

EYE MOVEMENTS AND PROBLEM SOLVING: Guiding Attention Guides Thought

Elizabeth R. Grant and Michael J. Spivey
Psychological Science, 2003, 14(5), 462–464

1970年代から，多くの研究者によって眼球運動が“window to the mind”を捉えるものとして，その測定手法が確立されてきた

- 解決時間や正答率などの標準的な指標が扱うことができないものを扱うことができる

眼球運動と推論

- 眼球運動が推論プロセスと関連がある (Hunziker, 1970; Lenhart, 1983; Nakano, 1971)
- 眼球運動が問題解決の方略的側面を捉えているという主張 (証拠)
 - mental rotation: Just & Carpenter (1985)
 - geometric reasoning: Epelboim & Suppes (1997)
 - mechanical systems: Hegarty (1992), Hegarty & Just (1993),
Rozenblit, Spivey & Wojslawowicz (2002)
 - insight: Knoblich, Ohlsson & Raney (2001)

本研究では，注意と知覚的プロセスの観点から以下を検討する

1. Karl Duncker (1945) の放射線問題について，知覚的特徴と（解の）発見についての関連（解への到達者がどのようなところに注意を払っているか）
2. diagram 上の視覚的特徴の変化が，解への到達を促進するか（知覚的特徴の変化による注意喚起が，パフォーマンスを向上するか）

DUNCKER'S RADIATION PROBLEM

困難で有名な洞察課題として知られているこの問題を使用

- 本研究で用いた diagram (Fig.1)
- 実際の実験では，ラベル（文字列と矢印）は呈示せず
- laser¹は呈示せず

問題解決者の，既知の現象

- 腫瘍と皮膚の位置，腫瘍と健康な組織の化学的構成の関係について，問題構造を変化させようとする

¹放射線照射装置もレーザーというのか？

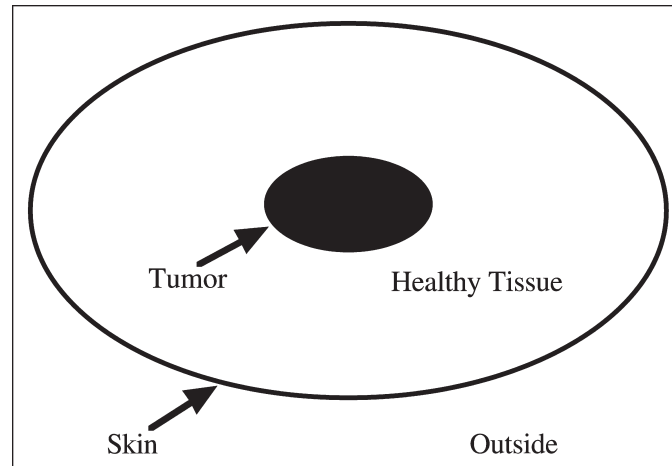


Fig. 1. The diagram that participants viewed while solving Duncker's (1945) radiation problem. The labels of diagram features were not shown; the features were verbally explained.

- 以下のこと制約を活性化する
 - 健康な組織を害することはできない
 - 道具はレーザーしか使用できない
- これらから、以下の誤った固着を生じる
 - レーザは1つしかない
 - レーザの強度は健康な組織を害するぐらいの強度を有する
- このような制約は明示的な教示により解消可能 (Weisberg & alba, 1981)

仮説

- 問題解決に成功した参加者は、より diagram の外側²に注意を向け、成功しなかった参加者は、より腫瘍や健康な組織に注意を向けているだろう
(問題解決には外側から弱く複数の放射線照射が必要なため)
- 外側に注意を向けることで、問題解決を促進できるだろう

EXPERIMENT 1

Method

- 参加者
 - 大学生 14 人、健常視力を有する（矯正含む）
 - 授業のボーナスポイント

²Outsize

- 刺激・装置
 - Fig.1 が書かれたホワイトボードとマーカ
 - 頭部に装着するタイプの眼球運動測定器 (60Hz)
 - プロトコル取得を含む映像取得用ビデオカメラ (30Hz)
- 手続き
 - 1 人ずつ実施
 - キャリブレーションと休憩 (5~8 分) 後, 本課題を実施
 - 本課題
 - * 発話と, 回答をホワイトボードに書き込むことを要求
 - * 10 分以内に正答した場合, 課題終了
 - * 参加者が新しい回答を生成できない状態に陥った場合, 以下のヒントを教示
 - ・ レーザの強度を変えれるとしたらどうするか
 - ・ 複数のレーザーが使用可能ならどうするか
 - 正誤判定
 - * 正答: 10 分以内に正答した参加者
 - * 誤答: 10 分以内に解に到達できず, ヒントによって正答できた参加者³
 - 眼球運動分析
 - * はじめの 30 秒と, 解に到達する直前の 30 秒の 2 ブロックを対象
 - * コードによる分類 (Tumor, Healthy Tissue, Skin, Outside, Irrelevant⁴)

Results and Discussion

- 正答率
 - 正答 36% (n=5)
 - 誤答 64% (n=9)
- 眼球運動分析
 - 以下の処理を施したデータを用いて分析
 - * 機材不調による取得失敗データを除去 (n=1)
 - * Irrelevant を除去
 - * 4 つの部位 (Tumor, Healthy Tissue, Skin, Outside) を注視していた時間比率を算出
 - 初めの 30 秒, 最後の 30 秒の詳細は Fig.2
 - t 検定
 - * 部位ごとに Successful vs. Unsuccessful で分析

³ ヒント教示されても正答できなかった参加者はいなかった?

