

加齢による認知特性の変化を考慮した作業用 ICT 機器の
インタフェース・デザイン：
ビルの中央管理室の警報対処を例とした実験的検討
**Interface Design of ICT Equipments for Work Taking Cognitive Aging
into Account:
Experimental Study on Alarmed Situation in a Central Control Room**

緒方 啓史^{1,2}, 須藤 智³, 熊田 孝恒⁴, 渡邊 克己^{2,4,5}, 伊福部 達²
Keiji Ogata, Satoru Suto, Takatsune Kumada, Katsumi Watanabe, Toru Ifukube

¹ (株) 山武, ² 東京大学, ³ 静岡大学, ⁴ (独) 産業技術総合研究所, ⁵ (独) 科学技術振興機構

¹ Yamatake Corporation, ² The University of Tokyo, ³ Shizuoka University, ⁴ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁵ Japan Science and Technology Agency
ogata@human.rcast.u-tokyo.ac.jp

Abstract

A purpose of this study is to clarify the relationship between the usability of information technology devices in business use and the cognitive characteristics of aged people. A central control room is a workplace often staffed with aging personnel. In order to investigate what kind of a decline in cognitive function of older adults affects their operational abilities, we tested participants who were then classified into three groups according to the type of decline in their cognitive characteristics: a decline in working memory (WM), a decline in visual attention (AT), or a decline in task-switching (TS). In addition, people with completely normal cognitive function were recruited as a control group. A simulator of a central monitoring device was prepared to examine performance of work in an alarmed situation. Reaction time data showed a significant difference between the controls and each cognitive decline group for several operations dealing with an alarm. For the WM group, it was difficult to compare temperatures written in different spot in the screen. For the AT group, it was hard to find changes happen at a corner of the screen. It was also difficult for them to read long messages to the end. For the TS group, it was difficult to shift their task from inspection into coping with an alarm and vice versa.

Performance on the operations in an alarmed situation was negatively affected by these cognitive ageing. Based on these results, we discuss a design that can compensate for such cognitive aging effects.

Keywords —Cognitive Aging, Workplace, Central Monitoring Device, Usability

1. 緒言

高齢化に伴い、労働力人口の低下が喫緊の課題となっている。高齢者一人に対する生産年齢人口は減少し続け、2009年の2.8人から2055年には半以下の1.3人になると予測されている [1]。これに対し、国は高齢者の就労年齢を引き上げる政策を打ち出し[2]、同時に、ICT (情報通信技術) の利活用による持続的な成長の実現を目指している [3]。これらの方針を支える技術的課題として、高齢者が若年者と同様に効率よく仕事ができる職場環境[4]を、とりわけ ICT の利用に焦点を置いて実現することが挙げられる。

2. ビルの中央管理室

ビルの中央管理室 (図 1) は、高齢の作業者を多く抱え、かつ情報化が進んだ環境にあり、先述した課題が顕在化した代表的な職場といえよう。ここでは 55 歳以上の高年齢者の割合が 4 割を超えており、日本の平均的な職場の年齢分布とは大きく異なる。一方、近年、ビルのインテリジェント化に加えてエネルギー管理の需要が高まったため、中央管理室の業務が高度化し、ICT の利用が不可欠となってきている。このような背景の下に、近年では、高度化する業務に対応できる人材の確保が課題となっている [5]



図1 ビルの中央管理室

このようなビルの中央管理室の実際の作業を調べるため、2009年4月～9月にかけて、4か所の規模の異なる中央管理室を訪問し、作業責任者に対する面接調査を行った。その結果、具体的な作業として「点検」と「警報対処」の2つが、全ての中央管理室業務に共通していることが明らかになった。

「点検」は、日常、定期的に行われる作業である。点検対象は、室温や圧力といった数値であることが多く、それらが適正な範囲にあるかどうかを判断し、逸脱していた場合、適正な値に修正する作業をいう。「警報対処」は、唐突に発生する異常事態に際して、どこで何が起きたのかを調べ、適切な対応策を講じる作業である。これらは、ビル管理に限らず、様々な中央監視業務に普遍的にみられる作業であり、かつ平常時と異常時という2つの異なる状況下における代表的な作業といえよう。

以上を考慮し、本研究では、高齢の作業者がビルの中央管理室でICT機器を用いた「警報処理」を実施する際、どのような点が問題になるのかを、加齢による認知特性の変化に焦点を当てて明らかにする。「点検」については、加齢によるワーキングメモリの低下が作業パフォーマンスに影響を与えることが報告されている [6]。

