

# 高次認知機能に着目した類推思考の可視化技法 —アナロジーゲーム

○中村潤 (東京大学<sup>1</sup>、ベリングポイント株式会社<sup>2</sup>) 大澤幸生 (東京大学<sup>1</sup>)

## The concept creation through analogical thinking - Analogy game

\* J. Nakamura (University of Tokyo<sup>1</sup>, Bearing Point<sup>2</sup>) and Y. Ohsawa (University of Tokyo<sup>1</sup>)

**Abstract**— The technical skill includes invisible aspects which could not be described in documents. We consider that those aspects are motion, perception and thought, which might be different between experts and novices. This research is focused on the thought process in analogical thinking essential to create the suitable expression for novices. We developed a Web based tool for the purpose of obtaining the motion capture to analyze the thought process. The motion capture implies the possibility to support technical skill transfer by way of comparison between experts and novices.

**Key words** : Analogy, Cognitive Process, Expression, Web based tool

### 1 はじめに

技術・技能の伝承をとらえるときに、モノに着目するかヒトに着目するかによって研究のアプローチは変わってくる。例えば、ヤスリによる平面仕上げのコツを明らかにするのか、コツを認知するメカニズムを解明するのか、によって大きく異なる。又、技術・技能の伝承を支援する仕組みを考えるのか、支援ツールを構築するのか、前者であれば組織やプロセスといった経営的なアプローチになり、後者であれば工学的な取り組みといえるであろう。

本論では、モノよりもヒトに着目し、認知プロセスを探索することを目的としている。製造業等ではQC活動を始め日々改善活動を通じて現場の一人一人の創造的な工夫や取組みを積み重ねている中で、無意識のうちに手足が先に動いているようで、実はヒトの知覚・思考が活性化しているという仮説にたっている。

技術・技能の伝承をする側と受ける側という立場の違いをつなげる為に、例えばキサゲによる定盤仕上げのコツを伝承するとき、どのような表現で説明すれば受ける側の理解が促進されるであろうか、このとき、Xのような気持ちになって、まるでYのように、といった比喩的な表現を用いることが有効な場合がある。優れた教師は、学生に馴染みのある言葉をアナロジーに使うことが実践上重要であることを知っている<sup>1)</sup>ことから、見せて教えるだけではなく、アナロジー思考を利用してわかりやすく表現し説明することが技術・技能の伝承に重要な要素であると考えている。そこで人間に備わった高次認知機能であるアナロジー<sup>2)</sup>という能力に着目した。

準備した環境は、言葉のカードを分類するという単純なゲームである。分類された単語カードの集合に新たなコンセプト(概念)を表現する様子を観察・測定できるWebベースのツールである。過去の経験などの知識体系に加え、創造的な発見のプロセスであるアナロジー思考を行いながら熟練工は受け手に理解を促進してもらうよう新しい表現を創造することが、技術・技能の伝承に必要なことと考えている。

### 2 関連研究

共同体験などによって暗黙知を獲得・伝達し、得られた暗黙知を形式知に変換するプロセスなどを説明す

るSECIモデル<sup>3)</sup>は、技術・技能の伝承よりも広くとらえた知識創造のプロセスとして提唱されている。

表現や工夫を凝らす創造的な思考をモデル化した研究は、Finkeらが提唱したジェネプロアモデル<sup>4)5)</sup>がある。ジェネプロアモデルとは、認知過程が生成される部分(generation)と探索と解釈の部分(exploratory)のサイクルをモデル化したもので、このジェネプロアモデルをもとに実験的試み<sup>6)7)</sup>がなされている。また、異質の領域からの情報によってPreparation・Incubation・Insight・Elaborationの過程を示した創造的洞察モデル<sup>8)</sup>が提唱され、このモデルをもとにしたSerendipityのシミュレーション研究<sup>9)</sup>が進められている。最近では、ニューロ・コグニティブアプローチによる発見・創造的思考モデルも提唱されている<sup>10)</sup>。本論で認知プロセスを探索するにあたり、創造的洞察モデルの中でも特にIncubationからInsightにかけてのアイドルタイム<sup>8)</sup>に何が起きているのかに関心をもって取り組んだ。

