

6-7. 情報・通信分野

6-7-1. まえがき

本報告は、技術者教育における情報・通信分野に焦点を当て、学士課程教育における教育カリキュラムのうち、コアカリキュラムと要望カリキュラムを提示する。すなわち、学士課程教育において身に付けるべき知識や理解、およびこれらを具体的事例に適用する能力（ここでは、運用力と呼ぶことにする）について、その範囲とレベルを、項目や到達目標の形で、学修に当たっての配慮事項とともに提示する。コアカリキュラムは、必ず履修すべき分野、項目からなり、必須の分野・項目である。要望カリキュラムは、できれば履修させたい分野・項目からなる。コアカリキュラムに含ませたいが、コアカリキュラムの内容が過多になることを避ける意味もあって、要望カリキュラムに含ませているものが多数ある。各々を、到達目標及び学修に当たっての配慮事項とともに記載している。

本報告の狙いと意義、および記載の形式について

【コアカリキュラムの作成方針】

コアカリキュラムは、どの大学の学士課程教育においても必ず含むべき内容であり、ここでの多様性や曖昧性は極力避けるべきである。むしろ詳細に分野、項目、到達目標を記述しておくことが望ましい。要望カリキュラムは選択の可能性を持っている。各大学の教育方針、スタッフ、その他の要因を考慮して選択することになる。また、コアカリキュラム、要望カリキュラム以外にも選択肢は残っている。この辺りの選択肢に各大学の独自性、多様性、といった教育機関としての自主性は発揮できる。

学士課程での情報・通信分野の教育に求められる教育内容（分野や項目）の記載に当たっては、項目の関連性（教育順序）をある程度は考慮して列挙している。ただし、各大学の諸事情に応じて順序を変更することは当然あり得る。また、分野は教育科目を意味するものではない。教育科目への割り当て（すなわち、カリキュラムやシラバス作成）に際しては、必要に応じて分割、統合して割り当てることも可能である。どの学年に、どの分野をどの範囲まで割り当てるか、なども各大学の教育方針やスタッフなどの諸事情に応じて決まるものである。図6-7に分野、項目等のおおまかな教育順序と関連性を示す。

【J07 と国際標準化】

情報分野における専門教育のためのカリキュラムとして、情報処理学会、情報処理推進機構（IPA）などが中心となって策定し提案している、情報専門教育カリキュラム標準（J07）がある。これは、IEEE-CSとACMが共同開発したCC2001-CC2005を土台とし、かつその国際基準としての整合性を維持しながら日本の情報専門教育状況を反映させている。具体的には、コンピュータエンジニアリング領域（CE）、ソフトウェアエンジニアリング領域（SE）、情報システム領域（IS）、インフォメーションテクノロジー領域（IT）、コンピュータ科学領域（CS）（これら5領域の詳細は後述）の各領域について、カリキュラム標準（知識体系と最低限押さえておくべき項目をコアとして指定したもの）を示したものである。最小限押さえるべき分野（学習域、単元）、項目（トピック）、到達目標、および実施順序などが含まれている。また、時間数や実施年次なども規定した標準カリキュラム案も提示されている。分野、項目、および授業時間数については、日本の現状を考慮して、CC2005などの指定よりは少なくなっているが、それでもそれぞれの領域について必要な分野、項目が含まれ、そのための授業時間数が割り当てられている。

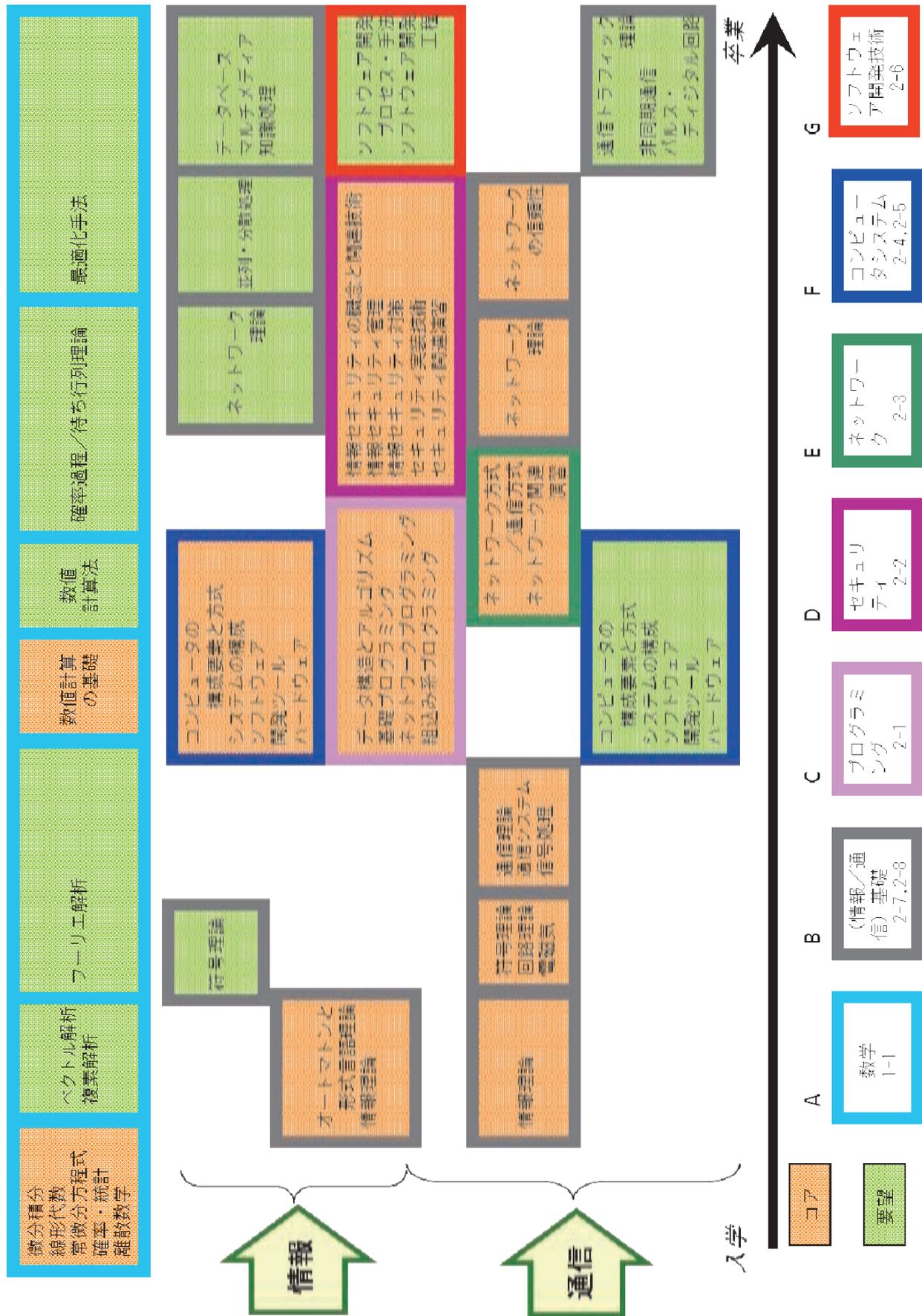


図6-7 情報・通信分野関連性

6-7-2. 情報・通信分野（技術者教育において育成すべき知識・能力と、その到達目標）

育成すべき知識・能力		到達目標	
		コア	要望
1. 基礎	1-1. 数学A1, A2	自然科学の法則を工学問題に適用し、解くことができる。 単位で表された数値が実感で理解できる。	情報分野、通信分野などの離散的な事項や事象を扱う数学的基礎として離散数学の基礎事項および数値計算の基礎を理解し、必要に応じて工学問題に適用できる。
	1-2. 物理学等自然科学 (物理, 化学, 情報リテラシー, 地学, 生物)		物理学等の自然科学の知識や概念を理解し、工学問題に適用できる。
	1-3. 工学基礎		基幹工学（機械工学概論, 電気・電子工学概論等）、工学基礎実験・計測、数値解析等の基礎知識を工学問題の実験や解析に適用できる。
2. 専門分野 ※()内のA~Gは、図6-7-1に示す入学から卒業までの学習段階	2-1. プログラミング (C)	ソフトウェア作成の基礎となるデータ構造、アルゴリズムの設計と解析に関する基礎的知識を理解し、プログラミングの基本的手法を自在に使うことができる。	データ構造とアルゴリズム、プログラミング(ソフトウェア、ネットワーク、組み込み)、数式処理ソフトウェア、科学技術計算ライブラリなどの知識と利用方法を理解し、工学問題の解決に適用できる。
	2-2. セキュリティ (D)	情報セキュリティの概念(機密性, 完全性, 可用性)を理解し、認証技術を含め理解する。コンピュータおよびネットワークのセキュリティ管理の基本的な考え方を実習を含めて理解する。	情報セキュリティにおける認証, セキュリティ対策に対する個々の技術を理解し、実際に適用することができる。将来的な育成に対してセキュリティを採る基礎知識を理解する。
	2-3. ネットワーク (E)	階層型通信プロトコル間の機能分担や各機能を実現する上での技術的課題とその解決法を理解する。さらに演習を通してコンピュータネットワーク要素技術の機能や役割を理解する。加えて、具体的な機能や仕組みを実装でき、これらを工学問題に適用できる。	コンピュータネットワークの知識と概念を理解し、これらを工学問題の解決に適用し、問題解決に必要な分析をすることができる。ネットワーク方式/通信方式等の基礎知識を有し、かつ理解する。
	2-4. コンピュータシステム(情報) (F1)	ハードウェア、ソフトウェア、開発ツール、コンピュータの基本構成を理解する。プロセッサを中心としたハードウェアの知識と概念を理解し、これらを工学問題の解決に適用し、開発できる。また、オペレーティングシステムを中心としたソフトウェアの知識と概念を理解し、これらを工学問題の解決に適用し、開発できる。	
	2-5. コンピュータシステム(通信) (F2)		ハードウェア、ソフトウェア、開発ツール、コンピュータの基本構成を理解する。プロセッサを中心としたハードウェアの知識と概念を理解し、これらを工学問題の解決に適用し、開発できる。また、オペレーティングシステムを中心としたソフトウェアの知識と概念を理解し、これらを工学問題の解決に適用し、開発できる。
	2-6. ソフトウェア開発技術 (G)		プロジェクトマネジメントへの橋渡しとして、開発工程モデルに関する知識を獲得すると共に、実際の開発工程を経験することでソフトウェアライフサイクルプロセスなどの理解を深める。また、ソフトウェア開発の工程における、要求分析、設計(仕様記述, ソフトウェアアーキテクチャ)、実装(コーディング)、評価(テスト)について、演習などを通して必要な知識と技術を身に付けることができる。
	2-7. 情報基礎 (B1)	情報分野の基礎として情報理論およびオートマトンと形式言語理論の必須事項を理解し、文字列処理(プログラミング)への適用を理解する。	データベース、並列・分散、マルチメディア、知識処理の知識と概念を理解し、これらを情報・通信分野における工学問題に適用できる。
	2-8. 通信基礎 (B2)	通信分野の基礎として情報理論、符号理論、通信理論、回路理論、電磁気、信号処理の必須事項を理解し、通信処理への適用を理解する。	通信トラフィック理論、非同期通信やパルス・デジタル回路を理解し、これらを情報・通信分野における工学問題に適用できる。
3. 汎用的技能 (応用的能力)	3-1. 課題発見・解決力, 論理的思考力	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, などの手法を用い、情報・通信分野の工学問題の課題を挙げ、その問題の構造を分析できる。	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, などの手法を用い、情報・通信分野の工学問題の課題を挙げ、その問題の構造を分析し、複数の解を提案し、その中から最良の解を選ぶことができる。
	3-2. コミュニケーション・スキル	他人の意見を分析・理解できるとともに、自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し、まとめることができる。英語等の外国語を用いて日常的な意見交換ができる。 情報・通信分野のみならず、自らの意見・情報を口頭説明・プレゼンテーションする方法, 討論の約束事, を理解し、実際の場で適用できる。	他人の意見を分析・理解し、自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し、これを相手の理解力を考慮して評価し、相手に自分の意見を納得させることができる。英語等の外国語を用いて実務に関する意見・情報の交換ができる。 情報・通信分野のみならず、自らの意見・情報を相手の理解力に応じた内容で口頭説明・プレゼンテーションする方法, 相手に自分の意見・情報を納得させるための討論の手法, を理解し、実際の場で状況を分析しながら適用できる。
4. 態度・志向性 (道徳的能力)	4-1. チームワーク, 自己管理能力, リーダシップ, チャンスを活かす能力	自分に与えられた仕事を実行するために、やるべき事を分析し、自己の体調・時間を管理できる。同分野の専門家であるチームメンバーと意見交換を行い、チーム内での自らのなすべき行動を分析し、これを実行することができる。	自分のやるべき事を評価・認識し、自己の意欲・体調・時間・予算を管理することでこれを実行できる。同分野あるいは異分野の専門家とのチーム作業において、なすべき行動を評価・実行できるとともに、リーダーとしてメンバーに働きかけることができる。
	4-2. 倫理観	技術者倫理の基本原則を一般的な問題に適用できる。 コンピュータやネットワークが持つリスク、法規制や知的財産権などの枠組み、および専門用語や理論を理解し、一般論として、環境・経済と工学の相反について考察できる。	技術者倫理の基本原則を用いて実務の場でとるべき倫理的行動を考えることができる。 コンピュータやネットワークが持つリスク、法規制や知的財産権の枠組、および専門用語や理論を理解し、実務の場で環境・経済と工学の相反に基づいて、とるべき倫理的行動を考えることができる。
	4-3. 市民としての社会的責任	社会・健康・安全・法律・文化・環境などに関する知識を、一般的な問題の解決の際に適用できる。 情報・通信分野の技術者の実務に付随する社会・健康・安全・法律・文化・環境などの諸問題の内容・重要性およびそれに伴う責任を理解でき、一般的な問題にこれを適用できる。	社会・健康・安全・法律・文化・環境などについての考慮を実務の場に適用し、とるべき行動を考えることができる。 情報・通信分野の技術者の実務に付随する社会・健康・安全・法律・文化・環境などの諸問題の内容・重要性、それに伴う責任を理解し、適用して、実務の場でとるべき行動を考えることができる。
	4-4. 生涯学習力	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解している。 情報・通信分野の広範な技術革新の可能性の中で技術者として活躍して行くために、自主的に生涯にわたって学修する必要性を理解し、そのために必要な情報や知識を獲得する方法を理解している。	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解し、それを実際の活動に適用し、意欲を持って実行している。 情報・通信分野の広範な技術革新の可能性の中で技術者として活躍して行くために、自主的に生涯にわたって学修する必要性を理解し、そのために必要な情報や知識を獲得する方法を理解し、その実行意欲を持ち、実際に実行している。
5. 総合的な学習経験と創造的思考力	5. 創成能力(システム設計)	各種の外的・内的制約条件と、問題解決のために解くべき課題を挙げ、この課題を整理・分析して、制約条件下で課題を解決できる最適解を評価・提案できる。 ハードウェアまたはソフトウェアに関する知識、および設計の目的と概念を理解し、それを設計に適用できる。	各種の外的・内的制約条件と、問題解決のために解くべき課題を挙げ、制約条件下で課題を解決できる最適解を見出し、これに基づいて、複合的な工学的問題の創造的解決を図ることができる。 デザイン、システム設計にあたり、実現に必要な知識、想定方法などに対して、境界領域が存在し、他分野の知識や技術が必要であることを理解する。デザイン手法を駆使し、実際の課題の要求に合致したハードウェアまたはソフトウェアの開発ができる。

【情報・通信分野と育成人材像】

本プロジェクトは、学士課程教育における技術者教育のカリキュラム（特にコアカリキュラム）に焦点を当てている。また、「情報・通信分野」は、情報分野と通信分野を対象分野としている。情報・通信分野が想定する育成人材像のイメージを図6-8に示す。通信分野は、伝達すべき情報の扱い、通信ソフトウェア設計、ネットワーク制御など、情報分野と深く関係する一方で、信号処理、通信理論、電磁波工学、電気・電子機器設計、などといった、必ずしも情報分野と関連性が大きいとは言えない分野も含み、通信分野独自の教育内容を有する。

本プロジェクトでは情報分野の広さも合わせた判断に基づき、情報分野を構成する5領域のうちのCEとSEを中核領域としCSの一部を基礎として含む形で、情報分野と通信分野の共通のコアカリキュラム（情報・通信分野のコアカリキュラム）を構成する。その内容は情報分野に含まれる。策定に当たっては、IPAの情報処理技術者試験の試験要綱を下敷きにし、基本情報技術者試験レベルを原点として、ITパスポート試験レベルおよび応用技術者試験レベルを一部取り込みながら、確かな基礎力と実践力の養成を最優先事項としている。情報処理技術者試験の試験要綱は、J07さらにはCC2005などをベースにしており、実務能力試験範囲としての体裁を整えながらも内容としては国際的標準との整合性が考慮されている。

これに加えて、情報分野としては、IS、ITの一部を取り込んでコアカリキュラムを構成する。一方、通信分野については、上述の独自の教育内容を追加してコアカリキュラムを構成している。図2はこのような人材像のイメージを当該分野との関連性として図示したものである。IS、ITいずれも実務が深く関係し、学士課程教育での実践力養成には重要である。その一方で、その所掌分野が広く、かつ実務システムを扱う必要性が高いため、学士課程教育への取り込みには限界がある。CSは残り4領域の基礎をなす。このような背景から、CE、SEを中核としてコアカリキュラムを構成している。提案コアカリキュラムは、今後（たとえば大学院などで）、CE、IS、SE、IS、IT、CSの各領域あるいは通信分野などにおけるより高度な内容に踏み込んで行くための基礎力養成ベースとなることを意図している。

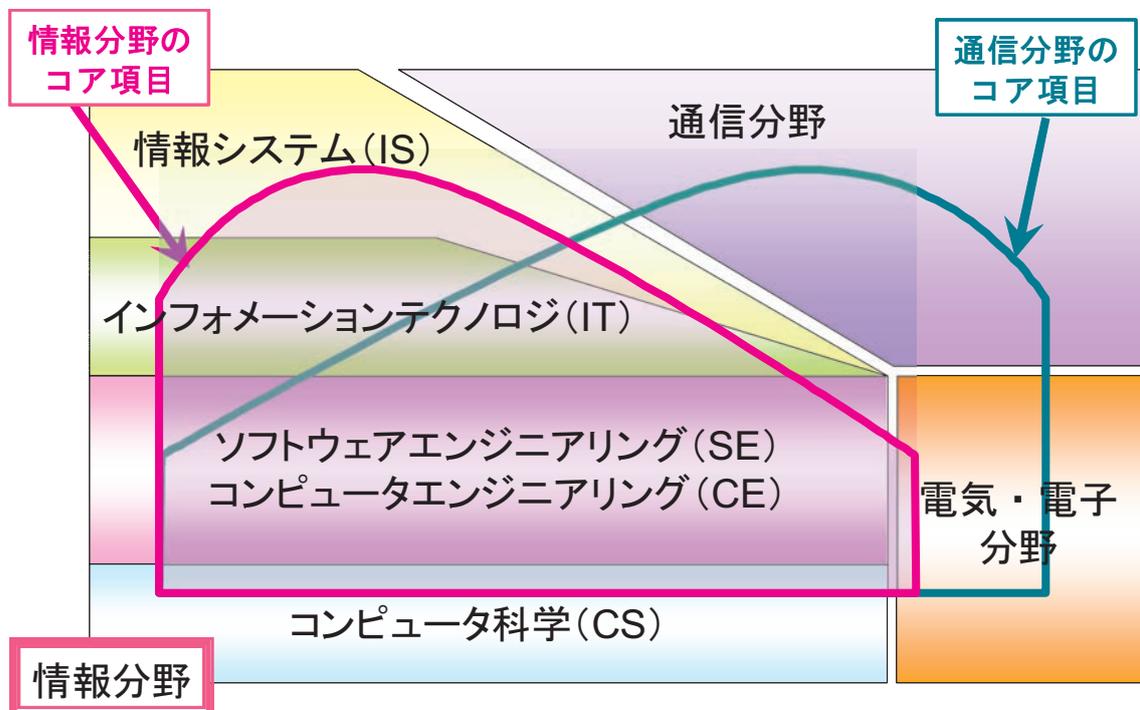


図6-8 情報専門教育カリキュラム標準 J07(*)と当プロジェクト
「情報・通信分野」コアカリキュラムの関連性イメージ

*: 情報処理学会情報処理教育委員会 J07 プロジェクト連絡委員会編

【コアカリキュラムの教育への取込み】

本プロジェクトの目的から、コアカリキュラムとしての分野や項目、および到達目標の設定までを扱い、授業時間や授業実施学年、授業の厳格な実施順序、などまでの設定は記載していない。現状でのカリキュラム策定におけるこれらの設定に際しては、本報告書と共に、必要に応じて上記のCC2005やJ07などを参考に決定していくことで対応できるものと考えられる。提案するコアカリキュラムは、各大学の現状カリキュラムの調査結果と今後予想される社会情勢を踏まえ、上記人材を育成するコアカリキュラムとしてのあるべき姿を想定して選定されたものである。そのため、その中に記載の分野あるいは項目について、現状では教えていない大学（または、教える環境が整っていない大学）が存在することは十分予想できる。そのような大学には提案するコアカリキュラムを含む方向に進めて行くことを要望するものである。

