

# 次期学習指導要領改訂を見越した情報科教育の再考

Re-considering Information Education for Preparing Next Revision of National Course of Studies.

松田稔樹\*,\*\*

Toshiki Matsuda\*,\*\*

\* 東京工業大学 \*\* 江戸川大学情報教育研究所

\*Tokyo Institute of Technology \*\*Edogawa Institute of Information Education

筆者は、2013年の第1回から、研究会の主題に即して論点を指摘し、考察の視点を提供してきた。2023年は、「生成系AI時代にどのような資質・能力を情報科で育成するのか」という主題の下で、「『教職課程履修生はどう考えるのか?』をふまえた論点整理」と題する講演を行った。ChatGPTの出現は、2016年の中教審答申における2030年の社会予測～進化した人工知能が様々な判断を行い人間の職業が奪われる(との不安の声がある)～からすれば、その序章に過ぎない。新しい学習指導要領は、それを見越した改訂を行ったはずであるのに、高校段階の移行が2年目を迎えるこの時期に、文部科学省が右往左往して対応しているようでは、改訂の妥当性を再検証する必要がある。それは即ち、間近に迫っていると言われる次期改訂の議論開始にあたって、どういう方向性で現行学習指導要領を改訂するのかという基本姿勢に関わる。以上の観点から、本稿は、当日の講演タイトルからは変更し、より本質的な論点について議論する。

キーワード：5個程度、原稿全体の内容、特徴をよく表す語句、左寄せ

## 1. はじめに

### 1.1 2018～9年の学習指導要領改訂の本質

2018～9年の学習指導要領改訂は、育成すべき資質・能力(コンピテンシー)に即して学習内容を示し、主体的・対話的で深い学びを通じて、学習成果を活用する能力や学びに向かう力を育成することを目指したと言われている。しかし、その本質は、学校教育法との関連付けを強め、法的性格を強めることに主眼があったと言わざるをえない。

以上のことは、松田(2017)や松田(2019)が指摘したように、その表面的に言われる趣旨と実体とが乖離していることを見れば明らかである。典型例が、中央教育審議会(2016)の答申概要24ページの「何を学ぶか」に書かれた「学習内容の削減は行わない」という記述である。コンピテンシーに即して内容を議論すると言いながら、内容は先に決め、結果的に、各教科で育成すべき目標を3つの資質・能力分類で示し、それらと対応づけて内容を示したに過ぎない。その3つの分類は、学校教育法の学力の3要素そのものであり、もともとは評価の観点だった。結局、入り口である目標と出口である評価とを同一視している。これは、入力変

数と出力変数を同一視することを助長し、体重を増やすには食べる量(重さ)を増やせばいい、というような発想を招く。食べたものが消化され、栄養となり、血や肉や骨になるというメカニズムとはかけ離れた発想で、教育とは何かという本質的な議論が欠けている。

同じ24ページの「どのように学ぶか」には、「生きて働く知識・技能の習得」という文言がある。「生きて働く知識」があるなら、そうでない知識もある(即ち、知識にも質の違いがある)と想像されるが、これは、その下にある「知識の量を削減せず、質の高い理解を得る」という表現、即ち、「知識は量」で「理解が質」という捉え方と整合性が無い。知識と学習内容をともに量と表現している点も、資質・能力(量ではなく質の違い)に応じて内容を示したという趣旨と矛盾する。このように多くの矛盾を抱えたまま、次の学習指導要領改訂の焦点がカリキュラムオーバーロード(過大な内容)の削減であるとの報道を耳にすると、2018～9年の学習指導要領は、未完成で無理難題を抱えた教育課程の基準をカリキュラムマネジメントという形で何とかするよう教師に押しつけた、と言われても仕方無いだろう。

### 1.2 新逆向き設計によるカリキュラム改革の提案

カリキュラム改革は2つの観点から考える必要がある。1

つは「生きて働く」知識は、どこで「生き」、どう「働く」ことを想定しているのか、という点である。その答えが「思考・判断・表現」する時では、当たり前すぎてお粗末である。思考に役立たない知識は、テストに丸暗記で答える時にしか役立たないだろう。

「生きて」の意味は、1つには柔軟で転移可能な形で働くという意味だが、もう1つは、社会で生きていく上で実用的に役立つという点を考える必要がある。ここでもう1つの観点、それは市民として役立つものか、職業人として役立つものかを考える必要がある。前者は一般(教養)教育、後者は専門教育に相当するが、義務教育はもちろんのこと、高校の必修(選択)教科・科目は、少なくとも市民教育として行うことを想定すべきである。

学校教育の中で、市民として知識を「生きて働かせる」場面の典型例は、もちろんテスト場面ではなく、「総合的な学習の時間」や、教科における探究活動である。「総合的な学習の時間」は新たな教科内容を教える時間ではなく、既に学んだ教科の学習成果を総合して、生きて働かせる活動を行うための時間であり、その準備をする(教科の通常の授業と「総合的な学習の時間」の橋渡しをする)のが教科における探究活動の役割となるべきである。以上の方針で松田(2020)が提案したのが、新逆向き設計である。その中でも説明している通り、「新」が付く理由は、Wiggins and McTighe(2006)の逆向き設計理論と区別するためである。

新逆向き設計では、最初に、「総合的な学習の時間」の活動を設計し、そこで、各教科の学習成果の何をどう活用するかを明確にする。課題として扱う内容は、国連のSDGsの達成に関連した政策や商品、サービス(以下、単に政策)である。探究的な活動を行う上で、問題の発見の指導に困難があるとの指摘があるが、それは世の中がユートピアのように何も問題が無いという立場に立った意見である。国会や地方議会では、毎年、いくつもの政策が議論され採決される。企業も、SDGsの達成に関連した商品やサービスを提供し、競っている。その1つ1つが我々市民の生活に影響を与える。政策等の評価や改善策等の検討を課題として扱うことで、問題の発見は不要になる。大事なことは市民として関心を向ける態度を養うことだけである。

政策の評価・改善を課題とした「総合的な学習の時間」の活動は、以下の手順で進める。

- ①政策の概要を理解し、達成すべき目標、制約条件、争点などを明確にし、より詳細に検討するための作業計画を立案する
- ②反対意見や代替案を含め、政策をより深く理解するための情報を収集・分析・整理する
- ③提供されている情報に嘘や隠蔽は無いか、政策により、本当に制約条件が満たされ、目標が達成されるのか、デメリットは無いかもしくは許容される範囲か、トレードオフを解消できるより良い代替案は無いのか、個人レベルで考えるべき防衛策等は無いかを検討する
- ④改善案を発想・詳細化し、③それを批判的に検討す

ることを繰り返す

- ④代替案・改善案が出尽くしたところで、順位付けを行い、上位の案について合意形成のために部分修正できる範囲を検討する
- ⑤異なるグループの提案を議論し、合意形成する
- ⑥活動をふり返り、次の課題に取り組む際に、より良く活動をするための反省点を明確にする

