特集に寄せて

回路・実装設計技術委員会委員長 菊地 秀雄*, 同副委員長 島寄 睦**

Introduction to the Special Edition

Hideo KIKUCHI* and Mutsumi SHIMAZAKI**

* 群馬大学大学院理工学研究科知能機械創製部門組込みシステム研究室 (〒373-0057 群馬県太田市本町29番1号)

** 三菱電機株式会社設計システム技術センター (〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町8-1-1)

*Mechanical Science and Technology, Gunma University (29-1, Hon-cho, Ota, Gunma 373-0057)

**Mitsubishi Electric Corporation Design Systems Engineering Center (8-1-1, Tsukaguchihon-cho, Amagasaki, Hyogo 661-8661)

「設計」とは何かという説明の1つとして、中小機構（独立行政法人 中小企業基盤整備機構）のデザイン支援ハンドブックの中のデザインの基礎知識では、商品開発プロセスの3つのモデルにおけるデザインの役割についての説明があります。その3つのモデルとは、①プロダクトアウトによる“製品開発”プロセス②マーケットインによる“商品開発”プロセス③『問題解決のためのデザイン』プロセスです。

本特集では、こうしたプロセスを意識した「システム設計の体系図」（次項）のバラエティを含むシステム設計の豊富な情報・知恵を集めるべく、技術を生み出す広い知的生産活動の枠組みの中でシステム設計が捉えられるよう、「21世紀のシステム設計」と題して特集を組むことにしました。

第1に、回路設計に関して、伝送線路やLSIモデルや実装ボードにおけるノイズ伝搬を把握する技術を解説しました。

第2に、部品設計に関して、IoTにおける通信モジュール技術やパッケージ技術やDDRメモリ技術やSiC技術や、バウンダリスキャン技術を解説しました。

第3に、基板の実装設計の技術を解説しました。

第4に、製品設計に関して、宇宙太陽光発電技術の一部でもあるマイクロ波によるワイヤレス給電システムや、EMC設計技術の進化、近距離ワイヤレス通信技術、小型モビリティ用モータ技術や組込みシステム技術、自動車へのワイヤレス電力伝送技術を解説しました。

第5に、設計ツールに関して、電磁界/回路シミュレーションを高度化するビジョン、3次元積層IC設計モデリング技術、CAD/CAM融合ツール技術、各シミュレーションツールを使いこなす技術を解説しました。

これらの解説記事の情報が読者の方々のシステム設計に有効な情報となることを期待するとともに、寄稿していただいた執筆者の方々に厚く御礼を申し上げます。

「システム設計の体系図」について

回路・実装設計技術委員会における現在の研究題材は、デザイン・アーキテクチャーの革新を目的に、広域な範囲での実装設計の多次元(3D)化と上流（フロントローディング）化に発展してきました。中でも設計環境・EDA(CAD/CAE)と、その設計技術の関連性や協調・連携に関して、知見を共有し方向性を考える「システム設計研究会」(2017～)が発足しています。

現状認識として、2017年時点での「システム設計」とはどんなことを議論すると（後述）、設計対象の違いによりメンバー間のイメージが異なり、それが「実装」における「システム設計」であることが判り始めています。LSI設計者は、システム記述言語による論理回路とソフトウェアの同時設計および最適化のことと思い、基板やパッケージの設計者は、チップ・パッケージ・ボードの実装上の協調した設計作業をイメージしています。またセットメーカの回路設計者は、主にマイコン周辺のH/Wと組込みS/Wのバランス検討や、ボード間の接続と回路分割をすることを想定している様です。

「システム設計」の定義は別の場合へ委ねるとして、本会では「電子回路基板(Electronic Circuit Board)の実装」の観点における設計形態の最適化を考えていきます。設計と呼ばれる作業^{*1}と、その作業に要求される技術についての関係を整理して、新たに確立された技術や用意されたツールをマッピングしながら、「システム設計」の将来あるべき姿、若しくは今後要求されるエリアを予想する試みです。

○設計とその技術の体系化

本会にて画いた設計の体系図（系統図）を図1に示します。JIEPの実装分野マップ、および講演大会のセッション

^{*1} 設計とは、研究・開発若しくは既存の特性（物性）情報を元に、製造の実現とコストのバランスを図り、製品の機能（品質・信頼性・安全性）を作りこむ作業 ⇒ OUTPUT: 図面, 設計仕様書, とそのデータ)

