

# ウェアラブルPC・ラピュータの開発

セイコーインスツルメンツ（株）CP事業部

野口 正博

井上 祐一

小山 和宏

## 開発の背景 —

1984年にSEIKOは“腕コン” UC-2000シリーズを発売し、時計業界だけでなくコンピュータ業界からも注目された。

UC-2000シリーズは、リスト（UC-2000）部を中心に、キーボード（UC-2100）、コントローラ（UC-2200）の3点で構成され、市販PCとのデータ通信にはインタフェースアダプタ（UC-2300）を介して行っていた。

UC-2000とUC-2100の外観を図-1に示す。

当時は、パーソナルコンピュータが企業や大学、研究機関では普及していたものの、一般家庭にはほとんど普及していない状況であった。製品は一部のユーザに支持されるにとどまっており、時代を先取りしすぎた製品であったのかもしれない。

UC-2000シリーズの登場から14年、テクノロジーの進歩によって、パーソナルコンピュータは急速な勢いで普及し、インターネットの登場が一般家庭への普及に拍車をかけた。こうした状況の中、小型・軽量で高性能なノートパソコンやPDA（Personal Digital Assistants）も急速な勢いで普及し、スケジュール、住所録、メモ情報、データファイルなどをオフィスや自宅のパソコンの中だけでなく、携帯して外に持ち歩くことが可能となった。また、携帯電話・PHS（Personal Handyphone System）などによりインターネットや電子メールを外出先で行うことが可能で、いわゆる「モバイル」が行動革命を起している。しかし、小型・軽量化が図られてきてはいるものの、カバンや上着のポケットに入れて持ち運ぶ

ため、簡単な情報もすぐには見ることができなかった。また、小型のモバイル端末も自宅やオフィスに置き忘れたり、持ち運ぶには上着のポケットやカバンがなければならないなど、携帯性・即時性の点では不便さがあった。

そこで、我々はモバイル端末の携帯性・即時性をさらに追求する「ウェアラブル」コンセプトをもとに、“ウェアラブルPC・ラピュータ（Ruputer）”の開発を行った。

## 開発のコンセプト —

開発のコンセプトは、大きく以下の4点とした。

- 1) いつでもどこでも見たい情報をすぐに見ることができ、情報を持ち歩くというのではなく、身に付ける感覚で持ち運べる携帯情報端末であること。
- 2) パソコンでラピュータ用のアプリケーションの追加、削除や機能のカスタマイズが可能で、従来の機能固定型にはない、使う人の嗜好にあったツールに作り上げられる自由度の高いパーソナル情報ツールであること。
- 3) 腕時計型では従来にない強力なパソコンとの連携機能を備え、PIM（Personal Information Manager）データのパソコンとの情報共有が可能であること。
- 4) ユーザがプログラム開発可能な環境を提供し、ユーザが自由にアプリケーションプログラムを作成できる製品にすること。

## 必須機能 —

ラピュータに要求された必須機能を以下に記載する。

- 1) 携帯性を追求するために、腕時計型で実現する。
- 2) ハードウェアはPCアーキテクチャとし、OSを搭載することで、アプリケーションはパソコンを通じて追加、削除を可能とする。

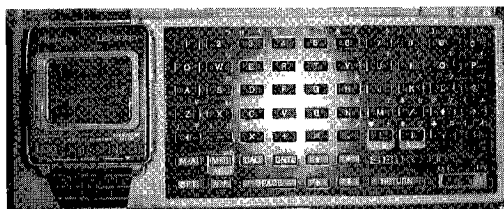


図-1 UC-2000, UC-2100

- 3) 大容量メモリを搭載する。
- 4) 表示は従来の腕時計とは比べものにならない高分解能で見やすい表示を実現する。
- 5) 拡張性のある赤外ポートと有線シリアルポートを搭載し、PCやラピュータ同士、他の機器との通信を可能にする。また、赤外ポートではIrDA、ASK通信をサポートする。
- 6) 本体のみでデータ入力可能なインタフェースを実現する。
- 7) 専用ホームページ「<http://ruputer.com/>」を開設しユーザとの対話式コミュニケーションを実現する。
- 8) ラピュータ用アプリケーションプログラム開発環境（ラピュータCライブラリ、Cコンパイラ）をユーザに提供する。

