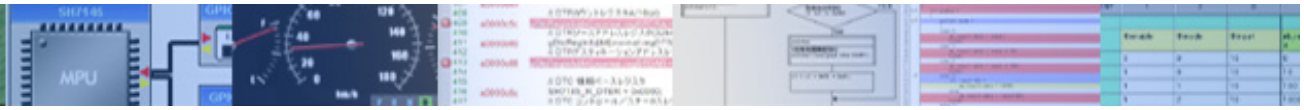


Cソース単体テストでは分からない「実装コード」レベル単体テストの意義

～「カバレッジマスターwinAMS」のご紹介～

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

ガイオ・テクノロジーとは？

- 組み込み開発ツールの開発および販売
  クロスコンパイラ/テストツール/仮想検証ツール/プロトタイピングツール/解析ツール
- テスト・検証に関わるサービスやコンサルテーション
- 受託開発

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
- 子会社:　GAIO INC(USA)

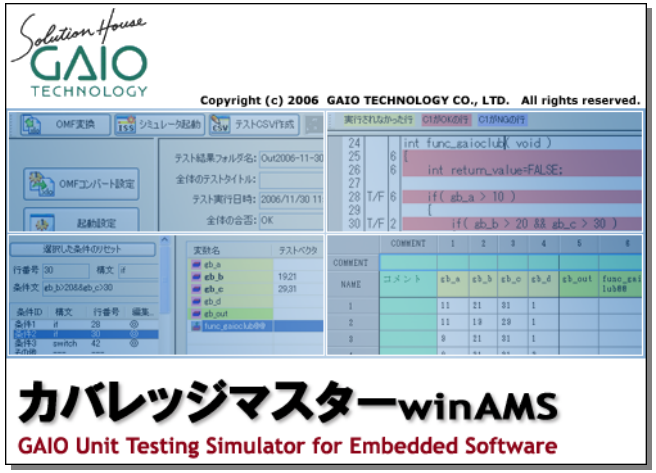
2010年度の事業計画で挙げた事業ドメイン

- 省力・省資源
  - 自動テストで省力化（自動テストツール/環境）
  - 試作レス・実機レスで省資源化（試作レス/実機レス開発環境）
  - 部品IP提案で省力・省資源化（部品IP提案）
- 品質証明 信頼性証明
  - ツール&コンサルテーションで品質証明のお手伝い
  - ツール&コンサルテーションで信頼性証明のお手伝い
  - 安全認証に対応するツールと開発品質
- 開発サービス
  - MBD能力&実績を有するHW/SW開発サービス
  - レガシーからモデルベースへ資産移行サービス（RM代行）
  - HMI開発ツール/コンパイラ/解析ツールなど専用ツールの開発

