

# 使用者自身が拡張する辞書を持ったCAIレッスン

徳島大学工学部 山本米雄 東條 隆  
Yoneo Yamamoto Takashi Tojo

はじめに

第5世代コンピュータの応用の一つとしてCAIがあげられている。CAIは今後の発展が期待され、また技術的にも、社会条件として整ってきたように思われる。しかしCAIの一番の決め手となるレッスン(コースウェア)の基礎概念でさえも、まだ解決されていない。例えば、CAIの最大の特徴である「個別化学習」とはどういうものかという基本的な事柄さえも、CAIでは進んでいるといわれている米国の研究も含め、まだ分かっていないのが現状である(文献1)。

筆者らはCAIに着目し、現場での普及、教育で計算機を用いることの特异性を考え、パソコンによるCAIを目指し、手軽で鉛筆代りに使える道具として、CAIの研究を行ってきた。本報告では、特にこの個別化学習について焦点を絞り、我々の提案を行う。

## 1. 伝統的CAIとnew wave

### 1.1 CAIの分類

G. L. Bryan(文献2)によるCAIの分類もあるが、ここでは文献3, 4の分類に従う。

- 1) ad lib型
- 2) Game & Simulation型
- 3) ad hoc frame oriented型
- 4) 知識ベース型:
- 5) Q&A型
- 6) 知識獲得型

### 1.2 伝統的CAI

伝統的CAIに対する批判は、主として3)のad hoc frame oriented型に対してである。

アドホックというのは、「その場限りの」という意味があり、フレームとはここでは画面とみなしてよい。すなわち、この型は画面により、次の行先の画面が決まり、以前の画面(学習)に影響されないことを指す。これはスキナーのプログラム学習の流れをくむものである。

この伝統的な方法における学習プロセスの個別化とは、あらかじめ用意されたデータと、その出力制御を行う論理によって実現されてきた。特にその制御の判断基準は、CAIレッスン使用中における使用者の入力に関するものが普通で、技巧化されたものでも、使用者の過去の履歴を参照する程度である。逆に言えば、CAIレッスンの個別化に関する情報を、レッスン中の直接的対話でのみしか得られないことになる。

ここで我々が提案するCAIの個別化の実現方法はCAIレッスン中の使用者の入力に加えて、使用者自身の知識をシステムのデータベースに付加していく形をとり、使用者各自に、個別な学習プロセスを可能としようとするものである。

### 1.3 new wave

我々のCAIレッスンの考え方を述べる前に、新しいCAIの流れをまとめておく。そして我々の位置づけも合わせて述べておく。

#### ア) インテリジェントCAI化 (ICAI)

CAIにAIの成果を取り入れようとする動きは、以前からあった。SCHOLARから始まり、BUGGY, GUIDON (文献5, 6, 7)等がそれである。それらの特徴を以下にあげる。

- 1) 知識構造をもつ
- 2) 相互主導型の対話が可能である
- 3) 詳細な学生モデルを持つ

特に、CAIをインテリジェント化するとは、「レッスンプログラムに何を教えるべきか、なぜミスをやったかを理解させる能力を持たせる」ことである。ICAIは少くとも現時点では研究室から外に出ていない。これは、ICAIが極めて高価であるためであろう。

#### イ) 教育理論面から

スイスの発達心理学者ピアジェの理論を背景に登場してきたLOGO (文献19)に代表されるように、ad lib型使用法が現在流行している。これは学習プロセスを重視したものである。

その他に、ウ) computer literacy エ) multisensory オ) interactive graphics カ) EL (Electronic Learning)等があるが、ここでは省略する。

### 1.4 我々のCAI研究の特徴

#### 1) パソコンを用いる

- ・教育現場で、鉛筆代りに使える。
- ・手づくりのデータベースを目指す。

#### 2) 広い意味でのCAIを対象とする。

- ・使用者とコンピュータを含めた環境としてCAIをとらえる。
- ・教材科目の教授だけでなく、基本的能力の開発や相談・同合せシステムもCAIとしてとらえる。

#### 3) end userを対象として、レッスンの開発を行う。

- ・専門家が使う、ツール作りでなく、またCAI言語作成よりも、現場で役立ちまたは教育現場を喚起するようなレッスンの開発を目指す。

## 2. 個別化

### 2.1 個別化とは

前述したように、CAIに対する最大の期待の一つは、教育の個別化という点にある。これは、現在の一斉授業では補いきれない一人一人に合わせた教育を行おうというものである。特に、CAIでは個別化は、生徒各自の知識や能力に応じて各自のペースを進行させていくこととしている。むしろ、ここで言う学習のペースは、単に時間的な意味のみではない。言い換えれば、個人個人に合わせた学習プロセスを用意することである。

