

インドの数学教育カリキュラムから見える 日本の数学教育への示唆

Benesse 教育研究開発センター 黒木研史 木谷紀子 星千枝 谷内正裕 鈴木久
e-mail: { kuroki, kitani, hoshi, yachi, hsuzuki } @mail.benesse.co.jp

概要: 日本の子どもの計算間違いに「桁の間違い」が多く見られるのは、数量に関する具体的な感覚の欠如が原因と考えられる。そこで日本の数学教育に数量感覚を養う要素を適宜加えることで、これらの間違いを防げるのではないかとの仮説を立てた。本稿では数量感覚を養う教材開発のため、特にインドの数学教育に着目し、日本の数学教育カリキュラムと比較し分析した。その結果、1) 数のしくみの本質理解と計算の工夫、2) 自分なりに考えて確認する習慣づけ、3) 数学の現実場面での活用、などの大きな特徴が見られた。

検索語: 数量感覚, インドの数学教育, 概算

1. はじめに

1-1 本研究の背景

日本の小学生の計算力に関する実態調査によると、低学年(小学1・2・3年生)と高学年(小学4・5・6年生)の間には、正答率に断層が見られる。すなわち4年生で正答率が大きく落ち、また学年が上がるほど正答率が低くなっている。特に5年生では、小数のわり算についての誤答が多く、約4割の児童が正答できていない。原因のひとつとして、商や余りの小数点の位置を考えられず、桁をそろえられないという状況があった[1]。

我々は日常生活において、それほど正確な数値を用いてはいない。概数や概算といった操作を行い、「少なくとも桁を間違えない」ように計算を行っていることの方が多い。このような数や量に対する大きさの感覚である数量感覚は、様々な数学的内容や能力と深い関係を持つことから、その重要性や必要性が言われている[2]。

1-2 本研究の概要

著者らはまず、日本の数学教育に数量感覚を適宜取り入れることで、先述のような計算間違いを防ぐことができるという仮説を立てた。次に、諸外国の数学カリキュラムを元に、様々な数学教材を調査し、その結果、ヴェーダ数学といった古代数学システムが存在し、ゼロや位取り記数法の発祥の地とされるインドのカリキュラムに着目することとした。

著者らはすでに高校生を対象として、インドの数学教育を元にした実践を行っている。ここでは桁に対する意識や、数への興味・関心が高まったという結果が得られている[3]。

本稿では、特に数量感覚の観点から、インドと日本の数学教育の違いを明らかにし、日本の初等中等教育への応用可能性について述べる。

2. インドの数学教育

2-1 数学カリキュラムのフレームワーク

インドの教育は初等教育(8年)、中等教育(4年)、高等教育(3年~)の3段階となっている。義務教育である初等教育は、6歳から13歳で、最初の5年が初等学校 Primary School(日本の小学校に相当)、後期の3年間は、上級初等学校 Upper Primary School(日本の中学校に相当)である[4][5]。

著者らは、学校教育に関するインドの情報組織 NCERT(National Council of Educational Research and Training)が制定した数学カリキュラムのフレームワークに基づく初等・中等教育の教科書、ヴェーダ数学に関する参考書の分析を行った[5][6][7][8]。これらをもとに、特に日本との違いがより明確に見られた小学生で学習する内容を中心に、インドの数学教育について述べる。

