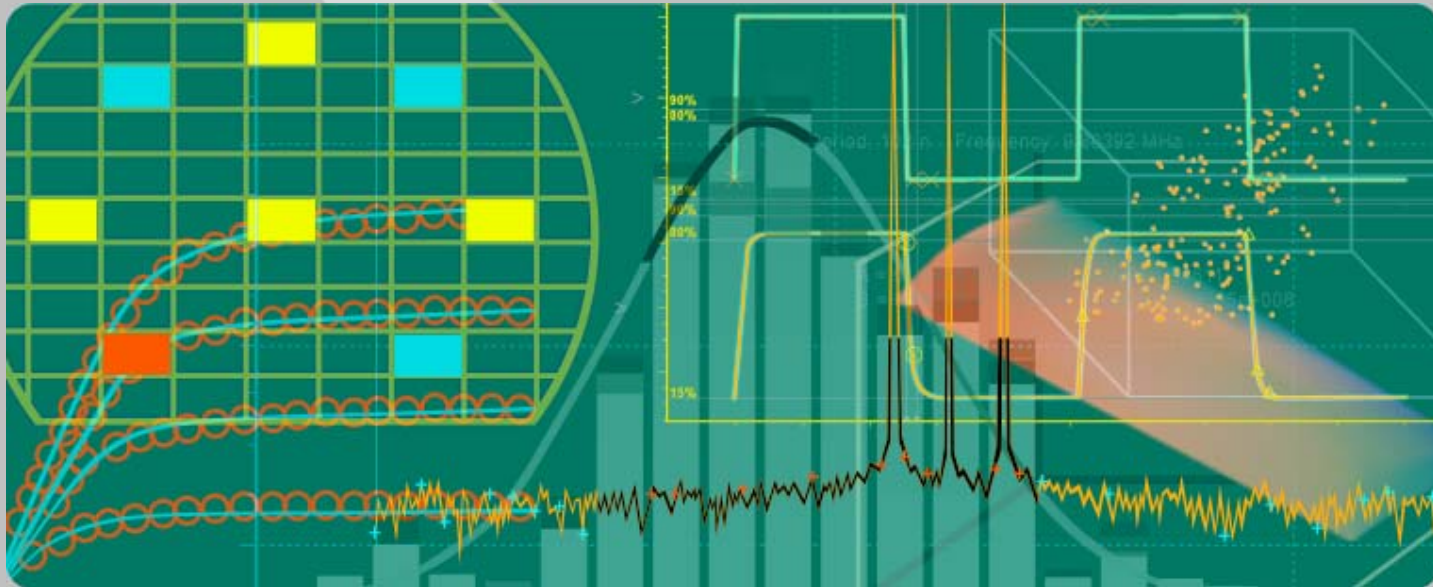


UTMOST IV SPICE オプティミゼーション・モジュール



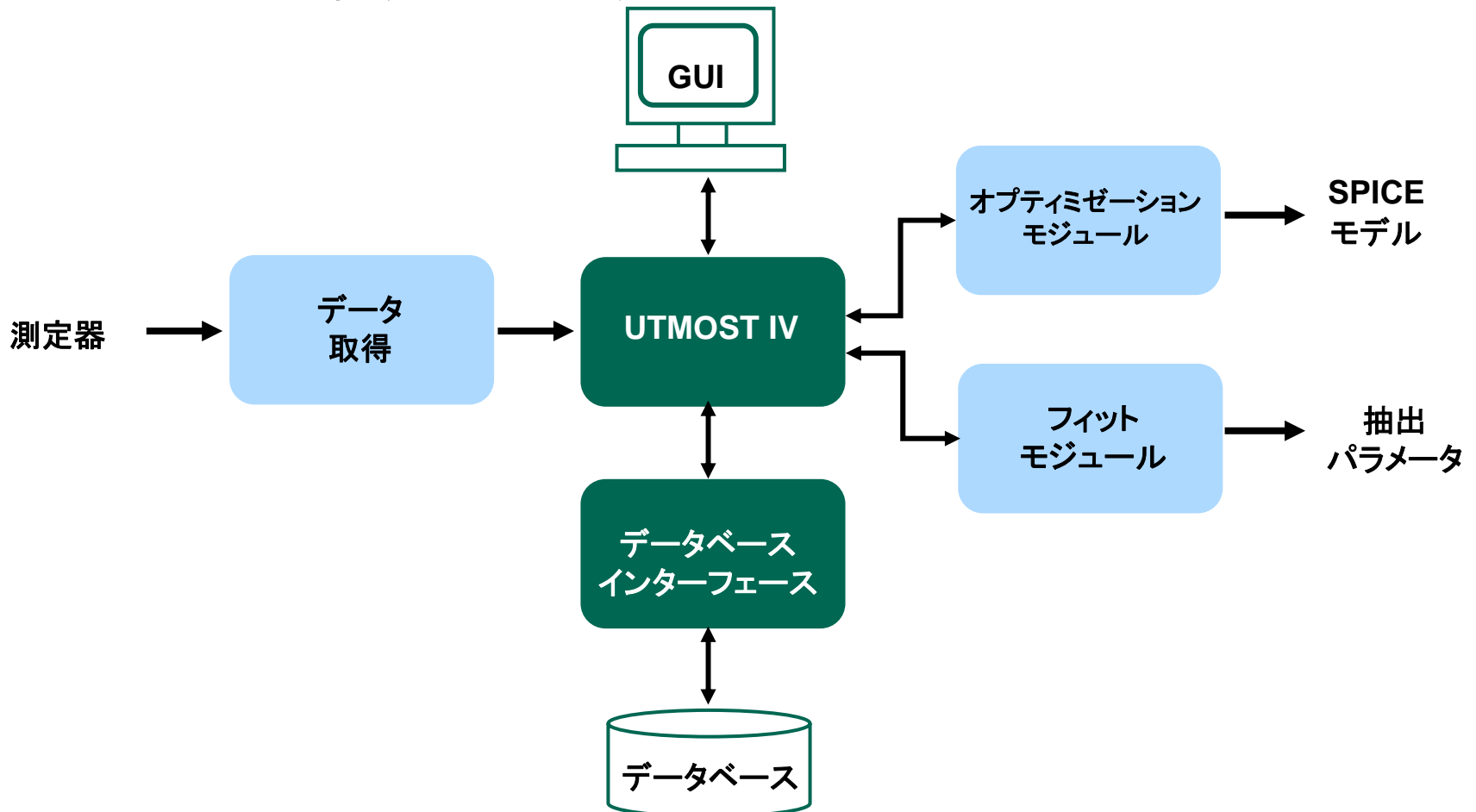
シルバコ・ジャパン テクノロジー・セミナー

Spring 2007

飯野 由久

UTMOST IVアーキテクチャ

- UTMOST IV はデータベースを採用:UTMOST III、競合製品では個別の設定ファイル、データファイルにもとづく



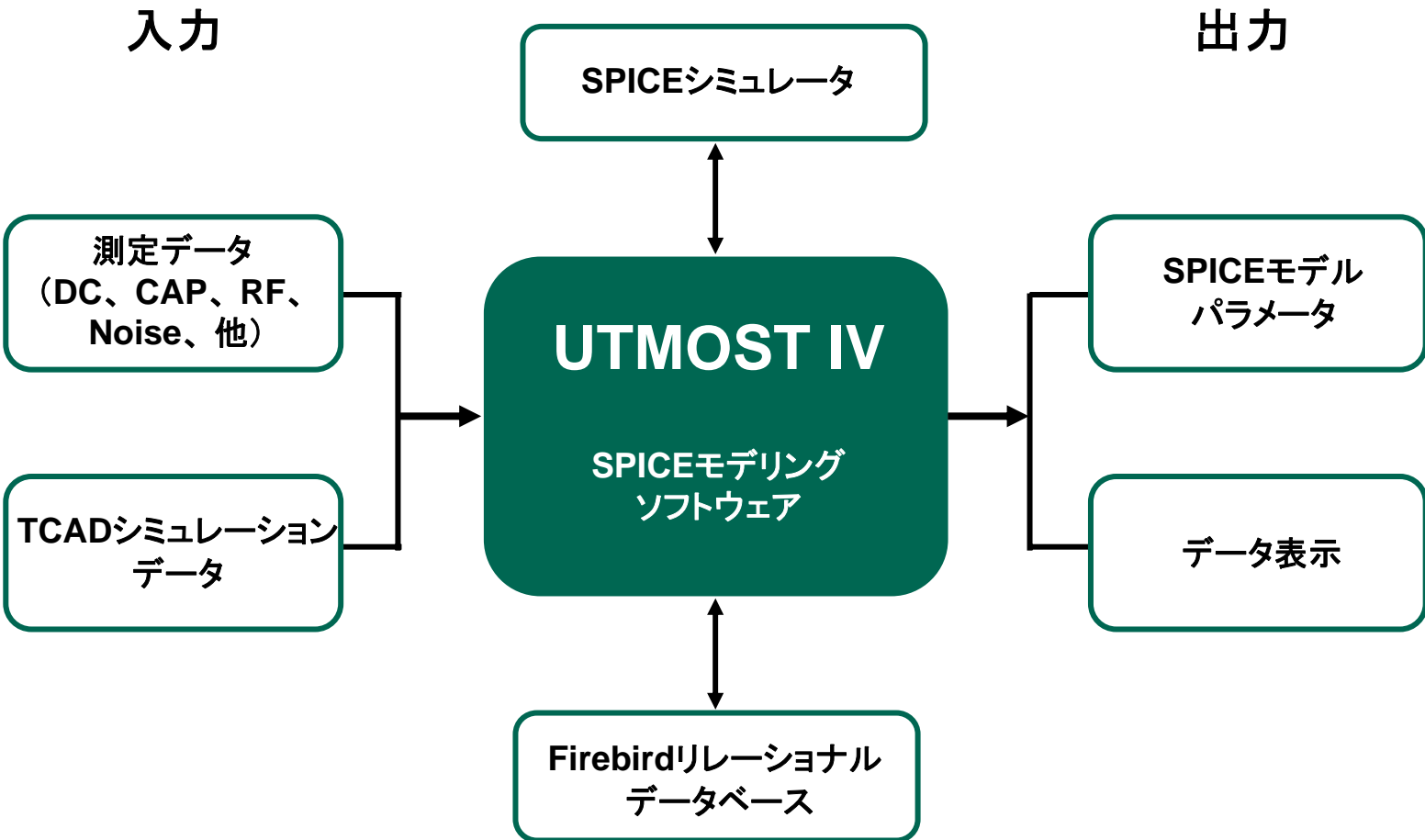


最適化・モジュール

- 最適化・ターゲット数は無制限
- マクロモデルに完全対応
- 一連の先進最適化・アルゴリズム
- 高速SmartSpice インターフェース
- モデリング対象テクノロジーからの独立
- 柔軟性のあるデータ形式
- 64ビット リレーショナル・データベースの採用



