

## 囲碁における知識獲得と用語獲得の相互作用

小島 琢矢 · 吉川 厚  
NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
kojima@rudolph.brl.ntt.co.jp

### 概要

人間がある特定の分野、例えば囲碁等を対局を通じて自律的に学んでいく行為は大変興味深い。従来、初心者と熟達者という二極化した視点で見ると両者が保持している知識量が異なることは知られていた。我々はスキルレベルをより細かく調べ、知識を記述するよりプリミティブな囲碁用語の量やその意味する内容が熟達するにつれて大きく異なることが分かってきた。そこで本研究では、囲碁用語の獲得過程に注目して人の熟達化のモデルを提案する。それは、知識を獲得し、その結果用語を獲得し、その用語を用いてさらに知識を獲得し、その知識からまた用語を獲得する、という囲碁知識の獲得と囲碁用語の獲得が交互になされるモデルである。

## Interaction between Knowledge Acquisition and Term Acquisition in Go

Takuya KOJIMA      Atsushi YOSHIKAWA  
NTT Communication Science Laboratories

### Abstract

The purpose of this research is to build a model which simulates the processes by which human novices become experts. While previous studies show that there is a difference in the amount of knowledge that experts and novices possess, our cognitive studies of Go show that the difference lies in the amount of Go terms they can explain, and how they ascribe meaning to the Go terms. Therefore we propose a model to acquire Go terms in this paper. In this mode, knowledge without Go terms is initially acquired, and Go terms are acquired from this knowledge, and new knowledge is subsequently acquired by using the acquired terms, and so on. The model acquires Go knowledge and Go terms alternately.

### 1 はじめに

#### 1.1 本研究の目的

人間の初心者は、自律的に学習することで徐々に熟達者へとになっていく。その際に、単に知識の量が増えるだけではなく、知識の構造までも変化しているようである。このような熟達化は、人間の知的な振る舞いの謎を解く上で大変興味深い。

人間の知的な行為を研究する場合、実験的な事実を積み重ねるアプローチと、モデルを構築して構成的に分析するアプローチがある。本研究では前者のデータに基づいて後者のアプローチをとる。すなわち、認知科学的な観点で熟達化の過程をモデル化し、自律的に初心者から熟達者になるシステ

ムを構築することを目的とする。このようなモデル化と実験的アプローチの相互補完により人間の熟達化のメカニズムの解明につながることが期待される。と同時に、コンピュータが人間のように初心者から自律的に熟達していくようになれば、人間が明示的にプログラムを組んだり教え込まなくとも知的になっていくと考えられる。

初心者と熟達者では持っている知識に量的な違いがあるという研究報告から [1]、我々は知識を獲得するアルゴリズムを提案してきた [3, 4, 9]。しかし、我々の囲碁を題材とした認知科学的な研究では、文献 [1] の研究よりも一歩進んで、知識を記述する囲碁用語（囲碁特有の概念を指し示す語彙）にも両者に大きな違いがあることが分かってきた。つまり、円滑に使用できる囲碁用語の数や、その使い方、意味が大きく異なるのである [6]。このことから、熟達化の過程では、囲碁用語が獲得されると同時にその意味内容も変化すると考えられる。そしてこの囲碁用語の差が実力の差に大いに関係することも示唆されている。そこで本研究では、囲碁用語の獲得過程に着目して熟達化のモデル化を行なう。

## 1.2 シンボル・グラウンディング問題

人間がどのように用語を獲得していくかという問題について Harnad が 1 つの定式化をおこなっておりシンボル・グラウンディング問題 (SGP) [2] として知られている。

「犬」という用語の獲得を例として取り上げる。「犬」は実際の犬を指し示す記号である。記号はこのように何かを指し示すものである。この「犬」という記号は、犬を見たり、犬が吠える声を聞いたり、犬に噛まれるといった経験が元になって獲得（シンボル化）される。また、犬を好きだった人が噛まれることによって「犬」という記号の意味内容が変化することもある。

一方、従来の人工知能 (AI) では、ある記号は、別のいくつかの記号によって定義されてきた。例えば、「犬」は「吠える」、「犬」には「足」があるという固定のルール記述をし、これらの関係は不変であるとした。そして、この記号を操作する（シンボル操作）ことで知的なシステムが実現されると考えられてきた [5]。しかし Harnad は記号を有限の記号のみで説明する場合に生じる問題を以下のような例で指摘している。中国語の辞書の斑馬 (シマウマ) の項目には、「帶有斑紋的馬」のように記号を記号で説明しているがこの辞書を使って「帯」とは何かを更に調べ…ということを繰り返してみても、個々の漢字が実体に関係付けられていなければ何も分からない。