以上は、松田(2015)の問題解決の縦糸・横糸モデルの手順を「総合的な学習の時間」の政策評価・改善活動に即して言い替えたものである。また、これらの活動で各教科の学習成果を活用する指針は、Matsuda and Nagahara(2021)が「総合的な学習の時間」の単元計画評価・改善視点表の項目として、以下のように示している。

- ・社会科・地歴・公民科の学習成果を活かすべく、地理的条件、歴史的経緯、行政制度、経済効果などを考えるべき課題設定になっている
- ・政策の良さを定量的に比較・評価させるために、数値データで数量化したり、関数的／数列的／統計的見方・考え方などを使ってデータを数式表現し、補間や予測などをさせたり、変化やデータの信頼性等による影響を確率的に評価させたりする設定になっている
- ・異なる政策では異なるデータを引用したり、異なる解釈をしているなどの状況設定にして、データの信頼性・妥当性を科学的知見と関連づけて考察させるような設定になっている
- ・政策を実現するには、人の活動やモノの流通などを監視・制御する必要があることに留意して、政策の中に情報システムの活用を明示している
- ・政策を実行に移した時に、個人レベルで自己防衛策を考えられる余地があり、家庭科、保健体育科、情報科などで学ぶ消費や健康な生活の工夫、セキュリティ対策の工夫などを考えさせる設定になっている
- ・合意形成や啓蒙活動を考えさせ、ポスターやチラシ、Webや動画などを作成する活動で国語科や芸術科の成果を活用させる設定になっている

各教科の探究活動は、「総合的な学習の時間」の課題そのものでなく、上述の各教科の方法論等を活用する活動に焦点化できるように、それをサブ課題化した課題に取り組む、例えば、理科はデータの批判的検証に焦点があるから、政策の改善案を考える必要は無い。数学も提案の比較評価を行うから、新たな代替案を考える必要は無いが、逆に比較評価の対象を2つ以上用意する必要がある。

教科の通常授業は、教科の探究活動の準備になるように、指導内容・方法を絞り込む。入試に必要な学習は、入試にその科目を使う生徒だけ、別途行うべきである。

## 2. 数学・理科における新逆向き設計の適用例

Matsuda(2024)、浅野・松田(2023)は、新逆向き設計で数学I「二次関数」、物理基礎「物体の運動」の単元指導計

画を見直した案を示している(表1, 2)。ここでの「見直し」とは、教科書会社の単元指導計画と学習指導要領とを照合して、学習指導要領の基準を逸脱しない範囲で、扱う内容の重みの置き方や扱い方を変更したことを意味する。

数学の場合、汎用的な手法の学習が重要であり、基本的には二次関数を題材として捉え、グラフと方程式・不等式の解との関係を理解することで、二次関数に限らず、どんな関数でも、 $x$ に対する $f(x)$ の値を計算して、グラフが $x$ 軸

とクロスする点が方程式の解になり、 $x$ 軸より上(または下)になる範囲が不等式の解になることを理解して、活用するよう促す。また、「政策が破綻しない」や「投資した税金を税収として回収する」といった表現を不等式で表現することを学ぶ。また、 $f(x)$ の $x$ を $sx+p$ で置き換えたり、 $f(x)$ に対して $f(x)+q$ を求めることが、現象世界のどんな状況変化に対応するかを理解し、政策の頑強性を評価したりすることを学ぶことに重点を置く。一方、平方完成を使って二次

表1 数学I「二次関数」の単元指導計画～教科書会社の低挙するもの vs. 新逆向き設計に基づくもの

学習内容	教科書に掲載されている内容	新逆向き設計
関数とグラフ (2)	○関数、座標平面、 $y=f(x)$ や $f(a)$ の表記を理解し、利用できる。 ○定義域に制限がある1次関数のグラフがかけて、値域が求められる。	
2次関数のグラフ (6)	○ $y=ax^2$ , $y=ax^2+q$ , $y=a(x-p)^2$ , $y=a(x-p)^2+q$ の関係 ○平方完成、 $y=ax^2$ と $y=ax^2+bx+c$ の関係 ○ $y=ax^2+bx+c$ と $y=ax^2+b'x+c'$ との関係	○ $y=f(x)$ , $y=f(x)+q$ , $y=f(x+p)$ , $y=f(x+p)+q$ , $y=f(sx+p)+q$ の関係 ●表計算ソフトで、 $s$ , $p$ , $q$ を系統的に変え、上記のグラフの関係を調べられる ●上述の方法を政策評価に応用できる
2次関数の最大と最小 (5)	○2次関数を $y=a(x-p)^2+q$ の形に式変形して、(定義域に制限がある場合も含めて)最大値、最小値を求められる。	●表計算ソフトを使って、 $f(x)$ の最大値・最小値やその時の $x$ を求められる
2次関数の決定 (1.5)	○与えられた条件を関数の式に表現し、2次関数を決定できる。 ○連立3元1次方程式を解ける。	●表計算ソフトを使って、データにより良く当てはまる関数 $f(x)$ を求められる ●上を用いてデータを補間・外挿できる
2次方程式 (2.5)	○解の公式を使って2次方程式を解ける ○判別式で実数解の個数を求められる	●現象世界の「政策が破綻しない」などの表現を「 $f(x) \geq g(x)$ 」や「 $\sum f(x) \geq \sum g(x)$ 」などの数学的な表現に変換できる ●表計算ソフトのグラフや計算機能を使い、変動の可能性も考慮して、上述の不等式が成り立つ範囲を求められる。
グラフと2次方程式 (2.5)	○2次関数のグラフと $x$ 軸の共有点の座標や共有点の個数を求められる。	
グラフと2次不等式 (6.5)	○2次不等式、2次の連立不等式、2次不等式を利用する応用問題を解ける	

