

令和7年度JAEA-NRA安全研究成果報告会

車両用モニタによる原子力災害時の 汚染検査効率化 — 一時短化と検査力向上への挑戦 —

令和7年11月13日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力安全・防災研究所 原子力緊急時支援・研修センター
緊急時対応研究グループ

平岡 大和

本研究は株式会社千代田テクノルとの共同研究「避難退域時検査における車両汚染検査の最適化手法の研究」の成果である。

本研究の必要性と位置づけ

JAEA安防研究所としての本研究の必要性

関係行政機関及び地方公共団体の原子力災害対策の強化に
貢献するため、**防護対策の実効性を向上させる研究が必要**

本研究の位置づけ

緊急時の支援

研修

国及び自治体を含めた原子力
防災関係者への研修

防災体制整備への支援

原子力防災計画、指針等
の改定、訓練への支援

国際協力

IAEAとの連携

原子力緊急時支援・研修センター

緊急時対応研究

原子力災害時における迅速な住民避難方法
の確立を目指す研究

避難住民への汚染検査
効率化に関する研究

モニタリング支援・技術開発

- ・ 1F事故後の線量率分布調査
- ・ モニタリング技術開発



研究背景：原子力災害時の住民避難

原子力災害時における迅速な住民避難方法に関する研究



避難退域時検査の課題①

検査会場までの避難道路が混雑し迅速な避難の妨げとなる可能性
→検査工程を迅速化し混雑抑制が必要

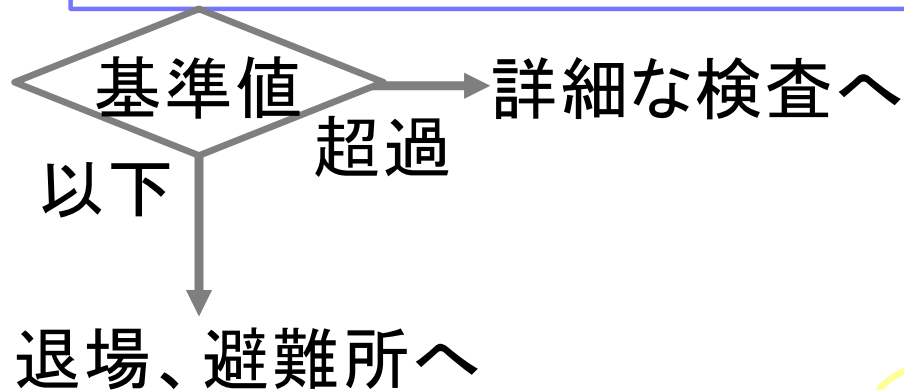
研究背景：避難退域時検査とは(1／2)

入場(全車両)

検査基準値 = $120\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当

First Step: 車両の指定箇所検査
タイヤ・ワイパー部を測定

原子力災害対策指針より
基準 $40,000\text{cpm} = 120\text{Bq}/\text{cm}^2$



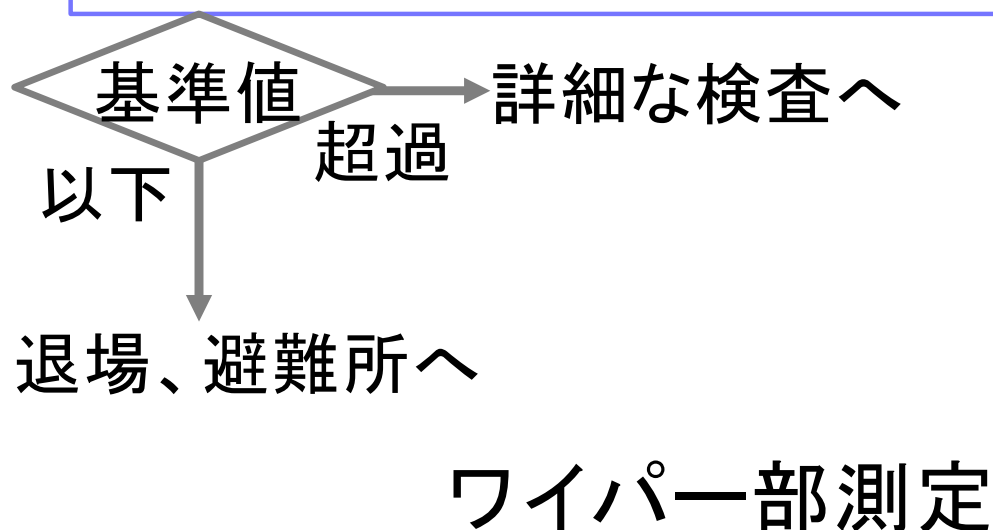
タイヤ測定



研究背景：避難退域時検査とは(2/2)

入場(全車両)

First Step: 車両の指定箇所検査
タイヤ・ワイパー部を測定



避難退域時検査の課題②

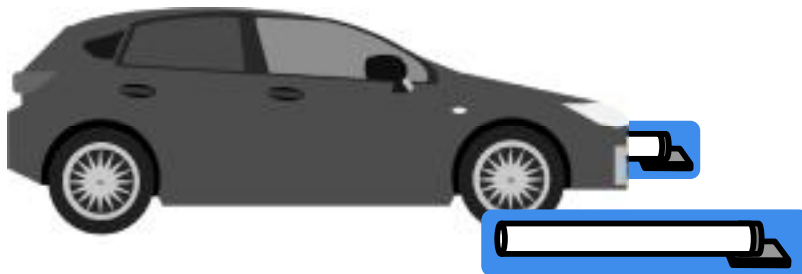
検査員の疲労によって検査精度が落ちる可能性
→ GMサーベイメータ測定を減らし、検査員の負担軽減が必要

