

# 本講演の構成

- 情報学分野の参照基準 5分
- 情報教育課程の設計指針 5分
- 設計指針第2版 5分
- 参照基準の改訂私案 5分

# 情報学分野の参照基準

報告

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



<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h160323-2.pdf>

平成28年（2016年）3月23日

日 本 学 術 会 議

情報学委員会

情報科学技術教育分科会

# 情報学分野の参照基準

- 平成28(2016)年3月公開
  - 日本学術会議の30分野別委員会の活動
    - 情報学の場合: **情報学委員会** 情報科学技術教育分科会 + 情報処理教育委員会
  - 大学学士専門課程における知識体系と養成すべき能力
  - 大学がカリキュラムを設計する際に「参照」
    - 名古屋大学情報学部・九州工業大学情報工学部
- 文系と理系に広がる情報学
  - 社会情報学
  - 社会的価値の創造
- メタサイエンスとしての情報学
- 領域情報学との関係

# 情報学の定義と固有の特性

- 情報学＝人類の価値をつくり運用するための知
- 情報＝世界に意味と秩序をもたらす源泉
- 情報学の定義
  - 情報学は、情報によって世界に意味と秩序をもたらすとともに**社会的価値を創造**することを目的とし、情報の生成・探索・表現・蓄積・管理・認識・分析・変換・伝達に関わる原理と技術を探求する学問である
- 情報学の特性
  - 情報学は、情報を扱う技術により世界を変化させる
- 他の諸科学との協働
  - **メタサイエンスとしての情報学**
  - **領域情報学との関係**

# 文系と理系に広がる情報学

- 情報学の系譜・将来の発展
- 大学の現状
  - 「実際に開設されている各大学の教育課程」を把握し検討することが重要（文部科学省への回答）
  - 情報学に関係する学部学科は、理系のみならず文系にも広くまたがって存在している（特に私学）
- 高校の教科「情報」（前学習指導要領）
  - 情報の科学
  - 社会と情報
- 大学一般情報教育
- cf. 情報学委員会

# メタサイエンスとしての情報学

- メタサイエンス --- 諸科学を「覆う」科学
  - その原理は、普遍的であるがゆえに、諸科学において活用される
  - 例: 数学(理工系、経済学等に対して)
  - 例: 統計学(データを扱う諸科学に対して)
- 情報学はメタサイエンスの側面を有する
  - 情報はすべての科学において生成され処理される
  - 文系の科学においても
  - 情報に関する基本原理はすべての科学において活用される

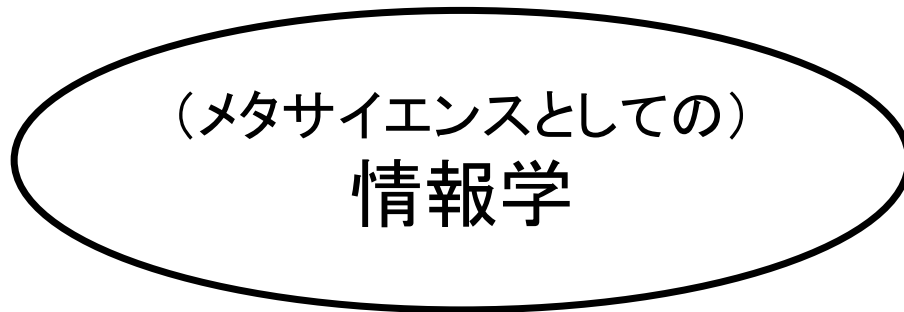
# 情報学の中核部分

- 情報学のうちのメタサイエンスとみなされる部分
  - 文系諸科学に対する社会情報学を含む
- 大学専門教育(学部レベル)
- この参照基準
- 情報学の中核部分は諸科学との境界において新たな情報学(領域情報学)を生み出し続けている
  - 中核部分から情報に関する一般原理の提供
  - 領域情報学から一般原理の帰納
- 情報学を種々の領域情報学と中核部分の全体と捉えることも可能

# 領域情報学

- 環境情報学
- 都市情報学
- 経営情報学
- 経済情報学
- 政策情報学
- 人文情報学
- 防災情報学
- 生物情報学
- 機械情報学
- 脳情報学
- デザイン情報学
- 医療情報学
- 教育情報学
- エンターテインメント情報学...

