

# プラント制御における要求定義支援システム

田口 嘉之(たぐち よしゆき)

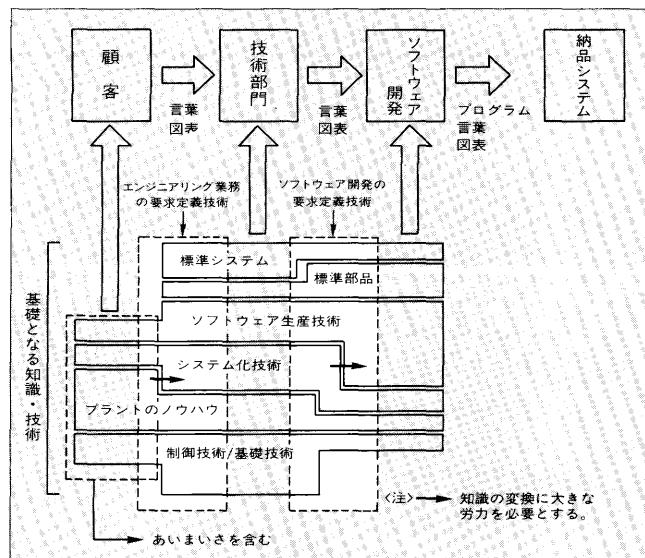
小平 和正(こだいら かずまさ)

阿武 英文(あんの ひでふみ)

## ① まえがき

プラント制御の変遷をみると、リレーシーケンスによる手動運転、シーケンサによる自動運転からコンピュータシステムとリンクしたプログラマブルコントローラ(PC)による全自動運転と発展してきており、特に近年、高機能化、複雑化が顕著である。このことはPCのソフトウェアの急速な大規模化、複雑化を引き起こしており、ソフトウェアの設計のためのエンジニアリング業務の重要性が強く認識されるようになった。特に、何をやるかを考える人(ユーザー、計画者)と、目的に合ったシステムを実現する人(メーカー、設計者)の間で、いかに正確な情報伝達を行うかが課題となっている。制御エンジニアリング業務における知識、情報の構造は図1のようになっており、情報の伝達手段が、潜在的にあいまいさを含んでいる“言葉”が主であること、及びシステム化技術(概念設計)は技術者の知識・経験という個人の能力に依存していることがプラントの品質のばらつきを生じさせている。すなわち、この過程の品質が最終的なプラントの品質を決定しているといつて

図1 要求定義技術と知識の関係



も過言ではない。

一方で要求定義という用語が生まれ、その手法について研究が進んでいる。しかし今日における要求定義技術、支援ツールの多くは、コンピュータのソフトウェアを対象としたものが多く、プラント制御エンジニアリング分野にそのまま適用可能なものはまだ無い。本稿では、モデルをベースにした要求定義支援システムを紹介する。本システムは、プラント制御システムを対象とし、概念設計の段階に導入してソフトウェアの生産性の向上、品質の獲得を図らんとするものである。

## ② 対象モデル

### 2.1 対象モデルの基本構造

これまで、エンジニアリング分野における要求定義は、ユーザーから提示される情報(言葉、図)を個々のシステム設計者の持つ知識・経験から判断して、情報の不足している点、あいまいな点を明確化してきた。この作業を要求定義支援システムとしてコンピュータ支援するためには、対象とするシステムに関する情報の構造をモデル化し、コンピュータ上で操作できるようにする必要がある。更に、その対象とするシステムのモデル(対象モデル)に、設計者の知識・経験といった情報を埋め込むことにより、要求仕様決定の基準や仕様間の矛盾のチェックが可能となる。

