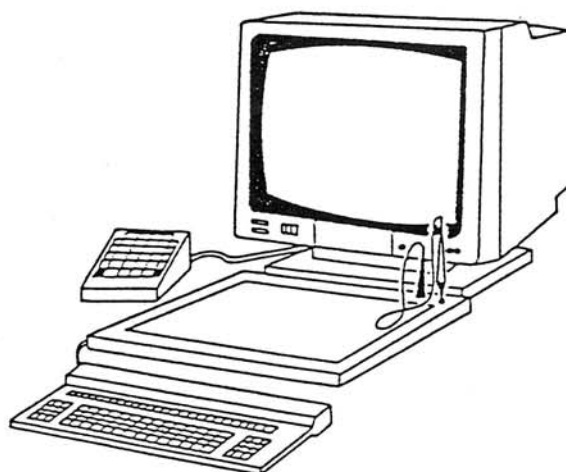


プリント基板設計の効率的運用システムの構築

Establishing an Effective Operational System for PCB Design

川西友彦 *Tomohiko Kawanishi*
 村上和男 *Kazuo Murakami*
 藤原哲男 *Tetsuo Fujiwara*
 岩井彰次 *Shoji Iwai*



要 旨

当社はプリント基板設計業務の効率化と品質向上をねらいとして昭和58年4月にスタンドアロン型プリント基板設計用CADシステムを導入した。その後、昭和62年9月に、メインフレーム型プリント基板設計用CADシステム「ICAD/PCB」へ順次移行し、以来、着実に成果をあげている。

そして、今回、より一層のプリント基板設計業務の効率化と高品質化を図るため、プリント基板における自動配置・自動配線システムを導入したので、導入の背景から、準備・運用等において、当社で工夫した点を中心に事例を交えて紹介する。

Abstract

Fujitsu Ten introduced a stand-alone CAD system for the design of printed circuit boards (PCB) in April 1983 with the objective of upgrading the efficiency of PCB design and the quality of PCBs. Furthermore, from September 1987, we began shifting the CAD system progressively to the mainframe CAD system called "ICAD/PCB" which has generated steady results since.

This time, we have introduced an automatic PCB placement and wiring system to further upgrade the efficiency of PCB design and to improve the quality of PCBs. Below is an introduction of the system with its background, and an emphasis on our approaches and ideas in preparation and operation.

1. 導入の背景

近年、当社をとりまくカーエレクトロニクス業界の環境は、円高による輸出競争力の低下、ビジュアルや通信分野との異種分野との複合製品化等、一段と競争が激化している。

このため、市場ニーズに即応した製品をタイムリーに開発し、低コスト・短納期で供給することが不可欠である。

プリント基板設計業務を改善するため、昭和58年4月にスタンドアロン型プリント基板設計用CADシステムを、昭和62年9月にメインフレーム型プリント基板設計システム「ICAD/PCB」(以下ICADと略す。)を導入し、プリント基板設計業務の効率化、品質上を実現してきた。