3. 加齢による認知特性の変化とICT機器の利用

高齢者によるICT機器の利用は、若年者と比較して少ない[7][8][9]。また、ICT機器を利用した時のパフォーマンスも若年者と比較して低下する

[10]。日常のみならず、職場でも高齢になるほどICT機器利用が少なくなり[11]、ICT機器を用いた仕事のパフォーマンスも低下する[12]。高齢者がICT機器をうまく利用できない要因は様々に挙げられている[13][14]が、認知機能の低下は大きな要因のひとつである[15][16]。

そこで、高齢者にとってのICT機器利用の困難さを、以上に述べたような加齢に伴う個々の認知特性の変化と対応付けて理解しようとする研究が参考になる[17][18][19]。本研究は、その中でも、「認知的インタフェースに関わる認知機能モデル」の研究パラダイム[18]に基づき、ビルの中央管理室でのICT機器を用いた作業と加齢による認知機能の変化との対応関係を調べる。

4. スクリーニング

本研究は、実験参加者のスクリーニングとビルの中央監視シミュレータを用いた実験の2つのステップから成る。ここではスクリーニングについて説明する。

4.1 参加者

シルバー人材センターに依頼し、高齢者209名（男性104名、女性105名、平均年齢69.02、標準偏差5.15）の協力を得た。一般にWHOの定義に基づき65歳以上を高齢者というが、ここでは職場の高齢化を対象にしているため、60歳から80歳までを参加者の条件としている。

4.2 実験刺激

参加者の認知機能を測定するために、産総研式認知的加齢検査(AIST-CAT) [20]を利用した。これは健常な高齢者の加齢による認知の低下を測定するために開発された質問紙形式のテストである。本研究においては、作動記憶課題、視覚的注意課題、タスクスイッチング課題を用いた。作動記憶課題は、PC視覚的注意課題は、PC版O-span課題と $r=.38$ ($p<.05$)の相関があり、PC版視覚探索課題と $r=-.36$ ($p<.05$)の相関がある[21]。

4.3 手続き

スクリーニングは、2010年3月および6月の2回に分けて実施した。実験者がマニュアル(AIST-CATマニュアル)に基づき、口頭で説明

した後、参加者はAIST-CATに回答した。全ての参加者は約20分で全ての課題を完了させた。

4.4 スクリーニング結果

予め準備された308名の高齢者の回答データを基準値として、AIST-CATのそれぞれの課題のz値を計算し、3つの認知機能のうちひとつだけが低下している“一落ち群”を選抜した。一落ち群の選定基準は、低下している一機能のz値が35%tile以下、残り二つの機能は50%tile以上とした。さらに、対照群として、全ての認知機能が低下していない”全高群”を選抜した。全高群は、全ての課題のz値が55%tile以上とした。

表1に示す結果が得られた。

5. シミュレータ実験

中央監視装置のシミュレータを用いた実験について説明する。

5.1 参加者

スクリーニングした36名の参加者(表1)が再び実験に参加した。

5.2 実験刺激

ビルの中央監視装置メーカーのエンジニアの監修の下、点検および警報対処の作業をシミュレートするプログラムを作成した。

図2は初期画面である。画面左の大部分は建物の1階を見降ろしたフロアマップになっており、空調機を意味する10個の赤いアイコンが並んでいる。各アイコンには、空調機のID番号、現在温度、設定温度がそれぞれ付されている。ここで、現在温度は、その空調機の周りの気温を意味し、空調機は設定温度に到達するように冷暖房する。フロアマップの右には表示する階を切り替えるボタン(階ボタン)が1階から10階まで並んでいる。一方、画面右側には点検作業に用いる“点検表”が配置されており、空調機のIDと適正な温



図2 中央監視装置のシミュレータ

度範囲が併記されている。

参加者は、点検表の上から順番に、ID番号と適正な温度範囲を読み取り、フロアマップの空調機アイコンに付された情報と照らし合わせながら点検作業を行う。

この点検作業の合間に、ときどき警報が発生する。警報には緊急警報と通常警報という2つの緊急度があり、それぞれに温度異常と動作停止という2つの発生原因が設定されている。従って、4種類の警報が発生しうる。

警報が発生すると、画面上部にある「警報」と書かれたボタン(以降、警報ボタン)が赤く点灯し、ブザーが鳴る。同時に、画面上部に赤字で警報メッセージが表示される。警報メッセージには、緊急度、発生階、機器のID番号、発生原因がこの順に表記される(例:通常警報 5階 VAV 5-1-1 温度異常)。警報ボタンを押すとブザーが止まる。

緊急警報の場合は、直ちに警報に対処する必要がある。従って、警報ボタンを押してブザーを止めた直後に許される操作は、発生階の階ボタンの押下だけである。それ以外の操作はエラーとなる。通常警報の場合は、逆に緊急度が低いため、直ちに警報対処を開始せず、現在、いる階の点検を続けなくてはならない。従って、ブザーを止めた直後にできる操作は、次の空調機の点検操作である。

