

1桁の加法・乗法の真偽判定課題 における同数効果の生起因

島田英昭

(筑波大学大学院心理学研究科)

hshimada@human.tsukuba.ac.jp

同数効果とは

同数効果とは、 $3+3$ のような、同じ数を演算数に持つ同数問題は、 $3+4$ のような非同数問題に比べて、反応時間が短い現象。

表1: 同数問題と非同数問題の成績の比較

問題タイプ	同数	非同数
例	$3 + 3, 6 \times 6$	$3 + 4, 5 \times 8$
反応時間	短い	長い
正答率	高い	低い

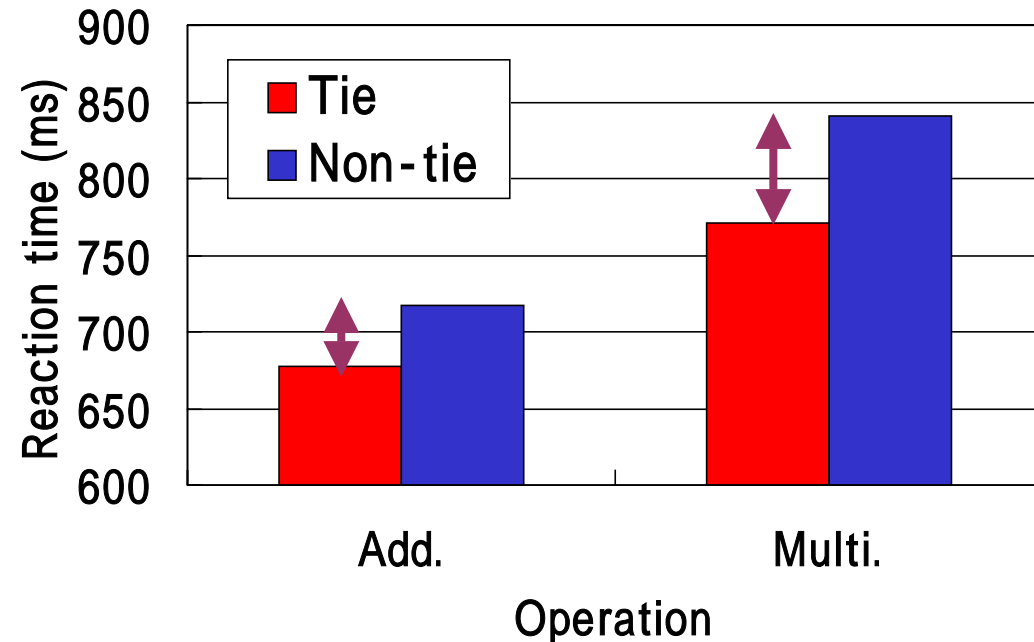


図1: 同数問題と非同数問題の反応時間の比較
産出課題 ($3+5=?$ に答える) の場合
(Shimada (2000)の再分析)

問題と目的

同数効果の生起因をめぐる3つの理論

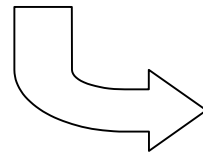
- 加法・乗法非対称説 (島田, 審査中)
- 学習頻度説 (Ashcraft, 1987)
- 符号化優位説 (Blankenberger, 2001)

目的

これら3つの仮説を比較し, 妥当性を検討すること

方法

- 真偽判定課題を用いる
- たとえば, $3 \times 5 = 15$ の真偽を判定する課題
- 真判定がなされる問題に対する反応時間について,
加法と乗法の同数効果の効果量を比較する



同数問題と非同数問題の
反応時間差

各モデルからの予測

- 加法・乗法非対称説 (島田, 審査中)

加法と乗法と同数効果の生起因は異なる

- 真偽判定課題の反応時間は, 以下(詳細はAppendix)に示す方程式により予測される連合強度により決定される

$$\frac{dAss(a,b,r,c)}{dt} = a_p(1 - Ass) + a_o(1 - Ass) + a_f(0 - Ass) + a_s(0 - Ass)$$