## ハードウェア

ラピュータは、ラピュータ本体、PCドッキングステーション、本体アプリケーションソフトとPCアプリケーションソフトで構成される。

ラピュータ本体の外観を図-2に示す。

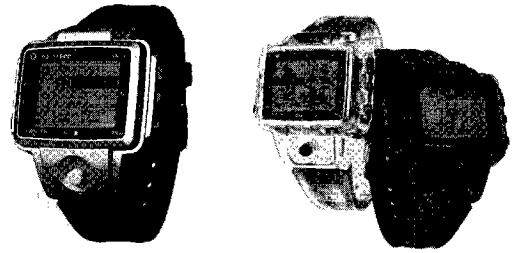


図-2 Ruputer Pro, Ruputer Pro4

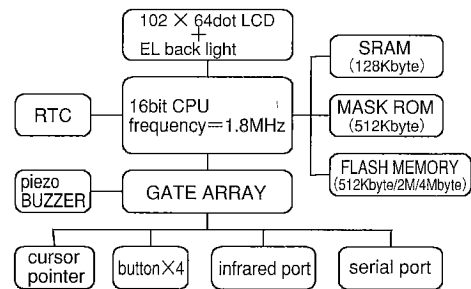


図-3 Block diagram of Ruputer

## ハードウェアの構成

本体のハードウェア構成を図-3に示す。

CPUは16bitマイコンを採用し、腕時計型では従来にない高速処理を実現している。

メインメモリは128KbyteのSRAMを使用し、半分の64KbyteをOSの動作・作業領域とし、残りの半分の64Kbyteをアプリケーションの動作・作業領域とした。

512KbyteのマスクROMには、JIS第一・第二水準の漢字データやOS部等を搭載している。

アプリケーションプログラムやデータ用メモリとしては、NAND型フラッシュメモリを使用している。フラッシュメモリとしてはNOR型の方が一般的であるが、データ書き換え時間が短いこと・大容量化が容易なこと・メモリの拡張性があることなどを考慮しNAND型フラッシュメモリを採用。

本システムでは、フラッシュメモリに格納されているアプリケーションプログラムをSRAM上にローディングした後、SRAM上でプログラムを実行する方式としている。

表示は102×64ドットマトリクスSTN液晶パネル（ELバックライト付き）を使用し、全角8文字×5行（40文字）、半角16文字×5行表示（80文字）を実現した。これにより、腕時計型としては十分な視認性を確保することができた。

インタフェースとしては、主にPCドッキングステーションを介してPCとの接続を行うシリアルポートと、赤外線インタフェース付きのノートPCやPDA、ラピュータ間での通信を行う赤外ポートを有する。

赤外線デバイスは、IrDA（Infrared Data Association）・SIR1.0対応デバイスを使用し、赤外線の通信エリアは30cm以内とした。赤外線発光素子は、低消費電流・高輝度デバイスが必要となり、デバイスメーカーと共同で新規開発を行った。さらに、世界最小機器でIrCOM対応とし、IrDA通信を

実現している。

ユーザインタフェースには、サイドに設けた4ボタンと新開発のカーソルポインタを装備し、小型携帯機器としての使いやすさを追求した。

電源部分は、コイン型リチウム電池CR2025×2個を直列に搭載し、内部のシステム電源はレギュレータにより降圧し3.2Vの定電圧としている。

周辺回路を搭載した専用IC（ASIC）にはIrDA・SIR用1.6μsecおよび3/16パルス幅変調復調回路を搭載すると共に、ASK通信対応回路、リモコン通信対応回路も搭載した。システム全体としては、各デバイスの電力制御を効率的に行うことで、消費電力の低減を実現した。

