

複数桁数の 2 桁概数表象 - 大小比較判断課題による検討 -

島田英昭

(筑波大学大学院心理学研究科)

key words : multidigit-number, number comparison, two-digit representation

Dehaene (1992)は、数処理の一般的な枠組みとして、図 1 に示すような Triple code model を提唱している。このモデルは、視覚的処理モジュール、聴覚的処理モジュール、および大きさモジュールの 3 つのモジュールよりなる。この中で、数の大きさに関する情報は、視覚的処理モジュール、あるいは聴覚的処理モジュールより入力され、大きさモジュールに転送される。本研究では、複数桁数の大きさモジュール内での表象構造、および視覚的処理モジュールから大きさモジュールへの転送過程を検討する。

大きさモジュール内での数の表象構造に関して Dehaene (1992)は、入力された数の大きさに関する情報は、多数の桁を持つ複数桁数であっても、その数の全体的大きさが大きさモジュールに反映されるとしている。たとえば、2345 が処理される際、大きさの情報として重要である千の位の 2 や百の位の 3 のみならず、十の位の 4 や一の位の 5 も大きさモジュールに転送されるとしている。

しかしながら、大きさモジュールで扱うことが可能な情報の容量限界についてはほとんど検討が行われていない。本研究の第一の目的は、大きさモジュールに転送され、大きさモジュール内で処理される情報の容量限界を検討することである。つまり、大きさモジュール内で扱われる数は、処理対象の複数桁数の全体を反映しているのか、あるいは、ある処理限界があり、処理対象の複数桁数の一部のみを反映しているのか検討を行う。

本研究では、以上の目的のために、複数桁数の即時的な大小比較判断課題を用いて検討を行った。

2 桁数の大きさの大小判断課題では、十の位と一の位の大小の方向が異なる場合、大小判断までの反応時間が長くなる適合性効果(Compatibility effect)が確認されている(たとえば、Nuerk et al., 2001)。たとえば、一の位と十の位の方向が一致している 42 と 67 よりも、方向が一致しない 47 と 62 の方が、十の位のみで大小判断が可能であるにもかかわらず、大小判断までの反応時間が長くなる。この現象は、2 桁数の比較では、十の位のみで大小が判定可能であっても、一の位まで処理が行われていることを示していると考えられる。

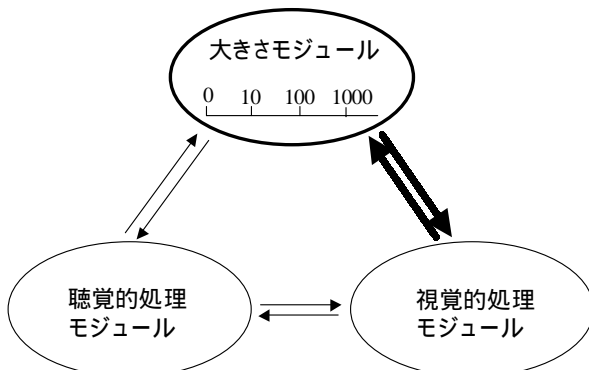


図 1 : Triple code model (Dehaene, 1992)

そこで本研究の実験 1 では、2 桁から 4 桁までの大小判断課題を用いて、適合性効果の生じる桁が上位から何桁目までであるかを検討した。適合性効果が生じた桁までは、大きさモジュールに情報が転送され、大きさモジュール内でその数を反映した表象が形成されていると考えられる。

さらに、本研究では、第二の目的として、第一の目的で明らかにされた処理限界が、注意制御可能であるかどうかを、実験 2 において検討した。

実験 1

方法

被験者 成人 13 名が実験に参加した。

材料 2 桁数, 3 桁数, 4 桁数同士の比較対象となる数の組が準備された。

2 桁数の比較では、一の位の適合性が操作された。適合条件は、十の位の大小の方向と一の位の大小の方向が一致するものであり(たとえば、21 と 45)、不適合条件は一致しないもの(たとえば、25 と 41)であった。3 桁数の比較では、十の位と一の位の適合性が、2 桁数の場合と同様に設定された。十の位と一の位の適合性を、それぞれの位の数を入れ替えることで、 $2(\text{十の位の適合性}) \times 2(\text{一の位の適合性})$ の合計 4 条件が設定された。同様に 4 桁数の比較も、合計 8 条件が設定された。以上の手続きで、合計 14 条件に 9 種ずつの数の組が用意された。

