

洞察問題解決課程における制約逸脱に身体動作が与える影響

Effect by body movement on constraints relaxation in insight problem solving

梁川 祥吾[†], 若林 一貴[†], 齊藤 滋規[†]
Shogo Yanakawa, Kazuki Wakabayashi, Shigeki Saito

[†]東京工業大学 環境・社会理工学院
School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology
yanakawa.s.aa@m.titech.ac.jp

Abstract

A past research proved a positive effect of walking on divergent thinking without taking insight into account. Creativity is directly related to insight which in turn can be achieved through constraint relaxation. This research verifies the effect of walking on constraints relaxation in insight problem solving. Even though the result does not show a significant correlation between walking and the constraints relaxation, it is suggested walking leads to incubation and facilitate the constraints relaxation.

Keywords — Insight problem, Constraints relaxation, walking,

1. はじめに

21 世紀に入り、社会はグローバル化やデジタル化によって、ますます複雑になっている。このように複雑化する現代社会では、これまでになかった新しい問題が次々と発生し、経験による問題解決が難しくなっている。そのため、ただ知識をもつことだけでなく、新しいアイデアを出す力、とくに創造性に対する重要性が高まっている。しかし創造性の研究は、創造性という単語の多義性から、単語の定義や、ケーススタディ法に限られてきた。

創造性の研究の転換点となったのが、Finke[1]によるジェネプロアモデルである。ジェネプロアモデルは認知アプローチによる実験結果に基づいた一般的な創造活動の認知モデルである。ジェネプロアモデルは大きく 2 つの特徴をもつ。第一に、人間の創造的活動は発明先行構造という心的イメージを生成する段階と、その発明先行構造が創造的であるか解釈する段階の 2 つから成り立っている点である。イメージの生成段階では、記憶探索や概念合成などにより、発明先行構造という心象表象を生成する。解釈の段階では、発明先行構造を有意に解釈し、当面の課題を解決できるかどうかを検討する。そして満足の得られる解釈ができるまで、生成と解釈のサイクルを繰り返す。第二のジェネプロアモデルの特徴として、発明先行構造を生成、解釈する両方の段階で、産出物からの制約を受けてい

ることである。Finke は産出物からの制約の例として、産出物のタイプやカテゴリーなどを挙げている。

このジェネプロアモデルが元となり、発明先行構造の生成段階に対応するアイデアを拡散・生成する発散的思考と、発明先行構造の解釈段階に対応するアイデアを選択する収束的思考の 2 つの思考の交互作用が創造性には重要であると考えられている。発散的思考、収束的思考に影響を与える要因として歩行動作がある[2]。この研究では 2 つの思考を図るため、アイデア生成課題と RAT テストを使用した。結果、発散的思考に対しては歩行動作の影響が示された。

創造性には心的制約も重要である[3]。心的制約からの逸脱を図る指標の一つとして洞察問題がある。洞察問題は制約によりインパスに陥るように問題が設計されている。そのため解決過程における制約の動的緩和理論[4]では、インパスから逸脱するため制約を徐々に緩和していく必要が指摘されている。歩行動作により、この緩和が促進される可能性がある。

本研究では、制約逸脱に対する歩行動作の影響を検証する。具体的には各被験者に対して、インパスに陥った際に歩行動作を行う場合、行わない場合の 2 条件で洞察問題に取り組ませる。洞察問題解決過程を録画、分析することで、インパス前後の制約逸脱率を比較し歩行動作の影響を検証する。

2. 実験

2.1. 実験課題

本研究では制約逸脱を定量的に観察する必要があるために、実験課題として幾何的な問題である必要がある。また各被験者が2題の洞察問題に取り組むため、学習効果が少ない問題である必要がある。よって T-puzzle (図 1) と 16 点問題 (図 2) を使用した。