当プロジェクトは、ここに記載する分野と項目を、いわば技術者教育の情報・通信分野に関するコアカリキュラムとして定着させることを目指している、と言っても過言ではない。JABEEなどを「教育プログラムの認定」とすれば、本報告の内容は「具体的な教育コンテンツ認証の基礎」という意味合いを有する。本報告の分野と項目、到達目標などを共通ターゲットとした厳格な評価手法が確立されれば、日本の技術者の情報・通信分野における質保証を強力に後押しすることができるものと考えられる。

【J07における5領域についての概略説明】

-----コンピュータエンジニアリング領域（CE: computer engineering）-----

人材の育成方針：組込みスキル標準（ETSS）（企業が大学教育に期待するスキル分布とほぼ同じ）を持つ技術者。卒業後も持続的に成長していくことができ、かつ技術者としての倫理観を有する人材。

分野：日本の各地域において活躍でき、コンピュータを組込みシステムを応用した製品開発に応用できる能力。単にソフトウェアのみでなくハードウェアの技術も含む。たとえば、通信技術、情報処理技術、制御技術、OSなどのプラットフォーム技術、ソフトウェア開発技術（システム要求定義、ソフトウェア作成、など）など。

-----ソフトウェアエンジニアリング領域（SE: software engineering）-----

人材の育成方針：プログラミング言語の習得にとどまらず、開発ライフサイクルや開発に必要なマネジメントやコミュニケーション、チームダイナミクスなどの能力を身に付ける。情報処理推進機構（IPA）によるITスキル標準（ITSS）、組込みスキル標準（ETSS）、情報システムユーザースキル標準（UISS）などに準拠する。

分野：ソフトウェア構築やソフトウェア設計、検証と妥当性確認、開発マネジメントといったソフトウェアエンジニアリングに必要な実践的技術およびマネジメント能力。

-----情報システム領域（IS: information systems）-----

人材の育成方針：情報システムの作成または活用についての専門知識と能力を持ち、広い視野でシステムをまとめあげることができる人材を育成する。

目的や分野：ISの基礎的な概念を理解すること、ISの学問と研究とは何かを理解すること、IS専門家としての実践的なスキル（技術的な側面と社会的側面）を身に付けること。戦略的要素としてのIS、IS開発の標準、ISの実現とアウトソーシング、知的作業と情報技術、問題解決と経営意志決定、システムとITの概念、組織と情報システム、OSの相互運用とシステム統合、アルゴリズム展開による問題解決、トップダウン実装による問題解決など。

-----インフォメーションテクノロジー領域（IT: information technology）-----

人材の育成方針：情報処理推進機構（IPA）によるITスキル標準（ITSS）の「ITスペシャリスト」「カスタマサービス」「ITサービスマネジメント」、情報システムユーザースキル標準（UISS）の「ISオペレーション」「ISアドミニストレータ」などに、また、情報処理技術者試験のテクニカルエ

エンジニア試験区分「ネットワーク」「システム管理」「情報セキュリティ」などに該当する人材を育成する。

目的や分野：ネットワーク，データベース，セキュリティ，プラットフォーム構築，Web，システム管理やメンテナンス，システムインテグレーションなどの情報技術を身につける。その際には，これらの基礎技術に関する基礎，概念の理解も含まれる。

-----コンピュータ科学領域（CS: computer science）-----

人材の育成方針：コンピュータを用いたシステムのモデル化および設計に，数学的な基礎，アルゴリズムの諸原理および情報科学の諸理論を応用する能力，あるいは様々な複雑性を有するソフトウェアシステムの構築に，設計や開発の諸原理を応用する能力，を持った人材の育成。

目的や分野：情報とコンピュータの理論的系統的な扱いを主として，情報の諸分野の基礎としての役割を担う能力を養成する。より具体的な対象分野としては，離散構造，プログラミングの基礎，アルゴリズム，アーキテクチャと構成，ネットワークコンピューティング，ソフトウェア工学，などである。

6-7-3. 情報・通信分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項

情報・通信の到達目標と学修に当たっての配慮事項は、次の10分野について示す。

1. 「情報に関する数学」(A1)
2. 「通信に関する数学」(A2)
3. 「情報基礎」(B1)
4. 「通信基礎」(B2)
5. 「プログラミング」(C)
6. 「情報セキュリティ/ネットワークセキュリティ」(D)
7. 「コンピュータネットワーク」(E)
8. 「〔情報〕コンピュータシステム」(F1)
9. 「〔通信〕コンピュータシステム」(F2)
10. 【要望】 「ソフトウェア開発技術」(G)

※ 微分・積分，線形代数，常微分方程式，確率・統計は共通基礎に含ませているので，ここでは記載しない。

1. 「情報に関する数学」(A1)

1-1. 【コア】離散数学

(1) 数列，級数，不等式(算術平均，幾何平均，調和平均)

到達目標

- ・数列，級数，不等式などの基礎的事項を理解する。

(2) 集合，関数(写像)

到達目標

- ・集合や関数(写像)などの基礎的事項を理解する。

(3) 整数(整数の性質(整列可能定理)，最大公約数とユークリッド互除法，素数，剰余類と有限群)

到達目標

- ・整数の基本的性質やユークリッド互除法を理解し，ユークリッド互除法を使用して最大公約数を求めることができる。

(4) 基本的証明法(数学的帰納法，背理法，鳩の巣原理，包除原理)

到達目標

- ・数学的帰納法などの基本的な証明の方法や原理を理解し，各証明法を適用できる。

(5) 順列・組合せ，2項定理

到達目標

- ・順列・組合せや集合分割の個数などの数え上げの基礎を理解する。

(6) 【要望】集合と整数の分割(集合と自然数の分割，カタラン数)

到達目標

- ・集合と整数の分割の基礎を理解する。

(7) 【要望】母関数(数列や組合せ個数と母関数)

到達目標

- ・基本となる数列や組合せの個数と母関数の関係を理解する。

(8) 漸化式または差分方程式

(8-a) 展開解法，特性方程式解法

到達目標

- ・漸化式または差分方程式の解法を理解し，実際に解くことができる。

(8-b) 【要望】母関数解法

到達目標

- ・漸化式または差分方程式の解法を理解し、実際に解くことができる。

(9) 2項関係（半順序関係，同値関係，商集合）

到達目標

- ・2項関係を理解する。

(10) 代数系

(10-a) 群，環，体，束（モジュラー束，分配束，ブール束）

到達目標

- ・群，環，体，束などの代数系の基礎を理解する。

(10-b) 【要望】整数剰余と有限代数系（有限体，有限環，有限群），中国剰余定理

到達目標

- ・整数剰余のなす有限代数系の基礎を理解する。

(11) 数理論理

(11-a) 集合と論理，命題論理，推論規則，論理関数（標準形，充足可能性）

到達目標

- ・数理論理の基礎を理解する。

(11-b) 【要望】述語論理

到達目標

- ・数理論理の基礎を理解する。

(12) グラフ理論

(12-a) グラフ，次数，パス，サイクル，木（根付木，順序木），切断点と橋，2点連結性，2辺連結性，いくつかの基本的なグラフ，ハミルトンパスとオイラーパス，連結性とメンガーの定理（関連性の説明），点または辺の彩色，平面性，グラフと行列

到達目標

- ・グラフ理論の基礎を理解する。

(12-b) 【要望】グラフの連結性とメンガーの定理（詳細説明），マッチング，最短パス，最小全域木，最大フロー

到達目標

- ・グラフ・ネットワークの基礎的定理とアルゴリズムを理解する。簡単な実例に対してアルゴリズムを適用して解を求めることができる。

(13) 離散確率

(13-a) 事象，確率変数，平均（期待値とその線形性），分散，（正規，2項，幾何，ポアソン，一様）確率分布

到達目標

- ・離散確率の基礎を理解する。

(13-b) 【要望】確率的方法，ランダム化戦略

到達目標

- ・離散確率を利用した命題証明方法を理解する。

(14) 【要望】ラテン方阵とブロックデザイン

到達目標

- ・ラテン方阵とブロックデザインの基礎を理解し，簡単な例題を解くことができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・情報分野，通信分野などの離散的な事項や事象を扱う数学的基礎としての重要性を認識させるとともに，演習などを十分に行なわせることで，必要に応じて自在に使いこなせる能力（運用力）を身に付けさせるように配慮する。

1-2. 【コア】数値計算の基礎

- ・数値計算の基礎：数値表現と誤差および計算量（級数，多項式），連立一次方程式（ガウスの消去法，LU分解，ガウス・ザイデル法），曲線推定（ラグランジュ補間，Hermite補間，スプライン補間，最小2乗法），非線形方程式（2分法，ニュートン法），常微分方程式（差分方程式，オイラー法，ルンゲクッタ法，1階または2階の初期値問題，2階の境界値問題），積分（台形則，シンプソン則，ロンバーグ積分則），偏微分方程式（拡散方程式，波動方程式，ラプラス方程式）

- ・計算機での数値計算演習

到達目標

- ・数値誤差と計算量の概念を理解し，これらの見積りができる．
- ・連立一次方程式の基本的解法を理解し，これらを使用することができる．
- ・関数近似や補間の概念を理解し，曲線の推定ができる．
- ・非線形方程式の基本的解法を理解し，解を求めることができる．
- ・常微分方程式の数値解法の基本を理解し，初期値問題や境界値問題を解くことができる．
- ・積分の数値解法の基本を理解し，数値積分ができる．
- ・代表的な偏微分方程式を数値計算によって解くことができる．

学修に当たっての配慮事項

- ・実際にプログラムを作成して演習問題を解くことで，基本的な数値計算法を理解し，基本的計算法が身に付くように配慮する．

1-3. 【要望】ベクトル解析

(1) ベクトルの代数

- (a) ベクトル，スカラー，ベクトルの和と差，ベクトルの成分，ベクトルのスカラー倍

到達目標

- ・ベクトルとスカラーを区別できる．また，空間の幾何学的ベクトルの和とスカラー倍について理解し，その成分表示ができる．

- (b) 内積とその成分表示

到達目標

- ・内積とその成分表示および幾何的意味を理解し，具体的に計算できる．また，ベクトル a のベクトル b 方向の成分が計算できる．

- (c) 外積とその成分表示

到達目標

- ・外積とその成分表示および幾何的意味を理解し，具体的に計算できる．

- (d) スカラー3重積，ベクトル3重積

到達目標

- ・内積と外積を利用して，平行四辺形の面積や平行六面体の体積が計算できる．

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な事例を通じて，幾何的かつ物理的イメージを持つことができるように配慮する．

(2) ベクトル関数の微分積分

到達目標

- ・ベクトル関数の微分および積分の定義を理解し，具体的な関数について計算できる．
- ・微積分の多くの公式がベクトル関数についても成り立つことを理解し，利活用できる．

学修に当たっての配慮事項

- ・速度，加速度などの典型的事例を通じて，ベクトル関数の微分積分の計算に習熟するように配慮する．

(3) スカラー場，ベクトル場

- (a) スカラー場，ベクトル場

到達目標

- ・スカラー場とベクトル場の概念を理解し、それぞれの例を挙げることができる。

(b) スカラー場の勾配, 等位面, 3次元の勾配ベクトル, 方向微分係数

到達目標

- ・スカラー場の勾配, 方向微分係数およびそれらの幾何的意味を理解し, 具体的な対象について計算できる。

(c) スカラー場のラプラシアン

到達目標

- ・スカラー場のラプラシアンの定義を理解し, 具体的な対象について計算できる。

(d) ベクトル場の発散, 回転, 回転操作, 回転の重ね合わせ, 角速度

到達目標

- ・ベクトル場の発散と回転の定義を理解し, 具体的な対象について計算できる。
- ・種々のベクトル等式を導出できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・単なる計算ツールとして数式を覚えるのではなく, 幾何的および物理的イメージをもてるように配慮する。

(4) 線積分, 面積分, 体積分

(a) 線積分

到達目標

- ・スカラー場およびベクトル場の線積分を理解し, 勾配場の線積分は, 経路に依らず始点と終点のみで決まることを理解する。また, 具体的な対象について計算できる。

(b) 面積分

到達目標

- ・スカラー場およびベクトル場の面積分を理解し, 具体的な対象について計算できる。

(c) 体積分

到達目標

- ・空間内の体積分の意味を理解し, 具体的な対象について計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・多くの計算事例を通じて, 諸概念に習熟するよう配慮する。必要に応じて電磁場・流体现象・力学などの工学分野への応用に配慮する。

(5) ガウスの発散定理, ストークスの定理

(a) ガウスの発散定理

到達目標

- ・ガウスの発散定理の意味を理解し, 具体的な対象についてそれらを利用した計算ができる。

(b) ストークスの定理

到達目標

- ・ストークスの定理の意味を理解し, 具体的な対象についてそれらを利用した計算ができる。

(c) 発散, 回転, 渦なしの場, 速度ポテンシャル, 渦, 発散のない場

到達目標

- ・発散は「泉の源」であること(極限による表現式)を理解する。
- ・回転は「渦の源」であること(極限による表現式)を理解する。

(d) グリーンの定理, グリーンの公式

到達目標

- ・ガウスの発散定理を用いてグリーンの公式を導くことができる。

(e) ベクトルポテンシャル，ヘルムホルツの定理

到達目標

- ・ベクトルポテンシャルの存在条件やヘルムホルツの定理を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・電磁気や流体のイメージを援用して，定理の内容を直観的に把握できるよう配慮する．数式的意味は「領域内部の情報を境界上の情報に置き換える公式」であることを理解させる。

(6) 直交曲線座標表示

(a) 極座標，平面極座標，直交座標，円柱座標，直交曲線座標表示の基本ベクトル

到達目標

- ・直交曲線座標表示の基本ベクトルと元々の直交座標の基本ベクトルの間に成り立つ関係式を導出できる。
- ・具体的なスカラー場とベクトル場を直交曲線座標で表現できる。

(b) 直交曲線座標の勾配，ラプラシアン，発散，回転

到達目標

- ・場の量（勾配，ラプラシアン，発散，回転）の各種の微分演算が，どのように表現されるかを導出できる。

(c) 直交曲線座標の線積分

到達目標

- ・線要素がどのように表現されるかを理解し，具体的な対象について線積分が計算できる。

(d) 直交曲線座標の面積分

到達目標

- ・面要素がどのように表現されるかを理解し，具体的な対象について面積分が計算できる。

(e) 直交曲線座標の体積分

到達目標

- ・体積要素がどのように表現されるかを理解し，具体的な対象について体積分が計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・代表的な例として，極座標と円柱座標の2つを取り扱う。

(7) その他

到達目標

- ・ガウスの発散定理，ストークスの定理に関して，微分形式の概念による統一的記述を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・多くの計算事例を通じて，微分形式の概念を理解するよう配慮する．必要に応じて電磁場などの工学分野への応用に配慮する。

1-4. 【要望】複素解析

(1) 複素数と複素平面

(a) 複素平面，複素数の極座標表示（極形式）

到達目標

- ・複素平面と複素数の極座標表示（極形式）について理解する。

(b) オイラーの公式，ド・モアブルの定理，べき乗計算，複素数の n 乗根

到達目標

- ・オイラーの公式およびド・モアブルの定理を理解し，べき乗計算，複素数の n 乗根複素数列の極限など種々の計算に応用できる。

(c) 複素数列の極限, 複素数列の発散と収束, 複素数列の級数

到達目標

- ・複素数列の極限, 複素数列の発散と収束, 複素数列の級数を理解し, オイラーの公式およびド・モアブルを利用して, 複素数列の極限などの計算に応用できる.

【要望】(d)～(h)の項目は専門分野での必要性に応じて, 適宜, 取捨選択する.

(d) リーマン球面, 無限遠点

到達目標

- ・リーマン球面および無限遠点とは何かを理解し, リーマン球面上の円を理解する.

(e) コーシーの判定法

到達目標

- ・コーシーの判定法とは何かを理解し, それを利用して複素数列の収束性を判定できる.

(f) コーシーの乗積級数

到達目標

- ・コーシーの乗積級数は級数どうしの積であることを理解する.

(g) 一次変換 (モービウス変換)

到達目標

- ・一次変換はリーマン球面上の円を円に写す (円・円対応) ことを理解する.

(h) 鏡像の原理

到達目標

- ・円に関する鏡像の原理とは何かを理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・複素数を高等学校で十分に学んでいないことを念頭におきながら, 具体的な事例に活用できるよう配慮する.

(2) 初等関数

(a) 基本的な複素関数 (指数関数・三角関数・対数関数・累乗関数など)

到達目標

- ・基本的な複素関数 (指数関数・三角関数・対数関数・累乗関数など) の定義および性質を理解し, 関数値および関数値の変化を求めることができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・独立変数を虚軸方向に変化させたときの複素関数の振る舞いに留意する.
- ・初等関数は複素数の世界で考えると, わかりやすく見通しがよくなることを意識させる.
- ・対数関数や累乗関数は多価性をもつため, 一価関数との違いに留意する.

(3) 正則関数

(a) 複素関数の正則性, コーシー・リーマンの関係式, 調和関数

到達目標

- ・複素関数の正則性の意味を理解し, コーシー・リーマンの関係式による判定ができる.
- ・正則関数の実部・虚部がともに調和関数であり, 一方を与えると他方が定まることを理解する.

(b) 複素関数の基本事項 (極限值, 連続性, 導関数, 微分可能性, 特異点)

到達目標

- ・複素関数の基本事項 (極限值, 連続性, 導関数, 微分可能性, 特異点) を理解する.

【要望】(c)の項目は専門分野での必要性に応じて, 適宜, 取捨選択する.

(c) ド・ロピタルの定理

到達目標

- ・ド・ロピタルの定理を理解し, 具体的な不定形の極限が計算できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な事例を通じて, 各種の概念および計算に習熟できるよう配慮する.

