

情報機器を利用する場面における学習とその加齢による変化： シミュレーションによる検討

Age-related Changes of Learning on using ICT equipment: Investigation by simulation

大門 貴之¹, 原田 悦子², 須藤 智³, 宇佐美 慧²

Takayuki Daimon, Etsuko T. Harada, Satoru Suto, & Satoshi Usami

¹ 筑波大学人間総合科学研究科, ² 筑波大学人間系, ³ 静岡大学

University of Tsukuba, Shizuoka University

takdaimon@gmail.com

Abstract

We investigate the age-related changes of learning through sequential problem solving, while people use ICT equipment. In our three previous studies with the Groton Maze Learning Test (GMLT), where some guides to GOAL were embedded in order to observe processes of problem solving and learning through it, participants' legal, or trial errors were varied, depending on ages and also on whether they used embedded guides or not, while only older adults showed illegal, rule-ignoring errors. In addition, participants reported varieties of meaning from embedded guides at the introspective interviews. Based on those results, we had decided to execute simulation studies to see how those various factors were affecting participants' performance belong with aging, e.g., guide-utilization, route-search strategies, and those learning processes while solving the GMLT.

For those research goal, we implemented an original simulation program of our three previous GMLT experiments, and analyzed the effect sizes of each factors (parameters) and age. Results showed some different pattern of parameters, interacting with age, offering some new reinterpretation of the behavioral data with parameter representation.

Keywords — cognitive aging, learning, using ICT equipment, simulation and analysis of effect size of parameters

1. 情報機器利用を検討するための GMLT

社会の遍在的情報化により、現在われわれの生活圏内には多様な ICT 機器（情報通信機器；information-and-communication technology）が広く浸透している。それに伴い、高齢者が日常生活で ICT 機器に触れる機会も増えているものの、その一方で、高齢者は ICT 機器利用に困難を示すことが少なくなく、その利用を支援することの必要性が問われ、研究が行われている。例えば、Harada, Mori, & Taniue (2010)は、高齢者が ICT 型食事支援機器を利用する中で、どのように操作が学習されていくか、それが情報提示デザインによってどのように異なるか検討した^[1]。その結果、若年成人では 4 つの情報提示デザインによる学習に大きな違いはみられなかったが、高齢者では学習時

の情報提示デザイン間で学習の進展に相違がみられ、情報提示デザインによっては大きくエラー率が增大することが示された。これは、若年成人・高齢者で学習の様相が異なり、高齢者は学習時の情報提示の方法によって、大きく影響を受けること、逆にいえば、情報提示デザインによって高齢者の学習を支援し、エラー発生を抑えられることが示唆された。しかしながら、この研究では全体的な課題達成とその中でのエラー発生率に焦点が当てられ、その背後にある認知的メカニズムと加齢の関係について、特に高齢者に特有なエラー行動や年齢群間における操作エラーの質の違いについては十分に踏み込むことができていない。

そこで本論文では、ATM や上述の食事支援システムなど様々な ICT 機器に共通する特徴として、系列的な問題解決とそこでの学習に注目し、そこで高齢者に特有なエラーがみられるか、またそれがどのように変化していくのか、そうした様相が情報ガイドデザインで異なるかを検討することを目的として研究を行なった。こうした問題を検討できる実験課題として、こうした機器利用場面に類似した系列的な問題解決とそこでの学習が求められる Groton 迷路学習課題^[2]（以下 GMLT と略す）を取り上げた。GMLT については、原田・須藤・山口 (2013) ^[3]において、機器利用での課題遂行の関係との構造的類似性を示すことを報告している。GMLT では、10×10 のマトリックスに隠された唯一の正解経路を、一つずつマスに触れながら探索することが求められる。同じ正解経路を探索する試行が 5 回繰り返され、経路探索時間（1 試行あたりに要した時間）、ルールに則ったエラー（試行錯誤を伴う上下左右方向への探索エラー）、ルール破りのエラー（ルールに則ったエラー以外のエラー）が変化する過程から、その系列的な問題解決の学習の時系列的变化を捉えることができる。

著者らはこれまでに、ICT 機器利用、その中でも特

に、ICT 機器利用時の操作で求められるような系列的に問題解決を遂行する場面に関して GMLT を用いて 3 つの実験で観察し、そこで実験参加者がどのように問題解決およびその学習を行うかを検討した⁴⁾⁵⁾⁶⁾。これらの GMLT を用いた 3 実験では、上述した 10×10 のマトリックスに隠された唯一の正解経路を探索するという課題設定は変えずに、マトリックス上に正解経路探索・学習の補助となりうるガイド情報を埋め込み、実験参加者がそうした埋め込まれたガイド情報をどのように利用し、その結果、経路探索や学習がどのように変化するかを検討してきた。実際の ICT 機器の利用学習において、「何をどのように操作すれば」「この機器は何をどうしてくれるのか」を学習する際、我々は闇雲に「利用可能なすべてのボタンを押す」のではなく、ボタンの形状や配置、ボタン名や提示順序といった「当該の行為レパートリー（ボタン）のもつ意味、位置づけに関する情報」を理解しながら、その背後にある「作り手側、あるいは機器自体がもつ論理性や意図、構造的性」を推測しながら「今ここで行うべき行為」を学習しているものと考えられる。その際の「デザイン」がもたらす情報を受け取る方法、過程、その成否に何らかの相違があるからこそ、その学習過程に加齢の効果が見られるとするならば、GMLT の 10x10 のマトリックス上に付加されたガイドデザイン情報についてもその利用の様相に加齢変化が見られるものと考えられる。

そこで、配置意味が異なるガイドデザイン（確定的 vs 確率的、単一的 vs 複合的、など）を付与した GMLT とそうでないものとを、若年成人と高齢者の群で実施し、そこでの経路探索学習を観察することによって、ガイドデザイン情報の利用によってどのように経路探索学習が異なるか、またそれが若年成人・高齢者間でどのように異なるかということを検討することが可能になると考えたものである。