一般原理



(メタサイエンスとしての)  
情報学



フィードバック(帰納)

# 情報学に固有の知識の体系

ア 情報一般の原理

イ コンピュータで処理される情報の原理

- 計算理論・情報理論・計算機科学／CS

ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

- 計算機科学・工学／CS・CE

エ 情報を扱う人間社会に関する理解

- 社会情報学

オ 社会において情報を扱うシステムを

構築し活用するための技術・制度・組織

- 情報システム・計算機科学／IS・IT・SE

／Computing Curricula

# 情報学に固有の知識の体系

## ア 情報一般の原理

- 情報と意味
- 情報の種類
- 情報と記号
- 記号の意味解釈
- コミュニケーション
- 社会的価値の創造

## イ コンピュータで処理される情報の原理

- 情報の変換と伝達
- 情報の表現・蓄積・管理
- 情報の認識と分析
- 計算
- 各種の計算・アルゴリズム

## ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

- コンピュータのハードウェア
- 入出力装置
- 基本ソフトウェア

## エ 情報を扱う人間社会に関する理解

- 社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み
- 情報を扱う人間の特性と社会システム
- 経済システムの存立と情報
- 情報技術を基盤にした文化
- 近代社会からポスト近代社会へ

## オ 社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織

- 情報システムを開発する技術
- 情報システムの効果を得るための技術
- 情報に関わる社会的なシステム
- 情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法

# 情報学を学ぶ学生が獲得すべき能力

- 情報学に固有の能力
  - 情報処理・計算・データ分析
    - 情報の構造を設計する能力
    - 計算を設計し表現する能力
    - 形式的なモデルのもとで演繹する能力
    - 情報を扱う機械を作る能力・運用する能力
    - 巨大なデータを扱う能力
  - システム化
    - システムの体系・構造を理解し表現する能力
    - 社会において情報を扱うシステムを作る能力・運用する能力
    - 複雑なシステムの作成を管理する能力
    - 社会において情報に関わる問題を発見し解決する能力
  - 情報倫理・情報社会
    - 情報一般の原理を自覚して情報社会に積極的に参画する能力
    - 社会において情報の意義や危険性を読み解く能力
    - 社会においてルールを遵守しつつ情報を利活用する能力

# 情報学を学ぶ学生が獲得すべき能力

- ジェネリックスキル
  - 創造性
    - 創造力・構想力・想像力
  - 論理的思考・計算論的思考
    - 論理的思考能力・論理的緻密さ・演繹する能力
    - モデル化・形式化・抽象化を行う能力
  - 課題発見・問題解決
    - 問題発見能力
    - 問題解決能力
    - システム思考
    - クリティカルシンキング
  - コミュニケーション
    - コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力
  - チームワーク・リーダーシップ・チャンス活用
    - 協調性
    - リーダーシップ
    - ストレス耐性
  - 分野開拓・自己啓発
    - 主体的に学習する能力
    - 融合する力・関連付ける力

