

「質量」をどう教えるか

—ニュートンの質量の定義に戻って—

吉 埜 和 雄¹, 興 治 文 子

1. はじめに

子どもたちが力学を理解していく過程のある段階で、「質量」という概念が理解される必要がある。しかし、質量という概念は、子どもたちにはもともとない。子どもたちは、普段「重さ」という概念で物質の力学的な性質を理解しており、「質量」という概念を教えても違いが掴みにくく、また理解しにくいことが明らかになっている^[1-3]。さらに、「質量」という概念を教えたとしても、一定の重力下で生活している子どもたちにとって、質量概念を必要としていないことにも注意を払う必要がある^[4]。

子どもたちの状態は、ニュートンが力学を形成していく状況とよく似ている。本論文では、子どもたちが質量を学ぶ時に、ニュートンの定義をきちんと理解することが有効であることを示す。

ニュートンは質量を、 $(\text{密度}) \times (\text{体積}) = (\text{質量})$ と定義している^[5]。

ものが、原子（種類の粒子）からなると考えると、密度の違いは、粒子がぎっしり詰まっているのか、スカスカなのか、同じ体積中の粒の数の違いである。密度に体積をかけると、ものを構成する粒の総数が出る。ものを粒の塊とみなし、ものを構成する粒の総数を質量と呼んだことになる^[6]。

ニュートンが密度を定義していないこともあり、この質量の定義は、後の物理学者たちから、定義になっていないと言われている^[7]。

しかし、「質量概念がないところに質量という概念を作り出すこと」と、「質量を含んだ法則が明らかになった後に、その法則に基づいて質量を理解すること」は、全く違う。ニュートンは、新たに生み出した質量という概念の意味を説明したのである^[8]。

2. 教科書上の「重さ」の扱いのねじれ

質量や重さについて、現在の理科教育ではどのように扱われているのだろうか。

「重さ」の単位は、小学校ではkgである。「てこの学習」のところで、「力の大きさ」を「おもりの数」で表している。「おもりの重さが増えると…」と言ったとき、「重さ」という言葉の意味を厳密に言えば重力である。しかし、「ものの重さ」のところで、「形が変わってもものの重さは変わらない」と言ったとき、「重さ」は、質量の意味で使われている。どちらも単位はkgである。このように、小学校の理科の中では、質量と重力を区別していない。

中学では、「『重さ』を『重力の大きさ』としている教科書」では、重さの単位はNになる。でも、中学校の先生も化学分野を教えているときは、つい「重さ3g」と言ってしまうことがよくある。

高校の物理基礎の教科書は、そのほとんどが「重さは重力の大きさである」としている。そして「重さ20Nのおもりをつるした…」^[9]などの表現が見られる。問題集でも「重さ6.0Nの物体」^[10]「重さが500Nの人」^[11]などの表現が見られる。物理の教師も、多くが「重さは重力の大きさだ」と思っている。しかし、高校生は、「人の重さは60kg」と言うし、ものの重さは「5kg」と言う。

2017.10.23 受理

¹ 都立高校定年退職後、非常勤教員として東京都立日比谷高等学校に勤務。新潟大学非常勤講師「理科教育法」担当、千葉工業大学非常勤講師「理科教育法」担当。

3. 「重さ」の単位は、国際単位系の単位ではない

「重さ」という言葉は、正式な科学用語ではなく、「重さ」の単位も、国際単位系などで決められているわけではない。

産業技術総合研究所のHPにある「国際単位系 (SI)」という文章の中に、「重さ」という言葉はない^[12]。しかし、一般向けの「はかるの基本」という文章の中では「重さ」という言葉が使われている^[13]。そこでは、「重さ」は、かっこ付きで「正確には質量」と書かれ、単位はg, kgが使われている。

現在、新聞やテレビなどマスコミでは、「重さ」の単位として“kg”を使っているようだ。産業技術総合研究所の立場を受けてのことと想像する。

4. 興味深い計量法の対応

経済産業省が計量法で商業や工業で使う様々な単位について決めている。

度量衡法は、1952年に廃止され、1952年からは、計量法になっている。

計量法は、1959年に、尺貫法からメートル法に対応したものに変わり、1992年に、国際単位系に対応した法律になった。『新計量法とSI化の進め方』^[14]をみると、産業界は1999年までにSI化に向けた対応を終えたようである。『新計量法とSI化の進め方』には、計量法を定める目的について、

「計量法の目的は、①計量の基準を定め、②適正な計量の実施を確保し、もって経済の発展及び文化の向上に寄与することにある。」

と、書いてある。

力については、次のように書いてある。

「従来は力の単位として、質量と同じ単位の“kg”が使用されていた。日本では、20年ぐらい前から力の単位に質量と同じ単位の“kg”を使用することに問題があるとして、工学単位系では“kgf”を使用して表すことが多くなった。この表示は、質量と同じ単位の“kg”と区別するためであり、SI化ではなかった。SI化では“kgf”単位を“N”に切り換えていくことになる。従来単位 (kgf) と、SI単位 (N) との関係は、従来単位は地球上で働く重力加速度を基準に定めているので、標準重力加速度 (9.80665 m/s^2) を用いて $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \times 9.80665 \text{ m/s}^2 = 9.80665 \text{ N}$ となる。」

