

教科書本文を通じた測定値の理解を阻害する困難性の構造的問題

— 計量言語分析を通じた教科・校種間の関連性に着目して —

紙本 裕一¹, 福田 博人²

要約

測定値がデータとして扱われるのであれば、測定が可能であることの意味を理解する必要がある。本稿では、算数・数学、理科の教科書を題材に、測定値の理解を深めるための教科書の構造を分析した。分析を通じて、測定値の理解を阻害する教科書本文の構造上の問題点を指摘した。

単位について関連性がある語との言及があったのは算数・数学だけであった。測定が可能であることを理解する手がかりは算数・数学科教科書にあることが示された一方で、小・中学校理科の教科書を含めるとこの手がかりがなくなることが示された。このような状況を改善するためには、中学校数学科において測定が可能であることを理解する手がかりと測定値が関連性を持つような知識の指導が必要となってくる。ここでの示唆は平成27年度までの教科書分析によるものなので、示唆そのものが今日の学校現場において適用できるのかどうかについては検証の余地を残している。

キーワード：測定値，教科書分析，Jaccard係数，単位，測る

1. はじめに

AIを活用した新たな社会に対応できる人材の育成・確保は初等中等教育における長期的課題となっている。文理を問わず全ての大学・高専生が、正規課程にてリテラシーレベルの数理・データサイエンス・AIを習得することを目標とした取り組みが既に大学教育で実施している。この数理・データサイエンス・AIを学ぶ上での基盤となっているのは、数学である。

大学教育において、データリテラシーはデータを適切に読み解き、説明し、扱うことに重きを置いている。算数・数学科ではD領域に「データの活用」が盛り込まれており、データを活用するために必要な処理についてはカリキュラムが組み込まれている。しかしながらこれらに共通するのはデータの処理方法であって、データの本性ではない。

データで用いられる数値は分析値、もしくは近似値である。日常生活の測定場面だと、その数値は測定値として扱われ、データ加工のために有効数字で表記したり、近似値などで表記したりする。データとして扱う数値のほとんどは有理数で表記できるものである。しかしながら、数学では無理数についても学習するので、データで用い

ることができる数値とできない数値の違いが何であるのかについて学ぶ機会を提供することは、初等中等教育の算数・数学科の使命である。つまり、測定値や分析値などのデータとして扱うことができること、すなわち測定が可能であることの意味について、理解する必要がある。ここでのデータとして扱うことができること、すなわち数値がデータであると判断されることを、以後では『データ化』と表記することとする。

測定の対象となる量について、算数では外延量と内包量として学習する。外延量は加減による比較が可能であるが内包量はそれができない。一方で、内包量では、速さによる比較に代表されるように、割合による比較が可能である。このように測定が可能であることを理解するためには、内包量と外延量の両方の量における測定可能であることを理解することが必要である。

測定について取り扱う教科は、小学校であれば算数と理科、中学校であれば理科、技術、そして体育が挙げられる。高等学校であれば物理や化学といった広い意味での理科、体育、工業、農業などが挙げられる。これは、学習指導要領データベースにおいて学習指導要領の本文中に『測定』が含まれているかどうかを確認することで得ている。また、関数領域に代表されるように外延

¹ 東京未来大学こども心理学部／広島大学大学院人間社会科学研究所博士課程後期 院生

² 岡山理科大学教育推進機構教職支援センター

量だけでなく内包量も扱われる中学校の数学も、測定について取り扱う科目といえよう。本稿では、測定を対象として扱う科目に焦点化するため、中学校の技術や体育、そして高等学校の諸科目のような測定を方法として扱う科目は本稿の射程外である。したがって、本稿では測定が可能であることの意味を了解することのできる科目が、算数、中学校数学、小・中学校理科であるという立場を取ることとする。

COVID-19の影響によって、自宅で算数・数学を学ぶ児童・生徒は一定数いる。その多くは、対面授業の再現を目指したオンライン授業によるものである。このことは、教科書が持つ役割が相対的に増すことを意味しているといえる。何故ならば、対面授業で用いられる教師による板書や説明は、児童・生徒が学習で参照するツールの役割として物理的理由により下がり、児童・生徒の目の前にある教科書の役割が相対的に高まるからである。そのため、教科書を分析することは、教科書を頼りに学ぶことでの困難性や可能性を示唆するという点で意義がある(紙本・福田, 2021a)。そして、教科書の理解を深める上では教科書にある行間を埋めることが重要であるという指摘もある(cf. 上田, 2007; 乾, 2016; 内田, 2009; 坪田, 1996; 清野, 2004)。だが、教科書学習でも知識や技能が身につけていないという児童・生徒の実態がある。このような状況に対して、本稿は次の学術的問いを投げかける。

知識や技能が身につけていないということは、新井(2018)が指摘するように児童・生徒の読解力が落ちていることを示唆する。2018年のPISA調査結果では、読解力が低下したことが報告され、研究者の中には研究者や教師は児童・生徒の読解力の低下の要因が児童・生徒の読解過程にあるのではないかと仮定し、分析や実践を行っている旨を指摘しているものもある(cf. 渡部, 2020; 脇山, 2018)。しかしながら、この仮定そのものが間違っているのではないかとというのが本稿の問いである。

