

# シートキーボード

木下 良平<sup>(1)</sup> 石沢 正美<sup>(2)</sup> 佐々木 哲治<sup>(3)</sup>  
 田島 修太郎<sup>(4)</sup> 田中 敏明<sup>(5)</sup> 安達 昌彦<sup>(6)</sup>

## あらまし

キーボードは情報処理端末機器をはじめ、ECR、ファクシミリ、さらにマイクロコンピュータの応用機器へとその適用範囲は広い。

また、最近はほかの産業への導入もさかんに計測器、工作機械の操作パネル、ゲームマシンなどに採用するケースも目立ってきている。

このような用途の多様化によって、需要規模は拡大の一途をたどっている。これに伴って小形、薄形、高性能、長寿命、低価格化へとその技術革新が図られつつある。

この度開発実用化したシートキーボードは、マンマシシシステムの接点部を担うデバイスとして、オペレータおよびシステムデザイナの要求を幅広く取入れて開発したもので次の特徴をもっている。

### 1) 操作性

#### i) オペレータの操作する意識に応えるスナップアクション機能の採用

皿ばねとアクチュエータの組合せによる確実な接点動作が、そのままスナップ感触となり、軽快な打鍵音とともにオペレータにフィードバックされる。

#### ii) システムにフィットする多色印刷表面シートの採用

印刷による多彩で自由な表示は、キーの持つ意味づけを明確に表現でき、LEDによるシステムの状態表示は、オペレータとシステムとの会話を容易にしている。

### 2) 信頼性

#### i) 多点接触、独自のばね系の採用

多点接触、皿ばねの反転力を応用した接点圧の維持は、確実な動作と接触抵抗の安定化を保証している。

また、スイッチに対する打鍵力が種々異ってもアクチュエータを介して、常に接点部には一定の圧力が加わる構造となっており長寿命である。

#### ii) プラスチックシールの採用

接点部にシールをしているため外部雰囲気に左右されない。

#### iii) 防塵構造

キーボードの上面は表面シートでおおわれ、防塵、防油、防水構造である。

### 3) 経済性

#### i) 設計、製造、試験の自動化

コンピュータ処理による設計のCAD(Computer Aided Design)、構成部品のフープ化により部品の製作から組立、試験までを完全自動化し低価格化に対処している。

### 4) カストマ設計

#### i) 標準形態と設計基準の設定によるコンピュータデザイン

カストマオリエンテッドな設計をCADできるように標準形態と設計基準を設定し、豊富な系列展開を可能にしている。

本シートキーボードは以上の広範な特徴をもち、ますます多様化、拡大していくキーボード市場の要求に応えることができると考える。

<sup>(1)~(6)</sup> 機構部品技術部

<sup>(6)</sup> 部品開発部

## Sheet Keyboard

By Ryohei Kinoshita, Masami Ishizawa, Tetsuji Sasaki,  
Syutaro Tajima, Toshiaki Tanaka and Masahiko Adachi

### Synopsis

Keyboards are now used extensively in many kinds of computer terminals, electronic cash registers, facsimile and microcomputers.

Keyboard applications have recently expanded to include measuring instrument consoles, numerical control machines and some game machines.

This diversification of keyboard applications has resulted in bringing a technical revolution to this field.

Miniaturization including thin profile, high performance, and cost reductions make it possible for system designers to choose from a growing number of suitable keyboards.

After investigating a wide variety of requirements for everyone from operators to system designers, FUJITSU has brought out a new sheet-type keyboard.

This new sheet keyboard has the following features:

#### 1) Operational Characteristics

- i) This keyboard incorporates a newly designed mechanical switch, consisting of stationary contact spring and an actuator which uses a snap-action mechanism.  
This snap-action mechanism improves contact reliability and provides sensory feedback to the operator letting him know that contact has been made.
- ii) It is possible to show the key functions more exactly and clearly by using a colorful printed sheet. LED indicators have also been used to provide information on system conditions, giving the operator a complete picture of what the system is doing.

#### 2) Reliability

- i) This keyboard ensures precise operation by its combination of multi-point contacts and a stationary contact spring.

Further, a newly designed actuator was set between the key tops and contact.

This all contributes considerably to improving contact reliability by providing uniform contact operation independent of the keyboard activation technique.

- ii) The contacts themselves are covered by a plastic seal, protecting them from environmental factors.

- iii) The surface sheet is sealed firmly resulting outstanding protection against dust and other harmful substances.

#### 3) Economy

- i) Key switch components are designed in hoop shapes which are connected to each other in continuous strips. They can be produced automatically, and are assembled and tested by a machine designed for just that purpose. These keyboards are all computer designed making them economical to produce.

#### 4) Custom-design

- i) CAD (Computer Aided Design) permits the customer to create the exact keyboard desired to meet his individual needs and preferences. Standardization of forms and design methods, allows us to offer many different series.

FUJITSU's sheet keyboard featuring a action derived from a human engineering viewpoint and an extensive range of design flexibility can full satisfy the needs of many operators and system designers.



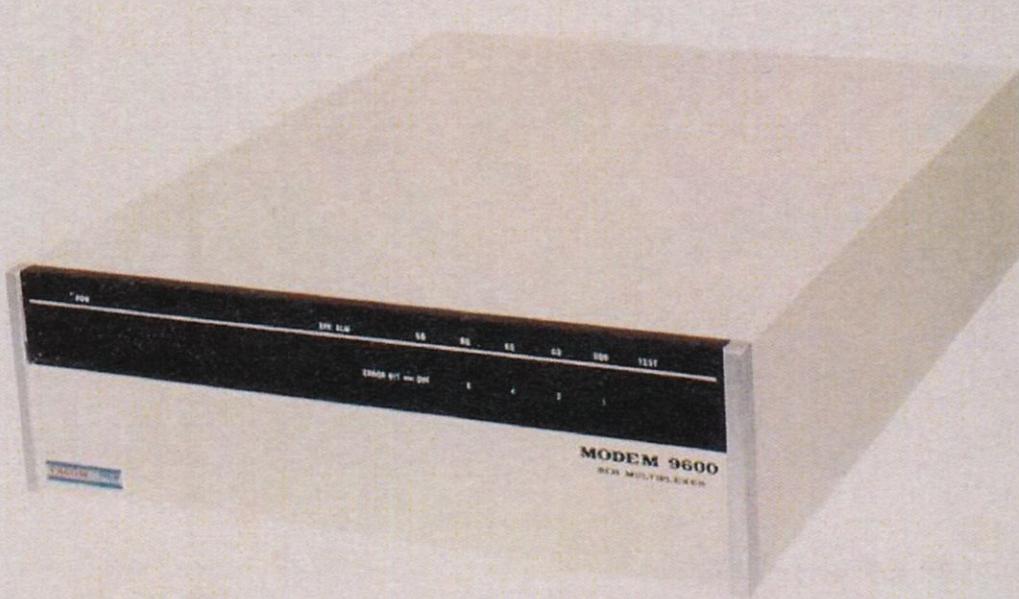
## シートキーボード

(Sheet Keyboard)

