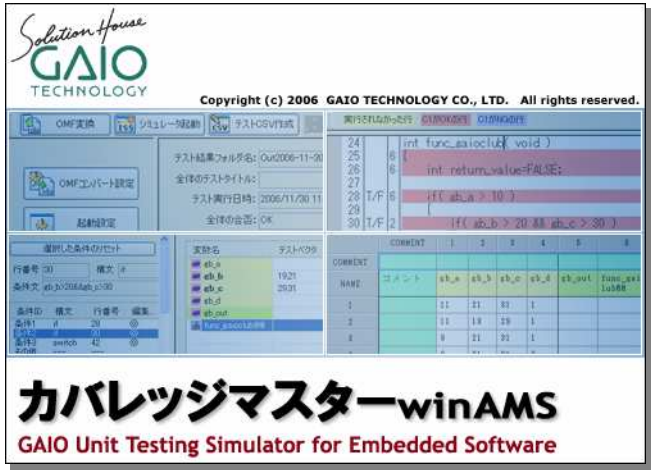
JaSST2007　C3-1　テクノロジーセッション

組込み開発向けモジュール単体テストソリューション
C0 / C1カバレッジテストデータ生成機能を搭載

カバレッジマスター　winAMS



ガイオ・テクノロジー (株)　営業部

GAIO TECHNOLOGY

最初に：ガイオテクノロジーご紹介

- **25年来の組込みツールメーカー、自社に受託開発部隊もあり**
  - VAX/VMS対応の汎用クロス開発ツールでツールビジネスに参入
  - 以後、EWS～PCのダウンサイジングを経て8000インストールベースの実績
  - 近年はプロトタイピングツールやシミュレーション検証ツールなどを中心にビジネス展開

ガイオ・テクノロジー株式会社
GAIO TECHNOLOGY CO., LTD.

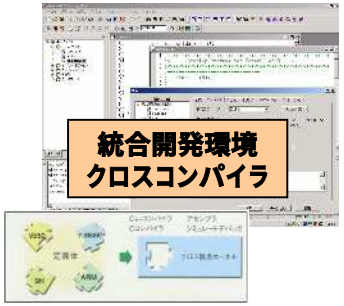
- **設立**　1980年
- **資本金**　2億9800万円
- **従業員**　80名
- **本社：**　横浜
- **事業所：**　東京、松山、九州
- **子会社：**　GAIO INC (USA)

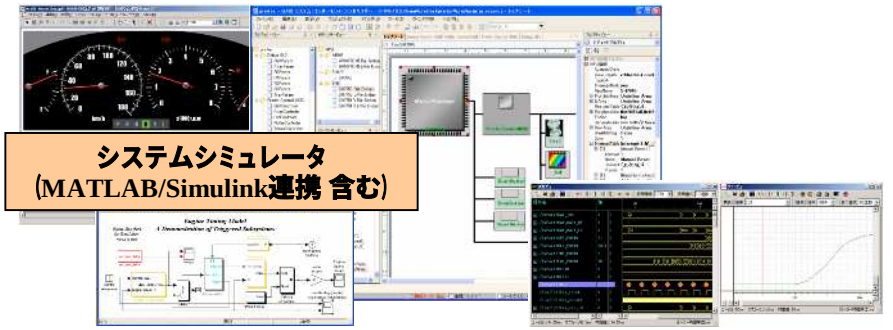
GAIO TECHNOLOGY

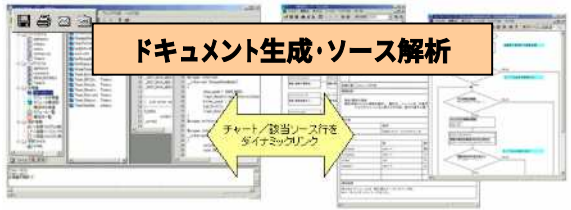
組込みのあらゆるツールを提供するメーカー

■ ガイオ･テクノロジーの開発ツール＆ソリューション

Solution House GAIO TECHNOLOGY

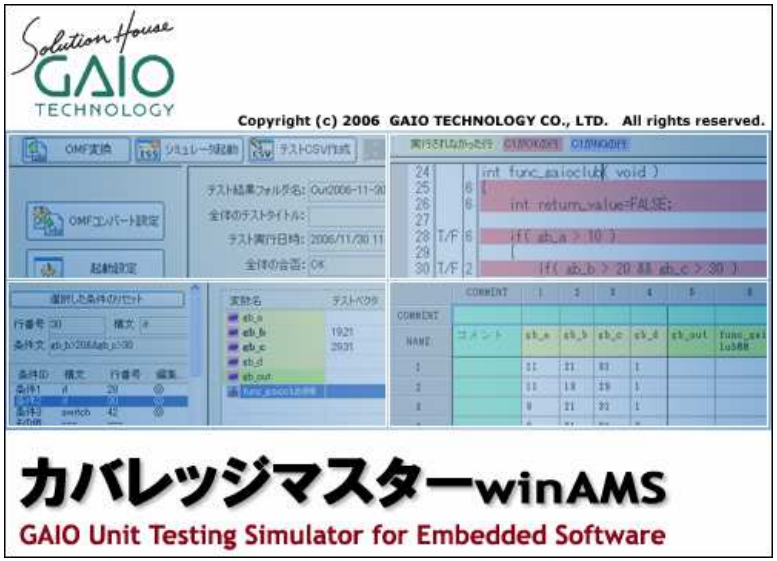






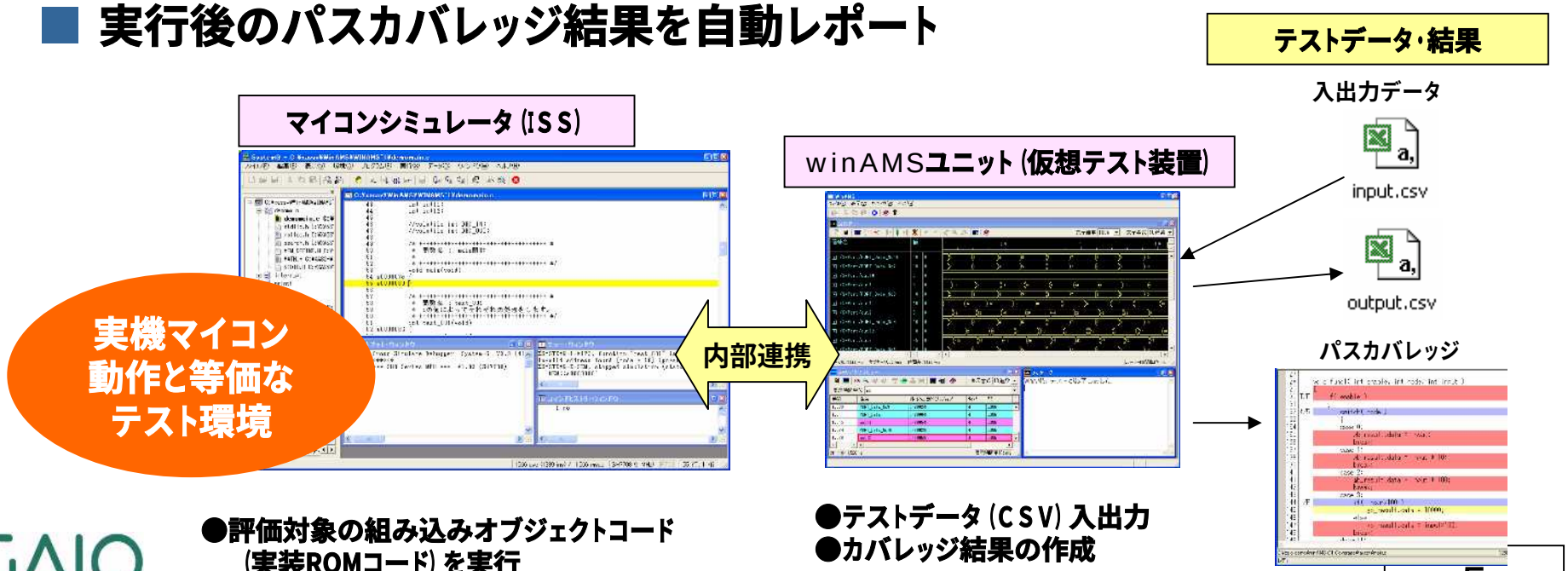
GAIO TECHNOLOGY

単体テストを自動化する
カバレッジマスターwinAMS



ガイオ カバレッジマスター winAMS 特長

- 組み込みソフトの単体テストに特化した 評価ツール
- マイコンシミュレータ(ISS)を使用して「実装ROMコード」をテスト
  - 実際のマイコンの組み込みオブジェクトコードで単体テストを実行
  - 対象の評価ソースコードの書き換えは 一切不要
- テストデータ(関数、変数名)は全てCSVファイルで入出力
- 実行後のパスカバレッジ結果を自動レポート



