

〔8〕 そ の 他

学 習 に つ い て

——学習過程測定法の提案——

徳 井 輝 雄

1. 緒 言

教育技術の現代化が叫ばれるなかで、教育の理想形態ともいえる、個別教育（個人の能力や個性にあわせた教育）をめざして、CAI（Computer Assisted Instruction）システムが登場しつつある。この潮流の中であって今一番の技術的隘路はソフトウェアの問題である。この問題を考える時、教師と生徒との間にどのようなことが行われているかを明らかにする必要がある。筆者はすでに教師と生徒との間の情報の流れについて考察を加えた^①。この中で生徒から出てくるさまざまな情報を蓄積することが急務であることを強調した。現在もおこの蓄積が少いためソフトウェアの開発がおくれている。ベテラン教師のベテランたるゆえんは、長年の経験によって、ここはこう教えるのが最適であり、こういう生徒にはこういう教え方がよいということを知っていることにある。ようするに学習がいかに成立していくかを知るこそベテラン教師に少しでも近いCAIシステムを作る鍵である。

この「学習がいかに成立するか」という問題は、いわば世界の心理学者、脳生理学者、工学者、数学者等の関心の的となっており、大いに研究されている。教師の立場からこの問題を研究するにあたっては、筆者がすでに指摘したように、生徒の学習過程をどのような方法で検出するかが最大の問題点になる^②。この小論では、学習のメカニズムを各分野の人々はどうかとらえようとしているかについて述べ、次に筆者の初歩的試みの結果について述べる。

2. 各分野での研究状況

学習に対する各分野での研究状況を詳細に調べるとは困難である。ここでは代表的な研究について概観してみたい。

2.1 大脳生理学

学習が行われている場所は脳とされている。脳に関する研究の中に客観的な生理学をとり入れたのはパブロフであると云われている。パブロフによって成立発展した高次神経活動生理学は、神経系の「心」の機能は条件反射によって実現されるという考え方をとっ

ている。この考え方に立って、学習について次のように述べている。「あらゆる訓練と学習は、生理学的機構からみて、種々の型の、種々の構造の条件反射の形成にほかならない」^③ 大脳における条件反射の形成が脳細胞のどのような変化によるかははっきりわかっていないが、電気生理学では、神経系を回路論の立場から研究しようとしている。^④

大脳生理学によれば、学習によって大脳に言語中枢ができ上がることが指摘されており、「ヒトの脳の発達はますます細い複雑な言葉の信号を分析する方向をたどっている」と論断されている。したがって人間の高次神経活動である「学習」を問題にすると、言語に対する反応をみるのが非常に大切であろう。大脳生理学ではこの反応の測定法として、唾液分泌条件反射を形成したり、運動条件反射を形成したり、脳の活動電位を測定したりする方法がとられている。人間は言語を使って反応を示すが、この言語をどのように客観的にとらえるかが問題点となる。これについては3.で考えを深めたい。

2.2 数 学

数学ではトポロジー（topology）の領域が学習の成立状態の記述に努力している。^⑤ これによれば、学習が成立するのは、大脳の神経細胞（neuron）及びその一部であるシナプス（synapse）に変化が起るためという電気生理学の成果をうけて、この変化するニューロンの数を次元とする「思考立体」を定義する。たとえば、2.1で述べた言語中枢を、トポロジーでは言語に関する思考立体領域で置きかえていることになる。言語中枢を構成するニューロンが n 個あれば、 n 次元の思考立体を考える。 n 個のニューロンが、ある言語によりそれぞれの興奮状態になったとき、その興奮状態によって規定される思考立体上の1点が決まる。この点がこの場合の思考をあらわすというのである。別の入力によって興奮状態が変わり、それによって思考立体上の点も移動する。これをトポロジーでは記憶と呼んでいる。また、一つのニューロンAに付着している他の多くのニューロンがどのような状態になったとき、Aはどうなるかという問題を写像概念を使

ってあらわし、この写像のされ方が変化することを「学習の成立」と呼んでいる。この場合閾値の概念を導入している。

ようするにトポロジーでは、感覚器管を通して入る刺激によって、脳細胞の状態がどのように変化するかを大づかみなやり方であらわそうとしている。このトポロジーによる人間の学習の把握は研究途上にあり、大いに注目していくべきであろう。

2.3 工学

工学においても大いに研究が進められている。とくにオートマトン (automaton) の分野 (パターン認識, 音声認識, 機械診断, 電子計算機, 人工知能…) に関連して人間の学習に対する関心は急速に高まっている。⑩たとえばパターン認識の領域では、人間のパターン認識の能力を参考にするため強い関心が示されている。電子計算機によって能率的にパターン (図形絵, 高度に抽象化された文字とか概念) 認識させるにはどうしても視・触覚が必要なことに気づかされている。電子計算機に立体を認識させるには、どうしても手・足・目を与えて「立体」を「体験」させなければならないという考えからロボット工学が提唱されている。⑪このことは学習を高度な認識の問題としてとらえた場合、視・聴・触覚による認識は、高次の認識 (大脳生理学でいう高次神経活動のうち第二信号系<言語>反射に相当する) の基礎をなしており、学習の基礎となる感覚的認識を認めていることになる。この結論は大脳生理学の分野での結論と一致しており、哲学における論断 (毛沢東: 実践論) とも一致している。

人間の学習機能を、工学領域ではどのようにとらえようとしているかその例を学習制御の分野でみる。ここでは、人間は発見的方法 (heuristic method) をどのように発揮していくかを調べるために次のような方法がとられている。被験者からはみえないところに

ある test hill といわれる用紙 (地形図にみられる等高線が描かれている) の中の最高点を探索させるというものである。⑫これは工学領域で直接人間の脳を対象にした特筆すべき例である。

