

令和7年度の研究（または活動）内容

(1) ネットワークを支える物理的要素技術

・移動無線通信と応用技術

我々は Society 5.0 に適したナビゲーションシステムの構築を目指して、位置推定システムの高度化とナビゲーションにおける経路構築法に関する研究を行っている。温度、湿度、照度等のマルチセンシング情報を利用する屋内位置推定法を提案している。今年度は、位置推定を行う際に利用する機械学習アルゴリズムについて、最も尤度の高い推定位置だけでなく次に尤度の高い推定位置を利用する位置推定法を提案し、従来法に比べ、推定誤差が小さくなることを室内実験により明らかにした。さらに、遊園地におけるナビゲーションにおいて、待ち時間を考慮する経路構築法を提案し、移動距離が最短となる経路よりも、総所要時間が短くなることを計算機シミュレーションにより明らかにした。

・光通信技術と次世代無線通信技術を繋げる研究

次世代無線通信にはテラヘルツ電磁波が利用される。しかし、大気中の水蒸気吸収などを考慮し、長距離伝送には光通信ネットワークの活用が必要である。本研究では非線形光学を用いた周波数変換技術を駆使し、テラヘルツ波と光波の効率的な変換手法の検討を進めている。本年は、テラヘルツ波発生に必要な光通信波長帯のレーザー光源を高強度化するための光増幅器について検討した。実験では、Er:Yb:Glass を利得媒質とした光増幅の理論計算を実施し、実際に構築した実験系で光増幅を確認した。

・ライダーによる無線光通信伝送路のモニタリング技術

無線光通信では、大気が伝送路となるため大気ゆらぎの状態が通信品質や情報漏洩に影響する。大気ゆらぎの時間変化をミリ秒以下の時間分解能で評価するため、ドップラーライダーによる風観測を行いそのデータから伝送路の屈折率構造定数を求める研究に着手した。今年度は、ハードウェア設計とフィールド実験の準備を進めた。次年度は、観測実験に向けたレーザー光源開発と気象観測器を用いた基礎実験を実施する予定である。

・空間光通信における情報セキュリティ技術に関する研究

人工衛星間で使用される空間レーザー通信での情報セキュリティ対策として、量子暗号通信を利用する場合に有効に機能する量子鍵ビットのサイズを検討した。特に量子暗号通信 BB84 方式で傍受者の存在が検知可能となる最低ビット数を評価した。

(2) ネットワークを活用する応用技術

・無線 LAN 利用可能エリア可視化システム

無線 LAN はスマートフォンなどの携帯端末をネットワークに接続する手段の一つであり、端末での配線が必要ないため広く普及が進んでいる。電波を用いているため、目に見える有線接続と異なり、実際に接続し利用できる範囲を把握することが難しい。そこで、実際に携帯端末で受信電波を測定し、オンライン地図上に利用可能エリアを図示する「無線 LAN 利用可能エリア可視化システム(図 1)」の研究・開発を行った。無線 LAN の電波強度だけでなく Web サイト表示などの指標となるスループットや無線 LAN 規格など様々な情報

をヒートマップとしてオンライン地図上に表示することができる。今年度は、ヒートマップ表示の即時反映機能に加え、表示内容に関するフィルタ機能を実装した。これにより、RSSI やスループットなどの指標や測定値について、測定データの日時、期間の指定、SSID や無線 LAN の周波数帯、無線 LAN の種類など、指定した内容のみをヒートマップ上に表示することができるようになった(図 2)。

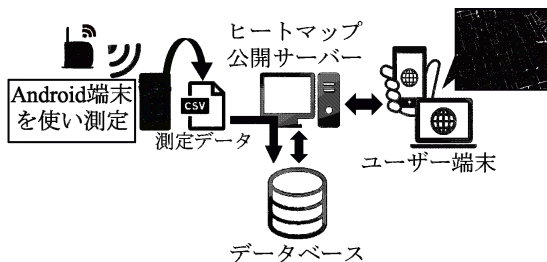


図 1 無線 LAN 利用可能エリア可視化システム

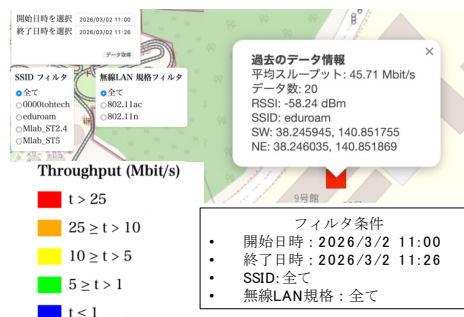


図 2 無線 LAN 利用可能エリア可視化

・ネットワーク状況の長期経路観測

インターネットなどのネットワークは管理外のネットワークも含めて様々な経路を経由して接続される。そのため、不具合が発生している箇所の特が難しい。そこで、特定のインターネットの経路に関して継続して観測を実施した。IT システムラボラトリー、松田研究室、学外のプロバイダネットワークから、オープン DNS サーバへの通信経路、パケット応答時間の測定を行った。その結果、端末から対象サーバまでの経路は「①所属組織ネットワーク(学内 LAN/自宅 LAN)」「②ISP(Internet Service Provider)ネットワーク」「③IX や大手 ISP」「④接続先組織ネットワーク」の 4 つのネットワークを経由していることがわかった。例として@から Google の OpenDNS(8.8.8.8)までの経路を図 3 に示す。また、時期によって IX が変わる経路が観測された。松田研究室 LAN から Google の OpenDNS(8.8.8.8)までの経路において、2025 年 9 月 26 日から 11 月 26 日の 2 ヶ月間、MULTIFEED から JPIX へ切り替わる現象が確認された。IX の遷移を図 4 に示す。これはメンテナンスなどによる経路変更などが原因と思われる。

