

視線情報を用いた拡散的思考タスクにおける パフォーマンス推定に関する研究

Research on performance estimation in divergent thinking task using gaze information

中原 和洋^{*1}

Kazuhiro Nakahara

^{*1} 日本ユニシス株式会社

Nihon Unisys, Ltd.

In creativity research, creative thinking such as fixation that negatively affects to the flexibility of idea generation are known. Currently, the detection and elimination of these negative factors highly depends on human skills and techniques. In this paper, we report a hypothesis verification aimed at detecting negative factors using gaze information. Specifically, we conducted hypothesis verification experiments on whether or not the length of gaze fixation time to the existing idea lowers the flexibility of idea generation in divergent thinking task. As a result of the experiment, there was no significant relation between the length of gaze fixation time to existing idea and flexibility of idea generation. As another characteristic result, a cubic regression was observed between blink rate and flexibility, which was similar to the previous study.

1. はじめに

創造性研究において、アイデア創造を促進するアナロジーなどの創造的思考法や、パフォーマンスを低下させる固着[Finke 92]などの現象が知られる。これらアイデア創造の促進や阻害要因の解消は、人的スキルや創造技法に依存しているのが現状であり、情報技術のアプローチによる支援が期待される。我々は、創造者の生体情報や創造物の特徴などの客観的データを用いたパフォーマンスの状況推定、低下要因の検知、解消支援を目的とした研究を進めている。本論文では、創造者の視線情報とアイデア創造パフォーマンスとの間の関係性の仮説検証を目的とした研究について報告する。具体的には、拡散的思考タスクである Alternative Uses Task[Guilford 67]において視線情報を合わせて収集する実験を行い、拡散的思考のパフォーマンスと、自身の既出アイデアへの視線停留時間の間の関連の分析、仮説検証を実施した。

2. 関連研究

本章では、拡散的思考タスクの一つである Alternative Uses Task について説明し、次に視線情報と創造性の関連についての先行研究について述べる。

2.1 Alternative Uses Task

Guilford は創造性を特徴づける思考の一つが拡散的思考 (divergent thinking) であるとし、拡散的思考の測定方法として Alternative Uses Task (以降: AUT) を提案した[Guilford 67]。AUT は、被験者に日用品 (レンガ、はさみ等) が一つ題材として提示され、その独創的な代替用途アイデアをできるだけ多く回答するタスクである。例えばレンガの通常用途は「積み上げて壁をつくる」等であるが、独創的な代替用途は「鉄アレイの代わりにする」「ドアストッパーにする」などである。回答アイデア群について、次の四つの指標で評価する。

- 1) 流暢性 (fluency): 重複の無いアイデア総数
- 2) 柔軟性 (flexibility): 重複の無いアイデアの種類数

3) 独創性 (originality): アイデアの希少度合い。

4) 綿密性 (elaboration): アイデアの表現の綿密度合い。

2.2 視線情報と創造性

本節では、視線情報と創造性の関係についての先行研究を記述する。Akbari Chermahini らは、AUT における柔軟性と瞬目率 (1 分当たりの瞬きの回数) との間に、逆U字型の関係 (中程度の瞬目率が最も高い柔軟性、低いおよび高い瞬目率が低い柔軟性) を示した[Akbari Chermahini 10]。また Ueda らは、AUT の流暢性と瞬目率の間に正の相関 (線形回帰) を報告している[Ueda 15]。

Bilalić らはチェスのエキスパートへの実験において、被験者が最善手を探していたと報告したのにも関わらず、実際には次善手に関するマスへ視線が集中していたことを示した[Bilalić 08]。