シートキーボード3000シリーズは、あらゆる情報機器にフィットする超薄形フラットタイプのキーボードである。

カラフルな印刷表示、快いスナップアクションに加えて、信頼性も高く、各種装置のイメージアップを図ることができる。

また、表面をシートでおおっているのでゴミ、油、水に対する悩みを一举に解決した。  
(詳細は本文91頁参照)。



## FACOM 1921A/B モデム

(FACOM 1921A/B Modem)

自動等化器を内蔵した9,600ビット/秒のLSIモデムである。

A/B両モデムは、それぞれ最大4チャネルと8チャネルの多重化機能をもっている(詳細は本文81頁参照)。

## 1. まえがき

キーボードは、情報処理端末機器はもとより、大衆化されつつあるマイクロコンピュータの応用機器への適用、さらにはCPU、プリンタ、工作機械の操作パネルへの導入など、用途の多様化によって、需要規模は拡大の一途をたどっている。

これに伴って、小形、高性能、長寿命、低価格へとその技術革新が図られつつある。

一方、キーボードはマン・マシンシステムの接点部を担っており、オペレータおよびシステムデザイナ双方の高度化する要求に応えていく必要がある。

そこで、軽快な感触のスナップアクション機能をもち、薄形で高信頼度なメカニカルスイッチとカラフルなグラフィック表示の表面シートからなる多様性のあるシートキーボードを開発実用化した。

ここにその概要について紹介する。

## 2. 操作性

### 2.1 意匠性

オペレータとシステムとの会話を容易にするためには、

- 1) キーの定義づけを明確に表示し、
- 2) システムの状態表示を明確にするとともに、
- 3) オペレータに操作ガイダンスができること、などが重要である。

カラフルな表面シートを採用したシートキーボードでは、特殊文字、絵文字、フルネーム表示などの方法でキーのもつ意味づけを明確に表示している。また、LED表示でシステムの状態を表示するなどの操作ガイダンスも可能にしている。

特にスクリーン印刷による多彩で自由な表示は、システムのイメージアップに大きく貢献している。

### 2.2 操作性

従来のシート式キーボードは、押圧力が高く、

ストロークが小さく、さらにタクタイルフィードバック機能をもっていないものもあり、オペレータからの評判は必ずしも良くなかった。

キーボードを操作する指の弾性特性は、図-1に示すように不連続な直線で近似される。

これは、指先の弾力性と関節の動きに起因している。

オペレータが長時間快く操作できるためには、中間部の直線で近似された斜線内の押下力と変位

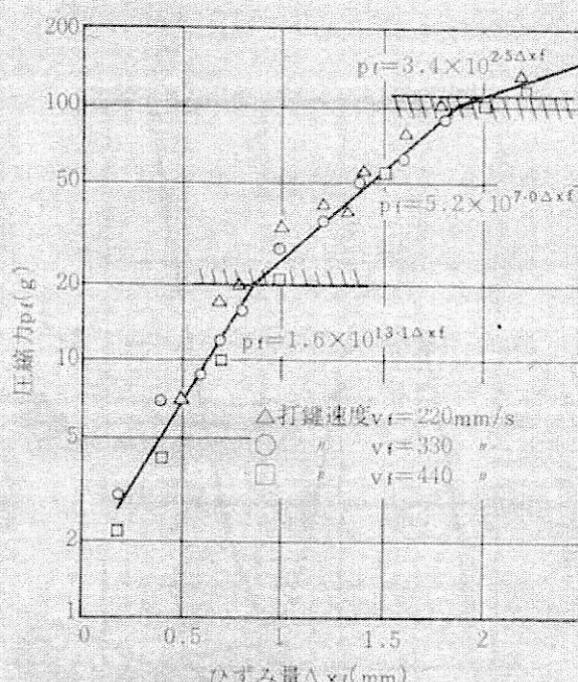


図-1 指の動的特性

Fig. 1-Dynamic characteristics of a human finger.

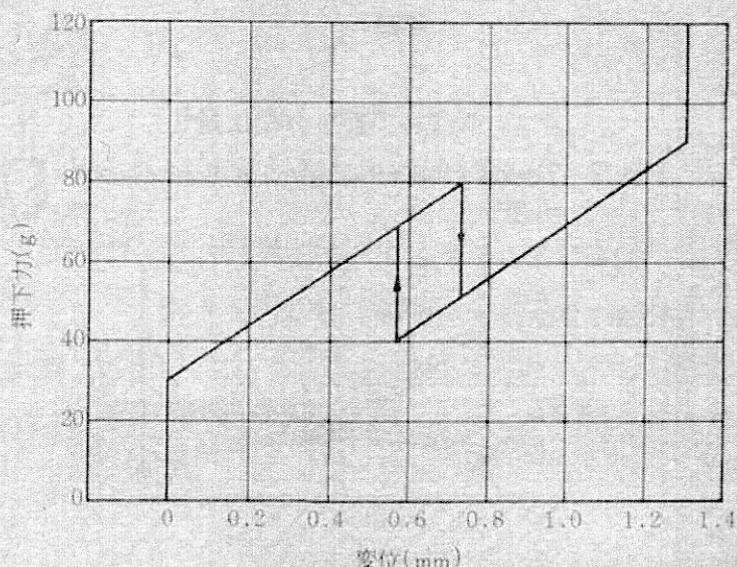


図-2 押下力変位特性

Fig. 2-Touch characteristics.

