

日米技術教育の比較による 授業モデル考案に向けた ISM 構造チャートの作成

—— 学習指導要領と技術リテラシーのためのスタンダード(全米標準)をもとに ——

雲 宮 有 一 朗*・臼 坂 高 司**

(2015 年 9 月 15 日 受 理)

Development of an ISM Structure Chart for a Class Model plan by the Comparison between Japan-U.S.
Technological Education: Based on the Course of Study and Standards for Technological Literacy

Yuichiro KUMOMIYA and Takashi USUZAKA

キーワード: 技術リテラシー, Standard For Technological Literacy, 対応分析, ISM 教材構造化法

技術リテラシーを習得することは知識基盤社会かつ国際社会である現代において必要不可欠となっている。しかし、技術リテラシーを育成するための授業モデルは、十分に確立できているとは言い難い。一方で技術教育を職業教育の一環としてとらえている海外諸国、その中でもアメリカ合衆国では社会で活用する能力としての技術教育が盛んに行われている。したがって、技術リテラシーの育成に重点を置くアメリカ合衆国の技術教育を参考に、学習指導要領に準拠した授業モデルを考案できれば、生徒の技術リテラシー育成の一助となると考えられる。本研究では、ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association) が考案した STL (Standards for Technological Literacy) と学習指導要領の関係を対応分析を用いて比較するとともに、ISM 教材構造化法を用いて技術リテラシーを育成するための授業モデルを考案することを目的とした。対応分析の結果、5 単語(understand, material, able, create, inform)が STL と学習指導要領で類似性の高い単語であることが分かった。また、作成した ISM 構造チャートより、「製品のマーケティング」は技術リテラシーの育成に直接関係する要素であり、下位要素として「製造システム」、「ライフサイクル」、「アフターサービス」を含んでいることが示された。

1. はじめに

知識基盤社会かつ国際社会である現代において、私たちは日常に溢れる多くの情報の中から、自ら適切なものを選択し、生活の中で活用していくことを求められている。日本産業技術教育学会は

*藤沢市立六会中学校 **茨城大学教育学部

『21世紀の技術教育』¹⁾の中で、技術的素養（技術リテラシー）を身につけることで、前述した要求に対応していくことができると言及している。技術リテラシーは「技術と社会の関わりについて理解し、ものづくりを通して、技術に関する知識や技能を活用し、技術的課題を適切に解決する能力、及び技術を公正に評価・活用する能力」であり、「生涯学習全体における技術開発と価値創造によるイノベーションへ結びつく創造性を育成する核」と解釈されている¹⁾。また、平成20年9月改訂の中学校学習指導要領技術・家庭編技術分野²⁾においても、技術リテラシーに関する記述として、例えば「技術を適切に評価し活用する能力を育てる」と明記された。これらのことから、近年の技術教育では、技術リテラシーに関する指導が重要視されていることが窺える。

しかしながら、現行の技術分野教科書における技術リテラシーの扱いは充実しているとは言い難い。また、授業時数を十分に確保できていないことから、具体的な指導法についても十分に確立されていないのが現状である³⁾。したがって、技術リテラシーを育成するような授業モデルを提案することは急務だといえる。

そこで、技術リテラシーをどのようにして子どもたちに身につけさせていくべきかを検討するために、諸外国で行われている技術教育に目を向けた。文献調査の結果、アメリカ合衆国、イギリス、フランス、ドイツなど、多くの国において、独自の指導法により技術リテラシーに関する授業を行っていることが明らかになった^{4) 5)}。本研究では、諸外国の中でもアメリカ合衆国に注目する。

