

The strategic nature of changing your mind

Matthew M. Walsh & John R. Anderson

Cognitive Psychology, 2009, Vol. 58, pp. 416-440

1. はじめに

- 人間はどのように問題解決方略を選択しているのかという疑問
 - 心理学研究の中心となる議題である

- これまでの研究
 - 変更不可の行動によって方略を選択する状況が設定されている

- 実際の場面
 - ある方略を実行する間に、その選択について考慮する機会が与えられる
 - 計算器を探す間に、ある者は頭で計算を行おうと判断する
 - 渋滞区間を走行中に、ある者は他のルートについて考える
 - ⇒ 自分の行動、判断について考える必要性が適応的であることかもしれない

- 選択された方略は一般的に妥当なものである
 - 人間は適応的に様々な課題で様々な方略を使用し、パフォーマンスを向上させる
 - 数学問題では、難しい問題を計算する間に、簡単な問題を答える(Reder & Ritter, 1992)
 - 読解問題では、読む量が増えるに連れて、情報引き出しの方略から推論を使った方略に移行する(Reder, 1987, 1988)
 - ⇒ 他の様々な例でも、選択された方略は、効率性と正確性を高め、パフォーマンスを促進させることが示されている(Aaronson & Ferrer, 1986; Lemaire, Arnaud, & Lecacheur, 2004; Lemaire & Lecacheur, 2001; Touron & Hertzog, 2004)

- 内的方略と技術使用方略の選択
 - 内的方略：主に記憶に負担をかける
 - 技術使用方略：知覚運動に負担をかける
 - 人間はこのような負担に敏感である
 - Gray & Fu(2004)の研究
 - ヴァーチャル VCR のプログラムを組む課題
 - 実験参加者は、ウィンドウから適切なデータを引き出す必要がある
 - ・ ウィンドウは閉じている／開いている状況を設定

- ウィンドウが閉じている
 - ・ ウィンドウへのアクセスは頻繁に行われぬ
 - ・ アクセスごとに記憶する情報量が増える
 - ウィンドウが開いている
 - ・ ウィンドウへのアクセスは頻繁に行われる
 - ・ アクセスごとに符号化する情報量が減る
- ⇒ このような人間の行動は、分散認知システムの観点とも一致している

- 人間は、**epistemic action** の損失と利益の調整を行っているように思える
epistemic action：認知プロセスを増大させる活動
 - Kirsh & Maglio(1994)の研究
 - テトリスを使用した課題
 - ゴイドをブロックと合致させるためには、メンタルローテーションよりも、手動のローテーションの方が速い
- ⇒ 利益がコストを越えるとき、人間は **epistemic action** を使用し、頭よりも環境で情報を操作する
- コンピュータインターフェースを使用した問題解決の研究
 - 操作に負担がかかる、システムの反応時間に遅延がある場合
 - 行動する前に一連の行動を計画する
 - 操作が容易、システムの反応が速い場合
 - 行動の量が増え、計画する量が減る
- ⇒ このような行動の違いが、問題解決での適応的なアプローチに影響しているかもしれない
- これらの研究は、利用可能な技術の特性をもとに行動の変化を示したものである
 - 同様の技術を使用したとき、方略の選択が適応的であるか述べていない
 - 内的方略／技術使用方略の選択 vs 内的方略／技術使用方略の強制

1.1. 実験の概要

- 疑問
 - ① 内的方略／技術使用方略の有効性を正確に評価し、評価に従って選択を行うか？
 - ② どのように行動と方略の選択を相互的に行うか？
- 課題
 - コンピュータに表示される掛け算を行う

- 計算器の反応時間を操作
 - 計算結果の表示に遅延あり(4秒)／なし(0秒)
 - 課題の難易度を操作
 - $NN \times 10$ ／ $N \times NN$ ／ $NN \times NN$
 - 正解数，解答時間の速さに従って謝礼金を支払った
- 選択／強制試行
 - 選択試行：暗算／計算器の使用を選択可能
 - 強制試行：暗算／計算器のどちらを使用するか指示
 - 選択試行での方略選択の適応度を評価する
- 予測
 - 時間と正確さの利得を最大にしようとするとき，計算器の反応と問題の難易度は，方略の選択に影響を与えるだろう
 - $N \times NN$ を暗算で行うには，やや時間がかかる
 - 計算器の表示に遅延がある場合，暗算を行うだろう
 - $NN \times 10$ では，暗算によって素早く正確に解答できる
 - 計算器はあまり使用されない
 - $NN \times NN$ では，暗算を行うには時間がかかり，正確さが減少する
 - 計算器が多用されるだろう
 - 暗算を適切な問題で選択した場合，強制試行よりも選択試行で，暗算の解答時間は速く，エラー数は少なくなる
- ⇒ 適応的な方略の選択は，少なくとも3つの要因に依存する
- ① 問題の難易度
 - ② 技術の反応
 - ③ 能力への感受性

2. 実験1

2.1. 方法

2.1.1. 実験参加者

- 大学生21名
 - 謝礼金の支払われたボランティア

2.1.2. 刺激

- 掛け算112問($NN \times 10$: 28問／ $N \times NN$: 56問／ $NN \times NN$: 28問)

- 出題される問題の順序はランダム
- 参加者は、遅延あり／なし条件で合計 224 問行った
 - 繰り上がりを要する計算問題の順序は、1 回目、2 回目で交換されている
 - 11 名が遅延あり／なしの順、10 名が遅延なし／ありの順で課題を行った
- 遅延あり／なしの両条件で選択／強制試行を設けた

	$NN \times 10$: 28 問	$N \times NN$: 56 問	$NN \times NN$: 28 問	
強制	14 問	14 問	14 問	⇒ 7 問ずつ暗算／計算器
選択	14 問	42 問	14 問	

- 選択／強制試行は、1 セットとしてランダムな順で出題

2.1.3. 手順

- 練習課題
 - ユニークな問題 10 問を出題
 - 計算器の反応時間を計測できる
- 課題(Fig. 1)
 - 左上：計算器，左下：問題と解答欄
 - *Next* をクリックし，*Next* 上に表示される *Choice*, *Mental*, *Calculator* (選択／強制) に従い，計算を行う
 - *Next* をクリックして問題開始，*Mental*, *Calculator*, *Choice* の表示は消える
 - 各問題の解答後，*Next* 上に正解／不正解を表示
 - 正解の場合，右下に得られた謝礼金を表示

