

# 人は情報機器利用をどのように学習しているのか： シミュレーションアプローチ

## How Do People Learn to Use Information Technology Equipment? : Simulation Approach

大門 貴之<sup>†</sup>, 原田 悦子<sup>†</sup>, 須藤 智<sup>‡</sup>  
Takayuki Daimon, Etsuko T. Harada, Satoru Suto

<sup>†</sup>筑波大学, <sup>‡</sup>静岡大学  
University of Tsukuba, Shizuoka University  
takdaimon@gmail.com

### Abstract

Although lots of usability tests and experiments have demonstrated that healthy elderlies have difficulties to use variables of information technology (IT) equipment, fundamental or common factors or mechanisms under those difficulties for IT equipment in general is not clear yet; especially their learning process to use IT equipment is still in mystery. We had executed some experiments to describe how elderlies' learning was different from younger adults, when people solve a sequence of problems to find out a correct route of maze, with GMLT (Groton Maze Learning Task). In this research, we reported the first trial to describe and explain the results of the learning experiments with a simulation approach to compare multiple models. We set up two sets of way-selection rules for describing tendencies in problem solving strategies in GMLT; the first is to search the maze in direction of right and down preferentially, and the second is to select the straight route or corner rather than turning arbitrarily, which were implicated from results in previous research [1]. With 1000 times iteration, simulation with combining two rules of way-selection showed error data which fit to the experimental results by younger adults. In contrast, both nor neither rules did not fit the observatory data from older adults. Those findings provided availability of simulation to explain the mechanism of the experimental data at least partially, however at the same time, simple rules in simulation program cannot explain data especially from older adults.

**Keywords** — simulation approach, Information Technology (IT) equipment utilization, learning process, aging and learning

### 高齢者のIT機器利用

現代日本社会は超高齢社会を越えた高齢化に加え、高度情報化が進展し、若年成人だけでなく高齢者も日

常的にIT機器を利用する機会が増えている。例えば、高齢者のインターネット利用率は2010年では37.6%であったが、2014年には62.7%まで増加している[2]。インターネットの広範な普及によって、簡単に知りたい情報を検索することができる、遠隔地の人とコミュニケーションができるというネットワーク社会の利便性を享受する高齢者が増化していると言える。

しかし、これはIT機器システム全般が「誰にとっても簡単に使えるようになった」ことを示すものではない。このようなIT機器には実に多様な機能が恣意的に導入され、その変化も急激であるため、高齢者にとって現状に常時対応していくことは難しい。その結果、「使ってはいるけれども、自分ができることだけ」を「一定のやり方のみに限定して」行っているという利用者も少なくない。実際、例えばATMのユーザビリティテストを高齢者に実施したところ、キー入力の反応時間が長い、画面に表示されるメッセージから必要なITを短時間で収集・理解することが困難である、同じエラーを反復して行う、といった特徴が見られた[3]。加えて、タブレット端末の利用学習が高齢者でどのように形成されるか検討したところ、「いろいろIT機器を利用している高齢者であっても」同様の利用困難が見られ[4]、高齢者はIT機器利用の経験の有無に関わらず、IT機器の利用を苦手としている様子が伺える。

このように高齢者のIT機器利用に困難が伴う原因として、機器の仕組みを十分に理解していないこと、すなわちメンタルモデルが形成されていないためではないかと考えられることが多い。しかし、例えば浴室内お風呂リモコンのユーザビリティテストの結果から、

十分に多様な操作ができる若年成人も機器システムの背景にあるメカニズムについてほとんど学習しておらず、メンタルモデルを獲得しているとは言い難い、すなわち「何が学習されているのか」は不明である、とされている<sup>[6]</sup>。

そこで、Harada, Mori, & Taniue (2010) は若年成人と高齢者で機器利用が異なる原因が「機器利用時の学習のどのような相違にあるのか」を検討するため、食事支援を行うIT機器を用いた学習実験を実施している<sup>[6]</sup>。特に「紙媒体を用いた条件では、高齢者の学習が若年成人と変わらない」ことから紙媒体条件とIT機器としての利用学習とを比較検討した結果、IT機器条件であっても、適切な情報呈示デザインを補うことにより高齢者の学習が促進されることが示された。すなわち、機器利用者に対してどのような情報を呈示すると利用者は学習しやすくなるのか検討することがIT機器のデザインを考える上で必要であると同時に、そこで有効な効果をもたらすデザイン改変が人の認知的過程にどのような影響を与えているのかを検討することにより、人の学習過程を明らかにする契機も与えられると考えられる。

