

平成 13 年度

春期修了

博士(学術)学位論文

技術移転における「移転される技術量」の計量方法の研究

Estimation of “Quantity of Technology” in the Technology Transfer

平成 13 年 12 月 28 日

高知工科大学大学院 工学研究科基礎工学専攻 起業家コース

学籍番号：1036016

土屋 新五郎

Shingoro TSUCHIYA

技術移転における「移転される技術量」の計量方法の研究
目次

序章 -----	1
1. はじめに -----	1
2. 技術と技術開発の違い -----	2
3. 技術という概念の示すもの -----	4
4. 本論の検討にいたる経緯 -----	7
5. 技術移転論へ技術論を適用する利点 -----	9
6. 技術を定量分析する必要性 -----	10
7. 「機械化率」の導入 -----	14
8. 序章のまとめ -----	16
9. 序章脚注 -----	17
第1章 技術とは何か -----	20
1. はじめに -----	20
2. 三枝、岡の技術論 -----	23
3. 三枝の「技術＝過程」論 -----	24
4. 労働における精神活動の取り扱い -----	26
5. 技術における「規則」の取り扱い -----	27
6. 普通の技術におけるサービスの残存 -----	30
7. 技術定義の検討 -----	32
8. 技術のイメージ -----	35
9. 新たな技術定義の計量適合性 -----	36
10. 技術は労働に依存せずに存在できる -----	38
11. 「手」の取り扱い -----	41
12. 「技術独立仮定」に基づく演繹的説明 -----	42
13. 第1章のまとめ -----	44
第1章 参照、参考文献 -----	45
第1章 補論 -----	46
1. 創造性についての考察 -----	46
2. 「技術の機械への体化」について -----	47
第1章 脚注 -----	49

第2章 技術の計量表記法 -----	57
1. はじめに -----	57
2. エントロピーによる技術表記法の検討 -----	57
3. エントロピー変化の意味するものと技術 -----	61
4. 実用的記述法（エントロピーの工数による置き換え）-----	64
5. 技術移転における教育の扱い -----	68
6. 技術と技術連鎖 -----	69
7. 第2章のまとめ -----	71
第2章参考文献 -----	72
第2章 補論 -----	73
1. 技術開発能力について -----	73
2. 完成度概念の導入 -----	75
第2章 脚注 -----	79
第3章 技術計量表記の技術移転分析への適用方法の検討 -----	83
（技術移転プロジェクトの計量）	
1. はじめに -----	83
2. 移転された技術量の計測 -----	83
3. 「技術はモノである」という本則に基づく技術移転量の計量 ---	86
4. 定義外の労働手段について（建物、機械類据え付け調整等）----	87
5. モノとして移転できなかった分の計量 -----	89
6. 機械化率推定表の検討 -----	91
6-1 理想的に独立した技術と普通の技術の関係	92
6-2 機械費曲線の形状	93
6-3 (人件費+機械費)曲線の形状	94
6-4 全機械化時コストと全人手化時コスト	95
6-5 誤差評価	96
7. 業種毎の平均機械化率 -----	97
8. 教育による「人が分担する技術の部分」の補填 -----	101
9. 創造性教育（技術開発力の移転）-----	107
10. 技術に対する期待価値 -----	112
11. 技術移転の効果分析 -----	113
12. 技術連関上の補完効果 -----	115

13 . 第3章のまとめ -----	118
第3章参考文献 -----	121
第3章 脚注 -----	122
第4章 分析手法の「技術協力プロジェクトへの適用」と評価1 --	128
1 . はじめに -----	128
2 . プロジェクトの概要 -----	128
3 . 技術移転量の見積もり -----	135
3 - 1 情報処理産業の機械化率推定 -----	135
3 - 2 技術移転量の見積もり -----	139
4 . 教育による、モノとして移転できなかった部分の補填量 ---	140
5 . 創造性教育 -----	143
6 . 経済上及び技術関連上の効果 -----	146
(1) イポー病院健常者健康診断システム -----	151
(2) 金型価格見積もりシステム -----	154
(3) 港湾荷役管理システム -----	156
7 . 「第3章で開発した方法の適用」についての評価 -----	159
8 . 第4章のまとめ -----	161
第4章 参考文献 -----	162
第5章 分析手法の「技術協力プロジェクトへの適用」と評価2	163
1 . はじめに -----	163
2 . マレーシア国SIRIM計量センター フェーズ プロジェクトの概要 -----	163
3 . 技術移転量の見積もり-----	167
3 - 1 計量サービス産業の機械化率推定 -----	167
3 - 2 理想的な独立した技術量の見積もり -----	168
4 . モノとして移転できなかった技術量の推定-----	169
5 . 教育による、モノとして移転できなかった部分の補填量 ---	169
6 . 第5章のまとめ-----	170
第5章 参考文献-----	171
終章(まとめ) -----	172

図表目次

序章

図 1 技術と技術開発の違い	3
図 2 現実の技術と人に依存しない技術	15
図 3 論文の構成 説明図	19

第 1 章

図 1 - 1 労働手段説と三枝の過程説の関係	24
図 1 - 2 人機械協業におけるコスト曲線	31
図 1 - 3 製品の連鎖 = 技術の連鎖	34
図 1 - 4 「技術独立仮定」に基づく演繹的説明	43
図 1 - 5 合成コストの変化と最適機械化率の左方移動	54
表 1 - 1 技術定義の比較	55

第 2 章

図 2 - 1 技術開発と技術の関係模式図	56
図 2 - 2 熱力学的エントロピーと情報的エントロピーの基準点の関	57
図 2 - 3 状態間のエントロピーの減少	59
図 2 - 4 ネジ作りに見るエントロピー減少	61
図 2 - 5 実用的なエントロピー代替尺度の採用	65
図 2 - 6 最終価値と中途価値から完成度を定義	81
図 2 - 7 工数による完成度表記	81
図 2 - 8 部品の和	82
表 2 - 1 部品の和の計算	82

第 3 章

図 3 - 1 技術と技術移転の対象の違い	83
図 3 - 2 (人件費 + 機械費) / (理想的に独立した技術の量)	92
図 3 - 3 個別技術図と理想的な独立した技術の量で規格化した集成図 の関係	93
図 3 - 4 機械費は 0 - A 線より下にあり、下に凸である	94
図 3 - 5 機械化率 0% 及び 100% とその近傍の最適機械化率	95
図 3 - 6 (b / a) - 機械化率曲線	95
図 3 - 7 技術の「人が関与する分」の移転と計量の考え方	102
図 3 - 8 オペレーター教育に係わる 3 つの技術量	106
図 3 - 9 各段階の技術連鎖の記述	117

図3 - 10	技術量、教育量の計算フロー図	119
表3 - 1	機械化率推定表の例示	91
表3 - 2	機械化率の推定	98, 99
表3 - 3	業種別機械化率表	100
第4章		
図4 - 1	本プロジェクトにおける技術移転実行内容の関係	145
図4 - 2	情報技術の分類	148
図4 - 3	健常者健康診断システムシステムの技術連鎖	151
図4 - 4	金型価格見積もりシステム技術連鎖の記述	156
図4 - 5	港湾荷役管理システム技術連鎖の記述	157
表4 - 1	情報処理産業の機械化率推定	137

序章

1. はじめに

「技術」という言葉には、技術者なら思い入れがあり、何らかの神秘性を付与してしまう。誰にでもある他人に批評されたくないという思いが凝り固まって不可侵の神籬（ひもろき = 神聖に切り分けた領域）を技術者の共同幻想として作り出している。「技術には“えもいわれぬ”部分があり、素人に分かる筈が無い。」と主張するのである。もちろん技術者は科学的思考をすると考えているのであるから、これほどあからさまな言い振りは出来ないが、本音はこんな所である。

技術者が「技術には科学的方法論が適用されている」と主張するつもりならば、技術という概念自体にも、この科学的方法論が適用されるべきである。

即ち、この神籬は不可侵の領域としてではなく未知の領域と規定して、そこに分け入りそこがどういう領域であるか明らかにしなければならない。それが科学的方法である。こんな事を誰が考えてきたかという、技術論或いは技術哲学を論じている人々であり、ギリシャ時代以来多くの成果が残されている。

しかし、これが経済学者になると、タブーはハナから持っていないので、「技術も金に換算できるもの」として至極単純に割り切って扱っている。

経済学では、「技術進歩の経済発展への貢献分析」というようなことで、既に定量的な扱いまでされている。この限りでは、技術はモノであり、計量できるものとして扱われているのである。

これに対しては、『「技術」は、「量」で計るような物ではない』という意見を持つ技術者も多い。しかし、この意見を持つ人は考えてみて欲しい。『実体を持つものなら、

いかなるものであっても必ず何らかの方法で量ることが出来る。』のである。『量で計れない』ということは『実体が無い』というのにほぼ等しいのである。それでいいのだろうか。

2. 技術と技術開発の違い

ここで、技術について論じる前に、似ていながら本質の異なる技術開発との違いを明らかにしておく。「技術開発は技術を作り出す事だろう。作り出された成果とそれを作り出す過程は違う。」という発想は誰でも持つ。

しかし、技術は物を作り出す過程であることが多い。もしそうだとしたら、「技術というものを作り出すのも技術であっておかしくないのではないか。」これが、「技術開発も技術ではないか」という設問の意味である。

「技術を作り出す技術」というものがあればとても都合良いが、今のところ実現されていない。何故できないかという、技術開発は創造性に係わることであり、これから作り出すものに対しては予め全てのアルゴリズムを尽くした完全な解は作れないことによる。注1

しかし、完全な解でなければ(より良い解が存在することを認めるなら)、ある程度の創造性を示すアルゴリズムは作る事ができるが注2 役に立つこともあるという程度のもので、人間の精神機能の創造性には遠く及ばない。

創造性について哲学的に考えたカントの「ある」と「現れる」の違いに準えてこれを理解すると、我々が現在到達している知識までは説明できるので、簡単な説明を加える。注3

技術開発は創造性の問題であり、創造性は未来が不確定であると仮定しないと存在し得ない。即ち、「現れる」に属する事象である。これに対し確定世界を考えれば十

分説明可能な、在るがままの「ある」に属するのが技術である。技術は既に存在するものであり、新たに付け加えなければならない未知のことが無いので、「もの」とメモリーとアルゴリズムのみによって実現できる。

これが技術と技術開発の違いで、前者は既にある存在であり、後者は現れる存在である。もちろん技術開発されて後は技術として「ある」存在となる。

技術	技術開発
<ol style="list-style-type: none">1 . 技術は機能する。その機能の過程が技術である。(技術 = 過程説) (カントが言った)「ある」2 . 新規に「現れる」部分が無いため、「もの」とメモリー・アルゴリズムで記述・実現する事が出来る。3 . 普通、技術が機能する過程は、人とモノが関与する。理想的には人の関与する部分をモノに置き換えることが出来る。このとき、技術は人に依存せずに機能する。	<ol style="list-style-type: none">1 . 技術を作り出すこと。 新奇・創造性が関与 予め、メモリー・アルゴリズムで記述することが出来ない。 (カントが言った)「現れる」

図1 技術と技術開発の違い

3 . 技術という概念の示すもの

技術者の持つイメージを示すと、「技術」 = “技術” + 神秘性である。

ここで、「技術」は普通に技術という言葉として使われるときの技術であり、“技術”は経済学で、技術を他の労働・資本等の生産要素と同列に取り扱う際の規定である。

もし、「技術」 = “技術”であるなら、神秘性：なしとなる。

神秘性という言葉が気に障るという人は、「規定できない部分」と読み替えていただいて構わないが、同じ意味である。

これは言葉遊びであるが、「技術」 = “技術”ということについては、一般意味論による議論が必用である。すなわち「技術」 = A , “技術” = Bとして、先験的に異なるAとBが等しいと考えられるか否かということである。現実には、この両者は等しくない。それが、上で述べたことの意味である。

経済学で用いられる“技術”についても、かつて多くの議論がなされてきたが、まだ、万人が認める定義はない。しかし、「計量できる」といしながら、「何を計量しているのか」明らかでなければ、「インチキじゃないか」と非難されても答えようが無くなる。そこで、一応「ものとして存在する財」であると示すことができ、技術者の使う「技術」を特定できる「技術とは労働手段の体系である。」という定義が援用されている。

この定義に依ると、技術者が「技術」としているものは、他の要素が存在する、しなないは別として、これが「その技術である」と指定できる。つまり労働手段とは機械や道具のことを言うので、「ある特定の技術」に係わる道具や機械を網羅して整理すると、「ある特定の技術」とはどのような技術であるか指定でき、他の技術と紛れることも無い。

そして、道具や機械ならば「現実の財」であるので、経済学者のいう計量できる財としての要件も備えている。

しかし、これによって技術を計量するとして、技術に労働手段以外の要素が存在し、それが価値を持っていると、その計量は不十分ということになる。

また、この定義の周辺にも問題がある。技術を経済学的に分析しようとしているのは近代経済学者達であるのにたいし、この定義をはじめに使い出したのが、マルクス経済学者達であったために、出来るならば定義に戻って議論したくないというのが近代経済学者達の本音である。それが嫌々の「援用」となっており、訳の分からない使い方がされている理由である。

このためコンドラチェフが技術進歩の波といえば「変化しているのは何か、それが技術なのか」と聞きたくなるし、シュンペーターの技術進歩なら「定義しないものの進歩がどうして議論できるのか」と言いたくなる。

技術を定量分析している全要素生産性分析では、技術は計量できるだけでなく微分まで出来ることになっている。援用される定義が「技術とは労働手段の体系である」といようなものだとしたら「ちょっと待ってくれ」と言いたくなるのが普通だろう。

起業に際しては、企業の技術力が問われ、技術進歩が議論され、技術を核とした起業というものもある。これらが議論されるときには、「技術」を出来るだけ高く売りたいという売り主の魂胆が透けて見えるので、この場合には「神秘性」を極大にする力が働くと考えられる。また技術移転契約というようなものでは、これは法的契約の対象であるのだから、「どういう技術か」明確でなければならないのに、むしろ当事者同士が曖昧にすることさえある。

“技術”とはどういうものなのかを明らかにして、経済学的取り扱いが可能になる

ようにしたいと思った。「技術」の方は、上記の神秘性を引き剥がそうとすると技術者達から非常に大きな抵抗が予想されるので、取敢えずは触れないことにする。

既に経済学で“技術”として取り扱われているものを概念修正して、「これならば計量できる」と示す。また、その計量尺度としてなぜ「金額」が使えるのかも示す。

実体を持つものはかならず計ることができるとしても、それがすぐに、「金額いくら」とはならない。例えば、使いかけの鉛筆の長さが何センチという設問にはすぐに答えられるが、使いかけの鉛筆の値段はいくらという聞き方には、直に答えられない。東京・高知間の距離はという問いには一つ乃至幾つかの答えがすぐ出るが、東京・高知間はいくらと問われて航空料金を答えるのは正しくない。さらに、地球から月までの距離は計れても、いくらという発想はできないと思う。技術を計ることと、金額を聞くことの間にはこれと同様の開きがあるのである。これについては、第2章で答えを出す。

経済分析はつまるところ、活用できる資源と、その投入、及び産出の関係を明らかにして効率的運用を図る手法である。このために多くのことが為されてきたので、計量分析の手法が使えるようになると、一遍に多くのことが出来るようになり、大変有利である。“技術”を経済分析の枠組みに取り込んで、これらの手段を使おうとすると、“技術”の意味を明らかにして、現在の使用法を正し、経済学への整合化を計る必要があるのである。

この主張は、技術を計量経済学的に扱うことに他ならず、技術論を経済学に摺り寄せることである。そして、この議論はどうしても誇大妄想的な主張になる。2000年以上も結論が出ていない技術論の決定版を出した上に、計量を可能にし、“技術”の経済学的取り扱いを可能にしたと主張すれば、誇大妄想狂として爪弾きに遭うのが

落ちである。

そこで、こんなことをすれば、「技術移転の“技術”は理解でき、計量できます」として逃げ切ってしまうおもうと思ったのだが、「御利益 - ごりやく - が分からない」と指摘され、この意味を書かされることになった。考えてみれば、この2000年の間に「技術とは何か」を議論してきた人たちは皆自分の説は正しいと主張してきたのであるから、私も同じことをしたからといって非難される筋合いはないのだろう。本論が主張する範囲で、「合理的であり、適用可能であることを認めてもらえれば良し」とすることにしよう。

このようなことで、本論は技術と経済学の間隙を埋める一つの試みとして読んで頂けるとありがたい。

そしてこの方法は、技術移転論に関しては過不足なく応用できる。

4 . 本論の検討に至る経緯

話をあまり大きくしてしまうと、「眉につば付けて…」ということに為りかねないので、どのような筋道でこのような議論を始めたかを示す。

本論では、技術移転を論じる。技術を移転するとして、何を移転するかという「何を」にあたる技術とは何かさえも明確でないことに気づき、それを明らかにすることから始めた。

技術移転を論ずる際に何故“技術”を論じなければならないかといえ、何を移転するかということの基本事であるので、当たり前といえ、当たり前の話である。しかし、「技術」という言葉は殆ど無定義用語として自由気ままに使われており、百人に聞けば百人百様の答えが返ってくる。これが「技術」の特徴である。

少し気の利いたものは、先に引用した「技術とは労働手段の体系である。」を答えるが、では、労働手段とは何か、機械や道具を体系的に並べ立てることが技術な

のかと問いを重ねると大抵は何れかのところで言葉に詰まってしまう。

私が論じようとしている技術移転で、機械や道具を移動させて「技術移転は済みました。」と言っても、まあ、誰も納得するものではない。しかし、これに非常に優れた利用マニュアルを付属させれば、もしかすると技術移転として認めてくれるかも知れない。
注)4

技術にはモノとして実現された部分と、人に依存する部分が存在し、この人に依存する部分の存在が技術認識を難しくしている。

第1章における技術論は、人に依存する部分を検討することにより、この「非常に優れた利用マニュアル」というものがどのような意味を持つかを示すことになる。仮に技術が（非常に優れた操作マニュアルの付いた）製品群であるとすれば、それは商品そのものである。

例えば「機械工作技術」といった「製品」という定義と無縁と思える技術でも、「一群の工作機械とそのマニュアル」と理解すれば、ある程度「技術は製品群である」と考えられるのではないか。注)5

この「マニュアル」を理解する問題は、マニュアルを使う「人の労働」を「どのように理解すべきか」という事である。人の労働に神秘要素を認めてしまうと、この「労働部分を含む技術」に神秘的な部分を認めることになる。するとその先へ進めなくなるが、現在の技術認識はこの状態に陥っている。これは、初めに“技術”を経済学的に取り扱おうとした人たちが、唯物史観に立った人達であったため、生産要素の中から「労働」を聖別して特異な位置を与えていることによると考えられる。

これは、言葉を変えれば、技術に含まれる人の労働部分（技術を構成する要素

としての人の関与部分)が何であるか、そこにはどうしても説明できない神秘的要素があるのかということである。“技術”に含まれる人の労働部分が神秘要素を含まずに記述できると示せば、現状の技術認識を変革できる。

5 . 技術移転論へ技術論を適用する利点

技術移転は日本から発展途上国に対する技術協力プロジェクトとして数多く行われている。この分野の技術移転努力の評価や効率的運用のためには分析手段として、計量分析の方法が有効である。

どれだけの技術(価格で示した価値)が移転され、そのためにどれだけの費用が掛かっているのか、どの部分の冗長度が大きいのか分かれば、技術協力プロジェクトの効率的運用が可能になるし、実施後の評価においても数値分析が可能になる。

また、技術協力プロジェクトの実施にあたってプロジェクトを計画するが、その時、技術がものと人にどのように依存しているのか分かれば、供与機材と人材教育の比率をどのように設計すれば合理的であるのかということも分かる筈である。

この時キーとなるのが、技術とはどういうものか、それはどのように計量できるのかということなのである。

ここでは国から国への技術移転を論じるが、技術移転ということでは企業の海外進出に際して日本の技術を進出先国に移転することも技術移転である。計画を立て、実行する際、或いはその結果を評価する際にもこの手法は同じ技術移転問題として当然適用できる。この技術移転の意味は両者完全に等しい。

また、企業から企業への技術移転契約に伴う技術の移転も技術移転であるが、ここで評価されるのは技術移転の効率ではないので、当面本論の方法は適用しない。

さらに、技術を核とした起業という例においても、技術移転を論じる必要がある。自分で開発した技術を自分で使うとき以外は、技術移転を受けなければならないから

である。技術を核とした起業という例では、技術移転計画を立てることも、その評価もされていないので、この方法が直接使われることはないが、この考え方の基本部分である、技術と技術開発を分ける発想は役立つ。技術開発が必要な、ある意味で不完全な技術の移転を受けると、起業の成功確率は著しく下がる。注⁶

本論では主張の範囲を『「技術移転」における技術を量るには「理想的技術は製品の集合である」と定義すれば、単純に「製品価値の総計が“技術”の量」として計量できる。財とサービスから成り立つ現実の技術についても、これに準じて「近似」的に計量でき、技術協力プロジェクトの計画・評価の計量経済的取り扱いが可能となり、合理的運用が可能になる』とする。

なお、技術論については、本論を書き始めてから考え初めた訳ではない。本論で度々参照することになる三枝博音の「技術＝過程論」を知ったのは、大学の教養課程でのことであるから、かれこれ30年以上も前になる。教養課程の学生の常として、教師が「技術とはこういうものだ」と言ったからといってそんなものを直ぐに信じる程初心ではない。不遜である代償として、図書館に通ったり、手近の友人と夜が明けるまで、アルコールに麻痺した頭で書生論を戦わした。ロックアウトだのゲバ棒だのの流行った頃の、青春の懐かしい思い出である。また、面白いことに、技術論が最も活発に論じられた時期がちょうど私が学生時代を過ごした時期と重なっていた。これは、本論の参照文献の発表時期が1975年前後に集中していることから明らかである。

「技術＝過程説」にはしっくり納得できないところも有ったが、暫くは私の技術認識の基本であった。その後、勤めた先が工業技術院の技術調査課であったため、「技術＝過程説」を自分の考えでもあるかのように述べたことも有った。しかし、「技術統計を扱うのに哲学は不要である。」「技術が何であろうと、現象論的に対処できれば十分

である。」というのが、当時の反応であった。ここには、技術論を論じていた人々が唯物史観に依っている人々であるための偏見もあったのかもしれない。

6 . 技術を定量分析する必要性

しかし、現在のように社会・経済に対する技術の貢献が大きいことが分かってくると、技術を語らずに社会・経済の活動を理解することはできない。

それが技術の定量分析を試みる流れとなる。技術進歩の経済発展への寄与率は、先に述べた全要素生産性分析によれば 80% 以上に及ぶ。

本論は、これらの技術論のうち、最も計量に適していると思われる三枝博音の「技術 = 過程説」に情報理論を適用すると、技術は理想的には「製品の集合」として理解でき、計量可能であると示したものである。

三枝の説を基準に検討したのは、現在経済学で援用されている「技術 = 労働手段説」を支持した岡邦雄、相川春喜と三枝による 30 年にわたる論争記録がある程度残っており、検討が容易であったことも理由である。

技術を計量経済的に取り扱うような話でなくとも、技術がどのようなものか分かるだけで、明らかになる常識の嘘（誤り）も指摘できる。

最近流行で、TLO の設立が相次いでいる。しかし、TLO は技術開発についてまで大学が責任をとらない限り、失敗するのが目に見えている。TLO は技術を移転するといいながら、その技術について製品化のためには必ず開発が必要であると考えている。ところが技術開発が必要なものは技術として完成していない証拠である。つまり、大学で保有している特許発明、ノウハウ等は、「技術」ではない。

特許法はその定義で「発明とは自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高

度のものをいう」としている。「発明とは思想である」ということで、技術ではない。ここでいう思想とは特許法特有の言葉であり、我々が普通に使うところのアイデアの意味である。

TLOは「技術」仲介の組織のはずが、アイデアの仲介組織になっているのである。TLOが取り扱うアイデアが役立つ（商売に使える）ものであるかどうかは保証されない。多くの場合、製品開発が必要であり、その完成までの間に失敗が明らかになることも多い。注7

技術は、製品、サービス等の現実価値（有価物）を世の中へ提供できるモノであるのに、大学で生み出されるものは「アイデア」であって“技術”ではないので、そのままでは技術移転の名に値しない。注8

これに対しては、「アメリカで、大学からの技術移転で成功している例が沢山有るではないか」という反論が有ると思う。しかし、仔細に見ると、アメリカで成功している例は、「アイデア」と“技術”の距離が短いソフトウェアであるか、“技術”の段階まで大学関係者の手によって開発されたものであることが分かる。

日本の大学では、知識やアイデアに過ぎない技術の種から技術開発を進めて、完成されたモノである“技術”にする事はない。最近は少し風向きが変わってきたようだが、大学では技術開発に力を入れすぎると、ごく少数の現実的な成果を示せた者を除き無能者扱いをされる。

大学においては「技術思想：アイデア」を創り出す事に対する報酬が最近認められるようになったのに対し、技術開発を行い技術とすることに対しては、相変わらず障碍はあっても報酬は殆どない。即ち、「資本の走狗...今時あまり聞かれなくなったが...と見られかねない後ろめたさ」という精神的障壁と技術開発期間中の「論文という所属する社会で認められる成果・価値」の停滞があり、「技術」として完成しても「だからど

うした、それは学者のやることではない」という評価さえある。

結局、大学の特許は「アイデア」が「アイデア」の儘にお蔵入りしているのであって、使えないからお蔵入りしたものに敗者復活のチャンスは少ない。「アイデア」を「技術」にするには、時間と費用、及びなかなか評価されない技術開発努力が必要であり、これら3つの障害をクリアするのはかなり難しい。

もう一方の「アイデア」と「技術」の距離の短いソフトウェアが日本で振るわないのが何故かは良く分からない。ソフトウェア開発が人間による創造活動のうち夾雑物の少ない成果であることを考えると、日本人には創造性或いは構想力に欠けるところがあるのかもしれない。

上でも触れたように、現在経済学等で“参照”されている技術の定義は「技術とは労働手段の体系である。」というものである。“参照”としたのは、この定義は存在するだけで実際に使われることはなく、技術とは何かと問われたときに、この答えが返ってくるからである。実際、経済学で技術が計量されるときには、“技術”そのものではなく、「技術進歩」が用いられている。技術進歩は技術量の時間微分に相当する量であるが、それが積分されて技術そのものとして取り扱われることがない。技術進歩が定義されていないためであるが、それを良いことに、定義に基づいた直接的計量値と技術進歩を積分した計量値が比較されることもない。

では、「技術とは労働手段の体系である。」という定義により直接技術量を計算できるかということ、先にも述べたようにこの定義は、一組の道具や機械で技術が指定できるというだけのものであるので、技術量の総量は計量できない。注9

結局この定義は、「技術というものは実体のあるものである。」ということに対する「安心料」として使われているに過ぎない。また、積分値である技術量に相当するものは、認識の混乱を反映して、技術と呼ばれてみたり、技術水準と呼ばれてみたりする。

この理由は、多分、技術進歩があるのは以前の技術水準に対してだろうという安易な発想によるものである。ここで水準という平均値類似のニュアンスを持った用語を用いるのはもちろん誤っている。経済学で使われる技術進歩の意味では、焼き畑農業地域に近代農業 - 現代農業ではない - を導入することでさえも立派な技術進歩である。すると、ここには水準という平均値類似の意味は全くない。現在使われている技術進歩は経済にリセッションが起きると退歩が生じるようなものである。

一方、三枝の「技術 = 過程論」は「技術 = 労働手段の体系説」と同様に、技術を指定する最小単位として、一組の道具や機械以外に、人間の関与を含めた「過程」として技術を規定している。この両者の議論の過程で、「技術 = 過程説」は道具や機械のみで規定できないものの存在を明確に示していると信じたので、私は「技術 = 過程説」を基準に技術論を展開することにしたのである。ここに現れる「人間の精神活動の一部」とは人間の精神活動の一部であっても、カントの言う「ある」に属するものとして新しいものの出現を期待せずに示ことができ、情報理論で言う「メモリーとアルゴリズム」によって示せると発展させた。

7. 「機械化率」の導入

なお、「技術論」と「経済学的取り扱い」の隙間を埋め、現実のプロジェクトをデジタル化するために、「機械化率」という概念を採用している。注¹⁰

現実の“技術”には、「既にモノ(: 機械等)となっている部分」と「人に依存している部分」があるが、この全体に対する「既にモノとなっている部分」の比率を機械化率とする。

また、この機械化率の定義に際して次のような仮定を置いている。(図2参照)

現実の技術に対して理想的技術を仮想する。

現実の技術と理想的技術は技術量として等しい。

「理想的技術」と「現実の技術のモノとして実現された部分」の差が労働の分担する部分であり、この部分は人に依存せずに実現できる。

8．序章のまとめ

本論では、技術協力における技術移転プロジェクトの効率的運用を行うために必要な、“技術”の計量経済学的取り扱いを論じる。

これにより、どれだけの技術が移転され、そのためにどれだけの費用が掛かっているのか、どの部分の冗長度が大きいのか分かり、実施後の評価においても数値分析が可能になる。また、技術協力プロジェクトの実施にあたってプロジェクトを計画するが、供与機材と人材教育の比率をどのように設計すれば合理的であるのかということも分かる。この方法が適用可能であることは、実例に適用して確認した。

本論では主張範囲に含めていないが、“技術”を明らかにすることは、技術の計量経済学的取り扱いを可能にすることである。技術移転論を論ずるついでに“技術”を定義できたというのは気が引けるので、主張範囲に含めなかったが、これについても誤りはないと信じている。

本論の構成は少し複雑であるので、全体構成を図 3 として示す。

(序章了)

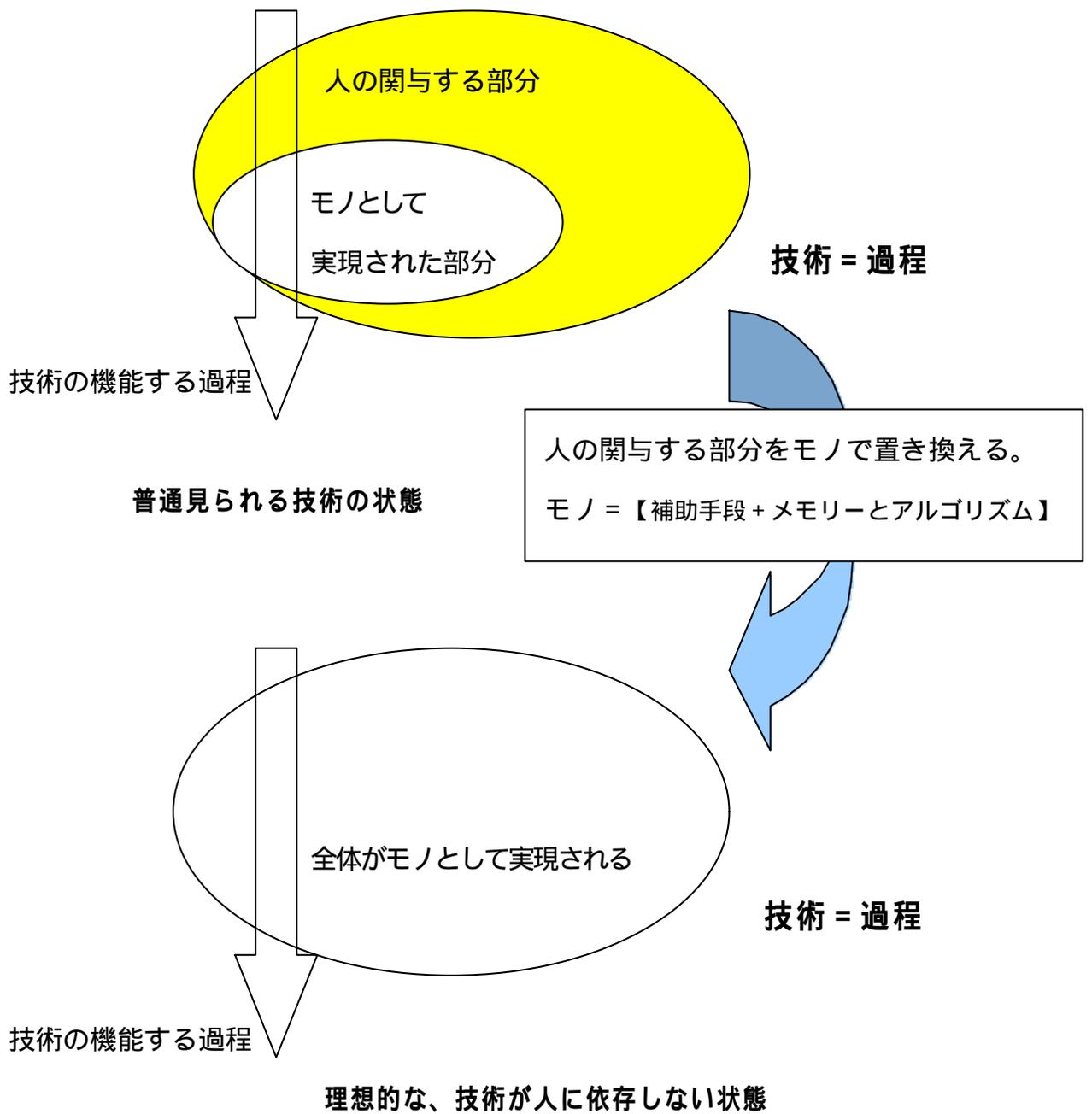


図2 現実の技術と人に依存しない技術

序章 脚注

注)1 この問題の一部は、ゲーデルの不完全性定理として証明されている。

技術開発において、なぜトライ・アンド・エラーが必要かということの意味でもある。

注)2 「創造性アルゴリズム」など。創造性アルゴリズムでは、アルゴリズムに乱数表を用いて、アトランダムな変更を加え、そのうちの使えるアルゴリズムを片端から問題解決に適用して、その中で一番優れた解を選び出す。

注)3 第1章補論 1.創造性についての考察、および第1章 注)7を参照

注)4 ここで使ったマニュアルという言葉についても検討が必要である。後に正確な意味を明らかにするが、しばらくは普通に使われている利用マニュアルの非常に優れたものと理解して読み進んで頂きたい。

注) 5 工作機械を使うことのみが機械工作技術ではないとするのが、製品と無縁とする考え方。技術はいろいろな意味で使われるので、限定的に見ないと意味が分からなくなる。ここでは一時、機械工作技術とは工作機械を使って金属を加工する技術と考えて欲しい。

注)6 技術開発は揺籃期の企業にとっては、損失以外の何者でもないことに注意。

注)7 特許は発明に排他特権を与えており、こちらが特許の本質である。特許とは文字どおり、国家が許可し与える特権である。特許は発明自体ではなく、排他特権を中心に機能している。

注)8 これは正確に言うと、知識も技術を構成する一部であるが、知識だけではマトモに機能する技術ではないということである。

注)9 道具や機械はものであるため計量はできるのだが、漏れ落ちる部分が多い。その漏れ落ちる部分とは「労働」が分担する部分であることを後に示すが、その量は、もっとも少ないときで半分、通常の技術で2/3となる。本論第3章を参照。

注)10 「機械化の進展」というようなものを「機械化率」で量る例がある。この例で「究極の機械化とは何か」と考えると、それが「技術」という概念に近いと信じたので、この「機械化率」を別途定義したうえで使用した。

普通見られる技術は財とサービスから成り立つが、この財とサービスの間には片方を増やすと他方が減るというバーター関係が存在し、その比率の選択は自由に行える。このため、移転技術の財・サービス構成を確定するために機械化率を用いる。機械化率は移転技術の全量に占める財の割合を示す。

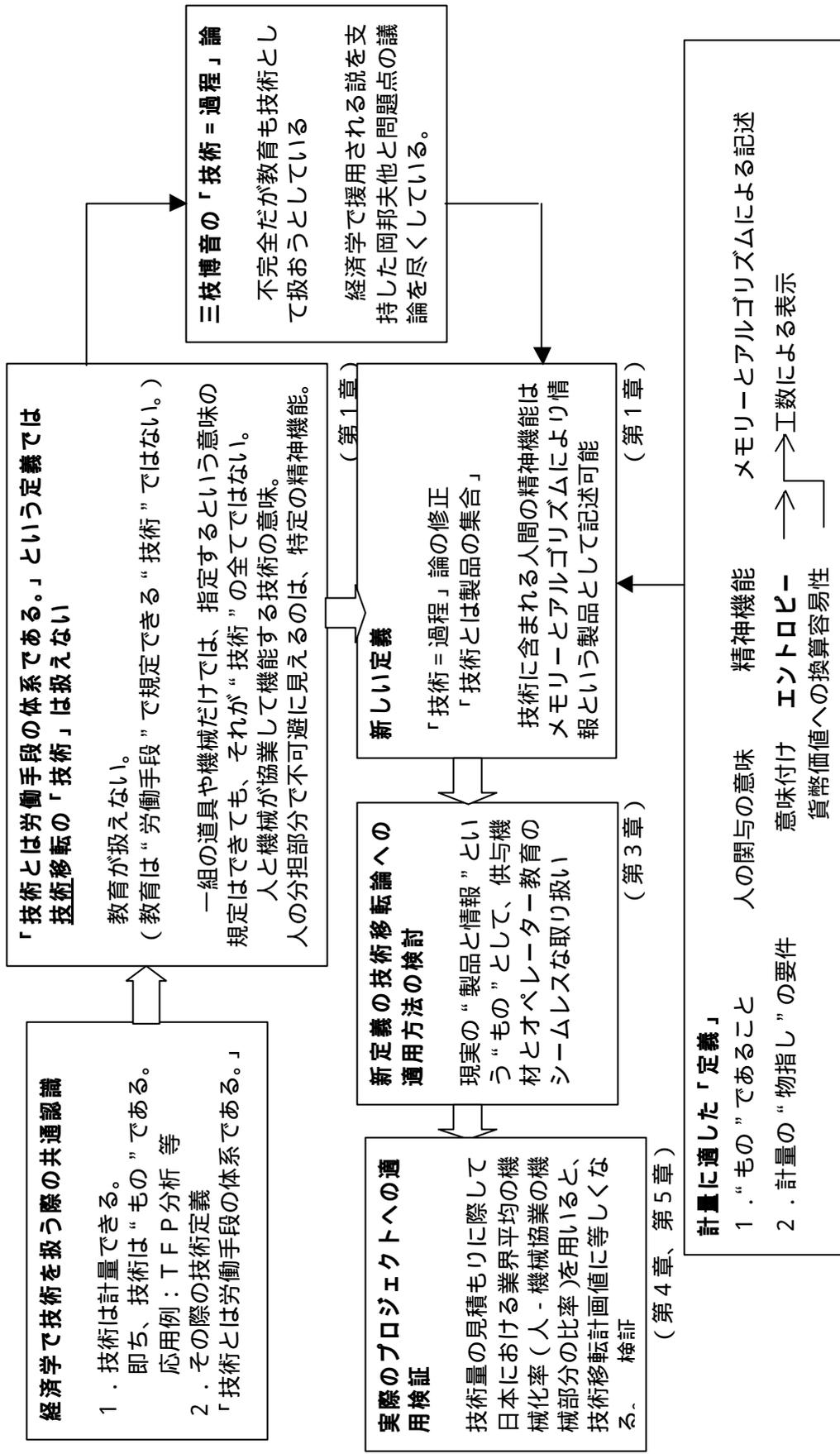


図3 論文構成説明図

(第1章、第2章)