関数への入出力テスト方法（仕組み）

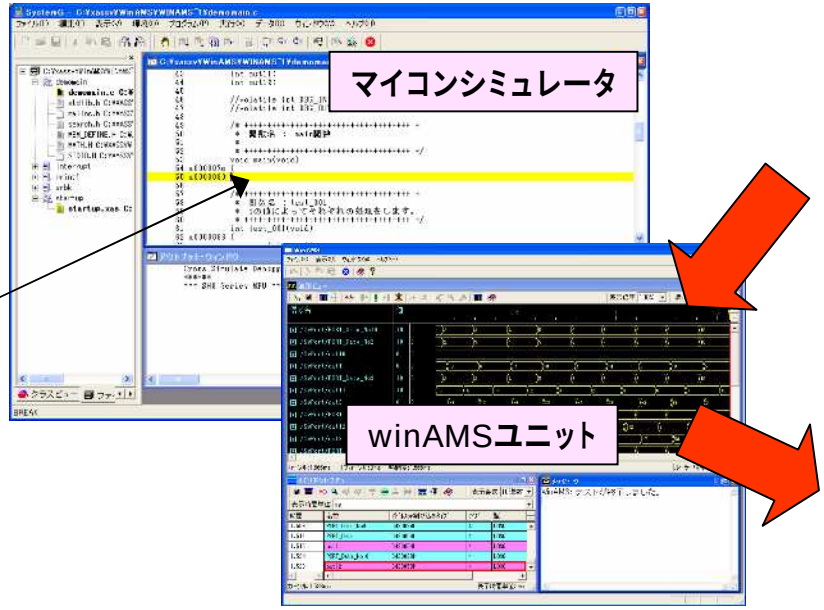
■「カバレッジマスター winAMS」モジュール単体入出力テスト

- クロスコンパイルした 組み込みオブジェクトをそのまま使用
- 関数名、変数名、テストデータをCSVで入出力
- 期待値との照合結果を自動レポート

試験対象のソースコード

```
base(int a, int b, int c)
{
    if (a == 1)
  {
    if (b == 1)
    {
      idx = 0;    // data[0]
      if (c == 1)
        pos = 0;    // data[0].str[0]
        :
        :
    }
  // 結果の設定
  data[idx].c = data[idx].str[pos];
  value = data[idx].str[pos]; //- 1;
}
```

・組み込みソースをそのまま使用
・コンパイラも現在お使いのものを利用可能
・バッチ処理で自動テスト



カバレッジマスターwinAMS パッケージ

テスト入力データ CSV

	A	B	C	D
1	mod	base	base_test	3
2	base@a	base@b	base@c	value
3	1	1	1	2
4	1	2	2	15
5	2	1	1	26
6	2	1	2	27

・対象の関数名
・入力変数名＆入力データ
・出力変数名＆期待値

テスト結果出力 CSV

E	F	G	H	I	
5					
data[0].c	data[1].c	data[2].c	data[3].c		
2	0	0	0	OK	0.058ms
2	15	0	0	NG	0.062ms
2	15	26	0	NG	0.060ms
2	15	27	0	NG	0.062ms

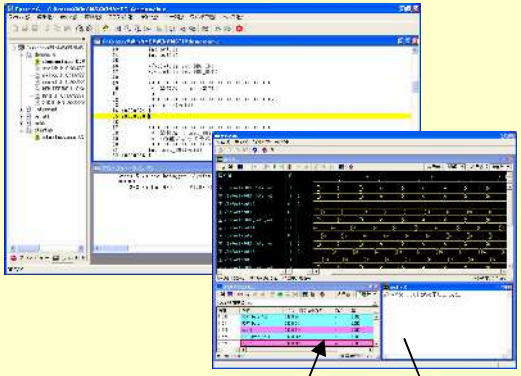
・出力変数名＆変数結果出力
・期待値との比較結果 (OK or NG)

C0/C1カバレッジ自動レポート

■「カバレッジマスター winAMS」C0/C1カバレッジ結果を自動レポート

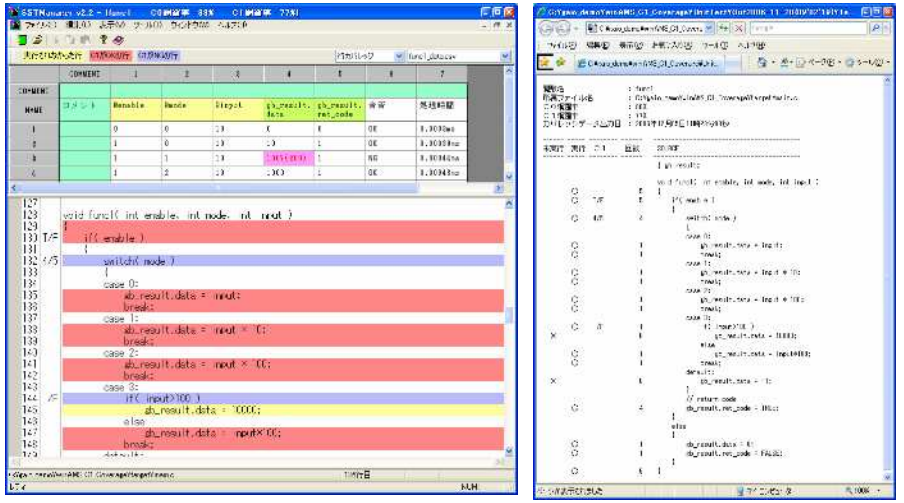
- 条件分岐によるコードパスの網羅テストで品質を保証
- 「winAMS」により テスト実行後に 実行したソース行を色表示
- 組み込みソフトのC0/C1カバレッジの自動テストを実現

winAMS **シミュレータ**



実行後

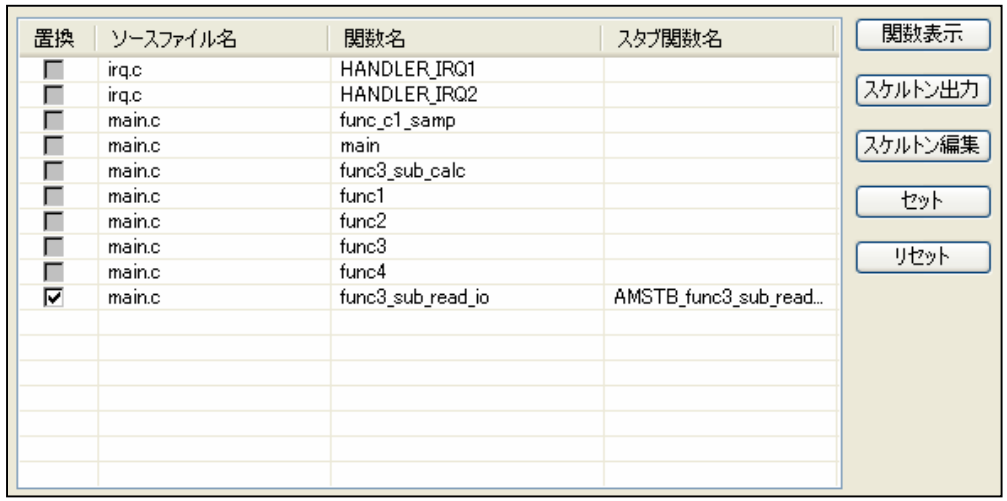
C0/C1**カバレッジ結果表示**



クリックしたテストデータによる実行ソース行を色表示

呼び出し関数ＳＴＵＢ作成機能

- STUB関数作成･管理機能を装備
- 元のソースコード修正なしで 呼び出し関数の入れ替えが可能
  - HWアクセス部分、システムコール、永久ループ関数など、テスト環境では実行できない部分を他の関数へ置き換え
  - 関数リスト上で STUBのON/OFFを簡単に切り替え可能
  - テスト対象の関数ソースコードは、一切修正不要



オブジェクト内の関数リスト
ここで置き換えるSTUB関数を作成･切り替え

```
5
6  /* WINAMS_STUB[main.c:func3_sub_read_io
7  int AMSTB_func3_sub_read_io( void )
8  {
9      return 1;
10 }
11
```

