

車載機器利用と加齢：エアコンパネル操作と模擬運転課題の二重課題状況での検討

富田 瑛 智*
須藤 智**
原田 悦 子***

要 旨

自動車運転と加齢の関係を検討するため、実車を用いたより日常的な状況で、車載機器操作ならびにその模擬運転操作との二重課題状況下での加齢変化について、実験により検討した。高齢者20名と大学生7名の参加者は、車載機器操作（エアコンパネル）と模擬運転操作をそれぞれ単独に行い、十分に習熟した後に二つを同時に行う二重課題実験を実施した。その結果、両年齢群で課題達成の低下がみられたが、特に高齢者の成績低下が大きく、とりわけ二重課題状況下での模擬運転課題の成績が低下した。実験時の行動・発話分析から、車載機器操作により多くの注意が向けられており、そこからの注意の切替えに大きな加齢効果が存在する可能性が示された。

Abstract

A purpose of this article is to examine aging effect under dual-task condition: an air conditioner panel task (ACP) and a driving simulation task (DS). Seven undergraduate students and 20 older adults participated. First, they performed the ACP and the DS respectively up to learn them enough. Second, they performed those tasks under dual-task-condition. The achievement rates of both ages dropped under dual-task-condition, especially older adults' achievement rates of the DS were much lower. Speech and behavioral data indicated that older adults paid more attention to the ACP and they were difficult to switch from the ACP to DS. These results suggest that aging effect appeared on the attention and task-switching performance.

キーワード：加齢；二重課題；車載機器；エアコンパネル；模擬運転課題

Keywords: aging; dual-task; vehicle equipment; air-conditioning panel; drive simulated task

1. はじめに

日本の高齢化はさらに昂進し、それに伴う高齢ドライバーの数も増加の一途をたどっている。平成29年度の日本における65歳以上人口比率は27.7%、中でも75歳以上人口が13.8%である¹⁾のに対し、75歳以上の運転免許保有者数は約513万人（平成28年度時点）であり、75歳以上人口の3人に1人が免許を保有している状態となっている²⁾。健康な高齢者であっても行動特性、認知特性の変化は複雑かつ多層的であって決して単純ではなく³⁾、とりわけ複雑な熟達の行動、高次かつ複合的な迅速な意思決定が求められる運転行動において、認知的加齢の影響を多様な視点から検討していくことが求められている。自動車運転に

については、純粋な運転操作、運転行動のみではなく、日常生活活動の中での実際の運転活動の観点から、ユーザー＝ドライバー自身の視点からみえる運転という課題を丹念に検討・理解していくことが、今後さらに高齢化が加速する社会での安全・安心な交通社会を築いていく上で極めて重要と考えられる。

実際の日常生活活動での運転を考えた場合、そこに関わるのは車両の運転操作という単一の課題ではない。特に近年各種サービスの情報モバイル化が進む中、車内での活動としても、実際の運転動作以外に、カーナビゲーションシステムやオーディオ機器、さらにエアコンといった車載機器の操作も「運転中に行いうる活動」として、存在して

*大阪大学 大学院人間科学研究科
Graduate School of Human Sciences, Osaka University
**静岡大学 大学教育センター

Education Development Center, Shizuoka University
***筑波大学 人間系
Faculty of Human Science, University of Tsukuba

いる。

車載機器は、個々の操作単体のみを考えれば、1回ないしは数操作で終了するシンプルな課題と考えられがちだが、複数の機器それぞれに複数の操作部が設定され、そこで求められる操作のデザイン方式も多岐にわたるため、実際の課題としてはさほど単純ではない。しかし、日常運転場面では、多くのドライバーはこれらの車載機器を運転操作と同時にまたは相前後して利用・操作している。例えば、カーナビに表示される進行方向の確認やフロントガラスのデフロスト機能の利用などは、目的とされる機能からも、運転操作と同時にこなされるものの代表的事例であろう。こうした車載機器の運転動作中の操作は、運転動作と機器操作を同時に、または細かい時間単位で切り替えながら行うことが求められ、いわゆる二重課題状況を生み出していると考えられる。

二重課題 (dual task) あるいは課題切替 (task switching) は、長らく知覚・認知心理学の実験室の中でさまざまな研究がなされてきており、そうした課題状況下での課題遂行は、一般に、それぞれの課題を単一で行う場面よりも、課題成績が低下することが指摘されている^{4) 5)}。課題成績の低下のメカニズムについては、心理的不応期 (psychological refractory period: PRP) に関する研究などから、人間の情報処理過程には直列にしか情報を処理できない過程が存在し、その過程がボトルネックになることから2課題目の情報の処理が遅延されるという考え方が代表的である^{4) 6)}が、この一つのモデルで様々な二重課題、課題切替での状況が説明できるか否かについては、さらに検討が必要である。

一般的に二重課題状況下での課題成績の低下は、各実験課題における反応潜時の長さとして現れ、各課題の単一での課題実施時に加算される潜時の形で得られる。加えて、これら課題切替を含む二重課題状況での課題成績低下については、多くの研究において、若年者と高齢者を比較し、後者での課題低下が極めて大きいことが報告されている^{7) 8)}。すなわち高齢者は若年者に比べ、単一に課題を行った場合の課題成績に比べ、二重課題状況下での刺激反応への潜時がより長くなると考えられている^{8) 9)}。

こうした反応潜時の長期化は、運転中の二重課題状況を考えるとき、大きな事故につながりうるリスク要因である。実際に、一般にこうした二重課題の危険性は広く知られており、運転中の携帯電話利用を制限する法的制限、あるいは車両走行中はカーナビの画面操作の一部機能が操作不能になる仕様など、一部に対策が施されている。しかし、従来のこうした対策は「広く一般の運転者」を対象とし、実際には若年成人層の課題達成状況を規準として検討されてきたものが多いのではないかと。

そのように考えると、実験室課題では二重課題状況での

課題成績低下が大きいと報告されている高齢者について、運転者における運転時二重課題状況、具体的には「運転者にとって、運転中に車載機器を利用する二重課題事態」ととりあげて、二つの課題成績の低下が特に高齢者においてどの程度生じるのか、そこに加齢変化がどのように現れているのかについて、より明確にしていく必要があると考えられる。

