Twitter でツイートされる様々な病気症状の地域別・時系列別の可視化

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 教授　安藤　一秋
連絡先 ando.kazuaki@kagawa-u.ac.jp

（1）研究の背景と目的

Twitter からツイートを収集・分析することで，インフルエンザや新型コロナウイルスなどの感染症の流行具合を推定し，地域別に可視化する研究が注目されている．既存研究では感染症のみに注目し，また，病名を含むツイートのみを解析対象にする研究が中心である．Twitter 上には，病名だけでなく，症状を含むツイートも多数存在している．しかし，病気の罹患判定と比較して，病気症状を発症しているか否かの判定は難しいため，うまく活用されていない．本研究では，感染症であるか否か，病名を含むか否かを問わず，いつ，どこで，どのような病気・症状がツイートされているのかを収集・分析し，地域別・時系列別に可視化するシステムの構築を目的とする．

（2）研究の概要

提案するシステムは，①ツイート収集，②病気症状の事実性解析，③ツイート主の居住地推定，④可視の 4 つで構成される．以下，②と③ついて，概説する．

Twitter 上には，様々な病気症状を含むツイートが日々投稿されている．ツイートされる病気症状を可視化するためには，「朝から頭痛がひどくでつらい」と「明日は試験があるから頭が痛い」というツイートのうち，前者のタイプを病気症状に関係するツイートとして抽出（事実性解析）する必要がある．本研究[1]では，患者が用いる病名・症状表現を整理した NAIST 大規模患者表現辞書に含まれる 14 標準病名（頭痛，腹痛，胸痛，眼痛，耳痛，関節痛，咽頭痛，発熱）を対象に，単語の統計的情報，病名と症状の共起性，体の部位，時制などを素性として，各種の機械学習モデルで事実性解析する手法の研究[1, 2]を進めている．

病気症状の分布を都道府県別に可視化するためには，過去のツイートからツイート主の居住地を推定する必要がある．しかし，日本語ユーザは，ツイート内に居住地に紐づくような情報を書くことを避けるユーザが一定数存在している．また，居住地に関連する情報（たとえば，駅名や公園などのランドマーク）を含んでいてもその数が極端に少ないユーザも存在しており，このような Twitter ユーザの居住地を推定することはかなり難しい．本研究[3, 4]では，居住地に関連する情報が含まれるツイートに加え，アメダスから天気情報を収集することで，ツイート内容と天気情報を活用する深層学習モデルについて研究を進めている．学習データとして，病気・症状を含むツイートを発信した 204,965 ユーザのうち，184,965 ユーザを検証データに，1,000 ユーザを検証データ，天気情報を含むツイートを 1 件以上発信した 8,988 ユーザに対して，都道府県別の居住地を予測した結果（再現率）を図 1 に示す．

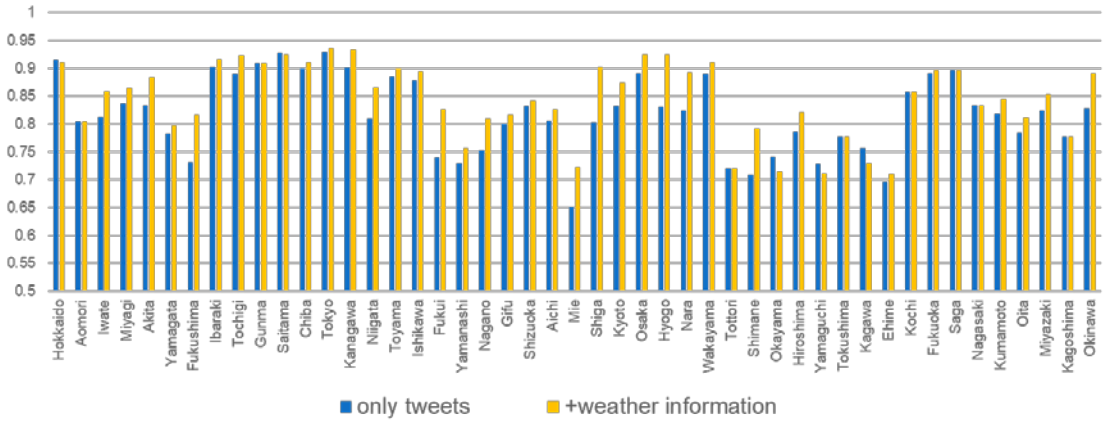


図 1 都道府県別の推定結果（再現率）

【発表文献】

[1] 安藤翼，安藤一秋，“ツイートされる病気症状の可視化に向けた病気症状の事実性判定手法の検討”，FIT2019，第 2 分冊，pp.139-140，2019．**FIT 奨励賞受賞**

[2] 安藤樹，安藤一秋，“病気症状の事実性解析に向けたツイートされる病気症状の多様性の調査”，FIT2022，第 2 分冊，pp.163-164，2022.

[3] 松本真拓，安藤一秋，“ツイートの内容と天気情報を用いた Twitter ユーザの居住地推定”，IPSJ2022 全国大会，pp.1-577-1-578，2022．**学生奨励賞受賞**

[4] Masahiro Matsumoto，Kazuaki Ando, “A Deep Learning Model of Estimating User’s Place of Residence Using Tweets and Weather Information”，Proceedings of IEEE CSDE 2022, 2022. (Accepted)

情報セキュリティ対策システムおよび Web サービス基盤に関する研究

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 教授　最所　圭三
連絡先 saisho.keizo@kagawa-u.ac.jp

情報セキュリティに関する研究として，脆弱性のあるホストに対して適切な対策（例えば、ネットワークからの遮断、隔離、セキュリティパッチの適用指示）を行う事ができる情報セキュリティ対策システムの開発を行っています．Web サービス基盤の研究として，Web サーバとその代理となってサービスを行うキャッシュサーバからなる分散 Web システムと Web サーバへの同時セッション数を制御する機構の開発を行っています．以下，情報セキュリティ対策システムと分散 Web システムについて紹介します．

1. 情報セキュリティ対策システム

脆弱性情報サイトなどから脆弱性情報や C&C サーバ情報などを収集し，組織内の機器情報（保持する情報の重要度、インストールしているソフトウェア情報など）と照らし合わせ，予め指示された対策（ネットワークからの遮断，隔離，管理者や利用者へのセキュリティパッチの適用指示など）を行う情報セキュリティ対策システムの開発を目指しています．本システムの構成を図 1 に示します．

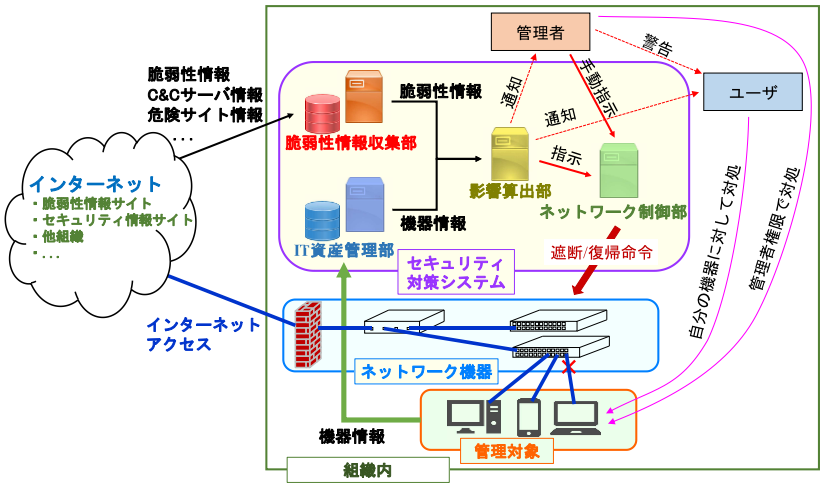


図 1　情報セキュリティ対策システムの概要

脆弱性情報収集部で脆弱性情報サイトなどから脆弱性情報や C&C サーバ情報などを，IT 資産管理部で組織内の機器情報（保持する情報の重要度、インストールされているソフトウェア情報など）をそれぞれ収集します．影響算出部がそれらの情報に基づき必要とされる対策（ネットワーク制御部による対象機器のネットワークからの遮断や管理者やユーザへの通知など）を講じます．現在，各部の開発を個別に行っており，影響算出部での判断基準などを中心に検討しています．なお，当研究は同領域の喜田研究室との共同で開発しています．

