

Inductive reasoning and implicit memory: evidence from intact and impaired memory systems

Luisa Girelli, Carlo Semenza, Margarete Delazer

Neuropsychologia, 42 ,(2004) 926–938

1 Introduction

- ▷ 帰納的推論 – 特定の事象の集まりから，一般的な規則を推測すること
 - ・ 問題解決に必要なもの – 特に，概念形成，読解，効率的な教育のベースとなる
- ▷ シリーズ完成課題 – 各要素の関連を同定（し，続きを生成）する
 - ・ 例）{A C E G}, {2 4 8 16}
 - ・ 先行するバイアスによって，生成する要素や難易度が異なる (Quershi & Seitz, 1993)
- ▷ シリーズ完成課題のフレームワークや，モデルが考案された (Holzman et al., 1983; Kotovsky & Simon, 1973; Simon & Kotovsky, 1963)
 - ・ 基本的に4つの構成要素からなる
 1. *relations detection*: シリーズを走査，関連の発見，仮説生成 (e.g., 加算, 乗算して減算)
 2. *discovery of periodicity*: 周期性の発見 (e.g, 周期 1:{2 5 8 11} – +3, 周期 2:{2 4 3 5} – +2 -1)
 3. *completion of the pattern description*: 規則の生成
 4. *extrapolation of the sequence*: 上記規則の適用と補完要素の生成
- ▷ シリーズ完成課題は，シリーズの要素やその複雑さ，代数的操作の種類，その度合いが影響する (Holzman et al., 1983)
 - ・ また，特に代数的（数学の）能力が，反応時間や正確さだけでなく，方略の選択にも影響を与える (Le Fevre & Bisanz, 1986)
- ▷ 様々な記憶の機能も影響を与える
 - ・ working memory : 子供の方が大人より優れているが，大人になると複雑な情報を効率よく処理できる (Holzman et al., 1983; Quershi & Smith, 1998)
 - ・ working memory , 意味記憶，エピソード記憶が問題解決能力に貢献する (Lovett & Anderson, 1994)
- ▷ しかし，潜在記憶が問題解決に影響を与える研究は少ない
 - ・ 潜在記憶と顕在記憶の違いについての研究は，潜在記憶が残っている健忘症患者でも行われてきた (Milner, Corkin, & Teuber, 1968; Schacter, 1987; Shimamura, 1986)
 - ・ 潜在記憶での盛んな研究 – プライミング
 - * プライミングは視覚的課題や概念的課題でも起こるが，それぞれが異なる（水準である）
 - ・ 代数的なプライミングの効果を扱った研究は比較的少ない

- * さらにこれらは、潜在記憶と役割というよりも、代数的処理の認知構造に焦点をあてている

▷ 数列完成課題を用いた健忘症患者のプライミング効果についての研究

- ・ プライム（ソース）とターゲット
 - * e.g.) プライム：{1 4 7} — ターゲット：{2 5 8}（どちらも +3）
- ・ Delazer and Benke (1999), Delazer et al. (1999)
- ・ 健忘症患者でもプライミング効果はあるが、プライムとターゲット間の filler が長くなるにつれて、その効果は減少する

2 Outline of the present study

▷ Delazer et al. (1999) の研究

- ・ 第1実験：数列課題のプライミング効果が、明確な再認に依存しないことを明らかに
 - * filler（プライムとターゲット間の試行）を2種類設定（4と10）
- ・ 第2実験：プライミング効果が処理の central stage に属するのだろうか
 - * central stage：Delazer らが提唱

▷ central stage 概要 (Fig. 1)

- ・ いくつかの処理要素にわけられ、それぞれがプライムされやすい
- ・ (“Identification task”, “Extrapolation task” の目的・範囲は後述の実験の説明でもある)