(4) 複素積分

(a) 複素関数の積分

到達目標

- ・複素関数の積分の定義を理解し、パラメータ表示を設定して具体的な積分が計算できる。

(b) コーシーの積分定理

到達目標

- ・コーシーの積分定理について理解し、それを用いて積分路の変形ができる。

(c) コーシーの積分公式

到達目標

- ・コーシーの積分公式(正則関数の積分表示)を理解し、それを利用して複素積分の計算ができる。

(d) 正則関数の積分, 不定積分

到達目標

- ・不定積分とは何かを理解し、正則関数の不定積分が存在することを理解する。

【要望】(e)～(k)の項目は、専門分野での必要性に応じて、適宜、取捨選択する。

(e) 2次元グリーンの公式の複素形式

到達目標

- ・2次元グリーンの公式の複素形式の導出を理解する。
- ・平面図形の面積や重心などの計算に応用できる。

(f) モレラの定理

到達目標

- ・モレラの定理を理解する。

(g) コーシーの評価式

到達目標

- ・コーシーの積分公式を利用してコーシーの評価式を導出できる。

(h) 一致の定理

到達目標

- ・一致の定理の主張を理解する。

(i) 最大値の原理

到達目標

- ・最大値の原理の主張を理解する。

(j) リウヴィルの定理

到達目標

- ・リウヴィルの定理の主張を理解する。

(k) 代数学の基本定理

到達目標

- ・リウヴィルの定理を応用して、代数学の基本定理の主張および証明を理解する。
- 学修に当たっての配慮事項
- ・具体的な計算事例を通じて、複素積分に関わる諸概念に習熟するように配慮する。

(5) テイラー展開・ローラン展開

(a) テイラー展開とその収束半径

到達目標

- ・正則関数のテイラー展開とその収束半径について理解し、具体的な関数についてそれらを求めることができる。

(b) 孤立特異点, ローラン展開

到達目標

- ・孤立特異点の定義とその分類(除去可能な特異点, 極, 真性特異点)を理解する。さらに, 具体的な対象について, 極の位数を求めることができる。

- ・孤立特異点のまわりの円環領域でのローラン展開について理解し、具体的な関数についてそれを求めることができる。

【要望】(c)，(d)，(e)の項目は、専門分野での必要性に応じて、適宜、取捨選択する。

(c) リーマンの定理

到達目標

- ・リーマンの定理の主張を理解する。

(d) ワルエルシュトラスの定理

到達目標

- ・ワルエルシュトラスの定理の主張を理解する。

(e) ピカールの定理

到達目標

- ・ピカールの定理の主張を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、テイラー展開およびローラン展開に習熟するよう配慮する。

(6) 留数・留数定理とその応用

(a) 留数

到達目標

- ・孤立特異点における留数の概念を理解し、具体的にそれを求めることができる。

(b) 留数定理

到達目標

- ・留数定理を使って種々の複素積分の計算ができる。
- ・留数定理を応用して、ある種の実関数の定積分を求めることができる。

【要望】(c)～(g)の項目は、専門分野での必要性に応じて、適宜、取捨選択する。

(c) 偏角の原理

到達目標

- ・偏角の原理の主張を理解する。

(d) ルーシュの定理

到達目標

- ・ルーシュの定理の主張を理解する。

(e) 部分分数展開，無限乗積

到達目標

- ・有理型関数の定義を理解し、有理型関数の部分分数展開を理解する。
- ・無限乗積とは何かを理解し、正則関数の無限乗積表示を理解する。

(f) ジョルダンの補助定理

到達目標

- ・ジョルダンの補助定理を理解する。

(g) 有理関数の積分，多価関数（分数べき関数，対数関数）の積分

到達目標

- ・留数定理を利用して、具体的な関数の積分が計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、幅広い応用事例に活用できるよう配慮する。

(7) 【要望】解析接続

(a) 解析接続

到達目標

- ・解析接続とは何かを理解し、その典型的な手法を理解する。

(b) ガンマ関数とベータ関数

到達目標

- ・ガンマ関数とベータ関数それぞれの複素積分表示を理解する。

(c) リーマンのゼータ関数

到達目標

- ・リーマンのゼータ関数の定義を理解し、全複素平面へ解析接続されることを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な例を通じて、解析接続の概念に習熟するよう配慮する。
- ・専門分野での必要性に応じて、適宜、取捨選択する。

(8) 等角写像

(a) 正則関数の等角性

到達目標

- ・正則関数の等角性を理解する。

【要望】(b), (c)の項目は、専門分野での必要性に応じて、適宜、取捨選択する。

(b) 等角写像

到達目標

- ・等角写像の具体的な実例を理解する。

(c) リーマンの写像定理

到達目標

- ・リーマンの写像定理の主張を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・正則関数の実部・虚部の物理的意味を明らかにし、必要に応じて電磁場・流体现象などの工学分野への応用に配慮する。

(9) 【要望】境界値問題

(a) 境界値問題

到達目標

- ・正則関数を用いて、2次元ラプラス方程式のディリクレ問題とノイマン問題を解くことができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、境界値問題に習熟するよう配慮する。

1-5. 【要望】フーリエ解析

(1) フーリエ級数, 複素フーリエ級数

(a) フーリエ級数, フーリエ係数

到達目標

- ・フーリエ級数, フーリエ係数の意味するところを理解する。

(b) 周期関数のフーリエ級数展開

到達目標

- ・具体的な周期関数のフーリエ級数展開を行うことができる。

(c) 正弦級数展開, 余弦級数展開

到達目標

- ・具体的な関数の正弦級数展開, 余弦級数展開を行うことができる。

(d) オイラーの公式, ド・モアブル (de Moivre) の公式, 複素フーリエ級数

到達目標

- ・具体的な周期関数の複素フーリエ級数を求めることができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、フーリエ級数展開について習熟するよう配慮する。

(2) フーリエ級数の基本的性質

(a) フーリエ級数の各点収束, ディリクレの条件

到達目標

- ・フーリエ級数の各点収束に関する定理 (ディリクレの条件) を理解し, これを通じてフーリエ級数の適用性の広さを理解する. また, その定理を応用して無限級数の値を求めることができる.

(b) フーリエ級数のギブス (Gibbs) 現象

到達目標

- ・フーリエ級数のギブス (Gibbs) 現象を理解する.

(c) フーリエ級数の項別微分および項別積分

到達目標

- ・フーリエ級数の項別微分および項別積分に関する定理を, 具体的な対象について正しく適用できる.

(d) 最良近似問題, 平均 2 乗誤差, フーリエ級数の最終性, ベッセル (Bessel) の不等式

到達目標

- ・最良近似問題を解くことができる. また, ベッセル (Bessel) の不等式の意味するところを理解する.

(e) パーセバル (Parseval) の等式

到達目標

- ・パーセバル (Parseval) の等式の適用条件を理解し, これを用いて無限級数の値を求めることができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, フーリエ級数の収束, 微分, 積分およびその他の基本性質について習熟するよう配慮する.

(3) フーリエ級数の適用例

(a) 微分演算, 積分演算

到達目標

- ・フーリエ級数展開を用いることにより, 微分, 積分の演算は代数的操作に置き換わることを理解する.

(b) 変数分離法

到達目標

- ・変数分離法を用いて, 熱方程式, 波動方程式の初期値・境界値問題およびラプラスの方程式の境界値問題を解くことができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・典型的な例を通じて, 偏微分方程式の古典的解法である変数分離法に習熟するよう配慮する.

(4) フーリエ変換・フーリエ逆変換の収束と性質

(a) フーリエの積分公式

到達目標

- ・フーリエの積分公式の (形式的な) 導出を理解する.

(b) フーリエ変換, フーリエ逆変換 (反転公式)

到達目標

- ・フーリエ変換およびフーリエ逆変換 (反転公式) の意味するところを理解する.

(c) フーリエ余弦変換, 正弦変換

到達目標

- ・フーリエ余弦変換，正弦変換の意味するところを理解する．また，具体的な対象について，これらの変換が計算できる．

(d) 線形性，周波数シフトの定理，たたみこみ定理（重ね合わせの原理）

到達目標

- ・線形性，周波数シフトの定理，たたみこみ定理（重ね合わせの原理）などのフーリエ変換の諸性質を理解する．

(e) 微分演算，積分演算

到達目標

- ・フーリエ変換を用いることにより，微分，積分の演算は代数的操作に置き換わることを理解する．

(f) フーリエ変換および逆変換の収束に関する定理（ディリクレの条件）

到達目標

- ・フーリエ変換および逆変換の収束に関する定理（ディリクレの条件）を定積分の計算に応用できる．

(g) パーセバル（Parseval）の等式と定積分への応用

到達目標

- ・パーセバル（Parseval）の等式を定積分の計算に応用できる．

(h) デルタ関数

到達目標

- ・デルタ関数の定義と性質について理解し，デルタ関数のフーリエ変換が計算できる．

(i) 自己相関関数，パワースペクトル

到達目標

- ・自己相関関数，パワースペクトルを理解する．

(j) サンプリング定理

到達目標

- ・サンプリング定理の意味と適用条件を理解する．

(k) ウィーナー・ヒンチン（Wiener-Khintchine）の定理

到達目標

- ・ウィーナー・ヒンチン（Wiener-Khintchine）の定理の意味と適用条件を理解する．

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて，フーリエ解析に関わる各種の性質および操作について習熟するよう配慮する．

(5) 一般化フーリエ級数

(a) 関数の内積，ノルム

到達目標

- ・関数の内積，ノルムを理解する．

(b) 直交関数系，関数（正弦関数，余弦関数，複素系の指数関数）の直交性

到達目標

- ・直交関数系，正弦関数および余弦関数の直交性，複素系の指数関数の直交性を理解する．

(c) フーリエ級数の平均2乗収束

到達目標

- ・フーリエ級数の平均2乗収束を理解する．

学修に当たっての配慮事項

- ・フーリエ級数の一般化を n 次元ユークリッド空間のアナロジーにもとづいて理解するよう配慮する。

(6) 離散フーリエ変換

(a) 離散フーリエ変換, 離散フーリエ逆変換

到達目標

- ・離散フーリエ変換および離散フーリエ逆変換の意味するところを理解する。

(b) 高速フーリエ変換

到達目標

- ・高速フーリエ変換のアルゴリズムを理解する。

(c) 周期関数のサンプリング定理

到達目標

- ・周期関数のサンプリング定理の意味と適用条件を理解する。

(d) 離散コサイン変換

到達目標

- ・離散コサイン変換の意味するところを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・コンピュータを用いた数値計算事例を利活用して, これらの考え方と計算法の理解を深めるように配慮する。

(7) ラプラス変換, 逆変換

(a) ラプラス変換, ラプラス逆変換の定義

到達目標

- ・ラプラス変換およびラプラス逆変換の定義とその意味するところを理解する。

(b) ラプラス変換の収束条件

到達目標

- ・ラプラス変換が収束する条件を理解する。

(c) 基本的な関数のラプラス変換

到達目標

- ・ラプラス変換の定義にもとづいて, 基本的な関数のラプラス変換の計算ができる。

(d) ラプラス変換の基本的性質, 部分分数展開および留数定理によるラプラス (逆) 変換

到達目標

- ・ラプラス変換の基本的性質を利用して, あるいは部分分数展開および留数定理を利用して, 種々のラプラス (逆) 変換の計算ができる。

(e) 単位関数, デルタ関数および周期関数のラプラス変換

到達目標

- ・単位関数およびデルタ関数のラプラス変換が計算でき, それを応用して周期関数のラプラス変換の計算ができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, ラプラス変換および逆変換に習熟するよう配慮する。

(8) ラプラス変換の有用な性質

(a) ラプラス変換の線形性, 移動法則, およびたたみこみ定理

到達目標

- ・ラプラス変換の有用な性質である線形性, 移動法則, およびたたみこみ定理を理解する。

(b) 微分演算, 積分演算

到達目標

- ・ラプラス変換を用いることにより, 微分, 積分の演算は代数的操作に置き換わることを理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, ラプラス変換および逆変換の性質や操作に習熟するよう配慮する.

(9) ラプラス変換の適用例

(a) 線形定数係数常微分方程式の初期値問題

到達目標

- ・線形定数係数の常微分方程式の初期値問題をラプラス変換を利用して解くことができる.

(b) 積分方程式の初期値問題および境界値問題

到達目標

- ・積分方程式の初期値問題および境界値問題への応用について理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・力学系, 電気回路系, 制御系など, 各専門分野での具体的な活用事例を用いてラプラス変換を応用する能力を向上させるように配慮する.

1-6. 【要望】 確率過程／待ち行列理論

(1) 確率変数, 確率分布 (離散確率分布, 連続確率分布)

到達目標

- ・組合せ確率に基づいた古典的確率論の基礎事項, および確率変数の基本概念を理解する. また, 測度論など高度に数学的な概念を用いることなく, '確率'のもつ本質的なイメージを直感的に掴む.

(2) 多変量確率変数, 畳込みと極限定理

到達目標

- ・具体的に確率分布関数が与えられた場合に, 平均, 分散, 各種モーメントを計算することができる. さらに分布の畳込み演算や特性関数を計算することができる.

(3) ポアソン過程 (計数過程としての確率過程, 到着時間分布による特徴づけ), 再生過程 (再生関数と再生定理, 年齢と寿命による特徴づけ)

到達目標

- ・ポアソン過程や再生過程の基本的性質を理解する. また, 再生関数や到着時間間隔分布に関する種々の結果, さらににはこれらの確率過程の極限における性質を導出することができる.

(4) マルコフ過程 (コルモゴロフ方程式, 極限推移確率, 無限状態マルコフ過程, 有限状態マルコフ過程)

到達目標

- ・マルコフ性を理解する. さらに, マルコフ過程における推移確率の計算, 極限推移確率の計算を行うことができる.

(5) 待ち行列理論: トラフィック理論と待ち行列

到達目標

- ・不確実な現象を確率変数や確率過程によって記述するためのモデル化ができる.

(6) 待ち行列理論の基礎 (リトルの公式, 待ちの評価量, 確率分布, 確率過程, 確率モデル)

到達目標

- ・待ち行列理論の基礎 (リトルの公式, 待ちの評価量, 確率分布, 確率過程, 確率モデル) を理解する.

(7) マルコフ連鎖，再生型確率過程

到達目標

- ・代表的な確率過程（マルコフ連鎖，再生型確率過程）を理解する。

(8) 出生死滅過程における待ち行列システム，マルコフ過程における待ち行列システム，M/G/1 待ち行列システム（ポラチェックーヒンチンの公式），M/M/S 待ち行列システム

到達目標

- ・代表的な待ち行列システムを解析することができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・様々な例を用いることにより，確率過程の本質的な意味や様々な待ち行列システムの理解を深めるように配慮する。

1-7. 【要望】数値計算法

連立一次方程式（SOR法，共役勾配法，疎行列技法），常微分方程式（多段法，予測子-修正子法），固有値（相似変換法（ヤコビ法），ベクトル反復法（べき乗法），実対称行列，ハウスホルダー変換と三重対角化，実係数非対称行列，ヘッセンベルグ行列とQR法，固有ベクトルの算出），積分（ガウス積分則），有限要素法，離散フーリエ変換，モンテカルロ法

到達目標

- ・種々の連立一次方程式の解法および大規模問題の解法の基礎を理解し，これらを使用することができる。
- ・常微分方程式の種々の数値解法を理解し，それらを使用して方程式を解くことができる。
- ・固有値計算の基本的手法を理解し，実際に計算に使用することができる。
- ・積分の種々の数値解法を理解し，数値積分ができる。
- ・様々な数値計算法を理解し，それらを使って，問題を解くことができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・実際にプログラムを作成して演習問題を解くことで，各種の数値計算法を理解し，各種の計算法が身に付くように配慮する。

1-8. 【要望】最適化手法

- ・数理計画：離散最適化（グラフ・ネットワーク，動的計画法，分枝限定法，整数計画法，近似アルゴリズムとメタ戦略），線形計画法（単体法，双対性，2次計画法），非線形計画（ニュートン法，逐次2次計画法，ホモトピー法，等），等
- ・計算機での数理計画演習

到達目標

- ・最適化すべきシステムを数学モデルとして表現できる。加えて，各種の最適化手法，ヒューリスティック解法を理解し，具体的問題に適用して解決できる。
- ・組合せ最適化問題の特徴と数学的表現を理解する。
- ・種々の最適化手法とヒューリスティック解法の構成と特徴を理解する。
- ・身近な問題を組合せ最適化問題として定式化する方法を身につける。
- ・具体的問題に適用して解決できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体例で概念を把握させ，また，多くの具体的問題への適用を通じて，定式化と手法の扱いに習熟させる。

2. 「通信に関する数学」（A2）

2-1. 【コア】離散数学

(1) 数列，級数，不等式（算術平均，幾何平均，調和平均）

到達目標

- ・数，級数，不等式などの基礎的事項を理解する。

(2) 集合, 関数 (写像)

到達目標

- ・集合や関数 (写像) などの基礎的事項を理解する.

(3) 整数 (整数の性質 (整列可能定理), 最大公約数とユークリッド互除法, 素数, 剰余類と群)

到達目標

- ・整数の基本的性質やユークリッド互除法を理解し, ユークリッド互除法を使用して最大公約数を求めることができる.

(4) 基本的証明法 (数学的帰納法, 背理法, 鳩の巣原理, 包除原理)

到達目標

- ・数学的帰納法などの基本的な証明の方法や原理を理解し, 各証明法を適用できる.

(5) 順列・組合せ, 2項定理

到達目標

- ・順列・組合せや集合分割の個数などの数え上げの基礎を理解する.

(6) 【要望】集合と整数の分割 (集合と自然数の分割, カタラン数)

到達目標

- ・集合と整数の分割の基礎を理解する.

(7) 【要望】母関数 (数列や組合せ個数と母関数)

到達目標

- ・基本となる数列や組合せの個数と母関数の関係を理解する.

(8) 漸化式または差分方程式

(8-a) 展開解法, 特性方程式解法

到達目標

- ・漸化式または差分方程式の解法を理解し, 実際に解くことができる.

(8-b) 【要望】母関数解法

到達目標

- ・漸化式または差分方程式の解法を理解し, 実際に解くことができる.

(9) 2項関係 (半順序関係, 同値関係, 商集合)

到達目標

- ・2項関係を理解する.

(10) 代数系 (群, 環, 体, 束 (モジュラー束, 分配束, ブール束))

到達目標

- ・群, 環, 体, 束などの代数系の基礎を理解する.

(11) 数理論理

(11-a) 集合と論理, 命題論理, 推論規則, 論理関数 (標準形, 充足可能性)

到達目標

- ・数理論理の基礎を理解する.

(11-b) 【要望】述語論理

到達目標

- ・数理論理の基礎を理解する.

(12) グラフ理論

(12-a) グラフ, 次数, パス, サイクル, 木 (根付木, 順序木), 切断点と橋, 2点連結性, 2辺連結性, いくつかの基本的なグラフ, ハミルトンパスとオイラーパス, 連結性とメンガーの定理 (関連性の説明), 点または辺の彩色, 平面性, グラフと行列

到達目標

- ・グラフ理論の基礎を理解する。

(12-b) 【要望】グラフの連結性とメンガーの定理(詳細説明), マッチング, 最短パス, 最小全域木, 最大フロー

到達目標

- ・グラフ・ネットワークの基礎的定理とアルゴリズムを理解する。簡単な実例に対してアルゴリズムを適用して解を求めることができる。

(13) 離散確率

(13-a) 事象, 確率変数, 平均(期待値), 分散, (正規, 2項, 幾何, ポアソン, 一様) 確率分布

到達目標

- ・離散確率の基礎を理解する。

(13-b) 【要望】確率的方法, ランダム化戦略

到達目標

- ・離散確率を利用した命題証明方法を理解する。

(14) 【要望】ラテン方阵とブロックデザイン

到達目標

- ・ラテン方阵とブロックデザインの基礎を理解し、簡単な例題を解くことができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・情報分野, 通信分野などの離散的な事項や事象を扱う数学的基礎としての重要性を認識させるとともに, 演習などを十分に行なわせることで, 必要に応じて自在に使いこなせる能力(運用力)を身に付けさせるように配慮する。

2-2. 【コア】数値計算の基礎

- ・数値計算の基礎: 数値表現と誤差および計算量(級数, 多項式), 連立一次方程式(ガウスの消去法, LU分解, ガウス・ザイデル法), 曲線推定(ラグランジュ補間, Hermite補間, スプライン補間, 最小2乗法), 非線形方程式(2分法, ニュートン法), 常微分方程式(差分方程式, オイラー法, ルンゲクッタ法, 1階または2階の初期値問題, 2階の境界値問題), 積分(台形則, シンプソン則, ロンバーグ積分則), 偏微分方程式(拡散方程式, 波動方程式, ラプラス方程式)
- ・計算機での数値計算演習

到達目標

- ・数値誤差と計算量の概念を理解し, これらの見積りができる。
- ・連立一次方程式の基本的解法を理解し, これらを使用することができる。
- ・関数近似や補間の概念を理解し, 曲線の推定ができる。
- ・非線形方程式の基本的解法を理解し, 解を求めることができる。
- ・常微分方程式の数値解法の基本を理解し, 初期値問題や境界値問題を解くことができる。
- ・積分の数値解法の基本を理解し, 数値積分ができる。
- ・代表的な偏微分方程式を数値計算によって解くことができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・実際にプログラムを作成して演習問題を解くことで, 基本的な数値計算法を理解し, 基本的計算法が身に付くように配慮する。

2-3. 【要望】ベクトル解析

(1) ベクトルの代数

(a) ベクトル, スカラー, ベクトルの和と差, ベクトルの成分, ベクトルのスカラー倍

到達目標

- ・ベクトルとスカラーを区別できる。また, 空間の幾何学的ベクトルの和とスカラー倍について理解し, その成分表示ができる。

(b) 内積とその成分表示

到達目標

- ・内積とその成分表示および幾何的意味を理解し，具体的に計算できる．また，ベクトル \mathbf{a} のベクトル \mathbf{b} 方向の成分が計算できる．

(c) 外積とその成分表示

到達目標

- ・外積とその成分表示および幾何的意味を理解し，具体的に計算できる．

(d) スカラー3重積，ベクトル3重積

到達目標

- ・内積と外積を利用して，平行四辺形の面積や平行六面体の体積が計算できる．

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な事例を通じて，幾何的かつ物理的イメージを持つことができるように配慮する．

(2) ベクトル関数の微分積分

到達目標

- ・ベクトル関数の微分および積分の定義を理解し，具体的な関数について計算できる．
- ・微積分の多くの公式がベクトル関数についても成り立つことを理解し，利活用できる．

