

AI活用によるLSI開発の高度化

AI-driven Enhancement in LSI Development Technology

*設計技術開発センター

要 旨

三菱電機では、製品の高性能化・高機能化の要になるLSI(Large Scale Integration：大規模集積回路)を社内開発している。近年、LSI製造プロセスの微細化やチップレット技術の進化によって、LSIに内蔵される回路は急激に大規模化の一途を辿(たど)り、増大する開発コストの削減が急務である。LSI開発はこれまでも自動化による開発効率化が進められてきたが、依然として熟練技術者の経験やノウハウが必要な工程が残っている。そこで熟練技術者への依存を解消するため、自然言語処理AIを活用することで、社内の膨大な設計資産を効率的に活用できる設計支援システムの構築に取り組んでいる。また、LSI開発に生成AIを活用できる技術者も育成している。

1. ま え が き

組み込みAIや5G(第5世代移動通信システム)等の新規アプリケーションでは、LSIの大規模化が進んでいる。LSI開発は自動化が比較的進んでいるものの、熟練技術者に依存する部分も多く、労働人口の減少に伴いノウハウの伝承も困難になりつつある。そこで当社では発展が著しいAI技術を活用したノウハウの形式知化に取り組んでいる。特に製品固有の知見が必要なシステム設計等の分野で独自のAI活用手法を開発することで、設計者を支援するシステムを整備してきた。

一方、2022年のChatGPT(注1)リリースをきっかけに、生成AI技術を容易に応用できるようになった。これによって、AIは人の作業を支援するだけでなく、設計成果物を提供するものへと大きく進化した。生成AIは、文章や絵を自動生成するだけでなく、LSI回路も設計できる可能性があり、期待が高まっている。そこで当社では、LSI開発への生成AIの活用と技術者の育成に取り組んでおり、本稿ではこれらの事例について述べる。

(注1) ChatGPTは、OpenAI OpCo, LLCの登録商標である。

2. LSI開発の課題

図1にLSI開発の工程概要を示す。まず、LSIを使用する製品システムの要求仕様を分析し、LSIの仕様策定やシステム設計を経て、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やFPGA(Field-Programmable Gate Array)によるハードウェア処理とCPU等によるソフトウェア処理に機能を分割する。次に分割した各々について詳細に機能設計し、HDL(Hardware Description Language)を用いてLSIの回路を設計して検証する。この後、HDL記述から論理合成と呼ばれる工程でゲートレベル回路に変換し、シリコン上へ転写する回路パターンをレイアウトすることで、LSIの設計データが完成する。なお、これらの工程のうち、回路シミュレーターを用いて検証する工程や、HDL記述から論理合成する工程では設計の自動化が進んでいる。しかしながら、LSI開発工程全体を見渡すと、次に示す課題が残っている。

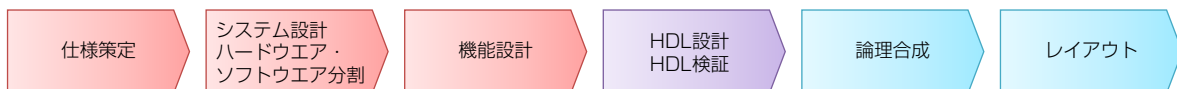


図1-LSI開発の工程概要

2.1 熟練技術者に依存した開発

仕様策定やシステム設計といった上流工程では、製品の要求仕様を分析する必要があるが、製品開発の過去事例に精通した熟練技術者に依存していた。例えば、要求仕様からのハードウェア処理とソフトウェア処理の分割検討(図2)には、複

