

港湾関連データ連携基盤展開を踏まえた生産性革命

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

AI技術領域

令和元年度成果

令和2年7月

国土交通省

課題と目標

- n (背景・現状) 諸外国の港湾においては、IoT技術を活用したサプライチェーンの電子化に向けた取組が急速に進行しているが、我が国の貿易手続きには紙やメール等を用いたやり取りが残り、紙情報の伝達による再入力・照合作業やトレーサビリティの不完全性に伴う問い合わせ、書類不備への対応が発生しており、潜在的なコスト増加やコンテナターミナルにおける渋滞発生の一因となっている。
- n このため、国土交通省では、現状、紙等で行われている民間事業者間の貿易手続きを電子化することで、業務を効率化する「港湾関連データ連携基盤」の構築に取り組んでいるが、コンテナターミナルにおいて、人が目視確認を実施しているコンテナダメージ情報は、紙により手渡ししており、港湾物流デジタル化における支障の1つとなっている。
- n (施策目標) 3D計測データ・画像データを組み合わせた機械学習を活用し、コンテナダメージチェックを迅速化・効率化するとともにダメージ情報や記録様式を電子化・標準化することで港湾関連データ連携基盤と連携するシステムを開発する。

「港湾関連データ連携基盤展開を踏まえた生産性革命」の概要

- n 元施策: 「港湾関連データ連携基盤(貿易手続き)」
現状、紙や電話等で行われている民間事業者間の貿易手続きを電子化することで、業務の効率化する「港湾関連データ連携基盤(貿易手続き)」を構築(R1年度: 395百万円)
- n テーマの全体像:
コンテナダメージ情報は、人が目視確認した多様なダメージ情報を、紙媒体(機器受領書: EIR)の手渡しによってコンテナ使用者間での管理責任の受け渡しを行っており、港湾物流デジタル化の支障の1つとなっている。
PRISMにおいては、センサー技術等を駆使してコンテナダメージを3D計測データ・画像データとして把握し、機械学習技術を活用してコンテナダメージを迅速かつ効率的に判別するとともに、ダメージ情報や記録様式を標準化・電子化することによって、港湾関連データ連携基盤を通じた迅速かつ非接触型のダメージ情報伝達を行うためのシステムを開発し、港湾における貿易手続きの完全電子化を実現する。
- n PRISMで実施する理由:
輸送状態を確認するための要素技術として、鉄道コンテナやトラック、航空機など様々な輸送モードに適用でき、各分野での研究開発投資を誘発することができる。また、コンテナダメージチェックの迅速化・作業員の安全性向上等の効果が示されることにより、ターミナルオペレーターへの本研究成果の導入にかかる投資の誘発が見込まれる。さらに、港湾物流デジタル化における支障の1つであるダメージ情報の電子化を進めることで港湾物流の効率化が図られ、岸壁やターミナルの整備を実施する港湾整備事業の投資効果の効率的な発現に資することからPRISMで実施する。

出口戦略

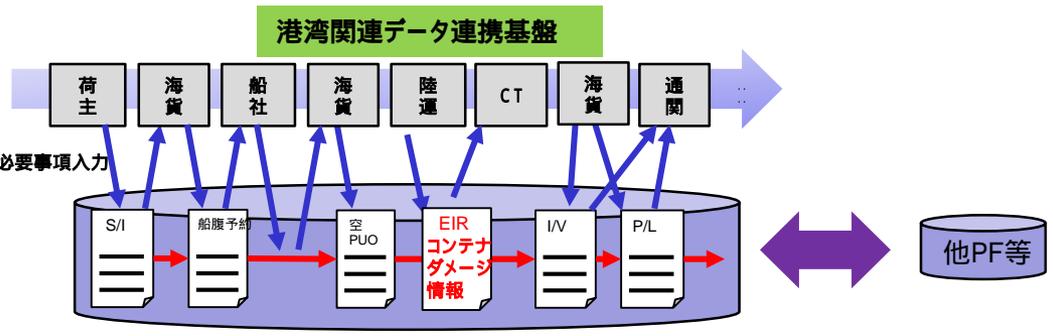
- n 機械学習を活用し、各ターミナルの検査基準を再現可能なシステムを構築するとともに、精度や予算に応じたカスタマイズを可能とすることにより、ターミナルの幅広いニーズに対応するなど、現場ニーズに対応した汎用性のあるシステムを構築する。
- n 研究開発を行った民間企業等が事業化し、全国のターミナルへ本システムの導入を目指す。

