

## タブレット PC を用いた運転者教育システムの開発と評価 Development and Evaluation of Driver Education System using Tablet PC

須藤 匠<sup>†</sup> 猿田 和樹<sup>‡</sup>  
Takumi Suto<sup>†</sup> Kazuki Saruta<sup>‡</sup>

寺田 裕樹<sup>‡</sup> 陳 国躍<sup>‡</sup>  
Yuki Terata<sup>‡</sup> Guoyue Chen<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

人間は自動車を運転する際、認知、判断および操作の 3 つの行動を繰り返している[1]。認知は前方車両や歩行者、信号機など運転に必要な対象を見ることが、判断は対象を認知したうえでどのように行動するかを考えること、操作は判断に基づき、ハンドルを切ったり、ブレーキペダルなどを踏んだりすることを指す。財団法人交通事故総合分析センターの調査によると、交通事故の原因のうち、運転者の認知ミスによるものが約 8 割を占めており[2]、交通事故の防止には運転者の行動のうち、認知が最も重要といえる。また、警察庁の交通事故発生状況の統計データによると、平成 25 年中の交通事故のうち、状態別死者数をみると歩行者が約 4 割を占めている[3]。したがって、交通事故の防止には運転者の歩行者に対する認知能力を向上させることが有効と考えられる。

認知能力を向上させる以前に、運転者の認知能力を正しく測定することが必要である。現在、高齢者講習や更新時講習において、認知能力を測定するために CRT 運転適性検査が行われている[4][5]。CRT 運転適性検査器は簡易的なブレーキやアクセル、ハンドルを有しており、画面上に表示されるマークの色にしたがってペダルやハンドルを操作し、運転能力を評価する。しかし、画面表示は実写映像ではないため、実際の運転状況における認知能力の測定とは異なる可能性がある。また、CRT 運転適性検査は免許更新に伴う講習においてのみ実施されるため、認知能力に問題のある運転者が測定および訓練する機会が少ない、検査器自体がやや大がかりで気軽に測定できないという問題もある。したがって、小型で誰でも気軽に利用でき、実際の運転状況において歩行者に対する認知能力を測定および訓練できるシステムが必要と考えられる。

一方、実際の運転状況における認知能力を訓練する iPad を用いた小型なシステムとして、三品らは iOS 用アプリケーション「Hazard Touch」を開発している[6]。Hazard Touch における訓練の流れを図 1 に示す。Hazard Touch は iPad 上で事故映像を再生し、事故直前で画面が停止する。停止中の画面上でユーザが危険な場所をタッチした後に、映像の再生を再開し、交通事故の瞬間を提示する。この訓練により、被験者の運転行動に変化がみられ、運転映像とタブレット PC を用いた訓練に効果があることが島崎らによって示されている[7]。しかし、この Hazard Touch は提示映像として事故映像を用いており、ツールの使用による心的ストレスが懸念される。小林によれば、非事故の運転映像を提示中、歩行者の出現などの刺激で手掌部における発汗がみ

られたという報告もあり、非事故映像であっても認知能力の訓練効果に期待できる[8]。また、認知能力の測定および訓練において必要な現実感、実際の運転において目の前の光景（背景や歩行者の動き）が連続的に変化する点にあると考えれば、危険な場所へのタッチを画面が停止している間に行うことはやや現実感に欠ける。したがって、運転中の認知能力を訓練するのであれば、映像を止めずに危険な場所をタッチするのが望ましい。

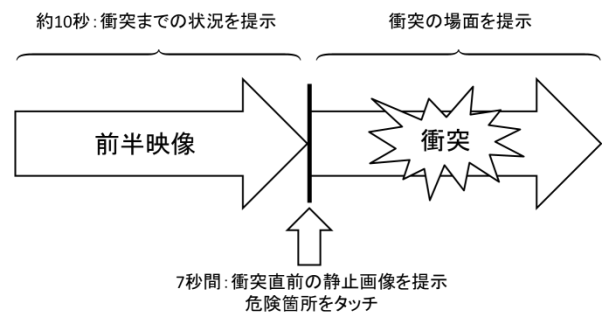


図 1. Hazard Touch における訓練の流れ

そこで本研究では、タブレット PC で提示する映像を非事故映像とし、運転映像を停止せずにユーザに歩行者をタッチさせ、現実感のある認知能力の測定および訓練ができる運転者教育システムを開発する。具体的には、車載カメラ映像を提示し、ユーザのタッチ位置が歩行者かどうかを画像認識により判定する。さらに、その位置情報と大きさから車両-歩行者間距離および車両速度を推定し、危険度を判定するシステムである。また、開発したシステムを評価したうえで、運転者の歩行者に対する認知能力の向上に対する効果についても検証する。