数の信号処理システムの開発経験や、ハードウェア処理及びソフトウェア処理全般の幅広い知見を持つ、熟練技術者の参画が必須である。

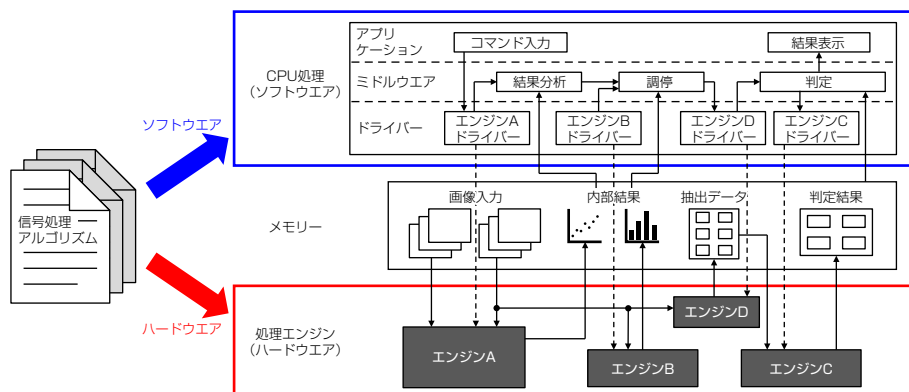


図2-LSI開発でのハードウェア処理とソフトウェア処理分割の検討事例

2.2 過去設計のノウハウ活用

これまでのLSI開発では、設計の効率化や不具合防止を目的とした、過去設計で得たノウハウの活用が不十分であった。例えば、過去の開発案件でのDR (Design Review) の指摘事項やFMEA (Failure Mode and Effect Analysis) の結果といった、ノウハウ資料を設計者が人手で探していたため、確認項目の抽出漏れが発生し、検証が不十分になるおそれがあった。抽出漏れを防止するには、確認項目の自動抽出が必要である。

3. AIで設計者を支援するシステム

2章に述べた課題を解決するため、当社では社内のAIソリューションプラットフォーム⁽¹⁾を活用し、設計者を支援する独自システムを、次のような方針で構築している。まず、過去の開発データ(仕様書、設計書、不具合事例等)をAIに学習させて、推論モデルを構築する。次に推論モデルを用いたシステムに対して、設計者が新規に設計する回路の機能や仕様などの情報を入力することで、性能や品質に影響を与えるドキュメントやキーワード、最適パラメーターなどを寄与度の高い順に出力する。このように、今回開発するシステムは、従来、熟練技術者の暗黙知になっていたノウハウを活用することで、設計者が製品固有の仕様に最適な設計や検証をできるようにするものである。システムの概念図を図3に示す。これらの方針の下、LSI開発の各課題を解決するため開発を進めている事例について次に述べる。

