

Systems of Signs and Conceptual Change

Terezinha Nunes

Introduction

「概念」は内在する「構造」に基づいて議論されてきた。(Piaget, 1950; Vygotsky, 1978; Chi et al, 1994)



Vergnaud (1985)

「概念はその構造だけでは定義できず、包括的分析の為には、概念の特性、概念が使われる状況、概念について話したり考えたりする時に用いる記号システムを考慮しなければならない」

状況を考慮する必要性を説く研究は最近よくある。大抵は、「同じ概念をある状況ではうまく使えるけどある状況では使えない」みたいな研究である。

この章では、記号システムに焦点を当てる。

これは「どんな種類の概念を持っているか」という研究ではなく、「概念に基づいてどんな行動をとるのか」という研究である。

この章で言いたいことは、

「思考やコミュニケーションに用いられる記号システムは概念の発達と変化に重要な役割を果たしており、推論を可能にし、方向付け、制約し、さらには概念形成と発達における構造化の役割も持っている」

記号システムとは・・・問題解決の際に利用する様々な資源

The Enabling Role of Systems of Signs

Luria(1973)によれば、

「全ての高次な心的機能は記号システムによって媒介されている」

記号システムによる enabling role の例を2つ

1. 数かぞえ

Gelman & Gallistel(1978)によると、数を数えるために必要なことは・・・

i) 数えるのに用いる単語(数え単語)と数える対象との1対1対応の確立

ii) 数え単語の固定順序の維持

iii) 数を表象するのに最後の単語を使用すること

数かぞえは数え単語がなければ不可能。

多くの文化圏では7-8才の子供でも1000まで数えるのは容易。この場合1000個の数え単語を固定順序で生成することができるのは、この数え単語のシステムのおかげ。Papua-New Guineaの人は体の部分の名前で数えるので、68までしか数えられない(Lancy, 1983)

2. 測量

大きさや長さの知覚は相当錯誤に満ちている。(Muller-Lyer、月の大きさの変化、物の大きさの比較など)

これを克服するために、文化は測量システムを発達させた。

The Directing and Constraining Role of Systems of Signs

異なる記号システムを用いた計算方法の例によって、記号システムが計算過程を方向付け制約することを示す

1. 指

指による加減算(指を折ることで数をシフトさせる)は、指で問題状況を表象する。

このやり方には「小さな数でなければならない」という制約がある(Marton & Neuman, 1990, Nunes & Moreno, 1995)

例えば、 $8+3$ をやらせると失敗する(5を足すのを忘れる)。

この子供はブロックを使わせるとちゃんとできる。

指を使うことが計算を制約している

2. 口頭/筆記

筆算では、数字を書くと、その値については考えない。

同じ桁は同じ列に書くというルールを守らなければ失敗する(数字は読む時は左から右なので子供はこの失敗をしやすい)

長所・・・は大きな数であったり、数のリストが長かったりしても、それほど苦勞なく計算できること。

短所・・・どこかで失敗した時に、計算が進むにつれてエラーの規模が大きくなること。すなわち、計算途中で部分的な結果を制御しにくい。

暗算では、計算過程で量についてずっと考えているので、途中の結果を制御で

きる

(Nunes et al., 1993)

3. そろばん

そろばんの名人は「心的なそろばん」を使っていて、これは空間的表象である (Hatano, 1997)

証拠 1. 名人が計算をしている間にちょっとした質問をしてもちゃんと計算ができるが、途中で絵を見せると失敗する。

証拠 2. 15,6桁の数字を前からでも後ろからでも同じように言える。

証拠 3. 「心的そろばん」を使えるので数字についての記憶はすごいが、花の名前などのリストの記憶はぜんぜんだめである。

筆算と同じように、計算のモニタリングはしていない

1. 似たような数字を足させても気付かない
2. 計算を簡略化しない(99 をかける時とか)

計算に用いる記号システムが我々の操作対象であり、我々の推論過程はその対象との相互作用の産物である。よって我々がある記号システムを使って達成できることは、そのシステムに方向付けられ、制約されている。

The Structuring Role of Signs in Concept Formation

様々な記号システムを使うことで様々な概念スキーマに至ることを示す。

1. 面積の概念を表象する別の方法 (Nunes et al., 1993, 1994)