上記の数の組に加えて、最上位桁のみでは大小判断ができないダミー刺激(たとえば、245 と 267)を加えた。ダミー刺激は、2 桁数同士の比較では 4 種、3 桁数同士の比較では、十の位が一致しないもの 4 種と十の位が一致するもの 4 種の合計 8 種、同様に 4 桁同士の比較では 12 種が準備された。

以上の手続きにより、合計 150 種の数の組が準備された。

手続き 1 試行は、被験者が特定のキーを押すことで始まった。最初に、750 ms の注視点が表示された。注視点には、その後に表示される数が 2 桁の場合には"aa aa", 3 桁の場合には"aaa aaa", 4 桁の場合には"aaaa aaaa"を用いることで、その後に表示される数の組の桁数が予告された。注視点が消えた直後に、2 つの数が水平方向に並んで提示され、被験者は、左右の数の中で大きい方の数を選択し、左右に割り当てられたキーをできるだけ速く正確に押すことを求められた。2 つの数が提示されてから、被験者がキーを押すまでの時間が測定された。

20 試行の練習の後、150 組の数の組の左右を入れ替えたもの 300 試行よりなるブロックを、休憩をはさみ 2 度繰り返した。

結果

ダミー刺激を含む試行の反応は分析から除かれた。また、分析対象の試行の反応から誤答が除かれた。

適合性の効果をみるために、2 桁数の比較における上位 2 桁目(一の位)、3 桁数の比較における上位 2 桁目(十の位)と上位 3 桁目(一の位)、4 桁数の比較における上位 2 桁目(百の位)、上位

3桁目(十の位),および上位4桁目(一の位)の合計6種の適合性効果の効果量が,以下の方法により,被験者ごとに求められた.

分析対象の126種の数の組に対し,それぞれ4度繰り返し測定された反応時間の幾何平均値が求められた.その126種の数の組の反応時間の代表値を用いて,2桁数,3桁数,4桁数の各比較における,上位2桁目以降の適合性条件ごとに設定された14の実験条件ごとに,それぞれ割り当てられた9種の数の組の算術平均値が算出された.

14条件の平均反応時間に対して,2桁数の比較では上位2桁目の不適合条件の反応時間から適合条件の反応時間を引くことで,適合性効果量が求められた.また,3桁数の比較に関しては,上位2桁目の適合性効果量は,上位2桁目が適合していない2条件の平均反応時間から,上位2桁目が適合している2条件の平均反応時間を引くことで求められた.上位3桁目の適合性効果量,および4桁数の比較においても同様である.以上の手続きにより,図2に示す合計6条件の適合性効果量が算出された.

これら6条件のそれぞれに対して,適合性効果が有意であるかを,平均=0を帰無仮説としたt検定(両側,以下同様)により比較した.その結果,上位2桁目の場合は2桁数,3桁数,4桁数のすべての比較で有意であり($p < .05$),3桁数の比較における上位3桁目,および4桁数の比較における上位3,4桁目には有意な差がみられなかった.

最後に,実験結果から,母集団における反応時間差を20ms,標準偏差を15msと推定し,この推定値に基づく検定力を算出した結果,.99であった($\alpha = .05$).したがって,上位から3桁目以降の適合性効果はないと考えられる.