2. Web サーバとキャッシュサーバからなる分散 Web システム

図 2 に示すように，Web サーバへのアクセス量が増え Web サーバだけで処理できなくなると，クラウド上のキャッシュサーバを起動し，起動したキャッシュサーバ（赤紫の四角で囲んだサーバ）にアクセスを振りわけます（赤紫の矢印）．さらにアクセス量が増えつづけると，追加のキャッシュサーバを起動し，起動したキャッシュサーバ（赤の四角で囲んだサーバ）にアクセスを振りわけます（赤の矢印）．アクセスが少なくなれば，停止するキャッシュサーバを選択し，そのキャッシュサーバにアクセスが行かないようにしたあと，選択したキャッシュサーバを停止します．このように，必要に応じて起動，停止することで，費用対効果の優れた分散 Web システムを構築することが可能となります．この機構を実現するためには，各サーバの負荷量を監視する負荷監視機能，キャッシュサーバの起動・停止を行うキャッシュサーバ管理機能，各サーバにアクセスを振り分けるアクセス振分機能が必要となり，それらの機能の開発およびその評価を行っています．

図 2　分散 Web システムにおける
負荷分散の概要

AIによる画像認識/処理技術を用いた観光地周遊支援システム「KadaBingo/カダビンゴ」

香川大学創造工学部　電子・情報工学領域　教授　八重樫　理人
連絡先 yaegashi.rihito@kagawa-u.ac.jp

観光は日本の成長戦略の柱に位置付けられており，ICT（Information and Communication Technology）を用いた様々な観光振興に関する取り組みが求められます．経済産業省地域経済産業グループが実施した地域経済産業活性化対策調査[1]では，観光地において滞在時間が長いほど飲食代やお土産代をはじめ，消費行動が増加することが報告されました．

香川大学創造工学部創造工学科八重樫研究室は，AIによる画像認識/処理技術を用いた観光地周遊支援システム「KadaBingo/カダビンゴ」（図１）を開発しました．カダビンゴは，観光者に観光地の写真とビンゴカードを提示します（図２）．観光者は提示された写真の場所を探しながら観光をおこないます．写真の場所を見つけたら，同じ構図になるように写真を撮影し，システムに写真をアップロードします．画像認識技術によって同じ場所で撮影されたと判定された場合，ビンゴカードのマス目がランダムで一箇所クリアとなります（図３）．観光者は，縦横斜めのいずれかでビンゴを達成することを目指します（図４）．2020/1/25～1/26にかけて，カダビンゴを用いた観光 ICT 社会実験を善通寺市で実施しました（図５）．社会実験では，善通寺を訪れた観光客にカダビンゴを無料で提供しました．カダビンゴを利用した観光者の観光行動分析の結果，カダビンゴには観光者の訪問観光地数や，観光地における滞在時間の増加に一定の効果が認められました．

[1] 経済産業省地域経済産業グループ:地域経済産業活性化対策調査(平成 27 年度), https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000066.pdf(2020.02.07)

図１　カダビンゴ（トップページ）

図２　カダビンゴ（観光地の写真）

図３　カダビンゴ（ビンゴカード）

図４　カダビンゴ（ビンゴ達成）

図５　社会実験の様子

Web ベースプログラミング学習環境の研究

香川大学創造工学部 電子・情報工学領域 准教授 香川 考司
連絡先 kagawa.koji@kagawa-u.ac.jp

Web ベースのプログラミング学習支援システムは、以下のような利点がある。

- 学習者にとって面倒なインストールや設定が不要である、
- 教師にとって内容の更新を容易に行える、

一方、既存のシステムでは対応プログラミング言語やライブラリーなど、教師ができるカスタマイズが限定されるなどの欠点がある。しかし、マイナーなプログラミング言語にこそ Web ベース学習支援システムが必要である。この点を解消するために、これまで WappenLite (http://guppy.eng.kagawa-u.ac.jp/WappenLiteVer2/) および WappenLiteDocker (http://guppy.eng.kagawa-u.ac.jp/WappenLiteDocker/) というシステムを開発してきた。

WappenLite は、Java 仮想機械ベースのプログラミング言語処理系をブラウザーから操作できるようにする。WappenLiteDocker は Docker を用いて学習者の作成したプログラムを安全に実行できるようにする（図 1）。

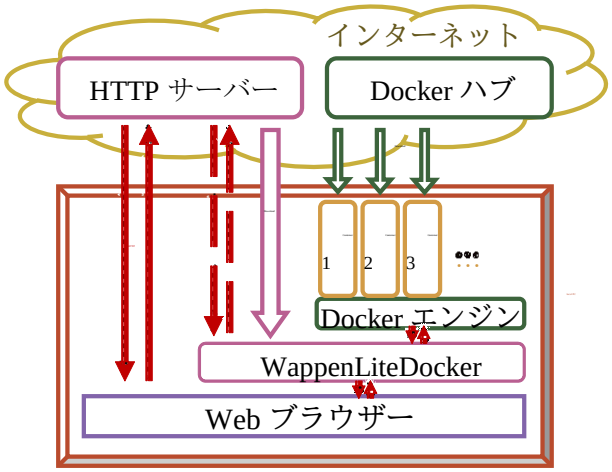


図 1 WappenLiteDocker の構成図

WappenLite は、さまざまな Java 仮想機械ベースの言語に対応する。一方、WappenLiteDocker は、Docker コンテナー上で動作するプログラミング言語 (C, Python, Haskell, Scheme, Prolog など) に対応する。いずれも、

- ユーザーインターフェイスは HTML + CSS + JavaScript で記述され、教師が容易にカスタマイズできる、
- クライアント PC 側でも言語処理系が実行可能なため、サーバーに負担をかけない、

などの特徴がある。

ユーザーインターフェイスには Blockly (https://developers.google.com/blockly/)（図 2）も活用する。

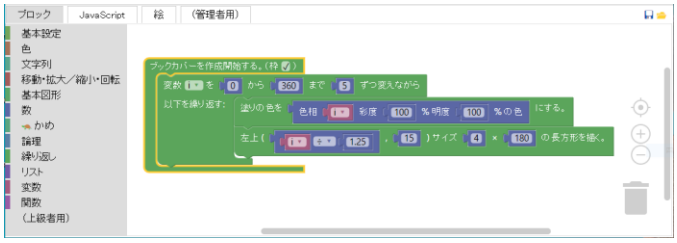


図 2 Blockly の画面

マイナーなプログラミング言語向けのブロックを、“入れ子”が深くなりすぎて画面が狭くなってしまうことのないように、設計している。

教師なし学習による未知のサイバー攻撃対策に関する研究

香川大学 創造工学部 電子・情報工学領域　准教授 喜田 弘司
連絡先 kida.koji@kagawa-u.ac.jp

Introduction

ハッカーが圧倒的に有利

近年の攻撃はウィルス感染からスタート

人手では対応しきれない種類のウィルスが作成

ウィルスの検知率は、10%をきっています

出典: McAfee Labs, 2017

Concept

逆転の発想で

受けた攻撃から学び対策を強化するのが常識

新たな攻撃（未知攻撃）は守れない

自システムの変化から攻撃に気づき対策

孫子

知彼知己，百戦不殆

『彼を知り，己を知れば，百戦して殆うからず』

Technology

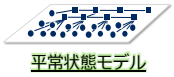
人工知能による異常検知

複雑な設定やドメイン知識なしに、システム監視ログから自動解析によって、**システムの平常状態をモデル化**

現在の状態と平常状態のモデルを比較、**いつもと違う**動きを検知することにより、**異常を早期に発見**し対策につなげる

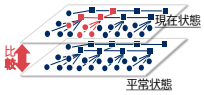
1. 監視
プロセス間通信、ファイル利用等細かい粒度でログをエンドポイントから収集