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

組込み「実装コード」をそのまま実行して
単体テストの自動化が可能な
カバレッジマスターwinAMS



GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

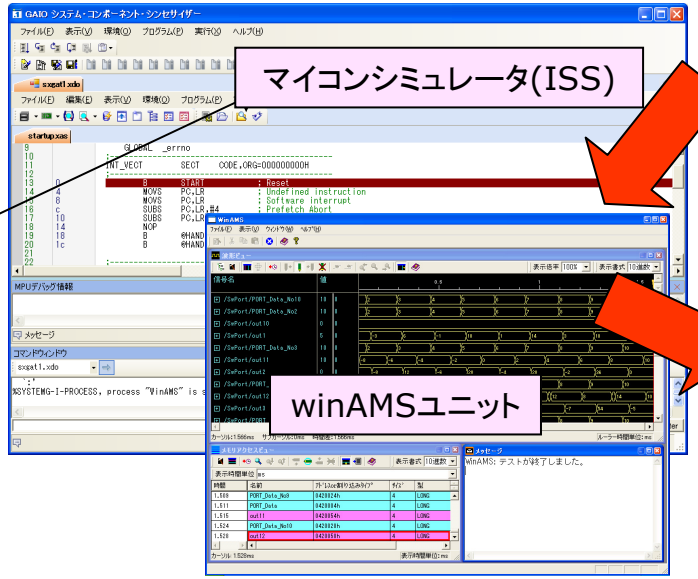
ガイオ カバレッジマスター winAMS 特長

- **実装コードがそのまま動く単体テストが可能な「業界唯一」のツール**
  - クロスコンパイルした組込みオブジェクトをそのまま使用
  - テスト用のソース書き換えやテストドライバコードは一切不要
- **テストデータ（関数、変数名）は全てCSVファイルで入出力**
- **出力期待値との照合結果を自動レポート**
- **実行後のパスカバレッジ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
    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



テスト入力データ CSV

input.csv

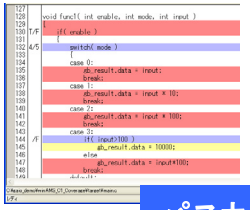
	1	2	3	4	5
1	mod	base	base単体	3	1
2	#COMMENT	@a	@b	@c	value
3		0x20	0	1	-1
4		0x1f	1	2	10
5		0x1e	1	1	100
6		0xff	1	2	200

・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

output.csv

	1	2	3	4	5	6
1	mod	base	base単体	3	1	
2	#COMMENT	@a	@b	@c	value	
3		0x20	0	1	-1	OK
4		0x1f	1	2	16?(10)	NG
5		0x1e	1	1	100	OK
6		0xff	1	2	200	OK



・出力変数名＆変数結果出力
・期待値との比較結果
（OK or NG）

パスカバレッジ出力

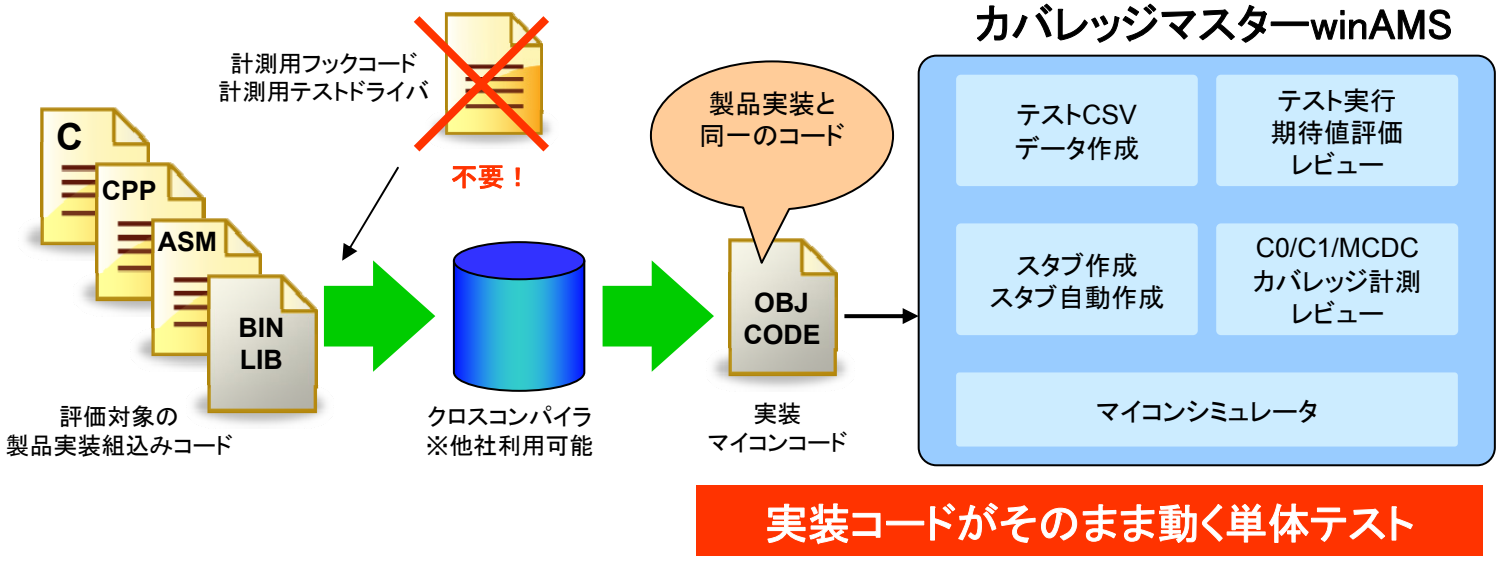
Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

