

うまくいっているときにタイプ2は働くのか —正のフィードバック下でのタイプ2の起動と潜在的モニター過程 の関係—

How are Type 2 processes activated in a favorable situation? —Relationship between activation of Type 2 processes and unconscious monitoring process under positive feedback—

二宮 由樹[†], 寺井 仁[‡], 三輪 和久[†]
Yuki Ninomiya, Hitosi Terai, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学, [‡]近畿大学
Nagiya University, Kindai University
ninomiya@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

We need to control automatic cognitive processes like intuition when required normative judgment and behavior. In previous studies, conscious control over automatic judgment is said to occur by monitoring that automatic judgment fails. However, in these explanations, although we can explain the mechanism of control when the intuition is wrong, we cannot explain the mechanism of control when intuition is correct. Therefore, in this research, we conduct experiments on how type 2 processes are activated when intuition judgment is correct.

1. はじめに

私たちは様々な場面で自分の行動を制御することが求められる。例えば、医者に糖分を控えるように言われたら、ケーキが食べたい欲求を抑えて、自分の行動を制御しなければならない。欲求のような自動的な思考にあらがうには意識的にそれを制御する必要がある。このような自分の思考や行動の制御は欲求の制御に限らず、様々な場面で要求される。

自動的な思考とその制御の問題は、二重過程理論の文脈の中で説明されている。二重過程理論では、人が、速く、認知資源を必要としない、自動的な思考であるタイプ1と、遅く、認知資源を必要とする、制御的な思考であるタイプ2の2つの思考を使い分けしていると説明される[1,2,3,4]。通常、自動的な思考であるタイプ1は適応的に働くことが知られているが、時に確率・論理規則などの規範的規則から逸脱した判断や行動につながる事が知られている。このような規範からの逸脱を避けるためには、タイプ2を働かせ、タイプ1によ

る判断を吟味し、介入するかを決定することが必要である。つまり、自動的な思考や行動を制御するためには、タイプ2を起動させ、自動的な思考を制御することが必要だということである。

先行研究では、タイプ2の起動は、タイプ1の判断が規範的規則から逸脱する状況で、それをどのように制御するのかについて研究されてきた。例えば、DeNeys & Glumicic(2008)はヒューリスティックと確率・論理規則に基づく規範的直観の間の競合(conflict)を潜在的にモニターされており、この競合の検出がタイプ2が働く手掛かりになると説明した[5]。また、タイプ1による判断を下す際には、評価自体は意識にはのぼらないレベルで行われ、その結果は意識化できる経験であるメタ認知的経験として、タイプ1の判断の正しさの感覚(FOR)を得ており、そのFORの高低もタイプ2がタイプ1を制御するための手掛かりになることが示されている[6]。

以上の研究は、競合やタイプ1の正しさなどを潜在的にモニターし、タイプ1の判断についての負のフィードバックを得ることでタイプ2が働くことを明らかにした。一方、これらの研究はタイプ1がうまくいっている際にタイプ2は働くのかという視点が抜けている。つまり、これまでの研究では、タイプ1がうまくいかない場合に、タイプ2が起動し、それがどのように働くのかについて議論しているが、タイプ1がうまく働いている場合にも、タイプ2は起動し得るのか、また、それはどのようにして起こるのかについては検討されていない。

うまくいっている状況におけるタイプ2の起動や制御について検討することは、行動や思考の制御の問題を検討するうえで重要である。例えば、主観的にタイプ

1 の出す判断が正しいが、それが最適解とは限らないような状況では、タイプ 2 の制御によってタイプ 1 の判断をとらえ直すことで、パフォーマンスのさらなる向上を見込むことが出来る。

このよううまくいっている場面について検討するために、本研究では構え効果とその解消のメカニズムに着目する。構え効果が見られる代表的な課題にルーキンスの水がめ問題がある[7]。この課題は a, b, c の 3 つの大きさの異なる水がめを使い、ある量の水のくむ方法を考える課題である(表 1)。例えば、表 1 では初めの数問は B-A-2C で解けるため、参加者は B-A-2C で解けるといって構えを形成する。そのため、5, 6 題目のようなより簡単な回答(C-A, C+A)がある課題でも、それに気が付かず B-A-2C で解いてしまう。このような構え効果は、先行経験をもとに形成された解法に固執し、より良い解法の検討を妨げるために起こる。つまり、構えという自動的な解がうまくいっているために、より良い方略に変更できない状態といえる。また、構えを解消する際には、意識的な制御による注意の切り替えが必要だといわれている[8,9]。後述するように、水がめ問題を改変することで、問題解決初期に採用した方略を使い続けることはできるものの、よりよい解法が存在するため、タイプ 2 による制御により構えの解消を行うことでパフォーマンスの向上が見込めるという状況を作り出すことができる。