民間研究開発投資誘発効果等

- n 民間投資誘発効果として、国際コンテナ戦略港湾(京浜港、阪神港)をはじめ、コンテナダメージチェックの迅速化・作業員の労働環境改善等に興味のあるターミナルオペレーターへの本研究成果の導入にかかる投資の誘発が見込まれる(120億円程度)
- n 民間からの貢献額: 1億円相当
人件費: 84百万円相当
機器等の提供: 20百万円相当(今後、水平展開することにより、更なる拡大が見込まれる。)

アドオン（国土交通省）：100,000千円
 元施策名：（港湾関連データ連携基盤の構築）395,000千円

- 我が国の貿易手続きは、一部の手続きに紙やメール等を用いたやり取りが残り、再入力などが発生している。一方、諸外国の港湾においては、IoT技術を活用したサプライチェーンの電子化に向けた取組が急速に進行している。また昨今のコロナウイルス感染拡大の中で、非接触型の貿易手続きへの移行が強く求められるところとなっている。
- このため、国内港湾における港湾情報や貿易手続き情報などを取り扱う「港湾関連データ連携基盤」を令和2年度までに構築する。
- 港湾関連データ連携基盤を核に、港湾を取り巻く様々な情報が有機的に連携した事業環境である「サイバーポート」を実現し、同基盤のデータ等を活用し、「ヒトを支援するAIターミナル」の各種取組を一体的に実施することで、わが国港湾全体の生産性向上等を図る。



【PRISM】

PRISMによるシステムの構築で
 コンテナダメージ情報も電子化

- コンテナダメージ情報は、人が目視確認した多様なダメージ情報を、紙媒体（機器受領書：EIR）の手渡しによってコンテナ使用者間での管理責任の受け渡しを行っており、港湾物流デジタル化の支障の1つとなっている
- PRISMにおいては、センサー技術等を駆使してコンテナダメージを3D計測データ・画像データとして把握し、機械学習技術を活用してコンテナダメージを迅速かつ効率的に判別するとともに、ダメージ情報や記録様式を標準化・電子化することによって、港湾関連データ連携基盤を通じた迅速かつ非接触型のダメージ情報伝達を行うためのシステムを開発し、港湾における貿易手続きの完全電子化を実現する。

【開発のイメージ】

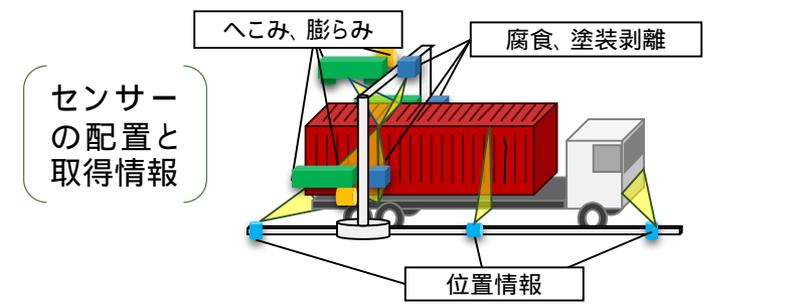
令和元年度

- コンテナターミナルにおけるダメージチェックの基準、作業手続き等の現地調査の実施
- コンテナダメージチェックに係るデータの収集
- ダメージ情報取得のためのセンサー等要素技術の目標スペックの設定、適用可能性の評価
- ダメージ情報の構造化・港湾関連データ連携基盤との接続方策の検討

