

半導体設計の次のキラー・アプリはAIか

はじめに

改めて言うまでもなく、複雑な半導体を設計することは、非常に難度の高いエンジニアリング・プロセスです。半導体チップそのものも小さなものですが、内部の加工寸法は7nm（10億分の7メートル）まで微細化されており、設計プロセスの複雑さは想像を絶するものです。

エンジニアの生産性向上、およびより優れたチップ・デザインの実現のために、EDA（電子設計自動化）ツール・ベンダと半導体メーカーが現在注目しているのが、機械学習（ML）です。もともと部分的な補助ツールとしての位置付けから導入が始まったMLは、今やフィジカル設計ワークフロー全体の自動化を支えるという新しい局面に移行しつつあります。強化学習（RL）など最先端のMLを活用してこれらのワークフローを最適化することで、開発期間の短縮やPPA（消費電力/性能/面積）の大幅な改善が実現しようとしています。

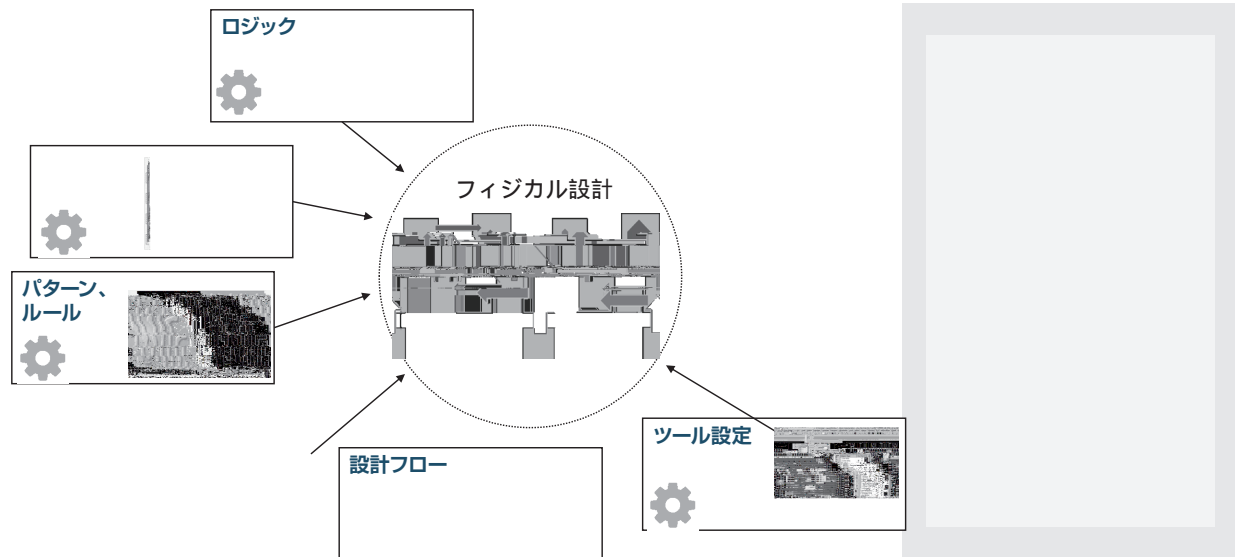
広大な設計空間を最適化することの難しさ

まず、フィジカル設計ワークフローの概要から見てみましょう。チップのロジックが完成すると、プロジェクトのフィジカル設計チームは、最適なレイアウト（フロアプラン）を決定する作業に入ります。製品の性能とコストは、このレイアウトの品質によって大きく左右されます。フィジカル設計は、チーム・メンバーが多くの設計パラメータを調整して暫定的なレイアウトを決めた後、パラメータの変更を何度も繰り返して、よりよいレイアウト候補を探すという反復的なワークフローとして進められます。この作業の途中でチップのロジックが変更されると、フィジカル設計プロセスは「リセット」され、多くの場合、一からやり直しとなります（図1）。

チップ設計者は、個々のデザイン・パーティションに対し、消費電力/性能/ダイ面積（PPA）といった設計目標を最もバランスよく満たすレイアウトを見つける必要があります。通常、この作業は何人ものエンジニアが20～30週間の時間をかけて実行します。そしてこの作業で直面するのが、膨大な「探索」の問題です。フロアプランの検討だけでも、チップの配置配線の組み合わせは $10^{90,000}$ 通りもあります。これらの構成を1つ1つ検討して最適な解を見つけるのは到底不可能であり、従来のプログラミング手法ではとても対処できません。