しかしながら、図-1に示すように、依然としてプリント基板設計工程は、プリント基板作成の中で大きなウェイトを占めている。

そこで、今回、より一層のプリント基板設計業務の効率化・品質向上を狙いとして自動配置・配線システムを導入した。

ここでは、自動配置・配線システムの導入の経緯からシステム構成、運用、効果等について紹介する。

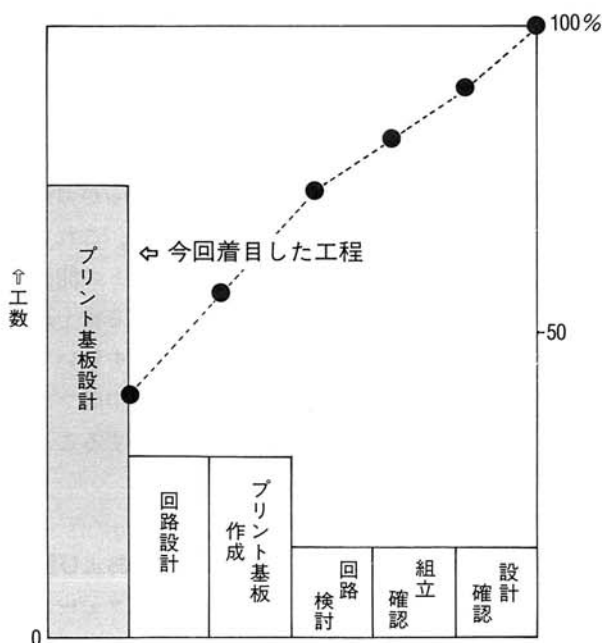


図-1 基板作成における工程分析

Fig.1 Analysis of PCB production processes

2. 導入の経緯

2. 1 システムの選定

システムの選定にあたり、次の3点を重点項目とした。
①自動配置や配線機能が優れていること。②設計ノウハウが生かせること。③対話設計機能が優れていること。

特に③は、管面設計*1を行うことによる効率化に、欠かせないものである。

2. 1. 1 各種システムの機能調査

ICADのオプションソフトを含め6システムについてカタログやベンダ作成の資料による予備的な機能調査及び詳細な機能調査を実施した。

機能調査の際には、ベテラン設計者にも参加してもらい設計現場の生の意見を反映させた。

この6システムの内、ICADのオプションソフト以外のシステムは、全てICADから完全に独立した独自のCADシステムである。従って、この段階の調査では、ICADとのデータ連携の可否も調査項目の大きな要素とした。

その結果、ICADのオプションソフトはICADとのデータ連携と言う面ではベストであったが、選定の重点項目である、①設計ノウハウの活用、②対話設計機能、の面で当社の意図とは違うシステム仕様であることを確認した。一方、A社製のシステム、B社製のシステム(例 図研製CR3000システムが、ICADとのデータ連携用インターフェース・ソフトの開発が必要であるが、設計ノウハウの活用、対話設計機能の面で当社が必要としている機能を満足していることが判明した。

2. 1. 2 ユーザー訪問調査

次に、実際にプリント基板CADを使っているユーザを訪問し、どのようなCADが優れているのか調査した。

(A社システムを使用しているユーザを1社、A社システム・B社システム・CR3000の全てを使用して設計しているプリント基板製造メーカを2社、計3社)

その結果、プリント基板製造メーカ2社では2社とも、機能面ではCR3000システムが最も優れていると評価しており、プリント基板製造メーカの顧客の多くがCR3000ユーザである事が判明した。また、CR3000のサポート体制も充実していることが確認できた。

同時にこの訪問により、下記のようなダウンサイジングの効果を再認識した。

*1 管面設計：基板設計の際、机上によるラフ設計を行わず、最初からCAD端末の画面上で設計すること。

①EWSは基本的にユーザI/Fに優れているため、その上で動作するCADも当然使い易い。

②端末数の増加による速度の低下が無い。
という利点によって、設計者により使いやすいシステムを提供できる。

このことは、あまり目に見えない部分ではあるが、設計者に十分な創造性を発揮できる場を提供し、総合的に設計の効率化を図ると言う面で、非常に大切な項目であると改めて認識した。

2. 1. 3 ベンチマーク試験

今までの調査結果をもとに、調査に参加した現場設計者からのニーズも踏まえ、導入候補をCR3000システムとA社製システムに絞り、ベンチマーク試験を行った。

試験は、実際にプリント基板を設計し、自動配置・配線機能のみならず対話設計機能や操作性の優劣も見極める形で実施した。

その結果、100%配線が完了するまでの日数は、①CR3000システムでは3日、②A社製システムでは5.5日であった。各評価項目の優劣(表-1)から、総合評価でCR3000システムの方が使いやすく、設計も効率化できるとの結論に至った。

2. 2 ICAD-CR3000インターフェースについて

2. 2. 1 インターフェースの必要性

当社の場合、①ICADとCR3000の部品ライブラリ(現在ICADに登録済の部品点数は約60,000点)の一元管理が必要、②ICADと部品情報システムや生産情報システム等とのデータ連携ソフトを、新たにCR3000との間に開発するには膨大な工数が必要である、③各基板メーカーに対するCAM出力や各工場へのデータ配布の仕組みを再構築するとデータ管理が複雑になる、という理由で、ICADをデータ連携の中心に据える必要がある。そこで、CR3000導入に際しても、設計データがICADに戻ってくる必要があり、ICADとのデータ連携が不可欠であるため、インターフェースが必須となった。

2. 2. 2 インターフェースの考え方

本来CADシステムはそれぞれ独自のバイナリ・データ形式でCADデータ(部品ライブラリ及び基板データ)を管理しており、バイナリ・データの互換性は無い。また、このバイナリ・データの形式は非公開となっており、CADデータの直接変換はほとんど不可能である。

