

ロボット工学ハンドブック

(第3版)

日本ロボット学会 編

コロナ社

ロボット工学ハンドブック（第3版）

刊行のことは

このハンドブックは、ロボットに関するあらゆる事項を網羅し、ロボットから派生する学問、技術、社会、文化の全貌を理解するための一助となることを目指している。これはロボットに関するすべての知識・経験を体系化しようとする出発点でもある。

体系化とは、その分野において教科書が書けることである。材料力学、電磁気学などは多くの教科書があり、それらは基本的に内容が同じである。すなわち体系化ができていることを意味する。もちろん、材料にも電気にも最先端の研究があるが、それらは教科書の内容をベースとしてその上に構築されており、最初は参考書として紹介され、一般化が進むと新たな教科書の項目となる。ロボットにも基礎となる教科書はある。例えば、マニピュレータの力学などは教科書として使われている。「ロボット工学」ととらえれば、設計や制御の基礎について教科書が作成されている。しかしそこに新しい応用場面、例えば人との協働が入ると、根本的に設計・制御が変わってしまい、教科書自体を刷新する必要がある。さらに、安全、法律、社会受容性、心理、医療福祉など「工学」以外の学問領域が含まれる「ロボット学」となると、教科書を考える前に、基盤となる学問への軸足の置き方を見直さなければならない。

本ハンドブックは教科書ではない。ロボット分野の基礎から応用までを学際的、俯瞰的に網羅して、ロボットに関する体系化の方法を根本から見直す試みである。ロボット学会は「ロボット工学会」ではない。「工」がないことの意味は深く、ロボットがあらゆる学問を包含する究極の対象であることを意味している。そのため時代の経過とともに、改訂を必要とする。今回の改訂は、前回の部分更新とはまったく異なる全面改訂とした。第3版とするか、新刊とするかについても議論したが、残念ながらまだ完全な「ロボット学」までは到達していないと判断し、「ロボット工学ハンドブック」の名称はそのままに、第3版とした。しかし、第I編は「ロボット学」と呼べる構成・内容として新たに企画・制作した。つぎの改訂では「ロボット学ハンドブック」として出版できることを目指したい。

最後に、ハンドブックの趣旨を理解し完成にご協力いただいた執筆者の皆さん、原稿収集・編集・校正など丁寧にご対応いただいたコロナ社の方々に、ロボット工学ハンドブック編集委員会を代表して感謝申し上げます。

2023年1月

ロボット工学ハンドブック（第3版）編集委員会
委員長 菅野重樹

ロボット工学ハンドブック (第3版)

編集委員会

委員長	菅野重樹 (早稲田大学)	
委員	長谷川泰久 (名古屋大学)	第I編主査
	原田研介 (大阪大学)	第II編主査
	尾形哲也 (早稲田大学/産業技術総合研究所)	第III編主査
	永谷圭司 (東京大学)	第IV編主査
	倉林大輔 (東京工業大学)	第V編主査

執筆者一覧

(五十音順)

相山康道 (筑波大学) II-2 章主査, II-2.3	遠藤玄 (東京工業大学) II-4.4.1, 4.4.3
青木岳史 (千葉工業大学) II-1 章主査, II-1.1	大川一也 (千葉大学) II-4 章主査, II-4.1~4.3
青山忠義 (名古屋大学) IV-12.8	大木智明 (清水建設株式会社) IV-7.10
秋山佳丈 (信州大学) IV-12.9	大倉和博 (広島大学) III-5.2
安孫子聡子 (芝浦工業大学) IV-10 章主査, IV-10.1	大澤博隆 (慶應義塾大学) I-15.3
天野久徳 (消防庁消防研究センター) IV-8.4	大須賀公一 (大阪大学) IV-8.2
新井史人 (東京大学) IV-12.2	大隅久 (中央大学) II-2.2
荒川豊 (九州大学) III-10.1	太田祐介 (千葉工業大学) II-1.2.1
安部祐一 (大阪大学) IV-8.3	大槻真嗣 (宇宙航空研究開発機構) IV-10.2
石上玄也 (慶應義塾大学) III-3.1.1 [2]	大野和則 (東北大学) IV-8 章主査, IV-7.13, V-8.1, 8.5
石川将人 (大阪大学) V-3	大野英隆 (湘南工科大学) II-1.2.3
石黒章夫 (東北大学) III-13.1	大場光太郎 (産業技術総合研究所) I-7
石黒周 (千葉工業大学) I-5 章主査, I-5.1, 5.3, 5.3.2, 5.3.3, 5.4	大山英明 (産業技術総合研究所) I-15 章主査
糸山克寿 (東京工業大学) V-1.5	尾形哲也 (早稲田大学/産業技術総合研究所) III-11 章主査, III-13 章主査, I-16.3, III-11.3, 12.1
稲谷龍彦 (京都大学) I-13.2	岡田慧 (東京大学) III-9.2
稲見昌彦 (東京大学) IV-11.8	岡田聡 (日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社) IV-8.9
稲邑哲也 (国立情報学研究所) III-12.8	岡田浩之 (玉川大学) I-10
井上文宏 (湘南工科大学) IV-7.4	岡田佳都 (東北大学) IV-7.13
今井浩久 (ヤマハ発動機株式会社) IV-9.6	岡本淳 (ソニア・セラピューティクス株式会社) IV-3.6
今井倫太 (慶應義塾大学) III-12.4, IV-5.4	
上野浩史 (宇宙航空研究開発機構) IV-10.3	
上村宇之 (広和株式会社) IV-9.2	
植村涉 (龍谷大学) II-10 章主査, II-10	

- 小川 和 徳 (ダイヤ工業株式会社) IV-11.6
- 小川 和 也 (株式会社豊田自動織機) IV-1.6
- 尾崎 功 一 (宇都宮大学) IV-6.2
- 小澤 隆 太 (明治大学) II-3.3, III-2.2
- 鏡 慎 吾 (東北大学) III-9.4
- 笠原 俊 一 (株式会社ソニーコンピュータサイエンス
研究所) IV-11.4
- 風間 啓 (損害保険ジャパン株式会社) I-13.1.2
- 梶谷 勇 (産業技術総合研究所) II-6.2.5
- 金岡 克 弥 (株式会社人機一体) IV-11.3
- 鎌田 富 久 (TomyK Ltd./東京大学) I-5.3.1
- 上出 寛 子 (名古屋大学) I-11, V-8.3
- 亀井 剛 次 (日本電信電話株式会社 NTT コミュニ
ケーション科学基礎研究所) III-10.2
- 亀崎 允 啓 (早稲田大学) III-12.6
- 亀川 哲 志 (岡山大学) IV-3.7
- 川嶋 健 嗣 (東京大学) IV-3.8
- 川端 邦 明 (日本原子力研究開発機構) IV-8.11
- 河原 達 也 (京都大学) III-12.3
- 神田 崇 行 (京都大学) III-12 章主査, III-12.7
- 神田 岳 文 (岡山大学) II-8.7
- 菊 植 亮 (広島大学) III-1.3
- 菊池 耕 生 (千葉工業大学) II-4.6
- 木口 量 夫 (九州大学) III-8.1
- 北辻 博 明 (株式会社メディカロイド) IV-3.9, 3.10
- 北原 成 郎 (株式会社熊谷組) IV-7.2
- 衣川 潤 (福島大学) III-1.5
- 木村 朝 子 (立命館大学) II-6 章主査
- 木村 哲 也 (長岡技術科学大学) IV-8.7
- 久木田 水 生 (名古屋大学) I-12
- 久保田 孝 (宇宙航空研究開発機構) IV-10.6
- 熊谷 正 朗 (東北学院大学) II-9 章主査, II-9.1~
9.3, 9.6
- 久米 洋 平 (パナソニック エイジフリー株式会社)
IV-4.8
- 倉爪 亮 (九州大学) III-10.3
- 倉林 大 輔 (東京工業大学) V-6 章主査, I-16.5,
V-6.3, 6.4
- 栗田 雄 一 (広島大学) IV-11 章主査, IV-11.1, 11.6
- 黒田 晃 史 (ヤンマーアグリ株式会社) IV-6.3
- 黒田 洋 司 (明治大学) IV-5.7
- 桑名 健 太 (東京電機大学) IV-3.5
- 郷古 学 (東北学院大学) III-9.5
- 鴻巣 仁 司 (トヨタ自動車株式会社) IV-4.5
- 小嶋 秀 樹 (東北大学) I-8
- 小嶋 勝 (大阪大学) IV-12.5
- 小平 紀 生 (元三菱電機株式会社) I-4 章主査,
I-4.2, IV-1.3
- 琴坂 信 哉 (埼玉大学) I-9, IV-5.6
- 小林 宏 (東京理科大学/株式会社イノフィス)
I-5.2 [1], IV-4.7
- 小林 正 啓 (花水木法律事務所) I-13.1.1
- 小林 洋 (大阪大学) IV-3.3
- 小谷内 範 穂 (近畿大学) I-3.4
- 近藤 豊 (株式会社 Preferred Robotics) III-6.3
- 近野 敦 (北海道大学) III-1.1
- 昆陽 雅 司 (東北大学) II-6.1.3, 6.1.4, IV-8.3
- 齋藤 毅 (コニカミノルタ株式会社) IV-6.6
- 境野 翔 (筑波大学) II-6.2.1
- 坂上 憲 光 (東海大学) IV-9 章主査, III-3.2.2,
IV-9.1
- 酒田 信 親 (龍谷大学) II-6.2.2
- 坂本 義 弘 (東京ロボティクス株式会社) I-5.2 [5]
- 相良 慎 一 (九州工業大学) IV-9.4
- 櫻間 一 徳 (京都大学) III-5.1
- 佐々木 智 也 (東京大学) IV-11.8
- 佐々木 洋 子 (産業技術総合研究所) II-6.2.4
- 貞光 大 樹 (経済産業省 特許庁) I-6
- 佐藤 一 雄 (株式会社ニッコー) IV-2.4
- 佐藤 健 哉 (同志社大学) IV-5.2
- 佐野 明 人 (名古屋工業大学) IV-4.6
- 山海 嘉 之 (筑波大学/CYBERDYNE 株式会社)
IV-3.11, 4.4
- 三治 信一朗 IV-1.2
- 塩見 昌 裕 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所)
III-12.5
- 篠澤 一 彦 (大阪教育大学) IV-5.4
- 柴田 崇 徳 (産業技術総合研究所) IV-4.11
- 柴田 智 広 (九州工業大学) III-11.1
- 嶋地 直 広 (北陽電機株式会社) II-7.1.1
- 清水 正 宏 (大阪大学) IV-12.3
- 白土 浩 司 (三菱電機株式会社) II-3.4.1
- 新村 猛 (立命館大学) IV-2.7
- 菅 佑 樹 (株式会社 SUGAR SWEET ROBO-
TICS/早稲田大学) II-9.4, 9.5
- 菅野 重 樹 (早稲田大学) I-1
- 菅原 雄 介 (東京工業大学) II-4.4.1, 4.4.2
- 杉原 知 道 (オムロン株式会社) III-3.1.2