令和2年度

- コンテナダメージデータの収集（2D・3D計測データ及び人の判定結果（教師データ））
- 機械学習によるダメージ判定技術の開発・精度向上
- 構造化したダメージ情報の伝達ルールの構築・港湾関連データ連携基盤との接続方式の確立

（元施策）港湾関連データ連携基盤
 連携・受入テストの開始



(Before) ・ヒトの目視によるダメージ情報の取得、紙媒体によるリレー（ダメージ履歴の蓄積、トレース困難）

(After) ・センサー、機械学習システムによる効率的なチェック、構造化ダメージ情報のデータ連携、半自動的なビッグデータの形成、トレーサビリティの確立。

n コンテナターミナルにおける施設レイアウトやトレーラーの動線、ダメージチェックの実務の確認を行うとともに、計測機器を取り付けたダメージチェックゲートを仮設置し、ダメージ判定のための3D計測データ・画像データの実機による取得の試行によって、ダメージ情報の取得、機械学習によるコンテナダメージチェックの実施、ダメージ情報等の電子化・標準化、港湾関連データ連携基盤とのデータ連携に向けたシステム設計を進める。

令和元年度目標 目標の達成状況

現地調査等

ダメージチェックに関する資料の収集・整理や、事務所へのヒアリングを通じて、コンテナターミナルのニーズを把握しつつ、ダメージチェックシステムの性能目標を設定する。

コンテナダメージチェックに係るデータ収集

コンテナターミナルへのレーザーセンサ・イメージセンサを設置し、実データを取得する。

また、複数のターミナルにおけるデータの取得のために、センサ設置に関するマニュアルを検討する。

情報取得に係る要素技術の開発

コンテナの変形を伴うダメージ（凹み・膨らみ等）を判別するためのレーザー計測技術（光切断、ToFライダー）、コンテナの変形を伴わないダメージ（サビ等）を判別するためのコンテナ画像取得技術開発を進める。

また、コンテナダメージチェックに要求される性能目標を踏まえて、レーザーセンサ・イメージセンサの仕様を検討するとともに、技術的な課題を抽出し、部品評価・検討を行う。

加えて、取得した3D計測データ・画像データを用いた機械学習システムのシステム構成の検討を行う。

ダメージ情報の構造化・港湾関連データ連携基盤との接続方策の検討

港湾データ連携基盤との情報連携のために、ダメージ情報の構造化を検討するとともに、接続方策、蓄積・判定方法、判定結果のデータ連携基盤を介した流通方策等について検討する。

コンテナターミナルにおけるダメージチェックの基準、作業手続き等の現地調査の実施

コンテナターミナルにおいて、ターミナルオペレーターが行っているダメージチェックの検査基準や作業手順、作業環境等を抽出・確認するとともに、作業員による実際の目視確認と同程度の水準でダメージを検出することを目標とし、コンテナダメージ種類ごとの検出目標精度を設定。

コンテナダメージチェックに係るデータ収集

コンテナターミナル内にコンテナダメージチェック用の仮設ゲートを設置し、2D計測用イメージセンサ及び3D計測用ToFライダーを設置した。また、屋外におけるコンテナ外観について左右面・上面の3面の合成画像、3D計測データの取得を試行（コンテナ5,310本分のデータを取得）。

ダメージ情報取得のためのセンサ等要素技術の目標スペックの設定、適用可能性の評価

コンテナダメージ検出の目標精度（5mm以上の穴の検出等）を踏まえ、各計測機器に求められるスペックを決定した。

計測機器の要求スペックを踏まえ、計測機器のフォーカス制御やレーザーの安全性、環境光による外乱への対応などの技術課題を抽出した。また、課題ごとの解決策を検討した上で、計測機器毎の適用可能性を評価。