これまでのこうした実験結果を簡単にまとめると、1) GMLT の経路上に配置意味が確定的な単一のガイド（正解経路上の曲がり角だけを「黄色」に着色したガイド）を付与した実験（実験 1）を行ったところ、こうした最も簡単な配置ルールガイドにおいては、若年成人だけでなく高齢者の学習も同様に促進させることが確認された。続いて、2) 配置意味が確率的なガイド、すなわち GMLT の正解経路上あるいは外に無作為に置かれたガイドを付与した実験（実験 2：三角形の方向指示が図示されているが、ガイドのおよ

そ半数が正解系路上ではないところにおかれている場合）では、若年成人・高齢者のいずれも複雑なガイド配置の中から配置ルールを抽出して、それを経路探索学習に利用することができる人があること、しかし特に高齢者において、ガイド利用への注意が持続しない可能性があることも示唆された。

そして、3) GMLT の経路上に配置意味は確定的だが、それ以外に確率的なガイドも存在する（赤色の報告を示す三角形ガイドは必ず正解経路上にあるが、それ以外の色の三角形ガイドは無作為に正解経路外に配置）場合の実験（実験 3）を実施したところ、確定的な意味が読み取りづらくなる条件（三角形ガイドが示すのとは逆向きに進むのが正解という条件）の結果をそうではない条件（三角形ガイドが進行方向を示す条件）に比較してみると、若年成人の経路探索学習は阻害されなかったが、高齢者群では学習が大きく阻害され、エラーが増加することが示された。また、この実験の参加者内省報告から、ガイドの意味は多様に読み取られ、それに伴って参加者はガイド利用と経路探索を異なる過程として行っていた可能性が示唆された。

特に実験 3 の結果から改めて 3 つの実験全体を見通したとき、行動上観察できる実験時の課題達成の結果だけでは、当初の目的としていた経路探索学習におけるガイドデザイン間の比較ならびにその年齢群間比較に関して、検討できる範囲が不十分であることが示された。すなわち、各実験では主として、ガイド利用が若年成人と高齢者で異なり、それによってルールに則ったエラー数・ルール破りエラー数が変化した、という観点から考察を行ってきたが、実験 3 の内省報告から、ガイド利用は、一連の経路探索（1 試行内の探索）や学習のあり方（5 試行の間における探索の学習）自体を変化させる可能性が示唆されたため、ガイド利用とそれによる過程変化についても同時に検討・考察する必要があると考えられた。

そこで本論文では、そうした加齢に伴う、内的な変化による行動の現れ方の可能性を検討するため、計算機シミュレーション（以下、シミュレーション）を採用し、内的要因の影響を検討する視点から 3 実験の実験結果を再解釈し、経路探索学習のガイドデザイン間の比較・年齢群間の比較に新たな視点を提供する可能性を追究した。

2. GMLT 実験の結果を再解釈するためのシミュレーション

シミュレーションでは、課題を行った環境を再現、異なる条件間での動きをシミュレートし、その結果を実験結果と比較する必要がある、その実験環境をどのような視点でシミュレーション・プログラムとして記述するかを決める必要がある。すなわち、参加者のどのような行動を取り上げ、課題構造・ルールのどのような点に注目するかという視点が必要となる。

従来の認知科学のシミュレーション研究、代表的には ACT-R によるシミュレーション (例: Byrne, 2001) [7] では、プログラムの記述や構成において、前提要件として認知過程を階層構造として捉えているが、その根拠は必ず確かなものではない。さらに、これらの認知モデルの構成は実験を説明する最適モデルであることを志向しており、その効果を「検証する」を目的とするとは言えない形となっている。

そのため本研究では、シミュレーションをする対象を、実験者がシミュレーション・プログラムで記述するに当たって重要と考えた「参加者の振舞い」と「それをもたらさうる実験課題設定」として組み込み、それらをパラメタとして表現、(乱数発生とそれを対象とする IF-THEN 文で構成する) シミュレーション・プログラムの実行結果における各パラメタのもつ説明力を検討の対象とすることでこれらの仮説群の有効性を検討した。単純な形で検討を進めていくために、パラメタの分割・統合の表現型としての階層構造モデルを取らず、さらに参加者の多様な行動の網羅的な可能性を表現するために確率表現を用いるが、「最も適合する唯一のモデルを見つける」ことは志向せず、各実験環境で起こりうることを上記の3つの実験のデータを基に検討する形で実施した。

本研究では、ガイドなし群(オリジナルの GMLT)でのシミュレーション、実験1・実験2・実験3の各シミュレーションを実施した。各シミュレーションでは10前後のパラメタを使用し、それぞれを生起確率0.2, 0.5, 0.8で変動させてシミュレーションを実施した。各シミュレーションで利用したパラメタ一覧を表1に示す。

各シミュレーションの結果として、GMLTでのルールに則ったエラーとルール破りのエラーを算出した。それらを実験結果と比較するため適合度(最小二乗和)を算出した上で、それを従属変数とし、全パラメタの主効果および年齢・ガイドを独立変数として分散分析を実施した。分析では、パラメタ

間・年齢間・ガイド間で適合度がどれほど異なるかを検討したため、効果量 η_p^2 を算出し、有効な影響力をもつパラメタの検出を行った。本稿では紙幅の関係から、単純主効果の効果量を中心に結果を示す。

以下では、各実験シミュレーションで設定したパラメタを説明する。

3. シミュレーション結果の概要

3.1. ガイドなし GMLT

ガイドデザイン間の経路探索学習をシミュレーションで検討するための統制条件として、まず、3実験で共通する情報ガイドが付与されていない環境(オリジナルの GMLT)でのシミュレーションを検討した。実測値データについては、若年成人48名、高齢者47名のデータに基づいている。

