

Trail Making Gameを用いた 高齢ドライバ向け認知機能訓練システム

平岡 敏洋^{1,a)} 王 亭文^{1,†1} 川上 浩司¹

概要: 加齢に伴う認知機能の低下は、高齢ドライバの交通事故要因の一つである。本研究では、認知的評価理論、ゲーミフィケーション、不便益原理に基づいて、高齢ドライバの認知機能の低下抑制を図るための新しい訓練システムを提案する。視覚性注意機能を高めるために、実験参加者はタブレット上に実装した Trail Making Game を行う。さらに、ゲームの得点（遂行時間）に応じてドライバが運転する車の制限速度が定まる。ドライビングシミュレータを用いた実験により、1) 提案システムによって高齢ドライバの有効視野が広がる、2) ハザード知覚能力が高まる、ことを示唆する結果が得られた。

キーワード: 認知機能, 訓練, 高齢ドライバ, Trail Making Game, ゲーミフィケーション

Cognitive Function Training System for Elderly Drivers Using Trail Making Game

HIRAOKA TOSHIHIRO^{1,a)} WANG TING-WENG^{1,†1} KAWAKAMI HIROSHI¹

1. はじめに

高齢ドライバによる交通事故は年々増加しており、社会問題の一つとなっている。視覚性注意障害や有効視野の低下・欠損といった、加齢に伴う認知機能の低下が交通事故発生の主要因であるという研究は多数存在する。視覚性注意障害のある高齢ドライバは、障害のない高齢ドライバに比べて、総事故数において3~4倍、交差点事故において15倍の事故を起こすというデータがある [1]。

そこで、高齢ドライバの認知機能と運転能力を向上させる訓練方法がさまざま提案されている。20分間のビデオを用いて訓練するだけで、熟練ドライバの運転能力が向上し、少なくとも1週間はその効果が持続するという報告 [2] がある。有効視野 (UFOV: Useful Field Of View) を鍛えるプログラムとドライビングシミュレータを用いた運転技

能の訓練を受けることで、高齢ドライバの運転パフォーマンスが向上しうることが示された研究 [3] もある。

しかし、多くの訓練プログラムは効果が一週間程度しか持続せず、追加訓練や長期の訓練を行わなければ、それ以降効果は低下する。そこで本研究では、高齢ドライバ向けの認知機能訓練システムにゲーム性を導入することで、訓練効果の持続を狙ったシステムを提案する。

2. システム設計に用いた関連する設計論

2.1 認知的評価理論

Deci ら [4] が提案する認知的評価理論 (CET: Cognitive Evaluation Theory) によると、有能さ、関係性、自律性に対する欲求が満たされるとき、行動の価値が内在化され、人間は自発的な行動を行うようになるといわれている。したがって、訓練システムがユーザに対して有能さや自己決定感を与えるのであれば、ユーザの内発的動機づけが高まることで自律的な行動を行うようになる。本研究では、有能さと自律性に着目し、システム利用によって「自分でやる」「うまくできる」といった感覚をユーザに感じさせるよ

¹ 京都大学

Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan

^{†1} 現在, Qualcomm Technologies, Inc.

Presently with Qualcomm Technologies, Inc., Taipei, Taiwan

a) hiraoka@sys.i.kyoto-u.ac.jp

うなシステム設計を目指す。

2.2 ゲームフィケーション

ゲームフィケーションとは、ゲームに用いられる工夫をゲーム以外の分野、たとえば教育やスポーツなどに適用すること [5] であり、近年盛んに取り入れられている手法である。ゲーム要素を取り入れることで、ユーザは有能さや自己決定感を感じやすくなり、その結果として利用動機づけが高まり、行動変容が促される。本研究の認知機能訓練システムにもゲーム要素を取り入れることで、高齢ドライバーたちが楽しく、自発的に訓練を行うことを狙う。

2.3 不利益

多くの運転支援システムがそうであるように、これまでの技術開発の大半は、ユーザがシステムを使う際の身体的労力や心理的労力といった手間 (=不便) を極力減らすことを主目的として行われてきた。その結果、ユーザはさまざまな利得を獲得してきたことに異論を挟む余地はない。しかしながら、一部の便利なシステムでは、ユーザが手間をかけることでしか得られない技能向上や能力低下抑制といった客観的益と、その手間をかけたことをユーザが自覚することで得られる嬉しさ、楽しさ、利用動機づけなどの主観的益を失うことになってしまった。そこで、ユーザにあえて手間をかけさせるように設計することで、便利なシステムで失った益を取り戻すことを目的とした新しいシステム設計論 “不利益” が提案されている [6]。