図1. 電子回路基板（Electronic Circuit Board）における設計の体系図（系統図）

カテゴリ（キーワード）から「設計」の文字を持つ技術を抽出し、過去の研究会での発表内容に当てはまる分野の「設計作業 (Design)」とその確立した「専門技術 (Engineering)」の関係について、一目できる形へ整理したものです。この図はまだ、関わる全ての設計者の合意を得ていませんので、CAD 作業のフローなどの不確かな部分もありますが、「システム設計」を考える上での議論のたたき台にして、精度を上げていけるものと考えています。

○2017 年時点の「システム設計」

本会メンバーの思う「システム設計」を以下に紹介します。「電子回路基板の実装」という条件下においても、現時点では各専門家のイメージが一つではなく、このテーマに対するベクトルが異なることが判ります。違いの理解が、新たな方向や創造の第一歩になるものと考え、広く皆様からのご意見をお願い申し上げます。

・プリント配線板設計会社 エンジニア

シングルボード設計では、多くの場合、コネクタ経由で別のボード信号が伝送されたり、メモリーモジュールなどとして実装されたり、USB ケーブルで別のデバイスとつながる事が多い。これら、外付けのボード、モジュール、ケーブル経由での別のデバイス全体の構成を「**システム設計**」としてとらえている。

またパッケージ（インターポーザ）設計におけるシステムとは、チップ/パッケージ/ボードの全体ととらえ、ドライバからレシーバまでの経路を含むものとする。（別のボードやモジュールまで伝達する場合はその全体）ここでは電気特性とコストのバランスを保つ必要があるため、多くの情報とチップ設計者やボード設計者とのコミュニケーションを必要とする。いわゆる協調設計により、物理的レイアウト、電気的特性、熱的特性、実装信頼性、ト

タルコストを実現している。

・CAD メーカー/ベンダー マネージャ

最新の EDA は、「システムレベルマルチボード設計環境」として世の中に出ている。ここでいうシステムとは、フレキヤコネクタ、またはケーブルで接続された複数のボードだったり、チップ/パッケージ/ボードという階層の違うものをひとつの塊としてとらえている。また電気系のみならず、筐体のメカデータもひとつの部品という扱いで、

基板+筐体=システム

として扱っている。また別のとらえ方に、回路ブロック間をまたぐものをシステムとして表現する場合がある。物理的にボードが1枚か複数かというより、違う機能単位ごとを複数まとめるとシステムという考え方になる。

さらに上位の概念としては、複合機などのように複雑な電気部品、稼働部品がある場合、制御系含めてそのすべてをシステムと呼んでいる。自動車や工作機械ということで考えた場合、モデルベースデザインという考え方となり、工作機械では装置単体のみならず、動力電源配線や容量、ガスや液の配管、工場における機器の搬入から配置、通信線、センサーの取り付け位置などを含めて「**システム設計**」と位置付けている。

・プリント配線板設計会社 マネージャ

プリント配線板アートワーク（以下、A/W）設計者にとっての最終成果物は「A/W データ」であり、その要求は時代と共に変化して、近年では最終製品における性能を予測し満足させることが求められている。A/W は製品を構成するシステムの一部であるが、単体ではなく全体を通して、時には筐体などの構造物や回路の構成などにも関与しながら製品の要求事項を満たすことが必要となってきた。

A/W 設計者における「**システム設計**」とは、単に基板の仕様だけでなくシステム全体を見据えシステムに合わせた

(協調した) 設計を行なうことといえる。現在の設計キーワードは、SI/PI/EMC/熱/応力 であり、それぞれが関連しているので CAD や各 CAE などのツールが同じデータを共有できることが望まれる。「現象を理解する知識」と「解決するためのノウハウ」を身につけること、回路設計や構造設計など他の設計者と折衝をすること、が「システム設計」に必要なことと考える。

・SI プロジェクトマネージャ

一般的なシステム開発は、要件定義、基本設計（外部設計）、詳細設計（内部設計）などのフェーズからなる。基本設計では、要件定義フェーズの成果物である機能要件、非機能要件、制約条件にもとづいて、方式設計（アーキテクチャ設計）と機能設計（アプリケーション設計）を実施する。このうち方式設計は、ハードウェア・ソフトウェアの構造や実装方式を定める作業である。システムの構造および実装を表すアーキテクチャのイメージとしては、ネットワークの階層を定義した OSI (Open Systems Interconnection) 参照モデルがしばしば例にあげられる。

