

階層構造理解における認知的加齢の影響：アドホックカテゴリ分類課題を用いた検討

Influence of Cognitive Aging on Understanding for Hierarchical Structure: Study of Classification Task of Ad Hoc Categories

石井 奏有[†], 原田 悦子[‡]
Kanau Ishii, Etsuko Harada

[†]筑波大学大学院人間総合科学研究科, [‡]筑波大学人間系

{Graduate School of Comprehensive Human Sciences, Faculty of Human Sciences}, University of Tsukuba
now.dct@gmail.com

概要

認知的加齢に伴い利用が困難となる階層構造メニューシステムに関し、そこで用いられるカテゴリがアドホックカテゴリの性質を持つことに着目し、認知的加齢、および共有項目の存在、次元一貫性の欠如、項目の内容親和性という3つのカテゴリ構造特性が、カテゴリ学習課題の成績に与える影響を検討した。いずれの影響も高齢者でより顕著にみられ、若年者では課題成績維持のための追加処理が行われた可能性が示された。

キーワード：ユーザインタフェース、認知的加齢、手がかり過負荷

1. はじめに

階層構造メニューシステムは、各種機器・システムのユーザインタフェースにおいて、設定や機能選択を可能にする役割を担い、今日では家電や飲食店でのオーダーシステムなどでも広く用いられてきている。その機能性とは裏腹に、使いやすさに関してはさまざまな形で利用が難しくなる可能性が指摘されており、特に認知的加齢に伴って利用困難が生じていると報告されている(石井・原田, 2019; Ziefle & Bay, 2008)。また石井・原田(印刷中)では、市販の家電製品を実際に利用した後に、ボタン名の分類課題テストを実施したところ、高齢者のみならず若年者においても、メンタルモデルとしてのメニュー階層構造性はほぼ全く獲得されていないことを示した。そして、石井・原田(印刷中)は、こうした結果に関して、複数の上位カテゴリに重複して含まれるカテゴリ項目(共有項目)の存在、同一階層内のカテゴリが属する特徴次元が異なること(次元一貫性の欠如)、ユーザにとってなじみのないカテゴリ名(項目の内容親和性)という3つの要因について指摘した。本研究では、この3つの構造特性が、階層構造理解に与える影響について、検討を行うことを目的とする。

また、階層構造メニューのデザインを考えると、

これまで一貫して意味的類似性に基づくカテゴリ分類の優位性が示されてきた(McDonald et al., 1983)が、高機能化・多機能化が追求される現代において、組み込まれるべき個々の機能の関係性は複雑化しており、それらをメニューシステム上で意味のある構造(meaningful organization)として形成することは困難になっている。それらの多くは何らかの目的に依存して生成されるアドホックカテゴリ(Barsalou, 1983)の性質を持つために、多くの人に知識表象として共有されるコモンカテゴリ(「家具」や「野菜」など)とは異なり、メニュー利用を通じた学習が難しいと考えられる。

そこで本研究では、石井・原田(印刷中)における、実際の家電操作の階層構造メニューを用いた検討により、階層構造理解に影響を与えると考えられた3つの構造特性が、メニュー利用学習を阻害する可能性、およびそこでの加齢の効果を実験的に検討することを目的とした。そのために、アドホックカテゴリを刺激材料とした、カテゴリ分類課題・記憶課題を実施し、階層的メニューの使いやすさに影響を与えると考えられるカテゴリの構造特性について、検討を行った。

2. 実験方法と課題

4つの異なる特徴次元に属し、各10項目を含むカテゴリを12セット作成し、図1のようなカテゴリ分類課題を実施した。具体的には、「～にあるもの」「公民館にあるもの」「保育園にあるもの」「病院にあるもの」という3つのカテゴリセットを1つのリストとし、その他3つの特徴次元(「～の代わりになるもの」「～に持っていくもの」「～なもの」と合わせて4リストを用意した。この実験材料におけるリストの要因が、結果に影響を与える可能性も考えられるため、分析時にはランダム要因として「リ