- 鈴木 健 嗣 (筑波大学) IV-11.7
- 鈴木 昭 二 (公立はこだて未来大学) II-10, IV-5.3
- 鈴木 俊 裕 (損害保険ジャパン株式会社) I-13.1.2
- 鈴木 正 敏 (IDEC ファクトリーソリューションズ株式会社) IV-1.5
- 鈴木 陽 介 (金沢大学) II-7.1.5
- 鈴木 康 一 (東京工業大学) II-5 章主査, II-5.1, 5.2
- Steve “Mouse” Silverstein (The Walt Disney Company) I-14
- 関 啓 明 (金沢大学) V-2
- 関 山 浩 介 (名城大学) V-5
- 高 岩 昌 弘 (徳島大学) II-11 章主査, II-8.4, 11.3
- 高 嶋 淳 (国立障害者リハビリテーションセンター研究所) V-4
- 高 野 涉 (大阪大学) III-11.4
- 高 森 年 (国際レスキューシステム研究機構/神戸大学名誉教授) IV-8.7
- 高 山 潤 也 (信州大学) V-1 章主査, V-1.1~1.3
- 高 山 俊 男 (東京工業大学) II-1.2.2
- 竹 囲 年 延 (弘前大学) III-3.1.1 [1]
- 武 居 直 行 (東京都立大学) II-2.1
- 竹 村 研治郎 (慶應義塾大学) II-8.5
- 多田隈 建二郎 (東北大学) II-3.2
- 多田隈 理一郎 (山形大学) II-8.8
- 建 山 和 由 (立命館大学) IV-7.3
- 田 中 孝 之 (北海道大学) IV-11.5
- 田 中 正 行 (東京工業大学) V-1.4
- 谷 口 忠 大 (立命館大学) III-13.4
- 田 村 耕 作 (経済産業省 特許庁) I-6
- 田 村 雄 介 (東北大学) IV-8.8
- 辻 徳 生 (金沢大学) III-6.2
- 坪 内 孝 司 (筑波大学) III-3 章主査
- 都 甲 潔 (九州大学) II-6.1.5
- 土 肥 正 男 (IDEC 株式会社) IV-1.4
- 富 沢 哲 雄 (東京工業高等専門学校) II-7.1.1
- 友 納 正 裕 (千葉工業大学) III-9.1
- 永 井 伊 作 (岡山大学) II-7.1.7, 7.2.1~7.2.3
- 長 井 志 江 (東京大学) III-13.3
- 中 川 友紀子 (株式会社アールティ) IV-2.5
- 長 坂 善 禎 (北里大学) IV-6 章主査, IV-6.1
- 仲 島 鉄 弥 (株式会社クボタ) IV-6.5
- 永 田 和 之 (産業技術総合研究所) III-1.4
- 中 臺 一 博 (東京工業大学) III-9.3
- 中 楯 龍 (神戸大学) IV-3.4
- 永 谷 圭 司 (東京大学) I-16.4, IV-8.6
- 中 西 弘 明 (京都大学) II-4.5.2, III-3.2.2
- 中 西 洋 喜 (東京工業大学) IV-10.4
- 中 村 聡 (東急建設株式会社) IV-7.12
- 中 村 太 郎 (中央大学) II-1.3
- 中 村 泰 (理化学研究所) V-7
- 中 本 高 道 (東京工業大学) II-6.1.6
- 並 木 明 夫 (千葉大学) II-3.4.2
- 鳴 海 拓 志 (東京大学) IV-11.10
- 新 妻 実保子 (中央大学) III-10.4
- 新 山 龍 馬 (明治大学) II-5.3, 5.4
- 野 田 哲 男 (大阪工業大学) IV-1 章主査, IV-2 章主査, IV-1.1, 2.1
- 野 波 健 蔵 (先端ロボティクス財団/千葉大学名誉教授) I-5.2 [3]
- 橋 口 哲 志 (龍谷大学) II-6.1.7
- 長谷川 泰 久 (名古屋大学) I-16.1, IV-11.9
- 羽 田 靖 史 (工学院大学) II-10
- 馬 場 伸 彦 (甲南女子大学) I-15.5
- 原 口 林太郎 (三菱電機株式会社) II-3.4.1
- 原 田 研 介 (大阪大学) III-1 章主査, I-16.2, II-7.2.4, III-1.2, 2.4
- 東 森 充 (大阪大学) III-2.3.1~2.3.3
- 平 井 慎 一 (立命館大学) III-2.1, IV-2.2
- 平 岡 茂 樹 (株式会社トプコンソキアポジショニングジャパン) IV-7.9
- 平 木 隆 夫 (岡山大学) IV-3.7
- 平 田 泰 久 (東北大学) IV-4 章主査, III-8.3, IV-4.1
- 比留川 博 久 (産業技術総合研究所) IV-4.2
- 広 田 光 一 (電気通信大学) II-6.1.1, 6.1.2
- 福 江 純 (大阪教育大学名誉教授) I-15.2
- 福 岡 泰 宏 (茨城大学) III-3.1.3
- 藤 井 仁 (RT. ワークス株式会社) IV-4.9
- 藤 本 弘 道 (株式会社 SHIN-JIGEN/株式会社 Thinker) I-5.2 [4]
- 藤 本 康 孝 (横浜国立大学) II-8.2
- 細 田 耕 (大阪大学) III-13.2
- 細 田 祐 司 (日本ロボット学会) I-2
- 洞 出 光 洋 (防衛大学校) II-1.2.4, 3.5
- 本 田 幸 夫 (東京大学) I-4.3
- 前 田 雄 介 (横浜国立大学) III-2 章主査, III-2.3.4
- 前 山 祥 一 (香川大学) II-7 章主査, II-7.1.3, 7.1.6, 7.2.4

- 牧 眞 司 (SF 研究者, 文藝評論家, 書評家) I-15.1
- 卷 俊 宏 (東京大学) IV-9.3
- 正 宗 賢 (東京女子医科大学) IV-3 章主査,
IV-3.1, 3.2
- 真 下 智 昭 (岡山大学) IV-12.7
- 松 崎 謙 司 (東芝エネルギーシステムズ株式会社)
IV-8.10
- 松 永 三 郎 (東京工業大学) IV-10.7
- 松 野 隆 幸 (岡山大学) IV-3.7
- 松 野 文 俊 (京都大学) III-5 章主査
- 松 原 崇 充 (奈良先端科学技術大学院大学) III-11.2
- 松 原 仁 (東京大学/公立はこだて未来大学) I-3.5
- 松 元 明 弘 (東洋大学) V-8.1
- 松 本 健 作 (株式会社ノードクラフト) IV-2.6
- 松 本 吉 央 (産業技術総合研究所) III-12.2
- 丸 山 央 峰 (名古屋大学) IV-12 章主査, IV-12.1, 12.6
- 三 浦 悟 (鹿島建設株式会社) IV-7.6
- 水 川 真 (芝浦工業大学名誉教授) I-9
- 南 澤 孝 太 (慶應義塾大学) IV-11.8
- 宮 下 敬 宏 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所)
III-10 章主査, IV-5 章主査, IV-5.1
- 宮 本 道 人 (東京大学) I-15.4
- 三 好 孝 典 (長岡技術科学大学) III-8.2
- 三 輪 昌 史 (徳島大学) II-4.5.1
- 向 井 正 和 (工学院大学) III-5.3
- 村 井 昭 彦 (産業技術総合研究所) II-6.2.3,
IV-11.2
- 村 上 弘 記 (株式会社 IHI) IV-7.7
- 村 田 智 (東北大学) IV-12.4
- 毛 利 哲 也 (岐阜大学) II-3 章主査, II-3.1
- 持 丸 正 明 (産業技術総合研究所) IV-11.2
- 望 山 洋 (筑波大学) II-7.1.4
- 森 直 樹 (元大成建設株式会社) IV-7.11
- 森 永 英 一 郎 (ソニーグループ株式会社) IV-5.5
- 矢 島 匠 (キング通信工業株式会社) IV-4.10
- 安 川 裕 介 (新エネルギー・産業技術総合開発機構)
I-2
- 矢 内 重 章 (日本ロボット工業会) I-13 章主査,
I-13.1
- 柳 原 好 孝 (東急建設株式会社) IV-7 章主査,
IV-7.1
- 矢 野 智 昭 (岡山大学) II-8.1
- 矢 吹 佳 子 (電気通信大学) IV-4.3
- 山 崎 公 俊 (信州大学) II-7.1.2, III-3.1.1 [3]
- 山 下 淳 (東京大学) IV-7.5
- 山 下 智 輝 (株式会社前川製作所) IV-2.3
- 山 田 祐 一 (農業・食品産業技術総合研究機構)
IV-6.4
- 山 田 陽 滋 (豊田工業高等専門学校校長/名古屋大学
名誉教授) V-8.2
- 大 和 信 夫 (ヴェイストン株式会社) IV-5.8
- 大 和 秀 彰 (千葉工業大学) II-1.2.1
- 山 中 建 二 (徳島大学) II-11.1, 11.2, 11.4, 11.5
- 山 根 克 (Path Robotics, Inc.) I-14
- 山野 夏 樹 (産業技術総合研究所) III-1.4
- 山 本 晃 生 (東京大学) II-8.6
- 山 本 郁 夫 (長崎大学) IV-9.5
- 山 本 貴 史 (トヨタ自動車株式会社) IV-5.9
- 山 元 弘 (株式会社小松製作所) IV-7.8
- 山 本 雅 人 (北海道大学) III-5.4
- 尹 祐 根 (サムスン電子株式会社) I-5.2 [2]
- 横 井 浩 史 (電気通信大学) IV-4.3
- 横 小 路 泰 義 (神戸大学) III-7
- 横 野 真 章 (株式会社マルヤナギ小倉屋) IV-2.6
- 吉 田 英 一 (東京理科大学) III-4
- 吉 田 和 弘 (東京工業大学) II-8 章主査, II-8.3
- 吉 田 和 哉 (東北大学) IV-10.5
- 吉 灘 裕 (元大阪大学) I-4.1
- 吉 見 卓 (芝浦工業大学) I-3 章主査, I-3.1~
3.3
- 和 佐 泰 明 (早稲田大学) V-6.1, 6.2
- 和 田 一 義 (東京都立大学) I-4.4, IV-2.8
- 渡 辺 哲 陽 (金沢大学) III-6 章主査, III-6.1