学修に当たっての配慮事項

- ・速度，加速度などの典型的事例を通じて，ベクトル関数の微分積分の計算に習熟するように配慮する．

(3) スカラー場，ベクトル場

(a) スカラー場，ベクトル場

到達目標

- ・スカラー場とベクトル場の概念を理解し，それぞれの例を挙げることができる．

(b) スカラー場の勾配，等位面，3次元の勾配ベクトル，方向微分係数

到達目標

- ・スカラー場の勾配，方向微分係数およびそれらの幾何的意味を理解し，具体的な対象について計算できる．

(c) スカラー場のラプラシアン

到達目標

- ・スカラー場のラプラシアンの定義を理解し，具体的な対象について計算できる．

(d) ベクトル場の発散，回転，回転操作，回転の重ね合わせ，角速度

到達目標

- ・ベクトル場の発散と回転の定義を理解し，具体的な対象について計算できる．
- ・種々のベクトル等式を導出できる．

学修に当たっての配慮事項

- ・単なる計算ツールとして数式を覚えるのではなく，幾何的および物理的イメージをもてるように配慮する．

(4) 線積分，面積分，体積分

(a) 線積分

到達目標

- ・スカラー場およびベクトル場の線積分を理解し，勾配場の線積分は，経路に依らず始点と終点のみで決まることを理解する．また，具体的な対象について計算できる．

(b) 面積分

到達目標

- ・スカラー場およびベクトル場の面積分を理解し，具体的な対象について計算できる．

(c) 体積分

到達目標

- ・空間内の体積分の意味を理解し、具体的な対象について計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・多くの計算事例を通じて、諸概念に習熟するよう配慮する。必要に応じて電磁場・流体現象・力学などの工学分野への応用に配慮する。

(5) ガウスの発散定理, ストークスの定理

(a) ガウスの発散定理

到達目標

- ・ガウスの発散定理の意味を理解し、具体的な対象についてそれらを利用した計算ができる。

(b) ストークスの定理

到達目標

- ・ストークスの定理の意味を理解し、具体的な対象についてそれらを利用した計算ができる。

(c) 発散, 回転, 渦なしの場合, 速度ポテンシャル, 渦, 発散のない場

到達目標

- ・発散は「泉の源」であること（極限による表現式）を理解する。
- ・回転は「渦の源」であること（極限による表現式）を理解する。

(d) グリーンの定理, グリーンの公式

到達目標

- ・ガウスの発散定理を用いてグリーン公式を導くことができる。

(e) ベクトルポテンシャル, ヘルムホルツの定理

到達目標

- ・ベクトルポテンシャルの存在条件やヘルムホルツの定理を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・電磁気や流体のイメージを援用して、定理の内容を直観的に把握できるよう配慮する。数式的意味は「領域内部の情報を境界上の情報に置き換える公式」であることを理解させる。

(6) 直交曲線座標表示

(a) 極座標, 平面極座標, 直交座標, 円柱座標, 直交曲線座標表示の基本ベクトル

到達目標

- ・直交曲線座標表示の基本ベクトルと元々の直交座標の基本ベクトルの間に成り立つ関係式を導出できる。
- ・具体的なスカラー場とベクトル場を直交曲線座標で表現できる。

(b) 直交曲線座標の勾配, ラプラシアン, 発散, 回転

到達目標

- ・場の量（勾配, ラプラシアン, 発散, 回転）の各種の微分演算が, どのように表現されるかを導出できる。

(c) 直交曲線座標の線積分

到達目標

- ・線要素がどのように表現されるかを理解し, 具体的な対象について線積分が計算できる。

(d) 直交曲線座標の面積分

到達目標

- ・面要素がどのように表現されるかを理解し, 具体的な対象について面積分が計算できる。

(e) 直交曲線座標の体積分

到達目標

- ・体積要素がどのように表現されるかを理解し、具体的な対象について体積分が計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・代表的な例として、極座標と円柱座標の2つを取り扱う。

(7) その他

到達目標

- ・ガウスの発散定理、ストークスの定理に関して、微分形式の概念による統一的記述を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・多くの計算事例を通じて、微分形式の概念を理解するよう配慮する。必要に応じて電磁場などの工学分野への応用に配慮する。

2-4. 【要望】複素解析

(1) 複素数と複素平面

(a) 複素平面、複素数の極座標表示（極形式）

到達目標

- ・複素平面と複素数の極座標表示（極形式）について理解する。

(b) オイラーの公式、ド・モアブルの定理、べき乗計算、複素数の n 乗根

到達目標

- ・オイラーの公式およびド・モアブルの定理を理解し、べき乗計算、複素数の n 乗根、複素数列の極限など種々の計算に応用できる。

(c) 複素数列の極限、複素数列の発散と収束、複素数列の級数

到達目標

- ・複素数列の極限、複素数列の発散と収束、複素数列の級数を理解し、オイラーの公式およびド・モアブルを利用して、複素数列の極限などの計算に応用できる。

【要望】(d)～(h)の項目は専門分野での必要性に応じて、適宜、取捨選択する。

(d) リーマン球面、無限遠点

到達目標

- ・リーマン球面および無限遠点とは何かを理解し、リーマン球面上の円を理解する。

(e) コーシーの判定法

到達目標

- ・コーシーの判定法とは何かを理解し、それを利用して複素数列の収束性を判定できる。

(f) コーシーの乗積級数

到達目標

- ・コーシーの乗積級数は級数どうしの積であることを理解する。

(g) 一次変換（モービウス変換）

到達目標

- ・一次変換はリーマン球面上の円を円に写す（円・円対応）ことを理解する。

(h) 鏡像の原理

到達目標

- ・円に関する鏡像の原理とは何かを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・複素数を高等学校で十分に学んでいないことを念頭におきながら、具体的な事例に活用できるように配慮する。

(2) 初等関数

(a) 基本的な複素関数（指数関数・三角関数・対数関数・累乗関数など）

到達目標

- ・基本的な複素関数（指数関数・三角関数・対数関数・累乗関数など）の定義および性質を理解し、関数値および関数値の変化を求めることができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・独立変数を虚軸方向に変化させたときの複素関数の振る舞いに留意する。
- ・初等関数は複素数の世界で考えると、わかりやすく見通しがよくなることを意識させる。
- ・対数関数や累乗関数は多価性をもつため、一価関数との違いに留意する。

(3) 正則関数

(a) 複素関数の正則性，コーシー・リーマンの関係式，調和関数

到達目標

- ・複素関数の正則性の意味を理解し，コーシー・リーマンの関係式による判定ができる。
- ・正則関数の実部・虚部がともに調和関数であり，一方を与えると他方が定まることを理解する。

(b) 複素関数の基本事項（極限值，連続性，導関数，微分可能性，特異点）

到達目標

- ・複素関数の基本事項（極限值，連続性，導関数，微分可能性，特異点）を理解する。

【要望】(c) の項目は専門分野での必要性に応じて，適宜，取捨選択する。

(c) ド・ロピタルの定理

到達目標

- ・ド・ロピタルの定理を理解し，具体的な不定形の極限が計算できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な事例通じて，各種の概念および計算に習熟できるよう配慮する。

(4) 複素積分

(a) 複素関数の積分

到達目標

- ・複素関数の積分の定義を理解し，パラメータ表示を設定して具体的な積分が計算できる。

(b) コーシーの積分定理

到達目標

- ・コーシーの積分定理について理解し，それを用いて積分路の変形ができる。

(c) コーシーの積分公式

到達目標

- ・コーシーの積分公式(正則関数の積分表示)を理解し，それを利用して複素積分の計算ができる。

(d) 正則関数の積分，不定積分

到達目標

- ・不定積分とは何かを理解し，正則関数の不定積分が存在することを理解する。

【要望】(e)～(k) の項目は，専門分野での必要性に応じて，適宜，取捨選択する。

(e) 2次元グリーンの公式の複素形式

到達目標

- ・2次元グリーンの公式の複素形式の導出を理解する。
- ・平面図形の面積や重心などの計算に応用できる。

(f) モレラの定理

到達目標

- ・モレラの定理を理解する。

(g) コーシーの評価式

到達目標

- ・コーシーの積分公式を利用してコーシーの評価式を導出できる。

(h) 一致の定理

到達目標

- ・一致の定理の主張を理解する.

(i) 最大値の原理

到達目標

- ・最大値の原理の主張を理解する.

(j) リウヴィルの定理

到達目標

- ・リウヴィルの定理の主張を理解する.

(k) 代数学の基本定理

到達目標

- ・リウヴィルの定理を応用して、代数学の基本定理の主張および証明を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、複素積分に関わる諸概念に習熟するように配慮する.

(5) テイラー展開・ローラン展開

(a) テイラー展開とその収束半径

到達目標

- ・正則関数のテイラー展開とその収束半径について理解し、具体的な関数についてそれらを求めることができる.

(b) 孤立特異点, ローラン展開

到達目標

- ・孤立特異点の定義とその分類(除去可能な特異点, 極, 真性特異点)を理解する. さらに, 具体的な対象について, 極の位数を求めることができる.
- ・孤立特異点のまわりの円環領域でのローラン展開について理解し, 具体的な関数についてそれを求めることができる.

【要望】(c), (d), (e) の項目は, 専門分野での必要性に応じて, 適宜, 取捨選択する.

(c) リーマンの定理

到達目標

- ・リーマンの定理の主張を理解する.

(d) ワルエルシュトラスの定理

到達目標

- ・ワルエルシュトラスの定理の主張を理解する.

(e) ピカールの定理

到達目標

- ・ピカールの定理の主張を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, テイラー展開およびローラン展開に習熟するよう配慮する.

(6) 留数・留数定理とその応用

(a) 留数

到達目標

- ・孤立特異点における留数の概念を理解し, 具体的にそれを求めることができる.

(b) 留数定理

到達目標

- ・留数定理を使って種々の複素積分の計算ができる.
- ・留数定理を応用して, ある種の実関数の定積分を求めることができる.

【要望】(c)~(g) の項目は, 専門分野での必要性に応じて, 適宜, 取捨選択する.

(c) 偏角の原理

到達目標

- ・偏角の原理の主張を理解する.

(d) ルーシュの定理

到達目標

- ・ルーシュの定理の主張を理解する.

(e) 部分分数展開, 無限乗積

到達目標

- ・有理型関数の定義を理解し, 有理型関数の部分分数展開を理解する.
- ・無限乗積とは何かを理解し, 正則関数の無限乗積表示を理解する.

(f) ジョルダンの補助定理

到達目標

- ・ジョルダンの補助定理を理解する.

(g) 有理関数の積分, 多価関数 (分数べき関数, 対数関数) の積分

到達目標

- ・留数定理を利用して, 具体的な関数の積分が計算できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, 幅広い応用事例に活用できるよう配慮する.

(7) 【要望】解析接続

(a) 解析接続

到達目標

- ・解析接続とは何かを理解し, その典型的な手法を理解する.

(b) ガンマ関数とベータ関数

到達目標

- ・ガンマ関数とベータ関数それぞれの複素積分表示を理解する.

(c) リーマンのゼータ関数

到達目標

- ・リーマンのゼータ関数の定義を理解し, 全複素平面へ解析接続されることを理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な例を通じて, 解析接続の概念に習熟するよう配慮する.
- ・専門分野での必要性に応じて, 適宜, 取捨選択する.

(8) 等角写像

(a) 正則関数の等角性

到達目標

- ・正則関数の等角性を理解する.

【要望】 (b), (c)の項目は, 専門分野での必要性に応じて, 適宜, 取捨選択する.

(b) 等角写像

到達目標

- ・等角写像の具体的な実例を理解する.

(c) リーマンの写像定理

到達目標

- ・リーマンの写像定理の主張を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・正則関数の実部・虚部の物理的意味を明らかにし, 必要に応じて電磁場・流体现象などの工学分野への応用に配慮する.

(9) 【要望】境界値問題

(a) 境界値問題

到達目標

- ・正則関数を用いて, 2次元ラプラス方程式のディリクレ問題とノイマン問題を解くことができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, 境界値問題に習熟するよう配慮する.

2-5. 【要望】フーリエ解析

(1) フーリエ級数, 複素フーリエ級数

(a) フーリエ級数, フーリエ係数

到達目標

- ・フーリエ級数, フーリエ係数の意味するところを理解する.

(b) 周期関数のフーリエ級数展開

到達目標

- ・具体的な周期関数のフーリエ級数展開を行うことができる.

(c) 正弦級数展開, 余弦級数展開

到達目標

- ・具体的な関数の正弦級数展開, 余弦級数展開を行うことができる.

(d) オイラーの公式, ド・モアブル (de Moivre) の公式, 複素フーリエ級数

到達目標

- ・具体的な周期関数の複素フーリエ級数を求めることができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, フーリエ級数展開について習熟するよう配慮する.

(2) フーリエ級数の基本的性質

(a) フーリエ級数の各点収束, ディリクレの条件

到達目標

- ・フーリエ級数の各点収束に関する定理 (ディリクレの条件) を理解し, これを通じてフーリエ級数の適用性の広さを理解する. また, その定理を応用して無限級数の値を求めることができる.

(b) フーリエ級数のギブス (Gibbs) 現象

到達目標

- ・フーリエ級数のギブス (Gibbs) 現象を理解する.

(c) フーリエ級数の項別微分および項別積分

到達目標

- ・フーリエ級数の項別微分および項別積分に関する定理を, 具体的な対象について正しく適用できる.

(d) 最良近似問題, 平均2乗誤差, フーリエ級数の最終性, ベッセル (Bessel) の不等式

到達目標

- ・最良近似問題を解くことができる. また, ベッセル (Bessel) の不等式の意味するところを理解する.

(e) パーセバル (Parseval) の等式

到達目標

- ・パーセバル (Parseval) の等式の適用条件を理解し, これを用いて無限級数の値を求めることができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて, フーリエ級数の収束, 微分, 積分およびその他の基本性質について習熟するよう配慮する.

(3) フーリエ級数の適用例

(a) 微分演算, 積分演算

到達目標

- ・フーリエ級数展開を用いることにより, 微分, 積分の演算は代数的操作に置き換わることを理解

する.

(b) 変数分離法

到達目標

- ・変数分離法を用いて、熱方程式、波動方程式の初期値・境界値問題およびラプラスの方程式の境界値問題を解くことができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・典型的な例を通じて、偏微分方程式の古典的解法である変数分離法に習熟するよう配慮する.

(4) フーリエ変換・フーリエ逆変換の収束と性質

(a) フーリエの積分公式

到達目標

- ・フーリエの積分公式の(形式的な)導出を理解する.

(b) フーリエ変換, フーリエ逆変換(反転公式)

到達目標

- ・フーリエ変換およびフーリエ逆変換(反転公式)の意味するところを理解する.

(c) フーリエ余弦変換, 正弦変換

到達目標

- ・フーリエ余弦変換, 正弦変換の意味するところを理解する. また, 具体的な対象について, これらの変換が計算できる.

(d) 線形性, 周波数シフトの定理, たたみこみ定理(重ね合わせの原理)

到達目標

- ・線形性, 周波数シフトの定理, たたみこみ定理(重ね合わせの原理)などのフーリエ変換の諸性質を理解する.

(e) 微分演算, 積分演算

到達目標

- ・フーリエ変換を用いることにより, 微分, 積分の演算は代数的操作に置き換わることを理解する.

(f) フーリエ変換および逆変換の収束に関する定理(ディリクレの条件)

到達目標

- ・フーリエ変換および逆変換の収束に関する定理(ディリクレの条件)を定積分の計算に応用できる.

(g) パーセバル(Parseval)の等式と定積分への応用

到達目標

- ・パーセバル(Parseval)の等式を定積分の計算に応用できる.

(h) デルタ関数

到達目標

- ・デルタ関数の定義と性質について理解し, デルタ関数のフーリエ変換が計算できる.

(i) 自己相関関数, パワースペクトル

到達目標

- ・自己相関関数, パワースペクトルを理解する.

(j) サンプリング定理

到達目標

- ・サンプリング定理の意味と適用条件を理解する.

(k) ウィーナー・ヒンチン (Wiener-Khintchine) の定理

到達目標

- ・ウィーナー・ヒンチン (Wiener-Khintchine) の定理の意味と適用条件を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、フーリエ解析に関わる各種の性質および操作について習熟するよう配慮する.

(5) 一般化フーリエ級数

(a) 関数の内積, ノルム

到達目標

- ・関数の内積, ノルムを理解する.

(b) 直交関数系, 関数 (正弦関数, 余弦関数, 複素系の指数関数) の直交性

到達目標

- ・直交関数系, 正弦関数および余弦関数の直交性, 複素系の指数関数の直交性を理解する.

(c) フーリエ級数の平均 2 乗収束

到達目標

- ・フーリエ級数の平均 2 乗収束を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・フーリエ級数の一般化を n 次元ユークリッド空間のアナロジーにもとづいて理解するよう配慮する.

(6) 離散フーリエ変換

(a) 離散フーリエ変換, 離散フーリエ逆変換

到達目標

- ・離散フーリエ変換および離散フーリエ逆変換の意味するところを理解する.

(b) 高速フーリエ変換

到達目標

- ・高速フーリエ変換のアルゴリズムを理解する.

(c) 周期関数のサンプリング定理

到達目標

- ・周期関数のサンプリング定理の意味と適用条件を理解する.

(d) 離散コサイン変換

到達目標

- ・離散コサイン変換の意味するところを理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・コンピュータを用いた数値計算事例を利活用して, これらの考え方と計算法の理解を深めるように配慮する.

(7) ラプラス変換, 逆変換

(a) ラプラス変換, ラプラス逆変換の定義

到達目標

- ・ラプラス変換およびラプラス逆変換の定義とその意味するところを理解する.

(b) ラプラス変換の収束条件

到達目標

- ・ラプラス変換が収束する条件を理解する.

(c) 基本的な関数のラプラス変換

到達目標

- ・ラプラス変換の定義にもとづいて、基本的な関数のラプラス変換の計算ができる。

(d) ラプラス変換の基本的性質，部分分数展開および留数定理によるラプラス（逆）変換

到達目標

- ・ラプラス変換の基本的性質を利用して、あるいは部分分数展開および留数定理を利用して、種々のラプラス（逆）変換の計算ができる。

(e) 単位関数，デルタ関数および周期関数のラプラス変換

到達目標

- ・単位関数およびデルタ関数のラプラス変換が計算でき、それを応用して周期関数のラプラス変換の計算ができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、ラプラス変換および逆変換に習熟するよう配慮する。

(8) ラプラス変換の有用な性質

(a) ラプラス変換の線形性，移動法則，およびたたみこみ定理

到達目標

- ・ラプラス変換の有用な性質である線形性，移動法則，およびたたみこみ定理を理解する。

(b) 微分演算，積分演算

到達目標

- ・ラプラス変換を用いることにより、微分，積分の演算は代数的操作に置き換わることを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体的な計算事例を通じて、ラプラス変換および逆変換の性質や操作に習熟するよう配慮する。

(9) ラプラス変換の適用例

(a) 線形定数係数常微分方程式の初期値問題

到達目標

- ・線形定数係数の常微分方程式の初期値問題をラプラス変換を利用して解くことができる。

(b) 積分方程式の初期値問題および境界値問題

到達目標

- ・積分方程式の初期値問題および境界値問題への応用について理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・力学系，電気回路系，制御系など，各専門分野での具体的な活用事例を用いてラプラス変換を応用する能力を向上させるように配慮する。

2-6. 【要望】確率過程／待ち行列理論

(1) 確率変数，確率分布（離散確率分布，連続確率分布）

到達目標

- ・組合せ確率に基づいた古典的確率論の基礎事項，および確率変数の基本概念を理解する。また，測度論など高度に数学的な概念を用いることなく，‘確率’のもつ本質的なイメージを直感的に掴む。

(2) 多変量確率変数，畳込みと極限定理

到達目標

- ・具体的に確率分布関数が与えられた場合に，平均，分散，各種モーメントを計算することができる。さらに分布の畳込み演算や特性関数を計算することができる。

(3) ポアソン過程（計数過程としての確率過程，到着時間分布による特徴づけ），再生過程（再生関

数と再生定理, 年齢と寿命による特徴づけ)

到達目標

- ・ポアソン過程や再生過程の基本的性質を理解する. また, 再生関数や到着時間間隔分布に関する種々の結果, さらにこれら確率過程の極限における性質を導出することができる.

(4) マルコフ過程 (コルモゴロフ方程式, 極限推移確率, 無限状態マルコフ過程, 有限状態マルコフ過程)

到達目標

- ・マルコフ性を理解する. さらに, マルコフ過程における推移確率の計算, 極限推移確率の計算を行うことができる.

(5) 待ち行列理論: トラフィック理論と待ち行列

到達目標

- ・不確実な現象を確率変数や確率過程によって記述するためのモデル化ができる.

(6) 待ち行列理論の基礎 (リトルの公式, 待ちの評価量, 確率分布, 確率過程, 確率モデル)

到達目標

- ・待ち行列理論の基礎 (リトルの公式, 待ちの評価量, 確率分布, 確率過程, 確率モデル) を理解する.

(7) マルコフ連鎖, 再生型確率過程

到達目標

- ・代表的な確率過程 (マルコフ連鎖, 再生型確率過程) を理解する.

(8) 出生死滅過程における待ち行列システム, マルコフ過程における待ち行列システム, M/G/1 待ち行列システム (ポラチェッカーヒンチンの公式), M/M/S 待ち行列システム

到達目標

- ・代表的な待ち行列システムを解析することができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・様々な例を用いることにより, 確率過程の本質的な意味や様々な待ち行列システムの理解を深めるように配慮する.

