Technishe Baukästen等の中学校技術・家庭科機械学習への導入に関する研究（Ｉ）

メタデータ	言語: jpn
	出版者:
	公開日: 2017-10-03
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 村田, 昭治, 寺田, 盛紀, 西本, 茂戸造
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/20507

Technishe Baukästen 等の中学校技術・家庭科機械学習への導入に関する研究 (1)

村田　昭治・寺田　盛紀・西本茂戸造

Ein Studium von der Einführung der Technischen Baukästen usw. in die mechanische Bildung der Jepanischen Arbeitslehre (1)

Shoji MURATA
Motozo NISHIMOTO　　KANAZAWA Universität
Moriki TERADA

Das mechanische Lernen in der obligatorischen technischen Bildung war nicht zufrieden aus zwei Gründen. Erstens wurde ihre Grundlinie auf die Reparatur und Wartung beschränkt. Zweitens hatte die Verbindung der Theorie und der Praxis einige Fehler.

Aus diesen Gründen ist der Unterrichtsstoff für die Konstruktion des Mechanismus entwickelt worden.

Dieser Aufsatz ist die Untersuchung der folgenden Probleme.

1. Das bisherige Studium von dem mechnischen Lernen und der Erschließung des Unterrichtsstoffs und -mittels zusammenzufassen
2. Das **Technische Baukästen** System als eine Beispiel für die Entwicklung des Unterrichtsstoffs im Ausland einzuführen
3. Den konkreten Versuchstyp des Unterrichtsstoffs, der die Praxis in Japan und der Deutschen Demokratischen Republik aufhebt, vorzustellen

I　はじめに

機械に関する教育は，工作，電気・電子，情報等にかかわる学習と並んで，中等教育段階における技術教育の中核的内容でなければならないことは広く合意の得られるところである。

しかしながら，以前から，木材加工や電気に関する学習に比し，機械に関する学習が低調であり停滞しているとする意見があり[1]，その状況が20年を経た現在においても改善されておらず，教育課程の改善に当たって再構成すべきではないかとする意見[2][3]が関係の学会等で発表されている。

一方，諸外国においては，技術教育を選択教科から必修ないし共通履修の方向で改革し充実を図ろうとする気運が盛んであり，テクノロジー志向，問題解決能力重視の方向[4][5][6][7]にある。

このような状況のもとにあって，これまでの我が国の中学校技術・家庭科機械学習の創意的

昭和61年9月16日受理

実践の経緯をたどり，その問題点を明らかにするとともに，先行研究としてのヨーロッパ例えば，ＤＤＲにおける Technishe Baukästen 等に見られる「機構を仕組む」教材を日本の創意的実践の土壌に導入し，両者を止揚する方向で教材を開発したい。この意図は，テクノロジーの基礎・基本を手作業など実践的活動と結合し楽しく効果的に学習を進めるとともに，時代の進展に対応し，メカトロニックスの学習への導入教材の開発にも展望を与えると期待されるからである。

II　我が国における機械学習の創意的実践

1　整備のための機械学習の問題点

昭和37（1962）年より実施された中学校学習指導要領は，技術・家庭科「男子向き」の機械については次のように示していた[8]。

「自転車，裁縫ミシン，農業機械などを整備するのに必要な技術の基礎的事項を，取りあげる機械に即して指導するとともに，機械の材料や要素は，取り上げる機械と関連させて重点的に指導する」（傍点筆者）

指導事項は，ア　機械材料，イ　機械要素，ウ　故障の点検，エ　分解・組立・調整，オ　洗浄・給油　となっていた。

指導の実態としては，自転車の整備であり，その整備に多くの問題が孕んでいた。

機械の指導目標が，「○○○○を整備するのに必要な技術の基礎的事項」となっており，「整備できるようになること」が目標とされた。教師は夏期休業等を利用し，自転車店等に見習工のように実習に行き[9]研修につとめたが，教師の能力の向上にはなっても，生徒を自転車を整備できるようにすることは極めてむずかしく，実践の経験を通して，何のための整備の学習かという疑問が生じた。

「学習指導要領の指導事項には，「機械要素」もあがっており，教科の目標「創造し生産する喜びを味わわせ，近代技術に関する理解を与え[8]」とも謳われていることを考えると，「自転車　ミシンの整備を通して，機械要素や機構を理解させ，機械を適切に使用する能力」を育てるとする考え方が生まれたのも当然といえよう。

ＤＤＲの Baukästen が紹介される以前から（又その当時から）我が国においても「整備」から「機械の仕組の学習」への重点の転化が現場教師の自発的な実践によって生まれて来たのである。

及川怜は，自分たちの研究グループの試案と対比し，「類似研究の動向[10]」と題する項で，「ミシンや自転車にとらわれない実践は，池上正道氏，村田昭治氏，小池一清氏などがある」とし，論文に若干の追加をし，民間教育団体の機関紙においてさえも大部分が整備を中心とした実践をし，若干のメンバーが新しい観点からの実践を報告していると述べている。ちなみにその数値をあげると「技術教育」誌に掲載された論文29編中自転車ミシンの取扱い11編，原動機の取り扱い９編となっている。

2　機械の仕組を理解させる指導のはじまり

整備を中心に取りあげる機械に即して指導することについて最初に疑問を提出し，実践報告をしたのは小池一清[11]である。小池は，「機械学習のねらいは，いうまでもなく，特定な機械について（分解・組立の技能の――引用者）習熟をねらうものではない。特定な機械にしか通用しない発展性のない学習であってはならない」「自転車なりミシンなりそのものの特定機械にこだわりがちになり」やすいことを指摘し，機械一般についての理解に導くための教材の製作と指導の展開を紹介した。

「機械を構成する四つの部分」によって機械の概念をつかませ，「機械の学習の生命である「動き」を除外して，単に自転車やミシンの構造，機械要素，分解，組立，機械材料等の学習を一通りおし進めてみたところで，それはその場の学習に終ってしまい，機械に関する基本を理解し，創造的，発展的転移性ある学習効果を

十分期待することはできない」とし，ミシンを分解し，軸受けを自作し，実物の部品を添加しながら機構を仕組み，動きを見せる教具を開発した。

学習指導要領を厳しく批判し，実践報告したのは池上正道で彼の実践的研究[12]は次のように述べている。

指導要領が，ア（機械材料）　イ（機械要素）をこまかく出したこと自体を非難するのは正当ではないと思います。これが分解・組立の指導計画にくみ込まれないのは．むしろ当然であって，機械材料・機械要素は「技術学の系統性」から考えなければならないことです。（中略）ジデレフ，カラシニコフの「機械の定義」―「機械とは作業の遂行またはエネルギーの転換のためにつくられる機構をいう」―を引用し，機構，機械要素，エネルギーの変換を含む機械の学習を強調するとともに，「機械ぎらいを作る系統性なら反対」ですと述べ，軸受，歯車リンク装置及びカムの指導実践例を提示した。

次に筆者が機械学習の内容と方法に関する考え方と実践[13]を次号に掲載している。主な内容は次のようになっている。

ア　「自転車を教える」という考え方を否定し，機械を学習するために，施設・設備の関係上，ハンドドリルもボール盤も自転車も材料になし得ると考える。

イ　技術・家庭科の枠内だけで自己完結的に考えないよう努力し，広く理科や数学との関連を考える。（中略）

ウ　子どもの認識にせまる発展性のある系統的な学習内容の配列を指導法を明らかにする。

A　機械学習の基本的な内容

① 機械の一般的な特徴の研究
② 機械要素の研究
③ 機構の研究
④ 機械材料と機素の強さの研究
⑤ エネルギー伝導のしくみの研究

B　教授法で考えなおすべき点

① 観察，比較の重視
② 計測，計算，実在の機械の比較検討
③ 模型を利用し，典型を中心にすえる
④ 分解・組みたての対象を精選する。

「分解・組みたてが機械学習の唯一の君主ではない」しかし「全て否定しさることも誤りである。筋肉で感じとるトルク」「ものごとを順序正しく深い注意力と洞察力をもって完遂する」ことも大切で「油まみれの人を軽べつし機械をこわがる人間」を育ててはならないとし，自作教具―てこクランク機構，スライダクランク機構，カム機構，摩擦実験装置，機械要素の形状寸法と強度――などを示すとともに，実物として典型的な事例を示す。ここでは，典型がなければ自作教具で示すとする考えがあらわれている。