日本では、教科書とは学習指導要領の内容の展開が具体化されたものであり、その内容は学習者の理解を仮定して叙述される。極端に考えれば、教科書の一字一句が児童・生徒に理解を求める内容に対応しているといつてよい(cf. 岩崎・山口, 2002; 平林, 1987/2013; 坂谷内, 2021)。もしも教科書の一字一句が児童・生徒に理解を求める内容に対応しているのだとしたら、教科書に記されているものは理解すべき対象であるので、児童・生徒はそれを読むことで理解に至ることができるはずである。だが、それができないということは教科書自体が、児童・生徒の理解を阻害する構造的な問題を教科書自体が孕んでいると考えても不自然なことではない。ゆえに、本稿では児童・生徒の読解力の低下の要因は、単元間

や校種間の教科書本文を用いて行間を埋めても理解に至ることのできない構造になっているからではないかというのが本稿の問いであり、本稿での仮説である。本稿での研究射程は教科書の分析であって、児童・生徒の読解過程ではない。

データ化の了解について、金児(2019)は平成27年度の数学科と中学校理科における教科書分析を通じて近似値、分析値の扱いの違いについて言及している。しかし、この分析結果は平成27年度の教科書に限定されたものであって、それ以前でも同様の結果であったかどうかについてはその後の研究も含めて言及されていない。また、近似値と分析値の違いを説明する語とその有効性を説明する手がかりについては示されていない。

算数・数学科と理科の教科書分析におけるその他の例として田中(2015)や福田・紙本(2019)が挙げられる。しかし、これらの先行研究は測定に関しての言及は管見の限り全く見られていない。実際、CiNiiにおいて「(算数 OR 数学) AND 理科 AND 教科書分析」によって得られた先行研究は8件(論文6件; 書籍2件; 2021年12月12日確認)であった。しかし、この中で算数・数学に焦点をあてており、かつ、測定に関して言及しているものは0件であった。

本稿では、単年度による教科書分析ではなく、1970年以降の算数・数学教科書、小・中学理科教科書を対象とした量的な教科書分析によって、データ化の了解を深めるために教科書は何に注目させようとしているのかについて明らかにする。単年度による分析自体でも結論を得ることは可能である。だが、その結果が他年度においても同様の結果であったことを裏付けることにはならない。量的な教科書分析の意義は、示された分析結果の信頼性を担保することであり、それを数値(Jaccard係数)で示すことができることである。他教科の教科書や他の単元に記された本文を用いてもデータ化の了解ができないとなれば、教科書に測定値の理解を阻害する構造的な問題が存在することになる。

本稿での分析結果を踏まえた実践についての意義は次の2点である。

1つ目は、他教科の教科書に記された本文を用いても、その概念と関連性を持つ語が全く検出されなければ、その概念と関連性を持たせるような内容についての直接的な指導を実施することによって、児童・生徒はある概念について教科書本文を使って深めていくことができるかもしれないという実践への示唆を得ることができることにある。

2つ目に、その概念と関連性を持つ語が検出されたのであれば、その点に着目できる手立てを実施することによって、児童・生徒は教科書本文を用いてある概念につ

いての理解を深めることが容易になる可能性が示される。つまり、手立てについての更なる研究や実践の展開が期待できる。

2. 行間を埋めることの意味規定

2.1 先行研究における行間についての概要

CiNiiにおいて「行間 AND (読む OR 埋める OR 解釈)」によって得られた先行研究は88件(論文75件; 書籍13件; 2021年11月15日確認)であった。これらの文献を1つ1つ確認し、行間の意味について述べているものや教科教育と関連付けている文献は5件(論文4件; 書籍1件)だけであった。

上田(2007)は行間を読むことが「人間関係作りの基礎を学ぶことであり、その力をつけることは人としての生き方を学ぶことでもある」(p.15)と指摘している。その理由として、上田(2007)は行間を読むことによって「読者には、多くの創造を働かせ、読者は自らの思考を練ることとなる。行間を読むことによって言葉の裏に隠された作者の思想や理念、意図を創造し、発見した時の喜び、想像を膨らませ、また文章の脈絡から隠された仕組みを発見した喜びは読者の楽しみを増幅させる」(p.15)というのが行間を読むことの必要性であると指摘している。

坪田(1996)は算数授業の中身が生きる力として働くためには算数教科書の行間にあるところを読み取るのが大切であると指摘している。その具体例として、教科書を変えること、教科書の意図を読むこと、教科書の抜けを補うこと、教科書の配列を組み替えること、教科書を発展させることの5つを紹介している。注目すべき点は教科書の抜けを補うことである。「教科書は、その文章や図には制約があって、ぎりぎりの文字数を使って作られている。したがって、そのまま子どもに与えたのでは、意味がよく理解されないままに授業が展開されるという結果になってしまう」(pp.18-19)と坪田(1996)は指摘している。

文のつながりについて乾(2016)は「文章の中の文と文は互いに「繋がって」おり、その繋がりがわかることが文章を理解する上で本質的に重要である」(p.2)と述べている。乾(2016)は図1を用いて人間とコンピュータの違いが推論による状況の想起の有無にあることを指摘している。図1は人間が文章を理解するメカニズムを記したものである。知識をつなぎ合わせて行間を埋めることができるのが人間の特性であるのに対して現在のコンピュータでは認識できないというのが現状であるという。