# 情報教育課程の設計指針

報告

情報教育課程の設計指針 —  
初等教育から高等教育まで



<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-h200925.pdf>

令和2年（2020年）9月25日

日 本 学 術 会 議

情報学委員会

情報学教育分科会

# 情報教育課程の設計指針— 初等教育から高等教育まで

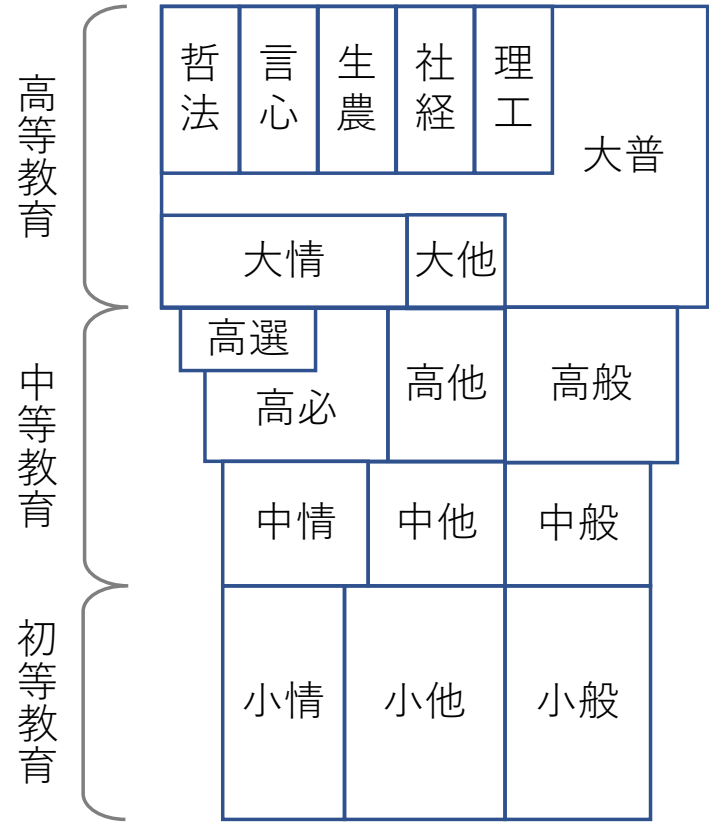
- 令和元年9月公開
  - 日本学術会議情報学教育分科会
    - 久野靖特任連携会員
      - + 情報処理学会情報処理教育委員会 (+ 大学入学者選抜改革推進事業)
- 小学校～大学共通教育・専門基礎教育の情報教育を体系化
  - **一貫**した情報教育課程の設計指針・情報教育の**共通の物差し**
- A～Kまでの5+1領域・11カテゴリ
  - 知識・理解+ジェネリックスキル (総合情報処理能力)
- 各カテゴリに3～4の項目
  - それぞれに4つの水準 --- 教育段階に対応
- 専門分野のグループ

情報教育の  
5<sup>+1</sup>  
領域  
11  
カテゴリ

- ① 情報とコンピュータの仕組み
  - A. 情報およびコンピュータの原理
- ② プログラミング
  - C. モデル化とシミュレーション・最適化 E. 計算モデル的思考
  - F. プログラムの活用と構築
- ③ 情報の整理や作成・データの扱い
  - B. 情報の整理と創造 D. データとその扱い
- ④ 情報コミュニケーションや情報メディアの理解
  - G. コミュニケーションとメディアおよび協調作業
- ⑤ 情報社会における情報の倫理と活用
  - H. 情報社会・メディアと倫理/法/制度
- ⑥ ジェネリックスキル（総合情報処理能力）
  - I. 論理性と客観性 J. システム的思考 K. 問題解決

# 教育段階

- (小情) 小学校の情報教育で プログラミング教育
- (中情) 中学校の情報教育で 技術・家庭科（情報分野）
- (高必) 高等学校のすべての生徒が情報科で 情報Ⅰ
- (高選) 大学に進学するすべての生徒が情報科で 情報Ⅱ
- (? 他) 情報教育以外の特定の教科・科目で
- (? 般) その教育段階全体による教育で
- (大情) 大学の共通の情報教育で
- (大普) 大学の普遍教育で
- [言心]など 各分野における専門基礎教育で



