



[小特集]

eスポーツを支える環境

- eスポーツの発展と近年の動向
- eスポーツ競技における遅延の影響に関する考察
- 多様化するeスポーツを大会運営の視点で見る
- eスポーツ大会参戦記

——KING of Performai The 6th - CHUNITHM——

論文の書き方講座(Q & A セッション) 開催のお知らせ

一般社団法人 電子情報通信学会
通信ソサイエティ

通信ソサイエティでは、論文の書き方について会員の皆様に広く深く御理解頂くために、2026年ソサイエティ大会において、論文の書き方講座(Q & A セッション)を下記のとおり開催致します。

論文の書き方講座は、2009年3月以来、総合大会／ソサイエティ大会において継続的に開催され、数多くの方に御参加頂き、大変御好評を頂いております。

通信ソサイエティ和文論文誌・英文論文誌の委員長／副委員長経験者が講師を務める講座ですので、論文執筆のポイントを聞ける貴重な機会となっております。大学あるいは企業において論文執筆に御興味をお持ちの方は是非御参加下さい。

今回は参加者からの御質問にお答えする論文の書き方講座(Q & A セッション)を開催致します。多数の皆様の御来場をお待ち致しております。

なお、御質問に効率的にお答えするため、下記のフォームから御質問の事前登録をお願い致します。過去に開催された論文の書き方講座の動画像・資料はこちらのフォームに記載されたリンクから御覧下さい。

<https://forms.cloud.microsoft/r/iCKGeJxSXT>



BK-2 『論文の書き方講座 (Q & A セッション)』

日時：2026年9月23日(水・祝) 15:15～16:30

場所：北海道大学 情報科学研究院棟 A-12

講師：鈴木 一哉(秋田県立大学)

木下 和彦(徳島大学)

タンザカン(東京科学大学)

司会：有馬 卓司(東京農工大学)

※ 参加費について

論文の書き方講座の参加には大会の参加登録が必要となりました。
御注意下さい。

e スポーツを支える環境

スポーツとの関わり方として、「する」と「みる」がある。

「する」方と言えば、これは健康のためや、仲間と楽しむために行う、散歩やランニング、ゴルフ、サッカー、草野球などがある。これは老若男女を問わず広く行われている。一方で「みる」方は、オリンピックをはじめ、FIFA ワールドカップやワールドベースボールクラシックなどナショナルチームの戦い、Jリーグ、プロ野球、プロゴルフツアーなどのプロフェッショナルプレーヤーの試合、箱根駅伝や甲子園の高校野球などの“プロではないが鍛え抜かれたアマチュアの大会”などがある。これは、一般の人にとっては娯楽の一つと言える。

特に、「みる」方に着目してみると

- ・優れた才能とたゆみない努力で鍛え上げられたプレーヤー
- ・選手の技能向上や身体面をサポートするための科学的な分析
- ・選手や観客にストレスを与えないスタジアムの環境整備
- ・試合の実況や応援など、試合を盛り上げる演出

などがあって、より観戦する側を引き付けていることが分かる。

ビデオゲームの世界もこのような構造になっているらしい。1980年代にインベーダーゲームやファミコンが世に出てから、ゲームを「する」ことは普遍的になっている。一方で、ビデオゲームによる戦いを「みる」ことがエンターテインメントとなっている。これが“e スポーツ”である。

本特集では、e スポーツを取り上げるが、あえてビデオゲーム技術自体については言及せず「e スポーツを支える環境」に着目した。

まず、e スポーツの学術的な観点からの動向と、e スポーツ発展との関わりを解説する。

次に、e スポーツ競技を支える通信技術の観点から、e スポーツ競技に対する遅延の影響について紹介する。またe スポーツの運営の観点から、e スポーツ大会の実施や地域コミュニティとの関わりについて示す。最後に、e スポーツの競技者の観点で、大会を勝ち抜いてきたプレーヤーに経験を語って頂く。

読者の皆様には、e スポーツが単なるビデオゲームの大会ではなく、多くの支えの上に成立しており、また今後多様な分野との関係が発展していく可能性を御理解頂ければ幸いである。

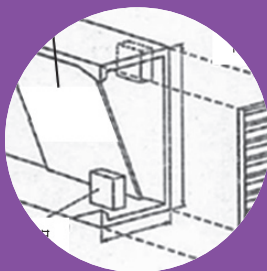
本小特集の発行にあたり、執筆頂いた皆様、査読・校閲に協力頂いた皆様、またゲーム画面などの掲載に対し快く許諾頂いた著作権者の皆様に感謝申し上げます。なお、本小特集では、固有名詞を除いて「e スポーツ」という表記に統一させて頂いたこととお断りしておく。

小特集編集チーム

水野 修、伊藤暢彦、古川剛志、長谷川直輝、山下泰輝



125



140



147



156

【小特集】

eスポーツを支える環境

107

巻頭言

編集チームリーダー

水野 修

112

—解説—

eスポーツの発展と近年の動向

伊藤毅志／松井 悠

118

—解説—

eスポーツ競技における 遅延の影響に関する考察

塩川茂樹

125

—解説—

多様化するeスポーツを 大会運営の視点で見る

中島賢一

133

—解説—

eスポーツ大会参戦記

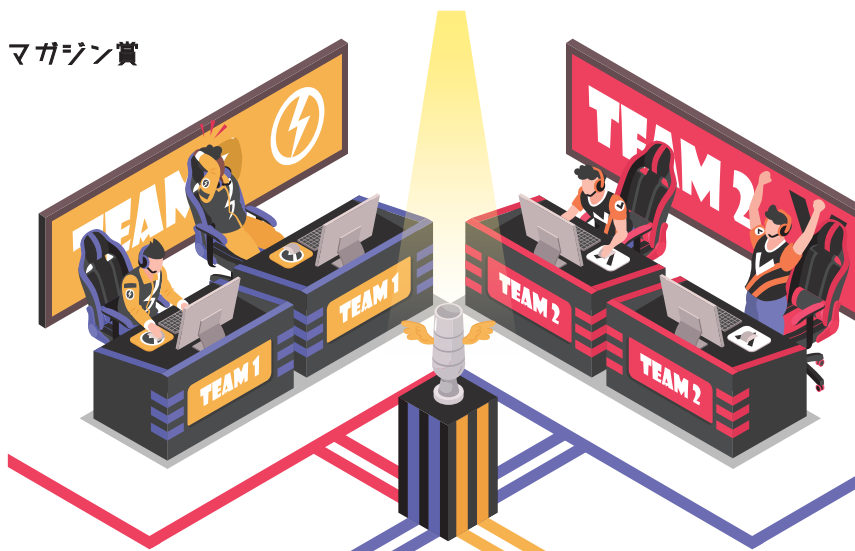
——KING of Performai The 6th - CHUNITHM——

KUROKURO／山口実靖

- 110 | **ー子どもに教えたい通信のしくみ：ジュニア会員向けページー**
魚群探知機のしくみ 音で水中を見る！
西山義浩
- 140 | **ー私の研究者歴ー**
研究テーマの探索と取り組み方
新井宏之
- 147 | **ー街 plus 探訪ー**
ICETC2026 が開かれる「台北・台湾」
山口実靖／山本 嶺／林 合祐
- 152 | **ー街 plus 探訪ー**
緑と創造が息づく街「三鷹」
中村光貴
- 156 | **ー科学館・博物館めぐりー**
福井県立恐竜博物館
橘 拓至
- 160 | **ー開発物語ー**
図書館を支える技術：知のインフラの実装と展開
岡本 真
- 169 | **ーこんなツール、使っていますー**
頭の中の思考を整理するための生成 AI の活用
上野貴弘
- 179 | **ー巻末言ー**
学会と国際化
通信ソサイエティ副会長
鎌倉浩嗣

通信ソサイエティからのお知らせ

- 174 | **2025 年度通信ソサイエティ論文賞・マガジン賞**
～受賞論文・記事と総評～
通信ソサイエティ編集会議
- 180 | 編集後記



魚群探知機のしくみ 音で水中を見る!

古野電気株式会社 西山義浩
Yoshihiro Nishiyama

1. はじめに

魚群探知機は、水中の魚群を見つけるために開発されました。戦後の食糧難でGPS（全地球測位システム）もなかった当時、漁師さんは勘と経験を頼りに操業していました。海の中は目で見ることができませんが、音は聞こえます。魚群探知機は「やまびこ」の原理を使い、言わば、水中を音（超音波*¹）で見えています。かつて軍隊で使用されていた音響測深機を、魚からの微弱な反応を得られるように改良したのが始まりです。

一般的な魚群探知機は数十kHz以上の周波数を使っているため、魚*²には聞こえません。

2. 魚群探知機の動作原理

2.1 距離を測る

音は約1,500 m/sの速度で水中を伝搬します（図1）。地点Aから発した音が1秒後に地点Bで聞こえた場合、地点Aと地点Bの距離は $1,500 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 1,500 \text{ m}$ です。魚群探知機は送受波器から真下に向けて出した音（超音波パルス、図2）が海底で反射し、もう一度、送受波器に戻ってくるまでの時間を測ることで、海底までの距離を計算します。

水面に送受波器があるとき、海底から反射した音に戻ってくるまでの時間が1秒だった場合、水面→海底→水面と伝わった往復の距離が $1,500 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 1,500 \text{ m}$ なので、水深はその半分の750 mです。途中の魚群からも反射が戻ってくるので、同じように魚群ま

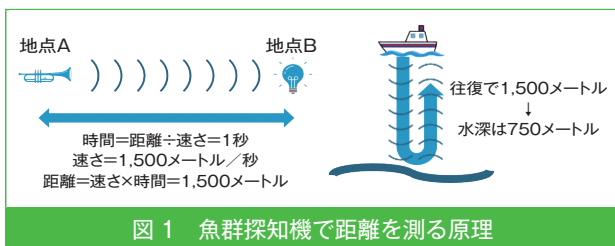


図1 魚群探知機で距離を測る原理

での距離を計算します。

2.2 音の強さを測る

魚群に当たった音は、魚群の密度が高いとほとんどが跳ね返りますが、密度が低いとすり抜けます。反射の強さは魚群の密度に比例するので、音の強さを測れば魚群の規模が分かります（図3）。

同じように海底でも岩場や砂地、泥、あるいは凸凹の度合いによって反射の様子が違うので、戻ってくる音の強さにも差が生じます。

2.3 音の強さを補正する

音は水中の水を振動させて伝わります。送受波器から出た音は、初めは強く水を振動させますが、送受波器から遠ざかるにつれ徐々に弱くなります*³。テレビから離れると、音が小さく聞こえにくくなるのと同じです。

*1 人に聞こえない高い周波数（20 kHz＝20,000 Hz以上）の音を一般に超音波と言います。

*2 魚の可聴域は数十Hzから数kHzと言われてています。

*3 「吸収減衰」と呼ばれ、主に媒質（水）を振動させるときに熱エネルギーとして消費されます。

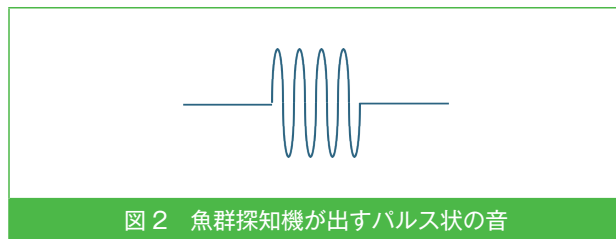


図2 魚群探知機が出すパルス状の音

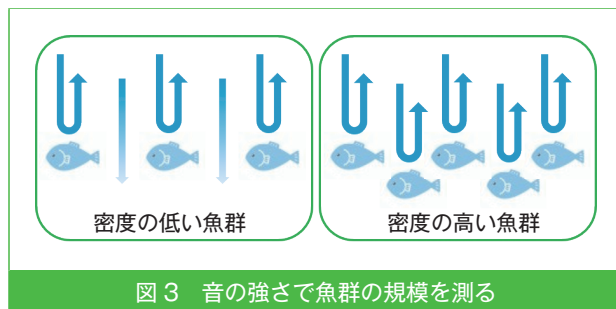


図3 音の強さで魚群の規模を測る

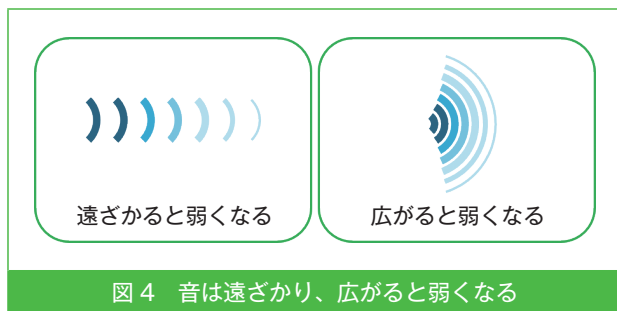


図4 音は遠ざかり、広がると弱くなる

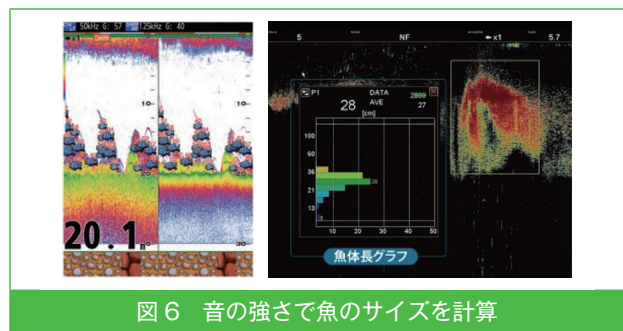


図6 音の強さで魚のサイズを計算

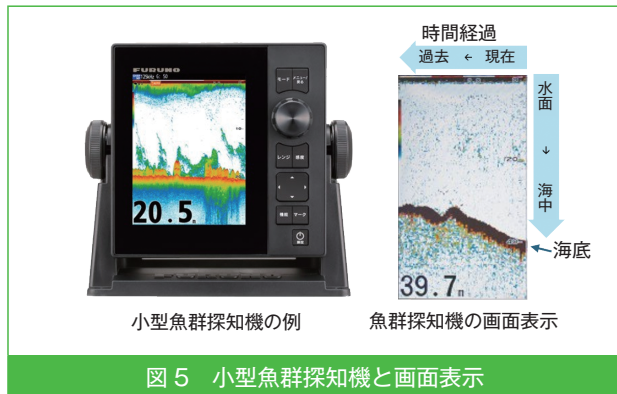


図5 小型魚群探知機と画面表示

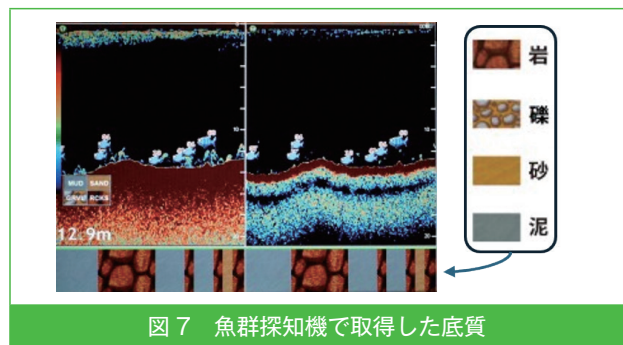


図7 魚群探知機で取得した底質

また、音は広がっていきます。送受波器から真下に出した音は、真下以外の方向にも広がります*4（図4）。遠くの人に大声で話すとき、メガホンを使うと（広がりが制限され）より遠くまで届くのと同じです。すなわち、同じ魚群や海底でも距離が違うとそこに到達する音の強さが異なり、反射して戻ってくる音の強さも変化するので、同じ強さになるように補正します。

実際の魚群探知機も、①送受波器から出た音が海底や魚群から反射して戻ってくるまでの時間で距離を計算し、②反射して戻ってきた音の強さを、③水中を伝わる距離による変化を補正して、④反射の強さに応じた色に変換します。音を出すごとに、色に変換した信号をずらしながら描画することで、図5に示すように時間的な変化が観察できるように表示します。近くに漁船がいる場合は、お互いの混信（干渉）を信号処理で除去します。

3. 魚群探知機でできること

魚群探知機の最新機能をいくつか紹介します。

3.1 魚のサイズが分かる

1匹の魚から反射して戻ってきた音の強さから魚のサイズを計算*5します（図6）。

*4「拡散減衰」と呼ばれ、球面拡散、平面拡散、円筒拡散などの形態により、減衰の様子が異なります。

*5 厳密には魚種によって計算式が異なり、魚種の判別は今後の課題です。

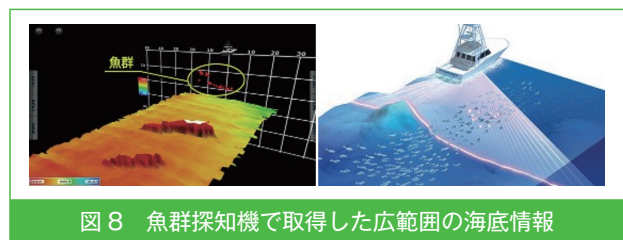


図8 魚群探知機で取得した広範囲の海底情報

3.2 底質が分かる

海底から反射して戻ってくる音の強さの違いによって、岩・礫（れき）・砂・泥を判別します（図7）。

3.3 海底地形が分かる

一般的な魚群探知機は1本の円錐形超音波ビームですが、これを複数並べて扇形のビームを作り、一度に広範囲の海底情報を得ます（図8）。

3.4 資源量を把握する

魚群から反射して戻ってくる音の強さと反応の大きさから、魚群規模（トン数、尾数など）を推定します。得られた結果は資源管理に利用します。

西山義浩

大学で超音波の研究をしていたことがきっかけで古野電気に入社し、水中音響機器の開発に従事。近年は機器で得られる情報をデータ化して、スマート水産業や海洋プラスチック問題への応用など、超音波以外の技術も組み合わせながら社会課題解決に向けた業務を担当。



e スポーツの発展と近年の動向

伊藤毅志 Takeshi Ito 電気通信大学
松井 悠 Yu Matsui (株) グループシンク

1 e スポーツ研究の学術的動向

1.1 e スポーツ研究の成立と研究領域

本稿では、e スポーツに関する学術的研究動向を概観するとともに、実際の競技大会運営や競技シーンに関わってきた実務的観点から、日本国内におけるe スポーツの発展とその特徴について整理、考察する。e スポーツ (electronic sports) は、デジタルゲームを競技として捉える文化・産業・社会的実践を包含する概念であり、2010年代後半以降、急速に学術的研究の対象として注目されてきた。特に、動画配信プラットフォームの普及や国際大会の拡大に伴い、e スポーツは単なる娯楽を超えた総合的な研究対象として捉えられるようになってきている。

e スポーツ研究は、多分野横断的な特徴を持ち、主に以下の領域に分類される。

- ・ゲーム AI・戦略分析研究
- ・ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)
- ・スポーツ科学・身体研究
- ・社会科学・経済学
- ・メディア・文化研究

Reitman らは、e スポーツ研究を体系的に整理し、従来のスポーツ研究とゲーム研究の融合領域として位置付けている⁽¹⁾。このように、e スポーツは単一分野ではなく、複数の学問領域を横断する複合的研究対象として発展している。

1.2 プレーヤ行動と意思決定に関する研究

e スポーツにおけるプレーヤ行動は、高速かつ複雑な意思決定の連続として特徴付けられる。この点に着目した研究では、認知科学及び意思決定理論の枠組みが導入されている。

特に重要な概念として「選択困難性」がある。Padoa-Schioppa は、経済的意思決定において、選択肢

間の主観的価値差の絶対値が小さいほど意思決定が困難になり、反応時間が増加することを示した⁽²⁾。この知見は、ゲーム内における「迷いやすい局面」の定量化に活用可能である。

また、Drachen らは、ゲーム行動分析に基づくプレーヤモデリング研究を行っている⁽³⁾。

更に、Kahneman のデュアルプロセス理論に基づき、直感的判断 (System 1) と熟考的判断 (System 2) の切り替えがゲームプレイにおいて重要であることが指摘されている⁽⁴⁾。高速な判断を要求されるe スポーツでは、これらの認知プロセスのバランスがパフォーマンスに大きく影響する。

更に近年では、プレーヤの行動ログを用いた機械学習による意思決定モデルの研究が進展している。McIlroy-Young らは、人間の棋譜データから意思決定を模倣する AI (Maia) を提案し、人間らしいプレイの再現が可能であることを示した⁽⁵⁾。このような研究は、熟練度ごとの意思決定特性の分析にも応用されている。

1.3 観戦体験とストリーミング研究

e スポーツの重要な特徴の一つは、「プレイ」と並んで「観戦」が中心的価値を持つ点である。Taylor は、e スポーツ観戦を従来のスポーツ観戦と比較し、オンライン配信を基盤とした新しい観戦文化の形成を指摘している⁽⁶⁾。観戦体験に関する研究では、以下の観点が重要とされている。

- ・視聴動機 (娯楽, 学習, 社会的交流)
- ・ストリーマー (配信者) と視聴者の相互作用
- ・チャット文化とリアルタイムコミュニケーション
- ・視聴者エンゲージメント

Sjöblom と Hamari は、Twitch における視聴動機を分析し、娯楽性だけでなく、コミュニティ参加や学習が重要な要因であることを示した⁽⁷⁾。このようなインタラクティブな観戦は、従来のスポーツには見られない特

徴であり、HCI 及びメディア研究の重要なテーマとなっている。

1.4 身体性とパフォーマンス研究

e スポーツはデジタル環境で行われるが、その競技パフォーマンスは強く身体能力及び認知能力に依存する。Jenny らは、e スポーツをスポーツとして捉える際の要件として、身体的スキルと訓練の重要性を指摘している⁽⁸⁾。

具体的な研究対象としては以下が挙げられる。

- ・反応時間
- ・視線行動
- ・運動制御
- ・認知負荷
- ・疲労

DiFrancisco-Donoghue らは、e スポーツ選手においても従来のスポーツ選手と同様にトレーニングや身体管理が重要であることを示し、特に長時間プレイによる健康リスクにも言及している⁽⁹⁾。

また、視線追跡を用いた研究では、熟練プレーヤほど効率的な視線移動を行うことが報告されており、認知的熟達の指標として注目されている。

1.5 AI と e スポーツの相互作用

近年の e スポーツ研究において特に重要なのが、AI との相互作用である。AI は単なる対戦相手にとどまらず、以下のような役割を担っている。

- ・プレイ解析、及びコーチング支援
- ・戦術提案
- ・観戦支援（可視化・実況）
- ・ゲームバランス調整

特に、動的難易度調整（DDA: Dynamic Difficulty Adjustment）は、プレーヤ体験を最適化する技術として研究されている⁽¹⁰⁾。Hunicke は、プレーヤのスキルに応じてゲーム難易度を調整することで、没入感を維持できることを示した。

また、Silver らによる AlphaGo（アルファ碁）の研究は、強化学習と探索の統合により人間を超える性能を達成し、ゲーム AI 研究に大きな影響を与えた⁽¹¹⁾。その後の研究では、単なる強さだけでなく、人間らしさや説明可能性を重視した AI 設計が重要視されている。

1.6 まとめと本稿の位置付け

以上のように、e スポーツ研究は多分野にまたがる複合領域として発展を遂げている。特に、

- ・意思決定の認知科学的研究
- ・観戦体験の設計

- ・身体性とパフォーマンス
- ・AI との融合

といった観点が重要な研究軸となっており、今後この分野のますますの発展が期待される。

本稿では、これらの学術的背景を踏まえつつ、日本国内の e スポーツの発展と競技大会の動向に焦点を当て、実践的観点からその特徴と今後の方向性を考察する。

2

学術研究と e スポーツ実社会の接続

前章では、e スポーツ研究が認知科学、AI、HCI、スポーツ科学、社会科学といった多様な分野にまたがる複合領域として発展していることを示した。

しかしながら、これらの学術研究の多くは、実際の e スポーツ競技シーンや産業構造と必ずしも密接に結び付いているとは限らない。特に、以下のようなギャップが存在する。

- ・実際の大会運営と研究知見のかい離
- ・プレーヤ・観客の実態と理論モデルの差異
- ・ゲームタイトルの変化速度と研究蓄積の非同期性

e スポーツは、ゲームタイトルというソフトウェアに依存する競技であり、そのルールや環境が継続的に更新されるという特徴を持つ。この動的環境は、研究対象としての難しさであると同時に、e スポーツ特有の魅力でもある。

また、e スポーツは以下の複数の主体によって構成されている。

- ・ゲームパブリッシャー
- ・大会運営者
- ・プロチーム・選手
- ・配信者・インフルエンサー
- ・観客・コミュニティ

これらの主体が相互作用することで、e スポーツ特有のエコシステムが形成されている。

したがって、e スポーツを理解するためには、学術的視点に加えて、実際の競技大会や運営の現場に基づく知見が不可欠である。

本稿では、このような問題意識に基づき、次章以降において、実際に e スポーツ大会の運営に長年携わってきた立場から、日本国内における e スポーツの発展とその特徴について具体的に論じる。

3

e スポーツの発展と現場からの視点

筆者（松井 悠）は、約 20 年前の東京ゲームショウ 2005 で行われた World Cyber Games 2005 の日本予

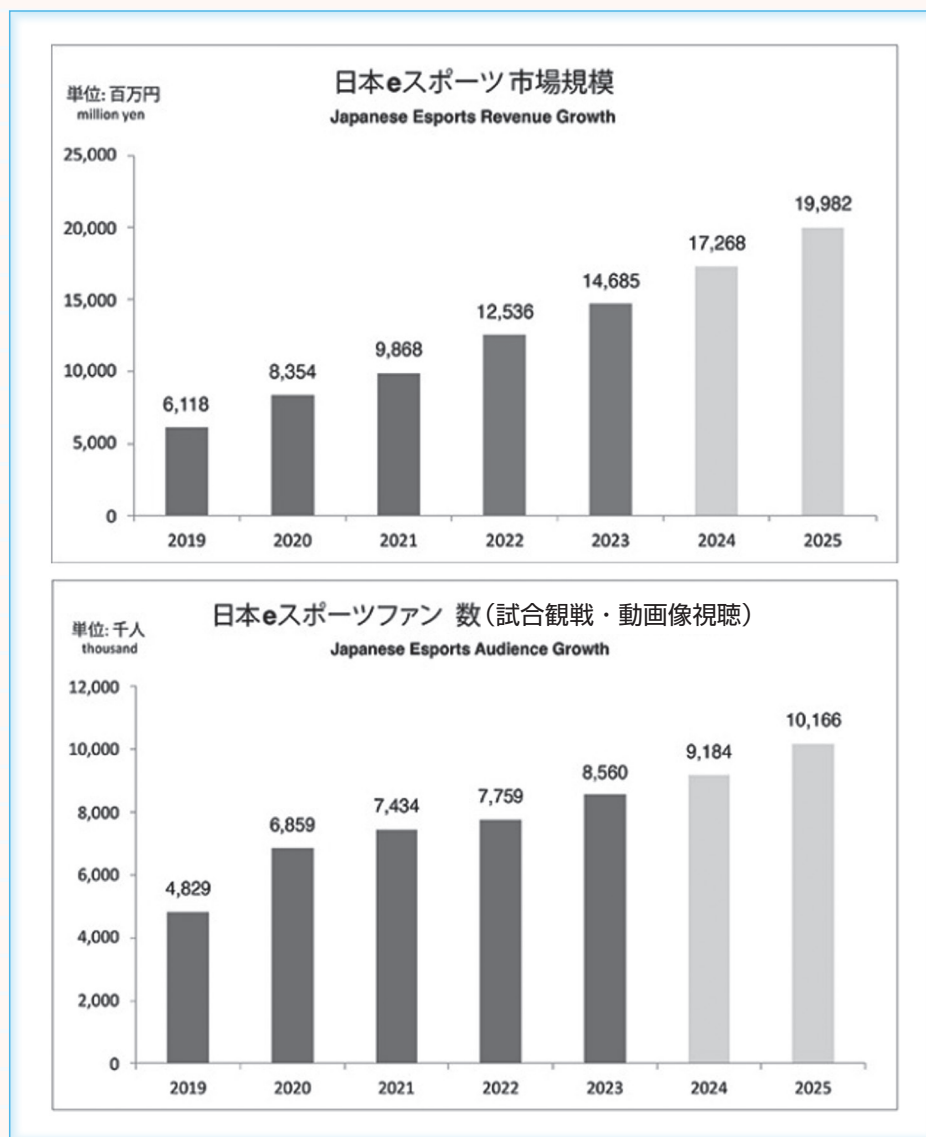


図1 日本におけるeスポーツ市場規模(上)とファン数の推移(下)⁽¹²⁾

選の運営以降、現在に至るまで、デジタルゲームをスポーツとして捉えるカルチャー、すなわちeスポーツの運営・普及活動に携わってきた。

前章で述べたように、eスポーツは学術的にも多様な観点から研究が進められているが、その一方で、実際の競技大会や運営現場における動向は、必ずしも十分に体系的に整理されているとは言い難い。

そこで本章以降では、スポーツ競技大会における国内eスポーツの動向と、今後の方向性について実務的な視点から整理する。

4 eスポーツの発展とプレイヤー・視聴者の拡大

この20年において、eスポーツの視聴者及び参加者は大幅な増加を示している。実際、日本国内におけるeスポーツ市場規模及びファン数は継続的な成長傾向を示

している(図1)。インターネットの普及によって、マルチプレイに参加しやすくなったこと、またスマートフォンの普及、動画像配信サービスの普及により、視聴環境が整ったことがその大きな理由であると推測する。また、コロナ禍においては、ほかのフィジカルスポーツや音楽ライブなどに比較して、大会がオンラインで開催される機会が多かったeスポーツの試合観戦、動画像視聴者数が飛躍的に拡大した。

筆者の実務的観点から見ると、eスポーツ特有の課題であると同時に魅力でもある点として、10年以上競技大会が行われ続けているタイトルがほとんど存在していないことにも触れておきたい。競技タイトルが複数年、あるいは単年で入れ替わるという点も興味深い。

eスポーツは一般的に販売、あるいはサービスインするゲームタイトルを競技として捉えるものである以上、そのゲームのバージョンアップ、あるいは続編のリリースによって、ゲームシステムやバランスが大きく変動し

表1 第20回アジア競技大会(2026/愛知・名古屋) eスポーツ競技⁽¹³⁾

種目(タイトル)	ジャンル	プラットフォーム	対戦形式
対戦格闘団体戦 (Street Fighter 6, 鉄拳 8, THE KING OF FIGHTERS XV) *1	対戦格闘	PC	チーム戦(1チーム3人)
ポケモンユナイト	MOBA *2	Nintendo Switch™ / モバイル	チーム戦(1チーム5人)
PUBG Mobile Asian Games Version (ピーユービージー・モバイル)	サバイバル	モバイル	チーム戦(1チーム5人)
Identity V 第五人格 Asian Games Version	非対称対戦	モバイル	チーム戦(1チーム5人)
グランツーリスモ7	レーシング	PlayStation®5	個人戦
eFootball™	サッカー	PC / モバイル	チーム戦(1チーム2人) *3
ぶよぶよ e スポーツ	パズル	PC	個人戦
Honor of Kings	MOBA	モバイル	チーム戦(1チーム5人)
League of Legends	MOBA	PC	チーム戦(1チーム5人)
Mobile Legends: Bang Bang	MOBA	モバイル	チーム戦(1チーム5人)
Naraka: Bladepoint	アクション	PC	個人戦

*1 「格闘」種目は複合団体戦。各タイトル1人ずつ、合計3人の選手でチームを編成し、一つのメダルを争う。

*2 MOBA = Multiplayer Online Battle Arena の略称。5人でチームを編成、相手の拠点を制圧する 戦略ゲーム。

*3 PC / モバイルそれぞれ1人ずつ選手を出し、1チーム2人で競技を行う。

た場合は、その変化の全てを競技選手は受け入れざるを得ない。もちろん、ゲーム側のアップデートはプレーヤの声を聴いて調整されることがほとんどではあるが、この「いつ起こるか分からない変化」に備え、対応し続ける選手たちのたゆまざる努力もまた、eスポーツならではのポイントと言えるだろう。

5 日本における e スポーツの社会的承認

eスポーツが日本国内で飛躍のきっかけとなった一つの要因として、「社会からの承認」が挙げられると筆者は考える。

日本国内で、eスポーツの普及の契機とされる大会は複数あるが、本稿では「いきいき茨城ゆめ国体2019」(茨城県)で行われた文化プログラム「全国都道府県対抗 e スポーツ選手権2019 IBARAKI」を挙げる。

文化プログラムとは、国民体育大会(「国体」、現在は「国民スポーツ大会(国スポ)」に名称変更)開催県の魅力を全国に発信、大会の気運醸成や文化活動の普及を目的として、県民や地元団体が参加する芸術・展示・交流事業などを展開するものである。eスポーツは2019年から2025年の「わた SHIGA 輝く国スポ」(滋賀県)まで、コロナ禍で開催が中止された2020年の「燃ゆる感動かごしま国体」(鹿児島県)、2021年の「三重とこわか国体」(三重県)を除き、全ての国体、国スポの文化プログラムとして実施された。(なお、この両年は「全国都道府県対抗 e スポーツ選手権」が独自の大会として開催された。)

これまでに大会に採用されているゲームは「eFootball」シリーズや「ぶよぶよ e スポーツ」「パズドラ」「グランツーリスモ」シリーズなど、ゲームソフトの表現内容に基づき対象年齢等を表示する「CEROレーティング」が全年齢対象のものである。

筆者(松井)は2019年から全国都道府県対抗 e スポーツ選手権の複数タイトルの運営に携わってきた。その中で非常に印象的なのが、この大会を契機にeスポーツがゲームプレーヤとその仲間内だけであった応援文化が、保護者とその家族、学校や地域に広がりを見せたことである。これにより、eスポーツがこれまでのゲームパブリッシャー主催のイベント、サードパーティー主催のeスポーツイベントとは異なる参加者層・観客層を引き込むことに成功している。

また、紙幅の都合で詳細は割愛するが、18歳未満を対象にした部門や小学生を対象にした部門を行っているタイトルでは、数年後に若手の競技志向プレーヤが、ほかのeスポーツ競技大会においても活躍を見せている事例が複数存在する。全国都道府県対抗 e スポーツ選手権が若手プレーヤの育成に寄与していると言えるだろう。

6 国際大会と e スポーツの位置付け

2026年9月、45か国・地域が参加するアジア最大のスポーツの祭典、第20回アジア競技大会が愛知県、名古屋市で開かれる。この大会のメダル競技にeスポーツが11種目、13タイトルで採用された。このアジア

競技大会で採用されたeスポーツ競技種目を表1に示す。

アジア競技大会を主催するOCA（アジア・オリンピック評議会）がeスポーツを採用するに至った経緯は公式には発表されていないが、筆者の私見として反射神経、戦略的思考、極限の集中力といった要素が「マインドスポーツ（チェス等）」と同様の競技的価値があると認められたこと、伝統的なスポーツの視聴者が高齢化する中で、若年層に競技大会がリーチするための手段として検討されたことは想像に難くない。

2017年、国際オリンピック委員会（IOC）はスイスのローザンヌで開催された首脳会議で「競技的なeスポーツはスポーツ活動とみなすことができる」⁽¹⁴⁾と決定した。その後、2024年7月にIOCとサウジアラビア・オリンピック・パラリンピック委員会（SOPC）が協力し、2027年から12年間「オリンピック・eスポーツ・ゲームズ」⁽¹⁵⁾を開催すると発表した。2025年10月に両者の協力関係の終了が報道⁽¹⁶⁾されている。

今後のオリンピックとeスポーツの関係については先行きが不透明な状態である一方、賞金総額7,500万ドル（日本円換算で約115億円）と莫大な賞金を誇るeスポーツの世界大会「Esports World Cup」（EWC）を運営するEWCF（Esports World Cup Foundation）が2026年11月にサウジアラビア・リヤドで、北米、南米、ヨーロッパ、MENA（中東・北アフリカ）、アフリカ、アジア、東南アジア・オセアニアを含む、主要な最大48の国・地域から選出されたチームが、チーム戦と個人戦で競い合う「Esports Nations Cup」の開催を発表した⁽¹⁷⁾。同大会は2年に1回開催され、開催地を順次変更する形式が予定されている。また、サウジアラビアは国家戦略「Saudi Vision 2030」の一環としてゲーム・eスポーツ産業振興を推進しており⁽¹⁸⁾、ゲームパブリッシャーのM&A（企業の合併・買収）や大規模大会の開催など、多様な施策を展開している。なお、本稿執筆時点（2026年3月）は、中東情勢が混迷を極めており、サウジアラビアをはじめとした中東諸国でのeスポーツ大会がどのような方向にシフトするのかは未知数である。

7 eスポーツエコシステムの多様性

本稿で記述した国際スポーツ大会におけるeスポーツのムーブメントは、eスポーツシーン全体から見れば一部の流れでしかない。eスポーツシーンでは、このほかにゲームパブリッシャー自体が実施するファーストパーティーeスポーツ大会（プロチームのみが参加す

るリーグ形式のもの、誰でも参加できるオープン大会のものがある。）と、インフルエンサー、ストリーマーが実施する興行的なeスポーツイベント、ゲームパブリッシャー以外の企業、団体、個人が運営するサードパーティーeスポーツイベントなど、様々なスタイルが存在する。

今後、ネットワーク技術や、ゲーム体験の進化、視聴体験の進化によって、新たなゲーム体験が生まれていくにつれて、デジタルゲームで競い合うカルチャー、eスポーツは変わり続けていくだろうし、その流れに合わせて日本、世界の競技大会との関係も変化していくだろう。

この慌ただしさすら感じさせる変化こそが、eスポーツの最大の魅力、とも言えるのかもしれない。

■ 文献

- (1) J. G. Reitman, M. J. Anderson-Coto, M. Wu, J. S. Lee, and C. Steinkuehler, "Esports research: A literature review," *Games and Culture*, vol. 15, no. 1, pp. 32–50, 2020.
- (2) C. Padoa-Schioppa, "Neurobiology of economic choice," *Neuron*, vol. 69, no. 5, pp. 866–879, 2011.
- (3) A. Drachen, A. Canossa, and G. Yannakakis, "Player modeling using self-organization in Tomb Raider: Underworld," *IEEE-CIG 2009*, pp.1-8, 2009.
- (4) D. Kahneman, *Thinking, Fast and Slow*, Farrar, Straus and Giroux, New York, 2011.
- (5) R. McIlroy-Young, R. Wang, S. Sen, J. Kleinberg, and A. Anderson, "Learning models of individual behavior in chess," *arXiv:2008.10086*, Aug. 2020.
- (6) T. L. Taylor, *Raising the Stakes: E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming*, MIT Press, Cambridge, MA., 2012.
- (7) M. Sjöblom and J. Hamari, "Why do people watch others play video games? An empirical study on the motivations of Twitch users," *Computers in Human Behavior*, vol. 75, pp. 985–995, Oct. 2017.
- (8) S. E. Jenny, R. D. Manning, M. C. Keiper, and T. W. Olrich, "Virtual(ly) athletes: Where eSports fit within the definition of "sport" ," *Quest*, vol. 69, no. 1, pp. 1–18, March 2016.
- (9) J. DiFrancisco-Donoghue, J. Balentine, G. Schmidt, and H. Zwibel, "Managing the health of the eSport athlete: an integrated health management model," *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, vol. 5, no. 1, Jan. 2019.
- (10) R. Hunnicke, "The case for dynamic difficulty adjustment in games," *Proc. Int. Conf. Adv. Comput. Entertainment Technol. ACE2005* (2005).
- (11) D. Silver, A. Huang, C. J. Maddison, et al., "Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search," *Nature*, vol. 529, pp. 484–489, Jan. 2016.

