

情報工学研究連絡委員会報告

—情報工学の体系化に向けて—

平成3年6月25日

日本学術会議

情報工学研究連絡委員会

この報告は、第14期日本学術会議情報工学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長 猪瀬 博（日本学術会議第5部会員、学術情報センター所長）

幹事 富永 英義（早稲田大学理工学部教授）

安田 靖彦（東京大学生産技術研究所教授）

委員 市川 惇信（日本学術会議第5部会員、国立環境研究所副所長）

城水元次郎（日本学術会議第5部会員、富士通株式会社専務取締役）

平山 博（日本学術会議第5部会員、早稲田大学理工学部教授）

坂井 利之（日本学術会議第4部会員、龍谷大学理工学部教授）

相磯 秀夫（慶応義塾大学理工学部教授）

辻 三郎（大阪大学基礎工学部教授）

当麻 喜弘（東京工業大学工学部教授）

野口 正一（東北大学応用情報学研究センター教授）

福村 晃夫（中京大学情報科学教授）

淵 一博（財団法人新世代コンピュータ技術開発機構所長）

森 亮一（筑波大学電子・情報工学系教授）

1. まえがき

情報工学は、よく知られているように、主にコンピュータを対象として、そのソフトウェア、ハードウェアおよび各種の応用を踏まえた比較的新しい学問分野であり、電気、通信、制御、数理はもとより物理、化学などの分野と密接な関係を保ちつつ、一つの大きな学問体系を作り上げてきた。情報工学を科学として捉えるとき、自然に存在するものを対象とする自然科学に対して、主として人工的なものを対象とするいわば人工的科学と言えるであろう。しかしながら、情報は人間によって創り出され、人間によって受容されるものであるから、人間の心理や生理など生命科学の諸分野のみならず、人間の感性、知性、思想等に関連するところが多く、広く経済、政治、文化など社会科学や人文科学の諸分野をも基盤としているといえよう。換言すれば情報工学はコンピュータに直接関係するハードウェア、ソフトウェアのみならず、極めて広範囲の応用分野、関連分野をもつ点において他の学問分野とは著しく性質を異にしている。今後も情報工学はコンピュータの発展とともに高度化をとげ、コンピュータの利用は情報化する社会の動向にともなってさらに急速に広がってゆき、情報工学の関連分野はさらに広大なものとなるであろう。このような状況に鑑みて、現時点において情報工学の体系を明確にし、その概念、領域、性格を明らかにすることの意義は大きいものと考えらる。

日本学術会議・情報工学研究連絡委員会は第14期の活動として情報工学の体系化を主要な課題として採り上げた。

本報告はその審議結果をとりまとめたものであり、その意図したことは以下のとおりである。

(i) 情報工学の学問体系として基本的なものを明確にし、情報工学関連の

研究・教育のあり方について大学・研究所などの将来の指針設定に役立てる。

(ii) 情報工学と特に密接に関係する電気、通信、制御、機械、数理工学科などの領域を研究分野の面から俯瞰するとともに相互の関連性を示し、その学術体系の認識に役立てる。

(iii) 情報工学は日進月歩の極めて広大な学問・技術分野であることから、この分野における学問の体系を確立し、他分野の概念や技術との関連を解明し、その位置づけを明確にすることによって、今後の新たな展開の礎とするとともに、この分野を構成する多様な学問・技術の協調と発展に役立てる。

学問・技術はその進展を通じて社会的ニーズを充足してきたが、他方その発展を契機として新しいニーズを生み出してきたことも事実である。とくに情報工学はその進展が極めて著しい分野であるばかりでなく、社会経済活動のあらゆる側面に浸透していきながら、新しい領域を形成しつつあるという事実を見れば、学問の体系化も流動的・発展的でなければならず、時に対して不変でなく、社会構造に対しては固定的であってはなるまい。その反面、情報工学を組み立てている基礎概念には、技術の進展に関わらずすでに確立されているものも少なくない。これらの普遍的な原理・原則は、情報工学の基盤をなす基礎理論といってよい。

以下、これらを分類し、体系化することを試みる。なお、本報告では、情報工学を構成する基礎から応用に至る諸領域とその相互関係について、主に教育研究課題の見地から整理を行うこととする。

