

# Linux PDAにおける外付けキーボードの設計と実装

Design and Implementation of External Keyboard for Linux PDA

大阪府立産業技術総合研究所 石島 悌

Dai ISHIJIMA (Technology Research Institute of Osaka Prefecture)

概要：Linux PDA 向けの外付けキーボードドライバを設計し、SL ザウルスに実装した。このキーボードドライバは、仮想端末上でユーザアプリケーションとして動作する。仮想端末上でしか使うことができないという制約があるものの、このキーボードドライバを使うことによって、SL ザウルスを超小型のLinux マシンとしてより便利に活用できるようになった。

キーワード：PDA, keyboard, PS/2, RS232C, IrDA, pseudo terminal

## 1 はじめに

10年ほど前までは、ワークステーションでの利用が一般的であったUNIX系OSも、Linuxに代表されるPC-UNIXの普及により、さまざまなコンピュータで利用されるようになってきた。特に、Linuxなどのパソコンで動くUNIXは、ノートパソコンといったモバイル機器で広く活用されるようになった。さらに、昨今では、ノートパソコンにとどまらず、Linuxが組み込み向け用途にも広く使われるようになり、これを採用した小型携帯情報端末(PDA; Personal Digital Assistant)が登場した。

国内で発売されているLinuxを採用したPDAとしては、シャープのSLシリーズザウルス[1]がある(図1)。このマシンは、PDAとしてLinuxを意識しない使い方も可能であるが、仮想端末アプリケーションである「ターミナル」を使うと、コマンドラインベースで操作するLinuxマシンとしても使うことができる。小型・軽量でポケットにも楽に入るLinuxマシンとして、さまざまな活用・応用が期待できるだろう。

一方、小型であることはPDAの長所ではあるが、このことが弱点となることもある。それは、Linuxマシンとして活用する際に、特にコマンドラインで使う場合に、文字入力が増え複雑になってしまうことである。本体が小型であるということは、同時にキーボードの物理的なデザインに大きな制約があるということの意味している。

SLザウルスの文字入力インタフェースには、手書き認識(全機種)、ソフトウェアキーボード(全機種)、MI-Eシリーズザウルスでも定評のあったスライド式キーボード(B500)、折り畳み(クラムシェル)タイプのキーボード(C700シリーズ)が用意されている。これらの文字入力インタフェースは、PDAとして、「スケジュール」や「アドレス帳」などのPIM(Personal Information

Management; 個人情報管理)アプリケーションを使う際にはさほど不便さを感じさせない。しかし、「ターミナル」からエディタなどのキーボード、特にコントロールキーやエスケープキーなどを多用するアプリケーションを利用する場合には、少々不便であるといわざるをえない。

この不便さは、キーボードマッピングを変更するフリーウェア[2]などを導入すれば、ある程度解消することは可能である。しかしそれでも、標準的なサイズのキーボードを装備したノートパソコンやデスクトップパソコンより不便であることは確かである。

そこで、小型のPDAであるSLシリーズザウルスをLinuxマシンとしてより快適に活用するために、外部キーボードを接続し、さらにそれを利用するためのドライバソフトウェアを設計し実装した。

## 2 SLザウルスのインタフェース

まずはじめに、キーボードを接続するためのインタフェースについて検討する。

SLザウルスには、周辺機器などを接続するインタフェースとして、CFカードスロット、SDカードスロット、USB、赤外線ポート(IrDA)、有線シリアルポートが用意されている。

CFカードスロットは、フラッシュメモリなどのストレージデバイスや有線LAN・無線LAN、そしてPHSや携帯電話のデータカードなどの通信デバイスを接続するのが主用途である。SDカードスロットは、SDメモ리카ードやMMCなどのストレージデバイスを接続するのが主用途である。これらのスロットは何らかのカードで使用中のことが多く、キーボードを接続するごとにそれらのカードを外すのは不便である。

そこで、キーボードを接続するのに適当と考えられるのは、残りのUSB、有線シリアルポート、赤外線ポ



図1 SLシリーズザウルス。左から A300, B500, C700

トである。次にこれらのインタフェースを順次検討しよう。

### 2.1 SL ザウルスのUSBポート

USBは、パソコンなどにさまざまな周辺機器を接続するためのインタフェース規格である[3]。最近では、フラッシュメモリなどのストレージデバイスや、CD-ROM・DVDなどの光学メディア、そして、キーボードやマウスといったヒューマンインタフェースデバイスなどを接続するのに広く使われている。