STUB関数のスケルトンコードを自動作成
この中に テスト時の仮の関数を記述
↓
クロスコンパイラでコード化
実際のアプリケーションコードとリンクして実行

ポインタ変数対応・その他機能

■ ポインタ変数・引数にも対応

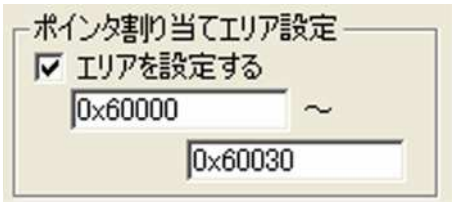
- 変数の実体を伴わないポインタ変数・引数の場合でもそのままテスト可能
- 入力データCSVの変数名に「$」を付けるだけで 実体を自動割り当て
- 割り付けエリアは MPUのメモリモデルから 自由に指定可能

$

```
int func1( char *data )
```

	A	B	C	D	E
1	mod	func1	タイトル	2	1
2	$func1@data	func1@data[0]	func1@@		
3	1	0x1f	0		
4	1	0x20	1		
5	1	0x21	0		

ポインタ変数の実体を作るための割り当てエリアを指定



■ CSVファイルに「～」で 期待値の範囲指定も可能

2	value	data[0].c
3	100~200	2
4	100~200	2

GAIO TECHNOLOGY

CSVテストデータ形式 (参考)

■ 入力テストデータは資産化が可能

- マイコンに依存しない入力データフォーマット
- モジュールのテスト資産として再利用が容易
- 一般的なCSV形式でファイル保存が可能

評価する関数名

入力変数名
(関数名@ は引数)

出力変数名
(@@関数名は戻り値)

mod	func	コメント	4	2	
input	TAB.mode	array[2]	func@a	func@@	output
1	1	-1	-1	1	2
12	43	56	78	1~8	0x4
0x10	0x23	0x66	0x11		

入力データ

期待値データ
(空でも可)

テスト関数サンプル

```
// 入力データ
char  input;
struct {
    char  mode;
    int    flag;
} TAB;
char array[3] = { '1','2','3' };

// 結果データ
int output;
// 評価対象の関数 func
int func(int a)
{
     if (a == 1) {
        if (b == 1)  {
        | 中略
     return  1;
}
```

テストデータ作成支援
C0 / C1入力データ自動作成機能

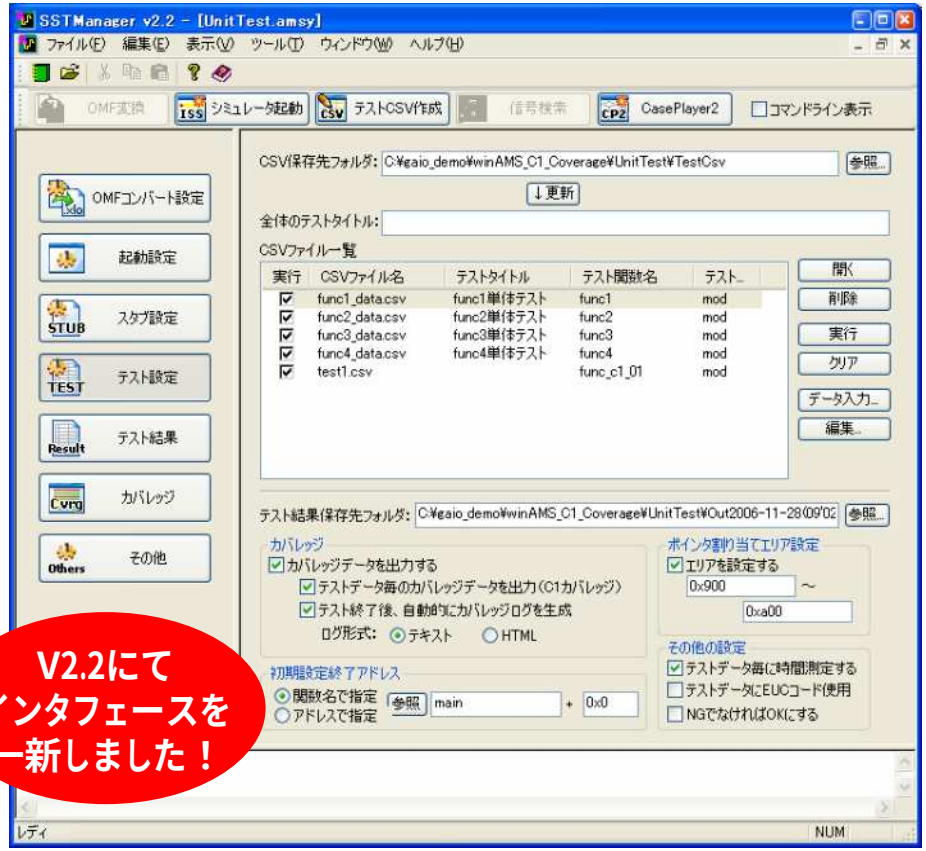
GAIO TECHNOLOGY

テストデータ管理･実行ツール SSTManager

■ テストデータ作成から テスト実行までを統合管理するツール

単体テスト工程を統合管理

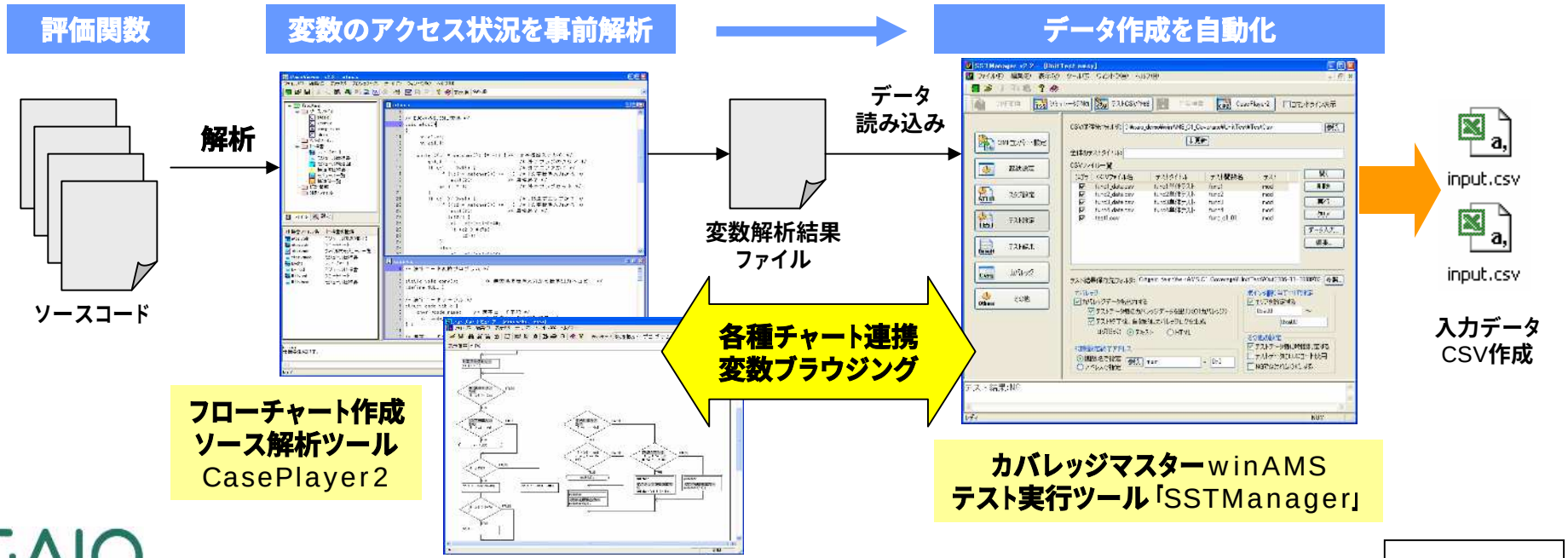
- テスト実行環境 (ISS) 設定
- CSVテストデータ作成エディタ
- CSVテストデータ管理
- STUB関数作成･管理
- シミュレータ起動･テスト実行
- 入出力結果レポート
- C0/C1カバレッジ結果レポート



V2.2にて
インタフェースを
一新しました！

CasePlayer2と連携したデータ作成支援

- **ソース解析ツール「CasePlayer2」と連携して テストデータ作成を支援**
  - テスト対象の関数が使用する変数を事前に解析
- **コード解析によりC1カバレッジ入力データ作成を自動化**
  - C1カバレッジを満たす最小限のテスト入力データを自動生成
  - ユーザーは、生成された入力データに対する結果を、関数仕様を元に確認するだけ



