

交通安全危険予知訓練の交通行動変容への効果検証

Estimating the Causal Effect of Traffic Safety Hazard Prediction Training on Traffic Behavior Change

長谷川 裕修¹, 葛西 誠²

Hironobu HASEGAWA¹ and Makoto KASAI²

交通安全危険予知訓練 (KYT) 後の中長期的な追跡調査によって、参加者に望ましい交通行動変容があったことが報告されているが、これがどのような要因によるものかは明らかになっていなかった。本研究では交通行動変容にKYTが与える効果を検証することを目的として、KYT教材種別・交通安全意識などを予測変数とする交通行動変容順序ロジットモデルを構築した。2020年度・2021年度に実施したKYTで得たデータを用いて分析を行った結果、以下の2点が明らかとなった。1) VR教材での学習は対照群と比べて道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果がある、2) 写真教材での学習は対照群と比べて左右確認・道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果がある。

The authors' past research highlights a significant positive shift in traffic behavior observed in participants who underwent traffic safety hazard prediction training (KYT) during a mid-to-long-term follow-up survey. However, the underlying factors responsible for this transformation remain undisclosed. This study aims to provide a comprehensive understanding of the factors contributing to changes in traffic behavior by utilizing ordered logit models based on data gathered from KYT sessions conducted in FY2020 and FY2021. The analysis yielded the following two findings:

1. Training with VR materials significantly affects road width, checking curve mirrors, checking backward, and walking on the right side of the road compared to the control group.

2. Training with photographic materials significantly affected right/left confirmation, road width, curve mirror confirmation, rearward confirmation, and walking on the right side of the road compared to the control group.

These findings illuminated the distinct impacts of different training materials on traffic behavior and offer valuable insights for improving road safety education programs. Further research is needed to investigate the specific mechanisms underlying these effects.

Keywords: 交通安全, 交通安全教育, 因果効果, パネルデータ

Traffic Safety, Traffic Safety Education, Causal Effect, Panel Data

1. はじめに

わが国では、子どもから高齢者までの幅広い年齢層を対象として様々な交通安全教育が実施されているが、いくつかの問題が指摘されている。矢橋¹⁾は交通安全教育における問題点として、『交通安全教育の受け手にとっては他人事でしかなく、自らの問題として認識されていないことであり、(中略)危険予知訓練についても机上の危険要素発見練習に終わっているケースが少なくない』と述べている。また、新井²⁾は交通安全教育の体系化の必要性を指摘するとともに、『およそ、世の中に教育の名の付くものはたくさんあるが、そのなかで交通安全教

育ほど評価と縁が薄いものはないであろう』と評価が不十分な点に警鐘を鳴らしている。小川³⁾は交通安全教育は生涯教育であると位置づけた上で、『小学校・中学校の交通安全教育は児童の教育ニーズに対応したものがあ。しかし、それ以降の教育プログラムが用意されていない』と指摘している。

以上の問題意識に基づいて、筆者らは高専生を対象とした効果的な交通安全教育の実施に向け、教材の作成とその評価に取り組んでいる^{4,5,6)}。交通安全教育において、潜在的な危険を予測し指摘することで、実際の交通場面での危険を回避する能力を向上させるための訓練と

1 正会員, 博士 (工学), 秋田工業高等専門学校

Member, Dr. Eng., National Institute of Technology, Akita College

〒011-8511 秋田県秋田市飯島文京町1-1 e-mail: hasegawa@akita-nct.ac.jp Phone: 018-847-6067

2 正会員, 博士 (工学), 秋田工業高等専門学校

Member, Dr. Eng., National Institute of Technology, Akita College

して、危険予知訓練（以下KYTと記す）の実施が進められている。

交通安全危険予知に関係する既往の研究としては、先述の筆者らによるもの^{4,5,6}の他、蓮花⁷・島崎⁸・多田⁹などがある。蓮花⁷は三重県鈴鹿市の小学校1年生から6年生（総計283名、学年別に39～55名）を対象にハザード知覚^{*1}を測定し、1年生の段階ではまだ十分には能力が形成されておらず、3年生になってようやくほぼ発達し、その後は緩やかに上昇することを報告している。島崎⁸はタブレット端末と専用ソフトウェアおよび歩行者視点の映像を組み合わせたハザード知覚訓練ツールを用いて子ども20名（平均年齢8.2歳）・高齢者20名（同75.8歳）・大人53名（同43.3歳）に対する効果を検証した。その結果、子どもは顕在ハザード・潜在ハザードともに大人と同程度にハザードを知覚していると報告しており、蓮花⁷とは矛盾した結果となっている。また、訓練の効果は見られず、子どもへのハザード知覚訓練が困難である可能性があることを報告している。多田⁹は運転技能自動評価システムObjetを用いて収集した高齢者Objetデータと非高齢者Objetデータの比較により、1)高齢者群の運転技能は非高齢者群に比べて群内分散が大きく、高齢者群と一括りにして論じることが困難であること、そのため、2)種々のセンサによって個々人の問題点を把握し、その人の問題点に合わせた対策を講じることが重要であると述べている。

