

# 日本人の掛け算九九の実行プロセスについての実験的検討

伊藤祐康 久保 (川合) 南海子 正高信男

京都大学 理学研究科

1. はじめに  
 日本の学校教育では、掛け算九九は言語的に反復することで学習される。本研究は、その掛け算九九計算はどのようなプロセスで実行されているのかを実験的に検討することを目的として行われた。

計算には数を量的に表象するルートと、言語によって表象するルートがあり、その両方のルートにより計算が可能となる (Dehaene,1992,1997, Dehaene & Cohen,1997)。しかし、日本人は九九を暗唱によって学習するため、九九は他の計算より言語的に特化された計算となっていると考えられる。よって、日本人が九九を解く際には、ほとんど数量を表象せずに、言語的な計算によって解答されているのではないか。今回、この疑問を解くため、日本人の成人で九九計算を調べ

る実験を行った。本実験では音声刺激で計算問題が流れ、式中の1つの数字がマスクング音に隠されていた。被験者には、その隠されている数字を答えてもらった。この場合、足し算は量的に数を表象して引き算するか、数を数えていくかの方略をとるため、解答に時間がかかるが、九九は数を考えず歌詞を埋めるような作業で解決されるため、足し算よりも解答時間が速いと考えられる。この仮説をもとに実験を行った。

## 2. 方法

参加者 成人20名 (性別内訳 男性 10名, 女性 10名)であった。平均年齢は22.10歳 (SD=1.02)であった。

刺激 音声刺激 (一桁の計算課題) が、パソコンから流れるようにした。計算の種類は足し算, 掛け算, 九九であった。本実験では、式中にマスクング音が挿入

された。マスクング音は式中前方部か式中後方部のどちらかに置かれた。

表1に各計算課題の式が6と7の組み合わせで構成された刺激例と刺激呈示時間について例示した。刺激の構成は表1に示した6と7の組み合わせの刺激のよ

うな2つの数字の組み合わせの刺激を20通り用意した。手続き 試行数は、被験者一人につき3 (計算の種類: 足し算, 掛け算, 九九課題) × 2 (マスクング音前・後ろ条件) × 20 (2つの数字の組み合わせ) で120試行だった。足し算, 掛け算, 九九の順序は実験者が順番をランダムに並べ替えた擬似ランダムだった。被験者間では同じ刺激順序で行われた。被験者は、マスクングされた式中の数字をテンキーで答えることが求められた。

実験デザインと分析方法 本実験では各被験者において、計算課題とマスクング音の位置条件で分けて平均を出した後、分散分析を行った。独立変数は計算の種類要因 (足し算, 掛け算, 九九課題の3水準) とマスクング音の位置要因 (マスクング音前条件, マスクング音後ろ条件の2水準) の2要因被験者内計画であった。従属変数は各被験者の平均反応時間であった (今回、全てのデータを対数変換して利用した)。

## 3. 結果

計算課題とマスクング音の位置の分析

図1に各計算課題におけるマスクング音の位置別の平均反応時間を示した。計算の種類とのマスクング音の位置について2要因分散分析の結果、計算の種類 (F(2, 38)=61.19, MSE=0.03, p<.001), マスクング音の位置 (F(1, 19)=5.82, MSE=0.02,

刺激呈示(mm/s)	足し算課題		掛け算課題		九九課題	
	マスクング音前条件	マスクング音後ろ条件	マスクング音前条件	マスクング音後ろ条件	マスクング音前条件	マスクング音後ろ条件
0~1000	マスクング音	ろく(6)	マスクング音	ろく(6)	マスクング音	ろく(6)
1000~2000	たす(+)	たす(+)	かける(×)	かける(×)	無音	無音
2000~3000	なな(7)	マスクング音	なな(7)	マスクング音	しち(7)	マスクング音
3000~4000	は(=)	は(=)	は(=)	は(=)	無音	無音
4000~5000	じゅうさん(13)	じゅうさん(13)	よんじゅうに(42)	よんじゅうに(42)	しじゅうに(42)	しじゅうに(42)

