

予期しない現象の原因同定に加齢が及ぼす影響と 協同による改善効果

Influence of aging for identification of cause of unexpected events and improvement effect by collaboration

寺井仁[†], 田嶋あゆみ[‡], 三輪和久^{††}
Hitoshi Terai, Ayumi Tajima, Kazuhisa Miwa

[†] 東京電機大学, [‡] 名古屋大学医学部附属病院, ^{††} 名古屋大学
Tokyo Denki University, Nagoya University Hospital, Nagoya University

terai@sie.dendai.ac.jp, tajima.ayu@med.nagoya-u.ac.jp, miwa@cog.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Starting with trouble shooting, when system users meet unexpected events such as irregular outputs from the system, they try to identify the causes. In preceding research, we used a card game magic, three card monte, as an experimental task. We compared the performance and the problem solving processes of the aged participants and those of the undergraduate students in the preceding study. The results show that in identifying the causes of unexpected events, aging basically decreases the problem solving performance, while aged persons used a same strategy as youngsters. On the other hand, collaboration can compensate for the negative factors of aging.

Keywords — aging, collaboration, magic, problem solving, troubleshooting, unexpected evenets

1. はじめに

1.1 予期しない現象の原因同定

本研究では, 入力を受け取って出力を返す, という任意の入出力を伴ったシステムを利用する際にしばしば経験される「予期しない現象」とその「原因同定」を対象に, 加齢が及ぼす影響について実験的な検討を行った.

人は, 複雑なシステムとインタラクションする際, しばしば, そのシステムをより単純化したサブシステムの集合として扱う. 予期しない現象が生じた場合, これらを構成するサブシステムがユーザーの予想と異なる動作をしており, 予期しない現象の原因同定は, エラーを含むサブシステムを発見することに相当する (図 1).

近年では, 高齢化社会を迎え, 様々な分野で加齢に伴う影響が顕在化してきている [2, 3]. 予期しない現象に対しても, 若齢者と比較した場合, 高齢者の身体機能や認知機能の低下が, その原因同定プロセスに大きく影響を与えていることが予想される.

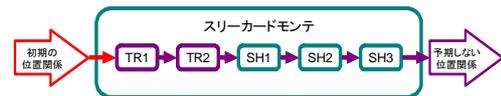


図 1 予期しない現象を生じさせるシステム

1.2 目的

本研究では, 以上の背景のもと, 以下の2点を目的に実験的な検討を行った.

- (1) 高齢者が予期しない現象をどのように認知し, 原因を同定しながら問題を解決していくかについて, 若齢者との比較からそのプロセスを明らかにする (実験 1).
- (2) 認知的能力の低下に伴う高齢者の問題解決能力の低下を補完する一つの方法として, 協同の効果を確認する (実験 2).

2. 実験 1: 若齢者と高齢者の比較

実験 1 では, 高齢者の予期しない現象の原因同定プロセスを, 先行研究 [1] における若齢者の結果との比較を通して検討する.

2.1 方法

2.1.1 実験課題

本研究では, 予期しない現象を体験させる課題として, 「スリーカードモンテ」と呼ばれるカードマジックを用いた.

スリーカードモンテは3枚のカードを用いたゲーム形式のマジックである. 3枚のカードは, 2枚の白紙のカードと1枚のジョーカーからなる (以降, ジョーカーを「ターゲットカード」と呼ぶ). 観客は, 裏向きでカードの位置が入れ替えられる3枚のカードから, ターゲットカードがどこにあるのかを当てることを求められる. ここで行われるカード位置の入れ替えは, 一見するとターゲットカードの位置を追従することができそうな, 非常に単純な操作である. しかし実際にはこれらの操作の中にトリックが含まれており, 最終的にターゲットカードは, 観客が意図する位置とは異なる位置に存在することがわかり, 予期しない現象が経験されることになる.

スリーカードモンテを図1の予期しない現象を生じさせるシステムに対応させてモデル化したものが図2である。マジシャンが行う操作は「サブシステム」での処理に相当し、トリックは「エラーを含むサブシステム」の処理に相当する。スリーカードモンテは「Trick1 (TR1)」、「Trick2 (TR2)」、「Shuffle1 (SH1)」、「Shuffle2 (SH2)」、「Shuffle3 (SH3)」の5つの操作によって構成されている（各操作がなされている間を「区間」と呼ぶ）。TR1, TR2の2つの操作によって、ターゲットカードは予期しない位置へ移動される。