第1章 技術とは何か

1. はじめに

最近では技術とは何かというようなことは、あまり議論されなくなっている。一方、技術計量の応用例として TFP 分析では「技術進歩の経済に対する貢献」として、技術進歩を計量することは行われている。しかし、この場合も、「技術進歩とは何か」ということは定義されずに用いられている。

何かを計画しハンドリングする際には、対象を明確に把握しなければ、合理的な判断はできないと考えられるが、技術計画においてはこれらがなされないのが普通である。一步譲って、技術計画の対象は明確であるとしても、それが「何を意味するのか分からない」ではすまないはずである。たとえば、技術計画の一分野である「技術移転計画」を作る際には、日本から発展途上国に対して、「技術」を移転するといって「機材供与」と「人材教育」が行われ、この最適な組み合わせが計画される。しかし、何故機材供与が必要なのか、教育だけではすまないのかといった疑問には、技術の意味を知ることなしに答えることはできない。

本論では、30 年前まで議論された技術論を蒸し返し、技術とは何かを再論するとともに、新たに技術を定義することにより、技術が計量できることを示す。これにより、計量化した技術計画の合理的立案が可能になる。

近代経済学が技術を経済の中で取り扱うようになるのは、シュンペーターやハロッド以来である。新古典派のソローは第2次大戦前の40年間にわたる米国の経済成長要因を分析し、「資本」と「労働」の経済成長に対する寄与率が全体の1/8にすぎないことを示した。すると「残りの大半は何が寄与しているのか」ということが問題になる。ソローは同時代のシュンペーターらの技術革新理論に触発されて、この残差の由

来を「技術進歩」に求めた。これ以来、全要素生産性(Total Factor Productivity : TFP)分析における「資本」と「労働」の寄与以外のresidualを「技術進歩」に依るものとみなす習慣がある。注1

では、この計量経済学的取り扱いが、技術に適用できるかというできない。何故かということ、TFP分析に於いては、「技術は計量できる。」「その計量値は時間微分できる。」という仮定の上で、技術の時間微分値(技術進歩)と経済発展の関係を論じているからである。

ここに仮定された2つの条件は、「そういわれればそうかも知れない」と納得したくなるものであるが、もう一度考えてみる必要がある。殊に「技術は計量できる。」という条件が問題である。それが「どのように計量できるのか」ということが明らかでないために、個別の技術について技術量が測定できないからである。

即ち、TFP分析では、全ての生産要素の生産性向上への貢献から技術進歩以外の要素の貢献分を控除して残ったものを技術進歩の貢献として済ませているので、かなり大きな経済単位に適用したときにのみ、ある程度の説得性が出るのであって、適用対象を小さくしていった限界にある個別技術にこの方法を適用することはできないと考えられている。

ここで先に進む前に、TFP分析の結果が示す技術解釈の一つを示しておく。経済発展に対する技術進歩の貢献は80%以上に及ぶというのがTFP分析の結果である。

注2

80%以上ということであれば、近似的に、経済発展 = 技術進歩である。

この両辺を時間について積分すると、総生産 = 技術総量 + 定数となる。

もし、この関係が全時間において成り立つ(微分、積分ができることと同じ意味)とすれば、総生産 = 0であった時には技術総量 = 0であったはずなので、この値を代

入ることにより、定数項 = 0 となる。

即ち、TFP 分析の結果は、総生産 技術総量と言っている。

この式の左辺と右辺は別個に定義されたものであるので、左辺が独立な要素〔元〕の連結からなるとすれば、右辺も同じ要素の連結から成り立つことになる。即ち、総生産が財とサービスから成り立つのであれば、技術総量も財とサービスを要素とすることになる。注³

技術を経済学で扱う際に参照されている技術定義は、「技術とは労働手段の体系である。」というものである。労働手段とは、価値を生み出す人間の行為、即ち労働に際して必要となる手段のことで、具体的には道具や機械のことを言っている。労働手段の体系とは、機械や道具の合理的（労働の目的に適った）組合せのことである。労働手段の体系ということは、技術は財のみで成り立つと言っていることになり、上で述べた、技術は財とサービスから成り立つという認識と異なる。また、用語としてのサービスとは労働に他ならない。

この定義は、労働という言葉に象徴されることで分かるように、元来マルクス経済学者達が用いた定義で、後に近代経済学者達もこれを用いている。歴史的にはソ連の経済学者であるブハーリンが「転換期の経済学」（1920）の中で定義し用いたのが初めと言われている。これは唯物史観に基づいた定義であり、技術を実体である機械や道具という「物」に限定して定義しているため、何を指し示すかという点からいえば明確な定義となっている。もっとも、十分条件である「技術には、これらの一組の道具や機械以外に他の要素はない」という点については、当初から疑問が持たれていた。

2. 三枝、岡の技術論

我が国で1930年代から1960年代にかけて行われた、「労働手段の体系説」を支持した相川春喜、岡邦雄と「過程としての技術」という説を唱えた三枝博音との論争を参照して、「技術とは何か」ということ概念を得ることとする。

先に述べた、「技術には、一組の道具や機械以外に余分な要素は存在しない」ということについては次のような議論が成り立つ。

現在、芸術と技術は異なるという認識が強いが、実際には芸術も技術の一分野である。その芸術では、全く同じ素材、道具を使っても、作者が違えば同じ効用は得られない。即ち、この場合労働手段の体系のみでは、技術は記述できていない。

なお、論争の当事者である、岡、三枝の両者とも芸術は技術ではないとしている。三枝は「芸術が技術と異なっているのは、技術が科学と異なっている以上である」と言っているが、その一方で両者の相同性についても議論している。

芸術が特殊な例であるとして、工業技術を考えてみても、同じ機械や道具を使って同じ製品を作る場合でも、使用する材料、図面や工作者の技能によっては同じ成果が得られない。これらの意味するところは、「労働手段のみでは技術の全てを記述しきれない」ことを示している。

三枝の場合、人間は自然に属するものであるが、他の自然と異なり精神を持つとして、人間を「第2の自然」とし、自然と人間を画然と区別した上で、人間が自然に働きかけて変更する営為の中に技術が存在するとしている。一方唯物史観では「人間の支配、被支配の関係をはじめとする社会・経済関係全てを、人間の意図を離れて、物に実現した価値の蓄積・交換から説明」しようとしているのであるから、予め人間と物の世界(自然)は分離して考えられている。結局両者の間で、「技術は人間と自然の関わり合いの間に存在する」という認識に関して差はない。

技術とは何かという点を、もう少し実体的に見ていくために、三枝博音の議論を
 図化した図 1 を見ながら、検討を進める。注4

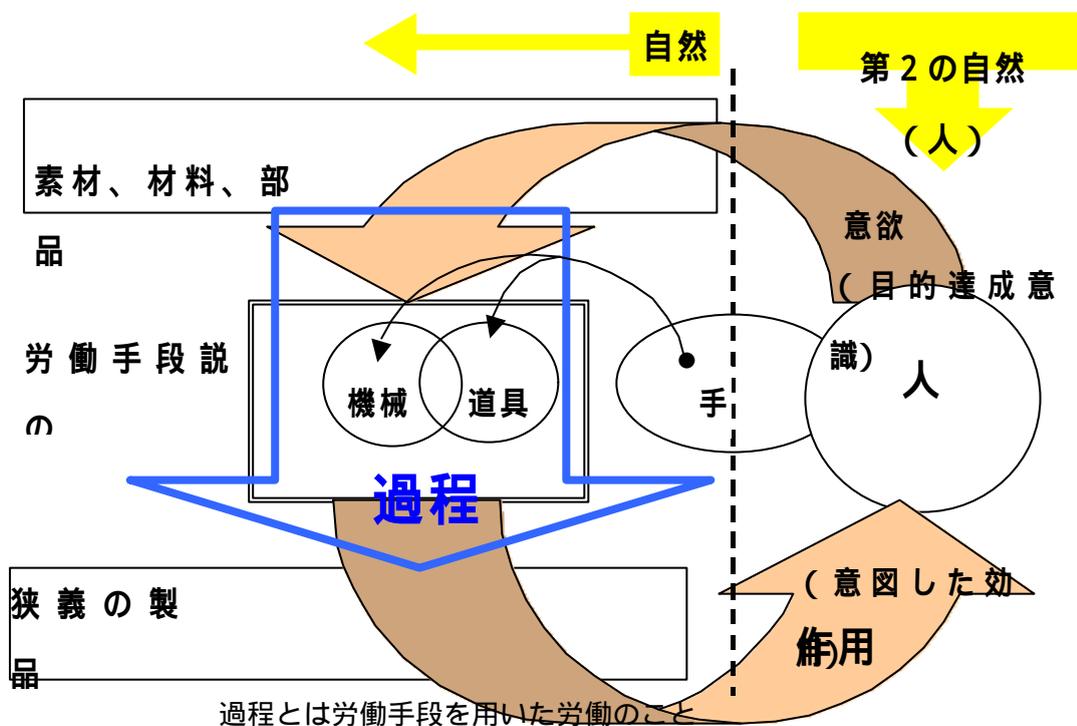


図 1 - 1 労働手段説、三枝の過程説の関係

3. 三枝の「技術 = 過程」説

この図1に示される三枝の主張は、次のようなものである。

『自然の中で自然に生起・消滅している事象と異なり、人間は自らのために意図した効用を得るため、意志を持って自然に働きかける。意志を持つという点で、自然と人間は区別されるべきである。人が自然に働きかける手段が機械や道具であり、「意欲」「道具・機械」「作用」の流れと、それを成立させる知識等を内包する労働過程を「過程」という。この過程が技術である。』

ここで注意すべきは、自然に属する諸々の物（エネルギー等不定形のものも含

む)や材料・部品はこの過程の概念に含まれていないことである。過程とは人という主体が自然に働きかける過程であり、自然そのものは客体であって、技術には含まれないと考えている。

この点に関しては、機械や道具以外に部品や製品も技術の不可欠の要素ではないかという疑義がある。即ち、部品や素材は自然に属するとは言え、天然自然に現れるものではなく人工物であるし、目的物である製品を排除することにより、結果的に、目的を問わないというようなことにもなっている。

三枝は岡や相川との議論の中で「過程とは定在する物ではない。むしろ物が実際の存在に成る過程なのである。」と言っており、唯物論者が「機械や道具の集まり」として「定在する物の集合」であると言い切っているのに反論している。

しかしまた、三枝は「過程(Mittel)」という表記を用いることにより、Mittel(手段という意味)というドイツ語を付け加えている。さらに、これについては「過程というものを具体的に考えてゆくと、それはミッテルを通じての過程であることが理解されてくるのである。」とし、「ミッテルが実際に存在していて、そのために過程があるのではない。」とも言っている。これは、平たく言えば、『人の営為の一部が技術であり、そこで機械や道具を必ず使う。しかし、機械や道具という存在があるために、人が働かされて、技術というものが実在することになるのではない。』とでもなるのだろうか。

三枝の言うように、人の「意欲」という精神活動が無ければ技術は存在しない。人とその精神活動が技術の必須要件となっている。しかし、それが、技術の発生に必須なのか、存在に必須なのかということはなお疑問である。

かつて、「烏(カラス)や猿も技術を持つ」という極論を言うものもあったが、それらは一々検証されて、技術の名に値しないことが分かっている。つまり、人間の関わら

ない自然の中に技術は存在しない。

三枝の場合は、さらに、人に対する作用（効用）を考えることにより、自然の中に見られる技術類似のものは排除している。また、上にも述べたように、「技倆（腕前）」や「工作（技能）」を排除することにより、（加えてミッテルと言うことにより、）過程を動かし、過程の中に取り込まれる労働を除けば、唯物論者の指し示すものと同じである。
注)5

一方唯物論者においては、あらかじめ人と物を明確に分けているので、技術が属人的存在でないとしたとたんに、技術は物に属することとなる。むしろ、人間に専属する技倆を技術に含めると、人と物を分離する際に論理の破綻を招く。技術は物であると考えるのが明快であるが、労働を付随させないと技術は成り立たない。

つまるところ両者の差は、「労働を全て人間の専属物として切り離し、物だけを取り扱って済ます（唯物論）」か、「技術の中に労働も含めて考える（過程論）」かということである。

4. 労働における精神活動の取り扱い

技術を計量しようとする際に困るのは、精神とか過程は抽象的なものであり、例えそれらが技術の不可欠な構成要素だとしても、簡単には定量出来ないことである。もし、三枝の説に沿って技術を計量することを考えるなら、「過程」の中でモノとしての労働手段以外の抽象的な部分、即ち、何が「過程」を働かせているのか、それが計量できるかを明確にする必要がある。直感的には、それは人の労働であり、サービスに他ならないと分かるが、人の労働のうち精神活動とは何なのだろうという疑問が残る。過程という精神活動も含む一連の仕事として理解するかぎり、抽象的性格が強く、それがどのような過程（＝技術）であるか把握できたとしても（精神活動も含む）「量」は記述できない。定性的把握に優れた方法であっても、定量的把握には不向きなので

ある。注)6

5. 技術における「規則」の取り扱い

相川、岡と三枝が彼らの論点の異同を理解して議論したのは、デイドロー（1713～84）による定義「技術とは同じ目的に協力する諸々の道具と規則の体系」を検討したときである。この場合、技術に「規則」が含まれるか否かというのが両者の議論である。相川、岡と三枝の論争では、デイドローのいう規則という部分を排除し、絞り込んだことが正当な厳密化であったのだろうかという問題意識があった。「規則」とは、ノウハウ、図面、作業手順書（に書かれるような、きまりや手順）、機械操作法等の一般知識や技能といった、定型化され、固定化された精神活動等のことと理解できる。

この時注意すべきは、三枝、岡の両者とも、科学知識はこの規則に含めていないことである。これは、『科学知識は「人が作り出す」といったものではなく、「人の介在に関わらず自然の中に存在している」から』という論理である。

相川・岡は唯物論の立場から「規則は技術に含まれない」とし、三枝は「規則は科学ではないし、技術的法則でもないので、労働手段としては扱えない」とした。これに答えて岡は「規則とは技術的法則のみを言い、体系という概念の中に括み込まれている。」とした。相川・岡の議論は「含まれないが、括み込まれている。」という奇妙なものになっている。

体系といい、機械や道具の「合理的」組合せと説明しても、機械が（人が規定した）技術的きまり等に則って機能しているときに、物は単なる物ではなくなって、人の知恵を機械や道具の中に体現している。例えば、機械の運動を「機構学」的に見れば、機械に要求される運動を、機構学に則った知識や知恵を機械の中に体現することによって実現している。

以上のように見てきた三枝、岡の技術定義の意味を、図1を参照しながらまとめると、次のようになる。

技術は人間と自然との関わり合いの間に存在するものである。

それは、(人の意志とか意識、知識が関与する)労働を含む。

三枝、岡ともに技術を考えるとき労働に係わる技術をイメージしている。

(から労働が全く係わらない技術は存在しない。即ち、技術は人工物に係わる何かであるが、後に述べる「労働とは何か」という問題がある。)

労働「手段」とするとき、「自然」と彼らがよんだ労働の対象(原材料やエネルギー等)や、「自然」の一部を構成することになる労働の結果としての製品は、技術に含めない。

人間の精神活動の一部が「手段」或いはその「体系」の中に体现されていることを認めている。相川、岡はそれを不可避的付属とみなした上で無視し、三枝は過程の構成要素としてそれを認めているが計量できる形では記述できていない。

三枝、岡の技術論では、必ずしも生産技術のみを技術であるとは考えていないが、技術は労働と強く結びつけられている。しかし、AV技術ならば映像や音楽を「楽しむという労働?」の手段ということになるのだろうか。いずれにしろ、近頃の日本のように豊かな社会では、労働軽減や効率向上以外の目的に技術を使うことが多くなり、「労働」という定義ではカバーできない技術が多すぎる。「労働手段の体系」説が提案されたころの貧しい時代では、兵器技術、芸術といった少数の例外技術が存在するのみであったので、それらを除外したり、こじつけたりするだけでつじつまが合わせられたが、現代ではそれも難しくなっている。

「労働手段の体系」という定義で取り扱いが殊に難しいのは、ソフトウェア技術である。この場合、労働手段とはコンピューター等のハードウェアのみを言うのだろうか。

開発用ソフトウェアは、ハードとしての存在を持たない不定型なものであるが、それでも労働手段ではないか。

ソフトウェアは知識そのものである。すると、科学でも技術法則でもない知識そのものが道具ということになる。科学や技術法則が「体系概念に括み込まれて」いるかどうかどころではなく、彼らが予測できなかった「知識自身が道具である」という事態が生じていることになる。少なくとも、コンピューター時代に応じた「労働手段」の拡大解釈が必要になっている。

ディドロの定義と三枝や岡の説を解説した際に一度触れたが、技術にはそれを可能にする「規則」という方法・知識が要素として内在する。三枝、岡の時代ではこの「規則」の意味を把握することが難しかったため、「科学知識の他に技術学的知識や技術学的法則が存在する」のか、それらが「物である手段に含まれるか」という議論がなされた。

しかし、情報という一つの本質に還元されると科学知識も、技術学的知識、技術的法則も機能と表式において全く同じものとなる。つまり、自然がもともと内包する法則性（科学法則）であろうと、人が作り出した科学法則に準じる規則、あるいは機能を実現するため便宜的に設定した手順・方法・知識であろうと制御情報という意味で“情報論的意味”と“機能”は全く同じである。

三枝や岡が技術を哲学的に考察する事により得た、科学と技術学的知識、技術的法則の分離の発想は、人と自然が対立する2元論に基づくものであったため、その対立の一部が自然解消（人間の精神にたよらなくても、その機能の一部が「物」として存在できるようになった）されるのに伴って無意味化したのである。

また、三枝、岡の時代においては、「制御情報」はそのまま現実世界に適用でき

るようなものではなく、「人に対する指示」の形を取っていたために、物理法則に従ってモノに直接働く重力等の自然力とは別のものという認識が強かったと思われる。物理力に従おうと、逆らおうと運動を制御するという意味で両者は全く同じことである。

なお、電子計算機による認識、判断の模倣が可能になったのは、この20年間のことであり、それ以前においては、認識、判断を機械的に実現することは極端に難しいか不可能であった。その後、現在までに情報理論と電子計算機技術の進展があり、人間の精神活動の一部は、人間を離れて独自に存在できることが実例として示されるようになった。

『アルゴリズム^{注7}は、予め決定された手順を踏むこと』であるので、アルゴリズムによっては新奇なことは起きないし、創造性も発揮できない。^{注8}しかし、技術を記述するにはメモリーとアルゴリズムが有れば十分であるということを10.で示す。すなわち、三枝の技術論における「過程」では、「過程」を動かしているのは労働(サービス)であると解釈せざるを得ないが、過程を動かすために人は必要無く、その部分を補助手段とメモリーおよびアルゴリズムで置き換えることが可能であると示す。^{注9}

6. 普通の技術におけるサービスの残存

理想的には^{注10}、技術の一部としてメモリーとアルゴリズムにより製品として実体化されるべき過程の一部分は、多くの場合人間の労働に依存している。これは、人が補完して作業を行ったほうが、フルオートメーションで対応するよりも全体のコストが安くなることに原因する。

殊に人間の精神活動のうち、認識や判断に係わることを電子計算機により代替しようとする、人と電子計算機の基本的機能様式が異なるために、非常に大きな計算能力が必要になり、人と機械の適切な分業と比べると大幅なコスト高になる。

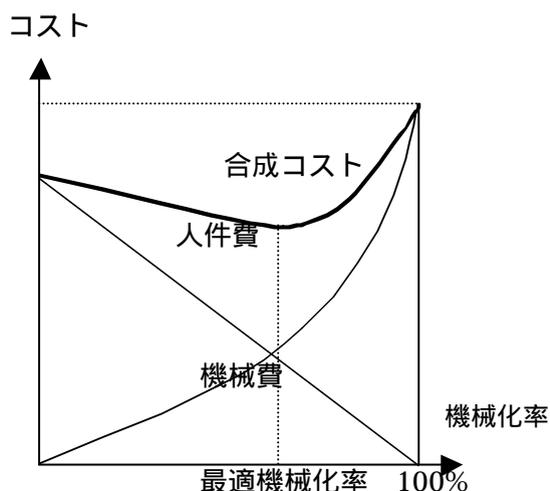


図 1-2 人 - 機械協業における
コスト曲線 (イメージ図)

このイメージ図では機械化率が100%に近づくと機械コストが跳ね上がる様に示してある。このようなことが実際に起こる。人の認識力や判断力に係わる部分は機械的代替が高コストになる。最適機械化率まで総コストが下がるのは機械コストの傾きが人件費の傾きより当初小さいためである。

通常 $a > b$ 。ただし、必ず機械的に実現できるので、 a は有限値になる。

これが生産に道具や機械が導入される理由である。人のみによる労働の生産性の方が高ければ機械・道具の使用は起こらない。

それでは、この人に依存する部分の示すものは何であろうか。

指令と指令に従った実行は制御と同じ事であるが、これを純機械的(電子機械も機械に含める)に実行する事は、認識や判断を伴うような場合、人を介して実行することに比べてコスト高につく。このコスト高を回避するために人と機械の協同作業として設計し、全体コストをミニマムにするように「技術」を構成することが最も合理的な選択である。現実には、必ずしも合理的選択の結果として最適な機械化率が選ばれるわけではないが、理想的とした技術があまりに高価になるため、現実の選択は合理性を持つ。機械のみでフルオートメーションとして実現することが「コスト的に最適解ではない」ということが、技術の中に労働が残る原因であり眼目である。

以下の議論においては、人の労働は労働手段とメモリー・アルゴリズムにより実現できるとして(人を介さずにモノとして実現できると仮定して)議論を進める。この仮定の証明に代わる説明は 10.で行う。

7. 技術定義の検討

ここまでくると、第一の定義変更が可能になる。即ち、「人の欲求実現行為における手段の体系」(下線部分は不変)とするわけである。これはデイドローによる定義「技術とは同じ目的に協力する諸々の道具と規則の体系」に似ている。変更点は「同じ目的」という誰の目的か分からないものから、「目的とは人の欲求実現行為」であるとしたことになる。

これならば何もかも労働であるとしつける必要は無くなる。しかし、欲求実現行為と労働はどう違うかということ、主体の自発的意図が有るか無いかというだけの問題で、殆ど同じ様な意味で本質的違いはない。

さらに付け加えると、ものを食べ、排泄するような欲求実現に係わることをも技術であろうと言うのは言い過ぎであるので、もう少し高次の活動に限定したい。動物の場合では遊びも含めて、欲求と行動は直接に結びついている。人間行動の特徴は、欲求と行動が直接に結びついていることもあるが、欲求と行動の間が分離し、迂回的に実現するという方法を取ることが多いことである。この迂回的な行動と言うのが、高次の活動の意味である。つまり、「迂回的な欲求実現行為における手段の体系」と言うのがここで得られる第一の変更である。

しかし、迂回的な欲求実現行為と言うだけでは、先に挙げた、カラスや猿の例を排除できなくなる虞があるので、「技術とは、迂回的に行われる人間欲求実現行為における手段の体系である」とする。

では次に手段という定義はどうであろうか。手段とは目的を達成するために使われる道具と方法である。この「方法」がデイドローの定義する規則とどう違い、それが技術に含まれるか否かというのが、前述の三枝と岡の論争であった。

過程といひ、手段といつても、両者は「入端である素材・材料・部品」と「終端である製品」の中間存在である。原材料と技術の成果である製品は技術に含まれない。これは技術の他技術依存性や技術連関を認めていないことでもある。このこと自体は、岡や三枝の言う技術に対してなされる、『技術を構成する道具や機械（定義により技術である）を製造する技術は技術ではないのか』という設問で明らかになる。彼らの定義によれば、前段階で技術でなかったものが次段階では突然技術として浮かび上がってくるのである。

また、手段（道具類）と製品を分離し片方を技術といひ、他方を技術ではないとするのにも無理がある。道具類と製品に本質的差はない。例えば鋳物用の砂鋳型は製品であるのか道具であるのか答えることは出来ない。この砂鋳型は見方によっては技術であり、時には技術ではないというのでは困ったことになる。この点に関しては、「彼らは、手段だけでも技術は特定できると言っている」と考える人も多いのではない。しかし特定できるだけでなく、全体を示せなければ定義したことにはならない。また、計量のためには、「あるモノを取り出したとき、定義に従って、これは技術に含まれるか否か」を決定する作業が必要であり、この点こそが重要なのである。

この問題を解決するためには、技術には労働手段だけではなく原材料側の入端と製品側の終端も含まれるという概念に拡張し、これを技術の定義に取り込む必要がある。

ここに至ると、第2の変更が可能になる。即ち、手段という中途段階の存在のみでなく、原材料側の入端と製品という終端の存在をも含む形に変更すればよいのである。

道具や機械も製品であるので、手段という言葉をやめて、人が作ったものという意味の“製品”で代表することにする。また、製品を作ること自体が迂回的行動である

ので、迂回的という表現は削除する。

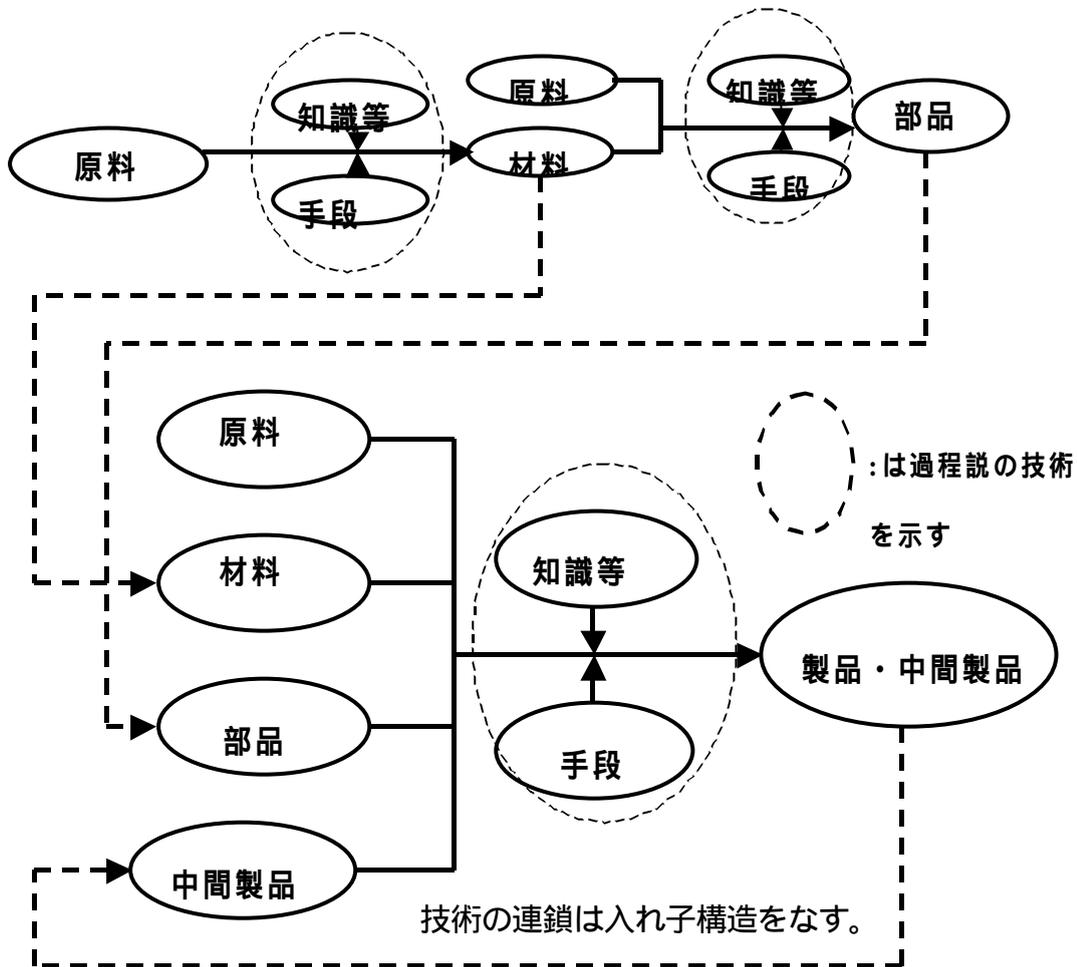


図1 - 3 製品の連鎖 = 技術の連鎖

さらに、「技術」という概念のまとまりを1セットの道具・機械で表現するために付け加えられている「体系」という言葉は、「製品」を採用すると、1セットの道具・機械・製品で技術概念を示すのではなくなるので、削除する。

新たな定義は、「技術とは、人間欲求実現のために用いられる製品の集合である。」となる。人間欲求が特定のものであれば、特定の技術を示すことになる。

8 . 技術のイメージ

ここで三枝と岡の定義の示す技術イメージを描いてみる。

直接的な、他の動物もする生理的活動以外の、迂回的に行われる欲求実現行為の手段と成果は全て技術的であり、そのうち人間が人間の為に行う行為が技術である。技術的であるということは、自然に存在するものを自然物のままに使うことなく、自然物を加工することにより人工物とした上で使うことである。注)11

原人が自然の石を武器として投げたとしても技術ではないが、石を割って尖らせてナイフにしたり、矢尻にして使えば、それは技術である。

では、この場合の技術は何であろうか。「労働手段の体系」説に従えば、石を道具として打ち合わせて尖らせているのだから、労働手段は自然石である。この場合における技術は、定義により「自然石の集合である」ということになり異様である。

三枝の説に依れば、「薄片に作りやすい堅い石を探し」出し、「大きな石を使って小割」した上で、「力を集中できる、先の尖った石を使って刃をつける」ことが過程になる。これらを引くくめて技術と言うことになる。大分技術らしい感じがするが、できあがった石鏃なり、スクレイパーなりは技術ではない。これらを技術であると呼ぶためには、「狩猟」や「皮剥」という新たな目的を伴う「労働」を仮定しなければならない。

さらに、石鏃なり、スクレイパーなりを作る「過程」を技術とすると、それは、想像はできても、完全な証拠は残らない。「薄片に作りやすい堅い石を探し」出し、「大きな石を使って小割」した上で、「力を集中できる先の尖った石を使って刃をつけ」たかどうかは、想像の話をも必ず含んでしまう。「これが過程である」と疑問の余地なく証拠を持って示すことはできない。本質的に個人的で証拠の残らない性格を持つ人間の精神活動を含む「過程」は、「その技術が何か、どのようなものか」考える人の想像の中だけに「完全な形」では存在しない。

ここで、製品を技術に含めることにより、「ある技術という概念は、労働手段の体系により代表される」から、「製品群という物の集合こそが技術である」という形に変化したことに注意を払うべきである。ある「技術」という概念を「一組の機械や道具の集まり」だけで表現できるかという議論をしていたものを、「ある技術に係わって使われ、生み出される全ての製品について総計したものが技術である」と言い換えたことになる。これは、「技術という概念が指し示すもの」ではなく、技術そのものが「ある技術に関わって生産される全ての製品について総計すれば」示せると言っているのである。

「労働手段の体系」説によって技術を指定するとき、ある技術を代表する「手段の体系」はその技術を利用する者により異なっている。例えば金属材料から平面を削り出すなら、シェイパーを使おうと、フライス盤で削ろうと、研削盤で研削しようと構わない。すると、一つの技術を表記するのに、代替手段の数だけ表記法が存在することになる。

新たな定義によれば、全体集合は一つであるので、一つの表記法で示せることになる。逆にこの新しい技術の定義によれば、何がその技術を代表しているか、或いはどういう特徴を持つ技術かという技術の特徴を指し示すものは不明確になる。どういう技術か示したいなら、それを言葉によって説明する必要がある。

9 . 新たな技術定義の計量適合性

ここで「技術とは、人間欲求実現のために用いられる製品の集合である。」という定義によって、計量上どのような問題が生じるか検討する。

三枝も岡も手段（三枝の場合は労働も含む）を技術としている。そのとき、「手段」はどのように生成されたかを考えると、「手段」は製品と理解されるものに他ならない

ことが分かる。「製品とされるときは技術でなく」、「手段とされるときは技術である」というのでは、ある物が技術である（或いはその一部である）のか無いのか分からないということになるので、技術の総体を示し、計量するという観点から製品も技術であるとした。

材料、部品、中間製品は人工物であり、いずれも人手の加わっていない自然を加工することによって生成できる。技術は、途切れずに連続して技術は技術であるが、製品の流れとしてはダブルカウントされる。製品が道具として使われる場合と、前段階技術の製品が次段階技術の材料である場合にダブルカウントされているように見える。さらに、道具が減耗せずに使われると、一つのものが何度でも使われることになり、技術の中で道具は何度でも重複カウントされているように見える。この点は、新たな定義が抱える、「労働手段の体系」とする技術定義と異なる困難である。

「労働手段の体系」という定義においては、機械や道具を一度だけ「技術」を象徴ないし代表する形で、カウントしており、「技術」を何度使用しようとこれは変わらない。この場合「技術」は同じカテゴリーに属する技術の象徴であり、個々の「実際の生産」とは切り離されていることになる。一方で、生産が何度繰り返えされても技術は増減しないという、我々が「そうだ」と信じている性格を示している。

新たな定義の困難を解決する方法は、技術の量を付加価値によって測定することである。同じ物が使われても、付加価値で計量すれば、「手段」自身は何度使われたとしても、そこには手段に対する付加価値はないし、前段階の製品が次段階の材料として使われた場合でも問題は解消する。製品と道具にダブルカウントしなければならないとしても、道具として扱われるようになって後、道具に対して付加される価値はないので、問題はなくなるのである。むしろこうすると経済学で生産を取り扱う形と同じ形式で技術を取り扱えることになり、計量適合性は増すことになる。

10 . 技術は、労働に依存せずに存在できる。

技術は、精神活動の一部を包含するが、技術に包含される精神活動の一部は、メモリー・アルゴリズムで記述できることを 5. で述べた。ここでは、その証明に代わる説明を行う。

本論で縷々検証してきたように、三枝の「過程論」はかなり良く技術を指し示している。「過程」は、広い意味で取れば「労働手段を用いる労働」ということに他ならない。本論では労働の何を技術に数え、何を除外するかという検討から、力仕事だけではなく精神活動の一部が不可欠であるとした。この「労働に際して用いられる精神機能が、メモリーとアルゴリズムで必要・十分に記述できるか」というのがここでの証明課題である。

証明のため、定義の難しい精神活動を避け、もう一度もとの「労働」に戻って検討を行う。すると上記のテーゼは次のように書ける。

『定型化された労働は「労働手段とメモリー・アルゴリズム」を用いて実現できるものに等しい。』

この証明はできないが、状況証拠を示し、多分正しいのだろうと信じてもらうことにする。

まず「労働手段とメモリー・アルゴリズムで実現された技術が労働に代替しうるか」ということであるが、これには例示で答えることにする。

設問の意味は「フルオートメーション化が可能か」ということに等しい。知識を装荷したオートメーション機械（技術）が人の手を借りずとも独自に存在し、機能しうると実例を挙げて示せば状況証拠となる。（この設問に「全ての技術について」という条件が付けば主命題の証明ができたことになってしまうが、これができないので、後で逆

方向も成り立つことの説明を行う。)

プラント輸出の形態の一つにフルターンキー輸出がある。化学プラント等でスタートキーを捻るだけで稼働する状態で相手国に引き渡すというのだから、反応釜や計測器を使って順に労働を加えて化学製品を作るという一連の過程を、労働や労働手段を含めて化学プラントという形で実現していることになる。化学プラントにも監視作業員が必ず必要ではないかという反論もあるだろうが、監視作業はプラント内の化学反応の進展が順調であることを監視しているだけで、一連の化学反応を労働により実現しているわけではない。これは、生産のある部分については完全に「技術が労働に代替しうる」ということを示す例である。

また、マシニングセンターに取り付けられた材料に旋盤加工、フライス加工、ボーリング加工...と順にNC加工していく工程を考えると、単独の旋盤、フライス盤、ドリル盤...の加工に係る労働をNC加工が代替していることが分かる。これも、特定部分の労働について「技術が労働を完全に代替しうる」例である。

逆に、「(定型的)労働は労働手段とメモリー・アルゴリズムで実現できる」はどうか。これも、例示で対応する。この命題の意味するところは、全ての労働^{注12}はオートメーション機械で置き換えることが可能であると言うことに等しい。

定型的労働を記述するということについては、「人間工学」分野で作業分析として行われてきた「サブリック法といわれる基本動作のシンボル図示法」がここでは例になる。基本動作は、掴む、運ぶ、手放す...等の「開始からもとの状態に復帰するまでの動作サイクル」で示され、任意に組み合わせることによって一連の作業を記述できる。この基本動作には、調べる(標準と比較して検査する)、探す(目または手で対

象物をさがす)、選ぶ(複数個の中から1個を選ぶ)、考える(次にすべきことを考える)等の精神活動を示す基本動作も含まれる。[()内はそれぞれの基本動作の意味するところ。]