内藤ら [7] は、不利益事例を多数集めて分析を行い、発明的問題解決理論 (TRIZ) を援用することで、12 個の不利益原理と不利益マトリクスを導出した。本研究で提案するシステムでは、「操作数を多くせよ」「時間がかかるようにせよ」「限定せよ」という三つの不利益原理を導入することで、高齢ドライバーが有能感を得られるよう工夫した。

3. 認知機能訓練システム

3.1 システム概要

本研究では、ゲーム要素を有する高齢ドライバー向け認知機能訓練システムとして、視覚性注意機能のリハビリを行うための Trail Making Game (以下、TMG) を用いたシステムを提案する。さらに、このシステムでは、TMG の成績に応じて車両の制限速度が設定される。つまり、ドライバーの視覚注意機能のパフォーマンスに応じた制限速度とすることで、安全を確保することを狙っている。

図 1 に提案システム利用の流れを示す。ユーザがタブレット上に実装された TMG をプレイすると、そのときの成績 (遂行時間) と成績に応じた制限速度、それまでの成績履歴に基づく次の目標値が表示される。ユーザがその制限速度で納得して TMG を止めると、その設定がドライビングシミュレータ上の車両に転送され、速度計にその値が



図 1 Outline of game-based cognitive function training system 表示される。

3.2 Trail Making Game

Trail Making Test (TMT) は、視覚的な探索や追跡、注意の持続と選択、遂行機能といった認知機能を測定するもっとも有名な神経心理検査の一つである [8], [9]。TMT は、TMT-A と TMT-B の二種類の課題から構成される。TMT-A は、紙または画面上にランダムに配置された 1 から 25 までの数字を、1 から順に可能な限り速く辿っていく課題である。TMT-B は、ランダムに配置された数字と文字 (アルファベットや平仮名) を「1→あ→2→い→3→う→…」というように、交互かつ順に可能な限り速く辿っていく課題である。TMT では最後の数字または文字まで辿るのに要した時間が成績となる。

本研究では、標準的な TMT をベースに、五つのレベルとゲーム要素を付加した Trail Making Game (TMG) を 10 インチのタブレット上に実装し、認知機能訓練システムとした。TMG は 5 個の数字または平仮名からなるレベル 1 からスタートして、レベルが上がるごとに数字または平仮名が 5 個ずつ増える。TMG の運転モードでは、難易度を考慮して、TMG-A のレベル 1 と TMG-B のレベル 5 を除外したうえで、ユーザ自身が選択したレベルをプレイすることができる。一方の練習モードでは、ユーザはレベル 1 からレベル 5 まで連続的にプレイしなければならない。

各レベルをプレイする前、画面上には目標時間が表示される。プレイ後には、遂行時間、新たな目標時間、遂行時間に応じた自動車の制限速度が表示される (図 1 中央参照)。

TMG をユーザにとってより楽しいものにするためには、目標値を簡単すぎず、かつ、難しすぎないように設定する必要がある。そこで本研究では、先行研究 [10] に倣って、パーセントイルスケジューラ法*1を用いて目標値を設定した。

3.3 ゲーム遂行時間に応じた制限速度の設定

ゲーム遂行時間を制限速度に変換するために、その遂行時間が目標値を下回ったか否か、すなわち目標を達成したか否かを次式に基づいて判断する。

$$J = \frac{T - t_p}{\sigma} \quad (1)$$

ここで、 t_p は最新のゲーム遂行時間、 T は過去の遂行時間の

*1 詳細については、先行研究 [10] を参照されたい。

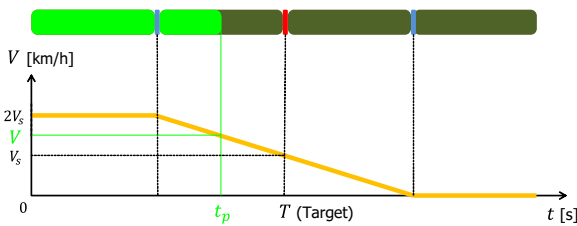


図 2 The correlation of V and score bar

集合 $\{t_{in}\}$ に対してパーセンタイルスケジュールによって求めた目標値, σ は遂行時間集合 $\{t_{in}\}$ の標準偏差を表す.