研究目的

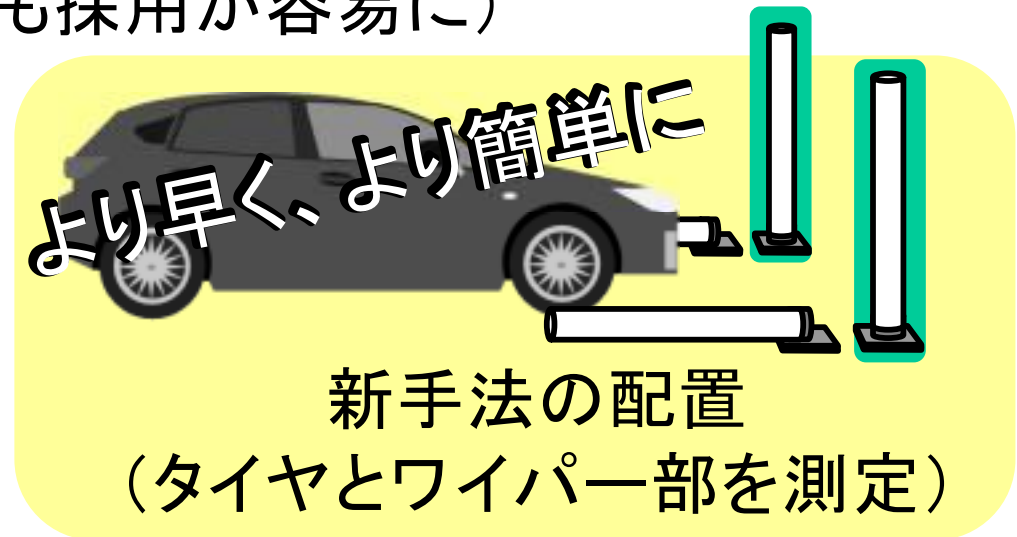
課題解決の方法

指定箇所検査にて、**タイヤとワイパー部を同時に検査**

→ **既存のゲートモニタを効率化し、新たな測定手法を開発**
(導入済みの地方公共団体も採用が容易に)



従来の配置
(タイヤのみを測定)



新手法の配置
(タイヤとワイパー部を測定)

研究目的

ゲートモニタによる新検査手法の有効性を検証するため、

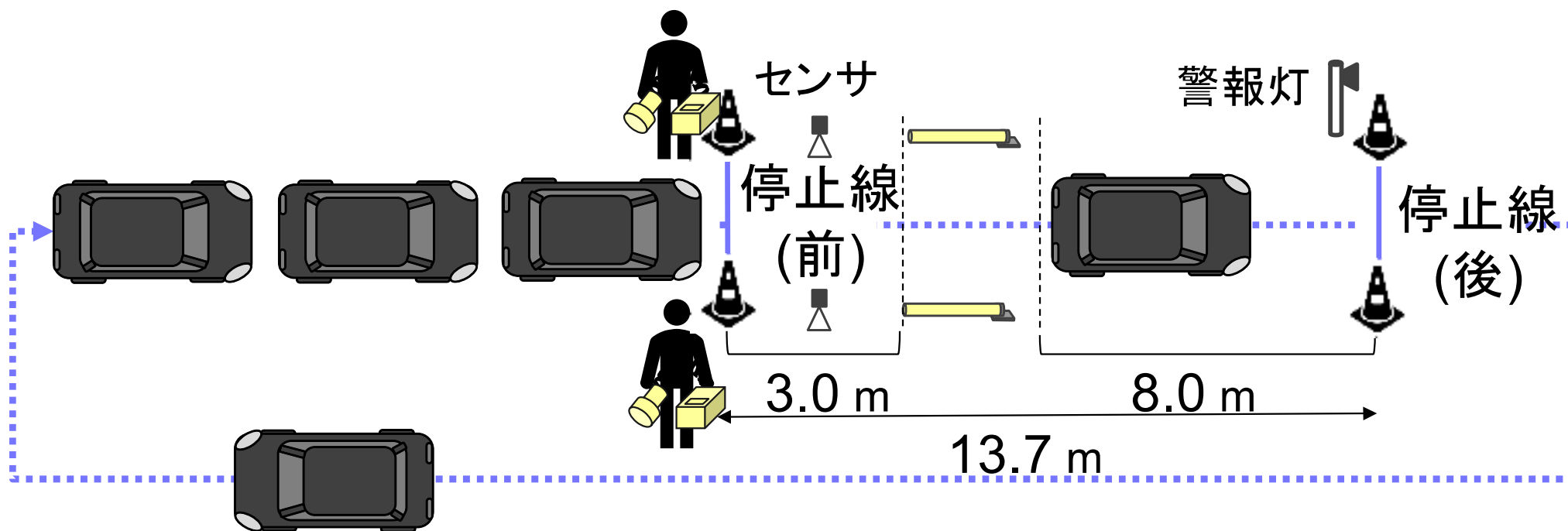
→ ① **時間短縮効果** と
② **検査精度** を明らかに

①時間短縮効果の調査

検査時間を求める手法(1/2)

「現在の検査手法」を模擬した試験

車両5台が3周し、計15台分の測定時間(検査説明等を除く)を計測



停止線(前)で停車→ワイパー部測定→走行・・・→停止線(後)で停車

Start

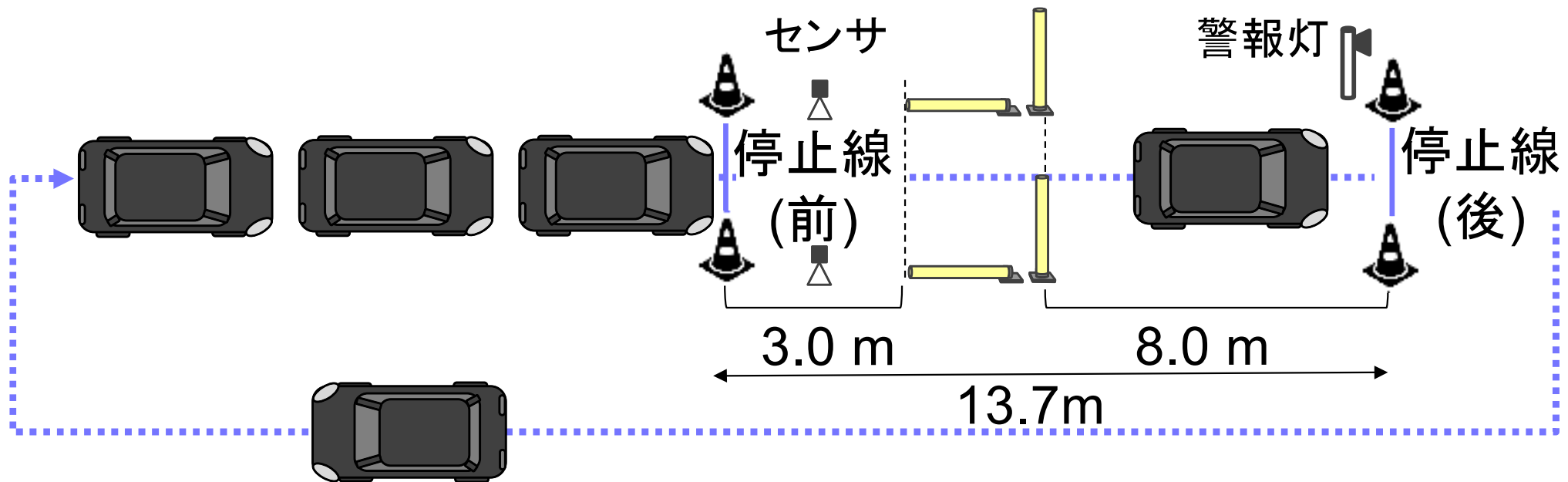
Stop

計15台分

検査時間を求める手法(2/2)

