

# JEITA 第12回LPBフォーラム LPBでEMCを解決 〈半導体EMCモデルとは〉

2020/9/11 15:20~15:40

JEITA 半導体&システム設計技術委員会  
モデルベースデザイン・システム設計WG リーダ  
林

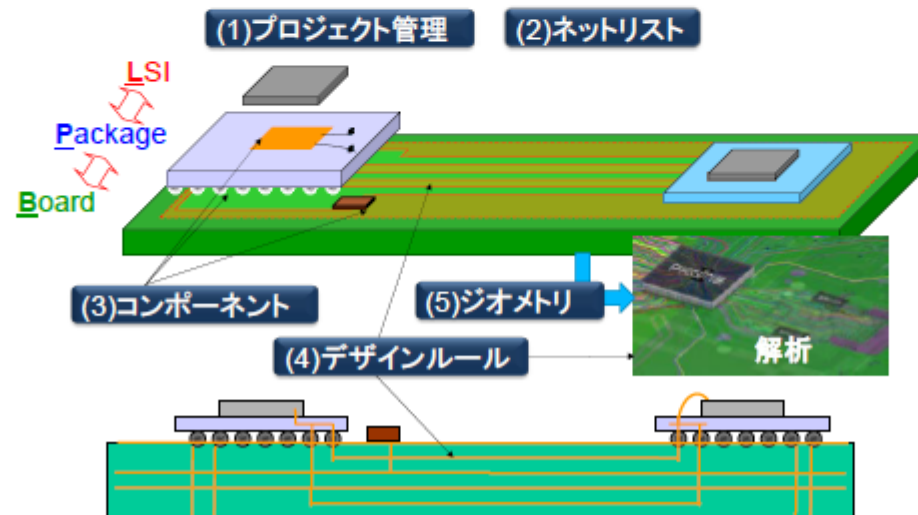
# Outline

- LPBでEMCを解決するための取り組みを紹介
- ✓ モデルベースデザイン・システム設計WG概要
- ✓ EMCの協調設計を行うための技術ポイント  
半導体EMC（イミュニティ）モデル

# LPB Format : 5種類の設計データフォーマット

第11回 LPBフォーラム[2019/03/08]資料より抜粋

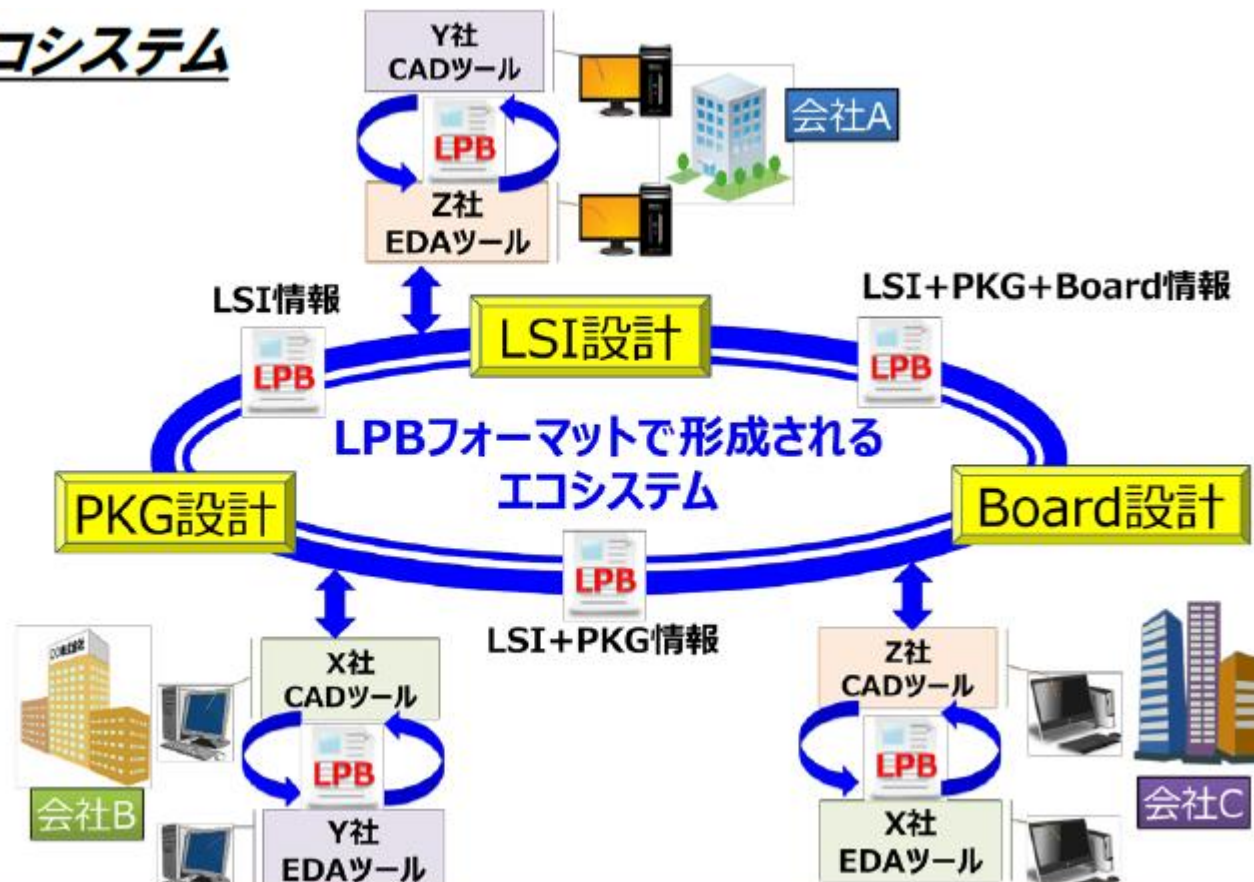
フォーマット種別		概要	フォーマット書式
(1)プロジェクト管理	M-Format	LPB全体のファイル管理	XML (独自)
(2)ネットリスト	N-Format	ネット接続記述	Verilog-HDL (既存) ※電源・GNDはコメントで注記
(3)コンポーネント	C-Format	部品・制約・端子情報	XML (独自)
(4)デザインルール	R-Format	設計ルール・材料特性情報	XML (独自)
(5)ジオメトリ	G-Format	解析用形状データ	XFL Ver.1.0 (アパッチ殿からドネーション頂いている)
(6)用語集			