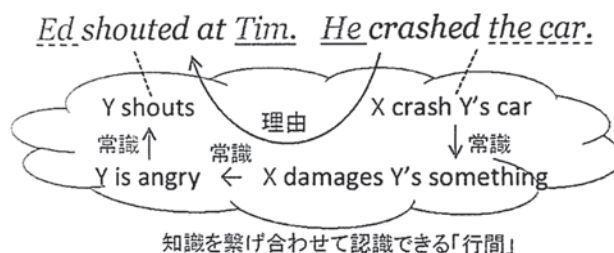


図1 文章の理解では文と文の意味的つながりを認識することが重要 (乾, 2016, p.2)

坪田(1996)の教科書を発展させることに関連して、清野(2004)は発展的な学習を促すためには教科書の行間を読むことが大事であると述べている。清野(2004)は教科書の行間を読むことは何かについて「教科書に掲載されている問題をもとに、教材を発展的に考察していくことである」(p.21)と述べている。また、坪田(1996)は教科書を発展させることの例として、三角形の「底辺×高さ÷2」を使って正三角形の面積を求める方法を創造することを挙げている。このように、式変形によって新たな発見を見いだしていくことは発展的に考えることの一例であり、教科書には記されていない行間である。

更に内田(2009)は、高校数学の教科書の行間に存在する相加・相乗平均不等式の証明について記している。補題そのものは、高校の数IIや数II・Bの教科書に掲載されているものであるが、そこから $a^2 + b^2 \geq 2ab$ といった式を導くことについては教科書には記されていなかった。教科書に記されていない事柄を証明し、内田(2009)ではそれが専門誌に掲載されたことを報告している。内田(2009)の内容も坪田(1996)や清野(2004)と同じく教科書を発展的に考えることに該当するものである。教科書にはない部分を何らかの形によって、自らが補うことが、文章と同様に数学の場合においても求められることを意味している。

2.2 行間を埋めることの意味規定

これらの先行研究から得られる重要な示唆は次の2点である。

1つ目に、人間が文章の行間を埋める際には作者の思想や理念、意図を埋めることが求められ、その時に使うものは単語の場合もあれば文章や式になる場合もあるということである。これは上田(2007)、乾(2016)、内田(2009)からの示唆である。行間を埋めるためには、文章、単語だけでなく、式も含まれる。

2つ目に、教科書には明記されていない部分を何らかの形によって自らが補うことが、人間が行間を埋めることに他ならない。一方で、教科書には明記されていない部分を、語と語の関連性を保ちながら統計的に導き出す

ことがコンピュータによって行間を埋めることに他ならない。後者は、坪田(1996), 乾(2016), 清野(2004), 内田(2009)からの示唆である。

したがって、コンピュータによって導き出した語をもつても教科書には明記されていない部分を明らかにできない場合、教科書の本文だけで行間を埋めることはコンピュータも人間もできない可能性がある。したがって、新たな知識となる文章を導入する必要がある。

紙本・福田(2021b)ではこれら2つの示唆をもとに、『行間を埋める』ことの意味を規定した。本研究で用いるもの紙本・福田(2021b)で示した意味規定と同じものである。

文 $a(a \in A; A$ は文 a を含む単元)と文 $b(b \in B; B$ は文 b を含む単元)について、ある語 $x(x \in a, b)$ が $a \cap b = x$ を満たすとき、文 a と文 b の間には語 x を介して行間を埋めているという。

$a \cap b = \emptyset$ のとき、文 a と文 b の間には行間があるという。そして、語 x を含む文 $c(c \in C; C$ は文 c を含む単元であり、 $c \neq a, b$)によって、 $a \cap b = x$ を満たすとき、文 c は文 a と文 b の行間を埋めるという。

(紙本・福田, 2021b, p.148)

ここでの『文』とは、1語以上の文字、数、式、単語などの語によって構成され、まとまった内容を表す一続きの言葉であり、文の終わりは句点(.)で終わるものである。そして、文を連ねることにより、まとまった思想や意図を表現したものを文章である。

紙本・福田(2021b)では、教科書の本文を用いて本文間の行間を埋めることができるかどうかを確かめるためには、樋口(2020)でのKH Coderを通じて、図2のような共起ネットワークを表示し、媒介中心となる語が存在するかどうかを調べることで解決ができることを指摘した。

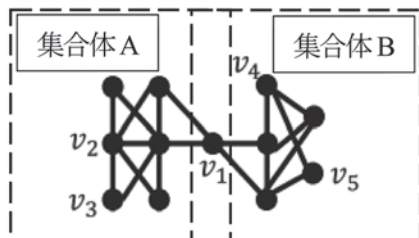


図2 共起ネットワークの一例

3. 分析と分析結果

3.1 分析対象

分析対象は以下の4種類に大別される。

- ① 昭和46年以降から平成27年度までの中学校理科の教科書80冊
- ② 昭和36年以降から平成27年度までの中学校数学科の教科書112冊
- ③ 昭和35年以降から平成27年度までの小学校算数教科の教科書102冊
- ④ 昭和39年以降から平成27年度までの小学校理科の教科書80冊

様々な出版社から教科書が発刊されているが、分析では小学校理科、小学校算数、中学校数学、中学校理科の教科書4種を継続して発刊している会社に絞った。①②③④に共通しているのは、5社だけであった。戦前の教科書は分析対象外とした。