## 2. 運転者教育システム

### 2.1 システムの概要

図 2 に本研究の運転者教育システムの概要を示す。システムはタブレット PC における Android 用アプリケーションとして開発し、提示映像には歩行者が一人だけ映る車載カメラ映像を用いる。また、歩行者の認知のみを対象とし、歩行者が出現してからタッチするまでの時間（以下、反応時間）を測定する機能を有する。他の認知対象（例えば、車両や信号機）は対象外とする。さらに、タッチした瞬間における車両-歩行者間距離、車両速度および危険度を推定または判定し提示する。また、測定結果をシステム内部のデータベースに記録することができ、過去の結果を確認することも可能である。

<sup>†</sup> 秋田県立大学大学院システム科学技術研究科

<sup>‡</sup> 秋田県立大学システム科学技術学部



図 2. 運転者教育システムの概要

タブレット PC を用いる理由は、可搬性が高いためである。ユーザはシステムをインストールしたタブレット PC をあらゆる場所に持ち出し、いつでも気軽に測定および訓練することができる。また、タッチ操作を利用することもできる。タッチ操作の代替手法として、アイトラッキングデバイスを用いてユーザの視線を追跡することで歩行者を認知したことを示す手法が考えられる。しかし、映像中の歩行者に視線が集中しても必ずしも歩行者と認知したとは限らない。タッチ操作であれば、ユーザが歩行者を発見し、その位置をタッチすることで歩行者を認知したことを明確に示すことができる。

提示映像は、ドライブレコーダに記録された映像から、運転中に歩行者が急に出現する場面を抽出して用いる。このような映像は島崎らが用いた事故映像よりも多く存在するため、システムに供給できる映像量が多いことも利点である。

また、画像認識技術を導入することも提案システムの大きな特徴である。島崎らは事故直前で提示映像を停止し、危険箇所へタッチさせていたため、タッチのタイミングはシステム側で制御しており、危険箇所領域は事故直前の静止フレーム画像に対してのみ定義していた。しかし、実際の運転における認知能力を訓練するのであれば、映像を途中で停止せずにタッチする方が現実感もあり、訓練効果が現れやすいと考えられる。一方で、ユーザが映像中の任意のタイミングでタッチし危険箇所領域を判定するためには、歩行者が映るすべてのフレームにおいて歩行者の位置座標をシステム内部に登録する必要がある。作業には膨大な時間がかかる。そこで本研究では、機械学習アルゴリズム AdaBoost[9]および Haar-like 特徴量[10]を用いた画像認識により歩行者を判定する。この画像認識により、タッチ位置が歩行者領域かどうかを判定し、さらにフレーム内の歩行者の位置座標および大きさを取得し、コストを大きく減らすことができる。

なお、ユーザは提示映像を見て歩行者をタッチするだけでは、自身が歩行者を認知した地点において、どの程度危険であったのかを判別できない。そこで本研究では、タッチした時点での歩行者と衝突する可能性を危険度としてユーザに提示する。

## 2.2 システム利用時の流れ

図 3 にシステム利用時の主な流れを示す。はじめに、ユーザはシナリオを選択する。本研究におけるシナリオとは、複数の車載カメラ映像をひとまとめにした提示映像セットを指す。次に、選択したシナリオ中からランダムに映像が

再生され、ユーザは歩行者が出現したタイミングで画面上の歩行者の位置をタッチする。画面にタッチするか、映像の再生が終了すると、次の映像の再生を開始する。すべての映像で歩行者へのタッチまたは映像の再生が終了すると、結果表示画面を表示する。図 4 に結果表示画面の例を示す。結果表示画面には、タッチした周辺の画像、タッチ位置での歩行者検知結果、反応時間、車両から歩行者までの距離、車両速度、危険度を表示する。また、「結果の保存」ボタンをタッチすると測定結果を保存することができ、システムを終了したあとでも同様の結果表示画面を再現できる。

