

# 変手とその階層および集まり

## VarHands, their Hierarchies and their Collections

岩間 憲三<sup>\*1</sup>

Kenzo Iwama

<sup>\*1</sup> (有) ジーエー

ZA Corp.

This paper explains how our machine forms collections of varHands and their hierarchies. The varHands describe how to solve problems in mathematics, and their collections include instances of the varHands just or already formed.

### 1. はじめに

算数・数学を帰納的に獲得する仕組みの構築を試みている。ここでは、算数・数学の概念を獲得すると階層ができることに焦点をあてる。たとえば、“数える”概念は、1頭、2頭、あるいは2本、3本などの層と、1頭、2頭や1本、2本に共通する1、2、3などの層がある。さらに、1/2、2/3、0.1、0.2などの層があり、これらと1、2、3などを加えた正の有理数の概念がある。これら概念を帰納的にどのように獲得するか、獲得する結果、階層が作られていること、そして獲得する仕組みを説明する。

[岩間 2014], [岩間 2013]は、数える、そして四則演算を帰納的に獲得する仕組みを説明している。その仕組みは、いくつかの例を入力として得ると、それらを抽象化することで、1、2、3、など、数える手順を作り利用する。そして、“1の次は2”などの例を得ることで、“の次”を求める手順を作り利用する。これら手順を作り利用することで、どれだけあるか分からない対象を数えることができるようになる。

さらに、対象を“10まとめて”などの例を得ることで、対象を“10まとめて10”、“10の対象を2まとめて20”あるいは“10まとめて100”などを求める手順を作り利用する。かくして、次と次を求める際に使う桁上りの手順と四則演算の手順および物理的に経験しない大きな数を使うことを示した。

しかし、変手の集まりを作ることで、それらの間の階層を作っていることについては、説明がない。ここでは、集まりを作る仕組みと集まりの間に階層を作ることの説明する。そして、集まりの改訂の仕方:すでに作った集まりに、要素を追加すること、性質を追加する方法を述べる。

### 2. 仕組みの説明

#### 2.1 全体像

仕組みの概略を図1に示す。複数のチャンネルから入力を得るが、それらは、視覚、聴覚、動作の記号、また、入力の間、感覚が見出す、大小と同じを示す記号で表される。出力は、視覚、聴覚、そして動作の記号で表される。記号は人にとってはシンボルだが、仕組みにとってはそうではなく、それぞれのチャンネルで得ることが、同じか異なることを表すかを示す。

入力は、時系列のシーケンスを模した形で与えられる。入力に対して出力を作ることができるときは、都度、出力する。入出力を継続するか否かは、全体を制御する仕組みが、それまでに作った変手(変手は手順のようなものだが、その説明は後で)

連絡先: iwama@whatisthis.co.jp

う)を使って判断する。何も作っていなければ、判断することなく、入出力を継続する。

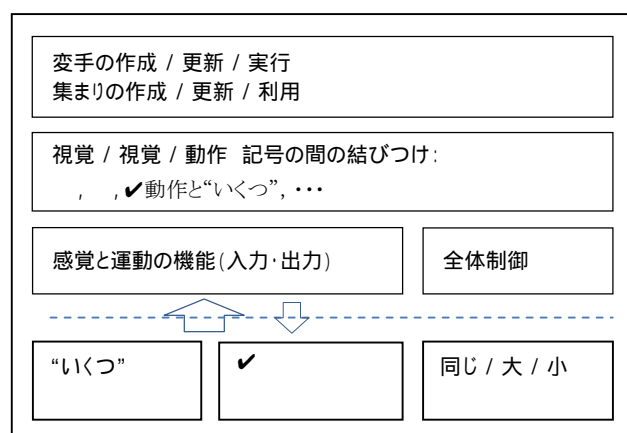


図1. 仕組みの全体像

**変手と変値** 入力の対象の間に成り立つ関係を、その内外に手を伸ばすように保持するので、変手と名付ける。入力があり、それに合う変手が記憶になれば、入力を例として記憶する。記憶したいいくつかの例に共通することを見出し、変手を作る(もともとある変手の受け皿に内容を入れる)。このとき、共通でない対象を変値に置き換えるが、対象の間にある関係を取り出して変手に持たせる。図2に変手の例, “どれだけ長さか”を示す。

