

シミュレーション辞典

日本シミュレーション学会 編

コロナ社

まえがき

シミュレーションとは、物理的に異なったシステムで他のシステムの振る舞いを予測したり評価したりするという意味である。理工学のシステムにおいて、物理系は微分方程式で記述されるので、同じ方程式で記述される他の物理系でどのような現象が起きるかを観測して振る舞いを予測することが、多様な組み合わせで行われてきた。

例えば、与えられた微分方程式に従う電気回路を作って現象を予測する仕組みはアナログコンピュータと呼ばれ、一分野を形成している。オペアンプの技術革新によって、アナログコンピュータは非常に容易に作成できるようにもなっている。また、自動車や航空機の設計ににおいて、巨大な扇風機によって風の流れを作り、その中に対象の形状モデルを置いて、その空気力学的な特性を調べる風洞実験もシミュレーションである。2次元静電解を記述するラプラス方程式が2次元の定常流をも記述することを利用して、目に見えない電界の形成を流体場によって可視化するのもシミュレーションである。さらに異なる種類のシミュレーションとしては、例えば多次元空間内の図形の体積を疑似乱数によって計算するというような、モンテカルロシミュレーションがある。矩形の中に円盤を書き、ダーツをたくさん投げて、円盤内に入った数と全投擲数の比をとると、その比は円盤の面積と矩形の面積の比に収束していくであろう。これから円周率 π を求めるのがモンテカルロシミュレーションの原理である。

1940年代以前はこのようなシミュレーションが中心であったが、デジタルコンピュータの発明以降は、物理現象を記述する方程式を差分法や有限要素法などによって離散化してコンピュータで解くことが広く行われるようになった。ムーアの法則に従うようなコンピュータの計算能力の指数関数的な向上に伴い、シミュレーションはデジタルコンピュータによる数値計算を指すことが最も多くなったといっても過言ではない。古典力学の方程式や量子力学系の方程式など、さまざまな物理系のデジタルコンピュータシミュレーションが行われるようになっている。そのために、特定の分野に特化した優れたシミュレーションソフトウェア（シミュレータとも呼ばれる）が誕生し、分野ごとにデファクト標準と見なせるものが確立していることもある。シミュレータのユーザはシミュレートしたい対象をシミュレータに入力し、その計算結果を受け取る。この場合にシミュレータは一種のブラックボックスとなる。

さらに、人間が要素として入る社会系も、シミュレーションの対象として近年は大きくクローズアップされてきている。経済シミュレーション、政治の決定過程の合理性を示すためのシミュレーション、避難時の人間行動のシミュレーションなど枚挙にいとまがない。ゲーム理論などが利用されることも日常茶飯事であるが、実際に人間がゲームを行って社会事象をシミュレートする時代にもなっている。また、ウェブ技術の進展によって、ツイッターなどを通じてリアルタイムに人々の声が聞こえるようになり、情報通信技術とシミュレーションをリンクさせることも可能となった。当然のことながら、シミュレーションの過程や結果を人々にわかりやすく可視化することも行われている。

こうしてシミュレーションの関わる分野は非常に広範となり、その応用分野も広大となっている。医療や災害防止などへの活用も活発に行われている。また、物理実験の代わりとしてシミュレーションがそれを負担することも多くなった。

本シミュレーション辞典は、本邦初のこの分野の中項目辞典として、以下のような趣旨で発刊するものである。

1. シミュレータのブラックボックス化に対処できるように、何をどのような原理でシミュレートしているかがわかることを目指す。そのため、数学と物理の基礎にまで立ち返って解説する。
2. 各中項目は1ページとして、その項目の基礎的事項をまとめ、また必ず文献を挙げてその分野をさらに調べようとするときの道しるべとする。すなわち、1ページという簡潔さをもってその項目の標準的な内容の提供を目指す。
3. 辞典であるので、五十音順に項目を並べるが、一方、各分野の導入解説として「分野・部門の手引き」を供し、ハンドブックとしての使用にも耐えうることを目指す。すなわち、その導入解説に記される項目をピックアップして読むことで、その分野の体系的な知識が身につくように配慮している。
4. 広範なシミュレーション分野を総合的に俯瞰することに注力している。どの分野を扱うかは「分野・部門の手引き」に譲るが、理工系から社会系、医学系、可視化などの分野に至る。シミュレーションの本質は、分野が異なっても同じ原理で現象を予測できることにある。広範な分野を総合的に俯瞰することによって、予想もしなかった分野へ読者を招待することも意図している。また、その相互の相似性にも感嘆の声を上げていただけるものと期待している。このような相互の相似性の認識が、真に創造的な次世代のシミュレーションの科学と技術を生むことを期待している。

また、これは日本シミュレーション学会30周年を記念し、学会の総力をあけて、この広大なシミュレーション分野の基礎を体系的に記述するものである。

本辞典の作成においてシミュレーション学会は多くの方々のお世話になった。まず、執筆をお引き受けいただいた多くの著者の方々にまず感謝したい。また、分野・部門の主査や幹事の方々にも厚く御礼申し上げる。また、執筆協力者の方々には著者の紹介などにご尽力をいただいたことを感謝する。最後に、コロナ社の方々のご尽なくして本辞典は完成しなかった。厚く御礼申し上げたい。

なお、本辞典は版を重ねるごとに精度を増し、信頼性を上げることを意図している。読者には忌憚のないご意見を寄せられることをお願いしたい。

2012年1月

大石進一

編集委員会

役 職	分 野	氏 名	所 属
編集委員長		大石進一	早稲田大学
分野主査	共通基礎	山崎 憲	日本大学
分野幹事	共通基礎	奥田洋司	東京大学
分野主査	電気・電子	寒川 光	芝浦工業大学
分野幹事	電気・電子	宮本良之	産業技術総合研究所
分野主査	機 械	萩原一郎	東京工業大学
分野幹事	機 械	小俣 透	東京工業大学
分野主査	環境・エネルギー	矢部邦明	東京電力株式会社
分野幹事	環境・エネルギー	勝野 徹	富士電機株式会社
分野主査	生命・医療・福祉	小野 治	明治大学
分野幹事	生命・医療・福祉	岡田英史	慶應義塾大学
分野主査	人間・社会	古田一雄	東京大学
分野幹事	人間・社会	和泉 潔	東京大学
分野主査	可視化	小山田耕二	京都大学
分野幹事	可視化	岡本孝司	東京大学
分野主査	通信ネットワーク	佐藤拓朗	早稲田大学

2012 年 1 月現在

部門主査一覧

	分 野	部 門	氏 名	所 属
I-1	共通基礎	数学基礎	大石進一	早稲田大学
I-2	共通基礎	数値解析	荻田武史	東京女子大学
I-3	共通基礎	物理基礎	小机わかえ	神奈川工科大学
I-4	共通基礎	計測・制御	井前 譲	大阪府立大学
I-5	共通基礎	計算機システム	谷 啓二	日本アドバンスト テクノロジー
II-1	電気・電子	音 響	山崎 憲	日本大学
II-2	電気・電子	材 料	宮本良之	産業技術総合研究所
II-3	電気・電子	ナノテクノロジー	宮本良之	産業技術総合研究所
II-4	電気・電子	電磁界解析	五十嵐一	北海道大学
II-5	電気・電子	VLSI設計	福井義成	海洋研究開発機構
III-1	機 械	材料力学・機械材料・ 材料加工	都井 裕	東京大学
III-2	機 械	流体力学・熱工学	香川利春	東京工業大学
III-3	機 械	機械力学・計測制御・ 生産システム	岡村 宏	芝浦工業大学
III-4	機 械	機素潤滑・ロボティクス・ メカトロニクス	小俣 透	東京工業大学
III-5	機 械	計算力学・設計工学・ 感性工学・最適化	萩原一郎	東京工業大学
III-6	機 械	宇宙工学・交通物流	田辺 誠	神奈川工科大学
IV-1	環境・エネルギー	地域・地球環境	河村哲也	お茶の水女子大学
IV-2	環境・エネルギー	防 災	淵 昌彦	東京ガス
IV-3	環境・エネルギー	エネルギー	矢部邦明	東京電力
IV-4	環境・エネルギー	都市計画	吉村 忍	東京大学
V-1	生命・医療・福祉	生命システム	小野 治	明治大学
V-2	生命・医療・福祉	生命情報	清水和幸	九州工業大学

V-3	生命・医療・福祉	生体材料	三林浩二	東京医科歯科大学
V-4	生命・医療・福祉	医 療	岡田英史	慶應義塾大学
V-5	生命・医療・福祉	福祉機械	大日方五郎	名古屋大学
VI-1	人間・社会	認知・行動	菅野太郎	東京大学
VI-2	人間・社会	社会システム	寺野隆雄	東京工業大学
VI-3	人間・社会	経済・金融	和泉 潔	東京大学
VI-4	人間・社会	経営・生産	渡邊一衛	成蹊大学
VI-5	人間・社会	リスク・信頼性	松岡 猛	宇都宮大学
VI-6	人間・社会	学習・教育	玉木欽也	青山学院大学
VI-7	人間・社会	共 通	古田一雄	東京大学
VII-1	可視化	情報可視化	伊藤貴之	お茶の水女子大学
VII-2	可視化	ビジュアルデータ マイニング	藤代一成	慶應義塾大学
VII-3	可視化	ボリューム可視化	小山田耕二	京都大学
VII-4	可視化	パーチャルリアリティ	牧野光則	中央大学
VII-5	可視化	シミュレーションベース 可視化	田中 覚	立命館大学
VII-6	可視化	シミュレーション検証の ための可視化	岡本孝司	東京大学
VIII-1	通信ネットワーク	ネットワーク	小野里好邦	群馬大学
VIII-2	通信ネットワーク	無線ネットワーク	佐藤拓朗	早稲田大学
VIII-3	通信ネットワーク	通信方式	嶋本 薫	早稲田大学

執筆者一覧

相澤りえ子	愛野成幸	青井 真	青木尊之	青木伸俊
朝田洋雄	芦原貴司	安達泰治	足立吉隆	阿波根明
荒木敏弘	飯塚 聡	五十嵐一	池田（向井）有理	池田久利
石井克哉	石垣 綾	石川正明	石橋章司	石原裕二
和泉 潔	伊藤建一	伊藤貴之	伊東 拓	伊藤正彦
稲垣敏之	稲田 慎	井上 諭	井上剛伸	井前 讓
今村文彦	岩松 勝	巖見武裕	岩見達也	岩本正実
上中隆史	魚住 超	氏家良樹	宇治橋貞幸	牛場潤一
臼井英之	内山孝憲	浦久保秀俊	近江雅人	大石進一
大石雅寿	大川晋平	太田 順	大谷 実	大槻知明
大西慶弘	大野暢亮	大林 茂	大森敏明	大山 力
岡田英史	岡田和則	岡田賢治	岡田 裕	岡部洋二
岡村 宏	岡本 剛	岡本吉史	荻田武史	小木哲朗
奥野恭史	尾暮拓也	長田直樹	小野 功	小野 治
小野謙二	小野崎保	小野倫也	小島隆行	帯川利之
大日方五郎	小俣 透	貝原俊也	香川利春	梶田秀司
樫山和男	柏木雅英	梶原逸朗	門信一郎	金井 靖
金谷泰宏	金山 寛	兼田敏之	河合弘泰	川勝康弘
川口達也	川口秀樹	川口拓之	川嶋健嗣	河西憲一
河野龍太郎	川端裕一	川原亮一	河村庄造	河村拓馬
神田 学	菅野太郎	雉本信哉	北尾彰朗	北岡哲子
北澤大輔	北嶋龍雄	北村達也	木村彰徳	木本昌秀
日下博幸	工藤博之	國上真章	久保田周治	久米秀樹
倉田博之	倉橋節也	黒須 茂	黒田真也	小池英樹
高 炎輝	合田義弘	香山正憲	小柴正則	小西 聡
小林 修	小松敬治	小山田耕二	斉藤和雄	坂井忠裕
榊原 潤	坂根栄作	坂本尚久	櫻井鉄也	酒匂一成

佐々木節	佐々木貴規	佐々木誠	佐藤彰洋	佐藤 勲
佐藤和則	佐藤俊一	佐藤拓朗	佐藤 威	佐藤文俊
眞田一志	寒川 光	佐和橋衛	獅子堂達也	篠田淳一
篠原恭介	嶋田総太郎	嶋田有三	嶋本 薫	清水太郎
清水信行	下田 宏	下村 卓	下山幸治	肖 鋒
白井宏明	白山 晋	進士忠彦	忻 欣	新藤孝敏
杉野 修	杉原正顯	鈴木克幸	鈴木昌弘	瀬々 潤
背戸一登	曾我部正道	染矢 聡	高木 周	高木亮治
鷹羽浄嗣	高橋英一	高橋桂子	高橋恒一	高橋成雄
高橋真吾	高橋裕樹	高橋康人	田川和義	滝川雅之
竹中 毅	田坂修二	田中英一郎	田中 寛	田中哲平
田中弘美	田邊國士	谷川ゆかり	谷口治人	谷 啓二
田端正久	田村兼吉	田村 裕	田村義保	千葉晶彦
千葉 敏	辻村泰寛	土田英二	土屋隆生	土屋卓也
綱島 均	手嶋教之	寺野隆雄	土井章男	都井 裕
東塚知己	東藤 貢	徳田清仁	徳田伸二	戸田祐嗣
轟 章	富田孝史	富永禎秀	富山 潤	鳥海不二夫
内藤 尚	内藤泰宏	直島好伸	長岡 栄	中尾充宏
中沢一雄	長澤幹夫	中島 宏	仲田 晋	長藤かおり
中野敏介	中野純司	長松昭男	中村 元	中村昌弘
中山 剛	奈良高明	西川雅章	西野成昭	西村直志
布目敏郎	根武谷吾	野口 聡	野中謙一郎	萩原一郎
橋本省二	橋本康弘	長谷和徳	長谷川恭子	長谷川剛
長谷川均	畠中清史	濱崎公男	原井洋明	原口 亮
原田博司	姫野龍太郎	兵頭志明	平川保博	廣瀬通孝
深川良一	福井伸太	福井義成	藤井秀樹	藤岡寛之
藤代一成	藤田英輔	藤田和広	藤田喜久雄	藤田壽憲
藤中 透	藤原一毅	藤原義久	淵 昌彦	古川 修
古田一雄	細部博史	本名信行	本間俊充	牧 勝弘
牧野淳一郎	真木雅之	正本和人	増井忠幸	増田直紀
升本順夫	松井藤五郎	松岡 猛	松尾哲司	松田三知子
松野浩嗣	松原繁夫	松本充司	三浦 純	三末和男
水田 忍	水野貴之	水野 誠	三井斌友	三巻利夫

宮内 敦	三宅 隆	宮澤泰正	宮田健治	宮田悟志
宮地英生	宮村浩子	宮本良之	宮脇和人	村岡裕明
村松鋭一	村松和弘	望月隆史	森川良忠	森 忠宏
森村浩明	門伝徳久	矢城陽一朗	柳本 潤	矢野澄男
矢花一浩	八巻直一	山崎 憲	山崎 徹	山田博司
山田幸生	山田吉英	山本章夫	山本 潮	山本 徹
山本 肇	雪島正敏	横山速一	由川 格	吉田憲司
吉野秀明	吉村 忍	吉本芳英	若槻尚斗	渡邊一衛
渡辺一帆	渡邊國彦	渡辺浩太	渡辺 淳	渡辺美智子
渡部善隆	綿貫啓一	Jonas Aditya Pramudita		

執筆協力者

涌井 一	藤井裕矩	久保田啓一
------	------	-------

分野・部門の手引き

■ I 分野：共通基礎

シミュレーションはきわめて広範な分野を担保する技術であり、それを活用するには各分野の専門領域の知識はもちろん必要だが、それだけでは十分でない。一般に現場で得られたデータは複雑で難解であるから、専門知識を真に活用するには、その知識を組み込む数値解析法やコンピュータシステム技術の理解が必須である。そこで本分野では、諸分野において共通する項目について、「数学基礎」、「数値解析」、「物理基礎」、「計測・制御」、「計算機システム」の5部門を取り上げて解説している。

【I-1 部門】数学基礎

シミュレーションを行うための数学的な基盤を与えるのは「関数解析」(p.51)である。この部門では、まず関数解析を線形から非線形まで解説している。つぎに、有限要素法の基礎となる「ソボレフ空間と数値計算」(p.190)の関係について述べる。さらに、理工学のモデル方程式として微分方程式が重要であることから「微分方程式と数値計算」(p.289)について説明する。その後、周波数解析などで重要「フーリエ解析」(p.292)の数学的基礎を論じる。続く「数値線形代数」(p.163)は数値計算の基礎、「最適化」(p.110)は工学的設計の基礎である。そして、「統計」(p.228)における数値計算技法についてまとめる。最後に、世界のモデルを帰納的に構築するための「統計的学習機械」(p.231)について解説する。

【I-2 部門】数値解析

数値解析学は、微分方程式などが対象とする問題を数値的に解析する学問であり、計算機による「数値計算と浮動小数点演算」(p.161)が基礎である。数値計算の適用範囲は非常に多岐にわたるが、直接的なものとしては、数値線形代数 (p.356「連立1次方程式」、p.67「行列の固有値問題」)、「非線形方程式」(p.287)、微分方程式 (p.148「常微分方程式の初期値問題」)、「数値積分」(p.162)が代表的である。さらに、偏微分方程式の数値解法として、「有限差分法」(p.334)、「境界要素法」(p.65)、「有限要素法」(p.335)、「CIP法」(p.363)のような、さまざまな離散化手法がある。「ベクトルと行列のノルム」(p.306)は数値線形代数の分野において、「補間と直交多項式系」(p.312)の概念は数値積分の分野において、それぞれ重要な役割を果たす。また、数値計算の途中で現れるさまざまな誤差を厳密に評価する「精度保証付き数値計算」(p.179)に、近年注目が集まっている。

【I-3 部門】物理基礎

本部門では、物理学におけるシミュレーション手法のうち、原子炉やプラズマのシミュレーション手法、および物性物理学や素粒子物理学の分野における代表的なシミュレーション手法を紹介している。原子炉関係では、「原子炉物理」(p.88)、「放射線輸送」(p.311)の各中項目で原子炉まわりのシミュレーション手法を概説し、「核物理」(p.39)で原子核を構成する粒子のシミュレーション手法に

について述べる。プラズマ関係では「プラズマ物理」(p.299)、「太陽風」(p.196)の各中項目で、その分野におけるシミュレーション手法を概観している。素粒子物理学関係では「量子色力学」(p.349)でこの分野の最先端の手法を紹介している。「量子力学の基礎方程式」(p.350)、「分子軌道法」(p.304)、「密度汎関数法」(p.327)では、物性物理学やナノテクの分野で使われる分子・原子のシミュレーション手法について述べている。

【I-4 部門】計測・制御

計測過程は逆問題と関わりがあるとされる。はじめに、逆問題を考慮した「計測原理」(p.84)、および「計測技術」(p.83)を取り上げる。つぎに、計測と制御の融合(p.329「メカトロニクスとデジタル制御」)を通して、制御系設計に必要な項目を紹介する。具体的には、制御対象に関するもの(p.184「線形モデル」)、安定性に関するもの(p.4「安定性」)、非線形系を視野に入れたもの(p.340「リアプノフ安定」)、線形系設計手法の代表的なもの(p.111「最適レギュレータ」)、状態の情報が不完全なもの(p.29「オブザーバ」)、雑音などの確率現象を含むもの(p.49「カルマンフィルタ」)、数値計算に基づくもの(p.369「LMI 設計」)などを扱う。

【I-5 部門】計算機システム

計算機シミュレーションが実験と理論に続く第3の科学の位置を占めるようになって久しい。この間、ユーザのアプリケーションもその規模や内容に大きな広がりを見せ、それに伴って必要な計算機もさまざまな方式が展開されつつある。本部門では、計算機システムの歴史の中で重要な役割を果たしてきた、米国主導の「スカラ超並列計算機」(p.164)と日本主導の「ベクトル並列計算機」(p.307)に加え、アプリケーションは限定されるが特定の分野で優れたパフォーマンスを発揮する「専用計算機」(p.185)、既存のパーツを使って組み立てられるDo-It-Yourself型の「PC クラスタ」(p.371)、また、最近話題になっている「GPGPU」(p.367)、およびマルチフィジクス、マルチスケールのアプリケーションをターゲットとする「複合(ハイブリッド)システム」(p.295)を扱う。一方、ネットワークを介した計算機システムの利用形態にも大きな変化が起こりつつある。基本的な「グリッドコンピューティング」(p.72)に加え、「クラウドコンピューティング」(p.71)が最近注目されつつある。最後に、これらの計算機システムのいずれにおいてもその活用に必要な「データストレージ」(p.211)の動向についても扱う。