# 専門分野のグループ

[哲法] 哲学・法学・政治学等

[言心] 言語学・地理学・心理学等

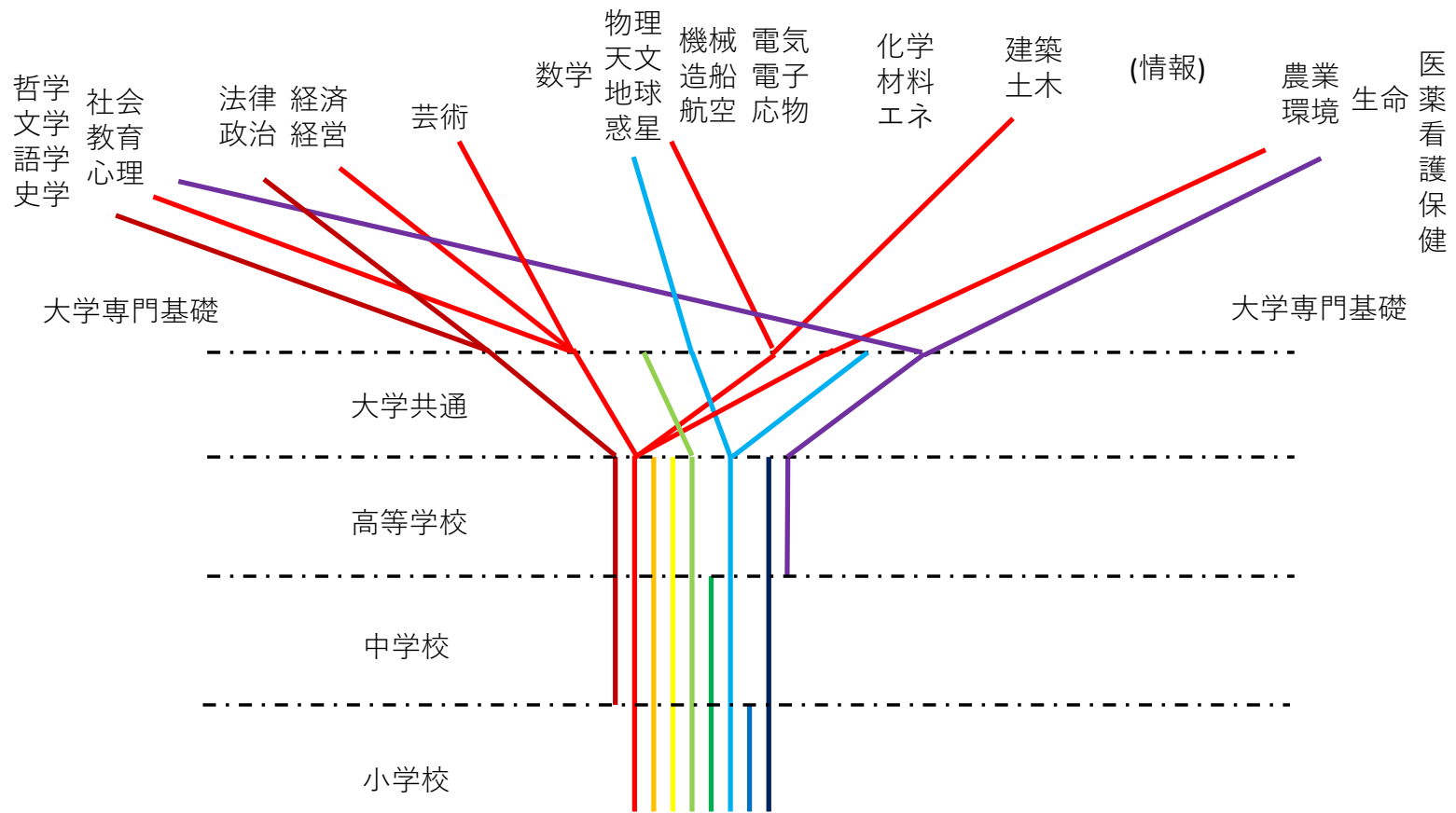
[生農] 生物学・農学・医学等

[社経] 社会学・経済学・経営学等

[理工] 理学・工学等

決して学問分野を分類するというものではなく、  
類似の情報教育が行われているかによって、  
専門分野を大まかに分類したもの

# 情報教育の木



# 情報教育課程の設計指針 第2版

# 見解 情報教育課程の設計指針 – 初等教育から高等教育まで(第2版) 全体 R5

- 生成AI
- DX(Digital Transformation)
- 情報倫理とDC(デジタルシティズンシップ)
- 情報デザインとデザイン思考
- DS(データサイエンス)
- CS(コンピュータサイエンス)の大衆化









情報教育の  
5<sup>+1</sup>  
領域  
11  
カテゴリ

- ① 情報とコンピュータの仕組み
  - A. 情報およびコンピュータの原理
- ② プログラミング
  - C. モデル化とシミュレーション・最適化 E. 計算モデル的思考
  - F. プログラムの活用と構築
- ③ 情報の整理や作成・データの扱い
  - B. 情報の整理と創造 D. データとその扱い
- ④ 情報コミュニケーションや情報メディアの理解
  - G. コミュニケーションとメディアおよび協調作業
- ⑤ 情報社会における情報の倫理と活用
  - H. 情報社会・メディアと倫理/法/制度
- ⑥ ジェネリックスキル（総合情報処理能力）
  - I. 論理性と客観性 J. システム的思考 K. 問題解決

