

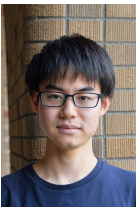
Chebyshev展開を利用したフィルタ設計による エンコーダからの速度推定における 遅れと誤差のトレードオフの解消

沼田鋼助*, 大西亘*, 古関隆章*, 野村優介**, Adiyasuren Altanbileg***, 高田修司***



* 東京大学 古関・大西研究室
** MTL *** KSJ

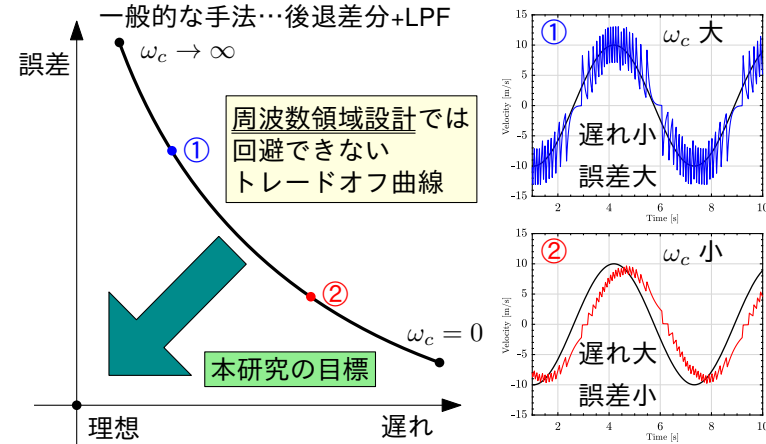
k.numata@ctl.t.u-tokyo.ac.jp



速度推定におけるトレードオフ

エンコーダの出力信号 $\hat{x}(t) = \text{入力信号 } x(t) + \text{量子化ノイズ } e_x(t)$

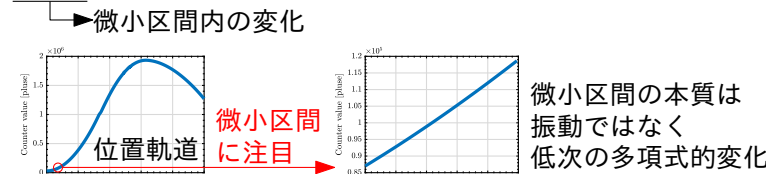
速度を推定しようとする場合



誤差と遅れのトレードオフを解消したい

Chebyshev展開とは

速度推定における多項式近似手法の妥当性



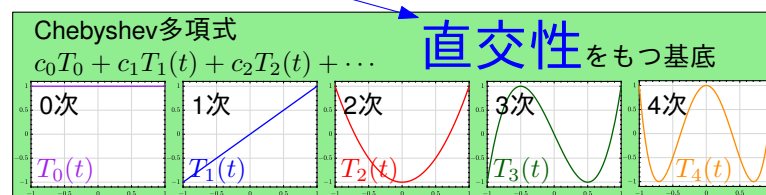
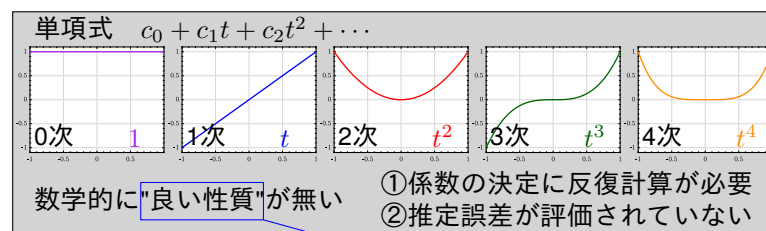
周波数による対比構造より多項式の次数による対比構造