表1 スクリーニングの結果

群	年齢		人数 (男性,女性)	Z値の平均(標準偏差)		
	平均	標準偏差		WM	AT	TS
WM群	68.83	5.64	6(1,5)	-0.5 (0.32)	0.57(0.09)	1.12(0.5)
AT群	67.4	4.14	10(6,4)	1.08(0.7)	-0.3 (0.37)	0.7(0.57)
TS群	72.3	4.08	10(3,7)	0.69(0.37)	0.6(0.1)	-0.7 (0.47)
全高群	68.8	3.87	10(5,5)	1.03(0.4)	0.66(0.1)	1.27(0.37)

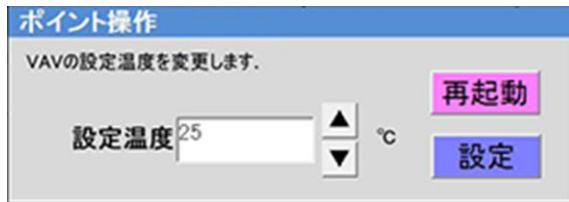


図3 警報対処に用いる設定ウィンドウ

ただし、警報は解除されずに続いているので、その階の点検を完了した後に、発生階のボタンを押して警報対処を実施しなくてはならない。

発生階に画面を切り替えた後、ID番号を手がかりに発生源となっている空調機アイコンをフロアマップから探す。この発生源空調機のアイコンを押すと、図3のような、「設定」「再起動」とラベルされた2つの押しボタンが付いたウィンドウがポップアップする。警報メッセージに記載された発生原因が「温度異常」だった場合、画面右の点検表を参照し、設定温度を適切な温度範囲に修正する。この対処方法は、点検時に逸脱があった場合と全く同じ判断・操作である。一方、発生原因が「動作停止」だった場合は、空調機が何らかの原因で停止したのだから、再び動作させるために「再起動」ボタンを押す。この操作は、全実験を通して、「動作停止」の場合のみに適用される。

実験中、参加者は1階から3階までの点検を5回繰り返す、合計150機の空調機を点検することになる。この間に、先述した4種類の警報が各2回ずつ合計8回発生する。これらの各空調機の現在温度と設定温度、警報の発生タイミングを、偏りのないように乱数で決め実験シナリオAを作成した。さらに、空調機の配置と警報発生タイミングを全く逆にした実験シナリオBを作成し、それぞれを半数の参加者に割り当てた。

5.3 手続き

実験は、2010年9月から12月にかけて実施した。参加者は、点検および警報対処のルールおよび操作方法を説明された後、練習用シナリオを用いて1階から3階までの点検を実施した。練習シナリオでは、全種類の警報が発生し、参加者は必要な全ての操作をひととおり体験した。10分の休憩の後、ルール、操作法について網羅したテスト

を実施し、全てのルールを把握したことを確認した後、本試行を実施した。全ての参加者が1時間以内に完全にルールを理解し、操作できるようになった。実験は1階～3階の点検を終えるたびに休憩を挟みながら行った。

5.4 実験計画

操作のパフォーマンスとして、ボタンを押してから次の正しいボタン押し操作をするまでの時間間隔を反応時間(RT)として取得した。また、同じ状況での操作において、適切なボタン以外を押した割合をエラー率として取得した。これらを従属変数とし、作動記憶、注意機能、タスクスイッチング機能それぞれの一落ち群(それぞれWM群、AT群、TS群)に対照群としての全高群を加えた4水準を参加者間変数とする一元配置の実験計画とした。

5.5 統計

本研究では、各群間の差を探索的に全比較するのではなく、アプリアリに対照群と各一落ち群との間の差を比較するため、ANOVAを経ず、直接多重比較にかけた。RTは、正規分布せず、また等分散性に問題があった。エラー率もまた正規分布しなかった。そこで、RT、エラー率にSteelの方法[22]による多重比較を適用した。検定統計量Zから効果量rを算出して付した[23]。

RTの分析に用いたデータは、エラー操作がなかったものだけであった。例えば、一人の参加者が、実験中にある操作を10回行うとすると、そのうち、3回間違ったボタンを押したとき、エラー率は30%であり、RTには、残る7回の操作の平均値が採用された。

6. 結果

警報対処の操作を、【ブザー停止】、【警報階の選択】、【警報：探索】、【警報：対処】、【点検階の選択】、【復帰】、【延期】という作業要素に分解して整理し、RTの結果を表2にまとめた。

ブザー停止 点検の最中に突発的にブザーが鳴るところから警報対処が始まる。ブザー音とともに画面の左上にある警報ボタンが赤く点灯するので、参加者は、直ちにそれを押して、音を止めるよう