従来のKYT教材に使用されるメディアの多くは、イラスト・写真といった静止画像であったが、これは三人称視点であり、学習者が確認できる範囲が限定されることに課題があった。一方、近年のバーチャルリアリティ（Virtual Reality、以下VRと記す）技術の発展と機材の一般化により、ゲームや映画等のエンターテインメント分野のみならず、スポーツ選手のトレーニングやVR社会見学などの教育分野への応用も始まっている。また、360度カメラの性能向上と低廉化により、実環境に近い一人称視点、かつ360度全方位確認可能な実写VR教材を作成することが可能になりつつあり、その教育効果が期待されている。

大谷¹⁰によれば、心理学では「教育」を『人間を善徳に導くために、比較的成熟した人（教育者）が実施する一定期間の教授的行動』と考え、「学習」を『経験や訓練により比較的永続的に行動が変容すること』と定義している。また、『学習は人間の行動や技量・能力の変容を目指すものであるが、教育は行動や能力・技量の変容に加えて、態度や価値観の変容を最終的な目標としている』と述べている。

交通計画・土木計画分野においては、コミュニケーションによる態度や価値観の変化を経て、社会的に望ましい協力行動への行動変容を促すモビリティ・マネジメ

ント（MM）の研究・実践蓄積が多くある^{11,12,13,14}。また、医学・保健分野においても、健康づくりや健康支援の方法として行動変容に基づく取り組みが多くなされている¹⁵。更には、『つい行動したくなるような「仕掛け」を用いて人の行動変容を誘引する』仕掛け¹⁶や『行動科学の知見の活用により「人々が自分自身にとってより良い選択肢を自発的に取れるように手助けする政策手法』であるナッジ(nudge)¹⁷の交通政策への適用も始まっている。

ところで近年、わが国では「証拠に基づく政策立案 Evidence Based Policy Making(EBPM)」が推進されている。これは『政策の企画をその場限りのエピソードに頼るのではなく、政策目的を明確化したうえで合理的根拠（エビデンス）に基づくものとする¹⁸』であり、医療における「エビデンスに基づく医療 Evidence Based Medicine(EBM)」の考え方を政策立案に転用したものである。EBPMでも、その元となったEBMにおいても、何らかの政策（処置・介入）効果に効果があったのかどうかを評価する際には因果関係を推定することが一般的である^{19,20}。

著者らはこれまでに交通安全KYT教材のメディア形態の違いによる短期的・中期的な教育効果への影響について検討してきた^{4,5,6}が、いずれも前後比較に基づく検討であり、効果を適切に評価していたとは言い難い。また、交通行動変容に与える交通安全KYTの効果については教材の違いによる代表値の差の検定を行っただけであり^{5,6}、どのような要因によって交通行動が変容するのかが明らかになっていない。

以上を踏まえて本研究は、2020年度・2021年度に実施した一連の交通安全KYTで得た全7時点分のデータのうち、1)各年度の交通安全KYT後のデータを用いて、交通安全意識に与えるKYTの因果効果を推定し、2)交通行動変容についてたずねた4時点分のデータを用いて、交通行動変容に与えるKYTの因果効果をパネルデータ分析の方法論によって検証するものである。本研究の新規性と有用性は、交通安全意識と交通行動変容に与えるKYTの因果効果の推定を試みる点にある。

2. データの概要

2.1 使用データ

本研究では、2020年度と2021年度に秋田高専在校生を対象とした交通安全KYTの過程で収集した全7回分のアンケート調査結果を分析対象とする。なお、パネルデータ分析の慣例にならない、以下ではそれぞれのアンケート調査の調査時期をwaveと表現する。

2020年度の実験は秋田高専第2学年（高校2年生と同世代）に在籍する学生31名を対象として、VR教材・写真

表1 2020年度KYT学習教材に含まれる学習項目⁵⁾

学習項目	場面1	場面2
一時停止		○
左右確認		○
信号確認		
道幅（車との距離）	○	
カーブミラー確認		○
後方確認	○	
右側通行	○	
標識確認		○

○：VR教材・写真教材ともに学習

表2 2021年度KYT学習教材に含まれる学習項目⁶⁾

学習項目	場面1	場面2	場面3	場面4
一時停止		○		
左右確認	○	○		△
信号確認				
道幅（車との距離）	○	△	○	
カーブミラー確認	○	○	○	
後方確認	○	△	○	○
右側通行	○	△	○	○
標識確認	△	○	△	

○：VR教材・写真教材ともに学習，△：VR教材のみ学習

教材それぞれ10名，対照群11名ずつをランダムに割り当てて，以下の手順で実施した．2020年11月12日に，(1) 教育前アンケート（wave 1）の実施，(2) KYT教材を用いた学習，(3) 教育後アンケート（wave 2）の実施，の順に行った．続いて2021年1月20日に（4）第1回追跡調査アンケート（wave 3）を実施した．この2020年度の実験および分析結果は，長谷川・菅原・葛西・田村⁵⁾において報告済みであるため，詳細は省略する．表1に2020年度実験での学習項目を示す．