このように健康な加齢であっても、ヒトの認知的課題達成には加齢変化が影響を与えていると考えられるが、同時にその変化は単純な神経科学上の加齢変化をそのまま反映しているのではなく、特にメタ認知的な要因から「リスクを減らすなどの独自の目標状態に向けて、目標設定や方略を変更する」といった変化も強く見られてくる³⁾。実際、高齢者の運転行動調査においてしばしば見受けられる、「雨の日は運転しない」「夜は運転しないようにしている」といった方略への言及は、高齢者のこうしたメタ認知的変化の一環と考えられる¹⁰⁾。一般に二重課題事態は日常生活においてもあふれていることから、もし高齢者が自分自身の二重課題状況での課題達成低下についてメタ認知を明確に所有しているならば、その認識を基盤として、何らかの方法で二重課題状況下での課題達成低下問題に対して、高齢者独自の方法で対応を行っている可能性も考えられる。そうした側面も含めて、高齢社会での安全な運転行動のために、高齢者の二重課題状況下での行動特性を、より具体的に現場の状況に即して、理解し対策を検討する必要があると考えられる。

実際、実験室環境下で心理学実験課題を用いた二重課題状況に関しては加齢の影響について多くの知見が得られている。しかし、特に高齢者においては実験室環境での実験課題での反応と、よく見知った親近性の高い課題における反応とは大きく異なる可能性があり、こうした傾向は、特に機器操作・利用に強く見られる。たとえば高齢者は新奇なIT関連機器に対して、「自分にはわからないもの」ととらえ、不安などから機器との主体的な相互作用や利用の抑制とその結果としての学習が抑制されることがある¹¹⁾。一方で、日常的に利用経験があり、既存知識のある機器カテゴリーに対しては、その機器固有の操作エラーは生じるものの機器利用の抑制の傾向は見られないなど、「自分が触れたことがない」対象機器への操作・態度から大きく異なる特性が見られる。したがって、実験室環境での実験的な課題での検討は、高齢者にとって特異な環境下での新奇な機器利用場面でありうるために、本来の目的である高齢者の二重課題状況下での課題達成について、課題達成の過小評価をするなど、意味のあるデータが得られない可能性があるといえよう。

そこで本研究では、運転活動における二重課題として、

限りなく日常場面に近い環境を構築して日常的な機器利用場面を想定してもらうことで、その中で自動車運転時における二重課題に対する反応特性への加齢効果を検討していくことを目的とする。すなわち、本研究では、高齢者が自動車運転時に二重課題状況の中で行なう可能性が高い機器利用における操作パフォーマンスの特性を検討することを目的とし、実際の車両を用いた日常の実験状況を設定し、日常的な二重課題状況下での（模擬）運転操作と機器操作の課題達成における認知的加齢の影響を明らかにするために実験を実施した。ここで、運転操作については「実際の運転」ではなく模擬運転とした理由として、実験自体が持つリスクの高さを考慮したためである。不安全な状況になりうる実車走行中の二重課題状況を実験者の教示により導入することは、研究倫理上、大きな問題がある。運転シミュレータの導入も考えられたが、通常の実験室に導入可能な自動車運転シミュレータでは、逆に車載機器の操作・デザインにおいて「日常的な状況」の再現が難しい²。こうした研究状況を鑑み、本研究では、二重課題のうち、1) 車載機器操作は実際の車両を利用することにより、日常的な運転活動の環境を設定し、2) 運転活動については、ディスプレイ上に示される模擬信号に従って、青信号の場合は提示される矢印記号にあった方向に方向指示器を操作し、赤信号になったならばブレーキを踏んだ後に事前に教示提示された車載機器操作を行う、という模擬運転課題を行う、という二重課題状況を設定した。

ところで、本研究において日常的な課題設定を重視する根拠としての既存知識は、特定の機器操作について熟達しているという個別機器に関する操作学習の有無ではなく、「この機器はどういう機能を持つもの」「これを操作すれば、おおよそこのような効果が得られる」といったメンタルモデルとしての「より一般的な知識」の側面である³。そのため逆に、特定の機器デザインの利用経験の有無が剰余変数として導入されることは避けるため、「誰も利用したことがない操作デザイン」のしかし一般的な機能を有する車載機器（ここではエアコン操作パネル）をとりあげた。

したがって具体的には、本研究の実験では、まず、実際の車載エアコンのパネル操作、擬似的な運転操作を模した運転シミュレート状況下でのブレーキペダル、方向指示器の操作課題をそれぞれ単体で行なう単一課題状況で各課題の操作を学習した。次に、両課題を同時に行う二重課題状況として、車両走行時と非走行時との課題切替を模擬的実施する模擬運転状況下での二重課題を行い、課題達成の

比較を行った。

二重課題状況下では、運転操作及び、機器操作のパフォーマンスの低下が予測され、高齢者はその低下が顕著になる可能性がある。しかし、こうした変化は実験室課題のように反応時間を正確に測定することが必ずしも容易ではなく、また反応時間のみから得られる情報は必ずしも多くはない。そこで、本実験では、二重課題における操作パフォーマンスについて、定量的、定性的の両面から検討することを目的とし、日常的な活動ならではの影響について検討した。

2. 方法

2.1 参加者

筑波大学「みんなの使いやすさラボ」に登録している高齢者 20 名（男性 11、女性 9；平均 71.3 歳、標準偏差 5.2）、大学生 7 名（男性 3、女性 4；23.0 歳、標準偏差 1.3）であった。高齢者 20 名は Mini-Mental State Examination (MMSE)¹²の得点が 26 点以上であった。

大学生 1 名を除くすべての参加者は、個人で乗用車を所有し、週 1 回以上の頻度で運転をしていた³。すべての参加者は本研究で利用した車両を運転した経験はなく、また、車両に搭載されたエアコンパネルの利用も初めてであった。すべての参加者は、本研究の課題実施前に、発話思考について教示を受け、発話思考の練習を行っていた。

2.2 装置

ステーションワゴンタイプの車両を駐車場に駐車した状態で、実験に用いた。車両は車止めにより走行できないよう固定されていた。実験課題はエアコン稼働や方向指示器などの操作が実際に機能するよう車両をパワーオン状態にし、駐車した状況で実施された。車両に搭載されたエアコンパネルは、回転／押下／スライド操作が可能なダイヤル状操作部および、押下可能なボタン部があり、加えて現在のエアコンの作動状況を表示する液晶ディスプレイが設置された構成であった。加えて、温度操作のみステアリングのスポーク部に操作ボタンが設置されていた。

模擬運転課題のために、ダッシュボード前方に 8 インチのタブレット端末を設置し、タブレット PC 端末画面の中央には信号機を模した画像が表示された。信号機を模した画像は、青色／黄色／赤色と変化し、信号画像の上下には矢印が表示された。参加者の操作行動、エアコンパネル画面、タブレット PC 画面を記録するため、車内にビデオカメラ 1 台とアクションカメラ 2 台を設置し、動画データを