このように高齢者でも学習可能なデザインが存在することが示唆される一方で、こうした多様な要因を含み持つ機器の利用学習では、一つ一つの操作、そのそれぞれの関係性およびそれらが織り成す総体的な利用の変化というマイクロなプロセスレベルでの学習がどのように形成されているかは明らかにすることが極めて困難である。

## IT機器利用の学習過程を捉える 実験室実験

そこで我々は、高齢者にとっても学習しやすい(その結果として、使いやすい)IT機器のデザインを明らかにするために、若年成人と高齢者は機器利用のマイクロな学習過程がどれほど異なるのか、それはなぜなのかを明らかにすることに焦点を当てる。そのためには、こうした学習過程を捉える方法論を検討する必要がある。従来の研究では、参加者が機器を操作している場面を「できるだけ自然な環境下で」観察するユーザビリティテストによって、ある機器がどれほど使いやすい使

いづらいか検討されてきた。確かに、機器システムの具体的なデザインの良し悪しは個別のユーザビリティテストで検証すればよいが、高齢者に一般的に観察される「使いづらさとその背景にある学習困難さ」を知るためには、むしろ個々の機器システムの機能・デザインの相違や複雑性が邪魔をして本質的な検討を難しくしている可能性がある。そこで、多くのIT機器に共通する要素を抽出した実験環境での検討が必要であると考えられる<sup>[7]</sup>。

そこで、IT機器利用の学習と類似した学習行動が観察できると考えられる認知心理学的課題、Groton Maze Learning Test<sup>[8]</sup>(以下、GMLTと略記)を用いて、実験室環境で多様な学習条件下での実験を行い、若年成人と高齢者の課題の成績を比較することによって健康な加齢がどれほど学習過程に影響を及ぼすか検討してきている<sup>[7][9]</sup>。

GMLTは、コンピュータ画面上に呈示された10×10のマトリックス上の迷路から隠された唯一の正解経路の探索を5試行に渡って行う課題である。正解経路上には29のマスと11の曲がり角があり、GMLTのルールとして上下左右の4方向に進むこと、一つずつマスに触れて探索することが求められる。分析できる指標として、経路探索時間、ルールに則ったエラー、ルール破りのエラー他がある。ここで、経路探索時間はスタートからゴールまでの1試行あたりに要した時間をさす。またGMLTにおけるエラーは2種類に分類されており、ルール通りに「選択可能な」マスを上下左右の4方向から選択して進んだが「正解ではなかった」という意味での誤りであった場合を「ルールに則ったエラー」、またはそれ以外の、上下左右方向以外に進んだ場合や2回同じマスに触れた場合などのエラーを「ルール破りのエラー」としている。

先行研究<sup>[7]</sup>では、大学生24名(20.39歳, SD1.65)、高齢者24名(70.14歳, SD3.96)にGMLTを実施した結果、経路探索時間・ルールに則ったエラーでは、若年成人は試行が進むにしたがって急激に減少したことから、経路探索の学習がなされたことが明らかとなった。一方で、高齢者は若年成人ほどには探索時間もエラーも減少せず、後半の試行ほど学習が緩やかになることが明らかとなった。加えて、ルール破りのエラーは高

齢者でのみ有意に多く観察され、また、高齢者に特有の経路探索行動として、「同じエラーを反復する」ルール違反エラーが生じることを示された。

実験時に参加者のGMLTの試行を行いながら発話思考をするように求め、そのプロトコルを分析したところ、右下直進方略・右下ランダム方略・想起方略・一対一対応方略の4つの方略が抽出された。右下直進方略は、経路選択が右か下で一つ前に選択したマスと同じ方向を選ぼうとする方略である。右下ランダム方略は、経路選択が右か下で一つ前に選択したマスと異なる方向を選ぼうとする方略である。想起方略は以前の試行から正解経路を思い出そうとする方略である。一対一対応方略は、選択したマスが提示する情報に対して擬人的に（相手の意図を推定するなど）応答しようとする方略である。これら方略が試行を通じて変化した推移は表1である。若年成人は右下直進方略から想起方略へと、試行を重ねるにつれて、経路探索に効果的な方略を体系的に示したのに対して、高齢者群にはそうした一貫した方略形成がみられないという結果も得られた。