そこで、コンピュータの持っている記号を、記号以外のものをつなげる必要が出てくる。この記号以外のものから記号を作り出す問題が、Harnad のいう SGP である。SGP は、シンボルと、それをグラウンドする内容との協働によって実体を指し示すシンボルが成立することを述べているが、これは熟達化にも当てはまると考えられる。すなわち、用語を獲得する際に、用語というシンボルと、その指示内容とが正に密接に関係して用語獲得が行なわれていると考えられる。

シンボルになった後、シンボルに閉じている世界の学習は AI で研究されてきた。しかし、シンボル化する部分 (シンボライザー) は、その重要性は指摘されているものの [8]、十分には扱われてこなかった。しかし、上記のように熟達化の一部と考えられるので、用語獲得に着目した熟達化のモデル化には避けて通れない研究対象であると考えられる。

## 1.3 囲碁を取り上げた理由

シンボライザーには二つの過程があると考えられる。一つはいわゆるパターンからサインを生成する、言い換えれば連続的な実世界を離散化する段階である。もう一つはサインからシンボルを構成する、すなわち、他のシンボルとの連関を捉えたり分節化を行なう、言い換えれば、離散化された後の記号獲得の段階である。本研究では特に後者を扱い、そのための題材として囲碁を取り上げる。囲

碁は升目によって離散化されているため前者の過程が明白であり、シンボライザーの研究に適していると考えられる。

囲碁には特有の囲碁用語が豊富に存在している。一説には約 10 万語あるとも言われており、一般的に使われるものだけでも数千語ある。同じ完全情報ゲームである将棋と比べても囲碁の方が圧倒的に専門用語が多い。将棋では駒の機能が決まっているのに対し、囲碁では石の役割や機能などがあらかじめ与えられておらず、状況によって石の配置が様々な役割を果たす。そのため、それらの役割の各々に対して名前が与えられ、豊富な用語が作られたと考えられる。さらに、囲碁は、将棋と比較して圧倒的に問題空間が広い。囲碁用語を用いることで、人間は問題空間をコンパクトに認識していると思われる。このように、囲碁は、記号獲得を考えるうえで適切かつ魅力的な材料である。

本研究では、囲碁を題材に盤面や石などの基本的な入力情報から様々な機能を持つ囲碁用語を獲得するシステムの構築を検討する。この研究の過程を通して、人間の熟達に対する一般的なモデル化を考察する。

## 1.4 知識獲得と用語獲得の相互作用

人が囲碁を打つ場合、盤面を認識し、その人の持つ何らかの知識に基づいて石を打っている。一見何でもない行為であるが、盤面を認識することは、囲碁用語の多寡によって大きく異っている [6]。また同じ認識結果であっても、その人が持っている知識に依存して石を打つという行動が起る。すなわち、囲碁を打つという行為には認識と行動、熟達化という文脈で考えるならば、用語獲得と知識獲得が大きな役割を果たしている。

ところで、熟達化の際には認識が変化することで行動が変化し、また逆に行動の変化によって認識も変化する。例えばあるときに挙げた候補手でも、相手の別の意図が見えると全く異なる手を候補として考える。また有利だと認識した結果に基づいて選択した手が結果的に悪い手であることが分かると、その盤面を不利であると認識を改める場合もある。このように認識と行動は相互依存している。

熟達化の場合も同様のことが言える。ある用語を獲得すると、その用語を使った知識が獲得可能になる。また知識が増えると盤面の認識も多様になり、新しく用語として獲得した方が良い状況が生じる。このように用語獲得と知識獲得も相互依存性がある。本研究では、これを次のような用語獲得と知識獲得が相互作用するモデルとして考えている。

まず、基本となる入力（盤面の升目、碁石）を用いた知識が獲得される。ここで獲得される知識は、If-Then 形式のプロダクショナルルールである。これらの知識相互の関係から共通点を切り出すなどの操作（具体的には 2.3 節を参照）を行ない、基本的な囲碁用語を獲得する<sup>1</sup>。その基本的な囲碁用語を用いた（If 部や Then 部に用語を含む）新たな知識が獲得される。この際、用語は知識獲得のためのバイアスとなって、探索空間を減らす効果がある。さらに、獲得された用語を含む知識から、その用語を基盤にした新たな知識が獲得される。このように、知識獲得と用語獲得が交互に繰り返すことによって、複雑な用語と知識が相互に獲得されていくと考える。