CasePlayer2解析結果を利用(1)

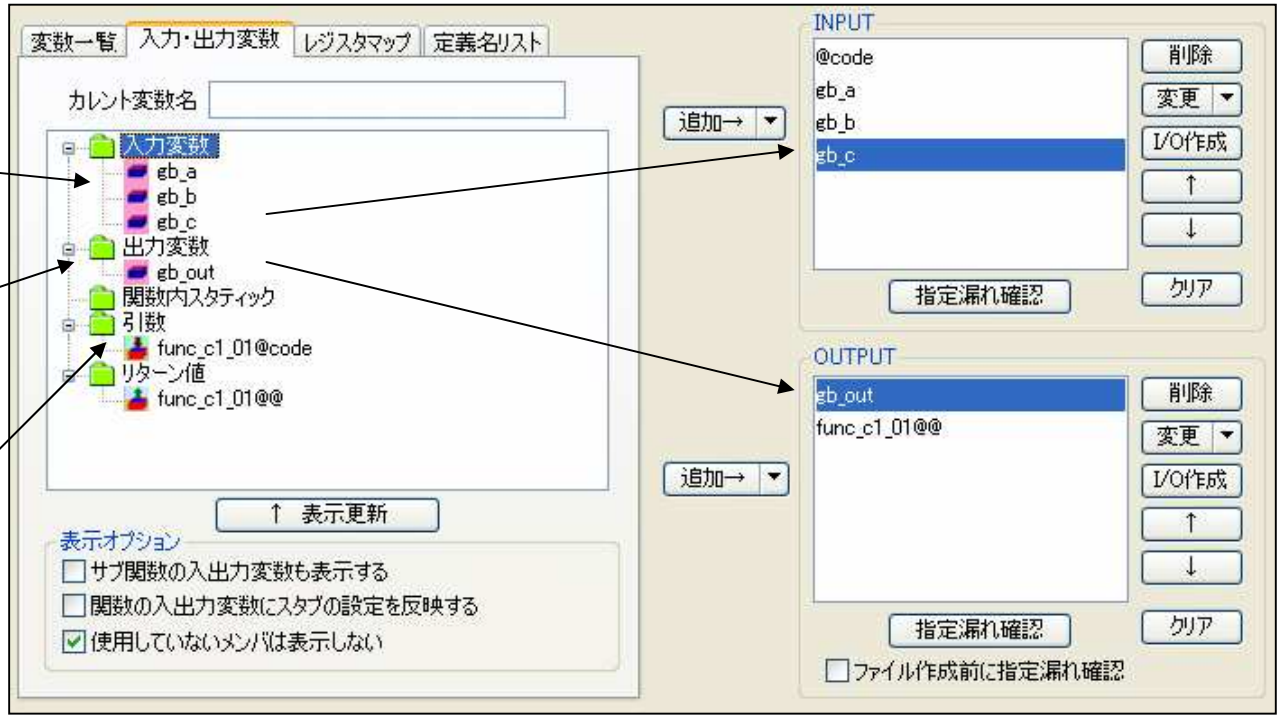
■ 評価対象の関数が参照 / 代入している外部変数を自動検索

- 入力条件となる変数 (引数、外部変数) を自動検索し コード解析工数を省力化

関数が参照している外部変数
(単体テストの入力変数)

関数が書き換えている外部変数
(単体テストの評価変数)

関数の引数リスト
(単体テストの入力変数)



入出力変数リスト
評価対象の関数を指定すると
自動表示される

リストアップされた変数から
評価に必要な変数を
ユーザーが選択･指定

GAIO TECHNOLOGY

CasePlayer2解析結果を利用(2)

C1カバレッジを満たす入力データを自動生成

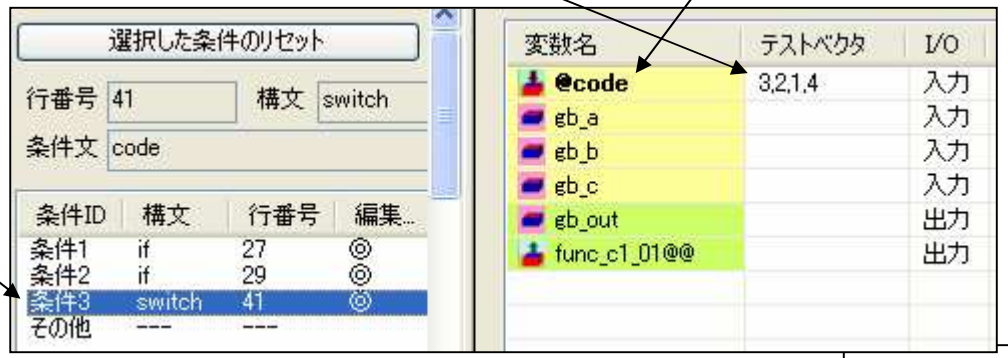
- 関数内の条件文をリストアップして、各関数のC1全ケースを網羅するデータを生成

```
// C1説明用サンプル
int  gb_a, gb_b, gb_c, gb_d, gb_out;
char gb_unused1, gb_unused12;

int func_c1_01( int code )
{
    int return_value=FALSE;

    if( gb_a > 10 )
    {
        if( gb_b > 20 && gb_c > 30 )
        {
            gb_out = 0;
        }
        else
        {
            gb_out = -1;
        }
        return_value = FALSE;
    }
    else
    {
        switch( code )
        {
            case 1:
                gb_out = 1;
                break;
            case 2:
                gb_out = 2;
                break;
            case 3:
                gb_out = 3;
                break;
            default:
                gb_out = -1;
                break;
        }
        return_value = FALSE;
    }
    return return_value;
}
```

gb_b と gb_c の境界値 20、30の±1の値をデータとして生成

条件文に関わる変数を
自動検索＆ハイライト表示

switch文の変数codeの全ケースを生成



最小限の組み合わせデータを生成

■ 条件文のネスト状態を解析して C1を満たす重複の少ないデータを生成

- 各条件文 (if,switchなど) に対して生成したデータの組み合わせを自動生成
- C0の観点から、1度生成した分岐経路を通るデータは生成しない 最適化を実施
- 必要最小限のデータ組み合わせを生成
- 前頁のソースサンプルでは わずか6個のデータ (↓) でC0/C1を満たすことが可能

前頁サンプルで自動生成した入力データ

	COMMENT	1	2	3	4	5	6
COMMENT							
NAME	コメント	@code	gb_a	gb_b	gb_c	gb_out	func_c1_01 @@
1		1	11	21	31		
2		1	11	19	29		
3		1	9	21	31		
4		2	9	21	31		
5		3	9	21	31		
6		4	9	21	31		