こうした実験結果は、数量的な方法として行動データが、実験計画法と分散分析によって分析され、また発話データは言語プロトコル分析として質的に分析されてきた。すなわちGMLT全体でどのような学習過程が形成されるか、どれほど加齢の影響がみられるかについては、量的分析と質的分析による結果が推測により考察の中で統合されている。実験計画法と分散分析によって異なる条件間、年齢群間の行動データに差があるか検討することが可能だが、行動あるいは学習過程の変化を詳細に明らかにすることは難しい。さらに、試行数が増えた場合の学習過程あるいは実験条件をさらに増やした場合の学習過程について、試行間で経路探索時間やエラーを有意差検定し、試行間や条件間に有意差がある/ないことの原因を解釈することには一層困難を伴うものと考えられる。このように従来の統計解析では課題中のエラーが生じた原因についても動的に解明することが難しく、人の学習過程の解明のためには実験およびその統計分析以外のアプローチが必要となってくる。そのため、どのような経路選択の過

程を経てエラーが生じるかということ課題状況も踏まえて明らかにすることが求められている。

表1 各年齢群における方略の出現回数

	右下直進方略	右下ランダム方略	想起方略	一対一対応方略	合計	
若年成人	第1試行	17*	14*	0	3	34
	第2試行	12	2	23*	5	42
	第3試行	4	3	23*	2	32
	第4試行	4	3	23*	3	33
	第5試行	5	1	23*	1	30
高齢者	第1試行	11*	16*	1	7	35
	第2試行	9	12	19	8	48
	第3試行	7	12	20	6	45
	第4試行	4	10	21	9	44
	第5試行	3	10	20	6	39

\*:  $p < .05$ ,  $\chi^2$ による残差分析

## IT機器利用の学習過程を捉える 計算機シミュレーション

本研究では先行研究<sup>[7][9]</sup>のデータをもとに、シミュレーションを用いてGMLT中の行動をモデル化し、課題遂行中にどのような行動の変化が生じているか、それによるミクロなレベルの学習の過程を捉えていくことを目的とする。

これまでの研究では実験室実験を行い、どのような学習過程が機器利用全般にみられる使いづらさを生じさせるか検討してきたが、学習のメカニズムまでは十分に解明されなかった。そこで、学習メカニズムを理論化するべく学習モデルを構築する必要がある。その中で、若年成人と高齢者における加齢変化、あるいは各年齢における個人差を生み出している原因は数多く想定できるため、複数のモデルの比較が求められる。計算機シミュレーションはこのように異なる人の学習過程のモデルを記述・説明・実証することを可能にし、その結果から機器利用の学習過程を説明する最適な学習モデルの構築を実現することができる。

### シミュレーションの設定

シミュレーションを実施するに当たって、参加者がどのような経路選択を行う可能性があるか検討する必要がある。実験データでは経路探索時間も取り上げているが、本報告ではエラー発生を中心にモデル化することとし、特に2カテゴリーのエラー数を対象とする。

まず、シミュレーションではプログラム上でGMLTを表現し、実験室実験で参加者のプロトコルから得られた経路選択や方略を再現することを試みた。まず、GMLTのルール上、左上がスタートで右下がゴールであり、探索できる方向は上下左右の4方向となっている。正解経路上には29のマスと11の曲がり角があり、参加

者は直進するか曲がるかを選択して次のマスを選択しながらゴールを目指す。表1から明らかなように、若年成人・高齢者とも、まず前提として、第1試行目右か下のマスを優先して探索していることが分かる。そこで、右と下のマスを優先して探索することが経路探索およびエラーの発現にどのような影響をもたらすか検討するため、右と下のマスを左と上のマスに比べて探索する重み付け ( $\alpha$ ) を変化させてシミュレーション計算を行う。重み付けの例は図1のとおりである。これは試行間のエラー数の比較ではなく、重み付けの変化によるエラーの頻度を算出することを目的としている。本報告では、この重み付けを1倍から5倍まで変化させたとき ( $1 \leq \alpha \leq 5$ ) の平均エラー数を算出する。

また実験室実験では、第2試行以降においてそれまでの試行で探索したマスを想起しようとするのが若年成人に顕著にみられた。そこで、それまでの試行 ( $t$ ) で直進した経路あるいは曲がったマスが正解ならば、次の試行 ( $t+1$ ) ではその正解した直進経路あるいは曲がり角を選択するように以下の設定した。ここで、行動 $a_t$ の経路選択に対してGMLTにおいて $i$ 番目の曲がり角の $x$ 座標を $m_i$ ,  $y$ 座標を $n_i$  正解行動を1と示し、また、 $(m_i, n_i)$ から $(m_{i+1}, n_{i+1})$ までのすべてのマスを正解した行動を $a'_t$ とした。