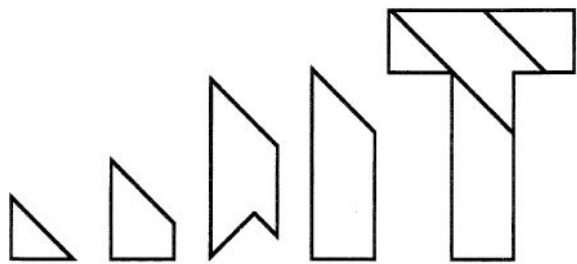


図 1 T-puzzle

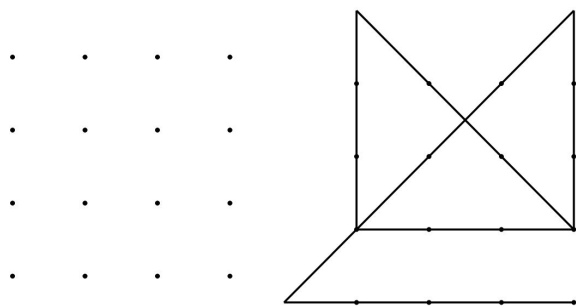


図 2 16 点問題

2.2. 実験

被験者

本学大学生及び大学院生 34 名が実験に参加した。
被験者は、T-puzzle を歩行条件で、16 点問題を非歩行条件で解く群と、問題と条件の組み合わせを変えた群に分かれている。歩行条件ではインパスに陥ったと被験者が感じた場合に歩行動作を行わせるが、非歩行条件ではインパスの報告だけ行わせ、そのまま問題解決を継続させる (図 3)。なおインパスの報告は複数回おこなってよいものとする。本実験では、被験者のインパス前後での試行の違いを確認するため、過去に T-puzzle、ないしは 9 点問題を解いたことのある被験者は、分析対象としない。

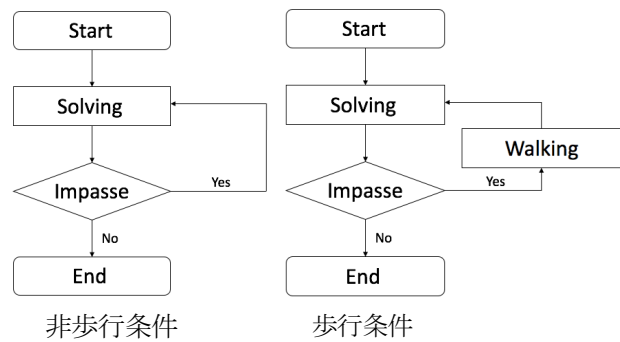


図 3 各条件にける実験手続き

実験環境

創造的問題解決においては、照明の明るさや、部屋の色彩などが問題解決に影響を与える可能性がある。そのため理想的にはなにもない部屋で実験を行う必要がある。本研究では図 4 の見取り図の実験室 (図 5) を使用した。

