

傾向スコアマッチングを用いた 自動運転レベル3に関する教材の効果検証

令和2年3月10日

職業能力開発総合大学校 新目真紀

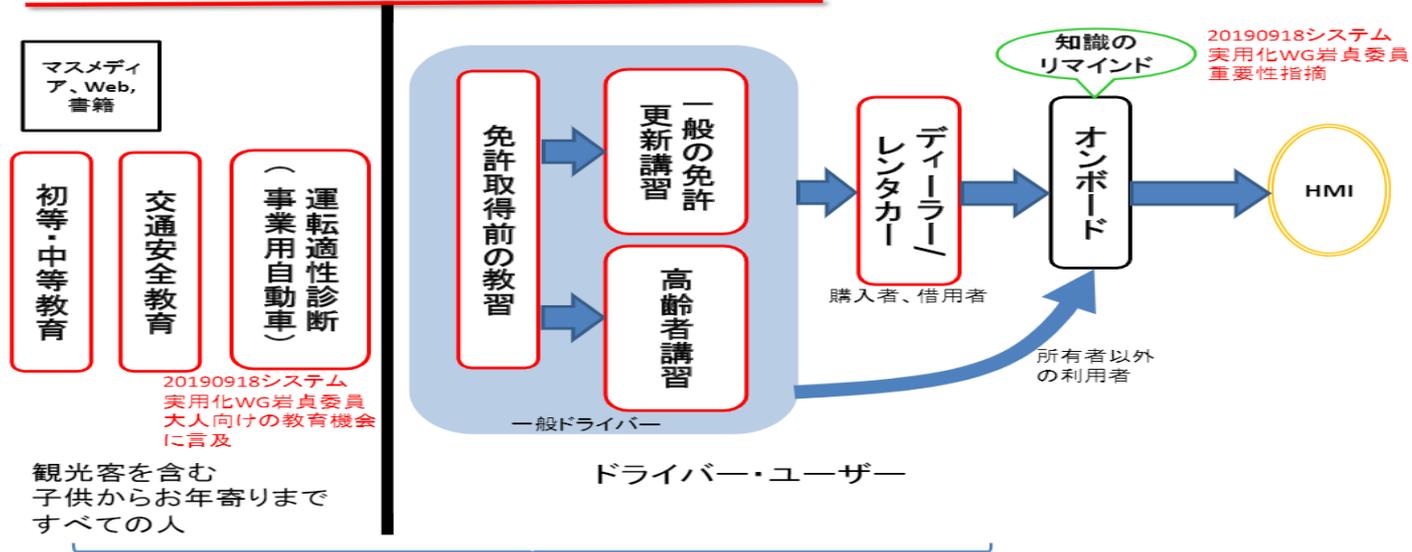
研究の背景

交通安全の教育を担う者による一般市民向けの講習現場での教育方法について研究する。

- 教習所や運転免許更新時の運転者向け安全講習
- 歩行者や自転車の利用者等に向けた地域や学校での安全講習

自動運転システムの利用とインタラクションに関する 教育訓練・知識伝達のフレームワーク

今回報告



参考 運転自動化レベル

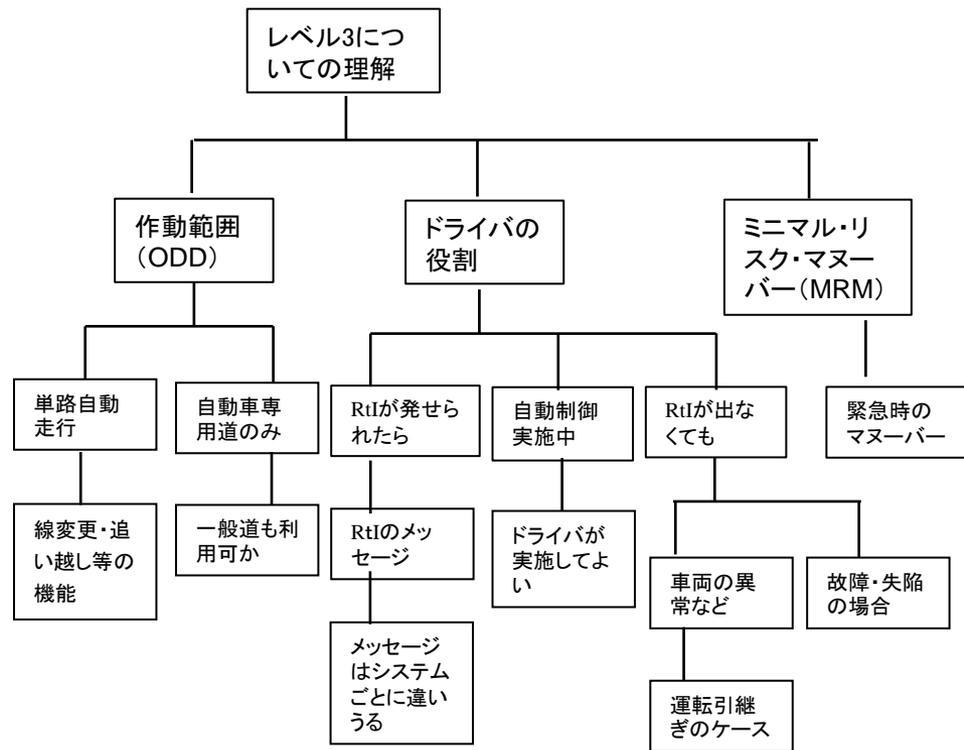
運転自動化レベル3 及び4 相当の自動運転車や普及が進む運転自動化レベル2 相当の高度運転支援システムに関し、運転者や歩行者等が習得すべき知識をどのように教育するかを検討

| | | |
|---------|---|---|
| Level 0 | No assistance | システムがステアリング操作、加減速のどちらか一方を担当。ドライバーは、システムが担当しない運転操作を担当。 |
| Level 1 | Driver Assistance | |
| Level 2 | Partial Automation | |
| Level 3 | Conditional Automation (緊急時はドライバーが操作.) | システムがドライビング環境をモニターする。SAEではレベル3からを自動運転と定義している。 |