それでは、CAIはこの個別化という点において、いかなる役割を演じているのか考えてみる。残念なことに、米国の論文(文献1)でも述べているように、個別化の本質については何も分かっていないのが現状である。ここではまず、CAIの系から考察してみる。CAIの系はとりもなおさず使用者の学習環境としてとらえることができる。重要なことは、使用者をも含めた系でCAIが考えられなければならないことである(図1参照)。一般に計算機のプロセスを特に問題としてきた情報処理分野でも使用者との対話性の重視からマンマシンインターフェースという言葉が生まれ、使用者に目が向けられはじめた。さらに、CAIでは、インターフェースはもちろん使用者側の内部状態の変化も考えなければならない。そして広い意味での人と計算機の相互作用を重視する必要がある。さて、使用者と計算機の相互作用によって個別化は深められていくのであるが、特に、使用者と計算機、どちらが個別化に寄与するかという点でCAIを考えると次のようになる。

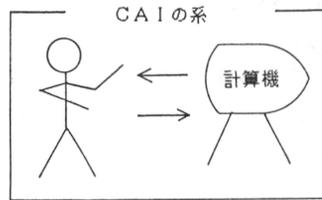


図1. CAIの系

### 2.2 計算機による個別化

計算機によるものでは、「次に何を学習するか」といった学習プロセスの制御に関することはすべて計算機の役割であり、生徒は提示される出力を見てそれに応答するだけである。これは多くの誤解のもととなる「CAIは教師の代り」という言葉を如実に表すCAIの一面を呈する。ここでは学習の達成目標といったものは、CAIのレッスンを選択した生徒(あるいは受けさせられている生徒)が意識しているというよりも、CAIレッスンの方にあると言えるだろう(図2参照)。

「計算機が学習目標を持っている。」

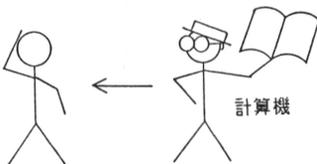


図2. 計算機による個別化

「使用者が学習目標を持っている。」

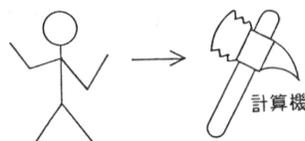


図3. 使用者による個別化

### 2.3 使用者による個別化

一方、計算機実習で計算機を使用する場合のように、toolや環境としてCAIをとらえると、個別化は、使用者が担うことになる。使用者は問題を解く手段として計算機を利用するため、「次に何をやるか」といった制御はすべて自分で行わなければならない。言うまでもなく、使用者が学習の達成目標を持っているわけで、CAIは使用者の入力に対して特別の制御は行わない。教師側がこの種のCAIを用いる目的はプログラミング技術の修得といった表面的なものほかに、「LOGO」にみられるように数学的センスといった基礎能力の開発にもあることに留意する必要がある(図3参照)。

### 2.4 双方による個別化

最近のCAIは小さいながらもデータベースを持っている場合が多い。いわゆるデータベース指向型CAIなどでは、学習プロセスの個別化が、使用者と計算機の双方で見られることがある。使用者は、ある意味では計算機を道具としてとらえているわけであるが、計算機は地理用、理科学、英語用といった具合に学習の目標を持ち、これを達成しようとする。使用者と計算機双方が学習の達成目標を持ち、学習プロセスの個別化を進めて行くのである(図4参照)。

