

問題解決課題における動作の機能に関する予備的検討 -プランニングの構成要素に基づく分類と評定の試み-

A preliminary study on the role of gestures during the problem-solving task: Categorization and coding based on planning components

別府 さおり¹, 石原 章子², 奥畑 志帆³, 井上 知洋⁴, 大柳 俊夫⁵, 岡崎 慎治⁶
Saori Beppu, Akiko Ishihara, Shiho Okuhata, Tomohiro Inoue, Toshio Ohyanagi, Shinji Okazaki

¹東京成徳大学, ²筑波大学大学院, ³佛教大学, ⁴香港中文大学, ⁵札幌医科大学, ⁶筑波大学
Tokyo Seitoku University, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Bukkyo University, The Chinese University of Hong Kong, Sapporo Medical University, University of Tsukuba
s-beppu@tsu.ac.jp

概要

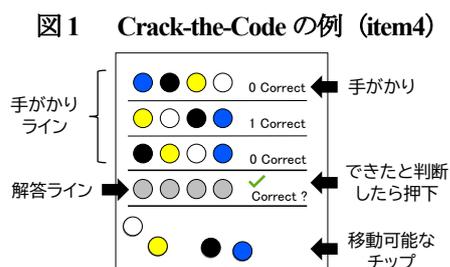
問題解決課題 (Crack-the-Code) を用いた実験を行い、プランニングの構成要素に基づく発話カテゴリーを用いて課題遂行中の自発的な動作の機能の特定と分類を試みた。動作は情報の特定や整理、探索空間の制限や評価といった機能を持ち、問題解決の一助となっていることが推察された。解答の正誤との関連は明確には見出されなかった。

キーワード: プランニング, Crack-the-Code, 自発的な動作, 言語的指標, カテゴリー表

1. 問題と目的

PASS (プランニング, 注意, 同時処理, 継次処理) 理論においてプランニングは、目標となる行動を生み出すために、内的, 外的情報を統合し、自分の行動や思考を調整していくプロセスである(Das et al., 1994)。プランニングの中でも問題解決に相当し、複数の解決方法のある課題において特に重要になる action planning を評価する課題として、Crack-the-Code (以下 CTC) が用いられてきた(Das & Georgiou, 2016)。

CTC は、Mastermind というゲームを改変し開発された課題であり(Das & Heemsbergen, 1983)、より高次のプランニングを評価する課題として用いられてきた(e.g. Parrila et al., 1996)。CTC では、画面上に提示された手がかりラインの全ての情報を統合し、色のついたチップの正しい配列を見つけることが求められる (図 1)。



CTC の特徴として、解決のための段階や方法が複数あること、プランニングの 4 つの構成要素である表象

(representation)、予測 (anticipation)、実行 (execution)、調整 (regulation) が継続して用いられることが挙げられる (Parrila et al., 1996)。Papadopoulos et al.(2001)によると、表象は、課題の空間的, 因果的構造に関する内的表象を生み出すこと(Scholnick & Friedman, 1987)である課題の明確化, 利用可能な方略または解決策を見つけるために生み出す様々な方略に関連する探索の方法, 望んでいる最終的な状態についての理解に関連するゴールの表象の 3 つの下位概念を含む。予測は、実行する前にプランあるいは部分的なプランの結果を予測する能力に関連しており、表象により構築されたプランの潜在的な試行も含まれる。実行はその環境におけるプランの適用である。調整は、プランによる行動のモニタリングとコントロール、そしてプランと、実行済あるいは実行中のプランの適切さの評価を含んでいる(Parrila, 1996)。評価は解決方法の正しさ、進捗状況、そして最終的にはプランそのものの適切性を査定することに関連している(Papadopoulos et al., 2001)。CTC における表象は、問題の初期状態である配列と条件を理解した上で最終的なゴールの配列の状態を設定すること、予測はチップを動かした結果を予測すること、実行は、実際にチップを動かすこと、調整の中の評価は、動かしたチップや解答などについての実行中あるいは実行したプランを評価することである(別府, 2006)。