「新検査手法」を模擬した試験

車両5台が3周し、計15台分の測定時間(検査説明等を除く)を計測

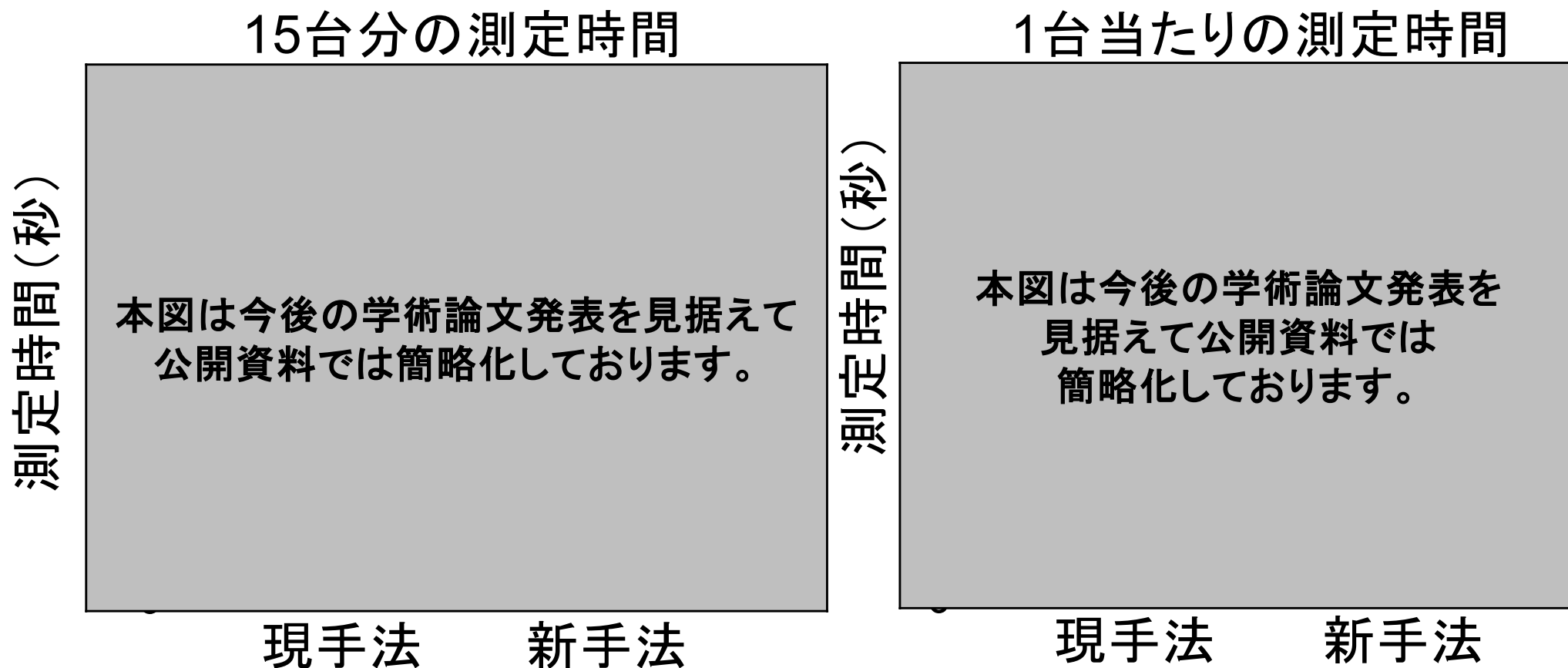


停止線(前)で停車 → ~~ワイパー部測定~~ → 走行... → 停止線(後)で停車

Start ⌚ Stop ⌚

計15台分

結果：時間短縮の効果



新手法により測定時間が約  に

(計算例)

- ・現手法：5,000台 ×  秒/台 =  時間
- ・新手法：5,000台 ×  秒/台 =  時間

②検査精度の調査

車両走行試験の方法

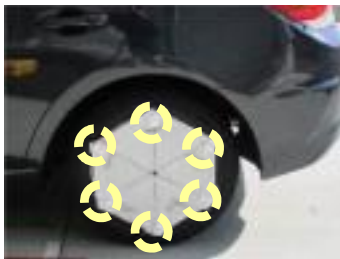
(1) 車両走行測定(線源あり)

- ^{133}Ba 線源取付
 - ①前タイヤ
 - ②後タイヤ
 - ③ワイパー部
 基準値相当の
ヨウ素を模擬
約240kBq
各30回測定
- 車速 : 5km/h (国のマニュアルより)

