

## ヘッドマウントディスプレイを用いた運転リスク評価テストの開発 および教育への活用

代表研究者 名古屋大学 未来社会創造機構 研究員 稲上 誠  
共同研究者 名古屋大学 未来社会創造機構 特任教授 青木宏文  
名古屋大学 未来社会創造機構 特任准教授 島崎 敢

### 【まとめ】

我々の研究室では、ヘッドマウントディスプレイを用いて、高齢ドライバーの安全確認行動を評価するテストを開発している。本研究では、収集したデータを分析することにより、高齢ドライバーの視線運動の範囲が狭いこと、テストの得点に視野の状態と視線運動の範囲が影響すること、テストの得点と普段の運転行動が関係することを明らかにした。以上の結果によりテストの有効性を検証した上で、テストの結果をフィードバックする方法について検討した。

### 1. 研究の目的

近年、社会の高齢化が進む中で、高齢ドライバーによる交通事故が社会問題となっている。視覚機能や認知機能の低下に伴い事故のリスクが増加するが、一方で、安全確認を徹底するといった補償行動により、リスクを低減できることも分かっている。したがって、そのような補償行動の効果を加味して、個々のドライバーのリスクを評価する必要がある。

以上の背景に対して、我々の研究室では、視線計測機能を内蔵したヘッドマウントディスプレイ（HMD）を利用して、運転リスク評価テスト（以下、運転テスト）の開発を進めている。本研究の目的は、テストの有効性を検証した上で、教育への活用方法について検討することである。そのために、高齢ドライバーだけでなく、教習所の指導員を含む非高齢ドライバーを対象として、データの収集と分析を行った。

### 2. 研究方法と経過

#### 2-1. 運転リスク評価テストの概要

テストの装置として、FOVE 0 という HMD を利用した（図1）。約100度の視野角の画面に、2560×1440画素の解像度、70fpsのフレームレートで映像を表示する。内蔵の赤外線カメラにより、左右眼の視線方向を、1度以内の精度で計測する。頭の動きに合わせて表示映像が変

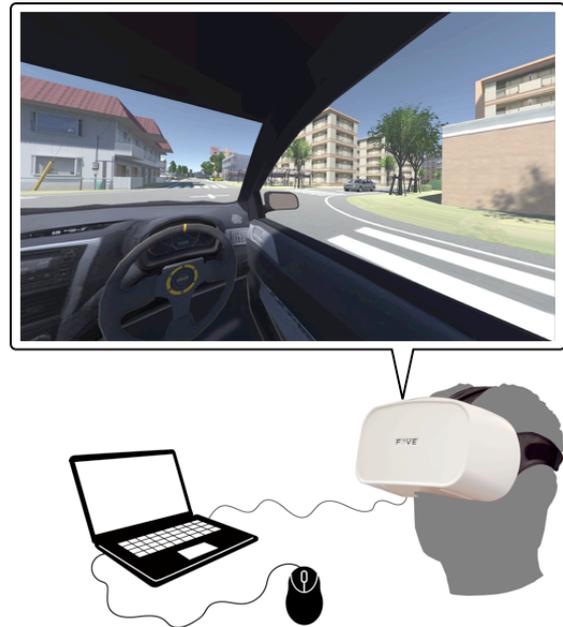


図1 運転リスク評価テスト

化するので、運転席の周囲全方向の環境を提示することが可能である。

テストの走行シナリオは、3Dゲームの開発環境である Unity を利用して作成した。1～2分のシナリオを5種類作り、各シナリオには、危険なイベントが1回、注意すべきイベントが5回発生するようにした。危険なイベントの内容は下記の通りである（図2）。

S1：車道を歩行者が横断する。

S2：交差点で対向車が右折する。

S3：横断歩道で子供が飛び出す。

S4：一時停止交差点で自転車が通過する。

S5：右車線の車両が前方に割り込む。

注意すべきイベントの内容は、信号の変化、歩行者の移動、交差車両の出現、先行車両の減速、駐車車両のウィンカーの点灯などである。

特に安全確認行動を評価するため、テストの参加者は運転操作を行わず、自車両が自動的に走行するように設定した。参加者には、普段の



対向車の右折

子供の飛び出し

自転車の通過

図2 走行シナリオで発生するイベントの例

運転時のように周囲の状況を確認し、危険を感じたらマウスのクリック（またはボタンの押下）により応答する。視線データに基づき、各イベントの対象（歩行者など）を注視したかどうかを判定し、注視したイベントの数を得点（25点満点）とした。さらに、視線運動の範囲の広さを評価するため、視線方向の水平・垂直角の標準偏差を算出した。なお、視線方向とは、頭と眼の向きを合わせた方向であり、左右眼の方向を合成して求めている。