2-7. 【要望】 数値計算法

連立一次方程式 (SOR 法, 共役勾配法, 疎行列技法), 常微分方程式 (多段法, 予測子-修正子法), 固有値 (相似変換法 (ヤコビ法), ベクトル反復法 (べき乗法), 実対称行列, ハウスホルダー変換と三重対角化, 実係数非対称行列, ヘッセンベルグ行列と QR 法, 固有ベクトルの算出), 積分 (ガウス積分則), 有限要素法, 離散フーリエ変換, モンテカルロ法

到達目標

- ・種々の連立一次方程式の解法および大規模問題の解法の基礎を理解し, これらを使用することができる.
- ・常微分方程式の種々の数値解法を理解し, それらを使用して方程式を解くことができる.
- ・固有値計算の基本的手法を理解し, 実際に計算に使用することができる.
- ・積分の種々の数値解法を理解し, 数値積分ができる.
- ・様々な数値計算法を理解し, それらを使って, 問題を解くことができる.

学修に当たっての配慮事項

- ・実際にプログラムを作成して演習問題を解くことで, 各種の数値計算法を理解し, 各種の計算法が身に付くように配慮する.

2-8. 【要望】 最適化手法

- ・数理計画: 線形計画法 (単体法, (弱) 双対定理, 相補定理, 主双対法), 非線形計画法 (最急降下法, (準) ニュートン法, ペナルティ関数法, (逐次) 2 次計画法, ホモトピー法), 離散最適化 (グラフ・ネットワーク, 動的計画法, 分枝限定法, (線形) 整数計画法), 近似アルゴリズム

(貪欲法, モンテカルロ法 (ランダム法), 近傍探索法, 緩和法, 分割法, 部分列挙法), メタ戦略 (局所探索 (反復改善) 法, アニーリング法, タブー探索法, 遺伝アルゴリズム)

- ・ 計算機での数理計画演習

到達目標

- ・ 最適化すべきシステムを数学モデルとして表現できる. 加えて, 各種の最適化手法, ヒューリスティック解法を理解し, 具体的問題に適用して解決できる.
- ・ 離散最適化問題の特徴と数学的表現を理解する.
- ・ 種々の最適化手法とヒューリスティック解法の構成と特徴を理解する.
- ・ 身近な問題を離散最適化問題として定式化する方法を身につける.
- ・ 具体的問題に適用して解決できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・ 具体例で概念を把握させ, また, 多くの具体的問題への適用を通じて, 定式化と手法の扱いに習熟させる.

3. 「情報基礎」 (B1)

3-1. 【コア】オートマトンと形式言語理論

オートマトンと形式言語: 有限オートマトンと正規言語, プッシュダウンオートマトンと文脈自由言語, チューリング機械と計算可能性, 計算量理論

到達目標

- ・ プログラミング言語とその処理系の基礎理論として直接的に関わり深いばかりでなく, 広くコンピュータサイエンスの基礎的な素養として欠かせないオートマトンと形式言語理論を題材として, そのものの考え方と用語を学ぶ.
- ・ 各種オートマトン・形式言語の定義や概念を理解する.
- ・ 基本的な証明手法を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・ 具体例から一般化, というステップに沿って, 概念や証明の意味することを理解させるように工夫する.

3-2. 【コア】情報理論

シャノン理論, マルコフ情報源, 自己情報量, エントロピー, 相互情報量, 平均相互情報量, 情報源符号化, 通信路符号化定理, 誤り訂正・検出符号

到達目標

- ・ デジタル情報メディア伝送の基礎理論を理解し, 情報源符号化, 通信路符号化の具体的な構成方法を習得する.
- ・ 通信システムのモデルを理解する.
- ・ 情報量の定義, 基本的な情報源とその性質を理解する.
- ・ 基本的な情報源符号化法を理解する.
- ・ 情報量とひずみの性質を理解する.
- ・ 基本的な誤り訂正符号の構成法を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・ 通信システムのモデルに関する解説を通して情報理論の基礎を理解させる.

3-3. 【要望】符号理論

- ・ ブロック符号: 復号誤り, 線形符号, パリティ検査, 最小距離と最小重み, ブロック復号, シンドローム, ハミング符号
- ・ 巡回符号: 巡回符号の導入, 生成多項式, BCH符号化, BCH符号の復号, リード・ソロモン符号
- ・ 畳込み符号: 畳込み符号の導入, 有限状態記述, 最尤復号 (ビタビアルゴリズム)
- ・ 符号理論の応用: 通信系・記録系, QRコード
- ・ 反復的復号: LDPC符号, ターボ符号

到達目標

- ・ 通信路符号の誤り訂正・検出の基本的考え方を理解する.

- ・ブロック符号の概念（復号誤り，線形符号，パリティ検査，最小距離と最小重み，ブロック復号，シンδροーム，ハミング符号）を理解する．
- ・巡回符号の概念（巡回符号の導入，生成多項式，BCH 符号化，BCH 符号の復号，リード・ソロモン符号）を理解する．
- ・畳込み符号の概念（畳込み符号の導入，有限状態記述，最尤復号（ビタビアルゴリズム））を理解する．
- ・符号理論の応用（通信系・記録系，QR コード）を理解する．
- ・反復的復号（LDPC 符号，ターボ符号）を理解する．

学修に当たっての配慮事項

- ・数学的知識が必要となるため最小限の復習を行いながら，具体例を提示して各符号化をより理解できるように配慮する．

3-4. 【要望】ネットワーク理論

- ・最短パス，最大フロー，最小コストフロー，等

到達目標

- ・最短パスの算出法を理解する．
- ・最大フロー最小カット定理を理解する．
- ・最大フロー問題解法（Ford-Fulkerson 法）を理解し，これを利用して問題を解くことができる．
- ・最小コストフロー問題解法を理解する．

学修に当たっての配慮事項

- ・例題や演習を用いることにより，問題とその解法を理解できるように配慮する．

3-5. 【要望】データベース

リレーションとリレーションスキーマ，リレーショナルデータモデル，リレーショナル代数，正規化，正規形，一貫性制約，正規化理論，データベースセキュリティ（暗号化，利用者認証，データベースアクセス制御，ログの取得，アカウント管理，パスワード管理，外部媒体の利用制御，不正アクセス検知）

到達目標

- ・リレーショナル・データベース構築の際に要求される様々な事項とその解決方法について，基本的な考え方を理解する．また基礎的概念である集合論・述語論理などとの関連について理解する．さらに，データベースのセキュリティ対策のあらましを理解する．
- ・リレーションとリレーションスキーマの概念を理解する．
- ・一貫性制約の概念とその背景を理解する．
- ・関係代数及び関係論理の概念と背景を理解する．
- ・関係の正規化とその背景を理解する．
- ・データベースに対する不正アクセス，不正利用，破壊などの脅威に対する対策のあらましを理解する．

学修に当たっての配慮事項

- ・データベース構築の必要性を理解させる．また，“関係”という数学的バックグラウンドをもつデータベースモデルを用いるメリットを理解させるように配慮する．さらに，実例を通じて，データベースセキュリティの必要性，重要性を認識させる．

3-6. 【要望】並列・分散処理

並列処理と分散処理の機能と形態，システム構成（プロセッサとメモリ，演算と通信，オペレーティングシステム），プログラムの実行制御（スケジューリング，メモリの形態），同期機構（セマフォ，排他制御，テストアンドセット命令，同時実行性制御），プロセス間通信（共有メモリ，メッセージ），ファイルシステム，分散アルゴリズム，システム化技術，分散オブジェクト，電子メール，Web サービス等

到達目標

- ・分散処理を実現している基盤技術（ハードウェア構成とその基本構成）を理解するとともに，その上位にある技術を理解する．

- ・分散システムの基本構成（プロセッサとメモリ，演算と通信，オペレーティングシステム）について理解する。
- ・分散処理を実現している基盤技術（通信プリミティブ，整列化，認証とアクセス制御，クライアントサーバモデル，ソケット API，遠隔手続き呼び出し（RPC），分散ファイルシステム）について理解する。
- ・分散処理を実現する上位レベルの技術（分散アルゴリズム，システム化技術，分散オブジェクト，電子メール，Web サービスなど）について理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・基本的な分散システムの例題プログラムを用いた演習により，理解を深めるよう配慮する。

3-7. 【要望】マルチメディア

1. マルチメディア技術

到達目標

- ・コンピュータにおける文字，音声，画像などの仕組み，それらを統合して取り扱う方法を理解する。
- ・情報の圧縮，伸張の目的，代表的な特徴を理解する。

(1) マルチメディア (Web コンテンツ，ハイパメディア，ストリーミング，オーサリング環境，PDF)

到達目標

- ・情報のデジタル化，文字，音声，画像などの複数のメディアの統合，インタラクティブ性などマルチメディアの特徴を理解する。また，複数のメディアを編集，統合するオーサリングなど，マルチメディアを取り扱う方法を理解する。

(2) 音声処理 PCM (Pulse Code Modulation : パルス符号変調)，MIDI，WAV (Waveform Audio Format)，MP3)

到達目標

- ・音声データのデジタル化の仕組み，代表的な音声ファイル形式の特徴を理解する。

(3) 静止画処理 (JPEG，GIF，PNG，BMP，TIFF，Exif (Exchangeable Image File Format))

到達目標

- ・光の3原色 (Red, Green, Blue)，色の3原色 (Cyan, Magenta, Yellow)，画素 (ピクセル)，解像度，階調など，コンピュータにおける画像表現の基本的な仕組み，代表的な静止画ファイル形式の特徴を理解する。

(4) 動画処理 (MPEG，QuickTime，AVI)

到達目標

- ・フレーム，フレームレートなど，コンピュータにおける動画表現の仕組み，代表的な動画ファイル形式の特徴を理解する。

(5) 情報の圧縮・伸張 (JPEG，MPEG，ZIP，LZH，圧縮率，可逆圧縮，非可逆圧縮，MR (Modified Read)，MMR (Modified Modified Read))

到達目標

- ・メディアの種類に応じた圧縮・伸張方法が利用されること，圧縮の目的（効率的なデータ保存，ネットワーク負荷の軽減），代表的な圧縮方式の特徴を理解する。また，用途に応じて適切な圧縮方式を選択することを理解する。

2. マルチメディア応用 (CG，CAD，シミュレータ，テレビゲーム，AR (Augmented Reality : 拡張現実感)，ビデオオンデマンド)

到達目標

- ・マルチメディアシステムの特徴，VR (Virtual Reality : バーチャルリアリティ)，インターネット放送，ノンリニア画像編集システムなどのマルチメディア応用の例を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・メディア処理に関する基礎的な知識および技術を身につけるとともに、マルチメディア応用まで理解できるよう配慮する。

3-8. 【要望】 知識処理

論理と知識表現（命題論理，述語論理，導出原理，意味論），推論と論理プログラミング，ファジー集合・推論，探索法，ニューラルネットワーク，等

到達目標

- ・推論とは何かを命題論理や述語論理の枠組みを用いて理解する。
- ・人工知能に関する問題をグラフとして表現し，解の探索アルゴリズムを適用できる。
- ・各種のヒューリスティック探索アルゴリズムを理解し，それによって解を求めることができる。
- ・命題論理式や述語論理式を用いて論理的な言明を表現できる能力を修得する。
- ・導出原理(resolution principle)に基づいた自動推論の仕組みを理解する。
- ・チョムスキーの生成文法を理解し，それにより言語の構文記述ができる能力を得る。
- ・文脈自由文法の構文解析法を理解し，それを適用できる能力を修得する。
- ・論理型プログラミング言語 Prolog を学び，プログラムを書く能力を修得する。
- ・Prolog を用いて言語の構文解析や変換アルゴリズムを記述できる能力を修得する。
- ・日本語の構文・意味解析を例に取り，適切な枠組みを用いれば知的な情報処理が簡潔な方法で実現できることを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・具体例によって，命題論理や述語論理の枠組み，および導出原理，ヒューリスティック探索アルゴリズムなどの理解を助けるように配慮する。また，演習によって Prolog プログラミングに習熟させる。時間をかけて，構文や意味の解析の基礎を理解させるよう配慮する。

4. 「通信基礎」 (B2)

4-1. 【コア】 情報理論

シャノン理論，マルコフ情報源，自己情報量，エントロピー，相互情報量，平均相互情報量，情報源符号化，通信路符号化定理，誤り訂正・検出符号

到達目標

- ・デジタル情報メディア伝送の基礎理論を理解し，情報源符号化，通信路符号化の具体的な構成方法を習得する。
- ・通信システムのモデルを理解する。
- ・情報量の定義，基本的な情報源とその性質を理解する。
- ・基本的な情報源符号化法を理解する。
- ・情報量とひずみの性質を理解する。
- ・基本的な誤り訂正符号の構成法を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・通信システムのモデルに関する解説を通して情報理論の基礎を理解させる。

4-2. 【コア】 通信理論

(連続・離散) 情報の伝送，変復調方式，サンプリング，多重化方式，誤り検出・訂正，信号同期方式，符号化とデジタル伝送，無線通信，等

到達目標

- ・信号伝送の基本となる知識および技術を理解し，実際にどのように応用されているかを理解する。
- ・フーリエ級数展開及びフーリエ変換の原理を理解する。
- ・変調技術を理解する。
- ・多重化技術を理解する。
- ・実際の通信への応用方法を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・基本的な用語を理解し，通信方式に関する技術文書などの内容が把握できるように配慮する。

4-3. 【コア】符号理論

ブロック符号：復号誤り，線形符号，パリティ検査，最小距離と最小重み，ブロック復号，シンドローーム，ハミング符号

巡回符号：巡回符号の導入，生成多項式，BCH 符号化，BCH 符号の復号，リード・ソロモン符号

畳込み符号：畳込み符号の導入，有限状態記述，最尤復号（ビタビアルゴリズム）

符号理論の応用：通信系・記録系，QR コード

反復的復号：LDPC 符号，ターボ符号

到達目標

- ・通信路符号の誤り訂正・検出の基本的考え方を理解する。
- ・ブロック符号の概念（復号誤り，線形符号，パリティ検査，最小距離と最小重み，ブロック復号，シンドローーム，ハミング符号）を理解する。
- ・巡回符号の概念（巡回符号の導入，生成多項式，BCH 符号化，BCH 符号の復号，リード・ソロモン符号）を理解する。
- ・畳込み符号の概念（畳込み符号の導入，有限状態記述，最尤復号（ビタビアルゴリズム））を理解する。
- ・符号理論の応用（通信系・記録系，QR コード）を理解する。
- ・反復的復号（LDPC 符号，ターボ符号）を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・数学的知識が必要となるため最小限の復習を行いながら，具体例を提示して各符号化をより理解できるように配慮する。

4-4. 【コア】ネットワークの信頼性

- ・確率・統計を利用した信頼性評価，単一システムと2重システム
- ・ネットワークの連結確率
- ・障害を考慮した通信網設計手法

到達目標

- ・確率・統計を利用したシステムの信頼性，単一システムや2重化システムについて理解する。
- ・ネットワークの連結確率などを用いた，システムやネットワークの信頼性解析法を理解する。
- ・障害を考慮した通信網設計手法について理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・確率・統計とネットワークの信頼性の両視点からゆっくりと時間をかけて説明し，これらの関係を理解させるように配慮する。

4-5. 【コア】ネットワーク理論

- ・最短パス，最大フロー，最小コストフロー，等

到達目標

- ・最短パスの算出法を理解する。
- ・最大フロー最小カット定理を理解する。
- ・最大フロー問題解法（Ford-Fulkerson 法）を理解し，これを利用して問題を解くことができる。
- ・最小コストフロー問題解法を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・例題や演習を用いることにより，問題とその解法を理解できるように配慮する。

4-6. 【コア】通信システム

- ・無線通信／移動体通信

電波伝搬，マルチパス伝送路，ダイバーシチ，PDC，スペクトル拡散とCDMA，直交周波数分割多重（OFDM），PAN/BAN，等

- ・光通信システム

- ・画像通信システム／音声通信システム

到達目標

- ・移動通信システムで採用されている CDMA 方式の基本技術であるスペクトラム拡散に関する知識を習得する。技術の全体を把握すると共に，実際にどのようにシステムに応用されているかについて

ても理解し、次世代の高速無線通信方式で用いられる OFDM 伝送技術について基礎知識を習得する。また、セル構成法、無線リンク設計法、アクセス技術、制御技術などの原理も理解する。

- ・スペクトラム拡散の原理を理解する。
- ・CDMA 方式の原理を理解する。
- ・OFDM 伝送技術の原理を理解する。
- ・高速無線通信方式で用いられている信号伝送技術の原理を理解する。
- ・セル構成技術の原理を理解する。
- ・送信電力と周波数配置に関する無線リンクの設計法について理解する。
- ・チャンネル構成やネットワーク構成から接続制御の仕組みを理解する。
- ・移動通信システムの実例を通して技術目標の違いと固有の技術を認識する。

学修に当たっての配慮事項

- ・基本的な専門用語を理解することとともに、無線通信／移動通信に関する技術文書の内容が把握できるようになることにも配慮する。

4-7. 【コア】回路理論

直流回路（回路素子、オームの法則、キルヒホフの電流・電圧法則、重ね合わせの理、電力）、交流回路（正弦波交流、キャパシタ・インダクタの交流特性、正弦波定常解析、複素インピーダンス／アドミタンス、共振、電力）、回路の諸定理（重ね合わせの理、テブナン／ノートン等価回路、相反定理、 Δ -Y変換、ブリッジ回路、整合、電力）、回路の定常解析（節点解析、網目解析、その他の解析：閉路解析／カットセット解析／混合解析）、相互結合素子回路（相互誘導、理想変成器、制御電源）、2端子対回路（アドミタンス行列、インピーダンス行列、ハイブリッド行列、4端子行列）、回路の周波数特性（ひずみ波、フィルタ）、回路の過渡現象解析（ラプラス変換、節点解析、網目解析）

到達目標

- ・直流回路と電力に関して解析ができる。
- ・基礎的な交流回路の性質を理解するとともに、複素数を用いた交流回路の記号的計算法により正弦波の励振と応答の関係を説明できる。
- ・初等的な回路について節点方程式、閉路方程式などの回路方程式を立てることができる。
- ・時間的に変化する電源に対する回路電流・電圧の応答について基本的な知識がある。
- ・記号 $j\omega$ による交流回路の計算方法とインピーダンスの定義を、数学的な論理に基づいて説明できる。
- ・キルヒホッフの法則をアルゴリズムとして厳密に表現する方法を理解する。
- ・一般線形回路網の解法を説明でき、重ねの理、テブナンの定理やノートンの定理などの回路の重要定理を理解し、応用することができる。交流回路における共振回路および電力を理解する。
- ・初等的な回路について節点方程式、閉路方程式などの回路方程式を立てることができる。
- ・相互誘導素子の定義を理解するとともに、素子の電圧・電流特性を把握し、KVL 方程式や KCL 方程式などの回路方程式に適切に組み込むことができる。
- ・4端子回路網の各種パラメータの物理的意味を理解し、その応用方法を説明できる。
- ・ひずみ波交流回路の計算法が説明できる。
- ・過渡現象を理解し、計算することができる。
- ・ラプラス変換の手法を理解し、過渡現象問題を解くことができる。
- ・分布定数回路の基礎を理解し、計算することができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・講義と並行して宿題および演習によって回路計算に習熟するとともに、関連する解析および設計の問題を解く能力の涵養を目指す。

4-8. 【コア】電磁気

電場とクーロンの法則、ベクトル表示、ガウスの法則、静電場と電位、導体と静電場、定常電流と直流回路、誘電体と静電場、電流の周りの磁場、時間的に変化する場、物質の磁氣的性質、電場・磁場のエネルギー、マクスウェルの方程式

到達目標

- ・電磁気現象について直感的に理解する。数学(微分積分学, 微分方程式, ベクトル解析)を基に, 静電磁界から電磁波まで電磁気学の基本的な現象全般を広く取り扱うことができる。
- ・電磁界の性質および場の概念を理解する。
- ・実験的に知られている電磁界に関する法則の数学表現を理解する。
- ・電磁波がマクスウェルの方程式によって記述されることを理解する。
- ・製品の設計などで利用される計算電磁気学について, その基本を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・専門用語の英語表現, 電磁気学で重要な数値や単位表現にも慣れるよう配慮する。

4-9. 【コア】信号処理

ビット誤り率, 信号とスペクトル, 確率過程, マッチドフィルタ, 帯域通過変調, デジタル変調方式, フラットフェージング通信路, 周波数選択性通信路と等化, 非線形等化

到達目標

- ・デジタル通信システムの基礎(ビット誤り率)を理解し, 信号解析法(信号とスペクトル, 確率過程, マッチドフィルタ等)を理解する。
- ・帯域通過変調とデジタル変調方式を理解する。
- ・高速通信における符号間干渉の発生原理を理解する。
- ・符号間干渉を低減する等化技術(線形等化, 非線形等化)の仕組みを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・デジタル通信システムの基礎(変調方式と符号間干渉)を理解させる。