# LPB Format : 円滑に協調設計を行うためのツール

第11回 LPBフォーラム[2019/03/08] 資料より抜粋

## ・設計エコシステム



# 2019年度 TC/SC/TG構成

## 半導体 & システム設計技術委員会

### 国際標準/企画-WG

IEEE-SA TG

DVConステアリングTG

IEEE 2401-2020 PG

IBIS BIRD TG

### LPB相互設計SC

### LPB相互設計・認証WG

LPB ライブラ整備TG

LPB 認証TG

LPB JIS PG

広報 2019 TG

LPBフォーラム2019 TG

ワークショップ2019 TG

JEVeC Day2019TG

### モデルベースデザイン・システム設計WG

フロントローディングTG

IEC 62433/バウンダリモデルTG

IBIS 活用 TG



# モデルベースデザイン/システム設計WG スコープ

協調設計ツールであるLPB-formatの高度化の方向性を研究する

- ・『協調設計のフロントローディング化』
- ・『システム設計との協調』

## 1. フロントローディングTG

- ・フロントローディング設計フロー確立
- ・MBD/MBSEの最新技術動調査 業界横展開、人材育成

## 2. IEC62433/バウンダリモデルTG

- ・EMCを課題としたシステムvsICの協調設計の研究  
(モデル作成:チップモデルTGの活動から派生)

## 3. IBIS活用TG

- ・電源回路の協調設計をフロントローディング化を目指して  
電源ICのIBISモデル化 (IBISの拡張)