つぎに, 式 (1) で求めた J の値に応じて, 次式によって V を求める.

$$V = \begin{cases} 2V_s & \text{if } J \geq 1 \\ V_s(1 + J) & \text{if } -1 < J < 1 \\ 0 & \text{if } -1 \leq J \end{cases} \quad (2)$$

ただし, TMG-A と TMG-B の標準速度 V_s は,

$$V_s = f(m, i) = V_0 \times i \quad (3)$$

で表される. ここで, m と i は TMG の種類とレベルを示す. TMG-A と TMG-B それぞれに対する初期速度 V_0 は, TMG-B の方が TMG-A よりも難しいことを考慮して, 10, 15[km/h] とした.

式 (2) で求める V とスコアバーとの関係を図 2 に示す. 1 本の赤線と 2 本の青線によって, バーは 4 区間に分けられている. 赤線よりも左側の 2 区間は目標達成を表しており, ドライバは標準速度よりも速い制限速度を得ることができる. 一方, 赤線よりも右側の 2 区間は目標不達成を表しており, 制限速度は標準速度よりも低くなる.

TMG のプレイを重ねるにつれて遂行時間は短くなりうるが, いずれ収束することは想像に難くない. すなわち, 習熟すると, かえって目標達成が困難になるという問題が生じる. この問題を解決するために, 制限速度 V_{max} の設定を次式によって定めることにした.

$$V_{max} = \min \left\{ 2V_s, V \left(1 + \frac{n_s}{10} \right) \right\} \quad (4)$$

ここで n_s は過去 10 回の試行において目標を達成した回数を表す. つまり, 過去 10 回の試行中における目標達成数に応じた報酬として, 制限速度が上がることを意味する.

3.4 提案システムの利用法

本研究で提案するシステムを用いた高齢ドライバーは, TMG の成績, すなわち視覚性注意機能の能力に応じた制限速度下で運転することになる. 以下, 提案システムの利用手順について詳しく述べる.

ドライバーは最初に TMG-A か TMG-B どちらをプレイするか選択する. 選択した TMG をプレイした後, 目標値とゲーム遂行時間の比較から計算された制限速度が画面上に表示される. ドライバがその制限速度で満足する場合に

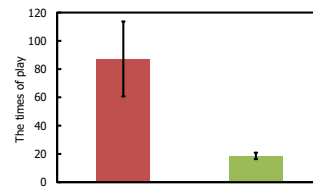


図 3 The total number of plays of TMG

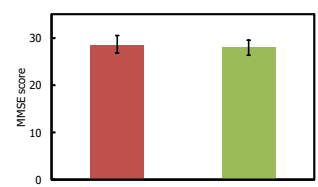


図 4 MMSE score

は, TMG を終了して走行することができる. もしも, 表示された制限速度で満足しない場合には, TMG の次のレベルに移行するか, 運転モードの最初に戻って TMG をやり直すことで, 満足する制限速度になるまで TMG を継続する. したがって, ドライバは所望の制限速度で走行できるまで, 認知機能の訓練として TMG を行うことが促され, 結果的に個人の能力に応じた安全な運転行動を行うことが期待される.

4. ドライビングシミュレータ実験

4.1 実験概要

本研究で提案する認知機能訓練システムの有効性を検証するために, ドライビングシミュレータ実験を実施した. 実験は, 動的有効視野検査 (DUFOVT: Dynamic Useful Field Of View Test) とハザード知覚検査 (HPT: Hazard Perception Test) から構成される.

実験には 11 名の高齢男性 (65~77 歳: 平均 69.8 歳) が参加した. なお, 実験実施前にインフォームドコンセントを行い, 実験参加の同意を得た. 11 名の実験参加者は,

1 群 (実験参加者 1~6): TMG が実装されたタブレットを持ち帰って自宅でも TMG を行い, 練習モードの平均実施回数が 20 回以上であった群.

2 群 (実験参加者 7~11): 実験室でのみ TMG を行い, 練習モードの平均実施回数が 20 回以下であった群.

に分けられた. 図 3 に各群における練習モードの平均実施回数を示す.