アメリカ合衆国（以下、米国）は戦後の日本の教育に大きな影響を与え、現代の日本の教育制度の礎を築いた。しかしながら、米国の教育は日本の教育とは大きく異なる特徴をもっている。それは、地方分権が進んでいるため、教育行政の権限が国ではなく各州に委ねられている点である。そのため、州毎にカリキュラムや制度は異なっている。そうした中で、共通の特徴として挙げられるのが、安全意識の高さと職業科目としての技術科の存在である。安全意識については、PL法の先進国であることや、製作実習の際には防護眼鏡・ヘルメット・マスクを装着すること、救急用具が常備されていること、安全な作業のための治具が充実していることなどから、その高さが窺える⁶⁾。これらは制度として定められた事項であるが、見習うべき点である。職業教育としての技術科については、製作技術を修得することよりも、コンピューターを使用したプレゼンテーションや製作工程を理解し、流通や経済に学びを拡大していくような技術リテラシーを育成するための学問という位置づけが強い。そのため、製作学習では最終的な製品の完成や技能の習得よりも、設計や製作の方法、製作過程の理解と活用に関する学習が重視される。また、一般的な授業場面では、問題解決活動を生徒に課し、ブレインストーミングやプレゼンテーションなどの活動を通して、思考技術やコミュニケーション能力の育成が行われている。このように、技術リテラシーに関する指導を重視する教科を米国では技術科としている。

さらに、米国は、技術教育を牽引してきた現在の ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association) の前身である ITEA (International Technology Education Association) の TtAAP (Technology for All Americans Project) によって、NFS (全米科学財団) と NASA (全米航空宇宙局) の協力の元、技術教育の大規模な改革と称して、STL (Standard For Technological Literacy) を作成した⁷⁾。これは、米国の全州の技術教育をまとめたものであり、21世紀以降の技術教育が目指すべき指針とされている。また、STLは、技術科を技術リテラシーの育成を担う教科とも位置づけており、工学・数学・科学を活用する実生活に関わる学問であるとして

いる。

以上のことに踏まえ、STLによって確立された技術リテラシーに重点を置く教育の中から、学習指導要領に準拠した内容をピックアップできれば、アメリカで確立された技術リテラシーに関する授業を日本式に組み替えることができると考えられる。さらに、その内容を構造化することで、既存の授業計画の中に技術リテラシーを育成するための指導を取り入れた授業モデルの作成ができるようになると思う。

そこで、本研究では、STLと学習指導要領の関連性から技術リテラシーを育成するための授業モデルを考案するための示唆を得ることを目的とする。

2. テキストマイニング

STLと学習指導要領の関連性を明らかにするためには、文章の比較からキーワードを導く必要がある。そこで、本調査ではテキストマイニングを用いた。テキストマイニングとは、一般的に文字情報を整理する際に使われる手法である。文章を単語単位に分解し、品詞ごとに分類することで、単語の関連性を明らかにすることができるのが特徴である。なお、本調査ではKH Coderを使用した⁸⁾。KH Coderとは、内容分析(計量テキスト分析)もしくはテキストマイニングのためのフリーソフトウェアである。本来は、新聞記事や質問紙調査における自由回答項目やインタビュー記録、Twitter等のSNSによって得られる様々なテキスト型データを計量的に分析するために使用する。主な機能としては、クラスター分析、多次元尺度法、共起ネットワーク、関連語探索、対応分析、「文書×抽出語」表の出力などが挙げられる。分析結果の多くは視覚的に理解しやすく表示される多く、容易に考察を行えるようになっている。フリーソフトウェアではあるが、多方面の研究に用いられ、日々改良が行われており、使用者からの信頼が多く見受けられたため、今回の採用に至った。

テキストマイニングを行うためには、資料の文章データをテキストファイル化する必要がある。そこで、Adobe Readerを用いてPDFファイルをtxtデータ化した。言語の異なる文献を分析対象とするため、翻訳によって生じる誤差に対処する必要もある。研究の初期では、学習指導要領とSTLの翻訳版である『一技術教育の改革—国際競争力を高めるアメリカの戦略内容』を抜粋し、分析を試みた。しかし、翻訳によって生じる誤差を避けることはできなかった。そこで、文部科学省から公式に発表されている英語版の中学校学習指導要領技術・家庭編技術分野⁹⁾とSTLの原文を用いて分析を行うことにした。なお、本研究結果は、英語版の学習指導要領を用いて行った分析の結果に基づいている。

