ショートレター

日本教育工学会論文誌 36(Suppl.), 121-124, 2012

教授・学習場面における概数値の適切な提示精度†

島田英昭[*1]
信州大学教育学部[*1]

教授・学習場面において大きな数値の情報伝達をする際，概数値が用いられることがある．本研究は，数の認知研究から提案されている上位２桁処理モデルに基づき，数値情報の伝達場面においては，上位２桁の概数値の提示が適切であることを仮説として，調査を行った．調査では，20種の統計情報を提示し，最上位桁から４桁目までの４種類の概数値（たとえば，「230万件」）から，新聞，テレビで伝えられる際に望ましいと思われる数値を選ぶことを求めた．その結果，上位２桁の概数値が有意に多く選ばれた．また，この結果は，３種の数値の提示形式について一貫していた．以上から，上位２桁処理モデルが概数値の伝達場面においても適用できることが示された．

キーワード：概数，四捨五入，プレゼンテーション，サイエンスコミュニケーション，数の認知

1. はじめに

1.1. 問　題

教授・学習場面において，エビデンスベースの議論やサイエンスコミュニケーションへのニーズが高まっている．これらの場面では，数値情報の伝達が不可欠である．一般的に，授業やプレゼンテーション，ニュース報道，新聞などでは，千を超えるような大きな数値は適当な上位桁で丸められ（四捨五入され），概数値で提示されることが多い．たとえば，「日本の人口は約１億3000万人です」のように表現する．

統計的処理を中心として扱う場合や，細かい数値をもとに議論を行う場合は別として，一般的な教授・学習場面では，大きな数の細かな数値まで伝えることはない．これは，おおまかな概数値さえ伝達すれば，その場における基本的情報としては十分で，議論が可能な場面が多いからであると考えられる．

概数値の利用は，情報の受け手の認知的制約の面から見ても都合がよい．伝える情報が細かすぎると，人間の情報処理容量を超えてしまい，細かい情報が無意味になる可能性がある．さらに，必要な上位桁の処理を妨害する要因にさえなり得る．ただし，伝える情報がおおざっぱ過ぎることも問題である．なぜなら，必要な情報が十分に伝わらなくなってしまうからである．

すなわち，概数値を提示する際には，適切な提示精度が存在すると考えられる．本研究は，教授・学習場面における数値情報の伝達場面において，概数値をどの程度の精度で提示することが望ましいのか，同定することを目的とする．

1.2. 数の認知に関する心理学的研究

上記の問題を解決する上で役立つのは，これまでに行われてきた，数の認知に関する心理学的研究である．その中でも，数の大小判断に関する研究が参考になる．

古くは，MOYER and LANDAUER（1967）が１桁同士の数の大小判断プロセス（たとえば，３と５の大小判断のプロセス）を扱ったことから始まる．それが，２桁数同士（DEHAENE *et al.* 1990，HINRICHS *et al.* 1981，NUERK *et al.* 2001）から，複数桁数同士（HINRICHS *et al.* 1982，POLTROCK and SCHWARTZ 1984，島田 2005）へと一般化されている．

その中で島田（2005）は，３桁を越える，同じ桁数の数同士での大小判断（たとえば，123と456，1234と5678，など）では，上位から２桁の数が用いられて大小が判断され，上位から３桁目以降の数は無視されることを明らかにした．たとえば，1234と5678の大小判断をする場合，上位から２桁の12と56の比較がなされ，それで大小の判断がつけば，それ以降の34と78は無視

2012年3月30日受理
† Hideaki SHIMADA[*1] : Acceptable Round-off for Presenting Numerical Data in Teaching-learning Situation
[*1] Faculty of Education, Shinshu University, 6-ro Nishinagano, Nagano, Nagano, 380-8544 Japan

される．これを，上位２桁処理モデルと呼ぶ．

上位２桁処理モデルの制約は，次の２つである．一つは，上位から２桁で大小が確定すれば，３桁目以降の数は無視されることである．もう一つ重要な点は，最上位桁のみで大小判断が可能であっても，２桁目が処理されることである．たとえば，1234と5678の比較では，最上位桁の１と５で大小が決定するが，２桁目の２と６の処理もなされる．このプロセスについては，島田(2006)が計算モデルによる理論化を行っている．