ところが、CR3000側がCADデータを独自の中間(ASCII)ファイルに入出力する機能を持ってい

表-1 ベンチマーク試験評価結果

項 目	CR3000		A 社	
	内容	評価	内容	評価
配 置 機 能	自動配置機能 (パッチ)	回路ブロック における配置 順序の重み付 けが可能	回路ブロック における配置 順序の重み付 けが不可	△
	対話設計機能	ネット付け部 品の変更が可 能	ネット付け部 品の変更が不 可	△
	修正のしやすさ	配置後の操作 の後戻りが不 可	配置後の操作 の後戻りが可 能	○
		押しのけ配置 が不可	押しのけ配置 が可	○
配 線 機 能	自動配置機能 (パッチ)	異形ランドに テーパー付け不 可	異形ランドに テーパー付け可 能	○
	対話設計機能	配線表示の色 設定作業が容 易	配線表示の色 設定作業が複 雑	△
	修正のしやすさ	ネット付き部 品の接続変更 が容易に可能	ネット付き部 品の接続変更 が不可	×
設計ルールチェック 機能		エラー表示箇 所が見やすい	エラー表示箇 所が見にくい	△
操作性		コマンド履歴 有り	コマンド履歴 なし	△
		ウインド表示 機能が豊富	ウインド表示 機能が貧弱	△
総合評価		自動配置はパ ラメータの設 定の工夫で効 果が期待でき る。操作性等、 総合的に優れ ている	ネット付き部 品の接続変更 が出来ない点 が致命的短所 である	△

るため、ICAD側でもCADデータを何らかの形式の中間ファイルに入出力できるようになれば、これらの中間ファイル同士でのインターフェースソフトの開発が可能となる。そこで、ICADの開発元である富士通にはICADの中間ファイル入出力機能の開発を急いでもらい、CR3000の開発元である図研には中間ファイル間のインターフェースソフトの開発を依頼することとした。

(詳細は3. 2項参照)

2. 2. 3 インターフェースの基本仕様および開発

今回の自動配置・配線システムインターフェースは、ICADのオプションソフトを導入する場合と異なり、全く異なった2つのCADシステムを結び付けるものである。

その為、運用形態、すなわちどのデータをどのタイミング（設計段階）で受け渡す必要が有るかで、インターフェースの仕様が大きく変わってしまう。従って、全ての場合を想定してのインターフェース開発は現実的ではない。

今回は、開発効率を高めるため、まずこういった運用形態を取るかを最初の段階で、以下のように明確にした。

- 1) 回路設計は I C A D で行う。
- 2) I C A D の基板エディタでは、まず、基板外形及び部品及び配線禁止領域を入力し、C R 3 0 0 0 にデータを渡す。
- 3) 配置・配線設計は、自動配置・配線および対話設計も含めて全て C R 3 0 0 0 で行い、設計が完了した段階で I C A D にデータを戻す。
- 4) I C A D では、戻ってきた設計完了データに対して図面としての仕上げを行った後、デザインルールチェックを実行し、図面出力、C A M 出力等を行う。
- 5) 部品の登録・変更は I C A D で行い、インターフェースを通して、全部品の最新データが C R 3 0 0 0 に反映されるようにする。

基本的には、小規模変更の時以外は I C A D でのプリント基板設計場面は無くなり、周りに有る既存システムとのデータ受け渡しの為に、I C A D を使用する運用形態とした。

実際の開発は、図研・富士通の両社で作ったソフトを、随時当社で、社内システム担当・プリント基板設計者により、利用者の視点でデバックを行い、その結果を両社にフィードバックしソフト修正を行う、と言う形態で行った。

その結果、両社の全面的な協力を得て、比較的短い期間で、全てのソフトの開発を完了する事ができた。

2. 3 部品ライブラリの再構築

2. 3. 1 再構築の背景

I C A D では、部品挿入機の禁止領域や部品固有の配線禁止領域などの設計ルールのチェック機能が弱い為、設計者が考慮してプリント基板を設計していた。そのため、従来の I C A D 部品ライブラリには、これらの部品に付属する設計ルール情報を付加していなかった。

一方、自動配置・配線システムは当然のことながら、部品に付属する設計ルールのチェック機能が充実している。そこで、本チェック機能を有効活用するには、全部品に、部品に付属する禁止領域情報が入力されている必要があるため、部品ライブラリの再構築を行うこととなった。