これらの先行研究から、創造者の瞬きやどこを見ているかの視線情報は、創造過程における固着やパフォーマンス推定の重要なサインの一つであることが示唆される。

3. 本研究仮説

Finke らの研究において例の提示によりアイデア創造の固着が発生すること、Bilalić らの研究において視線停留により、次の手の検討に対する固着が生じていたことから、本研究では次の仮説を立てた。AUT 実施中において、自身の既出アイデアへの視線停留時間が長い被験者は、既出アイデアと異なる種類のアイデアの検討を阻害する固着が生じ、結果として柔軟性の指標が低下する、という仮説である。この仮説検証を目的の1つとして次章で示すデータ収集実験を実施した。

4. 方法

実施したデータ収集実験の概要は次の通りある。PC (ディスプレイとキーボード入力) を用いた個人ブレインストーミングを想定した拡散的思考タスク (AUT) を実施した。被験者が AUT 中に入力したテキスト表現アイデアはリアルタイムにディスプレイ上のアイデア表示部に一覧表示され、非接触型アイトラッカーにより、被験者のアイデア表示部への視線停留時間 (以降: アイデア視線停留時間) を計測した。AUT 終了後、入力されたアイデ

ア群の柔軟性(アイデアのカテゴリ数)などの創造性指標を算出し、アイデア視線停留時間と創造性指標の間の関連を調査した。

データ収集実験の詳細を記述する。被験者は日本ユニシスの研究開発および企画部門の社員 24 名(男性 21 名、女性 3 名、年齢 27~59 歳(平均 $M = 45.68$, 標準偏差 $SD = 9.25$))であった。被験者の選定にあたっては、ブラインドタッチが可能もしくは一部文字のみキーボードを見るレベルの人を対象とした。AUT で提示した刺激は、例題が 1 刺激「レンガ」、本題が 2 刺激「靴下」「鉛筆」であり、この順で実施した。例題は 1 分、本題は 1 刺激につき 3 分で実施した。本題の「靴下」と「鉛筆」の実施の合間には画面を挟み、被験者のタイミングで次の問題の開始ボタン押下により開始するよう指示した。実験環境は図 1 の通り、AUT 実施画面は図 2 の通りである。画面は、問題表示部、アイデア入力部、アイデア表示部で構成される。アイデアをアイデア入力部にキーボード入力しエンターキーで確定すると、そのアイデアがアイデア表示部に四角い枠(付箋イメージ)と合わせて表示される。アイデアの枠の総数は縦 5×横 6 の 30 個であり、入力アイデアは縦の上詰め、横の左詰めの順序で表示される。出題毎に実際に入力されたアイデアおよびそのタイムスタンプをデータ(以降:AUT データ)として収集した。AUT 実施中の経過時間や残り時間は表示せず、3 分経過後自動的に終了画面に切り替わるようにした。

アイトラッカーは Gazepoint 社の GP3 HD Eye Tracker(以降 GP3 HD)を用い、図 1 のように設置した。GP3 HD のサンプリングレートは 150Hz に設定した。各被験者の実験開始前に、Gazepoint Control(v4.3.0)を用いて 9 点キャリブレーションを実施した。キャリブレーションの結果、視線座標の誤差が大きく、実際に見ているアイデアの隣接アイデアへの誤検知の可能性があると筆者が判断した被験者は、実験を実施せずに除外した。視線に関しては、実験中は頭をあまり動かさないよう指示し、それ以外の視線に関する指示(例えばアイデアを見るように等)は一切しなかった。Gazepoint Analysis(v4.3.0)を利用し視線情報を収集・記録し、Export 機能を用いて csv 形式のデータ(以降:視線情報データ)を作成し、分析に利用した。視線情報データと先述の AUT データの突き合わせを行い、AUT 実施中のアイデア視線停留時間、1 分当たりの瞬き回数(瞬目率)を集計した。アイデア視線停留時間は、画面のアイデア表示部に実際に表示されているアイデア(その時間までに入力済みアイデアが表示されている画面領域)上への視線停留時間の総和である。瞬目率は、3 分間の AUT 実施中の瞬目回数の総和を 3 で割った 1 分当たりの回数である。