2021年度の実験は秋田高専の学生29名を対象にVR教材10名・写真教材10名・対照群9名をそれぞれランダムに割り当てて実施した．なお，各群の参加者のうち，VR教材7名・写真教材8名・対照群8名は2020年度の実験にも参加している．2021年度の実験は以下の手順で実施した．まず，2022年1月19日に（1）教育前アンケート（wave 4）を実施した．この教育前アンケートは2020年度実験の第2回追跡調査を兼ねている．翌日に（2）KYT教材を用いた学習，（3）教育後アンケート（wave 5）の実施，の順に行った．なお，悪天候のため数名の実験参加者が別日程となったが，いずれも1月19日および2月23日から1週間以内に実施した．その後，2022年2月23日に（4）第1回追加調査アンケート（wave 6）を実施した．最後に，2023年2月上旬に第2回追跡調査アンケート（wave 7）を実施した．この2021年度の実験および分析結果のうち，第1回および第2回追跡調査アンケートを除いた内容は長谷川・吉田・葛西・田村⁶⁾において報告済みであるため，詳細は省略する．表2に2021年度実験での学習項目を示す．

2020年度・2021年度のKYT学習教材および参加状況のクロス集計結果を表3に示す．表中の2020教材種類が不参加の計6名を途中参加群，2021教材種類が不参加の計8名を途中離脱群，それ以外の23名を継続群と定義する．本研究では両年度延べ37名の実験参加者のうち，継続群の23名を対象として分析を行う．なお，両年度ともに教材の割当をランダムに行っているため，それぞれの

表3 KYT学習教材および参加状況のクロス集計結果

	2021年度			
	対照群	VR	写真	不参加
2020年度				
対照群	3	2	3	3
VR	2	2	2	4
写真	3	3	3	1
不参加	1	3	2	0

年度における実験にはセレクションバイアスは生じていないと考えられる．

2.2 分析に用いる変数

各waveで尋ねた設問は以下の通りである．

- 各学習項目に関する交通安全意識「とても意識している（3点）」「意識している（2点）」「あまり意識していない（1点）」「意識していない（0点）」の4件法（全wave）
- 個人属性として性別（択一式）・年齢（整数）・各種運転免許の有無（択一式）と取得時期（年月）・非積雪期の通学手段（複数選択式）（wave 2, 5, 7および，wave 4の途中離脱者のみ）
- KYTについて話した相手（KYT参加者・友人（KYT非参加者）・家族・教員・その他・話していない）を複数選択式（wave 3, 4, 6, 7）
- KYT後の意識や行動に影響したと考えられる出来事（通学指導・高専での特別活動や通知等・自動車学校での座学や実技・SNS・SNS以外のインターネット閲覧・友人や保護者などとの会話・ラジオ・テレビ番組・その他・なし）を複数選択式（wave 3, 4, 6, 7）
- KYT後の交通行動変容について学習項目ごとに「全く行動しなくなった」「行動が減った」「変化なし（元々行動していない）」「変化なし（元々行動してい

る)」「行動が増えた」「いつも行動するようになった」の順序尺度(6水準)(wave 3, 4, 6, 7)

交通安全意識は上記の通り点数化し、択一式の各設問はそれぞれ名義変数、複数選択式の各設問はそれぞれダミー変数、KYT後の交通行動変容は全く行動しなくなったを0~いつも行動するようになったを5として整数でコード化した。

KYTについて話した相手については実験参加者の客観的な行動を、KYT後の意識や行動に影響したと考えられる出来事については主観的な意識を、それぞれ尋ねている。

なお、本研究で対象とする通学時の交通行動は直接計測することが困難なため、実験参加者による主観的な評価を用いている。客観性の向上のために、モビリティ・マネジメント(MM)分野における行動変容の効果として用いられる¹³⁾交通手段利用頻度や移動回数のように計量可能な指標を検討したり、菊池ら²¹⁾のように実際の交通場面における行動を観察するなどが考えられるが、これらは今後の課題とする。

3. 分析方法

3.1 交通安全意識に対する効果

交通安全KYTを介入として捉えたとき、対照群を含む教材の割当をランダムに行うことで、介入が行われるサンプル(処置群:VR教材群・写真教材群)と行われないサンプル(対照群)におけるその他の要因も平均的には同一になることが期待される。したがって、それぞれのサンプルの平均を比較して得られる分析結果はその他の要因による影響を受けないこととなる。このような分析を無作為化比較試験(randomized controlled trial, 以降RCTと記す)といい、医学分野を中心に様々な科学分野で効果を検証する際に用いられている²⁰⁾。

本研究では、交通安全KYTが交通安全意識に対して与えた効果を検証するために、教育後アンケート(2020年度はwave 2, 2021年度はwave 5)の因果効果を推定する。教材の割当はランダムなため、観測された各群の平均値の差(=平均処置効果, average treatment effect, 以降ATEと記す)がバイアスのない因果効果の推定結果となる^{19, 20)}。図1に2020年度の学習項目別群別交通安全意識の平均値を、図2に2021年度の学習項目別群別交通安全意識の平均値を示す。図中の対照群とVR教材群・写真教材群それぞれとの棒グラフの高さの差がATEに等しい。

