

令和 3 年度 卒業論文  
マニピュレータ制御のサンプルコードの作成と公開

池田宏輔  
China Institute of Technology

2022 年 2 月 x 日

この論文は、読んだあと自動的に消滅する。

# 謝辞

和文だとうしろに持っていくことが多いのですが、私は前のほうが好きです。

南武線に感謝します。

横須賀線に感謝します。

総武線に感謝します。

京葉線に吹き付ける横風に感謝します。



# 目次



## 第 1 章

# 序論

上田は、いろいろ書いているが、あまり引用されない。例えば、[?, ?, ?] がある。  
??章で目的を述べる。





## 第2章

# 研究の目的

そこで、上田の研究をもっと時代におもねった方法に変える手法の研究を行う。



## 第 3 章

# 上田の研究をもっと引用してもらおう 手法の開発

ここに書いてある方法を使えば、秒速で秒速で 1 億円稼ぐ男になれます。なれません。

### 3.1 手法の概要

図に書くと図??っていう感じ。式で書くとだいたい以下のような感じになるんじゃないかなー。式 (??) が肝。

$$s_0, a(t_0), s(t_1), a(t_1), s(t_2), a(t_2), \dots, a(t_{T-1}), s_f \quad (s_0 = s(t_0), s_f = s(t_T)). \quad (3.1)$$

$$s_0, \pi(s_0), s(t_1), \pi(s(t_1)), s(t_2), \pi(s(t_2)), \dots, \pi(s(t_{T-1})), s_f \quad (3.2)$$

$$\pi : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{A} \quad (3.3)$$

$$\mathcal{S} = \{s_i | i = 0, 1, 2, \dots, N-1\}, \text{ and} \quad (3.4)$$

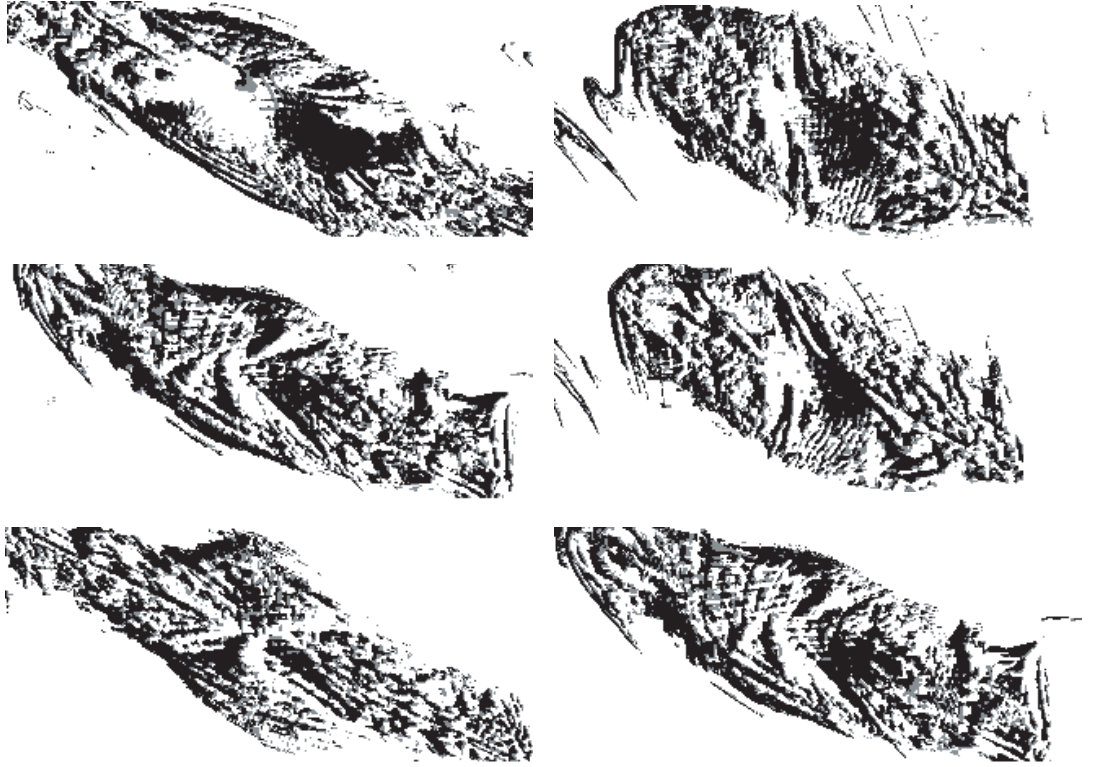
$$\mathcal{A} = \{a_j | j = 0, 1, 2, \dots, M-1\} \quad (3.5)$$

$$\pi : \mathcal{S} - \mathcal{S}_f \rightarrow \mathcal{A}. \quad (3.6)$$

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)], \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0, \quad t \in [0, t_f]. \quad (3.7)$$

$$g[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)] \in \Re \quad (t \in [0, t_f]). \quad (3.8)$$

$$J[\mathbf{u}] = \int_0^{t_f} g[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)] dt + V(\mathbf{x}_f). \quad (3.9)$$



(black:  $\tau=1[\text{Nm}]$ , gray:  $\tau=0[\text{Nm}]$ , white:  $\tau=-1[\text{Nm}]$ )

