

# PC クラスタによる電力系統解析の並列化

田 岡 久 雄\*

## Parallel Processing of Power System Analysis on PC Cluster

Hisao Taoka

PC clusters are parallel processing systems which consist of commodity PCs and high speed networks. PC cluster technology allows us to get high speed processing on several applications. In this paper, several types of power system analysis on PC cluster are introduced and the overview of our current research on PC cluster is shown.

### 1. 序論

電力系統の解析技術は、過去・現在・将来に渡って常に電力系統の基礎技術であり続けている。特に、図1に示すように、系統のダイナミクスを解析するシミュレーション技術は、系統機器の持つ非線形要素を含めて正確に減少を模擬・分析できる技術として、系統計画の段階から機器の設計、運用・制御・保護・緊急時対策・事故分析のあめの解析に至るまであらゆる断面で用いられ、系統が大規模・複雑化するにつれますます重要になってきている。

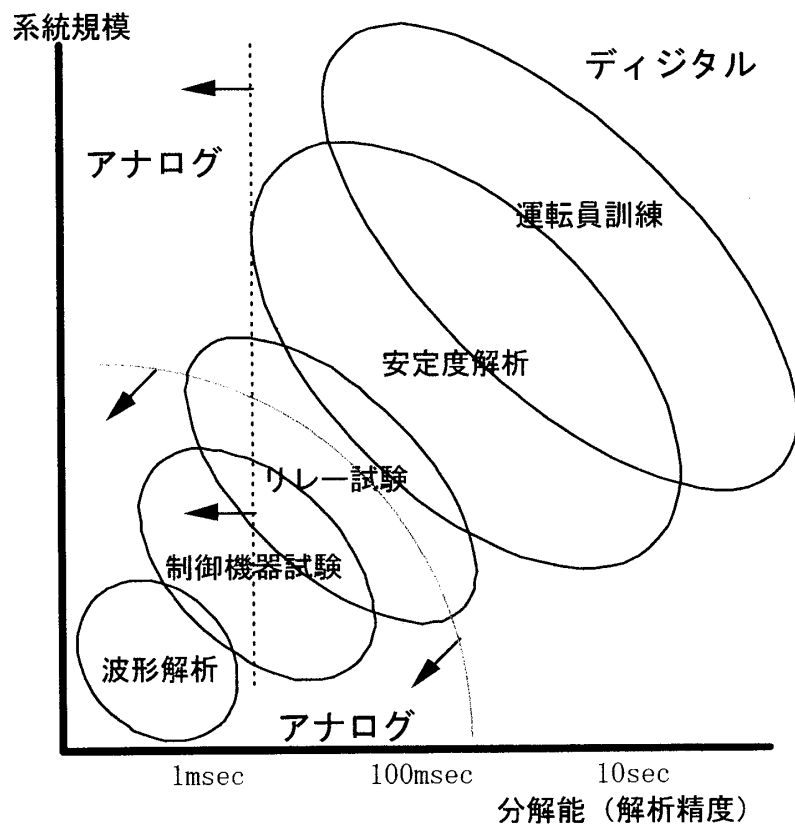


図1. シミュレーション技術

\* 電気電子工学科

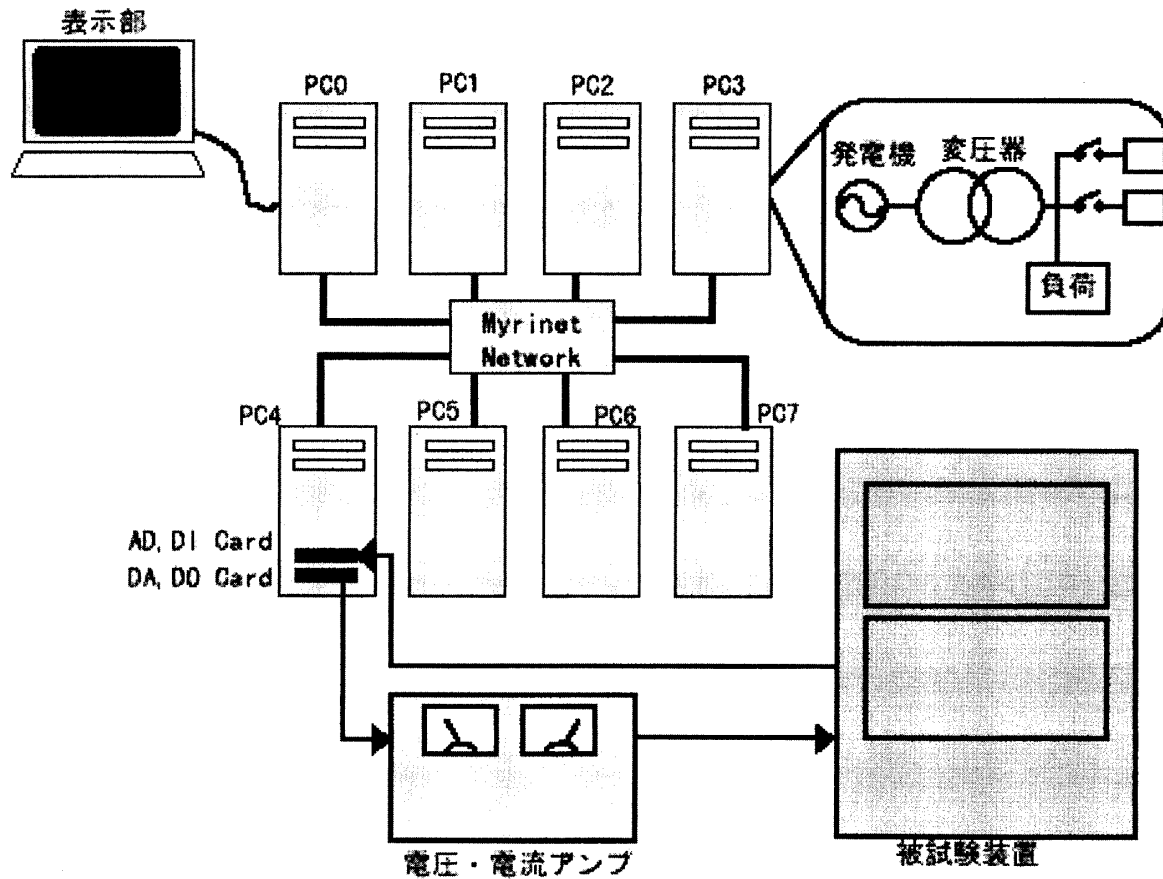


図2. PC クラスタ系統解析シミュレータ

