

結晶性知能は高齢化に対し頑健か？ — 「知識」を利用する過程の分析に見る加齢の効果 — Crystallized intelligence and aging; some alteration are there

原田 悦子^{1,2}, 大石 優衣³
Etsuko T. Harada and Yui Ohishi

¹ 筑波大学人間系, ² JST-RISTEX, ³ 筑波大学人間学群
{¹ Faculty of Human Sciences, ³ School of Human Sciences} University of Tsukuba, ² JST-RISTEX
etharada@human.tsukuba.ac.jp

Abstract

Even though it is strongly believed that crystallized intelligence or semantic memory is tolerant enough to the effects of healthy aging, some older adults showed strange answers to a question, “what is breathing?”, using a map of human body, which was executed in the course of the usability testing for a home medical equipment (a mechanical ventilator). This paper reported that this strange phenomenon, showing that there might be an aging delineate of using knowledge processing in some kind of problem solving, and that there might be some specific error types in using tools or machines by older adults who showed those emergent knowledge shortage.

Keywords — cognitive aging, mental models, crystallized intelligence, problem solving

1. はじめに

高齢化が認知的過程に与える影響は、多様かつ複雑である。一般には「加齢効果が大きく表れるのは流暢性知能であり、結晶性知能については加齢の効果は小さい」という Schaie(1980)の見解が広く受け入れられている。しかし、これまで用いられている結晶性知能を示すデータの多くは、語彙調査や断片的な「世界の知識」を直接に尋ねる単純な課題に基づくものであり、実際の活動の中で人が自らの知識を用いている課題ではない。

一方、「確信度の高い誤情報ほど、修正を受けやすい」ハイパー修正現象は高齢者にはみられないこと (Eich, Stern, & Metcalfe, 2013) や、竜巻に関する知識調査の結果から「誤った知識に対する」確信度のありかたが高齢者と若年群では異なる (Blakely & O’Brian, 2014) など知識に関する確信度とその利用の在り方についても、加齢の効果が報告されている。こうした研

究の中では、新規に呈示された誤情報に「惑わされない」ために用いられる既存知識が「必ずしもいつも同じように想起されるわけではない」(Umanath, Mullet, & Marsh, 2014) など知識利用の側面においても加齢による効果が示されている。

本研究では、在宅用医療機器のユーザビリティ調査の前後に行われた「呼吸に関するメンタルモデル」調査において偶発的に観察された、高齢者における知識とその利用に伴う問題について報告・検討する。

超高齢社会を迎えた日本では在宅医療・在宅介護への移行が急がれており、様々な変化が生じつつある。実際、在宅医療においても高度な医療の適用を維持することが前提となっており、これからさらに様々な医療機器が「自宅に」持ち込まれるようになっていくものと思われる。一方で、現在の日本では、高齢者の独居世帯、あるいは高齢者夫婦の「高齢者のみ世帯」が増しているため、こうした在宅での医療機器の主たるユーザとして高齢者を想定することは必須のこととなってきている。そこで、「高齢者による使いやすさ検証実践センター」として筑波大学みんなの使いやすさラボ (略称: みんなラボ) では、在宅用医療機器の使いやすさ研究を一つのテーマとして取り上げてきている。

一般に人工物の使いやすさの問題を考えると、そのメカニズムを理解・学習し、適正なメンタルモデルを獲得することが重要と考えられる。医療機器の場合は、人工物が作用する対象が身体であることから、医療機器の仕組みを理

解し、より良い利用を実現していくためには、人の身体の働き方やメカニズムについても正確な知識が求められてくる。たとえば、糖尿病患者のインシュリン自己注射を適正に行っていくための要件を思い浮かべれば、その意義は容易に想像ができるであろう。

今回、みんなラボで在宅用医療機器として取り上げたのは、NPPV型、いわゆる非侵襲的陽圧換気療法の人工呼吸器であった。実験参加者には患者家族として「初めて自宅に届いた人工呼吸器」の操作を行うユーザビリティテストを通して、その使いやすさの情報・問題点を提供していただいた。非侵襲型人工呼吸器は自発呼吸に合わせて加減圧を行うことにより、呼気を促進し二酸化炭素排出を促進する効果が主たる目的とされた医療機器である。このメカニズムは、(一般に人工呼吸器として想定される)酸素補給とは異なっており、そのため注意すべきエラーや警報(アラーム)の理解には「呼吸という機能の理解」が必須と考えられる。そこで、ユーザビリティテストの前に、呼吸に関する既存知識調査、すなわち「人の呼吸とはどんなものか」を説明するという課題を行い、また「実際に人工呼吸器を操作してみる」経験を通してそのメンタルモデルが変化するか否かも検討すべき点の一つとして挙げられていた。