■ II 分野：電気・電子

電気・電子分野においては、古典解析と量子解析が主要な役割を果たす。古典解析においては、スカラ場の解析とベクトル場の解析が中心をなし、前者としては音場解析、後者としては電磁界解析が主要な対象となる。本分野では、音場解析については「音響」部門、電磁界解析については「電磁界解析」部門において解説している。また、電磁界解析から回路解析が派生したが、それを含む分野の解説として、現代のデジタル社会を支える「VLSI 設計」部門を置いた。また、回路素子などのものとなる材料系は、量子解析が古典解析とともに重要となる。これを「材料」部門で解説する。ナノデバイスは材料系として近年注目を集めているので、この分野を特に取り出して「ナノテクノロジー」部門を置いた。

【II-1 部門】音響

音場の支配方程式(波動方程式)はFDTD法によって離散化して解くことができる(p.365「FDTD法による音場シミュレーション」)。また、等価な電気回路に置き換えて分布定数として扱う伝達線路行列法によって解くこともできる(p.224「伝達線路行列法の波面合成法への応用」)。定常解を求める場合は、ヘルムホルツ方程式を有限要素法で扱う。有限要素を用いると、構造解析のように、非定常問題も扱える(p.336「有限要素法による音場シミュレーション」)。これらの手法は「声道問題」(p.178)、「聴覚」(p.204)や「楽器」(p.46)のシミュレーション、「音声合成」(p.33)に応用されている。また、「音場の可視化と音源の同定」(p.32)では、境界要素法を用いて開放領域を扱う。

【II-2 部門】材料

本部門では、量子力学におけるナノスケールの物理現象の解明から、統計力学による熱的平衡状態および非平衡状態の記述まで、さまざまな次元の現象を扱い、理解することが要求される。量子力学的数値計算では、電子の多体問題を扱うシュレディンガー方程式を近似する密度汎関数理論を基礎とした数値計算により、凝集系を扱う。密度汎関数理論の数値計算を実行する際に、基底状態のみならず励起状態の精度を向上させるために必要な工夫として、「電子励起エネルギーの計算手法」(p.222)も進歩している。また、統計力学的熱平衡状態を効率的に精度良く記述するために確率過程を取り入れた分子動力学計算手法、すなわち「統計力学的手法による分子動力学計算」(p.232)が進む一方で、非断熱現象を扱うための電子の時間依存の扱いを取り入れた「非断熱動力学シミュレーション」(p.288)も発達している。また、特別な性質を持つ材料「誘電体」(p.337)、「GaN中不純物」(p.366)、「磁性半導体」(p.123)、「SiC粒界構造」(p.374)において、それらの材料を精度良く数値シミュレートするためのノウハウも事例ごとに必要になっている。

【II-3 部門】ナノテクノロジー

本部門において重要なのは、複雑化する材料に対応した大規模計算の手法である「オーダーN法」(p.28)を発達させることである。材料の性質に基づいて、電子部品として利用される材料の性能(本部門では「電気伝導」(p.218)と「磁気構造」(p.115)を扱った)をできるだけ精度良く見積もることが、エレクトロニクス産業から求められている。また、エネルギー関連材料におけるエネルギー蓄積機構や材料劣化機構を説明するための材料シミュレーションは、今後ますます重要になっていく(p.368「Liイオン電池」, p.258「燃料電池」)。それらのシミュレーションの基盤技術となるシミュレーション技術として、「電気化学反応」(p.217)は、環境技術に重要な光触媒反応のミクロな機構をシミュレートする場合「光触媒設計」(p.272)にも重要となる。材料の加工方法の一つとして、最近高強度レーザー光照射を利用した加工方法に注目が集まっている。高強度の光電場と物質の相互作用の解明が待たれており、対応するシミュレーション技術である「高強度レーザーと物質の相互作用」(p.90)が重要な役割を果たす。

【II-4 部門】電磁界解析

電磁界解析では「電磁界の離散化」(p.220)の方法をもとに、離散化されたマクスウェル方程式を導く。解くべき問題によって、変数の選び方や周波数による電磁界の形態の変化(p.172「静磁界解析」, p.15「うず電流解析」, 準定常電磁界解析, 高周波電磁界解析など)にパラエティが多い。また、設計に必要な物理量も設計対象によってさまざまであるため、数値解析手法も、FDTD法、有限要素

法、モーメント法、境界要素法など多岐にわたる。応用面では、電磁波を局所的に閉じ込め、任意の方向に導く「誘電体導波路解析」(p.338)と「光ファイバ解析」(p.274)、モーメント法が有効な「アンテナ解析」(p.5)、電子デバイスの高周波数化で重要性を増した「EMC解析」(p.364)、低周波数であるが高い効率を求められる「モーター解析」(p.331)のほかに、新しい解析対象である「超電導解析」(p.206)と垂直磁気記録方式の「磁気ヘッド解析」(p.116)を紹介する。「磁性材料モデリング」(p.122)はヒステリシス特性の扱い方を、「電磁力計算」(p.221)は電磁力の計算手法を解説する。最後に、電磁界解析で数値計算手法が進化している話題として、境界要素法に「高速多重極法」(p.99)を適用する例と、共役勾配法で「マルチグリッド法」(p.325)を応用する例を加えた。

【II-5 部門】VLSI 設計

VLSI によるデジタル回路の設計では、論理回路の機能の検証を「ロジックシミュレーション」(p.358)で行う。つぎに、回路の遅延時間を考慮する「タイミングシミュレーション」(p.195)を行う。最後に、電子回路的に正しく動作するかどうかを調べる「回路シミュレーション」(p.37)を行う。一方、MOSFET レベルでの半導体素子のデバイス動作は、キャリア（電子と正孔）の流れを解く「半導体デバイスシミュレーション」(p.269)によって解析し、半導体デバイスの製造工程（製膜、加工、熱拡散、不純物ドーピングなどの工程）は「半導体プロセスシミュレーション」(p.270)によって解析する。

■ III 分野：機械

機械分野においては通称3力と称されているとおり、本辞典でも「材料力学・機械材料・材料加工」部門、「流体力学・熱工学」部門、「機械力学・計測制御・生産システム」部門を設けた。これらの縦系に対し、横系として、「機素潤滑・ロボティクス・メカトロニクス」部門、「計算力学・設計工学・感性工学・最適化」部門を設けた。そして、代表的な産業応用事例として、「宇宙工学・交通物流」を取り上げた。

機械分野のシミュレーションでは、有限要素法や有限差分法、境界要素法などを用いた計算力学が中心である。計算力学は、当初自動車産業が牽引した。これは、衝突試作車は1台数千万から1億円と高価であり、システムによってそれより安価に弾塑性、座屈などの検討ができれば十分ペイしたためである。計算力学の材料問題への本格的な応用を皮切りに、流体力学・熱工学や機械力学までシミュレーションの範囲が拡大し、いまやナノ・バイオなどへ応用の拡大が進むとともに、手法の深化もなされている。また、これらの解析をさらに有効にするための最適化法や、設計に落とし込む設計工学、また、計算力学の最後の砦に位置付けられる、感性の問題への盛んな試みなどを紹介する。

【III-1 部門】材料力学・機械材料・材料加工

材料力学においては、「非線形構造解析」(p.286)により、弾塑性、座屈などを考慮した非線形構造挙動、さらには慣性力の影響を考慮した「動的応答」(p.233)が、有限要素法により計算される。さまざまな制約条件下で、応力、変位などの目的関数を最小化する設計変数（構造寸法など）を求める手法が「構造最適設計」(p.97)である。構造応答に伴う材料損傷、き裂の発生・伝播などの破壊挙動は、「連続体損傷力学」(p.355)および「破壊力学」(p.268)などにより評価される。結晶、原子・分子スケールなどの微視的材料挙動の解明には「ナノ・マイクロメカニクス」(p.244)が適用される。機械

材料に対しては、FRPなどの「複合材料」(p.294)、センサネットワークやアクチュエータ材料を組み込んだ「スマート構造材料」(p.169)の開発が、シミュレーションの支援のもとに進められている。材料加工は、プレス成形、鍛造、圧延などの「塑性加工」(p.188)と、切削、研削、研磨などの「機械加工」(p.55)に大別してシミュレーション技術開発が行われている。

【III-2部門】流体力学・熱工学

流体力学および熱分野ではきわめて多くの分野に関連し、産業分野環境生活福祉の分野にも多くの応用の紹介が行われている。「油圧システム」(p.333)は油圧システムの基本である油圧機器要素のモデリングから解説し、さまざまなツールを紹介している。「空気圧システム」(p.70)は空気を持つ圧縮性のモデリングの重要性を指摘し、各要素のモデリングとツールを紹介している。「流体シミュレーション」(p.345)では、一般的にCFDと呼ばれる数値流体計算における、さまざまな数学モデルのわかりやすい解説を行い、また離散化法を説明している。さらに、本部門では、非線形特性を有する「粘弾性流体の流動」(p.257)、インクジェットへの応用が重要な「自由表面流れ」(p.140)や「乱流燃焼現象」(p.339)についても、きわめて有効な解説を行っている。

【III-3部門】機械力学・計測制御・生産システム

機械力学・計測制御分野における動的挙動に関する検討として、モデルの圧縮やビジュアル化が可能な「振動モード」(p.158)の解析手法が振動解析の中核にあり、実験モード同定や予測技術として大自由度系にも適用されている。振動の抑制に関するシミュレーション技術としては、動吸振器に関する受動・能動・多重化等手法の複雑化に多用されている(p.142「受動型動吸振器」)。特に、「能動振動制御」(p.262)、「能動音響制御」(p.261)の分野では、対象の正確なモデル化と適応制御アルゴリズムの組合せをチューニングする必要がある、シミュレーションが欠かせない。さらに、「吸音・制振構造」(p.64)では、各種低減手法のシミュレーションの適用が欠かせない。

対象別に見てみると、ロボット等の機構運動を伴う機械系での「マルチボディダイナミクス」(p.326)が複雑な挙動の把握、対策に有効である。また、エネルギー変換装置として重要な回転機械は、高速回転時の安定のために軸径の連成モデルの活用が有効である(p.34「回転系安定性、軸・軸受・構造連成モデル」)。

機械の「大規模構造・複合領域」(p.192)のシミュレーションは、複雑化される製品の開発には不可欠である。すなわち、数千万自由度モデルや非線形、き裂の進展、アッセンブリモデル等に対応するために、行列の縮退、分散並列処理、連成解析などの手法が取り入れられている。構造の複雑化や高周波領域では、「統計的エネルギー解析法」(p.230)があり、振動エネルギーのバランス、伝達を予測する手法が精度を向上させている。人体に関する分野でのシミュレーションは、「スポーツ工学」(p.168)として人体や環境との連成を含め器具の機能の向上に寄与する手法として活用され、また、人体のダメージに関する「人体モデル」(p.157)は、デジタル化によるモデルの構築と検討に利用されている。

生産システムでは、製品のものづくり支援シミュレーションとして、「デジタル開発」(p.210)と称するコンピュータ上でのモデル化により、実際のモノがない段階での検討が進んでいる。同様に、「製造ライン」(p.173)に関しても、作業時間、作り込みやコストダウン等の付加価値を生み出すためのシミュレーションがあり、最適化を目指している。「加工システム」(p.41)では、切削、プレス、溶

接などでそのメカニズムのシミュレーションが進み、実績をあげつつある。

【III-4 部門】機素潤滑・ロボティクス・メカトロニクス

本部門では、歯車、ねじ、軸受などの「機械要素」(p.56)に関するシミュレーションを紹介し、機械要素から構成され機械の駆動部である機構に関して、幾何学的、力学的、強度的な観点からのシミュレーションを説明する(p.57「機構学」)。また、摩擦、磨耗、潤滑などを扱う「トライボロジー」(p.242)に関するシミュレーションを説明する。ロボティクスに関しては、「移動ロボット」(p.8)、「歩行ロボット」(p.315)、「ロボットマニピュレータ」(p.360)、メカトロニクスに関しては、「視覚情報処理」(p.113)、「位置決め制御」(p.6)のシミュレーションを紹介する。メカトロニクスでは、このほかに「流体力学・熱工学」部門、「電磁界解析」部門などに関連する中項目があるので参照してほしい。

【III-5 部門】計算力学・設計工学・感性工学・最適化

本部門では、まず計算力学から「構造工学」(p.96)、および流体・バイオ・ナノテクノロジー(p.82「計算力学(流体)」, p.81「計算力学(バイオ)」, p.80「計算力学(ナノテクノロジー)」),そして「シンキングCAE」(p.153)を取り上げた。また、設計工学からは、「設計工学」(p.181)のほか、「リバースエンジニアリング」(p.342)、「デザイン科学」(p.212)、「ロバスト設計」(p.359)を取り上げた。感性工学からは、「感性工学」(p.52)のほか、「癒し工学」(p.9)、「折紙工学」(p.31)、「協調工学」(p.66)を取り上げた。最適化から「感度を使った最適化」(p.54)、「応答曲面法による最適化」(p.26)を取り上げた。

【III-6 部門】宇宙工学・交通物流

本部門では、その主要な産業分野に対応して、宇宙機、航空機、鉄道、自動車に関するシミュレーションの紹介を行う。宇宙機では、「宇宙機の熱・構造問題」(p.19)、「宇宙機の流体問題」(p.20)、「宇宙往還機の飛行」(p.16)、「宇宙機の運動」(p.18)について、航空機では、「航空機の構造問題」(p.91)、「航空機の流体問題」(p.93)、「航空機の飛行」(p.92)について、鉄道では、「鉄道の構造問題」(p.214)、「鉄道の流体問題」(p.215)、および次世代の高速鉄道である「超電導磁気浮上式鉄道」(p.207)について、また自動車では、「自動車の構造問題」(p.128)、「自動車の流体問題」(p.130)、「自動車の騒音」(p.129)について、シミュレーションの現状と動向を概説する。

■ IV 分野：環境・エネルギー

環境関係では、物理的にも時間的にも大きなレベルで流体などをシミュレートする必要があるが、海洋・河川・都市など場所ごとのモデルと、地球レベルのさらに大きなモデルが必要なシミュレーションを「地域・地球環境」部門で解析対象ごとに取り上げた。応用面では、特に東日本大震災後、安全・安心のためのシミュレーションが注目されており、地震・津波・雷など災害種別ごとに「防災」部門で取り上げた。「エネルギー」部門は、電力と都市ガスに絞って、供給から利用までの、熱・流体・電磁界の挙動や、安全・安定性の解析などについて概要のみを取り上げている。また、都市インフラとして共通する技術を「都市計画」部門で取り上げた。

本分野は、「共通基礎」「電気・電子」「機械」分野のほか、特に「人間・社会」分野と密接に関わっている。併せて関連項目を参照してほしい。

【IV-1 部門】地域・地球環境

地域・地球環境は流体（気体と液体の総称）と密接に関連している。流体の運動は、非線形の支配方程式（ナビエ・ストークス方程式）を数値的に解くことにより、また、流体による熱や物質の輸送は、流速をもとに移流拡散方程式を解くことによりシミュレートできる。流体の中で、大気（気体）に関連する話題として、スケールが小さい順に「流体騒音」（p.347）、「粒子飛散現象」（p.344）、「微気象」（p.276）、「都市気候」（p.238）、「大気汚染物質の輸送」（p.191）がある。この中で流体の圧縮性が問題になるのは流体騒音で、シミュレーション手法が他のものとは異なる。また水や海水（液体）に関連する話題として、スケールの小さい順に「河川環境」（p.44）、「湖沼環境」（p.105）、「沿岸環境」（p.25）、「沿岸海流」（p.24）がある。「地下環境」（p.200）も多孔質中の流体の運動と見なすことができる。「気象予測」（p.60）、「海洋大循環」（p.36）、「地球温暖化」（p.201）、「気候変動」（p.59）では、空間・時間スケールが大きく、大気と海洋の相互作用の考慮が、シミュレーションにとって本質的な重要性を持つ。いずれにせよ、環境に関する精度の良いシミュレーションを行うためにはスーパーコンピュータの使用が欠かせない。その中でも「地球シミュレータ」（p.202）は多くの成果をあげてきた。

【IV-2 部門】防災

本部門では、代表的な災害である地震災害・水害・洪水災害・津波災害・火災災害・雷災害・高潮災害・雪氷災害・火山噴火災害・土砂災害を取り上げた。それぞれの災害分野においてさまざまなシミュレーション技術が活用されているが、それらの中からいくつかの例を挙げて、シミュレーションがどのように活用されているかを示した。「地震災害」（p.119）では、地震動および地震動予測、「水害・洪水災害」（p.160）では浸水・流出・高潮、「津波災害」（p.208）では、発生と伝播・被害予測、「火災災害」（p.42）では、建築火災・都市火災、「雷災害」（p.47）では、送電線への雷撃・雷によって発生する電圧の推定・雷リスクの評価・雷予測、「高潮災害」（p.197）では、大気・高潮・大気-高潮-波浪の連成・被害、「雪氷災害」（p.183）では、降雪予測・積雪予測・災害予測、「火山噴火災害」（p.43）では、溶岩流・火砕流・噴煙、「土砂災害」（p.239）では、地すべり・斜面崩壊・土石流のシミュレーション例を示した。

【IV-3 部門】エネルギー

発電に関しては、「核融合」（p.40）、「原子力発電」（p.86）、「火力発電」（p.48）のほか、「自然エネルギー利用」（p.124）について、代表的なシミュレーション技術を述べている。各要素技術については、「共通基礎」分野のほか、材料・熱・流体や制御に関する他の項目を参照されたい。電力系統に関しては、計算手法について「電力系統解析」（p.226）で紹介し、解析・訓練のためのシミュレータや給電システムについて「電力系統制御・シミュレータ」（p.227）で紹介している。電力流通設備に関しては「送変電機器」（p.186）で、電力利用技術に関しては「省エネルギー技術（工場・家庭）」（p.143）と「省エネルギー技術（ビル）」（p.144）に分けて、広範にわたる技術の一端を紹介した。都市ガスについては、「都市ガス製造」（p.236）、「都市ガス供給」（p.235）、「都市ガス利用機器」（p.237）の三つに分けて、設計・制御・保守などに関わるシミュレーションを紹介した。いずれも幅広い技術のごく一部を紹介したにとどまるため、「地域・地球環境」部門やVI分野の「リスク・信頼性」部門などの関連項目も参照してほしい。

【IV-4部門】都市計画

都市計画は土木工学と深く関連しており、「交通シミュレーション」(p.101)では構造物の上に展開されるシステムを、「土木構造物」(p.240)では構造物そのものをシミュレーションの対象として扱う。いずれも複数の現象が混在する問題であり、解析者はその中から特に着目する現象を選び、現象に応じた適切なモデルを選択する必要がある。

■ V 分野：生命・医療・福祉

本分野はシミュレーションを行う分野の中でも最も有効性を発揮する領域である。本分野は特に安全性を確保することが重要であり、危険を伴う実際の実験はほとんどできないことから、十分なシミュレーションを行う必要がある。「生命システム」部門では、生命の存続が第一であり、それに関わる基本的な項目を挙げている。「生命情報」部門では、生命そのものを維持する複雑で巧妙な情報システムをシミュレーションを通して明らかにしている。一方、生体におけるハードウェアとして「生体材料」が取り扱われている。「医療」部門は、特に医療に関わる物理化学の原理やセンサー等の計測技術について取り扱う。「福祉機械」部門では、福祉ロボットを中心としたシミュレーションが取り扱われる。

【V-1部門】生命システム

生命システムのセントラルドグマで重要な役割を担う生体分子は、超並列演算の「分子コンピューティング」(p.305)の情報分子として、今後のシミュレーション技術の一つの方向性を示している。生命システムの基本となる恒常性に関わる維持機構は、「ホメオスタシス」(p.317)の原理として捉えることができる。脳と機械の情報インタフェースが「ブレイン・マシンインタフェース」(p.301)という具体的な要素技術として考えられつつある。また、生命システムの情報伝達を担う神経系は「ニューロンの数理モデル」(p.247)として古くから研究されている。「配列解析」(p.267)および「プロテオミクス」(p.302)は近年のDNA情報分子やタンパク質のおもな機能特性を探る上での重要なキーワードであり、その応用である「遺伝子組み換え」(p.7)は優れた工学的手法となっている。脳の情報処理機能は「ブレインコンピューティング」(p.300)として捉えることができ、その要素として「シナプス可塑性」(p.132)のモデル解析が重要である。

【V-2部門】生命情報

細胞のモデリングやシミュレーションに関しては、細胞のどのレベルに着目するかによってアプローチが異なり(p.112「細胞シミュレーション」)、細胞内シグナル伝達カスケードを化学反応速度論に基づいてモデル化し、シミュレーションを行うもの(p.117「シグナル伝達」)から、酵素反応モデルに基づいた代謝反応シミュレーション(p.194「代謝生化学シミュレーション」)や、「生体分子ネットワーク」(p.176)の数理モデル化とシミュレーションを行うものがある。さらには、近年の1分子観察技術の発展や、スーパーコンピュータなどの計算機の能力向上により、1分子一つひとつの運動を直接表現するシミュレーションを行うことも可能になってきた(p.376「1分子粒度細胞シミュレーション」)。一方、細胞の骨格や細胞膜の構造の変化を捉えることも可能になってきており、MRI、CT、超音波などの医用画像データをもとにした解析を行い、筋骨格系、臓器の変形から血流までの、生体力学に関する動的挙動シミュレーションをすることも可能になってきている(p.177「生体力学」)。また、これらのモデリングやシミュレーションに関して、ソフトウェアやデータベースなどの基盤も整備され