年度別学習項目別に交通安全意識の正規性をShapiro-Wilk検定によって確認したところ、いずれの組み合わせでも有意水準5%で棄却された。なお、Shapiro-Wilk検定にはR²²⁾のstatsパッケージに含まれるshapiro.test

関数を用いた。正規性の仮定を満たさないため、ATEの有意性はノンパラメトリックな対応のない一元配置分散分析に対応するKruskal-Wallis検定によって検討することとし、計算にはR²²⁾のrstatixパッケージ²³⁾に含まれるkruskal_test関数を用いた。

3.2 交通行動変容に対する効果

交通行動変容はKYTから時間が経過した時点(最短で1ヶ月程度, 最長で1年2ヶ月程度)で調査を行っているため、その間に実験参加者それぞれが交通行動変容に影響する経験を積んでいることが想定される。そのため、交通安全意識と同様にATEを算出することは適当ではない。

本研究では交通行動変容にKYTが与える効果を検証するためにパネルデータ分析の方法論を援用し、交通行動変容に関する回答をコード化したものを応答変数(目的変数)に、交通安全意識など交通行動変容に影響すると考えられる設問の回答を予測変数(説明変数)とする回帰モデルを構築する。予測変数のうち、教材種類はKYT(介入)による効果を表すため、特に介入変数(処置変数)と呼ぶ。分析方法の詳細は書籍²⁴⁾に譲り、以下に本研究で用いるモデルについて簡単に説明する。

前述の通り交通行動変容は順序尺度であるため、順序ロジットモデルを用いる。いま、複数の個人の集合($i = 1, \dots, n$)があり、その一人ひとは2時点以上で測定される($t = 1, \dots, T$)。応答変数 y_{it} は1から J までの整数であり、添字 j を用いるとする。また、 $p_{ijt} = \Pr(y_{it} = j)$ とすると、 j 番目以上のカテゴリとなる累積確率は $F_{ijt} = \sum_{m=j}^J p_{imt}$ である。時変予測変数ベクトル \mathbf{x}_{it} および時定予測変数ベクトル \mathbf{z}_i とすると、固定効果順序ロジットモデルは式(1)のようになる。

$$\log\left(\frac{F_{ijt}}{1 - F_{ijt}}\right) = \mu_{ij} + \beta\mathbf{x}_{it} + \gamma\mathbf{z}_i + \alpha_i \quad (1)$$

ここで、 β :時変予測変数ベクトルの係数、 γ :時定予測変数ベクトルの係数である。また、 α_i は時間とともに変化せず、観察されないすべての個人特性の効果(異質性)を表す。固定効果モデルの利点はこの観察されない異質性を統制することにある。

モデルの推定にはハイブリッド法を用いる。ハイブリッド法とは固定効果モデルとランダム効果モデルを1つのモデルに統合したものである。具体的には、時変予測変数ベクトル \mathbf{x}_{it} を個人間の成分(個人内平均 $\bar{\mathbf{x}}_{it}$:個人ごとの平均)と個人内の成分(個人内偏差 \mathbf{x}_{it}^* :個人ごとの平均からの偏差)に分解し、これら両方を用いてモデルを推定する。ランダム効果モデルでは個人間と個人内両方の情報が用いられ、観察されない変数は観察されたとの仮定とも統計的に独立していると仮定してい

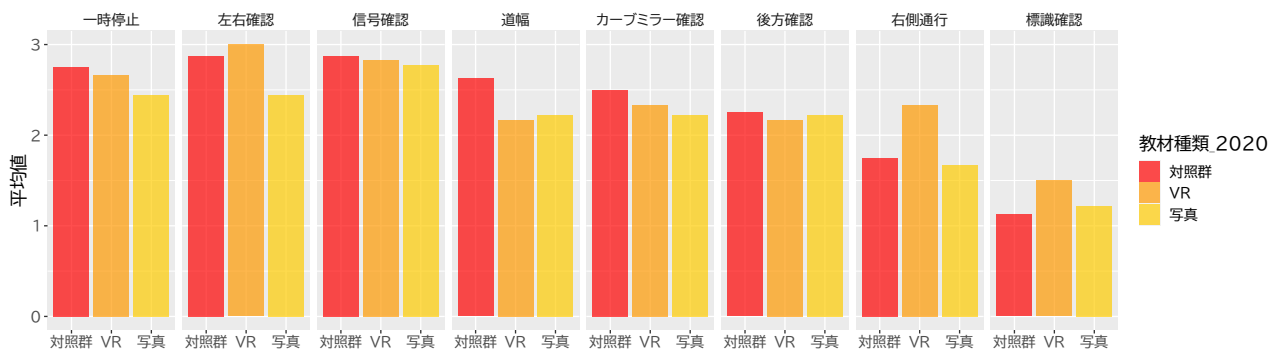


図1 2020年度交通安全意識の群別平均 (wave 2)