- (12) JESU, “eスポーツの市場と推移.” <https://jesu.or.jp/contents/about-market/> (2026 年 3 月 26 日参照)
- (13) JeSU, “第 20 回アジア競技大会 (2026/ 愛知・名古屋) e スポーツ競技.” <https://jesu.or.jp/ag2026/> (2026 年 3 月 26 日参照)
- (14) <https://www.olympics.com/ioc/news/communique-of-the-olympic-summit> (2026 年 1 月 26 日参照)
- (15) <https://www.olympics.com/ioc/news/inaugural-olympic-esports-games-to-be-held-in-riyadh-in-2027-road-to-the-games-to-start-this-year> (2026 年 1 月 26 日参照)
- (16) <https://www.olympics.com/ioc/news/ioc-statement-on-the-olympic-esports-games> (2026 年 1 月 26 日参照)
- (17) <https://www.esportsnationscup.com/en> (2026 年 1 月 26 日参照)
- (18) <https://www.vision2030.gov.sa/en/explore/strategies/national-gaming-and-esports-strategy> (2026 年 1 月 26 日参照)

伊藤毅志 (正員)

電通大情報理工学研究科教授。
1994 名大大学院工学研究科情報工学専攻了。工学博士。1994 から電通大助手、助教、准教授を経て 2023 から同大教授。同大エンターテインメントと認知科学研究ステーション代表。同大人工知能先端研究センター、エンターテインメント創造研究教育センター兼務。

**松井 悠**

(株)グループシンク代表取締役。NPO 法人国際ゲーム開発者協会日本理事。2002 グループシンクを創業。以来、ゲームプロモーション、開発者支援、e スポーツ大会の運営など、様々な分野でゲームシーンを支えている。2012 から NPO 法人国際ゲーム開発者協会日本理事。



e スポーツ競技における遅延の影響に関する考察

塩川茂樹 Shigeki Shiokawa 神奈川工科大学

1 はじめに

近年のeスポーツの急速な成長には目覚ましいものがある。「eスポーツ・ワールドカップ」といった世界規模の大会も開催されるようになり、賞金もフィジカルスポーツ並みに高額化している。日本においても、eスポーツを見て楽しむファンの数が2025年度には1,000万人に達すると予想されており⁽¹⁾、これらのファンを魅了する競技をするための「プロeスポーツ選手」が、一般的な職業として成立する環境も徐々に整ってきている。しかしながらフィジカルスポーツがそうであるように、eスポーツが単にプレイを楽しむ対象から、名誉や生活をかける対象に変わっていくためには、eスポーツの競技者だけでなく競技を観戦し応援する観戦者にとっても、納得できる形で勝敗を決定する必要が生じる。

フィジカルスポーツと異なり、eスポーツでは競技媒体としてデジタルデータの使用が不可欠であるため、eスポーツ競技に対する公平性を保証するためには情報処理技術が必要となる。特に、改ざんデータの使用等による不正（チート）行為は、対策を取らなければならない最重要課題であるが、情報伝達遅延によって生じる競技の不公平性も、解決しなければならない重要課題である。

そこで本稿では、eスポーツにおける情報伝達遅延に着目し、遅延発生の要因や競技に及ぼす影響とその対策について述べていく。

2 e スポーツの競技形式

まず初めに、本稿で使用する幾つかの用語を定義する。eスポーツに関する書籍や記事では、eスポーツ自体を表現するのに「ゲーム」「スポーツ」「競技」など表記の揺らぎが見られる。本稿では全て「競技」という用語で統一する。競技を行うプレーヤを「競技者」、競技者が競技に使うPCや専用ゲーム機を「競技端末」と呼ぶことにする。そして競技中に生成される競技端末の操作入力情報や競技ステータス情報を「競技データ」と定義する。

eスポーツの競技形式は、オフライン競技とオンライン競技に分類される。オフライン競技（図1左）は競技者が物理的に同じ競技会場に集まり行う競技である。競技データの送受信にインターネットやLANを使った場合でも、同一会場内で実施されていればオフライン競技という範疇に分類される。競技者が同一場所に集うために使用機器や競技ルール等の指定がしやすく、競技審判も容易でチート対策がしやすいという利点がある。一

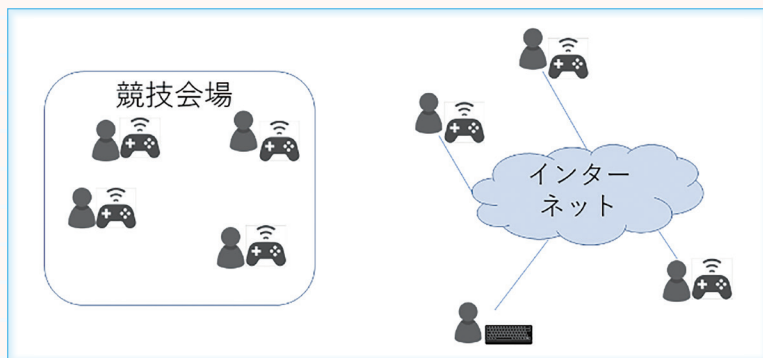


図1 オフライン競技（左）とオンライン競技（右）

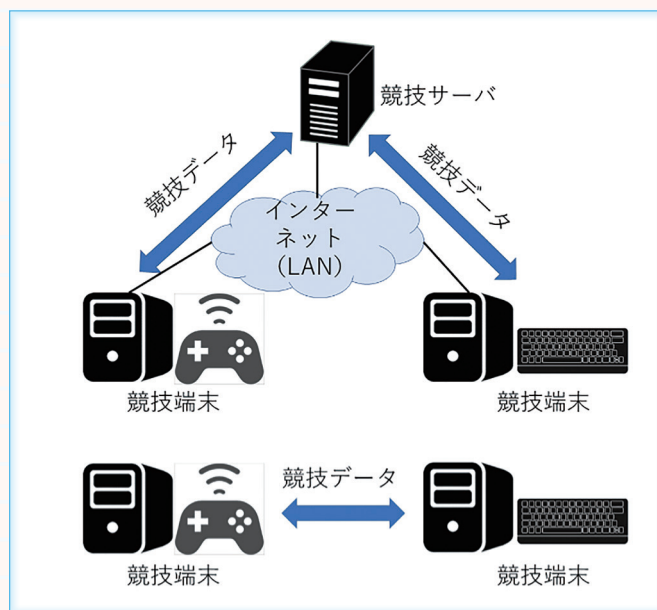


図2 サーバクライアント型（上）とP2P型（下）

方で、競技会場の設営が必要となることに加え、会場までの物理的な移動を必要とすることや、競技場の大きさに応じて参加者数を制限しなければならないという課題がある。

オンライン競技（図1右）は物理的に遠く離れた場所に点在する競技者同士で行われる競技である。オンライン競技では競技データの送受信のためにインターネットの利用が前提となる。競技会場の制約がなくなることから競技への参加がしやすく、ワールドワイドの競技も可能になるという利点がある。しかしながら、インターネットを使うことから、ネットワーク品質の違いが競技の公平性を損ねる可能性が高くなる。また、使用機器の制限が難しく、チート行為への対策もオフライン競技に比べ困難になるという課題がある。

3 競技データの通信形態

競技データの通信形態に応じて競技を分類すると、図2のようにサーバクライアント型とピアツーピア型（P2P型）に大きく分かれる。サーバクライアント型（図2上）では、競技データを管理する競技サーバが設置される。各競技者はクライアントとして競技端末から競技データをサーバへ送信する。サーバは受信した競技データを基に競技状態を更新し、その結果を競技端末へ送信する。これに対してP2P型（図2下）では各競技者の競技端末同士で直接競技データの送受信をする。

競技端末の一つをホスト端末としてサーバ機能を持たせる形式もあり、この場合競技端末同士で直接競技データの送受信を行うが、ここではサーバクライアント型として扱う。このほか、1台の競技端末のみを使い競

技者ごとに入出力装置を用意することで、競技データのネットワーク通信を発生させないスタンドアロン型がある。

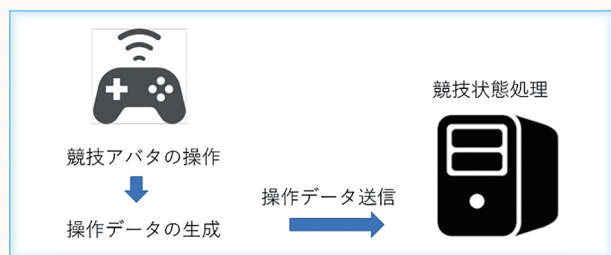
サーバクライアント型はサーバにより競技データを一元的に管理できるため、チート行為の対策がしやすいという利点がある。また、多人数による競技の場合も競技データを管理しやすくなる。特にオンライン競技ではサーバ設置場所の制約も少ないという利点が大いだが、サーバから競技端末までのデータ送受信遅延が競技に大きな影響を及ぼす可能性がある。

一方、P2P型はサーバを用意する必要がなく、競技端末のみあれば競技が実施できるという簡便さ、サーバを介さず直接対戦相手端末とデータのやり取りができるため、遅延が少ないという利点がある。しかしながら、競技状態管理を競技者自身の端末で行うため、不正な競技データを使用するチート行為への対策が難しいという問題がある。よって主にオフライン競技で用いられる。

4 競技における遅延の発生要因

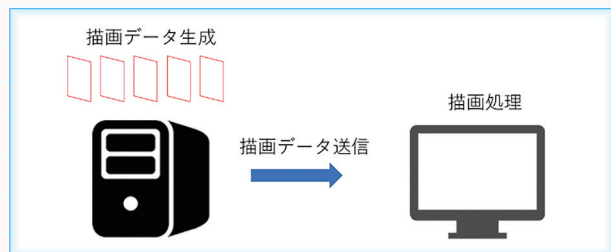
eスポーツの競技における競技データ管理は、競技の公平性を維持する上でとても重要である。特に、競技データ改ざん対策はもちろんだが、競技データを各競技端末から収集して競技状態を更新し、それらの競技端末に反映させるまでの遅延をいかに短くするかが、競技の公平性に大きな影響を及ぼす。本章ではサーバクライアント型のオンライン競技を想定し、そこで発生する遅延の発生要因について説明する。

遅延には大きく分けて「操作遅延」、「表示遅延」、「ネットワーク遅延」の三つがある。操作遅延とは、図



競技アバタの操作がデータとして競技端末へ送信され、処理されるまでの遅延

図3 操作遅延



競技状態処理により生成された描画データが、競技モニタに送信され、表示されるまでの遅延

図4 表示遅延

3に示すように、競技者による競技アバタ（競技画面で競技者が操る対象）の操作や、各種設定等が競技端末内の競技エンジン（ソフトウェア）で処理されるまでの遅延である。操作はキーボード、マウス、専用コントローラといった入力装置で行われ、それらのデータがBluetoothや有線ケーブルなどの媒体を通して競技者端末へ送られる。したがって、遅延の大きさは、入力装置の応答性能、通信媒体やエンジンのアルゴリズムなどに依存する。

二つ目の表示遅延とは図4に示すように、競技エンジンでの競技状態処理により生成された描画データが、通信媒体を通して競技モニタに送信され、実際に表示されるまでの時間でのことである。通常の動画映像と同様に、競技におけるアバタ等の動きは静止画像（フレーム）を高速で連続描画することによって実現される。動きを滑らかにするためには、フレーム間隔が一定となるようにできるだけ小さくする必要がある。競技エンジンではこのような描画タイミングや速度の調整を行い、描

画データを作成する。1秒間に描画されるフレーム数は「フレームレート」（単位はfps: frame per second）と呼ばれ、値が大きいほど滑らかな動きを実現できる画像が生成される。送信された描画データは、モニタ内で補正等の処理が加わるために遅延が発生する。1秒間に画像を更新できる回数は「リフレッシュレート」（単位Hz）と呼ばれ、値が大きいほど実際に表示される動画画像が滑らかになる。

フレームレートは競技端末の性能に依存し、リフレッシュレートはモニタの性能に依存する。したがって、どちらか一つを高性能にしても競技映像は滑らかにならない。例えば、家庭用携帯ゲーム機は60~120 fps程度であるため、一般的なモニタ（60 Hz）でも十分であり、240 Hzの高性能ゲーミングモニタを使用しても余り意味がない。逆に、240 fpsのゲーミングPCの性能を最大限に生かす場合には、240 Hz以上のモニタを使用する必要がある。

三つ目のネットワーク遅延は、LANやインターネットを通して競技データを送受信する際、送信端末のデータ送信時から受信端末がデータを受信するまでの所要時間である。競技端末の性能には余り影響されず、主にネットワーク回線やほかのトラフィック量に依存するため、競技運営側で調整することが難しい。

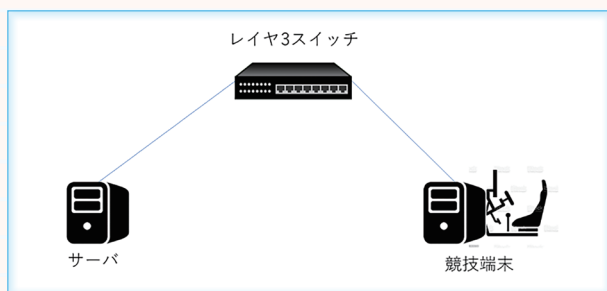
それぞれの遅延について表1にまとめる。競技における遅延は操作遅延、表示遅延、ネットワーク遅延の和で表される。遅延の影響は競技の種類により異なるが、一般的には50 msを超えると違和感を覚えると言われているため、この値を目安としてそれぞれの要因を考察する。

まず、操作遅延に関しては現在の機器性能で大きくても数ms程度の値を達成できる。したがって、表示遅延とネットワーク遅延が競技に影響を及ぼす主たる要因になるが、オフライン競技であればネットワーク遅延も十分に小さくできるため、表示遅延が支配的な要因となる。

表示遅延はそれぞれ60 fps、60 Hzの機器とモニタを使用した場合で約16.7 msであり、高性能のゲーミングPC及びゲーミングモニタにより10 ms未満にす

表1 eスポーツにおける遅延の発生要因

遅延の種類	遅延の内容	遅延発生要素	値の目安
操作遅延	競技者の操作がエンジンで処理されるまでの時間	入力装置、競技端末、競技エンジン	~数ms
表示遅延	競技エンジンによる描画データがモニタに表示されるまでの時間	競技端末、競技エンジン、出力装置	~数十ms
ネットワーク遅延	競技端末・サーバ同士のデータ送受信に掛かる時間	ネットワーク回線、中継機器、通信トラフィック	~数百ms



サーバと競技端末をネットワークで接続しレイヤ3スイッチで遅延を発生できるようにしている

図5 実験構成

ることも可能である。よってオフライン競技では遅延により支障を来すほどの影響は生じない。

一方、オンライン競技の場合は表示遅延よりネットワーク遅延の値が大きくなるケースが増えるため、ネットワーク遅延が競技遅延の支配的な要因となる。そこで次章では実際の競技における遅延の影響を検証する。

5 遅延が競技に及ぼす影響

5.1 カーレース競技を用いた遅延の影響評価

ネットワーク遅延が実際にどの程度競技に影響を及ぼすのかを評価するために、Project CARS™ 3⁽²⁾ というカーレースのタイトルを用いて実験を行った。カーレースを評価対象としたのは、「タイム」という数値評価指標がある、競技アバタが移動し続ける、そして複雑な操作を必要としないためである。

図5に実験構成図を示す。フレームレート 144 Hz の2台のゲーミングPCを用意し、そのうち1台にサーバ機能を持たせる。（これを以降単に「サーバ」と呼ぶ。）そして残りの1台を実際に競技者が操作する競技端末とする。サーバと競技端末はレイヤ3スイッチを用いたLAN接続でつなぎ、スイッチに対してtc (traffic control) コマンドにより任意のネットワーク遅延を付加できるようにする。サーバ、競技端末には出力としてリフレッシュレート 144 Hz のゲーミングモニタを接続し、それぞれの機器で生成した画像を描画できるようにする。これらの2台のモニタは同時に確認できるように並べて配置する。実際の実験環境を図6に示す。

サーバではコース、天候、参加車両数などの競技シナリオを作成する。競技端末はサーバが用意した競技に参加する。まず初めにCPU車両1台のみを走行させ、遅延の有無で二つのモニタに表示されるCPU車両の俯瞰画像から、遅延による車両位置の変化を比較する。

図7は遅延を付加しない場合の画面で、図8は500 msの遅延を付加した場合の画面である。両図ともに左がサーバの出力画面で、右が競技端末の出力画面であ



図5のサーバモニタ（左）と競技端末モニタ（右）を並べることで車両表示位置を比較する

図6 実験環境



左右の車両表示位置に違いは見られない
図7 遅延なしの場合の車両表示



サーバ（左）の車両よりも競技端末（右）の車両が後方に位置している

図8 遅延 500 ms 場合の車両表示

る。遅延がない場合はサーバで表示される車両の位置と競技端末で表示される車両の位置は同じである。一方、遅延を付加した場合はコース脇にある赤白のゼブラゾーンを目印にすると分かるとおり、競技端末で表示される車両位置がサーバ上での車両位置よりも後方になっていることが分かる。

5.2 遅延による車両位置のずれの原理とその対策

このような現象が起こるメカニズムについて説明する。時刻 t において、サーバが管理している車両の位置座標が (x_t, y_t, z_t) であったとする。そしてこの情報がサーバから競技端末へ送信され、遅延 d により時刻

$t + d$ で競技端末が受信したとする。競技端末が単純にこの位置情報を基に車両を表示したとすると、現在時刻は $t + d$ であることから実際には現在時刻から d だけ過去の時点の車両を表示することになる。

仮に車両の速度を 100 km/h とし、遅延を $d = 500$ ms とすると、約 13.9 m も後方に表示されることになる。同じ遅延であっても、車両速度が速いほどこの位置のずれは大きくなる。ただし、実際にはこのように単純に受信位置情報を基に表示はしない。図 8 の画面も車両速度は 114 km/h であるが、車両位置のずれは約 5 m である。これは、4. で述べたように様々な要因から遅延は必ず発生するという前提で、競技端末エンジンが位置情報の補正を行うためである。補正には様々な手法があり、どれを採用するかは競技エンジンに依存するが、簡単な例として時系列情報の差分を利用した方法を紹介する。

先ほどと同様に時刻 t において、サーバが管理している車両の位置座標が (x_t, y_t, z_t) であったとする。また時刻 $t - \Delta t$ における車両の位置座標が $(x_{t-\Delta t}, y_{t-\Delta t}, z_{t-\Delta t})$ であったとする。サーバはこれらの位置データを時刻データと共に競技端末に送信する。遅延により競技端末が時刻 $t + d$ でこのデータを受信したとすると、受信位置データを基に時刻 $t + d$ の位置を次式のように補正する。

$$x_{t+d} = x_t + (x_t - x_{t-\Delta t})d/\Delta t \quad (1)$$

$$y_{t+d} = y_t + (y_t - y_{t-\Delta t})d/\Delta t \quad (2)$$

$$z_{t+d} = z_t + (z_t - z_{t-\Delta t})d/\Delta t \quad (3)$$

この手法は直前の車両の速度を基に位置の補正を行っているが、加速度は反映されていない。したがって加速度を考慮した補正を行うためには、3 点以上の時系列位置データを使う必要がある。

続いて競技者に実際に競技をしてもらい、遅延が競技

にどのような影響を及ぼすか評価する。実験では 2 人の競技者によるフィニッシュタイムの比較を行った。1 人は日常的に車の運転をするが、カーレース競技は初めての競技者で、もう 1 人はこの競技の上級者で、日本大会成績優秀者としてアジア大会の参加実績を有する競技者である。

5.3 遅延が実際の競技成績に及ぼす影響の評価実験

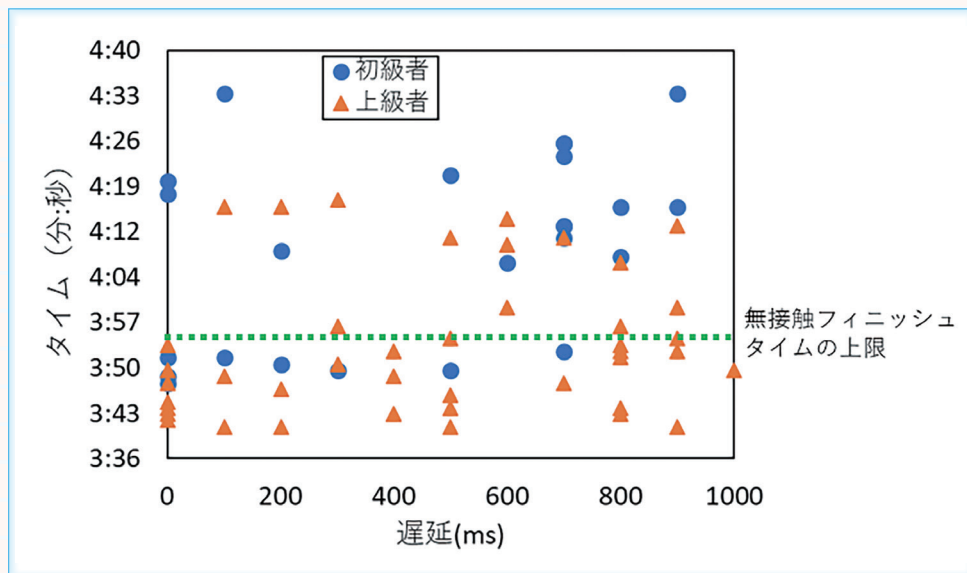
本実験で作成した競技シナリオを図 9 に示す。遅延以外の競技への影響をできるだけ排除するためには、競技難易度をできる限り下げた方がよい。そこで最もシンプルな長円形の 3 周コースを用いる。そして、昼間の晴天コースで路面も乾燥状態とする。競技に参加する車両は全て同じ種類とし、人が操作するのは競技端末 1 台のみで、残り全ての競技参加車両については CPU が操作する。競技車両は競技者の車両を含めて 30 台とし、競技者は車列の最後方からスタートする。また、初級者でも操作しやすいようにオートマチック運転モードを採用する。付加する遅延値は 0 ms~1,000 ms の 100 ms 刻みでランダムに決定するようにし、その値は競技者には知らせないようにする。集中力が途切れないようにするために、競技数は 1 日 3 回を上限とし、2 週間かけてフィニッシュタイムと他車への接触の有無を測定する。

図 10 は遅延の大きさに対するフィニッシュタイムの散布図である。横軸は付加した遅延の大きさで、縦軸がフィニッシュタイムである。緑の破線は一度もほかの車両に接触せずにフィニッシュできたときのタイムの上限 (3 分 55 秒) である。このタイムが遅延の影響を評価する上で基準になる。当然ではあるが、全体の傾向として初級者のタイムは上級者よりも大きい。なお、初級者のデータ数が上級者より少ないが、これは図の縦軸上限



コース選択では長円コースとし、レース設定では晴天時乾燥路面の 3 周を選択する

図 9 競技シナリオ



遅延が加わると上級者でもフィニッシュタイムに大きな影響が出ることもある

図10 付加遅延値に対するフィニッシュタイム

値（4分40秒）以上の場合が多く存在したためである。なお、上級者の結果は全て図の範囲内に収まった。

次に遅延による影響を考察する。遅延が0の場合、上級者は全ての競技において、一度も他車に接触することなくフィニッシュできていることが分かる。しかしながら、遅延が加わると上級者でも破線を大きく上回るケースが発生していることが分かる。これは他車に接触してクラッシュした状況を意味している。図11はクラッシュが発生した競技における一場面の映像である。図を見ると、前方2台及び奥1台の車両が影の位置から分かるとおりに宙に浮いていること分かる。また、数台前の車両はガードレールに接触し続けながら走行してい

る。これらは明らかに通常とは異なる状態である。更に左右に不自然なスライドをする車両も確認できた。このような車に惑わされて、上級者でも自車両の操作を誤りクラッシュするケースが発生する。

ここで重要なことは、サーバのモニタに表示されている車両は全て正常な位置を走行していることである。更に、競技車両が異常な位置にいる車両と衝突してもサーバのモニタでは衝突された車両の動きが特に変わらない場合がある。この場合は競技者の車両のみが何かに衝突したと判定される。したがってオンライン競技において、サーバからのネットワーク遅延がある競技端末のみ大きく、他端末への遅延が小さい場合には、遅延の大き



宙に浮いている車両やガードレールに接触し続けて走行する車両が存在する

図11 クラッシュの発生環境の競技映像

い端末の競技者のみが不利益を被るという競技の不公平性が生じる。

6 遅延の削減とその限界

遅延の影響をどこまでなくすることができるかについて考察を行う。4. でも述べたとおり、操作遅延や表示遅延に関してはデバイスの高性能化により、競技に影響を及ぼさないほど小さくすることは現状も可能である。したがって、ネットワーク遅延をいかに小さくするかということが、公平な競技実現のためにとても重要なポイントとなる。

なお、ネットワーク遅延には二つの要因があることに注意する必要がある。一つは通信回線の帯域と通信データ量から求めることができる通信所要時間である。例えば 1 MByte の競技データを 1 Gbit/s の帯域を持つ回線で送ると 8 ms で送信完了できる。この所要時間は通信データ量に比例して大きくなるため、競技で用いられる共通のデータ（グローバルデータ）のうち、静的なものではできる限りサーバからは送信せず、競技者単位で発生するローカルデータや刻々と変化する動的データのみを送信するように工夫することで、データ量を削減し遅延を小さくすることができる。また、通信技術の向上により帯域を大きくすることができれば、更に遅延を小さくすることができる。このように一つ目の要因については、技術の改善により遅延を可能な限り小さくすることが可能であるが、問題は二つ目の要因である。

ネットワーク遅延の二つ目の要因は、物理的に離れた空間を情報が伝わるのに掛かる所要時間である。リープ・ロビンソン限界によると、いかなる情報伝達の手段を用いても、情報伝達速度は光速を決して超えられないことが理論的に示されている⁽³⁾。これは、今後量子通信技術がどんなに発展しても、通信データの物理的移動速度は光速以下となることを意味する。したがって、例えば札幌から沖縄までデータを送信すると、直線距離は 2,100 km であることから到達時間の下限は約 7 ms なので、競技に支障が出なくなるまで遅延を削減することは可能である。一方、地球の裏側にあるブラジルのリオ

デジャネイロと東京の直線距離は 15,800 km であり、到達時間の下限は約 53 ms となる。これはほかの全ての遅延要因を排除できても、競技に影響を及ぼす可能性があることを意味する。

7 おわりに

e スポーツにおける遅延の発生要因と競技に与える影響について述べてきた。日本国内であれば、全ての競技者が自宅から参加する競技実施も現在の技術で十分可能である。しかしながら、競技者の対象を世界中に広げるためには、遅延削減に限界があることを前提とした情報補正技術が不可欠である。本稿で述べた位置情報補正のような単純なものから、AI（人工知能）を駆使した競技者の行動予測に基づくステータス補正や因果関係維持などの研究も始まっている。ただし、このような補正が加わった状態がどこまで競技者自身の操作といえるか、あるいは補正自体が新たなチート行為につながらないか、などについて議論が今後必要となるであろう。

文献

- (1) e スポーツ白書 2024, 一般社団法人日本 e スポーツ連合, 2025 年 3 月
- (2) Project CARSTM 3 公式ホームページ <https://p-cars3.bn-ent.net/>
- (3) B. Nachtergaele and R. Sims, "Lieb-Robinson bounds and the exponential clustering theorem," Commun. Math. Phys. 265, pp. 119–130, 2006.