## 基板構成

ラピュータは3枚の回路基板で構成している。各回路基板を図-4に示す。

- 1) メイン基板には6層基板を使用し、表面にはCPU・マスクROM・SRAM・周辺回路を集積している専用IC（ASIC）をベアチップで実装した。裏面にはフラッシュメモリやELドライバIC、リアルタイムクロック（RTC）等のパッケージICを実装した。ICをチップで実装することで、低コスト・省スペースを実現している。さらに、基板のチップ実装部を台さらい（基板を削る）することにより、チップ実装時の高さを低くする方策も実施している。
- 2) サブ基板には電池交換時のバックアップ用電源となるポリアセン二次電池やIrDAの受発光素子等を実装している。
- 3) LCD用基板は、TCP基板にLCDドライバICおよび周辺回路を実装し、LCDパネルとはヒートシールで配線を行い、実装時には折り畳む方式とした。この方式としたこと

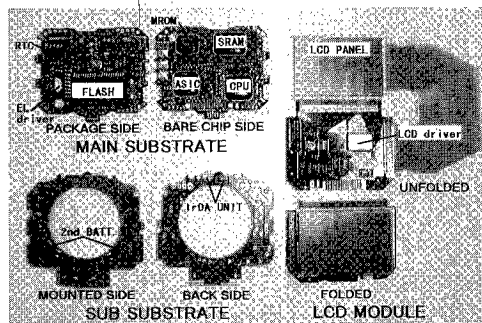


図-4 Substrate

により、製品サイズに対してLCD表示面積の占める割合を大きくすることを可能とした。

各基板はプラスチック枠を介して組み込まれ、図-5に示すモジュールの状態になる。

LCD用基板とメイン基板は、EL接続部を導電性と絶縁性のシリコンゴムを交互に積層配列したゼブラゴム、回路信号接続部を導電部に金メッキ金属細線を使用し両側からシリコンゴムの絶縁部で挟み込んだ金ワイヤーゴムにより導通をとっている。ゼブラゴムと金ワイヤーゴムを使い分けたのは、すべての信号線を導通抵抗の大きいゼブラゴムで導通することで信号線の導電性が下がるため、EL駆動用の100Vを超える駆動信号により、他の接続線が影響を受けないように配慮したものである。すべての接続線に金ワイヤーゴムを使用しないのは、高価なこととELパネルの電極部がカーボン製のため削れやすいからである。

メイン基板とサブ基板は導電性の高い金メッキされたコイルバネにより信号線の導通をとっている。

ここで、基板同士の信号線の接続に一般的なコネクタ類を使用しないのは、基板同士を組み合わせた時の位置関係を極力近くする方策でもある。

こうした、小型機器の基板設計やモジュール設計において最も注力することは、時計の設計では一般的であるが、各基板をモジュールとして組み上げた時に、各基板に実装された部品同士が干渉しないように、2次元・3次元の両視点から効率的に基板設計を行うことである。これにより、各基板上に実装されたデバイスがぎりぎりの公差で逃げて、最小間隔で基板同士を組み上げることができるようになるのである。

### ハードウェア開発時の課題と解決策

ハードウェア開発時に発生したいくつかの課題とそれに対する解決策や、製品化するにあたって選択した部分について、代表的なものを述べてみる。

#### ・小型化で発生した回路の誤動作

- 1) 各デバイスを小さな基板に密接させて実装したことにより、初期試作段階ではバスラインの動作状態により電圧変動が大きく発生し、もともとノイズに弱いNAND型フラッシュメモリのアクセスデータが正常に読み書きできなかった。この解決策としては、基板の6層化や配線パターンの適正化を行うと共に、ノイズ対策部品を組み込むことで