² 実車を利用した運転シミュレータの利用は極めて高額であり、今回の研究においては利用ができなかった。

³ 主観報告によりエアコンパネルを操作する頻度を 4 件法（1：操作したことがない、2：滅多に操作しない、

3：時々操作する、4：ほぼ毎回操作する）によりを確認したところ、1（操作したことがない）の参加者はおらず、平均値は 3.4 であった。

記録した。

2.3 課題

2.3.1 エアコンパネル操作課題 エアコンの個別機能 8 種を調整する個別課題 (A/C, 風量, 風量ほか), およびエアコンの複数の機能を同時に操作する複合課題 5 課題 (例「風量のメモリを 4 にして温度を 23 度, 風の向きを上半身と足にする」) が用意された。個別課題は, ダイアル状操作部の操作が必要な課題 (温度, 風量, 風向, 曇取り (ボタンでも操作可), 曇取り 2), ボタン操作が必要な課題 (A/C, 風量 OFF), ステアリングボタンの操作が必要な課題 (手元) であった。複合課題は, ダイアル状部操作及びボタン操作の組み合わせが必要な課題であった。複合課題は単一課題より複雑な課題であったが, 各複合課題は, それ以前に実施した個別課題の操作を組み合わせることで達成できた。課題では, 参加者はエアコンパネルを操作し, 実際にエアコンをその状態にすること (機器に対する操作に加えて, エアコン情報表示画面で確認する) が求められた。これらの課題のうち, 10 課題 (個別課題 8, 複合課題 2) をエアコンパネル操作の単一課題状況で用いた。残りの 3 課題はエアコン操作課題と模擬運転課題を同時に行う二重課題状況で用いられた。二重課題で用いられた複合課題は, 複合課題 1 が A/C, 温度設定, 複合課題 2 は風量設定, 風向設定, 複合課題 3 は A/C, 風向調整であった。すべての課題実施順序は, 全参加者で同一であった。

2.3.2 模擬運転課題 運転席前のダッシュボードに設置されたタブレット PC 画面には, 刺激として信号機と矢印が表示され, それに従った反応を「できるだけ早く正確に行なう」ことを求める模擬運転課題が自作された。参加者は, タブレット上の信号が「黄/赤」表示の時にブレーキペダルを踏み, 「青」ではブレーキから足を離すよう求められた。また同時に, 「青」表示中は, 画面上に表示される矢印に従って, 表示された矢印方向に, 方向指示器を出し, 矢印が消えると方向指示器を元に戻すよう求められた。タブレット上に表示される信号機は「赤」表示から開始し, 「青」へと変化してから 18 秒経過した後, 「黄」を 2 秒提示し, 「赤」へと変化した (赤時間, 10 秒)。全体では「赤」から「赤」へ変化する周期は 30 秒であった。予測による反応を防ぐため, 黄色信号表示を除く「赤」「青」表示時間はランダムに±1 秒変動した。

信号が「青」表示の時, 信号機の上下のいずれかに, 左右どちらかを指した矢印が提示された (3 秒)。模擬運転課題中は, 参加者には, 信号が青色の時は「自動車が進んでいる」と考えて, 矢印が提示されている時は矢印方向に曲がっていくこと, 信号が黄色, 赤色の時は止まらなければ

ならないのでブレーキを踏むように, と教示され, 「実際に運転している場面を想定する」よう求めた。

2.4 手続き

実験は個別に行われた。参加者は入室後, 実験の概要説明を聞いた上で文書による実験参加への同意を表明した後, 実験を開始した。参加者が運転席に, 実験者が助手席に乗車した, 実際に自動車を発車する際に必要な予備動作を参加者が行った後, P ポジションスイッチが点灯しており, パーキングブレーキペダルが踏まれた状態で実験を開始した。実験は単一課題条件 (エアコンパネル操作課題, 模擬運転課題の順), 二重課題条件の順番で行われた。

最初のエアコンパネル操作課題の単一課題条件の前に, 日常的なエアコンパネル操作場面を想起してもらうことを目的として, 「いつも行っているようにエアコンを利用する」よう教示を行い, 参加者はできる範囲内で自らが思いつく操作を行った。その後, 単一課題として, エアコンを指定した状態に操作する課題を行った。参加者には, 各課題が課題用紙に印字された形で提示され, 参加者は課題文を読み上げた後に開始した。操作課題の終了は, 参加者が「できました」と発話するまでとしたが, いずれの操作課題も 3 分間の制限時間が設けられた。操作課題を達成できなかった場合 (3 分経過, または不正解状況で参加者が終了を報告した場合) は, 実験者による介入が行われ, 正解操作の手がかり, または正解操作が口頭で説明され, 各課題は, 参加者が自身で達成できるまで, 繰り返し実施された⁴。

次に, 模擬運転課題の単一課題条件として, まず参加者は模擬運転課題の説明を受け, 操作練習を行った。操作練習は実験者が操作方法を説明しながら, 本試行と同じ課題を赤-青-赤の 2 周期にわたって行った。参加者は, 課題中, 実際に運転していることを想定して操作するよう教示された。模擬運転課題開始時に, 実際の運転状況下であることを想定しやすくする目的で, 参加者は両手でステアリングをつかみシートベルトを装着した。その後, 実験者が提示した課題文を読み上げ, 課題を開始した。模擬運転課題の習熟を統制するため, 「信号画像が赤-青-赤に切り替わる 1 周期において, 1 回も操作エラーがない」という学習基準を設け, それが到達されるまで, 練習が実施された (エラーが発生しなかった場合は, 最小実施回数として, 赤-青-赤を 3 周期実施した)。

学習基準到達後, 二重課題条件下での課題が行われた。二重課題条件では, 模擬運転課題を行いながらエアコン操作課題を 3 課題 (複合課題) 実施した, 参加者には, 模擬運転課題を実際の運転操作と考えるよう再度教示を行っ
回の試行で達成された。

⁴ 単一課題は, 1~2 手順で達成可能な課題であったため, 介入が必要であった場合でも, 介入の後, 概ね 1~2

た上で、模擬運転課題を開始する前に、提示されたエアコン操作課題の課題文を読み上げ、参加者自身のペースで両課題を開始した。模擬運転課題中の青信号の間は方向指示器操作を行い、黄信号・赤信号の間はブレーキ操作をした上でエアコン操作を行うよう求められた。二重課題状況下でも、単一課題のエアコンパネル操作と同様に、エアコン操作が終わった段階で参加者は「できました」と口頭で答えたところで課題を終了とし、短い休憩をはさんで次の課題に移った。単一課題でのエアコンパネル操作課題 10 課題（複合操作 2 課題を含む）、二重課題をエアコンパネル操作 3 課題（いずれも 3 課題）については、高齢者であっても必要な機器操作が十分に学習できること、またとりわけ高齢者参加者の疲労によるパフォーマンス低下を考慮して、予備的な実験から設定された。