2. 平常動作の把握
ログからシステムのふるまいを学習し、平常状態モデルを生成



平常状態モデル

3. 異常検知
システムの現状と平常状態の差分を異常として検知し、影響範囲を特定

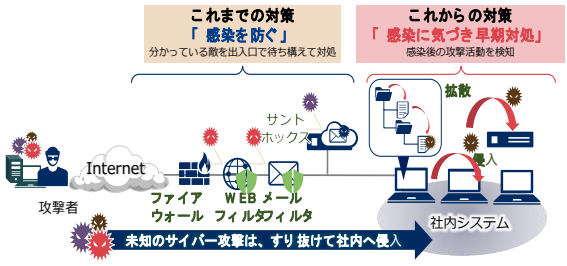


評価実験

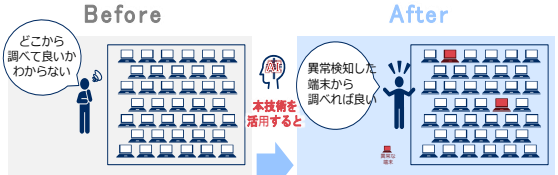
未知のマルウェア			従来型アンチウィルス		AIによるアンチウィルス	
ファイル名	拡張子	本方式	S社製品	T社製品	C社製品	F社製品
検体1	exe	×	×	×	○	×
検体2	lnk	○	×	×	×	×
検体3	exe	○	×	×	○	×
検体4	exe	×	×	×	×	×
検体5	xls	○	×	×	×	×
検体6	exe	○	×	×	○	×
検体7	doc	○	×	×	×	○
検体8	doc	○	×	×	×	×
検体9	exe	○	×	×	○	×
検体10	lnk	○	×	×	×	×
合計		80%	0 %	0%	40%	10%

Operation

運用方法



導入効果

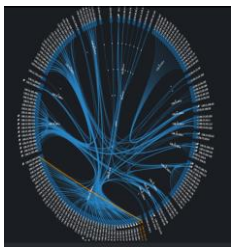


この中でどの端末が異常かわかりますか？調べるには、複数のログを解析するなど人手による作業が発生し、高度なスキルや工数/時間が必要。

AIが平常状態と現在のシステム動作を比較し、システム異常を自動的に検知。これまで気づくことが困難だった異常（攻撃の侵入など）を早期に発見。

Screen Shots

ダッシュボード



学習結果の可視化

異常原因分析

データ駆動型スマートシティの実践共同体構築に向けた学習・研究支援環境

香川大学 創造工学部 情報システム・セキュリティコース 准教授　米谷 雄介
連絡先 kometani.yusuke@kagawa-u.ac.jp

1. データ駆動型スマートシティ

データ駆動型スマートシティは，中規模以上の都市において ICT や IoT（Internet of Things）を活用して，スマートな社会インフラを構築し，快適な生活を実現する試みである．様々なステークホルダーの都市サービスの利用傾向をデータとして計測し，データに基づいて都市サービスの挙動を制御し，都市経営を最適化する．世界のスマートシティは，分野横断型，課題解決型，進化型，市民中心設計といった特徴を有し，持続的な都市経営に資する方向に動いている．市民中心設計とは，都市経営に市民が積極的に関与することであり，何をもって「快適さ・心地よさ」とするかの要件定義が求められる．

2. データ駆動型スマートシティの実践共同体構築

香川大学では DX を「デザイン思考によるデジタル技術を用いた付加価値創出」と定義している．本研究はそれに倣い，スマートシティを「まちづくりにおける DX」と捉え，スマートシティを「デザイン思考によるデジタル技術を用いたまちづくりにおける付加価値創出」と定義する．DX 推進においてユーザ企業が IT サービスの要件定義をおこなうことが不可欠である．また IT サービスの要件定義には IT の理解も不可欠である．日本ではユーザ企業に所属する IT 技術者数の割合が低く，要件定義が進みづらいという問題がある．これに対し，本研究では，自治体を含むユーザ企業と IT サービス企業とが実践共同体を形成し，スマートシティの実践を通じて，要件定義が進み，段階的に高度な都市サービスが実現される体制を想定する（図１）．実践共同体とは、「あるテーマに関する関心や問題、熱意などを共有し、その分野の知識や技能を持続的な相互交流を通じて深めていく人々の集団[1]」のことである。

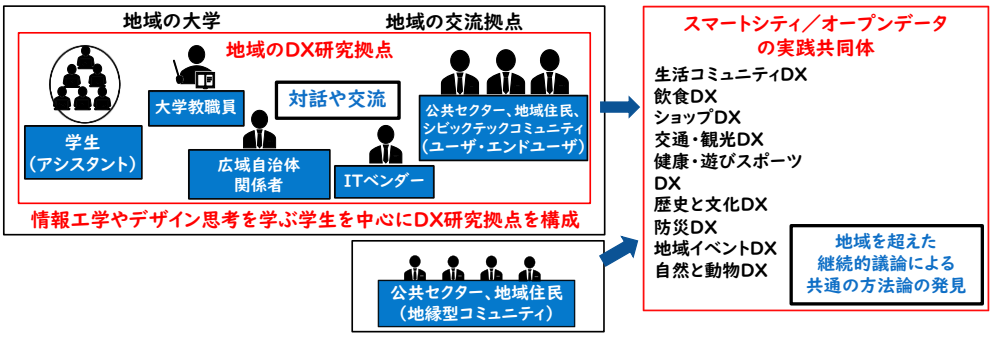


図１　スマートシティにおける地域の DX 研究拠点および実践共同体構築のイメージ

3. データ駆動型スマートシティの学習・研究支援環境「まちのデータ研究室」

スマートシティの実践共同体構築を促進すべく，データ駆動型スマートシティの学習・研究支援環境「まちのデータ研究室」を構築・運営している．「まちのデータ研究室」では，ローコード・ノーコード開発プラットフォームの一種である Microsoft Power Platform や IoT データプラットフォーム FIWARE を都市サービス・プロトタイピングに利用可能としている．加えて本プラットフォームを用いたデザイン思考の実践を促進すべく「地域運営業務改善アイデアソン」「地域運営業務システム開発ハンズオン」「効果検証フィールドワーク」などのデザイン思考実践プログラムを提供している．2022 年 12 月現在，行政，企業，NPO 法人，大学生，高校生がチームを形成し，自ら設定した要件に基づいて都市サービスのプロトタイプ開発ならびにプロトタイプに基づく効果検証に取り組んでいる．

参考文献

[1] Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W.M., “Cultivating communities of practice”, Harvard Business School Press, 2002, Boston, USA.

拡張された形式的モデルに基づくソフトウェアテスト法の開発

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 准教授　高木 智彦

ソフトウェアの開発工程において，その品質を評価し改善するための主要な技術がソフトウェアテストです．大規模で複雑なソフトウェアを体系的にテストするには，ソフトウェアの期待される振舞いを抽象化した形式的モデルに基づいてテストケースを生成する方法が有効であり，これを MBT（Model-Based Testing）といいます．当研究室では，ソフトウェアの状態やデータの変化などに着目した形式的モデルを採用し，MBT の有効性を高めるための新たな手法を開発しています．

（１）拡張された形式的モデル（拡張モデル）の開発

MBT では形式的モデルからテストケースが生成されます．したがって，質の高いテストケース，すなわちテスト目的を効果的に達成できるテストケースを生成するには，ソフトウェアのテストされるべき側面を形式的モデルによって精密に表現できること，そしてコンピュータがそれを解釈・実行できることが重要です．たとえば，ソフトウェアの信頼性を効果的に改善するテストケースを生成できるように，利用確率や欠陥潜在確率などに関わる各種メトリクスを形式的モデルにマッピングして拡張モデルを構築する手法を開発しています．また，ソフトウェアの主要な内部動作や制約条件を精密に検証できるように，他の形式的仕様記述言語を組み入れた拡張モデルの構築手法や，拡張モデルから他の形式的仕様へ変換する手法などを開発しています．