入力信号は低周波
量子化ノイズは高周波

入力信号は低次の変化
量子化ノイズは高次の変化

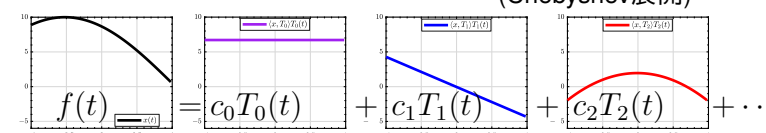
の方が対比の筋が良いと判断 → 多項式近似を検討

多項式近似における基底



特徴

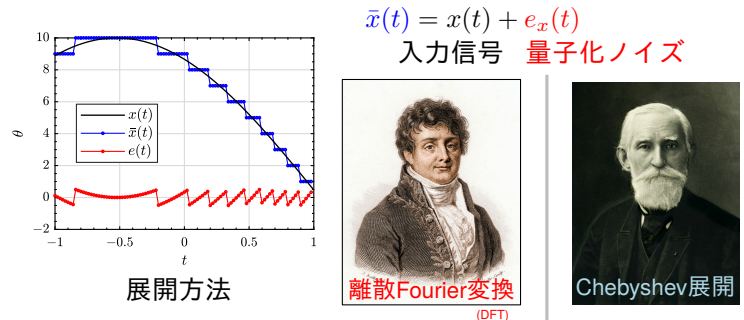
①係数が内積計算 $c_i = \langle f, T_i \rangle$ を使って直接計算可能 (Chebyshev展開)



②周波数領域同様の成分分析が可能 → 推定誤差の評価

Chebyshev展開による次数成分分解

実際の微小区間での変化を模した信号を用意



基底の物理的意味

振動の周波数

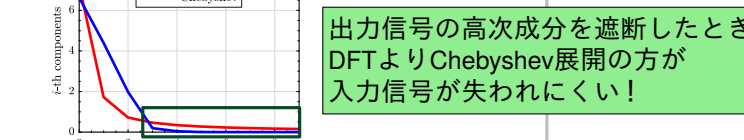
位置/速度/加速度

入力信号 $x(t)$ の成分分布

裾が重い

裾が軽い

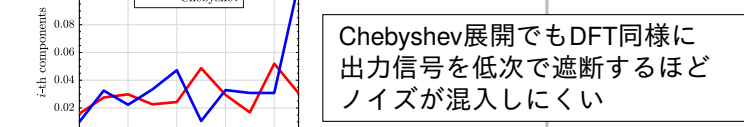
(次数に対する成分の減衰が緩やか) (次数に対する成分の減衰が急)



量子化ノイズ $e_x(t)$ の成分分布

偏り無し

偏り無し



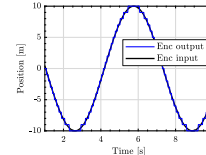
微小区間の解析にはChebyshev展開が適する

速度推定実験

推定計算時間 **4us** << 50us (PWM周期など)

現実的に利用可能!!

条件

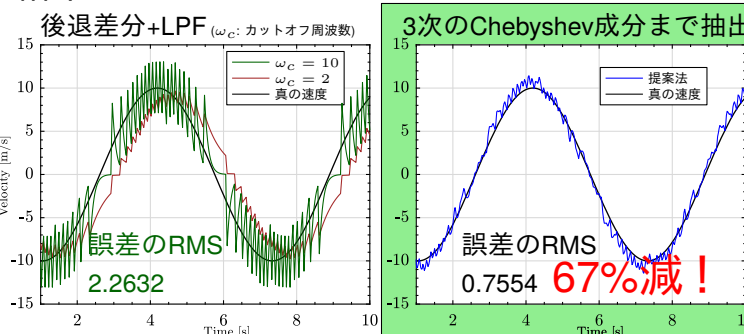


入力信号(位置) 振幅10の正弦波

量子化幅 1

同じ出力信号から速度推定

結果



遅れと誤差のトレードオフを解消!

今後の展望

高度な理論化

多項式近似をする区間の長さの検討

現実的な利用

推定のFPGA実装と制御応用

文献

沼田鋼助, 大西亘, 古関隆章, アルタンビレグアディヤスレン, 高田修司, 野村優介: "Chebyshev多項式を基底とした次数成分分解によるエンコーダの時系列データの解析", 電気学会産業応用部門メカトロニクス制御研究会 (2024)