一方、アナロジーという考え方は、既知の知識(ベース)を新たな場面に適用させる対象(ターゲット)に向かい、アナロジーによる写像をとらえる構造写像理論<sup>11)12)</sup>がある。これに対してより包括的な上位概念を抽象化することによってターゲットを捉える考え方<sup>13)14)</sup>がある。構造写像理論に影響を受けて類似性・構造・目的の制約の多寡によって思考が制御される多重制約理論<sup>15)</sup>が提唱され、コンピュータ上で動作検証されたPIモデル(process of induction)<sup>16)</sup>が紹介されている。本論では、ターゲットに向かうときの、抽象化された表現力や説明力を創生するときのアナロジー<sup>2)</sup>の役割に注目している。

分類に関する研究では、KJ法<sup>17)</sup>にはじまる収束的思考の研究、分類を合理的に分析するための情報処理モデルの研究<sup>18)</sup>や、発散的思考による思考支援システムの研究<sup>19)</sup>がある。ヒトの創造的思考に関してコンピュータ技術を用いたうえで可視化あるいは記述的に説明を試みるアプローチ<sup>20)21)</sup>は、本研究に最も近い。

### 3 アナロジーゲームのコンセプト

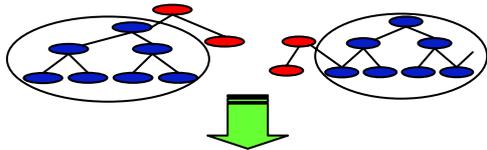
アナロジーゲームは、KJ法<sup>17)</sup>に近い考え方で、所与の複数の単語カードを束ねていくごく単純なゲームである。アナロジー的思考を活性化させるため、ゲームではFig.1に示すように余らせたアイテムをできるだ

け束ねるように、プレイヤーは工夫を凝らすよう指示される。プレイヤーは余らせた単語カードの取り扱いに当初は戸惑いや否定的な反応を示しながらも、勝敗がつかない気楽なゲームであることから、自分が納得するように遠慮なく上位概念を探し始める。そして余らせた単語カードを他の束に仲間入りさせるため、相互の関係性を見出し全体の再構成を思考する。

この瞬間に新たな概念の発見がなされるものと期待しているが、これこそがアナロジーゲームの狙いである。また、概念をプレイヤー自らが名づけることにより、プレイヤーの納得感を高めると同時に概念生成の仕上げとする。

一般にゲームといえば勝敗が決まるようなものが多い中で、当該ゲームは思考をあえて活性化させつつ、プレイヤーには自然に楽しんでもらうように心掛けた。

Discovering new category (abstracting common system)



Discovering new category (with new interpretation)

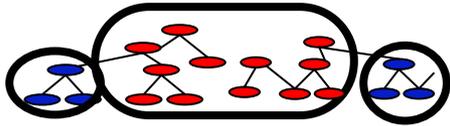


Fig.1 余りのアイテムを取り込んで再構成するイメージ  
余らせたまま2つの概念を抽出したもの(上段)から、余らせないように3つの概念へと再構成させたとき(下段)、その過程で類推思考が促進されていると想定している。

画面イメージはFig.2の通り。機能・ルールを以下に示す。

- ・ カードは20枚用意し、何らかの単語が記載されている。
- ・ それぞれの単語には、3つの意味が与えられ、あとから被験者に自由な意味を1つ追加できる。
- ・ 単語カードをドラッグし、位置的に近づけながら分類する。位置情報はX軸、Y軸でコンピュータに認識される。分類された単語カードの集合をコンピュータに認識してもらうため、5種類までの色を単語カードに塗ることができる。
- ・ 単語カードの集合に命名あるいはKeywordをつけることができる。
- ・ (ルールとして)上記を2回繰り返す。1回目は自由に分類し、2回目は特定の社会的なテーマを与えた上で、同じ分類作業をする。