2. 情報工学の体系化とその背景

情報という言葉は情報工学が設立される以前から存在している用語であり、現在においてもいろいろな解釈がされ、明確に定義されないままに使われている場合もある。またコンピュータに直接基礎をおく情報に関連する理工系の学術分野としても情報工学、情報科学、情報学などの言葉が通用しているようである。しかし、ここでは情報工学という最も普遍的な言葉でこれを代表し、いわゆるコンピュータサイエンスと呼ばれているコンピュータのハードウェア、ソフトウェアおよびその応用に関する学問としての体系化を試みるものである。

情報工学関連の学科が大学に設置されて以来約20年の年月を経た今日、改めて情報工学の研究・教育の学問体系を論じ、将来を見通してあるべき姿を考える必要がある。情報工学の学問体系に関してはいくつかの報告が過去になされている。昭和52年から3年間にわたる文部省科学研究費総合研究「情報工学の学問体系のあり方に関する研究」（代表：故田中幸吉）は、設立間もない情報工学関連学科に属する研究者達により検討されたものである。それ以来、文部省や情報処理学会を中心としていくつかの報告書が提出されているが、とくにカリキュラムについては、情報処理学会の「情報処理教育の改善のための委員会」（代表：野口正一）による平成元年3月の中間報告が最も新しいものと言えよう。また、昭和62年からの総合研究、「日本における情報科学基礎研究のあり方についての総括的研究」（代表：坂井利之）では、将来を踏まえた情報工学における研究分野とくにその基礎分野について検討し、研究面からの体系化を試みている。なお、平成元年12月には、日本工学アカデミー情報専門部会、日本学術会議情報工学研究連絡委員会、同電子通信工学研究連絡委員会による「情報工学教育」に関する国際シンポジウムが開催され、教育に関する多面的な討議がなされた。また、米

国においてはACM（米国計算機械学会）やIEEE（米国電気・電子学会）のコンピュータグループによるカリキュラムの提案がある。とくにACMのカリキュラム68, 78はよく知られており、最近ではカリキュラム88のタスクフォースがその教育パラダイムを報告している。

3. 情報工学の分野の分類

情報工学の分野は他の学問分野と同じく、大きく基礎領域と応用領域に分けられる。すなわち

- 基礎領域：基礎的かつ普遍的な理論および技術
- 応用領域：具体的な入力／出力を伴う理論及び技術

また、応用領域における情報システムの具体的な入出力の対象は次の3つに大別できる。

- (i) 人間（社会）：人間の意図を含むもの。
- (ii) 人工対象：人工的に生成されたもの。
- (iii) 自然対象：自然界に存在するもの。

情報システムが意味のある存在であるためには、外界から情報を獲得し、処理し、かつ外界へ作用する必要がある。このような観点からは情報の流れに従って情報工学で取り扱う機能を次のように分類するとともに定義づけることができよう。

- (a) 情報獲得：システムを合目的的に動作させるために必要な情報を獲得する過程、およびその方法に関するもの。ここでは情報の検知と低レベルでの特徴抽出と抽象化が行なわれる。応用領域においては、前述の入力の対象によってさらに3つに分類される。

(b) 情報処理：情報工学の中心的存在で、情報の構造化、変換を行う過程、およびその方法に関するもの。ここではインプリメンテーションによって、情報の階層化による高度な抽象化が行なわれる。このために、応用領域においても前述の入出力の対象に依存することが少ない。

(c) 情報作用：外界に対して働きかけをするために情報を具象化する過程、およびその方法に関するもの。応用領域においては、前述の出力の対象によってさらに3つに分類される。

一般的に、情報工学の中心は情報処理にあるが、周辺分野とのインタフェースを可能にする情報獲得および情報作用も重要な情報工学の側面である。また、上記の分類・定義によれば情報処理は入出力の対象に依存しないから、応用領域における入出力の対象の間の相互変換をここで行うことができる。例えば、自然に関する情報を獲得して処理した後、情報作用において人間（社会）に対する情報として出力することが可能である。以上の各分野の関係を図示すると図1のようになる。

図1 情報工学分野の分類

情報工学は電気・電子・通信工学、制御工学、機械工学、応用物理、応用化学などの工学諸分野、また心理学、言語学、生物学、医学、社会学、法学、経済学などの他の学問分野と広く関わりを持っているが、その全てを情報工学の学問体系の中に組み入れるのは適当ではない。情報工学的手法をある特定分野に適用し、その分野での知見が豊かになるような研究はその特定分野に属するといえよう。しかし、他分野の問題に情報工学的手法を適用するこ

