

完成検査の自動化ガイドライン

令和3年3月

国土交通省自動車局

目次

1. 策定の背景・目的.....	3
2. ガイドラインの対象範囲.....	4
3. 完成検査の自動化に関する基本的な考え方.....	4
4. 完成検査の自動化に推奨される要件.....	5
(1) 判定精度の確保.....	5
① システム開発時.....	5
② システム導入時.....	6
(2) 設備異常の検出及び自動停止.....	6
① 異常検出.....	6
② 自動停止.....	7
(3) 検査結果の記録・分析.....	7
(4) 完成検査の自動化管理責任者の選任、管理要領の策定.....	7
5. (参考) 代表検査項目へのガイドライン適用事例.....	8
① AIを活用した判定を伴う検査.....	9
② AIを用いず定量値判定を伴う検査.....	21

1. 策定の背景・目的

型式指定車について自動車製作者等が行う完成検査は、国が行う新規検査に代わり、保安基準適合性を1台毎に確認するものであり、自動車の安全・環境性能を担保する上で非常に重要なものである。

しかしながら、平成29年秋以降、複数の自動車製作者において、無資格者による完成検査や燃費及び排出ガス測定データの書換え等の完成検査における不適切な取扱いが相次いで発覚した。これを受けて、国土交通省は、「適切な完成検査を確保するためのタスクフォース」を設置し、平成30年3月に策定した中間とりまとめにおいては、適切な完成検査を確保するための方策として、ルールの規範性向上及び自動車メーカーに対する監査の見直し等が提言されたことに加え、「技術進展等に対応した完成検査の改善・合理化の促進」が掲げられた。この提言を踏まえ、「完成検査の改善・合理化に向けた検討会」（以下「検討会」という。）を設置し、令和2年4月に中間とりまとめが策定された。

本とりまとめにおいては、完成検査の自動化は、将来的な完成検査員不足への対応や完成検査の合理化のみならず、品質管理の高度化や不適切な取扱いの防止にも資することが期待されるものであるが、自動化の定義や自動化の導入が可能な要件の明確化が完成検査の自動化の開発・実用化に向けた課題とされた。

さらに、人工知能（AI）等の技術進展を踏まえ、成長戦略実行計画（令和2年7月閣議決定）において、「デジタル技術の社会実装を踏まえた規制の精緻化」の1つとして、「自動車の完成検査の全工程について、従来の完成検査員による完成検査と比較して、AI等を活用した検査のレベルが同等以上であることが確認できれば、完成検査員を前提とした規制を見直す」こととしている。そのため、令和2年度に国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の公募により国内自動車メーカー等が実施主体となって、AI等を活用した自動車の完成検査の精緻化・合理化の実証事業を実施し、主に視覚検査の代替としてAI等を活用した自動化システムを構築するとともに、実際の導入に必要な要件が検討されている。

本ガイドラインは、実証事業の結果や検討会における有識者と自動車業界の関係者の議論を踏まえ、完成検査の自動化の実用化を促進するため、自動化の定義や自動化の導入に必要なと考えられる内容を明示すべく策定したものである。今後、本ガイドラインに沿って、自動車製作者等における開発が促進され、完成検査の自動化が順次導入されることが期待される。

なお、本ガイドラインは、今後の技術進展状況やAIに対する受容性等を踏まえ、適宜見直すこととする。

2. ガイドラインの対象範囲

完成検査は、一般的に i) 認知（検査内容の把握）、ii) 準備（事前準備・試験条件の設定等）、iii) 検査の実施（検査作業・データの測定）、iv) 判定（検査の実施方法・検査基準に対する合否判断）、v) 記録（検査結果の記録）のプロセスに大別される。

完成検査の自動化の定義については、少なくともこの iv) 判定及び v) 記録のプロセスが自動化された完成検査としており、本ガイドラインにおいては、自動化に該当する検査を対象範囲とする。

3. 完成検査の自動化に関する基本的な考え方

自動化は、将来的な完成検査員不足への対応や完成検査の合理化のみならず、品質管理の一層の高度化や不適切な取扱いの防止といった社会的な課題の解決に資することが期待されている。一方、自動化は、従来の完成検査員による検査に代わって保安基準の適合性を判定するものであることから、以下の基本的な考え方に沿って開発・実用化を推進する必要がある。