4-10. 【要望】通信トラフィック理論

- ・トラフィック量, 単位, 呼量
- ・呼の生起・終了, 呼の生起分布と保留時間分布
- ・トラフィック解析の基本モデル: 待ち行列モデル
- ・待ち行列理論のための基礎知識: リトルの公式, ポワソン過程と指数分布
- ・出生死滅過程における待ち行列
- ・離散時間マルコフ連鎖, 待ち行列モデルの系内容数分布, マルコフの定理
- ・指数サービスをもつFCFS待ち行列の待ち時間分布, M/G/1の待ち時間分布

到達目標

- ・通信トラフィックの基礎(トラフィック量, 単位, 呼量)を理解する。
- ・呼の生起・終了, および呼の生起分布と保留時間分布を理解する。
- ・待ち行列モデルを理解する。
- ・待ち行列理論のための基礎知識(リトルの公式, ポワソン過程と指数分布)を理解する。
- ・出生死滅過程における待ち行列を理解する。
- ・離散時間マルコフ連鎖を理解し, 待ち行列モデルの系内容数分布を理解する。
- ・待ち時間分布(指数サービスをもつFCFS待ち行列, M/G/1等)を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・システムの定量的な評価を行うことにより問題解決の指針を与えるための数学的道具であることを理解するとともに, 通信ネットワークの実情を把握できることを実感するように配慮する。

4-11. 【要望】非同期通信

基盤技術, 分散アルゴリズム, システム化技術, 同期通信と非同期通信, CCSの構文, CCSのラベル付き遷移, 構造化操作的意味論, 強双模倣, 合同関係, 弱双模倣, 名前渡しと π 計算, 束縛された通信, π 計算の操作的意味論, π 計算の双模倣等価性と問題点, 非同期 π 計算

到達目標

- ・R. Milnerによって提案された並行計算の形式的モデルの概略を理解する。並行・分散処理における問題の解決の基礎となる理論的な基礎知識を得る。
- ・並行・分散計算における並行性, 通信, 同期などの基礎概念を理解する。
- ・双模倣等価等の等価性理論の意義と内容を理解する。
- ・名前渡し通信の形式的記述を理解する。
- ・非同期メッセージ通信の形式的記述を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・実例を多用して、非同期通信や並行処理の概念の理解を促進するように配慮する。

4-12. 【要望】パルス・デジタル回路

パルスの波形と周波数成分，線形回路のパルス応答，パルスの伝送，MOSトランジスタ，パルス操作回路（クリップ，リミッタ，クランプ，シュミットトリガ），パルス発生回路

到達目標

- ・パルス波の性質，半導体素子のスイッチング特性，パルス発生・操作回路，論理回路設計などの各構成要素の動作と解析法を理解すると共に解析法を適用することができる。
- ・パルス波の性質，伝搬について理解する。
- ・半導体素子のスイッチング特性を表現できる。
- ・マルチバイブレータ，リミッター等の簡単なパルス発生・操作回路の動作を解析できる。
- ・MOSゲート等の基本的な論理素子の機能と特性について理解する。
- ・簡単な論理回路の動作を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・実際にパルス発生・操作回路などの動作解析を行なうことによって，理解を深め，解析法に習熟させる。

5. 「プログラミング」(C)

5-1. 【コア】データ構造とアルゴリズム

到達目標

- ・ソフトウェア作成の基礎となるデータ構造，アルゴリズムの設計と解析に関する基礎的知識を理解し，基本的手法を自在に使うことができる。

(1) データ構造と基本アルゴリズム

計算量評価の基礎，計算機内でのデータ表現，基本データ構造（配列，リスト，スタック，キュー，等），ヒープ，ソーティング，探索，グラフの基本アルゴリズム（BFS，DFS）

到達目標

- ・ソフトウェア作成の基礎となるデータ構造，アルゴリズムの設計と解析に関する最も基礎的知識を身につける。
- ・コンピュータの仕組みとプログラミングの基礎知識を理解する。
- ・データ構造，プログラム言語の基礎知識を理解する。
- ・アルゴリズム設計の基礎知識を理解する。
- ・プログラム作成さらにはシステム設計の基礎知識を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・プログラム作成において使用メモリ量と計算時間の見積りが重要であり，データ構造がその理論的基礎となることを十分に理解させるよう配慮する。また，プログラム作成におけるデータ構造の実際の姿を提示して，実用的役割を認識させる。

(2) アルゴリズムの設計と解析

基本的設計手法（貪欲法，分割統治法，動的計画法，枝刈り探索法（縮小法）），互いに素な集合の扱い，最小木（Prim法，Kruskal法），最短パス（Dijkstra法，Warshall-Floyd法），最大フロー（Ford-Fulkerson法，Dinic法）とその応用，最小コストフロー，計算量理論（NP完全性，多項式還元性），近似解法と発見的解法

到達目標

- ・ソフトウェア作成の基礎となるデータ構造，アルゴリズムの設計と解析についてより一層進んだ内容を理解する。
- ・データ構造とアルゴリズム設計に関する基礎知識全般を理解する。
- ・アルゴリズムの効率（処理速度，メモリ使用量）解析のための基礎知識を理解する。
- ・アルゴリズム効率化のためのデータ構造設計に関する基礎知識を理解する。
- ・効率的プログラムさらには効率的システムの設計に関する基礎知識を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・理論的内容部分については、実例や単純な場合を扱うことにより、一般化の理解を支援するように配慮する。また、理論に偏ることなく、プログラム作成の基礎としての実用的役割を重視する。

5-2. 【コア】基礎プログラミング

1. プログラミング

到達目標

- ・プログラミング作法，コーディング基準を修得し，適用できる。
- ・プログラム言語の文法の基本的な表記法を修得し，適用できる。

(1) プログラミング（インデントーション，ネストの深さ，命名標準，使用禁止命令，プログラムの機能性・効率性・使用性・保守性の向上）

(a) プログラミング作法とコーディング基準

到達目標

- ・プログラミング作法とコーディング基準の目的，効果，種類を理解する。また，プログラミング作法とコーディング基準を守らない場合に起こる弊害を理解する。

(b) プログラム構造（モジュール分割，独立性，メインルーチン，サブルーチン）

到達目標

- ・プログラムの信頼性，保守性の観点から基本的なプログラム構造を理解する。

(c) データ型（整数型，実数型，論理型，文字型，抽象データ型，構造型）

到達目標

- ・プログラム言語で使用される代表的なデータ型を理解する。

(d) Web プログラミング

到達目標

- ・Web サーバと Web クライアントの基本的な仕組みを理解し，Web サーバ，Web クライアントにおけるプログラミングの役割と基本的な作成方法を理解する。

(2) 文法の表記法

到達目標

- ・プログラム言語の構文を定義するために，BNF などのメタ言語を使用することを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・高い効率性，高い信頼性，高い保守性を保持するプログラムを作成する基本構造を理解するように配慮する。

2. プログラム言語

到達目標

- ・プログラム言語の種類，特徴，基本的な記述方法を修得し，適用する。
- ・C，COBOL，Java，アセンブラ言語のプログラム作成方法を修得し，適用する。
- ・表計算ソフトの活用方法を修得し，適用する。

(1) プログラム言語（手続型言語，オブジェクト指向言語，スクリプト言語）

(a) プログラム言語の変遷と分類

到達目標

- ・プログラム言語は，機械語，アセンブラ言語，高水準言語と発展してきたこと，プログラム言語の分類を理解する。

(b) 手続型言語（Fortran，COBOL，PL/I，Pascal，BASIC，C）

到達目標

- ・代表的な手続型言語の特徴，基本的な記述方法を理解する。

(c) オブジェクト指向言語（Java，C++）

到達目標

- ・代表的なオブジェクト指向言語の特徴，基本的な記述方法を理解する。

(d) スクリプト言語（Perl，PHP，Python，Ruby）

到達目標

- ・代表的なスクリプト言語の特徴，基本的な記述方法を理解する。

(2) C の知識と技術

到達目標

- ・C のプログラムの作成方法の基本を修得し，適用できる。
- ・演算処理，制御処理，文字処理などを行うプログラムの作成方法を修得し，適用できる。
- ・ライブラリ関数の利用方法を修得し，適用できる。
- ・ファイル処理を行うプログラムの作成方法を修得し，適用できる。

(a) C の基本的なプログラム (main 関数, printf 関数, 標準出力, 注釈, ヘッダ など)

到達目標

- ・C の基本的なプログラムを作成できる。

(b) 数値の計算 (四則演算子, 変数, 式, 整数の計算, 型変換 (キャスト), 実数の計算, データ型のビット幅, 増分演算子, 減分演算子, 比較演算子 など)

到達目標

- ・四則演算を使ったプログラムを作成できる。

(c) 選択型のプログラム (等価演算子, 関係演算子, 論理演算子, 代入演算子, if 文, switch 文 など)

到達目標

- ・条件式を使って条件分岐するプログラムを作成できる。

(d) 反復型のプログラム (while 文, do 文, for 文 など)

到達目標

- ・繰り返し文を使ったプログラムを作成できる。

(e) ビット演算 (符号なし整数型, ビットシフトなど)

到達目標

- ・ビット単位の演算子を使ったプログラムを作成できる。

(f) 入力処理 (scanf 関数, 空白類文字, アドレス演算子など)

到達目標

- ・標準入力を使ったプログラムを作成できる。

(g) 配列 (1次元配列, 2次元配列 など)

到達目標

- ・配列を使ったプログラムを作成できる。

(h) 文字処理 (putchar 関数, puts 関数, getchar 関数, gets 関数, 文字の入出力, 文字列の入出力, 文字列リテラル, ナル文字など)

到達目標

- ・文字列を処理するプログラムを作成できる。

(i) ポインタ (ポインタの配列, アドレスの加減算など)

到達目標

- ・ポインタを使ったプログラムを作成できる。

(j) 関数 (関数原型, void 型, 再帰呼出しなど)

到達目標

- ・関数を作成し，関数を使ったプログラムを作成できる。

(k) ライブラリ関数 (プリプロセッサ, #include, #define, 前処理指令など)

到達目標

- ・ライブラリ関数を使ったプログラムを作成できる。

(l) 記憶域クラス指定 (自動記憶域期間をもつ変数, 静的記憶域期間をもつ変数, register, typedef, 記憶域期間, 外部定義など)

到達目標

- ・記憶域クラス指定子を使ったプログラムを作成できる。

(m) 構造体 (構造体の配列, 自己参照する構造体, 共用体など)

到達目標

- ・構造体を使ったプログラムを作成できる。

(o) ファイル処理 (シーケンシャルなファイル処理, ランダムなファイル処理, ストリーム, バッフ

アリングなど)

到達目標

- ・ファイル処理を行うプログラムを作成できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・プログラムの動作が理解できるように配慮する。ポインタとアドレスの意味を理解させ、様々なデータ構造や関数で使えるように配慮する。演習を通じて実践力が身に付くように配慮する。

(3) Java/C++/Visual Basic .net の知識と技術

Java, C++, Visual Basic .net のいずれの言語を用いても良い。

到達目標

- ・Java/C++/Visual Basic .net のプログラムの作成方法の基本を修得し、適用できる。
- ・演算処理、制御処理などを行うプログラムの作成方法を修得し、適用できる。
- ・クラスの宣言方法、クラスをインスタンス化して利用する方法を修得し、適用できる。
- ・継承、インタフェースを利用し、効率良くプログラミングを行う方法を修得し、適用できる。
- ・例外処理、並列処理などの作成方法を修得し、適用できる。

(a) Java/C++/Visual Basic .net の基本的なプログラム (クラス, メソッド, main メソッド, 標準出力, 注釈など)

到達目標

- ・Java/C++/Visual Basic .net の基本的なプログラムを作成できる。

(b) 数値の計算 (データ型, 型変換 (キャスト), 変数, 配列, 四則演算子, 式, 代入演算子, 比較演算子, 増分演算子, 減分演算子, シフト演算子など)

到達目標

- ・四則演算を行うプログラムを作成できる。

(c) 選択型のプログラム (if 文, switch 文など)

到達目標

- ・条件式を使って条件分岐するプログラムを作成できる。

(d) 反復型のプログラム (while 文, do 文, for 文, 拡張 for 文など)

到達目標

- ・反復型の制御文を使ったプログラムを作成できる。

(e) クラスとインスタンス (インスタンス変数, インスタンスメソッド, アクセス修飾子, 参照型変数, 隠蔽, コンストラクタ, オーバロード, this, クラス変数, クラスメソッド, 文字列クラス, パッケージ, 完全限定名, super, 単純名, import 宣言, クラス修飾子など)

到達目標

- ・クラスを定義し、インスタンス化して使用するプログラムを作成できる。

(f) 差分プログラミング (継承, final, extends, スーパクラス, サブクラス, Object, implements, キャスト, アップキャスト, ダウンキャスト, instanceof, オーバライド, ダイナミックバインド, クラスライブラリ, 抽象クラス, 抽象メソッド, 基底クラス, 派生クラスなど)

到達目標

- ・既存のクラスの機能を拡張するプログラム、インタフェースを利用して機能を追加するプログラムを作成できる。

(g) 例外処理 (try 文, throw 文など)

到達目標

- ・例外処理を行うプログラムを作成できる。

(h) 並列処理 (スレッド, synchronized 修飾子, wait(), notify()など)

到達目標

- ・並列処理を行うプログラムを作成できる。

(i) コレクションと総称 (add(), remove(), List, Set, Map, Stack, 型引数など)

到達目標

- ・コレクションを使ったプログラムを作成できる。

(j) 入れ子クラス (メンバクラス, メンバインタフェース, 局所クラス, 匿名クラスなど)

到達目標

- ・入れ子クラスを使ったプログラムを作成できる。

(k) 列挙 (列挙定数, final 変数など)

到達目標

- ・列挙型を使ったプログラムを作成できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・オブジェクト指向の概念, およびプログラムの動作を理解できるよう配慮する. クラスの幅広い利用方法を理解できるよう配慮する. 演習を通じて実践力が身に付くように配慮する.

(4) アセンブラ言語とそのプログラミング

到達目標

- ・アセンブラ言語処理システムの仕様と機能を理解する.
- ・アセンブラ言語のプログラムの作成方法を修得し, 適用できる.
- ・演算処理, 制御処理を行うプログラムの作成方法を修得し, 適用できる.
- ・表を使った処理, 入出力処理を行うプログラムの作成方法を修得し, 適用できる.
- ・スタック, 及びスタックを用いたサブルーチンコールの仕組みと用法を修得し, 適用できる.

(a) アセンブラ言語処理システムの仕様と機能

到達目標

- ・アセンブラ言語処理システムを構成するレジスタ, 命令形式を理解する.

(b) アセンブラ言語の基本的なプログラム

到達目標

- ・アセンブラ言語の基本的なプログラムを作成できる.

(c) 算術演算, 論理演算

到達目標

- ・算術演算命令, 論理演算命令を使ったプログラムを作成できる.

(d) 選択と反復処理

到達目標

- ・比較演算命令, 分岐命令を使って選択型, 反復型のプログラムを作成できる.

(e) シフト演算

到達目標

- ・シフト演算命令を使ったプログラムを作成できる.

(f) 表を使った処理

到達目標

- ・表 (配列) を使ったプログラムを作成できる.

学修に当たっての配慮事項

- ・現実に稼動している各種のオペレーティングシステムを実例として用いて, オペレーティングシステムの役割と重要性, ファイルシステムの仕組みと機能, などを理解させるように配慮する. また, アセンブラ言語プログラミングを通してハードウェアの理解を促進させる.

(5) その他の言語

到達目標

- ・代表的なマークアップ言語の種類, 特徴, 記述方法の基本を理解する.
- ・コンピュータで使用されるその他の言語の特徴を理解する.

1) マークアップ言語

(a) HTML (開始タグ, 終了タグ, DTD (Document Type Definition: 文書型定義), SGML (Standard Generalized Markup Language: 標準一般化マーク付け言語))

到達目標

- ・Web ページの作成に利用される HTML の特徴, 記述方法の基本を理解する.

(b) XML (DOM (Document Object Model), SOAP (Simple Object Access Protocol), SVG (Scalable Vector Graphics), SAX (Simple API for XML), XML Schema)

到達目標

- ・HTML の機能に加えて, 独自にタグを定義することができる機能を備え, 主にインターネットを介したデータ交換に利用されている XML の特徴, 記述方法の基本を理解する.

(c) XHTML (XHTML Basic, Modulation of XHTML)

到達目標

- ・HTML を XML で再定義したマークアップ言語である XHTML の特徴、記述方法の基本を理解する。

(d) スタイルシート (CSS (Cascading Style Sheets : 段階スタイルシート) , XSL (Extensible Stylesheet Language : 拡張可能なスタイルシート言語))

到達目標

- ・HTML や XML などマークアップ言語の構造と表示形式を分離するための仕様であるスタイルシートの特徴、記述方法の基本を理解する。

2) その他の言語 (クラス図, シーケンス図, オブジェクト図, コラボレーション図, ステートチャート図, 操作, 属性, ロール名)

到達目標

- ・オブジェクト指向設計のための表記法である UML の特徴を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・代表的なマークアップ言語の記述方法の基本を理解させ、演習を通じて実践力が身に付くように配慮する。

5-3. 【コア】ネットワークプログラミング

- ・HTTP, HTML, Java アプレット, CGI プログラミング (Java, Perl) , ソケットを用いたデータ送受信
- ・ネットワークプログラミング演習

到達目標

- ・HTTP (Hypertext Transfer Protocol) , ソケット通信, および Web サーバと Web クライアントの基本的な仕組みを理解する。
- ・Web サーバ, Web クライアントにおけるプログラミングの役割を理解する。
- ・あるプログラミング言語 (Java, Perl) を用いて, 簡単なデータ通信が可能な Web アプリケーション (Web サーバ, Web クライアントのプログラム) を作成する。また, 既存のライブラリを組合せて利用することにより, 複雑な Web アプリケーションを作成できることを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・ネットワークを利用したデータ通信方式の特徴を理解し, プログラムを作成できるように配慮する。演習を通じて実践力が身に付くように配慮する。

5-4. 【コア】組み込み系プログラミング

(1) 組み込みシステムと汎用システムとの比較 (電力消費, 信頼性, リアルタイム性, コスト) , 組み込みシステムの実例 (ARM プロセッサ, SHARC プロセッサ, DaVinci プロセッサ)

到達目標

- ・組み込みシステムと汎用系システムの違いを理解する。

(2) 組み込みシステムの構成要素 (バス, MPU, DMAC, メモリ, タイマ, カウンタ, シリアル/パラレルインターフェス, A/D, D/A コンバータ, ネットワークインターフェス)

(3) 多重プロセッサ (アクセラレータ, マルチコア, メディアプロセッサ, ビデオコーデック)

(4) SoC (ASIC, PLD, FPGA, SoC)

到達目標

- ・組み込みシステムの構成要素を理解する。

(5) クロス開発環境 (クロスコンパイラ, ブートローダ, リモートデバッグ)

到達目標

- ・クロスコンパイルとリモートデバッグの概念と必要性を理解する。

(6) 割り込みの基礎 (ポーリング, 割り込み, 優先順位, 割り込みベクタ)

(7) リアルタイム処理と割り込み（割り込みハンドラ，コンテキスト，カーネル）

到達目標

- ・割り込みを用いてプロセッサが複数の I/O へ入出力する仕組みを理解する。

(8) プロセス制御（プロセススケジューラ，システムコール，割り込みハンドラ）

(9) デバイスドライバ（デバイスタイプ，デバイスコンテキスト，API，排他制御）

(10) ミドルウェア（ファイルシステム，プロトコルスタック，暗号/復号化，グラフィックス）

到達目標

- ・リアルタイム OS の基盤となる，プロセス制御，デバイスドライバ，ミドルウェアの概念を理解する。

(11) ハードウェアとソフトウェアの並行設計（ハードウェアとソフトウェアのパーティショニング，共同設計）

(12) 組み込みシステムの設計と実装（設計方法論，標準規格，文書化）

到達目標

- ・資源制約下でシステム要求仕様を満たすための設計手法を理解する。

(13) 品質保証（故障，信頼性，デザインレビュー，バーンインテスト，フォールトトレランス）

到達目標

- ・組み込みシステムの品質保証に必要な概念を理解する。

(14) 組み込み系プログラミング演習：Verilog HDL による記述とシミュレーションによる検証，FPGA による組み込みアプリケーションの実装，等

到達目標

- ・実行時間，メモリ使用量，リアルタイム性に関するハードウェア制約を満たす組み込みソフトウェアを作成できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・組み込みシステムの特性に留意したプログラミングが理解できるよう配慮する。演習を通じて実践力が身に付くように配慮する。