2.4 心理学

心理学の領域では、学習について古くから考えられている。心理学でいう学習の本質とは「一定の経験の結果として、行動体の内部に、行動の可能性の変化が生じ、その結果として外的行動が変容する。この内的変化が学習の本質である」としている。ではこの内的変化をどうとらえようとしているのか。人間を暗箱 (Black Box) とみなして、暗箱の中はどのようにしているか知らないが、この暗箱に刺激を与え、その応答との関係をとらえよう、という考え方である。外部にあらわれた行動を通して内部変化を推測しようというわけである。これを数量化しようというのが工学領域でのオートマトンの手法である。一方大脳生理学では、脳の生理学的機能という暗箱の中身に立入っていくとするものであり、トポロジーでは、この内部状態を数量化しようとしているのである。心理学での反応測定方法に対する論評は3.で述べることにして、次に学習心理学が描き出した学習のメカニズムについて注目してみよう。

ブルーナ編著の論文集⑬には習得、理解、問題解決、創造、直観などがどのように行われるか、あるいは、どのような特徴を持っているかが述べられている。たとえば「習得」については、①注意力の訓練。

②類似と差異をつかむこと。③学習者の興味をひきおこすこと。④学ぶべき内容の構造化と符号化、などが必要であるとしている。

これから描き出される理解・習得のメカニズムをまとめてみれば図1のようになる。

問題解決については次のように述べられている。

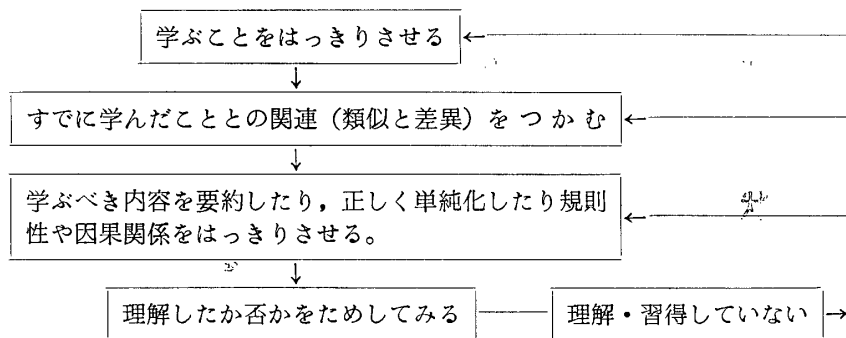


図1 理解・習得のための流れ図

①何が問題であるかを知る。②ヒント, アイデアを探すため対象の種々な面にスポットを当てる。③問題を小問題に分ち、一步一步解決に迫り解答の領域を明確にしていく。④思考の正確さのテストをする, などである。

これから描き出される問題解決のメカニズムをまとめれば図2のようになる。

図2より、「創造」とは図2のような過程を経て、本人はおろか他人の経験や既知の法則などになかったものを作ることやまですることになる。又「直観」とは、

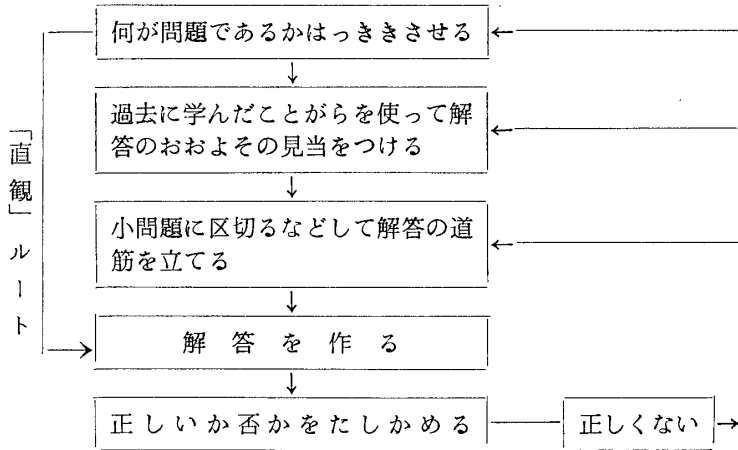


図2 問題解決のための流れ図

図2に示すように、右側の feed back ルートがない場合をさすことになる。

学習心理学が描きだした学習のメカニズムは図1、図2のようにマクロ的であり、指導的教育的側面が強く出ている。

3. 測定方法について

学習のメカニズムを研究するに当たり、2.で二・三みてきたように各分野で独特の測定方法が考えられている。教師の立場から接近する場合、学習に関して、生徒の反応をどうとらえるかが環になる。したがって心理学の手法が参考になる。心理学において心の動く状態を測定する方法の一つに或る刺激に対する反応を観察する方法がある。この反応は実際に目にみえるものをとらえていることになる。もう一つの方法は内省（又は内観）と呼ばれる主観的方法である。これは外的行動にあらわれない「心」の動きを知るため「自分自身を眺めてみよう」とする試みである。なぜこのように二つの方法がとられてきたか。これは人間の精神活動の複雑さの反映である。人間の精神活動には、客観的側面と主観的側面とがあり、客観は主観を通じてあらわれるのである。たとえば食べ物のおいしさを嗅ぐ場合、客観的側面としては唾液分泌が起ったりその他運動性反応があらわれる、主観的側面としては「こころよい食欲」としてあらわれる。心理学で用いられるアンケートによる方法や質問による方法はこの主観的側面を尋ねる場合が多い。^⑩ 医者が内臓やその他器管の様子を尋ねる場合、腹が痛いか？どのように痛いか？というように客観的側面を尋ねているのだが、答える側にとっては主観的表現が入らざるを得ない。特に精神療法の治療にあたっては、患者の様子を把握するためひとりごとで注意したり対話をしたりするなど言語による「反応」に頼っている面がある。この場合客観的データを患者の主観を通じて得ようとしているのである。

2.1で述べたように、高次神経活動生理学の方法論

は条件反射法である。これは客観的方法であるとされている。客観的応答反応として、運動反応、分泌反応、心臓活動（ウソ発見器に利用）脳波、呼吸、言語反応が挙げられている。^⑩ この方法論に従えば、学習という高次神経活動をしらべるには、種々の刺激に対する条件反射形成のうち、言語による反応をしらべることが妥当になる。認識心理学の領域においても、たとえば、ピアジェ(Piaget, J.)は「思考とは記号を用いた探索である」といい、この記号を社会的記号としての