表 1 水がめ問題[7]

問題	水がめの容積			組みだす量	解答(計算式)
	A	B	C		
1	21	127	3	100	B-A-2C
2	14	163	25	99	B-A-2C
3	18	43	10	5	B-A-2C
4	9	42	6	21	B-A-2C
5	23	49	3	20	A-C, B-A-2C
6	15	39	3	18	A+C, B-A-2C

2. 目的

以上より本研究では、これまでの研究で扱われてきたうまくいっていない状況を「タイプ 1 による判断によって負のフィードバックが得られる状況」、うまくいっている状況を「タイプ 1 による判断によって正のフィードバックが得られる状況」と定義し、うまくいっている状況におけるタイプ 2 の起動について検討する。

本研究では初めに、水がめ問題をベースにタイプ 1 による判断がうまくいっている状況でタイプ 2 による制御が意味を持つ課題を作成する。もし、構えに基づいて答えている状態がうまくいっている状態であるならば、水がめ問題を解く反応時間は、構えに基づく解法を適用した際に必要となる計算時間に近づいていくと考えられる。

次に、このよううまくいっている状況において、タイプ 2 による制御が起こるのか？また、その際にどのような認知プロセスを仮定することができるのかについて、反応時間(実験 1)と眼球運動(実験 2)により検討を行う。洞察問題解決において、解答者が意識的に解答に気が付く前に、眼球運動が先行して変化することが示されている[10, 11]。本研究においても、解答の変化(構えの解消)を意識的な解法の変化とすると、構えの解消以前に眼球運動の変化が見られれば、うまくいっている場面でも潜在的なモニターの働きを想定することが出来る。

3. 実験 1a

実験 1 の目的は、本研究で使用する課題が「うまくいっている状況でタイプ 2 による制御が起こる課題」という目的にかなう課題になっているかを確認することである。そこで実験 1a では、水がめ問題における構えに基づく解とは別に、簡単な解が存在する場面における構えの解消を観察する。もし、この構えの解消がうまくいっている状況において起こっているならば、構えに基づいて回答している参加者はほとんど考え直しを行うことなく答えを出していると考えられる。つまり、もしこの課題の状況がうまくいっている状況であるならば、参加者が構えに基づき課題を解く際の反応時間は、構えに基づく解法を用いて解く計算課題の計算時間と同等になると考えられる。

3.1. 方法

3.1.1. 参加者 参加者は大学生 22 名、最大 90 分で実験は行われ、謝礼として 2000 円が支払われた。

3.1.2. 材料 課題はデスクトップ PC(富士通株式会社, CLN6ESC1)を使用し、22 インチのディスプレイ(富士通株式会社, DF0154145)に提示された。課題の説明については用紙を配布しそれに基づいて行われた。課題は、本課題、計算課題、事後課題の 3 つの課題からなっていた。

本課題では、水がめ問題[7]をベースとして作成した

ものを使用した(図1). 課題は5つの水がめを使用して、必要な水の量を求めるというものであった. すべての数字が3桁で構成されていた. 本課題は30施行からなり、初めの3題は構えに誘導するために、容易に発見することができる1つの解(C-D-E)しか存在しない課題(誘導課題)となっている. 次の5題は構えを強固にするためのこの後の課題と同じ難易度で、C-D-Eでしか解けない課題(構え形成課題)とした. そして、続く20題が、C-D-Eに加えてC-Aというより簡単な解が存在する課題(構え解消課題)、最後の2問が参加者の課題への取り組み方を評価する課題であり、C-Aのみが成り立つ課題(テスト課題)となっていた(図2参考). 実験2における眼球運動の計測を想定し、水がめを横1列に並べ、構えに基づく回答(C-D-E)が真ん中から右の数字、より簡単な回答(C-A)が真ん中から左の数字になるように設定した.

