

Adams, G. S., Converse, B. A., Hales, A. H., & Klotz, L. E. (2021). People systematically overlook subtractive changes. *Nature*, 592(7853), 258-261.

abstract

- ものやアイデア, 状況を改善するためには, 可能な変化を心の中で探す必要がある。
- 人は通常, 可能性のあるアイデアをすべて検索するという認知的負担を軽減するために, 限られた数の中から有望なアイデアを検討するので, より優れた代替案を検討せずに, 妥当な解決策を受け入れてしまうことがある。
- ここでは, ものやアイデア, 状況から構成要素を差し引く変更を検討する可能性と, 新しい構成要素を加える変更を検討する可能性が同程度かどうかを調べた。
- 10の観察と8つの実験から, 人は加算的な変換を探すことが系統的にデフォルトとなり, その結果, 減法的な変換を見落としてしまうことが明らかとなった。

introduction

- ものやアイデア, 状況を新しい方法で変化させるには, 環境や自分の知識を検索して, 変化の可能性を探すプロセスが必要
 - 問題解決の認知科学: 行動や結果を想像し, それが改善された状態を生み出すかどうかを評価する反復プロセス
=元の状態, 可能な変換, および変換をもたらす行動カテゴリのメンタルモデル
 - 元の状態から構成要素を取り除くような変換=減算的変換(subtractive transformation)
 - もとの状態から構成要素を追加するような変換=加算的変換(additive transformation)
- *これらは目的や動機づけとは独立して定義された行動カテゴリであり, 加算や減算自体が目標となるわけではない

研究目的: 人は加算的変換を探索するよりも, 減算的変換を探索する方が難しいのかを検討すること

観察調査: 人が物や考えや状況を変える様子の観察 (k = 8, n = 1,585)

S1: 参加者に一連のデジタルグリッドパターンを左右対称に変更させた(Fig1 参照)

- 加算的変換でも減算的変換でも解決可能な課題

結果: 加算か減算で解決した91人のうち, 減算を選択したのは18人(20%)だった。

S2: ある大学の次期学長が改善案を募集した際のアーカイブデータを調べた。

結果: 加算と減算に分類された651件の回答のうち, 減算的変換のは70件(11%)だった。

S3~5: ブロック構造の変形課題(レゴブロックのようなものを見せられその改善を行う)

結果: S3, S4, S5 研究でそれぞれ減算的変換は12%, 2%, 5%

S6~7: 作文の改善(自分, 他人)

結果: 減算的変換は S6, S7 研究で17%, 32%,

S8: 旅程の改善

結果: 減算的変換は28%

S9, S10: レシピの改善実験

結果：材料が苦手である場合や、非典型的な食材である場合などを余計な成分や変則的な成分を導入した場合を除き、減算の割合は加算の割合よりも低かった

- 加算的変換の優位性が観察された。
 - 様々な目標（「改善する」、「可能にする」、「アレンジする」など）
 - 親しみやすさや重要度が異なる刺激
 - 研究チームが作成した刺激と他の参加者が作成した刺激
 - 定義された設定と定義されていない設定

Study and original stimulus	Observation of Interest	Percent (number) of changes by type			Subtraction % (excluding other) [95%CI]
		Subtraction	Addition	Other	
S1 – Abstract grid task	Participants who subtracted (vs. added) on 4 or more (out of 6) trials	19% (18/94)	78% (73/94)	3% (3/94)	20% [12, 29%]
S2 – Request for ideas from university stakeholders (field observation)	Ideas that suggest removing (vs. adding) elements	8% (70/827)	70% (581/827)	21% (176/827)	11% [8, 13%]
S3 – Block structures	Structures with fewer (vs. more) bricks	12% (5/42)	86% (36/42)	2% (1/42)	12% [4, 26%]
S4 – Block structures created via randomized process	Structures with fewer (vs. more) bricks	2% (1/60)	98% (59/60)	0% (0/60)	2% [0, 9%]
S5 – Block structures created by independent participants	Structures with fewer (vs. more) bricks	5% (1/20)	95% (19/20)	0% (0/20)	5% [0, 25%]
S6 – One's own writing	Summaries with fewer (vs. more) words	16% (32/198)	80% (159/198)	4% (7/198)	17% [12, 23%]
S7 – Others' writing	Summaries with fewer (vs. more) words	31% (61/200)	64% (128/200)	5% (11/200)	32% [26, 39%]
S8 – Pre-filled daytrip itinerary	Itineraries with fewer (vs. more) activities	19% (28/144)	51% (73/144)	30% (43/144)	28% [19, 36%]