曲がり角の経路選択：

$$\text{if } a_t(m_i, n_i) = 1 \text{ and } a_t(m_i + 1, n_i) = 1, \\ \text{then } a_{t+1}(m_i, n_i) \text{ and } a_{t+1}(m_i + 1, n_i)$$

$$\text{if } a_t(m_i, n_i) = 1 \text{ and } a_t(m_i, n_i + 1) = 1, \\ \text{then } a_{t+1}(m_i, n_i) \text{ and } a_{t+1}(m_i, n_i + 1)$$

直線の経路選択：

$$\text{if } a_t = a'_t \text{ then } a_{t+1} = a'_{t+1}$$

これは試行間のエラー数を比較し、若年成人・高齢者のどちらをより説明できるか検討することを目的としている。本報告では、第1試行目において右と下のマスを優先して探索する重み付けを2倍に設定してシミュレーション計算を行う。

以上より、シミュレーションプログラム上でGMLTを表現し、以下の2点に関して経路選択ルールを設定を行った。

- ① 右と下のマスを優先して探索する重み付けを1から5倍に設定し、各重み付けに対してプログラム上のGMLTで探索する。
- ② プログラム上のGMLTの探索において、それまでの試行で正解した直進経路や曲がり角はそれ以降の試行でも選択する（ただし、第1試行目では右と下のマスを優先して探索する重み付けを2倍とする）。

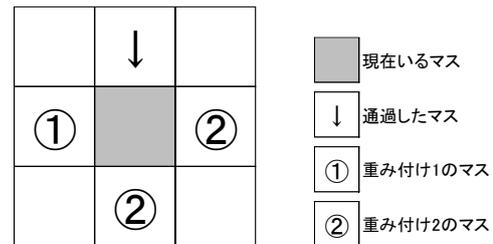


図1 右と下のマスを優先して探索する重み付けの例

### シミュレーションの結果と考察

上記のような設定の下、1000回のシミュレーション計算を行った。1000回という反復計算を実施したのは、設定条件で生じるばらつきを除去するためである。

シミュレーションの設定①に関して計算を行った結果、右と下のマスを優先して探索する重み付けを1から5倍と変化させ、その各重み付け条件におけるルールに則ったエラーの計算値の平均および実験室実験の実測値は図2であった。なお、図2における折れ線グラフは実験による若年成人と高齢者の実測値であり、棒グラフは左から1倍、2倍...と右と下のマスを優先的に探索した計算結果である。重み付け条件1倍から5倍のすべての重み付け条件において、ルールに則ったエラー数は重み付けが上がるにつれてわずかながら減少する傾向がみられた。これらの値は若年成人の第1試行および高齢者の全試行におけるエラー数に近い結果となった。すなわち、右と下のマスを優先的に探索することは経路探索に有効であり、実験室実験で両年齢群とも第1試行において右下直進法方略・右下ランダム方略を採用したことが効果的であることが示された。

しかしながら、右と下のマスに進む優先度を高めてもルールに則ったエラー数自体はあまり減少しないことも示された。これは正解経路が蛇行しており、右と下のマスを優先して選んでいただけでは、左や上に進