1970年以降から平成27年度までのすべての教科書を対象としているのは、単年度による教科書分析だけでは一般性を担保できないためである。ある年度の分析結果だけを示したとしても、他年度で同様の結果になるとは言い切れない。一方で、1970年以降のすべての教科書を対象とすると、分析結果によって得られた媒介中心性となる語が提示されるだけでなく、語と語の関連性を表す数値についてもより信頼性の高いものになる。本研究では、分析結果に対する信頼性を担保するため、1970年以降のすべての教科書のうち、平成27年度までの教科書を対象とする。令和1年度以降の教科書については、分析を目的とした使用許諾を事前に得ることができなかったため分析対象外としている。

分析では、測定(測定値)、近似値、概数、単位(cm, mm, °Cといった単位を表す記号も含む)について言及している単元全てを対象とする。

3.2 分析方法

分析を進める上では次の手順を踏み、樋口(2020)のKH Coderを用いた。

- ① 分析対象となる教科書のうち、測定値や測定に関わる言及があった単元全てをテキスト化する。小学校算数科、小学校理科は3年生以上を対象とし、中学校数学、中学校理科の教科書は中学校1年から3年全てを対象とする。その際、データには外部変数として小学校理科の教科書には『小学校理科』、中学校理科の教科書には『中学理科』、算数教科書には『算数』、中学校数学科教科書には『数学』を外部変数として付記した。外部変数は見出しとしての役割があり、分析上では直接的に影響しない。
- ② テキスト化したデータ全てをクリーニングし、表記の統一や誤字脱字がないかどうかを確かめる。
- ③ 『算数』、『数学』、『小学校理科』『中学校理科』の

各々について合算したデータを作り、クリーニングを行う。

④ KH Coderを使って分析を行う。

分析にあたっては、抽出語と除外語リスト(表1)を設定した。抽出語を設定したのは、KH Coderを通じて分析すると品詞分解されてしまい、分析のために必要な語としての機能を失うためである。抽出語では、茶笥による複合語の検出を行い、頻度が2以上のもの全てを複合語の対象とした。

また、除外語を設定したのは、これらの語は他の領域においても汎用性が高い語であり、頻度も非常に高いためである。これらの語は分析結果において、関連性の高い語としても表示されてしまい、除外語を除く、抽出語と他の語との関連性を提示させない影響を与えてしまう。そのため、分析の対象外とした。

表1 抽出語と除外語の一覧

抽出語	除外語
近似値, 測定値, 有効数字, 絶対値, 上皿, 横軸, 円周率, 縦軸, ねんど玉, 整数部分, 作用点, 水溶液, 小数, 片方, 一万, 位以下, 左右, セロハンテープ, 私達, 万人, メスシリンダー, 最小目盛, 何グラム, どのよう, 左右同じ, 何回, 調整ねじ, 実験用てこ, 測定器具, 不正確さ, 真の値, 概数, 測定, 単位, ふんどう, うで	する, ある, いう, なる, こと

3.3 分析結果

中学校数学科教科書の本文では、近似値、有効数字、誤差についての説明が多くみられた。中学校理科教科書の本文では近似値、測定値、誤差についての説明が多くみられた。近似値についての説明において、中学校数学科も中学校理科の教科書も概数についての説明が確認された。

また、小学校理科の教科書では、てんびんやおもりなどの使い方、おもさの測り方などが示されていた。小学校算数では、cmやmなどの単位、概数の使い方、四捨五入の仕方についての説明が見られた。

頻度の高い語上位30の一覧は表2の通りとなった。

表2 教科書における頻度の高い語30

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
重い	2715	うで	484
天秤	930	長い	475
はかる	873	くらべる	472
つりあう	793	調べる	472
おもり	760	数	462
のせる	752	ふんどう	440
使う	662	真の値	431
水平	570	つり合う	429
左右	542	できる	428
どう	530	値	428
ねる	521	ぼる	375
誤差	520	有効数字	368
近似値	507	水	363
つるす	500	棒	357
測定値	495	上	354

『算数』、『数学』、『中学理科』『小学校理科』のすべてを合算したデータの分析を通じて、算数教科書、中学校数学科教科書、中学校理科教科書、小学校理科教科書における関連性とそのときの媒介中心となる語の一覧は図3の通りとなった。図3では4教科の関連性について、Jaccard係数が.100以上となるものを表示している。これは、Jaccard係数が.100以上のとき、語と語の間には関連性があるという指摘が既になされているためである(<https://bit.ly/3yrKxNm>; 2021年11月14日確認)。

図3の結果より、中学校数学と中学校理科の間には、行間を表す語(媒介中心の語)は存在するが、算数と小学校理科の間の行間を表す語(媒介中心の語; 図5も併せて参照)、算数と数学の行間、小学校理科と中学校理科の間の行間を表す語(媒介中心の語; 図4も併せて参照)を表す媒介中心となる語が存在しないことが示された。

次に、図3における媒介中心となる語や表2における頻度の高い語を含む、単語間の関連度を示す類似度行列の結果を提示する。分析結果の集計漏れを防ぐ目的で、コーディング・ルール(表3)を作成した。表3において(単位記号)と記されているところについて、小学校算数で学習する単位記号と小・中学校理科で学習する単位記号全てが含まれている。これらの単位記号については、小学校算数教科書や小・中学校理科の教科書の巻末に記載されているものを採用している。