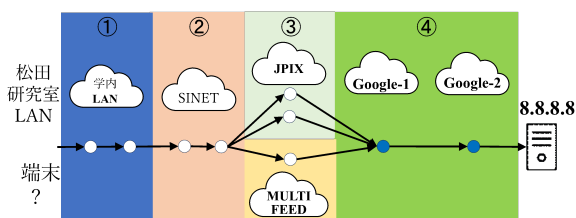


図 3 松田研究室 LAN から 8.8.8.8 への通信経路

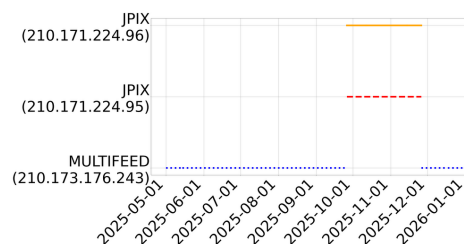


図 4 8.8.8.8 の IX 経由ルートの変動

・VR 学習教材の開発

炎色反応実験の理解を深めるために、炎色反応の原理を学ぶ「学習モード」と、発生した色から白金線に含まれるアルカリ金属元素を答える「テストモード」を作成した。まず、学習モードではコントローラーのレイが物体に重なったときにトリガーボタンを押すと物体を掴むことができる処理を白金線に実装し、掴んだ白金線をガ

スバーナーの炎に触れさせることができるようにした。また、白金線がガスバーナーの炎に触れると白金線に含まれるアルカリ金属元素の特有の色で炎が発生するようプログラムした。これで炎色反応実験の一連の流れを再現できた。学習モードの実験の様子を図1に示す。次に、テストモードでは学習モードに加えて、ガスバーナーの炎に触れるとランダムで色が発生する白金線とテストボードを作成した。ランダムに燃える白金線の色を見て、白金線に含まれるアルカリ金属元素をテストボードで答えることで、クイズ形式で楽しみながら、学習モードでの理解をさらに深めることができる。

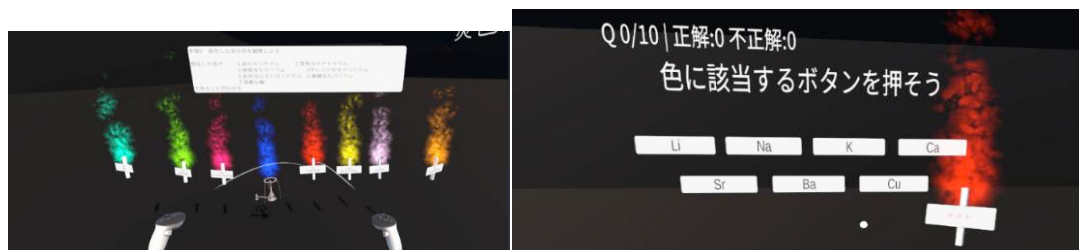


図1 VRを用いた炎色反応実験

(3)ネットワークを守る管理技術

・Telegram における不審投稿横断検索システムの開発

世界中で利用されているチャットアプリ Telegram はその高い匿名性から闇バイトの勧誘や薬物販売などの犯罪行為に悪用されている。Telegram の投稿に対して効率的にサイバーパトロールを行うために、Telegram 上の複数のチャンネルを横断的に検索し、発見した不審投稿を抽出してサイバーパトロール担当者に提示するシステムを開発した。Telegram には複数チャンネルを横断検索する機能がないため、パトロール担当者は膨大なチャンネルを個別に検索・収集し、参加した後にキーワード検索を行う必要があったが、提案システムによりこの手間を削減することができるようになる。今後は、サイバーパトロールの現場での活用を目指し、引き続き開発を進める。

・振る舞いに着目したダークネット上の調査目的スキヤナの判定手法の開発

到達可能だが未使用の IP アドレス空間「ダークネット」で観測されるトラフィックは、サイバー攻撃の分析における重要な情報源だが、セキュリティ機関等による調査目的スキヤンの存在が分析の障害となっている。そのようなスキヤンを特定する既存の判定指標は主に活動量が大规模な送信元を対象としており、小規模なスキヤンが見過ごされるという課題があった。そこで、各送信元の振る舞いに着目した新たな判定手法を提案した。具体的には、スキヤン対象ポート数などの従来の量的指標に加え、質的指標である「どのポートへのスキヤンか」という情報を用いることで、既存手法では捉えられなかった、活動量が小規模でも調査目的スキヤンの振る舞いをする送信元の判定を可能とした。