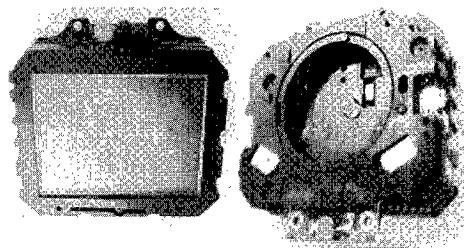


図-5 Module

解決した。

- 2) 各基板を最小スペースでモジュールとして組み上げたことにより、モジュール状態でLCD表示部とIrDA受光デバイスが非常に近接した位置に配置された。この配置距離により、LCDの駆動信号をIrDA受光デバイスが拾ってしまい、IrDA受光デバイスが正常動作できなかった。しかし、小型化を行う上で、これらのデバイスを離して実装することは不可能であった。受光デバイスをシールド板でカバーする方法も試作検討した。この方法でも効果は得られたが、新規部品の追加が必要になり、コスト的に難しいと判断し別の方策の検討を行った。このIrDA受光デバイスのシールド板は、現在ではメーカーで標準化されている。

最終的には、ケースの内面全体をアルミ真空蒸着し、ケース全体を回路電源にアースさせる対策を実施した。この方策は、シールド板以上の効果を発揮した。

#### ・外部インタフェースの実用化

PCとの接続用に外部むき出しに設けたシリアルインタフェース部の静電気・防水性・腐食対策が課題となった。静電気対策と同時に防水性も必要なことから、シリアル端子の状態を通常はケース内面蒸着に導通しアースさせ、PCドッキングステーション接続時に回路と接続をとる構造とした。また、シリアル端子部分を腐食に強く、導電性に優れた金メッキとした。これにより、静電気と防水、腐食の対策を行うことができ、外部接続のインタフェースを実現できた。

#### ・ユーザインタフェース

ユーザインタフェースとしては、タッチパネルの検討も十分に行った。分解能を低くして指で操作させるか、分解能を高くして付属のペンで入力させるかなども併せて検討した。しかし、防水性や視認性といった部分に課題が残り、初代ラピュータへの採用は見送った。

この採用見送りを決定できた要因として、新開発の防水性を兼ね備えた4方向選択小型スイッチ(カーソルポインタ)の存在があったことはいうまでもない。従来のスイッチは、4つのスイッチを平面に配置するため、スイッチ部分が大きくなってしまふ。また、操作性も悪く、スイッチを多用するような機器には向かないものであった。このカーソルポインタは、4つのスイッチを1つにまとめたことで小型になり、かつラバースイッチの外周部に設けたパッキンにより、防水という腕時計特有の機能も満足することができた。操作性は、ゲーム機器等と同様の感覚なので、初めての人にも使いやすい。このカーソルポインタと時計サイドの4つボタンにより、

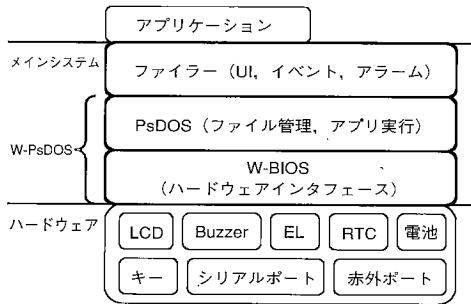


図6 ラピュータソフトウェアシステム

腕時計型情報機器のインタフェースとしての使いやすさを実現できた。

● **本体でのデータ入力**

腕時計型でのデータ入力は昔から難しいとされていた。時計メーカー各社でもいろいろな方法が検討されてきた。しかし、筐体が小さいことから限界が出てきてしまう。ラピュータでは、本体単体でのデータ入力は最大限サポートするが、入力のメインはPC側で行う仕様に割りきった。これは、ウェアラブルコンピュータに重要な部分は、ビューワ機能であると考えていたからでもある。