電力系統の解析には、定常状態での電圧・潮流分布を解析する静特性解析から、時間的動きを把握する動特性解析など、解析対象現象の時間領域・規模・目的などにより様々な形態のものがある。また、シミュレーションの方法にも、電力会社の給電所員の訓練のための訓練シミュレータから保護リレーなどの機器試験を目的にした模擬送電線、制御系の特性把握・検証のためのプラントシミュレーション、実証試験できない現象の把握のための過渡安定度解析など、目的により種々のものがある。また、波形解析を主とした瞬時値解析と系統の安定度解析を主とした実効値解析、扱う信号によりアナログタイプのシミュレータとデジタルコンピュータによるシミュレーションに分類できる。このような電力系統解析の機能向上、詳細なシミュレーションの実現、高速化などを目的として、筆者は、PC クラスタ上で電力系統解析を拘束に行うための並列化手法を研究してきた。図2のシミュレータは、その一例である。

一方、PC クラスタの延長上の技術として、グリッドコンピューティング技術が注目されている<sup>1)</sup>。その目的は、1つはネットワーク上に存在する多数のコンピュータを使って、大量のデータ処理を実現するコンピューティンググリッドである。また1つは、高速のネットワーク処理を駆使して、処理性能の高い計算機環境を実現するデータグリッドである。セキュリティを高め、データや処理を分散させて信頼性を高めたビジネスグ

リッドも提案されている。

このように、大量のデータ処理か高速のデータ処理か信頼性の向上か、あるいは兼ね備えたものなど、目的を1つに合わせて大量データ／高速処理を実現するコンピューティング環境の構築が、グリッドコンピューティングである。グリッドコンピューティングは、こうした同一目的の処理のみならず、異種・異目的の処理で協調を取りながら構築される形態もその一つである。本論文で検討している PC クラスタ<sup>2)</sup>は、グリッドコンピューティングの PC グリッドとして広くとらえることができる。