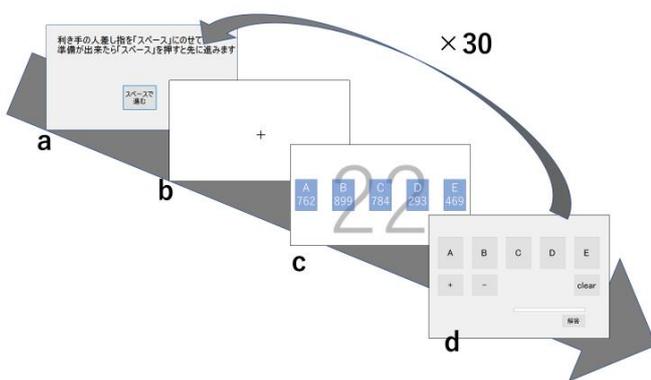


図1 課題の構成(a:教示, b:注視点, c:問題提示[1~3問目:誘導課題, 4~8問目:形成課題, 9~28問目:解消課題, 29~30問目:チェック], d:解答入力)

1~3問		<ul style="list-style-type: none"> 5つの数字(水がめ)が提示され、真ん中から右に3つの数字を使うことで目的とする数字(バックに表示)を作ることができる
4~8問		<ul style="list-style-type: none"> 9~28問目の難易度に徐々に合わせていく
9~28問		<ul style="list-style-type: none"> 真ん中と左端の2つの数字からも求められるようになる(C-A) ここで構えの解消が起こるのかを検証
29, 30問		<ul style="list-style-type: none"> 手を抜いて計算せずに解いたりしていないかをチェックするためにC-D-Eで解けない.

図2 課題の内容

計算課題は、本課題で要求される課題における計算時間のベースライン(以下BL)を測定することを目的に作成した. この課題は本課題における構え解消課題におけるC-D-Eの計算の難易度と同程度のもの10題からなっていた.

事後課題では、参加者のWMCを測定した. WMCの測定にはJOSPAN(日本語版オペレーションスパンテスト:[12])の測定を行った.

3.1.3. 手続き 参加者には数的能力についての調査として、実験の参加を募集した. 参加者は初めに、実験の内容についての説明を受け同意書への記入を行った. 参加者は初めに本課題を行った. 参加者は本課題の解き方と進め方についての説明を受け、説明が理解できているかを確認するための練習を行った. 練習が問題なく行えたのを確認したのち、課題を開始した.

この課題は4つのフェイズ(教示, 注視点, 問題提示, 解答入力)から構成されていた. そして問題提示, 解答入力それぞれにおいて反応時間を測定した. 30施行終了後参加者には、課題の経験などを含む簡単なアンケートに答えた. 参加者は自分のペースで課題を進めた. 本課題は30分経過したところで、最後まで解けていなくても終了とした. 本課題終了後、10分程度の休憩をとり、計算課題と事後課題(JOSPAN)を行った. 計算課題は本課題と同じく問題提示, 解答入力のフェイズに分かれており、問題提示の際の反応時間を取得した. 事後課題におけるJOSPANは[12]の手続きにのっとり行った.

3.2. 結果と考察

3.2.1. 構えの解消

22名の参加者のうち、構えを形成した参加者は14名、構えを形成しなかった参加者は2名、最後まで解けないもしくは分類が困難であった参加者は6名であった. ここでは9問目の時点で構え(C-D-E)に従った解き方を行っていない参加者を構えの形成をしていないと判断した.

構えを形成した14名の参加者の内、構えの解消を行えたのは4名であった. また構えを解消せずに28問目までC-D-Eで解いてしまう参加者が10名であった. 分類が困難な参加者の内訳は、課題を最後まで解けない参加者(4名)、解答に不備がある参加者(2名)であった.

実験1aでは、構えを解消した参加者は、構えを形成した参加者14人中4人と非常に少なかった. 実験

では3ケタの計算でかつ引き算の際、繰り上がり繰り下がりが必ず生じるという非常に難易度の高い課題を使用している。そのため、構えの解消をするには計算の難易度が高すぎた可能性が考えられる。最後まで解けない参加者が4名いたこともこの課題の難易度の高さを裏付けている。

3.2.2. 反応時間の分析

実験に用いた課題が、うまくいっている状況かどうかといえることを確認するために、課題解答中の反応時間を検討した。まず、構えを解消した4名の参加者について構えを解消した施行(n)の前の施行(n-1)の反応時間を検討した。

BLとの比較を行うため平均を比較した(表1)。その結果、n-1施行目の反応時間と、BLの間の有意な差は見られなかった($t(5.88) = .39, p = .71$)。このことは、構えを解消する際、参加者は前の施行において、計算にかかる時間同じ程度の時間で課題を解決していたことを示している。

これらの結果から、参加者が構えに基づいて課題を解決する際には、反応時間の面からみるとうまくいっている状況であると考えることが出来る。

表1 n-1におけるBLと思考時間(s)の平均(SD)