(2) バックグラウンド測定

- 車両無し: 環境BG取得
- 車両走行:
車体のBG遮蔽を取得

②後タイヤ測定



①前タイヤ測定

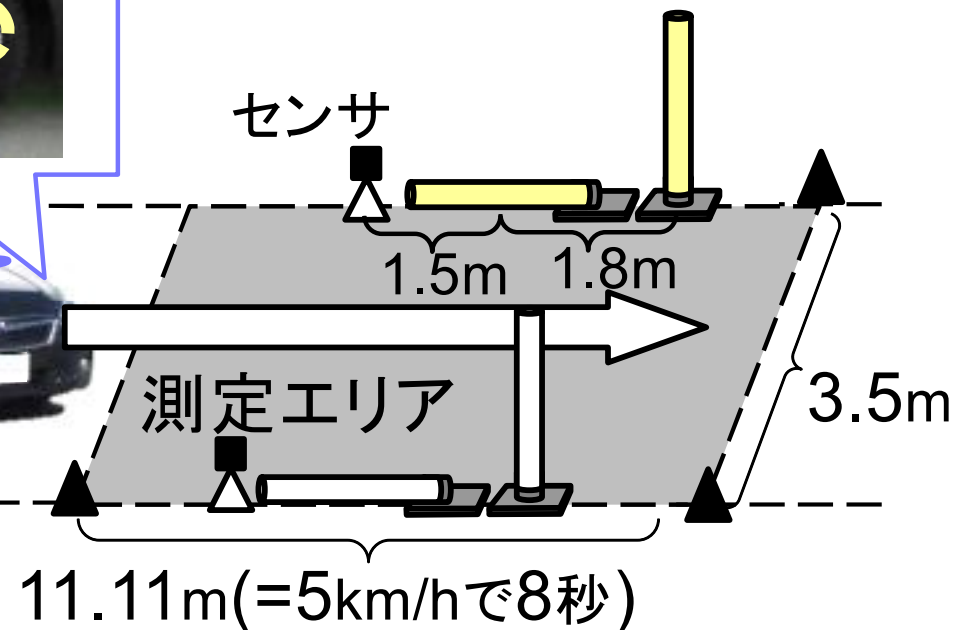


③ワイパー部測定

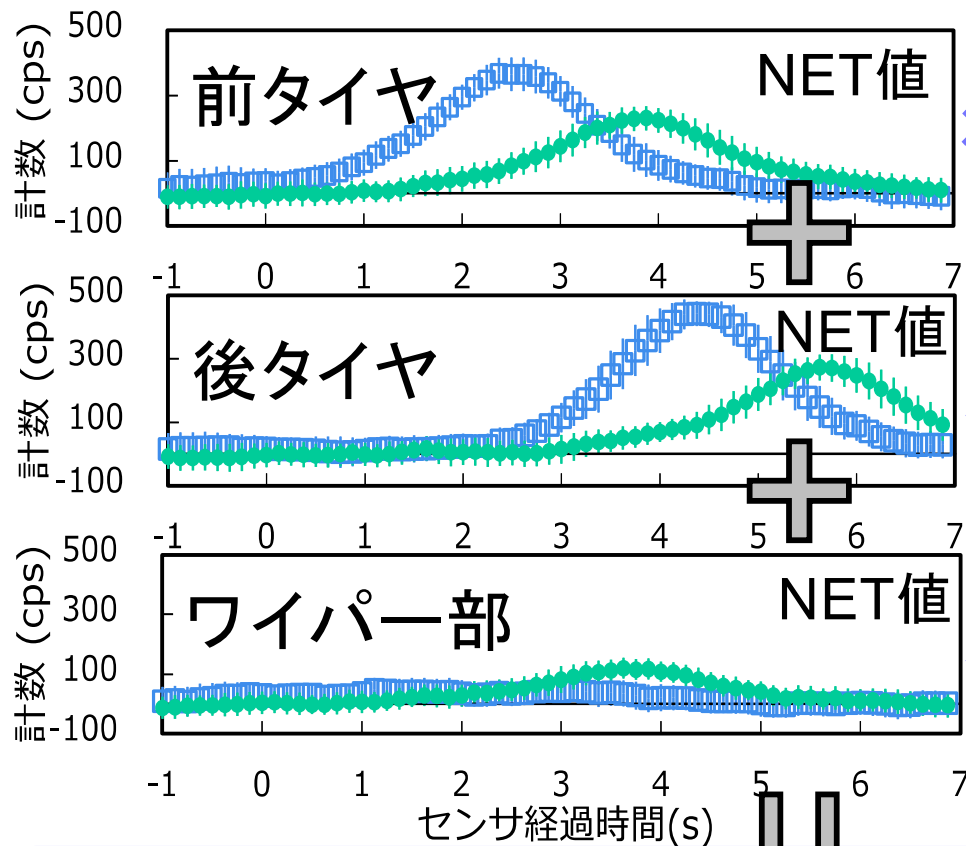


普通自動車
(セダンタイプ)

ガンマ線計数を測定
(左側検出器を使用)