上位２桁処理モデルの背景には，作業記憶における情報処理容量の限界が関係していると考えられる．作業記憶は，できるだけ多くの桁を効率的に処理しようとする．そのため，最上位桁のみで大小判断が可能であったとしても，最上位桁と同時に２桁目以降も処理する．しかし，容量限界があるため，上位２桁までしか処理できない．そのため，３桁目以降を無視する．

これは，COWAN（2001）が指摘する，作業記憶の容量限界が４程度であるとする説に合致している．すなわち，２つの数の上位２桁は，合わせて４つの数を同時処理していることになる．

1.3.　数の認知研究における課題要求の問題

上記の数の認知理論から考えれば，本研究の検討する概数値の提示場面では，上位から２桁の概数値を用いればよいと考えられる．しかし，上記の研究を適用するには，課題要求の点で問題が残る．具体的には，次の２点である．

第１に，大小判断と大小比較の違いである．ここまでに述べた研究は，“どちらが大きいか”を判断する，大小判断を課題要求としている．一方で，日常の数処理では，“どちらが大きいか”に加え，“どのくらい大きいか”という大小比較を課題要求としている．たとえば，87円と98円の缶ジュースがあったとしたとき，98円の方が高いのはいわば自明で，その差額が価値に見合っているかどうか評価される．

その中で島田（2010）は，日常の金銭の計算を事例として，“どのくらい大きいか”を要求する課題を用いて，上位２桁処理モデルの妥当性を検討した．この研究では，アルバイトの報酬を例として，「直後に受け取る4274円と１ヵ月後に受け取る5638円のどちらを選択するか」という課題を用いた．この課題では，“どのくらい大きいか”という点が，課題要求に含まれる．その結果，上位２桁処理モデルが支持できることを明らかにした．

しかし，本研究の検討する概数値の提示場面に適用するには，第２の問題が残る．それは，比較数の存在である．すなわち，授業やプレゼンテーション，ニュース報道，新聞などで情報が提示される場合，必ずしも数の比較を伴うわけではない．たとえば，「日本の人口は約１億3000万人です」のように表現したとしても，何と比較するのか，明示されていない．

比較数が存在しない場合に上位２桁処理モデルを適用するには，次の問題が残る．上位２桁処理モデルは，２つの数を比較する際，それぞれの上位２桁を処理し，合計４の数を処理すると考える．しかし，比較数が存在しない場合，情報処理容量に余裕ができるため，上位からさらに多くの数が処理される可能性もある．したがって，上位２桁処理モデルの予測を，概数値の提示場面にそのまま適用するには，問題が残る．

1.4.　目　　的

以上の議論から，概数値の伝達場面においては，上位２桁処理モデルがそのまま適用できるかどうか，問題が残る．そこで本研究は，上位２桁処理モデルに基づき，上位２桁で提示することが望ましいことを仮説として，概数値の伝達場面を想定した調査を行う．

2.　調　　査　　1

2.1.　方　　法

2.1.1.　調査対象者

大学生102名（18～21歳，男性38名，女性62名，性別・年齢不明２名）が参加した．

2.1.2.　材　　料

日本の統計2003（総務省統計局・統計研修所 2003）から20項目抜粋し，数値情報を伝達する文を作成した．たとえば，「日本の農家数は，およそ229万1300件です」のような文を作成した．それらの文に対して，上位２桁目～５桁目をそれぞれ四捨五入して選択肢を作成した．たとえば，「日本の農家数は，およそ229万1300件です」に対しては，「229万1000件」「229万件」「230万件」「200万件」とした．なお，上位から４桁目までに０が入っている場合，選択肢が同じ数値になってしまうので，このような材料は使わなかった．また，日本語の特性として，万，億，兆という10^4単位で読み方が規定されていることから，この効果が混交しないように材料を選択した．具体的には，もとの数値が「xyzw万」（あるいは，億，兆など）といった10^4で切れるもの，「xyz 万」といった10^3で切れるもの，同様に10^2，10で切れるものを５つずつ含めた．