実験1a	BL	18.02 (8.08)
(n = 4)	思考時間	15.60 (9.35)
実験1b	BL	4.79 (1.18)
(n = 6)	思考時間	4.70 (1.14)

4. 実験1b

実験1aではタイプ2を働かせて構えを解消させた参加者は22名中4名であり、参加者の多くが構えを解消することが出来なかった。本研究の目的はうまくいっている状況において生じるタイプ2の起動を観察することである。そのため、構えの解消の生じる参加者が増える条件を検討する必要がある。

実験1aでは3ケタの難易度の高い計算を行っていたため、構えの解消に必要な認知資源が使用できなくなっていた可能性がある。そこで実験1bでは、課題の計算の難易度を下げることによって、構えの解消が促進されるかを検討する。

また、構え解消課題の問題数を増やすことで単純に構え解消の機会を増やすことが出来る。そこで構え解消課題の問題数も20題から50題に増やした。

4.1. 方法

4.1.1. 参加者 参加者は大学生21名で、実験1aと同様、最大90分で実験は行われ、参加者には謝礼として2000円が支払われた。

4.1.2. 手続き 実験1aと同じ手続きで実験を行った。ただし、構えの解消が生じる程度を操作するため、課題に使用する数字を2桁にし、繰り上がり繰り下がりの操作が乗じないようにした。

また、問題数が増えることで、構えの解消が促進される可能性も考え、構え解消課題の問題数を50題に増やした。

4.2. 結果と考察

4.2.1. 構えの解消

21名の参加者のうち、構えを形成した参加者は13名、構えを形成しなかった参加者は6名、分類が困難であった参加者は2名であった。構えを形成した13名の参加者のうち構えを解消したのは7名であった。

構えを形成した参加者のうち構えを解消した参加者は、実験1aに比べて、参加者全体の1/5(1a)から1/3(1b)に増加した。ちなみに実験1aと同じ課題数(28施行)までに構えの解消を起こしたのは7名のうち6名であった。

4.2.2. 反応時間の分析

実験1bのような計算が簡単になった場合においても、課題がうまくいっている状況といえるかを検討するために、n-1施行目の反応時間について検討した。外れ値(±3SD)が1つ見られたので、構え解消した参加者(7名)からその参加者のデータを除いた6名を反応時間の分析の対象とした。

次に、n-1施行目の反応時間とBLとの関係を調べるために、それぞれの平均を算出した(表1)。その結果、n-1施行とBLの間に有意な差は見られなかった($t(9.99) = .14, p = .89$)。このことから、実験1bにおいても、構えを解消した参加者はほとんど計算時間のみで回答をしており、うまくいっている状況であったと考えられる。

以上のことから、課題の難易度を下げた実験1bも、参加者にとってうまくいっている課題であるということが、タイプ1が正答を出すという課題設定に加えて、反応時間の面からも支持された。

4.2.3. WMCと構えの解消

最後に、実験1a,1bのそれぞれにおいて測定したWMCの個人差が、構えの解消に与える影響を検討し

た。個人の WMC の大きさの測定に JOSPAN の総合得点を使用した。

課題の計算の難易度と WMC の個人差の関係について検討するために分散分析を行った。方略の変更に関する先行研究では、認知負荷の大きい状況において、より認知負荷の少ない方略への移行が促されることが示されている[13]。そこで、実験間の WMC の個人差による効果を検証するため、構え解消(有・無)×実験条件(難計算・易計算)の 2×2 の分散分析を行った(表 2)。

その結果、構え解消、実験条件による主効果は見られなかった(構え解消： $F(1, 23) = .42$, 実験条件： $F(1, 23) = 4.10$, $ps > .05$)。しかし、構え解消と実験条件の間の交互作用が見られた($F(1, 23) = 5.62$, $p = .03$)。そこで、多重比較(Ryan 法)を行った。その結果、構え解消有における実験条件間の効果($F(1, 23) = 9.66$, $p = .005$)と、実験 1a における、構えの解消の効果($F(1, 23) = 4.55$, $p = .044$)が有意であった(図 3)。

つまり、実験 1a では構えの解消が見られた参加者のほうが、WMC が低かったが、実験 1b では構えの解消が見られた参加者と見られなかった参加者の間に WMC による差がないということである。

