

数学・物理通信

14 卷 6 号 2024 年 10 月

- 武藤 徹先生追悼記念号 -

編集 新関章三・世戸憲治・矢野 忠

2024 年 10 月 9 日

目次 (Contents)

1. 心柱モデル (3)		
	世戸憲治	3
2. いま文章を書いて生きているのは武藤先生のおかげ		
	近藤康太郎	10
3. 武藤 徹先生のこと		
	小方 厚	13
4. 武藤徹先生との交流		
	矢野 忠	15
5. 武藤徹先生の著作リスト		
	矢野 忠	20
6. 論文の訂正と撤回		
	秋葉敏男	25
7. 編集後記		
	矢野 忠	26

1. Model of Central Pillar (3)	Kenji SETO	3
2. Thanks to Mr. Muto, I become now a journalist	Kohtaro KONDO	10
3. Memory of Mr. Muto	Atsushi OGATA	13
4. Contact with Mr. Tohru MUTO	Tadashi YANO	15
5. List of Books by Mr. Tohru MUTO	Tadashi YANO	20
6. Errata and Withdrawal of Paper	Toshio AKIBA	25
7. Editorial Comments	Tadashi YANO	26

心柱モデル (3)

世戸 憲治 *

Model of Central Pillar (3)

Kenji SETO*

1 はじめに

前回の「心柱モデル (2)」(『数学・物理通信』14 巻 5 号) では、五重塔に組み込まれている《心柱》を理解するための原理的なモデルを設定し、力学的に解析することで、その効果を確認してきた。そこで設定したモデルは、3 本の棒と 2 個の錘、それに 2 本のばねを組み合わせたもので、これは心柱が塔本体を振子のように吊り下げる形をモデル化したものである。そこでは地震が起きたときに、地震によって励起される 2 つの固有振動のうち、塔本体の振動数が高い方の振動が起こらないようにするための条件を求めることに成功した。

もう一つ、心柱として有名なものに東京スカイツリーに組み込まれたものがあるが、これは五重塔に使われている心柱とは原理的に異なるもので、この心柱は逆さ振り子のようなもので、塔本体とこの心柱の相互作用で地震時の振動を和らげるように作られている。今回は、この東京スカイツリーに使われている心柱をモデル化して解析してみる。

2 モデルの設定とその力学的解析

2.1 方程式の導入

図 1 に示すよう最初に、1 本の棒を地面に対し垂直に立つように埋め込み、この地上に出ている部分の長さを ℓ_0 とする。つぎにこの棒の先に長さ ℓ_1 の棒を自由に回転できるように取り付け、この先には質量 m_1 の錘を付ける。さらに、この錘と地面に立てた棒 ℓ_0 の根元とを、ばね S_1 で接続する。ただし、このばね S_1 の自然長は $\ell_0 + \ell_1$ よりも大きく、この錘 m_1 を上向きに押し付けるものとする。ここまでは前回のモデルと同じである。

前回は、この錘 m_1 の先に長さ ℓ_2 の棒を取り付け、その先にばね S_2 を付けていたが、今回は、この棒 ℓ_2 とばね S_2 の取り付け位置を入れ替えることにする。すなわち、この錘 m_1 にばね S_2 を付け、その先に質量 m_2 の錘、その先に長さ ℓ_2 の棒を付け、この棒の他端は地

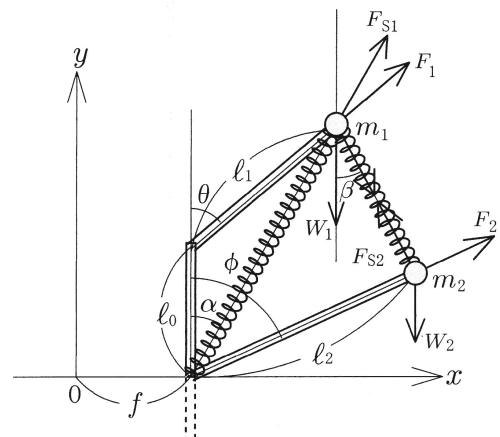


図 1 今回、考慮した心柱モデル

* 北海学園大学名誉教授

面に挿しこんだ棒 ℓ_0 の根元に自由に回転できるように取り付けることにする．ただし、このときのばね S_2 の自然長は $\ell_0 + \ell_1 - \ell_2$ よりも小さく、錘 m_1 を下方向、錘 m_2 を上方向に引く力を与えるものとする．

前回のモデルとここでのモデルとの大きな違いは、前回の五重塔のときは、棒 ℓ_0, ℓ_1 、錘 m_1 、ばね S_1 が心柱で、それに振子として吊り下げられる棒 ℓ_2 、錘 m_2 、ばね S_2 が塔本体に相当する．それに対し、今回のスカイツリーの場合は、棒 ℓ_0, ℓ_1 、錘 m_1 、ばね S_1 が塔本体になり、棒 ℓ_2 、錘 m_2 、ばね S_2 が逆立ち振り子の形で心柱に相当することに注意されたい．

ここでは水平右方向に x 軸、鉛直上方向に y 軸をとり、錘 m_1, m_2 の座標を、それぞれ、 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ とする．いま、時刻 t に棒 ℓ_1 が右方向に傾いた角度を θ 、棒 ℓ_2 が同じく右方向に傾いた角度を ϕ とすると、

$$x_1 = f(t) + \ell_1 \sin \theta, \quad y_1 = \ell_0 + \ell_1 \cos \theta, \quad x_2 = f(t) + \ell_2 \sin \phi, \quad y_2 = \ell_2 \cos \phi \quad (2.1)$$

と表われる．ここに、 $f(t)$ は、時刻 t に、地震によって地面全体が右方向に動いた距離である．

以下、運動方程式を立てるにあたり、棒 ℓ_1, ℓ_2 が錘 m_1, m_2 に与える力を、それぞれ、 F_1, F_2 とし、ばね S_1 が錘 m_1 に与える力を F_{S1} 、ばね S_2 が錘 m_1, m_2 に与える力を F_{S2} とする．さらに、これら力 F_{S1}, F_{S2} が作用する角度を決めておく必要があるので、ここでは、ばね S_1, S_2 が鉛直線となす角度を、それぞれ、 α, β とする．

以上の準備のもとで、錘 m_1, m_2 の運動方程式を立てると、

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= F_1 \sin \theta + F_{S1} \sin \alpha + F_{S2} \sin \beta, & m_1 \ddot{y}_1 &= F_1 \cos \theta + F_{S1} \cos \alpha - F_{S2} \cos \beta - W_1, \\ m_2 \ddot{x}_2 &= F_2 \sin \phi - F_{S2} \sin \beta, & m_2 \ddot{y}_2 &= F_2 \cos \phi + F_{S2} \cos \beta - W_2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

と与えられる．ここに、 W_1, W_2 は、それぞれ、錘 m_1, m_2 に作用する重力で、重力加速度を g として、 $W_1 = m_1 g, W_2 = m_2 g$ である．この4本の式に (2.1) 式の x_1, y_1, x_2, y_2 を代入すると、2変数 θ, ϕ の式が4本できるので、さらに2個の未知変数 F_1, F_2 を消去し、残る2本の微分方程式を解いて θ, ϕ を時間の関数として求めることになる．しかし、このようなことをしても、三角関数の sine, cosine が複雑に入り込むので、解析的に取り扱うことはほとんど不可能と考えられる．

以下では、これら2つの振動系ともに、微小振動を仮定して、 θ, ϕ ともに線形近似を用いることにし、

$$\sin \theta \cong \theta, \quad \cos \theta \cong 1, \quad \sin \phi \cong \phi, \quad \cos \phi \cong 1 \quad (2.3)$$

と置くことにする．これら θ, ϕ を微小量と仮定すると、これらから従属的に決まる α, β も同じく線形近似を用いることにする．この近似で、(2.1) 式は、

$$x_1 = f(t) + \ell_1 \theta, \quad y_1 = \ell_0 + \ell_1, \quad x_2 = f(t) + \ell_2 \phi, \quad y_2 = \ell_2 \quad (2.4)$$