**集まり** 集まりは始め空だが、変手を作るときに、変値に置き換えた対象を、集まりに入れる。集まりは、変手と紐付けられる。作った変手を呼び出し、変手にある変値に具体値を入れるとき、具体値を集まりに入れる。いくつか集まりを作った後、2つの集まりが同じで、それぞれ異なる変手と紐づいている場合を見出すと、1つの集まりにする。その集まりに、それぞれに紐づいていた変手を紐づける。図3に集まりの例を示す。

#### 2.2 仕組みの機能

仕組みは、いくつかのチャンネルから聴覚 / 視覚 / 動作の記号で入力を得る。入力を記録し、いくつかの入力に共通部分を見出すことで変手を作る。その後、新たな入力があれば、一致する変手を取り出して実行する。

仕組みがはじめから保持する機能は以下の通り:

1) 外から複数のチャンネルを通して入力を得る。(入力は、仕組みの出力に応じて変わる。)

2) 入力順に並べて、一時的に記録する。

3) 入力と部分的に合うすでに作った変手を取り出し、それら変手を使って入力を分析する(入力を区切る、区切った入力の間に変手が保持している関係を入れ込む)。

4) 入力に繰り返しを見出す。このとき、すでに作成した同じを見出す変手を使い、入力の何を定値とするか、そして何を変値とするか決め、何と何が同じになるか見出す。

5) その時点までに得た入力がある変手と一致して、入力が続かなければ、一致した変手を実行する。このとき、変手にある変値を具体値にするが、その値を、変手に紐も付く集まりに入れる。集まりの例を、図3に示す。

6) 入力が、すでに作ったどの変手とも一致しなければ、入力とそれまでの分析結果を合わせて長期に記録する。また、はじめは一致した変手があり、その変手を実行していたが、続く入力があり、変手が決める値と一致しなければ、入力と実行していた変手を合わせて長期に記録する。

7) 入力と一致した変手に、変手の実行をやる、やらない、中断の記述があれば、それに従って、変手の実行 / 中断、あるいは止める。このとき、駆動 / 中断 / やめるための評価を、実行中の変手でない、そのときの値と一致する変手を使って行う。

8) いくつかの長期の記録に共通することを見出し、記録の間で整合がとれるように、変手を作る。共通する値を定値に、共通しない値を変値におきかえる。共通する関係を変手に入れる。共通しない値を、作る変手に紐も付けた集まりに入れる。

9) 取り出した変手にはあるが、入力に、それに対応する値がなければ、変手にある値を出力する。

10) 変手を実行する時、変手に記されている値の関係が満たされるように値を決める。このとき、入れた値を、その変手と紐づく集まりに入れる。このとき、紐づく変手がすでに集まりにある値を使ってその値を作ることができれば、集まりには入れない。

11) 決めた値をどこにおくか、変手に記した焦点の位置と決めた値との場所的な関係が、今の焦点と決めた値をおく場所の関係が一致するように決める。

12) 作られた変手を実行し、その入力と出力に反する入力がないければ、入力と出力の間を短絡する。

13) 作られた2つの集まりが同じ(含む対象が同じ)であれば、それらに紐づく変手を集める。2つの集まりを1つにして、集めた変手と紐づくようにする。

**変手の例** どれだけの長さか測る変手の例。これは、単位となる対象を、測る対象の左端から対象に沿って、測る対象の右端まで、順におく。おく都度、次の数を求め、単位となる対象を左端においたとき、そのときの数で測った長さとするものだ。単位として使う対象をおくと、対象の右端に、目印として使うをおき、次は、目印が対象の左端になるようにおく。これらの動作を繰り返す。

**変手そして集まりの階層** 円周を求める課題を行うと、 $2 \times 3.14$ などが入力される。すると、掛けるが紐づく集まりに、 $2$ をあらわす、 $3.14$ を入れる。もともとある機能は、このように、いわゆる無理数も、すでに作った数の集まりに追加する。その後、 $2$ は無理数、 $3$ は無理数、などの入力があると、 $\cdot$ は無理数に紐づく集まりが作られる。 $2$ や $3$ 、そして $\cdot$ などは、数の集まりにも無理数の集まりにも含まれる。