● **バッテリーの選択**

ラピュータは腕時計サイズのため、電子手帳やPDAと異なり、バッテリーにはかなりの制限がある。小型で高性能なバッテリーとして、携帯電話等で一般的になっていたリチウムイオンバッテリーが考えられたが、まだ腕時計サイズに入る大きさのものはなかった。

コイン型の電池でPDA以上の電池寿命が要求された。そこで、一次電池はコイン型リチウム電池を、二次電池はコイン型リチウム二次電池の検討を実施した。結果的にコイン型リチウム一次電池を採用した。二次電池を採用しなかった理由は、充電時間が長くなることや充放電サイクルが短いという欠点があったからである。

● **電池寿命**

通常に使用していて最も電池寿命に起因する部分が、LCDの表示電流である。一般のデジタルウォッチの電池寿命はおよそ2年程度である。ラピュータの場合、表示電流だけでも通常のデジタルウォッチの20倍近くにもなる。これは、携帯情報端末として表示ドットの細密化上、どうしても必要な部分であった。ラピュータの場合、細密表示を得る代わりに電池寿命を犠牲にしたのである。しかし、少しでも電池寿命を延ばすために、ハードウェア上では必須デバイスを徹底的に調査し、より消費電流の低いデバイス選択を行った。さらに、デバイスの電力制御を細かく行うことで実用レベルとした。つまり、各デバイスを必要最小限の電力で動作させ、必要な時以外は停止させ電力の無駄使いを極力抑えたことである。

● **本体サイズにかかわるシステム上の選択**

ラピュータを同様のシステムでさらに小型化する方策があった。それは、CPUや周辺メモリ、専用IC部分等をワンチ

ップ化することであった。当時の半導体技術があれば十分に可能であったが、ワンチップ化は莫大な開発費と開発期間を必要とする。しかし、製品の市場投入時期を逃すことは、命取りにもなりかねない。我々は、さらなる小型化よりも市場投入時期を見極め、現状で最良のデバイスを使用して製品開発を実現することを選択した。この選択は、現在のウェアラブル・コンピュータが業界で騒がれては始めていることから、正しい選択であったと判断している。

ソフトウェア —

ラピュータは、DOS (Disk Operating System) を搭載した。これによりデータおよびアプリケーションは、ファイル単位での管理が可能となった。

ラピュータのシステム

● **システム概要**

ソフトウェアの概略図を図-6に示す。大まかにラピュータは、次の3つのモジュール (ファイラー、PsDOS、W-BIOS) からなり、このシステム上でアプリケーションが動く。ファイラーはユーザインタフェース、イベント処理、アラーム処理等を行う。PsDOSはファイル管理、アプリケーション実行を制御する。W-BIOSはハードウェアとのインタフェースを提供する。以上とは別に、省電力化による電池の長寿命化についてもBIOSレベルからアプリケーションレベルに至るまで考慮がなされている。このように腕時計型携帯情報端末として、身に着けることを目的に最適化されている。このW-BIOSとPsDOSを合わせてW-PsDOSと称した。現ラピュータはW-PsDOS ver1.16を搭載している。

● **PsDOS**

DOSベースのOSであり主にファイルおよびディレクトリの管理、アプリケーション実行処理を行う。このPsDOSは、MS-DOS3.1の主要なシステムコールサービス (INT21H) をサポートし、シングルタスクOSとして機能する。アプリケーションは、固定アドレスにロードされ実行される。

● **W-BIOS**

上記OSとハードウェアとのインタフェースを行う。このW-BIOSによって細かい電源制御、タイマ制御等が行われる。主なBIOSはLCD-BIOS (横320×縦240ドットの仮想グラフィックスRAMを持ち、このうち任意の102×64ドット領域をLCD画面に表示)、KEY-BIOS (カーソルポインタおよびサイドボタン計8個のキー割込みを処理)、Flashメモリ-BIOS (低レベルなブロック単位の読み込み/書き込みをサポート)、SIO-BIOS (シリアルポート通信および赤外ポート通信をサポート)、RTC-BIOS (日付、時刻情報を保持するリアルタイムクロックICにアクセス)、タイマ-BIOS (タイマ資源は1Hz、4Hz、64Hzの3種類の割込み) がある。