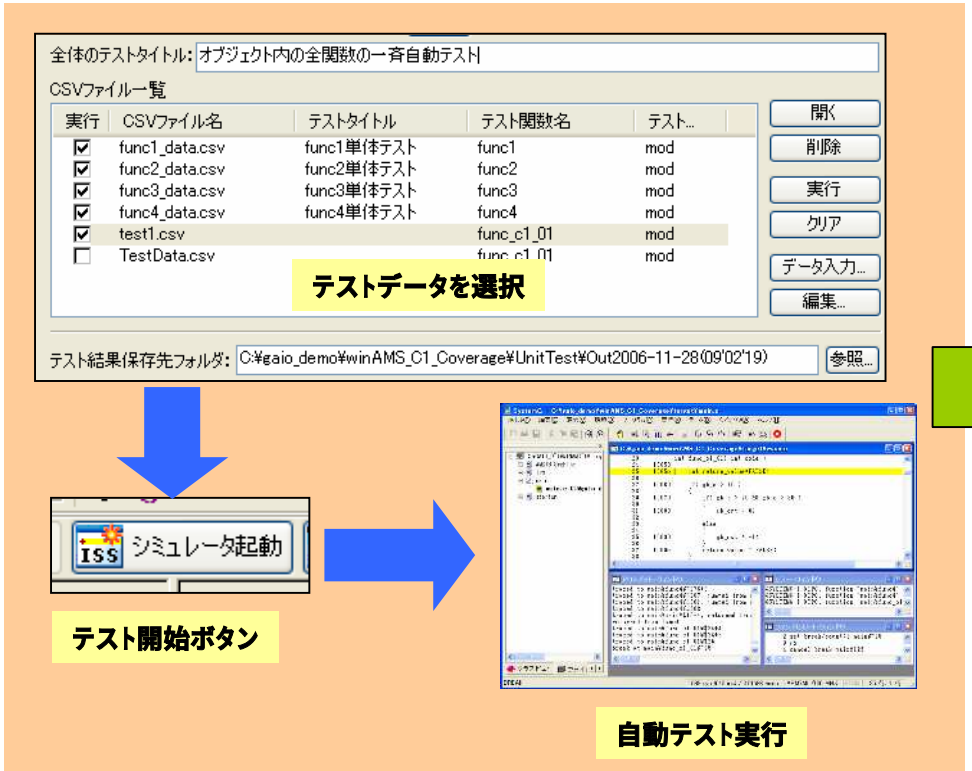
ここは
期待値欄

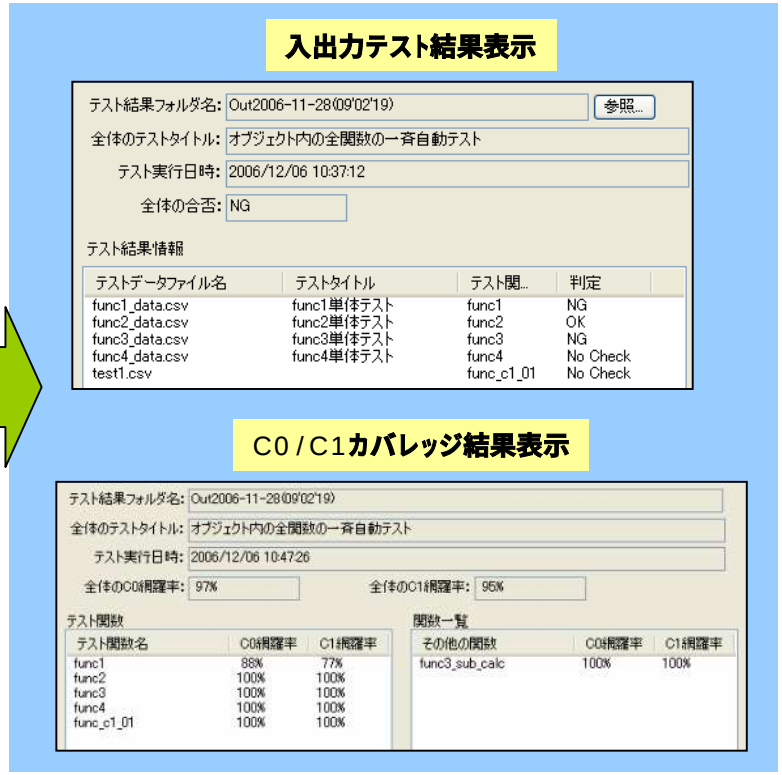
**EXCELの横桁データ数制限 (256まで) を排除した
CSVデータエディタを搭載**