となり、これを運動方程式 (2.2) に代入すると、

$$\begin{aligned} m_1 [\ddot{f} + \ell_1 \ddot{\theta}] &= F_1 \theta + F_{S1} \alpha + F_{S2} \beta, & 0 &= F_1 + F_{S1} - F_{S2} - W_1, \\ m_2 [\ddot{f} + \ell_2 \ddot{\phi}] &= F_2 \phi - F_{S2} \beta, & 0 &= F_2 + F_{S2} - W_2 \end{aligned} \quad (2.5)$$

となる．ここで、 $0 =$ で始まる2本の式から、未知数 F_1, F_2 を求め、残る2本の式に代入すると、

$$\begin{aligned} m_1 [\ddot{f} + \ell_1 \ddot{\theta}] &= [W_1 + F_{S2} - F_{S1}] \theta + F_{S1} \alpha + F_{S2} \beta, \\ m_2 [\ddot{f} + \ell_2 \ddot{\phi}] &= [W_2 - F_{S2}] \phi - F_{S2} \beta \end{aligned} \quad (2.6)$$

となる。つぎに、 α, β を θ, ϕ で表わすために、棒 ℓ_0, ℓ_1 とばね S_1 からなる三角形、および、ばね S_1, S_2 と棒 ℓ_2 からなる三角形のそれぞれに、三角関数の正弦定理を適用すると、

$$\frac{\sin \alpha}{\ell_1} = \frac{\sin \theta}{S_1}, \quad \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\ell_2} = \frac{\sin(\phi - \alpha)}{S_2} \quad (2.7)$$

となる。ここに、数式中の S_1, S_2 は、それぞれ、ばね S_1, S_2 の装着時の長さを表わすものとする。これらの式に、先に設定した $\theta, \phi, \alpha, \beta$ が微小角であるという条件を課すと、

$$\frac{\alpha}{\ell_1} = \frac{\theta}{\ell_0 + \ell_1}, \quad \frac{\alpha + \beta}{\ell_2} = \frac{\phi - \alpha}{\ell_0 + \ell_1 - \ell_2}, \quad S_1 = \ell_0 + \ell_1, \quad S_2 = \ell_0 + \ell_1 - \ell_2 \quad (2.8)$$

となるので、これから α, β は、

$$\alpha = \lambda_0 \theta, \quad \beta = -\lambda_1 \theta + \lambda_2 \phi \quad \lambda_0 = \frac{\ell_1}{\ell_0 + \ell_1}, \quad \lambda_1 = \frac{\ell_1}{\ell_0 + \ell_1 - \ell_2}, \quad \lambda_2 = \frac{\ell_2}{\ell_0 + \ell_1 - \ell_2} \quad (2.9)$$

と求められる。ただしここで、無次元数 $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$ を後の 3 式で定義する。ここで求めた α, β を (2.6) 式に代入し、整理すると、

$$\begin{aligned} m_1 [\ddot{f} + \ell_1 \ddot{\theta}] &= [W_1 - (1 - \lambda_0)F_{S1} + (1 - \lambda_1)F_{S2}] \theta + \lambda_2 F_{S2} \phi, \\ m_2 [\ddot{f} + \ell_2 \ddot{\phi}] &= [W_2 - (1 + \lambda_2)F_{S2}] \phi + \lambda_1 F_{S2} \theta \end{aligned} \quad (2.10)$$

と、 θ, ϕ に関する連立微分方程式が得られる。以下では、この方程式をさらに解きやすくするための設定をしておく。その一つは、地震振動を表わす $f(t)$ であるが、実際の地震では種々の振動数が混じったものであるが、ここでは一つの理解しやすいモデルを作ることが目的なので、単一の角振動数 ω_e を持つ振動

$$f(t) = f_0 \sin(\omega_e t) \quad (2.11)$$

と仮定しておく。二つ目は、この方程式を行列形式に書き直すことである。その前に、つぎの定数の置き換え

$$\begin{aligned} \omega_1^2 &= \frac{1}{m_1 \ell_1} [(1 - \lambda_0)F_{S1} - (1 - \lambda_1)F_{S2} - W_1], & \tau_1^2 &= \frac{\lambda_2}{m_1 \ell_1} F_{S2} \\ \omega_2^2 &= \frac{1}{m_2 \ell_2} [(1 + \lambda_2)F_{S2} - W_2], & \tau_2^2 &= \frac{\lambda_1}{m_2 \ell_2} F_{S2} \end{aligned} \quad (2.12)$$

をしておく。ただし、この振動系を設計する段階では、ここで定義した時間の逆二乗の次元を持つ 4 個の定数 $\omega_1^2, \tau_1^2, \omega_2^2, \tau_2^2$ は、すべて正の値になるようにしておくものとする。以上の準備のもとに (2.10) 式を行列形式に書き直すと、

$$\begin{pmatrix} d^2/dt^2 + \omega_1^2 & -\tau_1^2 \\ -\tau_2^2 & d^2/dt^2 + \omega_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta \\ \phi \end{pmatrix} = f_0 \omega_e^2 \sin(\omega_e t) \begin{pmatrix} 1/\ell_1 \\ 1/\ell_2 \end{pmatrix} \quad (2.13)$$

と簡単な形になる。

2.2 方程式の解法

非斉次方程式 (2.13) の一般解は、斉次部分の一般解と非斉次部分の特解との和となる。ここでは、始めに、斉次部分

$$\begin{pmatrix} d^2/dt^2 + \omega_1^2 & -\tau_1^2 \\ -\tau_2^2 & d^2/dt^2 + \omega_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta \\ \phi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.14)$$

の一般解を求めておこう。この式で、

$$\theta = A_1 \sin(\omega t), \quad \phi = A_2 \sin(\omega t) \quad (2.15)$$

と置くと、

$$\begin{pmatrix} -\omega^2 + \omega_1^2 & -\tau_1^2 \\ -\tau_2^2 & -\omega^2 + \omega_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.16)$$

となるが、この式で、定数 A_1, A_2 が両方ともゼロにならないためには、係数行列式の値がゼロでなければならない。すなわち、

$$\begin{aligned} D(\omega^2) &= \begin{vmatrix} -\omega^2 + \omega_1^2 & -\tau_1^2 \\ -\tau_2^2 & -\omega^2 + \omega_2^2 \end{vmatrix} = (\omega^2 - \omega_1^2)(\omega^2 - \omega_2^2) - \tau_1^2 \tau_2^2 \\ &= \omega^4 - (\omega_1^2 + \omega_2^2)\omega^2 + \omega_1^2 \omega_2^2 - \tau_1^2 \tau_2^2 \end{aligned} \quad (2.17)$$

と定義したとき、

$$D(\omega^2) = 0 \quad (2.18)$$

でなければならない。これは ω^2 に関する 2 次方程式なので簡単に解け、

$$\begin{aligned} \omega_{(\pm)}^2 &= \frac{1}{2} \left[\omega_1^2 + \omega_2^2 \pm \sqrt{(\omega_1^2 + \omega_2^2)^2 - 4(\omega_1^2 \omega_2^2 - \tau_1^2 \tau_2^2)} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\omega_1^2 + \omega_2^2 \pm \sqrt{(\omega_1^2 - \omega_2^2)^2 + 4\tau_1^2 \tau_2^2} \right] \end{aligned} \quad (2.19)$$

と求まる。このとき、この最後の式から平方根の中身が正になることが分かるので、この解は実根になる。また、 $\omega_{(-)}^2$ が正であるためには、

$$\omega_1^2 \omega_2^2 - \tau_1^2 \tau_2^2 > 0 \quad (2.20)$$

でなければならないことが、この 1 行目の式から分かる。ここで求めた 2 個の $\omega_{(+)}, \omega_{(-)}$ がこの振動系の固有角振動数となる。