本研究ではエラーを含むサブシステムで実際に行われる処理を特定することをもって、予期しない現象の原因同定に成功したとみなす。このことは、スリーカードモンテのトリックを推測する文脈では「各区間で実際に行われる操作を特定すること」と定義でき、具体的にはスリーカードモンテの手順を再現できたことをもって、原因同定に成功したと見なすことができる。



図2 スリーカードモンテ操作手順

2.1.2 手続き

実験参加者には、スリーカードモンテのビデオ映像が提示された。ビデオ映像は5つの操作毎に一時停止され、原因同定プロセスの分析のため、「ターゲット位置テスト」と「トリック有無評定テスト」の2つのテストが実施された。以上を1回の視聴（以後、「試行」と呼ぶ）として、その試行を4回繰り返す毎に3枚のカードが渡され、パフォーマンスの分析のため「手順再現テスト」が実施された。なお、ビデオ映像の提示は、手順再現が成功するまで最大12試行行われた。

プロセス分析のためのターゲットカード位置テストとトリック有無評定テスト、およびパフォーマンス分析のための手順再現テストの具体的な内容は以下の通りである。

- プロセス分析指標（各操作の終了時）
 - － ターゲットカード位置テスト
ターゲットの位置を「左側」、「中央」、「右側」の選択肢から回答
 - － トリック有無評定テスト
直前に再生された区間のトリックの有無を9段階で評定（1:「絶対にトリックは行われなかった」～9:「絶対にトリックが行われた」）
- パフォーマンス分析指標（4試行終了毎）

－ 手順再現テスト

再度実験課題の区間毎の動画を参照しながら、カードを用いて、その操作を再現

2.1.3 実験参加者

65歳から75歳までの高齢者20名が参加した。なお、HDS-R長谷川式認知症スケールを用いた認知機能検査において、全員が20点以上を示したことから、実験課題の理解は可能であると判断した¹。

2.2 結果と考察

2.2.1 手順再現テスト

トリックが存在する区間であるTR1とTR2の手順再現に成功した実験参加者は0名であった。先行研究における若齢群との比較結果を表1に示す。直接確率検定の結果、偏りが有意であった（ $p < .001$, 両側検定）。この結果から、高齢群は若齢群と比較して、トリックの手順再現が困難であったことが示された。

表1 手順再現テストの結果

	成功	失敗
高齢群	0	20
若齢群	14	2

2.2.2 ターゲットカード位置テスト

次に、実際にトリックの推測がどのように進んでいたのかについて検討を行う。各区間におけるターゲットカード位置テストの結果を若齢群の結果と合わせて図3に示す。

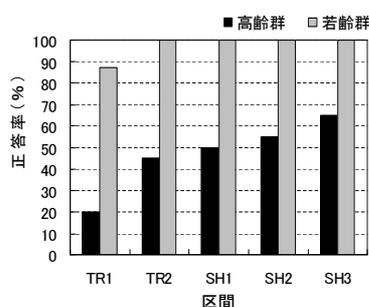


図3 ターゲットカード位置テストの結果（若齢群 vs. 高齢群）

高齢群におけるカイ二乗分散分析の結果、年齢の主効果が認められた（ $\chi^2(1) = 99.16, p < .001$ ）。また、区間の主効果が有意であることが示された（ $\chi^2(4) = 15.58, p < .05$ ）。多重比較の結果、TR1とSH1の間で有意傾向（ $p < .10$ ）が、TR1とSH2, SH3間でもともに有意差（ $p < .05$ ）が認められた。一方、TR1とTR2間では有意差は認められなかった（ $p > .10$ ）。

¹20点未満にて、日常生活上支障のあるレベルの認知機能と判断される。

ターゲットカード位置の正答率はSH3がもっとも高く、TR1に向かって減少していることが確認された。本実験で用いたスリーカードモンテでは、実験参加者は、開始と終了時にターゲットカードの位置を知ることができる。手順通りにターゲットカード位置が特定されていくと仮定した場合、TR1からSH3に向かうに従って、ターゲットカード位置の正答率が減少していくことが予想される。しかし、図3の結果から、若齢群、高齢群ともに、TR1の正答率がもっとも低く、SH3に向かって上昇していることが確認された。

以上の結果は、終了時に示されるターゲットカード位置の情報を手がかりに、後ろ向きに推論が進んでいたことを示唆している。このような、ターゲットに関する確定した情報をもとに推論を行う方略を、本研究では「確定情報に基づく推論」と呼ぶ。また、高齢群は若齢群に比べて、全体的な正答率は大幅に低下していたが、確定情報に基づく推論が用いられる傾向は顕著に示されており、この方略が、加齢による影響を受けていない方略であることが確認された。