別府他(2024)の実験では、フィードバック有りの CTC を用い、遂行成績と発話および方略の報告から、事前のプランで全ての情報を統合しゴールを設定することが難しい問題において、チップの移動を開始してからもモニタリングやコントロールを随時行いつつ課題の明確化を行っていることが示され、プランニングは非一次元的で構成要素が繰り返されるとする知見(Das & Misra, 2015)を支持した。また、協力者は解答ラインの下の空きスペースでチップを並べ替える行動「仮置き」(tentative arrangement) や消去法など複数の方略を意図的に用い、問題構成に応じて方略を切り替えており、古い知識を新しい問題と関

連づける、代替となる方略を探す、変化する問題に柔軟に対応するといった創造性の関与が確認された。プランニングや創造性の評価においては問題解決のプロセスに着目することが重要であり、多様な指標を総合したより詳細な検討が求められる(別府他, 2024)。

ところで、筆者らはこの実験において、協力者が CTC 遂行中に自発的に動作を行っていることを発見した。

問題解決場面や創造性を評価する課題における動作に関する研究のなかでも、協力者が課題遂行中に自発的に行う動作の機能について、佐々木・渡辺(1983)は、漢字の構成要素組合せ課題の遂行中に出現する自発的な空書行動が認知過程の円滑な進行を援助する役割を担っていることを示している。Yokochi & Okada (2005)は、水墨画の制作過程で出現した空中で筆を描く動きが、実際に紙に描く前のポジショニング、リハーサル、イメージ生成の機能があることを示唆した。Chu & Kita(2008)は、心的回転課題時のジェスチャーは問題解決に使われる心的表象の単なる反映にとどまらず、問題解決において積極的な因果的役割を果たすことを示唆した。

以上のことから、自発的な動作は問題解決や創造的な活動を促進する機能を持つと考えられる。

また、プランニング、注意、同時処理、継次処理の4つの認知機能を評価する心理検査である DN-CAS 認知評価システムのプランニングの下位検査では、被検査者が使用した方略の報告および観察結果を評価点の解釈に生かすことが定められている(Naglieri & Das, 1997 前川他訳 2007)。方略には、指を使うなど動作に関するものも含まれており、課題遂行中の動作の評価は、プランニングのより多角的で正確な評価に寄与すると考えられる。

これらのことから、CTC 遂行中に協力者が自発的に行う動作の機能を明らかにすることで問題解決過程をより詳細に検討できると考えた。そこで本研究では、CTC 遂行中の動作の機能を検討すること、カテゴリー表を試作し評価を試みることを目的とした。

なお、本稿は別府他(2024)の続報に当たるものであり、協力者、課題と手続きは同一である。また、結果の一部を同論文より引用している。

2. 方法

- ・協力者：大学生13名(平均年齢20歳6ヶ月, CA18:2-

25:11, m=4, f=9)であった。

- ・課題と手続き：クロスプラットフォーム対応の総合開発環境 Xoj で作成された CTC を用いた。練習問題を用いて教示を行った後、チップは何回でも移動可能であること、制限時間、解答中のフィードバックについて説明を行った。本研究では3~5個のチップと2~5行の手がかりラインを用いた問題のうち、4つのブロックから各2題、計8題を実施した(表1)。ブロック1~3までは180秒、ブロック4では300秒の制限時間を設定した。所要時間およびチップの移動過程、解答の正誤、フィードバックをコンピュータ上で記録した。Facilitator である実験者がコンピュータ画面に、Codebreaker である協力者がコンピュータに接続されたサブモニタ画面に向かい、協力者はタッチペンを用いてチップを操作し、実験者は操作のモニタリングおよび Good または Query のフィードバックを行った。協力者には、考えたことを話しながら課題を行うよう教示し、実施中はビデオ撮影を行った。動作についての教示は行わなかった。課題終了後、「どのようなやり方で行ったか」を尋ねた。

- ・倫理的配慮：研究参加は自由意志であり中断や撤回が不利益にならないこと、適宜休憩できること、プライバシー保護について協力者に書面および口頭にて説明し同意書により承諾を得た。本研究は筆頭著者所属の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号21-5, 22-8)。