実施に当たり、まずガイドなし GMLT 条件で、どのようなパラメタが用意される必要があるかを整理した。GMLT では、ある1試行において、スタートからゴールまでの一連の経路探索行動がどれほど正解経路から外れたかによってその試行でのエラー数が決まる。そして全5試行の間でその値がどのように推移するかということから経路探索学習が検討される。そこで、経路上での進み方を表現するパラメタとして、経路探索パラメタを6、試行間での経路探索の学習を表現するパラメタとして学習パラメタを5設定した。

経路探索パラメタとしては例えば以下のものがある。まず GMLT ではスタートが左上、ゴールは右下と設定されているため、参加者の経路探索は左/上方向よりも右/下方向を優先的に選択する。そこでパラメタとして「右/下方向に進む可能性があるとき、左/上よりも2倍の重み付けで右もしくは下方向を探索する」と設定した。ただしこのパラメタの影響は自明であることから、計算量の都合上、生起確率を変動させず、0.8と固定させ、固定パラメタ①と表記した。

これ以外に経路探索パラメタとして5つあり、大きく、経路を進む場面のパラメタ(経路探索パラメタ①②③)と、経路を戻す場面のパラメタ(経路探索パラメタ④⑤)を2種設定した。

次に学習パラメタについては、ある試行において、ある特定のマスでエラーしたか、およびそのエラー数に応じて、次の試行でそのマスでエラーしないか否かを確率的に定めた。これを学習パラメタ①-④として設定した。また、GMLTの正解経路はいくつもの曲がり角を有するため、曲がり角の位置の学習が重要と考

えられる。そこで、「エラーなく曲がれた曲がり角は次の試行ではエラーしない」というパラメタ学習パラメタ⑤を設定した。

シミュレーション結果

全部で10のパラメタの中で、単純主効果の効果量の大きさを年齢別に検討した(図1)。ルールに則ったエラー(試行錯誤でのエラー)では、若年成人の経路探索パラメタ①・②・③・④、高齢者の経路探索パラメタ①・②、学習パラメタ①・⑤の効果量が相対的に大きかった。すなわち、これらのパラメタの生起確率が増えることによって若年成人・高齢者でのルールに則ったエラーにおける適合度が大きく変動することが示され、それぞれの課題達成がこうしたパラメタの影響下にあった可能性が高いことを示した。

これに対し、ルール破りのエラー(GMLTのルールに則らないエラー:斜めに行くルートを選ぶなど)では、若年成人ではいずれのパラメタも効果量が小さい(図2)のに対し、高齢者のデータでは、経路探索パラメタ②・③・④で効果量が高かった。すなわち、高齢者では、エラーをして正しく元いた正解のマスに戻れたが、再度同じエラーをする、エラーした方向を回避する、1回エラーした後に元いた正解のマスに戻る、という経路探索行動がルール破りのエラーをもたらす潜在的要因である可能性が示された。若年成人ではそのようなルール破りのエラーにおける適合度が大きく変動するようなパラメタはなかった。

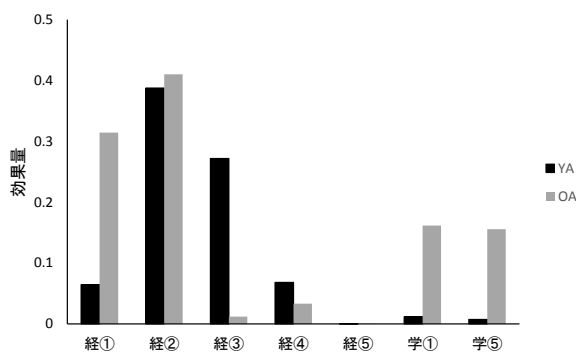


図1 ガイドなし条件のシミュレーション：ルールに則ったエラーにおける単純主効果の効果量

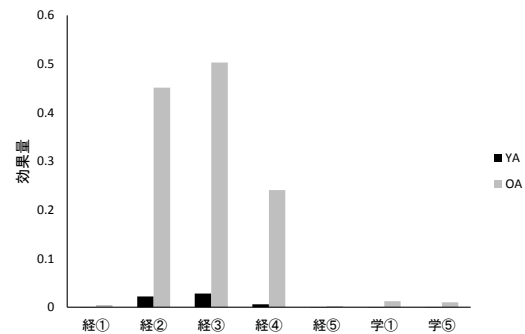


図2 ガイドなし条件のシミュレーション：ルール破りのエラーにおける単純主効果の効果量

考察

以上より、若年成人のルールに則ったエラーは経路探索においてどのように進むか、どのように戻るかという行動によってもたらされ、試行間の学習によってルールに則ったエラーの推移を決定付けることはなかった。一方で高齢者は経路探索においてどのように進むか、あるいは経路の試行間での学習の効果によってルールに則ったがもたらされた可能性が示唆された。このようにルールに則ったエラーにおいて、シミュレーションでは若年成人と高齢者で効果量の大きいパラメタの組合せが異なり、これが実験結果として観察されたエラーの差として表れていたと考えられる。一方、ルール破りのエラーでは高齢者のみ、効果量が高いパラメタが見られた。実際、若年成人のルール破りのエラーは5試行を通じて極少ななのに対し、高齢者では当該パラメタが表現する経路探索行動によってルール破りエラーがもたらされる可能性が示唆された。

3.2. 確定的情報ガイドを付与したシミュレーション (実験1)

