

二重閾値に基づく適応的 ガソリンエンジンノック確率制御

上智大学大学院
理工学研究科 理工専攻
制御工学研究室
ZHAO KAI

背景、問題設定

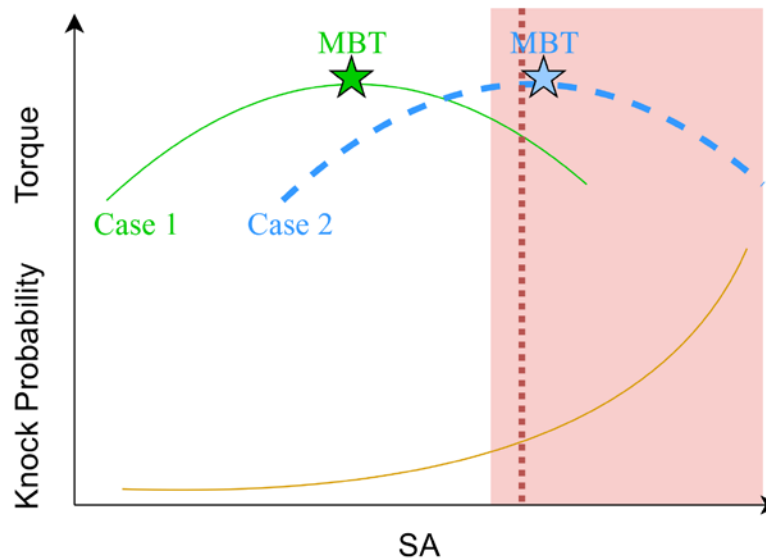
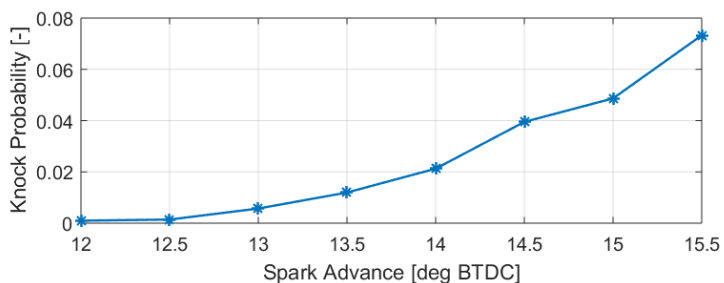
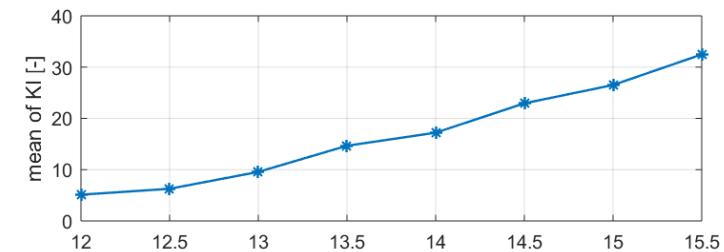
● ノック：筒内エンドガス自己着火、異常燃焼；SA増やす→ノック強度、確率上昇

● 目的：

- エンジン出力↔強いノック発生リスク：トレードオフを取る
- ノック強度KIを三段階に分類：ノックなし、弱いノック、強いノック
- 強いノック確率を p_{tar} に維持するように制御を行う