凡 例

1. 構成および編・章・節・項の区分

〔1〕 本文は全体を5編構成とし、章・節・項はポイントシステムを採用した。

〔2〕 巻頭に編・章からなる総目次を設け、各編のはじめに編内の章・節・項からなる目次を示した。

〔3〕 各解説の末尾に担当執筆者名を示した。

〔4〕 図、表および参考文献は、各編の中で章ごとの一連番号とした。

〔5〕 ページの付け方は、全体の通しページとした。

2. 用 語

〔1〕 原則として、JIS用語・図記号（JIS B 0134：2015，B 0138：1996，B 0144：2000，B 0185：2002，B 0186：2003，B 0187：2005），「学術用語集 機械工学編」（日本機械学会），「学術用語集 電気工学編」（電気学会），「学術用語集 計測工学編」（計測自動制御学会），「ロボット学術用語集」（日本ロボット学会）によることとした。これらに決められていない用語は，なるべく広く使われている標準的な用語をとることとした。

〔2〕 各編や各章における観点の違い，独自性を尊重するため，同じ事項を別の術後で表現する場合を認めている。

〔3〕 ロボットにおいて，複数の機器や装置を連携して動作する際に，手元の制御する側と遠隔の制御される側を表す用語として「マスター・スレーブ」がある。この用語について，英語圏を中心に「マスター（主人）とスレーブ（奴隷）」の用語を使用して関係性を表すことの是非をめぐる論争がしばしば起こっており，別の表現に置き換える動きもある。

ロボット学では，「マスター・スレーブ」の用語は学術用語として長年定着しており，別の表現に置き換えることが必ずしも適切ではあるとは言えない面があることは理解できるものの，奴隷制度を連想させる可能性は否定できず，今後，差別用語として広く認知される可能性もある。本書発行時点では，業界内で明確な表現が定まっているものではないが，本書中では一律「リーダー・フォロワ」の用語を使用する方針とした。

〔4〕 術後中の数字は原則として算用数字とした。

〔5〕 外来語の表記についてはそのまま日本語の用語として使用されているものは片仮名書きとし，日本語の用語が統一されていないものは原語で表記した。

〔6〕 外国語の略語には原則としてフルスペルを付した。

〔7〕 主要な用語に対しては，その初出時に対応英語をカッコ書きで付けた。

3. 単 位

単位は国際単位系（SI）を用いることを原則とした。ただし，文献を引用した場合や広く慣用的に用いられている場合は，SI以外の単位標記を認めている。

4. 数学記号・量記号・単位記号および図記号

〔1〕 一般の数学記号，量記号，単位記号および図記号は，JISによることを原則とした。

〔2〕 ただし，分野が多方面にわたるため，各章の独自の記号標記を認め，その都度定義して使用することにした。

5. 文 献

〔1〕 文献は各章末に一括してまとめた。

〔2〕 参考文献は，本文中のその事項の右肩にカッコとともにその番号を付けて表記した。

〔3〕 文献の記載の仕方は，原則としてつぎのとおりとする。

・雑誌，論文誌等の場合

著者名：表題，誌名，巻（vol.），号（no.），ページ，発行年

・図書の場合

著者名：書名，発行所名，ページ，発行年

・ウェブサイトの場合

サイト名：見出し，URL，（最終確認の日付）

6. 索 引

巻末に50音順およびアルファベット順の索引を付けた。

7. 商標などについて

本書に使用する会社名，商品名，製品名などは，一般に各社の商標もしくは登録商標である。本文中では，原則としてTM，®などの標記はしない。

8. 団体名の標記

団体名の冒頭にあつて，その団体の法人組織を表示する部分は省略する。

例：一般社団法人 日本ロボット学会
→日本ロボット学会

☞ 脚注は本文中の付ける箇所にて示した。

総目次

I

第I編 ロボット学概論

II

1. ロボットの学問の体系化	7
2. ロボットのマイルストーン	21
3. ロボットの分類規範	34
4. ロボットと産業	43
5. ロボットと起業	57
6. ロボットと知的財産権	69
7. 生活支援ロボットと安全性と社会実装のためのシステムデザイン	79
8. 人間科学とロボティクス	85
9. ロボットを用いた教育	110
10. 日本におけるロボット競技会	116
11. ロボットと哲学・倫理	126
12. ロボットと文化・社会	152
13. ロボットの法と保険	173
14. エンターテインメントロボット	196
15. ロボットと物語	205
16. ロボットによる未来社会	222

III

IV

V

索引

第II編 ロボット構成要素

1. ロボットの設計	237
2. ロボット構成要素—リンク機構	249
3. エンドエフェクタ	260

4. 移動機構	276
5. ソフトロボット	295
6. インタフェース	308
7. センサ	335
8. アクチュエータ	360
9. 制御機器	379
10. 通信	392
11. エネルギー源	403

第Ⅲ編 ロボット制御・知能化技術

1. ロボットアーム制御	425
2. ハンド (End effector) 制御	448
3. 移動ロボットの制御	469
4. 全身協調制御	494
5. 群ロボットの制御	502
6. 動作ティーチング	516
7. 遠隔操作システム	526
8. 人間機械協調	542
9. 環境認識の基礎技術	554
10. 環境知能化とネットワークロボティクス	579
11. 学習	590
12. ヒューマンロボットインタラクション	608
13. 認知ロボティクス	636

第Ⅳ編 ロボット応用

1. 工場内ロボット	663
2. 食品用ロボット	675
3. 医療福祉ロボット I—診断・治療用ロボット—	688

I

II

III

IV

V

索引

4. 医療福祉ロボットⅡ—リハビリ・生活支援用ロボット—	709
5. サービスロボット	727
6. 農業用ロボット	744
7. インフラ・建設ロボット	752
8. 災害対応ロボット	780
9. 水中・水上ロボット	800
10. 宇宙ロボット	813
11. 身体拡張	829
12. マイクロロボティクス	848

第Ⅴ編 ロボット工学の基礎理論

1. 計測・信号処理概論	869
2. ロボットの運動学と動力学	907
3. 制御工学概論	928
4. 統計と仮説検定	960
5. 確率システムと最適化	970
6. 計画と解探索	995
7. 機械学習	1017
8. 標準化・安全・倫理	1038
和 文 索 引	1053
欧 文 索 引	1065

I

II

III

IV

V

索

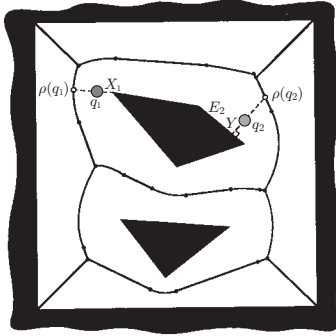


図 1.12 ポロノイ図

〔2〕セル分割法

つぎに、自由空間をたがいに重ならない領域(セル)に分割することで経路生成を行う手法について説明する。特に、2次元コンフィギュレーション空間でかつC障害物が多角形状で近似できる場合、自由空間を凸多角形で分割する方法が簡便である。そこで、ここでは台形分割(trapezoidal decomposition)¹⁴⁾に基づく手法を説明する(図1.13)。この手法では、 y 軸に平行な掃引 L を左から右へと動かす。そして、 L がC障害物の頂点にぶつかったら、その頂点を境に二つの線分が定義できるが、これらのうちC障害物の内部を通過していないものを残す。この操作を L がC障害物の頂点を通過するたびに繰り返す。これにより自由空間を台形に分割できる。あとは、この台形の接続関係を表すグラフを作ることで、経路を導出する。

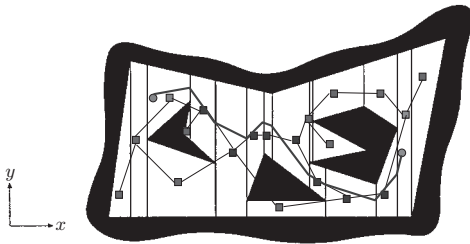


図 1.13 台形分割

1.2.2 発見的動作計画

1.2.1項で述べた空間を構造化する手法は、C障害物の正確な形状がわかっていなくてはならないため、高次元のコンフィギュレーションを有する問題へ拡張するのが困難であった。そこで、C障害物の形状を陽に求めることなしに、ランダムに仮定したコンフィギュレーションにおいて、干渉チェックによりそのコンフィギュレーションが自由空間に含まれているかどうかを調べる手法が近年広く用いられている。手法に関する詳細は

Chosetら¹⁵⁾やLavalle¹⁶⁾の教科書を参照されたい。

〔1〕PRM

確率的ロードマップ法(probabilistic roadmap method, PRM)¹⁷⁾の概要を図1.14に示す。この手法では、まず図で示すようにコンフィギュレーション空間内でランダムに点を生成し、その点でロボットが障害物と干渉するかどうかを調べる。これにより、干渉のない自由空間内の多数の点の集合(節点集合)を生成する。

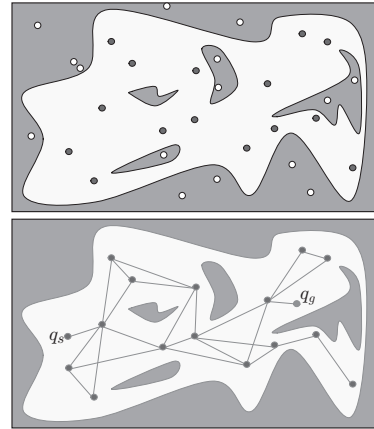


図 1.14 PRM

つぎに、節点集合中で距離が近い節点どうしを選び、それらを結ぶことで、衝突のない経路から構成されるグラフを構築する。つぎに、初期コンフィギュレーションと目標コンフィギュレーションを、このグラフに接続させ、グラフを探索することによりロボットの経路を生成する。この手法は準備段階でグラフを構築し、その後経路を探索する多重照会計画法である。また、このPRMはどのような状況においても、ランダムに生成する点の数を増やしていくと、解が必ず求まるという意味で解決完了な手法である。

しかしながら、自由空間が狭い部分を有する問題(narrow passage problem)に対しては、計算時間が長くなるということが知られており、これに対する対策方法が多く提案されている^{18), 19)}。

〔2〕RRT

つぎに、グラフを構築しながら経路を探索する単一照会計画法として、rapidly-exploring random tree (RRT)²⁰⁾が知られている。ここでは、RRTに対して初期コンフィギュレーションと目標コンフィギュレーションの両方に対して、それぞれのコンフィギュレーションを根とする木を構築するRRT-connect²¹⁾を説明する(図1.15)。

和 文 索 引

本索引は五十音，アルファベット，ギリシャ文字，数字の順に記載した。

【あ】

アイコンタクト	92
アイザック・アシモフ	156
愛・地球博	29
アイデア対決・全国高等専門学校 ロボットコンテスト	116
アウトサイドイン方式	322
アキュムレータ	413
アクチュエータ	261, 388
アクチュエータ・エフォート・ センシング	341
アクチュエータ内蔵方式	261
アクティブ聴覚	564
握力把握	260
脚 型	36
アシスト率	546
足場がけ	98
アーチファクト	700
アッカーマン（・ジャントー）機構	278
圧縮空気	720
圧縮センシング	895, 896
圧電効果	369
圧力源	413
圧力制御弁	413
圧力中心	478
圧力容器	791
アナグリフ	309
アナログディジタル変換器	389
アニミズム	126
アニミズム・エラー	128
アフォーダンス	86, 87, 644
アフタクーラ	367
アプリケーション層	400
アマゾンピッキング/ロボティクス チャレンジ	31
アモルファスシリコン太陽電池	409
アルカリ蓄電池	404
アルマイト加工	246
アルミニウム合金	246
安全管理運用マニュアル	777
安全審査	79
安 定	931
安定性	545, 872
安定増大装置	487

