

次世代インライン 非破壊検査プラット フォーム

M-FD-OCT × Bessel Beamで高速・深部・高精度の
3D検査を実現し、

半導体・電池製造ラインをアップグレードする。

2026年1月

株式会社宏大

Problem : 半導体製造の課題

深部欠陥の検査が困難

- TSV・マイクロバンプ・樹脂封止の内部欠陥が見えない
- X線CTは遅い・高価・安全性の問題
- 光学顕微鏡は表面のみ
- インライン検査ができず歩留まり改善が頭打ち

Problem : 電池製造の課題

内部欠陥が品質問題の主因

- 電極・セパレータ・積層構造の剥離・空隙・クラック
- X線では材料によってコントラスト不足
- インライン検査が難しく不良流出がコスト増に直結

Problem : 積層CFRPの課題

積層CFRPの接合界面の欠陥

- 剥離・空隙は内部に発生しやすい
- 超音波は遅く接触必須でインライン化困難
- X線は高コスト・安全性問題
- 光学顕微鏡は黒色CFRPで内部構造が見えない
- 高速・非接触・深部検査が求められる

Market : 巨大で成長する市場

深部非破壊検査の需要が急増

- 半導体検査装置 : 10兆円規模
- 電池製造装置 : 数兆円規模で急成長
- NDT市場 : 1兆円超
- インライン光学検査 : 年率10%以上で成長

Market - CFRP検査

- ▶ 宇宙・航空機・自動車・風力ブレード市場でCFRP採用が急増
- ▶ CFRP製品市場規模：数兆円規模、年率10%以上成長
- ▶ 非破壊検査需要が急増（安全性・品質保証のため）
- ▶ 半導体・電池市場との横展開でシナジー創出

→ CFRP市場は次の成長ドライバー。既存技術で横展開可能

Solution : M-FD-OCT × Bessel Beam

深部 × 高速 × 高SNR を同時に実現する唯一の光学検査技術。

- Bessel Beamにより**数mmの深部まで均一な解像度**
- M-FD-OCTにより**高速3D撮影が可能**
- 多重化により**高SNRを実現**
- 非破壊・非接触で**安全性が高い**
- インライン対応が容易で、既存ラインに**組み込み可能**

Solution - CFRP対応

- 半導体・電池に加えCFRP製造ラインに対応
- 深部×高速×高SNRをCFRP積層構造で実現
- 非破壊・非接触で安全
- インライン対応容易
- AI解析で剥離・空隙分類

→ **航空機・自動車・風力ブレード市場へ横展開可能**

競合比較

唯一の“深部 × 高速 × インライン”技術

技術	深部	速度	安全性	コスト	インライン適合
X線CT	◎	×	△	高	×
超音波	△	△	◎	中	△
光学顕微鏡	×	◎	◎	低	◎
M-FD-OCT + Bessel	◎	◎	◎	中	◎

技術的優位性 - CFRP検査

課題	従来技術	当社技術
深部欠陥（剥離・空隙）	超音波：遅い、接触必須 X線：高コスト・安全性問題	Bessel Beamで数mm深部まで均一解像度
黒色材料による光吸収	光学顕微鏡：表面のみ	M-FD-OCTで高SNRを維持し3D撮影
インライン対応	超音波・X線：大型設備、低速	非接触・高速スキャンでライン組込み容易
データ解析	欠陥形状が複雑、AI必須	AI解析+SDKで自動分類・MES連携

→ 航空機・自動車・風力ブレードの品質保証を高速・安全・低コストで実現

[ビジュアル強化: CFRP写真・OCT 3Dスキャン画像・アイコンをここに配置]

Use Case : 半導体

歩留まり改善に直結

- TSV・マイクロバンプ内部欠陥検査
- 樹脂封止のボイド検出
- 3D NAND積層構造評価
- パッケージング工程のインライン検査

M-FD-OCT + Bessel Beam Antenna により、シリコン内部で 1 mm 級、TSV積層では 4~8 die (場合によりそれ以上) を非破壊・高速に確認可能です。