### 2-2. データの収集

高齢ドライバーだけでなく、教習所の指導員を含む非高齢ドライバーからもデータを収集した。運転テストに加え、ハンフリー視野計を使用して視覚機能を検査した。左右眼の視野の中心付近を詳細に調べる検査（24-2 閾値検査）と、両眼の視野の広い範囲を調べる検査（エスターマンテスト）を行なった。さらに、認知機能の検査としてミニメンタルステート検査（MMSE）、トレイルメイキングテスト（TMT-A, TMT-B）、有効視野の検査（UFOV）を利用した。ただし、指導員には運転リスク評価テストと UFOV のみを行なった。また、14名の高齢ドライバーに対しては、所有する車両にドライブレコーダーを取り付けていただき、一年間の普段の運転行動を記録した。

これまでに蓄積してきたデータと新たに取得したデータを合わせて、199名分のデータが得られた。内訳は高齢者 159名、非高齢者 24名、指導員 16名（全て非高齢）である。運転テストの視線データを確認した結果、特に精度が高いのは 158名（高齢者 123名、非高齢者 20名、指導員 15名）であった。視線データを用いた分析（以下の 3-1, 3-2, 3-4）では、その参加者のみを対象とした。

## 3. 研究の成果

### 3-1. ドライバーの属性とテストの結果の関係

安全確認行動の違いが運転テストの結果に反映されることを確認するため、ドライバーの

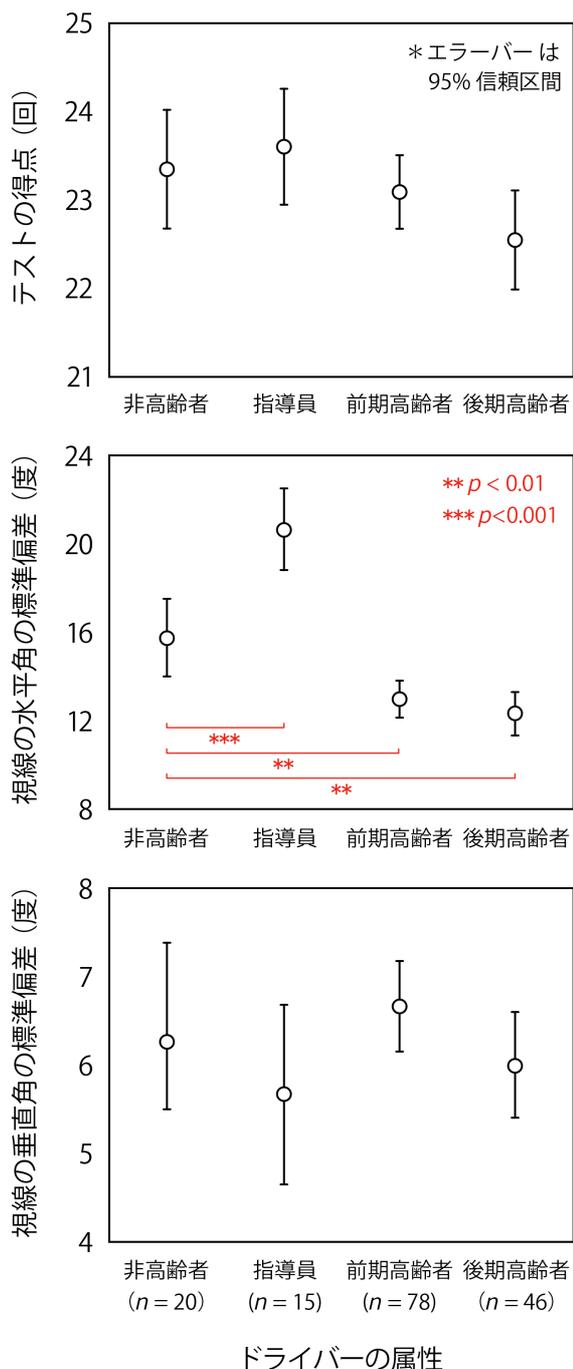


図3 ドライバーの属性とテストの結果の関係

属性ごとに得点と視線方向の標準偏差を集計した（図3）。Dunnettの検定により、非高齢

表1 テストの得点と視覚機能, 認知機能, 視線運動の相関

	視覚機能				認知機能				視線運動	
	良眼のMD値	悪眼のMD値	両眼の平均感度	エスターマン機能スコア	MMSE	TMT-A	TMT-B	UFOV	水平角の標準偏差	垂直角の標準偏差
相関係数	0.33***	0.41***	0.25**	0.11	0.05	0.01	-0.04	0.04	0.27**	0.16

\*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

者を基準として, その他の属性と比較した結果, 視線の水平角の標準偏差に有意な差がみられた. この結果は, 視線を動かす範囲が, 高齢者は前期・後期ともに狭く, 指導員は広いということを示している. テストの得点にも, 統計的に有意ではないが, 類似した傾向がみられた. 以上の結果から, テストによって安全確認行動を評価できていると言える.