プラント制御システムを設計・製作するのに必要な情報は、大きく分けて次の三つに分類できる。

#### (1) 制御対象に関する情報

制御の対象となるプラント、設備、装置

#### (2) 機能に関する情報

設備を運転する機能、物を生産する機能、計測する機能、制御する機能

#### (3) 制御システムに関する情報

制御用コンピュータ、制御装置、制御機器

各分類の中の情報にはレベルがあり、図2の円板(レベル)と楕円(情報の要素)で示したような階層構造に整理できる。また、各階層内には図2の二本線で示したような

田口 嘉之



昭和43年入社。技術計算センタ、ソフトウェア生産技術開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一ソフトウェア技術部部長代理。

小平 和正



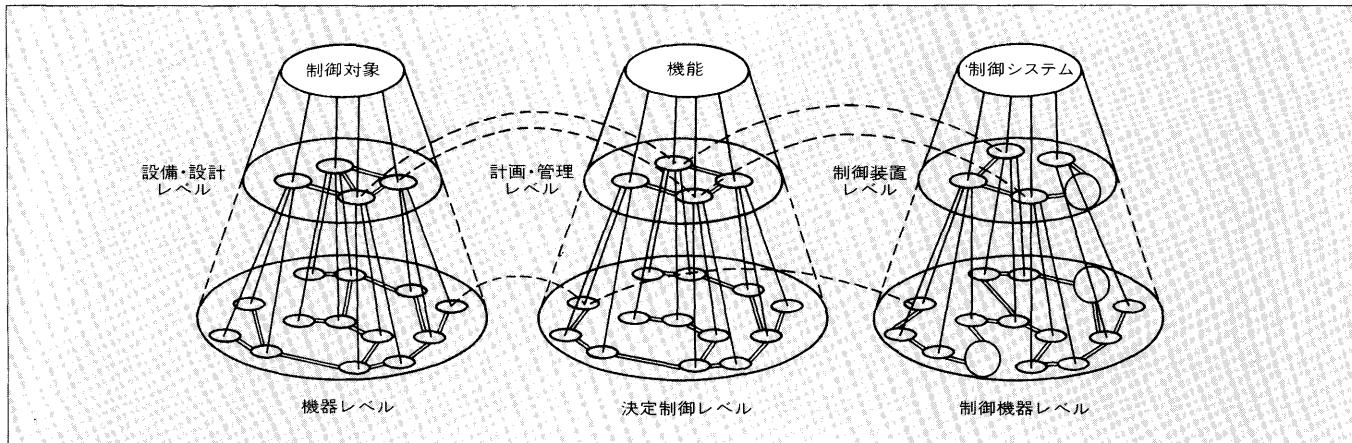
昭和57年入社。プログラミング支援環境の開発、ソフトウェア生産技術の開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)第一ソフトウェア技術部。

阿武 英文



昭和45年入社。産業プラント用電気設備のシステム設計に従事。現在、総合技術第二部産業技術部課長。

図2 各構成要素の構造



要素間の関係がある。例えば、制御対象における設備の物理的なつながりや、機能における制御手順、制御システムにおける信号線などである。

更に、制御対象、制御システム、機能の三つの分類はそれぞれ独立しているわけではなく、互いに関連を持っている。図2の破線のように機能を中心に機能が作用する制御対象と、その機能を果たす制御システムが結ばれる。

## 2.2 対象モデルの知識表現

一般に対象モデルを表現する際には、対象システムの特性を明らかにし、特性に応じた表現技法を用いることが重要であろう。前述のプラント制御システムの特性として次のようなもののが考えられる。

- (1) 各構成要素間の関係（リンク構造）
- (2) 各構成要素の仕様（属性）
- (3) 各構成要素に関する設計基準や手順（設計ルール）

まず、対象システムの骨格を与える構成要素間の関係を明らかにするために、対象システムの構造をモデル化する。構成要素の間の関係には色々な種類があり、次のように類別できる。

