

量と測定：アメリカにおける複雑な単位とその学習

吉田 誠*

アメリカにおける「量と測定」

アメリカの先生方と話していると「アメリカの子どもたちは Measurement の分野（日本では量と測定と呼んでいる分野）が不得意だ」とよく耳にする。同じようなことが、過去行われた国際数学理科学力調査（TIMSS）や全米学力調査（NAEP）でも報告されている。例えば、TIMSS の出題された問題の正答率を5つの領域(Data Analysis and Probability, Fractions and Number Sense, Algebra, Geometry, Measurement) に分けて比較した分析では、Measurement に関する問題の正解率がほかの分野と比較して、大きく下回っていたという報告がある。しかしながら、日本の子どもたちが分数や割合が不得意だということをよく耳にしても、量と測定の分野が不得意だということはあまり聞いたことがない。

アメリカの子どもたちが不得意にしている理由

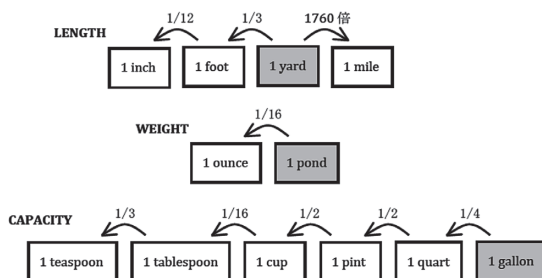
では、なぜアメリカの子どもたちが Measurement を不得意としているのであろうか。Thompson と Preston (2004) は、国内外の調査結果をもとに、以下のように問題点を3つに整理している。第一点は、アメリカではヤード・ポンド法 (yard/pond system) を一般の生活で使っているが、子どもたちは学校でヤード・ポンド法とメートル法 (metric system) の両方を学習しなければいけないという点である。このため、特に日常で使わないメートル法については子どもたちの理解が乏しいということである。TIMSS の調査では、メートル法で問題が提出されたために、アメリカの子どもたちには不利であったという指摘も出たが、NAEP の調査では、メートル法もヤード・ポンド法でも理解が乏しい結果が報告されている。少し話がそれるが、ヤード・ポンド法は正式には U. S. customary unit (米国習慣単位) と呼ばれている。アメリカは1875年に締結されたメートル条約の現加盟国であり、法律上はメートル法を公式の単位系としているため、ヤード・ポンド法を習慣単位と呼んでいるようである。過去に何度も、特に70年代に、メートル法への移行を試みたがうまくいかず、現在でも主要先進国でただ1つヤード・ポンド法を使用している国として残っている。

第二点は、米国習慣単位の換算は複雑であるため子どもたちになじみにくいという点である。以下の図は、アメリカの子どもたちが小学校で主に学習する長さとかさの単位の関係をまとめたものである。

同じ単位系、例えば長さの単位を見ただけでもその関係が複雑である。また、異なる単位系との関係はもっと複雑

になるので、学校ではほとんどこのような関係は学習しない。例えば長さと同面積の関係を考えると、1平方ヤードは単位の換算をすると9平方フィートになり、それは1296平方インチになる。メートル法であれば1平方メートルは100平方デシメートル、また、それは、10000平方センチメートルとなる。また、1辺が1フィート（12インチ）の立方体である1立方フィート（1 cubic feet）の体積に入る水の量を表す単位であるガロン (gallon) に換算すると約7.48ガロンになる。同じようなことをメートル法ですると、10センチメートルが1辺の立方体の体積は1000立方センチメートルとなり、その容器に入る水の量が1リットル（1000ミリリットル）というようになる。メートル法での単位の関係はシステム化されていて、理解が比較的簡単である。ご存知のように、日本では、6年生で、量と測定の総合的なまとめとして、メートル法の単位の仕組みについて学習する単元があり、単位の関係の理解を深めるが、米国習慣単位では単位の関係が複雑なため、このような学習内容は一般的ではない。このようなことから、「アメリカには測定単位系の種類のコレクションは色々あるが、システムはない」とまで言われている。

第三点は、学校での measurement の指導そのものが抱える問題である。例えば、各学年の一年間の指導時間数の割り当てが数と計算の分野に偏り過ぎて、Algebra, geometry, measurement などの領域に十分に時間が当てられていないという点があげられている。2つの測定法を学習するには、理論的には日本の子どもたちの倍、またはそれ以上の時間が必要になるにもかかわらず、実際には短期間の駆け足指導が行われているようだ。時間数の問題に加え、指導の目的や焦点が測定することの意味や概念を理解させることよりも、単位を覚えることやその換算の手順を覚えることにおかれているという点も上げられる。このため、一般的に多くの授業の形態が教科書の図解を見たり、ワークシートを使ったり、測定の道具の目盛りの読み方や使い