USBは、図2のように、一つのホスト(通常はパソコン)がツリー状に接続された周辺機器(ノード)を制御する構成になっている。このため、USB 2.0以降で取り入れられた「USB on the Go」といった一部の規格を除くと、周辺機器同士で直接データを交換することはできない。

一方、SL ザウルスのUSBポートは、ホストではなく、周辺機器として実装されている。このため、SL ザウルスは、あくまでもパソコンに対する周辺機器として動作し、USBポートの利用方法は、パソコンとPIMデータなどをシンクロするといった用途に限定されている。このポートにUSBキーボードなどの周辺機器を直接接続することはどうやら不可能なようである。

なお、周辺機器同士であるSL ザウルスとUSBキーボードを接続するためのUSBホストをワンチップマイコンなどを使って製作することも可能かもしれない。しかし、今回はUSBインタフェースにはこだわらず、より簡単な方法を選択することとした。

### 2.2 有線シリアルポート

SL ザウルスのI/Oポートには、有線シリアルインタフェースが装備されている[4]。このインタフェースは、電圧レベルの違いはあるものの、標準的なRS232C(TIA/EIA-232-E)に準じたものとなっている。適当な電

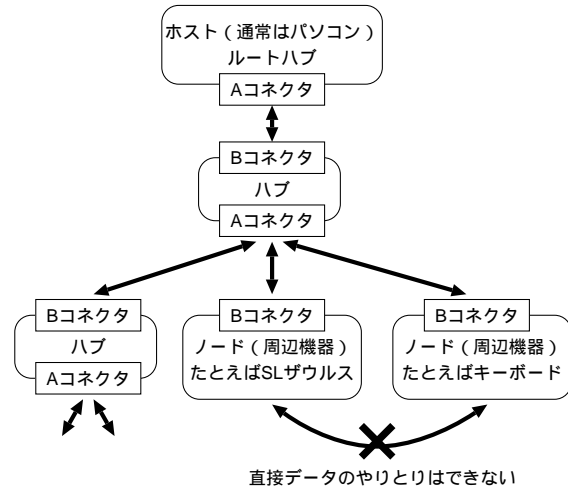


図2 USBバスのトポロジ

圧レベル変換ICなどを使えば、そのままRS232Cポートとして利用できるだろう。このポートは、`/dev/ttyS0`としてアクセスできる。

また、このポートでは、CTSやRTSなどのフロー制御用の信号線も利用できる。やや一般的ではないかもしれないが、これらの制御信号線をビット単位のI/Oポートとして使うこともできるだろう。

なお、このポートの電圧レベルは3.3V C-MOSレベルである。電圧レベル変換回路を通さずに、一般的なRS232C機器を直結すると、誤動作や故障の原因となることがあるので注意が必要である。

### 2.3 赤外線ポート

SL ザウルスには、他のザウルスとのデータ交換、あるいは赤外線通信機能付きの電話機を使ったダイヤルアップ接続用として、赤外線ポートが用意されている。このポートは、無手順では`/dev/ttyS1`から、そしてIrCOMMなどのプロトコルを使った場合は`/dev/ircomm`として利用できる。周辺機器を接続するには、やりとりされるデータを直接扱える`/dev/ttyS1`としてアクセスするのがいいだろう。

また、このポートは、赤外線リモコンのデータ受信にも使えそうである[5]。

### 2.4 キーボード接続のインタフェース候補

ここまで見たように、SL ザウルスにおいては、比較的簡単に周辺機器を接続するのに使えそうなインタフェースは、有線シリアルポートと赤外線シリアルポートである。この二つのインタフェースは、どちらも`/dev/ttyS*`デバイスファイルを通してアクセスすることができる。また、これらのインタフェースの利用については、これまでのUNIXでのプログラムなどを活用することができる。

### 3 キーボードのインタフェース

現在、市販されているキーボードのインタフェースは、PS/2 インタフェースとUSB インタフェースが主流である。また、最近は製品の数が減ってはいるが、PC-9801のキーボードなどもまだ入手可能である。これらのキーボードは製品の種類も多く、それらをザウルスで使うことができれば、ユーザのキーボードの好みなども吸収することができるだろう。

