

SHARP PC-1450

エミュレータで学ぶ SC61860と ポケットコンピュータ



A Milestone 30th Anniversary of
Pocket Computer Emulator
The Zeroth Edition

まえがき

このたびは本書〈エミュレータで学ぶSC61860とポケットコンピュータ〉をお買い上げいただき、まことにありがとうございました。

公式マニュアル本[1]によると、SC61860をCPUに搭載したポケットコンピュータ（ポータブルコンピュータを含む）は、PC-1245、PC-125*、PC-126*、PC-1350、PC-140*、PC-1440、PC-1450、PC-2500（S）となっています。さらに、これらの後継機もSC61860をCPUとして搭載しています。

SC61860の機械語に関する書籍では、その動作を文章や図で記述するのが定番ですが、「エミュレータで学ぶ」と題している本書では、違うアプローチを採用することになりました。本書では、CPUの動作をC言語やJavaScriptの「プログラム」として記述しています。そして、それらのプログラムを積み上げると、ポケコンのエミュレータが完成します。そのエミュレータでは、ポケコンのROM BASICが（ほぼ）完全に動作し、機械語で記述されたプログラムも、実行時間に依存する部分を除けば動作します。

エミュレータをC言語で記述しているので、本書のターゲットはC言語、あるいはそれらから派生した言語をかじったことのある人になります。また、C言語版はUN*X環境で動いていたので、現代であればLinuxやFreeBSD、macOSなどのOSを使ったことのある人が対象となります。

残念ながらWindows環境で動くエミュレータはありません。スマートフォン版もありません。それらのネイティブ環境でのエミュレータがないのは、著者がその環境における（開発者ではなく）単なるエンドユーザにすぎないからです。

Windowsやスマホ版と銘打ったエミュレータはありませんが、そのような環境では、ウェブブラウザで動くJavaScript版があります。画面レイアウトに少々難があるブラウザもありますが、iOSのSafariやFirefoxで「まあまあ使える」レベルにはなっています。JavaScript版の解説はSC61860の動作に絞った記述としていますが、詳細はソースファイルをご覧ください。

ブラウザで動作するJavaScript版を作った動機は、スマホで動く関数電卓アプリに対して「なんだかイケてない」と思ってしまったからです。ポケコンやシャープの関数電卓に慣れている著者にとっては、それらの操作感が必要だったのです。

本書では、エミュレータのターゲットとして〈ポータブルコンピュータ PC-1450〉[2]を選びました。これは、単に著者が長年愛用していたから、という理由に基づくものです。そう、かれこれもう40年も使っていることになります。

幸いなことに、PC-1450は公式本、魔女本[3]や宇宙人本[4]と呼ばれている工学社の書籍で紹介されているSC61860の動作をプログラムに落とし込むことで、エミュレータを作ることができました。その一方で、他のポケコンでは、これらの書籍では紹介しきれなかった動作を作りこむ必要があるとも聞いています。ある意味ラッキーだったのかもしれませんが。

これからポケコンの機械語について知りたい人や、すでにポケコンを使い込んでいるみなさんにとって、本書が有用な情報源となることを期待しています。

目次

第 1 章 本書で作成するエミュレータ

1.0	はじめに	7
1.1	使用した言語	7
1.2	エミュレーションのターゲット	8
	• PC-1450 の特徴	8
	• ポケコンの構造概略	9
	• エミュレーションの実装をどうするか	10

第 2 章 SC61860 の概略

2.0	はじめに	12
2.1	SC61860 の内部構造	12
2.2	命令一覧	13

第 3 章 各命令の実装

3.0	はじめに	15
3.1	未定義命令	15
3.2	何もしない命令	16
	• NOP	16
	• WAIT n	16
3.3	8ビットロード命令	17
	• LP n	17
	• LIP n	17
	• LIr n	18
	• LIDL n	18
	• LDr	19
	• STr	19
	• LDM	20
	• STD	20
	• LDD	21
	• MVDM	21
	• MVMD	22
	• PUSH	22
	• POP	23
	• LEAVE	23
3.4	16ビットロード命令	23
	• LIDP mn	24
3.5	ブロックロード、交換命令	24
	• MV x	24
	• MV x D	25