6. 「情報セキュリティ／ネットワークセキュリティ」 (D)

6-1. 【コア】情報セキュリティの概念と関連技術

到達目標

- ・情報セキュリティの概念を理解する。
- ・情報セキュリティに関する技術を理解し，具体的方策として実施できる。

(1) 情報セキュリティの概念

到達目標

- ・情報の機密性 (Confidentiality)，完全性 (Integrity)，可用性 (Availability) を確保，維持すること，およびこれにより，さまざまな脅威から情報システムや情報を保護し，情報システムの信頼性を高めることを理解する。

(2) 情報セキュリティに関する技術

(a) 暗号化技術（公開鍵暗号方式，共通鍵暗号方式，公開鍵，秘密鍵，DES (Data Encryption Standard)，RSA (Rivest Shamir Adleman)）

到達目標

- ・暗号化技術を活用することで防止できる脅威を理解する。また，暗号化の種類，代表的な暗号方式の特徴を理解する。

(b) 認証技術（デジタル署名，メッセージ認証，時刻認証）

到達目標

- ・認証の必要性，脅威を防止するために必要な認証技術を理解する。また，それぞれの認証技術が

証明する事柄を理解する。

【要望】

- ・チャレンジレスポンス認証

(c) 利用者確認（ログイン（利用者 ID とパスワード）、コールバック、IC カード、PIN コード、ワンタイムパスワード）

到達目標

- ・利用者確認のための技術の種類、特徴を理解する。

(d) 生体認証技術（指紋認証、静脈パターン認証、虹彩認証）

到達目標

- ・利用者確認のための生体認証技術について、種類、特徴を理解する。

【要望】

- ・声紋認証、顔認証

(e) 公開鍵基盤（公開鍵証明書、CA（Certification Authority：認証局）、SSL）

到達目標

- ・PKI（Public Key Infrastructure：公開鍵基盤）のあらましと代表的な適用例を理解する。

【要望】

- ・GPKI（Government Public Key Infrastructure：政府認証基盤）、BCA（Bridge Certification Authority：ブリッジ認証局）

6-2. 【コア】情報セキュリティ管理

到達目標

- ・情報セキュリティ管理として、情報資産に対する脅威、脆弱性の基本的な考え方を理解する。
- ・脅威と脆弱性（事故、災害、故障、盗難、エラー、コンピュータ犯罪、情報漏えい、不正アクセス、不正侵入、盗聴、なりすまし、改ざん、DoS（Denial of Service：サービスの妨害）攻撃、ワーム、ソーシャルエンジニアリング、マルウェア（コンピュータウイルス、BOT、スパイウェア）、フィッシング詐欺、クロスサイトスクリプティング、ファイル交換ソフトウェア、DoS（Denial of Service）攻撃、バグ、セキュリティホール）

到達目標

- ・情報資産に対して物理的脅威、技術的脅威、人的脅威などの脅威、およびシステムの欠陥や脅威への対応不備などによる脆弱性の基本を理解する。

6-3. 【コア】情報セキュリティ対策

到達目標

- ・技術的側面あるいは物理的側面から情報セキュリティ対策を検討し、具体的に運用できる。

(a) 技術的セキュリティ対策（クラッキング対策、暗号処理、ファイアウォール、コンピュータウイルス対策、OS アップデート、ネットワーク監視、アクセス制御、侵入検知）

到達目標

- ・技術的側面から情報セキュリティ対策を検討し、具体的に運用できる。すなわち、ソフトウェア、データ、ネットワークなどに技術的対策を実施することができる。

(b) 【要望】 物理的セキュリティ対策（RASIS（Reliability, Availability, Serviceability, Integrity, Security）、RAS 技術、耐震耐火設備、監視カメラ、施錠管理、入退室管理）

到達目標

- ・物理的側面から情報セキュリティ対策を検討し、具体的に運用できる。すなわち、外部からの侵入、盗難、水害、落雷、地震、大気汚染、爆発、火災などから情報システムを保護することによって、情報システムの信頼性、可用性を確保することができる。

6-4. 【コア】セキュリティ実装技術

到達目標

- ・ネットワーク，データベースに実装するセキュリティ対策のあらましを理解する。
- ・アプリケーションへの攻撃とセキュリティ対策のあらましを理解する。

(1) **ネットワークセキュリティ（ファイアウォール，パケットフィルタリング，認証サーバ，NAT（Network Address Translation：ネットワークアドレス変換），IP マスカレード，アドホックネットワーク，VPN（Virtual Private Network：仮想私設網），WEP（Wired Equivalent Privacy），WPA（Wi-Fi Protected Access））**

到達目標

- ・イントラネットをインターネットに接続する場合に必要なネットワークセキュリティ対策のあらましを理解する。

【要望】

- ・IDS（Intrusion Detection System：侵入検知システム），IPS（Intrusion Protection System：侵入防止システム）

(2) **アプリケーションセキュリティ（Web システムのセキュリティ対策，セキュアプログラミング，バッファオーバーフロー攻撃，クロスサイトスクリプティング攻撃）**

到達目標

- ・イントラネットやインターネットで使用される電子メールなどに対する攻撃を抑制するアプリケーションセキュリティの対策のあらましを理解する。

(3) **データベースセキュリティ（暗号化，利用者認証，データベースアクセス制御，ログの取得，アカウント管理，パスワード管理，外部媒体の利用制御，不正アクセス検知）**

到達目標

- ・データベースに対する不正アクセス，不正利用，破壊などの脅威に対する対策のあらましを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・多くの事例を提示し，情報セキュリティやネットワークセキュリティの重要性，必要性を真に理解させるとともに，幅広い知識と技術に基づいた個別対応が求められることも理解させる。また，関連演習と結びつけて，具体的な対策の実装能力を高めるよう配慮する。

6-5. 【コア】セキュリティ関連演習

公開鍵暗号モジュールおよび共有鍵暗号モジュールによるデジタル署名の実装，パスワードクラッキングツールを利用した安全性検証，等

到達目標

- ・具体的演習課題に取り組み，セキュリティ要素技術の機能や役割の理解し，具体的な対策を実装することができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・積極的に演習に取り組むことで，実践力が育成されるように，演習課題の工夫，準備をする。

7. 「コンピュータネットワーク」（E）

7-1. 【コア】ネットワーク方式／通信方式

- ・ネットワークの種類と特徴，インターネット技術，回線容量，パケット交換
- ・ネットワークアーキテクチャ（通信プロトコルとOSIモデル），伝送路と物理層，誤り制御符号（CRC），MACプロトコル，データリンク層プロトコル，データ交換とネットワーク層，TCP/IP，トランスポート層プロトコル，アプリケーション層プロトコル，インターネット，アドホックネットワーク，QoS制御の基礎

到達目標

- ・代表的な情報ネットワークであるコンピュータネットワークにおいては，階層型通信プロトコルに従って情報交換をする。このプロトコル間の機能分担を理解し，各機能を実現する上での技術的課題とその解決法を理解する。
- ・回線交換，パケット交換の原理とそれらの得失を理解し，説明できる。
- ・通信プロトコルの階層化の概念と物理層，データリンク層，ネットワーク層，トランスポート層，アプリケーション層の一般的な機能を理解する。
- ・物理層の主要なテーマであるアナログ伝送システムおよびデジタル伝送システムの原理を理解

する。

- ・データリンク層の主たる機能である誤り制御とメディアアクセス制御を理解する。
- ・ネットワーク層の主たる機能であるルーティングについて理解する。
- ・インターネットプロトコルにおけるトランスポート層プロトコルとアプリケーション層プロトコルとの機能分担を理解すること。
- ・トランスポート層プロトコルである TCP(Transmission Control Protocol) および UDP(User Datagram Protocol) について理解する。特に、TCP におけるコネクションの概念、その設定と解放、およびコネクションによるデータ転送を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・実例を交えて概念を分かりやすく説明して理解を助けると共に、現状でどのようなことが課題となっているかについても説明して、幅広い知識を得るよう配慮する。

7-2. 【コア】ネットワーク関連演習

- ・ルーティング、パケット監視、LAN 上のファイルサーバ設置、等

到達目標

- ・具体的演習課題に取り組み、コンピュータネットワーク要素技術の機能や役割を理解し、具体的な機能や仕組みを実装することができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・積極的に演習に取り組むことで、実践力が育成されるように、演習課題の工夫、準備する。

8. 「〔情報〕コンピュータシステム」(F1)

8-1. 【コア】コンピュータの構成要素と方式

到達目標

- ・コンピュータの種類、基本構成、構成要素を理解する。

1. プロセッサ

到達目標

- ・プロセッサのアーキテクチャ、構造、方式、動作原理を理解する。
- ・プロセッサの性能を表す指標を理解する。
- ・プロセッサの高速化、高信頼化技術を理解する。

2. メモリ

到達目標

- ・メモリの種類、特徴を理解する。
- ・主記憶装置の構成、メモリシステムの構成、記憶階層など、記憶装置の仕組みを理解する。
- ・記録媒体の種類、特徴を理解する。

3. バス

到達目標

- ・バスの種類、特徴、構成のあらましを理解する。

(1) バスの種類と特徴

到達目標

- ・コンピュータ内部でデータをやり取りするための伝送路であるバスの種類、特徴を理解する。また、内部バス(CPU 内部バス)、外部バス、拡張バスなどの分類、転送方式のあらましを理解する。

(2) バスのシステムの構成

到達目標

- ・バスのシステムの構成には、命令の読み込みとデータのアクセスを分離したアーキテクチャ、両者を分離せず同一のバスでアクセスするアーキテクチャがあることを理解する。

(3) バスの容量と性能

到達目標

- ・バスの能力を決定するバス幅やクロック周波数などを理解する。

4. 入出力デバイス

到達目標

- ・代表的な入出力インタフェースの種類，特徴を理解する。
- ・デバイスドライバの基本的な役割，機能を理解する。

(1) 入出力インタフェース

(a) 入出力インタフェースの種類と特徴

到達目標

- ・代表的な入出力インタフェースの種類，転送方式，伝送速度，接続可能台数，用途などの特徴を理解する。

(b) データ転送の方式と接続形態

到達目標

- ・シリアルデータ転送方式とパラレルデータ転送方式の違い，周辺装置を接続する際の接続形態（トポロジ）の種類，特徴を理解する。

(c) 入出力制御の方式

到達目標

- ・CPU を介さない転送方式である DMA (Direct Memory Access : 直接記憶アクセス) 方式やチャネル制御方式を理解する。また，入出力割込みが果たす役割を理解する。

(2) デバイスドライバ

到達目標

- ・デバイスドライバの基本的な役割，プラグアンドプレイ，ホットプラグの機能，デバイスとの同期を理解する。

5. 入出力装置

到達目標

- ・代表的な入出力装置の種類，特徴を理解する。
- ・代表的な補助記憶装置の種類，特徴を理解する。

(1) 入力装置 (キーボード，ポインティングデバイス，タッチスクリーン，マウス，ジョイスティック，トラックボール，スキャナ，OCR，OMR，音声入力装置，生体認証装置，バーコード読取装置，デジタイザ，タブレット，デジタルカメラ，磁気カード読取装置，IC カード読取装置，A/D コンバータ)

到達目標

- ・代表的な入力装置の種類，特徴を理解する。

(2) 出力装置 (CRT ディスプレイ，液晶ディスプレイ，TFT 液晶，STN 液晶，有機EL ディスプレイ，プラズマディスプレイ，インタレースモード，ノンインタレースモード，VGA，SVGA，XGA，インパクトプリンタ，ノンインパクトプリンタ，シリアルプリンタ，ラインプリンタ，ページプリンタ，レーザプリンタ，インクジェットプリンタ，プロッタ，D/A コンバータ，プロジェクタ，音声合成装置)

到達目標

- ・代表的な表示装置の種類，特徴，代表的なプリンタの種類，特徴を理解する。また，画像のデータ容量など関連する計算方法を理解する。

(3) 補助記憶装置 (ハードディスク装置，フロッピーディスク装置，CD-R/RW ドライブ，ブルーレイドライブ，DVD-R/RW ドライブ，磁気テープ装置，トラック，シリンダ，ブロック化因数，ブロック間隔，セクタ，デフラグメンテーション)

到達目標

- ・代表的な補助記憶装置や記憶媒体の種類，特徴を理解する。

(4) その他の入出力装置（有線 LAN インタフェースカード，無線 LAN インタフェースカード）

到達目標

- ・代表的な通信制御装置，駆動装置，撮像装置の種類，特徴を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・多岐にわたるコンピュータの仕組みや機能を，まず大枠で理解させるように配慮する。次に各機能個別の説明では，ハードウェアとソフトウェアの関わりに重点を置き，両視点からコンピュータを捉えることができるように配慮する。

8-2. 【コア】システムの構成

到達目標

- ・システムの処理形態，利用形態，適用領域を理解する。
- ・代表的なシステム構成の種類，特徴を理解する。
- ・クライアントサーバシステムの特徴，構成を理解する。
- ・システムの信頼性設計の考え方を理解する。

(1) システムの処理形態・利用形態・適用領域（並列処理，クライアントサーバ処理，トランザクション処理，対話型処理）

到達目標

- ・集中処理と分散処理のあらまし，それぞれの特徴，バッチ処理，リアルタイム処理などの利用形態の種類，特徴，どのような業務にどの処理方式が適しているかを理解する。

(2) システム構成（デュアルシステム，デュプレックスシステム，クラスタ，マルチプロセッサシステム，ロードシェアリングシステム，バックアップサイト，ホットサイト，ウォームサイト，コールドサイト，主系（現用系），従系（待機系），密結合，疎結合，ピアツーピア，グリッドコンピューティング）

到達目標

- ・代表的なシステム構成の種類，特徴を理解する。また，冗長構成によるシステムの信頼性向上，負荷分散によるレスポンス速度の向上などの考え方を理解する。

(3) ハイパフォーマンスコンピューティング（大規模並列処理）

到達目標

- ・高精度な高速演算を必要とするような分野で利用される HPC（High Performance Computing：ハイパフォーマンスコンピューティング）の特徴を理解する。

(4) クライアントサーバシステム（プレゼンテーション層，ファンクション層，データベースアクセス層，クライアント，サーバ，シンクライアントシステム，RPC（Remote Procedure Call：遠隔手続呼出し））

到達目標

- ・2層クライアントサーバシステム，3層クライアントサーバシステムの特徴，構成を理解する。また，データベースに対するストアードプロシージャなど関連技術の特徴を理解する。

(5) Web システム

到達目標

- ・Web システムの特徴，基本的な構成，仕組みを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・システムの処理形態，利用形態，適用領域，代表的なシステム構成の種類と特徴，などを実例を提示して理解を支援するように配慮する。

8-3. 【コア】ソフトウェア

到達目標

- ・オペレーティングシステムの種類、特徴、機能、構成、およびミドルウェアの機能と役割、さらにファイルシステムの仕組みを理解する。

1. オペレーティングシステム

到達目標

- ・OS の種類、特徴、機能、構成を理解する。
- ・ジョブ管理、タスク管理、記憶管理など OS の代表的な機能について、管理の仕組みを理解する。

(1) OS の種類と特徴 (システムソフトウェア, UNIX, PC 用 OS, オープン OS)

到達目標

- ・ソフトウェアの体系における OS の位置づけと必要性、汎用機用、パソコン用、リアルタイム用などの OS の種類、代表的な特徴を理解する。

(2) OS の機能と構成 (マイクロカーネル, モノリシックカーネル, ミドルウェア, カーネルモード (スーパーバイザモード), ユーザモード, コンパイラ, サービスプログラム, プロセス管理, 運用管理, 割込み, 多重 (マルチ) プログラミング)

到達目標

- ・OS の基本的な機能、構成、カーネル、言語プロセッサなどを理解する。

(3) ジョブ管理 (リーダ, ジョブスケジューラ, イニシエータ, ターミネータ, マスタスケジューラ, ライタ, バッチ処理)

到達目標

- ・一つのまとまった仕事の単位であるジョブと、それを構成するジョブステップの概念、ジョブ管理のあらましを理解する。

(4) タスク管理

(a) タスクと状態遷移 (実行可能状態, 実行状態, 待ち状態, プロセス)

到達目標

- ・タスクとジョブステップ、スレッドとの関係、タスクの生成から実行、消滅までの状態遷移、ディスパッチャの基本的な役割を理解する。

(b) 多重 (マルチ) プログラミング (マルチタスク) とスケジューリング (プリエンティブ方式, ノンプリエンティブ方式, タイムスライス方式, 優先度順, ラウンドロビン, タイムクウォンタム, ディスパッチ)

到達目標

- ・多重 (マルチ) プログラミングの考え方を理解し、タスクのスケジューリングの代表的な方式について、スケジューリングの方法、特徴を理解する。

(5) データ管理

到達目標

- ・補助記憶装置へのアクセスを装置に依存しないインタフェースで応用プログラムに提供する機能を理解する。

(6) 入出力管理

到達目標

- ・入出力制御、入出力時の障害管理など、データ管理の指示に従って物理レコードの入出力処理を行う機能のあらましを理解する。

2. ミドルウェア

到達目標

- ・代表的なミドルウェアの役割、基本的な機能を理解し、担当する事項に適用する。

3. ファイルシステム

到達目標

- ・ファイル階層化して管理する仕組みを理解し、担当する事項に適用する。
- ・ファイルシステムの種類、特徴を理解し、担当する事項に適用する。
- ・ファイル編成、アクセス手法、バックアップ方式の種類、代表的な特徴を理解し、担当する事項に適用する。

(1) ディレクトリ管理とファイル管理（ルートディレクトリ、カレントディレクトリ、検索手法）

到達目標

- ・ファイル階層化して扱うファイル管理の仕組み、絶対パス、相対パスを用いたファイルの特定方法を理解する。また、ディレクトリ管理、ファイル共有、アクセス権の基本的な考え方を理解する。

(2) ファイルシステムの種類と特徴 (FAT ファイルシステム, NTFS, HFS (Hierarchical File System), ボリューム)

到達目標

- ・ハードディスク装置などの補助記憶装置の領域を、OS や利用者がファイルやディレクトリ（フォルダ）として使用できるようにするための機能のあらましを理解する。また、OS ごとに異なるファイルシステムが提供されていること、代表的なファイルシステムの特徴を理解する。

(3) ファイル編成とアクセス手法（次アクセス、直接アクセス、動的アクセス、順編成、区分編成、索引順編成、直接編成、VSAM 編成、あふれ域）

到達目標

- ・ファイル編成やアクセス方法、各編成方法におけるレコードの追加、削除、変更など基本的な処理方法を理解する。

(4) バックアップ（多重バックアップ、フルバックアップ、差分バックアップ）

到達目標

- ・ファイルのリカバリを目的としたバックアップの取得方法、手順、世代管理など、バックアップ方式の種類と代表的な特徴を理解する。

8-4. 【コア】開発ツール

到達目標

- ・ソフトウェア開発に用いる代表的な開発ツールの種類、特徴、基本的な機能を理解する。

1. 開発ツールの種類と特徴（設計支援ツール、設計ツール、構築ツール、テストツール、ツールチェーン、EUC、EUD、エミュレータ、シミュレータ、ICE (In-Circuit Emulator : インサーキットエミュレータ)、トレーサ、インスペクタ、スナップショット、アサーションチェッカ）

到達目標

- ・設計を支援するツール、プログラミングやテストを支援するツール、ソフトウェア開発の各工程を通して自動化、効率化を目的とする CASE ツール、開発作業全体を一貫して工程を支援する IDE (Integrated Development Environment : 統合開発環境) など、代表的な開発ツールの種類、特徴、基本的な機能を理解する。

2. 言語処理ツールの種類と特徴（アセンブラ、インタプリタ、リンカ、ローダ、コンパイラ、クロスコンパイラ、ジェネレータ、プリプロセッサ、原始プログラム、目的プログラム、ロードモジュール）

到達目標

- ・代表的な言語処理ツールの種類、特徴、基本的な機能を理解する。

3. オープンソースソフトウェア

到達目標

- ・オープンソースソフトウェアの種類、代表的な特徴、利用上の考慮点、動向を理解し、担当する事項に適用する。

- (1) OSS の種類と特徴 (Linux カーネル, Perl, Python, Ruby, コピーレフト (Copyleft), デュアルライセンス, GPL (General Public License), BSD (Berkeley Software Distribution License), MPL (Mozilla Public License), Apache ライセンス)

到達目標

- ・ LAMP/LAPP (LAMP : Linux, Apache, MySQL, PHP, LAPP : Linux, Apache, PostgreSQL, PHP) を中心に広く利用されている OSS (Open Source Software : オープンソースソフトウェア) の代表的な種類, 特徴, 再配布の自由, 派生ソフトウェア改変の許諾などオープンソースライセンスのあらましを理解する.

