

C言語教材における演習問題の難易度評価

6 P - 3

中村喜宏 桑原恒夫
NTTアクセス網研究所

1. はじめに

C言語教材を対象に演習問題の難易度評価について検討した。演習問題の難易度を定量的に評価することができれば、演習問題の設計法、対話型の知的CAIにおける演習問題出題方法、さらには、どのようなコンピュータ言語が人間にとって分かり易いかというコンピュータ言語評価にも役立つと考えられる。

本論文では演習問題解答過程の複雑さという観点から、解答に必要な知識と推論という2点に着目し、演習問題の難易度の定量的な指標について検討を行ったので報告する。

2. 対象とするC言語教材の構成

対象とするのは、C言語を対象とした初心者向けの実用規模の教材で、図1に示すように、各々の学習項目が例題の説明と演習問題から構成されている。演習問題は図2のような穴埋め問題で、各学

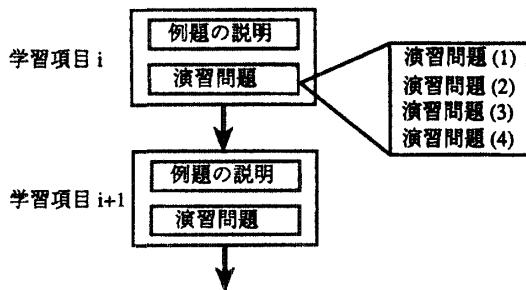


図1 対象としたC言語教材の構成

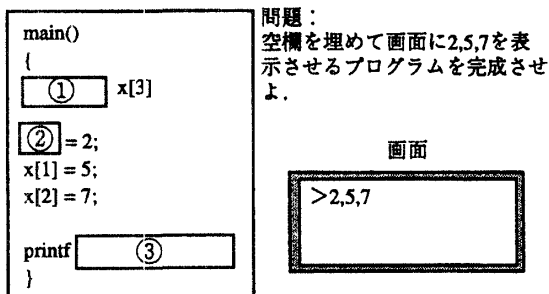


図2 演習問題の例

習項目ごとに4題ずつ用意される。演習問題(1)は例題からパラメータや変数名を変えただけでは例題と同じ型の問題、(2),(3)は例題に変形を加えた問題、(4)は変形と他の学習項目の内容との複合問題である。

3. 演習問題の難易度のモデル

演習問題の難易度を評価するために、解答過程の複雑さを指標化することを試みる。まず、解答過程に必要な知識と推論という2点に着目する。演習問題の空欄に解答するために最低限必要な知識と、それを基に行う推論を抽出し、その関係を図3のようなグラフで表すことにする。図中の線は左辺の知識を基に右辺を導き出すことを表しこれを推論と呼ぶことにする。図3での推論回数は2である。知識は、事前に知っていなければいけない知識と、問題の中から新たに認識あるいは抽出する知識の2つに分類できる。ここでは前者を前提知識（図中で四角で囲んだ部分）、後者を抽出知識（四角で囲まない部分）と呼ぶことにする。そして、これらの構造を図3のように表す。今回はこの中から特に、例題の説明の時点で獲得される前提知識と、解答過程で必要となる推論回数が、演習問題の難易度と関係が深いのではないかと考え、この2つと演習問題の難易度との関係を以下の実験により検討した。

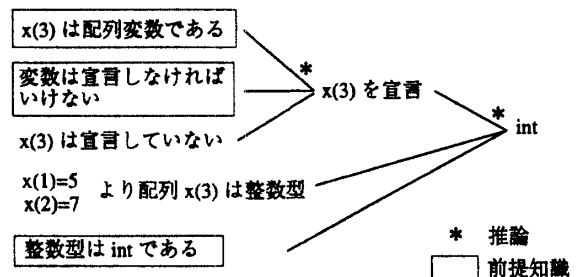


図3 演習問題解答過程のモデル

4. 実験

4.1 実験方法

C言語を知らない学習者を用意し、2.で説明した教材にそって学習を進めさせた。検討を行った学習項目は表1のとおりであり、C言語の基本的な文法を解説した教材となっている。学習は、設定さ

表1 演習問題を設定した学習項目

学習項目
1. 配列
2. アドレスとポインタ
3. 配列とポインタ
4. 繰り返し制御forループ
5. 構造体

れた学習項目の順に行い、各学習項目で学習者が例題の説明を自分で理解したと思うまで質問を受けつけ説明を行った。これは、演習問題を解く前に獲得する知識量をできるだけ一定し、学習者間のばらつきを少なくするためである。学習項目毎の4つの演習問題を順番に解答させ、4つすべて終わった時点で演習問題の正解を提示した。学習者の数は10人とした。