2.2.3 トリック有無評価テスト

続いて、予期しない原因同定のプロセスにおいて、トリックの特定、つまりエラーを含むサブシステムの特定がどのように行われていくのかについて検討する。

トリックが存在する区間TR1、TR2およびトリックが存在しない区間SH1、SH2、SH3に対するトリック有無評価値の推移を若齢群のデータと合わせて図4に示す。全12試行を前半、中盤、後半に分けて分析を行った。

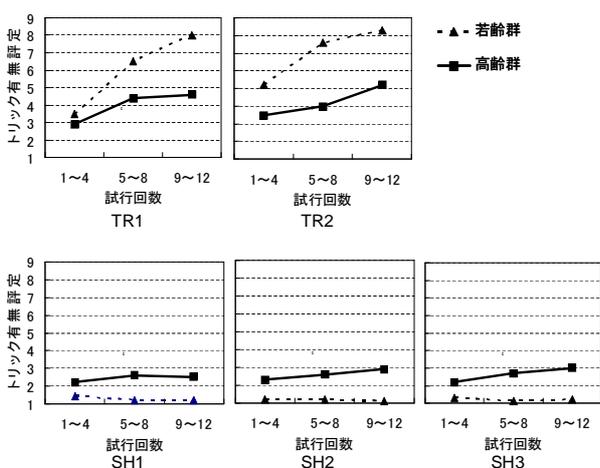


図4 トリック有無評価の結果(若齢群 vs. 高齢群)

分散分析の結果、TR1では、交互作用が確認され ($F(2, 68) = 8.02, p < .001$)、高齢群は若齢群と比較して、中盤、後半においてトリック有無の評価値が低くなっていた ($F(1, 102) = 6.97, p <$

$.01; F(1, 102) = 16.83, p < .001$)。また、若齢群では、試行が進むに従い評価値が上昇していたのに対して(前半-中盤: $p < .001$, 前半-後半: $p < .001$, 中盤-後半: $p < .01$)、高齢群では中盤から後半への評価値の上昇は認められなかった(前半-中盤: $p < .005$, 前半-後半: $p < .001$)。一方、トリックの存在しないSH1では、若齢群はすべての試行においてトリックが存在しないことを示す1に近い評価を行っていたが、高齢群は若齢群と比較して高い評価を行っていた ($F(1, 34) = 8.53, p < .01$)。なお、トリックが存在するTR2においてはTR1と、トリックが存在しないSH2、SH3においてはSH1と同様の結果が得られた。

以上の結果から、高齢群は若齢群と比較して、トリックが存在する区間ではトリックへの確信は試行が進んでもあまり上昇しない。また、トリックが存在しない区間についても、完全に可能性を捨てきれず、トリックの絞り込みが進んでいないことが示された。

3. 実験2: 高齢者同士の協同の効果

実験1の結果から、高齢者は、ターゲットカード位置の特定が難しく、トリックの絞り込みにおいて曖昧さが見られることが確認された。そのため、最終的な手順再現に成功することが困難となっていた。

実験2では、高齢者同士の協同による効果について、実験的に検討を行った。

3.1 方法

3.1.1 手続き

実験2の手続きは実験1の方法を踏襲した。

3.1.2 実験参加者

65~75歳までの高齢者を対象に、2人1組の16ペア(計32名)が実験に参加した²。

3.2 結果と考察

3.2.1 手順再現テスト

トリックが存在するTR1とTR2の2つの区間について、両方の手順再現に成功した場合を「全成功」、TR1またはTR2のどちらか1区間のみの成功を「部分成功」として、手順再現の成功と失敗の分布を示したのが表2(a)と表2(b)である。全成功において、直接確率検定の結果、単独群と協同群の間の偏りに有意傾向が認められた ($p < .10$, 両側検定)。また、部分成功においては、有意差が認められた ($p < .005$, 両側検定)。

この結果から、単独群に比べて、協同群において部分的な手順再現に多くのペアが成功しており、協同による手順再現の成功率の向上が確認された。

²認知機能検査の結果については実験1と同様である。

表2 手順再現テストの結果

(a) 全成功			(b) 部分成功		
	成功	失敗		成功	失敗
協同群	3	13	協同群	8	8
単独群	0	20	単独群	1	19

3.2.2 ターゲットカード位置テスト

ターゲット位置テストにおける，区間毎の正答率を図5に示す．すべての区間において，協同群の正答率が高い結果となった．カイ二乗分散分析の結果，試行形態（協同と単独）に主効果が認められた ($\chi^2(1) = 16.26, p < .001$)．また，区間の主効果が有意であり ($\chi^2(4) = 25.00, p < .001$)，多重比較の結果TR1とSH1, SH3, SH3の間で有意差が認められた ($p < .05, p < .05, p < .001$)．TR1とTR2の間では有意差は認められなかった．