なお、参加者は実験を通じて、発話思考を行うよう求められた。実験全体はおおよそ 30 分で終了した。

3. 結果

3.1 単一課題条件

二重課題での成績低下を検討するために、まず各年齢群の単一課題での達成成績について検討を行った。

3.1.1 エアコンパネル操作課題

エアコンパネル操作課題は、制限時間内（3 分）に自力すなわち実験者による介入なしにエアコンを操作して指定された課題目標状態に設定できた場合に課題成功とした。各年齢群における課題達成率（パス比率）を図 1 に示す。図 1 では、個別 8 課題、複合 2 課題が課題実施順に示されている。課題進行に従って操作方法の学習が進み、達成率が上昇しているか否かを検討するため、課題全体を 2 ブロック（温度変更から複合課題 1 までを前半、手元送風から曇取り 2 課題までを後半）に分けて、年齢群（2：高齢者，大学生）×課題ブロック（2：前半，後半）を要因とする 2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、課題ブロックと年齢群のそれぞれの主効果が有意であった（ $F(1, 25) = 4.51, p = .044, \eta^2 = 0.15$; $F(1, 25) = 7.35, p = .012, \eta^2 = 0.23$ ）が、両要因の交互作用は有意ではなかった（ $F(1, 25) = 1.56, p = .224, \eta^2 = 0.05$ ）。すなわち、課題後半の達成率は前半よりも高く、高齢者より大学生群で高かった。

図 1 を見る限り、前半・後半それぞれの中的项目によって、加齢の効果のあり方が異なる可能性が示唆されたため、各課題の学習における認知的加齢の効果を確認する目的で、各課題の達成頻度に年齢による差が見られないか、課題ごとに Fisher の直接確率法による達成頻度の比較を行

った。その結果、課題前半に行われた「風量」調整と「風向」調整課題において、高齢者のほうが大学生より達成が低い傾向にあった（ $p = .075; p = .057$ ）。後半の 5 課題ではいずれも年齢群間で差は認められなかった⁵。

次に課題の達成にかかった時間（秒）を要因として、達成率と同様に、年齢群（2：高齢者，大学生）×課題ブロック（2：前半，後半）を要因とした 2 要因混合計画の分散分析を行ったところ、課題ブロックの主効果のみ有意であった（ $F(1, 23) = 5.60, p = .027, \eta^2 = 0.24$ ）。年齢の主効果ならびに両者の交互作用は有意ではなかった（表 1）。

大学生は「風量」以外の課題で達成率が 100% を維持しており、高齢者に比べ課題の負荷が異なっていた可能性もある。ただし、後半の課題では、高齢者と大学生の成績に差がなくなっていることから、高齢者においても単一課題実施により、操作方法を十分に学習できたと考えられる。

表 1 単一課題：エアコン課題の平均所要時間と標準誤差（単位 分秒）

	温度	AC	風量	風向	複合1	手元	風量OFF	複合2	曇取り	曇取り2
高齢者	1:00 (0:31)	0:30 (0:10)	1:27 (0:29)	0:37 (0:16)	1:06 (0:15)	0:31 (0:05)	0:59 (0:14)	0:45 (0:07)	0:33 (0:06)	0:42 (0:16)
大学生	0:38 (0:22)	0:47 (0:25)	1:29 (0:49)	0:41 (0:25)	0:24 (0:03)	0:12 (0:02)	0:09 (0:02)	0:21 (0:03)	0:17 (0:05)	0:19 (0:06)

3.1.2 模擬運転課題

模擬運転課題の学習の様相を検討するため、習熟基準（赤—青—赤の 1 周期をエラー操作なしに実施する）を達成するまでの回数を算出し、年齢群ごとに比較した。ブレーキ及び方向指示器の状況はビデオデータより取得した。エラーは、操作が 1 秒以上遅れた場合、および誤操作と定義した。高齢者群では平均 2.90 周期（標準偏差 1.65）（平均所要時間 1 分 27.0 秒，標準偏差 49.5 秒）で習熟基準に達成、一方で大学生群では平均 1.29 周期（標準偏差 0.76）（平均所要時間 38.7 秒，標準偏差 22.8 秒）でエラー操作なしに課題をこなすことができるようになった。高齢者よ

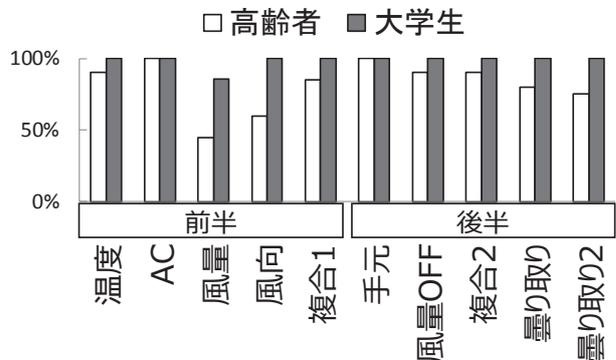


図 1 単一課題：エアコンパネル操作課題の達成率

⁵ 年齢×課題の交互作用は得られなかったが、多重比較を行ったところ、課題の前半では、大学生と高齢者の間に達成成績の差が得られ（ $t(25) = 2.83, p = .009, \text{Cohen's } d$

$= 1.46$ ），課題の後半では差の傾向が得られた（ $t(25) = 1.94, p = .064, \text{Cohen's } d = 1.05$ ）。

表2 二重課題状況での課題達成率

	両課題とも達成した率			エアコンパネル操作課題を達成した率			運転シミュレート課題を達成した率		
	課題1	課題2	課題3	課題1	課題2	課題3	課題1	課題2	課題3
高齢者	0%	28%	33%	17%	83%	94%	11%	28%	39%
大学生	43%	100%	100%	57%	100%	100%	71%	100%	100%

り大学生のほうが短い周期で習熟基準に達成したことが統計的にも有意であった ($t(25)=2.47, p=.021$, Cohen's $d=1.26$). 高齢者群の方が学習には時間を要したものの、大学生群と同程度の技能は獲得されることが示された。