⁴ 範囲外や, 参加者自身の手などの, “その他”

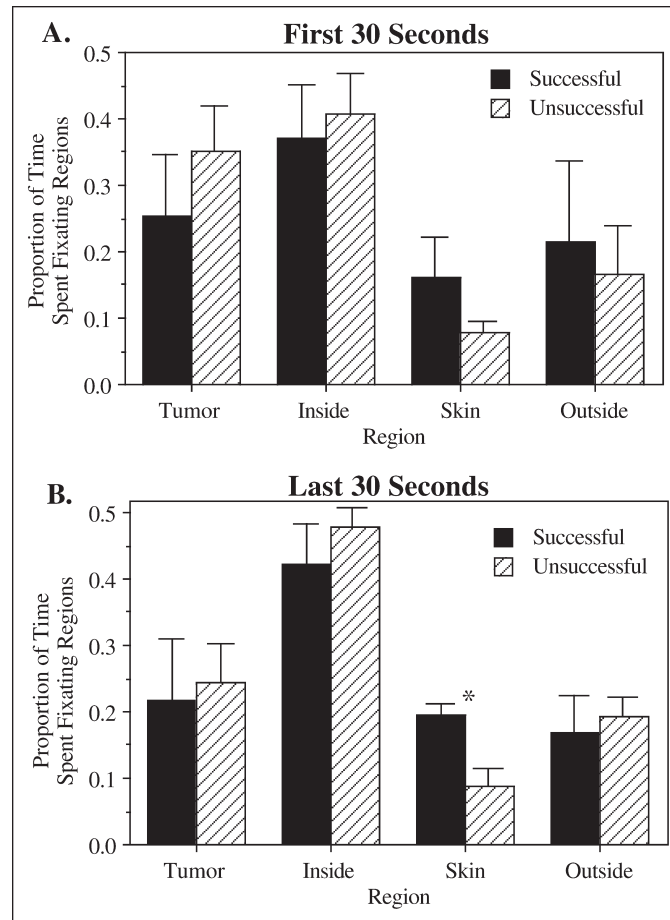


Fig. 2. Mean normalized proportion of looking time by area during the first 30 s of viewing (a) and the last 30 s of viewing (b) in Experiment 1. (In these graphs, the “healthy tissue” region is referred to as “inside.”) The asterisk (*) indicates a significant difference between successful and unsuccessful problem solvers.

* 最初の 30 秒では、すべて有意差なし

* 最後の 30 秒では、Skin でのみ有意差あり、 $t(11) = 2.734, p < .02$

● まとめ

- 正答者は正答できなかった問題解決者と比較して、Skin の注視割合が多かった
- 著者らは、この Skin の領域が問題解決に重要な部位であると考え
- このような visual source analogue についての先行研究
 - * アニメーションを使用すると、正答率が若干、上昇する (Pedone, Hummel, & Holyoak, 2001)

EXPERIMENT 2

(目的)

- Experiment 1 では、正答者がどの部位を注視しているかが明らかになった
- では、注意を特定の方向に向けることで、問題解決を促進できるか
- 以下の 3 条件を設定
 - 統制 (Static diagram) : Experiment 1 と同様
 - Animated skin : Experiment 1 で重要とされた場所をハイライト
 - Animated tumor : Experiment 1 で重要とされなかった場所をハイライト

Method

- 参加者
 - 大学生 81 人、健常視力を有する（矯正含む）
- 刺激・装置
 - ホワイトボードではなく、ディスプレイ + プラスチック製カバー
 - 眼球運動は測定せず
 - プロトコル取得を含む映像取得用ビデオカメラ (30Hz)
- 手続き
 - 基本的に Experiment 1 に同じ
 - 呈示刺激（ディスプレイ）が条件によって異なる
 - * Static (n=27): 刺激変化なし
 - * Animated skin (n=27): Skin の厚さが微妙に変化する（3 times/sec）
 - * Animated tumor (n=27): Tumor の厚さが微妙に変化する（3 times/sec）

Results and Discussion

- 条件ごとの正答率 (Table 1)
 - Experiment 1 を含む
 - 重要な部位をハイライトしたときのみ正答率が上昇
- χ^2 検定
 - Animated skin > Static, $\chi^2(1, N = 54) = 4.7474, p < .05$
 - Animated skin > Animated tumor, $\chi^2(1, N = 54) = 6.0000, p < .05$
 - Animated tumour と Static で有意差なし

Table 1. *Percentage and frequency of successful and unsuccessful outcomes across experiments*

Condition	Successful	Unsuccessful	<i>n</i>
Static (Experiment 1)	36% (5)	64% (9)	14
Static (Experiment 2)	37% (10)	63% (17)	27
Animated tumor	33% (9)	67% (18)	27
Animated skin	67% (18)	33% (9)	27

GENERAL DISCUSSION

- 眼球運動が dialog ベースの問題解決活動中の認知処理を反映しているだけでなく、
ハイライトによって注意を操作することでパフォーマンスの向上を促進した
 - Experiment 1 の結果から、眼球運動のパターンと認知プロセスは関連していると考えられる (cf. Just & Carpenter, 1985)
- パターンについて–skin をまたがる saccade
 - 正答者：前半平均 17 回，後半平均 19 回
 - 誤答者⁵：前半平均 6.4 回，後半平均 14.4 回
 - * 正答者 vs. 誤答者，誤答者前半 vs. 後半で有意差あり
 - 著者らの解釈
 - * 誤答者はヒントを必要としなかったのかもしれない
 - * むしろ、サッカー自体が、“複数のレーザが飛び交い、衝突する” ことをシミュレートさせ、それが、推論につながったのだろう

⁵ 解に到達するためにヒントを要した参加者