村田はハンドドリルや丸のこ盤，ボール盤など工作機械の観察もとり入れている。

表1　教材の選び方

基本的機素・機構		典型的なもの	それに準するもの	応用した例
軸受	平軸受	ベルトシャフト	ミシンのすべり軸受	
	玉軸受	丸のこ盤主軸受*	自転車	ローラスケート 回転テーブル
	ころ軸受	自動車		
リンク装置		自作模型		足踏式ミシン

当時は，機械の学習の導入においては，ハンドドリル，自転車，裁縫ミシン，木工機械がとりあげられ，傘歯車は，ハンドドリルや木工機械の昇降部分で，ラックとピニオンは，卓上ボール盤や木工機械の縦定規の移動のしくみなどが取りあげられた。

典型的な機械要素を実在の機械から見つけ，一般化を図るとともに不足する場合は，自作教具を製作してみせることとする。

小池は，プーリー，ベルト，軸などを，木材板金，布等を用いて引続き典型的な機構を製作し生徒への提示用教具として発表した[14]。

3　加工学習から機構学習への発展

これまで，機械学習はどうあらねばならないかという問題意識であったが，1962年，63年に教材の精選と構造化の意識が盛りあがり[15]，技術教育として，能力指標を具体化し，総合的経験と分析的経験に分け，表現能力，分割能力，加工能力，組立能力など「物を作る仕事の中でどのように重畳されていくか」が検討された。（表2）

機械学習につながる加工学習の試みとして，

表2　能力の発達と教材の配列（案）　佐藤による

		1．手加工における経験と学習	2．機械工作を含む学習集団	3．機械学習
総合的経験	表現能力	⇒スケッチ　展開図　正投影図法	第三角法による簡単な組立断面図や図面の選択 図と，やや複雑な部品図　記号（位置寸法と大きさ寸法）	やや複雑な組立図の読図
	分割能力	材料どり → 木取り（けがき）　仕上げしろ　加工しろ　折りしろ 等分・比配分	円・孤・接線・中心線・丸 穴・角穴・角度　体積と形態 角棒・丸棒・穴・切削量	軌跡（リンクおよびカム） 歯車（曲線・作用線・基円）
	加工能力（含工作機械）	素材づくり　部品づくり （切削加工・そ性加工）	切削抵抗・切削　熱処理・鍛造（冷・熱） 速度　水平と垂直　（以下概念化） 中心樹より・部品の形態と機能	精度・すきま
	組立能力	はめあい　組立		組立工程
	測定能力	基準部の選択　直角・平面　はめあい	各種ゲージ・計器・測定用具	→ダイヤルゲージ，回転計
分析的経験	材料	木材・鋼板　接着剤・くぎ・リベット （圧縮・引張り・剪断）ハンダ・（表面処理・塗装）	角・丸棒・形鋼・パイプ　工具鋼 鉄・しんちゅう	締結材料・構造鋼・軸用鋼 油脂
	工具	くさびの圧縮・切削・剪断　（木工機械観察）	せんぱん・ボール盤　Ⓑ→工作機械一般・（特殊工具?） じく・スパナ（輪軸）	
	構造	荷重の位置・方向・大きさ（てこ・すじかい）　四角形　三角形	断面係数的概念 締結法　回転化・トルク	柱・はり・フレーム・軸受 →比装置概念にも発展 リンク機構・カム
	機構		回転機構・ハンドルとねじ　ベルト・歯車	

例えば，起重機や機構模型を製作してみてはどうかという提案である。学習内容としては，

① 断面係数的概念を身につけさせる。
② 機体の構成を力学的に考える。
③ 工程は加工法と構成法とからむこと。
④ 製作図との関係の理解。
⑤ 上記の作業内容にふくまれることがら。

となっており，図1のように板金加工によりフ

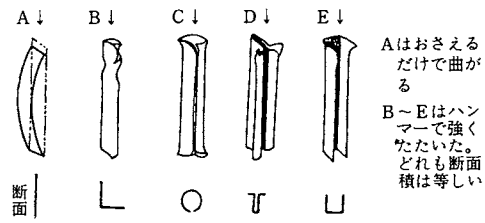


図1　断面の形状と強度

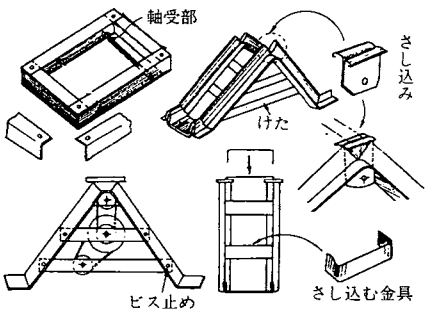


図2　機構模型のフレーム

レムを図2のように作成する。

学習の領域に相当するものとしては，①手加工における経験と学習　②機械工作を含む学習　③機械学習　④動力とエネルギー　⑤電流と回路……となっている。

加工学習は手加工から機械加工へ，加工学習で養なわれた能力が機械学習の前提となり，能力としては重畳されていくとする考え方[16]である。

この考え方が現実性を帯びてくるのは1963年愛知県三河地区での研究大会における実践報告からである。研究部の提案という形で愛知教育大学附属岡崎中学校の木村政夫[17]の実践の紹介によって構想が実現化する可能性を示唆した。

その時点における金属加工の題材は，佐藤禎一の言葉を借りれば「チリトリ，ブックエンド，ブンチンが三種の神器のようになって[16]」おり生徒たちにとっても魅力がとぼしく，何のためにブンチンをつくるかの問い返しが必要であり，手加工，機械加工を学ばせる手段としてならば，機構を仕組むという学習が能力の重畳性と教材の接続発展性から考えて必要ではないかという考え方である。

また，クランク，スライダ，軸受け等を鋳造（注文）し，厚板金と組み合わせて様々な機構をつくる。

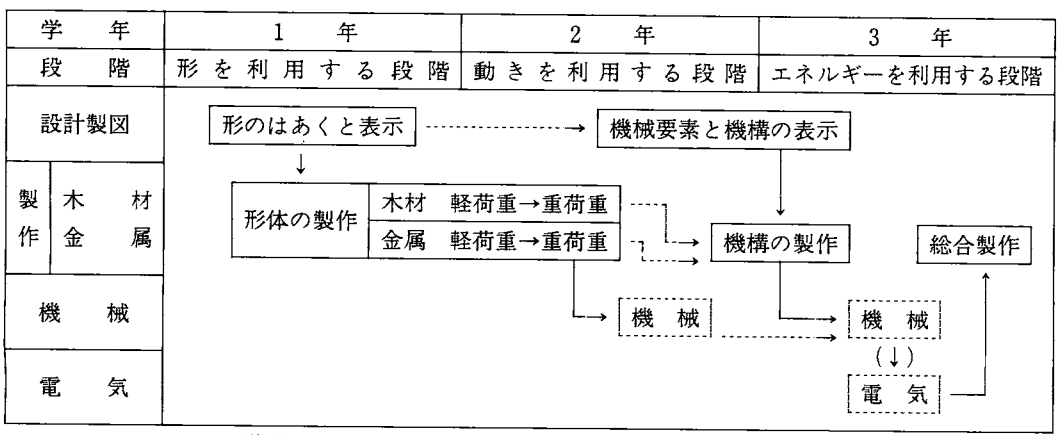
4　製作を通した機械学習

技術の教育はこれまでの生活経験や工作の学

表3　能力の発達と指導内容

学　年	1　年 ⟶ 3　年
機　能	静的なはたらき⟶動的なはたらき
荷重・構造	軽荷重の構造 ⟶ 重荷重の構造 静荷重の構造 ⟶ 動荷重の構造
材　料	木　材→金属→総合材料
加工技術	木　材→金属→総合材料 工　具 ⟶ 機　械 低　精　度 ⟶ 高 精 度
製作形式	個人設計製作 ⟶ 共同設計製作 一 品 製 作 ⟶ 規格製作
思　考	定　性　的 ⟶ 定 量 的 直　観　的 ⟶ 論 理 的 個　人　的 ⟶ 共 同 的