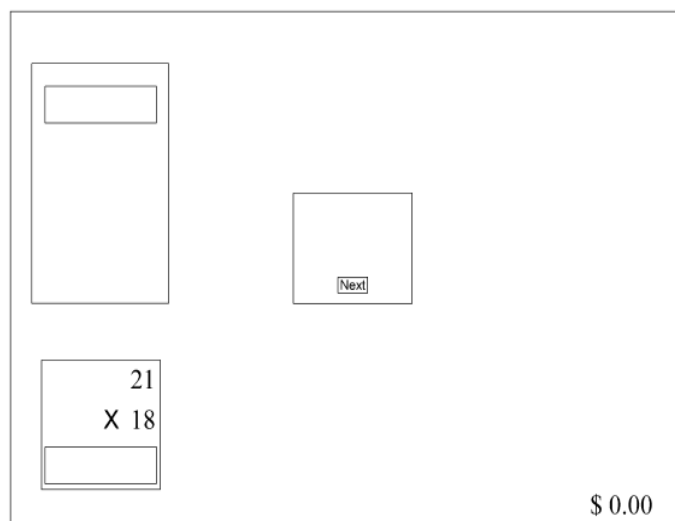


Fig. 1. Experimental interface. The calculator box is in the upper left, the answer box is in the bottom left, and the start box is in the middle. To use the calculator, participants clicked in the rectangular region at the top of the calculator box. To enter a solution, participants clicked in the rectangular region at the bottom of the answer box.

2.2. 結果

2.2.1. 方略の選択とパフォーマンス

- Fig. 2 は、選択試行で暗算が選択された割合と解答時間を示したものである
- 方略の選択
 - 選択試行で暗算を行った割合について分析
 - 3(問題の難易度: $NN \times 10 / N \times NN / NN \times NN$) \times 2(遅延: あり/なし)の分散分析
 - 問題の難易度の主効果あり ($F(2, 40)=157.15, p<.0001$)
 - ・ 問題の難易度が上がれば、暗算を行う割合は減少する
 - 遅延の主効果あり ($F(1, 20)=32.89, p<.0001$)
 - ・ 遅延ありのとき、遅延なしのときよりも、暗算を行う割合は増加する
 - 問題の難易度と遅延に交互作用あり ($F(2, 40)=19.99, p<.0001$)
 - ・ 遅延による影響は、 $N \times NN$ のとき最大となる ($t(20)=5.41, p<.0001$)

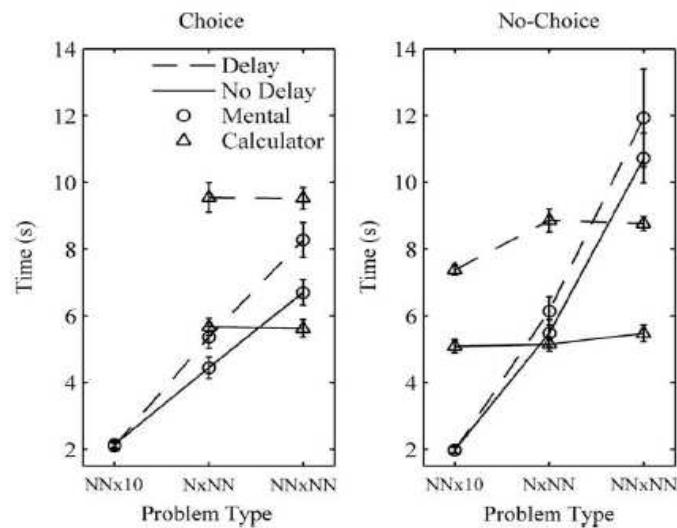
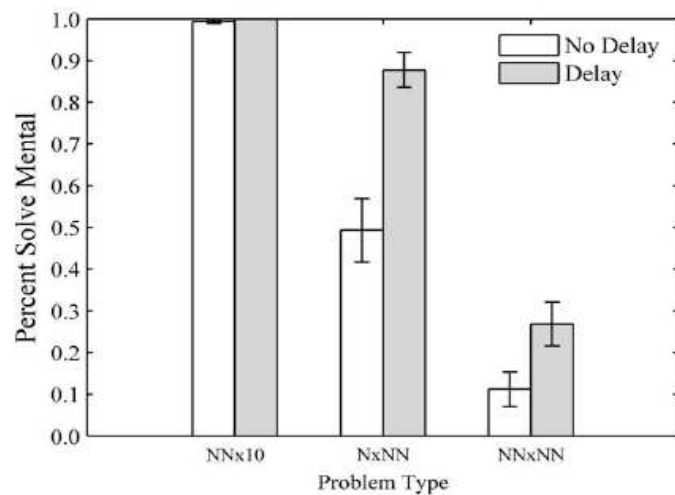


Fig. 2. The top panel shows the proportion of choice trial problems solved mentally (± 1 SE), and the bottom panels show mean participant solution times (± 1 SE) during choice trials (left) and no-choice trials (right).