実験1では正解経路のすべての曲がり角を黄色に配色し、これをガイド(確定的、単純なガイド)とした。そこで、実験1のシミュレーションで使用するパラメタとしては、ガイドなし条件のシミュレーションで使用した固定パラメタ1、経路探索パラメタ5、学習パラメタ5に加えて、実験1ガイドパラメタとして次の2つを追加した。すなわちガイド利用に際して、ガイドマスにたどり着いたらそこで次のガイド方向に正しく曲がる(実験1ガイドパラメタ①)、そして次のガイドまで直進する(実験1ガイドパラメタ②)、という2つのガイド利用行動を設定した。なおシミュレーションでは、計算量の問題から学習パラメタ②③④を生起確率0.5とする固定パラメタとして実施した。

なお、実測値データについては、若年成人 24 名、高齢者 24 名のデータに基づいている。

シミュレーション結果

ルールに則ったエラーにおいて、若年成人・高齢者とも経路探索パラメタ②③、実験 1 ガイドパラメタ①②の効果量が大きく (図 3)。いずれのパラメタとも若年成人の方が大きな効果量を示した。これらのパラメタの生起確率が変化することによって若年成人のルールに則ったエラーにおける適合度が大きく変動することが示された。すなわち、両年齢群においても、エラー方向へ回避する・連続して同じエラーをするという経路探索行動、曲がり角の学習、ガイド間を直進する・ガイド位置で曲がるというガイド利用行動によってルールに則ったエラーが増減したと考えられる。

一方、ルール破りのエラーにおいては、ガイドなし条件のシミュレーション結果と同様、高齢者の経路探索パラメタ②③④のみ効果量が高かった (図 4)。すなわち、高齢者で発生するルール違反エラーでは付与された情報ガイド利用は影響を及ぼしていなかったものと考えられる。

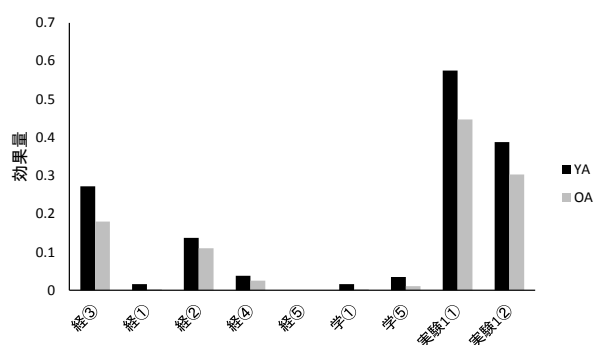


図 3 実験 1 条件(確定的ガイド)におけるシミュレーション：ルールに則ったエラーにおけるパラメタ効果量

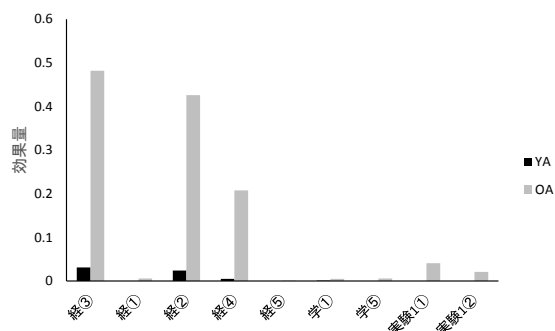


図 4 実験 1 条件(確定的ガイド)におけるシミュレーション：ルール破りのエラーにおけるパラメタ効果量

考察

以上より、実験 1 の確定的・単純な情報ガイド付加の結果、若年成人・高齢者とも同じパラメタの組合せにより、ルールに則ったエラーにおける適合度が変動しており、全体として高齢者よりも若年成人においてその効果量が大きかった。すなわち、若年成人の方が高齢者よりもガイドの効果大きいこと、実験 1 の実測実験結果における年齢群間の差は、パラメタの組合せによる相違ではなく、その効果量の値の大小によって言及できる可能性が示唆された。

その一方で、ルール破りのエラーは高齢者でのみ効果量が高く、さらにそれはガイドなし群と同じパラメタであったことから、ルール破りのエラーをもたらす経路探索行動はガイドの有無に関わらず同様にみられることが示唆された。

3.3. 確率的情報ガイドを付与したシミュレーション (実験 2)

実験 2 では正解経路上の 50%と正解経路外の 50%にランダムにガイド (形状は一つのマスを対角線で 4 分割した一つの三角形を着色) を付与して行った。観察された実験結果では、ガイドの配置意味に気づいたか否かによって大きく結果が異なったため、その気づきの有無で参加者を群分けして分析を行った。そこで本シミュレーションにおいても、若年成人・高齢者いずれもガイドの意味に気づいた群と気づかなかった群で分けてシミュレーションを実施した。なお実測値データについては、若年成人 12 名 (うち、意味に気づいた者 10 名、気づかなかったもの 2 名)、高齢者 12 名 (うち、意味に気づいた者 2 名、気づかなかったもの 10 名) のデータに基づいている。

パラメタとしては、ガイドなし条件のシミュレーションで使用した固定パラメタパラメタ 1, 経路探索パラメタパラメタ 5, 学習パラメタパラメタ 5 に加えて、現在いるマスに近接するガイドに進む (実験 2 ガイドパラメタパラメタ①), あるガイドにたどり着いたら、ガイドの指示方向に直進する (実験 2 ガイドパラメタパラメタ②), という 2 つのパラメタでガイド利用行動を表現した。

シミュレーション結果

若年成人でガイドの意味に気づいた参加者は、経路探索パラメタ②③、実験 2 ガイドパラメタ②の単純主効果の効果量が大きかった (図 5)。これに対し、若年成人でガイドの意味に気づかなかった参加者については、経路探索パラメタ①②, 学習パラメタ①⑤, 実験

2ガイドパラメタ①②の効果量が大きかった。ガイドの意味に気づくか否かで、ルールに則ったエラーを生成する過程が大きく変化すること、ガイドの意味を言語ができない場合であっても、ガイドが大きな影響を与えていることが示された。