塩川茂樹 (正員：フェロー)

平 10 慶大大学院博士後期課程了。同年名工大・電気情報工学科助手。平 13 年神奈川工科大・情報ネットワーク工学科助手、助教授を経て教授。現在に至る。無線マルチホップネットワークの研究に従事。博士（工学）。平 8 本会交換システム研究会優秀論文賞。平 12 電気通信普及財団テレコムシステム技術学生賞。平 20・平 26・平 28・令 4 本会通信ソサエティ活動功労賞。令元本会通信ソサエティ活動功労顕彰。令 2 本会通信ソサエティ教育功労賞。神奈川工科大 e スポーツセンター長、神奈川工科大 e スポーツ部顧問。



多様化する e スポーツを 大会運営の視点で見る

中島賢一 Kenichi Nakashima 福岡大学

1 はじめに

e スポーツという言葉が国内に広く知られるようになった 2018 年以降、企業だけでなく、自治体、高校や大学など教育機関でも e スポーツ大会が開催されている。e スポーツ大会の歴史を遡ると、1972 年に米スタンフォード大学で開催された Intergalactic spacewar olympics（銀河間宇宙戦争オリンピック）は雑誌の年間購読料を懸けて、子供から大人までが参加し、観客には女性も多く、世代や性別を超えたエンターテインメントとして成立している。

日本国内においては家庭用ゲーム機の登場で友人・知人同士が自宅に集まって気軽に行うゲーム大会や、ゲームセンターに集まって開催するゲーム大会を中心にゲームを競い合う文化が醸成された。一方、業界団体やゲームメーカーが興行として e スポーツ大会を開催しており、e スポーツが急速に普及している。

本稿では、e スポーツが様々な形で社会に浸透する過程を、筆者が実際に関与した大会運営の面から解説する。

2 大規模大会の運営体制

世界のゲーム人口は 2026 年現在で 34 億人とも 37 億人とも言われており、ゲーム市場は 31 兆円を超え 5 年で 2 倍程度に拡大している（図 1）。

市場の拡大に伴い、e スポーツ大会は世界各地で開催されている。

e スポーツ大会は陸上競技場やサッカースタジアムのような大型アリーナで開催されることもあり、直接来場が数万人規模、オンライン視聴で数千万人規模の大会も存在する。

筆者は世界最大級の格闘ゲームの Evolution Championship Series（通称：EVO）を「EVO Japan 2019」という大会名称で福岡に誘致しており、3 日間の開催で 13,000 人が会場の福岡国際センターに来場し、550 万人がオンラインで観戦した結果、その経済波及効果は公益財団法人福岡アジア都市研究所によると 11.7 億円であった。大会はイベントを直接運営する組織のほか、福岡市や観光コンベンションビューローなど地元の団体や企業が加入した、MICE（用語）誘致のた

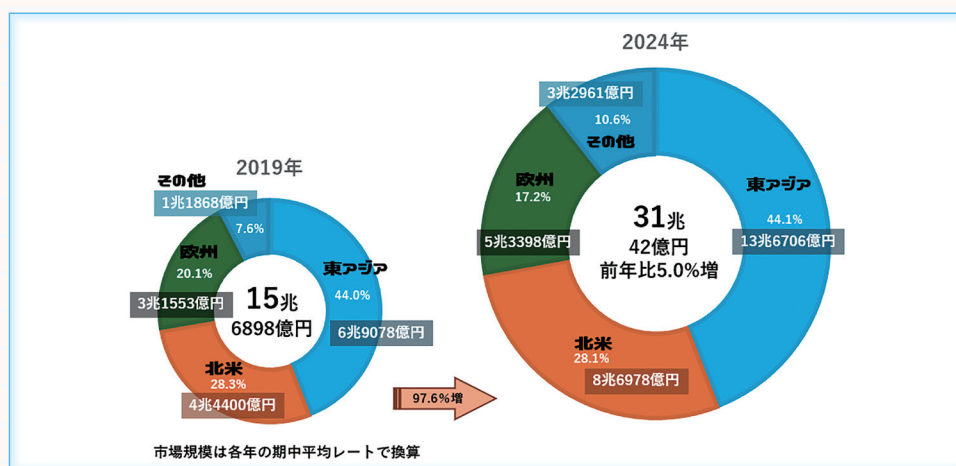


図1 世界の地域別ゲームコンテンツ市場規模の推移

出典：株式会社角川アスキー総合研究所『ファミ通ゲーム白書 2019,2025』からデータを抜粋して作成

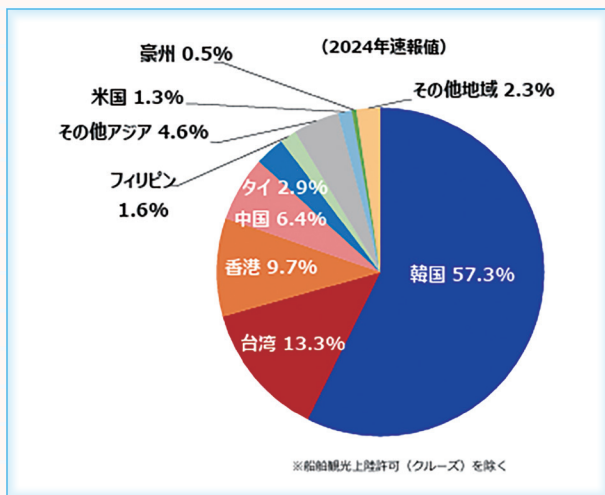


図2 福岡市における外国人入国者の割合

出典：福岡市『福岡市の観光・MICE』2025年版

めのコンソーシアムも運営に参加している。

図2は福岡市の外国人入国者の割合を示したものである。韓国が半数を占め、アジアだけで全体の95.8%となっている。一方、図3はEVO Japan 2019に参加した選手の地域を示したものであり、外国人選手のうちアジアが占める割合は半数以下となっている。

このようにeスポーツの大規模大会は、多様かつ多くの交流人口（用語）を創出するため、受入れ側の自治体は通常の観光行政の施策と異なる視点で取り組む必要がある。主催側も単に大会のトーナメントのみを運営すればよい、というわけではなく、選手の宗教・文化慣習への配慮、食事や大会前の事前練習場の確保など、地域一体となった運営が必要である。

3 大会の準備から実施まで

規模の大小に限ったわけではないが、eスポーツ大会を実施・運営する上で必要な主な事項は下記のとおりである。

- ①競技種目の選定
- ②参加人数の見積もり
- ③開催日の決定
- ④会場選定と設備
- ⑤スポンサー獲得
- ⑥大会ルール設計・トーナメント管理
- ⑦露出計画
- ⑧グッズ制作・販売
- ⑨宿泊・輸送計画
- ⑩ゲーム機の調達と事前準備
- ⑪スタッフの確保
- ⑫コミュニティの参画促進

以降でそれぞれの事項について解説する。

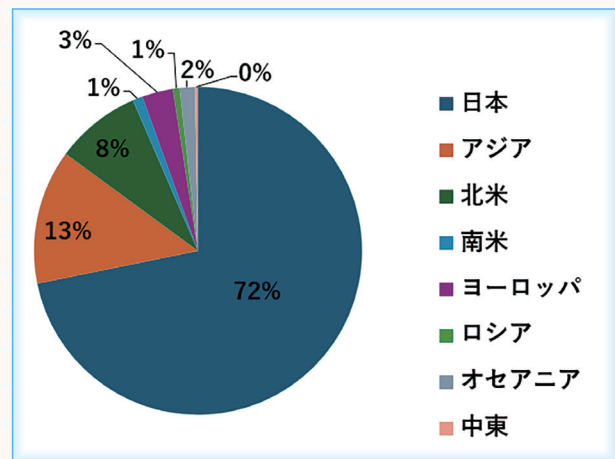


図3 EVO Japan 2019 地域別エントリー割合

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』

3.1 競技種目の選定

競技種目の選定は大会の参加者数を大きく左右する。人気タイトルであるか、プレーヤコミュニティが活発なのか、SNSなどで話題になっているか、ゲームメーカーが許可するか、競技種目に関連した動画投稿者ストリーマー（用語）が多いのか、などを総合的に判断して選定する。

小規模大会などは予算や体制の面から、運営が容易な種目を選定することもある。

3.2 参加人数の見積もり

参加人数は大会の規模や盛上りに直結する。参加人数を決めてスケジュールを決定する場合と、スケジュールに合わせて参加人数を決定する場合がある。大規模大会だと開催地によって参加人数が大きく変動するため、地方都市で開催すると参加人数が読めない場合がある。

3.3 開催日の決定

基本的には休日に開催する。ゲームメーカー主催のイベントや大会、定着しているトーナメントやリーグ戦と同時期に開催することを避けて設定する。

3.4 会場の選定と設備

eスポーツ大会にとって会場選定は大会の成否に大きく影響するため、非常に重要である。立地によっては選手、観客の輸送や宿泊について計画的に用意をする必要がある。設備面については会場に備わっていないものが多く、運営サイドで準備をする必要がある。

3.4.1 インターネット回線

eスポーツ大会はオンラインの対戦が多いため、高速かつ安定したインターネット回線が必要である。無線LANではなく有線LANが必須であるため、配線も計



(a) 予選の様子



(b) ステージ上での対戦の様子

図4 EVO Japan 2019 の対戦環境

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』

画的に行う必要がある。なお、ゲームタイトルによって必要なインターネットの要件を定めている場合があり、これらの情報はインターネット敷設計画の指針になる。

3.4.2 対戦環境

対戦環境とは、選手が試合を行う場所や設備を指す。図4(a)はEVO Japan 2019の際の予選会場の様子である。格闘ゲームでは選手と観客の距離が近く、ゲームセンターの雰囲気と思わせる環境となっている。

予選であっても有名選手や注目選手の試合はステージ上で行われ、大型スクリーンに投影される(図4(b))。

3.4.3 配信環境

eスポーツ大会はインターネットで試合の模様を配信する場合があります。配信環境を構築する必要がある。高速かつ安定したインターネット回線のほか、多言語対応で配信する場合は、配信ブースを言語ごとに用意する。

3.4.4 電源

電源は大会の規模や使用する機材によって大きく変動する。会場の電源容量に不足があれば事前に工事をする。主な関係機材は、ゲーム機(ゲーミングPC、家庭用ゲーム機、スマートフォン、タブレット)、対戦用モニター、観戦用スクリーン・プロジェクタ、照明で、事前に数量を見積もった上で電源容量を計算する。

3.4.5 演出

会場内の雰囲気作りは大会の盛上げに影響する。照明や音楽など五感を刺激する演出のほか、エントランスに大会のキービジュアルパネルやデジタルサイネージを用いたウェルカムボードを設置して、祝祭感を創出することも演出の一環として行われる。これらの演出は選手

や観客のためだけでなく、メディアやSNSで拡散することも考慮して設計され、写真や映像として記録されることを前提とする。

3.4.6 バックヤード

eスポーツ大会におけるバックヤードは、選手や実況・解説者の控室、スタッフの控室兼ミーティングルームのほか、進行管理を総合的に行うオペレーションセンター、機材など物品の管理室など大会の規模や運営体制に応じて十分なスペースが必要である。

3.4.7 観戦環境

観戦環境とは試合を観戦する場所や設備を指す。試合の観戦者は、観客、選手、スポンサー、主催者や関係者を含めたVIPなどであり、観客以外は特別席で観戦する。

観戦のための設備として大型スクリーンや音響機材がメインであるが、同時通訳などを用意する場合もある。

大会によっては会場に観客を入れず、試合の模様をインターネットで配信することもあり、この場合は観戦エリアがないため、広い会場を用意する必要がない。

3.5 スポンサー獲得

図5は国内のeスポーツ市場における項目別の割合を示したものである。eスポーツ大会やファンイベントなど「イベント運営」に次いでスポンサーの割合が大きく、スポンサーはeスポーツには欠かせないものとなっている。そのため主催者は大会の参加者属性、地域特性、ゲームタイトルとの親和性から、スポンサーを選定し獲得する。スポンサー側は、商品の訴求、企業ブランドの向上、顧客の開拓などのメリットや費用対効果を考慮し、賞金、協賛金、商品、大会に必要な物品などを提

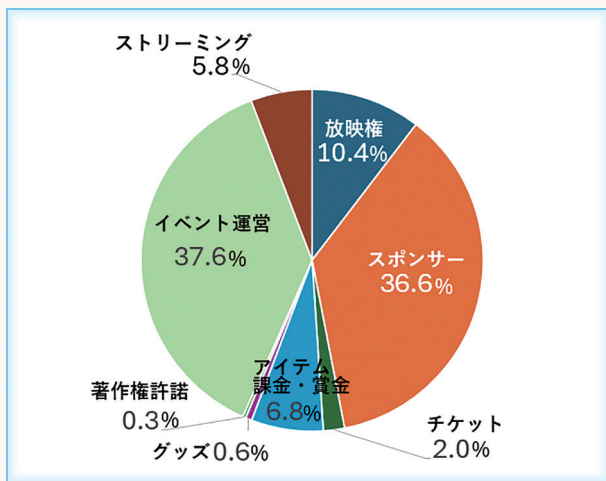


図4 国内のeスポーツ市場規模項目別割合

出典：一般社団法人日本eスポーツ連合『日本eスポーツ白書 2024』からデータを抜粋して作成

供する。

3.6 大会ルール設計・試合管理

大会のルールは、選手の練習や試合の戦略立案に非常に重要であるため、大会の発表と同時に周知する必要がある。試合で使用可能なキャラクターやアイテム、試合形式や勝利条件など細かい設計を行うことで、選手が安心して参加することができる。試合管理は大会当日の進行を行う。選手の欠場や機材トラブルなどアクシデントに対応するため、そのノウハウを有するディレクターの有無によって、イベントの質が変わる。イベントの質の向上はスポンサーの評価が高くなるだけでなく、選手や観客の評価にもつながる。特に、選手や観客の評価はSNSで即時に発信されるため、素早く丁寧に対応する必要がある。

3.7 露出計画

eスポーツ大会は選手や観客などeスポーツに関心がある層だけでなく、無関心層にも露出することで、大会

表1 EVO Japan 2019 における露出結果まとめ

露出先	結果
テレビ	155 媒体
新聞	22 媒体
Web	173 媒体
EVO Japan 公式 X	48 ツイートで 652 万回再生
ファンによる X	39 万ポスト

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』

そのものの価値を向上させることができる。露出効果が高ければ、開催地の企業等がeスポーツに関与するきっかけを創出することができるため、開催地の受入れ側も露出に協力することが重要である。

露出はテレビや新聞、SNSやWebなどのメディアのほか、自治体の市民向け広報誌でも行う（表1）。会場の演出と同様に開催地としての祝祭感を創出するため、空港や駅など公共空間でのサイネージの設置（図5）、行政機関や協力企業の施設等でのポスター掲示を行う。

3.8 グッズ制作・販売

グッズの販売はeスポーツ大会主催者にとって、観戦チケットの興行収入以外の重要な収入源の一つである。eスポーツ大会には熱狂的なコアファンが多く来場するため、購入単価は高い傾向にある。販売するグッズには、ゲームキャラクターを取り入れたTシャツ、パーカー、トートバック、ステッカー、マグカップなど日用品からコレクショングッズのほか、ゲーミングPCやマウス、キーボード、コントローラのようなeスポーツの機器や道具など多岐にわたる。

グッズの中には開催地特有のグッズも多く、別のコンテンツとのコラボレーショングッズ（図6）のほか、地元企業と共同制作したグッズ（図7）も人気である。

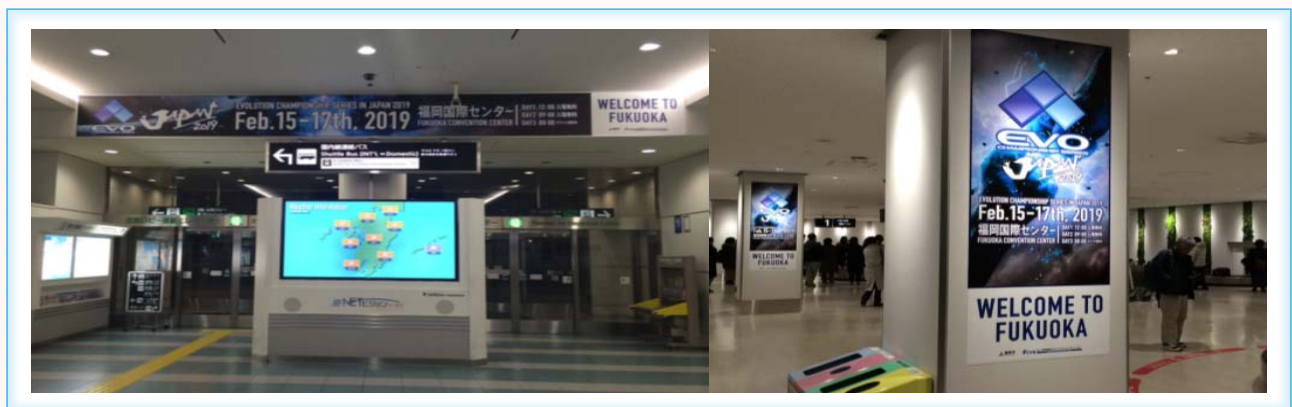


図5 EVO Japan 2019 における福岡空港のウェルカムボード

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』



図6 EVO Japan 2019で販売した「ハイスコアガール」とのコラボグッズ

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』



図7 EVO Japan 2019で販売したJR西日本の交通系ICカード「nimoca」の特別カード

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』

3.9 宿泊・輸送計画

大規模な大会やイベントを行う場合、宿泊と輸送は開催地の都市機能を考慮して計画する必要がある。

選手と観客の見込み数だけでなく、大会期間中に開催されるライブコンサート、学会、大学入試、祭りなどの催事を確認し、宿泊と輸送のキャパシティを計算する。宿泊施設が不足する場合は、開催地周辺の宿泊施設を確保し、輸送手段が不足する場合は、交通機関の臨時便の要請も考慮する。

3.10 ゲーム機の調達と事前準備

eスポーツ大会で選手が使用するゲーム機は、事前に必要数を把握し、故障のリスクを考慮して十分な数を用意する。ゲーム機はファームウェアやOSの更新が適宜必要だが、大会当日になって更新が必要な場合があるため、開催直前に最終確認する。当日になって更新が生じた場合、使用するゲーム機で一斉に行うため、会場のインターネットがこれに耐え得るか、事前にシミュレーションしておくことが重要である。使用するゲームソフトも同様であり、事前の確認だけでなく、当日、ソフトウェアの更新が生じていないか確認する必要がある。



図8 FUKUOKA eSPORTS FESTA2022におけるサイン会の場内整理の様子

出典：FUKUOKA eSPORTS FESTA2022 実施報告書

3.11 スタッフの確保

eスポーツ大会の運営でスタッフの質は極めて重要である。スタッフの種類は単発のアルバイトレベルからプロレベルのスキルが要求されるものまで様々である。

スタッフの種類としては、会場の座席や対戦場所の設営、看板の設置や出展ブースの組立、これらの撤去を行う「力仕事系」、受付、案内・誘導、グッズ販売やサンプリングを行う「接客系」、音響、映像、照明、舞台装置などを行う「技術・演出系」、会場内の見回りや危険物・不審者などの発見などを行う「安全管理系」があり、これらを統括する現場責任者の指示に従って行動する。

現場責任者や技術・演出系、安全管理系は専門の会社が担い、力仕事系や接客系のスタッフは短期のアルバイトが多い。アルバイトの確保のためにスタッフ派遣サービスを行う会社が入ることも多い。

主催者は現場責任者の監修の下、スタッフの種類ごとにマニュアルや台本を用意し、基本的な業務のほか、事故や緊急時に対応できるように指示する。

図8は福岡eスポーツ協会が2022年8月に福岡国際会議場（福岡市）で開催したeスポーツの総合イベント「FUKUOKA eSPORTS FESTA 2022」（参加者13,000人）におけるゲストによるサイン会の場内整理の様子である。観客の誘導方法やベルトパーテーションの配置などは事前に計画され、スタッフが現場の状況に応じて対応する。これらの対応を間違えば事故やトラブルの原因になるため、現場責任者は細心の注意を払うようスタッフを教育する。

3.12 コミュニティの参加促進

eスポーツ大会は主催者の企画だけでなく、eスポーツ愛好家で形成されたコミュニティが意欲的に運営側に協力することも重要である。図9はEVO Japan 2019におけるeスポーツコミュニティによるサイドイベン



図9 EVO Japan 2019 におけるコミュニティ主催のサイドイベントの様子

出典：EVO Japan 2019 実行委員会『開催露出報告』



図10 GATE2022 におけるコミュニティイベントの様子

出典：GATE2022 開催報告書

の様子である。普段、各地で活動しているeスポーツコミュニティが大型大会をきっかけに集まり、主催者の許諾の下、会場内の指定されたエリアで独自イベントを行う。

こうした主催者以外のコミュニティイベントの受入れはeスポーツの普及・啓発につながり、本大会のブランド向上にも資するため、積極的に行うべきである。

eスポーツイベントにおいては、競技性の高い大会だけでなく、交流を目的としたイベントもある。図10は自分たちが好きなゲームを持ち込む、eスポーツの総合的なエンターテインメントイベント「GATE2022」（福岡市）の様子である。GATEでは様々なeスポーツコミュニティが、自分たちで企画したイベントを一つの会場に集め、会場各所でそれぞれのイベントを楽しんでいる。このようなイベントは、主催者とeスポーツコミュニティとの信頼関係の上で成り立っており、コミュニティは大会の企画段階から参加している。これらのコミュニ

ティとの連携もイベント運営においては重要である。

4 ライト層・非認知層に拡大するeスポーツ

eスポーツという名称は、国内では2018年に一般社団法人日本eスポーツ連合（現：一般社団法人日本eスポーツ協会、通称：JeSU）が設立されて以降、急速に認知が進んでいる。

図11は、60歳未満のeスポーツの認知度を年代別に表したものである。調査項目の「名前を見聞きした程度」、「どのようなものか知っている」がともに40代以上に高い傾向が見られる。eスポーツは若者が中心というイメージを持たれがちだが、任天堂のファミコンブームで育ったこの世代が、もっともeスポーツを認知しているという結果になっている。しかしながら、図12で示すとおり、これらの世代はeスポーツ大会には参加しない傾向にあり、自宅等で楽しんでいると推測される。

購買力が高く、eスポーツ認知度も高い40代から50代のいわゆる「ライト層」の大会参加は国内におけるeスポーツの普及のカギを握っていると言える。

「日本eスポーツ白書」で調査をしているゲームユーザの年代は60歳未満であるが、近年は60歳以上の世代にもeスポーツが拡大している。これらの世代はeスポーツへの認知度が低いとされていたが、世代や性別、地域、天候や場所、身体能力に左右されにくいeスポーツの特性により、非認知層とされる高齢者が参加するeスポーツ大会が全国で開催されている。

これらの大会主催者はゲーム企業だけでなく、eスポーツ推進団体、自治体、社会福祉法人、大学、スポーツ団体など多岐にわたる。開催目的もeスポーツ人口拡大のほか、心身の健康増進、世代間交流、生きがい作りなど様々である。したがって、競技種目として採用するゲームはこれらの目的によって選定される。

非認知層をターゲットにしたeスポーツ大会は、相

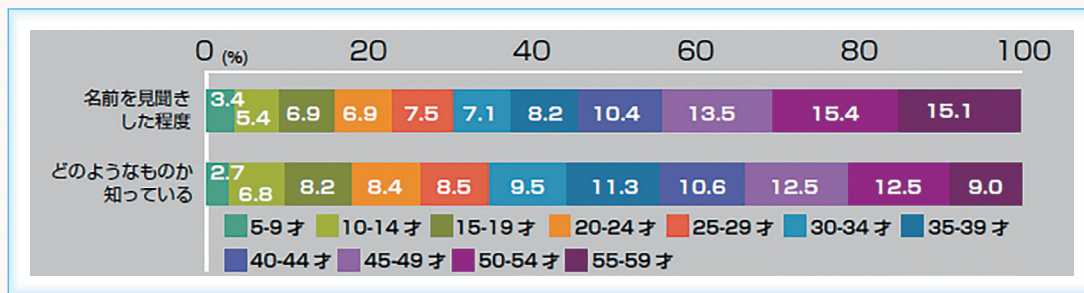


図 1-1 e スポーツ認知度の年代分布

出典：一般社団法人日本 e スポーツ連合『日本 e スポーツ白書 2024』

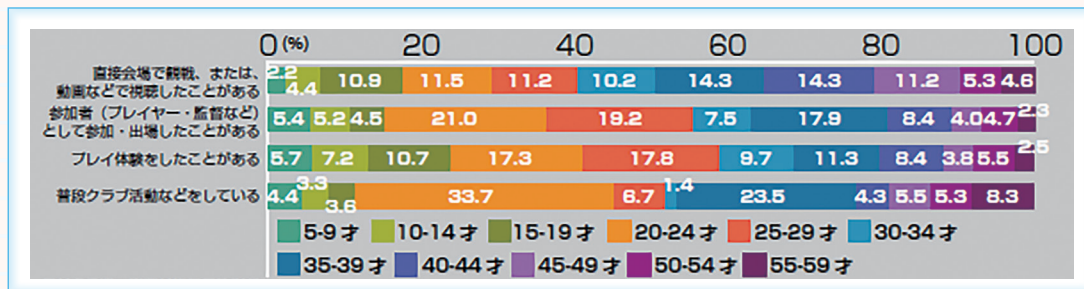


図 1-2 e スポーツ経験度の年代分布

出典：一般社団法人日本 e スポーツ連合『日本 e スポーツ白書 2024』

手を打ち負かすより、自己ベストを更新する、できなかった操作を練習によってできるようになる一など、自分がプレイすることでどのような結果になったかを実感することを重視して、開催するほうがリピーター獲得につながる。

図 13 は最大四つのボタンだけでプレイする UDe- スポーツ（ユーディイスポーツ）の様子である。

UDe- スポーツとは「ユニバーサルデザイン・エレクトロニック・スポーツ」の略称で、年齢や障がいの有無などにかかわらず、誰もが参加し楽しむことができる、施設・自治体向けの「e スポーツ」サービスである（特許権取得：特許第 7455443 号）。

福岡大学に事務局を置くスポーツをベースとしたまちづくりのコンソーシアム「福岡大学スポーツ・健康まちづくりコンソーシアム」（略称：FU スポまちコンソーシアム）では、地域のプロスポーツチームや関連企業、自治体が連携し、①持続可能なスポーツ活動を支える基盤づくり、②豊かな大学スポーツ資源の有効活用と人材育成、③スポーツ参画人口の拡大と機会の創出を目的に、イベントや事業開発などを行っており、2025 年から e スポーツを取り入れた事業を展開している。

この事業の中で、UDe- スポーツを取り入れた世代間交流イベントを地域の公民館で展開しており、地域の高齢者が参加し楽しんでいる。図 13 のイベントでは、e スポーツ大会だけでなく、フレイル（用語）予防として体を動かす体操教室（図 14）も同時に行っている。高齢者は、健康のために来館し、大学生との交流も楽しみ



図 1-3 FU スポまちコンソーシアムで行った UDe- スポーツ大会の様子



図 1-4 e スポーツ大会と同時に実施した体操教室

ながら e スポーツを体験している。

高齢者が参加するイベントは商業施設やイベント会場ではなく、慣れ親しんだ地域の公民館で行い、転倒防止や除菌など細心の注意を払い設営する。騒々しい音や難しい操作が必要なゲームよりも、見た目に分かりやすい

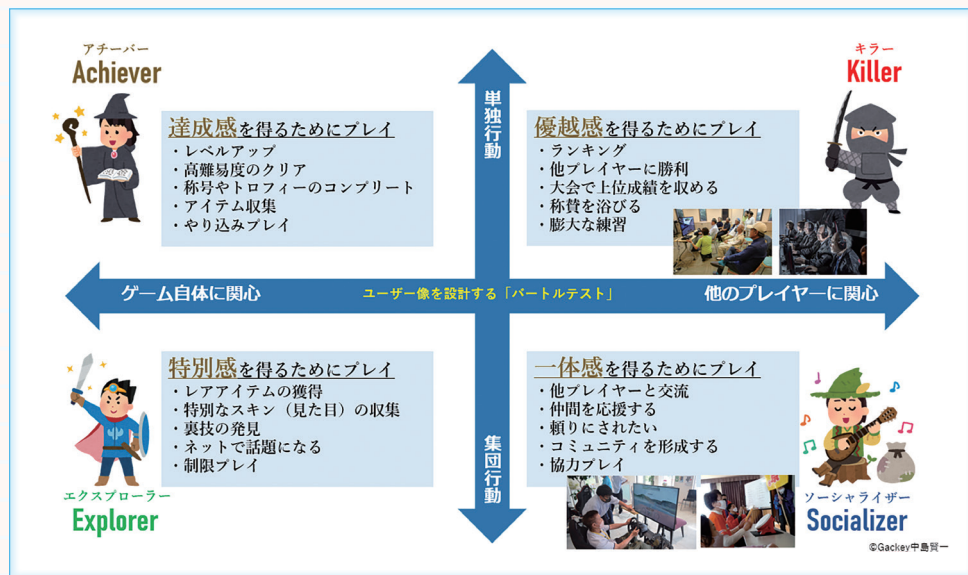


図15 プレーヤーの気質を分類したバトルテスト

出典：福岡大学クリエイティブ社会論資料（中島賢一著）

ゲームを採用し、高齢者の心には優越感よりも交流をメインに一体感を持ってもらうようにイベントを設計する。

5 おわりに

図15はゲームプレイヤーの気質を分類するバトルテスト（用語）を表したものである。eスポーツは単純に勝敗を決するだけでなく、誰と何をモチベーションにプレイするかで開催の趣旨が異なる。

筆者はこれまで大小様々なeスポーツ大会を開催してきた。大会は採用されるゲームタイトルや、会場、規模、関係者、参加者も異なり、大掛かりな設備や派手な演出、高額賞金が設定された大会もあれば、地域の公民館で行うアットホームなイベントまで様々な形で存在する。eスポーツは単純に勝敗を決めるだけではなく、参加者と観戦者がどのような「感情をアウトプットするのか」をデザインする必要がある。

国内のeスポーツが今後どこに向かっていくのか、運営の視点で見ることでその一端を感じ取ることができるだろう。

【用語解説】

MICE 企業等の会議（Meeting）、企業等の行う報奨・研修旅行、インセンティブ旅行（Incentive Travel）、国際機関・団体、学会等が行う国際会議（Convention）、展示会・

見本市、イベント（Exhibition/Event）の頭文字を使った造語で、これらのビジネスイベントの総称。

交流人口 その地域に訪れる人々を指す。訪れる理由は、通勤・通学、通院、レジャー、観光、スポーツ、買物など内容は問わない。

ストリーマー YouTubeやTwitchなどの動画投稿プラットフォームで、ゲーム実況やトークライブなどを行う配信者を指す。試合に出て所属チームから報酬を得るプロゲーマーとは異なり、人を楽しませてファンや広告主から報酬を獲得するエンターテイナーとして活動している。

フレイル 加齢によって心身の活力が衰えた状態であり、高齢者はフレイルから要介護状態に至る。心身の活力は筋力や認知機能だけでなく、社会とのつながりも含まれ、その予防は、運動、食事、人との交流も対象に行われる。

バトルテスト バトルテストとは、ゲームのプレイスタイルから性格を予想し、どのようにゲームを楽しむのか分類する方法を指す。イギリスのゲーム研究者リチャード・バトル氏が提唱。

中島賢一

IT企業、福岡県庁、福岡市役所を経てゲーム、映像などのクリエイティブ企業の支援に奔走。2018に福岡eスポーツ協会を設立。2019NTT西日本に移籍、翌年にNTTe-Sports社の取締役就任し、eスポーツをテーマに全国で活動。現在は福岡大でeスポーツ産業の確立をテーマに研究を行う。



e スポーツ大会参戦記

—KING of Performai The 6th - CHUNITHM—

KUROKURO CHUNITHM プレーヤ
山口実靖 Saneyasu Yamaguchi 工学院大学

1 はじめに

「CHUNITHM」という音楽ゲームがある。ゲームセンター等で展開され、多くのプレーヤが日々スコアを競い合っている人気タイトルである。本稿では、プレーヤ KUROKURO の本ゲームの大会への参戦の記録を述べる。本稿は、主として KUROKURO の記録を山口が記述したものであるが、大会の臨場感を伝えるために一人称を「私」と記している。以降における「私」は KUROKURO のことである。

私はこのゲームの前回の 5th 大会の出場に挑み、練習中に気を失い入院し、大会出場を逃す大きな挫折を味わった。

そして、2025 年 2 月 24 日に行われた公式大会 KING of Performai The 6th（図 1）の CHUNITHM 部門に出場し、Best 4 の成績を残すことができた。本稿では、参加者から見た e スポーツ大会の解説として、大会までの道のりと当日の様子、そして大会を終えて感じたことを紹介する。

2 CHUNITHM とはどんなゲームか

CHUNITHM は、図 2 のようなきょう体をしている。鍵盤状のデバイスと空間センサを用いて操作する音楽ゲームである。画面上を「ノーツ」と呼ばれる印が流れるタイミングで、鍵盤操作など手を動かすことで演奏し、この精度に応じてスコアが決まる。操作方法には、



図2 CHUNITHM ゲームきょう体 (© SEGA)

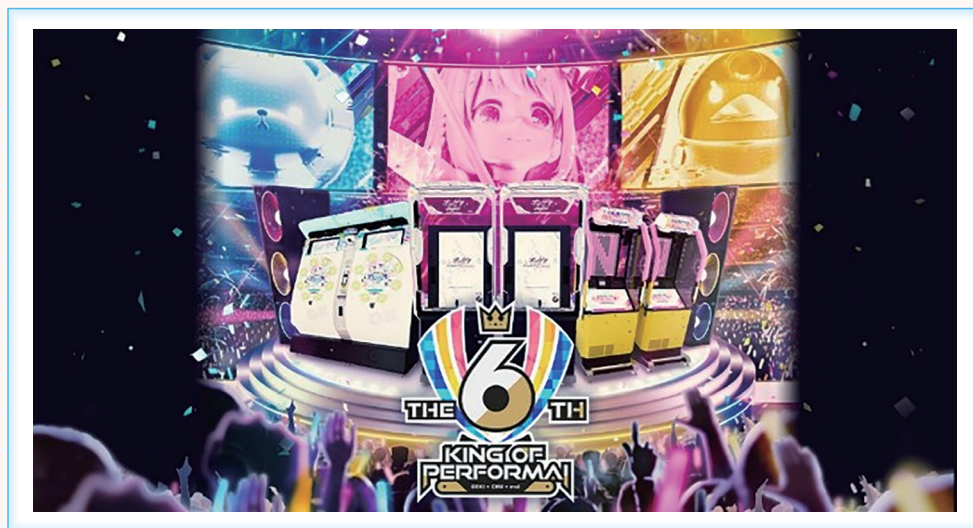


図1 KING of Performai The 6th の公式画像 (© SEGA)

鍵盤を押下（おうか）する「TAP」、鍵盤を横方向に擦（こす）る「SLIDE」、空中に手をかざす「AIR」などがあり、多様な入力方式が特徴である。高難易度譜面では、膨大な物量（ノーツ数）、複雑な配置、高速な連打などが要求され、単なる反射神経だけでなく、譜面研究、運指構築、体力管理といった総合的な能力が求められる。競技性の高いゲームであると言える。

3 KING of Performai

3.1 大会概要

KING of Performai は、(株)セガ フェイブが主催している CHUNITHM などの音楽ゲームの全国大会である。私が参加したのは6回目の The 6th である。

大会の大まかな流れは図3のとおりである。予選期間のプレイのスコアの上位7名が全国大会決勝へ直接進出し、8位から15位の8名はLCQ (Last Chance Qualifier) という敗者復活戦のようなものに進出する。

3.2 参加者

オンライン予選には毎回数千人が参加する。その中から上位者のみがKING of Performai (KoP, 2/24の全国大会決勝) やLCQへと進出する。

2025年の全国大会決勝の例では、北は北海道、南は香川などから参加があった。国内の大会であるが、海外のプレーヤを対象とした部門も用意されており、そこらには韓国やマレーシアからの参加もあった。参加者の数や地理的広がりから、世界的な人気を理解することができる。

3.3 詳細

大会の詳細を説明する。大会は以下のように進む。参考のために、6thにおける日程も記しておく。

- ・ 予選曲, LCQ 曲の公開 (2024/10/11, オンライン)
 - ↓ 準備期間 (採点非対象)
- ・ 予選開始 (2024/10/31)
 - ↓ 予選期間 (参加者はオンラインでプレイ)
- ・ 予選終了 (2024/11/27)
 - ↓
- ・ LCQ (2024/12/11, オフライン)
 - ↓
- ・ 全国大会決勝曲公開 (2025/2/7, オンライン)
 - ↓
- ・ KING of Performai (全国大会決勝) (2025/2/24, オフライン)