表2A 物理基礎「物体の運動とエネルギー」の単元指導計画の一部～教科書会社低挙のもの vs. 新逆向き設計によるもの

15時限	教科書会社A	新逆向き設計
1. 力と そのはたらき	<ul style="list-style-type: none"> <li>力、物体の変形や運動状態の変化を変化させる、向きと大きさをもったベクトル量であることを認識させる。</li> <li>質量 <math>m</math> [kg] の物体に <math>mg</math> [N] の重力が働くことを暗唱させる。</li> <li>物体が面と接しているときには、面から垂直抗力や摩擦力がはたらくことを理解させる。</li> <li>弾性力については、フックの法則とその式を扱い、特にばね定数の意味について理解させる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「物体が変形or運動が変化⇔力が働いた」を認識させる。</li> <li>物体に働く力には、垂直抗力や摩擦力、弾性力、張力、重力、静電気力、磁気力等があることを理解させる。</li> <li>地上にあるすべての物体は重力を受けており、その大きさは <math>mg</math> [N] であることを理解させる。</li> <li>政策の批判的検討で着目すべき(見逃されがちな)力について具体例と対応づけて認識させる。</li> </ul>
2. 力の つりあい	<ul style="list-style-type: none"> <li>力はベクトル量であり、合成や分解できることを説明する。</li> <li>力を <math>x</math> 成分と <math>y</math> 成分に分解でき、<math>x</math> 成分、<math>y</math> 成分ごとに、働く力の式を立てられるようにする。</li> <li>作用・反作用の法則を理解し、つりあう2力の関係と作用反作用の2力の関係とを区別できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>力はベクトル量で、分解・合成できることを理解し、分解・合成された図の正誤を判定できるようにさせる。</li> <li>作用・反作用の法則と力のつり合いの違いを理解し、加速度の働いてない物体は力のつり合い、接触している物体は作用・反作用で力を見出す方法を説明する。</li> </ul>
3. 運動の法則	<ul style="list-style-type: none"> <li>物体に働く合力が0なら、物体は等速直線運動(or静止)し続けること(慣性の法則⇔加速度=0)を理解させる。</li> <li>物体は力を受けると、質量に反比例し、力の大きさに比例する加速度を生じることを、実験に基づいて理解させる。</li> <li>さまざまな事例で運動方程式を立てられるようになる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摩擦や空気抵抗が無い時、「物体に力が働く(合力≠0)⇔加速度が発生する」ことを認識させる。これを応用して、加速度センサーで力を検出できることを理解する。</li> <li>動画を用いた演示実験をもとにして、物体の質量と物体に働く力、物体に生じる加速度の関係を理解させる。</li> </ul>
4. 摩擦を 受ける運動	<ul style="list-style-type: none"> <li>接触している物体の間には、運動を妨げる力(摩擦力)が働くこと、静止摩擦力と動摩擦力の違いを認識させる。</li> <li>「(最大)摩擦力=摩擦係数×垂直抗力」を暗唱させる。</li> <li>「最大静止摩擦力&gt;動摩擦力」を理解させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接触する物体間に摩擦力が生じること、最大静止摩擦力=静止摩擦係数×垂直抗力を暗唱させる。</li> <li>「最大静止摩擦力&gt;動摩擦力」をふまえ、身近な現象で摩擦力と物体の動作の関係を説明できるようにする。</li> </ul>
5. 液体や気体 から受ける力	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体や気体の中で物体が圧力を受けることを認識させ、圧力の式とその単位を理解させる。</li> <li>液体や気体中の物体に浮力が働くことを認識させ、浮力の大きさにはアルキメデスの原理が成り立つことを説明する。</li> <li>空気中を落下する物体に空気抵抗が働くことを理解させる。</li> <li>「発展」で「終端速度の式」についても扱う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体や気体中に物体がある際には、圧力を受けることや、浮力がはたらくことを認識させる。</li> <li>気体や液体中を移動する物体には、気体や液体による抵抗力が働くことを認識させる。</li> <li>抵抗力を大きく/小さくするための技術的な観点について具体例と関連づけて説明する。</li> </ul>



表2B 物理基礎「物体の運動とエネルギー」の単元指導計画の一部～教科書会社低挙のもの vs. 新逆向き設計によるもの

9時限	教科書会社 A	新逆向き設計
1. 仕事	<ul style="list-style-type: none"> <li>仕事の定義や単位を暗唱させ、仕事にならない場合を識別させる。</li> <li>てこや動滑車の例で、式変形を通じて仕事の原理が成り立つことを理解させる。</li> <li>単位時間にした仕事を仕事率 [W] と定義し、その式から仕事率と速さの関係式を導出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仕事の定義や単位を暗唱させ、力が仕事をする／しない場合を識別できるようにさせる。</li> <li>仕事の原理を動滑車の例で簡潔に理解させる。</li> <li>仕事率 [W] の定義や単位を暗唱させる。</li> <li>力が変化する時の仕事を表計算ソフトで求められる。</li> <li>エレベータの動作に必要な仕事と滑車で物体を持ち上げる時の仕事の違いを認識させる。</li> </ul>
2. 運動エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>運動している物体が静止するまでにする仕事から、運動エネルギー (<math>1/2mv^2</math>) を持っていることを理解させる。</li> <li>理想的な状況では、物体の運動エネルギーの変化は物体にされた仕事に等しいことを理解させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運動エネルギー (<math>1/2mv^2</math>) の式を暗唱させる。</li> <li>「運動エネルギーの変化 = 物体にされた仕事」は、右辺⇒左辺であり、左辺⇒右辺でもあると理解させる。</li> <li>風力や蒸気発電も、気体分子の運動エネルギーを仕事に変換していることを認識させる。</li> </ul>
3. 位置エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>落下する物体は落下前の高さに応じた重力による位置エネルギーを持っていることを理解させる。また、2の学習から、「重力の位置エネルギー = <math>mgh</math> [J]」を理解させる。</li> <li>基準水平面の取り方で符号が変わることを理解させる。</li> <li>弾性力による位置エネルギーは、ばねが自然長の時を基準 (0) として、<math>1/2kx^2</math> になることを理解させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自由落下した物体に速度が発生することから、位置エネルギーを定義し、その大きさは基準水平面からの高さで <math>mgh</math> [J] になることを暗唱させる。</li> <li>弾性力による位置エネルギーは、ばねが自然長の時を基準 (0) として、<math>1/2kx^2</math> になることを暗唱させる。</li> <li>水力発電を位置エネルギーの利用例として認識させる。</li> </ul>
4. 力学的エネルギーの保存	<ul style="list-style-type: none"> <li>自由落下を例に、仕事と運動エネルギーの関係式を用いて、重力だけが仕事をする時、力学的エネルギー保存則が成り立つことを理解させる。また、力学的エネルギー保存則は、物体に働く力が保存力 (重力、弾性力、静電気力など) だけか、保存力以外の力が働いても物体に仕事をしていない時に成り立つことを理解させる。</li> <li>逆に、物体に保存力以外の力がはたらく時には、その仕事だけ力学的エネルギーが変化することを理解させる。</li> <li>力学的エネルギー保存則を活用して問題を解ける。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摩擦や空気抵抗の影響を考慮しないときには、力学的エネルギーが保存されることを理解させる。</li> <li>逆に、摩擦や空気抵抗の影響が無視できない場合には、力学的エネルギーが保存されないことを理解させる。</li> <li>さまざまな発電方法や動力機関の原理と関連づけて、エネルギーを効率的に活用する工夫について理解させる。</li> <li>後で学習する熱エネルギーや (波のエネルギー)、電気エネルギーとの関連づけをする。</li> </ul>

関数の軸や頂点を求めること、解の公式を使って二次方程式を解くこと、与えられた条件を満たす二次関数を決定するといった計算問題の演習は重視しない。

一方、物理基礎の場合、エネルギー問題などのデータを検討する上で役立つように、理想条件では考慮しない摩擦や抵抗などの発生箇所やその影響について考察することを重視する。特に、「力が働く⇒運動エネルギーが変化する」といった因果関係を一方向で理解するのではなく、「運動エネルギーが変化している⇒力が働いている」といった逆向きの推論を重視し、それによってデータの不整合や無視している要因が無いかを見つけ、専門家に疑問をぶつけられるようにする。データの信頼性・妥当性を評価すると言っても、詳細な計算・検証の責任は専門家にあるというのが前提であり、市民は疑問点を指摘できればよいと考える。