以上の材料に対して，数値情報部分を上記４つの選

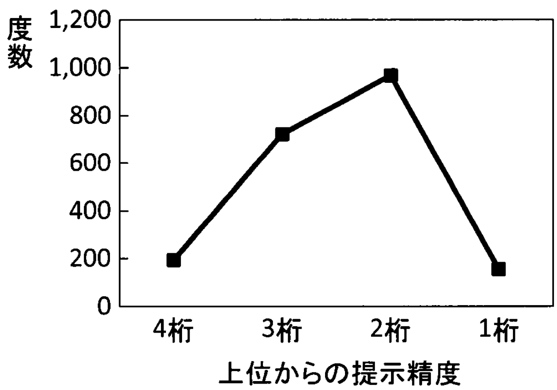

図１　調査１の結果

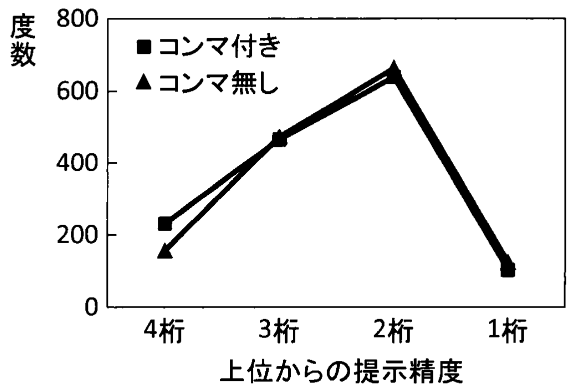

図２　調査２の結果

択肢から選ぶ質問項目を作成した．たとえば，「日本の農家数は，およそ（　　　　）です」と「229万1000件」「229万件」「230万件」「200万件」とした．以上の20項目からなる質問紙を作成した．項目の順序は，ランダムに並べ替えた１種類を作成した．

2.1.3.　手 続 き

集団形式で行った．はじめに，20項目に含まれない別の質問項目を例示して，「新聞，テレビで数値情報が提示される場面を想定し，四捨五入されて提示される場合に望ましい選択肢を選ぶこと」を教示した．直感的に，１項目につき５秒程度で答えるように教示した．説明の後，20項目に答えることを求めた．

2.3.　結果と考察

102（対象者数）×20（項目数）＝2040のデータに対して，望ましいと評価された数値情報の上位からの表示桁数を集計した．その結果を**図１**に示す．フィッシャーの直接確率計算を行った結果，１桁と２桁，２桁と３桁，３桁と４桁の間にそれぞれ有意差が見られた（p<.05）．

以上から，上位２桁の概数値が望ましいと評価されることが明らかになった．

3.　調　査　2

調査１では，兆，億，万といった単位を明示した情報提示をした．しかし，現実の情報提示では，たとえば「2,300,000件」のような，異なる提示形式が用いられることもある．その形式が，今回の結果を生み出した可能性もある．そこで，調査１とは異なった提示形式で，調査１の結果が再現できるかどうかを検討する．

3.1.　方　法

3.1.1.　調査対象者

大学生143名（19～25歳，男性54名，女性87名，性別・年齢不明２名）が参加した．以下に述べる，コンマ付き群に71名，コンマ無し群に72名を振り分けた．

3.1.2.　材　料

調査１から，情報の提示形式のみ変更した．コンマ付き条件は，「日本の農家数は，およそ（　　　　）です」に対して，「2,291,000件」「2,290,000件」「2,300,000件」「2,000,000件」とした．コンマ無し条件では，「2291000件」「2290000件」「2300000件」「2000000件」とした．

3.1.3.　手 続 き

調査１と同様であった．

3.3.　結果と考察

調査１と同様，コンマ付き群71（対象者数）×20（項目数）＝1420，コンマ無し群72（対象者数）×20（項目数）＝1440のデータに対して集計した．ただし，コンマ付き群では１サンプルが未回答であったので，分析から除いた．その結果を**図２**に示す．フィッシャーの直接確率計算を行った結果，いずれの群も，１桁と２桁，２桁と３桁，３桁と４桁の間にそれぞれ有意差が見られた（p<.05）．