Use Case : 電池

安全性向上とコスト削減

- 電極厚み・均一性の高速3D測定
- セパレータ欠陥検出
- 積層電池の剥離・空隙検査
- 全固体電池の界面評価

Use Case - CFRP

信頼性・安全性向上と工程短縮

- 積層構造の剥離・空隙検査
- 樹脂含浸度の評価
- 製造ラインでのリアルタイム品質保証

→ 超音波より高速、X線より安全・低コスト

Product : インライン対応OCTモジュール

製造ラインに組み込める3D検査ユニット

- 高速3Dスキャン
- コンパクト設計でライン組込み可能
- SDK/APIでMESと連携
- AI解析（欠陥分類・自動判定）を提供

Business Model

- ▶ 装置販売（高単価）
- ▶ インラインモジュールのOEM提供
- ▶ AI解析のサブスクリプション
- ▶ 保守契約（年間）
→ ハード + AIで継続収益モデルを構築。

Moat : 競合優位性

- ▶ Bessel Beam × M-FD-OCT の組み合わせは特許性が高い
(Bessel Beam Antenna, M-FD-OCTはそれぞれ単独で特許登録済み)
- ▶ インライン対応の高速化は参入障壁が高い
- ▶ 半導体・電池の両市場で横展開可能
- ▶ データ蓄積によりAI解析が強化され、継続的に差別化
→ 技術・データ・市場の三重の堀を構築。

Roadmap

- ▶ **Year 1** : PoC獲得、プロトタイプ完成
- ▶ **Year 2** : インライン対応版リリース、初期売上
- ▶ **Year 3** : 大手半導体・電池ラインに導入
- ▶ **Year 4** : 海外展開、他産業（樹脂・3Dプリント）へ拡張

Team

- ▶ 小川 宏 (CEO、米ERA登録)
M-FD-OCT、Bessel Beam Antenna発明者、
通信技術、電磁波・アンテナ工学、OCT、
信号処理 (IEEE会員)
- ▶ Dr. Tirunelveli Ramalingam (PhD、米ERA登録)
OCT、血管カテーテルの経験

Ask : 資金調達

- ▶ 調達額 : 3-5億円
- ▶ 資金使途 :
 - ▶ インライン対応プロトタイプ開発
 - ▶ PoC実施
 - ▶ AI解析モジュール開発
 - ▶ 営業・アプリケーションエンジニア採用

→ 2年以内の製品化と初期売上を目指す。

連絡先 株式会社宏大
担当者 (CEO) 小川 宏
Mail: h_ogawa@kodai-co.com
URL: <https://kodai-co.com>
携帯: 090-1507-5961