市民にこのような資質・能力が必要な理由として、杉原・岩屋ケ野・磯岡・森・近藤 (2024) が参考になる。当該教材では、燃料電池のメーカーが Web ページで宣伝している「水素と酸素を反応させて電気を生成しているので地球温暖化対策になる」という説明を題材に、「都市ガス (メタンガス) を利用しているのに炭素はどこへ行ったのか?」という疑問を持つ必要があることに気づかせる。これは、目先のミクロな反応のみを理解するのではなく、より大きな系の中で化学反応を理解し、入力から出力まで元素の組み替えは起こっても、元素そのものが消えてなくなることは無いという科学的な見方・考え方を働かせて情報を疑って見る

ことの必要性を指導している。実は、学生自身がそのことを見落としていたというのが、この教材を開発した動機づけにもなっている点が重要である。

### 3. 情報科における新逆向き設計の適用

#### 3.1 情報 I における探究的活動 (総合演習) 例

松田 (2023) では、情報 I の内容 (1) 「情報社会の問題解決」を年間指導計画の最初と最後に分け、最初は課題例を示しながら「問題解決の縦糸・横糸モデル」を指導し、その後、各単元でモデルの要素である情報的な見方・考え方と領域固有知識の活用方法を指導しながらモデルの習熟を図り、最後に総合演習として転移を図る方法を示している。

提案の中で例示している総合演習課題は、数学や理科の探究的活動とも関連づけた「都会でバイオガス発電をするための生ゴミボックスによるゴミ回収システム」の検討である。これは、霞ヶ浦の水質改善問題に寄与する家畜糞尿からバイオガス発電を行うシステムを都会の生ゴミ処理に転用したものである。発電用のバイオガスは、LNG と異なりカーボンニュートラルが成立するため、二酸化炭素の排出量は実質ゼロになる。韓国では生ゴミの処理を有料化して既に実現しているが、日本はゴミ処理が無料なため、生ゴミ回収に協力した場合に対価を提供して回収することを想定する。バイオガス生成という観点から質の高い生ゴミ

とは水分が少ないものであり、これを実現するために専用の生ゴミボックスを使い、生ゴミの質管理や顧客管理をする情報システムの導入を想定する。

なお、バイオガス発電に関わる情報システムとしては、①発電量調整、②バイオガス生成・管理、③生ゴミ回収車の配車、④顧客管理・料金支払い、⑤生ゴミボックス管理などが考えられる。ただし、①や②は企業のプラントシステムであり、市民が関わる必要は無い。一方、③～⑤は、市民の個人情報管理や便益に関わり、安心・安全で便利に使えるように、市民が評価して要望を出すべき対象である。よって、総合演習では、③～⑤のいずれかを扱い、その準備として、通常授業ではそれらと類題になるようなシステムを題材に、情報技術の知識を学ぶ。③ならPOSシステム、④なら電力量検針システム、⑤ならカーリースのシステムなどであろう。

### 3.2 情報Ⅰの年間指導計画例

松田(2023)は、上述の総合演習課題を扱う準備として、松田(2020)で提案された表3の「情報Ⅰ」の年間指導計画を変更する必要があるかどうかを検討している。この時の総合演習の課題は、「ポリ袋の流通を監視して回収を促すためのデポジット制とバーコードやICタグを用いた情報シ

ステム」であった。総合演習で扱う課題の違いにより、例えば、IoTの具体的な事例としてスマートメーターによる電力量の検診及び料金請求システムを扱うことが検討されたが、(もちろん、最後の総合演習の課題は変更するものの)全体として大きな変更は必要無いと結論づけられた。

## 4. 情報科における新逆向き設計の適用

### 4.1 情報科(選択)必修科目の目標設定の観点

1999年及び2009年改訂の学習指導要領では、情報科は複数科目からの選択必修だった。一方、2018年改訂の学習指導要領では、「情報Ⅰ」が必修科目になった。同様に、地理歴史、公民も、それまで選択必修だったものが、2018年に必修科目になった。一方、理科、芸術科、家庭科は、2018年改訂の学習指導要領でも選択必修のままとされた。

なぜ必修科目を作るのか、あるいは選択必修にするのかには、それぞれ理由があるだろう。例えば、数学は、1999年時に、数学基礎と数学Ⅰからの選択必修とされたが、結果的に、ほぼ100%が数学Ⅰを履修し、選択必修にした意味がなかったため、2009年時に「数学Ⅰ」を必修に戻した。一方、「歴史総合」や「公共」の新設・必修化は、「答申す

表3 松田(2020)で提案された「情報Ⅰ」の年間指導計画を今回の題材でも活用できるように汎用化した年間指導計画

単元	指導内容	学習活動の概要
(1)情報社会の問題解決(前半)	情報&ICTを活用した問題解決の方法、情報に関する法・制度、情報セキュリティ、個人の責任、情報モラル、ICTが社会で果たす役割・影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>個人的問題解決の事例(例えば、合宿先の予約課題)に即して、縦糸・横糸モデルの手順、各過程のOutput、横糸の活動で活用すべき見方・考え方を指導。</li> <li>これ以降、本科目では、「社会的問題解決に供する情報システムの導入・活用を検討・評価し、賛否や代替案、自己防衛策を考える」という目標を提示。</li> <li>左の各内容と、目標設定過程で設定する「良さ」との関係、それに基づき、当該知識を代替案発想/合理的判断過程で活用する(学び方の)見通しを与える。</li> </ul>
(2)コミュニケーションと情報デザイン	メディアの特性、コミュニケーション手段の特徴、それらの変遷、情報デザインの役割・方法の理解と表現技能の修得	<ul style="list-style-type: none"> <li>次単元を先取りし、メディアを介した場合も含め、人が行うコミュニケーションの仕組みや工夫をモデル化し、それを通信機器同士からIoTに拡張して、安全で効率的な通信を実現する技術や制度等を考察する。</li> <li>「効果的な情報提示の工夫」は縦糸・横糸モデルが包含しているため、セキュリティホールになりがちな人間の認知特性の弱点を考察し、情報システムを使う際の対策を検討することに焦点を当てる。</li> </ul>
(3)コンピュータとプログラミング	ICTの仕組み・特徴、情報の内部表現・計算の限界、アルゴリズムの表現手段、プログラミングによるICT活用、モデル化とシミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoTと家電製品単体の計測・制御との区別を明確にするために、具体例として、目に見えるIoTシステム(新型コロナウイルス接触確認アプリや緊急地震速報などのスマートフォン関連の監視・通報システム)について、仕組みや特徴、課題などを(総合演習の類推のベースとして役立つ程度に)扱う。</li> <li>プログラミングについては、IoTなどの情報システムでは、イベント駆動型で処理手続きをモデル化する必要があるため、分岐と繰り返して表現できるプロダクションシステム的なルールベースの処理を扱う。要点は、処理を順次型の手続きとして記述するのではなく、状態変化とルール発火によって、順不同の連鎖的・並列的・伝搬的処理を実現することである。その際、順次処理的アルゴリズムと異なり、連鎖や伝搬を予測し制御することの困難さも理解させる。</li> </ul>
(4)情報通信ネットワークとデータの活用	ネットワークの仕組みと構成要素、プロトコルの役割、セキュリティ、データの収集・分析・蓄積・管理・提供方法、情報システムのサービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去に起きている事件・事例を題材に、問題の原因は何で、どのような対策が講じられていないシステムを疑うべきなのか、また、想定外の事態に備えた自己防衛策を講じるべきかなどを検討する。</li> <li>具体例として、セキュリティの脆弱性や内部犯による個人情報漏洩・不正出金等の事例、データの不整合発生事例、障害や大量アクセス等によるシステムダウンの事例、不正ソフトウェアの埋め込みによる遠隔操作の事例など。</li> </ul>
(1)情報社会の問題解決(後半)	「ICTが社会で果たす役割・影響」を考慮し、「情報&ICTを活用した問題解決」を考える	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体の最後の数回で、「総合的な探究の時間」のサブ課題に取り組む。</li> <li>松田(2020b)では、「ポリ袋の流通を監視し、回収を促す方法として、デポジット制とバーコードやICタグを用いた情報システム」を対象とした。</li> <li>今回は、「バイオマス発電を支援する社会情報システム」を対象とする。</li> </ul>