「使用者と計算機が学習目標を持っている。」

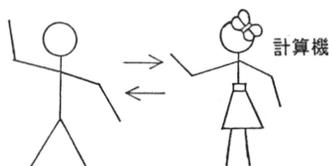


図4. 双方による個別化



図5. 使用者の知識に基づいたCAI

### 2.5 個別化の実現法

次に、計算機の中ではどのような手段が用いられるかを考えてみる。一つの手段は、学習プロセスを分析し、可能なかぎり詳細にプログラムとして記述するのである。計算機には、指導の手引き、教材といったものが符号化されて用意されることになる。学習プロセスをプログラムにおとす時点で問題となるのは、プログラムの技巧の点である。学習の場面場面をコマ切れにして詳細化を計ると同時に、最近では、プログラム自体をインテリジェント化することが試みられている。単に、使用者の入力を教授制御論理に取り込むのではなく、使用者の入力からモデルを作成し、これに基づいて、「次に何を教えるべきか、なぜミスをやったか」を理解する能力をプログラムに与えようとするものである。

多くの場合、個別化に使用者の入力データが用いられる。特に、入力データとしては個別なデータが重視される。個別データは、従来、次の二つの方向で利用されている。一つは、学習プログラムの制御に用いるのである。この場合、個別データは計算機によって積極的に使用者から引き出される。質問やその他の方法で引き出された正誤や学習の履歴は、使用者の学習の状態を判断するのに利用される。また、個別データは、計算機に対する命令としても捉えられる。アドリブ型やゲーム・シミュレーション型のCAIでは、使用者は種々の規則に従ってすべての制御を命令しなければならない。制御に関する事柄が利用者に委ねられているからといって計算機側は何もしなくてよいと言うわけではない。ここでは、命令の教育的正当性・有効性が問題となる。これは、この種のCAIが命令やその使用技術の修得よりも、その命令の背景となる基礎概念や基礎能力に重きを置くためである。

より技巧的ではあるが、利用者の能力に応じてやさしいレベルから困難なレベルに段階的にCAIが作成される。これらは、弱い部分にスポットを当て、これを強化しようというものである。

### 3. 使用者自身が拡張する辞書を持ったCAIレッスン

#### 3.1 使用者が拡張するデータベース

前述のように、個別化を実現する手段の一つとして、個別データが用いられている。ここでは、個別データは学習プログラムの制御やCAIに対する命令として利用されてきた。

我々は個別データとして、使用者の知識を引き出し、これに基づいて教材を生成するCAIを提案する。言うならば、使用者の知識を「素材」としてCAIで活用しようというのである。使用者の知識の範囲や深さは使用者1人1人違う。従って、これを用いて出力やその制御を行うCAIレッスンは、自然と使用者の能力に合せたものになる。言い換えれば、本来、個別なものを土台にしてレッスンを行うわけであるから、その学習プロセスはおのずと個別なものになってくる(図5参照)。

特に、我々は使用者の知識をパーソナルデータベースに蓄え、CAIのレッスン中に逐次これを拡張していくことを考えている。これにより、使用者の成長にしたがって、CAIレッスンも成長することになる。

そして、使用者の知識のデータベースを、個々のCAIレッスンと独立しておくことが考えられる(図6参照)。そうすることによって、複数のCAIレッスンで使用者の知識を利用することが可能である。この場合には、データベースの拡張は個々のCAIレッスンでそれぞれ行われる。一つのレッスンで使用者の成長に合わせてデータベースの拡張がなされると、別のレッスンにもその拡張の効果が波及していく。つまり、いくつかのレッスンはデータベースに使用者の知識を引き出し拡張する能力を持っていなくとも、データベースの個別化による恩恵を受けることができるのである。また、データベースを独立しておくことによって、誤って蓄えられた知識を容易に取り除くことができる。CAIを管理する先生は、訂正や保守、学習状況の把握が別のプログラムで行なえる。

さらに、データベースがしっかりしていれば、それにアクセスするCAIレッスンは特に技巧をこらさなくとも、比較的簡単なもので十分個別化が達成される。これは、すでに述べたように本来個別なものを土台としているためである。

我々は現在、使用者の知識として単語およびそれらに関するものを取り上げ、これをパーソナルデータベースに辞書として蓄えることを考えている。個々のCAIレッスンは、使用者が各自作り上げ拡張している辞書を「素材」として教材を作成する。具体例は次節で述べる。