これまで ω_1^2, ω_2^2 の大小関係については述べてこなかったが、ここでは ω_1^2 の方が ω_2^2 よりも大きいものと仮定する。その理由は (2.12) の定義式から、ばね S_1 の力 F_{S1} を大きくすれば、 ω_1^2 の値はいくらでも大きくできるからである。以上をまとめると、これら定数の大小関係は

$$\omega_{(-)}^2 < \omega_2^2 < \omega_1^2 < \omega_{(+)}^2 \quad (2.21)$$

となる。これで、(2.15) 式で設定した ω が求まったが係数の A_1, A_2 はどうなるであろうか。実はこの 2 つの係数は独立ではなく、(2.16) 式の 1 行目、2 行目から、

$$A_2 = -\frac{\omega^2 - \omega_1^2}{\tau_1^2} A_1, \quad \text{かつ} \quad A_2 = -\frac{\tau_2^2}{\omega^2 - \omega_2^2} A_1 \quad (2.22)$$

の関係にある。この 2 本の式の係数が等しいことは、 ω^2 が満たす (2.17), (2.18) 式から理解される。ただし、ここでは、 ω^2 の値が $\omega_{(\pm)}^2$ の 2 個の値があるので、これを区別するために、 A_1 を $A_{(\pm)}$ と書き、 A_2 の方を

$$A_2 = S_{(\pm)} A_{(\pm)}, \quad S_{(\pm)} = -\frac{\omega_{(\pm)}^2 - \omega_1^2}{\tau_1^2} = -\frac{\tau_2^2}{\omega_{(\pm)}^2 - \omega_2^2} \quad (2.23)$$

と書くことにする．この式と (2.21) 式から， $S_{(+)}$ は負， $S_{(-)}$ は正になることが分かる．

斉次部分の一般解を求めるのに (2.15) 式では三角関数の sine で設定したが，これを cosine に置き換えてもまったく同じことができる．以下では，この cosine を用いたときの係数を $A_{(\pm)}$ の代わりに $B_{(\pm)}$ と書くことにして，斉次方程式 (2.14) の一般解は，

$$\begin{aligned}\theta &= A_{(+)} \sin(\omega_{(+)}t) + A_{(-)} \sin(\omega_{(-)}t) + B_{(+)} \cos(\omega_{(+)}t) + B_{(-)} \cos(\omega_{(-)}t) \\ \phi &= S_{(+)}A_{(+)} \sin(\omega_{(+)}t) + S_{(-)}A_{(-)} \sin(\omega_{(-)}t) + S_{(+)}B_{(+)} \cos(\omega_{(+)}t) + S_{(-)}B_{(-)} \cos(\omega_{(-)}t)\end{aligned}\quad (2.24)$$

と解けたことになる．

つぎに，非斉次方程式 (2.13) の特解を求めてみる．ここでは

$$\theta = \frac{f_0}{\ell_1} E_1 \sin(\omega_e t), \quad \phi = \frac{f_0}{\ell_2} E_2 \sin(\omega_e t) \quad (2.25)$$

と置いて，代入すると，無次元数 E_1 , E_2 を求めるための方程式

$$\begin{pmatrix} -\omega_e^2 + \omega_1^2 & -(\ell_1/\ell_2)\tau_1^2 \\ -(\ell_2/\ell_1)\tau_2^2 & -\omega_e^2 + \omega_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \end{pmatrix} = \omega_e^2 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2.26)$$

が得られるので，これを解いて，

$$E_1 = \frac{\omega_e^2}{D(\omega_e^2)} \left[-\omega_e^2 + \omega_2^2 + \frac{\ell_1}{\ell_2} \tau_1^2 \right], \quad E_2 = \frac{\omega_e^2}{D(\omega_e^2)} \left[-\omega_e^2 + \omega_1^2 + \frac{\ell_2}{\ell_1} \tau_2^2 \right] \quad (2.27)$$

と求められる．ここに，分母の関数 $D(\omega_e^2)$ は (2.17) 式で定義した関数 $D(\omega^2)$ において ω^2 を ω_e^2 に代えたものである．この関数 $D(\omega^2)$ は

$$D(\omega^2) = (\omega^2 - \omega_{(+)}^2)(\omega^2 - \omega_{(-)}^2) \quad (2.28)$$

と因数分解されるので，(2.27) 式の分母に含まれる $D(\omega_e^2)$ は，もし， $\omega_e = \omega_{(+)}$ あるいは $\omega_e = \omega_{(-)}$ のとき，すなわち，地震の振動数と固有振動数が一致するとき，分母がゼロになるので， E_1 , E_2 は発散してしまう．これは共振現象である．このようなことは，もちろん避けなければならない．そのためには，(2.12) 式で定義する ω_1^2 はできるだけ大きく， ω_2^2 は小さくなるように設定しなければならない．このとき，不等式 (2.21) は

$$\omega_{(-)}^2 < \omega_2^2 < \omega_e^2 < \omega_1^2 < \omega_{(+)}^2 \quad (2.29)$$

となる．

以上で，非斉次方程式 (2.13) の一般解は，斉次部分の一般解 (2.24) と非斉次部分の特解 (2.25) との和

$$\begin{aligned}\theta(t) &= A_{(+)} \sin(\omega_{(+)}t) + A_{(-)} \sin(\omega_{(-)}t) + B_{(+)} \cos(\omega_{(+)}t) + B_{(-)} \cos(\omega_{(-)}t) + \frac{f_0}{\ell_1} E_1 \sin(\omega_e t) \\ \phi(t) &= S_{(+)}A_{(+)} \sin(\omega_{(+)}t) + S_{(-)}A_{(-)} \sin(\omega_{(-)}t) + S_{(+)}B_{(+)} \cos(\omega_{(+)}t) + S_{(-)}B_{(-)} \cos(\omega_{(-)}t) \\ &\quad + \frac{f_0}{\ell_2} E_2 \sin(\omega_e t)\end{aligned}\quad (2.30)$$

と求められたことになる．

2.3 初期条件の設定

これまで残されていた 4 個の未定係数 $A_{(\pm)}$, $B_{(\pm)}$ は初期条件によって決定される．ここでは，地震が始まる前は 2 個の錘 m_1 , m_2 は両方とも完全に静止していたものとして，

$$x_1(0) = 0, \quad x_2(0) = 0, \quad \dot{x}_1(0) = 0, \quad \dot{x}_2(0) = 0 \quad (2.31)$$

と仮定する．この条件を x_1 , x_2 に適用するには，2.2 節で得た θ , ϕ の一般解 (2.30) 式を， $f(t) = f_0 \sin(\omega_e t)$ とした (2.4) 式の x_1 , x_2 に代入して，

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \ell_1 \left[A_{(+)} \sin(\omega_{(+)} t) + A_{(-)} \sin(\omega_{(-)} t) + B_{(+)} \cos(\omega_{(+)} t) + B_{(-)} \cos(\omega_{(-)} t) \right] + f_0 (1 + E_1) \sin(\omega_e t) \\ x_2(t) &= \ell_2 \left[S_{(+)} A_{(+)} \sin(\omega_{(+)} t) + S_{(-)} A_{(-)} \sin(\omega_{(-)} t) + S_{(+)} B_{(+)} \cos(\omega_{(+)} t) + S_{(-)} B_{(-)} \cos(\omega_{(-)} t) \right] \\ &\quad + f_0 (1 + E_2) \sin(\omega_e t) \end{aligned} \quad (2.32)$$

となる．この式に，(2.31) の最初の 2 式を適用すると

$$B_{(+)} + B_{(-)} = 0, \quad S_{(+)} B_{(+)} + S_{(-)} B_{(-)} = 0 \quad (2.33)$$