図形の面積の概念

- 1) 幅 × 高さ (尺度の積) : 定規を与える
- 2) 単位面積の個数 (行の個数 × 列の個数) : 1cm² のレンガを与える

実験によると、8-10才の子供では2)で考えた子供のほうが成績がよかった。

1) の子供の反応

- ・ 周囲の長さ(もしくはその半分)を算出して答えを出す
- ・ 周囲の長さを出したがそれではダメだと気づき、その後どうすればよいかわからない
- ・ 定規を面積単位のように使って答えを出す
- ・ うまく幅 × 高さをやったが、平行四辺形の問題だと辺 × 辺をやっていた

2) の子供の反応

- ・ 行の個数 × 列の個数を発見していた
- ・ 平行四辺形の問題になってもうまく修正した

子供の面積についての概念は与えた計測ツール(記号システム)によって異なり、概念の異なる側面に焦点を当てていた。

しかし、記号システムの持つ構造化の役割は、決定論的なものではない。

子供は何を達成したいのかについて自分なりの考えを持っていたし、道具を予想もしないやり方で役立てていた。

記号システムは推論の媒介物として相互作用における構造化の役割を果たすが、その状況における主体自身の役割なしに学習の結果を決定付けるものではない。

2. コンピュータ環境で発達する概念 (Noss, 1986)

LOGO というコンピュータ環境で図形を描く。

特徴

1. 紙と鉛筆で図形を描くのと LOGO で描くのでは、やることが全く異なる

平行四辺形を描くとき…

- 紙と鉛筆で描く時は、向かい合った辺が平行で同じ長さであることが保証される手続きを用いる。角度にはほとんど注意はいかない
- LOGO で描く時は、二つの辺の長さとその間の角の大きさを指定する。よって向かい合った辺が平行であることに注意はいかない

2. LOGO では、辺や角度などの値を前もって確定しなくてもよい、一般的手続きによって図形が描かれる。(確定しないところには名前を付けておく)

これによって2つの効果

- 以前はぜんぜん別だと思っていた図形を同じ仲間に属するという風に見えるようになる。
- 変数の概念を経験する

学習状況において、記号システムは学習者の思考や行為を媒介するので、そこでの相互作用や浮かんでくる概念を構造化する要素となる。

異なる記号システムは概念の異なる側面を強調する。

Conclusion

記号システムが心の発達に影響するというのは新しい話ではない。

e.g. Whorf(1956)

Vygotsky(1978)、Luria(1973)

記号のインパクトについての分析で成功例があまりないのは単一の記号システムに多くのことを期待しすぎているからでは？

筆者のアイデア

- ✓ 我々は多くの記号システムを使っている。 記号の多様性に着目
 - ✓ 記号は主体の活動の進行中で推論過程に影響するが、使っていない時はそうではない、と考える。
-
- ・ 理科の教室で生徒は記号システムの多様さを知るが、これらの記号が学習や推論にどのように影響するのかはほとんどわかっていない。
 - ・ 遺伝学を勉強する時にダイアグラムを使うと便利に見えるが、遺伝問題を解く能力におけるこの記号システムを習得することの効果はほとんどわかっていない。
 - ・ 密度を勉強する時にグラフを使うと成績が上がるが、学習におけるグラフィックな表象の役割を議論することはできない(なぜならこの経験には他のたくさんの側面が絡んでいるから)
-
- ・ 記号システムは、数学的推論における概念の発達と使用において重要な役割を果たしている。これは推論の媒介物もしくは心的対象として働く。
 - ・ しかしこれを思考のハードウェアとして考える必要はない。使うこともできるが異なる状況では横に置いておくこともできる。
 - ・ 思考と様々な記号システムとの関係の柔軟性は数学的概念の発達に重要な役割を果たしているようである。なぜなら異なるシステムは同じ概念の異なる側面を強調するから。
 - ・ 科学的概念を学習する時にも同じような効果が観察されているし、よく知っている概念に新たな記号システムを用いることはその概念の新たな側面に焦点を当てることとなり、概念変化をもたらすかもしれない。