- 解答時間
 - 選択試行での暗算の解答時間
 - $NN \times 10 / N \times NN$ で暗算を行った 20 名のデータをもとに分析
 - 2(問題の難易度： $NN \times 10 / N \times NN$) \times 2(遅延：あり／なし)の分散分析
 - 問題の難易度の主効果あり ($F(1, 19)=119.25, p<.0001$)
 - ・ $N \times NN$ よりも, $NN \times 10$ の方が解答時間は速い
 - 遅延の主効果あり ($F(1, 19)=5.86, p=.026$)
 - ・ 遅延ありよりも, 遅延なしの方が解答時間は速い
 - 問題の難易度と遅延に交互作用あり ($F(1, 19)=9.17, p=.007$)
 - ・ $N \times NN$ の場合, 遅延ありよりも遅延なしのとき解答時間は速い ($t(19)=2.82, p=.011$)
 - 遅延ありのとき, $N \times NN$ で暗算を行った結果であろう
 - $NN \times 10 / N \times NN / NN \times NN$ で暗算を行った 9 名のデータをもとに分析
 - 3(問題の難易度： $NN \times 10 / N \times NN / NN \times NN$) \times 2(遅延：あり／なし)の分散分析
 - 問題の難易度の主効果あり ($F(2, 16)=80.47, p<.0001$)
 - ・ 問題の難易度が上がれば, 解答時間は遅くなる
 - 遅延の主効果あり ($F(1, 8)=8.12, p=.022$)
 - ・ 遅延ありよりも, 遅延なしの方が解答時間は速い
 - 問題の難易度と遅延に交互作用あり ($F(2, 16)=5.85, p=.012$)
 - ・ $NN \times NN$ の場合, 遅延ありよりも遅延なしのとき解答時間は速い ($t(8)=2.95, p=.018$)
- エラー
 - 上記の各グループでエラー率について分析
 - 問題の難易度の主効果あり ($F(1, 19)=119.25, p<.0001$; $F(2, 16)=80.47, p<.0001$)
 - ・ 問題の難易度が上がれば, エラー率は増加する
 - 遅延の主効果, 問題の難易度と遅延の交互作用はみられなかった
- 選択／強制試行の比較
 - 選択／強制試行で暗算を行ったときの解答時間を比較
 - $N \times NN$ と $NN \times NN$ に関して 2(遅延：あり／なし) \times 2(選択：選択／強制)の分散分析
 - 選択の主効果あり ($F(1, 19)=29.27, p<.0001$; $F(1, 8)=6.84, p=.031$)
 - ・ 強制よりも選択した場合, 暗算の解答時間は速い

- エラー率について、選択/強制に有意差はない

2.2.2. マウスの動き

- 参加者の運動行動について明らかにする
- マウスの最初のクリックから、2回目のクリックまでの動きを観察
- Fig. 3 は、計算器を使用する際の2つの代表的な経路を示す

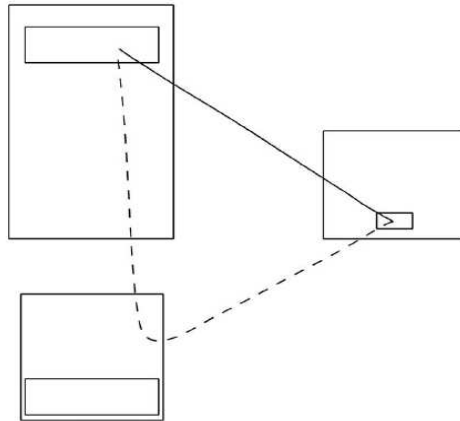


Fig. 3. Representative examples of direct (solid line) and indirect (dotted line) movement trajectories to the calculator box.

- 直接、計算器へ向かう (direct)
 - 解答欄を経由し、計算器へ向かう (indirect)
- Fig. 4 は、参加者のマウスがどの領域を通過したか示したものである

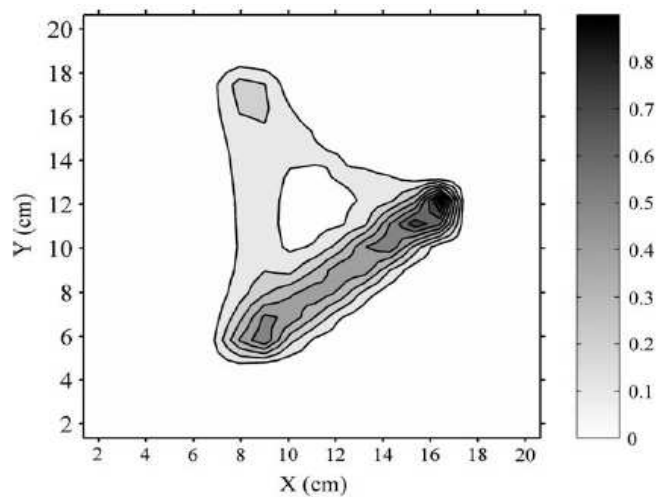


Fig. 4. Contour map set on a grid that divides the screen into .53 × .53 cm cells. Contours show the proportion of trajectories that intercepted each cell before a click occurred in the calculator or answer box.

- 最初に計算器へ向かい、その後、解答欄へ向かう
- 最初に解答欄へ向かい、その後、計算器へ向かう

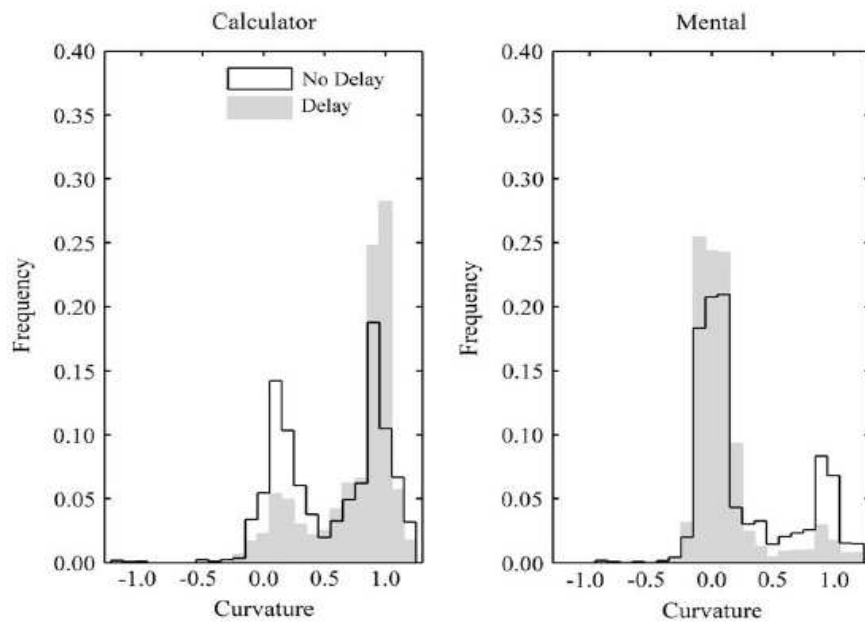


Fig. 5. Distributions of movement curvature observed for calculator solutions (left) and mental solutions (right). Superimposed histograms represent curvature during the delay (gray) and the no delay (white) calculator conditions. Bin widths equal .1 with bins evenly spaced between -1.25 and 1.25 .

