技術レポートの公開

2016 年にコロナ社より「ディジタル移動通信の電波伝搬基礎 改訂版」[1]を出版し、そこに盛り込めなかった無線通信や電波関連の技術の補足資料を、技術レポートとして唐沢研ホームページから公開してきました。思いつくままに作成しては公開しているうちに、その数は私の年齢を超えました（2024 年 9 月現在：85 編）。一方、別の著書[2],[3]を出版する機会もあり、そこには、ここで公開している技術レポートの内容も大幅に取り入れています。さらに、著者の学生時代において苦手な授業科目であった電磁気学も大学で授業担当となったのを機会に学び直し、その面白さの再発見をしました。この技術レポートの中に、「電磁気学の奥深さ」27 編が有るのもその理由です。これの多くについては、私製公開本(Open Access Book)「謎解き電磁気学」[4]にまとめました(先に公開していた「電磁気学のからくり」を改訂して差換えたもの)。私製公開本については、その第２弾「固有値が開く無線の扉」[5]も作りました。さらに、私の専門領域である電波伝搬のモデル研究の中で出会った確率分布や統計手法を総ざらいする形で「電波伝搬モデルの基礎」[6]にまとめました。

ここを一区切りとして、技術項目別に整理したリストを作りました。興味あるレポートをこのリストから見つけ、活用していただければ幸甚です。

注 1)著作権は唐沢にありますが、利用に制約はありません。2)レポート間で重複が多く、掘り下げの甘いものもあり、考え違いもあるかもしれません（特に電磁気学関係）。明らかな理解不足があったものについては改訂版を作成し、折々に差し替えています。[4]にまとめる際には、見直して正確を期したつもりですが、まだまだ未熟を感じます。

技術分野

① 伝搬モデル・通信路モデル（14 編）
② 伝送誤り率推定（等価伝送路モデル等）（8）
③ 確率・統計（8）
④ アレーアンテナ（MIMO を除く）（6）
⑤ MIMO（6）
⑥ 電磁気学（27）
⑦ 無線システム・電波応用（5）
⑧ 電波気象（降雨関係）（4）
⑨ その他（3）

レポートの内容の全体あるいは一部を盛り込んでいる下記の書籍および論文をリストの備考欄に示す。

[1] 唐沢; 改訂 ディジタル移動通信の電波伝搬基礎, コロナ社, 2016.
[2] 唐沢; 藤井; 電波システム工学, 信学会レクチャーシリーズ, コロナ社, 2020.
[3] 唐沢; 無線通信物理層技術へのアプローチ, コロナ社, 2021.
[4] 唐沢; 謎解き電磁気学, Open Access Book, 2023. （「電磁気学のからくり」(2021)の差換え版）
[5] 唐沢; 固有値が開く無線の扉, Open Access Book 2, 2022.
[6] 唐沢; 電波伝搬モデルの基礎, Open Access Book 3, 2024.

① 伝搬モデル・伝送路モデル

No.	題名	備考
003	ワイヤレス情報伝送の物理限界	[3](12 章)
004	無線通信の電波伝搬：移動伝搬とシミュレーション技法の壷	[1], [2](2 章,3 章)
012	WSSUS 通信路：Bello 論文への温故知新	[3](7 章)
013	無線技術者のためのヒルベルト変換	[3](6 章)
018	電波伝搬：物理現象とモデリング	信学会誌 AP50 年特集
022	地上無線回線の降雨減衰推定法	
034	無線通信路の相反性について	[1](4.6 節)
036	ランダムウォークと電波伝搬	[3](p.67)
040	フリスの伝達公式：その周辺の不思議を探る	[1](2 章),[3](2 章)
044	ミリ波伝搬チャネルモデリング Part 1：準 LOS 環境表現について	IEEE Trans. AP, 2021
046	ミリ波伝搬チャネルモデリング Part 2：多状態マルコフモデル	同上
067	衛星回線降雨減衰推定法に関する覚書	
072	電波の送受信の仕組み	[4](11 章)
079	衛星伝搬の壷	FORN 誌 6 回シリーズ

② 伝送誤り率推定（等価伝送路モデル等）

001	等価伝送路モデル：その思想と実践	[3](10 章,12 章)
010	二重選択性フェージングにおける BER フロア特性	[3](12 章)
011	最大比合成ダイバーシチ適用時の符号間干渉推定	[3](10 章)
052	Fast fading 環境におけるビット誤り率：その推定式の原点を訪ねる	[3](9 章)
053	等価伝送路モデル（ETP model）の土台を固める	[3](10 章)
054	等価伝送路モデルによる符号間干渉誤りの完備な計算法	[3](10 章)
055	OFDM は万能選手？等価伝送路モデルによる符号間干渉誤り解析	[3](11 章)
056	熱雑音下のビット誤り率：ディジタル変調方式に対する BER 推定の基本	[3](8 章)

