

半導体デバイスに関するEMC規格

～半導体EMCのモデリング規格～

徳田 正満

1. まえがき

IoT やセンサ・ネットワーク、自動運転が身近になりつつある現在、電気電子システムのハードウェアとしての信頼性の確保に注目が集まっている。特に、ADAS（先進運転支援システム）などの進展により、車載ネットワークの信頼性向上を中心に、EMC 要求が従来の「ノイズ対策の技術」から機器の機能安全性・信頼性を確保するための技術へと変貌しつつある。同時に、イミュニティ特性や ESD（静電気放電）耐性の向上に加え、周囲とのワイヤレス接続への低エミッション要求が高まり、電気電子システムの根幹を担う半導体デバイスの EMC 評価と EMC 設計についても重要性が高まっている。IEC の TC47（半導体デバイス）/SC47A（集積回路）では、集積回路（IC）の EMC 規格を作成しているが、本稿では、IEC 62228 シリーズの半導体 EMC のモデリング規格を文献 1 及び 2 を基にして解説する。なお、半導体デバイスの EMC 規格に関する概要は VCCI だよりの No.139³⁾、エミッション測定法は VCCI だよりの No.146⁴⁾、イミュニティ測定法は VCCI だよりの No.147⁵⁾、及び集積回路製品群の EMC 規格は VCCI だよりの No.148⁶⁾に掲載されているので参考されたい。

2. 半導体EMCモデリング規格：IEC 62433シリーズ（IEC SC47A/WG2関連）

SC47A/WG2 では、表 1 に示す半導体 EMC モデリング規格が審議され規格化されている。IEC 62433 シリーズは、シリーズ名として EMC IC modelling を持ち、Part 1 は全体のモデリングのフレームワークを規定した IEC 62433-1 である。当初の IEC TS 62433-1:2011 から IEC 62433-1: 2019 への変化は、モデル記述のフォーマットとして、XML 形式の Model data exchange format を含んだことである。COR1:2020 は、引用のミスの修正で本質的变化はない。

Part 2 以降は、IC から発生する高周波ノイズエミッションをモデル化する ICEM (Integrated Circuit Emission Model)と、IC のイミュニティ（電磁耐性）シミュレーションを目的とした ICIM (Integrated Circuit Immunity Model)であり、ともに、回路基板やシステムレベルでの EMC シミュレーションを目的としているので、SPICE モデルのような詳細な物理モデルではなく、高周波ノイズの伝搬（伝達）を表現するブロックとノイズ発生あるいは IC の誤動作を表現するブロックからなる、マクロなビヘイビア・モデルとなっている。

本稿 2020 年版以降の半導体 EMC モデリング規格の変化は、パルスイミュニティ・モデル ICIM-CPI (Conducted Pulse Immunity)：IEC 62433-6 が発行されたことである。大振幅妨害波に対する応答を表現するため、従来の ICEM, ICIM の線形モデルに、ESD 保護ダイオードや半導体内部の非線形性を表す非線形ブロック（NLB: Non Linear Block）を追加している。

最近、フランスの提案で、伝導性イミュニティモデル ICIM-CI を使用した回路基板(PCB)のイミュニティ・シミュレーション法に関するテクニカルレポート（IECTR 62433-4-1）審議が開始された。

表1 半導体集積回路のEMCモデリング規格: IEC 62433: EMC IC modelling (2022年4月現在)

	Title
IEC TS 62433-1:2011 Ed.1.0 (2011-04-21) IEC 62433-1: 2019 Ed.1.0 (2019-03-08) COR1:2020 (2020-07-10)	Integrated circuits – EMC IC modelling - Part 1: General modelling framework
IEC 62433-2:2008 Ed.1.0 (2008-10-08)	Part 2: Models of integrated circuits for EMI behavioural simulation - Conducted emissions modelling (ICEM-CE)
IEC 62433-2: 2017 Ed.2.0 (2017-01-27)	Part 2: Models of integrated circuits for EMI behavioural simulation - Conducted emissions modelling (ICEM-CE)
IEC TR 62433-2-1:2010 Ed.1.0 (2010-10-05)	Part 2-1: Theory of black box modelling for conducted emission
IEC 62433-3: 2017 Ed.1.0 (2017-01-27)	Part 3: Models of integrated circuits for EMI behavioural simulation - Radiated emissions modelling (ICEM-RE)
IEC 62433-4 :2016 Ed.1.0 (2016-05-25)	Part 4: Models of Integrated Circuits for RF Immunity behavioural simulation - Conducted Immunity modelling (ICIM-CI)
IEC TR 62433-4-1 ED1 47A/1135/CD (2022-03-04)	Part 4: Models of integrated circuits for RF immunity behavioural simulation – Conducted immunity modelling (ICIM-CI) - Section 1: Technical Report on the use of ICIM-CI model (IEC 62433-4) to predict the IC conducted immunity in a PCB
IEC 62433-5 to be proposed	Part 5: Models of Integrated Circuits for RF Immunity behavioural simulation – Radiated Immunity modelling (ICIM-RI)
IEC 62433-6:2020 Ed.1.0 (2020-09-22)	Part 6: Models of Integrated Circuits for Pulse Immunity behavioural simulation - Conducted Pulse Immunity modelling (ICIM-CPI)