大会は、決勝約4か月前の予選曲とLCQ曲の公開か

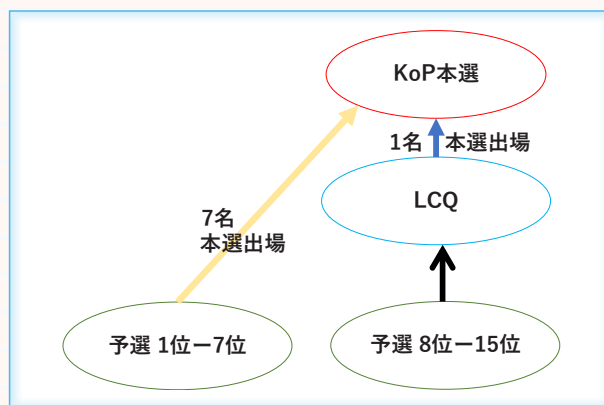


図3 KoP(KING of Performai)の進行図

ら始まる。予選曲は6曲が提示され、参加者には約3週間の研究期間が与えられる。この期間のプレイは採点対象にはならず、各選手は譜面分析やどの指を使うかという「運指」の最適化を行う。LCQ曲については後述する。

その後、約4週間にわたるオンライン予選が実施される。期間中のプレイは採点対象であり、参加者は予選曲を自分のアカウントで自由にプレイでき、プレイ数の制限などは設けられていない。

図3のように、予選期間のプレイのスコアの上位7名が全国大会決勝へ直接進出し、8位から15位の8名はLCQに進出する。

LCQは東京・大崎のセガ本社にてオフラインで開催される。LCQ当日に大会運営側が、20のLCQ曲の中から1曲をランダムに選出し、LCQ参加者がその曲を演奏しスコアを競う。予選スコアの低い選手から2名ずつ曲をプレイし、このスコアの高かった2名がLCQ決勝へ進出する。そしてその2名が、それぞれが事前に決めたLCQ決勝用の2曲をプレイし、その2曲の合計スコアが高かった参加者がLCQ優勝となり、全国大会決勝に進出する。

以上まとめると、予選1位から7位の7名と、LCQ勝者1名の合計8名が全国大会決勝に進出する。全国大会決勝では、8名の進出者が争うが、その解説は4.の私の参戦記に代えさせてもらいたい。

4 参戦記

この章では、私の参戦の様子を紹介する。

4.1 前大会(5th)における挑戦

私は6th大会に出場したが、その前の5th大会においても出場を目指していた。5th大会では、予選残すところ2日で、LCQ進出が目前になっていた。このときの集中及びストレスは非常に高かった。そして、あろう

ことか、2日前にゲームセンターでプレイ中に気を失ってしまった。幸い、隣に友人がおり助けてくれたが、胃潰瘍を患っていて2週間ほど入院することとなった。これにより5th LCQ出場も失ってしまった。

4.2 今大会(6th)予選曲公開前

前大会(5th)では18位という結果に終わり、全国大会決勝やLCQの出場にあと一步届かなかった。その悔しさは非常に強く、5th順位決定時には、「6thには必ず出場する」と決意した。この決意以降、生活は一変した。

週5～6回ゲームセンターに通い、1回当たり500～1,000円を費やしながら、毎週約10時間の練習を継続した。これを約1年間積み重ね、累計プレイ時間は約1,000時間に達した。最初は難易度の低い譜面に着実に取り組み、理論値と呼ばれる「全ノーツで最高判定(JUSTICE CRITICAL)を取得した理論上の最高得点」の獲得を目標とした。最終的に当時の約1,400の全ての曲中の約1,200曲で理論値を達成するに至った。

また、CHUNITHM上達のために、CHUNITHM以外の音楽ゲームもプレイした。異なるゲームの練習で得られるリズム感や視野の使い方が、CHUNITHMに還元されていることを自覚できた。

更に、鍵盤を正確なタイミングで押せるように、指のトレーニングも行った。具体的にはハンドグリップで握力を鍛えたり、腕立て伏せで腕の筋肉(上腕三頭筋)を鍛えたり、体幹を鍛えるためにストレッチ(フロントブリッジ、肩、腰などの上半身全体のストレッチ)を日々行った。基礎の積み重ねが、最終的な安定感につながったと感じている。

また、自分の実力からLCQを重要視し、毎年の傾向からLCQ曲を予想し、ひそかに重点的に練習をしていた。後述するが、これが功を奏した。

4.3 予選曲公開後～予選開始

週6回の練習を継続し、予選曲の中でも特に最高難易度譜面の練習に重点的に取り組んだ。具体的には、譜面を確認して暗記を進めるとともに、苦手な配置を洗い出し、自身のプレイ動画を撮影して課題箇所を特定した。その上で、プレイ時以外も課題曲を聞き続けることなどにより運指の安定化を図り、反復練習によって再現性の向上に努めた。

練習は、自宅での譜面暗記、机上トレーニング、アーケードきょう体(ゲームセンターなどにあるゲーム機)での実践を繰り返す形で行った。

4.4 予選期間

予選期間は、自分の精神と肉体との戦いだった。

前述のとおり、オンライン予選では定められた予選曲のスコアで順位が決まる。期間中であれば何度でも挑戦できるが、それは「常に更新しなければならない」というプレッシャーでもある。全てのプレーヤのスコアが公開されており、自分が高いスコアを出しても、ほかのプレーヤが追い付いてくることの繰り返しだった。

1点でもスコアを落とせば順位が下がる。

ほかのプレーヤがスコアを更新すれば、自分も更新しなければならない。ゲームセンターから帰宅しても、順位が気になって仕方がなかった。SNSで他選手のスコアを見るたびに焦りが生まれる。1時間に1回はランキングを確認しており、精神を消耗した。音楽ゲームのプレイは肉体も疲労するが、疲れたなどとは言っていられない。予選期間の4週間は体力も精神力も削られた。

この過酷で真剣に挑んだ予選期間だからこそ、気が付いたことがある。それは、安定力こそが私の最大の武器だということだ。練習では出せるスコアを、本番環境でも出せるか？周囲の雑音、連続プレイによる疲労、焦りがあっても必ず高いスコアを出せるか？これらを克服したことが、私が上位に残った理由だと思える。

一般のスポーツはもちろん、eスポーツにおいても頻繁に話題に上がる「メンタルコントロール」の重要性を、私はこの期間でとても痛感した。予選は3曲セットでスコアが付くが、1曲目に非常に高いスコアを得ると、次も良いスコアを出さなくてはならないという焦りの気持ちが生じてしまう。このような状況で2曲目以降をプレイすると、指の制御が悪くなりいつものプレイができない。このようなときは深呼吸をして、「これは普段どおりのことで、大したことではない」と、自分に言い聞かせていた。そして、予選の結果は10位となり、前回出場することができなかったLCQへの切符をつかむことができた。1年前の自分から成長したことに、大きな喜びを感じたのを覚えている。

予選終了後、LCQ出場の連絡や、LCQ決勝で使用する自選曲の回答の依頼などを受け取った。

4.5 LCQ

LCQは、まさに“最後の関門”だった。

前述したとおり、LCQは予選8位～15位のプレーヤを対象に、最後の1枠を懸けて戦う場である。極めて狭き門であるが、ここで優勝すれば全国大会決勝への切符をつかめる。LCQは東京・大崎のセガ本社で開催、

本番前にリハーサルがあり、18:30 から YouTube で中継配信が始まり、19:00 から LCQ が始まった。

一発勝負の緊張感はすさまじかった。予選と違い、やり直しはきかない。その場、その瞬間の演奏が全てだ。

指先が震え、心拍数が上がったのを克明に覚えている。周囲は格上の猛者ばかりだった。初めての公式大会参加ということもあり、思考もまとまらなかった。

強く心配していたが、前向きの気持ちも持っていた。公表された 20 の LCQ 曲に、私が重点的に練習しておいた曲が多く、自信を持って挑めた。抽選の結果、課題曲に「Viyella's Tears」が選ばれたが、これはさんざん練習した曲であった。積み重ねた練習が、自信の根源だった。結果、練習でも滅多に取れなかった「ALL JUSTICE」という高スコアを本番で取った。運にも味方され、LCQ 予選は 2 位 (図 4) になり、LCQ 決勝への切符をつかんだ。

LCQ 決勝では、20 の LCQ 曲の中からそれぞれが事前に選択した曲 (私の曲と相手の曲の 2 曲) を、互いにプレイし、合計点で争う。

このときは、不安や恐怖よりも「ここまで来た」という達成感の方が強く、今思うと、この肯定感が過度な緊張から解放してくれていたと思う。

LCQ 決勝の 1 曲目は、相手が選択した曲 (Glorious Crown) だった。当然ながら相手が有利だが、この曲は、体に染み付くほど練習してきた曲だった。幸運に恵まれたが、膨大な練習が幸運を呼び寄せてくれたのだと思った。何と、自分が不利な 1 曲目で、同点にすることができた。

2 曲目は私が選んだ曲になるが、私は「A Man In The Mirror」という曲を選んだ。最後に難所がある。万が一、対策不足があると、上級プレーヤでも容易にはプレイできない難曲だ。絶対的な練習量を携えて、この曲を対戦相手にぶつけた。

解説者に「かなり狙ってきた選曲に感じる」と言って頂けた。そして「そのような譜面 (曲) を選ぶと、安心感がある (を持てる)」「心理状態も含めて (の選曲) なのかなと (思う)」とも言ってくれた。本質を見抜く名解説だったと思う。勝負は途中まで互角であったが、狙いどおり最後の難所で勝ちをつかんだ。これも幸運なことに、相手選手の得意な曲ではなかったようだ。

そして——LCQ 優勝——。

名前が呼ばれた瞬間、頭が真っ白になった。

1 年前の 5th 大会の悔しさから 6th 大会への挑戦が始まった。5th 大会で 18 位だった自分が、ついに全国大会決勝の舞台へ。この瞬間は、競技人生で最も感情があふれた瞬間だった。

スコア		
Viyella's Tears (MASTER 14+)		
1	Starry*	1,009,938
2	KUROKURO	1,009,930
3	matezon	1,009,805
4	びんりこ	1,009,691
5	Otolia	1,009,683
6	n条	1,009,473
7	白	1,009,063
8	りゅーしんだよ	1,008,918

図 4 LCQ 予選の順位結果写真 (© SEGA)

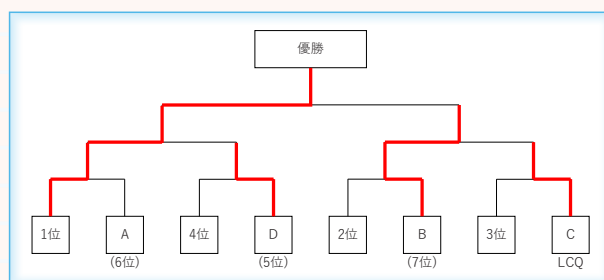


図 5 全国大会決勝トーナメント

LCQ 優勝はゴールではないが、私にとっては大きな壁を越えた証明だった。自分が全国大会決勝に立てる実力を持ったと、初めて自分で認められた。喜びと達成感、そして成長を実感した。

4. 6 全国大会決勝 (King of Performai The 6th)

全国大会決勝は東京・渋谷のヒカリエホールで行われ、前日は都内のホテルに宿泊した。旅費及び宿泊費 (朝食付き) はセガフェイブから支給された。当日は朝 7:00 に集合した。同じ目標を持つ選手たちが集まっており、互いに仲間であると同時にライバルでもあった。会場には静かな緊張感が漂っていた。CHUNITHM の大会は 17:30 開始となっていた。

周りは格上の猛者ばかりだったが、出場したからにはもちろん優勝を狙っていた。本来の実力が格上でも、一発勝負に弱いプレーヤも見てきた。私の強みは安定感である。大舞台で勝てる確率は低いと思っていた。

午前中は不思議なほど落ち着いており、このまま普段どおりにプレイできると期待していた。しかし、本番が近づくにつれて緊張が一気に込み上げてきた。多くの仲間やプレーヤに見守られる中で失敗したくないという思いが、その要因であった。開始 3 分前、「自分の最高のプレイを見せよう」と自分に言い聞かせた。気持ちを切り替えたことで、不思議と緊張は和らいだ。

全国大会決勝は、図5のような8人によるトーナメントで行われる。組合せは1位から4位が固定されており、上位プレーヤ同士が早期に当たらないようになっている。図内のA～Dの枠には、5～7位の選手とLCQ選手がくじ引きにより割り当てられる。くじ引き結果は、枠の下部に書いてあるとおりであった。

各選手は、1回戦用、2回戦（準決勝）用、3回戦（決勝）用の3曲を事前に選択しておく。1回戦と2回戦では（LCQ決勝と同様に）、自分の選択曲と相手の選択曲の2曲をプレイし合計点を争う。3回戦（決勝）では、自分の曲、相手の曲、運営が指定する曲の3曲をプレイし、合計点を争う。運営が指定する曲は、初公開の曲であり、決勝出場選手は、「初見プレイ」で争うことになる。

私は、初戦で3位選出の選手との対戦となった。1曲目は相手の自選曲で争う。相手の曲は「宿星審判」という超高難易度の曲であった。これを知らされたときは、絶望的な気分になった。1,000回以上の練習をしているが、ALL JUSTICEというハイスコアを1回しか出せていない、worst 1か2の苦手曲だった。しかも、対戦相手は大会の数日前に「理論値」（ALL JUSTICEを超える最高スコア）を達成していた。

1曲目を300点以内の負けに抑えれば、2曲目（私の自選曲）で逆転できる可能性が十分にあると考えていた。試合に集中するため、頭の中を譜面でいっぱいにした。結果、283点差の負けに抑えることができ、何とか踏ん張ることができた。相手選手は悔しそうに見えた。彼の実力を考えたら、もっと高いスコアを出しても不思議ではなかった。運に恵まれた部分もある。

2曲目は、私が選択した「リ・フィクション・O」での対戦となった。この曲は、大会前日の練習で数回（恐らく7回程度）連続してハイスコア（ALL JUSTICE）を達成している超自信曲であった。かなり緊張していたが、高い集中力を発揮していたのを覚えている。しかし結果は、MISS 2回という不本意のものであった。記憶にある限り、練習でここまで失敗したことはない。大会の熱気と緊張に飲み込まれていたのかもしれない。負けを覚悟した。ただ、対戦相手も幾つか失敗をしていた。結果、2曲目で288点のリードを得ることができた。そして、両曲のスコアの合計で僅かに5点勝つことができた。LCQ枠から初戦を突破した前例がなかったこともあり、大きな達成感を感じた。ジャイアントキリングをできるとは思っておらず、驚きも感じた。

続く準決勝では7位選出の選手と対戦した。私は「DA'AT」という超高難易度曲を選択した。非常に速く忙しく、体が温まっていないと対応できないような曲だ。正直に書くと、1回戦に勝つことも困難であると予



図6 入場の様子 (© SEGA)



図7 インタビューの様子 (© SEGA)

想していたため、全国大会決勝出場が決まってから、1回戦のための練習ばかりをしていて、2回戦（準決勝）の準備は万全とは言えなかった。結果は、練習を含めてもワースト1のような低スコアとなってしまった。初めての大会出場で、高い集中力を保っていたが、興奮し過ぎていつものプレイをできていなかった。体幹が安定していなかったのを覚えている。1曲目は自選曲であったが、負けてしまった。

2曲目は相手の自選曲「Azure Vixen」で対決した。これは800回練習し、体に染み付いている曲だった。いつもどおりのプレイができればかなりの高スコアを狙える曲だった。しかし、この曲も自身ワーストのようなスコアを出してしまい負けてしまった。

安定感の重要性を感じ、安定感重視で練習をしてきたが、2回戦に関しては練習と同じプレイをすることができなかった。今思うと、1回戦勝利の興奮を抑えることができていなかったのだと思う。相手選手は大会出場経験も多く、隣で見ても落ち着きを保っていることを感じた。自分はメンタル面での成長がまだ足りないと感じた。

3位決定戦はなく、私の挑戦はBest4で幕を閉じた。

4.7 全国大会決勝に参加して

試合以外にも、いろいろなことを経験できた。私のた

めのPVが作成され、派手なBGMとともに入場し、インタビューを求められた。

PVは、ほかの選手たちがCOOLな（格好良い）ものを作っていたので、あえて三枚目キャラの演出を試みた。奇抜な写真を採用してくれた運営とカメラマンの方には感謝をしたい。入場も、特異なポーズをとり（図6）、飛び跳ねながら行った。これも自分だけだった。これらの甲斐があって顔を覚えてもらえ、ゲームセンサーで声を掛けられることも増えた。

インタビューは、話す内容を事前に用意して挑んだ。しかし、多くの観客の視線を浴びて、頭が真っ白になり、話す内容を忘れてしまい、結局アドリブで話すことになってしまった（図7）。奇抜な入場などで大胆不敵を装っていたが、実際はかなり背伸びをしていた。1回戦の対戦相手に「虚勢張っているだけでは勝てないところを見せてやる」と言われてしまった。凶星であった。

全国大会決勝は、オフラインの会場に800人程度の人々が観客として集まり、オンライン視聴の同時接続数が数万人の規模で行われた。一番近い観客は、選手から数mの距離のところから観戦していた。観客には、特定の個人を応援している人、選手と同じサークルの人、特定の個人の応援はないが、ゲームが好きで観戦している人などがいた。

朝の集合から17:30の大会開始までは、選手は基本的に自由である。控室があり、一人につき1個以上の机と椅子が用意されていたので、ここで休んでいてもよい。私は、当然ながら、他人のプレイを観戦していた。多くの選手のプレイを見て興奮し、そして恐らく相当に疲労した。単に勝ちを目指すなら、観戦せずに休んでいた方がよかったのかもしれない。ただ、私はそんなことはしたくはなかった。ちなみに、昼食の弁当とお茶が提供され、協賛企業からの菓子の寄付をもらうこともできた。

大会は多くのスタッフの人々に支えられ運営されていた。スタッフは親切で、選手の困りごとになんでも丁寧に対応してくれた。私は、自分のミスでホテルのチェックアウトに遅れそうになっていた。そのときは、スタッフの人が代わりに対応してくれた。大会の円滑な運営のための努力とは言え、とても感謝している。指示役のスタッフは、試合開始の連絡や会場への誘導や入場の誘導をしてくれた。スタッフ同士は無線で頻繁にコミュニケーションをとり、プログラムが正しく進むように努めていた。カメラ担当のスタッフは、良い写真や動画を良い角度から撮るために走り回っていた。非常に気持ちよく参戦や観戦ができる大会であったが、スタッフの懸命な努力に支えられていた。

全国大会決勝の解説は、サッカーワールドカップなどの解説も務めた柴田将平氏、作曲家のGodspeed氏、

著名なゲーム動画配信者などにより行われた。解説者はゲームに対する造詣も深く、ゲーム内容に踏み込みつつも、うまく大会を盛り上げてくれた。全国大会決勝ではないが、LCQの解説も秀逸であった。過去の大会に出場したことがある選手が解説を務め、正確な譜面の解説に加え、上級者以外にも理解できるようなみずみずしい解説も行っていた。

5 大会を終えて

大会に熱中して取り組んだ経験は大きな気付きにつながった。努力と才能の意味が分かった。私は、後から始めたプレーヤーに抜かれ、才能で負けていることを痛感させられたことがあった。私はこれを努力でカバーできないかと考え、膨大な回数のプレイを重ねた。そして、そのプレーヤーを抜き返すことができた。その後も、自分の上のプレーヤーを見つけては、その人を超えようとして取り組んできた。結果的にBest 4にまでいくことができた。この経験は、私の価値観に大きな影響を与えた。何事も熱量をもって取り組めば、相当程度の成功にはたどり着けるはずだと考えるようになり、様々なことに熱心に取り組めるようになった。また小さなことではあるが、多くの観衆の前でプレイをし、発表や面接で緊張することもなくなった。

大会を終え今は、再び大会の舞台に立つことを新たな目標として掲げている。今回の大会では、自分自身の実力を試すことができただけでなく、多くの実力者との対戦や会場の熱気を体感することで、競技としての奥深さや楽しさを改めて実感した。同時に、自分の課題や伸ばせる部分を多く見つけることができ、これからの成長の重要な糸口にもなった。次に大会へ出場する機会を得たときには、より高いレベルのプレイができるよう日々の練習に取り組み、技術力や安定性を一段と高めていきたいと考えている。

また、将来的には見ている人や対戦相手の心を動かすような、白熱した試合を展開できる実力を身に付けたい。トッププレーヤー同士の試合は、プレイの精度やスピードだけでなく、試合の緊張感や駆け引きなど、様々な要素が重なり合うことで大きな魅力を生み出している。そうした試合の舞台に自分も立ち、観客を魅了するプレーヤーになることが、今後の大きな目標である。

更に、今後は音楽ゲームコミュニティの一員として、この界隈を盛り上げることに積極的に関わっていきたい。例えば、CHUNITHMに関するイベントの開催や交流の場作りなどに携わることで、プレーヤー同士が楽しみながら競い合える環境を作りたい。

6 考察～上位を目指すなら～

私なりに、上位を目指すための方法を考察する。

予選は、限られた期間内で譜面を研究し、最適解を構築し、再現の安定度を高めることが求められる。よって、机上での研究としての自分の苦手箇所の抽出と、多くのプレイによる練習をすることが重要となる。

予選以降の上位進出の条件は明確である。最高難易度譜面において、安定して高スコアを出すことである。単発の好成績ではなく、再現性を伴った持続的な得点力こそが重要となる。そのためには、最高難易度譜面の反復練習に加え、自身の実力に適した徹底的な譜面の研究が不可欠である。ここでいう「譜面の研究」とは、どの箇所ミスが生じるのか、なぜ押せないのか、どの運指であれば安定するのか、といった点を具体的に分析し、できていない部分を明確化する作業を指す。課題の把握と改善策の考察が実力向上の基礎となる。

また、学習一般と同様に、上達方法は一様ではない。各プレイヤーに適した成長プロセスが存在すると考えられる。難しいことではあるが、自分の特性や弱点を理解し、自分に適した練習法を見いだすことができれば、それが最も効率的な上達への近道となるであろう。

余りにプレイを重ねると、慣れゆえの油断や集中力の低下などに見舞われることがあるかもしれない。そのようなときは、短期間プレイから離れてみて、プレイしていない状態で考え直してみることが効果的だと思う。

5th における挫折からも大きな気づきを得た。今思えば、当時は非常に未熟な情熱に突き動かされ、プレイに熱中しており、友人にも迷惑をかけてしまった。この反省を生かし、6th 大会では、まるでアスリートのように「体調管理」を徹底した。具体的には、必ず8時間以上睡眠をとり、インスタント食品中心の生活から野菜中心の食生活に変えた。ゲームの大会が「e スポーツ」と呼

ばれることから分かるように、勝利を目指すには、単に楽しいゲームに熱中するだけでなく、アスリートのように生活全体を勝利に向けて調整していく必要がある。

7 おわりに

本稿では、プレイヤーの目から見た、e スポーツ大会を解説してきた。そして、プレイヤーとして情熱を持って取り組むことにより得られることを紹介してきた。e スポーツという新しいイベント、そして大会に取り組むことの意義の理解につなげてもらえると幸いである。

謝辞 本稿の執筆にあたり、多くの情報を提供して頂いた（株）セガ フェイブ担当の皆様へ深く御礼申し上げます。

KUROKURO

CHUNITHM プレーヤ。KING of Performai The 6th LCQ 部門優勝、KING of Performai The 6th Best4.



山口実靖 (正員)

2002 東大大学院工学系研究科電子情報工学専攻博士課程了。博士（工学）。同年から東大生産技術研究所学術研究支援員、産学官連携研究員、日本学術振興会特別研究員。2006 工学院大・工・講師。2007 准教授。2016 同情報学部准教授。2021 同教授。専門はオペレーティングシステム、通信プロトコル。好きなゲームは格闘ゲーム、RPG、RTS。国際学会英語発表の練習を音楽ゲームのように楽しく効率的に行えるシステムの開発に情熱を燃やす。情報処理学会、日本データベース学会、IEEE、ACM 各会員。



研究テーマの 探索と取組み方

新井宏之（正員：フェロー）

1982 東工大・工・電気電子卒、1987 同大学院博士課程了、工博、同年同大助手、1989 横浜国大講師、1991 同大助教授、2002 同大教授、2025 同大名誉教授。移動体通信用アンテナ、電波伝搬、電磁波工学の研究に従事。1989 篠原記念学術奨励賞、第8回、第17回、第22回、第34回電波功績賞。2009 IEICE フェロー、2013 IEEE フェロー、2009 IEEE AP-S Japan Chapter Chair、2005 電子情報通信学会通信ソサエティ英文論文誌編集委員長、2013 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究専門委員会委員長、2014 IEEE IWEM2014、General Co-Chair、2020 ISAP2020、General Chair、2024 ISAP International Steering Committee Chair。



横浜国立大学名誉教授

新井宏之
Hiroyuki Arai



1. はじめに

大学での勤務の終わりに最終講義があった。何を話しか悩んだ末に、これまでに行ってきた研究というより、自分の専門分野である電磁波工学と研究テーマについての話題を提供した。大学での研究は学生が主体として行うもので、良いテーマが見つければ学生は力を発揮するが、テーマに問題があると学生の能力は生かせない。特に定年を意識するようになってから、配属された学生に必ず伝えたのは、「結果が出ないのはテーマが悪いかもしれないので、そのときはテーマを変える」ということだった。自分が学生時代の恩師はよく、テーマを考えるのが大変だとボヤいていた。とは言え、多くのすばらしい業績があり、研究者としては常に悩まれていたのだと感じる。

ほかの方が書かれた「私の研究者歴」を拝見すると、大きな目標に向かって研究が続けられてきたエピソードが語られることが多い。残念ながら、「自転車操業」を続けた身にとっては、そのような物語の提供は難しい。そこで、大学の卒業研究から定年を迎えるまで、長年大学に所属した中で最も悩んだ研究テーマの探索と、その取組み方を中心に振り返りたい。これから大学の研究室を運営する方や、研究テーマを見つけるのに苦労している方の参考になれば幸いである。



2. 卒業研究から 博士課程修了まで

大学4年生で卒業研究に取り組むには研究室を選ぶ必要がある。いつの時代でも、そのときはやりの分野に人気が集中する。当時は研究室配属で定員を超えた場合には、民主的な話し合いで決めるよう指導された。と言っても、話し合いで決着することは難しいので、くじ引きに落ち着いた。外れると、希望から大きく異なるところに配属されるため、周りの状況を見ながら、自分にあった競争の少ないところを選んだ。小中学生時代にアマチュア無線やBCL（Broadcast Listners、海外の短波放送を受信して報告書を送り受信証明書を受け取る）に熱中した名残りで、無線関係の研究室への配属となった。

現在から想像もつかないであろうが、1980年代初頭は「無線の冬の時代」であった。当時、ミリ波による大容量通信の開発が光ファイバに置き換えられ、電磁波の専門家の多くは光の研究にくら替えしていた。

卒業研究では博士課程の先輩の下で、薄膜型アイソレータ（レーザ発振器が負荷からの反射で不安定になるのを取り除く素子）の開発に取り組んだ。先輩の言われるとおりに、マックスウェルの方程式を解き、計算機シミュレーションで構造の最適化を探

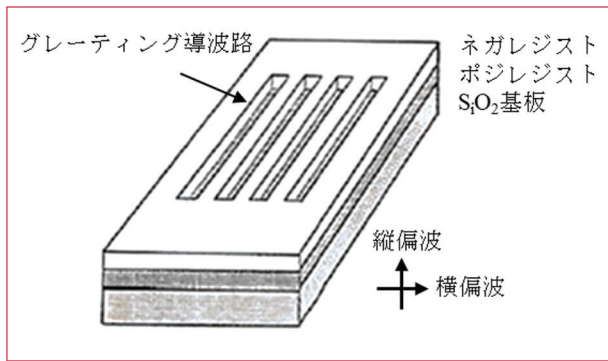


図1 グレーティング導波路

っていた。境界条件を超越方程式（解析的に解が導出できない方程式）で解く作業だが、やり出してみると面白く、夜間に大型計算機を借りて計算をしながら実験の準備をするという充実した？ 研究室生活を送った。しかし、簡単に新たな構造が見つかることもなく、元々指導教員のアイデアだったものを、いかに実験的に確認するかが課題となった。

詳しい原理などは省略するが、図1に示す光の波長以下の幅を持つ断面形状が凹凸構造のグレーティング導波路を作成し、縦偏波と横偏波の伝搬速度を一致させるために、どのように導波路を製作するかが課題であった⁽¹⁾。導波路の微細加工ではレジストでマスキングをしてスパッタをするのが常套手段だが、研究室で使える装置がないのでグレーティング導波路の加工法を考えた。ポジレジスト（光の当たった部分が取り除かれる）とネガレジスト（光の当たった部分が残る）を積層して導波路を作成することを思い付いた。後日、ある会社が同様の手法の特許化していたのを知ったが、何とか加工まで進んで、縦と横の偏波の伝搬定数の差を小さくできたのが成果だった。

卒業研究の配属時にはいろいろと思入れもあったが、「住めば都」のごとく、このまま大学院で同じ研究を続けたいと希望するのは、今も昔も変わらない。しかし、大学院の配属は民主的には行われず、学部学生時代の成績が優先されるため、別の研究室に移ることになった。

光の研究からマイクロ波まで周波数が下がり、導波路から放射系の問題に変わったが、解析手法は同じなので比較的早くなじめたと思う。当時はプリント基板で構成する薄型構造のマイクロストリップアンテナの研究が注目されていた。取り組んだのは、海面反射を抑制する偏波指向性制御や、マイクロストリップ共振器の端部効果を正確に計算することであった。その後、核融合プラズマの電磁波加熱に用いる結合器へとテーマが変わった。恩師が科研費の

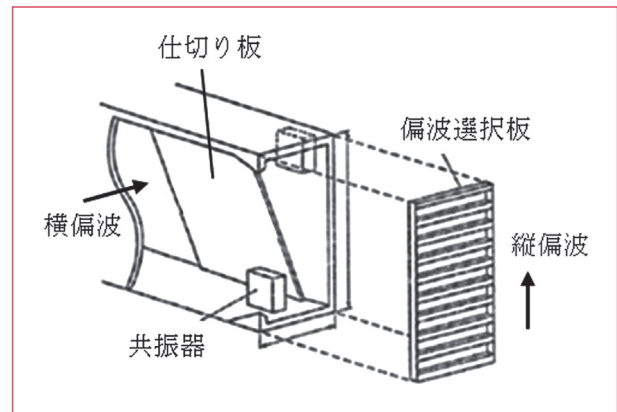


図2 偏波変換型結合器

研究グループに属して共同研究を行っていたことが理由で、取り組んだテーマを希望したわけではない。この関連テーマは当時研究室では人気がなかった。

空間へ放射するアンテナからプラズマへ放射する小型のアンテナ（結合器）の開発が目的で、当時はプラズマを比誘電率の大きな均一媒質と近似して解析をしていた。恩師が次々と思いつくアイデアを数値計算で検証して、うまくいかないときには（多くの場合）、代わりのアイデアを出さないと厳しく指導された。そのおかげで、解決策の見だし方を身に着けることができたよい学生時代だったと思うことにしている。

その後、紆余曲折を経て博士課程に進学したのは、電磁界解析で新たな構造の特性を解明する研究の面白みを感じていたのが、最大の理由だったと思う。解決すべき課題は恩師の指示によるが、どう解決するかは結果が全てなので、良い成果を出して評価されることにはやりがいを感じた。博士課程の最後に取り組んだのは、導波管で伝送した電磁波をプラズマに結合させる直前で偏波を90°回転させる結合器であった。図2に示す導波管内に仕切り板を設けて入力した横偏波を傾け、出力側の偏波選択板で縦偏波を取り出すのが恩師のアイデアであった。しかし、効率が低く、開口部との間に共振器を挿入することを思い付き、有限要素法によるモード解析と結合部分の近似解析を組み合わせで設計し、100%近い変換効率を実現できたことは自信となった⁽²⁾。



3. 大学教員として(前半)

博士の学位取得後、縁あって大学の教員として研究を続けることになった。ちょうどバブル景気に沸いている時代で、自動車電話サービスが開始され、

電磁波研究の冬の時代が終わりつつあった。恩師からの勧めで（恩師の研究グループとテーマが重ならないように）、移動体通信のアンテナ研究に軸足を移した。初めに取り組んだのが、これも恩師のアイデアに基づく平面型ダイバーシチアンテナである。自動車電話の加入者も増加する中、1チャンネル当りの帯域を狭くして容量を増やすシステムが導入された。帯域を狭くすると周波数選択性フェージングの影響を強く受けるので、これを回避する技術として、二つ以上のアンテナから受信状態の良いものを使うダイバーシチ受信が不可欠となった。サービス開始当初はトランクの端に取り付ける上下2段の棒状のダイバーシチアンテナが用いられた。一見すると、図3のように一本の棒にしか見えない。しかし、自動車に突起物は避けたいので、薄型で小形のダイバーシチアンテナが必要になるだろう、との期待から精力的に開発に取り組んだ。図3の車上部の架台に乗せた薄い板状のアンテナである。この頃から企業との共同研究を積極的に行うことになる。

既存のアンテナと特性に遜色のないものができたと確信したが、学会で発表すると、実際の現場で確かめる必要があるとの指導を頂いた。伝搬測定は当時極めて限られたグループの研究で、ノウハウも公開されておらず、大手の研究機関では企業秘密だということで、情報もないのが実情であった。こうなれば自分たちでやるしかないので、手作りの測定器を用いて徐々に伝搬試験を理解していった。後述する基地局アンテナの開発に取り組む頃には、測定システムで論文を書けるようになった。

図3の平面型ダイバーシチアンテナは企業との連携も取れて商品とはなったが⁽³⁾、移動体通信が自動車電話から携帯電話に移り始めた頃で、爆発的に売れることがなかったのは残念である。

大学での研究も学生が頑張ってくれたこともあり、順調に進んだ。先を見据えることが必要なので、デジタル方式に切り替わることを前提に、ダイバーシチアンテナに指向性を利用するなど研究の幅が広がった。そんな折、携帯電話事業者に就職した卒業生から、基地局アンテナ開発の話が持ち込まれた。