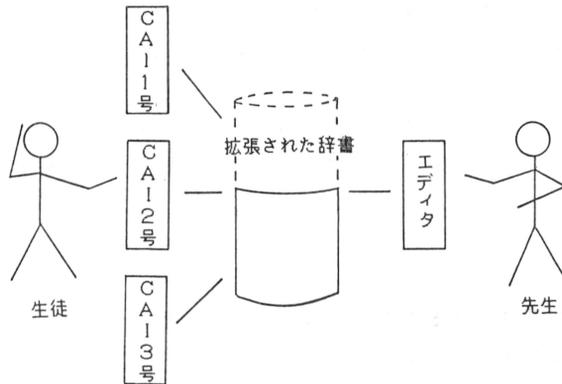


図6. CAIの概観

### 3. 2 英単語しりとりゲーム概要

#### a) 概要

「しりとり」は誰でも知っている言葉遊びである。この遊びを英単語に拡張し、教育用ゲームとしてパソコンにインプリメントした。これが「パソコンによる英単語しりとりゲーム」である。このゲームでは、遊びながら英単語の学習が行えるように配慮してある。ただし、ここで扱う英単語学習は、「見て意味がわかる」ではなく、「綴りまでわかる」単語力を養うものである。また、このゲームは、遊べば遊ぶほどその人個々のゲームとなっていく特徴を備えている。

これらの点で、この英単語しりとりゲームは、従来のCAIとして市販されているものと一線を画する。

#### b) 英単語しりとりゲームのルール

このレッスンでは次のルールに従うが、自分達のルールを設けてもよい。

(一) スペリングでしりとりをする。

例えば、cat → table → even... と、最後の文字についてしりとりを行う。

(二) 単語の末尾の特殊文字は、無視して行う。例えば、Mr. は . を無視してrから続ける。

(三) スペリングの先頭、末尾の大文字、小文字の区別はしない。例えば、l i t t l e → E n g l i s h →、逆に、U F O → o p e n →、でもよい。

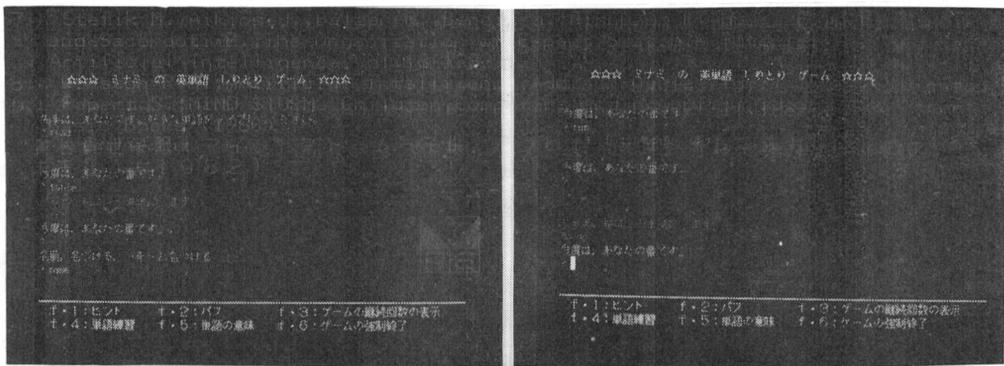
(四) 末尾に用いることが禁止されている文字はない。

日本語のしりとりでは、「ん」で始まる単語がないために、末尾が「ん」となる単語を禁止している。英単語しりとりではこのような制約を用いていない。

これ以外の点は日本語のしりとり準拠している。

#### c) 使用機種、記述言語

NEC PC-9801とPC-8801上で動く。プログラムはBASIC言語で記述した。ミニまたは標準フロッピーと高解度なCRTディスプレイが必要である。



(a)

(b)

写真1. 英単語しりとりゲームのCRT画面

#### d) 遊び方

レッスンが始まると、まず、タイトルが表示され、次に、先手、後手の決定画面に変わる。ここで、H e l p キーを押すと乱数が発生され、先手、後手が決められる。引き続きゲームに入るが、前述のルールに従って進行していく。写真はしりとりの一画面であるが、下二行のファンクションキー ( f ・ 1 ~ f ・ 6 ) について説明する。