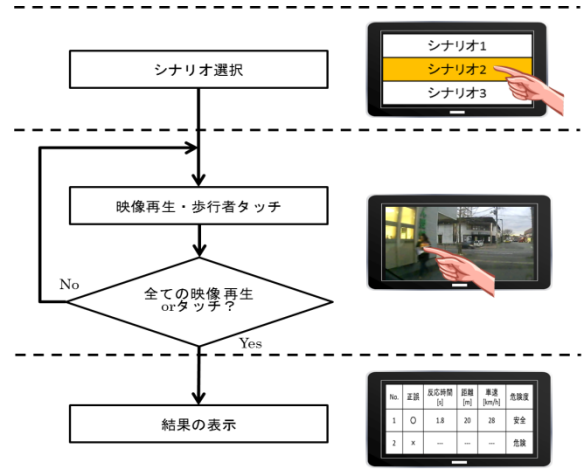


図 3. システム利用時の流れ

No.	正誤	反応時間[s]	歩行者との距離[m]	車速[km/h]	危険度
1	O	0.37	18.25	18.48	安全
2	X	0.7	28.32	10.93	安全

図 4. 結果表示画面例

## 2.3 正解位置の判定

図 5 に正解位置判定の流れを示す。はじめに、ユーザはタブレット PC で提示する映像中の歩行者をタッチする(図 5①)。次に、AdaBoost および Haar-like 特徴量を用いた学習済みの識別器に対し、歩行者をタッチした瞬間のフレームの画像を入力する(図 5②)。続いて、入力画像中に歩行者が存在するか識別器が判定する(図 5③)。入力画像から歩行者が検知された場合、歩行者領域として画像上の 2 点の座標  $(x_1, y_1)$  および  $(x_2, y_2)$  (ただし  $x_1 < x_2, y_1 < y_2$ ) が得られる。このとき、タッチ位置の座標が歩行者領域の内側であれば正解とするのが妥当であるが、ユーザが歩行者であると認知できていてもタッチ位置のずれによって不正解と判定されてしまう場合がある。そこで本研究では、歩行者

領域の中心からタッチ位置の座標までの距離 $D_{ct}$  [pixel]がしきい値とした距離 $D_{th}$  [pixel]より小さい場合を正解と判定する(図5④)。また、入力画像に対して複数の歩行者領域が出力された場合は、各歩行者領域における $D_{ct}$ をそれぞれ比較し、最も値の小さい領域を正解領域と判定する。なお、本研究では認識率の向上のため、映像ごとに識別器を生成している。具体的には、各映像から歩行者画像として約100枚切り出し、あらかじめ用意した500~1000枚の非歩行者画像と共に学習を行い、識別器を生成する。歩行者の学習および識別器の生成には、画像処理ライブラリOpenCV[11]を用いる。



図5. 正解位置判定の流れ

## 2.4 車両-歩行者間距離の推定

2.3でタッチ位置が正解と判定された場合、車両-歩行者間距離を推定する。はじめに、歩行者映像の撮影と同じドライブレコーダを用いて、あらかじめモデルとなる人を正面から撮影する。このときのレコーダとモデルの間の距離を $d_1$  [m]、モデルの画像上の高さを $h_1$  [pixel]とする。2.3で得られた歩行者領域より、歩行者の画像上の高さ $h_2$  [pixel]を $h_2 = y_2 - y_1$ とする。あらかじめ撮影したモデルの身長と歩行者の身長が等しいとき、車両から歩行者までの距離 $d_2$  [m]は、

$$d_2 = d_1 \frac{h_1}{h_2} = d_1 \frac{h_1}{y_2 - y_1} \quad (1)$$

となる。

## 2.5 車両速度の推定

次に車両速度の推定について述べる。歩行者をタッチしたフレームにおける車両から歩行者までの距離を $d_t$  [m]、タッチしたフレームから $m$  [frame]だけ離れたフレームにおける車両から歩行者までの距離を $d_{t+m}$  [m]、映像のフレームレートを $f$  [frame/s]とすると、車両速度 $v_c$  [m/s]は、