サブリック法の基本動作まで動作を分解するとその動作はメモリーとアルゴリズムで十分に記述できる。つまり、定型的労働については、基本的動作の連続として記述でき、基本動作はメモリーとアルゴリズムを使って記述できるのである。

ちなみに、メモリーとアルゴリズムの示すものを上記の「探す」を例に示しておく。

ある範囲を映像に取り込み、取り込んだ映像を参照物の映像と比較し、同一物か判断する。という操作手順がアルゴリズムであり、(1)「ある範囲」を示すデータ、(2)参照物の映像、(3)判断基準がメモリーである。

厳密性に欠けるので証明ではないが、

技術は労働と労働手段から成り立っており(1.で示した、TFP 分析からの認識で言えば、財+サービスということ)、それが全てである。(技術=過程説)

労働はメモリー・アルゴリズムと労働手段で代替できる。(本節の説明)

メモリー・アルゴリズム及び労働手段はモノである。

技術はモノのみで実現できる。

技術を計量する際には、全てを物として実現した製品の総価値が技術の価値である。

という論理の筋道は納得してもらえないのではないかと思います。

なお、現実の技術については、労働手段等の製品とサービスとしての労働の価値の和として近似的に計量可能である。注¹³

11. 「手」の取り扱い

技術はその始点において、人間に備わった「手」という道具を使うことによって作り出される。手が無かったなら、技術は存在しなかった。頭脳と手という精神と労働手段を兼ね備えた人間にして始めて技術を作り出したのである。しかし、既に存在する技術にとって、手は必須の存在ではない。

ここで、「手」を技術に含めるべきかということについて検討する。「労働手段の体系」説及び「過程」説では、「手」を技術から排除している。また、本論の「製品の集合」説においても自然物である(人工物ではないので)手は含まれない。

技術の「開発」に、精神のインターフェイスとして手は不可欠の存在であるが、技術の「存在」のためには必ずしも必須の存在ではない。人の「手」に代わる労働手段とメモリー・アルゴリズムにより代替可能だからである。あるいは、他人に指示することによっても実現可能と言っても良い。

自然労働手段として手は相変わらず重要な存在であるが、メモリー、アルゴリズムと人工的労働手段(製品・機械・道具)により手の機能は代替可能であることをもって、敢えて自然物である手の例外追加をしない。本来は、例外として追加しておくべきものであるが、しない。なぜなら、「手」は計量に際しては見積もりが難しい(手は自然物であるため、人が付け加えた価値が存在しない)からである。

製品(人工物)に属さない自然労働手段として、他に(農業の耕作等に用いられる)家畜等もある。これらについても本来は例外として追加すべきであるが、現代技術を扱う際にはそれらが重要な手段とはなり得ないので、敢えて例外追加する必要もない。現代技術への寄与という点で、家畜等は人間の「手」と比べても無視できる程、存在感は希薄である。よって、これらも追加しない。

12. 「技術独立仮定」に基づく演繹的説明

以上の各節においては、三枝や岡の技術論をもとに変更を加え、技術とは何かという哲学的考察から帰納法により、「技術とは、製品の集合である」を得た。

この検討過程で得た「技術はモノとして人から独立して存在する」という認識を、基本的仮定命題とすると、技術を演繹的に説明できる。

現実の「人と機械の協業として構成される」技術は、無条件にモノであると認識される部分と人の労働のうち精神機能に依存する部分から成り立つ。(図 1-4 を参照)

ここで最後に残る精神機能は、「理想状態で技術は、人から独立」という仮定を使うと、「技術に含まれる人の精神機能も人から独立に存在する」ことになる。注)14

さらに、その方法がメモリーとアルゴリズムによる記述であるとしたのは、「5. 技術における規則の取り扱い」の帰納法による議論からの借用である。これによって、技術に包含される人の精神機能も、モノ = 製品として実現できることが示せる。

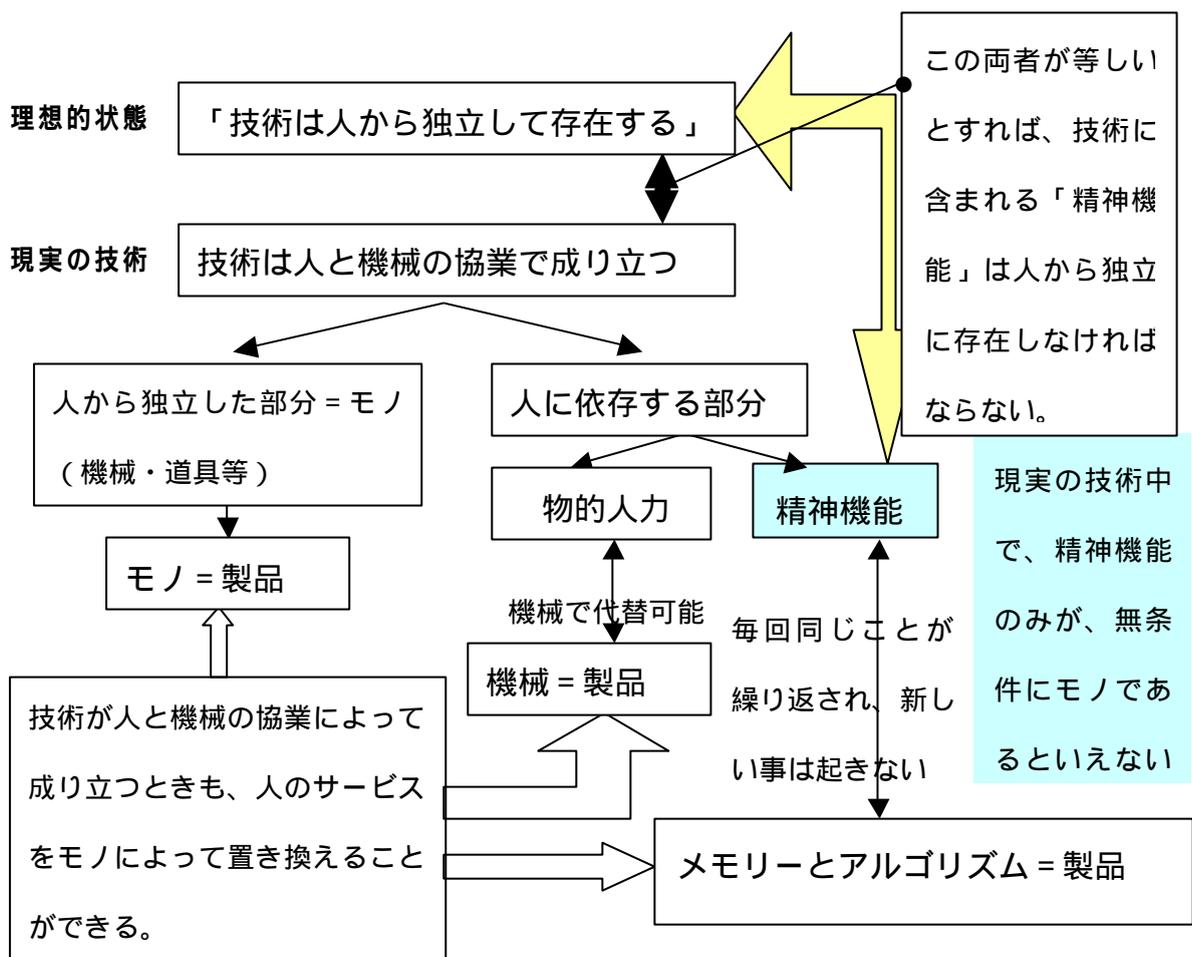


図1-4 「技術独立仮定」に基づく演繹的説明

「技術とは製品群である。」 「技術は人から独立に存在する。」であるが、上の議論から「技術は人から独立に存在する。」 「技術とは製品群である。」も概ね言える。

「技術とは製品群である。」と「技術は人から独立に存在する。」という二つの命題が等価であると示せたことになる。

13. 第1章のまとめ

三枝の技術論をもとに変更を加え、技術を計量するための新たな技術定義「技術とは、製品の集合である。」を得た。この製品の意味は、考えうる一つの究極状態として、現在見られる技術のうち労働により実現されているサービス部分を機械的に実現したときの全ての製品という意味である。

人と機械が協業して一つの技術を構成する現状の技術では、機械・道具等及びこれらにより作り出される最終製品といった製品群と人の加えるサービスで近似できる。

このうち、人の分担するサービス部分は、情報化と称して、電子計算機等の補助手段およびソフトウェアにより製品として置き換えられていく部分がますます増えている。

「技術とは、製品の集合である」という定義の「製品の一部」をサービスで近似できるとすると、1.で示したTFP分析の結果から得た認識である「技術は財とサービスから成り立つ」という認識と一致する。

このように「技術は製品の集合である」とすると、技術はその言葉どおり即物的に取り扱うことが可能となる。技術を経済学の中で計量することもできれば、個別の技術の価値を示すこともできるのである。この応用として国際協力における技術移転の技術の構成、すなわち「供与資機材と教育というサービスをどのように設定すべきか」という疑問にも答えられるようになる。注)15

なお、新たに生み出される製品とサービスの総計は GDP として扱われているものに等しいので、現状の認識である「TFP分析の手法は個別技術に適用できない」のではなく、むしろ、技術計量手法は個別技術分析の手法として使えても、全体に適用

すると(誤差を除けば)「技術進歩 = 経済進歩となる」と主張していることになる。

本論と三枝技術論(過程説)の差は

技術のサービス部分(労働)を構成する人間の精神活動は「メモリーとアルゴリズム」で記述でき、この部分を製品として追加すれば技術のサービス部分は機械的に実現できるという認識。注)16

技術の全てを機械的に実現したとき、そこに係わる製品を全て寄せ集めたものが技術であり、(そこに示される製品の集合が技術の全てであり、)技術の価値や量は、製品集合の価値や量であるという認識。

の2点である。

第1章 参照・参考文献

三枝博音著、飯田賢一編「技術思想の探求」	こぶし書房	1995年
「三枝博音著作集(全12巻)」第8巻	中央公論社	1972, 73年
相川 春喜「現代技術論」	三笠書房	1940年
中村静二「技術論論争史」上、下	青木書店	1975年
嶋 啓「技術論論争」	ミネルヴァ書房	1977年

両者は重なる部分が多いので、「技術思想の探求」を参照。

その他：

岩波文庫『純粹理性批判』『百科全書』『道具と人類の発展』

中公新書『三枝博音と鎌倉アカデミア』

「星野芳郎著作集」第1, 2巻 勁草書房 1975年

第1章 補論

1. 創造性についての考察

技術は創造活動の成果だとしても、創造活動そのものではない。技術は「ある(ザイン)」に属する存在で、「現れる(フォアシュテレン)」に属する存在ではないのである。この同じ意味で、三枝の「過程」も連続した手続きとして理解するにしても、その「過程」は技術が使われる毎に、全く同じことが繰り返される「ある」に属する存在であると理解すべきである。技術は生み出されて後、「ある」のである。注¹⁷

この点で、技術を生み出す活動、即ちR&D(研究開発)は、技術そのものと分離して考えるべきである。研究・技術開発は、「現れる」に属する存在であり、技術そのものとは存在の意味も、ありようも異なるのである。

人の中に存在する創造性(技術開発能力もその一つ)を、脳の働きから考えてみる。ある人の持つ技術開発能力とは、或分野の知識を用いてそれに創造性を働かせることにより、首尾一貫したコンセプトとしてまとめ、それを手注⁸を使って実現することである。

創造性は、未だによく分からない能力である。しかし、分かっていることもある。一見創造性と無関係に見えることも創造性と密接に関係していたりする。たとえば、記憶というものも誤って理解されている概念である。我々はコンピューター記憶との連想から、「固定された記号の羅列が記憶」だと考え易いが、人の頭脳に於いては、記憶(記録の書き込み過程)は外部世界のモデルを頭の中に作り出す過程であり、注¹⁸ 思い出すという動作は、多数の脳内モデルからの再構成(創造過程)である。

つまり、人に於いては、記憶の読み出しさえも一種の創造(新しく作り出す)過程であり、人の意識的といわれる精神活動は結局、知識であれ、創造性であれ、創造

過程そのものなのである。残念ながら我々は未だに自我や創造性のメカニズムがいかなるものであるかは分かっていないため、これ以上の議論はできないが、新しくイメージを作り出すような精神活動は創造性そのものである。

2. 「技術の機械への体化」について

技術移転に携わる者の間に一般に使われている「技術の機械への体化」は機械化率を用いて意味を明確にできる。技術協力の場においては、フルオートメーションを念頭に置いて、機械化することによりオペレーター教育をどれだけ減らせるかという様な意味で「技術の機械への体化」という言葉が使われている。

「技術の機械への体化」が問われるのは、移転先においてオペレーター教育が必要になるときである。この言葉に厳密な定義がされたことは無く、至って気分的に用いられている。

もし、「技術の機械への体化率」を定義するなら、「体化率は、人 - 機械協業における機械化率である。」となる。

第 1 章本論において、経済性の観点から、メモリー・アルゴリズムによる知識の完全記述が実現されず、人 - 機械協業が起こることを示した。

人 - 機械協業が起こると、技術を成り立たせる「人の精神活動」が機械的に記述されることがなくなり、人の中に埋もれたままに放置されることになる。即ち、その場合労働が技術の構成要素となり、移転先においてこれが付加されないと技術が不完全なものになる。

「人と機械の協業」は、移転元における高い人件費を前提に設定されているのに対し、移転先においてはより安い人件費が期待される。人件費がより安い場合には、

図1 - 5 に示すように、合成コスト曲線は下がり、最適機械化率は左方移動する。即ち、経済合理性は「機械化率の低減」を推奨する。機械化率も移転元におけるそれより、移転先においては更に低減した方が経済合理性に合うことになる。先進国から途上国への技術移転においては、先進国の技術をそのまま移転するより、機械化率を下げても移転することが経済合理性に適っているのである。

このため、先進国から途上国への技術移転に際しては、技術を構成する労働部分の増大が望ましい。即ち先進国よりも多くの技術者教育が必要である。

これが技術移転に係わる技術者教育に対して要請される条件である。確かに、機械化率を上げれば(技術の機械への体化を進めるといふこと)技術者教育を減らせるという関係が存在し、困難で不確実な技術者教育から逃れられる。しかし、「技術の機械への体化(率)」を向上させるといふことの意味は、経済性を下げるといふことである。結果は、技術移転が成功しても国際競争力は無くなるということになる。

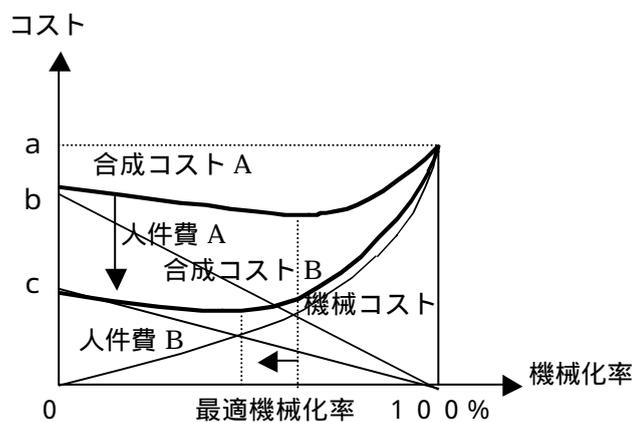


図1 - 5 合成コストの変化と最適機械化率の左方移動 (イメージ図)

(以上)

第1章 脚注

注)1 TFP 分析の概要

生産関数を $Y = F(L, K, T)$ で示せるとする。

ここで Y : 生産 = 産出

L : 労働

K : 資本

T : 技術 である。

この生産関数は、労働、資本の限界生産力は正。

その限界生産力は逓減する。

生産規模に関して収穫不変。

という3条件を満たす(と仮定)。

この3条件を満たす関数として $Y = TLK$

(コブ・ダグラス型生産関数)を採用する。

$T = Ae^t$ とおき、コブ・ダグラス型生産関数に代入し、対数をとると

$$\ln Y = \ln A + t + \ln L + \ln K$$

これを時間 t で微分すると

$$\frac{dY/dt}{Y} = + \frac{dL/dt}{L} + \frac{dK/dt}{K}$$

また、技術進歩率は $\frac{dT/dt}{T}$ で示される。

ここで $T = Ae^t$ の対数を取って微分すると、 $\frac{dT/dt}{T} =$ となり、

技術進歩率は に等しい事が分かる。

即ち、技術進歩率 = $\frac{dY/dt}{Y} - \frac{dL/dt}{L} - \frac{dK/dt}{K}$ となる。

この式から技術進歩率は、経済成長率、労働生産性向上及び資本生産性向上から計算できることになる。

これが TFP における労働生産性向上と資本生産性向上の残差が技術進歩率すなわち技術進歩の生産性の向上への貢献であるとした意味である。

ここで、注意しなければならないのは、技術は技術そのものの大きさを議論されておらず、技術進歩率という形で、 $\frac{dT}{dt}$ で示されていることである。

また、「現在の技術の総量はどれだけ」であるのかとか、 T として表された「技術」がどうであるかということは、「技術とは労働手段の体系」という定義からは議論できないので、上の形の技術進歩率のみを議論するに止まっている。

なお、上の議論はまず「生産関数が $Y = F(L, K, T)$ で示せるか」ということから始まって「 F は定数でない可能性が高い...コブ・ダグラス関数では示せない」、「 L, K, T が相互依存的であり、独立変数ではないので全微分できないのではないか」等多くの疑問が残る。

たとえば、生産関数について考えると農業生産なら天候が重要だろうし、工業生産でも安価な資源の供給が可能な大鋸床でも見つければそれだけで高成長が可能になるので、 L, K, T のほかに別の変数を導入する必要がある。また、 L, K, T の独立性問題では、資本は労働のストックに違いないし、道具や機械は製品であり生産の結果の一部である。以上から、 L, K, T は明白に非独立変数であることになる。すると、技術進歩率を TFP の残差では示せないということが結論できそうである。

以上のように、上に示した教科書的演繹は必ずしも正確とはいえないものである。しかしながら、今まで TFP 分析で大きな異常は指摘されていないので、結果的に誤差はあっても、どうにか万人の納得のできる範囲に収まっているのではないかとも思われる。

注)2 TFP分析を初めて行った、Robert Solow は1909年から1949年の米国の生産高増加の87.5%は技術進歩によるとした。他の研究者の各国における技術進歩の貢献率計算も概ね80%以上の値を示している。

注)3 財とサービスが独立した「元」であるというのは間違っているが、経済学においては資本と労働を分別して扱って問題を生じていない。ここで議論しているのは、投入と産出の問題であるので、この範囲で独立の元として扱うことができる。

注)4 この図には、筆者が勝手に「手」を加えているが、三枝は「技倆」を技術に含めていないので、本来の三枝説には含まれていない。筆者が「手」を加えたのは、「道具や機械は人間の手の延長である」とみなすからである。手は、人間という存在やその意識と不可分であるにしろ、機械や道具と「手」の機能は変わらない。

自然と人間を対立的に考えるならば、論理として、属人的である手という存在を自然の中に取り込み、人間から切り離すのは若干という以上の問題がある。

しかしながら自然と対置される人間の人間たる所は何かといえ、精神活動であるので、意志・自我・創造性といった現在の機械によって模倣できない能力を除外すれば、機械のみによって実現できることは「人間或いはその一部であっても自然の一部である」とみなすべきである。

また、現在機械に真似のできない精神活動にしても、いずれ機械によって模倣されることになり、そのときには人間と自然を一体として扱う必要が生じることになる。

注)5 三枝は、この相同性を避けるために、「物」ではなく「過程」という一連の仕事ないしは手続きであるとしているようにも見える。

しかし、「体系」という言葉自体に精神活動の一部である「認識」が取り込まれている。「体系」は、無意識に集められた集合ではなく、ある概念に基づき取捨選択された

即ち、認識された 存在である。

注)6 労働を単に労務費として理解してしまえば、三枝の過程論による技術計量も可能である。ここでは、三枝たちが議論してきた線に沿って、これを労務費として把握することが適当なのかという検討を続ける。

注)7 アルゴリズムの説明

ある問題を解くための計算手順の集まりをいう。たとえば最大公約数を求めるためのユークリッドのアルゴリズムは互除法として知られている。...理化学辞典

問題を解決するための明確に定義された有限個の規則または手順の集まりであって、それを有限回実行することによってその目的を達成することができるもの。算法ともいう。アルゴリズムを、あるプログラム言語によって表現したものがプログラムである。昔から有名なアルゴリズムとしてはユークリッドの互除法がある。...物理学辞典

以上の説明では、もう一つの提示された概念であるメモリーとの違いは、明らかでない。

アルゴリズムも形式的にはメモリーの一種である。例えば、電子計算機で用いられているプログラムもメモリーの何れも $\{1, 0\}$ で表記される。

何がメモリーとアルゴリズムを分けるかということ、アルゴリズムには時間概念が付随していることである。

アルゴリズム（：計算手順）は時間の上に展開されて、ある命令が実行された後に次の命令が実行されるという具合に行われる「順序がついた手続き = 手順」として定義される。人間に役に立つもの、乃至は人間の目的に沿ったものであるとき、アルゴリズムは計算計画：プログラムと呼ばれる。現在のところ、大抵は電子計算機を介して実行されるので、電子計算機用プログラムである。

無時間的存在であるメモリーと時間に拘束されて(最低限順序が決まって)存在

するアルゴリズムは現実世界との対応関係で大きく異なる。何かを「実行する」という場合、無時間的存在であるメモリー(アルゴリズムをメモリーから分離した残り)だけによって何か単一の命令の実行でなく、複数命令の実行によってのみ可能な事象を為すことはできない。すなわち、順序という時間概念を内包するアルゴリズムにして始めて現実世界に作用できるのである。

手順というのは、我々が巻き込まれて逃れ様の無い時間と一体の概念である。物事が時間の流れに沿って展開するために、物事への干渉(自然の変更)は時間抜きには考えられないということであろうか。

注)8 精神活動のうち創造性にかかわる部分はメモリー、アルゴリズムによって(予め)記述できないことが分かっている。ゲーデルの不完全性定理はこの数学的証明のひとつ。

注)9 注)7 のアルゴリズムの説明参照

アルゴリズム(：計算手順)は時間の上に展開されて、ある命令が実行された後に次の命令が実行されるという具合に行われる「順序がついた手続き = 手順」として定義される。また、手続きは自らに対するものも含め何らかの対象に働きかけることである。この対象が自然であれば、働きかけることにより自然を変更できる。

注)10 ここで言う理想的という言葉に「望ましい」という意味は無い。単に考えることが可能な技術の状態ということである。

注)11 7.で示した始端である原材料を含む定義によれば、人の手が加わっていない自然原料も技術にカウントせざるを得ない。即ち、自然石も技術に含まれる。しかし、後に 9.で示すように、これらには付加価値は存在していないので、計量上問題ないこ

とになるが、この段階で「自然石も技術に含まれる」と説明すると混乱をきたすので、このように述べた。

注)12 一般に言われる「労働」には、創造活動を伴う知的労働も含まれるので、「全ての」という用語には問題があるが、技術には創造的活動は含まれない。「補論 1. 創造性についての考察」を参照。

注)13 (理想的)技術の労働に見合った製品部分のコスト 現実の技術の労働部分のコストである。

しかし元々存在しない理想的技術を考えないことにすれば、現実の技術同士の間では、機械化率もおおむね等しく、労働コストのバラつきは少ないと考えられるので、財とサービスの和として計量できる。

注)14 ここまでの議論で「同一」技術とは何かという議論をしていない。技術を計量するためには不要だからである。この部分の議論をするためには、「技術が同一であるとはどういうことか」という議論を避けて通れないが、ここでは、議論なしに「理想的な人から独立した技術と現実の技術は同一のものである」とする。同じ「人に対する効用」を持つものは同じ技術であるとしている。

注)15 ここでは、「教育はサービスである」と言い切っているが、第3章では教育も技術として把握できることを示す。教育がサービス産業に属するとしても、其処では資機材という財と教師によるサービスが教育を構成することを思い出してほしい。財とサービスで構成されるものは、技術として把握できるのである。

注)16 これにより、労働の意味が確定される。計量可能性ということでは、注)5 でも

述べたように、過程説の労働を単にサービスとして見積もることで計量はできる。ただし製品部分の計量については、三枝の過程論では、労働手段説に引きずられる形で、合理的に組み合わせた一組の機械・道具のみを考えている点が本論と異なる。

注)17 三枝も「過程説」の中で、カント哲学を援用して、創造活動を説明している。

現在までに付け加えられた知識等も援用して説明すると以下のようなになる。

運動が一つの力学方程式で示される場合、新しいことは起きえないし、新しいことが起きないということは自我や創造性は存在しないことになる。ニュートン力学の世界は、「遠い昔に神様が決めたとおりに世の中は動いている」と言い換えられる。この問題は、中世以来の神学論争「神が全てを決めたのか」「人間には自由意志があるのか」という議論の最後に出た、カントの「純粋理性批判」以降この問題に関する新しい展開は無いので、カント哲学を用いて創造性の説明を行うことに蓋然性がある。

カントは「あらわれる」を「思惟」と同じ意味で用いているが、人間の精神が生み出す新しいものを、三枝も創造性としている。「ある」がニュートン力学の世界像を示しているとするれば、「あらわれる」は非ニュートン力学の世界像を示唆していることになる。

現在の物理学では 過去から現在に向けてしか情報は伝わらないとする相対性理論の光円錐の考え方と イベントが起きるとシュレーディンガー方程式は立て直さなければならないという量子力学の考え方の 2 つが時間に関する非対称性を示している。それ以外は、ニュートン力学同様力学方程式は現在に対して未来と過去は対称である。

注)18 脳の或部分に信号 例えば視覚信号 を入力し続けると、いつの間にかその部分が入力信号がなくても、入力信号と同じ出力信号を出すようになる。これが「外部世界の脳内モデル化」である。

表1-1 技術定義の比較

技術定義 分類	労働手段の体系	過程としての技術	関連する製品の全体集合
定義の示すもの	ある技術に用いられる道具、機械の集合。労働を定義の外に置く。(除外) ソフトウェアや「製品」は含まない。	道具・機械を用いる過程そのものが技術。人間の精神活動の一部が含まれる。その記述は言語に依る。	ある技術に係わる全ての製品。 ソフトウェアも含む (「技術」の示すモノが何を代表するかという点は不明確)
その意味	労働手段とは、「道具・機会」を指す。道具・機械一組で、ある技術を規定できる。	道具・機械のみでは技術を規定できない。その使う順序、使い方を含めて技術 = 過程。	メモリー・アルゴリズムで示せる人間の精神活動はモノであり製品に含めることが可能
計量への適合性 1	モノである手段により技術を指定している。一組の労働手段で技術を示す。モノであるので計量できるが、技術全体は示せない。	手段 + 過程として定義される。+ に精神活動の一部を含む。精神活動自体は計量できない。	技術に含まれる精神活動の一部は、メモリーとアルゴリズムで示す事ができ、モノとしての扱いをする。モノは計量できる。
中間製品の取り扱い	定義自体は除外していないが、含まない。	中間製品製造技術は含まない。	中間製品製造技術であっても技術に含まれる。
教育の扱い	教育は人に係わる事柄であり、唯物論によっても定義できず、対象外。	教育も技術として扱おうとしている。どのように扱うか、方法論は不明確。	教育に係わる精神活動もメモリー・アルゴリズムにより記述でき、技術として取り扱える。
知識の扱い	技術として扱うのは手段としてのモノのみ。知識は人間に属するので、対象外。	過程の中に精神活動も含まれる。精神活動の表記は言語による。抽象的であり、計量に不向き。	技術の中に実現される知識は、メモリーとアルゴリズムで表げできる。メモリーとアルゴリズムはモノである。
計量への適合性 2	計算されるのは技術進歩率。技術自体は計量されない。	定性的記述を狙ったものであり、定量的取扱は考えられていない。	付加価値で計った製品の価値は「産出」である。それは、資本と労働の関数である。

第2章 技術の計量表記法

1. はじめに

第1章において、技術について検討し、技術は人から独立に存在して機能できることを示した。技術を成立させるのに必要な「限定的な精神機能」はメモリーとアルゴリズムというモノで記述できるからである。その、モノとして実体である技術は実体であるが故に製品の集合として定義できることも示した。さらに、技術と人の関わり合いにおいて人の存在が必須であるのは創造性であり、技術開発であることも述べた。

では、その価値はどのように示すべきであるのか、原点に戻って検討してみる。最終的には、現在行われている貨幣価値による分析とあまり異なっても評価のしようがなくなるので、落ち着きどころはその辺に求めざるを得ないが、意味づけを追いながら検討を行う。

2. エントロピーによる技術表記の検討

破壊過程、崩壊過程を論ずる際エントロピーの増大がいわれ、創造過程ではエントロピーの減少が論ぜられる。

エントロピーの減少が技術開発に相当するなら、エントロピーが技術に対応すると仮定して議論を進めても良いように考えられる。

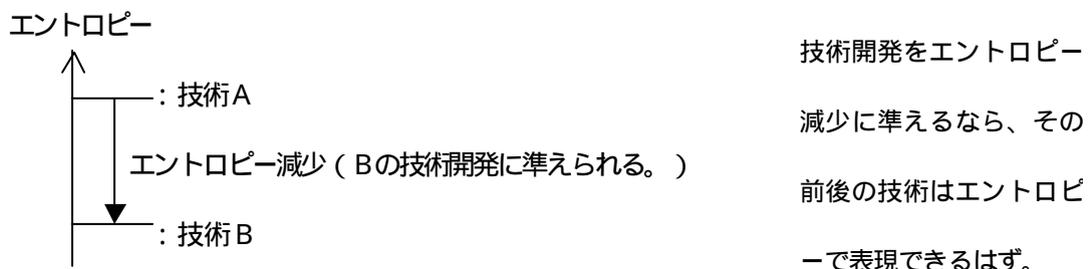
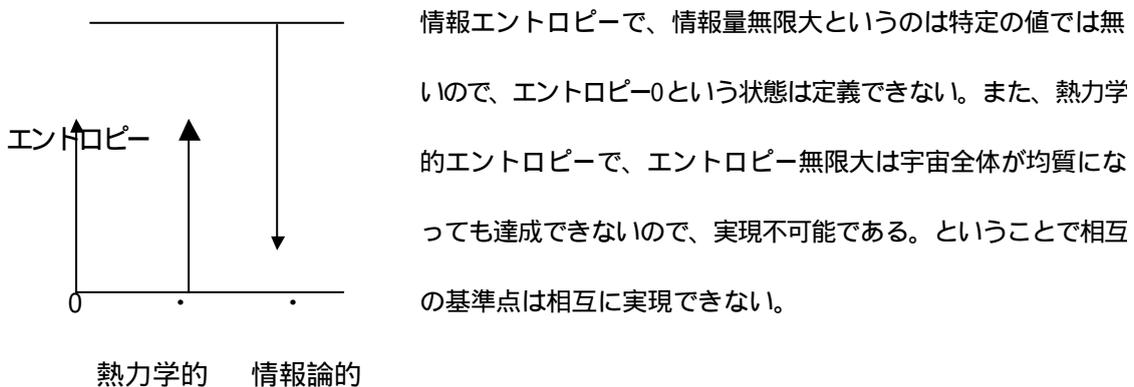


図2 - 1 技術開発と技術の関係模式図

エントロピーには、情報のエントロピーと熱力学的エントロピーという、起源の異なる2つのエントロピーが存在する。情報エントロピーと熱力学的エントロピー(統計熱力学)の数学的意味合いは全く同じであることは証明されている。しかしながら、この取り扱いには注意しなければならない点があり、これを明らかにする。

情報エントロピーは情報量 0 (エントロピーは無有限大) が基準点であり、熱力学的エントロピーはエントロピー 0 (情報量で言えば無有限大に相当する。実際には、絶対温度 0 度 K で分子運動の自由度が全く無くなった状態をいう。この状態では全ての分子について運動量が 0 になり、実際にある分子の運動量を 0 と情報で指定したわけではないが、指定する気になれば分子の数だけ運動量 0 と指定できるという意味である。) が基準点である。

すなわち、情報エントロピーはエントロピー無有限大を基準に情報を付け加えていく毎に確実性が増すように定義されており、熱力学的エントロピーはエントロピー 0 を基準に分子運動の自由度が増す毎に不確実性が増し、情報が失われるように定義されている。



情報エントロピーで、情報量無有限大というのは特定の値では無いので、エントロピー 0 という状態は定義できない。また、熱力学的エントロピーで、エントロピー無有限大は宇宙全体が均質になっても達成できないので、実現不可能である。ということで相互の基準点は相互に実現できない。

図 2 - 2 熱力学的エントロピーと情報論的エントロピーの基準点の関係

図2 - 2に示すように、情報エントロピーと熱力学的エントロピーのそれぞれの基準点を、相互に別のエントロピーは実現できない。それでは、相互に実現できない基準点以外の点で熱力学的と情報エントロピーの間で相互にエントロピーを交換することが可能であろうか。

答えとしては、エントロピーのみについての無条件な交換はできない。なぜなら、熱力学的エントロピーは粒子運動量の統計的取り扱いが、(数が多く、個々の粒子の弁別がつかないために)便利であり、便利だけでなくその取り扱いが本質的意味を示しているということであった。この本質的とする意味が情報エントロピーに等価であるというだけである。熱力学的エントロピーには運動量、エネルギー ... という物理量が付随しており、純粹な概念である情報エントロピーとは何の手段も無しにエントロピーのみを交換することはできない。

これは、熱力学的エントロピー同士の間でのエントロピー交換に於いても同様である。その場合も、付随する物理量を同時に交換する事によって、はじめてエントロピー交換が成立するのである。単純なエントロピーの和差が可能なのは、そのエントロピーを担う物質をそのまま移動するときである。その場合には、物質に付随する物理量も同時に移動している。その物理量もエントロピーを担う物質を移動させた後、物理法則に従って拡散、熱伝導その他のエントロピー増大を伴う変化を生じ、均質化しようとする。この自律的な変化は、熱力学的エントロピーを取り扱う際にしばしば現れる。...系と系外の変化全ての和として捉えればエントロピー増大の法則となる。

一方、情報エントロピーは、情報と一対一対応しているので情報と同じ意味である。他の何ものも付随していない、いわば裸のエントロピーである。このため、情報エントロピーの交換は、情報の交換とまったくおなじことを意味しており、無条件に交換が成

立する。注1

なお、熱力学的エントロピーでは非常に重要な「エントロピー増大の法則」は、情報エントロピーにおいては、天然自然に内在するわけではない。これも両エントロピーの性格の違いである。注2

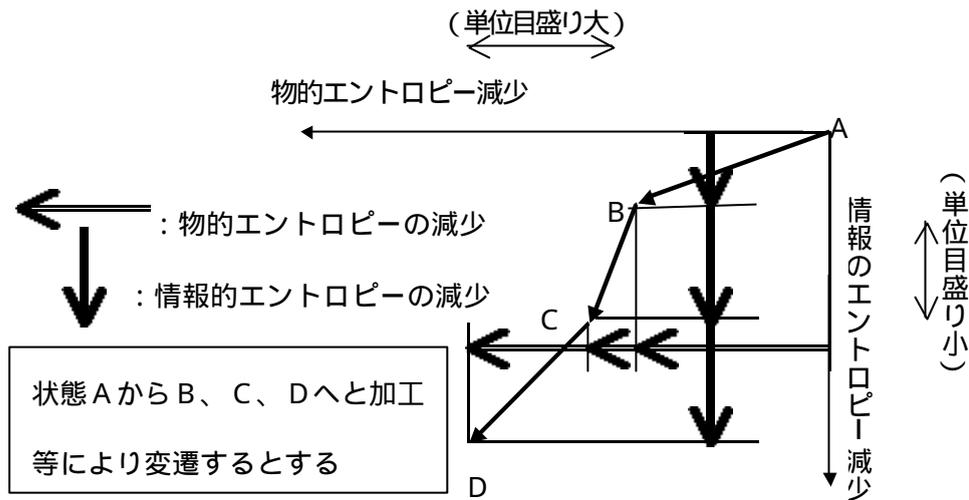


図2 - 3 状態間のエントロピーの減少

ここでは情報エントロピーと物的エントロピー減少を縦・横軸にとって表示した。物的エントロピーと情報エントロピーは本質的に同じものだとしても、交換の難易等の性質や大きさに違いがあるため分けて表示することが適当である。また、物的(熱力学的)エントロピーは、情報エントロピーと交換できず、それ自身の中でも物理量が付随するためエントロピーだけの交換は難しい。

ここで一つ情報処理の例を考えてみる。Aという文字を指定するためには、コンピュータ上では1バイトを使用している。「指定する」という意味では「yes」或は「no」の1ビットのみで十分である。即ち、A一文字の世界なら、1ビットでよい。1バイト必要なのは、24文字+ の中で文字を指定するからである。しかし、文字として印刷

するならば、タイプ印字を使って 1 バイト+ 、インクジェットやドットプリンターならこの印字制御のために、付加的にもっと大きなビット数を必要としている。印字制御等に必要な情報は本質的でない隠れた情報であり、エントロピー減少である。注3

また、背景に隠れた情報は技術 (蓄積) として利用可能である。また、この情報は使用しても減少しないという特性を持っている。情報エントロピー減少(情報)はコピーにより、移転し増殖することが容易である。さらに、情報処理では情報 (エントロピーの逆数の指数関数にあたる)の移動ないし創出(コピー)が頻繁になされているが、情報は他の物理量の付随しない裸のエントロピーであるため交換、創出は非常に容易である。

以上の議論により、技術はエントロピーにより、状態量として把握することはできないと分かった。しかし、一般に信じられていることを否定するだけでは有用な知見を得ることができないので、もう少し、「エントロピーにより、状態量として技術が記述できるとしたら」として議論を進める。

3 . エントロピー変化の意味するものと技術

技術がエントロピーにより状態量として示せるとすれば、その減少、増加という変化量は状態間で一意的に決まる。そのことにより多くのことが言える。例えば、2 つの部品AとBを考えたとき、(Aを加工するとBになると仮定する)、この2 つを結ぶ加工法(技術である)がたくさん考えられても、(エントロピー的に)最短コースが存在するということが言えたりするのである。