てきている (p.112 「細胞シミュレーション」, p.117 「シグナル伝達」, p.194 「代謝生化学シミュレーション」)。

【V-3 部門】生体材料

生体材料や臓器においては、デバイスの最適化や創薬化学、生体機能理解など、多岐にわたる領域でシミュレーションが実施されている。生体に置換する人工物において、合金の Processing map や FEM 解析が「人工関節用金属材料の加工法 (p.155)」に用いられ、「医療用材料の MRI アーティファクト (p.12)」では磁場歪みマッピングが適用されている。「生体とバイオマテリアルの力学シミュレーション (p.175)」においては CT 画像を用いた力学モデル解析が、「骨リモデリング (p.316)」や「仮想心臓シミュレーション (p.45)」では、物理的な数値モデリングや電気化学モデリングによる臓器の機能理解が行われ、診断および治療に展開されている。また、バイオケミカルなシミュレーションは「システム創薬科学」(p.120) や「ソフトマテリアル」(p.189) の研究開発にコンビナトリアルな技術として取り入れられている。生体の機能を統合的に理解するために、「生命体統合シミュレーション」(p.180) では、分子から臓器・個体までの多様なシミュレーションが実施されている。

【V-4 部門】医療

本部門では、シミュレーションの医療応用の基盤となる生体の基礎特性を記述するモデルとして、「筋肉の特性」(p.69)、「神経-血管相互作用」(p.154)、「生体組織の光学特性」(p.174)、「脳磁図」(p.260)、「脳波」(p.263) を取り上げた。臨床応用が進んでいる医療機器におけるシミュレーションの例として、「磁気共鳴イメージング」(p.114)、「脳機能 MRI」(p.259) を示した。光や電気を用いた診断・治療技術では、シミュレーションが重要視されている。そこで、電気を用いた診断技術として、「電気インピーダンストモグラフィ」(p.216)、光を用いた診断機器として「近赤外分光法」(p.68)、「蛍光トモグラフィ」(p.76)、「光コヒーレンストモグラフィ」(p.271)、治療機器として「レーザー治療」(p.352) を紹介した。

【V-5 部門】福祉機械

本部門では、人のさまざまな運動や機能をシミュレートする必要がある。人の筋骨格系のモデルとしての剛体リンク系の運動方程式をその制御系である神経系のモデルを組み込んでシミュレートしているものに、「義足歩行」(p.61) のシミュレーションや、歩行リハビリテーション機器設計のためのシミュレーション (p.314 「歩行リハビリテーションロボット」)、リハビリテーションのためのローイング動作 (p.357 「ローイング動作を用いたリハビリテーション」) がある。神経系の代行としての筋への電気刺激 (FES) の効果を人体の剛体リンクモデルとともにシミュレートする場合もある (p.62 「機能的電気刺激による動作」)。「衝撃を受ける人体の挙動予測」(p.146) では、剛体リンク系のほかに物性が分布する弾性体の有限要素モデルが用いられることが多い。車の運転と同じように、実際に近い環境をハードウェアで実現し、人が体験するためのシミュレータがある。これには「車いす駆動」(p.73) や「電動車いすシミュレータ」(p.225)、「障がい者・高齢者疑似体験機器」(p.145)、「聴覚障がい者のためのコミュニケーション支援システム」(p.205) などが含まれる。

■ VI分野：人間・社会

本分野は、シミュレーションを用いて人間あるいはその集合体としての社会の振る舞いを解明し、社会的な問題の解決に役立てるための技術を扱う分野である。適用対象の観点と適用課題の観点から六つの部門を設けた。まず、適用対象の観点からは、人間個人、あるいは少人数の集団やチームの振る舞いをシミュレーションの対象とする「認知・行動」部門と、より大規模な人間集団の振る舞いを対象とする「社会システム」部門を設けた。適用課題の観点からは、人間・社会系のシミュレーションの活用が期待される産業分野を考慮し、「経済・金融」、「経営・生産」、「リスク・信頼性」、「学習・教育」の4部門を設けた。さらに、シミュレーション技術と社会との関係を解説する中項目「シミュレーション技術と社会」(p.133)を共通項目として追加した。

【VI-1部門】認知・行動

人の振る舞いを考慮したシミュレーションを行うためには、考慮する人の認知行動を記述・表現する何らかの「ヒューマンモデル」(p.291)が必要となる。ヒューマンモデルはその対象や利用目的によって多岐多様にわたる。人間の脳の仕組み・振る舞いに焦点を当てた「ニューラルネットワーク」(p.246)や、知覚や記憶、知識(p.203「知識モデル・知識表現」といった個別の「認知特性」(p.251)に焦点を当てたものから、それらの統合体として個人の認知的振る舞いを捉える「情報処理モデル」(p.151)、「状態遷移モデル」(p.147)、「認知アーキテクチャ」(p.250)、さらには複数人のインタラクションを対象とする「コミュニケーションモデル」(p.107)や「チーム・集団モデル」(p.199)などがある。また、工学分野では、「ヒューマンエラー」(p.290)の視点や、人間と人工物や環境との相互作用を積極的に考慮する「人間機械系」(p.249)や「分散認知」(p.303)の視点、より現場志向の強い「マクロ認知」(p.324)の視点も重要である。これらのモデルの応用として、人間信頼性評価や分散認知分析、具体的問題における行動シミュレーション(p.310「防災シミュレーション」)などが挙げられる。

【VI-2部門】社会システム

社会システム領域のシミュレーションは、予測に利用するというよりも、意思決定のサポートに利用する面が強い。それは、物理法則のような第一原理が存在せず、また、意思決定の対象になるべきパラメータ数がきわめて多いという社会システムの性質に依存している。そのような状況を認識した上で、本部門では、社会システムに関連するシミュレーションに関して重要な項目を取り上げた。まず、「社会システムシミュレーション」(p.136)では、この領域のシミュレーション、特にエージェントシミュレーションの基本的な考え方を紹介し、ついで、「エージェントシミュレーションツール」(p.22)では、しばしば利用されるソフトウェアシミュレーションのツールの概要を説明する。「システムダイナミクス」(p.121)では歴史的にも価値が高い社会シミュレーションの一手法について述べている。一方、社会問題では、必然的に大規模シミュレーション問題を扱う必要があり、このための方法について「社会シミュレーションの大規模化」(p.137)で説明している。「社会ネットワーク」(p.138)に関する議論もシミュレーションの基本として重要である。「組織シミュレーション」(p.187)、「ビジネスシミュレーション」(p.277)、「感染症シミュレーション」(p.53)、「物流シミュレーション」(p.297)、「軍事シミュレーション」(p.74)、「歴史シミュレーション・計算考古学」(p.354)、「歩行者流」(p.313)の各項目では、その分野のタスクに特有の性質や技法について解説している。これらの項目に関連す

るものとしては、VI-3 部門から VI-6 部門の内容が挙げられる。また VII 分野の可視化の問題や VIII 分野の通信ネットワークとの関連も深い。

【VI-3 部門】経済・金融

経済・金融領域におけるシミュレーションの役割はますます高まっている。特に金融市場のシミュレーションである「人工市場」(p.156)や、「マーケティングサイエンス」(p.321)、「オークション」(p.27)の分野での発展がめざましい。その背景には「自動売買」(p.131)や「排出権取引市場」(p.266)といった新しい経済的な手段や制度が立ち上がってきていることがある。さらに、情報技術の発展により、大規模で詳細な「高頻度経済データ」(p.103)の取得が可能となり、「経済データ分析における機械学習」(p.77)などを用いた新たな経済現象の分析が行われるようになった。これらのデータ解析結果と、「実験経済学」(p.126)による知見とを併せて、現実の経済行動に関するより詳細なモデルが構築されている。経済行動モデルを用いたシミュレーションにより、「複雑系経済学」(p.296)、「経済物理」(p.79)、「非線形経済動学」(p.285)といった経済現象のダイナミクスに関する新たな学問領域が起こった。これらの研究成果が、「サービス工学」(p.108)や「経済ネットワーク」(p.78)分析のような現実の経済現象へフィードバックされている。

【VI-4 部門】経営・生産

生産は、素材や部品を投入して、より高い価値のある製品に変換する活動である。また、経済的な目的を達成するために、財・サービスの生産・流通・販売・リサイクルを計画的に設計し、組織し、運用する総合的な活動が経営である。本部門では、経営・生産活動においてシミュレーションが最も適用されている範囲について扱っている。初めに、ものづくりを中心にしたシミュレーションの適用と今後の展開について「生産管理」(p.170)に示す。生産対象である製品が決まると、「工程計画」(p.102)により、その製品をどのように生産するかを決める。これはいわば川の流れの川床を設計することにあたる。一方、流れの全体量を決めるのが「需給シミュレーション」(p.141)である。工程設計が決まり、流れる全体量が決まると、月単位、週単位、日単位、時間単位などの細かさで「生産計画」(p.171)を行い、詳細な計画を作成する。生産に必要な素材や部品の調達、できあがった製品の保管・輸送を行うのが「物流マネジメント」(p.298)である。生産に必要な資源である 3M (Man, Machine, Material) の中で、物や人については工程計画で扱われるが、機械・設備の保守・保全については「設備管理」(p.182)で扱われている。

【VI-5 部門】リスク・信頼性

リスク評価の基礎をなすのはシステム信頼性解析である。単純なシステムの信頼度は解析的に求めることができるが、冗長系などの複雑なシステムになると、シミュレーションが有効な手段となる。シミュレーション法としてはモンテカルロ法が一般的に用いられている (p.159 「信頼性評価」)。システムの動作成功基準が変化する「動的システム評価」(p.234)は、より一層難しく種々の手法が提案されており、これらにおいてもシミュレーションが有効な解析手段となっている。

人間活動に伴う各種リスクの評価においてもシミュレーションが広く活用されている。それらには、「海難事故リスク評価」(p.35)、「自動車事故リスク評価」(p.127)、「航空事故リスク評価」(p.94)、「鉄道事故リスク評価」(p.213)がある。「原子炉事故時の放射性物質拡散」(p.87)の数値シミュレーションとしては、わが国では SPEEDI が使用され、リスク評価、線量評価のための重要な情報を提供している。

【VI-6 部門】学習・教育

まず、世界各国の人々の交流を目指す、国際言語としての英語について、「コミュニケーショントレーニング」(p.106)で解説する。「統計教育シミュレーションツール」(p.229)では、データのばらつきと記述統計、確率分布とパラメータ、標本分布と推測統計について紹介している。「医療教育用シミュレータ」(p.10)は、医療技術の習熟を主目的としたトレーニング機材である。ここでは特に、心肺蘇生シミュレータ、診察シミュレータ、手技トレーナーを取り上げている。心肺蘇生法としては、一般市民が人の救命の可能性を向上させるために行う「1次救命措置」(p.375)と、医療機関で行う「2次救命措置」(p.377)について解説している。これらの医療教育用シミュレータは、「スキルスラボ」(臨床技能研修室, p.166)などに、医療機器・器具とともに設置されている。「OSCE」(オスキー, p.370)とは、技能・態度を客観的に評価するための臨床能力試験のことである。この中項目では、そのために活用されている医療教育用シミュレータについて述べている。最後に、「訓練用シミュレータ」(p.75)では、製造、運輸、サービスなどの産業分野において、おもに人工物の運転・操作の業務に当たる専門職を養成するために利用されている訓練用シミュレータの事例として、プラントシミュレータ、運転・操作訓練用シミュレータ、組立訓練用シミュレータ、知的訓練支援システムを紹介している。

■ VII 分野：可視化

可視化分野においては、シミュレーションと人間との間のインタフェースが重要な役割を果たす。シミュレーション結果は一般に、3次元空間で定義される数値データのような空間的構造を持つデータと、それ以外のデータとに大別され、それぞれCG技術を使って人間に提示される。両者を説明するために、前者に対しては「ボリューム可視化」部門を、後者に対しては「情報可視化」部門を置いた。ボリューム可視化や情報可視化を使って、これらのデータに隠されている対象の構造や挙動に関する新たな知見を得るための方法論を説明するために、「ビジュアルデータマイニング」部門を置いた。また、シミュレーションによって可視化された人工的な世界の中に入り込み、そこで疑似体験を行うことを可能にする技術に関して「バーチャルリアリティ」部門を置いた。さらに、シミュレーションが利用されている可視化技術や、シミュレーションの精度向上のために利用される実測データに対する可視化技術を説明するために、それぞれ「シミュレーションベース可視化」部門と「シミュレーション検証のための可視化」部門を置いた。

【VII-1 部門】情報可視化

情報可視化とは、物理空間以外の空間で表現される現象や、自然科学以外の分野での現象も対象とした、より包括的な可視化技術であり、多様なシミュレーション結果の視覚的理解手段として有効であると考えられる (p.149「情報可視化」)。

情報可視化の諸技術は、しばしばその対象となるデータ構造に基づいて分類される。特に重要な技術として、「木構造データの情報可視化」(p.58)、「ネットワークの情報可視化」(p.256)、「多変量データの情報可視化」(p.198)、「時系列データの情報可視化」(p.118)などがある。また、情報可視化の諸技術の中には、単に情報を視覚的に表現するだけでなく、ユーザによる対話的操作によって能動的に情報を引き出すことを狙った手法が多い。その基礎的な考え方は「情報可視化のユーザインタラクション」(p.150)に述べられている。

情報可視化の適用範囲は、非常に多岐にわたっている。本部門では、おもに「自然科学シミュレーションと情報可視化」(p.125)、「社会科学シミュレーションと情報可視化」(p.135)、「人間科学シミュレーションと情報可視化」(p.248)の3項目に絞って、情報可視化の典型的な適用事例を紹介する。

【VII-2 部門】ビジュアルデータマイニング

「ビジュアルデータマイニング」(p.279)では、見るべき対象データの特徴を数理的に捉えるためのデータマイニングが活用される。統計学はデータ要素間の関係を明らかにする(p.282「ビジュアルデータマイニングの基礎理論：統計処理」)。また、機械学習によって分析可能なレベルまでデータが縮約される(p.281「同：機械学習」)。さらに、位相のようなデータ特徴空間への変換を介した分析も行われる(p.280「同：位相解析」)。一方、利用者による大規模なデータの検索や操作を容易にするデータベース技術(p.283「ビジュアルデータマイニングのための大規模データ管理」)や、没入の環境を提供して利用者を作業に集中させるための高解像度・高精細ディスプレイ技術(p.284「ビジュアルデータマイニングのためのディスプレイ技術」)も重要な要素技術となる。代表的な応用分野には、マルチフィジクス・マルチスケール解析を中核とする「流体力学におけるビジュアルデータマイニング」(p.348)、「パイオインフォマティクスにおけるビジュアルデータマイニング」(p.265)、「宇宙関連ビジュアルデータマイニング」(p.17)などが含まれる。「ビジュアルアナリティクス」(p.278)は、領域横断的なビジュアルデータマイニングの究極の形態の一つを与えている。

【VII-3 部門】ボリューム可視化

数値シミュレーションでは、3次元空間において数値データが出力される場合が多い。このようなデータを「ボリュームデータ」(p.319)と呼び、本部門では、数値データをスカラ、ベクトル、テンソルと分類した上で、ボリュームデータ向け可視化技術を説明する(p.318「ボリューム可視化」, p.165「スカラボリュームデータの可視化」, p.308「ベクトルボリュームデータの可視化」, p.223「テンソルボリュームデータの可視化」)。計算機の性能向上に伴い、ボリュームデータは大規模になる傾向があり、効率の良い可視化を行うためには、特徴探索や高速化技術が重要とされる(p.320「ボリュームデータにおける特徴探索」, p.193「大規模ボリュームデータの可視化」)。さらに、ボリュームデータを出力するシミュレーションとして、構造・流体・電磁界・医療シミュレーションを取り上げ、ボリューム可視化の適用事例について説明する(p.98「構造シミュレーションとボリューム可視化」, p.346「流体シミュレーションとボリューム可視化」, p.219「電磁界シミュレーションとボリューム可視化」, p.11「医療シミュレーションとボリューム可視化」)。

【VII-4 部門】バーチャルリアリティ

バーチャルリアリティとは、コンピュータによって創出された人工的な世界の中に入り込み、そこでさまざまな体験(疑似体験)を可能とする技術である。バーチャルリアリティは、シミュレーション結果である可視化に臨場感や没入感を与え、ユーザに深い理解を与えるために重要である。また、バーチャルリアリティ自体、コンピュータシミュレーションによって生み出される世界でもある。バーチャルリアリティは人間の五感への刺激やヒューマンインタフェースをはじめとする、多岐にわたる技術で構成され、その応用範囲もまた広い。そこで、本部門では、まず「バーチャルリアリティ」(p.264)の定義を与え、続いて「立体視」(p.341)、「3次元音響」(p.378)、「触感デバイス」(p.152)で視覚、聴覚ならびに触覚を刺激する技術を解説する。そして、バーチャルリアリティの代表的システムである

「CAVE」(p.362)の構成を示す。CAVEまたはCAVE関連システム上でのシミュレーション事例として、「シミュレーションとバーチャルリアリティ・地球シミュレータ」(p.134)と「CAD/CAEにおけるバーチャルリアリティ」(p.361)を紹介する。また、「デジタルアーカイブ」(p.209)では、バーチャルリアリティの記録への応用事例を紹介する。最後に、人工的な世界のみを構成するバーチャルリアリティに対して、仮想と現実を融合する「拡張現実感」(p.38)や、これらを包含する概念・技術である「複合現実感」(p.293)について解説する。

【VII-5 部門】シミュレーションベース可視化

シミュレーションと可視化の間には密接な関係がある。まず、シミュレーションの結果を可視化することでその直感的な理解が可能になることは、容易に理解されるであろう。しかし、両者の関係はそれだけではない。多くの可視化技術は、それ自体がシミュレーションの技術そのものであり、いわばシミュレーションによって画像を生成しているのである。本部門では、シミュレーションに基づく可視化に焦点を絞り、物理学 (p.332「モンテカルロ法の可視化応用」, p.245「ニュートン力学の可視化応用」), 数学 (p.95「高次元シミュレーションと可視化」, p.13「陰関数曲面法と可視化」), 情報科学 (p.30「オブジェクト指向技術と可視化」, p.23「遠隔視触覚協働環境」)で考案され利用されているシミュレーション技術の可視化への応用例を紹介する。

【VII-6 部門】シミュレーション検証のための可視化

流体シミュレーション結果の有効性を評価するためには、流体実験との比較検証に基づいた妥当性評価が必須である。流れの可視化に基づく実験評価が、流体シミュレーションの検証には非常に有効である。可視化によって、温度や速度などといった物理量を定量化して求めることが容易になってきた。本部門では、最先端の定量可視化手法について紹介をする。「粒子画像流速測定法」(PIV, p.343)は、流体速度分布を定量化するための基礎的な手法である。PIVの応用として、平面上の速度3成分情報を取得するための「ステレオ PIV」(p.167), 体積中の速度3成分を取得する「トモグラフィック PIV」(p.241), 高時間分解能で時系列変動を捉える「高速度 PIV」(p.100), 0.1 mm 以下の微小流れ内速度分布を取得する「マイクロ PIV」(p.323), 気泡など混相流流動へ応用した「気泡影法」(p.63)などがある。

温度や圧力などのスカラー量分布を計測するための手法としては、「レーザー誘起蛍光法」(p.353), 「感圧塗料・感温塗料法」(p.50), 「光学的干渉法」(p.89)などの手法が応用できる。

■ VIII 分野：通信ネットワーク

本分野では、インターネット、基幹ネットワークなどの優先通信ネットワークと、携帯電話、光通信、衛星、無線アドホックなどの無線通信ネットワークの、システムレベルのシミュレーション手法について示すとともに、ネットワークやシステムを構成するハードウェアからプロトコルを具体化する上で必要なシミュレーションの手法について述べる。また、通信品質を評価する手法や、通信サービスの評価に関するシミュレーション手法についても明らかにしている。「ネットワーク」部門は、インターネット、光ネットワークを中心に、ネットワークのトラフィック、ネットワーク制御、評価のシミュレーション手法を明らかにしている。「無線ネットワーク」部門では、携帯電話、衛星回線、マイクロ・ミリ波通信、無線 LAN などの無線システムのシミュレーション手法について示している。