# 協調設計 「SI・PI」と「EMC」の違い：その1

## EMC 3要因

ノイズ駆動源

x

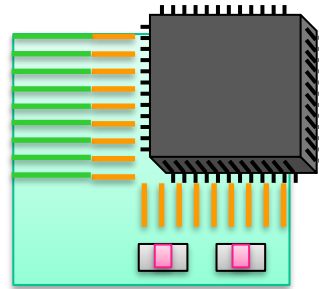
伝搬経路

x

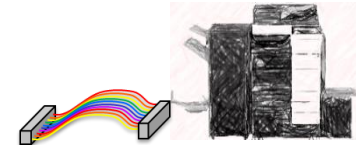
アンテナ



L<sub>SI</sub>



P<sub>ackage</sub> B<sub>oard</sub>

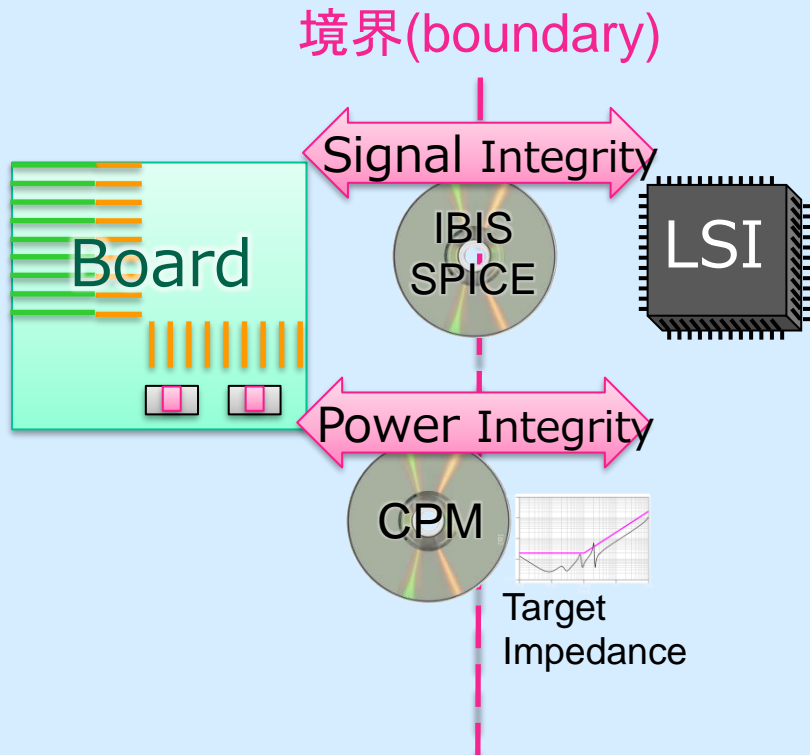


H<sub>arness</sub>  
C<sub>hassis</sub>

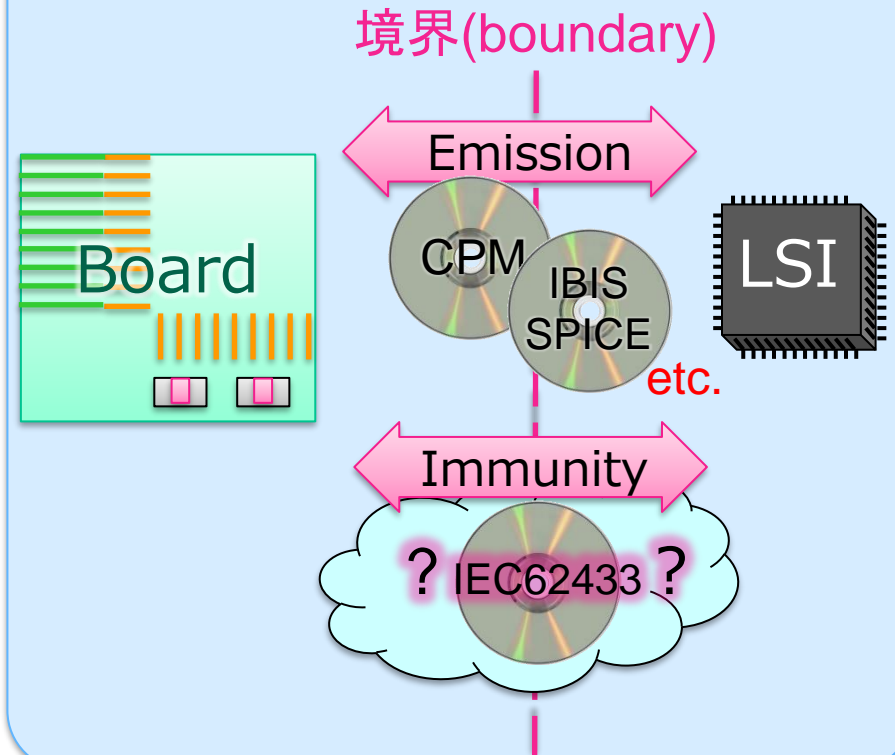
◆ EMCはLPB (LSI、Package、Board) だけでは決まらない  
Harness、Chassis設計との協調設計が必要