実装コードがそのまま動く単体テストとは？

■ 関数テスト、カバレッジ計測のためのコード追加を一切行わないテスト

- 製品への実装コードそのものを実行して単体テストを実行
- マイコン依存問題、クロスコンパイラコード展開、
  最適化処理を含めた高信頼性テスト
  ― ターゲットと異なる要素を全て排除した 最も信頼性が高いテストとなる

※クロス開発環境をサポートした他社ツールは、計測用コードを挿入してしまう！



Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

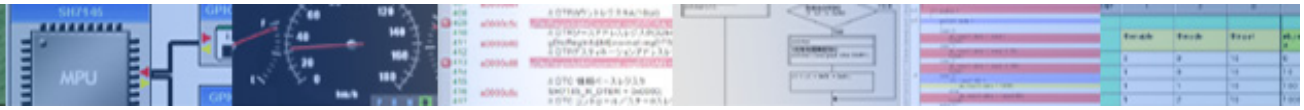
（参考）車載ソフトに要求される機能安全

- **自動車機能安全規格「ISO-26262」の最終ドラフトが一般公開**
- **ソフトウエア単体レベルでの構造カバレッジに関する規定**
  - 自動車の安全性レベル、ASIL(Automotive Safety Integrity Level)に応じた
    ステートメントカバレッジ（C0）、ブランチカバレッジ（C1）、MC/DCカバレッジ計測に関する要求事項が規定されている
- **ソフトウエアの単体テストは ターゲット環境で行うことが推奨される**
  - 単体テストは、ターゲット環境（実機コード）を使用するべきであるとされる
  - ターゲット環境と異なる環境で単体テストを行う場合は、
    ソースコードと実行オブジェクトコードとの差異、ターゲット環境とテスト環境の差異を分析する必要があるとされる ← 事実上不可能

- **カバレッジマスターwinAMSは 実機コードで単体テストが可能なツール**
  - 実機コードでの単体テスト自動実行、C0.C1,MC/DC カバレッジ自動計測

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

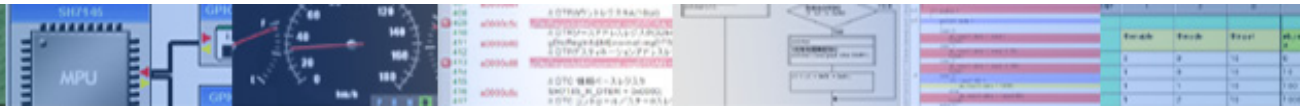


コンパイラの最適化によるコードへの影響

- **組込みではCソースで正しいロジックが想定しない結果となる場合がある**
- **コンパイラの最適化による 実行結果への影響の可能性**
- **C/C++コーディングで想定しないコード構造を生成する場合がある**
  - レジスタの割り当て
  - 条件文の最適化
  - ストレングリダクション（ループ内の配列に対する最適化）
  - ループインバリアント（ループ内の値の変化しない式をループの外へ）
  - while文、for文のdoループ化
  - switch文の最適化
  - 無意味な変数の削除
  - 関数のインライン展開
  - 終端再帰のループ化