$$v_c = \frac{|d_t - d_{t+m}|}{\frac{m}{f}} \quad (2)$$

となる。 $d_t$ および $d_{t+m}$ は2.4の手順で推定する。

## 2.6 危険度の判定

続いて危険度の判定について述べる。式(3)で求めた $v_c$ で走行中に急ブレーキをかけた場合に停止するまでに必要な距離(以下、制動距離) $d_b$  [m]は、

$$d_b = \frac{v_c^2}{2\mu g} \quad (3)$$

となる。ここで、 $\mu$ は路面とタイヤの間の摩擦係数であり、映像ごとの路面状況と文献[12]を参考に決定する。また、 $g$  [m/s<sup>2</sup>]は重力加速度であり、本研究では $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>とする。危険度は、 $d_b$ のほかに映像の路面状況よりも滑りやすい路面状況を想定した摩擦係数 $\mu_s$ における制動距離 $d_s$ (ただし $d_b < d_s$ )も求め、 $d_2$ 、 $d_b$ および $d_s$ の関係を用いて判定する。両方の制動距離が $d_2$ より小さい場合( $d_s < d_2$ )を安全、 $d_b$ のみが $d_2$ より小さい場合( $d_b < d_2 \leq d_s$ )を注意、両方の制動距離が $d_2$ 以上である場合( $d_2 \leq d_b$ )を危険と判定する。

## 3. 提案システムの精度に関する検証実験

### 3.1 車両-歩行者間距離

#### 3.1.1 実験概要

推定された車両-歩行者間距離と、実際の距離との間の誤差について検証する。実験の被験者は男子学生3名で、平均年齢は22歳である。はじめに、ドライブレコーダ(サンワサプライ、400-CAM031)を任意の高さに設置し、モデルとなる被験者(以下、被験者A)は、レコーダから基準となる距離 $d_1 = 10$  m離れた位置に直立状態で立つ。次に、その状態で被験者Aを撮影し、撮影された画像から被験者Aの高さ $h_1$  [pixel]を測定する。被験者Aの撮影の様子を図6に示す。続いて、被験者Aよりも身長の高い被験者(以下、被験者B)および被験者Aよりも身長の低い被験者(以下、被験者C)を同様の手順で、3 m、10 m、20 m、30 m離れた位置において撮影し、撮影された画像から高さ $h_2$  [pixel]を測定する。測定後、被験者Bおよび被験者Cについて、式(1)を用いて算出した距離 $d_2$ を実際の距離と比較する。被験者A、BおよびCの身長はそれぞれ172 cm、185 cm、159 cmで、各画像の解像度は1280×720 pixelである。



図6. 被験者Aの撮影の様子 ( $d_1 = 10$  m)

#### 3.1.2 実験結果および考察

表1に被験者-レコーダ間距離の推定結果を示す。被験者Bおよび被験者Cの推定距離と実際の距離を比較すると、20 m以内では両者ともに約1 m程度の範囲の誤差に収まっている。また、30 mでは被験者Bでやや誤差が大きくなっているが、3 m程度の誤差に収まっている。



これにより、本実験で用いたドライブレコーダにおいて、正確な車両-歩行者間距離が 20 m 程度までは、モデルと歩行者の身長が異なる場合でもおおまかな距離をユーザに提示できると考えられる。ただし、本研究では画像認識により得られる歩行者領域の大きさから  $h_2$  を自動的に決定しており、 $h_2$  を手動で測定した表 1 の結果よりも大きな誤差が生じる可能性もある。また、実際の道路環境においては子供や高齢者など比較的身長の低い歩行者が存在するため、さらに大きな誤差が生じる可能性もある。したがって、モデルと身長差が大きい歩行者に対して生じる誤差の大きさや誤差が車両-歩行者間距離、車両速度および危険度の判定に及ぼす影響について分析する必要がある。

表 1. 被験者-レコーダ間距離の推定結果

被験者	実際の距離[m]	高さ $h_2$ [pixel]	推定距離 $d_2$ [m]	誤差  [%]
A (基準)	10	137	-	-
B	3	470	2.9	3.3
	10	148	9.3	7.0
	20	75	18.3	8.5
	30	51	26.9	10.3
C	3	406	3.4	13.3
	10	129	10.6	6.0
	20	65	21.1	5.5
	30	45	30.4	1.3