同様に高齢者においてもガイドの気づきによって効果量の様相が違っていた。高齢者のガイドに気づいた群は若年成人の同ガイド群と同様に、経路探索パラメタ②③、実験2ガイドパラメタ②の効果量が大きく、エラー方向を回避する、連続して同じエラーをする、ガイドの指示方向へ直進する、といった経路探索やガイド利用ができるかどうかによって、ルールに則ったエラーが変動することが示された。ただしその効果量は若年成人・気づき群のそれよりも値が小さかった。

一方、高齢者のガイドに気づけなかった群では、経路探索パラメタ①③、学習パラメタ①⑤、実験2ガイドパラメタ①②で単純主効果の効果量が大きく、これは若年成人・ガイドに気づけなかった群と同じパラメタの組合せでであった。しかし、ガイドに気づいた群とは異なり、ガイドに気づけなかった参加者群では高齢者での効果量が若年成人よりも全体として小さいという傾向はみられなかった。経路探索パラメタ①、学習パラメタ①⑤、実験2ガイドパラメタ①の効果量は高齢者で大きく、それ以外のパラメタでは若年成人のほうが効果量が大きかった。

ルール破りのエラーについては、高齢者・ガイドに気づけなかった群で経路探索パラメタ②③④の効果量が大きく、それ以外のパラメタの効果量は小さかった(図6)。すなわち、エラーして元いた正解のマスに戻る、連続して同じエラーをする、エラー方向を回避する、といった経路探索ができるかどうかによって高齢者・ガイドに気づけなかった群のルール破りのエラーが増減することが示された。若年成人のガイド両群ならびに高齢者・ガイドに気づいた群ではすべてのパラメタで効果量が小さかった。

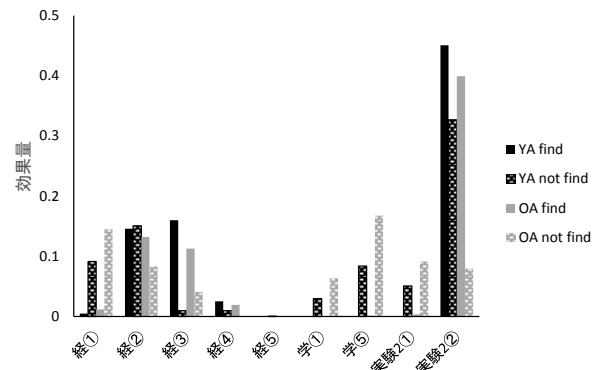


図5 実験2条件(確率的ガイド)におけるシミュレーション：ルールに則ったエラーにおけるパラメタ効果量

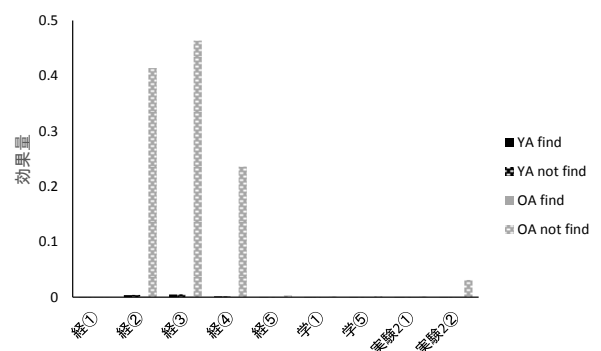


図6 実験2条件(確率的ガイド)におけるシミュレーション：ルール破りエラーにおけるパラメタ効果量

考察

ルールに則ったエラーに関して、実験1のシミュレーションでは年齢群間で共通する効果量の高いパラメタが得られたが、そのような傾向は実験2のシミュレーションでは得られなかった。むしろ、年齢群間およびガイドに気づいたかどうかによってパラメタ効果量の大小はばらばらであった。そのため、個々パラメタの効果量の大小に着目するばかりでなく、(特に効果量の大きな)パラメタの組合せを検討する必要があると考えられた。パラメタ数も多く、比較すべき群の組合せ(年齢群2, 気づきの有無2)もあるため、パラメタの組合せという観点からここからさらに考察を行うことが困難であった。例えば、高齢者でガイドの意味に気づいたかどうかによってルールに則ったエラーに差が生じた理由を本シミュレーションのみから解釈することは難しいことが示された。この問題については総合考察でさらに検討する。

ルール破りのエラーは先の2つのシミュレーション結果と同様に、高齢者でのみ効果量が高いパラメタが示され、特にガイドの意味に気づけなかった群でのみ

その現象が示された。ルール破りのエラーをもたらす経路探索行動は、課題間を通じて同様であると同時に、ガイドの意味への気づきの有無とも関連すると考えられた。

3.4. 確定的で複雑な情報ガイドを付与したシミュレーション (実験3)

実験3では、実験2のガイド設定と同様に経路上のガイド配置はランダムであるが、それに確定的な要素(正解系路上のものだけ赤色で配色、それ以外は赤以外のランダムな3色に配色)を加えることで、ガイドの意味に気づきやすくなった際に、エラーがどのように推移するか検討した。そこで、実験3のシミュレーションで使用するパラメタとしては、ガイドなし条件のシミュレーションで使用した固定パラメタ1、経路探索パラメタ5、学習パラメタ5であり、それに加えて実験3ガイドパラメタとして、実験2の二つのガイドパラメタと同様に、実験3ガイドパラメタ①②を設定した。加えて、「現在いるマスに近接するガイドが赤色以外の色なら、そのガイドは避ける」という新たなガイド情報に対応するパラメタ(実験3ガイドパラメタ③)を設定した。

また、実験3では課題間で難易度の違いを出すために、ガイド(三角形)が正解の進行方向向きの場合と正解の進行方向とは逆向きの場合の2群を設け、前者を順向群、逆向群とし、年齢群とガイド方向の2条件を要因とする4つの条件下でシミュレーションを行った。なお実測値データについては、若年成人24名、高齢者24名であり、いずれも半数ずつ、順向群・逆向群に割り当てられた実験データに基づいている。