4.2 実験結果

図4に演習問題ごとの誤り率と、前提知識の数、推論回数との関係を示す。図5に演習問題ごとの誤り率と前提知識の数、誤り率と推論回数の相関係数のグラフを示す。図中の(1,2,3,4,5)のグラフは表1の全ての学習項目に関する相関係数を表し、(1,2,5)のグラフは、3番目の学習項目の配列とポインタと4番目のforループを除いた残りの3つの学習項目に関する相関係数を表している。この図から全ての

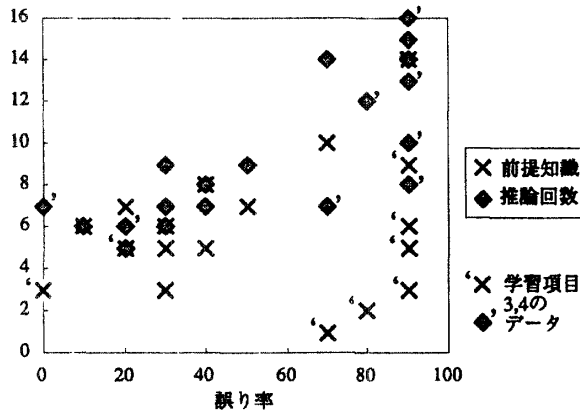


図4 誤り率と各指数の関係

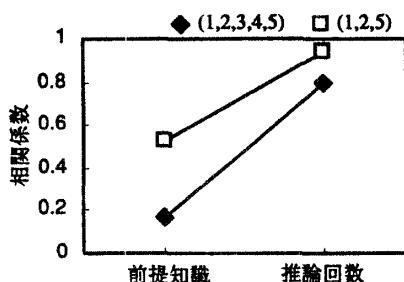


図5 誤り率と各指数の相関係数の比較

学習項目に関する演習問題の誤り率と推論回数の相関係数は0.78とよい相関が認められるが、前提知識にはあまり相関がないことがわかる。学習項目3と4を除いた場合の相関係数は、誤り率と推論回数との相関係数が0.94と非常に大きいことがわかる。

4.3 結果の考察

実験結果より今回の実験では、前提知識の数よりも、推論回数の方が演習問題の難易度をよくあらわしていることがわかった。

図5の相関係数から、学習項目3,4を除いたときの相関係数はかなり大きく、全ての学習項目の相関係数と差があることがわかる。図4からも‘x’を付けた学習項目3,4のデータは上下に大きくばらついていることがわかる。このことから学習項目3と4の結果には、他の学習項目と比較して明らかな相違がみられる。これは、学習項目3のポインタと配列には、人間の直感とあわない部分が多い、学習項目4のforループには、ソースコードを追うだけではなく、頭の中で実際に処理を実行してみる必要があるなどの、他の学習項目には見られない特殊な要因があるためと考えられる。今回検討した難易度の指数は、演習問題解答の過程の複雑さ、あるいは規模を表すものと考えられる。従って、直接人間の認知的過程を表すものではない。そのため、正確な難易度を求めるためには、学習項目3,4のような認知的に特殊な要因がある場合については、提案する指数だけではなく個別に検討を行う必要があると考えられる。

5. まとめ

コンピュータ言語教材の演習問題の難易度について、演習問題解答の過程の複雑さという観点から、前提知識と推論回数という2つの指数について検討を行った。今回の実験では前提知識の数よりも推論回数の方がよく難易度を表していることがわかった。しかし、学習項目の中には直感に合わない、頭の中で処理を実行しないと直接ソースコードを追うだけではわからないなどの特別な認知的負荷を必要とするものがあり、これらは今回の指数だけでは正確に評価することは出来ないと思われる。このような項目については個別に検討を行う必要があると考えられ、今後の検討課題である。

参考文献

[1] 桑原恒夫, “例題中心学習における教材の知識構造の複雑さと理解の困難さとの関係”, 信学技報, ET96-22, pp.9-16, (1996)
 [2] 長尾誠, “知識と推論”, 岩波書店, (1988)
 [3] 桑原恒夫, “一日でわかるC言語”, 共立出版, (1996)