情報教育の  
5<sup>+1</sup>  
領域  
12  
カテゴリ

- ① 情報とコンピュータの仕組み
  - A. 情報およびコンピュータの原理
  - L. 人工知能(AI)
- ② プログラミング
  - C. モデル化とシミュレーション・最適化 E. 計算モデル的思考
  - F. プログラムの活用と構築
- ③ 情報の整理や作成・データの扱い
  - B. 情報の創造とデザイン D. データとその扱い
- ④ 情報コミュニケーションや情報メディアの理解
  - G. コミュニケーションとメディアおよび協調作業
- ⑤ 情報社会における情報の倫理と活用
  - H. 情報社会・メディアと倫理/法/制度
- ⑥ ジェネリックスキル（総合情報処理能力）
  - I. 論理性と客観性 J. システムとその設計 K. 問題発見/問題解決

情報教育の  
5<sup>+1</sup>  
領域  
12  
カテゴリ

- ① 情報とコンピュータの仕組み
  - A. 情報およびコンピュータの原理
  - L. 人工知能(AI) 
- ② プログラミング
  - C. モデル化とシミュレーション・最適化
  - E. 計算モデル的思考
  - F. プログラムの活用と構築 
- ③ 情報の整理や作成・データの扱い
  - B. 情報の創造とデザイン
  - D. データとその扱い 
- ④ 情報コミュニケーション・メディアの理解
  - G. コミュニケーションとメディアおよび協調作業
  -  デザイン思考
- ⑤ 情報社会における情報の倫理と活用
  - H. 情報社会・メディアと倫理/法/制度 
- ⑥ ジェネリックスキル（総合情報処理能力）
  - I. 論理性と客観性
  - J. システムとその設計 
  - K. 問題発見/問題解決

# 生成AI

- カテゴリL.人工知能(AI)を新設
  - L1. 予測/制御/認識/推定とAI
  - L2. 生成/対話/設計/デザインとAI
  - L3. AIの倫理/責任と社会的影響
- 生成AIいう用語自体は使わず
  - AIによってさまざまなものが生成できる
  - その指示も自然言語により特別な技能無しに行える
- 個別の問題解決等についてのAIの寄与は個別に対応

# カテゴリと項の例：L. 人工知能(AI)

## L2. [生成/対話/設計/デザインとAI]

AIにより画像/図/データ/テキスト等を生成したりそれらを改良することの知識/理解/技能。(知識:情報一般)(知識:機械情報)

lv1: AIが生成した情報が本物/人間の知的創造の結果と区別しづらい場合もあることを知っている。(小情)

lv2: AIにより文章/画像/音楽/プログラム等を生成させることができ、またそれをどのように活用すべき/すべきでないか考えられる。(中情)

lv3: AIが生成するものを自分の意思により制御して有効活用でき、アルゴリズム偏見等の問題回避の方法が分かっている。(高必)

lv4: 機械学習による画像/図/データ/テキスト等の生成/調整の原理を知っていて、自分の問題に用いることができる。(大普)

# DX

- デジタル技術を活用して社会や生活を変革すること
  - 主な分担は社会科であり「情報」で分担するのは...
- 個々のデジタル技術の適用場面(多くのカテゴリにまたがる)
- 全体的にどのような未来を想定して/考えてシステムを作るか
  - J1.システムの意図/役割と構造を改訂
  - 「意図」は「目的およびビジョン」という意味
- DXという語を直接は取り入れない
- なお、カテゴリJをシステムとその設計に変更

# 情報倫理とデジタルシティズンシップ他

- 情報倫理はカテゴリH.情報社会/メディアと倫理/法/制度
- 2018年ごろから海外でデジタルシティズンシップ(DC)教育の必要性が言われるようになり、わが国でもこれを教育に取り入れる動きがみられるようになった
  - 従来の情報倫理の内容も含まれるが、そこであまり言われて来なかった「自律的にどう活動するのがよいか」を多く扱っている
  - H4.情報と個人/社会を追加
- デジタルシティズンシップという語は、情報倫理との重なりも大きいので、入れない
- その他の関連する提案と検討