- 曲線の曲率によって、direct/indirectの違いを検証
 - 曲率 = マウスの始動から停止までの直線率 / 長さ
- Fig. 5 は、計算器/暗算での曲率を示したものである
 - 計算器を使用した場合
 - 計算器へ向かう前に、解答欄を経由する
 - 暗算を行った場合
 - 解答欄へ向かう前に、計算器を経由することは比較的少ない
 - 遅延があるときの方が、遅延がないときよりも、これらの差は顕著である
 - ⇒ 参加者の多くは、最初に解答欄へ向かった
- Fig. 6A は、最初に解答欄へ向かう割合を示したものである
 - 最初に解答欄へ向かう割合について分析
 - 3(問題の難易度: $NN \times 10 / N \times NN / NN \times NN$) \times 2(遅延: あり/なし)の分散分析
 - 問題の難易度と遅延の交互作用なし ($p > .5$)
 - 問題の難易度の主効果あり ($F(2, 40) = 14.18, p < .0001$)
 - ・ 問題の難易度が上がれば、最初に解答欄へ向かう割合が減る
 - 遅延の主効果あり ($F(1, 20) = 27.40, p < .0001$)
 - ・ 遅延ありのとき、最初に解答欄へ向かう割合が増える
- Fig. 6B は、暗算を行った割合を示したものである

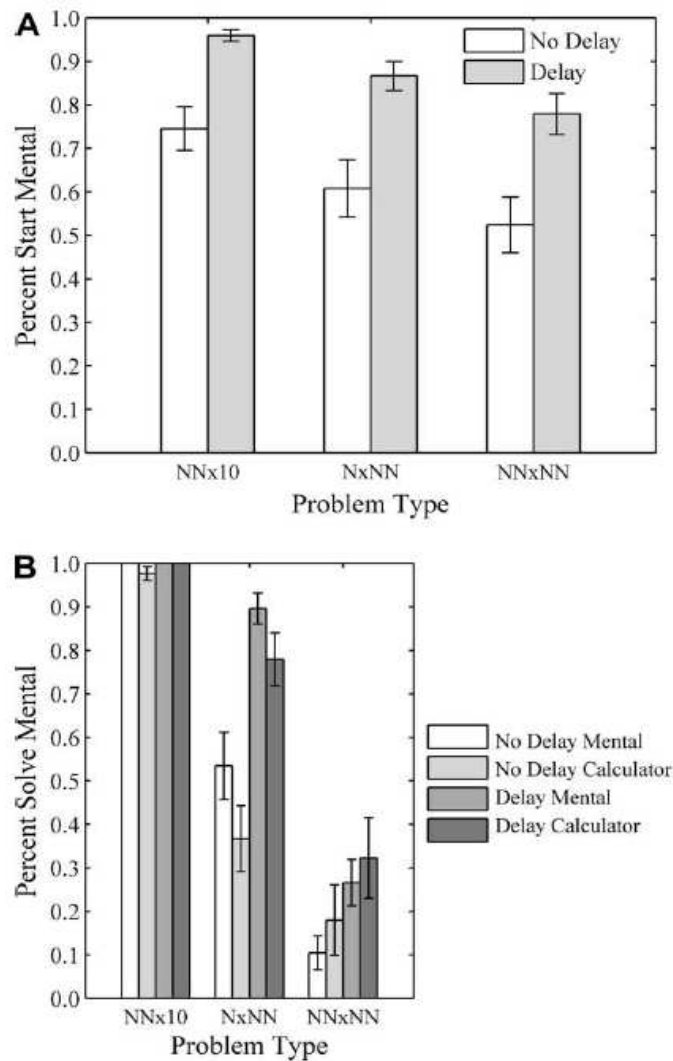


Fig. 6. (A) The percent of movements initiated towards the answer box during choice trials (± 1 SE). (B) The probability of using a mental solution (± 1 SE) with bars ordered by problem type, calculator condition, and direction of initial movement.

- 各問題で、遅延あり／なしと最初の動きが計算器／解答欄で比較
 - $NN \times 10$ のとき、ほぼ全ての参加者が暗算を行う
 - $N \times NN$ のとき、最初に解答欄へ向かった方が暗算を行う割合は高い ($t(19)=4.88, p=.0001$)
 - $NN \times NN$ のとき、 $N \times NN$ と同様の結果は得られなかった ($t(19)=.39, p>.7$)
- 解答途中で方略を変更すると 1 秒ほど時間がかかる (Table 1)
- 前の問題での行動から現在の問題での行動への影響について検討
 - Table 2 では、条件付き確率が示されている (1 文字目：最初の動き、2 文字目：選択された方略)
 - 最初に解答欄へ向かう割合は、前の問題での最初の動き (解答欄:77%; 計算器:58%) と方略 (暗算:80%; 計算器:54%) に影響される

Table 1
Operator selection times for late aborts and direct movements.

Problem type	No delay		Delay	
	Mental	Calc	Mental	Calc
	Abort			
NN × 10	1.21	—	1.45	—
N × NN	2.49	1.47	2.55	2.03
NN × NN	2.82	1.16	3.31	1.45
	Direct			
NN × 10	0.85 ^{***}	—	0.79 ^{**}	—
N × NN	1.51 ^{**}	0.86 ^{***}	1.17 ^{**}	0.92 ^{***}
NN × NN	1.03 [*]	0.85 ^{***}	1.72 [*]	0.96 ^{***}

Note: The top group of cells shows operator selection times following aborts and the bottom group shows selection times following direct movements. The *p*-values in the direct group refer to the difference between that cell and its corresponding cell in the abort group.

* *p* < .05.
 ** *p* < .01.
 *** *p* < .001.

Table 2
Transition probabilities for choice trials.