観念的議論が分かりづらいので、次にネジ作りを例に、エントロピーによる技術表

記の問題点を検討する。

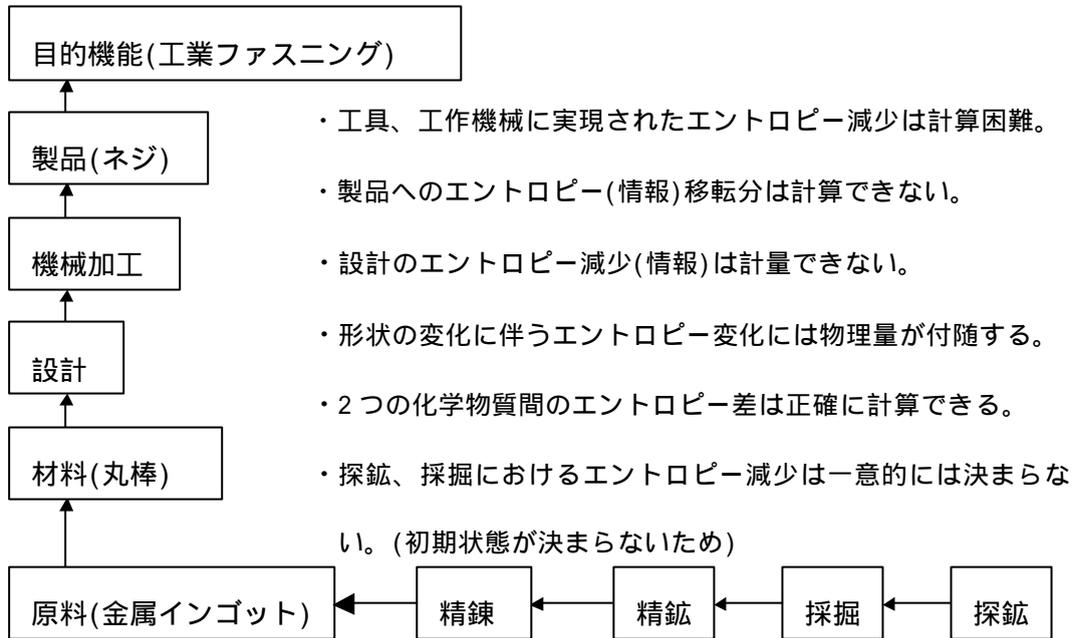


図 2 - 4 ネジ作りに見るエントロピー減少

ここで記したコメントは、厳密なものになっていない。エントロピーは状態量であるため本質的には計量可能な筈であるが、実際には上のコメントに示したように困難であるか、現実的に実行できない。

ネジを機械工作する例では、丸棒とネジはトポロジカリーに等しく、両者を隔てるのは、これを指定する情報の1ビットのみである。この両者の間には化学的或いは機械的なエントロピー変化はない。即ち、もとの丸棒であろうと、できあがったネジであろうと物的エントロピーを変更する様な状態変数は変わっていない。変わっているのは、形状を指定する情報だけである。

ネジの転造では1工程で丸棒をネジに変形している。しかし、NC旋盤を使ってネ

ジを作ろうとすればとても 1 ビットの情報では旋盤を制御できない。注3

また、転造機によって 1 工程で加工できる（指示は加工するかしないかの 1 ビットでよい）といっても転造機や金型を作るには大変なエントロピー減少が必要である等、背後には多くのエントロピー減少が隠れている。さらに、転造においては金属結合している原子を移動して適当な位置に据えるために、原子間結合力に逆らって原子を移動するための成形エネルギーも必要である。これが本質であるエントロピー減少の他に背景の情報と物理量変更が必要であるという意味である。

一方、化学的エントロピーの係わる過程(例えば、図 2 - 4 中の精錬過程)は、これらと比べて極端に大きなエントロピーが変化する。専らこれはアボガドロ数が非常に大きな数値であるということによっている。情報と物質のエントロピーは、もとになる数が 23 桁も違う。($S = k \log W$, k はボルツマン定数)

また、エントロピーの増加ないしは減少が有意であるか無意味であるか、即ち「人間にとって価値があるかどうか」はエントロピー増減と一致しない。

例えば、水を沸かしてお湯にする過程を考えると、水からお湯に変化する過程でエントロピーは増加しているが、人間にとっての価値は、お湯の方がお茶やコーヒーを飲むためには水よりも価値が大きい。お湯を沸かす技術というものがあるとして、この場合製品である「湯」のエントロピーは原料である「水」と比べて増大しているのである。この技術においては、人にとっての価値はエントロピー減少ではなく増大にあるように見える。

...この種明かしは、温度が高いということが溶解度を上げるために重要であり、これに付随してエントロピーが増大したということである。

室温付近では、温度が 10 度上がると化学反応速度は倍になるので、我々の持つ

技術の中では加熱という過程は非常に多い。これら全ての加熱技術に於いてエントロピーは増大している。本節前段ではエントロピーの変化に物理量の変化が伴うことを述べたが、これらのケースでは温度という物理量の変化にエントロピー変化が伴っている。

また、無意味なアルファベットの羅列があったとして、それが無いときと比べると、エントロピーは減少するが、そこには意味とか価値は存在しない。このようなエントロピーの減少は不確実性の減少であっても、人間にとって有用性の増大とは言えないのである。

状態量である、エントロピー表記によって得られるメリットは大きいですが、エントロピーの減少が必ずしも人に対する効用の増大を示さないため、「人間にとっての有用性という観点から価値を量る」という性質を持つ「技術」の記述には適さない。

4．実用的記述法（エントロピーの工数による置き換え）

以上のように、エントロピー表記によるメリットは大きいですが、そのままでは技術表記に適さないことも分かったので、技術を記述するための実用的な別の物差しを提示する必要を迫られたことになる。

エントロピーは $dS = dQ / T$ で定義される。ここで温度 T が室温程度であり変わらないとすれば、 T は定数として取り扱うことが可能である。

そこでエントロピーに代わる物差しとして $T dS$ を選ぶことにすると、それは、 dQ すなわち、エネルギーや仕事の次元を持つことが分かる。

では、エネルギー、仕事の次元を持つものとして何を選択したら良いか。自然に存在するエネルギーを足し合わせても、技術を指し示すものとはならない。第1章で技術は製品群であるとしたのであるから、製品群に特徴的なエネルギーないし仕事でなければならない。また、それは付加価値として計量すべきとしたのであるから、付加価値に換算しやすいものである必要もある。

以上の条件を満たすものとして、「人間の手間」或いは「製品に加えられた労働」を採用することにする。注4

「人間の手間」と言うことで「工数」で表記する。これならば、原価に換算することが容易で、製品の付加価値との整合性も良い。注5

ここで工数を採用すると、3つのメリットがある。

1つめは、工数という概念が原価計算をする際に発達してきたことにより、財である工作機械等の減価償却や購入部品の価格も同列に扱える。これが労働時間そのものを物指しに使わなかった理由である。技術は財とサービスの両者から成り立っているため、労働と財を一緒に扱えないと説明が複雑になる。

2つめのメリットは、技術の貨幣価値は地域によって異なるのだが、人件費等国による格差の大きい項目を、国毎、企業毎に異なる工数単価という形で別の項目に皺を寄せ、先進国でも発展途上国でもほとんど差のない工数という同一の物差しで、「移転技術」の量をほぼ一律に扱えることである。これは技術協力という多国間の技術移転を考える際には便利である。

(注5で示したように、労働時間で見ると、人の能力に大きな差は無い。)

3つめのメリットは工数で計量すると、情報・熱力学の両エントロピー間に存在する23桁という絶対値の違いがほとんど無くなることである。モノ加工の工数と情報処

理の工数は桁的に概ね等しい。これも、多国間において人の基本的な能力に差が無いことと同様に異分野間でも人の能力は同じということである。また、計量の方向も工数が増えると人に対する価値が増大するという同じ方向に組みかえられる。この事実は、工数表記の方がエントロピー表記よりも妥当であることを示しており、技術がエントロピー表記できない理由の2つをクリアしている。

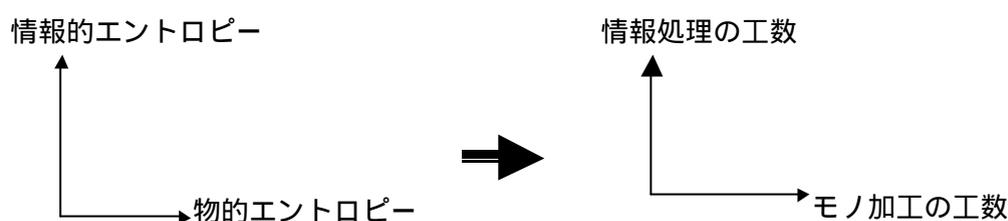


図2 - 5 実用的なエントロピー代替尺度の採用

(図2 - 5の補足説明)

エントロピーをスケールとして表示する際に物的エントロピーと情報的エントロピーを分離した意味は、上記「3. エントロピー変化の意味するものと技術」で示した両者の性格の違いによる。ここでは工数表示の際にもエントロピーと同様にモノ加工の工数と情報処理の工数を分離して示してあるが、それは次のような理由による。もともとこの尺度は、エントロピーに温度の次元を掛け合わせたものに相当している。そのため、エントロピーの場合との類推で同じようなことがいえるからである。

しかし工数で計量すると、エントロピーにおける23桁という絶対値の違いはなくなり、モノ加工の工数と情報処理の工数は概ねオーダー（桁）的に等しくなる。また、計測の方向も同方向になる。この事実は、工数表記の方がエントロピー表記よりも妥当であることを示している。

ここにいたると、工数表示においては、一次元でモノ加工の工数+情報処理の工数として示せると分かる。表示精度に問題はあるが、人の労働をサービスと捉える経済学的取り扱いとの整合性において格段に向上する。

将来的には、情報処理の工数はコンピューターアシスト、コピー、知識の援用等

により大幅に低減することが期待されるが、現状においては、工数では加工の工数と余り変わらない。また将来を考えても、情報処理の需要も増大することが考えられるので、低減と増大の効果が相殺し、モノ加工の工数と情報処理の工数は相変わらず同じ程度の投入となることが期待できる。注6

また、工数という概念は企業毎に使用法が異なり、全国一律に同じ意味で使われているわけではないし、統一的定義があるわけではないので、用い方に注意を要する。しかしながら、工数はすぐその後の段階で価格に変換されるので、この関係を用いて、共通の価値である価格から復元・推定できる。

即ち、工数の推定は標準原価(= 市場価格 - 平均利益)を用いて

$$\text{工数} = \text{標準原価} \div \text{工数単価} \quad \text{によって計算可能である。注7}$$

この工数単価にはかなりの差異があるので、標準原価の代わりに市場価格を用いたとしてもここで行う分析では問題がない。(大分いい加減な主張であるが、これらの中に出てくる差異は、誤差のうちということで無視する。)

また標準原価には事務管理費等一見して技術に関係なさそうに見えるコストも含まれるが、これも誤差のうちということで処理する。注8

技術を表記する際の、エントロピー表記の工数表記による置き換えは、乱雑さを示す科学的概念であるエントロピーを用いて技術を表記するのは不適當で、「意味のある仕事」を示す工数により置き換えようということである。いやしくも技術が人の欲する様なものであれば、人は努力をしてそれを入手しようとする筈であり、その努力の量が「意味のある秩序の向上」と正の対応関係(多分、比例関係)を持つだろうというのが工数表記を選択した意味である。

5. 技術移転における教育の扱い

技術移転、ことに技術協力における技術移転においては、移転先国における技術者教育が重点課題となっている。このため、技術移転を論じる際に、教育を避けて通ることはできない。しかし、もし教育を技術として取り扱うことができれば、教育も含めた「技術」の移転として一貫した取り扱いが可能になる。

第1章で三枝博音が教育自体を技術として捉えようとしたことを紹介した。そこでは、「唯物論によっては教育を技術として捉えることはできない」ことのみを示した。では、メモリーとアルゴリズムをモノとして含めた新しい定義、「技術とは人間欲求の実現の為に用いられる製品の集合である。」によって教育が技術として取り扱えるかと言うことが問題になる。

「教育が技術である」かも知れないということについては、CAI(Computer Aided Instruction)が存在することが示唆している。CAIも人間の教師も、知識の伝達という機能において差異はないので、CAIが技術であるなら、教育も技術であるはずである。今まで、教育と技術は別分野で扱われてきたために、教育が技術であるという主張は、ごく少数の例外を除いて注)9 見られない。しかしながら、総生産 技術総量という認識に基づけば注)10、当然に教育も総生産を構成するサービス産業であるので、技術総量に含まれているのである。

教育を技術として扱うことができるとして、教育という技術を技術量 = 財 + サービスとしてどのように理解できるのであろうか。一見したところでは、教育は素材も製品も生徒という人間であり、技術という範疇には属さないように見える。しかし、教育をサービス産業として捕らえると、教材は物や記録であり財である。また、教材を使った教育は人の行うサービスである。そして、これ以外には教育を構成する要素は存在しない。

技術量 = 財 + サービスという意味で、教育は「教材という財と教師によるサービス」として理解できるので、教育を技術から排除する理由はない。つまり、教育は技術として取り扱うことが可能であり、その技術量は他の技術と同様、財+サービスとして計量できることになる。

前段で述べた、「技術の不完全性から、どんな技術でもそれより優れた技術が必ず存在するので、それ自身で進歩できない技術は、人間により研究開発され進歩する技術に及ばない」ということは「教育という技術」についても言え、人が携わるかぎり、より良いものに変化できる。しかし、前人の知恵を蓄積し、より優れた創造性開発の教育法を作り出していく為には、教育法自体をメモリーとアルゴリズムにより記述して残すことが重要である。

ゼロからの開始よりは、より高い出発点からの開始のほうが有利であることは自明である。ゼロからの再スタートではえてして、前人よりも劣る教育法に陥る。

6. 技術と技術連鎖

機械の中で最も簡単な機械要素の一つであるネジにおいてさえ図2 - 4のような技術の連鎖が見られ、金属原料他の中間製品に頼って初めて製品化できるという性質を持っている。このネジも機械・装置を構成するほんの一部の部品に過ぎない。現代の技術においては、材料、部品、製造機械、道具等その技術を構成する、或いは機能させるために必要な要素を他の技術に依存する。

この依存関係は、本質的なものではなく単に経済合理性に基づく選択の結果である。分業生産の方が一貫生産よりも効率的であるということに過ぎない。しかしここには、一貫した技術を所有する（占有する）ことよりも、相互依存による経済性の向上が選択されているという事実がある。即ち、技術よりも経済合理性の方が優先される...

上位の判断基準...ということ。

このように書くと、つまらない観念遊びをしていると思われるだろうが、これは技術連鎖に隠された重要な認識である。

この考え方の適用を誤ると、経済安全保障と言うことで、1セットの完結した技術（産業）を国内に持たなければ危険だと言い出すようなことになる。現代の複雑化した技術は、複雑な相互依存を繰り広げてみれば、技術の優劣もある。おおよそ1セットの完結した技術を1国の中で保持し続ける等と言うことは不可能である。不可能でないにしても、経済合理性は大幅に損なわれる。

同様なことが技術協力の場においても要求される。移転すべき技術の範囲を合理的な範囲に設計しないと不経済であるか、実行不可能になる。

移転する技術の範囲は何処までで、何処からを他国に依存するか、どのような形で入手するか、...といったことを決定するのである。この判断を下すために、技術の連鎖を記述し、分析することが必要になる。

技術を記述するということは、ある技術が技術連鎖の中でどのような役割を果たしているかという事を示すことである。技術を目に見える部品・製品というものに置き換えて表示するという立場をとったとき、最終製品(次段階技術の部品)に至る部品・製品の連鎖の中での位置づけとして示すことを意味する。この場合部品と製品はそれぞれ技術Aと技術Bを示す。どこまで続くか分からない技術連鎖の中で技術Aと技術Bの関係を示すということは、技術Aと技術Bの相対的關係を示すということである。

7. 第2章のまとめ

破壊・崩壊過程等をエントロピー増大に、技術開発をエントロピー減少に準える考え方がある。「技術開発がエントロピー減少」だとしたら、技術はエントロピーで示せる筈である。この仮定に基づいて、技術のエントロピー表記の可能性を検討した。

エントロピー表記可能性検討の結論は、物理概念であるエントロピーは人間に対する価値が問題になる技術量の表記には不適當なところがあるというものである。そこで、エントロピーを若干モディファイし、工数で表記することにした。これにより第1章でペンディングとしていた技術量を量る尺度は「工数による」と決定される。

工数で技術量を計測することになると、エントロピーにおける23桁に及ぶスケールの違いが解消されるとともに計測方向が人の加える努力量という同じ方向に統一されるため、一次元表示が可能になる。またこれは、人の労働(サービス)を工数という基準で一律に示すことである。さらに、工数に工数単価を掛け合わせたものが原価であることを加味すると、現在のサービスの経済学的取り扱いと同一になる。

技術移転においては、モノである製品の移動と移転先での労働者教育が行われる。この教育の意味が、移転された機械を機能させるための「技術補完教育」と技術開発能力をつけるための「創造性教育」から成り立つことを示した。

また、教育自身も技術として把握できる事を示し、「オペレーター教育 = 技術補完教育」の必要量であると意味内容も示した。

創造性教育については、「これから作り出されるものは、実体が無い段階では示せない」ということからその意味内容は示せないが、「精神活動は本来創造的に働くため」精神活動を人に役立つ方向へ方向づけること、即ち動機付け教育であると示した。(補論 1. 参照)

技術の「価値」を評価することは難しいが、その技術が「技術連鎖の、どこに有るか」という位置付けを示せば、「価値」を評価する参考になる。その技術連鎖は、我々の持つ全ての技術について示すことはできない。そこで、「移轉対象技術」を前・次段の技術との関係で示すことにする。また、その量的関係を示すため、「次段階の製品に占める対象製品の価値の比率」として完成度という概念を補論 2. で示す。

(第2章了)

第2章参考文献

「統計力学」G. S. ラシブルック著 久保他訳、白水社、1973年

岩波講座 基礎工学8「熱力学」、

小野 周、岩波書店、1973年

第2章 補論

1. 技術開発能力と創造性教育について

人間の精神活動は、本来創造的要素がない筈の「記憶を思い出す」というような活動まで、創造活動として構成している。(第1章 補論 1.を参照)

精神活動は本質的に創造的活動であり、カントが「思惟」として純粋理性批判で論じた「現れる」に属する存在である。このようなことから、技術開発能力の移転を「創造的能力の開発」と規定すると、本来創造的活動をしているものに対して「創造的能力の開発をしよう」ということになり、いささかおかしなことになる。

これにより気付くのは、本来創造的である精神活動の方向と、技術開発で評価される創造的活動の方向とは必ずしも同じ方向を向いていないのではないかということである。このように仮定すると、創造性には方向性があり、少なくとも創造性は技術開発に役立つ方向と、技術開発に役立たない、無効な方向の2次元に分離できることになる。この問題は、創造性を議論している人たちが既に議論しており、不毛な議論となりそうなので、創造性の次元問題を脇に置いて、創造性教育ということで検討を進める。

技術開発のためには、まず、その分野の技術者の持つコモンセンスを持っていることが必要である。これがないと、既に実現されている技術を再開発することから始めることになり、無駄な努力が費やされることになる。

コモンセンス教育は、単なるメモリーの増量であり、「憶えさせる」という最も容易な教育分野である。しかしこれも、AがAでありBではないという単純な機械的認識ではなく、AがBと異なる差が何であるか、AとBが性格を共通するものは何であるか、AとBの機能はどのような原理に基づくか、...という付随的情報とともに認識されている

必要がある。さらに情報（メモリー）として蓄積されていない事情についても他の知識から類推、構成できる能力が必要である。

これは、未だ確定された説ではないが、記憶様式を「エピソード記憶」と「連想記憶」に分けたとき、「連想記憶」として「憶えさせる」ということを言っている。注¹¹

では、この連想記憶をいかにして涵養するか、連想記憶能力の強化はどのような教育形式を取れば効果的であるかという点に関しては、今のところ付随する事実をできるだけ多く教えることが効果的という程度以上の知見は得られていない。

これをメモリーとアルゴリズムで解釈すると、知識教育はメモリーの移転である。

一方、創造性教育は、思考の方法の善導のことで、精神の機能機序による作用をアルゴリズムに翻訳することのお手伝いということであり、トライ・アンド・エラーをうまくこなせるように仕向けることである。

しかし、創造性に基つき新たに構成されるアルゴリズムも、既に存在するアルゴリズムと似ても似つかないものであることは少ない。そこで、過去に存在するアルゴリズムを整理してパターン化しておけば、どのような方向で考えたら良いかという発想の様式は示すことができる。注¹²

過去に存在するアルゴリズムを整理したものは、すでに存在するものであるので発明ではないが、改善運動の範囲はカバーできる。

メモリーの移転は知識教育であり、この方法論は既に確立されていると考えて良いので、もし発想の様式というものがとりまとめられるなら、創造性教育の一部も知識（教育）として移転可能であることになる。

以上に示したことは、定説となる以前の議論を多く含むため、あやふやな面が多

い。しかし、技術開発能力の移転すなわち創造性教育において、形式的にどのようなことをすればその能力涵養に役立つかという点については示すことができたのではないかと思う。

2. 完成度概念の導入

技術連鎖の記述のために「完成度」という概念を導入する。

通常、経済分析においては技術連鎖を分析するために、技術連関表が用いられている。技術連関表は産業連関表をモディファイしたもので、部門分類を製造業について細かくし、相互の投入と産出を表したものになっている。このような形態をとらざるを得ないのは、産業統計はあっても、技術同志の関係を示す統計が無いからである。例えば技術同志の関係を示したいという意図を持ったとしても、技術とは何かという定義が「労働手段の体系である。」というようなものでは、技術を分類することはできない。残念ながら本論文で示した定義でも分類できない。

技術を分類し尽くした上で技術毎の投入と産出が分かれば、技術連関表として納得できるものができるはずである。しかし、まともな技術分類は未だに存在しない。そこで、細分化した産業分類をもって、技術に代用するのである。結局現在のところ、統計数字として利用することができるのは、産業分類に基づいた投入と産出、輸出入統計に基づいた品目別輸出入額ということになる。

私が得た新しい技術定義は「技術とは製品の集合である。」というものである。これならば、製品と品目統計と言うことで相性がよいように考えるかも知れないが、この定義では技術分類ができない。ある特定の製品がどの技術に含まれるかが分かって、ある製品が必ずその技術に分類されるとは言えないのである。なぜなら、ある同じ製品が別の技術に属することもあるからである。例えば、ある特定のトランジスター

は、テレビにも使われれば、コンピューターにも使われる。また、これら汎用的製品が存在することや道具・機械があちこちの技術で使われることが、技術連鎖が生じる所以でもある。

また、技術は新しい技術を常に追加しているので、要素としての「技術」リストは常に変更されている。すると、これを整理した分類についても、役に立たない大括りのものとなるか、年中変更される怪しげなものになる。「まともな技術分類」というものの実現性はかなり低いと考えられる。

全技術を網羅した形での技術分類はできないとして、技術連鎖を記述する方法としては、特定技術の近傍について相互の関係を相対的に示し、それを積み上げていけば、特定技術の周辺の技術連鎖は分析できる。すなわち、2つの製品間の関係として完成度という概念が導入できる。

「完成度」とは、製品で表わしたある技術が、最終的に使われる技術(製品)の中で、部品としてどれだけの価値を実現しているかという比率を示すものである。

その意味は、部品が製品として完成していても、その部品を組み上げて、さらに別の製品を作り上げるとき、新たな技術の中で、どれだけの位置を占めるかを示すということである。この場合、ある部品(たとえばトランジスター)が「中途製品」として完成していれば、そこで完成度は1になるが、さらに別の製品(たとえばラジオ)の部品として使われる場合、最終製品の価値に占める、その部品の価値比率(トランジスターの価値 / ラジオの価値)として完成度を示そうというものである。

ある製品の完成度は相対的に示され、常に次段階の製品中に占める部品の価値比率として定義される。

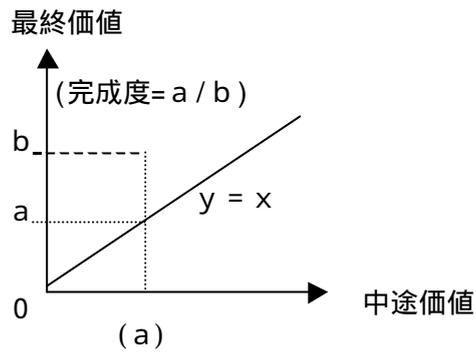


図2 - 6 最終価値と中途価値から完成度を定義

図2 - 6の価値表示を、本論で取り上げた「工数」で表示すると次図のようになる。

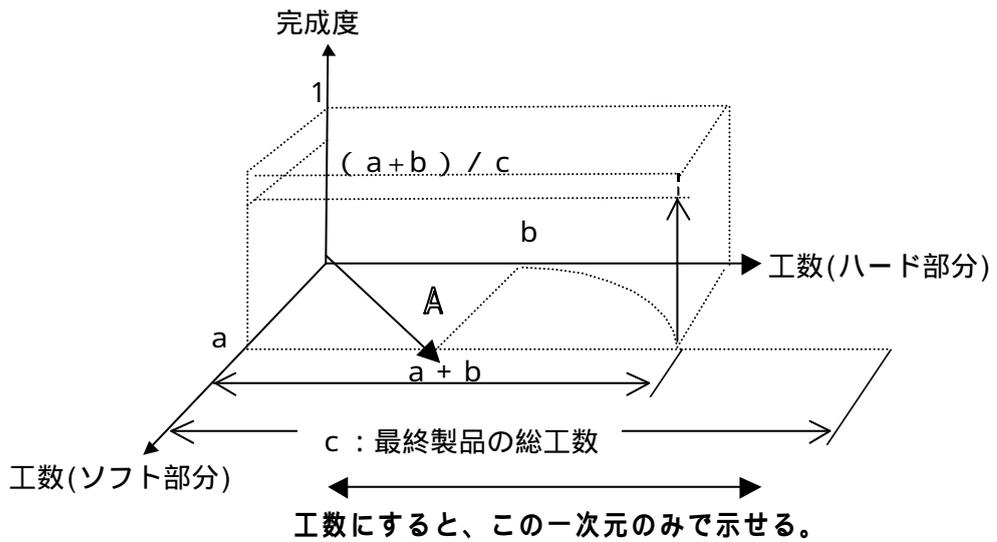


図2-7 工数による完成度表記

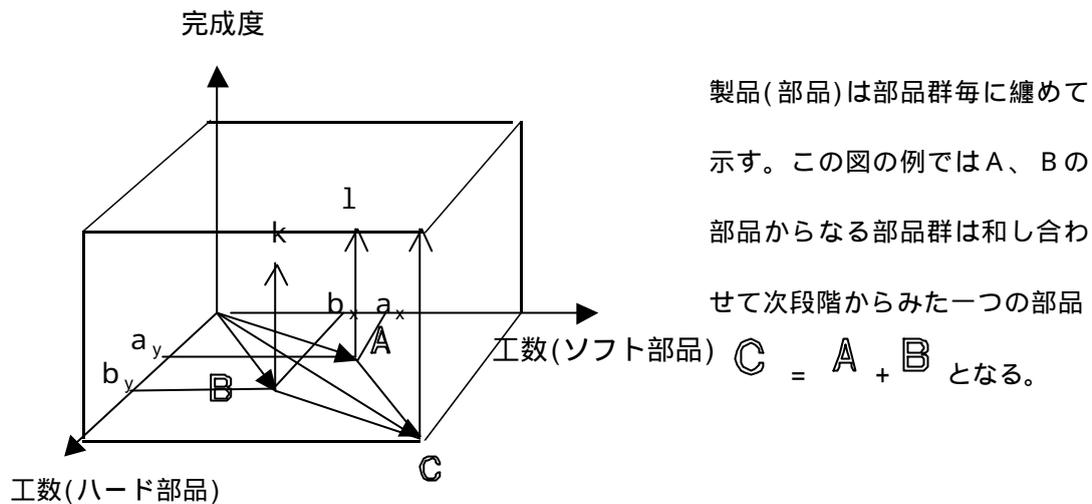


図2 - 8 部品の和

部品名	工数		完成度
	工数(ハード)	工数(ソフト)	
A	A		$k = (a_x + a_y) / c_x + c_y$
	a_x	a_y	
B	B		$l = (b_x + b_y) / c_x + c_y$
	b_x	b_y	
C	$C = A + B$		製品Cが別の製品の部品でないとき 1
	$c_x = a_x + b_x$	$c_y = a_y + b_y$	

表2 - 1 部品の和 計算表

次段階の製品価値から見たときの前段階の部品・製品の価値の占める割合と言う意味で完成度を導入した。完成度と言いながら、必ずしもその部品について完全性の尺度を示しているのではない。その部品の完全性を示すのは、その技術に属する段階へこの概念を適用したときのみである。手直しが必要だったり、部品群から一つの製品が作られるときに一つの部品について完成度が1より小さくなる。完成度1ならばその該当製品は完結していることを示す。(補論 了)

脚注

注)1 但し、交換された結果が有用であるか無いか...価値...は保証されない。

これに対し、熱力学的エントロピーにおいては、物質のエントロピーという意味でそれ自体が一種の価値の交換である。

注)2 情報エントロピーの増大は、情報の消滅を意味するが、何もしなければ情報は消滅しない。いわば摩擦ゼロ、抵抗ゼロの世界を代表している。

情報理論は応用数学理論であり、物質を扱う熱力学的エントロピーに付随する抵抗や摩擦という面倒な過程はない。もっとも、情報理論のうちの伝送理論などでは、伝送中の情報損失を摩擦損失に準えたりするが、これは現実の世界での伝送を行う場合に生じるものであり、その大きさ、影響も熱力学エントロピーとは比べ物にならないほど小さい。

注)3 エントロピー減少という言葉を用意に使ったが、この段落の冒頭で「エントロピー減少は技術開発に準えられる」と述べたことと矛盾しているように見える。図 2-3 に示したように、一つの技術の中でもエントロピーは減少する。モノを作るときにエントロピーが減少するのである。この図では、モノを作る過程を書き込んだために、このような混乱が起きている。「技術」とはそれにかかわる全ての製品集合のことであり、それが機能して、新たな製品を産み出す時にはエントロピーの減少が起きる。

技術を産み出す技術開発（製品群を作り出すことである）と技術がその狭義の製品を産み出すことは、エントロピーに関しては等価な事象である。

加工ないし、メモリー・アルゴリズムによる記述は情報の増加即ちエントロピーの減少を伴う。また、「技術=製品の集合」説によれば、ある技術に含まれる製品の量は技術の利用に伴って増加する。ある製品はその製品に固有のエントロピーを持っているので、製品数の増加に伴ってエントロピーの絶対値は増加する。モノの集合と

して見た場合には、「技術」は開放系であり全体量は増え続けることになる。技術の存在形態は、技術(=製品の集合)の中に、エントロピーの減少と増加の要因を包含することになる。この点で、技術は状態量としてエントロピーで示せるという論は正しくないということが分かる。

注)3 旋盤には汎用性があるため、多数の選択肢の中から選択する必要がある。

注)4 我々が普通使う意味の仕事と物理学で言う仕事は異なるので、論理に大きな飛躍がある。しかし、その示すところの次元はおなじである。

注)5 多国間の生産性を比較する際には、恒常的価値として労働時間を採用することが多い。その例として、古典派経済学者リカードの比較生産費説等。多国間の生産性を比較する際には、一人の「人力」はどここの国でも概ね等しいと仮定される。

工学分野でも、PTS(Predetermined Time Standard)法は、「基本動作の所要時間には殆ど個人差が無い」という統計結果に基づいて作られている。

注)6 ここで量産化する場合の工数の低減を考えてみる。

量産(n個作る)の場合の一製品当たり工数は、nが大きいとき、

$$\begin{aligned} & 1/n \times \{ \text{イニシャルの工数} + (n-1) \times \text{コピーの工数} \} \\ = & \text{イニシャルの工数} / n + (n-1) / n \times \text{コピーの工数} \\ & (n-1) / n \times \text{コピーの工数} \quad \text{コピーの工数} \quad \text{である。} \end{aligned}$$

コピーの工数はハードのコピーではイニシャルの工数と比べて大きな減少が無いのに対し、ソフトのコピーでは劇的に減少する。

このような、情報処理とモノ加工の性格の違いによる差は厳然として存在するが、経済学的取り扱いとの整合性を優先したほうが、今後の取り扱いにおいて有利であるので、工数表示に一本化することにする。

注)7 「工数単価が業種毎に等しい」というような事実があれば、これを用いてかなり正確な推定が可能になるが、実際の工数単価はバラツキが大きいので、まず、工数単価の推定が必要になる。結局のところ、幸いにも同業種の工数単価が一つでも得られたら、これを使って工数を推定することになる。

注)8 総生産 技術総量という認識からすれば、一般管理費もサービスと考えられるので、誤差ではなく技術の一部を構成するということになるのだが、ここではその意味付けを明らかにしていないので、とりあえずその構成比率が小さいことを根拠に誤差のうちとする。通常一般管理費が20%を超えることはない。

注)8 抽象的な意味で手と言う。手は、人間に備わった自然労働手段である。物的なエネルギーや力のみが物的なものに作用できるため、手が人の外界である自然に対する重要なインターフェイスになる。

注)9 参考文献1の「技術思想の探求」第3部

注)10 第1章1.で示した。

注)11 エピソード記憶とは、記憶をあたかも物語のように一連の繋がりと記憶するもので、意味の連鎖が単線になっている。連想記憶は、ある一つの記憶が複数の関連記憶に結びつくようにセットされており、意味の連鎖が非常に大きく広がる。連想

記憶は、ある一つの記憶から次の記憶に結びつける際、複数の関連記憶の中から一つの記憶が選択されるという意味で創造的過程である。

注)12 考え方のパターンは、未だ実現されていないアルゴリズムの中から確定したアルゴリズムに繰り入れられるはずの部分、即ち事後的に過去のアルゴリズムと共通であると確認されることになる筈の部分である。すると既にメモリーとして存在するアルゴリズム集と類型できることになる。これは、「奇想天外より落つ」という大発明でなければ、「既にメモリーとして存在するアルゴリズム集」にその考え方のパターンは存在しているということになる。

第3章 技術移転プロジェクトの計量

1. はじめに

第1章においては技術とは何か、第2章においては、それはいかに記述できるかを検討してきた。この章においては、実際の技術移転プロジェクトを分析する手法を検討する。

2. 移転された技術量の計測

まず考慮しなければならないのは、第1章、第2章において議論してきた技術と技術移転における移転対象は異なる事である。

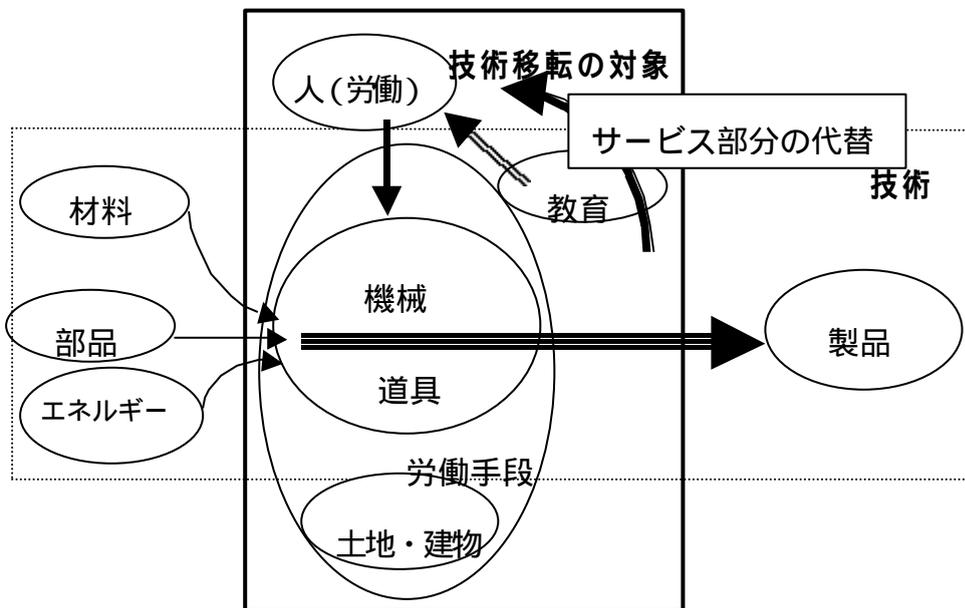


図3 - 1 技術と技術移転の対象の違い

ここで技術移転の対象となるのは、「技術」を検討した際用いた「狭義の労働手段」だけではなく「広義の労働手段に含まれる土地、建物」も含み、「労働を提供することになる人」も含まれる。

「移転された技術は 正常に機能しなければならない」というのが最低限の条件であるが、このためには、その存在する空間も必要であるし、それを動かす人も必要なのである。これら無しには技術が機能することはできない。

なお、土地・建物及び労働に携わる人は移転先国の側で手当てされる。

この図で製品として示したものは「狭義の製品」であり、第 1、2 章で示した「製品」とは異なる。「狭義の製品」は該当技術により生み出される製品という意味である。これに対し、広義の「製品」は技術により生み出され、ある機能を果たす事のできる完成した製品の全てである。広義の「製品」には狭義の労働手段として認識される機械や道具も包含されている。

技術の計量単位としては第 2 章で工数を採用する事とした。

工数の推定は標準原価(= 市場価格 - 平均利益)を用いて

工数 = 標準原価 ÷ 工数単価 によって計算される。

ここで推定しなければならない工数単価にはかなりの「ばらつき」がある。このため、標準原価の代わりに市場価格を用いても誤差のうちとすることができる。また、推定のたびに誤差が混入する推定を繰り返す事の功罪を考えると、 $工数 \times 工数単価 = 標準原価 - 市場価格$ を用いて、工数に代えて市場価格による表示を行う事も妥当性を持つ。この($工数 \times 工数単価$) についての誤差は、平均利益率の大きさを無視しているので、10%程度以上を見込むことになる。