これが1999年に記されたものだとすると、商業や工業の世界では、25年位前まで、“kg”という単位を、質量だけでなく、力の単位としても使っていたのだ。

『新計量法とSI化の進め方』の最後の方に、「質問とその答え」があり、そこに「重量」という言葉について興味深い質問が出ている。その質問は

「Q21：重量という用語は、今後とも使用することができるか。」

である。答えは

「A21：重力単位系では重量という用語は、質量と荷重(力)の意味で使用されてきました。単位記号も、kg, kgw又はkg重を使用してきました。計量法では、用語の使用を明確には規定していませんが、SI化を機会に単位記号、接頭語などと同様に、用語も正しく使用することをお奨めいたします。重量を質量の概念で使用する場合にはその単位の“kg”を、力の概念で使用する場合にはその単位の“N”を使用します。」

計量法は国際単位系への対応を終えたけれども、各分野で伝統的に使われてきた用語の使用を排除しないという立場を示している。この文章が出た1999年の段階でも、「重量」という言葉が、「質量と荷重(力)の意味で使用」されていたことがわかる。「用語も正しく使用することをお奨めいたします」は、「重量」という言葉ではなく、「質量」や「力」を使うことを奨めているわけである。「重量」という言葉を両方の意味で使うことを認めている(計量法の附則の中で期限付きで認めていた)が、「質量の概念」で使う時はその単位を“kg”とし、「力の概念」で使う時はその単位を“N”とするよう求めている。これでは、「重量」という言葉を使うメリットは半減する。この答は、当時、「重量」という言葉が、いかに便利に使われているか、その実態を反映しているのだと考えられる^[15]。

度量法は、古代メソポタミア文明や古代エジプト文明の時代からあり、その歴史は研究されている。質量概念が生まれるニュートン以前の度量法について書かれた本における、「重さの測定」や「その単位」の捉

え方をみてみた。

高田誠二と大井みさほが書いた『単位のカタログ』では、「穀粒を意味する英語の grain は、ヤードポンド系の質量単位グレーン（またはゲレーン）として」のように、古代の単位を質量の単位と書く部分もあるが、「物理学と単位」の中の「5 重さと質量の概念」で、「重さ」を「重力の大きさ」と捉えることが混乱を生むことを指摘しつつも、「重さ」とは「重力の大きさ」であることを説明している^[16]。

西城敏美が書いた『単位の成り立ち』のでは、「2 講キログラム（質量）」の「3 古代における質量単位と天秤による軽量」という表題でもわかるように、重さの単位を質量の単位と捉えている^[17]。

小泉袈裟勝は、一般向けに書いた『歴史の中の単位』の「まえがき」に、「用語、用字中、特に衡に対して慣用されている『重量』は、引用文を除きすべて『質量』に統一した。物理学や計量法においては、重量は「力の大きさ」と定義され、質量とは別な物理量として区別されているからである。」と書いている^[18]。

単位の歴史のを見る立場にも違いがあることがわかる。

5. 変わるべきは物理の教科書

このように、「重さ」という言葉が広い意味の言葉であることを踏まえつつも、その単位としては“kg”を使う方向に動いていることがわかる。生活のなかでも、重さはkgだから、これに違和感はない。

文末資料表^[19-38]、表2に示した中学校、高等学校の教科書における重さと質量についての表記のように、多くの教科書で「『重さ』を『重力の大きさ』」としている。23年度版の物理基礎の教科書の中に、「重さを重力の大きさ」していないものが登場したが、部分改定後の29年度版では戻っている。「物理教育の世界」以外では、「重さ」の単位として“kg”を使っているのに、物理の教科書だけが“N”なのである。

教科書の「重さ」の扱いに関わる問題については、東京物理サークル^[39]では、1970年代後半から浦辺悦夫、上條隆志らを中心に指摘され、吉埜はサークルでの議論を通して問題を理解してきた^[40]。また、兵頭俊夫は、文献[41]「高校物理の教科書について」において、物理教科書がわかりにくい原因を紹介している。その中で「重さ」をめぐる問題も指摘している。教科書の方を変えるべきなのである。

中学理科の教科書では、「『重さ』が持つ『力の意味』は重力、『重さ』が持つ『ものの量の意味』は質量」と、生徒が重さが多いの意味を持つことに気づき、重力と質量を理解できるようにすれば良い。そうなれば、高校物理の教科書では、「重さ」という言葉は使う必要ない。「重さ」という言葉は一切使わずに、「質量」や「重力」という言葉を使っていくことが出来る。高校はもちろんだが、中学校でも、質量と重力が導入された後は「重さ」という言葉を使わない方が良いのである。

