Technical Report YK-078_rev4
July 11, 2025
Y. Karasawa

Open Access Book:

（改訂版）電波伝搬モデルの基礎：確率分布と統計的推定

筆者は、無線通信の電波伝搬の技術に軸足をおき、伝搬とシステムの橋渡しをする伝搬モデルやそれを用いたディジタル伝送特性の研究を長く行ってきた。そうした中で、様々な確率分布に出会った。これらの分布は物理的意味合いが異なっていて、おのおのの確率分布にはそれにふさわしい適用場所がある。本書の前半：第１部では、電波伝搬モデルに現れる確率分布を総ざらいする形でまとめている。後半：第２部では伝搬モデリングに役立ちそうな統計的推定をまとめている。興味を持つ読者の範囲は狭いと思うが、その少ない読者の求めるものはここにある、と言う気持ちで書いた。そういう人たちに届くことを願っている。（注：初期公開版に対して記事の差換えや付録の追加を漸次行っている）

著者　唐沢好男
内容　（本文（補足資料を除く）合計　194 ページ；　章単位での PDF）

まえがきと目次
１．本書の内容と特徴（4 ページ）
【第１部　確率分布】
２．確率分布を理解するための基本的なこと（14）
３．伝搬モデルを支える確率過程（12）
４．振幅変動を表す確率分布（22）
５．電力や SN 比の変動を表す確率分布（8）
６．仲上 m 分布（13）
７．その他の特徴を有する確率分布（9）
８．ウィシャート行列と固有値分布（21）
Appendix 1　ハンケル変換形特性関数を用いた受信強度確率分布の計算法（14）
Appendix 2　フェージング環境の生成法（15）
補足資料１　多変量正規分布とその仲間たち（技術レポート TR-YK-090 より）（30）
補足資料２　最大比合成ダイバーシチの理論（技術レポート TR-YK-097 より）(17)
【第２部　統計的推定】
９．AIC（赤池情報量基準）：良い統計的モデリングとその評価のための（19）
１０．信頼区間推定：誤った結論を導かないための（16）
１１．極値統計：想定外の出来事を想定外としないための（11）
１２．ベイズ推定：主観も活かした確率分布の逐次推定　(16)
補足資料３　統計的推定の基本を学ぶ：観測データを読み解く力を高めるために（TR-YK-096）
付録１，２，３　電波技術協会報 FORN の関連記事（詳細は次ページ）

本書の利用に関してのルールと著者からのお願い
1) 本書の著作権は著者（唐沢）に帰属、2) PDF の複製や紙面の印刷は自由、3) 他の著作物への無断転載は禁止、4) 記述内容の引用は出典を明示（図面等の転載希望は karasawa[at]mail.uec.jp （[at] →@）まで）

以下の付録１， ２， ３では、本文で学んだ確率・統計が応用される無線システムの伝送特性に関連する電波技術協会報（FORN）解説記事を転載しています。

付録１　衛星伝搬の壷 (注１)

第１講	伝搬研究は縁の下の力持ち	No. 348　2022.09
第２講	降雨減衰：ミリ波利用時の大問題	No. 349　2022.11
第３講	シンチレーション：ある日突然やってくる	No. 350　2023.01
第４講	海面反射フェージング：反射波は光の道を通って	No. 351　2023.03
第５講	陸上移動体を対象とする衛星伝搬問題	No. 352　2023.05
第６講	伝搬モデルの中の確率分布：温故知新	No. 353　2023.07

付録２　電波研究の玉手箱 (注２)

第５講	伝送誤りはなぜ起きる？	No. 339　2021.03
第６講	OFDM は万能選手？	No. 340　2021.05
第７講	情報伝送の物理限界	No. 341　2021.07
第８講	MIMO のなせる業	No. 342　2021.09

付録３　気候変動と電波伝搬 (注３)

第１講	（起の巻）地球温暖化時代、雨の降り方も変った？	No. 369　2026.03
第２講	（承の巻）雨の降り方 100 年間の詳細変化を見てみよう	No. 370　2026.05
第３講	（転の巻）豪雨は今も昔も：極値統計が支配する世界	No. 371　2026.07
第４講	（結の巻）降雨減衰量変化の未来予想	No. 372　2026.09

注１）付録１の記事は、一般財団法人 電波技術協会の会報 FORN 誌に 2022 年 9 月より隔月で 6 回に亘り技術解説「衛星伝搬の壷」として連載したものです。かつて、国際回線の主要伝送路を担った衛星通信でしたが、近年、その衛星通信が新たな視点で見直される時代になってきました。電波伝搬そのものは時代に左右されない物理現象であり、過去の取り組みから現代の問題までを整理して解説しています。タイトルに付けた「壷」には、財宝の在り処を記す地図が隠されていると伝わる「こけ猿の壷」にあやかりたいとの気持ちも込めました。本記事は FORN 誌掲載物であるため、引用の場合は同誌の記事であること（巻号やページ情報は各記事の下段に）の明記をお願いします。

注２）付録２の記事は、一般財団法人 電波技術協会の会報 FORN 誌に 2020 年 7 月より隔月で 10 回に亘り技術解説「電波研究の玉手箱」を連載したものの内、本書のテーマに関連する第５講～第８講の４講分の記事を載せています。電磁気学・アンテナ・伝搬・無線システムなどの電波関連技術を学ぶ過程において不思議と感じることを取り上げ、開けてびっくりの玉手箱に詰めて読者の皆さんにお届けしたものです。本記事は FORN 誌掲載物であるため、引用の場合は、同誌の記事であること（巻号やページ情報は各記事の下段に）の明記をお願いします。なお、全 10 講の記事のリストはここに置いています。

注３）付録３の記事は、一般財団法人 電波技術協会の会報 FORN 誌に 2026 年 3 月より隔月で 4 回にわたり連載したもの。降雨に着目した気候変動と電波伝搬の交差点部分に光を当てている。本書第２部の統計的推定（９～１１章）の適用例として、参考にしてほしい。本記事は FORN 誌掲載物であるため、引用の場合は同誌の記事であること（巻号やページ情報は各記事の下段に）の明記をお願いします。