となるが， $S_{(+)}$ と $S_{(-)}$ は一般に異なる値をとるので，

$$B_{(+)} = 0, \quad B_{(-)} = 0 \quad (2.34)$$

でなければならない．これで (2.32) 式は少し簡単化され

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \ell_1 \left[A_{(+)} \sin(\omega_{(+)} t) + A_{(-)} \sin(\omega_{(-)} t) \right] + f_0 (1 + E_1) \sin(\omega_e t) \\ x_2(t) &= \ell_2 \left[S_{(+)} A_{(+)} \sin(\omega_{(+)} t) + S_{(-)} A_{(-)} \sin(\omega_{(-)} t) \right] + f_0 (1 + E_2) \sin(\omega_e t) \end{aligned} \quad (2.35)$$

となる．この式に (2.31) の残りの 2 条件を適用すると， $A_{(+)}$, $A_{(-)}$ を求めるための方程式

$$\begin{pmatrix} \omega_{(+)} & \omega_{(-)} \\ \omega_{(+)} S_{(+)} & \omega_{(-)} S_{(-)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_{(+)} \\ A_{(-)} \end{pmatrix} = -f_0 \omega_e \begin{pmatrix} (1 + E_1)/\ell_1 \\ (1 + E_2)/\ell_2 \end{pmatrix} \quad (2.36)$$

が得られる．これを解いて， $A_{(+)}$, $A_{(-)}$ をまとめて書くと，

$$A_{(\pm)} = \pm \frac{f_0 \omega_e}{\omega_{(\pm)} (S_{(+)} - S_{(-)})} \left[\frac{1 + E_1}{\ell_1} S_{(\mp)} - \frac{1 + E_2}{\ell_2} \right] \quad (2.37)$$

と求められる．これを，(2.35) に代入したものが最終解であるが，あまりに長い式になるので省略する．

2.4 心柱効果

これで一応の結果はでたが，ここで，前回の「心柱モデル (2)」の (2.34) 式

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \ell_1 \left[A_{(+)} \sin(\omega_{(+)} t) + A_{(-)} \sin(\omega_{(-)} t) \right] + f_0 (1 + E_1) \sin(\omega_e t), \\ x_2(t) &= \ell_2 \left[(\nu + S_{(+)}) A_{(+)} \sin(\omega_{(+)} t) + (\nu + S_{(-)}) A_{(-)} \sin(\omega_{(-)} t) \right] + f_0 (1 + E_1 + E_2/\nu) \sin(\omega_e t) \end{aligned} \quad (\text{前回の 2.34})$$

と、今回の (2.35) とを比べてみると、 $A_{(\pm)}$, E_1 , E_2 の定義自体は異なるが、 $x_1(t)$ については、まったく同じ形をしている。一方、 $x_2(t)$ について見ると、固有振動の $\sin(\omega_{(+)}t)$, $\sin(\omega_{(-)}t)$ に付く係数が、今回は、それぞれ、 $S_{(+)}$, $S_{(-)}$ が付くのに対し、前回のものは、それぞれ、 $\nu + S_{(+)}$, $\nu + S_{(-)}$ となっている。ここで、 ν は $\nu = \ell_1/\ell_2$ である。(2.23) 式のところで説明したように、 $S_{(+)}$ は負、 $S_{(-)}$ は正となるので、前回の例では、固有振動数が高い方に付く、 $\nu + S_{(+)}$ をゼロにすることができた。つまり前回は、五重塔の塔自体の固有振動数が高い方の振動を止めることができた。それに対し、今回の東京スカイツリーのモデルでは、塔自体の振動を示す x_1 と、心柱の振動を表わす x_2 とでは、固有振動数が大きい方の振動が、逆位相で振動することは理解されるが、どちらの振動もゼロはおろか、小さくすることもできない。ではどうするかが問題である。

じつは、東京スカイツリーには、塔自体と心柱との間に、いくつかのダンパー (damper, 減衰器) が水平方向に取り付けられていて、これが振動を弱める役割を担っている。ここで言うダンパーとは、シリンダーとその中を動くピストンからできていて、このピストンには小さな穴が開いていて、ピストンあるいはシリンダー自体が動くと、中に詰めてある油がピストンに開けた穴を通して左右に動くようにできている。そのため、シリンダー、あるいは、ピストンが動くと、その速度差に比例した抵抗力が発生するようにできている。よく知られた例では、車の車体とタイヤの間に、ばねといっしょに、このダンパーが付いている。ここでの例で言うと、塔自体と心柱、つまり、 x_1 と x_2 が逆位相で振動するためにダンパーの効果がでるわけで、同位相で振動するものにダンパーを付けても意味がない。図 1 では、図の書きやすさから、 θ , ϕ を同じ方向に描いてしまったが、固有振動のうち振動数の大きい方は、逆方向に動いている。

3 おわりに

このあと、ここで取り上げたダンパー付きのモデルを解析しようとして、 θ , ϕ の運動を表わす方程式 (2.13) において、 θ 方向の運動に対し、減衰力 $k_1 d/dt(\theta - \phi)$ が作用し、逆に、 ϕ 方向の運動には減衰力 $k_2 d/dt(\phi - \theta)$ が作用するものとして、この (2.13) 式を

$$\begin{pmatrix} d^2/dt^2 + \omega_1^2 + k_1 d/dt & -\tau_1^2 - k_1 d/dt \\ -\tau_2^2 - k_2 d/dt & d^2/dt^2 + \omega_2^2 + k_2 d/dt \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta \\ \phi \end{pmatrix} = f_0 \omega_e^2 \sin(\omega_e t) \begin{pmatrix} 1/\ell_1 \\ 1/\ell_2 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

と書き換えてみた。これを基にして、解こうと試みたが、この方程式には二つの問題があることが分かった。その一つは、時間の 1 階微分が入るだけで、これほど難しくなるとは考えてもいなかった。その理由は sine 関数は 2 階微分すると元の sine に戻ってくれるが、1 階微分では cosine になってしまうので、煩雑極まりないものになってしまい、解析的に解くことの限界を感じてしまった。二つ目は、どのような力学系にすると、この (3.1) 式が導けるか、ということである。今回のモデルで、錘 m_1 と m_2 の間にダンパーを付けてもこれら 2 個の錘間の距離、すなわち、ばね S2 の長さは振動中もほぼ一定なので、そのままダンパーを付けても意味がない。ということで、まったく別のモデルにしなければならず、この続きは次回以降に再度、挑戦することにしよう。

いま文章を書いて生きているのは武藤先生のおかげ - アロハ記者の愛惜 -

近藤康太郎 2024 年 8 月 31 日 9 時 00 分

Thanks to Mr. Muto, I become now a journalist

Kohtaro Kondo

まえおき

都内ならどこへでも自転車で移動し、衣服や靴にははまるで無頓着。数学以外にも古代史など独自の研究を進めていた^{*1}。

1 高校数学でケプラーの法則

武藤徹さんは、高校数学の名物教師で、著作が 40 冊以上ある数学思想家でもあった。小学生、一般向けから大学数学の教科書まで。大東文化大元講師の三浦基弘さん（81）は、後期のほとんどの著作で編集者として伴走した。「武藤先生は相手の存在を認め、決して偉ぶらない。会った人のほとんどがファンになってしまう」

一貫して勤めた都立戸山高校では、男女とも生徒には「さん」付け。敬語で話した。教科書は使わない。すべて手書きのガリ版刷り。最初の授業が「 $A=B$ ならば $B=A$ 」で始まる。進学校の高校 1 年数学で、生徒は驚き、受験を不安に思う者もいた。だが、ラジカル（根源的）な授業は、高 3 最後にケプラーの法則を高校数学だけで証明してしまう、高度な学問体系だった。