そうはいっても、「重さ」という言葉をつい使ってしまうということもある。また、浮力や圧力の学習する際などには、「重さ」という言葉や「kg重」や「kg力」という力の単位は便利だ。もし、「重さ」という言葉との関係の必要がある場面が生まれたならば、「小学校で使っていた『重さ』という言葉は、日常生活の中では、『重力』の意味でも『質量』の意味でも、使われることがあります。」など、必要な説明をすれば良いだろう。

もし教科書がこう変われば、小学校と中学校、高校との教科書の扱いで、言葉のねじれと単位のねじれはなくなる。だが、質量概念が捉えにくい点は、全く変わらない。

6. 重力と質量を区別しなくとも日常生活では不自由しない

多くの人は、大人になっても「重さ」という言葉を色々な場面で使う。質量も重力も密度も圧力も、どれも「重さ」と言い表していて、「重さ」は「重さ」なのである。

「重量」という言葉の使用に関する計量法の回答を見てみると、地球上では、質量にほぼ比例した重力を受けるので、産業界では質量と重力の区別を気にすることがないということが、よくわかる。「違いはない」と思っているのに、区別しろと言われて、「めんどろなことだ」と思っているのである。

この気持ちは、中学生や高校生が、力学を学ぶ際に、「重さは重さだ」と思う気持ちと同じである。

質量概念が必要とされていないのである。

7. 理科教育における重力と質量を区別することが必要な現象の導入

吉笠は、「ものは『重さ』のために落ちるのでは無く、地球に引かれて下に動くのだ」ということを、子どもたちに考えてもらう場面で、「質量が違って同じように落ちる」という現象を使いながら質量という概念を獲得してもらう授業プランを提案している。

多くの人は「『重いもの』が速く落ちる」と思っているが、実際にやったことはない。実際にやってみると、重くとも軽くとも、同じように落ちる（空気抵抗の影響がほぼ無い工夫をしている）。加速度が同じことを、理解していくためには、質量と重力を区別する必要がある。まず、ビー玉を使った実験から始める。理解するためには、「ビー玉が地球に引かれる力」だけでなく「ビー玉の数」を考える必要がある。

「ビー玉の数」を質量へとつなげるために、ものを粒の塊としてみる見方を使う。そして、ものに含まれる粒の総量を質量と呼ぶことにする。授業の流れは以下の通りである。

7-1. ビー玉1個あたりの重力

生徒は、1個のビー玉と2個くっつけたビー玉が同時に落ちるのを見ると驚く。2個ついているビー玉を、はがしてバラバラにすれば、それぞれのビー玉が同じ加速度で落ちていくことは不思議ではない。「もともとと同じ加速度で落ちていくビー玉なのだから、くっつけてもその加速度は変わらない」という説明は、説得力を持つ。1個のビー玉と30個ビー玉を集めた場合について次に問うが、同じビー玉を何個集めても、ビー玉1個あたりが地球に引かれる力は同じなので、同じ加速度で落ちていくと、多くの人が正しく予想する。

生徒からは、「先生、2個くっつけたものも、1個と重力は同じなのですか」という質問が出ることもあるが、質問は出なくとも思っている生徒はいる。同じように落ちるということは、重力は同じはずだと考えるのである。2個くっつけた方は、重力は2倍だが、ビー玉も2個あるということを生徒がつかめるよう、注意を払うが必要になる。

7-2. 大きなビー玉と小さなビー玉

大きなビー玉と小さなビー玉の質量を計り、示す。そして、加速度が、同じかどうかを生徒に問う。「重い方が速く落ちる」と思う生徒もいるが、「同じ大きさの小さなビー玉にしたと想像すると、ただその数が違うだけで、小さなビー玉はどれも同じ加速度だから、どちらも同じ加速度で落ちていく」と多くの生徒が考える。実際に同時に落ちる。ビー玉を、小さな小さなビー玉の集まりと見ることになる。

7-3. ピンポン球とゴルフボール

ピンポン球とゴルフボールの質量を計り、加速度は同じかどうかを生徒に問う。ビー玉の実験から「重さが違って加速度は同じ」と捉えた生徒は、機械的に同じと考える。一方、ピンポン球とゴルフボールの質の違いを気にする生徒は、迷い揺らぐ。「たとえば0.1gの塊を作ると、どれも加速度は同じだろう。そう考えると、この場合も、ゴルフボールは、0.1gの塊がたくさん集まっただけだから、どちらも加速度は同じ」という意見が出ると、説得力を持つ。ものを粒の塊としてみなし、バラバラにすると、バラバラにした一粒一粒が地球に引かれる力は同じだから加速度は同じであると考えるのである。