シミュレーション結果

ルールに則ったエラーについて、若年成人・順向群では、経路探索パラメタ②③、実験3ガイドパラメタ②の効果量が大きく、それ以外のパラメタの効果量は小さかった(図7)。若年成人・逆向群では、若年成人・順向群と同様に、経路探索パラメタ②③、実験3ガイドパラメタ②の効果量が大きく、それ以外のパラメタの効果量は小さかった。すなわち、若年成人については、逆向群も順向群も、エラーした方向を回避する・連続して同じエラーをするという経路探索や、ガイドの指示方向を直進するというガイド利用ができるか否かにより、ルールに則ったエラーが増減した。

一方、高齢者順向群では、経路探索パラメタ②、学

習パラメタ⑤、実験3ガイドパラメタ③の効果量が大きく、それ以外のパラメタの効果量は小さかったのに対し、高齢者・逆向群では、経路探索パラメタ③、学習パラメタ①⑤、実験3ガイドパラメタ③の効果量が大きく、それ以外のパラメタの効果量は小さかった。高齢者についてのみ、逆向群のルールに則ったエラーが増減した。

ルール破りのエラーについては、高齢者の順向群・逆向群の両群で経路探索パラメタ②③④の効果量が大きく、それ以外のパラメタの効果量は小さかった(図8)。すなわち、高齢者については、順向、逆向の両ガイド群とも、エラーして元いた正解のマスに戻る、連続して同じエラーをする、エラー方向を回避する、といった経路探索ができるかどうかによってルール破りのエラーが増減することが示された。ただし、いずれも順向群のほうが逆向群よりも、パラメタの単純主効果効果量は大きいことが示された。若年成人はすべてのパラメタで効果量が小さかった。

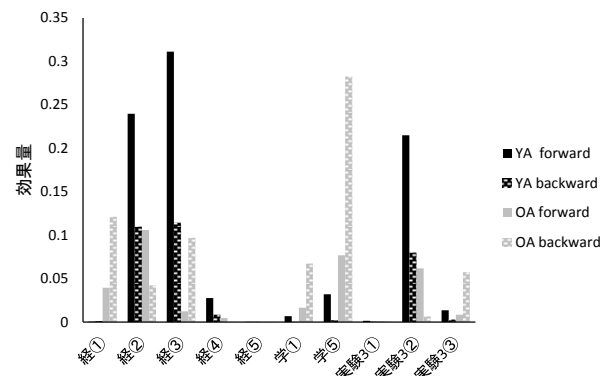


図7 実験3条件(複雑な確定的ガイド)におけるシミュレーション：ルールに則ったエラー

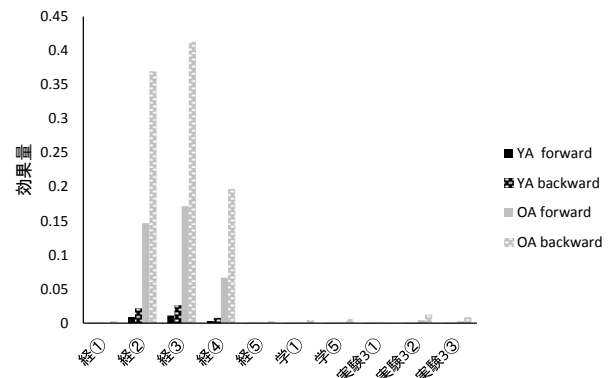


図8 実験3条件(複雑な確定的ガイド)におけるシミュレーション：ルール破りのエラー

考察

特定のマスに示された方向を示す三角形が特定の色(赤)である場合は、正解系路上にあり、その方向(順向群)あるいはその逆の方向(逆向群)に向かうことが正解であるというガイドを付加された実験3において、若年成人と高齢者とは、異なる結果を示した。

ルールに則ったエラーについて、若年成人では、効果量が大きいパラメタの組合せが順向群・逆向群で同じであり(経路探索パラメタ②③, 実験3ガイドパラメタ②), 効果量の大きさのみが異なっていたので、この効果量の差がルールに則ったエラー数の差として表れたと考えられる。その一方で、高齢者では、効果量が大きいパラメタの組合せが順向群・逆向群で異なり、順向-逆向群間差が若年成人とは異なるメカニズムで生じたと考えられる。

また、順向群・逆向群をそれぞれ年齢群間で見てみると、順向群・逆向群とも年齢群間で効果量が大きいパラメタの組合せが順向群・逆向群で異なっていたため、ガイドの利用において、単純に効果量の大きさのみで実験結果としてのルールに則ったエラー数の年齢群間差を説明することができなかった。

以上より、若年成人の順向群・逆向群においては実験1のシミュレーション結果と同様に、効果量の大きいパラメタの組合せが同一であるが、高齢者の順向-逆向群間、順向群・逆向群の年齢群間においては、実験2のシミュレーション結果と同様に、関与するパラメタが異なり、またそれぞれの関与の程度も異なることが示された。実験3の実験課題は実験1(確定的なガイド配置)・実験2(確率的なガイド配置)の実験課題を混合させた設定であったため、実験3のシミュレーション結果にも一方で実験1のシミュレーション結果と類似する点がみられ、もう一方で実験2のシミュレーション結果と類似する点がみられたと言えよう。この点についてさらに総合考察で検討する。

ルール破りのエラーは、高齢者順向群・逆向群のみ効果量の高いパラメタがみられ、またそのパラメタの組合せは両群間で等しかった。そのため、このパラメタの組合せにおける効果量の差が実験結果として高齢者のルール破りのエラー数の順向-逆向群間差としてあらわれていたことが示された。

4. 総合考察

本研究でとりあげたシミュレーションの方法では、既存の総合的認知モデル(例えば、ACT-R)は採用せず、独自のパラメタを構成してシミュレーションを実

施した。それにより、実験の結果だけでは検討が不十分であった、経路探索学習におけるガイドデザイン間の比較・年齢群間の比較に関して、ガイド利用だけでなく、試行内の経路探索、試行間の学習についてもシミュレーションの結果から検討できる可能性を開くことができた。