アンドロイド	10
アンビエントインテリジェンス	584

【い】

異構造型リーダ・フォロワマニピュ レータ	528
異常値	967
位相遅れ補償	952
位相空間	1007
位相交差角周波数	951
位相進み補償	952
位相スペクトル	886
位相線図	948
位相地図	554
位相同型	1007
位相余裕	951
イチゴ収穫ロボット	745
一巡伝達関数	950
位置・速度制御	545
位置ドリフト	535
一様分布	877
一般化逆運動学	495
一般的な音の理解	564
遺伝的アルゴリズム	513, 1015
遺伝的プログラミング	513
遺伝的変異	100, 101
意 図	103, 104
移動支援	548
移動平均処理	885
今 性	618
イミテーション	96, 98, 99
医療機器レギュラトリーサイ エンス	688
医療ロボット	51, 688
因果性	104
インサイドアウト方式	322
インダイレクトティーチング	516
インタラクション	617
インタラクションデザイン	617
陰的制御	639
インテリジェントアクチュエータ	389
インバータ	362
インパルス応答	947
インピーダンス制御	440
インフラ・建設ロボット	753

インフラ点検用ロボット	763
インフレータブルロボット	304
インボリュートイブ	956
引力ポテンシャル	433

【う】

ヴィゴツキー	89
ウィナー・ヒンチンの定理	879
ウィナーフィルタ	893
ウェアラブルデバイス	413
ウェアラブルパワーアシストロ ット	542
ウェイポイント	804
ヴェーバー・フェヒナーの法則	317
ウェーブ・ジェネレータ	375
動かしては待つ	533
動き推定	337
薄板平滑化スプライン	892
内歯車	374
宇宙ロボット	813
売り場管理	685
運転自動化	729
運転自動化レベル	729
運動覚	312
運動学	469, 907
運動感覚	312
運動主体感	830, 836
運動プリミティブ	590, 644
運動方程式の還元	957
運動モデル	555
運動量理論	289
運用マネジメント	81

【え】

エアコンプレッサ	367
衛星測位システム	475
エイリアシング	884
エージェント	511
エナジーハーベスティング	417
エネルギハーベスティング	417
エミュレーション	96
エミュレーション方式	522
エルゴード性不規則信号	878
遠隔操作	526
遠隔操作型半水中重運搬ロボット	767
遠隔操縦ロボット	36, 392, 803

機械式リーダ・フォロワマニピュ レータ	527	強化学習モデル	643	空気浮上型能動スコープカメラ	783
機械的メタマテリアル	303	教 示	516	偶然誤差	870
機械時計	8	教師あり学習	1017, 1018	クォータニオン	910
幾何平均	962	教示再生ロボット	36	組込み	380
棄 却	965	教師なし学習	1017, 1025	組込みソフトウェア	380
きく7号	820	行人問題	1013	組込みマイコン	380
機 構	251	共生するロボット	225	クラウド	387
記号接地問題	647, 648	協調安全	671, 672	クラウド画像認識	611
記号創発システム	650	協調型自動運転	730	クラウドコンピューティング	387
記号創発問題	648	協調的フィジカルインタラクション	621	クラウドロボティクス	579, 582
記号創発ロボティクス	647	協調マニピュレーション	442	クラスタリング	1028
機構透明性	530	共同注意	92, 645	グラスプレス・マニピュレーション	
記号論的アプローチ	643	協働用グリッパ	269		457
疑似慣性行列	922	協働ロボット	224, 671	クラス分類	337
疑似逆行列	344, 920	業務用サービスロボット	727	グラフ	1012
疑似ベクトル	908	極	946	グラフ探索	1012
技術者倫理	1048	極限作業ロボットプロジェクト		クラメール・ラオの下界	981
技術的失業	161		25, 26	グリッパ	260, 262, 267
記述統計学	960	極座標型	35, 253	車椅子	548
技術倫理	1048	局所化された情報処理	101, 102	グレイコード	352
基準座標系	907	局所可制御	958	クロズドループ	545
規準喃語	96	局所記述子	558	グローバル・エンタテインメント	
擬人化	618	局所漸近安定	932		638
期待値	964	局所的相互作用	510	グローバル座標系	503
擬弾性	302	局所的動作計画	476	クローラ	279
軌道上マニピュレータ	818	局所リブシツ連続	930	クローラ型	35, 469
機能安全	671	極配置	940	クローラ歩容	483
機能性流体	363	巨大ロボット	209	クローン	158
機能的電気刺激	317	許容速度集合	449	クワイン	98
機能認識	560	許容力集合	449	群行動	503
機能評価	79	起歪体	343	群知能	503
ギブズの現象	887	均衡化	89	群ロボット	511
ギブソン	86	近似セル分割	1010		
欺 瞞	143	近接画像	776, 777	【け】	
帰無仮説	965	近接目視	776	迎 角	287
脚	280	筋 電	327	軽金属	246
逆圧電効果	369	筋電義手	327, 713	軽合金	246
逆運動学	469, 917	筋肉静水圧骨格	304	軽航空機	485
逆運動学計算	254			計算トルク法	437
逆運動学ベースの制御則	438	【く】		計算量	1013
逆誤差伝搬法	602	クーイング	96	形式の総合	282
逆ダイナミクス法	487	空圧ラバーアクチュエータ	297	形状記憶合金	303
逆動力学	922	空間加速度	428	形状記憶樹脂	303
逆動力学問題	426	空間速度	427	計測モデル	555
脚による移動	280	空間知能化	584	系統誤差	869
ギャバガイ!	98	空間的インタラクション	624	警備ロボット	736
キャリブレーション	523	空間的配置	624	ゲイン交差角周波数	951
球殻ドローン	777	空間メモリ	579	ゲインスケジューリング	539
球形車輪	277	空間力	429	ゲイン線図	948
球状歯車	375	空気圧式 McKibben (マッキベン)		ゲイン余裕	951
吸 盤	262	型人工筋肉	720	ゲージ率	343
球面線形補間	911	空気圧縮機	367	ケーシング	459
球面对偶	250	空気圧シリンダ	366	ゲームパッド	320
球面モータ	362	空気圧人工筋	839	ゲーム理論	1001
強化学習	512, 592, 1017, 1029	空気圧モータ	366	ゲルゲイ	91, 94, 97
				研究公正	1047

姿勢行列	908	受動性	531	シングルロータ型	289
姿勢推定	337	受動歩行	482, 719	シングルロータ型回転翼機	486
事前確率密度	568	受動力学	86	神経回路モデル	643
自然共役事前分布	982	ジュネーブ道路交通条約	175	神経学的定型	104
自然勾配学習法	982	主 翼	287	神経振動子	590
自然宗教	137	ジュラシックパーク	157	人工筋アクチュエータ	372
肢体不自由	327	ジュラシックワールド-炎の王国	157	人工筋肉	242, 720
実行機能	102	順運動学	469, 914	人工生命	512
実射影空間	1009	順運動学計算	253	人工知能	7
実証実験	80	順運動学問題	426	人工ポテンシャル法	433
質点軌跡マップ	458	循環	288	伸縮センサ	300
実用化開発型プロジェクト	27	瞬間補点	479	心身二元論	87
自動運転	729	順序尺度	961	新生児模倣	95
自動車	728	順動力学	922	深層学習	597, 1017
自動車損害賠償保障法	175	ジョイスティック	320, 526	深層強化学習	598, 1032
自動倉庫	672	上 位	379	深層生成モデル	1026
自動ティーチング方式	522	障害物回避	512	深層動的方策計画法	595
自動人形	8	状況の学習	90	深層ニューラルネットワーク	1021
シナプス	101	条件付き期待値	568	身体拡張	841
自賠責保険	175	詳細釣合い条件	987	身体拡張技術	829
事物全体想定	98	使用済み燃料	791	身体拡張ロボット	222
四分位点	962	状 態	1007	身体拡張ロボットアームシステム	841
自閉症	100	状態観測器	944	身体拡張ロボット義肢	842
自閉症スペクトラム障害	100, 647	状態空間	929, 1007	身体所有感	836
シミュレーション方式	522	状態空間モデル	1029	身体性	86, 89, 639, 840, 841
ジャイロコンパス	354	状態遷移関数	1007	身体性変換スーツ	840
ジャイロセンサ	354, 473	状態フィードバック制御	940	身体性ロボティクス	89
社会実装	82	状態方程式	929	身体保持感	830
社会実装ガイドライン	80	冗長自由度マニピュレータ	254	診断支援ロボット	690
社会性昆虫	510	情 動	645	振動型ジャイロ	355
社会的学習	94	聖徳太子ロボット	567	振動子	638
社会的学習理論	90	情報行列	571	ジンバル機構	251
社会的参照	94	情報状態ベクトル	571	深部感覚	312
社会的資本	169	情報入力デバイス	327	振幅スペクトル	886
社会的フィジカルインタラクション	618	情報フィルタ	571		
視野拡張トラッキング顕微鏡シス テム	860	小惑星探査	823	【す】	
這 行	305	食肉処理ロボット	678	水圧駆動システム	363
写真課題	103	植物ロボティクス	230	水産業	44
遮 蔽	323	除 染	791	水晶振動子方式	350
ジャミング転移	303	触 覚	312, 695	推測統計	963
車輪型	35, 469	触覚センサ	345	推測統計学	960
自由意志	88	シリアルリンク機構	252	水中ドローン	800
重回帰	889	シリコン結晶系太陽電池	409	垂直アーキテクチャ	88
自由空間	1009	自律移動	474	垂直多関節型	35, 253
柔剛調節	303	自律型水中ロボット	803	垂直尾翼	287
集合平均	876	自律型ロボット	207	スイッチトリラクタンスモータ	360
重心-ZMP モデル	478	自律系	929	推 定	961
集束超音波	696	自立支援ロボット	709	水平アーキテクチャ	88
自由度	249, 907	自律分散制御則	639	水平多関節型	35
柔軟機構	301	自律無人ボート	804	水平尾翼	287
柔軟センサ	299	進 化	86	数値制御ロボット	36
手術支援ロボット	688, 702	進化的型計算	513	スカラ型	253
数珠状ジャミング	304	新技術情報提供システム	777	スキルアシスト	546
主成分分析	1025	シンギュラリティー問題	209	スクリュープロペラ	276
		真空蒸着	245	スケール効果	272