この結果から，単独群と同様に，最終的なターゲットカード位置をもとに，確定情報に基づく推論によって，後ろ向きに各区間のターゲットカード位置が確定され，解決に到ったことがわかる．また，協同群は単独群に比べ正答率が大きく向上しており，協同によって，確定情報に基づく推論が効果的に機能していたことが示唆される．

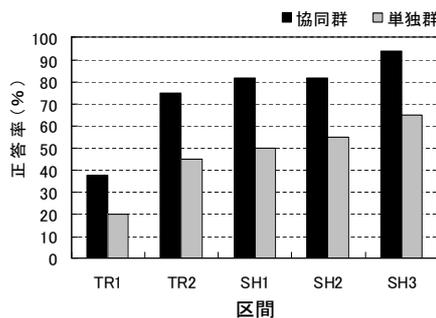


図5 ターゲットカード位置テストの結果 (単独群 vs. 協同群)

3.2.3 トリック有無評定テスト

トリック有無評定値の推移を図6に示す．単独群との比較のため，各区間に対して，試行形態（協同と単独）と試行数の2要因の分散分析を行った．トリックが存在するTR1では，試行形態と試行数の主効果がそれぞれ有意であり，協同群が単独群に比べてより高い評定を行っていた ($F(1, 34) = 7.30, p < .05; F(2, 68) = 12.96, p < .001$)．一方，SH1では，試行形態および試行数ともに差は認められなかった．なお，トリックが存在するTR2においてはTR1と，トリックが存在しないSH2とSH3においてはSH1と同様の結果が得られた．

以上の結果から，トリックが存在する区間であるTR1とTR2については，協同群は単独群に比べてトリックの存在に関する確信が高まっており，絞

込みがより進んでいたことを示している．しかし，トリック無区間であるSH1~3については，協同群においても単独群と同様，完全にトリックが存在しないとの断定ができず曖昧さが残る結果となった．

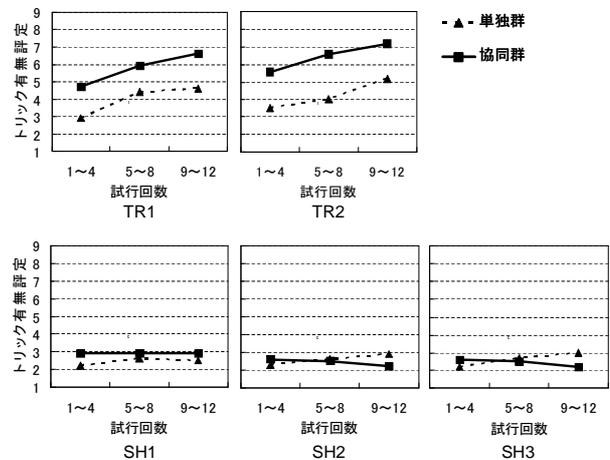


図6 トリック有無評定の結果 (単独群 vs. 協同群)

4. まとめ

本研究では，加齢が予期しない現象の原因同定に及ぼす影響と，協同の効果について検討することを目的とし，実験的な検討を行った．

実験1では高齢者を対象に，予期しない現象の原因同定を観察し，先行研究における若齢者との比較を行った．その結果，原因同定のプロセスで用いられる方略に年齢間の差はなく，若齢者と同様に確定情報に基づく推論が用いられていることが確認された．しかしながら，原因同定におけるパフォーマンスには大幅な低下がみられ，加齢に伴う影響も認められた．

実験2では，予期しない現象の原因同定プロセスにおける高齢者同士の協同の効果を検討した．その結果，協同によって，原因同定のパフォーマンスに大幅な向上が認められた．しかしながら，若齢群と同様のパフォーマンスを示すまでには至らなかった．この原因は，予期しない現象を生み出すエラーを含むサブシステムの絞り込みに曖昧さが残り，問題のある箇所とない箇所の切り分けが不完全になるためである．単なる協同では十分に改善しきれないこの問題について，いかにサポートが可能であるかが今後の課題である．

参考文献

- [1] 柴田恭志・寺井仁・三輪和久，(2008) “予期しない現象の原因同定に影響する要因の検討” 日本認知科学会第22回大会発表論文集, pp. 30-35.
- [2] Denise, C. P. & Norbert, S., (1999) “Cognitive Aging: A Primer” Psychology Press.
- [3] 原田悦子・赤津裕子，(2000) “人工物と相互作用に見る高齢者の認知的特性：操作ミスからの分析” 日本認知科学会第14回大会発表論文集, pp. 18-19.