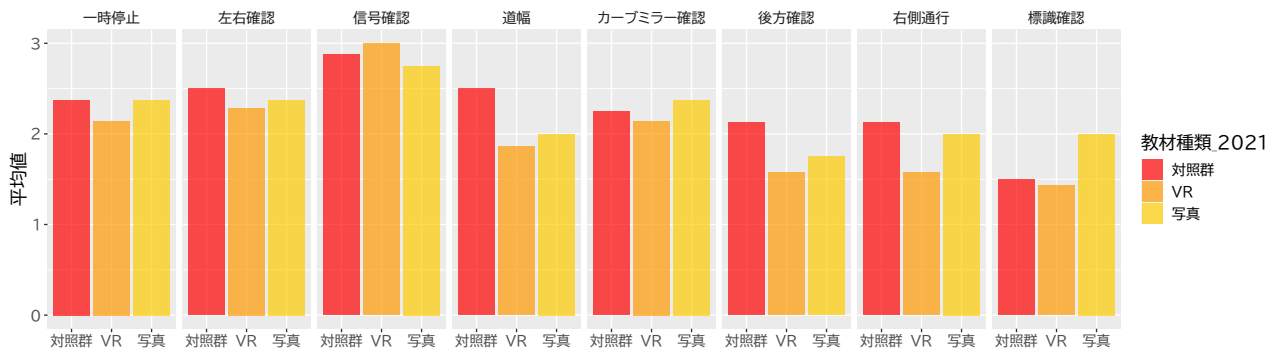


図2 2021年度交通安全意識の群別平均 (wave 5)

る。一方で、固定効果モデルでは個人内の情報のみが用いられ、観察されない変数を固定されたパラメータとみなすことで、観察されない変数の効果を統制している。この観察されない変数の効果を統制することによってバイアスを減らすというアプローチが、非実験データの因果効果を推定する際に固定効果モデルが有用な理由である²⁴⁾。個人内平均 \bar{x}_{it} と個人内偏差 x_{it}^* はそれぞれ次のように求められる。

$$\bar{x}_{it} = \frac{1}{n_i} \sum_t x_{it} \quad (2)$$

$$x_{it}^* = x_{it} - \bar{x}_{it} \quad (3)$$

本研究では、応答変数としてwave 3, 4, 6, 7で調査した学習項目ごとの交通行動変容を用いる。また、時変予測変数として交通行動変容に対応する交通安全意識、KYT後の意識や行動に影響したと考えられる出来事、KYTについて話した相手、対照群を基準カテゴリとしたKYT学習教材 (wave 3, 4は2020年度教材。wave 6, 7は2021年度教材)、普通運転免許の有無を用いる。特に、交通安全意識は個人内平均と個人内偏差に分解して用いる。また、普通運転免許の有無については未調査のwave 3はwave 2と、同じく未調査のwave 4・wave 6はwave 5と同じと仮定した。時変予測変数はwave 5時点での年齢を用いた。

回帰分析を行う際には、一般的に多重共線性への配慮

が必要となる。すなわち、予測変数間の相関が強い場合、推定されたパラメータの標準誤差が大きくなるという問題である。しかし、本研究では介入変数である教材種類の因果効果にのみ興味があるため、介入変数以外の予測変数間に多重共線性が起きていたとしても、教材種類のパラメータの推定結果には影響しない²⁰⁾。介入変数とその他の予測変数との相関係数 (ピアソンの積率相関係数) は、最大でも「教材種類_VR」と「m意識_道幅」との-0.249であり、特に問題はないと判断した。

パラメータの推定にはR²²⁾のordinal²⁵⁾パッケージに含まれるclogit()関数を用いた。

4. 結果と考察

4.1 交通安全意識へのATE推定結果と考察

交通安全KYTの交通安全意識へのATE推定結果を表4に示す。2020年度交通安全意識の検定結果を表5に、2021年度交通安全意識の検定結果を表6に示す。

3群の代表値の差が有意となった2020年度の左右確認に対して多重比較を行った。R²²⁾のrstatixパッケージ²³⁾に含まれるdunn_test関数を用いてDunn-Bonferroniの方法により多重比較を行った結果、対照群-VR、対照群-写真、VR-写真のいずれの組み合わせでも有意水準5%で有意な差はなかった。なお、2020年度のデータを用いた既報研究⁵⁾において、学習前後の交

表4 交通安全意識へのATE推定結果

年度	教材種類	一時停止	左右確認	信号確認	道幅	カーブミラー確認	後方確認	右側通行	標識確認
2020	VR	-0.083	0.125	-0.042	-0.458	-0.167	-0.083	0.583	0.375
2020	写真	-0.306	-0.431	-0.097	-0.403	-0.278	-0.028	-0.083	0.097
2021	VR	-0.232	-0.214	0.125	-0.643	-0.107	-0.554	-0.554	-0.071
2021	写真	0.000	-0.125	-0.125	-0.500	0.125	-0.375	-0.125	0.500

表5 2020年度交通安全意識のKruskal-Wallis検定結果

検定対象	n	検定統計量	df	p値
一時停止	23	1.698	2	0.428
左右確認	23	6.635	2	0.036
信号確認	23	0.269	2	0.874
道幅	23	1.347	2	0.510
カーブミラー確認	23	0.200	2	0.905
後方確認	23	0.188	2	0.910
右側通行	23	2.307	2	0.315
標識確認	23	0.783	2	0.676