「通信方式」部門では、変復調方式など、通信の基礎技術についてシミュレーションの観点から述べている。

【VIII-1 部門】ネットワーク

本部門では、有線・無線共通のネットワークにおける「トラフィック解析」(p.243)、「ルーティング解析」(p.351)などの基本的なネットワーク理論とともに、具体的なネットワーク構成として「インターネットプロトコル」(p.14)、「光ネットワーク」(p.273)、「災害時のネットワーク」(p.109)について解説する。また、具体的なネットワークの制御方法、評価方法として「ネットワーク制御」(p.254)、「QoS/QoE評価」(p.373)、「ネットワーク測定」(p.255)、「ネットワークシミュレーション」(p.253)について説明する。また、ネットワークがユーザへ提供するサービスをモデル化する内容として、「ネットワークサービス」(p.252)について述べる。

【VIII-2 部門】無線ネットワーク

本部門では、具体的な無線システムとして「携帯電話システム」(p.85)、「衛星回線」(p.21)、「マイクロ・ミリ波無線システム」(p.322)、「光無線ネットワーク」(p.275)について述べるとともに、ネットワークを構成するアーキテクチャとして「アドホックネットワーク」(p.2)、「メッシュネットワーク」(p.330)、「コグニティブ無線技術」(p.104)について説明する。また、アドホックネットワークの具体的なネットワークの応用として「無線LAN」(p.328)、「P2P」(p.372)、「車々間通信」(p.139)のネットワーク構成方法について述べる。

【VIII-3 部門】通信方式

「ネットワーク」部門、「無線ネットワーク」部門で示した具体的なシステムに用いる通信基礎技術として、「誤り訂正」(p.3)、「変復調方式」(p.309)、「アクセス制御」(p.1)のシミュレーション方式について示す。

凡 例

1. 項目および項目名

- a. 本辞典は中項目方式の記述による。各項目は、項目名、その外国語、本文、および参考文献よりなる。
- b. 各項目は五十音順で配列した。また、全体を8分野に分け、分野内を部門に分けた。分野および部門については各ページの上部に番号として記した。これについてはp.ivの部門主査一覧を参照されたい。
- c. 記号を含む項目名は記号をそのまま用い、アルファベット順の位置に配列した。

2. 本文

- a. 各項目内にA, B, C, …の小項目を設けた。
- b. 太字で記した述語は重要語句であり、基本的にはその外国語を括弧内に記した。これらの述語は、すべて和文索引・欧文索引で検索できる。

3. 参考文献

- a. 参考文献は項目の末尾に掲げ、本文中で引用するときには、1)のように文献欄の番号を記した。
- b. 単行本の場合は原則として
番号) 著者名：書名、発行所（発行年）
と記した。叢書名を書名のつぎに示した場合もある。
- c. 雑誌の場合は原則として
番号) 著者名：論文題名、雑誌名、巻、号、開始ページ
と記した。

この中項目が属する分野番号

この中項目が属する分野・部門

分野：環境・エネルギー
部門：地域・地球環境 [IV-1]

中項目名とその英語表記
(索引掲載)

36

関連する
中項目のページ

小項目

口絵にカラー
の図がある
ことを示す

重要語句は
ゴシック体で示し
英語を付記
(索引掲載)

海洋大循環

[英] ocean general circulation

海洋大循環とは、大洋規模あるいは全地球規模での海洋の3次元的な流れであり、おもに海面での風力によって駆動される風成循環と、海面での浮力フラックスにより駆動される熱塩循環がある¹⁾。これらの海洋大循環は、大気循環とともに、熱帯域で吸収された太陽からの熱を高緯度域へと輸送し、地球の気候形成とその変動(⇒p.59)に重要な役割を果たしている。

A. 風成循環

風成循環は、海面から数百メートル深までの海洋表層で顕著に見られる、水平方向に卓越した循環であり、地球儀や地図帳などで海流図としてよく目にする。亜熱帯循環や亜寒帯循環のような大洋内で閉じた循環がある一方、南極周辺の南大洋では回る陸地がないため、東西につながった周極流を形成する。また、各大洋の西側では黒潮のような非境界層流があり、流れの不安定化による擾乱の発達など、乱流的な振る舞いを示す。

B. 熱塩循環

熱塩循環は、海表面から海底まで達し、全海洋を巡る大規模な循環であり、風成循環の及ばない深層ではこの循環が卓越する。熱塩循環は、大気から強い冷却などを受けて密度が増加した表層の海水が、グリーンランド周辺や南極周辺などで深層へと沈み込み、海洋全体に広がりながら、各大洋内部で徐々に上層へ湧き上がり、沈み込み海域へと戻って行く循環である。一巡するのに千年程度の時間をかけ、非常にゆっくりと流れている。そのため、さまざまな原因による混合過程の影響を強く受けており、熱塩循環の適切な再現には、海洋内部の混合パラメタリゼーションの扱いが重要と考えられている。

C. 海洋大循環モデル

このような海洋大循環に伴う3次元の流れや、水温、塩分、密度などの分布の時間発展を計算するため、1960年代に海洋大循環モデルが開発され、その後広く用いられるようになった。海洋を含む流体運動は、ナビエ・ストークス方程式(Navier-Stokes equations)と質量保存の式、さらにエネルギーに関する式や状態方程式を連立させた非線形の偏微分方程式(partial differential equation)系で表される。これらを差分方程式で近似し、海洋を水平方向と鉛直方向に離散化してシミュレーションを行う²⁾。その際、着目する現象に合わせて、多様な座標系が用いられている。海洋のモデルには、方程式系の近似の階合いに

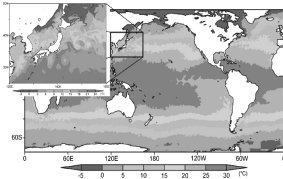
よりさまざまなものがある。海洋大循環モデルの正式な定義は曖昧だが、表層から深層までを含めた全球規模の海洋循環を再現できるプリミティブ方程式系で表されるものを、海洋大循環モデルと呼ぶことが多い。海面での風応力による運動量フラックスと、大気海洋間の熱フラックスとを境界条件として与えることで、風成循環と熱塩循環を駆動する。

D. 海洋大循環のシミュレーション

複雑な海岸線・海底地形を持ち、非定常、非線形の、時空間的に非常に幅広いスペクトルの現象を含む海洋大循環のシミュレーションは、十分な解像度に加え、出力データを時空間的に密に保存する必要があるため、膨大な計算機資源を必要とする。また、計算機の性能向上とともに高解像度化が進んでいるが、それでも格子間隔以下の空間規模を持つ現象を取り入れるためのパラメタリゼーション(parameterization)は不可欠であり、その研究も同時に発展していく必要がある。

近年では、地球シミュレータ(The Earth Simulator, ⇒p.134, p.202, p.307)などの最先端スーパーコンピュータを駆使した高解像度数値シミュレーションが可能となり、大洋規模の循環に加え、直径数百km程度の中規模渦や海洋前線帯も、現実的に再現することができるようになった。また、観測データを用いてモデル結果を修正しながらシミュレーションを行う、データ同化技術(⇒p.24, p.60, p.191)の発展も目覚ましく、精度の良い海洋循環のデータが得られつつある。

高解像度海洋大循環モデルで再現された海面水温分布の例を以下に示す(口絵13)。大洋規模の分布とともに、黒潮域の中規模渦や前線構造も再現されている。



参考文献

1) The Ocean University: Ocean Circulation, Pergamon Press, p.238 (1989)
2) Griffies, S. M.: Fundamentals of Ocean Climate Models, Princeton University Press, p.518 (2004)

執筆に際して参考にした文献、または
より深く知りたい読者のための文献

和文索引

【あ】	
アークプラズマ	186
アーラン B 公式	243
アクセス制御	1
アクチュエータ	66
アクチュエータ材料	169
アクティブ測定	255
圧縮性	70
圧電体	337
圧 力	100
圧力制御	235
アドホックネットワーク	2, 330, 372
アドレス付け	14
アナリシス	181
アニメーション	95
アノテーション	293
アベイラビリティ	182
誤り訂正	3
アンサンブルカルマンフィルタ	60
安定性	4
安定性解析	176
安定度	226
安定判別	34
アンテナ解析	5
アンビソニックス	378

【い】	
イオンチャネル	45
イオン注入	270
意思決定	324
異質のエージェント	79
異常気象	59
位相エンコード	114
位相変調	309

位置決め制御	6
一対一 (アクセス制御)	1
一般化密度勾配近似 (GGA)	272, 327
一般均衡理論	296
一般市民	375
遺伝子組み換え	7, 317
遺伝的アルゴリズム (GA)	32, 73, 77
移動ロボット	8
異文化間リテラシー	106
イベントドリブン	358
意味形成	324
イミニティ	364
癒し工学	9
医用画像	177
移 流	363
移流スキーム	363
医療教育用シミュレータ	10, 166, 370
医療シミュレーションと ボリューム可視化	11
医療用画像	175
医療用材料の MRI アーティ ファクト	12
入れ子状で表現する空間充填 表現	58
陰解法	233
因果確率推論	52
陰関数曲面	332
陰関数曲面法と可視化	13
陰関数曲面モデリング	13
インターネットプロトコル	14
インタフェース	14
インド洋ダイボール (IOD)	202
インパルス ΔV	18

インフォメーション グラフィックス	248
インフライトシミュレータ	92

【う】	
ウィナー・ヒンチンの定理	271
ウェーバー・フェヒナーの法則	251
うず電流	12, 15
うず電流解析	15
うず電流損	122
打ち切り誤差	334
宇宙往還機の飛行	16
宇宙関連ビジュアルデータ マイニング	17
宇宙機の運動	18
宇宙機の熱・構造問題	19
宇宙機の流体問題	20
運動学	8
運動視差	341
運動方程式	245

【え】	
英国式オークション	27
衛星回線	21
エージェント	22, 136
エージェントベースシミュレ ーション (ABS)	22, 79, 137, 285, 354
エージェントベースシミュレ ーションツール	22
エージェントベースモデリング	321
液化天然ガス (LNG)	236
エスノグラフィ	108, 303
枝	138
エネルギー解放率	268

エネルギー原単位	143	音響エネルギー流れ	32	拡散テンソル磁気共鳴画像法 (DT-MRI)	11
エネルギー使用の合理化に 関する法律	143	音響超音波法	169	核子	39
エネルギー法	188	音源探査	32	核磁気共鳴	114
エラー回復制御	14	音源-フィルタ理論	33	核磁気共鳴画像法 (MRI)	11, 114, 178
エルニーニョもどき	202	音場の可視化と音源の同定	32	学 習	156
エルミート補間多項式	312	音声合成	33	拡張現実感 (AR)	38, 75, 293
塩 害	240	温 度	353	拡張性	71
遠隔視触覚協働環境 (HCVE)	23	温度時間換算則	257	拡張バーチャリティ	293
沿岸海流	24	オントロジー	203	拡張不確かさ	83
沿岸環境	25	温熱環境	237	角度中性子束	88
塩基配列	305			角度変調	309
		【か】		核物理	39
【お】		カーネル関数	231	核融合	40
オイラー型	180	可安定	111	確率微分方程式	332
オイラー的手法	344	開口面アンテナの解析	322	確率分布	229
オイラー法	148	外骨格装具型	314	がけ崩れ	239
オイラー・マクローリンの公式	162	介在物	244	可検出	111
応答曲面	26	海上交通流シミュレーション	35	加工システム (切削・プレス・ 溶接等)	41
応答曲面法による最適化	26	外生的循環論	285	火災災害	42
応力拡大係数	268	解析的推論	278	火砕流	43
応力遮蔽	175	回線設計	21	火山噴火災害	43
大型モデル	98	回転機械	34	可視化出自管理	278
オークション	27	回転系安定性, 軸・軸受・ 構造連成モデル	34	可視化発見プロセス	279
オーダーブックデータ	103	回転翼	93	可視光通信システム (VLC)	275
オーダーN法	28	海難事故リスク評価	35	過 信	249
オートメーションサプライズ	249	海洋大循環	36, 59	ガス化炉	48
オービタルフリー	327	海洋中規模変動	24	ガスタービン	48
オスキー (OSCE)	370	外 乱	262	可制御	111
汚染物質	346	開ループ制御	6	河川環境	44
オブザーバ	29	回路シミュレーション	37	仮想環境	326
オブジェクト指向	22, 30	ガウス型公式	162	仮想計算機	72
オブジェクト指向技術と可視化	30	ガウスモデル	87	仮想現実感 (VR)	75, 91, 264, 293
オペレーションズリサーチ (OR)	108, 170, 321	ガウス・エルミート公式	162	仮想市場	296
オペレーティングシステム	14	ガウス・ルジャンドル公式	162	仮想心臓シミュレーション	45
重 み	162	蛙跳び法	365	仮想組織	72
折紙工学	31	火炎伝播	237	仮想プライベートネットワーク (VPN)	252
折れ線グラフ	118	カオス	285	家族歴史学	354
音 圧	32	化学情報学	120	硬い系	148
音響インテンシティ	32	化学反応速度論	117	価値誘発理論	126
		可観測	111		
		蝸 牛	204		
		拡散光トモグラフィ	68, 76		

グラフカット	113	ゲートレベルシミュレーション	358	更新ラグランジュ法 (U.L.F)	286
グラフ描画	256	結合損失率 (CLF)	230	構成関係式	220
クリーン開発メカニズム (CDM)	266	血行動態応答関数 (HRF)	154	構成方程式	55, 257
繰り返し制御	6	ゲノム	265	酵 素	194
クリギング	26	ゲノムブラウザ	265	構 造	96
グリッド	137	ケモインフォマティクス	120	構造健全性	96
グリッドコンピューティング	72	検索連動広告	27	構造工学	96
グリッドミドルウェア	72	現実環境	293	構造格子ボリューム	319
クリロフ部分空間	356	原子力発電	86	構造最適設計	97
クリロフ列	67	原子炉	88	構造シミュレーション	7
車いす駆動	73	原子炉事故時の放射性物質拡散	87	構造シミュレーションと ボリューム可視化	98
クローズドフォーム	16	原子炉物理	86, 88	構造流体連成	180
クロスパネットワーク	202	原単位管理ツール	144	高速回路シミュレータ	195
軍事シミュレーション	74	限定合理性	285, 291	高速多重極法	5, 65, 99, 185
訓練用シミュレータ	75	顕 熱	238	高速度 PIV	100
		検 波	309	高速フーリエ変換 (FFT)	216, 292
【け】		【こ】		酵素反応	117
計器飛行方式 (IFR)	94	高圧導管	235	剛 体	18
経験的ホロプター	341	広域イーサネット	252	広帯域 CDMA (W-CDMA)	85
蛍 光	353	行為の中での省察	181	剛体折り	31
蛍光トモグラフィ	76	公開鍵暗号	305	剛体リンクモデル	73
経済主体	79	公開鍵り上げ方式	27	交通シミュレーション	101
経済データ分析における 機械学習	77	光化学オキシダント	191	工程計画	102
経済ネットワーク	78	光化学的	352	工程計画ソフトウェア	102
経済物理	79, 103	光学的干渉法	89	光熱的	352
計算音響学	347	光学特性値	174	高頻度経済データ	103
計算空力音響学	347	交換相関	327	高齢者	145
計算組織論	187	光機能モニタリング	68	高レイノルズ数	93
計算力学 (ナノテクノロジー)	80	高強度レーザーと物質の 相互作用	90	高レイノルズ数流れ	20
計算力学 (バイオ)	81	航空機の構造問題	91	高レベル放射性廃棄物 (HLW)	200
計算力学 (流体)	82	航空機の飛行	92	コージェネレーションシステム	237
形式ニューロンモデル	246	航空機の流体問題	93	コード生成法	37
継 承	30	航空交通管理 (ATM)	94	ゴードン・ベル賞	17
計測技術	83	航空事故リスク評価	94	固気混 (二) 相流	344
計測原理	84	呼受付制御 (CAC)	254	コグニティブ無線技術	104
携帯電話	109	考古学	354	誤 差	83
携帯電話システム	85	格 子	319	誤差逆伝播法	246
系統誤差	83	高次元シミュレーションと 可視化	95	誤差最小 2 乗法	26
計量ファイナンス	103	硬磁性材料	122	湖沼環境	105
経路制御	14				
経路制御方式	2				

実現ボラティリティ	103	周期的	292	詳細設計	181
実験モード解析	233	自由空間光無線 (FSO)	275	硝酸エアロゾル	191
実効増倍率	88	修正コレスキー分解法	110	常磁性体	12
実体設計	181	修正ランバート・ベア則	68	状態監視保全	182
自動車事故リスク評価	127	重点サンプリング	245	状態遷移モデル	147
自動車の構造問題	128	周波数エンコード	114	状態方程式	4, 184, 262
自動車の騒音	129	周波数応答関数	158	常電導状態	206
自動車の流体問題	130	周波数直交多元アクセス方式 (OFDMA)	1, 85	衝突過程	95
自動船舶識別装置 (AIS)	35	周波数分割多元アクセス方式 (FDMA)	1, 85	衝突輻射モデル	299
自動体外式除細動器 (AED)	375	周波数変調 (FM)	1, 309	常微分方程式	289
自動取引	156	周波数弁別器	309	常微分方程式の初期値問題	148
自動売買	131	自由表面流れ	140	情報可視化 (InfoVis)	149
シナプス	132	重要インフラ防護	310	情報可視化のユーザインタラク ション	150
シナプス可塑性	132	終了時刻直前への入札	27	情報処理アプローチ	187
シナプス結合	247	重 力	17	情報処理モデル	151
シナプス後電位	260	重力多体問題	367	乗法代数再構成法 (MART)	241
地盤振動	214	需給シミュレーション	141	情報ビックバン	279
時分割多元アクセス方式 (TDMA)	1, 85	縮退点	223	触媒反応	194
字 幕	205	主成分分析	9, 228	触力覚提示	152
シミュレーション	326	受動型動吸振器	142	触感デバイス	10, 152
シミュレーション技術と社会	133	需要関数	141	初等理論	188
シミュレーションとバーチャルリ アリティ・地球シミュレータ	134	手 話	205	自立移動	225
射影子補強波 (PAW) 法	366	巡回セールスマン問題 (TSP)	298	シリンドラ	70, 333
社会科学シミュレーションと 情報可視化	135	潤 滑	242	事例ベース推論	171
社会技術システム	291	順シミュレーション	137	進化ゲーム理論	285
社会システムシミュレーション	136	順動力学シミュレーション	61	シンキング CAE	153
社会シミュレーションの 大規模化	137	省エネ診断	144	神経回路網	300
社会的決定	133	省エネ法	143	神経活動 (LFP)	154
社会ネットワーク	138	省エネラベル	143	神経血管カップリング	154
弱形式	335	省エネルギー技術 (工場・家庭)	143	神経-血管相互作用	154
弱連成解析	192	省エネルギー技術 (ビル)	144	神経細胞	247, 263, 300
車々間通信 (IVC)	139	障がい者・高齢者疑似体験機器	145	神経振動子	314
遮断器	186	傷害値予測	128	人工関節用金属材料の加工法	155
斜面崩壊	239	障害物回避	8	人工市場	156
車両全体	128	状況認識	291, 303	人工知能 (AI)	171
シュア分解	67	消去先	121	人工廃熱	238
重回帰分析	228	衝撃を受ける人体の挙動予測	146	新古典派経済学	296
周 期	292	条件数	306	浸 水	197
				シンセシス	181
				身体障がい者	145
				人体モデル	146, 157
				心的作業負荷	151
				振 動	100

振動遮断	64	スタガードグリッド	365	声 帯	33, 178
振動モード	158	スタンドアロン	23	生体制御	317
心肺蘇生法 (CPR)	375, 377	ステレオ PIV	167, 343	生体組織の光学特性	174
深部感覚	152	ストック	121	生体とバイオマテリアルの 力学シミュレーション	175
振幅制限器	309	ストック・フロー図式 (SFD)	121	生体分子ネットワーク	176
信用関係	78	スパイクタイミング依存性	132	生体力学	177
信頼区間	83	シナプス可塑性	132	静的協調	66
信頼性評価	159	スパイラルリエントリー	45	静的モデル	112
心理評価	9	スプライン補間	312	声 道	33, 178
診療参加型実習	370	スプリングモデル	256	声道問題	178
人類学	354	スペクトル半径	306	精度保証付き数値計算	179
【す】		すべり線場法	188	製品モデル (PM)	173
水害・洪水災害	160	スポーツ工学	168	精密さ	161
吹送流	105	スマート構造材料	169	生命情報学	120
水素発生反応	272	スラブ法	188	生命体統合シミュレーション	180
垂直磁気記録	211	スラブモデル	217	制約誘導論	171
スイッチレベルシミュレー ション	358	スリップ	290	世界諸英語	106
水和反応	240	スロット付きアロハ方式	1	赤外線通信システム (IrDA)	275
数値気象モデル	240	【せ】		赤外放射	238
数値計算と浮動小数点演算	161	精確さ	161	積分発火モデル	263
数値積分	162	正確性	253	セキュリティ	135
数値積分手法	226	正確丸め	161	絶 縁	186
数値線形代数	163	制御器	262	設計工学	181
数値天気予報	60	制御対象	262	設計品質	359
数値分散誤差	365	制御入力	262	設計変数	97
数値流体力学 (CFD)	42, 130, 236, 344, 345, 367	制御弁	333	切 削	41
スーパーセル	217, 374	制御量	262	接触問題	286
数理計画法	97, 171, 297	制御理論	262	絶対誤差	161
スカラ超並列計算機	164	制限酵素	305	節 点	319, 335
スカラ場	13	生産管理	170	節点力法	221
スカラ波近似解析	274	生産計画	171	設備管理	182
スカラボリュームデータ	165	生産システム	297	設備保全	182
スカラボリュームデータの 可視化	165	静止画	95	雪氷災害	183
スキャナデータ	103	静磁界解析	172	説明責任	133
スキルスラブ	10, 166	脆弱性	78	セミクロズドループ制御	6
スキルベース	151	制 振	142	セルオートマトン	101, 147
スケラビリティ	193, 372	制振構造	64	ゼロ知性	27
スケールフリー・ネットワーク	138	静水圧近似	25, 105	遷移確率	53
図上演習	74	製造ライン	173	繊維強化樹脂基複合材料 (FRP)	294
		正則化	84	全球モデル	191
		生息場評価	44	漸近安定	340
		生息量予測	44	線 形	289