本論文では、まず、PC グリッドの一形態として、PC クラスタについて述べた後、電力系統解析の並列化のための手法とその実現方法について紹介する。

## 2. PC クラスタ

PC クラスタは、安価な PC を複数台並べて高速な通信ネットワークで結び、並列計算を行わせることにより、計算処理の高速化・大容量化を実現しようというもので、比較的安価にスーパーコンピュータ並みの処理性能を得ることができる。電力系統解析のような、高速大規模なシミュレーションを行うのに適したコンピュータシステムと言える。しかし、その効率を最大限に引き出すためには、大規模システムを高速に計算できるコンピュータアーキテクチャと、それに適した計算アルゴリズムの改良が不可欠となる。

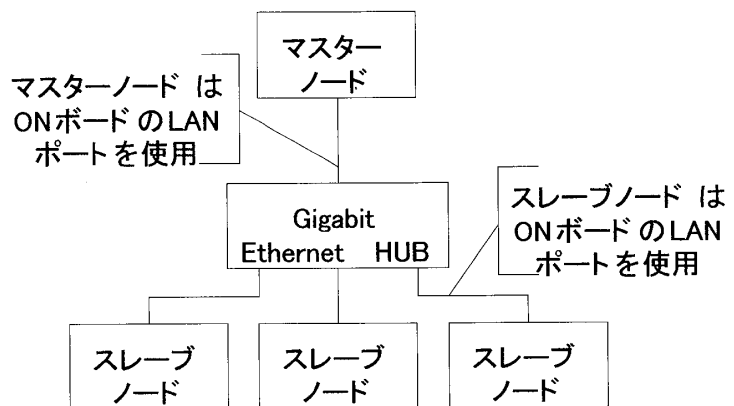


図3. 1CD 起動型 PC クラスタの構成

図3は、PC を複数並べた PC クラスタの構成である。PC は、汎用の PC であるが、処理を並列化して高速に実行させるためには、高速な通信ネットワークが必要である。筆者は、Gigabit イーサネットを利用した PC クラスタを構築した。オペレーティングシステムとして、ソースが公開されて性能向上が図られ、UNIX 系のアプリケーションが搭載可能な Linux を用いた。また、CD1 枚で容易に PC クラスタが構築可能な KNOPPIX for MPI に注目し、検証を行っている。

KNOPPIX は Linux の一つであり、特徴としては以下のことが挙げられる。

- ・ CD-R 等に ISO イメージを書き込んだ媒体のみで Linux の起動が可能である。
- ・ 既存のシステムを変更することなく Linux を使用することができる。
- ・ 既存の Windows 領域にインストールすることができる。
- ・ 初心者でも容易に Linux と Windows のデュアルブート化が可能である。