- (1) 各構成要素間の親子関係、部品の組合せ関係といった階層関係
- (2) 各構成要素間の、設備の接続順番といった順序関係

(3) 制御対象、機能、制御システムの間の、「～が～を～する」という機能に関連した関係

これらの基本的なネットワークに、属性、設計手順といった知識を付加する。

属性には、

- ・制御対象の仕様や状態
- ・制御システムの機器の仕様や状態
- ・制御ロジック、異常処理

などがあり、

設計ルールには、

- ・設計の際の制限事項
- ・仕様決定の手順
- ・仕様変更の影響範囲

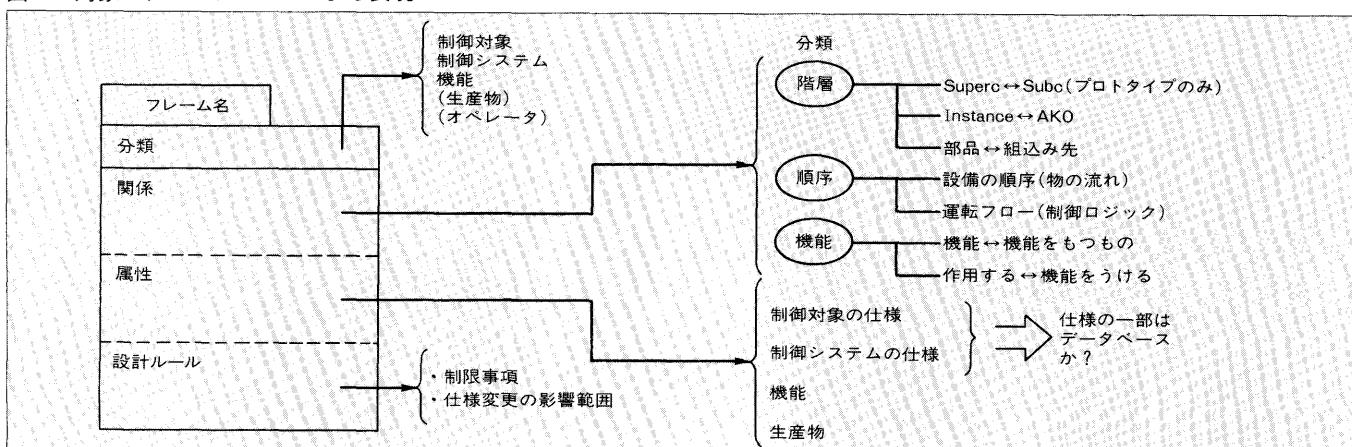
などがある。

以上の関係、属性及び設計ルールを合わせて表現する手段としてフレームがある。図3のようなフレームを用いて、1構成要素を1フレームで表現した。

フレームは基本的にスロットと呼ばれる単位で情報を保持している。図3のフレームでは、前述の対象モデルを表現するために次のようなスロットを標準的に用意した。

関係のスロット：対象モデルのリンク構造を表現するもので、図3に示したようなものを標準としてもち、必要なものを選択して使う。

図3 対象モデルのフレームによる表現



属性のスロット：制御対象、機能、制御システムそれぞれの仕様をもつ。

生産物は制御対象の範囲に入るが、もつ属性は他の制御対象（設備）と異なるため別に分類しておく。また制御対象、制御システムの機器の仕様は直接フレームに置かれず、外部のデータベースにあり、これを参照するためのリンク情報がフレームにおかれる。

設計ルール：ルールを“IF～THEN…”の形で記述した知識ソースへのリンクを持つ。この知識ソースの“IF～”部は、関係のスロットにあるリンクをたどって他のフレームにある属性の値を参照し、条件チェックを行い、“THEN…”部は条件成立のとき警告やガイダンスを行うためのメッセージを記述する。

### ③ 支援システム

#### 3.1 支援システムの概要

図4に支援システムの概要と、このシステムで支援される業務の流れを示す。このシステムは大きく分けて二つのインターフェースを持ち、一つは“プロトモデル構築エディタ”，もう一つは“要求定義支援エキスパートシステム”である。“プロトモデル構築エディタ”は、支援システムの管理者のためのインターフェースで、システム（特に知識ベースやデータベース）の保守に使われる。“要求定義支援エキスパートシステム”は、エンドユーザー（利用者）のためのインターフェースであり、実際の設計業務を支援する。