# 協調設計 「SI・PI」と「EMC」の違い : その2

## LPB相互設計 (SI・PI)



## LPB相互設計 (EMC拡張)

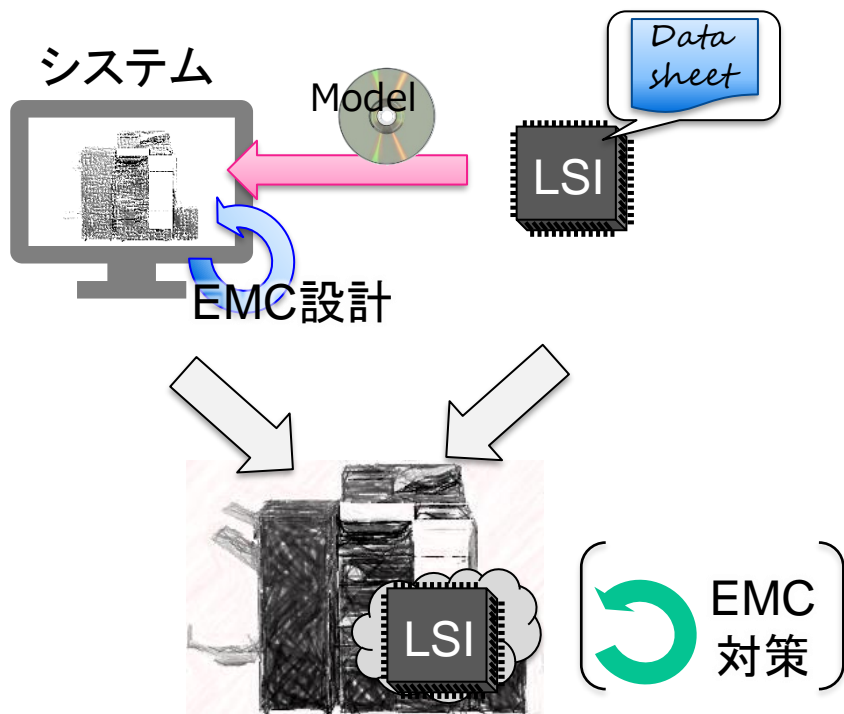


◆協調設計の中で特性情報の受け渡しツールとしてモデルが必要であるが、イミュニティ解析に用いるLSIモデルの認知度が低く流通性が低い

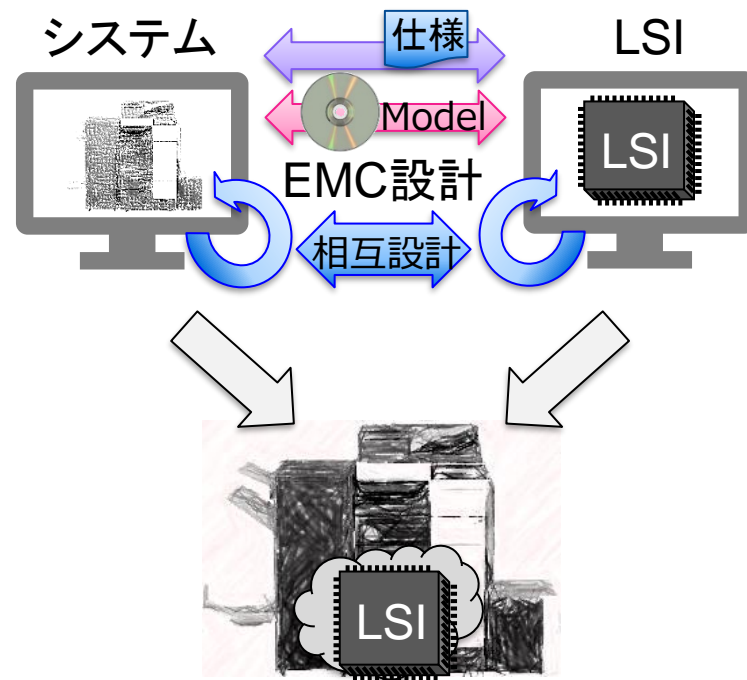


# 目指す EMC 協調設計

## ◆LSIの特性を考慮したEMC設計

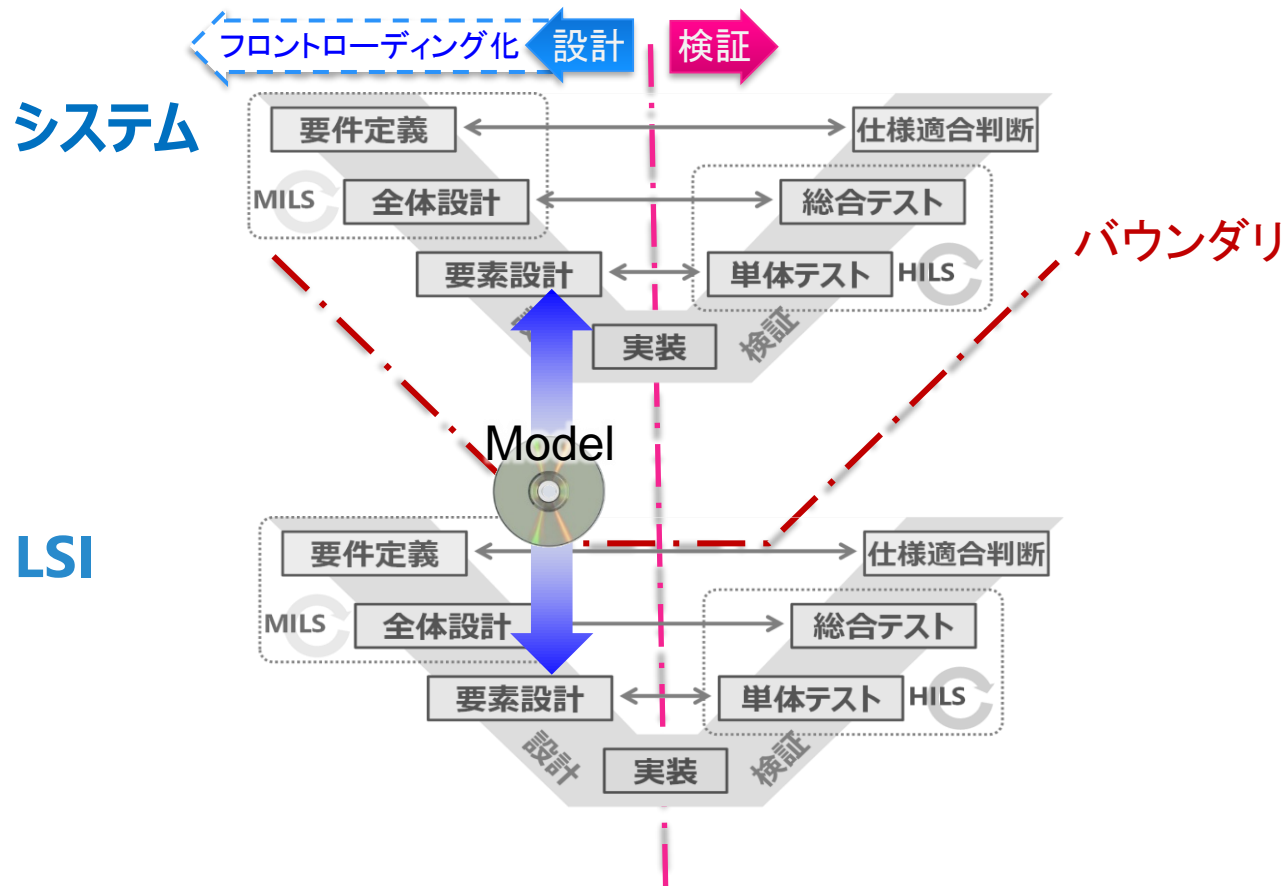


## ◆ EMC対応 LPB相互設計



◆LSI、システム 特性を突き合わせ、相互にFeedbackしあう協調設計を目指す

# 協調設計フロー ダブルVモデル



- ◆システムとLSI 二つの設計フローをつなげ、EMC協調設計フローを作成したい  
(ポイント：2つの設計フローの位置関係によってモデル精度が異なる)