- $Prob(KI > T_H) = p_{tar}$

- T_H : ノック強度KIに対し、強いノックの閾値; p_{tar} : 目標ノック確率

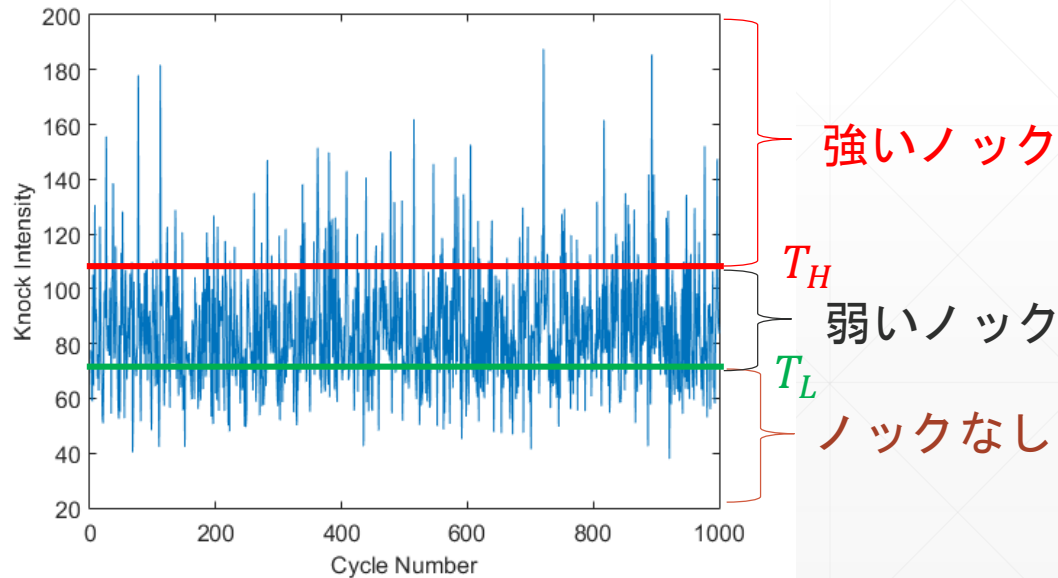


- Case 1:
 - Maximum power output (MBT) point in knock-free region
- Case 2:
 - Maximum power output in knock region

制御手法

$$SA = \begin{cases} SA - K_{ret}, & KI \geq T_H \\ SA, & T_L \leq KI < T_H, \\ SA + K_{adv}, & KI < T_L \end{cases}$$

- SAをサイクル毎に調整
- K_{ret} は事前に決め：強いノック発生時に点火時期のリタードを確保
- K_{adv} はオンラインで適応



K_{adv} 適応則

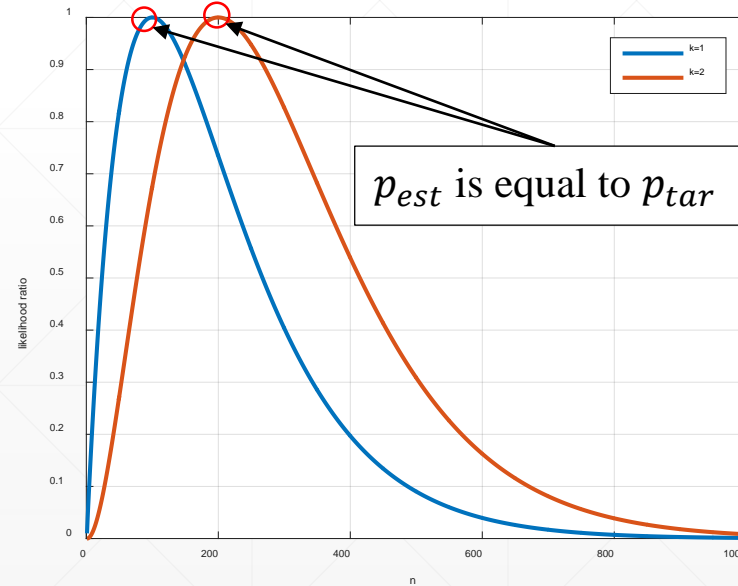
$$K_{adv} = K_{adv} + \alpha(1 - \Lambda) * \text{sign}(p_{tar} - p_{est})$$

Λ : 尤度比

$$\Lambda = \frac{p_{tar}^k (1 - p_{tar})^{n-k}}{p_{est}^k (1 - p_{est})^{n-k}} \in [0,1], \quad p_{est} = \frac{k}{n}$$