表6 2021年度交通安全意識のKruskal-Wallis検定結果

検定対象	n	検定統計量	df	p値
一時停止	23	0.647	2	0.724
左右確認	23	0.592	2	0.744
信号確認	23	1.971	2	0.373
道幅	23	3.577	2	0.167
カーブミラー確認	23	0.357	2	0.837
後方確認	23	3.606	2	0.165
右側通行	23	3.020	2	0.221
標識確認	23	1.755	2	0.416

交通安全意識の変化に対する検定では全ての学習項目で群間に有意な差はなかった。また、2021年度のデータを用いた既報研究⁶⁾では、学習前後の交通安全意識の変化に対する検定で全ての学習項目で群間に有意な差はなかった。既報研究⁵⁾では表3における途中離脱群8名を含む全31名を、既報研究⁶⁾では表3における途中参加群6名を含む全29名を、それぞれ対象とした分析結果であるため、交通安全意識への効果については継続群と途中離脱群および途中参加群との間に大きな差はないものと考えられる。

4.2 交通行動変容モデルの推定結果と考察

表7に交通行動変容順序ロジットモデルの推定結果を示す。なお、信号確認は推定に失敗したため、除外している。順序ロジットモデルの各予測変数の係数は、応答

変数が下位のカテゴリではなく上位のカテゴリになる確率の、対数オッズの変化を表す。これらの係数の指数をとると、オッズ比が得られる²⁴⁾。また、括弧内の数値はそれぞれ標準誤差を表す。m意識で始まる変数はそれぞれ交通安全意識の個人内平均であり、係数はランダム効果モデルの係数と等しい。

d意識で始まる変数はそれぞれ交通安全意識の個人内偏差であり、係数は固定効果モデルの係数と等しい。これらの係数は個人内の時間による変化のみに依存するので、観測されないすべての時定予測変数は統制されている。

「1|2」は応答変数が1以下か、2以上かを予測する式の切片であり、以下も同様である。なお、「1|2」が右側通行に関する行動変容モデルにしか出現しないが、これは、右側通行にのみ1に該当する「行動が減った」という回答があったためである。同様に、0に該当する「全く行動しなくなった」という回答がないため、「0|1」はいずれの学習項目にも含まれない。

表7から以下の4点がわかる。

- 1) ランダム効果は推定に成功した全ての項目で有意
- 2) 固定効果は後方確認と右側通行で有意。ただし、後方確認の係数は負である
- 3) VR教材での学習は対照群と比べて道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果
- 4) 写真教材での学習は対照群と比べて左右確認・道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果

VR教材での学習は対照群と比べて道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果であり、写真教材での学習は対照群と比べて左右確認・道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果であった。写真教材はVR教材で有効な学習項目全てに加えて左右確認に対しても有効であった。この年代が対象の場合、落ち着いてじっくりと考えることができる写真教材の方が適している可能性が高いと言える。ただし、これは過去の研究で収集した23名分のデータを解析した後ろ向き研究による結果であり、事前に検出力分析によって必要なサンプルサイズを設定して行ったものではないことに

