

26. 将棋ゲームの指し手の理解モデルとオンライン処理について

電子技術総合研究所 ソフトウェア部 坂本義行

電気通信大学 電子計算機学科大学院 佐藤雅之

0. まえかき

このゲームを考えつくまでの経過を述べてみよう。日本語の計算機による処理を考えているとき、言語と将棋の比較の話思い出した。確かつぎのような比較が述べられていたと思う。

形態論 - 駒の動き (駒の働き)

統辞論 - 駒組、戦法

意味論 - 詰める (必死、詰めの手順、終盤の技法)

音韻論 - 手順の分析、統合による形態論への導入

ここで思い出されるのが、スイスの言語学者ソシュール (F. De Saussure) の一般言語学論義 (Cours de Linguistique générale, 1916) の中で語られている言葉「想像しうるすべての比較のうちで、最も適切なのは、言語の営と将棋の勝負とのそれである」(小林英夫訳)である。勿論ここでの将棋とはチェスを指している。

自然言語における意味の定義と比較して、少なくとも処理結果(ゲーム終了時点; 詰み)における評価は明確であるという点に興味がかかれたのと同時に、チェスに比べて将棋についてのプログラム化は2, 3の報告を除いて、その明確な手法の報告がなされていない。さらに、TSS画像端末による日本語(漢字)の表示が容易に行なえ、concurrent file 処理が可能なシステムが利用できるということから、人間が学習するための将棋QAシステムを試作してみようと思いついたのが、このプログラム開発の動機である。

1. 将棋ゲームの概念

1.1. ゲームの特徴

将棋のゲームはチェス等と同じように完全情報下での二人ゲームであると考えられる。通常その評価(将棋では終局における詰み)は他のゲームと同様に明確に定義されている。しかし人間同士の戦いでは、その途中での勢力パターン評価(形勢判断)は経験則による局面の評価と予想手における最善手順の発見といった非常に複雑な評価基準でゲームが行なわれていると考えられる。

つぎに人間同士の対戦における特徴を列挙してみると、

3種の大きな局面

- 序盤(先手と後手の駒がぶつかりあうまで) - 基本的な駒組として、玉の用い方(美濃囲い、穴熊)戦法(棒銀、中飛車)といった定石を選択して、指し手を進める(手順ファイルの探索)。
- 中盤(aからcの局面へ移るまでの間) - 駒得(持駒の比較)、部分局面の勢力パターン評価(弱点の発見)といった独自の局面評価法を用いる。
- 終盤(王手のかかる筋かできる) - 寄せ、必死(つぎの指し手から即詰となる)、即詰(王手の連続で詰ます、例; 詰将棋)といった終局までの予測手順が発見される局面。

勢力パターンの評価のレベル

やや指しやすい → 有利 → 有勢 → 勝勢 → 必勝形 → 勝ち
 といった評価により、その戦法が変わる。

評価の基準

- ①駒得 ②王将の安全性 ③弱点 ④効率

手順における探索木

- a. 指し手に対して長期的な戦略がある：一直線的な先読み（数十～数百の深さでも局面は100～150）。
- b. 最初から悪手は指さない（前向き枝刈り）：すなわち、目標指向型の探索を行なっている。

さらに、対戦における相手の心理を読む、あるいは棋士の棋風といったことが考えられる。

これをプログラム上でどのように表現するか問題点といえよう。また、その意図するところか、人間の思考過程の研究か、あるいは競技用のものかによっても、そのプログラム化は異なったものとなるであろう。

1.2. 将棋とチェスゲームの違い

将棋ゲームのプログラム化をすすめるにあたって、同一の祖先から分離したチェスと将棋には多くの共通点と全く異なる部分がある。チェスについては、す

第1表 将棋とチェスの比較

	将 棋	チ エ ス
規 定	禁手 二歩 打ち歩詰め 十日キ 行き所（働き域）なき駒は打てない 成り駒 成れる位置にいても、成り不成りは自由（たごし、働き所のない場合を除く） 持将棋	pawnは縦に2つあってもよい 打ち駒はできない stale mateになると引き分け pawnはrank 2～rank 7まじりにしか存在できない pawnのqueening boardの端のrankに達したpawnはqueen, rook, bishop, knightのどれかにならなければいけない
駒の働き	盤面は 9 × 9 駒数は 40 個 先手、後手とも { 歩 - - - - - 9 香, 桂, 銀, 金 - - 2 飛, 角, 王 - - - - 1 働き域が対称形なのは飛, 角, 王のみ 歩, 香は前方にしか進めない 持駒はどこにでも打てる（置駒がなくかつ働き域がない場合を除く）	boardは 8 × 8 menは 32 個 white, black とも { pawn - - - - - 8 rook, knight, bishop - - 2 queen, king - - - - - 1 各駒の働きはpawnを除いて対称形 pawnの動きは複雑（en passant等） kingとrookの間にはcastlingが可能