あらかじめ単語カードが準備され、また分類後にゲームが終了することから、創造的洞察モデル<sup>8)</sup>である Preparation→Incubation→Insight→Elaborationの過程における中間期(IncubationとInsight)が、このゲームの注目点である。



Fig.2 アナロジーゲームの画面イメージ

#### 4 分析方法

アナロジーゲームでは、単語カードが配置された位置情報・時間情報・生成された概念の名称などさまざまな作業履歴のデータを得ることができる。これらの情報をもとに単語の意味・生成された概念の入力内容を時系列データとして観測し、特徴的なパターンを抽出する。ここで下記3点に着目した。

第1に、意識レベルのマネジメントとスケジューリングがパフォーマンスを制御する<sup>22)</sup>とすれば、集中力が必要である。概念生成のようにアナロジー能力を発揮するゲームでは、一定の環境とゲームのルールによる制約条件下で集中力を発揮しなければならない。

一般にゲームを通じて20枚の単語カードそれぞれが選択される確率は、プレイヤーによってさまざまである。プレイヤーがこだわりを持って試行錯誤を繰り返し移動させる頻度が多くなるものもあれば、一方でその逆も想定される。ここで様々な単語に対してプレイヤーが均等に注意しているときは「集中度が一定」であり、言い換えると均等にさまざまな単語に注意しているといえる。一方、特定の単語に意識が集中して「単語によって集中度がばらつく」場合、これは特定の単語に意識が集中しているといえる。

本論ではこの均等に集中しているかどうかを行動情報量として計測する。計測方法は、各単語を選択した回数をもとに生起確率の測定値から算定できる。ある単語カード*i*を選択する確率を*P(i)*とすると、(1)式で単語レベルの情報エントロピー*I*が得られる。すなわち、均等にさまざまな単語に注意し集中度が一定の場合には*I*の値は大きくなる。単語数が20あることから、対数の底を20としてエントロピーの最大値をシンプルに1とするようにして、プレイヤー毎に算定した。

$$I = -\sum_i P(i) \log P(i) \quad (1)$$

第2は、思考と動作と知覚の相互作用<sup>23)</sup>に着目し、単語カードの移動距離を動作(作業)の結果ととらえ、距離の時系列分析を試みた。距離は概念生成における作業の仕事量といえる。画面上のX軸、Y軸は、800\*600px(ピクセル)であり、この単位をもとに単語カード毎の移動ポイントを抽出し、プレイヤー別にユークリッド距離の総和を求めた。

単語カードを動かしていることは、なんらかの思考の結果の動作か、あるいは単語のよりよい組み合わせ

を見つけようと単語カードを動かす動作であろう。ここで支配的なアイデアを見つけることや、偶然のチャンスを探る思考を水平的思考<sup>24)</sup>と呼ぶ。

第3に、単語カードを移動させていないとき、下記2つのアクションを想定している。

- ・単語カード毎に自分の納得いく意味を入力する
- ・単語カードを束ねる集合を決めたら、グループ毎に共通の色を塗る

上記は分析的であり理論的な構成の枠組みを考え、思考を収束させているといえよう。この思考を垂直的思考<sup>24)</sup>と呼ぶ。

単語カードの移動作業中であっても垂直的思考はあり得るし、停止中であっても水平的思考もあり得るであろう。しかし狭い画面であるがゆえに20個の単語カード全体を見渡すことも可能であるため、移動中の垂直的思考や、意味を入力している時の水平的思考は限られたものと仮定する。

## 5 実験

プレイヤーは12名で、学生10名(内、女性1名)、社会人2名(内、女性1名)である。20個の単語は、{いちご、野球、東京大学、日本人、海、ロケット、バーベキュー、エジソン、アルプス、サービス、携帯、インターネット、JR、寿司、象、富士山、統計、自動車、砂漠、医療}とした。さまざまな視点の持ち方によって、プレイヤーが分類を行ううえで選択肢が広がるように単語名を選んだつもりである。