特性をもったキー ボードが望ましいと考えた。

そこで、押下圧を20~150gの範囲に設定し、さらにミスオペレーション防止のためタクタイル、オーディブルフィードバック機能を付与し、図-2に示す押下力特性を有するスナップアクション付キースイッチの開発を行うことにした。<sup>2)</sup>

### 2.3 スナップアクションスイッチの設計

スナップアクションの実現にあたり、皿ばねの反転力機能の応用を検討した。

皿ばねの押下圧と変位特性は、形状の制約と応

力の制限とから図-3のように変位が非常に小さく、それ自体では図-2に示すスナップ特性を満足できない。

目標のストローク、押下圧20~150gの範囲で確実なスナップアクション機能をもたせるために、図-4に示すアクチュエータを付加してストロークの増大と押下力の軽減を図った。この時の押下圧と変位特性は、皿ばねの特性とアクチュエータの片持ばりの特性との組合せとして求められる。

一方、アクチュエータには、

- 1) 片持ばりとしての固定、
  - 2) 皿ばねを定位置で押すための突起、
  - 3) 突起部の集中応力の緩和、
- などの機能をもたせる必要から、図-5に示す形状をとった。

これを図-6に示す不連続な断面片持ばりとして

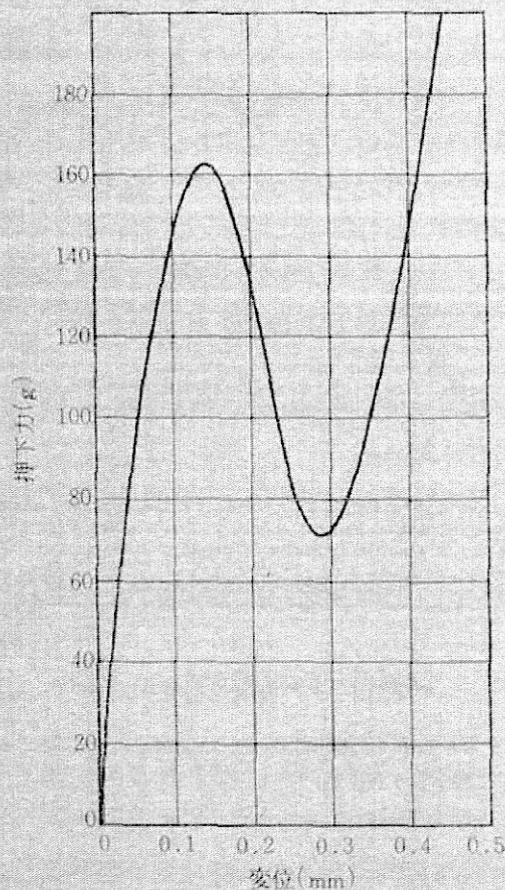


図-3 皿ばねの押下力変位特性

Fig. 3-Touch characteristics of thin elastic shell.

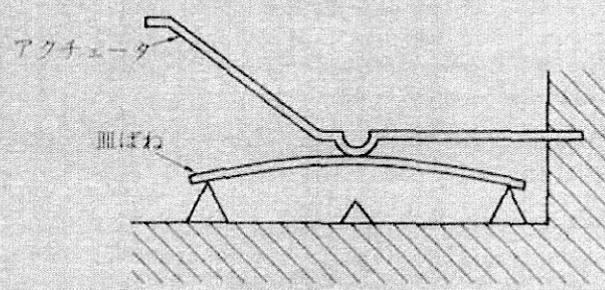


図-4 ばね系

Fig. 4-Construction of spring.

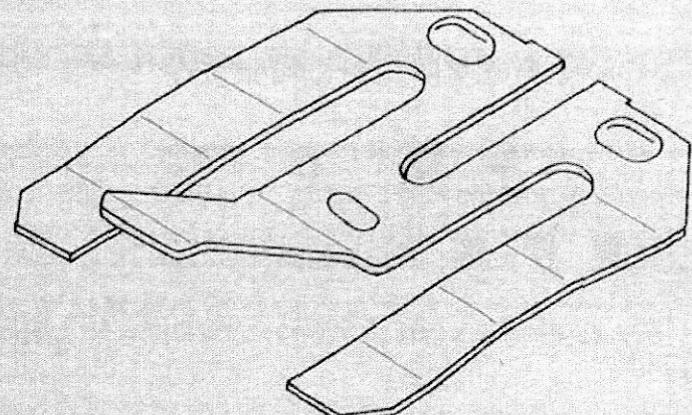


図-5 アクチュエータの形状

Fig. 5-Actuator shape.

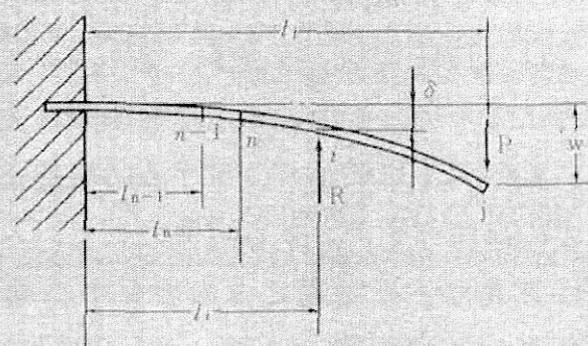


図-6 不連続断面片持ばり

Fig. 6-Cantilever beam of discontinuous cross-section.

j個のはり要素に分割し特性の解析を行なった。

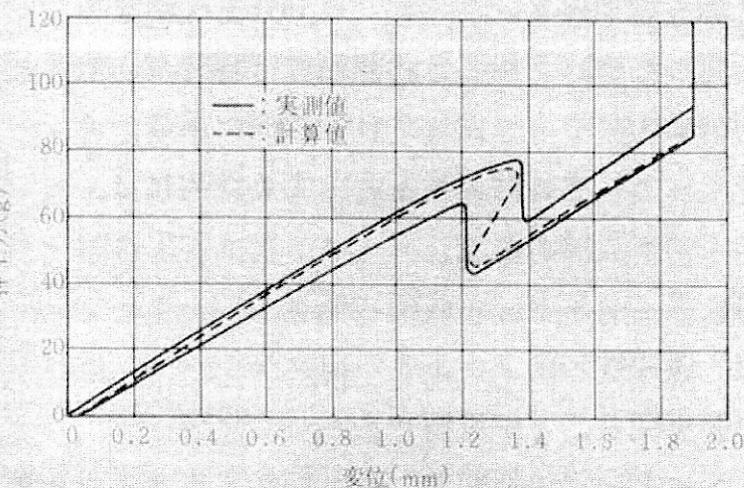


図-7 計算値と実測値の比較

Fig. 7—Comparison between calculated values and experimental values.