この再構築作業は、部品ライブラリにおける部品形状

に依存する部分について行えばよいのであるが、それでも膨大な作業となるので、自動配置・配線を先行運用部門で使用する部品について再構築した。

2. 3. 2 再構築作業

1) 設計ルールの見直し

従来の設計ルールは、手作業による設計を前提にしていたために、そのままでは自動配置・配線に適用出来ない。例えば、隣に配置される部品による配置クリアランスの異なりや、ランドにおける引き出し方向による配線パターンのクリアランスの異なりである。

そこで、このような条件を考慮せずにすむように設計部門と製造技術部門にて、自動配置・配線システム用の設計ルールを作成した。

2) I C A D 部品ライブラリの構造見直し

I C A D の部品ライブラリにおけるデータ格納構成を見直し、部品に付属する禁止領域情報を入れるためのデータ格納領域を準備した。これと合わせて、配置面情報やフォーミング形状情報等を表現するキーワードも、自動配置・配線システムと矛盾しないように見直した。

3) 実際の再構築作業

設計部門では、全ての部品に対して禁止領域形状及び寸法を各部品の仕様書に基づき算出し、登録用図面を作成した。この作業とほぼ並行して C A D 課では、設計部門が作成した登録用図面に従って、データ入力作業を行った。

3. システム構成

3. 1 システムの特徴

当社においては、プリント基板設計用 C A D システムとして I C A D が既に広く普及しており、I C A D とのデータ連携が不可欠である。

そこで、図-2 に示すように I C A D における設計課程の一部として、C R 3 0 0 0 を利用するシステム構成とした。

すなわち、部品データ等の基本データは I C A D で設計し、そのデータを C R 3 0 0 0 へデータコンバート後自動配置・配線及び一部対話設計を行う。そして設計が終了した段階で I C A D へ再度データコンバートし、プリント基板メーカーや生産・購買部門等にてデータ活用するシステムとした。

これにより、設計から部品手配、C A M（各種実装機インサーキットテスト等とのデータ連携）等を含んだ全社データ一元管理システムが従来どおり適用できること

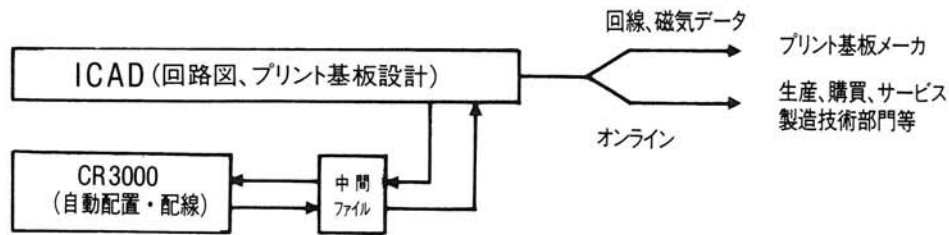


図-2 システム・イメージ図
Fig.2 System conceptual drawing

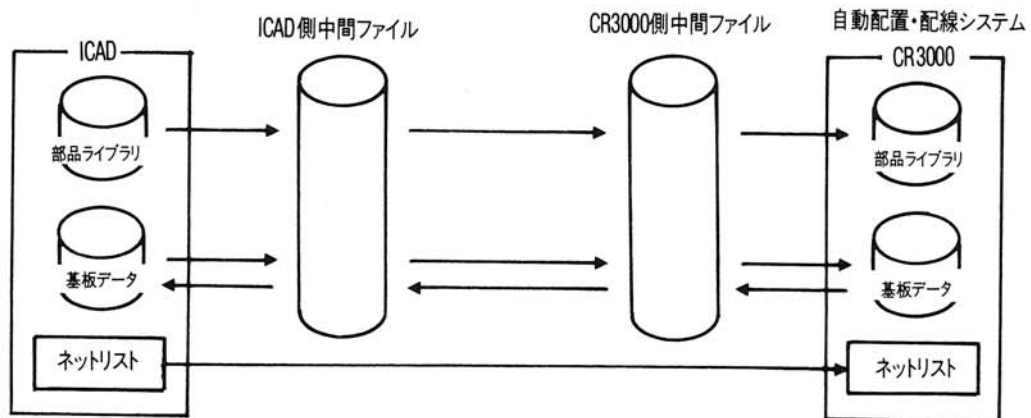


図-3 ソフト構成
Fig.3 Software architecture

になった。

3. 2 ソフト構成

主なソフト構成は図-3に示すように、ICADとCR3000双方のCADシステムで提供されている中間ファイル間のインターフェースを成立させることで、データの相互授受を行う構成とした。