試行収集した3D計測データ・画像データを組み合わせて、機械学習を用いた最適なダメージ判別手法をダメージの種類毎に検討するとともにシステム開発上の課題の抽出等を実施。

ダメージ情報の構造化・港湾関連データ連携基盤との接続方策の検討

座標表示によるコンテナ外壁パネル上のダメージ位置の表示を含むダメージ情報の構造化案を策定。また、港湾関連データ連携基盤を活用したダメージ情報のリレー、共有化、蓄積・活用の在り方について検討。

○令和元年度の主たる成果

コンテナダメージ種類ごとの検出目標精度を設定

コンテナターミナルにおけるダメージチェック時の検査基準や作業手順等を踏まえ、実際の作業員による目視確認と同程度の水準でダメージを検出することを目標とし、以下の目標精度を設定した。

開発するダメージチェックシステムの目標精度

ルーフパネル：
許容範囲70mm（内寸の減少）、40mm（膨らみ）
フロント・サイドパネル：
許容範囲50mm（内寸の減少）、40mm（膨らみ）
トップレール：
許容範囲30mm、13mm（膨らみ上方向）、
10mm（膨らみ横方向）
穴：5mm以上の穴の有無
コンテナ番号：4箇所を判読
部品欠損：有無の判定可
腐食（程度の大い）：有無の判定可
亀裂：有無の判定可 等

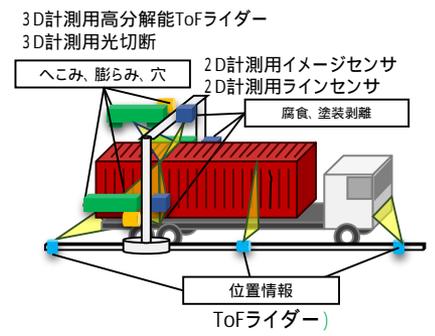
ダメージ情報取得のためのセンサーの目標スペックの設定

ダメージチェックシステムの目標精度を踏まえ、設置する計測機器の種類を検討し、それぞれの計測機器の計測スペックを以下のとおり設定した。

計測機器の目標スペック

	2D計測	光切断	ToFライダー
検出対象	穴、腐食、亀裂、傷、めくれ、汚れ	へこみ、膨らみ、変形	へこみ、膨らみ、変形、コンテナ位置
面内分解能	0.5 mm	1 mm	2～5 mm
距離精度	-	2 mm	4～20 mm
距離レンジ	1～1.3 m	0.8～1.2 m	1.5～5 m
ポイント数/秒	17M points/sec	6.9M points/sec	28k～1.7M points/sec
ピクセル露光時間	180 μsec	360 μsec	590 nsec～35 μsec

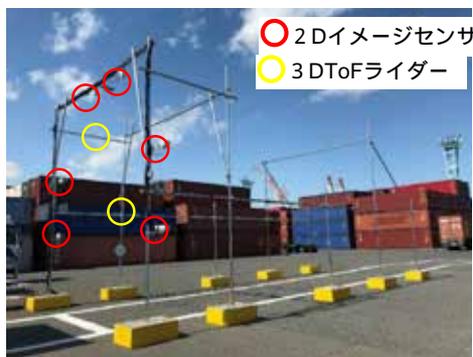
仮設ゲートと計測機器



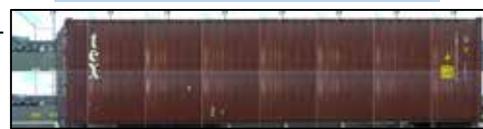
仮設ゲートにおけるコンテナダメージデータ収集の試行

試験用仮設ゲートに設置した2D計測用イメージセンサ・3D計測用ToFライダー、屋外におけるコンテナ外観パネルの左右面・上面の3面の合成画像、3D計測データの取得を試行。
ダメージチェックゲートを通過した全てのコンテナ（5,310本）について、雨天時等も含めてデータ取得を確認した。