また、これらのユーザーインターフェースから参照される知識データベースとして、次のものがある。

##### (1) プロトモデル知識ベース

##### (2) 受注システムモデル知識ベース

##### (3) 機器データベース

このうち(3)の機器データベースは、プラント制御システムを構成する機器の個々の製品情報をもつデータベースである。(1), (2)の詳細は次に述べる。

#### 3.2 知識ベースの構築

知識ベースには二つの形態があり、それぞれ次のような目的と内容をもつ。

##### (1) プロトモデル知識ベース

- ・特定のプラントに関する知識のプロトタイプ（ひな形）をもつ知識ベース。
- ・特定のプラントにかかる用語に関する知識（同義語）を用語辞書としてもつ。

##### (2) 受注システムモデル知識ベース

- ・個別の受注システムを実現するのに必要な、制御対象、制御システム、機能を体系的に組み立てた情報をもつ知識ベース。
- ・個別の受注システムで使われる用語と知識ベースの中で使われている標準用語の対応表。

プロトモデル知識ベースは、過去の納品システムや標準システムを基に作成する。図5は制御対象を分析する途中で作成した分析図の一部である。このように、制御対象、機能、制御システムに対してそれぞれ分析図を作成し、個々の要素に関する知識をフレーム形式で記述していく。

この知識ベースは、プラントの構造を骨組みとしてもつため、プラントに依存したものになる。

用語辞書は、“プロトモデル構築エディタ”の中にある“用語辞書エディタ”的追加、変更、削除などの機能で保守す

図4 支援システムの概要

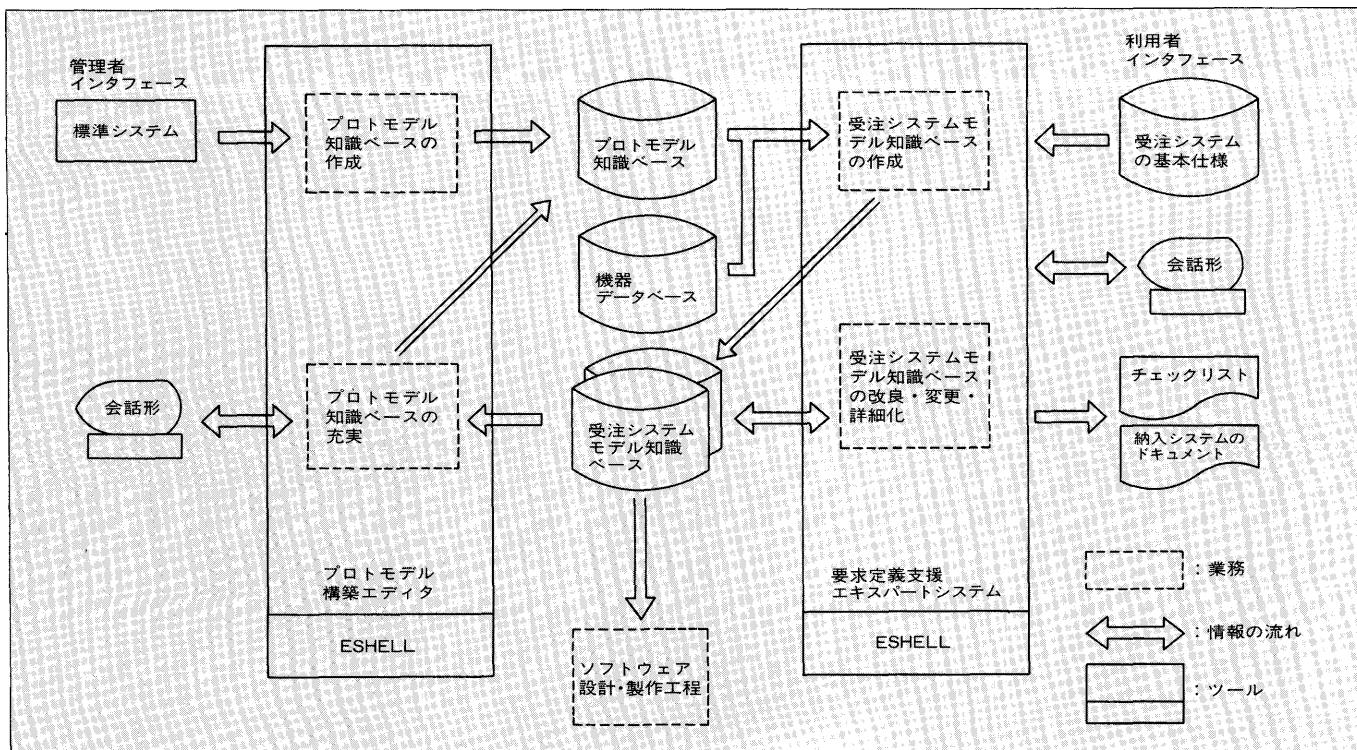
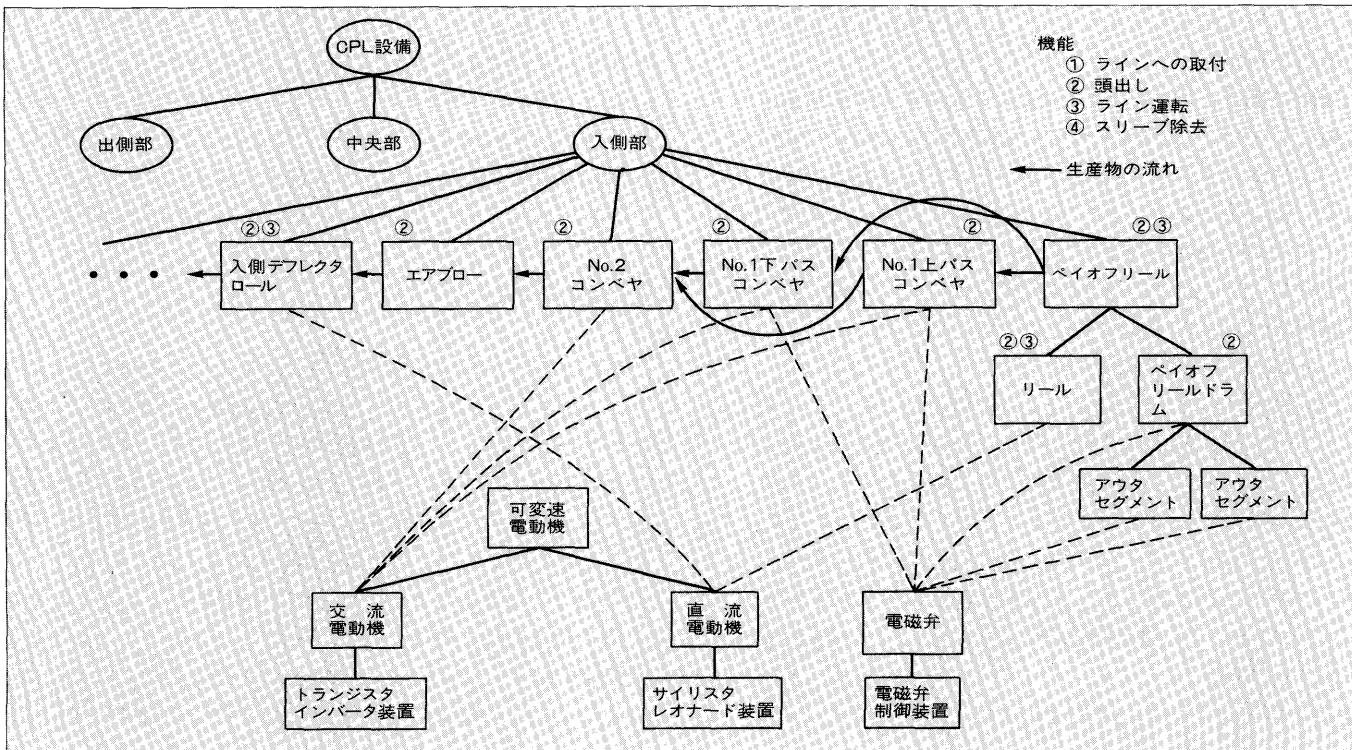