UTMOST IV オプティミゼーション・モジュール: アーキテクチャ



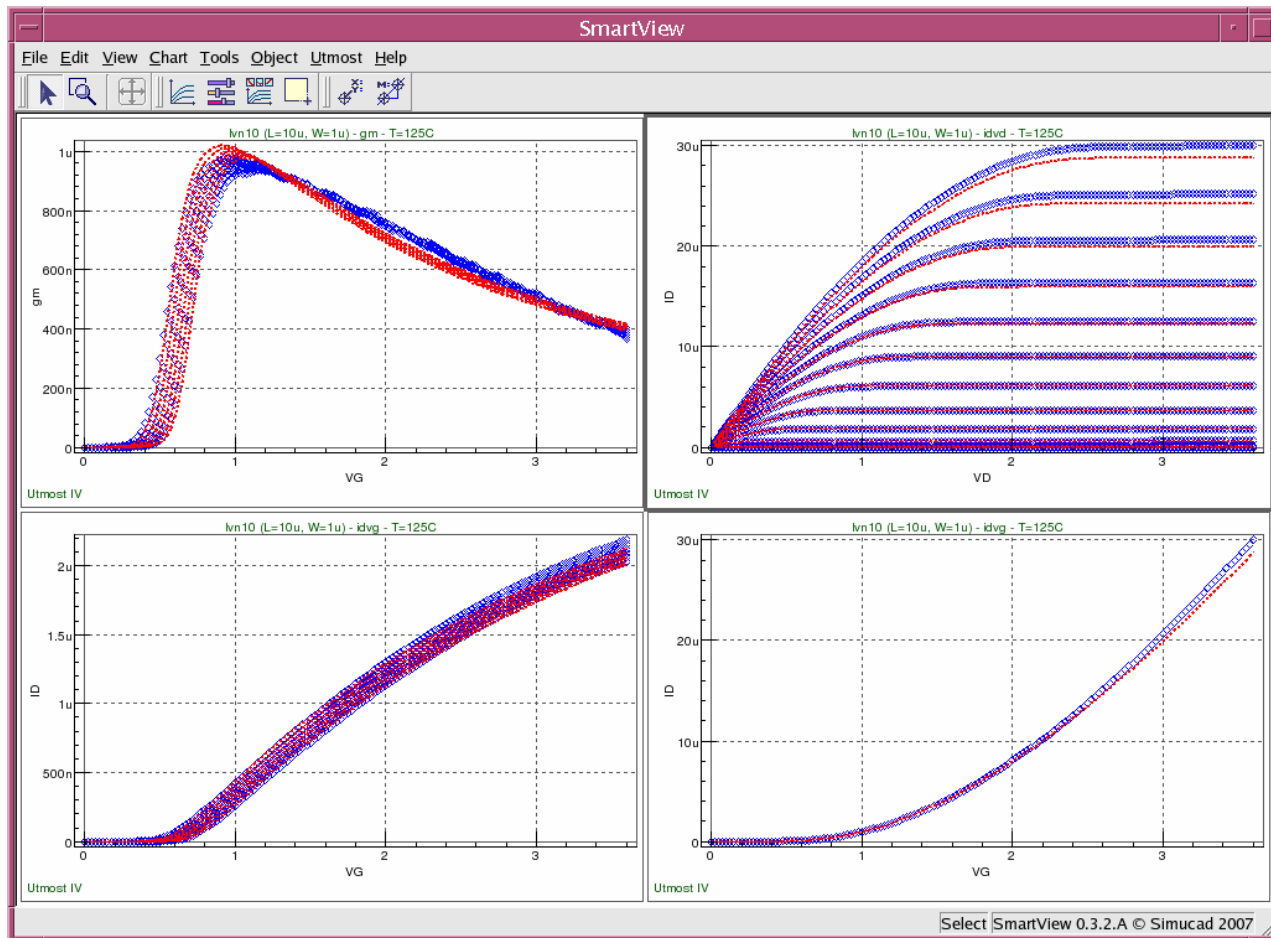
UTMOST IVプロジェクト: データ、オプティミゼーションの設定

The screenshot displays the UTMOST IV software interface for a project named 'project1'. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Setup, Create, Optimize, Dataset, Help) and a toolbar with various icons. The main workspace is divided into several panels:

- Data Search:** Set to 'batch1'.
- Left Panel (Tree View):** Shows a hierarchical structure of data sets. Under 'IDvsVGSlin', there are three sub-groups: 'gm', 'gmoverID', and 'idvg'. Each group contains six data sets with parameters like (L=20u, W=20u), (L=1u, W=20u), (L=425n, W=20u), (L=20u, W=1u), (L=1u, W=800n), and (L=425n, W=800n).
- Optimization Sequence Panel:** Shows a sequence of optimization steps. The 'wide_long' group is expanded, showing 'vth0_u0_ua_ub', 'k1_k2_uc', and 'nfactor_voff'. The 'larray' group is also expanded, showing 'lint_rdswh_dvt0_dvt1'.
- Data Subsets Panel:** Lists 'wide_long' and 'larray' as active data subsets.
- Optimization Setups Panel:** Lists 'k1_k2_uc', 'lint_rdswh_dvt0_dvt1', 'nfactor_voff', and 'vth0_u0_ua_ub' as active optimization setups.