スト」として分析にも含めた。まず、学習段階では、回答後に正誤のフィードバックが与えられ、各項目が「正しく回答されるまで」ランダムな順に提示された。次に、正誤フィードバックがなく「できるだけ速く回答するように」求めるテスト1を行った後、当該カテゴリの3カテゴリすべてを反応選択肢に含めたテスト2を実施した。その後、カテゴリ名からの自由再生課題、ならびに、呈示されたすべての項目から、当該カテゴリに属するものだけを抽出する再認課題を行った。

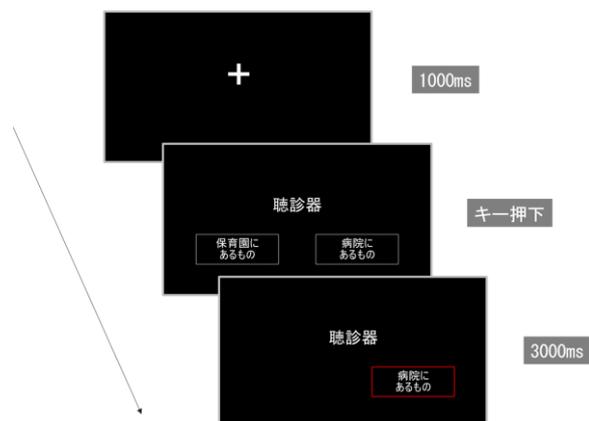


図1 カテゴリ分類課題時の画面遷移

3. 研究1

研究1の目的は、アドホックカテゴリの学習には加齢の効果があり、高齢者の課題成績は若年者よりも低くなるとの仮説の検証を行うことであった。また各カテゴリに、独立項目（当該カテゴリのみ属する8項目）とそのセッションで提示される2カテゴリに属する共有項目2項目を含めて実施した。共有項目とは、たとえば、Microsoft PowerPoint シリーズにおいて、「図形」を描くというメニュー項目が複数の第メニューカテゴリに含まれているような現象である等々、複数の上位カテゴリに重複して含まれる共有項目は、その上位カテゴリを検索する際に、手がかり過負荷 (Watkins & Watkins, 1975) を生じるために、課題成績は、統制条件である独立項目よりも低くなると考えられた。

方法

実験参加者 若年者として、大学生および大学院生12名（男女各6名、平均年齢20.83歳、 $SD=1.11$ ）が実験に参加した。高齢者として、みんなの使いやすさラボに登録している70歳以上で、MMSE (Folstein, & McHugh, 1975) が27点以上であることを条件とし、募集を行った結果、12名（男女各6名、平均年齢74.58

歳、 $SD=3.20$ ）参加した。

実験計画 年齢群（高齢/若年）×項目条件（共有/独立、参加者内要因）の2要因混合計画であった。

実験課題と手続き アドホックカテゴリ分類課題（以下、カテゴリ分類課題）、自由再生課題、再認課題の順に実施した。

結果

テスト段階反応時間 成績指標である、正反応時の刺激提示からキー押下までの反応時間について、密度プロットを図2に示す。反応時間を目的変数とし、データの階層性を考慮してカテゴリ項目と参加者を変量効果に指定した一般化線形混合モデル (GLMM) を用いて、赤池情報量規準 (AIC) に基づく変数の増減によりモデル選択を行ったところ、年齢群、項目条件を説明変数とするモデルが選択され、反応時間が若年者より高齢者の方が長く ($B = 503.64, p < .001$)、独立条件より共有条件の

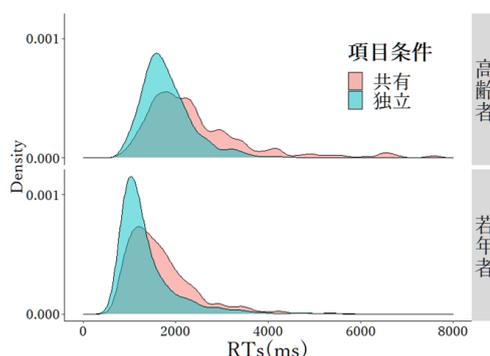


図2 テスト段階の正反応時間

方が長かった ($B = 274.88, p < .001$)。加えて年齢群間差は共有条件でより顕著であった (独立: $B = 503.64, p < .001$; 共有: $B = 740.50, p < .001$)。