● **ファイラー**

上記OSとユーザ間インタフェース役。ファイラーは、括

張子に関連付けられた目的のアプリケーションを実行させる常駐アプリケーションである。常駐といってもPCのように起動時にRAMにローディングされるのではなく、マスクROM上で実行される。

ファイラーを主な処理ルーチン別に分けると1) ディレクトリ構造表示部、2) アプリケーション実行部、3) イベント処理部、4) 通信処理部、5) 電源管理部となる。

### 1) ディレクトリ構造表示

ファイラーの標準的なリスト表示画面およびアイコン表示画面を図-7に示す。選択されているファイルは、黒く反転する。

カーソルポイントとサイドボタンによってディレクトリ間を行き来し、拡張子に関連付けられた目的のアプリケーションを実行する。

### 2) アプリケーション実行

ラピュータ上でアプリケーションを実行する方法には、次の2種類ある。①Exfファイル実行(ラピュータにおける実行形式ファイルの拡張子はexfであり、このファイルを選択しEnterボタンを押して実行する)、および②関連付けファイル実行(データファイルの拡張子から特定の実行形式ファイルを実行する機能であり、開きたいデータファイルを選択しEnterボタンを押して実行する)

### 3) イベント処理

次のイベントを処理する。①ボタン入力イベント(押し続け処理、操作音、EL点灯...)および、②ウィークリーアラームイベント(曜時分単位で時刻との一致を監視)、③ユーザアラームイベント(年月日時分単位で時刻との一致を監視)などである。特に、ユーザアラームイベントでは、一致時刻にあらかじめ設定されたアプリケーションを実行する機能も含まれる。

### 4) 通信処理

外部との通信機能を提供する。

4-1) ラピュータ間通信(赤外ポートを介してのYMODEMを基本としたファイル送受信プロトコル)。

YMODEMは、XMODEM、ZMODEM、Kermitと共にパソコン通信で広く普及しているプロトコルである。

4-2) PCとのリモート通信(PCからのコマンド命令によりファイル操作、ファイル転送等を行うことが可能。PCドッキングステーションによるシリアルリモートおよび赤外ポートによる赤外リモートがある)。

### 5) 電源管理

メモリ保護および電池長寿命化のための処理。

5-1) 電池容量監視:定期的に電池容量の算出と電圧値を監視し、残量が少なくなった時点で電池寿命警告表示。

5-2) 低電圧監視:ファイルアクセス時重負荷による電圧

低下を未然に監視し、各アプリケーションに警告を通知。

5-3) パワーマネジメント:主にLCDの消費電力を低減。パワーマネジメント機能はオートオフ(ボタン無操作3分後LCD表示消灯機能)、オートタイマ(タイムゾーン指定によるLCD表示点灯/消灯機能)、セービング表示(ボタン無操作3分後、時刻を表示しLCD間欠表示)を提供。

## アプリケーション開発環境

ラピュータ上で動作するアプリケーションは、C言語およびアセンブリ言語によって開発される。また、一般ユーザの使用を考慮して、W-BIOSコールおよびPsDOSシステムコールをライブラリとしてサポートしている。また、ファイラーにて用いられている一部の関数もラピュータAPIライブラリとして公開した。

### • GNU 開発環境

ラピュータに搭載されているCPUコア(MN10L200)をターゲットとした開発環境としては、松下電子工業株式会社製のPanaXSeries(パナクロスシリーズ)によるプログラム開発環境がある。W-PsDOS、ファイラー、当社が開発するアプリケーションはこちらを用いている。しかし、この開発環境は一般ユーザへの無償提供不可という問題があった。そこで、GNUによる開発環境を別途構築したが、メーカ製コンパイラとGNUコンパイラのギャップを埋めるのに苦労した。