- | | | | | | |
|-------------------------|---------------|---------------|----------|---------------------------|----------|
| スケールドテレオペレーション | 537 | 制 約 | 448 | 装着型支援機器 | 499 |
| スケールド H_{∞} 制御問題 | 538 | 静力学的に等価 | 438 | 双 対 | 450 |
| スチュワートプラットフォーム | 257 | 赤外線通信 | 396 | 双対定理 | 996 |
| ステアリング | 278 | 積層型圧電アクチュエータ | 369 | 相補感度関数 | 950 |
| ステアリング角度 | 470 | 斥力ポテンシャル | 433 | 相補性定理 | 996 |
| スティックスリップ | 366 | セグメンテーション | 337 | 測域センサ | 335 |
| ステップモータ | 360 | 節 | 249 | 測 定 | 960 |
| ステップ応答 | 947 | 接 客 | 53 | 測定方程式 | 890 |
| ステップ長 | 281 | 接客ロボット | 624 | ソーシャル・ロボット | 165 |
| ステレオ | 311 | セックス・ロボット | 169 | 外から内へ | 90 |
| ステレオカメラ | 339 | 接触部材 | 261 | ソフトアクチュエータ | 366, 373 |
| ストライド | 281 | 絶対安定条件 | 532 | ソフトウェア・オブジェクトの
ライフサイクル | 166 |
| ストループ課題 | 102 | ゼーベック効果 | 348 | ソフトグリッパ | 676 |
| スーパーエンブラ | 247 | セル生産 | 48 | ソフトコンピューティング | 1014 |
| スパースモデリング | 896 | セル分割法 | 1010 | ソフトメカニズム | 301 |
| スパッタリング | 245 | 零 点 | 946 | ソフトロボット | 295 |
| スーパーバイザリーコントロール | 533 | 繊維強化ゴム人工筋肉 | 302 | ソフトロボット学 | 295 |
| スプライン補間 | 891 | 繊維強化プラスチック | 247 | ソフトロボティクス | 295, 642 |
| スペクトル半径 | 953 | 遷移写像 | 931 | | |
| 滑り角 | 472 | 繊維状ジャミング | 303 | 【た】 | |
| 滑り率 | 472 | 船外活動 | 817 | 大域的漸近安定 | 932 |
| スマートケーブル | 801 | 前額面 | 281 | 大域的動作計画 | 475 |
| スマートコンストラクション | 759 | 漸近速度ベクトル場 | 458 | 第一次間主観性 | 93 |
| スマートスーツ | 838 | 漸近的最適性 | 433 | 第一四分位点 | 962 |
| スマート治療室 | 688, 697 | 全駆動式操作 | 457 | 第 1 種の誤り | 965 |
| スマート農業 | 749 | 線形計画問題 | 995 | 退 化 | 557 |
| スリップ率 | 473 | 線形倒立振り子モード | 479 | 大規模火災 | 784 |
| | | 先行投資型プロジェクト | 26 | 対 偶 | 249 |
| 【せ】 | | 先行用途開発型プロジェクト | 26 | 台形分割 | 432 |
| 正確さ | 871 | センサ | 261, 388 | 対向二輪方式 | 277 |
| 生活支援ロボット | 741 | センサ座標系 | 907 | 第三四分位点 | 962 |
| 正規不規則信号 | 878 | センサフュージョン | 324, 729 | 対称型 | 529 |
| 正規分布 | 870, 876, 964 | センサ融合 | 557, 567 | 対人距離 | 624 |
| 制御安全 | 671 | 全地球航法衛星システム | 486 | 対人サービロボット | 727 |
| 制御ソフトウェア | 379 | 尖 度 | 963 | 耐震診断 | 774 |
| 制御弁 | 367 | 蠕 動 | 305 | 大数の法則 | 964 |
| 精神のアップロード | 209 | 前頭前野 | 102 | 体性感覚フィードバック | 843 |
| 静水圧骨格 | 304 | 前頭面 | 281 | ダイナミックマップ | 731 |
| 製造業用ロボット | 45 | 占有格子地図 | 554 | 第二次間主観性 | 95 |
| 製造物責任法 | 175 | 全要素生産性 | 45 | 第二四分位点 | 962 |
| 清掃ロボット | 734 | | | 第 2 種の誤り | 966 |
| 正則化 | 1020 | 【そ】 | | ダイバージェンス | 977 |
| 生体筋 | 861 | 双安定性 | 302 | 耐放射線性 | 792 |
| 生体情報 | 327 | 双一次変換 | 954 | 太陽電池 | 408 |
| 生態心理学 | 86 | 相関係数 | 890 | 太陽歯車 | 374 |
| 静電アクチュエータ | 371 | 双曲的平衡点 | 938 | 代理強化 | 90 |
| 静電モータ | 371 | 走 行 | 280 | 対立仮説 | 965 |
| 正統的周辺参加 | 90 | 走行効率 | 474 | ダイレクトティーチング | 516 |
| 精度行列 | 571 | 相互相関関数 | 879 | 対話ロボット | 739 |
| 生得的コンピテンス | 91 | 相互排他想定 | 98 | 田植え | 748 |
| 生物規範型水中ロボット | 807 | 操作性 | 545 | 打音検査 | 775 |
| 生分解性ロボット | 304 | 層状ジャミング | 303 | 多関節筋 | 243 |
| 静歩行 | 483 | 創唱宗教 | 137 | 多自由度モータ | 362 |
| 精密さ | 871 | 相乗平均 | 962 | タスクアロケーション | 442, 511 |
| 精密把握 | 260 | 相対位置座標 | 504 | | |
| 生命倫理 | 1047 | 相対測位 | 340 | | |

- | | | | | | |
|-----------------|----------|-----------------|---------------|------------------|----------|
| 非負値行列因子分解 | 904 | 浮遊リンク系 | 477 | へっぴり則 | 645 |
| ビハーピアベースト制御 | 640 | プライバシー | 1049 | ベルマン方程式 | 1000 |
| 非ホロノミックシステム | 957 | プライバシー・データ管理 | 143 | 変換行列 | 503 |
| ビームフォーミング | 566 | ブラインド分離 | 566 | 偏差 | 962 |
| 非薬物療法 | 724 | フランケンシュタイン | 156, 159 | ベンチャー企業 | 57 |
| 百分位点 | 962 | フランケンシュタイン・コンプ | | ベンチャー企業の特質 | 58 |
| ピュグマリオン | 166, 167 | レックス | 156, 159, 207 | 変調 | 881 |
| ヒューマノイドロボット | 12, 494 | プランニング | 102 | 変分ベイズ | 988 |
| ヒューリスティックなロボット | 36 | フリーエ変換 | 900 | | |
| 評価関数 | 513 | ブリッジ回路 | 341 | 【ほ】 | |
| 評価フィールド | 788 | 浮力エンジン | 487 | ポアソン分布 | 876 |
| 標準偏差 | 963 | ブルックス | 88 | ポイドモデル | 512 |
| 表象なき知能 | 88 | ブルーナー | 98 | ポインティングデバイス | 320 |
| 標本 | 960 | フルビッツ行列式 | 937 | 方策勾配法 | 1032 |
| 標本化誤差 | 884 | 触れ合い | 618 | 放射線 | 792 |
| 標本空間 | 963 | ブレーキ解除機能 | 767 | 防塵 | 790 |
| 標本標準偏差 | 871 | フレキシブルエレクトロニクス | 301 | 防水 | 790 |
| 標本分散 | 964 | フレキシブルプリント回路基板 | 372 | 包摂アーキテクチャ | 88 |
| 標本分散値 | 963 | フレクスプライン | 375 | 法的責任 | 174 |
| 標本平均 | 871, 964 | プレートエンドエフェクタ | 457 | 防爆環境下 | 366 |
| 開いた系の制御スキーム | 636 | ブレード翼素理論 | 289 | 保険 | 179 |
| ビルメンテナンスロボット | 734 | プロクシベースト・アドミタンス | | 保険償還 | 724 |
| 比例制御弁 | 367 | 制御 | 834 | 歩行 | 280 |
| 比例・積分・微分制御 | 435 | プロケット | 959 | 歩行支援 | 719 |
| 貧富の差 | 161 | ブロック線図 | 946 | 歩行支援機器 | 722 |
| | | プロパー | 946 | 歩行周期 | 281 |
| 【ふ】 | | フロベニウスの定理 | 956 | 保持 | 260 |
| フィッシャー情報行列 | 981 | 分解加速度制御 | 438 | 母集団 | 960 |
| フィッシャー情報量 | 980 | 分解能 | 872 | ポーズグラフ | 558 |
| フィードバック制御 | 471 | 文化的学習モード | 91 | ポーズ調整 | 558 |
| フィルタ | 367, 413 | 文化的発達 | 90 | 没入型投影技術 | 311 |
| フィールドロボット | 227 | 文化モデル | 139 | ポテンシャルゲーム | 1004 |
| フォールトトレランス | 242 | 分散システム | 385 | ポテンシャル法 | 1011 |
| フォースクロージャ | 450 | 分散相対制御器 | 504 | ポテンシオメータ | 351 |
| フォースフィードバック装置 | 315 | 分散値 | 963 | ボード線図 | 947 |
| フォームクロージャ | 450, 459 | 分子ロボット | 855 | 歩幅 | 281 |
| フォーメーション | 511 | 文法 | 98 | 母分散 | 964 |
| フォーメーション制御 | 503 | 分離の原理 | 944 | 母平均 | 964 |
| フォロー | 526 | 分類カテゴリ想定 | 98 | 歩容 | 483 |
| 不規則信号 | 875, 877 | | | ポリイミドフィルム | 373 |
| 腹腔鏡下外科手術 | 700 | 【へ】 | | ポリフッ化ビニリデン | 301 |
| 腹腔鏡手術用ロボット | 693 | 平均形態素数 | 98 | ホール素子 | 349 |
| 福島第一原子力発電所 | 795 | 平均値 | 962 | ポロノイ図法 | 431 |
| 福島ロボットテストフィールド | 789 | 平均偏差 | 962 | ホワイテン | 99 |
| 福祉ロボット | 52, 688 | 並行的な模倣 | 97 | | |
| 符号化 | 883 | 平衡点 | 931 | 【ま】 | |
| 不整地 | 473 | 平行分布モデル | 451 | マイクロアクチュエータ | 848 |
| 仏性 | 130 | 並行リンクロボット | 256 | マイクロセンサ | 848 |
| 物体検出 | 337, 559 | ベイズ最適化 | 1030 | マイクロ超音波モータ | 858 |
| 物理的ヒューマンロボットインタ | | ベイズの定理 | 568, 982 | マイクロ・ナノマニピュレーション | |
| ラクション | 829 | 平方和 | 962 | | 850 |
| 物流 | 53 | 閉路 | 1012 | マイクロハンド | 856 |
| 不偏推定量 | 979 | ベクトル軌跡 | 948 | マイクロホン | 347 |
| 不偏分散 | 871 | ベースリンク | 494 | マイクロホンアレイ | 326, 566 |
| 不偏分散値 | 963 | ヘッドマウントディスプレイ | 310 | マイクロマウス競技会 | 116 |
| 普遍文法 | 98 | ペットロボット | 733 | マイクロマウス大会 | 31 |

