

書 評

数理のめがね

坪井忠二 著, ちくま学芸文庫, 2020 年

明治大学理工学部

矢崎 成俊

場所によって物の重さは異なる

ここに一つの石の塊があるとする。これを手で持って支えているためにはある力を要するし、また手から離せば下へ落ちて行くから、我々はこの石には何か常に下の方に向かう力がはたらいていることを知るのであって、通常我々は物の重さとしてのこの力を感じている。

さてもしここに非常に感じの鋭く正しい人がいたとして、東京である石を持ったときに感ずる重さをよく覚えてから、同じ石を例えば札幌に持って行ったとして見ると、そこでは東京よりは少しばかり重く感ずるはずなのである。

その差は考えようによって大きいとも小さいともいえるが、1 キログラムについて、0.7 グラムばかり違う。(後略)

80 年ほど前の新聞の切り抜き記事である [1]。一般の人に向けて穏やかに語っているようにみえるが、感覚の鋭い仮想の人を登場させて東京と札幌で重さが違うというショッキングな事実を述べ、その違いを具体的な数値で提示しているところは、科学的で軽妙洒脱。書き手は本書評の対象書『数理のめがね』の著者・坪井忠二だ。(なぜ札幌では東京で測るより 0.7 グラム重くなるのかについては、本書評の付録で坪井による「日本の重力に最もよく適合する式」を用いて導出しよう。)

本書評の執筆依頼を引き受けてから、『数理のめがね』を読んだ。それは当然であるが、その後、まず関連する過去の数学セミナー二十数冊をひっくり返し、次いで『続・数理のめがね [2]』を読み、インタビュー記事 [3] に目を通し、地震学、地球物理学の一端に触れ、地震研究所の成り立ちを知りたくなって、寺田寅彦全集の日記編 [4] を見直し、どうしても東大地震研究所 1 号館エレベータ前にあるはずの「寺田寅彦博士により起草された本所の使命」のプレート [5] を見たくくなって、とうとう根津にある地震研に散策にいった。

推し

要するに坪井忠二にハマったのである。傾倒している寺田寅彦^{なかや}、中谷宇吉郎に加えて、また「推し」が増えてしまった。(宇佐美りに倣って推しとしてみた。) 中谷が寺田の高弟であることは著書もあるからよく知られているが、中谷の2歳年下の坪井も寺田門下生である。中谷も坪井も東大物理を卒業後、中谷は理化学研究所に、坪井は地震研究所にいった。坪井自身は卒業後に理研に行く心づもりだったようであるが、「・・・寺田先生と西川先生との間でいろいろお話し合いがあったらしく、結局、ぼくは地震研究所の方へ行くことになりました。それだけのことなのです」と話している [3, 偶然のきっかけ]。その「お話し合い」は、前掲の寺田日記 [4, p.122] に、「・・・坪井君を地震研究所に世話することになる、坪井君はもとから其のつもりで長岡先生の承認も^{ママ}経ておいたのであった、西川君がその事を知らずに理研助手にほしいといふ話もあったがこれは西川君に了解を得て決定」とある(長岡とは長岡半太郎のこと)。大学や研究所への就職が現在のような公募制ではなく、指導教官の一言で決まっていた時代の話である。

地震研にいった坪井は寺田の薫陶を濃密に受けることとなる。こう述べている。「・・・先生に毎日接して、その下で勉強するのだから、研究生生活に入ったばかりの若僧が、大きい影響を受けなければ不思議なくらいである [6]」一方、寺田の坪井への学術的信頼も大きかった。例えば、寺田が書いたかつての絶版書が「地震研究所で日常居室を共にする坪井忠二君に助力を願ったところ幸いに快諾されて」息吹を吹き返し、寺田・坪井の改訂新版『地球物理学』として岩波書店から上梓された [7]。坪井は地震や地球物理の研究の道に入ったのは上述のように偶然のきっかけといている。中谷も寺田研の門を叩いたのは友人の兄の意見という天啓があったからといている [8]。歴史の縁は面白い。これらの「たまたま」がなかったら、地震学と雪氷学の泰斗はそれぞれ別の人になっていたかもしれない。

さて、寺田も中谷もエッセイの達人であったことはいまさら言うまでもない。坪井も平易な語り口でかつ研究の深いところを感銘させる言葉を紡ぐ達人という意味では二人にひけをとっていない。冒頭の新聞記事は、その好例として紹介した。こういう文章は書けそうでなかなか書けない。書けないのは自分の能力の問題であるのだが、そう滅多にお目にかかれるものでもない。昔の碩学は深みがあり味のある文章を書けるもんだ、という単純な感想でも済まされない。だから推しなのである。