但し、自動配置・配線システムでは、部品データを作成、修正する必要があるため、部品データについてはICADからデータを取り出す一方向データ互換とした。

3. 3 ハード構成

主なハード構成は、図-4に示すようにホストコンピュータを中心として、LANネットワークと専用光ケーブルを通じて、既存ICAD端末とのデータ授受をオンラインで可能なシステムとした。

4. 運 用

4. 1 対話式業務メニュー

運用にあたり、先ず実施しなければならないことは、ICAD-CR3000間のデータ変換操作の簡易化で

ある。

元来、データ構造が全く違うシステム間でのデータ変換を行うため、ICADからCR3000へのデータ変換は非常に複雑な処理が必要であり、CR3000からICADへのデータ変換もこれに近い複雑な処理が必要である。

そこで、これら一連処理をグループ分けや同一入力内容の共通化等により、最小限度のコマンドに集約した。

さらに、これらのコマンドを対話形式による選択作業（コマンド自体は入力しない）とし、ファイル名等の最低必須入力項目のみの入力作業となるように工夫した。

これにより、コマンドの知識が全くないユーザでも、操作できることになり、操作工数削減、操作ミス防止に大いに貢献した。

4. 2 部品ライブラリメンテナンスシステム

今回導入した自動配置・配線システムでは、CR3000専用の部品ライブラリを持つ必要がある。当社の場合は、ICAD部品ライブラリの追加、削除、修正が頻繁に行われており、その都度ICAD部品ライブラリをメンテナンスしているので、部品ライブラリの一元管理

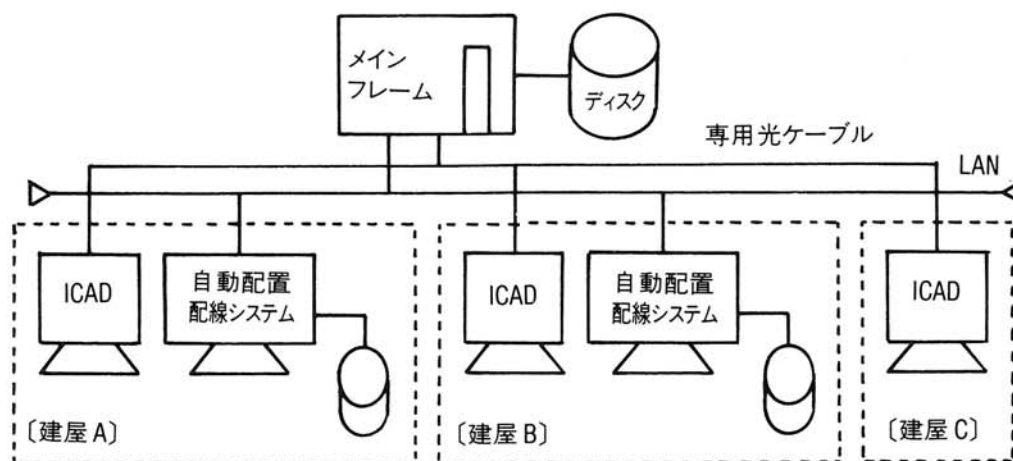


図-4 ハード構成

Fig.4 Hardware architecture

のため、ICAD部品ライブラリを中間ファイルを紹介してCR3000で利用するシステムを構築した。

(図-5 参照)

ところが、この一連のメンテナンス作業を実施してみると、約22H/回以上時間がかかることが判明した。

そこで、当社でのソフト開発等による運用の工夫により、その日の変更分のみをメンテナンス処理の対象とすることで、約2H/回まで大幅な工数短縮を実現し、かつ、全作業を自動化した。