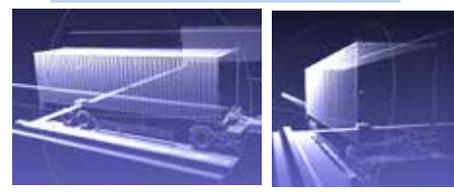
センサ設置イメージ



取得画像（コンテナ側面）



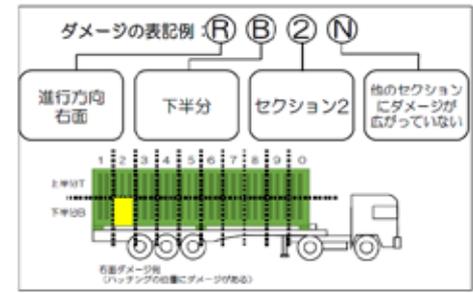
3D計測データ



ダメージ情報の構造化・データ流通方策等の検討

コンテナダメージの種類・位置・程度の構造化を図る、ダメージ情報の構造化案を作成した。例えば現行のダメージチェックではコンテナの外観パネルを等分割し、ダメージの場所と種類を表記（「BU RB2N」の場合、左下図の黄色部に膨らみが発生）しているが、本システムでは座標を用いた位置の連続表示を採用予定。
また、港湾関連データ連携基盤と接続し、コンテナダメージ情報を連携するためのダメージチェックシステム構成案等を作成。

ダメージ情報の構造化案



Damage	Code
Bent	BT
Broken	BR
Bulged	BU
Corroded	CO
Cracked	CK
Cut	CU

- 民間からの貢献額：1年間あたり約1億円相当
 - ┆ 人件費：1年間あたり84百万円相当
 - 共同研究としての研究者の参画にかかる人件費（64百万円/年）
 - データ収集等へのターミナルからの協力にかかる人件費（20百万円/年）
 - ┆ 機器等の提供：1年間あたり20百万円相当
 - データ収集等へのターミナルからの協力にかかるゲート占有費用等

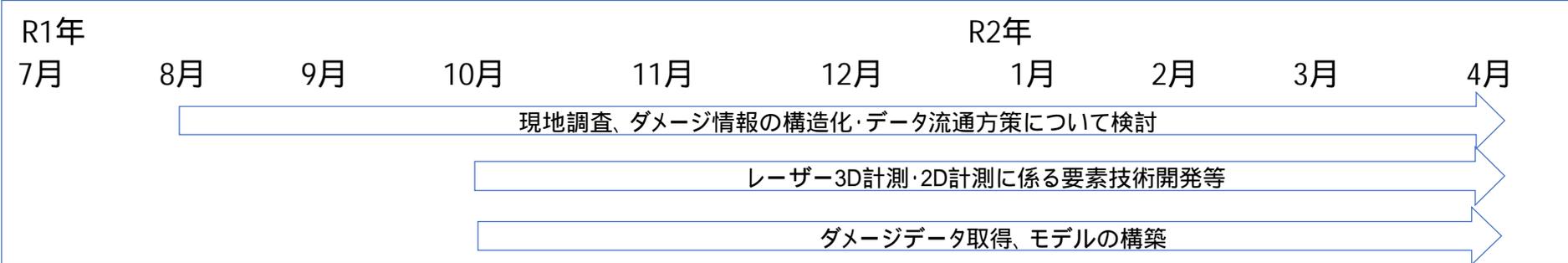
令和元年度当初見込み	令和元年度実績
<ul style="list-style-type: none"> ┆ 人件費：1年間あたり84百万円相当 <ul style="list-style-type: none"> 研究者の参画（64百万円/年相当） ターミナルからの協力（20百万円/年相当） ┆ 機器等の提供：1年間あたり20百万円相当 	<ul style="list-style-type: none"> ┆ 人件費： <ul style="list-style-type: none"> 研究者の参画（64百万円/年相当） ターミナルからの協力（4百万円/年相当） ┆ 機器等の提供：1年間あたり4百万程度