押下位置  $j$  点における押下圧  $P$  および変位  $w$  は、 $i$  点における皿ばねの反力  $R$  とたわみ  $\delta$  の関数として、(1), (2) のように表わされる。

$$P = \frac{\delta + R \left[ \sum_{m=1}^i g_m^R + \sum_{m=1}^i \left\{ (l_m - l_{m-1}) \sum_{k=1}^{m-1} f_k^R \right\} \right]}{\sum_{m=1}^i g_m^P + \sum_{m=1}^i \left\{ (l_m - l_{m-1}) \sum_{k=1}^{m-1} f_k^P \right\}} \quad \dots (1)$$

$$w = P \left( \sum_{m=1}^i g_m^P + \sum_{m=1}^i \left\{ (l_m - l_{m-1}) \sum_{k=1}^{m-1} f_k^P \right\} \right) - R \left[ \sum_{m=1}^i g_m^R + \sum_{m=1}^i \left\{ (l_m - l_{m-1}) \sum_{k=1}^{m-1} f_k^R \right\} \right] + (l_j - l_i) \sum_{m=1}^i f_m^R \quad \dots (2)$$

$$\text{ただし } f_n^P = \frac{1}{EI_n} \left\{ (l_i - l_{n-1})(l_{n-1}) - (l_n - l_{n-1})^2/2 \right\}$$

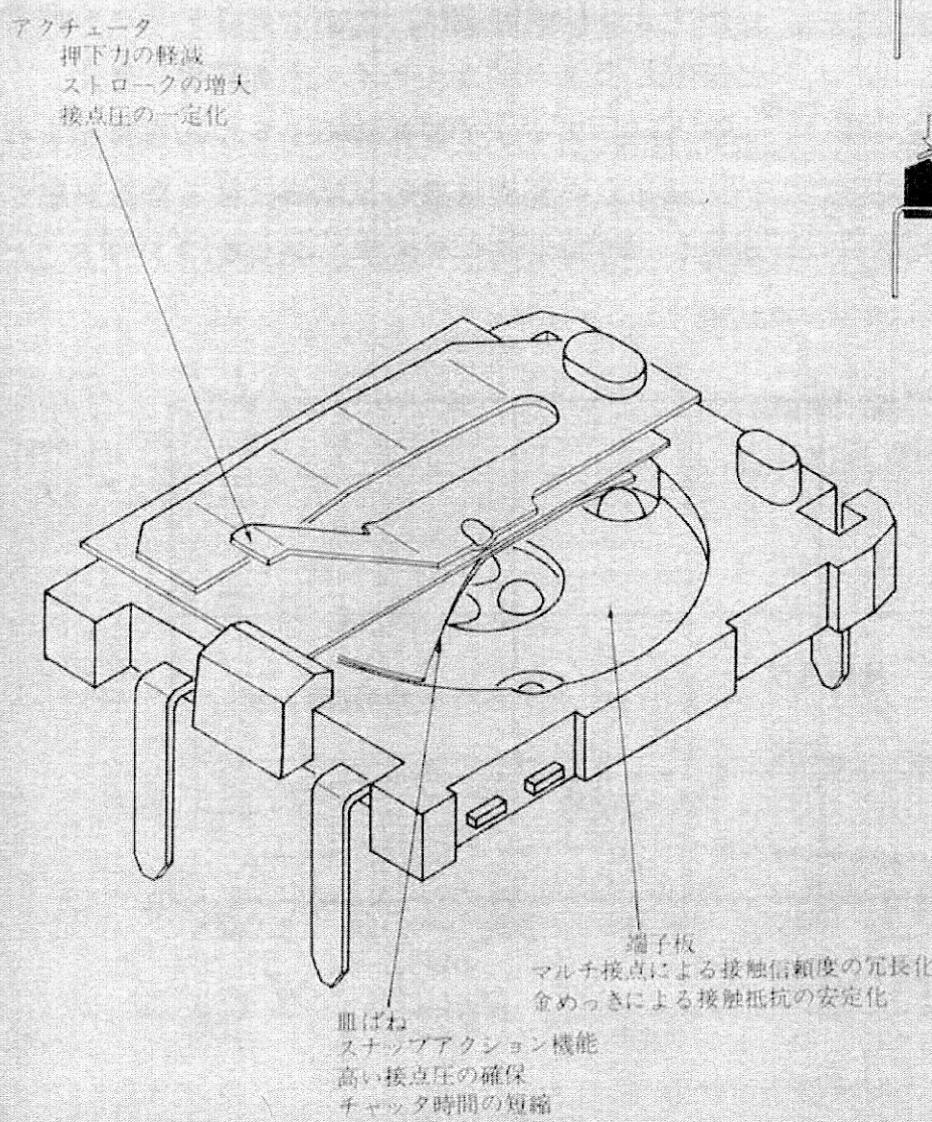


図-8 キースイッチの構造

Fig. 8—Structure of key switch.

$$f_n^R = \frac{1}{EI_n} \left\{ (l_i - l_{n-1})(l_n - l_{n-1}) - (l_n - l_{n-1})^2/2 \right\}$$

$$g_n^R = \frac{1}{6EI_n} \left\{ 3(l_i - l_{n-1})(l_n - l_{n-1})^2 - (l_n - l_{n-1})^3 \right\}$$

$$g_n^R = \frac{1}{6EI_n} \left\{ 3(l_i - l_{n-1})(l_n - l_{n-1})^2 - (l_n - l_{n-1})^3 \right\}$$