で、世界的に計算機を用いた対戦が行なわれており、かなり強いプログラム棋士が出現し、その内容についても報告が行なわれている。しかし将棋のプログラム棋士については、日立で作成された詰将棋を指すプログラム⁽¹⁾、と玉川大学の将棋対戦を行なうプログラム⁽²⁾等、非常に少なく Computer 対 Computer の対戦等については情報が得られていない。そこでチェスと将棋における基本的な違いとして、禁手と駒の働きについて比較を行なった。これを第1表に示す。

2. 詰将棋の基礎的知識

前章で述べた将棋の戦法の終盤に相当する「寄せ」の部分であり、ゲームとして独立して play が行なえる。それは必ず詰む将棋ゲームであるという点が重要である。その種類も手数の違い、問題が字に、解くと字となる（アブリ出し）といったものがあり、さらに形にとらわれず「好手（うまい手）」が含まれている。すなわち妙手、奇手、名手、軽手といった表現が使われており、うまい詰将棋は「捨て方の美」と言われているが、これが評価の基準をなすと考えられる。

2.1. 詰将棋の規定と解釈

- A. 王手の連続で玉を詰ますこと
攻め方は必ず指した駒の働き域（後述）内に玉があるように指す。
- B. 攻め方は最短手順で詰めること
単一局面では判定不可能である。
- C. 玉方は最長手順を選ぶこと
単一局面では判定不可能である。
- D. 両方の置き駒と、攻め方の持駒以外は全部玉方で使ってよい
- E. 二歩を打ってはいけない
持駒を打つとき同じ列に置き駒としく歩があるかどうかをチェックし、歩がある場合は無効手（打てない手）となる。
- F. 打ち歩詰はいけない
攻め方が持駒の歩を打つ時、詰みと判定される手は無効手である。
- G. 駒の働き域のないところに桂、香、歩の駒を打つことはいけない
桂、香、歩は置駒、持駒に限らず、次の手が働き域をもたない場合は無効手である。
- H. 十日手なら詰まない
手順の一部が繰り返される指し手は無効手である。

2.2. 局面と連係動作の評価

詰めるためには、個々の局面での戦場（各駒の働き域と詰め状態）の評価と攻め方の連係動作、すなわち駒の組合せ手順の評価法を決定する必要がある。

- 詰め状態の評価とは、玉の動ける領域を狭くすることであり、そのためには、
- 1) 駒の働き域は大きくなるように指す（成り駒をつくる）
 - 2) 攻め方は王手の駒が玉方にとられないように指す、（玉方の駒の働く範囲）
 - 3) 玉方が攻め方の駒をとることにより、玉の逃亡域をせまめるように指す
 - 4) 初期状態として戦場を限定する
 - 5) 持駒は全部使用しなければならない

- 6) 置駒を除く、とった駒は使わない
 といった要素が考えられる。さらに全体の戦術としての連係動作には、
- 1) 置駒と持駒との連係手順
 - 2) 主駒(攻めの中心となる駒)と助け駒を識別する
 - 3) 捨て駒の発見と、その結果としての詰めの状態を評価する
- といった手順が考えられる。

2.3. 指し手の基本的な判定法

ゲームとは、初期局面を設定し、対戦の仕方(mode)を決定することによる情報を付加(何手話)した後、攻め方より指し始め、攻め方、玉方共に最善手を指し玉方の玉が詰みと判定されることによりゲームは終了するものとする。この最善手の候補となる指し手を攻め方、玉方について列挙してみると、