図 3.1 Representative Vectors of the  $N_c = 128$  Map

$$\max_{\mathbf{u}: [0, t_f] \rightarrow \mathbb{R}^m} J[\mathbf{u}; \mathbf{x}_0]. \quad (3.10)$$

$$\boldsymbol{\pi}^* : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{u}: [0, t_f] \rightarrow \mathbb{R}^m} J[\mathbf{u}; \mathbf{x}_0] &= \max_{\mathbf{u}: [0, t'] \rightarrow \mathbb{R}^m} \int_0^{t'} g[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)] dt \\ &\quad + \max_{\mathbf{u}: [t', t_f] \rightarrow \mathbb{R}^m} \int_{t'}^{t_f} g[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)] dt + V(\mathbf{x}_f) \\ &= \max_{\mathbf{u}: [0, t'] \rightarrow \mathbb{R}^m} \int_0^{t'} g[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)] dt + \max_{\mathbf{u}: [t', t_f] \rightarrow \mathbb{R}^m} J[\mathbf{u}; \mathbf{x}(t')]. \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$V^\pi(\mathbf{x}) = J[\mathbf{u}; \mathbf{x}], \quad (3.13)$$

where  $\mathbf{u}(t) = \boldsymbol{\pi}(\mathbf{x}(t))$ ,  $0 \leq t \leq t_f$ .

$$\mathcal{P}_{ss'}^a = P[s(t_{i+1}) = s' | s(t) = s, a(t) = a], \quad (3.14)$$

$(\forall t \in \{t_0, t_1, \dots, t_{T-1}\}, \forall s \in \mathcal{S} - \mathcal{S}_f, \text{ and } \forall s' \in \mathcal{S}).$

$$\mathcal{R}_{ss'}^a \in \mathbb{R} \quad (3.15)$$

$$J[a; s(t_0)] = J[a(0), a(1), \dots, a(t_{T-1})] = \sum_{i=0}^{T-1} \mathcal{R}_{s(t_i)s(t_{i+1})}^{a(t_i)} + V(s(t_T)), \quad (3.16)$$

$$\max J[a; s(t_0)]. \quad (3.17)$$

$$J^\pi = \int_{\mathcal{X}} p(\mathbf{x}_0) J[\mathbf{u}; \mathbf{x}_0] d\mathbf{x}_0 \quad \left( \mathbf{u}(t) = \pi(\mathbf{x}(t)) \right), \quad (3.18)$$

$$\frac{\partial V(\mathbf{x})}{\partial t} = \max_{\mathbf{u} \in \mathcal{U}} \left[ g[\mathbf{x}, \mathbf{u}] + \frac{\partial V(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{f}[\mathbf{x}, \mathbf{u}] \right]. \quad (3.19)$$

$$U_{\text{att}}(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \xi \rho^2(\mathbf{x}) \quad (3.20)$$

$$U_{\text{rep}}(\mathbf{x}) = \begin{cases} \frac{1}{2} \eta \left( \frac{1}{\rho(\mathbf{x})} - \frac{1}{\rho_0} \right)^2 & \text{if } \rho(\mathbf{x}) \leq \rho_0, \\ 0 & \text{if } \rho(\mathbf{x}) > \rho_0, \end{cases} \quad (3.21)$$

$$U(\mathbf{x}) = U_{\text{att}}(\mathbf{x}) + U_{\text{rep}}(\mathbf{x}) \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{F}(\mathbf{x}) &= -(\partial U / \partial x_1, \partial U / \partial x_2, \dots, \partial U / \partial x_n)^T \\ &= -\nabla U(\mathbf{x}). \end{aligned} \quad (3.23)$$

$$V(\mathbf{x}; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{N_\theta})$$

$$\phi_i(\mathbf{x}) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \mathbf{c}_i)^t M_i (\mathbf{x} - \mathbf{c}_i) \right\}, \quad (3.24)$$

$$b_i(\mathbf{x}) = \frac{\phi_i(\mathbf{x})}{\sum_{j=1}^{N_\phi} \phi_j(\mathbf{x})}, \quad (N_\phi : \text{ number of RBFs in the space}) \quad (3.25)$$

$$V(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{N_\phi} \nu_i b_i(\mathbf{x}). \quad (3.26)$$

$$\phi_i(x) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x - i)^2 \right\}$$

$$V(\mathbf{x}) = \sum_{i=0}^3 w_i V(\mathbf{x}_i) \quad (3.27)$$

表 3.1 謎のパラメータ

(a)		(b)	
parameter	value	variable	domain
$\ell_1, \ell_2$	1.0 [m]	$\theta_1$	$(-\infty, \infty)$
$\ell_{c1}, \ell_{c1}$	0.50 [m]	$\theta_2$	$(-\infty, \infty)$
$m_1, m_2$	1.0 [kg]	$\dot{\theta}_1$	$[-720, 720][\text{deg/s}]$
$I_1, I_2$	1.0 $[\text{kg m}^2]$	$\dot{\theta}_2$	$[-1620, 1620][\text{deg/s}]$
$g$	9.8 $[\text{m/s}^2]$	$\tau$	$-1, 0, \text{ or } 1[\text{Nm}]$

## 第4章

### 結論

得られた知見を定量的に述べましょう。予稿等では箇条書きにしたほうがよいのですが、卒論の場合はどうせ長くなるので箇条書きは不要です。





## 付録 A

## Appendix is 何?

付録です。