例えば、実験1のシミュレーションでは、ルールに則ったエラーにおいて若年成人・高齢者で効果量の大きいパラメタの組合せは等しく、結果としてこの組合せの効果量の差が実験結果としての群間のルールに則ったエラーの差と考えることができるようになった。他方、例えば実験3の逆向群における年齢群間のシミュレーションでは、同じ逆向群という実験条件下でも、若年成人・高齢者間で効果量が大きいパラメタの組合せそのものが異なるため、課題達成として観察された加齢の効果は、特定パラメタの効果量の差のみではなく、パラメタ間の組合せの違い自体から考える必要があることが示されたといえよう。

ここで、本論文で述べる、シミュレーション結果における効果量の大きなパラメタの組合せという観点について考察をしておきたい。本論文のようなシミュレーションの方針の一つに、効果量の大きいパラメタを一つずつ個別にみていき、その個別のパラメタにおける効果量の群間差、そしてその集合から実験結果を解釈するという考察のアプローチもあると思われる。例えば、実験3のシミュレーションにおけるルールに則ったエラーに関して、高齢者の順向-逆向群間で各パラメタの効果量の違いについて考えると、経路探索パラメタ①では順向群より逆向群のほうが効果量が大きく、経路探索パラメタ②ではその逆で逆向群より順向群の方が効果量は大きかった。それ以外のパラメタも同様に効果量の大小を群間で記述し、その中で特徴的なパラメタをいくつか抽出し、それぞれの効果量の群間差を実験結果としてのルールに則ったエラー数の違いとみなし、さらにまた実験結果の解釈に一つずつパラメタを当てはめてみることは可能である。

しかしながら、本論文ではそのようなやり方を採用していない。本研究ではパラメタを独立した内的過程(GMLT 解決・学習ルール)として考え、各シミュレーションにおける重要と考えられるものから有限個数(10前後のパラメタを目安として)含めて、計算を行った。またその結果の記述の方法として、実測値とのズレを対象とした分散分析の枠組みを用いている。このため、パラメタの効果量はあくまでも最初に設定

したパラメタの組合せに基づいて変動すると考えられる(例えば、実験3のシミュレーションでは計14のパラメタ)。すなわち、効果量が大きい小さいという判断はこのパラメタ全体を枠組みとして相対的に行われることが必要であり、個別のパラメタごとで行われるべきでないと考えた。実際、このように、シミュレーション実施前にはパラメタ全体で計算環境を考えていることから、シミュレーションの結果を検討する場面でのみ、パラメタ全体という前提を不問に付し、個別パラメタのみに注目をすることは、問題があると考えたためでもある。

本論文で採用した、シミュレーション結果として「効果量の大きいパラメタの組合せ」から実験結果を再解釈するという方針にも問題があるであろう。これは実際に計算を行ってみた結果、本論文でのシミュレーション結果から、実験結果を再解釈することが単純ではなく、時として複雑になりすぎて解釈が困難になったという問題にも関係している。例えば、実験1のシミュレーションでは若年成人と高齢者で効果量の大きかったパラメタの組合せが等しかったために、効果量の差が実験結果のエラー数の差を示していたことを比較的容易に考察することができた。しかしながら、実験2のシミュレーション結果から実験2の結果を解釈することは困難を伴った。本研究で目的とする系列的問題解決とその学習が加齢によってどのように異なるかという問題においては、各実験に対応する3つのシミュレーションにおいて、年齢群の差を同じパラメタの組合せから解釈しよめる場合(実験1とそのシミュレーション)と、大きくパラメタの組合せが変化するために解釈が難しくなる場合(実験2とそのシミュレーション)が出てきたためである。本来、実験結果の考察を深めるために行ったシミュレーション研究が、結果的に実測値と同様に「複雑すぎて解釈が難しい」ことになっており、そもそもの目的が達成できていないともいえよう。

このように人を対象とする高次認知過程を対象とする研究において、一つの研究内でどのような実験とそのシミュレーションを実施するかによって、結果の現れ方も、また各種要因のもたらす影響の大きさ、さらにはその解釈も変わりうる。これは実験データの解釈は必ずしも一意に定まるものではなく、その解釈は常に変更可能性が開かれていると考えられる。こうした特性は、本研究のシミュレーションに特異なものではなく、人間を対象とするすべての研究に共通と思わ

れ、また逆に、統一的で、そうした変更可能性を許容する形でないシミュレーションについての意味や妥当性について、疑問を投げかけるものでもあろう。

研究手法を以上の観点で改めて考えてみてはなお、パラメタの組合せを主軸として実験結果を解釈することには依然として問題が残っている。その一つは、これらのシミュレーションで設定したパラメタが「研究者によって任意に定められている」ことである。本研究シミュレーションで扱ったパラメタは、実測での実験を行った際に、実験過程の観察から、あるいは実験結果の精査から考察された説明可能性から浮かび上がってきた認知的過程をリストアップして、重要かつ本質的と考えられるものを取りあげてパラメタの選定を行った。そのためパラメタの一般性については、保証されず、あくまでも本研究の実験課題、実験参加者、実験要因として取り上げた要因変数に依存して表れてきたものともいえよう。