表4　能力の発達と教材構成



習を基礎として成立し，能力は徐々に発達していくとする考えからすれば，中学校の3か年を通してどのような能力を身につけさせたらよいかという観点から教育内容の再構成と教育方法の改善が図られなければならない。このような考えの一環として木村[17]によって，3表，4表の考えが示された。

木村は前掲の二つの表に示す考え方に立って「構造の学習から機構の学習へ」の実践を進める。「動く構造と動かない構造」では三本のリンクで構成する三角形は，動かない安定した形であり，四本のリンクは動く平行クランクや両クランクになることを示す。そして生徒の第3学年の総合実習では，かなり複雑な機構を生徒自身が製作している。

5　生徒が作る機械学習

1960～63年の実践は，一般には自転車の整備が中心であり，先導的な機構重視の実践であっても，創意ある教師が教具を製作し，示範し，動かさせて理解させるものが多かった。

このような実態に対してその後生徒の実践活動を重視して，機構を理解させる実践が試みられるようになった。

池上正道は，機械の構造を頭に入れるために図3[18]のようなスケルトン略画法（命名筆者）とでも言うべき方法を発案するとともに，図4[19]のような厚紙と鋲による機構の製作学習を導入する。

小池一清は，針金により機構[16]を作る学習を発案し女子の機械学習に活用したほか，板金による機構模型製作を発案[20]する。見せて理解させる機構の学習から，作って理解し，工夫して作る機械学習への発展が見られた。図5，図6

以上の創意的実践にはそれぞれの発案者の工夫が見られるし，それらに学んだ実践的な報告が以後数多くみられた。

更に新しい視点としては，「技術史」の導入の視点であり，小池らは，実際に石器や火おこし器を作ってみせる[21]。機械は，道具の発達した

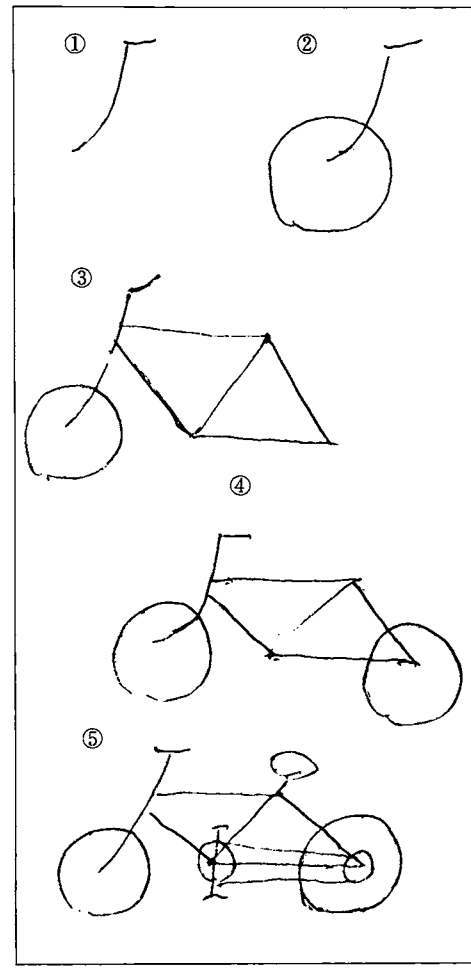


図3　スケルトン略画法

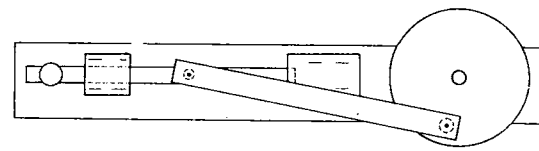


図4　厚紙による機構模型の製作

ものとする実践は，古くから行なわれていたが[22]，生徒に作らせる実践も[18][19][20][23]みられるようになってくる。

このような状況のもとで昭和44年中学校学習指導要領の改訂案が出され，機械学習として，「動く模型」が導入される[24]こととなった。

移行期間を経て，製作を通しての機械学習が普及する。しかしながら，製作を通しての機械学習についても多くの課題が提示された。

例えば都立教育研究所の調査によれば[24]，「動く模型の製作」は6割の学校で実施され，4割の学校では実施されていない。その理由として，① 時間がかかりすぎる。② 作品に実用性がない。③ 費用がかかりすぎる。④ 指導がむずかしい，などであった。