図5 分析図の例（制御対象の一部）



る。

受注システムモデル知識ベースは，“設計支援エキスパートシステム”を用いて構築される。基本的にプロトモデル知識ベース（ひな形）から必要な要素を選択しながら取り出した後、不足している情報を追加して最初の受注システムモデル知識ベースが構築される。その後、設計・製作の完了するまで顧客との打合せなどにより変更が繰り返されて、要求仕様が決定する。

### 3.3 利用者インターフェース

図4の右側の部分にある利用者インターフェース（要求定義支援エキスパートシステム）の詳細を以下に述べる。

#### 3.3.1 受注システムモデル知識ベースの作成

顧客の要求仕様は当初、受注システムのドキュメントとして提供される。

これらのドキュメントの中には設備を構成する機器のリストなど単純な表形式にすることが可能なものも多く、これらを受注システムの基本仕様として別途データベース化しておく。このデータベースは個々の受注システムの設計・製作の工程を通して共通に使用できる。

要求定義支援エキスパートシステムは、機器名をキーにプロトモデル知識ベースを検索しながら受注システムモデル知識ベースの元案を作成する。この際、次のチェックリスト類が作成される。

- ・余分機器リスト：選択されたパターンには有るが、要求仕様には無い要素（制御対象名）
- ・不足機器リスト：要求仕様には有るが、選択されたパターンには無い要素（制御対象名）
- ・変更可能リスト：選択されたパターン以外のパターン

の内、選択されたパターンと置換え可能なもの

#### 3.3.2 受注システムモデル知識ベースの詳細化

以上までで、制御対象の構造がある程度決定する。以降は受注システムモデル知識ベースを詳細化することによって、制御対象、機能、制御システムの要求仕様を決定する。

受注システムモデル知識ベースの詳細化は、以下の手順で行う。

##### (1) 制御対象の決定

利用者は設備図面を参照したり、顧客との打合せを通じて情報を収集し、上記3.3.1項の三つのリストを解析することにより、設備の構造を決定していく。この際、設計ルールによる仕様や設計手順のチェックがシステム側で自動的に行われ、不具合の有る場合はガイダンス（推論の経過説明）が行われる。

##### (2) 機能項目の決定

要求定義支援エキスパートシステムは、設備のフレームから“作用するもの”的関係でリンクされているフレームを集め、機能の候補の一覧表を作成する。利用者はこの一覧表を顧客との打合せなどに利用できる。この顧客との打合せや、インタロックリスト、設備図面を参照して機能の候補から本当に必要なものを選択し、機能項目を決定する。過去の類似プラントの実績が参照できるので仕様の抜けの防止になる。

##### (3) 機能の構造の決定と制御システムの決定

機能項目がほぼ決定した段階で、機能の構造（機能間の順序やインタロック、すなわち運転概要）を会話形式で、選択・修正していく。

機能項目にはレベルがあり、下位ほど詳細な情報を持っており、最下位には運転フロー（オペレーションフロー）

のレベルがある。利用者は選択した機能フレームに書いてある過去の運転フローを参考に、これを修正しながら機能の構造を決定する。

機能の構造を決定する際、機能が作用する制御対象、その機能を実現する制御システムとの関係を合わせて決めていく。制御対象は既に決定しているので、機能の作用する対象を指定すればよい。一方、制御システムは、過去の事例を参考に利用者が選択するかたちで決定していく。