表 2-1 に、日本の小学校段階(1年生~5年生)に該当するインドの Primary stage(Class I-V)の学習内容の一部を示す。

表 2-1：インドの小学校算数の学習内容の一部

	Geometry (図形)	Numbers (数)	Money (お金)	Measurement (測定)	Data Handling (データ処理)	Patterns (パターン・規則性)
Class V (5年生)	<ul style="list-style-type: none"> ●3次元の物体を描き、遠近法の感覚をつかむ ●鋭角・鈍角・直角を見分ける ●立方体や、円柱、円錐をネットで作る 	<ul style="list-style-type: none"> ●1000を超える数で桁の値をみつける ●加減乗除の結果を見積もり、概算を使って確認する ●分数と10進表記の関係性を把握する 	<ul style="list-style-type: none"> ●お金に関する問題において、4つの演算子を用いて解く 	<ul style="list-style-type: none"> ●単純な図形の面積と周の長さを測定する ●直感的に、非標準的な計測方法を用いて、体積を見積もる 	<ul style="list-style-type: none"> ●2次元の量に関するデータを集める ●データを表現するために、棒グラフや統計図表を描く 	<ul style="list-style-type: none"> ●平方数や三角数におけるパターンを見つける ●連続した平方数の間にある奇数の列を口に出して言う
Class IV (4年生)	<ul style="list-style-type: none"> ●円をフリーハンドとコンパスで描く ●1~2種類の形を用いて、幾何学的なしきつめを行う ●簡単な物体の平面図などを描く 	<ul style="list-style-type: none"> ●掛け算を構成する因子を書く ●4つの演算子を日常生活に応用する ●わり算を工夫して様々な方法で行う ●小数・分数 	<ul style="list-style-type: none"> ●RupeeとPaisaを交換する ●合計や総費用をおおまかに見積もる 	<ul style="list-style-type: none"> ●物体の長さや2点間の距離を見積もる ●物体の重さを見積もって、はかりを用いてそれを確かめる ●液体の体積を見積もって、確かめる 	<ul style="list-style-type: none"> ●データを集めて、棒グラフで表現する ●データを元にディスカッションし、結論を導き出す 	<ul style="list-style-type: none"> ●かけ算やわり算におけるパターンを見つける(9のかけ算など) ●対称な幾何学的パターンをみつける
Class III (3年生)	<ul style="list-style-type: none"> ●紙を折ったり、切ったりして、形を作る ●しきつめることができる形とできない形を区別する ●地図を直感的に読み取り、簡単な地図を作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ●たし算・ひき算 ●かけ算・わり算 ●1桁の数と2桁の数のたし算・ひき算の暗算を行う ●2桁の数の2倍の暗算を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ●RupeeとPaisaを交換する ●レポートチャートや請求書を作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ●与えられた物体を標準的な単位を使って見積ったり、非標準的な単位を使って比較したりする ●見積った値を計測して確かめる 	<ul style="list-style-type: none"> ●データを集めて、統計図表で表現する ●データを元にディスカッションし、結論を導き出す 	<ul style="list-style-type: none"> ●簡単なシンメトリーな形を認識する ●直線や幾何学的図形から、パターンやデザインを作る ●身の回りのものについてパターンを見つける
Class II (2年生)	<ul style="list-style-type: none"> ●フリーハンドで直線を描く ●物体の影を観察して、形を認識する(2次元と3次元の図形の認識) 	<ul style="list-style-type: none"> ●2桁の数のたし算・ひき算 ●たし算・ひき算の結果の見積もり ●1桁の数の暗算／10の倍数のたし算・ひき算を暗算する 	<ul style="list-style-type: none"> ●50ルピーを超えないお金の単位量を考える ●小さなお金の単位で暗算する(たし算・ひき算) 	<ul style="list-style-type: none"> ●非均一の単位を使って、ある対象より長いか短いかを測る ●天秤を使った軽重の比較を行う ●容積の観点から入れ物を比較する 	<ul style="list-style-type: none"> ●さまざまなデータを集め、表現する ●集めたデータから結果を推論する 	<ul style="list-style-type: none"> ●形や数列におけるパターンを発見したり、拡張したりする
Class I (1年生)	<ul style="list-style-type: none"> ●身の回りの物体を集める ●物体を分類したり、並び替えたりする 	<ul style="list-style-type: none"> ●20までのたし算・引き算 ●10のかたまりと1のかたまりに分ける ●1桁の数の暗算 ●0の概念に触れる 	<ul style="list-style-type: none"> ●法定紙幣・貨幣を認識する 	<ul style="list-style-type: none"> ●近い・遠い、長い・短い、高い・低いなどを区別する ●軽重を比較する ●以前・以後を用いて時間の経過を区別する 	<ul style="list-style-type: none"> ●紙の切れ端を使って腕の長さや頭囲を測り、簡単なデータを集めたり、表現・解釈する(測る対象を集めるところから始める) 	<ul style="list-style-type: none"> ●身の回りや数の中にパターンを見出したり、表現したりする

日本の現行の指導要領と比較して、注目に値する点として、以下が挙げられる。

- フリーハンドで垂直な直線や円を描く。
- 1年生から0の概念を丁寧に学習する。
- 暗算、念頭操作を重視する。
 - 2ずつ足す(1年生)
 - 積が3桁にならない範囲で、2桁の数の2倍を暗算する(3年生)
 - $7 \times 6 = 5 \times 6 + 2 \times 6$ に分解して、簡単にして計算する(4年生)
 - 分数の量を概算する
- 1年生からデータ処理、統計を学習する。
 - 票数データを統計図表に表す(3年生)
- 1年生から、量と測定を扱う。
 - 「重さ」「時刻」を学ぶ(1年生)
 - 「体積」を学ぶ(2年生)