# IEC62433/バウンダリモデルTG 実証実験

次セッションにて、TGリーダ 野村氏（コニカミノルタ）から報告いただきます

## イミュニティーモデルの具現化と 設計フローにおける活用について ～LPB Forum 2020～

2020/9/11  
コニカミノルタ(株) 野村



Copyright© JEITASD-TC All Rights Reserved 2020-2021

Page38

- ◆ SerdesICを題材に、イミュニティーのモデル作成の実証実験を実施
- ◆ モデルに必要な情報を明らかにし、EMC協調設計の輪郭を作る

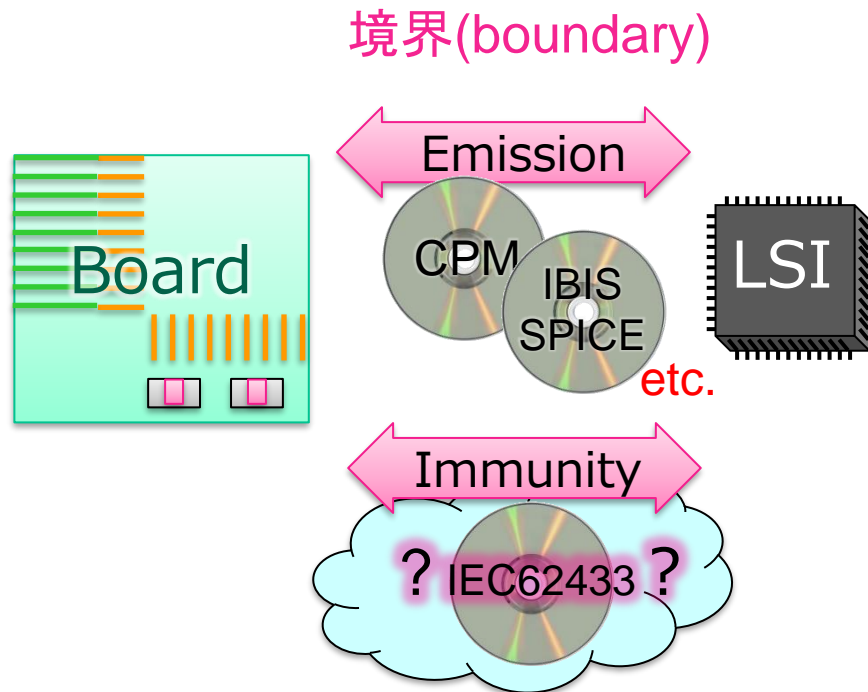


# Outline

- LPBでEMCを解決するための取り組みを紹介
- ✓ モデルベースデザイン・システム設計WG概要
- ✓ EMCの協調設計を行うための技術ポイント  
半導体EMC（イミュニティ）モデル

# 半導体EMCモデル 紹介

- IEC62433としてモデリング方法が国際標準化されている  
半導体EMCのモデルについてイミュニティモデルを中心に解説します

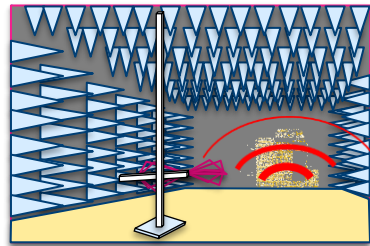


# EMC現象 と 解析に必要なICモデル

## Emission

## Immunity

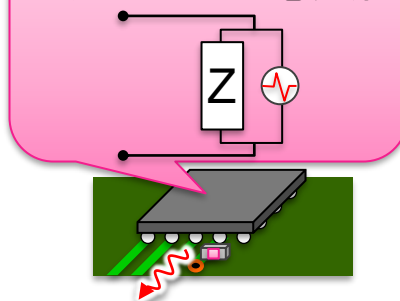
Conducted



例\_遠方電界強度

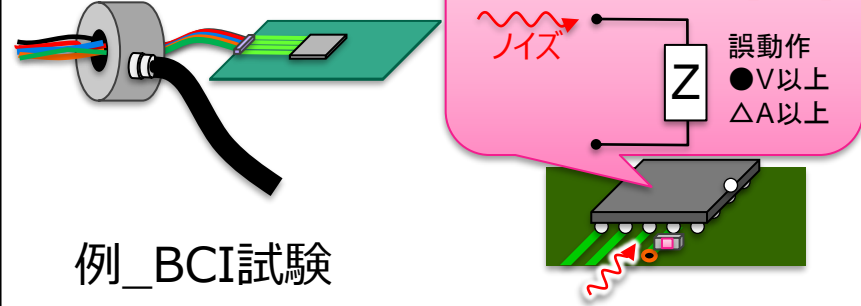
### ICEM-CE

波源モデル  
(インピーダンス+電流源)