以上より、計算の難しい課題では WMC の低い者はより多くの認知負荷がかかるため、認知負荷による方略変更の促進が起り構えの解消が起こったが、計算の易しい課題では、WMC の大きさに関わらずほとんど負荷の大きさは変わらないため、認知負荷による構えの解消の促進が見られなくなったのだと考えられる。つまり、難課題においては負荷といううまくいかなさを WMC の低い参加者のほうが受けるため、構えの解消が生じやすいと解釈できる。このことから、難課題(実験 1a)に比べて易課題(実験 1b)のほうがうまくいっている状況を検討する課題として適していると考えられる。

表2 構え解消有無と WMC の平均(SD)

	構え解消有	構え解消無
実験1a	64.3(4.1)	77.9(12.7)
実験1b	84.1(6.8)	76.3(12.0)

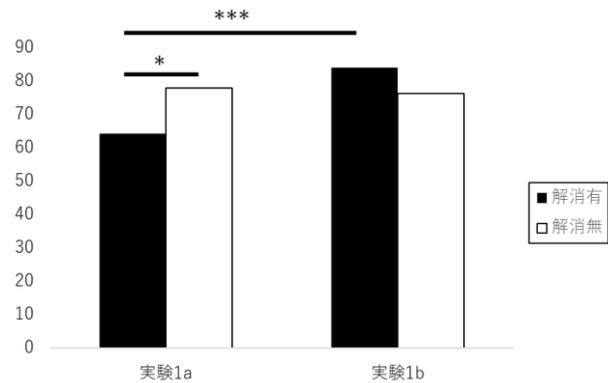


図3 構え解消(有・無)×実験条件(難計算・易計算)の分散分析(* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$)

5. 今後の課題

実験の結果、(1)本研究で作成した構え解消課題が、うまくいっている状況を作り出していることを、そして、(2)反応時間についての分析から、うまくいっている状況で構えの解消が起こりえることが確認された。また、実験 1a と 1b の間の比較から、1b の条件のほうが、構え解消数や WMC の個人差から、うまくいっている状況におけるタイプ 2 の働きを検討しやすいと考えられる。

そこで、実験 2 では、うまくいっている状況における認知プロセスについて検討するために、実験 1b 条件の課題を使用し、眼球運動を測定を通して、うまくいっている状況におけるモニターの働きについて検討する。

参考文献

- [1] Evans, J. S. B. (2008). Dual—processing accounts of reasoning, judgment and social cognition. *Annual Review of Psychology*, *59*, 225—278.
- [2] Evans, J. S. B. T. (2009). The duality of mind: A historical perspective. J. Evans & K. Frankish (Eds.), *In two minds: Dual processes and beyond*. New York: Oxford University Press. pp.1—29.
- [3] Evans, J. S. B. T., & Stanovich, K. E. (2013). Dual—process theories of higher cognition Advancing the debate. *Perspective on Psychological Science*, *8*(3), 223—241.
- [4] Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Strauss, Giroux.

(カーネマン, D. 友野典男(解説)・村井章子(訳))

- (2012). ファスト&スロー(上・下):あなたの意志はどのように決まるか? 早川書房)
- [5] De Neys, W., & Glumicic, T. (2008). Conflict monitoring in dual process theories of thinking. *Cognition*, **106**, 1248–1299.
- [6] Thompson, V. A., Turner, J. A. P., & Pennycook, G. (2011). Intuition, reason, and metacognition. *Cognitive Psychology*, *63*, 107–140.
- [7] Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological Monographs*, *54*(6), i–95.
- [8] Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior, In Davidson, R. J., Schwartz, G. E., & Shapiro, D. (Ed.), *Consciousness and Self-Regulation*, pp 1–18.
- [9] Sheridan, H. & Reingold, E. M. (2013). The Mechanisms and Boundary Conditions of the Einstellung Effect in Chess: Evidence from Eye Movements, *PLoS one*, *8*(10), e75796.
- [10] 寺井 仁・三輪 和久・古賀 一男 (2005). 仮説空間とデータ空間の探索から見た洞察問題解決過程. *認知科学*, *12*, 74–88.
- [11] Ellis, J. J., Glaholt, M. G., & Reingold, E. M. (2011). Eye movements reveal solution knowledge prior to insight. *Consciousness and Cognition*, *20*, 768-776.
- [12] 小林 晃洋・大久保 街亜 (2014). 日本語版オペレーションスパンテストによるワーキングメモリの測定. *心理学研究*, *85*(1),60-68.
- [13] Hoffmann, J, A., B, Helversen., & J, Rieskamp. (2013) Deliberation's Blindsight: How Cognitive Load Can Improve Judgments. *Psychological Science*, *24*(6-S), 869-879.