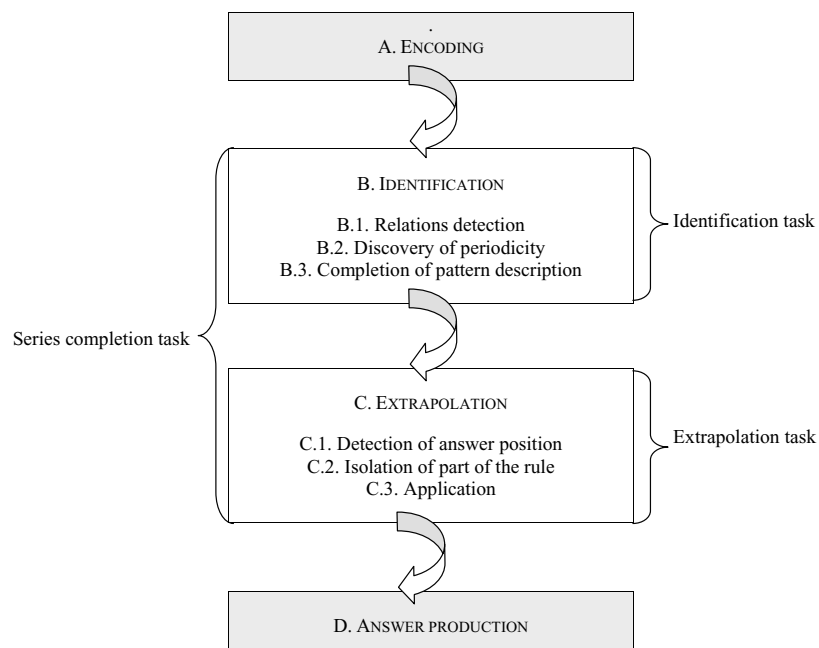


Fig. 1. Schematic representation of the processing stages required in series completion task, identification task and extrapolation task. Encoding (A) and answer production (D) are involved in all tasks. For easy number series (with period length one) the stages B2, C1 and C2 do not apply. Adapted from Holzman et al. (1983).

▷ 課題について

- ・ 2つの周期（難易度）の課題（easy/difficult）
 - * easy：周期 1 (e.g., +3)
 - * difficult：周期 2 or 3 (e.g., +2 -1)

3 Experiment 1

3.1 Method

参加者

- ▷ 大学生・大学院生 30 名（平均年齢 26.5 歳）がボランティアで参加
 - ・ 数列完成課題の経験なし
 - ・ Graded Difficulty Arithmetic Test で少なくとも平均点取得
 - ・ 健常視力（補正あり含む）

刺激

- ▷ シリーズ完成課題（難易度：2 水準 × 間隔：2 水準）
 - ・ （代数的）アルゴリズムに従った数列完成課題 (e.g, {3 5 7 9} : +2)
 - ・ 20 組（プライムとターゲットのペア）の実験課題（Table 1）と filler 課題
 - ・ 実験課題 / filler 課題ともに 2 つの難易度を設定
 - ・ 2 つのブロックを設定
 - * プライムとターゲットの間隔 (4 or 10)
 - * 各ブロックで使用する実験問題と filler 問題は同じ
 - ・ Block 1 (lag 4) : 40 exp + 46 filler = 86 trial
 - ・ Block 2 (lag 10) : 40 exp + 50 filler = 90 trial
- ▷ 再認課題
 - ・ シリーズ完成課題 (Block 1) と類似
 - ・ 実験問題の半分（10 組）はプライムとターゲットを同じに設定
 - ・ ターゲット呈示時は疑問符をあわせて呈示（e.g., {3 5 7 9 ?}）
 - * この場合、完成させるのではなく、以前に見たか否かを回答（他は回答要求）
 - * つまり、10 の “yes” と 10 の “no” を設定

装置

- ・ コンピュータ上のディスプレイに刺激を呈示（“SuperLab” 使用）
- ・ 音声データはコンピュータとシリアル接続したマイクを用いて収集

手続き

- ・ 個人実験
- ・ 半数ずつ、いかのいづれかの順序（それぞれ最低 1 週間のブランクを設定）
 - ・ Block 1 → Block 2 → 再認課題
 - ・ Block 2 → Block 1 → 再認課題