（２）テスト網羅基準やテストケース優先順位評価手法の開発

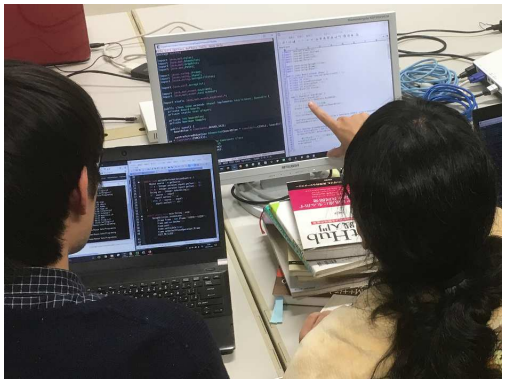
MBT において，テストケースは通常，テスト技術者によって指定されたテスト網羅基準を満足するように生成されます．拡張モデル，あるいはテストケースを効果的に生成するために拡張モデルから生成された中間モデルにおいて，指定条件に該当する実行可能な状態遷移の列やデータの組合せなどを網羅する基準，想定されるユーザの利用の分布を網羅する基準などを開発しています．さらに，深刻な欠陥，たとえば顕在化する可能性の高い欠陥や，顕在化した場合の影響が大きい欠陥などを早期に発見するために，各種メトリクスに基づくテストケースの優先順位評価手法を開発しています．

（３）テストケース生成手法の開発

テストに投入できるエフォートは有限ですので，テスト網羅基準を満たす最小サイズのテストケースを，優先順位を付けて生成することが望まれます．しかしながら，広大な探索空間と複雑な制約条件をもつ拡張モデルから，そのようにテストケースを生成することは容易ではありません．そこで，テストケース生成に適した中間モデルを拡張モデルから生成する手法や，メタヒューリスティクスを導入して現実的な計算量で準最適なテストケースを拡張モデルあるいはその中間モデルから生成する手法などを開発しています．さらに，シミュレーションにおける欠陥検出率やソフトウェア品質への影響度などに基づいて，テストケースの実行前にその有効性を評価，改善する手法を検討しています．

（４）テスト技術者支援手法の開発

テスト技術者は，ソフトウェアの各種開発ドキュメントに基づいて拡張モデルを作成します．しかしながら，そこで用いられる表記法や手順は専門的なため，一定の訓練が必要となる場合があります．たとえば，作成中の拡張モデルについて，その実行結果を可視化したものや完成させるためのヒントなどを訓練者に与えることで習得を促進する手法を開発しています．また，MBT では大量のデータを扱いますので，作業の進捗状況やソフトウェア品質の傾向などをタイムリーに把握して適切な対応をとることができるようにするための，拡張モデルに基づく管理手法および可視化手法を検討しています．（１）～（４）で紹介した各種手法を支援するためのツールを試作し，手法の有効性を評価すると同時に，効果的なツール支援の在り方についても検討しています．



大規模データ向け情報ストレージシステムの研究

香川大学創造工学部　電子・情報工学領域　講師　亀井　仁志
連絡先 kamei.hitoshi@kagawa-u.ac.jp

概要

情報ストレージシステムは，情報システムを利用するユーザによって作成された大量のデータを保持・管理する機能を提供します。もし，情報ストレージシステムの性能低下が起きると，情報システムのサービスが停止する場合があります。そのような場合，情報ストレージシステムが回復するまで，エンドユーザは，情報システムのサービスを利用できなくなります。さらに，情報ストレージシステムに保管されたデータが壊れると，サービスのコンテンツは永久に失われてしまいます。このように，データは非常に重要であり，データを保管・管理する情報ストレージシステムを研究しています。

研究 1：大規模災害向けデータ保護方式の研究

東日本大震災級の大規模災害が起こると，地震の揺れや津波などによって，サーバや情報ストレージシステムに格納されたデータが壊れることが考えられます。そのため，大規模災害からデータを保護するためのデータ保護技術が，現在，提案されています(1)。そのような技術は，平時にデータを遠隔サイトへ複製します。発災後に情報システムのサービスを回復する際，遠隔サイトからデータを逆方向に複製します。この逆方向のデータ複製処理を高速化し，サービスの回復にかかる時間を短縮する，高速データ復元技術を研究します。

研究 2：遠隔サイトのデータへのアクセス性能向上の研究

近年，クラウドサービスの利用が進み，大量のデータがクラウドサービスで生成され，保管されています。さらに，クラウドストレージと呼ぶデータ保管専用のクラウドサービスも提供されています。そのため，エンドユーザの PC から，クラウドサービスなど遠隔サイトに格納されたデータに，高速にアクセスできることが重要です。そこで，遠隔サイトのデータへの効率的なデータアクセス方式を研究します。本研究は，遠隔サイトのデータに対して，低遅延で広帯域なデータアクセスの実現を目標にしています。

研究 3：大規模情報ストレージシステムの研究

多数のボランティアによって開発され，ソースコードを自由に閲覧・改良できるオープンソースソフトウェア（OSS）の利用が進んでいます。このような OSS のソフトウェアとして，大規模情報ストレージシステムを構築可能なソフトウェアが提供されています。例えば，Ceph(2)や GlusterFS(3)などがあります。こうした OSS のソフトウェアを利用することにより，大規模情報ストレージシステムを専用の装置を用いずに構築できます。このようなソフトウェアを用いた大規模情報ストレージシステムを情報システムに適用する場合において，アクセス性能やスケーラビリティなどを調査し，OSS のソフトウェアを用いた大規模情報ストレージシステムを高性能・高機能化する研究を推進します。

参考文献

(1) S. Matsumoto, T. Nakamura, H. Muraoka, "Risk-aware Data Replication to Massively Multi-sites against Widespread Disasters," Rangsit Journal of Information Technology, Vol. 1, No. 2. pp. 22-28, 2013
(2) https://ceph.io/
(3) https://www.gluster.org/

ヒューマンインタフェースとVirtual reality技術

香川大学　創造工学部　講師　福森聡

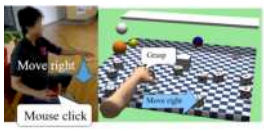
身体知覚とバーチャルリアリティ (VR) 技術

慢性疼痛のためのリハビリテーションシステムの開発

Virtual reality based Mirror visual feedback (VR-MVF)

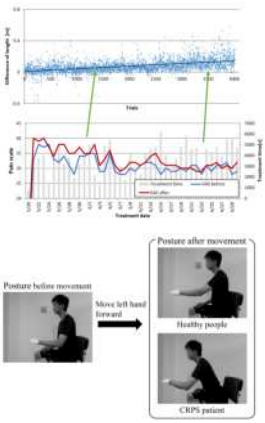
- 上肢の慢性t疼痛のためのVR技術を用いたリハビリテーションシステム
- 数週間後に慢性疼痛が軽減
- 数週間後に運動機能が改善
- 疼痛を抑えるための薬の代替手段

VR-MVF for home



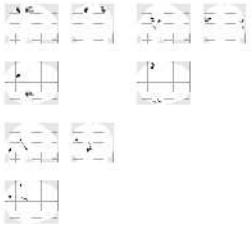
- 自宅利用できるVR-MVF
- 患者に配慮した使いやすいUI
- 数週間経過後に疼痛が軽減

VR技術によるヒトの身体知覚の解明



疼痛の程度と動作に関する時系列変化の解析

- 1ヶ月間の間自宅でVR-MVFを使ってリハビリテーションに取り組む
- リハビリテーション中の動作と治療前後の疼痛の記録
- 疼痛の軽減および安定化に伴って，リーチング動作時に疼痛部位を積極的に動かせる様になった



VR-MVFを使用しているときの身体知覚の調査

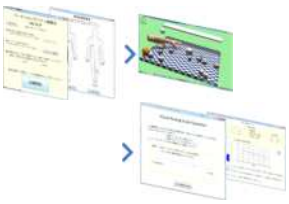
- 視覚的な身体運動と運動予測が一致しないとき，予測エラーが知覚される

頭部装着型ディスプレイ（VRゴーグル）による身体知覚の調査

- 上肢と頭部の動きを計測してVR ゴーグルで映像を提示
- 視覚情報を基盤とした感覚運動の一致や不一致が生じた際の知覚の調査

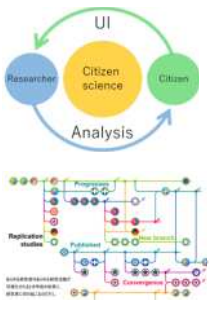
ヒューマンインタフェース

ユーザーインターフェース(UI)やオープンサイエンスのためのフレームワークの開発



カプトロジの概念を利用したモチベーションを維持するための外装的機能

- リハビリテーションによる治療にはモチベーションの維持が重要
- 説得によってユーザーの行動を変えるための技術の概念であるカプトロジの技術を援用したインタフェースの設計



