「機械学習のためのカーネル 100 問 with Python」正誤表

鈴木讓

2024 年 8 月 14 日

第 1 章 正定値カーネル

P1 下 5 「$A = B^\top B$ なる $B \in \mathbb{R}^{n\times n}$ が存在する」→ 「すべての固有値が非負である」

P2 上 8 $\displaystyle\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^n z_i A\overline{z_j} \to z^\top A\overline{z}$

P5 上 2 「任意の $n \geq 1$ と」の前に「k が対称 $(k(x,y) = k(y,x),\ x, y \in E)$ であって」を追加。

P7 例 6 $n \geq 0$ は不要。

P8 上 1 $\|a\| := (a,a)^{1/2} \to \|a\| := \langle a,a\rangle^{1/2}$

P8 下 12 $\Psi_{2,1}(x_1,x_2) \to \Psi_{1,2}(x_1,x_2)$

P8 下 9 $\Psi_{1,2}(x_1,x_2) \to \Psi_{2,1}(x_1,x_2)$

P8 下 8 $\Psi_{2,2}(y_2,y_2) \to \Psi_{2,2}(y_1,y_2)$

P12 上 12 $A\cap B = \{\} \Longrightarrow \mu(A\cup B) = \mu(A) + \mu(B) \to A_i \cap A_j = \{\} \Longrightarrow \mu(\cup_{n=0}^\infty A_n) = \displaystyle\sum_{n=0}^\infty \mu(A_n)$

P14 下 7-5 $\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}} \to \dfrac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}$ (3 箇所)

P14 下 1 $\dfrac{\alpha}{2}\{\left[\dfrac{e^{(it+\alpha)x}}{it+\alpha}\right]_{-\infty}^0 - \left[\dfrac{e^{(it-\alpha)x}}{it-\alpha}\right]_0^\infty\} \to \dfrac{\alpha}{2}\{\left[\dfrac{e^{(it+\alpha)x}}{it+\alpha}\right]_{-\infty}^0 + \left[\dfrac{e^{(it-\alpha)x}}{it-\alpha}\right]_0^\infty\}$

P13 上 9 「関数 $\phi : \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ が」→ 「関数 $\phi : \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}^d$ が」

P16 上 11 最初のセルは以下のように修正

```
def string_kernel(x, y, p):
  m, n = len(x), len(y)
  S = 0
  for i in range(m-p):
    for j in range(n-p):
      if(x[i:i+p] == y[j:j+p]):
        S += 1
  return S
```

P17 上 3 `string_kernel(x, y)` → `string_kernel(x, y, 2)`

P18 プログラム 3 行目: もしくは → と, 16 行目: `U1` のインデントを 1 個左へ

P19 2 番目のセル 31 行目の `return` のインデントを 1 個左へ

P21 **2 番目のセル**　2-3 行目を下記のように修正

```
node[0] = [1, 3]
node[1] = [3]
node[2] = [0, 4]
node[3] = [0, 4]
node[4] = [2]
```

P17 下 8　頂点にもつ → 根にもつ

P20 上 10　$\sum_{y' \in E_Y} P(x' \mid y')\Psi(x, y) \to \sum_{y' \in E_Y} P(x' \mid y')\Psi(x', y')$

P21 下 10　「$p(\pi|G_1), p(\pi|G)$ のように」→「$p(\pi|G_1), p(\pi|G_2)$ のように」

P23 下 10　$\lim_{a\to\infty}\int_{-a}^{a} e^{iza}\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\phi(t)e^{-t^2/n}e^{-ita}dt \to \lim_{a\to\infty}\int_{-a}^{a} e^{iza'}\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\phi(t)e^{-t^2/n}e^{-ita'}dtda'$

P25 問題 5　同一ある → 同一である

P25 問題 7　正則化 → 正規化

第 2 章 Hilbert 空間

P29 下 5　E の集積点 → E 触点 (touch point)、さらに $y \notin E$ のとき集積点

P30 上 3　集積点全体 → 触点全体

P30 上 5　集積点である → 触点である

P34 上 7　$\|av\| = |a|\|x\| \to \|ax\| = |a|\|x\|$

P35 上 4　左辺 $\|x+y\|^2 = \|x\|^2 + 2|\langle x, y\rangle| + \|y\|^2 \to \|x+y\|^2 = \|x\|^2 + 2\langle x, y\rangle + \|y\|^2$

P41 下 3　$\langle Tx_1, x_2\rangle_2 = \langle x_1, y(x_2)\rangle_1 \to \langle Tx_1, x_2\rangle_2 = \langle x_1, y_2(x_2)\rangle_1$