- ・分析方法：予備観察としてビデオ映像を概観し、特に多様な動作が生じていた item4 を分析対象とした。動きの中心となるフェーズであるストローク(細馬, 2019)のうち、タッチペンで実際にチップを動かす動作を除いた、タッチペンや手指を動かして手がかりなどを指す動作を分析対象とした。Vrew ver.1.17.4 と QuickTime Player を用い、時系列に沿って書き起こされたチップの移動と発話のトランスクリプト上にストロークを書き起こし加えた。各ストロークの機能の検討には、別府他(2024)が作成した CTC 遂行時の発話カテゴリーを用いた。これは、プランニングの構成要素に基づく8カテゴリー(課題の明確化、移動の決定、予測、評価、多方面にわたる発言、無関係、フィードバックへの反応、移動開始後の課題の明確化)・15下位カテゴリーから構成される。このうち移動の決定は実際のチップの移動に伴うため除外した。また、チップの移動と発話に加え、最初の潜時などのタイミング、「仮置き」や解答ラインへのチップの配置などを問題解決過程上の文脈として参照した。まず発話と共起した

表1 Crack-the-Code の問題構成

ブロック	問題	移動可能なチップ数	手がかりライン数	手がかり	制限時間(秒)
1	item1,2	3	2	0 Correct / 1 Correct	180
2	item4,5	4	3	1 Correct / 2 Correct	180
3	item7,8	4	4	0 Correct×2 / 1 Correct / 2 Correct	180
4	item10,11	5	5	0 Correct×2 / 1 Correct×2 / 3 Correct	300

ストロークの機能を特定し、その上で発話と共起しないストロークの機能を推定した。ビデオ映像と機能の分類、機能の適切さを何度も相互に確認しながら検討し、カテゴリー表（試作版）を作成した。全ストロークについて試作版に基づく評定を行った。1つのストロークに2つ以上の機能があると判断されたものは、次元の考え方(細馬, 2019)を適用し、2つ以上の評定を付したため、ストローク数の合計と評定数の合計は一致しない。ストロークの機能数と解答の正誤との関連を検討した。

3. 結果

1. item4 の遂行成績と問題の特徴

別府他(2024)より、item4 の正答率は 61.5%であり、誤答は全て時間オーバーであった。各指標の平均と SD は、最初の潜時は 37.1±45.2 秒、遂行時間は 82.8±50.7 秒、評価時間は 2.0±4.4 秒、チップの移動回数は 13.6±8.6 回であった。item4 はブロック 1 から問題構成が大きく変化し、移動可能なチップ数と手がかりライン数が増える。そのため、最初の潜時で問題の初期状態の理解や最終的なゴールの配列の状態を設定することが困難になり、チップの移動を開始してからも情報の整理や統合、解決方略の生成、試行錯誤、プランを試行し結果を予測することも繰り返し要求される場合がある。

2. 動作の機能の検討とカテゴリー表（試作版）作成

「課題の明確化 [表象]」には既存の情報全般と特定、情報の結びつけ、除外による探索空間の制限、移動の試み、「予測 [予測]」には予測と「仮置き」での評価、「評価 [調整の中の評価]」にはチップ配置後の評価が該当すると分類された (表 2)。いずれにも非該当または特定できないものは不明とした。

3. 試作版を用いた評定結果および解答の正誤との関連
13名の合計ストローク数は 564、平均 43.4(SD = 35.8、範囲 0~125) であった。評定の結果、495 ストロークが課題の明確化 [表象]、4 ストロークが予測 [予測]、74 ストロークが評価 [調整の中の評価]、9 ストロークが不明に該当した。

正答者 8 名の課題の明確化 [表象] に該当したストローク数の平均は 29.4(SD=40.3)、予測 [予測] は 0.4(SD=1.1)、評価 [調整の中の評価] は 5.8(SD=10.4)、誤答者 5 名の課題の明確化 [表象] に該当したストローク数の平均は 52.0(SD=28.5)、予測 [予測] は 0.2(SD=0.5)、評価 [調整の中の評価] は 5.6(SD=7.4)であった。

4. 考察

カテゴリー表（試作版）を用いた評定の結果から、CTC 遂行中の動作も発話と同様にプランニングの構成要素に基づき分類できることが示された。また、個人差が大きく協力者全体の傾向を示すことに限界はあるものの、CTC