E:ヤング率 I<sub>n</sub>:断面二次モーメント

l<sub>n</sub>:基準から n 節点までの距離

h:板 厚 b<sub>n</sub>:n 番要素の板幅

R:皿ばねの反力 δ:皿ばねのたわみ

$$I_n = b_n h^3 / 12$$

(1), (2) 式と皿ばねの特性を用い、コンピュータによる数値解析を行なった。

これにもとづき、諸元を決定し試作した結果、図-7に示すように理論計算値と実測値とがほぼ一致した。

### 3. 信 頼 性

一般にキーボードが搭載されるデバイスは、操作部(キーボード)、表示部(ディスプレイまたはプリンタ)、制御部、電源部などで構成されてい

る。制御部とか電源部はLSI、マイクロコンピュータなどの普及によって簡素化され、その信頼度は向上している。

そのため、デバイスの信頼性は操作部と表示部の信頼度によって左右される傾向にある。

キーボードの信頼性を向上するためには、

- 1) 初期故障の低減、
- 2) フィールドでの故障の低減、
- 3) 保守性の向上

などを図ることが重要である。

キーボードの信頼性に最も影響するスイッチ部分については図-8に示す構造とし、品質向上を図った。

#### 3. 1 初期品質の向上

キーの操作時に授受されるエネルギーを、接点部に充當することによって60g以上の接触圧力を確保するだけでなく、摺動多点接触方式の採用と接点部に部分金めっきを施した。この結果、図-9に示すように接触抵抗、チャッタ時間とも非常に安定したメカニカルスイッチを実現できた。

さらに、スイッチ製作時に十分な品質管理を行い、スイッチ完成後自動試験機による全数試験を実施し、初期品質を不良率0.05%以下にすること

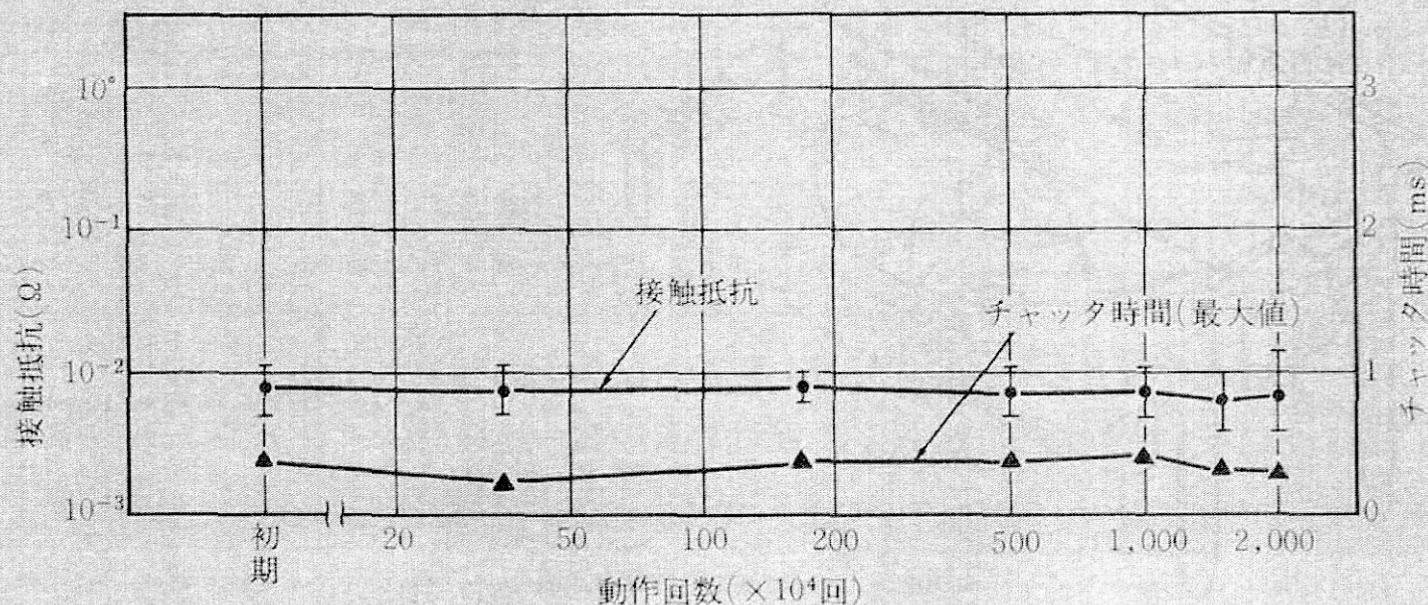


図-9 打鍵寿命特性

Fig. 9—Life characteristics.

ができた。

### 3.2 信頼度の向上

電子機器の大衆化は、キーボードも不特定多数の人々によってさまざまな操作をされるようになってきている。

スイッチに対する打鍵力が種々異なっても、常に一定の入力条件が与えられるように、キートップ、アクチュエータを介して皿ばねが動作する構造とした。また、使用環境も拡大してきていることから、接点部分にシールを行いフィールドでの故障発生の低減を図った。

図-10は、スイッチ動作を毎回チェックする寿命試験を行なったもので、500万回時の故障率は35サイクルフィット、特性寿命は5,700万回であった。

### 3.3 保守性の向上

フレキシブルプリント板を用いたダイヤフラム方式、導電性ゴムおよび圧電シートを用いたものなど、従来のフラットキーボードではスイッチ部分がキーボード全体として一体化されており、スイッチの故障発生時に単体交換ができなかった。