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

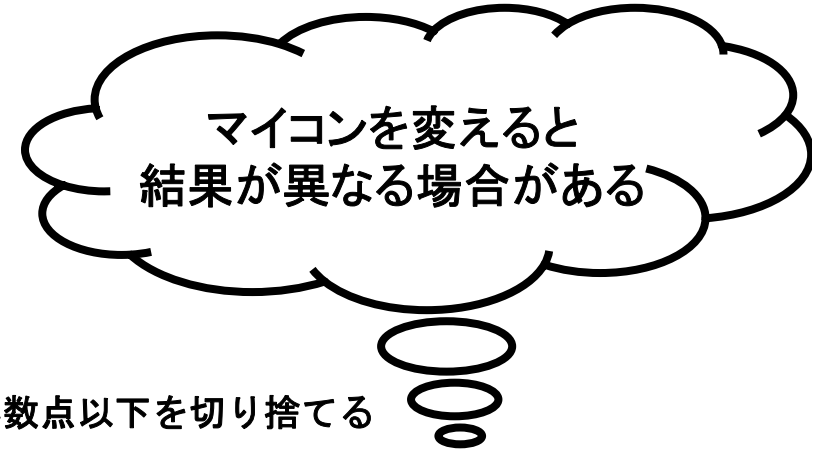


コンパイラの仕様に依存した不具合要因(浮動小数点)

■ 浮動小数点数から整数

C言語は小数点以下切り捨て

```
1.4 -> 1
1.5 -> 1
```



整数演算のみのマイコンの場合
→ コンパイラは浮動小数点ライブラリを用意し、小数点以下を切り捨てる

浮動小数点演算を持つマイコンの場合
→ 【切り捨て】【四捨五入】【切り上げ】 制御を選択できる場合がある

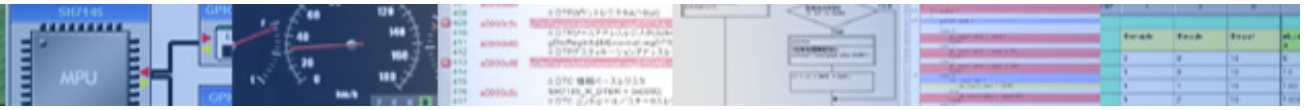
■ 「きりの良い」数値って？

```
0.1 -> 0x3FB9999999999998      0.09999999999999977
```

```
0.1 -> 0x3FB999999999999A      0.10000000000000005
```

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.



コンパイラの仕様に依存した不具合要因(アセンブリ展開)-1

```
typedef signed short int s2;
typedef signed long  int s4;

s4 func_sub( s2 arg1, s2 arg2 )
{
    s4 answer = 0;
    answer = (s4)( arg1 - arg2);
    return(answer);
}
```

32Bit = 16Bit - 16Bit の演算

いつ、32Bit拡張されるのか。によって
結果は変わる。

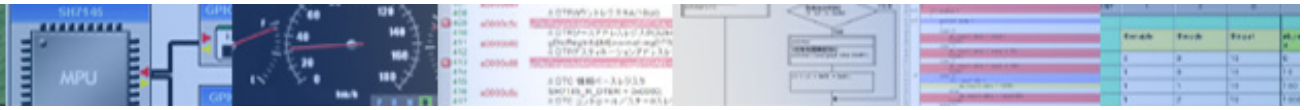
■ A社のコンパイラは
① CAST　arg1 の s2 -> s4
② CAST　arg2 の s2 -> s4
③ SUB　s4 = s4 - s4
④ COPY　s4 -> answer

■ B社のコンパイラは
① SUB　s2 = arg1 - arg2
② CAST　s2 -> s4
③ COPY　s4 -> answer

arg1 (32767) から arg2 (-32768) を 減算すると
結果は 65535 に なるのか？

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.