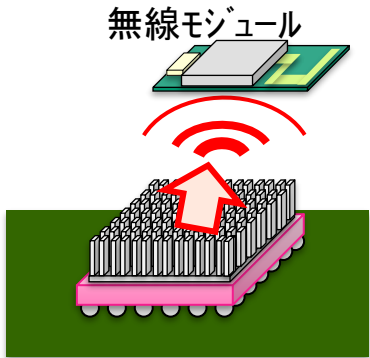
### ICIM-CI

等価回路モデル  
 $Z + \text{誤動作閾値 } [V/I]$



例\_BCI試験

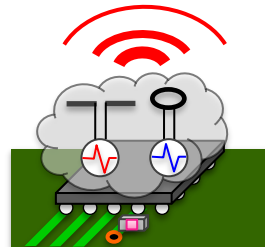
Radiated



例\_機器内干渉

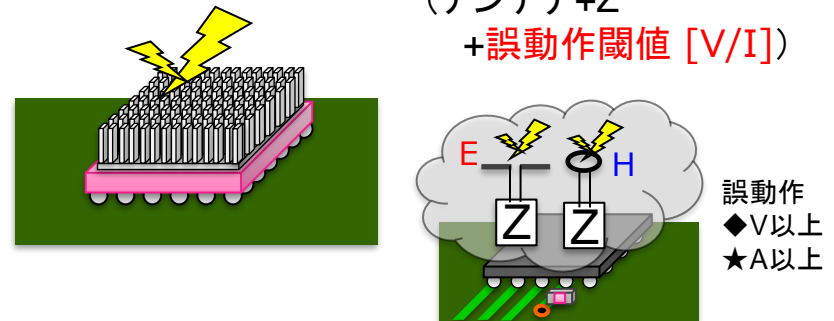
### ICEM-RE

等価送信アンテナモデル  
(アンテナ+電圧源)



### ICIM-RI

等価受信アンテナモデル  
(アンテナ+ $Z$   
+誤動作閾値  $[V/I]$ )



# IEC62433シリーズ ICのEMCモデリング方法

ドキュメント	メカニズム	名称	モデリング法
IEC 62433 シリーズ	-		Part1 General modelling framework
	Conducted Emission	ICEM-CE	Part2 Models of Integrated circuits for EMI behavioural simulation -Conducted emissions modelling
			Part2-1 Theory of black box modelling for conducted emission
	Radiated Emission	ICEM-RE	Part3 Models of Integrated circuits for EMI behavioural simulation -Radiated emissions modelling
	Conducted Immunity	ICIM-CI	Part4 Models of Integrated circuits for RF Immunity behavioural simulation -Conducted immunity modelling
	Radiated Immunity	ICIM-RI	Part5
	Pulse Immunity	ICIM-CPI	Part6 Models of Integrated circuits for immunity behavioural simulation -Conducted pulse immunity modelling

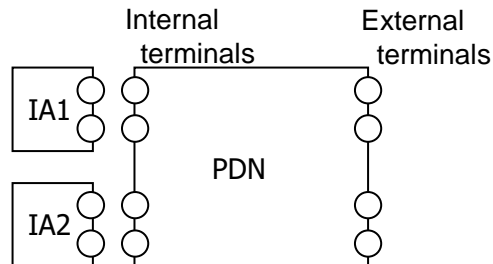
◆イミュニティ用の半導体モデリング方法も国際標準化が進んでいる

# IEC62433 Document内容

## ◆規格書の記載項目

- 原理 (Philosophy)
- モデルの構造
- モデル記述フォーマット [XML]
- パラメータ抽出要件
- モデルと解析 サンプル

### ・モデル構造(例 ICEM-CE)



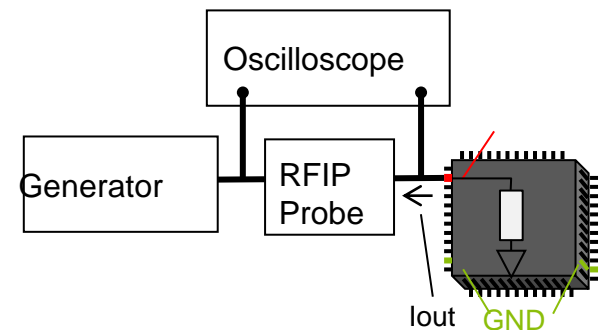
IA : Internal activities

PDN : Passive distribution network

### ・モデル記述フォーマット (XML format)

```
<Macromodels>  
  <!-- Subcircuit model -->  
  <Data_files>  
    Pin1_PDN_SubCkt.lib  
  </Data_files>  
  <Data_files>  
    Pin3_IA_SubCkt.lib  
  </Data_files>  
</Macromodels>
```