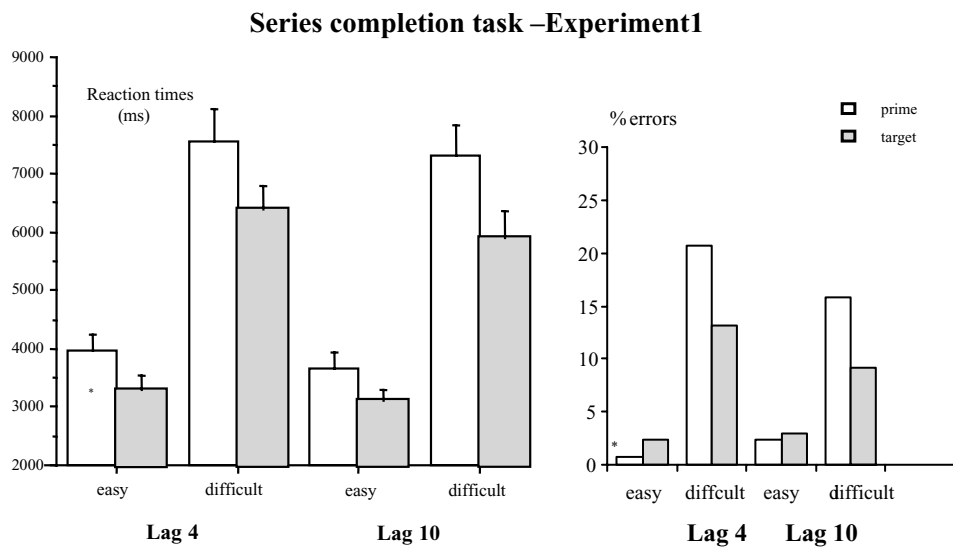


Fig. 2. Solution times and error rates in priming task lag 4 and priming task lag 10, as a function of priming condition and trial difficulty.

3.2 Result

分析データ

- ・ 正答試行（課題）と誤答率を分析（中央値を使用）
 - ・ 反応潜時 20 秒以上のデータは分析対象から除外
- ・ 4 人の参加者がプライムとターゲット課題で 30% 以上間違えたので除外
- ・ 統計分析前に反応時間を（正弦？）変換，誤答率を逆正弦変換

シリーズ完成課題

- ▷ RT 分析 – 正答課題に対する logRTs を分散分析 (Fig. 2)
 - ・ 参加者内要因で，プライム条件 (prime/target) × 難易度 (easy/difficult) × lag(4/10)
 - ・ プライム条件で主効果あり：ターゲット (4671ms) の方がプライム (5622ms) より早い
 - ・ 難易度で主効果あり：easy(3508ms) の方が difficult(4671ms) より早い
 - ・ lag および交互作用に有意差なし
- ▷ エラー分析 – 誤答率
 - ・ 参加者内要因で，プライム条件 (prime/target) × 難易度 (easy/difficult) × lag(4/10)
 - ・ プライム条件で主効果あり：ターゲット (6.9%) よりも，プライム (9.9%) の方が高い
 - ・ 難易度で主効果あり：easy(2.1%) よりも，difficult(14.7%) の方が高い
 - ・ lag と難易度で交互作用あり：
 - easy の方がより正答しているが，その効果は lag4 の方が高い
 - ・ プライム条件と難易度で交互作用あり：正確性の向上は difficult のみ
 - difficult (11.2% vs 18.3%) — easy (1.5% vs 2.7%)
- ▷ 再認課題
 - ・ score = 正しく再認した課題数 - 間違えて再認した課題数
 - ・ 難易度で有意差なし + プライミング効果と score に相関なし

3.3 Discussion

- ・ lag に関わらずプライミング効果は認められた（反応潜時）
- ・ 正答率でプライミング効果が認められたのは difficult のみ
 - ・ easy では床効果があらわれた

4 Experiment 2

4.1 Method

参加者

- ▷ 大学生・大学院生 30 名（平均年齢 26.6 歳）がボランティアで参加
 - ・ Experiment 1 と異なる参加者
 - ・ Graded Difficulty Arithmetic Test で少なくとも平均点取得
 - ・ 健常視力（補正あり含む）

刺激

- ▷ シリーズ完成課題
 - ・ Experiment 1 の Block 1(lag 4) と同じ
- ▷ Identification task
 - ・ 20 組の実験課題と 46 組の filler 課題
 - ・ ただし、この課題では完成させるのではなく、アルゴリズムを答える
 - ・ 回答する直前に、キーボード上のスペースキーを押下（反応潜時取得のため）
- ▷ Extrapolation task
 - ・ 20 組の実験課題と 48 組の filler 課題
 - ・ プライムとターゲット間は 4 課題 (lag 4?)
 - ・ 各ターゲットのアルゴリズム (e.g., +2) は既に出ている
 - ・ 参加者は与えられたアルゴリズムにより数列を完成させることを要求される