| Level 4 | High Automation | |
| Level 5 | Full Automaton | |

研究の背景

レベル3のシステムに関する一般運転者向け安全運転教育コンテンツの開発

- ・安全に利用することについての動機付け（個人属性との兼合）
- ・自動運転全般
- ・レベル3の自動運転に関する知識



予備調査

同じ内容の教材
を3パターン作成

- ①チラシ
- ②クイズ
- ③動画

自動運転の仕組みについて

- センサーで「**周囲の自動車**」「**道路の白線**」などを検知して自動運転しています。
- 自動運転中は、**ドライバーは運転以外のことが出来ます。**



【自動運転機能その1】
自動運転車は、**白線を検知して**車線中央を走行します。

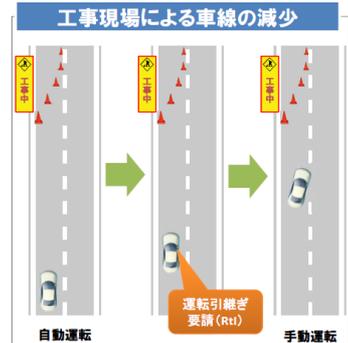


【自動運転機能その2】
自動運転車は、**先行車を検知して**適切な車間距離を維持し、一定速度で走行します。



運転引継ぎが必要な場面1：進行方向（前方）で工事や事故

工事現場による車線の減少



事故発生



運転引継ぎについて

- 自動運転中、交通状況や天候・道路の状態などにより、**自動運転の機能が使えなくなる場合があります。**
- 自動運転の機能が使えなくなる場合は、「**運転引継ぎ**」の案内が出て、ドライバーは自分で運転を行う必要があります。