はしがき

もう少しばかり好例を、と思ったのだが、挙げ出すと現時点で仕入れた沢山の新聞記事などのコレクションの陳列になりそうなので、ダイレクトに『数理のめがね』の「は

しがき」を紹介することにする(1968年11月)。短いのでまるごと載せるが、インターネットの筑摩書房製(2020)コンテンツのKindle版レビューで誰でも閲覧できるのだから問題ないであろう。

白と赤と黄の紙がある。赤い色めがねをかけてみると、白と赤の区別はなくなる。黄色の色めがねをかけてみると、白と黄の区別はつかない。

世の中の森羅万象も、それをみるめがねの色によって、さまざまな姿をあらわす。‘数理’というところちょっと大げさだが、やはりそのめがねの1つである。日常身のことをそのめがねを通して見たらどんなことになるか、そんな話を雑誌「数学セミナー」(日本評論社発行)に連載したものを集めたのが、この本である。このめがねには少し乱視も入っているようだが、これはお許しをねがおう。

後半の「微分方程式雑記帳」も同じ雑誌に連載したものである。教科書ではないから、わざとひねって書いたつもりである。だからこれにはだいたい乱視が入っている。

本書は前半後半の2部構成である。各部には12個の章が立てられていて、第1部の各章は、最後の2章を除き、順不同で独立して読んで差し支えない。実際、数学セミナー連載時の順番を大幅に変えている。第2部は番号順通り読んだ方がよいであろう。各章の特色は、章と節のタイトルに凝縮されていて、それらを見ているだけでも楽しくなってくるので、詳細な目次として以下に記載する。

第1部 数学ずいひつ

1. クジラはワシよりも大きい 海>陸>空 / $L^3/L^2 = L$ / 大きい器械と小さい器械 / 小さい団子ははやく冷える / 都市の交通 / 地震波の周期
2. 物のかぞえかた それは何重衝突か / 電気ストーブのスイッチ / テンビンの分銅 / 月給袋の中の構成 / みかんとりんご / おわりに
3. 風呂の数学 きれいな湯にするには / 風呂のわかし方 / 理想的な湯の体積
4. 勝負と確率 勝負の面白さ / 相撲の星取表 / 強すぎる大鵬と佐田の山 / 上位と下位 / 完全試合
5. 王と江藤 打率の差 / 王が江藤に追いつくには
6. ストロボとバーニア ストロボの効果 / 重力 g の測定 / ストロボの応用 / バーニア / その他

7. 平均・パーセンテージ 物価騰貴／パーセンテージ／雲量5／平均時速／地震の規模／震度ゼロ／米びつのへり方

8. 柁のパズル 柁であそぶ／ちょっと工夫して／測りとれる量／地震のはなし／3つの柁

9. 幾何学的の道具 大きな円／楕円／正弦曲線／等分／オモチャ／板の引力／球面の三角

10. 重心について 重心とは／線分の引力／同心輪の間の引力は無限大？／放物体／自由落下／振り秤／一様でない重力場／人工衛星

11. 振子十話 第1話 バネの振子／第2話 周期の短い重力振子／第3話 逆立振子／第4話 はしわたし振子／第5話 永久変位を示す振子

12. 振子十話 (つづき) 第6話 うそをつく地震計／第7話 共鳴曲線／第8話 最短振子／第9話 ころがる振子／第10話 たすきがけ振子

第2部 微分方程式雑記帳

1. 物理学と微分方程式／微分方程式を解くには／解を求めなくてもわかる性質／1つの微分方程式から他の微分方程式へ／連立微分方程式から振動の方程式が出る！

2. 2つの現象／同じような微分方程式でも意味がちがう／指数曲線と双曲線／時間とともに減る場合・ふえる場合

3. 拡散方程式／2次元の拡散方程式とラプラスの方程式

4. ラプラスの方程式からフーリエ級数／数値的な解法／うまい考え

5. ラプラスの方程式とポアソンの方程式／ポアソンの方程式から引力の法則が出る／円柱座標と球座標で考えてみる／数学と物理のきわどいふれあい

6. (節タイトルなし)

7. ただし書きなしの単振動の例／単振動になぜ三角関数がでてくるのか

8. 振子はウソをつくことがある／振子で距離がはかれる／振幅が無限大になるのには時間も無限にかかる

9. 揺られながら重力測定ができる／振子にバラダマをぶつけると／“うなり”の生じるとき、生じないとき

10. 振動と波動／絃の振動／絃の形とフーリエ級数と直交性／フーリエ分析と直交性／波形の伝播／波形の数値計算

11. フーリエ級数／最小2乗法からみたフーリエ級数／数値解法とその幾何学的意味／ふたたび最小2乗法の立場から／フーリエ級数を近似する／平均値を与えるフーリエ級数／相関係数としてのフーリエ級数