解析手順



タイヤの汚染密度 T ,
ワイパー部の汚染密度 W を
仮定

放射能補正係数
を調整

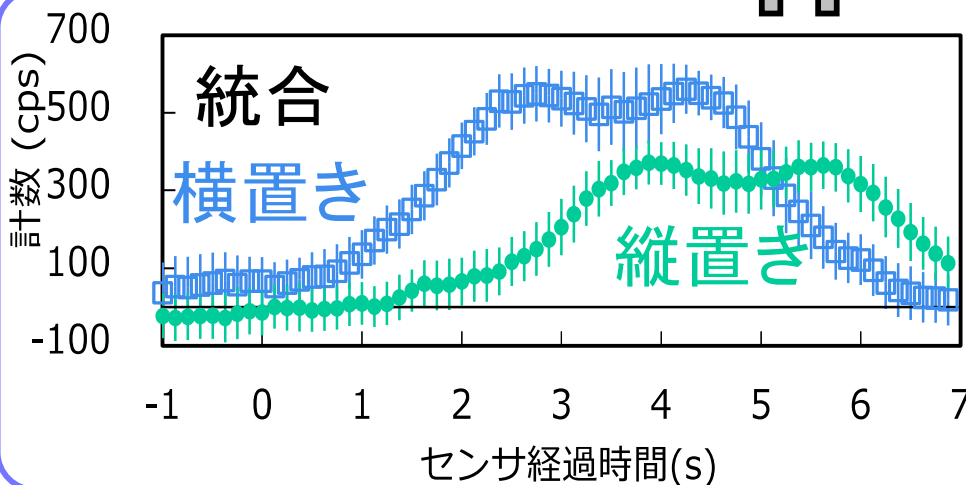
T, W を
変更

3つの値を統合

汚染判定のための
評価値を算出

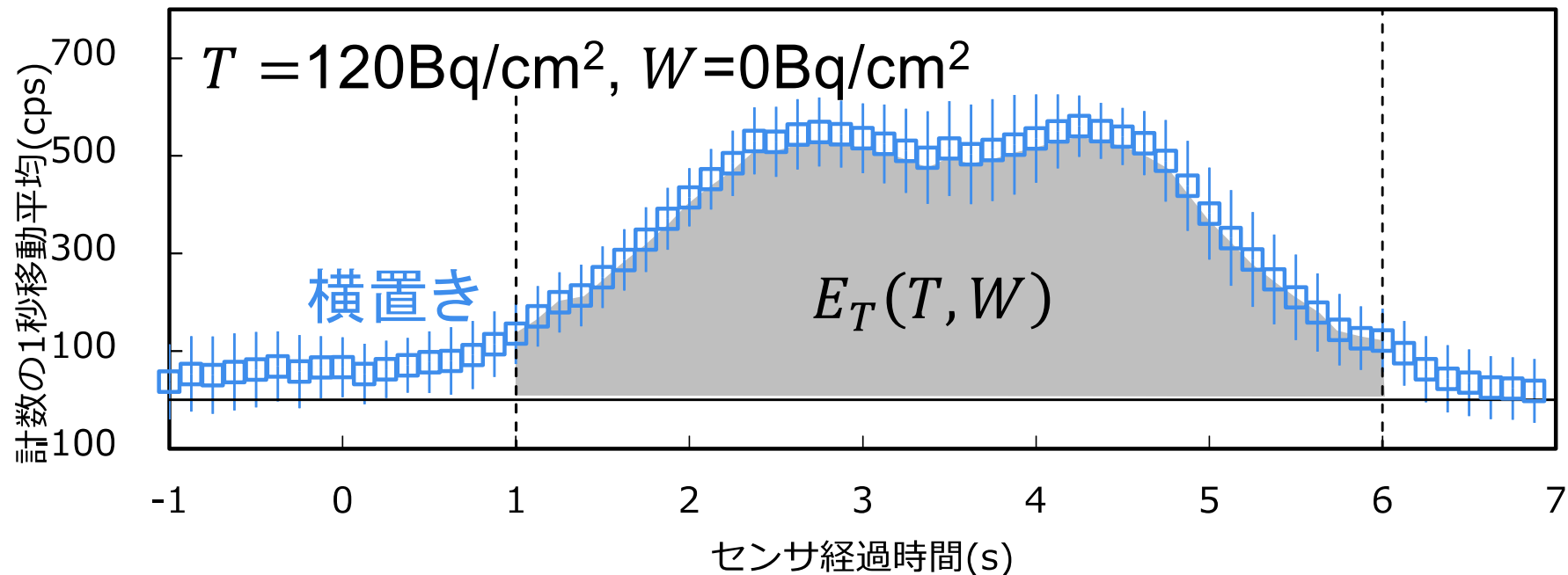
警報確率を算出

T, W を変数とした
警報確率分布を評価



タイヤの汚染評価と警報確率

タイヤ汚染の評価値: $E_T(T, W)$



タイヤ判定の警報値: $A_T = E_T(120 \text{ Bq/cm}^2, 0 \text{ Bq/cm}^2)$

= 基準値相当の汚染がタイヤのみ

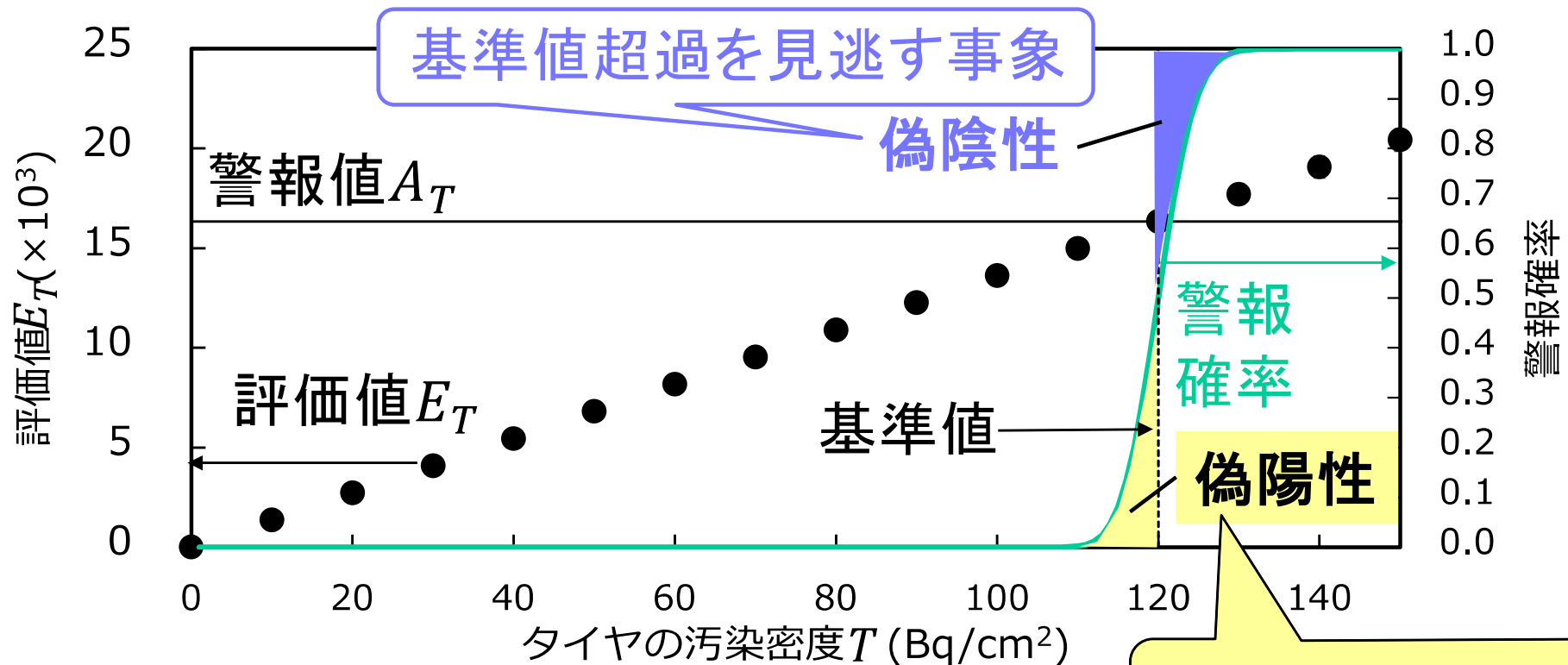
警報発報条件: $E_T(T, W) > A_T$

様々な T, W に対し、 $E_T(T, W) > A_T$ となる確率(警報確率)を算出

タイヤ判定の警報確率(1/2)