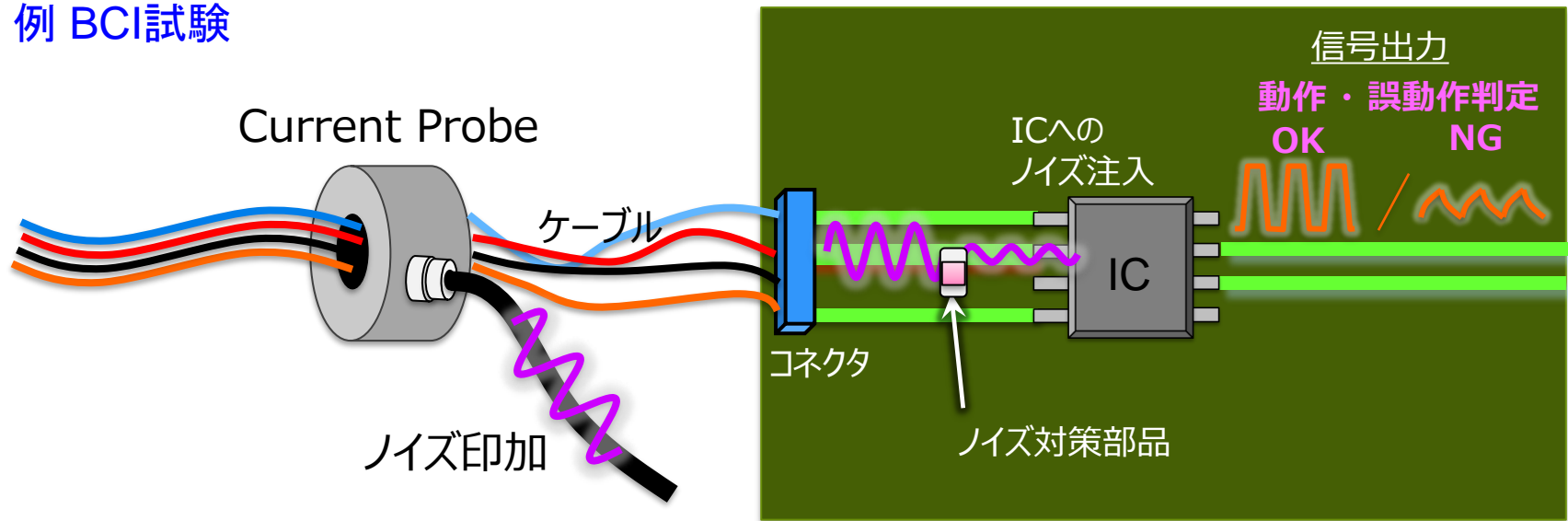
### ・モデル抽出(例 DPI)





# 伝導性イミュニティ シミュレーション

## 例 BCI試験



Step1 : 機器へのノイズ印加 (Current Probeのモデル)

Step2 : ケーブル、基板 (配線、対策部品) を介してICへノイズ伝搬 ←『ICのインピーダンス特性』が必要

Step3 : ICへのノイズ伝搬量に応じて、**動作・誤動作判定** ←『誤動作閾値』が必要

(Step4 : 結果により基板等を修正しイミュニティシミュレーション実施 )

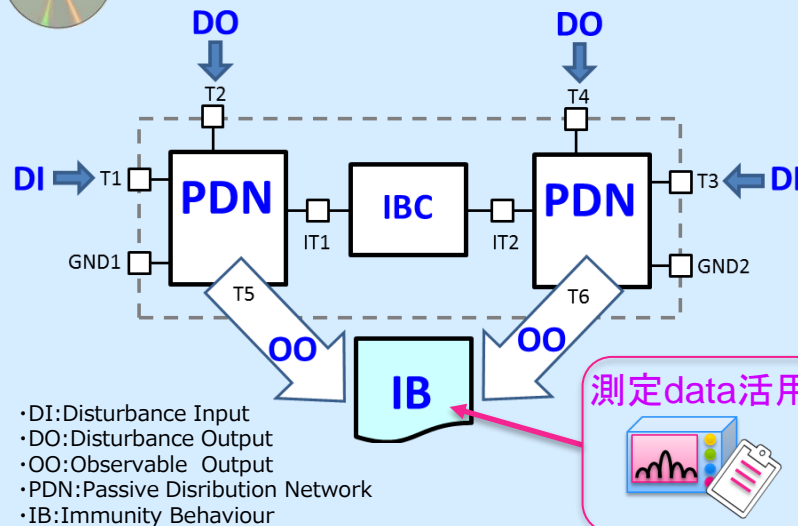
◆イミュニティシミュレーションでは、Step3:『動作・誤動作判定』が特徴的

※『誤動作』の定義は、ケースバイケース

# ICIM-CI (Conducted Immunity modelling)



## モデル構造



- DI:Disturbance Input
- DO:Disturbance Output
- OO:Observable Output
- PDN:Passive Disribution Network
- IB:Immunity Behaviour