キーボードは、カストマオリエンティッドなオ

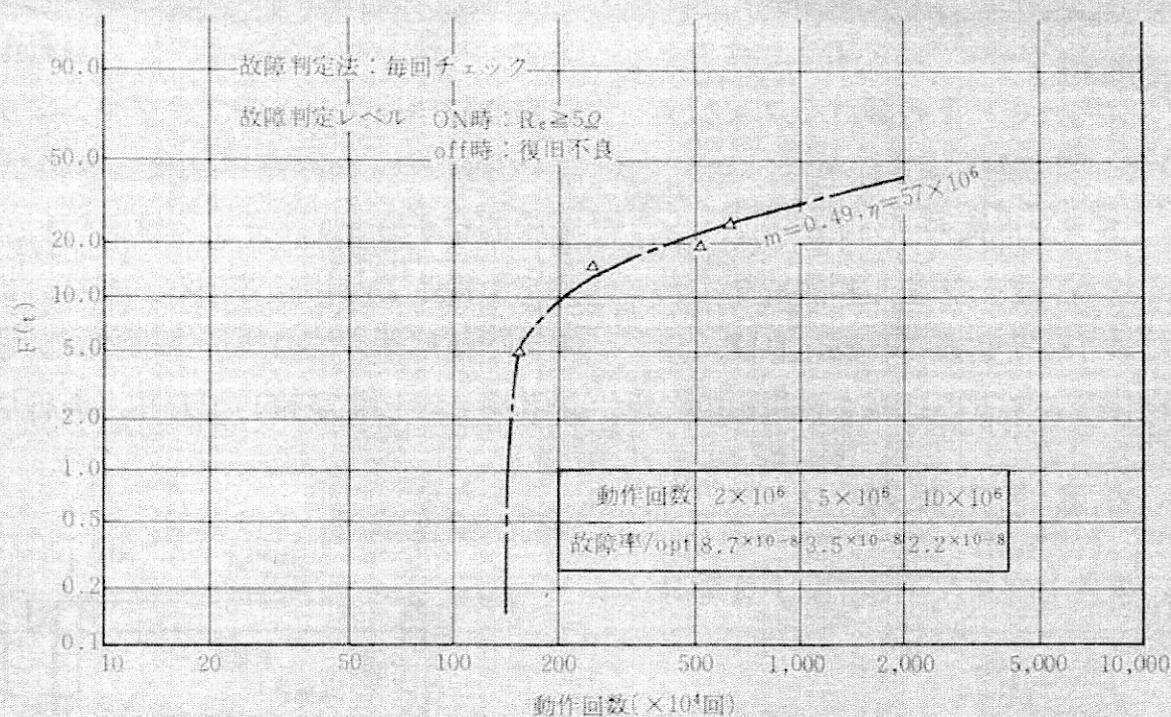


図-10 信頼度試験

Fig. 10—Reliability test.

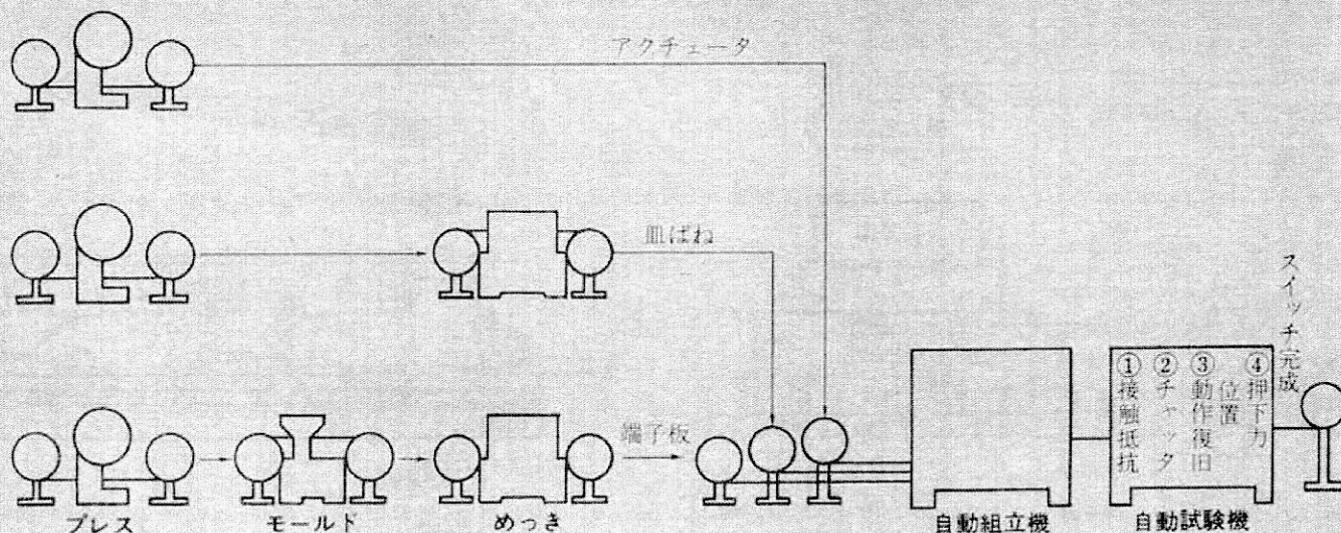


図-11 スイッチ組立ライン

Fig. 11—Assembly line of key switches.

ダメード品であることが多いので、代替キーボードの充足の点でしばしば問題となっている。

本キーボードでは、これらの問題を解決して保守を容易にするため、キースイッチを個別化してスイッチ単体で交換できるようにした。

#### 4. 経済性

電子機器の大衆化は、キーボードコストの低減を強く求めている。

そこでスイッチの構成部品を図-11のようにワープ化することによって、部品製作からスイッチの組立、試験までの流れを完全自動化した。

また、キーボード構造の統一化を図り、カストマオリエンテッドなキーボードの設計をコンピュータ処理(CAD化)ができるようにした。

CAD化によってプリント板のアートワークフィルム、パネル加工用NCテープなどの製造ラインへの供給、さらにスイッチ搭載の自動化を図ったのでキーボード全体のコストの低減を実現した。