これにより、人手の全くかからない一元管理された部品ライブラリメンテナンスシステムが構築でき、自動配置・配線システムの効率運用に貢献した。

4.3 運用マニュアル

各ユーザ（設計者）に自動配置・配線システムを展開するにあたり、システム構成、運用フロー、運用上の注

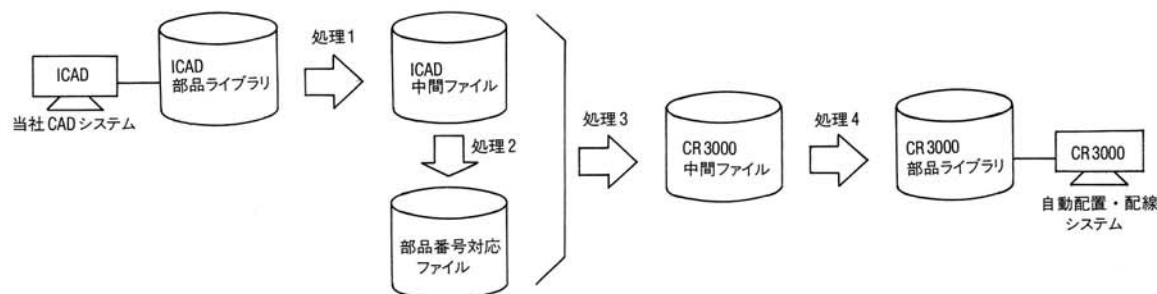
意事項をまとめた運用マニュアルを作成し、操作説明会等に利用した。

本マニュアル作成にあたり、「自動」という言葉からうける下記のような認識の是正に特に注意をはらった。

1) 回路図を入力すれば、自動配置・配線システムがすべて自動的にプリント基板設計を行ってくれるのではなく設計はあくまで人間が行い、自動配置・配線システムはあくまで設計の補助手段である。

2) 自動配置・配線処理は1回実行したらよいのではなく各種パラメータ設定条件を変化させながら、何回も実行し、配線率を向上させていくものである。

さらに、これらの点を踏まえ、本自動配置・配線システムを有効活用するために、当社で工夫してきた内容を随所に盛り込んだ。



処理工程	処理1	処理2	処理3	処理4	合計
従来の工数 (H)	約15	約2	約3	約2	約22
改善後の工数 (H)	約1.5	約0.1	約0.05	約0.05	約1.7
削減工数 (H)	約13.5	約1.9	約3	約1.9	約20.3

注記 *のみ手作業

図-5 部品ライブラリ・メンテナンスフロー

Fig.5 Parts library maintenance flow

4. 4 ノウハウの蓄積

自動配置・配線システムにおいては、ビアの数、配線長等の各種パラメータ設定条件があり、これらの条件により配線率は大幅に変化する。

ところが、この条件はプリント基板の部品点数、パターン密度、設計基準等によって変化するので単純には決められない。

そこで、自動配置・配線したプリント基板について、その適応履歴（各種パラメータ設定条件に対する配線率等）を日々記録し、これらをまとめることにより当社独自のノウハウ集として活用する予定である。

5. 効 果

5. 1 定量的効果

本システム導入により得られている定量的効果としては、プリント基板設計工数が従来にくらべて半分以下となり、プリント基板設計期間が大幅に短縮された。

さらに、設計の標準化や既存ライブラリの有効活用により、より一層の効率アップが期待できる。

5. 2 定性的効果

プリント基板設計が自動化されたことにより

- ①配線凡ミスの撲滅
- ②クリアランスミス、各種禁止領域ミスの防止

③設計者にとって、単純思考から開放されることにより、

- a より創造的な設計
- b 戦略的コストダウン
- c タイムリーな新製品開発

等に時間を割り当てることができるようになった。

これらにより、従来以上に、より高品質の製品設計が可能になった。

6. 今 後 の 展 望

今後、本自動配置・配線システムをより効率よく運用するために、下記に示す内容を実現していきたい。

6. 1 運用面での改善

- ①本システムに対する認識の向上
- ② 配線率を向上させるための運用ノウハウの確立
- ③操作可能者数の増加
- ④オペレート習熟度の向上
- ⑤部品ライブラリの充実

6. 2 システム機能面での改善

- ①頻出コマンドのアイコン対応
- ②インターフェイスソフトの機能アップ
- ③端末間データ伝送時間の高速化

筆者紹介



川西 友彦 (カワニシ トモヒコ)

1979年入社。以来カーオーディオの設計に従事後、CADに従事。
現在技術情報システム部CAD課に在籍。



村上 和男 (ムラカミ カズオ)

1983年入社。モートロニクス製品設計に従事後、現在技術情報システム部システム開発課に在籍。



藤原 哲男 (フジワラ テツオ)

1987年入社。以来CADに従事。
現在技術情報システム部CAD課に在籍。



岩井 彰次 (イワイ ショウジ)

1991年入社。以来CADに従事。
現在技術情報システム部CAD課に在籍。