Condition	Average change in ingredients	SD	Two-tailed <i>p</i>	Effect size <i>d</i>
5-ingredients (<i>N</i> = 84)	+2.85	2.13	< .001	1.34
10-ingredients (<i>N</i> = 89)	+0.45	2.12	0.048	0.21
15-ingredients (<i>N</i> = 77)	-1.87	2.53	< .001	-0.74

- 減算的変換の少なさを生み出す思考プロセスについて2つの幅広い可能性を提起
 - ①両方の種類のアイデアを生み出し、その後、加算のアイデアを選択しやすい
 - ②減算のアイデアを完全に見過ごしてしまう
- 今後の研究では、人々がデフォルトで加算的な検索戦略をとるため、最初に減算を考える可能性が低いという仮説を検証。
 - ヒューリスティックに基づく記憶検索は、適切な情報を適切なタイミングで効率的に入手するのに役立つ
 - 他のショートカットと同様に、ヒューリスティック的な記憶検索が過剰に適用されると、人々は潜在的に優れた代替案を検討する前に適切な解決策を受け入れてしまう

- ▶ 認知的、文化的、生態学的な理由から、人々が減算的な変化よりも加算的な変化を優先するのではないか。
 - 何かを差し引くためには、その部分を差し引く部分として認識し、全体から分離しなければならない
 - 足し算の変化は減算の変化よりも肯定的に捉えられる
 - 「より多い」や「より高い」といった数値的な概念と、「肯定的な」や「より良い」といった評価的な概念に対応関係の存在
 - 現状維持を好む注意と評価のプロセスのために、減算することに消極的になる
 - そもそも、加算的変換の選択肢の数のほうが減算的変換の選択肢の数より多い(減算的変換の選択肢はオブジェクトに規定される)
- ▶ 判断の多くの領域において、人々は迅速かつ容易なショートカットに頼っている。
 - 加算型検索戦略を使用して成功したと感じる頻度が高ければ高いほど、この戦略は認知的に利用しやすくなる
 - 認知的要求が高い場合、よりカスタマイズされたアプローチを追求することができない場合や、代替戦略の手がかりとなる情報がない場合に利用しやすい
- ◇ もし、加算的探索が一般的にデフォルトに働くならば、人々は、認知的負荷が高いときに加算的探索に頼りやすく、逆に、タスクの経験やタスク情報が別の戦略を使うように促すときには、加算的探索に頼りにくくなるはずである。

experiments

- ▶ オリジナルのもの、アイデア、状況を被験者に提示し、それを何らかの方法で変化させるように求めました。
 - 観察研究とは異なり、実験課題はすべて、参加者が減算的変換を思いついたら、それを報告したり、作成したりするのに十分な理由があるようにデザインした。
 - ベースラインの減算率は上昇したが、減算をしない人は減算を考えていなかったのではないかと推測できた。
 - 特定の検索方略の手がかりとなるような影響を最小限に抑えるために、意味合いの強い加算や減算の記述（それぞれ「bolster」や「hone」など）ではなく、中立的な記述（「change」や「improve」など）を使用した
 - また、サンプルの参加者に明らかに余分なもの（例えば、ベーコン、レタス、トマト、ピーナッツバターのスンドイッチ）や省略されたもの（例えば、レタスとトマトのスンドイッチ）があるように見えるものは避けた。
- ▶ これらを統制したうえで、ヒューリスティック的な検索戦略への依存度が相対的に高い場合と低い場合を比較した
 - 検索拡大の手がかりがない場合とある場合(実験1～4)

- 代替戦略の価値を認識する機会が少ない場合と多い場合(実験5)
 - 認知的負荷が高い場合と低い場合など(実験6～8)
- 後者の条件では、ヒューリスティックへの依存度が低いため減算の割合が高くなると予測