図 1 武藤徹先生

神戸市出身。1944 年に東京帝国大学理学部数学科に入学し、矢野健太郎さんのゼミに入る。しかし、ゼミでは

^{*1} この武藤徹先生の追悼記事は朝日新聞デジタル記事を筆者の近藤康太郎（朝日新聞編集委員）さんの許可を得てここに転載するものです。無理なご許可をいただいた近藤さんに深く感謝します。和文のタイトルは元のままで、英文のタイトルは編者がかなり勝手に英訳しています。アロハ記者というのは近藤さんの朝日新聞の好評な連載記事が「アロハで百姓をした」「アロハで猟師をした」であるためです。

むしろ矢野さんに講義するほどの実力だったという。戸山高校で武藤さんに学んだ日大元教授の吉田克明（数学・76歳）さんは、「矢野ゼミでは、ポントリャーギンの『連続群論』を、武藤先生が講義していたそうです。まだ和訳がなかったので数カ月でロシア語をマスターし、10ページずつ暗記して講義した。矢野先生はその後、微分幾何の大家になったが、武藤先生がいなかったらどうだったろうか」。

大学卒業時、国公立大の複数から招きがあったが、迷わず、都立第四中学校（現都立戸山高校）の数学教師を選んだ。「数学者になれば、定理の一つや二つは発見できるかもしれない。でも、教師として一万人以上の生徒に接した方がいい」。生前、武藤さんはそう語っていた。

「私は進路の決まった人ではなく、これから進路について考えようという人に魅力があった。相談相手として役に立つと思ったからである」と、「武藤徹著作集 第5巻」*2には書いている。

2 平和を守るための科学的思考

もう一つの理由に、戦争体験がある。大学時代に東京大空襲にあい、敗戦直前には参謀本部に徴用され、長野で米軍の暗号解読に従事した。

「はからずも戦争を生き残った。あとは余生」と本人に聞いたことがある。平和を守るための科学的思考を教えたい。授業では、ベトナム戦争の新聞報道を素材に、米軍の民間人殺傷を論証することもあった。憲法を守る早稲田9条の会の世話人代表をつとめるなど、平和運動、市民運動にも熱心だった。

武藤さんの数学は、常に現実の世界に結びついた数学だった。

流行性感冒で学級閉鎖が議論されたことがあった。「武藤先生は微分方程式を駆使して、すでにピークが過ぎていると証明したプリントを配布し、閉鎖の必要なしと職員会議で提案した。のちに教研集会で、戸山高の数学教師に聞いてみたんですが、『数学教師でも方程式はよく理解できなかった。でも武藤先生が言うなら、みんな納得した』と笑っていました」（三浦さん）

国立感染症研究所が新宿区戸山へ移転する計画が持ち上がり、近隣住民らが差し止め訴訟を起こした。武藤さんも訴訟団に参加し、情報公開で入手したデータを元に、精緻（せいち）な確率論を駆使して感染研の主張を論破した。裁判は原告敗訴となったが、「裁判所も武藤さんの科学的論証を理解できず、『しょせん高校教師』という権威主義で黙殺したんじゃないか」（三浦さん）。

3 “病欠” 見舞いから「教育力」発揮

私事にわたるが、打ち明けたほうがフェアだろう。記者は戸山高校で武藤さんに3年間、数学を教わった。2、3年生の担任教師でもあった。

じつにつまらん理由で、高2の途中から学校へ行かなくなった。通学しているふりをして、パチンコ屋や映画館に通い、日雇いの肉体労働をしていた。武藤さんは病欠を心配し、自転車で自宅に見舞ってくれた。おかげで、親にずる休みがばれた。

出席数は半分もなかった。高3で留年が決まった。家は貧家で、留年する余裕などない。中退の意思を告げた。武藤さんは「短慮はよくない」と、全教科の教師にかけあって、体育や音楽も含め、すべての学科で長い作文を書かせ、もって「卒業」としてくれた。

いま、ライターとして文章を書いて生きているのは、武藤さんのおかげだ。

「僕の教育力が試されている。教育は長い目で見なければならないと、武藤先生がつねづね語っていた生徒とは、あなたのことでしょう？」。7月、武藤さんのお別れの会で知遇を得た三浦さんに、そう言われた。

*2 武藤徹先生の著作リストを参照せよ。

長男のしげるさんに見守られ、自宅で息を引き取った。7月7日。99歳だった。

追補

武藤徹先生からのご紹介で近藤記者の武藤先生への手紙を「数学・物理通信」5巻1号(2015.3)に掲載している。

私信を公開することを同意された近藤記者も武藤先生もずいぶん立ち入ったことのできる方たちだと思って「大丈夫ですか」と編集者として武藤先生に糺したことがあった。そのときに武藤先生から「お互いに信頼があるから大丈夫です」と返事をもらった。

それはここに書かれたことがその下にあったとは想像だにできなかった。(付記：矢野 忠)

武藤 徹先生のこと

小方 厚

Memory of Mr. Muto

Atushi OGATA

私が住む広島では、武藤 徹先生 (1925-2024) は朝日新聞 9/10 地域総合ページ 惜別欄に登場された。もともとは 8/31 の記事だったようだ。以下はこのとき私が、自身のブログ^{*1}に書いた内容と、重複があることをお断りしたい。ぼくたち生徒は先生をムトさんと呼んでいたもので、ここでもその呼称を使わせていただく。

写真は 1956 年の東京都立戸山高等学校卒業アルバムからで、同窓会 HP に公開されている戸山高校新聞の「連載『先生列伝』復刻」^{*2}から転載させていただいた。列伝のムトさんの回は

「大学に 9 ヶ月ばかりアルバイトで女学校に行ってましたがね。えっ？ いやあ私はそんなロマンチストじゃないですよ。よく若い先生の処には行李一杯手紙がくるなんていいですが、私なんか一通ももらった覚えがないんですからね。推して知るべしですよ。私は唯物論者ですから、恋愛なんか一つの自然現象だと思っているんです」

で始まる。続いてペスタロッツ、フローベル、デューイなどの名とともに先生が語る教育理念が、当時の高校生の筆で紹介されている。



朝日新聞には、ムトさんは高校では教科書は使わずガリ版の手書き教科書で、独自の高度な学問体系に基づいた授業をしたとある。戸山高校は東大入学者数ランキングではいつも上位を占めていた。しかし 高石ともやの「受験生ブルース」流行は私の在学から 10 年後のことで、当時の高校はまだ けっこうのんびりしていた。ムトさんだけでなく、生物の春田俊郎先生・倫理の中村義之先生の授業にも、教科書を離れた独自の体系があった。教師にとっては、何を教えてもいい学校だったのかもしれないが、現在はどうだろうか。受験数学

^{*1} <https://blog.goo.ne.jp/ablerail1007/e/0dc28da1ce63380394558235f30efa36>

^{*2} <https://toyamaob.org/retuden/retuden007.html>

の神様と崇められた 佐藤忠先生もここで教鞭をとっておられたのだけれど...