言語と個人的記号としての象徴とに分けていると云われている。このことは「思考と言語との間には相互的依存関係があることを示している」のである。^⑩

この大脳生理学での言語反応に頼る方法は、心理学でいう内省とどうちがうのか、反応を言語としてとりだす時客観性は失わないのか、客観的言語反応というものがあるのかなど多くの問題点を含んでいる。さきにみたように内臓からの客観的信号でさえ脳を経て言語であらわす時主観が入ってしまうのである。したがって心理学では「主観的側面を尋ねているから非科学的である」という非難にしても、それに代る方法が開発されなかり無力であり、被験者に対する質問形式（アンケート方式）は生きつづけるであろう。

教育現場は生きた多くの生徒を相手にしているため、唾液分泌や脳波などを日常的に測定するわけにはいかない。とくに学習活動の調査は言語反応に頼った測定をせざるを得ない。従って被験者の主観はどうしても入る。被験者が、自己の主観を出さないように、心理過程を表現できるような方法がのぞましい。従来学校教育の現場では、よく理解できたかどうかという大ざっぱな見当はペーパーテストによってみている。これでは頭の中ではどのような過程を経て解決に至ったかを知ることはむずかしい。時間的余裕があれば、生徒一人一人に対していろいろな質問を逐次することによってさぐりを入れることはできる。筆者は、被験者（生徒）自身にうまい表現手段を教えることによってこれら考慮すべき問題点を解決すべきだと考える。この考えにもとづいて生徒に流れ図(flow chart)を作る方法を教えた。前述のピアジェは記号論理学の助けを借りて、思考のパターンを分析しようとしている。しかしこの場合も反応の検出法は従来の実験者による質問形式である。そこで波多野等もこの記号論理学を生徒自身に教えることを提案している。^⑩

4. 中学生にみられる学習形態

流れ図による方法および探索ゲームによる方法によって学習のメカニズムを探ったその結果を次にのべる。

4.1 流れ図を用いた測定方法

流れ図とは情報処理の初歩技術となり、思考や行動のもとなる情報の流れなどを図にしたものである。図1、図2も一つの例である。

流れ図の導入は初歩的情報処理技術の導入という意義も狙ったものであるがこの面からみた結果については既に報告した。^⑩（流れ図とはどういうものか、生徒への導入はどのようにして行ったかはこの報告を参照されたい）

4.1.1 数学・理科などの問題解決過程

中学3年（43年度）を対称にして流れ図を作る練習を終えてから、高校1年用の数学の教科書にある応用問題（追い付き算）を出し、この解答過程を流れ図化させた。この問題ではある人Aがある人Bに追い付くまでの時間と距離の関係を数式にあらわすことができるか否かがポイントになる。数式にあらわすにはAがBに追い付くという現象を問題文が述べている観点とは違った観点からみる必要が起る（たとえば、先に進んだBは追い付かれるまでにさらに何 m 進むとか、歩く速度の差からAとBとの距離は1分間に何 m ちぢむとか）彼等の描いた流れ図からわかった事柄は、彼等は過去において同類の問題を解いた経験から、この観点を決定していることである。問題が、高校1年向きのものであったとはいえ中学3年生にとっては比較的やさしかたため、複雑な問題解決のメカニズムはあらわれなかった。流れ図にあらわれたのは、過去に学んだ解答形式の再現を示すものばかりであった。しかし次のようなことがわかった。形式には二種あり、その一つは代数を使った動的な解き方、他の一つは算数を使った静的な解き方であり、算数による解答は代数によるそれより2倍あった。このことは中学3年になってもまだ小学校での鶴亀算などの算数の影響が考え方に残っていることを示している。

中学2年生（43年度）に対して、理解・習得のメカニズムを知るために、図1のような図をヒントとして与えておき、各教科の勉強方法を流れ図にあらわすように指示した。この結果から次のことがいえる。中学2年生の理解・習得とは、実技以外はほとんど記憶の段階である。記憶をうまく行うために、図1に示したような feed back loop が絶えず使われている。もしこの記憶事項を使って問題解決がうまく行ければ、記憶事項は理解事項と呼びかえてもよいのではないか。したがって低次の理解・習得

は記憶が主体である。英語では単語や構文を反復練習によって理解・習得している。社会科では、理解・習得はまとめ法によってなされている。

以上43年度においては、流れ図化の技術が粗雑で幼稚であるため非常にマクロなメカニズムしかわからず、図1、図2をさらに精密化することはできなかった。

4.1.2 じゃんけんの方略を発見する際あらわれるタイプ

ブルーナ等のあらわした理解・習得などのメカニズムから得られる図は図1のようにマクロ的である。もう少し詳しく、たとえば、「規則性をはっきりさせる」のにどういうことが行われるかなどを知ることが意義がある。この目的でじゃんけんの方略を見破っていくゲームを中学3年生（44年度）に行わせ、その過程を流れ図に表現させることを行った。

まず5回分のじゃんけんの方略をなんらかの規則性を持って作らせた。3人グループをつくり1人は記録係とし、他の2人の一方は自分の作った方略に従ってじゃんけんを行い、他の1人は任意にじゃんけんを行って相手が方略を見破る側にまわる。