実験1～3：問題解決のための環境における減算の手がかりの存在を操作

実験1

- 参加者 (n = 197) に、コストのかかる新しい資源を使うか、すでにあるものを利用するかという暗黙の選択を迫った。
 - 参加者は、レゴの構造体を安定させて、その上に石積みのレンガを置くことができれば、1ドルのボーナスを受け取れた。
 - レゴの構造体は、一本足のテーブルのようにプラットフォームが一角で支えられているため、レンガを支えることができなかった
 - 参加者は、新しい支持を追加するか (コストがかかる)、既存の支持を取り除くか (無料)、どちらかを選ぶことができた。
 - 減算的変換を行うことで、参加者のボーナスが最大になる。
- 実験条件

統制条件：足し算については明示 (「1個足すごとに10セントかかる」)、減算については明示なし。

減算手がかり条件：指示は足し算と減算の両方に言及していた (「足すのに1個10セントかかるが、取り除くのは無料だ」)。

 - どちらの条件でも、「好きなように構造を変えてもよい」と教示した。
- 結果
 - 統制条件では、41%の参加者が減算的変換を行ったのに対し、減算手がかり条件では、61%の参加者が減算的変換を行った ($\chi^2 = 7.72, P = 0.005, \phi = 0.20$) (表1)。
 - 減算の手がかりがない場合、より有利な減算的変換を見落とす参加者が多かった。



Table 1 | Rates of subtractive changes by condition for experiments 1 to 8

Experiment ^a	Rates of subtraction by condition		Test statistic	P value (two-tailed)
	Control	Subtraction cue		
1	41% (40/98)	61% (60/99)	$\chi^2 = 7.72$	0.005
2, 3	28% (47/166)	43% (63/146)	$z = 2.73$	0.006
4 (improve)	21% (17/80)	48% (44/91)	$\chi^2 = 13.63$	<0.001
4 (worsen)	28% (26/92)	50% (53/106)	$\chi^2 = 9.71$	0.002
	Control	Repeated search		
5	49% (74/152)	63% (93/147)	$\chi^2 = 5.87$	0.015
	Higher cognitive load	Lower cognitive load		
6 to 8	2.45/4 (n = 572)	2.76/4 (n = 581)	$z = 2.97$	0.003

Subtraction cues, repeated search opportunities and a lower cognitive load increased subtraction rates. Subtraction rate refers to the percentage of participants who produced a subtractive transformation for experiments 1 and 5; who listed at least one subtractive idea for experiments 2 to 4; and to the average number of trials on which people subtracted for experiments 6 to 8. The total number of participants in each condition is the denominator listed in experiments 1 to 5, and *n* for experiments 6 to 8.

^aStimuli for experiments were as follows: changes to a block structure (experiment 1); ideas to make a design better (experiments 2, 3, 4 (improve)); ideas to make a design worse (experiment 4 (worsen)); abstract grid task (experiments 5–8).

実験 2 と実験 3 (それぞれ $n = 147$ と 165)

- 参加者にミニチュアゴルフのホールのイラスト (拡張 Fig 3) を見せ, 改善のアイデアを募り, それぞれが加算型 (例えば, 「風車を追加する」), 減算型 (例えば, 「砂のトラップを取り除く」), またはどちらでもない (例えば, 「方向を逆にする」) かをコード化した.
 - 実験 2 と 3 では, 元のコースを「改良できる可能性のあるすべての方法」を挙げてもらうことにした.
 - 選択段階での評価の役割を最小限に抑え, 相対的なアクセス性を検討するため.
- 実験条件
 - 手がかりなし条件: 足し算も減算も言及なし
 - 手がかりあり条件: 「足し算も減算もできる」ことを参加者に想起させた.
- 分析と結果
 - *i* 番目のアイデアによる加算か減算のどちらかのアイデアをリストに含めた参加者の累積割合を検討した(表 4)
 - 手がかりが, 参加者が少なくとも 1 つの加算的アイデアを含むリストを提出する可能性に影響を与えたという証拠は見つからなかった (オッズ比 = 0.92, $z = -0.24$, $P = 0.810$)
 - 手がかりが, 参加者が少なくとも 1 つの減算的アイデアを含むリストを提出する可能性を高め

たという証拠が見つかった (オッズ比=1.93, $z = 2.73$, $P = 0.006$).