### 3-2. テストの得点と視覚・認知機能の関係

視覚機能と認知機能の低下がテストの得点に与える影響について調べるため, 高齢ドライバー123名のデータを分析した. 表1は, 各検査の結果とテストの得点との相関を示している. 視線運動も視覚機能の一つと考え, 同様に得点との相関を求めた. 視覚機能の検査値の中で最も強い相関がみられたのは, 悪眼のMD値であった. MD値とは, 視野の中心付近(24度以内)の感度の低下量を示す指標であり, 悪眼とは, 左右眼の値が低い方を意味している. この相関は, 視野の欠損が重くなるにつれて, テストの得点が低下することを示している. さらに, 視線運動の水平角の標準偏差にも有意な相関がみられ, 視線を動かすことにより得点が向上するという傾向が確認できた.

続いて, ロジスティック回帰分析によって, テストの得点と視覚機能, 認知機能, 視線運動の関係をモデル化した. 表1の変数に年齢と性別を加えて説明変数として, 赤池情報量基準(AIC)が最小になるように変数を選択した. ただし, モデルに多重共線性の影響がみられた場合は, その変数を取り除いた上で選択を再度行なった. その結果, 悪眼のMD値と視線の水平角の標準偏差が説明変数として選ばれた. 尤度比検定の結果, どちらの変数の影響も有意であった( $p < 0.001$ ). 得られたモデルのAICは443.57, 逸脱度は180.82, Nagelkerkeの擬似決定係数は0.35であった. 図4は, 説明変数と得点の関係を示したグラフである. 曲線はモデルの予測値であり, 視野欠損が重くなるにつれて得点が低下し, 視線運動により低下が緩やかになるという関係を示している. この結果から, テストの得点により, 視覚機能の低下が安

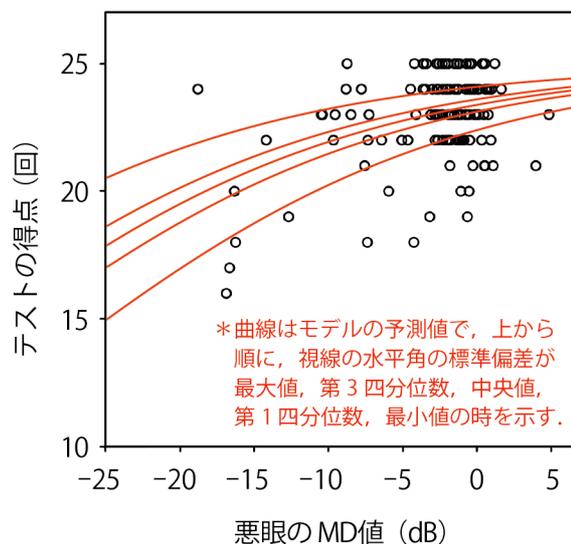


図4 テストの得点と視野と視線運動の関係

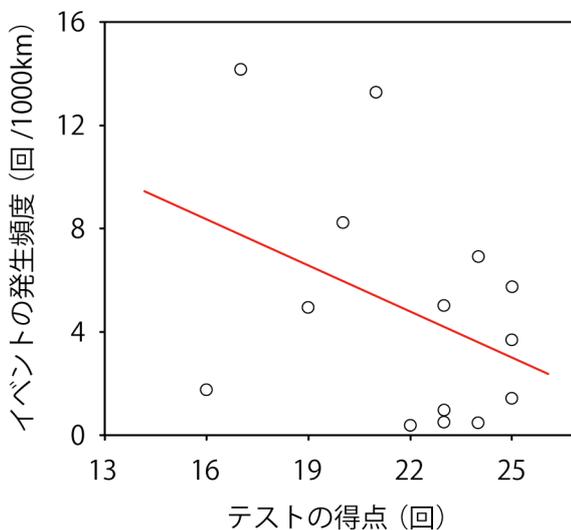


図5 テストの得点と普段の運転行動の関係

全確認行動に与える影響を, 視線運動による補償効果を加味して評価できていると言える.