### 5.1 行動情報量(集中度)と時間

2度にわたるゲームのデータを合計しモニタリングした結果、行動情報量と所要時間はFig.3のように右下がりの傾向にあり、大よそ枠で囲った2つの集団の存在が判明した。左上の集団はさまざまな単語カードに均等に集中するも作業を短時間で完了させている(速攻型)のに対し、右下は特定の単語カードにこだわりをもち、作業に時間をかける傾向にある(熟考型)。

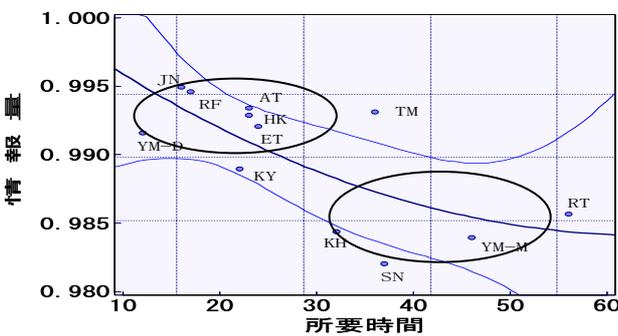


Fig.3 所要時間と情報量

サンプルとして、速攻型のRF氏と熟考型のRF氏の生成した概念は次の通り。

RF氏: {環境ホルモン、環境破壊、環境保護、調査報告}

YM氏: {日常に影響有、日本人の意識改革、身近にできる事、

未来への期待、日本人が環境対策を考えられない} 客観的な評価は難しいが、速攻型のRF氏はきれいにまとめあげ、熟考型のYM氏は色々悩んだ末の結果であることが伺える。RF氏は幾つかの要素を組み合わせ整理するスキル、YM氏は色々なことを考え表現するスキルが表出していると考えられる。

次に全体の概念生成プロセスの傾向をつかむため、Fig.3の行動情報量(集中度)の合計値を時系列で示したのがFig.4である。横軸は、各プレイヤーの所要時間を正規化し50等分にしたものである。



Fig.4 行動情報量(集中度)の時系列図

Fig.4は概して下に凸の弧を描いており、これを解釈すると、ゲームの初期は均等にさまざまな単語に注意している「集中力が一定」の状態を示し、中期には概念生成に向け特定の単語に注意を払い、後期には仕上げとして初期ほどではないが、やや全体に注意を払いながらさまざまな単語を意識していることがわかる。Fig.4をみれば、思考が最も活性化するタイミングは特定カードに集中している中期(50等分の30前後)であることが伺える。

### 5.2 行動作業量(移動距離)と時間

行動作業量を5.1と同様に、2度のゲーム履歴データをもとに移動距離の累計値を時系列にプロットしたグラフをFig.5に示す。

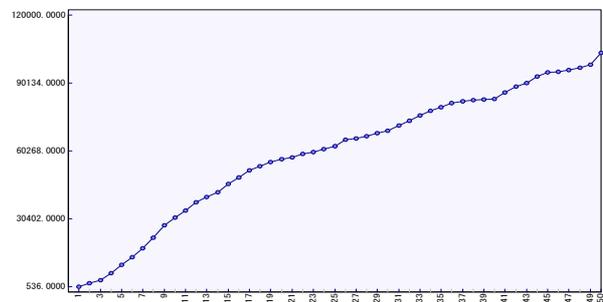


Fig.5 行動作業量(移動距離)の時系列図

Fig.5でははっきりした右肩あがりのグラフとなり、時間の経過に応じて距離はほぼ線形に推移している。

これをプレイヤー毎に分解すると Fig.6 の通り、個別にみれば移動停止（横ばい）と移動中（右上方へ上昇）のタイミングに個人差がはっきりと表れている。すなわち、最初から距離を稼ぎ上昇したのち横ばいになるタイプ（上に凸）、最初は横ばいで次第に上昇するタイプ（下に凸）、特に後者は上昇するタイミングは遅くとも中間地点で開始し、上昇と横ばいを繰り返す傾向があることがみてとれる。