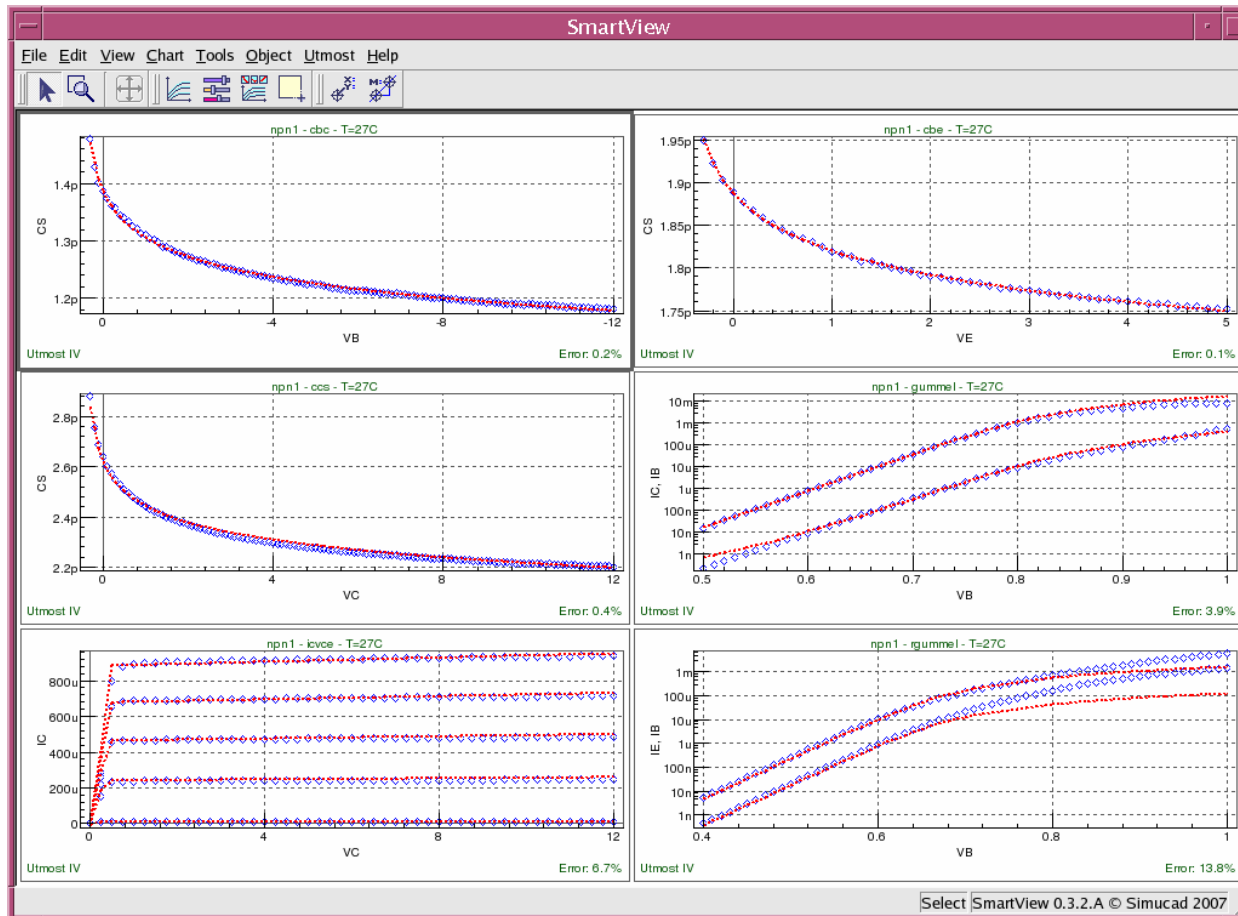
複数のオプティマイズ・ターゲットー1

- どの様なデータ組み合わせでもオプティマイズの対象



複数のオプティマイズ・ターゲット-2

- 温度、DC/ACの混在、複数ロット/ウェハー間データ

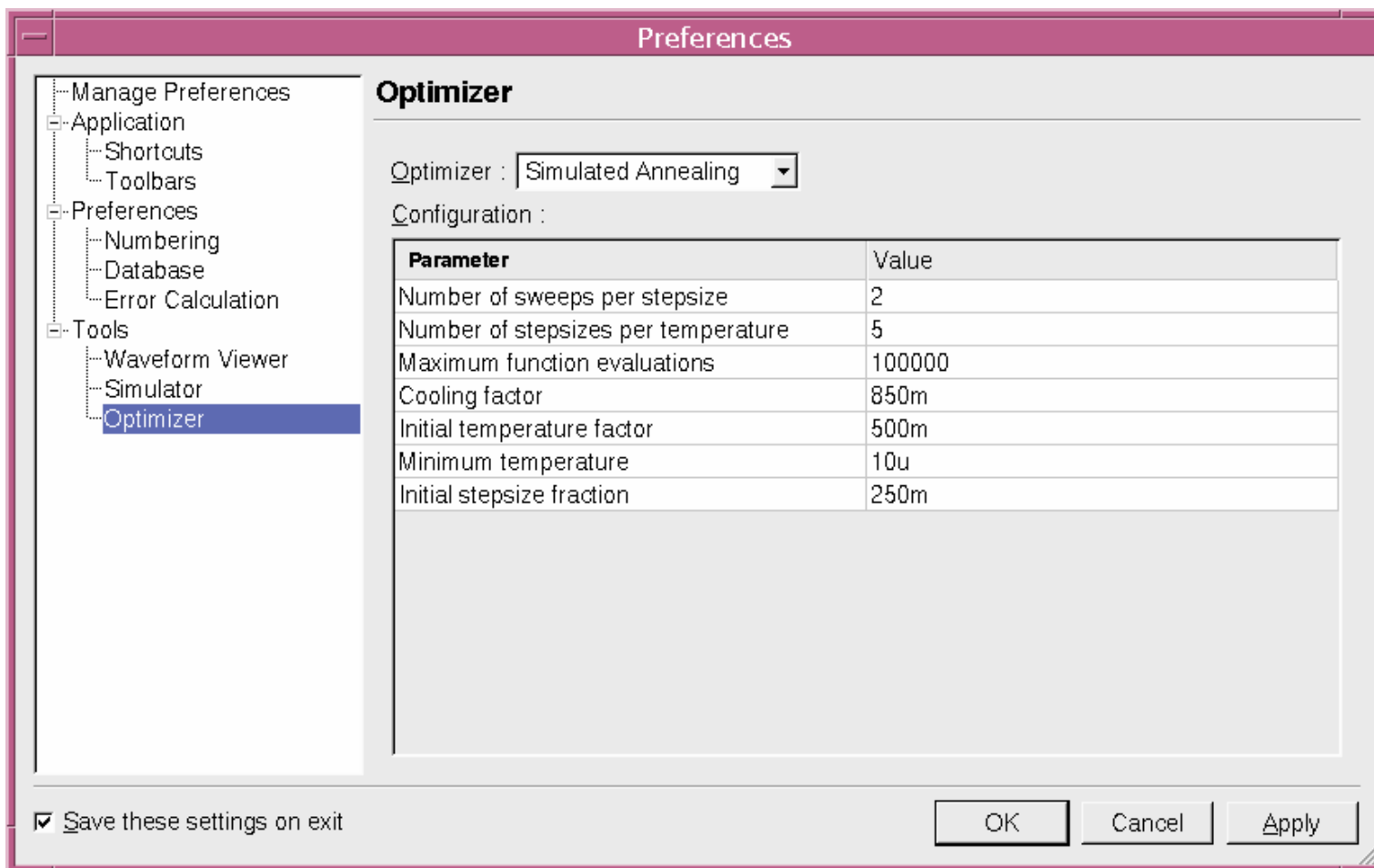




一連の先進最適化・アルゴリズム

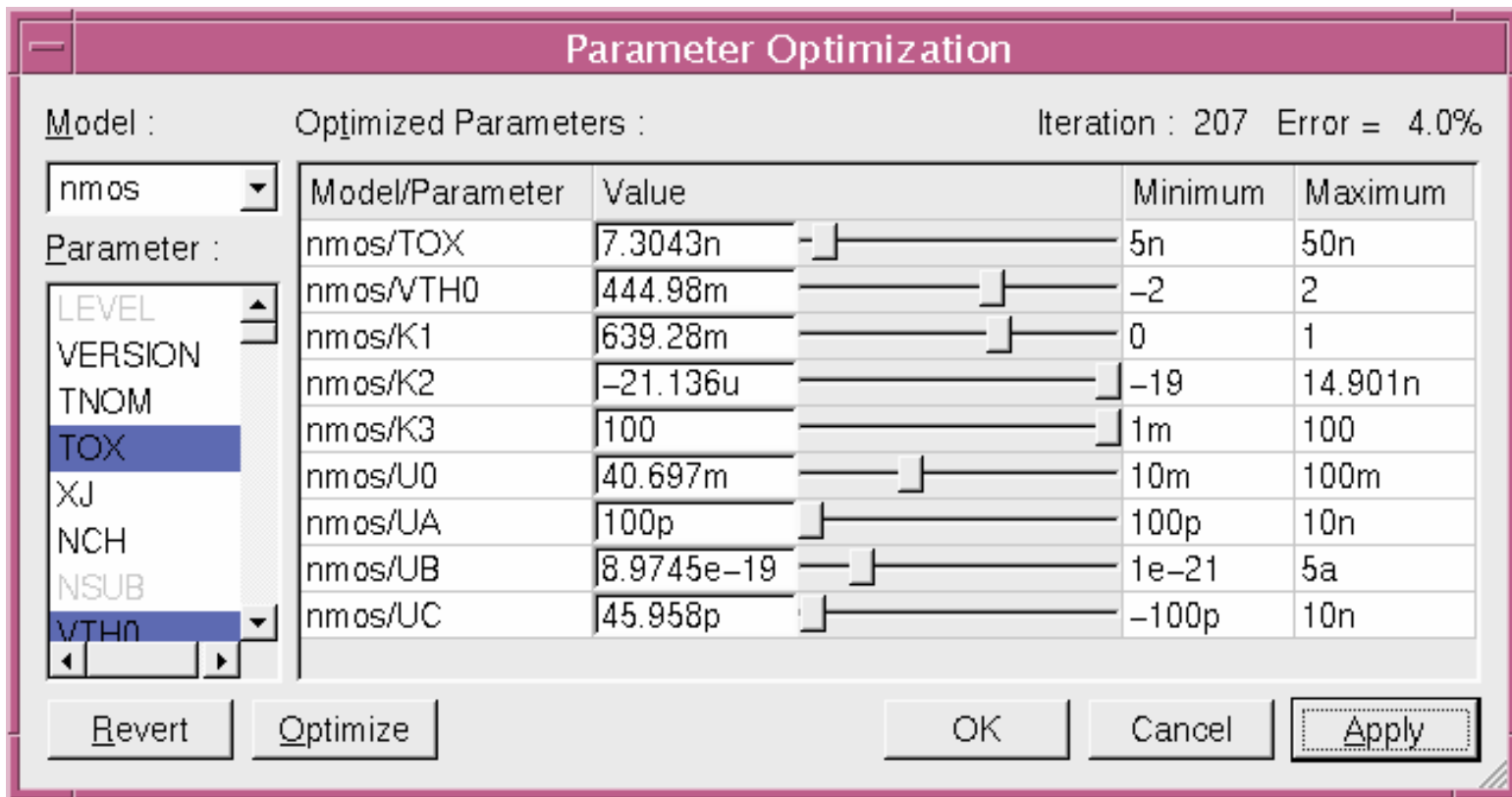
- ローカル・最適化（従来）は高速ではあるが、適切な初期値が必要
 - Levenberg Marquartz
 - Hooke-Jeeves
- グローバル（次世代）最適化はより多くの繰り返しが必要、だがその条件設定はゆるい
 - Genetic Algorithm
 - Simulated Annealing
 - Parallel Tempering
 - Differential Evolution