A. 玉を詰ます(攻め方)

- 1) 攻め方の次の手が王手となる指し手。
- 2) 次の手により、攻め方の他の駒が王手となる局面を作る指し手(あき王手)。

B. 玉が詰まない手(玉方)

- 1) 玉が逃げる場合(攻め方の駒をとる場合を含む)。
 玉の働き域内であつ玉方の駒のない位置のうち、攻め方の全ての駒の働き域外。

2) 合駒をする。

玉方の次の手が王手の筋をしゃ断する。

すなわち、Bの可能な指し手がない局面を詰みとする。

なお、詰め手順における例外的なものとして、

- 1) 左右対称の駒組には対称の詰め方がある。
- 2) 詰みの前の攻め方の指し手は手数が同じであれば、いずれも正解である。
- 3) 詰み筋の変わらない合駒は無効である。

等がある。

3. プログラムの構造

3.1. オペレーション・プログラム

3.1.1. 初期局面の設定—初期の局面を設定するためには、盤の設定、駒の表現、指し手の表現、ファイル管理を行なわなくてはならない。

盤は縦9列、横9行から成り、先手(攻め方)を下方、後手(玉方)を上方とする。持駒は盤の右側に攻め方、左側に玉方として画面上に表示する。(第1図)

駒の表現は第2表のように2桁の教で表現した。先手と後手は独立した数字を与える。後手は先手の同種の駒の値に50を加えた数を用いた。

	歩	杏	桂	銀	全	王	飛	角	と	成	成	成	竜	馬
先手	01	02	03	04	05	06	07	08	11	12	13	14	17	18
後手	51	52	53	54	55	56	57	58	61	62	63	64	67	68

第2表 駒の表現

指し手は駒の盤面での位置を列(I)、行(J)、駒の値(L)と同種の駒の選択(S)で表現した。

持駒の表示は、先手の持駒(I=0, J=1), 後手の持駒(I=1, J=0)とし、選択の種類は、直(F), 引(B), 上(N), 下(O), 右(R), 左(L), 寄(A), 入(I), 行(G), 打(P)

例; 先手 7六歩 → 76o1

後手 2三銀打 → 2304P

ファイル管理は詰将棋を何局か蓄積検索するためのものであり、その構成と大きさについて述べる。詰将棋約200題、最大手数13手を収めるものとして設計した。1題分を1レコードとして固定長で蓄積する。1レコードは50ワード(W)から成り、1Wは4キャラクタ(ch)から成る。蓄積される内容を第2回に示す。検索は題目、手数といったフィールド単位で行われる。

3.1.2 入力管理

新しい詰将棋や人間が介入して指す場合の管理を行おう必要がある。1打鍵(駒の位置、駒の値、同種駒の選択)の入力形式は前述の指し手の表現で述べたIJLSの連続した5文字で入力する。ただしSは空であってもよい。

初期局面の入力は、玉方の駒、攻め方の駒、持駒、正解手順の順に打鍵し、正しく入力されたことを確認した後、その問題をファイルに蓄積する必要がある。題目、手数、難易度を入力することにより内部表現(From-To 手順)で蓄積される。

3.1.3 対戦の仕方(mode) - 詰将棋について

将棋ゲームをComputerで行うには次の4種類の方法が考えられる。

- 1) Computer 対 Computer
- 2) 後手方が Human 対 先手方が Computer
- 3) 後手方が Computer 対 先手方が Human
- 4) Human 対 Human

1)では1種類のプログラムが初期局面を与えられることにより正解を発見し出力する場合と2種類のプログラムの間で対戦する場合がある。2), 3)では玉方が攻め方のいずれかを人間が指す場合で、人間の誤った指し手に対する最善手を発見しなければならない。4)は、人間同士の対戦を表示するのみであるが、TSS環境下でConcurrent fileを利用して遠隔操作による対戦が可能である。

3.1.4 画像の制御

TSS画像端末により局面を表示するには、Tosbac 5600 FORTRAN-Yをホスト言語としてTSS環境下で働くPLOT-10というグラフィックソフトウェアを用いている。駒を表示する漢字パターンは直線で分割された最大62個の座標で表わされている。1文字は文字パターンのファイル(3,000種の文字)から漢字番号で索引し、PLOT-10により表示する。なお、玉方の駒は漢字パターンを座標変換したものをを用いている。