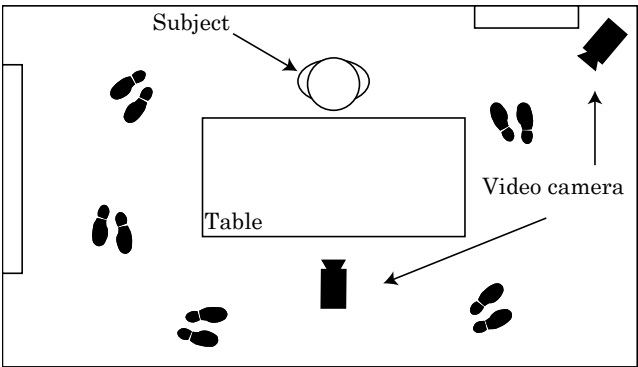


図 4 実験室見取り図



図 5 実験室

実験手続き

実験は1人ずつ実施した。被験者は実験室入室後、中央に着席し、紙面によって示された最初の問題に対する実験手順を確認した。被験者はその手順書を読んだ後に、同様の内容の教示ビデオを確認した。録画の都合上、被験者には机に引かれた縦40 cm×横50 cmの枠のなかで問題解決を行うよう指示した。被験者は合図と共に問題に取り掛かり、机の上に置かれたキーボードでスタート、インパス、終了の合図を行った。歩行条件では、インパスの合図の後に、被験者は好きなように部屋の中を歩くが、非歩行条件においてはインパスの合図だけを行い、問題解決を継続させる。どちらの条件でも、この動作は何度行ってもよいものとした。2問目においても同様に、机の上に新たに用意された実験手順を読んだ後に、手順書と同様の内容の教示ビデオを確認する。被験者が実験手順を理解した後に、先程と同様に実験を開始する。両条件において制限時間は30分とし、時間内に解決に至らなかった場合はこちらから合図を行い、問題解決を終了させた。なお1問目で時間内に解決に至らなかった場合でも、2問目に取り組ませた。T-puzzle、16点問題の経験者の有無と歩行動作中になにを考えていたのかを確認するためのアンケート調査を行った。

2.3. 解析手法

制約緩和

T-puzzleにおける制約は2種類[5]存在する。1つ目の制約は5角形のピースの置き方に対応する。基準線と平行または垂直になる辺ができるだけ多くなるように、ピースをおく傾向がある。よって図6の(c)や(d)のように、5角形のピースを垂直に置くような試行を制約に囚われた試行とし、(a)や(b)のような試行を制約から逸脱した試行と定義する。2つ目の制約はピースとピースの組み合わせに対応する。一般にパズル問題ではきれいな形を作ろうとする傾向があり、T-puzzleにおいては五角形のピースの角を埋めようとする傾向がある。よって(b)や(d)のように、五角形の角を他のピースで埋めるような試行を制約にとらわれた試行とし、(a)や(c)のような試行を制約から逸脱した試行と定義する。

同様に16点問題における制約も2種類存在する。外周12点に注目することで1つの四角形としてカテゴリー化し、四角形の内部に収まるよう線を引く。16点によって作られる四角形の枠からはみ出るように線を引いた場合、制約を逸脱した思考とする。また図7

のような線の引き方も制約の逸脱と定義した。これは一つの点から線を引く際に、1つの点から一番近い点、またはその次に近い点に線を引く機能が点同士の関係によって選択されるためである。

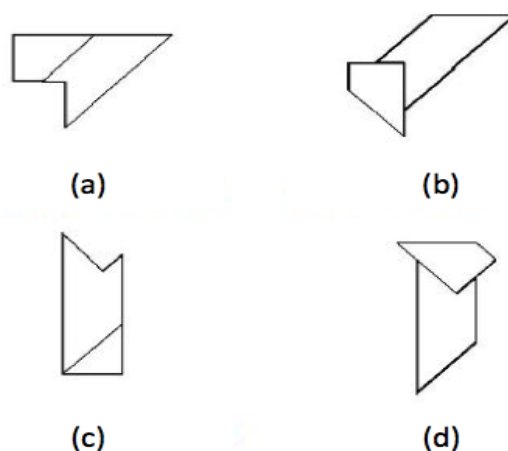


図6 T-puzzleの制約逸脱

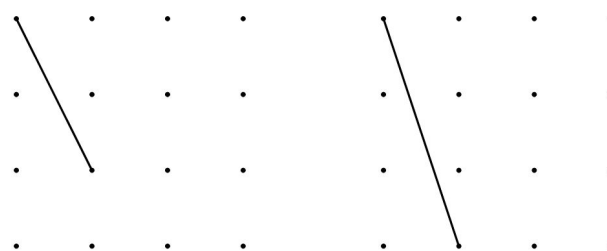


図7 16点問題の制約逸脱

試行の数え方

1つの試行とは被験者がやり方を試みるが、失敗に気づき、別のやり方を試すまでとする。よってT-puzzleにおいては、2つのピースを組み合わせさせてから、複数個で組み上がったパズルのいずれか一つのピースを離すまでと定義する[4]。また分析者の主観が入ることを避けるために、ピースが物理的に接触し、組み合わせた場合のみをカウントし、ピース同士が物理的に接触しなかった場合はカウントしないこととする。