AIは既に多くの産業やプロセスに大きな変革をもたらしています。たとえば、最新の医薬品設計では化学エンジニアが数兆にもおよぶ候補を調べる必要があるなど、フィジカル設計と似たような課題に直面しています。フロリダ大学/ノースカロライナ大学の研究によると、AIを使用することで創薬におけるタンパク質のスクリーニング効率が最大6桁向上することが明らかになっています。だとすれば、IC設計で最適なフロアプランを見つける作業にも同様の手法を適用しようとするのはごく自然なことと言えます。

図1：従来のフィジカル設計空間探索



従来のアプローチによるフィジカル設計では、何人ものエンジニアが数か月かけて探索を繰り返す必要があり、工数と期間が課題となっていました。

提供：シノプシス¹

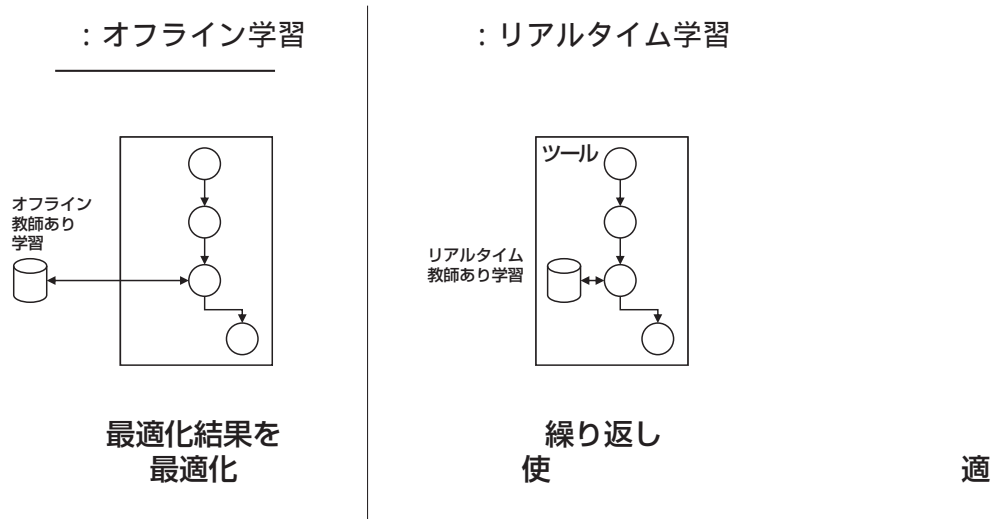
MLの中でも、特にこうした膨大な探索を得意とするのが強化学習(RL)です。RLでは、報酬の総和(ゲームに勝つことや、バランスのとれたPPAを達成することなど)を考慮して行動を決定します。教師あり学習とは異なり、RLは大量のタグ付きデータセットを用意しなくてもニューラル・ネットワークの学習が可能です。ただし、RLで「ゲーム」を学習させるには膨大な計算量が必要です。たとえば自動運転では、AIがミリ秒単位で無数の変数とトレードオフを評価し、人命にかかわる意思決定を実行しますが、AIを半導体設計に適用するのも、これと似たようなところがあります。ただし、RLは電子設計ワークフローの改善に導入が検討されている数多くの手法の1つに過ぎません。

電子設計における ML 利用の変遷

MLがチップ設計の標準ワークフローの一部として導入されるようになったのは、今から10～15年ほど前のことです。当初は、デザイン・データをオフライン・リポジトリに置き、教師あり学習(最近では教師なし学習)を使用して最適化の結果を評価するという形でMLを利用するのが一般的でした(図2のシナリオ2.1)。このアプローチは非常に有効ではあるものの、依然として長時間にわたる試行錯誤が必要な上、大量のデータへのアクセスも発生します。そこで、EDAベンダはMLを設計ツール内部に組み込み、配置配線などの設計工程をリアルタイムに改良する手法を採用するようになってきました。個々のツールにMLを埋め込むと、局所的な最適化をモデリングして、ツールがその場で最適化を実行できるという大きな利点があります(図2のシナリオ2.2)。それでもなお、エンジニアリング・チームがワークフローを人手で評価し、収束に時間がかかる設計を何度も反復する必要があります。