## 2 囲碁知識と囲碁用語の相互獲得モデル

### 2.1 囲碁用語・知識の分類

白柳 [7] は、囲碁用語を大きく以下の 3 種類に分類した。

<sup>1</sup>なお、ここでの囲碁用語の獲得とは、用語にすべき概念を選択することを意味し、その概念につけるラベル（名前）の獲得を意味しない。

形式・位置 自分の石や相手の石との相対的な位置(例えば、「一間飛び」や「ツケ」)や、盤上の絶対的な位置(「星」)を表す。

内容・意味 手筋(「ウツェガエシ」「オイオトシ」)や戦略(「サバキ」「荒らし」)などの目的や意味的内容を含むもの。

評価・判断 形や着手の評価・判断。「コリ形」(形の評価)や「好手」(着手の評価)など。

また、囲碁知識は、以下の3種類に分類できる。

パターン知識 条件部に盤面の配置があり、行動部に着手や手順がくるものである。「If 盤面配置 Then 着手(手順)」

ハイブリッド知識 「If 盤面配置+用語 Then 着手」という形に書ける。

言語的知識 「If 用語<sub>1</sub> かつ ... かつ 用語<sub>n</sub> Then 用語<sub>n+1</sub>」「厚みに近寄るな」などの格言がある。

## 2.2 囲碁知識と囲碁用語の相互獲得モデルの概要

我々は、パターン知識の獲得についていくつかモデルを提案してきた。一つは、演繹的な方法 [9] で、獲得すべき概念を与えるとそれを実現するための具体的なパターン知識を獲得する。例えば、石を取るという囲碁の規則を最も基本的な概念を与えれば<sup>2</sup>、石を取るためのパターン知識が獲得される。もうひとつの方法として、頻度を基準にプロの棋譜からパターン知識を獲得する方法を提案している [3, 4]。これらの手法を応用して、まず、パターン知識を獲得する。

次に、獲得されたパターン知識から形式・位置用語を獲得する。更に、獲得された知識を用いてハイブリッド知識を獲得する。次に、獲得されたパターン知識・ハイブリッド知識からの内容・意味用語、評価・判断用語を獲得する。そして、獲得された用語を用いてハイブリッド知識や言語的知識の獲得を行なう。

## 2.3 パターン知識からの用語の獲得

初心者でも用語を獲得することは我々の研究から明らかになったが [6]、どのような仕組みで人間は用語の獲得を行なっているのかは分かっていない。そこで本研究では、用語は、次の2点を行なうために獲得されると仮定する。

チェスにおける研究から、熟達者ほど盤面をうまく記憶できて、それをチャンクという塊にすることで記憶効率をあげていることが知られている [1]。そこで、第1に、効果的に記憶するために知識の記述量を減らすように用語を獲得すると仮定する。

第2に、知識の精度をあげるために盤面の配置を抽象化し、用語を獲得していると仮定する。これは、熟達者ほど知識の精度が高いことによる。

以上の仮定に基づいたパターン知識からの用語の獲得について述べる。大きく分けて、以下の3通りの方法を提案する。

1. 知識に頻繁に生じる盤面状況を用語で置き換える(圧縮)
2. 類似した複数の知識を一つの知識にまとめる(一般化)
3. 一般的過ぎる知識を修正するための用語の詳細化

<sup>2</sup>この概念は、囲碁の規則であり、最初から与えておいても妥当であると考ええる。

### 2.3.1 圧縮

知識に頻繁に現れる盤面状況を用語に圧縮する。ここでの用語は、複数個の石の配置を一つを用語に置き換えることに相当する（「アキ三角」など）。その結果、記述が長い知識が、より記述の短い知識に圧縮される。そのため、この操作は記憶容量の節約につながる。図1では、長方形は盤面状況を表し、丸は用語を表す。斜線の長方形の部分があるルール間で共通しているため、それを斜線の丸の用語に置き換えることで圧縮を行なう。

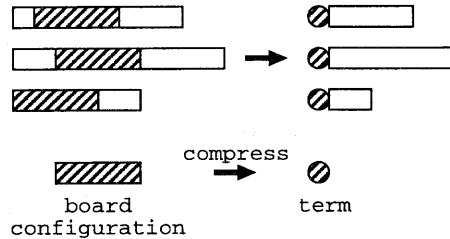


図 1: 圧縮

### 2.3.2 一般化

知識が増えてくると、類似した条件部や実行部を持つルールが増えてくる。これらの類似点を一つを用語に置き換えることによって、複数の類似した知識を1つの知識にまとめることを行なう。