むずかしい理由としては，機械の仕組の構想に関する内容の理解とその設計にあるという。

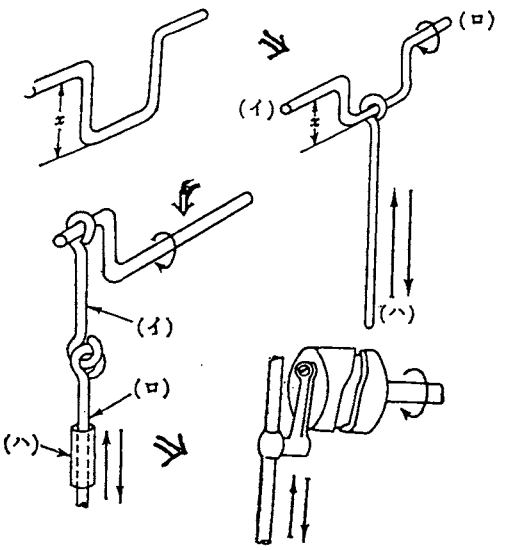


図5　針金による機構学習

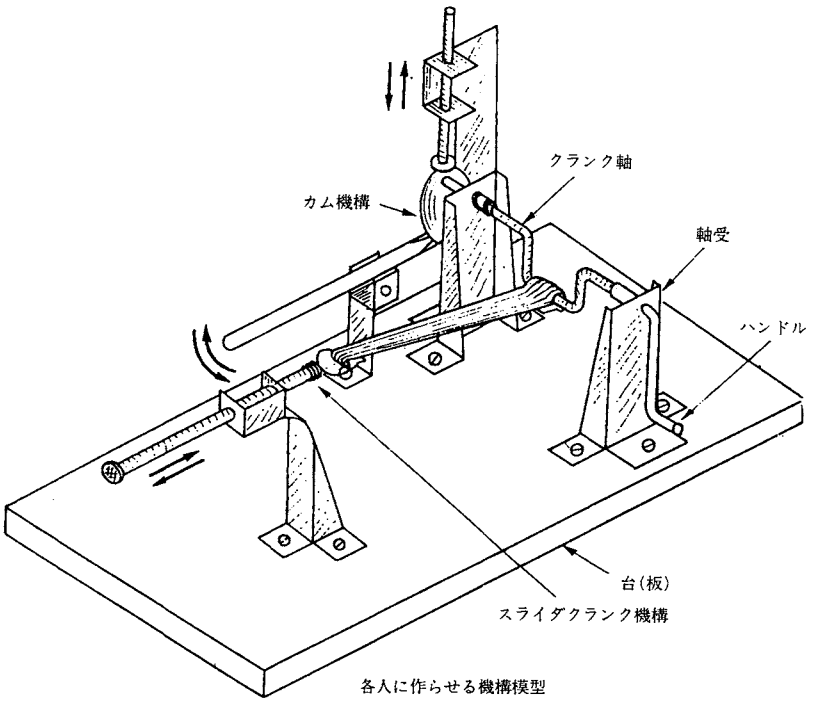


図6　板金等を用いた機構模型の製作

学習指導要領に機構を仕組む教材が導入される以前の創意的実践の特徴は次のように総括できる。

① 機械学習の重点は，機械の仕組の理解，機械の意義などである。

② 機械は道具の発達したものと捉え，生産手段としての役割を体験的に学ばせる。

③ 生徒の作る，組みたてるなどの実践的な活動を通して学習させる。

④ 先行する，金属加工の学習等の発展ととらえ，能力の重畳性の視点から教材を構成する。

⑤ 教師が実在の機械から典型的なものを選択するとともに，適切な教具を自作し活用する。

一方，現実の「動く模型」の指導における困難点は，機構を仕組む設計段階であるという。

諸外国の技術教育の教材を瞥見すると，ＤＤＲのTechnishe Bankästenや英国のConstruction Mechanikit等が見られる。

ここでは，総合技術教育の伝統をもつ，ＤＤＲの実践[26][29]について学ぶこととする。

ＤＤＲの実践に学ぶ意図は次のとおりである。

① 我が国における創意的実践がＤＤＲの教授プランの発表以前から実践に移されながら必ずしも広く普及しているとは考えられないこと。

② 小学校の技術教育の上に積みあげる構想に立っており我が国の今後の技術教育の改善に役立つと思われること。

③ 総合技術教育の一環として，他の自然科学教育，社会的有用労働との関連について学ぶことができ，技術教育を総合的に検討できること。

④ 機構の学習とエレクトロニックスの学習の結合を後続の教育計画に含めていること。

⑤ 体験と理論，分析と総合の統一，定性的理解から定量的な学習への教材例が見られる。

Ⅲ　技術バウカステンの意義と実際

1　技術バウカステンの開発と我が国への紹介

ドイツ民主共和国（ＤＤＲ）の10年制普通学校の工作（１－３学年は年30時間，４－６学年は60時間）は，材料加工（社会的有用労働）と技術バウカステン作業（Arbeit mit technischen Baukästen以下ATB. Baukastenあるいは Baukästenの原意は，組立おもちゃ等。）からなっている。そのＡＴＢは，「1962年に，工作教授に，社会的有用労働の技術学的過程から独立した，系統的に編成された一般技術的課程を導入することが決定され[27]」，最も基礎的な機械工学の組立技術や電気工学の技術的基礎を伝達する目的で1964年より設置されたものである。そして，ＡＴＢのために63年に，Polykon 01と呼ばれる最初のバウカステンシステムが開発されている。この時のバウカステンは，原[28]によって１－３学年のいくつかのメタルバウカステンに限って紹介されている。その後，工作の教授プランは，68―70年にかけて改訂され，それに伴い，バウカステンも改作されている。このプランの題材およびモデル例は，村井[29]によって詳しく紹介された。

しかし，村井の紹介も，バウカステンモデルについては，原の場合と同様，１－３学年のモデルに限られている。70年代のＤＤＲの技術教育のための組立モデルは，村井によって検討されたBaukästen CS1の他に，４－６学年の機械組立モデルMechanische Modellbau (MM03)，上級学年（７―10学年）の７学年の生徒実験装置Schülerexperimentiergerat(SEG) Baukästenと呼ばれる機械技術学（製造過程・方法）のためのMechanische Technologie Stufe 1，８・９学年の機械学のためのSEG―Baukästenである Mechanik Stufe 3，さらに電気分野のBaukästen ET01（３－６学年の工作の電気技術組立モデル），10学年の電気工学のSEG―Baustein（基本要素，ハードウエア）など体系的に整備されてきた[4]。その上，82・83

年の上級学年の総合技術教授 Polytechnischer Unterricht（機械，電気・電子などの技術教科，教科・技術製図，「生徒の生産労働」）の教授プラン改訂を受けて，さしあたって4－6学年の工作のプランが改訂され，バウカステンモデルも漸次改良されてきた。1－3学年のプランの改訂はなお伝えられていないが，バウカステンCS1の新作部品セットがすでに現場におろされている。このような事情をふまえ，本章では，主として，4－6学年の機械学習のためのATBの題材，組立モデル例，授業展開例を紹介したい。

2　ATBの題材と目標

(1)まず，ATBと材料加工を含む4－6学年の工作の題材を概観する。表5は，旧プラン(71年実施）と新プラン（85年実施）の題材構成である。加工分野では，木材加工を抑えプラスチック加工，金属加工がやや比重を増していること，ATB分野では，機械ATBがより早期化され，上級学年になるにつれて電気ATBが中心に

表5　旧プランと新プランとの題材の比較

題材 ／ 学年	旧 4	旧 5	旧 6	新 4	新 5	新 6
材料加工（有用労働）	32	36	46	32	36	46
木材加工	32	20	16	32	24—30	
プラスチック加工		16			6—12	6—12
金属加工			30			34—40
技術バウカステン作業	28	24	14	28	24	14
機械モデル組立実験	18	14	8	22	16	4
電気モデル組立実験	10	10	6	6	8	10
計	60	60	60	60	60	60

出所：旧プランは Lehrplan Werkunterricht Klassen 4 bis 6.，新プラン(32)

表6　1－3学年のメタルATBの題材とモデル

題材単位	題材内容	時間	モデル例
1学年　3	技術モデル組立入門	10	
3－1	ねじ・ナットによる部分接合入門	1	梯子，庭，防雪壁
3－2	安定モデル組立入門	2	脚立，車止め，門扉
3－3	剛接合[19]Starre Vebindung 入門	2	鉄橋，鉄塔，足場
3－4	回転可能接合による製作入門	1	折りたたみいす，キャンプいす他
3－5	剛接合と回転可能接合の応用	1	ぶらんこ，シーソー，てんびん
3－6	簡易な乗物の車輪と車軸 Achse	1	1本軸ワゴン，荷車他
3－7	簡易な原動機のモデル組立	2	扇風機
2学年　1	てこ，ローラー，ロープの応用	4	
1－1	回転可能なてこの簡易モデル組立への応用	2	シーソー，遮断機，てんびん
1－2	ローラー，ロープの簡易モデル組立への応用	2	荷揚用エレベーター，ケーブルウィンチ，クレーン，そで信号機
3	回転ピンの簡易操縦乗物への応用	6	
3－1	簡易回転ピンの2本軸乗物モデル組立への応用	2	かじとり車，トラクター，付随車，手押車他
3－2	簡易回転ピンの1本軸乗物モデル組立への応用	4	スクーター，買物スクーター

3学年　2　社会主義企業体のコンベヤ装置のモデル組立	10	
2－1　ロープ，バンドの簡易コンベヤ装置の応用	6	コンベヤ，ロープウェー，傾斜クレーン，組立バンド他
2－2　ローラー，ロープ，ウィンチのクレーンへの応用	4	自動車クレーン，タワークレーン，門形クレーン，橋形クレーン

出所：Unterrichtshilfen Werkunterricht 1. bis 3. Klasse.