その際に見られた一部の高齢者の示した誤った呼吸概念の存在について報告し、その想定される原因、その結果生じるトラブル・問題点と、それらのメカニズムについて検討をした。

2. 方法

調査参加者 若年成人群としては、大学生 10名(男性 5名, 女性 5名:平均 21.1±1.04歳)、高齢者群としては、みんなラボデータベース登録高齢者 16名(男性 10名, 女性 6名:平均 73.43±2.14歳)。高齢者については、全員 MMSE27以上、教育歴は 12年以上(平均 14.8年, SD2.1年)であった。いずれの群の参加者も人工呼吸器や酸素療法の利用経験はなかった。

調査実施期間 2012年 7月~9月。

手続き 実験は個別で行われ、参加者は NPPV型人工呼吸器のユーザビリティテストに参加するために実験室を訪れた。実験参加者は患者家族として患者人形(気管管理トレーナーを使用)に対して機器使用を助けるという形でのユーザビリティテストを実施した。テスト前後に、人工呼吸器のメンタルモデル獲得をとらえる課題の一環として、「呼吸はどのようなものか、この図を使って説明をしてください」と教示し、図 1に示す人体白地図と色ペンが渡された。この課題において、時間制限はされず、参加者ペースで進められ、説明終了後に実験者からニュートラルなプロンプト「他に何かありますか」を提示し、「もうない」という反応が得られたところで、終了した。天井に設置されたビデオならびに ICレコーダで発話と行動が記録された。

3. 結果と考察

発話分析 呼吸を説明する発話プロトコルをすべて書き起こし、特定語彙の発言の有無についてカウントを行った(表 1; *p*値は直接確率)。

多くの項目で、高齢者群と若年群の間に発話内容の差が見られた。呼気と吸気の交換にふれたのは若年群では 10名中 8名であったのに対し、高齢者群では 16名中 3名であった。若年群は全員が、肺と気管という臓器名称を上げているが、高齢者では必ずしも上がらず、特に気管という名称を上げた人は半数に満たなかった。また、酸素/二酸化炭素という単語の出現確率については若年群でも低いが、高齢群での出現はほとんどなかった。

また、呼吸に関連しない臓器についての言及は若年群では「皮膚呼吸は関係ないから」といった一人に限られるが、高齢者群では、およそ半数の高齢者が言及をしていた。他に、高齢者では口と鼻を区別した発言が多く、また吸気については全員が言及している(表 1からは割愛)のに対し呼気に触れた人の比率が低かった。

図の分析 呼吸を説明する発話において、肺・

気管以外の、呼吸とは関係しない臓器名をあげる人が見られたことから、色ペンでの説明において、本来の肺呼吸に関わらない部分に線を書き込み、同時に発話でもそうした臓器(身体部位)が呼吸に関連する可能性を示唆した参加者を抽出した。高齢者6名(参加者16名に対し、37.5%;男性2名,女性4名)は、肺から、胃、腸まで到達しており、呼吸としての概念が「誤った形で」表出されていた(例:図1-b)。また若年群の図は、全員が[口鼻⇄気管⇄肺]に線がつながれていた(例:表1-a)に対し、高齢者の内で、上記の誤概念群を除く10名の内、このような典型的な図を示したのは6名、それ以外の4名については、気管支までのみ到達している(3名)、気管支は通らず口・鼻から肺に直接矢印が引かれる(1名)のような逸脱もみられた。

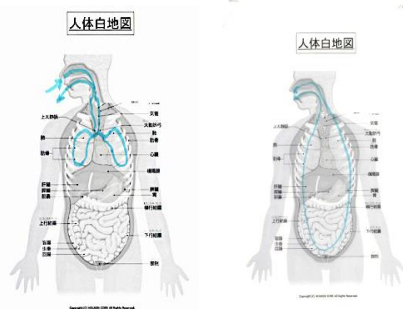


図1 呼吸のメンタルモデル図の例 (a)若年成人による典型的な図, (b)高齢者誤概念群の図

誤概念群の発話分析 呼吸を説明する発話において、肺・気管以外の呼吸とは関係しない臓器名をあげた6名について、説明時の発話を示す(表2)。いずれも、教示を与えられてから、考え、線を引ながら行った発話であり、「わからない」という主旨の表現が多く観察される。

こうした発話から、これらの参加者が当初から「呼吸により空気が腹部まで到達する」という誤った知識を持っているのではなく、「呼吸を説明する」という課題下に置かれ、かつ全身の白地図を渡されたことから、その時点での問題解決過程の結果、このような「誤った概念に基づく発話」に至ったものと考えられる。

なお、高齢者・若年群共に、ユーザビリティ

テストの前後で呼吸のメンタルモデルにおける大きな変化はほとんど見られなかった。その中で誤概念群については、「テスト用の人形が胸までしかないから」呼吸も胸までにするなどの変化がみられた点は興味深い。

