

「規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発事業」
終了時評価 評価用資料

2021年 12月 8日・10日

経済産業省 経済産業政策局
産業創造課 新規事業創造推進室

(事業の目的等)

事業名	規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発事業		
担当課室	経済産業政策局 産業創造課 新規事業創造推進室		
事業の目的	AI 等のデジタル技術の研究開発等を実施したうえで、その結果を踏まえてモビリティ、金融、建築それぞれの分野における規制の精緻化を検討することに繋げる。		
類型	複数課題プログラム / 研究開発課題 (プロジェクト) / 研究資金制度		
実施時期	2020 年度 (1 年間)	会計区分	一般会計 / エネルギー対策会計
評価時期	事前評価 : 2019 年度		
	実施体制図	資金配分	
	<p>The diagram is divided into two main sections: '実施体制図' (Implementation System Diagram) on the left and '資金配分' (Fund Allocation) on the right.</p> <p>実施体制図 (Implementation System Diagram): A vertical flowchart showing the organizational structure. At the top is a box containing a list of entities: (Overall summary) Economic Affairs Agency, Agency for Industrial Creation and Promotion, Agency for New Business Creation Promotion; (Summary by field) Mobility: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Vehicle Inspection and Recall Division; Finance: Ministry of Economy, Trade and Industry, Investment and High-Aged Customer Correspondence Division, Market Division; Finance: Ministry of Economy, Trade and Industry, Comprehensive Policy Division, Risk Analysis Summary Division, Money Lending, Teikou Fund Supply and Countermeasure Planning Division; Building: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Housing Division, Building Guidance Division. Below this is '国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構' (NEDO), which then connects to '民間企業等' (Private companies, etc.).</p> <p>資金配分 (Fund Allocation): A flowchart showing the flow of funds. It starts with '経済産業省 2,830百万円' (Ministry of Economy, Trade and Industry, 2,830 million yen). This flows to '国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 2,830百万円' (NEDO, 2,830 million yen). From NEDO, the funds are distributed to three fields: 'モビリティ分野 1,227百万円' (Mobility field, 1,227 million yen), '金融分野 815百万円' (Finance field, 815 million yen), and '建築分野 284百万円' (Building field, 284 million yen).</p>		

1. 本事業の政策的位置付け/背景

AI やセンシング技術等、デジタル技術が進歩する中、これらを活用した事業活動を念頭に規制の見直しを進めることで、既存の事業の合理化や新事業の創出を進めることが重要となる。

例えば、モビリティ分野では、自動車のソフトウェア化やコネクテッド化が進む中、モビリティ分野における将来の規制等の在り方に係る問題点や課題を洗い出すことが必要となる。

金融分野については、個人・企業の能力や資産状況等がデジタル化により個別に判断できるようになってくる中で、金融関連法制の将来の在り方に係る問題点や課題を検討することが重要となる。

建築分野については、センサー精度の向上、ドローン活用などが進む中、これらの技術の活用により、より精緻かつ合理的な建築物の安全性確保が可能か等を検証するべく、建築に関する制度（建築基準法等）の将来の在り方に係る問題点や課題を検討する必要がある。

よって、特にこれら3分野において、AI 等のデジタル技術の研究開発等を通じ、規制の精緻化を図るための事業を実施することが重要である。

2. 国が実施することの必要性

本事業では、モビリティ、金融、建築分野におけるいずれの事業も規制の見直しの検討に繋げることを目的としており、当該見直しに有効な研究開発結果等を得るために、国が実施する必要がある。

3. 各テーマの概要

A. AI を活用した自動車の完成検査の精緻化・合理化に係る調査

A-1. 研究開発の内容

(1) 全体像

調査の必要性

現行の自動車型式指定制度において自動車メーカー等が行う完成検査は、人である「完成検査員」が実施することとされている一方、近年、AI 等のデジタル技術を活用し、人に代わり完成検査を実施するシステムの技術開発が進められている。

このため、AI 等のデジタル技術を活用した完成検査の精緻化・合理化を実現するため、当該技術を活用したシステムに求められる要件等を整理する必要がある。

調査内容

他分野でのAI等の活用状況を参考にし、実際の完成検査ラインを用いて、視覚による完成検査をカメラやAI等の活用により自動化するシステム及び完成検査を行う完成検査員の作業状況等をサポート・チェックするシステムの導入に資する実証実験を実施する。そのうえで、これらの結果等を踏まえ、上記システムを活用した完成検査の精緻化・合理化及び型式指定監査の合理化の可能性について調査する。

最終目標

視覚による完成検査を AI 等の活用により自動化するシステム及び完成検査を行う完成検査員の作業状況等をサポート・チェックするシステムに求められる要件を整理する。また、これらのシステムを活用した型式指定監査の合理化の可能性について検証する。

(2) 構成

(I). 従来の完成検査員による判定、記録に関する完成検査のプロセスを AI 等の先進技術の活用により自動化するシステム、及び、完成検査を行う完成検査員の作業状況等をチェック・サポートするシステムに求められる要件の整理

(I) は、国土交通省の「完成検査の改善・合理化に向けた検討会 中間とりまとめ」において案が規定されている。AI 等の先進技術を用いた完成検査は、現行の法令（自動車型式指定規則第 7 条：完成検査は完成検査員が実施する事）で定められた従来の完成検査と比較し同等以上であること、とされており、具体的には、以下の 4 要件を満足することと規定されている。

①判定精度の確保

保安基準適合性の判定にあたり、検査結果が基準を満たしていない場合、また基準を満たしているか判断出来ない場合に、基準適合と判定しない事を確保する措置が実行されていること

②設備異常の検出及び自動停止保安基準適合性の判定システム、または関連する設備に異常が生じた場合に自動的かつ確実に停止するとともに、人に判断を委ねること

③検査結果の記録・分析

保安基準適合性の判定結果を、事後検証可能な形で確実かつ自動で電子的に記録・分析すること

④完成検査の自動化管理責任者の選任、管理要領の策定

当該設備の管理責任者を選任するとともに、管理責任者が定期的かつ事後検証が可能な形で実施すべき当該設備の設定、点検、整備等を実施する為の管理要領を策定すること

また、複数の自動車メーカーで活用可能なシステムであることを考慮して、以下の要件が必要となる。

⑤汎用性の担保

複数事業者の車種や生産設備等の違いを勘案したシステムの汎用性を担保すること

(I) の要件の整理にあたっては、検査項目によって求められる要件が異なるため、以下の手順により取組テーマを選定した。

図1に示すとおり、全完成検査項目より、現時点で技術的に自動化の見通しがある検査と、見通しが不明の検査に分類した。

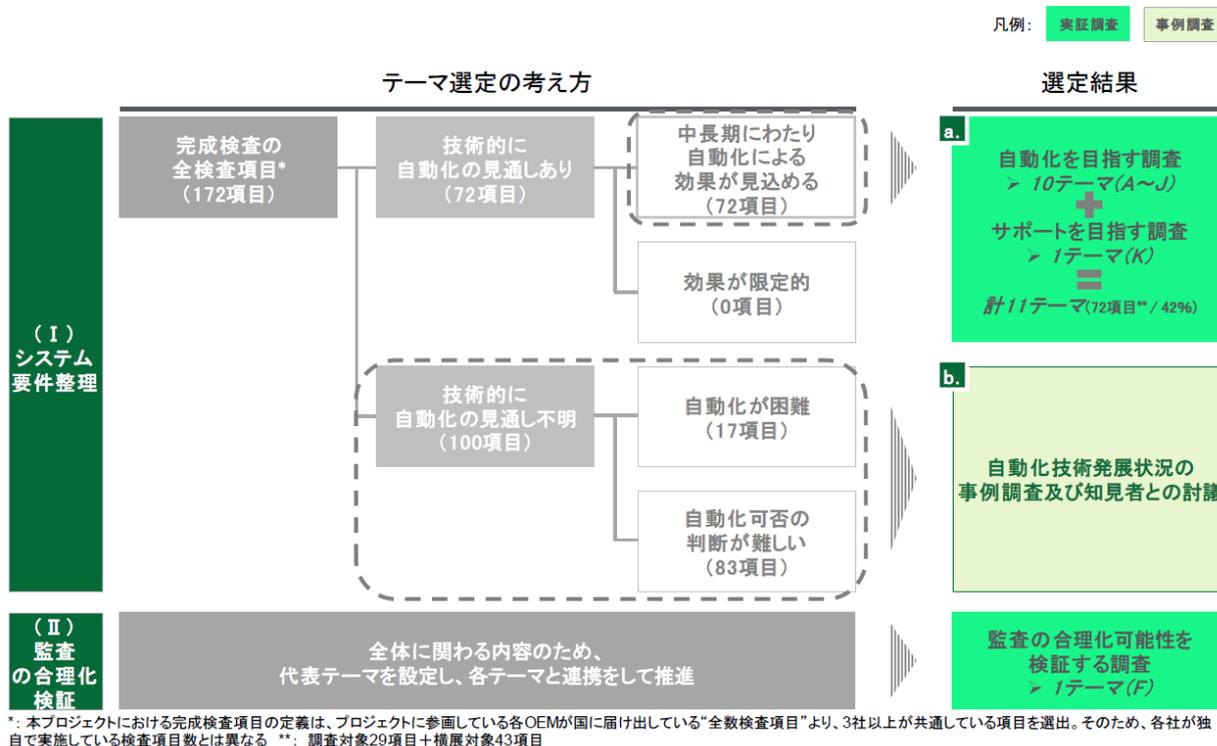


図1 各調査テーマの位置付け

自動化の見通しがある検査に対して、更に中長期的にわたり自動化の効果が見込めるかという観点より精査を実施したうえで、システムによる自動化を目指す検査 10 テーマ (A~J)、システムによるサポートを目指す検査 1 テーマ (K) の計 11 調査テーマを選出した。これらのテーマに対して、他分野を含む AI を活用した検査自動化の事例調査を参考にしつつ、実際のラインを用いた実証調査を通じて、想定効果の検証、及び完成検査の自動化システムに求められる要件の定義／整理を行った。そのうえで、各調査テーマで、総合的に実現性の評価を実施した。

一方で、自動化の見通しが不明な検査項目は、現時点では自動化が困難な検査と、自動化可否の判断が難しい検査に分類した。自動化の見通しが不明な検査とは、触覚を用いる検査、視覚を用いる検査（液漏れ、キズ、締付状態）、及び、嗅覚・聴覚（車外）を用いる検査である。これらの検査については、現状の自動化技術の発展状況について事例調査、及び知見者との討議を実施することで、将来の自動化可能性について検証を実施する。

以下に選定した調査テーマと担当する企業を示す。テーマ F については、(I) 及び (II) の両要素を含むため、それぞれに記載する。

■ 完成検査を AI 等のデジタル技術活用により自動化するシステムに求められる要件の調査

調査テーマ	リード	現行の検査概要	主な調査内容
A. タイヤ仕様検査	マツダ	<ul style="list-style-type: none"> 人が目視により、自動車の4輪全てに対して、タイヤサイズ・メーカー等が保安基準適合証と相違がないかの確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> カメラによりタイヤ仕様を取得し、画像認識で想定仕様と差異が無い事を自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義
B. ランプ検査	本田技研	<ul style="list-style-type: none"> 人が目視により、各灯体類(ヘッドランプ等)が正しく機能(点灯・消灯・点滅・減光)することを実施 	<ul style="list-style-type: none"> 複数台設置したカメラを用いて、実際の操作に合わせたタイミングで適切な角度から各灯体を撮像し、照度・点灯パルス回数・点灯順序・減光度等を自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義
C. サイドスリップ検査	トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> サイドスリップテストの計測結果を人が目視で確認し、車がまっすぐに走った際の横滑り量が保安基準の範囲内かの確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 検査機器の計測結果を自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義 更に、ホイールアライメント検査データから、サイドスリップ検査以上の車両精度保証ができるかの調査
D. メーター検査	トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> 人が目視により速度メーターを一定値に合わせ、その時のドラムテスト速度を比較し、速度メーターの指示が保安基準範囲内にあるか、また指針に振れがないことの確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ①車速メーターをカメラ動画により撮影した結果と計測機の数値情報を比較、②車両ECUの速度情報と計測機の速度情報を比較し自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義 完全自動運転化をにらみ、自動運転システムからの指示加加速度と車両の実速度(加速)に対する精緻な性能保証への活用も視野に入れて調査
E. 制動力検査	トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> ブレーキテスト上で人がブレーキペダルを規定の踏力で踏み、目視でブレーキの制動力(制動停止距離)の確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 現行の検査員のペダル実踏力を、車両のCAN通信で読み取り可能なブレーキ油圧やサーボ圧等に置き換えて自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義 完全自動運転化をにらみ、自動運転システムからの制動指示と車両の実制動力に対する精緻な性能保証への活用も視野に入れて調査
F. 車両制御システム検査	本田技研	<ul style="list-style-type: none"> 人が目視により、電子制御装置(VSC、ABS)、車載式故障診断装置などが正常に機能しているかの確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 車両制御システムの診断結果等を適宜自動取得し、効率的な検索・提示を実現するようにデータ統合・保管し、国交省監査に必要な情報を品質基準を満たした状態で提供可能な外部サーバーとの連携の為にシステムの要件定義
G. 燃費&排ガス測定検査	トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> 抜き取りにて、既定の測定モードや環境条件に基づき人がダイナモメーター上で走行させ、燃費、排ガス性能が規定値内に収まっていることを人が目視により確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 現有のドライビングロボを活用することで、人の走行によるばらつきを排除し、規制に基づく燃費・排ガス測定の自動判定の精度向上にむけた要件定義
H. 電費の消費量測定検査	トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> 抜き取りにて、燃費測定検査と同様、ある特定の条件下でのモード走行による電費消費量が規定値内に収まっていることを人が目視により確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 作成した電費計測システムをインラインのドラムテストに実装(全数検査化)し、ドラム走行検査時の走行データから電費を予測し、車両のCANデータから得られる電費情報と比較し自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義
I. インジケータ検査	本田技研	<ul style="list-style-type: none"> 各警告灯類が正しく機能しており常灯や不灯が無いこと、及び、必要な音が正しく吹鳴されており不鳴や常鳴が無いことを人の目視及び聴音により確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 車内メーターを撮像するカメラ、音を記録できるマイクなどを用いて、実際の操作に合わせたタイミングで適切な角度からインジケータを撮像し、各ランプが正しい発色にて点灯している事、必要な音が正しく吹聴されている事を自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義
J. 刻印・プレート仕様検査	本田技研	<ul style="list-style-type: none"> 人が保安基準適合証に必要な打刻やプレート表示が正しく車両に貼付されていることを目視で確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> フロアやエンジンルームのVIN打刻を持ち運びできるハンディタイプの撮影機器を利用し、車両識別番号(VIN)において打刻された英数字の字体が届け出内容と等しく、及び、内容が車両成績表などと同一であると自動判定、及び、結果を自動記録するシステム仕様の要件定義

■ 完成検査を行う完成検査員の作業状況等をチェック・サポートするシステムに求められる要件の定義

調査テーマ	リード	現行の検査概要	主な調査内容
K. 完成検査員の作業観察	日産自動車	<ul style="list-style-type: none"> ■ 工程のリーダーが完成検査員が決められた検査項目を決められた手順通りに検査しているかどうかを目視により確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 完成検査員が正しい手順で検査しているかを、汎用的な画像認識AIアルゴリズムを用いて自動判定、及び、結果を自動記録するシステムを導入するための課題整理

■ 自動化の見通しが不明な検査に対する将来の自動化可能性についての検証

調査テーマ	リード	主な調査内容
事例調査	デロイトトーマツ コンサルティング	<ul style="list-style-type: none"> ■ 他国の自動車産業の検査及び他産業の法令に関わる検査の自動化事例を調査することで、自動車の完成検査の自動化において考慮すべき要件を事例を基に整理

(Ⅱ). (Ⅰ) のシステムを活用した型式指定監査の合理化の可能性の検証

(Ⅱ) は、全検査に関連するため、代表テーマを1つ選定し、他調査テーマと連携をしつつ、全体を俯瞰できるように調査を推進した。以下に選定した調査テーマと担当する企業を示す。

■ 検査結果データの統合/保管、及び検査結果のデータ提供方法の検証

調査テーマ	リード	主な調査内容
F. 車両制御システム検査	本田技研	<ul style="list-style-type: none"> ■ 車両制御システムの診断結果等を適宜自動取得し、効率的な検索・提示を実現するようにデータ統合・保管し、国交省監査に必要な情報を品質基準を満たした状態で提供可能なサーバーとの連携の為のシステムの要件定義

具体的には、リモートで検査結果が確認できるモックアップを作成することで、実運用に向けた初期的な課題を導出、及び整理を実施した。

本調査では、上記の(Ⅰ)、(Ⅱ)の目標達成に向けて、複数の自動車メーカーを含む知見者による討議、インラインでの完成検査設備を活用した実証調査、及び他分野を含むAIを活用した検査自動化の事例調査を実施することで、現行の自動車型式指定制度の精緻化・合理化に向けた検証を実施した。

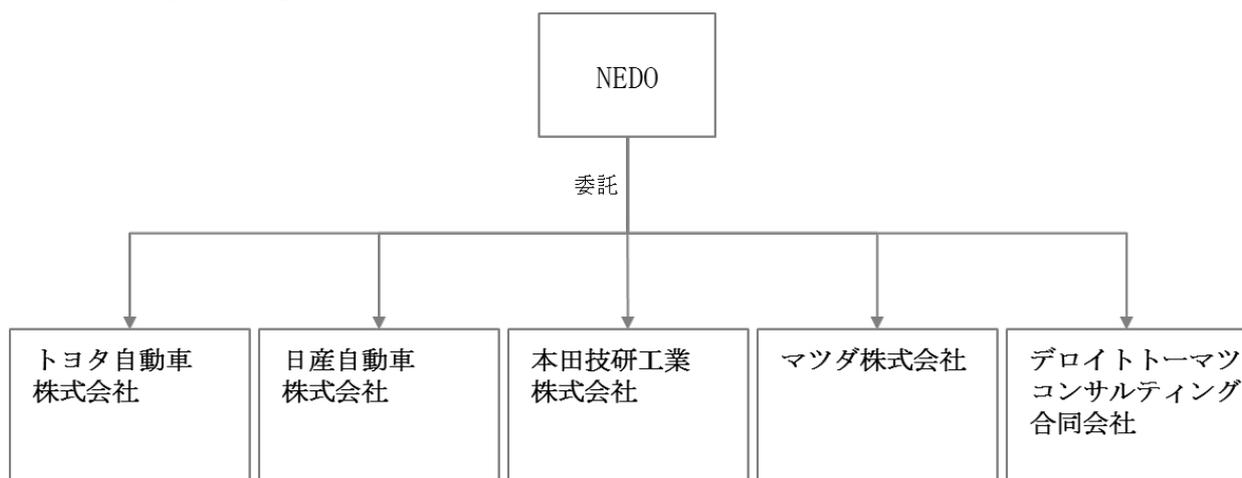
A-2. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

実施計画

大項目	小項目	2020										2021				
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
トヨタ自動車	サイドスリップ検査	サイドスリップ検査の自動判定入力	他社環境適合性の調査						アライメント検査代替可能性の検証			データベースの構築				
	メーター検査	メータ映像による自動判定検証									データベースの構築			他社環境適合性の調査		
	制動力検査	踏力と油圧の相関確認					CANからの車速検出検査手法への移行							他社環境適合性の調査		
	燃費 & 排ガス測定検査	ドライビングロブ要件調査	他社環境適合性の調査										運用面における要件調査			
	電力消費量測定検査	電費計測システムの作成								インラインでの実証実験				他社環境適合性の調査		
本田技研工業	ランプ検査	要件調査					技術的解決策の調査							他社環境適合性の調査		
	車両制御システム検査	要件調査					技術的解決策の調査							他社環境適合性の調査		
	インジケータ検査	要件調査					技術的解決策の調査							他社環境適合性の調査		
	刻印・プレート仕様検査	要件調査					技術的解決策の調査							他社環境適合性の調査		
マツダ	タイヤ仕様検査	画像判定システム要件定義	画像判定システムの開発						画像判定システム実証調査							
日産自動車	完成検査員の作業観察	詳細調査計画				システム開発	実証			文獻調査						

(2) 研究開発の実施・マネジメント体制



- ・ 国土交通省 自動車局 審査・リコール課長が本テーマの事業統括として助言。
- ・ NEDO からの依頼に基づき、金沢大学の菅沼直樹 教授及び中部大学の山下隆義 准教授が、調査方法及び自動化システムに求められる要件について外部専門家として助言。
- ・ 国土交通省「完成検査の改善・合理化に向けた検討会」への情報提供を行いつつ推進。

(3) 知財や研究開発データの取扱い

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針」を適用。

A-3. 事業アウトプット

本調査の成果として、①実現性の評価、②完成検査の自動化システムに求められる要件、③自動

化による想定効果の3点が得られた。

各点についての詳細を以下に記載する。

① 実現性の評価

調査対象とした各テーマを、i. 自動化の実現性あり、ii. 追加調査が必要、iii. 自動化の実現性なし、の3つに分類した。

結果として、全11テーマのうち10テーマが「i. 自動化の実現性あり」となり、電動車の電力消費量測定検査のみが「ii. 追加調査が必要」となった。

該当テーマは、製造コストの観点より、不具合車両の作り込みが困難であったため、良否判定の閾値設定に関する検証が完了しておらず、追加調査が必要となっている。

② 完成検査の自動化システムに求められる要件

現行の人による完成検査は、検査員指名制度により高い検査精度を担保しており、自動化検査システムは現行の完成検査員と比較して同等以上の検査精度を達成することが必要となる。前述の完成検査員と同等以上の検査精度とは、合理的に想定される範囲において機械と人で不具合品の流出を確実に防止することを保証するものである。

上記を保証するため完成検査の自動化システムに求められる要件は、他分野を含むAIを活用した検査自動化の事例調査から得られた要件の内、Q (Quality) に関する4項目 (i. 判定精度の確保、ii. 設備異常の検出及び自動停止、iii. 検査結果の記録・分析、iv. 完成検査の自動化管理責任者の選任、管理要領の策定) とした (図2)。特にi. 判定精度の確保では、以下を複合的に実施することで、完成検査員の検査と同等以上であることを証明することとした (図3)。

- ・ 判定システムの構築・精度検証において、実際に想定し得る車両／検査環境のばらつきを網羅的にカバーした (想定し得る最悪条件を含めた) データを用いて判定結果の分布 (ヒストグラム) を作成し安全方向に閾値を設定すること
- ・ 意図的に不具合品 (実際に想定し得るもの) を発生させて場合の検証を行い、不具合品を流出させないことを確認すること
- ・ 導入時にトライアル期間を設けて、検査員の結果と機械の結果に相違が無いことを確認すること