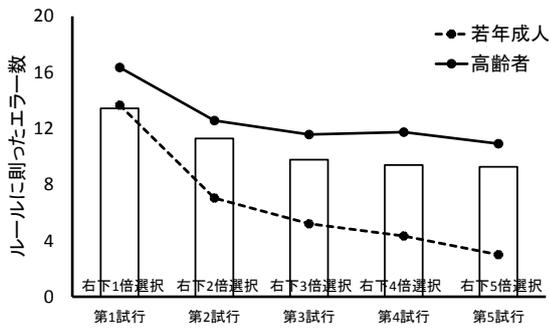


図2 シミュレーション設定①の計算値と実測値におけるルールに則ったエラー

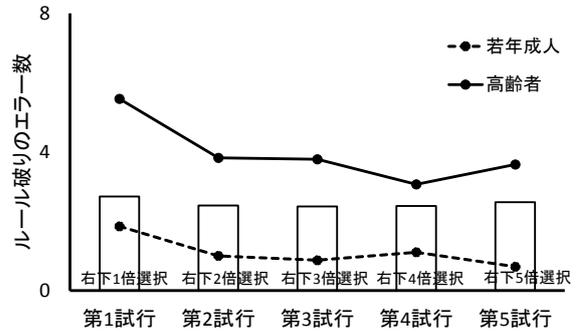


図3 シミュレーション設定①の計算値と実測値におけるルール破りのエラー

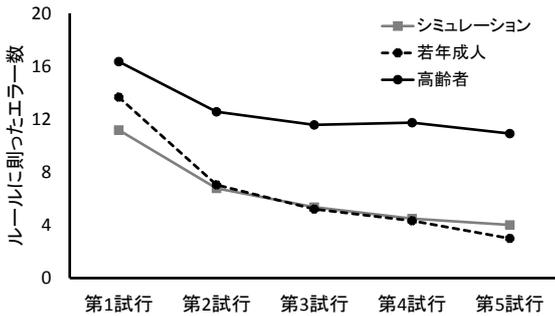


図4 シミュレーション設定②の計算値と実測値におけるルールに則ったエラー

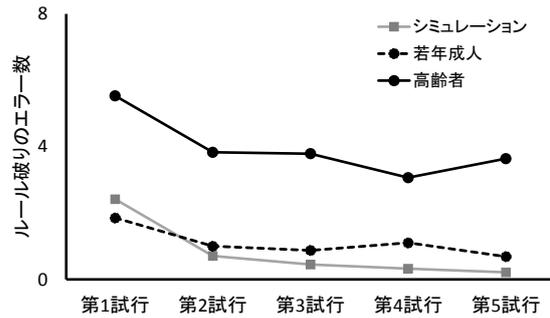


図5 シミュレーション設定②の計算値と実測値におけるルール破りのエラー

む必要がある経路において連続してエラーが生じてしまうためである。すなわち、若年成人は右と下を優先して探索することに加えて、想起方略など別の方略を使用した可能性が示唆された。一方で、高齢者は右と下のマスに進むことに固執してしまったためにエラーを学習することが難しかった可能性が示唆された。

続いて、各重み付け条件におけるルール破りのエラーの計算値の平均および実験室実験の実測値は図3であった。折れ線グラフ・棒グラフとも図2と同様である。計算値の平均は1から5倍までほとんど差は見られず、右と下のマスを優先して探索する場合ルール破りのエラーは一定数発生することが示された。これら5つの計算値はいずれも若年成人と高齢者の実測値の中間に位置している。

シミュレーションの設定②に関して計算を行った結果、計算値と実測値のルールに則ったエラーは図4のとおりである。5試行を通じて計算値が若年成人の実測値によく適合しているため、若年成人は右と下のマスを優先しながらも以前の試行で学習した直線経路や曲がり角を想起しながら経路探索したことが示された。一方で、高齢者は以前の試行で得た正解の経路情報を以降の試行で利用することに困難が伴う可能性も示唆された。

これは表1のとおり、高齢者は第2試行以降で明確な方略の形成ができないことも説明することができる。

また、設定②におけるルール破りのエラーは図5のとおりである。ルールに則ったエラーと同様にシミュレーション計算によるルール破りのエラーは若年成人の実測値と近似した結果となった。これは、シミュレーションの設定①において右と下のマスを優先的に探索するため、上や左方向の経路探索ではそれが障害となり一定数のルール破りのエラーが生じたと考えられる。しかし、設定②では曲がり角を学習するので、後半の試行になるにつれてルール破りのエラーが減少した。

以上より、若年成人は高齢者と同様に右と下のマスを優先して探索するが、左や上方向に進む必要がある場合、それに対応してすぐに方向選択の方略を変更し、その行動変化を後の試行で柔軟に利用することができるという点が若年成人の経路探索の特徴と考えられる。一方で高齢者は右と下のマスを優先して探索することはできるものの、それが経路選択を固着させてしまい直進経路や曲がり角を学習することは困難である可能性が示唆された。

まとめ

本研究の結果より、実験室実験における経路探索の学習過程をシミュレーション計算によって再現することができたと思われる。特に若年成人のエラー数は、シミュレーションの設定②によって実測値によく適合する計算値を算出することができ、若年成人の経路探索過程を説明する手段としてシミュレーションが役立つことが確認された。この結果、シミュレーションの役割として、質的データから経路選択ルールを組み立てた後、計算を実行することで量的データとどれほど整合性のある記述・説明ができるか検討することが可能であることが示された。しかしながら、高齢者に特有のルール破りのエラーを説明することは十分にできなかった。これは本研究の2つのシミュレーション設定だけでは高齢者のエラー行動を再現することができなく、さらなるシミュレーション計算が必要であることが明らかとなったといえよう。