STL内のスタンダードのみを分析対象とするため、対象外の項目を取り除く作業を行った。さらにtxtファイル化するにあたり、KH Coderを使用した際にエラーが出ないように余分な箇所を取り除いた。本研究での分析対象を表1に示す。

表1 分析対象である文献のページ数

資料	項目	ページ
STL	Standard1~20	pp.21~197
学習指導要領 (技術分野)	内容 A~D	pp.1~9

3. 対応分析を用いた比較

STLと学習指導要領から抽出・設定した技術リテラシーに関する語の出現数（一部抜粋）を表2及び表3に示す。なお、単語数が多いため分析には頻出150単語のみを使用した。この2つの表を基に対応分析を行った結果、2つの相関軸が得られた（図1）。

単語を囲う円はその単語の文書内の出現頻度に合わせたバブルプロットであり、出現頻度の多いものほど大きくなっている。また、バブルプロットの他に座標上に存在する四角は、STLと学習指導要領（技術分野）である。バブルプロットと同様に単語数が多いほど大きな四角になる。なお、図1は分析対象の単語数が非常に多いため、特徴が見られないと判断された単語に関しては表記せず、バブルプロットのみで表示されるように設定している。

第1軸を境に、STLに多く分類される語と学習指導要領に多く分類される語の分布が対局に配置されている。この結果から、第1軸を「STLー学習指導要領」軸と命名した。

表2 STLの頻出150単語（一部抜粋）

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
technology	163	work	25	provide	18	transport	14
design	101	make	24	solute	18	agriculture	14
use	101	time	24	become	17	change	14
product	79	effect	23	compute	17	manufacture	14
process	71	material	23	create	17	order	14
develop	59	problem	23	differ	17	possible	14
understand	36	example	21	form	17	structure	14
people	33	improve	21	good	17	study	14
standard	33	new	21	live	17	tool	13
student	33	resource	21	able	16	biotechnology	13
engine	31	inform	20	control	16	involve	13
many	31	world	20	way	15	step	13
society	27	environ	19	build	15	・	
require	26	human	18	idea	15	・	
energy	25	need	18	nature	15	・	

表3 学習指導要領の頻出150単語（一部抜粋）

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
technology	34	deliberate	9	mechanic	6	create	4
regard	20	product	9	method	6	environ	4
inform	17	student	9	active	5	family	4
instruct	16	basic	8	apply	5	knowledge	4
item	15	energy	8	convers	5	practice	4
understand	14	home	8	economy	5	relate	4
be	13	nurture	8	evaluate	5	skill	4
follow	13	thing	8	content	5	accord	3
live	12	consider	7	contented	5	acquire	3
use	12	content	7	object	5	attitude	3
able	11	design	7	procession	5	chapter	3
material	11	given	7	proper	5	characteristic	3
process	11	school	7	section	5	・	
learn	10	appropriate	6	base	4	・	
target	10	age	6	communal	4	・	

