

大規模集積回路の設計では、回路シミュレーション、すなわち回路を記述する方程式をコンピュータで解き動作確認を行うことが中心的作業の一つとなる。回路シミュレーションのためのプログラムを回路シミュレータといい、現在ではSPICE（スパイス）とよばれるシミュレータが世界中の大学や企業で利用されている。SPICEは連立1次方程式の解法（線形回路の直流解析）、非線形方程式の解法（非線形回路の直流解析）、非線形常微分方程式の解法（非線形回路の過渡解析）など多彩な機能を持ち、また長年培われたノウハウや様々な効率化手法が集積されている非常に優れたソフトウェアである。したがってその適用対象を回路に限定するのは大きな損失であると考えられる。

本研究では、「数値解法の式を回路で記述してSPICEで解く」という逆転的発想に基づく方法論である“SPICE指向型数値解析法”を提案し、その可能性について様々な観点から研究を行った。特に、非線形方程式の数値解法であるホモトピー法をSPICEに簡単に実装する方法とその応用に関する研究を行った。

ホモトピー法は理工学上の様々な分野で応用されている非線形方程式の数値解法で、産業界でも莫大な成果をあげている、最近注目されている方法である。しかし大規模で複雑な問題にも効率良く適用できる“高度な”ホモトピー法を実現しようとする場合、かなりの専門的知識と複雑なプログラミングが必要となるため、非専門家や初心者には敷居の高い方法であった。

本研究では、SPICE指向型数値解析法により実現されたホモトピー法を回路解析、不動点問題、線形計画問題、非線形計画問題などに応用した。これらは古くからのホモトピー法の応用分野であると同時に、ホモトピー法の大域的収束性（必ず収束する性質）が証明されている分野である。本手法により、「かなり高度なホモトピー法を」「ホモトピー法のことをよく知らなくても」「複雑なプログラミングを行うことなく」「手軽に」「無料で」「広範囲の問題に」適用することができる。またSPICEは非常に優れた解析能力をもつフリーソフトであるため、このような発想は数値解析やオペレーションズ・リサーチの分野に新しい方法論を提供することが期待される。またSPICEユーザーにとっては、使い慣れたSPICEを用いて手軽に線形計画問題などを解くことのできる、極めて実現容易な方法となる。

最近大学の電気系学科では実験や演習等でSPICEを教える所が増えているため、SPICEについて多少は知っている学生や技術者の数は多くなっている。本手法で必要となるSPICEの知識はその程度のレベルで十分であるため、例えば大学院生や企業の技術者が「ちょっとホモトピー法を使ってみよう」と考えた場合などには大変便利な方法となる。

また本研究では、このアイデアを（ホモトピー法だけでなく）理論的には興味深い、実用化には至らずに埋もれてしまった様々な回路解析法をSPICE上で実現するための方法論へと発展させる研究も行った。したがってこの方法はそれ自身が“理論と実用の架け橋”となる可能性をもつ。

本研究は学会からの注目度が非常に高く、下記のように多くの招待講演の依頼や、電子情報通信学会誌への解説記事の執筆、同学会総合大会でのチュートリアル講演の依頼などを受けている。

- 招待講演：** 電子情報通信学会 回路とシステム研究会（2004年9月，京都）
電子情報通信学会 非線形問題研究会（2004年9月，京都）
日本オペレーションズ・リサーチ学会 第17回RAMPシンポジウム（2005年10月，弘前）
世界科学技術アカデミー（WSEAS）（2006年7月，ギリシャ）
- 招待講座：** 電子情報通信学会誌（2005年12月号）
- チュートリアル講演：** 電子情報通信学会 総合大会（2006年3月，東京）