・セットメーカ/半導体メーカ エンジニア

PC のようなコモディティ製品の設計をセットメーカの立場から考えると、キーとなる部品は既にあるものを利用するので「部品設計」の部分はすっぱり抜けることになります。「回路設計」「実装設計」の部分では、目的とする機能・性能を実現することは当然ですが、製造性の考慮 (DFM)、テスト容易化 (DFT)、デバッグしやすさ (DFD) といった「DFx」を意識した設計が求められます。これも「システム設計」の重要な項目です。

なお、コモディティ製品向けの汎用 IC を作る半導体メーカの立場では、自社製品を広く使ってもらうために（完成品としての）「システム（設計）」を意識します。キーコンポーネント（CPU などの半導体だけでなく、OS のようなソフトウェアも）のメーカが最終製品のコンセプトを発表したり規格化するのはこのためです。部品メーカが自社製品（部品）を載せるプラットフォームを（略略ですが）設計します。また、インターフェイスの規格化・標準化、周辺デバイスに対する要求仕様設計も一部の半導体メーカが主導し、関連の部品メーカやセットメーカと協調して、行います。こういう「エコシステム」を作ることが、半導体メーカとしての「システム設計」の最終目標ではないかと思います。

・システムインテグレーター

思い浮かぶ「システム設計」について述べると、システムとは、ハードウェア、ソフトウェアが混在している、ある業務要件を満足するための物理的な手段であると考えます。その設計とは、受注、要件定義、概要設計、詳細設計、製造、テスト、納品、保守までの一連の製品ライフサイクルにおいて、概要設計と詳細設計に相当します。特に概要設計ではハードウェア、ソフトウェアを区別するわけではなく、業務要件を満足するように抽象化された機能ブロック単位の組み合わせにより設計作業を行っています。

概要設計においてはハードウェアの方が、物理的な手段としてより抽象化されたように感じます。システムインテグレーターにとって、ハードウェアはあまり重要視されず、調達品の一つぐらいの扱いです。

・大学（システム情報工学） 教員

LSI 設計の立場からすると、「システム設計」と言えば、“ハード・ソフト協調設計 (hard/soft co-design)” というキーワードがまず思い浮かびます。特に SoC（例えば、ARM コア+専用回路といった LSI）の設計では、まずは、処理全てをソフト（例えば c や Java、最近では python）で記述し、その中で、ハード化しないと性能が出ない部分を専用回路で実現する（オフロードする）といった設計になっています。LSI 設計の立場からするとこのような設計が、今後、実装設計とどのように繋がるかに興味があります。

・セットメーカ マネージャ

量産までの工程で「システム設計」の位置づけ

企画 ステップ	設計ステップ					生産設計 ステップ
エレキ 設計工程	システム 設計	エレキ 設計	試作組立	エレキ 評価	システム/ 総合評価	組立性 評価
メカ 設計工程		メカ 設計	試作組立	メカ 評価		
ソフト 設計工程		ソフト 設計	プログラ ミング	ソフト 評価		

標準設計工程中の「システム設計」の要件

企画のアウトプット	
↓	
要求仕様分析	要求事項を再度、開発・設計部署にて具体化または定量化して「要求定義」として記載する
↓	
要求定義	
↓	
機能展開	実現性、実現手段、検証手段を考慮しながら階層的に「要求定義」を機能的に展開（機能ブロック化）する
↓	
機能/規格要件	
↓	
品質計画	標準設計工程、関連標準、特に評価/テストのための関連規格、法的規格、あるいは標準で定められていない場合も含んだ適用する品質システムそのものを決定する
↓	
設計計画	「設計計画書」の元となるものであり、根拠、決定基準、決定プロセスなどを含めて記載することが重要である
↓	
製品規格	要求仕様分析編で明らかにした要求 Q（品質）に関する「要求定義」について、「製品規格書」への記載事項の規格値とその根拠、決定基準、決定プロセスなどを記載する

(2018.5.30- 受理)

著者紹介

菊地秀雄（きくち ひでお）
群馬大学大学院 理工学研究院 知能機械創製部門 組込みシステム研究室
1974 年 NEC 入社
2011 年トッパン NEC サーキットソリューションズ定年退職

島崎 睦（しまざき むつみ）
三菱電機㈱設計システム技術センター
工学博士