に指示された。この操作には、対照群と AT 群との差に有意傾向がみられた ($p = 0.090$)。

警報階の選択 この操作は、警報メッセージで指示された警報階ボタンを押す操作である。緊急警報と通常警報のいずれでも実施されるが、そのいずれの操作にも有意差は見られなかった。

警報：探索 発生階のボタンを押してから、警報メッセージに記載された機器 ID を手がかりにフロアマップから発生源の空調機を探してアイコンを押すまでの操作。この操作では、対照群と TS 群との間に有意な差がみられた ($p = 0.004$)。

警報：対処 発生原因が動作停止だった場合、発生源の空調機アイコンを押してから再起動ボタンを押すまでが判断過程の操作である。この【警報：対処（動作停止）】において、対照群と AT 群との間に有意差 ($p = 0.035$) がみられ、対照群と TS 群との差に有意傾向 ($p = 0.063$) がみられた。

一方、発生原因が温度異常だった場合は、発生源の空調機アイコンを押してから適正な数値を設定温度のフォームに入力し、設定ボタンを押すまでが判断過程の操作である。これは、点検と全く同じの判断と操作による対処といえる。この【警報：対処（温度異常）】において、対照群と WM 群との差に有意な差がみられた。 ($p = 0.046$)

点検階の選択 警報に対処すると、警報メッセージが消えるので、参加者は警報が解除されたことを知ることができる。その後、参加者は警報前に点検していた階に戻るため、自発的に適切な階ボタンを押す。このとき、対照群と TS 群との間に有意差がみられた ($p = 0.042$)。

復帰 緊急警報においては、警報対処が完了し、もともと点検していた階が表示された後、参加者は自発的に点検作業に復帰する必要がある。点検を再開する最初の空調機を判断して点検操作の最初のボタンを押すまでを復帰にかかった時間とした。このとき、対照群と TS 群との差に有意傾向がみられた ($p = 0.052$)。

一方、通常警報の場合は、全ての点検が終わった後に警報対処を開始しているのだから、警報後に点検操作を再開することはない。

延期 通常警報においては、ブザーを止めた直後、警報対処を開始せずに点検作業に戻る必要がある。このとき、対照群と TS 群との間に有意な差がみられ ($p = 0.017$)、対照群と AT 群との差に有意傾向がみられた ($p = 0.059$)。

一方、エラーは、それほど発生しなかったため、得られた結果は多くない。【点検階の選択】において、対照群と TS 群との差に有意な傾向がみられた ($p = 0.075$)。エラー率の中央値は、対照群は 5.36%、TS 群は 9.29 であった。四分位範囲はそ

表 2 RT の多重解析の結果

作業要素		中央値	四分位 範囲	p	効果量 r
ブザー停止	WM群	3.89	1.31	1.000	0.00
	AT群	4.74	1.81	0.090 †	0.47
	TS群	4.68	2.69	0.540	0.25
	全高群	3.67	0.87		
警報階の選択 (緊急警報)	WM群	5.98	2.32	0.164	0.46
	AT群	5.59	2.34	0.149	0.42
	TS群	5.36	2.70	0.174	0.41
	全高群	4.47	2.12		
警報階の選択 (通常警報)	WM群	4.46	6.08	0.994	0.05
	AT群	5.13	2.56	0.445	0.29
	TS群	6.11	3.23	0.285	0.29
	全高群	4.42	2.20		
警報：探索	WM群	11.89	16.66	0.363	0.35
	AT群	12.35	5.75	0.149	0.42
	TS群	13.84	19.34	0.004 **	0.71
	全高群	8.30	3.37		
警報：対処 (動作停止)	WM群	2.80	2.61	0.204	0.43
	AT群	5.08	6.51	0.035 *	0.56
	TS群	6.37	19.33	0.063 †	0.47
	全高群	1.64	1.75		
警報：対処 (温度異常)	WM群	25.81	13.17	0.046 *	0.56
	AT群	19.17	12.87	0.593	0.20
	TS群	15.64	4.13	0.699	0.24
	全高群	18.85	4.86		
点検階の選択	WM群	7.46	3.39	0.164	0.46
	AT群	6.34	5.12	0.489	0.27
	TS群	6.14	4.50	0.042 *	0.54
	全高群	5.28	2.34		
復帰	WM群	8.94	4.29	0.575	0.27
	AT群	8.76	3.64	0.234	0.37
	TS群	8.11	7.28	0.052 †	0.52
	全高群	6.40	2.08		
延期	WM群	8.21	3.89	0.930	0.00
	AT群	10.74	5.30	0.059 †	0.46
	TS群	9.62	8.33	0.017 *	0.41
	全高群	8.74	2.82		