なお、この市場価格による表示は、現在行われている技術移転量の表示法である。
以上の主張を取りまとめると、次のようになる。

本則：技術移転量は工数により表記する。

実用的表記法としては、市場価格で移転量を表示する。

工数 × 工数単価 = 標準原価 = 市場価格 - 平均利益 市場価格

工数単価は、統一的基準により誤差なく示す事はできない。

また、工数単価は、先進国と途上国では2 ~ 20倍も異なるので、技術移転を分析するに際しては、本来工数で示すべきだが、現在行われている技術移転量の表記との整合性から、工数表記がどうしても必要な部分以外では、市場価格による表示を使う。つまり、供与国の工数単価を使うことになる。

これは、技術移転を受ける途上国側からみれば、移転量が不必要に過大に見積もられているように見える。しかし、途上国は移転技術を自前で用意できないことから、先進国から導入するのである。供与国の工数単価を使って市場価格表示をしても、同じサービスに対する一物一価の条件は崩れていない。

これに付随して、同じサービスや製品が低価格で入手可能な場合、即ち移転先国で同じサービスや製品が供給されている場合や、他の先進国が供与国よりも低価格で同じサービスや製品を提供している場合に「移転技術をどう構成すべきか」ということが問題となる。経済的には、同じサービスや製品に対しては、もっとも安価な製品やサービスが選択されるべきで、それ以外の選択はない。即ち先進国から途上国への技術移転は、もっとも競争力のある技術が移転されるべきであるとすれば、移転先国で入手可能な、もっとも安価な製品やサービスの組み合わせがもっとも競争力を持っているので、選択としては供与国の提供できるサービスや製品に限らずに選択する

のが正しい。注)2

この意味で、供与国の貢献を個々の製品によって目に見える形で示そうという「顔の見える協力」の意図は適用すべきではない。個々の贈与製品がいずれの国の産品であるかということが、供与国の貢献を示す訳ではないからである。

また、「技術贈与の意図」は、技術の論理からは導き出すことはできない。技術は存在形態として「自然」に属する。「自然」に属する存在は、人に対して価値があろうと無かろうと、「ある」存在であり、「現れる」に属する「意図」とは無縁である。技術の論理というものがあるとして、「技術の論理」は科学法則等と同じく、人間の活動に中立的であり、何らかの選択をすることはない。技術贈与の意図は、友好の増進や、相手国の経済発展への寄与、産業協力の基礎作りなど技術の外部に存在する目的から導きだされるものである。

3. 「技術はモノである」という本則に基づく技術移転量の計量

第1章では「技術はモノである」、「人を不可欠の要素として必要としない」と(不完全ながら)証明した。技術がモノである以上、モノをある場所から別の場所に移動することが技術移転である。

しかし、経済上の理由から、技術の全てがモノとして実現されないことも示した。
(第1章6. 技術におけるサービスの残存)

技術の全てがモノとして実現されていないとき、技術移転量は、モノとしての部分と人が関わる部分の和となる。人に関わる部分の計量をどのように扱うかは項を改め「本章 5. モノとして移転できなかった分の計量」として検討する。

ここでは、モノとして把握される技術の部分について扱う。モノとして把握される技

術の部分とは、設備、装置、機械、道具という狭義の労働手段及びソフトウェアである。これらは実体として存在するだけでなく、マーケットで調達可能である。設備、装置、機械、道具及びソフトウェアは、それぞれが統合的に機能し、移転目的となる技術を成立（機能）させることができれば、各要素の出自（製造者、製造国）は問われない。

4. 技術定義外の労働手段等について（建物、機械類据え付け調整等）

「技術定義」外の労働手段としては土地、建物 工場・研究室等の移転される技術の設置場所以外に事務室、会議室、応接室等管理事務施設、受電設備、上・下水道設備、机・椅子・書棚・ロッカー等の事務設備、事務用電子計算機、電話、紙・鉛筆等の事務用品、参考図書、移動手段としての自動車等が存在する。

また、技術移転の基本がモノとしての技術の移動であっても、モノを移動するための経費として輸送費が必要であるし、移動した後に技術が機能するように機械設備を据え付け、機器を調整し、動作確認をする必要がある。

これらに付随する税・使用料として、モノの移動に伴う関税、工業所有権利用権、(ソフトウェア)著作利用権、(半導体チップの)回路配置利用権、(ノウハウ等)財産的情報利用権等があり、それらの税、使用料について処理しておく必要がある。

また、技術移転のために技術者を派遣すれば、その技術者に係わる医療・福利厚生も必要になる。

以上の費用を技術の移転に直接必要なものと、間接付随的に必要なものに分類し直すと、次のようになる。

(1) 技術の移転に直接必要なもの

土地・建物(工場・研究室等)、受電設備、上・下水道設備、電子計算機、廃棄物処理設備、光熱費、輸送費、機械・設備据え付け調整費。

これらに付随する税・使用料として、モノの移動に伴う関税、工業所有権利用権、(ソフトウェア)著作利用権、(半導体チップの)回路配置利用権、(ノウハウ等)財産的情報利用権等。

(2) 技術の移転に付随して必要なもの

土地・建物(事務室等)、会議室、応接室等管理・事務施設、机・椅子・書棚・ロッカー等の事務設備、事務用電子計算機、電話、紙・鉛筆等の事務用品、参考図書、移動手段としての自動車、派遣技術者に係わる医療・福利・厚生費。

(3) 技術移転に係わらないが必要なもの

原料・材料、生産に必要な部品、光熱費。また、技術が移転されて根づくということとは、狭義の製品が生産され続けることであり、原料・材料、部品、エネルギーがコンスタントに供給されないと、技術は機能しなくなる。技術を構成する製品が完全な状態を保つための補給以外に原材料等の安定供給が必要である。

なお、(3)は移転技術を機能・成立させるために不可欠の条件であるが、技術移転の計量という観点からは対象外である。(図3 - 1参照)。

(1)と(2)は、技術移転量として計量する。(2)が何故技術移転量に含まれるかという、技術のうち人に依存する部分の移転に不可欠であるからである。いわば、教育-技術の移転要素ということになる。

また、計量の物差しとしては、技術を構成する各製品を市場価格で積算しているので、これらの価格も市場価格で積算する。

ここで注意が必要なのは、移転される技術量として技術の移転に直接必要な投

資、技術の移転に付随して必要な投資の夫々が計量できることになるが、「これらの比率がどうあるべきか」というような判断基準は存在しないことである。

5. モノとして移転できなかった分の計量

移転技術はモノとして移転するのが基本であるが、現実の技術は技術がモノとなりきっていないために、モノとして移転できない分が存在する。この分については、人に依存して移転せざるを得ない。

モノとして移転できなかった分

$$\begin{aligned} &= (\text{本来モノとして移転すべき技術量}) - (\text{実際にモノとして移転された技術量}) \\ &= (\text{理想的な独立した技術の量} - \text{狭義の製品}) - (\text{モノとして移転された技術量} - \text{狭義の製品}) \\ &= \text{理想的な独立した技術の量} - \text{モノとして移転された技術量} \quad \dots(1) \end{aligned}$$

である。

モノとして移転できなかった分を、機械化率を用いて示すと、

モノとして移転できなかった分

$$\begin{aligned} &= (\text{理想的な独立した技術の量} - \text{狭義の製品}) \times (1 - \text{機械化率}) \\ &= (\text{モノとして移転された技術量} - \text{狭義の製品}) \times \{(1 / \text{機械化率}) - 1\} \dots(2) \end{aligned}$$

注)3

つまり、理想的な独立した技術の量を見積もるのが容易か、機械化率を見積もるのが容易かということが、(1)或いは(2)のどちらにより推定するかという際の選択基準となる。

理想的な独立した技術の量は、工数で計測した付加価値を関連する全製品につ

いて足し合わせたものである。この全製品の中には技術が自立して稼働できるだけのメモリーとアルゴリズムがモノとして含まれていることが前提されている。しかしながら現実の技術では、経済性の観点から、技術の一部は人の労働に依存する。

現実の技術において、人間の労働が分担した部分を機械的に実現するメモリーとアルゴリズムがどのようなものであるかという一般解はないため、実現されることのない技術の自立状態における技術量を推定することはできない。

また、残念ながら、正確な機械化率の値は理想的な独立した技術の量を正確に見積もることなしに直接求めることもできない。

以上のように、理想的な独立した技術量の推定が困難なために、定義に従った推定はできないことになる。

しかし、これでは何の知見も得られなくなってしまうので、発想を転換して、理想的な独立した技術量の推定を経由せずに機械化率を得られないか考えてみる。すなわち今後、厳密性は放棄し、近似論を展開する。

先に本章の「2. 移転された技術量の計測」において、「工数表記に代えて、現行のような移転量の市場価格表記を用いるので、これに係わる誤差は10%程度以上存在する」ということを述べたが、10%程度の誤差...用語の使い方が余り正確ではないが...で推定すれば整合性に問題は無いことになる。

理想的な独立した技術量の推定を10%の誤差で行うのは難しいが、機械化率の推定を10%程度の誤差で行うことならできそうなので、その方法を考えてみる。

10%ということなら10段階の機械化率推定表を作ればよい。(表 3-1)

ここで与えられる機械化率(技術量と独立にえられる)とモノとして供与された技

術量（供与資機材）を（２）に代入することにより、モノとして移転されなかった技術量が推定されることになる。

技術分野・分類	機械化率推定値
フルオートメーション	1.0
・	・
・	・
手工業	0.1
機械・道具を全く用いない手作業 (現実には無い)	0

表3 - 1 機械化率推定表の例示

6. 機械化率推定表の検討

機械化率 = (モノとして移転された技術量 - 狭義の製品) ÷ (理想的な独立した技術の量 - 狭義の製品) である。

ここで(モノとして移転された技術量 - 狭義の製品)は第 1 章で「労働手段」と呼んだものの全てを足し合わせたものである。注)4

(理想的な独立した技術の量 - 狭義の製品)においては実現されることのない技術の自立状態を推定することはできない。このため技術の独立状態に代えて機械化率を別途推定しようというのであるが、ここでは機械化率の推定方法とそれがどれだ

けの正しさを持つか評価する。

ここで証明したい推定式は $\frac{\text{機械化率} \times \text{機械費}}{\text{機械費} + \text{人件費}}$ である。

6 - 1 理想的に独立した技術と普通の技術の関係

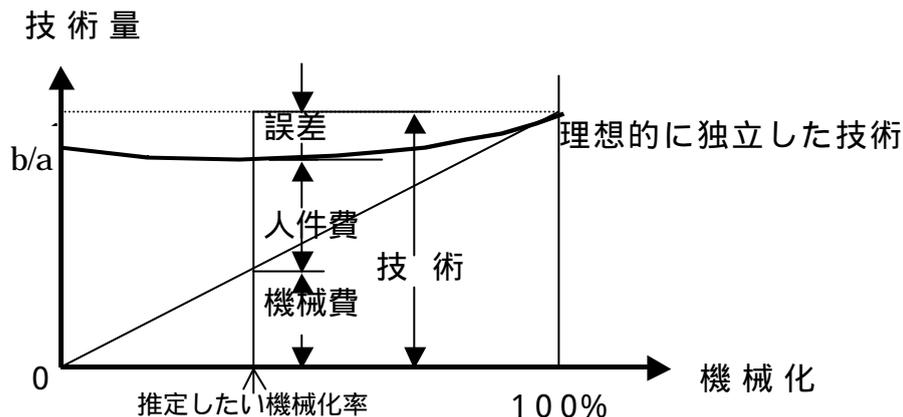


図3 - 2 (人件費 + 機械費) / (理想的に独立した技術の量)

技術量 - 機械化率図に、その技術を用いた場合の人件費をプロットしたものを仮想して示した。この場合、技術量は市場価格で表示するので、機械・道具の市場価格と同じ性格の人件費は同じ図の上にプロットできる。

機械化率推定に用いるという想定のもとでは、どんな技術でもこの模式図の上で表現できるということを仮定している。

全体を各個別技術の(理想的に独立した技術の量)で割り規格化しておく。

最終的に証明したいのは、 $\frac{\text{機械化率} \times \text{技術量}}{\text{技術量} + \text{人件費}}$ である。

即ち、 $\frac{\text{技術量} + \text{人件費}}{\text{理想的な独立した技術の量}}$

或いは、上図の誤差 1 である。

まず、図3 - 2では(人件費 + 技術量) 曲線を点線で示した直線 $y = (\text{理想的な独$

立した技術の量)より下の、下に凸な曲線として描いている。この設定は正しいものであるうか。

機械化率100%では人件費0である。そのような技術では、(人件費+機械費)は理想的な独立した技術の量に等しくなる。

また図3-2は、個々の技術について図1-3で示した「人-機械協業におけるコスト曲線」の最適機械化率を集成した図になっている筈である。

なぜならば、ある技術が長期にわたって使用されていれば、経済的に最も有利な最適機械化率に落ち着いている筈だからである。この、各々をプロットすると図3-2が出来上がる。

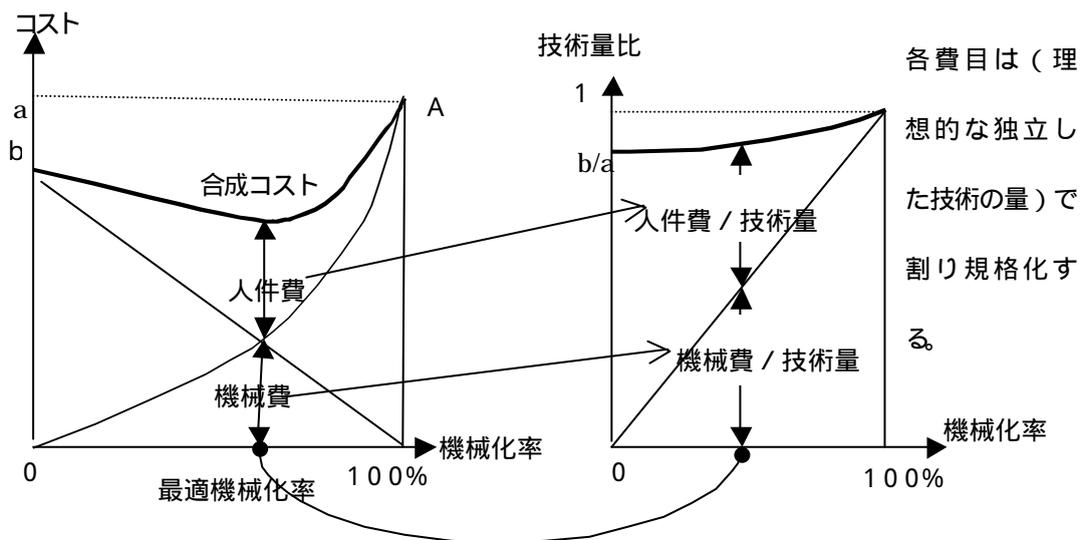


図3-3 個別技術図と理想的な独立した技術の量で規格化した集成図の関係

6-2 機械費曲線の形状

なお、個別技術図においては、人件費は機械化率に対して直線減少し、機械費は原点とA(100%、a)を結ぶ直線より下に存在し、下に凸な単調増加関数である。後者はどれだけ機械化するか選択の余地が存在するための条件である。もしそうでないと、最適値は機械化率0%か機械化率100%の二つに一つということになる。(次図右)

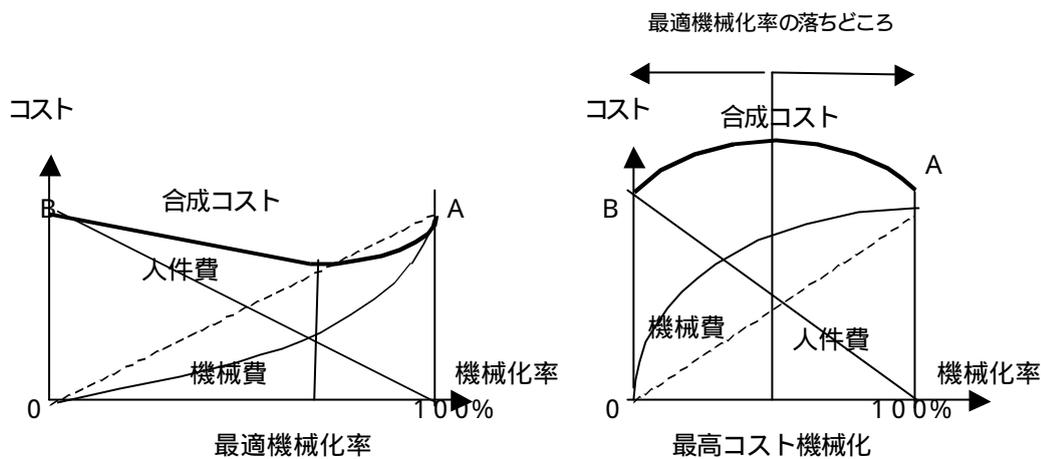


図3 - 4 機械費は0 - A線より下にあり、下に凸である

6 - 3 (人件費 + 機械費) 曲線の形状

個別技術図(図3 - 5)において、最適機械化率が100%に存在するという事は、「人 - 機械協業におけるコスト曲線」が右下がりの単調減少曲線(直線)であることを示している。しかし、その近傍の値を取る場合には、「人 - 機械協業におけるコスト曲線」はその点で最小値を取っているので、理想的な独立した技術の量より小さな(人件費 + 機械費)を取る筈である。すると、図3 - 2は機械化率100%近傍では、機械化率に対し増加関数であることを示している。(図3 - 5左)

つまり、図3 - 2において、(人件費 + 技術量)は点線で示された(規格化された)理想的な独立した技術の量より下に存在する。

機械化率0の近傍ではどのような形状であろうか。個別技術図の最適機械化率0%では(人件費 + 機械費)が単調増加関数となる。僅かに機械化率0%からずらすと、上で述べた機械化率100%近傍同様、点線で示された(規格化された)理想的な独立した技術の量より下に存在し、機械化率に対し減少関数であることが分かる。また、y軸との交点は機械化率0%の人件費を示すが、この値は理想的な独立した技術の量より小さい。(図3 - 5右)

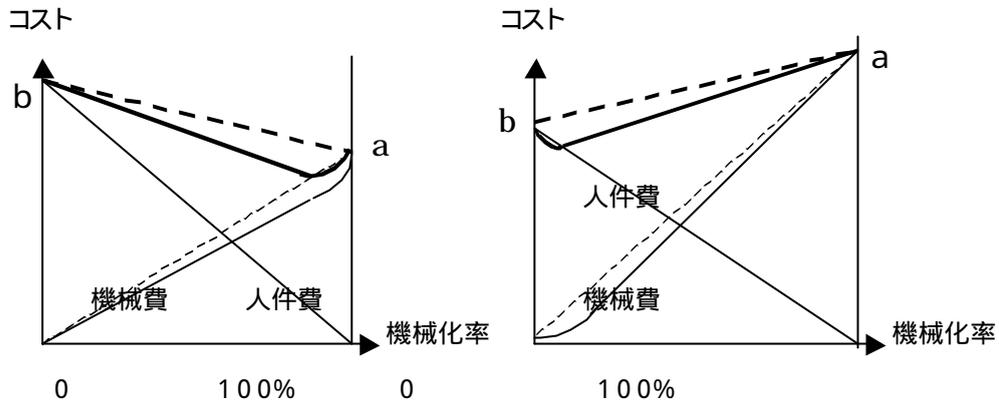


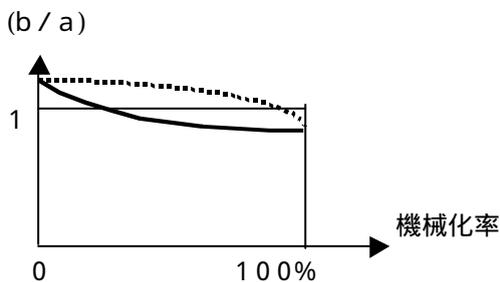
図3 - 5 機械化率0%及び100%とその近傍の最適機械化率

図3 - 5左図では $a < b$ であり、右図では $a > b$ である。また、図3 - 2における誤差 1 ということは、 a b ということと等しい。なお現実には、通常 $a > b$ であり、左図は考えがたい。(第1章 図1 - 7参照)

6 - 4 全機械化したときのコストと全人手化したときのコスト

では、 a と b の大きさはどのような関係にあるのであろうか。

このためには、 a と b 共に正の実数であるので、 (b/a) が機械化率の変化に応じたどのように変化するか見れば良い。 (b/a) は類似技術においてはおおむね等しい値を取る筈であるから、機械化率を変数として変化させた場合、 (b/a) は滑らかな単調関数と仮定しても良い筈である。



単調減少関数であるとしても、実線のように下に凸か破線のように上に凸かは分からない。機械化率0は図3 - 5右、100%は図3 - 5左にあたる。

図3 - 6 (b/a) - 機械化率曲線

また、 (b/a) が1から大幅に離れていれば、技術者設計者は迷うこと無しに、機械化率0%か100%のいずれかを選択する筈である。実際にはそうならない

のだから、 (b/a) は1にかなり近いと考えられる。また、単調減少関数であるとして0%で (b/a) が1より大、100%で1より小であるので、0%と100%の間で $(b/a) = 1$ の値を取る。

機械化率0%と100%の間については、図1-7のa値、b値のいずれよりも小さな値であるとは分らないが、0%と100%の近傍ではそれぞれ、bないしa値に等しいことになる。これをa値により規格化しているのであるから、機械化率100%では誤差0であり、機械化率0%周辺では誤差が大きくなる。

以上の考察をもとに、機械化率0%と100%の間を滑らかに結ぶと図3-2のような模式図が得られることになる。

図3-2に示した誤差がどの程度になるかという事に関して、明確な断定はできないが、機械化率0~100%の間に存在する $(b/a) = 1$ となる点の近傍では、誤差は0となる。また、 (b/a) が1から大幅に外れることも無い(上述)ので、誤差は小さいと考えられる。

6-5 誤差評価

試しに機械化率50%として、それに該当する業種の技術を考えると、定義から、機械費は理想的な独立した技術の量の50%であり、それに同じ程度の人件費が使われているはずである。(人件費+機械費)は理想的な独立した技術の量にかなり近づくことが期待できる。注5

すると、この場合、図3-2に示した誤差はかなり小さいと考えられる。

これにより、機械化率 $\frac{\text{機械費}}{\text{機械費} + \text{人件費}}$ が示せた。注6

この機械化率を技術分野毎に10段階表で示せば、目的の機械化率推定表が得られることになる。

「類似の技術を用いて推定値をえても、特定の技術についての機械化率として問題が無いのだろうか」ということについては、なお疑問である。技術が経済性から淘汰されたとしても、必ずしも競争関係にある技術間で機械化率の調整がなされるとは言えないからである。殊に人件費が～20倍も違う先進国と途上国の間における機械化率は（同じ技術においても）当然異なるべきである。しかし、基本的には、先進国間で人件費は大きく変わらないので、先進国間では同一ないし、類似技術における機械化率は一つの値に収束していると期待して良いと思う。また、技術移転における機械化率は先進国のものがそのまま使われる。

7. 業種ごとの平均機械化率

個別技術の機械化率の計算は、ある技術を取り出して、機械費等と人件費から求められることになったが、これは必ずしも容易ではない。そこで、簡便計算のために、ある業種では機械化率はほぼ等しいとみなして、その平均機械化率を用いて、技術を構成する各要素を計算することを考える。

まず、業種ごとの平均機械化率を平成10年企業活動基本調査速報の数値を用いて計算してみる。

表3-2を計算してみて、案外に機械化率が低いのに驚かされる。

また、資本装備率が高いといわれる装置産業が上位を占める。もっとも、資本装備率或いは資本集約度といわれるものは、従業員一人当たりの資本量を言うわけであるから、上の表との違いは、累積された資本とフローとしての償却費の差と人件費が問題にされたかどうかと言うことで、ごく当然に此処でいう「機械化率」と資本装備率は同じ傾向を示す。

	A	B	%	
業種別	給与総額	減価償却費	A + B	B / A + B
鋳業	69,723	43,834	113,557	39
製造業	34,603,076	10,309,767	44,912,843	23
食品製造業	2,084,207	414,091	2,498,298	17
飲料・たばこ・飼料製造業	809,829	293,457	1,103,286	27
繊維工業	411,571	89,680	501,251	18
衣服・その他の繊維製品製造業	404,072	30,950	435,022	7
木材・木製品製造業（家具を除く）	176,433	30,473	206,906	15
家具・装備品製造業	208,092	28,884	236,976	12
パルプ・紙・紙加工品製造業	720,415	347,018	1,067,433	33
出版・印刷・関連産業	1,552,791	313,012	1,865,803	17
化学工業	3,619,695	1,175,633	4,795,328	25
石油製品・石炭製品製造業	256,719	301,643	558,362	54
プラスチック製品製造業	808,427	226,109	1,034,536	22
ゴム製品製造業	520,310	131,053	651,363	20
なめし革・同製品・毛皮製造業	20,774	1,738	22,512	8
窯業・土石製品製造業	853,978	247,250	1,101,228	22
鉄鋼業	1,495,617	815,566	2,311,183	35
非鉄金属製造業	781,107	280,402	1,061,509	26
金属製品製造業	1,379,205	293,078	1,672,283	18
一般機械器具製造業	3,709,290	589,821	4,299,111	14
電気機械器具製造業	8,026,536	2,605,426	10,631,962	25
輸送用機械器具製造業	5,654,654	1,891,224	7,545,878	25

精密機械器具製造業	613,633	91,945	705,578	13
その他の製造業	495,721	111,314	607,035	18

平成10年企業活動基本調査速報より

表3-2 機械化率の推定

機械化率 $(\text{機械・道具費}) \div (\text{機械・道具費} + \text{人件費})$ として、業種毎の機械化率を求めた。機械・道具費としては同一年内の減価償却費を充て、人件費については、その業の給与総額を用いた。

減価償却費は機械費だけではないし、給与総額は技術に係わる人件費のみではないので、近似計算になっている。TFP分析から求めた技術認識からは、これらも技術の内数であることになる。

技術の所属する業種	機械化率推定値
(フルオートメーション)	1.0
石油製品・石炭製品製造業	0.5
鋳業、鉄鋼業	0.4
飲料・たばこ・飼料製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、非鉄金属製造業、電気機械器具製造業、輸送用機械器具製造業、	0.3
(製造業平均)、食料品製造業、繊維工業、木材・木製品製造業、出版・印刷・同関連産業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業、金属製品製造業、窯業・土石製品製造業、	0.2
衣服・その他の繊維製品製造業、家具・装備品製造業、なめし皮・同製品・毛皮製造業、一般機械器具製造業、精密機械器具製造業、	0.1
機械・道具を用いない手作業(実際には無い)	0

表3 - 3 業種別機械化率表

傾向的には、資本装備率の高い産業では、技術の人への依存が低く、機械(技術)が人の労働を肩代わりしている状況を示している。

製造業の産業分類で見ていくと、平均的には、技術の機械化率はとても低く、最大の業種においても50%にしかならない。

なお、第1章、図1 - 7で「通常 $a > b$ 」と述べたのは、「最大の業種においても50%にしかならない」とほぼ同じことを言っている。即ち「 $a > b$ 」ということは、「経済的には機械化率が低い方が有利」と言っているのである。

8. 教育による「人が分担する、技術の部分」の補填

技術移転に係わる教育には、技術と技術開発の違いと同様の、2つの異なった範疇に属するものがある。

1つは、現実の技術に於ける「人のサービス部分」を移転先の人を教育して代替させようというオペレーター教育である。

2つには、技術開発力の移転のために、創造性開発教育をしようというものである。

従来この2つは、目的の違いによる分離ができていなかったため、明確に違うものとして把握されることはなかった。しかし、技術と技術開発の違いと同様に、オペレーター教育と研究・開発者教育は違うものであるので明確に分離して把握することが必要である。

後者の創造性開発教育については次節8. において示す。本節において示すのはオペレーター教育の問題である。

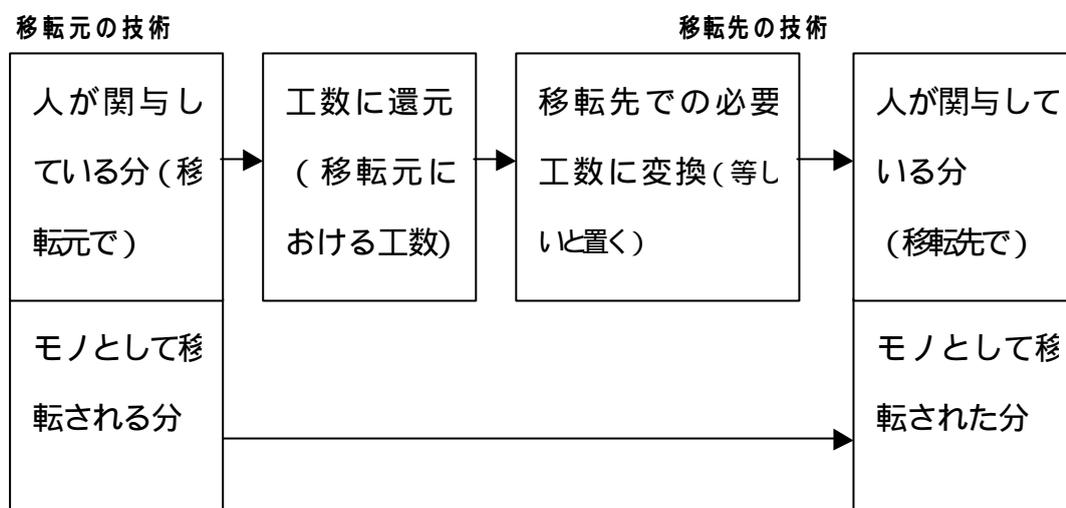


図3 - 7 技術の「人に関与する分」の移転と計量の考え方

技術のうちサービス部分の計算法は既に示した。この場合、移転元において「技術が機能するためにどれだけの人件費が使われているか」ということが所与として示される。それを実現する工数は移転元と移転先で同じであるとして、移転先でどれだけの工数を確保する必要があるかということが計算できる。

なお、前節でも述べたが、図1 - 7の「人 - 機械協業におけるコスト曲線」における人件費曲線が技術供与国と移転先国で異なるのであるから、本来は機械化率も変化しなければならない。しかし技術移転においては、技術供与国の技術をそのまま移転するという性格があり、上記のように機械化率は技術供与国の機械化率に固定される。

ここには、かつて「適正技術の移転」が問われたように、「移転先における適正な機械化率の設定はどうあるべきか」、或いは「技術供与国の機械化率は技術供与先国において変更されるべきではないか」という問題が存在する。しかし、ここでは現行の技術移転に倣って、技術供与国と移転先国で機械化率は変更されないとして議論

を進める。

技術を完全なものとするために必要な補完すべき工数は既に求められているので、実際に移転された工数が求められれば、どれだけ必要量が満たされたか示すことができる。そこで、ここでは移転先国において、教育により移転される「技術の該当部分」の量を計量する方法を考える。

教育を実行する際には、実行のためにいくつかの段階がある。その段階毎に問題点と難しさが存在する。その各段階とは次のようなものである。

第1に、移転元において機械 - 人協業により技術が構成されているとして、人の分担する部分の動作を文書として記述する。これは、技術の「サービス部分」のマニュアル化である。

100%機械化を目指す際に必要となる「メモリーとアルゴリズムによる記述」と異なる点は、技術を人と機械の協業として実現する場合は、アルゴリズムを実行する為の補助手段を考える必要がないということである。人は精神と手足という自然に備わった実行器官を備えているからである。逆に、人間の動作特性（精神・手足の特性）は機械のように単純ではないので、これに合わせたマニュアル化が必要である。

移転元で既に実現され、使われている技術である場合には、機械・道具と人間の動作特性に適った合理的動作になっているはずであるから、人の分担する部分の動作を単純にマニュアル化するだけでよい。

第2に、このマニュアルを翻訳する。ここで言う翻訳とは、（言語・文化背景・教育履歴の異なる）移転先国の人間が理解できる言語表現によるマニュアルを作成するという意味である。技術は技術であり、本来文化様式とは独立の存在であるが、技術移

転を受ける側の間人は、自分の文化的背景を基本的文脈として（前提して）理解する傾向がある。このため、マニュアルの翻訳に際しては、文化的背景の違いによる行動の意味づけの差などへの配慮が必要である。

第3には、この翻訳されたマニュアルを移転先に引き渡す。第1、第2段階が完璧にできていれば、これで終了の筈である。しかし、技術移転先の技術者や労働者が勝手にマニュアルを勉強してオペレーターになるかといえば、ならない。このときに、マニュアルの各項目を教え、各項目ごとに理解したことを確認し、最終的にマニュアルの全項目を理解したことを保証して教育が終了する。

いわば、この第3部分に相当する教育は本来不要なものであり、マニュアルが不十分なこと（移転元の責任に帰する）と、受入れ側の技術者・労働者の努力不足に起因して不必要な努力がなされているのである。しかしながら、人間の行動から見て「教科書が与えられれば、生徒はその内容を理解し応用自在になる」と言えないこともまた事実である。

本来個々人が自主的に学ぶべき事柄を、メモリーとして与える（教える）ということでは教育は成り立っている。単にメモリーを移転・コピーするだけでも、「人は機械とは異なる」ための難しさが存在する。第1章でも述べたように、人間は単なる記憶という行為でさえも創造過程として構成している。

なお、現実の日本から発展途上国への技術移転を見ると、第1、第2段階は十分に行われず、OJTとして、本来不必要な第3段階のみでオペレーター教育が行われている。合理性や効率性から考えると首を傾げざるを得ない。第1、第2段階への努力の傾注がなされて然るべきである。

このような現状はともかく、教育により移転される技術の量はどのように把握され

るべきものであろうか。第1章で示したように、教育を技術として把握する場合、教育はメモリーとアルゴリズムにより記述することができる。メモリーとアルゴリズムは不定形であるが、「製品」と同じ性格を持ち、同様に計量可能である。

具体的にメモリーとアルゴリズムとして計量される「製品」としては、メモリーとしての教材・資料とこれらに付随する工業所有権利用権、(ソフトウェア)著作利用権、(半導体チップの)回路配置利用権、(ノウハウ等)財産的情報利用権等、及び教育法(カリキュラムと教授法)といわれるアルゴリズムが該当する。注7

教育として技術移転が構成される場合、テキストはその技術をオペレートするためのマニュアルである。結果としての移転量は、その技術をオペレートできるようになった人員の数によって人数倍される。これは教育という技術における製品のコピーという意味合いである。技術を製品群として扱う場合、教育技術の製品は訓練された人間である。

しかし、カリキュラムや教授法は生徒にコピーされない。これらの意味合いは、製造技術における道具や機械と同じである。これらの技術移転量を計算する場合は、教材の作成、カリキュラムや教授法の考案・構成に要した工数を積み上げればよい。本則によればこれを工数で記述するものであるが、本節においては、技術移転量を市場価格で計算しているので、教材作成費、カリキュラムや教授法立案費を市場価格で積算する。

なお、このほかに教育への投入量としては、総授業時間に相当する生徒の人件費を積算する必要がある。もっとも、経費としての生徒人件費は移転先国ないしは、生徒個人により負担されるので、技術を贈与する側としては無視できる。

さらに、注意しなければならないのは、投入量は教材作成費、カリキュラムや教授法立案費及び教師・生徒の人件費であるが、産出量は(技術を完全なものとするた

めに必要な補完すべき工数相当として求めた市場価格) × 生徒数である。即ち、投入に応じて産出が決まるわけではない。注8

オペレーター教育において別個に得られる計量可能な量を確認しておく、

- (1) 技術の補完のために必要となる労働の工数
 - (2) 教育に必要な投入量
 - (3) 教育成果としての「教育されたオペレーター」の量(産出量)
- である。

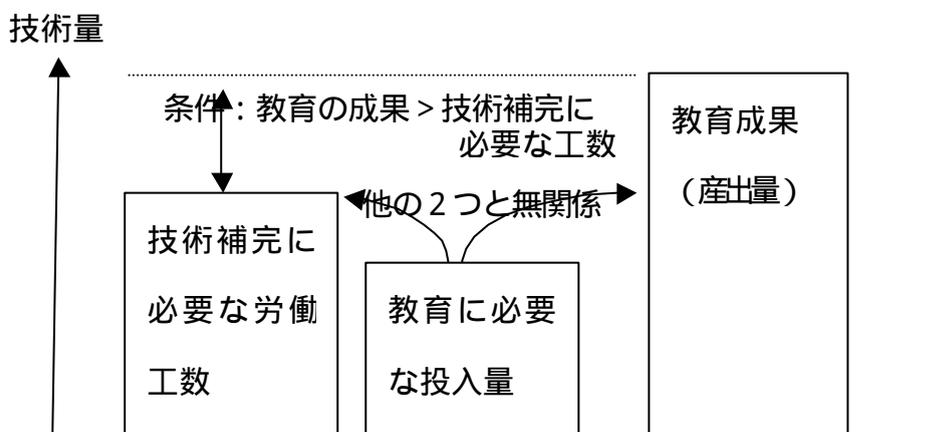


図3 - 8 オペレーター教育に係わる3つの技術量

3つの技術量は別々に求められる。「教育成果」が「技術補完に必要な労働工数」を超えないと技術移転目的が達成されず失敗と言うことになる。それ以外に制約はない。

また、「理想的にはモノである技術」の一部を労働により代替した、機械 - 人間協業状態にある場合に、人間が分担する部分の労働を移転先の労働者によって代替させるために、教育が必要であると述べてきた。しかし、モノを労働で代替するため注意を要する点がある。それは、モノはストックであるが労働はフローであるということである。モノは減耗分を除外すれば存在し続けるが、労働はフローであり、蓄積ができないので、その時々投入を続ける必要があることになる。

第1章では、短期的経済合理性から人 - 機械協業が選択されると述べたが、長期的経済合理性からは、モノの減耗と継続的労働力の投入との比較による選択がなされるべきである。現実には長期的経済合理性からの選択はなされることがないので、ここでは検討の対象とはしないが、考慮の余地が多い。