# 情報デザインとデザイン思考

- カテゴリBを情報の創造とデザインに変更
  - 情報デザインに関する内容はB5.情報デザインに配慮した内容に整理
- デザイン思考とは、デザイナーやクリエイターがデザインする際に用いるプロセスをさまざまな問題発見/解決に用いること
  - B6.デザインとデザイン思考を増やしてこの中に追加し対応

# データサイエンス

- 数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度
- カテゴリD.データとその扱いに新たにD5.実際のデータ処理
  - データサイエンスとその近辺分野の扱い
- カテゴリDの構成を整理

# コンピュータサイエンスの大衆化

- コンピュータサイエンスの専門課程で教えられて来た「知恵」
  - 初中等教育や非専門家にも
- 多少の語句の追加や修正
- カテゴリF.プログラムの活用と構築が多い
  - F2.プログラムの設計/構築とF3.体系的なプログラム構築
- カテゴリF以外では
  - カテゴリA.情報およびコンピュータの原理のA4.セキュリティ
  - カテゴリD.データとその扱いのD2.データベースと多様なデータ
  - カテゴリJ.システムとその設計のJ3.システムの設計/構築/評価/運用

# 情報学分野の参照基準の 改訂私案

情報教育課程の設計指針第2版に対応して  
以下はあくまで萩谷の私案

# 時間がないので結論を先に

- 設計指針の改訂に即して参照基準を全体的に見直す必要はない
- 既に情報学を根源的に定義している
- 設計指針第2版に対しては、人工知能を中心に記述や項目を追加するのみで十分
- (より本質的な改訂の可能性については別の機会に)

# 生成AI

- 公開当初より、人工知能およびデータサイエンスが弱い、という批判があった
  - 人工知能およびデータサイエンスが含まれていなかったわけではない

## <付録イ>コンピュータで処理される情報の原理

情報の認識と分析	信号処理	フィルタリング、ノイズ除去
	パターン認識	音声認識、画像認識
	機械学習	教師あり学習、教師なし学習
		ニューラルネットワーク
データマイニング	回帰分析、クラスタリング	

# 生成AI

- 本文において人工知能とデータサイエンスに関連する記述を追加
  - 2(1) 情報学の系譜の最後で人工知能とデータサイエンスについて言及
  - 4(1)①ア 情報一般の原理で人工知能について言及

## 2(1) 情報学の系譜の最後で 人工知能とデータサイエンスについて言及

学問分野の変貌をさらに加速したのは人工知能の勃興である。人工知能の研究は1950年代に始まったが、他の多くの学問分野の変貌を加速するとともに、社会全体にも大きな影響を与えるようになったのは、二度の冬の時代を経て2000年代に入って始まった第三次人工知能ブーム以降である。特に多層のニューラルネットワークの機械学習を行う深層学習の原理が大きく発展し、画像、音声、言語を含む各種の情報の認識および生成のために広く活用されるようになった。

人工知能を情報学と並立する分野とする見方もあり得るが、人工知能の原理と技術を情報学全体の中に遍く浸透させる見方もあり得る。本参照基準は後者の見方をとる。この見方の妥当性は、実際に人工知能の原理と技術を本参照基準の中に埋め込むことによって確認できる。データサイエンスについても同様である。データサイエンスは統計学と情報学に跨る学問分野と考えられるが、その多くの部分は人工知能と同様に自然と情報学の中に浸透させることができる。

## 4(1)①ア 情報一般の原理で 人工知能について言及

特に、人工知能が社会に浸透する時代において情報学を学ぶものは、人工知能の倫理や哲学に関する見識を有していることが求められる。これには、シンギュラリティ、トランスヒューマニズム、情報圏に関する理解が含まれる。たとえば、「基礎情報学」では、人工知能は他律的開放系、人間と人工知能が複合化したシステムは半自律的／暫定的な閉鎖系と捉えられ、この立場から人間中心の人工知能などの人間と人工知能のあるべき姿を考察することができる。

# 生成AI

- 本文において人工知能とデータサイエンスに関連する記述を追加
  - 2(1) 情報学の系譜の最後で人工知能とデータサイエンスについて言及
  - 4(1)①ア 情報一般の原理で人工知能について言及
  - 4(1)①イ コンピュータで処理される情報の原理で人工知能について言及  
ニューラルネットワークにおいては、各種の情報がベクトルによって表現される。  
機械学習の原理には、ニューラルネットワークの基本的な原理や深層学習が...  
ニューラルネットワークを含む機械学習も最適化の一種であり、...  
また、以上の基礎にある数学、統計学、...
  - 4(1)①ウ 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術でGPUについて言及  
特にGPUはニューラルネットワークの機械学習に適したアーキテクチャである。
- 付録ア～オにおいて人工知能に関連するキーワードを追加
  - この他、人工知能の応用については各所で個別に対応すべきだろう

## <付録ア>情報一般の原理

コミュニケーション (情報をもとにコミュニケーションを生みだすシステム)	自律的な閉鎖系 (人間をふくむ生物個体のモデル)	オートポイエティック・システム
	半自律的な暫定的閉鎖系 (人間の社会的組織のモデル)	階層的自律コミュニケーション・システム 人間とコンピュータが多様に複合化したシステム、 <b>人間中心の人工知能</b>
	他律的な開放系 (コンピュータなど電子機械のモデル)	アロポイエティック・システム

## <付録イ>コンピュータで処理される情報の原理

情報の表現・蓄積・管理	データ	文字コード、数値の表現
	データ構造	配列、木、グラフ、集合 再帰的データ構造
	データ型	型検査、型推論
	データベース	データモデル WWW、構造化文書
	学習データ	クレンジング、アノテーション、データの偏り
情報の認識と分析および生成	信号処理	フィルタリング、ノイズ除去
	パターン認識	音声認識、画像認識
	機械学習	教師あり学習、教師なし学習 ニューラルネットワーク、深層学習、生成AI ハルシネーション、アルゴリズム偏見
		データマイニング

各種の計算・アルゴリズム	最適化	線形計画法
		動的計画法
		メタヒューリスティクス
		勾配法、誤差逆伝播法、自動微分
自然言語処理		形態素解析、句構造文法
		統計的自然言語処理、大規模言語モデル

<付録ウ>情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

コンピュータのハードウェア	素子	半導体、ゲート、VLSI
	デジタル回路	組み合わせ回路、順序回路
		演算回路、制御回路、メモリ（主記憶、キャッシュ）
	コンピュータアーキテクチャ	マイクロアーキテクチャ、制御方式
		命令セットアーキテクチャ
		並列（命令レベル並列、マルチコア/マルチプロセッサ、ウェアハウススケールコンピューティング）、GPU
基本ソフトウェア	オペレーティングシステム	モノリシック、マイクロカーネル、仮想機械
		メモリ管理、プロセス管理、デバイス管理、ファイルシステム
		ネットワーク（プロトコルスタック、TCP/IP、分散システム、クラウド）、IoT、エッジコンピューティング

## <付録エ> 情報を扱う人間社会に関する理解

近代社会からポスト近代社会へ	近代社会の価値と人間	近代社会と情報技術
		近代人と情報技術
	ポスト近代社会への移行	人工知能に奪われる仕事、新たに求められる人間の能力
		より民主的な社会の実現と情報技術、デジタルシティズンシップ

### (美馬先生の代替案)

代替される業務  
再定義が求められる職務  
役割の再編が進む分野  
新たな形に移行する職域

<付録オ> 社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織

情報システムを開発する技術	要求工学	現場の観察法（フィールドワーク、エスノグラフィ、アクションリサーチ） 要求定義、要求獲得技術、要求管理
	システム工学	システム思考、システム設計技法、システム実装技術、システムライフサイクル、システムアーキテクチャ、デザイン思考
	情報システムを記述する技術	各種モデル化技法（構造化分析、データモデリング、業務フロー、状態モデル、形式手法）と図法（DFD、UML、BPMN、SysML）
	ソフトウェア工学	ソフトウェア設計技法（オブジェクト指向モデル、ドメイン主導開発）、ソフトウェアライフサイクル
		ソフトウェアアーキテクチャ、パターン・ランゲージ
	制御工学	自動運転、ロボティクス
	機械学習工学	ニューラルネットワークアーキテクチャ、プロンプトエンジニアリング、RAG

# DC(デジタルシティズンシップ)

- 主として情報教育における指針
  - その基盤は親学問に既に含まれていると考えられる
  - キーワードは追加

## <付録エ> 情報を扱う人間社会に関する理解

近代社会からポスト近代社会へ	近代社会の価値と人間	近代社会と情報技術
		近代人と情報技術
	ポスト近代社会への移行	人工知能に奪われる仕事、新たに求められる人間の能力
		より民主的な社会の実現と情報技術、デジタルシティズンシップ

# DX(Digital Transformation)

## • 社会的なトレンド

- その基盤は親学問に既に含まれていると考えられる
- 設計指針ではDXという語そのものは入れていないが、参照基準では含めるのが自然であろう

＜付録オ＞社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織

情報に関わる社会的なシステム	社会制度	社会におけるさまざまな情報システム、情報システムを前提とした社会制度、デジタルトランスフォーメーション
		技術者倫理
		システム監査、評価・認証
		異文化理解

# DS (データサイエンス)

- 人工知能と一緒に対応

# 情報デザインとデザイン思考

## ・ 既に含まれている

＜付録オ＞社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織

情報システムを開発する技術	要求工学	現場の観察法（フィールドワーク、エスノグラフィ、アクションリサーチ） 要求定義、要求獲得技術、要求管理
	システム工学	システム思考、システム設計技法、システム実装技術、システムライフサイクル、システムアーキテクチャ、デザイン思考
情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法	ユーザインタフェース設計	ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、アクセシビリティ、ユーザエクスペリエンス、ユニバーサルデザイン、評価手法
	対話手法	GUI部品、タッチインタフェース、音声インタフェース、ジェスチャー
		対話の可視化、ヒューマンエラーへの対応
可視化	情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション、データ視覚化	

# CSの大衆化

- 純粹に情報教育の観点
  - 参照基準の方で対応する必要はない

# 量子関係

## <付録イ>コンピュータで処理される情報の原理

情報の変換と伝達	情報量	シャノン情報量、エントロピー
	量子化（離散化） 標本化	ナイキスト周波数
	圧縮、符号	データ圧縮、誤り検出訂正
	暗号	共通鍵暗号、公開鍵暗号、量子暗号、耐量子計算機暗号
計算	計算モデル	オートマトン、形式言語（チョムスキー階層）、チューリング機械、ラムダ計算
		確率的計算、並列計算、分散計算
		量子計算、量子アニーリング、量子ネットワーク

## <付録ウ>情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術

コンピュータのハードウェア	素子	半導体、ゲート、VLSI、量子ゲート
---------------	----	--------------------

# 情報学を学ぶ学生が獲得すべき能力

- 情報学に固有の能力
  - 情報処理・計算・データ分析
  - システム化
  - 情報倫理・情報社会
    - 情報参画と責任、影響の分析と判断、規範とAI倫理に細分化してはどうか(美馬先生)
- ジェネリックスキル
  - 創造性
  - 論理的思考・計算論的思考
  - 課題発見・問題解決
  - コミュニケーション
  - チームワーク・リーダーシップ・チャンス活用
  - 分野開拓・自己啓発
  - ジェネリックスキルとしての倫理を入れてはどうか(美馬先生)

# 情報学を学ぶ学生が獲得すべき能力

- ジェネリックスキル
  - 創造性
    - 創造力・構想力・想像力
  - 論理的思考・計算論的思考
    - 論理的思考能力・論理的緻密さ・演繹する能力
    - モデル化・形式化・抽象化を行う能力
  - 課題発見・問題解決
    - 問題発見能力
    - 問題解決能力
    - システム思考
    - クリティカルシンキング
  - コミュニケーション
    - コミュニケーション能力・プレゼンテーション能力
  - チームワーク・リーダーシップ・チャンス活用
    - 協調性
    - リーダーシップ
    - ストレス耐性
  - 分野開拓・自己啓発
    - 主体的に学習する能力
    - 融合する力・関連付ける力