

自動運転から手動運転への運転交代に関する ヒューマンファクター研究

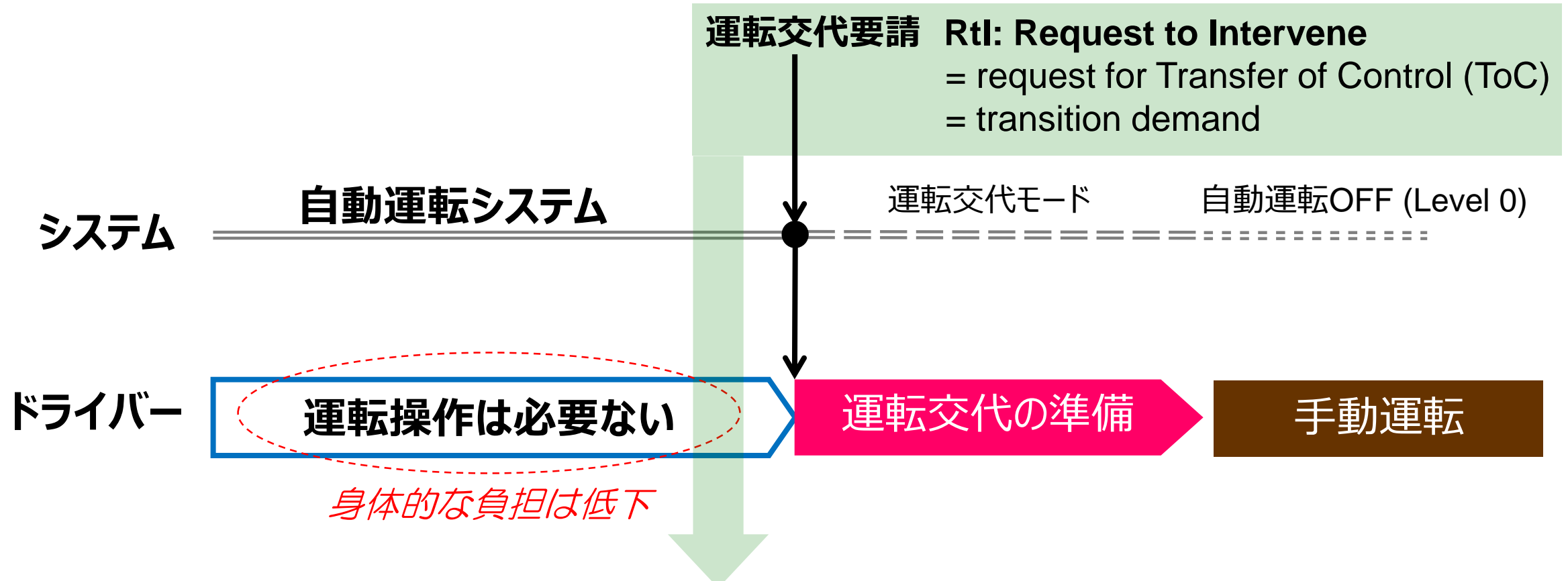
佐藤 稔久

ヒューマンモビリティ研究センター
産業技術総合研究所（産総研）

発表概要

- 自動運転システムのレベル2(L2)とレベル3(L3)からシステム主導による運転交代（自動運転から手動運転へ移行）場面におけるヒューマンファクター課題について検討
- 特に、運転交代のアナウンス（RtI: Request to Intervene）が提示された際のドライバーの運転準備状態の評価を実施
- SIP-adus Human Factors Project Phase 1 and Phase 2の成果を記載
- L2とL3のドライバー受容性を高めるための詳細課題についても言及