選択したテストデータを一斉自動実行

■ 管理ツールSSTManagerで選択したデータを自動実行

- 指定したCSVデータ（関数）を自動バッチ実行
- 結果表示まで 全て自動実行



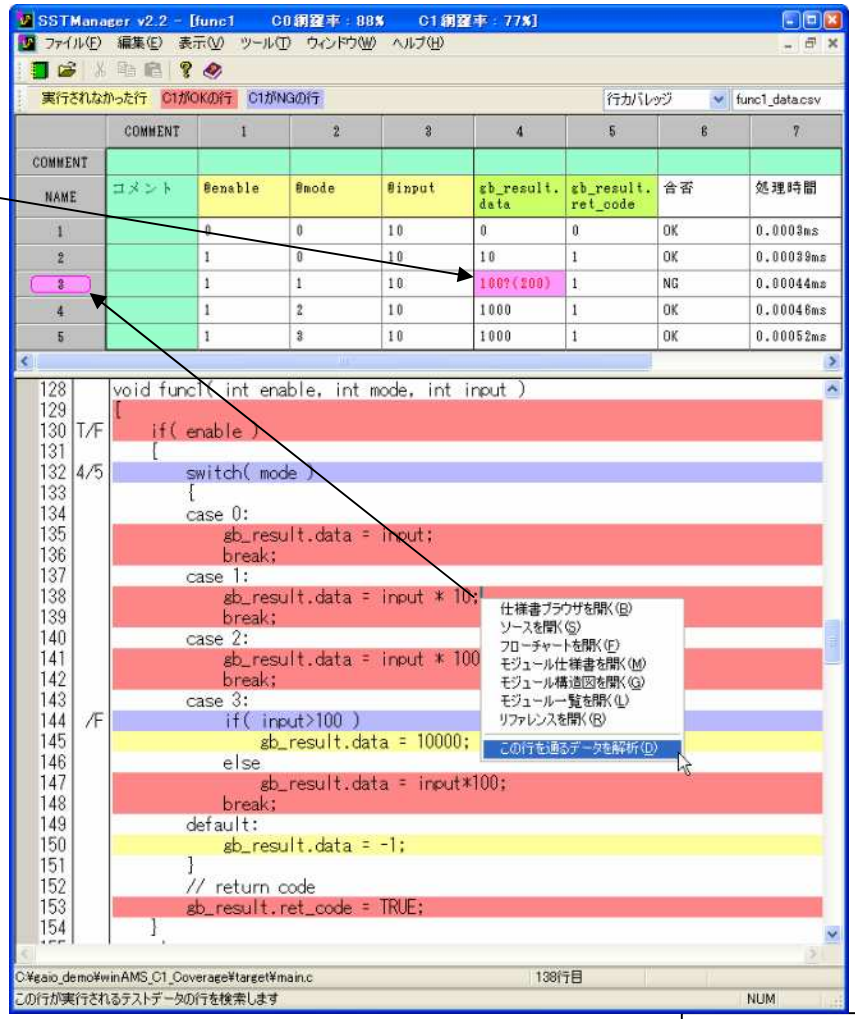


ダブルクリックで各結果詳細表示へ

C0 / C1カバレッジ、入出力結果表示

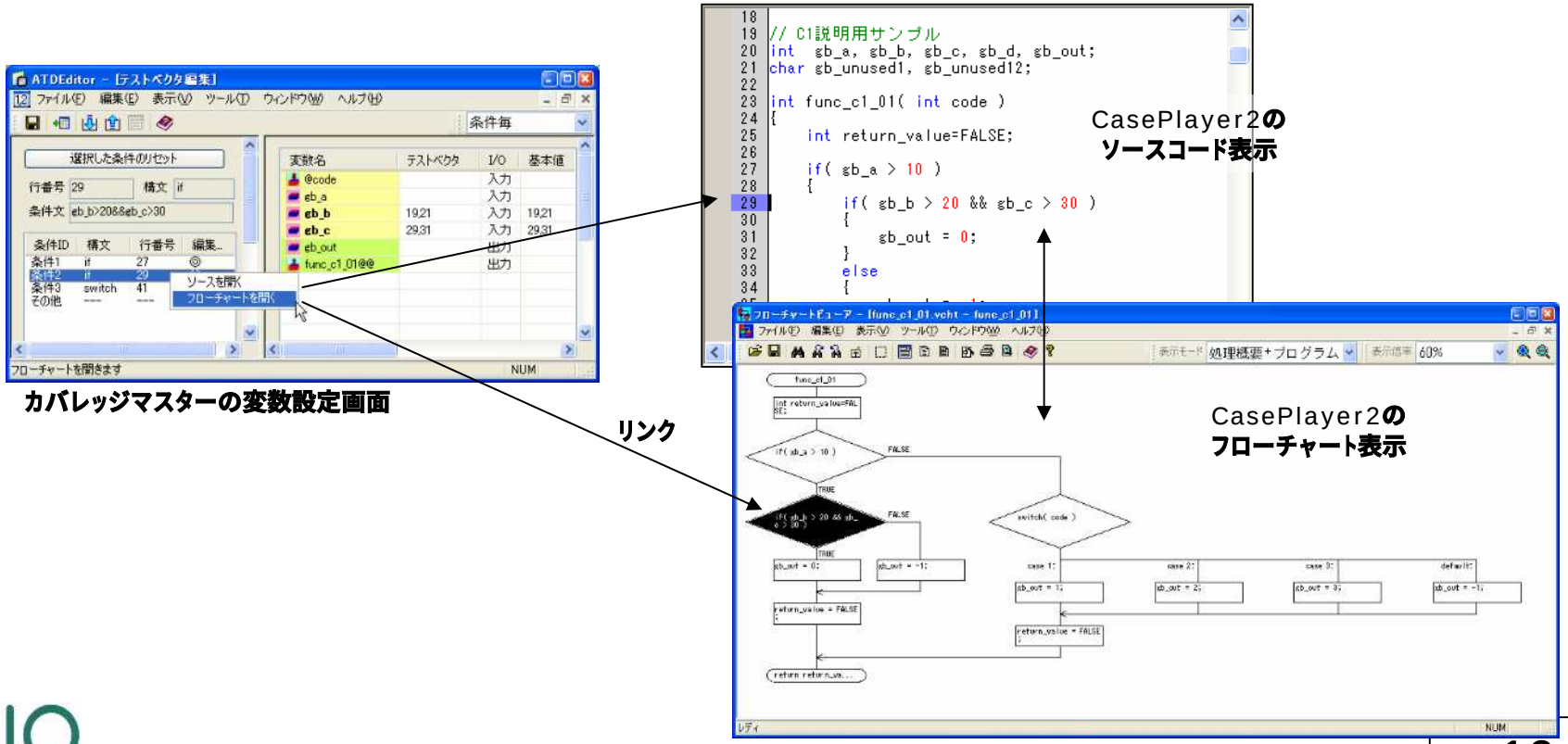
C0 / C1カバレッジビュー

- カバレッジ結果とテストデータを表示
- 期待値と異なるデータセルを表示
  - 100?(200)
    →期待値が200だが結果は100
- C0を満たさない未実行行を表示
- C1を満たさない条件を明示
- ★各行を通過するデータを解析し
  で表示
  - 未実行行のデータを追加する際の
    解析に非常に役立つ機能



ソース解析に役立つチャートリンク機能

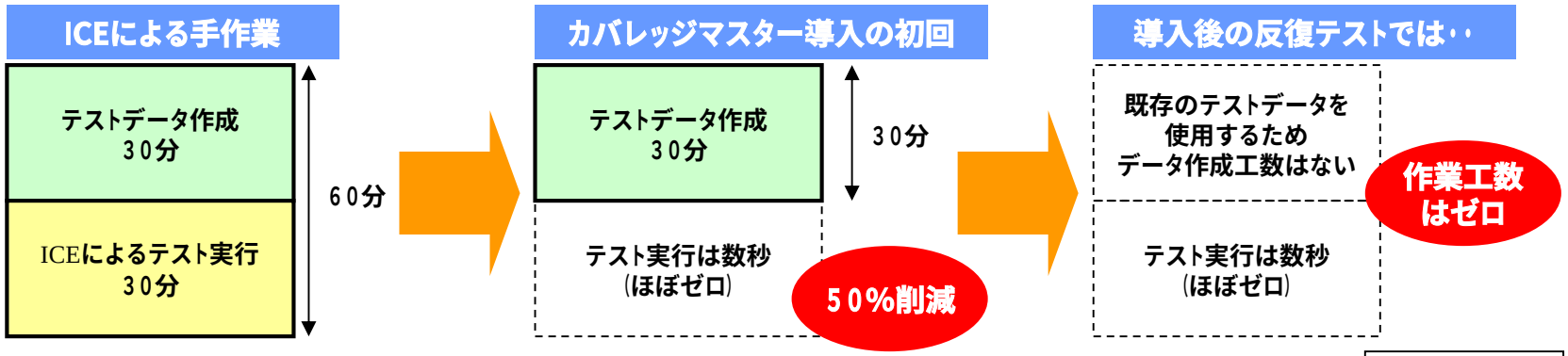
- CasePlayer2**が生成した各種チャート、変数参照リストへリンク**
  - **面倒な設定やソースコードの修正追加なしで 簡単にチャートを生成**
  - **入出力データ作成時のロジック解析、パス解析を効率化**



カバレッジマスターの優位性と導入効果

ICEによる手作業が どのように改善されるか

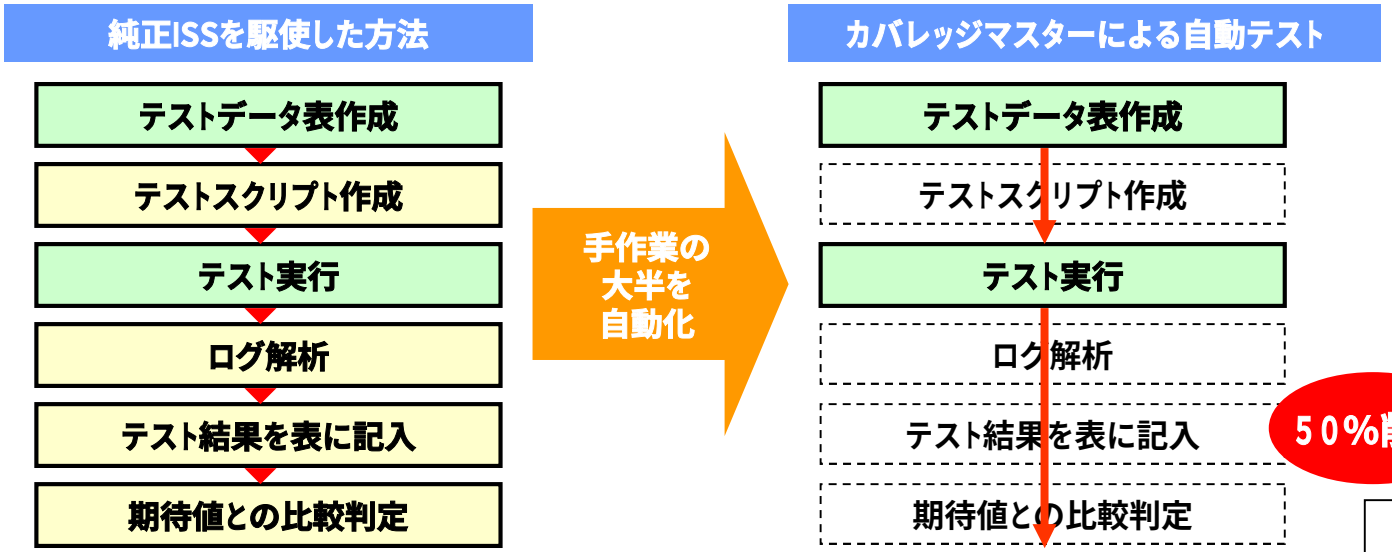
- **ICEを使用して、1関数60分で単体テストを行っている場合を例にとると・・・**
  作業時間の内訳は・・
  - ソース解析＆テストデータ作成： 30分
  - ICEによる手作業でのテスト実行： 30分
- **カバレッジマスターの導入により、初回のテストにおいては・・**
  - ソース解析＆テストデータ作成： 30分 ←同じ時間がかかる
  - カバレッジマスターで自動実行： 数秒 ←テストは自動化され作業工数はゼロ
- **2回目以降の反復テストでは**
  - ソース解析＆テストデータ作成、テスト実行の作業工数もゼロになる



他社ISSを使用した場合との比較

■ 他社（半導体メーカー純正）ISSを使用した単体テストとは

- ISS（デバッガ）がサポートするスクリプト言語を駆使して単体テストを行う方法
  - 関数の呼び出し指定、変数に対するデータ設定を行うスクリプトを作成
  - テスト実行後に実行ログファイルを解析して、評価対象の変数の値を確認
  - テスト結果を表に記入（手作業）
  - 期待値との比較判定（手作業）
- カバレッジをとることは困難、または膨大な手作業が必要
  - ステップ実行毎に、プリントしたソースコードをマーカーで塗りつぶす手作業となる



単体テストツールの必要条件

■ 組込みモジュール単体テストのテストツール選定には、
以下の事項を満たす必要があります

項目	必要条件
工数	モジュール単体テストに必要な工数を低く抑えられるか
カバレッジ	網羅率を数値で正しく計測できるか
精度 / 信頼性	実機コード (コンパイラのバグも含む) を対象としたテスト実施が可能か
ソース書き換え	単体テスト用にソース修正作業が発生しないか
データ資産化	同じモジュールをテストする場合、テストデータの再利用が可能か
データ入力支援	膨大な工数が発生するテストデータを作成する際の支援機能があるか