なお、これらの要件は、有識者より内容に問題が無いことを確認頂いている。

	導入	運用	保守 (異常時対応)
Quality	1 判定精度の確保	2 検査結果の記録・分析 3 完成検査の自動化 管理責任者の選任、 管理要領の策定	4 設備異常の 検出及び自動停止
Cost	5 導入コスト以上の 効果が見込めること	6 汎用性が見込めること (標準化)	7 部品交換が安価、 及び簡易であること
Delivery	8 限られた時間内 (生産タクトタイム等)で 検査が可能なこと	9 拡張性があること (検査対象の変化対応)	10 設備異常時の バックアップ方法が 確立されていること

図2 事例調査より得られた自動化検査システム実用化時の検討項目

判定精度の確保	システム開発時	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実際に想定される環境下(場所、季節、時間帯等)において、多種多様な仕様、製造・組付ばらつき、過去の不具合事象等を考慮した場合に想定し得る検査対象物を用いた実証実験を通じて判定ロジックを構築し、現状の完成検査員と同等以上であることの精度検証を実施すること <ul style="list-style-type: none"> ※「完成検査員と同等以上」とは、実際に想定し得る状況下で人と機械で不具合品の流出を確実に防止することとする(疑わしきは人に判断を委ねる閾値を設定すること) ※少量品を勘案し、統計的に正規分布が確認出来るN=30/品を最低数の目安とする ＜AIを活用した判定の場合＞ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 条件1. 検査対象物のばらつき <ul style="list-style-type: none"> ・ 少なくとも自動化検査を導入する完成検査ラインにおける1日分の生産車両で精度検証を実施し、不具合品を流出させないこと(※少量品については個別に確認を実施すること) ・ 過去に発生した不具合事象を確実に検出できること(※過去の完成検査の履歴を参考とすること) ➢ 条件2. 検査環境のばらつき <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際に想定し得る環境要因(環境光、照明、ワーク位置、その他乱要因(気温、湿度の変化等))の変化があった場合において不具合品を流出させないこと ＜定量値判定の場合＞ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 条件. 検査員、検査対象物、及び計測器のばらつき <ul style="list-style-type: none"> ・ 精度に影響を与える要因(車両、計測器、作業員)について、単一の要因によるばらつきに加え、複合的な要因によるばらつき(計測器と車両信号の同期ずれ等)も考慮した閾値を設定し、不具合品を流出させないこと
	システム導入時	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一定のトライアル期間を設定し、自動化検査設備が実運用に足ること(完成検査員の結果と同等以上であること)を検証したうえで導入すること <ul style="list-style-type: none"> ※トライアル期間は、完成検査員の判定結果と機械の判定結果を比較し、不具合品の判定結果に相違がないことを確認する期間とする ※判断すべき実証事項例は、TT内での安定した作動、意図しない異常の検出、設備の終日稼働及び再稼働等の対応可否とする
設備異常の検出及び自動停止	異常検出	<ul style="list-style-type: none"> ■ 異常を検出するための仕組みが明確化されており、異常時のデータが保存されること <ul style="list-style-type: none"> ※仕組みの明確化とは、判定結果と閾値との関係が見える化され、自動で傾向管理できる機能を有していること ※異常とは、 <ul style="list-style-type: none"> ①検査精度に影響する設備の条件(油圧、空気圧、温度等)が管理値を外れること、 ②システムエラー等の外的な要因により設備が正常に作動出来ないこと、と定義する ■ 同様の設備で過去に発生した異常を確実に検出可能なこと
	自動停止	<ul style="list-style-type: none"> ■ 異常が生じた場合において、当該設備が自動的に確実に停止するとともに、再稼働の判断は人(当該設備の管理責任者等)に委ねること
検査結果の記録・分析		<ul style="list-style-type: none"> ■ 検査結果について、事後検証可能な形で、確実かつ自動で電子的に記録可能であること <ul style="list-style-type: none"> ※自動化前と同等以上の記録事項を自動で残すこと ※検査結果の修正時には可能な者を制限し、その記録をすること ■ 記録された検査結果を定期的に分析することにより、判定精度を事後検証し、必要に応じて自動化設備を見直すこと
完成検査の自動化管理責任者の選任、管理要領の策定		<ul style="list-style-type: none"> ■ 管理責任者を選任すること ■ 予め定められた設備の保守管理要領に従って、当該設備の設定、点検、整備等を定期的に行うこと ■ 点検等の実施状況を事後検証が可能な形で確実に記録すること

図3 完成検査の自動化システムに求められる要件

③ 自動化による想定効果

調査対象とした各テーマの想定効果を図4のマトリクスに沿って、i. インライン作業効率化、ii. オフライン作業効率化、iii. 検査の均質化・安定化による精度向上、iv. 自動化によるカバレッジの向上の4つに整理した。

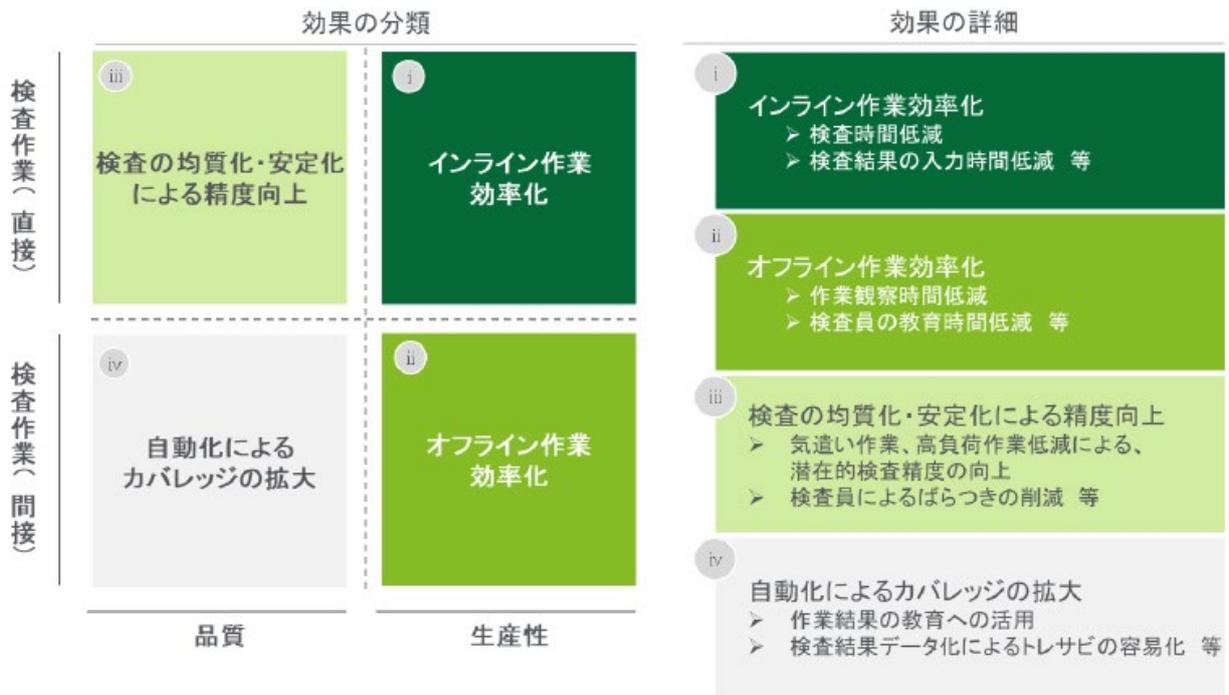


図 4 自動化による想定効果の区分

結果の概要を記載する。i. インライン作業は、1 台当たりの主体作業約 26%の削減が見込まれる。また、ii. オフライン作業は、設備点検による追加時間と、完成検査員教育の削減時間が凡そ同等であった。よって、生産性は、完成検査全体として自動化効果を楽しむ見込みである。一方、iii. 検査の均質化・安定化による精度向上及びiv. 自動化によるカバレッジの拡大は、精神的、身体的作業負荷の低減や作業結果の教育への活用等、自動化による定性的な効果が導出された。

各効果の詳細を以下に記載する。

i. インライン作業効率化

効果算出時の前提として、完成検査 172 項目より実証調査テーマとして選出した 11 テーマにより自動化が可能と想定される 29 項目及び実証調査テーマが横展開可能と想定される 43 項目の計 72 項目を対象とする（図 5 参照）。

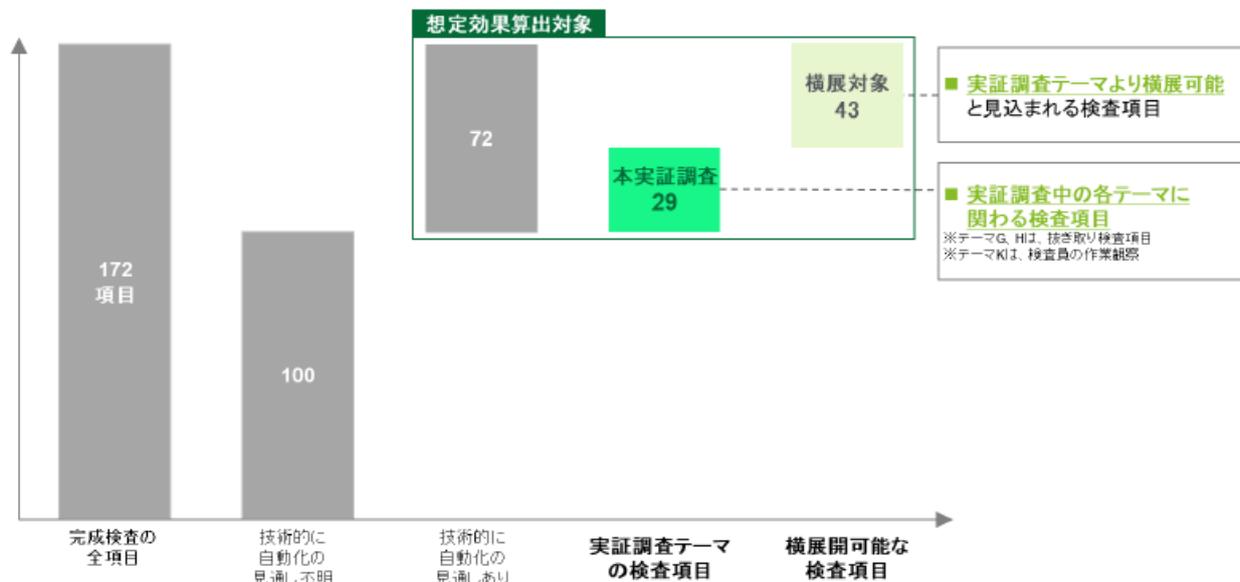


図5 想定効果算出対象の完成検査項目

試算の考え方を説明する。自動車メーカーの台当たり総検査時間は、商品性の検査と完成検査により構成されている。実際の工程においては、最も生産性が高くなる組合せでそれぞれの検査が組み合わるよう配置されている。本検証では、完成検査のみを対象としているため、商品性検査は除外した。

次に、完成検査の要素を分解した。一般的に完成検査は、1) 認知（検査内容の把握）、2) 準備（事前準備・試験条件の設定等）、3) 検査の実施（検査作業・データの測定）、4) 判定（検査の実施方法・検査基準に対する合否基準）、5) 記録（検査結果の記録）、及び歩行より構成される。本調査においては、1) ~2) に歩行を加えたものを付帯作業、3) ~5) を主体作業と定義した。なお、付帯作業については、商品性検査と同時に実施されている場合が多く、分離が困難であるため対象外とした。

現在の完成検査員が主体作業に要する検査時間を基準に、自動化による削減時間は4.8分、及び自動化による増加時間は1.3分となり、計3.5分となった。従来の主体作業時間と比較した場合、自動化による検査時間の削減見込みは約26%と算出された。また、参考値として、上記削減時間を基に省人化による生産性向上の見込み値を試算した。代表1社での1検査ラインにおいて、工程の再編成を考慮した省人効果を試算した結果、検査の自動化と工程集約による生産性向上の見込み値は約16%であった。また、従来の完成検査項目における検査員数は最大2人工削減可能と算出された。

なお、算出にあたっては、検査時間はコンソーシアムの各社平均値、削減時間はテーマリード企業の実証調査工場ラインにおける削減予測値を使用した。また、完成車検査における主体作業時間で算出しており、歩行等の付帯作業を勘案すると実際の製造現場での効果とは必ずしも一致しない。

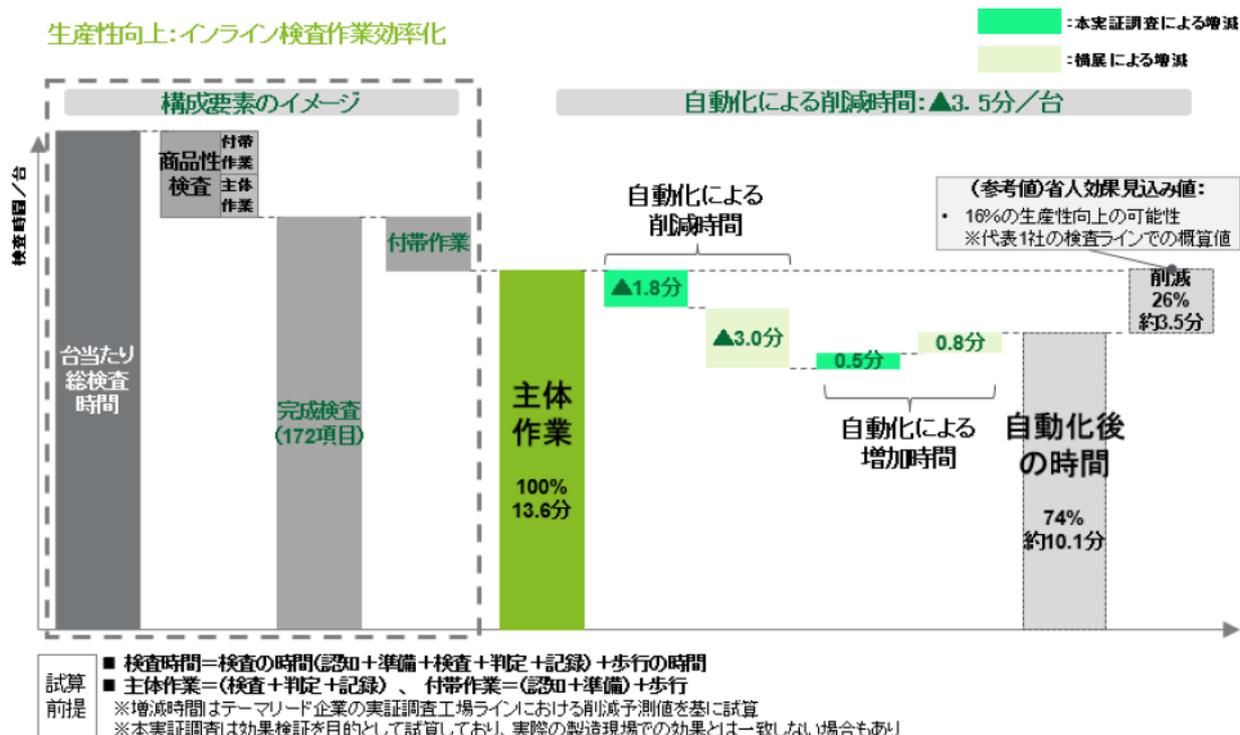


図6 インライン作業効率化に依る完成検査時間削減

ii. オフライン作業効率化

前提として、i. インライン作業効率化と同じ検査項目を対象に算出した。(図7)

次に算出の考え方を説明する。算出する要素として、①完成検査員の教育時間と②自動化検査設備の点検時間とした。①完成検査員の教育時間は、新人が配属された場合の初期教育時間と、定期的な教育時間を合算した時間とした。例えば、ある検査工程に必要な時間は、(初期教育/人+定期教育/人) × 必要人員数で算出される。具体的には、初期教育が30分/人で、該当検査工程の必要人員数が8名、且つ年間の定期教育が15分/人である場合、①の教育時間は年間6時間((0.5H + 0.25H) × 8人)となる。②自動化検査設備の点検時間は、定常的な点検にかかる年間時間とした。また、モデルチェンジ等の不定期に発生する変化点对応については対象外とした。

結果として、①完成検査員の教育時間は年間55.6時間低減、②自動化検査設備の点検時間は年間54.2時間追加発生することが算出された。自動化検査設備の追加導入による検査時間は発生するが、完成検査員の教育削減時間以内であることから、オフライン作業全体としては年間約1.4時間分の削減が可能な見込みである。

なお、算出にあたっては、A. インライン作業効率化と同様に削減時間はテーマリード企業の実証調査工場ラインにおける削減予測値を使用しており、実際の製造現場での効果とは必ずしも一致しない。

生産性向上:オフライン作業効率化

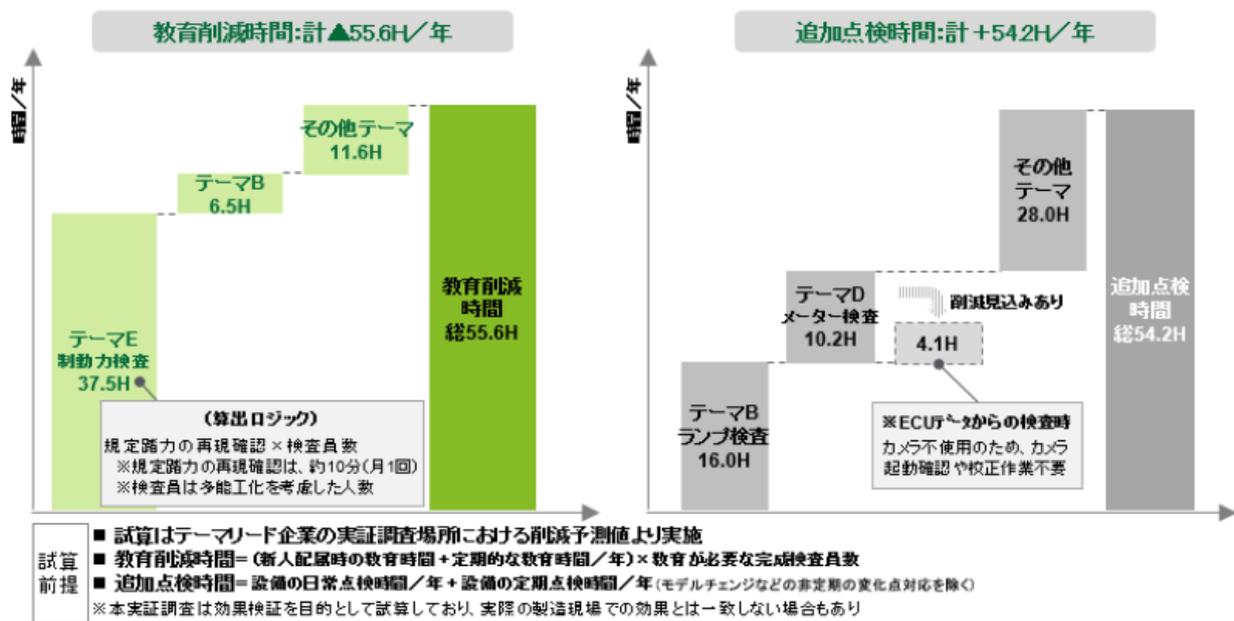


図7 オフライン作業効率化に依る削減効果

iii. 検査の均質化・安定化による精度向上

身体的、精神的な高負荷作業の低減として、品質向上の効果が想定される。

例えば、精神的負荷の大きい作業として打刻・プレート仕様検査があげられる。現状の作業は、塗装色によっては光の具合で文字認識が困難となり、ハンディライトの使用が必要となり作業者に負担を強いる工程となっている。自動化されることにより、塗装色に左右されず検査可能となり作業者に負担の軽い工程の実現に繋がる。

また、身体的負荷の大きい作業として、タイヤ仕様検査があげられる。現状の作業は、各タイヤの仕様確認のため、約2000回/日の屈み作業が発生しており、作業者に負担を強いる工程となっている。(※1人の完成検査員がタイヤ4輪全てを検査する場合) 自動化されることにより、カメラの撮像による仕様判定が可能となり、検査員による目視確認を省略可能となるため、作業者に負担の軽い工程の実現に繋がる。(※日当たり屈み作業:0回)

品質向上:検査の均質化・安定化

精神的負荷の大きい作業の低減 (代表例:打刻・プレート仕様検査)

現状



現状の検査の様子

- 打刻面の塗装色によっては光の具合で文字認識に課題が生じ、ハンディライトを使用

負担を強い作業

身体的負荷の大きい作業の低減 (代表例:タイヤ仕様検査)



現状の検査の様子

- 各タイヤの仕様確認のため、約2000回/日の屈み作業が発生
※1人の完成検査員がタイヤ4輪全てを検査する場合

検査員負荷が大きい作業

自動化による効果



自動化後の検査イメージ

- 塗装色等に左右されず検査可能となったため、カメラを設置してシャッターボタンを押すだけの作業となった

負担の軽い作業の実現



自動化検査装置

- 自動化装置により、仕様判定が可能となり、検査員による目視確認を省略可能
※日当たり屈み作業:0回

身体的負荷が大きい作業の撲滅

図8 検査の均質化安定化による精度向上事例

iv. 自動化によるカバレッジ拡大

自動化検査の導入により、間接的に品質向上に寄与する効果が想定される。

例えば、作業結果の教育への活用として完成検査員の作業観察があげられる。現状は、工程リーダーが作業観察を通じて、各検査員の習熟度を確認した上で教育・評価を実施している。自動化されることにより、ベテラン検査員と新人検査員の動作差異を、定量的に示すことが可能となり、より効果的な動作を促す等、効果的な教育への活用が可能となる。

また、保証範囲の拡大として、制動力検査があげられる。現状は、ブレーキテスト上において、完成検査員がばらつきのない踏力で計測するために、特定点(60N)での検査を実施している。自動化されることにより、ECUからデータを取得することで、踏力変化へ対応した連続的な計測が可能となる。よって、必ずしも特定点へ合わせるための踏力調整が必要なくなり、人の技能に依存しない連続点での検査が実現し、検査時の保証範囲を拡張することが可能となる。