こうした問題への対処の一つとしては、GMLTが「実験課題として、実世界での認知的課題を代表している」と考える際に射程とされている情報機器利用の特性について、より明確にし、そうした要件を満たす形で実験を組んでいくことが「実際の意味」をもたらす要因となっていくと考えられる。上述のように、本研究でのシミュレーションにおけるパラメタ設定、その結果として得られた特徴的なパラメタの組合せはあくまでもGMLTの実験実施結果をベースとして考えられたものである。すなわち、実際のICT機器利用において、今回の実験者から抽出したパラメタ設計とそれに基づく結論がどの程度有益なものであるかは、実験で用いた課題構造やそこでの要因が、実際の機器利用での要因・「人の視点からみたときの課題構造」とどのように関係しているかについて、丁寧に対応関係を考えていく必要があり、それにより研究成果の一般性についても論じていくことが可能と考えられる。また、シミュレーション結果から得られた結論から、実際の情報機器の情報デザインの変更を行い、仮説検証型に情報提示を変化させた場合の操作変化といった形で効果を検討することにより有用なものとなっていく可能性がある。

本来、多様な要因で変動をするであろう人の高次認知的過程とそこでの加齢の効果を、個別要因の量的比較だけで検討を進めていくことの難しさを考えたとき、本研究はその研究の難しさを示すと同時に、一定の「示唆的な」結果をもたらしていることについても強

調しておきたい。特に実験1においては、単純かつ確定的な情報デザインガイドの効果が、量的な大小はあれ、若年成人・高齢者の両群に同じような影響を与えていたこと、それに対し、実験2, 3の確率性のあるガイド、ならびに複雑性のあるガイドではそうした「年齢群を超えた共通の効果」が見られなかったことである。とりわけ、実験3での「本来は確定的なガイドであるが、それ以外の情報も付与されているために、まずは利用可能な情報を抽出する必要がある」ガイドの付与において、若干の知覚的負荷、すなわちガイドの向きが「正解の向きとは逆」であるか否かという変化が、若年成人では大きな意味を持たないのに対し、高齢者にとっては大きな変動をもたらした点は、きわめて示唆的であろう。こうした「示唆」をどのように実際のICT機器の情報デザインに反映させていくかさらに考察を深めていきたい。

以上、本論文で取り上げた実験・シミュレーションの併用がどれほど有効であるか、それに伴う解釈の変更可能性についての考えが妥当かどうかを検討していくためにも、また加齢と複雑な人工物利用の関係性について、理論的な知見をより確かなものにしていくためにも、実際の機器利用場面でのデザイン変更への連続性を含めて、さらに検討していく必要がある。実験

室と実際の場面、さらにシミュレーションをつないだ研究の展開を望みたい。

文献

- [1] Harada, E. T., Mori, K., & Taniue, N. (2010). Cognitive aging and the usability of IT - based equipment: Learning is the key. *Japanese Psychological Research*, 52, 227-243.
- [2] Schroder, M. D., Snyder, P. J., Sielski, I., & Mayes, L. (2004). Impaired performance of children exposed in utero to cocaine on a novel test of visuospatial working memory. *Brain and cognition*, 55(2), 409-412.
- [3] 原田悦子・須藤智・山口一大 (2013). 「使うことの学習」過程を知る: GMLT による加齢効果の実験室的検討. *JCSS Japanese Cognitive Science Society*, 92-98.
- [4] 大門 貴之・原田 悦子・須藤 智 (2015). ガイドの利用は経路探索の学習を変容させるか: 加齢による検討, 日本認知心理学会第13回大会
- [5] Daimon, T., Harada, E. T. & Suto, S. (2014). Comparing learning process of young and older adults in the problem solving task: Effect of embedded aid. *Cognitive Ageing Conference 2014*.
- [6] 大門 貴之・原田 悦子・須藤 智 (2015). 高齢者は問題解決の学習場面でガイド情報を利用できるか: 若年成人との比較を通して, 日本心理学会第79回大会
- [7] Byrne, M. D., (2001). ACT-R/PM and menu selection: Applying a cognitive architecture to HCI. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 41-84.

表1 本研究での4つのシミュレーションで用いたパラメタの一覧

パラメタ	内容	生起しない場合
固定パラメタ	右/下方向に進むとき、左/上よりも2倍の重み付けで右か下方向に探索する	ランダム探索
経路探索パラメタ①	右/下方向に進む場合にはその方向に直進する	ランダム探索
経路探索パラメタ②	エラーして正しく元いた正解のマスに戻れたが再度同じエラーをする	否定
経路探索パラメタ③	エラーした方向を回避する	否定
経路探索パラメタ④	1回エラーした後に元いた正解のマスに戻る	否定
経路探索パラメタ⑤	2回連続してエラーした後に元いた正解のマスに戻る	否定
学習パラメタ①	エラーしなかったマスは次の試行でもエラーしない	固定パラメタ①
学習パラメタ②	1回エラーしたマスは次の試行ではエラーしない	固定パラメタ①
学習パラメタ③	2回エラーしたマスは次の試行ではエラーしない	固定パラメタ①
学習パラメタ④	3回エラーしたマスは次の試行ではエラーしない	固定パラメタ①
学習パラメタ⑤	エラーなく曲がれた曲がり角は次の試行ではエラーしない	固定パラメタ①
実験1ガイドパラメタ①	あるガイドにたどり着いたら、次のガイドまで直進する	学習パラメタか固定パラメタ①
実験1ガイドパラメタ②	あるガイドにたどり着いたら、次のガイド方向に曲がる	学習パラメタか固定パラメタ①
実験2ガイドパラメタ①	現在いるマスに近接するガイドに進む	学習パラメタか固定パラメタ①
実験2ガイドパラメタ②	あるガイドにたどり着いたら、ガイドの指示方向に直進する	学習パラメタか固定パラメタ①
実験3ガイドパラメタ①	現在いるマスに近接するガイドに進む	学習パラメタか固定パラメタ①
実験3ガイドパラメタ②	あるガイドにたどり着いたら、ガイドの指示方向に直進する	学習パラメタか固定パラメタ①
実験3ガイドパラメタ③	現在いるマスに近接するガイドが赤色以外の色なら、そのガイドは避ける	学習パラメタか固定パラメタ①