同様に16点問題の試行は、ペンで紙に書き始めてからペンを紙から離すまでを1試行とする。T-puzzle同様、ペンが物理的に紙に接触した場合のみをカウントする。

制約逸脱率の求め方

制約逸脱率はセグメント毎に求める。セグメントは実験開始から最初のインパス、インパスとインパスの間、最後のインパスから実験終了までによって定義される。制約逸脱率は各セグメントにおける、制約を逸

脱した試行回数をセグメントにおける試行回数で除したものと定義する。各インパスに注目し、その前後における制約逸脱率を条件ごとに比較し、歩行動作の影響を調べる。

3. 実験結果及び考察

3.1. 歩行動作の有無と制約逸脱率

以下の解析では両問題とも未経験かつ、問題解決中にインパスに陥った被験者を対象とする。T-puzzleを歩行条件で、16点問題を非歩行条件で解く群では7人、問題と条件を入れ替えた群では6人であった。各条件におけるインパス前後の制約逸脱率の平均値は表1のようになった。

表 1 各条件におけるインパス前後の制約逸脱率

		インパス前	インパス後
T-puzzle	歩行条件	0.28	0.55
16点問題	非歩行条件	0.15	0.27
T-puzzle	非歩行条件	0.15	0.32
16点問題	歩行条件	0.24	0.39

解いた問題の種類と条件、そしてインパスの前後を要因とする、2×2×2の3要因分散分析を行った。3要因による一次の交互作用は $p=0.612$ となり有意でなかった。問題と条件間、問題とインパスの前後、条件間とインパスの前後の交互作用はそれぞれ $p=0.611$, $p=0.863$, $p=0.379$ となり、有意水準5%で有意でなかった。条件間の主効果は $p=0.351$ であり有意でなかったが、問題とインパスの前後の主効果はそれぞれ $p=0.044$, $p=0.005$ となり有意であった。3要因の分析の結果、問題による主効果とインパスの前後による主効果が有意であった。問題解決が進むと、制約からの逸脱率が上昇するのは既存研究でも言われており、インパスの前後における主効果がみられたのは当然といえる。また、問題間に主効果があるということは、問題の性質が違った可能性が存在する。

3.2. 歩行動作の有無と制約逸脱の考察

非歩行群より歩行群の方が制約の逸脱率が高いが、有意差が得られなかった。統計的に有意な差が得られなかった理由の1つとして、被験者数が充分でなかったため、歩行動作の影響が統計上に現れなかったと考えられる。

インパスの前後による主効果が有意だったのは、試行が増えるにつれ、制約を逸脱する試行が増えることを考えると当然といえるだろう。

問題間で有意差が見られたということは、これらの問題が対称でなかったことを示している。問題未経験者によるT-puzzleの正答率は77%であるのに対して、16点問題の正答率は48%であった。これに対して t 検定を行うと $p=0.043$ と有意差が得られた。よってこの2題では難易度の面で差があったと考えられる。T-puzzleと16点問題の難易度に差がある理由として、ゴールの明示レベルが異なるという点が考えられる。T-puzzleは4つのピースでT字を作ることが明示されているが、16点問題ではただ条件が書いてあるのみである。一般的に、答えが明示されている方が正答率は高い。ある実験では、問題文中のT-puzzleの大きさを、ピースと同じ大きさに印刷したものとピースより縮小した大きさに印刷したものの2群に分けてテストを行った。結果、縮小印刷した問題文を用いた群より実寸大を使用した群の解答時間のほうが遥かに早いという結果が得られた。このようにゴールの明示性により難易度は大きく変化する。本実験の問題文中では、T-puzzleを実際のピースの大きさの2/3に印刷したため、答えが明示されていない16点問題のほうの難易度が高くなったと考えられる。