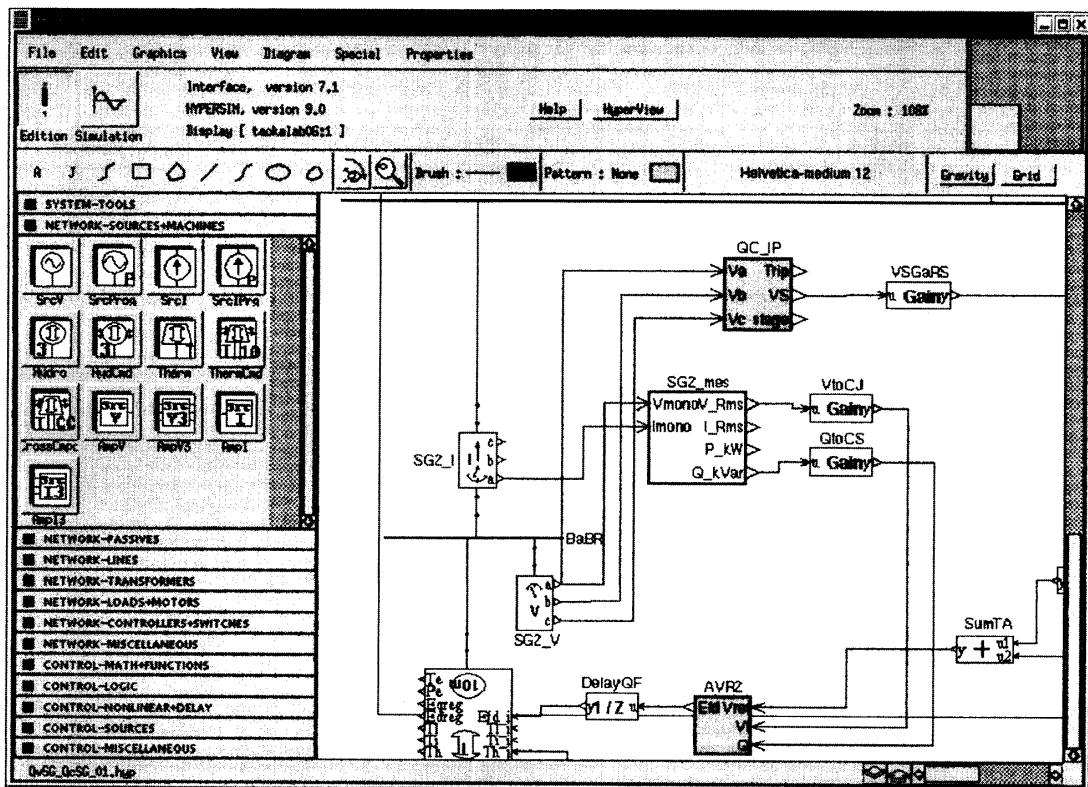
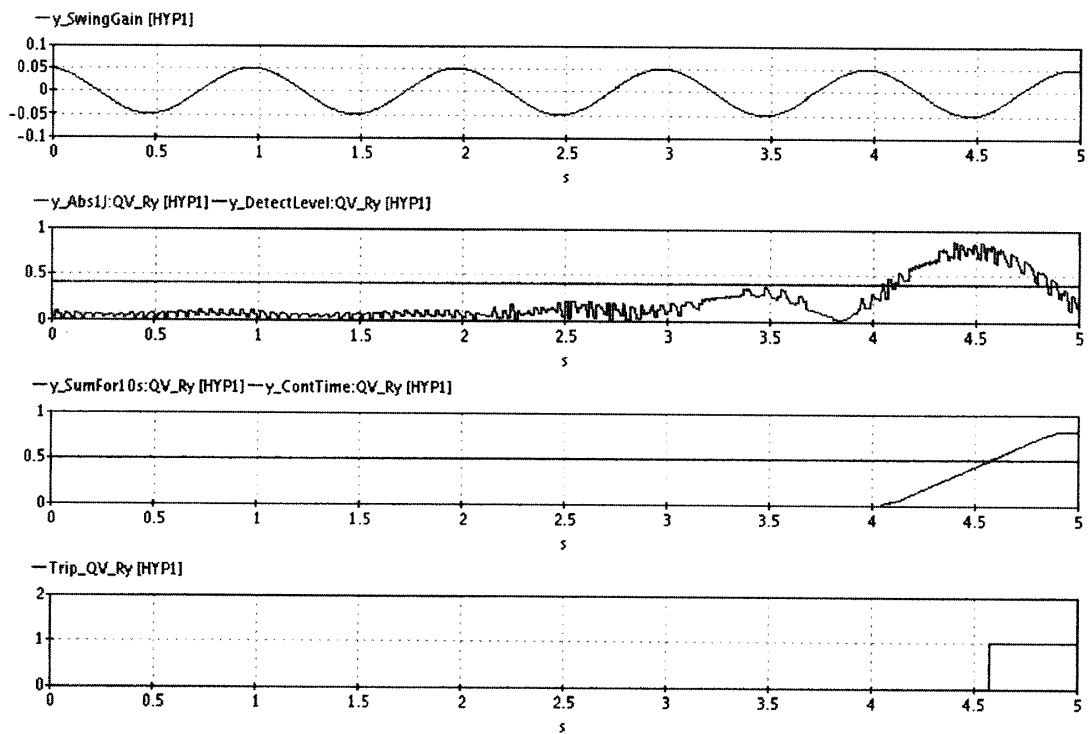