○出口戦略
 機械学習を活用し、コンテナターミナルのコンテナダメージ検査基準に適合可能な精度を有するチェックシステムを構築するとともに、導入時のコストの低減に配慮することで、現場ニーズに的確に対応。また、研究開発を行った民間企業等が事業化し、全国のターミナルへ本システムの導入を目指す。

令和元年度当初見込み	令和元年度実績
<p>（コンテナターミナルのコンテナダメージ検査基準に適合可能な精度を有するチェックシステムを構築）</p> <p>ヒアリングを通じて、各ターミナルのニーズを把握しつつ、各ターミナルの検査基準や作業手順を明確化し、各ターミナルの検査基準を踏まえた性能目標を設定する。</p> <p>（導入時のコストの低減に配慮することで、現場ニーズに的確に対応）</p> <p>コンテナ画像取得技術・レーザー計測技術を活用したダメージチェックシステムを開発するとともに、技術的な課題を抽出し、部品評価・検討を行う。</p> <p>部品評価・検討にあたっては、ダメージチェックシステムに導入した際の精度と概算費用を踏まえ、現場ニーズに対応したシステムのコスト削減のための検討を行う。</p>	<p>（コンテナターミナルのコンテナダメージ検査基準に適合可能な精度を有するチェックシステムを構築）</p> <p>コンテナターミナルにおいて、ターミナルオペレーターが行っているダメージチェックの検査基準や作業手順、作業環境等を抽出・確認し、作業員による実際の目視確認と同程度の水準でダメージを検出することを目標としてコンテナダメージ種類ごとの検出目標精度を設定した。</p> <p>（導入時のコストの低減に配慮することで、現場ニーズに的確に対応）</p> <p>計測機器の要求スペックを踏まえ、計測機器のフォーカス制御やレーザーの安全性、環境光による外乱への対応などの技術課題を抽出した。また、課題ごとの解決策を検討した上で、計測機器毎の適用可能性を導入コストも含めて評価した。</p>

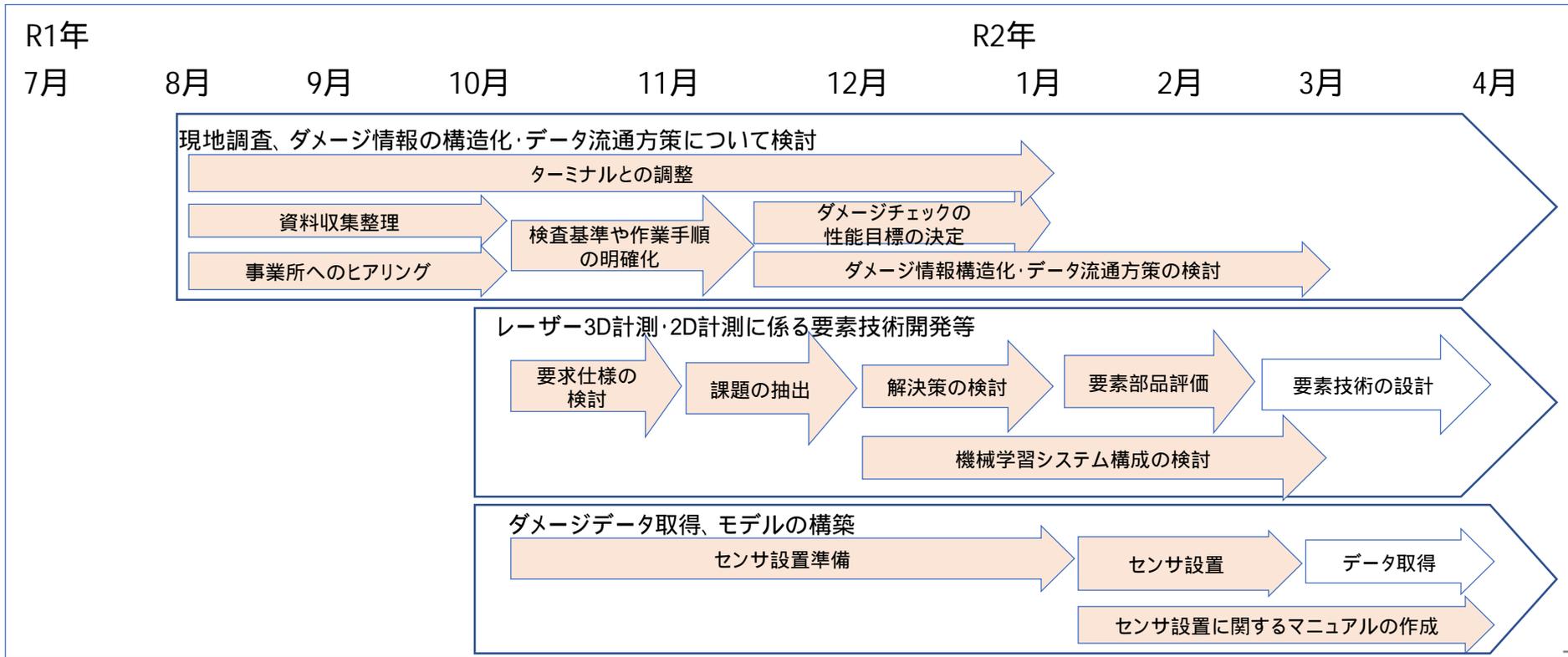
令和元年度 研究スケジュール・進捗・成果(概要)