自由再生課題 正再生率を図3に示す。再生率について、カテゴリ項目と参加者を変量効果に指定したGLMMを用い、モデル選択を行った結果、年齢群、項目条件、リストを説明変数とするモデルが選択され、成績は両条件で高齢者の方が若年者よりも低かった ($B = 0.36, p = .007$)。また、高齢者では共有条件の成績が低い ($B = -0.29, p = .004$)、若年者では共有条件の成績が独立条件を上回った ($B = 0.36, p = .007$)。

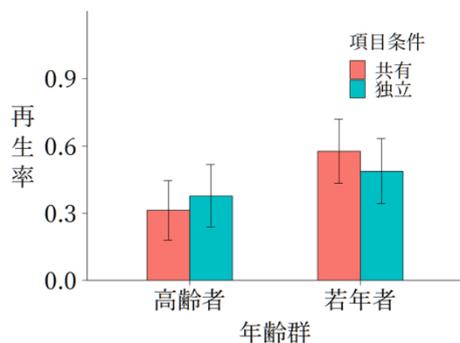


図3 自由再生課題の正再生率

再認課題 d を従属変数とする年齢群 (2) × 項目条件 (2) × リスト (4) の3要因混合計画分散分析を行った。年齢群の主効果 ($F(1,22) = 11.48, p = .003$), 項目条件の主効果 ($F(1, 22) = 167.50, p < .001$), および年齢群×項目条件の交互作用が有意であり ($F(1, 22) = 14.15, p = .001$), どちらの年齢群も独立条件が共有条件を上回り, 独立条件では群間差がなかった ($F(1, 44) = 0.12, p = .73$) が, 共有条件では高齢者の成績が若年者よりも有意に低かった ($F(1, 44) = 24.87, p < .001$)。

考察

カテゴリ分類課題のテスト時反応時間や, 再認課題の結果から, 仮説通り共有項目のカテゴリ判断が難しくなっていたことが示された。一方, 自由再生課題では, 年齢群により異なる結果が得られ, 若年者では, 仮説とは逆に, 共有項目の再生成績が独立項目を上回った。このことから, 若年者では, 過去の試行に関する情報を保持しながら, 共有項目が複数のカテゴリに含まれるという特徴を獲得したことで, それが検索時の手がかりとして利用されたと考えられる。

以上より, 実際の階層的メニューにおいても, カテゴリ項目が複数の上位カテゴリに重複することは, ユーザのメニュー構造理解を阻害する可能性を示した。一方で, 過去の試行に関する情報を一時的にワーキングメモリに保持できる状況下では, 共有項目による負荷を乗り越えられることも, 同時に示唆した。

4. 研究2

研究2の目的は, カテゴリの特徴次元が混在している場合のアドホックカテゴリの学習成績への影響を検

討することであった。カテゴリの特徴次元の混在とは, たとえば, Microsoft Word シリーズでの「ホーム」メニューのように, 多様な特徴次元に属する下位メニューが含まれている場合を指す。課題遂行時は, 特徴次元が一貫する場合よりも, 混在する場合に, 複雑なルールの学習を要求すると考えられるため, 成績は次元一貫時よりも低くなること, また, 認知的加齢の影響により, 高齢者の成績は若年者よりも低くなることが予想された。

方法

実験参加者 研究1と同様の条件で参加者募集を行い, 大学生および大学院生24名 (男女各12名, 平均年齢21.33歳, $SD=2.16$), 高齢者24名 (男女各12名, 平均年齢77.54歳, $SD=3.40$) が実験に参加した。各年齢群の半数ずつが次元条件2条件にランダムに割当てられた。

実験計画 年齢群 (高齢/若年) × カテゴリ特徴次元の一貫性 (一貫/混在) の2要因参加者間計画であった。次元一貫条件と混在条件で, 用いたカテゴリ項目は同一であったが, 1ブロック内で学習する3つのカテゴリの組み合わせ (ブロック内カテゴリ) が異なり, 次元一貫条件では1ブロック内カテゴリの3カテゴリが同一特徴次元に属し, 次元混在条件では3カテゴリがそれぞれ異なる特徴次元に属していた。手続きは研究1と同様であった。