オープンサイエンスのフレームワーク設計

- 研究者と市民の協働にによる良いUIや悪いUIのデータベース構築
- 認知科学の実験におけるコンピューターを利用した再現性を高めるためのフレームワークの構築

- Human-robot interaction
  - ソーシャルロボット，ロボットんによるオンラインミーティング

数理モデルを用いた交互脈の発生メカニズムに関する研究

香川大学創造工学部 電子・情報工学領域 教授　北島　博之
連絡先 kitajima.hiroyuki@kagawa-u.ac.jp

１．目的

交互脈（alternans）は不整脈の一種で心不全死あるいは突然死を引き起こす前兆として認識されている．本研究では，生物実験により明らかとなった心臓の細胞のネットワークを数理モデルで表し，その数理モデルの解析を行うことにより交互脈を抑制するための手法を提案する．更に，FPGA(書き換え可能な LSI)を用いて数値解析の高速化を図る．

２．研究概要

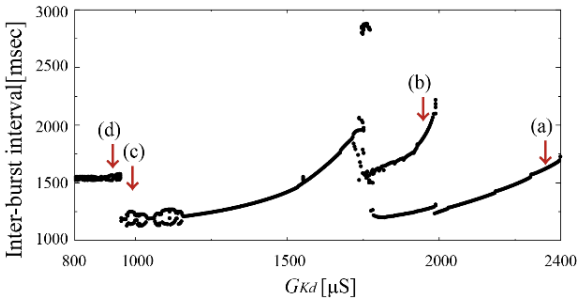


図１：コンダクタンス値を変化させた場合の細胞の膜電位の変化．

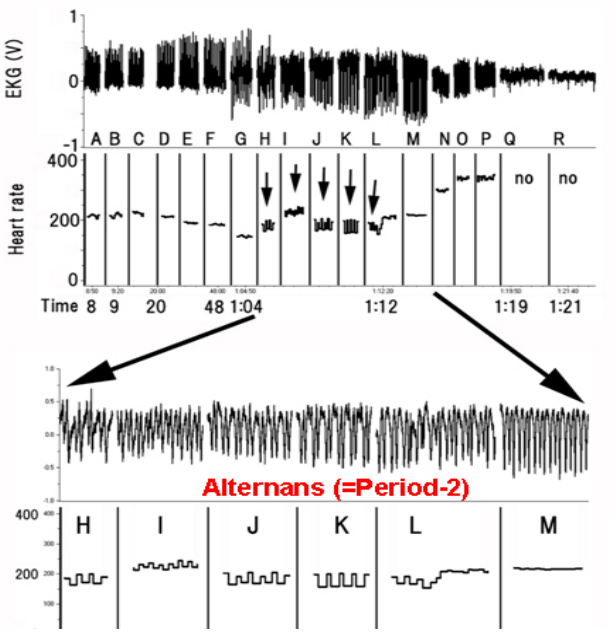


図２：生物実験結果（共同研究者提供）．
1 段目：心電図．2 段目：心拍の周波数．
3，4 段目：2 段目の拡大図．横軸は時間（分：秒）．

図１に数理モデルでの解析結果を示す．図２に生物実験結果を示す．図１はカリウムイオン電流のコンダクタンス値を変化させた時の，ペースメーカ細胞のバースト間隔を示す．図１において，(a)：正常値，（b），(c)：交互脈，（d）心停止に対応する．

数理モデルで１つのパラメータ値を変化させることにより，生物実験で見られる正常→交互脈→心停止へと至る現象を再現することができた．

数値解析の高速化に関しては，FPGA，CPU，GPU 等の異なるデバイスが混在する環境での超並列計算に取り組んでいる．

３．成果の活用

数理モデルを構築し分岐解析を行うことにより，不都合な交互脈を抑制するためのパラメータ変動に対する知見を与えることができた．本成果により，細胞外カリウム濃度が上昇（カリウムイオン電流の細胞内への流入が上昇）を抑える薬の投与が，交互脈の発生を抑えることがわかった．

４．備考

・共同研究者：矢澤徹（香川大学工学部客員研究員）

空間分割多重技術に基づく超大容量光通信ネットワークの研究

香川大学創造工学部電子・情報工学領域　教授　神野 正彦
Jinno.masahiko@kagawa-u.ac.jp

1. 研究の背景

光伝送システムに必要なインタフェース速度は，2010 年の 100 Gb/s からの外挿に基づくと 2024 年には 10 Tb/s を超えると予想される．DP-QPSK 変調方式の 10 Tb/s 光信号は少なくとも 3.2 THz の光スペクトルを専有するので，これは C バンドに光チャネルを 1 チャネルしか収容できないことを意味しており，このような超大容量の光チャネルに対しては，現状利用されている波長分割多重（WDM）レイヤにおけるグルーミング機能は不要でることは明らかである．

一方，光伝送システムのシステム容量も年率 40%で増加する必要があるとすれば，2024 年には 1 Pb/s が必要になると予想され，これは現行の単一モード光ファイバ（SMF）容量の物理限界（~100 Tb/s）を大幅に超えることから，隣接光ノード間は大量の空間レーン（空間伝搬モード）が必要となる．最近の 10 年間で空間分割多重（SDM）の考えに基づく新構造の光ファイバ構造が多数研究開発されている．

当研究室では，将来の本格的な SDM 時代を支える新しい光ネットワークアーキテクチャとして空間チャネルネットワーク（SCN: Spatial Channel Network）を提唱し，その実用化に向けた光デバイスから光ノードアーキテクチャ，ネットワーク設計技術にわたる幅広い技術課題に取り組んでいる[1].

2. SCN アーキテクチャ

現状の WDM ネットワークにおいて通信トラッフィクを転送する主体は，光ファイバの利用可能光スペクトル域の一部（例えば 50 GHz 幅）を割り当てられた光チャネル（OCh）である． SCN では，これを光ファイバの利用可能光スペクトル域の全域を割り当てられた超大容量空間チャネル（SCh）が担う．SCN は，図 1 に示すように，SDM レイヤと WDM レイヤから構成され，SDM レイヤにおいて SCh のルーティングを担う空間クロスコネクト（SXC）と OCh のルーティングを担う従来の波長クロスコネクト（WXC）から構成される階層型光クロスコネクト（HOXC）アーキテクチャを採用する [1].

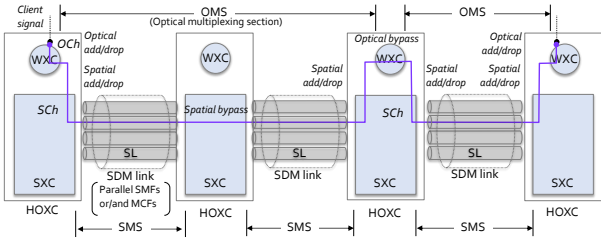


図 1 空間チャネルネットワーク（SCN）アーキテクチャ

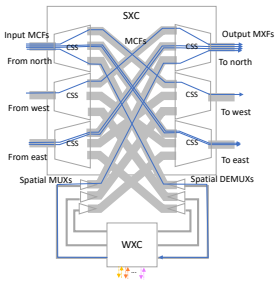


図 2　HOXC アーキテクチャ

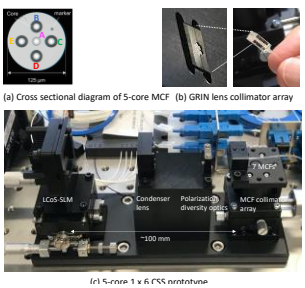


図 3　CSS プロトタイプ

SCN においては，多くのトラフィックは小型，低損失, 低コストが期待される SXC によりスイッチングされ，上位レイヤの WXC をバイパスする．これを「空間バイパス」と呼ぶ．一方，小容量のトラフィックは他の小容量のトラフィックと空間チャネルを共有し, 必要に応じて上位層の BV-WXC により周波数スロット単位でクロスコネクトされる．このようなアーキテクチャを採用することで，ノード間を大量の SMF/MCF で結ぶ将来の光ネットワークを経済的に提供することが可能になると期待される．さらに，HOXC においては，SXC により上位層 WXC を空間バイパスされる OCh は，SXC の低損失性を享受して物理的転送特性の向上が期待される．