P43 下 1　$|\langle x_2, TT^*x_2\rangle|_2 \to |\langle x_2, TT^*x_2\rangle_2|$

P45 上 10　$\lambda \in \mathbb{R} \to \lambda \in \mathbb{C}$

P47 下 4　$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{i,j}^2 \to \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{i,j}^2$

P48 上 4　「(2.16) に、$x = e_j$ を代入すると、$Tx = \lambda_j e_j$ となり、」→「(2.15) に、$e = e_j$ を代入すると、$Te_j = \lambda e_j$ となり、」

P48 上 11　命題 31 の最初に「T が非負定値のとき」を追加。

P49 下 6　$\|f - f_n\|_2 \to \|f - f_n\|_2^2$

P50 上 7　$\lim_{n\to\infty}\langle\sum_{i=1}^n \alpha_j e_j, e_j\rangle = \alpha_i \to \lim_{n\to\infty}\langle\sum_{j=1}^n \alpha_j e_j, e_i\rangle = \alpha_i$

P52 下 9　(2.23) 式 $\mathrm{Ker}(T)^\perp = \mathrm{Im}(T^*) \to \mathrm{Ker}(T)^\perp = \overline{\mathrm{Im}(T^*)}$

P55 問題 18　$d(x, z) < \Delta(z) \Longrightarrow d(f(x), f(z)) < \epsilon \to d_1(x, z) < \Delta(z) \Longrightarrow d_2(f(x), f(z)) < \epsilon$

第 3 章 再生核 Hilbert 空間

P67 上 5　例 3.2 → 例 51

P68 下 9　$\epsilon^2\|f\|^2\mu(E)^2 \to \epsilon^2\|f\|^2\mu(E)$

P70, 問題 38　$H_3(x) = 12x - 8x^3 \to H_3(x) = -12x + 8x^3$, $H_0(1) = 1 \to H_0(x) = 1$, `4*x-8*x**3` → `-12*x+8*x**3`

P75 **プログラム**, **問題** 42　13 行目から 17 行目までと 23 行目を 4 コラム左へ, 14 行目は不要

P85 **上** 7　上界 $\rightarrow$ 上限

P85 **上** 9　$\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{\sqrt{n+1}} \rightarrow \sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{(n+1)^{3/2}}$

P85 **上** 10　例 58 $\rightarrow$ 例 60

第 4 章 カーネル計算の実際

P88 **上** 8 **行目**　なる $f \in H$ を求める $\rightarrow$ を最小にする $f \in H$ を求める

P88 (4.1)　$\alpha \rightarrow \alpha_j$

P88 **下** 1, P91 **上** 11　$\hat{f}(x) = \sum_{i=1}^{n} \hat{\alpha}_i k(x_i, x) \rightarrow \hat{f}(x) = \sum_{i=1}^{N} \hat{\alpha}_i k(x_i, x)$

P93 (4.8)　$\sum_{j=1}^{N} \rightarrow \sum_{i=1}^{N}$

P94 **上** 7　大きさを $1 \le m \le p$ $\rightarrow$ 大きさを $1 \le m \le N$

P94 **上** 8-9　$\alpha^{(1)} = \begin{bmatrix} \alpha_1^{(1)} \\ \vdots \\ \alpha_N^{(1)} \end{bmatrix}, \cdots, \alpha^{(1)} = \begin{bmatrix} \alpha_1^{(N)} \\ \vdots \\ \alpha_N^{(N)} \end{bmatrix}$ より、$\alpha_1 = \begin{bmatrix} \alpha_1^{(1)} \\ \vdots \\ \alpha_1^{(m)} \end{bmatrix}, \cdots, \alpha_N = \begin{bmatrix} \alpha_N^{(1)} \\ \vdots \\ \alpha_N^{(m)} \end{bmatrix}$ を構成し、

P99 **上** 11　(4.13)(4.14) より、(4.12) は $\rightarrow$ (4.13)(4.14) より、(4.11) は

P105 **下** 12　$\alpha_1, \ldots, \alpha_N, \beta_1, \ldots, \beta_q \rightarrow \alpha_1, \ldots, \alpha_N, \beta_0, \ldots, \beta_{q-1}$

P106 **上** 9　$\displaystyle\left\{y_i - \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{N}\beta_j g_j(x_i)\right\}^2 \rightarrow \left\{y_i - \sum_{j=1}^{N}\beta_j g_j(x_i)\right\}^2$