AUT 実施後、入力された AUT データから各被験者の創造性指標(流暢性、柔軟性、独創性)を算出した。AUT データは筆者が確認し、出題の回答として明らかに意味をなさないアイデアを無効回答として除外した。次に、筆者の手作業により表現の異なる同義アイデアの表現の正規化を行った。流暢性は無効回答および重複を除いた正規化済みのアイデア数とした。正規化済みのアイデアを、筆者が手作業で”身に付ける物”,”入れ物”などの 25 個のカテゴリに分類し、重複しないカテゴリの総数を柔軟性スコアとした。独創性は、正規化済みアイデアについて、全体アイデアの 5%以下の出現率アイデアには 1 点、1%以下の出現率アイデアには 2 点を与え、点数の総和を独創性スコアとした。独創性スコアは、アイデアの数(流暢性)と強い関係があることが知られているため[Clark 70], 独創性を流暢性で割ったスコア(以降:独創性/流暢性)を算出し、指標に加えた。綿密性は本研究では対象外とした。

各種統計値の算出は Python(3.7.0) のライブラリ Pandas(0.23.4), SciPy(1.1.0), StatsModels(0.9.0)を用いた。

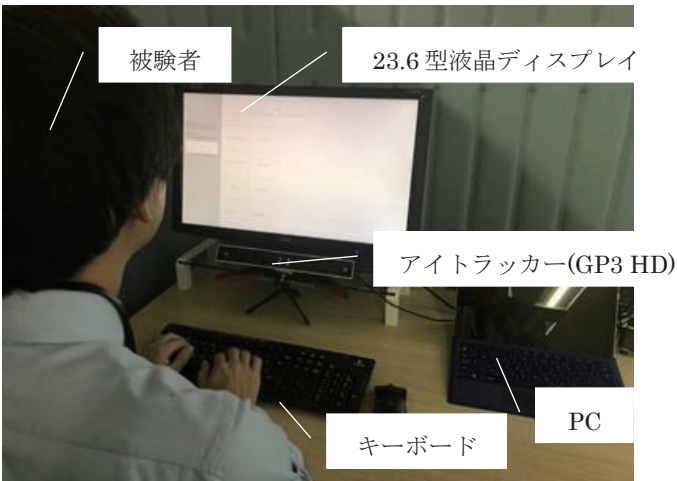


図 1 実験環境構成

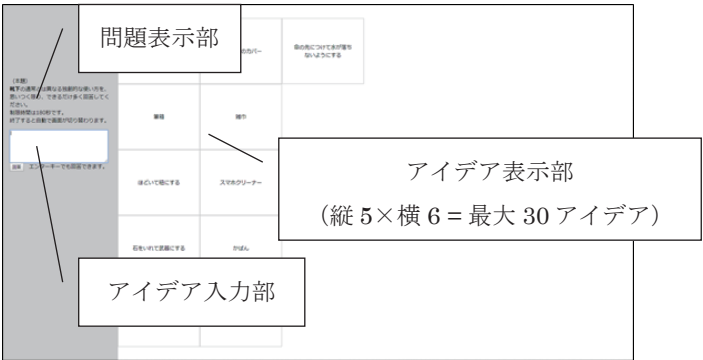


図 2 実験画面構成

5. 結果

本章では、前章で述べた実験の結果および視線情報と創造性指標の関連についての分析結果を述べる。

5.1 AUT と視線情報の結果

靴下、鉛筆それぞれの課題について、各種創造性指標とアイトラッカーで収集した視線情報の統計情報は表 1 と表 2 の通りであった。

表1 靴下課題の結果

	靴下 ($N = 24$)		
	M	Mdn	SD
創造性指標			
流暢性	8.08	8.00	2.28
柔軟性	5.54	5.00	1.47
独創性	10.58	10.00	3.72
独創性/流暢性	1.30	1.33	0.20
視線情報			
アイデア視線停留時間(秒)	16.30	11.38	11.92
瞬目率(回/分)	26.92	27.33	9.57