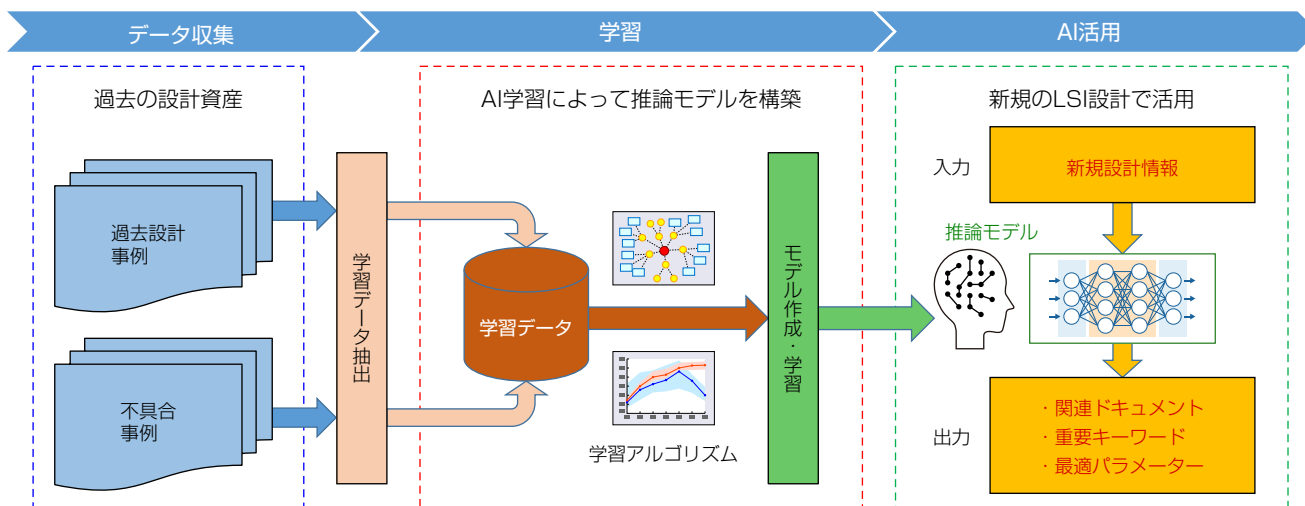


図3-設計者をAIで支援するシステムに関する概念図

3.1 システム事例1：過去設計資産検索システム

現在開発を進めている設計支援システムの一つ目は、過去設計資産検索システムであり、新たなLSI開発の仕様策定やシステム設計、及びハードウェア処理とソフトウェア処理の分割検討等に必要な情報収集の効率化を実現する。具体的には、事前に過去の開発での仕様書や内部設計書、検証仕様書などをシステムに学習させておき、設計対象の新規回路に関連したキーワードを設計者がシステムに入力すると、そのキーワードや類義語を含む設計資料を検索し、提示するシステムである。システム画面を図4に示す。さらに、このシステムでは設計者が入力した複数のキーワード間のつながりを示す相関図を作成する。このシステムを用いることで、製品開発の過去事例に精通した熟練技術者に頼ることなく、設計対象の回路仕様やソフトウェアによるLSIの制御仕様、またLSI上の他の回路ブロックとのデータ授受や連携動作等といった幅広い知見を短時間で得ることが可能になる。

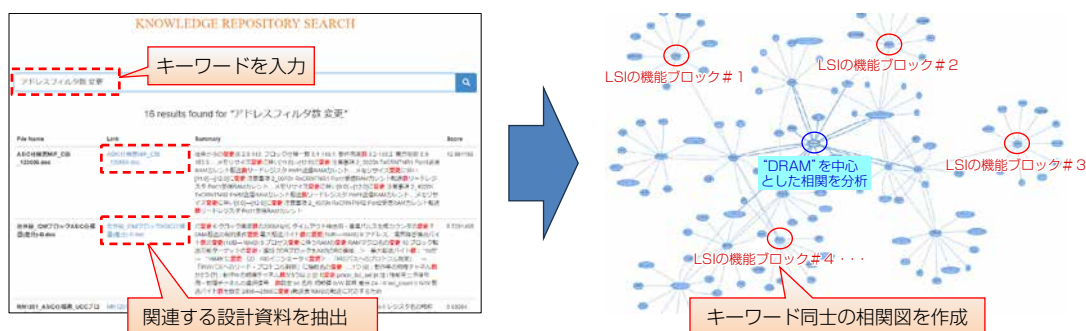


図4-現在開発中のシステム事例：過去設計資産検索システム

3.2 システム事例2：過去不具合検索システム

現在開発を進めている設計支援システムの二つ目は、過去不具合検索システムである。このシステムは、3.1節に述べた過去設計資産検索システムと同様に、過去のノウハウ資料である不具合事例集や関連する設計ドキュメント類を自然言語処理AIに学習させたものである。具体的には、事前に過去の不具合に関する説明と対応する解析結果・対処方法などを学習させておき、設計対象の新規回路に関連したキーワードや文章を設計者がシステムに入力することで、関連する過去不具合事例を検索して提示することによって、設計品質を向上させるシステムである。システム画面を図5に示す。さ