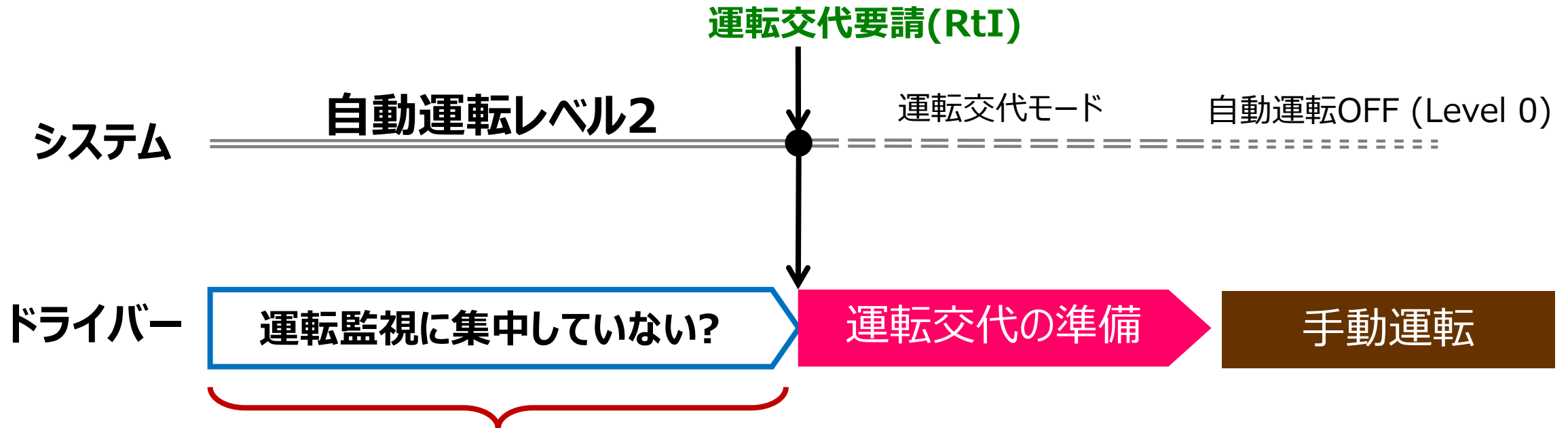
自動から手動へのシステム主導による運転交代



運転交代に対して準備しておく必要あり

→ドライバーの準備に関わるワークロードが増加しないための
ヒューマンファクター課題の解決が重要

自動運転レベル2から手動運転への遷移

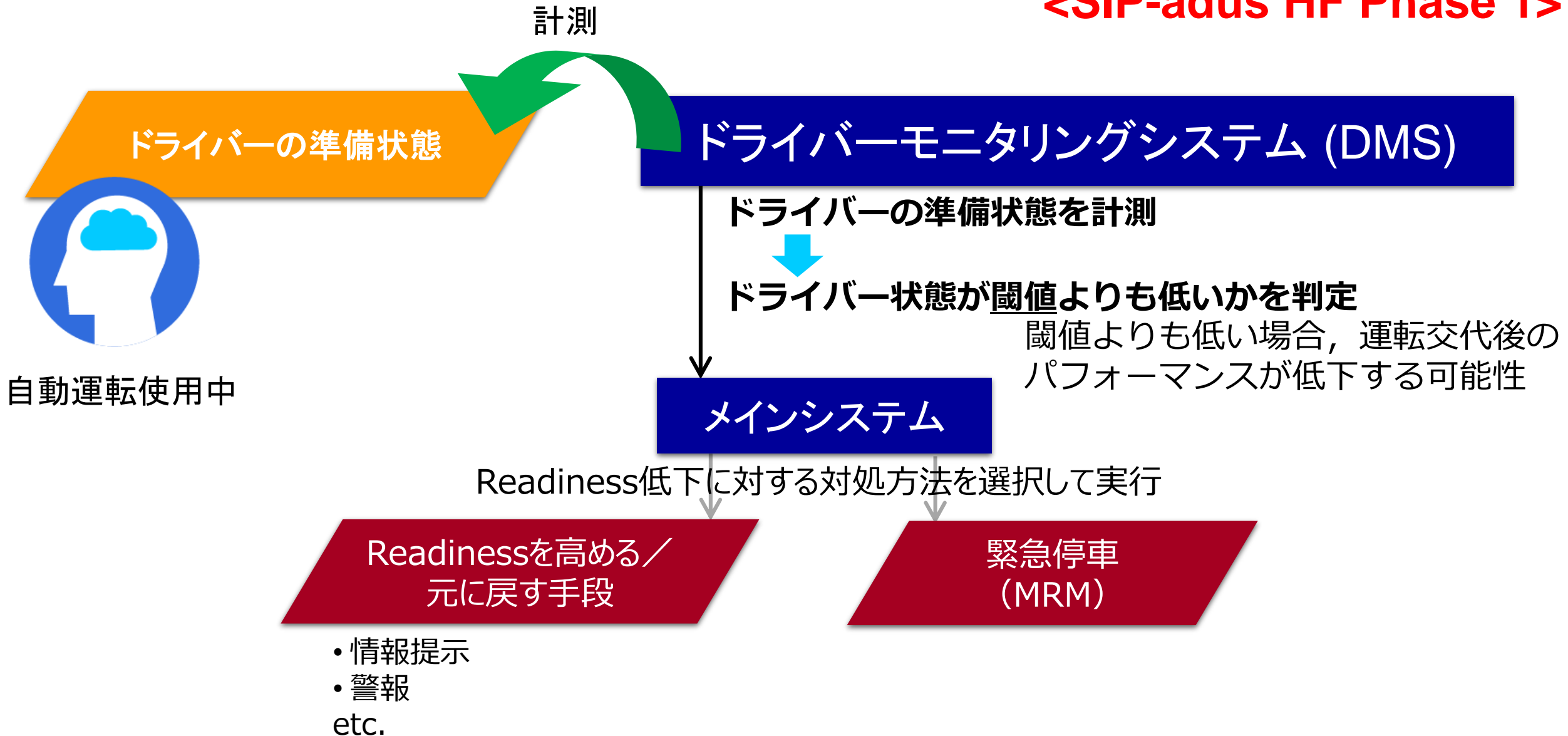


自動運転中のドライバー状態をどのように測るか？

Readiness/availabilityとは、自動運転から手動運転への適切な切り替えに影響を及ぼす自動運転中のドライバー状態。適切な切り替えとは、運転交代後の手動運転を継続することができ、状況に応じて、ハザードを回避し、リスクを最小限にすることができること。Readiness/availabilityの最大値は、運転交代後の運転パフォーマンスが手動運転によるパフォーマンスと同等な状態とする。(ISO/DTR 21959-1: 2018)。