なっていくことに注目される。

表6は1－3学年のメタルＡＴＢの68—70年作成の現行プラン，表7は4－6学年の機械ＡＴＢ

表7　4－6学年の新ＡＴＢの題材とモデル例（機械ＡＴＢ）

学年・題材単位	題材内容	時間	モデル例
4学年2	原動機から工具への回転運動の直接的伝達	4	ハンドグラインダー他
3	歯車の取りつけ・取り外しによる回転数と回転方向の変化		
3－1	ベルト伝動，摩擦車伝動装置	8	丸のこ盤，糸巻装置
3－2	平歯車伝動装置	10	ミキサー，ボール盤
5学年2	切換による回転数と回転方向の変化		
2－1	機械的，電気的回転数変化	6	（工作機，自動車）
3	互いに直角の回転軸による回転運動の伝達		
3－1	傘歯車伝動装置	4	ハンドドリル
3－2	ウォーム歯車伝動装置	4	ケーブルウィンチ
6学年3	回転運動の直線運動への変換	4	機械弓のこ，クランケプレス，偏心プレス

の新プランである。

4－6学年に関して言えば，機械ＡＴＢのテーマ「構成要素（機素）の安定性入門」の廃止によって，機械ＡＴＢのもう1つの領域である「簡易な伝達機構とその要素」や電気ＡＴＢの配当時間が増大したこと[31]，またそれによって，課題解決的，発見的な生徒自身の技術的活動の一層の重視が時間的に可能になったこと[32]，5学年2－1のテーマに見られるような機械ＡＴＢと電気ＡＴＢの協同化が強化されたこと[33]などに注目される。

機械ＡＴＢの改訂プランは，生徒の基礎学力や現実的体験の可能性との関係で，歯車変換比の計算を断念し，互いに直角の軸による回転運動の伝達のモデル学習を4学年からでなく5学年からとし，さらに回転運動の直線運動への変換（6学年）についての代表例が塑性加工機に限定されていたので機械弓のこ等も取り上げるようにするなどの改善を図った[34]。

(2)次に，ＡＴＢの意義を簡潔に示す。工作教授は，総合技術教授の枠内でこの年令段階の生徒に理解しうる技術と労働の基礎の手ほどきをするという任務を果たし[32]，教授と生産労働の結合の原理を材料加工（社会的有用労働）とＡＴＢ教授との2つの題材領域の関連づけによって，あるいは各々の内部でも実現する[35]。そのうち，材料加工は学校や地域の社会的有用物品の製作を通して，実践的労働技能，基礎的技術的知識，労働組織的，経済的知識を獲得する[32]。

他方，ＡＴＢは，生徒の技術的思考や技術的才能，技術的興味の発達が目ざされ，6学年の終了までに機械工学や電気工学の基礎を獲得することに集中される[32]。一般に，新プランはＡＴＢに対して，生徒が実証ずみの技術的・構成

的課題を考察し，課題解決法を考案し，さらにモデルを組立て，実践的にテストできるようになるという目標を提起する。その場合，生徒の探究 Knobeln，実験 Experimentieren，発見 Erfinden への喜びの喚起が特に重視されている[31][34]。

3　ＡＴＢのモデルの実際

(1) 1－3学年の84年作のバウカステンＣＳ１は Polytechnishe Bildung und Erziehung[36]（以下"ＰＢ"誌）の85年5月号に新作部品リスト，部品セットの写真とともに掲載されている。また新ＡＴＢプランによる10のモデルの組立例も，同年6，7，8・9，10，11月の各号に2例ずつ，必要部品，組立順序，指示事項などを記した便覧といっしょに紹介されている。それを見る限り，1－3学年のバウカステンＣＳ１は，改作されたとはいえ，旧ＣＳ１の部品，モデル例とそれほど変わりがないと言える（詳細別途）。

(2) 4－6学年の新ＡＴＢのプランおよびその代表的モデル例は，表7にある。ところで，この段階では，近年，写真4，5のように軸の固定，ねじ止めのための穴のあるギヤボックスプレート Getriebegehäuseplatte が開発され[37]，それを使った新しいプランの要求を満たすモデルが順次作成されている。新プランの実施が85年9月なので，現在，新しいバウカステンシス

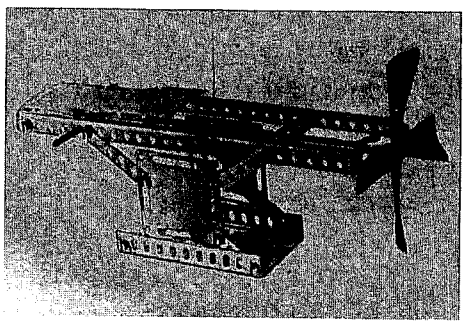


写真1

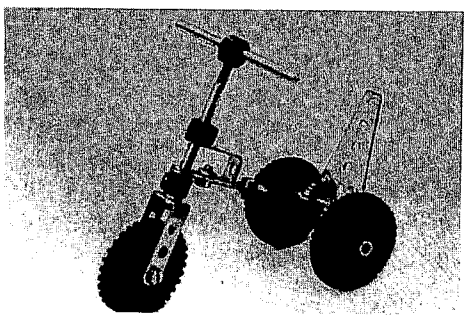


写真2

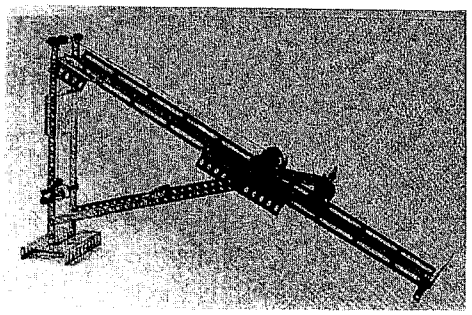


写真3

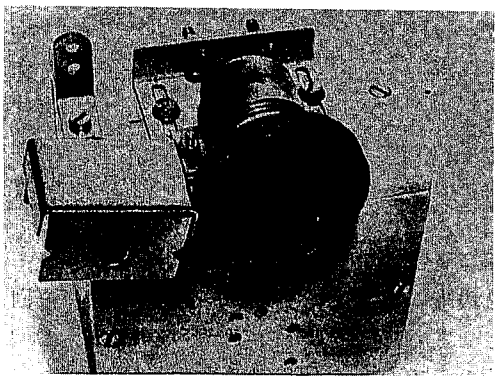


写真4

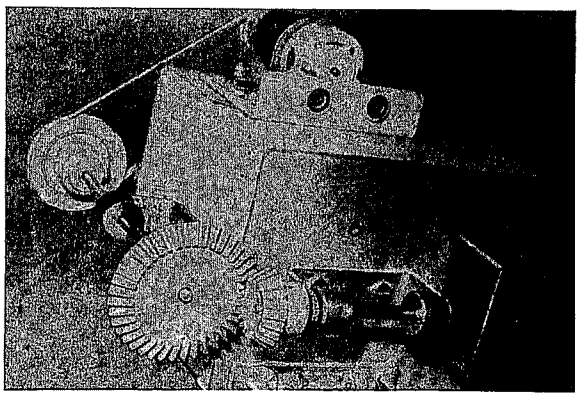


写真5

テムは，ほぼ出揃っていると思われる。

4　機械モデルの組立・実験学習の指導展開の実例

この章の最後に，探究，予測，組立，発見，実験などの技術的思考過程を重視する「課題付教授」die problemhafté Gestaltung des Werkunterrichts の指導展開例を抄訳で紹介する。技術的構成，技術的予測と組立，実験の互いに結合されている様子が読み取れる。

――4学年題材2　グラインダーモデル（写真4）の授業展開の要旨[38]――

〈第1時限〉第1段階　グラインダーの紹介，
第2段階　MM03バウカステンモデル入門（以上略）
第3段階　モデルの組立

(1)　教師の組立示範：モデルと実際のグラインダーを比較しつつ，工具と原動機（回転方向を決める）に注意させる（4分間）。(2)　生徒組立・第1段階の実施：a．放熱孔 Schlitz つきプレートにモーターを固定する（示範する）。b．aをボディー（プレート）に取り付ける（6分間）。