研究スケジュール



進捗・成果

ターミナルとの調整に時間がかかったため、一部後ろ倒し



n 効率化を目指す作業を踏まえ、 コンテナのダメージ自体を計測する技術、 ダメージの種類毎にコンテナターミナルで採用されている検査基準でダメージを自動判別する技術、 EIRの電子化を実現するためのコンテナダメージ情報の電子化及び港湾関連データ連携基盤との接続、 それぞれについて取り組む。

ダメージ計測技術

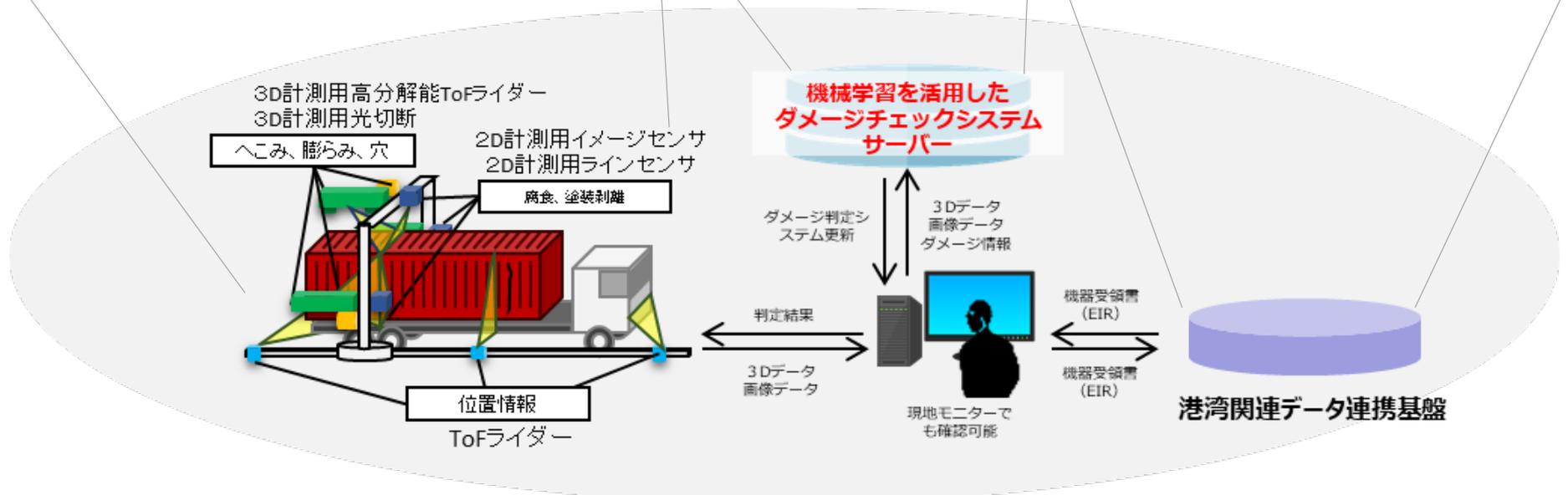
	計測機器	検出対象
3D計測用	光切断3D	へこみ、膨らみ、変形
	高分解能ToFライダー	
2D計測用	高精細2D画像計測	穴、腐食、亀裂、傷、めくれ、汚れ
位置検出用	ToFライダー	車両位置