¹ 本書の図1～4に示した図版はすべてシノプシスに所有権があります。

図2：フィジカル設計における機械学習の利用



フィジカル設計におけるMLの利用は、補助的なツールとしての位置付けから局所的な最適化へと進化。最近では、強化学習を使用して多ツール間のグローバルなワークフロー最適化が可能となっており、既に有望な成果が得られています。

チップ設計ワークフローにおけるAIの新しい動向

前述のとおり、フィジカル設計では新しいアプローチによるML利用が始まっています。最近確認された例では、RLなどの最新技術を使用して広大な設計空間を効率的に探索し、プロジェクトの目標を満たすようにさまざまな設計目標の組み合わせをグローバルにほぼ最適化するという手法があります(図2のシナリオ2.3)。この画期的なアプローチをいち早く採用しているのが、シノプシスのDSO.ai(Design Space Optimization AI)システムです。

シノプシスによると、DSO.aiはフィジカル設計の広大な解空間を探索して最適なレイアウトを見つけます。この手法は時間の短縮だけでなく、多くの場合、デザインの消費電力とダイ面積の削減、および性能向上という成果ももたらしています。このアプローチはまだ導入が始まったばかりですが、フィジカル設計の工数と時間を飛躍的に削減しながら結果品質が向上するなど、既に有望な結果が得られています。

シノプシスは、クライアント企業との緊密な協力のもとでDSO.aiの開発とテストを進めており、AIアクセラレータ、ネットワーキング、モバイル、車載など幅広いユース・ケースにおいて既に非常に目覚ましい成果が報告されています。シノプシスによると、DSO.aiを導入した企業では結果達成までの期間（TTR）が短縮され、必要なエンジニアの数も削減されるケースが多いといえます。また、従来の設計手法を使用した

本書に関する重要事項

執筆者

Karl Freund : [Moor Insights & Strategy](#) シニア・アナリスト

発行者

Patrick Moorhead : [Moor Insights & Strategy](#) 創業社長、プリンシパル・アナリスト

お問い合わせ

本書の内容についてのお問い合わせはpatrick@moorinsightsstrategy.comまでお送りください。

Moor Insights & Strategyから折り返しご連絡いたします。

引用

公認の報道機関およびアナリストが本書を引用する場合は、本文中に著者名/肩書き、および「Moor Insights & Strategy」の記載を明記していただく必要があります。報道機関/アナリスト以外による引用は、Moor Insights & Strategyによる事前の書面許諾を得ていただく必要があります。

ライセンス

本書、およびその裏付けとなる資料はすべてMoor Insights & Strategyが所有権を有します。Moor Insights & Strategyによる事前の書面許諾なしに本書を複製、配布、共有することは、いかなる形であれ認められません。

開示

本書はシノプシス社からの委託により作成されたものです。Moor Insights & Strategyは、本書に記載された多くのハイテク企業に対して調査、分析、提言、コンサルティングを提供しています。Moor Insights & Strategyの社員が本書に記載された企業の株式を保有することは一切ありません。

免責

本書に記載した情報は情報提供のみを目的としており、専門内容に関する不正確さ、省略、表記の誤りが含まれる可能性があります。Moor Insights & Strategyはこれら情報の正確さ、完全性、または適切性を一切保証せず、これら情報の誤り、省略、または不適切性に対する一切の責任を負いません。本書はMoor Insights & Strategyの見解で構成されており、事実を述べたものではありません。本書に記載した見解は、予告なく変更されることがあります。

Moor Insights & Strategyが発表する将来の予想や見通しは、将来の事象を正確に予測したのではなく、方向性を示したものです。将来に関するこれらの予想や見通しは現時点での未来予想の判断を反映したのですが、これらはさまざまなリスクや不確実性により、実際の結果が大きく異なる可能性があります。将来に関するこれらの予測や見通しは本書発行時点でのMoor Insights & Strategyの見解を反映したものであり、これらを不当に信用することのないよう注意してください。また、Moor Insights & Strategyには最新の情報や将来の事象を考慮して将来に関するこれらの予測や見通しを改訂したり、改訂結果を公開したりする義務はないことに留意してください。

©2020 Moor Insights & Strategy. DSO.ai™ はSynopsys, Incの商標です。企業名および製品名は情報提供のみを目的として記載しており、各社の商標である場合があります。