〈第2時限〉(3)　中間まとめ。(4)　生徒組立・第2段階の実施：「モーター軸にといし車を固定しなさい。U字形部品の下の穴を，支え台の役割りをするプランジャー Stössel に接合しなさい」（6分間）。(5)　モデルの点検：組立を終えた生徒は，もう1度自分のモデルを点検する。その場合の注意点を教師は板書する。a．といし車の確実な締結と安定性，b．支えの正しいすわり（といし車から2・3mmの距離）。その後，生徒は教師モデルを見て，自分達のモデルを評価する（2分間）。

第4段階　回路の配線

(1)　配線図作業：教師に指名された生徒が図をかく（4分間）。(2)　電気バウカステンＥＴ01の配線モデルに基き，回路を組み立てる。(3)　回路の取入れ口 Zapfen を軸受プレート左の軸受穴2，9にのばし，電源をモーターやスイッチに接続する（といし車が矢印の方向に回転するように）。(4)　モーター接続部も，プラス極に色をつけ，長いねじで接続する。(5)　配線の際の指示：「電源のプラス極をモーターの色のついた接続部に接続し，モーター軸を矢印方向に回転させなさい。接続する前に，どの方向に回転しなければならないか，よく考えなさい」（2―5まで6分間）。

第5段階　モデルによる生徒作業

(1)　低学年の工作で使う木棒 Holzstäbe の先を研いでみる。そして自己評価する（8分間）。(2)　モデルの役割りのまとめ：原動機と工具の任務，回転方向，回転数および部分の名称について（5分間）。(3)　ボックスボディーの分解：その間，教師は生徒の能力，協同性，熱心さ，行動の評価を行う（9分間）。(4)　代表者がバウカステンの点検をし，工作棚に収納する（5分間）。

Ⅳ　機構学習基礎モデルの開発の構想と実際

機械学習に入る前に使用した工具や機械を題材として，機械の意義と役割について学ぶ。

次いで，機械の生命である動力を伝え目的の仕事をするための機構の観察を行う。しかし，実際の機械は，ある目的のための変形した特殊なものが少くない。そこで機構学習基礎モデルが必要となる。

1　機構の学習の進め方（リンク装置の場合）

① 実在の機械の典型的な例や自作教具を観察させる。

② 厚紙を用いたリンク装置を作成させる。この際，定性的学習から，定量的学習への移行[39]に留意する。

○各リンクの長さの決定と運動の範囲
○リンクの重ね方によっては動かないことに気づかせ，思考を平面から立体へ発展させる。
○各リンクは剛性が必要であることに気づかせる。