† $p < .10$. * $p < .05$. ** $p < .01$

れぞれ 1.95, 7.65 であった。

7. 考察

7.1 作動記憶に負荷のかかる作業要素

対照群と WM 群との間に RT の差がみられた作業は、【警報：対処】において警報の発生原因が温度異常だった場合である。WM 群の RT が増大している。

実験終了後の参加者へのインタビューにおいて数名の参加者よりこの現象の原因に関する発話があった。「比較する二つの数値が画面の離れた位置に配置されているため、ときどきひとつの数値から次の数値に視点を移動させている間に、記憶した数値を覚えておくのが大変だった」という。この発話は、画面上の離れた数値を見比べる作業が、記憶を一時的に保持する役割を持つ作動記憶に負荷を与えたと解釈できる。【警報：対処(温度異常)】は、画面右の点検表に記された適正な温度範囲と、画面左のフロアマップの空調アイコンに付された現在温度を比較する作業であり、まさに上記発話で指摘された状況に相当する。よって、この結果は、加齢によって低下した作動記憶により、数値比較時の記憶の一時的な保持が難しくなり、修正作業のパフォーマンスが低下したと解釈できる。また、画面上の数値間の距離を短くするといった工夫によって、記憶を保持する時間を短くすることで、高齢者にとっての負荷を軽減できる可能性がある。

7.2 注意機能に負荷のかかる作業要素

対照群と AT 群との間に RT の差がみられた作業は、【ブザー停止】、【警報：対処(動作停止)】、【延期】の 3 つであった。いずれも AT 群において RT は増大している。

3 つの作業に共通しているのは、画面上のある一点を注目することが求められ、かつその点がどこなのか事前に予想が難しいという点である。

【ブザー停止】は、画面左上の警報ボタンがブザー音とともに赤く点灯する変化を発見する過程を含む。この結果から、加齢に伴う選択的注意機能の低下によって、このような画面の隅で起こる変化に気が付きにくくなることが明らかになった。

【警報：対処(動作停止)】においても AT 群の RT は遅延した。この現象の説明として、(1) 動作停止の場合でも、温度異常への対処にミスリードするような状況になっていたこと、(2) その状況に抗って、正しく動作停止に対処するには、警報メッセージの末尾まで読む必要があったこと、が挙げられる。以下に (1) (2) について詳細を記す。

(1) 2 種類の発生原因—温度異常と動作停止—による警報は、等しく 4 回ずつ発生したものの、温度異常に対する判断と操作は、点検時に何度も(総計 28 回)出現する修正判断と同じであった。そのため、参加者にとっては、点検時と同じ構え [24] のまま、手慣れた作業で対処できる温度異常の方が動作停止より容易であったと考えられる。一方、出現頻度が低い上に全く異なる判断・操作が求められる動作停止への対処は、構えをシフトさせる認知的なコストが比較的大きかったと考えられる。その上、発生源の空調機アイコンを押してポップアップさせたウィンドウには、設定温度を変えるフォームがついていた(図 3) ため、参加者はこの誤った手がかり上にあった設定温度の数値にミスリードされ、点検表の数値を見て比較する点検の手順に誘導されがちであった。

(2) この状況下において正しく動作停止の警報に対処するには、警報メッセージに記された発生原因を読んで、動作停止であることをはっきりと認識する必要がある。先述のように、警報メッセージには、緊急度、発生階、機器の ID 番号、発生原因がこの順に表記される(例：通常警報 5 階 VAV 5-1-1 温度異常)。ところが、操作時の発話(本実験では発話思考を教示していないが、多くの参加者は警報メッセージを声に出して読んだ)から、AT 群の参加者が、警報メッセージを機器 ID まで読んだところで、温度異常への対処を開始してしまう様子が何度か観察された。そうした参加者は、設定温度の数値を操作しようとするが、動作停止においては現在温度が適正な範囲内にあるので、設定温度の修正目標値を判断することができない。そこで、改めて警報メッセージ

を見直して動作停止の表記に気付き、正しい操作に移行するが、RTは余計な数値比較にかかった分だけ増大している。

以上より、AT群にとっては、注意を保ちながら警報メッセージを最後まで読むことが難しく、それが結果的にRTの増大に反映されたと考えられる。注意の維持と選択的注意には正の相関がある[25]ため、この解釈は妥当だと考えられる。

この結果は、画面インタフェースにおいて、表示するメッセージの長さを調節することが、加齢によって選択的注意が低下した作業者にとっての認知的な補償デザインになる可能性を示唆する。

【延期】は、通常警報の発生直後に求められる操作である。参加者は、警報ボタンを押してブザーを止めた直後に、点検作業に戻る必要がある。このとき、参加者はどの空調機から点検を再開するのかを判断するために、点検表を見て、まだ点検していない機器IDを調べ、対応する空調機アイコンをフロアマップから探し出す必要がある。この操作過程においては、リストされた項目の途中や、配列されたアイコンの途中から目指すID番号や数値を探索する必要がある。多くの情報の中から特定の情報を取り出して認識することは、まさに選択的注意の役割であるから、AT群のRTが増大したことは不思議ではない。