- | | | | | | |
|----------------|-----------|--------------------------|---------------|------------------|---------------|
| マイクロマニピュレーション | 856 | メンタルコミットロボット | 724 | ユビキタスコンピューティング | 579 |
| マイクロマニピュレータ | 271 | | | 指さし | 93 |
| マイクロロボット | 848, 858 | 【も】 | | | |
| マイクロロボティクス | 848 | 目的論的スタンス | 94 | 【よ】 | |
| マウス | 320 | モジュラ型ロボット | 511 | ヨ ー | 281 |
| 膜型表面応力センサ | 350 | モジュラ機構 | 243 | 容積式 | 413 |
| マグネシウム合金 | 246 | モジュール | 243 | 陽的制御則 | 639 |
| マークマン | 98 | モータ | 360 | 揺動型アクチュエータ | 364 |
| 曲げセンサ | 300 | モダリティー未分化な知覚 | 95 | 要約統計量 | 962 |
| 摩擦円錐 | 449 | モデリング | 90 | 揚 力 | 287 |
| 摩擦補償項 | 436 | モデル選択 | 1020 | 揚力係数 | 287 |
| マッキベン型人工筋肉 | 297 | モデルベース型・方策ベースの
強化学習手法 | 595 | 抑 制 | 102 |
| マッスルスーツ | 720 | モデルベースのロボット | 36 | 横滑り | 472 |
| 窓関数 | 887, 901 | モバイルマニピュレータ | 741 | 予測学習 | 598 |
| マニピュレーションロボット系 | 545 | モーフォロジカルコンピューター
ション | 299 | 予測誤差最小化 | 647 |
| 魔法使いの弟子 | 156 | 模 倣 | 645 | 予測性 | 103 |
| マルコフ決定過程 | 593, 1030 | 模倣学習 | 598, 600 | 予測ディスプレイ | 533 |
| マルチエージェントシステム | 511, 1000 | | | 予測符号化 | 646, 648 |
| マルチビークル | 804 | 【や】 | | 弱い全体性統合 | 101 |
| マルチモーダル統合 | 564 | 焼きなまし法 | 1014 | 四脚歩行ロボット | 285 |
| マルチラテラル制御 | 536 | 役割交替模倣 | 97 | | |
| マルチロータ型 | 289 | ヤコビ行列 | 437, 919 | 【ら】 | |
| マルチロータ型回転翼機 | 486 | 山登り法 | 1014 | ラウス数列 | 937 |
| マンマシナジーエフェクタ | 833 | | | ラウス・フルビッツの安定判別法 | 435 |
| | | 【ゆ】 | | ラグランジュ関数 | 997 |
| 【み】 | | 油圧アクチュエータ | 363 | ラグランジュの補間多項式 | 891 |
| 味 覚 | 317 | 油圧サーボ系 | 365 | ラグランジュ法 | 922 |
| 味覚センサ | 317, 349 | 油圧シリンダ | 363 | ラ・サールの不変原理 | 933 |
| 道 | 1012 | 油圧ポンプ | 413 | らせん対偶 | 250 |
| ミドルウェア | 384 | 油圧モータ | 364 | ラチェット効果 | 99 |
| 見守りセンサ | 723 | 有 意 | 965 | ランダム化比較試験 | 724 |
| 未来のイヴ | 166, 168 | 有意水準 | 965 | | |
| ミラーニューロン | 95, 645 | 遊 脚 | 280 | 【り】 | |
| ミリ波レーダ | 336 | 遊脚期 | 281 | リアプノフ | 931 |
| | | 有限発散時刻 | 930 | リアプノフ関数 | 932 |
| 【む】 | | 有向グラフ | 1012 | リアプノフ方程式 | 938 |
| 無向グラフ | 1012 | 有効数字 | 874 | リアルタイム | 379 |
| 無作為抽出 | 961 | 有索式水中ロボット | 800 | リアルタイムビジョン | 609 |
| 無索式水中ロボット | 800 | 有人ミッション | 816 | 利益相反 | 1050 |
| 無人移動体画像伝送システム | 397 | 遊星キャリア | 374 | リカレントニューラルネットワーク | 592 |
| 無人化施工 | 754, 791 | 遊星歯車 | 374 | 力 覚 | 312, 341, 695 |
| 無人化施工技術 | 766 | 遊星歯車減速機 | 374 | 力覚センサ | 341 |
| 無人ヘリコプタ | 745, 750 | 優先度関数 | 1012 | 力覚装置 | 315 |
| 無線給電 | 415 | 誘電エラストマアクチュエータ | 298, 300, 372 | 離散フーリエ変換 | 900 |
| むだ時間要素 | 946 | 誘導モータ | 361 | 離床アシストロボット | 721 |
| 群 れ | 502 | 尤度関数 | 568 | リスク | 179 |
| | | 床反力 | 280 | リスクアセスメント | 669 |
| 【め】 | | ユクスキュル | 86 | リソグラフィ | 245 |
| メアリー・シェリー | 156 | ユニバーサルジョイント | 251 | リゾルベント | 934 |
| 名義尺度 | 961 | ユニバーサルハンド | 261 | リーダ | 526 |
| メカトロニクス | 379 | ユニラテラル制御 | 529 | 履 帯 | 472 |
| メカナムホイール | 277 | 指 | 261 | リダイレクション | 844 |
| メカニカルインタフェース | 260 | ユビキタス | 579 | リターゲティング | 498 |
| メカニカルハンド | 261 | | | | |
| メルツォフ | 95, 97 | | | | |

リーダ・フォロワ型手術ロボット	693	レセプタ	317	ロボットビジョン	559
リーダ・フォロワシステム	530	レゾルバ	351	ロボット密度	665
リーダ・フォロワ方式	526	劣化診断	774	ロボット用位置情報標準	728
リーダ・フォロワマニピュレータ	527	劣駆動式操作	458	ロール	281
リチウムイオン電池	404	レートジャイロ	354	ロール・ピッチ・ヨー角	250, 909
リチウムポリマ	404	連結剛体	430		
リツォラッティ	95	連結成分	1012	【わ】	
リッカチ方程式	942	連鎖	251	ワイヤ駆動方式	261
立脚期	281	レンズアレイ	309	ワイヤレス給電	415
リードスイッチ	349	連続ウェーブレット変換	902	わたしはロボット	157
リニアモータ	360	連続ロボットアーム	305	わたしを離さないで	158
リハビリテーション支援ロボット	709	レンチ	921		
		レンチベクトル	448	【アルファベット】	
				ABU アジア・太平洋ロボットコ	
リビングヒンジ	302	【ろ】		ンテスト	116
リベット	88	労働	160	A-D 変換	882
リミットサイクル	547	労働生産性	45	BIBO 安定	947
リモートセンシング	750	労働についての価値観	163	Bode 線図	947
リモートセンターモーション	700	労働の疎外	164	C 障害物	431, 1009
粒子群最適化	1015	六脚歩行ロボット	285	CPG 制御	638
流出解析	788	ロータ	288	DARPA チャレンジ	30
粒状ジャミング	303	ロータリーエンコーダ	390	DELTA 型	257
流体構造連成	291	ロッドレス型	366	Denavit-Hartenberg 法	913
両脚支持期	281	ロードマップ	431	<i>de novo</i> 変異	101
量子化	883	ロドリゲスの回転公式	909	DH 法	913
量子化誤差	883	ローバ	814	DHS-NIST-ASTM 規格	789
両耳間位相差	565	ロボカップ	30, 116	drift-free システム	958
両耳間強度差	565	ロボカップインダストリアルリーグ	122	EM アルゴリズム	985
両耳聴アプローチ	565		122	F 検定	968
両ロッド型	366	ロボカップジュニアリーグ	123	F 分布	968
リラクタンسモータ	360	ロボカップ@ホームリーグ	121	face 形式	449
林業	44	ロボット	7	FET バイオセンサ	350
リンク機構	251, 907	ロボットアーム	425	GNSS-INS 複合航法	486
リンクパラメータ	913	ロボットインタフェース	261	Golgi 臓器官	341
リンクレーザジャイロ	356	ロボット化	57	Grubbs-Smirnov 検定	967
倫理	1047	ロボット介護機器	711	ICT 施工	758
倫理教育	1048	ロボット教育	110	ImPACT タフロボティクスチャレ	
倫理審査	79	ロボット競技会	116	ンジ	788
倫理的・法的・社会的問題	153	ロボット・コンテスト	140	IPMC アクチュエータ	298
		ロボットサービス	581	I-PPM 変調	397
		ロボットサービスオントロジー	728	K クラス混合正規分布	988
		ロボット座標系	503	Lie 括弧積	956
		ロボット三原則 (ロボット工学の		Lie 微分	955
		三原則)	141, 157, 208	Mann-Whitteny U 検定	969
		ロボット設計	237	Mann-Whitteny Wilcoxon 検定	
		ロボット掃除機	731		969
		ロボット大賞	787	MAP 推定	568, 982
		ロボット対話サービスフレーム		maturational constraints 仮説	
		ワーク	728		644
		ロボット田植機	748	MEMS ジャイロ	355
		ロボットテクノロジ	14	MMSE 推定	568
		ロボットとの競争	161	NHK 学生ロボコン	116
		ロボットトラクタ	747	OOK 変調	394
		ロボットの反乱	154	OSI 参照モデル	393
		ロボットハンド	260	O(<i>n</i>) の順動力学	427
		ロボットビジネス	57	<i>p</i> 値	965
ルサンチマン	166				
ループ	558				
ループ検出	558				
ループ閉じ込み	558				
【れ】					
レアバリエーション	101				
レイヴ	90				
レゴリス	815				
レジスト	245				
レジデント AUV	805				
レスキュー実機リーグ	120				
レスキューシミュレーションリーグ	120				

PID 制御	435, 952	t 分布	967		
Pieper の方法	917	TCP/IP モデル	393	【ギリシャ文字】	
PPM 変調	397	TD 学習	1031	χ^2 検定	967
PUMA 形ロボット	914	Tower of London 課題	102	χ^2 分布	967
PWM 変調	396	Transmission Control Protocol 通信	399		
RGBD センサ	339	ultra-wideband 通信	394	【数字】	
RLS 1.1 仕様	728	User Datagram Protocol 通信	399	1 次元データ	961
RoIS 1.0 仕様	728	Wilcoxon の順位和検定	969	2 ゲージ法	343
RT ミドルウェア	25, 386, 728	Wilcoxon 符号付き順位検定	969	2 足歩行	280
RTC1.1 仕様	728	Wisconsin カード分類課題	102	3D プリンタ	247
SCARA ロボット	35	Wi-Fi アライアンス	395	3 次元距離画像センサ	339
span 形式	449	Woodworth-Schlosberg 近似	565	4 ゲージ法	343
starting small 仮説	644	z 検定	966	6 軸力覚センサ	342
Student の t 検定	968	z 変換	953	9 か月革命	93
support leg	280				
t 統計量	968				

