

位相的パッキング表現とその応用

——大規模問題を扱うための魔法の数々——

小特集編集にあたって

編集チームリーダー 高橋篤司

集積回路自動設計分野では、1960年代頃以降、設計で扱う素子数が、数年以内に2倍以上になるという状況が半世紀以上にわたり続いてきた。そのため、超大規模なデータを効率良く扱う様々な方法が発展してきた。位相的なパッキング表現もその中の一つである。現在、様々な分野で高性能な計算機を用いて超大規模なデータを扱うことが増えてきている。しかし、効率の悪い方法では、知見が得られるときには宇宙は滅亡している、といったことが簡単に予測できたりする。人類の役に立つ何らかの知見は、人類が滅亡する前に、できるだけ早く得なければならない。本小特集は、集積回路自動設計分野から他分野への技術移転の一助になるように、大規模データを効率良く扱うために発展してきた位相的パッキング表現とその応用を、広く紹介するために企画した。

パッキングは、日常生活でも様々な場面で登場し、我々は自然にパッキングをこなしている。一見すると簡単そうである。いや、難しいと思う人が多いかもしれない。箱に荷物を幾つか詰めるとき、荷物の詰め方を工夫しないと、全ての荷物が収まらない。収まらなければ箱をたくさん用意したり、より大きい箱を用意する。しかし、少ない数の小さい箱でよければ、安く済む。数学パズル的には、荷物を詰めるのに必要な箱（英語でビン(bin)で、瓶ではない）の数の最小化を考えるビンパッキング問題、箱に詰める荷物の価値の最大化を考えるナップサック問題など、様々な状況に応じた問題定式化がなされている。

本小特集では、集積回路の配置問題との関連で様々な研究がなされた「全ての荷物を収めるための箱のサイズの最小化」を目的とするパッキング問題のための魔法と

も呼ぶべき様々な工夫を紹介する。箱が二次元平面であるとする、ジグソーパズルのように、たくさんのピースを重ねないように平面に敷き詰めるのである。ジグソーパズルは、隙間が全くできないように敷き詰められることがヒントになることもある。しかし、配置問題ではそのような解があるとは限らず、サイズ（面積）以外にも考慮すべき事項があるので、更に難しい。

パッキング問題では、最終的にはピースを置く場所を決めるので、ピースの座標を一つずつ決めていくのが自然である。集積回路の配置問題でも、もちろんこのような方法から出発した。しかし、あるピースを置こうとしたとき、既に置かれているピースを少しずらしたい、そして、あるピースをずらすと、その隣のピースがずれて、といった玉突きが発生する。ほかのピースの座標を修正するのは難しくはない。ピース数に比例する時間で対処できる。しかし、大規模な問題では、この時間さえ許容できない。そのため、ピース間の座標の相対関係、すなわち、位相関係を定めてから、最後に座標を決める、という方法が用いられるようになったのである。

以下、第1章では、方形パッキングの様々な位相的表現とそれらの特徴について、第2章では、確率的探索手法を用いて、位相的に表現される膨大な解候補の中から良解を効率良く探索する方法を、第3章では、重なりが存在する非許容解を経由することで解を更に高速に得るための方法とその応用事例を紹介する。第4章では、三次元やより複雑な形状を扱うための表現とその応用事例を紹介する。最後に、第5章で、位相的表現をアナログ集積回路設計で用いるための拡張や工夫を紹介する。

末筆ながら最後に、御多忙中にもかかわらず記事を執筆頂きました著者の皆様、本小特集の企画編集に多大なる御協力を頂いたVLSI設計技術研究専門委員会、編集チーム、学会事務局の皆様深く感謝申し上げます。

小特集編集チーム 高橋 篤司 櫻田 英樹 定兼 邦彦
杉野 暢彦 橋 昌良 中村 祐一