自動運転 → 運転引継ぎ → ドライバーは自分で運転

- 交通状況
- 天候
- 道路状況
- センサーの動作環境など

運転引継ぎが必要な場面2：環境要因によるセンサ不良（検知できない）



GPSを捕捉できない

白線が検知できない



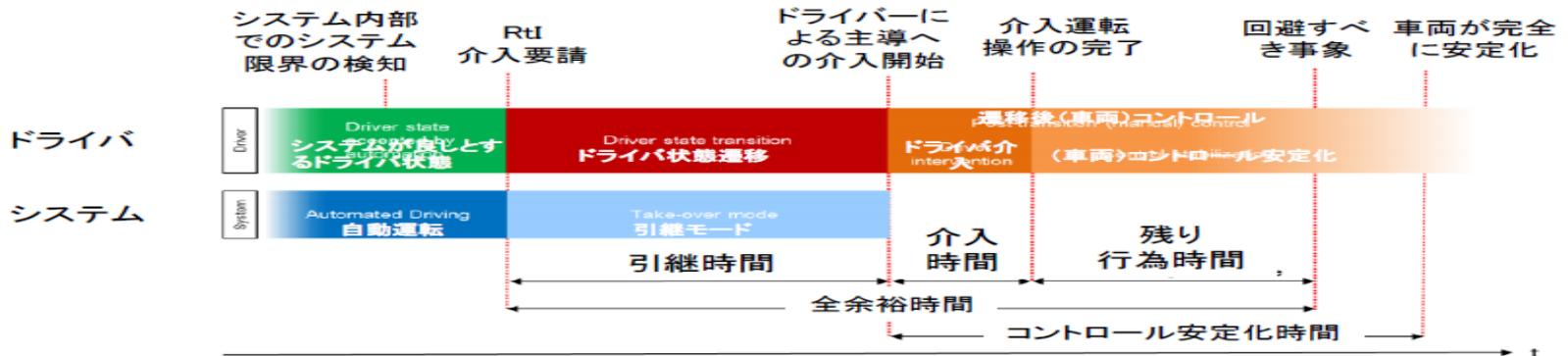
研究目的

RQ1:個人属性によって、自動走行システム（RtIの発生と運転引継ぎ）に関する教示方法とドライバーの理解に差はあるか？

RQ2:個人属性によって、自動走行システム（RtIの発生と運転引継ぎ）の理解度が高まる教示方法（コンテンツ別）はあるのか？

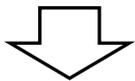
Transition Process Model: 遷移過程モデル

- モデル例:システムから引き起こされる自動から手動への遷移



研究方法

1.自動運転に関するPreテスト(4問)



- Q1: RtIの場面についての設問
- Q2:自動運転車の仕組みについての設問
- Q3:システムが運転を担う自動運転車における自動運転中に、「ドライバーはどのような状態である必要があるか」についての設問
- Q4:自動運転車で運転引継ぎの案内が発生する場面として、以下の中から正しいと思われるものをすべて選んでください。(いくつでも)

2. 個人属性の調査

学習スタイルについて (44問)

キャリアレジリエンスについて (40問)



3.自動運転に関する教示

①自動運転の仕組み

②運転引継ぎについて (RtI)

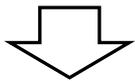
③運転引継ぎが必要な場面1

④運転引継ぎが必要な場面2

チラシ (PDF) (N=1080)

クイズ(4問)(N=1080)

動画(48秒)(N=1080)



4.自動運転に関するPostテスト(4問)

収集したデータ（1）

4 設問を事前事後に調査

Q1：RtIの場面についての設問

Q2：自動運転車の仕組みについての設問

Q3：システムが運転を担う自動運転車における自動運転中に、「ドライバーはどのような状態である必要があるか」についての設問

Q4：自動運転車で運転引継ぎの案内が発生する場面として、以下の中から正しいと思われるものをすべて選んでください。（いくつでも）

プレテストとポストテストは
同じ内容を調査

設問 1

Q1: RtIが発生する場面についての設問

あなたは、自動運転車のドライバー席に座っているものとします。あなたが想像する限りにおいて、この自動車の自動運転から手動運転に切り替えなければいけないと思われる場面をすべて選んでください。（いくつでも）(MA)

| No | 選択肢 | No | 選択肢 |
|----|----------------|-----|--------------------|
| 1. | JCT合流 : × | 7. | トンネル : × |
| 2. | 濃い霧 : ○ | 8. | 見通しの悪いカーブ : × |
| 3. | 強い雨 : ○ | 9. | 街灯の少ない夜間走行 : × |
| 4. | 前方で工事中 : ○ | 10. | まぶしい西日 : × |
| 5. | 前方で故障車が停止中 : ○ | 11. | 3車線から2車線への車線減少 : ○ |
| 6. | 急な割込み : × | 12. | あてはまるものはない : × |



設問 2

Q2:自動運転の仕組みについて

自動運転車の仕組みについて、正しいと思われるものをすべて選んでください。(MA)

| No | Choice |
|----|--|
| 1. | 自動運転車は、GPSからの位置情報だけで走行している。 |
| 2. | 自動運転車は、センサーで白線を検知して車線の中央を走行している。 |
| 3. | 自動運転車は、センサーで先行車を検知して、車間距離を維持し、一定速度で走行している。 |
| 4. | 自動運転車は、道路や信号機などから発信される信号だけで走行している。 |
| 5. | 自動運転車は、先行者を追従する機能だけで走行している。 |