表1 各課題における条件別刺激例 (6と7の組み合わせの場合) と1試行中(5秒間)における刺激呈示時間

p<. 05) の主効果と、計算の種類×マスキング音の位置の交互作用は (F(2, 38)=10. 56, MSE=0. 01, p<. 001) いずれも有意であった。

単純主効果の検定の結果、計算の種類はマスキング音前条件、後ろ条件両方の場合で有意であった (p<. 001)。マスキング音の位置は、掛け算課題で有意傾向 (p<. 10)、九九課題で有意だった (p<. 001)。よって九九課題ではマスキング音が後ろにあったほうが解答の反応時間は速かった。また、掛け算課題でも、マスキング音が後ろにあったほうが解答の反応時間は速い傾向があった (図 1)。多重比較の結果、マスキング音前条件のとき、掛け算課題は足し算課題より有意に速く (p<. 001)、九九課題も足し算課題より有意に速く解答できていた (p<. 001)。しかし、掛け算課題と九九課題では有意な差はなかった。マスキング音後ろ条件のとき、掛け算課題は足し算課題より有意に速く (p<. 001)、九九課題も足し算課題より有意に速く解答できていた (p<. 001)。また、九九課題の方が掛け算課題より有意に速く解答できていた (p<. 01)。

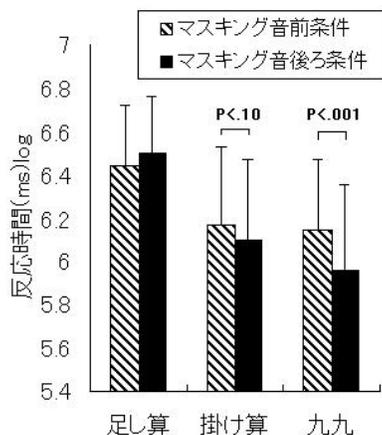


図 1 各計算課題におけるマスキング音の位置条件別平均反応時間 (±SD)

#### 4. 考察

本実験では、足し算課題よりも、九九課題の解答時間が速かったことから仮説は支持されたと考えられる。九九課題では式中の後方がマスキングされた方が、前方部をマスキングされるより速く解答でき、掛け算課題でも同様の傾向が見られた。これは言語的に情報を読み出す際、式中前方部がマスキングされていない場合、それが情報検索のタグを示すことで記憶の検索がしやすいため、すばやい言語情報処理が可能だった

のだと考えられる。また、足し算にマスキング音の位置の影響がでなかったということは、多くの足し算の場合、数量を心的に表象し、和から式中の数字を引くか数え上げる方略をとったため、式中のどちらにマスキング音があろうと関係なかったと考えられる。よってこのことから仮説は支持された。また今回、掛け算は九九に置き換えて計算したという人が 20 人中 19 人だったので掛け算課題は九九課題と同様の方法で解答されていたと考えられる。

本研究の教育的意味 九九は数量表象による計算ルートが顕在化せず、言語表象による記憶の貯蔵・再生によりほとんどが遂行されているのであれば、数量を頭に浮かべることができない算数が苦手な児童でも解答可能であることになる。言語表象による計算ルートが強く正規化される九九が、小学校 2 年生における算数授業のメインパートとなっている。このため、小学 2 年生までは、算数の苦手な児童があまり顕在化しないのではないか。現在、教育現場において算数の苦手さが表出する段階を示して 9 歳の壁、10 歳の壁という言葉が用いられている。言語表象として暗記し、クリアできる九九が小学 2 年生時にあり、数量を頭に表象するのが苦手な児童が九九をクリアしていったん安心される。そして小学校 3～4 年生にかけて数の感覚が問われる分数などが出てきた際に算数の苦手さが顕在化する、というのが 9 歳の壁を作り出す一要因となっているのではないだろうか。九九が言語情報処理によってほとんどが遂行されていることに留意し、児童が持つ数量表象の操作能力の成長度合と、言語的に特化された九九習熟を混同せず別々に評価することにより、数量表象の操作が苦手な児童を早期に発見し、教育する機会が得られるだろう。

#### 5. 参考文献

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.

Dehaene, S. (1997). *The number sense*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Dehaene, S. & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33, 219-250.