3　SXC アーキテクチャと CSS 実現技術

SCN を構成する SXC アーキテクチャとして, 当研究室では，図 2 に示すような波長選択スイッチ（CSS）に基づく構成を提案している．CSS は現状の WDM ネットワークにおける波長選択スイッチ（WSS）に対応する機能を SCN において担い，入力ポートの任意のコアの SCh を任意の出力ポートの同一番号のコアに出力することができる．同図のように CSS を Route & Selective 構成に配置することで, 増築性に優れ，高信頼な SXC を提供可能と期待している．SS 機能を実現する方法として空間光学系に基づく構成とそれに基づく試作機を図 3 に示す．入出力 MCF に配置したマイクロレンズは，各コアから出力される SCh を空間的に分離する機能を提供し，入力 MCF から出射した各 SCh はステアリングレンズを介して, 角度可変ミラーアレイに集光する．各角度可変ミラーの角度を調整することで，各 SCh を所望の出力 MCF にスイッチすることができる．

4　まとめ

2025 年~2030 年頃の実用化を目指して推進している空間チャネルネットワーク（SCN）研究プロジェクトを紹介した．今後は接続自由度と経済性をバランスさせた各種 SXC アーキテクチャについて実現技術の創出と経済性の検証を進めていく．

謝　辞

本研究の成果の一部は NICT 委託研究（課題 20401，課題 19302）ならびに科研費基盤（B）JP18H01443 による．

文　献

[1] M. Jinno, "Spatial Channel Network (SCN): Opportunities and Challenges of Introducing Spatial Bypass Toward Massive SDM Era," J. Opt. Commun. Netw., Vol. 11 No. 3, 2019.

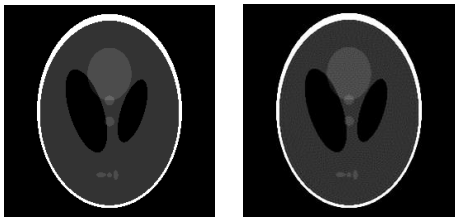
複合的な科学計による CT 画像再構成

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 教授　丹治　裕一
連絡先 tanji.yuichi@kagawa-u.ac.jp

１．背景と目的

日本は世界一のCT普及国であると同時に世界一の医療被曝国と言われている。これは，国内メーカが開発しているCT装置では逆投影法が用いられ，この方法では高品質な画像を得るために，人体に高線量照射しなければならないためである。逆投影法による再構成画像よりも高品質で低線量照射下での画像再構成が可能な方法として連続法が電子・情報工学領域藤本准教授らによって提案されている。しかしながら，その演算効率が良好でないことが問題であった。そこで，本研究では，藤本准教授らと共同で，連続法と同じ基本概念に基づきながら，複合的な科学計算（AI，大規模凸最適化アルゴリズム，ハイパフォーマンス・コンピューティング）を用いて，効率の良い高品質CT画像再構成法の開発を行っている。

２．実験結果



原画像　　再構成画像

図１　原画像と再構成画像の比較

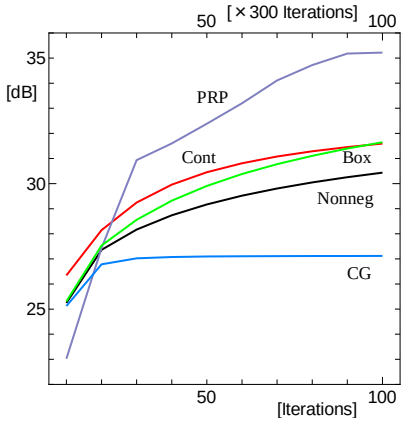


図２　再構成画像の品質

図３　ディープラーニング・マシン

頭蓋骨の断面を模した phantom 画像に対して，画像再構成を行った結果を示す。原画像は 256×256 のサイズであるため，6.5 万の変数をもつ大規模凸最適化問題を解く必要がある。これを，連続法(Cont)，共役勾配法(CG)，非負値拘束つき共役勾配法(Nonneg)，境界値拘束つき共役勾配法(Box)，非線形共役勾配法(PRP)を用いて，最適化を行った結果を図２に示す。ここで，各方法での画像の品質が示されている。非線形共役勾配法を用いた場合の再構成画像を図１に示す。再構成画像と原画像は目視ではその違いは判らない。表１に計算時間の比較を示す。共役勾配法は連続法よりも約 300 倍高速であることが分かる。

表１　計算時間の比較

Cont	CG	Nonneg	Box	PRP
1874 s	5.50 s	5.59 s	5.59 s	63.83 s

図３に示した AI に用いられるディープラーニング・マシンを用いると，さらに数十倍高速に画像再構成を行うことができる。

連続法を高速化するために，AI を用いた予測，ディープラーニング・マシンに搭載されている複数の画像処理プロセッサ(GPU)を用いた高速化の検討も行っている。

３．今後の展開

医用画像には通常ノイズが生じるため，ノイズに対して耐性をもつ最適化問題の解法を検討する必要がある。また，提案した方法は，CT だけでなく MRI にも有効であり，この場合いは診断時間を短縮できるため，患者の負担を軽減することができる。