べき結論が示され」た「政治主導による中教審への諮問」の結果だとの指摘もある(嶺井2016)。ただし、歴史総合に関しては、日本学術会議史学委員会高校歴史教育に関する分科会(2014)が、世界史と日本史を統合した「歴史基礎」の新設と必修化を提言しており、単純に政治主導とは言い切れない。他方、「公共」は、自民党(2021)の政権公約に、「道徳教育、高校新教科「公共」、体験活動の充実により、公德心を持ち、日本の伝統文化を引き継ぎ発展させる人材を育成します」との記述があることから、政治主導での導入である可能性は否定できない。

翻って「情報Ⅰ」の必修化を考察すると、それ以前の「社会と情報」「情報の科学」の選択率が3対1程度であったこと、専門教科「情報」にもコンテンツ分野とシステム分野という選択肢があることを考えると、単一科目を必須化することが生徒のためになるとは思えない。結果的に、従来の2つの科目を1つの科目に統合するような形になり、専門教科の両分野の選択的科目の内容の入門編が含まれ、内容が過剰で、思考力・判断力・表現力の育成を目指した深い学びの実現を難しくしている。もちろん、学習指導要領は各内容項目の時間配分等を規定していないし、「教科及び科目の目標の趣旨を損なわない範囲で、…基礎的・基本的な事項に重点を置くなどその内容を適切に選択して指導すること」もできる。その意味で、教科・科目の目標を適切に設定することが、過剰な内容を削減する鍵になる。

情報科の共通必須目標を検討する際、以下を考慮する必要がある。第1に、情報科は、ICTを活用した問題解決を学ぶが、そこで解決すべき問題は、個人的なものか社会的なものかという点である。仮に個人的な問題解決であれば、既に小学校、中学校で各教科でも情報活用能力の育成に取り組んでいることを考えれば、高校段階で指導する必要があるのか疑問である。汎用的問題解決力を重視するか、領域固有知識の習得を重視するかは、個人の選択の問題である。また、個人の問題解決力が他者に影響するのは、職場内でのチーム作業の時などであろう。しかし、共通教科は職業教育のために行うのではないから、その意味でも個人的な問題解決を取り上げる必要は無い。結果的に社会的な問題解決を考えるならば、そこで扱うべき情報技術は公的な情報システムや多くの人の生活に関わる民間サービスであり、それらがさまざまな立場の人たちにどのような効果と影響を与えるかを検討し、トレードオフ関係や自己防衛策、将来的なシステムの拡張や維持管理の課題について考えた上で、税金投入の是非や代替サービスの存続などについて議論できる力を育成する必要がある。

第2に、情報技術が常に進化することを考慮した上で、その変化に対応できる力を育成することである。この点は、ChatGPTの出現への大学や文部科学省の対応を見れば、現行学習指導要領がVUCAの時代に全く対応できていないと言わざるをえない。それを変えるのが、正に、新逆向き設計の目指すところである。なぜなら、新逆向き設計で批判的に検討する政策やサービスは、常に新しいものであり、

未知のものである。それを批判的に検討できるようになることを明確な目標に設定し、具体的な活動やそこでの学習成果の活用方法を想定して、それに結びつく教科カリキュラムを設計する。一方、現状の教科カリキュラムの設計は、教科に閉じており、上級学校への進学(即ち、学問分野)との接続を重視している。探究的活動で扱われるのは、学習した教科内容を活用するのに都合の良い問題であり、それでは未知の問題を解決・議論する力はない。大事なのは、学習内容に合わせて問題を選ぶのではなく、どんな問題にも学習成果を活用できるような思考力、活用力をつけることである。そのために、どんな問題にも活用可能な学習内容に厳選したカリキュラムを設計する必要がある。

第3に、第2のポイントと関係した情報科固有のポイントとして、プログラミングの扱いがある。コンピュータはプログラムで動いているから、プログラミングを習得すれば情報技術の全てが分かり、どんな問題も解決できるという誤解がある。しかし、国語で日本語を学んでも、社会科や理科を学ばずに社会や自然が理解できるわけではない。この意味で、国語(日本語)は理科や社会を学ぶ手段であり、プログラミングも情報技術を学ぶ手段として習得する必要があるという主張が考えられる。しかし、地理歴史で英国や米国のことを学ぶには、英語が必須なわけではなく、日本語で十分に学べる。また、自然現象への理解を深めるために、実験・実習は有効な手段であるが、あらゆる事象を実験・実習する必要も余裕も無く、言葉や図表や動画を含めた映像情報などから多くのことを学べる。学習方法は多種多様であり、本来学ぶべき内容の学習時間を削り、それを学ぶ方法の習得に時間をかけるのは非効率である。もちろん、プログラミングすることと、学ぶべき対象のシステムやそれを仮想体験するための簡易的・教育的なプログラムを使って、実際に動作を観察し、仕組みを理解し、必要に応じてパラメタ等を操作して問題点を検証することは区別されるべきである。例えば、ChatGPTを理解するのに、そのプログラムを読み書きするのと、実際に使ってみると、どちらが良いかを考える必要がある。

#### 4.2 教職課程履修生に実施したChatGPTにまつわる問い

2023年度が始まる直前に、ChatGPTが公開され、その使用について大学がどのように対応するかが議論になった。教員は情報技術の専門家ではないが、一市民として自分の使い方と同時に、生徒にどう指導(規制)すべきかについても考える必要がある。情報科の学習成果は、正にこのような場面で発揮されるべきである。そこで、教職課程履修生に、「教育の方法及び技術に関する科目(東京工業大学では「教育工学」)の課題として、以下を問うた。