Prior trial	Current trial			
	MM	MC	CM	CC
MM	.695	.207	.046	.052
CM	.539	.226	.048	.187
MC	.529	.181	.098	.192
CC	.273	.156	.146	.425

- 暗算を選択する割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:63%; 計算器:48%)と方略(暗算:63%; 計算器:48%)に影響される
- ⇒ 前の問題での最初の動きと選択された方略は、現在の問題での行動に影響を与える
- 現在の問題での最初の動きが与える方略選択への影響
 - 最初に解答欄へ向かい、暗算を行った割合は、わずかに、前の問題での最初の動き(解答欄:74%; 計算器:65%)と方略(暗算:76%; 計算器:72%)に影響される
 - 最初に計算器へ向かい、暗算を行った割合は、わずかに、前の問題での最初の動き(解答欄:40%; 計算器:27%)と方略(暗算:43%; 計算器:36%)に影響される
- 現在の問題で選択された方略が与える最初の動きへの影響
 - 暗算を行った内、最初に解答欄へ向かった割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:90%; 計算器:73%)と方略(暗算:93%; 計算器:77%)に影響される
 - 計算器を使用した内、最初に解答欄へ向かった割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:70%; 計算器:44%)と方略(暗算:73%; 計算器:42%)に影響される
- ⇒ 前の問題での行動が、現在の問題での最初の動きを通して、方略選択に影響を与ると考えられる

2.2.3. 考察

- 方略の選択は、問題の難易度と計算器の反応に影響を受けた
 - $NN \times 10$ では、暗算が有効であり、 $NN \times NN$ では、計算器の使用が有効である
 - $N \times NN$ では、計算器の反応に遅延があるとき、暗算が行われた
 - $N \times NN$ では、計算器の反応により、適切な方略が異なる
- 解決時間から、適応的に方略が選択されたことが明らかとなった
 - 強制試行より選択試行の暗算の方が解決時間は速い
 - 適切な問題で暗算を行った結果
 - 計算器の反応に遅延があるとき、暗算の解答時間は遅くなる
 - 難易度の高い問題でも暗算を行った
- 参加者は、問題の特徴、計算器の反応、前の試行での行動をもとにマウスを動かした
- 問題の特徴、計算器の反応、マウスの最初の動きをもとに最終的な方略を選択した

3. 実験 2

- 実験 1 について
 - 最初にマウスを解答欄へ動かす割合(74%)が高かった
 - ほとんどの問題で、暗算が選ばれた結果(64%)ではないだろうか
 - $NN \times NN$ では、問題の難易度、計算器の反応、マウスの最初の動きによる方略選択への影響が明確ではない
- ⇒ $NN \times 10$ の問題を出題せずに、 $NN \times NN$ の問題を増やす
 - 計算器を使用するように方向づける
 - $NN \times NN$ での方略選択に影響する要因について検討する

3.1. 方法

3.1.1. 実験参加者

- 大学生 20 名
 - 実験 1 に参加していない謝礼金の支払われたボランティア

3.1.2. 刺激

- $NN \times 10$ の問題を出題せずに、 $NN \times NN$ の問題を 28 問追加
 - $N \times NN$, $NN \times NN$ の内、各 28 問を強制試行(14 問ずつ暗算/計算器)で出題
 - 残り 84 問を選択試行で出題
 - 選択/強制試行は、1 セットとしてランダムな順で出題
- 手順は実験 1 と同じ

3.2. 結果

3.2.1. 方略の選択とパフォーマンス

- Fig. 7 は、選択試行で暗算が選択された割合と解答時間を示したものである
- 方略の選択
 - 選択試行で暗算を行った割合について分析
 - 2(問題の難易度： $N \times NN / NN \times NN$) \times 2(遅延：あり／なし)の分散分析
 - 問題の難易度と遅延に交互作用なし($p < .2$)
 - 問題の難易度の主効果あり($F(1, 19) = 45.09, p < .0001$)
 - ・ 問題の難易度が上がれば、暗算を行う割合は減少する
 - 遅延の主効果あり($F(1, 19) = 65.44, p < .0001$)
 - ・ 遅延ありのとき、遅延なしのときよりも、暗算を行う割合は増加する
 - ・ $N \times NN, NN \times NN$ のどちらでも、遅延ありのとき、高い割合で暗算が行われた($N \times NN: t(19) = 5.13, p = .0001; NN \times NN: t(19) = 2.66, p = .015$)

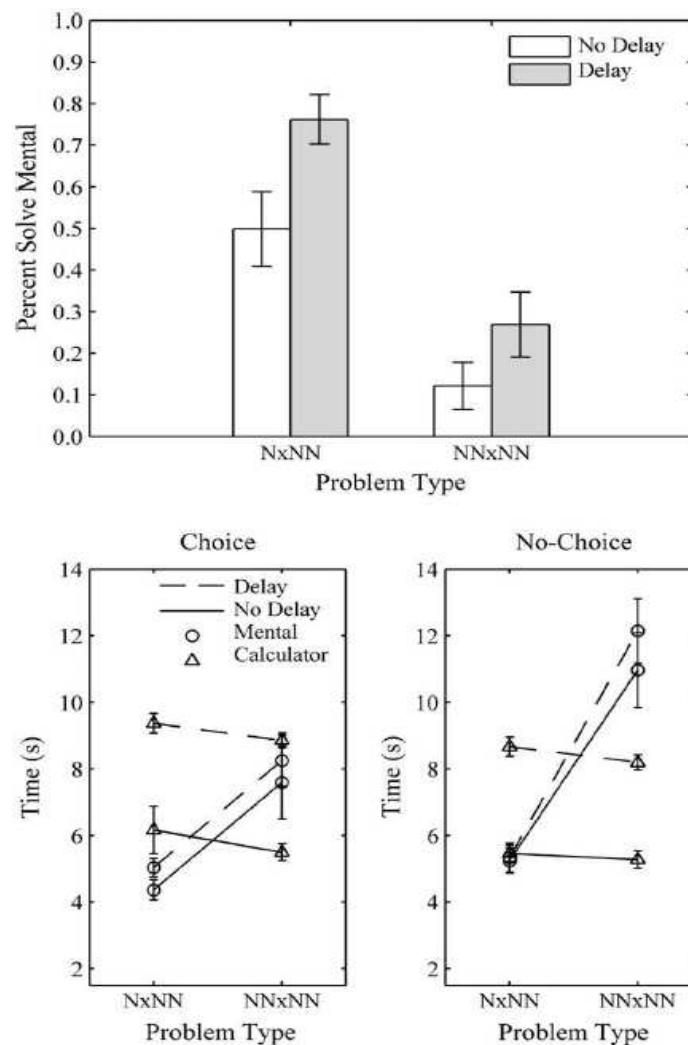


Fig. 7. The top panel shows the proportion of choice trial problems solved mentally (± 1 SE), and the bottom panels show mean participant solution times (± 1 SE) during choice trials (left) and no-choice trials (right).