ところが、ほぼ同様の探索過程を伴う【復帰】では、対照群とAT群のRTに有意な差は見られなかった。両者の唯一の違いは、【復帰】が、緊急警報への対処を全て終わらせてからの操作であるのに対し、【延期】は、後に警報対処を控えた予約状況下における探索操作だということである。この結果から、予約状況のような認知的負荷が背景状況にある場合、加齢による選択的注意機能の低下により、10個程度のアイコンやリスト項目からの探索パフォーマンスが影響を受ける可能性が示唆された。

当初、【警報：探索】において、AT群のパフォーマンスが低下すると予想していたが、そのような結果は得られなかった。想定では、参加者は警報メッセージの機器IDを手がかりに、発生源の

空調機を探索するはずであった。しかし、実際には、多くの参加者は空調機アイコンを発見した後、それを押す手を一旦とめて、残りの警報メッセージ内容に目を通したため、この操作のRTには、参加者が探索後の操作プランを立てていた時間が含まれている。そのため、探索過程において生じていた対照群とAT群とのRTの差が見えなくなってしまったと考えられる。

7.3 タスクスイッチング機能に負荷のかかる作業要素

対照群とTS群との間にRTの差がみられた作業は、【警報：探索】、【警報：対処（動作停止）】、【点検階の選択】、【復帰】、【延期】である。いずれもTS群においてRTが増大していた。

本実験のタスクは、1階分の点検タスク・ブロックがいくつか連なっており、そのブロックの中にときどき警報タスク・ブロックが挿入される構造となっている（図4）。TS群のRTが増大した

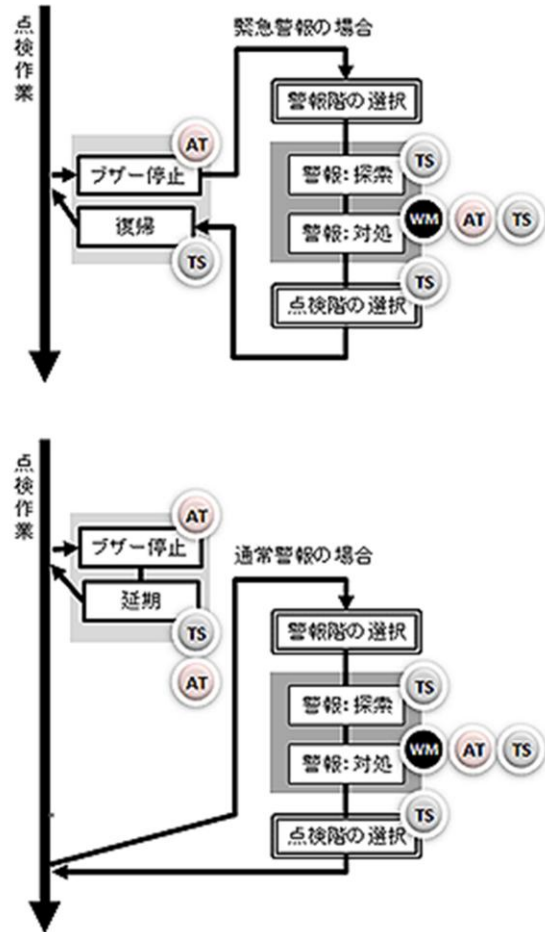


図4 点検と警報の作業フローチャート

操作は、点検ブロックの途中には存在せず警報ブロックとの継ぎ目、および警報タスク・ブロックの中に存在した。

【点検階の選択】は、警報から点検タスク・ブロックに移行する継ぎ目であり、参加者はここで警報への対処から元の点検階の判断にタスクを切り替える。【復帰】も同様に、点検階の選択から点検作業にタスクを切り替える過程が含まれている。

以上のようなタスク切り替えは、タスクスイッチング機能が担う役割であるから、TS 群の RT が増大したことは理解できる。しかし、点検タスクから警報タスクに移行する際の継ぎ目である【ブザー停止】、【警報階の選択】においては TS 群の RT が増大しなかった。他の継ぎ目の操作と何が違ったのであろうか？ 考えられるのは、タスク切り替えのためのキューの有無である。

【警報階の選択】では、警報メッセージによって明確に押すべき階ボタンが指示された。また、【ブザー停止】では、文章による指示ではないが、ブザー音と警報ボタンの点灯によって、強力にボタン押しが促された。一方、TS の RT が増大した【点検階の選択】においては、参加者は自発的に階ボタン押しを判断しなくてはならず、多くの参加者が操作の手を止めて「次に何をやるんだっけ？」と戸惑う様子を見せた。【復帰】でも、参加者が途中まで点検の終わった状態に戻ってきて、何をしてもよいかかわらず、最初から点検を開始しようとして困惑する様子が観察された。