	• EXAB	26	
	• EXAM	26	
	• EX x	27	
	• EX x D	28	
	• SWP	29	
	• FILM	30	
	• FILD	31	
3.6	8ビット演算命令	31	
	• フラグの処理	31	
	• ADCM・SBCM	32	
	• INCP・DECP	33	
	• INC r ・DEC r	33	
	• ADIA n ・SBIA n	34	
	• ADIM n ・SBIM n	35	
	• ADM・SBM	35	
	• ANIA n ・ORIA n	36	
	• ANIM n ・ORIM n	37	
	• ANMA・ORMA	38	
	• ANID n ・ORID n	39	
	• CPMA	40	
	• CPIA n ・CPIM n	40	
	• TSIA n ・TSIM n ・TSID n	40	
3.7	16ビット加減算と外部RAMとの転送	41	
	• IX・DX・IY・DY	41	
	• IXL・DXL・IYS・DYS	43	
3.8	シフトとローテイト	43	
	• SLW・SRW	43	
	• SL・SR	45	
3.9	ジャンプ・コール・リターン命令	45	
	• JP mn	46	
	• JRP n ・JRM n	46	
	• JP c mn	46	
	• JR cd n	47	
3.10	LOOP n	48	
	• CAL mn ・CALL mn	48	
	• RTN	50	
	• CASE1・CASE2	50	
3.11	フラグ制御	53	
	• SC・RC	53	
3.12	ポート入出力命令	54	
	• OUTB・OUTF	54	

6 目次

	• OUTC	54
	• INB	56
	• INA	57
	• OUTA	59
	• TEST n	61
	• CUP・CDN	63
3.13	BCD演算命令	64
	• ADN	65
	• SBN	68
	• ADW	70
	• SBW	72
3.14	未定義命令	73
	• CLRA	74
	• TSMA	74
	• SZ n ・RZ n	75
	• LDPC・MVMP	76
	• MVWP	76
3.15	シリアルI/Oの横取り	78
	• ESCAPE n	78

参考文献

参考文献	83
------	----

奥付

奥付	86
----	----

本書に掲載した商品名などは、一般に関係各社および各団体の各国における商標または登録商標です。なお、本文中では、TMマーク、Rマークなどは明記しておりません。

本書で参考文献としてあげた情報は、すべて、執筆時点である2025年8月1日現在のものです。ウェブページなどインターネット上の情報は、そのページ作成者などの都合によりアクセスできなくなるかもしれません。書籍についても絶版のものがあります。

免責事項

本書に掲載された内容を利用した、あるいは利用しなかったことによって生じたいかなる結果についても、うちゅーせーはProjectならびに著者、本書制作関係者は一切の責任を負いません。

第 1 章

本書で作成するエミュレータ

1.0

はじめに

著者がポケコンPC-1450を使いはじめたのは1985年で、ぼんやりと「エミュレータを作れるかなあ」と考えていたのは（まだ）学生だった1990年代前半です。

その当時使っていた計算機はUNIXワークステーションや386BSDが動いていたPC-9801互換の国民機でした。そういった環境で、それらしいエミュレータを作るのであれば、当然GUI（グラフィカル・ユーザ・インターフェイス）だろうなあと思っていました。ですが、GUIで作るのであれば、X Window Systemを使ったプログラミングが求められ、それは著者にとっては非常に高いハードルでした¹。

そこで発想を変えて、「テキスト表示のCUI（キャラクター・ユーザ・インターフェイス）」でいいじゃないかという方向に転換することにしました。

方向性を決めると、あとは参考文献[1, 3, 4]を見ながら、SC61860の動作をC言語の関数に落とし込むという作業に取りかかりました。1994年に産声をあげ、1995年には友人に公開できるレベルへと成長しました。サブタイトルである〈A Milestone 30th Anniversary of Pocket Computer Emulator〉[6] は、今年（2025年）が公開レベルに成長してから30年になったことに由来します。

1.1

使用した言語

エミュレータの作成には、著者が使っていたUNI*X環境で動作するC言語を選びました。というより、その時代ならC言語以外の選択肢はなかったでしょう。

2015年末になってからJavaScript版も作成しはじめましたが、本書では基本的にC言語版のエミュレータにフォーカスを当てて記述します。JavaScriptのプログラムは、C言語からそのままJavaScriptに無理矢理落とし込んだようなものです。というわけで、本書で足りない部分はソースファイルを参照してください。

¹後にJavaScript版でGUIを作ることができました

第 2 章

SC61860 の概略

2.0

はじめに

本章では、ポケコンのCPUであるSC61860を簡単に紹介します。詳細は公式本[1]などをご覧ください。

なお、SC61860は「ESR-H」と呼ばれることもあるようです。しかし、この「ESR-H」という名称の1次資料を発見することはできませんでした。公式本[1]ではSC61860で統一されています。その2次資料と考えられる英語資料[5]でも冒頭はSC61860表記です。