表7 ハイブリッド法による推定結果

	一時停止	左右確認	道幅	カーブミラー確認	後方確認	右側通行	標識確認
m意識_一時停止	3.88 (0.84)***						
d意識_一時停止	0.84 (0.60)						
m意識_左右確認		4.27 (1.24)***					
d意識_左右確認		0.21 (0.65)					
m意識_道幅			2.52 (0.76)***				
d意識_道幅			-0.21 (0.55)				
m意識_カーブミラー確認				1.51 (0.54)**			
d意識_カーブミラー確認				0.72 (0.55)			
m意識_後方確認					3.24 (0.00)***		
d意識_後方確認					-0.12 (0.00)***		
m意識_右側通行						2.00 (0.62)**	
d意識_右側通行						1.19 (0.38)**	
m意識_標識確認							2.94 (0.61)***
d意識_標識確認							0.34 (0.31)
通学指導	1.46 (0.64)*	0.02 (0.73)	0.88 (0.73)	1.44 (0.75)	0.70 (0.48)	1.05 (0.70)	-0.26 (0.58)
高専の特別活動や通知等	0.38 (0.86)	-0.47 (0.88)	1.33 (0.91)	2.07 (0.94)*	0.78 (0.72)	2.01 (0.94)*	0.53 (0.79)
自動車学校での座学や実技	0.42 (0.73)	-0.64 (0.86)	0.35 (0.73)	1.58 (0.77)*	1.18 (0.00)***	0.75 (0.77)	1.26 (0.67)
SNS	0.34 (0.78)	-0.99 (0.82)	0.22 (0.82)	0.53 (0.80)	0.04 (0.63)	0.62 (0.84)	-0.24 (0.77)
SNS以外のインターネット	0.27 (1.03)	1.09 (1.28)	-1.96 (1.35)	1.77 (1.17)	-0.31 (1.09)	-1.30 (1.18)	0.68 (0.97)
友人や保護者などとの会話	-0.51 (0.74)	-0.21 (0.80)	-0.61 (0.75)	0.32 (0.80)	0.29 (0.66)	-1.31 (0.82)	0.70 (0.71)
ラジオ	1.86 (1.94)	3.34 (2.25)	3.96 (2.28)	4.36 (2.20)*	2.95 (1.49)*	3.39 (1.99)	0.49 (1.45)
テレビ番組	0.64 (0.78)	0.21 (0.86)	0.85 (0.79)	1.49 (0.85)	2.26 (0.73)**	1.15 (0.84)	1.92 (0.87)*
会話_KYT参加者	0.28 (0.67)	0.41 (0.80)	-0.23 (0.75)	-1.00 (0.76)	-0.23 (0.00)***	-0.06 (0.77)	-0.25 (0.69)
会話_友人_非KYT参加者	-0.43 (0.75)	0.25 (0.86)	0.63 (0.81)	0.03 (0.82)	2.03 (0.57)***	0.65 (0.82)	0.16 (0.77)
会話_家族	0.60 (0.72)	1.71 (0.89)	0.05 (0.79)	0.58 (0.81)	0.90 (0.00)***	0.95 (0.86)	0.67 (0.69)
会話_話していない	0.63 (0.95)	0.09 (1.03)	-0.39 (1.00)	-1.18 (1.00)	-0.47 (0.00)***	-0.02 (1.02)	-0.32 (0.93)
会話_その他	1.73 (2.12)	-1.37 (3.04)	4.81 (2.42)*	4.33 (2.45)	2.38 (1.89)	1.40 (2.31)	3.74 (2.13)
教材種類_VR	1.02 (0.61)	0.84 (0.75)	2.43 (0.82)**	2.22 (0.80)**	1.82 (0.00)***	1.71 (0.80)*	0.46 (0.56)
教材種類_写真	1.21 (0.63)	2.47 (0.85)**	2.10 (0.75)**	2.79 (0.84)***	1.10 (0.00)***	2.06 (0.76)**	0.29 (0.56)
普通免許有無	1.03 (0.90)	-1.16 (1.00)	-0.71 (0.88)	-1.14 (0.91)	-0.78 (0.00)***	-0.85 (0.89)	-1.38 (0.75)
年齢_wave5	0.41 (0.69)	-1.04 (0.95)	0.00 (0.92)	-0.01 (0.86)	-0.59 (0.00)***	-0.96 (0.96)	0.22 (0.66)
wave	0.25 (0.19)	0.80 (0.26)**	0.68 (0.21)**	0.45 (0.21)*	0.42 (0.00)***	0.33 (0.20)	0.48 (0.20)*
1 2						-17.10 (17.21)	
2 3	15.21 (12.97)	-8.00 (17.29)	6.70 (16.66)	4.16 (15.43)	-3.05 (0.00)***	-12.37 (17.16)	9.79 (12.04)
3 4	18.77 (13.02)	-2.74 (17.24)	10.23 (16.68)	6.98 (15.44)	-0.10 (0.00)***	-10.32 (17.15)	11.28 (12.06)
4 5	21.10 (13.07)	-0.78 (17.25)	12.76 (16.71)	10.11 (15.49)	2.67 (0.00)***	-7.15 (17.13)	14.09 (12.08)
Log Likelihood	-81.96	-82.24	-90.17	-88.83	-82.77	-93.55	-90.14
AIC	211.92	212.48	228.35	225.66	213.54	237.09	228.28
BIC	272.44	273.00	288.87	286.18	274.07	300.14	288.81
Num. obs.	92	92	92	92	92	92	92
Groups (ID)	23	23	23	23	23	23	23
Variance: ID: (Intercept)	0.13	1.41	1.37	1.15	0.04	1.60	0.00

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

注意が必要である。適切なサンプルサイズによる前向き研究を実施することで、有意とならなかった結果が単に効果がないのか、それともサンプルサイズの不足によるものかが明らかになることが期待されるが、これは今後の課題となる。

5. おわりに

本研究では、交通安全KYTの因果効果を推定するために2種類の分析を行った。最初の分析では、交通安全意識に与える交通安全KYTの因果効果をRCTにおけるATEによって推定し、VR教材・写真教材ともに有意ではなかった。

もう一つの分析では、交通行動変容に与える交通安全KYTの因果効果をパネルデータを用いた回帰モデルによって検証し、VR教材での学習は対照群と比べて道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果であり、写真教材での学習は対照群と比べて左右確認・道幅・カーブミラー確認・後方確認・右側通行に有意な効果であった。また、全ての学習項目で交通安全意識のランダム効果が有意となり、固定効果は後方確認と右側通行で有意であった他、学習項目によっては交通KYT以外

の行動・会話なども有意な効果を示した。

以上の結果から、交通安全教育による交通安全意識の向上が望ましい交通行動変容に繋がるという自然な機序以外の、自明ではない機序による行動変容への影響プロセスの存在が示唆され、このプロセスの解明が今後の課題となる。また、本研究で用いた教材による交通安全意識向上への効果は認められないことが明らかとなったため、教材の改善も重要な課題となる。

謝辞

本研究における分析とその可視化の大部分はオープンソースの統計解析環境 R²²⁾とそのパッケージ 26, 27, 25, 28, 23)を用いて行った。R Core Teamおよびパッケージ作者各位に心より感謝申し上げます。本研究はJSPS 科研費 JP21K04309 の助成を受けたものである。