聴覚障がい者のためのコミュニ ケーション支援システム	205	データストレージ	211	伝達線路行列法の波面合成法 への応用	224
長期増強現象 (LTP)	132	データ同化	60	電動車いすシミュレータ	225
長期抑圧現象 (LTD)	132	データベース	226	伝搬路特性評価	322
長周期地震動	119	データマイニング	279	転 覆	213
調 整	324	適 応	324	天文データベース	17
頂 点	138	適応アルゴリズム	261	電流連続式	269
超電導解析	206	適応性	199	電力系統解析	226
超電導磁気浮上式鉄道	207	適応制御	261	電力系統制御・シミュレータ	227
超電導磁石	207	適応同定	261		
超電導状態	206	適 合	225	【と】	
超流線	223	テクスチャ統合	308	同一次元オブザーバ	29
直接数値計算 (DNS)	339, 345	デザイン科学	212	投影関数	167, 241
直接測定	83	デザイン科学の枠組み	212	投影像	165
直線探索	172	デザイン学	212	等価介入物法	244
直交周波数分割多重アクセス (OFDMA)	1, 85	鉄 損	122	同期検波	309
直交多項式系	312	手続きの知識	203, 250	統 計	228
直交表実験計画	26	鉄道事故リスク評価	213	統計教育シミュレーション ツール	229
地理情報システム (GIS)	42	鉄道の構造問題	214	統計的安全評価手法	86
		鉄道の流体問題	215	統計的エネルギー解析法 (SEA)	230
【つ】		デュアル法	54	統計的学習機械	231
通信需要	109	電圧安定性	226	統計プロセス制御 (SPC)	283
津 波	197	転位動力学	244	統計力学的手法による分子 動力学計算	232
津波災害	208	電気インピーダンストモグラ フィ (EIT)	216	統合型光無線 (RoFSO)	275
ツリー法	185	電気泳動	305	等高線	318
		電気化学反応	217, 272	動作レベルシミュレーション	358
【て】		電気伝導	218	同時計測	50
デジタルアーカイブ	209	電気二重層	217	同調形マスダンパ (TMD)	142
デジタルエンジニアリング	181	電磁界シミュレーションと ボリウム可視化	219	動的応答	233
デジタル開発	210	電磁界の離散化	220	動的協調	66
デジタルカルチャルヘリ テージ	209	電磁カスケード	311	動的計画法	171
デジタルサイネージ	108	電磁環境両立性 (EMC)	364	動的検索	150
デジタル信号処理 (DSP)	46	電子広告	38	動的システム評価	234
デジタルファクトリ	173	電子状態理論	80	動的モデル	112
デジタルモックアップ (DMU)	102, 210	電磁的妨害 (EMI)	364	頭部装着ディスプレイ (HMD)	38, 293
定常状態	176	電磁力計算	221	頭部伝達関数	204, 378
低侵襲手術	23	電子励起エネルギーの計算手法	222	動力学	8
ティックデータ	103	伝送特性評価	322	トータル物流	297
低レベルレーザー治療 (LLLT)	352	テンソルボリウムデータの 可視化	223	特異摂動法	347
		伝達関数	4, 184		
		伝達線路行列法	224		

特異点	320	ニュートン・オイラー法	360	粘弾性	257
特性方程式	223	ニュートン・カントロビッチ		粘弾性流体の流動	257
特徴領域 (ROI)	125	の定理	51	燃料電池	237, 258
都市ガス供給	235	ニュートン・コーツ公式	162	【の】	
都市ガス製造	236	ニュートン補間公式	312	脳	300
都市ガス利用機器	237	ニュートン・ラフソン法	172	脳機能測定	68
都市気候	238	ニュートン力学の可視化応用	245	脳機能 MRI (fMRI)	259
都市構造	53	ニューマーク β 法	336	脳血流 (CBF)	154
土砂災害	239	ニューラルネットワーク (NN)	66, 231, 246	脳磁図 (MEG)	260
土石流	239	ニューロン	247	脳組織酸素代謝率 (CMRO ₂)	154
トップランナー基準	143	ニューロンの数理モデル	247	濃 度	353
土木構造物	240	人間介在型シミュレーション	75, 310	能動音響制御 (ANC)	261
トモグラフィ	255	人間科学シミュレーションと		能動型動吸振器	142
トモグラフィック PIV	241, 343	情報可視化	248	能動振動制御	262
ドライビングシミュレータ	75, 127, 249	人間機械系	249, 303	脳 波	263
トライボロジー	242	人間信頼性解析	290	ノード・リンク表現	58
ドラッグデリバリーシステム	189	人間信頼性評価	147, 290	ノーマルサイエンス	133
トラフィック解析	243	人間・組織・社会 (IOS)	74	乗り心地	214
トレーサ粒子	167	認知アーキテクチャ	250	【は】	
トレンド	135	認知機構	156	バーチャル開発	210
トロイダル CVT	57	認知地図	248	バーチャル環境	293
トンネル微気圧波	215	認知的適応性	324	バーチャルマニファクチャ	
【な】		認知特性	251	リング	173
ナイキスト安定判別法	184	認知モジュール	250	バーチャルリアリティ (VR)	75, 91, 264, 293, 362
内生的循環論	285	【ね】		ハードディスク装置	211
内部損失率 (ILF; DLF)	230	ね じ	56	ハートリー・フォック (HF)	304
流れ場-生態系結合モデル	25, 105	熱拡散	270	パイオインフォマティクス	
雪崩の運動モデル	183	ネットワーク	248		120, 302
ナノ・マイクロメカニクス	244	ネットワーク構造	118, 125	パイオインフォマティクスに	
ナノマテリアル	80	ネットワークサービス	252	おけるビジュアルデータ	
ナノメカニクス	244	ネットワークシミュレーション	253	マイニング	265
ナビエ・ストークス方程式	36	ネットワークシミュレータ	2	排出権取引市場	266
軟磁性材料	122	ネットワーク制御	254	パイスタンダー	375
【に】		ネットワーク測定	255	ハイゼンベルグ模型	115
ニアネットシェイプ	155	ネットワークの情報可視化	256	バイドメインモデル	45
二酸化炭素の地中貯留 (CCS)	200	熱の貯留	238	パイノール音響	378
二重指数関数型公式	162	年間エネルギー消費量	143	ハイブリッドシミュレーション	80
二重偏波気象レーダ	160	燃焼計算	88	ハイブリッド法	327
二体問題	18	燃焼・乱流	20		

ハイブリッド密度汎関数法	366	ビーム伝搬法 (BPM)	338	ひずみエネルギー密度 (SED)	
ハイブリッド DFT	366	ビーンモデル	206		175
配 列	267	ビオ・サバールの法則	260	非静力学モデル	60
配列解析	267	光音響的	352	非線形	289
配列類似性検索	267	光拡散方程式	76, 174	非線形経済動学	285
パイロットレイティング	92	光機械的	352	非線形光学	352
破壊力学	268	光コヒーレンストモグラフィ		非線形構造解析	286
薄層要素法	214		11, 271	非線形性	46
歯 車	56	光シート	167	非線形破壊力学	268
パケット転送	14	光触媒設計	272	非線形方程式	287
箱ひげ図	282	光断層撮影技術 (OCT)	11, 271	ビタビ復号法	3
パスウェイ	265	光ネットワーク	273	非断熱係数	288
パソコン	364	光ファイバ解析	274	非断熱動力学シミュレーション	
波長分割技術 (WDM)	275	光ファイバセンサ	169		288
バックアノテーション	195	光無線ネットワーク	275	ビデオアバタ	38, 284
バッシン測定	255	微気圧波	207	非テキスト情報	52
発信規制	109	微気象	276	非同期検波	309
発生元	121	非経験法	327	皮膚感覚	152
波動方程式	178, 224	飛行条件	16	微分形式	220
ハドロソ	311	飛行性	92	微粉炭焚ボイラ	48
ハミルトンの原理	336	飛行領域	16	微分方程式	176, 289
波面合成法 (WFS)	224, 378	微視的モデル	101	微分方程式と数値計算	289
パラメタリゼーション	36	ビジネス	135	非平衡グリーン関数	218
パラレルリンクマニピュレータ		ビジネスゲーム	277	非平衡性	20
	57	ビジネスシミュレーション	277	ヒューマンエラー	290
汎関数オブザーバ	29	被写界深度 (DOF)	323	ヒューマンファクタ	35
反磁性体	12	ビジュアルアナリティクス		ヒューマン・マシンインタ	
反射モデル	113		149, 278	フェース	151, 249
搬送波	309	ビジュアルシンキング	153	ヒューマンモデル	291
搬送波電力対雑音電力比		ビジュアルデータマイニング	279	ヒューリスティックス	251
(CNR; C/N)	21	ビジュアルデータマイニングの		評定尺度法	373
反転螺旋型円筒折り紙構造	31	基礎理論：位相解析	280	標本分布	229
半導体スピントロニクス	123	ビジュアルデータマイニングの		表 面	242
半導体デバイスシミュレー		基礎理論：機械学習	281	漂流物	197, 208
ション	269	ビジュアルデータマイニングの		非連成解析	355
半導体プロセスシミュレー		基礎理論：統計処理	282	疲労寿命予測	128
ション	270	ビジュアルデータマイニングの		疲労破壊問題	268
反復法	99	ための大規模データ管理	283	貧酸素化	25, 105
判別分析	281	ビジュアルデータマイニングの		品 質	359
		ためのディスプレイ技術	284	品質 (QoS)	254
【ひ】		微小循環系	177	品質機能展開 (QFD)	181
非圧縮性粘性流	82	非侵襲脳計測	301	敏捷性	71
ヒートアイランド現象	237	ヒステリシス特性	122	ビント調節	341
ヒートマップ	265	ヒストグラム	198, 282		

【ふ】

ファットツリーネットワーク 202
 不安定 34
 フィードバック 121
 フィードバック制御 317
 フィードフォワード制御 6
 フィット-ナグモモデル 263
 フーリエ解析 292
 フーリエ逆変換 292
 フーリエ級数 292
 フーリエドメイン OCT 271
 フーリエ変換 292
 富栄養化 25, 105
 フェーズフィールド法 337
 フェルミ演算法 28
 フォークト模型 257
 フォールトツリー解析 (FTA) 181, 234
 不確実要因 91
 負荷計算 144
 不規則格子ボリューム 319
 普及モデル 321
 複合現実感 113, 293
 複合材料 294
 複合 (ハイブリッド) システム 295
 複雑系経済学 296
 輻射 20
 輻輳 254, 341
 輻輳制御 14
 復調 309
 符号分割多元アクセス方式 (CDMA) 1, 85
 不確かさ 83
 物質との相互作用 311
 物流シミュレーション 297
 物流マネジメント 298
 不適切問題 216
 部分放電 186
 部分要素等価回路法 (PEEC 法) 364
 部分連成解析 355
 不変集合 340

フライスルー 271
 ブラウン運動 332
 フラジリティ関数 208
 プラスチックの成形加工 257
 ブラズマ 40, 90, 196
 ブラズマ物理 299
 ブランニング 324
 振り返り 166
 ブリ処理 361
 プリント回路基板 (PCB) 364
 ブレインコンピューティング 300
 ブレイン・マシンインタフェース (BMI) 301
 プレス加工 41
 フレッシュコンクリート 240
 フレッドホルムの交代定理 51
 フロー 121
 フロー測定 255
 プロジェクションクラスタ技術 225
 プロセスシステム 75
 ブロックダイアグラム 159
 プロテオミクス 302
 プロトコル 14
 噴煙 43
 文化財 209
 分割統治計算 99
 分割統治法 28
 分割表 198
 分散型制御システム (DCS) 329
 分散認知 303
 分散分析 348
 分子イメージング 76
 分子軌道 304
 分子軌道法 304, 327
 分枝限定法 171
 分子コンピューティング 305
 分子動力学 (MD) 39, 81, 180, 185, 232, 244, 337, 367
 分子-分子相互作用 117
 分点 162
 分布 229
 分布定数回路 224

【へ】

平均オビニオン評点 (MOS) 373
 平行座標プロット 198, 282
 平衡状態 245
 平衡点 340
 米国心臓協会 (AHA) 375, 377
 ペイジアンネットワーク 108
 ペイズモデル 231
 平面充填形 31
 閉ループ制御 6
 並列アップデューティング 313
 ベータ分布 159
 ベーテ・サルピータ方程式 (BSE) 222
 べき乗則 79, 138
 ベクター (遺伝子組み換え) 7
 ベクトルと行列のノルム 306
 ベクトル波解析 274
 ベクトル並列計算機 307
 ベクトルボリュームデータの可視化 308
 ベクトルレジスタ 307
 ヘッセ行列 320
 ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 38, 293
 ヘップ学習則 132
 ベトリネット 234
 ヘモダイナミクス 259
 ヘルムホルツ共鳴器 64
 ヘルムホルツ方程式 32, 336, 350
 変圧器 186
 変調 309
 偏微分方程式 36, 289, 363
 変復調方式 309
 【ほ】
 ボアソン方程式 269
 ホイットニー要素 15
 棒グラフ 198
 防災シミュレーション 310
 放射線輸送 311

ホールド回路 329
 補 間 13, 312
 補間型数値積分公式 162
 補間多項式 312
 補間と直交多項式系 312
 ボクセル 180
 ボクセル有限要素法 316
 歩行者エージェント 313
 歩行者ダイナミクス 313
 歩行者流 313
 歩行リハビリテーション
 ロボット 314
 歩行ロボット 315
 ホジキン-ハクスレイ方程式 263
 ポスト処理 361
 ポストプロセッシング 219
 ポストレイアウトシミュレ-
 ション 195
 補聴器 205
 没入型投影ディスプレイ (IPD)
 362
 ポテンシャル力 245
 骨リモデリング 316
 ホメオスタシス 317
 ポリエチレングリコール
 (PEG) 189
 ポリゴンメッシュ 245
 ポリウム可視化 318
 ポリウムディスプレイ 219
 ポリウムデータ 318, 319
 ポリウムデータにおける
 特徴探索 320
 ポリウムレンダリング
 165, 193, 332
 ボルツマン輸送方程式 311
 ボルン・オッペンハイマー近似
 288
 ホログラフィ干渉法 89
 ホログラフィックニューラル
 ネットワーク (HNN) 9
 ポンプ 333

【ま】
 マーケティングサイエンス 321

マイクロマグネティクス解析 116
 マイクロ・ミリ波無線システム
 322
 マイクロメカニクス 244
 マイクロ流体デバイス 323
 マイクロ PIV 323, 343
 マクスウェルの応力法 221
 マクスウェル方程式
 15, 220, 260
 マグマ 43
 マクロ認知 324
 摩 擦 242
 待ち行列理論 243
 マックスウェル模型 257
 マッハ・ツェンダ干渉法 89
 マティーセン則 269
 摩 耗 242
 マルコフ過程 147
 マルコフ連鎖モンテカルロ
 (MCMC) 113
 マルチエージェントシステム 101
 マルチエージェントシミュレ-
 ション 321
 マルチグリッド法 325
 マルチスケール解析 116
 マルチスケール・マルチフィジ-
 クスシミュレーション 177
 マルチチャネル音響方式 378
 マルチパスフェージング 139
 マルチパラメータ・レーダ 160
 マルチフィジクス解析 116
 マルチホップ無線ネットワーク
 351
 マルチボディ 146
 マルチボディシステム (MBS)
 213
 マルチボディダイナミクス
 (MBD) 214, 326
 マルチモーメント 363
 丸めモード 161
 マン・マシンインタフェース 66

【み】

見える化 135
 ミカエリス・メンテンの式 194
 身構え 146
 ミクロ・マクロリンク 136
 ミステイク 290
 ミセル 189
 ミッション設計 18
 密度行列法 28
 密度汎関数法 (DFT)
 90, 115, 327, 337, 366
 密度流 105
 耳つん 215

【む】

無限要素 336
 無線回線設計 322
 無線 LAN 328, 330

【め】

メカトロニクス 329
 メカトロニクスとデジタル
 制御 329
 メゾ力学 244
 メッシュネットワーク 330
 メディア同期品質 373
 メトリック 351
 メラー・プレセット (MP) 304
 免 震 64

【も】

モース・スモール複体 280
 モーター解析 331
 モーター磁界解析 331
 モード解析 34, 129
 モード減衰比 158
 モード合成法 19
 モード座標 158
 モード特性 158
 モード法 46
 モード密度 230
 モーメント法 65, 364
 模擬患者 (SP) 370

目的関数	97	要素	230	力覚提示	152
目標安全度 (TLS)	94	要約筆記	205	離散化	190
モザイクプロット	198	横風	215	離散型シミュレーション (DES)	102, 253, 297
モチーフ	267	横緩和	114	離散的選択モデル	321
モデリング&シミュレーション (M&S)	74	【ら】		離散フーリエ変換	292
モデル化	262	ラージェディシミュレーション (LES)	20, 48, 130, 339, 345	離散変数法	148
モデル選択	137	ライトヒルの音響アナロジー	347	理想気体の状態方程式	70
モノドメインモデル	45	ライトレール車両 (LRV)	213	立体折り紙	31
問題検出	324	ライフサイクルシミュレーション	173	立体構造	265
モンテカルロシミュレーション	234	ライフログ	248	立体視	341
モンテカルロ法	91, 159, 162, 174, 243, 299	ラウス・フルビッツの安定 判別法	184	リバースエンジニアリング	342
モンテカルロ法の可視化応用	332	ラグランジュ緩和法	171	リハビリテーション	314
【ゆ】		ラグランジュの手法	344	リブシット	340
油圧システム	333	ラグランジュ法 (T.L.F)	286	粒子画像流速測定法 (PIV)	50, 63, 89, 100, 343
有界実補題	369	ラグランジュ方程式	360	粒子速度	32
有限オートマトン	305	ラグランジュ補間公式	312	粒子追跡法	308
有限差分法 (FDM)	46, 65, 148, 289, 334	ラフ集合	348	粒子追跡流速計測法 (PTV)	63
有限体積法	363	ラプス	290	粒子飛散現象	344
有限要素法 (FEM)	12, 46, 65, 129, 146, 178, 188, 210, 214, 216, 289, 325, 335, 338	ラプラス方程式	350	粒子法	40, 87, 160, 299
有限要素法による音場シミュ レーション	336	ランダウアーの公式	218	流束収支解析	176
有効遮蔽媒質 (ESM)	217	ランダムウェイポイントモデル	2	流体計算 (CFD)	363, 367
ユーザインタラクション	150	ランダムスパース行列	37	流体シミュレーション	345
ユーザ体感品質 (QoE)	373	ランダム直列アップデューティング	313	流体シミュレーションと ボリューム可視化	346
遊星歯車機構	57	ランチョス法	67	流体騒音	347
優先権制御	254	乱流拡散	87	流体力学	177
誘電体	337	乱流拡散モデル	183	流体力学におけるビジュアル データマイニング	348
誘電体導波路解析	338	乱流現象	82	流量制御性	235
輸送方程式	269	乱流燃焼	237	領域モデル	191
ユニットロード	298	乱流燃焼現象	339	両眼視差	341
【よ】		乱流輸送	40	両眼融合	341
陽解法	233	【り】		量子色力学	349
溶岩流	43	リアプノフ安定	340	量子化学	180
要求 QoS	139	リアプノフ安定定理	184	量子化学計算	81
溶接	41	リアルタイムシミュレータ	227	量子効果	80
		リアルタイム性	139	量子力学の基礎方程式	350
		リーダーシップ	199	量的予報	208
		リーマン不変量	363	臨界状態モデル	206
		リカッチ代数方程式	111	臨界点	280
				リンクの提示を略する隣接表現	58