このため、本書では一貫して「SC61860」表記で統一することにします。

2.1

SC61860 の内部構造

このCPUは、大まかにいえば、CPU内部バスに接続された8kバイトの内部ROMと96バイトの内部RAM、そして演算を行うALU（Arithmetic Logic Unit：算術論理演算器）とその結果を反映するフラグ、そしてレジスタが存在します。

内部ROMは&0000～&1FFFに配置され、おおまかにいえばBIOS的な役割りを担っています。

内部RAMは各種の演算処理用データなどを格納するために使われています。このうち末尾の&5C～&5FはI/Oポート用に予約されています。&5Bより直近下位はスタックとして使われています。

フラグには演算結果が0の場合を示すZ（ゼロ）フラグと、桁あふれを示すC（キャリー）フラグがあります。Cフラグはビットシフト演算にも使われます。

このCPUには、d・P・Q・R・PC・DPの6つの内部レジスタが存在します。

dレジスタは複合命令での繰り返しを数えるための8ビットレジスタです。

P・Q・Rは内部RAMにアクセスするための7ビットレジスタです。Pレジスタは内部RAMへの汎用的なポインタ、Qレジスタは補助的なポインタとして使われます。Rレジスタはスタックポインタとして使われます。

PCは16ビットのレジスタで、命令を読み出すためのプログラムカウンタです。このレジスタを使うことによって、アドレスバスに接続された、全てのROMと外部RAMにアクセスが可能となっています。

DPレジスタはデータ用のポインタとして使われます。内部ROMへのアクセスは「なぜか」不可能となっています。つまり、外部RAMと外部ROMのアクセスにのみ使われます。

第 3 章

各命令の実装

3.0

はじめに

本章では、前章で説明した情報を基にして、各命令をC言語で記述するとどうなるかを説明します。簡単な命令から順番の記述していきます。本章が本書の中心という位置付けです。

なお、前述のとおり、本エミュレータはPC-1450だったからこそ動いています。足りない部分はポケコンエミュレータ業界のキラーコンテンツともいえる PokecomGo[7] のソース [8] で補ってください。PokecomGo は本エミュレータとの親和性が非常に高く、特に JavaScript 版では関数・変数名やその登場順も理解の促進に有効性が認められています。

3.1

未定義命令

前章の命令一覧で「-」となっているのは、各種文献では紹介されていないものです。エミュレーションがうまく動いていれば遭遇することはありません。というわけで、C言語で書くと次のようになります。

```
/* undefined code */
static void undef()
{
    fprintf(stderr, "Undefined code: %04x %02x\n", pc - 1, opcode);
    exit(1); /* エラー出力を出して異常終了 */
}
```

JavaScript であれば、以下のように書くことができます。

```
/* undefined code */
function opxx_undef() { /* アラートダイアログの表示 */
    alert("Undefined code: " + hex2(opcode) + " at " + hex4(pc));
}
```

いずれの場合もエラーメッセージを表示して止まるという動作です。

参考文献

ここでは、この本を書く際に参考にした文献や、読者のみなさまに役立つ情報をリストアップします。

- [1] 企画・編集：シャープ株式会社・株式会社工学社，発行者：星 正明；シャープポケットコンピュータ機械語マニュアル，(株式会社工学社，1986-05-30)，ISBN4-87593-083-6.
- [2] シャープ株式会社；SHARP ポータブルコンピュータ PC-1450 取扱説明書，(シャープ株式会社，1985)．
- [3] 編集：I/O 編集部，発行者：星 正明；I/O 別冊 ポケコン・マシン語入門，(株式会社工学社，1985-06-20 第5版第1刷)．
- [4] 編集：I/O 編集部，発行者：星 正明；I/O 別冊 ポケコン・マシン語ブック，(株式会社工学社，1985-12-25)．
- [5] SHARP;POCKET COMPUTER PC-1350 MACHINE LANGUAGE REFERENCE MANUAL, (オンライン), <PC1350_ML_EN.pdf>, (参照 2024-03-20)．
- [6] Fan_PC-1251; (オンライン),
入手先 <https://x.com/pio1986_10/status/1896935102778912856>, (参照 2025-03-04)．
- [7] Y. Horiuchi; PokecomGo, (オンライン),
入手先 <<https://digihoori.jimdofree.com/>>, (参照 2025-04-16)．
- [8] Y. Horiuchi; PokecomGo ソース, (オンライン), 入手先
<<https://github.com/digihoori/pokecom/blob/master/app/src/main/java/tk/horiuchi/pokecom/Sc61860Base.java>>, (参照 2025-04-16)．
- [9] 奥村 晴彦；改訂第3版 L^AT_EX_{2 ϵ} 美文書作成入門，(2004-03，技術評論社)，ISBN4-7741-1940-7．
- [10] William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, (翻訳) 丹慶 勝市, 奥村 晴彦, 佐藤 俊郎, 小林 誠；Numerical Recipes in C 日本語版，(1993-05-25，技術評論社)，ISBN4-87408-560-1．
- [11] 中野 主一；マイコン宇宙講座，(1985-08-15，廣済堂出版)，ISBN4-331-30014-5．