## 3.2 車両速度

### 3.2.1 実験概要

2.5 の手法で推定する車両速度と実際の車両速度との間の誤差について検証する。ここでは、GPS データを利用できるドライブレコーダ (エフ・アール・シー, NX-DR05) を車両に取り付け、路上を走行しながら歩行者を撮影した。NX-DR05 では録画中に GPS データを記録し、GPS データをもとに各フレームにおける車両速度や加速度を算出でき、録画後に確認できる。撮影した映像では、歩行者がはじめて歩行者として検知できるフレームから最後に検知できるフレームまで 27 フレームあった。そこで、本実験ではこの 27 フレームに映る歩行者の高さ  $h_2$  [pixel] をそれぞれ測定し、式(1)より車両-歩行者間距離をそれぞれ算出する。続いて式(2)よりそれぞれのフレームにおける車両速度を算出する。このとき、2 つのフレームにおける車両-歩行者間距離を用いて車両速度を算出するが、フレーム 1 からフレーム 13 まではフレーム 27 における距離を、フレーム 14 からフレーム 27 まではフレーム 1 における距離を用いて車両速度を算出する。次に GPS による車両速度と比較する。なお、歩行者を含む映像のフレームレートは 10 fps で、解像度は  $640 \times 480$  pixel である。また、車両-歩行者間距離を測定する際のモデルの高さ  $h_1$  は、3.1 の被験者 A の値を用いるが、3.1 で用いたドライブレコーダと本実験で用いたドライブレコーダの解像度が異なるため、 $h_1$  の補正が必要となる。具体的には、 $h_1$  に 2 つのレコーダの縦の解像度の比 (この場合  $480 \text{ pixel} / 720 \text{ pixel} \approx 0.67$ ) を掛けた値とする。

### 3.2.2 実験結果および考察

図 7 に GPS による車両速度と推定された車両速度の比較結果を示す。横軸はフレーム番号、縦軸は車両速度 [km/h] を示す。また、実線は推定された車両速度、破線は GPS による車両速度を示す。フレーム 5 でグラフが途切れているのは、歩行者を検知できなかったためである。図 7 をみると、フレーム 9 で推定された車両速度は約 33 km/h、GPS による車両速度は約 28 km/h となっており、本実験で用いた映像では推定された車両速度が最大で約 5 km/h 速いことがわかる。推定された車両速度は危険度の判定に用いるため、車両速度の誤差は危険度の判定に影響すると考えられるが、実際の自動車に搭載されている速度計も 0% から 25% 程度の誤差を含む可能性がある [13] ことから、ユーザに提示する情報としては十分な精度と考えられる。

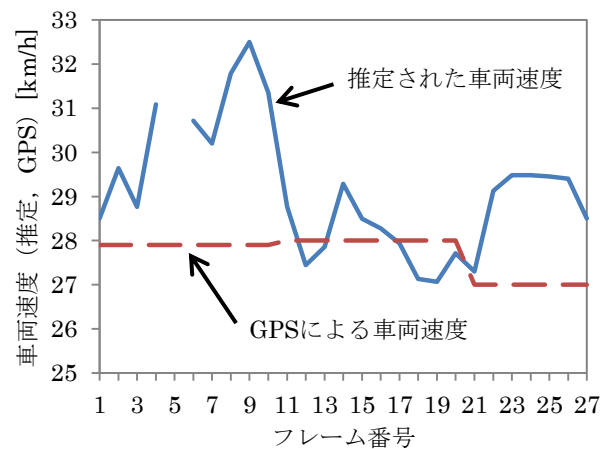


図 7. 車両速度の比較結果

### 3.3 危険度

危険度判定の精度について検証する。ここでは、3.2 で得られた GPS による車両速度、推定された車両速度および車両-歩行者間距離を用いる。はじめに、式(3)を用いて GPS による車両速度と推定された車両速度の両方に対する各フレームにおける制動距離を求める。次に、各制動距離と推定された車両-歩行者間距離の関係から、各フレームにおける危険度を判定し、GPS による車両速度と推定された車両速度との間で危険と判定したフレームを比較する。ただし、重力加速度  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ 、摩擦係数  $\mu = 0.7$  とする。