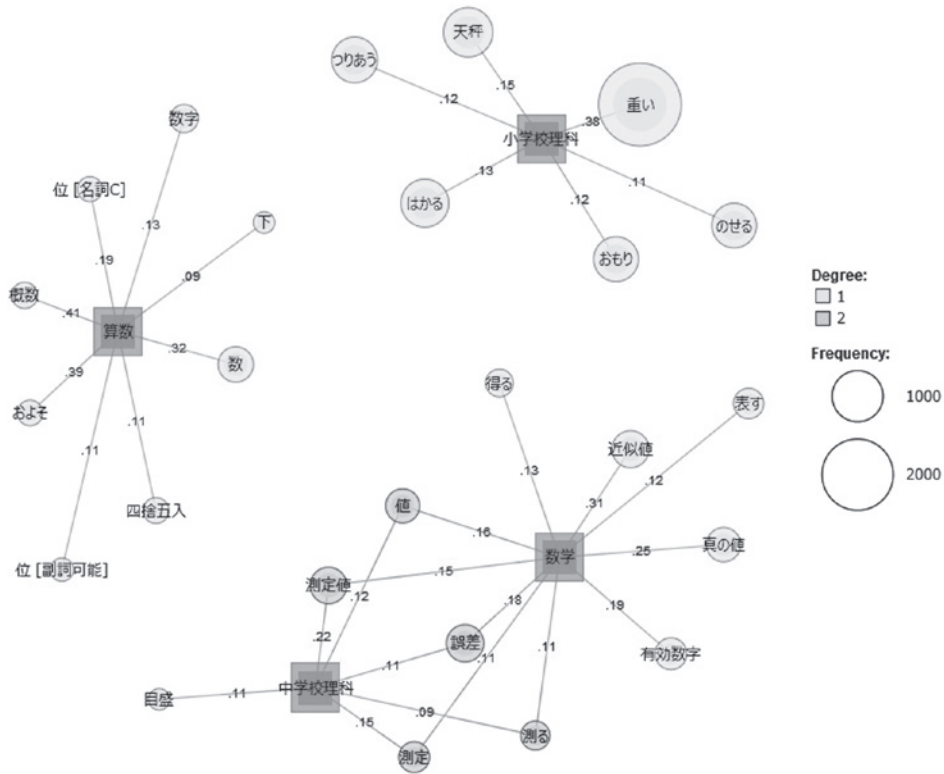


図3 「測定値」についての教科書間の関連性 (上位30, 共起0.101で表示)

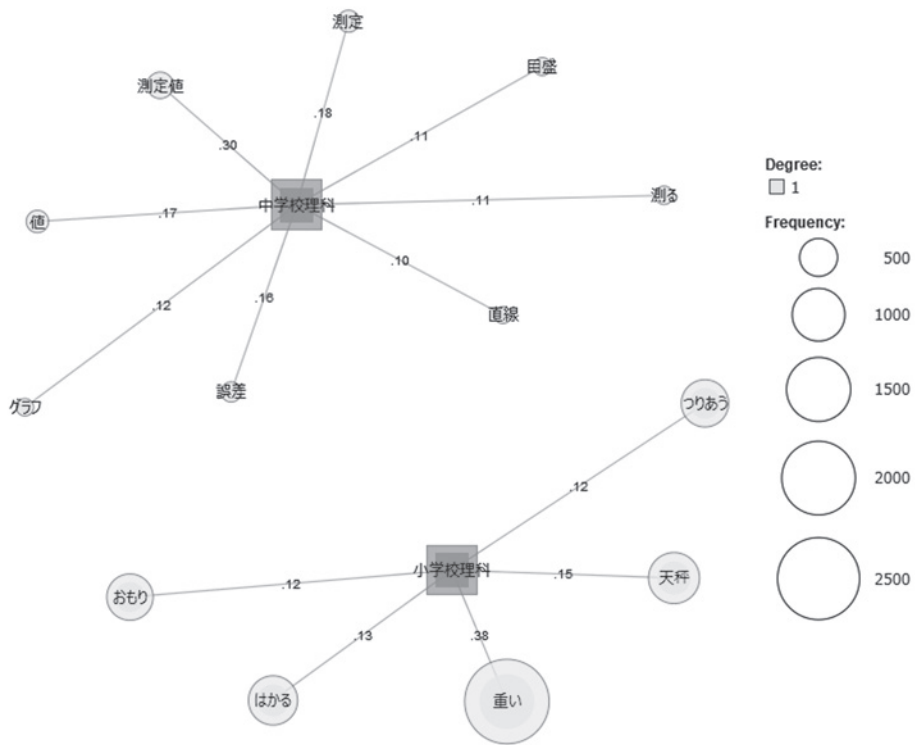


図4 小学校理科と中学校理科の間の関連性 (上位13, 共起0.103で表示)