オプティマイザの選択、設定は容易



ラバーバンド(Rubberband)オプティマイズ機能

- パラメータ数に制限なし



Parameter Optimization

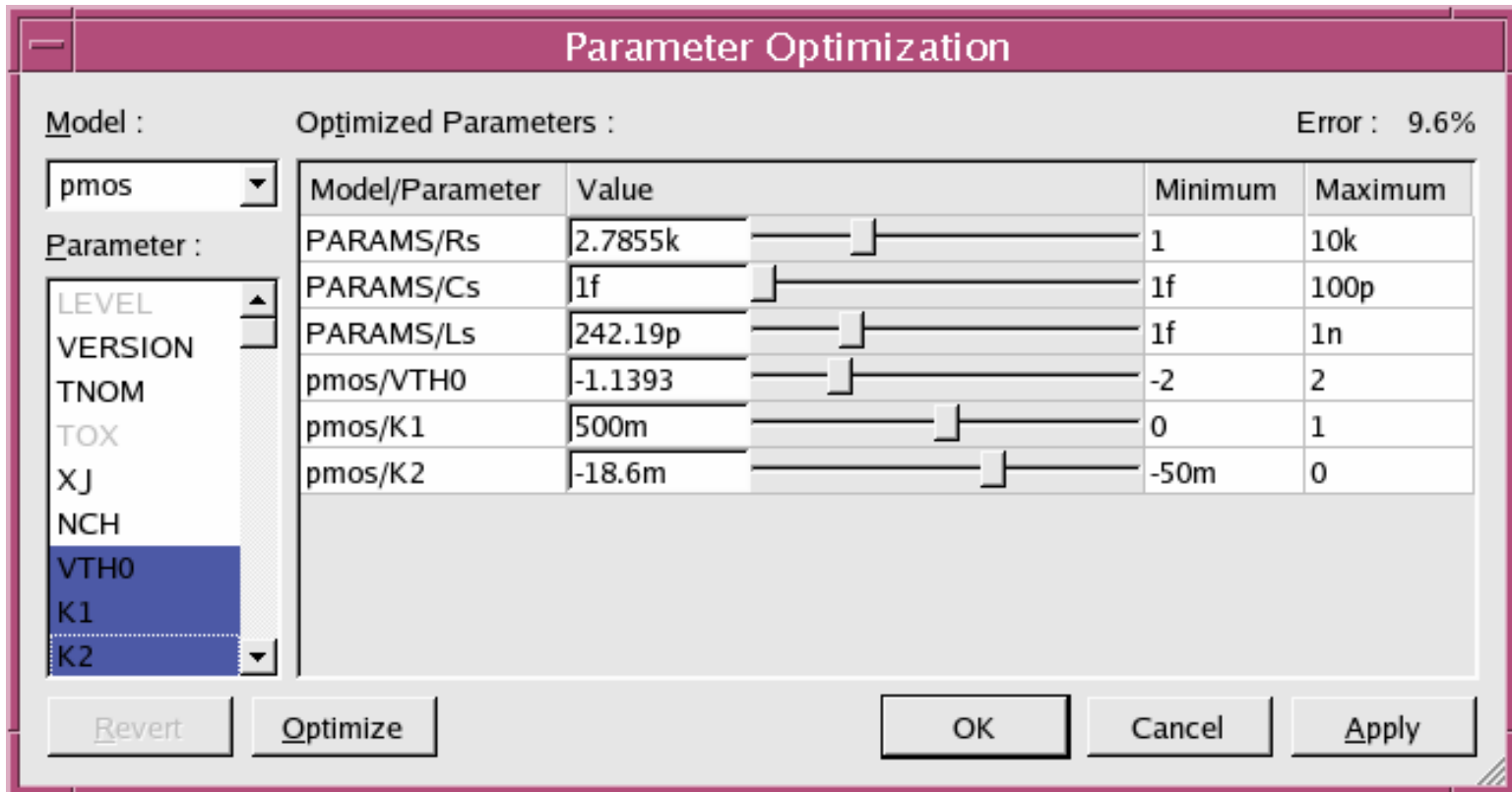
Model : nmos Optimized Parameters : Iteration : 207 Error = 4.0%

| Model/Parameter | Value | Minimum | Maximum |
|-----------------|------------|---------|---------|
| nmos/TOX | 7.3043n | 5n | 50n |
| nmos/VTH0 | 444.98m | -2 | 2 |
| nmos/K1 | 639.28m | 0 | 1 |
| nmos/K2 | -21.136u | -19 | 14.901n |
| nmos/K3 | 100 | 1m | 100 |
| nmos/U0 | 40.697m | 10m | 100m |
| nmos/UA | 100p | 100p | 10n |
| nmos/UB | 8.9745e-19 | 1e-21 | 5a |
| nmos/UC | 45.958p | -100p | 10n |