手続き

- ・ 個人実験
- ・ 半数ずつ、いかのいづれかの順序（それぞれ最低 1 週間のブランクを設定）
 - ・ シリーズ完成課題 → Identification task → Extrapolation task
 - ・ Identification task → シリーズ完成課題 → Extrapolation task
- ・ Extrapolation task の 1 試行（課題）は次のような手順
 - ・ 注視点 → アルゴリズム (e.g., (-2)) → スペースキー押下 → 数列表示 → 回答（口頭）

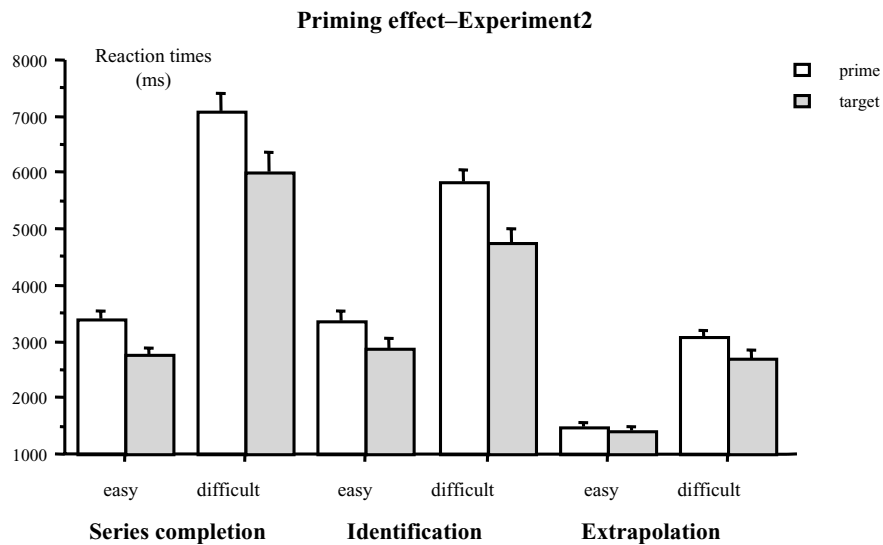


Fig. 3. Solution times in priming task lag 4, identification, and extrapolation task, as a function of priming condition and trial difficulty.

4.2 Result

分析データ

▷ Experiment 1 と同様

シリーズ完成課題

▷ RT 分析 (Fig. 3)

- ・ 参加者内要因で、プライム条件 (prime/target) × 難易度 (easy/difficult)
- ・ プライム条件で主効果あり：ターゲット (4390ms) の方がプライム (5257ms) よりも早い
- ・ 難易度で主効果あり：easy(3090ms) の方が、difficult(6557ms) よりも早い
- ・ 交互作用に有意差なし

▷ エラー分析

- ・ 参加者内要因で、プライム条件 (prime/target) × 難易度 (easy/difficult)
- ・ プライム条件で有意差なし
- ・ 難易度で有意差あり：difficult(12.3%) の方が、easy(1.5%) よりも高い
- ・ 交互作用は有意傾向 ($F(1, 29) = 3.14, MSE = .08, P = .08$)
 - * easy プライム (1.6%) と easy ターゲット (1.3%) は、ほぼ等しい
 - * しかし、difficult では正答率が上がっている (10.3% vs 14.3%, $P < .05$)

Identification task

▷ RT 分析

- ・ 参加者内要因で、プライム条件 (prime/target) × 難易度 (easy/difficult)
- ・ プライム条件で有意差あり：ターゲット (3833ms) の方がプライム (4602ms) よりも早い
- ・ 難易度で有意差あり：easy(3138ms) の方が、difficult(5297ms) よりも早い
- ・ 交互作用に有意差あり：ターゲットの方が早いですが、その効果は difficult の方が大きい