品質向上:自動化によるカバレッジ拡大

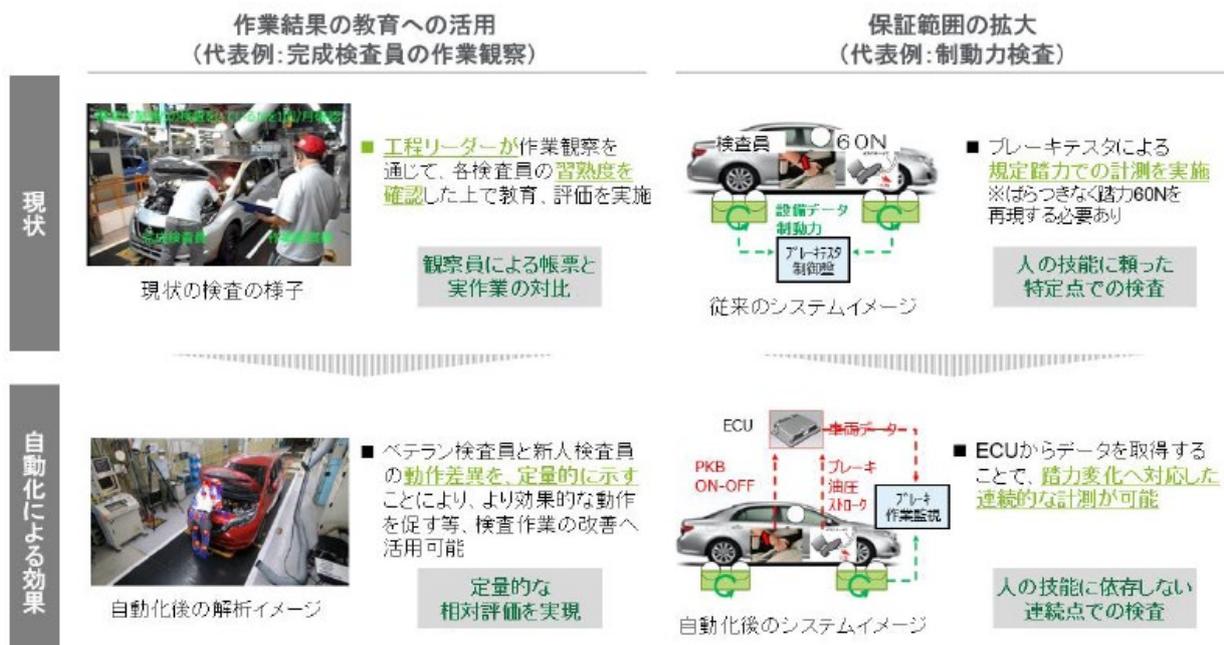


図9 自動化によるカバレッジ拡大事例

最終目標 (2020年度)	成果・意義	達成状況	備考
視覚による完成検査を AI 等の活用により自動化するシステム及び完成検査を行う完成検査員の作業状況等をサポート・チェックするシステムに求められる要件を整理する。また、これらのシステムを活用した型式指定監査の合理化の可能性について検証する。	<p>I : AI 等の先進技術を活用して効率化・省人化された完成検査の導入可能性の調査</p> <p>① 検査 11 テーマについて実際のラインを用いた実証調査を行った結果、10 テーマは実現性あり、1 テーマは追加調査が必要。</p> <p>② インライン作業時間では、従来の主体作業による検査時間について 24%の削減が可能となる見込み。</p> <p>③ オフライン作業時間では、55.6 時間/年の教育時間削減が可能となる見込み。但し、年間約 54.2 時間の点検作業が追加される見込み</p> <p>④ 有識者のアドバイス等をもとに自動化検査実用化ガイ</p>	達成	<p>成果①の補足説明： 実際の完成検査ラインを用いた自動化の検証について、11 テーマ中電動車の電力消費量測定検査については追加調査が必要と結論づけた。当該テーマは不具合の作り込みがコスト的に困難であり期間中に実際の不具合車両も発生しなかったことから、良否判定の閾値設定のためには追加での検証が必要となった。ただし、自動化の見込については確認出来たことから、目標達成とした。</p>

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
	ドラインを作成。 II：型式指定監査の合理化の可能性の調査 ⑤ 従来の工場内だけの検査結果の閲覧から、必要な環境が揃っている事業所での閲覧も可能 ⑥ 検査結果閲覧用のプロトタイプを作成		

（共通指標）

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの作成
2021年	—	—	—	—	—	—

A-4. 事業アウトカム

（1）事業アウトカムの内容

- ・ 本調査により、完成検査の一部をAI等の活用により自動化しても、十分な検査が可能であるとともに、項目によってはより均一な検査が可能となることが明らかとなった。これらの結果を踏まえて検討が行われ、完成検査においてAI等を使った自動化システムを活用できるよう、必要な法令改正が行われた。
- ・ また、リモートで検査結果が確認できるモックアップを用い、型式指定監査の合理化の可能性を検証した。

（2）事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標達成の見込み
2021年度	関係省庁において、本研究開発事業の結果等を十分に活用し、モビリティ分野において必要と考えられる規制の精緻化に繋げることを目標とする。	事業結果を踏まえて規制の精緻化の検討を実施した結果、令和3年11月に国土交通省令等を改正した。

A-5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

2021年度		2022年度	2023年度	2024年度～
予算編成 税制改正要望		秋～年末	通常国会	
モビリティ分野 自動車の完成検査について、実証事業の結果、AI等を活用した検査が可能と考えられる検査項目が整理されたことを踏まえ、こうした項目について、現在完成検査員が行っている検査をAI等で代替することが可能となるよう、制度改正を行う				
国が自動車メーカーに対して行っている型式指定監査について、2020年度の検討結果を踏まえ、検査データのセキュリティ確保等の観点から更なる検討を行う		遠隔からの監査を可能とするシステムを構築することができれば、制度を見直す		

A-6. 費用対効果

(アウトプットの妥当性)

完成検査の自動化について、業界の共通課題として複数の自動車メーカーが連携して調査・検討し、効果や課題を整理した。これらは公的事業ならではのアウトプットであり、アウトカムにつながる有意義な成果である。

(アウトカムの妥当性)

- ・ 近年、生産年齢人口の減少、労働者の働き方の多様化が進み、人材の確保が困難となりつつある中、本調査の結果から、人工知能（AI）等を活用した完成検査の自動化は、完成検査を行う職員やその訓練時間の削減や完成検査の合理化が可能となるのみならず、より精緻な作業管理による品質管理の一層の高度化や完成検査等における不適切な取扱いの防止にも資することが期待されることが確認でき、実際に制度改正が行われており、十分な費用対効果が得られた。
- ・ また、デジタル技術の進展や新型コロナウイルス感染拡大等を踏まえ、現行の型式指定監査の内容を損なうことなく必要な合理化を進めていく必要があるところ、将来的に現行監査を補完・サポートするものとしてリモート技術を活用する手法が実用化されることで、現地への訪問負荷等を減らしつつ自動車の品質を向上させ、ひいては我が国自動車産業の国際競争力強化に繋がると考えられる。

B. 無人自動運転車における運行時に取得するデータの活用と安全性評価

のための基礎システムの技術開発

B-1. 研究開発の内容

(1) 全体像

研究開発の必要性

自動車の自動運転は、交通事故の削減や高齢者の移動手段の確保等の様々な社会的課題の解決に資するものとして早期の実用化が期待され、政府は、全国各地域での無人自動運転移動サービスを2020年代後半にかけて実現すること等を目標として掲げている。

本目標を達成するためには、人が全く介在しない「無人自動運転車」の安全性を適切かつ円滑に評価することが必要であり、具体的には、無人自動運転車が遭遇するあらゆる状況において、AIによる認知・予測・判断・操作が適切に行われることを確認する必要がある。

具体的研究内容

無人自動運転車の認知（センシング）に係る性能を評価するため、実環境を模擬する台上試験機を用いて、評価対象車両のセンシングデバイスから当該車両のAIへの入力信号を計測する手法を開発する。また、無人自動運転車が回避すべき事故の範囲を注意状態にある習熟ドライバの能力を踏まえて決定するため、実環境における当該ドライバの運転特性データを収集・分析し、無人自動運転車の性能として許容される水準を特定する。そのうえで、上記の手法及び水準に基づき、シミュレーションシステムにより無人自動運転車の安全性を評価するための基礎となるシステムを構築する。

最終目標

無人自動運転車の安全性評価に活用可能な「基礎システム」を開発し、当該システムの無人自動運転車に係る型式認証制度への導入可能性を検証する。

(2) 構成

テーマ a：無人自動運転車の性能許容水準の特定

実環境における習熟ドライバの運転特性データの収集・分析を行い、無人自動運転車の認知機能として許容される水準を特定する。

- ① サンプルデータ収集方法の決定
- ② サンプルデータの収集
- ③ データ収集結果の評価・分析

テーマ b：センシングデバイス特性の評価・分析

実環境を模擬する台上試験機と疑似的空間を構築することで、評価対象となる無人自動運転車の各種センシングデバイスの特性を評価・分析する。

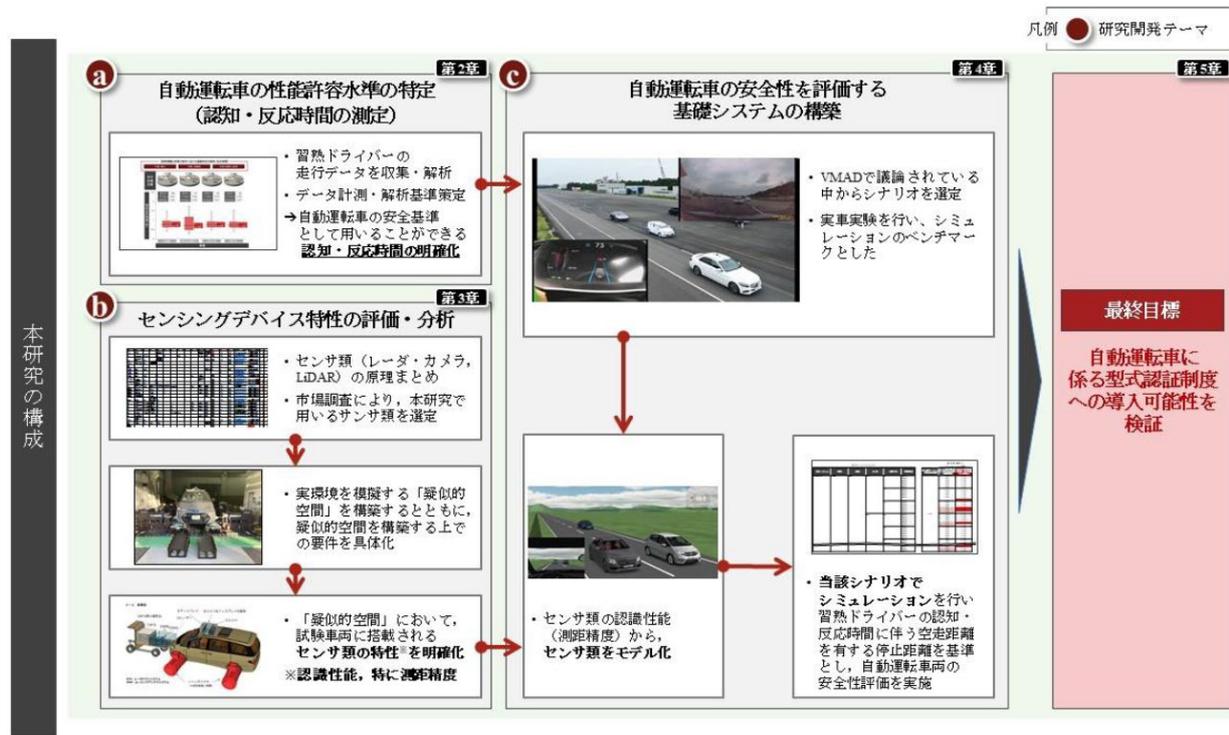
- ① 試験設備の導入

- ② 各センシングデバイスの静的特性の評価・分析
- ③ 実環境を模擬した疑似的空間の構築
- ④ 各センシングデバイスの動的特性の評価・分析

テーマc：無人自動運転車の安全性を評価する基礎システムの構築

評価対象のセンシングデバイス特性を反映したシミュレーションシステムを構築し、習熟ドライバーの認知・反応時間を基準として、無人自動運転車の安全性基準を満たしているかを確認する。

- ① シミュレーションシステム上でのシーンおよび条件の再現
- ② シミュレーションシステム内におけるセンシングデバイス特性の反応
- ③ シミュレーションシステム内における認知機能の評価
- ④ 環境要因による認知機能への影響の評価
- ⑤ シミュレーションシステムを用いた安全性評価の実施



B-2. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

項目名		内容														
a.	無人運転自動車の性能許容水準の特定	実環境における習熟ドライバーの運転特性データの収集と分析														
b.	センシングデバイス特性評価・分析	評価対象となる無人運転自動車の各種センシングデバイスの特性を評価・分析														
c.	無人自動運転車の安全性を評価する基礎システムの構築	評価対象のセンシングデバイスの特性を反映したシミュレーションシステムを構築し、習熟ドライバーの認知・反応時間を基準として、無人自動運転車を評価する。														
大項目	小項目	2020														
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	2021					
a.	無人運転自動車の性能許容水準の特定															
	サンプルデータ収集方法の決定															
	サンプルデータ収集															
b.	センシングデバイス特性評価・分析															
	試験設備の導入															
	各センシングデバイスの静的特性の評価・分析															
	実環境を模擬した疑似的空間の構築															
c.	無人自動運転車の安全性を評価する基礎システムの構築															
	シミュレーションシステム上のシーンおよび条件の再現															
	シミュレーションシステム内におけるセンシングデバイス特性の反映															
	シミュレーションシステム内における認知機能の評価															
	環境要因による認知機能への影響の評価															
	シミュレーションシステムを用いた安全性評価の実施															

(2) 研究開発の実施・マネジメント体制



- 国土交通省 自動車局 審査・リコール課長が本テーマの事業統括として助言を行った。

(3) 知財や研究開発データの取扱い

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」及び「データマネジメント基本方針」を適用。

B-3. 事業アウトプット

道路運送車両法第41条第2項（道路交通法第2条第1項第13号の2）では、自動運行装置が有すべき機能として「自動車を運行する者の操縦に係る認知、予測、判断及び操作に係る能力の全部を代替する機能」と定義されている。このことは、自動運転が作動可能な条件下（運行設計領域；ODD (Operational Design Domain)）において遭遇しうるあらゆる交通場面において、自動運転車は従前運転者が担ってきた安全運転義務に相当する安全性を網羅的に担保する必要があることを意味する。本研究では、自動運転車の安全性評価に活用可能な「基礎システム」を開発し、自動運転車に係る型式認証制度への導入可能性を検証することを目的とし、自動運転車の安全性評価におけるシ

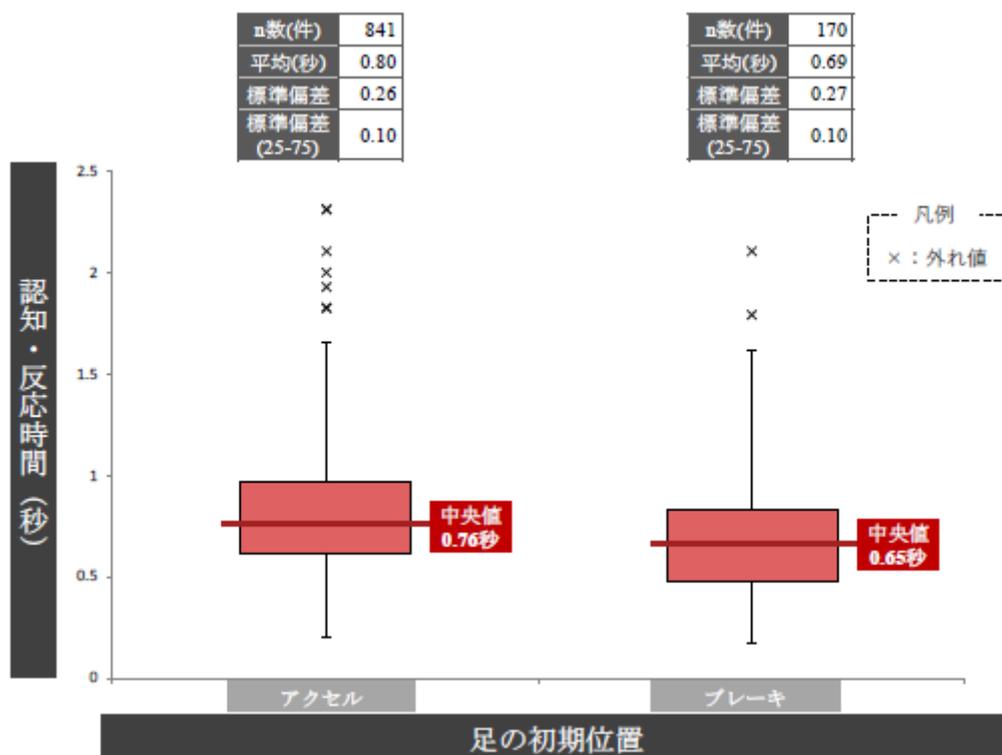
ミュレーションの活用方法を検討し、その得失を整理した。

テーマ a： 無人自動運転車の性能許容水準の特定

危険事象の発生からドライバーが反応するまでに許容される時間遅れとしての認知・反応時間を、実交通下において収集された事象から計測した。

本研究では、日常的に運行されている営業車（普通車）300 台にドライブレコーダを取り付け、ブレーキなどのトリガによって収録されたイベント録画をコマ送りで解析することにより、実交通下におけるドライバーの認知・反応時間の計測を行い、認知・反応時間に寄与する要因の解析を行った。

取得した計 1,051 件のデータを解析した結果、危険事象発生時にブレーキに足を置いていた方が、アクセルから踏みかえる場合と比較して認知・反応時間は短く、アクセルペダルからブレーキペダルへの踏みかえに要する時間は平均値で 0.11 秒、中央値で 0.14 秒であった。本研究の実験範囲では、夕刻以降、暗くなることで対象物を認識しづらく認知・反応時間が長くなることが予想された一方で、16 時以降はそれ以前と比べ中央値が 0.72 秒と短くなった。雨の場合、晴れ及び曇りに比べて対象物を認識しづらく、天候の影響により危険事象を認識しづらくなったと考えられる。ステップ応答的な交通場面では危険認知がばらつかない一方で、割り込み／幅寄せといったランプ応答的な交通場面では状況およびドライバーにより危険認知のタイミングがばらつくものと考えられる。また、走り慣れているルートを走るドライバーは、危険事象の発生を経験的に予測し、予め危険事象に備えブレーキペダルに足を移し替えていたと推察された。本研究より得られた、天候が晴れで自動車を対象物とした自車が直進している場合における認知・反応時間は、中央値が約 0.72 秒、平均値が約 0.75 秒となり、裁判例で用いられている値と同じ範囲となった。



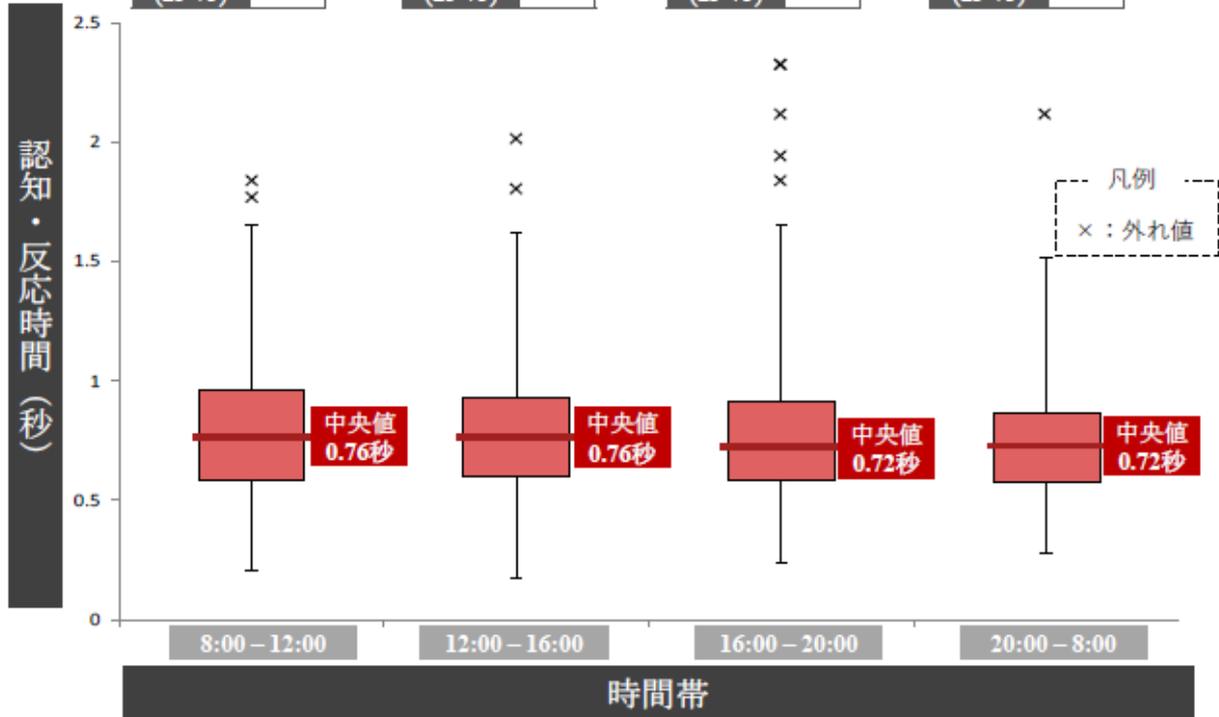
足の初期位置の影響

n数(件)	363
平均(秒)	0.78
標準偏差	0.27
標準偏差(25-75)	0.11

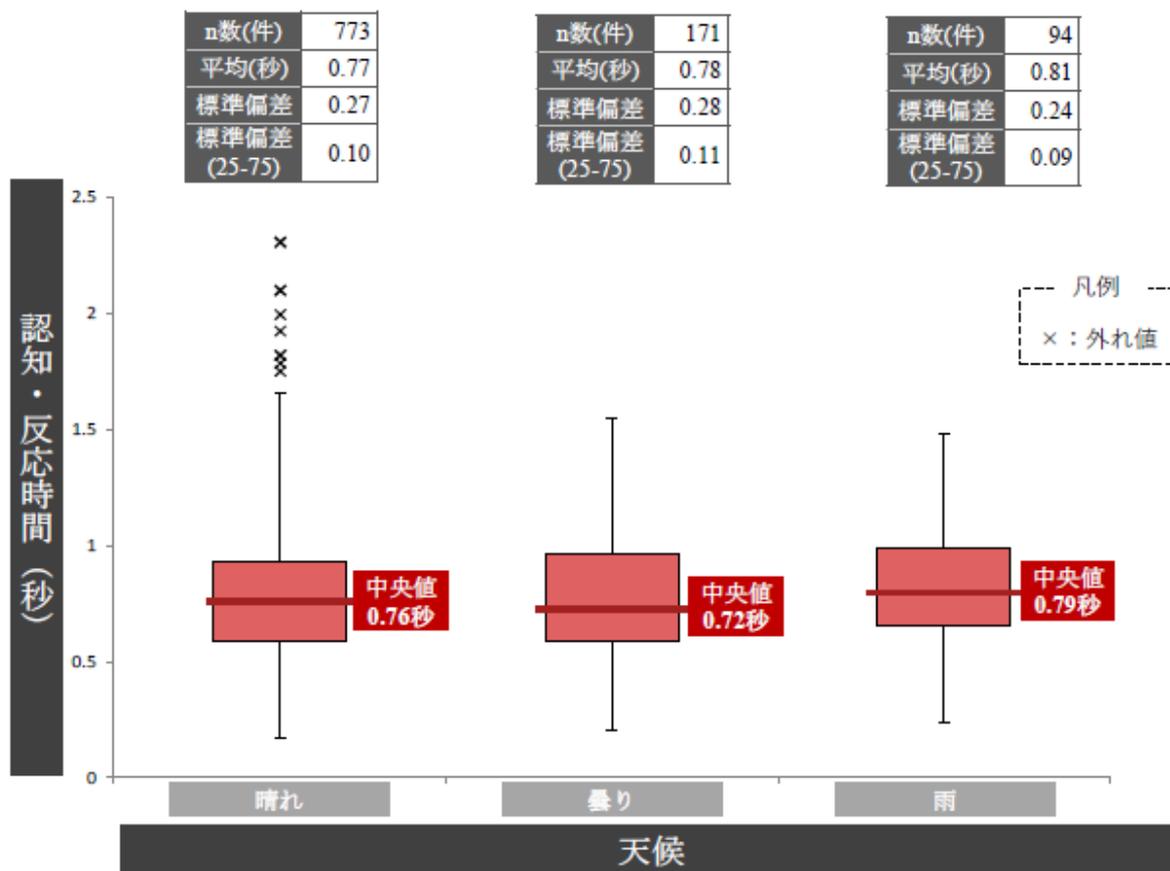
n数(件)	327
平均(秒)	0.78
標準偏差	0.27
標準偏差(25-75)	0.09

n数(件)	263
平均(秒)	0.78
標準偏差	0.27
標準偏差(25-75)	0.10

n数(件)	88
平均(秒)	0.75
標準偏差	0.27
標準偏差(25-75)	0.08



時間帯の影響



天候の影響

テーマb: センシングデバイス特性の評価・分析

自動運転車に用いられるセンサ類のうち、ミリ波レーダ、ステレオカメラ及びLiDARについて、センサ毎にその原理をまとめ、認識性能のうち特に静的及び動的特性、つまり測距精度について検証を行った。各種センサの性能評価手法として、レーダは実環境における性能評価、ステレオカメラはモニタによる教示を新たに試み、LiDARは鏡を用いて任意の方向に光を反射させる手法により性能評価のための仮想空間の構築を試みた。