ドライバーモニタリングシステムの概略

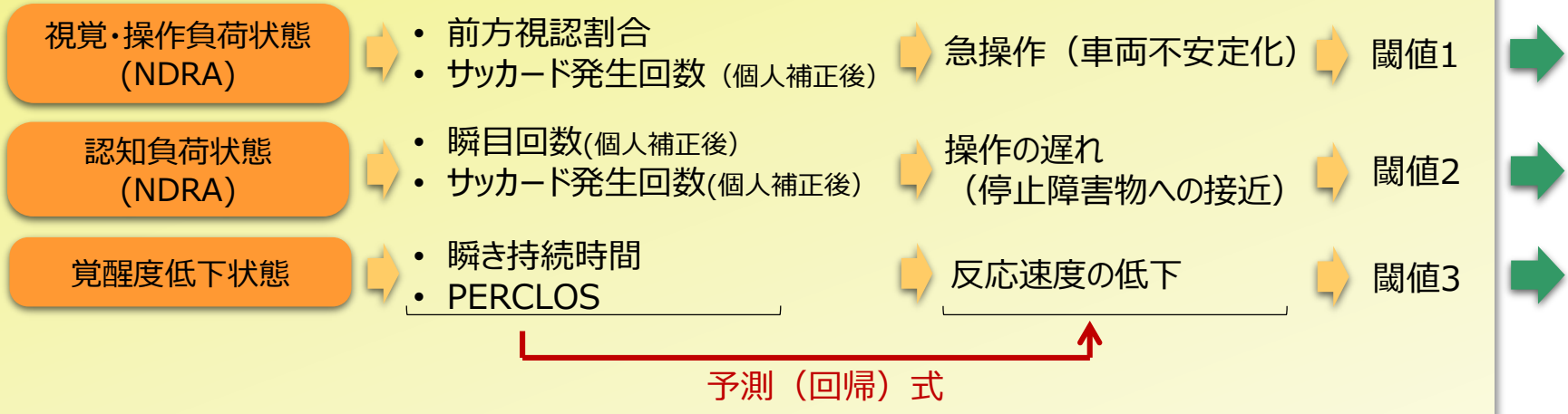
<SIP-adus HF Phase 1>



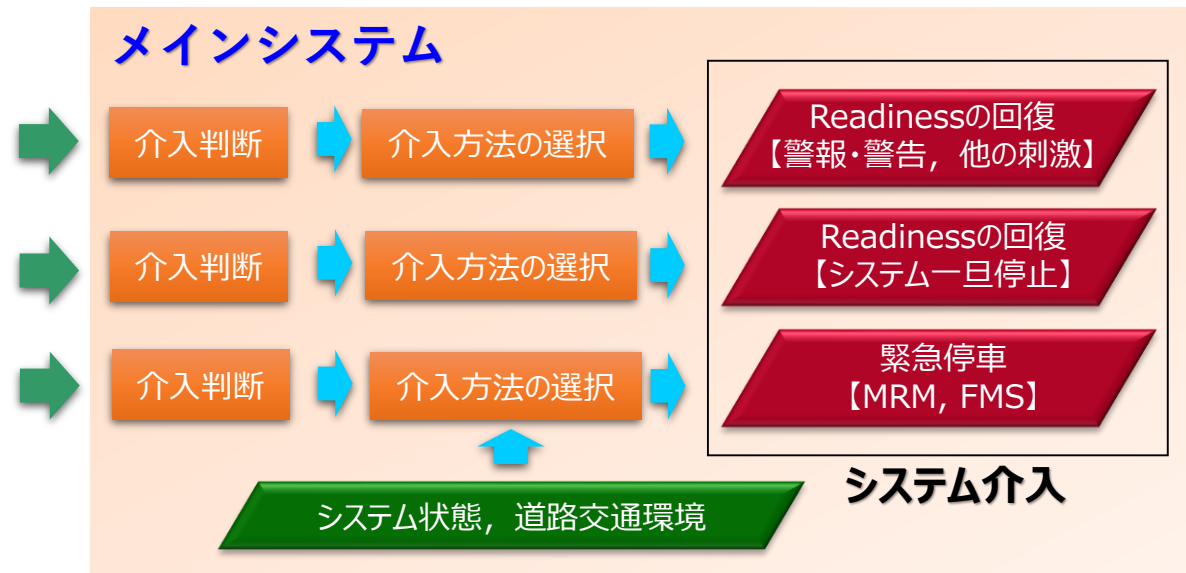
ドライバーモニタリングシステムを使った推定

ドライバーモニタリングシステム

Readiness 評価指標 運転引継ぎ行動予測 Criteria

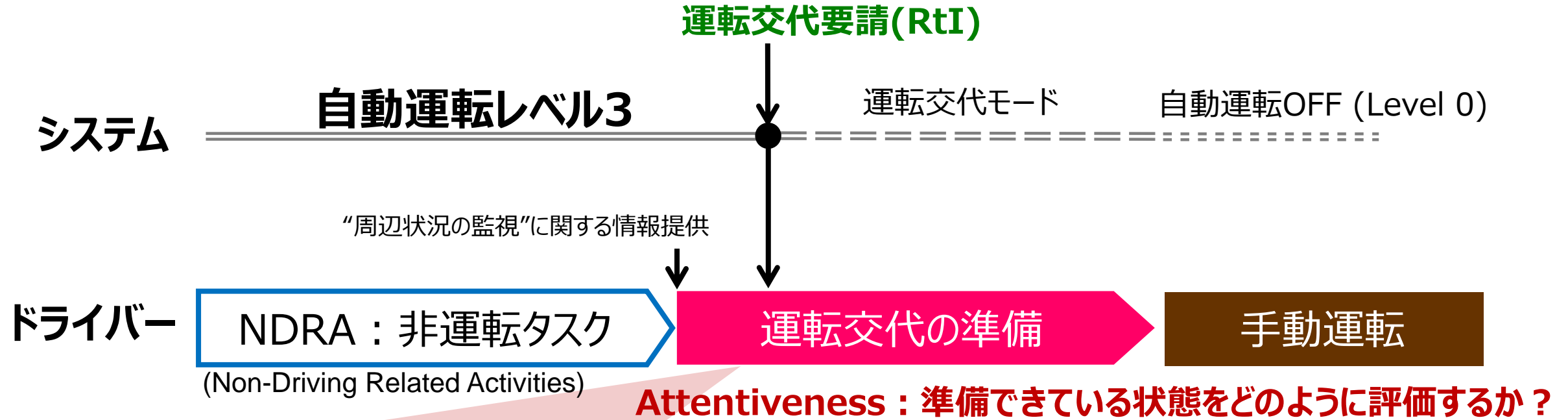


<SIP-adus HF Phase 1>



自動運転レベル3から手動運転への遷移

-計画的な運転交代-



<SIP-adus HF Phase2 の実験(次スライド)で得られた成果>

- 評価指標：ドライバーの視線行動(前方注視率), 頭部運動
- 適切な準備状態を示す時系列変化：数秒間以上, 評価指標の変化が安定していること
- 適切な準備状態に必要な時間：周辺状況の監視を開始してから, 5~20秒は前方注視率が増加する傾向
[この段階での運転交代のパフォーマンスは, 前方注視率の安定した状態からの運転交代に比べて低下]