③ 確率・統計

005	伝搬モデルに現れる確率分布:レイリーフェージングからMassive MIMO まで	[1](3 章),[3](3 章),[6]
019	回帰分析と信頼区間：少数データから誤った推論をしないための	[3](4.1 節),[6](10 章)
020	極値統計学へのいざない：想定外の出来事を想定外としないために	[3](4.2 節),[6](11 章)
042	仲上・ライス分布の数値計算に関する留意点	[3](p.56)
043	伝搬環境のレイトレーシング：その後どうする？（ハンケル変換形特性関数）	[6](4 章)
048	AIC（赤池情報量基準）を学ぶ	[6](9 章)
076	仲上三分布への歴史探訪	[6](4 章、6 章)
077	モンティ・ホール問題をベイズ推定してみよう	[6](12 章)

④ アレーアンテナ（MIMO を除く）

006	スペースダイバーシチ・アダプティブアレー・到来方向推定	[2](4 章), [5](3 章)
049	高分解能到来方向の仕組み：これでわかる MUSIC 法と ESPIT 法	[5](5 章)
050	同上 Part II：コヒーレント波が入射する場合の F/B 型平均法	[5](5 章)
062	アレーアンテナのパラドックス：重ね合わせの理 vs エネルギー保存則	[4](12 章)
063	近素子配置におけるアレーアンテナの利得について	同上, IEEE AWPL
068	近素子配置におけるアレーアンテナの利得について [II]	同上, IEEE AWPL

⑤ MIMO

014	ランダム行列と漸近固有値分布：Massive MIMO 基礎理解のための	[3](5 章),[6](8 章)
016	Massive MIMO の情報伝送能力について	[3](5 章),IEEE T_VT
033	マルチユーザ Massive MIMO の情報伝送能力について	
035	マルチユーザ Massive MIMO の情報伝送能力について[II]	
041	ストリーム選択型マルチユーザ Massive MIMO の通信路容量の簡易計算法	
057	ウィシャート行列と固有値分布	[3](5 章),[6](8 章)

⑥ 電磁気学（共通タイトルの「電磁気学の奥深さ」は省略）

023	(1)電気と磁気の対応は E-H か E-B か	
024	(2)マクスウェルの方程式の美しい形	[4](5.4 節)
025	(3)相対性理論への道	[4](6 章)
026	(4)マクスウェル方程式のローレンツ変換	[4](6.2 節)
027	(5)電線に流れる電流は光の速さで進む？	[4](9 章)
028	(6)ベクトルポテンシャルを知ろう	[4](5 章)
029	(7)動いている人には電波はどう見えるか	
030	(8)パラドックスを楽しもう	[4](6.4 節)
031	(9)法則と定理の関係（アンペアの法則とストークスの定理）	[4](3 章)
032	(10)コーヒータイム：静電界に $\nabla\times\boldsymbol{E}$ はあるか？	
037	(11)マクスウェルの方程式ができるまで（その 1）	[4](2 章)
038	(11)マクスウェルの方程式ができるまで（その 2）	同上
039	(11)マクスウェルの方程式ができるまで（その 3）	同上
045	(12)電磁誘導の法則に学ぶ物理現象のからくり	[4](7 章)
051	(13)静電磁界のポインティングベクトルに関するパラドックス	[4](10 章)
058	(14)ローレンツ力と相対論	[4](6.3 節)
059	(15)動く電荷が作る電磁界	[4](8 章 付録)
060	(16) 電磁誘導の法則に学ぶ物理現象のからくり（続）	[4](7 章)
064	(17)ローレンツ力の共変性	[4](6.3 節)
065	電気回路と電磁気学	[4](9 章)
066	(18)ベクトルポテンシャル視点からの電磁波の描像	[4](5.5 節)

⑥ 電磁気学（続き）

071	電磁誘導の法則 ～ファラデー・マクスウェル・アインシュタインに聞いてみよう～	[4](7 章)
073	(19) 変位電流の正体を探る	[4](8 章)
074	(20) 静電磁界のポインティングベクトルに関するパラドックス［II］	[4](10 章)
080	(21) 微小ダイポールアンテナ動作に見る電磁気学の仕組み	[4](11 章)
081	(22) ファラデーのパラドックスを考える	[4](7 章)
084	(23) 原子を構成する電子はなぜ安定に存在できるか	

⑦ 無線システム・電波応用

002	環境適応型ベースバンド無線：無線通信のパラダイムシフトを目指して	
007	衛星航法システム：GPS による測位と測量	[2](11 章)
008	ワイヤレス電力伝送：その理解の壷	[2](13 章)
009	合成開口レーダ：その原理と応用	[2](12 章)
047	無線 OAM 伝送に関する覚書	

⑧ 電波気象（降雨関係）

021	日本の降雨量極値データを統計的に見る：地球温暖化の影響の有無	YK-082 と 083 に再編
082	日本の降雨極データに見る長期変化傾向	IEEE TGRS
083	日本の降雨の N 年間最悪値の統計	同上
085	日本の降雨極データに見る長期変化傾向（その２）	

⑧ その他

015	アンテナ・伝搬の七不思議	
017	アナログ変調：その理解の落とし穴	[3](p. 143)
069	電波研究の玉手箱（全 10 講）	