じつは私はムトさんに授業で教わったことはない。先生ご指導の課外活動・数学班に藉を置いただけである。女子学生がいなくてつまらない(?) と、1 年足らずでやめてしまった。惜しいこと・馬鹿なことをしたものだ。

数学班の活動は輪講が中心だった。ムトさんのご薫陶を受けた大学生 OB が 2-3 人付き合ってくれることもあった。テキストとして記憶しているのは

赤根也,『集合論』 新数学シリーズ (培風館, 1959)

武谷三男,『物理学入門 上』 力と運動 (岩波新書, 1952)

などである。当時、集合論は高校数学のカリキュラムにはなかった。『物理学入門』にはまずエンゲルス、カント、マッハなどが登場し、やおら天動説から地動説に至る歴史が執拗に記述されたりした。これらの内容は受験数学・受験物理とはまったく無関係であった。

「数学・物理通信」でムトさんの論文に出会い、何十年ぶりでムトさんを思い出すこととなった。しかし高校・大学終了後のわが人生を顧みると、反原発に転じたとき、工学系から理学系に職場を転じたときなど、要所要所でムトさん・広く言えば高校時代の見聞が意識下で影響していたように思う。

武藤徹先生との交流

矢野 忠^{*1}

Contact with Mr. Tohru MUTO

Tadashi YANO

まえおき

私は武藤徹先生とは一回り以上年が離れているし、その上に戸山高校とはまったく関係がない者である。さらに住んでいる地域も東京からかなり離れている。それが一体全体どうして先生と知り合うようになったのか。これが一般の人、特に戸山高校の卒業生にとっては不思議であろう。

1 きっかけ

いつが武藤先生と接触のはじまりであったか、はっきりとは覚えていないのだが、『新しい数学の教科書』I 数量編, II 図形編が 2010 年に発行されたときに、この 2 冊のテキストには生徒用と学校用との 2 つの版が発行された。

私がまずはじめに不思議に思ったのは、その 2 種類の間に差があるのかどうかということだった。すでに 2005 年 3 月に大学を定年退職していたが、そのことを知りたいと愛媛大学生協書籍部を通じて出版社に尋ねたら、どういうことか著者の武藤先生に直接尋ねてくださいとメール・アドレスを教えてくれた。

それで恐いもの知らずでそのときに先生本人にメールで尋ねてみたら、その 2 種類の内容に違いはないということだった。それで私はより定価の安かった学校用のテキストを購入したと思う。

ところがそのテキストを求めて手に入れてみたら、それらには編集委員の名前が巻末に掲載されていて、このテキストが先生個人の書かれたテキストではなく、編集委員との共著なのかどうかという疑問がまたまた生じた。しかし、これも尋ねてみるとテキストの編集に編集委員が携わったかもしれないが、テキストそのものは先生本人の著作であるとのことだった。

もっとも、こういうつまらない疑問から、先生とのつながりができたわけだが、先生も私の姓が矢野であることから先生の先生であった矢野健太郎先生とのつながりがあるのかと尋ねられたが、私には健太郎先生と親戚関係にはまったくないとお答えをした。

2 e-Learning のコンテンツ

2005 年に大学を定年退職した後も、その当時はまだ大学に在職していた知人の Wさんと e-Learning のコンテンツとして、高校数学の復習みたいな内容のコンテンツをつくっていた。これは大学の理工系学部に入学したものの、大学の授業についていけないと感じるようになった学生を救うという目的をもっていた。一般に大学の理工系学部に入学した学生にはそういう学生は少ないのだが、退職前にそういう学生がいたことを実際に知っていたからである。

この当時すでに私は latex を使うことができたのだが、Wさんが word しか使えないというので、word でコンテンツをつくっていた。このコンテンツをつくっているときにホグベンの『百万人の数学』（筑摩書房）だったか

^{*1} 元愛媛大学工学部

で得た知識に「計算親方」という職業が中世ヨーロッパにあったということを知った。それがどういうものか『百万人の数学』には書かれていなかったのので、「何か手がかりとなる本はありませんか」とメールでお尋ねしたら、黒木哲徳著『なっとくする数学記号』のコラム欄を見たらよいと教えて下さった。これを読んで「計算親方」のことがようやくわかった。

「計算親方」はドイツ語では Rechenmeister（レッヘンマイスター）と言われている。この Rechenmeister は学校で実用に役立つ算術を教えることに反対して、自分たちの権益を 300 年守ったという。こうなると自分たちの職業のためとはいえ、むしろ弊害の方が教育のためには大きい。

ともあれ、武藤先生のご教示がなければ、こういうことは知ることができなかったであろう。いま『なっとくする数学記号』は講談社の Blue Backs に入っているの、だれでも入手できる。

e-Learning のコンテンツをメールの添付書類で送って先生にも見てもらったりもしたが、その中の問題点の一つに「指数と対数とは同じもの」というのがあった。数学をよく知っている人でも「指数と対数とは同じもの」というとそんなバカなことがあると言われるかもしれない。

しかし、いま「指数関数と対数関数とは同じ」といっているわけではない。指数関数と対数関数は互いに逆関数であり、同じ関数ではないことはもちろんである。

だが、大学生でも指数はわからないという人はいないのに、対数はわからないという人はいる。それも指数と対数は同じものだが、異なった観点から見たものだとう大学の授業で教えた直後のアンケートでも 10 パーセント位の人が対数はわからないと答える。こういうことをコンテンツのコラム欄に書いておいたら、先生も「そうだ、そうだ」ということで「なぜ対数は難しいか」というコラムを書いて私に送って下さった。これはすぐに e-Learning のコンテンツに取り入れられた。

3 体系的な書物を著した人

この節は武藤先生のことを書いた私の Blog の再録である。前に書いたことと重複するところもあるが、お許しをお願いしたい。ほぼ原文そのままだが、ここへの収録にあたっていくぶん文章を追加および修正したところもある（以下は引用）

取り上げたいのは武藤徹先生の書である。

一番初めに先生の名前を知ったのは朝日新聞の記事からであった。そのときに先生は数学思想史家であるということだった。そのうちに『新しい数学の教科書』Ⅰ数量編、Ⅱ図形編（文一総合出版）がでたときに E 大学の生協書籍部から 1 部を購入した。

そのときに出版社を通じて先生に質問をしたら、メールのアドレスを教えてもらった。その時がおつきあいができるきっかけであった。そののちに私たちがその当時作っていた e-Learning のコンテンツをお送りしたところ、なんと先生が以前に出版されていた高校数学の学習参考書

- 1.『数学読本』Ⅰ[代数学と幾何学]（三省堂）
- 2.『数学読本』Ⅱ[線形代数学・解析学]（三省堂）
- 3.『数学読本』Ⅲ[微分積分学・統計学]（三省堂）

を送っていただいた。

こういういきさつでお知り合いとなったののだが、そのころはネット上のおつきあいにすぎなかった。基本的にはいまでもそうなのだが、先生の教え子の東京都立戸山高校の卒業生が主催したある集会に出席して、先生にお目にかかることができた。このときが先生にお目にかかった最初のときであり、これがまた最後のときともなった。

このとき松山から私もこの集会に参加したのだが、会場についてみると小柄な白髪の方が坐って主催者の準備の話を黙って聞いておられた。私の近くにおられた方に「武藤先生はどなたですか」とうかがったら、「あの方が

そうです」と言われたので会の始まる前であったが、傍に行って自己紹介のご挨拶をして、一言、二言話をして、先生から少し離れた席に坐っていると少しして会の段取りがほぼ整ったのかと思われたところに、先生の近くにおられた女性の方が「矢野さん、矢野さん、武藤先生がお話したいそうです」と言われたので、今度は前よりは長く5分間くらいだったろうかお話をした。何について話したかはちょっとあがっていたのかどうか覚えていない。

集会の講演者は2人だったが、一人の人の講演のしかたがまったく私には気に入らなかった。それでという訳でもないのだが、同窓生の方々には懇親会も企画されていたらしかったが、講演が終わるとすぐにホテルに向かった。

もっとも司会の方は司会も上手で聡明な方であると思われ、私の友人のEさんによく似ている気がした。

その後、先生は体系的な書籍『武藤徹の高校数学読本』1-6（日本評論社）を出版された。それらは

1. 数と計算のはなし
2. 図形のはなし
3. 多次元世界をのぞく
4. 運動と変化のはなし
5. ミクロとマクロをつむぐ
6. 大量現象のはなし

である。そのほかにも『面積の発見』（岩波書店）を出版されている。これらの書物は先生が90歳を超えるか超えないかのころに出版されたものであり、もちろん先生のそれ以前の教育における蓄積がこういう出版に結びついたものである。

この『武藤徹の高校数学読本』全6冊は朝日新聞の近藤康太郎記者が毎朝1時間くらいかけて読んで学んでおられるとか伺っている。近藤さんはかなり特別な方なのかもしれないが、ここまで教え子に影響を及ぼしているとするれば、それはすごい影響である。