もし、USB インタフェースのキーボードをそのままSL ザウルスに接続できると大変簡単であるが、先に説明したとおり、どうやらSL ザウルスにUSB 周辺機器をそのまま接続することは困難のようである。

そこで、PC-9801キーボードインタフェースとPS/2 キーボードインタフェースをSL ザウルスに接続する方法を検討することにした。

#### 3.1 PC-9801 インタフェース

PC-9801のキーボードインタフェース [6]は、信号電圧がTTL/C-MOSレベルの調歩同期式シリアルインタフェースである。信号の形式は、19200bps、1スタートビット、8データビット、奇数パリティ、1ストップビットとなっている。信号電圧レベル以外は一般的なRS232Cに準じているので、電圧レベルを変換すれば、RS232Cインタフェースを装備したコンピュータでキーボードからのデータを読むことができる。もちろん、適切な電圧レベル変換回路を使えば、このキーボードインタフェースをSL ザウルスの有線シリアルポートに接続することができるだろう。

キーを押したとき、および離れたときに送出されるキーボードスキャンコードは固定長(1バイト)であり、MSBはキーを押した(メーク)か離れた(ブレイク)かを意味している。残り7ビットはキー種別を表している。PC-9801のキーボードスキャンコードの一部を表1に示す。そして、このインタフェースでは、コンピュータ側から特別なコマンドを送出したりしなくてもキーボードからスキャンコードを得ることができる。このように非常にシンプルな実装なので、キーボードドライバソフトの設計も簡単であると思われる。

しかし、次に説明するPS/2キーボードよりも品数が少ないこと、特に携帯性にすぐれた小型キーボードが現状ではほとんど手に入らないことから、今回は、PC-9801キーボード用のドライバソフトの作成は見送った。

#### 3.2 PS/2 インタフェース

PS/2キーボードインタフェースは、パソコンで広く使われているインタフェースである [7]。また、最近では、ミニディスクデッキといったAV機器のタイトル入力用インタフェースとしても利用されている。

表 1 PC-9801キーボードスキャンコード(抜粋)

キー	スキャンコード	
	メーク時	ブレイク時
A	0x1D	0x9D
シフト	0x70	0xF0
DEL	0x39	0xB9
COPY	0x61	0xE1

このインタフェースの特徴は、DATA (データ)、CLK (クロック)、Vcc、GNDの4本を使うクロック同期式の双方向シリアルインタフェースとなっていることである。

データの形式は、1スタートビット、8データビット、奇数パリティ、1ストップビットである。ビット長などは先のPC-9801キーボードインタフェースと同じである。一方、信号の各ビットを送るタイミングを示すCLK信号は、キーボードから出力され、そのタイミングは(最低限守るべき条件はあるものの)キーボードによってまちまちである。PS/2キーボードインタフェースの信号波形の模式図を図3に示す。

このインタフェースはデータ送受信の方法が先に述べた調歩同期式のRS232Cとは違っており、そのままではSL ザウルスなどに直接接続することはできない。

また、PS/2キーボードでは、キーボードの初期化のためのコマンドを使用前にコンピュータ側からキーボードに送信する必要がある。さらに、キーボードスキャンコードは表2のようになっており、不定長である。このため、PS/2キーボードを制御するのは、先に述べたPC-9801キーボードよりもやや面倒である。

しかし、PS/2キーボードは品揃えが豊富で、携帯性にすぐれたキーボードも手に入りやすい。そこで、PS/2キーボードをSL ザウルスの外部キーボードとして利用することにした。

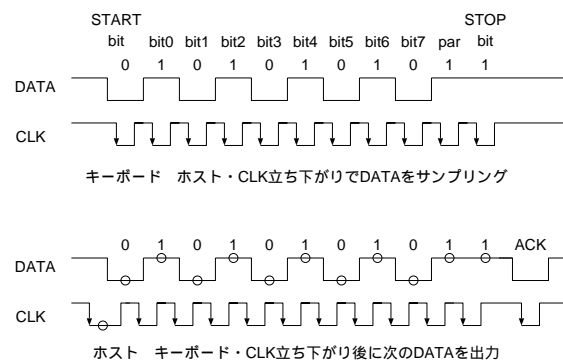


図 3 PS/2キーボードインタフェースの信号波形

表2 PS/2キーボードスキャンコード(抜粋)