以上の結果から、加齢によるタスクスイッチング機能の低下により、前の作業から新たな作業に自発的に移行することが難しいことが示された。また、タスクの切り替えタイミングで何かしらのキューを出すことによって、作業の移行が促される可能性も示唆された。

ただし、高齢者の ICT 操作のひとつの特徴として“モノに対して主体性がない（何も考えず、言われるままにボタンを押す）”ことが報告されている[26]。ここでも、【ブザー停止】や【警報階の選択】におけるキューが単なる操作指示になってしまっており、参加者がタスクに対する構えを切り

替えられないまま警報ボタンや階ボタンを”言われるままに”押ししている可能性がある。その場合、参加者の構えが警報タスクへ切り替わらないまま、画面だけが遷移していく。【警報：探索】において TS 群の RT が増大した理由はまさにこの点にあると思われる。すなわち、警報階の画面が描画されて初めて、参加者は点検作業から警報作業への切り替えを促され、TS 群はその切り替え RT を増大させたのではないか。以上から、タスク切り替え時のキューは、操作だけを促すのではなく、作業目標が変わることをユーザに明らかに伝えるようにデザインすべきことが示唆される。

【延期】は、ブザー停止の後、警報メッセージの指示する警報階への移動を無視して、点検を続ける操作である。これは、いわゆるストップシグナル課題となっており、タスクスイッチング機能に負荷がかかることが報告されている[27]。

一方、【警報：対処（動作停止）】において、操作・判断のルールに関する構えのシフトが必要となり、比較的大きな認知的コストがかかる点については既に述べた。タスクスイッチングは、この構えのシフトを担当する。従って、TS 群において RT の増大がみられた原因は、温度に関する数値操作から再起動ボタンの押下という判断・操作ルールの変更であると考えられる。このことから、今までと異なる操作・判断を必要とする作業においても、加齢によるタスクスイッチング機能の低下がパフォーマンスに影響を与えることが示唆される。

最後に、エラー率の多重比較について考察する。

【点検階の選択】において、対照群と TS 群との間の差に有意傾向がみられた ($p = 0.075$)。ここでは、警報への対処が終わった後、自発的に点検階に戻ることができずに、空調機の設定ウィンドウを再度開くといったエラー操作が観察された。

【点検階の選択】がタスクスイッチング機能に負荷を与える点については先に考察したとおりである。

TS 群のみでエラー率が増大したことは興味深い。加齢によるタスクスイッチングの低下により、

目標の変更に際して、変更前の目標に基づいた行動を抑制することができず、エラーの頻度を増大させたと考えられる。この結果より、中央管理室のような職場においては、事故に繋がりうるエラーのリスク低減は大きな課題であることから、今後、加齢によるタスクスイッチング機能の低下を補償する工夫が求められる。

8. 結論

本研究では、ビルの中央管理室の仕事を題材に、加齢による認知機能の変化によって、ICT機器を用いたどのような作業が困難になるのかを調べた。認知機能検査によるスクリーニングと中央監視装置のシミュレータを使った実験により、以下が示された：

(1) 加齢による作動記憶の低下によって、認知的な負荷がかかった背景状況下で数値を比較する作業が難しくなる。

(2) 加齢による注意機能の低下によって、画面上の変化に気付きにくくなる。また、ある程度長い文章を注意深く読むことが難しくなる。

(3) 加齢によるタスクスイッチング機能の低下によって、ある作業から自発的に次の作業に移行することが難しくなる。

以上の結論は、先行研究に基づいた本研究の仮説を裏付けるものである。それに加えて、このような加齢による認知機能の低下を補償するICT機器のインタフェース・デザインについてもいくつかのヒントが得られた：