3.2 二重課題条件下での2つの課題成績

3.2.1 課題達成率の検討

次に、二重課題条件下での課題達成について検討を行った。二重課題実施時に、模擬運転課題への不安などから高齢者2名が実施辞退を申し出たため、以下の分析では高齢者群18名を対象とした。まず、二重課題状況での課題達成を両課題を同時に成功した場合と定義とした。すなわち、エアコン操作課題については、単一課題条件と同様にすべての指定された設定条件に正しく調整でき、また模擬運転課題は、1回も操作間違いを起こさなかった場合に達成とした。両者は課題特性が異なるため、等価な達成基準を定めることは容易ではないが、特に模擬運転課題については、実際の運転行動と考えた場合、操作エラーは重篤な問題につながる可能性があるため、このような厳しい基準によって判断を行った。

まず両課題とも達成した割合(表2)に年齢群の効果が得られるか、課題ごとに Fisher の直接確率法による比較を行ったところ、すべての課題で高齢者より大学生の達成率が高かった(課題1, $p=.015$; 課題2, $p=.002$; 課題3, $p=.005$)。また、課題ごとの達成率に差が得られるか年齢群別に Cochran の Q 検定により検討したところ、高齢者、大学生ともに課題間に差が認められた(高齢者 Cochran's $Q=8.86, p=.012$; 大学生 Cochran's $Q=8.00, p=.018$)。それぞれ多重比較を行ったところ、高齢者では、課題1の達成率が課題3より低かった($p=.031$)が、大学生については課題の効果が認められていたものの、多重比較の結果では課題間に有意な差は得られなかった。

次に二重課題状況下でのエアコン操作課題と、模擬運転課題の達成率をそれぞれ検討した。まず、二重課題状況下でのエアコンパネル操作課題の達成割合に年齢群で差が得られるか、Fisher の直接確率法による比較したところ、課題1で高齢者より大学生のほうが高い傾向が得られたが($p=.070$)、課題2、課題3では年齢群間の差は得られなかった。さらに、大学生と高齢者のそれぞれでエアコン

パネル課題間での達成率に差がみられるか、また、単一課題条件における同等の複合課題(複合2)の達成率との間に差が得られるかを確認するために、課題1、課題2、課題3、単一課題の複合2課題を対象に、Cochran の Q 検定を行ったところ、高齢者、大学生共に課題間に差が得られた(高齢者 Cochran's $Q=32.64, p<.001$; 大学生 Cochran's $Q=9.00, p=.029$)。年齢群ごとに多重比較を行ったところ、高齢者でのみ課題間で有意な差が見られ、課題1より課題2($p=.001$)、課題3($p<.001$)、および単一課題の複合2($p<.001$)の達成率が高かった⁶。大学生については課題の効果は得られていたが、多重比較の結果では課題間の有意な差は見出されなかった。

模擬運転課題についても、年齢群間で各課題の達成割合を Fisher の直接確率法により検討を行った。その結果、すべての課題で高齢者より大学生の達成成績が高かった($ps<.01$)。大学生と高齢者のそれぞれで、課題間の達成率の相違を Cochran の Q 検定を行ったところ、高齢者でのみ課題間に差の傾向が得られた(Cochran's $Q=5.43, p=.066$)が、課題間で多重比較を行うと、課題間で達成率に有意な差は得られなかった。

表3 二重課題状況下での模擬運転課題におけるエラー種別発生数。カッコ内は標準偏差を示す

	エラーの種類		
	よそ見	遅れ	誤操作
高齢者	5.00 (7.27)	3.50 (3.55)	1.11 (1.49)
大学生	0.43 (0.79)	0.14 (0.38)	0.00 (0.00)

単位は回数

3.2.2 二重課題状況下でのエラーの様相：ビデオデータ、発話データによる質的分析

このように、課題達成率で見ると、高齢者は大学生よりも二重課題条件下での課題成績が大きく低下しており、その影響は特に模擬運転課題に強く見られていた。そこで、高齢者の模擬運転課題について、二重課題状況下においてどのようなエラーが生じていたのかを検討するため、エラー場面をビデオデータに基づき以下のように分類し、カウントした(表3)：

(a) よそ見：エアコンパネル方向に顔(視野)が向いており、エアコン確認・操作中にタブレット画面に現れた刺激を見逃す、または検出が遅れたために反応が遅れる(2秒以上の遅れ)、

(b) 遅れ：タブレット画面方向に顔(視野)を向けているが、刺激呈示後の反応が遅れる(2秒以上反応がな

⁶ 有意水準の修正は Holm 法により行った

- い),
 (c) 誤操作：刺激に対する操作を間違える。

各カテゴリーのエラー発生頻度に対する統計的検定を行う際、大学生群にはほとんどエラーが見られないため、高齢者群のみを対象に、エラー種類（3水準）を要因とするFriedman検定を行った。その結果、水準間に差が得られた ($\chi^2(2) = 11.66, p = .003$)、Wilcoxonの符号付き順位検定により多重比較を行ったところ、「よそ見」エラー数は「遅れ」エラー数 ($Z = 2.65, p = .040$)、「誤操作」エラー数 ($Z = 3.13, p = .008$) よりも多かった⁷。

次に、高齢者群の二重課題状況下での模擬運転課題において、こうしたエラーが起きている要因・メカニズムを明らかにするため、二重課題実施時の発話を検討した。発話の書き起こしをした後、その内容がエアコン課題に関するものであるか、模擬運転課題に関するものであるかを分類し、カウントを行った(表4)。その結果、エアコン課題の目標状況に関する発話(例:「で、えーあー26度にする」)が多数得られたのに対して、模擬運転課題に関する発話は「風の向きは足、よし、あ、曲げるの(註:方向指示を出すことの意) 忘れた」「26度にしてください、あっ、赤だよ」など、エアコンパネル操作の最中に模擬運転課題の変化に気づいたという発話、「あれ、(方向指示器)戻してないの」(左に方向指示器を出すために操作したがすでに左に方向指示器が操作されており、操作できなかった)「あ、踏みっぱなしだ」(信号が赤から青に変わったがブレーキを踏み続けていた)、さらに模擬運転課題の変化を1回見落とし、次の変化時点で気づくなど、見落としに関する発話が多く確認された⁸。

こうした発話カテゴリーに基づき発話回数を検討するため、発話された用語頻度(表4)を対象に、Wilcoxonの順位と検定を行ったところ、高齢者はエアコンパネル操作に関係する用語の発話(「〇〇度(温度)」「風量2」「風の向き」など)は、模擬運転課題に関係する用語の発話(「赤」「踏む」「ウインカー」など)より多く生じていた ($Z = -2.12, p = .034$)。大学生についても同様の差の傾向が得られた ($Z = -1.841, p = .066$)。