よって今後は、T-puzzleと16点問題に対して、別々に解析を行っていく。

3.3. 歩行動作中の思考の有無と制約逸脱率の考察

実験終了後に行ったアンケート調査を元に、歩行動作中に問題のことを考えていたか、それ以外かでデータを分けた。歩行動作中に問題のことを考えていた群は歩行・思考群とし、問題以外のことを考えていた、または特になにも考えていなかった群を歩行・非思考群とした。それぞれの群のインパス前後における制約逸脱率の平均値をグラフにしたものが図8である。図8より、インパス前後の制約逸脱率の差は歩行・思考群より歩行・非思考群のほうが高い。よって歩行・非思考群と非歩行群で2要因分散分析を行った。T-puzzle未経験者は21名であり、9名が非歩行、5名が歩行・非思考群であった。結果、交互作用では $p=0.036$, 条件間の主効果は $p=0.037$, インパスの前後で $p=0.004$ となり、有意水準5%ですべて有意となった。交互作用が有意だったので、次に単純主効果について調べる。インパス前の制約逸脱率に歩行動作の影

響は有意ではなかったが ($p=0.744$) インパス後の制約逸脱率において歩行動作の影響は有意に効果があった ($p=0.003$)。歩行動作中になにも考えなかった場合の制約逸脱率はインパスの前後で有意差があり ($p=0.002$)、歩行動作がない群では有意差が得られなかった ($p=0.392$)。

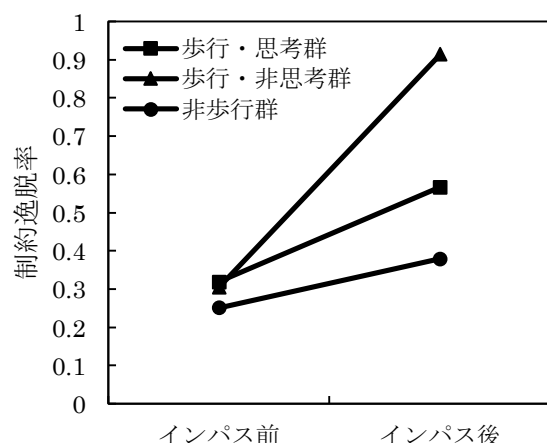


図 8 T-puzzle におけるインパス前後の制約逸脱率

次に16点問題に対して同様の2要因分散分析を行う。インパスの前後における制約緩和率の平均値をグラフにしたものが図9である。16点問題未経験者は16名であり、8名が非歩行群、歩行・非思考群は2名であった。歩行・非思考群と非歩行群で2要因分散分析を行った。条件間での主効果は $p=0.059$ 、インパス前後での主効果は $p=0.057$ 、交互作用は $p=0.414$ となり、有意水準5%では、交互作用は有意でなかった。また条件間でも、インパスの前後でも主効果は有意でなかった。