キー	スキャンコード	
	メイク時	ブレイク時
A	0x1C	0xF0 0x1C
左シフト	0x12	0xF0 0x12
DEL	0xE0 0x71	0xE0 0xF0 0x71
PrtSc	0xE0 0x12	0xE0 0xF0 0x12
	0xE0 0x7C	0xE0 0xF0 0x7C

#### 4 PS/2 RS232C変換

PS/2キーボードインタフェースと有線あるいは赤外線を使ったRS232Cの変換ができれば、物理的にPS/2キーボードをSLザウルスのI/Oポートか赤外線ポートに接続することができる。このインタフェース変換を実現できる変換器が市販されている。その変換器としては、PFUが販売していたHappy Hacking Cradle(図4)と日本トラストテクノロジー(JTT)が販売しているIrKB101(図5)がある。

これらの二つの変換器は、いずれもPalmシリーズPDAの周辺機器として作られたものである。しかし、いずれもキーボード側インタフェースはPS/2、コンピュータ側インタフェースがRS232Cなので、Palm以外のコンピュータとも接続することが可能である。Happy Hacking Cradleは有線シリアル、IrKB101は赤外線シリアルに対応している。

##### 4.1 Happy Hacking Cradle

Happy Hacking Cradleは、Happy Hacking KeyboardをはじめとするPS/2キーボードをPalmシリーズのシリアルコネクタに接続するためのクレードルである。

このクレードルは、単三電池二本で動作する。信号の変換はPICマイコン(PIC16C621A)で行っている。電源を入れたあと、ホストインタフェースのCTSをオンにすると、PS/2インタフェースに接続したキーボードをPICマイコンが初期化し、そのあと、キーボードが出力するキーボードスキャンコードが、シリアルインタフェースからそのまま出力される。信号の形式は、Happy Hacking Cradleのサポートページ[8]に掲載されているとおり、8ビット、4800bps、ノンパリティである。

シリアル側のコネクタはPalmのコネクタそのままであるが、図4の様に、CTS, TxD, GNDをそのままDB9コネクタに接続すれば、パソコンなどでキーボードスキャンコードを受信することができる。

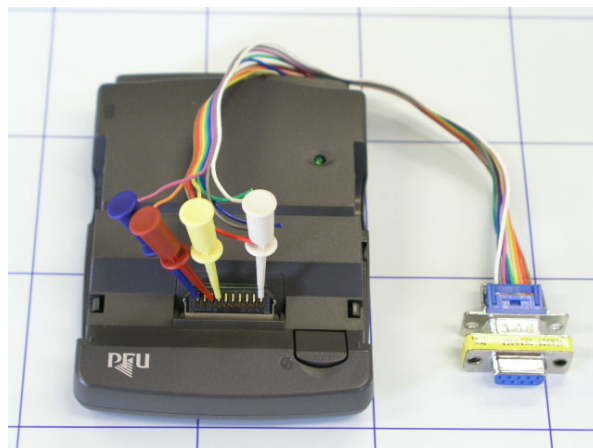


図4 Happy Hacking Cradle

##### 4.2 IrKB101

IrKB101は、PS/2キーボードを赤外線ポート経由でPalmシリーズに接続するための変換器である。なお、付属のCD-ROMにはPalmの他、WindowsCE用のドライバソフトも収録されている。

この変換器は、単三電池二本で動作する。各インタフェース間の仲介は、やはりワンチップマイコン(TS1001A)が行っている。

電源投入後、ホスト側からIrKB101に初期化コマンドを送信すると、キーボードが初期化され、キーボードから送信されてくるキーボードスキャンコードが赤外線インタフェースから送出されるようになる。

スキャンコードの送信は、外来ノイズなどの影響を避けるために、簡単なチェックデータと同時にされる。たとえば、キーボードの「A」を押した場合は、スキャンコードそのものを送る直前に「0xFF」が送出され、次に「A」のスキャンコードである「0x1C」が送出され、そして最後にスキャンコードをビット反転させた「0xE3」が送出される。

なお、このデータ形式などは、取り扱い説明書などのドキュメントには記載がなかった。このため、図6のようにキーボードを接続したIrKB101とPalm、そしてノートパソコンを三角状に配置し、IrKB101とPalmの間でやりとりされるデータを、ノートパソコンの赤外線ポートで読み取って解析した。

#### 5 外部キーボードドライバの設計

Happy Hacking CradleやIrKB101を使うと、種類が豊富なPS/2キーボードを、物理的にSLザウルスに接続できることがわかった。そこで、次にキーボードドライバの設計を行った。