図4. 瞬時値PCクラスタシミュレータの画面例



[HYP1] - taokalab06:1

図5. 瞬時値PCクラスタシミュレータの結果表示例

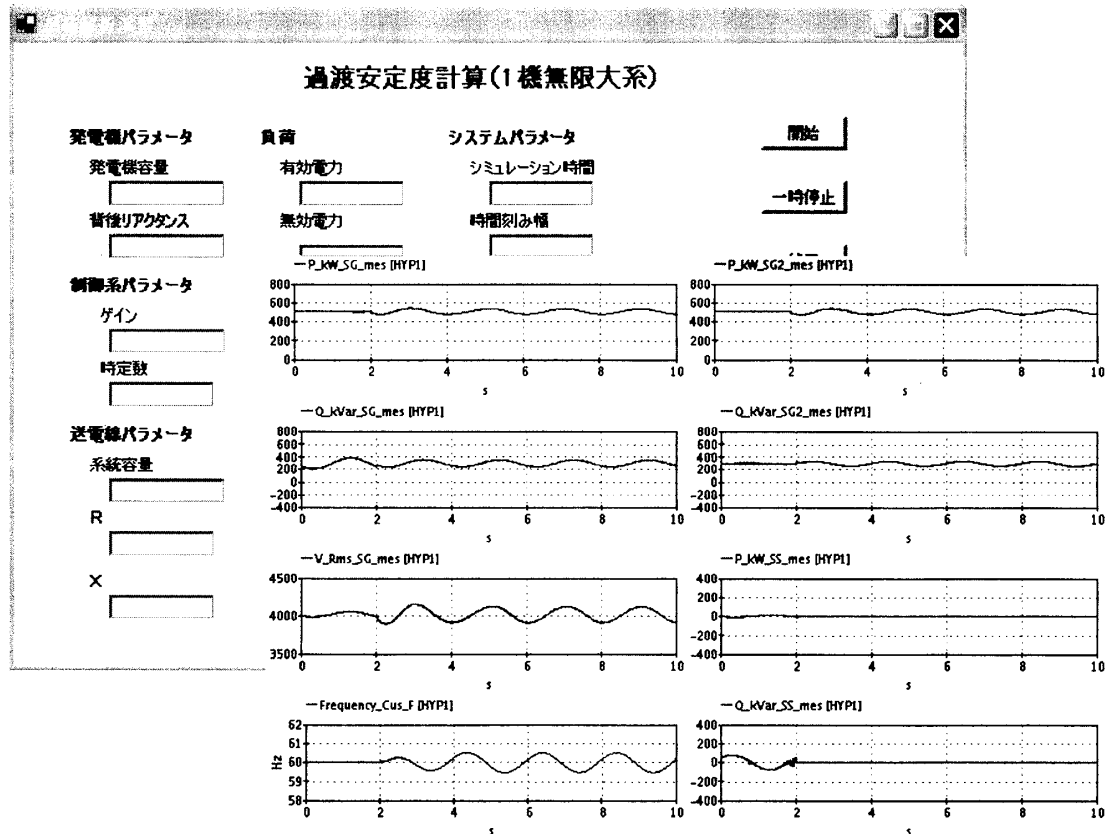


図6. 実効値解析の画面例

### 3. 電力系統解析と並列化手法

電力系統のシミュレータには、波形解析を行う瞬時値シミュレータと、電力の流れを解析する実効値シミュレータがある。

瞬時値シミュレータは、進行波解析の手法を用いて、伝搬速度に見合った送電線距離を保って、送電線モデルをCPU間の通信に見立てることで、並列化を実現できることが証明されており、その手法によるシミュレータが既に開発されている<sup>3)</sup>。また通信を高速化することで、実際の動きと同じ速度で解析を実現できることを確かめている。筆者らが開発した画面の一例を、図4、図5に示す。