Extrapolation task

▷ RT 分析

- ・ 参加者内要因で、プライム条件 (prime/target) × 難易度 (easy/difficult)
- ・ プライム条件で有意差あり：ターゲット (2064ms) の方がプライム (2288ms) よりも早い
- ・ 難易度で有意差あり
- ・ 交互作用に有意差あり
 - * difficult のみ有意差あり：プライム (3077ms) vs ターゲット (2700ms)
 - * easy は、ほぼ同等：プライム (1449ms) vs ターゲット (1428ms)

4.3 Discussion

Experiment 1(lag4) と Experiment 2 は類似した結果

- ・ RT が Experiment 1 よりも早く、エラーが少なかったのは、Experiment 2 の参加者の方が優秀だからかもしれない (Graded Difficulty Arithmetic Test が Experiment 1 より高い)

2 つのタスク (Identification task & Extrapolation task)

- ・ Identification task でもプライミング効果はあらわれた
 - ・ Fig. 1 で示したように、数列完成課題では複数のプロセスが考えられる
 - ・ つまり、高次数値処理ステージ¹は、潜在記憶処理によって容易化 (facilitation) が増加する (プライミング効果があらわれる)
- ・ Extrapolation task では difficult でのみプライミング効果があらわれた
 - ・ easy であらわれなかったのは、単純な計算であったためだと考えられる (足し算, +3 など)
 - ・ つまり、類推的容易化がされなかった

5 Case study

5.1 Case description

PR (55 歳, 男性, 13 年生の教師)

- ・ 重度の健忘症と、時間と空間感覚の混乱
- ・ 検査結果は Table 2, Table 3
- ・ WAIS の代数的なテスト, 非言語的問題解決では平均的なスコアを取得
- ・ 視知覚テストでも困難を生じなかったが、断片的な物体の再認テストでは困難を生じた

¹relation detection, discovery of periodicity, completion of the pattern

5.2 Method

装置

- ・ Experiment 1, 2 と同じ

手続き

- ・ 以下の順で実施
 - ・ 数列完成課題 (Block 1, lag 4) → 数列完成課題 (Block 2, lag 10) → Identification task → Extrapolation task → 再認課題
- ・ 以下の点が健常者と異なる
 - ・ Identification task において, 注視点の代わりに “Which principle?” と表示
 - ・ Extrapolation task において, 実験者が変わりにスペース・キーを押下

5.3 Result

分析データ

- ▷ 反応潜時にはノンパラメトリック検定 (Wilcoxon) を用いた

シリーズ完成課題

- ▷ RT 分析
 - ・ lag 4 でプライミング効果あり：ターゲット (3268ms) の方がプライム (5001ms) より早い
 - * easy：ターゲット (2845ms) < プライム (3214ms)
 - * difficult：ターゲット (4168ms) < プライム (6625ms)
 - ・ lag 10 ではプライミング効果は認められず (しかし, separate analyses だと …)
 - * easy：有意差なし
 - * difficult：ターゲット (5271ms) < プライム (6279ms)

Identification task

- ▷ RT 分析
 - ・ 全体でプライミング効果あり：ターゲット (4630ms) < プライム (4882ms)
 - * difficult：ターゲット (6401ms) < プライム (14980ms)
 - * easy：ターゲット (3562ms) ≒ プライム (3921ms)

Extrapolation task

- ▷ RT 分析
 - ・ プライミング効果は認められず

再認課題

- ・ ターゲットに対し, 10/10 で “yes” を返したが, 非ターゲットにも 9/10 で “yes” を返した

5.4 Discussion

- ▷ PR は再認できないにもかかわらず，プライミング効果を示した
 - ・ プライミング（類推）がエピソード記憶に依存しないことを示唆している
- ▷ しかし，数列完成課題は部分的に顕在記憶にも依存しているだろう
 - ・ 課題を完成させるには以前の事例を思い出す必要があるが，PR はしばしばためらいや，エラーがあった
 - ・ PR の解決時間が健常者と比較して高い
 - タスク情報の顕在記憶への読み込みが，容易化（プライム）の効果を消す・妨げているかもしれない