入力、"無理数の集合には、 $2$ や $3$ などを含む"、"無理数の集合 = {  $2$ ,  $3$ ,  $\cdot$  } "などを得るとする。すると、"無理数の集合には、 $\cdot$ を含む"、無理数の集合 = {  $\cdot$  } "などと紐づく、 $2$ ,  $3$ ,  $\cdot$  などを含む集まりを作る。

さらに、整数の集合、有理数の集合、無理数の集合などの入力は、" $\cdot$ の集合"という変手を作ると同時に、その変手と紐づく整数、有理数、無理数を含む集まりを作る。

かくして、集まりの階層を作る。ただし、階層を利用する変手は、この段階では作っていない。

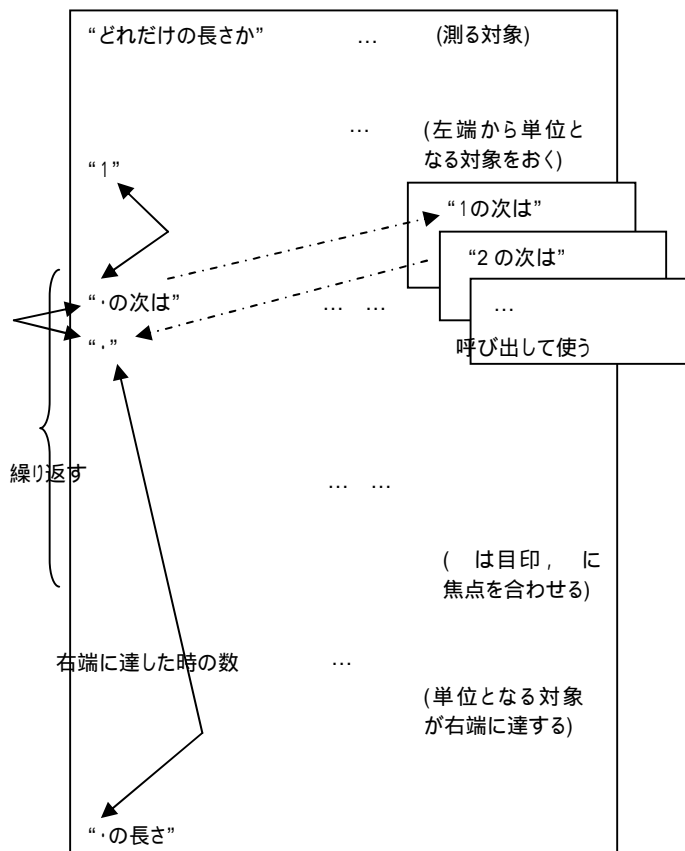


図2. 変手の例"どれだけの長さ".

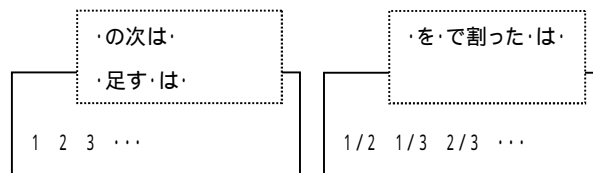


図3. 集まりと付随する変手の例.

### 3. おわりに

もともとある機能が集まりを作ること、作った結果が階層をなしていることを説明した。ここでは、作った集まりを利用する例を、示せなかったが、集まりを利用する変手を作ることは可能だ。

今後は、作った変手を使いまわすことで、発見的に課題を解くことを明らかにしたい。発見的に解く課題の例は、"1つ 100 円のAをいくつかと、1つ 80 円のBをいくつか、買うつもりだった。合わせて 880 円のもりだった。ところが、買う数をとりちがえたので、合わせて 920 円だった。AとBそれぞれいくつ買うつもりだったか"などだ。いわゆる変数を導入せず、これと同じ型の例を得ないで解く。

#### 参考文献

[岩間 2014] 岩間: 量感・数そして定量. 41 回知能システムシンポジウム 2014.  
 [岩間 2013] 岩間: 算数・数学の課題の意味を獲得する機械について. 27 回人工知能学会 2013.