Revert Optimize OK Cancel Apply

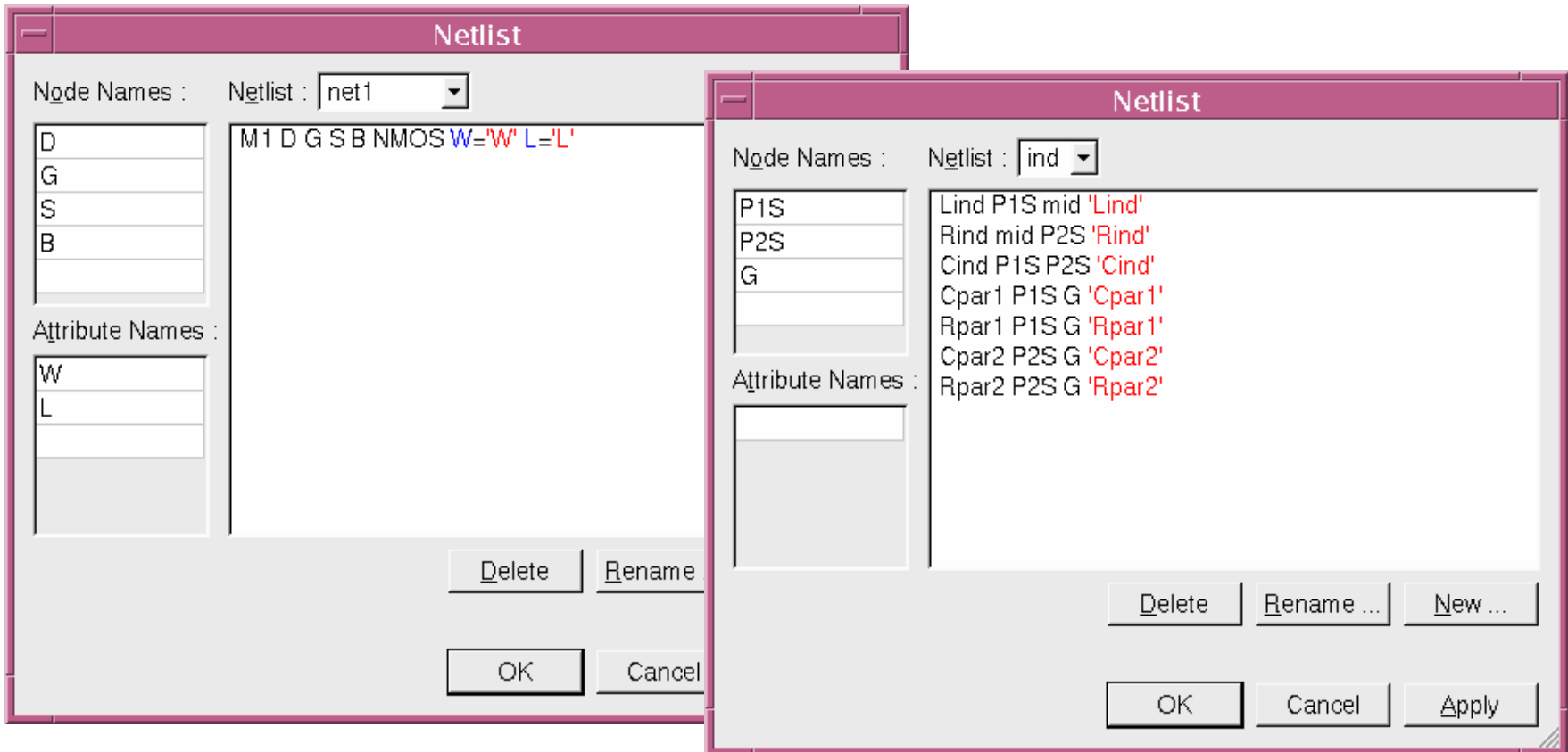
ラバーバンド(Rubberband)オプティマイズ機能-2

- 複数モデルのパラメータを同時にオプティマイズ可能



マクロモデルのオプティミゼーション

- マクロモデル定義に用いるネットリストに制限はなし
- マクロモデル中の全てのパラメータを同時にオプティマイズ、ラバーバンド可能





高速SmartSpiceインターフェース

- 高性能、柔軟なSmartSpiceによるシミュレーション
- 高速APIインターフェースでごく短時間でシミュレーション完了
 - AMD Athlon64 X2 4800で、1秒間に80回のDCシミュレーション
- コンパクトモデルではなくマクロモデルであっても、シミュレーション時間のロスはない
- 一般的なLDMOSマクロモデルでのオプティミゼーション
 - UTMOST III: 約 1.5 - 2.0 時間
 - UTMOST IV: 約 2-3 分



ModelLibで効率改善

- UTMOST IV内部にモデルは書き込まれていない
- モデル情報はSmartSpice内のModelLibより提供
- SPICEシミュレータとパラメータ抽出ツール間の相違解消が可能
- SmartSpiceのどのような新しいモデルでもUTMOST IVで即座に使用可能
- インターネット上のWebによるモデルの提供、アップデート

モデルライブラリ

- モデル数、タイプの制限はなし
- インポート、イクスポート

Model Library : project1

Model Parameter Simulation

Model Name : Type : NMOS 0 marked. Find :

| | Mark | Name | Optimized | Fit Initial | User Initial | Minimum | Maximum |
|----|-------------------------------------|---------|-----------|-------------|--------------|---------|---------|
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | LEVEL | 8 | 8 | 8 | | |
| 2 | <input type="checkbox"/> | VERSION | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3 | 3.3 |
| 3 | <input type="checkbox"/> | TNOM | 27 | 27 | 27 | -100 | 300 |
| 4 | <input type="checkbox"/> | TOX | 14n | 14n | 14n | 5n | 50n |
| 5 | <input type="checkbox"/> | XJ | 150n | 150n | 150n | 100n | 1u |
| 6 | <input type="checkbox"/> | NCH | 1.7e+17 | 1.7e+17 | 1.7e+17 | 5e+16 | 5e+17 |
| 7 | <input type="checkbox"/> | NSUB | | | | 5e+15 | 3e+17 |
| 8 | <input type="checkbox"/> | VTH0 | 700m | 700m | 700m | -2 | 2 |
| 9 | <input type="checkbox"/> | K1 | 500m | 500m | 500m | 0 | 1 |
| 10 | <input type="checkbox"/> | K2 | -18.6m | -18.6m | -18.6m | -50m | 0 |
| 11 | <input type="checkbox"/> | K3 | 80 | 80 | 80 | 1m | 100 |
| 12 | <input type="checkbox"/> | K3B | 0 | 0 | 0 | -10 | 10 |
| 13 | <input type="checkbox"/> | W0 | 2.5u | 2.5u | 2.5u | 1u | 10u |
| 14 | <input type="checkbox"/> | NLX | 174n | 174n | 174n | 10n | 1u |
| 15 | <input type="checkbox"/> | DVT0W | 0 | 0 | 0 | -500m | 500m |
| 16 | <input type="checkbox"/> | DVT1W | 0 | 0 | 0 | 0 | 10M |
| 17 | <input type="checkbox"/> | DVT2W | 0 | 0 | 0 | 500m | 500m |

モデルのカスタマイズと新モデルの開発環境

- 式によるモデル・パラメータ表現
- スケーラブルなカスタム・マクロモデル作成
- SmartSpiceモデル開発環境による独自SPICEモデル開発
- 新たなモデル、パラメータを追加しUTMOST IVで検証、並行してパラメータ抽出手順確立が可能

The screenshot shows the 'Model Library : bjt1' window. The 'Model Name' is 'npn' and the 'Type' is 'NPN'. A table lists 14 parameters with columns for Mark, Name, Optimized, Fit Initial, User Initial, Minimum, and Maximum. The 'NF' parameter is highlighted in blue. A 'New Model Parameter' dialog box is open in the foreground, showing the 'Name' field set to 'MY_PARAM' and 'Close' and 'Apply' buttons.