実験をして加速度が同じであることを見せた後、ニュートンの質量の定義の話をする。話の要点は

- ① ニュートンは、ものはどれも同じ粒（原子）からできていると考えた
- ② ものの違いとは、ものに含まれる粒の数の違いだけである
- ③ ニュートンは、ものに含まれる粒の総数を質量と呼ぶことにした。
- ④ つまり、(密度) × (体積) = (質量)とした。
- ⑤ ものは、陽子と中性子の集まりだから、同じ粒の集まりだとするニュートンの考えは、今から見ても悪くはない。
- ⑥ 私たちもニュートンの立場でいく。これから、ものを見たら、粒の塊だと思おう

である。

この後、ビー玉と地球が互いに引き合っていることを考えていくのだが、そこは略す。

8. 質量概念の必要性：「1kgあたりの力が同じ」

この段階では、ニュートンの運動方程式の学習は扱っていない。

だが、この授業の流れの中では、1kgのものが地球に引かれる力が9.8Nで、3kgのものも、1kgのものが3

つ集まったものと考えると1kgのものはどれも同じ9.8Nの力で地球に引かれているから、加速度は同じだと考える。「力を質量で割ると加速度が出る」ことを暗示的に使っている。「力を質量で割ると加速度が出る」とは「1kgのものが受ける力の大きさで、加速度の大きさが決まる」ということである。そう考えることを生徒に求めることによって、力と質量をそれぞれ捉えることが出来るのである。

9. 教員志望学生の授業プランに対する考え

この授業プランの妥当性について、2017年8月に吉埜が担当した理科教育法（中等Ⅱ）において模擬授業を行い、授業について教員志望の学生たちがどのようにとらえたのかについて、感想とともに紙に記入してもらった形式で聞いた。授業の対象者は20名で、理学部生13名、教育学部生が7名であった。皆、中学校および高等学校の教員を目指している。

- ・ 「私が実際高校の物理で、一番初めに物理に苦手意識を覚えたきっかけが、『質量と重さの違い』で、今回の模擬授業を受けて、とても理解そして納得しやすくなった。（一部引用）」
- ・ 「重力、重さ、ものの落ち方、スピードなど、自分の中で考えていたことが、すっきりと整理され、理解が深まりました。授業内の様々な問いかけから『質量は粒の数というイメージ』という最も伝えたいことへの流れが、重要な点が凝縮、精錬されていて、このような授業を作りたいと思いました。（一部引用）」
- ・ 「『しょっぱなテスト』^[42]や課題では、今までなんとなく捉えていた質量と重さの認識がアマかったのがはっきりと浮き彫りになったので考え方を改めていきたい。私も、『重いものは速く落ちる』という感覚があったので、実験を見て少し驚いた。ガリレオの考えやニュートンの考えについて、よく学ぶ機会があまりなかったので、話を聞いて考えることができて良かった。個人的に一番印象的だったのはDVD^[43]の人間が牛乳を飲んだら、その分だけ重くなるという実験だった。精密な秤はないが、体重計にのって自分でも試してみたい。」

高校で物理を学んでいても、質量の理解に戸惑いがあった様子がわかる。また、「重いものは速く落ちる」と思っているし、模擬授業では扱わなかったが、「牛乳を飲むとその分体重が増える」とは思っていなかったことがわかる。また、理科教育法の授業の模擬授業という、とても短い時間での扱いであったが、重さ、質量、重力の違いについて大学生自身が明確に概念についての理解を深めたようすもうかがえる。

集中講義全体を通して、授業プランについては次のような感想もあった。

- ・ 「とても楽しい授業をありがとうございました。模擬授業を受けるたび、こんな授業なら物理が理解できていたかもしれないと思いました。わからないのは生徒・教師のせいじゃない、身をもって感じました。」
- ・ 「今回の集中講義を聴講し、今まで曖昧に捉えていた教育観や物理・自然科学が、一気に整理されました。自分の中で、これからの目標が一気にステップアップし、また、より自然科学について知っていききたいという気持ちで満たされました。今回の講義で生まれた、自分の中の自然科学に対する気持ちを、これからも大切にしていきたいと思います。」
- ・ 「先生の授業を受けていて、一番感じたことは、『こんなに分かりやすく楽しい授業をしてくれる人は珍しい』ということです。私もし高校時代に先生の授業を受けていたら、もっと勉強を楽しめたと思います。私も先生のような授業ができるよう、これからも試行錯誤していきます。（一部引用）」

授業プランを作成するにあたって、生徒が新たな理解を形成する上で、これまでの理解の限界を知り、これまでの理解と新たな理解が、矛盾なく、共存するような状況となることを目指した。これらの感想から、「現象を理解したい」という気持ちを生み出せ、自然科学の法則性を「楽しく学ぶ」ことが出来れば、学ぶ意欲に繋がるということを改めて認識させられた。

10. まとめ

ニュートンの質量の定義は、質量という概念を獲得する過程において、高校生だけでなく大学生に対しても説得的で有効である。その後、「法則に質量を含みもつ」法則を理解していく過程で、質量の理解は、徐々に深まっていく。深まった後には、ニュートンの定義の持つ限界もわかってくるはずである。