ダイバーシチ受信は端末側で行うが、基地局側ではフェージング対策に加えて、基地局と端末間の送信電力の非対称性に起因する電力差を補填しなくてはならない。そこで、基地局側の1セクター（水平面内を複数に分割したサービスエリア）には基地局アンテナが2本必要であった。当時主流の3セ



図3 平面型ダイバーシチアンテナ

クターでは、合計6本のアンテナをビルの屋上に設置する必要があった。そのため、移動体通信の品質改善にはたくさんの基地局が必要で、設置場所を探すのが問題となっていた。

自動車電話サービスは垂直偏波を利用し、同一偏波間でダイバーシチ効果を得るためのアンテナ間距離は数m程度となり、基地局の設置面積を大きくしていた。一方、携帯電話の売切りが始まり低価格となって普及率が急速に高まり、自動車電話から携帯電話に切り換える動きが加速していった。当時の携帯電話機はアンテナを引き延ばして使用する棒状のものが使われ、通話時を見れば明らかのようにアンテナは傾くので、水平偏波成分も強く放射されているはずである。これに着目して始まったのが、偏波ダイバーシチの基地局アンテナ開発であった。

実際の環境で水平偏波成分の放射を確認するため、夏の暑い時期に多くの学生の協力を得て伝搬実験を行い、偏波ダイバーシチが有効であることを確認した。偏波ダイバーシチの利点は、垂直偏波では並べるアンテナ間の距離を取る必要があるが、偏波では同じ位置でもよいことである。すなわち、アンテナ素子を偏波共用化するか、垂直・水平偏波素子を小型化して互い違いに積み重ねれば、2本のアンテナを一本にできる。また、給電系も小型化できれば、従来6本必要だったアンテナが1本になるという画期的なものであった⁽⁴⁾。

半波長ダイポールアンテナを単純に縦横に並べればよいかとも思うかもしれないが、水平偏波素子では幅を取り過ぎる。マイクロストリップアンテナは小型化できるが、基地局用アンテナとして帯域が取

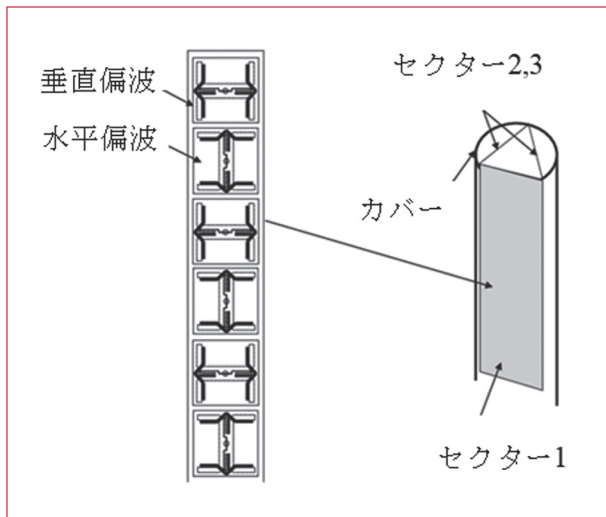


図4 偏波ダイバーシチ基地局アンテナ

れない。そこで、幅の狭い水平偏波素子アンテナが必要となった。

ここで、学生時代の前日譚がある。新聞の投書欄に、豪雪地域ではテレビアンテナが着雪でよく壊れるので何とかならないか、との投書があった。状況が分からないので情報を提供してほしい、と後日投書欄に掲載してもらったところ、雪の重みで壊れたアンテナの写真等を提供頂き、屋根の上にある限り着雪は不可避だが軒下が利用できるのでは、と考えた。水平偏波のテレビ受信用として、縦長のループアンテナを用いて4素子アレーを構成した。なお、垂直偏波用は素子を90°回転すれば同様に実現できる。また、家の壁面が放送局方向に向いていないときの対策として、簡単な仕組みの位相制御を導入して軒下アンテナを実現した。なかなかアンテナメーカーには興味を持ってもらえなかったが、数年後、建材メーカーから屋根材と一体化したアンテナができないか、との打診があった。台風の直撃が多い地域では、そのたびにテレビアンテナが飛ばされたり壊れたりするので、その対策に使用したいとのことである。雪害対策用アンテナの知見と新たな要求に対して検討を行い、屋根材一体型アンテナを開発した。

このときのアンテナ素子が基地局用に転用できないか、と事前検討の中で候補に挙がったのである。その後、この素子を利用して、必要な特性が満足できることを確認し、アンテナメーカーと開発に入った。結果的には、メーカーのアイデアによるダイポールアンテナを横並びにしたツインダイポールを採用したのだが、研究開発を主体的に進めるには良いアイデアだったと思う。アイデアは誰が出すのかではなく、目的に合った最適なものを見いだすことに

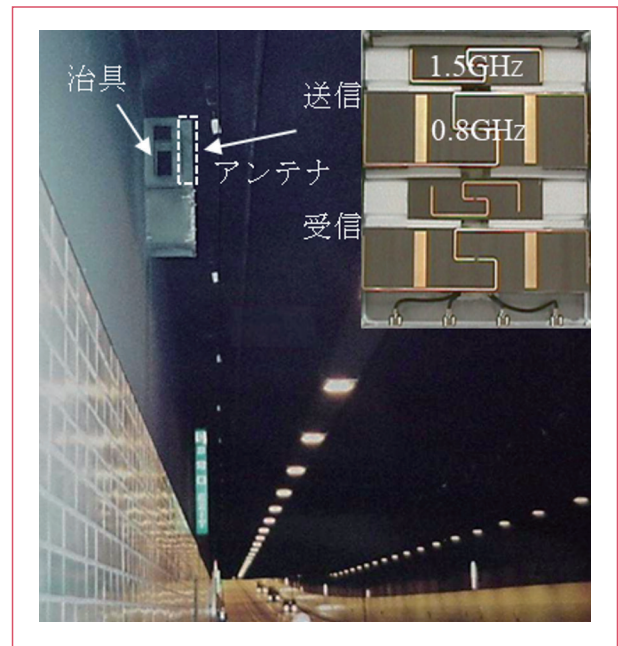


図5 トンネル壁面に取り付けた平面アンテナ

ある。

図4の偏波ダイバーシチ基地局アンテナは従来の6本を一つにまとめたこともあり、高い評価を得て多くの基地局に採用され、それ以降の基地局アンテナの主流となった。自宅近くにも見つけたので、子供たちに「お父さんたちが作ったアンテナだよ」と自慢したのだが、全く興味は示さなかった。(幼くて状況を理解できなかったと思いたい。)

1990年代中頃から携帯電話が爆発的に普及し、地下街やトンネル、地下駐車場、大規模建造物等で電波の通じない不感地の対策が必要となった。そのような状況で羽田空港につながる湾岸線の海底トンネルでの対策用に、トンネル壁面設置用の平面アンテナの開発に加わるようになった。図5のように周波数ごとにアンテナを分離し、更に送受信用を分離して低姿勢のアンテナを実現した。トンネルの壁面に設置しても目立たないようにとのことだったが、写真から分かるように取り付け治具の方が大きくなっているのは納得し難かった。

更に、別のトンネルに利用するにあたり、中継器に用いる電気光変換器が高価なので、アンテナを高利得化して設置間隔を広げ、コストを下げるのが課題となった。八木宇田アンテナに用いられる導波器を応用して利得を倍に上げ、結果的に設置コストを半分にできた。特性改善は重要であるが、コストを下げるのは工学の最も重要な課題である。このほかにも地下街対策用アンテナやホテル内のどこでも通話が可能とする小型基地局など多くの案件に関わり、いずれも形となって携帯電話の普及に貢献でき

たと思っている⁽⁴⁾。

以上のような携帯電話の基地局アンテナに関する研究は、主に外部から依頼されたテーマである。ほかの研究テーマも数多く取り組んだが、実際のシステムで活用されたものはほんの一握りであり、実用化されたものも画期的なアイデアということではない。しかし、その時代の要請に適切に対応できたことがよかったと考えている。

この頃から移動体通信業界が活況になり、アンテナの事業に参入したいという企業から多くの共同研究の打診を受けた時期でもあった。現在の大学にあるような産学連携部門や知財管理の部署もなかった時代、地道に研究成果を学会で発表していたのが最も良い宣伝だったと思う。年齢的に30代に良い成果が生まれるとも言われるが、大学内や学会での管理運営にかかわらず、多くの時間を研究に費やせるのが要因ではないだろうか。

その30代も終わりに近づいた頃、短期(45日)の海外派遣に採択され、所属する大学のOBがいる米国西海岸に向かった。家族同伴で渡航したこともあり、家族が滞在した3週間は研究に専念できたか疑問だったが、その後の5週間はホテルに寝に帰る以外は研究室で過ごした。幾つかの新しいアイデアを元に研究に時間を割いたが、アメリカの著名な大学教員や学生の働き方、また、試作や測定の専門スタッフの充実度など、帰国しても真似はできないだろうと感じたものだった。努力の甲斐あったか、帰国までに国際会議に投稿できる成果を得てOBの先生にも喜んで頂いた。なお、これに関するテーマで後に学生が学位論文を書くことになる。

短い充実した海外体験で、帰国後は研究室の設備を整えながら少しでも国際的に評価される研究を目指した。



4. 大学教員として(後半)

40代から退職までを後半とするのは、この年代を境に自分の立場が様々な点から変化したことにある。研究については、実験的な試行錯誤からシミュレーションでの検討を主体とすることで、学生の研究手法が大きく変化した。マックスウェルの方程式の解法や実験的なノウハウがなくても、パソコンが使えれば、電磁界の問題が解けるのは利点である。実験的に試行錯誤するには、測定器や工具の使い方を習得する必要がある。シミュレーションで見いだした良い特性が得られたものを試作して測定すればよいので、研究室の運営がしやすくなった。ただ

し、シミュレーション結果を物理現象に照らして評価する能力を、学生に身に付けさせるのには苦労した。

この時期から学内の管理運営や学会の仕事等が増えたのも事実だが、最も大きな案件は博士課程の学生である。研究室の運営に博士課程の学生が携わるのは大きな力になる。教員と新たに配属された学生の間を取り持つとともに、下級生からはある種のあこがれの対象となって、博士課程進学への動機付けになるからである。これは自分自身も同様な経験がある。

しかし、修士課程への進学では就職に有利に働くが、博士課程では金銭的な問題、就職先等の将来への不安が多く決心がつかないのが実情である。特に今から30年以上前ではなおさらであった。博士課程に興味のある学生に一つずつ不安を解消して進学を決断してもらうため、多くの時間を割いた。金銭的な面は奨学金の申請を進め、十分な金額ではないときは、研究費から謝金を支払った。就職先も関連する企業等と常に情報交換して、早めにめどをつけられるように努力した。また、採用時期によっては空白の期間がないように、短期ながらも研究員として採用して頂くなど学生のために尽力した。このような努力が報われたと感じたのは、研究室に一人でも博士課程の学生がいて、良い模範となると同時に、後輩の相談相手にもなり研究室運営の力になることであった。教員の後半では常に博士課程の学生がいる状況が続いたことには感謝したい。

博士課程の学生が研究室にいることはありがたいが、定められた期間で学位を取得し、満足のいく就職先を得るためには教員の努力が必要であった。特に、学術誌への論文投稿は毎回冷や汗をかいた。当該組織の博士取得条件となっていたからである。早めにこの条件を満足し、その後はある程度裁量権を与えて、国際会議や企業のインターンシップ等幅広い経験を積んでもらうよう努力したつもりである。

特に研究テーマの選定が難しかったと思う。大型プロジェクトや企業との共同研究では線表管理が優先され、学生の自由な発想が生まれにくい。一方、研究室運営には資金が必要で、そのバランスに腐心した。既に時効になっていることとは言え、この経緯の詳細は語らない方がよいと思っている。その甲斐あったか、多くの博士号を取得した学生が活躍しているのを見るのは教員冥利に尽きる。

産学連携や社会実装が大学にも求められている現在、教員の後半で感じた研究の位置付けについて

私見を述べたい。

①最も理想的な研究は、独自のアイデアを元に、それが実現すれば社会にこれだけの貢献ができると主張して、共同研究や大型プロジェクトを進めるやり方である。目標値を定め、スケジュールを管理して予定した成果を得るための努力が必要となる。

②共同研究先の実績が必要な場合で、大学が持つ技術を活用して新たな製品開発等を実施するが、担当者の実績も担保できるよう成果の共用を求められる。この例では資金は多くなく研究の自由度は少ない。

③ニーズ先行の独占型として、Xという技術をYに応用して新たな成果を得たいとき、その成果は公開せずに独占したいという研究である。Xの技術をYに提供するためにかなりの実務が生じる場合が多く、資金的には潤沢であるが、学会などの発表に制限が付く。目的や用途が類推されないような発表に対して、資金提供先からの許諾が得られればよいが、それも難しいときは、お金のためと割り切るしかない。外部発表するためには、研究の一部を切り出して純粋な学術的なテーマとしていく必要がある。

少し極端な例となっているかもしれないが、どの研究を選ぶかと聞かれれば、①と答える比率が多いのではないだろうか。

①は理想的であるが、その成果が社会的に評価される保証はない。何よりも、研究に対するフィードバックが少ないのが欠点である。②は社会実装という点では最も有効なもので、研究を進める中で多くのノウハウを得られる利点があるが、博士課程のテーマにするには難がある。③もノウハウを吸収できるが、外部発表できる場合でも評価の対象が分散されるのが不利である。

研究の自由度に関しては①、②、③の順であることは間違いがない、しかし、他機関からの情報の取得として考えると、逆に③、②、①となり、そのプロジェクトから直接の恩恵を受けない場合でも、将来の自分の研究に大きなプラスとなる。これに対しては意見が分かれるとは思いますが、全てに対してバランスを取って取り組むことが、研究の幅を広げるのに役に立つと考え実践してきた。

具体的な③の例は残念ながら紹介することはできないが、①の例として、定年まで10年近くとなったときに、学部の卒業研究を思い出して取り組んだのが光アンテナであった。ライダ（LiDAR）は車載用を目標として様々な取組みがあるが、光学分野からの取組みが多い。マイクロ波のアンテナを元

に考えるのも一案だろう、と考えて取り組んだ。ほかの事例が少なかったので、測定法も含めた研究となり、学生の博士論文のテーマとなったのは一番の成果であったと思う⁽⁵⁾。その成果となる図6に示す光アンテナは、同僚の光の専門家に試作や測定を共同で行わせてもらった。卒論で扱ったグレーティング導波路や導波路上面に四角い穴を整列させたワッフル導波路の解析に卒論の手法が使えたのは感慨深かった。

最後に②の例となる共同研究でのアンテナについて開発の目的の一つを紹介したい。このアンテナは自動車などの電磁妨害対策としてのEMI（Electromagnetic Interference）試験用の短波帯アンテナで、広帯域で耐電力特性に優れて小型であることが必要であった。複数の共振素子を組み合わせる図7に示す複合ダイポール（同じ色のエレメントが対となる）とし、低周波対策としてのバランも含めた設計を行った⁽⁶⁾。しかし、最も重要な点は、分解して組み立てると再調整が必要になるので、分解せず既存の暗室の扉から入るように小型化することだった。

研究開発にあたって最も重要なことは何である



図6 光漏れ波アンテナ

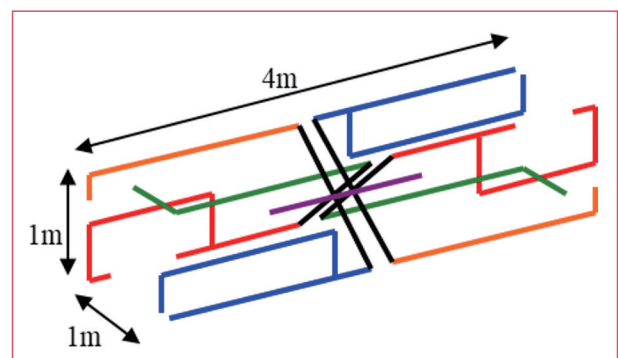


図7 複合ダイポールアンテナ

かを忘れないことが、特に工学の分野では必要である。



5. おわりに

博士課程修了後の教員人生をスタートした頃、ある先生の研究室を訪問する機会があった。壁に美女がほほ笑む写真があり、そこに、「見ているだけですか、研究テーマ」と書かれていた。その先生から写真の文言についてのコメントはなかったが、研究をする時間は限られているので、体調を整えて時間を有効に使うよう助言を頂いた。深酒をして二日酔いになるのはもってのほかということだったのかも知れない。

写真の文言の意味するところは、研究テーマは身近なところに転がっていて、それに気付くかどうか、そしてその解決策を見いだせるかどうかが重要なことだと理解したつもりである。テーマの良し悪しにかかわらず、まず、取り組んで結果を出す。これを実践していれば、いつかは大きな成果にたどり着くということだと思う。研究テーマの種は、学会で聴講しているときや、同業の関係者との何気ない会話など思いがけないときに見つかることがある。写真に書かれた言葉が、極まれに耳元でささやいてくれるので、その一瞬を逃さないように過ごした研究生生活であったと思いたい。

研究テーマの選定は難しい、テーマが悪ければ結果が出ないのは当然である。だからと言って、結果を予想して研究に取り組むことはできない。できることは、地道な姿勢でえり好みせず、何にでも取り組むことではないだろうか。

本稿では、具体的な人名や所属はあえて明記しないようにした。その方が存命の場合もあれば、そうでない場合もあり、筆者の認識との差を確認できないことが大きな理由である。

■ 文献

- (1) 新井宏之，東京工業大学卒業論文，1982.
- (2) 新井宏之，東京工業大学博士論文，1987.
- (3) S. Hosono, N. Goto, and H. Arai, “A flat diversity antenna by disk loaded monopole and three notches,” IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 43, no. 2, pp. 353-358, May 1994.
- (4) H. Arai and K. Cho, “Cellular and PHS base station antenna systems,” Trans. IEICE Japan, vol. E 86-B, no. 3, pp. 980-992, March 2003.
- (5) 新井宏之，橋口 弘，馬場俊彦，“6G 光無線用高利得光漏れ波型ビーム走査アンテナ,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J105-B, no. 10, pp. 741-748, April 2022.
- (6) A. Komatsuzaki, H. Arai, and T. Tanaka, “Radiated immunity test system for vehicles using a composited dipole antenna,” 15th Int. Symposium Antennas and Propag. (ISAP 2010), WD1-97, Nov. 2010.

ICETC 2026 が開かれる 「台北・台湾」

街plus
探訪



工学院大学 山口実靖 Saneyasu Yamaguchi
電気通信大学 山本 嶺 Ryo Yamamoto
ソフトバンク 林 合祐 Lin Hoyu

1 はじめに

台北市にて、2026 年 11 月 23 日から 25 日に電子情報通信学会通信ソサイエティのフラッグシップ国際会議 ICETC (The 7th IEICE-CS International Conference on Emerging Technologies for Communications) 2026⁽¹⁾ が開催される。本記事「街 Plus 探訪」では、台北や台湾の魅力を紹介する。台北や台湾は日本に近く、電子情報通信学会や通信ソサイエティに関連が深い国際会議が開かれることも多く、筆者 2 人は複数回 (10 回近く) 台湾を訪れている。

2 台湾の都市への移動

2.1 台北への移動

台北市に行くには、主に松山機場 (台北松山空港) か、桃園国際機場 (桃園国際空港) を使うことになるはずだ。松山機場は台北駅から MRT (地下鉄) を使用して 20 分くらいで移動でき、非常に便利だ。桃園機場は台北駅まで特急で 40 分程度掛かり多少距離がある。厳密ではないが、松山機場を羽田空港、桃園機場を成田空港、台北駅を東京駅のようにイメージすると時間的・距離的に理解しやすい。

直行便は羽田—松山間、成田—桃園間に多数運航されており、JAL や ANA など日系の航空会社もこの間の直行便を多数飛ばしている。羽田—桃園間と、成田—松山間の直行便は、極端に少ないか、全くなく、あっても FSC (フルサービスキャリア) ではなく LCC (ローコストキャリア) になることが多い。東京都心部から羽田—松山間直行便で台北都心に行くと、とても楽な移動となる。この場合、羽田空港は第 3 ターミナルを使うことになる。

羽田—松山間と成田—桃園間の便が多いことは、長

らく成り立ってきた事実で、今後も成り立ち続けると考えている。では、執筆時 (2026 年 3 月) の情報に基づき、もう少し細かいことも書いてみる。

首都圏 (羽田と成田) 以外から、台北 (松山と桃園) への移動としては、ANA がエバー航空 (台湾の航空会社) とのコードシェア便で多くの国内空港 (関西国際空港や福岡空港など) と桃園機場間に定期直行便を用意している。

また、JAL 系の JTA が那覇空港—桃園間の便を、JAL が中部空港—桃園間の直行便を飛ばしている。那覇—桃園の便は 2026 年 2 月に就航したばかりの便である⁽²⁾。

更に、ANA、JAL、エバー航空以外の航空会社 (主に LCC) が、関西空港など首都圏 (羽田、成田) 以外の空港から幾つかの便を飛ばしている。

2.2 台北以外への移動

JAL と ANA は、松山と桃園以外の台湾の空港への直行便を定期運航していない。よって、JAL や ANA を用いる場合は、松山機場や桃園機場から台湾の新幹線 (台湾高速鉄道) の駅に移動し、新幹線で目的地に移動することになる。詳細は 3. に記す。

日本から直行便で各都市に行きたい場合は、成田空港などから、各社 (エバー航空や中華航空や LCC) が、高雄市や台南市に直行便を運航している。

2.3 台大医院国際会議センターへの移動

ICETC 2026 は台大医院国際会議センター⁽³⁾ で行われる。こちらは台北駅から、徒歩でも 15 分程度で行ける好立地である。松山機場からも、バスで 30 分あるいは電車で 40 分程度でアクセスできる。東京近辺からは、羽田→松山機場→台大医院国際会議センターと容易に移動できる。



台湾高速鉄道

台湾高速鉄道（台湾新幹線，HSR: High Speed Rail）⁽⁴⁾ は、台湾の主要都市を結ぶ高速鉄道システムである。日本の「新幹線 700 系」をベースにした車両（700T 型）が使用されており、技術的な面でも日本と深いつながりがある。

台湾高速鉄道計画は、台湾西部の主要都市間の移動時間の短縮と、既存の台湾鉄道（在来線）の混雑緩和を目的に、1990 年代初頭から具体化し始めた。当初は欧州連合（EU）の高速鉄道技術（フランスの TGV など）の導入が検討されていたが、最終的には日本の新幹線技術が選定されることになった。これは、日本の新幹線が持つ高い安全性、実績、そして地震の多い台湾の地理的条件に適していると判断されたためである。車両には、日本の新幹線 700 系をベースに、台湾の気候や運用条件に合わせて設計された 700T 型が採用され、2007 年 1 月に正式に開業した。

台湾高速鉄道は、台北市の台北駅から高雄市の左営駅までの約 350 km を結び、主要な都市を経由する。台北駅から左営駅までの所要時間は、停車駅の少ない直達車（特急）で最短 1 時間 30 分ほどと、台湾の西側を短時間で縦断することが可能である。

チケットは各駅の窓口、自動券売機、または公式 Web サイトやアプリから購入できる。座席は指定席（対号座）と自由席（自由座）があり、自由席の方が安価に設定されている。ビジネスで利用する場合や、週末などの混雑が予想される場合は、早めに指定席を予約するのが確実である。

日本からの訪問者にとって、台北や桃園国際空港から新竹、台中、台南、高雄といった、ICETC 2026 が開催される台北市以外の都市へ移動する際に、最も快適で時間効率の良い手段となる。松山空港や桃園空港から各地へ移動する場合は、一度台北駅または桃園駅まで移動してから高速鉄道に乗り換えるのが一般的である。なお、台北駅を除き、多くの高速鉄道駅は既存の都市中心部から離れた郊外に建設されているため、各都市に到着後、在来線やバス、タクシー等で市街地へ移動が必要な場合が多い。例えば、台中駅や台南駅は市街地からやや距離があるため注意が必要である。



台湾グルメ

台湾は、その多様な食文化で世界的に知られており、台北を訪れる ICETC 2026 参加者にとって大きな楽し



図1 台湾グルメ。タピオカミルクティー（上左）、マンゴーかき氷（上右）、下は手前が牛肉麵、右が小籠包。

みの一つとなるであろう。台湾料理は、中国本土の様々な地域の料理の影響を受けつつ、独自の進化を遂げてきた。

特に外せないのが、夜市（ナイトマーケット）の存在だ。台北市内には士林夜市、饒河街観光夜市、寧夏夜市など数多くの夜市があり、B 級グルメの宝庫となっている。夜市では、以下のような台湾ならではの味覚を楽しむことができる（図 1）。

- ・小籠包（シャオロンバオ）薄い皮の中に熱いスープと肉餡が詰まった点心である。鼎泰豊（ディンタイフォン）などの有名店もあるが、街の食堂でも本格的な味が楽しめる。

- ・牛肉麵（ニューロウミェン）牛肉と煮込んだ濃厚なスープが特徴の麺料理である。店によってスープや麺、牛肉の部位が異なり、食べ比べも醍醐味だ。

- ・魯肉飯（ルーロウファン）細かく刻んだ豚肉を甘辛い醤油ベースの「たれ」で煮込み、御飯の上に掛けた台湾のソウルフードだ。手軽に食べられる一品である。

- ・臭豆腐（チョウドウフ）強烈な匂いが特徴だが、揚げたり煮たりして調理され、一度食べると病み付きになる人も多い台湾を代表する B 級グルメである。

- ・胡椒餅（フージャオピン）肉あんこしょうを効かせたものを、窯の内側に張り付けて焼き上げたパンで、「熱々」を食べるのが最高の味だ。

- ・珍珠奶茶（ジェンズナイチャ）／タピオカミルクティー 台湾発祥のドリンクで、もちもちとしたタピオカパールが入った甘いミルクティーは世界中で人気だ。

また、朝食文化も非常に豊かで、豆漿（トウジャン、



図2 台北 101 とチューンドマスダンパー

豆乳) や、それと一緒に食べる油條 (ヨウティアオ、揚げパン)、飯糰 (ファントウアン、台湾式おにぎり)、蛋餅 (ダンビン、クレープ状の卵焼き) など是非試してほしいグルメだ。食の多様性と質の高さは、台湾の大きな魅力であり、会議の合間などに、是非様々な美食を堪能してほしい。

5 観光地

5.1 台北 101

台北には「台北 101」と呼ばれる超高層ビルがある



図3 鼎泰豊の小籠包

(図2)。101 階建てで、高さ 509 m あり、2004 年の竣工当時、世界で最も高いビルであった。2026 年時点で日本一高いビル (麻布台ヒルズ) と比べても 1.5 倍の高さである。

アクセスがよい台北屈指の観光スポットであり、是非訪れてほしい。台北駅や ICETC 2026 会場 (台大医院国際会議センター) から地下鉄で 30 分以内に到着できる。最寄り駅も「台北 101 / 世貿」という名前で、分かりやすい。

展望台は有料 (しかも安くない) だが、是非とも上ってほしい。超高層ビルからの絶景を楽しめるし、660 t のダンパーを見学できる。図2下がダンパーであり、球形に見えるが円盤を重ねたものとなっている。展望台付近につるされており、ビルが揺れても慣性の法則でとどまろうとして、ビルの揺れが軽減される。

このビルの地下には「鼎泰豊」という小籠包 (図3) のレストランがあり、こちらもお薦めである。私が訪ねたときは1時間待ちであった。東京・新宿高島屋にも入っており、台北での味が忘れられず何度か訪れているが、味が違うのか、味は同じだが本場で楽しんだ熱気が違うのか、このときの感動は東京では味わえていない。また、観光客として訪れる際は余り関係ないが、高層階に Google のオフィスが入っている。ちなみに、世界一高いビルの座は、2010 年にブルジュ・ハリファ (UAE ドバイ) に渡り、同ビルが現在も世界一高いビルである。

5.2 故宮博物院

台北北部にある国立故宮博物院 (図4) には、歴史的価値が高い美術品が多数展示されている。北京の紫禁城とともに訪ねてほしい。建造物は紫禁城に多数あるが、美術品は故宮博物院に多数ある。翠玉白菜と肉形石が余りにも有名だが、毛公鼎など、見どころは多い。

台北中心部から遠いわけではないが、バスを使う必



図5 国立故宮博物院（人物の顔を加工）

要があり、アクセスは余り良くない。是非、計画を立てて訪れてほしい。

5.3 九份

九份という、非常に有名な観光地が山間部にある。かつて金鉱山で栄え、今は情緒あふれる店が軒を連ねるきらびやかな街となっている。この街は「千と千尋の神隠し」の湯婆婆の湯屋のモデルになった、とのうわさが絶えない場所で、特に学生が行きたがるが多く、筆者も複数回（異なる学生と）訪れている。ただし、スタジオジブリが公式に否定していると主張する情報⁽⁵⁾も多数あり、注意が必要だ。

5.4 台北以外の主要観光地

台北市外にも魅力的な都市や観光地が数多く存在している。台湾のほぼ中心に位置する南投県では、美しい湖と寺院が調和する日月潭や中台禅寺が有名で、穏やかな風景を楽しめる。台南市は台湾最古の都市として知られ、赤崁楼や安平古堡など歴史的建造物が多く残る。高雄市は港町として発展し、蓮池潭の龍虎塔や美麗島駅が見所である。更に東部の宜蘭・花蓮・台東では、太魯閣峡谷や海岸線の雄大な自然景観が広がり、都市部とは異なる台湾の魅力を体感できる。いずれも鉄道でアクセス可能であるが、場所によってはタクシーの利用も便利である。

6

歩きやすい街

台北、そして台湾は治安もよく、街全体が日本に似ている側面を持つ。新幹線は車両の広告を掲示する位置まで同じである。街中には日本のコンビニエンスストア（セブンイレブンとファミリーマート）が多数あ

り、モスバーガーやミスタードーナツも多く、コメダ珈琲や無印良品やマツモトキヨシもある。

MRT（地下鉄）は時間どおりに来るため、日本人の嗜好に合っていると思う。MRTはプリペイドカードを購入し、自動改札にプリペイドカードをかざして入場することもできる。日本人には理解しやすいと思われる。加えて、安価に購入することができるため、様々な場所へ観光するための交通手段として利用を推奨する。

通信環境も良好だ。筆者は空港でSIM（近年はeSIM）の契約をしており、基本的にこれがあれば問題がない。例えば、地図アプリ（Google マップなど）を見ながらの移動などの必要なことは全て賄えるはずだ。また、街中のフリー Wi-Fi も多い。日本よりも多いかもしれない。

そして、日本ほどではないが、街中のごみ箱が少ない。これは、諸外国の人にはかなりつらいことかもしれない。ただ、日本の生活に慣れた日本人なら、難なく乗り切れることであろう。

また、台湾で使われている漢字は、日本で使われている漢字に近く、読みやすい。駅名や地名などは多くの日本人にとって、アルファベットで表記されるより、現地の漢字で書かれた方が読みやすいことであろう。

7

台北の国際会議

台北や台湾では、電子情報通信技術の国際会議も頻繁に開催されており、研究者であれば比較的容易に訪れることができる。前述のとおり、電子情報通信学会通信ソサイエティのフラッグシップ国際会議 ICETC 2026 が今年、台北の台大医院国際会議センターで開催される予定である。また、IEEE ICCE-TW という IEEE Consumer Technology Society が開催しているコンシューマエレクトロニクスの会議が毎年台湾で開催されている。こちらは2ページの原稿で投稿できるため、比較的容易に参加できる。過去には IEEE GLOBECOM や APNOMS などが台北で開催されている。

8

おわりに

本記事では、台北とその周辺の魅力について伝えてきた。本年 11 月には通信ソサイエティのフラッグシップ国際会議 ICETC 2026 も開催される。一度、台北を訪れてみてはいかがであろうか。

■ 文献

- (1) <https://www.ieice.org/cs/icetc/>
- (2) JAL グループ, “沖縄・台北発着路線ネットワーク.”
<https://www.jal.co.jp/jp/ja/inter/route/jta/>
- (3) <https://www.nthcc.com.tw/>
- (4) “台湾高鐵.” <https://jp.thsrc.com.tw/>
- (5) <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%9D%E4%BB%BD>

山口実靖 (正員)

2002 東大大学院工学系研究科電子情報工学専攻博士課程了。博士(工学)。同年から東大生産技術研究所学術研究支援員、産学官連携研究員、日本学術振興会特別研究員。2006 工学院大・工・講師。2007 准教授。2016 同情報学部准教授。2021 同教授。専門はオペレーティングシステム、通信プロトコル。台湾開催の国際会議に多数参加し、直近2年で4回の訪台となり、訪台し放題である。



山本 嶺 (正員: シニア会員)

平 19 芝浦工大・システム工学・電子情報システム卒, 平 21 同大学院修士課程了。平 24 早大・博士後期課程退学, 同研究科助手。平 26 電通大学院情報システム学研究科助教, 平 31 同准教授。通信ネットワークに関する研究に従事。博士(国際情報通信学)。



林 合祐 (正員)

2014 千葉大大学院博士後期課程了。博士(工学)。同年, (株) KDDI 研究所入社。移動通信用アンテナ, 電波伝搬及び次世代移動通信システムの研究・開発に従事。2019 年ソフトバンク株式会社入社。現在, 移動通信システムにおけるアンテナ, メタサーフェス, 電波伝搬の研究・開発に従事するとともに, ITU-R SG3 における移動通信用電波伝搬の標準化活動に従事。2014 IEEE Japan Council AP-S Chapters Young Engineer Award 受賞。



緑と創造が息づく街 「三鷹」

街plus
探訪



NTT 株式会社 中村光貴 Mitsuki Nakamura

1 はじめに

本稿では、東京都心の西方、武蔵野台地に位置する三鷹市を紹介します。

図1に示すとおり、三鷹市は、東京都のほぼ中央部に位置し、23区に隣接する都市です。2026年3月時点で人口は約19万人です。三鷹市の北側に位置する三鷹駅は、JR中央線で新宿駅まで約20分と都心へアクセスが良く、日々多くの人が利用しています。三鷹市は都心に近いだけでなく、緑豊かな井の頭恩賜公園などに加え、国立天文台三鷹キャンパスなどの研究機関も立地しており、緑と創造が息づく街です。三木露風、亀井勝一郎、山本有三、武者小路実篤、太宰 治など多くの作家・詩人が居を構えた街としても知られています⁽¹⁾。

2 三鷹市の歴史

三鷹市の元になった三鷹村は、1889年の市制・町村制の施行で、上連雀・下連雀・井口新田・深大寺新田・大沢・野崎・新川・中仙川・北野・牟礼と呼ばれていた10の村が合併して成立しました。名前の由来は、野方領・世田谷領・府中領の三つの領にまたがる鷹場の