大きく2つの場合がある。一つは、If部が類似し、Then部が同一である知識をまとめる場合。この場合は、If部をまとめる用語を獲得する。もう一つは、If部が同一で、Then部が類似している知識をまとめる場合。この場合は、Then部をまとめる用語を獲得する。

用語の獲得は、盤面配置のORを取ったり、何らかの関数（影響力関数・ファジィ関数など）と盤面状況を一つを用語に写像することによって行なう。この場合も、記憶容量の節約につながる。

図2は一般化の例である。小さい矢印の左側がIf部、右側がThen部を表わし、1が黒の着手である。条件部は同一で実行部が類似している二つのルールがある。これを一般化し、Then部の着手を「ツギ」という用語で置き換え、二つのルールを一つのルールにしている。

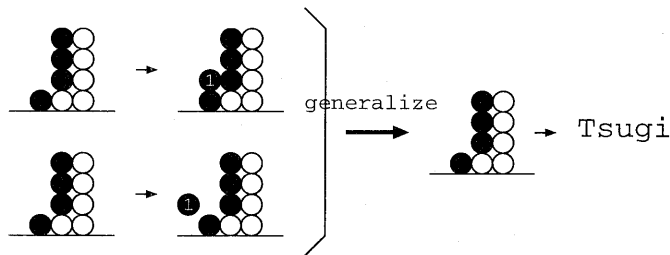


図 2: 一般化の例.

### 2.3.3 詳細化

既存のルールを用語で書き換えをすると、ルールがより一般化される。この際、一般的過ぎる知識が生じてしまう場合がある。これを修正するのが、用語の詳細化である。図3がその例である。多くの盤面状況をまず「ツギ」という用語にまとめた。この「ツギ」で一括りにして良い場合もあるが、上段と下段の場合を区別しなければならない場合もある。そこで、この上半分と下半分を詳細化によって区別し、「カタツギ」と「カケツギ」の二つの用語を獲得する。

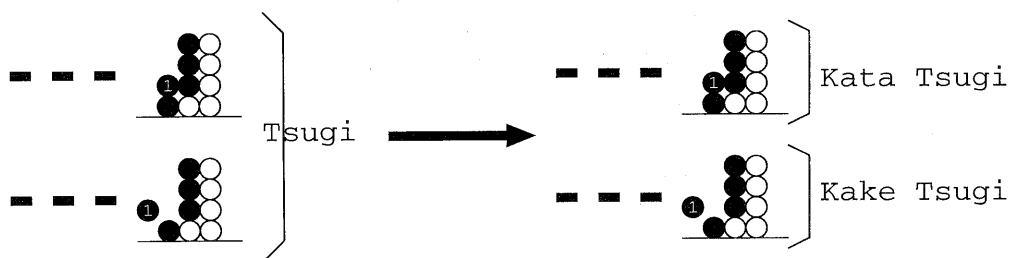


図3: 詳細化の例.

この過程を図示したのが図4である。丸は局面を表す。最初はバラバラの局面として認識されている。それが、「ツギ」という一つの用語で大きく括られる。それが詳細化によって「カタツギ」と「カケツギ」に分けられる。このように、用語は階層化される。

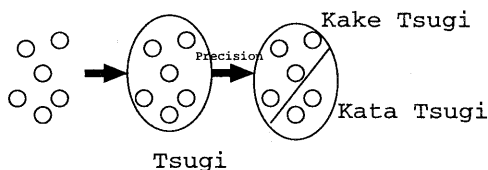


図4: 詳細化のイメージ

### 2.3.4 ルールの淘汰

このようにして得られた用語は、すべて適切なものとは限らない。そこで、一度作られた用語でも、知識として使われる頻度の少ないものは消去される。すなわち、使われる用語は適切なものであり、使われない用語は不適切であると仮定する。

## 2.4 実験

本アルゴリズムの有効性を検証するために実験を行なう。19路盤の本碁では着手の有効性の検証が難しいため、本研究では、詰碁を対象領域とする。詰碁では正解・不正解が判定できるからである。結果の詳細については当日発表する。

### 3 議論

#### 3.1 用語獲得の利点

囲碁用語を獲得することによって以下のような利点が生じると考えられる。第1に、用語を含む知識は一つの知識でより多くの場面に対応できる。また、一般化されているため、未知の場面であっても対応できる可能性がある。また、用語を知識獲得の際にも用いることで、探索空間を狭め、知識獲得を効率化できる。