さらに、技術移転という観点からは、先に本節で『かつて「適正技術の移転」が問われたように、移転先における適正な機械化率の設定はどうあるべきか、或いは技術供与国の機械化率は技術供与先国において変更されるべきではないか』と述べた。経済長期合理性と機械化率変更の2つは同質の問題であるので同時に考慮されるべきである。

なお、教育の成果を計量する際、「移転が確実に行われたか否か」ということの確認は非常に難しい。その理由は、人間の精神活動が「現れる」に属する創造的活動として構成されるため、「ある」に属するメモリーについて移転するだけのことで不確実さを内包してしまうためである。即ち、教えられても、覚えなかったり、理解しなかったりする生徒が存在し、試験等を行って成果を確認しようとしても万全ではないのである。

9. 創造性教育（技術開発力の移転）

創造性は技術の範疇に属さないことを第1章で示し、第2章補論では技術開発能力が教育により付与できるかということについて議論した。

しかし、技術移転の現場においては、技術の移転だけでなく、自発的発展の基礎となるため創造性開発教育が要求される。

このため、創造性開発教育を技術移転にかかわる教育問題として再度論じる。

「創造性教育」で何を言わんとしているかといえば、社会にとって「価値の高い」創造性を発揮できるように教育しようということである。

技術移転に係わって「価値の高い」創造性が何かといえば、移転される技術に係わる技術開発である。創造性教育の目的は、技術開発力の移転に他ならない。移転先の技術者が移転された技術と同等以上の技術を独自に開発する能力を得たときに、技術開発能力の移転が完了したとされる。同等以上の意味は同等・等価な技術で構わないと言うことで、創造性教育の完了目標は「移転技術と同等の技術を開発できること」となる。

この創造性教育の完了目標を「移転技術と同等の技術を開発できること」以上にとると、未踏技術については評価基準を持たないため明確な達成評価ができない。

また、十分な総合力が無くても優れた技術の開発がなされることも有れば、十二分に広範な知識を持っていても、何の技術開発にも結びつかないこともある。発明の才能と教育の成果は必ずしも結びつかない。

人間は努力しなくてもその思考様式は創造的であるので、その連続的延長として「移転された技術と同等以上のレベル」という条件の下に移転技術の小改善ができることが創造性教育では目的とされる。

我々誰でもが創造的であると認めるような創造性に富む技術開発には、誰でもが考え付く連続的延長を越えた飛躍が存在し、この飛躍には強い意志力乃至は正常な思考を越えた発想が必要である。

技術移転に際しての「創造性」ではこのような大飛躍は期待されない。実際の技術開発において、大飛躍が達成されることは非常に希であるので、技術移転の場において大飛躍を期待する必要もないのである。移転先の技術者に天才がいても構わないし、大発明家が現れても良いが技術移転に伴う技術者に対する創造性教育の目

的ではない。移転元の技術者と同じレベルの平均的技術者を教育により得られれば十分である。

また、教師となる先進国の技術者が生徒である途上国の技術者と比べて必ず創造的能力に優れていなければならないというものでもない。注9

技術開発能力は、総合力であるため、何と何をすればそれが得られるか示すことは難しい。このために、創造性教育の議論は拡散し、何でもかでも詰め込む「目標」のない方法論だけの詰め込み主義に陥るか、方法論のない精神主義に陥る。この弊を避けるためには、漸進主義に基づく一步毎の着実な前進を目標とすべきである。何が漸進主義かというと、移転技術を構成する個々の要素技術(製品)について多面的理解を深め、その利用法等について応用・改善を計るという方法論に基づき、小改善の繰り返しにより、技術が改善できるものであることを納得させると同時に、改善を通して得られる満足感により動機付けしていこうというものである。大目標を掲げそれを実現する計画を立てることは、得てして精神主義に繋がる。小目標ないし改善計画の目標は立てやすく、方法論も視界に入りやすいので、実行しやすいということである。

本節では、創造性教育と呼び、あたかも教育により創造性が与えられるかのように記したが、教育により創造性が付与されることはない。人間の精神は本来創造的に機能するために、その創造性の方向を人類に価値有るものへ方向づけることを生徒が学び、真似る性向を持たせることが創造性教育である。

「創造性教育」は生徒の性向・態度の方向付けの問題なのである。意欲があっても空回りして開発の実績に結びつかないことも無くはないが、たいていの場合、生徒の意欲が引き出せれば、それだけで技術開発力の移転は成功したことになる。

即ち、心理学用語を用いれば、教える側から見て、動機付け(Motivation)の問題

ということである。例えば、生徒に技術開発の成功体験をさせることは非常に強力な動機付けをすることになる。これは、優れた研究者の居る研究室からは優れた研究者が輩出する事からも自ずと示されている。

人間は他の動物のように単純ではないので、(パブロフの犬のような)古典的動機付けにより騙されることは余りないが、オペラント動機付けにより誘導することは可能である。即ち、個々の生徒に対し有効な刺激を見つけ出し、それを強化するオペラント反応により、技術開発に対する動機付けとその強化が可能なのである。注10

では、これらに係わる技術移転量の計量はいかなるものになるのであろうか。先ず、創造性教育(技術開発力の移転)としてカウントされる項目は何か。注11

現在のところオペレーター教育と創造性教育は分離されていない。形態的に創造性教育は共同研究の形を取るのも、外形的に分別可能であるが、我々の意識が2つの概念を分離できていない。

また、オペレーター教育が全く創造性教育に役立たないかと言えば必ずしも「そう」とも言えない。オペレーター教育においても、マニュアルの範囲を超えて知的刺激を与えるからである。知的に生徒を刺激するものは、創造性教育の効果を持つと言って良い。しかしながら、ここではオペレーター教育と創造性教育を分離して考えるのであるから、オペレーター教育に付随するものは全てオペレーター教育に組み入れた上で、開発・研究業務に関わるものを分離してその投入価格を積算する。オペレーター教育がOJTであるときはその性格に応じて、オペレーター教育と創造性教育にふりわけ。通常のオペレーター教育に付随して創造性教育効果が存在したとしても、それは僅かであろうと推定できるのでこれは無視する。とりあえず両者が分離でき、オペレーター教育と創造性教育として分離把握できればよいことになる。

「創造性教育」の中心部分は、現在までのところ移転元から派遣された技術者と

移転先技術者の共同研究・開発の形態を取る。そして、これ以外に有効な知的刺激 - 動機付け - は行われていない。

この共同研究・開発は世界最先端のテーマである必要はないが、移転技術の延長的向上(イハ' - ティフ' な)テーマである必要が有る。また、既に先進国で実用されている技術を演習として後追い開発することにより、生徒を教育することもできる。その場合、教師の側では結果が分かっているので、効果的に演習運用できるが、生徒の側で動機付けが低下する。この動機付けが創造性教育の眼目であるので、先進国で実用されている技術として周知の課題を(演習)課題に取ることはあまり望ましくないことが分かる。注)12

共同研究・開発における投入量が何であるかといえ、技術供与側と受入れ側の人件費がその大宗をなす。このほかに研究開発用資器材が必要であり、その減耗分が常に補填されなければならない。しかしこれら資器材は移転技術の「製品=機械・道具」の一部として、予め「モノとして贈与」されている。創造性教育のための投入がこのような形で為されているため、投入という面から創造性教育がオペレーター教育と分離できない。これは、先に述べた、技術移転する側とされる側の両者に見られる認識の欠如に重畳される問題点である。このような事情から、当面創造性教育を分離して把握することはできないが、オペレーター教育に質の違うものが紛れ込んでいるとすれば、オペレーター教育の非効率を示していることに他ならないので、本論の方法を適用することなどにより、オペレーター教育の効率が向上した時点で、創造性教育については再度論じることとしたい。

しかし、現時点においても両者の定性的性格の違いを理解して、技術移転に当たることが重要であると考え。

10. 技術に対する期待価値

また、技術は製品価格としては計量できるようになったが、世の中一般では「技術の価値は製品価格のみではない。将来性に、大きな価値が付随する。」注)13と信じられている。この期待価値の意味を明らかにする。

本論では、「技術は製品群であり、その製品価値の総計が技術の価値である」と主張しているのであるから、このような実現されていない将来価値といった価値は存在しないと主張している。しかし、世の中一般は「技術」に非常に大きな「期待感」を抱いているので、これを直ちに否定するのではなく、その意味付けを試みる。注)14

技術の現実価値と期待価値の関係は、資本と（ヒルファディングの言う）擬制資本の関係から類推できる。注)15

現実価値と期待価値の間には人々が抱く「期待」の価値としての実現化が必要であるが、技術にはこの実現化のメカニズムが存在しない。擬制資本が $(\text{資本} \times \text{配当率}) \div (\text{平均利子率})$ という形で定義され、資本取引市場という期待価値の実現化メカニズムを有するのに対し、技術の期待価値は定義できず、「技術取引市場」という期待価値の実現化メカニズムも存在しない。

結局のところ、技術の期待価値が定義できないために、世の中一般に納得してもらえない技術の価値は計算できない。世の中一般に納得してもらえない様な技術の価値は、期待価値を正しく反映したものでなければならないが、期待価値は定義が困難である。注)16

11. 技術移転の効果分析

技術移転の効果は、移転先国における移転される技術の経済・技術戦略的意味合いから導出される。それは技術自体の価格とは直接的関係を持たない。

もちろん、移転される技術そのものの価値^{注)17}の移転はあるので、この分の価値贈与が貢献としてカウントされることに何の問題もないが、それが全てではない(上述の「期待価値」等)とされているし、一国の経済の大きさと比べて微々たるものである。技術移転効果の殆どはその技術の技術戦略的価値から導かれるのである。^{注)18}技術戦略的価値は技術の経済発展への貢献と技術連関上の補完効果の2つから説明される。

しかしながら、技術の技術戦略的効果というのは、経済外価値であるため、計量することは不可能である。もし、これができるなら、先進国においても、技術開発等への資源配分において、もっと合理的な選択ができていないはずである。技術の経済効果を計るとすれば、ある技術が存在した場合と存在しない場合の夫々について、変化する一国の経済の中でどれだけGDPに貢献するかを計量しなければならないことになり、これができないのである。

それでは技術価値を微分したものの経済発展(経済の微分価値)に対する寄与はどうであろうか。実は、これが第1章でふれた、TFP分析である。TFP分析では技術進歩(技術価値の時間微分)の経済発展に対する寄与が求められている。それによれば、技術の微分価値の経済発展に対する寄与は80%にも及ぶ。しかしながら、他の説明可能な変数の効果を差し引いた残差として計量されているため、技術進歩の効果として計量されるものは、説明が可能でない他の変数の効果も技術進歩に積算している。また、世の中に存在する技術全ての進歩による効果は一応推計されるが、個々の技術進歩の貢献がどれだけになるかは計量できない。

そこで考えられているのが、技術戦略的意味付けである。

生産と消費は社会の変化に伴って変化を続けている。将来の生産・消費形態を考えると、産業構造の変化の方向が見えてくる。この時将来必要になり、キーとなる技術も予測される。この技術の獲得を計ることが戦略的意味合いである。注)19
将来の発展の基礎となる技術を得ることが戦略的選択とされるのである。

また、技術は技術の連関の中に存在しているために、「迂回路の存在しないキーテクノロジーを欠く場合には、一連の技術全体の停滞を招く可能性が有る」と考えられている。現実には迂回路の存在しないキーテクノロジーが独占されることはないの
で、ある技術が絶対的に入手不可能となることはない。

特許法上も「強制許諾」という伝家の宝刀が各国に与えられている。注)20

それにも拘わらず、「キーテクノロジーを欠く場合に、一連の技術全体の停滞を招く」と信じられているのは、ある技術が必要になる都度技術を導入するという態度では、永久に技術的2番手以下で先進国を追い続けることになるからである。技術的トップと2番手以下には技術の収益性に差があると信じられており、またそれが、技術開発競争の原動力ともなっている。

しかし、この解釈は、「2番手以下に一種の諦めが存在し、技術開発への動機が失われる」ために技術獲得（開発）に失敗すると考えても説明は付く。

逆に、あるキーテクノロジーを保有する場合、そのキーテクノロジーを含む一連の技術が天然自然に獲得されるという風にも極めて楽観的に信じられている。技術には進歩の時系列的展開パターンが有りそうなので注)21、しかるべき努力が続けられれば、キーテクノロジーを軸に技術群の獲得ができるかもしれないが、決して天然自然に得られることはない。技術開発を継続するためには、精神の賦活化と努力が必要である。

実際の技術移転プロジェクトにおいて、このような戦略的選択がキチンとなされているかという点、必ずしもそうっていない。むしろエネルギー、環境といった「行政サービスを行うにあたって」欠落している技術や、行政サービス上非効率になっている旧式技術の革新を求める例が多い。そのような場合、技術贈与国は将来の産業競争の競合相手を想定しなくて済むし、移転先国の住民福祉に確実に役立つことから、技術移転の要望を受け入れやすい。さらに、産業インフラ整備ということになれば、技術贈与国の企業が移転先国へ進出する際に利益を受けることを期待できる。また、移転先国にしても、自らの行政サービスを改善するにあたって即効的に役立つ。

このような技術贈与国、技術受け入れ国の利益が一致し、技術贈与正当性の説明が容易なものは、上述の戦略的技術移転からはほど遠いものとなる。

もっとも、産業インフラ整備をすることにより、将来重要となる技術を保有する先進国の私企業を呼び込み、一石二鳥の効果を狙い、国から国への技術移転額に数倍する技術を獲得しようという深謀遠慮だとすれば、これが「戦略的でない」とは言えなくなる。しかし、インフラ整備、企業誘致の各段階に不確実さが存在するので、直接的でなく、数段階の実現過程を必要とする場合は、各段階の確実さ確率の掛け算で確実さが減少し、不確実さが拡大する。不確実さのあまり大きなものは、戦略ではなく単なる賭けである。

12 . 技術連関上の補完効果

機械の中で最も簡単な機械要素の一つであるネジにおいてさえ図2 - 4のような技術の連鎖が見られ、金属材料他の中間製品に頼って初めて製品化できるという性質を持っている。このネジも機械・装置を構成するほんの一部の部品に過ぎない。現代の技術においては、材料、部品、製造機械、道具等その技術を構成する、或いは機能させるために必要な要素を他の技術に依存する。

この現実の産業間における依存関係は、本質的なものではなく単に経済合理性に基づく選択の結果である。技術連関上の依存関係は不可避であるが、その分業をどう構成するかには必然性はない。即ち、分業生産の方が一貫生産よりも効率的であるということに過ぎない。

しかしここには、一貫した技術を所有する（占有する）ことよりも、相互依存による経済性の向上が選択されているという事実がある。即ち、技術よりも経済合理性の方が優先される、上位の判断基準ということである。

このように書くと、つまらない観念遊びをしていると思われるだろうが、これは技術連鎖と産業連関の異同に付随する重要な情報である。

この考え方の適用を誤ると、経済安全保障と言うことで、1セットの完結した技術（産業）を国内に持たなければ危険だと言い出すことになる。

現代の複雑化した技術連鎖は、相互依存を繰り広げてみれば、技術の優劣もある。おおよそ1セットの関連した技術を全て1国の中で保持し続ける等と言うことは無意味である。無意味でないにしても、それを実行すれば経済合理性は大幅に損なわれる。

同様なことが技術協力の場においても要求される。移転すべき技術の範囲を合理的な範囲に設計しないと不経済であるか、実行不可能になる。移転する技術の範囲は何処までで、何処からを他国に依存するか、どのような形で入手するか、といったことを決定・設計するのである。この判断を下すために、技術の連関を記述し、分析することが必要になる。

技術連鎖を記述するということは、ある技術が関連する技術群の中でどのような役割を果たしているかという事を示すことである。技術を目に見える部品・製品というものに置き換えて表示するという立場をとったとき、次段階の技術から見て部品とな

る製品に至る部品・製品の連鎖の中での位置づけとして示すことができれば十分である。注)22

この場合、移転対象技術に係わる部品と製品の相対的關係を示すということが移転対象技術の周辺での技術連鎖記述である。

全技術の中での位置づけを知らずに、次段階と前段階の技術との関係を知るだけで、当該技術の位置づけを理解できるのであろうか。先にも述べたように、我々は現存する全技術の相互關係を示すことはできない。しかし、移転技術に付いて前・後製品との關係が示せれば、移転技術の「どの部分」を他に依存するのか、どんな技術のために役立つのかは示されることになる。

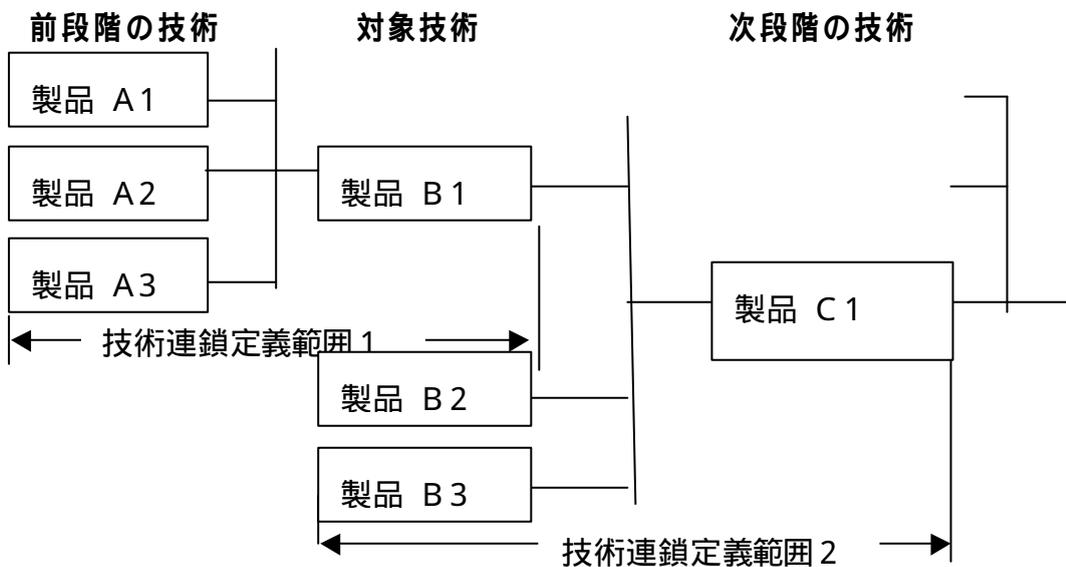


図3 - 9 各段階の技術連鎖の記述

現実に、この図によって連鎖を表示しようとすれば、このような単純な説明では済まない。例えば、先にも例としたネジ製造技術を思い出してみると、製品としてのネジはネジであるが、一つの製造ラインで製造されるネジは一種類ではない。転造金型等

を変更することにより多種類のネジが製造されているであろう。このとき、特定規格のネジを狭義の製品とするか、そのラインで製造する全規格のネジを製品とするかで、金型の数も変動するので、ネジ製造技術を構成する製品群も変動していることになる。また、同一規格のネジ生産も、1個のネジ生産で終わることはなく、1ロットで数千本という単位のこともある。つまり、製品を単一の製品とすれば、分析精度は上がるが、図が複雑になるとともに説明も難しくなる。

技術概念としてのまとめりや多用途製品の取扱を考えると、ネジのような多用途製品では、比較的によく用いられる用途一つで他の用途を代表せざるを得ない。

13. 第3章のまとめ

本章は第1章、第2章で展開した技術論及び技術計量法を技術移転に適用する方法の検討を行った。

技術移転により移転される技術という対象には労働手段という「モノ」だけでなく、技術を補完する人に対する教育や、実際の贈与は行われませんが「土地建物等、広義の労働手段」も含まれる。

「技術はモノである」という認識に基づくと、移転される「技術量」総量は財とサービスの総体として「モノとして移転された技術量」と「機械化率」から推定できる。さらに、機械化率を推定する方法を示し、製造業業種毎の機械化率推定表を得た。

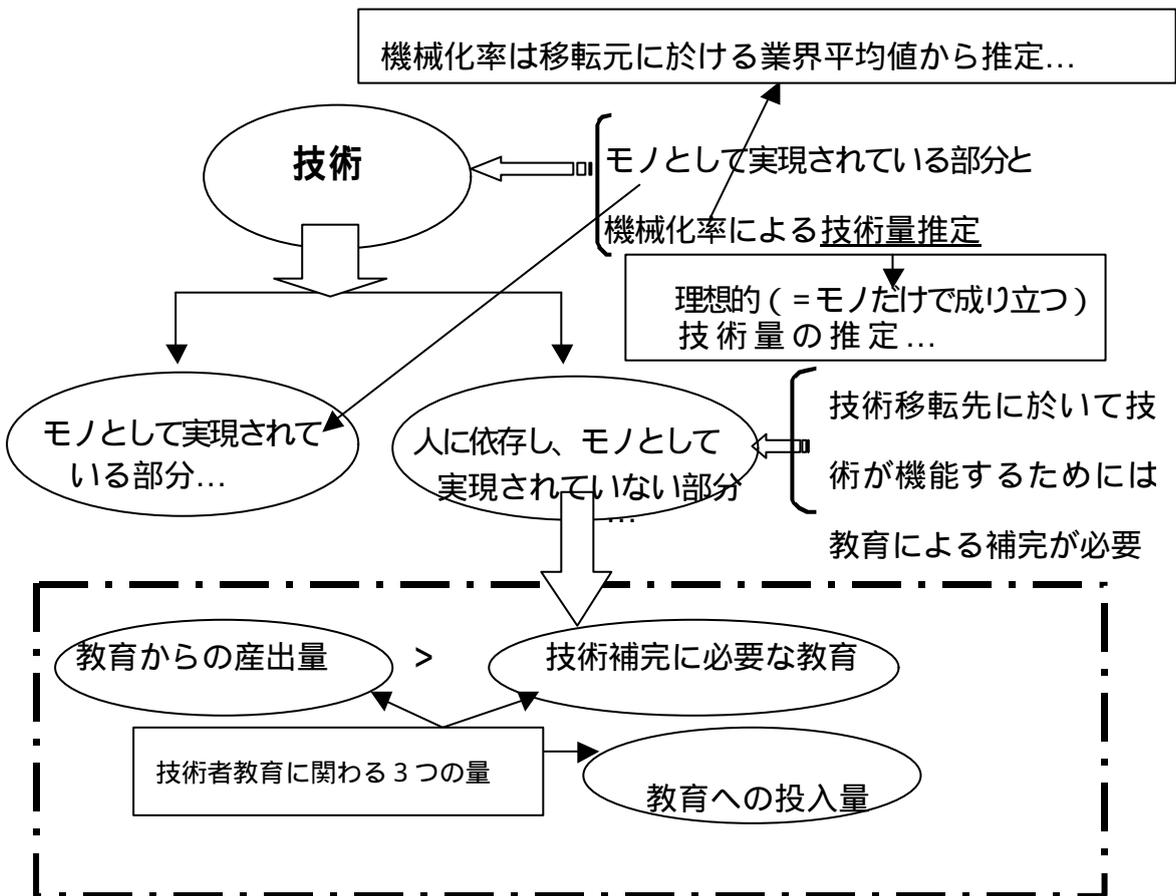
「モノとして移転できなかった分＝現地で技術者教育が必用な分」は「技術量」総量と「モノとして移転された技術量」の差として求められる。「モノとして移転できなかった分」は教育によって補填されなければならない。これは、人-機械協業状態にある

技術の「人に依存する部分」の移転に相当する。これがオペレーター教育である。

技術移転における教育には、オペレーター教育の他に創造性教育（技術開発力の移転）があり、創造性教育とは心理学用語を援用すると、動機付けに他ならない。

また、技術関連上の位置づけを示すために、前・後技術の間での当該技術の位置付けを簡略化した図表を使って示すことにした。

以上で述べた技術移転に係わる各量の計算フローを図10 - 10に示す。



図中の ~ の説明は下記

図3 - 10 技術量、教育量の計算フロー図

機械化率の推定

その技術の属する業のフローとしての経費から、機械費 / (機械費 + 人件費) を計算して機械化率とする。(単独技術の機械化率推定が難しいので、業界内平均機械化率を代用する。)

モノとして実現されている部分の計量(ものとして移転された技術量の計量)

ソフト・ハードの製品として実現された部分の価値の総計。技術移転では、贈与された機械等の価値の総計。

理想的技術量の推定

定義から、理想的な独立した技術量 = (ものとして移転された技術量) ÷ 機械化率 である。

これに、の結果を代入して、理想的な独立した技術量を求める。

人に依存し、モノとして実現されていない部分の計量(技術補完に必要な教育量)

(理想的技術量) - (ものとして移転された技術量) 或いは(ものとして移転された技術量) × {(1 / 機械化率) - 1} として計算。これが、技術補完に必要な教育量に相当する。供与国、被供与国の人件費の違いを考慮して、工数で表記する。この部分は原則に戻った表記であり、次の教育量(: 供与国、被供与国にまたがる量である。)比較が可能になる。

教育への投入・産出の計量と技術補完に必要な教育量の比較

教育への投入、産出を供与国、被供与国に分けて積算する。被供与国の投入のうち、(十分な教育がなされた)オペレーター数を産出とする。

最後に、「技術補完に必要な労働工数」の意味をまとめておく。

技術移転で移転するのは、「技術」と「技術開発能力」の二つである。

移転対象である「技術」は、理想的には製品の集まりであり、人手に依存しない。

経済的理由から、一部の製品は、人手に頼ることが安価であり製品化されない。

このため、技術は財とサービスによって構成されることになる。

技術移転において、サービス部分の移転は「技術補完に必要な労働工数」として

理解され、「理想的な独立した技術」と「製品化された技術の部分」の差として求められる。

「理想的な独立した技術」が現実には存在しないため、現実の「技術」の製品と人手の関係から「機械化率」を推定して、そこから「理想的な独立した技術量」及び「技術補完に必要な労働工数」を求める。

(この「機械化率」は、ある業界の平均値で求めるため、その業界に属する専門家が「その業界の機械と人手の比率に従って決めた」技術移転計画と等しくなる。)

第3章 参考文献

「動機と情緒」エドワード J マレー著、八木 冕 訳、岩波書店、1974年

近代経済学講座「計量分析編 3」内田 忠夫他、有斐閣、1975年

(第3章了)

第3章 脚注

注)1 新しい定義で 言うところの製品から、狭義の製品を引くという手続きを踏まなくてよいという意味で、技術移転においては、「労働手段の体系」説のほうが、新たな定義よりシンプルな取り扱いが可能である。しかし、「労働手段の体系」説が示すのは一組の労働手段ということであり、すべての労働手段ではないから、この点の修正をしなければならぬ。

注)2 移転先国において最も競争力のある技術を持つ国がその技術を贈与するとは限らないし、技術は長い技術連鎖の中に存在しているため、技術連鎖を構成する全ての製品・サービスについて、最も経済性に優れていることもありえない。そこで、技術贈与の意図を持つ国が、相対的に優位な技術を移転することになる。ここでいう経済的に優位な技術という意味は、その技術が移転先国において製品やサービスの生産に適用されたときに、「そのサービスや製品が移転先国で競争力を持つ」ということのみである。このことから考えて、技術を構成するパーツとしての「広義の製品」は、移転先国で入手される時点で、もっとも安価なものを採用する必要がある。この選択が、供与国と受贈国の両者に最も効率的である。

注)3 $\text{機械化率} = (\text{モノとして移転された技術量} - \text{狭義の製品}) \div (\text{理想的な独立した技術の量} - \text{狭義の製品})$ で定義される機械化率を(1)に代入すると、(2)が得られる。

注)4 技術 = 労働手段説では一組の労働手段で技術は示されるが、技術 = 製品集合説では全ての労働手段と部品・材料等の価値を付加価値で示すとした。

注)5 人件費が50%としてしまえば、点線上に乗ることになる。一方、この値は点線を越えないことが図3-2で示されている。この場合、人件費は、50%以下の50%近傍

にあることになる。

注)6 この証明はトートロジー。注)5 の証明は正しくは下限を示してその下限と上限の差を誤差範囲として、そこから誤差を評価しなければならないのに、上限は示したが、下限は示せない。そこで、機械化率が 20 ~ 50%という普通の技術の近辺で $a/b=1$ をとるということを納得してもらうことにして、その不十分な説明をした。前節最後尾の「図3 - 2に示した誤差がどの程度になるかという事に関して、明確な断定はできないが、機械化率 0 ~ 100%の間に存在する $(b/a) = 1$ となる点の近傍では、誤差は0となる。また、 (b/a) が1から大幅に外れることも無いので、誤差は小さいと考えられる。」を、言葉を換えて言っている。

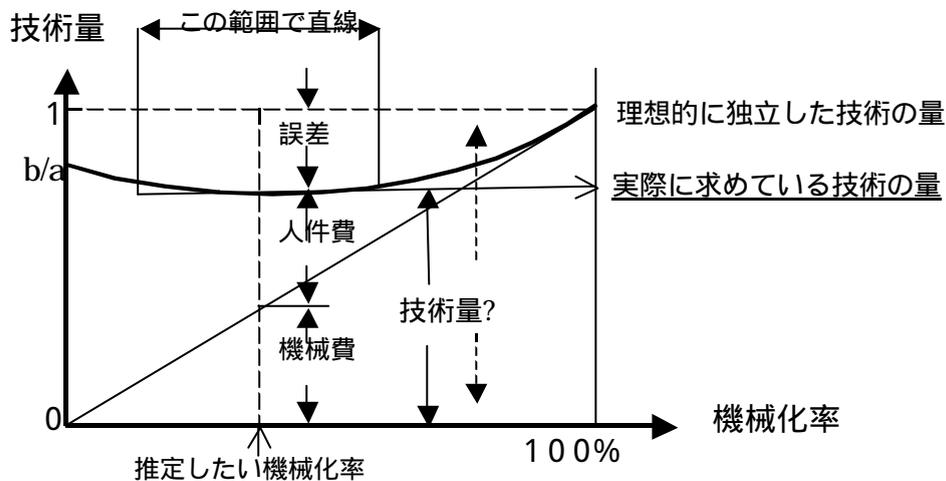


図 3-2 はこの図のように書き直されるべきであり、理想的に独立した技術の量として実際に求めている数字はこの図に下線で示した量である。しかし、ここに下線で示した「実際に求めている技術の量」の意味づけはできないので、理想的に独立した技術の量とそれに対応している「実際に求めている技術量」がほぼ等しいと証明しようと

しているが、成功していない。

注)7 此処に記した各種の利用権は、技術移転の各段階で必要が生じる毎に処理しておく必要があるため付加されたものである。これらは技術そのものの属性ではない。これら各種の利用権は人間社会の約束事であり、技術という観点からは余分なものである。このことは これら権利が存在しなかった時代の技術移転というものを想像すれば一目瞭然である。

注)8 生徒数が少ない場合には、投入量が産出量を上回ることもある。また、この教育された人員は「技術」の一部を構成するものであるので、移転された労働手段のセット数を越える分は無効な教育である。しかしまた、ジョブホップ等を考慮すると、労働者の転出による逸失分をカバーする（一種の）安全係数という余裕を見込む必要もある。

この意味でいうと職業訓練の場合は、誰かが労働手段が用意しないと、訓練自体が無駄になる。

注)9 経験が豊富である等何らかの優れたものを持たなければ、教師と生徒の関係は成り立たないことにも注意。技術開発能力が高い技術者であれば言うことはないが、そのような人材は移転元が手放したがるので、技術移転の現場においてはなかなか得難い。

注)10 特許権を強化したり、勲章等の栄誉を与えるなど社会的報酬を大きくすることによる利益誘導（動機付けの一種）も可能であるが、これは技術移転と無関係な、独立の事象であるのでここでは問題としない。

注)11 技術と技術開発を分けたのと同じように、オペレーター教育と創造性教育を分

離して終わりにしてもよいのだが、創造性教育といわれるものの、技術移転における大きさを評価してみる。

注)12 生徒の側が、「追経験の必要のために周知の課題を演習している」と理解して行う場合、どの程度技術開発への動機付けがなされることになるのか知ること、今後の課題であるが、ここでは取り上げない。

注)13 技術には期待価値が付加される。ここで言うのはプレミアムとしての期待価値である。

製品価格に反映される技術使用料のようなものは、期待価値の一部を社会的取決めとして実現したものである。これらは「技術開発費のようなコスト」を反映しているかぎりにおいて、この期待価値から除外する。即ち、投下資本 - 研究開発費のこと - に見合ったものはプレミアムではない。しかし、この考え方に対しては、研究開発への投資は、一度すべて償却費として処理した上で、収入があった場合に利益として計上すべきという考え方もあり、その考え方によれば技術使用料は開発された技術のプレミアムということになる。

注)14 個人的には、単純に、「実現されない期待価値は考慮する必要がない」と考えている。また、世界に存在する全技術というように大きな視野で見ると、期待価値の総計は0となるのではないかと考えている。...今のところ証明できないが...。これは次に述べる擬制資本の総計が資本総額に等しいことの類推による。すなわち擬制資本の場合では、平均利潤からの利潤偏倚の総計は0である。また、この性格から、長期的に積み上げた場合には、擬制資本が資本総額に付け加える価値はない。擬制資本は、資本の総価値の分配の話として説明されている。

技術の期待価値の場合においても、特許権等が非常に大きな価格で取引される

としても、それによって得られているのはその特許自身が持っている価値ではない。それは、利潤分配の問題であり、アイデアの持つ自然価値の問題ではないのである。このことは、国が与える排他特権がなくなった場合の利益の行方を考えれば納得できる。その場合、利益は特許のアイデアが天然自然に生み出しているのではないので、アイデアを技術として完成させ、それを利用した者にすべての利益が帰属してしまう。技術には天然自然の付加価値が伴うが、アイデア自体は天然自然の価値を持っているわけではない。

注)15 ヒルファーディングは株式会社の純資産額と株価総額の関係を示すことにより、実質価値と期待価値の関係を示した。技術の場合に置き換えて理解すると、財とサービスからなる技術の実質価値と「技術の期待価値」ということで、両者の関係を資本と擬制資本の関係になぞらえて理解できる。

注)16 技術取り引きの価格が、不明朗であるのも、現実の価値に期待価値が重畳されているためである。

注)17 財とサービスの価値総計のこと。部分的欠落は存在するが、おおよその価値は本論で示した。

注)18 技術の技術戦略的価値は、経済外の価値である。

注)19 ここには、定量的な評価は存在しない。あくまで定性的判断である。技術戦略的価値は経済外価値を定性的に扱っている。

注)20 特許は技術ではない。「技術とは労働手段の体系である。」という定義を用いても、特許は労働手段ではないことから明らかである。

特許権の売買を技術売買に準えることにより、特許を技術として扱うことが行われているのでこのような記述をした。国家権力の付与する特許は技術利用の占有を特許することにより技術利用を制約する。この制約を解除するのが強制許諾である。つまり、国が一度特別に付与した権利を、国益等のために再度制限するという意味である。

注)21 トランジスターの発明から真空管の固体化(代替)、ICの開発(集積化)、周波工学からデジタル化(回路設計の規格化)というように、技術の進展に伴って技術概念も展開する。先駆技術を土台にして新たな技術が開発される。これが、時系列的展開である。これに「展開パターンが存在するか」ということであるが、()で示した、代替、集積化、規格化などの概念により進展方向が括れるということを展開パターンが存在すると言った。

注)22 部品・製品という形で示したが、現実の技術は財とサービスから成り立っているため、部品・製品になっていないサービス部分も同時に記述しなければならない。このサービス部分は、何度も繰り返したようにメモリー・アルゴリズムと補助手段によって記述できるはずのものであるので、モノに準じて...つまり製品に付属させて記述すると、より分かり易くなるが、当面オペレーターはオペレーターとして扱われているので、(労働)サービスを一括りにして扱っても問題はほとんど起きない。

第4章 分析手法の「技術協力プロジェクトへの適用」と評価 1

1. はじめに

この章及び第5章では第1～3章で開発した「技術移転プロジェクトの分析手法」を実際の案件に適用して、その有効性を検証する。

ケーススタディ1としては、筆者が携わった、「マレーシアAIシステム開発ラボラトリプロジェクト」を取り上げる。

ここで検討するのは、第3章で示した、次の各項目である。

- 1) 移転された技術量の計量
- 2) モノとして移転できなかった分の計量
- 3) 教育による補填量
- 4) 創造性教育（技術開発力の移転）
- 5) 技術連関上の意味づけ

2. マレーシア国 AIシステム開発ラボラトリ プロジェクトの概要

本プロジェクトは、人工知能技術（Artificial Intelligence）の一分野である Expert System 開発技術をマレーシアに移転しようというものである。

数多くある情報技術の中で、何故 Expert System かというと、現在の電子計算機の苦手とする判断や決定という事柄に関して、専門家の判断基準を援用することは、計算能力の節約にもつながり、人が最終的な判断を下す際にも非常に役立つからである。

敢えて、人の知恵とコンピューターのハイブリッド的技術を選択したのは、現在の情報処理技術の弱点を補えるということと共に、Expert System 開発技術は方法論

が既に明確になっており、技術移転プロジェクトとして実施することが可能であったためである。

また、かつてマレーシアの1州であったシンガポールに対する日本の技術協力案件として同様のAIプロジェクトが実施され成功を収めていたことも、マレーシアの競争心を煽って、マレーシア側に技術協力案件として選択させた面がある。

しかし、AI技術あるいはもっと広く情報技術の社会への適用を考えたときには、ニーズ面での制約、すなわちどのような技術が社会から必要とされているかという点で若干の疑問がないわけではなかった。社会の発展段階がシンガポールとマレーシアでは異なっている可能性が否定できないのである。すなわち、AI技術を獲得して、社会に適用しようとするとき、「実際にマレーシア社会にAI技術に対する需要があるか？」ということである。もし、需要がなければ、移転された技術が宝の持ち腐れになる。かなり、際どい話しであるが、これは日本においても、「需要がITを牽引する」ニーズ・プルの発展状態にあるとは言えない現状に等しい。結局は、シーズ先行で、情報技術を移植したいというマレーシア政府の意図が優先された。この技術移転プログラムとほぼ同じ頃に、マレーシアは第7次マレーシアプランにおいて、MSC (Multimedia Super Corridor) という情報技術導入モデル地域を設定して先進情報技術導入政策を取り入れた。モデル“地域”ということで分かるように、マレーシア政府は全国にITを導入するには社会の成熟度が足りないと判断している。