次にじゃんけん方略の例を示す。1回戦5回勝負
第1回………ゲー

第2回 } … { 前回相手が出したものに勝つもの
第5回 } … { を出す。たとえば前回相手がパー
なら今回自分はピー

注：ゲー→いしパー→紙 ピー→はさみ

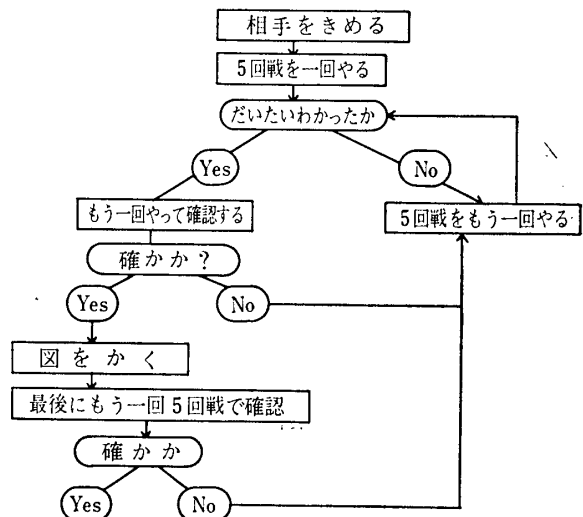


図3 じゃんけんの規則を見破る過程

（昭和44年中3生徒の作品）

非常に複雑な方略を考えた者もいて、相手の方略を見破った例は少なかった。見破る過程を流れ図にしたもの（図3参照）をしらべたところ次のような発見方法のTYPEがあらわれた。

TYPE I ランダムに3回戦位を行い、その勝敗結果を分析して相手のきめた方略に

対する仮説を立てる。

TYPE II ランダムに1回戦位を行い、次に1勝負毎に仮説を立て、勝敗の結果によって仮説をかえていく。

TYPE III 1勝負毎に仮説を立てて勝敗によって仮説をかえていく。

比較的簡単な規則性をもつものは**TYPE III**の方法が成功が早い。多くの者は**TYPE II**を使っている。

次に分析したり仮説を立てる様子をさらに詳しく知るために**TYPE I**の思考形態をとらせてその経過を流れ図にすることを求めた。与えたデータは右の表に示す。

データ I 5回勝負の2回戦分

一回戦	探索者	ピ	ハ	ピ	グ	ピ
	相手	グ	グ	ピ	グ	ピ
二回戦	探索者	ピ	グ	パ	パ	ピ
	相手	グ	グ	パ	ピ	ピ

データ II 5回勝負の2回戦分

一回戦	探索者	ピ	グ	ピ	ピ	グ
	相手	グ	グ	パ	ピ	パ
二回戦	探索者	ピ	パ	ピ	パ	ピ
	相手	ピ	パ	パ	ピ	グ

回数	1	2	3	4	5	1'	2'	3'	4'	5'
探索者	ピ	パ	ピ	グ	ピ	ピ	グ	パ	パ	ピ
A	グ	グ	ピ	グ	パ	グ	グ	パ	ピ	ピ

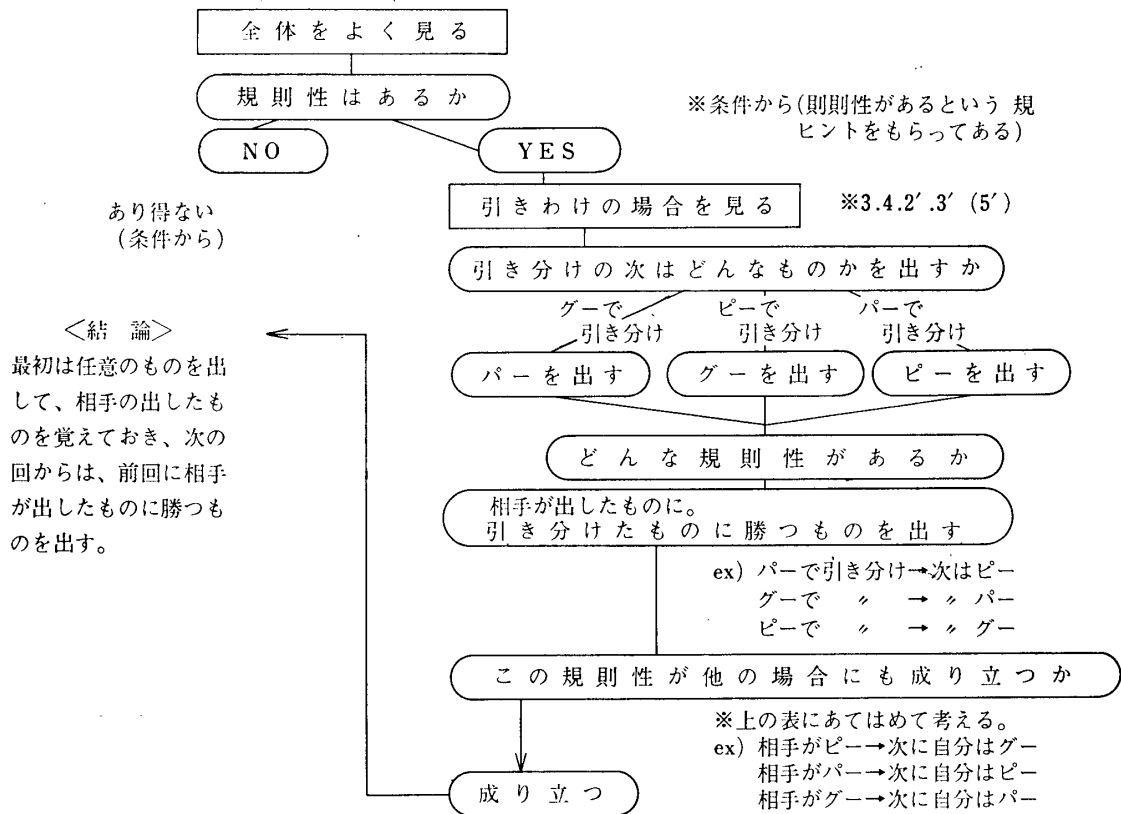


図 4 データ I に対する分析過程図 (44年度中3生徒の作品)

データ I に対する分析過程の例を図 4 に示す。生徒各人の流れ図を検討した結果次のようなことがわかった。データ I に対しては表をながめただけで直感的にわかった者もいる。その場合なんとなくわかったら流れ図にできないと述べた。ほとんどの生徒は次のような方略をとっている。自分達が方略を作った時の経験から推測して、色々な角度から手がかりを求めて規則性を見つけようとする。たとえば、まず前後関係について調べる、相手の「手」と