##### (一) f ・ 1 キー：ヒント

生徒が入力につまった場合、本当はこれで生徒の負けであるが、ヒントキーを押すと、ヒントがでてくる。

写真1 ( a ) では、 e v e n の後、ヒントキーを押し、「名前、名づける、・・・を〜と名づける」というヒントを得ている。そして生徒が n a m e と入力した所である。すなわちヒントは、次に入力できる単語の意味が画面上にでてくるようになっている。

##### (二) f ・ 2 キー：パス

生徒が入力につまった場合、パスすることができる。

##### (三) f ・ 3 キー：ゲームの継続回数の表示

ゲームが長く続けば、続くほど、単語力があると言える。このキーを使えば、ゲームで何回やりとりができたか、さらに生徒のパスも表示される。日本人で、三百回以上続けた人があるがほとんどの人は、百回以内で負けてしまう。

#### (四) f・4キー：単語練習

このキーで、英単語しりとりゲームを休止し、画面は単語練習モードに変わる。このモードでは、スペリングの練習をキーボードを使って行える。ESCキーでゲームを再開し、続けることができる。

#### (五) f・5キー：単語の意味

パソコンが答えた単語の意味を知りたいければ、このキーを押すと、意味が表示される。  
e) いつ辞書が拡張されるか

#### (イ) 生徒が入力した単語が辞書にない場合

ゲーム中にパソコンの知らない単語を入力すると、「この単語は、私の記憶にありません。・・・」とメッセージが出力される。この単語が正しい単語ならば、生徒の勝ちである。生徒はパソコンに勝ったのである。さらに「Y」を押すとパソコンはこの単語を自分の辞書に登録し、記憶する。次のゲームでは、パソコンはこの単語を使う。このようにしてパソコンは生徒の知っている単語を次々吸収して「賢く」なっていく。

#### (ロ) パソコンの辞書にしりとりを続ける単語がない場合

この場合も生徒の勝ちである。生徒にその続きの単語がわかるときには、パソコンに入力してやるとよい。その単語も辞書に登録される。

#### f) 辞書による個別化

前述のように、パソコンは負けるたびに強くなっていく。ここで大事なのは、単語を教えるのが、ゲームで遊んでいる生徒自身であり、新しい単語を教えるたびに、その生徒だけのゲームになっていくことである。いいかえれば、辞書による個別化である。また、辞書部は本質的にゲーム部分を処理するプログラムと独立なので、これを他の目的、すなわちパーソナルディクショナリーとして使用可能である。

#### g) 使ってみての感想

本レッスンの開発当時、最初試験的に、核になる辞書を40単語にし、研究室で学生に自由に使用させた。単語登録機能がおもしろらしく、たちまち500単語までになった。そして、パソコンが負けることが少なくなり、約一週間で、1000単語まで登録された。こうなるとほとんどの学生が負けてしまう。しかし、異なる学部 of 学生等が行うとまた新しく、少しづつであるが登録されていく。個人によって、学部などの集団によって、スペリングまで知っている英単語の語いの違いが感じられた。それらのことを通じて核となる辞書は始めから完璧なものを与えるのではなく、学年に応じて、適当なものを最初準備するのがよいということが経験的に分かった。

現在のところ、英単語の最大語数にミニフロッピーで約1200単語、標準フロッピーで約4000単語であるが、工夫次第で、また用途によっては2~4倍の量まで可能である。英会話センター等で使用してもらい、さらに英語を母国語とする人々よりアドバイスを受け、現在では、

・英一英版(高校生以上向きで、全て英語で説明)

・last but one(最後から二文字目)で、しりとりをする(最後の文字がe, n, t等で終る単語が多いため)。

の二つのバージョンを開発している。辞書は必要に応じて作成している。辞書作成・維持用(誤って登録された単語の削除等、辞書情報の管理のための)プログラムも備わっている。