GAIO TECHNOLOGY

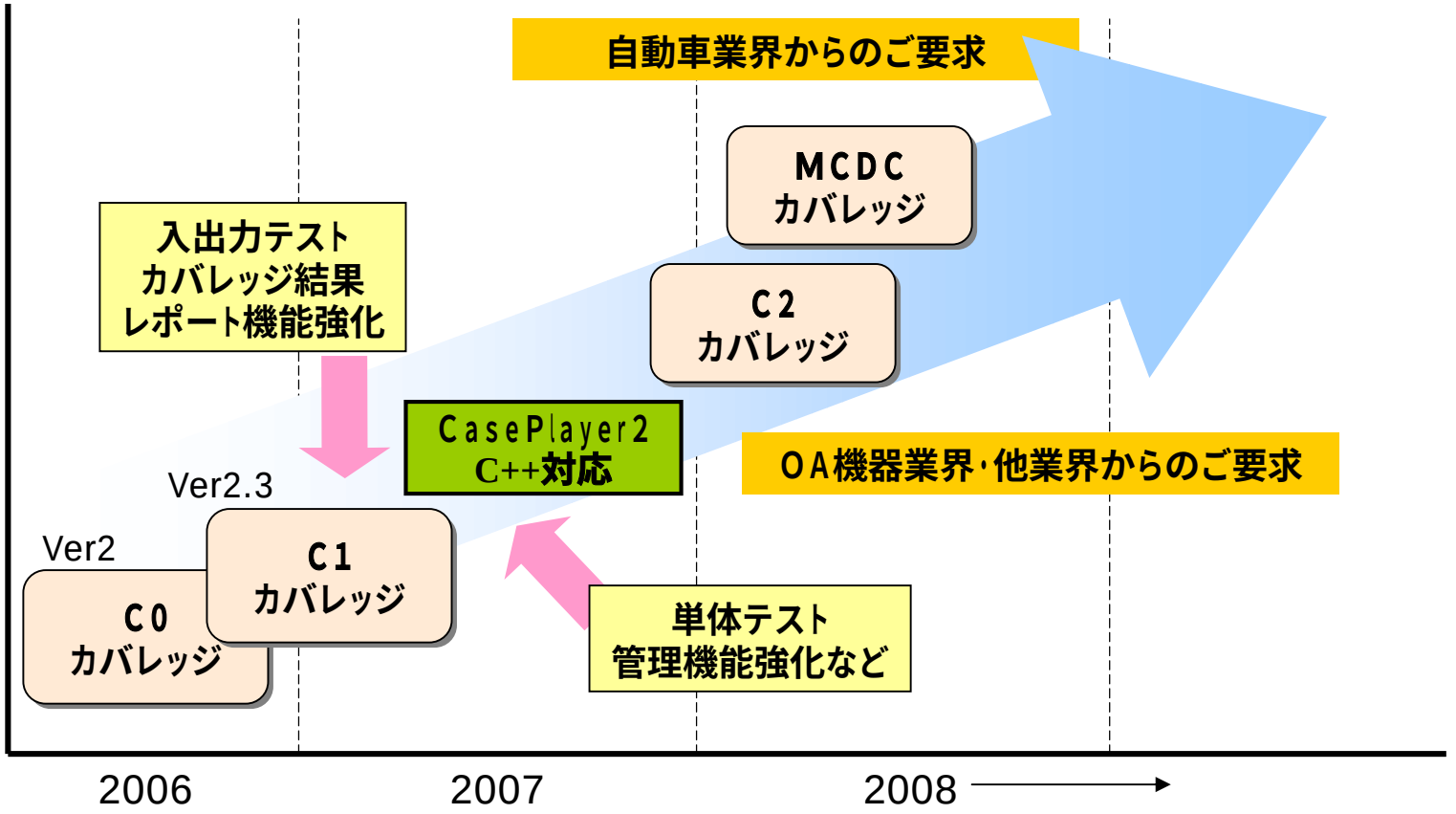
カバレッジマスターのアドバンテージ

■ 従来の単体テストツールの問題点をクリア

比較項目	工数 変数データ設定などの手作業	カバレッジ カバレッジトレース	精度信頼性 実機コードでのテスト	ソース書き換え 単体テスト用に、ソースコードを修正	データの資産化 再帰テストの自動化	テストデータ入力支援 テストデータ作成の支援機能	全体的所見
ICE ＋ デバッガ	× 全て手作業	× 事実上困難	○ 実機コード	○ 不要	× 毎回手作業	×	・精度は高いが人海戦術的要素が多く、多大な工数が発生する ・テストデータの資産化ができないため、再帰テストの際には工数がそのままn倍必要になる ・カバレッジ計測には不向き
純正ISS ＋ スクリプト	△	△	○ 実機コード	○ 不要	× メーカー毎に変更必要	×	・精度は高いが単体テスト用のスクリプト（仕掛け）を作成する必要がある ・MPU毎の汎用性がない ・カバレッジ計測には不向き
Windows系 （オープン系） ツール	○	○	× Cのロジックレベルテスト	× 必要	○	△	・汎用性は高いがオブジェクトが86系で実行されるため、ロジックのみのテストになり、最終ROMコードでのテストにはならない。 ・NATIVEコンパイラでコンパイルするためのソース修正工数が発生する。
カバレッジマスターwinAMS	◎ 解析機能を利用して効率化	○ 自動レポート	○ 実機コード	○ 不要	○ 全マイコン共通のCSV形式	○ C0/C1テストデータ自動生成	従来の単体テストツールの問題点をクリア

カバレッジマスターwinAMS ロードマップ

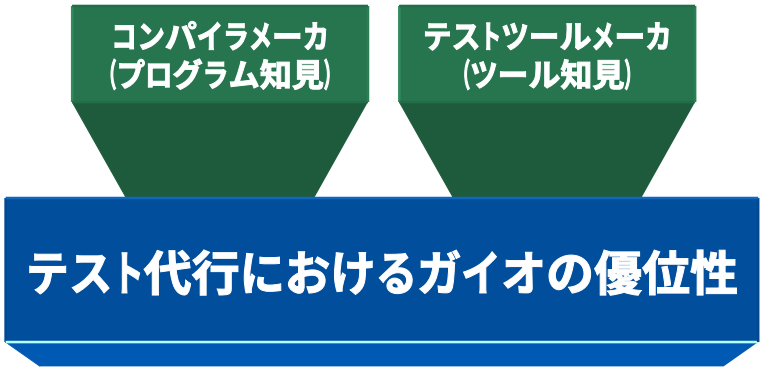
■ カバレッジ機能、テストデータ生成、テスト管理など

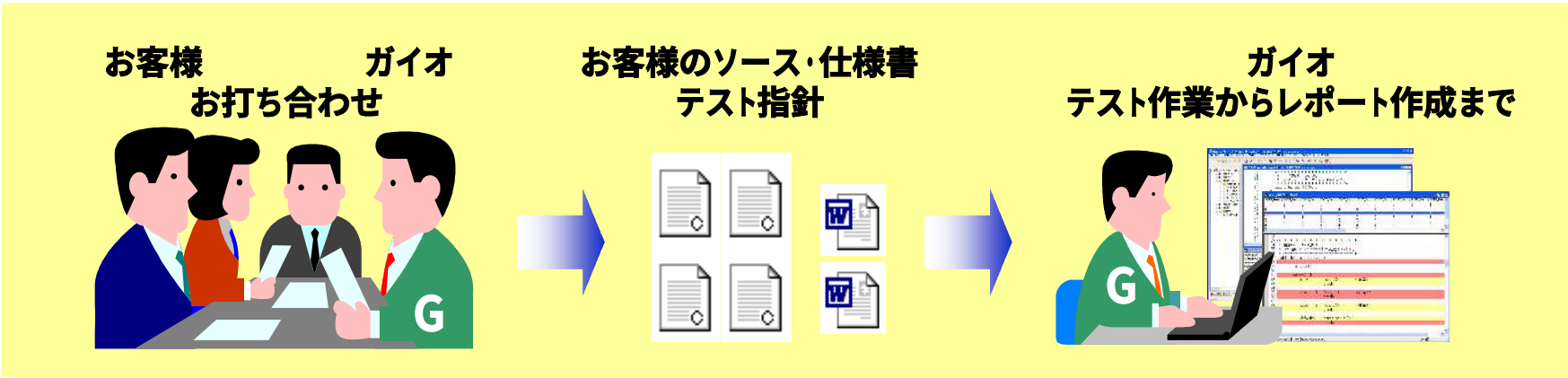


テスト代行サービスについて

単体テスト代行サービスの概要

- **ガイオの優位性を活かして単体テストを実施**
  - 単体テストツールメーカとしてのツール知識の活用
  - コンパイラメーカとしてのプログラム知見の活用
- **お客様に代わってテスト業務を完全代行**
  - テスト作業のアウトソーシング
  - 第三者評価機関としての立場で品質評価