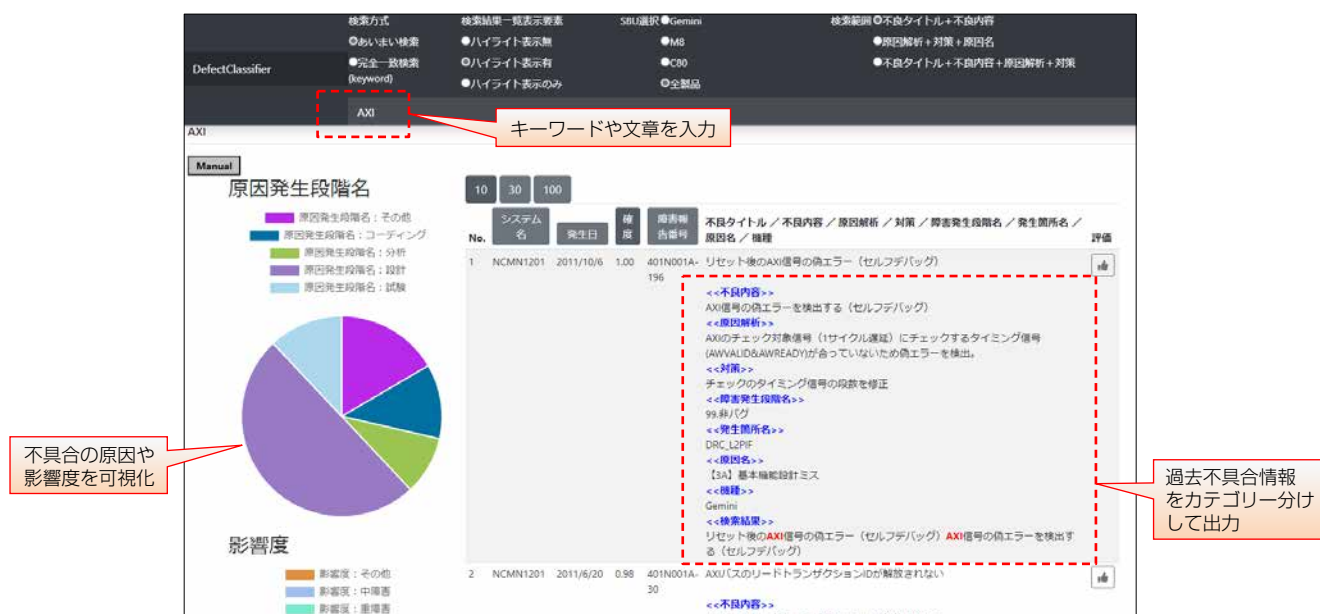


図5-現在開発中のシステム事例：過去不具合検索システム

らに、このシステムでは、抽出した不具合の原因や影響度、不具合発見工程などを円グラフ上の複数のカテゴリーに分類して可視化する。例えば、不具合の原因であれば、仕様検討の誤り、設計の誤り、HDL記述の誤りなどのカテゴリーに分類することで、不具合発生条件や傾向等が分かり、設計者に注意を促す。このシステムを用いることによって、過去事例の活用を促進し、設計者が人手で過去事例を確認する場合に比べて、確認漏れの防止が可能になる。さらに、DRやFMEA等の開発ホールドポイントで過去事例に基づく指摘が可能になるため、設計手戻りの抑制にもつながる。なお、AI活用によるソフトウェア開発向け類似不具合検索に関する取組みは、本号“生成AIを活用した社内技術文書検索システムの構築と展開”の3章に述べている。

4. LSI開発への生成AI活用

LSIの機能設計では、HDLでソースコードを記述する。HDLはプログラミング言語をベースに開発したものであり、回路図に比べて抽象度が高い。ソースコードの記述では、昨今、ChatGPTなどの大規模言語モデル(生成AI)を用いた指示(プロンプティング)によってソースコードを自動生成する事例や、生成AIのプラグインを持つソースコードエディターのAIアシスタント機能を活用してソースコード記述案を設計者に提示する事例などが報告され始めている。そこで、ソースコードの記述に生成AIを活用した事例を参考に、HDL開発への生成AI活用にも取り組んでいる。