- 解答時間
 - 遅延あり／なしの選択試行での暗算の解答時間
 - 遅延ありよりも遅延なしのとき解答時間は速いが，有意な差はない($N \times NN$: $t(14)=1.64, p>.1$; $NN \times NN$: $t(5)=.17, p>.8$)
 - 選択／強制試行での暗算の解答時間
 - $N \times NN$ で有意差はない($t(19)=1.25, p>.2$)
 - $NN \times NN$ では，強制試行よりも選択試行で解答時間は速い($t(14)=2.54, p=.024$)

- エラー
 - 各問題のエラー率について分析
 - 問題の難易度が上がれば，エラー率は増加する($N \times NN$: $t(19)=1.66, p=.031$; $NN \times NN$: $t(19)=.381, p=.095$)
 - 遅延あり／なし，選択／強制に有意差はない

3.2.2. マウスの動き

- Fig. 8 は，参加者のマウスがどの領域を通過したか示したものである

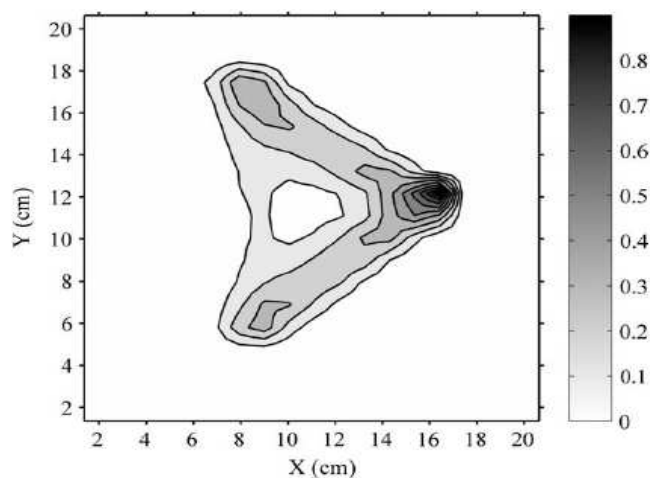


Fig. 8. Contour map set on a grid that divides the screen into $.53 \times .53$ cm cells. Contours show the proportion of trajectories that intercepted each cell before a click occurred in the calculator or answer box.

- マウスの最初の動きが，計算器または，解答欄に直接向かった
- その内の多くは，計算器，もしくは解答欄を經由した

- Fig. 9 は，計算器／暗算での曲率を示したものである
 - 遅延ありのとき，同程度の割合で，計算器，もしくは解答欄に直接向かう
 - 遅延なしのとき，解答欄に直接向かう割合は減る
 - ⇒ 参加者の多くは，暗算を行う前に計算器へ向かった

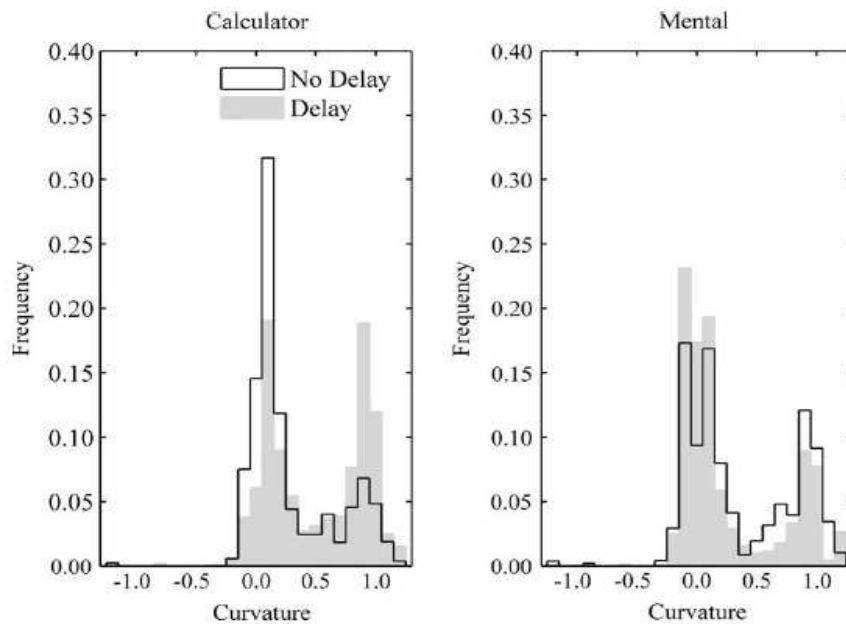


Fig. 9. Distributions of movement curvature observed for calculator solutions (left) and mental solutions (right). Superimposed histograms represent curvature during the delay (gray) and the no delay (white) calculator conditions. Bin widths equal .1 with bins evenly spaced between -1.25 and 1.25 .

- Fig. 10A は、最初に解答欄へ向かう割合を示したものである
 - 最初に解答欄へ向かう割合について分析
 - 2(問題の難易度： $N \times NN / NN \times NN$) \times 2(遅延：あり／なし)の分散分析
 - 問題の難易度と遅延に交互作用なし($p > .6$)
 - 問題の難易度の主効果あり($F(1, 19) = 22.25, p < .0001$)
 - ・ 問題の難易度が上がれば、最初に解答欄へ向かう割合が減る
 - 遅延の主効果あり($F(1, 19) = 34.13, p < .0001$)
 - ・ 遅延ありのとき、最初に解答欄へ向かう割合が増える

- Fig. 10B は、暗算を行った割合を示したものである
 - 各問題で、最初の動きが計算器／解答欄で比較
 - $N \times NN$ ($t(19) = 4.23, p = .0004$)と $NN \times NN$ ($t(19) = 2.23, p = .03$) で最初に解答欄へ向かった方が暗算を行う割合が高い

