検証	<p>TOSからAIシステムにデータを受け渡して読み込む際に、エラー等が生じないか検証する。</p> <p>(例)</p> <p>&lt;ヤードの初期蔵置状態の共有&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 任意の日のヤード蔵置状態のデータをAIシステムに共有し、AIシステムにおいて読み込む。</li> <li>▶ AIシステムのヤード蔵置状態を設定した結果、実際の蔵置状態と整合しているか確認する。</li> <li>▶ 整合していない場合、サイズ、種別、揚港、本船等のコンテナ情報が正しく読み込めていない又は欠落しているなどの可能性があるため、データの読み込みについて課題を特定し改善を図る。</li> </ul>
⑥	各種パラメータの設定	<p>ターミナルの状況に応じ、追加的なパラメータの設定を行う。</p> <p>特段不要であれば作業は必要ない。</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ギャングの休憩時間を踏まえたガントリークレーンの稼働時間の調整</li> <li>▶ ターミナル特有のコンテナ管理のための情報</li> <li>▶ 曜日・時間帯に応じた使用レーンの制限</li> </ul>
⑦	機械学習の実行	<p>過去のコンテナの移動履歴等を元に機械学習を行い、実際のコンテナの搬出入予測等を行うための学習済みモデルを作成する。</p>
⑧	AIシステム 処理結果の確認	<p>AIシステムを用いた各種結果について、実際の運用と比較し、結果の妥当性を検証する。</p> <p>(例)</p> <p>&lt;実際の蔵置場所とAIの処理結果が異なる場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 実際よりも最適化された蔵置場所が算出されている場合と、実際の蔵置ルールを順守していない誤った蔵置場所が算出されている場合が考えられる。</li> <li>▶ AIが算出した蔵置場所について、コンテナ属性に基づく蔵置ルールを順守しているか確認を行う。</li> <li>▶ 蔵置ルールに問題が無い場合、実際の運用上、当該コンテナを蔵置可能な位置か検証を行う。</li> </ul>

■ AIシステムの処理結果の確認方法について、いくつか事例を示す。

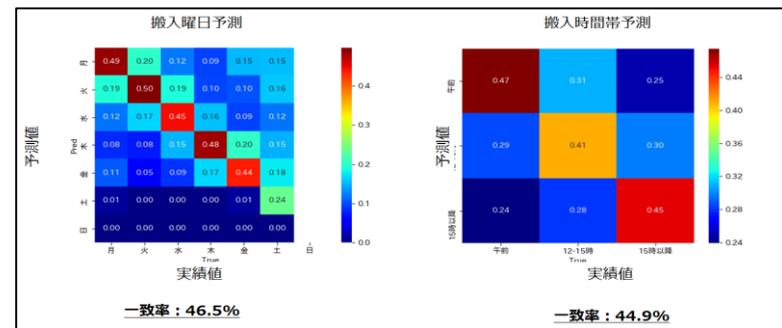
■ スタッキングプラン

- 本船入港までの各日のコンテナの搬出入量の予測について、予測値と実績値がどの程度整合しているか検証する。
- 予測値と実績値の乖離が大きい場合、特徴量を変えて再度機械学習を行うなど、予測精度の向上を図る。



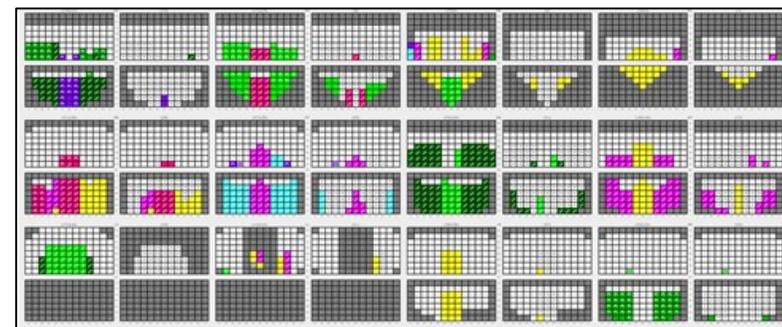
■ 搬出入予測

- 搬出入が予定されているコンテナについて、搬出入曜日や時間帯の予測結果と実績値がどの程度整合しているか検証する。
- 予測値と実績値の乖離が大きい場合、特徴量を変えて再度機械学習を行うなど、予測精度の向上を図る。



■ ヴェッセルプラン

- ヴェッセルプランについて、以下の観点から実際のプランとして採用可能か検証する。
  - 重量バランス
  - ジェネラルプランとの整合（航路、揚港などの蔵置区画指定との整合）
  - 船内のベイの蔵置条件との整合（サイズ、危険物、リーファ等）



## 2. AIシステム導入の流れ

運用準備・運用開始段階

- AIシステムの運用開始にあたり、事前の準備及び実際の運用開始に必要な項目は下記の通り。

作業項目	主な内容
本番環境整備	導入作業段階においては、基本的に試験・検証を目的とした環境にAIシステムが配置されていることを想定している。（実運用中のTOSに影響を与えないようにAIシステムとデータ連携しているなど） 運用開始にあたり、実運用中のTOS（本番環境）との接続をはじめ、AIシステムを本番環境に配置するなどの作業を行う。
操作・運用教育	システムの管理担当や、実際にシステムを使用してターミナルオペレーションを行う操作担当など、各担当に応じたシステムの使用方法に関する知識を習得するための教育を実施する。 （例） 管理担当：データの設定変更、軽微なトラブルシューティング、操作担当者のヘルプデスク対応 操作担当：システムの起動・終了、各種機能の使用、操作ミスの際のリカバリー
運用開始判定基準設定 運用開始判定	本番環境整備や、操作・運用教育の進捗状況を踏まえ、本番運用開始可能と判断する基準を設定する。 運用開始可能な基準を満たした場合、最終的な運用開始の意思決定を行う。
リハーサル	本番運用開始日と同様の体制で、当日実施するシステム設定変更や操作についてリハーサルを実施する。 本番運用開始後にシステム障害等によって運用を中止する場合に備え、現行状態に復帰するための手順についても確認を行う。

## 2. AIシステム導入の流れ

改善段階

- AIシステムの運用開始後に生じた運用上の課題や、システムの動作に関して検証し、必要に応じてシステムの機能改善や運用方法の改善を図る。

検証項目	主な内容
AIシステムの機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運用開始後、AIを用いたプランニング結果や、搬出入予測の精度について検証し、必要に応じて再度機械学習を行い、予測モデル等の更新を行う。</li> <li>● 予測モデルの更新にあたっては、使用する過去データの期間、学習に用いる特徴量（コンテナ属性等）、パラメータについて検証を行う。</li> <li>● また、運用開始後に追加的に必要な機能が生じた場合には、当該機能を追加可能か検証する。</li> </ul>
運用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● システムの動作安定性や、AIの活用によるオペレーションの効率化の状況を踏まえ、システムの管理体制や操作担当の体制を見直す。</li> <li>● TOSとAIシステムの情報の同期タイミングについて、運用開始後の状況を踏まえて見直す。</li> <li>● AIシステムの活用により、従来のオペレーションルールを見直すことが可能な場合は、当該オペレーションルールの変更について検討する。</li> </ul> <p>（例）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 従来は搬入時点で蔵置場所が決まらず、仮置場に一旦蔵置するよう指示していた。</li> <li>➢ AIシステムの活用によりゲート受付時点で蔵置場所が決定可能となった。</li> <li>➢ このため、ゲート受付時点で、最終的な蔵置場所を指示するよう運用を変更する。</li> </ul>



国土交通省