タイヤの汚染密度 T のみを変化させたときの警報確率

T = 変数 (グラフ横軸), $W = 0 \text{ Bq/cm}^2$



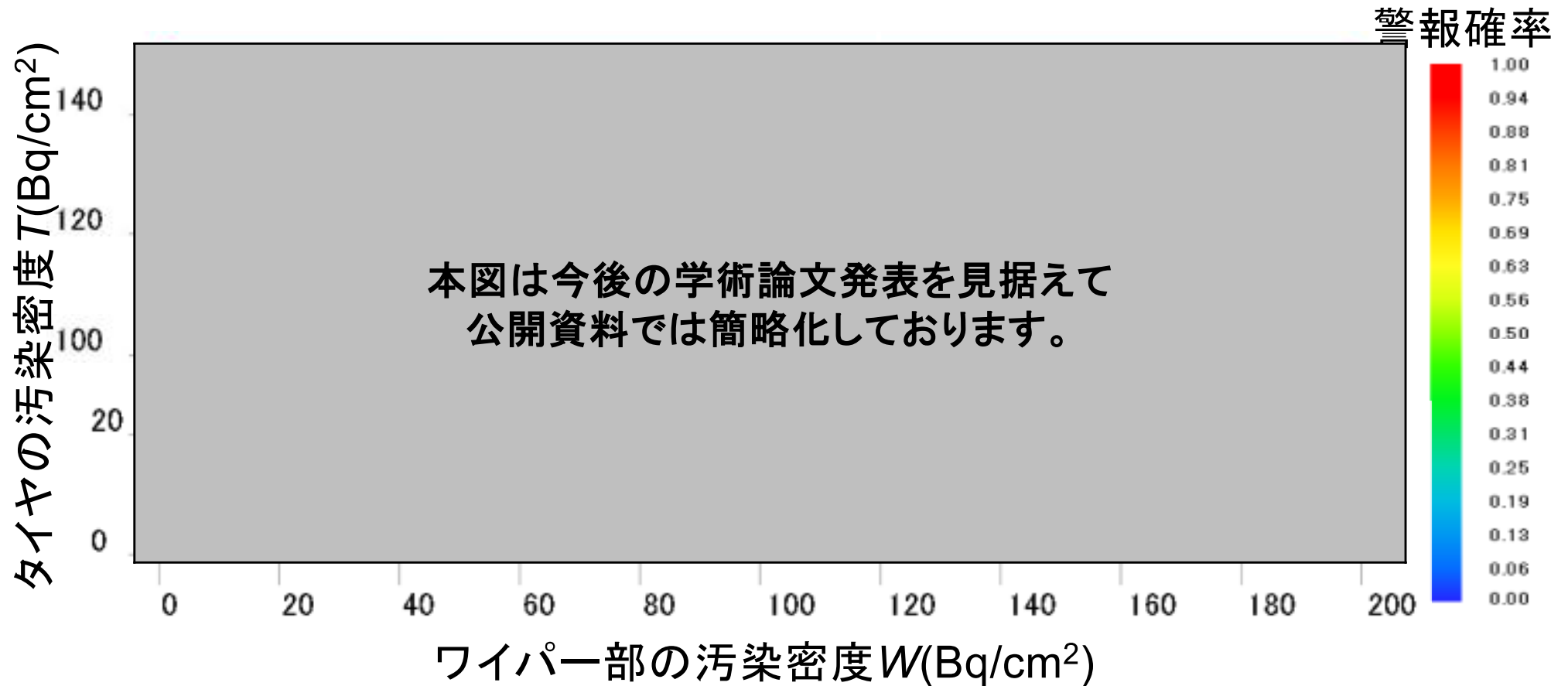
警報値 $A_T = E_T(120 \text{ Bq/cm}^2, 0 \text{ Bq/cm}^2)$ のとき、
基準値 120 Bq/cm^2 での警報確率は50%

誤警報となる事象

さらに、ワイパー部の汚染密度 W を $0 \sim 200 \text{ Bq/cm}^2$ で変化させる

タイヤ判定の警報確率(2/2)

T (縦軸), W (横軸)を変化させたときの警報確率分布



タイヤ判定の傾向

ワイパー部汚染密度 W が 120 Bq/cm² にまで汚染した場合でも、
タイヤ判定に与える影響は小さい

($W=120$ Bq/cm² で $T = \blacksquare$ Bq/cm² 相当)

ワイパー部汚染の評価方法

ワイパー部汚染の評価値

= 縦の検出器で得られた、ワイパー部由来の計数

測定値の特徴

汚染箇所	横置き:縦置き
タイヤ	>
ワイパー部	<

特徴を活用して、

$$E_W(T, W) = \frac{S_h(T, W) - R_t \cdot S_v(T, W)}{R_w - R_t}$$

警報値

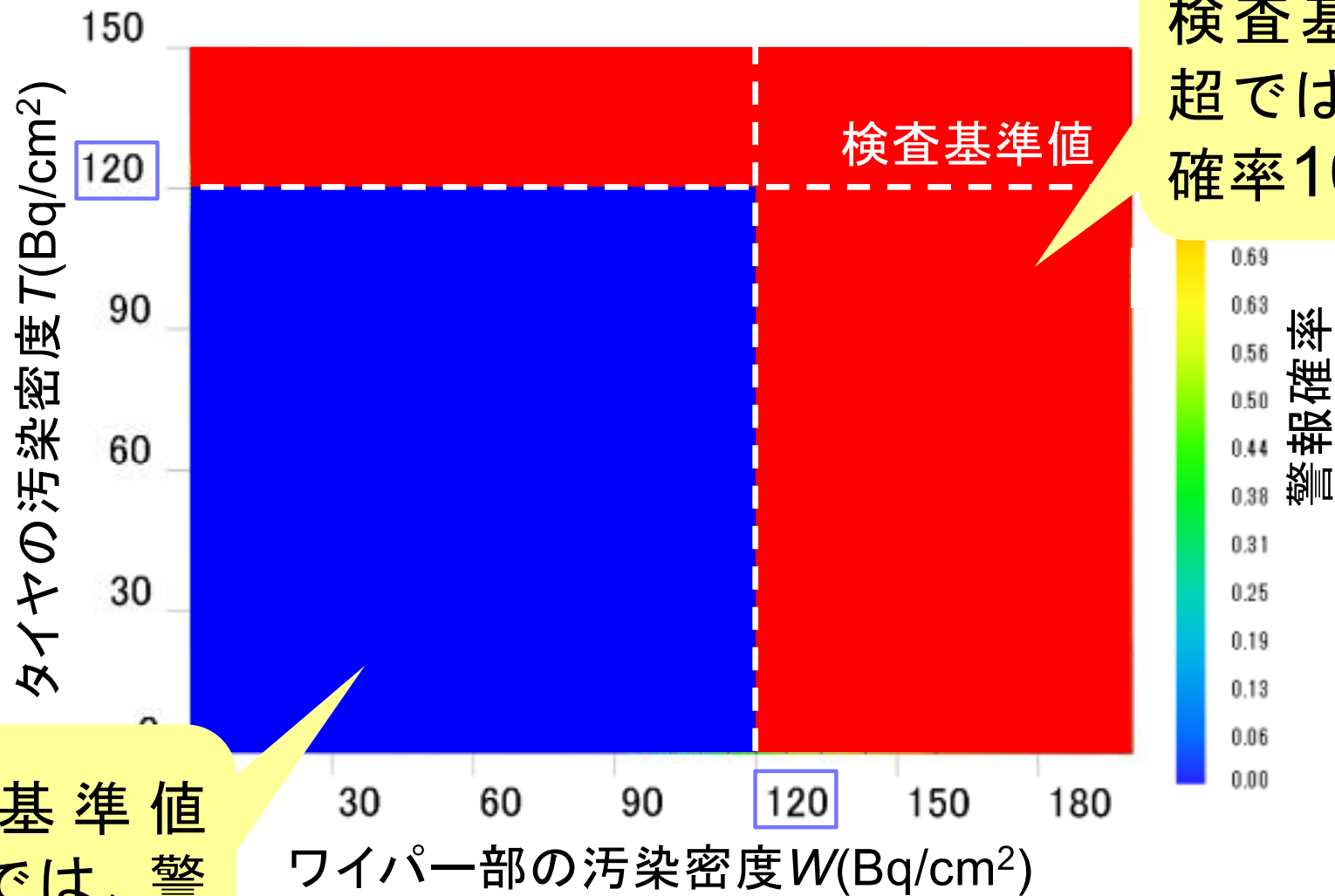
$$A_W = E_W(0\text{Bq/cm}^2, 120\text{Bq/cm}^2)$$