3.1.5 駒の動き域の評価

ある位置におかれた駒が動き得る領域をその駒の動き域と考え、これを調べ

ANATA NO TEWA?
*2601

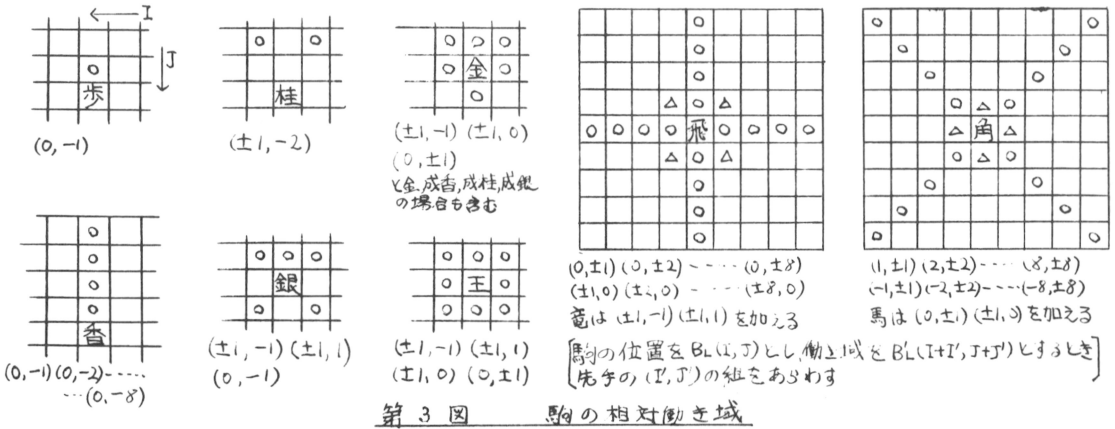
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
先手	皇	群	爵	王	王	爵	群	皇		一
持駒		歩					歩			二
	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩		三
										四
										五
										六
持駒	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	七
手影		角						飛		八
	香	桂	銀	金	王	金	銀	桂	香	九

第1図 初期局面の表示例

題目	手数	難易	攻め方の駒組		持駒	正解手順 (From-To)
			玉方の駒組	攻め方の駒組		

第2図 ファイル内部での1レコード

ために、その駒の値と現在位置をパラメータとしその絶対働き域を出力する。この各駒に対する絶対働き域は現在位置からの相対働き域(第3図)によって算出される。



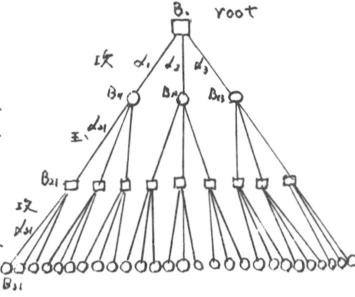
3.2 戦術管理プログラム (詰め将棋)

すべての手を調べる総当り法(しらみつぶし法)および部分だけ調べる場合の手法、基準、標識等を取り入るヒューリスティックなアプローチを検討してみる。

3.2.1 ゲーム手順の表現法

一般に、2人の対戦者が交互に手を指すいわゆる完全情報下でのゲームにおいては、適当な規則を付加してやれば、そのゲームで可能な全ての手順を考えたも有限個しかない。この様なゲーム手順を表現するのに普通ゲームの木を作る。

(第4図)の図では各真(○や□)を節真(node)と呼び、上下の各節真間を結んでいる線を枝(arc)と呼ぶ。節真 B_{11} は B_{21} の親であるとして、 B_{21} は B_{11} の子であるともいう。また子を持つ節真を葉と呼ぶ。一番上の節真を根(root)と呼ぶ局面の初期状態に対応させる。各枝は、その節真から指せる手に対応し



第4図
ゲームの木

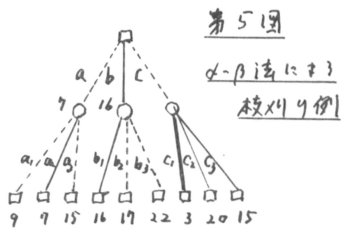
ており、その枝の下には、その手を指した直後の局面に対応する節真がある。□の節真は攻め方が次り手を指せる局面に、○の節真は玉方が次り手を指せる局面に対応している。詰め将棋等においては、平日手筈第2章で述べた例外を別にすれば、原理的には可能な全ての手を表示している木が作れるわけだが、実際にはゲームの木はかなり大きくなり、全部調べることは困難となる。