4.1 生成AI活用の具体的な取組み

具体的な取組み内容を図6に示す。次の(1)～(3)に示す三つを生成対象として各手法を試行した。

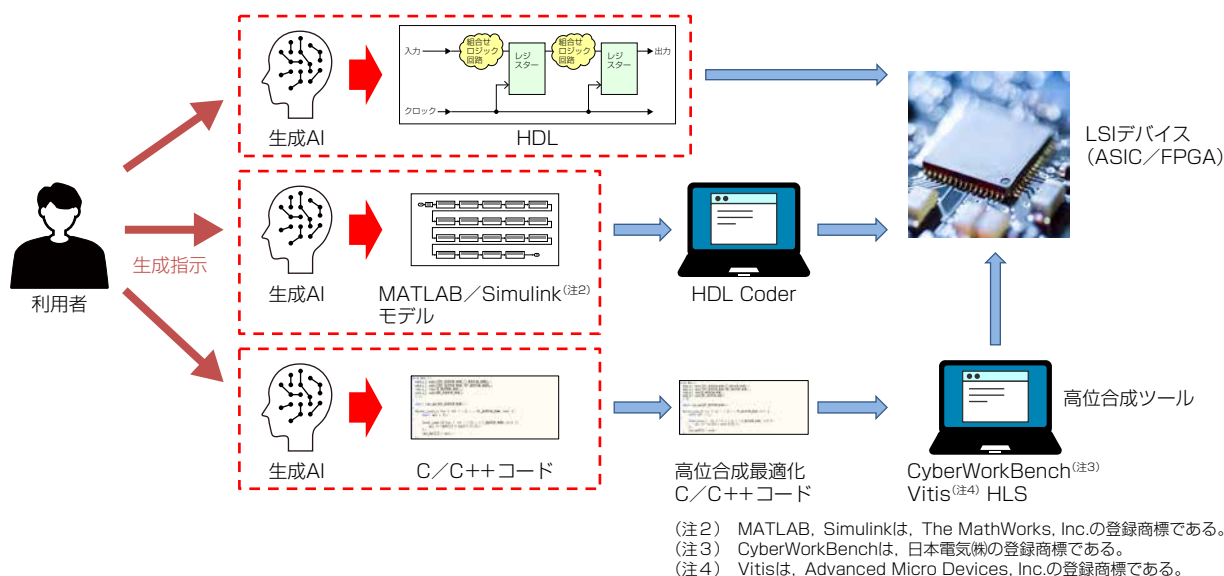


図6-HDL設計及びHDL検証への生成AI適用概念図

(1) HDLソースコードの生成

設計者が回路の機能仕様などを生成AIにプロンプティングし、HDL記述を直接生成する手法。

(2) MATLABソースコードの生成

モデルベース開発ツール：MATLAB/SimulinkのHDL Coderを用いてHDL記述を得る設計フローで、設計者が機能仕様などを生成AIにプロンプティングし、MATLABソースコードを生成する手法。

(3) 高次合成可能なC/C++ソースコードの生成

C/C++ソースコードから高次合成ツールを用いてHDL記述を得る設計フローで、設計者が機能仕様などを生成AIにプロンプティングし、高次合成可能なC/C++ソースコード及び最適化用プラグマを生成する手法。

これら三つのどの手法でも、有用性を確認できた。しかしながら、現状ではHDL記述を得る際に、HDL Coderや高次合成ツールで実行エラーが発生するソースコードを生成したり、人手による設計と比較して回路の性能が悪化したりするなどの課題も多い。今後の更なる調整や、生成AIの進化を取り込むなど、継続的な改善が必要である。なお、生成AI活

用によるLSI開発に関する他の取組みは、本号“生成AIを活用した社内技術文書検索システムの構築と展開”の4章に述べている。

4.2 生成AIをLSI開発に適用できる技術者の育成

当社では要素技術開発部門の横断的な取組みとして、ソフトウェアやLSIのソースコードを開発する技術者に、プリント基板設計や機械設計の技術者も加えて、最新の生成AI技術とその実践的な活用方法について、社内で活用しているプログラムや設計事例を題材にワーキンググループや勉強会⁽¹⁾を開催し、知見を深めている。このような取組みを通じて、設計技術開発センターでは、生成AIをLSI回路設計や検証に適用できる専門人材を育成している。今後、専門人材がワーキンググループや勉強会等で得たLSI開発事例を教材として全社の各事業部門に展開することで、各事業部門のLSI技術者の育成を推進していく方針である。また、当社のデジタル基盤“Serendie”⁽²⁾が提供する生成AIフレームワークを活用したLSI開発向け設計支援ツールも開発しており、各事業部門に生成AIを活用したLSI開発手法の浸透を図っていく。

5. む す び

当社でのAIを活用したLSI開発高度化の試行事例として、AIで設計者を支援するシステムの構築やLSI開発への生成AI適用などについて述べた。今後は、製品に実装するLSI開発への適用数を増やしていく中で設計者からの改善要望を集めて、より実用性の高いシステムに仕上げていく。また、AI技術は今後ますますの発展が予想され、より複雑なLSI開発工程への適用も可能になると考えられる。当社では今後も最新の技術を取り入れて、LSI開発の更なる高度化に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 玉谷基亮：三菱電機グループの持続的なものづくりを支えるAIソリューション群，三菱電機技報，98，No.9，3-01～3-05（2024）
- (2) 三菱電機：Serendie セレンディ
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/serendie/>