5.1 で判明した 2 つの集団それぞれに属するプレイヤーは、同じ集団の中でも上に凸のタイプと下に凸のタイプとにわかれた。すなわち、速攻型と熟考型は水平的思考と垂直的思考の順序には相関が観察されなかった。

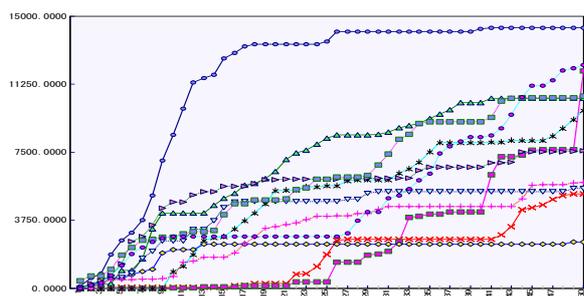


Fig.6 行動作業量（移動距離）の時系列図  
プレイヤー毎のアクション・タイミングに個人差が表れている

### 5.3 集合認識・単語解釈と時間

5.2 における単語カードの移動作業以外の主なアクションは、単語カードを束ねた集合をコンピュータに認識させるために同じ仲間の単語カードを同色で塗る作業（集合の認識）、「リンカーン」であれば車なのか大統領なのかといった単語カードの意味入力（単語の解釈）、のいずれかである。Fig.7.にて集合の認識と単語の解釈に関してそれぞれアクション数の合計値を縦軸に示した。

Fig.7 では、集合の認識は中間地点と最終地点でピークを迎え、後段では単語の解釈が集合の認識よりも上回る状態が続いているのがわかる。ここで集合の認識は全体のゲーム構成としてある程度まとまってきた段階と考えられる為、中間地点でこのゲームの全体像がほぼ固まった状況といえる。単語の解釈は集合の認識にやや遅れをとりながら徐々に増加傾向をとり、特に中間地点を過ぎると単語の解釈が集合の認識を大きく上回る。この後半部分を中心に次の 4 つのことが観察された。

1. 単語の解釈の生成（言葉の意味づけ）
2. 単語から概念への創造
3. 単語と概念の相互的な変化
4. シナリオの創生

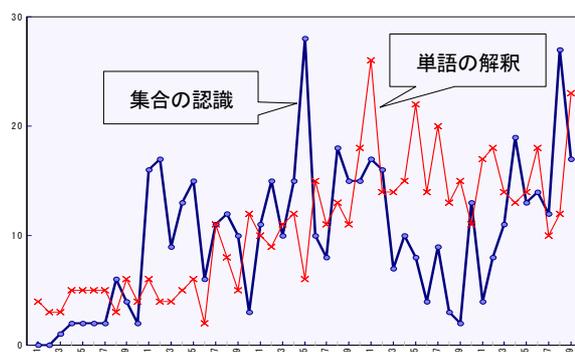


Fig.7 意味づけ（集合認識・単語解釈）の時系列図  
単語カードに色を塗る作業は集合を認識することであり、単語の解釈を入力する作業は言葉の意味をとらえることである

第 1 に新しい単語の解釈については、例えば「寿司」を食べ物、高級料理、和、まぐろ、美味しい寿司は高い、などプレイヤーによってさまざまな意味を生成している。これは意味的な類似性を見出す思考<sup>15)</sup>、といえる。

第 2 に単語から概念への創造については、例えばゲーム中盤までもて余していた「野球」という単語から米国で活躍した野茂選手を類推し、同時に「寿司」という単語によって「海外進出か!」という発話の後、集合名 {海外進出} を入力している (SN 氏)。実際 SN 氏の所要時間は 37 分であるが、「野茂」の入力は 32 分後 (50 等分で 43)、「寿司」を移動させたのが 33 分後 (同、46) と後半で行われている。このように複数のベースからターゲットを発見するときにアナロジーが作用している可能性がある。