また, ドライビングシミュレータで走行する前に, 実験参加者は, 個人属性や運転歴, 運転頻度などに関する質問に回答した. さらに, Mini-Mental State Examination (MMSE) を実施した結果, 群間に優位な差はなく (図 4), 全員が 30 点満点中 25 点以上であり正常な認知機能を有すると判断された.

4.2 動的有効視野検査 (DUFOVT)

本実験における動的有効視野検査 (DUFOVT) は, 中心視検査 (図 5(a)) と周辺視検査 (図 5(b)) から構成され, 約 12 分かかる. 中心視検査では, 前方画面中央に表示されるランダムな 1 桁の数字を口頭で回答する. 周辺視検査では図 5(b) に記した 20 箇所のいずれに出現する × 印を視認したらボタンを押す. 7 秒ごとに中心視検査の数字が

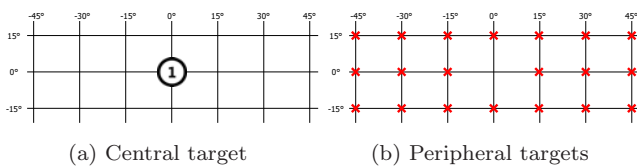


図 5 DUFOVT: Dynamic useful field of view test



図 6 Example scenes of hazard perception test (HPT)

500[ms]の間表示され、その後100~300[ms]のタイミングで周辺視検査の×印が200[ms]の間表示される。

実験参加者は、DUFOVTの実験中、前方画面中央に表示される+印を凝視しつつ、左車線を60[km/h]で走行し続けるように教示された。

4.3 ハザード知覚検査 (HPT)

ハザード知覚検査に要する走行距離は約5[km]である。HPTでは、潜在的に危険が潜んでいる状況が9種類用意されており、500[m]ごとにランダムな順番で出現する。HPTでは、ドライバが直面する交通状況に対して（他車両や障害物に）衝突する恐れがあると判断した場合や、危険事象を避けるために減速または停まる必要があると判断した場合に、ステアリングホイールの横に設置したボタンを押さなければならない。

ハザード知覚に関する先行研究 [11] によると、ハザードは以下の三種類に分けられる。

- (1) Behavioral Prediction Hazards (BPH): 実際にハザードが顕在化する前から見えているハザード。
- (2) Environmental Prediction Hazards (EPH): 環境の一部に隠れており、事前には見えないハザード。
- (3) Dividing and Focusing Attention Hazards (DFAH): BPHとEPHを組み合わせたハザード。

本実験では各3種類ずつ合計9種類のハザードを用意した。図6(a), (b)にBPHとDFAHのハザード例を示す。

4.4 実験条件

実験参加者は、2~3週間の実験期間中に、実験室に7回来て実験を行った。上述したように、1群の実験参加者は自宅でも認知機能訓練システムであるTMGを行うことができる。ただし、自宅での訓練は強制しておらず、あくまでも自由意志で使うように教示した点には注意されたい。

初日は、その後の訓練の成果を確認するための基準となる試行であり、提案システムを使わずに2回走行（これをN1, N2とする）して、各走行でDUFOVTとHPTを行う。ただし、最初に練習として、5分間のDUFOVT、2[km]のHPTを体験して、それぞれの操作に慣れてもらった。初日の走行後に、1群の実験参加者たちはTMGがインストールされたタブレットを受け取り、自宅でTMGの練習モードを自由に使用していいと教示を受けた。

2日目から6日目までは、認知機能訓練システムを使った走行を毎日2回繰り返した（S1~S10とする）。ただし、1群の実験参加者で、自宅でTMGの練習モードをプレイしていなかった人と、2群の実験参加者全員は、実験室でTMG-AとTMG-Bをそれぞれ最低1回ずつプレイした。

最終日は、訓練後の試行ということで、初日の基準試行と同じ手順で実施した（N3, N4とする）。

5. 実験結果

5.1 TMG 遂行時間と制限速度

1群と2群それぞれのTMG-A, TMG-Bの練習モードにおける遂行時間の推移を図7, 8に示す。1群の実験参加者4や6のTMG遂行時間の推移を見ると、TMG-AとTMG-Bどちらにおいても実行回数が増えるにつれて徐々にタイムが短縮していることがわかる。一方の2群は実験室においてのみプレイしたため、実行回数が少なく、顕著な習熟効果は見られない。