P106 (4.28)　$w \rightarrow \omega$

P109 **下** 7　$\hat{K} = ZZ^\top \rightarrow \hat{K} = \frac{1}{m}ZZ^\top$

P109 **下** 3, **問題** 58　$U(I_s + VU) = (I_r + UV)U \rightarrow U(I_s + VU)^{-1} = (I_r + UV)^{-1}U$

P109 **下** 1　$Z^\top(ZZ^\top + \lambda I_N)^{-1} = (Z^\top Z + \lambda I_m)^{-1}Z^\top \rightarrow Z^\top(\frac{1}{m}ZZ^\top + \lambda I_N)^{-1} = (\frac{1}{m}Z^\top Z + \lambda I_m)^{-1}Z^\top$

P110 (4.33)　$\hat{\beta} := (Z^\top Z + m\lambda I_m)^{-1}Z^\top y$

P110 **上** 5　$\hat{f}(x) = \sum_{i=1}^{N}\alpha_i \hat{k}(x, x_i) = z(x)\sum_{i=1}^{N} z^\top(x_i)\hat{\alpha}_i = z(x)Z^\top\hat{\alpha} = z(x)Z^\top(\hat{K} + \lambda I_N)^{-1}y$
$= z(x)(Z^\top Z + \lambda I_m)^{-1}Z^\top y = z(x)\hat{\beta} \rightarrow \hat{f}(x) = \sum_{i=1}^{N}\hat{\alpha}_i \hat{k}(x, x_i) = \frac{1}{m}z(x)\sum_{i=1}^{N} z^\top(x_i)\hat{\alpha}_i = \frac{1}{m}z(x)Z^\top\hat{\alpha} = \frac{1}{m}z(x)Z^\top(\hat{K} + \lambda I_N)^{-1}y = \frac{1}{m}z(x)(\frac{1}{m}Z^\top Z + \lambda I_m)^{-1}Z^\top y = z(x)\hat{\beta}$

P110 **上** 8　$O(m) \rightarrow O(m^2)$

P113 **下** 12　$R = \sqrt{\lambda_i^{(N)}}[v_1, \ldots, v_m] \rightarrow R = [v_1, \ldots, v_m]\begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1^{(N)}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sqrt{\lambda_m^{(N)}} \end{bmatrix}$

P115 **命題** 47　正定値行列 $A \in \mathbb{R}^{n\times n}$ に対して、$\rightarrow$ 正定値対称行列 $A \in \mathbb{R}^{N\times N}$ に対して、

P116 **上** 9 「ステップ 3 で... 選択されている」は記述が正確ではないので、ブログの記事を見てください。

P121 **問題** 48　$z \in \mathbb{R}^{N\times p} \rightarrow z \in \mathbb{R}^N$

第 5 章 MMD と HSIC

P126 **上** 13　$k_X : E_X \to \mathbb{R},\, k_Y : E_Y \to \mathbb{R} \longrightarrow k_X(x, \cdot) : E_X \to \mathbb{R},\, x \in E_X,\, k_Y(y, \cdot) : E_Y \to \mathbb{R},\, y \in E_Y,$

P127 上 9　を仮定すると $\longrightarrow$ が有限であることを仮定すると

P132 上 9　$h_1(z_1) = \mathbb{E}_{Z_2}[h(z_1,Z_2)] = \mathbb{E}[k(x_i,X_j)] + \mathbb{E}[k(y_i,Y_j)] - \mathbb{E}[k(x_i,Y_j)] - \mathbb{E}[k(x_j,Y_i)] = 0 \longrightarrow h_1(z_1) = \mathbb{E}_{Z_2}[h(z_1,Z_2)] = \mathbb{E}[k(x_1,X_2)] + \mathbb{E}[k(y_1,Y_2)] - \mathbb{E}[k(x_1,Y_2)] - \mathbb{E}[k(y_1,X_2)] = 0$

P132 命題 51　$m \to \infty \longrightarrow N \to \infty$

P132 下 1　$T_{\tilde{h}} : L^2[E,\mu] \ni f \longrightarrow T_{\tilde{h}} : L^2[E,\eta] \ni f$

P135 命題 52　$k_X, k_Y : E \to \mathbb{R} \longrightarrow k_X, k_Y : E \times E \to \mathbb{R}$

P145 下 1-2　$\displaystyle\int_E e^{i(x-y)w} d\eta(w) \longrightarrow \int_{\mathbb{R}^d} e^{i(x-y)w} d\eta(w)$, $\int_E |\int_E e^{iwx} d\mu(x)|^2 d\eta(w) \longrightarrow \int_{\mathbb{R}^d} |\int_E e^{iwx} d\mu(x)|^2 d\eta(w)$