図の技術的な読み解き（重要）

✔ 正常TSV（左・中央）

• 深さ方向に **連続した高反射ストリーク**

• 位相・振幅ともに連続

→ フーリエ領域で **単一モードとして再構成**

👉 **Cu充填が健全**、電気的にもOKなTSV

⚠ 欠陥TSV（右）

中央付近に **異常に強い反射+上下で断裂**

これは以下のいずれか（または複合）を意味します：

1) ボイド（空隙）

• 屈折率差（Cu ↔ 空気）で **極端な反射**

• その下が「見えなくなる」（シャドーイング）

2) 未充填・Cuネック

• 反射強度の急変

• 軸方向に **強度の不連続点**

3) クラック（界面剥離）

• TSV周囲に **横方向の反射**にじみ

• M-FD符号化で空間的に局在

なぜ M-FD-OCT で“検出できる”のか

従来 FD-OCT の限界

• 多層反射 × TSV散乱

→ **自己相関ノイズで埋もれる**

• 深部ほど SNR 劣化

M-FD-OCT の決定的差分

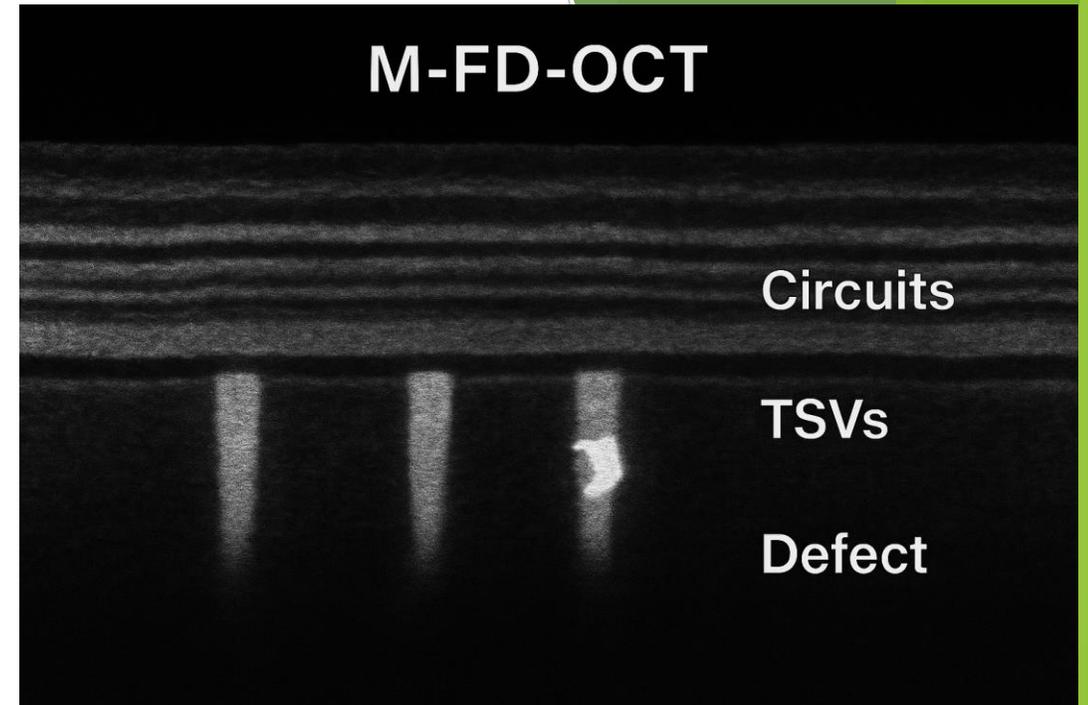
• ✔ 符号化により **深さ方向の相関分離**