とにより、情報工学的手法に関する新しい知見、方法論が豊かになるような研究は情報工学の分野に属すると考えてよい。すなわち、どの学問分野に属するかは適用対象そのもので決まるのではなく、適用の仕方やその目的や成果で決まるものといえよう。

4. 情報工学の学問体系

情報工学の体系化においては、通常大きく基礎と応用に分けられるが、ここでは図1に示すように一般的基礎、情報工学共通基礎、専門基礎、応用の四つの階層構造を考えることにする。

4. 1 一般基礎、情報工学共通基礎

情報工学に関連し、その基礎をつくるような学問を一般基礎とよび、その内容は図2に示すようなものである。これらは数学を中心とした基礎理論が主であって、普遍的な学問分野であるが、情報工学においては、情報という抽象的な概念を対象としていることから、この種の抽象的な考え方に基づく学問が基礎知識として特に重要であるといえよう。

図2 一般基礎

これらの一般基礎の上に、図3に示すような情報工学の共通基礎がある。共通基礎は情報工学における専門的概念を修得・研究するために必要となる基礎的な学問であるといえよう。

図3 情報工学共通基礎

4. 2 専門基礎

専門基礎とは応用に対応する専門的な基礎理論あるいは基礎知識に関するものである。この専門基礎については応用と同じく、種々の情報を取り扱ういわゆる情報システムを考えると、図4の左欄に示すように情報の流れにしたがって、その獲得、処理、作用に分けることができる。

図4 専門基礎

4. 3 応用

応用は情報システムを対象とするものであり、その入力部、変換処理部、出力部に対する基盤技術および応用技術に関する学問領域である。図5に現時点における応用領域を示しておく。情報工学の応用領域は長足の進歩を遂げているとともにその範囲を急速に拡大しており、将来を見通せば、さらに多様な応用面が次々と登場するであろう。

図5 応用

5. 教育の目的とカリキュラム

我国の大学における情報工学関連学科の歴史は20年を数えるに至っている。情報工学関連学科としては昭和30年代の管理工学科などの設置があるが、コンピュータを主対象としたいわゆる情報処理教育を指向した学科の設置は昭和45年、国立5大学（大阪大学、京都大学、東京工業大学、電気通信大学、山梨大学）における情報工学科、情報科学科、計算機科学科が最初である。以後年々設立され、現在では、理工科系として大学に約110学科、短期大学に10学科、高等専門学校に32学科、さらに文科系として大学に

57学科，短期大学に32学科設置されている。また，大学における学生数は理工科系で約10,000人，文科系で8,000人に達している。

情報工学教育の充実は今日の情報化社会のニーズに対処し，関連産業界に有能な人材を送り出す上で，また将来の我国の産業構造の進展を支える上でも極めて重要かつ緊急な課題と言わざるを得ない。このゆえに人材の養成機関としての大学の任務は重いが，さらに国際的に主要な役割を分担すべき我国の将来においては，基礎研究，応用研究の別なく独創的研究を推進することができる能力を養うことが一層重要であると考えられる。

ところで，米国における調査によると，コンピュータサイエンスに関しては10年間で，理論は10%，抽象化技術は30%，設計技術は60%変わっているという。また，大学時での学習知識は，退職時では理論の38%，抽象化技術の80%，設計技術の97%が役に立たなくなるというデータがある。この事実を考慮すれば，大学においては基礎理論に重点をおいた教育を行なうことが望ましいと考えられる。

以上述べた2つの理由により，大学の学部では，大学院での研究の基盤となるようなカリキュラムをコアにし，その上に個々の大学の特性，学科設立の目的・内容，学生のレベルなどに応じて特色を加えるのが最も好ましいと結論できよう。以下に情報工学および関連学科におけるコンピュータを中心としたカリキュラムの一案を示しておく。