もっとも人のことはあまり言えないので、高校1年、2年とあまりいい先生とはいえない先生に数学を教えられて、高校数学がわからなくなり、その影響もあって80数歳のいままで数学教育に関心があるのは、逆に反面教師としてのこのM先生の影響であるのかもしれない。M先生は偶然だが、武藤先生と同じイニシャルMではあるけれども、もちろん武藤という姓ではない。

4 「数学・物理通信」と武藤先生

友人の数学者・新関章三（元高知大学）さんが松山に住まわれるようになり、2009年末から彼と相談してメール配布の雑誌（サーキュラー）「数学・物理通信」を発行するようになった。

メール・アドレスの分っている人に無料でメール配布するサーキュラーに関心をもってください、先生も何回か投稿して下さった。この中には先生のグループの研究会で出された宿題の先生の解答も送っていただいたことがある。

ただwordでかつ、きれいに描かれたグラフや図形のある文書は大抵私がlatexでその文書を処理できないために、掲載できないものも多くあった。先生も投稿だとあからさまにおしやらなかったのは私に重荷を負わせたくないという配慮だったのであろう。それでも数編の原稿を投稿として掲載をさせてもらった。

「数学・物理通信」は基本的に編集の都合上latexによる投稿をお願いしている。だが、私よりも年長の方でwordしか使えない方にはサービスとして、私がlatexに変換した原稿をつくることもときどきはある。ただ、グラフや図形が同じ文書にある場合にはwordの文書から図形やグラフを取り出すことが私にはできない。それでご厚意を活かすことができないのだ。

そういうこともあるが、数学・物理通信に掲載されたものもいくつかあり、それらを下にリストアップしてお

く、下のリストを数えると、掲載された原稿は 8 件であり、投稿数は思ったよりは多い。

1. 数学・物理通信 1 巻 6 号 (2011.3)
「ターレスの遺産」から
2. 数学・物理通信 2 巻 4 号 (2009.9)
幾何学の起源と語源
3. 数学・物理通信 2 巻 4 号 (2009.9)
バビロニアの円周率
4. 数学・物理通信 5 巻 4 号 (2015.6)
自由度の導入
5. 数学・物理通信 6 巻 1 号 (2016.3)
フィボナッチ数列の拡張
6. 数学・物理通信 7 巻 9 号 (2017.12)
「フィボナッチ数列の拡張」へのコメント
7. 数学・物理通信 8 巻 8 号 (2018.10)
フィーバー数列の周期による分類と一般化
8. 数学・物理通信 10 巻 6 号 (2020.9)
モーリーの定理

5 武藤先生から頂いた本とそれに関したこと

武藤先生に会ったのは上に書いたように 1 回きりであったが、その後もかなり度々ご著書を送っていただいた。

1. 『面積の発見』（岩波書店，2012）
2. 『大量現象のはなし』（日本評論社，2012）
3. 『算数・数学活用事典』（日本評論社，2014）
4. 『数える・はかる・単位の事典』（東京堂出版，2017）

『算数・数学活用事典』に触発されてそれ以前に出版されていた、『算数・数学用語事典』を購入したら、この本が便利でちょっと初等数学用語の英語を知りたいときにいつも重宝している。

最近、気になって調べた用語に同位角 (corresponding angles), 対頂角 (vertically opposite angle), 錯角 (alternate angles) がある。

ただ、反数という用語の説明はあるのに、それに対応する英語が載っていなかった。これは銀林浩先生父子の編纂した『数・数式と図形の英語』（日興企画）に opposite(s) と英語があった。

反数という用語は数学者の遠山啓先生がつくった用語だろうとかなり長い間思ってきたが、一般的な用語であるということを知ったのはベルの “Men of Mathematics” の訳書『数学をつくった人々』（東京図書）を読んだら、反数という用語がでていたからであった。この本の訳者の一人が銀林浩先生である。

ちなみに数 a とその反数 $\bar{a}$ との和は $a + \bar{a} = 0$ である。この式で反数 $\bar{a}$ は定義される。もし数が $a = 3$ だとすれば、その反数は -3 である。

6 おわりに

武藤先生は 99 歳で亡くなられたが，その活力と気力とは大いに見習いたいと思う．最後に，先生のご冥福をお祈りする．先生たくさんのご教示ありがとうございました．（2024.10.7）

武藤徹先生の著作リスト

矢野 忠^{*1}

List of books by Mr. Tohru MUTO

Tadashi YANO

1 はじめに

数学者の武藤徹先生が今年(2024年)7月7日に亡くなった。この「数学・物理通信」にも数度の先生のご寄稿を掲載している。朝日新聞の近藤康太郎さんから数学・物理通信に武藤徹先生への惜別の辞を頂いたが、武藤先生の業績の一端の紹介として著作リストを早急につくってみた。

私の所有する武藤著の本は少ないので、国会図書館の目録にほぼ従ったが、日本で出版される本はすべて献本されるはずの国会図書館の目録でもあまりしっかりしていない。このリストに落ちている書目もあるだろう。それで不十分であることは承知の上でご覧いただきたい。

データは

1. (a) 書名, (b) 編著者
2. 副題
3. (c) 出版社, (d) 出版年月日, (e) 総ページ数

とした。ただし、編著者としての武藤の名前は省略している。共編著者がある場合には共編著者だけ記入している。ただし、武藤先生が編著者ではない場合には注の行に武藤の寄与した部分を記載している。もっともそういう書籍は少ない。

また私の持っている本では発行の年月日とページ数をきちんと入れたが、図書館のOPAC等に依存した場合にはそれがたいていできなかった。不満足であるが、現在のところはお許しをお願いする。

2 著作リスト

1967 年

1. 中学数学問題の総しあげ [共編]
学生社 1967.1 (111)
2. 中学数学 1000 題 改訂版 [共編]
学生社 1967.11 (332)

1968 年

3. 数学 2A (マイティ) [共著 矢野健太郎]
学習研究社 1968.4 (336)

1972 年

4. 中学数学 1000 題 新指導要領版 [共編]
学生社 1972

1973 年

^{*1} 元愛媛大学工学部

5. 高校生の数学：基礎からの学習
三省堂 1973.2 (340)
- 1974 年
6. 高校数学の基礎：システム学習 上 [監修 遠山啓 共著]
三省堂 1974.3 (517)
- 1975 年
7. 中学数学 1000 題 増補版 [共編]
学生社 1975.1 (380)
8. 中学数学難問集 昭和 50 年度版 [共編]
学生社 1975 (122)
- 1976 年
9. 高校数学の基礎：システム学習 下 [監修 遠山啓 共著]
三省堂 1976.1 (418)
10. 算数教育をひらく (国民文庫 現代の教養)
大月書店 1976 (222)
- 1978 年
11. 中学数学難問集 [共編]
学生社 1978 (122)
- 1979 年
12. 講座 現代の高校教育 第 3 巻 (教科と授業 その 2) [田代三良・木下春雄・竹内常一編]
草土文化 1979.3.20 (301)
(分担執筆：数学 15-65)
13. きみはクラスの算数博士：おもしろい算数ものがたり 1 [共著 竹内 嗣郎]
学伸社 1979 (125)
14. きみはクラスの算数博士：おもしろい算数ものがたり 2 [共著 竹内 嗣郎]
学伸社 1979.7
15. 岩波講座 子どもの発達と教育 6 (青年期発達段階と教育 3)
岩波書店 1979.9.25 (349)
(共同分担執筆 (近津経史)：青年期における自然観・社会観の形成 141-179)
16. きみはクラスの算数博士：おもしろい算数ものがたり 3 [共著 竹内 嗣郎]
学伸社 1979.11
- 1980 年
17. こちら数学情報局：中学生の数学ものがたり 1 [共著]
学伸社 1980.3 (134)
18. こちら数学情報局：中学生の数学ものがたり 2 [共著 志田恵穂・東野貢]
学伸社 1980.6.15 (134)
19. 数学のはなし (新日本新書 284)
微分・積分への道
新日本出版社 1980.11.30 (186)
- 1982 年
20. 統計・確率のはなし (新日本新書)