コンパイラの仕様に依存した不具合要因(アセンブリ展開)-2

```
typedef signed short int s2;
typedef signed long  int s4;

s4 func_sub( s2 arg1, s2 arg2 )
{
    s4 answer = 0;
    answer = (s4)( arg1 - arg2);
    return(answer);
}
```

```
s4 func_sub( s2 arg1, s2 arg2 )
{
ENTER           #008H
    s4 answer = 0;
MOV.W:Q         #0,-4:8[FB]
MOV.W:Q         #0,-2:8[FB]
    answer = (s4)( arg1 - arg2);
MOV.W:G         7:8[FB],R0
EXTS.W          R0
MOV.W:G         R0,-8:8[FB]
MOV.W:G         R2,-6:8[FB]
MOV.W:G         5:8[FB],R0
EXTS.W          R0
SUB.W:G         -8:8[FB],R0
SBB.W           -6:8[FB],R2
MOV.W:G         R0,-4:8[FB]
MOV.W:G         R2,-2:8[FB]
    return(answer);
}
EXITD
```

A社の展開では結果は 65536

```
s4 func_sub( s2 arg1, s2 arg2 )
{
ENTER           #008H
MOV.W:G         R1,-2:8[FB]
MOV.W:G         R2,-4:8[FB]
    s4 answer = 0;
MOV.W:Q         #0,-8:8[FB]
MOV.W:Q         #0,-6:8[FB]
    answer = (s4)( arg1 - arg2);
MOV.W:G         -2:8[FB],R0
SUB.W:G         -4:8[FB],R0
EXTS.W          R0
MOV.W:G         R2,-6:8[FB]
MOV.W:G         R0,-8:8[FB]
    return(answer);
MOV.W:G         -8:8[FB],R0
MOV.W:G         -6:8[FB],R2
EXITD
NOP
}
```

B社の展開では結果は -1

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

コンパイラの仕様に依存した不具合要因(アセンブリ展開)-3

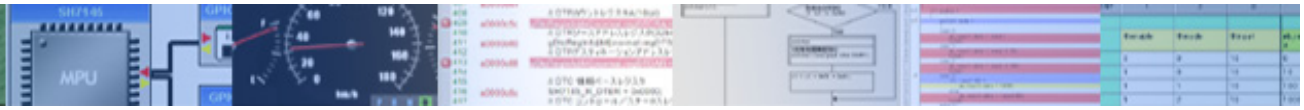
```
typedef signed short int s2;
typedef signed long  int s4;

s4 func_sub( s2 arg1, s2 arg2 )
{
  s4 answer = 0;
  answer = (s4)arg1 - (s4)arg2;
  return(answer);
}
```

```
s4 func_sub( s2 arg1, s2 arg2 )
{
ENTER           #008H
MOV.W:G         R1,-2:8[FB]
MOV.W:G         R2,-4:8[FB]
    s4 answer = 0;
MOV.W:Q         #0,-8:8[FB]
MOV.W:Q         #0,-6:8[FB]
    answer = (s4)arg1 - (s4)arg2;
MOV.W:G         -2:8[FB],R0
EXTS.W          R0
MOV.W:G         R0,R1
MOV.W:G         R2,R3
MOV.W:G         -4:8[FB],R0
EXTS.W          R0
SUB.W:G         R0,R1
SBB.W           R2,R3
MOV.W:G         R1,-8:8[FB]
MOV.W:G         R3,-6:8[FB]
    return(answer);
MOV.W:G         -8:8[FB],R0
MOV.W:G         -6:8[FB],R2
EXITD
NOP
}
```

B社の展開でも結果は -1

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.



