

# PC-UNIXのある環境

前野 年紀 太田 昌孝 村上 弘<sup>†</sup>

東京工業大学 総合情報処理センター

<sup>†</sup>電気通信大学 電気通信学部

性能が向上してきた IBM-PC 互換機に FreeBSD などの BSD 系 UNIX をインストールして、ソフトウェア開発環境として使えるか評価してみた。機能/性能/信頼性どれもワークステーションと同等に使えると判断できた。部品の購入からインストールまでの経験、使い勝手、演算性能、そして維持管理について報告する。

## 1 はじめに

パソコン、いわゆる IBM-PC 互換機(PC)の性能が向上している。値段も安く、ワークステーションの年間保守料金で買えるくらいだ。FreeBSD などの BSD 系 UNIX が動くので、ソフトウェア開発環境としてよさそうだ。というわけで、パソコンを購入し、安心して使えるか評価してみた。

なぜ今 PC-UNIX なのか、購入時に考慮したこと、インストールや使用の経験、演算性能の測定、改造の経験、維持管理をどうするかなどについて報告する。また、今後の期待について述べる。

<sup>†</sup>PC-UNIX for programming environment, Toshinori Maeno, Masataka Ohta, Hiroshi Murakami  
Computer Center, Tokyo Institute of Technology.

## 2 なぜ、いま PC-UNIX か

これまでミニコンやワークステーションで BSD 系 UNIX を使ってきた筆者らがなぜ、PC で UNIX を使ってみようとしたのか、その動機、理由を述べる。

### a) BSD 系 OS の本流

PC は使われている台数が多いことで、かつての Sun なみに『標準プラットホーム』として扱われるようになった。PC で動く UNIX には Berkeley Net/2 と 4.4BSD-Lite をもとに開発された NetBSD や FreeBSD のほか、独自に開発された Linux がある。これらの OS はライセンス等による配布制限がなく、ソースプログラムも公開されており、無料で使えるなど、ソフトウェア開発に向いている。ソースが公開されている

ため、機能追加/変更が可能で、修正版を配布することで貢献できるなどの利点があり、各種のフリーソフトもとりこんで、活発な開発活動が続いている。いずれも最近安定して動くようになった。FreeBSDはx86アーキテクチャをターゲットとしているが、NetBSDとLinuxはMIPS, DEC, IBM, HPなどのチップを使ったシステムでも利用できる。また、4.4BSD-Liteが移植されたPowerPCシステムも売り出されている。

#### b) 価格が安い

PCやそのハードウェア部品は事実上の標準にあわせて多くのメーカーにより大量に生産されており、安価になっている。セットとしても、部品としても購入できる。日本でも1993年ころから普及して、入手しやすくなった。

PC、ワークステーション共通に使われるディスクも1台当たりの容量が増大し、容量当たりの価格は一年で半分に下がるといいう状況が続いている。3.5インチサイズで4GB/9GBのものが出ている。メモリの価格はここ数年変化が見られず、相対的に高い部品になっている。

#### c) 演算性能が高い

安いにもかかわらず、演算性能や画面表示速度がワークステーションなみになり、高速で快適な環境が作れるようになった。しかし、PCでもメモリバンド幅が隘路になってきており、階層メモリを考慮したプログラミングが要求されるようになってきている。記憶参照の遅れ(latency)短縮と転送

能力強化のためにPentium Proではパッケージ内に256KBの2次キャッシュを抱えている。

#### d) カスタマイズ可能

個人用環境なので、使用者の好きなように変更できて当然である。本人の責任でやるのだが。ハードウェアはメーカーの決めた構成だけでなく、必要な部品だけを買うといった買い方ができる。あとでの追加も簡単である。ソフトウェアも必要なものだけを取り込めばよい。

#### e) 強力なサポート組織

強力なサポート組織(core group)やユーザ集団が存在し、ネットワーク上で活躍している。新規開発や不良の修正が速い。使う側からみると、変化が速すぎるくらいである。自分も貢献できる。相互に助け合うという姿勢が大切である。しかし、サポートがあるとはいえ、信頼性や故障の修理などは心配になる点である。これについては、のちほど述べることにする。

#### f) 個人的事情

1993年暮れころから、パソコンが安くなったと感じていた。やっと、一人一台の時代がやってきたらしい。

X端末から移ってきたワークステーションだが、まだ保守料が高い。パソコンなら3年前に購入したワークステーションの年間保守料で買えるのである。パソコンの性能もだいぶ向上したらしい。1994年夏にはPentiumのFDIVバグ騒ぎがあって、パソコンに目が向いたこともある。