• ✔ 欠陥由来の「異常反射」がピークとして孤立

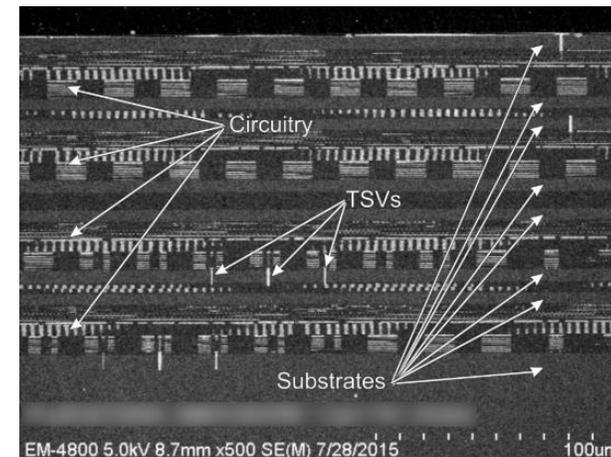
• ✔ TSV軸方向の **連続/非連続** が明瞭

👉 「壊れているかどうか」だけでなく

「どの深さで何が起きているか」が非破壊で分かる

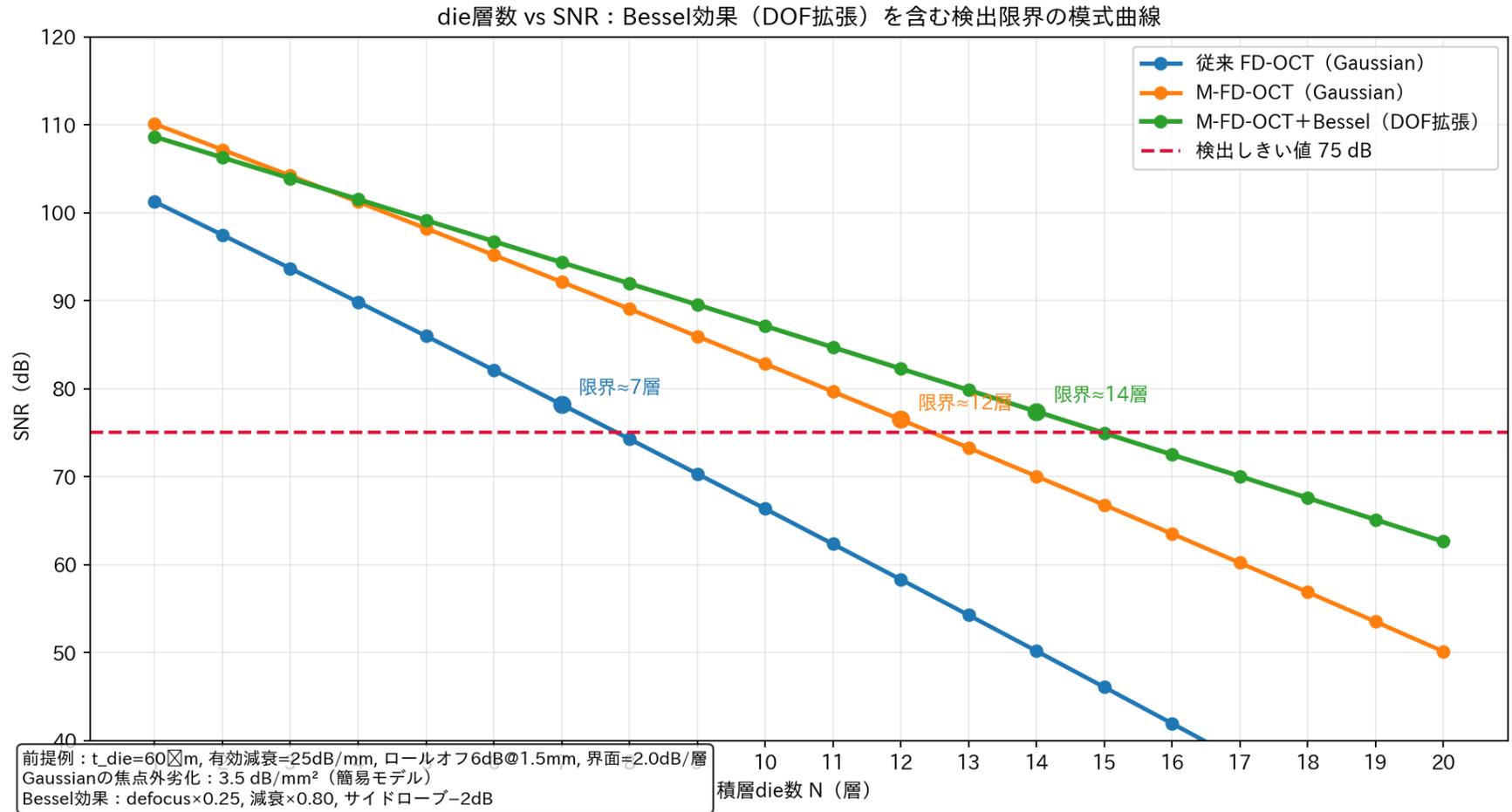


上の図が「TSV欠陥（ボイド/未充填/クラック）を M-FD-OCT で検出した場合の模式断層像」



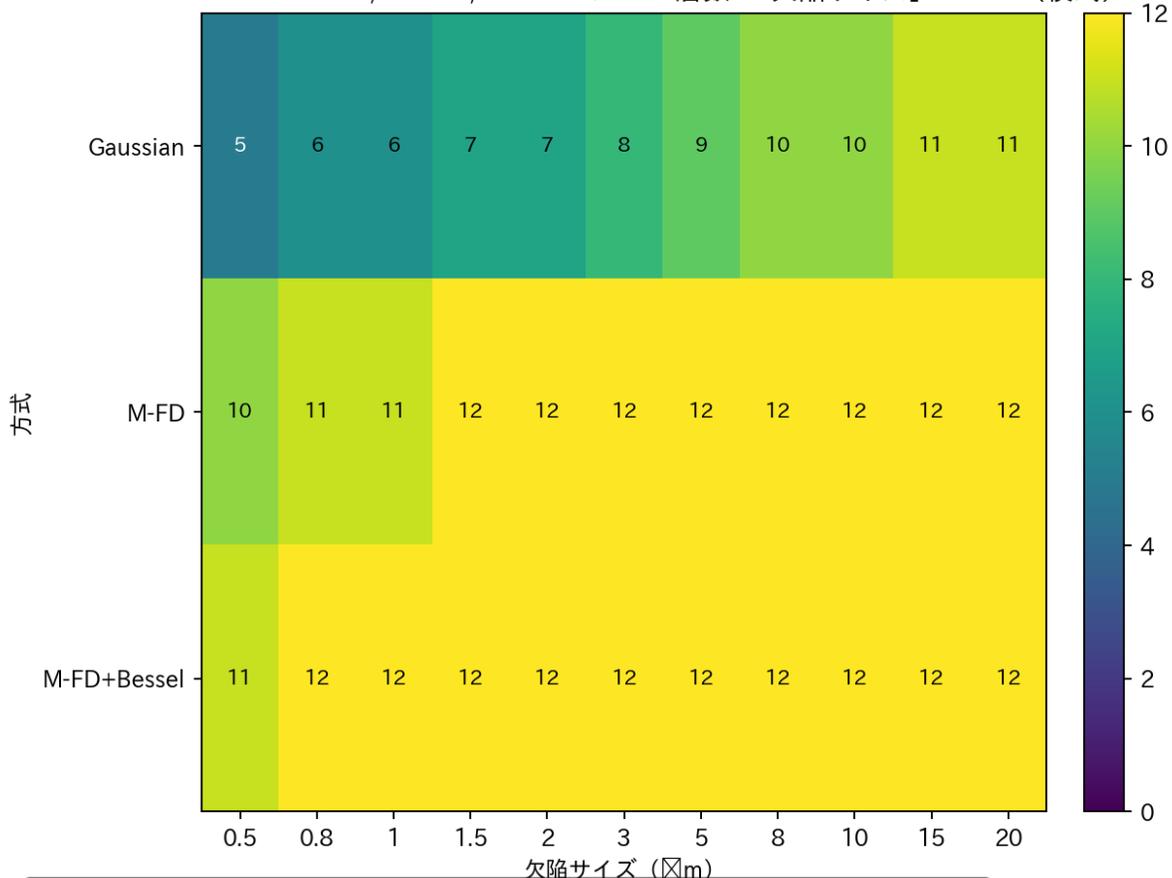
8層積層3D ICのSEM断面（TSVあり）

Die層数 vs SNR: 従来OCT (Gaussian) とM-FD-OCT + Bessel Beam の比較



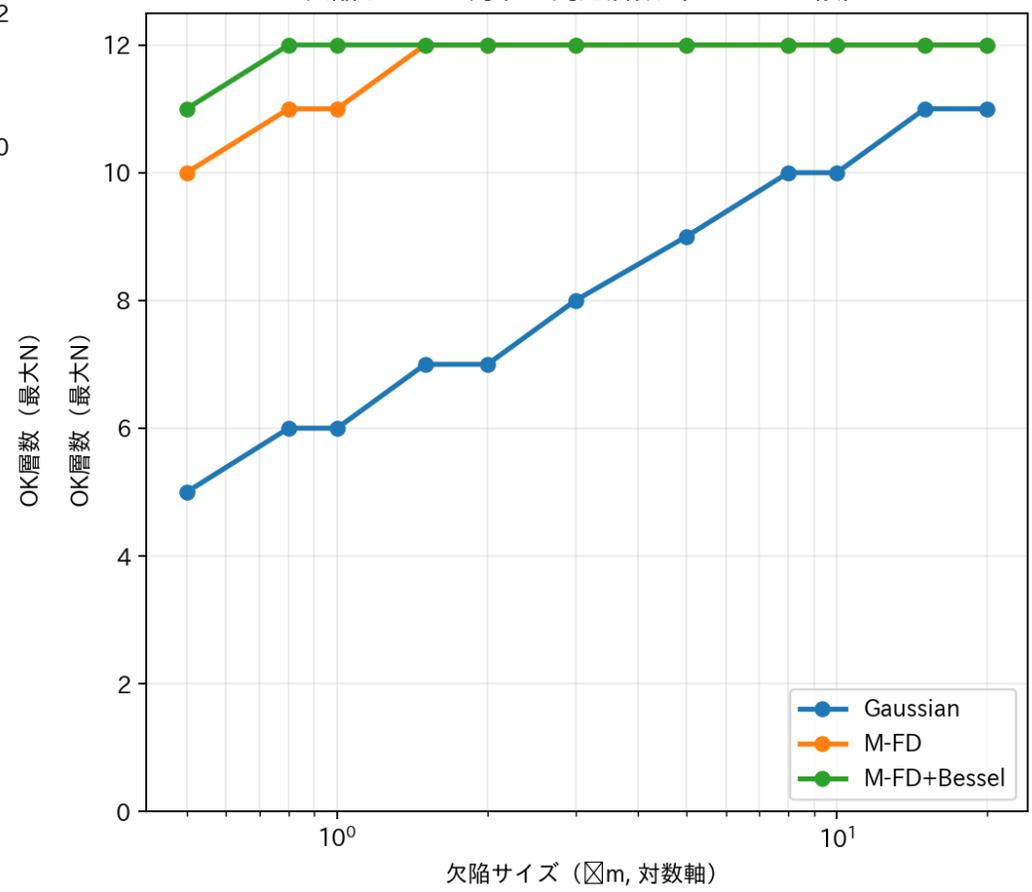
M-FD-OCT x Bessel Beam による

HBM12 : Gaussian / M-FD / Bessel の「OK層数 vs 欠陥サイズ」マップ (模式)



前提 (模式) : HBM12, $t_{die}=50\mu\text{m}$, 有効減衰=22dB/mm, 6dBロールオフ@1.5mm, 界面=1.8dB/層