表 1 の注釈: M は平均, Mdn は中央値, SD は標準偏差

表 2 鉛筆課題の結果

	鉛筆 (<i>N</i> = 24)		
	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>SD</i>
創造性指標			
流暢性	6.79	7.00	2.11
柔軟性	5.08	5.00	1.82
独創性	7.96	7.00	3.29
独創性/流暢性	1.16	1.17	0.27
視線情報			
アイデア視線 停留時間(秒)	12.97	10.82	10.51
瞬目率(回/分)	26.18	26.33	9.28

表 2 の注釈: *M* は平均, *Mdn* は中央値, *SD* は標準偏差

5.2 AUT と視線情報の関係

靴下と鉛筆の 2 課題においてそれぞれ創造性指標の *z* 値を算出し, 2 課題の *z* 値の平均を総合創造性指標とした. また視線情報については 2 課題の平均を総合視線情報とした.

まず, 本研究仮説である既出アイデアへの視線停留時間と柔軟性の間の関係についての結果を示す. 総合視線情報と総合創造性指標(柔軟性)の間の関連について, 多項式回帰分析を行った. まず, アイデア視線停留時間と柔軟性の間には, 有意水準 $\alpha = .05$ で有意となる 1~4 次多項式回帰は存在しなかった. アイデア視線停留時間と柔軟性の散布図を図 3 に示す.

次に, すべての視線情報と創造性指標の組み合わせについて, 1~4 次の多項式回帰分析を実施した結果を示す. 瞬目率と柔軟性における 3 次多項式回帰の組み合わせのみ $\alpha = .05$ で有意となり, それ以外に有意となった組み合わせは存在しなかった. 瞬目率と柔軟性の 3 次多項式回帰は, 1 次, 2 次, 4 次に比べ *p* 値, AIC, BIC のいずれも最小値を取った(決定係数 $R^2 = 0.34$, 自由度調整済み決定係数 $R^2 = 0.24$, $F(3, 20) = 3.45$, $p = 0.036$, AIC = 58.18, BIC = 62.89). 瞬目率と柔軟性の散布図および得られた 3 次回帰曲線を図 4 に示す.

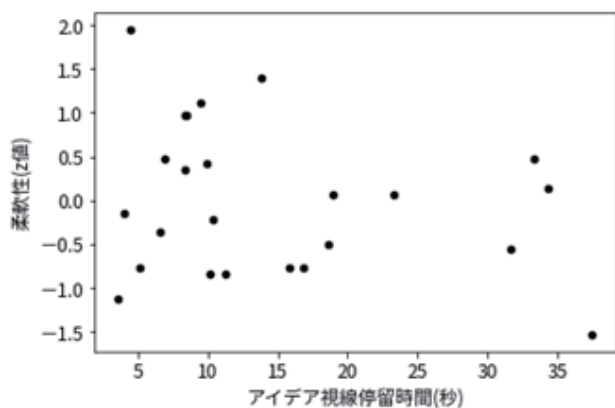


図 3 アイデア視線停留時間と柔軟性の関係(散布図)

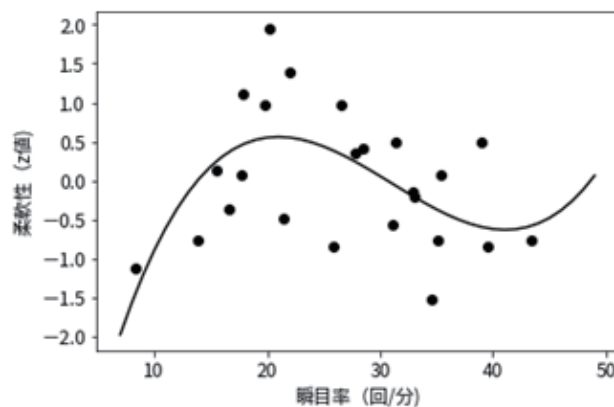


図 4 瞬目率と柔軟性の関係(散布図と 3 次回帰曲線)