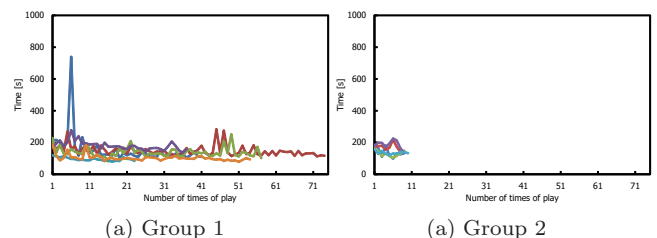


図 7 Score of practice mode of TMG-A by group

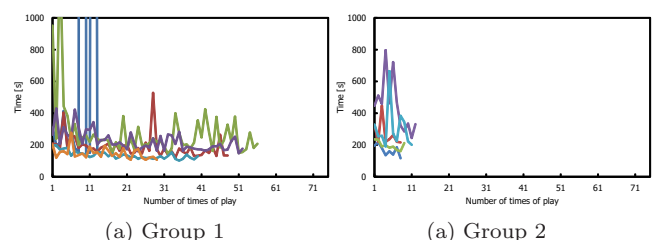


図 8 Score of practice mode of TMG-B by group

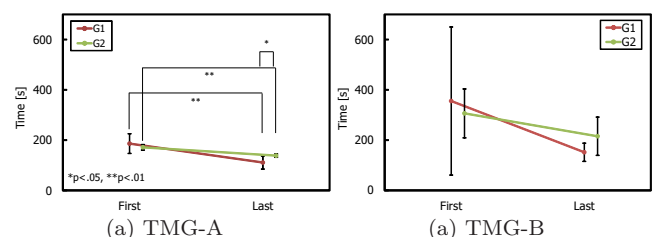


図 9 Score of practice mode of TMG-A and TMG-B by group

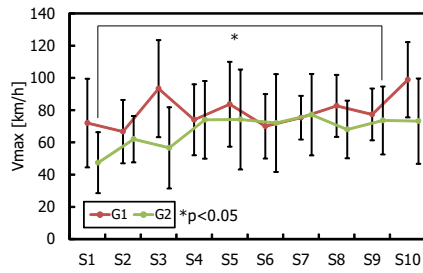


図 10 V_{max} by group

つぎに、2種類のTMGをプレイした最初と最後の遂行時間を群ごとに平均したグラフを図9(a), (b)に示す。群と試行回の二要因分散分析の結果、TMG-Aにおいて交互作用が有意傾向であった ($F(1, 9) = 3.99, p < .1$)。さらに、下位検定の結果、どちらの群も最初に比べて最後の遂行時間が有意に短く、さらに最後の遂行時間については、1群の方が2群よりも有意に短いことが明らかになった。

提案システムを使った10回の走行において、各グループごとに制限速度の推移を図10に示す。二要因分散分析の結果、交互作用が5%水準で有意であった。また、どちらの群も、試行回数の主効果が有意であった。下位検定の結果、S3において1群の方が2群よりも制限速度が有意に高く、2群においてS1に比べてS9の制限速度が有意に高くなっていった。

以上より、どちらの群もTMG-Aの遂行時間が短縮され、その結果として制限速度が高くなったと推察される。

5.2 DUFOVT

図11(a), (b)に、1群と2群それぞれの中心視検査の検出率(棒グラフ)と周辺視検査の検出率(折れ線グラフ)の推移を示す。どちらの群も中心視の検出率は99%を上回っており、運転中は教示通りに前方画面中央を凝視していたことが伺える。つぎに、周辺視検査の結果を、それぞれの群で試行回数を要因とする一要因分散分析を行った結果、1群において5%水準で、2群において0.1%水準で主効果が有意であった。また、有意差は認められないが、2群に比べると1群の方が周辺視検査の検出率が高いことが図示されている。