以上から、こうした二重課題状況下において、相対的に

表4 二重課題状況下での発話に含まれた用語の頻度

	エアコンパネル操作関係語			模擬運転課題関係語		
	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
高齢者	5.45	5.62	4	4.05	9.45	1
大学生	3.86	3.13	5	1.57	1.98	0

単位は語数

⁷ 有意水準の修正はHolm法により行った

⁸ これに対し、単一課題状況下では、エアコンパネル操作や模擬運転課題操作の学習過程であったため、課題内

エアコン操作に注意が向けられている状態にあること、特に高齢者は、エアコンパネルを視野に入れて作業を行っている間に、模擬運転課題における信号変化を見落とすエラーが増加した可能性が示された。

4. 考察

本研究の目的は、運転活動における加齢の影響を検討するために、より日常的な場面での二重課題の課題達成における認知的加齢の影響の現れ方を検討することであった。そのため、実験では、実車内で、できるだけ日常的な利用場面を想定しながら、車載エアコンパネル操作課題と模擬運転課題を同時に行うという二重課題状況で認知的加齢の効果を検討した。

単一課題状況下での課題の達成・学習は、大学生と高齢者の間で初期の学習度合いに差はみられるものの、後半の課題では若年者と統計的な差が見られない程度までは学習がなされていた。特に全員にとって「初めて見る」デザインであったエアコンパネル操作課題についても、課題初期には若年者に比べ高齢者で操作課題達成率が低かったが、課題後期ではどちらの年齢群も同様に操作方法の学習がなされていた。模擬運転課題においても同様に、課題事態を学習する早さの差は見られたが、最終的に学習自体は両群で同様になされたものと考えられた。したがって本研究で用いた機器操作ならびに模擬運転課題実施技能そのものについては、少なくとも単一課題として課題を行う場合には、一定程度以上の水準で課題達成ができるレベルであったと考えられる。

しかし、エアコンパネル操作と模擬運転課題の両者を同時に課し、模擬信号が示す状況設定に応じて課題を切り替えながら行う二重課題状況下では、各課題の達成成績やエラーの発生状況が異なり、その程度の大きさに若年成人群と高齢者群の間に差が観察され、従来の先行研究⁷⁾⁸⁾⁹⁾が実験室内での人工的な実験課題間で示してきた「二重課題状況下では認知的加齢の効果が大きく現れる」という結果を支持した。すなわち、より日常的な課題状況においても、二重課題で示される加齢の影響は観察されることが示された点において、本研究の結果は一つの重要な意味を持つものと考えられる。

本研究で得られた結果では、まず、二重課題状況下での課題実施の初期、特に初回の課題においては、年齢群を問わず、パフォーマンスの低下が生じた。その低下は、高齢者で大きく、初回の課題で両課題を達成できた高齢者は0%、大学生は43%であった。しかし、大学生は2課題目

容を確認する発話、自身の操作確認に関する発話などが得られていた。

以降、両課題を達成する割合は100%となり、二重課題状況下でも単一課題条件下と同様に、エアコンパネル操作課題と模擬運転課題の両課題を確実に達成できることを示した。これに対して、高齢者群においては、2課題目以降においても両課題を同時に達成できたのは30%前後にとどまった。

興味深いことに、高齢者においてもエアコンパネル操作課題においては、特に1課題目での成績が低く、2課題目以後での成績は上がっており、特に2課題目以後の成績は（エラーが0%ではないものの）統計的には単一課題条件下での課題達成と有意な差がないことが示された。一方、模擬運転課題では、二重課題条件下での成績が2課題目、3課題目になっても上昇せず、結果的に高齢者では、両課題の同時達成における課題内での変化が見られない結果となった。

こうした二重課題状況における課題成績の変化を見ると、二重課題状況下に移行した際に、何らかの新たな学習が必要であり、そこに年齢差が現れてきている可能性が考えられる。二重課題での新たな学習要素としては、それまでの単一課題条件下において課題ルールや機器操作といった課題内容についての学習は既に終えていることから、二重課題状況で、2つの課題を同時に達成するための認知的リソースの配分や課題切替えのために必要とされる新たな認知的制御のための学習を行っている可能性が考えられよう。

単一課題条件、二重課題条件のいずれの条件下においても、初期の課題においては、両年齢群で達成率が低いこと、特に二重課題条件下において、既に十分に学習されたと考えられたエアコンパネル操作課題の達成率が若年成人においても一旦低下していたことについては、インタフェース・デザインと加齢との関係性が持つ二面性における「デザインの悪さに関するユニバーサルデザインの原則」¹³⁾¹⁴⁾が示された一例と考えられる。本実験において用いられたエアコン操作パネルはユニークなデザインによるものであり、全ての参加者にとって「初めて操作するエアコンパネル」であった。そこに存在するデザイン上の問題は年齢群を問わず、人—人工物間の相互作用の問題を発生させており、すなわちどのような年齢のユーザであっても「使いにくい」要素があったことを示している。このデザイン上の問題は、二重課題条件下での実施においてもさらに「何らかの新しい要素」についての学習を必要としたために、年齢を問わず二重課題条件下での課題低下が示されたと考えることができる。

その一方、加齢と人工物デザインの関係性も二面性では、人にとって「使いにくいデザイン」に対峙した際、若年成人は「自力で乗り越えていく」ことができるのに対

し、高齢者は自力では問題を乗り越えることが困難であることを主張している¹⁵⁾。本研究の結果においても、単一課題条件下で示された大学生の学習の早さ、ならびに二重課題状況下においても初回の課題で成績が低下していた大学生が、2回目の課題以降は急激に成績が回復したことがこのインタフェースの二重性に示される「高齢者における学習問題」の側面が関与していることを示唆しているといえる。

ここで高齢者が示す結果の中に、二つの特徴があることに注意しておきたい。一つは、学習により長い時間がかかるといふ困難さを示しつつも、本研究のエアコンパネル操作については、高齢者も学習をしていたことであり、もう一つは、それにもかかわらず二重課題状況下では若年成人と同等の課題達成水準には至らなかった、すなわち学習ができなかったことを示す結果となっているという点である。

前者については、今回対象となった機器が自動車のエアコンであり、すべての参加者が日常的な自動車運転経験をもつことから、その機能や仕組みについてのメンタルモデルをすでに獲得していたことが影響を与えているものと思われる。