→手がかりの存在が、減産についての新しい選択肢を想起させたと考えられる。

実験4 (n = 369)

➤ 異なる目標の間で人が減算を見落とすかどうかを調べました。

- 実験2と3と同様の課題を使用
- 手がかり操作(手がかりあり・なし)に加え、参加者に「元の状態を改善する」か「元の状態を悪化させる」かを割り当てる目標操作を行った。

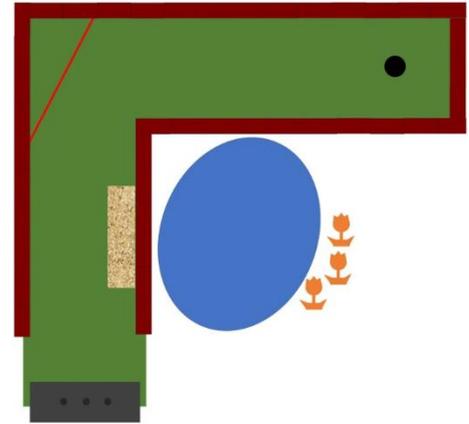
➤ 結果(%は減算アイデアを出した参加者の割合)

- 改善条件 (手がかりなし=21%, 手がかりあり=48%, $\chi^2=13.63$, $P<0.001$)
- 悪化条件 (手がかりなし=28%, 手がかりあり=50%, $\chi^2=9.71$, $P=0.002$)

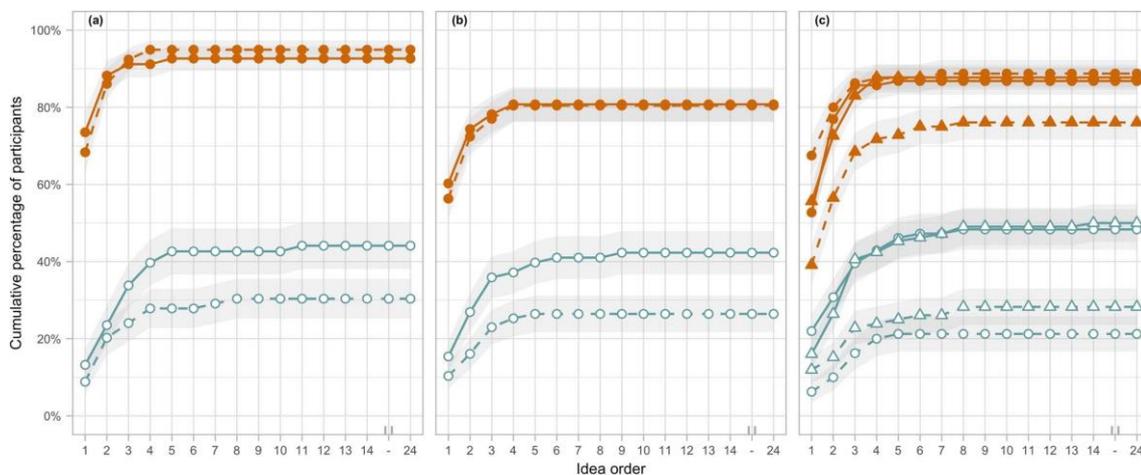
→手がかりによって減算のアイデアを最低1つ以上出した

参加者の割合が増加した。

→減算の無視が、どのように改善に貢献するかについて規範や、「より多く」と「より良く」の間の言語的な関連性に近因するものではないことを示唆している。



拡張 Fig 3



拡張 Fig 4 i 番目のアイデアによる加算か減算のどちらかのアイデアをリストに含めた参加者の累積割合(実験2~4)(赤=加算的アイデア, 青=減算的アイデア; 点線=手がかりなし, 実線=手がかりあり; ○=改善条件, △=改悪条件)

実験 5～8

- 実験 1～4 では、タスク固有の情報を直接操作したのに対し、外的に操作したタスクの条件が、参加者がヒューリスティック的な検索を制御し、自分で減算的方略を想起するのにどれだけ有利かを検討した。

実験 5 (n = 299)

- 白と緑の箱が並んだ 10×10 のデジタルグリッドを参加者に提示した（個々の構成要素に固有の価値がない新しい刺激）。
 - 参加者は、任意の箱をクリックして、その色を切り替えることができた。
 - 参加者の目標は、最も少ないクリック数で、グリッドを左右と上下に対称にすること。
 - Fig 1 に示すように、元のグリッドでは、1つの象限に余計な塗りつぶしがされていた。
 - 参加者は、空の 3つの象限に足すか、マークのある象限から引くことで対称性を得ることができた。
 - 「このパズルには、技術的に正しい解答がたくさんあるのは明らかです。しかし、あなたの課題は、可能な限り少ないクリック数で対称にすることです」と教示した（具体的な記載はなかったが原産のほうをクリックする回数が少なくなるように設定されていた）
 - これにより、研究 S1 の課題とは異なり、参加者は、減算的変換を思い浮かべた場合にのみ正しい解を得ることが出来ます。