③ 機構学習基礎モデルを用いて，厚紙を用い

た機構学と同じ手順で学習する。

④　動く模型の設計目的の動きを創りだす学習に，機構学習基礎モデルを活用する。

⑤　③↔④を交互に繰り返し，機構の理解から機械を創る創造活動に導く。

2　機構学習基礎モデルの要件

①　分解・組立が容易にできること

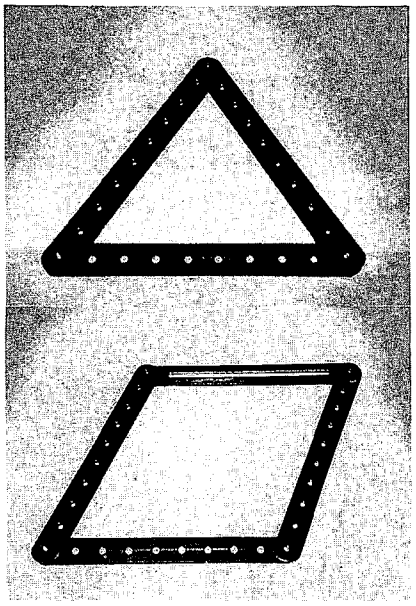


写真6

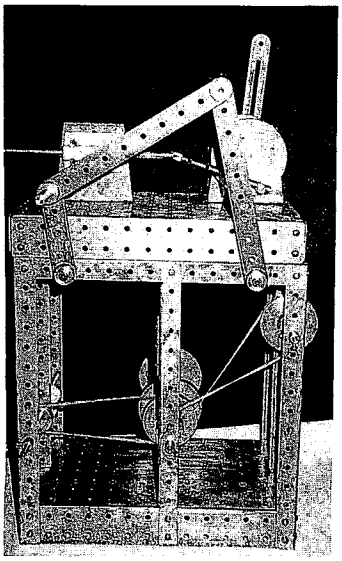


写真7　機構学習基礎モデル

②　剛性があり堅牢であること

③　運動量が定量的にとらえられること

④　グループ学習に適していること

⑤　安全で取り扱いが容易であること

いくつかの国[40][41]の例では，これらが満足できるセットがグループに与えられており，一種の備品の扱いになっている。

3　試作した機構学習基礎モデルの概要

リンクはｔ２（厚さ２mm）の軟鋼板に等間隔の穴をあけ，両端には丸味をつけておく。

写真６は，動かない形と動く形である。この

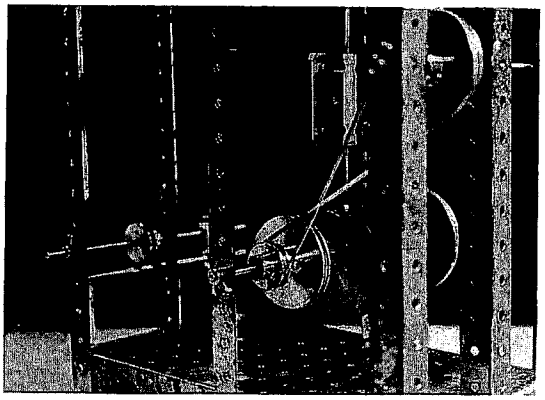


写真8　ベルト

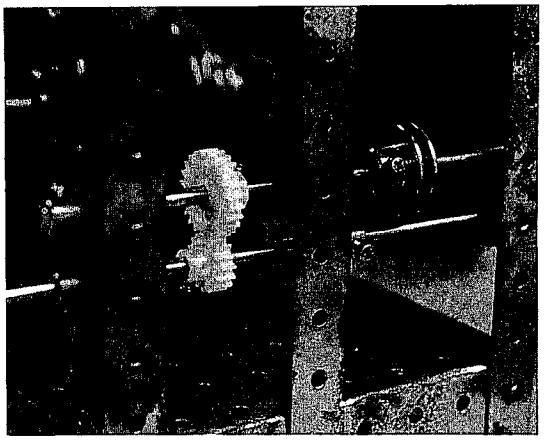


写真9　歯　車

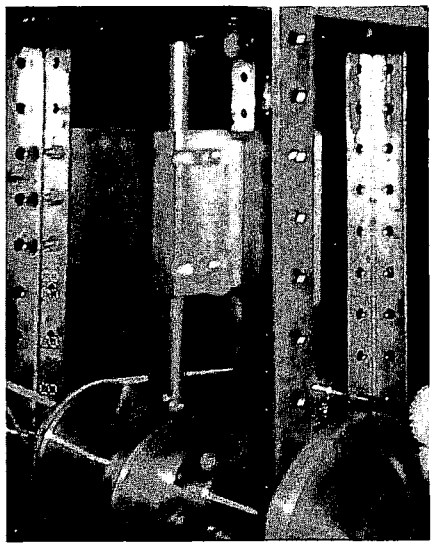


写真10　ハートカム

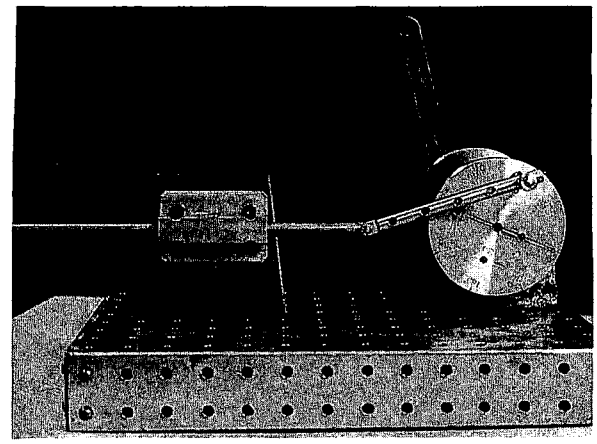


写真12　スライダクランク機構

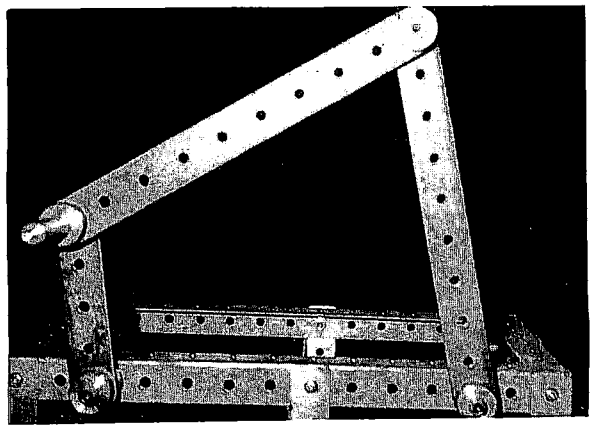


写真11　てこクランク機構

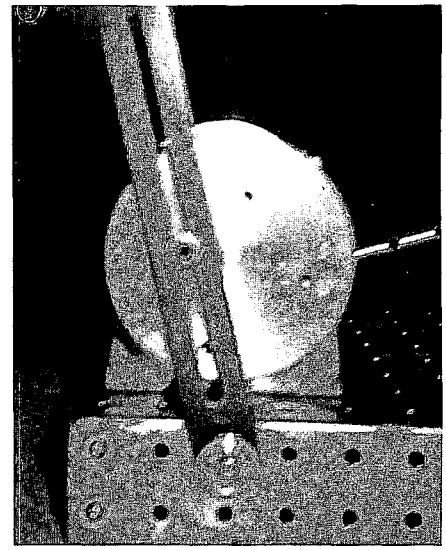


写真13　揺動スライダクランク機構

教具は工作の学習から機械の学習への橋渡しとなる。

写真7　機構学習基礎モデルの全体である。

各部を支える基板等はｔ１の軟鋼板に等間隔の穴をあけたものであり，軸を支えたり，リンクを取りつけたりする。

写真8は巻かけ伝導で**ベルト**のかけ方によって回転方向がどのように変わるか，また，ベルト車の直径と回転数との間にはどのような関係があるかを学ぶ。

写真9は，**歯車**による伝導である。歯数と回転数，隣接の歯車の回転方向について学ぶ。

写真10は，カムによる伝導である。ハートカムの回転角度と従動節の位置の変化からカム線図をかく。

写真11はリンク機構のうち最も基本的な**四節回転機構（てこクランク機構）**である。四本のリンクの長さによって動きが変化すること，てこクランク機構の成立条件を具体的に学ぶ。

写真12は，**スライダクランク機構**である。ク

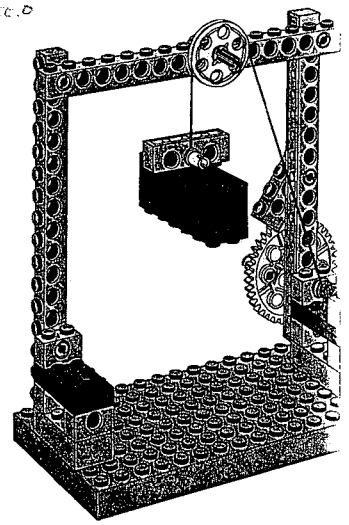


図7　市販品の一例

ランクを円板とし，中心からの距離15, 20, 25, 30, にねじを切っておく。クランクの長さによって，スライダの動きがどう変わるか，を計測して学ぶ。また，連接棒の長さの変化によって動く範囲が限定されることも学ぶ。

写真13は，**揺動スライダクランク機構**（早もどり機構）である。クランクの回転の軌跡から，早もどりの仕組みを学ぶ。

V　結　論

1960年代の後半から我が国の中学校における機械学習の停滞が指摘されてきた。

その理由を考察すると第一に学習指導要領[42]の示す「生活に必要な技術」「創造し生産する喜び」「近代技術に関する理解を与え」「生活に処する基本的な態度を養う」とする教科の目標のうち，「生活に必要な技術」をめぐって，家庭生活ないしは日常生活とする狭義の解釈があったこと，また最終目標が「生活に処する態度」であるとし，この生活の理解も矮小化されたものであったとも考えられる。

そして，「創造し生産する喜び」や「近代技術に関する理解を与える」目標が十分に意識されなかったと見ることができる。

第二に方法原理にかかわるものであるが，実践的・体験的学習の重視として，機械学習にあっては，「整備」を唯一の方法としたことにある。また，その際選ばれた題材が自転車であった。従って，「自転車の整備を通して」という結果となる。自転車の整備を通して機械について学ばせるためのすぐれた実践もなかったわけではない。例えば長野の山岡[43]の実践は，自転車を題材としながら可能な限り広く機械の基礎を学ばせようとしたものとして注目された。しかしながら，一つの題材に限定したり，整備を通してと方法を限定するとそこには自ずと学習内容に限界が生ずる。「取り上げる題材に即して」は単に上級の学校段階の教科書を薄めて講義をすることのないようにという配慮として十分その意図は認められるけれども，より典型的な，工作機械もあり，指導方法としても，観察，計測，製作，実験といった多様な効果的な方法があることに対して枠をはめる結果となったことも否めない。

このような状況のもとにあって，創意的実践の研究グループは，「教師のための機械学[44]」や「特殊技術学と比較技術学[45]」とに学び，「機械はエネルギーを変換するものでなければならない」「機構をもっていなければならない」の二点をおさえ，典型的な教材を探しだしたり，自作教具を次々に試作したりして機械学習の方法を多様なものに改善していった。その典型的な事例は先に見てきたように，「典型教材の提示[47]」「スケルトン略画法[48]」「針金による機構製作学習[49]」「板金による機構模型製作[50]」など，整備という文部省が示した方法に加えて，描く，つくる機械学習が普及しはじめる。

これと平行して，「何のための技術教育か」という課題意識は創造的実践グループの共通の課題であったことも大きい。「人間形成のための技術教育」の立場から，機械学習の先行経験とのかかわりが意識にのぼってくるようになった。すなわち，木材加工学習や金属加工学習で学習

して得られた知識，材料の性質，工具の仕組み，じょうぶな構造等の成果を機械学習へ延長していく，「能力の重畳性」への着目である。

その結果，整備の学習を通して実在の機械について学び，作る学習を通じて機構を仕組んだり，創意工夫を生かし日常に役立つものを製作する[51]実践が見られるようになった。

このような学校現場の実践を背景として次の学習指導要領では，「動く模型の製作」が導入されることとなった。この結果，教材の多様化，指導方法として「整備」と「製作」の2本立てが原則となることとなった。

しかしながら，整備の学習における指導のむずかしさは，教師の整備についての技能の習熟の面と十分な施設設備が整わない二重の困難性をもっていた。一方，作る機械学習は，多くの生徒に喜ばれており，創意工夫の能力の伸長に益することも大きいが，設計がむずかしいとか製作に時間がかかりすぎるとする二つの課題が生まれてきている。後者の二つの課題を解決するためには，適切な機構学習基礎モデルが必要となる。すなわち剛性のある材料で定性的理解から定量的な理解へ導く組立教材である。

このような問題状況の中にあって，以前から紹介されてきた，ＤＤＲのTechnishe Baukästenは，①　小学校の工作学習から機械の学習への発達段階に応ずる構想をもっている。②具体的実践活動を通して，労働の世界へのいざないを意図している。③　十分吟味された教材が用意されそれらの組み立てを通してテクノロジーの基礎が学べるようになっている。等々の理由により，この考え方を我が国のつくる機械学習の実践的土壌に導入することにより一層の発展が期待されると考える。