#### 5. カストマ設計

キーボードは、カストマオリエンテッドな商品

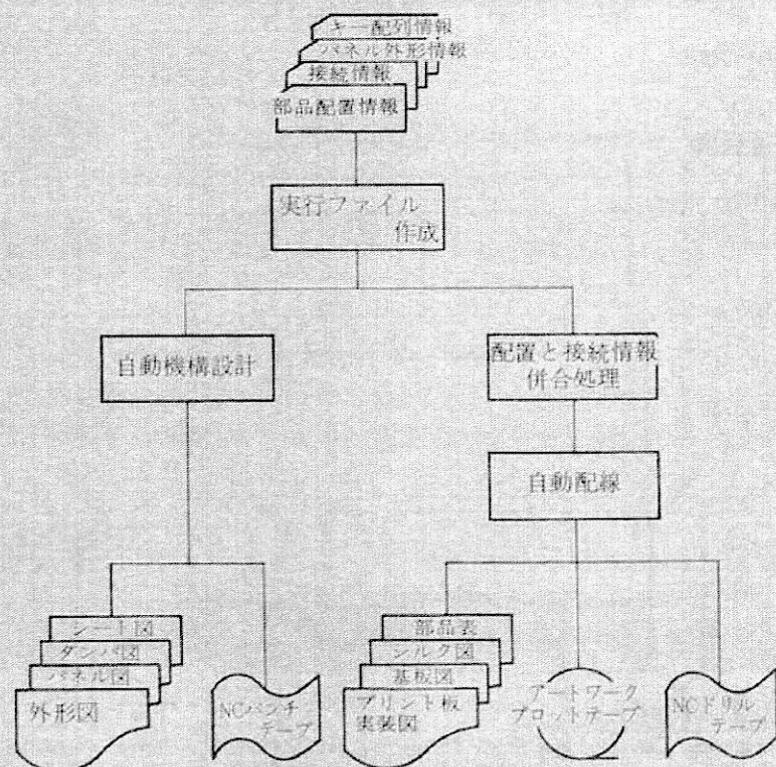


図-12 CADの流れ

Fig. 12—Flow of CAD.

であることから、設計パラメータの標準化を図るとともにCADを導入し、多品種のキーボードを短期間に供給できるようにしている。

また、多様化するカストマの要求仕様にフォローできるように、キーボードの幅広い系列化を図っている。

#### 5. 1 CADによる設計

キーボードのCADの対象は、プリント基板とそのアートワーク設計、パネルなどの機構設計が主体である。設計の流れを図-12に示す。

入力データには、部品配置、接続、外形およびキー配列の各情報がある。これらの情報は、実行ファイルとして次のステップの自動配線、あるいは自動機構設計などのプログラムにかけるために用いられる。この時、入力データのフォーマット、論理的な矛盾などのチェックを行い、クリーンデータを得るようにしている。また、シートキーボードで使用する部品は、すべてコンピュータにライブラリとして登録しており、実行ファイルの呼

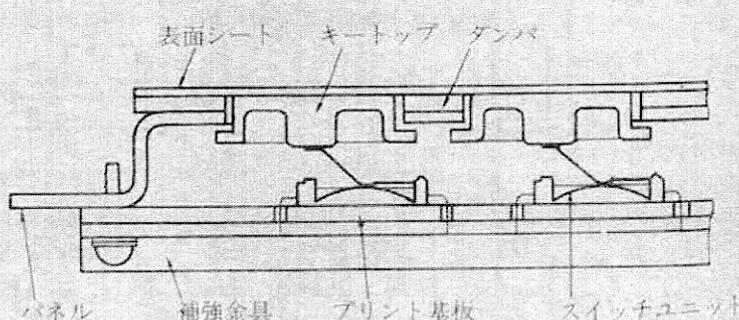
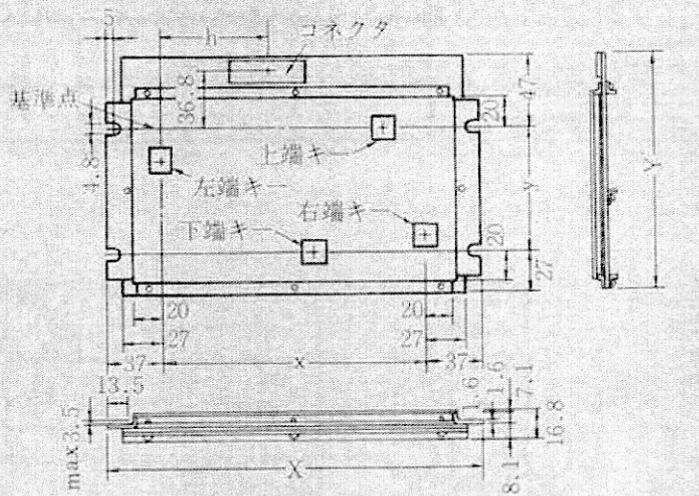


図-13 シートキーボードの基本構造

Fig. 13—Fundamental structure of sheet keyboard.