リンクレベルシミュレーション 85
臨床技能研修室 10

【る】

ルーティング 351
ルーティング解析 351
ルーティング制御 254
ルーティングプロトコル 253
ルールベース 151
ルールベースモデル 285
ルールベースモデル化 112
ルジャンドル多項式 312
ルンゲ・クッタ法 148

【れ】

レイノルズ数 82
レイノルズ平均ナヴィエ・ストークス (RANS) 方程式 339, 345

レイノルズ平均ナヴィエ・ストークスモデル 48, 130
レイノルズ方程式 82
レイリー・リッツ手法 67
レーザー治療 352
レーザー誘起蛍光法 (LIF) 50, 353
レオノフモデル 257
歴史シミュレーション・計算考古学 354
歴史人口学 354
劣化現象 240
連結階層シミュレーション 295
連結図 256
連鎖倒産 78
連成シミュレーション 295
連続体数値モデル 363
連続体損傷力学 355
レンダリング 13
連立1次方程式 163, 325, 356

【ろ】

老 化 240
ローイング動作を用いたリハビリテーション 357
ロールオーバー 236
ローレンツ力 221
ロジックシミュレーション 358
路車間通信 (RVC) 139
ロトカ・ヴォルテラ方程式 81
ロバスト安定性 262
ロバスト設計 359
ロバストネス 176
ロボットマニピュレータ 360
論理回路 358
論理ループ構造 159

【わ】

ワイブル分布 159

【A】

A/D 変換 329

【C】

CAD/CAE におけるバーチャルリアリティ 361
CIP 法 363
CR モデル 299

【D】

D/A 変換 329
DFT+ U 法 366
DFX 方法論 181

【E】

EMC 解析 364

【F】

FDTD 法による音場シミュレーション 365
FIR フィルタ 261

Fitts の法則 250

【G】

GaN 中不純物 366
GFRD 法 376
GW 近似 222

【H】

Hill のモデル 69
 H_{∞} 制御 262
 H_{∞} 制御問題 369
 H_2 制御 262
 H_2 制御問題 369

【I】

IS 法 131
ITS 無線システム 139

【K】

KKT 条件 110
 k - ε モデル 130

【L】

LES 法 20, 48, 130, 339, 345
LES モデル 276
Li イオン電池 368
LLC 層 328
LMI 設計 369
LMS アルゴリズム 261
LU 分解 356

【M】

MAC 層 328
MMA 法 54
MOA 法 342

【N】

n 値モデル 206
NP 完全問題 298

【O】

OSI 参照モデル 14

【P】	【S】	【数字】
PC クラスタ 137, 371	SD 法 152	1 次救命措置 (BLS) 10, 375 , 377
PEEC 法 364	Shortley-Weller 差分近似 334	1 分子粒度細胞シミュレーション 376
PIC 法 40, 87, 299	SiC 粒界構造 374	2 次救命措置 (ACLS) 10, 377
【Q】	Smoldyn 法 376	2 段方式 (TSTO) 16
QoS/QoE 評価 373	Spatiocyte 法 376	3 次元音響 378
【R】	SPH 法 367	3 点差分近似 334
RAID システム 211	【W】	4 次元変分法 60
RANS 解析 20	Wang-Landau 法 232	6 軸動揺台 225
RANS モデル 130	【X】	
RSM モデル 130	X 線コンピュータ断層撮影 (CT) 11, 216	
RTL シミュレーション 358		

欧文索引

[A]		
a posteriori error estimate	190	
a priori error estimate	190	
<i>ab initio</i>	327	
abnormal weather	59	
ABS (agent-based simulation)	22, 79, 137, 285, 354	
abscissas	162	
absolute error	161	
absorbing boundary condition	5, 365	
access control	1	
accident cause analysis	96	
accidental error	83	
accommodation	341	
accountability	133	
accuracy	161	
ACLS (advanced cardiovascular life support)	10, 377	
acoustic intensity	32	
acousto-ultrasonics	169	
Act Concerning the Rational Use of Energy	143	
action potential	247	
active dynamic vibration absorber	142	
active measurement	255	
active noise control	261	
active vibration control	262	
actuator	66	
actuator material	169	
ad-hoc network	2, 330, 372	
adaptability	199	
adapting	324	
adaptive algorithm	261	
adaptive control	261	
adaptive identification	261	
addressing	14	
adiabatic	288	
adiabatic dynamics simulation	288	
adiabatic potential surface	288	
adjacency	58	
advanced cardiovascular life support	10, 377	
advanced safety vehicle	139	
Advanced Simulation and Computing	164	
advection	363	
advection scheme	363	
AED (automated external defibrillator)	375	
aerodynamic noise	347	
aerodynamic problem of road vehicle	130	
aerodynamics of aircraft	93	
aerosol	191	
agent	22, 136	
agent-based modeling	321	
agent-based simulation	22, 79, 137, 285, 354	
aggregation	79	
agility	71	
AHA (American Heart Association)	375, 377	
AI (artificial intelligence)	171	
air-breathing	16	
air traffic management	94	
aircraft accident risk analysis	94	
AIS (automatic identification system)	35	
algebraic Riccati equation	111	
Ambisonics	378	
American Heart Association	375, 377	
amplitude shift keying	309	
analog to digital conversion	329	
analysis	181	
analysis of variance	348	
analytic reasoning	278	
ANC (active noise control)	261	
angle modulation	309	
animation	95	
annotation	293	
annual energy consumption	143	
antenna analysis	5	
anthropogenic heat	238	
anthropology	354	
aperture antenna analysis	322	
application of Monte Carlo methods to visualization	332	
application of Newtonian dynamics to visualization	245	
approximate scalar-wave analysis	274	
AR (augmented reality)	38, 75, 293	
arc	138	
arc plasma	186	
archaeology	354	
artificial intelligence	171	

- artificial market **156**
 artisoc 22
 ASC (Advanced Simulation and Computing) 164
 ASK (amplitude shift keying) 309
 assistive product for
 communication and
 information for people
 with hearing difficulties **205**
 assistive product for hearing 205
 astronomical database 17
 ASV (advanced safety vehicle) 139
 asymptotically stable 340
 ATM (air traffic management) 94
 atmospheric boundary layer
 model 276
 atmospheric dispersion of
 radioactive releases at
 nuclear accidents **87**
 attitude control 16
 auction **27**
 augmented reality **38, 75, 293**
 augmented virtuality 293
 aural discomfort 215
 automated external
 defibrillator 375
 automated trading **131, 156**
 automatic identification
 system 35
 automation surprise 249
 availability 71, 182
- [B]**
- B-Rep (boundary
 representation) 342
 back annotation 195
 back projection method 216
 back propagation 246
 backup behavior 199
 bar chart 198
 basic life support 10, **375, 377**
 basilar membrane 204
 basis set 304
 Bayes model 231
 Bayesian network 108
 beam propagation method 338
 Bean model 206
 bearing 56
 behavior level simulation 358
 BEM (boundary element
 method) 32, 46, **65, 99, 210, 289**
 beta distribution 159
 Bethe-Salpeter equation 222
 BGP (border gateway
 protocol) 253, 351
 bidomain model 45
 binaural sound 378
 binocular fusion 341
 binocular parallax 341
 bioinformatics 120, 302
 biological control 317
 biomechanics **177**
 biomolecular network **176**
 Biot-Savart law 260
 block diagram 159
 blood oxygen level dependent 259
 BLS (basic life support) 10, **375, 377**
 BMI (brain-machine interface) **301**
 BOLD (blood oxygen level
 dependent) 259
 bolt/nut assembly 56
 Boltzmann transport equation 311
 bone remodeling **316**
 border gateway protocol 253, 351
 Born-Oppenheimer
 approximation 288
 boundary condition 220
 boundary element method 32, 46, **65, 99, 210, 289**
 boundary integral equation 5, 32
 boundary layer separation 93
 boundary representation 342
 boundary surface control
 system 378
 bounded rationality 285, 291
 bounded real lemma 369
 box plot 282
 BPM (beam propagation
 method) 338
 brace 146
 brain 300
 brain computing **300**
 brain fMRI **259**
 brain function measurement 68
 brain functional magnetic
 resonance imaging **259**
 brain-machine interface **301**
 branch and bound method 171
 bridge simulator 35
 Brownian motion 332
 BSE (Bethe-Salpeter equation) 222
 bubble shadow method **63**
 building fire and urban fire **42**
 burnup calculation 88
 business 135
 business game 277
 business simulation **277**
 bypass capacitor 364
 bystander 375
- [C]**
- C/N (carrier-to-noise ratio) 21
 CAC (connection admission
 control) 254
 cache 164
 CAD (computer-aided design) 342

- CAE (computer-aided engineering) 342
- call demand 109
- call regulation 109
- CAM (computer-aided manufacturing) 55, 342
- camera calibration 167
- caption 205
- carbon capture and storage 200
- carbon market 266
- cardiopulmonary resuscitation 375, 377
- carrier 309
- carrier sense multiple access with collision detection 252
- carrier sense multiple access/collision avoidance 328
- carrier-to-noise ratio 21
- case-based reasoning 171
- catalytic reaction 194
- causality probabilistic inference 52
- CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) 134, 284, 362
- CBF (cerebral blood flow) 154
- CCS (carbon capture and storage) 200
- CDM (clean development mechanism) 266
- CDMA (code division multiple access) 1, 85
- cell 319
- cell simulation 45, 112
- cell simulation at the molecular resolution 376
- cellular automaton 101, 147
- cellular environment 376
- cellular phone 109
- cellular system 85
- central composite design 26
- central pattern generator 314
- cerebral blood flow 154
- cerebral oxygen metabolic rate of oxygen 154
- CFD (computational fluid dynamics) 42, 130, 236, 344, 345, 367
- CG (computer graphics) 293
- chain of bankruptcy 78
- chaining 307
- chaos 285
- characteristic equation 223
- Chebyshev interpolation 312
- Chebyshev polynomial 312
- chemical kinetics 117
- chemoinformatics 120
- Cholesky decomposition 356
- CIP method 363
- circuit breaker 186
- circuit simulation 37
- city gas production 236
- city gas supply 235
- clean development mechanism 266
- CLF (coupling loss factor) 230
- client-server 23
- climate model 201
- climate variation 59
- climate variation phenomenon 59
- clinical clerkship 370
- clinical skills simulation laboratory 166
- closed form 16
- closed-loop control 6
- cloud computing 71
- clustering 281
- CMRO₂ (cerebral oxygen metabolic rate of oxygen) 154
- CMS (component mode synthesis) 19, 129
- CNR (carrier-to-noise ratio) 21
- co-simulation 253
- coarse grain model 180
- coastal ocean current 24
- coastal sea environment 25
- cochlea 204
- COCOM (contextual control model) 147
- code division multiple access 1, 85
- code generation method 37
- cogeneration system 237
- cognitive adaptation 324
- cognitive architecture 250
- cognitive characteristics 251
- cognitive map 248
- cognitive mechanism 156
- cognitive module 250
- cognitive radio technology 104
- coherent detection 309
- coincidence boundary 374
- coincidence-site lattice theory 374
- collaborative engineering 66
- collision process 95
- collisional-radiative model 299
- color vision deficiency 145
- combustion-turbulence 20
- communication model 107
- communication training 106
- component mode synthesis 19, 129
- composite material 294
- compressibility 70
- computational acoustics 347
- computational aeroacoustics 347
- computational fluid dynamics 42, 130, 236, 344, 345, 367
- computational mechanics (bio) 81
- computational mechanics (fluid) 82
- computational mechanics (nano-technology) 80

- | | | |
|---|---|--|
| computational methods for
electronic excitation
energies 222 | controllable <i>111</i> | |
| computational organization
theory <i>187</i> | controlled system <i>262</i> | [D] |
| computed tomography <i>292</i> | controlled variable <i>262</i> | damage mechanics <i>294</i> |
| computer-aided design <i>342</i> | controller <i>262</i> | damage tolerance <i>91</i> |
| computer-aided engineering
<i>342</i> | convergence <i>341</i> | damage variable <i>355</i> |
| computer-aided manufacturing
<i>55, 342</i> | convex linearization <i>54</i> | dampers <i>142</i> |
| computer graphics <i>293</i> | coolant <i>41</i> | damping loss factor <i>230</i> |
| computer supported
collaborative work system
<i>66</i> | cooperative principle <i>107</i> | data assimilation <i>60</i> |
| concentration <i>353</i> | coordinating <i>324</i> | data mining <i>279</i> |
| concrete structure 240 | correct rounding <i>161</i> | database <i>226</i> |
| concurrent engineering <i>210</i> | coupled general circulation
model <i>59</i> | DBA (dynamic bandwidth
allocation) <i>273</i> |
| condition number <i>306</i> | coupling loss factor <i>230</i> | DCF (distributed coordination
function) <i>328</i> |
| confidence interval <i>83</i> | coverage area <i>21</i> | DCM (dynamic causal
modeling) <i>259</i> |
| congestion <i>254</i> | CP (continuous path) <i>6</i> | DCS (distributed control
system) <i>329</i> |
| congestion control <i>14</i> | CPR (cardiopulmonary
resuscitation) <i>375, 377</i> | DDoS (distributed denial of
service) <i>255</i> |
| conjugate gradient method
<i>325</i> | CR model <i>299</i> | debris <i>197</i> |
| connection admission control
<i>254</i> | crashworthiness <i>91</i> | debris flow <i>239</i> |
| constitutive equation <i>55, 257</i> | credit relationship <i>78</i> | decision making <i>324</i> |
| constitutive relation <i>220</i> | critical infrastructure
protection <i>310</i> | declarative knowledge <i>203, 250</i> |
| constrained interpolation
profile method 363 | critical point <i>280, 320</i> | deep sensation <i>152</i> |
| contact problem <i>286</i> | critical state model <i>206</i> | degenerate point <i>223</i> |
| contaminant <i>346</i> | cross wind <i>215</i> | delay <i>195</i> |
| contextual control model <i>147</i> | crossbar switch network <i>202</i> | DEM (discrete element
method) <i>295</i> |
| contingency table <i>198</i> | CSCW (computer supported
collaborative work
system) <i>66</i> | DEM (distinct element
method) <i>367</i> |
| continuous path <i>6</i> | CSMA/CA (carrier sense
multiple access/ collision
avoidance) <i>328</i> | demand and supply simulation
141 |
| continuum damage mechanics
355 | CSMA/CD (carrier sense
multiple access with
collision detection) <i>252</i> | demand function <i>141</i> |
| continuum numerical model
<i>363</i> | CT (computed tomography)
<i>292</i> | demodulation <i>309</i> |
| contour line <i>318</i> | cultural property <i>209</i> | density-driven current <i>105</i> |
| contour tree <i>280</i> | current continuity equation
<i>269</i> | density functional theory
<i>90, 115, 327, 337, 366</i> |
| control input <i>262</i> | cutaneous sensation <i>152</i> | density matrix minimization
<i>28</i> |
| control theory <i>262</i> | cylinder <i>70, 333</i> | depth of field <i>323</i> |
| control valve <i>333</i> | | derailment <i>213</i> |
| | | DES (discrete event
simulation) <i>102, 253, 297</i> |

- design engineering **181**
 design for X **181**
 design of experiments **26**
 design science **212**
 design variable **97**
 detail design **181**
 detectable **111**
 detecting problems **324**
 detection **309**
 deterioration phenomenon **240**
 DFM (dynamic flowgraph methodology) **234**
 DFT (density functional theory)
 90, 115, 327, 337, 366
 DFT+U method **366**
 DFX (design for X) **181**
 DI (dynamic inversion) **16**
 diagram **248**
 diamagnetic material **12**
 dielectric **337**
 dielectric waveguide analysis **338**
 differential equation **176, 289**
 differential equation and numerical analysis **289**
 differential form **220**
 diffuse optical tomography **68, 76**
 diffusion model **321**
 diffusion tensor magnetic resonance imaging **11**
 digital archive **209**
 digital cultural heritage **209**
 digital development **210**
 digital engineering **181**
 digital factory **173**
 digital mock-up **102, 210**
 digital signage **38, 108**
 digital signal processing **46**
 digital to analog conversion **329**
 dilute magnetic semiconductor **123**
 dimensionality reduction **281**
 direct measurement **83**
 direct numerical simulation **339, 345**
 discrete choice model **321**
 discrete element method **295**
 discrete event simulation **102, 253, 297**
 discrete Fourier inverse transform **292**
 discrete Fourier transform **292**
 discrete variable method **148**
 discretization **190**
 discretization of electromagnetic fields **220**
 discriminant analysis **281**
 dislocation dynamics **244**
 display technology for visual data mining **284**
 distinct element method **367**
 distributed cognition **303**
 distributed constant circuit **224**
 distributed control system **329**
 distributed coordination function **328**
 distributed denial of service **255**
 distribution **229**
 disturbance **262**
 divide and conquer algorithm **28, 99**
 divided difference **312**
 DLF (damping loss factor) **230**
 DMS (dilute magnetic semiconductor) **123**
 DMU (digital mock-up) **102, 210**
 DNS (direct numerical simulation) **339, 345**
 DOF (depth of field) **323**
 double auction **27**
 double exponential formula **162**
 driving simulator **75, 127, 249**
 drug delivery system **189**
 DSP (digital signal processing) **46**
 DSR (dynamic source routing) **351**
 DT-MRI (diffusion tensor magnetic resonance imaging) **11**
 dual method **54**
 dynamic bandwidth allocation **273**
 dynamic causal modeling **259**
 dynamic collaboration **66**
 dynamic damper **64**
 dynamic flowgraph methodology **234**
 dynamic inversion **16**
 dynamic model **112**
 dynamic programming **171**
 dynamic query **150**
 dynamic response **233**
 dynamic source routing **351**
 dynamic system analysis **234**
 dynamics **8**
[E]
 E-Cell System **376**
 Earth Simulator **134, 202**
 earthquake **213**
 earthquake disaster **119**
 earthquake induced tsunami **208**
 economic actor **79**
 economic network **78**
 economics of complex systems **296**
 econophysics **79, 103**
 eddy current **12, 15**
 eddy current analysis **15**
 eddy current loss **122**
 EDFA (erbium doped fiber amplifier) **273**
 edge **138**

- | | | | | | |
|--|----------|---|----------|---|-----------------------|
| effective multiplication factor | 88 | EMI (electromagnetic interference) | 364 | ETX (expected transmission count) | 351 |
| effective screening medium | 217 | empirical holopter | 341 | Euler-Maclaurin formula | 162 |
| eigen energy | 350 | EMTP (electromagnetic transients program) | 47 | Euler method | 148 |
| eigen frequency analysis | 233 | enabling large-scale social simulation | 137 | Eulerian approach | 180, 344 |
| eigen strain | 244 | endogenous business cycle theory | 285 | eutrophication | 25, 105 |
| eigenvalue problem | 163 | energy audit program | 144 | event calendar | 297 |
| EIT (electrical impedance tomography) | 216 | Energy Conservation Law | 143 | event driven | 358 |
| elastic wave equation | 119 | energy conservation tool for buildings | 144 | evolutionary game theory | 285 |
| electric double layer | 217 | energy conservation tool for factories and houses | 143 | exchange-correlation | 327 |
| electric wheelchair driving simulator | 225 | energy flow | 32 | exogenous business cycle theory | 285 |
| electrical impedance tomography | 216 | energy method | 188 | exoskeleton type orthosis | 314 |
| electrochemical reaction | 217, 272 | energy release rate | 268 | expected transmission count | 351 |
| electroencephalogram | 263 | energy saving label | 143 | expected transmission time | 351 |
| electromagnetic cascade | 311 | energy specific unit | 143 | experimental economics | 126 |
| electromagnetic compatibility | 364 | Energy Specific Unit Management Tool | 144 | experimental modal analysis | 233 |
| electromagnetic compatibility analysis | 364 | English auction | 27 | explicit method | 233 |
| electromagnetic force calculation | 221 | ensemble Kalman filter | 60 | exploratory visualization | 279 |
| electromagnetic interference | 364 | enzymatic reaction | 117 | extended uncertainty | 83 |
| electromagnetic simulation of superconductor | 206 | enzyme | 194 | extract/transform/load | 283 |
| electromagnetic transients program | 47 | equation of state of ideal gas | 70 | | |
| electron-conduction | 218 | equilibrium point | 340 | [F] | |
| electronic structure theory | 80 | equilibrium state | 245 | failure mode effect analysis | 181 |
| electrophoresis | 305 | equivalent inclusion method | 244 | family history | 354 |
| element | 57 | erbium doped fiber amplifier | 273 | fast circuit simulator | 195 |
| elementary method | 188 | Erlang B formula | 243 | fast Fourier transform | 216, 292 |
| elevation angle | 21 | error | 83 | fast multipole method | 5, 65, 99, 185 |
| ElNino Modoki | 202 | error recovery control | 14 | Fat-Tree network | 202 |
| embodiment design | 181 | ESM (effective screening medium) | 217 | fatigue fracture problem | 268 |
| EMC (electromagnetic compatibility) | 364 | ethnography | 108, 303 | fatigue life prediction | 128 |
| emergence | 156 | ETL (extract/transform/load) | 283 | fault plane | 119 |
| emergency response system | 310 | ETT (expected transmission time) | 351 | fault ride through | 124 |
| | | | | fault tolerance | 372 |
| | | | | fault tree analysis | 181, 234 |
| | | | | FDM (finite difference method) | 46, 65, 148, 289, 334 |
| | | | | FDMA (frequency division multiple access) | 1, 85 |