図1 三鷹市と周辺都市

国土地理院「地理院地図」<https://maps.gsi.go.jp/#11/35.682677/139.569626/&base=blank&ls=blank&disp=1&vs=c1glj0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f0>を基に加工して作成

村々が集まったことによると言われています。その後、1940年に町制が施行されて三鷹町となり、1950年に三鷹市となりました⁽¹⁾。

3 三鷹駅

三鷹駅は、JR中央線が乗り入れています。都心へのアクセスの良さから、多くの人に利用されており、2024年度のJR東日本における1日平均乗車人員は、御茶ノ水駅や大井町駅に次ぐ47位となっています⁽²⁾。三鷹駅構内及び駅直結の建物には、商業施設があり、食料品だけでなく様々な日用品が取りそろえられています。三鷹駅の北側が武蔵野市、南側が三鷹市となっています。図2及び図3に示すとおり、南口はペデス



図2 三鷹駅南口



図3 三鷹駅南口ペデストリアンデッキ



図4 三鷹駅南口バス停



図6 井の頭恩賜公園 井の頭池

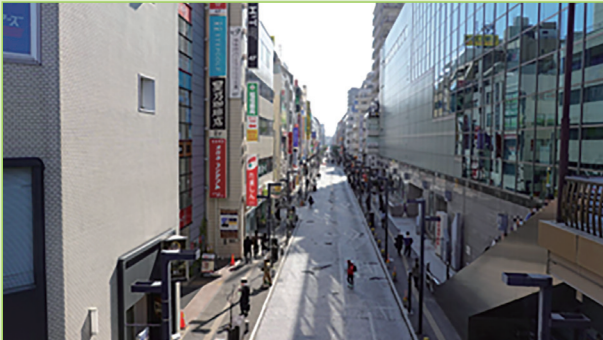


図5 三鷹駅南口から延びる道路

トリアンデッキ（高架の歩行者専用通路）が整備されています。そのため、図4に示すとおり、三鷹駅南口を発着所にするバス停へ直接アクセスできる構造となっています。三鷹駅から近隣の主要施設へのバスが発着しており、住民の重要な移動手段となっています。

図5に示すとおり、三鷹駅周辺の道路網は、主要道路に沿って格子状に配置されており、整然とした印象を与えます。格子状の道路に沿って、多様な業態の店舗や建物が軒を連ねており、散策すると、思わぬ店や施設に出会うこともあります。

4 井の頭恩賜公園

井の頭恩賜公園は、三鷹市の北東部に位置しています。三鷹市と武蔵野市にまたがる都立公園で、井の頭池や「三鷹の森ジブリ美術館」があることで知られています。井の頭恩賜公園は1917年に開園しました。園内は、井の頭池周辺、雑木林のある御殿山、運動施設のある西園、第二公園と4区画に分かれています⁽³⁾。図6、7、8のとおり、園内では、植栽された樹木や季節ごとに多様な草木を見ることができます。筆者が訪れた2月には、梅の花が開花していました。井の頭池周辺には、約200本の桜があり、都内有数の桜の名所としても知られています。



図7 井の頭恩賜公園 植生



図8 井の頭恩賜公園 各施設案内板

5 国立天文台三鷹キャンパス

国立天文台三鷹キャンパスは、国立天文台の本部キャンパスです。国立天文台の研究施設や観測装置のほか、日本天文学会の本部や東京大学天文学教育研究センターがあります⁽⁴⁾。

現在の東京大学に相当する東京帝国大学附属東京天文台が三鷹への移転を決定し、1914年頃から工事が開始されました。そのため、当時の歴史的建造物が現在も多く残っています。これらの建造物のうち、国立天文台太陽分光写真儀室、国立天文台大赤道儀室、国立天文台第一赤道儀室、国立天文台レプソルド子午儀室、



図9 太陽分光写真儀室(太陽塔望遠鏡・アインシュタイン塔)
(提供: 国立天文台)



図10 大赤道儀室(提供: 国立天文台)



図11 第一赤道儀室(提供: 国立天文台)



図12 レブソルド子午儀室(提供: 国立天文台)



図13 ゴーチェ子午環室(提供: 国立天文台)



図14 旧図庫及び倉庫(提供: 国立天文台)



図15 門衛所(提供: 国立天文台)



図16 表門(提供: 国立天文台)

国立天文台ゴーチェ子午環室, 国立天文台ゴーチェ子午環第一子午線標室, 国立天文台ゴーチェ子午環第二子午線標室, 国立天文台旧図庫及び倉庫(旧図書庫),

国立天文台門衛所, 国立天文台表門の計10件が有形文化財に登録されています⁽⁵⁾。

国立天文台三鷹キャンパスは, 入場無料で所定のコ

ースを自由に見学が可能です。図9～16に示す登録有形文化財の建造物の多くがコース内にあり、間近で（一部は建物の中に入って）見ることができます。（写真はいずれも国立天文台から御提供頂きました。）

6 おわりに

本稿では、都心へのアクセスが良く緑豊かな街として、三鷹を紹介しました。筆者は所属企業の研究所の最寄り駅が三鷹駅であるため、これまで頻繁に利用していましたが、地域の歴史や背景については詳しく知りませんでした。本稿の執筆にあたり、各所を調べたり、実際に訪問したりすることで、三鷹の魅力を改めて知ることができました。是非、皆様も三鷹を訪れて頂ければ幸いです。

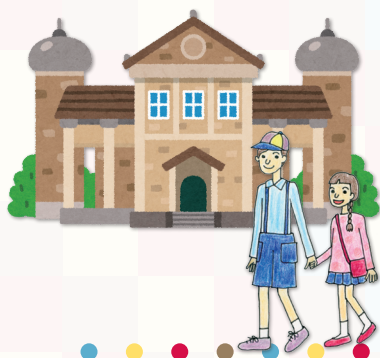
■文献

- (1) 三鷹市 . <https://www.city.mitaka.lg.jp>
- (2) JR 東日本, “各駅の乗車人員 2024 年度.” <https://www.jreast.co.jp/company/data/passenger/>
- (3) 東京都建設局 井の頭恩賜公園 . <https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jimusho/seibuk/inokashira>
- (4) 国立天文台国際連携室 . <https://naoj-global.mtk.nao.ac.jp/life/c-2.html>
- (5) 国立天文台, “トピックス 三鷹キャンパスの建造物 7 件が登録有形文化財に.” <https://www.nao.ac.jp/news/topics/2013/20131115-cultural-property.html>

中村光貴（正員）

2012 慶大・理工・電子工卒。2014 同大学院修士課程了。同年日本電信電話（NTT）株式会社。2020～2023（株）NTT ドコモ。2023NTT 株式会社。現在に至る。無線アクセスシステムにおける電波伝搬特性と QoS 予測に関する研究に従事。





福井県立恐竜博物館

橘 拓至 Takuji Tachibana 福井大学

1 はじめに

2024年3月に北陸新幹線が延伸開業し、東京から福井県へ乗り換えなしに3時間未満でアクセスできるようになった。福井県は、日本で発見された恐竜化石の約8割が出土している地域であり、本県で出土した化石によって初めて確認された恐竜種も複数存在する。更に、日本最大級の恐竜化石発掘現場も有することから、近年では「恐竜王国」として広く認知されている。こうした背景から、2025年度には福井県立大学に「恐竜学部」が新設され、入試倍率の高さから恐竜人気がかげえる。

本稿では、恐竜王国・福井県にある日本最大級の恐竜博物館である福井県立恐竜博物館（福井県勝山市）を紹介

する。同博物館は恐竜研究の拠点としての役割も担っており、実物大の骨格標本や化石、恐竜ロボットなどの展示を通して、恐竜の進化や古生物学の研究成果を楽しむ、分かりやすく学ぶことができる。ちなみに、カナダのロイヤル・ティレル古生物学博物館、中国の自貢恐竜博物館と並び、世界三大恐竜博物館の一つとも称されている。

2 XR バスで恐竜博物館へ

今回、福井駅から恐竜博物館への移動に図1に示す新感覚XRバス「WOW RIDE いこっさ！福井号」を利用した⁽¹⁾。このバスは2024年6月に運行を開始し、拡張現実（XR）技術によって移動中も恐竜にちなんだ体験ができるため、家族連れを中心に大変な人気となっている。車窓の風景に恐竜をテーマにした映像が重なるように表示され、まるで数千万年前にタイムスリップしたかのような感覚になる。帰りのバスでは行きの映像とは違う内容を楽しむことができる。

また、福井駅からえちぜん鉄道で勝山駅へ向かい、勝山駅からバスで恐竜博物館まで移動する場合には、福井駅と勝山駅を結ぶ「恐竜列車」（予約制）を利用できる⁽²⁾。恐竜列車は2両編成で、車両に70種以上の恐竜がラッピングされており、迫力ある模型やモニュメントが車両内に配置されている。車両内は、1両がジャングルゾーン、もう1両が化石発掘ゾーンとなっており、それぞれ異なるテーマで装飾されている。更に、探検隊に扮した乗務員が乗客を迎え、楽しいおもてなしによって特別な列車旅を楽しむことができる。

3 圧倒的なスケールで美しい恐竜展示

恐竜博物館に到着すると、まず目に飛び込んでくるのが、「恐竜の卵」を模した特徴的な外観である（図2）。期待感を膨らませて館内に入ると、すぐに3階のゲートから地下1階まで一直線のエスカレーターで下るこ



図1 WOW RIDE いこっさ！福井号



図2 恐竜博物館の外観

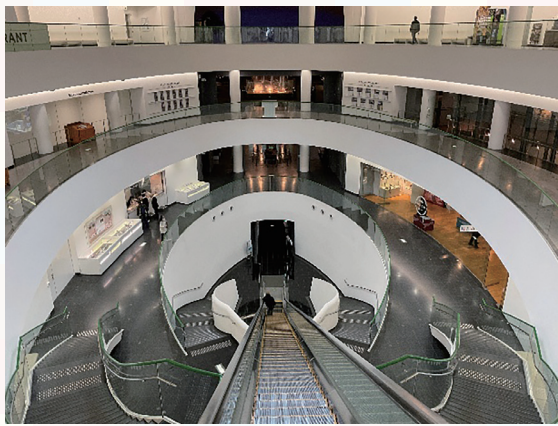


図3 3階のゲートからエスカレーターで常設展示室へ

となる。このエスカレーターに乗っていると、タイムマシンで恐竜時代に向かう感覚、地中に眠る化石の世界に入り込む感覚になり、「ワクワク・ドキドキ感」いっぱい「常設展示室」へ向かうことになるだろう（図3）。

常設展示室は到着時に見た卵型のドーム内にあり、展示の大きさや数の多さだけでなく、その美しさにも圧倒される（図4）。この展示室は「恐竜の世界」「地球の科学」「生命の歴史」の3ゾーンに分けられており、世界的に有名な恐竜の骨格標本が数多く展示されている。

特に、来館者の注目を集めていたのは、体を動かしながら口を開き、迫力ある鳴き声を発するティラノサウルスのアニマトロニクス（ロボット）である。まるで本物であるかのような臨場感があり、小さな子供が怖がって泣き出してしまうこともあるため、子供連れで来館する際には注意が必要である。

福井県で発見された恐竜6種の化石展示も充実している。図5に示すように、フクイラプトルやフクイサウルスなどの研究成果が詳しく紹介されており、発掘調査の様子や化石の保存方法についても解説されている。また、太古の海で食物連鎖の頂点に君臨したティロサウルスも必見である。その大きさは、図6に展示全体が



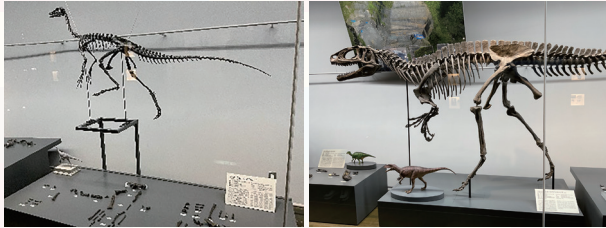
ティラノサウルスのアニマトロニクス（ロボット）

図4 常設展示室



(a) フクイティタン

(b) フクイベナートル



(c) フクイエンシス

(d) フクイラプトル

図5 福井県で発見された恐竜の化石・骨格標本



図6 ティロサウルスの展示（一部）

入っていないことから分かるであろう。本標本の組上げ方法は、YouTube で公開されている⁽³⁾。

中国四川省の中生代の情景を実物大に再現したジオラマや対面スクリーンで恐竜時代を体感することもできる。また、土日曜・平日を問わず、「ダイノクイズ」や「ワンポイント解説」などの家族連れ向けのイベントが開催されている。

1 階から 2 階にまたがる「ダイノラボ」では、ティラノサウルスの全身骨格を中心に、恐竜の体や暮らしについて学ぶことができる。また、円形の通路からは化石クリーニング室の中を見ることができ、実際のクリーニング作業をいつでも見学できる。本館入り口と同じ 3 階にある講堂では、恐竜が主役の大人気絵本「おまえうまそうだな」シリーズと「かいけつゾロリ」のオリジナルアニメも上映されていた。隣の研修室には、福井県立大恐竜学部の紹介コーナーがあり、窓からは隈研吾氏が設計した福井県立大学の恐竜学部棟を望むことができた。

恐竜博物館は年々来場者が増加しており、2023 年 7 月にはリニューアルで新館が増築された。この新館へは本館 2 階の連絡通路を通っていくことができ、新館の 1 階にある「3 面ダイノシアター」では 1 億 2000 年前の恐竜の様子を臨場感ある映像で楽しむことができる。訪問当日は「福井編」「ララミディア大陸編」「夜の展示室編」の 3 種類の映像が連続で投影されていた。筆者は各映像を 1 回ずつ見て次に移動したが、筆者の到着前



図7 ダイノラボと化石クリーニング

から既に映像を見ていた幼稚園くらいの子供は「まだ見たい」と言ってその後も見続けていた。

新館を見学して 3 階まで上がった後は、ミュージアムショップで土産の購入や、レストランで昼食を楽しむことができる（図 8）。筆者が食べた「化石発掘オムハヤシライス」には、メニュー名にちなんだ楽しいサプライズが用意されていた。

4 化石発掘体験と化石研究体験

恐竜博物館を訪れる際には、是非、化石発掘体験に参加することをお勧めする。本体験では、博物館の近隣に設けられた発掘現場を模した発掘体験施設で、ハンマーなどで石を割って化石を探すことができる。体験施設の岩石は発掘現場から搬入された本物であり、比較的高い確率で木片や葉の化石を発掘できる。

筆者が 10 年ほど前に体験した際には、木の枝の化石を発見して持ち帰ることができた（図 9）。まれに学術的価値が高い化石が発掘される場合もあるが、その際は化石を研究対象として寄贈しなければならず、残念ながら持ち帰ることはできない。

更に、2023 年のリニューアルに伴い、「化石発掘プラス」「T-rex 頭骨復元」「化石クリーニング」「CT 化石観察」の化石研究体験プログラムが新たに導入された。これらのプログラムを通して、化石の復元や分析などの研究プロセスの一端を体験できるようになり、恐竜に関



図8 ミュージアムショップとオムハヤシライス



図9 筆者が過去に発掘した木の枝の化石

する研究の理解度をより一層高められるようになった。

5 恐竜の情報伝達手段

最後に、恐竜のコミュニケーション手段について簡単に紹介する。文献(4)で説明されているように、恐竜は音声を用いてコミュニケーションを行っていた可能性が高い。特に、現生の大型鳥類との比較から、恐竜は口を大きく開けるのではなく、口を閉じた状態で低周波の鳴き声を発していたと推測されている。

また、頭部に中空構造のトサカを有する恐竜では、その内部に空気を通過させることで音を共鳴・増幅し、特徴的な音声を生成していたと考えられている。更に、羽毛の色彩や骨格形状などの視覚的特徴による情報提示や、歩行時に生じる地面振動を利用した情報伝達の可能性も報告されている。このように、恐竜のコミュニケーションは単一の手段だけに依存せず、多様な情報伝達手段を組み合わせていたとみられている。

6 おわりに

福井県立恐竜博物館は、恐竜に関する研究の最前線を体験できる世界でも有数の施設であり、巨大な骨格標本や迫力ある恐竜のモニュメント展示に加え、化石研究などの解説も充実している。更に、体験型プログラムも豊富で、小さな子供から大人まで幅広い世代が楽しめる点も魅力の一つである。福井を訪れる機会があれば、是非一度足を運び、中生代を生きた恐竜をはじめとする古代生物の世界に触れて頂きたい。きっと、学びと体験を両立した有意義な時間を過ごすことができるに違いない。

文献

- (1) 観光周遊型 XR バス. <https://www.jr-odekake.net/navi/wowridefukui/>
- (2) 恐竜列車. <https://www.echizen-tetudo.co.jp/dino-train/>
- (3) 【恐竜】ティロサウルスの組上げ. <https://www.youtube.com/watch?v=oyz9IIE8e0>
- (4) 福井県立恐竜博物館 HP 恐竜・古生物 Q&A. <https://www.dinosaur.pref.fukui.jp/dino/faq/r02036.html>

橘 拓至 (正員：シニア会員)

平 12 名工大・工卒。平 13 奈良先端大・情報科学研究科博士前期課程了。平 16 同大学院博士後期課程了。平 16 情報通信研究機構専攻研究員、平 18 奈良先端大助手、平 23 福井大准教授、平 31 福井大教授。博士(工学)。



図書館を支える技術： 知のインフラの実装と展開

アカデミック・リソース・ガイド株式会社 岡本 真 Makoto Okamoto

1. はじめに

本連載の枠組みとしては異色かもしれないが、今回は「図書館」という大きなテーマで開発物語を執筆する。筆者はヤフー株式会社で10年間（1999～2009年）、Webサービスの企画・開発・運営と産学連携に従事した後、アカデミック・リソース・ガイド株式会社（arg）を創業した。現在、この会社では主に公共図書館や大学図書館のデザインとプロデュースを行っている。

今回、この経験をつづることを誘われたわけだが、本誌の読者層を考え、特に若い世代の読者に図書館という、一見古めかしい、伝統芸能のような世界に関心を持ってもらい、なおかつ情報技術に関わる方々にも関心を持ってもらえないかと考えた。その結果、特定の図書館の開発物語ではなく、図書館を開発するにあたって情報技術がどのように生かされているのか、を詳しく語ることにした。

本稿がこれから働き出す世代の一助になれば幸いである。

2. 図書館の開発と長尾 真が残したこと

図書館という施設を構築し、運用するプロセスは、

建築や行政サービスの提供にとどまらない。そこでは、数万、数十万から、時には100万件を超える書誌データと物理的な資料、そして日々刻々と変化する利用者の動線を、最適に接続するための高度な情報基盤の設計が必要とされる。この設計・実装・運用の総体を、本稿ではこうした営みを「図書館開発（Library Development）」と呼んでいる。電気情報系の技術を志す者にとって、図書館は単なる「静かな読書空間」ではなく、大規模な情報流通、複雑なデータベース運用、物理層でのデバイスや通信の制御が交差する「大きな情報インフラ」としての側面を持っている。

この図書館開発という領域において、その設計思想の基礎を築いた巨人の一人が、国立国会図書館（NDL）元館長であり、情報工学の研究者であった長尾 真（1936～2021）である。長尾の業績を振り返ることは、現代の図書館がなぜこのようなシステム構成をとっているのか、その背景にある「知の構造化」という理念を理解することにつながっていく。長尾はインターネットが一般に普及する以前から、コンピュータが単なる計算機を超え、人間の知的な活動を支援する「知識の器」へと進化することを予見していた。

長尾が提唱した「電子図書館」構想は、当時とし



図1 長尾真が残した「図書館」関連のテキスト

出典：https://tatsu-zine.com/books/miraino-toshokan http://hdl.handle.net/2433/244172

ては極めて先進的なものであった(図1)。それは単に紙の本をスキャンして、画像データに置き換えるというわい小な話ではない。長尾が目指したのは、人類が蓄積してきた膨大な知識をデジタル技術によって「構造化」し、世界中の誰もが、いつでも、どこからでも、その「知の海」から誰もが必要な情報にたどり着ける場所をつくることであった。

長尾はその実現のために、情報工学の知見を図書館という公共インフラにも惜しみなく投入した。また長尾に限らず、多くの情報工学者の知見は、図書館における伝統的な「目録(カタログ)」の概念を根本から変えた。かつての図書館では、本を探すためには物理的に「カード目録」を1枚ずつ見ていく必要があったが、これを電子的なデータベース(蔵書検索システム、OPAC: Online Public Access Catalog)へと転換させたのは、まさに情報工学の成果である。

しかし、長尾の視線は常に、更にその先に向かっていて、単に本のタイトルや著者名で検索できるだけでなく、本の内容そのものを解析し、概念同士の関連性を結び付けることで、利用者が意識していない「関連する知識」へもアクセスできるようにする。この「連想」や「発見」を支援するシステムの構築こそが、長尾が描いていた図書館開発の核心だろう。Google Book Searchが登場した際、長尾が米国の新聞で用いられていた“Book reads books”という表現に強く関心を示していたことが思い出される。

さて、長尾が描いた「本の内容そのものを解析し、概念同士の関連性を結び付ける」という理想は、当時の技術では完全に具現化することは困難であった。しかし、文章の意味を読み取るAI技術の発展により、この構想は半世紀の時を経て技術的に実現可能なものとなった。単なるキーワードの一致ではなく、文章の「意味の近さ」を計算し、利用者が意識していない関連知識へ誘導するシステムは、まさに長尾が示した方向の延長線上にある。

また、国立国会図書館長としての長尾は、資料のデジタル化を国家規模のプロジェクトとして推進した。これには莫大な予算と、それを支える高度なスキャン技術、画像処理アルゴリズム、そして永続的なデータ保存のためのストレージ設計が必要とされた。長尾は技術者としての冷徹な視点と、知の継承を重んじる人文的な視点を併せもち、物理的な本が持つ「一回性」と、デジタルデータが持つ

「遍在性」をいかに調和させるかに腐心した。現在、私たちが利用している大規模なデジタルアーカイブの多くは、長尾が敷いたレールの上を走っている。

長尾が構想したこと全てが実現しているわけではないが、その一端は「国立国会図書館デジタルコレクション」で確認できる。国立国会図書館のデジタル化事業は長尾の館長就任以前から着々と進められてきたが、長尾の着任によって大きく加速したこともまた事実である。これについては最終章でも改めて触れよう。

電気情報系の学生諸氏に理解してほしいのは、図書館における「技術」は、常に「公共の利益」という目的と直結している点である。民間サービスにおけるアルゴリズムが個人の関心を囲い込む「フィルターバブル」を助長しがちなのに対し、図書館のシステムは、あえて多様な視点や未知の知識へとユーザを誘うように設計されるべきである、という思想がそこには流れている。長尾が残した地図は、今もなお、私たちが新しい技術を図書館に実装する際の重要な指針となっている。

現代の図書館開発は、長尾が示した「知識の構造化」という理想を、RFIDやAI、IIIF(後述)といった最新の技術群を用いて、いかに物理的な現場へと落とし込んでいくかという、極めて具体的な実践の段階にある。次章では、その中でも特に物理的な空間を動かしているICタグ等の技術動向について、その実態と課題を詳述する。



3. ICタグ等の図書館を動かしている技術動向

3.1 ICタグの導入と通信規格の変遷

現代の図書館において、最も目覚ましい変化をもたらしたのは、ICタグ(RFID: Radio Frequency Identification)の導入による貸出・返却業務の自動化である。かつて図書館のカウンターは、司書が資料1冊1冊のバーコードを読み取り、貸出処理を行う対面業務の場であった。しかし現在では、多くの図書館において、利用者が自ら資料を置いて処理を完結させる「自動貸出機」が日常的な風景となっている(図2)。

この自動化を支えるICタグの技術には、大きく分けてHF帯(13.56 MHz)とUHF帯(920 MHz帯)の二つの周波数帯が存在する。日本の図書館における導入初期はHF帯が主流であった。HF帯は通信距離が数cmと短く、意図しない隣接



図2 鹿兒島市立天文館図書館の自動貸出機

(写真提供：日本ファイリング)

タグの読取りを防ぎやすいという利点があった。

しかし、技術の進展に伴い、現在は UHF 帯への移行が加速している。UHF 帯の最大の特徴は、一度に数十冊の資料を重ねた状態でも、瞬時にかつ正確に一括読取りができる点にある。これにより、返却ポストに投函された大量の資料を、ゲートに通すだけで一気に返却処理を済ませる、あるいは貸出時の手続きを劇的に短縮させるといった、物流的なスループットの向上が実現した。

3.2 現場における実装と電波制御の難しさ

この利便性を実現するためには、物理層における精密な調整が求められる。IC タグの読取りを阻害する最大の要因は、図書館の書架や什器（じゅうぎ）に多用されている「金属」である。金属は電波を反射・遮断する特性を持ち、特に、UHF 帯の電波は金属との干渉に敏感である。自動貸出機的设计においては、読取り台（フラットベッド）の下に配置されたアンテナの範囲を細かく調整し、隣接する

貸出機や、たまたま近くを通り掛かった利用者の持ち物を誤って読み取らない（誤読取り防止）ようにするかが、実際の設計の肝となる。

機器のきょう体内部には電波を遮蔽するシールド材が隙間なく配置され、物理的な「電波の境界線」が構築されている。利用者がただ資料を置くだけというシンプルな動作の裏には、こうした目に見えない電磁波制御のデバッグ作業が積み重なっている。

自動化の波は、貸出カウンターを超えて「予約資料の受取り」という場面にも及んでいる（図3）。近年導入が進んでいる「予約棚」は、棚板一枚ごとに「棚アンテナ」を埋め込んだシステムである。予約された資料が所定の区画に配架されると、アンテナが資料の IC タグを検知し、システムが自動的に利用者に準備完了を通知する。

利用者は、自分の予約本がどの棚にあるかを把握し、職員を介さずに資料を手に取り、そのまま自身で貸出処理を行う。ここでも技術的な課題となるのは、やはり金属製の棚板による干渉と、読取り範囲

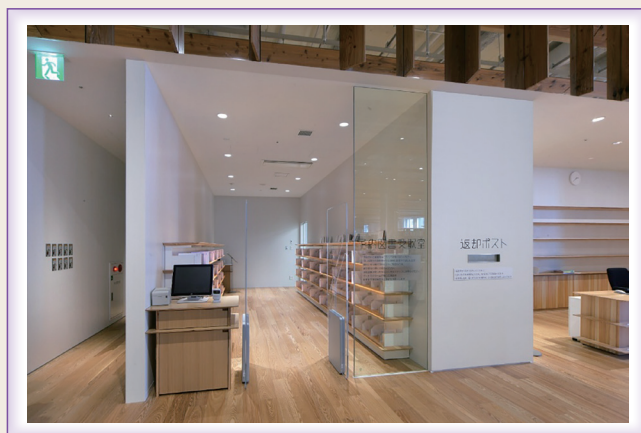


図3 富山市立図書館本館の予約棚

(写真提供：日本ファイリング)

の厳密な制御である。アンテナの出力が強過ぎれば隣の棚の本まで「予約本」として検知してしまい、弱過ぎれば検知漏れが発生する。特定の棚区画だけを確実にカバーするための出力設定と、金属反射を考慮したアンテナ配置の最適化こそが、システムの安定性を左右する。

図書館の出口に設置されている BDS (Book Detection System, 図書検知システム) ゲートも、IC タグを活用した基幹インフラである。これは、貸出処理が完了していない資料の持出しを検知し、アラームで警告を発するセキュリティシステムである。磁気式から RFID 式へと転換が進んだことで、BDS の設計も大きく変わった。かつては威圧感のある巨大なゲートが一般的であったが、現在は透明なアクリルパネル内にアンテナを内蔵する、あるいはアンテナを床下に埋設することで、ゲートの存在を意識させない「アンビエント」な設計が主流となっている。公共空間としての開放性を維持しながら、確実に公共財を保護する。そのための工夫が続けられている。

3.3 技術の持続可能性と資料保存のジレンマ

しかし、こうした物理空間でのサービス実装を語る上で、避けて通れない深刻な課題が2点存在する。

第一は、IC タグという技術の持続可能性が、時間による検証 (Time Proof) をまだ十分には経ていないという点である。図書館の資料は、数十年、あるいは 100 年以上の保存を前提とする。しかし、シリコンチップとアンテナで構成された IC タグが、それほどの長期間、物理的・電氣的に機能を維持し続けられる保証はどこにもない。また、将来的な通信規格の変更や、ハードウェアの製造中止により、現在貼付しているタグが読み取れなくなるリスクも常にはらんでいる。

第二に、更に即物的な問題として、タグの貼付方法と資料の損傷という矛盾がある。現在の IC タグは、資料の見返し部分に強力な粘着剤で固定されている。もし将来、タグの寿命や規格変更のために貼り替えを余儀なくされた場合、この粘着剤を剥がそうとすれば、資料を物理的に傷つけることは避けられない。資料の「永続的な保存」を使命とする図書館にとって、現在の利便性のために資料の寿命を縮めかねない技術を導入しているという事実は、極めて重い倫理的なジレンマである。強力な粘着剤に頼らない貼付方法や、将来的に資料を傷めず剥離でき

る糊 (のり) の開発、あるいは物理的なタグに依存しない新しい識別技術への移行など、資料保護の観点からの技術革新も望まれるだろう。

技術は、常に現場の課題を解決するために導入される。しかし、図書館という特有の環境下においては目先の効率化だけでなく、100 年後の資料の状態を見据えた慎重な技術選定と、それに対する絶え間ない改善が求められる。IC タグ等の物理的な技術動向を理解することは、図書館が直面している「利便性と保存」というジレンマを、別の角度から見ることでもある。

4. 蔵書のデジタル化と新しいサービスの形

図書館が扱う「本」の形は、今、大きな変革期にある。これまでは書架に並ぶ「紙の束」が図書館の資産の全てであったが、現在はそれがネットワークを流れる「デジタルデータ」へと広がっている。本章では、身近な電子書籍サービスの仕組みから、地域の歴史を保存するデジタルアーカイブ、そしてそれらを支える最新の公開規格について解説する。

4.1 暮らしに浸透した電子書籍サービスとその特殊性

今、多くの公共図書館で導入が進んでいるのが「電子書籍サービス」だ。これは、手持ちのスマートフォンやタブレット、パソコンを使い、インターネット経由で本を借りて読むことができる仕組みである。

このサービスが日本国内で決定的に普及したきっかけは、2020 年からの新型コロナウイルス感染症の流行であった。相次ぐ図書館の休館や外出自粛の中で、建物に行かなくても本が借りられる「非対面型サービス」としての価値が再認識されたのである。それまで導入を検討中だった自治体が一斉に予算化し、僅か数年の間に導入館数は数十倍へと膨れ上がった。2026 年 1 月時点の統計によれば (表 1)、全国の自治体における電子図書館の普及率は全自治体の約 34 % に達しており、限定的な実証実験のフェーズを終え、今や公共インフラとしての地位を確立しつつある。

ここで重要なのは、図書館の電子書籍は、私たちが個人で利用する Kindle などの買切り型サービスとは、仕組みが根本的に異なる点である。個人向けサービスでは、一度お金を払えばデータが手元に残り、いつでも自由に読むことができる。しかし、図

表 1 公共図書館 電子図書館（電子書籍サービス）導入図書館 2026 年 4 月 1 日集計

（電子出版制作・流通協議会 電子図書館・コンテンツ教育利用部会まとめ）

https://aebs.or.jp/Activity/Electronic_library_introduction_record.html

[2] 公共図書館 電子図書館サービス（電子書籍サービス）導入図書館集計 推移

調査日	電子図書館導入自治体数	対前回増減	電子図書館数 (1 自治体 1 件で計算)	対前回増減	
2013 年 1 月 1 日	10 自治体	+5	5 電子図書館	+5	
2014 年 1 月 1 日	19 自治体	+9	19 電子図書館	+9	
2015 年 1 月 1 日	27 自治体	+8	27 電子図書館	+8	
2016 年 1 月 1 日	35 自治体	+8	35 電子図書館	+8	
2017 年 1 月 1 日	53 自治体	+18	53 電子図書館	+18	
2018 年 1 月 1 日	64 自治体	+11	61 電子図書館	+11	(広域) 播磨科学公園都市
2019 年 1 月 1 日	85 自治体	+21	82 電子図書館	+18	
2020 年 1 月 1 日	90 自治体	+5	87 電子図書館	+5	(広域) きくち圏域
2021 年 1 月 1 日	141 自治体	+51	135 電子図書館	+48	(広域) たまな圏域
2022 年 1 月 1 日	270 自治体	+129	261 電子図書館	+126	(広域) ありあけ, デジ図書信州, 比企 e ライブラリ
2023 年 1 月 1 日	461 自治体	+191	366 電子図書館	+105	(広域) ミライ on, 沖縄離島, しあわせ, 遠賀郡
2024 年 1 月 1 日	538 自治体	+77	422 電子図書館	+61	(広域) くるめ, つやま
2025 年 1 月 1 日	585 自治体	+47	458 電子図書館	+36	
2025 年 4 月 1 日	590 自治体	+5	470 電子図書館	+5	
2025 年 7 月 1 日	591 自治体	+1	471 電子図書館	+1	
2025 年 10 月 1 日	603 自治体	+12	483 電子図書館	+12	
2026 年 1 月 1 日	611 自治体	+8	491 電子図書館	+8	
2026 年 4 月 1 日	612 自治体	+1	492 電子図書館	+1	新規 4 中止 3

[3] 参考指標（電子図書館導入自治体比率, 全国図書館に対する電子図書館利用可能比率, 電子図書館利用可能基礎自治体人口比率）

1. 電子図書館導入自治体比率	612/1,788 (単位: 自治体)	34.2%	分母: 1,788 = 基礎自治体 (1,741) + 都道府県 (47) 分子: 電子図書館導入自治体
2. 都道府県導入率	33/47 (単位: 自治体)	70.2%	
3. 政令市導入率	19/20 (単位: 自治体)	95.0%	(岡山市未導入)
4. 特別区導入率	21/23 (単位: 自治体)	91.3%	(杉並区・中野区未導入)
5. 市導入率	380/772 (単位: 自治体)	49.2%	
6. 町導入率	111/743 (単位: 自治体)	14.9%	
7. 村導入率	48/183 (単位: 自治体)	26.2%	※北方四島の 6 村除く
8. 電子図書館利用可能基礎自治体人口比率	8,896/12,614 (万人)	70.5%	分母: 日本人口 (2020 年国勢調査) 分子: 電子図書館導入基礎自治体人口合計
9. 全図書館数に対する電子図書館利用可能比率	1,834/3,310 (図書館数)	55.4%	分母: 日本の図書館数 (自治体の条例で定められた図書館, 本館・支分館合計) 分子: 電子図書館を設置した自治体の図書館数 (本館支分館数合計) ※日図協発表, 日本の図書館統計
10. 図書館非設置自治体の電子図書館導入率	44/393 (単位: 自治体)	11.2%	分母: 自治体で条例の図書館を設置していない自治体数 分子: 電子図書館を導入した自治体数