3. 半導体デバイスに関する EMC 規格のまとめと今後の動向

集積回路を中心とした半導体デバイスの EMC 特性測定法としては、周波数領域のエミッションおよびイミュニティ測定法（IEC 61967 シリーズ, IEC 62132 シリーズ）に関しては、実用試験法として定着したが、測定周波数の広帯域化の要求があり、まず 3GHz まで、できれば 6GHz までの周波数拡張が進行中である。インパルス・イミュニティ測定法（IEC 62215 シリーズ）については規格化完了とは言えないが IEC 62215-3 が広く使用されるようになった。初の製品群規格であるバス・トランシーバ EMC 評価法規格（IEC 62228 シリーズ）は、実用的な集積回路の機能信頼性・安全性の試験として、車載機器への適用を中心に、実務レベルに移っている。

半導体デバイスの測定法規格については、IEC SC47A 規格として、従来は「測定法と標準測定のための標準試験基板」に関する要求のみを規定し、規格値のリミットに関しては半導体サプライヤーとユーザ間にゆだねて IEC 規格では規定しないこととなっていた。しかし、半導体デバイス EMC の最初の製品群規格であるバス・トランシーバ EMC 評価法規格（IEC 62228 シリーズ）には「例 (Example)」ではあるがリミットのラインが示されており、さらに最近は、欧州メンバーの多くの考え方は「車載機器の EMC 試験の条件を満たすように IC レベルの EMC 試験要件を設定すべき」という方向に傾いている。したがって、最近規格発行された CXPI（IEC 62228-7）および現在審議中の PSI5(IEC 62228-

6)の規格審議時にも、トランシーバICのイミュニティ試験法として標準的に使用されるIEC 62132-4 (DPI法)のリミット線を車載機器のイミュニティ試験(BCI法)との関係で決定する議論が行われた。今年発行されたIEC 62228-7 Ed.1ではリミット線に関しては記載せずに発行したが、近い将来の改定でこの議論が必要になる可能性が高く、JEITA半導体EMC-SCの実証実験SWGで、CXPIを中心に関連の調査検証を開始している。今後これがどのように使用されてゆくか、注意しておく必要がある。さらに、差動バスCAN, CAN FDとEthernetトランシーバ用のコモンモードチョーク(CMC)の特性評価法がInformative Annexではあるが詳細に規定されており、実質的な製品規格として使用される可能性がある。

【参考文献】

- 1) 和田修己：「VI. 半導体デバイスに関するEMC規格」、世界のEMC規格・規制(2020年度版)、日本能率協会、pp.42-52、2020.7.
- 2) 和田修己：「VII. 半導体デバイスに関するEMC規格」、世界のEMC規格・規制(2022年度版)、日本能率協会、pp.59-67、2022.7.
- 3) 徳田正満：「半導体デバイスのEMC規格 ～概要～」、VCCIだより、No.139、pp.11-13、2021.1.
- 4) 徳田正満：「半導体デバイスのEMC規格 ～エミッション測定法～」、VCCIだより、No.146、pp.9-13、2022.10.
- 5) 徳田正満：「半導体デバイスのEMC規格 ～イミュニティ測定法～」、VCCIだより、No.147、pp.11-14、2023.1.
- 6) 徳田正満：「半導体デバイスのEMC規格 ～集積回路製品群のEMC規格～」、VCCIだより、No.148、pp.9-15、2023.4.



徳田 正満 (とくだ まさみつ)

1967年 北海道大学工学部電子工学科卒業
1969年 北海道大学大学院工学研究科電子工学専攻修了
日本電信電話公社に入社し電気通信研究所に配属
1987年 NTT通信網総合研究所通信EMC研究グループリーダー
1996年 九州工業大学工学部電気工学科教授
2001年 武蔵工業大学工学部電子通信工学科教授
2010年 東京都市大学 名誉教授
東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 客員共同研究員

主要な受賞

1986年 電子通信学会業績賞を受賞
(光ファイバケーブル設計理論と評価法の研究)
1997年 平成9年度情報通信功績賞受賞(郵政省)
(EMC技術の開発・標準化)
2003年 工業標準化事業功労者として経済産業大臣賞を受賞
2004年 電子情報通信学会フェロー
2007年 IEEE Fellowに昇格