- FDTD (finite-difference time-domain method) 178, 220, 338, 364, 365
 feature search of volume data 320
 feedback 121
 feedback control 317
 feedforward control 6
 FEM (finite element method) 12, 46, 65, 129, 146, 178, 188, 210, 214, 216, 289, 325, 335, 338
 Fermi operator expansion 28
 ferroelectric 337
 FES (functional electrical stimulation) 62, 357
 FFT (fast Fourier transform) 216, 292
 fiber reinforced plastic 294
 fidelity 253
 financial statement data 103
 finite automaton 305
 finite difference method 46, 65, 148, 289, 334
 finite-difference time-domain method 178, 220, 338, 364, 365
 finite element method 12, 46, 65, 129, 146, 178, 188, 210, 214, 216, 289, 325, 335, 338
 Finite Volume Coastal Ocean Model 24
 finite volume method 363
 FIR filter 261
 first principle analysis 244
 first principles method 327
 first-principles calculation 123, 272
 fisheye 150
 fitting 225
 Fitts's law 250
 Fitzhugh-Nagumo model 263
 flame propagation 237
 flight condition 16
 flight envelope 16
 flight of aircraft 92
 flight of spaceplane 16
 floating material 208
 flood disaster 160
 flow 121
 flow control 235
 flow in visco-elastic fluid 257
 flow measurement 255
 fluid dynamics of spacecraft 20
 fluid flow with free surface 140
 fluid mechanics 177
 fluid simulation 345, 363
 fluid-structure coupling 180
 fluorescence 353
 fluorescence tomography 76
 flux balance analysis 176
 fly-through 271
 flying qualities 92
 FM (frequency modulation) 1, 309
 FMEA (failure mode effect analysis) 181
 fMRI (functional magnetic resonance imaging) 301
 force feedback 152
 force-length relationship 69
 force-velocity relationship 69
 forward dynamic simulation 61
 forward error correction 3
 forward simulation 137
 Fourier analysis 292
 Fourier-domain OCT 271
 Fourier series 292
 Fourier transform 292
 fracture mechanics 268
 fragility 78
 fragility function 208
 framework for design science 212
 Fredholm alternative theorem 51
 free space optics 275
 frequency discriminator 309
 frequency division multiple access 1, 85
 frequency encoding 114
 frequency modulation 1, 309
 frequency response function 158
 frequency shift keying 309
 fresh concrete 240
 friction 242
 FRP (fiber reinforced plastic) 294
 FRT (fault ride through) 124
 FSK (frequency shift keying) 309
 FSO (free space optics) 275
 FTA (fault tree analysis) 181, 234
 fuel cell 237, 258
 full vehicle 128
 fully-coupled analysis 355
 functional adaptation 316
 functional analysis 51
 functional electrical stimulation 62, 357
 functional magnetic resonance imaging 301
 functional observer 29
 FVCOM (Finite Volume Coastal Ocean Model) 24
- [G]**
- GA (genetic algorithm) 32, 73, 77
 Galerkin method 289
 garbage can model 136
 gas appliance 237
 gas-liquid two-phase flow 125
 gas-solid multi-phase (two-phase) flow 344
 gas turbine 48

- gasifier 48
- gate level simulation 358
- Gauss formula 162
- Gauss-Hermite formula 162
- Gauss-Legendre formula 162
- Gaussian mixture model 281
- Gaussian model 87
- GCM (general circulation model) 201
- Geant4 30
- gear 56
- gene recombination 7
- general circulation model 201
- general equilibrium theory 296
- general-purpose computing on graphics processing units 367
- generalized gradient approximation 272, 327
- genetic algorithm 32, 73, 77
- genetic recombination 317
- genome 265
- genome browser 265
- geographic information system 42
- geometrically nonlinear problem 286
- geometry data 318
- GFRD (Greens Function Reaction Dynamics) method 376
- GGA (generalized gradient approximation) 272, 327
- Gibbs phenomenon 292
- GIS (geographic information system) 42
- global model 191
- global positioning system 298
- global warming 59, 201, 266
- Gordon Bell Prize 17
- GPGPU (general-purpose computing on graphics processing units) 367
- GPS (global positioning system) 298
- GPU (graphics processing unit) 71
- grain-boundary structure in silicon carbide 374
- graph cut 113
- graph drawing 256
- graphics processing unit 71
- gravity 17
- Greens Function Reaction Dynamics method 376
- grid 137
- grid computing 72
- grid middleware 72
- ground motion 119
- ground vibration 214
- GW approximation 222
- [H]**
- H_∞ control 262
- H_∞ control problem 369
- H_2 control 262
- H_2 control problem 369
- habitat evaluation procedure 44
- hadron 311
- Hamilton's principle 336
- haptic collaborative virtual environment 23
- haptic feedback 152
- hard disk drive 211
- hard magnetic material 122
- Hartree-Fock 304
- HCVE (haptic collaborative virtual environment) 23
- head mounted display 38, 293
- head-related transfer function 204, 378
- hearing 204
- heat island effect 237
- heat map 265
- heat storage 238
- Hebbian rule 132
- Heisenberg model 115
- Helmholtz equation 32, 336, 350
- Helmholtz resonator 64
- hemodynamic response function 154
- hemodynamics 259
- Hermite interpolation polynomial 312
- Hessian matrix 320
- heterogeneous agent 79
- heuristic 251
- HF (Hartree-Fock) 304
- high-dimensional simulation and visualization 95
- high-frequency economic data 103
- High Level Architecture (IEEE 1516) 74
- high level radioactive waste 200
- high performance computing 71
- high pressure pipeline 235
- high Reynolds number 93
- high Reynolds number flow 20
- high time-resolved particle image velocimetry 100
- high time-resolved PIV 100
- Hill's model 69
- histogram 198, 282
- historical demography 354
- history simulation, computational archaeology 354
- HLA (High Level Architecture) 74
- HLW (high level radioactive waste) 200
- HMD (head mounted display) 38, 293
- HNN (holographic neural network) 9
- Hodgkin-Huxley equation 263

- | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|------------|---|------------|
| hold circuit | 329 | IEEE754 | 179 | information storage technology | |
| holographic interferometry | 89 | IFR (instrument flight rules) | 94 | | 211 |
| holographic neural network | 9 | IGES (initial graphics exchange specification) | 342 | information visualization | 149 |
| homeostasis | 317 | ILF (internal loss factor) | 230 | information visualization and simulation in human science | 248 |
| HPC (high performance computing) | 71 | ill-posed problem | 216 | information visualization for hierarchical structure | 58 |
| HRF (hemodynamic response function) | 154 | immersive projection display | 362 | information visualization for networks | 256 |
| HTTP (hypertext transfer protocol) | 14 | immersive projection technology | 362 | information visualization for scientific simulation | 125 |
| human-computer interaction | 303 | immunity | 364 | information visualization for social simulation | 135 |
| human error | 290 | implementation shortfall method | 131 | information visualization of multivariate data | 198 |
| human factor | 35 | implicit method | 233 | information visualization of time-varying data | 118 |
| human-in-the-loop simulation | 75, 310 | implicit surface | 332 | InfoVis (information visualization) | 149 |
| human-machine interface | 151, 249 | implicit surface modeling | 13 | infrared data association | 275 |
| human-machine system | 249, 303 | implicit surface modeling and visualization | 13 | infrared radiation | 238 |
| human model | 146, 157, 291 | importance-driven | 193 | inheritance | 30 |
| human reliability analysis | 147, 290 | importance sampling | 245 | initial graphics exchange specification | 342 |
| human reliability assessment | 290 | impulse ΔV | 18 | injury value prediction | 128 |
| hybrid | 327 | impurities in GaN | 366 | instability | 34 |
| hybrid-DFT | 366 | IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) | 85 | instrument flight rules | 94 |
| hybrid simulation | 80 | in-flight simulator | 92 | instrumentation technology | 83 |
| hybrid system | 295 | inclusion | 244 | insulation | 186 |
| hydration reaction | 240 | incoherent detection | 309 | integrate-and-fire model | 263 |
| hydrodynamic-ecosystem coupled model | 25, 105 | incompressible viscous flow | 82 | integrated simulation of living matter | 180 |
| hydrogen evolution reaction | 272 | independent mobility | 225 | intelligent agent approach | 313 |
| hydrostatic approximation | 25, 105 | Indian Ocean Dipole | 202 | inter vehicle communications | 139 |
| hyperstream line | 223 | indirect measurement | 83, 84 | interaction | 265 |
| hypertext transfer protocol | 14 | individual, organizational and social | 74 | interaction of high intensity laser with matter | 90 |
| hypothalamus | 317 | induced value theory | 126 | interaction with matter | 311 |
| hypoxia | 25, 105 | induction-loop device | 205 | intercultural literacy | 106 |
| hysteresis property | 122 | infection simulation | 53 | interdependency analysis | 310 |
| | | infinite element | 336 | interface | 14 |
| | | information big bang | 279 | interference wave | 139 |
| | | information graphics | 248 | | |
| | | information processing model | 151 | | |
| | | | | | |
- [I]**
- | | |
|-------------------|----|
| identity observer | 29 |
|-------------------|----|

- | | | | | | |
|---|------------|--|-----|--|----------------------------|
| interferometry | 89 | ITS wireless communications system | 139 | Laplace equation | 350 |
| Intergovernmental Panel on Climate Change | 201, 202 | IVC (inter vehicle communications) | 139 | lapse | 290 |
| internal loss factor | 230 | iyashi engineering | 9 | large data management for visual data mining | 283 |
| International Mobile Telecommunications 2000 | 85 | | | large eddy simulation | 20, 48, 130, 339, 345 |
| interpolating polynomial | 312 | [J] | | large eddy simulation model | 276 |
| interpolation | 13, 312 | JI (joint implementation) | 266 | large scale model | 98 |
| interpolation and system of orthogonal polynomials | 312 | joint implementation | 266 | large scale simulation/co-simulation | 192 |
| interpolatory quadrature formula | 162 | [K] | | large-scale social simulation | 136 |
| interval extension | 179 | k - ϵ model | 130 | laser induced fluorescence | 50, 353 |
| interval inclusion | 179 | Kármán vortex | 347 | laser therapy | 352 |
| inundation | 197 | Kalman filter | 49 | laser treatment | 352 |
| invariant set | 340 | kansei engineering | 52 | last minute bidding | 27 |
| inventory management | 141 | kansei simulation | 52 | latent heat | 238 |
| inverse dynamic simulation | 61 | kansei structuring | 52 | lava flow | 43 |
| inverse dynamics | 73 | Karush-Kuhn-Tucker conditions | 110 | LDA (local density approximation) | 272, 327 |
| inverse Fourier transform | 292 | kernel function | 231 | leadership | 199 |
| inverse problem | 32, 76, 84 | kinematics | 8 | leapfrog method | 365 |
| inverse simulation | 137 | KKT conditions | 110 | learning | 156 |
| IOD (Indian Ocean Dipole) | 202 | knowledge-based | 151 | least square errors method | 26 |
| ion channel | 45 | knowledge model and knowledge representation | 203 | least square method | 83 |
| ion implantation | 270 | kriging | 26 | least squares | 77 |
| IOS (individual, organizational and social) | 74 | Krylov sequence | 67 | Legendre polynomial | 312 |
| IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) | 201, 202 | Krylov subspace | 356 | legged robot | 315 |
| IPD (immersive projection display) | 362 | Kyoto Protocol | 266 | Leonov model | 257 |
| IPsec (security architecture for Internet protocol) | 252 | [L] | | LES (large eddy simulation) | 20, 48, 130, 276, 339, 345 |
| IPT (immersive projection technology) | 362 | Lagrange relaxation method | 171 | LFP (local field potential) | 154 |
| IrDA (infrared data association) | 275 | Lagrange interpolation polynomial | 312 | LIC (line integral convolution) | 308 |
| iron loss | 122 | Lagrangian approach | 344 | LIF (laser induced fluorescence) | 50, 353 |
| irregular volume | 319 | Lagrangian equation | 360 | life cycle simulation | 173 |
| iterative method | 99 | lake environment | 105 | lifelog | 248 |
| | | Lanczos method | 67 | light rail vehicle | 213 |
| | | Landauer formula | 218 | light sheet | 167 |
| | | landslide | 239 | Lighthill's acoustic analog | 347 |
| | | LAPACK (Linear Algebra Package) | 356 | lightning disaster | 47 |

- lightning protection design 47
 lightning risk 47
 limit equilibrium method 239
 limiter 309
 line integral convolution 308
 line-search 172
 line spectrum 299
 linear 289
 Linear Algebra Package 356
 linear compact operator 51
 linear-feedback shift register 185
 linear fracture mechanics 268
 linear long wave theory 208
 linear multistep method 148
 linear regression model 77, 141
 linear system modeling 184
 linear time-invariant 4
 link 138
 link budget 21
 link-level simulation 85
 Lipschitz 340
 liquefied natural gas 236
 lithium ion battery 368
 LLLT (low-level laser therapy) 352
 LMI-based control design 369
 LMS algorithm 261
 LNG (liquefied natural gas) 236
 load calculation 144
 local approach to fracture 355
 local density approximation 272, 327
 local field potential 154
 locally-coupled analysis 355
 logic circuit 358
 logic simulation 358
 logical link control layer 328
 logical loop structure 159
 logistics management 298
 logistics simulation 297
 long period ground motion 119
 long term depression 132
 long term evolution 85
 long term potentiation 132
 longitudinal relaxation 114
 Lorentz force 221
 Lotka-Volterra equation 81
 low-level laser therapy 352
 LRV (light rail vehicle) 213
 LTD (long term depression) 132
 LTE (long-term evolution) 85
 LTP (long term potentiation) 132
 LU decomposition 356
 lubrication 242
 Lyapunov stability 340
 Lyapunov stability theorem 184
- [M]**
- M&S (modeling & simulation) 74
 Mach-Zehnder interferometer 89
 machine element 56
 machine learning 231, 281
 machine learning for analyzing economic and financial data 77
 machining 41, 55
 macrocognition 324
 macromolecular crowding 376
 macroscopic model 101
 magma 43
 magnetic field analysis of motor 331
 magnetic flux line 219
 magnetic material modeling 122
 magnetic recording head analysis 116
 magnetic resonance imaging 11, 114, 178
 magnetic semiconductor 123
 magnetic structure 115
 magnetoencephalography 260
 magnetohydrodynamic 40
 magnetostatic analysis 172
 Markov process 147
 man-machine interface 66
 MANET (mobile ad hoc network) 351
 manipulating force ellipsoid 73
 manufacturing process design 102
 manufacturing process design software 102
 manufacturing system 297
 marine accident risk analysis 35
 marine traffic simulation 35
 market-oriented program 296
 marketing science 321
 Markov chain Monte Carlo 113
 MART (multiplicative arithmetic reconstruction technique) 241
 Mason 22
 materially nonlinear problem 286
 mathematical model of neuron 247
 mathematical programming 97, 171, 297
 matrix eigenvalue problem 67
 matrix reduction 192
 Matthiessen's rule 269
 maximum intensity projection 165
 maximum likelihood estimation 77
 maximum opposite angulation 342
 Maxwell equation 15, 220, 260
 Maxwell model 257
 Maxwell stress tensor method 221
 MBD (multibody dynamics) 214, 326

- MBS (multibody system) 213
 McCulloch-Pitts formal neuron 246
 MCMC (Markov chain Monte Carlo) 113
 MD (molecular dynamics) 39, 81, 180, 185, 232, 244, 337, 367
 mean opinion score 373
 mechanical analysis 57
 mechanical-electric-chemical conversion 204
 mechanical property of muscle 69
 mechanical simulation of living body and biomaterial 175
 mechanism (machine design) 57
 mechatronics 329
 mechatronics and digital control 329
 media access control layer 328
 media synchronization quality 373
 medical image 175, 177
 medical simulation and volume visualization 11
 MEG (magnetoencephalography) 260
 mental workload 151
 mesh network 330
 mesomechanics 244
 metabolic biochemical simulation 194
 metabolic flux 194
 metabolic pathway 194
 metal forming process of artificial joint made of metallic materials 155
 metal-oxide-semiconductor field effect transistor 269
 method of moments 65, 364
 method of moving asymptotes 54
 metric 351
 MHD (magnetohydrodynamic) 40
 Micelle 189
 Michaelis-Menten kinetics 194
 micro and millimeter wave radio system 322
 micro fluidic device 323
 micro-macro interlocked simulation 295
 micro-macro link 136
 micro magnetic analysis 116
 micro particle image velocimetry 323, 343
 micro PIV 323, 343
 micro-pressure wave 215
 microcirculation system 177
 micromechanics 244
 micrometeorology 276
 microscopic model 101
 military simulation 74
 MIMD (multiple instruction multiple data) 164
 MIMO (multiple input multiple output) 328
 minimal order observer 29
 minimally invasive surgery 23
 MIP (maximum intensity projection) 165
 mission design 18
 mistake 290
 mixed layer model 25
 mixed reality 113, 293
 MLE (maximum likelihood estimation) 77
 MMA method 54
 MOA (maximum opposite angulation) 342
 mobile ad hoc network 351
 mobile robot 8
 modal analysis 34, 129
 modal coordinate 158
 modal damping ratio 158
 modal density 230
 modal method 46
 modal parameter 158
 model selection 137
 modeling 262
 modeling & simulation 74
 modified Cholesky method 110
 modified Lambert-Beer law 68
 modulation 309
 modulation and demodulation 309
 molecular computing 305
 molecular dynamics 39, 81, 180, 185, 232, 244, 337, 367
 molecular dynamics simulation by advanced statistical methods 232
 molecular imaging 76
 molecular-molecular interaction 117
 molecular orbital 304
 molecular orbital method 304, 327
 Møller-Plesset 304
 monitored maintenance 182
 monodomain model 45
 Monte Carlo method 91, 159, 162, 174, 243, 299
 Monte Carlo simulation 234
 MOP (market-oriented program) 296
 Morse-Smale complex 280
 MOS (mean opinion score) 373
 mosaic plot 198
 MOSFET (metal-oxide-semiconductor field effect transistor) 269
 motif 267
 motion equation 245
 motion of functional electrical stimulation 62
 motion of spacecraft 18
 motion parallax 341

numerical computation and
floating-point arithmetic **161**
numerical dispersion error 365
numerical integration **162**
numerical integration method
226
numerical linear algebra **163**
numerical meteorological
model 183
numerical simulation of sound
field by FEM **336**
numerical simulation of sound
field by finite difference
time domain method **365**
numerical solution of
initial-value problem of
ordinary differential
equations **148**
numerical weather forecasting
model 240
numerical weather prediction
60
NURBS (non-uniform rational
b-spline) 342
Nyquist stability criterion 184

[O]

$O(N)$ method **28**
object orientation 30
object oriented 22
object-oriented technology and
visualization **30**
objective analysis 87
objective function 97
objective structured clinical
examination **370**
observable 111
observer **29**
obstacle avoidance 8
ocean general circulation
36, 59
ocean mesoscale variation 24

OCT (optical coherence
tomography) 11, **271**
OFDM (orthogonal frequency
division multiplex) 328
OFDMA (orthogonal
frequency division
multiple access) 1, 85
oil-hydraulic system **333**
OLSR (optimized link state
routing) 351
ontology 203
open-loop control 6
open shortest path first 253
open systems interconnection
252
operating system 14
operational parameter 23
operations research
108, 170, 321
optical coherence tomography
11, **271**
optical fiber analysis **274**
optical fiber sensor 169
optical monitoring of biological
function 68
optical network **273**
optical property 174
optical property of biological
tissue **174**
optical wireless network **275**
optimal arrangement of vehicle
235
optimal filtering 49
optimal regulator **111**
optimal regulator problem 111
optimization 32, **110, 296, 359**
optimization calculation 73
optimization using response
surface **26**
optimization with sensitivity
analysis **54**
optimized link state routing
351

OR (operations research)
108, 170, 321
orbital free 327
orbital minimization 28
order book data 103
ordinary differential equation
289
organizational simulation **187**
origami engineering **31**
orthogonal design 26
orthogonal frequency division
multiple access 1, 85
orthogonal frequency division
multiplex 328
orthotics 145
OSCE (objective structured
clinical examination) **370**
oscillation 100
OSI (open systems
interconnection) 252
OSI reference model 14
OSPF (open shortest path
first) 253
outbreak control measure 53
overreliance 249
overtrust 249
overtake 213
oxidation 270
oxygen transport dynamics 154

[P]

packet forwarding 14
parallel coordinate plot
198, 282
parallel link manipulator 57
parallel updating with conflict
resolution 313
paramagnetic material 12
parameterization 36
parasitic effect 364
partial differential equation
36, 289, 363
partial discharge 186