①ChatGPTを使うか否かに関わらず、使った可能性を疑われる。また、ChatGPTの出力は必ずしも信憑性が保証されない。著作物なら、引用と盗用には一定の境目がある。論文にも引用の仕方があり、ねつ造や改ざんが無いことを主張する書き方がある。それに反していれば疑われても仕

方がない。あなたは、このレポートに自分のオリジナリティが十分に反映されていることをどうやって主張するか？

②問題解決の縦糸・横糸モデルは、覚えるべき内部知識と参照すればよい外部知識を区別した上で、外部知識の活用を促す。この授業の学習成果を活用できる教員になるには、何が内部知識で何が外部知識になると思うか。

③これまでの教職課程での勉強の仕方をふり返り、②で考察した内部知識の修得状況・方法をどのように自己評価(メタ認知)するか。この授業で新たに学ぶこと、これまでの授業で学んだことを学び直すことを含めて、自分の学びをどう維持・改善すべきかを考察せよ。

回答者は10名であり、情報、それ以外(数学か理科)の免許取得希望者が1名と9名だった。なお、情報の学生は2年生であり、専門科目の履修は始まったばかりである。以下、①～③に関する回答を個人単位ではなく、内容分類ごとに概略を示す。

①については、「結論に至った理由や根拠を(引用資料を明示しつつ)説明する」が主流の意見であり、「複数の文献を引用し、それらとの違いを明確にする」という意見もあった。オリジナリティについては、「自分なりの表現に言い替える」「同じものが無いかファクトチェックする」「経験談と関連づけて記述する」といった提案があった。ただし、「経験談」はリアルである保証が無く、脚色加わる可能性もあるという自己批判がされていた。ChatGPT(やそれに類するシステム)に関しては、「実際に使ったり、仕組みや特性を理解したりする必要がある」という意見や、実際に使って「同じ質問でも異なる回答を返す可能性があるので参考文献にするのは不適切」という意見もあった。

②については、「授業設計・改善の方法論や心理学、授業で扱う内容の知識が内部知識で、学習指導要領や教科書、教材、生徒の状況、メディアから得られる最新情報、現場の教員からの意見などが外部知識」というのが主流の意見である。一方、予め学習し変化しない(例えば、学問的)知識が内部知識、変化することが前提の(例えば、実践的)知識が外部知識というような解釈には注意が必要であり、「公的情報や学問および社会的要請が外部知識で、それら集めた情報をどう解釈・実践していくかに必要なのが内部知識(や見方・考え方)」という捉えの方が重要だろう。

③の修得状況については、「使えない以前に記憶も不十分」という自己評価が多く見られたが、その原因として「テストのために学んだだけで、教員としてどう活用するかを意識していなかった」や「知識同士の関連づけが意識されていなかった」という意見が主流である。今後は、「指導案作成の活動を通じて使うことを学び、指導案改善回数が減少するか否かで自己評価する」や「他者と教え合うなどのOutputする活動を行い、フィードバックを受けて改善する」などの学習・評価方法が提案された。

### 4.3 新逆向き設計による情報科のカリキュラム設計方針

前節の問いに特定の正解があるわけではない。正解があ

ると思えば他人任せや指示待ちになり、自力解決のための学びの動機づけも生じない。技術進歩を前提にすれば、より良い解も日々変化する。一度出した解を常に見直す態度が必要である。それを支えるのは、問題解決の(解に到達する)過程をふり返り、改善するための学びである。

新逆向き設計では、情報科は、SDGsのより良い達成のために情報システムを活用する政策やサービスを評価することに焦点を当てる。その活動もまた問題解決であるから、情報科は、問題解決という文脈で学習成果が活用できるようにカリキュラム設計する必要がある。その問題解決の文脈に即して、何ができるようになるべきか、その際、どんな知識、方法、見方・考え方を学び、活用する必要があるかを整理し明示したものが、本来あるべきコンピテンシーベースのカリキュラムの形である。以上に基づき、情報科で共通必須とすべきコンピテンシーと内容の検討を行う。

第1に、学習成果を発揮すべき文脈を理解する必要がある。これには、**情報システムの成功事例と複数の失敗事例を示し、成否を分けた理由や失敗を事前に予測できなかった理由を知る必要がある**。その上で、システム設計という観点からも、システム評価という観点からも、適切な**問題解決の方法や観点**を修得すべきであることを認識する必要がある。また、その過程で、社会的問題解決に情報システムを活用する**メリット・目的と考慮すべき制約条件やデメリット**、それらに生じがちな**トレードオフ関係**を覚える必要がある。なお、良い問題解決には、**解の良さ**以外に、**解決方法の良さ**が必要である。例えば、地球温暖化への対応策(良い解)が、高コストまたは長時間を要する場合、情報システムを使えばコスト削減や効率化(**トレードオフ解消**)を実現できる場合がある。問題解決では、**時間やコスト**が制約条件になり、解決方法の良さが解決の成否に関わることを認識し、**作業計画の必要性**を認識する必要がある。

第1の内容は、その後の学習内容を関連付けるべき文脈の情報であり、先行オーガナイザーの役割を果たす。なお、よく知られているPlan-Do-SeeやPlan-Do-Check-Act、あるいは情報科の学習指導要領解説に出てくる「問題発見-分析-解決策の提案-評価-改善」といった特定の手順を覚え、習熟することは重要ではない。多様な手順があるのは、問題領域に特化して使いやすくするためであり、逆に広範な問題に転用するのを難しくする。大事なものは、解決策を考える前に十分に問題分析することや、時間切れで問題解決に失敗しないように作業計画を立てること、解決策を考える時は発散的思考と収束的(批判的)思考を分けた上で、相互に行き来しながら解を練り上げていくこと、社会的問題解決は合意形成が必要なので、柔軟性の無い解ではなく、合意形成の過程で柔軟に修正しても良さが失われない解を用意することなどの重要性やその理由を理解し、柔軟に実践できるようになることである。

第2の内容は、未知(新規)の**情報システムについて理解すべき特性の観点や方法**であり、それらを情報システムの評価に適用できるようになる必要がある。情報システムは、



入力(センサを含む)、通信、処理、データ管理、出力(アクチュエーターを含む)などで構成されるため、それぞれの特性・観点と、それらを組み合わせる時に考慮すべき特性・観点がある。内容の厳選において重視すべきは、システムの問題点を検討するための観点である。

入力では誤入力(エラー)や誤差、欠損、意図的な攻撃などの可能性をふまえ、どのような可能性が考慮され、対処がされているかを確認する必要がある。例えば、ログインでは、生体認証や画像認証などが使われるが、これらは入力・処理・通信・データベースなどを組み合わせた技術とも解釈できるし、システム全体としては、ログインしようとする者が誰なのかをシステムに知らせる入力機能を実現するものと解釈することもできる。大きなシステムほど、個々の機能を大雑把に捉えないと、複雑化して理解が困難になるから、階層(システム)的に捉えることが大事になる。対話型Webコンテンツも、処理をサーバ側で行う可能性もあるが、Webページに埋め込まれたスクリプト言語で処理した結果をサーバに送ることもある。いずれにせよ、**何かを実現する方法は常に複数あり、どれを選ぶかで特性も変わることを認識し、「〇〇と言えば××」のように決めつけないことが必要である。**