また、技術移転内容が人工知能技術のうちでも Expert System 技術だけであるにもかかわらず、より広範な概念である人工知能 (AI: Artificial Intelligence) という名称を用いているのは、第3者に見せる「旗」として「格好良く」、「インパクトが強い」ということであったのだろうが、我々の技術協力のカウンター・パート (相方: 技術移転の直接的受け手の意味: 以下同じ) 自身が少なからずこの名称に影響を受けていた。

日本からの技術移転チームが、Expert System に限定して効率的な技術移転を

計画しているのに対し、より広い意味のAI技術の移転を求めるので、要望に添った情報提供を短期専門家による「最新技術情報の提供」という形で実施したが、実施後の聞き取り調査では、一部にはあるが講師の英語能力に問題があり、「分からなかった」「役に立たなかった」という反応があった。その際の講習を振り返ると、基礎理論、適用例、(初歩問題の)演習と短期間としては過不足なくカリキュラムが組まれていた。質疑応答が若干トンチンカンであった(共通の知識基盤の上で質疑応答ができていなかった。)が、カウンターパートの要望に添った研修においてこのような回答が出るとは思わなかった。

マレーシアでは、日本人よりマレーシアの方が英語能力に優れるという自負があり、このような回答がなされることが多い。生徒はディスコミュニケーションに責任を負わせれば、講師にも自分達にも責任が無くなると考えているふしがある。実際には講師の英語力が劣ると言っているのだから、明確な生徒達の責任転嫁である。

本筋の Expert System 開発技術移転においても基礎の基礎であるC言語の教育から始めなければならなかったことを考えると、基本的ソフトウェア開発の技術知識・スキルを持たないものもカウンターパートの中に居たことになる。これは、協力開始時に確認された ROD(Record of Discussion)記載のカウンターパート資格要件(基礎能力、或いは教育歴)が満たされていなかったことを意味する。

プロジェクトの概要は以下の通りである。

実施期間 1995年3月1日~2000年2月29日

実施場所 SIRIM、ブロック24、2階部分

クアラルンプールから南に30kmのシャーラム市内在。

SIRIM:以前、Standard and Industrial Research Institute of Malaysia と言っていた国立研究所が公社化されたとき、工業規格MS (Malaysian Standards) と共に、既に国民に良く知られていた頭文字列を正式名称とした。

SIRIM 公社：マレーシアで最大の研究組織。職員数1100名。

技術移転項目 Expert System 開発技術

- 1) 分析・診断型システム開発技術
- 2) 相談・分析型システム開発技術
- 3) 設計型システム開発技術
- 4) 計画型システム開発技術

日本側からの供与物件及び人材派遣（日本側投入）

機材供与（総額：3億9000万円）

- 1) ワークステーション 31台
- 2) ES開発用ツール・ソフトウェア
- 3) PC 30台
- 4) ネットワーク施設一式
- 5) 無停電設備
- 6) 高精細・大サイズ・ディスプレイ
- 7) その他

長期専門家（現地滞在派遣、6人×5年間。延べ12人）

- 1) チーフアドバイザー 1名
- 2) 業務調整 1名
- 3) ES開発計画 1名

4) E S構築技術 2名

5) E S構築ツール 1名

短期専門家(2週間程度、35名)

カウンターパート(日本国内)受入れ研修(21名)

日本側現地費用負担(2070万円)

マレーシア側の提供物件及び参加人員

(1) カウンターパートの配置

暦年	1995	1996	1997	1998	1999
実際の配置人数	13人	14人	18人	17人	26人
(配置計画人員	34	34	34	30	30)

(2) 建物・施設の提供

1) ブロック24、2階部分

2) 事務設備等

3) 光熱水道費

(3) 供与機材等のメンテナンス

総計100万リングギ 2800万円

(4) プロジェクト関連支出総計

463万4000リングギ : 上記(3)及び人件費を含むマレーシア側プロジェクト支出総計

成果

上記 の技術移転項目の移転を達成するためにシステム開発を行い、その間にOJT (On the Job Training) により技術開発能力を移転した。

このプロジェクトにおける「技術」に該当するものは定義によれば、開発されたシステムである。

システム開発を技術として把握しようとする、システム開発用機材（ワークステーション等）とシステム開発用ソフトウェア（及びその利用方法：マニュアル）が労働手段である。システム開発に際して、人に依存するメモリーとアルゴリズムのうち、相当部分は未確定であり（「技術」においては、人に依存する部分であっても確定している。）、ここに創造性が働く余地が有る。「技術」移転ではなく「技術開発能力」移転として分類される所以である。

技術開発能力の移転自体は評価・計量が難しい。そこで、「本件技術移転プロジェクトでは現実のシステムを開発しながらOJT教育をしている」のであるから、実際のシステム開発が幾つ為されたかによって、OJT教育の量を示す事にする。（間接的表示）

開発されたシステム自体は、上述の様に新たな定義による「技術」である。

開発されたエキスパート・システム(試験モデルを含む)

1) 分析・診断型システム

イポー病院 健常者健康診断システム

同上 診断・判定支援システム

保健省 国民健康総合チェック・サポートシステム

MSC (上記) コンテストへの提案参加

その他 研究・先行モデル 6システム

2) 相談・分析型システム

旅行計画 相談・作成システム

その他 AI短期研修用演習システム等4システム

3) 設計型システム

プラスチック用金型 コスト見積もりシステム

その他 関連システム 4システム

4) 計画型システム

港湾管理(荷役)システム

教室割り当て(時間割)システム

その他 2システム

総計23システム(演習作成、デモ用のシステムを含む。)

当初計画においては、上記の4タイプのうち分析・診断型と計画型の2タイプについて比較的大きな実用システムを「開発3サイクル: 初期システム開発、システム改良、実用システム開発」回して完全なものを作るという設定であったが、種々の障害クリアのために手直しを繰り返すうちに上記のような結果になった。上記システムには、「取りあえず一度作ってみたが...」というものや「システム開発をユーザーに提案するためのモックアップ・システム」も含まれている。

また、AI技術(エキスパートシステム開発技術)普及の責任が「AIシステム開発研究室」に負われており、マレーシアの学生、企業人を対象にした短期の研修コースがカウンターパートにより運営されている。

短期コース12回が実施され、318名が参加した。

3. 技術移転量の見積もり

3-1. 情報処理産業の機械化率推定

サービス産業である情報処理産業は、第3章で機械化率を計算した製造業に含まれないため、ここで、新たに情報処理産業の機械化率を推計する。

また、情報処理産業では、他の製造業と異なった経理慣習があるため、この修正をする。

情報処理産業と他の製造業で異なっているのは、製造業における製造設備等に相当するソフトウェア、ハードウェアの一部が、「最終的に製品に転化される」という理由で仕入れ原価として計上されていることである。また、外注費、機械(コンピューター等)賃借料も第3章で扱った機械設備費等に相当する。

外注費は製造業にも存在しており、それは機械費の計算から除外したが、情報処理産業における外注費ほどその比率は高くない。

これら各費目は何れも、技術の定義に戻って考えれば、技術を構成する製品であるため、機械設備費等にカウントされるべきである。すると、表4-1(次頁)に示すように、機械化率は55%という高率になる。

この高い機械化率は、情報産業に特異的である多大な外注費に原因するもので

ある。この外注（費）は主として、同じ情報処理産業内で受発注されている。外注先では発注元と同じような業務＝仕事・作業が行われ、社内業務と発注された業務を質的に明確に分離するのは困難である。この外注の慣習には、業界内のワークシェアリング的性格が強くみられる。

「外注費は、労働の一部を外部に依存することである」という見方から、「人件費の一部ではないか」、あるいは「人件費と機械費に分類し直すべきではないか」と考える人もあるだろうが、外注は「技術を構成する製品」の一部を外部から「製品そのものとして調達」することと解釈できるので、これは機械費等に他ならない。外注の成果物は、人を介さずに機能する製品であるので、分類するとすれば機械費等となる。この議論は、第3章の検討における誤差の存在を言っているが、上でも述べたように製造業に於いては、外注費の比率が小さいので無視できる。

以下では、参考を示したソフトウェア業、情報処理サービス業という内訳分類は無視して、主として情報処理産業のみについて議論を進める。

	情報処理産業総合	ソフトウェア業	情報処理サービス業
人件費	1377114	973154	403960
外注費	1105070	693959	411111
機械賃借料	150701	65244	85457
仕入れ原価()は内数)			
ソフトウェア購入	72322	66688	5634
ハードウェア購入	311776	270360	41416
有形固定資産償却費	192311	33572	158739
うち電算機設備	19944	11970	7974
(モディファイした推計)			
+ + + + =	1659813	1108221	551592
	3036927	2081375	955552
A = ÷ (+)	0.546543	0.532446	0.577249
	1569425	1006726	562699
B = ÷ (+)	0.122535	0.033347	0.282102
参考：3章の方法による推計			

平成11年度情報処理産業経営実態調査報告書(平成12年3月)より

データは、平成10年度分。 単位は100万円、但しA、B行は比率

ソフトウェア業及び情報処理サービス業は情報処理産業総合の内訳

表4-1 情報処理産業の機械化率推定

本論で述べてきた「技術」認識では、労働と労働手段の分離には必ずしも重きをおいていない。労働手段（製品である）が労働の成果であることには誰も異論ないだろうし、労働は（ハードウェア、）ソフトウェアとして製品化されることによって確定され、順次、技術に組み入れられていく。

また、本来メモリー、アルゴリズム及び補助装置という「製品」に置き換えられるべきものの一部が、経済性の追求という観点から、人間の精神機能と手足という機械機能に依存する方が安上がりであるために選択され、「実際の製品にならない部分＝労働への依存部分」として残る。これが人－機械協業である。しかし、この「実際の製品にならない部分」は、「実際の製品にできない部分」ではなく、その方が「経済的に有利である」だけのことであることは第1章で示した。

では、今回のAIプロジェクトに適用する機械化率としては、表4-1に示した推計の何れが適当であろうか。

情報処理産業の経理に関する特殊事情から考えて、第3章で示した方法による推計は妥当なものといえないようである。第3章で示した方法によれば、表4-1最下段に参考として示したように、ほぼ同様の仕事をしているため同程度の機械化率となるべき、機械化率はソフトウェア業と情報処理サービス業で3%と28%という大きな差異を示す。ソフトウェア業、情報処理サービス業とサービスの内容が異なっても、同じ情報処理産業であり、それらのオフィスを訪ねてみても外見からサービス内容の違いは分からない。すなわち、両者に極端な機械化率の違いはないと考えられる。それよりは、中段に示したモディファイされた推計の方が差異も少なく信用が置けることになる。

また、55%という機械化率は採用すべきであろうか。第3章で示した製造業の機械化率では最大のもので54%である。

情報処理産業の実態がここで示したようなものであるので、定義に従えば機械化率55%を採用すべきである。しかし、外注費が上で示したような業界内のワークシェアリング的性格を持ち、業界内部でのみ回っていることを考えると、他の製造業の機械化率と同じ基準（外注費を除外している）で比較するために、むしろ外注費を除外して比較すべきかもしれない。殊に、機械化率を適用することになる本技術移転プロジェクトの場合を参照すると、マレーシアにおいては情報産業の蓄積が殆ど無いため、外注というものは考えにくいので、この点を加味する。

試しに上表中の から外注費を除外して機械化率を推計すると、28.7% 0.3となる。このようなことから、本件に適用する場合は上で記した外注分を除外した機械化率0.3を採用する。

3 - 2 . 技術移転量の見積もり

3 - 1 . で求めた情報産業の機械化率0.3を用いて、第3章で示した各項目を計算すると次のようになる。

理想的な独立した技術量 = (ものとして移転された技術量) ÷ 機械化率

「ものとして移転された技術量」としては、日本からの機材供与総額：3億9000万円及びマレーシア側負担のメンテナンス費用等2800万円の総計4億1800万円を充てる。(この中には、ソフトウェアも含まれる。)

理想的な独立した技術量としては、上の式にそれぞれの値を代入して
= (4億1800万円) ÷ 0.3 = 13億9300万円 となる。

すると、「ものとして移転できなかった技術量」は9億7500万円となる。「ものとして移転できなかった技術量」は13.93億円と4.18億円との差額として求めるか、第3章で求めた式より

$$\begin{aligned} & (\text{ものとして移転された技術量}) \times \{(1 / \text{機械化率}) - 1\} \\ & = (4\text{億}1800\text{万円}) \times \{(1 / 0.3) - 1\} = 9\text{億}7500\text{万円} \end{aligned}$$

として求める。

4. 教育による、モノとして移転できなかった部分の補填

第3章において、オペレーター教育に係わって3つの技術量が存在することを示した。すなわち、「技術補完に必要な労働工数」、「教育成果」、「教育に必要な投入量」である。

「技術補完に必要な労働工数」とは、「ものとして移転できなかった技術量」である。人と機械の協業状態にある技術の、人に依存する部分の大きさを機械費から求めており、本件の技術移転に適用した場合は、供与機材とオペレーター教育のバランスを示すことになる。

「ものとして移転できなかった技術量」に相当する工数は、日本国内の製造業平均賃金(700万円/人・年)を用いて、

$$9\text{億}7500\text{万円} \div 700\text{万円/人} \cdot \text{年} = 139\text{人} \cdot \text{年} \quad \text{である。}$$

この推計は直接的技術部門だけでなく、管理部門も含めたものである。

本プロジェクトのマンパワー計画投入量は162人・年である。この数値は、供与機材に見合った139人・年に対して1割強ほどの余裕を見た数字となっている。

マレーシアはジョブホップが多いので、歩留まりを0.9とするのは余裕が小さすぎた。実際には、(転出者の補填はされているが)5年間の歩留まり率は0.5以下であった。ジョブホップの効果は、マレーシア全体としてみれば教育された人間は失われていないが、移転先のAISDEL: AIシステム開発研究室にとっては教育された人材の逸失である。

なお、カウンターパート数がワークステーションの数を超えると、一台のワークステーションに複数の人間が付くことになり、本技術移転プロジェクトのように高度な情報技術開発能力をOJTにより移転しようという場合には不適當である。作業道具としての性格を持つワークステーションは(贅沢に見えるが)一人一台である必要がある。一方、計画マンパワー投入量は機材量(ワークステーション数)とのバランスで見積もられた投入人員である。

今ここで見積もった「ものとして移転できなかった技術量(この意味は、供与機材費総額から求めた日本国内並みの人員配置数に相当する。)」と「(ワークステーション数から求めた)計画投入量」がほぼ等しくなっているのは、本技術移転プロジェクトの機材計画が「供与機材中のワークステーション数」を中途のキー・ナンバーとして、日本国内の情報産業における「平均的、人-機材バランス」を反映していることを示す。

「教育成果」に相当する、教育されたカウンターパート数は、88人・年であるから、供与機材に見合ったマンパワー139人・年の6割しか満たされていない。これを逆にみると、今回の技術移転プロジェクトにおいては、カウンターパート数に較べて、供与機材量が1.7倍近く存在したことになる。プロジェクトの終了時評価報告書にも「一部機器に稼働率の低いものが見られた」というコメントがあるが、カウンターパートの

配置状況から判断すると、カウンターパートの教育訓練に必要な機材の1.7倍が供与されていた。日本側が計画どおり機材供与したのに対し、マレーシア側が人員配置を怠ったため、アンバランスが生じた。

今回検討対象としたプロジェクトの様に、供与機材が汎用性の高い情報技術協力等においては、カウンターパート数ないしは生徒数に見合いで供与機材量が設定できるので、供与機材利用効率の観点から、供与機材の量をプロジェクト開始後にも調整する余裕を見込んだ機材供与計画とすべきである。

なお、専用性の高い機材を用いる協力案件（例えば、次章で取り上げる計量プロジェクトなど）においては、このような供与機材側での調整ができないので、供与機材に見合ったカウンターパート数の充足を強く促す必要がある。

更に、「教育に必要な投入量」と比較される、教育に係わって日本側から提供された投入量は、長期専門家30人・年と短期専門家35人×2週間=70人・週

1.4人・年である。但し、短期専門家の場合、カリキュラム、教材の作成のために、少なくとも派遣期間と同じ位の時間を日本国内でも使っていると考えられるので、取り敢えず投入量としては、派遣期間の2倍はあったと考えられる。すると、教育等のために日本側から投入された量は約33人・年となる。

教育のための日本側投入量33人・年が、教育成果（=カウンターパート投入量）=88人・年と較べて多いのか少ないのかは、第3章で述べたように判断することはできない。

供与された機材量とそれに見合ったオペレーター教育の必要量の比較は上で行ったように容易にできる。しかし、教育としての投入量と産出量の間には“こうあらねばならない”という直接的関係はないのである。

「教育に必要な投入量」は移転技術の内容から決まり、外形的な基準からは決まらない。すなわち、「専門の壁」が存在するために、投入量は投入・産出の関係からではなく、技術的な必要（技術移転項目）から決定される。

5. 創造性教育

第3章でも述べたように、創造性教育については、投入量を示すことはできても、産出量を計量することは困難である。産出量は「開発能力」である。

本プロジェクトでは、技術開発能力の移転が目的であると把握していたため、教師である日本人専門家と生徒であるカウンターパートが共同して、現地に適合した（マレーシアの事情を反映しているという意味では独自性が高い）エキスパートシステムを開発しながら、OJTにより技術開発能力を移転するというシナリオを描いた。

この場合、OJTであるため、創造性教育への投入量を見積もるためには、OJTへの投入量をオペレーター教育と創造性教育に振り分ける必要が有る。（第3章参照）

オペレーター教育は、エキスパートシステム開発の労働手段である技術開発の方法論を教授・訓練することである。方法論自体は、ほぼ確立されているので、これがメモリーとアルゴリズムで記述されていれば、それをメモリーとして移転することが技術移転になる。このメモリーとして移転された内容を“生徒であるカウンターパート”が再びアルゴリズムとしてエキスパートシステムのプログラム上に新たに展開できる様になれば、オペレーター教育として教育が完了したことになる。

また、新たに一つのエキスパートシステムを作るということは、過去に存在したもののデッド・コピーではないので、何らかの新たなものの付加が有り、ここに必ずプラ

ス・アルファとしての創造性の付加が存在する。人に依存する（新たに開発される）メモリとアルゴリズム（この場合エキスパートシステムのソフトウェア＝プログラム）のうち、相当部分は（開発されるまで）未確定であり、ここに創造性が働いている。

また、他国で開発された類似システム（同類型システム - 本章2 . に示した4 類型 - など）に取り入れられた知識だけでなく、マレーシアの風土、気風、特質に応じた知識を如何に取り入れ、どのようにシステムに反映するかという点にも、小さな創造性は必要である。

創造性の存在はこれで示されたが、創造性がどのようなもので、どのような価値を持つか示すことは困難である。情報技術の場合では、創造性豊かなシステムエンジニアの手にかかれば、凡庸なシステムエンジニアが作る半分の大きさのプログラムによって同じ効果を得られるかもしれない。しかし、プログラムの大きさが半分だからといって総処理時間が半分になるわけではない。むしろ、プログラムを小さくする代償として、大きな計算能力が要求され、処理時間は、むしろ長くなるというようなことも良く起きる。

類似技術が存在する場合の改善とは、このような性格を持つものであるので、方法論自体の革新を伴う改善でない場合、できるだけ基本に忠実な開発が望まれることになる。この意味で本技術は技術移転に適していた。

（本技術移転に際して、最も創造性に期待されるのは、新分野へエキスパートシステムを適用する方法の着想であったり、技術開発ではないが顧客を開拓するためのビジョン提示＝一種のビジネスプラン提示、であったりするのである。）

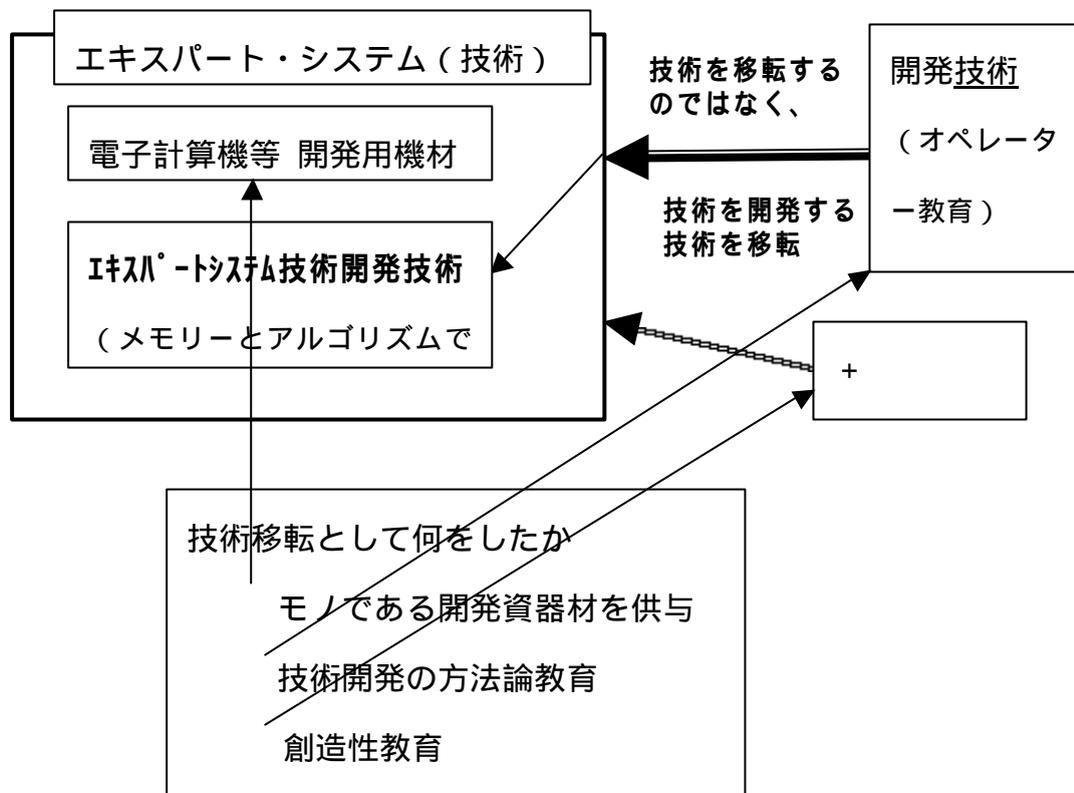


図4 - 1 本プロジェクトにおける技術移転実行内容の関係

前置きが長くなったが、以上のようなことからOJT内でオペレーター教育に属することは、開発の方法論に対応するメモリーの移転であり、開発技術を示したテキスト・マニュアルであるということになる。さらにこのテキストを教えることがオペレーター教育である。

システムを開発するための技術は、協力期間中の教育を通じて開発マニュアルとして纏められ、テキストとして完成している。では、この「マニュアルとその教育」にどれだけの工数が投入されたかという、現在では（事後的には）正確に算定できな

い。主業務はOJTによるエキスパートシステム開発であり、敢えて割り振るとOJTのかなり大きな部分即ち、このうちの1/3程度の時間がマニュアルの内容である知識の移転と理解に使われていたと考えられる。システム開発には、OJTに充てられている時間の2/3が使われていることになる。なお、OJTに充てられるのは勤務時間の半分程度で、意外に少ない。

つまり、勤務時間の $(1/2) \times (2/3) = 1/3$ 程度がOJTによるシステム開発に充当され、同時に創造性開発教育になっている。創造性教育は、システム開発に対する動機付けが目的であるので成功（システムが完成される）という“報酬”が動機付けのために必要である。

なお、「勤務時間の僅か1/3がシステム開発に充当される」というのが「日本国内の情報産業従業員の時間配分と比べて少ないのではないか」という疑問が生じる。しかし、日本国内の情報産業従業員のシステム開発時間でも平均すれば勤務時間の2/3乃至1/2というところであるので、教育が主要課題である本技術移転プロジェクトにおいて1/3の時間がシステム開発に当てられたのは妥当なものである。

6. 経済上及び技術連関上の効果

第3章においても示したように、移転された技術の価値そのものが一国の経済に影響を与えることはない。

そこで、技術戦略的価値が問われることになる。

現在マレーシアにおいてはIT（情報技術）の導入定着が最大の技術目標である。このITにおけるエキスパートシステムの位置付けが技術戦略的価値を示すことにな

る。

しかし、情報技術自体が非常に大きな技術分野を作り上げているため、エキスパートシステム技術の位置付けを情報技術中において示すことでも、容易ではない。もちろん、それを量的に示すことはできない。

マレーシアで生産されたソフトウェア（プログラム）全てをシステムの性格に応じて分類し、その中でエキスパートシステムを選び出し、全価格に対するその価格比率を求めれば、情報技術におけるエキスパートシステムの量的な位置付けを示せるが、そのような統計は日本国内にも無いので、できない。

また、この考え方をマレーシアに適用すれば、エキスパートシステムは殆ど使われていないので、比率は0となる。つまり、このような計量をすると、新技術の比率は常に0に近くなる。このため、将来時点での量的位置付けを現時点の比率により意味付けることになり正しくないのである。

現時点における日本国内のエキスパートシステム利用状況が将来のマレーシアにおける利用状況として仮定できるなら、この比較は正当性を持ちうるが、上述のように日本国内のデータは得られない。

情報技術といわれるものを試みに示してみると、図4 - 2の様になる。

（図4 - 2は、私の個人的見解から分類したもので、公式なものではない。

なお、この表中の「技術」という用語は、一般に使われる言葉として使っており、この論文で定義してきた「技術」とは異なる。）

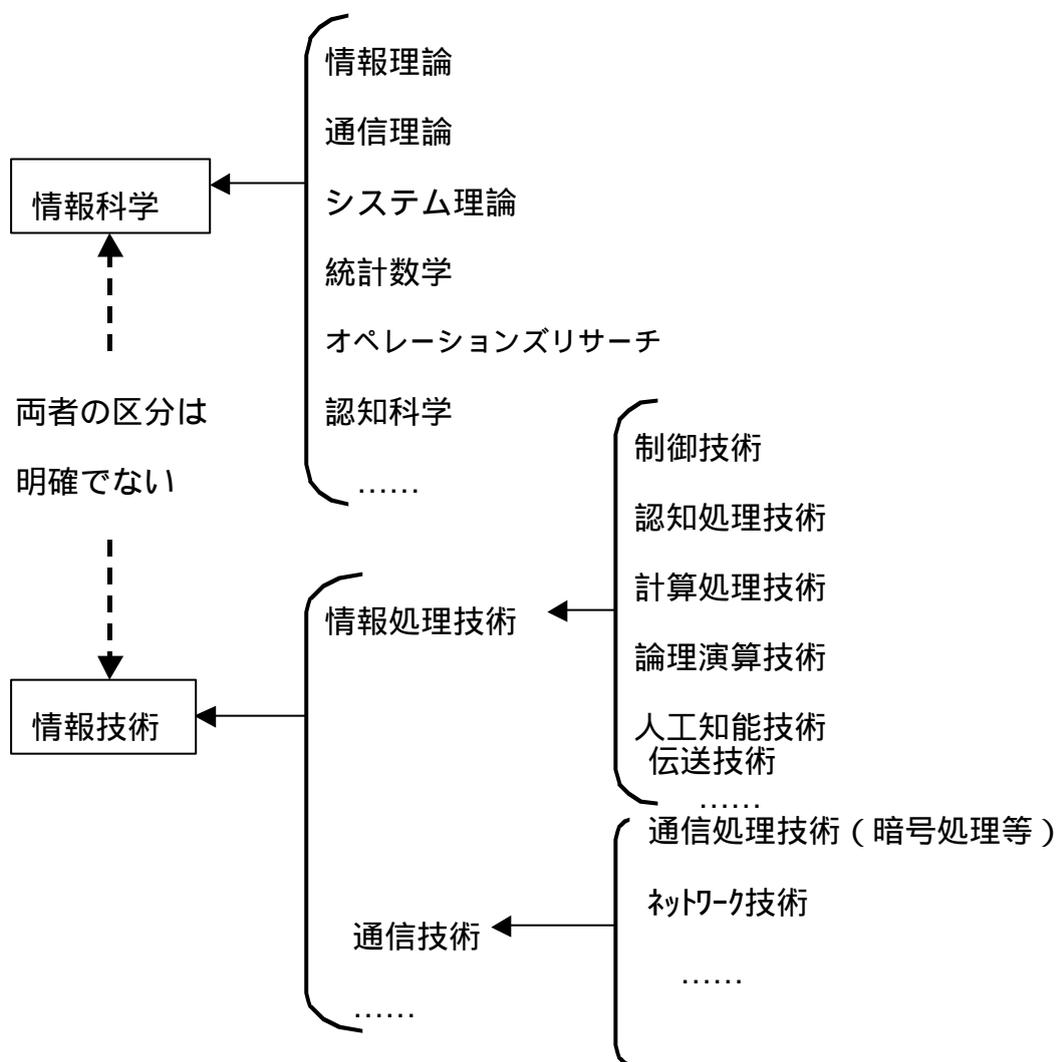


図4 - 2 情報技術の分類

また、この図中に示した情報技術と情報科学は明確に区分することはできない。これは、「技術を構成する製品」の多くが、メモリーとアルゴリズムであり、「科学知識」と表見的に変わらないためである。

第1章で述べたように、技術哲学的には科学と技術は別のものであるという考え方が一般的である。しかし、情報技術と情報科学が区分できないことは、これに対す

る一つの反証になる。

本論で述べて来たように科学がメモリーであり、技術がメモリーとアルゴリズムであるというだけで、科学と技術は表見的に同じ形式を持つ。…情報技術はコンピューター等の補助手段を伴い、この点は異なる。だが、情報科学もメモリーである知識に到達するためには同様の補助手段が必要である。

エキスパートシステムは人工知能技術の一部であるが、図4 - 2を参照すると、情報技術の中でも、情報処理技術 - 人工知能技術に属する。また、ここでは便宜的説明のために、このような分類表を作ったが、個々の技術を利用する技術者がこの分類に従って「他の技術は使わない」ということはない。

例えば、使って便利でありさえすれば、人工知能技術では通常の計算処理技術も使うし、オペレーションリサーチの手法でも使う。本来、技術に境界はない。目的に照らして有用であるか否かのみが技術の範囲を決めるのである。

こうなると余計に、エキスパートシステムの情報技術に於ける位置づけを示す事は難しく、現実的には不可能になる。ここで、「人工知能技術(エキスパートシステム)の技術移転」が求められた理由を考えると、人工知能技術は情報技術の中でも最川下に存在し、その先には別の技術連鎖が存在しない「実用的なシステム」の開発であるとともに、他の情報技術も適宜取り込んでゆく柔軟性があるところであったかと思える。

この柔軟性が、エキスパートシステム開発を通して、他の情報技術にも触れる機会を提供し、オールラウンドの情報技術者教育に適していると考えられた理由ではないだろうか。

しかし、これにマレーシアの民族性とか社会組織という制約を重ね合わせると、オールラウンド情報技術者というものには必ずしも需要が無い事が分かる。即ち、マ

ロシアは、アメリカに輪をかけた上意下達社会であり、社会組織も階級固定的である。そのような社会では「与えられた仕事をきちんとこなす」人間は求められても、オールラウンド情報技術者というようなスーパーマンは嫌われる。スーパーマンは最上位の一人だけに期待されるのである。更に悪いことに最上位の人間は自分では働かない。

以上のようなことから、エキスパートシステムを移転技術に選んだことに、ある意味で合理性が有るが、終始整合的な判断とはなっていない。技術戦略的選択基準は、現実のプロジェクトに適用して検証すると、必ずしも選択基準が巧く働いていないことが分かっていくことが多い。

次に、技術戦略的発想を1ランク落として、技術連鎖における重要度ということで検討を進めてみる。すなわち、「エキスパートシステム開発技術」の位置づけではなく、開発された「エキスパートシステム」のレベルでその技術の意味を明らかにしようというものである。これについては、結論を先に述べてしまうと、「重要であるか否か」は何を判断基準に選ぶかに依り、「技術連鎖上の位置づけからは判断できない」というものである。

第3章においては、完成度概念を導入して前・後段の技術との関係を数値で示すという提案をしたが、現実の例に適用しようとする、難しいことが分かった。個々の要素となる製品価格が明らかでないため、推定に推定を重ねなければならなくなり、信頼性が下がるのが一つ。技術を構成する製品の範囲が確定できないことがその2である。この範囲問題には、当初より、狭義の製品（ある技術が生産する製品）の量が増え続けるという問題があったが、本件のエキスパートシステムに適用してみると、エキスパートシステムが汎用的であればあるほど、その特定のエキスパートシステムという技術が機能する範囲が曖昧になるのである。例えば後で述べる、金型価

格見積みシステムでは、多種のモールディング・マシン及び材料（プラスチック素材）に対応しているが、これらの組合せによって「技術」を構成する製品群が変動する。また、完成度も、エキスパートシステム自体の価値は変動しないのに（完成しているということ）、製品群が変動するたびに、分母が変動し、完成度が変わる。

[これは技術定義が技術の範囲について開放的に規定しているためであり、このこと自体は、技術定義に関して何ら問題となることではない。]

開発されたエキスパートシステムのレベルで技術の連関を示す。

第3章で開発した「完成度」は上で述べたような理由から、適用しない。

(1) イポー病院 健常者健康診断システム

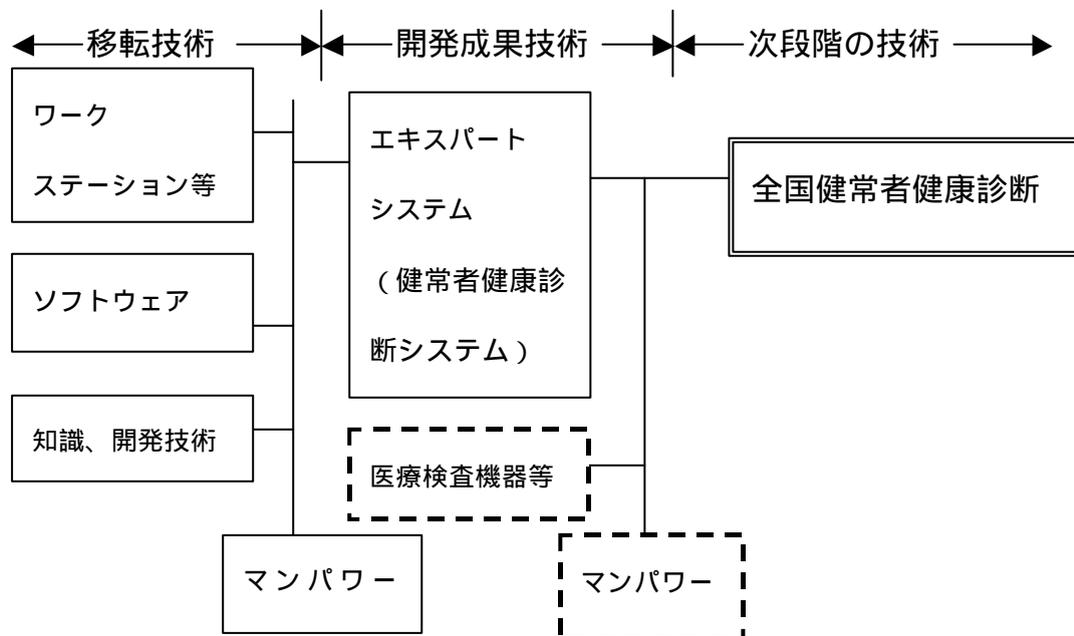


図4 - 3 健常者健康診断システムシステムの技術連鎖

イポー病院（イポー国立総合病院を1997年に公社化したもの。）健常者健康診断システムは、エキスパートシステム4類型の中、分析・診断型システムに属する。

前段階技術は供与機材等、システム開発技術と専門家の知識から成り立ち、全てマレーシア国内で調達可能であるか今回供与された技術である。

開発成果技術段階では、開発されたエキスパートシステム、医療検査機器等とオペレーター（看護婦が対応。使用法については AISDEL が教育。）、医師（健常者から外れる惧れがある場合には、異常値を示して医師に相談）で健常者健康診断システムが構成される。全国健常者健康診断を次段階技術の位置に示しているのは、国立イポー病院で実施した今回のシステムを全国の保健所でも使うことにより、全国規模の簡易・低コストな健康管理システムとして定着させたいという希望が有るためである。内容、規模ともにイポー病院 健常者健康診断システムと異なるという意味でこのような形で示している。技術の連鎖という観点の次段階技術ではないので、2重四角で示した。この構想実現のために、MSCコンテストへの提案参加という形で保健省「国民健康総合チェック・サポートシステム」として提案している。

このエキスパートシステムは ROD(Record of Discussion)に記載されている、2つの「OJT用課題システム開発」の1つとしてあげられた「救急患者待ち行列順位付けシステム開発」をクライアントである保健省と交渉する中で、イポー病院の医師が「予防医学的観点から健常者健康管理の重要性を意識し、電子化されたシステムの開発を望んでいる」という紹介を受け、実施が決まったものである。

実現されなかった2つの「OJT用課題システム開発」とは分析・診断型システムである「救急患者待ち行列順位付けシステム開発」と計画型システムである「自動車組立・部品調達システム」であった。振り返って見ると、2つとも熟度が低く、それぞれ

プロジェクト開始後 9 ヶ月乃至一年半以上に及ぶ交渉の後に、「実需に基づかないため実施できない」ことが明らかになった。

開発課題はマレーシア側の「実需」に基づいて設定された筈であったが、実際は「マレーシア側プロジェクト立ち上げ交渉担当者」の「思いつき」程度のものであった。

クライアントは一応「国」のプロジェクトということで交渉のテーブルに付くが、本音は「やりたくない」というものである。しかも、クライアントは「建前上」開発推進の立場を取るので、システム開発を進めることもできず、開発を断念することもできないという状況に追い込まれ、不毛の努力を強いられることになった。

プロジェクトは、優れた計画を淡々と実行するときその最大の効果が得られる。計画作成に対する投入を増やし、プロジェクト計画の根幹については「計画通り実行可能なもの」とする必要がある。ここで言う根幹の意味は、「派遣専門家が現地入りしたとき、直ちに技術移転が開始できる」という程度の軽い意味である。枝葉は、状況に合わせて、後で茂らせるという意味で使った。