医用診断は，様々な最適化問題として取り扱われる。そこで，本研究で検討を行った方法をこれらの問題の解法に応用することが今後の課題である。

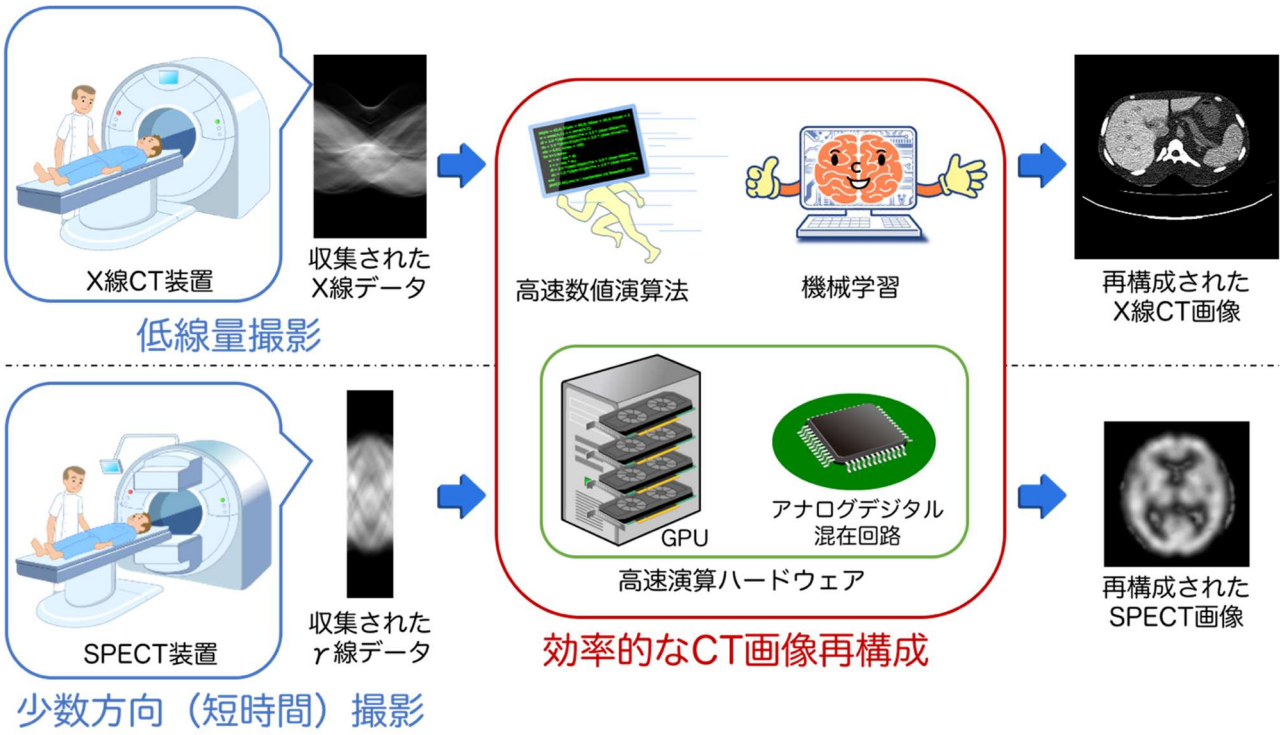
ＣＴ画像再構成システムに関する研究

香川大学創造工学部電子・情報工学領域　教授　藤本　憲市
連絡先 fujimoto.kenichi@kagawa-u.ac.jp

医療機関では，X 線 CT 装置，SPECT 装置，PET 装置などの各種モダリティを利用して身体内部を可視化（断層画像を生成）し，病変の有無や腫瘍の大きさ・位置などの診断を行っています。その断層画像は，測定された放射線データに対して，ある数学的理論に基づいた計算をコンピュータで行うことによって作成されます。これを CT 画像再構成といい，フーリエ変換に基づいた方法，差分方程式や微分方程式を利用する方法などがあります。フーリエ変換に基づく再構成法に対して，方程式を利用する方法は画像再構成処理に長時間を要するものの，X 線の照射線量を減らして身体を撮影した場合や体内に投与した放射性同位元素から放出される放射線の測定方向数を減らした場合でも，アーチファクト(*)の少ない良品質な画像を再構成できるという特長があります。すなわち，それら方程式を効率的に解く手法やシステムを開発することにより，X 線 CT 検査における医療被曝量低減やシンチグラフィ検査における検査時間の短縮に貢献することができます。

本研究では，GPU の利用，アナログディジタル混在電子回路や高速数値演算法の開発，機械学習の併用など，さまざまな観点から CT 画像を効率的に再構成できる手法や再構成システムの開発に取り組んでいます。

(*) アーチファクトとは，再構成によって人工的に生じる画像の歪みやノイズを意味します。



動的準安定遷移過程に関する研究

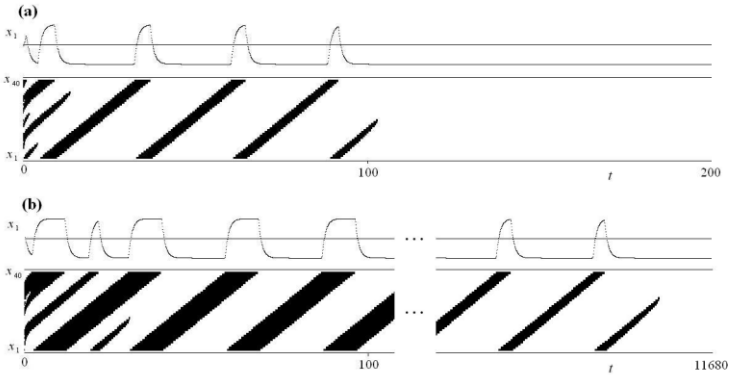
香川大学創造工学部 電子・情報工学領域　教授　堀川　洋
連絡先 horikawa.yo@kagawa-u.ac.jp

神経回路モデルなどにおける動的な準安定遷移過程(dynamical metastability, metastable dynamics)について調べています。動的準安定遷移過程を有する系では、安定な定常状態に至るまでの遷移時間が系の大きさに対して指数関数的に増加します。そのため、系が大きくなると現実的な時間内に定常状態に至ることは無く、その準安定な過渡状態が系の持つ機能にとって重要なものとなります。

本研究者らは、神経回路における動的な準安定遷移過程は、式(1)の単方向結合の環状神経回路において発現することを示しました。

$$\mathrm{d}x_n/\mathrm{d}t = -x_n + f(gx_{n-1}), \qquad f(x) = \tanh(x) \quad (1 \le n \le N, \quad x_{n\pm N} = x_n, \quad g > 1) \tag{1}$$

この系はすべての素子が正または負の同一の値を取る双安定な空間一様平衡状態($x_n = f(x_n)$, $1 \le n \le N$)を有します。しかしながら、過渡状態において、図 1 のように素子が正の状態(黒色)と負の状態(白色)の 2 つのパルスに分かれ、それらが結合方向に系内を進行する回転波とそれに伴う各素子の振動が生じます。ランダムに初期値を与えた場合、(a)のように短時間で定常状態に収束する場合もあれば、(b)のように極めて長時間過渡状態に留まり素子の振動が持続する場合があります。



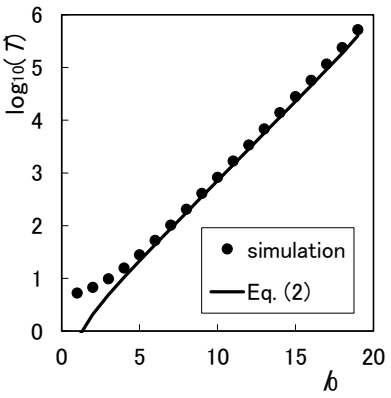


図 1 過渡回転波の伝播パターン（初期値:ランダム）

図 2 過渡回転波の持続時間 T vs 初期パルス幅 l_0

本研究者らは、そのパルス幅 l (パルス内の素子数、図 1 内の黒い帯の縦幅)の変化が式(2)で記述されることを、シグモイド関数 $f(x)$をステップ関数で置き換えることによって解析的に導きました。

$$\mathrm{d}l/\mathrm{d}t = \beta\{\exp[-\alpha(L-l)] - \exp(-\alpha l)\} \qquad (\alpha > 0, \quad \beta > 0, \quad 0 < l < L) \tag{2}$$

パルス幅の初期値 $l(0) = l_0$ とすると、定常状態に至るまでの遷移時間 T は図 2 のように l_0 に対して指数関数的に増加し($T \propto \exp(l_0)$)、式(1)のシミュレーション結果と式(2)の解析解は良く一致します。また、式(1)の等価回路を OP アンプを用いて作成し、40 個の素子からなる回路で数千回の過渡振動を観測しています。

そして、その後、このような動的準安定遷移過程は様々な素子(Duffing 素子、Bonhoeffer-van der Pol(BVP)ニューロンモデル、パラメトリック振動子、Lorenz モデルなど)の単方向結合系において存在することを示しています。

速度分布計測のための集積プローブ

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 教授　丸　浩一
連絡先 maru.koichi@kagawa-u.ac.jp

１．目的

流体を扱う産業では，流路断面内の速度分布情報を高精度かつ稠密に計測することが望まれる．レーザドップラー速度計（LDV）は，高性能なカメラや複雑な画像処理を用いずに高空間分解能，非接触，かつ高精度に速度を計測できる方法として広く用いられているが，2 次元的な速度分布を計測するためには大規模な光学系になりがちであった．本研究では，使い勝手の良い速度分布計測装置の実現を目指し，光導波路技術を利用した速度分布計測用集積プローブを提案している．

２．研究概要

速度分布計測用集積プローブの構成を図 1 に示す．波長可変レーザからの光をスプリッタで分岐し，ふたつのビームアレイを生成する．位相シフタアレイを用いて各ビームをセロダイン変調し，互いに異なる周波数だけシフトしたのち，グレーティングカプラから出射する．一対の出射用グレーティングカプラから出力されたビームの交差位置での速度を計測する．複数のカプラ対を設けることで，基板に平行な方向に整列した複数の測定点を形成し，各測定点と周波数シフト量を一対一対応させることで各測定点の速度を同時計測する．また，波長を変化させてグレーティングカプラからの回折角を変化することで，各測定点を深さ方向に走査する．本構成ではメカニカル機構が不要となり，プローブの高信頼化が容易となる．また，位相シフタアレイによるセロダイン変調を用いることで，他の周波数シフト方式に比べて構成を簡易化できる．レンズ等を用いることなく測定位置に集光するためのチャープ型グレーティングカプラを設計した．図 2 にグレーティングカプラのモデル，図 3 に出射光の電界振幅分布計算例を示す．本研究により，使い勝手が大幅に向上した流路断面内の速度分布計測装置の実現が可能となり，産業・医療などの流体を用いたさまざまな分野への貢献が期待できる．