### 3.3 その他のしりとりゲーム

前述の英単語しりとりゲーム以外に、

1) 日本語ひらがなによるしりとりゲーム

内容は動物、植物等の名前、小学低学年用

2) 日本語漢字熟語によるしりとりゲーム

ひらがなで入力するが、対応する漢字熟語が現われ、しりとりをする。小学高学年用、中学、高校、一般向き。  
のレッスンを開発している。

おわりに

・教えるから楽しく学ぶへ

CAIはComputer Assisted Instructionの文字が示す通り、「教える」である。しかし昨今の教育・社会事情をみると、教師から一方的に教えるのではなく、生徒が「学ぶ」しかも「楽しく学ぶ」という学習方法を指向する必要がある。CAIは、まさにそれであって計算機で、「教える」のではなく、計算機を通して、「楽しく学ぶ」領域だと思う。

・CAIレッスンの三要素

それでは「楽しく学ぶ」ためにはレッスンの開発に際して、どのような注意が必要か、それはやはりレッスンの三要素をうまく生かすよう工夫すべきである。

(一) 対話性(双方向性)

(二) 個別性

(三) 意外性

以上の三要素について詳しくは省略するが、大体の意味は言葉から察せられよう。ここでは、個別性について少し考えてみた。

最後に、情報処理技術者がこのCAIの分野に関心を持たれ、積極的に参加して下さることを望む。特に若い人々を歓迎したい。

### 参考文献

- 1) Kearsley G., Hunter B. and Seidel R.J.; Two Decades of Computer Based Instruction Projects: What Have we Learned?, T.H.E. Journal, January (1983)
- 2) Bryan G.L.; Computer and Education, Computer and Automation, March (1969)
- 3) 山本米雄: マイコンによるCAIコリキュラム開発について, CAI学会誌 Vol. 3, No. 2~3 (1983)
- 4) 山本米雄: 私のCAI論1~2, ファミリーCAI, Vol. 2~3 (1983)
- 5) Carbonell J.R.; AI in CAI: An Artificial Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction, IEEE Trans. Man-Machine Systems, Vol. MMS-11, No. 4, December (1970)
- 6) Clancey W.J.; Tutoring rules for guiding a case method dialogue, Int. Jour. Man-Machine Studies, Vol. 11 (1979)
- 7) Bobrow D.G. and Collins A.; Representation and Understanding Studies in Cognitive Science, Academic Press (1975)  
淵一博監訳 人工知能の基礎 近代科学社 (1978)
- 8) 山本, 川上, 森崎: CAI向き言語 T (1), (2), インフォメーション, Vol. 2, No. 6, 7 (1983)

- 9) 東條, 山本, 坂本, 川上: パーソナルコンピュータによる履習科目相談システム, 第8回全日本教育工学研究協議会, 徳島鳴門大会 (1982)
  - 10) 東條, 山本, 坂本, 川上: パーソナルコンピュータによる相談システム - Course Guidance System (COGS) の開発 - 電子通信学会教育技術研究会 ET82-8 (1982)
  - 11) 東條, 山本, 坂本, 川上: Course Guidance System (COGS) における相談過程, 第8回CAI学会研究発表大会論文集 (1983)
  - 12) 山本米雄: パソコン学習ソフトが備えるべき要件, 学習コンピュータ 昭和58年11月号 (1983)
  - 13) Koffman E.B. and Perry J.M.; A model for generative CAI and concept selection, Int.J.Man-Machine Studies (1976)
  - 14) Kearsley G.; Authering Systems in Computer Based Education, Comm.ACM, July (1982)
  - 15) Chambers J.A. and Sprecher J.W.; Computer assisted Instruction: current trends and critical issues., Comm.ACM, June (1980)
  - 16) Teitelman W.; A display oriented programmer's assistant, Int.Man-Machine Studies (1979)
  - 17) Stefik M., Aikins J., Balzer R., Benoit J., Birnbaum L., Hayes-Roth F. and Sacerdoti E.; The Organization of Expert System, A Tutorial, Artificial Intelligence, Vol.18 (1982)
  - 18) Winston P.H.; Artificial Intelligence, Addison-Wesley (1977)
  - 19) Papert S.; MIND STORMS Children, Computers and Powerfull Ideas, Basic Books (1980)
- 奥村費世子訳: マインドストーム - 子供, コンピューター, そして強力なアイデア  
未来社 (1982)



本 PDF ファイルは 1984 年発行の「第 25 回プログラミング・シンポジウム報告集」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>