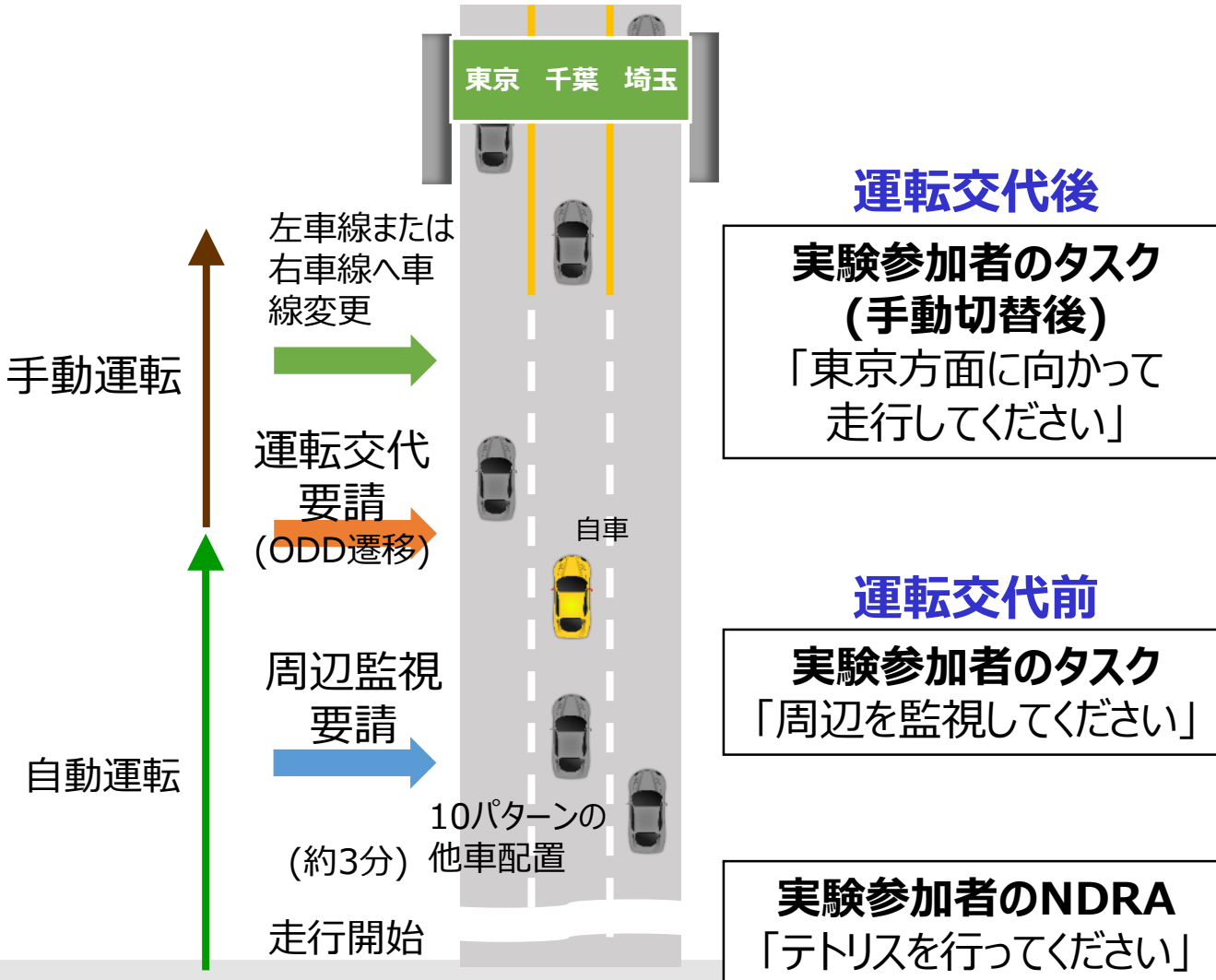
自動運転レベル3から手動運転への遷移

-計画的な運転交代-

<SIP-adus HF Phase 2>

実験方法

代表とする運転シーン：
高速道路直線区間で他車両が存在する状況



<計測項目>

運転交代前

- ✓視線行動
- ✓頭部運動

運転交代後

- ✓ステアリング反応時間
- ✓ウィンカー反応時間
- ✓他車両との衝突率
- ✓黄色線との接触率など

自動運転レベル3から手動運転への遷移

-計画的な運転交代-

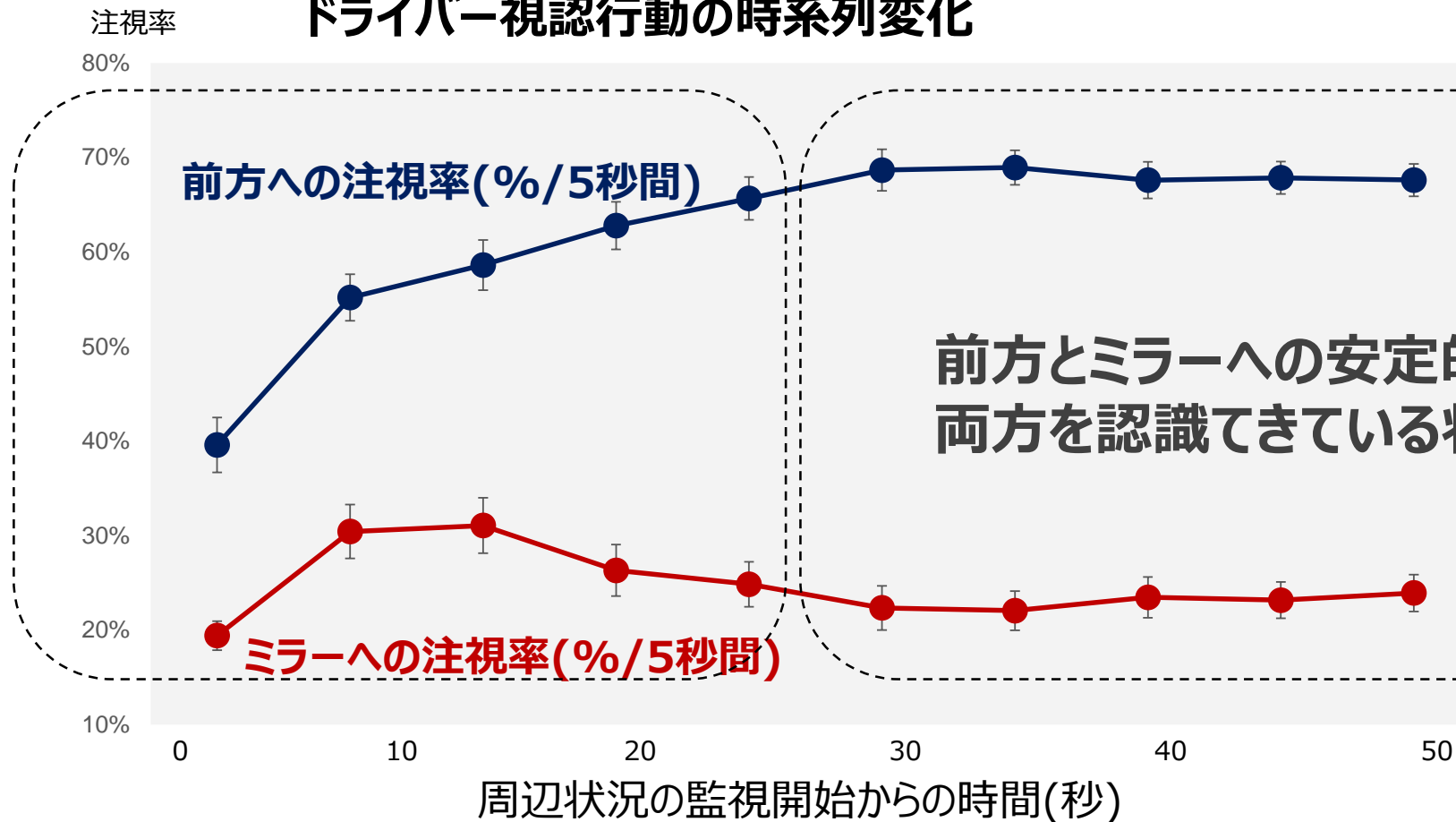