ニュートンも、質量という概念を形成する際には、様々な困難があったであろう。人々にどう説明すれば良いか迷ったと思う。その結果が1節に示した定義である。それは、学習の場では有効なのである。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP15H02913の助成を受けたものです。

参考文献および注

- [1] 川勝博, 三井伸夫, 飯田洋二, 『学ぶ側から見た力学の再構成』, 新生出版, (1992) p.22.
- [2] Jean Piaget, Barbel Inhelder (著), 滝沢武久, 銀林浩 (訳), 『量の発達心理学』, 国土社, (1992) p.242.
- [3] 吉埜和雄, 「「重さ」ってどういう意味」, 理科教室, 682 (2011) pp.40-45.
- [4] 岩間滋, 「重さ概念は, 中学校でどう発展していくか」, 理科教室, 682 (2011) pp.34-39.
- [5] ニュートン, 河辺六男 (訳), 『世界の名著 ニュートン 自然哲学の数学的諸原理』(プリンピキア), (中央公論社), (1971) p.60 定義I.
- [6] Max Jammer (著), 大槻義彦, 葉田野義和, 斉藤威 (訳), 『質量の概念』, 講談社, (1977) p.67.
- [7] Ernst Mach (著), 伏見讓 (訳), 『マッハ力学』, 講談社, (1969) p.178.
- [8] 前掲[7] p.66.
- [9] 『物理基礎』, 東京書籍, (29年度) p.50, 問題1. (東京書籍だけを例示したが, 類似の表現が実教出版の教科書以外にも見られる.)
- [10] 『センサー物理基礎』, 啓林館, p.31 問題番号49, 類似の表現は他の会社の問題集にも見られる.
- [11] 『ゼミナール物理基礎』, 浜島書店, (2017) p.33, 問題番号61, 類似の表現は他の会社の問題集にも見られる.
- [12] 産業技術総合研究所計量標準総合センター, 『国際文章第8版(2006) 国際単位系(SI)日本語版』, (2006), 国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準総合センターのホームページ <http://www.aist.go.jp> の <https://www.nmij.jp/library/units/si/R8/SI8J.pdf> にある (2017年8月31日アクセス).
- [13] 産業技術総合研究所, 『はかるの基本』(2006) (p.7) (「はかるの基本」は, 産総研で作られて電子ブック. 産業技術総合研究所ホームページの右下の「出版物」を選択し, その他の中にある「産総研 SAN・SO・KEN」を選択すると, 2006年の中にある. アドレスは, (http://www.aist.go.jp/pdf/aist_j/san_so_ken/200601/sansoken200601.pdf) (2017年8月31日アクセス).
- [14] 通商産業省SI単位等普及推進委員会, 『新計量法とSI化の進め方 - 重力単位系から国際単位系(SI)へ-』, (1999), 経済産業省のHPの中の www.meti.go.jp/topic/downloadfiles/e90608kj.pdf にある (2017年8月31日アクセス).
- [15] 元都立高校教師であった森雄兒もホームページの中で「なぜ起きる, 「重さ・重量・質量」の混乱」という記事を2015年に執筆し, 計量法導入と理科教育について述べている. 「サイエンスの森」 <http://sciwood.com/> (2017年9月6日アクセス.)
- [16] 高田誠二, 大井みさは, 『単位のカatalog:国際単位に親しむ』, 新生出版, p.32 グレーンに関する記述, pp.49-51 5重さと質量の概念.
- [17] 西城敏美, 『単位の成り立ち』, 恒星社厚生閣, pp.13-14.
- [18] 小泉袈裟勝, 『歴史の中の単位』, 総合科学出版.
- [19] 学校図書, 『中学校科学1』, (2016) p.118, 平成27年3月6日検定済.
- [20] 教育出版, 『自然の探究中学校理科1』, (2016) p.109, 平成27年3月6日検定済.
- [21] 啓林館, 『未来へひろがるサイエンス1』, (2016) p.210-214, 平成27年3月6日検定済.
- [22] 大日本図書, 『新版理科の世界1』, (2016) p.181, 平成27年3月6日検定済.
- [23] 東京書籍, 『新編新しい科学1』, (2016) p.177, 平成27年3月6日検定済, 本文ではなくキャラクターの吹出に記載.
- [24] 啓林館, 『物理基礎』平成24年度用, (2011), 平成23年3月30日検定済, 発行日無し.
- [25] 啓林館, 『物理基礎 改訂版』平成29年度用, (2016), 平成28年2月23日検定済 平成28年12月10日発行.