(0) 一般基礎

情報数学，確率統計学，システム理論，グラフ理論，数理計画法

(1) 情報基礎理論

オートマトン理論，形式言語論，論理回路，計算理論，記号論理学，
アルゴリズム理論，情報理論

(2) 情報工学基礎

プログラム理論，通信理論（含符号理論），デジタル理論，デジタル回路構成，プログラミング言語論，データ管理，データベース理論，

(3) コンピュータシステム

オペレーティングシステム，コンパイラ，プログラミング言語，データ構造，ソフトウェア工学，計算機構成論，計算機ハードウェア，信頼性・性能評価法

(4) 情報機械

コンピュータネットワーク，情報ネットワーク，シミュレーション，並列処理，ヒューマンインタフェース

(5) 応用情報処理

セキュリティ，人工知能論，情報認識論，データベース，知識処理，音声言語処理，数値解析法，応用情報システム

(6) 情報工学関連

認知科学

6. むすび

理工学における学問の体系は，分野の分類と同様に時代とともに変遷していくものであり，また変遷していかねばならないものである。したがって，本報告においては情報工学を構成する理論・技術要素とその相互の関係を現時点でのあるべき姿としてとらえ，整理した。とくに，応用領域においてはその範囲がますます広がりつつあることから，体系と言うよりはむしろ重要度の視点から並置したと考えるよい。情報工学は基礎から応用に至るまで極めて幅広い学問，研究分野を構成しており，その観点によっては異論がある

かも知れない。諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

参考文献

- (1) 田中幸吉, “情報工学の学問体系のあり方に関する研究”, 文部省科学研究費総合研究報告, 1980
田中幸吉, “情報処理に関する学問体系”, 情報処理, Vol. 21, No. 5, 1980
- (2) 坂井利之, “日本における情報科学基礎研究のあり方についての総括的研究”, 文部省科学研究費総合研究報告, 1990
坂井利之, “情報科学の基礎研究”, オーム社, 1990
- (3) P.J.Denning et.alle, "Computing as a Discipline", Comm. ACM, Vol.32, No.1, pp.9-23, Jan. 1989
- (4) 日本学術会議 電子・通信工学研究連絡委員会, “通信工学の体系化に向けて”, 電子情報通信学会誌, Vol. 71, No. 10, pp. 993-998, 1988
- (5) 野口正一, 中森眞理雄, “大学等における情報処理教育の諸問題—平成元年度の調査研究を中心として—”, 情報処理, Vol. 31, No. 10, pp. 1373-1389, 1990
- (6) 堂下修司, “自然科学から情報科学, 特に知能科学への展開—科学の中において人工知能をどうとらえるか—”, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 6, pp. 684-690, 1988

[情報工学]

