N-009

# システム制御のシンクライアント型学習支援システム

# A Thin-Client Approach for Learning of System Control

九州工業大学　古賀雅伸　岸田和也　矢野健太郎
Masanobu Koga　Kazuya Kishida　Kentaro Yano

## 1 はじめに

近年，企業や教育機関などの大規模な PC 環境を構築する際，シンクライアント技術が活用されることが増えている。シンクライアント技術とは，利用者が使用する PC 端末に最低限の機能しか持たせず，サーバ側でアプリケーションやファイルなどの資源を管理するシステムの総称である。

本研究では，シンクライアント技術を活用した，制御工学教育の学習環境の構築，管理，運用に要する負担を軽減するシステム制御学習支援システムを開発することを目的とする。

## 2 学習環境の構築・運用に関する問題

制御工学の大規模な学習環境の構築や管理，運用に関する問題を以下に示す。

### 2.1 実時間環境の構築に要する負担

制御系の開発プロセスでは，設計した制御器の性能をシミュレーションで確認した後，実際に制御対象を仕様通りに制御できるか検証するための制御実験を行う。ロボット等を制御対象とする制御実験を PC 上で実施するためには，PC 上に実時間環境 (実時間制約が保証された環境) を構築する必要がある。研究が主な目的の場合，市販のリアルタイム OS をインストールすることで対処するが，大規模な学習環境を構築する場合，コストを抑えるためフリーで使用できる RTLinux [1] 等をインストールすることが多い。しかし，こららのフリーソフトウェアについては,

- インストールの難易度が高い
- 対応カーネルが少ない

といった問題があり，誰もが容易に実時間環境を構築できない。

### 2.2 インストールや管理に要する負担

学習環境を構築するには，端末 1 台 1 台に実時間環境を構築し，学習支援ソフトウェアをインストールする必要があり，ソフトウェアを更新する場合も同様な作業が必要となる。この作業に要する負担は，学習環境の規模に比例して増大する。

### 2.3 誤操作に対する環境復旧に要する負担

利用者の不用意な誤った操作により，学習支援システムがダメージを受けた場合，システムの再構築が必要となり，運用の負担が増大する。

## 3 学習支援システム

提案する学習支援システムは，倒立振子の制御系開発プロセスによる制御工学教育とその学習環境の構築，管理，運用を支援する。

本学習支援システムの概略を図 1 に示す。本システムに必要な全てのコンテンツは USB(または，CD-ROM) に格納され，そのメディアから PC を起動すると，制御工学教育の学習環境を構築するシンクライアントサーバが起動する。シンクライアントサーバは，各学習端末に OS イメージを配信し，学習端末の学習環境を構築する。学習端末側では，ネットワーク起動するように PC の BIOS を設定するだけである。

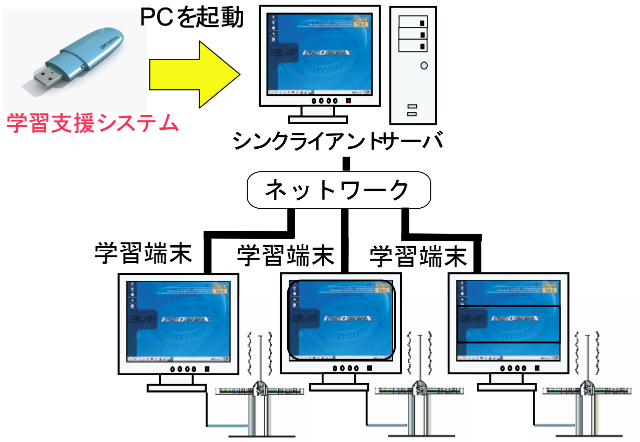


図 1: 学習支援システムの概略

本学習支援システムは，シンクライアント技術を用いるので，各学習端末に対して実時間環境の構築や制御系ソフトウェアのインストールが不要である。そのため，使用する PC の既存環境に依存せず，かつ既存環境に影響を与えることがない。そして，サーバ側で学習端末を一括管理するので，学習環境の管理が容易になると共に，情報漏洩の防止に役立つ。さらに，演習や実験の内容毎に教材メディアを準備することができるので，制御工学教育の学習環境の構築や拡張を容易に行える。

### 3.1 学習支援システムの構成

本学習支援システムの構成を図 2 に示す。本システムは，CD(USB) 起動 Linux である KNOPPIX[2] を制御工学教育用にカスタマイズすることで開発した。KNOPPIX のベースである Debian GNU/Linux は，非リアルタイム OS であるため，実時間制約が保証されない。そこで，本研究では Linux カーネル 2.6 のリアルタイム性を向上させるリアルタイム制御パッケージを開発し [3, 4]，KNOPPIX に開発したパッケージを組み込むことにより，リアルタイム制御実験を可能にした。そして，数値計算言語 MaTX[5] にリアルタイム処理の拡張を施した RtMaTX[6] を用いて制御系の解析・設計プログラム，およびリアルタイム処理プログラムを開発した。