高齢者のエラー行動を再現できなかった理由は以下のとおりに考えることもできる。若年成人は、いわゆる合理的な経路選択の意思決定を行っており、局所的な経路選択方向の決定だけでなく、迷路全体における直進や曲がり角といった部分にまで広がりを持った選択行動をとっている。そのため、本研究のようなシンプルなシミュレーションの設定だけで若年成人のエラー数に近似した計算値を算出することができたものと考えられる。それに比べて、高齢者は迷路全体および試行を通じて右と下のマスを優先して選択しているだけでなく、それ以外のなんらかの原因でエラー行動をとることによって、ルール破りのエラーがシミュレーション計算値よりも実測値のほうが高くなることが示された。

このように暫定的に若年成人と高齢者の経路選択を比較してみると、若年成人の経路学習過程を形成するには局所的な意思決定とGMLT全体に対する意思決定、方略形成が重要であると考えられる。これに対し、高齢者のルール破りのエラー数を再現するためには、何らかの複雑系システムが有効であるように思われる。複雑系は、「システムの構成要素の挙動を支配するルール自体が全体の文脈により変化し、また変化したルールに基づくシステムの挙動によって全体の文脈も変化してしまう」という考え方であり<sup>[10]</sup>、これを用いて、

一マスごとの経路選択の学習（マイクロな学習）が課題全体の学習（マクロな学習）を変化させ、マクロな学習がマイクロな学習を変化させるという観点からGMLTの学習を捉えることができるものと考えられる。

このような複雑系の考え方に基づいて人の問題解決過程を捉えることに対し、シミュレーションは多様な表現方法を採用でき（例えば、記号処理やニューラルネットなど）、またシミュレーションのさまざまな規模の変化に対応できる（例えば、社会現象のビックデータから神経系のデータまで）といった特長からもその有効性が有望と考えられる。特に、今後のIoT（internet of Things；モノのインターネット）化の進展により、IT機器に限らず人工物が利用される時にインターネットを介して得られる多様なデータから人が機器利用をどのように行っているかをシミュレーションによって理解できる。それによって得られたモデルを基盤として人の機器利用困難に対する支援のデザインが可能になると思われる。またそこではシミュレーションによって複数のモデル比較、最適なモデル選択が可能であるため、本研究のように高齢者や他の特定ユーザ層に焦点を当てて、「その特定ユーザ層にとって」使いやすい機器デザインを検討することができる可能性があると言えよう。

このようにIT機器利用の学習を捉えるための（ここでのGMLTのような）認知的課題と、その複雑な学習を解析するのに有効なシミュレーションという解析手段、さらにシミュレーションを採用する背景にある人の学習過程をどのように捉えるかという考え方は、高齢者に一般的なIT機器の「使いづらさ」を明らかにし、それを受けて機器デザインを提言することに有用であると思われる。実験室実験で得られるデータ（定量的・定性的データ）とシミュレーションを組み合わせた研究が、具体的なIT機器のデザインに対して新たな知見を提供できるようにしていくため、さらに検討を続けていきたい。

## 引用文献

[1] Harada, E. T., Yamaguchi, K., & Suto, S. (2012).

Exploring Age Differences in the Learning Process

Using Verbal-Behavioral Protocol Analysis with a Maze Learning Task. Cognitive Aging Conference 2012.

- [2] 総務省. (2013). 情報通信白書平成 25 年版.  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/pdf/26honpen.pdf>. 2015年7月20日 現在
- [3] 赤津裕子, 原田悦子, 三樹弘之, & 小松原明哲. (2011). 高齢者の認知行動特性を考慮した IT 機器設計指針の検討: ATM のユーザビリティテストから (理論・技術). 日本経営工学会論文誌, 61(6), 303-312.
- [4] 須藤智・原田悦子・田中伸之輔・安達悠子・日根恭子 (2014). 高齢者によるタブレット型端末の利用学習: 新奇な人工物の利用学習過程に影響を与える内的・外的要因の検討, 認知科学, 21(1), 62-82.
- [5] 原田悦子(2005). モノ (人工物) のデザインと認知心理学—一人の視点からみるということ, 仲真紀子 (編), 認知心理学の新しいかたち, 104-127, 誠信書房.
- [6] 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(3), 227-243.
- [7] 原田悦子, 須藤智, & 山口一夫. (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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 植田一博. (1999). 「特集—複雑系科学の観点からみた知能の創発」 編集にあたって. 認知科学, 6(1), 3-6.