上述の画像/生体認証では、アナログ情報をデジタル情報に変換する時に一定の欠落が生じるが、それを解釈する段階でも誤りが生じる可能性がある。よって、100%の信頼性は保証されないという特性を持つ。その場合、本人を別人と判定する可能性と、別人を本人と判定する可能性の両方が考えられる。パスワード認証でも、キーボードの接触不良で本人が入力したつもりのもとは異なる入力になるかもしれないし、簡単に推測できるパスワードを使ったために他人がなりすましてログインできてしまうこともある。上では、方法が変われば特性が変わると述べたが、一方で、**入力も処理も情報の変換操作であり、全ての変換操作には誤りが発生する可能性がある**という共通認識も必要である。それもまた、決めつけを防ぐ助けになる。

通信には、**接続先の特定、サービスの特定、プロトコルの共有、符号化・複合化、同期、不正アクセスの防止、エラーの検出と回復、盗聴・漏洩防止**などの要素技術が必要になる。このうち、符号化・複合化は入力時の情報の変換と、不正アクセスの防止は個人認証と、エラーの検出や回復は入力や識別エラーと関連づけて考えられる。盗聴・漏洩防止は通信に固有かと言えば、入力時にもスキミングやのぞき見といった同様のリスクが存在する。プロトコルの共有も、対話インタフェースの設計や操作の習熟(例えば、アイコンの意味、マウスやタッチパネル上の指操作)と関連づけられる。つまり、異なるように見えるものも、その原理や特性には共通点があると考え、技術の詳細よりも、類推的に理解することが、内容の厳選を可能にし、理解を深める鍵にもなる。

処理では、システム設計の基本的なスタンスの違いの存在と、それによるシステムの特性的違いを理解する必要がある。

ある。例えば、入力と出力の関係をトレースできるような**アルゴリズム型**か学習データに合わせて動作を変えていく**機械学習型**(さらには、数理モデルベースかルールベース)なのかといった区別、同時多発的にアクセスがあって状況が変化する**イベント駆動型**なのか否かといった区別、同じ状況・入力なら同じ結果を返すのか乱数の利用も含めて異なる結果を返すのかといった区別、複数のサブシステムが同期しながら処理を行う**分散処理型**なのか**集中処理型**かといった区別などである。これらは、必然的に、**透明性**や**信憑性**、**頑強性**など、処理結果や維持・運用に影響するシステムの特性が異なっている。情報システムの設計では、しばしば流行の手法が「売り」として採用される可能性がある(例えば、行政システムで予算獲得のために新技術の導入を売りにする可能性がある)。しかし、基本設計は、システム全体の特性を決定づけ、解決すべき問題の特性に合致しない手法を採用すれば、どんな工夫をしても適切な特性を持つシステムにならない可能性もある。これら多様なシステム設計のスタンスの違いを理解することに比較して、ミクロレベルのアルゴリズムの学習やそのプログラミングの演習などはシステム評価能力の育成に結びつかない(松田2018)。問題の特性とシステムの設計スタンスとの関係を理解するには、具体的な**問題例**と**情報システム例**、そこで起きた**事件例**などを学ぶことが大事である。それらは、3.1や3.2でも具体例として示している。また、そのような過去の事件例をふまえて、**セキュリティ技術・対策**、**保護法制の整備**、**個人レベルの自己防衛策**などがどのように蓄積されてきたのかについても、関連づけて学ぶ必要があるだろう。なお、ここでの学習は、新たなシステムに類似した問題例やシステム例・事件例を自ら探してシステム評価する方法に重点を置くべきである。

データ管理は、処理に必要なデータをシステム内部にどう保持しておくかという問題である。データを保持する目的は、過去の処理結果を次の処理で再利用することや、システムの最適化などに二次利用するといった目的以外に、システムの動作に問題がなかったかどうかを検証する目的でログも残す必要がある。英国の郵便事業システムの問題も、ログを残し検証することを法律的に義務づけていれば、冤罪を招くことはなかったであろう。このように、データ管理についても、処理の時と同様に、問題の特性、設計方針、システムの特性、事件事例等を関連づけてシステム評価する方法を学ぶことが重要である。

出力は、システムの外部(ユーザやアクチュエーター)に対するものであり、内部に保持するデータ管理とは区別する。出力には相手があるから、ここでも情報の解釈(変換)が行われ、誤解やエラーが起こりうる。入力の時とシステムとユーザの立場が入れ替わるだけであり、(通信経由で行われる場合があることも含め)考慮すべき観点の多くは共通である。入力も出力も一方的ではなく、双方向でより信頼性の高い対話をする必要がある。一方、悪意のあるシステムは、ユーザの誤解を誘導する可能性もある。フィッシン



グ詐欺や標的型攻撃メールなどへのセキュリティ対策もこの文脈で扱うと良い。

#### 4.4 情報科向けの問題解決の縦糸・横糸モデル

情報科で共通必須とすべきコンピテンシーと内容を上述のように列挙したが、問題解決の文脈に即して学習成果の活用を示すと、**図1**のような情報科向けの問題解決の縦糸・横糸モデルとなる。この図は、松田・小川(2015)で提案されたものであり、今から8年以上前のものであるが、必要とされる知識や見方・考え方に大きな変化は無い。その意味で、汎用性も普遍性も高いと言えるだろう。

このモデルは、技術進歩に合わせて新たなICTの知識を外部知識として活用する枠組みを内包している。その理解を助けるのが理解枠であり、全ての教科で共通に国語の見方・考え方と関連づけた5W1Hという観点と、目標設定過程の良さの知識と関連づけたメリット/デメリットという観点で知識のスロットを埋める。これにより、必要な状況に応じて知識を引き出せるようになると同時に、他の技術との比較等も可能になる。そして、他の技術との比較が可能になるということは、逆に、他の技術と比較しながら技術を理解することも支援するということである。

#### 5. まとめと今後の課題

新逆向き設計に基づいて教科の目標をコンピテンシー・ベースで考え、科目・単元の指導内容を工夫することについて、事例を示しながら解説した。数学や理科の事例は、教科における情報教育(ICTを活用して問題解決する力を育成すること)の重要性も示している。そこで目指すコンピテンシーは、明らかにICTの使用を禁じている入学試験で求められる資質・能力とは大きく異なるものである。

学習指導要領は一定の法的拘束力を持つが、あくまでも大綱的な規準に過ぎない。結局、学校単位で実のあるカリキュラムが編成され、学習成果が真に社会に出て役立つものになるかどうかは、教員の設計能力や指導力に依存する。教科教育の研究は、その教員を支援することに重点を置くべきであり、それが生徒にとっても最も有益である。新逆向き設計や縦糸・横糸モデルがその役に立つよう、教員を支援する事例や教材、支援システムの開発が重要になる。