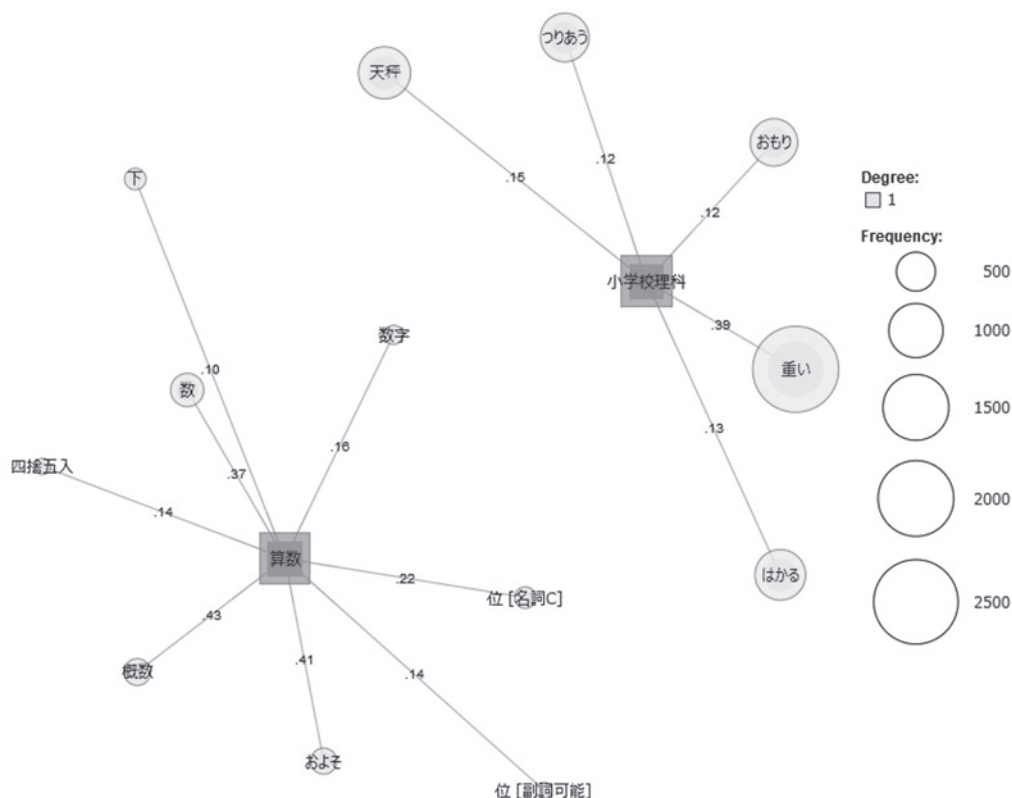


図5 小学校理科と算数の間の関連性 (上位13, 共起0.103で表示)

表3 コーディング・ルール一覧

番号	見出し	語
1	*測る	はかる or 測る
2	*測定	測定
3	*測定値	測定値
4	*単位	単位 or (単位記号)
5	*誤差	誤差 or ずれ or 差
6	*近似値	近似値 or 近似 or いる
7	*概数	概数 or おおよそ or おおおよそ
8	*四捨五入	四捨五入

表3のコーディング・ルールに基づいた見出し同士の関連性について、算数科と中学校数学科教科書を合算したデータでの関連性は表4の通りとなった。中学校数学科教科書と中学校理科教科書を合算したデータでの関連性は表5の通りとなった。また、算数・数学科教科書と小・中学校理科教科書すべてを合算したデータでの関連性については、表6が示す結果の通りとなった。それぞれの結果について、Jaccard係数が.100以上のものには下線を引き、Jaccard係数が.010未満のものには太字で表記している。

表4 算数・数学科教科書間における見出しの関連性

	1							
2	.041	2						
3	<u>.198</u>	.096	3					
4	<u>.103</u>	<u>.118</u>	.038	4				
5	.011	.027	.081	.020	5			
6	.028	.023	<u>.106</u>	.029	<u>.313</u>	6		
7	0	0	0	.007	.004	.038	7	
8	.033	.013	.071	.052	.066	<u>.107</u>	.059	8

表5 小学校・中学校理科教科書間における見出しの関連性

	1							
2	.013	2						
3	.022	.073	3					
4	.011	.020	.018	4				
5	.022	<u>.167</u>	<u>.209</u>	0	5			
6	.005	.032	.006	.022	.016	6		
7	0	0	.004	0	0	0	7	
8	0	0	.005	0	0	0	0	8

表6 算数・数学・中学校理科，小学校理科教科書間における見出しの関連性

	1							
2	.020	2						
3	.067	.086	3					
4	.031	.075	.029	4				
5	.018	.070	.125	.014	5			
6	.014	.026	.072	.027	.228	6		
7	0	0	.001	.006	.004	.037	7	
8	.010	.009	.049	.042	.053	.089	.058	8

表4から表6において、Jaccard係数が.100以上となっているペアをまとめたものが表7である。

表7 各教科書間における関連する見出し

教科	関連する見出し (*を省略して表記)
算数・数学	測定値－測る，測る－単位，単位－測定，測定値－近似値，近似値－誤差，近似値－四捨五入
小・中理科	測定－誤差，誤差－測定値
算数・数学， 小・中理科	測定値－誤差，誤差－近似値

表7について、推移律によって算数・数学では「測定値－誤差」もしくは「測定値－四捨五入」が成り立つ。小・中理科では誤差を介して「測定－測定値」が成り立つ。そして算数・数学，小・中理科では誤差を介して、「測定値－近似値」が成り立つ。これらについては、各々の関連する見出しを間に挟むことによって、教科間の関連性が存在することを示唆する。

一方で、推移律によって誤差－測定のつながりについて教科によって違いがみられた。算数・数学では測定値を介するが、小・中理科では測定値を介していない。そして、算数・数学，小・中理科では測定値と近似値は誤差を介して直接的に関連性が示されている。

4. 分析結果に対する考察

4.1 分析結果から得られること

算数指導を通じて、直接比較，間接比較，任意単位による測定，普遍単位による測定の指導がある。測定における誤差は，測定による精度の限界を示しているものであり，測ったものを定めることができるのは普遍単位があるからである。単位がなければ測ったものを数値化しても，それが他のものと比較することはできない。我々は，単位があることで測定したものを数値化することが