危険度の比較結果を図 8 に示す。横軸はフレーム番号を、縦軸は車両-歩行者間距離および制動距離 [m] を示す。また、実線は車両-歩行者間距離、短い破線は推定された制動距離、長い破線は GPS による制動距離を示す。図 8 をみると、推定された車両速度の場合、フレーム 24 で車両-歩行者間距離と推定された制動距離が交差しており、歩行者と衝突していることがわかる。また、GPS による車両速度の場合、フレーム 27 に到達しても車両-歩行者間距離と GPS による車両速度が交差していないため、衝突しなかったことがわかる。車両-歩行者間距離は推定された値であるため、その誤差を考慮すると、GPS による車両速度が正確であっても衝突の可能性は十分にあると考えられ、多少早めに危険と

判定されるには問題ないといえる。ただし、車両速度や危険度の精度に対する評価に用いた映像は1つのみであるため、複数の映像を用いてより正確に検証する必要がある。

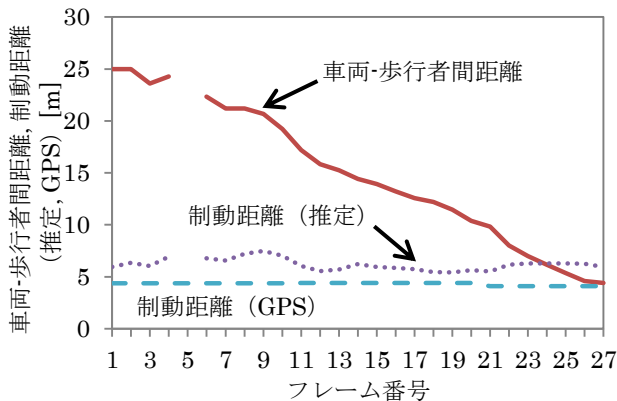


図 8. 危険度の比較結果

#### 4. システムの有効性に関する実証実験

##### 4.1 実験概要

開発したシステムの有効性を検証するため、システムを用いた歩行者に対する認知能力の訓練効果について検証する。

実験は、練習フェーズ、訓練フェーズ、測定フェーズに分かれている。練習によりタッチ操作に慣れてもらった後、訓練を3回、測定を1回行い、訓練の1回目と測定における平均反応時間を比較する。訓練はすべて同一のシナリオを用いて行い、測定では訓練と異なるシナリオを用いる。被験者をグループAおよびグループBに同数になるように振り分け、訓練用シナリオと測定用シナリオを入れ替えて実験を実施する。2つのシナリオには歩行者を含む運転映像6本がそれぞれ含まれる。事前に予備実験を行い、シナリオ間で平均反応時間に差がないように振り分ける。なお、被験者は運転免許を所有している男子学生12名で、平均年齢は21.7歳である。また、それぞれのグループのうち半数である3名は日常的に運転している被験者となるように決定する。

実験は図9に示す実証実験環境において、以下の手順で実施する。はじめに、タブレットPC (Samsung, Nexus 10) の画面最上部と被験者の目の高さと同じになるように被験者自身が位置を調整する。このとき、タブレットPCは机の手前から15cm離れた位置に設置し、椅子は指定した位置からできるだけ動かさないように教示する。次に、被験者に対し、両手は机の手前に力を抜いて置き、映像中に歩行者が出現したら素早く歩行者の位置をタッチするように教示する。また、タッチの際は両手を使ってもよいとも教示する。続いて、練習用シナリオとして用意した2つの映像に出現する歩行者をタッチするように教示し、タッチ操作に慣れてもらう。次に、訓練として訓練用シナリオに含まれる映像をランダムに提示し、歩行者をタッチするように教示する。結果表示画面では、表示された結果をよく確認するように教示する。この訓練を3回繰り返し、それぞれの結果を保存機能を利用して記録する。訓練フェーズ終

了後、測定フェーズとして測定用シナリオに含まれる映像をランダムに提示し、歩行者をタッチするように教示する。結果は訓練と同様に記録する。実験後、被験者ごとに記録された結果から、訓練と測定における平均反応時間を算出し比較する。