以上のような理由から，機構学習基礎モデルを試作した。

今後の課題としては，限られた中学校技術・家庭科の授業時間内でどのように活用したらよいか[52]。実証的な授業を通した研究が必要である。また，今次改訂で予想される方向として，男女の教育の機会均等の観点から，女生徒に受け入れられやすくかつ実践的活動を通してテクノロジーの基礎を学ばせるための教材[53][54]に改作していく必要がある。更に，テクノロジーの動向として，メカトロニックスの進展[55]，自動化，情報化への対応[56]も配慮した教材開発[57]へとつないで行く必要がある。

文　献

(1) 佐藤禎一：機械学習はどうして停滞しているのか　技術教育　1968年7月号

(2) 東京都教育庁指導部教育開発資料：機械の指導の現状と研究課題　昭和60（1985）年2月

(3) 中村祐治，篠田功：新しい技術教育とエネルギーの取り扱い　1985年9月　第26回日本産業教育学会大会研究発表要項

(4) 村田昭治：アメリカにおけるインダストリアルアーツ・技術教育の動向　第27回日本産業技術教育学会年次大会研究発表要録　1984年7月

(5) James. P. Snyder et. Jackson's Mill Industrial Arts Curriculum Theory 1983

(6) 村田昭治：イギリスにおける技術・職業教育の動向(1)～(iv)　産業教育　1985年11月1986年1，4，7月

(7) 村田昭治：シンガポールの教育制度と中学校の技術教育　ＫＧＫジャーナル1985年7月

(8) 文部省：中学校学習指導要領　昭和33年（1958）年10月

(9) 村田昭治：機械学習をどう指導したか　池田種生編「技術科の創意的実践」（1964刊　大日本図書所収）は「K君の家へ自転車の分解をならいに弁当をもって何日か通ったのです」「教師が自転車屋の小僧になる」ことの決意について述べ，「にもかかわらず結果は整備というのに逆に役立たなくした」と整備の学習の困難さを述べている。

(10) 及川怜：一時間の授業の組織化(1)　機械リンク装置（第一時目の実践）技術教育　1964年3月号

(11) 小池一清：発展性ある機械学習はいかにあるべきか　技術教育　1962年10月号

(12) 池上正道：機械の学習について―機械要素の定義をめぐって―技術教育　1962年11月

(13) 村田昭治：機械学習の実践的展開　技術教育　1962年12月

(14) 小池一清：機構学習の教具と活用　技術教育 1962年12月
(15) 産業教育研究連盟研究部：技術科の教材を整理しよう―技術・家庭科の再出発点を求めて―1963年12月号
(16) 産業教育研究連盟研究部：機械学習につながる加工学習の試み　1963年12月号
(17) 木村政夫：構造の学習から機構の学習へ―製作学習を中心に―1965年２月号
(18) 池上正道：機械学習の新しい視点　技術教育 1965年12月号
(19) 小池一清：補助教具を使っての女子の機械学習の実践　技術教育　1964年10月
(20) 小池一清：２年生の機械学習プリント　技術教育 1969年11月号
(21) 小池一清：機械学習の教材と授業実践　技術教育 1967年８月
(22) 村田昭治：技術科の創意的実践―機械学習への導入―大日本図書1964年３月　P125～
(23) 村田昭治：機械学習の創造(III)　技術教育　1969年８月号
(24) 文部省：中学校学習指導要領　昭44（1969）年４月
(25) 東京都立教育研究所産業教育第一研究室：機械学習における基礎的事項の調査研究―「動く模型」を中心とする「機械１」について―昭56（1971）年３月
(26) 清原道寿：ドイツ民主共和国の技術教育(1)～(4) 技術教育　1969年８月号～12月号
(27) Lange, W : Zieleingeschaften der polytechnischen Bildung und Erziehung in der Unterstufe. *Polytechnishe Bildung und Erziehung*. (P. B) **1966. 4.**S141
(28) 原正敏：図画工作科は美術教育のみの教科か　教育　1967年９月号
(29) 村井敬二：ドイツ民主共和国の工作教育　技術教育研究　第４号（1973年８月）第５号（1974年１月）
(30) 寺田盛紀：技術科教育の国際的動向　日本産業教育学会第27回大会発表要項　1986年９月
(31) Frankiewicz, H : Neuer Lehrplan für den Werkunterricht der Klasse 4bis 6. *PB*. **1984. 2・3**, S, 69-70
(32) Lehrplan Werkunterricht Klasse 4 bis 6(Vordruck) *PB*. **1984. 2・3** S. 72-73
(33) Desel, H : Höchere Qualität des polytechnischen Unterrichts. *PB*. **1984. 6.** S. 21
(34) Schölz, W : Inhalte und methodische Struktur der Arbeit mit technischen Baukästen. *PB*. **1984. 12** S. 444-445.
(35) Akademie der Pädagogische Wissenschaften der DDR(Hrsg.) : Beiträge zur Methodik Werkunterricht. V. u. w Berlin **1977** S. 9
(36) Frank, M : Neuer Baukasten für den Modllbau in den Klassen 1 bis 3. *PB*. **1985. 5.** S. 183
(37) Lange, H : Neue Getribegehäuseplatte für die Arbeit mit technischen Modellen. *PB*. **1985. 6.** S. 223-224
(38) Weber, G : Erfahrungen zur Gestaltung der Stoffeinheit 2. Klasse 4. *PB*. **1986. 1.** S. 31-34
(39) 村田昭治：機械学習の創造(III)　技術教育　1969年８月　P40～
(40) Her Majesty Stationary Office : Craft, Design and Technology in School-Some Successful Example 1982 School 10
(41) Equal Opportunities Commission : Equal Opportunities in Craft, Design and Technology, 1983. p9～において小学生段階から適切な玩具例えば，construction kit (Mecanno, Fisher Technic, Lego) Car race track 等を扱う活動が男女とも必要であると述べている。
(42) 文部省：中学校学習指導要領　昭和33年改訂版技術・家庭科
(43) 山岡利厚：機械学習における問題解決学習―自転車の指導を通して近代技術に対処できる能力を育てる―技術教育　1960年９月号
(44) ジテレフ，カラシニコフ著杉本訳：教師のための機械学　技術教育　1963年５月
(45) G・クラップ著大橋精夫訳：マルクス主義の教育思想　P249～特殊技術学と比較技術学について論述があり，特定の手段の学習は特殊技術学であり，類似した手段に共通する技術が比較技術学であるとする考えに立つ。
(46) 産業教育連盟研究部：機械学習の系統性1963年９月号
(47) 小池一清：前掲(11)
(48) 池上正導：前掲(18)
(49) 小池一清：益掲(19)
(50) 小池一清：前掲(20)
(51) 村田昭治：機械学習の創造(III)　1969年８月号では，生徒作品「大根おろし器」「靴みがき器」「肩たたき機」「小物かけ」「攪拌機」を紹介している。
(52) 朝日新聞：教育課程の改定内容　1986年７月10日

(53) Equal Opportunities Commisson: Do you Provide Equal Educational Opportunities?
(54) 村田昭治：イギリスにおける教育の機会均等と技術教育・家庭教育　日本産業教育学会第27回大会発表要録　1986年9月
(55) 理科教育及び産業教育審議会：高等学校における今後の職業教育の在り方について（答申）昭和60（1985）年2月19日
(56) 寺田盛紀：普通教育としての技術教育の国際的動向―ＤＤＲ技術科の情報化・自動化への対応―日本産業教育学会第27回大会発表資料　1986年9月
(57) 全日本中学校技術・家庭科研究会；理論と実践No.24　自動貯金箱　1986年2月