これらの点は、いずれも現実場面で算数を活用することを配慮して、カリキュラムが作られていると見受けられることができる。

2-2 教科書の内容の例

次に、インドの数学の教科書で扱われている内容から、特徴的なものをいくつか例示する。

【例1：計算方法の工夫】

「9」で始まる数や「9」で終わる数のたし算・ひき算では、9を「10から1引いた数」と考えて計算すると、効率が良い。

$$\text{<たし算>} 55 + 29 = 55 + 30 - 1 = 84$$

$$\text{<ひき算>} 55 - 29 = 55 - 30 + 1 = 26$$

【例2：暗算力・概算力の重視】

2桁のたし算「 $73 + 49$ 」は、「 $70 + 50$ 」と概算し、およそ「120」になると見当をつける。実際の値「122」と差が「2」である。

【例3：手を動かして考える】

7で割ったときの値から、どんな性質を見つけることができるか。

$$1 \div 7 = 0.142857 \dots \quad 2 \div 7 = 0.285714 \dots$$

$$3 \div 7 = 0.428571 \dots \quad 4 \div 7 = 0.571428 \dots$$

$$5 \div 7 = 0.714285 \dots$$

【例4：興味をひく例題】

手のひらのおよその面積を求める

- 1) 手を方眼紙上に置き、その縁を鉛筆でなぞる。
- 2) 縁の中にある正方形の数を数える。半分以上の面積が占められていれば、1個と数える。
- 3) 正方形に黒丸をつけて、面積を求める。

2-3 インドの数学教育の特徴

以上から、インドの初等中等教育における数学教育の特徴を、次の3つの視点に集約した。

- ① 数のしくみの本質理解と計算の工夫
 - 暗算力・概算力の重視
 - 数の性質を利用した計算方法の工夫
 - 桁の固まりでの数の認識
 - 10の累乗の補数の利用
- ② 自分なりに考えて確認する習慣づけ
 - 手を動かしながらの試行錯誤性の重視
 - しるしをつけるなど、数えるための創意工夫
 - 広さなどの量を具体的に視覚化する
- ③ 数学の現実場面での活用
 - お金など、身近な学習素材
 - ゲーム、音階、暗号など児童・生徒が興味を持ちやすい内容との関連づけ

このようにインドにおける数学教育は、身近な題材を用いて、自分の手を動かすことで試行錯誤を繰り返し、また、法則を発見したり、もっと効率のよい計算方法を工夫したりしながら、理解を定着させていくことが重視されている。

3. 現在の取り組み

前章までに述べた調査・分析結果をふまえて、筆者らは日本の子どもの数量感覚を育成するための教材を以下2点新規開発した。

①小学生（中・高学年）～中学生向け

ベネッセコーポレーションが提供する子ども向けポータルサイト「ジュニアパーク」(<http://j.benesse.ne.jp/>)内において、数量感覚を養う学習ゲーム「すうたつ」の提供を、2008年2月より開始した。これは、主に「概算力」「暗算力」を育成することを主眼とし、正解数と計算にかかった時間を計っている。



図 3-1: 「すうたつ」学習画面

②中学生向け

ベネッセコーポレーションが提供する通信学習サービスの1講座である「難関私立中高一貫

講座」において、2008年度4月受講分より、数学の冊子教材の巻末「ワンランク上の数学」のコーナーで、インド数学の特徴的な学習内容や数量感覚を養う内容を導入した。これは、日本の数学に関連付けた内容を提供する試みである。

これらの教材では、概数や概算を用いて、計算結果を見積もり、大きく間違えないようにする力や、試行錯誤を通して、数学的に考える力や規則性を見つけられる力、算数・数学で学習する内容が実社会と関連していることが実感でき、それを社会生活に活かせることを目指した。

4. まとめと今後の課題

日本の小学生は、4年生から算数に対する苦手意識が強まっている[1]。冒頭で述べた「桁が異なる」といった大きな間違いは、数量感覚を養うことで未然に防ぐことができ、ひいては苦手意識を軽減することができる。また、数量感覚は、一朝一夕につくものではないため、小学校からの算数・数学カリキュラム全体の中で検討すべきである。

これら2つの教材の学習者の意見や感想、解答状況データを収集・分析し、日本の子どもたちに数量感覚を身につけてもらうための、よりよい教材の開発に取り組んでいきたい。

参考文献

- [1] Benesse 教育研究開発センター，“小学生の計算力に関する実態調査”，2007
- [2] 文部科学省中央教育審議会，“算数・数学専門部会における主な意見”，2006.
- [3] 木谷紀子，星千枝，黒木研史，谷内正裕，鈴木久，武沢護，“インド数学を取り入れた数量感覚教材の実践と考察”，第40回数学教育論文発表会論文集，pp.265-270，2007.
- [4] 財団法人海外職業訓練協会，<http://www.ovta.or.jp> (2008/2/1)
- [5] National Council of Educational Research and Training，<http://www.ncert.nic.in/> (2008/2/1)
- [6] “MATHEMATICS Textbook for Class I～VIII”，National Council Of Educational Research And Training，2005.
- [7] 芳沢光雄，“算数・数学が得意になる本”，講談社，2006.
- [8] Jagadguru Swami Sri Bharati Krsna Tirthaji Maharaja，“Vedic Mathematics”，MOTILAL BANARSIDASS PUBLISHERS PVT, LTD, 2004.