以上のような利点があるため、実際、初心者であっても人間は用語を作り出す。我々の実験 [6] では、囲碁のルールも知らない初心者二人が囲碁の入門書を読んだ直後、お互いに対局を行なった。その際、図5に示すような独自の用語を獲得した。「ギザギザ」は目を作りやすい形であり、「穴二つ」は通常は「二眼」と呼ばれており、二眼の形になれば取られないことが知られている。また、このような用語を獲得した後では、例えば「ギザギザ」をなるべく作ろうとするなどの行動の変化も現れた。



図 5: 初心者が獲得した用語

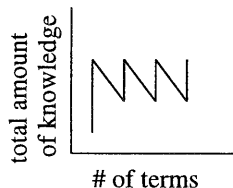


図 6: 獲得される用語と知識の量的関係

#### 3.2 用語と知識の量の変化

人間は上達するにしたがって、対処できる局面の数は徐々に増えると推定される。従来は、知識が増えることによってこれが可能になると考えてきた。しかし、単純に知識が増えると、知識を扱うのが難しくなり、パフォーマンスの向上に必ずしもつながらない。我々は、用語を用いることで、対処できる局面は増えるにも関わらず、知識の総記述量自体は一定数に押さえられていると推定し、本モデルではこれが生じると予測する。

用語の数と知識の総記述量(=知識数×平均知識長)は、学習が進むにつれて以下のように変化すると予想される。はじめは用語は固定で知識数が増えるため、総知識量も増える。知識数が増えるとそれによって用語が獲得され、用語数が増える。獲得された用語を用いて知識を再編成すると、知識数と平均知識長の両者が減るため、総記述量は減る。ただし、用語のおかげで対応できる局面数は増加する。さらにその獲得した用語を用いて知識が獲得され、知識数が増える。再度獲得された知識から用語が獲得されることで、知識は整理され、再び減る。以上の結果をまとめると、図6のように知識と用語の量は推移し、知識の総記述量は一定だが、パフォーマンス自体は向上するようになると予想する。

#### 3.3 より高次の用語獲得

すべての概念がこのようなボトムアップ方式で構成できれば理想的である。しかし、人間の場合も、学ばべき用語が与えられる場合もある。本を読んで囲碁を学習する場合などでは、例えば、「厚み」という高次の用語と、その実例が与えられる。このように「厚み」という用語を、自分の持っている他の用語や盤面状態と結び付けることもグラウンディングの一種であると考えられる。このようなグラウンディングについても今後モデル化を試みる。

#### 4 結論

人間の熟達化の過程をモデル化するための重要なプロセスとして、用語獲得プロセスがある。本研究では、囲碁を題材に盤面や石などの基本的な入力情報から囲碁用語を獲得するモデルを提案した。さらに人間が囲碁を対局する上では、盤面などの認識をどのように行なうかが重要な論点になる。この認識プロセスは用語を獲得することで変化する。本研究では、囲碁用語の獲得と知識獲得が交互になされることによって、囲碁用語と囲碁の知識の両方が相互に獲得されるモデルを提案した。

#### 参考文献

- [1] W. G. Chase and H. A. Simon. Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4:55–81, 1973.
- [2] S. Harnad. The symbol grounding problem. *Physica D*, 42:335–346, 1990.
- [3] T. Kojima, K. Ueda, and S. Nagano. An evolutionary algorithm extended by ecological analogy and its application to the game of Go. In *Proceedings of the Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-97)*, pp. 684–689. Morgan Kaufmann, 1997.
- [4] T. Kojima and A. Yoshikawa. A two-step model of pattern acquisition: Application to Tsume-Go. In H. J. van den Herik and H. Iida eds., *Computers and Games*, No. 1558 in LNCS, pp. 146–166. Springer-Verlag, 1999.
- [5] A. Newell and H. A. Simon. Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. *Communications of the ACM*, 19(3):113–126, 1976.
- [6] A. Yoshikawa, T. Kojima, and Y. Saito. Relations between skill and the use of terms - an analysis of protocols of the game of go -. In H. J. van den Herik and H. Iida eds., *Computers and Games*, No. 1558 in LNCS, pp. 282–299. Springer-Verlag, 1999.
- [7] 白柳. 碁における知識処理の基礎検討. Technical Report 12967, 日本電信電話株式会社 電気通信研究所, 1986.
- [8] 齊藤. “symbolizer hypothesis”. 情報処理学会 人工知能研究会, 71-1-4:9–10, 1990.
- [9] 小島, 植田, 永野, 吉川. 演繹的学習による囲碁知識の獲得とその修正. ゲームとモデル化シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, 第 98-18 巻, pp. 1–7, 1998.