12. 絃の振動は完全なくりかえしである／長方形の膜の振動／正方形の膜と偶然縮退／円形の膜とベッセル関数

地震学・地球物理学超入門

冒頭とは別の新聞記事に、坪井忠二は、江戸っ子、巨人ファン、カーキチ、英語が堪能、ピアノもひく音楽好きとあった [9, 10]. 確かに第1部4章と5章は野球の話である. 1965年の巨人・王貞治と中日・江藤慎一選手の打率争いは、きっと熾烈なものだったのだろう. 江藤慎一のウィキペディアには、その激しさが書かれている. 5章に書かれている打率計算の話は、冷静な筆致ながらも、「私の理論 (!!) では・・・独創性 (!!!) がある」というように著者のテンションが上がっている. 音楽絡みでいうと、第2部12章は楽音の数理の話である. 「絃はヴァイオリン、セロなどになって楽音を出す、膜をはった太鼓は、楽音を出さないで、打楽器という仲間に入れてしまうわけは、ここにある」という締め言葉にある「わけ」を波動方程式から導く鮮やかさは目から鱗である.

本書はいわば数理工エッセイであるから、著者の趣味がにじむのは当然であるが、著者の専門分野「地震学、地球物理学」への誘い方も自然で巧みでもある. 第1部2, 3, 5章以外の各章、第2部4, 5, 6, 8, 9章の各章において、最後の方は地震や重力の話に繋がっている. 第2部は、振動を表す2階の常微分方程式と熱方程式、波動方程式、ラプラス方程式、ポテンシャル、フーリエ解析について、数学の標準的な教科書ではあまりみない地震や重力の例と考え方を引き合いに出しつつさまざまな計算手法を展開している. こういったことから本書に「地震学・地球物理学超入門」といった副題をつけたい. が、蛇に足を描き加えるようなものであろう.

考え方や見方も著者ならではのアイディアに満ちている. 例えば、第2部7章の単振動になぜ三角関数がでてくるのかの天下りのでない説明ははじめての視点であったし、9章の二つの非斉次形の線形微分方程式の差をとって斉次形にすることに、二つの振り子を用いて非斉次項を消去することを対応させて、潜水艦の中で重力を測った史実の語りは圧巻だった. 微分方程式を解けることと、使えることの大きな違いを見せつけられた.

連載データから本書をみる

本書は、岩波書店から1968年に刊行されたものを、ちくま学芸文庫から2020年に再刊行したものである. 現代的な文庫用にレイアウトは変更されているが、内容は岩波版刊行当時のままである. 岩波版は書き下ろしではなく、「はしがき」にもあったように数学セミナー(日本評論社)の連載記事をまとめたものである. 第1部「数学ずいひつ」の全12章の各章は、数学セミナー1965年5月から1966年4月までの同タイトルの12回連載

の各回に対応している。途中、連載第7回(1965年11月)と第8回(1965年12月)の間に、臨時増刊(1965年11月)「数学の世界」において『田中館先生の歌』を執筆している[11]。その記事は本書には掲載されていない。寺田寅彦の師の一人であった田中館愛橋^{たなかだてあいきつ}への思い入れが伝わってくる短いエッセイである。

上述したように、第1部の章立ての順は連載順ではない。下表のように大幅に変更されている。書籍化するにあたり、数学セミナーの数学好きな読者以外の一般読者も想定して、また第2部の微分方程式へのつながりも意識した順序に入れ替えたのだろう。

本書の章	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
連載の回	5	11	12	2	9	10	1	3	4	6	7	8

第2部「微分方程式雑記帳」も数学セミナーの連載記事である。上記12回の連載終了の後、1966年5月は一呼吸おいて飛ばして、1966年6月から1967年5月までの12回の連載を、今度は連載順に第2部として掲載している。12回の各節のタイトルはなく、1から12までの通し番号である。連載当時もタイトルは無く、ローマ数字のIからXIIまでの番号が振ってあった。

おわりに

本書には印象的な坪井フレーズが各章にちりばめられている。知っておくべき教訓も沢山あるし、著者と一緒の気持ちになって微笑んでしまう章もある。いろいろと探し当たった坪井忠二先生のお写真は穏やかな笑顔のものばかり。その笑顔でどうだ面白いだろう？ と頭に聞こえた章もあった。坪井フレーズを一つ紹介して終わりとしたい。