の関係をしらべる。それによって仮説を立てる、一度立てた仮説を更新しながら分析していく。また、並列的にあらゆる関連性をあらゆる角度からみていこうとする水も漏らさぬ分析方法をとろうとする者もあらわれた。すなわち相手がどんな規則性をもっているか発見できる一般法を作ろうとするのである。例を図 5 に示す。図 5 は、流れ図を作ることによって生徒の思考方法自体が変化して方略化することを示している。これは流れ図導入の具体的成果で

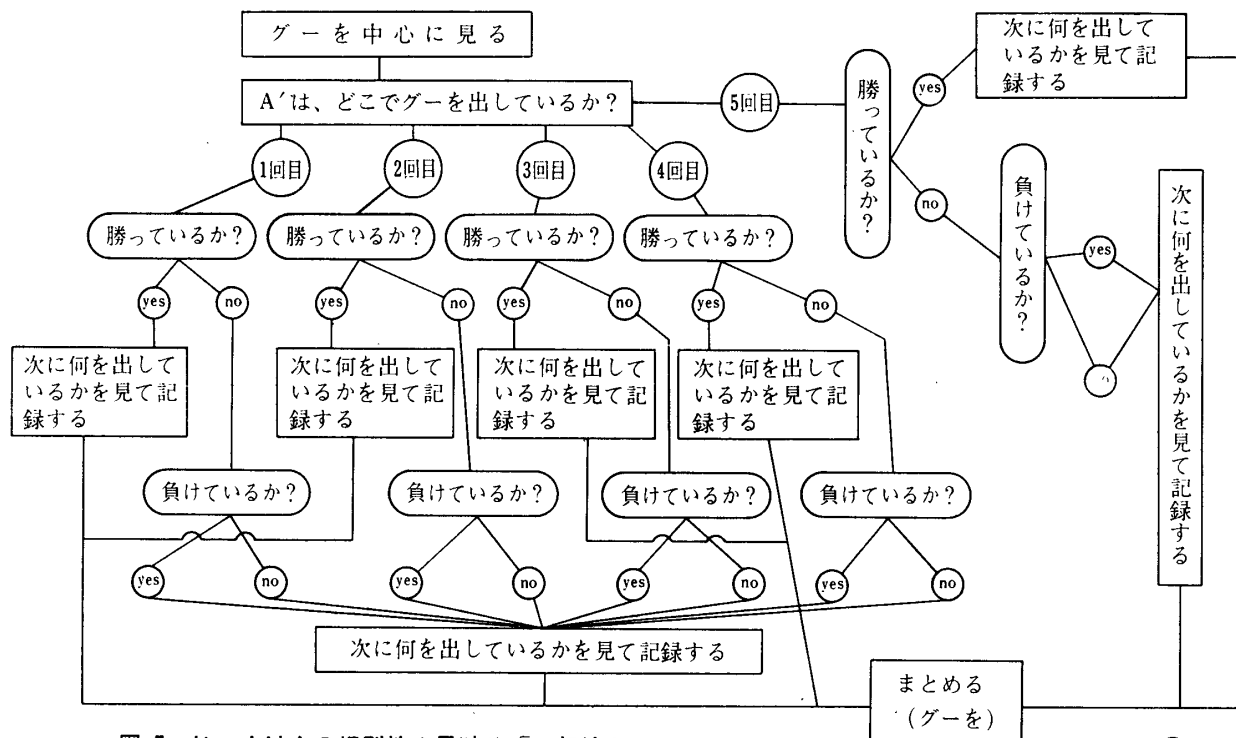


図5 ジャンケンの規則性を見破る「一般法」
(44年度中3生徒の作品)

他のチョキ、パーの場合も
同じようにする

ゲーム、チョキ、パーのものを
まとめる

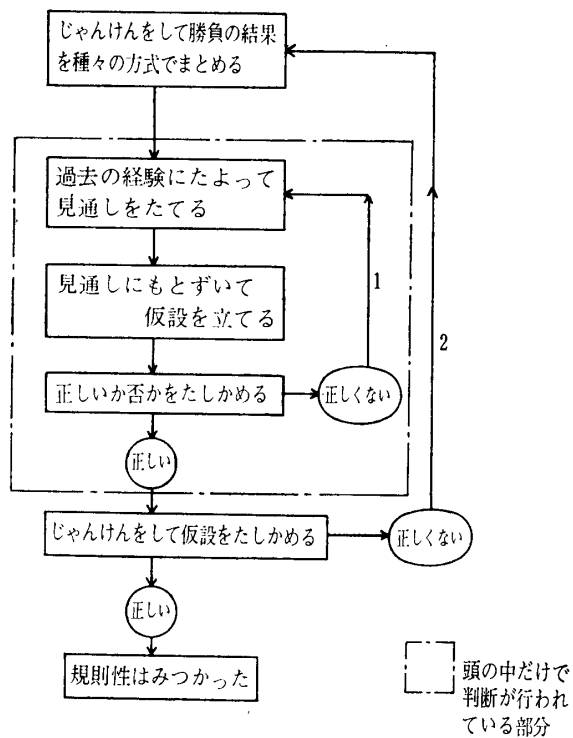
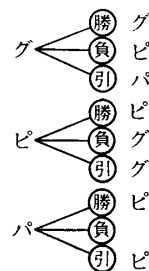


図6 ジャンケンゲームにみられる規則性の
発見過程

ある。大部分の生徒の作った流れ図をまとめてみると図6のようになる。前述のTYPE Iは最初のじゃんけん回数が多いため feed back loop 1 が多く使われ2はほとんど使われない。TYPE IIIはじゃんけん回数が少ないうちに仮説を立てる段階に入るため2が使われる。