* ウィリアム・バターソン大学教育学部

学年	学習指導要領 (2008)	CCSS (2010)
K		<ul style="list-style-type: none"> 長さや重さのような測定できる物の属性について知る 直接比較で大小比較し違いを説明する
1	<ul style="list-style-type: none"> 長さ、面積、体積の直接比較、間接比較、任意単位 (身の回りにあるもの) を用いた大きさの比較 時刻の読み [時, 半] 	<ul style="list-style-type: none"> 長さの大小比較 (直接比較, 間接比較) 長さの任意単位を用いた大きさの比較 時刻の読みと書き (アナログとデジタル時計) [時, 半]
2	<ul style="list-style-type: none"> 長さや体積の測定, 普遍単位の導入 [mm, cm, m; mL, dL, L] 時間についての理解 [日, 時, 分] とその関係 	<ul style="list-style-type: none"> 長さの普遍単位での測定 長さの概測 (cm, m, inch, feet) 長さを使った計算 (たし算, ひき算) 時刻の読みと書き (5分単位まで, a. m. と p. m.) お金に関係した問題 (1\$ bill; 25¢, 10¢, 5¢, and 1¢ coins)
3	<ul style="list-style-type: none"> 長さや重さの測定 [km; g, kg, (t)], また単位の関係 目的に応じて単位や計器を適切に選んでの測定 時刻や時間の計算, 秒の導入 [秒] 	<ul style="list-style-type: none"> 時刻や時間の問題 (1分単位まで, 数直線使用) 液体の量 [L] と物の重さ [g, kg] 液体の量と物の重さの問題 面積の概念と測定, 任意単位 [square unit] と普遍単位 [square cm, square m, square in, square ft], unit square の数を数える 面積の求め方: かけ算と関連させて公式を導く (長方形, 正方形) 多角形のまわりの長さ
4	<ul style="list-style-type: none"> 面積の求め方 (正方形, 長方形) [cm^2, m^2, km^2, (a, ha)], 測定の意味と計算方法, 単位の関係 角の大きさの測定 [度, ($^\circ$)] 	<ul style="list-style-type: none"> 単位の換算 (大きな単位から小さな単位へ) (km, m, cm) (kg, g) (lb, oz) (L, mL) (h, min, sec) 測定関連の四則計算の伴う問題 長方形の面積と周りの長さの公式の応用 角の概念と測定
5	<ul style="list-style-type: none"> 面積の求め方 (三角形, 平行四辺形, ひし形, 台形) 体積の求め方 (立体, 直方体) [cm^3, m^3] 測定値の平均 単位量あたりの大きさの求め方 	<ul style="list-style-type: none"> 単位の換算 (同じ種類の単位系内での換算) 体積の概念と測定, 任意単位 [cubic unit] と普遍単位 [cubic cm, cubic in, cubic ft], unit cube の数を数える 体積の求め方: かけ算と関連させて公式を導く (直方体, 辺の長さが整数の場合のみ)
6	<ul style="list-style-type: none"> 概形とおよその面積 面積の求め方 (円) 体積の求め方 (角柱, 円柱) 速さの求め方 メートル法の単位の仕組み 	<ul style="list-style-type: none"> 直角三角形, そのほかの三角形, 特別な四角形, 多角形, などの面積を長方形に変形したり, 三角形に分割したりして求める (三角形と平行四辺形の公式をつくる) 直方体の体積 (辺の長さが小数や分数) 表面積 (直方体, 角錐)

方の手順をだけを学ぶような, 単調な学習であったりするようである. また, measurement の領域以外でも, 例えば図形の学習のときに実測したり図を書いたりするような活動があまり行われていないことも問題の原因であるようだ. このほかにも, 理科と算数の教科間の学習内容の系統性が考えられていないことも子どもたちの measurement の理解と習得に問題があると指摘されている.

「量と測定」の改善策

このように measurement の指導において多くの問題を抱えているアメリカであるが, この問題を解消するため, 新しい Common Core State Standard (CCSS) で, その指導の内容をわかりやすく整理している. 以下に学習指導要領と CCSS の簡単な対比表をまとめてみた.

CCSS は以前のアメリカの一般敵なスタンダードと比べると, 作成段階で日本やシンガポールのスタンダードや教科書が参考にされたという背景もあり, 全般的に日本の学習指導要領と似ているところがある. 2つの測定方法を教えなければならないことには代わりがないが, 低学年に測定の意味をしっかりと理解させるようにその指導の段階をより明確に表している. また, 同じ単位系でもたくさんの単位を一度に教えることをさげ, 学年を追うごとに新しい大きさの単位を導入するよう計画されている. 単位の換算についても, 4年生と5年生で換算の学習内容の違いを示したり, と色々工夫がなされている. しかし中学年から始まる面積と体積の指導では, 日米に多少の違いがみられる.

CCSS では3年生で長方形と正方形の面積が導入され, 4年生で長方形と面積と周りの長さの学習をし, 5年生では直方体体積の学習をし, 6年生で三角形や平行四辺形面積を学習し, そして引き続き直方体の体積を学習することになっている. 5年生に面積の学習がないので, このあたりに問題があるように思われる. また, 円の面積についての学習は7年生で行われることになっている. 単位量あたりの大きさや速さなどの内包量の学習は ratio and proportional relationships (割合と比例関係) の学習領域でに含められていたり, メートル法の単位の仕組みに付いて学習するような学習項目がない点にも違いがある.

CCSS の設定により, 以前に比べ指導内容が焦点と系統性という観点から整理され, これからのアメリカの数学教育の改善に期待が寄せられているが, 上記の3番目の問題点で述べた教師の指導の面での問題点も改善しなければ, 子どもたちの measurement の理解を深めることは難しいと思われる. CCSS の内容の理解とともに, 指導の改善のための教師の研修が望まれる.

【参考文献】

Thompson, T. D., & Preston R. V. (2004). Measurement in the middle grades: Insights from NAEP and TIMSS. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 9 (9), 514-519.