第 3 に、単語と概念の相互的な変化である。中間地点でひとつのピークを迎えていることから、集合の認識と単語の解釈をゲームの前半・後半の比較調査をしたのを Fig. 8 (集合の認識)、Fig. 9 (単語の解釈) に示す。単語カードは 20 枚与えられていることから、色を塗る回数や意味を入力する回数データから、単語カード一枚あたりの入力作業回数をチェックした。すると、集合の認識・単語の解釈ともに入力のし直し（試行錯誤）が見受けられ、その発生率は後半に多い。このことは中間地点で半分以上の集合を決定したが、残りは単語の意味を入力・変更させながら納得いくように思考を活性化させていることが伺え、Fig. 4 で示した集中度のタイミングと一致している。

例えば、SN 氏は「ロケット」の意味を前半でエネルギーと入力 (50 等分で 4) し、「統計」に計算手法、「インターネット」に情報、「東京大学」に専門家をそれぞれ意味入力 (同、23) した。後半になり、「ロケット」の意味がエネルギーのままだと集合名 {データ分析} と合わないことに気づき、エネルギーから観測に意味を変更するとともに集合名を {データ収集} へと変更させた (同、29)。ここに意味を変化させ、

かつ集合名も変化させながら自分で納得感を得つつある行動がゲーム履歴からみてとれる。

	1-25	26-50	後半÷前半	1-50	20/回×?
TM	33	1	0.03	34	0.85
AT	12	22	1.83	34	0.85
YM-D	0	43	NA	43	1.08
JN	0	48	NA	48	1.20
YM-M	0	40	NA	40	1.00
KH	22	24	1.09	46	1.15
RF	32	12	0.38	44	1.10
HK	14	31	2.21	45	1.13
SN	15	11	0.73	26	0.65
TY	40	4	0.10	44	1.10
ET	14	31	2.21	45	1.13
RT	20	26	1.30	46	1.15

Fig.8 集合の認識 (数)

正規化した時系列を前半(1-25)後半(26-50)に分け、集合を認識した数をカウントしたもの。単語カードが20枚あるため、右端の欄は一枚につき色を塗った回数を表している

	1-25	26-50	後半÷前半	1-50	20/回×?
TM	5	57	11.40	62	1.55
AT	31	15	0.48	46	1.15
YM-D	16	23	1.44	39	0.98
JN	0	21	-	21	0.53
YM-M	7	58	8.29	65	1.63
KH	9	25	2.78	34	0.85
RF	1	41	41.00	42	1.05
HK	8	38	4.75	46	1.15
SN	29	87	3.00	116	2.90
TY	6	39	6.50	45	1.13
ET	16	30	1.88	46	1.15
RT	20	24	1.20	44	1.10

Fig.9 単語の解釈

単語の意味を入力した数をカウントしたもので、集合の認識に比較して後半に集中していることがわかる

第4にシナリオの創生である。生成された概念同士をつなぐとシナリオが含意されている。例えば、5.1で紹介したYM氏は「日常に影響有、日本人の意識改革、身近にできる事、未来への期待、日本人が環境対策を考えられない」という5つの概念を生成したが、これは『日本人の環境に対する対策が遅れているため、環境に対する意識改革が求められている。日常に影響がでていることを考え、身近にできる事からはじめ、未来への期待をもとう』というシナリオと解釈できる。このような思考はアナロジーを最も創造的に利用し、より高い次元の対応づけである高次の類似性<sup>15)</sup>を具現化している可能性がある。アナロジー的思考のレベルは、上記にあげた4つの段階を経て複雑さが増してくるといえよう。

以上、ゲームの動作履歴を追って分析してきたが、プレイヤーそれぞれがゲーム中にドラマを繰り広げた後に、下記のようなフィードバックをしている。

- ・自分が日常を基準に考えていることを気づかされました。(YM氏)
- ・普段言葉から受ける印象を、より深いレベルで見つめ直すことができた。自分の直感を第三者的に評価するきっかけになりうると思う。(KH氏)