できて，それをデータとして扱うことができる。つまり，測定値や分析値のデータ化の前提条件となるのは単位が保証された測定が存在することに他ならない。ゆえに，データ化の本性は普遍単位の有無であるといっても過言ではない。

表7から，単位と関連性がある語との言及がみられたのは算数・数学だけであった。そして，推移律によって誤差－測定のつながりについては教科によって違いがみられた。更に，測定が可能であることを了解する手がかり（測定－単位－測る）は算数・数学科教科書にあることが示された一方で，小・中学校理科教科書を含めるとこの手がかりがなくなることが示された。そして，算数教科書では測定が可能となる言及が確認できる年度とできない年度があった。そのため，表7を根拠とすると，測定が可能であることを了解するための手がかりは中学校数学科教科書に見いだされる。

このような問題を解決するためには，測定が可能であることを了解する手がかり（測定－単位－測る－測定値）と『測定値』が関連性を持つような知識の指導が必要となってくる。このような指導が為されることで，測定値の理解を阻害する教科書の構造上の問題が解消される可能性を示すのである。

分析結果から得られる解釈は，平成27年度までに発刊された教科書を対象とした量的な成果を示している。一方で，分析では令和1年以降に発刊された教科書を分析対象としていないため，本稿での分析結果から得られる示唆が令和3年度に発刊された教科書に対しても適用されるとは言い切れない。今日の学校現場で用いられている教科書において同様の分析を行えば同様の結果が得られることを前提にしている。ゆえに，示唆そのものが今日の学校現場において適用できるのかどうかについては検証の余地を残している。

4.2 分析結果に対する考察

表2より、『単位』は頻度の高い語30にも含まれておらず，Jaccard係数でみると，四捨五入を除く他の見出しとの関連性は限りなく0に近い。『単位』は73位であった。

算数・数学科教科書における『単位』についての関連語検索の結果は表8の通りとなった。表8ではJaccard係数が.100以上のものを掲載している。算数・数学科教科書では長さや重さなどの測定において，はしたについての測定が行われる。具体的には1の位までの数や小数第1位までの数を測定するといったものである。このように「位の数を測定する」という文言が多用されたため，見出しの『単位』のつながりにおいて位が強い関連性として示された。

表8 算数・数学科教科書における『単位』についての関連語

	語	Jaccard 係数
1	位	.1982
2	測定	.1179
3	書く	.1111
4	測る	.1048
5	長い	.1036

一方で、理科の教科書のデータにおいて『単位』に関連する語の一覧は表9の通りとなった。理科の教科書では、グラフの書き方の場面において単位についての記述がみられた。単位についての記述は教科書会社によって異なるが、共通して確認できたのは平成27年度の教科書、昭和35年、昭和38年の教科書においてであった。「測る」が上から数えて7位にいるのは、「測った値をグラフに書く時には単位を書くようにする」といった注意書きが本文中においてみられたためである。単位という語を見ることはあったとしても、単位の意味についての言及は見られなかった。

表9 小・中理科教科書における『単位』についての関連語

	語	Jaccard 係数
1	基準	.1461
2	書く	.1294

このことから、小・中学校の理科の学習においては測定が可能であることは単位記号を伴うというごく自然な認識であるという解釈ができるかもしれない。それは、算数科で学習したことが全て正しいという認識があるためにこのような状況になっているのかもしれない。したがって、データ化の理解を深めるためには普遍単位となる単位記号への意識付けが重要となる。すなわち、測定が可能である単位記号を伴うという自然な認識に留まるのではなく、測定が可能であると単位記号を伴うことができるのはなぜかといった意識付けを伴うような指導が必要となってくる。

このような状況を改善するためには、指導の観点において新たに次のいずれかを達成しなければならない。1つ目は、測定値が記されている際には必ず、単位記号を付けるように指導することである。2つ目は、算数科で学んだ測定においては単位が必ず記されていたという事実気づき、その事実の時には測定が可能であることを関連づけることである。前者の場合は、小・中学校理科で

達成できるものである。だが、単位記号を付ける動機づけのみでは測定値の理解を深めることに直結するとは言いがたい。後者の場合は、中学校数学科や中学校理科での実践が可能である。しかしながら、算数・数学科教科書において測定が可能であることの手がかりが表7において示されていることを考慮すれば、中学校数学科での指導がより望ましいといえるであろう。ただし、これらの結果は今日の学校現場で用いられている教科書において同様の分析を行ったとしても同様の結果が得られることを前提にしているため、示唆そのものが今日の学校現場において適用できるのかどうかについては検証の余地を残している。

5. まとめと今後の課題

本稿では、算数・数学、理科の教科書を題材に、測定値の理解を深めるための教科書の構造を分析した。分析を通じて、測定値の理解を阻害する教科書本文の構造上の問題点を指摘した。

単位について関連性がある語との言及があったのは算数・数学だけであった。測定が可能であることを了解する手がかりは算数・数学科教科書にあることが示された一方で、小・中学校理科の教科書を含めるとこの手がかりがなくなることが示された。このような状況を改善するためには、中学校数学科において測定が可能であることを了解する手がかりと測定値が関連性を持つような知識の指導が必要となってくる。