東工大では情報科学科が中心になって BSD/OS をサイトライセンス契約したので、使ってみたい。まわりに PC-UNIX を使っている人がいて、相談にのってもらえる。

プログラム開発に Modula-2 か Pascal コンパイラを使いたいが、Linux なら動くものがある。

ソフトウェア開発用の環境としてはいいことばかりで、期待できるものである。今後も性能向上や価格低下が期待できる。というようなことが理由で試しに買ってみようと思った。

### 3 購入から設定まで

構成の検討から購入、OS のインストール、そして使い始めまでの出来事を順に説明する。期待以上に順調に進んだ。

#### 3.1 構成の検討

2 年前に i486 マシンを購入していたので、今回は Pentium を使ってみることにした。OS はサイトライセンスされていて、近くに利用者のいる BSD/OS を第一候補とし、Linux や FreeBSD も試すつもりであった。BSD/OS で使えることが明示されているリストから、組み合せての動作が販売店で確認されているものを選ぶといった「確実に動く構成」から始めることにした。一台しか買えない/買わないわけではないし、慣れてから変更することも可能である。

初めての環境を試すのに冒険しすぎると、使い始めるまでにくたびれてしまうおそれがあるからである。分かっただけならば

何でもないことが、初めて出会ったときにはいろいろ考えてしまっただけで、進まなくなってしまうことがあるものだ。

出てから半年以上経って安定しているパーツを選べというアドバイスにも従う。値段も下がっているから、安く組める。雑誌の広告をみたり、販売店へ問い合わせたり、エキスパートの意見をきいたりしたあと、秋葉原をまわって自分の目で値段を見て、案を作った。ノート型は値段が高いうえ、拡張性がないので、対象外とした。

#### 3.2 購入した構成 (fig. 1)

Pentium はクロックが 100MHz のものまで売られていたが、値段の安い 90MHz にした。マザーボードは定評のあるものを選択した。主記憶は X Window を使わなければ、4MB でも動くようだが、32MB つけることにした。SCSI インターフェースは各種のデバイスを接続するのに便利である。ディスクは SCSI インターフェースの 1GB とし、あとで追加する予定とする。CD-ROM は BSD/OS インストール用にいる。(当時は SCSI でのみサポートされていた。)

テープ装置はデータのバックアップやデータ交換/配布に使えるが、大量のデータを発生させるわけではないので、ネットワーク接続で代用することにして、つけないことにした。ネットワークインターフェース (ethernet) は必須である。グラフィックスカードは速度を重視して、PCI 接続のものとする。ディスプレイは 17 インチサイズで見えてきれいなものを選ぶ。ケースはあとで追加ができるように、大きめで電源容量が十分な物とする。