- 次の2つの学習法則が同数効果の生起因である

- 演算数ベースの連合強化

a+b=cに対して, 演算数と答えを共有するファクトが存在した場合, a+b=cの連合は強められる

- ファン効果による連合抑制

a+b=cに対して, 答えを共有するファクトが多い場合に, a+b=cの連合は弱められる

- 演算数ベースによる連合強化は、ファン効果による連合抑制よりも強く影響すると想定される

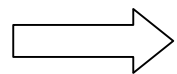
加法と乗法それぞれの同数の生起因

加法の場合・・・同数問題には、演算数と答えを共有するファクトが必ず存在するため

たとえば、 $7+7=14$ に対し、 $7 \times 2=14$ が存在し、
7と12の連合が強化されやすい

乗法の場合・・・同数問題には、答えを共有するファクトが少ない

たとえば、 $7 \times 7=49$ に対し、他に49を答えに持つファクトはないが、 $7 \times 8=56$ には、 $8 \times 7=56$ という答えを共有するファクトが必ず存在する



加法の方が同数効果量が大きいと予測される
(加法は演算数ベースの連合強化の影響をうけるため)

● 学習頻度説 (Ashcraft, 1987)

同数問題は比較的学習頻度が多く、検索が容易になされる

⇒ **加法と乗法の同数効果量は等しい**と予測される

(基本的には、非同数問題に対する同数問題の相対頻度は、加法と乗法で違いがないと考えられるため)

ただし、次の2つの前提を仮定すると、異なる予測が得られる

- 産出課題の同数効果量は、乗法の方が大きい

(Blankenberger, 2001; 島田, 審査中)

- 真偽判定課題は、「産出 + 比較」方略が適用される

(Ashcraft, 1987)

⇒ **乗法の方が同数効果量が大きい**と予測される

● 符号化優位説 (Blankenberger, 2001)

同数問題は、同じ数が繰り返し提示されるため、符号化に要する時間が短くてすむ

→ **加法と乗法の同数効果量は等しい**と予測される
(同じ数が繰り返されるという特徴は、加法と乗法で違いがないため)

以上の予測をまとめると、次のようになる

表2: 各モデルによる同数効果量の予測

モデル	同数効果量の予測
加法・乗法非対称説	加法の方が大きい
学習頻度説	加法と乗法で同じ、 あるいは乗法の方が大きい
符号化優位説	加法と乗法で同じ

方法

- 材料 2から9までの数を用いた加法と乗法の真偽判定課題
- 加法と乗法それぞれ256問ずつ
 - 半数は真, 半数は偽

被験者 成人22名

手続き 等式を提示し, その真偽を判定することを求める
1試行の流れは以下の通り

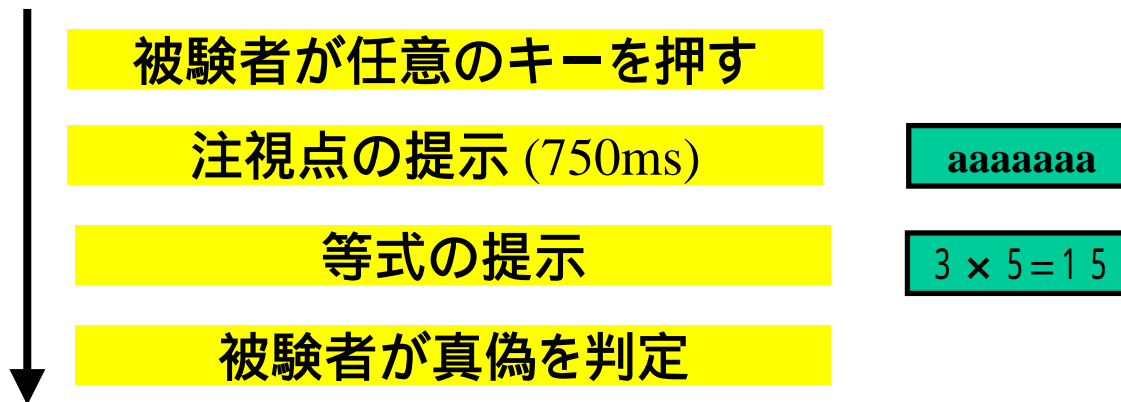


図2: 1試行の流れ

結果と考察

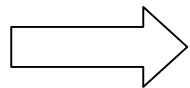
結果

反応時間についての分析

- 交互作用が有意($p < .01$)
- 加法・乗法ともに同数効果が有意($p_s < .05$)