### 3-3. テストの得点と普段の運転行動の関係

一年間のドライブレコーダーのデータを解析することにより, 運転テストの得点と普段の運転行動の関係について調べた. この解析では, 加速度のトリガーにより検出されたイベン

トを確認し、CNC (crash と near crash)、急操作、それ以外(道路の凹凸など)に分類した。今回の分析では、CNC と急操作の発生回数を合計し、走行距離1000km 当たりの頻度を求めた。図5は、その頻度と運転テストの得点の関係を示している。サンプルサイズが小さいため有意な水準には至らなかったが ( $r = -0.39$ ,  $p = 0.09$ )、テストの得点が高いドライバーほど、イベントの発生頻度が低いという傾向が確認できる。この結果から、テストの得点により、普段の運転時の安全確認行動が、ある程度は評価できていると考えられる。

### 3-4. テストのフィードバック機能の作成

以上の分析により運転テストの有効性を検証した上で、テストの結果をフィードバックする機能を作成した。図6に示すように、評価値(得点と視線の水平角の標準偏差)とメッセージを表示する。それぞれの評価値を A, B, C の3クラスに分け、その組み合わせによりメッセージを選択するようにした(図6は両評価値がBクラスの時の例)。図6のヒストグラムは、高齢ドライバー123名の評価値の分布を示している。得点については、23点と24点にピークがあり、その部分に約50%のドライバーが含まれている。暫定的な分類として、23点と24点をBクラスとし、25点をAクラス、22点以下をCクラスとした。視線の水平角の標準偏差については、左右対称に分布する連続値であるので、第一四分位数と第三四分位数をクラスの境界値とした。

### 4. 今後の課題

本研究により運転テストの有効性を支持する結果が得られたので、今後の課題としては、運転教育への活用方法を確立する必要がある。当初の研究計画では、ワークショップを行い、安全確認行動の改善効果を検証する予定であった。しかし、新型コロナウイルスの影響もあり、今回の研究では実現に至らなかった。テストの結果のフィードバック方法についても、利用者へのアンケートなどを行い、有効性を検討する必要がある。

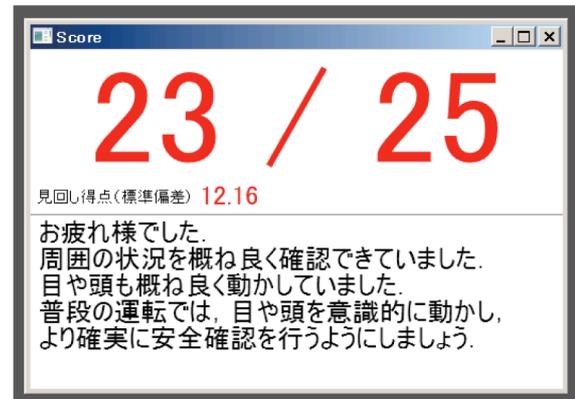
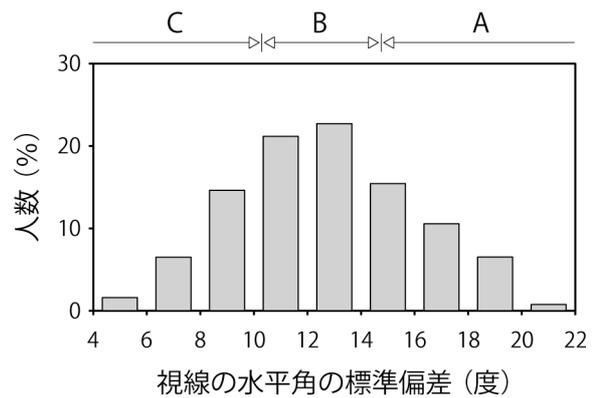
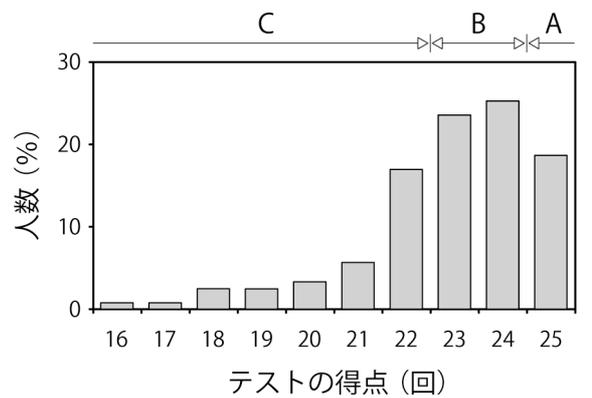


図6 テストの結果のフィードバック機能

### 5. 研究成果の公表方法

国内外の学会で成果を発表した上で、最終的に論文にまとめて投稿する予定である。

以上