結果

テスト段階反応時間 反応時間の密度プロットを図4に示す。テスト1の正反応時の反応時間に関する, 年齢群, 次元条件, 実験材料におけるリストを説明変数とする一般化線形モデル (GLM) において, 全体的に高齢者は若年者よりも反応時間が長く ($B = 416.09, p < .001$), 次元条件間に差がなかった (B

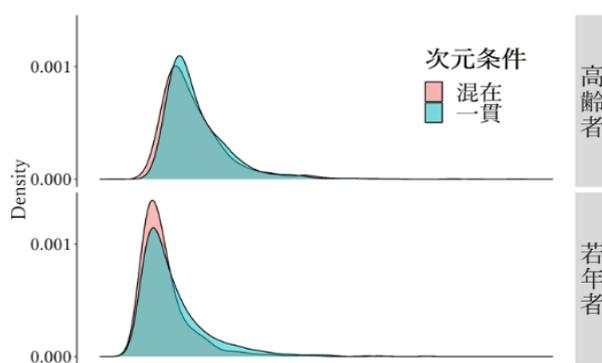


図4 テスト段階の正反応時間

$= -31.36, p = .280$). 若年者では、一貫条件よりも混在条件において反応時間が短かった ($B = -140.51, p < .001$). リストによる影響がみられ、リスト2は、他の3リストよりも反応時間が長く、リスト4は他の3リストよりも反応時間が短かった。

自由再生課題 GLMを用いた分析の結果、再生率に関しては年齢群のみを説明変数とするモデルが選択され、高齢者では若年者よりも低くなっていた

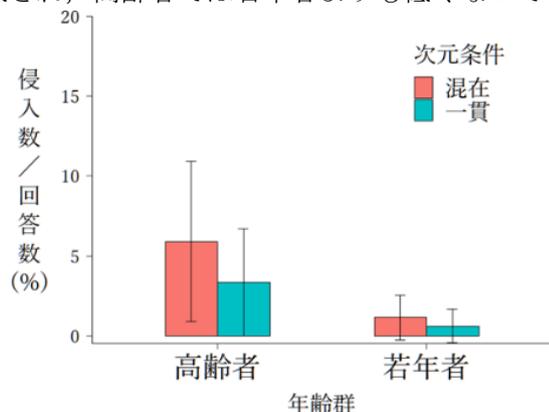


図5 自由再生課題の回答数に対する侵入反応の割合

($B = -1.38, p < .001$). 加えて、侵入反応、すなわち、あるカテゴリ項目が、学習時とは異なるカテゴリラベルの下位項目として再生された数 (図5) については、年齢群と次元条件を説明変数とするモデルが選択され、若年者よりも高齢者で多く ($B = 1.56, p < .001$), 一貫条件よりも混在条件で多かった ($B = 0.63, p = .020$).

再認課題 d に関する3要因分散分析の結果、年齢群の主効果が有意であり、高齢者の成績は若年者よりも低かった ($F(1, 44) = 12.44, p < .001$). 次元条件の主効果は有意傾向であり、一貫条件の方が混在条件よりも高い傾向が見られた ($F(1, 44) = 3.92, p = .054$). また、リストの主効果に関する多重比較の結果、リスト3が他3リストよりも高かった ($F(1, 132) = 4.77, p = .005$). 交互作用はいずれも有意ではなかった。

考察

研究2では、同一ブロック内のカテゴリの特徴次元が混在している条件では、一貫している条件よりも課題成績が低くなると仮説のもと実験を行ったが、全体として、カテゴリ分類課題では次元の一貫性の有無による課題成績への影響は見られないか、ある