- ・語によってはいくつもの意味があるので、「AとCもつなぎたいけど、AはさっきBと同じ意味としてつないじゃったから、距離だけ近づけておこう」と思いストレスを感じることもありました。(TM氏)

このように、アナロジーゲームによって思考の自己認知も確認されている。

## 6 考察

概念を生成するプロセスは、人間に与えられたアナロジーという才能によってさまざまである。Fig.3で浮かび上がった速攻型・熟考型は、プレイヤーの実生活においても様々な場面で速攻型と熟慮型の行動パターンと能力を発揮していることが見受けられている。すなわち、アナロジーゲームは日常的な能力を測るツールとして展開することが可能であると期待できる。

時系列分析によって、思考プロセスに一定の特徴がみられた。すなわち、初期と後期においてさまざまな単語に均等に注意し集中度が一定する一方で、中期では特定の単語へと注意が向かわれている。しかしながら移動距離を考慮すると、初期に方針を立てて移動作業を進めてから集合や意味の認識を行うタイプか、初期にじっくり考えて集合や意味を少しずつつじりながら後段になって移動作業と集合や意味入力を断続的に行うタイプとに分かれてくる。アナロジーゲームによって問題解決にあたる全体戦略の取り組み方の思考性を可視化することが期待できる。

高次認知機能の様子を伺うこともできる。アナロジーを用いた豊かな表現力は、教育の現場において重要であり、アナロジーゲームのアウトプットによって表現力や概念生成のスキルを評価することも期待できる。

ここで技術・技能の伝承に焦点を当ててアナロジーゲームの応用範囲について着眼点、調査方法、ゲームの機能性に分けて考察する。

### ・着眼点

金属加工用工作機械の部品などは、与えられた組み立て図と部品図から、如何に組み立てるかを考えるスキルが必要であり<sup>25)</sup>、考えてから作業を開始するのか、作業しながら考えるのか、といった思考の戦略性に着目することができる(5.2 行動作業量分析の応用)。

### ・調査方法

熟練工と未熟練工それぞれの思考パターンや思考プロセスを比較法<sup>26)</sup>によって差異を見だし、熟練工はどこのタイミングで何故その意味に気づき、なぜ特定の単語にこだわるのか、いかなる理由で集合の概念をとらえたのか、が未熟練工にとって貴重な参考知識となる。

また、装置部品の製作において、機構と制御によって機械に多くの機能をもたせるには創造性が必要である<sup>25)</sup>が、個々の部品の機能、サブシステムの機能、さらに全体の機能とのバランスを考慮する構造的な類似性を見出す必要もある。ゲームにおいては、思考プロセスの中でもとりわけ構造的な類似性を抽出するアナロジーの効果が期待できる（5.3 集合認識・単語解釈の分析方法の適用）。

#### ・アナロジーゲームの機能性

単語カードを技術・技能の対象に応じた言葉に代えることにより、ゲームのカスタマイズが可能となる。洋菓子製造の技能であれば、「小麦粉」「バター」「生クリーム」などの名詞に加え、「溶かす」「こねる」「冷やす」「焼く」などの動詞も加えてゲームを行うことができる。

又、思考の自己認知をすることも可能であるため、技術・技能の伝承を受ける側の若手にとって、伝承者との思考の違いを意識しながら自己の思考の鍛錬となる。アナロジーゲームの目指す機能としては、ダンベル型（使用により創造力を鍛える）、ランニングシューズ型（使用時に、より創造的になれる）、スキー型（使用によってのみ可能となる創造活動）の区別<sup>27)</sup>では、短期的にはランニングシューズ型、中期的にはダンベル型の使用方法が期待できる。