### • ソフトウェアコンテスト

開発環境公開後、ユーザ開発者参加によるソフトウェアコンテストが開催された。数十件の応募があった。ユーザ向け開発環境は、予想以上に良い反響を得た。コンテスト後もさまざまなアプリケーションが登場している。開発環境構築での苦労が報われる。

また、ラピュータホームページ上のフォーラム等を通じて、ユーザの要望、質問、今後の課題を吸収している。ユーザとメーカが一体となり発展していくスタイルを築くことができた。

## ソフトウェア開発時の課題と解決策

### • 低消費電流化にとまなう意外な弊害

CPU、SRAM、ROMチップの消費電流を抑えるため、CPUクロック周波数を1.8MHzとした。これ以上周波数を上げると、電池電流が大きすぎ、低温環境で必要電圧を保持できなくなる。周波数を1.8MHzにすることで、CPU処理能力をどこまで引き出せるか? は、1つの課題であった。予想通り、LCD画面のスクロール速度、シリアル通信速度などに問題が生じた。これらの問題に対しては、仕様変更とソフト改造などで対応した。しかし、予想できなかった別の問題が発生してしまった。ソフトウェアでは対応不可能な「CPUの発振安定待ち時間」に関する問題であった。

消費電流を極力抑えるために、CPUは必要な処理を終了後、STOP状態にすることが必須条件である。STOP状態では、CPUの発振回路も停止しほとんど電流を消費しない。CPUは、キーの割込みなどが入った後に、発振を開始し動作する。



図-7 ファイラー表示画面(左:リスト表示, 右:アイコン表示)

ところが、ソフト設計をスタートしてから、「CPUの発振安定待ち時間が長すぎる」ことに気がついた。時間は、71ミリ秒であった。つまりキーを押してからCPUが動作するまで、71ミリ秒かかる。実際は、キーチャタリング防止時間を30ミリ秒程度は必要であるから、合計0.1秒となる。0.1秒では、操作スピードが要求されるゲームなどはとても実現不可能であった。これは、CPUメーカーに依頼してハードウェアの修正をしていただいた。CPUメーカーとしても修正する正当な理由が存在した。CPUは水晶発振子とセラミック発振子を使える仕様であるにもかかわらず、発振安定待ち時間は水晶発振子にしか対応していなかったからだ。発振安定待ち時間は、水晶発振子を想定した<sup>217</sup>のカウンタで実現していた。一般的に水晶発振子のQ値は大きいので、<sup>217</sup>のカウンタで発振安定待ち時間（1.8MHzで71ミリ秒）を確保するのは適切である。しかし、水晶発振子に比べセラミック発振子のQ値は小さいので、<sup>210</sup>程度のカウンタで発振安定待ち時間（1.8MHzで0.56ミリ秒）を確保すれば十分である。Q値は、発振が安定するまでの振動回数をあらわしている。

#### • ROM容量の不足

開発当初、512KByteのROMで十分と考えていた。DOS、BIOS、ファイラーをROMに入れて「余裕があれば、スケジューラやアドレス帳等の確定アプリケーションもROMに入れよう」と考えていた。ところが、ROMは予想以上に消費されてしまった。スケジューラやアドレス帳はおろか、ファイラーまで入らないという事態が発生した。コンパイラのオプションを指定する程度では、とても間に合わない状況であった。ROMを大きくしたら、スケジュールが大幅に遅れる。コストも上がってしまう。なんとしても、現状ハードで解決する必要があった。問題は、以下の2点を実施することで何とか解決した。