図1によれば規則性や因果関係を見つけること

は、理解や習得のための主要な1ステップであるが図6ははその1ステップをさらに分析した図といえる。図6では二つの feed back loop を含んでいる。したがって図1、図2を考えあわせると、人間の学習過程は同じような方式すなわち、正しいか否かの判断による feed back をいろいろな段階で使っているといえる。大ループの中に中ループがありその中に小ループがある。又その中に……という具合に限りがない。このループの使われ方のひん度や数によって思考のパターンができていくといえる。

限りなく細分化される可能性のある feed back loop のもとになる「正しいか否かの判断」はどのように行われるのか。図6の loop 1 の場合は、自分の既に得た情報にもとずいて頭の中だけで判断が行われている。loop 2 では、じゃんけんという実践(実験)によって判断が行われている。

4.1.3 流れ図化法導入の効用

流れ図化技術を生徒に教えたことにより次のような利点と将来への課題を得た。

- ① 前述の参考文献⑨の第2章でメアリー・ヘルンが述べているように問題解決をうまく行うには「思考の正確さを(生徒自身が)テストしてみる」必要がある。そのための具体的方法の一

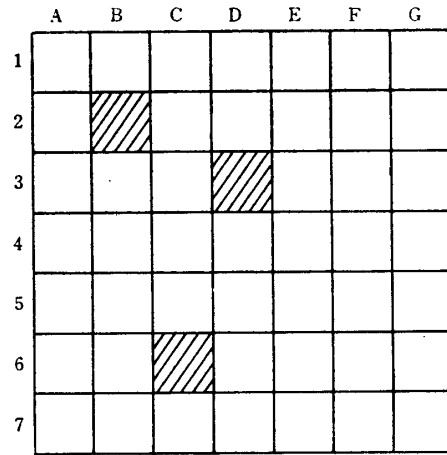
つとなる。

- ② 同じところで、リチャード・クラッチフィールドは「自己の持っている認知的技能を適切に使い統御する技能の育成のため問題解決に子供を参与させる」べきであるといっているが、この流れ図化はその技能そのものであり、まさに流れ図を作る作業自体が「参与」になっている。
- ③ 大脳生理学において言語による反応に注目してはいるが、そのとらえ方の研究はすすんでいない。この流れ図化法は、言語反応に依存した測定法の一つといえる。
- ④ さらに、ピアジェ^⑩は言語にならない思索があるといい、ジェローム・ブルーナーらは「直観」は言語化できないが、この絵画的直観によって習得される過程を言語化したり定着化したりする方策があると指摘している。⑩流れ図は図形と言語が一体化したものだけに、言語にならない思索や絵画的直観をあらわす手段となる可能性をもっている。
- ⑤ 学習者の学習上のつまづきを具体的に知る方法となる。
- ⑥ 高校生、大学生にも適用すればもっと複雑なものが得られるのではないか。しかし中学生のほうがメカニズムの本質（基本）をみるのには適している。たとえば記憶と理解と問題解決の関係など。
- ⑦ 流れ図の正確化と精密さは、被験者自身にこの方法によって能率的学習方法を確立したいという意欲を持たせることにより可能となろう。しかし主観的側面は大いに入ってくる。

経験の全くない事態や経験の乏しい事柄に対する問題解決法は試行錯誤法がとられる。いわゆる見当がつかないときのやり方である。この試行錯誤法は図6ではloop 2なのである。これは学習の原始的基本的な方法である。この試行錯誤法はどのように行われているかをみてみよう。このためflow chart法をはなれ次のような方法をとった。

4.2 探索ゲームを用いた方法

生徒達の間でよく遊ばれているゲームを改良してとり上げた（生徒達は戦艦ゲームと称している）。このゲームは2人で行われる。ルールは次のとおりである。2人は基盤のようなマス目をえがいた紙をもっている。マス目の任意のものに「船」を配置する。相手にはみえないようにする。（図7参照）この「船」の位置を相手にみつけさせるのである。図7では2-B, 3-D, 6-Cに配置された事を示す。探索側は相手の「船」がいると思われるマス目の番号を告げる。告



斜線は配置された船の位置を示す

図7 探索ゲームに使われる記録用紙
(マスの数はいくつでもよい)

げられた方はそのマス目の1マス隣に「船」の配置があれば「近い」といい、2マス以上はなれていれば「遠い」といい、そのものずばりであれば、「当り」と告げる。探索側はこの情報を頼りに何回で全部の「船」の位置を当てるかを競うのである。この記録例を図8に示す。①, ②...⑮は探索順序とその位置を示し

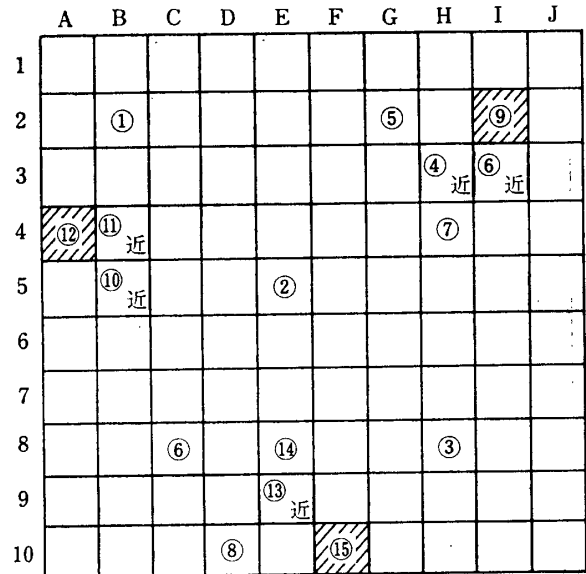


図8 探索ゲームの過程をあらわす記録図

ている。2-Bより探索をはじめ、9回目に2-Iにある1隻目を、12回目で2隻目を、15回目に3隻目をみつけている。この記録にもとずき探索のタイプを調べた。探索の開始方法には次の三つのタイプがあることがわかった。