<SIP-adus HF Phase 2>

実験結果 (1/2)

ドライバーが周辺状況の監視を開始してからの
ドライバー視認行動の時系列変化

〔運転監視要請と運転交代要請の
間が60秒の場合〕

前方やミラー
に注意を向
けて、周辺
認識を高め
ている段階



前方とミラーへの安定的な注視率は
両方を認識できている状態に相当する

自動運転レベル3から手動運転への遷移

-計画的な運転交代-

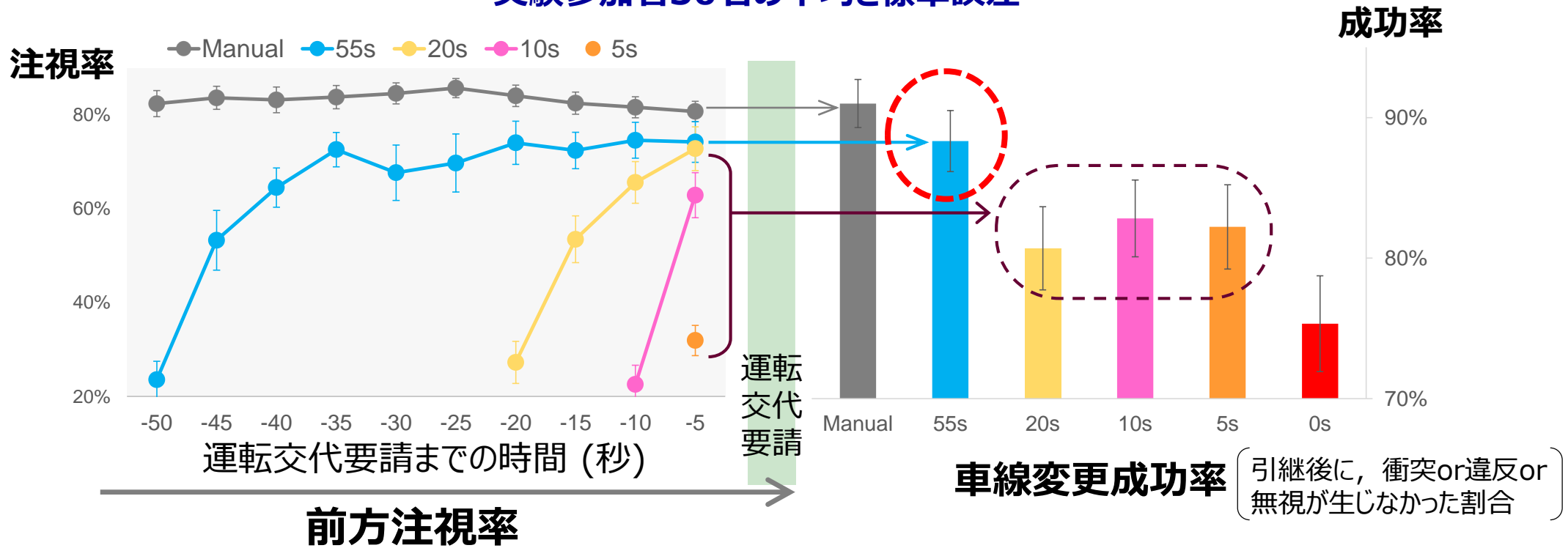
<SIP-adus HF Phase 2>

実験結果 (2/2)