新日本出版社 1982.9 (218)

1983 年

21. 算数教育をひらく (国民文庫 827)

大月書店 1983 (222)

1984 年

22. 青春の羅針盤：希望と勇気の輪をひろげる連帯の子育て [共著]

民衆社 1984.10 (192)

23. 大学教養 微分方程式 [共著 矢野健太郎]

立て方と解き方

東京図書 1984.12.10 (134)

1985 年

24. なぜ数学を学ぶか (手をつなぐ中学生の本 36)

民衆社 1985.3.30 (222)

1986 年

25. 武藤徹教育論集 5 (自然・社会・数学：私が学んできたこと)

民衆社 1986.12 (200)

1989 年

26. 武藤徹教育論集 1 (数学教育論)

民衆社 1989.2 (212)

1990 年

27. 数学おもしろ勉強法 (手をつなぐ中学生の本 62)

民衆社 1990.8 (190)

1998 年

28. 体系が見えてくる数学読本 I

量と図形の数学 [代数学・幾何学]

三省堂 1998.9.1 (vi, 209)

29. 体系が見えてくる数学読本 II

空間と変化の数学 [線形代数学・解析学]

三省堂 1998.10.1 (vi, 196)

30. 体系が見えてくる数学読本 III

必然と偶然の数学 [微積分学・統計学]

三省堂 1998.10.1 (vi, 204)

2007 年

31. 武藤徹著作集 第1巻 (抽象的思考の威力)

合同出版 2007.8.25 (263)

32. 武藤徹著作集 第2巻 (自然観・社会観の誕生)

合同出版 2007.8.25 (263)

33. 武藤徹著作集 第3巻 (知性の育成:高校教育論)

合同出版 2007.8.25 (254)

34. 武藤徹著作集 第4巻 (面積の発見：社会と数学試論)

合同出版 2007.8.25 (239)

35. 武藤徹著作集 第5巻 (時流に掉ささず：人生の里程標)
合同出版 2007.8.25 (262)

2010 年

36. 新しい数学の教科書 I (数量編)
発想力をのばす中学数学
文一総合出版 2010.3.25 (317)
37. 新しい数学の教科書 II (図形編)
発想力をのばす中学数学
文一総合出版 2010.3.31 (310)
38. 算数・数学用語辞典 [共編著 三浦基弘]
東京堂出版 2010.6.30 (286)

2011 年

39. 数と計算のはなし [代数篇] (武藤徹の高校数学読本 1)
日本評論社 2011.12.25 (vii, 145)
40. 図形のはなし [幾何篇] (武藤徹の高校数学読本 2)
日本評論社 2011.12.25 (vii, 158)

2012 年

41. 多次元の世界をのぞく [ベクトル・行列篇] (武藤徹の高校数学読本 3)
日本評論社 2012.2.25 (vii, 147)
42. 運動と変化のはなし [関数篇] (武藤徹の高校数学読本 4)
日本評論社 2012.3.25 (vii, 147)
43. ミクロとマクロをつむぐ [微分積分篇] (武藤徹の高校数学読本 5)
日本評論社 2012.5.15 (vii, 161)
44. 大量現象のはなし [確率・統計篇] (武藤徹の高校数学読本 6)
日本評論社 2012.6.25 (vii, 158)
45. 面積の発見 (岩波科学ライブラリー 200)
岩波書店 2012.12.6 (vi, 124)
46. 自然科学教育の発展をめざして：田中実の成果に学ぶ [東京科学教育研究所編]
同時代社 2012.12 (288)
(一部執筆)

2013 年

47. きらめく知性・精神の自由
一都立戸山高等学校の創立にちなんで
桐書店 2013.9.25 (62)

2014 年

48. 数学問題玉手箱 [共編 三浦基弘]
日本評論社 2014.9 (197)
49. 算数・数学活用事典 [共著 三浦基弘]
日本評論社 2014.9.25 (vi, 294)

2015 年

50. 朽ち果てぬ知恵を求めて [「きらめく知性・精神の自由」出版記念シンポジウム実行委員会編]

桐書店 2015.6 (79)

2017 年

51. 数える・はかる・単位の事典 [共編著 三浦基弘]

東京堂出版 2017.11.30 (ix, 276)

2019 年

52. なんでもはかれる！単位の本 [石倉ヒロユキ 編，共同監修 三浦基弘]

岩崎書店 2019.9 (63)

3 おわりに

大急ぎでつくった武藤先生の著作リストであるから，まだまだここに挙げていない著書もあるだろう．その節には編集者までここに掲げたようなデータをメールで送ってほしい．また全部の著作を見ているわけではないのでミスも多いだろう．改訂する機会があればいいのだが．

オイラー定数の表式 (訂正と撤回)

秋葉 敏男

Expressions of the Euler's Constant (Errata and Withdrawal)

Toshio AKIBA

訂正と撤回

本通信 第 14 巻 3 号 (2024 年 6 月) に掲載された論文 [1] で, 下記の定積分で表示される定数の符号が論じられています.

$$\Gamma^{(n)}(1) := \int_0^\infty dx e^{-x} (\log x)^n, \quad (n \text{ は正の整数})$$
$$\tilde{\Gamma}^{(n)}(1) := P \int_0^\infty dx e^{-x} (\log x)^{-n}, \quad (n \text{ は正の整数})$$

[1] では, これらの定数の符号は負であるとしています.

これに対して, 元岐阜大学の川崎さんから「 n が偶数の場合は, 両定数を表わす被積分関数は正值であるから, その定積分である定数の符号は正ではないか」との指摘をいただきました.

これについては, 川崎さんからの御指摘の通りで, n が偶数の場合は定数が正值であることは自明で, 論文 [1] の結論は誤りです. ここに訂正させていただきます.

したがって, 論文 [1] は撤回させていただきます.

参考文献

- [1] 秋葉 敏男, オイラー定数の表式, 数学・物理通信 14 巻 3 号 (2024.6) 12-28

編集後記

この 14 巻 6 号の最初の世戸さんの論文と最後の秋葉さんの論文の訂正と撤回を除いてすべて今年（2024 年）7 月 7 日に亡くなった数学の先生で数学史思想家であった武藤徹先生を追悼する文書と資料である。

この「数学・物理通信」ではいままでどなたの追悼記念号も発行したことはなかった。こういう企画ははじめてである。今後こういうことがしばしば起るのかどうか。それもわからない。

すくなくとも、武藤先生と面識もあり、それも戸山高校の卒業生の方々、近藤康太郎（朝日新聞社）さんと小方厚さんのお二人にお願いして追悼文を書いていただいた。

3 人目は編集人の私（矢野）だが、一度だけお会いしただけの縁のうすい者である。その私が 4 ページも先生との接触の様子を書き述べた。それでも武藤先生の活動のほんの一部を述べたにすぎないであろう。

武藤先生の著作リストはあわててつくったもので、不完全なものである。しかし、これでも先生の業績の全体像がおぼろげながら浮かび上がってくればよいと考えている。

冒頭の世戸憲治さんの論文はスカイツリー風の心柱の効果をモデル的に追求されたものである。世戸さんのお得意の楕円関数はでて来ないが、それでも研究の行く方を見失ってしまいそうな研究をきちんとされるので感心してしまう。もっとも実際の状況から離れてしまうのではないかと心配したりするが、スカイツリーのダンパーの話なども入っており、なかなかどうしてリアルでもある。

最後の秋葉さんの論文の訂正は元岐阜大学の川崎守さんのご指摘によるところが大きい。論文が正しいのかどうかの判定はとても難しい。いつも査読をして下さる方は頭を悩ませている。

私自身は結果の吟味には少なくとも 2 つの方法で結果をチェックするということを心がけてきたが、いつでもそれができたというわけでもない。

（矢野 忠）