一方、後者、すなわち二重課題状況下での模擬運転課題、エアコン操作課題の課題達成については高齢者がうまく実施できず、課題状況の変化による学習がうまくなされなかったこと、とりわけそこで同時課題達成の実現を阻んでいたのが、模擬運転課題のほうであったことに注目をしたい。本研究の二重課題状況では、高齢者の達成成績の低下において、課題間の非対称性が強く示された。この点は、本研究が「日常的活動にできる限り近似させて」行った二重課題状況を設定したことで、これまでの実験室的な二重課題／課題切替の研究とは異なる現象を示したものと考えられる。すなわち、高齢者群の二重課題成績において、毎回異なる課題が教示で提示されるエアコンパネル操作課題については、その達成率が課題2回目以降、迅速に改善に向ったのに対し、課題設定は変わらず、外的な刺激に対して正確に反応を行うことを求める模擬運転課題については、高齢者の達成率が2課題目29%、3課題目39%と回復の傾向が見られず、大学生群との主たる相違がここに現れた。

なぜ、二重課題状況下において、特に模擬運転課題のパフォーマンス低下に加齢の影響が顕著に現れ、あるいは二重課題状況下での高齢者の学習が大きく遅延したのだろうか。本研究では二重課題状況下での模擬運転課題のパフォーマンス低下の様子をビデオデータ、発話データを中心に、質的に分析を試みたことから、高齢者の模擬運転課題におけるエラーは、特にエアコンパネルを視している

状況で発生し、いわば「よそ見」エラーによるものが最も多いことが示された。よそ見を伴わない模擬運転課題の操作の「遅れ」エラーは「よそ見」エラーよりも少なかったことから、模擬運転課題における高齢者のエラー率の高さは、エアコンパネル操作課題から模擬運転課題への課題切替の遅延や失敗が影響している可能性が示唆された⁹。

また、特に高齢者の発話の分析から、二重課題を構成する2つの課題が等価ではなく、エアコンパネル操作については「今」の課題として語られ、模擬運転課題については言語化して発話に現れる頻度が全体として低いこと、また発話される場合には適宜的に課題の失敗（制御失敗に関する意識化）についての発話であったことが示された。ここから、高齢者において少なくとも意識的な問題解決場面の主たる構成要素は、エアコンパネル操作であり、いわば「注意を向けられた」存在であった、言い換えれば本研究の二重課題状況下では、高齢者はエアコンパネル操作課題を重視して、運転行動にリソースを配分しなくなる（できなくなる）傾向があったことが示唆される。

別の解釈可能性として、二重課題状況での特に模擬運転課題での年齢間の差は、高齢者と大学生でのエアコンパネル操作課題の達成に必要な時間の差によるものであった可能性がある。二重課題状況下であっても、一度の「赤信号の時間」すなわち模擬運転課題の操作が不要な時間帯に、一課題に必要なエアコンパネル操作を完了できたならば、二重課題による認知負荷の影響は非常に小さくなる。大学生の場合には、そうした「1回の切り替えの中で課題達成が終了している」可能性があったであろうか。本研究の模擬運転課題は、黄色を赤の時間帯が連続して10秒であり、この10秒間は矢印も現れないため、ブレーキペダルを踏む以外に操作は不要であった。エアコンパネル操作課題をこの10秒未満で終えることができるのであれば、模擬運転課題に注意を払う必要がなく、また、エアコンパネル操作課題の状況を保持しつつ模擬運転課題を実施する必要もないため、認知的負荷は非常に小さいと考えられる。しかし、二重課題状況で用いたのと同様の複合課題（複合2）の、単一課題条件下での平均達成時間は高齢者が45秒、大学生は21秒であり、いずれの年齢群においても10秒を大幅に上回り、若年成人が「エアコンパネル操作課題を非常に短時間で終えることができたために」二重課題状況下でのエラー数が減少したとという可能性は低いと考えられる。

本実験での模擬運転課題は視覚-運動的な、相対的に単

純な課題であり、さらに日常的な運転に近い刺激-操作体系を反映した課題構成になっていたため、ルールベースの操作が起きやすい状況にあった。これに対し、エアコン操作は、温度・風向・風量に加えて霜取り機能なども含め多様な要素を含んでいること、これまで接したことがないような新しいインタフェース・デザインでの操作を求められたために、「何をどうすべきか」という意識的な問題解決が求められる状況にあり、「使えるようになった」学習後であっても、RasmussenのSRKモデル¹⁶⁾でいえばいまだ知識ベースにあったものと考えられる。このように、ルールベース（あるいは技能ベース）に操作可能になっている模擬運転課題と、知識ベースで行うことが必要となるエアコンパネル操作課題の間の二重課題状況が発生した場合、特に高齢者においては後者に強く注意が向けられて課題間での注意容量の不均衡が生じ、そのために大きくエラー増大が非対称的に生じる可能性が示唆されたといえよう。

こうした現象に加齢が大きく関わる原因については、2つの可能性が考えられる。

一つは、知識ベースあるいは意識的に問題解決を行う課題に対し、「より多くのリソース配分を行おう」とする方略が特に高齢者に強く生じる可能性である。原田³⁾は加齢に伴う四層モデルとして、「(3) 目的/態度/方略/動機づけ」の要因を指摘している。これは、高齢者が自らの認知的達成に関するメタ認知や今現在の「自分にとっての」目標設定などの要因に基づき、現在の問題状況の中で、どのような目標を設定し、どのように対処していくかを「適応的に」変化させていく可能性を示唆している。そこにはいわゆる動機づけの変化も伴い、「よりよい成果を得よう」とする獲得焦点よりも「失敗をしないように」する防御焦点の方が優先になりがちであるという制御焦点の変化も報告されている¹⁷⁾。本研究は、高齢者がこうした意識的な問題解決方略の変更において、知識ベースで実施を行おうとしている課題の方が優先させて、その注意配分が大きく偏ってしまう可能性が示唆していると考えられる。

実際、本実験における両課題の学習にかかった時間は、エアコンパネル操作課題では少なくとも15分以上であったのに対し、模擬運転課題では長くとも5分程度であった。また、課題自体の複雑さの差は前述のとおりであり、こうした状況下で、特に高齢者が自分自身のメタ認知から、学習経験や課題の難易度、または自身の能力（学習時の達成率）などを考慮して（例えば、エアコン操作パネルの学習時間から考えて）、間違えたくない、間違えると「学習でき

下するものと考えられ、今回の結果にみる課題間非対称性との関係性から、発話思考法の負担のみで加齢の影響の結果を説明することは難しいと考えられる。

⁹ 課題実施中の発話は高齢者のほうが多く、大学生に比べて高齢者のほうが発話思考による負荷が高かった可能性も残る。しかし発話思考の負荷自体が主たる原因であるならば、課題切替の方向性を問わず課題達成全体が低