欧 文 索 引

本索引はアルファベット，数字の順に記載した。

【A】

abnormal value	967
accelerometer	353
accept	965
accidental error	870
accommodation	89
Ackermann–Jeantaud scheme	278
ACM	305
action grammar	648
Active Audition	564
active code mechanism	305
active inference	646
activity system	91
adaptive filter	894
ADC	389
ADM	507
admissible force set	449
admissible velocity set	449
affordance	86
AI	7
aliasing	884
alternative hypothesis	965
amplitude spectrum	886
anaglyph	309
analog to digital conversion	882
analog-to-digital converter	389
annulus	374
Approximate cell decomposition	1010
AR	626
arithmetic mean	962
articulated body	430
articulated body inertia	427
artificial potential	433
ARToolKit	323
ASD	100, 647
assimilation	89
asymptotic optimality	433
asymptotic velocity field	458
attractive potential	433
auditory epipdar geometry	565
augmented reality	626
autism	100
autism spectrum disorder	100
automatic design method	507

automatic end effector exchange system	260
automatic speech recognition	564
autonomous mobility	474
autonomous system	929
autonomous underwater vehicle	800, 803, 805
auto-correlation function	879
AUV	800, 803, 805
averaging	884
A. Bandura	90
A. N. Meltzoff	95

【B】

back propagation through time	602
ball wheel	277
base coordinate system	907
Bayesian theorem	982
Bayes' theorem	568
BBM	507
bead jamming	304
beamforming	566
Beatless	166
behavior-based method	507
Bellman equation	1000
best response strategy	1001
bias	961
bicubic method	891
bilateral control	528
bilinear transformation	954
binaural approach	565
binaural recording and reproduction	312
bipedal walking	280
bistability	302
bit per second	394
blind source separation	566
block diagram	946
Bluetooth	396
BMS	406
boids	512
bounded-input bounded-output	947
bps	394
BPTT	602

Brazil, Russia, India and China	48
BRICs	48
Brockett	959
B. Libet	88

【C】

caging	459
CAN	756
canonical babbling	96
Cartesian coordinate system	250
Cartesian product	1008
central pattern generator	482, 485, 590, 638
centrifugal acceleration	916
chain	251
circular spline	375
class	961
clinical review	79
cloud	387
cloud computing	387
coding	883
cognitive flexibility	102
Common Object Request Broker Architecture	728
Communication cue	619
complementarity theorem	996
compliant mechanism	302
compliant motion control	438
compressed sensing	895
Computational Auditory Scene Analysis	565
conditional mean	568
configuration	431
configuration obstacle	1009
configuration space	459, 1008
configuention space	431
connected component	1012
consensus protocol	1003
constant-Q transform	903
constraint	448
constructive approach	85
contact wrench set	478
continuous wavelet transform	902
continuous-time SLAM	557
controllability	955

- | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------|----------|---------------------------------|----------|
| controllability distribution | 958 | development | 89 | electro magnetic compatibility | |
| controllability Gramian matrix | | deviation | 962 | | 790 |
| | 939 | device driver | 382 | electro-hydraulic servo valve | 365 |
| controllability matrix | 939 | Dextre | 820 | electro-hydrostatic actuator | 365 |
| controller area network | 756 | DFC | 413 | embedded | 380 |
| conventional omni wheels | 277 | DFT | 900 | embedded microcomputer | 380 |
| convex programming | 998 | DHCP | 399 | embedded software | 380 |
| convex sum | 449 | dielectric elastomers actuators | | embodiment | 89 |
| convolution network | 1022 | | 298, 372 | embracing gripper | 261 |
| cooing | 96 | dielectric elastomer actuator | 300 | EMC | 790 |
| coordinate transformation | 911 | differential gear | 278 | EMS | 317, 836 |
| CORBA | 728 | directed graph | 1012 | emulation | 96 |
| Coriolis acceleration | 916 | direct dynamics | 922 | encoder | 351 |
| Coriolis force | 355 | direct fuelcell | 413 | end effector | 260 |
| correlation coefficient | 890 | direct kinematics | 914 | end effector coordinate system | |
| coupling | 374 | direct measurement | 872 | | 907 |
| CPG | 482, 485, 590, 638 | discrete Fourier transform | 900 | end effector coupling device | 260 |
| CPS | 580, 584 | disk type wheels | 277 | enhanced perceptual functioning | |
| CQT | 903 | distributed system | 385 | | 101 |
| Cramér-Rao's lower bound | 981 | divergence | 977 | ensemble mean | 876 |
| crawler | 279 | DMP | 590, 601 | entrainment | 96 |
| crawl gait | 483 | DoA | 688 | epicyclic gear train | 374 |
| critical temperature resistor | 349 | DOF | 249 | equilibration | 89 |
| cross correlation function | 879 | doppler velocity log | 804 | ergodic random signal | 878 |
| cross validation | 1020 | double support phase | 281 | error | 869 |
| CTR | 349 | DPN | 595 | error dynamics | 944 |
| CT-SLAM | 557 | DPP | 594 | error propagation | 873 |
| cutaneous sense | 312 | drone audition | 567 | estimation | 961 |
| CV | 1020 | DSM-5 | 100 | Ethernet | 395 |
| CWS | 478 | dual | 450 | ethical review | 79 |
| CWT | 902 | duality theorem | 996 | ethical, legal, social issues | 153 |
| Cybernetics | 706 | DVL | 804 | ETS-VII | 820 |
| Cyber-enhanced Rescue Canine | | dyadic relation | 93 | Euler angle | 250 |
| | 785 | dynamics | 907 | Euler angles | 908 |
| cyber-physical system | 580, 584 | Dynamic Host Configuration Protocol | 399 | Euler-Lagrange equation | 1000 |
| cycle | 1012 | dynamic movement primitive | 601 | event | 963 |
| cylindrical pair | 250 | dynamic movement primitives | | Exact cell decomposition | 1010 |
| C-obstacle | 431 | | 590 | executive function | 102 |
| C-space | 431 | dynamic policy programming | 594 | expectation | 964 |
| | | dynamic programming | 999 | expectation-maximization | 985 |
| [D] | | dynamic walking | 484 | explicit control law | 639 |
| data | 961 | D. A. Norman | 86 | EXPO'85 | 28 |
| data association | 557 | | | extended Kalman filter SLAM | |
| da Vinci | 689 | | | | 555 |
| DC motor | 361 | [E] | | extra robotic limbs | 842 |
| DEA | 298, 300, 372 | EAP | 298 | extra robotic thumb | 842 |
| deep learning | 597 | ecological psychology | 86 | extrinsic dexterity | 457 |
| deep p-network | 595 | EDLC | 408 | eye-contact | 92 |
| deep sense | 312 | EHA | 365 | E. Markman | 98 |
| degree of autonomy | 688 | EKF-SLAM | 555 | | |
| degree of freedom | 249, 907 | electrical muscle stimulation | | [F] | |
| descriptive statistics | 960 | | 317, 836 | FA | 45 |
| detailed balanced condition | 987 | electric double layer capacitor | | face form | 449 |
| detectable | 943 | | 408 | factory automation | 45 |
| deterioration diagnosis | 774 | electroactive polymer | 298 | fast Fourier transform | 887, 901 |
| deterministic signal | 875 | electronic tongue | 318 | FBG | 345 |

- | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| inversed pulse position modulation | 397 | LAN | 398 | machine guidance | 758 |
| inverse dynamics | 922 | language acquisition device | 98 | magnetic resonance imaging | 373 |
| inverse dynamics problem | 426 | language acquisition support system | 98 | magnetometer | 349 |
| inverse kinematics | 917 | laparoscopic surgery | 693 | manifold | 1008 |
| involutive | 956 | LaSalle's invariance principle | 933 | manipulability ellipsoid | 920 |
| in-side-out | 322 | laser imaging detection and ranging | 335 | manipulability measure | 920 |
| ionic polymer metal composite | 298 | laser range scanner | 335 | Mann-Whitney U test | 969 |
| IoT | 388, 579, 584 | LASS | 98 | Man-Machine Synergy Effector | 833 |
| IP | 398 | latching end effector | 819 | mapping | 554 |
| IPD | 565 | lateral plane | 281 | map building | 554 |
| IPT | 311 | layer jamming | 303 | Markov decision process | 593 |
| ISO | 1038 | leader-follower | 693 | maximum a posteriori | 982 |
| ISO/TC299 | 1038 | learning from human demonstration | 600 | maximum a posteriori estimation | 568 |
| ISO 12100 | 789 | LEE | 819 | maximum likelihood estimation | 569, 979 |
| ISO 13482 | 728 | leg | 280 | MBES | 809 |
| ISO 31000 | 789 | legged locomotion | 280 | MC | 755, 758 |
| ISO 8373 | 34 | legitimate peripheral participation | 90 | MDP | 593 |
| ISS | 933 | lens array | 309 | mean | 962 |
| iterative closest points | 556 | LfD | 600 | mean deviation | 962 |
| i-Construction | 758, 759 | LiDAR | 335, 472 | measurement equation | 890 |
| [J] | | | | | |
| Jacobian matrix | 919 | lighter-than-air | 485 | measurement model | 555 |
| JEMRMS | 820 | light detection and ranging | 335 | mecanum wheels | 277 |
| JIS | 1038 | likelihood function | 568 | mechanical hand | 261 |
| JIS B 0134 | 34 | linear inverted pendulum mode | 479 | mechanical interface | 260 |
| JIS B 0187 | 34 | linear motor | 360 | mechanism | 251 |
| JIS B 8445 | 728 | linear programming problem | 995 | median | 961, 962 |
| JIS Y 1001 | 728 | line of sight | 810 | medium access control | 395 |
| joint attention | 92 | link | 249 | membrane-type surface stress sensor | 350 |
| J. Bruner | 98 | link coordinate system | 907 | MEMS | 245 |
| J. J. Gibson | 86 | link mechanism | 251, 907 | MEMS gyroscope | 355 |
| J. Lave | 90 | link parameter | 913 | MG | 758 |
| J. von Uexküll | 86 | LIPM | 479 | microcontroller | 380 |
| [K] | | | | | |
| Kalman filter | 570, 893 | Lipschitz | 930 | microphone array | 566 |
| KDPP | 594 | living hinge | 302 | micro-electro-mechanical systems | 245 |
| Kernel DPP | 594 | locally asymptotically stable | 932 | middleware | 384 |
| kinematics | 907 | locally controllable | 958 | Middle Size League | 118 |
| kinesthesia | 312 | local area network | 398 | millimeter wave radar | 336 |
| kinesthetic device | 315 | local descriptor | 558 | MIL-STD-810 | 789 |
| kinesthetic sensation | 312 | local loopback address | 399 | mind perception | 128 |
| kurtosis | 963 | long short-term memory | 301 | mind-body dualism | 87 |
| K-class Gaussian mixture model | 988 | loop closure | 558 | minimal order state observer | 945 |
| [L] | | | | | |
| LAD | 98 | loop detection | 558 | minimum mean squared error estimation | 568 |
| Lagrange's interpolation polynomial | 891 | LOS | 810 | minimum variance unbiased estimation | 568 |
| Lagrangian | 997 | LSTM | 301 | mirror neuron | 95 |
| Lagrangian formulation | 922 | LTA | 485 | MLDA | 648 |
| laminar jamming | 303 | Lyapunov | 931 | MLUm | 98 |
| [M] | | | | | |
| | | L. S. Vygotsky | 89 | MM | 741 |
| | | MAC | 395 | mode | 961, 962 |
| | | machine control | 755, 758 | modeling | 90 |