いは逆の影響が生じていた。その原因として、本研究で用いた課題においては、カテゴリ判断の際に各特徴次元に選択的に注意を向ける必要がない課題構造になっていたこと、あるいは、刺激材料として用いたカテゴリ構造の階層数が2層であった (浅かった) こと等が挙げられる。したがって、実際の階層的メニューの利用時も、階層の浅いカテゴリ構造を用いたものの場合、次元の混在性に起因する操作時の迷いは小さいと考えられる。しかし、自由再生課題における侵入反応の結果が示すように、カテゴリ特徴次元が混在している階層的メニューでは、「メニューのどこかで見かけたが、それがどこであったかが思い出せない」という事象がより起きやすくなる可能性を示した。したがって、侵入反応の結果を考慮すると、階層数の多いメニューでは、誤操作に伴うユーザ側のコスト (最上位層に戻って目的項目の探索を再開する等が高まる) が想定されるため、特徴次元の混在するカテゴリ構造を用いることは避けるべきであると言えよう。

5. 研究3

階層的メニューの操作成績は、メニューの内容に関する先行知識による影響を受ける (Barnard, Morton, Long, & Ottley, 1977; 石井・原田, 2019) ことが報告されている。アドホックカテゴリ分類課題でも同様に親和性の低いカテゴリ項目ではその成績が低くなると考えられた。加えて、先行研究から、高齢者の課題成績は若年者よりも低く、また親和性の影響が高齢者で大きく表れることが予想された。

方法

実験参加者 研究1と同様の条件で参加者募集を行った結果、大学生および大学院生13名 (男性6名、女性7名、平均年齢21.00歳, $SD = 2.24$), 高齢者として12名 (男女各6名、平均年齢74.25歳, $SD = 2.49$) が参加した。テスト段階の正答率が著しく低かった若年女性1名のデータ (正答率74.17%, 若年者平均 - 2.27SD) を分析対象外とした。

実験計画 年齢群 (高齢/若年) \times カテゴリ項目親和性 (親和性高/低, 参加者内要因) の2要因混合計画であった。各カテゴリは親和性高8項目、低2項目の10項目で構成された (例: 「椅子の代わりになるもの」というカテゴリの親和性高項目は、「切り

株」, 低項目は「文机」). 学習段階で提示されたカテゴリ項目について語義が分からない場合は, 実験者に報告するよう求め, 実験者からカテゴリ項目に対応する画像が随時提示された. 全課題終了後, 実験操作の確認のため全項目についての親和性評定 (6件法) を求めた. その他の手続きは研究2と同様であった.

結果

親和性の操作チェック 親和性評定値について年齢群 (2) × 親和性 (2) × リスト (4) の3要因混合分散分析を実施した. その結果, 想定通り両年齢群で親和性低項目の方が低く評定されていたが, 年齢群の主効果が有意であり, また年齢群 × 親和性, 年齢群 × リストの交互作用が有意であった. 親和性低項目について高齢者は若年者よりも有意に親和性を高く評定し ($F(1,22) = 24.23, p < .001$), また若年者でのみリスト3が他リストより高く評定されていた ($F(3,66) = 7.43, p < .001$). 以上より, 一部で年齢群ごとに異なる結果が見られたものの, 両年齢群で親和性の単純主効果が有意であったことから, 親和性の操作はある程度成功していたと考えられる.

テスト段階反応時間 反応時間の密度プロットを図7に示す. テスト1の正反応時の反応時間について, カテゴリ項目を変量効果に指定し, 年齢群, 親和性条件, リストを説明変数とする GLMM を選択した. 結果, 反応時間は若年者よりも高齢者の方が長く ($B = 584.41, p < .001$), この傾向は親和性低条件で顕著であった (高: $B = 584.41, p < .001$; 低: $B = 832.58, p < .001$). 高齢者では親和性低条件における反応が有意に遅かったが, 若年者では条件間に差はなかった (高齢: $B = 205.21, p = .002$; 若年: $B = -42.96, p = .200$).