本セミナーのまとめ

組込み開発では、Cソースレベルでの
単体テストでは検出できない不具合がある！

マイコン実装コードを使用したテストが
最も信頼性が高いテスト！

ガイオの単体テストツール
カバレッジマスターwinAMS
をご検討ください！

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

カバレッジマスターwinAMSの導入実績/事例

■ 導入実績

- 自動車業界、鉄道、デバイス関連、通信機器、空調関連、メカトロ機器、プリンター複写機、FA機器、計器関連、エネルギー関連、交通機器関連、等々

■ 多数のユーザ事例を発表

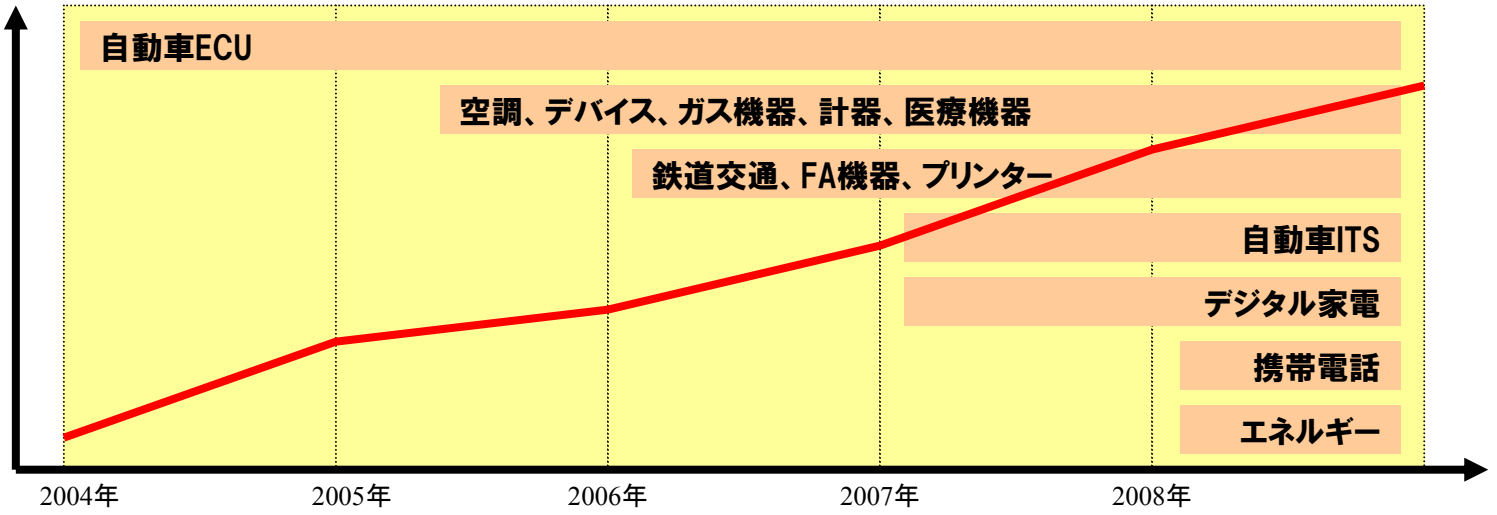
- フェリカネットワーク(株)　:2005/12 組込み情報誌「ガイオ倶楽部」記事にて発表
- アイシン精機(株)　:2006/08「組込みソフト単体テスト成功事例セミナー」にて発表
- 日産自動車(株)　:2006/08「組込みソフト単体テスト成功事例セミナー」にて発表
- ソニーLSIデザイン(株):2007/11「単体試験の賢い選択・活用セミナー」にて発表
- パイオニア(株)　:2008/02 組込み情報誌「ガイオ倶楽部」記事にて発表
- パナソニック(株)　:2009/06「ガイオ品質向上セミナー」にて発表

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

winAMSの販売実績

■ リリースからの販売伸び率と主な販売サイト



■ 2004年～2007年と2008年以降の業界毎の販売比率

	2004年～2007年	2008年～現在
自動車ECU	48.3%	30.6%
自動車ITS	4.5%	19.1%
鉄道/交通	3.7%	3.5%
エネルギー	2.3%	4.7%
デジタル家電	3.2%	22.6%
携帯電話	0.2%	1.2%

GAIO TECHNOLOGY

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD. ALL RIGHTS RESERVED.

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

※会社名・商品名は各社の商標または登録商標です。
※本資料の無断転載、複写はお断りします。

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

Copyright © 2011 GAIO TECHNOLOGY CO., LTD.　ALL RIGHTS RESERVED.