実効値シミュレータの並列化は、電力潮流をCPU間の通信に見立てることで、超並列のスーパーコンピュータ上で並列化を実現している<sup>4)</sup>。このタイプのリアルタイムシミュレータは超並列型コンピュータを用いて、筆者らが開発してきた。PCクラスタ化に対しては、収束計算が入るため、より高速な通信ネットワークが必要であり、現在、研究を進めている。

今回、系統分割の手法を用い、分割したネットワーク間の送電線潮流の調節で行う手法を検討した。従来、系統を分割すると分割ネットワークの間で多数回の収束計算を毎回行う必要があった。しかし、分散電源の導入で、分散電源が繋がっている送電線、あるいはマイクログリッド系統への電力潮流は比較的小さく、収束計算が短時間で済むことが確かめられた。事故時の急激な潮流増加のみ考慮すればよいことから、潮流の少ない

送電線で分割することで、ネットワークのクラスタリングが容易である。図6に、実行例を示す。

#### 4. 結論

本論文では、PC クラスタ技術及び電力系統解析技術の動向を紹介した後、電力系統解析の並列化のための手法とその実現方法について現在までの開発概要を述べた。

今後、PC クラスタの高速処理という特徴を生かすのみならず、PC の空き時間を利用して処理が可能な PC グリッドの技術を適用したグリッドタイプの系統解析環境の構築を図っていくことができれば、より身近に PC クラスタが用いられると期待している。

#### 参考文献

- 1) 日本 IBM SE(株)：グリッド・コンピューティングとは何か，ソフトバンクパブリッシング，(2004)．
- 2) 石川，佐藤，堀，住元，原田，高橋：Linux で並列処理をしよう，共立出版，(2002) ．
- 3) T. Yamamoto, H. Enomoto, Y. Kono, Y. Hasegawa, H. Taoka, C. Larose & S. Guerette, "Development of Real-Time Power System Simulator on PC Cluster", Proc. of ICEE, (2002)．
- 4) 山本，榎本，黒田，河野，田岡：PC クラスタによるリアルタイム電力系統シミュレータ，電気学会論文誌 B, Vol. 124-B, No. 5, (2004) ．
- 5) 坂本，田岡：PC クラスタ並列コンピュータの通信性能評価，平成 16 年度電気関係学会北陸支部連合大会，EP-9, (2004)．
- 6) 坂本，田岡：グリッドコンピューティングによる配電系統解析の検討，平成 17 年度電気学会産業応用部門大会，2-1, Aug. (2005)．
- 7) 田岡：グリッドコンピューティング環境での系統解析 CAI の検討，電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会，PE-05-36, PSE-05-43, Sep. (2005)．
- 8) 坂本，田岡：グリッドコンピューティングにおける異なる OS 間通信 S/W の開発，平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会，E-53, Sep. (2005)．
- 9) 高江，八田，田岡：PC クラスタ上での並列プログラミング，平成 18 年度学生による研究発表会，Mar. (2007)．
- 10) 櫻井，高橋，西田，田岡：複数言語によるネットワークプログラミング，平成 18 年度学生による研究発表会，Mar. (2007)．
- 11) 櫻井，高橋，西田，田岡：複数言語によるネットワークプログラミング，平成 19 年電気学会全国大会，Mar. (2007)．
- 12) 櫻井，田岡：ICDLinux を用いた PC クラスタの構築及び並列プログラミング，平成 19 年度電気関係学会北陸支部連合大会，E-49, Sep. (2007)．
- 13) 藤田，田岡：Score の MPI ライブラリによる並列分散処理とその処理速度向上のための手法，平成 19 年度電気関係学会北陸支部連合大会，E-50, Sep. (2007)．
- 14) 櫻井，田岡：ICDLinux を用いた PC クラスタの構築及び並列プログラミング，平成 19 年度学生による研究発表会，Mar. (2008)．
- 15) 藤田，田岡：並列分散処理における効率的なデータの分配方法，平成 19 年度学生による研究発表会，Mar. (2008)．
- 16) 田岡：PC クラスタによる電力系統解析の並列化，福井工大研究紀要、第 38 号 (第一部)，Mar. (2008)．

(平成 20 年 3 月 31 日受理)