## 【IC端子定義】

DI :ノイズを注入する端子

DO:DIとインピーダンスでつながっている端子

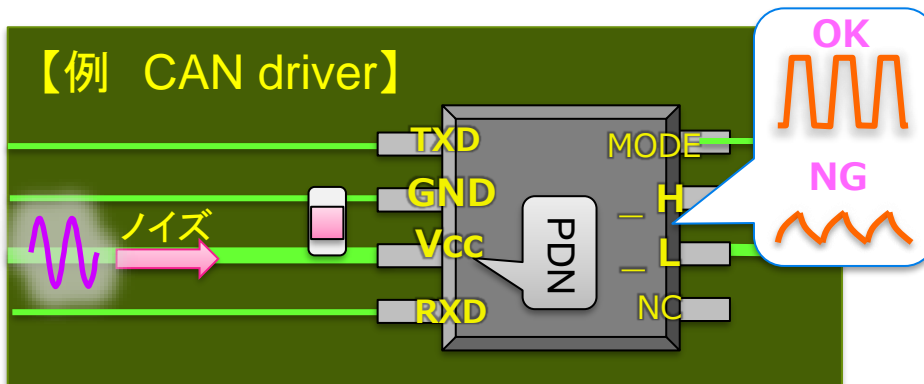
OO:誤動作をモニターする端子

## 【IC内部model】

PDN:チップ内部 端子間の接続情報  
(インピーダンスのネットワーク、S、Z、Yパラなど)

IB:OOで観測される情報から誤動作判定する  
閾値データ

## 【例 CAN driver】



DI → Vcc (電源にノイズ注入)

OO → \_H、\_L (出力信号で誤動作判定)

PDN → Vcc端子から見たICのインピーダンス

IB → DPI試験結果

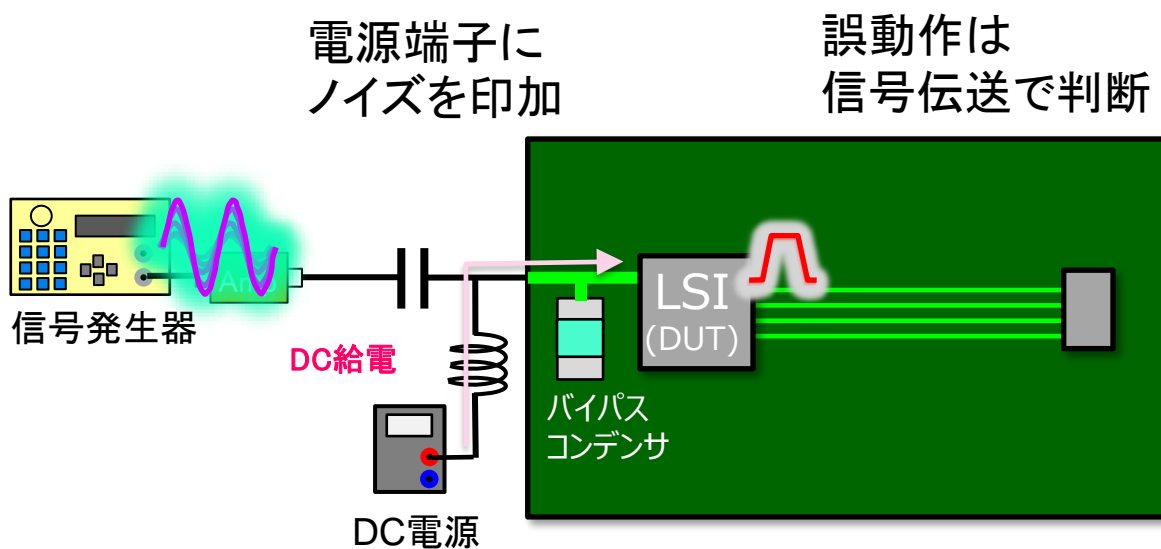
出力波形に誤動作が発生する  
Vccへのノイズ印加電流の  
周波数テーブル

# “IB”を実測データから作成

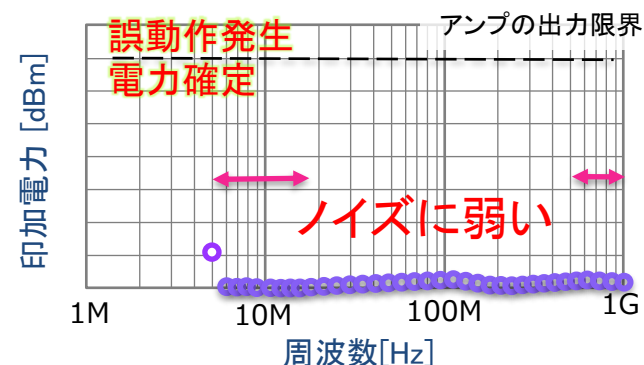
※IB:Immunity Behavior

## ■ IEC62132\_Part4 DPI (Direct Power Injection) 法による試験結果を活用

- ✓ 容量結合で配線にノイズを注入する
- ✓ 周波数毎、誤動作が発生するまで電力をあげ、誤動作が派生した電力レベルを記録
- ✓ 横軸：周波数、縦軸：誤動作が発生した電力にプロットする



### ノイズ耐量 周波数特性



# まとめ

- LPBでEMCを解決するための取り組みを紹介
- ✓ モデルベースデザイン・システム設計WG概要
- ✓ EMCの協調設計を行うための技術ポイント  
半導体EMC（イミュニティ）モデル

本発表を背景として、次の発表を御聴講いただければと思います

---

# 終わり