- ① 規則性のないランダム探索法
- ② 大まかな飛躍探索法
- ③ きちようめんな掃引を行う逐次探索法

これら探索のタイプと探索回数との関係を分布図にまとめると図9のようなになる。図9によれば、逐次探索法ではバラツキが少く13~16回に殆んどの者が分布している。ランダム法ではうまくいった者とそうでない

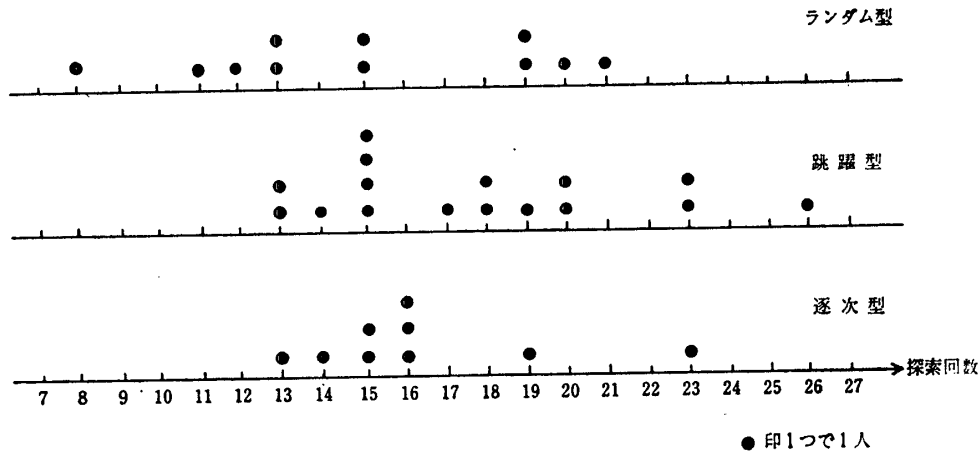


図9 探索タイプと探索回数 (44年度中3男子)

者との明暗がはっきりしている。この分布図はランダム探索法と逐次探索法の長所欠点を浮彫りにしている。

この探索ゲームを使ってとらえた試行錯誤のタイプとじゃんけんゲームを使ってとらえた規則性の発見タイプとはよく似たところがある。どうした場合にどのタイプを用いるか、どのタイプを用いる生徒が学力面の成績を上げるかを調べる必要がある。一つの例を示

せば、学力面において突出した2人の生徒A、Bに注目すると、探索ゲームではAは逐次型でBはランダム型、じゃんけんゲームではAは分析的であったが、Bは4.1.2に示したデータIの表の一覧により直観的に発見している。今のところどちらのタイプでも学力成績はよいといえる。将来の伸びは追跡調査しなければわからない。

4.3 両方法の比較

流れ図を用いる方法は4.2で述べたような特徴をもっている。この方法は生徒自身が思考方法について注意を払い工夫をこらす動機を与える。例えば探索ゲームにおいて最適方略(早く船をみつけたす方法)を考えさせるのにはどうしても流れ図に頼らざるを得ない。生徒はこれを見事に行うようになった、その例を図10に示す。この技術は前述したように情報処理技術として有用である。⑩一方探索ゲームでは探索型の思考タイプしか使えない。又生徒にとってはゲームとしての面白さ以外に意味はない。しかし電気回路を用いて、自動的に探索パターンを判別する装置として多勢の人の処理が可能になる。筆者はその原型を生徒に試作させた。(写真1)この方法は流れ図法と比較して、3.で述べた主観的側面の入りにくい方法であることを指摘したい。

5. あとがき

各分野における学習についての研究状況を一覽した。とくに大脳生理学において、言語に対する条件反射の形成及び言語によるその応答を指摘していることに注意を払った。各分野の研究成果を背景に教師の立場から生徒の「反応」を測定するにはどのような方法がよいかについて考察を加えた。言語による応答は生徒自身の主観が入らざるを得ない。しかし教育現場ではなんらかの形でこれに頼らざるを得ないことを指摘した。そしてその一方法として生徒に流れ図 (flow chart) を作る方法を教え、これによって生徒自身が自分の学習過程を表わす手段をもつようにすることを

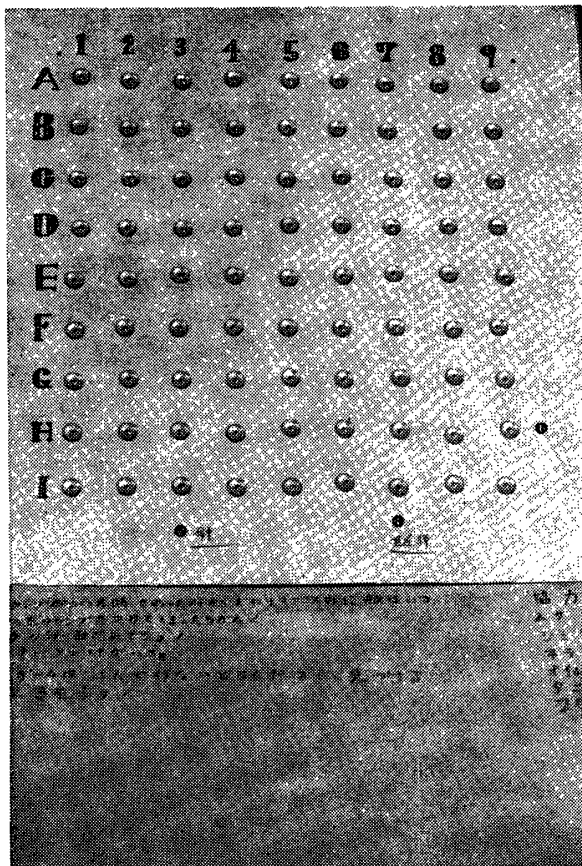


写真1. 探索ゲーム装置 (44年度中3生徒の作品)

右の黒いところからリード線を出し、リード線の一端を白く光っている端子にさわる。さわった位置に「船」があれば下端の二つの(黒い)ランプの左の方が点灯し1マス以内であれば右の方が点灯する。遠い時には何もつかない。ゲーム者は下端のランプの点灯を頼りに探索をつづける