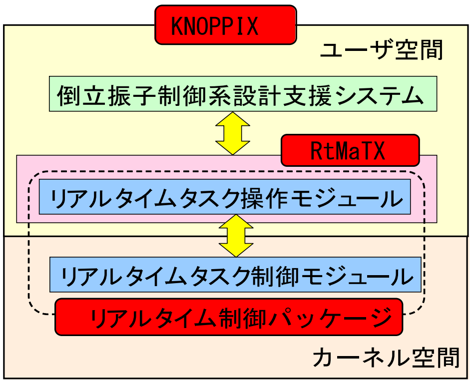


図 2: 学習支援システムの構成

### 3.2 リアルタイム制御パッケージ

リアルタイム制御パッケージは，Linux カーネル 2.6 上でリアルタイム処理に必要な機能を提供するミドルウェアである。2 個のモジュールから構成される。

一つは，リアルタイム処理に必要な機能を提供するリアルタイムタスク操作モジュールであり，表 1 に示す C 言語の関数を提供する。この関数を用いて生成されるリアルタイムタスクはユーザ空間で動作するので，タスク内から既存のユーザ空間で動作するコードを利用可能であり，OS のメモリ保護機能が有効である。

もう一つは，リアルタイムタスクの制御・管理を行うリアルタイムタスク制御モジュールであり，カーネルモジュールとして提供される。このカーネルモジュールをカーネルに組み込むだけで Linux の実時間制約の性能が向上する [3, 4]。カーネルの再構築は必要ない。

## 4 シンクライアント方式の性能評価

シンクライアント方式を用いる本システムの性能評価を行うためサーバの起動時間等の測定を行った。測定環境を図 3 に示す。また，測定結果を表 2 に示す。この結果より，最短で 115[s] で 5 台の学習端末の学習環境を構築できる。

## 5 まとめ

本研究では，USB(または CD-ROM) から PC を起動するだけで，シンクライアント方式でリアルタイム制御実験を含む制御工学教育の学習環境を構築できるシステムを開発した。本システムは，学習環境の構築，管理，運用に要する負担を大幅に削減できるので，大規模環境下でも制御系ソフトウェアを用いた制御工学教育を容易に実施できる。

表 1: リアルタイム操作関数

| 関数名 | 説明 |
|---|---|
| pthread_create_np | RT タスクを作成 |
| pthread_suspend_np | RT タスクの実行を中断 |
| pthread_wakeup_np | RT タスクの実行を再開 |
| pthread_make_periodic_np | 周期処理を設定 |
| pthread_stop_periodic_np | 周期処理を停止 |
| pthread_wait_np | 次の周期まで待機 |

表 2: 性能測定結果

| 測定内容 | 時間 |
|---|---|
| サーバの起動 (USB 起動) | 51[s] |
| 学習端末 1 台の環境構築 (HDD 起動) | 79[s] |
| 学習端末 1 台の環境構築 (NET 起動) | 56[s] |
| 学習端末 5 台同時の環境構築 (NET 起動) | 64[s] |

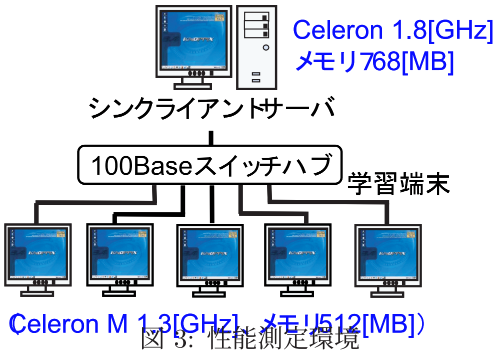


図 3: 性能測定環境

## 参考文献

[1] FSMLabs. http://www.fsmlabs.com/.
[2] 産業技術総合研究所. KNOPPIX 日本語版. http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/.
[3] 岸田和也, 古賀雅伸. Linux カーネル 2.6 を用いたリアルタイム制御パッケージの開発. 第 49 回システム制御情報学会研究発表講演会, pp. 61–62, 2005.
[4] 古賀雅伸, 岸田和也. Linux のリアルタイム制御パッケージを用いた実験環境構築システム. FIT2006(第 5 回情報科学技術フォーラム), pp. 349–350, 2006.
[5] 古賀雅伸. Linux・Windows でできる MaTX による数値計算. 東京電機大学出版, 2000.
[6] 古賀雅伸. 制御系のシミュレーション環境とリアルタイム制御環境の融合. 電気学会論文誌 C, Vol. 118, No. 4, pp. 551–557, 1998.