以上から，万，億，兆という単位を明示しない場合でも，上位２桁の概数値が望ましいと評価されることが明らかになった．

4.　総　合　考　察

２つの調査における３つの提示形式において，いずれも上位２桁の概数値が望ましいと評価された．したがって，上位２桁処理モデルが概数値の提示場面においても適用できることが明らかになった．授業，プレゼンテーション，ニュース報道，新聞などの教授・学習場面においては，上位から２桁に四捨五入した概数値を提示することが適切であると考えられる．

その背景にあるメカニズムは，次のように推定できる．島田（2005, 2010）は，上位２桁処理モデルを支持していたが，いずれも２つの数を比較するという状況であった．しかし，今回の場合は，比較数が存在していない．その理由を推察すると，人間が数の大きさを処理する際には，常に比較を前提としていると考えられる．つまり，比較数が存在しなくても，比較と同じプロセスで情報処理がなされるのではないかと考えられる．

今後の課題として，次の３点を指摘しておく．

第１に，評価手法の問題である．本研究では，調査対象者の主観評価に依存した手法を用いている．しかし，提示精度の適切さを評価するには，記憶成績や理解度を評価するといった，さまざまな手法があり得る．本研究が数の認知研究から得られた理論に基づいていることは，主観評価に頼るという弱点を補完する．しかし，今後さまざまな評価手法から，適切な提示精度を再検証することが，エビデンスベースの議論をするために必要である．

第２に，モダリティの問題である．授業やプレゼンテーション，ニュース報道では，数値情報が口頭で伝えられる，すなわち聴覚チャンネルを使って提示されることも多い．視覚提示された情報は，情報が消去されない限り，情報の受け手が能動的に情報を取りに行くことができる．しかし，聴覚提示された情報は，後から補完をしようと思っても，すでに外界に存在していないので，能動的に情報を取りに行くことができない．上位２桁処理モデルに従えば，今回の結果と同様の結果が予測できるが，モダリティ特有の違いがある可能性がある．現実に口頭で伝えられる場面が多い以上，この点は今後の検討が待たれる．

第３に，教授・学習場面において，個々の場面における内容や目的との関係である．現実の授業場面では，数値情報を上位２桁よりも詳しく伝える必要がある場面もある．その場合には，本研究が明らかにしたように，上位２桁を超える細かい数は情報処理容量の制約から情報伝達しにくいという点に留意するべきであると考えられる．一方で，上位２桁よりも細かい精度が不要な場面であれば，積極的に上位２桁に情報を絞った方がよいと考えられる．教授・学習場面で数値情報を扱う際には，情報の受け手側の制約である上位２桁処理モデルと授業の内容や目的という２つの制約を考慮し，適切な提示精度を決定することが必要となる．

付　　記

本論文は，日本心理学会第72回大会および８th Tsukuba International Conference on Memory において発表した内容をまとめたものである．

参 考 文 献

COWAN, N. (2001) The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, **24** : 87-185

DEHAENE, S., DUPOUX, E. and MEHLER, J. (1990) Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **16** : 626-641

HINRICHS, J.V., BERIE, J.L. and MODELL, M.K. (1982) Place information in multidigit number comparison. *Memory and Cognition*, **10** : 487-495

HINRICHS, J.V., YURKO, D.S. and HU, J. (1981) Two-digit number comparison: Use of place information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **7** : 890-901

MOYER, R.S. and LANDAUER, T.K. (1967) Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, **215** : 1519-1520

NUERK, H., WEGER, U. and WILLMES, K. (2001) Decade breaks in the mental number line? Putting the tens and units back in different bins. *Cognition*, **82** : B25-B33

POLTROCK, S.E. and SCHWARZ, D.R. (1984) Comparative judgments of multidigit numbers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,* **10** : 32-45

島田英昭（2005）複数桁数の大小判断における上位２桁処理モデルの提案．認知心理学研究，**3**：103-112

島田英昭（2006）複数桁数の大小判断における二重心的数直線モデルの計算モデル化．日本認知科学会第23回大会発表論文集，290-291

島田英昭（2010）日常の数の大小比較における概数処理の範囲．心理学研究，**81**：97-104

総務省統計局・統計研修所（2003）日本の統計2003年版．財務省印刷局・日本統計協会，東京

(Received March 30, 2012)