- | | | | | | |
|---|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|------------|
| partial element equivalent
circuit method | 364 | phase encoding | 114 | polymerase chain reaction | 7 |
| particle dispersion | | phase-field method | 337 | polymorphism | 30 |
| phenomenon | 344 | phase modulation | 309 | POM (Princeton Ocean
Model) | 24 |
| particle image velocimetry | | phase shift keying | 309 | PON (passive optical
network) | 273 |
| 50, 63, 89, 100, 343 | | photoacoustic | 352 | population dynamics model | 44 |
| particle-in-cell method | | photocatalyst design | 272 | positioning control | 6 |
| 40, 87, 299 | | photochemical | 352 | post layout simulation | 195 |
| particle method | 160 | photochemical oxidant | 191 | post-process | 361 |
| particle tracing method | 308 | photomechanical | 352 | postprocessing | 219 |
| particle tracking method | 308 | photon diffusion equation | 76, 174 | postsynaptic potential | 260 |
| particle tracking velocimetry | | photothermal | 352 | potential force | 245 |
| 63 | | PIC (particle in cell) | | power law | 79, 138 |
| particle velocity | 32 | 40, 87, 299 | | power-law model | 206 |
| passive dynamic vibration | | piezoelectric material | 337 | power system analysis | 226 |
| absorber | 142 | pilot induced oscillation | 92 | power system control,
simulator | 227 |
| passive measurement | 255 | pilot rating | 92 | power system stability | 226 |
| passive optical network | 273 | PIO (pilot induced oscillation) | 92 | pragmatics | 107 |
| pathway | 265 | 92 | | pre-process | 361 |
| PAW (projector-augmented
wave) | 366 | pipe | 70 | precision | 161 |
| PC cluster | 137, 371 | PIV (particle image
velocimetry) | 50, 63, 89, 100, 343 | press | 41 |
| PCB (printed circuit board) | 364 | plane filling structure | 31 | pressure | 100 |
| PCR (polymerase chain
reaction) | 7 | planetary gear drive | 57 | pressure control | 235 |
| pedestrian dynamics | 313 | planning | 324 | pressure sensitive paint /
temperature sensitive
paint | 50 |
| pedestrian flow | 313 | plant maintenance | 182 | Princeton Ocean Model | 24 |
| PEEC method (partial
element equivalent circuit
method) | 364 | plant management | 182 | principal component analysis | 9, 228 |
| peer to peer | 372 | plasma | 40, 90, 196 | principle of instrumentation | 84 |
| PEG (polyethylene Glycol) | 189 | plasma physics | 299 | printed circuit board | 364 |
| perception-driven | 193 | PLM (product lifecycle
management) | 170 | priority control | 254 |
| perfectly matched layer | | PM (product model) | 173 | probability distribution | 229 |
| 338, 365 | | PM (productive maintenance) | 182 | procedural knowledge | 203, 250 |
| period | 292 | PML (perfectly matched layer) | 338, 365 | process system | 75 |
| periodic | 292 | pneumatic system | 70 | processing system (machining,
press, welding) | 41 |
| perpendicular magnetic
recording | 211 | point to point | 1, 6 | product lifecycle management | 170 |
| person with physical
disabilities | 145 | Poisson equation | 269 | product model | 173 |
| Petri net | 234 | polyethylene Glycol | 189 | production line | 173 |
| | | polygon mesh | 245 | production management | 170 |
| | | polyline chart | 118 | | |
| | | polymer processing | 257 | | |

- production planning 171
- productive maintenance 182
- projection cluster technology 225
- projection function 167, 241
- projection image 165
- projector-augmented wave 366
- prosthesis 61, 145
- prosthetic walking 61
- proteomics 302
- protocol 14
- protocols in the Internet 14
- pseudo-haptics 264
- pseudo-random number 185
- PSK (phase shift keying) 309
- PSP/TSP (pressure sensitive paint / temperature sensitive paint) 50
- psychological evaluation 9
- PTP (point to point) 1, 6
- PTV (particle tracking velocimetry) 63
- public key cryptosystem 305
- pulverized coal-fired boiler 48
- pump 333
- pyroclastic flow 43
- P2P (peer to peer) 372
- [Q]**
- QFD (quality function deployment) 181
- QoE (quality of experience) 373
- QOL (quality of life) 61, 225
- QoS (quality of service) 139, 254, 373
- QoS/QoE assessment 373
- quality 359
- quality at market 359
- quality by design 359
- quality function deployment 181
- quality of experience 373
- quality of life 61, 225
- quality of service 139, 254, 373
- quantitative finance 103
- quantitative forecasting 208
- quantum chemistry 180
- quantum chemistry calculation 81
- quantum chromodynamics 349
- quantum effect 80
- quark 39
- queueing theory 243
- [R]**
- radiation 20
- radiation transport 311
- radio link design 322
- radio on free-space optics 275
- radio propagation estimation 322
- RAID (redundant arrays of independent disks) system 211
- railway accident risk analysis 213
- railway aerodynamics 215
- railway structure problem 214
- random sequential updating 313
- random sparse matrix 37
- random waypoint model 2
- RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes) 345
- RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes) equations 339
- RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes) model 48, 130
- rating scale method 373
- Rayleigh-Ritz procedure 67
- reactor physics 86, 88
- real environment 293
- real-time characteristic 139
- real-time simulator 227
- realized volatility 103
- redundant arrays of independent disks 211
- reflectance model 113
- reflection 166
- reflection in action 181
- region of interest 125
- regional model 191
- Regional Ocean Modeling System 24
- register transfer level simulation 358
- regular volume 319
- regularization 84
- rehabilitation 314
- rehabilitation using rowing motion 357
- reinforcement learning 77, 296
- relative error 161
- relevance theory 107
- reliability analysis 159
- rendering 13
- Repast 22
- repetitive control 6
- replanning 324
- representative agent 79
- request to send/ clear to send 328
- resin transfer molding 294
- response surface 26
- restriction enzyme 305
- reverse engineering 342
- reverse spiral cylindrical origami structure 31
- reweighting 232
- Reynolds averaged Navier-Stokes 345
- Reynolds averaged Navier-Stokes analysis 20
- Reynolds averaged Navier-Stokes equations 339
- Reynolds averaged Navier-Stokes model 48, 130

- | | | | | | |
|---|------------|--|----------------------|---|--------------------|
| Reynolds equation | 82 | RTS/CTS (request to send/
clear to send) | 328 | search advertising | 27 |
| Reynolds number | 82 | rule-based | 151 | second Rayleigh integral | 224 |
| Reynolds stress model | 130 | rule-based model | 285 | secure socket layer | 252 |
| ride quality | 214 | rule-based modeling | 112 | security | 135 |
| Riemann invariant | 363 | Runge-Kutta method | 148 | security architecture for
Internet protocol | 252 |
| rigid body | 18 | running safety | 214 | SED (strain energy density) | 175 |
| rigid link model | 73 | RVC (road to vehicle
communication) | 139 | sediment disaster | 239 |
| rigid origami | 31 | | | SEDRIS (Synthetic
Environmental Data
Representation &
Interchange Specification) | 74 |
| RIP (routing information
protocol) | 351 | [S] | | seismic hazard map | 119 |
| river environment | 44 | sagittal plane | 315 | seismic isolation | 64 |
| road to vehicle communication | 139 | saliency-driven | 193 | selective attention | 251 |
| robot for walking | | salt damage | 240 | self-consistent field | 304 |
| rehabilitation | 314 | sampling | 329 | self-driven particle | 313 |
| robot manipulator | 360 | sampling distribution | 229 | self-interaction correction | 366 |
| robust design | 359 | sampling point | 332 | self-organizing | 80 |
| robust stability | 262 | SAO (sequential approximate
optimization) | 54 | self-organizing map | 246, 281, 283, 348 |
| robustness | 176 | satellite link | 21 | semantic differential method | 152 |
| RoFSO (radio on free-space
optics) | 275 | SBML (systems biology
markup language) | 112 | semiclosed-loop control | 6 |
| ROI (region of interest) | 125 | scalability | 71, 193, 372 | semiconductor device | |
| rollover | 236 | scalar field | 13 | simulation | 269 |
| ROMS (Regional Ocean
Modeling System) | 24 | scalar massively parallel
processor | 164 | semiconductor process | |
| rotary wing | 93 | scalar volume data | 165 | simulation | 270 |
| rotating machinery | 34 | scale-free network | 138 | semiconductor spintronics | 123 |
| rough set | 348 | scanner data | 103 | senior simulator and prosthesis
simulator | 145 |
| rounding mode | 161 | scatter diagram | 198 | sense of touch device | 10, 152 |
| rounding to the nearest | 161 | scattering wave function | 218 | sensemaking | 324 |
| Routh-Hurwitz stability
criterion | 184 | SCF (self-consistent field) | 304 | sensible heat | 238 |
| routing | 14, 351 | Schrödinger equation | 350 | sensitivity | 97 |
| routing analysis | 351 | Schur decomposition | 67 | sensitivity analysis | 176 |
| routing control | 254 | science of design | 212 | sequence | 267 |
| routing information protocol | 351 | scientific visualization | 149 | sequence analysis | 267 |
| routing method | 2 | SciVis (scientific visualization) | 149 | sequence similarity search | 267 |
| routing protocol | 253 | SCM (supply chain
management) | 297 | sequential approximate
optimization | 54 |
| RTL (register transfer level)
simulation | 358 | SD (system dynamics) | 121, 136, 321 | service engineering | 108 |
| RTM (resin transfer molding) | 294 | SEA (statistical energy
analysis) | 230 | | |

- SFD (stock-flow diagram) 121
- SGS model 339
- shallow water equation 44
- shallow water theory 208
- Shortley-Weller finite difference 334
- SIC (self-interaction correction) 366
- sign language 205
- signal transduction 117
- SIMD (single instruction multiple data) 164, 307
- simple mail transfer protocol 14
- simulated experience 264
- simulation 326
- simulation and virtual reality / Earth Simulator 134
- simulation for emergency response and preparedness 310
- Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis 37, 364
- simulation technology and society 133
- simulation tool for statistics education 229
- simulator for medical education 10, 166, 370
- simultaneous engineering 210
- simultaneous measurement 50
- single instruction multiple data 164, 307
- single photon emission computed tomography 11
- single-stage-to-orbit 16
- singular perturbation 347
- sink 121
- situation awareness 291, 303
- skill-based 151
- skills lab 10
- slab method 188
- slab model 217
- slice image 165
- slip 290
- slip line field method 188
- slope failure 239
- slotted ALOHA 1
- smart structure and material 169
- SMARTWAY 139
- Smoldyn 376
- smoothed particle hydrodynamics 367
- SMTP (simple mail transfer protocol) 14
- snow and ice disaster 183
- snow avalanche dynamics model 183
- SNS (social network service) 252
- SOARS 22
- Sobolev space 51
- Sobolev space and numerical analysis 190
- social decision-making 133
- social network 138
- social network service 252
- social system simulation 136
- socio-technical system 291
- soft magnetic material 122
- softmaterial 189
- solar wind 196
- solid borne 129
- solid mechanics 177
- solid state drive 211
- SOM (self-organizing map) 246, 281, 283, 348
- somatic sensation 152
- sonic boom 93
- sonic conductance 70
- sound absorbing material 64
- sound absorbing/damping structure 64
- sound absorption coefficient 64
- sound pressure 32
- sound source exploration 32
- source 121
- source-filter theory 33
- SP (standardized patient) 370
- space-filling 58
- space-filling structure 31
- spacecraft thermal and structural technology 19
- Spatocyte 376
- SPC (statistical process control) 283
- special-purpose computer 185
- SPECT (single photon emission computed tomography) 11
- spectral radius 306
- speech synthesis 33
- SPEEDI 310
- SPH (smoothed particle hydrodynamics) 367
- SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 37, 364
- spike-timing dependent synaptic plasticity 132
- spiral wave reentry 45
- spline interpolation 312
- sports engineering 168
- spring embedder model 256
- SSD (solid state drive) 211
- SSL (secure socket layer) 252
- SSTO (single-stage-to-orbit) 16
- stability 4
- stability analysis 34, 176
- stability of rotating machinery, coupled system of shaft, bearing and casing 34
- stabilizable 111
- staggered grid 365
- stand-alone 23
- standard for the exchange of product model data 342
- standardized patient 370
- state equation 4, 184, 262

- state machine model **147**
 state transition model **147**
 state transition probability 53
 static collaboration 66
 static model 112
 statistical energy analysis **230**
 statistical learning machine **231**
 statistical process control 283
 statistical safety evaluation
 method 86
 statistics **228**
 steady state 176
 Stella/iThink 121
 STEP (standard for the
 exchange of product
 model data) 342
 stereo PIV **167, 343**
 stereoscopic particle image
 velocimetry **167, 343**
 stereoscopic vision **341**
 stiff system 148
 still image 95
 stochastic differential equation 332
 stock 121
 stock-flow diagram 121
 storm surge disaster **197**
 strain energy density 175
 stress intensity factor 268
 stress shielding 175
 strong coupling analysis 192
 structural integrity 96
 structural mechanics **96**
 structural optimal design **97**
 structural simulation 7
 structural simulation of
 automobile **128**
 structure 96
 structure analysis simulation
 and volume visualization **98**
 structure of aircraft **91**
 structured volume 319
 sub mesoscale variation 24
 subgrid scale model 339
 subsystem 230
 super cell 217
 supercell 374
 superconducting maglev
 system **207**
 superconducting magnet 207
 superconducting state 206
 supervisory control 249
 supply chain 78, 141
 supply chain management 297
 support vector machine 231
 surface 242
 surface integrity 55
 surface rendering 165
 surge 47
 susceptibility artifact 12
 SVM (support vector machine) 231
 Swarm 22
 switch level simulation 358
 synapse 132
 synaptic connection 247
 synaptic plasticity **132**
 synthesis 181
 Synthetic Environmental Data
 Representation & Inter-
 change Specification 74
 system dynamics **121, 136, 321**
 system-level simulation 85
 system of linear equations
 163, 325, **356**
 system of orthogonal
 polynomials 312
 system thinking 121
 systematic error 83
 systems-based drug design **120**
 systems biology 120
 systems biology markup
 language 112
 systems chemistry 120
- [T]**
- T.L.F (total Lagrangian
 formulation) 286
 Taguchi method 359
 tank model 160
 target level of safety 94
 TCP/IP (transmission control
 protocol/Internet
 protocol) 14, 253
 TDDFT (time-dependent
 density functional theory)
 90, 222, 288
 TDMA (time division multiple
 access) 1, 85
 team and group model **199**
 team orientation 199
 team work 199
 technology of plasticity **188**
 TED (transient enhanced
 diffusion) 270
 telecommunication networks
 during disasters **109**
 temperature 353
 texture synthesis 308
 The Earth Simulator 36
 the elderly 145
 theory of constraint-induced
 171
 thermal diffusion 270
 thermal environment 237
 thermal power generation **48**
 thin layered element method
 214
 thinking CAE **153**
 three-dimensional sound **378**
 three-point finite difference 334
 tick data 103
 tie 138
 tiled display 284
 time-dependent density
 functional theory
 90, 222, 288

- time-dependent Schrödinger equation 90, 350
- time division multiple access 1, 85
- time series 95
- time stamp 23
- time-temperature superposition principle 257
- time-varying data 125
- time-weighted average price 131
- timing simulation 195
- timing verification 195
- TLS (target level of safety) 94
- TMD (tuned mass damper) 142
- tomo PIV 241, 343
- tomographic particle image velocimetry 241, 343
- tomography 255
- toolkit for agent-based social simulation 22
- Top Runner Program 143
- topological analysis 280
- Top500 307
- total Lagrangian formulation 286
- total logistics 297
- total quality management 359
- total traffic volume 109
- TQM (total quality management) 359
- tracer particle 167
- traffic accident risk analysis 127
- traffic analysis 243
- traffic simulation 101
- training simulator 75
- transfer function 4, 184
- transformer 186
- transient enhanced diffusion 270
- transient response analysis 233
- transmission and distribution equipment 186
- transmission characteristics estimation 322
- transmission control protocol/Internet protocol 14, 253
- transmission-line modeling 224
- transmission-line modeling method for wave field synthesis 224
- transport and transformation of air-pollutants 191
- transport equation 269
- transverse relaxation 114
- traveling salesman problem 298
- tree method 185
- tree structure 118, 125
- trend 135
- trial and error 166
- triangulation 335
- tribology 242
- troidal continuously variable transmission 57
- troidal CVT 57
- truncation error 334
- TSP (traveling salesman problem) 298
- TSTO (two-stage-to-orbit) 16
- tsunami 197
- tsunami and its disaster 208
- tuned mass damper 142
- tunnel sonic boom 207
- turbo coding 3
- turbulence and turbulent combustion 339
- turbulent combustion 237
- turbulent diffusion 87
- turbulent diffusion model 183
- turbulent phenomenon 82
- turbulent transport 40
- TWAP (time-weighted average price) 131
- two body problem 18
- two-stage-to-orbit 16
- [U]**
- U.L.F (updated Lagrangian formulation) 286
- ultrasound therapy 177
- uncertainty 83, 91
- uncoupled analysis 355
- underground environment 200
- unit load 298
- updated Lagrangian formulation 286
- urban climatology 238
- urban structure 53
- user interaction 150
- user interaction in information visualization 150
- utilization of renewable energy resources 124
- [V]**
- VANET (vehicular ad-hoc network) 2
- variable stability airplane 92
- vector 7
- vector parallel computer 307
- vector register 307
- vector-wave analysis 274
- vehicular ad-hoc network 2
- Vensim 121
- Verification, Validation & Accreditation 74
- verified numerical computation 179
- vertex 138
- vibration control 142
- vibration isolation 64
- vibration mode 158
- video avatar 38, 284
- virtual computer 72
- virtual development 210
- virtual environment 293, 326
- virtual heart 45
- virtual manufacturing 173

- virtual market 296
 virtual organization 72
 virtual private network 252
 virtual reality 75, 91, **264**, 293, 362
 virtual reality in CAD/CAE **361**
 Virtual Surge Testing Lab. 47
 visco-elasticity 257
 visible light communication 275
 visual analytics 149, **278**
 visual data mining **279**
 visual data mining and statistical analysis **282**
 visual data mining in astronomy **17**
 visual data mining in bioinformatics **265**
 visual data mining in fluid dynamics **348**
 visual information processing **113**
 visual thinking 153
 visualization discovery process 279
 visualization for scalar volume data **165**
 visualization for tensor volume data **223**
 visualization for vector volume data **308**
 visualization of large-scale volume data **193**
 visualization of sound field and acoustic intensity **32**
 visualization provenance management 278
 Viterbi decoding 3
 VLC (visible light communication) 275
 VOC (volatile organic compounds) 200
 vocal folds 33, 178
 vocal tract 33, 178
 vocal tract acoustics **178**
 Voigt model 257
 volatile organic compounds 200
 volcanic eruption disaster **43**
 volcanic plume 43
 voltage stability 226
 volume data 318, **319**
 volume rendering 165, 193, 332
 volume visualization **318**
 volume visualization in computer fluid dynamics **346**
 volume visualization in electro-magnetic field analysis **219**
 volume-weighted average price 131
 volumetric display 219
 voxel 180
 voxel FEM 316
 VPN (virtual private network) 252
 VR (virtual reality) 75, 91, **264**, 293, 362
 VSTL (Virtual Surge Testing Lab.) 47
 VV&A (Verification, Validation & Accreditation) 74
 VWAP (volume-weighted average price) 131
[W]
 W-CDMA (wideband code division multiple access) 85
 walking robot **315**
 Wang-Landau method 232
 war gaming 74
 warehouse management system 298
 wave equation 178, 224
 wave field synthesis 224, 378
 wavelength division multiplexing 275
 WDM (wavelength division multiplexing) 275
 weak coupling analysis 192
 weak form 335
 wear 242
 weather prediction **60**
 Weber-Fechner's law 251
 Weibull distribution 159
 weight 162
 welding 41
 WFS (wave field synthesis) 224, 378
 wheelchair propulsion **73**
 Whitney element 15
 wide area Ethernet 252
 wideband code division multiple access 85
 Wiener-Khinchin theorem 271
 wind-driven current 105
 wireless local area network **328**, 330
 WMS (warehouse management system) 298
 world Englishes 106
[X]
 X-ray computed tomography 11, 216
[Z]
 zero-intelligence 27
[数字]
 3D origami 31
 3D-structure 265
 4 dimensional variational method 60
 6 axis motion base 225

シミュレーション辞典

Simulation Dictionary

© 日本シミュレーション学会 2012

2012 年 2 月 27 日 初版第 1 刷発行

★

検印省略

編 者 日本シミュレーション学会
発 行 者 株式会社 コロナ社
代 表 者 牛来真也
印 刷 所 三美印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-02458-6 (新宅) (製本: 牧製本印刷) G

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします