

Peirceの探究段階論に基づく 「情報I, II」の授業設計

大西 洋
(関西大学)

次期学習指導要領「情報科」

情報に関する科学的な見方・考え方を働かせ、情報技術を活用して問題の発見・解決を行う学習活動を通して、**問題の発見・解決**に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的に活用し、情報社会に主体的に参画するための資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

(文科省「高等学校学習指導要領」[11](2018/2))

「情報 I」の単元

① 情報社会の問題解決

「この科目の導入として位置付け」

「(2) から (4) までとの関連に配慮する」 [11]

② コミュニケーションと情報デザイン

問題を情報デザインにより解決する方法を学ぶ

③ コンピュータとプログラミング

問題をプログラミングにより解決する方法を学ぶ

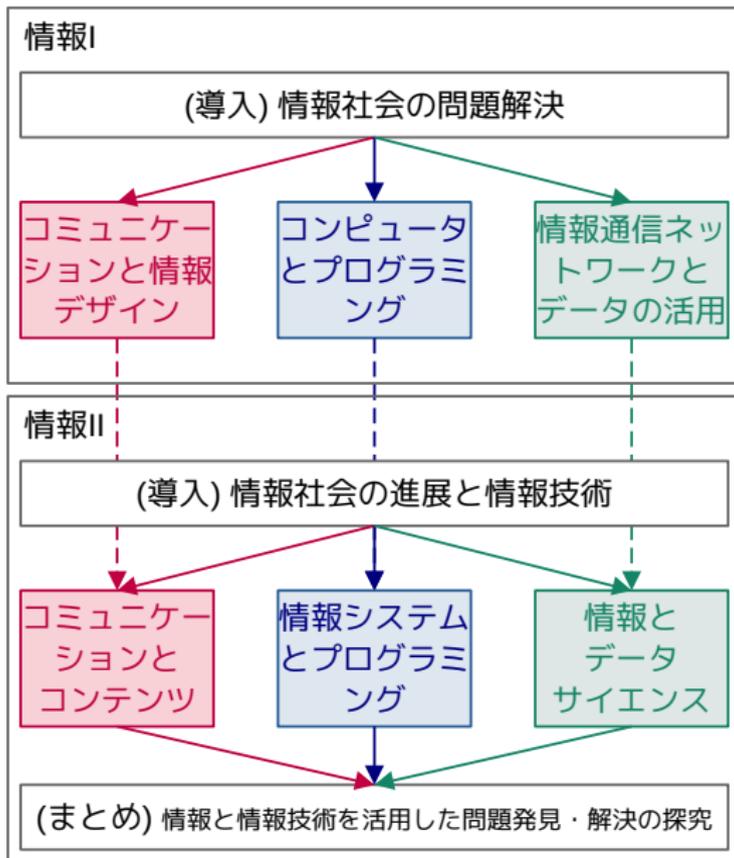
④ 情報通信ネットワークとデータの活用

問題をデータの活用により解決する方法を学ぶ

「情報II」の単元

- ① **情報社会の進展と情報技術**
「この科目の導入として位置付け」 [11]
- ② コミュニケーションとコンテンツ
問題を**情報デザイン**により解決する方法を学ぶ
- ③ 情報とデータサイエンス
問題を**データの活用**により解決する方法を学ぶ
- ④ 情報システムとプログラミング
問題を**プログラミング**により解決する方法を学ぶ
- ⑤ **情報と情報技術を活用した問題発見・解決の探究**
「この科目のまとめとして位置付け」
「課題を設定して問題の発見・解決に取り組ませる」 [11]

Background



「情報 I,II」の教育課程の特徴

縦方向の関係が明瞭

- 科目間での系統性
両科目で「情報デザイン」「プログラミング」「データの活用」の問題解決を扱う
- 科目内での系統性
「科目の導入・まとめ」として総論・応用の単元が設置されている

「情報 I,II」の教育課程の問題点

横方向の関係が不明瞭

- 科目間での網羅性
「情報デザイン」「プログラミング」「データの活用」の3種で十分?
(多数ある問題解決方法のうち3つだけを選ぶ妥当性は?)
- 科目内での関連性
「情報デザイン」「プログラミング」「データの活用」の関係性は?

懸念される問題

- 「なぜこの3つの問題解決を扱うのか?」が生徒に伝わらない
(「PCを使う内容は全て情報科」というのは、20年前の言説)
- 体系性のない断片的な授業が実施される可能性がある
(3つバラバラなプロジェクト実習をやっても、生徒が体系的に理解できない)
- 年間計画上で適切な時間配分が実施されない可能性がある
(授業時間の大半がプログラミングとデータ分析! …他の単元は?)

研究目的

共通教科「情報」で扱う問題解決方法の妥当性と、各方法間の関連性を明らかにする

- Peirce による推論方法の分類 [3] と探究段階論 [4] に基づく分析
- 各単元を授業で扱う際の指針を示し、教科書の活用法を検討

Bruner 『教育の過程』

「ものごとは**関連**しているのであって**孤立**しているのではない」 [1]

- 教科の**構造 (structure)**: 「どのようにものごとが**関連**しているか」
- 「研究分野の基礎的な、つまり、その**根底**にある**原理**を**明確**に反映している教育課程をどのように**編成**するか」が**重要**
- 「細かい部分は**構造化**された**全体のパターン**のなかに**位置づけ**られるのでなければ、**急速**に**忘れ去**られる」
- 「**知識**を**獲得**しても、それを**相互**に**結合**するだけの**十分な構造**をもたなければ、その**知識**は**忘れられ**がち」

情報教育における「構造」？

教科の構造が見えづらく、位置づけや意義が明らかでない

例) プログラミング・Computational Thinking・データサイエンス・統計・人工知能・問題解決・メディアリテラシー・コミュニケーション・デザイン・マルチメディア・情報モラル・ネチケット・ITリテラシー・…

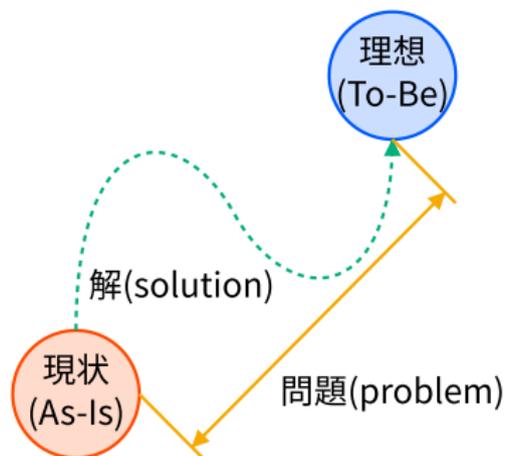
情報教育における構造化の試み

- 日本学術会議「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野」(2016)[12]
- 日本学術会議「情報教育課程の設計指針—初等教育から高等教育まで」(2020)[13]
- 文部科学省「高等学校学習指導要領」(2018)[11]
(「情報 A・B・C」→「社会と情報・情報の科学」→「情報 I(必修)・II(選択)」)

「問題」と「問題解決」

問題 (problem): 現在の状態 (As-Is) と目標の状態 (To-Be) の間の差異 (Simon[6][8][7])

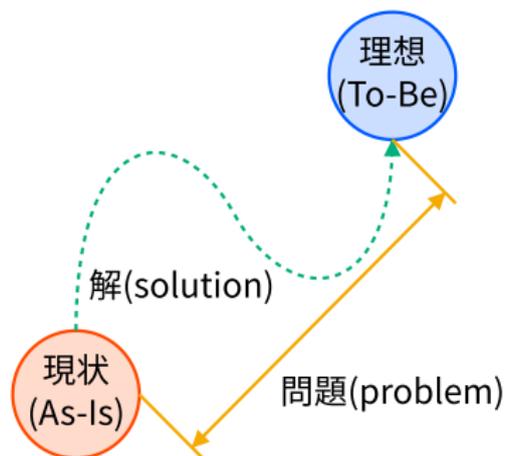
- 解 (solution): 現在の状態から目標の状態へ至る経路
- 問題解決 (problem solving): 問題の解を発見すること



例: 問題定義の例

問題: 20代の投票率 [15]

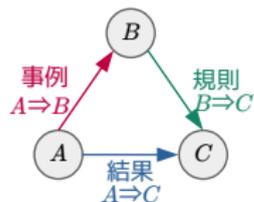
- 現状: 20代の投票率が4割以下である (という状態)
- 目標: 20代の投票率が5割以上である (という状態)



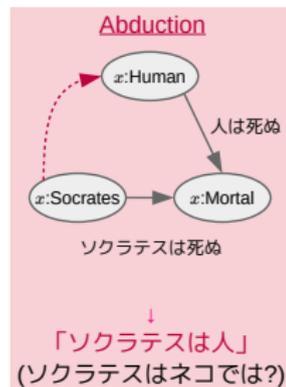
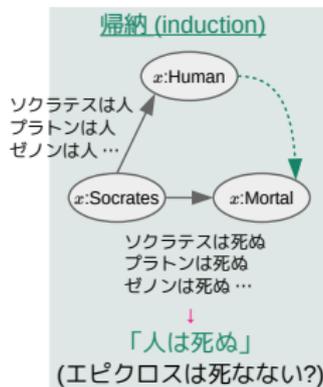
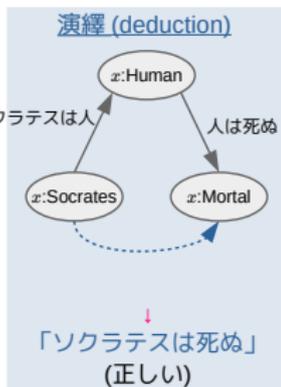
Peirce の推論分類

- アブダクション (abduction): 規則と結果から事例を推論
- 演繹 (deduction): 事例と規則から結果を推論
- 帰納 (induction): 結果と事例から規則を推論

※桐原書店『探求 現代の国語』(現国 717) に上記に近い記載あり



推論結果:



Peirce の探究段階

- ① **アブダクション**による仮説の考案
既知の知識 (規則) と観察した現象 (結果) から、現象を説明する仮説 (事例) を推論する
- ② **演繹**による仮説の検証可能化
考案した仮説 (事例) と既知の知識 (規則) から、観察可能な現象 (結果) を推論する
- ③ **帰納**による仮説の実証
実験で観察できた現象 (結果) と実験に用いた対象 (事例) から、知識 (規則) の正しさを推論する

例: Peirce の探究段階に基づく問題解決の例

目標: 20代の投票率が**5割以上**である(という状態)

① **アブダクション**による仮説の考案

例: 「方法を知っていれば行動する」(規則)と「(主権者教育を行った)10代の投票率は高い」(結果)から「20代に投票方法を伝える」(事例)を推論

② **演繹**による仮説の検証可能化

例: 「20代に投票方法を伝える」(事例)と「方法を知っていれば行動する」(規則)から現象「20代の投票率が上がる」(結果)を推論

③ **帰納**による仮説の実証

例: 「20代に投票方法を伝える」(事例)と「20代の投票率が上がる(?)」(結果)から「方法を知っていれば行動する」(規則)の正しさを推論

対応付け

情報科で扱う問題解決方法と Peirce の探究段階を対応させる

	情報デザイン	プログラミング	データの活用
(1) アブダクション	デザインで解決すべき問題を決定する	プログラムで解決すべき問題を決定する	データから導き出した仮説を決定する
(2) 演繹	デザインの形態や表現を検討し、実際に作成する	プログラムを作成し、意図する動作になるまで修正する	仮説を示すための統計量を計算する
(3) 帰納	設計したデザインが正しく使われたことを確認する	プログラムが正しく動作したことを確認する	仮説検定や推定などの統計手法で仮説の正しさを示す

「情報デザイン」による問題解決

情報デザインでは**アブダクション**の段階が重要

- Rowe 『デザインの思考過程』 [5]:
アブダクションは「デザインにおいて、極めて一般的なこと」
- 吉川 『一般デザイン学』 [9]:
デザインを「誤りの可能性のあるアブダクションによって提案し、それを検証することによって実在のものとする」ことが人類の歴史

例: アブダクションに焦点化した「情報デザイン」で扱える事項

- コミュニケーションの基礎理論:
記号論・encoding/decoding(S.Hall)・コミュニケーションモデル・アフォーダンス・シグニファイア (シニフィアン)・ゲシュタルト心理学・感覚の多様性・ユーザ体験 (UX)・Postel の法則
- 発想の概念と方法:
創発・アイデア・イノベーション・水平思考・SCAMPER・発想法・抽象化 (モデル化)・可視化・図解・ファシリテーショングラフィック・グラフィックレコーディング (GR)
- デザインの方法:
ユニバーサルデザイン (UD)・インクルーシブデザイン・人間中心設計 (HCD)・ペルソナ法・デザイン思考・アートとデザインの違い

「プログラミング」による問題解決

プログラミングでは**演繹**の段階が重要

- 文科省 [10] の「プログラミング的思考」：
「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを**論理的に**考えていく力」

例: 演繹に焦点化した「プログラミング」で扱える事項

- 演繹論理の基礎理論:
Modus ponens ・ 三段論法 ・ 証明図 ・ 状態 ・ 状態遷移 ・ オートマトン ・ Turing Machine ・ Hoare 論理
- プログラムの基礎概念:
プログラム ・ 逐次 ・ 選択 ・ 反復 ・ 構造化定理 ・ 論理回路 ・ アルゴリズム ・ フローチャート ・ UML ・ 計算量 ・ 複雑性 ・ 停止性
- 還元主義の基礎概念:
分割統治法 ・ 関数 ・ クラス ・ ライブラリ ・ メッセージ交換 ・ 凝集度 ・ 結合度 ・ DRY 原則 ・ OSI 階層モデル

「データの活用」による問題解決

データの活用では**帰納**の段階が重要

- Hume[2] の**自然の斉一性原理**:
「経験されなかった (標本集合にない) 事例は、経験された (標本集合にある) 事例に必ず類似し、自然の歩みは、常に一様に同じであり続ける」
- 大塚『統計学を哲学する』[14]:
推測統計は「データの背後に控える「存在」として確率モデル (確率分布) を導入することで、**帰納推論**を行う」
推測統計は「斉一性条件をより洗練された **IID(独立同一分布) 条件**として定式化する」

例: 帰納に焦点化した「データの活用」で扱える事項

- 統計学の基礎理論:
標本・社会調査・データ・実験計画法・尺度・群・一般化・外れ値・欠損・回帰・推定・検定
- 関係データの基礎概念:
関係・相関・因果・バイアス・独立性・関数従属性・正規化
- 確率的なプログラミング:
乱数・シミュレーション・機械学習・パーセプトロン・パターン認識・転移学習・情報推薦・決定木・ニューラルネット・ビッグデータ・人工知能・説明可能 AI(XAI)

Survey

情報 I(+技術分野) の教科書すべてを教科書展示会で調査

- Peirce の探究段階を掲載している教科書はない
- 問題解決の扱いの観点から各教科書を調査

調査内容

- ① 各教科書の**全体の構成**はどうなっているか?
- ② 各教科書の**各単元の分量・比率**はどうなっているか?
- ③ 各教科書で**問題の定義**はどうなっているか?
- ④ 各教科書の**問題解決手順**はどう示されているか?

調査 1: 全体の構成 (概要)

- 情 I707(開隆堂) 以外: 学習指導要領の各単元に対応する章が存在
- 情 I707(開隆堂) 以外: 最初の章は「情報社会の問題解決」の内容
- 情 I710(日文) 以外: 3種の問題解決方法を扱う構造を明示していない

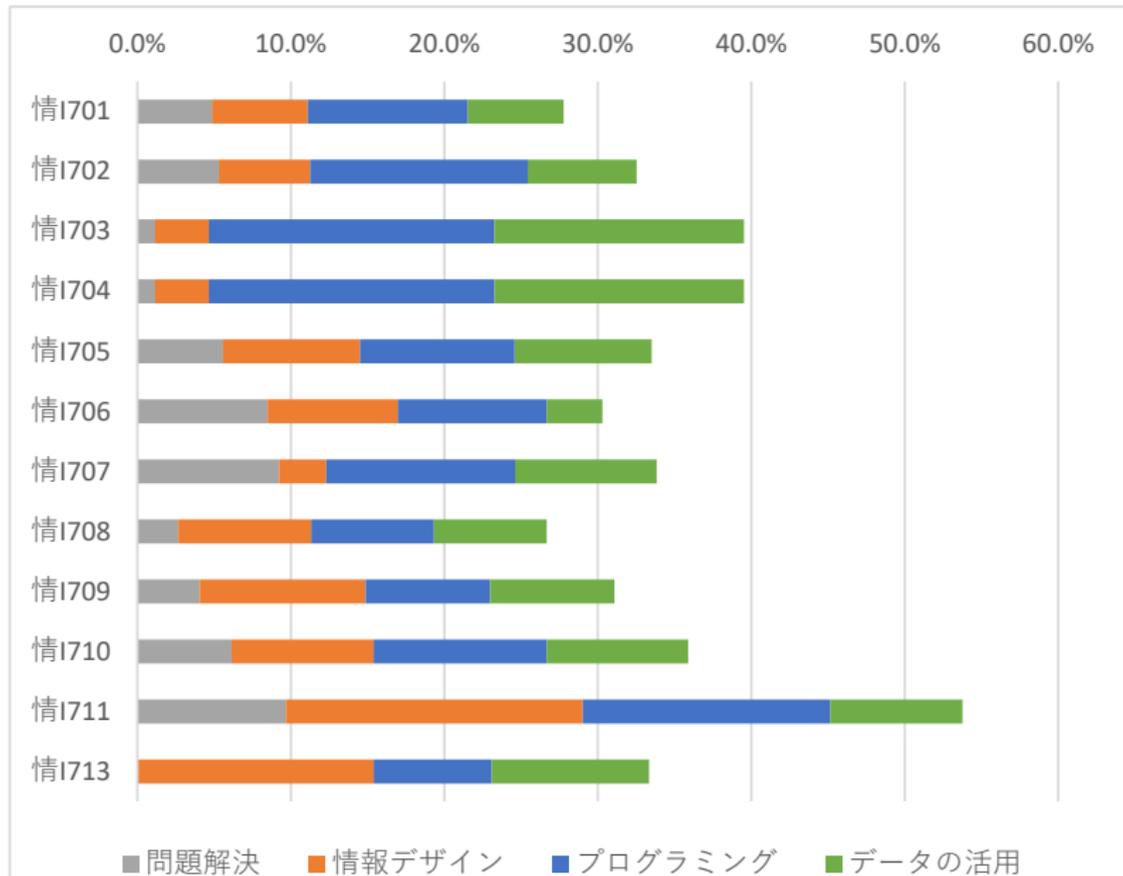
調査 1: 全体の構成 (詳細)

- 情 I702(東書): 5章が**実習のみをまとめた「問題解決」という章** (問題解決には理論がないように見える)
- 情 I703, 704, 705(実教): **データ分析の章見出しに「問題解決」を含む** (他の章では問題解決を扱わないように見える)
- 情 I705(実教): 1章に現れるのは「課題解決」のみ (「問題解決」の記載がない)
- 情 I707(開隆堂): 1章は「情報の表現」(デジタル化) (2章「コミュニケーション」で初めて「問題解決」が現れる)

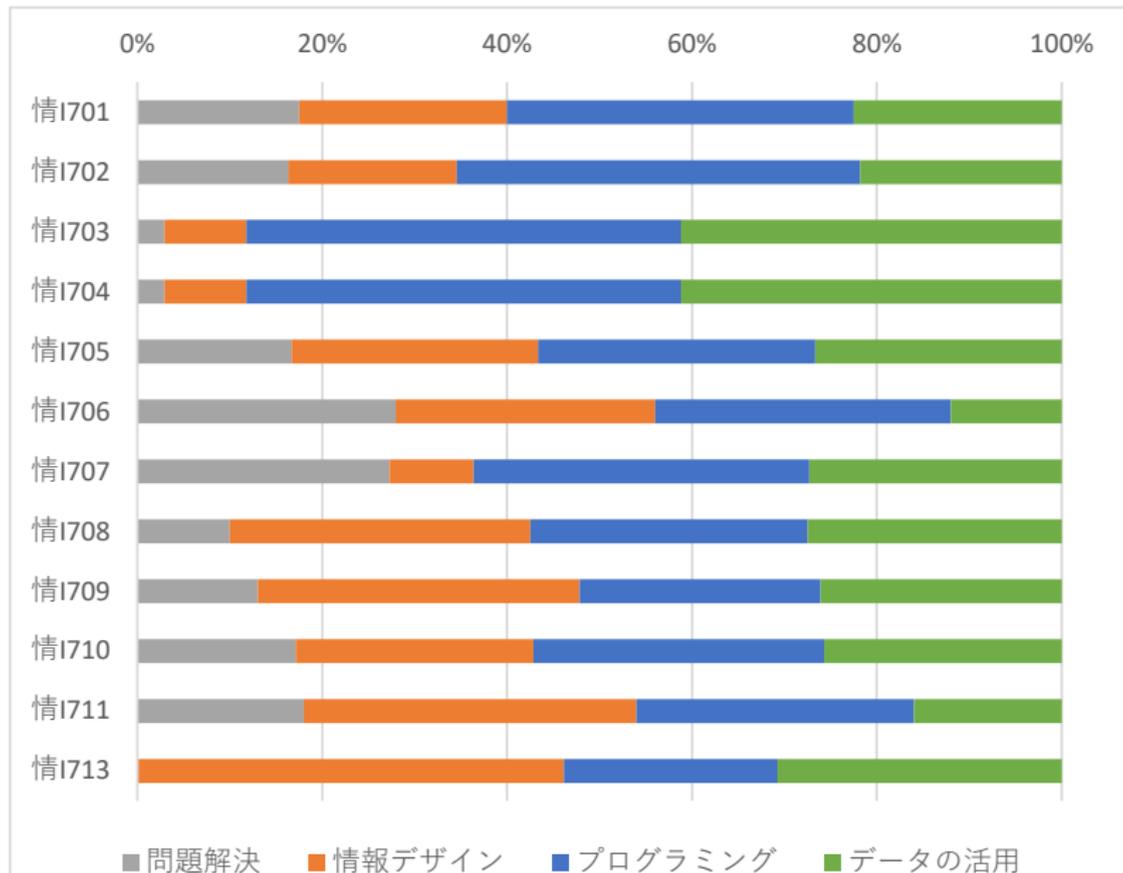
調査 2: 各単元の分量・比率

- Peirce の探究段階に依拠するなら、3 種の問題解決方法を均等に扱うべき
- 問題解決・情報デザイン・プログラミング・データの活用に関するページ数のみを 100%換算して比較
除外項目: 情報社会・情報法・情報モラル・デジタル化・コンピュータの構成・ネットワーク・データベース・モデル化とシミュレーション (3 種を複合した内容のため)

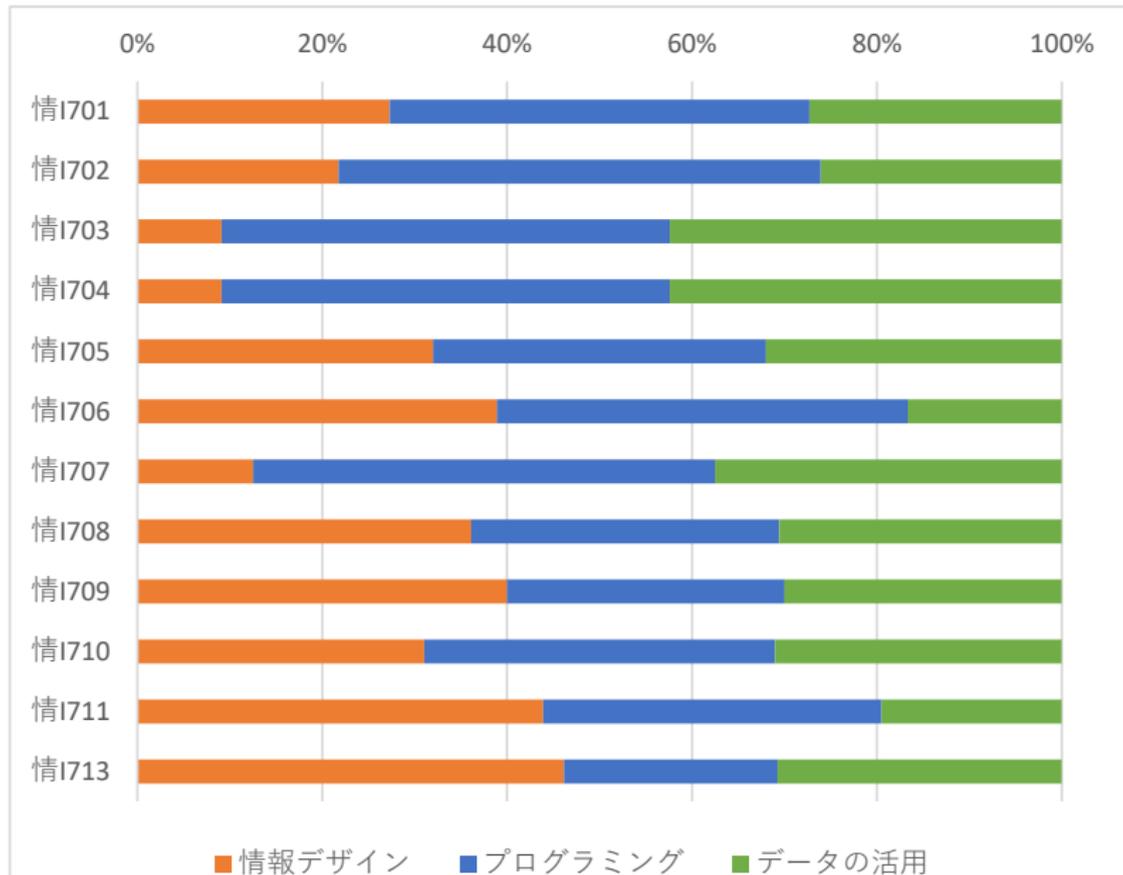
Survey and Result



Survey and Result



Survey and Result



調査 2: 各単元の分量・比率

- 図説系の教科書で「情報デザイン」が多い傾向にあるが、問題解決の内容込みで掲載したり、画像を多用したりと、内容が充実していないものもある
- 情 I711, 712(日文):
半分が実習編のため、問題解決に関するページ数は多い
- 情 I703, 704(実教), 707(開隆堂): 比率に偏りがあり、情報デザインが占める割合が約 10%
- 情 I713(第一): 問題解決に関する説明がきわめて少ない
- ブレインストーミングなどの発想法は、問題解決の内容に記載されることが多い

調査 3: 問題の定義 (情報 I)

大半の教科書で、1章で Simon[6][8][7] に近い定義を明記

- 情 I705(実教): 定義は 5 章に現れる
- 情 I706(実教):
定義自体は明記されていないが、図や本文にほぼ同じ表現がある
- 情 I707(開隆堂): 定義は 2 章に現れる
- 情 I708, 709(数研), 情 I711, 712(日文): 問題の定義がない

調査 3: 問題の定義 (技術)

本文中で Simon の定義を示した教科書はない

- 技術 701(東書): 「現状と理想」の「差」に着目させるセリフを記載
- 技術 702(703), 704 → 情 I708, 709, 711(712) と辿ると、
問題の定義に出会えないまま高校を卒業することになる
(共通テストを考慮すれば、教員の補足説明が必要?)

調査 4: 問題解決手順

各教科書の問題解決手順を比較

- Levenshtein 距離 (編集距離) を使用し類似度を定義

$$\text{類似度}(s_1, s_2) = \left(1 - \frac{\text{Levenshtein}(s_1, s_2)}{\max(\text{len}(s_1), \text{len}(s_2))}\right) \times 100(\%)$$

- 手順間の遷移は、矢印 1 字分として扱う

Survey and Result

記号/番号	出版社	書名	Step1: 発見	Step2: 明確化	Step3: 調査	Step4: 整理	Step5: 立案	Step6: 実行	Step7: 反省	Step8: 共有
	文科省	「情報」研修用教材	問題の発見	問題の定義 情報の収集と分析			解決方法の探索 計画の立案	結果の予測 計画の実行	振り返り	
情I701	東書	新編情報I	問題の発見	問題の定義・解決 の方向性の決定			解決方法の提案・ 計画の立案	結果の予測・ 計画の実行	振り返り	
情I702	東書	情報I Step Forward!	問題の発見	問題の分析			解決策の提案	解決行動	振り返り	
情I703, 情I704	実教	高校情報I Python, 高校情報I JavaScript	問題の把握(発見)					問題解決の遂行		表現と伝達 (他者との共有)
情I705	実教	最新情報I	問題の発見	問題の明確化		解決策の検討	解決案の決定	解決案の実施と 評価		
情I706	実教	図説情報I		問題の明確化	情報の収集	情報の整理・分析	解決案の検討・ 評価	解決案の実施と 反省		
情I707	開隆堂	実践 情報I	問題の発見と 課題の設定				解決のための計画 立案	解決に向けた活動	結果の活用・評価	
情I708	数研	高等学校 情報I		問題の明確化	情報の収集	情報の整理と分析	解決策の立案 (検討と評価)	解決案の実行 (実施)	反省(評価)	
情I709	数研	情報I Next		問題の明確化 (整理と分析)	情報の収集	情報の整理と分析	解決案の立案 (検討と評価)	解決案の実行 (実施)	評価(反省)	
情I710	日文	情報I		問題と目標の 明確化		問題の整理と分析	解決策の立案	実行	評価	共有
情I711, 情I712	日文	情報I図解と実習一図解編, 情報I図解と実習一実習編	発見		調査	整理	分析	検討	発表	実施→評価→ 再検討
情I713	第一	高等学校 情報I	問題の発見と定義		情報の収集	情報の整理と分析	解決方法の検討	実施と評価		
	文科省	「情報の技術」研修用教材	問題の発見			対象の分析	解決策の立案	解決策の設計	解決の作業(製 作・制作・育成)	結果の評価
技術701	東書	新しい技術・家庭 技術分野 未来を創る Technology	問題の発見、 課題の設定					設計・計画	製作、制作、育成	成果の評価、 改善・修正
技術702, 技術703	教図	New技術・家庭 技術分野 明日を創造する	問題の発見	課題の設定と 解決策の検討					問題の解決	
技術704	開隆堂	技術・家庭 技術分野 テクノ ロジーに希望をのせて	問題の発見と 課題の設定					設計・制作		評価・改善
	JIS	JIS Q9024	テーマ設定	現状把握	目標設定	計画の策定	要因解析	対策の実施と検討	効果の確認	標準化と管理の定着
	JIS	JIS Q9024		現状把握	問題点、原因の抽 出		対策の立案	実行	評価	