= 基準値相当の汚染がワイパー部のみ

警報発報条件: $E_W(T, W) > A_W$

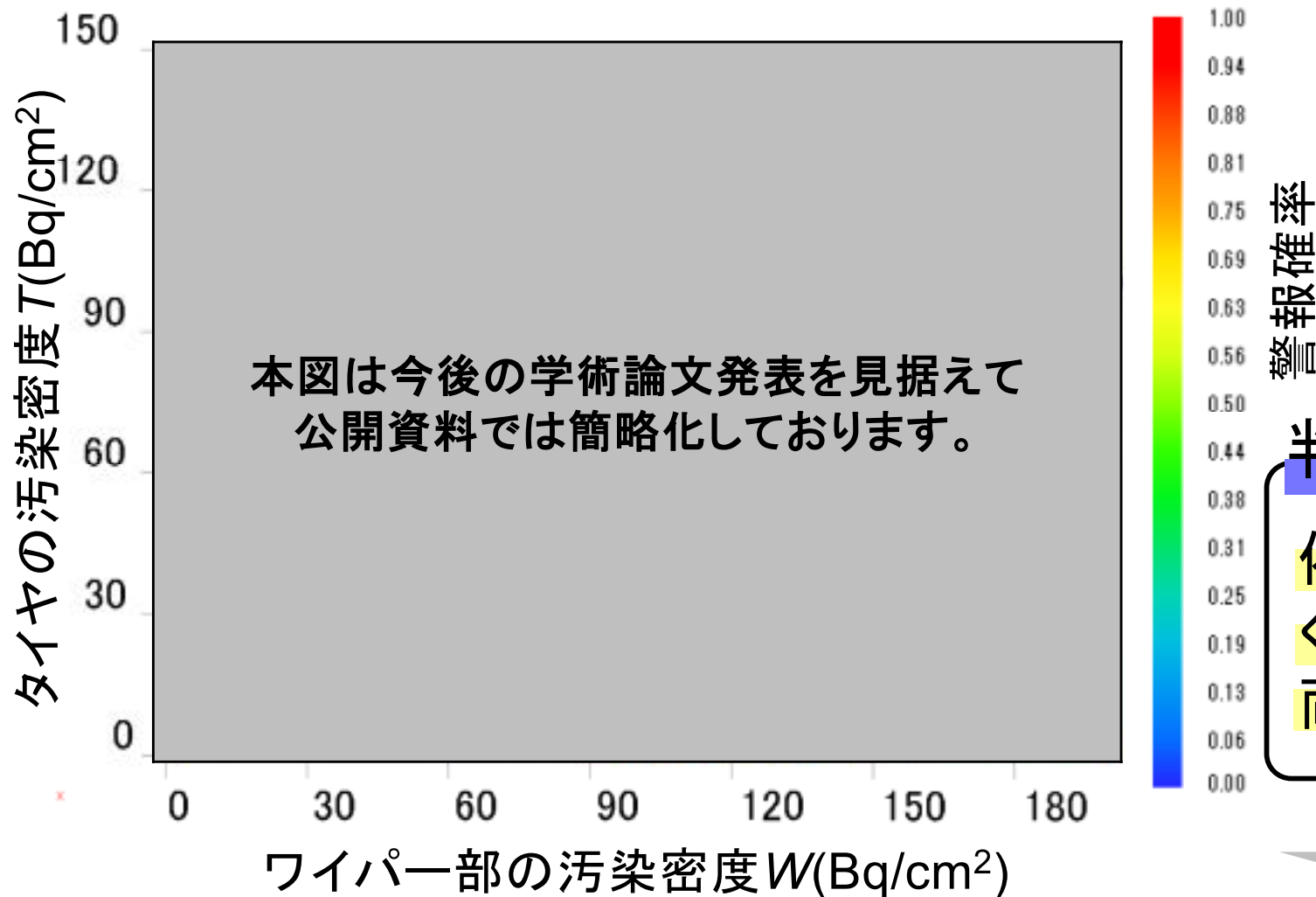
様々な T, W に対し、警報確率を算出

理想的な警報確率分布



タイヤ・ワイパー部同時判定の警報確率

$E_T(T, W) > A_T \cup E_W(T, W) > A_W$ となる確率分布を算出



判定精度の評価

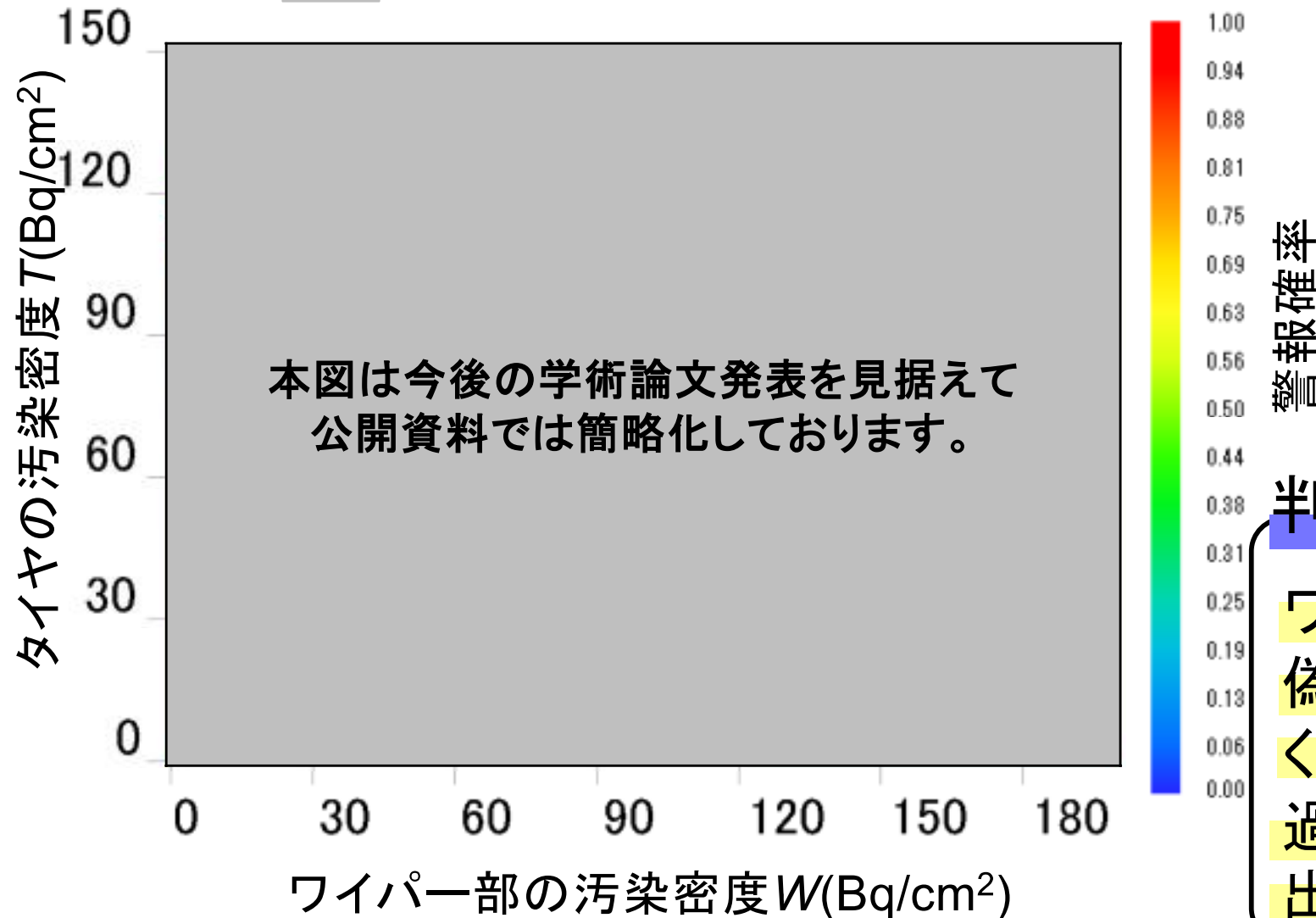
偽陰性が生じやすく、基準値超過車両を見逃す可能性

偽陰性の発生を抑えるため、警報値 A_T 、 A_W を下げる

警報値変更後の警報確率分布

偽陰性を抑えるため警報値を変更

$$A_T = E_T(\text{■ Bq/cm}^2, 0\text{Bq/cm}^2), A_W = E_W(0\text{Bq/cm}^2, \text{■ Bq/cm}^2)$$



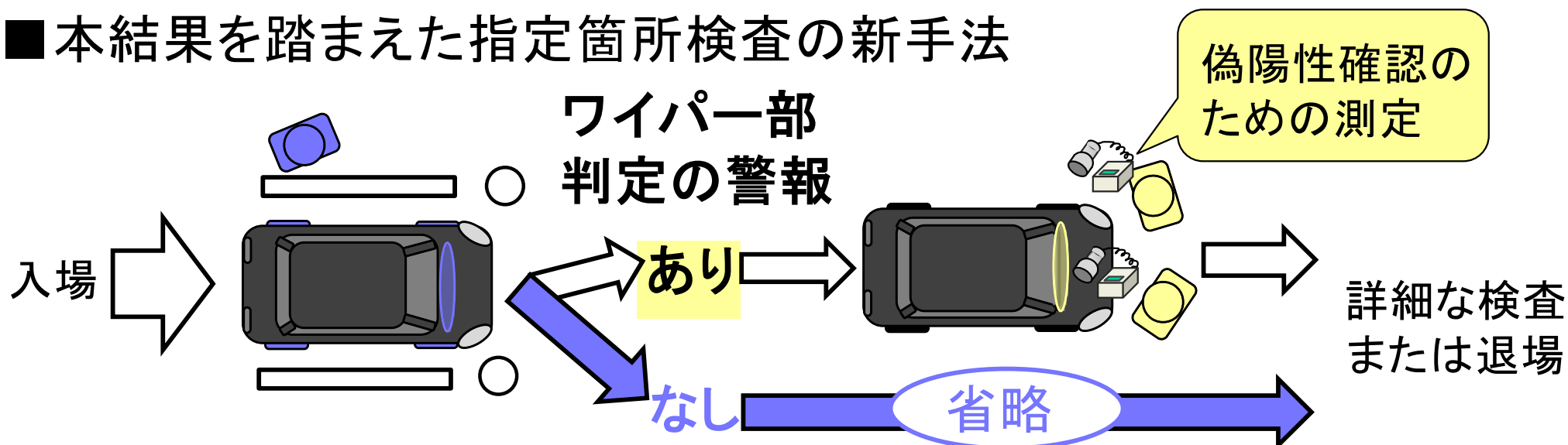
判定精度の評価

ワイパー部判定で
偽陽性が生じやす
くなった、基準値超
過車両はほぼ検
出可能に

結論

■原子力災害時における迅速な住民避難方法に関する研究の一部として、避難退域時検査の時間短縮と高精度化を実施

■本結果を踏まえた指定箇所検査の新手法



ワイパー部測定を省略したとき、指定箇所検査の測定時間が約 秒/台 → 約 秒/台に短縮と見込まれる

- ・ 測定時間短縮による、避難退域時検査の迅速化
- ・ ワイパー部測定頻度が減り、検査員の負担軽減

今後、「迅速な住民避難方法に関する研究」に取り入れ、
インパクトの大きさを検討

参考文献

- 原子力規制委員会, “原子力災害対策指針” (2025)
<https://www.nra.go.jp/data/000476899.pdf>
- 内閣府(原子力防災担当)・原子力規制庁, “原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル” (2022)
<https://www.nra.go.jp/data/000119567.pdf>
- 内閣府(原子力防災担当), “避難退域時検査等における資機材の展開の手引き 前半部分” (2023)
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/shiryou/pdf/12_tenkai_1r.pdf
- 内閣府(原子力防災担当), “避難退域時検査等における資機材の運用の手引き 前半部分” (2023)
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/shiryou/pdf/12_unyou_1r_2.pdf
- 川崎晃平ほか, “ゲートモニタによる原子力災害時の車両検査効率化-(1)タイヤとワイパー部の同時検査に期待できる時間短縮と人員削減-”, 第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理合同大会 (2024)
- 平岡大和ほか, “ゲートモニタによる原子力災害時の車両検査効率化-(2)タイヤとワイパー部の同時検査の精度評価-”, 第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理合同大会 (2024)