みんな遊びだといってもいいし、みんなまじめだといってもいい。どちらにしる面白いことにはかわりはない。

一度、お話したかった。

(了)

参考文献

[1] 坪井忠二、「所によって異なる物の重さ：重力と地震との関係①」, 科学, 『朝日新聞』, 東京版, 朝刊(1940.10.23), p.5. (漢字・仮名遣いを現代表記に改め, 送り仮名の加除を施した: 為→ため, 或る→ある, 向ふ→向かう, 若し→もし, 時→とき, 許り→ばかり, 筈→はず, 就いて→ついて. 最後の「違う」は縮刷版の印字が滲んだ「■ふ」の解釈. タイトル「異なる」の送り仮名は検索の便宜のため原文のママ.)

[2] 坪井忠二, 『続・数理のめがね』, 日本評論社, 1976.

- [3] 木原武一 (編), 坪井忠二 (著), 「地震学の歩みとともに」, 『講義のあとで 1』, 丸善株式会社, 2009, pp.133-149.
- [4] 寺田寅彦, 『寺田寅彦全集』, 第 22 卷, 日記五 (大正 12 年~昭和 10 年), 岩波書店, 1998.
- [5] 東京大学地震研究所ホームページ
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>
HOME> 広報アウトリーチ室 > 地球トリビア > 地震研究所のあゆみ > 本所永遠の使命
- [6] 坪井忠二, 「雑学の醸成: 寺田寅彦氏の影響」, わが道, 地震学 2, 『朝日新聞』, 東京版, 夕刊 (1969.5.20), p.7.
- [7] 寺田寅彦, 坪井忠二, 「地球物理学」, 『寺田寅彦全集』, 第 14 卷, 科学雑纂一, II, 岩波書店, 1998.
- [8] 中谷宇吉郎, 「寺田先生の追憶: 大学卒業前後の思い出」, 『中谷宇吉郎随筆集』, 岩波書店, 1988.
- [9] 記事, 「語学教育刷新会議の専務理事に内定した坪井忠二」, 人, 『朝日新聞』, 東京版, 朝刊 (1968.3.1), p.5.
- [10] 記事, 「地震予知計画生みの親 坪井忠二氏が死去」; 友田好文・東大海洋研究所教授の話, 「穏やかで, 博学で」, 『朝日新聞』, 東京版, 朝刊 (1982.11.20), p.23.
- [11] 坪井忠二, 「田中館先生の歌」, ずいひつ, 『数学セミナー臨時増刊』 (1965.11), p.26.
- [12] C.Tsuboi, The Most Suitable Formula for the Japanese Gravity Values, *Bulletin of the Earthquake Research Institute, Tokyo Imperial University*, 11 (1933) 632-638.

付録 0.7 グラム重くなる理由

地上における重力は引力と地球の自転のために起こる遠心力を合わせたものである。力は質量と加速度の積であり、特に重力により生じる加速度は重力加速度と呼ばれる。その値を 9.8m/s^2 と覚えている方も多いとおもう。ところがこの値は定数ではない。場所によって変化する。重力は引力と遠心力の合力なのだから、緯度が上がれば遠心力が小さくなって重力加速度も小さくなる。例えば、北極で体重 60 キログラムでも赤道上では約 0.5% 軽くなって、体重は 59.7 キログラムになる。だから、体重を少しでも軽くしたかったら赤道にいけばよい。

著者は日本の各所 122 箇所の重力の実測値から、重力加速度の「日本の重力に最もよく適合する式」を次のように定めた [12].

$$\gamma(\varphi) = 9.77981(1 + 0.005562 \sin^2 \varphi) \text{ m/s}^2$$

ここで、 φ は地球を回転楕円体としたときの緯度。この式はそれまでに知られていたヘルメルト (Helmert) の式 (1901) を日本に特化した式に修正したものといえる。これより、日本の近傍で質量分布の様子が他所とは違うことが示された。

さて、この式を使って冒頭の 0.7 グラムの違いを示そう。緯度の表 [12, Table I] において、東京の緯度を $\varphi_T = 35^\circ 43'$ 、札幌の緯度を $\varphi_S = 43^\circ 5'$ としている。これより、

$$\frac{\gamma(\varphi_S) - \gamma(\varphi_T)}{\gamma(\varphi_T)} = 0.07\%$$

を得る。すなわち、同じものでも、東京で測るより札幌で測った方が 0.07% 重くなることがわかる。したがって、東京で 1 キログラムの石は、札幌では 0.7 グラムばかり重くなる。