表2 呼吸・誤概念群での発話

年齢	ID	説明/実験前	事後テストでの変更
OA	3	<ul style="list-style-type: none"> ・全部にいつているとか? ・空気だから、お腹の方… ・変な話だけどガスは空気じゃないのかな 	「さっき描いたのはおかしい(図に変化はなし)」
OA	4	<ul style="list-style-type: none"> ・肺に行つて心臓… ・下まで行くんですか? ・横隔膜は行かない、呼吸だから… ・胃に行つて消化する 	なし
OA	5	<ul style="list-style-type: none"> ・心臓の方へ行くんじゃないの? ・胃へ行く? ・体操でお腹を抑えて空気をするといいって ・口から吐くから戻る 	気管管理トレーナーを見て、「上しかない」→胃までに変更
OA	6	<ul style="list-style-type: none"> ・横隔膜…横隔膜、心臓? ・脾臓、肝臓…わからない、空気この先どこ行くの? ・小学生の勉強じゃん ・肺の後ろどこ行くかわからない 	「吸った空気を鼻から出す?」の発言が見られた
OA	7	<ul style="list-style-type: none"> ・肺へ行って…困つたな ・わからないから一回りするか 	「肺まで」に変更
OA	14	<ul style="list-style-type: none"> ・口からきて両方に入って、呼吸、また出ます。一部はお腹へ行くかもしれませんが。 	なし

誤概念群の認知的特性 高齢群の中で、誤概念を示した群とそうでない群との間にどのような特性の相違があるのかを探索的に検討をするため、参加者データベースにある認知的機能特性値、ならびにユーザビリティテストでの介入を必要としたエラーの有無についての検討を行った(表3)。誤概念群と非誤概念群の間には、教育年数、MMSE などについては有意な差はみられなかった。語想起課題(言語流暢性)、短期記憶課題である数列の順唱課題、AIST 版認知的加齢テストでの行動系列課題に有意差あるいはその傾向がみられ、誤概念群の成績が低いことを示した。なお性差については直接確率によりやや偏りがある可能性が示された(両側検定 $p=0.11$)が、特に高齢女性のサンプル数が少ないことから、特定の解釈を行うことは難しいと考えられる。

ユーザビリティテストでの「介入を必要としたエラー数」にも有意な傾向がみられ、特に、「スタートボタンを押せない」「人工呼吸に加湿器を追加設置する際のチューブ接続エラー」において、誤概念群のエラー確率が高いことが示された。いずれも人工呼吸器の利用においては重要なエラーであるが、呼吸に関する誤概念と

これら2タイプのエラーが直接に関係をすることは考えにくい。何らかの要因が媒介をしている可能性が考えられ、検討が必要といえよう。

4. 討論

本研究では、健康な高齢者が身体機能(呼吸)に関する知識を問われる場面において、正しい概念が利用できない場合があること、その結果として、特定の人工物利用上のエラーを起こす可能性があることを報告した。調査に参加した高齢者の年齢構成から、呼吸(体の機能)については初等・中等教育の理科において教科教育が行われたものと考えられ、この結果は、コホートの影響ではなく、何らかの認知的な加齢変化による現象である可能性が高い。

認知的加齢に関する指標においては、特に短期記憶ならびに語の流暢性において、機能低下がみられ、意味記憶あるいは言語性の短期記憶の機能低下がこの誤概念発現と関係している可能性は否めない。しかし、全体としての成績は高く、日常生活を自律的・健康的に営んでいる高齢者において、こうした「世界の知識」の利用あるいは結晶型知能と呼ばれる部分に、部分的欠落が現れる可能性があることは、人口の4分の1が高齢者となる超高齢社会において、今後慎重に検討をしておくべき問題を示唆している。

仮にここで観察された誤概念の存在が、器質的あるいは病的な加齢変化によるものではないと考えたとき、一般的な認知的加齢として、特に次の2点について検討をしていく必要があると考えられる。

一つは、誤概念の表出を促進した要因は何かという問題である。誤概念群は「よくわからない」という表現をとりつつ、その課題への何らかの対応を試みた結果として、逸脱した展開を示したように見える。この際、課題条件として「体幹全体を含む身体白地図」が渡されていたことがその誘因となった可能性は否定できない。認知的加齢の特性の一つ、抑制機能低下と、その結果としての外発的刺激による注意捕捉の影響の増大がその要

因と考えられ、またそれは「呼吸の説明をしている」という目標自体が作動記憶内で薄れてしまう目標無視あるいは目標維持の失敗(Braver & West, 2007,他)が関与していたとの仮説も考えられる。こうした「結晶性知能もしくは世界の知識を使っていく過程」で何らかの認知的加齢による機能低下の原因があるならば、そのメカニズムについて明らかにしていくことが必要であろう。