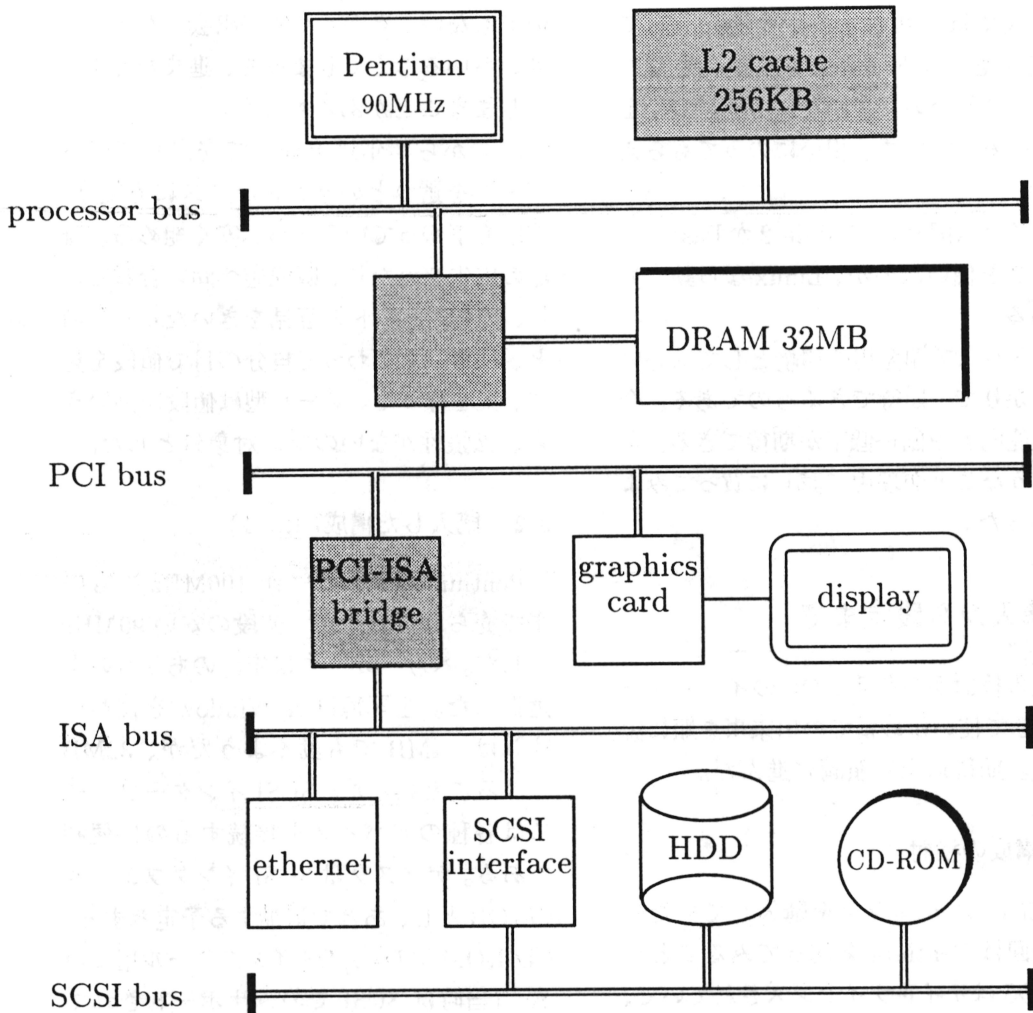


Fig. 1 system configuration

CPU: Pentium 735\\90  
 motherboard: Micronics M54Pi  
   Intel 82434NX (Neptune) PCI cache memory controller  
   Intel 82378IB PCI-ISA bridge  
 graphics card: #9 GXE64 Pro  
 Display: NANA0 56T  
 ethernet card: SMC Elite 16C Ultra (8216/SMC8216C)  
 SCSI interface: Adaptec AHA1542CF  
 hard disk: QUANTUM EMPIRE\_1080S  
 CD-ROM: TOSHIBA CD-ROM XM-5901TD

### 3.3 組み立て

段ボール箱に入って送られてきたのを、取り出し、部品をチェックする。ボード類はすでに本体に取り付けられていたので、ケースを開けて確認する。ケーブルなどもしっかり接続されているか確認した。ディスプレイやキーボードなどを接続して、パワーオンするとプレインストールされてきたDOS/Windowsが動きだした。

一応、動いていることにする。ディスクのターミネータ設定が違っていたのをあとで発見した。

### 3.4 FreeBSDのインストール

BSD/OSの新版2.0の配布を待つあいだに、FreeBSD(2.0-950412-SNAP)をインストールしてみた。NetBSDはメモリが32MBあったためかfloppy bootに失敗し、インストールできなかった。FreeBSDやNetBSDは学内のftpサーバにアーカイブされている。

インストールはドキュメントにしたがって、

```
boot floppy(2枚)の作成
Sunでddにより書き込む。
floppyからboot
インストールメニューに従い
パーティションの割り当て
(まずはdefaultで作成)
ftpによるインストール
```

という手順で、すんなりインストールできてしまった。

ネットワーク関係の知識が役にたった。その後のトラブルを考えると、すんなりイ

ンストールできたのは非常に幸運だったようだ。特に変わったことをしなかったのがよかったらしい。

その後、2.0.5-xx-SNAPのインストールを試みたが何度か失敗して、あきらめた。FreeBSD 2.1.0はうまくインストールできた。

### 3.5 FreeBSDの環境設定

まずrootのパスワードを設定し、そのあとユーザ登録をして、ログインして見る。shadow passwordが標準になっていて、セキュリティ関係も配慮されている。すぐに使いたしてもよさそう。login.accessを設定して、ネットワークからのアクセスを原則禁止にする。さらに、

```
/etc/group
/etc/sysconfig
/etc/syslog.conf
/etc/printcap
```