考察

同数効果量は加法の方が大きい



加法・乗法非対称説のみ説明が可能である

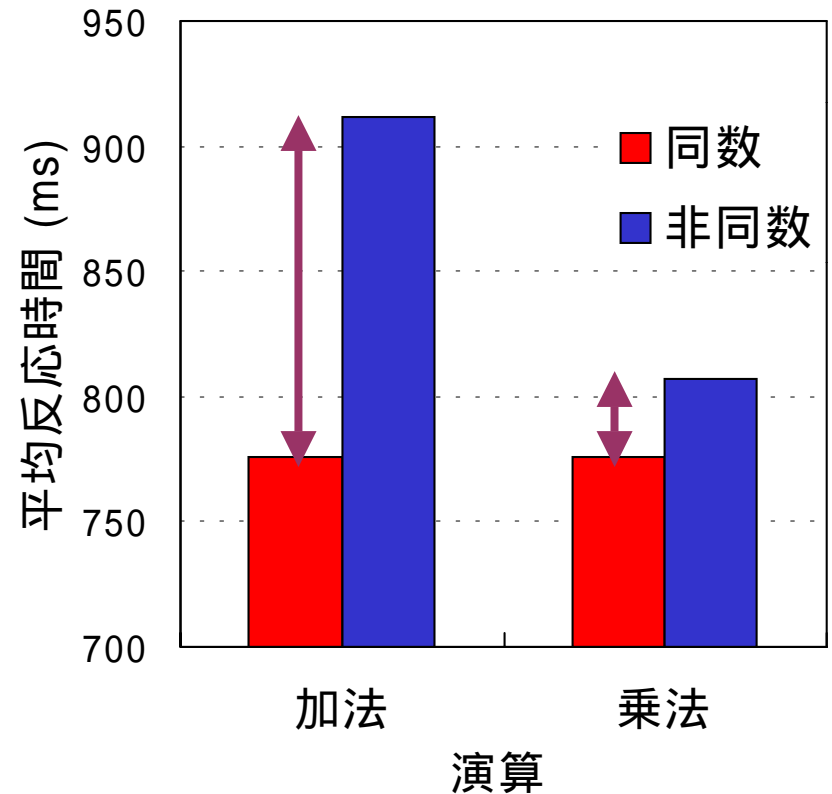


図3: 演算ごとの同数・非同数問題に対する平均反応時間

Appendix

島田(審査中)によるモデルの概要を述べる。

学習と連合強度, 干渉強度

問題と答えの連合強度, あるいは問題とその答え候補の干渉強度は, 次の式による学習の結果である。

$$\frac{dAss(a,b,r,c)}{dt} = a_p(1 - Ass) + a_o(1 - Ass) + a_f(0 - Ass) + a_s(0 - Ass)$$

ここで, t は時間(学習頻度), (a,b,r,c) は, $(3,4,+,7)$ のようなファクト, あるいは $(3,4,+,8)$ のような干渉を引き起こす連合, $Ass(a,b,r,c)$ は (a,b,r,c) の連合の強さで t の関数。また, 4つの a は (a,b,r,c) の関数で, 順に問題による連合強化, 演算数による連合強化, ファン効果による連合抑制, 大きさの類似性による連合抑制を表す。学習が進むにつれて, $Ass(a,b,r,c)$ の値が大きくなる。