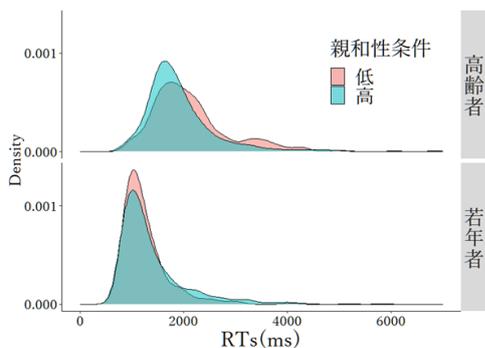


図7 テスト段階の正反応時間

自由再生課題 正再生率を図6に示す. GLMを用

いた分析の結果, 年齢群, 親和性条件, リストを説明変数とするモデルが選択され, 高齢者の再生成績は若年者よりも低く ($B = -0.47, p < .001$), この傾向は親和性低条件で顕著であった (高: $B = -0.47, p < .001$; 低: $B = -0.80, p < .001$). 高齢者の親和性低条件の成績は高条件よりも低かったが ($B = -0.35, p = .001$), 若年者では条件間に差はなかった ($B = -0.01, p = .922$). また, リスト4の成績は他の3リストよりも低かった.

再認課題 d' に関する年齢群 × 親和性 × リストの3要因分散分析の結果, いずれの主効果, 交互作用も有意ではなく, 年齢群や親和性の操作による成績への影響は見られなかった.

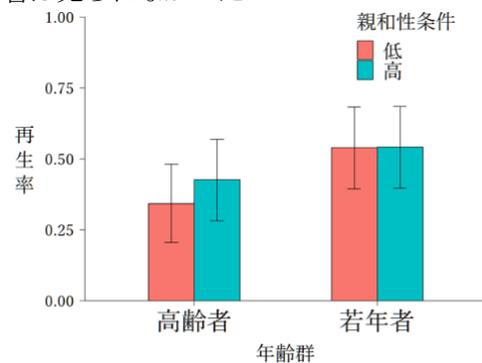


図6 再生課題の正再生率

考察

研究3では, 課題成績に認知的加齢, およびカテゴリ項目の親和性が与える影響を検討した. カテゴリ項目の親和性による影響が仮説通り見られたのは, 一貫して高齢者のみであり, 若年者では条件間差が見られなかった. 親和性の操作は両群で成功していたことから, 若年者では親和性低項目における課題成績維持のために, 何らかの追加的な認知処理が行われた可能性がある. 例えば, 今回用いた課題構造上, 親和性低項目の属性に関する知識が相対的に少ない場合, 同一カテゴリに含まれる他の項目との類似性を基に, カテゴリラベルと項目間の連合記憶を精緻化する, 関係処理 (Hunt, & Einstein, 1981) を行うことが可能であった. 具体的には, 「椅子の代わりになるもの」というカテゴリの親和性低項目である「文机」については, 他のカテゴリ項目とは「腰かけられる高さのあるもの」という属性に置いて類似していることに注目し, 単語自体に関する先行知識の乏しさを補う処理が可能であったと考えられる. 加齢に伴い, こうした項目間の関係処理は困

難になることが示されており (Naveh-Benjamin, 2000), 本研究の各課題において, 若年者では見かけ上親和性の影響が生じなかった要因となった可能性がある。

一方で, 高齢者も親和性高条件では若年者に迫る課題成績であったことから, 階層的メニューでもなじみのある言葉を使用したメニュー表示が, 高齢者にとっても有効であると言えよう。

6. 総合考察

本研究では, 階層的メニューの使いやすさに影響を与えると考えられるメニュー構造の特性, すなわち共有項目の存在, 次元一貫性の欠如, 項目の内容親和性をとりあげ, アドホックカテゴリ分類課題を用いた実験研究により検討を行った。いずれの特性においてもその影響は高齢者により大きく見られ, こうしたメニュー構造特性の問題点がカテゴリ学習の負荷を高めるが, 若年者では課題成績を維持するための何らかの追加的な認知処理がなされて, そうした学習困難性を乗り越えた可能性が示された。これは, 階層的メニューにおける「悪いデザイン」が, ユーザの年齢群に関わらず共通に操作時の負担を引き起こすことを示すとともに, その影響の表れ方には年齢群間差があること (原田, 2009) に合致しており, メニューシステムの使いやすさについて, 認知加齢研究としての検討を行うメリットを改めて示したといえる。