- [26] 啓林館, 『考える物理基礎』平成29年度用, (2016), 平成28年2月23日検定済 見本誌なので発行日なし.
- [27] 実教出版, 『物理基礎』, (2012), 平成23年3月30日検定済.
- [28] 実教出版, 『物理基礎 改訂版 29年度用』, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [29] 実教出版, 『物理基礎 新訂版』平成29年度用, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [30] 数研出版, 『物理基礎』, (2011), 平成23年3月30日検定済, 平成24年1月10日発行.
- [31] 数研出版, 『改訂版 物理基礎』, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [32] 数研出版, 『改訂版 新編 物理基礎』, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [33] 第一学習社, 『物理基礎』, (2012), 平成23年3月30日検定済, 平成24年2月10日発行.
- [34] 第一学習社, 『改定 高等学校 物理基礎 平成29年度』, (2016), 平成28年2月23日検定済 見本誌なので発行日なし.
- [35] 第一学習社, 『改訂 新物理基礎』平成29年度, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [36] 東京書籍, 『物理基礎』, (2012), 平成23年3月30日検定済, 平成24年2月10日発行.
- [37] 東京書籍, 『改定 物理基礎』29-33年度, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [38] 東京書籍, 『改訂 新編 物理基礎』29-33年度, (2016), 平成28年2月23日検定済, 見本誌なので発行日なし.
- [39] 東京物理サークル, <http://tokyophysics.org/> (2017.9.11アクセス).
- [40] 浦辺悦夫氏は元東京都立高校教師, 元大正大学非常勤講師, 元多摩大学附属聖ヶ丘中学高等学校非常勤講師. 元学習院大学非常勤講師, 上條隆志氏は元東京都立高校教師, 元学習院大学非常勤講師.
- [41] 兵頭俊夫, 「高校物理の教科書について」, 物理教育, 49, (2001) pp.610-612.
- [42] 「しょっぱなテスト」, 元都立高校教師であった宮村博氏が作成した, B4用紙1枚に, 主として質量保存の法則に関わる問題が出ているもの.
- [43] 岩波科学映画「ものとその重さ」 仮説社から出ている「たのしい科学教育映画シリーズ(全8巻)」(第1集)のVOL. IV「動力学編(1)」の中にある.

資料

表1 中学校「理科」における重さと質量の表記（順不同，平成27年検定版）

教科書名	表 記
学校図書 ^[16]	「3章 力のはたらき」「3 ばねばかりはどのようなしくみで力の大きさをはかるか」「重さと質量」 重さとは、地球が物体を引く力、つまり物体にはたらく重力の大きさのことである。（中略）場所が違っていても変わることのない、物体そのものの量を質量という。（中略）日常生活では、「重さ」という言葉を「質量」という意味で使うことが多い。しかし、理科では、「重さ」は「物体にはたらく重力の大きさ」という意味で使う。これからは、「重さ」と「質量」を区別して使っていこう。
教育出版 ^[17]	「3章 力のはたらき」「3-2 力の大きさとばねののび」「重さ・重力・質量」 （前略）物体の重さは物体の量を表している。物体の量を表すときには重さではなく「質量」を使うことにする。（中略）重さという言葉は場合により異なる意味を持つので、注意して使う必要がある。
啓林館 ^[18]	p.210 「3章 力による現象」「2 力の大きさ」 物体にはたらく重力の大きさを重さという。（後略） p.213 「3章 力による現象」「2 力のはかり方」の中の「重さと質量」 重さとは地球が物体を引く力、つまり物体にはたらく重力の大きさのことで（p.210参照）、ばねばかりや台ばかりではかることができる。月の重力は地球の約6分の1なので、月面上で物体の重さをはかると、地球上の約6分の1になる（図49）。例えば、地球上での重さが6Nの物体を月面上ではかると、重さや約1Nになる。このように、同じ物体でも、その重さは場所によって異なる。 図49 地球上と月面上の重さの違い（月面上の宇宙飛行士の写真） p.214 「重さと質量」の続きとして「重さと質量には、どのような違いがあるのだろうか。」 （前略）上皿てんびんは、左右の皿にのせた物体の重さをつりあわせて質量を測定する装置である。（中略）したがって、質量と重さという言葉は区別して使う必要がある。
大日本図書 ^[19]	「3章 力と圧力」「5 重さと質量」 （前略）無重力状態では、物体を持っても重さは感じない。（中略）場所によって変わらない物体そのものの量を質量という。
東京書籍 ^[20]	イラストの吹出中での記述 日常生活で「重さ」という言葉を使うときには、質量をさす場合と物体にはたらく重力の大きさをさす場合があるけど、この2つは異なるものなので区別して使う必要があるよ。