編集後記

この本でとりあげているシャープのポケコンを使いだしてから40年、エミュレータを公開できるようになってから30年が経ちました。

ポケコン本体はクロックアップやメモリ増設の改造をしながら、購入当初のものを使い続けています。液晶も問題はなく、通常使用には問題はありません。ただ、残念なことに基板を固定しているネジがダメになってしまい、最近では分解して中身を愛でることができません。「こういうこともあろうかと」予備機としてもう1台確保しています。

また、進捗を公開するには至っていませんが、エミュレーションの実験用にPC-1350を確保しています。いつか「ハードウェアレイヤーの抽象化」を実現して、各種ポケコン向けのCUIベースのエミュレータを公開したいと考えています。

そして、本書の作成について背中を押してくださったみなさまに感謝の意を表します。まずは、すてきなサブタイトルを提案してくださった、ツイッター（現X）のFan_PC-1251 @pio1986_10 さん [6]、PC-126*向けにエミュレータを改造し、パッチの公開を許可してくださった chamekan @chame さんをはじめとするポケコンクラスタのみなさんに感謝します。また、完成度が非常に高いエミュレータ [7] を作成された Y. Horiuchi さんからは、新しい刺激を受け取りました。そして、ここには書ききれないほどの多くの人に支えられて、現在のエミュレータと本書が存在します。みなさん、本当にありがとうございます。

☆

☆

☆

この本の編集は、「うちゅーせーはProject」が発行しているこれまでの「まりだす」の編集で得られたノウハウを活用しています。毎年、夏と冬には、なぜか新しい $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ [9] の技を体得したり、PostScriptのヘンなプログラムができあがったりします（ちなみに表紙の大部分はPostScriptで、裏表紙はgnuplotです）。

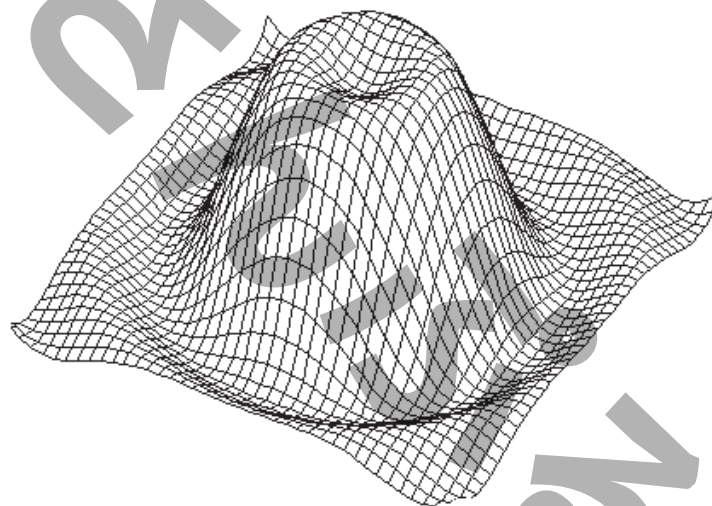
では、その「まりだす」の編集長からのありがたいお言葉を。

ぼくのPC-1245とPC-1402もこの本で元気になれます（違）

さてさて、「うちゅーせーはProject」から、また「なぜか」技術系の本を出してみましたがいかがでしたか？ ご感想・ご意見・ご要望などお寄せいただけたらとてもうれしいです。

今回はスケジュール的に非常にタイトな状態で作ったので、十分な解説本には“なりきれてない”ことをお詫びしなければいけませんね。そういう理由もあって「初版」の前の「第0版」としてしています。もう少し余裕のあるときにブラッシュアップして、もっとポケコン内部の深遠に到達できるような本を出したいと考えています。

この本とエミュレータがみなさまのお役に立てますように。



うちゅーせーは Project