などを設定して、使い始める。プロセスの数も少なく、応答も速い。

コンパイラはgccが入っている。f2cというFORTRAN77をCに変換するツールを使ったf77がある。信頼のおけるものであるが、いったんCを経由するので、最適化が難しくて性能が出にくいようだ。

この時点ではキーボードマップの設定方法がわからず、Dvorak使いの前野はもっぱらリモートで使っていた。

## 4 使い出したら

FreeBSD のインストールがうまくいったので、Linux(Slackware 版)のインストールも試みた。こちらは既存の i486 マシンを使った。Linux では MOCKA や gpm などの Modula-2 コンパイラを動作させた。MOCKA は使い勝手がいいので、FreeBSD に移植することにした。FreeBSD で演算性能測定もやった。また、使い勝手の改良もおこなった。

### 4.1 MOCKA の移植

Modula to C コンバータ (mtc) は C で書かれているので移植できたが、やはり本物の Modula-2 コンパイラを FreeBSD 上で使いたい。MOCKA は Modula-2 で記述されたソースがあるので、Linux 上でアセンブラコードを出力させ、FreeBSD でアセンブルするという作業で移植できた。Linux と FreeBSD のどちらも gcc と gas が動いていることが幸いだった。その後、386BSD 用の MOCKA が FreeBSD で動くことが分かったので、現在はそれを使っている。また、最近では Linux 用のバイナリが FreeBSD 上で動くとも聞いている。

MOCKA コンパイラは約 50,000 行あるが、セルフコンパイルは約 40 秒ですむ。MOCKA はコンパイラ・コンパイラ (coco/R) の移植に使った。Pascal も使いたかったので、P-code インタプリタ (P4 版) を Modula-2 で作成した。インタプリタでも十分速いと感じた。

### 4.2 演算性能の測定とチューニング

Pentium の整数演算性能は高速らしいが、浮動小数点演算は FPU がスタック計算機なので、速いはずがないと思っていた。LINPACK レポートでも 90MHz の Pentium を使ったシステムは 100x100 の場合、11MFLOPS とある。

素直なコーディングをした行列乗算をキャッシュ内で測ってみると、8MFLOPS 程度と遅い。ところが、倍精度データ領域が 8 バイト境界があっていない<sup>1</sup> うえ、オブジェクトも素直すぎることが分かった。データ領域を 8 バイト境界に合わせるだけで、2 倍近く速くなった。これなら速くできるかもしれないと思い直し、マニュアル[1]を調べた。

浮動小数点演算のパイプラインを最適化して、90MHz の Pentium では 500x500 の行列乗算の場合、36MFLOPS の性能を引き出した[3]。ここでも、キャッシュブロッキング[2, 4]は有効だった。

### 4.3 使い勝手の改善

環境設定はひとまず終っているので、使い勝手を評価、改善する番である。kernel の作り直しとキーボードを取り上げる。

#### FreeBSD の config

generic kernel は各種のデバイスに対応できるように作ってあるために大きくて、boot 時間もかかる。config により不要なデバイス/機能ははずすことができる。boot は速くなり、ダウンの可能性も減るはずで

<sup>1</sup>倍精度データの 8 バイト境界合わせはオプションとして、gcc2.7.1 に追加された。

ある。変更により、kernelサイズは1.1MBあったのが840KBになった。kernelをコンパイルする時間は約10分である。

### キーボードの選択

パソコン用のキーボードは大きくて場所を取りすぎる。テンキーやファンクションキーはまず使わないので要らない。なるべく小型のキーボードをという要求に対して、小さいことは小さいが下段のキーがひとつ左にずれたキーボードがやってきた。FreeBSDではkbdcontrolコマンドによりキー割り当ては変更可能だが、キーコードの調査が必要だった。Dvorak用キーマップも作成した。

ふだんリモートログインして使っており、気付くのが遅れた。カチャカチャ音をするし、タッチもよくないので、買い直すことにした。NCDのキーボード(値段は4万円)を勧める人があったので購入した。そこそこタッチはいいのだが、キーコードが101型ではなかった。

BSD/OSのインストールのときにも、キーボードでつかえた。ファンクションキーが出すキーコードが標準(101型)とは違うらしくて、抜けられなくなってしまった。借り物の101型キーボードを接続してその場はしのいだ。安い101型のキーボードを一台買ったほうがよさそうだ。