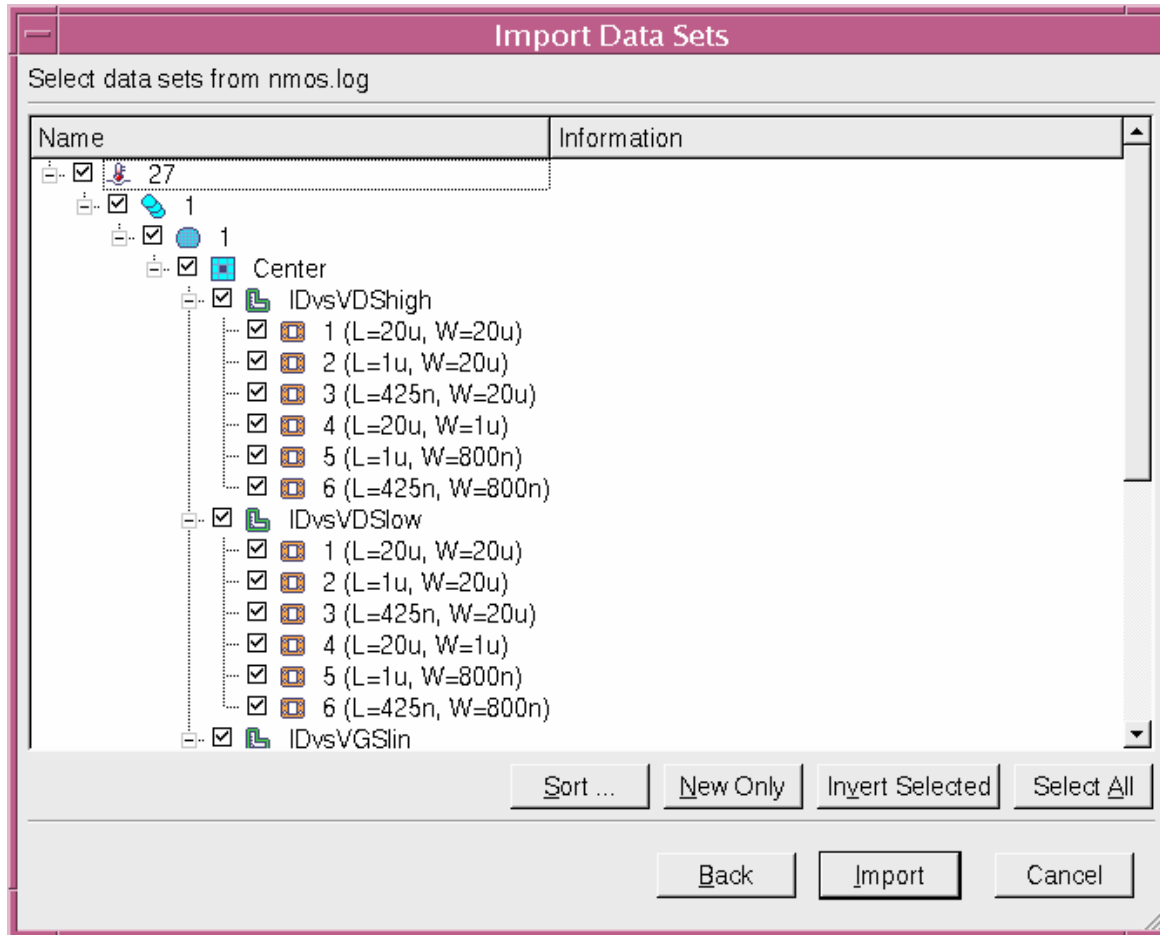
| Mark | Name | Optimized | Fit Initial | User Initial | Minimum | Maximum |
|------|-------|-----------------------------------|-------------|--------------|---------|---------|
| 1 | LEVEL | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | IS | IS_AREA * area + IS_PERIM * perim | | | | |
| 3 | BF | 128.95 | 100 | 100 | 10 | 500 |
| 4 | NF | 1 | 1 | 1 | 950m | 1.05 |
| 5 | BR | 100m | 3 | 3 | 10m | 20 |
| 6 | NR | 1 | 1 | 1 | 950m | 1.05 |
| 7 | ISE | 8.6678f | 400a | 400a | 1a | 100p |
| 8 | NE | 1.748 | 1.5 | 1.5 | 1 | 2 |
| 9 | ISC | 1a | 200a | ... | ... | ... |
| 10 | NC | 1.5838 | 2 | | | |
| 11 | VAF | 153.88 | 100 | | | |
| 12 | VAR | 34.334 | 20 | | | |
| 13 | IKF | 3.9484m | 10m | | | |
| 14 | IKR | 586.02m | 10m | | | |



モデルが対象とするテクノロジーとは関連しない

- UTMOST III や他社製品のようなBIP、MOS、SOIと言ったSPICEモデル毎のモジュールなし
- デバイスノード数制限なし
- 半導体デバイスの全てのタイプに対応
- SmartSpice経由でSpiceモデルタイプに対応