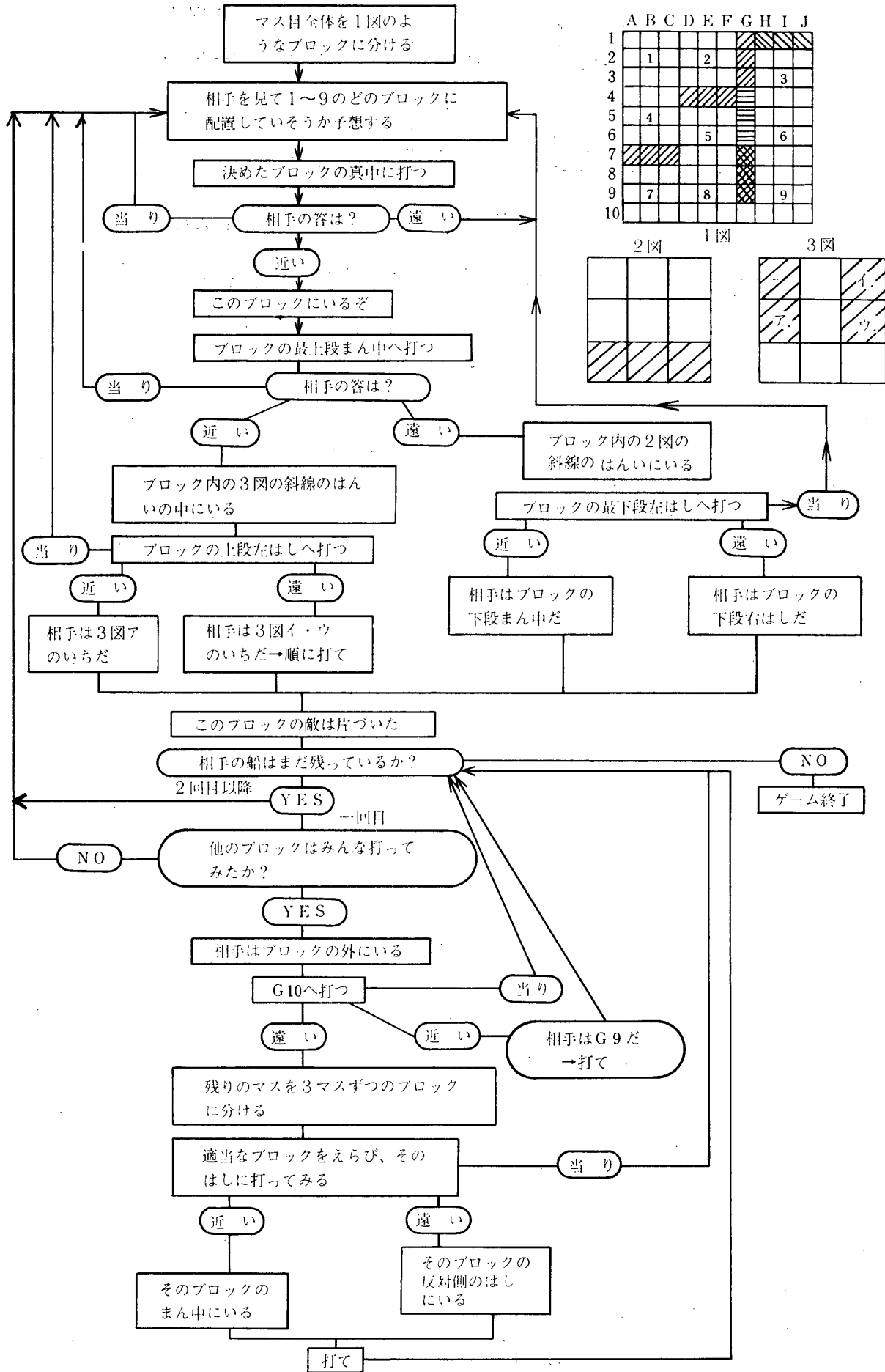


図10 探索ゲームの最適方略 (44年度中3生徒の作品)

提案した。この方法によって生徒の行っている学習は、フィードバックループのくり返しと組み合わせであり、これには種々の型があることを指摘した。また試行錯誤的学習の型を知る為に探索ゲームを利用した結果についても報告した。

今後の課題は、学習のメカニズムを探索する上で、流れ図の「言語と図形」として性質をどのようにうまく使っていくかさらに深く検討することである。また探索ゲーム方式の単能機をいくつか作ることも意義がある。

参 考 文 献

- ① 名古屋大学教育学部附属中学高等学校紀要 第13集 P159 (1967年度)
- ② A. G. Korah著 河辺広男, 川村浩訳 脳生理学 基礎岩波書店 (1964.2)
- ③ 内藤耕二 生体の電気生理学 コロナ社 (1967)
- ④ 南雲仁一 バイオニクス 共立出版 (1968)
- ⑤ 野口 宏 トポロジーの世界
ダイヤモンド社 (1966)
- 野口 宏 記憶とトポロジー 数理科学 2
P27 (1970)
- ⑥ 電気通信学会誌 オートマトン特集
46.11. (1963)
- ⑦ 猪股修二 ロボットと人工知能 数理科学10
P16 (1968.10)
- ⑧ 織田守矢, 中村嘉平 二次元・多峰性評価関数の
最高点の発見的探索法 計測と制御 7. 12. P852
(1968)
- ⑨ 塩田芳久, 田浦武雄共訳 学習のための学習
黎明書房 (1968)
- ⑩ たとえば, 続有恒編著 CDPA用紙
金子書房 (1969)
- ⑪ 徳井輝雄 初歩的情報処理技術の導入 名古屋大
学教育学部附属中高等学校紀要 第14集 P121
(1968年度)
- ⑫ 波多野完治編 ピアジェの認識心理学
国土社 (1967.4)