- (2) UNIX 系 OS (NetBSD, SunOS, Solaris, AIX (Advanced Interactive eXecutive), UnixWare, IRIX, HP-UX (Hewlett Packard Unix), Linux, FreeBSD (Free Berkley Software Distribution), OpenBSD, The Open Group)

到達目標

- ・ 代表的な OSS である UNIX, UNIX 互換 OS を含む UNIX 系 OS の種類, 代表的な特徴を理解する.

- (3) 【要望】オープンソースコミュニティ

到達目標

- ・ オープンソースコミュニティによるソフトウェア開発の考え方を理解する.

- (4) 【要望】OSS の利用・活用と考慮点 (安全性, 瑕疵 (かし))

到達目標

- ・ ライセンスの適用範囲, 利用時のサポートにかかるコスト, 問題発生時の対処など, OSS を利用する上での基本的な考慮点を理解する.

- (5) 【要望】OSS の動向

到達目標

- ・ OSS の開発や普及の動向を理解する.

学修に当たっての配慮事項

- ・ 実際のソフトウェア開発に用いられている代表的な開発ツールを使用して, 基本的な機能を理解させ, 実際に操作できるレベルに到達するように配慮する.

8-5. 【コア】ハードウェア

到達目標

- ・ コンピュータの構成部品である電気・電子回路の考え方を理解する.
- ・ 機械を電子的に制御する場合の代表的な方法の特徴を理解する.
- ・ 構成部品の特性, 論理設計の基本的な留意事項を理解する.
- ・ 組み込み機器の開発における消費電力の重要性を理解する.

- (1) 電気・電子回路 (AND 回路, OR 回路, NOT 回路, NAND 回路, フリップフロップ)

到達目標

- ・ コンピュータの基本的な論理回路である AND 回路, OR 回路, NOT 回路などの動作原理を理解する.

- (2) 機械・制御 (オープンループ制御, クローズドループ制御, シーケンス制御, フィードバック制御, PWM (Pulse Width Modulation) 制御)

到達目標

- ・ 代表的な機械電子制御を取り上げ, 基本的な動作原理を理解する.

- (3) 構成部品及び要素と実装 (ダイオード, LED, トランジスタ, IC, LSI, VLSI (Very Large Scale Integration))

到達目標

- ・代表的な構成部品や要素，その実装を理解する．

(4) 論理設計

到達目標

- ・論理回路は，性能，設計効率，コストなどを考慮して設計することを理解する．

(5) 消費電力

到達目標

- ・ハードウェアの消費電力について，組込み機器の開発における消費電力の重要性を理解する．

学修に当たっての配慮事項

- ・ハードウェアの基礎をじっくり理解できるように少し時間をかける．また，組込ソフトウェア設計の視点からハードウェアを捉えるに習熟するように配慮する．

9. 「〔通信〕コンピュータシステム」(F2)

9-1. 【要望】コンピュータの構成要素と方式

到達目標

- ・コンピュータの種類，基本構成，構成要素を理解する．

1. プロセッサ

到達目標

- ・プロセッサのアーキテクチャ，構造，方式，動作原理を理解する．
- ・プロセッサの性能を表す指標を理解する．
- ・プロセッサの高速化，高信頼化技術を理解する．

2. メモリ

到達目標

- ・メモリの種類，特徴を理解する．
- ・主記憶装置の構成，メモリシステムの構成，記憶階層など，記憶装置の仕組みを理解する．
- ・記録媒体の種類，特徴を理解する．

3. バス

到達目標

- ・バスの種類，特徴，構成のあらましを理解する．

(1) バスの種類と特徴

到達目標

- ・コンピュータ内部でデータをやり取りするための伝送路であるバスの種類，特徴を理解する．また，内部バス(CPU 内部バス)，外部バス，拡張バスなどの分類，転送方式のあらましを理解する．

(2) バスのシステムの構成

到達目標

- ・バスのシステムの構成には，命令の読み込みとデータのアクセスを分離したアーキテクチャ，両者を分離せず同一のバスでアクセスするアーキテクチャがあることを理解する．

(3) バスの容量と性能

到達目標

- ・バスの能力を決定するバス幅やクロック周波数などを理解する．

4. 入出力デバイス

到達目標

- ・代表的な入出力インタフェースの種類，特徴を理解する。
- ・デバイスドライバの基本的な役割，機能を理解する。

(1) 入出力インタフェース

(a) 入出力インタフェースの種類と特徴

到達目標

- ・代表的な入出力インタフェースの種類，転送方式，伝送速度，接続可能台数，用途などの特徴を理解する。

(b) データ転送の方式と接続形態

到達目標

- ・シリアルデータ転送方式とパラレルデータ転送方式の違い，周辺装置を接続する際の接続形態（トポロジ）の種類，特徴を理解する。

(c) 入出力制御の方式

到達目標

CPU を介さない転送方式である DMA (Direct Memory Access : 直接記憶アクセス) 方式やチャンネル制御方式を理解する。また，入出力割込みが果たす役割を理解する。

(2) デバイスドライバ

到達目標

- ・デバイスドライバの基本的な役割，プラグアンドプレイ，ホットプラグの機能，デバイスとの同期を理解する。

5. 入出力装置

到達目標

- ・代表的な入出力装置の種類，特徴を理解する。
- ・代表的な補助記憶装置の種類，特徴を理解する。

(1) 入力装置 (キーボード，ポインティングデバイス，タッチスクリーン，マウス，ジョイスティック，トラックボール，スキャナ，OCR，OMR，音声入力装置，生体認証装置，バーコード読取装置，デジタルカメラ，タブレット，デジタルカメラ，磁気カード読取装置，IC カード読取装置，A/D コンバータ)

到達目標

- ・代表的な入力装置の種類，特徴を理解する。

(2) 出力装置 (CRT ディスプレイ，液晶ディスプレイ，TFT 液晶，STN 液晶，有機 EL ディスプレイ，プラズマディスプレイ，インタレースモード，ノンインタレースモード，VGA，SVGA，XGA，インパクトプリンタ，ノンインパクトプリンタ，シリアルプリンタ，ラインプリンタ，ページプリンタ，レーザプリンタ，インクジェットプリンタ，プロッタ，D/A コンバータ，プロジェクタ，音声合成装置)

到達目標

- ・代表的な表示装置の種類，特徴，代表的なプリンタの種類，特徴を理解する。また，画像のデータ容量など関連する計算方法を理解する。

(3) 補助記憶装置 (ハードディスク装置，フロッピーディスク装置，CD-R/RW ドライブ，ブルーレイドライブ，DVD-R/RW ドライブ，磁気テープ装置，トラック，シリンダ，ブロック化因数，ブロック間隔，セクタ，デフラグメンテーション)

到達目標

- ・代表的な補助記憶装置や記憶媒体の種類，特徴を理解する。

(4) その他の入出力装置 (有線 LAN インタフェースカード，無線 LAN インタフェースカード)

到達目標

- ・代表的な通信制御装置，駆動装置，撮像装置の種類，特徴を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・多岐にわたるコンピュータの仕組みや機能を、まず大枠で理解させるように配慮する。次に各機能個別の説明では、ハードウェアとソフトウェアの関わりに重点を置き、両視点からコンピュータを捉えることができるように配慮する。

9-2. 【要望】システムの構成

到達目標

- ・システムの処理形態、利用形態、適用領域を理解する。
- ・代表的なシステム構成の種類、特徴を理解する。
- ・クライアントサーバシステムの特徴、構成を理解する。
- ・システムの信頼性設計の考え方を理解する。

(1) システムの処理形態・利用形態・適用領域（並列処理、クライアントサーバ処理、トランザクション処理、対話型処理）

到達目標

- ・集中処理と分散処理のあらし、それぞれの特徴、バッチ処理、リアルタイム処理などの利用形態の種類、特徴、どのような業務にどの処理方式が適しているかを理解する。

(2) システム構成（デュアルシステム、デュプレックスシステム、クラスタ、マルチプロセッサシステム、ロードシェアリングシステム、バックアップサイト、ホットサイト、ウォームサイト、コールドサイト、主系（現用系）、従系（待機系）、密結合、疎結合、ピアツーピア、グリッドコンピューティング）

到達目標

- ・代表的なシステム構成の種類、特徴を理解する。また、冗長構成によるシステムの信頼性向上、負荷分散によるレスポンス速度の向上などの考え方を理解する。

(3) ハイパフォーマンスコンピューティング（大規模並列処理）

到達目標

- ・高精度な高速演算を必要とするような分野で利用される HPC（High Performance Computing：ハイパフォーマンスコンピューティング）の特徴を理解する。

(4) クライアントサーバシステム（プレゼンテーション層、ファンクション層、データベースアクセス層、クライアント、サーバ、シンククライアントシステム、RPC（Remote Procedure Call：遠隔手続呼出し））

到達目標

- ・2層クライアントサーバシステム、3層クライアントサーバシステムの特徴、構成を理解する。また、データベースに対するストアドプロシージャなど関連技術の特徴を理解する。

(5) Web システム

到達目標

- ・Web システムの特徴、基本的な構成、仕組みを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・システムの処理形態、利用形態、適用領域、代表的なシステム構成の種類と特徴、などを実例を提示して理解を支援するように配慮する。

9-3. 【要望】ソフトウェア

到達目標

- ・オペレーティングシステムの種類、特徴、機能、構成、およびミドルウェアの機能と役割、さらにファイルシステムの仕組みを理解する。

1. オペレーティングシステム

到達目標

- ・ OS の種類, 特徴, 機能, 構成を理解する.
- ・ ジョブ管理, タスク管理, 記憶管理など OS の代表的な機能について, 管理の仕組みを理解する.

(1) OS の種類と特徴 (システムソフトウェア, UNIX, PC 用 OS, オープン OS)

到達目標

- ・ ソフトウェアの体系における OS の位置づけと必要性, 汎用機用, パソコン用, リアルタイム用などの OS の種類, 代表的な特徴を理解する.

(2) OS の機能と構成 (マイクロカーネル, モノリシックカーネル, ミドルウェア, カーネルモード (スーパーバイザモード), ユーザモード, コンパイラ, サービスプログラム, プロセス管理, 運用管理, 割り込み, 多重 (マルチ) プログラミング)

到達目標

- ・ OS の基本的な機能, 構成, カーネル, 言語プロセッサなどを理解する.

(3) ジョブ管理 (リーダー, ジョブスケジューラ, イニシエータ, ターミネータ, マスタスケジューラ, ライタ, バッチ処理)

到達目標

- ・ 一つのまとまった仕事の単位であるジョブと, それを構成するジョブステップの概念, ジョブ管理のあらましを理解する.

(4) タスク管理

(a) タスクと状態遷移 (実行可能状態, 実行状態, 待ち状態, プロセス)

到達目標

- ・ タスクとジョブステップ, スレッドとの関係, タスクの生成から実行, 消滅までの状態遷移, デイスペッチャの基本的な役割を理解する.

(b) 多重 (マルチ) プログラミング (マルチタスク) とスケジューリング (プリエンプティブ方式, ノンプリエンプティブ方式, タイムスライス方式, 優先度順, ラウンドロビン, タイムクウォンタム, ディスペッチ)

到達目標

- ・ 多重 (マルチ) プログラミングの考え方を理解し, タスクのスケジューリングの代表的な方式について, スケジューリングの方法, 特徴を理解する.

(5) データ管理

到達目標

- ・ 補助記憶装置へのアクセスを装置に依存しないインタフェースで応用プログラムに提供する機能を理解する.

(6) 入出力管理

到達目標

- ・ 入出力制御, 入出力時の障害管理など, データ管理の指示に従って物理レコードの入出力処理を行う機能のあらましを理解する.

2. ミドルウェア

到達目標

- ・ 代表的なミドルウェアの役割, 基本的な機能を理解し, 担当する事項に適用する.

3. ファイルシステム

到達目標

- ・ ファイルを階層化して管理する仕組みを理解し, 担当する事項に適用する.
- ・ ファイルシステムの種類, 特徴を理解し, 担当する事項に適用する.

- ・ファイル編成，アクセス手法，バックアップ方式の種類，代表的な特徴を理解し，担当する事項に適用する。

(1) ディレクトリ管理とファイル管理（ルートディレクトリ，カレントディレクトリ，検索手法）

到達目標

- ・ファイルを階層化して扱うファイル管理の仕組み，絶対パス，相対パスを用いたファイルの特定方法を理解する。また，ディレクトリ管理，ファイル共有，アクセス権の基本的な考え方を理解する。

(2) ファイルシステムの種類と特徴（FAT ファイルシステム，NTFS，HFS (Hierarchical File System)，ボリューム）

到達目標

- ・ハードディスク装置などの補助記憶装置の領域を，OS や利用者がファイルやディレクトリ（フォルダ）として使用できるようにするための機能のあらましを理解する。また，OS ごとに異なるファイルシステムが提供されていること，代表的なファイルシステムの特徴を理解する。

(3) ファイル編成とアクセス手法（次アクセス，直接アクセス，動的アクセス，順編成，区分編成，索引順編成，直接編成，VSAM 編成，あふれ域）

到達目標

- ・ファイル編成やアクセス方法，各編成方法におけるレコードの追加，削除，変更など基本的な処理方法を理解する。

(4) バックアップ（多重バックアップ，フルバックアップ，差分バックアップ）

到達目標

- ・ファイルのリカバリを目的としたバックアップの取得方法，手順，世代管理など，バックアップ方式の種類と代表的な特徴を理解する。

4. アセンブラ言語とそのプログラミング

到達目標

- ・アセンブラ言語処理システムの仕様と機能を理解する。
- ・アセンブラ言語のプログラムの作成方法を修得し，適用できる。
- ・演算処理，制御処理を行うプログラムの作成方法を修得し，適用できる。
- ・表を使った処理，入出力処理を行うプログラムの作成方法を修得し，適用できる。
- ・スタック，及びスタックを用いたサブルーチンコールの仕組みと用法を修得し，適用できる。

(a) アセンブラ言語処理システムの仕様と機能

到達目標

- ・アセンブラ言語処理システムを構成するレジスタ，命令形式を理解する。

(b) アセンブラ言語の基本的なプログラム

到達目標

- ・アセンブラ言語の基本的なプログラムを作成できる。

(c) 算術演算，論理演算

到達目標

- ・算術演算命令，論理演算命令を使ったプログラムを作成できる。

(d) 選択と反復処理

到達目標

- ・比較演算命令，分岐命令を使って選択型，反復型のプログラムを作成できる。

(e) シフト演算

到達目標

- ・シフト演算命令を使ったプログラムを作成できる。

(f) 表を使った処理

到達目標

- ・表（配列）を使ったプログラムを作成できる。

学修に当たっての配慮事項

- ・現実に稼動している各種のオペレーティングシステムを実例として用いて、オペレーティングシステムの役割と重要性、ファイルシステムの仕組みと機能、などを理解させるように配慮する。また、アセンブラ言語プログラミングを通してハードウェアの理解を促進させる。

9-4. 【要望】開発ツール

到達目標

- ・ソフトウェア開発に用いる代表的な開発ツールの種類、特徴、基本的な機能を理解する。

1. 開発ツールの種類と特徴(設計支援ツール, 設計ツール, 構築ツール, テストツール, ツールチェーン, EUC, EUD, エミュレータ, シミュレータ, ICE (In-Circuit Emulator : インサーキットエミュレータ), トレーサ, インспекタ, スナップショット, アサーションチェッカ)

到達目標

- ・設計を支援するツール, プログラミングやテストを支援するツール, ソフトウェア開発の各工程を通して自動化, 効率化を目的とする CASE ツール, 開発作業全体を一貫して工程を支援する IDE (Integrated Development Environment : 統合開発環境) など, 代表的な開発ツールの種類, 特徴, 基本的な機能を理解する。

2. 言語処理ツールの種類と特徴(アセンブラ, インタプリタ, リンカ, ローダ, コンパイラ, クロスコンパイラ, ジェネレータ, プリプロセッサ, 原始プログラム, 目的プログラム, ロードモジュール)

到達目標

- ・代表的な言語処理ツールの種類, 特徴, 基本的な機能を理解する。

3. オープンソースソフトウェア

到達目標

- ・オープンソースソフトウェアの種類, 代表的な特徴, 利用上の考慮点, 動向を理解し, 担当する事項に適用する。

(1) OSS の種類と特徴 (Linux カーネル, Perl, Python, Ruby, コピーレフト (Copyleft), デュアルライセンス, GPL (General Public License), BSD (Berkeley Software Distribution License), MPL (Mozilla Public License), Apache ライセンス)

到達目標

- ・LAMP/LAPP (LAMP : Linux, Apache, MySQL, PHP, LAPP : Linux, Apache, PostgreSQL, PHP) を中心に広く利用されている OSS (Open Source Software : オープンソースソフトウェア) の代表的な種類, 特徴, 再配布の自由, 派生ソフトウェア改変の許諾などオープンソースライセンスのあらましを理解する。

(2) UNIX 系 OS (NetBSD, SunOS, Solaris, AIX (Advanced Interactive eXecutive), UnixWare, IRIX, HP-UX (Hewlett Packard UniX), Linux, FreeBSD (Free Berkley Software Distribution), OpenBSD, The Open Group)

到達目標

- ・代表的な OSS である UNIX, UNIX 互換 OS を含む UNIX 系 OS の種類, 代表的な特徴を理解する。

(3) 【要望】オープンソースコミュニティ

到達目標

- ・オープンソースコミュニティによるソフトウェア開発の考え方を理解する。

(4) 【要望】OSS の利用・活用と考慮点 (安全性, 瑕疵 (かし))

到達目標

- ・ライセンスの適用範囲, 利用時のサポートにかかるコスト, 問題発生時の対処など, OSS を利用する上での基本的な考慮点を理解する。

(5) 【要望】OSS の動向

到達目標

- ・OSS の開発や普及の動向を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・実際のソフトウェア開発に用いられている代表的な開発ツールを使用して、基本的な機能を理解させ、実際に操作できるレベルに到達するように配慮する。

9-5. 【要望】ハードウェア

到達目標

- ・コンピュータの構成部品である電気・電子回路の考え方を理解する。
- ・機械を電子的に制御する場合の代表的な方法の特徴を理解する。
- ・構成部品の特性、論理設計の基本的な留意事項を理解する。
- ・組込み機器の開発における消費電力の重要性を理解する。

(1) 電気・電子回路 (AND 回路, OR 回路, NOT 回路, NAND 回路, フリップフロップ)

到達目標

- ・コンピュータの基本的な論理回路である AND 回路, OR 回路, NOT 回路などの動作原理を理解する。

(2) 機械・制御 (オープンループ制御, クローズドループ制御, シーケンス制御, フィードバック制御, PWM (Pulse Width Modulation) 制御)

到達目標

- ・代表的な機械電子制御を取り上げ、基本的な動作原理を理解する。

(3) 構成部品及び要素と実装 (ダイオード, LED, トランジスタ, IC, LSI, VLSI (Very Large Scale Integration))

到達目標

- ・代表的な構成部品や要素、その実装を理解する。

(4) 論理設計

到達目標

- ・論理回路は、性能、設計効率、コストなどを考慮して設計することを理解する。

(5) 消費電力

到達目標

- ・ハードウェアの消費電力について、組込み機器の開発における消費電力の重要性を理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・ハードウェアの基礎をじっくり理解できるように少し時間をかける。また、組込ソフトウェア設計の視点からハードウェアを捉えるに習熟するように配慮する。

10. 「ソフトウェア開発技術」(G)

10-1. 【要望】ソフトウェア開発プロセス・手法

ソフトウェア開発手法 (開発工程モデル: ウォーターフォール型, スパイラル型, 形式手法), ソフトウェアライフサイクルプロセス (SLCP) など

到達目標

- ・プロジェクトマネジメントへの橋渡しとして、開発工程モデルに関する知識を獲得すると共に、実際の開発工程を経験することでソフトウェアライフサイクルプロセス (SLCP) などの理解を深める。

10-2. 【要望】ソフトウェア開発工程

1. ソフトウェア要件定義

ソフトウェア要件の確立（機能，能力，インタフェースほか）など

2. ソフトウェア方式設計・ソフトウェア詳細設計

ソフトウェア構造とコンポーネントの設計，インタフェース設計，ソフトウェアユニットのテストの設計，レビュー（インスペクション，ウォークスルー），各種設計手法（プロセス中心設計，データ中心設計，構造化設計，オブジェクト指向設計など），モジュールの設計，デザインパターン など

3. ソフトウェアコード作成及びテスト

ソフトウェアコード作成，デバッグ，テストなど

到達目標

- ・ソフトウェア開発の工程は，要求分析，設計（仕様記述，ソフトウェアアーキテクチャ），実装（コーディング），評価（テスト），運用・保守などからなるが，運用・保守以外の工程について，演習などを通して必要な知識と技術を身に付ける。

学修に当たっての配慮事項

- ・理論的枠組みのみならず，実践力を身に付き，かつプロジェクトマネージメントに通じる広い視野と管理能力が育成されるように配慮する。