イポー病院 健常者健康診断システムは、実需を掴んでおり、開発意図を持ち、関連知識を有する専門家（ドメイン・エキスパート）である医師がいたために、開発サイトが遠隔の地方都市であるにもかかわらず、順調に開発が進んだ。システムは開発終了後直ちに実用に供され、クライアント（イポー病院）、ユーザー（健康診断受診者）による評価も高い。

この技術は、開発成果技術の段階で完結しているため、技術連鎖上の問題が全くない例である。また、上でも述べたようにシステム開発に必要な技術は移転技術等により全て現有されていた。

(2) 金型価格見積もりシステム

金型価格見積もりシステムは、エキスパートシステム4類型の中、設計型システムに属する。

本システムも、前段階技術は供与機材等、システム開発技術と専門家（ドメイン・エキスパート）の知識から成り立ち、全てマレーシア国内で調達可能な技術（及び知識）が今回供与された技術である。

開発成果技術段階では、開発されたエキスパートシステム（金型価格見積もりシステム）は金型製作の関連・補助技術にすぎない。

しかし、経営上は大きな意味を持つ。金型価格の「見積もり」を誤ると、受注契約を歪ませ、金型加工で得られる筈の利益がすべて消えてしまったり、損することさえも起こる。現実にはマレーシアの金型工業では価格見積もり精度が低いために、どんぶり勘定の契約となり、経営を不安定化している。結果的に、金型価格見積もりシステムは金型製造（中小）企業の経営上非常に大きな意味を持つ技術である。

また、製造技術連鎖中の金型加工技術は、フライス盤 研削盤 放電加工機等の金型加工機械、金型材料等及び（熟練）労働から成り立つ。開発成果技術段階における金型加工技術の「狭義の製品」は金型であり、技術連鎖上の次段階技術としては金型を使ったプラスチック製品の射出成形が存在する。さらにプラスチック製品はカメラ、家電製品等 次々段階製品（技術）の部品となる。

金型価格見積もりシステムを含む金型加工技術はプラスチック加工技術の長い技術連鎖中で比較的川上に位置している。

また、金型価格見積もりシステムは「ものを作る」技術ではないため、物を作り出す技術の連鎖として示すと、枝葉の技術となる。金型価格見積もりシステムが存在しなくても、プラスチック加工技術の連鎖が滞ることはないので、技術連鎖上の重

要技術ということはいできない。しかし、金型製造技術を維持するためには、その技術を保有する企業経営が健全でなければ、企業と共に技術が消えるということになりかねないので、総合的に見れば、重要な技術である。

金型価格見積もりシステムには、プラスチック材質選択、キャビティ個数選択・配置等のCAD関連システムも必然的に含まれる。金型の大きさ、キャビティ即ちプラスチック成形品の形状等が決まらなると、材料費、加工工数等が決まらず、見積もりはできない。順を追って諸元を設定していくため、設計型システムに分類される。合理的諸元設定にはCADが重要な要素となる。

「金型価格見積もりシステム開発選定」経緯は、次のとおりである。

2つの「OJT用課題」の一つ、計画型システムである「自動車組立・部品調達システム」の開発をあきらめた段階で、OJT用課題として代替システム開発が必要となり、新たなテーマ探しをした。その中で、カウンターパートの一人により、「SIRIM内の金型技術部門が技術相談の延長で、中小企業経営改善のために、金型価格の合理的積算法を求めている。」という情報がもたらされ、これは計画型システムではなく設計型システムであるが、4開発テーマ類型の一つとしてOJT用課題として適当であることから開発テーマとした。

テーマ選定の判断基準は、ドメイン・エキスパート（金型価格計算に関する知識を提供できる専門家）が存在し、システム開発に必要な開発資源が現有されていることであった。

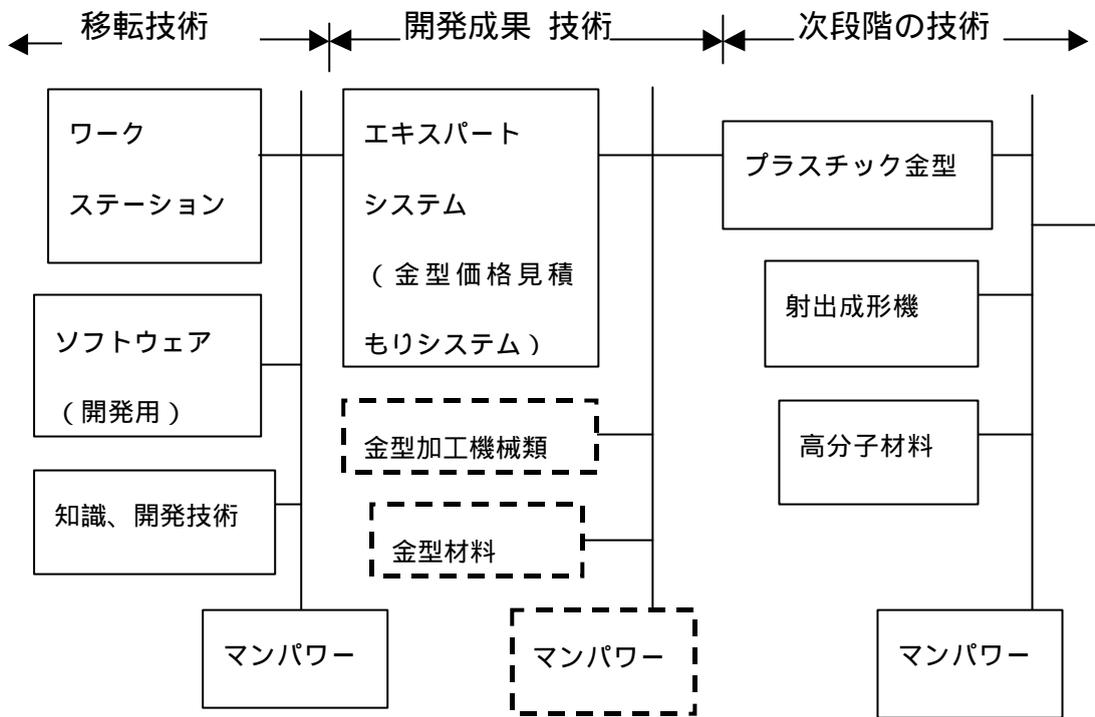


図4 - 4 金型価格見積もりシステム技術連鎖の記述

(3) 港湾荷役管理システム

港湾荷役管理システムは、エキスパートシステム4類型中、計画型システムに属する。計画型システムは、計算時間と計算機の計算能力を問わなければ、シミュレート計算により最適値を出せるものを、ドメイン・エキスパートの知恵や経験を援用して計算能力を節約し、実用的な時間内に管理情報である結果（適値）を出すものである。

本システムも、前段階技術は供与機材等、システム開発技術と専門家（ドメイン・エキスパート）の知識から成り立ち、全てマレーシア国内で調達可能な技術（及び知識）が今回供与された技術でカバーできるものである。

また、開発をあきらめた計画型システムである「自動車組立・部品調達システム」の代替OJT用課題として計画型システムは望ましいものであった。さらに、計画型システムの開発が予定されていたので、計画型システムの開発経験のある日本人専門家が赴任していた。

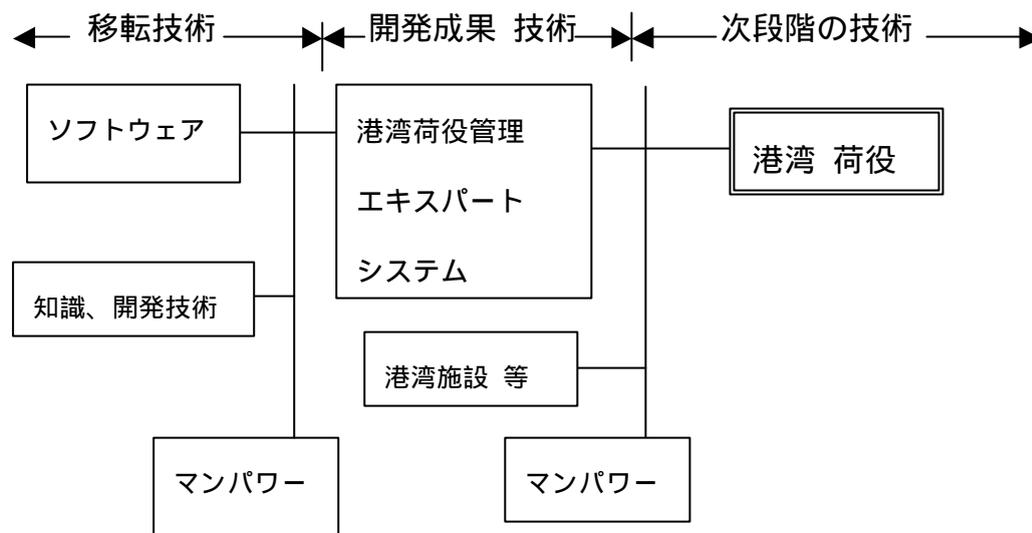


図4 - 5 港湾荷役管理システム技術連鎖の記述

しかし、この港湾荷役管理システム開発に至る経緯には若干という以上の捩れが存在した。本技術協力案件開始1年後に、英国に留学していたSIRIM職員が帰国し、4人いるVice Presidentの一人に就任し、我々のプロジェクト担当の役員となった。当時、「自動車組立・部品調達システム」の開始が上述のような経過で躓いていたが、彼は、クライアント予定企業のプロトン社の社長（代理）と友人なので、話をまとめると買って出た。しかし、結果は更に半年以上の交渉の後で、開発を諦めざるを得なくなった（先述）。

このような不幸な伏線の上で、SIRIM評議員である「クラン港管理会社の社長」

から「シンガポール・ポート・オーソリティーで成功している港湾管理システム 類似システムの開発を考えている。」という話しがあったとき、彼が独走してシンガポール AI センターとの間で「開発支援ソフトを購入する」という技術援助契約を結んだ。

先行の JICA プロジェクト、シンガポール AI センター事業が中心となって開発した港湾管理システム。

金額的には 20 万リングット (約 600 万円) で、内容を考えれば必ずしも高いものではないが、マレーシアの物価から考えれば高額な買い物であった。

この開発支援ソフトを用いれば、開発期間は短縮できるはずであるが、我々が実施しているのは技術開発能力移転プロジェクトであり、OJT 用課題開発に使用することは不適當である。開発支援ソフトも含めて開発することが、教育訓練になるのである。そのようなことから、カウンターパートには参考程度に扱うように指導して、開発をスタートしたが、当の Vice President からは、開発ソフトを利用するように圧力を受けていたようである。結局、個人のスタンドプレーに振り回された開発となった。

この開発支援ソフトを利用するか否かに現れているように、開発支援ソフトは機械と同じように“そこに実現された機能としての技術”が「機械製品を利用する」ように利用できるのである。これで分かるように、技術移転とは単に「モノの移転である。」ということである。しかし、技術開発能力の移転は必ず教育に依存し、技術移転とは異なるということも示されている。

また、この事例は第 3 章 8 節で述べた「この共同研究・開発は世界最先端のテーマである必要はないが、移転技術の延長的向上(イノベティブな)テーマである必要が有る。また、既に先進国で実用されている技術を演習として後追い開発することにより、生徒を教育することもできる。その場合、教師の側では結果が分かっているので、

効果的に演習運用できるが、生徒の側で動機付けが低下する。この動機付けが創造性教育の眼目であるので、先進国で実用されている技術として周知の課題を(演習)課題に取ることはあまり望ましくないことが分かる。」の実例となっている。

7. 第3章で開発した方法の適用とその評価

第3章までで明らかにした概念、方法を現実のテーマに適用して実際に使えるものか試してみるのが本章の目的であった。結果は、使えるものも有ったが、概念の拡張・縮小を行わなければ適用できないものや、適用可能に見えながらお手上げになってしまうものも有った。

適用可能に見えながらお手上げになったものの代表が、完成度による技術連関分析であった。技術連関分析は、過去にも現在にも多くの人がそれなりの分析をし、それなりの結論も出されている。技術連関分析は、一連の技術の全体を見渡した上で、特定の技術を位置づけるということである。しかし、一連の技術の全体は把握できないし、技術定義が「あやふやなまま」では特定の技術がなんであるかさえ確定できない。今回技術定義を明らかにしたので、これにしたがって技術連関分析の方法も明らかにしたいと考えた訳である。また、技術全体(新定義に基づけば、関連する製品群全体である。)を見渡すのは数が多すぎて困難であるので、特定技術の周辺に限定して(数を制限して)位置付けを行おうとした。これは、物理学の「近接作用論」的発想で解決できるという楽観に基づいたものであるが、現実にはこれでも範囲が広く、実現できなかった。

本章で扱った例では最川下の技術である「健常者健康診断システム」に完成度分析適用の可能性が有った。この例では、その先に技術連鎖が続かないので、要

素技術即ち製品の価格が分かればこの分析手法を適用できる。しかし、製品それぞれは非売品であるため、一々製品価格を推定しなければならないことになるが、これが意外に難しく、推定に推定を重ねざるを得ず、出てきた結果に殆ど説得性が無かったので、削除してしまった。これが完成度分析を放棄した理由である。

「金型」の例では、一部の価格が分かっているという利点も有ったが、これに分析範囲の不明確さが加わった。さらに、金型価格見積もりシステムは、プラスチック製品製造技術に対しては傍流の技術であり、それが有っても無くてもプラスチック製品製造技術は成りたってしまうという問題も有った。

実際には、「自分で何を分析しているのか」を見失うようなテイタラクであった。代わりに現在行われている技術連関分析の一つの方法を用いて説明したが、実はこれも何が言いたいのか良く分からない代物である。図が有るので、何となく分かった気にさせてくれるのが、まあ良いところだろうか。

機械化率については、個々の技術について（理想的）技術状態が推定できればそれに超したことはないが、それが難しいので業界平均値としての機械化率を充てた。このため、意味付けが容易になったものもある。例えば、「技術補完に必要な労働工数」（或いは「ものとして移転できなかった技術量」）である。普通の「人 - 機械協業状態にある技術」の「人に依存する部分の大きさ」を、「機械化率」を用いて求めている。本件の技術移転に適用した場合は、供与機材等が「ものとして移転された技術」であり、「技術補完に必要な労働工数」がオペレーター教育の必要量になる。この両者のバランスは、個別技術の機械化率ではなく、（日本の）業界平均の機械化率を使っているので、単純に日本国内業界における機械費と人件費の比を反映することになる。「技術補完に必要な労働工数」は「供与機材に対しての、日本国内並みの人員配置数にあたる」ということになる。

「業界平均値としての機械化率を充てたため、意味付けが容易になった」としたが、実は「計画策定調査団」がプロジェクト計画を策定するとき、日本国内業界の機材 - 人員比を用いて機材計画・人員計画を立てているのであるから、その意味付けを別にすれば、同じことをしていることになる。当然、その数値も等しくなっており、この範囲で私の積み上げてきた議論の正しさを示している。

本論の計算方法は、今まで行われてきたような単なる比例計算でなく、技術論・技術定義から移転されるべき技術の量を求め、教育により補完すべき技術の量を割り出している。今回の計量ではA I技術の機械化率の代わりに、国内情報産業の平均機械化率を用いたために二つの値が等しくなった。もし正確なA I技術の機械化率が与えられるならば、今回開発した方法による値は本プロジェクトの計画数値と異なってくるが、今回開発した方法による数値の方がより正しいものとなる。

5. 第4章のまとめ

(日本)国内情報処理産業のデータを用いて、本プロジェクトのA I技術の機械化率を0.3とした。

「ものとして移転された技術量」としては、日本からの機材供与総額：3億9000万円及びマレーシア側負担のメンテナンス費用等2800万円の総計4億1800万円を充てる。

「理想的な独立した技術量」としては、13億9300万円である。

「ものとして移転できなかった技術量」は9億7500万円である。

「技術補完に必要な労働工数」とは、「ものとして移転できなかった技術量」を補填するために必要となる労働工数をいう。

これに相当するマレーシアで必要な工数は、日本国内の製造業平均賃金を用いて、

9億7500万円÷700万円/人・年=139人・年 である。

本プロジェクトの労働工数、計画投入量は162人・年である。

この数値は、供与機材に見合った139人・年に対して1割強ほどの余裕を見た数字となっている。

「教育成果」となるべき、教育されたカウンターパート数は、88人・年であるから、供与機材に見合ったマンパワー139人・年の6割しか満たされていない。カウンターパートの配置状況から判断して、カウンターパートの教育訓練に必要な機材の1.7倍が供与されていたことになる。

教育等のために日本側から投入された量は約33人・年である。

(第4章了)

第4章参考文献

「マレーシア AIシステム開発ラボラトリ 終了時評価報告書」、
平成11年12月、国際協力事業団 鉦工業開発協力部

「第21回 情報処理産業経営実態調査報告書」、平成12年3月、
情報処理振興事業協会

第5章 技術協力案件のケーススタディ 2

1. はじめに

この章では、前章に引き続き、第1～3章で開発した技術移転プロジェクトの分析手法を実際の案件に適用して、その有効性を検証する。

ケーススタディ2としては、「マレーシア国SIRIM計量センターフェーズ プロジェクト」を取り上げる。

ここで計量するのは、第3章で示した、次の各項目である。

- 1) 移転された技術量の計量
- 2) モノとして移転できなかった分の計量
- 3) 教育による補填量

2. マレーシア国SIRIM計量センターフェーズ プロジェクトの概要

SIRIM計量センターは1981年から4年間実施されたJICAプロジェクト方式技術協力(計量センターフェーズプロジェクト)によって設立されたもので、今回計量標準提供のレベルアップを図るためにフェーズプロジェクトが実施された。

SIRIM計量センターは長さ、質量、温度、体積、電気量等の国家一次物理標準の維持・供給、計測技術の研究開発、計測技術の普及、法定計量サービス・計測器型式認定などの業務を行っている。National Measurement Center を名乗っているが、1972年計量法による法定機関ではない。現在 National Measurement System Act 2000 が審議中であり、この中で国立計量センターとしての位置付けが行われる予定である。これに合わせて現在地から20km程離れたスパン(地名)に新庁舎建設を進めている。

フェーズプロジェクトは、マレーシア工業化の進展に見合った計量標準の高

精度化と新たな標準の導入を目的に、「長さ」、「電気」、「圧力」、「振動」に係わる計量技術の移転を行った。

プロジェクトの概要は以下の通りである。

実施期間 1996年3月1日～2000年2月29日

実施場所 SIRIM計量センター
(SIRIM、ブロック8)

クアラルンプールから南に30 kmのシャーラム市にある。

SIRIMの説明は、前章参照

技術移転項目 計量標準技術の維持、向上

- 1) 「長さ」の計量標準
- 2) 「電気」の計量標準
- 3) 「圧力」の計量標準
- 4) 「振動」の計量標準

日本側からの供与物件及び人材派遣等 (日本側投入)

機材供与 (総額: 3億5250万円)

- 1) 長さ標準機器類

ブロックゲージ

花崗岩製定盤

自動ゲージブロック干渉計 等

- 2) 電気標準機器類

プログラマブル交流較正器

分電器

標準電池 等

3) 圧力標準機器類

ガス圧式静錘圧・圧力計

油圧式静錘圧・圧力計

ピラニ真空計 等

4) 振動標準器類

振動数カウンター

2周波レーザー干渉計

633nm・He-Ne 安定化レーザー発振器 等

長期専門家（現地滞在派遣 6名、1999年度は4名）

1) チーフアドバイザー 1名(1998年に交替)

2) 業務調整 1名

3) 長さ計測専門家 1名

4) 圧力計測専門家 1名

5) 電気計測専門家 1名

6) 振動計測専門家 1名

（1999年に圧力、振動計測専門家帰国）

短期専門家派遣（25名）

カウンターパート（日本国内へ）受入れ研修（14名）

日本側現地費用負担（1100万円）

マレーシア側の提供物件及び参加人員

建物・施設の提供

協力期間中は計量センター(SIRIM内ブロック8)。

：プロジェクト開始前に実験室が増築された。

(協力終了後、新設の国立計量センター・ビルへ移動の予定)

4分野の計量標準機材 551万リンギ 1.7億円

マレーシア側負担総計 1000万リンギ 3億円

カウンターパート配置 27名

1) 「長さ」 4名.....内1名途中で海外留学

2) 「電気」 6名.....8名在職、1名転職

3) 「圧力」 3名...5名在職、1名転職、1名離職

4) 「振動」 2名

5) 管理・他部門等 12名

注) 転職はSIRIM内他部門への異動

離職はSIRIMから退職

成果

国立計量センターにおいて「長さ、圧力、電気及び振動分野の計量標準を“より高い精度”で維持する」を目標として掲げている。

トレーサビリティを重視するなら精度目標値を数字で明確に示すべきではなかったか。

(精度目標値を数値で示すことは可能である。)

この目標実現のため、機材を供与し、操作・精度維持・管理技術について、カウンターパートを教育・訓練した。カウンターパートのみにより、継続的に国家計量標準として必要とされる精度維持ができるようになり、目標は達成された。

3 . 技術移転量の見積もり

3 - 1 計量サービス産業の機械化率推定

「計量センター」で行う事業は、計量サービス産業(産業分類としては計量証明業)に対応するが、サービス産業であるため第3章で機械化率を推計した製造業に含まれていない。

第4章では、情報産業がサービス産業の中では統計等がしっかり揃っていたため、必要なデータが得られた。計量サービス産業では、これに相当する業界統計が存在しない。企業の「損益計算書」が幾つかあれば、必要なデータが得られるが、計量サービスのみで成り立っている企業も殆ど無いため(計量サービスは、特定企業の一部門が本業の傍ら行っていることが多い。)、これも難しい。

計量サービスは、計測機器に大きく依存した業態であるため、ここでの機械化率推定値としては、(取り敢えず)製造業の最大値である0.5を充てる。

また、(そこまで機械化率が低いことは考えづらいが)機械化率=0.4として計算したものを【】書きで参考として示す。

因みに、分析機器製造業を含む精密機械製造業の機械化率は13%である。この値を用いないのは、精密機械産業では、熟練工の人手に頼る部分が多く、製造業中でも機械化率が低い方に属するからである。

これに対して計量サービスでは、精密機械産業等により生産された「製品＝計測機器」の性能に依存してサービスを行うため機械化率はこれと比べてずっと高い値となる。本技術移転プロジェクトにおいても高精度の計測機器類を新たに導入している。

サービス産業の機械化率は業態毎に大きく異なる。例えば、速記・筆耕業というようなものでは極端に機械化率は低いだろうし、本件の計量サービス業等ではかなり高いものになる。運輸・輸送業などでは鉄道業の機械化率は高く、トラック輸送業では中程度ということになる。あまり参考にならないが、マンパワーに頼るところが大きいように見える情報処理産業でも前章に示したように機械化率は0.3である。

3-2 理想的な独立した技術量の見積もり

理想的な独立した技術量 = (ものとして移転された技術量) ÷ 機械化率であり、

「ものとして移転された技術量」としては、日本からの機材供与総額：3億5250万円及びマレーシア側負担の機材費・メンテナンス費用等1億7000万円の総計5億2000万円を充てる。

「理想的な独立した技術量」としては、上の式に機械化率0.5を代入して10億4000万円となる。

【機械化率0.4とすると、「理想的な独立した技術量」は13億円。】

4. モノとして移転できなかった技術量の推定

「モノとして移転できなかった技術量」は、「理想的な独立した技術量」と「モノとして移転された技術量」の差額として5億2000万円となる。

【機械化率0.4とすると、「モノとして移転できなかった技術量」は
7億8000万円である。】

これに相当するオペレーターとして必要な工数は、前章同様、日本国内の製造業平均賃金 700万円/人・年を用いて、

$5億2000万円 \div 700万円/人 \cdot 年 = 74.3人 \cdot 年$ である。

【機械化率0.4とすると、7億8000万円 \div 700万円/人・年 =
111.4人・年である。】

5. 教育による、モノとして移転できなかった部分の補填量

オペレーター教育に係わって存在する3つの技術量は、「技術補完に必要な労働工数」、「教育成果」、「教育に必要な投入量」である。前2者の間には「教育成果」が「技術補完に必要な労働工数」より大きい必要があるという条件が有るが、「教育に必要な投入量」は前2者と直接的関連はない。

前章でも述べたように「技術補完に必要な労働工数」とは、上で述べた「モノとして移転できなかった技術量」に相当する労働工数である。またこの労働工数は供与機材に見合ったオペレーター教育の必要量を示すことになる。

「教育成果」としては、教育・訓練を受けたカウンターパート人員を累積して、66.5人・年となる。

「教育に必要な投入量」に係わって日本側から提供された投入量は、長期専門家22人・年と短期専門家25人 \times 1.2ヶ月 2.5人・年である。（短期専門家は2週間

から半年派遣されており、平均1.2ヶ月である。)すると、教育等のために日本側から投入された量は総計24.5人・年となる。

また、「教育成果」が「技術補完に必要な労働工数」より大きいという条件が満たされているかという、「技術補完に必要な労働工数」は74.3人・年乃至111.4人・年であることから充足率は90%乃至60%で、この条件は満たされていない。

専用性の高い機材を用いる本件のような協力案件においては、供与機材量側で調整できないので、供与機材に見合ったカウンターパート数の充足を強く促す必要がある。

なお、「技術補完に必要な労働工数」の推計の元になる機械化率の推計が本章の場合、かなりいい加減であり(本章の機械化率を推定した部分)、上のような明確な断言をするのは憚られる。

しかし、終了時評価報告書に、実際の配置人員が計画人員に満たなかったことが記されている。計画人員は日本から派遣された専門家が、供与機材とバランスしたオペレーター数として見積もったものであるので、「技術補完に必要な労働工数」の一つの参照数値として信頼度の高いものと考えられる。

そのことから、本論で示した「技術補完に必要な労働工数」見積もり法は、経験的に求められたカウンターパート数と一致性が高く、有効な方法であることが分かる。

6. 第5章のまとめ

機械化率推定値としては、(取り敢えず)製造業の最大値である0.5を充てる。また機械化率=0.4として計算したものを【】書きで参考として示す。

「理想的な独立した技術量」としては、10億4000万円となる。

【機械化率0.4とすると、「理想的な独立した技術量」は13億円。】

「ものとして移転できなかった技術量」は、5億2000万円となる。

【機械化率0.4とすると、「ものとして移転できなかった技術量」は7億8000万円である。】

これに相当するオペレーターとして必要な工数は、74.3人・年である。【機械化率0.4とすると、111.4人・年】

「教育成果」としては、教育・訓練を受けたカウンターパート人員を累積して、66.5人・年となる。

なお、「教育成果」が「技術補完に必要な労働工数」より大きいという条件が満たされているかという点、「技術補完に必要な労働工数」は74.3人・年乃至111.4人・年であることから充足率は90%乃至60%で、この条件は満たされていない。

本論で示した「技術補完に必要な労働工数」見積もり法は、経験的に得られたカウンターパート数と一致性が高く、有効な方法である。

(第5章了)

第5章参考文献

「マレーシア国 SIRIM計量センター フェーズ 終了時評価報告書」、
1999年10月、国際協力事業団

終章(まとめ)

技術(移転)協力には日本は毎年2500億円を支出している。しかし、現在存在する方法論によれば、投入と産出の比較は行えても、その投入が適正であるか判断できない。

この改善方策としては、移転すべき技術の量を求め、それがどれだけの投入により実現でき、その結果どれだけの産出があったかを比較できれば技術協力の合理的運営が可能になる。

技術とは何であるかということについては、技術論として議論されてきたものである。この技術論に言及する前に、現在計量経済学で使われている全要素生産性分析からの知見によって、技術の構成要素は何であるのかということをはっきりさせた。

全要素生産性分析の結果から、次のような認識が得られる。

技術進歩の経済発展に対する貢献は80%以上に及ぶ。

すると、技術進歩 経済発展と近似できることになる。

この両辺を積分すると 技術総量 総生産 + 定数 となる。

この定数項を求めるために、総生産 = 0 の時 技術総量 = 0 であるという関係を用いると、定数項 = 0 ということになり、技術総量 総生産 という関係が成立していることになる。技術総量 総生産という関係式から、右辺の総生産が財とサービスから成り立っていることから、技術総量も財とサービスから成り立つことになる。

この技術総量が財とサービスから成り立つという認識に基づいて、技術も財とサービスから成り立つとして技術論を吟味した。

現在計量経済学で引用されるのは労働手段説である。これは、技術がモノであるなら計量できるというのが、計量経済学で労働手段説を援用している理由である。

この議論を深化するために、労働手段説を支持した、相川、岡と過程説を唱えた三枝の論争を参考にして、検討を行った。これは、両者の論争記録が残っており、検討が容易であることと、技術が、財とサービスから成り立つとする認識に過程説が馴染むことによる。さらに、過程説に情報理論を適用することにより、新たな定義を過程説から導き出した。

すなわち、技術は「労働手段を用いた労働である」と考えざるを得ないが、「技術の一部を構成する労働については機械によりフルオートメーション化できる」ことから、理想的には、技術はモノだけで構成できるという認識にいたる。

ここで注意しなければならないのは、創造性や技術開発は技術の範疇に属さないことである。創造的活動は事前に確定できない要素を含むため、トライアンドエラーにより、この確定されていない部分を埋めなければならない。これは、ゲーデルの不完全性定理の示すことであり、創造性や技術開発がカントのいう「あらわれる」に属する事象であるためである。

これに対し、技術の範疇に属するものは、そこに含まれる全ての要素が、科学的知識であれ、技術学的知識であれ、全て制御情報としてメモリーとアルゴリズムにより確定的に表現できる。

技術計量の物差しとして何が適当かということについて、エントロピーによる技術計量の可能性が言及されていることから、これを検討した。しかし、エントロピーには、物的エントロピーと情報エントロピーが存在しており、この両者の原点とスケールが異なるため、技術をエントロピーにより表記する事はできないことが分かる。

エントロピー表記による利点を生かしながら、実用的なものさしを得るために、エントロピーをモディファイし、人のサービスを表す工数による計量可能性を検討した。工数によれば、財とサービスを同じ物差しで計量することが可能であり、かつ現在技術移転に際して用いられている市場価格表示との間で変換が容易であることから、これを採用することとした。また、エントロピー表示による際には物的と情動的の2次元による表示が必要となるが、工数標記によれば、一次元でスカラー表示できる。

技術移転においては、「資機材供与」と「教育」によって「技術」を移転している。この意味は、財とサービスをこの2つによって移転していることであるが、技術移転に係わる教育には、技術と技術開発が異なることと同様に、「技術の人に依存する部分の補完」と「創造性教育」の2種類が存在する。創造性教育は非常に重要な要素であるが、「技術」移転においては無視することもできる。

技術移転における技術量を計測するために、理想的技術量を仮定した。これは、現実に、モノだけで構成される技術は存在しないために、理想的技術を基準として選択したものである。即ち、技術量 = 理想的技術量 としている。実用的には、技術量 = 人件費 + 機械費とした。

また、機械と人のサービスはバーター関係にあるため、機械化率という概念を導入して、財とサービスの比率を確定した。機械化率は、オートメーション化を語る際の機械化率と同じ定義であり、「人と機械が協業する技術における機械の分担比率」を示すことになる。機械化率 = 機械費 / [機械費 + 人件費] 。

現実の技術移転プロジェクトに、この考え方を適用・検証するに際して、情報処理産業の機械化率推定を推定した。これは、情報処理産業では、ソフトウェア、ハードウェアの一部が仕入れ原価として計上されている。機械費に相当するコンピューター等経費が賃借料として計上されている。外注費が大きいという特異性があるためである。

ことに、外注は同じ情報処理産業内で受発注されており、業界内のワークシェアリングとして機能している。このため、本来機械費である外注費をそのまま計上すると、業界内の機械費としては、ダブルカウントすることになる。そこで外注費を除外して機械化率を推計すると、28.7% 0.3となる。

この機械化率により移転技術量の見積もりを行うと、「ものとして移転された技術量」は、日本からの機材供与総額3億9000万円とマレーシア側負担のうちメンテナンス費用等2800万円の総計4億1800万円となる。(ソフトウェアも含む)

理想的な独立した技術量としては

$$= (4億1800万円) \div 0.3 = 13億9300万円となり、$$

「ものとして移転できなかった技術量」は9億7500万円となる。

この「ものとして移転できなかった技術量」に相当する工数は、
9億7500万円 ÷ 700万円/人・年 = 139人・年 となる。

(700万円/人・年)は日本国内の製造業平均賃金

これに比較して、現地マンパワー計画投入量は162人・年である。これは、供与機材に見合った139人・年に対して1割強の余裕を見ていることになるが、実際の5年間のジョブホップによる転出率は0.5であったため、これでも余裕が小さかったことになる。

また、「教育成果」に相当する、教育されたカウンターパート数は、88人・年であることから、供与機材に見合った必要なマンパワー139人・年の6割しか満たされていないことになる。これを逆に見ると、カウンターパート数比較で、供与機材量が1.7倍近く存在したことになる。

これにより得られる、本例から得られる技術移転計画についての教訓としては

「供与機材の汎用性が高い情報技術協力等においては、カウンターパート数ないしは生徒数見合いで供与機材量が設定できるので、供与機材利用効率の観点から、供与機材の量をプロジェクト開始後にも調整する余裕を見込んだ機材供与計画とすべき」ということである。

なお、専用性の高い機材を用いる協力案件においては、このような供与機材側の調整ができないので、供与機材に見合ったカウンターパート数の充足を強く促す

必要がある。

この例について投入と産出の比較をすると、
日本側から提供された投入量は、長期専門家30人・年と短期専門家35人×2週間×2=140人・週 3人・年 の総計33人・年である。
(下線部×2の意味は短期専門家の場合、カリキュラム、教材の作成のために、少なくとも派遣期間と同じ位の時間を日本国内で投入していると考えられることによる調整)

今回開発した分析手法の実例適用とその評価

本論では、個々の技術について(理想的)技術状態の推定は難しいので業界平均値としての機械化率を採用した。

一方、技術移転計画作成に際しては、機材供与と教育必要量のバランスとして、日本国内業界の機材 - 人員比を用いて機材計画・人員計画を立てている。

すると両者の意味は等しい。これは、慣習的に行われている方法に合理的意味づけをしたことになる。

各章の概要は次のようなものである

第1章 技術論

現在経済学で使われている「技術とは、労働手段の体系である」という定義を、1930年代から1960年代にかけて技術論を戦わした三枝と岡の論争をもとに再検討した。

三枝の「技術=過程説」は、技術とは労働手段を用いる労働であるというものであるが、これに情報理論を適用することにより、「技術に含まれる労働は、メモリーとアルゴリズム及びモノとして存在する補助手段により置き換えることが可能である」ことを示し、新たな技術定義「技術とは製品の集合である」を得る。

この新しい定義は、「技術とは労働手段を用いた労働であると認め、”理想的技術では人手を要しない”とし、技術全体がモノである。」と変更したものである。またこれは、「技術とは、労働手段の体系である」という相川、岡の説と比べると、再び「技術はモノである」という認識に立ち戻ったことになるが、労働手段即ち機械や道具以外にも「人の労働に相当する、ソフトウェアやそれを働かせる補助手段、原材料、部品や技術が生み出す狭義の製品までもが技術である」と範囲を広げていることになる。

新定義は現行の定義と異なり、技術の量を「製品の価値として総計」すればよいので、計量経済学的取り扱いと整合性が高い。

また、技術協力における技術移転問題の中心的課題である「教育」を技術として取り扱うことができることを示した。教育が技術として扱うことができると、技術移転問題にかかわるすべての要素が「技術」という観点から同じ定義に基づいて、一律に取り扱えることになる。これにより、技術移転にかかわる全項目を「技術」の計量問題として取り扱えることになる。

第2章 技術の表記法

破壊・崩壊過程をエントロピー増大に、技術開発をエントロピー減少に準える考え方がある。では、「技術開発がエントロピー減少」だとしたら、技術はエントロピーで示せる筈である。この仮定に基づいて、技術のエントロピー表記の可能性を検討した。エントロピー表記可能性を検討した結論は、「物理概念であるエントロピーは、人間に対する価値が問題になる技術の表記には不適当なところがある」というものである。そこで、エントロピーをモディファイし、工数で表記することにした。ここで、第1章で述べた（技術）価値の表記法が決定される。また、現行の「投入量を市場価格で表示する」方法とは、工数×工数単価という形で、比較可能である。

第3章 技術表記方法の技術移転分析への適用方法の検討

第1章、第2章においては技術とは何か、それはいかに記述できるかを検討した。この章においては、第1、2章において検討してきた技術の記述方法を用いて、実際の技術移転プロジェクトを分析する手法を開発した。

理想的技術がモノだけで構成されるのに対し、現実の技術はモノとサービスから成り立っている。この現実の技術のサービス部分の意味と近似計量法を示すことにより、技術移転にかかわる各項目の計量方法を示す。即ち、技術移転される技術の総量、機械・道具等モノとして移転された量、メモリーとアルゴリズムにより記述されるべきモノでありながら人の精神に隠れてモノとなっていない部分の教育による補完（オペレーター教育）及び創造性教育について論じた。

また、移転技術の社会経済的価値を評価するために、移転技術の技術連鎖上の位置付けを示した。この手法としては当該技術を前・後段技術との間での

位置付けにより表現した。

第4章、第5章 技術協力案件のケース・スタディ

第1～第3章で開発した技術移転プロジェクトの分析手法を実際の案件に適用して、その有効性を検証した。ケース・スタディ1としては、筆者が携わった、「マレーシア AIシステム開発ラボラトリ プロジェクト」を取り上げた。

技術移転に係わる技術量「理想的な技術となった場合の技術量」、「ものとして移転された技術量」、「ものとして移転できなかった技術量」、「技術補完に必要な労働工数」(「ものとして移転できなかった技術量」)を計算し、実際のプロジェクトの関連数値と比較し妥当性を検証した。

それぞれの数値は、経験的に行われている技術移転計画の数値を説明しており、技術移転の経験的運営を技術論により合理的に説明することができた。

(終章了)