また, 本研究の結果は, 人が階層構造メニューの学習において乗り越えるべき対象がどこにあり, 翻って人にとってのこれらの学習メカニズムを示唆するデータとなっていると同時に, そこからさらに「より使いやすい」メニュー構造デザインのための具体的な方向性を示すものである。

まず, 研究1では, 共有項目が階層的メニュー利用時においてもユーザの負荷となっていることを示すと同時に, 本研究で用いた刺激のように階層の浅いシンプルなメニューを有する機器や, メニュー内で扱われる知識体系に対する熟知度が高いユーザを想定した機器においては, 共有項目探索時の負の影響が比較的小さく考えられる。一方で, メニュー階層が深い場合や, ユーザの熟知度が不十分な場合には, 共有項目によって階層的メニューの理解

が阻害される可能性があるため, 可能な限りカテゴリ項目の独立性を保つ必要性を示した。

研究2では, カテゴリの特徴次元の混在性は, カテゴリ判断時の迷いには影響を与えないが, カテゴリ分類課題後の自由再生課題での侵入反応数に影響を与えていた。例えば, Microsoft PowerPoint 2016のメニューバーでは「ホーム」「挿入」「表示」というタブが最上位階層に並べられる。後者2つのカテゴリは, ユーザの行為に焦点を当てた特徴次元に属する一方で, 「ホーム」はユーザの利用頻度を基に設定されたカテゴリと考えられ, このように特徴次元が混在する場合には, ユーザが望む項目を探索する際に, 誤ったタブを選択する可能性が高まると言えよう。

研究3でのメニュー項目の親和性が高い場合には高齢者も若年者に近い課題成績を示したことから, 一般に高齢者にとって利用が困難とされる階層的メニューのデザインにおいても, ユーザの先行知識にうまく関連させたカテゴリ名, 機能名を用いる等により, 利用時困難が低減される可能性を示した。

本研究の結果から得られた知見については, 階層的メニューをはじめとする実際のメニューシステムを改善するという形での応用可能性に関して, さらなる検討を行うことが求められる。例えば, 本研究で扱ったカテゴリ構造を実装した階層的メニューを用いた操作課題により, 本研究の結果の妥当性を確認することが可能である。また, 今回はいずれの研究でも2階層のカテゴリ構造を用いたが, 実利用場面では, より階層の多いメニューもみられるため, カテゴリ構造を変えた刺激材料による追試を行うことが必要であろう。

引用文献

- [1] 石井奏有・原田悦子 (2019) “課題内容の親和性が階層構造理解に及ぼす影響：高齢ー若年者比較”, 日本認知心理学会第17回大会, P1-30.
- [2] Ziefle, M., Bay, S. (2008). “Transgenerational designs in mobile technology”. *Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology*. IGI Global, pp. 122-140.
- [3] 石井奏有・原田悦子 (印刷中). “生活の中の階層構造は理解されているか：家電のメニュー構造理解を阻む諸要因”, 筑波大学心理学研究.
- [4] McDonald, J. E., Stone, J. D., & Liebelt, L. S. (1983). “Searching for items in menus: The effects of organization and type of target”. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 27, pp. 834-837.
- [5] Barsalou, L. W. (1983). “Ad hoc categories”. *Memory & Cognition*, Vol. 11, pp. 211-227.

- [6] Watkins, O. C., & Watkins, M. J. (1975). "Buildup of proactive inhibition as a cue overload effect". *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, Vol. 1, pp. 442-452.
- [7] Folstein M, F Folstein S, 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*, Vol. 12, pp189-198.
- [8] Barnard, P. J., Morton, J., Long, J., & Ottley, E. A. (1977). "Planning menus for displays: some effects of their structure and content on user performance". *International Conference on Displays for Man Machine Systems*, pp. 130-133.
- [9] Hunt, R. R., & Einstein, G. O. (1981). "Relational and item specific information in memory". *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, Vol. 20, pp. 497-514.
- [10] Naveh-Benjamin, M. (2000). "Adult age differences in memory performance: Tests of an associative deficit hypothesis". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 26, pp. 1170-1187.
- [11] 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*, Vol. 52, pp. 383-395.