成人の暗算に関する知識は, 学習が十分に収束していると仮定でき, t から以下を得る。

$$Ass(a,b,r,c) = \frac{a_p + a_o}{a_p + a_o + a_f + a_s}$$

真偽判定課題の成績

真偽判定課題の反応時間は，連合強度によって評価される．

産出課題の成績

産出課題の反応時間は，以下の式により評価される．

$$T(a,b,r,c) = \frac{I(a,b,r,c)a_s}{Ass(a,b,r,c)}$$

ここで， $T(a,b,r,c)$ は，問題 “arb=?” に対する反応時間を表す． a_s 大きさの類似性， $I(a,b,r,c)$ は干渉強度で，arb=? に類似する (a,b,r,c) の連合の強さの和である．

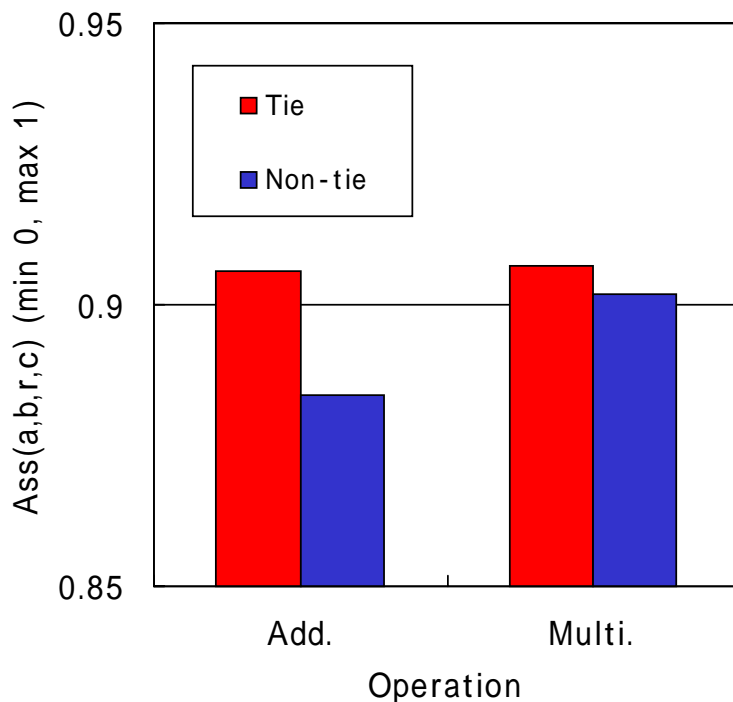


図4: 真偽判定課題の予測

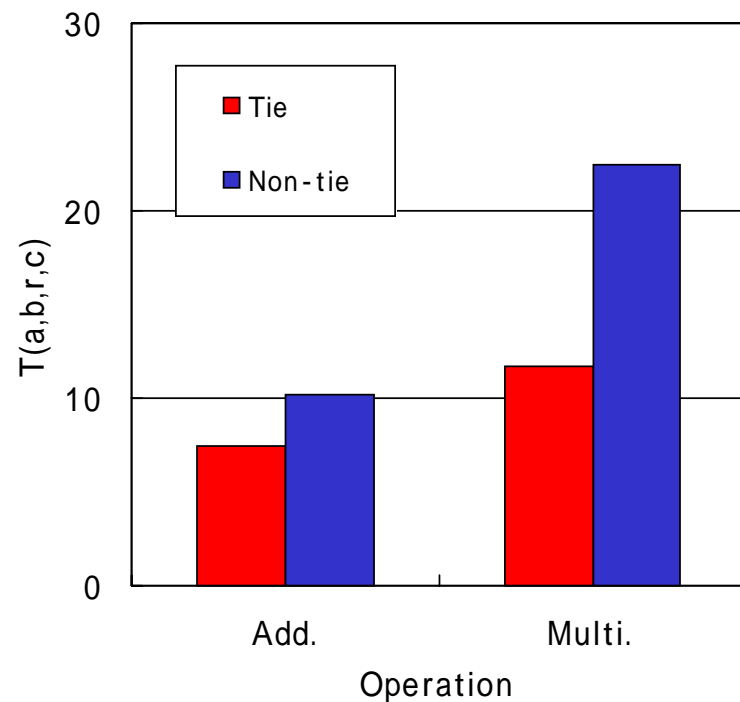


図5: 産出課題の予測