### 4.4 FreeBSD 2.1.0へ

現在、FreeBSD 2.1.0-RELEASEを使用中である。package類のインストールなどがまだできていないが、主たる利用者の前野はワークステーションからの引越し作業

中である。

## 5 ディスクの増設

パソコンを使っているとやってみたくなるのが性能強化である。ディスクを増設した経験を述べる。ハードウェアの増設には、放熱や電源容量などに余裕が必要である。

FreeBSD以外に当初目的のBSD/OSやNetBSDなども試してみたいと思っていた。1台のディスクを分割して共存させることもできるが、動いているものを壊さないように、内蔵用のディスク(3.5インチ、2GB)を追加購入した。

増設のためにはコネクタ数の多いSCSIケーブルへの交換、ディスクを置くスロット位置の決定、それに伴うCD-ROMドライブの移動、デバイスのターミネータ設定と確認などの作業がある。使用開始後、発熱に気付き、5インチベイへ移動した。

設定に関して付属文書は十分ではなかったが、メーカーが各種情報を提供しているWWWサーバを見て、対処した。

### 5.1 ディスクの障害

増設したディスクにBSD/OSをインストールしようとした時に障害に遭遇した。

付属のインストール用フロッピーを使って立ち上げ、CD-ROMからファイルをコピーしようとするが、CD-ROMが読めなかった。CDドライブを掃除したり、SCSIケーブルを交換したりしたが直らない。使わないほうのディスクをはずしたら動くようになり、やっとインストールできて、立ち上がった。このディスクにはしばらくアクセスしなかった。BSD/OSに関し

てはキーボードのトラブルもあったため、FreeBSD を使い続けることにしたからである。このため、ハードディスクの故障の発見が遅れた。

10月になって、FreeBSD をバージョンアップしようとして、このディスクを再び使い始めたらエラーを多発した。SCSI タイムアウトが主たる症状である。使えなくなっても構わないつもりで、SCSI BIOS の format を実行しようとしても、実行できなかった。販売店に相談したら、ケーブル、電源、SCSI インタフェースなどディスク以外の原因を並べられてしまった。そこで、別の計算機につなぎ、format してみると、実行できた。もう一度、取り付け、format し直すと今度は実行できた。ペリファイも通過した。ところが、リードライトテストをすると、またも SCSI タイムアウトになる。

結局、販売店へ返送して、修理依頼中である。最初の時に BSD/OS に移らなくて正解だった。CD-ROM のエラーも増設したディスクが関係していたように思える。

## 6 維持管理はどうするか

性能機能は申し分なくても、信頼性に問題があれば使えない。6ヶ月使ってみて、信頼性はクリアできていると判断した。監視を続ける。管理をどうするかという問題もある。変化/進化が著しい分野なので、機能や性能を追求するにはそれなりの努力が必要となる。ソフトウェア開発に使うパソコンを維持管理するのは利用者自身である。管理/保守を苦労だと思うか、楽しみ/勉強だと思うかは使う人の気持次第で

ある。トラブルを解決したときの喜びは大きい。近くに相談できる人がいなくても、ネットワークを使えばよい。相談した場合、give and take を忘れないようにしたい。PC は通常一台ごとに違う構成である。まとめて同じ機器を買ったのでもないかぎり、同じ構成にならないから、故障したときに同じ部品が手に入るとも限らない。重要な保守部品は(近くの仲間と共同で)ストックしておくとういだろう。故障時の原因切り分けにも役立つ。

本来 UNIX 向けではない部品群を転用しているので、BIOS、DOS や Windows に関する知識が必要となることがある。2台目のディスクからブートできなかったときは FreeBSD2.0 のブートローダが原因に思えたので、BIOS で1台目のディスクを見ないようにして回避した。

電気/電子工作の知識も欲しい。部品を組み合わせるので、相性という問題もあるのはやっかいだ。

### 6.1 ソフトウェア

すでに UNIX にワークステーションに親しんでいる人であれば、できればシステム管理の経験があれば、十分対応できる。ドキュメントが豊富であり、ソースもあるので、その気があればいい勉強になる。