設問3

Q3:システムの機能（RtIについて）／サブタスクの実施

システムが運転を担う自動運転車における自動運転中には、「ドライバーはどのような状態である必要があるか」について、正しいと思われるもの1つを選択してください。（SA）

| No | Choice |
|----|---|
| 1. | ドライバーは、常に前方を監視しハンドルを握っていなければならない。 |
| 2. | ドライバーは、運転席に座っていなくてもよい。 |
| 3. | ドライバーは、運転引継ぎの案内があるまでは運転以外のことをしていてもよく、運転引継ぎの案内が出た後は自ら手動で運転しなければならない。 |
| 4. | ドライバーは、運転引継ぎの案内があるまでは運転以外のことをしていてもよく、運転引継ぎの案内が出た後は車を停止させなければいけない。 |

設問4

Q4RtIが発生する場面について

自動運転車で運転引継ぎの案内が発生する場面として、正しいと思われるものをすべて選んでください。(MA)

| No | Choice |
|-----|---|
| 1. | 進行方向の先で工事が行われており、走行している車線が減少する。 |
| 2. | 交通量の多い道路で、道路の白線が消えている。 |
| 3. | 上り坂のカーブに近づいている。 |
| 4. | 先行車が走っていない。 |
| 5. | 進行方向の先で事故が発生し、通行止めとなっている。 |
| 6. | 道路わきの障害物が影響し、GPSからの位置情報を補足できなくなった。 |
| 7. | 進行方向の先で渋滞が発生している。 |
| 8. | 進行方向の先の信号が赤信号である。 |
| 9. | 濃い霧の影響で、道路の白線が見えにくくなり、センサーで道路の白線を検知できなくなった。 |
| 10. | センサーの故障により、道路の白線を検知できなくなった。 |

個人属性

キャリアレジリエンス

- キャリア形成を脅かすリスクに直面した時、それに対処してキャリア形成を促す働きをする心理的特性。
- レジリエンスカが高いほどリスク要因によるネガティブな結果を減少させることが示唆されている。

| | |
|-----------|------------------------|
| | |
| チャレンジ | チャレンジおよび問題解決力、適応する力 |
| ソーシャル・スキル | 対人場面における適切かつ効果的な対人認知行動 |
| 新奇・多様性 | 新奇性や興味関心の多様性 |
| 未来志向 | 肯定的な未来志向（楽観性を含む） |
| 援助志向 | 他人を助ける行動 |

「とてもそう思う(5点)」から「全くそう思わない(1点)」の5段階評定

データ分析結果（1）

学習教材別デモグラフィックデータ

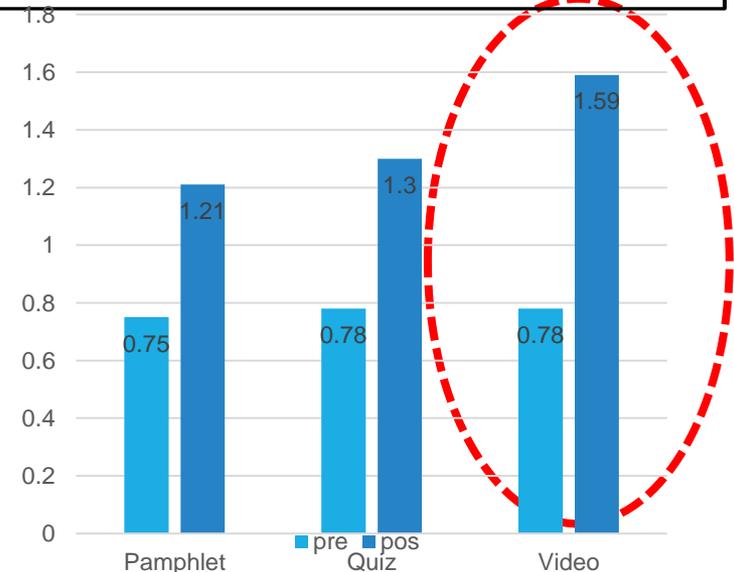
| 年齢 | 性別 | | チラシ | | クイズ | | 動画 | |
|-------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | 男性 | 女性 | 男性 | 女性 | 男性 | 女性 | 男性 | 女性 |
| 20-35 | 153 | 667 | 52 | 218 | 51 | 219 | 50 | 220 |
| 36-45 | 285 | 525 | 88 | 182 | 95 | 175 | 102 | 168 |
| 46-60 | 477 | 333 | 164 | 106 | 152 | 118 | 161 | 109 |
| 61~ | 615 | 195 | 207 | 63 | 212 | 58 | 196 | 74 |
| Total | 3240 | | 1080 | | 1080 | | 1080 | |