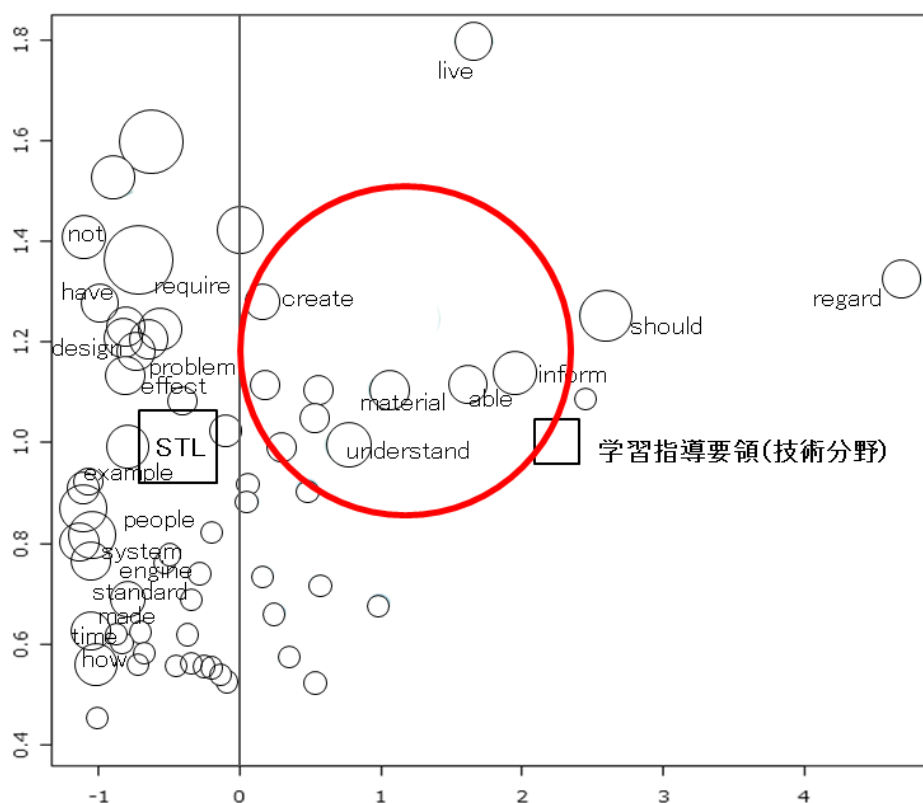


図1 STLと学習指導要領の対応分析結果

第2軸に関しては、全ての要素が正の極限に位置している。このことから2つの文書の単語は同系統の内容であることが推察される。したがって、第2軸は考慮しないものとした。

STLと学習指導要領の座標の間にプロットされている単語に着目する。学習指導要領の内容に近いSTLの要素を選定するため、第2軸に対して正の極限に存在する単語のみに焦点をあてた。さらにその中から機能語を省いた内容語だけに着目すると、understand, material, able, create, informの5単語が抽出された。つまり、STLにおいてこれら5単語が多く含まれている箇所が学習指導要領にもっとも近い内容であると考えられる。そこで、standard1~20(以下、St.1~20)で上記5単語が出現する回数を集計した(表4)。

表4から、関連5単語のstandard内の出現頻度は様々であることが分かる。そのため、今回は選定基準を関連5単語の合計出現頻度とした。その結果、学習指導要領に最も近い内容をSt.19と判断した。なお、St.19の概要は「生徒は製造技術の理解を深め、それを選択し、利用できるようになるだろう」となっている。

表4 関連5単語の出現数

	understand	material	able	create	inform	合計
St.1	19	4	8	7	2	40
St.2	17	17	16	2	14	66
St.3	19	6	12	3	4	44
St.4	6	10	12	2	10	40
St.5	11	7	3	5	5	31
St.6	6	1	9	4	2	22
St.7	16	8	13	8	10	55
St.8	6	9	3	4	1	23
St.9	3	1	2	5	4	15
St.10	7	0	10	3	3	23
St.11	4	20	20	4	10	58
St.12	8	2	23	4	13	50
St.13	1	2	17	5	18	43
St.14	9	3	11	2	17	42
St.15	18	3	9	4	2	36
St.16	10	2	18	2	1	33
St.17	12	1	19	4	42	78
St.18	12	1	4	0	59	76
St.19	12	44	21	4	2	83
St.20	16	0	17	2	2	37

4. 技術リテラシーを育成するためのISM教材構造化法

分析結果から、St.19が学習指導要領に最も近い内容のStandardであることが示された。しかし、技術リテラシーを育成するための具体的な内容が示されたのみで、どのようにすれば技術リテラシーが身に付くかといった論理的な内容の整理はできていない。ここでは、St.19の内容を授業