- 1) ファイラーの仕様を見直し、機能をスリム化した。
- 2) BIOSなどの関数呼び出し時の引数を構造体で渡すことで、ROMサイズを減らした。

#### • ソフト設計量が膨大

発売までのソフト設計量は、通常のデジタルウォッチに比べ、約30倍の工数がかかっている。ソフトウェアの設計範囲は、大別すると以下の4点。

- 1) ラピュータ本体のROMに書いたDOS、BIOS、ファイラー
- 2) フラッシュメモリにインストールするアプリケーション
- 3) PCFilerを始めとするパソコン用アプリケーション
- 4) ユーザ向け開発環境

また、発売時にSIIが用意したアプリケーションは、以下。

- (1) 時計関連4本      (2) PIM関連6本
- (3) ビューワ4本      (4) ゲーム1本

通常デジタルウォッチのソフト設計の経験しかない我々には、当初想像もつかないほどの設計量であった。発売に間に合わなかったラピュータアプリ案は多数存在する。これらをすべてSIIで作成していくには、時間がかかりすぎる。一部をユーザに助けていただくという意味もあり、ソフト開発環境を提供した。似たような案のアプリ、SIIが考えもつか

なかったアプリがユーザから提供されている。

#### • Windows98で赤外線通信できない

ラピュータ発売とほぼ同時期に、Windows98がリリースされた。ラピュータの動作環境は、Windows95としていた。発売までWindows95で評価し、Windows98でも問題なく動作するものと考えていた。ところが、「Windows98で赤外線通信できない」という問題が発生した。原因は、ラピュータのパソコン用アプリケーションがPCの赤外線ポートにもRS232Cと同じプロトコルで通信しているのに対して、Windows98ではMicrosoft赤外線モニタ（Ms-Ir2.0）が赤外線ポートを占有しているため、ラピュータの通信プロトコルの下層にIrDAプロトコルが挿入されてしまうためであった。つまり、ラピュータ側はIrDAプロトコルが挿入されていることに対応していないので、通信できなかった。

そこで、以前より開発していたIrDAプロトコル対応の開発を加速した。それは、Windows98のPCと赤外線通信するラピュータ側の通信アプリケーションとして、ラピュータの通信プロトコルの下層にIrDAプロトコルを挿入して通信するアプリケーションソフトである。開発終了後すぐに、ユーザがラピュータホームページから自由にダウンロードできるようにした。この対応は、ラピュータの特徴が功を奏した、成功の一例と考える。

## ウェアラブルPC・ラピュータの今後 —

ウェアラブルPCは人間の行動パターンと共に活用されることはいうまでもない。

現在、身に付けられるコンピュータには、さまざまな形態、機能が考えられている。我々は腕時計をはめる位置にその解を見つけた。それは腕時計が時刻を知らせるように、スケジュール情報を知らせ、TPOに応じて腕時計を変えるように、さまざまなソフトを切り替えるのである。時にはゲーム、時には時刻表、地図も見たい。それらはメモリの許す限り自由に腕に蓄えられる。今後我々の進む方向は、より個性を意識したものになるはずである。よりファッションブルに、より便利に、より楽しく、より簡単に欲しい情報を直接外部や個人が使用するさまざまな電子機器から受け取ったり、発信したりするコミュニケーション機能の搭載等々。

これらを実現するために解決しなければならない課題としては下記のことがあげられる。

- 1) 小型化                      2) 処理速度向上                      3) 長寿命化
- 4) セキュリティ              5) ユーザにストレスのない操作入力系
- 6) 外部との通信機能搭載

将来はこれらの問題を解決し、より人間の行動パターンに密着した情報端末を提供していきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) ウェアラブルPC・Ruputer（ラピュータ）の開発：1998年秋季、マイクロメカトロニクス学術講演会、講演概要集。
- 2) 小山、野口、井上、広富、大多和：ウェアラブルPC“ラピュータ”，マイクロメカトロニクス，Vol.43，No.1，pp.20-27（1999）。

（平成11年7月6日受付）