表2 高等学校「物理基礎」における重さと質量の表記（順不同）

教科書名	検定年度	表 記
啓林館	23 ^[21]	索引に「重さ」なし。 p.57 「第2章 力と運動」「第2節 運動の法則」「C 重力と質量」 地球上にある物体はすべて地球の中心に向かう力を受けている。このような力を重力という。物体が受ける重力の大きさをふつう重さ（または重量）ともいう。 重力 地球上で物体が重力だけを受けて落下するとき、その質量とは関係なく…（後略）。
	28 ^[22]	索引に「重さ」あり。 p.39 「第2章 力と運動」「1 力」「B いろいろな力」の中の「重力」 地球上にあるすべての物体には、地球が鉛直下向きに引く力が働いている。この力を重力といい、重力の大きさを重さという。 p.56 「第2章 力と運動」「2 運動の法則」「D 重さと質量」の中の「重さ」 地球上では物体が重力だけを受けて落下するとき、物体はその質量に関係なく、大きさ g [m/s ²]の鉛直下向きの加速度（重力加速度）で落下する。運動方程式より、質量 m [kg]の物体にはたらく重力の大きさ W [N]は、次式で表される。 $W=mg$ したがって、質量 m の物体の重さ、つまり物体にはたらく重力の大きさは mg となる。 g の値は地球上の場所によってわずかに異なるため、同じ物体であっても、場所によって重さは異なる。
	28 ^[23] 大判	索引に「重さ」あり。 p.31 「第2章 力と運動」「10 力とはなんだろうか」の「Bいろいろな力」の中の「重力」 地球上にあるすべての物体には、地球が鉛直下向きに引く力がはたらくている。この力を重力といい、重力の大きさを重さという。 p.47 「第2章」「15 運動の法則」の「C重さと質量」の中の「重さ」 地球上では物体が重力だけを受けて落下するとき、物体はその質量に関係なく、大きさ g [m/s ²]の鉛直下向きの加速度（重力加速度）で落下する。運動方程式より、質量 m [kg]の物体にはたらく重力の大きさ W [N]は、次式で表される。 $W=mg$ したがって、質量 m の物体の重さ（重量）、つまり物体にはたらく重力の大きさは mg となる。 g の値は地球上の場所によってわずかに異なるため、同じ物体であっても、場所によって重さは異なる。

実教出版	23 ^[24]	索引に「重さ」なし。 重さについての表記無し。
	28 ^[25]	索引に「重さ」あり。 p.35 「2節 力」「1 力」「C重力と質量」の中の「重力」 地球上では質量1kgの物体が受ける重力の大きさは9.8Nである。重力の大きさを重さという。 p.35の下に注がある その2の記述 日常生活では「重さ」を質量の意味でも使うので、注意が必要である。
	28 ^[26] 大判	索引に「重さ」なし p.29 「2節 力」「1 力」の中の「重力」の中の記述 重力は物体が地球へ向かって引かれる力である。重力の向きは、重力の作用点（重心）から鉛直下向きである。重力の大きさ（重さ） $W[N]$ は、物体の質量を $m[kg]$ 、重力加速度の大きさを $g[m/s^2]$ とすると、次式で表される。 $W=mg$ p.48 「3節 運動の法則」「3 運動方程式」の中の「質量と重さ」 日常生活の中では、質量と重さは同じ意味で用いられていることが多い。しかし、物理では厳密に使いわけなくてはならない。重さとは重力の大きさのことであり、単位はニュートン（記号N）である。これに対し、質量の単位はキログラム（記号kg）である。 p.49 「POINT」にある記述 質量と重力は異なる量であり、重さは物体が地球から受ける重力の大きさである。 p.58 「まとめ」の中の記述 重さとは重力の大きさを意味し、単位はニュートン（記号N）である。一方、質量の単位はキログラム（記号kg）である。
数研出版	23 ^[27]	索引に「重さ」あり。 p.39 「第2章 運動の法則」「1 力とそのはたらき」「B いろいろな力」「①重力」 地上にある物体は地球に向かって引かれる。この力を重力といい、その大きさを物体の重さという。（後略） p.39 用語「質量と重さ」 質量 $m[kg]$ 、重さ（=重力の大きさ） $mg[N]$ p.57 「第2章 運動の法則」「3 運動の法則」「D重さと質量」 月面上での重力加速度の大きさは、地球上のおよそ $\frac{1}{6}$ 倍である。したがって、物体の月面での重さ（重力の大きさ）は、地球上に比べておよそ $\frac{1}{6}$ 倍となる。このように、重さは場所により異なる量であるが、質量は場所によらない物体に固有の量である。 p.51にある質問25 質量5.0kgの物体の重さ（重力の大きさ）は、地球上で何Nか。また、月面上では何Nか。
	28 ^[28]	索引に「重さ」あり。 p.40 「第2章 運動の法則」「1 力とそのはたらき」「Bいろいろな力」の中の「①重力」 地球は、地球上の物体に対して引く力を及ぼす。この力を重力といい、その大きさを物体の重さという。物体の重さは質量に比例し、質量 $m[kg]$ の物体の重さは $mg[N]$ である。地球上では、重力加速度の大きさ g は約 $9.8m/s^2$ であるから、質量1kgの物体の重さはおよそ9.8Nである。 p.40 の下に注がある。その2に 質量1kgの重さを1重量キログラム（記号kgw）、質量1gの重さを1重量グラム（記号gw）といい、力の単位として用いることがある。 p.61 「第2章 運動の法則」「3 運動の法則」「D重さと質量」の中の「①重さと質量の関係」 月面上での重力加速度の大きさは、地球上のおよそ $\frac{1}{6}$ 倍である。したがって、物体の月面上での重さ（重力の大きさ）は、地球上に比べておよそ $\frac{1}{6}$ 倍となる。このように、重さは場所によって異なる量であるが、質量は場所によらない物体に固有の量である。
	28 ^[29] 大判	索引に「重さ」あり。 p.32 「第2章 運動の法則」「1力とそのはたらき」「Bいろいろな力」の中の「1 重力」 地球は、地球上の物体に対して引く力を及ぼす。この力を重力という。重力は空間を隔ててはたらく力である。重力の大きさを物体の重さといい、重さはその物体の質量に比例することがわかっている。物体の質量を $m[kg]$ とすると、物体の重さは重力加速度の大きさ g を用いて $mg[N]$ と表される。地球上では g は $9.8m/s^2$ であるから、質量1kgの物体の重さは約9.8Nである。 p.51 「第2章 運動の法則」「3 運動の法則」「D重さと質量」 物体が落下するときには、その質量に関係なく鉛直下向きの加速度 $g[m/s^2]$ が生じることを学んだ。この物体の質量を $m[kg]$ 、重さ（重力の大きさ）を $W[N]$ とおくと、運動方程式「 $ma=F$ 」より、重さは $W=mg$ となる。重力加速度の大きさ g は場所によって異なり、地球上では約 $9.8m/s^2$ であるが、月面上では約 $1.6m/s^2$ （地球上のおよそ $\frac{1}{6}$ 倍）である。よって、月面上での物体の重さは、地球上での重さのおよそ $\frac{1}{6}$ 倍になる。重さは場所によって異なる量であるが、物体の慣性の大きさを表す質量は、場所によって変わらない物体に固有の量である。 p.51にある問21 質量5.0kgの物体の重さ（重力の大きさ）は、地球上で何Nか。