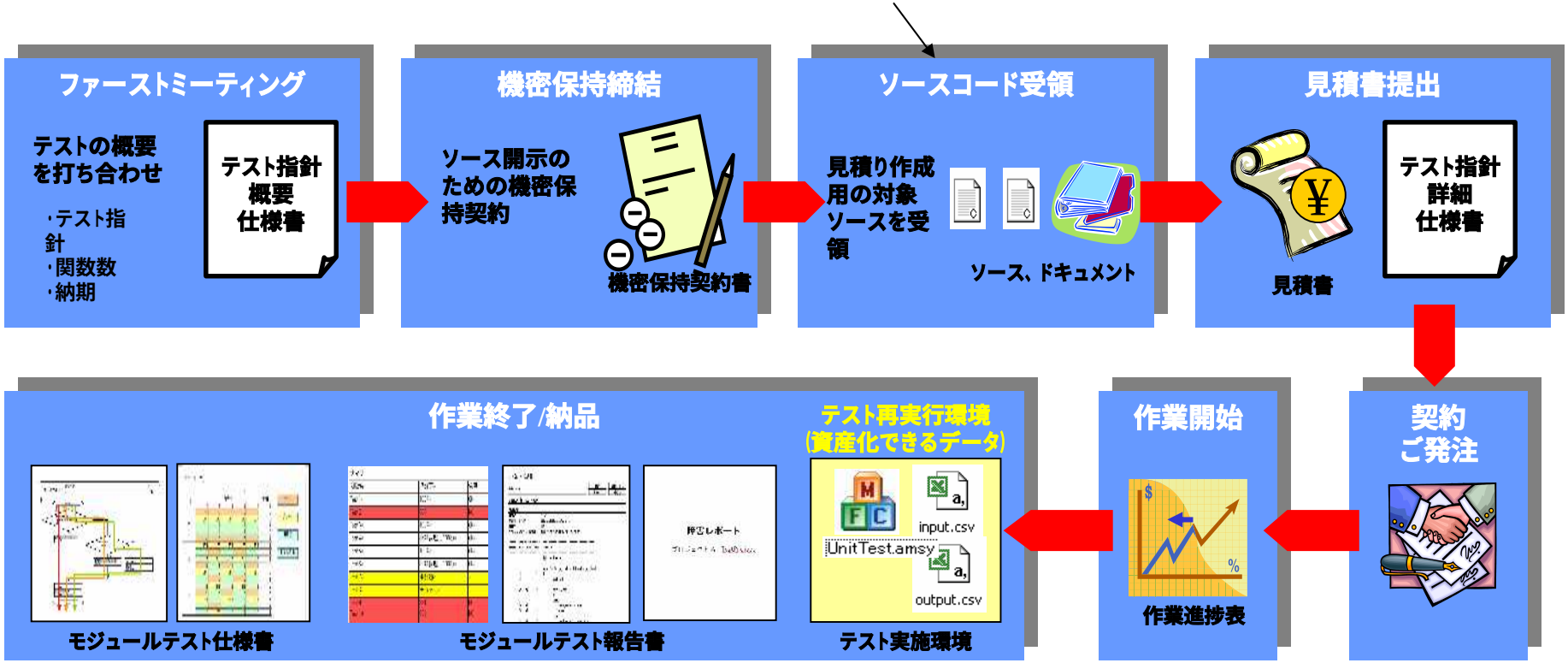




単体テスト代行の流れ

■ 最終納品までの流れと 各フェーズでの受け渡し書類

– お見積もりはご提供頂くソースコード、ドキュメントにより決定

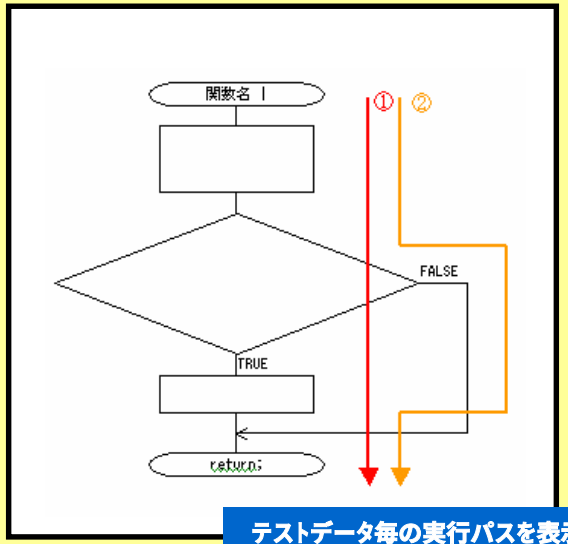


納品物：テスト仕様書とテストデータ

■ テスト指針とテストデータの意図を明確化

- カバレッジ指針（C0、C1、C2など）に従って、分岐に対するテストデータを作成
- フローチャート上で、どの分岐パスを通過するデータかを明確化
- 納品後のお客様のレビューを容易にするためのドキュメントを作成

フローチャート



テストデータ毎の実行パスを表示

入力データ

最小値　最大値　閾値（+-1）

パス	入力データ a	b	c	d	e	期待値 e
	1	1	0	1	10	1
	1	1	1	0	10	1
	1	1	1	1	10	1
	1	1	2	1	10	1
①	1	1	255	1	10	1
	1	1	1	0	10	1
	1	1	0	1	10	1
	1	1	1	1	10	1
	1	1	1	2	10	1
	1	1	1	255	10	1
	1	1	0	0	10	10
	1	1	2	0	10	10
②	1	1	255	0	10	10
	1	1	0	0	10	10
	1	1	0	2	10	10
	1	1	0	255	10	10

どの実行パスを通過するデータか表示

カバレッジ指針に従ったテストデータの意味を色で識別

納品物：テスト結果報告書

■ 単体テストの実行結果についてのドキュメント

単体テスト結果

入力データ					期待値	合否
a	b	c	d	e	e	
1	1	0	0	10	1	OK
1	1	1	0	10	1	OK
1	1	1	0	10	1	OK
1	1	2	0	10	1	OK
1	1	255	1	10	1	OK
1	1	1	0	10	1	OK
1	1	0	1	10	1	OK
1	1	1	1	10	1	OK
1	1	1	2	10	1	OK
1	1	1	255	10	1	OK
1	1	0	0	10	1	OK
1	1	2	0	10	1	OK
1	1	255	0	10	1	OK
1	1	1	0	10	1	OK
1	1	1	2	10	1	OK
1	1	1	255	10	1	OK

カバレッジデータ

```
関数名                  : func4
所属ファイル名          : C:¥winAMS_CM1¥target¥main.c
網羅率                  : 100%
カバレッジデータ出力日  : 2006年06月07日17時18分27秒

------ ----- ------   ----------------------------------------
未実行   実行    回数     SOURCE
------ ----- ------    ----------------------------------------
int func4( int arg_flag )
        ○       15    {
                          static int default_val = -1;

        ○       15        if( arg_flag == 1 )
                          {
        ○        7            if( gb_input < 10 )
                              {
        ○        2                gb_output = gb_input+10;
                              }
        ○        5            else if( gb_input < 20 )
                              {
        ○        3                gb_output = gb_input;
                              }
                              else
                              {
        ○        2                gb_output = default_val;
        ○        2                return FALSE;
                              }
        ○        5        }
        ○        8        else if( arg_flag == 2 )
                          {
        ○        7            if( gb_valA )
        ○        1                gb_output = gb_input;
                              else
        ○        6                gb_output = -gb_input;
        ○        7        }

        ○       12        return TRUE;
        ○       15    }
```

納品物：障害報告書

■ 単体テストで障害が発生した関数のドキュメント

障害発生関数サマリ

障害発生関数リスト

関数名	網羅率	合否
Test2	88%	NG
Test6	75%	NG

各関数毎の単体テスト結果を
一覧表でレポート

障害発生テスト結果報告書

テスト結果

入力データ		期待値	合否
@a	@b	out2	
7	1	30?(10)	NG
7	5	20	OK
7	0x7fffffff	30	OK
7	0x80000000	30	OK
0x7fffffff	0	40	OK

網羅率：88%

各関数毎の入出力結果 (OK or NG)
期待値との照合結果レポート

END

最新の製品情報は

http://www.gaio.co.jp/

ガイオ・テクノロジー株式会社

ガイオ・テクノロジー株式会社
日本橋事業所　営業部
〒103　東京都中央区日本橋人形町3-12-8

TEL. (03) 3662-3041
FAX. (03) 3662-3043
Email　info@gaio.co.jp　・・ご質問はこちらにお願いします。

GAIO TECHNOLOGY