P146 上 4-上 9, 命題 54　$E \longrightarrow \mathbb{R}$ (6 箇所), $E(\eta) \longrightarrow \mathbb{R}(\eta)$ (5 箇所)

P146 下 11　その確率の台が E $\longrightarrow$ その確率の台が $\mathbb{R}^d$

P147 命題 56　$\sum_{i=1}^{\infty} a_j^2 \longrightarrow \sum_{j=1}^{\infty} a_j^2$

P147 上 11　下記の 1 文を削除: 実際... 意味する。

P147 例 81　$\gamma(x) := k(x,x)^{1/2} > 0 \longrightarrow \gamma(x) := k_\infty(x,x)^{1/2} > 0$, $\|\gamma f(\cdot) - \sum_i \alpha_i \Psi(\cdot)\|_\infty \le \|\gamma\|_\infty \epsilon \longrightarrow \|\gamma f(\cdot) - \sum_i \alpha_i \Psi_i(\cdot)\|_\infty \le \|\gamma\|_\infty \epsilon$, $\|f(\cdot) - \sum_i \alpha_i \gamma^{-1} \Psi(\cdot)\|_\infty \longrightarrow \|f(\cdot) - \sum_i \alpha_i \gamma^{-1} \Psi_i(\cdot)\|_\infty$

P156 問題 74　$\widehat{HSIC} = \mathrm{trace}(K_X H K_Y H) \longrightarrow \widehat{HSIC} = \mathrm{trace}(K_X H K_Y H)/N^2$

第 6 章 Gauss 過程と関数データ解析

P162 2 番目のセル　`z = np.zeros((r,n))` $\longrightarrow$ `z = np.zeros((n,r))`

P164 2 番目のセル　2,3 行目の間に `x=np.random.randn(n,2)` を挿入

7 行目 `((n,n))` $\longrightarrow$ `((n,2))`, 10 行目 `k(x[i],x[j])` $\longrightarrow$ `k(x[i,:],x[j,:])`

P169 上 10　$x_1, \ldots, x_N \in \mathbb{R}^p \longrightarrow x_1, \ldots, x_N \in E$

P172 (6.14)　$2\pi \det(k_*) \longrightarrow 2\pi k_*$

P173 上 4 (10 箇所), 上 9 (4 箇所)　$W \to \hat{W}$

P175 上 8　$(\Lambda + \sigma^2 I_N) k_{XZ} \longrightarrow (\Lambda + \sigma^2 I_N)^{-1} k_{XZ}$

P175 上 9, 下 4 (2 箇所), 下 1 (2 箇所)　$k_{ZX} k_{ZZ}^{-1} a \longrightarrow k_{XZ} k_{ZZ}^{-1} a$

P176 上 1　$f_2 \longrightarrow f_Z$ (2 箇所)

P176 上 4　$V = k_{ZX} \longrightarrow V = k_{XZ}$

P176 命題 65　$K_{ZZ}^{-1} \longrightarrow k_{ZZ}^{-1}$

P162 下 11, 下 8　$x_{Zx} \longrightarrow k_{Zx}$

P179 上 1　H の対応を検討する $\longrightarrow$ $\mathbb{R}$ の対応を検討する

P179 下 4-5　$\displaystyle 2 \sum_{i=1}^{M(n)} \longrightarrow M(n) \sum_{i=1}^{M(n)}$

P180 命題 67　$L^2(E, \mathcal{F}, \mu) \longrightarrow L^2(E, \mathcal{B}(E), \mu)$

P184 (6.34)　$\displaystyle \varphi_\nu(z) := \frac{2^{1-\nu}}{\Gamma(\nu)} \left(\frac{\sqrt{2\nu} z}{l} \right)^\nu K_\nu(\frac{\sqrt{2\nu} z}{l})$

P184 上 4　$I_{-\alpha}, I_\alpha \longrightarrow I_{-\nu}, I_\nu$

P184 上 6　正整数 $\longrightarrow$ 非負整数

P190 下 6　$[\eta_1, \ldots, \eta_m] \to [\eta_1, \ldots, \eta_m]^\top$,

$F_i(x) = \sum_{j=1}^m c_i^\top \eta(x) \to F_i(x) = c_i \eta(x)$,

$m_N(x) := \frac{1}{N} F_i(x) \to m_N(x) := \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n F_i(x)$,

$m_N(x) = \sum_{j=1}^{m} d_i^\top \eta(x) \to m_N(x) = \sum_{j=1}^{m} d_j \eta_j(x)$

P196 (6.41)　2 行目 $\cdots - \{m(x) - m(y)\})^2] \to \cdots + \{m(x) - m(y)\})^2]$