ない」と思われる、という防衛焦点的な課題達成への動機づけを増加させるなどのプロセスを経て、エアコンパネル操作課題に偏重した取り組みを見せ、模擬運転課題への切替に失敗していた可能性がある。

もう一つの可能性は、4層モデルで言えば、「(1) 認知的加齢変化」としている、より基本機能的レベルにおける加齢変化によって、こうした非対称的な二重課題状況の困難さが生じていると考えるアプローチである。松室ら¹⁷⁾は、高度運転支援システムの一つである ACC (adaptable cruise control) システムの学習過程を年齢群間で比較をし、そこで観察された「運転時のふらつき」と「ACC 設定操作エラー」を、ACT-R によるシミュレーションモデルで検討し、前者は時間知覚の正確性の低下、後者はワーキングメモリの機能低下から説明可能であるとの結果を報告している。本研究において観察される課題間切り替えの困難さも松室らの設定した「時間知覚の正確性の加齢による低下」が関与している可能性があり、それが特に一方向性、すなわちエアコンパネル操作から模擬運転操作への切り替え時に特化して生じるということが説明可能であれば、こうしたより要素的な加齢に伴う機能低下が原因と考えることも可能であると考えられる。今後、シミュレーションモデル化なども含めて検討の可能性があると見えよう。

本研究で用いた模擬運転課題は自動車運転操作に類似しており、「実際に運転をしているように」と考えるよう教示され、その上で教示により模擬運転課題の重要性を指示していたが¹⁰⁾、高齢者がエアコンパネル操作により多くの注意を向けて課題を遂行しており、単純化して言えば、そのエアコンパネル操作課題への注意を、「必要なときに必要な抑制ができなかった」結果とも考えることができよう。しかし、そうした抑制機能低下にのみ原因を帰属しても、抑制機能という要素的な認知的過程が特定化されている状況ではなく¹⁹⁾、なぜ特定課題において高齢者にそうした抑制機能低下が現れるかの説明が得られていない状況では、単なる説明概念としての域をでないものとする。上記の考察はそうした抑制機能低下の現象を、注意配分の偏った二課題間での切り替えの困難さとして説明を試みたものとして、今後さらなる議論に展開をしていく必要があると考える。

なお、本研究の結果は、二重課題状況で、常時、高齢者が運転課題よりもエアコンパネル操作など車載機器操作を重視する傾向にある、ということを示すものではない。原田³⁾の4層モデルが示すように、高齢者は複数の課題を実施する際に課題それぞれの重要性や自身の能力に合わせて、課題の遂行方略を決定している可能性を示すもので

ある。高齢者は独自の遂行方略を利用しながら、課題の学習に取り組み、日常にあふれる二重課題状況に対処していると考えられる。こうした高齢者の認知特性とその結果生じうる特異的な現象について、より多層的な検討の視点を持ちながら、車載機器利用における加齢の効果の検討を進めていく必要があるといえよう。

5. 引用文献

- 1) 内閣府 (2018). 平成 30 年度高齢社会白書 高齢化の現状と将来像
- 2) 内閣府 (2017). 平成 29 年度交通安全白書 特集「高齢者にかかる交通事故防止」
- 3) 原田悦子 (2009) 認知加齢研究はなぜ役に立つのか - 認知工学研究と記憶研究の立場から -, 心理学評論, 52, 383-395.
- 4) Koch, I., Poliac, E., Muller, H., & Kiesel, A. (2018). Cognitive structure, flexibility, and plasticity in human multitasking-An integrative review of dual-task and task-switching research. *Psychological Bulletin*, 144, 557-583.
- 5) Monsell, S. (2003). Task switching. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 7(3), 134-140.
- 6) McCann, R. S. & Johnston, J. C. (1992). Locus of the single-channel bottleneck in dual task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 471-484.
- 7) Verhaeghen, P., Steitz, D., Sliwinski, M., & Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18, 443-460.
- 8) Wasylshyn, C., Verhaeghen, P., & Sliwinski, M. (2011). Aging and task switching: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 26, 15-20.
- 9) Kray, J. & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, 15(1), 126-147.
- 10) 松浦常夫 (2007) . シルバー・ドライバーのための案線運転自己診断ワークブック, 日本交通心理学会, 損保協会助成研究報告書「高齢ドライバーの安全対策に関する研究」
- 11) 原田悦子 (2002) . IT 機器に対する UI 評価, 人間生活工学研究センター (編), 平成 13 年度高齢者の IT 利用特性データベース構築等基盤設備整備事業報告書
- 12) Folstein, M. F., Folstein, E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.

¹⁰⁾二重課題状況の試行を開始する際、運転操作に対する不安から高齢者参加者 2 名が辞退しており、模擬運転課題が

重要な運転動作であることは教示により一定程度操作できていたといえる。

- 13) 原田悦子・赤津裕子 (2003) . 「使いやすさ」とは何か：高齢化社会でのユニバーサルデザインから考える
原田悦子 (編著) 『使いやすさ』の認知科学, 119-138, 共立出版
- 14) 原田悦子 (2012) . みんなラボ, 発進：高齢者のための使いやすさ検証実践センターについて, 人間生活工学, 13, 71-74.
- 15) 原田悦子 (2017) . モノのデザインというプロセスを認知心理学はいかに支援し, そこから何を得るのか：そしてその困難さはどこから来るのか., 心理学評論, 60, 322-336.
- 16) Rasmussen, J. (1987). *The definition of human error and a taxonomy for technical system design*, in J. Rasmussen, K. Duncan and J. Leplat (Eds) *New Technology and Human Error* (Wiley , Chichester), 23.
- 17) Ebner, N. C., Freund, A. M. & Baltes, P. B. (2006). Developmental changes in personal goal orientation from young to late adulthood: from striving for gains to maintenance and prevention of losses, *Psychology and Aging*, 21, 664-678.
- 18) 松室 美紀・三輪 和久・原田 悦子・須藤 智・富田 瑛智・牧口 実・繆 嘉傑 (2018) . 自動車運転中の車載機器操作に加齢が与える影響: 時間知覚と活性化拡散に着目したシミュレーションによる検討, 認知科学, 印刷中
- 19) Rey-Mermet, A. & Gada, M. (2017). Inhibition in aging: What is preserved? What declines? A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, doi: 10.3758/s13423-017-1384-7

(平成30年11月15日受理)