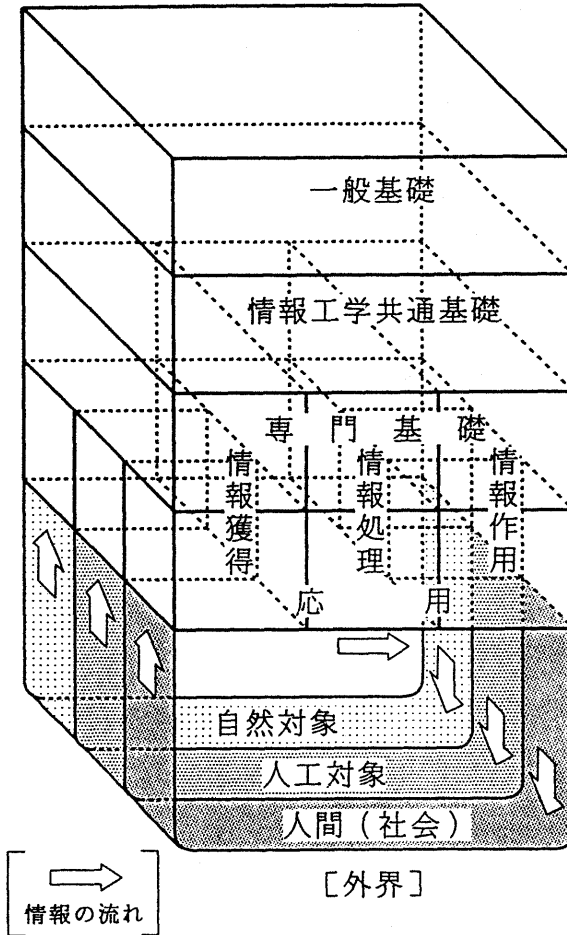


図1 情報工学分野の分類

図2 一般基礎

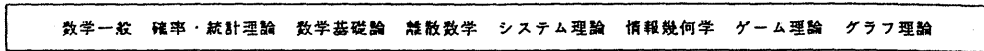


図3 情報共通基礎

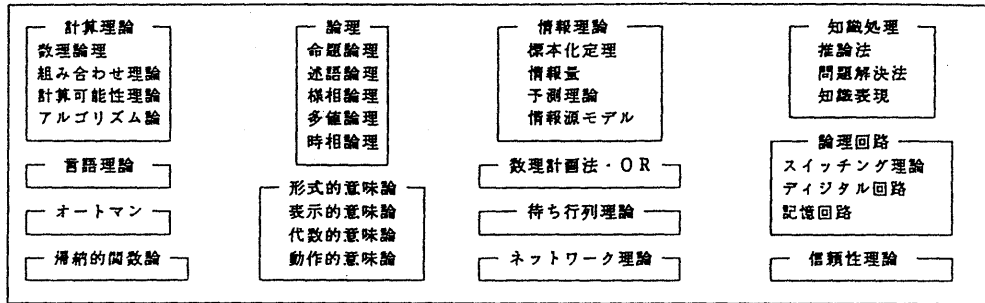


図4 情報工学専門基礎

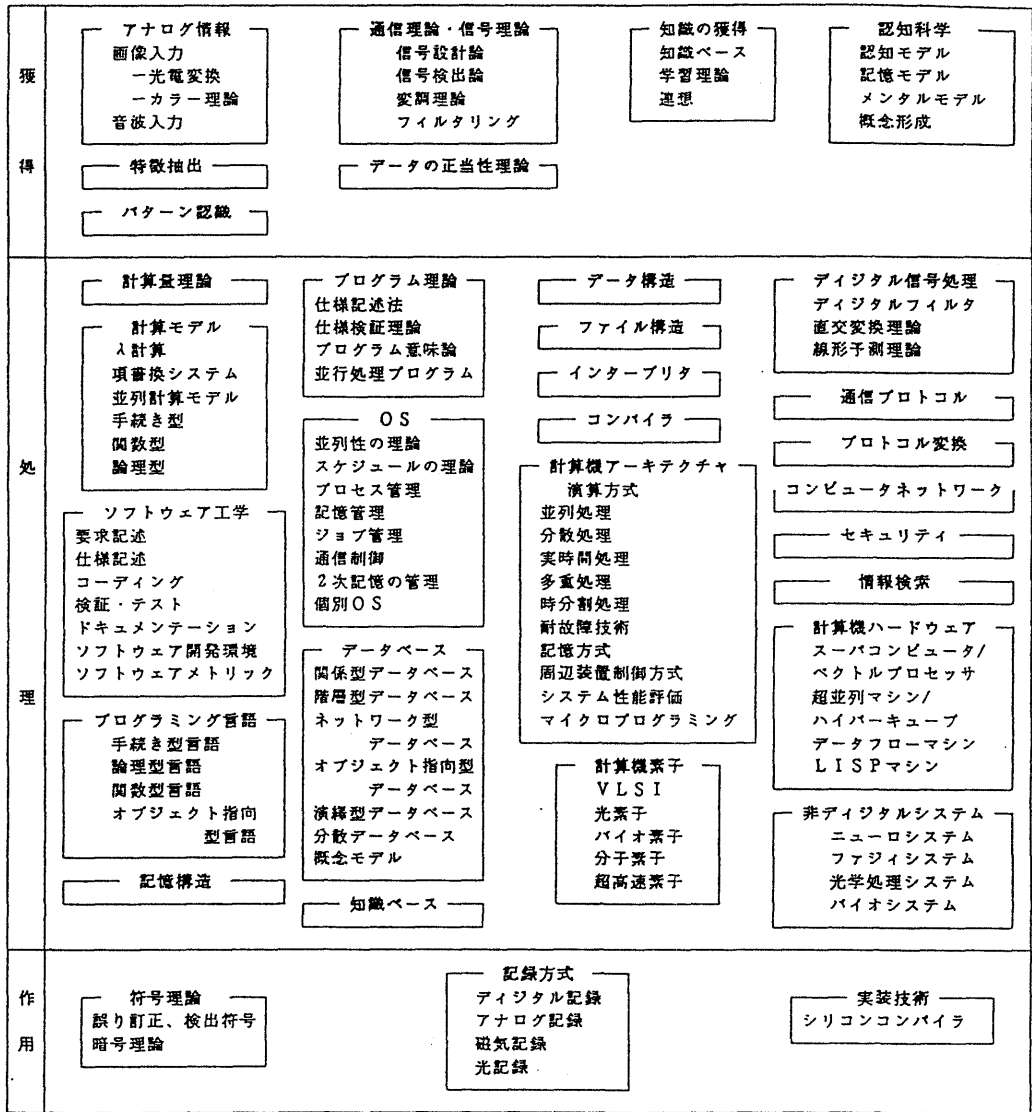


図5 応用