6 General discussion

- ・ 数列完成課題におけるプライミング効果の持続性が示された
 - ・ より複雑な問題解決でも，1 日以上プライミング効果の持続性が示されたことを示した研究 (Schunn & Dunbar, 1996) を支持
- ・ プライミングが潜在記憶の活動であることを示した
 - ・ PR の症例と事例
 - ・ プライミングがよく考えられて取り出された方略によって変調されることがない研究 (Brown, Neblett, Jones, & Mitchell 1991) と同様の結果
- ・ (筆者らの) モデル (Identification/Extrapolation) が潜在記憶による容易化を受けやすいことが示された
 - ・ しかし，どちらのプロセスが問題解決に貢献しているのかは知ることができなかった
 - ・ この研究の結果からは，最後の方のプロセス (application of the algorithm to the number series) は，プライミングの影響を受けやすいことを示したものであった
- ・ この研究は，プライミングが視覚や，言語，意味的以外にも，帰納的推論のような高次領域にもおよぶことを示した

Table 1
Examples of the experimental trials used in the priming tasks

Algorithm	Prime	Answer	Target	Answer
Easy trials				
+6	21 27 33 39	45	14 20 26 32	38
/2	48 24 12 6	3	32 16 8 4	2
+1	5 6 7 8	9	2 3 4 5	6
Difficult trials				
+2 - 1	2 4 3 5	4	4 6 5 7	6
+5 - 1	5 10 9 14 13	18	7 12 11 16 15	20
-1 × 2	6 5 10 9 18	17	5 4 8 7 14	13

Table 2
PR's performance in the memory tests

Test	Score	Classification
WMS-R (Härting et al., 2000)		
Digit span forward	7	Average
Digit span backward	7	Average
Verbal learning MGT (Ilmberger, 1988)		
16 items, 5 presentations	4-5-4-5-8	Severely impaired
Short delay free recall/short delay cued recall	2/2	Severely impaired
Long delay free recall/long delay cued recall	0/2	Severely impaired
Recognition	11	Impaired
Complex Figure Test (Rey, 1941)		
Copy (raw score)	35	Intact
Recall after 10 min (raw score)	0	Severely impaired
Recognition Memory Test (Warrington, 1984)		
Words (maximum 50)	22	Impaired
Faces (maximum 50)	24	Impaired
Verbal Learning Test (Sturm & Willmes, 1999)		
Correct minus false positive	26	Borderline
Nonverbal Learning Test (Warrington, 1984)		
Correct minus false positive	-4	Severely impaired
Rivermead Behavioural Memory Test (White, 1988)		
Story recall immediate	4	Borderline
Story recall delayed		Severely impaired
Autobiographical memory interview (Kopelman et al., 1990)		
Personal semantic memory		
Childhood	17	Average
Adult	21	Average
Recent	15	Below average
Autobiographical memory		
Childhood	1	Severely impaired
Adult	2	Severely impaired
Recent	0	Severely impaired

Table 3
PR's performance in neuropsychological background tests

Test	Score	Classification
Estimated premorbid intelligence	32	Superior
Lehrl Vocabulary Test (Lehrl, 1977)	IQ 118	
WAIS, short form (Dahl, 1986)	IQ 121	Superior
Information	T 60	
Similarities	T 63	
Picture completion	T 48	
Block design	T 60	
Graded Difficulty Arithmetic (Jackson & Warrington, 1986)	12	Average
VESPAR (Langdon & Warrington, 1995)		
Spatial odd one	19	
Spatial analogy	19	
Spatial series	22	
Perception		
Visual object and space perception (Warrington & James, 1991)		
Incomplete letters	18	Above the cut-off
Silhouettes	15	Above the cut-off
Object decision	19	Above the cut-off
Dot counting	9	Above the cut-off
Position discrimination	18	Above the cut-off
Number location	9	Above the cut-off
Cube analysis	9	Above the cut-off
Facial Recognition Test (Benton et al., 1983)	42	Average
Hooper Visual Organisation Test (Hooper, 1983)	20	Below average
Line orientation (Benton et al., 1983)	30	
Attention		
TAP alertness (Zimmermann & Fimm, 1993)		
Trials without warning tone	241 ms	Average
Trials with warning tone	234 ms	Average
Index phasic alertness	0.03	Average
Trail Making Test Part A (Reitan, 1958)	35 s	Average
Trail Making Test Part B (Reitan, 1958)	136 s	Average
Verbal fluency	20, 21	Average