➤ 実験条件

統制条件：参加者はすぐに Critical trial を取り組んだ（図 1d）。

繰り返し検索条件：参加者は最初に 3つの類似したグリッド（図 1a-c）で練習試行を行ったが、自分の回答に対するフィードバックは受けなかった。

- この操作の意味は、探索を繰り返すことで、加算法の欠点を認識する機会を増やした

➤ 結果

- 統制条件では 49%の参加者が減算方略で解答したのに対し、反復探索条件では 63%の参加者が減算方略で解答した（ $\chi^2 = 5.87, P = 0.015, \phi = 0.15$ ）

→加算的探索戦略のタスク固有の欠点を認識する機会が多いほど、参加者が優れた減算的変換を行う可能性が高いことが示された。

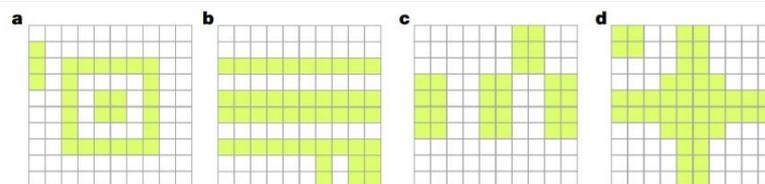


Fig. 1| Grid task from experiments 5 to 8. a-d. Participants could achieve symmetry by adding to the three empty quadrants (with more clicks) or by subtracting from the marked quadrant (with fewer clicks). In experiment 5,

d was the critical trial and participants in the repeated search condition completed a-c as practice. In experiments 6 to 8, all four patterns (a-d) were critical.

Fig1 参加者は、空の 3つの象限に足す（クリック数が多い）か、印のついた象限から引く（クリック数が少ない）ことで対称性を得ることができた。実験 5 では、d が Critical trial であり、反復探索条件の参加者は練習として a-c を完成させた。実験 6～8 では、4つのパターンすべてが Critical だった。

実験6から8 (n = 1,153)

- 認知的負荷（認知的ショートカットへの依存度が高まることが知られている状態）がかかっているときに、参加者が減算式変換を行う可能性が低くなるかどうかを調べた
 - 実験5と同一の課題を使用し、参加者は4回の Critical trial を行った(図1 a-d),
- 負荷の種類
 - 実験6：頭の動きを同時に行う課題(課題中にマーカーに従って頭を動かす)
 - 実験7と8：数字の検索を同時に行う課題(画面端に数字が流れてきて5が表示されたらFキーを押す課題)
- 分析と結果
 - 3つの実験のメタ分析の結果、高負荷条件では低負荷条件に比べて、より多くのパズルで減算の変換ができなかったことがわかった (Hedge's $g = 0.18$, $z = 2.97$, $P = 0.003$)
 - また、注意力が高いほど、優れた減算的変換を識別できることが分かった。

考察

- 実験の結果、より有利な減算の変化を発見できるかどうかは、減算の探索を促す手がかりの存在（実験1~4）、足し算のデフォルトの欠点を認識する機会の数（実験5）、認知資源の状況的な利用可能性（実験6~8）に依存して増加ことがわかった。
 - 加算的変換がデフォルトとして働いていて、減算的変換が見逃されやすいという仮説を支持
- 多くのヒューリスティクスがそうであるように、足し算のアイデアを探すというデフォルトの方法は、しばしばユーザーにとって良い結果をもたらす可能性がある。
 - 減算的変換を軽視する傾向は、さまざまなコストを増加させる現代的な傾向に関与している可能性がある
 - ◇ 精神的負担やスケジュールの過多
 - ◇ 組織の事務仕事の増加
 - ◇ 地球上の生命に対する人類の侵害など、
- もし人々が、場合によってはより優れた減算の選択肢を考慮せずに、それほど良くない加算的変換をしてしまうなら、人生をより充実したものにし、組織をより効果的なものにし、地球をより住みやすいものにする機会を逃してしまうかもしれません。
 - (サステナブルな社会的な意味での有効性…?)