制御システムとして過去の事例にどんなものがあるかは、制御機器の一覧を作成することで参照できる。

#### (4) 仕様変更と影響範囲のチェック

仕様決定の作業は上記(1)～(3)の作業が段階を追って進むわけではなく、並行して行われる。仕様が決定したものなのか、未決定のもののかはシステム側が把握しており、隨時参照し未解決項目を洗い出すことができる。

仕様の決定した後も任意の項目を会話形式で変更・追加・削除が可能であるが、この際は設計ルールであらかじめ設定しておいた“仕様変更時の影響範囲”が自動的にチェックされる。

#### (5) 外部のドキュメント作成ツールとの連携

以上の詳細化の作業の結果、作成された受注システムモデル知識ベースは、既存の表形式ドキュメント作成ツールと連携してドキュメントにすることができる。

設計支援エキスパートシステムは、設備を構成する機器を設備ごとに収集し、対応表で受注システム向けの用語に変換して表形式ドキュメント作成ツールの入力データを作成する。表形式ドキュメント作成ツールの詳細は割愛する。

## 4 あとがき

本稿で紹介した要求定義支援システムは、モデルをベースにしたものであるため、実践的な運用をするためにはプロトモデル知識ベースの充実が不可欠である。また対象を拡大していくにつれ、大容量の知識ベースになることが予測され、知識ベースの制御方法について再検討が必要である。更にシステムとエンジニア間のマンマシンインタフェース機能を充実させていかなければならない。このように今後の課題を残してはいるが、もう一步進めてソフトウェア設計サポートシステムとのリンクを図ることにより、ソフトウェアの一貫生産へと発展させていく所存である。

## 最近公告になった富士出願

### [特許]

公 告 番 号	名 称	発 明 者	公 告 番 号	名 称	発 明 者
特公昭62- 62	紙幣処理方法	吉崎 務	特公昭62- 2494	双方向通信方式	松尾 治 日野 範明
特公昭62- 326	混圧タービンの制御装置	宮崎 晃	特公昭62- 3285	多流排気形復水タービン設備	西岡 良三
特公昭62- 420	冷却機器群のデューティサイクル運転制御方法および装置	深尾 一	特公昭62- 3538	電力ヒューズ	石川 照 菊地 秀一 吉ヶ江清久
特公昭62- 549	ディジタル演算回路	柳瀬 孝雄 塚原 孝 三木 広志	特公昭62- 3664	超電導回転機における極低温冷媒供給排出装置	藤井 久
特公昭62- 562	電気抵抗素子	青木亮一郎	特公昭62- 3666	電動機の速度制御装置	石田 純一 高橋 浩
特公昭62- 585	半導体板積層体のろう付け方法	長田勝比古 塚田剛之 大久保寿夫	特公昭62- 3674	無整流子電動機の始動方式	高橋 哲 竹田 幹男
特公昭62- 1103	ペルトン水車における鉄管の抜水方法およびその装置	高橋 慎一 伊波 克雄	特公昭62- 4025	遠隔制御方式	松尾 治
特公昭62- 2006	ドラム水位制御方法	竹内 実 福本 武也 園村 泰彦	特公昭62- 4553	ドラフトチューブライナの製作方法	伊波 克雄
特公昭62- 2332	命令処理方式	富沢 敬一 浅野秀次郎 吉田 昌弘	特公昭62- 4627	冷蔵オープントヨーケース	梶村 亮 酒井 克広
特公昭62- 2348	バスシステム	星野 公	特公昭62- 4756	光学式カード	清水 秀雄 仲村敬二郎
特公昭62- 2417	開閉器のインターロック装置	斎藤 保三	特公昭62- 4770	磁気ヘッド取付姿勢調整機構	古原 和康 佐藤 薫
特公昭62- 2432	燃料電池発電システムにおける系統内不活性ガス置換方法	野木 秀俊			



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。