以上の結果より、1群、2群ともに認知機能訓練システムを使うことで周辺視野が広がることわかる。その傾向は、自宅でも訓練を行うことでTMGの試行回数が圧倒的

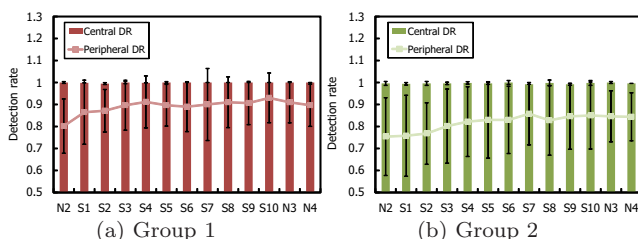


図 11 Central and peripheral detection rate by group

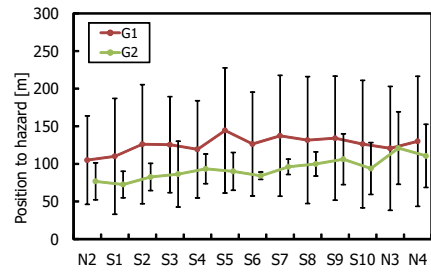


図 12 Position to hazard by group

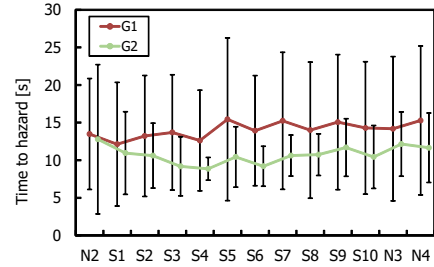


図 13 Time to hazard by group

に多い1群において、より顕著であることが確認できた。

5.3 HPT

ハザードを発見したときのハザードまでの距離 (PTH: Position-To-Hazard) を図12に、その距離をそのときの速度で除した Time-To-Hazard (TTH) を図13に示す。2群よりも1群の方が、より遠い位置からハザードに気づいており、どちらの群も試行を繰り返すことでPTHが伸びている。N2に比べてN4では、1群で25.04[m], 2群で33.84[m]手前になっていた。

TTHでは、1群において若干横ばいから増加傾向にあるが、2群ではむしろやや下降気味となっている。ただし、どちらも有意差は認められなかった。

5.4 主観評価

すべての実験が終わった後に行ったアンケート結果に基づく各カテゴリの点数*2を表1に示す。負担感のカテゴリのみ点数が低いほどよく、それ以外は点数が高いほどよい。

全体的にあまり芳しくない結果となっていることがわかる。本研究では認知機能訓練システムにゲーム要素を付加することで、ユーザに楽しんで使ってもらうことを意図し

表 1 Mean scores and std. of post-experiment questionnaire

Category	Group 1	Group 2	T-test
Fun	3.42 (1.83)	3.60 (1.56)	ns
Motivation	2.77 (1.25)	3.56 (0.86)	ns
Competence	2.80 (1.26)	4.40 (0.49)	*
Understanding	4.33 (1.58)	5.65 (0.63)	ns
Appropriateness of difficulty	5.33 (0.68)	4.40 (0.65)	*
Burden	3.07 (1.11)	3.20 (0.86)	ns
Comfort	3.54 (0.83)	3.45 (1.45)	ns

*2 質問内容とカテゴリの点数算出法については付録 A.1 参照。

たにもかかわらず、楽しさに関する回答は両群ともにやや悪い結果となった。実験参加者から「ストレスになった」「システムに興味がない」「TMGをプレイすると疲れる」といった意見が出ており、これが原因で楽しさや動機づけ、有能感といったカテゴリに悪影響を及ぼしたのではないかと思われる。

また、有能感のカテゴリでは、自宅でTMGを使った1群の方が2群よりも悪い評価となっている。実験者からの教示では、あくまでも自由に使って良い、すなわち無理に使う必要はないと伝えたが、実験参加者は自発的に楽しんでTMGを使ったのではなく、外発的動機づけで使用して、その結果、負担に感じたのではないかと推察される。

6. おわりに

本研究では、高齢ドライバーの認知機能、とくに視覚性注意機能の訓練を意図して、タブレット上にTrail Making Game (TMG) を実装した。さらに、このTMGの遂行時間に応じて、ドライビングシミュレータで運転する車両の制限速度を設定するという仕組みを導入することで、高齢ドライバー自身が制限速度を上げたいと思う場合には、努力してTMGに取り組むことで、副次的に視覚性注意機能が向上することが期待される。

