

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 安川 清一

本論文は、「リアルタイム並列システム PIM と鉄道システムシミュレータへの適用」と題し、7章と付録からなる。鉄道システムなど大規模制御システムの構築には、その詳細な試験のために高精度なシミュレータが必要であるが、従来のシミュレータ作成手法ではテストの変更に対する柔軟性や実システムとの対応精度が必ずしも十分でなく、また作成に大きなマンパワーがかかるという問題があった。本論文は、シミュレータの記述方式とそれを動かす処理系に対して新たな方式を提案しその効果について論じたものである。

第1章「序論」は、研究の背景、目的を述べるとともに、本論文の構成についてまとめている。

第2章「制御システム開発と試験用シミュレータの現状と課題」は、制御システムの実例として新幹線運行管理システム、コムトラックを取り上げ、従来の試験用シミュレータの問題点を分析し、次世代シミュレータにおける要件について述べている。また、一般のシミュレータプラットフォームをも各種取り上げその利害得失を分析している。

第3章「制御システム試験用シミュレータの要件」では、前章のコムトラック試験用シミュレータの要件を一般化して、制御システム試験用シミュレータの要件としてまとめている。すなわち、シミュレータ妥当性検証容易性、リアルタイム性の保証、規模・性能の予測可能性、分散開発、オンライン変更・追加・削除、短期集中開発、システム挙動再現性、ソフトウェア生産性、デバッグ容易性、エンドユーザプログラミングを挙げている。

第4章「リアルタイム並列システム PIM の提案」は、この論文で提案しているリアルタイム並列システム PIM、そのアプリケーション言語 Paracell、開発保守環境 Navigator について述べたもので、数多くのセルと呼ぶ仮想プロセッサが共有メモリを介してデータの授受をおこなうモデルを用いている。この上で Paracell 言語で書かれたタイルと呼ぶプロセスを実行するのであるが、ポイントは、逐次処理を並列化するのではなく、制御システムのような元々並行動作している事象をそのまま Paracell 言語で記述し PIM 実行環境でそのまま並列処理するという点にあり、そのため PIM システムは、OS、言語処理系、デバッグツールなどすべてが並列処理を前提に設計・実装されている。動作の記述は離散時刻に沿って行なわれ、ある時刻 t のデータを用いて、次の時刻 $t + 1$ におけるデータ値を定めるという形を取る。処理もその形に沿って行われ、各セルが時刻 t のデータ値を順次読み込んで時刻 $t + 1$ のデータ値を計算後、順次共有メモリに書き込み、全セルの処理が完了すると次の時刻の処理に進む。

第5章「新幹線運行管理システムシミュレータへの適用と評価」は、前記 PIM システムを新幹線運行管理システム、コムトラックに適用した例について述べたもので、コムトラック開発（1999年のフェーズ7）と運用の各段階、すなわち、新制御論理検証や投資判断

などのためのシステム検討段階、総合試験、現車試験の前に行われる運行乱れ時まで含めた網羅的試験、運転司令員訓練、改正ダイヤ検証、追加設備事前検証、という多くの目的に合わせて開発を行った結果を述べている。その結果、列車運転設備条件や、ダイヤをもとに列車走行条件を考慮した列車群走行を忠実に模擬可能で、運転設備故障或いは車両故障に起因する異常状態を容易に発生することができ、ダイヤ乱れ時の列車群走行状態を忠実に模擬できることを示すとともに、これら全てのシミュレーションを実時間の数倍速で行えること実証した。これによって、新制御方式検証、システム試験、指令員訓練、改正ダイヤ検証、新設備事前検証等、PIMシステムが多目的に使えることを示している。

第6章「結果の検討と今後の研究課題」は、PIMシステムが制御システム用シミュレータ構築上与えた効果と残された課題を考察したもので、本システムは、プログラミング上の困難が少なく、実物に即したプログラミングにより並列システムタイミング競合の問題も少なく、リアルタイム性の保証、シミュレータの妥当性検証容易、プロトタイプ製作でフルシステムのシステム規模・性能が予測できる、分散開発ができる、オンライン変更・追加・削除が可能、バグ修正に停止・再立上げが不要、エンドユーザによるシステム構築・増強・保守が可能などの特徴を挙げている。また、今後の課題として、セルのサイズ拡張、異常値の処理、フレーム周期の高速化、などを挙げている。

第7章は「結論」である。

以上、これを要するに本論文は、大規模制御システム構築のための試験用高精度シミュレータ構築を容易にするリアルタイム並列システム PIM を提案し、実際の大規模なシステムに適用してその有効性を示したもので、電気工学上貢献するところ少なくない。

よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。