自動運転車に搭載されるレーダは、従来区別が付きにくかった歩行者や自転車等の小さな対象物の判別やその動作の認識が可能となる79GHz帯のレーダの開発が進められており、最大測定距離と水平角度が重要であることがわかった。実際の対象物を用いてレーダの静的特性及び動的特性を計測したところ、静的特性の計測では、用いたレーダは100mまでしか対象物を捉えることはできず、レベル3の自動運転の実現に必要な200mを満たしていないばかりか、スペック最大検知距離250mも満たせていないことがわかった。一方、動的特性では240m程度まで対象物を捉えることができた。また、近距離チャープの計測領域の測距精度が悪いことがわかり、中距離チャープ及び遠距離チャープは1%程度の誤差で測距できていることがわかった。レーダの動的特性は継続的に対象物を捉えているわけではなく、対象物を捉えることのできない領域が存在した。また、動的特性の計測において、対象物が離れていく場合は240mまで対象物を捉えられるのに対し、近づいてくる場合は160m程度から対象物を捉えるというセンサの遅れによるヒステリシスが見られた。近づいてくる対象物を近くになってからしか検知できない特性は、自動運転車の安全性を考える上では危険であり、

レーダの性能に対する懸念点となる可能性があると考えられる。

自動運転車に搭載されるステレオカメラは、解像度及び最大測定距離が最も重要であり、その次に水平視野が重要であることがわかった。モニタを用いたステレオカメラへの教示において、BF 値が 2.3 ピクセル程度、 D_{∞} が 0.2 ピクセル程度の差であることから、本手法によって精度よくステレオカメラに教示できたことがわかった。また、計測された BF 値及び D_{∞} と使用したカメラパラメータとの乖離が見られるものの、生成する等価的な視差を有する左右画像の調整により、カメラパラメータとの乖離を抑え、より正確にシナリオを教示できると考えられた。ステレオカメラの静的な測距精度における誤差が大きく（最大で 80%）、電波の反射を測距原理とするレーダに対し、両眼立体視を原理とするステレオカメラは機構的に複雑で、正確な距離を得るためにそろえるべき条件が複雑であることがわかった。

LiDAR は、主流の 360° 全方位にレーザ光を照射する「機械的回転方式」に加え、小型化・軽量化・原価低減を進めた「ソリッドステート式」があり、自動運転車への搭載にあたり、検出距離と水平視野が重要であることがわかった。LiDAR は車両の前後方向ともに 10m 未満の近距離では誤差が大きいものの、10m 以上 100m 以下の範囲では±1%以内の誤差で測距できることがわかった。屋内の試験設備内において LiDAR に試験装置を認識させないようするための基礎アイデアとして、鏡を用いて任意の方向に光を反射させる手法が有効であることがわかり、構築した仮想空間が試験設備よりも大きな空間となることがわかった。



試験設備に設置した鏡架台

テーマ c： 無人自動運転車の安全性を評価する基礎システムの構築

テーマ b、c の結果を踏まえ、シミュレーションの活用について検討を行った。

実車実験を行ってシミュレーションのベンチマークとするとともに、レーダの認識性能に関するモデル化を行うことで、無人自動運転車の安全性評価に活用可能な「基礎システム」を構築した。当該シナリオでシミュレーションを用いることにより認証審査の効率化及び合理化に資するか検討を行った。

基礎システムの検証を行うためのシナリオを VMAD で議論されている中から選定、当該シナリオ

における過失要件を裁判例の分析により明らかにした。本章において、WP29 で議論されている 6 つの交通場面のうち 4 つを要素に含み、裁判例から過失要件を検討でき、安全を確保しつつ再現性の高い実車実験を行うことができる「先行車のカットアウト後の静止障害物」のシナリオを選定し、当該シナリオを用いて評価を行った。

RTS (Radar Target Simulator または Radar Test System) を用いたレーダの性能評価では、現実を模していないシミュレーションが行われている可能性もあり、RTS によってレーダの検知距離が保証されたとしても、実世界における検知距離が保証されるわけではない。審査においては少なくとも実世界を模した距離減衰のある条件で性能評価を行う必要がある。MAS (Moving Antenna System) を用いたシステムでは、模擬したい対象物以外の情報が全て削除されていることから、本システムにおいてレーダが見ている世界は、無の空間に対象物だけが浮かんでいる世界である。実世界で生じる路面や側壁からの反射など、対象物以外からの複数の反射経路は存在せず、対象物からの反射波のみが返ってくる。また、アンテナ対が横方向にしか自由度がないために平坦路しか再現できない。さらに、VIL (Vehicle in the loop simulator) において、車両のモデリングにより正確に自車の制御ができることがわかり、各種センサに教示するシナリオが正確に再生されることがわかった。先行車カットアウト後の静止障害物のシナリオにおけるレーダ及びステレオカメラによる検知では、レーダは先行車及び静止障害物を高い測距精度で捉えることができるものの、先行車のカットアウトし静止障害物を視認できるタイミングにおいては先行車と静止障害物を切り分けて検知するのが難しいことがわかり、ステレオカメラはそれらを切り分けることができ一方で測距精度が悪いことがわかった。

さらに、MIL (Model in the loop simulator、フルシミュレーション) と実車の比較より、シミュレーションにおける先行車のふるまいは、車線変更終了時に差が生じる以外は実車のふるまいと相違ないことがわかり、選定したシナリオでは車線変更開始時の先行車のふるまいが重要であることから、正確にシナリオを再現できていることがわかった。また、実車及びシミュレーションにおけるふるまいは、パラメータの値が異なるシナリオでも同等であると考えられ、実車で網羅しきることのできない膨大なシナリオを、シミュレーションを用いて網羅することは有効であると考えられる。

実センサの測距性能を一部の条件で計測し、シミュレーションで外挿しても、レーダの性能を正確に評価できないと考えられる。RTS により、レーダの最大検知距離までの性能を計測できることから、車載状態のレーダにおける計測は、MIL による外挿よりも RTS を用いた計測の方が合理的であると考えられる。また、降水量の増加及び対象物との距離の増加に伴って信号強度の減衰量が大きくなることがわかった。さらに、対象物によって信号強度の減衰量が異なることから、先行車と静止障害物の減衰量が一致しないことがわかった。現実世界においても信号強度の減衰が起きているものと考えられ、当該減衰を加味したレーダの検知性能がシミュレーションされれば、環境要因を考慮した安全性評価が可能になるものと考えられる。

自動運転車の認証審査において、効率化及び合理化に向けたシミュレーションの活用にあたり、完成車との同一性を確保しつつ、審査対象車両のセンサ性能を評価し、その安全性を評価するためには、HIL (Hardware in the loop simulator) によるシナリオ教示を要素技術とした VIL による安全性評価が合理的であると考えられる。本手法の実現のためには、HIL によるシナリオ教示技術の熟成の必要があり、センサ性能や個数、取付位置が異なる多種多様な自動運転車に対応できるよう、

パラメータなどの整理が必要になると考えられる。

実車試験と VIL、MIL の比較

試験法	試験条件	サイクル タイム	完成車との 同等性	交通場面 の再現性	環境要因 の再現性	特筆事項
実車試験	衝突なし	3分	◎	◎	△	試験場では環境要因の管理が難しい。
	衝突あり	15分	○			衝突すると損傷の可能性がある。
台上試験 (VIL)	衝突なし/ 衝突あり	3分	△	○	○	センサへのシナリオ教示において同等性の懸念があり。
シミュレーション (MIL)	衝突なし/ 衝突あり	2秒*	×	◎	◎	モデルの正確性を審査当局として確認できない。

*コンピューティングパワーに依存する（本研究での参考値）

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
無人自動運転車の安全性評価に活用可能な「基礎システム」を開発し、当該システムの無人自動運転車に係る型式認証制度への導入可能性を検証する。	<p>テーマ a： 無人自動運転車の性能許容水準の特定</p> <p>ドライバーの認知・反応時間の水準について検証する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実環境下でのデータサンプルを1,000件以上を収集。 ・ 習熟ドライバーの認知・反応時間を測定することに成功。 <p>テーマ b： センシングデバイス特性の評価・分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種センシングデバイスを搭載した試験車両に対して実環境を模擬する“疑似空間”を構築。 ・ この“疑似空間”において各種センシングデバイスの特性の見極め。 <p>テーマ c： 無人自動運転車の安全</p>	達成	

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
	性を評価する基礎システムの構築 <ul style="list-style-type: none"> ・ 認知機能への影響が大きいと想定されるシーン（100通り）の構築。 ・ 上記複数シーンでの安全性評価の完了。 		

（共通指標）

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
2020年	-	1件（出願中）	-	-	-	-

B-4. 事業アウトカム

（1）事業アウトカムの内容

シミュレーションの活用により、認証審査の効率化及び合理化を行う。

（2）事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標達成の見込み
2021年度以降	関係省庁において、本研究開発事業の結果等を十分に活用し、モビリティ分野において必要と考えられる規制の精緻化に繋げることを目標とする。	本事業では、自動運転車の認証審査におけるシミュレーションの活用に向けて、最も合理的な方法を複数のシミュレーション方法の中から検討を行った。 今後、あらゆるシナリオにおいて安全性を効率的かつ合理的に評価できるよう、システムの構築を進め、認証審査への導入可能性を引き続き検討する。

B-5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

	2020 年度	2021 年度以降
モビリティ分野 (自動運転)		 

B-6. 費用対効果

(アウトプットの意義)

シミュレーションによる審査については、自動運転車の安全性について議論している国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム（WP29）でも効率的な審査方法として期待されているが、具体的にどのように活用するかはまだ明らかになっていない。そのような中、自動運転車の安全性評価に活用可能な「基礎システム」を開発し、自動運転車に係る型式認証制度への導入可能性を検証し課題を整理できた事は、アウトカムにつながる有意義な成果である。

(アウトカムの意義)

人が全く介在しない無人自動運転車の安全性を確認するためには、遭遇するあらゆる状況において、AI による認知・予測・判断・操作が適切に行われることを評価する必要がある、より効果的かつ効率的な審査手法の開発が必要である。今回の調査の結果が、将来的により先進的な審査手法の検討の材料になると考えられる。

C. プロ投資家対応・金融商品販売における高齢顧客対応に係る調査

C-1. 研究開発の内容

(1) 全体像

調査の必要性

金融商品取引法（以下、「金商法」という）及び金融商品取引業等に関する内閣府令において、一定の要件を満たす個人は「プロ投資家」（特定投資家）に移行することが可能とされているが、その要件は、金融商品取引業者等との間で特定投資家となることを申し出る契約の種類に関する金融商品取引契約を締結してから1年以上経過しており、かつ、純資産・投資性金融資産が3億円以上と見込まれる個人であり、画一的かつ厳格であるとの指摘がある。

また、高齢顧客に対する金融商品の販売についても、日本証券業協会の高齢顧客ガイドラインに基づき、一定の年齢（75歳以上・80歳以上）を目安として、画一的な対応が行われている可能性がある。

デジタル化により個人の能力や資産状況等がより精緻に判断・分析することが可能となる中で、こうした金融関連法制の在り方に係る問題点や課題を洗い出す必要がある。

調査内容

プロ投資家の要件に関しては、証券会社の顧客に対し、投資家属性及び金融リテラシーを調査するリテラシーアンケートを実施し、プロ投資家とみなすことが適当と考えられる基準について調査を行う。

金融商品販売における高齢顧客対応に関しては、証券会社等の勧誘方法と親和性のある認知判断能力の確認方法とその満たすべき技術要素について調査を行う。

また、証券会社の顧客に対し、投資家属性及び金融リテラシーを調査するリテラシーアンケートを実施し、高齢顧客の能力・状況等を踏まえた対応について調査を行う。加えて、金融機関がこれらの対応をシステムを用いて自動判断することの可否、当該システムが満たすべき最低要件・事後検証のあり方等について、調査を行う。

なお、調査の実施に当たっては、外部有識者等の関係者の意見を聴取しつつ進めることとする。

最終目標

プロ投資家及び金融商品販売における高齢顧客対応に関連する金融法制の精緻化に係る検討に活用するための知見を報告書に取りまとめる。

(2) 構成

以下の2つの調査を実施した。

調査（1）：プロ投資家とみなすことができる基準に係る調査

金商法上、知識、経験、財産の状況から金融商品取引に関する適切なリスク管理を行うことが可能なプロ投資家を特定投資家として位置付け、当該投資家が取引相手である場合には金融商品取引

業者等に課される一定の行為規制の適用が除外されるほか、特定投資家はプロ投資家向けの取引が可能となる。

個人投資家が特定投資家となるためには、①資産の合計額から負債の合計額を控除した額（純資産）の合計額が3億円以上、②投資性金融資産の合計額が3億円以上、③特定投資家となることを申し出る契約の種類に関する金融商品取引契約を締結した日から1年を経過している（当該金融商品取引契約に関する取引経験が1年以上ある）という要件の全てに該当する必要がある。現状、当該要件が画一的かつ厳格であるため、特定投資家となる個人投資家が限定的となっているとの指摘がある。企業への成長資金の供給の促進を図るにあたっては、投資家保護の確保を前提としつつ、投資機会の拡充に加え、プロ投資家とみなされる個人投資家を含めた投資家層の拡大も重要であると考えられる。

そこで本調査では、個人の特定投資家の要件の弾力化に向けて、証券会社の顧客に対し、投資家属性及び金融リテラシーを調査するリテラシーアンケートを実施し、プロ投資家とみなすことができる基準（投資家属性）について調査を行った。

調査（2）：金融商品販売における高齢顧客対応に係る調査

高齢化の進展に伴い健康寿命が延伸する中、金融商品販売における高齢顧客に対する適切な対応が一層重要となる。高齢顧客の状況は多様であり、適合性原則（顧客の知識、経験、財産の状況及び投資目的に応じて不適切な勧誘を行わない義務）の観点からも、個別の顧客の状況に応じた柔軟な顧客対応が進められることが望ましい。

現状、高齢顧客対応については、一定の年齢（75歳以上・80歳以上）を目安として画一的な対応が行われている可能性があるとの指摘がある一方、認知判断能力の変化に伴い、金融商品取引におけるリスクを適切に把握し投資判断を行うリスク評価能力が低下している75歳未満の顧客に対して、慎重な対応が行われていない可能性がある。本調査では、高齢顧客の状況に応じた柔軟な顧客対応の在り方について、適合性原則やデジタル技術等の活用可能性も踏まえ、以下の調査を実施した。

① 適合性原則を踏まえた高齢顧客対応に係る調査

証券会社の顧客に対し、投資家属性及び金融リテラシーを調査するリテラシーアンケートを実施し、75歳以上の顧客であっても、適切に金融商品の特性やリスク等を理解し、柔軟な顧客対応を行う投資家属性について調査を行った。

② 金融商品販売における認知判断能力の確認方法及び高齢顧客対応の自動判断に係る調査

金融商品取引に必要なリスク評価能力は、認知判断能力の低下に応じて変化するものであり、個別の顧客の状況について確認する必要がある。そこで、金融商品販売においてデジタル技術等を活用して、顧客のリスク評価能力の状況を確認することの可能性及びそれに伴う課題を整理し、どのような顧客対応を行うべきかを自動判断することの可能性等について調査を行った。

C-2. 研究開発の実施・マネジメント体制等

（1）研究開発計画

調査（１）プロ投資家とみなすことができる基準に係る調査

大項目	小項目	2020			2021
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
1. プロ投資家とみなすことができる基準の調査	①進め方共有/事前準備/協力証券会社の決定	■			
	②海外の制度研究	■			
	③金融機関/有識者インタビュー	■			
	④仮説構築・リテラシーテスト実施		■	■	
	⑤データ分析・仮説検証/新基準案策定			■	■
	⑥調査報告書の報告・承認				■

調査（２）金融商品販売における高齢顧客対応に係る調査

大項目	小項目	2020			2021
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
2. 1) 認知・判断能力の確認方法に関する調査	①認知・判断能力の確認方法に関する技術調査	■	■		
2. 2) 適合性原則を踏まえた対応の調査	①進め方共有/事前準備/協力証券会社の決定	■			
	②NRI生活者一万人調査分析/海外の制度研究	■			
	③金融機関の取組把握/有識者インタビュー	■			

大項目	小項目	2020			2021
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
2. 2) 適合性原則を踏まえた対応の調査	④仮説構築・リテラシーテスト実施		■	■	
	⑤データ分析・仮説検証/対応案策定			■	■
	⑥調査報告書の報告・承認				■
2. 3) 金融機関の高齢顧客対応の自動判断に関する研究	①自動判断の可否・システム要件・事後検証のあり方等の研究			■	

（２）研究開発の実施・マネジメント体制



金融庁 企画市場局 市場課長が本テーマの事業統括として助言を行った。

また本調査を進めるにあたり、協力業界団体及び金融機関から構成される実務者会議を設置し、株式会社野村総合研究所及び金融庁が事務局となり議論を進め、リテラシーアンケート、及び技術ベンダー・有識者へのインタビュー等を実施した。

【実務者会議メンバー】

調査（１）プロ投資家とみなすことができる基準に係る調査

（証券会社） 野村証券株式会社、大和証券株式会社、SMBC 日興証券株式会社

（業界団体） 日本証券業協会

（事務局） 株式会社野村総合研究所、金融庁

調査（２）金融商品販売における高齢顧客対応に係る調査

（証券会社） 野村証券株式会社、大和証券株式会社、SMBC 日興証券株式会社

（銀行） 株式会社三菱 UFJ 銀行

（業界団体） 日本証券業協会、一般社団法人 全国銀行協会

（事務局） 株式会社野村総合研究所、金融庁

なお、リテラシーアンケートに関しては、野村証券株式会社・大和証券株式会社・SMBC 日興証券株式会社による協力の下、各証券会社の顧客に対して実施した。

（３）知財や研究開発データの取扱い

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針」を適用。

C-3. 事業アウトプット

調査（１）：プロ投資家とみなすことができる基準の調査

プロ投資家とみなすことができる基準（投資家属性）の候補

本調査では、特定投資家に求められるリスク評価能力（知識・経験）及びリスク耐久力（財産）のうち、リスク評価能力を有すると推定される投資家属性及びその基準について分析を行った。その結果、以下のとおり、現行要件に該当する回答者と同等以上のリスク評価能力を有すると推定される投資家属性について、単独属性としては、一定以上の投資性金融資産や年収を有する属性、又は特定の職業経験や資格を有する属性が特定された。

また、複数属性の組合せとして、純資産や投資性金融資産の保有額が多く、かつ、一定以上の年収や取引頻度の水準を有する属性のほか、前述以外の特定の職業経験や資格を有しており、かつ、年収、投資性金融資産、純資産を一定以上有する属性が特定された。

一方、本調査のリテラシーアンケートでは、特定投資家に求められるリスク耐久力を十分有しているかを分析することは困難であるため、今後、個人の特定投資家の要件の弾力化について検討する際には、リスク耐久力の十分性等も勘案する必要がある。

(1) リスク耐久力及びリスク評価能力双方を推定しうる投資家属性

【単独属性】

- ・ 年収 1 億円以上、又は投資性金融資産 5 億円以上を保有

【複数属性の組合せ】

- ・ 投資性金融資産や純資産の保有額が多く、かつ、年収や取引頻度が一定以上の水準

(2) リスク評価能力のみを推定しうる投資家属性

【単独属性】

- ・ 金融機関での従事経験を有する
- ・ 公認会計士、証券アナリスト、証券外務員 1 種・2 種、1 級/2 級 FP 技能士・CFP・AFP、中小企業診断士の資格を保有