6. 考察

本研究仮説では, アイデア表示部への停留時間が長い(自身が出したアイデアへの視線停留時間が長い)場合, 固着が生じ柔軟性が低下すると予測したが, アイデア表示部への視線停留時間と柔軟性の間に有意な関係は見られなかった. 今回, 1 刺激当たり 180 秒のテスト時間の中で, 中央値で約 11~12 秒しかアイデア表示部を見ておらず, また被験者へのヒアリングから, アイデア表示部を参考に見ようとは思わなかったという意見が多かったことから, アイデア表示部を見たことによる影響が十分に計測できなかった可能性がある. 影響を計測するために, テスト時間を 180 秒よりも長くし, アイデア表示部を見る時間を増やす必要があると考える. テスト時間を長くした場合の問題として, 流暢性の高い被験者が非常に多くのアイデアを出す可能性があり, 画面上でのアイデアの視認性の悪化や認知負荷増大の影響等が考えられるため, アイデアをどのように表示すべきか検討が必要である.

瞬目率と柔軟性の間には, 図 4 に示すように, 逆 U 字型の後に増加傾向を示す 3 次回帰曲線が見られた. この結果は, Akbari Chermahini らの逆 U 字型[Akbari Chermahini 10]および Ueda らの正の相関[Ueda 15]の両方の傾向を示しており, 先行研究の結果の強化および本実験結果の妥当性を示していると考えられる. 先行研究および本研究で共通する結果としては, 瞬目率が低いと柔軟性も低い結果を示したことから, 低い瞬目率が, 柔軟性パフォーマンス低下要因の重要な指標の 1 つであることが示唆される.

7. まとめと今後の課題

7.1 まとめ

本論文では, アイトラッキングによる視線情報を用いて, 拡散的思考タスクのパフォーマンスと既出アイデアへの視線停留時間の関係の仮説検証結果を報告した. 既出アイデアへの視線停留時間と柔軟性の間に有意な関連は確認できなかったが, 瞬目率と柔軟性の間には 3 次回帰の関連が得られ, 先行研究と類似する結果が見られた.

7.2 今後の課題

本実験およびデータ収集手法により, 見たアイデアのテキスト表現(概念)を考慮した分析ができるようになった. 今後の研究課題として, 見たアイデアに含まれる概念レベルでの分析を実施予定である. 具体的には, 見たアイデア概念とその後に創造

されるアイデアとの関連, 創造性指標との関連, 知識, 連想, 類推の計算機モデルとの関連などである。また, 収集データの種類, 量を増やした機械学習ベースのパフォーマンス推定, グループのブレインストーミングを想定した研究へ展開予定である。

参考文献

- [Finke 92] Finke, R. A., Ward, T. B., and Smith, S. M.:“Creative Cognition: Theory, Research, and Applications”, The MIT Press, Cambridge, MA , 1992.
- [Guilford 67] Guilford, J. P.:“The nature of human intelligence”, New York, NY: McGraw-Hill, 1967.
- [Akbari Chermahini 10] Akbari Chermahini S., Hommel B.:“The (b)link between creativity and dopamine: spontaneous eye blink rates predict and dissociate divergent and convergent thinking.”, Cognition 115, 2010.
- [Ueda 15] Ueda Y., Tominaga A., Kajimura S., Nomura M.: “Spontaneous eye blinks during creative task correlate with divergent processing.”, Psychol Res., 2015.
- [Bilalić 08] Bilalić M., McLeod P., Gobet F.:“Why good thoughts block better ones: the mechanism of the pernicious Einstellung (set) effect.”, Cognition, 2008.
- [Clark 70] Clark, P. M., Mirels, H. L.:“Fluency as a pervasive element in the measurement of creativity”, Journal of Educational Measurement, 1970