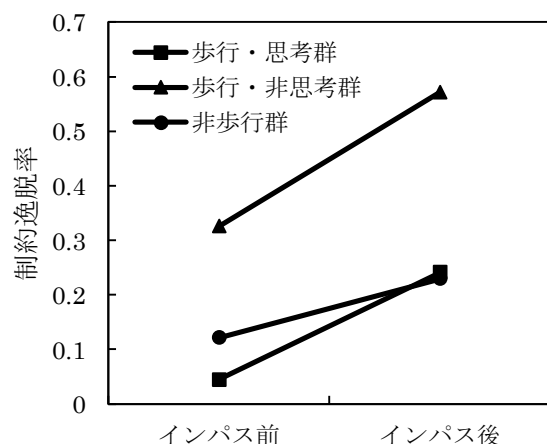


図 9 16点問題におけるインパス前後の制約逸脱率

T-puzzle と 16 点問題それぞれに対する 2 要因分散分析の結果、T-puzzle においてのみ歩行・非思考群と非歩行群で交互作用が有意であった。

16 点問題で歩行・非思考群と非歩行群の有意差が得られなかった理由の1つとして、歩行・非思考群の標本数が充分でなかったことが挙げられる。T-puzzle では非歩行群が 9 人に対し、歩行・非思考群は 5 人であった。しかし 16 点問題では非歩行群が 8 人に対し、歩行・非思考群は 2 人であった。分散分析は標本数が少ないと有意差が得られにくくなるため、標本数の少なさが 16 点問題で有意差が得られなかった理由の1つと考えられる。T-puzzle と 16 点問題で、歩行・非思考群の割合に差がある理由として、問題の性質が異なることも考えられる。16 点問題は問題の図がイメージしやすく、歩行しながらでも問題を考えやすい。それに対し、T-puzzle は 4 つのピースをイメージしながら、脳内で組み合わせなければならいため、イメージが難しく歩行動作中に問題のことを考えにくい。このイメージの行いやすさの差により、歩行動作中に問題のことを考える被験者の割合が高い可能性がある。また 16 点問題は問題用紙を持つことで、歩行動作を行いながら考えることができる。実際に被験者の 1 人は 16 点問題の問題用紙を持ちながら歩行動作を行ったが、T-puzzle でピースを持ちながら歩行動作を行った被験者はいなかった。この問題の性質の差が、歩行・非思考群の差につながったと考えられる。

ここで T-puzzle で得られた結果のみから考察を行う。分析の結果から、歩行・非思考群は歩行・思考群より制約逸脱率が高いことがわかる。つまりは何も考えずに歩行動作を行うこと、または何も考えないことそれ自身が制約逸脱を促進するということである。

この何も考えないことが制約逸脱を促進するという仮説を裏付ける考え方として、固着と孵化という考え方がある。固着という考え方は非常に一般的な現象で、アウトプット干渉や喉からでかかり現象、問題解決におけるアルゴリズムの使用、そして創造的アイディア生成を含む広範な認知的諸領域において生じうる[1]。固着は知識や自分の経験、与えられた事例の持つ特徴によって、特定のアイディアに固執し、すでに想起された情報の検索がまだ想起されていない情報の検索を阻害することを言う。これは過去にうまくいった検索方略に固執することが有利に働くため、一般的によくみられる。本研究で使った洞察問題においても、被験者数は固着現象によりインパスに陥る。それに対し

て、行き詰まりのあと問題が一時的に棚上げになる場合を孵化という。そうすると、再び注意が問題に戻ったとき、より容易にそれを解くことができたり、意識的にその問題にたち戻らないにもかかわらず、解が突然意識に飛び込んできたりする。これは誤った方略への固着を忘却することにより、これまでになかった新しい方略で取り組めるためである。またできるだけこれまでと異なるようなことを考えるように指示されたからといって、孵化現象が起こるわけではないことが指摘されている[1]。本実験においては歩行動作中に問題を考え続けるかどうかについては明確には教示しなかった。これにより、一部の被験者は自発的に孵化現象が生じ、制約からの逸脱ができたと考えられる。これは歩行動作が一部の人間にとっては孵化現象の手助けになることを示している。

4. 結論

本研究では、洞察問題解決過程における制約逸脱に対する歩行動作の影響について実験的に検証している。

歩行動作の有無に基づく解析により、歩行動作を行う場合と行わない場合では有意差がない。しかし制約逸脱への歩行動作の影響が否定されたわけではない。

歩行動作中の思考パターンに基づく解析により、歩行動作中に問題から離れることが制約逸脱に有意な影響を与えることがわかった。これは孵化現象によって説明することができる。

身体動作は孵化現象に関連する可能性があり、今後検討を必要としている。特に、孵化現象における潜在的意識処理に関連がある可能性が高い。

参考文献

- [1] R. A. Finke, S. Smith, Thomas B. Ward, (1992) “Creative cognition: Theory, research, and applications”
- [2] Marily Oppenzzo, Daniel L. Schwartz, (2014) “Give Your Ideas Some Legs: The Positive Effect of Walking on Creative Thinking”, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 40, No. 4, pp. 1142-1152.
- [3] 三輪和久, 松下正法, (1999) “発見における心的制約の緩和過程”, *認知科学*, 6 巻, 1 号, pp. 1-12.
- [4] 鈴木宏昭, 宮崎美智子, 開一夫, (2003) “制約論からみた洞察問題解決における個人差”, *The Japanese Journal of Psychology*, Vol. 74, No. 4, pp. 336-345.
- [5] 鈴木宏昭, (2004) “創造的問題解決における多様性と評価: 洞察研究からの知見”, *人工知能学会誌*, 19 巻, 2 号, pp. 145-153.