書館の電子書籍はあくまで「公共の資料を一定期間借りる」というモデルに基づいている。

そのため、デジタルデータでありながら、あえて「同時アクセス数の制限」という物理的な本に近いルールが設けられている。例えば、ある本を一冊分（1 ライセンス）だけ契約している場合、誰かがその本を読んでいる間、他の利用者は借りることができず「貸出中」と表示される。データなのだから何人でも同時に読めるはずだが、出版社の権利を守

り、紙の本と同じような経済サイクルを維持するために、このような制限が掛けられている。

また、図書館側が支払う料金体系も特殊だ。「1 冊買えばずっと使える」わけではなく、「52 回貸し出したら契約終了」、あるいは「2 年経たらまたライセンス料を支払う」といった、期間限定のレンタルに近い契約が一般的である。このように、デジタルの利便性と、複雑なデジタル著作権管理 (DRM: Digital Rights Management) がセットになって運



図4 IIIFに対応した佐賀県立図書館データベース

出典 <https://www.sagalibdb.jp/>

用されているのが図書館の電子書籍の実態だ。

現在、多くの自治体がこのサービスを導入しているが、実際の利用率には大きな差が出ている。最大の障壁は、サービス自体の「認知度」の低さだ。住民にとって、図書館はいまだに「紙の本を借りる場所」であり、スマホで本が読めること自体を知らないケースが多い。単にシステムを導入してデータを並べるだけでなく、図書館のホームページや館内の書架に案内を出すなど、いかに住民にサービスを見つけてもらうかという「動線的设计」が、今の現場では非常に重要視されている。

4.2 デジタルアーカイブと地域の記憶

電子書籍が「今読まれている本」を届けるサービスであるのに対し、もう一つの大きな柱である「デジタルアーカイブ」は、地域の歴史や文化を未来へつなぐための取り組みである。

図書館には、一般的な貸出用の本のほかに、その地域でしか手に入らない貴重な資料が数多く保管されている。これらは「地域資料」と呼ばれ、以下のようなものが対象となる。

①古文書（こもんじょ）：江戸時代や明治時代に書かれた古い記録、手紙、村の台帳など。

②絵画・古写真：昔の街並みや祭りの風景、人々の生活を写し取ったもの。

③古地図：土地の境界や古い街道、建物の配置が描かれたもの。

これらの資料の中には、非常に壊れやすく、不用意に触れると紙が崩れたり、光に当てただけで劣化が進んだりするものもある。そのため、普段は暗い書庫に厳重に保管されており、一般の人が直接手に取ることは難しい。しかし、これらは地域の成立ち

を知るための唯一無二の宝物である。

そこで、これらの資料を高性能なカメラやスキャナで「デジタル画像」にし、インターネット上で誰でも見られるようにするのがデジタルアーカイブだ。作業にあたっては、本を180°開くことが難しい貴重書のため、資料を傷めない「非接触型スキャナ」が使われる。撮影された画像は、ただ保存されるだけでなく、内容を調べやすくするための工夫が施される。例えばOCR（光学文字認識）技術を使い、画像の中にある古い文字をテキストデータとして読み取る。これにより、膨大な古文書の中から特定の地名や人名をキーワード検索で探し出すことが可能になる。こうした技術によって、専門家だけでなく、一般の住民も、自分が住む地域のルーツを簡単に調べられる環境が整いつつある。

デジタルアーカイブの撮影は、一般的なフラットベッドスキャナではなく、資料を傷つけない上部設置型の非接触型オーバーヘッドスキャナが主として用いられる。特に、180°開くことが不可能な貴重書や古文書は、V字型の書台に半開きの状態で固定して撮影される。このとき、カメラに対してページが傾斜しているため、画像にひずみが生じるが、専門的な画像処理技術によってこれを補正し、文字が読める平らな画像に変換される。更に、毛筆で書かれた「くずし字」などの古文書に対しては、近年、AIを活用した高度なくずし字認識技術（OCR）が提案・試行されており、読解の自動化と全文テキスト検索の可能性に期待が高まっている。

4.3 オープンデータとIIIFによる公開の標準化

作成されたデジタルデータは、現在では「オープンデータ」として公開されることが一般的になっ



図5 国立国会図書館デジタルコレクション

出典: <https://dl.ndl.go.jp/>

ている。これは、単に画面上で見ただけでなく、一定のルール範囲内で、教育や研究、あるいは新しい作品作りなどに誰もが自由に再利用できるようにする仕組みだ。図書館が抱える知識を社会に開放し、二次利用を促すことが目的である。

更に、これらの画像データをスムーズに閲覧するための世界共通のルールとして「IIIF」(International Image Interoperability Framework, トリプルアイエフ)という規格の採用が広がっている(図4)。これまで、デジタル化した画像を公開する場合、図書館ごとにばらばらの閲覧システムを作らなければならなかった。そのため、利用者はいちいち操作方法を覚え直す必要があり、使い勝手が非常に悪かった。

読者の中には「高解像度のPDFで公開すれば十分ではないか」と思われるかもしれない。しかし、既存のPDF形式には、数GByteに及ぶ巨大な高精細画像を扱う際、ファイルを全てダウンロードしなければ表示できないという、根本的なネットワーク負荷の問題がある。また、特定のビューアやベンダの仕様に依存しがちである。

他方、IIIFという規格に対応することで、利用者は一つの使い慣れた閲覧ソフト(ビューア)を使って、世界中の異なる図書館の画像を同じ操作感で見ることができるようになった。IIIFの最大の特徴は、非常に大きな画像データをストレスなく表示できる点にある。巨大な画像ファイルを全てダウンロードしなくても、見たい部分だけを瞬時にズームして観察することができる。地図の細かな地名の書込みや、絵画の筆跡、古文書の細かな墨の跡まで鮮明に確認できるこの技術は、異なる機関のシステムをまたいで使えること(相互運用性)そして長く保存できること(永続性)を重視した設計になっており、今や

世界標準となっている。

このように、図書館の蔵書は「紙」という形を超え、生活に密着した電子書籍や、歴史を伝えるデジタルデータへと姿を変えている。これらをいかに使いやすく整え、住民の手に届けるか。それが、現代の図書館が技術を駆使して取り組んでいる実務の最前線である。

5. 図書館と技術が交差する未来

本稿で概観してきたとおり、現代の図書館は、ICタグによる物流制御から、IIIFやOCRを用いた情報の構造化まで、多様な技術が複雑に交差する現場である。ここで改めて、図書館というインフラが技術者にとってどのような魅力を持ち、どのようなコミュニティによって支えられているかを整理する。

図書館における技術実装の最大の魅力は、その「時間軸の長さ」にある。一般的なWebサービスや民間のITプロダクトは、数年単位のスクラップ・アンド・ビルドを前提とするが、図書館が扱う資料やデータは、100年単位の保存と提供が求められる。この「永続性」という制約は、システム設計に独自の規律をもたらす。特定のベンダや排他的な技術に依存せず、オープンな標準規格を採用し、いかにして持続可能なアーキテクチャを構築するか。この「制約の中での最適化(最善策を探る作業)」こそが、図書館における情報工学の本質的な面白さである。

また、図書館は「公共の知」を扱うがゆえに、技術的な要件の中に極めて高い倫理性が組み込まれている。特に「読書の秘密」の保護は、単なるプライバシーの問題を超え、個人の思想信条の自由を守る



図6 グローバルな Code4Lib 活動

出典 : <https://code4lib.org/>

ための技術的責務である。利用者の利便性を追求しながら、同時に「誰が何を読んだか」という機微な履歴情報をいかにして匿名化し、あるいは保持しない設計（プライバシー・バイ・デザイン）を貫く。この「利便性とプライバシー保護の両立」という課題は、現代のデータ社会における技術のあり方を問い直す、大きなテーマとなっている。

長尾 真が構想した電子図書館の理想は、現在、国立国会図書館（NDL）が提供する「国立国会図書館デジタルコレクション」という形で着実に具現化されつつある（図5）。ここには膨大な資料がアーカイブされているが、特筆すべきは「個人向けデジタル化資料送信サービス」の存在だ。利用者登録を行い、ログインした状態でアクセスすると、これまで著作権の関係で館外からは閲覧できなかった数多くの資料が、手元の端末で直接利用可能になる。登録前後でアクセスできる情報の量は劇的に変わり、そこにはまさに「知の風景」が一変するような体験が待っている。技術を志す者には、是非この基盤を使いこなしてみしてほしい。

こうした課題や理想は、技術者だけで解決できるものではない。図書館員（司書）が現場で直面している具体的なニーズと、技術者が持つ知識や技術をいかに生かすか。そのためのプラットフォームとして機能しているのが、「Code4Lib」というグローバルなコミュニティである（図6）。

Code4Lib は、図書館員、プログラマー、デザイナー、研究者などが職種の垣根を越えて集まり、知恵を出し合うボトムアップなコミュニティである。日本国内では Code4Lib JAPAN として活動が展開されており、年次のカンファレンスや勉強会を通じて、最新の技術動向や現場での失敗事例、新しいサ

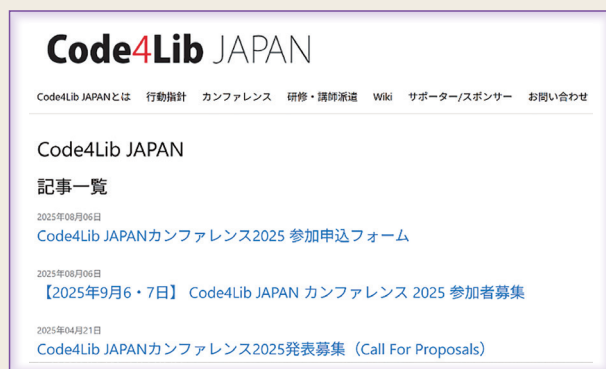


図7 日本での Code4Lib 活動

出典 : <https://www.code4lib.jp/>



図8 「ライブラリー・リソース・ガイド」(LRG) 第55号

<https://www.fujisan.co.jp/product/1281695255/>

ービスのプロトタイプなどが共有されている（図7）。

直近の大きな活動として、2026年9月には三重県伊勢市において年次大会（Code4Lib JAPAN Conference 2026）の開催が予定されている。ここでの特徴は、単なる技術の誇示ではなく、実行主義に基づいた文化である。誰かが投げ掛けた課題に対し、実際に手を動かして形にしていく。この伊勢市大会も、技術的なバックグラウンドの有無を問わず、新しい知のあり方を模索する全ての人の参加を歓迎している。

4. で触れた IIF の活用や、OCR による全文テキスト化の推進なども、こうしたコミュニティ内での草の根的な活動が、実務レベルの実装へとつながった例であり、このような例は少なくない。より多角的な視点から図書館の DX（デジタルトランス

フォーメーション)について深く知りたい方には、筆者が編集・発行に携わっている「ライブラリー・リソース・ガイド」(LRG)の第55号を手にとって頂きたい。同号ではDXを特集しており、本稿の議論を更に拡張する具体的な事例や論考を多数収録している(図8)。

電気情報系の学生諸氏にとって、実は図書館は自らの専門性が直接的に「自由な社会の基盤」を支える実感に伴う場になるのではないかと考えている。在学中はもとより、卒業・修了後の職業生活で自分が書いたコードや調整したアンテナの出力が、子供たちの学習を助け、研究者の発見を促し、地域の歴史を次世代へとつないでいく。それは、単なる効率化のための技術ではなく、人類の知的な営みを物理的・デジタル的に永続させるための「エンジニアリング」である。

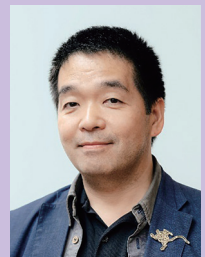
長尾 真が描いた「知識の構造化」という理想は、まだ完成したわけではない。物理的な本のぬくもりと、デジタルの圧倒的なアクセシビリティ。この二つをうまく重ね合わせる方法は、まだ誰も見

つけていない。現場での泥臭いデバッグの繰り返しと、コミュニティでの率直な意見交換を重ねる中でしか、近づいていけないと感じている。

図書館は、過去の知を保存し、未来の知を予見する場所である。本稿や紹介したコミュニティ、資料をきっかけに、図書館という、古くて新しいこの世界に飛び込んでくれる人が一人でも増えれば、筆者としてこれ以上の喜びはない。Code4Lib JAPANなどのコミュニティの門戸は、常に開かれている。専門的な技術を、真に価値ある公共のために役立てたいと願う諸氏の参画を、知の未来を共に築く仲間として待ち望んでいる。

岡本 真

1973年生まれ。国際基督教大(ICU)卒業。ヤフー株式会社で「Yahoo!知恵袋」をプロデュース。2009アカデミック・リソース・ガイド株式会社(arg)を設立。「学問を生かす社会へ」をビジョンに公共施設や文化施設のデザインとプロデュースにあたる。単共著に「未来の図書館、はじめます」等。





頭の中の思考を整理するための生成 AI の活用

福山大学 上野貴弘 Takahiro Ueno

1 はじめに

本稿では中高生、大学生を対象に、生成 AI を活用した思考整理の方法を紹介する。皆さんは、図 1 に示すように「うまく説明できない」「何に困っているのか、自分でも分からない」と感じたことはないだろうか。例えば、作業がうまくいかず、誰かに相談しようとしたとき、「とにかく動かない」「なんか違う」といった曖昧な表現しか出てこない。その結果、相手に状況が伝わらず、何度も聞き返されてしまう。このような場面は、演習や研究相談において散見される。しかし、その問題の多くは単に説明が下手であることだけではなく、頭の中の思考が整理されていないことにも起因する。

こういった問題は相談場面だけに限らず、研究においても起こる。直感的に「良さそうだな」と感じたアイデアが浮かんでも、すぐには言語化できず、時間がたつうちに、結局、何がやりたかったのか曖昧になってしまうことがある。教員として学生対応をしていると、「うまく説明できない」「自分でも何に困っているのか分からない」という場面にしばしば出会う。学生側も苦しいが、受け手側も状況を把握するまでに多くのやり取りが必要となり、双方が疲弊してしまうことがある。頭の中にあるものを整理できないという問題は、コミュニケーションだけでなく、思考そのものの質にも影響するのである。

そこで私はよく思考の整理に ChatGPT⁽¹⁾ や

Claude⁽²⁾、Gemini⁽³⁾ 系に代表される生成 AI サービスを利用している。生成 AI は、そのアーキテクチャの中身を知らない人にとっては、何かを入力すれば、それらしい答えを返してくれる便利な道具として認識されることが多い。しかし、生成 AI は魔法のように意味を理解しているわけではなく、大量のデータを基に学習したパターンや関係性に基づいて、入力に対してもっともらしい出力を生成している。すなわち、何もないところから正解を生み出すというより、与えられた情報を基に形を整えたり、関係を整理したりすることに強みがある。特に、頭の中がもやもやしている段階においてこそ、生成 AI の強みは発揮される。頭の中にある断片的な情報を外に出し、整理し直すことで、初めて自分自身の思考を把握できるようになるからである。

2. からは、このような頭の中の思考が整理できていないことに起因する問題に対して、音声認識と生成 AI を組み合わせた思考整理方法を紹介する。

2 音声ジャーナリングと生成 AI による思考の外在化

多くの人は「きちんと整理してから話そう」「論理的にまとめてから書こう」と考えがちである。しかし、思考がまだまとまっていない段階で、最初から論理的に文章を書こうとすると、かえって手が止まりやすい。何をどう書けばよいのか分からず、結果として何も出てこな

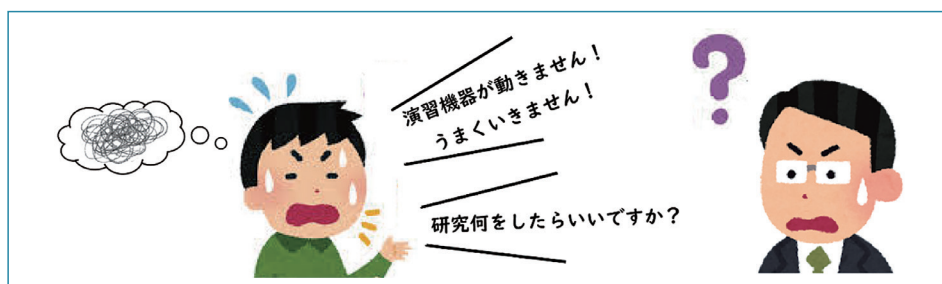


図 1 相談内容が伝わらない様子

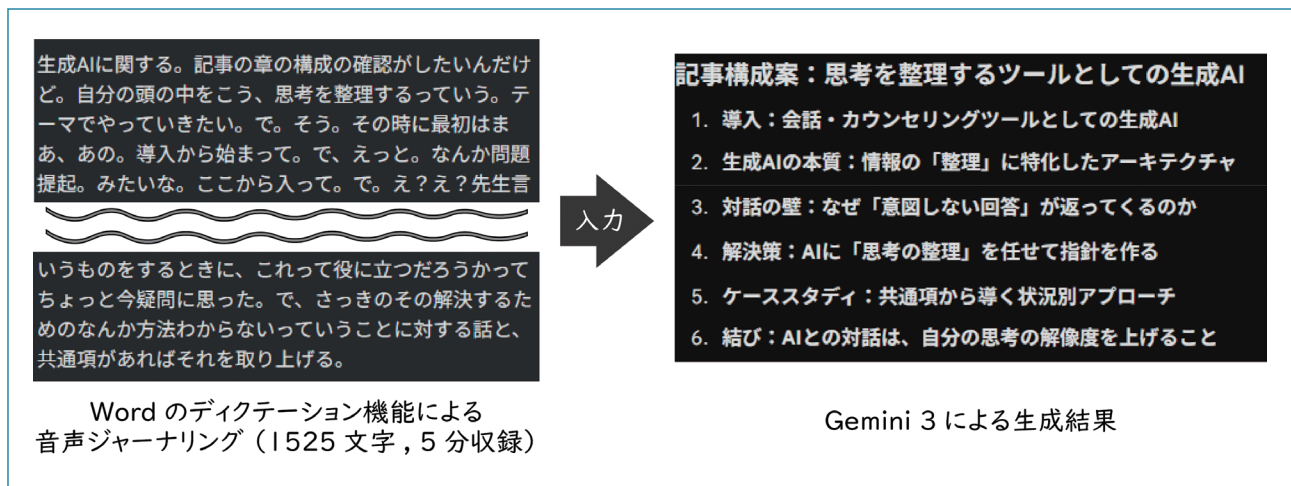


図2 音声ジャーナリングと生成 AI による内容整理

い、あるいは途中で整理できなくなってしまう、という状況に陥ることも多い。このような状態に対して有効なのが、「まずは出す」というアプローチである。つまり、整理されていない状態のまま構わないので、頭の中にある考えを一度外に出し、後から整えていくという方法である。この考え方に基づく実践として知られているのが「ジャーナリング」である。

ジャーナリングとは、自分の思考や感情をそのまま書き出す行為を指す⁽⁴⁾。ここで重要なのは、最初から整った文章にすることではなく、頭の中の状態をそのまま外に出ることである。本稿では、このジャーナリングを音声で行う方法を扱う。すなわち、思い付いたことをそのまま話し、文字として記録し、その内容を後から整理する方法である。以降、これを便宜上「音声ジャーナリング」と呼ぶことにする。例を図2の左側に示す。音声ジャーナリングを実現する手段として、本稿ではMicrosoft Word のディクテーション機能⁽⁵⁾を利用している。Microsoft 365 は多くの大学で包括契約されており、特別な環境を用意しなくても利用できる点でアクセスしやすい実装手段の一つと言える。

もっとも、本質は音声を文字に変換できることであるため、ChatGPT や Claude, Gemini などのサービスに付属する音声入力機能や、ほかの音声認識ツールでも同様のことは可能である。したがって、自分にとって使いやすい方法を選べばよい。

その中で私がWordのディクテーション機能を用いている理由は、手軽に使えるだけでなく、「とりあえず話してみる」という行為の受け口として適しているためである。例えば、学生対応の場面において「まずはそのまま話してみて」と促し、その内容を文字として残し、そのまま生成AIに入力して整理する、といった使い方もできる。音声認識機能がない生成AIにも対応できるほか、Wordの文書上に「文字起こし」されるため、フ

ァイル保存して後で整理することも可能である。

図2の左側は、実際にディクテーション機能を用いて、今回の記事の構成について何も整理されていない状態から、思いつくままに5分程度話した内容を文字起こした例である。ここには、

- ・「えっと」「なんか」といった言葉（「フィラー」）
- ・言い直しや途中で途切れる文
- ・構造の整っていない文章
- ・誤字や脱字

といった、そのままの思考が含まれている。通常であれば、このような文章は読みづらく、他者に伝えることは難しい。しかし、ここで重要なのは、この段階の文章が完成された説明である必要はない、という点である。むしろ、頭の中にあつた曖昧な思考が、いったん外に出され、後から扱える形になっていることに意味がある。この文字起こし結果を生成AIに入力すると、図2の右側のように整理された形へと変換される。

元の文章は散発的であり、記事構成としてはまだ不十分であるが、大まかな流れや意図は把握できる形になっていることが分かる。言い換えれば、この段階ではまだ構成として精査されていない状態であるものの、「何を言おうとしているのか」は伝わるレベルにはなっている。このようにして得られた整理結果を見ながら、「ここは少し違う」「ここが足りない」と感じた点を補い、再度整理を行うことで、徐々に精度を高めていくことができる。最初から完成形を目指すのではなく、一度形にして、それを見ながら修正していくというプロセスが重要である。

私はこのような思考の整理過程を、簡単な粘土造形に似ていると考えている（図3）。ここで想定しているのは、本格的な彫刻作品を仕上げるような造形ではなく、簡単に粘土をこねて形を作っていくような工程である。初期の状態は、まだ何の形にもなっていない粘土の塊で

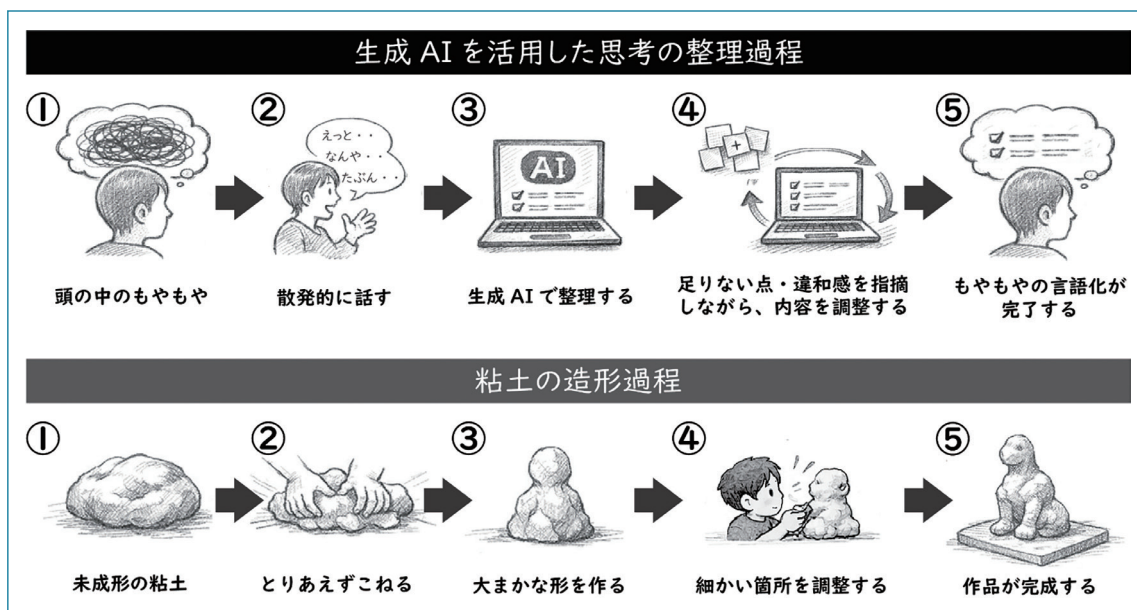


図3 生成 AI を活用した思考の整理過程と粘土の造形過程は似ている

ある。この段階では、何を作るのかさえ明確ではなく、ただ素材が存在しているだけの状態に近い。そこから手を加え、少しずつ輪郭を作っていくことで、大まかな形が見えてくる。この形ができた段階で、作品としては未完成であっても、何を作ろうとしているのかという方向性は把握できるようになる。

音声ジャーナリングによって得られる出力は、粘土形成における「大まかな形」に相当すると考えている。最初に頭の中にある「もやもや」は、未成形の粘土のように形を持たないが、それを言葉として外に出すことで、完全ではないにせよ、ある程度の輪郭を持った状態になる。この段階では、まだ構造も精度も十分ではないが、これは何を表そうとしているのか、という意図は把握できる。そして生成 AI による整理は、その大まかな形を更に整え、それらしい形に近づける工程に対応する。ただし、ここで重要なのは、この段階でもまだ完成ではないという点である。あくまで、「形が見えるようになった状態」にすぎない。

このように、思考整理において重要なのは、最初から正確に作るのではなく、まず大まかな形を作ることであることが分かる。完全に言語化できていなくてもよいが、相手が意図を把握できる程度の形にすることが第一

歩となる。そのためには、①頭の中の内容を外に出す、②大まかな形として捉える、③生成 AI などを用いて整理する、といった段階を踏むことが有効である。更に精度を高めたい場合には、④違和感のある部分を修正する、⑤不足している要素を補う、といった工程を繰り返すことで、最終的に伝えられる形へと近づいていく。

次章では、このようにして整理された内容を、どのような観点で構造化すれば、相手にとって理解しやすい形になるのか、について述べる。

3 SBAR の意識

前章では、音声ジャーナリングと生成 AI を用いることで、頭の中にある「もやもや」を外に出し、「大まかな形」として整理する方法を述べた。他方で、散発的に話そうと思っても、取っ掛かりもないままではどう話せばよいかわからない、と感じる人もいるかもしれない。そこで意識するとよいことは、話し方の指針（型）である。話し方の型として有用なのが「SBAR」（図4）である。元々は医療現場などで報告の「抜け、漏れ」を防ぐために用いられている手法⁽⁶⁾であるが、本稿のように思考を整理して伝える場面にも応用できる。

- S**ituation（状況）：今、何に困っているのか
- B**ackground（背景）：ここまで何をしてきたのか
- A**ssessment（見立て）：自分では何が原因だと思っているのか
- R**ecommendation/Request（求めること）：相手に何を聞きたいのか

図4 SBAR の概要

SBAR は Situation (状況), Background (背景), Assessment (見立て), Recommendation (求めること) の四つの要素から構成される。例えば、医療現場では次のような会話があるとする。

「患者 A さんですが、本日朝から発熱があり、感染症の可能性があると考えています。検査の指示をお願いします。」

この会話を SBAR に当てはめると下記ようになる。

- ・ Situation: 患者 A さんですが、
- ・ Background: 本日朝から発熱があり、
- ・ Assessment: 感染症の疑いがあると考えています。
- ・ Recommendation: 検査の指示をお願いします。

このように SBAR を意識することで、「何が起きているか、なぜそう考えるか、何を求めているか」といった意図が相手にくみ取ってもらいやすくなる。3. では、この考え方が具体的にどのように役立つかを、二つの場面に分けて紹介する。

3.1 Case 1: 解決方法が分からないとき

例えば、ブレッドボードを使った配線演習で「回路が全然動きません」と相談する場面を考えてみよう。このとき、原因は一つではない。配線の位置が間違っているのかもしれないし、部品の向きが逆なのかもしれない。見た目には正しくつながっていても、ジャンパー線そのものが断線している可能性もある。同じ動かないという現象であっても、その背後には複数の原因が存在する。したがって、「動きません」とだけ伝えても、相手には何が問題なのかが分からない。

ここで SBAR の観点を意識すると、次のような考え方ができる。

- ・ Situation: 回路が動作しない
- ・ Background: 資料を見ながら配線を行った
- ・ Assessment: 配線は合っていると思うが、ジャンパー線などに問題がある可能性を感じている
- ・ Request: どこを確認すべきか分からないので助言がほしい

このように整理された相談だと、相手側も理解しやすいように伝えられることが分かる。

3.2 Case 2: 研究テーマを相談したいとき

同じことは、研究相談にも当てはまる。「研究、何をしたらいいですか」という相談は、本人にとっては率直な困りごとであるが、相手から見ると、何に関心があるのか、どこまで考えたのか、どの点で迷っているのかが分からない。そのため、適切な助言が難しくなる。そこで、SBAR を意識した次のような例を考える。

「研究テーマとして、人の気持ちとか行動の理由みた

いなとこに少し興味があって、アルバイトで接客してるちょっと理不尽だなと思うお客さんがいて、何でそんな言い方になるんだろうとか気になってて、そういうの分析できたら面白いかなと思ってんですけど、ただ自分は情報工学なので、どういうふうに落とし込めばいいか分からなくて、どう整理したらいいか相談したいです。」

上記の例は、ある程度まとまった形で示しているが、実際にはここまで整っている必要はない。図 2 の左側のような散発的な内容で大丈夫である。これを SBAR の観点で見ると、次のように対応付けることができる。

- ・ Situation: 研究テーマの方向性が定まっていない
- ・ Background: 接客経験から疑問を持った
- ・ Assessment: 行動や感情の理由を分析したいと考えている
- ・ Request: どのように整理すればよいか知りたい

このように、SBAR を意識して自分の考えを言葉にしてみると、散発的な発話の中にも、相談に必要な要素が自然と含まれるようになる。更に、その内容を生成 AI に入力すれば、SBAR の観点に沿って整理し直すことができる。その結果、曖昧だった関心や迷いも、相手に研究テーマとして相談しやすい形へと整えられる。

4 思考の整理と生成 AI の活用における留意点

ここまで音声ジャーナリングと SBAR の観点をを用いることで、頭の中にある曖昧な思考を外に出し、更に生成 AI を用いて整理する方法について紹介してきた。しかしながら、この方法を用いる際には幾つかの留意点がある。

4.1 生成 AI は「整理の補助」であり「思考の代替」ではない

生成 AI は、散発的な発話を SBAR のような形式に整えることを比較的容易に行える。ただし、生成 AI はあくまで与えられた情報の再構成を行うにすぎない。何に興味があるのか、なぜそれが気になるのか、という思考の中身は、利用者自身が持っていなければならない。それが曖昧なまま生成 AI に依存すると、一見それらしい文章が得られても、自分の言葉で説明できない「思考の外注」に陥る。

思考整理において重要なのは、言語化を途中であきらめないことである。考えがまとまらないとき、「どうせうまく言えない」と感じて思考を止めてしまいがちだ。しかし、断片的でも言い直しがあってもよいので、とにかく言葉にしてアウトプットすることが大事である。言葉にして初めて、何に困っているのか、どこが曖昧なの

かが自分でも見えるようになり、生成 AI による整理も初めて意味を持つ。

4.2 思考の整理にはメタ認知が必要

本稿で述べてきた方法を用いる上では、自分が何をしているのか、何を考えているのかを意識（メタ認知）することが重要である。生成 AI は、入力された内容を整理し、構造化することには長じている。また、SBAR のような枠組みも、考えを整理して伝えやすくする補助として有効である。しかし、それらはあくまで補助であり、元々の思考や経験そのものを生み出すわけではない。したがって、自分の中に材料がなければ、生成 AI で整理しても、SBAR の観点で並べ替えても、中身のある内容にはなりにくい。

例えば、3. の Case 1 で「配線は合っていると思うが、どこが悪いのか分からない」と言えるのは、自分の作業過程を意識しながら進めていたからこそである。同じことは研究相談（3. の Case 2）にも当てはまる。「接客のアルバイトで理不尽な言動をする客が気になった」という発話は、単なる出来事の報告ではない。そこには、なぜそれが気になったのか、何を面白いと感じたのかという、自分なりの関心や違和感が含まれている。このような話ができるのは、日常の経験に意味を見出し、自分の中で保持しているからだ。生成 AI や SBAR を有効に活用するには、それらの形式を覚える以上に、自分の経験や判断に意識を向ける姿勢が求められる。その積み重ねがあってこそ、生成 AI による整理も、SBAR による構造化も機能する。

4.3 材料が見つからないときは「引き出す」

前節では、メタ認知によって自分の思考や経験を材料として蓄積することの重要性を述べた。しかし、「そもそも何も思い浮かばない」という状態も少なくない。そのような場合、問題は整理の仕方ではなく、材料の取り出し方にあると感じる。こうした場面で有効なのが、思考をインタビュー形式で「引き出す」アプローチである。例えば、「研究テーマが見つからない」と悩む学生に対して、「最近気になったことは何か」といったような問いを重ねることで、本人が意識していなかった関心や経験が言語化されることがある。これは、答えを外から与えるのではなく、既に内側にあるものを掘り起こす行為である。このインタビューの役割として第三者が必要になるが、生成 AI が担うこともできるだろう。引き出されたインタビュー内容は、音声ジャーナリングと同様に、その雑多な内容をそのまま生成 AI に投げるこ

とで、本人が意識していなかった経験や感覚が、対話と整理を通じて初めて言葉になる。

インタビュー形式によって引き出すアプローチは、研究テーマの探索に限らず、就職活動における自己分析や ES（エントリーシート）の作成にも応用できると思っている。

5 おわりに

本稿では、頭の中にあるものをうまく言語化できない、という問題に対して、音声ジャーナリングと生成 AI を組み合わせた思考整理の方法を紹介した。散発的な発話で思考を外に出すこと、SBAR の観点を意識することで思考の要素を引き出せること、そして生成 AI によってそれらを整理し伝えやすい形にできることを示した。思考がまとまらないとき、「うまく言えないからやめる」のではなく、「まとまっていなくても出してみる」というだけで、状況は大きく変わる。本稿で紹介した方法は、研究の相談やレポート作成に限らず、日常の思考整理にもそのまま応用できる。学生にとっては、自分の考えを他者に伝えるための手掛かりとして、教員にとっては、学生の曖昧な相談を受け止め、整理を支援するための視点として活用できれば幸いである。

■文献（サイト閲覧日は 2026 年 4 月）

- (1) OpenAI, “ChatGPT.” <https://chat.openai.com/>
- (2) Anthropic, “Claude.” <https://www.anthropic.com/claude>
- (3) Google, “Gemini.” <https://gemini.google.com/>
- (4) J. W. Pennebaker and C. K. Chung, “Expressive writing: connections to physical and mental health,” Oxford Handbook of Health Psychology, pp. 417–437, Oxford University Press, 2011.
- (5) Microsoft, “Dictate your documents in Word.” <https://support.microsoft.com/>
- (6) K. M. Haig, S. Sutton, and J. Whittington, “SBAR: a shared mental model for improving communication between clinicians,” Jt. Com. J. Qual. Patient Saf., vol. 32, no. 3, pp. 167–175, March 2006.