- 解答途中で方略を変更すると 1 秒ほど時間がかかる (Table 3)
- 前の問題の行動から現在の問題の行動への影響について検討
 - Table 4 では、条件付き確率が示されている (1 文字目：最初の動き, 2 文字目：選択された方略)
 - 最初に解答欄へ向かう割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:69%; 計算器:44%)と方略(暗算:68%; 計算器:44%)に影響される

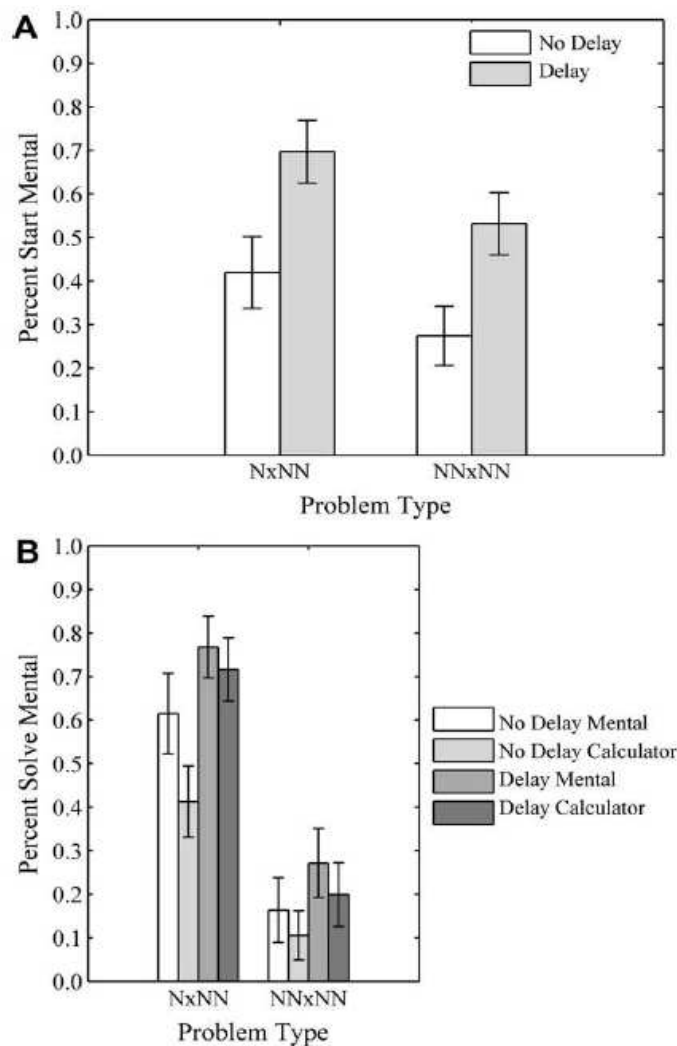


Fig. 10. (A) The percent of movements initiated towards the answer box during choice trials (± 1 SE). (B) The probability of using a mental solution (± 1 SE) with bars ordered by problem type, calculator condition, and direction of initial movement.

- 暗算を選択する割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:49%; 計算器:39%)と方略(暗算:48%; 計算器:40%)に影響される

- 現在の問題での最初の動きが与える方略選択への影響
 - 最初に解答欄へ向かい、暗算を行った割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:60%; 計算器:58%)と方略(暗算:59%; 計算器:57%)の影響を受けない

 - 最初に計算器へ向かい、暗算を行った割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:24%; 計算器:24%)と方略(暗算:27%; 計算器:24%)の影響を受けない

- 現在の問題で選択された方略が与える最初の動きへの影響
 - 暗算を行った内、最初に解答欄へ向かった割合は、前の問題での最初の動き(解答欄:83%; 計算器:63%)と方略(暗算:80%; 計算器:62%)に影響される

Table 3
Operator selection times for late abortions and direct movements.

Problem type	No Delay		Delay	
	Mental	Calc	Mental	Calc
	Abort			
$N \times NN$	1.92	1.68	1.97	2.05
$NN \times NN$	3.29	1.33	2.88	1.31
	Direct			
$N \times NN$	1.19 ^{***}	1.07	1.09 [*]	0.76 ^{***}
$NN \times NN$	2.00	0.82 ^{***}	1.36 ^{**}	0.95 ^{***}

Note: The top group of cells shows operator selection times following abortions and the bottom group shows selection times following direct movements. The p -values in the direct group refer to the difference between that cell and its corresponding cell in the abort group.

^{*} $p < .05$.
^{**} $p < .01$.
^{***} $p < .001$.

Table 4
Transition probabilities for choice trials.

Prior trial	Current trial			
	MM	MC	CM	CC
MM	.475	.322	.057	.146
CM	.345	.202	.100	.353
MC	.353	.193	.093	.361
CC	.165	.105	.138	.592

- 計算器を使用した内,最初に解答欄へ向かった割合は,前の問題での最初の動き(解答欄:49%; 計算器:21%)と方略(暗算:55%; 計算器:26%)に影響される

⇒ 前の問題での行動が,現在の問題での最初の動きに影響し,最終的な方略を選択する

3.2.3. 考察

- これらの結果は,実験1と一致した
- 暗算を行った割合は,実験1よりも減少した
 - 実験2
 - 暗算を行った割合:41%(実験1:64%)
 - 最初に解答欄へ向かった割合:45%(実験1:74%)
- 問題の難易度,計算器の反応,マウスの最初の動きは,方略の選択に影響を与えている

4. 選択の合理性

- 参加者は,解決時間,エラー単体よりも,謝礼金を重視しているだろうと仮定

4.1. 最初の動き

- 強制条件で,計算器の使用より暗算の謝礼金が多かった確率を算出(Table 5)
 - 問題の難易度と遅延の影響を受ける(local)
 - 遅延のみの影響を受ける(global)

Table 5
Probability mental pays best.

Problem type	Experiment 1		Experiment 2	
	No delay	Delay	No delay	Delay
NN × 10	.988	.993	—	—
N × NN	.463	.706	.544	.701
NN × NN	.103	.200	.070	.198
Means	.504	.651	.307	.450

Note: Means in fourth row depend on problem frequency (Experiment 1: NN × 10 = .25, N × NN = .5, NN × NN = .25; Experiment 2: N × NN = .5, NN × NN = .5).