モデルとして活用するために、ISM 構造チャート¹⁰⁾を作成し、技術リテラシーを育成するための論理的なつながりを検証した。

St.19 の内容にはそれぞれ達成すべき内容の大枠が設定されている。構造化するにあたり、内容の大枠で要素を選定した（表 5）。

作成した ISM 構造チャートを図 2 に示す。「製造プロセス」の下位要素として、「材料の分離・成形・結合」、「手工具」、「人間が操作する機械」、「コンピューター制御された自動化された機械」、「科学技術」、「材料の調質」といった日本の技術教育の内容として主に含まれるものが要素として系列を成している。

「製品のマーケティング」は、技術リテラシーの育成に直接関係する要素であり、下位要素として「製造プロセス」の上位要素である「製造システム」、「ライフサイクル」、「アフターサービス」を含んでいる。

これらのことから、生徒のレディネスに合わせて、ISM 構造チャートの下位要素から順番に学習を進めていくことで、技術リテラシー育成の一助になると考えられる。

表 5 St. 19 の要素の詳細

要素	内容
S1	製造システム
S2	材料の分離, 結合, 成形
S3	材料の調質
S4	製造プロセス
S5	耐久性
S6	非耐久性
S7	ライフサイクル
S8	材料の使用
S9	手工具
S10	人間が操作する機械
S11	自動化された機械
S12	アフターサービス
S13	科学技術
S14	物質の製造
S15	物質そのものを変える
S16	資源の入手
S17	製品のマーケティング