(1)' 数値等を比較する作業においては、比較対象同士の時間的距離を縮めることで、作動記憶への負荷が軽減される可能性がある。

(2)' ボタンの出現や点灯といったキューを、画面の隅ではなく、作業中の視野に確実に入る位置に出す。

(3)' 作業内容や作業ルールが変更になることを、はっきりとユーザに認識させるキューを出すことにより、タスクの切り替えコストが低減される。

以上のような知見を手がかりに、高齢社会の産業を支えるICT機器のデザインを開発することを今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 厚生労働省,(2009),”厚生労働白書 平成 2 1 年度版”,ぎょうせい,pp. 4-5.
- [2] 内閣府,(2001),”高齢社会対策大綱”.
- [3] 総務省,(2010),”情報通信白書 平成 2 2 年度版”,ぎょうせい,pp. 161.
- [4] 宮崎 利行・大木 栄一・川上 満幸,(1999),”高齢者の職業能力発揮サポートシステムに関する兆研究報告書”,調査研究年報 1999-2000 年度, 20-25.
- [5] 中央職業能力開発協会, (2008) ”包括的職業能力評価制度整備委員会(ビルメンテナンス業)活動報告書”.
- [6] 緒方 啓史・須藤 智・熊田 孝恒, (2011).加齢による認知特性の変化を考慮した作業用 ICT 機器のデザイン.日本認知心理学会 第 9 回大会発表論文集.37.
- [7] Fisk, A. D., Rogers, W. A., Czaja, S. J., Charness, N., & Sharit, J. (2004). “Designing for older adults: Principles and creative human factors approaches”. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [8] 総務省,(2009) ”平成 22 年 通信利用動向調査の結果”,
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/110518_1.pdf>.(2011/6/20 アクセス)
- [9] Ono, H. (2005) “Digital inequality in East Asia: evidence from Japan, South Korea and Singapore”. Asian Economic Papers, 4, 116–139.
- [10] Langdon, P., Lewis, T., & Clarkson, P. (2010). “Prior experience in the use of domestic product interfaces”. Springer Berlin / Heidelberg.
doi:10.1007/s10209-009-0169-9
- [11] Friedberg, L., (1999). “The Impact of Technological Change on Older Workers: Evidence from Data on Computers”. UC San Diego: Department of Economics, UCSD.

Retrieved from:

<http://escholarship.org/uc/item/1s97n77x>

- [12] Koning, J.D., Gelderblom, A. (2006). "ICT and older workers: no unwrinkled relationship". *International Journal of Manpower*, Vol. 27 Iss: 5, 467-490.
- [13] Czaja, S. J., & Sharit, J. (1993). "Age differences in the performance of computer-based work. *Psychology and Aging*", 8(1), 59-67.
doi:10.1037/0882-7974.8.1.59
- [14] 原田悦子・赤津裕子,(2003)「使いやすさ」とは何かー高齢社会でのユニバーサルデザインから考える,使いやすさの認知科学,共立出版
- [15] Blackler, A. L., Mahar, D. P., & Popovic, V. (2010) "Older adults, interface experience and cognitive decline". In *Proceedings of The 22nd Annual Conference on the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group: Design - Interaction - Participation*, ACM & CHISIG, Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland.
- [16] Reddy, G. R., Blackler, A., Mahar, D., & Popovic, V. (2010). "The effects of cognitive ageing on use of complex interfaces". Brisbane, Australia: ACM.
- [17] Czaja, S.J., Lee, C.C. (2007). "The impact of aging on access to technology". *Univ. Access Inf. Soc.* 5, 341-349 (2007).
- [18] 熊田 孝恒・須藤 智・日比優子, (2009) "注意・ワーキングメモリ・遂行機能と認知的インタフェース". *心理学評論*, 52, 363-378.
- [19] Suto, S. Kumada, T. (2010), Effects of age-related decline of visual attention, working memory and planning functions on use of IT-equipment. *Japanese Psychological Research*, 52: 201-215.
doi: 10.1111/j.1468-5884.2010.00438.x
- [20] Kumada, T., Kitajima, M., Ogi, H., Akamatsu, M., Tahira, H., & Yamazaki, H. (2005). "The development of cognitive aging test for usability test: Focusing of attention and executive function for older adults," *Proceeding of Japanese Society for Cognitive Psychology*, 3rd Meeting, 24.
- [21] 須藤 智・熊田 孝恒,(2009)"AIST 式認知加齢検査の妥当性の検討",第 73 回日本心理学会大会発表論文集,pp. 642
- [22] Rhyne, A. L., Steel, R. G. D. (1967). A multiple comparisons sign test: all pairs of treatments. *Biometrics*, 23(3), 539-49.
- [23] 水本 篤・竹内 理,(2008)"研究論文における効果量の報告のためにー基礎的概念と注意点ー"英語教育研究,31,pp.57-66.
- [24] Monsell, S. (1996). "Control of Mental Process". IN V. Bruce (Ed.), "Unsolved Mysteries of the Mind", pp. 93-148. Hove, UK: Erlbaum (UK) Taylor & Francis.
- [25] Sohlberg, M.M., & Mateer, C.A. (2001). "Cognitive Rehabilitation: An integrative neuropsychological approach". New York: Guilford Press.
- [26] 赤津 裕子・三樹 弘之, (2004) "高齢者にとっての使いやすさ研究", *沖テクニカルレビュー* 71(3), 54-57
- [27] Williams, B. R., Ponesse, J. S., Schachar, R. J., Logan, G. D., Tannock, R. (1999). "Development of inhibitory control across the life span". *Developmental Psychology*, Vol 35(1), 205-213.
doi: 10.1037/0012-1649.35.1.205