データ分析結果（2）

事後テストの結果は事前テストと比べ学習教材によらず有意に高い。教材タイプ別のプレ-ポストテストの得点上昇率はパンフレット1.61倍、クイズ1.67倍、動画2.04倍となり、動画教材のポストテストの結果は、他教材よりも有意に高い。

特に動画教材の上昇率が高く、2.04倍となった。

| | | チラシ N=1080 | クイズ N=1080 | 動画 N=1080 |
|-----------|------|---------------|---------------|--------------|
| 事前 テスト | Mean | 0.75 | 0.78 | 0.78 |
| | SD | 0.79 | 0.79 | 0.78 |
| 事後 テスト | Mean | 1.21 | 1.30 | 1.59 |
| | SD | 1.10 | 1.02 | 1.10 |



データ分析結果（3）

レジリエンスの因子別の α 係数を算出したところR1：チャレンジ（ $\alpha=0.87$ ），R2：ソーシャルスキル（ $\alpha=0.85$ ），R3：新奇・多様性（ $\alpha=0.86$ ），R4：未来志向（ $\alpha=0.81$ ）R5：援助志向（ $\alpha=0.84$ ）となり内部一貫性に問題はなかった。

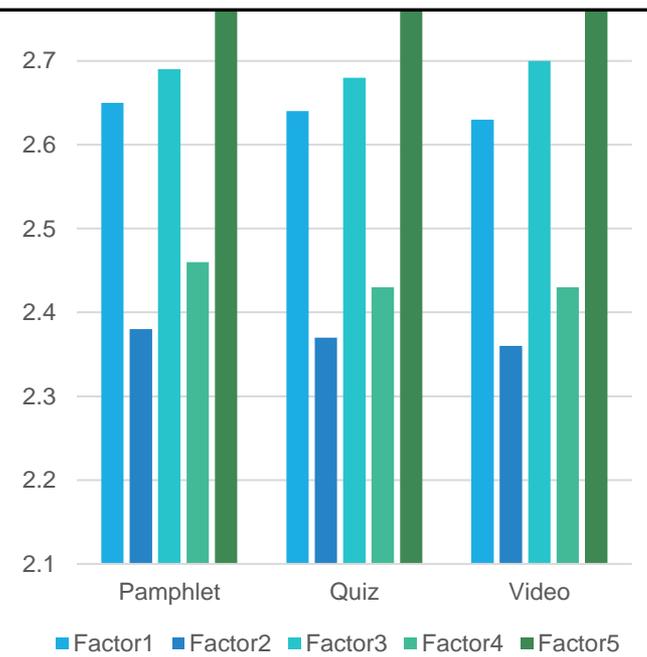
| | | チラシ N=1080 | クイズ N=1080 | 動画 N=1080 |
|-------------------|------|---------------|---------------|--------------|
| R1：チャレンジ・問題解決・適応力 | Mean | 2.65 | 2.64 | 2.63 |
| | SD | 0.40 | 0.43 | 0.41 |
| R2:ソーシャルスキル | Mean | 2.38 | 2.37 | 2.36 |
| | SD | 0.49 | 0.53 | 0.49 |
| R3:新奇性・興味関心の多様性 | Mean | 2.69 | 2.68 | 2.70 |
| | SD | 0.54 | 0.56 | 0.55 |
| R4:未来志向 | Mean | 2.46 | 2.43 | 2.43 |
| | SD | 0.60 | 0.62 | 0.62 |
| R5:援助志向 | Mean | 2.81 | 2.79 | 2.81 |
| | SD | 0.60 | 0.60 | 0.60 |

データ分析結果 (3)