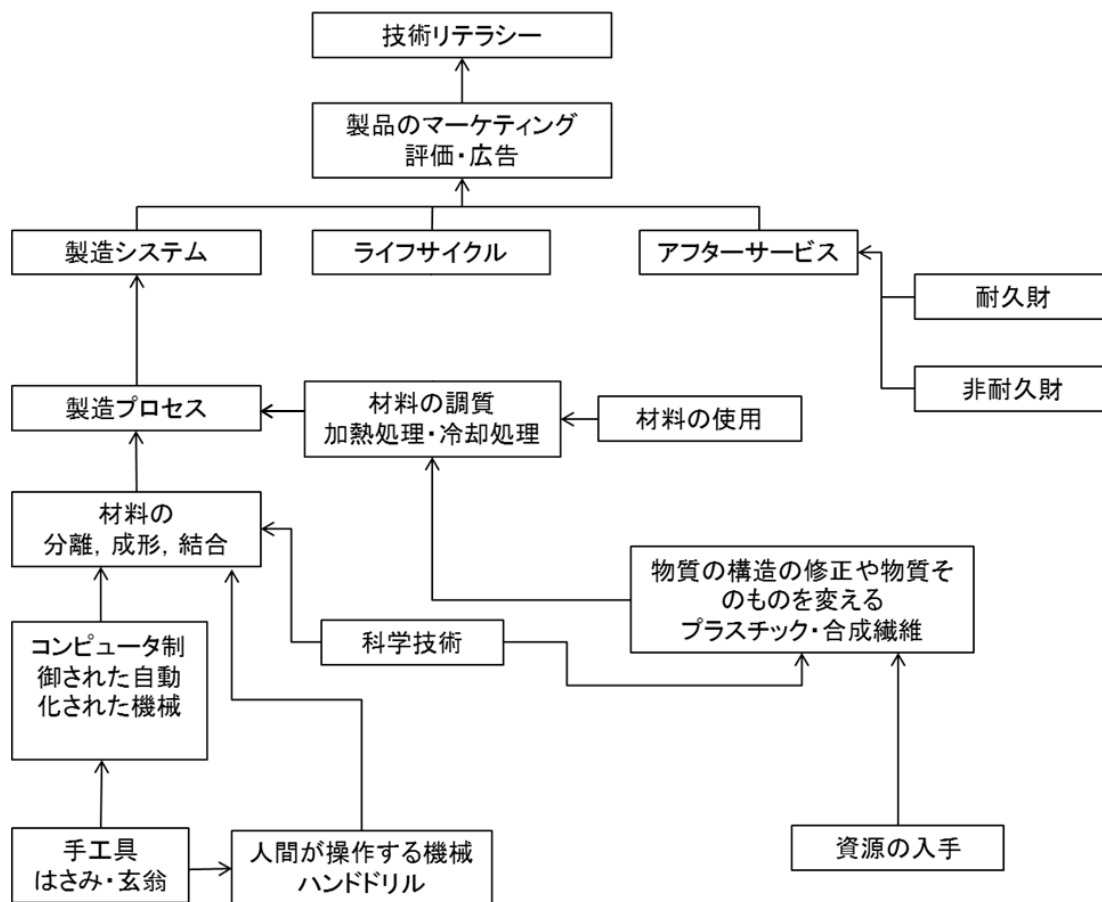


図2 技術リテラシーISM 構造チャート

5. まとめ

本研究では、技術リテラシーを育成するための授業モデルを考案するために、STL と学習指導要領の関連性を対応分析によって明らかにし、ISM 教材構造化法を用いて ISM 構造チャートを作成した。その結果、以下の内容が明らかになった。

(1) 対応分析の結果、第1軸から正の方向にある内容語の understand, material, able, create, inform の5単語が STL と学習指導要領で類似性の高い単語であることが分かった。また、standard 内で5単語の合計出現数が最多であった St.19 が学習指導要領の内容に最も近い内容であることが示された。

(2) St.19 に関して、Standard の内容項目から要素を S1～S17 まで設定し、それを基に ISM 教材構造化法で構造チャート化することができた。その結果、「製造プロセス」系列が、日本の技術教育と類似した内容であることが示された。技術リテラシーの育成に直接関係する要素である「製品

のマーケティング」は、「製造システム」、「ライフサイクル」、「アフターサービス」を下位要素として含んでいることが分かった。

なお、本研究結果により、技術リテラシーを育成するための授業モデルを考案するための示唆が得られた。今後は、本研究で得られた知見を基に実証的な検証を行っていきたい。

5. 引用文献

- 1) 日本産業技術教育学会『21世紀の技術教育（改訂）』（2012），1-7頁.
- 2) 文部科学省「中学校学習指導要領解説—技術・家庭編—」（教育図書，2008），14-37頁.
- 3) 山崎貞登「技術的素養の育成を重視した初・中・高等学校教育一貫の技術教育課程開発」『平成17年度～19年度科学研究費補助金（基盤研究（C））第3年次（最終年次）研究成果報告書』（2010），4-7頁.
- 4) 日本産業技術教育学会『新 技術科教育総論』（ブラザー印刷株式会社，2009），174-224頁.
- 5) 有川誠，土井康作，田口浩継，坂口謙一「イングランドの Design and Technology の現状と課題」『日本産業技術教育学会誌』第55巻第1号（2013），61-69頁.
- 6) 宮川秀俊ほか『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略—技術教育からの改革』（教育開発研究所，2003），230-240頁.
- 7) Kendall N. Starkweather “A Brief ITEEA History and Safety and Health Programs in Technology Education -The Power and Promise of Technology and Engineering Education-”（2012）. <http://www.iteea.org/Resources/PressRoom/2012/Aug/JapaneseTranslation.pdf>.
- 8) 樋口耕一 KH Coder, <http://khc.sourceforge.net/index.html>（2015）.
- 9) 文部科学省『中学校学習指導要領英語訳—技術家庭編—』, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/04/11/1298356_9.pdf（2010），1-9頁.
- 10) 波多野和彦・山路進「幼稚園教育要領の ISM 教材構造化法による検討」『江戸川大学教職課程センター紀要 教育総合研究』第1号（2012），16-24頁.