上野貴弘（正員）

2019 福岡大・工・電子情報工学卒
2021 同大学院工学研究科電子情報工学専攻修士課程了。2024 同大学院工学研究科情報・制御システム工学専攻博士課程了。博士（工学）。同年 福山大学工学部情報工学科助教。現在に至る。メンタルヘルスのセンシングに関する研究に従事。



2025年度 通信ソサイエティ論文賞・マガジン賞 ～受賞論文・記事と総評～

通信ソサイエティ編集会議

1 はじめに

通信ソサイエティは、21回目となる2025年度通信ソサイエティ論文賞の選考を行い、11編の論文を選定した。また、和文マガジンの論文以外の記事も対象とする「通信ソサイエティマガジン賞」（以下、マガジン賞）の9回目の選考を行い、1編を選定した。

本稿では、今年度（2024年10月～2025年9月）の受賞論文・記事と総評を、和文論文誌、英文論文誌、ComEX、和文マガジン、及びマガジン賞の順に紹介する。

2 和文論文誌

和文論文誌は、研究成果や技術動向を母国語で正確に理解できる極めて重要な媒体である。研究経験の少ない学生や若手研究者はもとより、企業における技術者にとっても、最先端の研究成果や技術的知見を言語の壁なく深く学ぶことのできる貴重な学術情報基盤である。和文論文誌編集委員会では、1) 論文賞候補論文の推薦、2) 予備投票、3) 審査査読、4) 論文賞候補論文の絞込み（審議）、5) 論文賞候補論文の選定（投票）、6) 受賞論文の決定（編集会議）の各ステップを経て、優秀論文賞2編、チュートリアル論文賞2編を受賞論文として選定した。

優秀論文賞は、遠隔映像システムのエンドツーエンド遅延測定技術に関する論文、海洋レーダにおいて航空機による不要反射（クラッタ）を抑圧する信号処理手法を提案した論文の2編である。また、チュートリアル論文賞は、所望の励振振幅位相を実現する無損失ビーム形成回路の設計法に関する招待論文、インパルス性電磁雑音の発生位置を二つのループアンテナで推定する手法を提案した招待論文の2編である。

いずれの論文も、新規性、有効性、信頼性及び理解容易性において高い評価を受けており、学術的価値の高い優れた研究成果である。また、その構成や論旨展開、記述方法はいずれも秀逸であり、今後論文を執筆する研究者や技術者にとって良き手本となるものである。優れた

論文に触れることは、最新の技術知識や研究成果を学ぶだけでなく、自ら質の高い論文を執筆するための貴重な学びの機会にもなる。是非読者の皆様には、これらの受賞論文を論文執筆の手本として活用頂き、日頃の研究開発成果を積極的に本論文誌へ投稿して頂きたい。今後も、新規性に富む技術論文から、綿密な調査と体系的な整理に基づくサーベイ論文まで、幅広い成果が数多く報告されることを期待している。

なお、2006年以降の各受賞論文は下記URLから無償で閲覧できるので、是非御活用頂きたい。

https://search.ieice.org/bin/open_access_paper.php?journal=JB&lang=J

■ 優秀論文賞

「遠隔拠点間で測定可能な Glass-to-Glass 遅延測定装置の検討と実装」

水野史暁，松谷健史，佐藤雅明，植原啓介

Vol. J109-B, No. 1, pp. 56-64, Jan. 2026.

受賞理由：本論文は、カメラからディスプレイまでの総遅延（Glass-to-Glass 遅延）を、物理的に距離のある遠隔拠点間でも一方向（1-way）で正確に測定する手法を提案・実装したものである。ドローン（UAV）や水中ロボット（ROV）などの遠隔操縦では低遅延な映像伝送が不可欠である一方、総遅延の測定手法は標準化されておらず、定量的な評価が難しいという課題があった。著者らは、GNSS レシーバーから得られる正確な秒同期信号（PPS）と時刻情報（NMEA センテンス）を活用し、遠隔の2拠点で共通のランダムな測定タイミングを生成・共有する機構を考案した。受光素子を用いた測定では、測定タイミングがディスプレイの走査位置と一致すると結果が偏るが、本手法はこれをタイミングのランダム化により回避している。

実装した測定装置は、基準計測器であるオシロスコープと比較して約10 μsの誤差に収まる精度を達成し、沖縄ー東京間の実証においてもGNSSによる絶対時刻同期と同等の精度を確認するなど、完成度の高さは顕著である。とりわけ、筆頭著者が学生でありながら、理論提案からシステム開発・実証実験までを

主体的に遂行した点は特筆に値する。本成果は、UAVやROVをはじめとする低遅延映像伝送が重要な応用分野に直結するものであり、社会的波及効果も大きい。以上のことから、本論文は通信ソサイエティ優秀論文賞にふさわしい論文であると判断した。

「海洋レーダにおけるレンジ・ドップラワーク補償を用いた航空機クラッタ抑圧に関する検討」

松田 暁, 山田寛喜, 藤井智史, 長名保範, 有馬卓司, 宇野 亨

Vol. J108-B, No. 3, pp. 176-186, March 2025.

受賞理由: 本論文は、波浪の表面流速や波高の情報を求めることができる海洋レーダにおいて、波浪信号に重畳した航空機による不要反射（クラッタ）を抑圧する手法を提案している。従来は、距離とドップラ周波数によって張られる空間上で、波浪信号と航空機クラッタが異なる特徴を持つことを利用してクラッタを抑圧していたが、海洋の表層流などに比べて航空機の場合は速いため、クラッタが距離及びドップラ周波数方向に広がり（レンジ・ドップラワーク）、航空機クラッタの残存や波浪信号の誤抑圧が発生していた。本論文では、航空機クラッタのレンジ・ドップラワークを補償し、信号を特定のレンジ・ドップラセルに重畳させることで、この問題を解消する手法を提案した。目標物の検出性能向上を目的として用いられるレンジ・ドップラワーク補償をクラッタに適用し抑圧性能を高めている点に新規性が、シミュレーションと実観測データそれぞれに両手法を適用し、提案法の効果を示している点に有効性及び信頼性が、また、数式と概念図を用いて両手法を丁寧に説明している点に了解性が認められる。

以上のことから、通信ソサイエティ優秀論文賞にふさわしい論文であると判断した。

■ チュートリアル論文賞

「所望の励振振幅位相を実現する無損失ビーム形成回路の設計法」

深沢 徹, 秋元晋平, 稲沢良夫

Vol. J108-B, No. 11, pp. 486-493, Nov. 2025.

受賞理由: 本論文は、アレーアンテナを構成する各アンテナ素子に対して最適な振幅・位相を有する信号を与えるための回路（ビーム形成回路）の設計法を提案するものである。アレーアンテナは高度な無線通信やレーダを実現する上で重要なコンポーネントである。各素子の励振係数を制御することで実現されるが、相互結合や不整合などハードウェアの問題で誤差・ずれが生じる。この問題を解決する無損失回路の設計法を提案している。アンテナ素子の種類を選ばないという点でも適用範囲が広く、多くの読者にとって非常に有用な知見を提供するもので、特に有効性に優れた論文

である。これまで繰り返し計算を用いた手法は知られていたが、一意に設計可能なアルゴリズムを提案しており、その効果はシミュレーションと実測の双方で緻密に確認されており信頼性も高い論文である。設計手順の説明においてもシンプルでありながら適切な図面が用いられており、簡潔な文章表現と各過程の具体値も示されていることから幅広い層の読者に理解できる構成となっている。以上のことから、チュートリアル論文賞にふさわしい論文であると判断した。

「二つのループアンテナを用いたインパルス性磁気雑音波源定位」

西方敦博

Vol. J108-B, No. 2, pp. 23-30, Oct. 2025.

受賞理由: 現代は電波全盛時代であるが、それに伴い電子機器のEMC（Electromagnetic Compatibility, 電磁両立性）設計に対する要求が厳しくなっており、EMC規格に適合する電子機器を開発するために各社が大きな稼働とコストをかけている。このような状況を改善すべく、電波暗室などの大規模設備を使わず簡単に電磁雑音源の位置推定を行える技術が求められている。著者が提案するアイデアは、そのような技術に資するものである。

電磁雑音源の位置を推定するための従来技術は、アレーアンテナなど大規模な装置を必要とし、更にEMC設計において重要なインパルス性雑音源の位置推定には不向きであった。著者が提案する手法は、たった2個のループアンテナとロボットアームのみを使用するものであり、このような簡素な構成でインパルス性雑音源の高精度な位置推定を可能にしている点は、実用上極めて意義が大きい。また、ループアンテナで取得したデータを基に最適化問題に帰着させて雑音源の位置を推定する手法は新規性が高く、特にデータの特徴量に変換するプロセスは独創性にあふれ、学術的価値も高い。

更に細部まで考え抜かれた理論と注意深い実験から得られた結果は信頼性も高く、読者が本技術を活用する上で十分な情報が提供されている。論文の全体構成が優れているだけでなく、各部において簡潔であるが細部まで理解し易い記述がなされており、非専門家にとっても極めて了解性の高い論文として仕上がっている。本論文から得られる知見は、学术界と産業界の双方に有益と考えられ、チュートリアル論文賞にふさわしいと判断した。

3 英文論文誌

英文論文誌では、正員や編集委員から推薦された論文

を適切かつ公平・公正に審査するために論文賞選定委員会を組織し、編集委員の中から専門分野や編集経験、所属組織などを考慮して論文賞選定委員（以下、選定委員）を選出した。その後、論文賞選定委員会を複数回開催し、議論・審査を経て受賞論文を選定した。

受賞論文の選定は、1) 一次審査、2) 二次審査、3) 論文賞選定委員会での議論・投票、4) 編集委員会での審議、5) 編集会議での審議、の手順で行った。最初の1) 一次審査では、推薦された各論文に対して選定委員が簡易査読を行い、順位付けを行った。なお、一次審査では論文の絞込みを行わなかった。更に2) 二次審査において、一次審査を通過した全候補論文を選定委員が熟読し、新規性、信頼性、有効性などの項目に関して詳細な評価を行った。その後3) 論文賞選定委員会を開催し、各候補論文について二次審査結果を基に議論した後、投票によって受賞論文案を決定した。受賞論文案は更に4) 編集委員会で審議し、5) 編集会議での議論を経て受賞論文が最終的に決定された。

本年度は、通信ソサイエティ論文賞として Best Paper Award に4編、Best Tutorial Paper Award に1編の論文が選ばれた。各受賞論文は、新規性、独創性、有効性、了解性などに関してそれぞれ秀でた特徴を有しており、情報通信分野への高い貢献が期待できる。

英文論文誌では、2006年以降の受賞論文全てを下記 IEICE Transactions Online にて掲載している。また、2024年2月掲載分から全ての論文が、IEEE Xplore にてオープンアクセスで公開されている。是非、各受賞論文を御覧頂き、研究・開発・教育等の活動に役立て頂きたい。

IEICE Transactions Online

https://search.ieice.org/bin/open_access_paper.php?journal=EB&lang=E

IEEE Xplore

<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=10400553>

なお、本年は受賞に該当する論文がなかったが、論文カテゴリー「ポジションペーパー」も、論文賞の対象となっている。新規性あふれる提案や世界最高性能実現の報告など、高いインパクトを有する研究成果は、是非ポジションペーパーカテゴリーへ積極的に投稿頂きたい。ポジションペーパーの詳細は下記 URL に記載されている。

<https://www.ieice.org/cs/jpn/EB/positionpaperJ.html>

■ Best Paper Award

“Modified Four-Component Scattering Power Decomposition of PolSAR Data by Using Rotated Dihedral Component”

Chino KOBAYASHI, Hiroyoshi YAMADA, Ryoichi SATO, and Motofumi ARII

Vol. E108-B, No. 8, pp. 902-912, Aug. 2025.

受賞理由：本論文は航空機や人工衛星などの移動するプラットフォームに搭載したレーダにより、地表面の高分

解能な画像を得る合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar) の画像解析手法として、偏波 (HH, HV, VH, VV) の情報を組み合わせて地表面の分類を行う「散乱モデル分解」と呼ばれる手法に着目しており、散乱モデル分解法としてよく使用される四成分分解を改善した手法を提案している。数式により従来手法と提案手法の原理を丁寧に説明し、更に数値シミュレーションにより従来法の課題、提案法の原理・妥当性を議論しており、了解性が高い。また、実際の L バンド SAR 衛星である ALOS-2/PALSAR-2 データを用い、理論の妥当性を示しており、有効性・信頼性が高いと考える。以上の理由から、Best Paper Award としてふさわしいと判断した。

“Computation-Free Phase Rotation by Shifted Circular Repetition for DFT-Precoding Scheme to Peak Power Reduction of OFDM Signals”

Hikaru KAWASAKI, Fumihide KOJIMA, and Takeshi MATSUMURA

Vol. E108-B, No. 10, pp. 1228-1243, Oct. 2025.

受賞理由：本論文は、DFT-s-OFDM におけるピーク電力低減問題に対し、位相回転を計算不要な巡回シフト付き繰り返しとして置き換える新しい DFT プリコーディング方式を提案しており、理論的独創性と実装上の実用性の両面から高く評価できる。特に、最適位相回転とほぼ同等のピーク電力低減性能を、複素乗算を伴わない極めて低い計算量で実現している点は画期的である。更に、PAPR に加えてキュービクメトリック (CM) を用いた厳密な評価や、実際の HPA モデルに基づく PSD・ACLR・EVM 解析を通じて、提案手法の有効性と実装適合性を包括的に検証している。以上の理由から、Best Paper Award としてふさわしいと判断した。

“Experimental Trials of 5G Transmission in 28 GHz and 3.7GHz Bands and Investigation of Realistic Performances in Manufacturing Factory”

Atsuya NAKAMURA, Satoshi SUYAMA, Huiling JIANG, Shinji KOBAYASHI, Hiroaki YAMADA, and Goro IKEDA

Vol. E108-B, No. 10, pp. 1244-1253, Oct. 2025.

受賞理由：本論文は、製造工場環境において、28 GHz 帯ミリ波及び 3.7 GHz 帯 Sub-6 GHz を用いた 5G 無線伝送の実証実験を体系的に実施し、産業用途における 5G 実用性能を詳細に可視化・評価している。特に、自律移動ロボットを用いた移動実験に加え、人やロボットが実際に稼働する時間帯での固定点測定を行い、受信電力、スループット、遅延時間変動や設置高さ・位置依存性を定量的に示している。更に、28

GHz 帯と 3.7 GHz 帯の特性を比較し、高速・低遅延性とカバレッジ安定性という利点と課題を明確化し、産業用 5G 展開に向けた課題と解決の方向性を具体的に論じている。以上の理由から、Best Paper Award としてふさわしいと判断した。

“Dynamic Packet Flow Allocation Method Considering Reconfiguration Overhead with Intermediate Solutions in Software-Defined Networks”

Taito KIKUCHI, Takehiro SATO, and Eiji OKI

Vol. E108-B, No. 7, pp. 768-779, July 2025.

受賞理由：本論文は、トラフィックが動的に変動する SDN におけるパケットフロー割当問題に対し、数理最適化ソルバが出力する中間解を活用しつつ、再構成オーバーヘッドを考慮した新しいフロー制御方式を提案している。ネットワークふくそう率の改善量と再構成に伴うオーバーヘッドとの比に基づいて、中間解の適用可否を判断するポリシーを導入することで、最適解を待たずに効率的なネットワーク運用を可能とする点は独創的である。更に、実バックボーンネットワークを用いた詳細な数値評価により、提案手法の有効性を定量的に示すなど、理論と実践の両面で貢献が大きいと考える。以上の理由から、Best Paper Award としてふさわしいと判断した。

Best Tutorial Paper Award

“Segment Routing IPv6 Based Low Latency Mobile Network for Vehicular Communications towards Automated Driving Era”

Manabu MIKAMI

Vol. E109-B, No. 2, pp. 147-160, Feb. 2026.

受賞理由：本論文は、Segment Routing IPv6 for the Mobile User Plane (SRv6 MUP) を用いた低遅延モバイルネットワークアーキテクチャを体系的に整理し、車両通信への適用可能性を実証している点が高く評価できる。特に、ユーザプレーン通信のコアネットワーク経路構造に着目し、SRv6 MUP によりユーザプレーン通信を最適経路へ動的制御できる事を明示している点は独創的である。更に、低遅延 V2N/V2N2X というユースケースにおいて、商用 5G Standalone ネットワーク上での車載 UE 間通信実験で、約 10 ms 規模の遅延削減効果を示しており、理論面・実用面で貢献が大きい。以上の理由から、Best Tutorial Paper Award としてふさわしいと判断した。

る Best Letter Award の選出は今回で 13 回目である。2024 年 10 月 1 日～2025 年 9 月 30 日の間に早期公開で掲載されたレターを対象に選定を行った。レター賞選定にあたっては、査読時に査読委員や編集委員によって推薦されたものに加え、正員並びに編集委員から推薦を募った。ComEX がカバーする技術分野の中から、UAV Relay ネットワーク、UAV による位置推定、MIMO 伝送、OAM、テラヘルツイメージング、AR スマートデバイス、PCB アンテナなどに関する優れたレターが候補として挙げられた。審査査読の結果に基づき ComEX 編集委員会にて慎重に議論し、受賞候補 1 編、次点 1 編を選定した。通信ソサイエティ編集会議での審議を経て、以下のレター 1 編が ComEX Best Letter Award に選定された。

ComEX Best Letter Award

“Vertically Polarized Omnidirectional Reflector Antenna Fed by a Circular Waveguide Bent TM01 Mode Converter for the 150 GHz Band”

Jiro Hirokawa, Riki Yanagisawa, Takashi Tomura, Issei Watanabe.

推薦理由：本レターは円形導波管の緩やかな二重 E ベンドによる TM01 モードコンバータと単一軸対称リフレクタを組み合わせ、150 GHz 帯で水平面全方位・垂直偏波のリフレクタアンテナを設計・試作・評価している。このアンテナは次世代通信システムにおける端末アンテナ向けの無指向アンテナ技術として、テラヘルツ帯でも製作容易な構造で垂直偏波・水平面全方位の放射を単一リフレクタで達成することを目的とし、モードコンバータの設計及びリフレクタの設計指針を明確にし、試作したアンテナによる測定評価を複数のサイトで行い、実験的にアンテナの性能評価を行っている点で、信頼性と有効性が高い内容となっている。製作容易性と構造簡素性に優れるテラヘルツ帯で利用可能なアンテナ構造を提案しており、今後の次世代通信システムの研究開発に貢献することが期待される。以上のことから、研究の新規性、有効性、信頼性が十分に認められるため、ComEX Best Letter Award にふさわしいレターであると判断した。

ComEX の掲載レターはオープンアクセスであり、2023 年からインパクトファクターも付与されている。また、2023 年 6 月以降に投稿されたレターは IEEE Xplore にて公開されている。

受賞レターや早期公開レターを含め自由に閲覧できるので、この機会に是非下記 URL へアクセスして閲覧、並びに投稿して頂きたい。

なお、投稿の利便性向上のため投稿のしおりも継続的

4 ComEX

IEICE Communications Express (ComEX) におけ

に見直しており、参考文献のみで構成される場合には5ページ目の使用を認めることとなった。最新情報については投稿のしおりを参照されたい。

IEEE Xplore:

<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=10250155>

投稿のしおり (For Authors):

https://www.ieice.org/cs_r/eng/comex/for_authors.html

5 和文マガジン

マガジン論文賞は和文マガジン誌に掲載された「論文」が対象となる。和文マガジン誌は、読者層として現場の技術者や学生などを主なターゲットとする本ソサイエティの機関誌の一つであり、論文を含むバラエティに富んだカテゴリーの記事を掲載している。和文マガジン誌に掲載する「論文」は、そのターゲット層を踏まえ、基礎技術の解説や応用技術の紹介を含む解説論文を主体としている。そのため、掲載にあたってはターゲット層での理解が容易であること、及び、技術の応用・適用範囲に関する知見の提供など読者にとって有益な内容であること、を重視している。例年、この2点を含む以下の4点を評価基準としてマガジン論文賞の選定を行っている。

- (1) オリジナリティ: 対象や分類、主張が独創的であるか、あるいは新しい観点を含んだ解説であるか
- (2) 有効性: マガジン誌読者に有益な情報を提供しているか
- (3) 信頼性: 論旨が通っており、また、参考文献等が適切であるか
- (4) 了解性: 若手及び専門外の読者にとって理解が容易であるか

今年度は第71号(2024年12月)から第74号(2025年9月)までに掲載された論文を対象としてマガジン委員会による評価・議論を実施し、最終的な受賞論文を決定した。

■ マガジン論文賞

「複数のドローンや無線機の連携による空の安全運航支援のための無線通信」

三浦 龍, 松田隆志, 越川三保, 松村 武 (NICT)

2025夏号, No. 73, pp. 50-59, June 2025.

推薦理由: 本稿は、ドローンの安全運航を支える無線通信の課題と国内制度の現状を整理し、最新の自営系通信技術を体系的に解説した優れた論文である。特に、通信インフラに依存しないマルチホップ中継技術「コマンドホッパー」や、機体間通信による自律衝突回避・スウォーム飛行の取り組みを、火山調査や送電線点検等の豊富なフィールド実験データとともに紹介しており、技術の有用性と信頼性を説得力を持って示してい

る。能登半島地震等の実例を交えた実益の高い内容は、技術者から自治体関係者まで幅広い読者の指針となり、空の産業革命の加速に大きく寄与するものである。よって、マガジン論文賞に推薦する。

6 マガジン賞

2017年度から、通信ソサイエティ(以下、通ソ)が授与する賞として「通信ソサイエティマガジン賞」(以下、マガジン賞)を創設している。

本和文マガジンは読者層として現場の技術者や学生、若手研究者を主なターゲットと想定している。このため、通ソ論文賞の対象となる“論文”以外のカテゴリーの記事が多数掲載されている。これらの記事は、和文マガジンが想定している読者層に対する情報・知見の提供という観点では、論文に劣らぬ価値のあるものである。

和文マガジンにおいては論文以外の記事も重要な誌面構成要素であり、このような記事を対象とした賞を設定することにより、執筆者のモチベーション向上や和文マガジンの活性化が望める。

このような状況を考慮し、通ソ論文賞と同等レベルで賞金授与を伴う「マガジン賞」を、通ソ論文賞である「マガジン論文賞」とは別に実施している。なお、マガジン論文賞とマガジン賞は同一記事に対して重複授与はされない。

マガジン賞は以下の3点に基づき選定を行った。

- (1) 文章の読みやすさ(了解性)
- (2) 内容の分かりやすさ(難易度)
- (3) 若手研究者・技術者、現場の技術員等にとって有効な情報(有益性)

9回目となる今年度のマガジン賞の対象記事は第71号(2024年12月)から第74号(2025年9月)までに掲載された記事であり、これらの記事に対して2段階の審査を行い、最終的に和文マガジン編集委員会における議論により受賞記事を決定した。

■ マガジン賞

「ともに歩んでくれる君と: ゲームAIに見る人間とAIの幸せな関係」

横山大作

2025春号, No. 72, pp. 340-350, March 2025.

推薦理由: 読み物としての完成度が高く、読者を引き付けるような記載で、AIと人間の関係性を俯瞰できる。また、余りテクニカルにならずに過去の技術をまとめているだけでなく、今後の方向性を様々な実例とともに紹介している点で、幅広い読者層にとって有益な内容である。B-Plusの趣旨に沿った内容であり、了解性、難易度、優位性にも優れている。

学会と国際化

通信ソサイエティ副会長 鎌倉浩嗣
Koji Kamakura

通信ソサイエティ副会長を仰せつかり、国際担当の活動に関わる中で、学会の国際化について改めて考える機会を得ました。この場をお借りして、その折に思い巡らせたことを綴らせて頂こうと思います。掲載の頃には多少「時期のずれ」があるかもしれませんが、御容赦頂ければ幸いです。

ある日、外出先で満開の白い桜に出会い、その美しさに足を止めました。近づいて眺めてみると、それがソメイヨシノではなく、花弁が幾層にも重なる八重桜であることに気がきました。よく知られるソメイヨシノは5枚の花弁で一重に咲き、3月下旬から4月初旬にかけて一斉に開花し、短い期間で散っていきます。その華やかさとはかなさは春の象徴であり、その時期には海外からも多くの人々が訪れます。一方、八重桜は少し遅れて咲き始め、花弁が幾層にも重なり、密度の高い花を長く楽しませてくれる存在です。この対比に触れたときに、私はふと、学会の国際化の姿を重ね合わせました。

学会とは、言わば桜が咲き誇る山であり、公園のようなものではないでしょうか。しかし、単に桜が植えられている場所ではありません。どこにどの桜を配し、どの時期にどのような魅力を作り出すかという「場の設計」があってこそ、その価値は引き出されます。その中には、ソメイヨシノの並木もあれば、八重桜の林もあります。桜は、日本が世界に誇る文化的資産の一つであり、日本における研究成果や知識の集積もまた、世界に向けて発信されるべき知的資産でもあります。学会は、これら多様な「桜」を適切に配置し、その価値に触れられる導線を設計する存在です。

公園の中央に並ぶソメイヨシノの下には多くの人々が集まり、春の賑わいを見せます。この光景は、ワークショップや国際会議の場に重なります。限られた期間の中で研究者たちは成果を発表し合い、互いに刺激を与えます。そこでは長い試行錯誤の過程よりも、結実した「花」が前面に現れます。短い時間に凝縮された発表は、一斉に咲き、一斉に散るソメイヨシノの姿に重なり、その美しさには「純潔」「優れた美人」という花言葉が象徴的です。

一方で、学術・研究の営みはその一瞬の輝きにとどまりません。論文や解説記事、更には講義動画といった知

の蓄積は、八重桜の幾層にも重なる花弁のように深みを持ち、長く人々に影響を与えます。そこには経験と洞察に裏打ちされた重層的な価値があり、「豊かな教養」「善良な教育」という花言葉が示すように、時間をかけて育まれる学びの本質があると感じます。

海外から日本を訪れる研究者は、まずソメイヨシノの華やかさに惹かれてやってきます。学会においても同様に、国際会議やワークショップが入口となり、多くの研究者が集います。しかし、その後、八重桜のような奥行きある知の世界へ関心を広げてもらえるかどうかは、学会の役割に掛かっています。訪れた研究者が、それぞれにふさわしい「桜」に自然にたどり着けるような導線や、仕組みを整えることが重要です。

国際化とは、単に人を一時的に集めることではありません。来訪者に価値ある体験と学びを提供し、継続的な関与へとつなげていく営みです。そのためには、アウトバウンドとしての発信力を高めると同時に、インバウンドとして受け入れる場の質を整える必要があります。ソメイヨシノのような瞬発的な魅力と、八重桜のような持続的な価値、この双方を意識的に設計し、結び付けていくことが求められています。

国際委員会の活動に関わる中で、こうした取組みが着実に進んでいることを実感しています。例えばGlobalNet Workshopは、海外からの留学生や若手研究者に発表の機会を提供し、多様な交流を生み出しています。2026年の開催では100件を超える発表があり、まさに「多様な桜が咲き誇る場」となりました。

通ソは2020年からフラッグシップ国際会議ICETCを主催し、第7回となる2026年11月は初の海外開催として台湾で実施します。こうした取組みを通じて、多様な研究者が集い、新たな花が咲く場を今後も育んでいきたいと考えています。

学会とは、多様な桜を育て、その配置と導線を設計することで価値を高める存在です。訪れる人々がそれぞれの関心に応じて花を見だし、やがて新たな花を咲かせていく、その循環を生み出すことこそが、学会の国際化の要諦です。本学会が今後も豊かな花を咲かせ続ける場であり続けることを願い、本巻末の言葉と致します。

NEXT ISSUE

2026 年冬号（第 79 号）2026 年 12 月 1 日発行

小特集 データセンター・仮想化

ジュニア会員向けページ：公衆電話

私の研究者歴：大平 孝

街 plus 探訪：「尾道」，「東京理科大近辺」

技術と制度のおはなし：総務省におけるワットビット連携に係る取組
みについて（仮）

若者よ，世界に出よう！：イタリア留学

……他，御期待下さい

Editors Note

今号は，楽しい e スポーツ特集です．技術者の視点はもちろん，参加者の視点から楽しめる記事も掲載しています．開発物語では，図書館をテーマにした記事をお届けします．街 Plus 探訪では，ICETC 2026 の開催地・台北を御紹介します．是非御堪能下さい．（S．Y．）

生成 AI と魚群探知機の記事を担当しました．異なる分野の記事ではありますが，それぞれの面白さや最新の技術動向を感じて頂ければ幸いです．本誌をより良いものにするため，読者の皆様からの御意見・御提案もお待ちしております．（T．H．）

本小特集では，初めて編集委員として携わせて頂きました．著者，校閲者，査読者をはじめ，多くの方々の御尽力に支えられて本号が成り立っていることを実感するとともに，多くの学びを得る貴重な機会となりました．本号が読者の皆様のお役に立てれば幸いです．（T．K．）

本小特集では，e スポーツを支える環境をテーマに，通信技術，大会運営，学術的動向，競技者の視点など，多角的な観点から最新の取組みを紹介しています．e スポーツを支える技術や研究の魅力を感じて頂くきっかけとなれば幸いです．是非御一読下さい．（N．I．）



2026 年秋号（第 78 号）
2026 年 9 月 1 日発行

EDITORIAL COMMITTEE

編集委員長 山口実靖

編集副委員長 橘 拓至 遠藤寛之

編集委員

飯田大輔	市川舜太	伊藤暢彦	上野貴弘
小原辰徳	木下雅之	古川剛志	櫻井利昭
沢田健介	立神光洋	道後千尋	中嶋宏昌
中野雄介	野上耕介	長谷川直輝	羽多野一磨
早馬道也	原 崇徳	東野武史	干川尚人
松田一孝	松室亮之	水野 修	山内雅明
山下泰輝			

本誌の愛称は「B-plus」，正式名称は「通信ソサイエティマガジン」，「IEICE Communications Society Magazine」です．本誌掲載論文を文献引用する際は，邦文略称「信学通誌」，英文略称「IEICE Commun. Mag.」を用いて下さい．

通信ソサイエティマガジン B-plus へのお問い合わせ

- ☐ ご意見，ご要望：b-plus@ieice.org
- ☐ ホームページ ▶ <https://www.ieice.org/~cs-edit/magazine/index.html>
- ☐ B-plus 冊子体購入のお申込みはこちら ▶ https://www.ieice.org/~cs-edit/magazine/order_y.html.utf8

複写される方へ

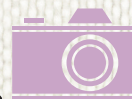
一般社団法人電子情報通信学会は，本誌に掲載された著作物の複写複製に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております．複写複製を御希望の方は，一般社団法人学術著作権協会（<https://www.jaacc.org>）が提供している複製利用許諾システムを通じて申請して下さい．

なお，複写以外の許諾（著作物の転載，翻訳等）に関しては，委託しておりませんので，直接本会へお問い合わせ下さい．

〈問合せ先〉 一般社団法人電子情報通信学会
TEL (03) 3433-6691 FAX (03) 3433-6659
著作物利用許諾申請： <https://www.ieice.org/jpn/copyright/tensai.html>

発行人／滝田 亘
発行所／一般社団法人 電子情報通信学会 通信ソサイエティ
〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館
Tel：03-3433-6691（代表） 振替：00120-0-35300
制 作／株式会社 太平印刷社
東京都品川区東品川 1-6-16

© Copyright 2026 IEICE. All rights reserved.



78
The photograph,
Communication can be seen.

通信がみえる一枚の写真

福井工業大学あわら宇宙センターの
パラボラアンテナ

西田好宏（正員）



福井県の北にある北潟湖の湖畔に福井工業大学あわらキャンパスがあります。その敷地内にある「あわら宇宙センター」には、宇宙通信・観測用のパラボラアンテナが合計5基（2基は修理中）設置されています。手前にある口径13.5 mのアンテナは月程度の距離からの電波を受信することを想定し、2024年に完成しました。

福井工業大学あわら宇宙センターは国内大学で唯一、2026年1月にNASA（米国航空宇宙局）の月ミッ

ション Artemis II の公式トラッキング協力局に選定され、4月に宇宙船「Orion」の電波受信に成功しました。写真の奥には、修理中の10 mアンテナと、毎日NASAの地球観測衛星のデータを受信している2.4 mアンテナがあります。これらのアンテナは学生の教育にも利用されています。

周囲にはサイクリングコースや北潟湖花菖蒲園があり、4月は桜、6月は花菖蒲が見頃を迎えます。北潟湖の湖畔は風光明媚な観光スポットです。



写真を募集致します

マガジン編集委員会では、「通信がみえる一枚の写真」をテーマに写真（電子ファイル（jpeg）あるいはプリント）、タイトル、説明文（約300字）を募集致します。詳細は、通信ソサイエティマガジン HP（<http://www.ieice.org/~cs-edit/magazine/ieice/photo.html>）を御参照下さい。

送り先：

【郵 送】〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン担当

【メール】b-plus@ieice.org までお送り下さい。

研究会年間登録のご案内

当年度分の聴講参加費が
一括払いで割引価格になる制度

年間登録



もっと
イッパイ
参加シタイ!!

**3つ以上の研究会に参加するなら
「ソサイエティ/グループすべて」
が一番お得です!**



単独研究会

	会員	非会員
一般	8,800円	12,100円
学生	3研究会まで 無料	12,100円

ソサイエティすべて

	会員	非会員
一般	14,300円	23,100円
学生	14,300円	23,100円



*研究会ごとに価格(税込)が異なります。(※上記一例です)



例)一般/会員の場合
8,800円×3研究会
合計26,400円

非会員の場合
12,100円×3研究会
合計36,300円



1 STEP



さらに非会員の方は入会で追加割引!



年間登録
←



料金の確認
→



一般社団法人電子情報通信学会
問い合わせ先: 国際・研究会課

kenkyukai@ieice.org