3.2.2 木の探索

木が大きくない場合、総当り法(これには縦形探索(Depth first)と横形探索(Breadth first)がある)による指し手の選択が考えられる。他方大きい場合には、いわゆる先読みによる手の選択が必要となる。この場合木の先端において勝負が決っている局面では何らかの評価値を与えねばならない。この評価値を基にして、minimax法等による最善手を選択する。この探索効率をよくするためには調べる枝の順序付けや枝刈りを行なう方法がある。このとき今手とられた局面Bに対する評価関数を f とすれば、 $f(B) = \infty$ (玉が詰んだ状態)、 $f(B) = -\infty$

(王が詰まなかった状態)と比較して $-\infty < f(B) < \infty$

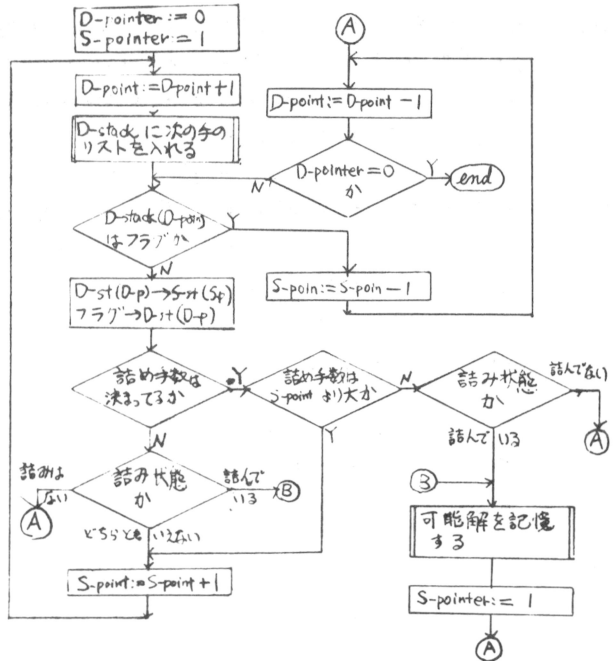
($f(B)$)が大きい程攻め方の最善手)を評価することは困難である。Minimax法では、すべての葉について評価を行うため、深さが増えるにつれて探索すべき節兵は指数関数的に増加する。これに対して順方向枝刈りでは、明らかに悪い手は最初から生成しない方法であり、逆方向枝刈りとしては α - β 法がある。この方法は、ある局面から次の手を評価するとき、次の手が悪手(refutation)であることを判別すると、それ以外の次の手を評価しない方法である。これは第5図における C_1 が悪手で C_2, C_3 の評価をせよと示すわけである。これは探索時間を短縮できるとし、完全順序付けされた節兵からなる木では、検査の深さを2倍にすることが可能となる。



3.2.3 詰将棋における総当り法による可能木の探索

詰めの手数が与えられて113の場合とそうでない場合が考えられる。

a) 与えられて113の場合 - 一端から順に縦形探索を行ない、手数の深さまで調べて詰めの判定を行ない、詰みならば可能解としてその局面までの手順を記憶しておく。手数の深さで詰みがないと縦形探索を中止し、同一の親をもつ他の枝をすべて探索する。次にその親を子にもつ親まで戻り他の子について縦形探索を続ける。このようにして可能解をすべて求めて記憶する。

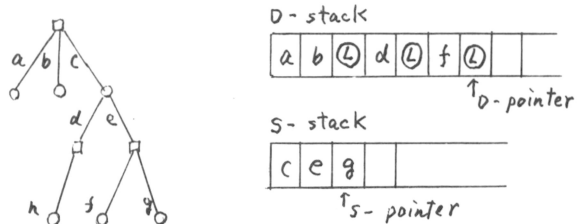


b) 与えられてない場合 - a)の場合と同様と同じであるが、手を選択する度にその結果として出来る局面について評価を行ない、その評価値 $f(B)$ が ∞ のとき $-\infty$ のとき ∞ の値になるまで縦形探索を続ける。総当り法での探索手順を第6図のブレイクダウン図を示す。