運転交代前のドライバー視認行動と運転交代後の運転パフォーマンスとの関係

- 監視55s条件は、RtI提示前に前方注視率約70%で安定し、運転交代後に、手動運転条件に近い車線変更の成功率（他条件と比べて最も高い成功率）

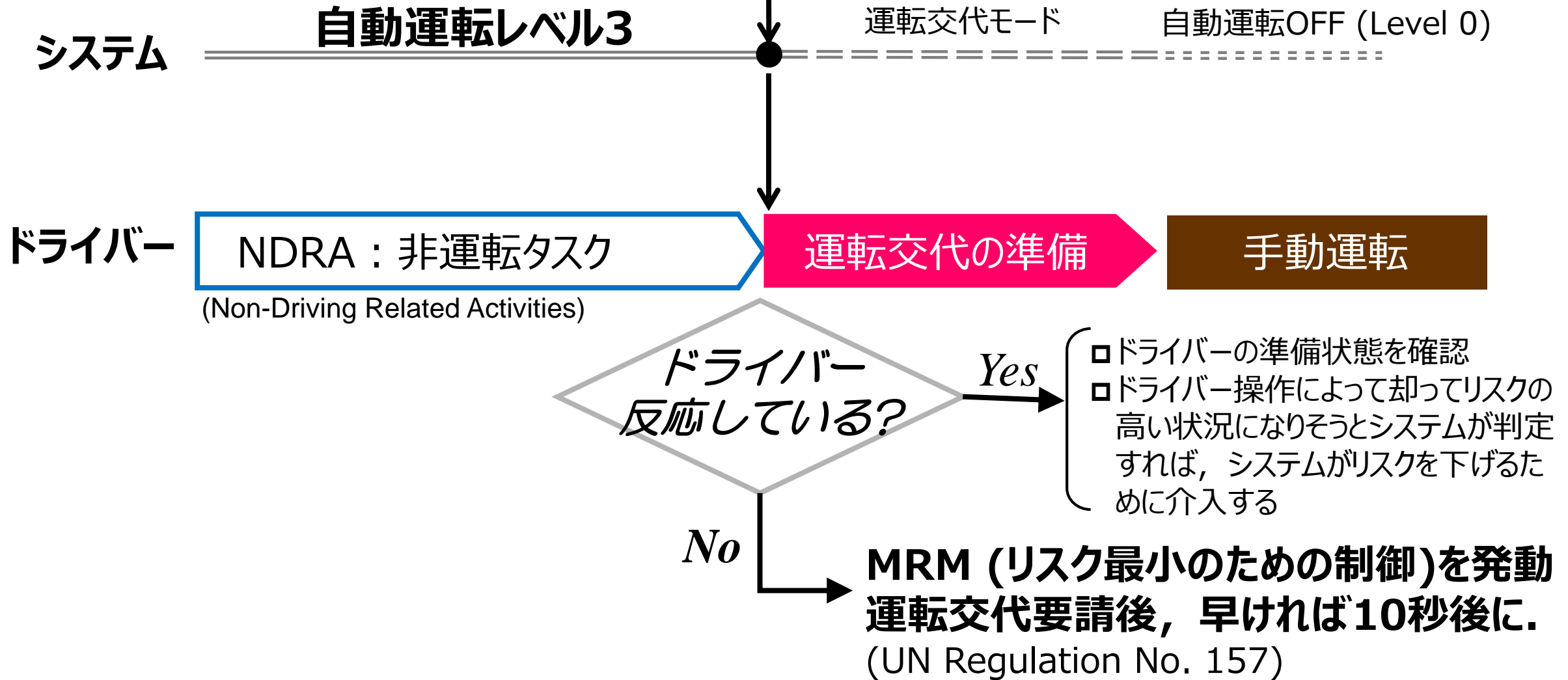
実験参加者30名の平均と標準誤差



自動運転レベル3から手動運転への遷移

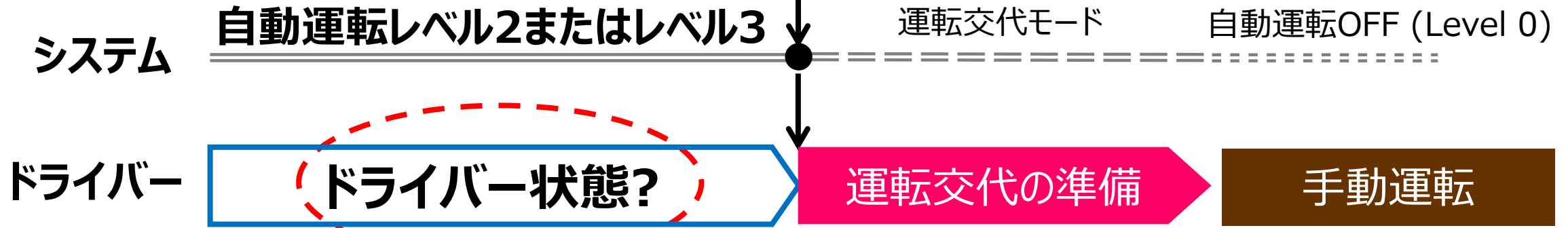
-非計画的な運転交代-

運転交代要請(RtI)



システム主導による自動から手動への運転交代 -まとめ-

運転交代要請(RtI)



自動運転システムのレベルによって、ヒューマンファクター課題は異なる

レベル2

自動運転中のドライバーの状態を評価し、手動運転できる閾値より低くないかを判定するドライバーモニタリングシステム

レベル3 計画された交代

非運転タスクから手動運転に戻るための運転準備状態 = 周辺の状態を認識できている状態を促進

レベル3 非計画な交代

運転できる状態か (運転操作は適切か) を判定, もしくは, MRM発動

非運転タスクの実施と運転交代への影響の検討

Jaussein M., Lévêque L., Deniel J., Bellet T., Tattegrain H. and Marin-Lamellet C. (2021) How Do Non-driving-related Tasks Affect Engagement Under Highly Automated Driving Situations? A Literature Review. *Front. Future Transp.* 2:687602. <https://doi.org/10.3389/ffutr.2021.687602>

Naujoks F., Befelein D., Wiedemann K. and Neukum A. (2018) A Review of Non-driving-related Tasks Used in Studies on Automated Driving. In: Stanton N. (eds) *Advances in Human Aspects of Transportation. AHFE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 597. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_52

運転交代要請のHMIと運転交代時間

Morales-Alvarez, W., Sipele, O., Léberon, R., Tadjine, H.H. and Olaverri-Monreal, C. (2020) Automated Driving: A Literature Review of the Take over Request in Conditional Automation. *Electronics*, 9, 2087. <https://doi.org/10.3390/electronics9122087>

運転交代時間とその影響要因（実験条件）