表 2 Crack-the-Code 遂行時における動作の機能カテゴリー表（試作版）

カテゴリー	動作の機能	動作	備考
課題の明確化 [表象]	既存の情報全般	問題画面全体を指す、または手がかりラインやチップや解答ラインの一部を指すが特定のものは指していない	タッチペンまたは手指が画面からだいたい離れていることもある。情報が絞り込まれていない、または絞り込む前段階と考えられるもの。
	既存情報の特定	手がかりラインやチップや解答ラインを指す動作で、特定のものを指しているとは判断できる場合	画面下でタッチペンをタップするといった場合もある
	情報の結びつけ	複数の手がかりラインやチップを順に指す、縦や横や斜めの動き	複数の手がかりを意図を持って指す、手がかりを見比べるといったものが含まれる
	除外による探索空間の制限: 配置先	チップが入らない配置先を指す	「ここじゃない」「黄色がいるべきじゃない」といった、チップが配置されない場所や配置されないチップを特定したり、消去法により可能性を絞り込んだりする発話を伴うことがある。
	除外による探索空間の制限: チップ	チップを指す	
	除外による探索空間の制限: 手がかり	手がかりラインを指す	
	移動の試み: 配置先	チップの配置先を指す	「ここかもしれない」「黒がここかな」といった、配置先の特定、可能性を絞り込む、探索空間を制限する発話を伴うことがある
	移動の試み: チップ	チップを指す	特定のチップを指すだけの動作
	移動の試み: 手がかり	手がかりラインを指す	手がかりライン上の情報を指す
	移動の試み: フリ	チップを動かし配置する動作	指しているものが不明確だが、仮に配置する動き (フリ)
予測 [予測]	予測	手がかりラインを指した後、タッチペンを外す、「仮置き」のチップを指す等	「黒か、あ、違うな」といった、実行前に結果を査定する発話に同期する動作で、他の機能には該当しないもの
	「仮置き」でのチップの移動の評価: チップ	「仮置き」済の特定のチップ (1つまたは複数をもとめて) を評価のために指す	
	「仮置き」でのチップの移動/解答ラインの評価: 解答ライン	「仮置き」の評価のために解答ラインの特定の位置または全体を指す	評価 [調整の中の評価] に準ずるが、「仮置き」であるものが該当する
	「仮置き」でのチップの移動/解答ラインの評価: 手がかり	「仮置き」の評価のために手がかりラインを指す	
評価 [調整の中の評価]	チップの移動の評価: チップ	配置済の特定のチップ (1つまたは複数をもとめて) を指す	1つまたは複数の配置された特定のチップを指すものが該当する
	チップの移動/解答ラインの評価: 解答ライン	チップ未配置の解答ラインの特定の位置、または解答ライン全体を指す	解答ライン全体または特定のチップが不明な場合が該当する
	チップの移動/解答ラインの評価: 手がかり	手がかりラインを指す	チップと手がかりラインを交互に指すといった場合がある
不明	不明	機能が特定できない、いずれにも非該当	ストロークが小さい、画面から離れている等

注1) 課題の明確化 [表象] の動作は、最初の潜時の間に生じるとは限らない

注2) 同じ動作の場合は文脈で判断する

注3) 除外による探索空間の制限、移動の試み、予測、評価は、動作の評定においてはその正誤は問わない

遂行中の自発的な動作は情報の特定や整理, 探索空間の制限や評価といった機能を持ち, 問題解決の一助となっていることが推察された. 田中(2022)は, 身体性認知に関する仮説のうち, 身体および環境は, 認知過程に対する外的要因として影響を与えているのではなく, 認知そのものを構成する積極的な役割を果たしているという構成仮説 (constitution hypothesis) を取り上げ, 身体とその運動, 身体と連動する道具, 道具とカップリングされる特定の環境, これらすべてが思考や判断といった認知過程を構成する一部として機能していると述べている. 本研究の結果は, 特定の問題解決課題を行うという状況下で協力者が自発的に行う動作が問題解決過程に関わる一部であることを示唆していると考えられ, CTC 遂行中の自発的な動作はプランニングを評価する際の指標の一つとなりうる可能性が示された.

一方, 動きが小さい, 画面から離れている, 発話と共起していないといった動作は文脈を参照しても評定に迷うものが多く, 特に予測 [予測] については動作のみで評定することは困難であった. また, 大半のストロークが課題の明確化 [表象] に該当すると判断されたが, 偏りがある可能性も否めない. 評定方法の妥当性と信頼性の確保, 正確な量的分析が今後の課題である.