図 5 IrKB101



図 6 IrKB101の信号形式を調べる

キーボードドライバの設計にはいくつかの方法が考えられる。それは、

1. カーネルに手を加える、あるいはモジュールとして作成して、すべてのアプリケーションから外部キーボードを使えるようにする。
2. VNC ( Virtual Network Computing ) の仕組みを使う。VNCは、サーバとなったコンピュータのデスクトップ画面をリモートマシンで開くアプリケーションである。SL ザウルスに VNC サーバをインストールすると、リモートマシンから SL ザウルスの Qt の画面を操作できる。SL ザウルスのアプリケーションは Qt で動作するので、この VNC の仕組みを使うと、事実上すべてのアプリケーションから外部キーボードが利用できる。
3. ターミナルから実行するユーザプロセスとして作成する。この方法では、キーボードドライバを実行したターミナルだけでしかキーボードが使えないというものである。

いずれの方法にもメリット・デメリットがある。特に、最初の二つの方法では、OS 内部や Qt の知識が必要となり、もしドライバソフトに不具合があると、それがシステム全体に波及しかねない危険性がある。

一方、最後の方法は、ターミナルからしか使えないという非常に大きな制約があるものの、ドライバソフトの不具合などがシステム全体に影響をほとんど与えそうにないこと、そしてクロス開発が容易であるというメリットがある。

また、これは作者だけの使い方の特徴かもしれないが、外部キーボードを一番必要とするのは、ターミナルを使っているときである。他のアプリケーションでは、コントロールキーを多用したりすることは少ないので、開発の一番簡単そうな 3 番目の方法を選択することとした。

## 5.1 ドライバプログラムの仕組み

ユーザプロセスとして作成する場合、参考になりそうなものとしては Wnn のフロントエンドである uum や、Canna のフロントエンドである canuum などがある [9]。これらはユーザが使用している端末と子プロセスとして起動したアプリケーション ( 通常はシェル ) の間に介在し、かな漢字変換を行った結果をアプリケーションに渡している。これらのフロントエンドの特徴は、端末上で動作するアプリケーションならば、何にでもかな漢字変換の環境を提供できることである。

また、もう一つ参考になりそうなのが、端末のログをとる script コマンドである。このプログラムも、子プロセスを動かして、その標準出力と標準診断出力をファイルに落としている。このプログラムの仕組みは図 7 のようになる。

ここで、出力をファイルの落とす部分を省き、かわりにシリアルポートから受信したデータを子プロセスの標準入力に送りつけるようなプログラムを作成すれば、キーボードドライバとして働かせることができる。なお、子プロセスに送信するのはキーボードを押したことによって発生する文字コードであって、キーボードスキャンコードではない。