### 6.2 トラブル脱出法

故障の場合、なにごとトラブルの原因か切り分けるまでが大変である。OS のバージョンアップ時には新旧の OS を共存させることは有効である。

交換部品を用意しておく、切り分けに



使える。バックアップは別システムへするのが、いいだろう。トラブル解決も勉強だと思って、楽しんでやるのがよい。解決してしまえば、楽しい。

ネットワークニュースやメールを利用して、仲間の助けを得るには、状況をきちんと説明できるようにならないといけない。買ったお店の助けはあてにしないほうがよさそう。

## 7 評価と反省

FreeBSD2.0 を Pentium で使い始めて6ヵ月経った。多くのプロセスを走らせるとか、swap を多発させるとかの負荷はかけてはいない。NIS、NFS も使っていない。リモートログインして、おもにプログラム開発に使っている。

### 7.1 信頼性について

安定して動作している。6ヵ月間一度も panic していない。一度 reboot したのは1秒弱の瞬間停電が理由だった。夜間、使っていなかったときだったので、ファイル破壊は起きなかった。(無停電電源装置が欲しいと思った。)

ハードディスク以外にのハードウェアと思われるトラブルはない。最近の SCSI ディスクはエラーリトライをディスク側で行ない、OS に報告しないことがあるので、注意が必要である。ソフトウェアに関してはインストールに関係する不良以外には出会っていない。

### 7.2 演算性能について

Intel の浮動小数点演算は遅いといわれていたが、そうでもなかった。ただし、gcc は Pentium 向けには最適化が不十分である。Pentium のメモリ転送性能はワークステーションなみである。

PowerPC604 を使ったパソコンには大型行列乗算で 80MFLOPS の性能がでるものがある。4.4BSD-Lite が使えるののだが、ソースが公開でないので使いたくない。

### 7.3 反省

もっぱらリモートログインしているので、ディスプレイやキーボードも使っていない。X-window も使っていない。せっかくのグラフィックカードが無駄だ。つぎに購入するシステムではこれらは買わなくてよさそうだ。

### 7.4 パソコン工房の提案

PC 互換機はセット購入しても、Windows が動くこと以上の保証は無い。スペア部品を各自で持つのはお金がかかりすぎる。共同で部品をストックする倉庫、ツールがあって、作業するための場所、ひとが集まって情報交換できる場所があるといい。

### 7.5 計算機教育に使うとしたら

X-端末と比べると、環境設定/管理の手間がかかる。security の心配もしなくてはいけない。だが、教育効果を考えるとやってみたい。バランスをよく考える必要がある。PC と UNIX 系 OS をセットで安価に

販売/サポートするサービスがあってもよさそうだ。

## 7.6 将来展望

半導体技術の発展により、計算機のダウンサイジングはもうしばらく続きそうである。メインフレーム、ワークステーション、パソコンと来ると5年先には個人用計算機はゲーム機と一体になっていそうだ。ファミコンのカセットでUNIXが動いてもいいではないか。

## 8 まとめ

BSD系UNIXが動く速くて安いパソコンが手に入るようになったので、購入した。使い始めて6ヵ月だが、ダウンもなく安定稼働している。OSをふくむ全ソースプログラムが公開されていて、改良/勉強ができるのはうれしい。ソフトウェア開発環境としてもいいし、演算能力が高いので計算用にも使える。

個人が使いこなしていくには勉強すべきことも多いが、十分見返りもあり、楽しいと思う。ネットワークのおかげで協力も得やすい。好みの環境に変えられるというパソコンならではの『自由』を大切にしていきたい。

いろいろ相談にのってくれた東工大の大野博之さんと松田林さんに感謝する。

## 参考文献

- [1] Pentiumファミリー ユーザーズマニュアル下巻, アーキテクチャーとプログラミング, インテルジャパン株式会社.
- [2] 前野 年紀, 太田 昌孝: パイプラインとキャッシュを活用するためのプログラミング技法, 第35回プログラミングシンポジウム報告集, 情報処理学会, (1994), pp.31-42.
- [3] 前野 年紀, 村上 弘: パソコンの行列乗算性能について, 第58回HPC研究会資料, 情報処理学会, (1995), pp.45-50.
- [4] 寒川 光: RISC超高速化プログラミング技法, 共立出版株式会社, ISBN 4-320-02750-7 (1995).

本 PDF ファイルは 1996 年発行の「第 37 回プログラミング・シンポジウム報告書」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトに、下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載し、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

[https://www.ipsj.or.jp/topics/Past\\_reports.html](https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html)

#### 過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場 (=情報処理学会電子図書館) で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者 (論文を執筆された故人の相続人) を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 ([tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp](mailto:tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp)) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間： 2020 年 12 月 18 日 ~ 2021 年 3 月 19 日

掲載日： 2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>