考察

適合性効果は,上位から2桁目に限定されることが明らかに

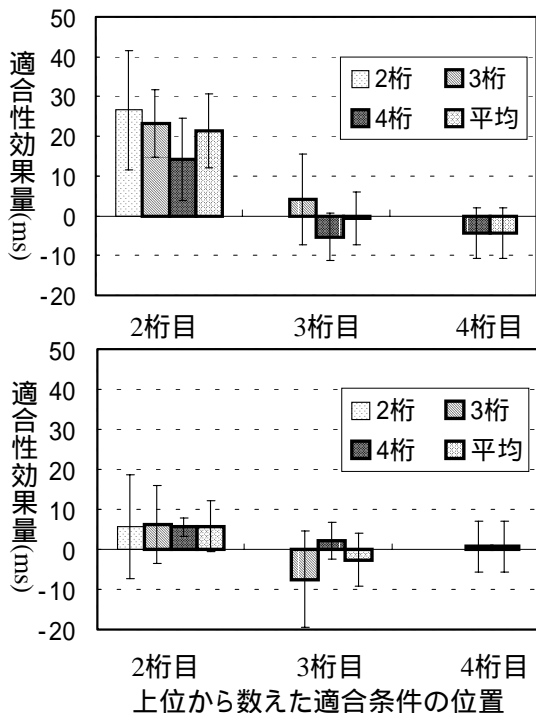


図2: 桁数・適合条件の位置ごとの適合性効果量. 上が実験1, 下が実験2. エラーバーは95%信頼区間を示す.

なった.このことから,大きさモジュールに転送され,表象される数は,上位から2桁目までに限定されることが示唆された.

実験2

実験2では,実験1でみられた上位2桁目までに限定された処理範囲が,注意制御によって,比較に十分な最上位桁のみに限定可能であるかが検討された.

方法

成人11名が実験に参加した.材料は,実験1のものからダミー刺激が除かれた数の組126種が用いられた.また,練習の前に,最上位桁の数のみで大小の判断が可能であり,上位から2桁目以降の数は無視するよう被験者に教示した.その他の点は,すべて実験1と同様であった.

結果

実験1と同様の分析を行った(図2下).その結果,4桁の比較における上位2桁目の適合性効果量が,5.7msとわずかに低い値ではあるが,有意であった($p < .01$).2桁と3桁の比較における上位2桁目の適合性効果は,いずれも有意ではなかった.

以上から,上位2桁目の適合性効果がみられないか,もしくは実験1に比べて非常に小さなものであると考えられる.この点を検討するために,実験1における上位2桁目の適合性効果量と,実験3における上位2桁目の適合性効果量を実験間比較した(2桁,3桁,4桁の比較を統合した値の比較).その結果,2つの実験における適合性効果量に有意な差がみられた($p < .01$).

なお,実験1と同様の母集団効果量における検定力は,.98であった.

考察

4桁数の比較における上位2桁目の適合性の効果が有意であった.しかし,4桁の比較における上位2桁目の適合性効果は5.7msと非常に小さく,実験1と実験2の上位2桁目の適合性効果を比較した結果,有意に実験1の適合性効果が大きかったことを考慮すれば,少なくとも適合性効果が減少することは確実であり,その効果がほぼ消失すると考えることが妥当である.

最上位桁のみに注意を向ける強い手がかりがある条件では,上位2桁目の適合性効果が消失することが明らかになった.これは,大きさモジュールへの情報転送,および大きさモジュール内での表象形成には,注意機構による制御が可能であることを示唆している.

総合考察

複数桁の大小判断課題における適合性効果は,上位から2桁目のみに限定されており(実験1),最上位桁のみに注意を向ける手がかりがある条件では,上位2桁目の適合性効果が消失する(実験2)ことが明らかになった.以上から,大きさモジュールへの情報転送,および大きさモジュール内の数表象は,(a)上位から2桁目までに限定され,(b)注意機構による制御が可能であることが示唆された.

引用文献

Dehaene, S. 1992 Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
 Nuerk, H., Weger, U., & Willmes, K. 2001 Decade breaks in the mental number line? Putting the tens and units back in different bins. *Cognition*, 82, B25-B33.
 (SHIMADA Hideaki hshimada@human.tsukuba.ac.jp)