Survey and Result

記号/ 番号	出版社	書名	情I 研修	情I 701	情I 702	情I 703	情I 705	情I 706	情I 707	情I 708	情I 709	情I 710	情I 712	情I 713	技術 研修	技術 701	技術 702	技術 704	JIS 1	JIS 2	
	文科省	「情報I」研修用教材		13	29	42	35	35	37	37	45	36	46	33	39	40	36	40	50	39	
情I701	東書	新編情報I	77%		32	43	34	40	36	44	52	41	49	40	37	41	38	41	49	41	
情I702	東書	情報I Step Forward!	46%	43%		24	19	29	25	37	46	19	26	25	28	32	16	20	43	21	
情I703	実教	高校情報I Python	22%	23%	35%		28	36	33	44	49	30	33	31	37	35	23	24	46	29	
情I705	実教	最新情報I	35%	39%	53%	30%		24	27	36	44	27	31	25	29	32	19	28	44	27	
情I706	実教	図説情報I	35%	29%	37%	22%	48%		34	19	26	31	35	19	39	37	31	34	46	37	
情I707	開隆堂	実践 情報I	31%	36%	44%	27%	40%	26%		43	49	32	40	29	35	26	27	25	43	35	
情I708	数研	高等学校 情報I	35%	23%	35%	23%	37%	67%	25%		13	35	45	29	38	47	40	46	52	42	
情I709	数研	情報I Next	31%	20%	29%	25%	32%	60%	25%	80%		41	52	34	49	52	49	53	56	51	
情I710	日文	情報I	33%	27%	49%	19%	33%	33%	29%	39%	37%		29	21	39	36	22	27	44	21	
情I712	日文	情報I図解と実習一実習編	15%	13%	16%	11%	23%	24%	11%	21%	20%	22%		30	43	35	29	27	43	27	
情I713	第一	高等学校 情報I	39%	29%	38%	23%	38%	59%	36%	49%	48%	48%	25%		37	33	25	27	43	29	
	文科省	「情報の技術」研修用教材	28%	34%	44%	26%	42%	22%	30%	33%	25%	22%	14%	26%		37	33	36	48	40	
技術701	東書	新しい技術・家庭 技術分野	26%	27%	27%	20%	27%	20%	42%	18%	20%	18%	20%	25%	26%		28	18	45	36	
技術702	教団	New技術・家庭 技術分野	33%	32%	48%	38%	53%	33%	40%	30%	25%	41%	6%	38%	34%	36%		15	40	24	
技術704	開隆堂	技術・家庭 技術分野	26%	27%	35%	35%	30%	26%	44%	19%	18%	27%	13%	33%	28%	59%	50%		45	25	
	JIS	JIS Q9024 1	7%	13%	16%	10%	14%	10%	16%	9%	14%	14%	16%	16%	6%	12%	22%	12%		39	
	JIS	JIS Q9024 2	28%	27%	32%	22%	33%	20%	22%	26%	22%	43%	13%	28%	20%	18%	20%	14%	24%		

調査 4: 問題解決手順

中高を通して各教科書で表記や手順数が異なる

(おそらく同じ起源なのに手順の表記が異なるのは問題)

- 情 I701(東書): 文科省の研修用教材と近い表記 (類似度 77%)
- 情 I708,709(数研): 同一社内で類似した表記 (類似度 80%)
- **技術分野: 全教科書で問題解決を柱にしている**

Contribution

共通教科「情報」で扱う問題解決方法の**妥当性**と**関連性**を示し、
教科書の記述との対応を調査

- Peirce の探究段階 (アブダクション → 演繹 → 帰納) に基づき説明
- 各単元で、探究段階のどの部分に焦点化すべきかを提示
- 各教科書の問題解決に関する記述を比較し、活用できるか検討

Future tasks

- 各単元の実習で扱う教材の開発
- 本発表の指針に基づく授業の実施・評価

Reference I

 Jerome S. Bruner. 教育の過程. 岩波書店, 1963.

 David Hume. 人間本性論 第1巻: 知性について. 木曾好能訳. 法政大学出版局, 2011, pp. 108–111. ISBN: 4588120808.

 Charles Sanders Peirce. “Deduction, Induction and Hypothesis”. In: *Collected Papers of Charles Sanders Peirce 2* (1878). CP2.619-624, pp. 372–375.

 Charles Sanders Peirce. “Lessons from the History of Science”. In: *Collected Papers of Charles Sanders Peirce 1* (1896?). CP1.65-68, pp. 28–29.

 Peter G. Rowe. デザインの思考過程. 奥山健二訳. 鹿島出版会, 1990, pp. 121–123. ISBN: 430606106X.

 Herbert A. Simon. *the new science of management decision*. Prentice Hall, 1977, p. 70. ISBN: 0136161367.

 Herbert A. Simon. システムの科学. 稲葉元吉・吉原英樹訳. パーソナルメディア, 1999. ISBN: 489362167X.

 Herbert A. Simon. 意思決定の科学. 稲葉元吉, 倉井武夫訳. 産業能率大学出版部, 1979, pp. 95–96. ISBN: 4382046254.

Reference II



吉川 弘之. 一般デザイン学. 岩波書店, 2020, pp. 250–253. ISBN: 4000050621.



文部科学省. 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について. 2016. URL: https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm.



文部科学省. 高等学校学習指導要領. 2018. URL: http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm.



日本学術会議. 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野. 2016. URL: <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h160323-2.pdf>.



日本学術会議. 情報教育課程の設計指針—初等教育から高等教育まで. 2016. URL: <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-h200925.pdf>.



大塚 淳. 統計学を哲学する. 名古屋大学出版会, 2020, pp. 19–22, 33, 43. ISBN: 4815810036.



総務省. 国政選挙の年代別投票率の推移について. URL: https://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/sonota/nendaibetu.