M-FD利得≈+8dB, Bessel: defocus×0.25, 減衰×0.80, サイドローブ-2dB
欠陥サイズ→必要SNR : $1\mu\text{m}$ →85dB, $5\mu\text{m}$ →75dB, $20\mu\text{m}$ →68dB (対数モデル)

欠陥サイズに対する到達層数 (HBM12上限)



左：ヒートマップ 右：到達層数カーブ

このマップの読み方（左：ヒートマップ / 右：到達層数カーブ）

左（ヒートマップ）

•横軸：欠陥サイズ（ μm ）

•縦軸：方式（Gaussian / M-FD / M-FD+Bessel）

•セルの数字＝その欠陥サイズを“安定検出できる最大die層数（OK層数）”

- 例：セルが「12」なら HBM12層までOK（フルスタックで検出可能）
- 「0」なら、最上層でも要求SNRに届かない想定

右（折れ線）

•欠陥サイズが小さいほど必要SNRが高いため、到達層数が下がる

•方式ごとの差（Gaussian < M-FD < M-FD+Bessel）が一目で分かります

モデルに入れている前提（HBM向け・モード）

図の注記の通り、HBM12想定で以下を置いています：

•die厚：50 μm

•有効減衰：22 dB/mm（Si内損失+深部集光/結像ロス等をまとめた“実効”）

•感度ロールオフ：6 dB @ 1.5 mm

•界面ペナルティ：1.8 dB/層（接合界面の散乱/多重反射等の累積）

•Gaussianの焦点外劣化： $\propto z^2$ （簡易モデル）

•M-FD利得： $\approx +8$ dB（相関雑音・アーチファクト抑制の“実効利得”として）

•Bessel効果：

- DOF拡張で焦点外劣化を $\times 0.25$
- 深部集光改善で有効減衰を $\times 0.80$
- サイドロープ由来の背景増：-2 dB（控えめにペナルティ化）

欠陥サイズ → 必要SNR（ここが「OK/NG」の境界）

欠陥が小さいほど要求SNRが上がるよう、対数モデルで設定しています（例）：

•1 μm → 85 dB

•5 μm → 75 dB

•20 μm → 68 dB

ここは「TSV連続性」なのか「ボイド径 $\circ\mu\text{m}$ 」なのか、「界面剥離」なのかで変わるので、**本当は用途別に最適化**するのがポイントです。