補注

*1 ハザード知覚：心理学において、(交通状況に存在する)事故に結びつくかもしれない個々の対象や事象を判別・把握する心的過程をいう⁷⁾

参考文献

- 1) 矢橋昇：交通および交通教育における社会的スキル論, IATSS review：国際交通安全学会誌, Vol. 21, No. 1, pp. 8–15, 1995.
- 2) 新井邦二郎：交通安全教育の評価, IATSS review：国際交通安全学会誌, Vol. 27, No. 1, pp. 54–61, 2001.
- 3) 小川和久：児童を対象とした交通安全教育プログラム「危険箇所マップづくり」の評価研究, IATSS review：国際交通安全学会誌, Vol. 32, No. 4, pp. 31–40, 2007.
- 4) 長谷川裕修, 千葉優唯, 葛西誠, 田村亨：実写交通安全KYT教材のメディア形態による教育効果の違い, 交通工学論文集, Vol. 7, No. 2, pp. A_193–A_200, 2021.
- 5) 長谷川裕修, 菅原梓, 葛西誠, 田村亨：教育効果の持続性と行動変容に着目した交通安全危険予知訓練の評価, 交通工学論文集, Vol. 8, No. 2, pp. A_141–A_148, 2022.
- 6) 長谷川裕修, 吉田健人, 葛西誠, 田村亨：交通安全KYT学習中の視線挙動の分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 42, 交通工学研究会, pp. 311–318, 2022.
- 7) 蓮花一己：交通における子どものハザード知覚, 帝塚山大学人文科学部紀要, pp. 13–28, 2001.
- 8) 島崎敢：高齢者や自転車など交通弱者を対象とした危険予測訓練ツールの開発と効果検証, 科学研究費助成事業研究成果報告書, 若手研究(B), 課題番号26870635, 2017.
- 9) 多田昌裕, 飯田克弘, 中西誠, 安時亨, 山田憲浩, 蓮花一己：高速道路における高齢運転者のハザード知覚特性分析, 交通工学論文集, Vol. 2, No. 2, pp. A_75–A_84, 2016.
- 10) 大谷亮：事故低減のための交通安全教育の効果評価—子どもを対象にした交通教育を例として—, 労働安全衛生研究, Vol. 10, No. 2, pp. 127–131, 2017.
- 11) 藤井聡：交通計画のための態度・行動変容研究, 土木学会論文集, Vol. 2003, No. 737, pp. 13–26, 2003.
- 12) 谷口綾子, 藤井聡：公共交通利用促進のためのモビリティ・マネジメントの効果分析, 土木学会論文集D, Vol. 62, No. 1, pp. 87–95, 2006.
- 13) 須永大介, 矢部努, 牧村和彦, 藤井聡：モビリティ・マネジメントにおける行動変容状況の計測と施策効果の測定に関する考察, 土木計画学研究・講演集, Vol. 36, 2007.
- 14) 松村暢彦, 石田佳弘：情動的メッセージによるモビリティ・マネジメントの態度変容プロセスに関する研究, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 5, pp. I_605–I_611, 2015.
- 15) 津田彰, 石橋香津代：行動変容, 日本保健医療行動科学会雑誌, Vol. 34, No. 1, pp. 49–59, 2019.
- 16) 松村真宏, 松下光範：仕掛学的アプローチによる交通に関わる行動変容の促進, IATSS Review (国際交通安全学会誌), Vol. 48, No. 1, pp. 6–12, 2023.
- 17) 国土交通省中国運輸局：「ナッジ」を活用した効果的な公共交通利用促進策等に関する調査・検討業務報告書, 2022.
- 18) 内閣府EBPM推進室：内閣府におけるEBPMへの取組, <https://www.cao.go.jp/others/kichou/ebpm/ebpm.html>, (2023年12月19日閲覧)。
- 19) 星野崇宏：調査観察データの統計科学—因果推論・選択バイアス・データ融合, 岩波書店, 2009.
- 20) 安井翔太：効果検証入門～正しい比較のための因果推論／計量経済学の基礎, 技術評論社, 2020.
- 21) 菊池輝, 小川和久, 只野健一：中学生のためのミラーリング自転車安全教育プログラムの効果測定, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 38, pp. 19–22, 2018.
- 22) R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing, <http://www.r-project.org>, 2017.
- 23) Kassambara, A.: *rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests*, 2021. R package version 0.7.0.
- 24) Allison, P. D.: 固定効果モデル, 共立出版, 2022.
- 25) Christensen, R. H. B.: *ordinal—Regression Models for Ordinal Data*, <https://CRAN.R-project.org/package=ordinal>, 2022. R package version 2022.11-16.
- 26) Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François Romain, nd, G. G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., MüllerKirill, Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H.: Welcome to the tidyverse, *Journal of Open Source Software*, Vol. 4, No. 43, p. 1686, 2019.
- 27) Wickham, H.: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, Springer-Verlag New York, 2016.
- 28) Leifeld, P.: *texreg: Conversion of Statistical Model Output in R to L^AT_EX and HTML Tables*, *Journal of Statistical Software*, Vol. 55, No. 8, pp. 1–24, 2013.