キーボードドライバソフトの枠組みは図 8 のようになる。また、このドライバソフトのメイン部分を擬似コードを使って記述すれば、図 9 のようになる。

## 6 キーボードドライバの実装

### 6.1 HP200LX を外部キーボードに

まず、キーボードドライバのうち、キーボードスキャンコードの変換以外の部分がうまく動くことを確認するために、キーボードスキャンコード変換を行わない

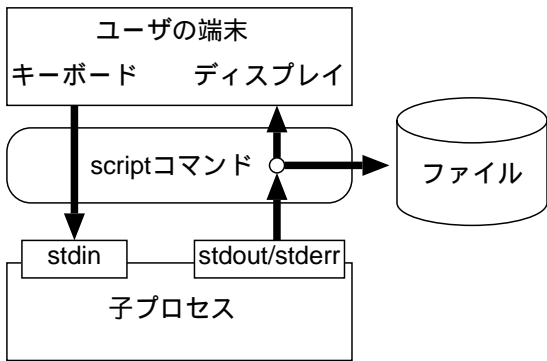


図 7 script コマンドの仕組み

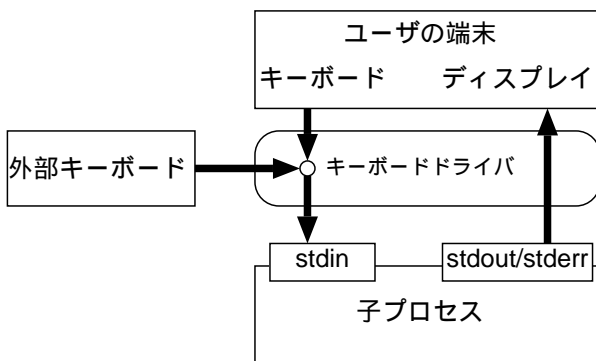


図 8 キーボードドライバの仕組み

ソフトを作成した。このときに用いたキーボードは、Hewlett-Packard社から発売されていた、小型のDOSパソコンであるHP200LXである。HP200LXで内蔵の通信ソフト (DataComm) を動かせば、押したキーボードのスキャンコードではなく、対応する文字コードがシリアルポートから送出される。これをSL ザウルスで受信し、図8のプログラムで subprocess にそのまま送れば、HP200LXが外部キーボードとなる。このプログラムで、まず、キーボードドライバの主要部分がうまく動くことを検証した。このときの様子を図10に示す。

## 6.2 PS/2キーボードを外部キーボードに

主要部分の動作を確認したのち、PS/2キーボードが出力するキーボードスキャンコードの変換ルーチンを組み込んだ。これにより、任意のPS/2キーボードをSL ザウルスのキーボードとして使うことができるようになった。IrKB101を介して、Happy Hacking KeyboardをSL ザウルスに接続している様子を図11に示す。

## 6.3 キーボードドライバの使い方

この外部キーボードドライバは、SL ザウルスの仮想端末アプリケーションである「ターミナル」から起動する。このドライバを起動した仮想端末からのみ、外部キーボードを利用できる。コマンドの書式は、

```
while ( subprocess が動いている ) {
  select で標準入力、シリアルポート、 subprocess の出力を調べる;
  if ( 標準入りにデータあり ) {
    /* 本体キーボードからの入力 */
    標準入力からのデータを読み、それを subprocess に送る;
  }
  if ( シリアルポートにデータあり ) {
    /* 外部キーボードからの入力 */
    シリアルポートのデータを読み取る;
    if ( デバイスは IrKB101 か? ) {
      IrKB101 からのデータを
      キーボードスキャンコードに変換;
    }
    if ( デバイスは HP200LX でない ) {
      キーボードスキャンコードを文字コードに変換;
    }
    データ ( 文字コード ) を subprocess に送る;
  }
  if ( subprocess からの出力あり ) { /* 画面表示 */
    subprocess からの出力を標準出力へ書き出す;
  }
}
```

図 9 キーボードドライバのメイン部分の擬似コード



図 10 HP200LX を外部キーボードとして使う

ek2 [-raw|-irkb101|-hkc] [シリアルポート]

である。「ek2」はドライバソフトの名称である。「-raw」を指定した場合は、キーボードスキャンコードなどの変換は行わない。これは、HP200LXを外部キーボードとして接続した場合に指定する。また、「-irkb101」および「-hkc」は、それぞれ IrKB101 が Happy Hacking Cradle を接続した場合に指定するオプションである。そして「シリアルポート」には外部キーボードを接続したシリアルポートを「/dev/ttyS1」の様に指定する。

たとえば、IrKB101 を使う場合は、

```
ek2 -irkb101 /dev/ttyS1
```

として、ドライバソフトを起動する。

なお、ドライバソフトを終了するには、 subprocess として起動したサブシェルを「exit」コマンドで終了させる。

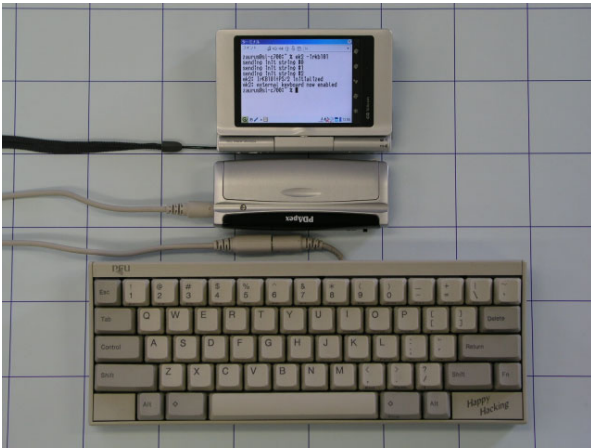


図 11 IrKB101 経由で HHKB を接続

#### 6.4 SL ザウルス以外でも

本キーボードドライバは、デバイスドライバなどの形式ではなく、仮想端末上で動作する一般アプリケーションとして設計・実装した。このため、SL ザウルスに限らず、再コンパイルさえすればさまざまな UNIX マシンで動作する。また、プログラムの開発は、開発環境がより充実しているパソコン上の Linux や FreeBSD 上でクロスコンパイラを使って行った。