- 確率が.5以上 → 暗算が有効
- 確率が.5以下 → 計算器が有効

- マウスの最初の動きが、localよりもglobalに影響を受けている可能性がある
- 重回帰分析を行った結果
 - $P(\text{Mental}) = .64 + .25 \times (\text{Local} - .5) + 1.25 \times (\text{Global} - .5)$
 - 解答欄への最初の動きの確率を予測
 - 分散の97.9%を説明
 - localよりもglobalに影響をうけた($t(7)=9.86, P<.05$)
 - 切片が.5以上であることから、local、globalが暗算を支持していなくても、最初に解答欄へ向かう傾向がある
- ⇒ 暗算の有効性が高く見積もられている可能性

4.2. 方略の修正と決定

- 方略の決定は、マウスの最初の動きも影響を受ける
 - 最初に解答欄へ向かった後で、暗算を行う場合が適切である確率を算出
 - 最初に計算器へ向かった後で、暗算を行う場合が適切である確率を算出
 - global, local, fine-grain
 - 重回帰分析を行った結果
 - $P(\text{Mental}) = .54 + .97 \times (\text{FineGrain} - .5)$
 - 暗算を選択する確率を予測
 - 20のデータについて97.2%を説明
 - ハーンスタインのマッチング法則
 - 各選択肢を選ぶ比率と各選択肢から得た累積報酬量の比率が一致する
 - 切片.5, 傾斜1
 - ⇒ ハーンスタインのマッチング法則とほぼ一致

 - ⇒ 有効な方略である確率と同じ確率でその方略が使用された

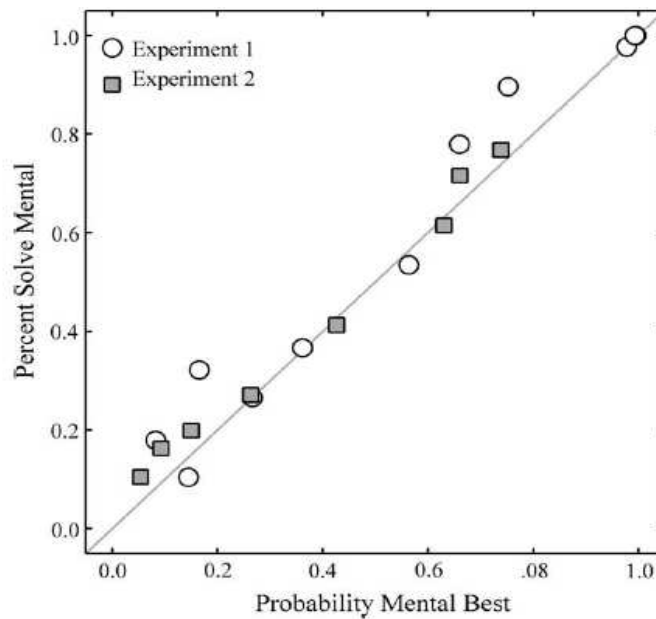


Fig. 11. Percent of problems solved mentally vs. the probability of a mental solution paying as much or more than a calculator solution, dependent on start direction, problem type, and calculator condition. The gray diagonal illustrates predictions for perfect probability matching. Values on y-axis are taken from Figs. 6B and 10B for Experiments 1 and 2.

- Fig. 11 は、選択試行で、暗算で払われる謝礼金が、計算器の使用よりも多い確率に対する暗算が行われた割合を示している

4.3. 考察

- 解答欄／計算器へ向かう最初の動きは、問題への最初の感受性が反映したものである
 - このような感受性は不完全である
 - 最終的な方略の決定は、暗算／計算器使用の相対的な謝礼金への感受性が反映したものである
 - このような感受性は、完璧に近い
- ⇒ 方略の選択は、方向の選択よりも、局所的な確率に調整された

- なぜ、マウスを動かす前に考えないのか？
 - 適切な方へマウスを動かしたとき、約 1 秒を節約できる
 - 方向の修正をしたとき、考えてからマウスを動かす時間と変わらない
- 参加者は、2つの選択に従事していたと考えられる
 - 最初の素早い選択、時間をかけた評価後の選択
 - 適切な選択は、情報の蓄積による時間をかけたプロセスから現れた

5. 総合考察

- 適応的な方略の選択は、広い範囲に及ぶ人間行動の特徴である。
 - 今回の実験では、内的方略／技術使用方略の有効性が示された
 - 参加者は、正確にそれらを選択した

- これらの結果は、分散認知の観点からの研究結果と一致する
 - しかし今回の実験では、内的／外的解法の選択が許可された部分で異なる

- 実験 1, 2 の $NN \times NN$ では、選択試行の方が、強制試行よりも解決時間が遅かった
 - 遅延ありの場合、 $NN \times NN$ の最適な方略が明らかではない
 - 解決時間よりも最適な方略の選択が優先された可能性

- 人間の運動行動が明らかとなった
 - 参加者は、最初の動きを示すが、頻繁に方向の修正が行われた
 - 運動を行う間に、完璧に近い判断を行い、解決時間を削減させた
 - ⇒ 反復の意思決定プロセス

- 前の試行で使用された方略は、現在の試行でも使用される傾向にある (Lovett & Anderson, 1996; Lovett & Schunn, 1999)
- 今回の実験では、前の試行で最初の動きと使用された方略が一致すれば、現在の試行でも同じ方略が使用される傾向にあることが明らかになった
 - なぜ過去の運動行動が影響するのか？
 - 最初の動きは、前までの試行での有効な方略をもとに行われる
 - ターゲットの位置などの時空間的な運動を記憶し、現在のプランニング負担を削減させる

6. まとめ

- 今回の実験では、一度クリックをすれば、ある方略を使用する必要があった
 - 実際には、多くの情報が提供され、様々な選択肢の変更が可能である状況で、徐々に最終状態にたどり着く
- 2つの側面が、人間は適応的な判断を行うという観点に注意を促す
 - ① 今回の実験で、参加者の最終的な選択は適応的であったが、最適化というよりは、謝礼金への確率的な一致であった
 - ② 解答欄へ向かう割合が、計算器の使用より暗算の謝礼金が多い割合を上回った
 - 方略選択の適応度の測定が制限されすぎていた可能性
 - 暗算を繰り返すことで、暗算が効率的な方略になった可能性