ノンパラメトリック (Fredmanの順位付けによる変数の双方向分析) の結果、学習教材別の因子に有意差は見られなかった。

| | | Pamphlet N=1080 | Quiz N=1080 | |
|------------------------|----|--------------------|----------------|------|
| R1: チャレンジ・問題 解決・適応力 | M | 2.65 | 2.64 | 2.63 |
| | SD | 0.40 | 0.43 | 0.41 |
| R2: ソーシャルスキル | M | 2.38 | 2.37 | 2.36 |
| | SD | 0.49 | 0.53 | 0.49 |
| R3: 新奇性・興味関心の 多様性 | M | 2.69 | 2.68 | 2.70 |
| | SD | 0.54 | 0.56 | 0.55 |
| R4: 未来志向 | M | 2.46 | 2.43 | 2.43 |
| | SD | 0.60 | 0.62 | 0.62 |
| R6: 援助志向 | M | 2.81 | 2.79 | 2.81 |
| | SD | 0.60 | 0.60 | 0.60 |

学習教材別に各因子をノンパラメトリック検定をした結果、有意差は見られなかった



分析方法

本研究ではIBM SPSS Statistics 25を使用した。

1. 成績上昇（1）と非上昇群（0）を従属変数としてロジスティック回帰分析を行い、キャリアレジリエンス因子の影響をオッズ比で確認する。

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b))} \dots \textcircled{1}$$

2. ロジスティック回帰分析で計算した予測確率 = 傾向スコアを基準として、交絡因子の影響を除去するためにマッチング処理を行い、その結果を比較する。

$$PS = P(\text{treatment group} \mid x_i = X)$$

チラシの結果

Logistic regression analysis results

学習教材別にキャリアレジリエンスの各因子がどの程度影響を及ぼしているかを比較した。

チラシについては、R1とR2が有意な結果であった。

| | B | SE | Wald | Significant | Exp(B) |
|--------------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| R1 : チャレンジ | 0.50 | 0.23 | 4.68 | 0.03* | 1.64 |
| R2:ソーシャルスキル | -0.79 | 0.16 | 23.55 | 0.00** | 0.45 |
| R3:新奇性 | 0.25 | 0.16 | 2.38 | 0.12 | 1.28 |
| R4:未来志向 | -0.04 | 0.13 | 0.09 | 0.77 | 0.96 |
| R6:援助志向 | 0.19 | 0.13 | 2.11 | 0.15 | 1.21 |

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ Cox-Snell R^2 0.03

N=1080

クイズの結果

Logistic regression analysis results

学習教材別にキャリアレジリエンスの各因子がどの程度影響を及ぼしているかを比較した。

クイズについては、R1とR2とR3が有意な結果であった。

| | B | SE | | | |
|---------------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| R1: チャレンジ | 0.70 | 0.22 | 10.28 | 0.00** | 2.00 |
| R2: ソーシャルスキル | -0.52 | 0.15 | 12.54 | 0.00** | 0.59 |
| R3: 新奇性 | -0.08 | 0.15 | 0.31 | 0.58 | 0.92 |
| R4: 未来志向 | -0.24 | 0.13 | 3.52 | 0.06† | 0.79 |
| R6: 援助志向 | 0.17 | 0.12 | 1.87 | 0.17 | 1.18 |

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ Cox-Snell R^2 0.03

N=1080

動画の結果

Logistic regression analysis results

学習教材別にキャリアレジリエンスの各因子がどの程度影響を及ぼしているかを比較した。

動画については、R2のみが有意な結果であった。

| | B | SE | Wald | df | Sig. | Exp. B |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|----|---------------|-------------|
| R1 : チャレンジ | 0.31 | 0.22 | 0.22 | 1 | 0.16 | 1.36 |
| R2: ソーシャルスキル | -0.54 | 0.16 | 0.16 | 1 | 0.00** | 0.58 |
| R3: 新奇性 | 0.01 | 0.15 | 0.15 | 1 | 0.94 | 1.01 |
| R4: 未来志向 | 0.01 | 0.13 | 0.13 | 1 | 0.93 | 1.01 |
| R6: 援助 | | | | | | |

As a result of the analysis, it was considered that the video most absorbed personal characteristics.