ドライビングシミュレータ実験の結果より、1) 提案システムを使うことで有効視野が広がる、2) ハザード知覚能力が強化される、3) 効果が持続する、ことを示唆する結果が得られた。さらに、自宅でもTMGを行うことで訓練回数が増えるほど、この傾向は顕著であった。しかしながら、主観評価では全般的に芳しくない結果となった。とくに、TMGというゲームを導入することで、ユーザに楽しんでシステムを使ってもらうことを狙ったにもかかわらず、意図した結果とはならなかった。これはシステム全体のゲーム性が不十分であり、とくに高齢者向けの工夫がなされていないことが原因として考えられる。

付 録

A.1 主観評価の質問項目

七つのカテゴリに対して1～6個の質問が存在する。それぞれの質問に対して7件法で回答したものをカテゴリ内で平均したものを得点とする。

- Fun: 「楽しみながらトレーニングゲームを使用できた」、「トレーニングが楽しいと感じた」
- Motivation: 「全体として、思わず熱中してしまった」、「もっと高難度に挑戦したいと思った」、「もっと長期間トレーニングゲームを使いたいと思った」、「車の制限速度を上げようと、トレーニングゲームを速く終わるように努力した」、「運転中に危険を感じるがあったので、積極的にトレーニングした」、「今後、実際の環境でもトレーニングをしたい」

- Competence: 「トレーニングゲームの使用によって、達成感が得られた」、「トレーニングゲームを使用することで、視覚的注意能力(必要な情報に焦点を絞る能力)を自覚することができた」、「運転中に視覚的注意能力を十分に発揮できたと感じる」、「トレーニングゲームを使用することで、危険を発見しやすくなった」、「今後、実際の環境では、危険を発見する自信がある」
- Understanding: 「使っているうちにトレーニングゲームの使い方を理解できた」
- Appropriateness of difficulty: 「ゲームAの難易度は適切であった」、「ゲームBの難易度は適切であった」
- Burden: 「ドライビングシミュレータでの運転操作(ハンドル、ペダル)に違和感はなかった」、「緑ボタンを使うことは実験の妨げになった」
- Comfort: 「実際に車を運転しているような臨場感があった」、「運転を終えて、疲労感が残っている」、「運転中に眠気があった」、「運転中に気分が悪くなった」

参考文献

- [1] Owsley, C., Ball, K., McGwin, G., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., and Overley, E. T.: Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older driver, *America Medical Association*, Vol. 279, No. 14, pp.1083-1088 (1998).
- [2] Horswill, M. S., Marrington, S. A., McCullough, C. M., Wood, J., Pachana, N. A., McWilliam, J., and Raikos, M. K.: The hazard perception ability of older drivers, *Psychological Sciences*, Vol. 63B, No. 4, pp.212-218 (2008).
- [3] Roenker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G., and Edwards, J. D.: Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance, *Human Factors*, Vol. 45, No. 2, pp.218-233 (2003).
- [4] Deci, E. L., Cascio, W. F., and Krusell, J.: Cognitive evaluation theory and some comments on the calder and staw critique, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 31, No. 1, pp. 81-85 (1975).
- [5] Gee, J. P.: What video games have to teach us about learning and literacy, *ACM Computers in Entertainment (CIE)*, Vol. 1, No. 1, pp.1-4 (2003).
- [6] 川上浩司: 不便の効用に着目したシステムデザインに向けて、ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.11, No.1, pp.125-133 (2009).
- [7] 内藤浩介, 川上浩司, 平岡敏洋: 発明的問題解決理論 TRIZ に基づく不便の効用を活かすシステムの設計支援手法, 計測自動制御学会論文集, Vol.49, No.6, pp.595-601 (2013).
- [8] Tombaugh, T. N.: Trail making test a and b: normative data stratified by age and education, *Archives of Clinical Neuropsychology*, Vol. 19, No. 2, pp.203-214 (2004).
- [9] Zakzanis, K. K., Mraz, R., and Graham, S. J.: An fMRI study of the trail making test, *Neuropsychologia*, Vol. 43, No. 13, pp.1878-1886 (2005).
- [10] 平岡敏洋, 西川聖明, 川上浩司, 塩瀬隆之: 自発的な省燃費運転行動を促すエコドライブ支援システム, 計測自動制御学会論文集, Vol.48, No.11, pp.754-763 (2012).
- [11] Crundall, D., Andrews, B., Loon, E. V., and Chapman, P.: Commentary training improves responsiveness to hazards in a driving simulator, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 6, pp. 2117-2124 (2010).