【複数属性の組合せ】

- ・ 会社経営のコンサルティング・アドバイス、金融機関以外の業種での企画・マーケティング及び事務・人事・総務業務、経済・経営に関する教職・研究職の従事経験を有し、かつ、年収又は投資性金融資産又は純資産が一定以上の水準
- ・ 税理士の資格及び一定水準の年収を有する、又は日商簿記 1 級・2 級の資格及び一定水準の年収又は純資産を保有

基準の候補となる投資家属性を有する母集団推計

現行要件に該当する投資家は、我が国で 1.6 万人と推計され、現状の個人の特定投資家の数に鑑みると、拡大の余地は大きいと考えられる。本調査の結果特定された投資家属性を勘案し、個人の特定投資家の要件を弾力化する場合、要件の一部に該当しうる潜在的な個人の母集団の試算結果は表 11 のとおりである。

表 11 で示している母集団（推計値）はあくまで要件において勘案しうる一部の投資家属性を有する母集団を試算したものであり、特定投資家となる個人の数を示唆するものではないが、要件を弾力化した場合にはプロ投資家とみなされる個人投資家を含めた投資家層の拡大に寄与することが期待される。

表 11 要件が弾力化された場合の潜在的な特定投資家（個人）の母集団試算

要件	要件 母集団（推計値）※1	比率※2
1) 年収 1 千万円以上	3,263 千人	4.87%
2) 投資性金融資産 3 億円以上	19.7 千人	0.02%
3) 純資産 3 億円以上	664.4 千人	0.63%
4) 取引頻度月 4 回以上	2,014 千人	1.9%
5) 金融機関に 1 年以上従事※3	700 千人	-
6) 特定の保有資格※4	1,751 千人	-

※1 1)～4)は国税庁「民間給与実態統計調査結果」（2019年12月31日現在）、国税庁「直接税」（平成30年度）、NRI「生活者1万人アンケート」（2019）より

※2 1)は、就業者数 66,940 千人（2019年12月31日現在）、2) 3)は日本人口 105,255 千人（2019/10 時点、18～89 歳の男女）を母数として計算

4) の比率は、取引経験ありの人の割合 (28%) × 取引頻度月 4 回以上の人の割合 (6.8%) で計算

※3 経済産業省 産業別職業別就業者数 (2019 年度) において、金融業・保険業の管理的職業従事者、その他専門的・技術的職業従事者、販売委託の就業者数を合計。なお、従事年数は不明であったため、2019 年時点の就業者数で代用した

※4 公認会計士 (2021 年 2 月 28 日現在)、証券アナリスト (2019 年 6 月実施までの累計)、証券外務員 (2020 年 6 月現在の登録者数)、FP (2020 年 9 月実施までの累計)、中小企診断士 (2019 年 4 月 1 日現在の登録者数) の合計

調査 (2) : 金融商品販売における高齢顧客対応に関する調査

まず、「適合性原則を踏まえた対応の調査」の結果、75 歳以上の高齢顧客のうち、

① 証券アナリスト/証券外務員 1 種・2 種/AFP・CFP の資格を保有している属性、

② 金融商品の販売・運用・アドバイスに関する業務に過去に従事し、かつ、

投資性金融資産 5,000 万円以上又は取引経験年数が十分にある属性、

等は、75 歳未満の顧客と同等以上のリスク評価能力を有すると推定される結果となっている。

ただし、これらの属性を有する高齢顧客に対する柔軟な顧客対応を検討するにあたっては、高齢顧客の認知判断能力の状況は多様であり、当該属性を有することをもって当該顧客の総合的なリスク評価能力が十分であるとはいえないことから、個別の高齢顧客の総合的なリスク評価能力について別途、担当営業員及び支店長等の役席者が頻繁に接する中で確認するなど、金融商品取引業者等が確認する必要がある。

一方、認知判断能力の変化に伴いリスク評価能力が十分ではない顧客に対して、顧客の知識、経験、財産の状況及び金融商品取引契約を締結する目的 (投資目的) に照らして不適切な金融商品を勧誘・販売すべきではなく、75 歳未満の顧客についても顧客の総合的なリスク評価能力等の状況に変化が見られる場合には、より慎重な対応を行うことが求められる。

次に、「金融商品販売における高齢顧客対応の自動判断に関する調査」では、現段階ではデジタル技術のみを用いて、顧客の知識、経験、財産の状況及び投資目的にかかる情報を適切に把握し、顧客に対しどのような顧客対応を行うべきかを自動的に判断することは、金融商品取引に必要な認知判断能力の要素・水準が科学的に明らかになっていないことなどから、困難であると考えられる。このように、顧客の金融商品取引に必要な総合的なリスク評価能力をデジタル技術等の確認結果のみを以て確認することは難しく、最終的な顧客対応の判断は人が行う必要があるが、参考情報としてデジタル技術等を活用する可能性があることが示唆された。

デジタル技術等の活用の前提として、有識者からは金融商品取引に必要な認知判断能力の要素・水準について更なる実証研究・議論が必要であるとの指摘があった。さらに、認知判断能力は外部環境や健康状態等によって変化し、一時点での評価・判断が困難であり継続的かつ総合的な判断が必要な場合もあることから、継続的に顧客の状況を確認する体制を構築していくことが望ましいという指摘があった。

今後、金融商品販売において、顧客の総合的なリスク評価能力の確認にデジタル技術等を活用するためには、顧客に受け入れられやすい認知判断能力の確認の在り方の検討やデジタル技術等を活用して取得した顧客の認知判断能力に関する個人情報の法令等における取扱いの明確化、顧客の事前同意の取得の必要性及び顧客の認知判断能力の低下が確認された場合の顧客対応の検討、担当営業員等の職業倫理観の醸成及び知識・理解の向上に向けた研修やマニュアルの整備等の環境整備が

求められる。特に、医療分野で活用されている CANDy や MacCAT-T 等を応用するためには、評価時間の短縮、金融商品取引に必要なリスク評価能力の確認が可能であり顧客に受け入れられやすい確認方法の開発及び標準化等が求められる。

なお、現状のデジタル技術は、顧客の認知判断能力の確認に向けた技術開発は進んでいるが、それは金融商品取引に求められるリスク評価能力の確認の一部に過ぎず、総合的なリスク評価能力を確認する技術は存在していない。今後、顧客の総合的なリスク評価能力を確認する技術が開発されていくことが期待される。

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
<p>プロ投資家及び金融商品販売における高齢顧客対応に関連する金融法制の精緻化に係る検討に活用するための知見を報告書に取りまとめる。</p>	<p>調査（1）：プロ投資家とみなすことができる基準の調査 調査の結果、現行のプロ投資家（個人の特定投資家）の要件と同様の属性を有する投資家と、同等以上のリスク評価能力を有する投資家属性を特定 当該投資家属性として、年収、職業経験、保有資格、取引頻度といった要素を包含（現行では純資産、投資性金融資産、取引経験が要件の要素に含まれる。） 本調査で得た結果は金融審議会 市場制度ワーキング・グループでの議論に反映。</p> <p>調査（2）：金融商品販売における高齢顧客対応に関する調査 調査の結果、リスク評価能力の観点から、高齢顧客ガイドラインの対象外とされている75歳未満の顧客と同等上のリスク評価能力を有し、柔軟な高齢顧客対応が可能と想定されうる投資家属性（保有資格、投資性金融資産、取引経験等）を特定※。 ※ただし、個々の高齢顧客の認知判断能力を勘案したリスク評価能力については個別に確認が必要 また、認知判断能力の確認方法について、現状の技術の活用可能性と金融機</p>	<p>達成</p>	

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
	関の実務への応用に係る論点を整理。 上記結果も踏まえ、日本証券業協会における検討にご活用いただく想定。		

（共通指標）

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの実験
2020	—	—	—	—	—	—

C-4. 事業アウトカム

（1）事業アウトカムの内容

調査（1）：プロ投資家とみなすことができる基準の調査

金融審議会・市場ワーキング・グループにおいて、スタートアップ企業等によるイノベーションや既存事業の再編・再構築等を支える資本性資金の流れの円滑化・多様化を進めていくため、リスク管理能力およびリスク許容度の高い法人・個人のプロ投資家がリスクテイクを行いやすい環境を整備する観点から、特定投資家制度のあり方について検討が行われ、2019年6月に報告書が公表された。

当該報告書において、プロ投資家に移行可能な個人の要件については、調査の結果を踏まえ、引き続き一定の金融リテラシー及びリスク耐久力を求めることは必須としつつ、特定投資家となりうる投資家の範囲を適切に拡大する観点から、特定投資家に移行可能な個人の要件として、上記の要素についても新たに 勘案できるようにすることが適当であると提言が行われた。これを踏まえ、2021年度中に制度改正を行う予定である。

当該制度改正に加え、同報告書において提言されている特定投資家への移行手続き等の弾力化や特定投資家向けの枠組みの拡充（特定投資家私募の拡充）といった制度改正を進めることで、現在1.6万人と推定されている現行要件に該当する個人の特設投資家を含めた投資家層の拡大に寄与し、我が国における成長資金供給の円滑化に資することが期待される。

調査（2）：金融商品販売における高齢顧客対応に関する調査

金融商品販売における75歳以上の高齢顧客への勧誘については、日本証券業協会が「協会員の投資勧誘、顧客管理等に関する規則」、「金融商品仲介業者に関する規則」及び「協会員の投資勧誘、顧客管理等に関する規則第5条の3の考え方」（高齢顧客への勧誘による販売に係るガイドライン）が制定されている。ガイドラインでは、高齢顧客の定義、勧誘留意商品の選定、役席者による事前承認、翌日以降の受注、役席者による受注、取引内容の連絡・確認と継続的な状況把握、モニタリングが求められている。調査の結果を踏まえ、日本証券業協会において、高齢顧客ガイドラインの見直し等に係る検討が進められており、2021年度中に結論を得る予定である。

高齢化やグローバル化の進展など、我が国経済社会の急速な変化に対応し、全ての利用者がそれぞれのニーズに応じた利便性の高い金融サービスを受けられるよう、金融事業者が顧客に寄り添った丁寧な対応を行うことが重要である。特に、我が国において高齢化が進むにつれ、認知判断能力

及び金融リテラシーの低下傾向が見られる高齢顧客の増加が見込まれるところ、金融商品販売における高齢顧客対応はより一層重要な課題になると考えられる。当該制度改正等により、投資家の能力や状況に応じて柔軟な顧客対応が行われることが期待される。

(2) 事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標達成の見込み
2021 年度	関係省庁において、本研究開発事業の結果等を十分に活用し、金融分野において必要と考えられる規制の精緻化に繋げることを目標とする。	<p>調査(1): プロ投資家とみなすことができる基準の調査 金融審議会・市場制度ワーキング・グループ 第二次報告(2021年6月18日公表)において、調査の結果を踏まえたプロ投資家(個人の特定投資家)の要件の弾力化に関する提言が行われた。これを踏まえ、2021年度中に制度改正を行う。</p> <p>調査(2): 金融商品販売における高齢顧客対応に関する調査 調査の結果を踏まえ、投資家の能力や状況に応じた柔軟な顧客対応に向けた業界におけるルール整備の検討が行われており、2021年度中に結論を得る。</p>

C-5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

調査(1): プロ投資家とみなすことができる基準の調査

金融庁において、調査の結果を踏まえたプロ投資家(個人の特定投資家)の要件の弾力化に係る制度改正を2021年度中に行う。

調査(2): 金融商品販売における高齢顧客対応に関する調査

日本証券業協会において、調査の結果を踏まえた高齢顧客ガイドラインの見直しに係る検討を行い、2021年度中に結論を得る。

C-6. 費用対効果

(アウトプットの意義)

本調査では、実施者の知見に加え、実務者会議により金融業界横断での意見を反映し、プロ投資家や高齢顧客対応のための投資家属性の特定を行った。これらは公的事業ならではのアウトプットであり、アウトカムにつながる有意義な成果である。

(アウトカムの意義)

調査(1): プロ投資家とみなすことができる基準の調査

調査の結果を踏まえたプロ投資家(個人の特定投資家)の要件の弾力化に係る制度改正等により、現在 1.6 万人と推定されている現行要件に該当する個人の特定投資家を含めた投資家層の拡大に寄与し、我が国における成長資金供給の円滑化に資することが期待される。

表 11 要件が弾力化された場合の潜在的な特定投資家(個人)の母集団試算

要件	要件 母集団(推計値) ※1	比率 ※2
1) 年収 1 千万円以上	3,263 千人	4.87%
2) 投資性金融資産 3 億円以上	19.7 千人	0.02%
3) 純資産 3 億円以上	664.4 千人	0.63%
4) 取引頻度月 4 回以上	2,014 千人	1.9%
5) 金融機関に 1 年以上従事 ※3	700 千人	-
6) 特定の保有資格 ※4	1,751 千人	-

※1 1)~4) は国税庁「民間給与実態統計調査結果」(2019 年 12 月 31 日現在)、国税庁「直接税」(平成 30 年度)、NRI「生活者 1 万人アンケート」(2019) より

※2 1) は、就業者数 66,940 千人(2019 年 12 月 31 日現在)、2) 3) は日本人口 105,255 千人(2019/10 時点、18~89 歳の男女)を母数として計算

4) の比率は、取引経験ありの人の割合(28%)×取引頻度月 4 回以上の人の割合(6.8%)で計算

※3 経済産業省 産業別職業別就業者数(2019 年度)において、金融業・保険業の管理的職業従事者、その他専門的・技術的職業従事者、販売委仕事の就業者数を合計。なお、従事年数は不明であったため、2019 年時点の就業者数で代用した

※4 公認会計士(2021 年 2 月 28 日現在)、証券アナリスト(2019 年 6 月実施までの累計)、証券外務員(2020 年 6 月現在の登録者数)、FP(2020 年 9 月実施までの累計)、中小企診断士(2019 年 4 月 1 日現在の登録者数)の合計

調査(2): 金融商品販売における高齢顧客対応に関する調査

我が国において高齢化が進むにつれ、認知判断能力及び金融リテラシーの低下傾向が見られる高齢顧客の増加が見込まれるところ、調査の結果を踏まえた高齢顧客ガイドラインの見直し等により、投資家の能力や状況に応じて柔軟な顧客対応が行われることが期待される。

D. マネー・ローンダリング対策に係わるシステム開発及び調査

D-1. 研究開発の内容

(1) 全体像

必要性

マネー・ローンダリングに係る顧客リスク評価や制裁対象取引の検知といった業務は、現在、各金融機関が個別に取り組んでいるが、金融機関毎の対応能力には差異がある上、多くの金融機関が採用している簡便なシステムや人手を要する対応では、効率性や正確性、誤検知の処理負担などの面で限界がある。

IT技術の進歩や経済・金融サービスのグローバル化等が進み、マネー・ローンダリング対策に対する国際的な要求水準が高まる中、AI等の先端技術を活用した高度なシステムを共同化することによって、効率かつ実効的なマネー・ローンダリング対策を実現することが求められている。

内容

【実験用ミニシステムの構築及び検証】

次のシステム及びデータベースに関する実験用のミニシステムを開発・構築し、金融機関の協力を得て、実際の取引データを活用して検知・判断がどの程度正確に行われるかについての検証を行う。

①取引フィルタリングシステム

取引開始時及び継続的な顧客管理の過程において、AIを活用して、経済制裁対象者などの取引不可先との照合を行うためのシステムの開発・構築

②取引モニタリングシステム

継続的な顧客管理の過程において、AIを活用して、不自然な取引や疑わしい取引を判断するシステムの開発・構築

③共同データベース

金融機関から取引関連データを取得し、それを保存しておくための共同データベースの開発・構築

④監査システム

上記①及び②のAIによる検知システムが正しく機能しているかを検証するための監査システムの開発・構築

【共同化を前提とした業務プロセスに関する調査及び検証】

海外におけるマネー・ローンダリング対策に関する取組み状況等の動向について調査する。これを参考としつつ、検証を行うシステムについて、国内金融機関のマネー・ローンダリング対策の実務を踏まえ、業務の実効性の観点から、オペレーションの設計及び検証等を行う。

最終目標

【実験用ミニシステムの構築及び検証】

開発・構築したシステム及びデータベースが金融機関のマナー・ローンダリング対策の実務に十分利用できるかどうか、必要に応じて現行規制の見直しの検討を視野に入れつつ、その技術的な効率性・有効性を立証する。

【共同化を前提とした業務プロセスに関する調査及び検証】

構築するシステムの有効性について、業務の実効性の観点から検証するとともに、オペレーションの設計案を提示する。

(2) 構成

【実験用ミニシステムの構築及び検証】

本技術検証は、以下4つの研究開発テーマから構成される。

①取引フィルタリングシステム

現状の取引フィルタリング業務の課題（調査作業の負荷等）を解決するため、リスト照合の調査業務を適切に支援するAIシステムを開発し、AI活用による業務の効率化・高度化・共同化に対する技術的な実現性や効果を検証した。

②取引モニタリングシステム

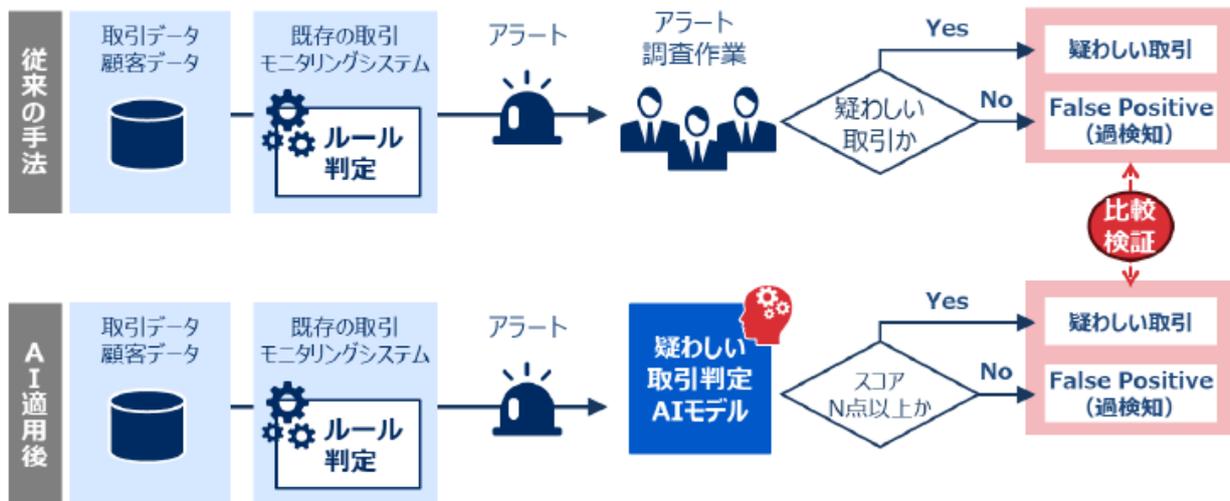
現状の取引モニタリング業務の課題（調査作業の負荷等）を解決するため、疑わしい取引のアラート調査業務を適切に支援するAIシステムを開発し、AI活用による効率化・高度化・共同化に対する技術的な実現性や効果を検証した。

③共同データベース

複数の金融機関データを安全に管理・運用のうえ、「①取引フィルタリングシステム」「②取引モニタリングシステム」「④監査システム」にかかわる検証を実施するためのシステム基盤を構築した。つまり、テーマ名は共同データベースとなっているが、データベースそのものではなく、検証用のシステム基盤全般を対象として構築した。また、セキュリティ対策等の各要件の充足状況について、実効性を検証した。

④監査システム

本研究開発で開発したAIシステムを共同化し、多くの金融機関でAIを安全に利用するためには、AIが正しく機能していることをモニタリングし、AI特有のリスクをコントロールすることが重要である。そのため、本テーマでは、調査側が定めた業務要件に基づき、AI特有のリスクモニタリングの有効性を検証するための監査機能を開発した。



検証のイメージ例 (②取引モニタリングシステム)

【共同化を前提とした業務プロセスに関する調査及び検証】

今回の実証実験では、AI 等の実現可能性を確認するために、実験用ミニシステムを技術側で構築。調査側では、当該ミニシステムにかかる有効性について、業務の実効性の観点から検証するとともに、共同化を前提としたオペレーションの設計案を提示する。また、構築されたシステムの有効な運用や共同オペレーションの実現のために必要な規制上の課題や論点を整理する。

加えて、国内外の事例を踏まえ、顧客管理業務、及び企画調査(情報連携等)の共同化の意義や効果について、机上で検証し、必要な規制上の課題や論点を整理する。さらに、将来の業務の共同化を前提とした場合に、その組織や進め方についての課題・論点を整理する。

D-2. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

【実験用ミニシステムの構築及び検証】

①取引フィルタリングの AI システム構築／検証

②取引モニタリングの AI システム構築／検証

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. データ定義／検証計画作成			4. システム開発／検証 (データ加工・AIモデル作成・AIモデル評価・改善検討・チューニング)								
			2. データ観察						5. レポート作成		
			3. オンサイト環境構築								

③共同データベースの構築・検証

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	1. 要件定義									4. レポート作成	
		2. 設計									
			3. 構築・テスト								

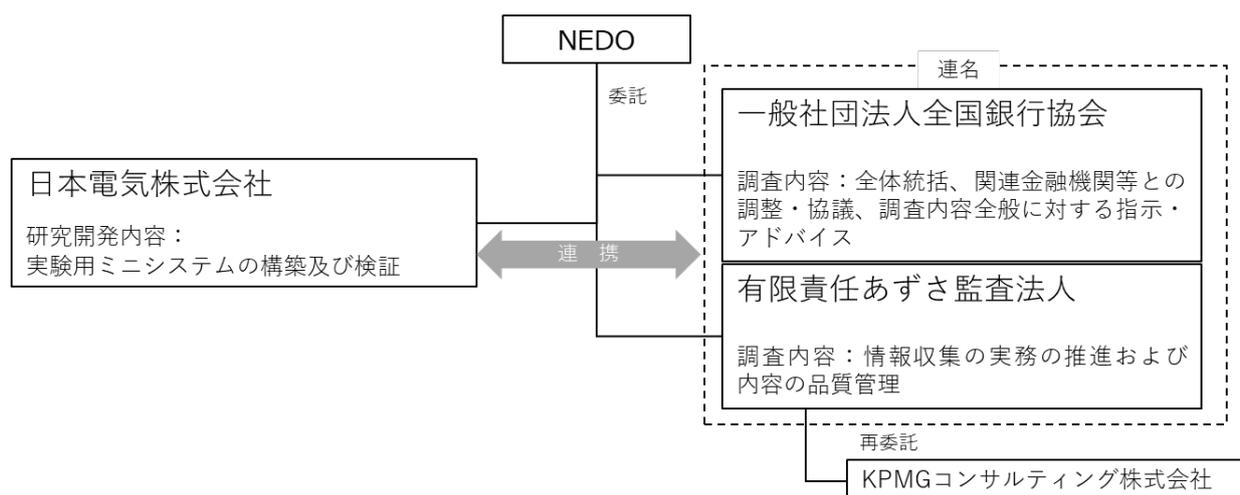
④ 監査システムの開発・検証

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 観点/機能整理		2. 要件定義		3. 設計		4. 製造/テスト					
						5. 機能説明資料作成		6. レポート作成			

【共同化を前提とした業務プロセスに関する調査及び検証】

テーマ	第1四半期 (2020年4月—6月)	第2四半期 (2020年7月—9月)	第3四半期 (2020年10月—12月)	第4四半期 (2021年1月—3月)
1. 国内外のマネー・ロンダリング対策に関する取り組み状況の調査	①国内及び海外におけるマネー・ロンダリング対策に関する取り組み状況の調査 ②国内金融機関のマネー・ロンダリング対策の実務に関する調査	調査範囲の明確化 調査・調整・中間報告書作成	現状のフィルタリングの処理状況の確認	報告書作成・更新、レビュー
2. 共同化を前提とした業務プロセスの設計・検証	①取引フィルタリングシステムの業務設計・検証	業務調査・要件定義	データ調査、AIチューニング支援、AIモデル・チューニング途上結果確認等	業務検証
	②取引モニタリングシステムの業務設計・検証	データ提供に係る事前調査等	業務調査	報告書作成・更新、レビュー
	③共同データベースの業務設計・検証	セキュリティ設計確認	共同データベース検証	
	④監査システムの業務設計・検証	システム要件定義		セキュリティ設計確認
3. 共同化を前提とした業務オペレーションの設計	①業務オペレーションの設計	一般的な業務の流れの整理	共同化をふまえた業務の流れの整理、オペレーション設計等	報告書作成・更新、レビュー
	②共同化を前提とした業務プロセスについての法的等の論点の洗い出し	調査範囲の明確化	調査範囲における法的論点洗い出し	その他法的論点洗い出し 報告書作成等

(2) 研究開発の実施・マネジメント体制



金融庁総合政策局リスク分析総括課マネーロンダリング・テロ資金供与対策企画室長が本テーマの事業統括として助言を行った。

（３）知財や研究開発データの取扱い

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」及び「データマネジメント基本方針」を適用。

D-3. 事業アウトプット

【実験用ミニシステムの構築及び検証】

■技術検証の成果

①取引フィルタリングシステム

②取引モニタリングシステム

- ・ AI モデル生成のための十分なデータを持つ金融機関のデータを用いて、複数の金融機関で共有可能なAIモデル（以下、共有モデル）を生成した。この共有モデルは、AIモデル生成に使用していない金融機関のデータに対しても高い判別精度となり、AIモデルを共有することでの有効性について期待どおりの成果が得られた。
- ・ 共有モデルは、将来的に複数金融機関へ展開することを想定して、各金融機関固有のデータは利用せずに複数の金融機関で共通的に取得可能なデータを用いて生成した。この共通的なデータを基に生成した共有モデルにおいて高い精度を実現できた。
- ・ これらの結果は、将来的には、本技術検証で生成したようなAIモデルを幅広く共有することで、AML/CFTにおける金融業界全体の実務の効率化／高度化に役立てる可能性が十分にあることを示唆させるものである。

検証ステップ・観点ごとの検証内容

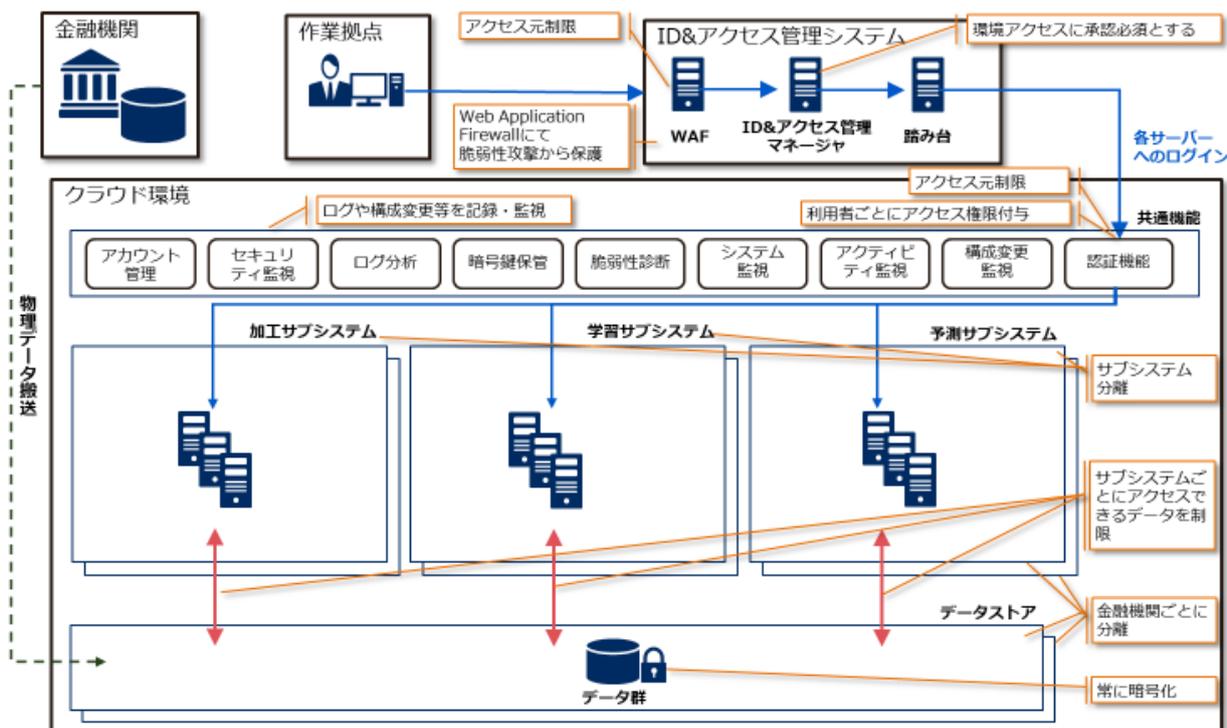
検証の観点	【Step1】 AI モデル生成	【Step2】 共有モデル検証
対象	モデル生成金融機関	モデル評価金融機関※
正確性 (AIモデルの判別精度)	AIアルゴリズムごとにモデル生成金融機関単体での判別精度 (AUC/スコアの順序性/真陰性率) を確認。	共有モデルにおける判別精度 (AUC/スコアの順序性/真陰性率) を確認。
解釈性 (AIの判定根拠が取得可能なこと)	AIモデル自体、AIモデルの判定結果それぞれの説明性を示す情報の取得可否、及び、課題有無を確認。(取得時間等)	AIモデル自体とAIモデルの判定結果それぞれについて、説明性を示す情報が、金融犯罪の文脈で解釈可能であることを確認。
継続性 (継続的に精度を維持・改善できること)	AIモデル再学習に掛かる計算コストや致命的な課題有無を確認。	AIモデル共有手法ごとに、AIモデルの継続的な運用に関する留意点や課題等を机上で整理。
共有性 (複数行でAIモデルを共有できること)	特定のデータのみに通度に適合した汎用性が低いAIモデルとなっていないことを確認。	AIアルゴリズムごと/金融機関ごとの特性、共有モデルを利用する際の留意点や課題等を整理。

※主な検証対象はモデル評価金融機関であるが、参考としてモデル生成金融機関でも検証を実施した。

③ 共同データベース

- 共同システムを効率的/効果的に構築するために、本技術検証を実施するためのシステム基盤及びセキュリティ基準等の有用なアウトプットを作成した。

※本技術検証で構築したシステム基盤及びセキュリティ基準等は、複数の金融機関のデータを格納することを前提として構築したものである。共同システムにおいても複数の金融機関のデータを扱う想定であることから、本技術検証で作成した設計や基準は、共同システム構築時に参考となるものである。



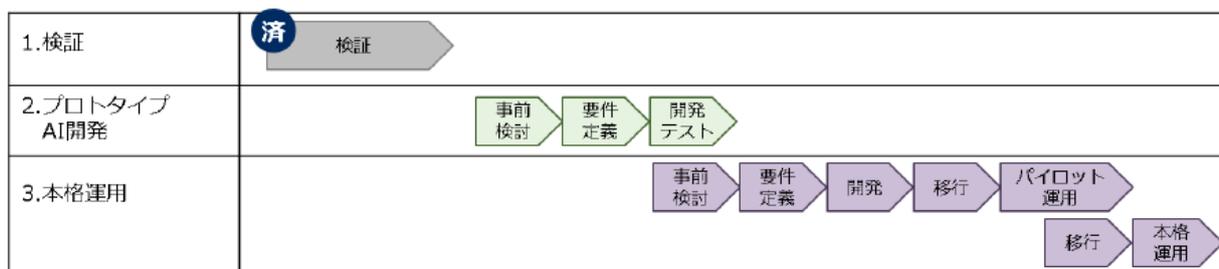
システムイメージ図

④ 監査システム

- ・ 「AI が正しく機能していること」を評価する明確な指標が確立されていない中、本技術検証では、調査側が定めた評価項目に基づき、具体的な評価指標となる KRI (Key Risk Indicator) を定めた。また、KRI に関する機能を構築し、調査側の検証を通してその有効性を確認した。
- ・ 上記の確認結果に加え、本技術検証を通して、AI 特有のリスクをモニタリングするための KRI の基となる情報の取得方法等、監査機能の構築に関する知見が得られた。このことは、AI 特有のリスクを管理して安全に共同システムを運用することの実現に繋がる有意義な成果である。

■共同システムの実現に向けて

本技術検証では上述の成果を得たとともに、共同システムの実現に向けた検討ポイントや課題を明らかにした。共同システムの実現にあたっては、これらの課題への対応を計画的に進めていく必要があるが、検証をとおして得た技術知見等を活用することで、効率的に対応を進めることが可能になるとともに、実効性のある共同システムの構築が可能になると考える。



システム共同化に向けたプロトタイプ AI 開発のロードマップ案

【共同化を前提とした業務プロセスに関する調査及び検証】

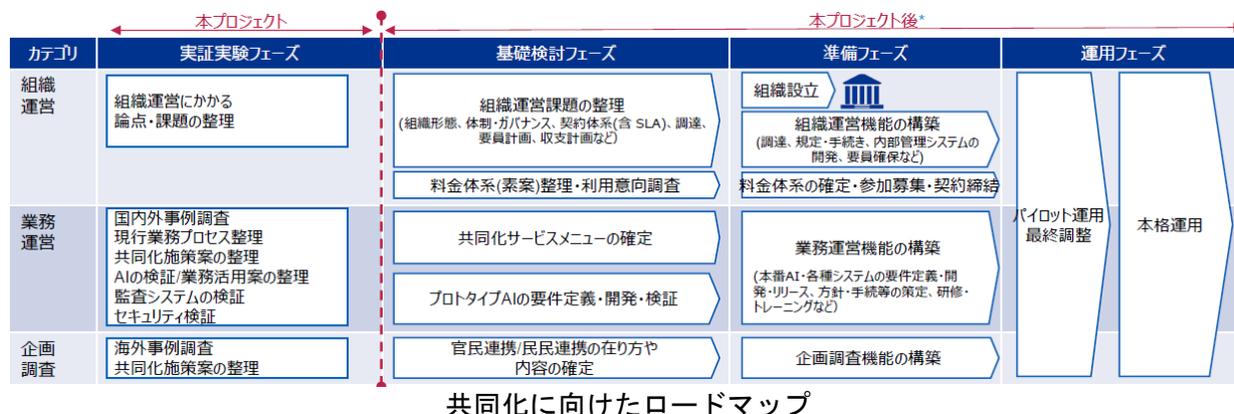
① 実験用ミニシステムの検証を踏まえた、共同化による効率的かつ実効的なマネー・ローンダリング対策の実現

- 技術開発側で開発した、共有 AI モデルが、取引モニタリング業務のアラートの一次判定において、AI 出力結果をもとに人間が振り分け処理を実施することで業務効率化に寄与することを確認。取引フィルタリング業務においても同様の結果を確認。
- 「監査システム」の実験を通じ、AI が適切に機能しているかをモニタリングするための評価項目と評価指標を整理。また、共同データベースの実験を通じ、金融機関等のデータを安全に管理するための要件を整理。

② ①に加え、更に机上での検証も踏まえた、共同化による効率的かつ実効的なマネー・ローンダリング対策の実現

- 「取引モニタリング」「取引フィルタリング」業務のペインポイントを洗い出し、その対応として、AI 活用に加え、システムの維持・向上に苦慮している金融機関等に対し、シナリオ・閾値・パラメータ等の知見共有やシステムの共同化等の施策を整理。
- 「顧客管理」業務のペインポイントを洗い出し、その対応として、政府機関が提供するデジタル ID 基盤（公的個人認証、法人 UBO 等）の普及等の規制の精緻化に係る提言を整理。また、KYC スクリーニング業務の AI 活用や、顧客管理業務にかかる研究・知見の共有等の施策を整理。

- 「企画調査」(官民連携/民民連携)については、共同化の意義がある機能として、実務高度化に資するノウハウ共有、顧客等の注意喚起等の情報発信、当局への提言機能、中長期的課題の調査研究機能を整理。
- また、将来の業務の共同化を前提とした場合に、その組織や進め方についての課題・論点を整理。



③ 上記実現に際し、検討が必要な規制の精緻化

- 顧客管理業務の効率化・実効性向上に向けた規制精緻化の提言を下表 1～3、官民連携/民民連携の高度化に向けた規制の精緻化の提言を下表 4 に整理した。

1	デジタル ID 基盤の整備・高度化	「マイナンバーカードの機能のスマートフォン搭載」「本人同意に基づく基本 4 情報等の提供」を実現させるべく公的個人認証法の改正。さらに法改正を受けて、公的個人認証サービスを用いる電子認証の方法が、国民の間に普及が進むように、様々な手立てを講じること。
2	金融機関への国民番号の告知義務化	マイナンバー制度 WG では「国民が国民番号を金融機関に告知する義務」化はしないとされているものの、国民の理解を得ることを前提としつつ、国民番号の告知義務の規定化について引き続き検討すること
3	法人の UB0 情報把握の高度化	商業登記所に UB0 情報を登録するような「省令改正」を予定している。この登録は（改正が省令改正によるものであるため）各法人の「任意」に委ねられているため、これを義務化する等、より実効性を確保する余地がある。また、将来、金融機関等が法人 UB0 情報をより効率的に入手できるよう開示範囲の拡大と一層のデジタル化に向けた手立てを講じること。
4	官民・民民の情報共有	官民連携/民民連携における情報共有のための情報保護およびプライバシー（DPP: Data Protection and Privacy）規制要件、金融機関等の顧客との守秘義務、及び疑わしい取引の届出に求められるティッピングオフ禁止要件にかかる規制の精緻化。

最終目標（2020 年度）	成果・意義	達成状況	備考
1. 実験用ミニシステムの構築及び検証	1. 実験用ミニシステムの構築及び検証	達成	

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
<p>開発・構築したシステム及びデータベースが金融機関のマネー・ローンダリング対策の実務に十分利用できるかどうか、必要に応じて現行規制の見直しの検討を視野に入れつつ、その技術的な効率性・有効性を立証する。</p>	<p>①取引フィルタリングシステム 現状の取引フィルタリング業務の課題（調査作業の負荷等）を解決するため、リスト照合の調査業務を適切に支援するAIシステムを開発し、AI活用による業務の効率化・高度化・共同化に対する技術的な実現性や効果を検証した。</p> <p>②取引モニタリングシステム 現状の取引モニタリング業務の課題（調査作業の負荷等）を解決するため、疑わしい取引のアラート調査業務を適切に支援するAIシステムを開発し、AI活用による効率化・高度化・共同化に対する技術的な実現性や効果を検証した。</p> <p>③共同データベース 複数の金融機関データを安全に管理・運用のうえ、「①取引フィルタリングシステム」「②取引モニタリングシステム」「④監査システム」にかかわる検証を実施するためのシステム基盤を構築した。つまり、テーマ名は共同データベースとなっているが、データベースそのものではなく、検証用のシステム基盤全般を対象として構築した。また、セキュリティ対策等の各要件の充足状況について、実効性を検証した。</p> <p>④監査システム 本研究開発で開発したAIシステムを共同化し、多くの金融機関でAIを安全に利用するためには、AIが正しく機能していることをモニタリングし、</p>		

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
	<p>AI 特有のリスクをコントロールすることが重要である。そのため、本テーマでは、調査側が定めた業務要件に基づき、AI 特有のリスクモニタリングの有効性を検証するための監査機能を開発した。</p>		
<p>2. 共同化を前提とした業務プロセスに関する調査及び検証</p> <p>1. で構築するシステムの有効性について、業務の実効性の観点から検証するとともに、オペレーションの設計案を提示する。</p>	<p>① 実験用ミニシステムの検証を踏まえた、共同化による効率的かつ実効的なマネー・ローンダリング対策の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 技術開発側で開発した、共有 AI モデルが、取引モニタリング業務のアラートの一次判定において、AI の出力結果をもとに人間が振り分け処理を実施することで業務効率化に寄与することを確認。取引フィルタリング業務においても同様の結果を確認。 ・ 「監査システム」の実験を通じ、AI が適切に機能しているかをモニタリングするための評価項目と評価指標を整理。また、共同データベースの実験を通じ、金融機関等のデータを安全に管理するための要件を整理。 <p>② ①に加え、更に机上での検証も踏まえた、共同化による効率的かつ実効的なマネー・ローンダリング対策の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「取引モニタリング」「取引フィルタリング」業務のペインポイントを洗い出し、その対応として、AI 活用に加え、システムの維持・向上に苦慮している金融機関等に対し、シナリオ・閾値・パラメータ等の知見共有やシステムの共同化等の施策を整理。 	<p>達成</p>	

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「顧客管理」業務のペインポイントを洗い出し、その対応として、政府機関が提供するデジタルID基盤（公的個人認証、法人UBO等）の普及等の規制の精緻化に係る提言を整理。また、KYCスクリーニング業務のAI活用や、顧客管理業務にかかる研究・知見の共有等の施策を整理。 ・ 「企画調査」（官民連携/民民連携）については、共同化の意義がある機能として、実務高度化に資するノウハウ共有、顧客等の注意喚起等の情報発信、当局への提言機能、中長期的課題の調査研究機能を整理。 ・ また、将来の業務の共同化を前提とした場合に、その組織や進め方についての課題・論点を整理。 <p>③ 上記実現に際し、検討が必要な規制の精緻化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 顧客管理業務の効率化・実効性向上に向けた規制の精緻化の提言及び官民連携/民民連携の高度化に向けた規制の精緻化の提言を整理。 		

（共通指標）

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
2020	-	-	-	-	-	1

※詳細は、前述の「D-3 事業アウトプット」のとおり。

D-4. 事業アウトカム

（1）事業アウトカムの内容

効率的かつ実効的なマネー・ローンダリング対策の実現に向けて、開発・構築したシステム及びデータベースが金融機関のマネー・ローンダリング対策の実務に十分利用できるかどうか等の点を踏まえ、マネー・ローンダリング対策に係るシステムの共同化に必要な制度的な対応について検討を実施する。

(2) 事業アウトカム目標

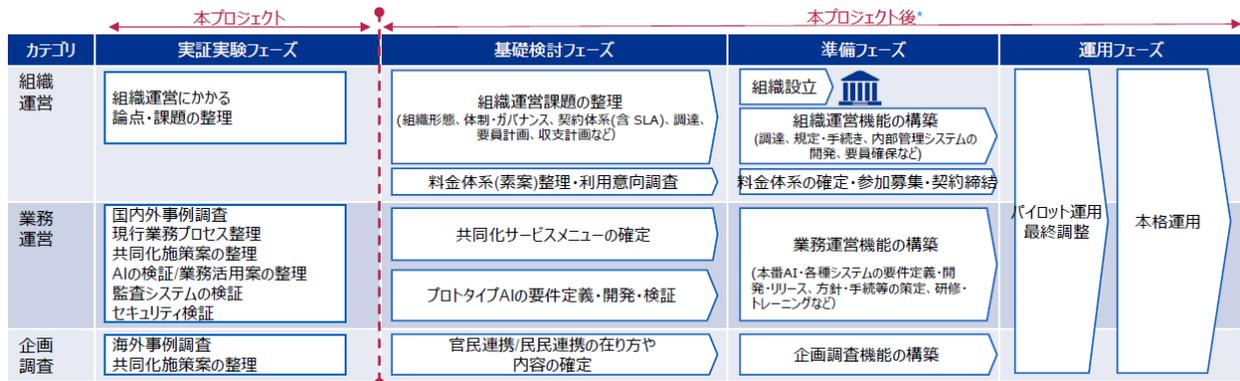
アウトカム目標		目標達成の見込み
2023 年度	関係省庁において、本研究開発事業の結果等を十分に活用し、金融分野において必要と考えられる規制の精緻化に繋げることを目標とする。	<p>○達成見込</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国銀行協会では、共同システムに期待されるサービス内容や共同化の運営組織のあり方などについて検討を進めるため、「AML/CFT 業務共同化に関するタスクフォース」を設置し、共同化に向けた議論を進めている（金融庁はオブザーバーとして参加）。 ・システムの共同化に必要な制度的な対応については、金融庁では金融審議会に、「資金決済ワーキング・グループ」を設置し、令和3年10月から議論を開始している。

D-5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

共同化に向けたロードマップは以下のとおり。

- システム共同化に向けた共同運営組織の設立・業務の運営については、全国銀行協会の「AML/CFT 業務共同化に関するタスクフォース」が中心となって、金融機関が抱える現状課題の調査等を通じた共通課題（ニーズ）の明確化や、組織運営課題の整理及び共同化のサービスメニューの検討を行っている。
- 2022 年度以降についてはその検討結果（＝青写真）を踏まえ、より適切な推進体制の見直しも含め、今後の共同運営組織の設立や、プロトタイプ AI の要件定義・開発・検証、本番 AI ・各種システムの開発・リリース等の業務運営機能の構築にかかる検討を行う。
- また、本共同化に向けて整理された提言については、上記共同運営にかかる検討と並行し、「AML/CFT 態勢高度化研究会」において、官民連携/民民連携の在り方等について検討を進める。

資料再掲



D-6. 費用対効果

(アウトプットの意義)

本事業で構築したマネー・ローンダリング対策の実験用ミニシステムについて、実際の金融機関のデータを用いて検証を行うことができた点や、複数の金融機関で共同化することを念頭においた業務オペレーションや運営組織等について提案できた。これらは、公的事業ならではのアウトプットであり、アウトカムにつながる有意義な成果である。

(アウトカムの意義)

本事業を通じて、AIを活用した高度なシステムが開発され、各金融機関の導入につながれば、以下のような効果が期待できる。

システム共同化の実現により金融機関のマネー・ローンダリング対策の効率化に繋がることから、金融機関のコスト負担が軽減し、金融機関の経営の安定性や業務の効率化に繋がると考えられる。また、システム共同化はマネー・ローンダリング対策の高度化にも資するため、国際的に対策が求められているマネー・ローンダリング対策の高度化が期待できる。

具体的には、マネー・ローンダリング対策に係るシステム開発には、多くのコストが必要となっている。その上、現場では、入力ミスによる検知漏れや単語の誤検知、不自然な取引パターンの誤検知（漏れがないよう幅をもって検知するため、正常な取引も検知してしまうなど）が発生するため、人手による検証作業も必須であり、相当の人的コストが発生している。高度なシステムを各金融機関が共同で利用することにより、初期投資やランニングコストなどのシステム諸経費を複数の金融機関で削減することが可能となり、また、誤検知減少による人的コストの削減にもつながりうる。

E. ドローン等を活用した建築物の外壁の定期調査に係る技術開発

E-1. 研究開発の内容

(1) 全体像

必要性

建築基準法第12条第1項の規定に基づき、建築物の所有者は経年劣化などの状況を一級建築士等に調査させて当局に報告することが義務付けられており、同法施行規則第5条及びこれに基づく平成20年国土交通省告示第282号により、外壁については原則10年ごとにテストハンマーによる全面打診等による調査が求められている。全面打診による調査には仮設足場の設置が必要であり、建築物の所有者にとって費用負担が大きいことから、平成29年度及び30年度に国土交通省の「建築基準整備促進事業」※において、赤外線装置を搭載したドローンによる診断方法（調査手順、安全確保技術等）の検討を行った結果、赤外線装置の性能に加えてドローン飛行の安全性や安定性等の複合的な影響により、外壁調査における精度や運用の課題が示された。

ドローンと赤外線装置を用いた外壁調査は、仮設足場を必要としないことから調査期間の短縮やコストの削減効果が大きく、また、新技術の活用の研究が発展途上にある建築分野において実装が期待できる数少ない事例であることから、ドローン等を活用した調査方法について研究開発が必要である。

※平成29年度成果：<http://www.mlit.go.jp/common/001234645.pdf>

※平成30年度成果：<http://www.mlit.go.jp/common/001288930.pdf>

具体的内容

外壁調査の精度を向上させた赤外線装置等を開発するとともに、ドローンに搭載し、建築物や調査環境の条件を変えるなど複数の条件下で、テストハンマーによる打診及び他の遠隔診断方法による調査との比較検証を行う。

最終目標

開発した赤外線装置を搭載したドローンによる調査について、テストハンマーによる打診と同等以上の診断精度を有することを、平成29年度及び30年度における国土交通省の「建築基準整備促進事業」の成果を踏まえ、確認する。

(2) 構成

①外壁調査用赤外線装置の開発

国土交通省建築基準整備促進事業T3（以下、「基整促T3」という）において実施された、2019年度「タイル張り外壁の建築物を利用した実証実験」にて、ドローン搭載用に開発された一体型の赤外線装置について課題が示された。

- ・市販のドローン搭載用赤外線装置は外壁のはく離検出用として性能検証されていない。
- ・ドローンに搭載可能な小型の赤外線装置は外部の熱の影響を受ける。
- ・既存の赤外線装置は建築物の高所調査における風の影響を受ける。
- ・外壁調査時に撮影した赤外線画像の位置特定が困難であった。

- ・赤外線装置とドローンにおける双方向の制御に課題が残った。

特に取得される熱画像への影響については、今まで一般的に販売されていたドローン搭載用に開発された赤外線装置が、主に自己発熱している対象物の撮影（例えば、太陽光パネルの欠陥検出など正常部と異常部との温度差が大きい被写体）を対象としており、外壁タイルのはく離のように微小な温度差の撮影については想定されていないため、必要な性能を有していないことが表面化し課題として整理された。

基整促T3により赤外線装置における熱・風の影響、画像取得時の位置特定、赤外線装置とドローンの双方向制御の課題などが明らかになった。

また、これまで地上からの撮影で使用した赤外線装置を産業用ドローンに搭載した場合、搭載重量やインターフェースなどの問題についても明らかになった。

本事業では、これらの課題に対してハードウェアおよびソフトウェアから、それぞれ開発目標を設定し解決することとした。

開発目標は以下の通りである。

1) 赤外線装置の開発

- ・外気の変動に影響を受け難いかつ小型のカメラ筐体
- ・欠陥箇所の検出性能向上に向けた画像処理の開発
- ・温度分解能 (NETD) : 50mK 以下
- ・面内均一性 : $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- ・赤外線装置の重量 : 500g 以下
- ・ドローンとのインターフェース機能の実装
- ・位置情報センサ (GPS、高度など) の実装
- ・取得した熱画像と位置情報との関連付け

2) 市販の小型赤外線装置の高性能化

- ・現在市販されている小型赤外線装置にハードウェア面での改良
- ・ソフトウェア面の改良あるいは機能付加による性能の向上
- ・熱画像のポスト処理による精度向上 (SLAM システム、可視赤外の空間的同期計測を用いた振動補正機能による画像積算)

これらの開発とともに環境変動の影響などを考慮し、季節ごとに実験を行い検証し、その結果を開発にフィードバックした。

②近接調査用ドローンの開発

本近接調査用ドローンは、国土交通省建築基準整備促進事業T3において挙げられたドローン及び赤外線装置の技術的課題を解決する近接調査用ドローンを開発することを目的とし開発が行われた。国土交通省建築基準整備促進事業T3において挙げられた技術的課題を以下に示す。

【ドローンの技術的課題】

- (a) ドローンの制御システム (フライトコントローラー) の分析が困難であった。
- (b) 建物の付近では GNSS の捕捉が困難となり、飛行時の機体制御が不安定となった。
- (c) 調査する外壁面に対する適正な離隔距離の保持が困難であった。
- (d) ドローンに各種赤外線装置を自由に取付可能な機能が具備されていなかった。

- (e) ドローンの衝突や墜落を阻止する物理的な安全機能が具備されていなかった。
- (f) 近接調査におけるドローン操縦者による操縦技能により飛行精度が低下した。

【赤外線装置の技術的課題】

- (g) 赤外線装置とドローンにおける双方向の制御に課題が残った。

これらの課題を解決するため、以下の開発目標を設定した。

1) 近接調査用ドローンと自動制御システムの開発

- (a) フライトコントローラー内の詳細分析が可能であること
- (b) GNSS 不安定時における飛行が不安定にならない機能を有すること
- (c) 撮影面に対して離隔距離を一定に保って飛行すること
- (d) 赤外線装置による撮影に対し水平維持が可能なジンバルシステムであること
- (g) 撮影した位置情報を赤外線装置へ送る機能を有すること

2) 近接調査用ドローン安全システムの開発

- (f) 人口集中地区かつ狭い空間でも、安全かつ安定的に飛行可能な制御方式を有すること。

3) 近接調査用ドローンの性能評価試験

- (e) ドローンによる建物外壁調査に適用可能な安全な飛行制御技術を有すること。
- (f) 建築物の近接調査に適したドローンの飛行制御の適用範囲と選択方法について仕様を作成すること。

③調査精度の検証と外壁調査方法の開発

①②と連動し、以下を行った。

- ・外壁調査方法及び手順検討
- ・実証実験とりまとめ
- ・実施マニュアル（案）の作成とりまとめ

E-2. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

①外壁調査用赤外線装置の開発

大項目	小項目	2020			2021
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
①外壁調査用赤外線装置の開発 (既存装置の改良)	i. 既存小型赤外線装置の性能向上のための改良	▶			
	ii. 赤外線装置の性能評価試験と評価		▶		
②外壁調査用赤外線装置の開発 (課題抽出・仕様設定)	iii. 赤外線装置の課題抽出と仕様設定	▶			
	iv. 赤外線装置の要因分析		▶		

大項目	小項目	2020			2021	
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	
③外壁調査用赤外線装置の開発 (新規装置の開発)	v. 外壁調査用赤外線装置と画像処理開発				再改良	実用化の検討
	vi. インターフェース開発 設計・改良				再改良	実用化の検討

②近接調査用ドローンシステムの開発

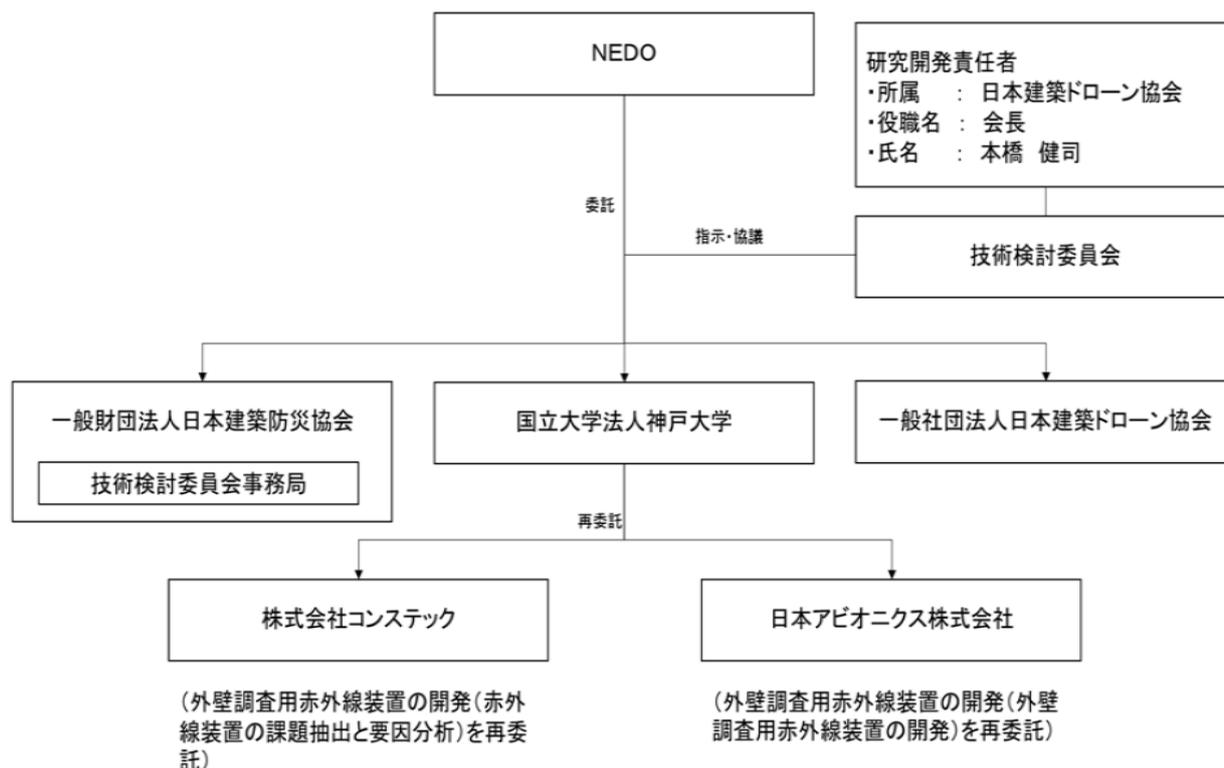
大項目	小項目	2020			2021	
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	
④近接調査用ドローンの開発	vii. 近接調査用ドローンと自動制御システムの開発・設計・改良				再改良	実用化の検討
⑤近接調査用ドローンの開発	viii. 近接調査用ドローン安全システムの開発・設計・改良				再改良	実用化の検討

③ 調査精度の検証と外壁調査方法の開発

大項目	小項目	2020			2021
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
⑥技術検討委員会・WGの開催		6月★	適宜WG開催	適宜WG開催	2月★
		6/11 第1回委員会 7/ 8 第1回WG 8/28 神戸大学夏季実験		9/17 第2回WG	

大項目	小項目	2020			2021
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
⑦調査精度の検証と外壁調査方法の開発	ix. 外壁調査方法・手順検討				
	x. 実証実験・とりまとめ				
	xi. 実施要領案作成・とりまとめ				

(2) 研究開発の実施・マネジメント体制



国土交通省住宅局建築指導課長が本テーマの事業統括として助言を行った。

また、事業を円滑に推進するにあたり、関係事業者の主要研究開発者や学識経験者などから構成されるコンソーシアムを組織した。具体的には、プロジェクト全体の技術的内容を検討・協議し全体を統括する技術検討委員会と、赤外線装置開発とドローン開発について事業者間の開発を協議・調整するWGを設置した。

技術検討委員会 委員 (順不同・敬称略)

委員長 本橋 健司 芝浦工業大学名誉教授
 (一般社団法人日本建築ドローン協会会長(研究開発責任者))

副委員長 阪上 隆英 神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻教授

幹事 兼松 学 東京理科大学理工学部建築学科教授
 (WG主査) (国土交通省 建築基準整備促進事業 統括委員会幹事)

委員 高橋 暁 国立研究開発法人建築研究所建築生産研究グループ長
 鹿毛 忠継 国立研究開発法人建築研究所材料研究グループ長
 眞方山美穂 国立研究開発法人建築研究所建築生産研究グループ上席研究員
 宮内 博之 国立研究開発法人建築研究所材料研究グループ主任研究員

(3) 知財や研究開発データの取扱い

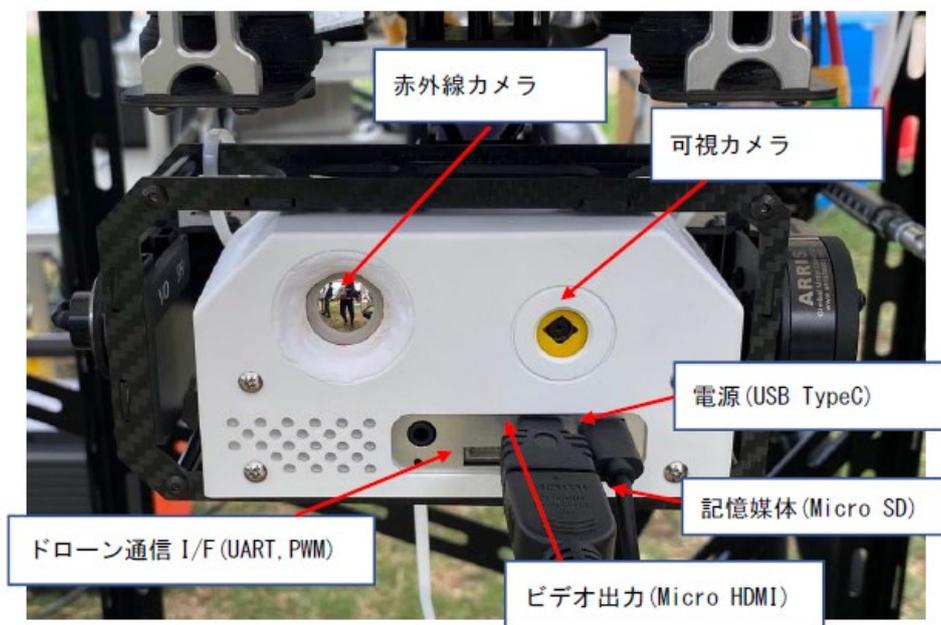
「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」及び「データマネジメント基本方針」を適用。

E-3. 事業アウトプット

① 調査精度の検証と外壁調査方法の開発

赤外線汎用機と同等の測定性能を持ちつつ、ドローン実装時の風の影響を受けにくい構造を有する小型赤外線装置を開発した。

- ・ 小型ながら温度分解能 50mK 以下を達成
- ・ プロペラ風などによる温度変動環境下でも $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以下の熱画像の画像均一性を確保
- ・ ドローンからの供給電源で動作する省電力設計
- ・ 4K 高精細可視画像の同時取得およびドローンからの位置情報保存による調査支援性能

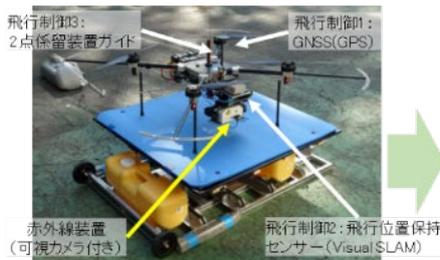


赤外線装置 外観

② 近接調査用ドローンシステムの開発

建物外壁調査時の飛行環境に対して、安全な飛行を可能とするドローン飛行制御技術と 2 点係留装置を具備した「近接調査用ドローンシステム」を開発した。

- ①機体異常時に詳細な分析が可能な飛行制御プログラム
- ②GPS 不安定時においても安定飛行可能な制御方式（飛行制御 2）
- ③調査対象外壁面に対する適正な自動離隔距離保持機能
- ④本事業で開発した外壁点検用赤外線装置をドローン側から制御可能
- ⑤人口集中地区においても物理的な安全を確保できる制御方式を搭載（飛行制御 3）
- ⑥高精度な自動撮影飛行が可能
- ⑦フライトコントローラーと外壁点検用赤外線装置との制御連携



赤外線装置搭載時のドローンシステム

【飛行環境に応じた飛行制御の選択】

- ・ GPS捕捉が良好
→ 飛行制御 1 (GNSS)
- ・ GPS補足が困難
→ 飛行制御 2 (Visual SLAM)
- ・ 1・2で対応が困難な人口集中地区
→ 飛行制御 3 (2点係留装置)



DID(人口集中地区)でのドローン飛行

③ 調査精度の検証と外壁調査方法の開発

- ・ 本事業において開発したドローンに搭載することを前提とした小型赤外線装置（赤外線開発機）及び建物近接調査用ドローンシステム（NEDO 機）によるタイル外壁点検性能を確認するため、①モデル試験体による実験、②実建築物による実証実験（3物件）を実施し、技術検討委員会（2回）、WG（5回）において検討を行った。
 - ・ ①モデル試験体実験及び②実建築物による実証実験の結果、赤外線開発機はタイル外壁調査において、ドローン風による影響下でも地上設置の赤外線汎用機と同等の性能を有することが確認できた。
 - ・ 建築基準法に基づく定期調査で用いる打診法との比較では、NEDO 機に搭載した赤外線開発機において各調査法の特性や運用等の課題の整理が必要であることを明らかにした。
- また、実証実験等を踏まえて「NEDO 事業における赤外線装置搭載ドローンを活用した建築物外壁調査 実施マニュアル（案）」を作成した。



外壁打診調査



開発機による熱画像の撮影



赤外線汎用機（地上設置）による熱画像の撮影

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
開発した赤外線装置を搭載したドローンによる調査について、テストハンマーによる打診と同等以上の診断精度を有することを、平成29年度及び30年度における国	赤外線開発機はタイル外壁調査において、ドローン風による影響下でも地上設置の赤外線汎用機と同等の性能を有することが確認できた。 建築基準法に基づく定期調査で用いる打診法との比較で	一部未達	打診法による診断結果と、開発機に搭載された赤外線開発機および赤外線汎用機（地上設置）の診断結果の間では、必ずしも良い一致を見ることができなかった。 打診調査と赤外線装置法でそれぞれ得意不得意があるため、適切に

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
土交通省の「建築基準整備促進事業」の成果を踏まえ、確認する。	は、開発機に搭載した赤外線開発機において各調査法の特長や運用等の課題の整理が必要であることを明らかにした。 また、実証実験等を踏まえて「NEDO 事業における赤外線装置搭載ドローンを活用した建築物外壁調査 実施マニュアル(案)」を作成した。		調査できる条件等を整備していくことができれば、それによって打診調査（もしくは赤外線装置法）が適用可能かどうかの判断が可能になると考えられる。逆に、「適切に調査できる条件等の整備」は適用しても適切な診断結果が得られないことの確認にも役立つものであり、外壁調査を依頼する側が適切な調査業者を選定する際の条件確認にも有効である。

（共通指標）

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT 出願	国際標準への寄与	プロトタイプの実験
2020	—	—	—	—	—	—

E-4. 事業アウトカム

（1）事業アウトカムの内容

○規制の精緻化の方向性

建物外壁の調査につき、赤外線装置搭載のドローン等による調査手法が、現状の打診等の検査と同等以上のものと位置付けられるか検討する。

○関連法令

建築基準法第 12 条第 1 項、建築基準法施行規則第 5 条及び平成 20 年国土交通省告示第 282 号

（2）事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標達成の見込み
2022 年度	関係省庁において、本研究開発事業の結果等を十分に活用し、建築分野において必要と考えられる規制の精緻化に繋げることを目標とする。	これまでの検討を踏まえ、2021 年度、本事業とは別に国土交通省において有識者委員会を設置し、適切な調査条件等の整理およびガイドラインの作成について検討しているため、目標の達成が見込まれる。

E-5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

	2020 年度	2021 年度	2022 年度以降	
実証事業	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">ドローンに搭載する赤外線装置の開発</div> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">近接調査用ドローンシステムの開発</div> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px;">装置・システムの性能評価</div> </div>	<div style="background-color: #00a651; color: white; padding: 10px; writing-mode: vertical-rl; font-weight: bold;">アウトプット</div>		
アウトカム (規制の精緻化の検討)		<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">残された課題(適切な調査実施条件)の検討</div>	<div style="background-color: #00a651; color: white; padding: 10px; writing-mode: vertical-rl; font-weight: bold;">制度改正</div>	<div style="background-color: #c00000; color: white; padding: 5px;">建物外壁の定期調査における利活用促進</div>

E-6. 費用対効果

(アウトプットの意義)

過去の研究開発成果を踏まえ、ドローンによる赤外線検査において、地上設置の赤外線汎用機と同等の性能を有する技術を開発した。また、打診法との比較により、各調査法の特性や運用等の課題の整理が必要であることを明らかにした。これらは、アウトカムにつながる有意義な成果である。

(アウトカムの意義)

本事業により、赤外線装置を搭載したドローンによる外壁調査が実現すれば、外壁調査時に仮設足場を必要としないこととなり、コストの削減効果(約4割削減※)が見込まれる。

(※関係事業者による見積もりの平均額より算出)

F. 高精度センサーを用いたエレベーターの定期検査に係る技術開発及び

調査

F-1. 研究開発の内容

(1) 全体像

必要性

建築基準法第12条第3項の規定に基づき、エレベーターの所有者は経年劣化などの状況を一級建築士等に検査させて当局に報告することが義務付けられており、同法施行規則第6条及びこれに基づく平成20年国土交通省告示第283号により、エレベーターのロープ等の劣化状況についてはおおむね1年に1回、目視や寸法測定により検査することとされている。エレベーターのロープ等の劣化状況についての検査は、一般的に一級建築士等の検査員がエレベーターのかごの上に乗し、かごを少しずつ動かしながら目視や寸法測定を行っており、危険を伴う上、時間を要する作業となっている。これらの課題に対応して、現在センサーを活用した検査も一部で導入されているが、ロープを接触させる構造であるため、低速運転の状況下でなければ活用できず、検査に時間を要することやセンサーに接する側のロープの半面しか診断できないといった課題がある。また、「錆び」の程度を診断できず、既存のセンサーを目視や寸法測定の代替手段とすることができない。

センサーを活用したエレベーターの検査は、危険で負担のかかる検査員の目視や寸法測定による検査の代わりとなりうる上、検査時間の短縮につながるものと考えられ、また、新技術の活用の研究が発展途上にある建築分野において実装が期待できる数少ない事例であることから、高精度センサーを用いたエレベーターの定期検査に係る研究開発及び調査が必要である。

具体的内容

①非接触型センサーの開発

エレベーターのロープの劣化状況を診断する非接触型の高精度センサーを開発し、実験用のエレベーターに設置して実証実験により検査における有効性を検証する。

②評価手法の検討に関する調査

エレベーターのロープの劣化状況を診断するセンサーの診断精度について、目視や寸法測定と同等以上であるかどうか評価する方法を検討し、(1)の成果を含む利用可能なセンサーの診断精度を評価する。

最終目標

①非接触型センサーの開発

非接触型の高精度センサーを開発し、実験用エレベーターを用いた診断精度に関する実証実験により、エレベーターのロープの劣化状況の診断が可能であることを確認する。

②評価手法の検討に関する調査

センサーを用いたエレベーターのロープの劣化状況の検査手法について、目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうか評価する方法を確立する。

(2) 構成

【技術開発事業】

株式会社島津製作所が可搬型、東京製綱株式会社が常設型を想定した非接触型の高精度センサーを開発し、実験用エレベーターを使用して実証した。

【調査事業】

上記2者の有効性を評価検証するとともに、その結果を踏まえて、定期検査告示（平成20年国土交通省告示第283号）に定められる定期検査基準への適合性を判定するための評価方法を検討した。

①エレベーター保守会社等への調査

大手エレベーター保守会社（4社）に対して、現在使用しているロープテストターの仕様や精度、今後どのようなロープテストターが望まれているのか調査を行った。

また、長年定期検査に従事してきた検査員に対して、実際に行っている定期検査の方法やその精度についてヒアリングを実施した。

②ロープテストター製造会社への調査

ロープテストターを製造している会社（ワイヤロープ製造会社）に対して、現在販売しているロープテストターの仕様や精度、また、定期検査告示で定められている検査項目、判定基準に対して、どの程度まで診断できるのか調査を行った。

③エレベーター以外に用いるロープテストターの調査

エレベーター以外の分野でロープの診断にロープテストターを用いている事例として、遊戯施設の保守点検や定期検査において使用しているロープテストターの仕様や精度について調査を行った。

④非接触型の高精度センサーのロープテストター開発会社への調査

開発する非接触型の高精度センサーのロープテストター（以下、「高精度センサー」という。）について、仕様や精度の調査を行うとともに、実用エレベーターを用いた実証実験に立ち会い、実際の動き、精度の確認を行った。

⑤委員会での検討

①から④の調査結果を基にエレベーター関係者、高精度センサー製造会社等からなる「センサーを用いたエレベーターの定期検査におけるロープ診断精度評価委員会」（委員長：東京電機大学：藤田教授 以下参照）委員会及び部会等において審議し、目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうか検討を行った。

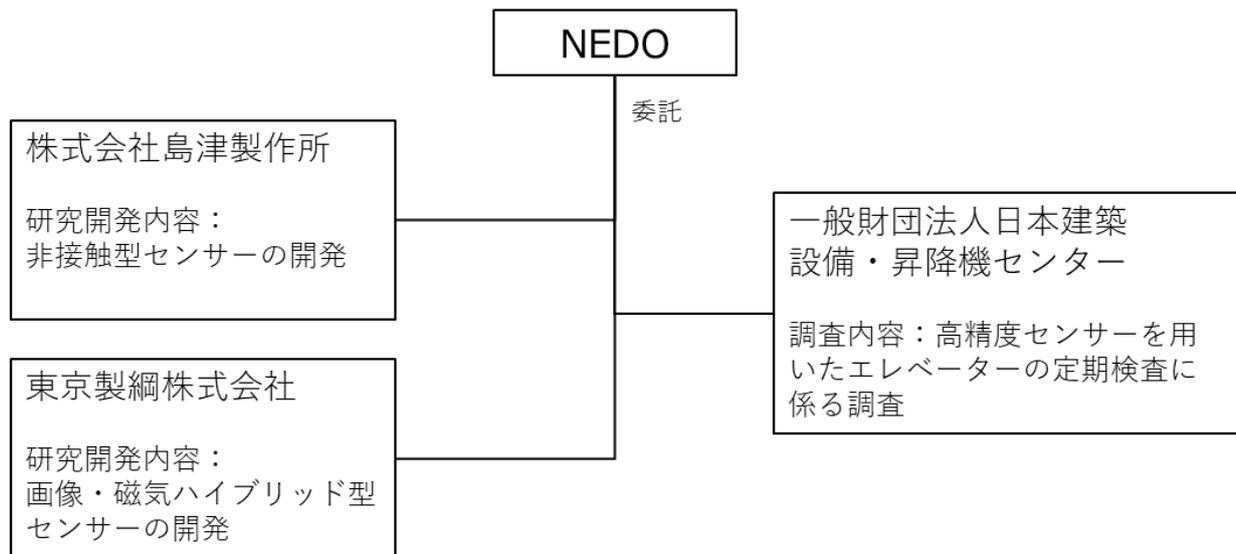
F-2. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

非接触型センサーの開発（株式会社島津製作所）

事業項目	2020年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
①エレベーター保守会社等への調査		→	→	
②センサー製造会社への調査	→	→		
③エレベーター以外に用いているセンサーの調査	→	→		
④非接触型の高精度センサーの開発会社への調査	→			→
⑤委員会・部会の開催		→	→	→
⑥報告書取り纏め				→

(2) 研究開発の実施・マネジメント体制



国土交通省住宅局建築指導課長が本テーマの事業統括として助言を行った。

また、調査事業において、学識経験者、エレベーター関係者、ロープテスター製造会社等からなる「センサーを用いたエレベーターの定期検査におけるロープ診断精度評価委員会」を設置し、定期検査における目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうかの評価を行うとともに実用化に向けた課題を整理した。

【センサーを用いたエレベーターの定期検査におけるロープ診断精度評価委員会 委員】

- 委員長 藤田 聡 東京電機大学 工学部機械工学科 教授
- 委員 鎌田 崇義 東京農工大学大学院 工学府機械システム工学専攻 教授
- 皆川 佳祐 埼玉工業大学 工学部機械工学科 准教授
- 中里 眞朗 中里技術士事務所 所長
- 杉山 美樹 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター 認定評価部長

	中川 俊明 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター 認定評価部副部長
	三根 俊介 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター 認定評価部副部長
	金田 宏 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター 認定評価部副部長
協力委員	橋本 安弘 一般社団法人日本エレベーター協会 専務理事
	山下 光夫 株式会社島津製作所 基盤技術研究所 新事業開発室新事業推進グループ マネージャー
	古川 一平 東京製綱株式会社 鋼索鋼線事業部営業本部 市場技術部長
	糸井 宏明 東京製綱株式会社 技術開発本部 研究所 マネージャー
	森野 徹 神鋼鋼線工業株式会社 ロープ事業部 ロープ技術センター 技師長
	前田 亮 国土交通省 住宅局建築指導課昇降機等事故調査室長
	金子 洋 国土交通省 住宅局建築指導課課長補佐
	森田 由佳 国土交通省 住宅局建築指導課動力・設備係長
オブザーバー	御代川 知加大 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI 部 主任研究員
事務局	一般財団法人日本建築設備・昇降機センター

(3) 知財や研究開発データの取扱い

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」及び「データマネジメント基本方針」を適用。

F-3. 事業アウトプット

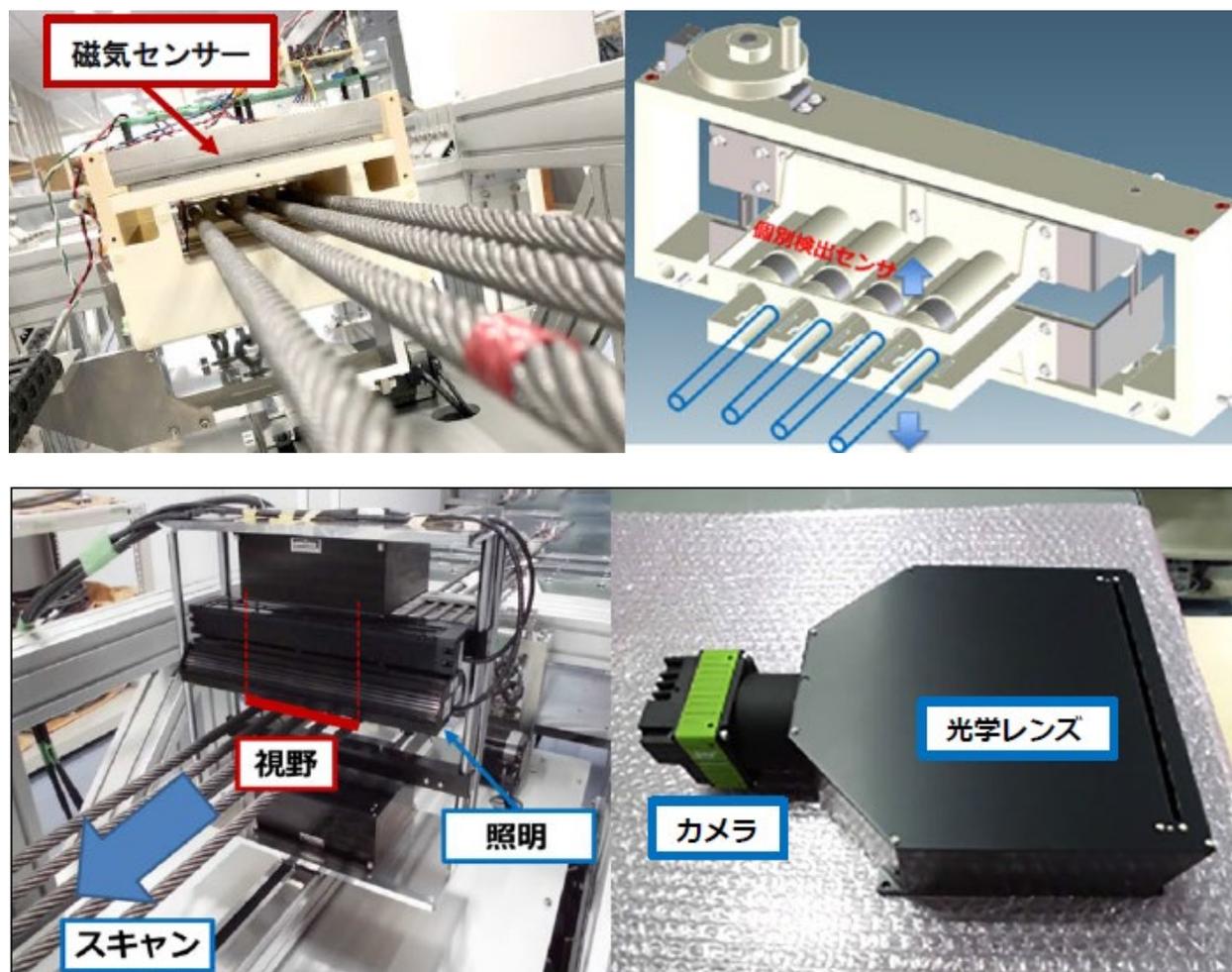
【技術開発事業】

2つの方式の非接触高精度センサーを開発した。

・ 株式会社島津製作所

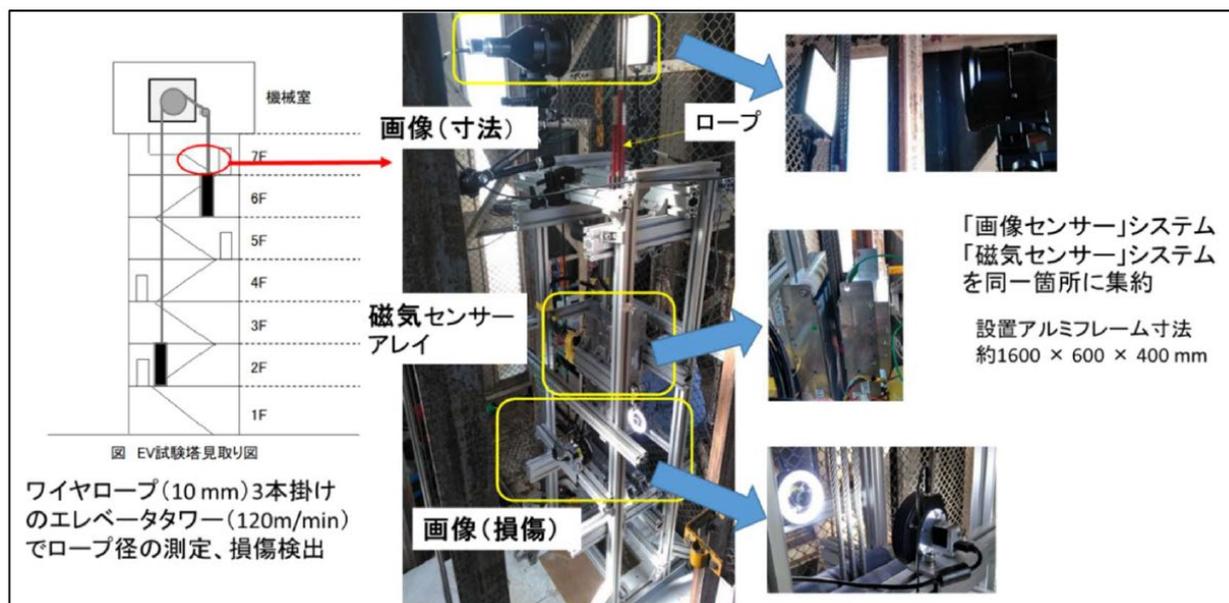
- エレベーター用の標準的なワイヤーロープ構成(外径Φ12mm/4本まで)に対し、ロープの素線切れ等の損傷部を、現在行われている定期点検/検査時の速度(16m/min)で、非接触で検査できる、磁気センサー及び撮像システム(光学センサー)を設計・製作した。
 - ◇ 磁気センサーは、ロープの全周に渡り、ロープ1本毎を個別に非接触で検査でき、エレベーターに常設できる。
 - ◇ 撮像システム(光学センサー)は、ロープ複数本を1回の撮像で、素線1本以下の高い解像度で、広視野かつロープを歪み(倍率の変動)が無く撮影できる。
- 専用の実験装置、及びエレベーター実機環境に、試作した非接触センサーを設置し、素線切れ、径(減径)、錆、摩耗、損傷・変形(キックなど)の各要素について、センサー出力信号を取得し、検査基準に示された損傷診断の項目について検証した結果、告示記載の全ての

劣化状態を信号の差異として検出できることを確認した。



・ **東京製綱株式会社**

- エレベーターに常設することを想定し、運転速度 (120m/min~) での損傷検出を行うセンサーを開発した。
- ◇ 光学センサーについて、ロープ径及びロープピッチを画像処理により測定するシステムを開発した。また、グリースが少ない状態で、ロープ損傷状況を機械学習により評価するシステムを開発した。
- ◇ 磁気センサーについて、非接触で、断線等の損傷検出が可能な磁気センサーアレイを用いた検査システム及びリターンフラックス法を用いたシステムを製作した。検証の結果、断面積減少が比較的小さな損傷を検出するためには、磁気センサーアレイを用いた漏洩磁束法が本開発には適していると判断した。
- ロープ径 10mm のワイヤーロープ 3 本同時に画像処理でのロープ寸法・ロープ損傷評価方法及び磁気センサーアレイを用いた方法により、画像・磁気検出信号を同時に取得できるシステムを開発し、人工欠陥の検出性能の評価を実施した。実機エレベーターの環ワイヤーロープ (20m/min) で、ロープ径 10mm のワイヤーロープ 3 本について、各センサーでの損傷検出は可能であった。



なお、両方式のセンサーについて、調査の実施者である日本建築設備・昇降機センターの立会いの下で実証実験を実施した。

【調査事業】

本調査は、一部の保守会社で導入しているロープテスターを活用した検査方法や診断精度の実態を調査するとともに、「規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発／高精度センサーを用いたエレベーターの定期検査に係る技術開発」において開発する非接触型の高精度センサーの有効性を調査し、目視や寸法検査と同等の診断精度があるか評価することを目的として実施した。

具体的には、次の①から④により調査を実施し、その調査結果を基に学識経験者、エレベーター関係者、センサー製造会社等からなる「センサーを用いたエレベーターの定期検査におけるロープ診断精度評価委員会」（委員長：東京電機大学：藤田教授）において、目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうかの評価を行うとともに実用化に向けた課題を整理することが出来た。

また、その結果を踏まえて、定期検査告示（平成20年国土交通省告示第283号）に定められる定期検査基準への適合性を判定するための評価方法を検討・提案した。

（1）エレベーター保守会社等への調査

大手エレベーター保守会社（4社）に対して、現在使用しているロープテスターの仕様や精度、今後どのようなセンサーを望まれているのか調査を行った。

また、長年定期検査に従事してきた検査員に対してヒアリングを実施し、実際に行っている定期検査の方法やその精度について把握出来た。

（2）ロープテスター製造会社への調査

ロープテスターを製造している会社（ワイヤーロープ製造会社）に対して、現在販売しているセンサーの仕様や精度、また、定期検査告示で定められている検査項目、検査事項について調査を行い、どの程度まで診断出来るのか把握出来た。

（3）エレベーター以外に用いるロープテスターの調査

エレベーター以外の分野でロープテスターを使用している事例として、遊戯施設の保守点検や定期検査において使用しているロープテスターについて調査を行い、その仕様や測定方法、精度等を把握出来た。

(4) 非接触型の高精度センサーの開発会社への調査

島津製作所及び東京製綱が開発した高精度センサーについて、仕様や精度の調査を行うとともに、実用エレベーターを用いた実証実験にも立ち会うことにより、動きや測定精度等を把握出来た。

(5) 評価委員会における検討

上記(1)から(4)の調査結果を基に「センサーを用いたエレベーターの定期検査におけるロープ診断精度評価委員会」において検討し、目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうかの評価及び実用化に向けた課題を整理した。

また、センサーの定期検査基準への適合性を判定するための評価方法を検討・提案した。

最終目標 (2020 年度)	成果・意義	達成状況	備考
<p>①非接触型センサーの開発 非接触型の高精度センサーを開発し、実験用エレベーターを用いた診断精度に関する実証実験により、エレベーターのロープの劣化状況の診断が可能であることを確認する。</p> <p>②評価手法の検討に関する調査 センサーを用いたエレベーターのロープの劣化状況の検査手法について、目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうか評価する方法を確立する。</p>	<p>①非接触型センサーの開発 磁気及び光学センサーを用いた2方式の非接触センサーについて、実験用エレベーターを用いた実証実験を行い、人工的に作成した損傷を検出出来ることを確認した。</p> <p>②評価手法の検討に関する調査 ①で開発した2方式のセンサーについて、実験用エレベーターを用いた実証実験に立ち会い、精度の確認等を行った。また、エレベーター保守会社や既存のロープテスター製造会社等への調査を行い、現状の検査方法や精度を確認した。 これらの調査結果を基に、「センサーを用いたエレベーターの定期検査におけるロープ診断精度評価委員会」において審議し、開発した高精度</p>	<p>達成</p>	

最終目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	備考
	<p>センサーが現行の目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するかどうか検討を行った。</p> <p>さらにこれらの知見を踏まえ、センサーの定期検査基準への適合性を判定するための評価方法を検討・提案した。</p>		

（共通指標）

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの実成
2020	-	-	-	-	-	-

F-4. 事業アウトカム

（1）事業アウトカムの内容

○規制の精緻化の方向性

エレベーターのロープの劣化状況の検査につき、高精度センサーによる検査手法が、現状の目視検査等と同等以上のものと位置付けられるか検討する。

○関係法令

建築基準法第12条第3項、建築基準法施行規則第6条及び平成20年国土交通省告示第283号

（2）事業アウトカム目標

アウトカム目標		目標達成の見込み
2021年度以降	<p>関係省庁において、本研究開発事業の結果等を十分に活用し、建築分野において必要と考えられる規制の精緻化に繋げることを目標とする。</p>	<p>エレベーターのロープにおける高精度センサーについては、本事業において開発・検証等が進められたが、現時点では、センサーが反応している箇所にとどの程度の損傷が発生しているまでは分からないこと、実際に設置されているエレベーターでの検証が不十分であること、ロープが埃や油等で汚れている部分やセンサーの死角になっている部分の把握が難しいといった課題があることから、一級建築</p>

アウトカム目標		目標達成の見込み
		<p>士等による目視の検査と同等の精度が確認されていない。</p> <p>今後も事業者の開発動向を注視し、目視の検査と同等ないしそれ以上の精度で問題箇所を検出する性能を確認できれば、規制をセンサー活用で代替可能とするよう見直す。</p>

F-5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

	2020 年度	2021 年度以降
実証事業	<p>非接触型センサーの開発</p> <p>評価手法の検討に関する調査</p>	<p>アウトプット</p>
アウトカム (規制の精緻化の検討)		<p>事業者の開発動向を注視</p> <p>※目視の検査と同等ないしそれ以上の精度の性能が確認されれば、規制の見直しを検討</p>

F-6. 費用対効果

(アウトプットの意義)

2方式のセンサーを開発し、それらの有効性を調査事業において外部有識者及び関係政府機関を交えた委員会により評価、実用化に向けた課題を整理できた。さらに、これらの結果や調査で得られた知見を統合し、センサー（ロープテスター）による検査が定期検査基準に定める目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有しているか評価するための方法を、診断チェックリストとして整理した。これは、アウトカムにつながる有意義な成果である。

(アウトカムの意義)

エレベーターのロープ等の劣化状況について、現状ではおおむね1年に1回、検査員がエレベーターのかごの上に乗し、かごを少しずつ動かしながら目視や寸法測定を行っているところ、本事業を通じて、将来的に高精度センサーを活用したエレベーターの検査が可能となれば、危険で負担のかかる検査員の目視や寸法測定による検査に代わるものとなり、危険性の低減及び検査時間の短縮に繋がる。