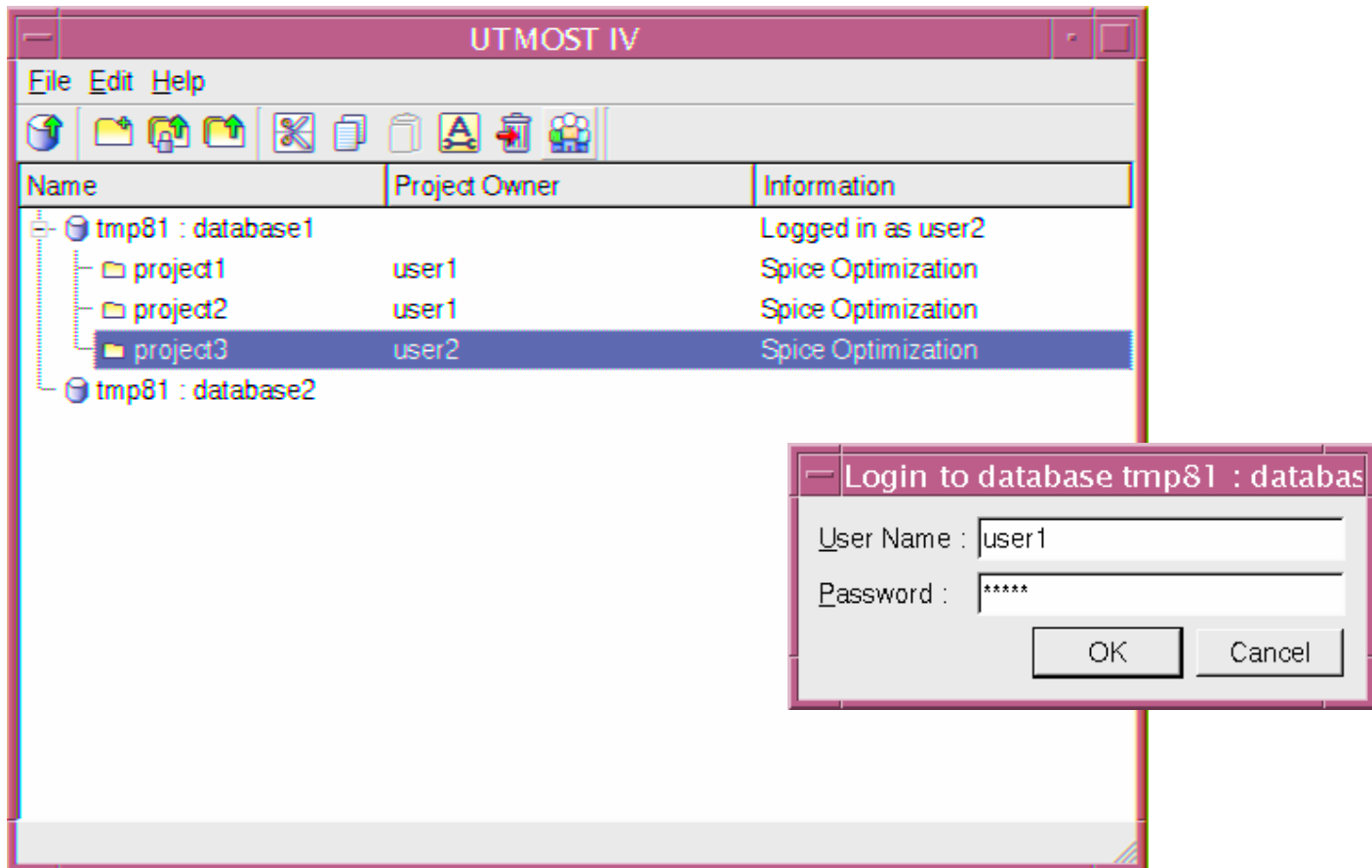
柔軟なデータ形式



- UTMOST III ログファイルからのデータセットのインポート
- UTMOST IV データファイルによる柔軟なデータセットのインポート
- データが等間隔である必要はない
- リニア、ログスケールのスイープ、リスト形式に対応

64ビット リレーショナル・データベース

- マルチユーザ、マルチアクセス可能なFirebird 64ビットデータベース
- データの共有、ストア



サーチ・エディタ

- データベースのサーチによるデータ取り出し、情報共有

Name : rtp_idvg_large

Search Parameter : Attribute Name : L Comparison : = Value : 20u

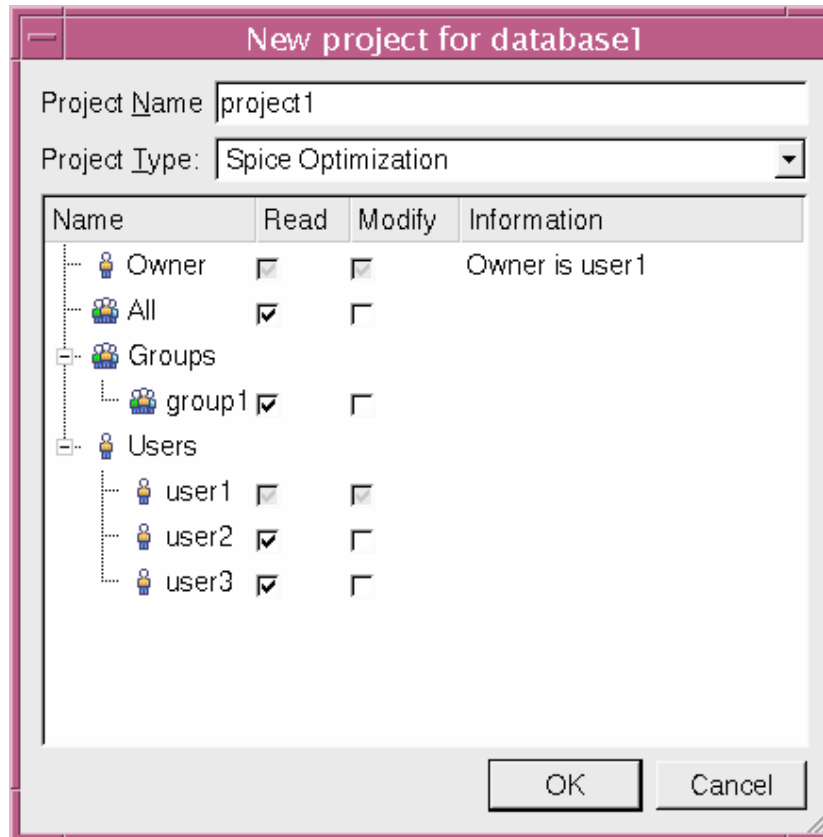
| Expression | AND/OR |
|----------------------------|--------|
| Temperature = "27" | AND |
| Measurement Setup = "*lin" | AND |
| Attribute "W" = "20u" | AND |
| Attribute "L" = "20u" | |


Case Sensitive () Replace Delete Insert

OK Cancel Apply

UTMOST IVプロジェクトのアクセス・コントロール

- プロジェクトのアクセス設定





まとめ

- UTMOST IV オプティミゼーション・モジュールではデータベース環境を提供し、アナログ、ミックスト・シグナル、RF 用高精度、高品質の SPICE モデル、マクロモデル作成が可能
- UTMOST IV により UTMOST III、他社製品では容易ではなかった、又は困難であったパラメータ抽出が可能
 - 次世代 SPICE モデルによるナノメータ CMOS (HiSIM, PSP, Dual Gate, BSIM, etc.)
 - 複雑なパワー MOS/Bipolar マクロモデル
 - 受動素子、アクティブ RF マクロモデル (varactor、inductor、他) の S-パラメータ・オプティミゼーション
- UTMOST IV により SPICE 用デバイス・モデル開発とパラメータ抽出技術の並行開発がはじめて可能