今回の分析結果は、平成27年度までに発刊された教科書を対象とした量的な成果を示している。一方で、分析では令和1年以降に発刊された教科書を分析対象としていないため、本稿での分析結果から得られる示唆が令和3年度に発刊された教科書に対しても適用されるかは言い切れない。これらの結果は今日の学校現場で用いられている教科書において同様の分析を行ったとしても同様の結果が得られることを前提にしているため、示唆そのものが今日の学校現場において適用できるのかどうかについては検証の余地を残している。

今回は、測定値についての理解を深めるために『測定』についての単元に関わるものだけに限定して分析をしたが、同じ教科内でのつながりや他の単元との関わりがあることは十分に可能性として想定されるものである。したがって、今回の単元の分析だけで十分とはいえず、他の単元の関わりについても分析を行うことで、測定との関わりについて再度検討することは今後の課題として残されている。

また、教科書には図、表、グラフといった言語化されていない記号もあり、これらが教科書の本文にどう影響

しているのかについては分析では明らかにすることができなかつた。例えば、教科書に記された内言型ふきだしが今回の分析結果にどう影響しているのかについて検討することは、本稿の成果そのものを質的に解釈することにもつながり、更なる発展が期待できる。今回の分析は量的な分析であったので、この結果を質的に取り上げることは十分にできなかつた。したがって、質的な分析については別稿に譲ることとしたい。

注

分析対象となった教科書一覧についての情報は参考文献において掲載を省略している。

付記

本研究の一部はJSPS科研費(科研番号:19K14219)の助成を受けて行われた。

参考文献

- 新井紀子(2018).『AI vs. 教科書が読めない子どもたち』, 東洋経済新報社.
- 福田博人・紙本裕一(2019).「日本の統計教育における教科書の問題分析による校種間比較:文脈を視点として」.『科学教育研究』, 43(4), 362-372.
- 樋口耕一(2020).『社会調査のための計量テキスト分析—内容分析の継承と発展を目指して— 第2版』, ナカニシヤ出版.
- 平林一榮(1987/2013).『数学教育の活動主義的展開』, 東洋館出版社.
- 岩崎秀樹・山口武志(2002).「算数・数学教科書分析の方法の考察とその適用」.『数学教育論文発表会論文集』, 35, 409-414, 日本数学教育学会.
- 乾健太郎(2016).「文章の「行間」を読むコンピュータの実現を目指して」.『日立ソリューションズ東日本技報』, 22, 2-4, 日立ソリューションズ東日本.
- 紙本裕一・福田博人(2021a).「教科書分析を通じた助詞と図的表現の関連性についての考察:偶数と奇数を事例として」.『初等教育カリキュラム研究』, 9, 1-10, 初等教育カリキュラム学会.
- 紙本裕一・福田博人(2021b).「行間を埋めることの数学的定義とその分析方法について」.日本教科教育学会学会誌『第47回日本教科教育学会全国大会論文集』, 147-148.
- 金児正史(2019).「数学科と理科における誤差や近似値の指導に関する一考察」.『日本科学教育学会第43回年会論文集』, 43, 245-248, 日本科学教育学会.
- 清野定信(2004).「発展的な学習を促す教材研究の中で大切なのは、「教科書の行間を読む」こと」.『総合教育技術』, 59(2), 20-23, 小学館.
- 坂谷内勝(2021).「中学校教科書に出現する科学用語分析」.日本科学教育学会『日本科学教育学会第45回年会論文集』, 45, 493-494.
- 田中松太郎(2015).「算数・数学科の学習内容に着目した理科の教科書分析:中学校で扱われる比例に焦点を当てて」.『秋期研究大会発表集録』, 48, 497-500.
- 坪田耕三(1996).「算数教科書の行間を読む」.『教育研究』, 51(3), 16-19, 初等教育研究会.
- 内田康晴(2009).「相加・相乗平均不等式—高校の教科書の行間で見つけたシンプルな証明」.『数学セミナー』, 48(2), 14-17, 日本評論社.
- 上田保明(2007).『行間を読む力をつける物語文の指導』, 明治図書出版.
- 脇山英靖(2018).「「読みの観点」の活用で読解力を高める効果的な指導方法」.『佐賀大学教育実践研究』, 36, 127-145.
- 渡部久美子(2020).「未来を担う子どもたちに必要な資質・能力を育てる言語技術教育:授業の実践」.『教育フォーラム』, (66), 70-80.

Structural Issues of Difficulties in Understanding Measurements Through Textbooks: Through Quantitative Linguistic Analysis

Yuichi KAMIMOTO¹, Hiroto FUKUDA²

1 Tokyo Future University Department of Child Psychology / Graduate School of Humanities
and Social Sciences, Hiroshima University

2 Okayama University of Science, Center for Teaching License Support

Abstract

If measurements are to be treated as data, it is necessary to understand what it means to measure. In this study, we analyzed the structure of textbooks for deepening the understanding of measurements, using textbooks of arithmetic, mathematics, and science. Through the analysis, we identified problems, in the structure of textbooks, that hinder the understanding of measurements.

References to units as relevant words were only present in arithmetic and mathematics. In contrast, when elementary and junior high school science textbooks were included, the clues to understanding that measurement is possible were found in math and arithmetic textbooks. To improve this situation, it is necessary to demonstrate that measurement is possible, and that the measurement values are related in the mathematics department of junior high school.

Keywords : data, text analysis, Jaccard coefficient, unit, measurement