第一学習社	23 ^[30]	索引に「重さ」あり。 p.37 「第2節 力のはたらきとつりあい」「1 さまざまな力」の中の「2 重力」 地球上のすべての物体には、地球から鉛直下向きに重力がはたらく。質量は物体に固有の量であり、重力の大きさ（重さ）は、質量に比例する。
	28 ^[31]	索引に「重さ」あり。 p.39 「第2節 力のはたらきとつりあい」「1 さまざまな力」の中の「2 重力」 地球上のすべての物体には、地球から鉛直下向きの重力がはたらく。質量は、物体に固有の量であり、重力の大きさ（重さ）は、質量に比例する。
	28 ^[32] 大判	索引に「重さ」あり。 p.33 「第1章 力と運動」「第2節 力と運動の法則」「1 力と質量」の中の「2 質量と重力」 地球上のすべての物体は、その運動状態に関係なく、地球の中心に向かう（鉛直下向きの）力を、地球から受けている。荷物をもち上げる時の「重い」、「軽い」という感覚は、この力の大小に関係している。この力を重力といい、物体にはたらく重力の大きさを重さという。 p.33 「2 質量と重力」の中の「質量と重さの違い」の記述 質量は、物体に固有の量であり、場所によってその値が変わることはない。一方、重さは、重力の大きさであり、場所によって異なる値となる。質量50kgの人の重さは、地球上では、 $50 \times 9.8 = 490\text{N}$ である。しかし、月面上では、重力加速度の大きさが地球上の約 $\frac{1}{6}$ であり、この人の重さは、 $50 \times (9.8 \times \frac{1}{6}) = 82\text{N}$ となる。さらに、無重力状態の宇宙船内では、みかけ上の重さが0Nになる。（図の中にも同様の記述） p.33 問19の記述 地球上で、質量60kgの人の重さは何Nか。 P60 「まとめてみよう」「1 力と質量」の「重力」の記述 重力…地球上のすべての物体にはたらく鉛直下向きの力。重力の大きさを（ $W=mg$ ）という。
東京書籍	23 ^[33]	索引に「重さ」なし。 p.36 「2章 さまざまな力とそのはたらき」「1 力とつりあい」「Myラボ」 ① 重さ49N（質量5kg）の荷物をAとBの2人で持つとき、AとBはそれぞれ何Nの力で引く必要があるか。ロー@字の角度を変えて作図してみよう。
	28 ^[34]	索引に「重さ」なし。 p.48 「2章 さまざまな力とそのはたらき」「1節 力とつり合い」「Cさまざまな力」の中の「重力」 地球上の物体には、地球の中心に向かって質量に比例した重力がはたらく。また、重力の大きさを重さともいう。これに対し、質量とは物体を構成する物質そのものの量である。重力の大きさ（重さ）は場所によって変化する量であるが、質量は場所によらない量である。
	28 ^[35] 大判	索引に「重さ」なし。 重さについての表記無し。