もう一点は、誤概念群の認知的特性やそこで現われた人工呼吸器操作上の特徴である。特にチューブの接続エラーおよびAIST版認知機能テストにおける行為系列課題での機能低下は、系列的な処理という共通要素を持ち、それは順唱での短期記憶成績の低下とも関連する現象である(より作動記憶的な関与が必要と考えられる逆唱課題では有意な差がみられていない点も興味深い)。この点は、結晶性知能の機能低下現象のメカニズムとしても興味深い。同時に、この側面での機能低下は、とりわけICTを用いた機器利用には多くの問題を引き起こす可能性がある点を指摘しておきたい。在宅医療機器に限らず、現在新たに提案される人工物の多くがICTを利用した、いわゆる情報機器的な側面を強く持つようになってきている。これらの人工物は、課題目的を分割した上で買目的を系列的に実施・設定していくという特性を共有しており、そうした特性は特に高齢者ユーザにとって非常に大きな負荷となる可能性があること、そうした可能性に対して、実際により安全であり、また特に医療機器のデザインとして「安心して使える」デザインをどのように具体化していくのか、一般的な、社会全体の問題として考えていく必要があるように思われる。

本研究は、偶発的に見出された現象から高齢者の認知的特性についての検討を展開したため、現象やそこから示唆が、どの程度一般性を持つのか、またどの程度の安定と広がりを持つ現象であるのか、今後さらに検討をしていく必要があることは言を俟たない。特に、医療すなわち人の身体に関する知識だけに限定された現象なのか、あるいは呼吸のみに限定的に生じるものであったの

かについては、早急に検討が必要と考える。

たとえ特定の状況、特定の対象に対してであっても、「高齢者が機能低下を示しにくいと考えられてきた」結晶性知能あるいは「世界の知識」に関する意味記憶についても、それを利用しようとする場面において、若年成人では生じない「現象」を引き起こしてしまう可能性があることは確かであり、そうした可能性を念頭においた人工物デザイン、あるいは、人工物(医療機器)利用のための患者教育が行われていくべきであろう。領域固有の研究と一般的な認知研究との相互の協力関係が必要とされていると考える処である。

文献

Blakely, V.R., & O'Brian, M.A. (2014). Understanding younger and older adults' differences in tornado knowledge. Presentation in Cognitive Aging Conference 2014 at Atlanta, GE.

Braver, T.S. and West, R. (2007). Working Memory, Executive Control and Aging. The Handbook of Aging and Cognition Third Edition Editors: Craik, F.I.M. and Salthouse, T.A. Psychology Press.

Eich, T.S., Stern, Y., & Metcalfe, J. (2013). The hypercorrection effect in younger and older adults. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 20(5), 511-521.

Schaie, K. W. (1980). Intraindividual change in intellectual abilities: Normative considerations. The annual meeting of the Gerontological Society, San Diego, CA. <https://sharepoint.washington.edu/uwsom/sls/Documents/1980/Intraindividual-Change-Inel.pdf>

Umanath, S., Dolan, P.O., & Marsh, E.J. (2014). Ageing and the Moses Illusion: Older adults fall for Moses but if asked directly, stick with Noah. *Memory*, 22, 481-492.

表1 呼吸のメンタルモデル説明での出現頻度

	肺	気管	呼吸に無関連臓器に言及(図示含む)	鼻と口の弁別	呼気に言及(入ると出る)	酸素	二酸化炭素	呼気吸気の交換
若年群	10/10	10/10	1/10	1/10	9/10	4/10	3/10	8/10
高齢群	12/16	6/16	8/16	8/16	9/16	1/16	0/16	3/16
p	0.136	0.003***	0.087*	0.087*	0.099*	0.055*	0.0462**	0.004***

表3 誤概念を示した高齢者の特性

	教育年数	短期記憶課題				AIST版認知的加齢テスト					介入事象		
		語想起	順唱	逆唱	丸つけ	鏡文字	課題切替	視覚探索	行動系列	介入数	スタートボタン不押(人数)	チューブ接続(人数)	
誤概念群	14.3	10.5	8.2	5.5	46.0	4.8	27.5	30.0	3.0	9.8	6	5	
(SD)	1.8	2.3	1.9	1.1	3.1	2.7	7.4	5.8	0.6	3.1			
非誤概念群	15.2	14.5	10.1	5.9	47.5	4.2	33.0	33.8	3.5	7.0			
(SD)	2.2	4.0	2.3	2.9	1.5	3.2	8.6	1.8	0.7	2.7	2	3	
有意水準 (ttest/直接確率)	-	0.016	0.055	-	-	-	0.116	0.104	0.085	0.061	0.004	0.059	