#### 謝辞

本研究に関し、JSPS科研費JP22K02802の支援を受けた。記して感謝する次第である。

#### 参考文献

浅野・松田(2023)理科「探究活動」の改善を図る新逆向き設計に基づくゲーミング教材開発, 電子情報通信学会教育工学研究会, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通

信学会, 122(431), 93-100  
 中央教育審議会(2016)幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)【概要】, 文部科学省  
 杉原沢理・岩屋ケ野夏梨・磯岡美里・森万梨香・近藤千香(2024)家庭用燃料電池の種類を選択を題材とした「理科」探究活動導入用ゲーミング教材の開発と実践, *Informatio*, 21, 61-72  
 自民党(2021)政権公約2021・新しい時代を皆さんとともに, [https://storage2.jimin.jp/pdf/manifest/20211018\\_manifest.pdf](https://storage2.jimin.jp/pdf/manifest/20211018_manifest.pdf)(参照日2024年1月21日)  
 松田稔樹(2015)情報科教育で扱うべき問題解決活動の明確化と授業・教材の設計指針, *Informatio*, 12, 37-43  
 松田稔樹(2016b)縦糸・横糸モデルに基づくカリキュラム設計方法論構築の試みーSIG-10活動の中間まとめに向けてー, 日本教育工学会研究会報告集, JSET16-3, 83-90  
 松田稔樹(2017)情報科で育成すべき問題解決力と思考・判断・表現方法の指導, *Informatio*, 14, 43-54  
 松田稔樹(2018)育成すべき資質・能力に応じたプログラミングの扱い, 日本情報科教育学会第11回全国大会講演論文集, 13-14  
 松田稔樹(2019)育成すべき資質・能力から見た情報科の存在意義と望まれる指導内容・方法, *Informatio*, 16, 3-10  
 松田稔樹(2020)総合的な探求の時間から情報科の授業を構想する逆向き設計の方法, 日本情報科教育学会第13回全国大会講演論文集, 24-25  
 松田稔樹(2023)新逆向き設計に基づく情報I「総合演習」の設計と年間指導計画, *Informatio*, 20, 9-16  
 Matsuda, T.(2024)A Virtual Lesson Game for Improving the Unit Instructional Plan of Regular Lessons in Mathematics, Based on the New Backward Design Method, *Hawaii International Conference on Education 2024*, Waikoloa: HI  
 Matsuda, T., and Nagahara, K.(2021)A Backward Design Checklist for PBL Lessons to Help Development and Utilization of Gaming Instructional Materials, *Proc. of the Innovate Learning Summit 2021*, 438-445  
 松田稔樹・小川諒大(2015)情報科で育成すべき資質・能力のモデル化と授業・教材設計の視点, 日本情報科教育学会第8回全国大会講演論文集, 22-28  
 嶺井正也(2016)「戦後レジームからの脱却」下の教育課程政策, *カリキュラム研究*, 25, 125-132  
 日本学術会議史学委員会高校歴史教育に関する分科会(2014)提言・再び高校歴史教育のあり方について, <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t193-4.pdf>(参照日2024年1月21日)  
 Wiggins, G and McTighe, J.(2006)*Understanding by Design(Expanded 2nd edition)*. Pearson Education.

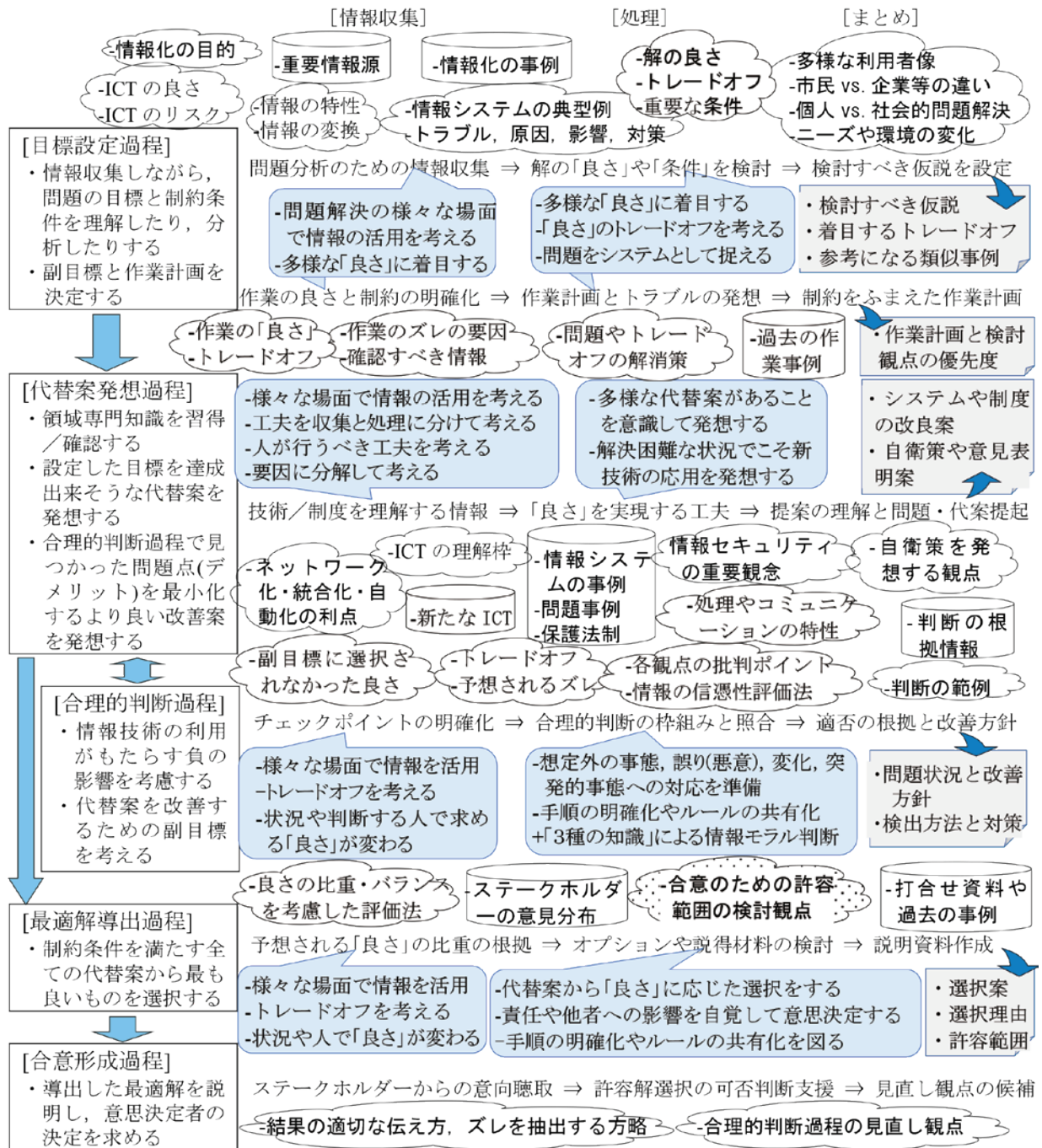


図1 松田・小川 (2015) で提案された情報科向けの問題解決の縦糸・横糸モデル