解答の正誤との関連については, 先行研究では, 動作により心的回転課題や折り紙課題などの空間視覚化課題の成績が向上することが示されている(Chu & Kita, 2011). 本研究では, 誤答者の方が課題の明確化 [表象] に該当するストロークが多かった. しかし, 誤答は全て時間オーバーだったことから, 所要時間が長い分ストローク数が多くカウントされている可能性もある. 本研究の結果から, 動作の回数や機能と CTC の解答の正誤との因果関係を示すことには限界があり, 今後の精査が必要である.

さらに, プランニングプロセスにおける動作の機能を質的に検討するため, プロトコル分析またはマルチモーダル分析によりチップの移動, 発話, 動作全ての指標を総合的に分析することも必要であると考えられる.

文献

- 別府 さおり (2006). 注意欠陥多動性障害児のプランニングに関する研究: Crack-the-Code を用いた検討 筑波大学人間総合科学研究科博士論文 (未公開).
- 別府 さおり・石原 章子・奥畑 志帆・井上 知洋・大柳 俊夫・岡崎 慎治 (2024). フィードバックを伴う問題解決過程におけるプランニングと創造性: 言語的指標を中心とした分析による検討 東京成徳大学心理学研究, 1, 66-76.
- Chu, M., & Kita, S. (2008). Spontaneous gestures during mental rotation tasks: Insights into the microdevelopment of the motor strategy.

- Journal of Experimental Psychology: General*, 137(4), 706-723. 10.1037/a0013157
- Chu M., & Kita S. (2011) The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 102-116. <https://doi.org/10.1037/a0021790>
- Das, J. P. & Georgiou, G. K. (2016). Levels of planning predict different reading comprehension outcomes. *Learning and Individual Differences*, 48, 24-28. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.04.004>
- Das, J. P. & Heemsbergen, D. B. (1983). Planning as a factor in the assessment of cognitive process. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/073428298300100101>
- Das, J. P., Kar, B. C., & Parrila, R. K. (1996). *Cognitive planning: The psychological basis of intelligent behavior*. Sage Publications.
- Das, J. P., & Misra, S. B. (2015). *Cognitive planning and executive functions: Applications in management and education*. Sage Publications.
- Das, J. P., Naglieri, J. A., & Kirby, J. R. (1994). *Assessment of cognitive process*. Allyn & Bacon.
- 細馬 宏通(2019). 動作分析: コーディングから量的/質的分析へ 細馬 宏通・菊地 浩平 (編) ELAN 入門(pp. 104-119) ひつじ書房
- 細馬 宏通(2019). ジェスチャー分析: 分類と次元 細馬 宏通・菊地 浩平 (編) ELAN 入門(pp. 120-133) ひつじ書房
- Naglieri, J. A. & Das, J. P. (1997). *Cognitive Assessment System administration and scoring Manual*. Riverside Publishing Company. (ナグリエリ, J. A., ダス, J. P. 前川 久男・中山 健・岡崎 慎治 (訳) (2007) 日本版 DN-CAS 理論と解釈のためのハンドブック 日本文化科学社)
- Papadopoulos, T. C., Parrila, R. K., & Das, J. P. (2001). Methylphenidate and problem solving in children with ADHD: Does equal outcome mean equal process? *The Korean Journal of Thinking & Problem Solving*, 11(1), 51-72. <https://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/37559>
- Parrila, R. K. (1996). *The development of planning skills in children*. [Unpublished doctoral dissertation]. University of Alberta.
- Parrila, R. K., Das, J. P., & Dash, U. N. (1996). Development of planning and its relation to other cognitive processes. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 17, 597-624. [https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(96\)90018-0](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(96)90018-0)
- 佐々木 正人・渡辺 章(1983). 「空書」行動の出現と機能: 表象の運動感覚的な成分について 教育心理学研究, 31(4), 273-282. https://doi.org/10.5926/jjep1953.31.4_273
- 田中 彰吾(2022). 身体性に基づいた人間科学に向かって 嶋田 総太郎 (編) 心と身体(pp. 231-264) 東京大学出版会
- Yokochi, S. & Okada, T. (2005). Creative cognitive process of art making: A field study of a traditional chinese ink painter. *Creativity Research Journal*, 17(2 & 3), 241-255.
- 謝辞: 協力者の皆様に深謝いたします. 本研究は JSPS KAKENHI (課題番号 20K20878) による支援を受けた.