- | | | | | | |
|--|----------|---|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| PRM | 432 | ratio scale | 961 | rough terrain | 473 |
| probabilistic inference for learning control | 595 | RBPF-SLAM | 556 | ROV | 795, 800, 801, 803, 805 |
| probabilistic movement primitives | 591 | RCM | 700 | RRT | 432, 524 |
| probabilistic roadmap method | 432 | RCT | 724 | RSNP | 387, 400 |
| probability | 963 | RDT | 1011 | RS-232C | 394 |
| probability density function | 870 | real time kinematic GNSS | 744 | RS-422 | 394 |
| probability distribution | 963 | rectangular coordinate system | 250 | RT | 14 |
| probability distribution function | 963 | recurrent neural network with parametric bias | 602 | RTC | 386 |
| probability value | 965 | reduction | 957 | RTF | 789 |
| probable error | 870 | reductive approach | 85 | RTK-GNSS | 744, 747, 749, 750 |
| programming by demonstration | 600 | reed switch | 349 | RTM | 386 |
| ProMPs | 591 | regularization | 1020 | running | 280 |
| proper | 946 | reject | 965 | R. A. Brooks | 88 |
| proprioception | 312 | reluctance motor | 360 | R. Descartes | 87 |
| Protocol Buffers | 400 | remotely operated vehicle | 800, 801, 803, 805 | R. U. R. | 7, 153, 154, 159, 160, 163 |
| proxy-based admittance control | 834 | remote center of motion | 700 | | |
| pseudoelasticity | 302 | reproducibility | 872 | [S] | |
| pseudo inertia matrix | 922 | repulsive potential | 433 | SA | 1014 |
| pseudo vector | 908 | resolution | 872 | SaaS | 387 |
| pseudo-haptics | 843 | resolvent | 934 | safety review | 79 |
| pseudo-inverse matrix | 920 | resolver | 351 | Safety2.0 | 671, 672 |
| PSO | 1015 | revolute joint | 907 | sagittal plane | 281 |
| PTC | 349 | revolute pair | 250 | sample | 960 |
| pulse code modulation | 368 | ring gear | 374 | sampled-data system | 954 |
| pulse width modulation | 368, 390 | ring laser gyroscope | 356 | samples per second | 394 |
| PVDF | 301 | RLG | 356 | sample mean | 871 |
| PWM | 368, 390 | RLS | 728 | sample space | 963 |
| p-value | 965 | RNN | 592 | sample standard deviation | 871 |
| | | RNNPB | 602 | sampling | 960 |
| [Q] | | roadmap | 431 | sampling theorem | 882 |
| QCM | 350 | RoboCup | 741 | sampling error | 882 |
| quadruped robot | 285 | Robotics Domain Task Force | 728 | SAS | 487 |
| quantization | 883 | Robotics DTF | 728 | scaffolding | 98 |
| quantization error | 883 | robotic interaction service framework | 728 | scanning laser range finder | 335 |
| quartile | 962 | robotic localization service | 728 | schéma | 89 |
| quartz crystal microbalance | 350 | robotic service ontology | 728 | screw propeller | 276 |
| quaternion | 910 | robot hand | 260 | SDM | 304 |
| | | Robot Operating System | 386, 741 | SDT | 696 |
| [R] | | Robot Service Network Protocol | 387, 400 | secondary intersubjectivity | 95 |
| randomized controlled trial | 724 | Robot Technology Component | 386 | Seebeck effect | 348 |
| random sampling | 961 | Robot Technology Middleware | 386 | seismic diagnosis | 774 |
| random signal | 875 | Rodrigues' rotation formula | 909 | self localization | 554 |
| Rao-Blackwellized particle filter SLAM | 556 | RoIS | 728 | self-organization | 510 |
| rapidly-exploring dense tree | 1011 | role reversal imitation | 97 | semi-supervised learning | 1023 |
| rapidly-exploring random tree | 432, 524 | roll | 250, 281 | sense of agency | 836 |
| ratchet effect | 99 | roll, pitch and yaw angles | 909 | sense of body ownership | 836 |
| rate gyro | 354 | ROS | 386, 741 | sensitivity | 872 |
| rationality | 94 | RoSO | 728 | sensor coordinate system | 907 |
| | | | | sensor fusion | 557, 567 |
| | | | | separation principle | 944 |
| | | | | SERKET | 650 |
| | | | | SE(3) | 1009 |
| | | | | SF | 14 |
| | | | | SfM | 787, 899 |

shape deposition manufacturing 304
 shape memory alloy 303
 shape memory polymer 303
 shared autonomy 528
 shared compliance 533
 short-time Fourier transform 901
 significant figures 874
 significance level 965
 significant 965
 simple regression analysis 889
 simulated annealing 1014
 simultaneous localization and mapping 555
 single support phase 281
 singular configuration 920
 singular point 920
 situated learning 90
 skewness 963
 skew symmetric matrix 921
 SLA 247
 SLAM 324, 555
 slip ratio 473
 SMA 303
 Small Size League 118
 SMP 303
 social learning theory 90
 social referencing 94
 software as a service 387
 soft computing 1014
 sonodynamic therapy 696
 sound source localization 564
 sound source separation 564
 SO(3) 1009
 Space station remote manipulator system 819
 span form 449
 sparse modeling 896
 spatial force 429
 SpCoSLAM 648
 SPDM 820
 special end effector 260
 special Euclidean group for three-dimensional space 1009
 special orthogonal group for three-dimensional space 1009
 spectral radius 953
 spherical gear 375
 spherical linear interpolation 911
 spherical motor 362
 spherical pair 250
 SPL 117
 spline interpolation 891
 sps 394
 SRMS 819
 SR motor 360

SSL 118
 SSRMS 819
 stability 872
 stability augmentation system 487
 stabilizable 940
 standard deviation 963
 Standard Platform League 117
 state 1007
 state observer 944
 state space 1007
 state transfer function 1007
 statically equivalent 438
 static walking 483
 stationary random signal 878
 statistics 960
 steering 278
 stepping motor 360
 step length 281
 stereolithography apparatus 247
 stereoscopic sound 311
 Stewart platform 283
 STFT 901
 stigmergy 506
 strain 341
 strain wave gear 375
 stress 341
 strictly proper 946
 stride 281
 Stroop test 102
 structure from motion 787
 structure-from-motion 899
 Student's *t* test 968
 subsumption architecture 88
 summary statistics 962
 sum of squares 962
 sun gear 374
 superelasticity 302
 supernumerary robotic limbs 842
 support phase 281
 surround sound 312
 Suttle remote manipulator system 819
 SVM 1024
 swarm intelligence 506
 swing leg 280
 swing phase 281
 symbol emergence in robotics 647
 symbol emergence in robotics tool kit 650
 symmetric type 529
 synchronous motor 360
 synthetic approach 85
 systematic 1012
 systematic error 869

[T]

tactile sensation 312
 tactile sensor 345
 TAMP 433
 task coordinate system 907
 taste sensor 317, 349
 taxonomic assumption 98
 Taylor expansion 888
 TCP 399
 technology readiness level 80
 teleological stance 94
 temporal difference 1031
 terramechanics 473
 test 965
 theory of mind 95
 thermistor 349
 thermocouple 348
 thin plate spline 892
 time series data 961
 time series signal 883
 tolerance 872
 topological space 1007
 torsional friction moment 451
 tractive efficiency 474
 traffic flow 508
 trajectory map of point masses 458
 transaural system 312
 transfer function 946
 transfer learning 1023
 transistor-transistor logic 394
 transparency 530
 trapezoidal decomposition 432
 traveling salesman problem 1013
 TRC 788
 tree 1012
 triadic relation 93
 tripod gait 483
 TRL 80
 trueness 871
 TSP 1013
 TTL 394
 two-wheeled differential drive type 277
 type synthesis 282
 typically developing 104

[U]

UART 394
 UAV 744
 ubiquitous computing 579
 UCS 754
 UDP 399
 ultrasonic motor 370
 ultrasonic sensor 336

Umwelt	86	variance	963	Woodworth-Schlosberg approximation	565
unbiased estimator	979	Variational autoencoder	1026	World Robot Summit	31, 116, 124, 741
unbiased variance	871, 963	variational Bayes	988	world wide web	400
underactuated manipulation	458	very small aperture terminal	397	wrench	921
underwater vehicle-manipulator system	805	vibrating structure gyroscope	355	wrench vector	448
undirected graph	1012	vicarious reinforcement	90	WRS	31, 741
uniform distribution	877	virtual reality	626	WWW	400
unilateral control	529	visibility graph	431		
universal grammar	98	visual simultaneous localization and mapping	899		
universal hand	261	Visual SLAM	777, 899	【Y】	
universal joint	251	vocabulary explosion	98	yaw	250, 281
universal serial bus	394	Voronoi diagram	431	Y. Engeström	90
unmanned aerial vehicle	744	VR	626, 843		
unmanned construction system	754	VSAT	397	【Z】	
unmanned surface vehicle	800, 804, 809			zero	946
unmanned underwater vehicle	803	【W】		zero-moment point	478
USB	394	wake on LAN	395	ZigBee	396
USM	370	walking	280	ZMP	478
USV	800, 804, 809	water hydraulic drive system	363	zone of proximal development	90, 644
UUU	803	wave generator	375		
UVMS	805	weak central coherence	101	【数字】	
UWB	394	weighted graph	1012	3D-MC	770
		whole object assumption	98	3D-MG	770
【V】		Wiener filter	893		
VAE	1026	Wiener-Khintchine's theorem	879		
		Wilcoxon rank-sum test	969		
		Wilcoxon-signed rank test	969		
		window function	887, 901		

ロボット工学ハンドブック（第3版）

Robotics Handbook — 3rd ed.

© 一般社団法人 日本ロボット学会 1990, 2005, 2023

1990年10月20日 初版第1刷発行
1995年8月10日 初版第3刷発行
2005年6月23日 新版第1刷発行
2008年6月30日 新版第2刷発行
2023年3月15日 第3版第1刷発行

検印省略

編者 一般社団法人
日本ロボット学会
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
製本所 牧製本印刷株式会社

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 <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-04679-3 C3053 Printed in Japan

(鈴木)



 <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

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いません。落丁・乱丁はお取替えいたします。