自動化設備の開発段階においては、その設備は、その検査の判定精度が完成検査員による判定精度と同等以上となるよう、精度検証される必要がある。さらに、自動化設備は、検査が適確に実施されているか検証できるよう、検査結果の記録機能を有するとともに、異常時にはその状況を検出し自動停止する機能を備える必要がある。

また、自動化の実用段階においては、自動車製作者等は、自動化の適確な運用を総合的にマネジメントするために必要な知識及び能力を有する者として管理責任者を選定し、その責任のもと、判定値の妥当性の確認、機器の点検・整備、検査結果の分析等を実施するとともに、及び自動化設備が適確に稼働しているか定期的に人が確認する必要がある。特に、自動化の導入にあたっては、自動化設備が適正に作動することについて、実際に想定されるあらゆる状況下で実証するなど慎重な確認を行った上で段階的に導入する必要がある。なお、実際の導入にあたっては、事前に効果評価を行い、最大限自動化の効果が発揮されるよう運用することが望まれる。

完成検査の自動化は、他分野を含め安全性に関わる検査において先進的な事例になることを踏まえ、自動車製作者等においては慎重に導入するとともに、自動車業界における事例が他分野にも展開され産業界全体の経済活動が活性化されるよう、他分野の関係者と積極的に連携することが期待される。

4. 完成検査の自動化に推奨される要件

自動化設備は、以下の要件を満たしたうえで導入することとする。

(1) 判定精度の確保¹

自動化の目指すべき姿は、人と同等以上の判定精度を確保する必要がある。そのためには、検査結果が基準を満たしていない場合はもとより、基準を満たしているかどうかを確実に判断することが困難な場合において、安易に基準適合と判定しないことを確保する措置を確実に講じる必要がある。そのため、以下の要件を満足することが求められる。

① システム開発時

- ・ 実際に想定される環境下（場所、季節、時間帯等）で、多種多様な仕様、製造・組付のばらつき、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²

<AI を活用した判定の場合>

条件 1. 検査対象物のばらつき

- 少なくとも自動化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³
- 過去に発生した不具合事象を確実に検出できること⁴

¹ 判定精度の確保に係る考え方は、有識者の指摘（①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、②意図的に不具合品（実際に想定し得るもの）を発生させた場合の検証を行い、不具合品を流出させないことを確認すること、③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ないことを確認することが特に重要）を踏まえ整理している。

² 「完成検査員と同等以上」とは、実際に想定され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。

³ 少量品については個別に確認を実施すること。

⁴ 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

- 実際に想定される環境要因（環境光、照明、ワーク位置、その他外乱要因（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>

条件. 検査員、検査対象物及び計測器のばらつき

- 精度に影響を与え得る要因（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など）も考慮した閾値を設定し、不具合品を流出させないこと

② システム導入時

- ・ 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⁵

(2) 設備異常の検出及び自動停止

完成検査の自動化は通常、無人で実施されることが想定されるため、設備に異常が発生し、そのことを検知できていない場合、不具合品の市場流出が発生する恐れがある。それを防ぐためには、設備の異常を確実に検出し、自動停止することが必要である。それには、以下の要件を満足することが求められる。

① 異常検出

- ・ 異常⁶を検出するための仕組みが明確化⁷されており、異常時のデータが保存されること
- ・ 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

⁵ 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無いことを確認する期間とする。判断すべき実証事項例は、タクトタイム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。

⁶ 異常とは、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。

⁷ 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と定義する。

②自動停止

- ・ 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

(3) 検査結果の記録・分析

検査結果のトレーサビリティの担保及び検査結果の改ざん等の不正を防止するため、不正を行うことができない状態で検査結果を記録する必要がある。そのため、以下の要件を満足することが求められる。

- ・ 検査結果について、事後検証可能な形で、确实、かつ、自動で電子的に記録可能であること⁸
- ・ 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

(4) 完成検査の自動化管理責任者の選任、管理要領の策定

安定した精度での検査を実施するため、選任された管理責任者の責任の下、定められた管理要領に則って維持管理されることが必要である。管理要領へ記載する維持管理項目に関しては、変化点に応じて適宜更新することが重要である。管理責任者とは当該設備の的確な運用を総合的にマネジメントする能力及び知識を有しており、判定結果について最終的な責任を持つ者である。また、当該責任者は AI 等の先進技術の活用に必要な知識やノウハウを継続的に収集及び管理し、それを検査設備に適宜反映するといった組織体制の構築が求められる。そのため、管理要領の策定にあたり、以下の要件を満足することが必要である。

- ・ 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

⁸ 自動化前と同等以上の記録事項を自動で残すこと。また、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。

5. (参考) 代表検査項目へのガイドライン適用事例

NEDO (国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) 事業「規制の精緻化に向けたデジタル技術開発 (調査) /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」における完成検査の自動化の実証調査結果を踏まえ、代表的な検査項目について本ガイドラインに対応する具体的な事例を以下に記載する。

表 1 : 実証調査を実施した検査項目の分類

分類	検査項目	調査企業
AI に用いた 判定を伴う検査	A. タイヤ仕様検査 B. ランプ検査 C. 刻印・プレート仕様検査 D. インジケータ検査	マツダ株式会社 本田技研工業株式会社 本田技研工業株式会社 本田技研工業株式会社
AI を用いず 定量値判定を伴う検査	E. サイドスリップ検査	トヨタ自動車株式会社

① AI を活用した判定を伴う検査

A. タイヤ仕様検査

・ 現行の検査概要

自動車の4輪すべてに対して、完成検査員が目視により、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。

・ 自動化範囲

タイヤ仕様をカメラにより画像で取得し、画像認識で想定仕様と差異が無いことの自動判定を目指す。

・ ガイドライン

表2：完成検査の自動化ガイドライン（タイヤ仕様検査）

ガイドライン項目		詳細内容
判定精度の確保	システム開発時	<ul style="list-style-type: none">・ 自動検査システムの構想設計段階において、検査環境のばらつきや外乱影響を可能な限り除去することで、安定した対象物の画像撮影を行うこと・ 工程 FMEA⁹結果から、合理的に予見される「対象物と環境」のばらつきを網羅したサンプルデータを基に判定ロジックを構築し、精度検証すること<ul style="list-style-type: none">➤ 工程 FMEA 結果から、故障モード（正常に動作できない事象や、判定精度に影響を与える事象）を網羅的に抽出すること・ 実物仕様と一致する場合の AI 判別スコア¹⁰（正判別スコア）の分布と、実物仕様と一致しない場合の AI 判別スコア（誤判別スコア）の分布が、それぞれ大きく乖離していること<ul style="list-style-type: none">➤ 上記の正判別スコアと誤判別スコアの分布の重なりが大きい場合は、一般的な外乱除去、学習セットの工夫等で AI 判別精度の向上を行うこと・ AI 判別スコアの分類閾値は安全方向に設定し、AI 判別スコアが正判別スコアと誤判別スコアの

⁹ FMEA とは、Failure Mode and Effect Analysis の略。製品やシステムの故障や不具合を、事前に、合理的に想定し得る範囲において網羅的に検証するための手法。

¹⁰ 判別スコアとは、AI が出力する各仕様との一致度合いを示す指標。そのうち正判別スコアとは実物仕様との一致度合いを示し、誤判別スコアとは実物と不一致仕様との一致度合いを示す。

		<p>分布の重なる範囲となるものは、全て「不明」とする適切な閾値設定をすること</p>
	システム導入時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入対象ラインにおいて、タクトタイム内での安定した稼働と判定精度を検証すること（一定のトライアル期間を設定して実施することを想定） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 導入対象ラインにおける生産タクトや作業人員配置等を加味して、自動検査システムの呼び出し頻度が生産性に与える影響を確認すること
設備異常の検出及び自動停止	異常検出	<ul style="list-style-type: none"> ・ タイヤの仕様検査の自動検査システムにおける工程 FMEA 結果を加味して、設備異常や作業者の操作ミス等を検出できること <ul style="list-style-type: none"> ➢ タイヤ回転装置、タイヤ画像撮影装置、AI 判定装置等の異常を検出 ・ タイヤ仕様検査の自動検査システムが異常を検知した場合は、異常を周囲に通知すること
	自動停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異常検出時は自動停止すること ・ 管理責任者等が正常に動作することを確認した上で再稼働を許可すること <ul style="list-style-type: none"> ➢ 再稼働する際の手順（品質確認を含む）が明確になっていること
検査結果の記録・分析		<ul style="list-style-type: none"> ・ 判定結果(OK/NG)、計測値（タイヤのメーカー名・シリーズ名・サイズ）、AI 判別スコアと閾値、検査実績日時を対象車両の VIN 情報とセットで自動的に保存すること ・ 検査結果の修正、設定の変更履歴（日時、修正時のアクセスログ）が残ること ・ 検査結果の修正作業は、権限を持った者へ限定すること
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 ・ 自動化検査業務に関する部門の役割と業務プロセスを規定すること ・ 点検結果を書き換え不可の書式で保存すること ・ 検査仕様の追加・変更時の再学習のプロセスを規定すること

・ (参考) NEDO 事業における実証例

(1) 判定ロジック構築

ディープラーニング(CNN¹¹)を用いて、統計的な分布を確認するため、N=30 枚を目安として学習を実施。

(2) 精度検証方法

昼夜等の検査時に想定し得る環境変化を網羅するために必要な数(今回はタイヤ約 2,000 本)で検証。不明率判定閾値は、精度検証結果からヒストグラムを用いて適切に設定。

(3) 精度検証結果

流出率¹²: 0%、誤謬率¹³: 0%、不明率¹⁴: 0.09%の結果を導出。

¹¹ CNN とは、Convolutional Neural Network の略であり、畳み込みニューラルネットワークと訳される。画像の深層学習で一般的に活用される手法。

¹² 流出率とは、検査システムが「不良を含む車両」を誤って OK 判定する確率。

¹³ 誤謬率とは、AI 判別結果(不明を除く)が「実物の状態」を誤って判別する確率。

¹⁴ 不明率とは、検査対象のうち AI 判別スコア分類閾値を下回った割合を表す指標。

B. ランプ検査

・ 現行の検査概要

各灯体¹⁵が正しく機能（点灯・消灯・点滅・減光）することを、完成検査員が目視により確認を実施。

・ 自動化範囲

検査工程内に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・点灯バルブ個数・点灯順序・減光度等を判定基準とした自動判定を目指す。

・ ガイドライン

表3：完成検査の自動化ガイドライン（ランプ検査）

ガイドライン項目		詳細内容
判定精度の確保	システム開発時	<ul style="list-style-type: none">・ 導入予定のラインにおいて、生産している車種を網羅したサンプルデータを基に判定ロジックを構築、精度検証すること<ul style="list-style-type: none">➢ 車種違い、装備違いによる各灯体の有無、大きさ、配置等に柔軟に対応できること➢ 各灯体の状態を認識でき、正しく発光していることが確認できること➢ 検出した各灯体について装備情報との照合ができること・ 合理的に想定されるばらつきを基に判別スコアの分布を検証すること・ AI 判別スコアの分類閾値は安全方向に設定し、正判別スコアと誤判別スコアの分布の重なる範囲となるものは、全て「不明」とする適切な閾値設定をすること<ul style="list-style-type: none">➢ 車両停止位置のばらつきなどで画角に各灯体が収まらない場合は人に判断を委ねること➢ 判定閾値を下回った場合は不明とし、人に判断を委ねること➢ 想定できる様々な灯火¹⁶に対応可能なシステムとすること

¹⁵ 灯体とは、車両に組付けられる前照灯や制動灯等ランプの総称。

¹⁶ 灯火とは、灯体の機能である点灯・消灯・点滅・減光の総称。

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 過去の不具合事例を再現し、確実に NG と判定できること ➤ 検査結果が天候や時間帯による外乱要因に影響されないこと ➤ 意図せぬ人や車両の動きに起因する外乱要因に影響されないこと
	システム導入時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入時には検査員判定と併用したトライアル期間を経たうえで問題が無いことを検証したのちに実運用すること ➤ 開発時に想定できなかった外乱影響や車両個体差影響等も十分確認するため、トライアル期間は主要な生産車種をインラインで検証できる日数を設定すること ➤ 導入対象ラインにおいて最大生産能力を鑑みた生産タクトや人員配置等も考慮し、余裕を持った自立運転が可能であり、かつ、判定不明時の呼び出し頻度が運用上の想定内であることを確認すること
設備異常の検出及び自動停止	異常検出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各灯体撮像時の異常等、判定精度に影響を与える設備異常を検知すること ➤ カメラ固定治具が正しく固定できていないことを画像処理で検出 ➤ カメラ絞り又はレンズ異常等の状態を画像処理で検出 ➤ ケーブル破損等による画像乱れ等を画像処理で検出 ・ 自動検査システムが異常を検出した場合は、異常を周囲に通知すること
	自動停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異常検出時は自動停止すること ・ 管理責任者等が正常に動作することを確認した上で再稼働を許可すること ➤ 各灯体を撮像し、画像上から各種灯火の状態が確認でき、自動判定も正しく動作していることを確認できること
	検査結果の記録・分析	<ul style="list-style-type: none"> ・ VIN 情報、検査日時、各灯火の判定結果、判定

	<p>基準が自動的に保存されること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 検査結果の修正履歴（日時、修正した者、修正前後の内容）が残ること ・ 検査結果の修正作業は権限を持った者へ限定すること
<p>完成検査の自動化 管理責任者の選任、 管理要領の策定</p>	<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 ・ 検査設定の追加変更が生じた際のプロセスを規定すること

・ **(参考) NEDO 事業における実証例**

➤ **判定ロジック構築**

判定閾値に影響を与える要因を網羅し、かつ傾向を確認するため、約 100 台分の画像から基準データを取得。

➤ **精度検証方法**

環境変化や測定対象車両のばらつきを考慮するために必要な台数（今回は車両約 600 台）で検証。不明率判定閾値は、精度検証結果からヒストグラムを用いて適切に設定。

➤ **精度検証結果**

不明率：0%、流出率：0.15%の結果を導出。

流出率について 0%を達成するため、判定ロジックの継続精査を実施。

C. 刻印・プレート仕様検査

- ・ 現行の検査概要

完成検査員により、保安基準適合証に必要な打刻やプレート表示が正しく貼付されていることの確認を実施。

- ・ 自動化範囲

フロアやエンジンルームの車両識別番号（VIN）の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、打刻された英数字の字体が届け出内容と等しいこと及びその内容が車両成績表等と同一であることの自動照合を目指す。

- ・ ガイドライン

表 4：完成検査の自動化ガイドライン（刻印・プレート仕様検査）

ガイドライン項目		詳細内容
判定精度の確保	システム開発時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入予定のラインにおいて、生産している車種を網羅したサンプルデータを基に判定ロジックを構築、精度検証すること <ul style="list-style-type: none"> ➤ 車種違いによる打刻位置の変化等に柔軟に対応できること ➤ 打刻状態から正しい字体を使用していると認識できること ➤ 届け出している字体を正解情報として活用できること ➤ 検査成績表等の VIN 情報と打刻内容の照合ができること ・ 合理的に想定されるばらつきを基に判別スコアの分布を検証すること ・ AI 判別スコアの分類閾値は安全方向に設定し、正判別スコアと誤判別スコアの分布の重なる範囲となるものは、全て「不明」とする適切な閾値設定をすること <ul style="list-style-type: none"> ➤ 撮影時の画角ズレが許容値を超えた場合は人に判断を委ねること ➤ 打刻面の塗装色が想定外の場合は人に判断を委ねること（想定よりも光源が乱反射する、2色以上が混ざっている場合等を想定） ➤ 文字の認識率が閾値以下であれば人に判断を

		<p>委ねること（未学習文字、打刻異常、傷等による認識不良等を想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 過去の不具合事例を再現し、確実に NG と判定できること ➤ 天候や時間帯による外乱要因に検査結果が影響されないこと
	システム導入時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入時には検査員判定と併用したトライアル期間を経たうえで問題が無いことを検証したのちに実運用とする ➤ 開発時に想定できなかった外乱影響や車両個体差影響等も十分確認するため、トライアル期間は主要な生産車種をインラインで検証できる日数を設定すること ➤ 導入対象ラインにおいて最大生産能力を鑑みた生産タクトや人員配置等も考慮し、余裕を持った自立運転が可能であり、かつ、判定不明時の呼び出し頻度が運用上の想定内であることを確認すること
設備異常の検出及び自動停止	異常検出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 打刻撮像時の異常等、判定精度に影響を与える設備異常を検知すること ➤ 照度不足を画像処理で検出 ➤ 撮像タイミングのズレを画像処理で検出 ➤ ケーブル破損等による画像乱れ等を画像処理で検出 ・ 自動検査システムが異常を検出した場合は、異常を周囲に通知すること
	自動停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異常検出時は自動停止すること ・ 管理責任者等が正常に動作することを確認した上で再稼働を許可すること ➤ 打刻部分を撮像し、画像上から打刻文字の状態が確認でき、自動判定も正しく動作していることを確認できること
検査結果の記録・分析		<ul style="list-style-type: none"> ・ VIN 情報、検査日時、判定結果、判定基準が自動的に保存されること ・ 検査結果の修正履歴（日時、修正した者、修正前

	後の内容)が残ること ・ 検査結果の修正作業は権限を持った者へ限定すること
完成検査の自動化 管理責任者の選任、 管理要領の策定	・ 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 ・ 検査設定の追加変更が生じた際のプロセスを規定すること

・ (参考) NEDO 事業における実証例

➤ 判定ロジック構築

過去の不具合事象を考慮した文字欠けパターンなどを考慮し、かつ傾向値を確認するため、約 800 枚の文字画像の学習を実施。

➤ 精度検証方法

塗装色違いや打刻文字種類を網羅するために必要な台数（今回は車両約 500 台）を用いて検証。不明率判定閾値は、精度検証結果からヒストグラムを用いて適切に設定。

➤ 精度検証結果

不明率：5.7%（306 文字）、流出率：0%の結果を導出。

不明率を低下させるため、判定ロジックの継続精査を実施。

D. インジケータ¹⁷仕様検査

- ・ 現行の検査概要

各灯火類が正しく機能しており常灯や不灯が無いことを完成検査員により確認を実施。

- ・ 自動化範囲

検査工程において車内メーターを撮像するカメラを用いて、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ことの自動判定を目指す。

- ・ ガイドライン

表5：完成検査の自動化ガイドライン（インジケータ検査）

ガイドライン項目		詳細内容
判定精度の確保	システム開発時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入予定のラインにおいて、生産している車種を網羅したサンプルデータを基に判定ロジックを構築、精度検証すること <ul style="list-style-type: none"> ➢ 車種違い・装備違いによるインジケータの有無、大きさ、配置等に柔軟に対応できること ➢ 対象としているインジケータの発光状態が正しく認識できること ➢ 検出したインジケータの情報を装備情報と照合できること ・ 合理的に想定されるばらつきを基に判別スコアの分布を検証すること ・ AI判別スコアの分類閾値は安全方向に設定し、正判別スコアと誤判別スコアの分布の重なる範囲となるものは、全て「不明」とする適切な閾値設定をすること <ul style="list-style-type: none"> ➢ 撮影時の画角ズレが許容値を超えた場合は人に判断を委ねること ➢ インジケータの発光色が想定外の場合は人に判断を委ねること ➢ 閾値を下回った場合は不明とし、人に判断を委ねること ➢ 想定できる様々なバリエーションのメーター

¹⁷ インジケータとは、運転手に対して車の様々な状態を示す装置のことを示す。

		<p>に対応可能なシステムとすること</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 過去の不具合事例を再現し、確実に NG と判定できること ➤ 天候や時間帯による外乱要因に検査結果が影響されないこと ➤ 意図せぬ人や車両の動きに起因する外乱要因に影響されないこと
	システム導入時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入時には検査員判定と併用したトライアル期間を経たうえで問題が無いことを検証したのちに実運用とする ➤ 開発時に想定できなかった外乱影響や車両個体差影響等も十分確認するため、トライアル期間は主要な生産車種をインラインで検証できる日数を基本とすること ➤ 導入対象ラインにおいて最大生産能力を鑑みた生産タクトや人員配置等も考慮し、余裕を持った自立運転が可能であり、かつ、判定不明時の呼び出し頻度が運用上の想定内であることを確認すること
設備異常の検出及び自動停止	異常検出	<ul style="list-style-type: none"> ・ メーター撮像時の異常等、判定精度に影響を与える設備異常を検知すること ➤ カメラ固定治具が正しく固定できていないことを画像処理で検出 ➤ カメラ絞り又はメーター照度不足の状態を画像処理で検出 ➤ ケーブル破損等による画像乱れ等を画像処理で検出 ・ 自動検査システムが異常を検出した場合は、異常を周囲に通知すること
	自動停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異常検出時は自動停止すること ・ 管理責任者等が正常に動作することを確認した上で再稼働を許可すること ➤ メーター部分を撮像し、画像上から各種インジケータの状態が確認でき、自動判定も正しく動作していることを確認できること

<p>検査結果の記録・分析</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ VIN 情報、検査日時、確認対象のインジケータ、各インジケータの判定結果、判定基準が自動的に保存されること ・ 検査結果の修正履歴（日時、修正した者、修正前後の内容）が残ること ・ 検査結果の修正作業は権限を持った者へ限定すること
<p>完成検査の自動化 管理責任者の選任、 管理要領の策定</p>	<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 ・ 検査設定の追加変更が生じた際のプロセスを規定すること

・ **(参考) NEDO 事業における実証例**

➤ **判定ロジック構築**

判定閾値に影響を与える要因を網羅し、かつ傾向を確認するため、約 100 台分の画像から基準データを取得。

➤ **精度検証方法**

環境変化や、測定対象車両のばらつきを考慮するために必要な台数(今回は車両約 600 台)を用いて検証。不明率判定閾値は、精度検証結果からヒストグラムを用いて適切に設定。

➤ **精度検証結果**

不明率：2%、流出率：0%の結果を導出。

不明率を低下させるため、判定ロジックの継続精査を実施。

② AI を用いず定量値判定を伴う検査

E. サイドスリップ検査

・ 現行の検査概要

サイドスリップテストを用いて、かじ取り装置が安全で堅牢な運行が可能かどうかを完成検査員により確認を実施。

・ 自動化範囲

完成検査員が検査機器の計測結果を見て記録しているところを、自動判定化し、結果を自動でシステムへ入力することで検査員の作業間違い低減と作業時間短縮を目指す。

・ ガイドライン

表7：完成検査の自動化ガイドライン（サイドスリップ検査）

ガイドライン項目		詳細内容
判定精度の確保	システム開発時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 判定に必要な各種データを網羅的に取得、処理、出力可能な判定システムを構築し、精度検証すること <ul style="list-style-type: none"> ➤ サイドスリップ量の時系列データとサイドスリップテスト上を通過する際の車両速度が取得できること ➤ サイドスリップテスト通過時のサイドスリップ量の最大値を記録できること ➤ サイドスリップテスト上を設定速度以下で通過していることを監視できる機能を有していること ➤ サイドスリップ検査の判定を合否判定閾値に従い、合否判定できること ・ 閾値を適切に設定すること <ul style="list-style-type: none"> ➤ サイドスリップ量の合否判定閾値を設定できること ➤ サイドスリップ検査時の車両通過速度の上限を設定できること
	システム導入時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入対象ラインにおいて、一定のトライアル期間を設定しシステムの安定性と判定精度を検証すること
設備異常の検出及び自動停止	異常検出	<ul style="list-style-type: none"> ・ サイドスリップ検査の判定結果と保安基準値との関係が視える化され、傾向管理できる機能を有していること <ul style="list-style-type: none"> ➤ サイドスリップ量の閾値外れ異常は、サイド

		<p>スリップ量の監視から検出</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ サイドスリップ量の検知機能の異常は、車両通過後の0点戻り時間¹⁸の監視から検出 ▶ 外的な要因により設備が正常に作動できない異常は、システムエラー等の監視から検出 <ul style="list-style-type: none"> ・ 自動検査システムが異常を検出した場合は、異常を周囲に通知すること
	自動停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上記異常が生じた場合はサイドスリップテストの異常を周囲に通知し自動判定を停止すること ・ 再稼働の判断は、当該設備の管理責任者又はその指名者が判断すること
検査結果の記録・分析		<ul style="list-style-type: none"> ・ 判定結果 (OK/NG) 、計測値 (サイドスリップ量)、サイドスリップテスト通過速度、計測日時、対象車両の VIN/フレーム No.をセットで自動的に保存すること ・ 検査結果の修正、設定の変更履歴 (日時、修正した者、修正前後の内容) が残ること ・ 検査結果の修正作業は、権限を持った者へ限定すること
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 ・ 点検結果を書き換え不可の書式で保存すること

¹⁸ 0点戻り時間とは、後輪のサイドスリップ量のピーク検出時間からサイドスリップ量が0に戻るまでの経過時間を示す。

- ・ **(参考) NEDO 事業における実証例**

- (2) 精度検証方法**

- 検査時のばらつきを考慮するために必要な台数(今回は車両 2,740 台)を用いて検証。サイドスリップ値の時系列データ取得や、通過速度取得ができ、閾値設定に従い正しく合否判定できるか確認。

- (3) 精度検証結果**

- 検証の結果、サイドスリップ量が問題なく判定・記録可能であることを確認。

- また、設備異常の検出について、設定した閾値にて過度な異常検出をしないこと、及び外部からの強制的な異常付与に対し異常検知可能なことを確認。