Soares, S., Lobo, A., Ferreira, S., Cunha, L. and Couto, A. (2021) Takeover performance evaluation using driving simulation: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Transp. Res. Rev.* Vol. 13, 47. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00505-2>

Zhang, B., De Winter, J., Varotto, S., Happee, R. and Martens, M. (2019). Determinants of take-over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 64, pp. 285-307. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.04.020>

運転交代パフォーマンスの評価指標

Cao, Y., Zhou, F., Pulver, E., Molnar, L., Robert, L., Tilbury, D. and Yang, J. (2021) Towards Standardized Metrics for Measuring Takeover Performance in Conditionally Automated Driving: A Systematic Review. *SSRN Electronic Journal*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3867520>

高齢ドライバーの運転交代パフォーマンス

Gasne, C., Paire-Ficout, L., Bordel, S., Lafont, S. and Ranchet, M. (2022) Takeover performance of older drivers in automated driving: A review, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 87, pp. 347-364. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.04.015>

運転交代に対するドライバー受容性の実環境での評価

実路での評価が必要不可欠であり、「非運転タスクを実施している時間」「非運転タスクをやり続けたいか」「運転交代要請のデザインと提示時間」「すぐに引き継ぎたいかどうか（＝運転文脈）」がドライバーの運転交代要請に対する受容性に与える影響を評価する必要がある。

日常の運転で自動運転をどれくらい使っているのかという自動運転経験が運転交代への態度にどのように影響を及ぼすのかの評価

長期的な評価が必要であり、運転交代要請の頻度や結果など、ドライバーが日常生活の移動で経験してきたことが、システム主導の運転交代に対するドライバーの姿勢にどのような影響を及ぼすのかを検討する必要がある。

自動運転システムの価値を高めるHMI (Human Machine Interaction / Interface)

非運転タスクは、スマートフォンを見ることだけに限りません。自動運転システムレベル2やレベル3のHMIは、自分で運転操作をしなくてよいという負担軽減に加えて、自動運転システムを利用する価値（運転の楽しさ、運転の快適さなど）を高めることに寄与する可能性がある。