すでにキーボードが装備されている UNIX マシンでこのプログラムが動作しても何らありがたいかたみはないかもしれない。しかし、このプログラムは、RS232C インターフェースを備えた任意のデバイスをキーボードとして利用できる可能性があることを示している。このプログラムの仕組みは、アクセシビリティ向上のための支援技術の一つとして応用できるかもしれない。

### 7 まとめと今後の課題

本論文では、超小型の Linux マシンとして活用が期待されている SL ザウルスに外部キーボードを接続する方法を検討した。

そして、広く出まわっている PS/2 キーボードを Palm に接続するためのインターフェースである PFU の Happy Hacking Cradle と JTT の IrKB101 を用いて接続し、そのドライバソフトを設計し実装した。

スケジュール管理や電話帳などの PIM アプリケーションを使うだけなら、標準装備の文字入力インターフェースでも十分便利であるが、Linux マシンとして、ターミナル上で動くエディタなどのコンソールアプリケーションを使う場合はやや不便なところもある。本ドライバソフトを使うことによって、コンソールアプリケーションを快適に使うことができるようになった。

今後はカーネルモジュールや VNC の枠組みを使ってコンソールアプリケーションに限定せず外部キーボー

ドを使えるようにソフトウェアを改良したい。シリアルインターフェースを使ってキーボードを制御し、受信したキーコードを処理する部分はすでに完成している。あとは、Qt やカーネルモジュールといった機種に依存する部分の作り込みを行えばよい。

また、キーボードだけでなく、マウスなどのポインティングデバイスにも対応するドライバを作成すれば、より便利に SL ザウルスを活用できるようになるだろう。

### 謝辞

本キーボードドライバに関するウェブページを作成したところ、VNC[10]やpseudo-keyboard[11]などを使う実装方法に関する情報をメールでいただきました。これらのメールを送っていただいた皆様に感謝します。

また、本ドライバについて、第 109 回 jus 関西 UNIX 研究会で発表した際、有益なアドバイスをくださった皆様、そして、本ドライバに関して、Linux Conference に投稿するように勧めてくださった UNIX 探偵団局長である法林氏に感謝します。

### 参考文献

- [1] 石島 悌, 林 治尚; Zaurus with Linux, UNIX MAGAZINE, (2003/06 ~, アスキー).
- [2] yakty; KeyHelper Applet  
<http://yakty.s31.xrea.com/linuxau/keyhelper/>
- [3] 宮崎 仁; “USB”, トランジスタ技術スペシャル, No. 63, パソコン周辺インターフェースのすべて, (1998/7, CQ 出版), ISBN4-7898-3255-4, pp. 50-61.
- [4] SL-C700 I/O ポート仕様書,  
<http://more.sbc.co.jp/sl-j/doc/hardware/ioport-spec-c700.pdf>
- [5] 赤外線リモートコントローラと IrDA,  
<http://www.linux.or.jp/JF/JFdocs/Infrared-HOWTO/infrared-howto-c-lirc-irda.html>
- [6] 森田 守彦; “PC98-PS/2 キーボード変換アダプタの製作”, トランジスタ技術増刊, ハードウェアデザインシリーズ 15, PIC マイコン活用ハンドブック, (2001/03, CQ 出版), ISBN4-7898-3435-2, pp. 107-116.
- [7] 宮崎 仁; “PS/2 キーボード・インターフェース”, トランジスタ技術スペシャル, No. 72, パソコン周辺インターフェースのすべて III, (2000/10, CQ 出版), ISBN4-7898-3264-3, pp. 160-169.
- [8] Happy Hacking Cradle サポートのページ,  
<http://www.pfu.co.jp/hhcradle/faq.html>
- [9] 富樫秀昭; PC UNIX の日本語処理と設定, Linux Magazine Books 01, (2000/06/21, アスキー), ISBN4-7651-3450-5, p. 86.
- [10] <http://emmie.koka-in.org/~kensyu/zaurus/diary/20030107.html>
- [11] <http://jr0bak.homelinux.net/~imai/linux/pseudokbd.html>