本論では、認知プロセスの可視化技法を考慮にいれながら思考と動作の一定の関係を示し、技術・技能の伝承に向けた応用の可能性を考察した。今後の課題は、ゲームとしてのスコア評価方法を考案し、実際に技術・技能を伝承する現場においてアナロジーゲームの有効性を検証を踏まえ、仕様の改善に取り組むことである。

以上

#### 参考文献

- 1) M.Burstein, Concept formation by incremental analogical reasoning and debugging, *Machine learning: An artificial intelligence approach*, Vol.2, 351/369 (1986)
- 2) D. Gentner. and AB. Markman., Structure Mapping in Analogy and Similarity, *American Psychologist* (1997)
- 3) I.Nonaka, The knowledge-creating company, *Harvard Business Review*, 96/104 (1991)
- 4) RA. Finke, TB. Ward and SM. Smith, Creative Cognition, *The MIT Press* (1992)
- 5) RA. Finke, Creative insight and pre-inventive forms, *The Nature of Insight. Cambridge, MA: The MIT Press* (1995)
- 6) 石井成郎, 三輪和久, 創造的問題解決における協調認知プロセス, *Cognitive Studies*, 8-2, 151/168 (2001)
- 7) 相原健郎, 堀浩一, 記憶の想起に基づく創造性支援, *情報処理学会論文誌*, 42-6, 1377/1386 (2001)
- 8) M. Csikszentmihalyi and K. Sawyer, Creative Insight: The Social Dimension of a Solitary Moment. *The Nature of Insight, Cambridge MIT-Press*, 329/363 (1996)
- 9) J. Campos and AD. De Figueiredo, Programming for Serendipity, *Papers from the 2002 AAAI Fall Symposium, Technical Report FS-01-01, American Association for Artificial Intelligence*, 48/60 (2002)
- 10) W. Duch, Intuition, Insight, Imagination and Creativity, *IEEE Computational Intelligence Magazine* (2007)
- 11) D. Gentner, A Theoretical Framework for Analogy, *Cognitive Science*, 7-2, 155/170 (1983)
- 12) D. Gentner et al, The roles of similarity in transfer: Separating retrieveability for inferential soundness, *Cognitive Psychology*, 25, 524/575 (1993)
- 13) 福田健, 類推における抽象水準の最適化, *日本認知科学会第12回大会発表論文集*, 220/221 (1995)
- 14) S. Glucksberg and B. Keysar, Understanding metaphorical comparisons: Beyond similarity, *Psychological Review*, 96, 3/18 (1990)
- 15) K.J.Holyoak and P.Thagard, Mental leaps, Analogy in Creative Thought, *MIP Press* (1995)
- 16) K.J.Holyoak and P.Thagard, A Computational model of analogical problem solving, Similarity and analogical reasoning, *Cambridge University Press*, 242/266 (1989)
- 17) 川喜多二郎, 発想法, *中央公論社* (1967)
- 18) JR. Anderson, The Adaptive Character of Thought, *Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Hillsdale, New Jersey* (1990)
- 19) Y.Sumii, K.Hori, S.Ohsuga, Computer-aided thinking by mapping text-objects into metric spaces, *Artificial Intelligence Vol.91*, 71/84 (1997)
- 20) 大澤幸生, チャンス発見のデータ分析, *東京電機大学出版局* (2006)
- 21) 堀浩一, 創造活動支援の理論と応用, *オーム社* (2007)
- 22) JA. Robinson, Position Paper for Panel Discussion: Robinson's Reply to Fujinami's Question, *International Symposium on Skill Science 2007* (2007)
- 23) M. Suwa, Position paper for panel discussions: Suwa's reply to Fujinami's questions, *International Symposium on Skill Science 2007* (2007)
- 24) E. De Bono, Lateral thinking, *Harmondsworth: Penguin* (1977)
- 25) 日本経済新聞、2007年11月7日、20面記事
- 26) B.G.グレイザー・A.L.ストラウス, データ対話型理論の発見, *新曜社* (1996)
- 27) 中小路久美代, 知的創造活動支援研究の動向, *人工知能学会誌*, 22巻5号 (2007)