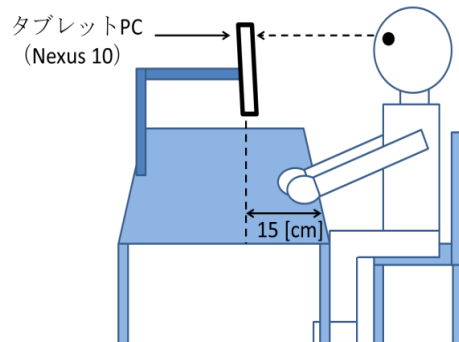


図 9. 実証実験環境

##### 4.2 実験結果

図10に訓練および測定における反応時間の分布を示す。横軸は実験フェーズ、縦軸は反応時間 [ms] を示す。図中の丸印は外れ値、箱ひげ図のひげの上端および下端は最大値および最小値、箱中の横線は中央値を示す。はじめに、実験グループ (A, B) × 実験フェーズ (訓練1回目, 訓練2回目, 訓練3回目, 測定) の2要因混合計画で分散分析を行った。有意水準は5%とした。分散分析の結果、交互作用は見られず ( $F(1,10)=0.32, p=0.585$ )、実験グループの主効果も見られなかったが ( $F(1,10)=0.21, p=0.656$ )、実験フェーズの主効果が有意であった ( $F(1,10)=8.02, p=0.018$ )。したがって、実験グループの違いによって測定された反応時間に差があるとはいえないため、グループAおよびグループBの結果をまとめて扱い、訓練の1回目と測定における反応時間について比較した。有意水準5%でt検定を行ったところ、測定における反応時間が訓練の1回目と比較して有意に短かった ( $t(11)=2.47, p=0.031$ )。

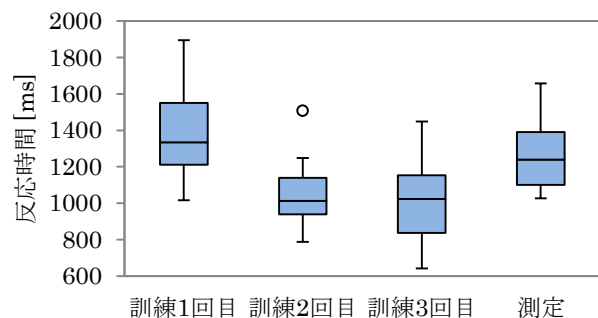


図 10. 訓練および測定における反応時間の分布

#### 5. 考察

開発したシステムを用いた訓練の結果、訓練の1回目と比較して測定における運転者の反応時間は有意に短く変化した。これは、同一のシナリオを用いて訓練するうちに歩

行者が出現する位置を覚え、車の陰や電柱の陰など歩行者が出現する可能性の高い位置に自然と視線を向けられるようになり、異なる映像であっても素早く反応することができたためと考えられる。視線を意識的に歩行者が出現する可能性の高い位置に向けることは、運転においては予測能力であると考えられるが、歩行者を的確に認知するためには歩行者が視界に入る前の段階ですでに出現を予測している必要がある。したがって本論文では、歩行者の出現位置に対する予測能力も認知能力の一部としてとらえ考察する。また、島崎らも文献[7]において、運転者が訓練により事故のパターンを学習し、衝突対象や衝突対象が出現する可能性の高い位置に注意向けられるようになり、反応時間が短縮したことを示している。交通事故場面提示の有無という違いはあるが、本研究でも訓練により被験者の予測能力が向上し、歩行者に対する認知能力も向上したと示唆される。

一方で、実験前の教示では歩行者が出現した時に歩行者の位置を素早くタッチするように求めただけであり、実際の運転状況を想定して映像を見るように教示しなかった。そのため、被験者が歩行者を見つけることだけに注力し、安全に運転するうえで注意が必要ではない位置（例えば、両側が二車線の道路における対向車側の歩道）にも視線が向けられ、実験当初では歩行者の発見が遅れた可能性も否定できない。したがって、訓練の1回目ではシステムに対する習熟度が低く、本来の認知能力を測定できなかったが、測定では習熟度が向上し本来の認知能力を測定できたという解釈もできる。本研究で得られた結果からは2つの解釈の一方のみを棄却することはできない。よって、実際の運転状況を想定して映像を見るように教示内容を変更して再度実験を行うなど、さらなる検証が必要といえる。