$\Lambda \rightarrow 1$: 強いノック確率測定は目標 p_{tar} に近い

$\Lambda \rightarrow 0$: 強いノック確率測定は目標 p_{tar} に遠い



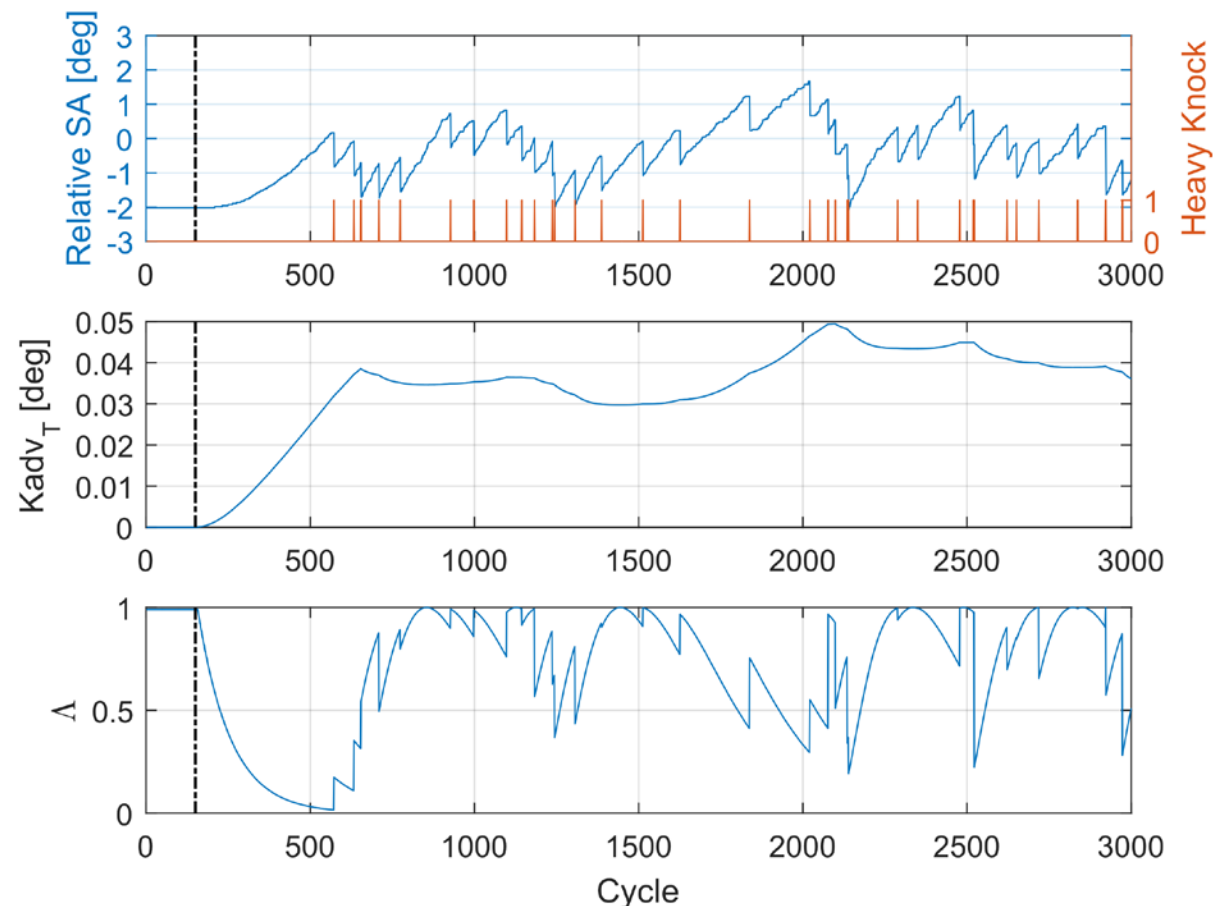
- α : K_{adv} の調整量を決める
- $\text{sign}(p_{tar} - p_{est})$: K_{adv} を増やす/減らすことを決める

実機実験



L4 SI engine (2ZR-FXE)

Capacity	1797[cc]
Compression Ratio	13
Fuel Injection	Port injection
Maximum Output	73[Nm]/5200[rpm]
Equipped Vehicle	Prius



- 初期SAはボーダーラインSAより -2 [deg] に設定
- 強いノック発生時にはSAが直ぐに減らされる
- K_{adv} 0.04に安定
- 最後の2000サイクルにおける強いノック確率1.35% (目標は1%)