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ Cox-Snell R^2 0.01

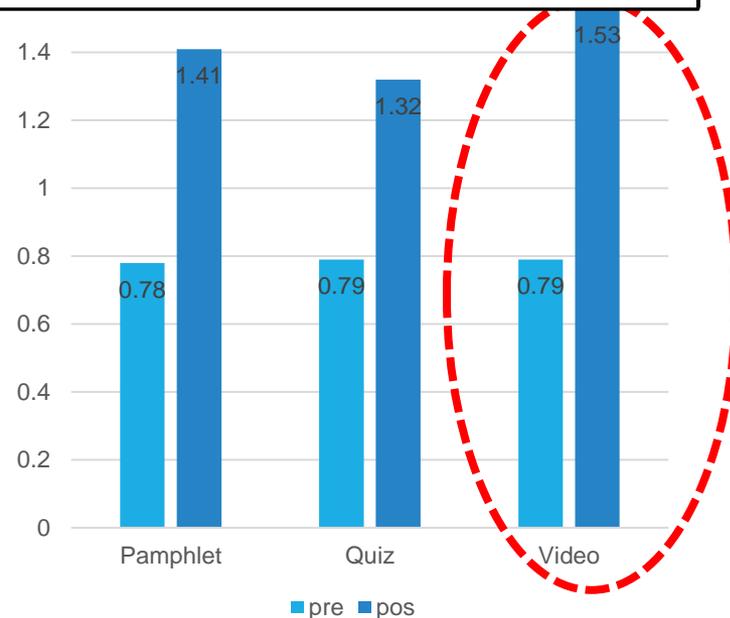
N=1080

傾向スコアマッチングの結果

傾向スコアマッチング後の学習教材タイプ別プレ-ポストテストの結果である。傾向スコアによるマッチング後は、マッチング前と比較すると有意差が縮小していることがわかる。動画教材には、キャリアレジリエンス以外の個人特性を

傾向スコアマッチング後も動画の事後テストの結果が最も高く、1.94倍であった。

| | | チラシ N=834 | クイズ N=1000 | 動画 N=984 |
|-----------|------|--------------|---------------|-------------|
| 事前 テスト | Mean | 0.78 | 0.79 | 0.79 |
| | SD | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 事後 テスト | Mean | 1.41 | 1.32 | 1.53 |
| | SD | 0.04 | 0.03 | 0.04 |



結果の分析

- 学習教材によって、個人属性の1つであるキャリアレジリエンス特性による差の吸収の仕方が異なることを検証した。
- 学習時には、キャリアレジリエンスのR1：チャレンジ因子、R2：ソーシャルスキル因子、R3：未来志向因子が影響を及ぼす可能性が確認された。
- 今回作成したチラシ、クイズ、動画の3種類の学習教材の中では、動画が最もキャリアレジリエンス特性の差を吸収する可能性が示唆された。

今後の課題

- キャリアレジリエンス特性の差を取り除いても、学習教材間の差があることから、他の個人属性の影響も検討する必要がある。
- 今回の調査では、個人属性として、年齢、性別、出身地、車所有の有無、利用頻度、学習スタイル等を調査しているが、これらの属性については十分検討ができていない。
- 検証した教材は、チラシ、クイズ、動画の3種類のみで、動機付け方法については十分な考慮ができていない。
- 今後は、動画教材に動機付け要素やインタラクティブな要素を取り入れ、同様な調査を実施する予定である。

参考文献

Zhou, H., Itoh, M., Kitazaki S.: How Does Knowledge about System Limitations Contribute to Interventions into Partial Automation Among Elderly Drivers? Proceedings of The 2018 IEEE international Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2018), pp. 851-820.Miyazaki, Japan, (2018).

Zhou, H., Itoh, M., Kitazaki, S.: Long-term Effect of Experiencing System Malfunction on Driver Take-over Control in Conditional Driving Automation. Proceedings of The 2019 IEEE international Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2019), pp. 1950-1955. Bari, Italy (2019).

Nemeth, P. C., Hollnagel, E. (eds.), Kitamura, M. (translator): Guidelines for Application of Resilience Engineering: To Become a Resilient Organization, Nikka Giren Publisher, (2017).

Arame, M., Hideshima E., & Kanda K.: Study on Scaffolding Effect of Video Learning materials in Participatory Learning for Improving Preparedness, JSCE D3, 68 (5), pp35-43, (2012).

Arame, M., Tamaki, K.: Consideration of Resilience Improvement Effect in Educational Organization Management Applying P2M. Proceedings of The International Association of P2M, 2019 Vol.14-1 pp. 264-280, Japan, (2019).

Felder, R. M. & Silverman, L. K.: Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education, Engr. Education, 78(7), pp. 674-681, (1988).

Kodama, M. Examination of Construct of Career Resilience and Development of Measurement Scale, Psychology Research 86 (2), pp.150-159 (2015)

Thank you for your attention.