また、歩行者に対する被験者の認知能力へのフィードバックを期待して、各実験フェーズの最後で結果表示画面をよく確認するように教示していたが、本実験の結果からは認知能力の向上に寄与していたかどうかは明らかにできない。したがって今後は、結果表示の効果を明らかにするために結果を表示しないグループと結果を表示するグループに分けて同様の実験を実施し、比較する必要がある。

なお、開発したシステムの有効性の検証項目としては反応時間のみを用いており、訓練前後で反応時間は短縮したが、十分な有効性を示すには至らなかった。今後は歩行者の出現に対する反応時間だけでなく、出現時の車両-歩行者間距離別、歩行者の種類別（車線からの距離、車道の左右どちら側か）などその他の項目についても得られた反応時間を分析し、有意差を検証する必要がある。

## 6. まとめ

本研究では、タブレット PC で非事故映像を提示し、運転映像を停止せずにユーザに歩行者をタッチさせることで、現実感のある認知能力を測定および訓練することができるシステムを開発した。開発したシステムの精度に関する検証実験を行ったところ、車両-歩行者間距離については、正確な車両-歩行者間距離が20 m程度まではおおまかな距離

を提示できることを確認できた。車両速度については、実際の車両に搭載されている速度計の誤差の範囲内で提示できることを確認できた。危険度については、実際の車両速度よりもやや早い段階で危険と判定し、適切な危険度を提示できることを確認できた。また、開発したシステムの有効性に関する実証実験を行ったところ、訓練前と訓練後では反応時間が有意に短くなったことを確認できた。今後は教示内容を変更したうえでの有効性に関する再実験および結果表示による訓練効果への寄与に関する実験の実施など、システムの有効性および訓練効果についてさらに検証する予定である。

## 参考文献

- [1] 津留直彦・伊佐治和美・金子弘・土居俊一, “運転者の視覚認知機能の解明とモデル化の研究”, デンソーテクニカルレビュー, Vol.12, No.1, pp.130-136(2007)
- [2] 財団法人交通事故総合分析センター, “人はどんなミスをして交通事故を起こすのか”, イタルデザインフォーメーション, No.33(2001)
- [3] 警察庁, “平成 25 年中の交通事故の発生状況”, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Pdfdl.do?sinfid=000023626210> (Accessed: June 30, 2014)
- [4] 警察庁, “高齢者講習の運用について”, <https://www.npa.go.jp/pdc/notification/koutuu/menkyo/menkyo20140224-4.pdf> (Accessed: June 30, 2014)
- [5] 警察庁, “更新時講習の運用について”, <http://www.npa.go.jp/pdc/notification/koutuu/menkyo/menkyo20140512-1.pdf> (Accessed: June 30, 2014)
- [6] 三品誠・島崎敢・中村愛・石田敏郎, “情報端末を用いた危険認知訓練システムの開発”, 交通科学研究資料, Vol.53, pp.69-72(2012)
- [7] 島崎敢・三品誠・中村愛・高橋明子・石田敏郎, “事故映像とタブレット端末を用いたハザード出現予測の訓練とその効果”, 交通心理学研究, Vol.28, pp.35-43(2012)
- [8] 小林正義・千島亮・牛山喜久・田中基次・大橋俊夫, “自動車運転映像の視聴によって生ずる手掌部発汗反応”, 発汗学, Vol.15, No.1, pp.31-33(2008)
- [9] Y. Freund and R.E. Schapire, “A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting”, J. Comput. Syst. Sci., Vol.55, pp.119-139(1997)
- [10] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features”, Proc. of IEEE CVPR, Vol.1, pp.511-518(2001)
- [11] OpenCV, <http://opencv.org/> (Accessed: June 30, 2014)
- [12] 江守一郎, “新版 自動車事故工学”, 技術書院, pp.45(1993)
- [13] 国土交通省, “道路運送車両の保安基準の細目を定める告示〈第三節〉第226条(速度計等)”, <http://www.mlit.go.jp/common/000187678.pdf> (Accessed: June 30, 2014)