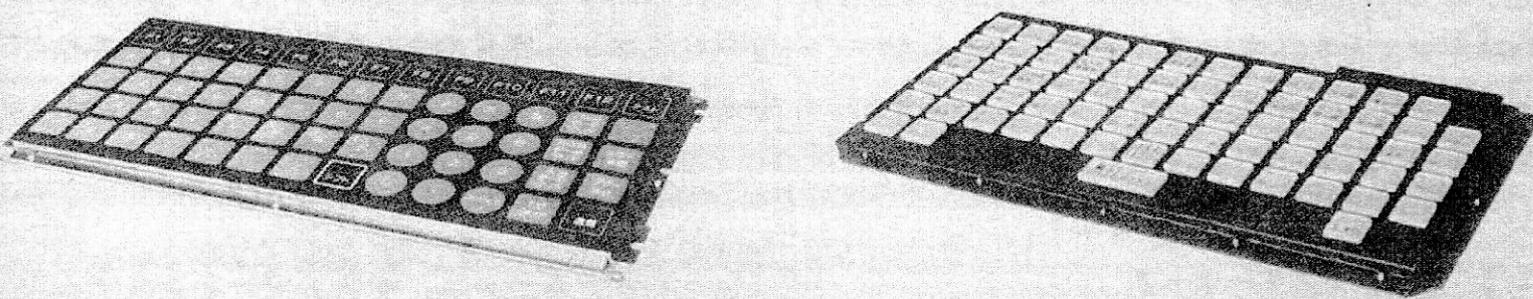
出しに応じて各種の処理ができるようにしている。

自動配線は、配線禁止領域の指定やあらかじめ特定の配線パターンを指示しておくことができる。

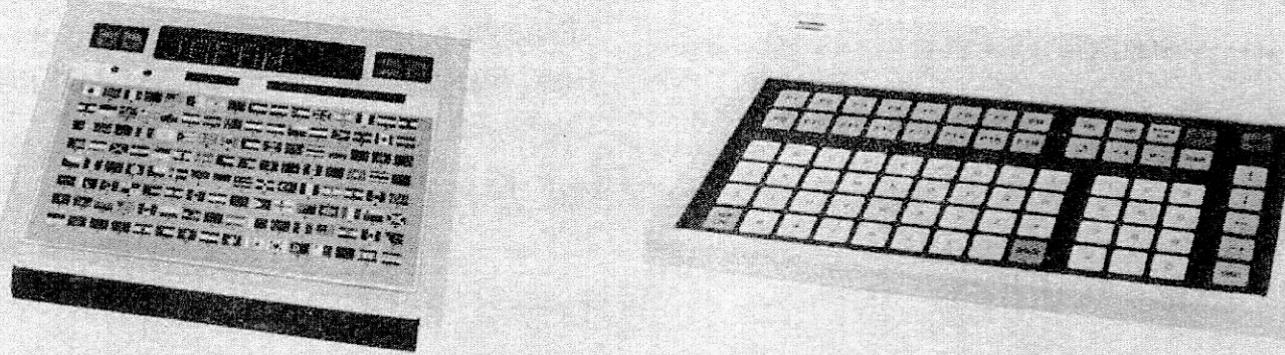
自動機構設計は基本形状に対し、図-13に示すようにパラメータ化している。標準寸法から外れるものについては、そのパラメータの寸法値を指示すれば、パネル、表面シート、ダンパなどが1セットで設計できる。

設計後のデータ出力には、各種図面作画、アートワーク用プロットテープ、NC付パンチングプレスへの製造テープなどがある。

シートキーボードはカストマ別のデザインが要求されるため、CADシステムには柔軟性が要求される。このため、CADシステムはコンピュータとの対話をを行う部分にインターフェイス・グラフィックシステムを、あるいは人間の介在を必要とせ



機械的性能	押下力 ストローク	150 g Typical (表面シートなしの場合 80 g Typical) 1.3mm Typical
電気的性能	接点容量 接触抵抗 絶縁抵抗 耐電圧 チャック	DC 24V 50mA 10Ω以下/DC 6V 10mA 50MΩ以上/DC 250V DC 250V/1分間、異常がないこと 5ms以下
耐久性能	動作温度 保存温度 耐湿性 耐振性 耐衝撃性 動作寿命	0°C ~ 50°C -30°C ~ +50°C +40°C 90 ~ 95% RH 48h 10Hz ~ 55Hz 最大振幅1.5mm 10G 11ms 500万回/DC 24V, 10mA 抵抗負荷
LED仕様	順方向電圧(Vf) 順方向電流 If 逆方向電圧(Vr)	2V以下 / If = 50mA 50mA以下 4V以下



アイテムキーボード

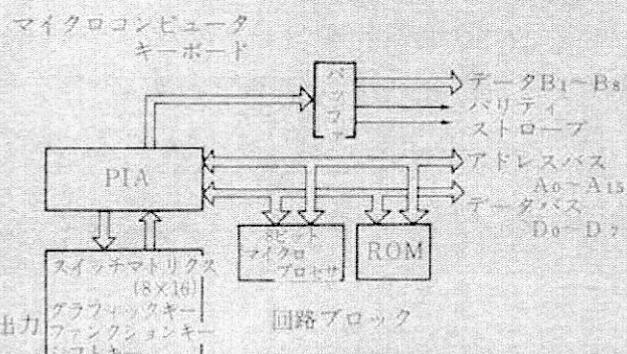
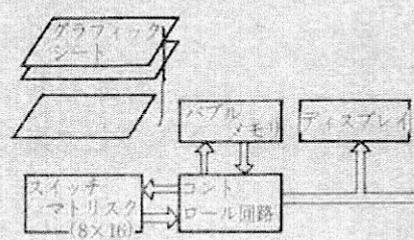


図-14 キーボードの系列

Fig. 14—Example of sheet keyboards.

すパッチ処理で行える部分にはミニコンピュータシステムを用いており、この間のデータの受渡しは磁気テープで行なっている。

## 5.2 シートキーボードの系列展開

キーボードは、マン・マシンシステムの接点部を担っており、キーボードを操作する人々と搭載されるデバイスの多様化に対応して、常に最適な形態であることが重要である。

ここにその一例として、オペレータの操作性を向上させるシートレスキーボードとアイテムキーボード、およびデバイスとのインターフェースをプログラムコントロールで多様化できるマイクロコンピュータキーボードを図-14に示す。

### 5.2.1 シートレスキーボード

タイプライタオペレーションの際に要求される高速連続打鍵とブラインドオペレーションを満足させるため、シートレスの状態で使用するキーボードである。ロープロファイルであるとともに防水を要求される特定のカストマに対しては、シートを付加するだけで防水対策が実現できる。

### 5.2.2 アイテムキーボード

ワンタッチで単語をキーインできる多項目入力装置の一種で、例えば日本の旗を押下すれば「JAPAN」のコードがシリアルに送出される。

キーボード内にバブルメモリを使用しており、ユーザサイドでキーに対する単語の定義を8バイトまで自由に設定できるので、パーソナルユース

として最適なキーボードである。

### 5.2.3 マイクロコンピュータキーボード

キーボード側に要求される複雑なインターフェース機能を満足させるため、汎用性のあるマイクロコンピュータを採用した。

特殊なインターフェースの要求にはプログラムの変更で対処でき、多様性のあるキーボードを提供できる。

また、回路部品搭載基板とスイッチ基板とが分離されており、任意のキー配列の要求にも容易に対応することができる。

## 6. む　す　び

シートキーボードは、マン・マシンシステムの接点部を担うデバイスとしてユーザの高度な要求に応えるように、操作性、信頼性、経済性を追求し、さらにカストマオリエンテッドな要求に応えられるよう設計に広範な柔軟性をもたせている。

今後、ますます拡大するキーボード市場でオペレータおよびシステムデザイナに好まれるものに発展させていきたい。

## 参考文献

- 1) R. Kinoshita, M. Hiyane and M. Kubo : "Reliability and Applications of Magnet Driven Reed Switch," 20th Annual National Relay Conference, (1972).
- 2) 平修二：現代材料力学，オーム社，(1970).