ダメージ判別技術

3Dデータ、画像データを組み合わせた機械学習により、ダメージ種類ごとに判別

港湾関連データ連携基盤との接続

ダメージ情報の電子化を実現し、港湾関連データ連携基盤と接続することで、TOSと連携を可能とし、EIRの電子化を実現



開発するダメージチェックシステムの全体構成案



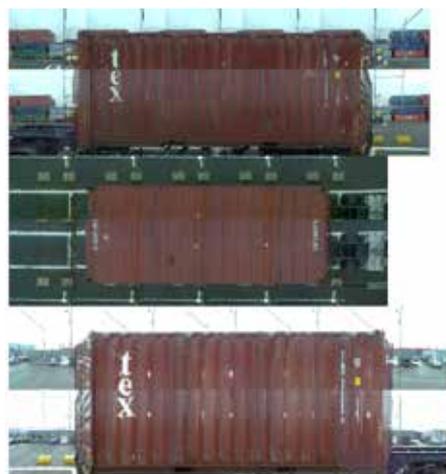
20フィートの合成写真



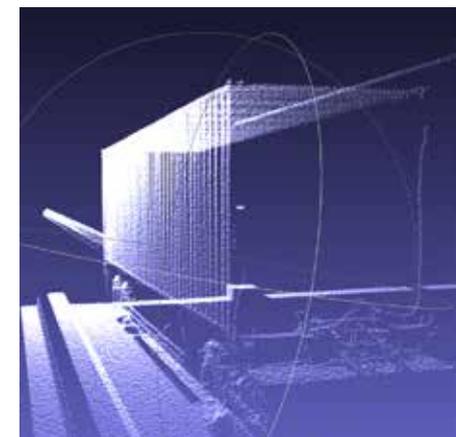
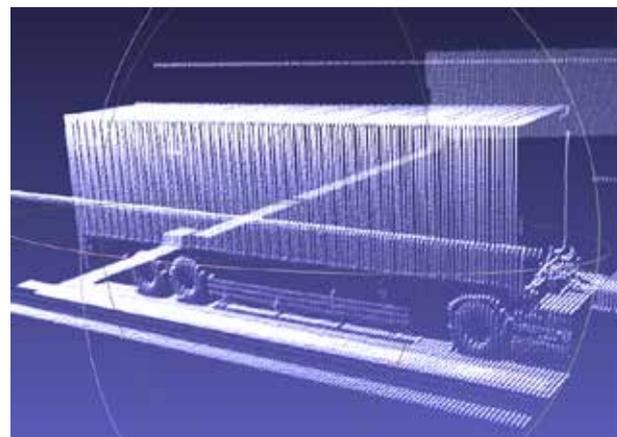
40フィートの合成写真



ダメージ画像の参考例



曇天時のコンテナ画像



3D計測データ