3.2.4 木の内部表現

未処理木の縦形探索用D-stackと選択手順用のS-stackを用いる。第7図の例により、その探索手順を述べて、まず初期局面をセットし、次の手のリストをD-stackに入れる。手eをS-stackに移しcの位置にレベルフラグ④を入れる。つぎにcの子dとD-stackに入れ、eをS-stackに移し、D-stackのeの位置に④を入れる。これを繰り返す。評

第6図 総当り法の探索手順図



第7図 総当り探索木の内部表現

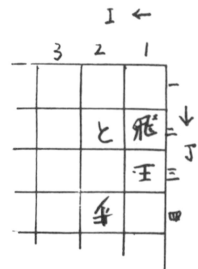
価は初期局面と S-stack により局面が再現され、可能解であると可能手順リストに記憶される。以下 D-stack より S-stack に移ったが評価を行ない D-stack が空になるまで繰り返す。

3.3 評価の方法

3.3.1 詰みの評価

詰みが成立するためには 2,3 の B における 1) 2) の可能な指し手が存在しないことを調べることである。

A. 3.1.6 の駒の働き域を検出するプログラムにより、各駒の $B_n(I, J)$ の働き域内にある路 $B'(I, J)$ のリストを作成する。



1) 王の働き域のリスト (I, J) 例; $B_{01}(1,3) \rightarrow (1,2)(1,4)(2,2)(2,3)(2,4)$

2) 王以外の駒の位置(玉を除く)のリスト 例; $B_{01}(2,4)$

3) 攻め方の働き域のリスト

例; $B_{07}(1,2) \rightarrow (1,1)(1,3) \dots (1,9)(2,2)(3,2) \dots (9,2)$

$B_{11}(2,2) \rightarrow (1,1)(1,2)(2,1)(2,3)(3,1)(3,2)$

B. 1) の B' の中で 2) の B があるところを除外する 例; (2,4) **第8図 詰みの例**

C. 3) の B' のリストから B と一致するものを除いた後、1) の B' の中から一致するものを除外する(玉が逃げられない路の除去) 例; (1,4)(2,3)

D. 3) の B と一致するものが 3) の B' の中にはあれば、それを 1) の B' から除去する。例; (1,2)(2,2) 以上で 2,3 の 1) についての評価が終了した。

E. 攻め方の駒の中に飛(竜), 角(馬), 香があるか 例; $B_{07}(1,2)$

F. その駒の B' に玉があるか 例; $B_{07}(1,3)$

G. B および B' の路を i_1, j_1 とすれば

$$B_{07} \text{ 又は } B_{11} \text{ では } |i_{07} - i_{06}| \geq 2 \quad \text{又は} \quad |j_{07} - j_{06}| \geq 2$$

$$B_{07} \text{ 又は } B_{11} \text{ では } |i_{07} - i_{06}| \geq 2$$

$$B_{02} \text{ では } j_{07} - j_{06} \geq 2 \quad (j_{07} > j_{06}) \text{ の条件も満たすものがある。}$$

以上の条件を満たす 1) の B' が存在しない場合を詰みと評価する。

3.3.2 詰み以外の評価(絶対に詰まない条件)

1) 攻め方の駒が 1 個しかない。

2) 玉が掛からない。

3) 攻め方の駒が 2 個以下で、玉の手での関係を保つていない。

4) 置駒が 1 個、と心駒がない持駒のみかある攻め方の状態。

以上のいずれかの条件が満足すると詰みがないと判定する。

4. あとがき

本報告では、詰み将棋での基本的な評価の分析にとどまり、評価に基づく、木の選択法には言及しなかった。それには盤面の評価、最善手順、手目手考の分析が必要である。総塔り法による実験結果から詰み将棋での特徴を抽出し、枝刈り手法を導入するつもりである。少くとも対戦(1手目)には、評価による枝刈りと定石プログラムの検索プログラムの付加によって付実現不可能と思われる。これ等の実験結果は 1 部発表の際報告した11と思う。

参考文献

- 1) 越智他; 電子計算機とゲームとくに詰み将棋をとりまわすプログラム, 第10回 PS 報告集, 1967. 1.
- 2) 渡辺武信; コンピュータ将棋対戦, bit Vol. 8, No. 5, 1976. 5.
- 3) A. G. Bell; Games Playing with Computers, George Allen & Unwin Ltd, London, 1972.



本 PDF ファイルは 1977 年発行の「第 18 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

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) 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>