本研究は，科研費 15H04018，19K04426 の助成を受けた．

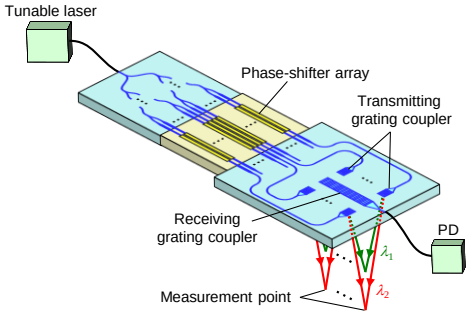


図 1　速度分布計測用集積プローブ

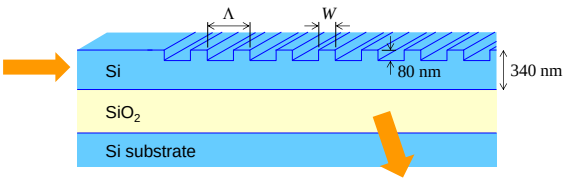


図 2　グレーティングカプラのモデル

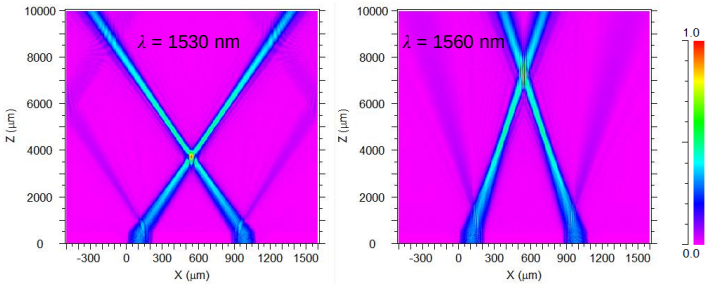


図 3　出射光電界振幅分布の計算例

第五世代移動通信ヘテロジニアスネットワークにおける干渉除去技術の研究

発表者：三木信彦

１．目的

2020 年代に 2010 年比で 1000 倍に到達することが予測されるトラヒックに対応するため，第五世代移動通信の研究が行われている．システム容量は（周波数利用効率），（周波数帯域幅），（基地局密度）の積で表されるため，上記トラヒックに対応するには，すべての要素を増大する必要があるが，本研究では，基地局密度増大に着目する．基地局密度増大による局間干渉増加を，基地局・移動局による干渉除去技術より改善することを目的とする．

２．研究概要

第五世代移動通信においては，コストの低減も非常に重要な要求条件である．従って，面的なカバレッジは設置済みの基地局（従来基地局）に任せ，トラヒックの集中する屋内に小型基地局を新たに多数設置するヘテロジニアスネットワーク構成を適用する．

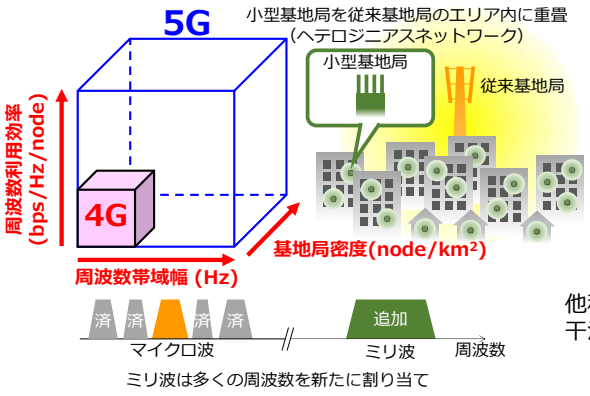
小型基地局の多数の導入により，下りリンク（基地局から移動局への通信）において移動局で受信する干渉局数が増大する問題がある．これを回避するための技術として，干渉制御技術がある．これは，基地局干渉制御と移動局干渉除去の 2 種類の大別される．

- **基地局干渉制御**：協調送信技術などを用いて，送信側である基地局において，移動局で受信する干渉電力を低減するように制御を行う．具体的には，基地局の複数アンテナの送信振幅・位相制御することにより実現する．
- **移動局干渉除去**：受信側である移動局の信号処理において，干渉信号を除去する．具体的には，移動局の複数アンテナの受信・位相制御や，受信信号を用いて干渉信号を推定して除去するなどの方法により実現する．

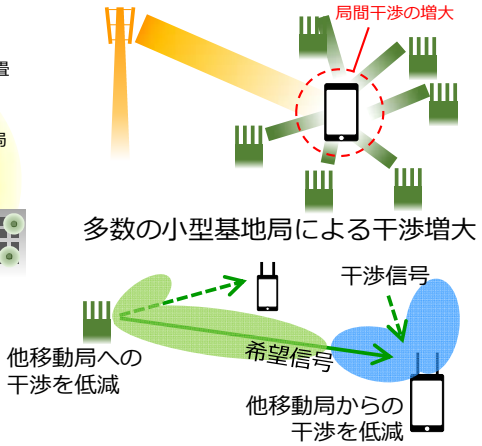
上記の技術は相反するものではなく，併用することによって，更なる改善効果が期待できる．例えば，干渉アライメント技術は，受信処理を想定して送信処理を行う．これらの技術について計算機シミュレーションにより，アルゴリズム検討を行う．

３．成果の活用

2020 年代に実用化が期待される第五世代移動通信で必須のヘテロジニアスネットワーク構成において，干渉除去技術の適用により，小型基地局の導入による容量増大効果を改善し，導入コストを低減することができる．



第五世代移動通信の容量増大技術



干渉制御技術

高信頼な遠隔ロボット制御のための無線と制御の統合的設計

香川大学創造工学部　電子・情報工学領域　准教授　石井 光治
連絡先 ishii.koji@kagawa-u.ac.jp

1. 研究の背景・目的

車の自動運転やドローンによる荷物の配送，ファクトリーオートメーション(工場における自動化)など無線通信技術を用いた新たな技術が実現してきている．我々の研究室では，無線通信技術をベースに制御理論やネットワーク科学，データサイエンスなどを用いて，遠隔機器制御の高信頼化を行っている．具体的には，制御のための無線制御技術(図1)，GNSS に基づく位置測位システムへのセキュリティなどを行なっているが，ここでは無線と制御との統合的設計に関して紹介する．

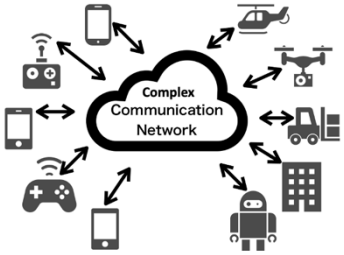


図 1 想定するネットワーク化制御システム

2. 無線ネットワーク化制御の送信電力/制御入力同時設計[1]

遠隔機器を制御するためには，コントローラからは制御入力を制御機器へ無線で送信し，制御機器は状態をコントローラへ送信する必要がある．しかし，無線通信を用いる場合は有線通信の場合と異なり通信遅延や通信誤り，通信路容量などに制約がある(図 2)．通信設計では，送信電力，誤り訂正符号や変調などを制御状態に応じて可変することが可能である．一方，制御では通信誤りや遅延を考慮した制御設計が可能である．従来はそれらが独立に設計されていたが，本研究では，通信における送信電力設計と送信電力に応じて信頼度が異なる制御システムにおける制御入力設計とを統合的に行った．これにより，制御状態が悪い状況下では，コントローラから制御器までの通信の信頼度を高め，さらには通信信頼度に応じた制御入力を同時設計し，通信状況が良い状況下では，制御機器からのフィードバック情報へ通信リソースを割り振るなど状況に応じた通信と制御とを実現することで，信頼性の向上を実現した(図 3)．

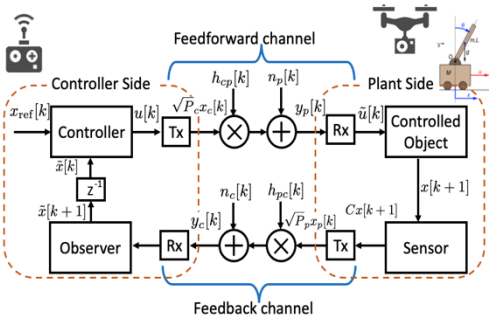


図 2 無線制御システム

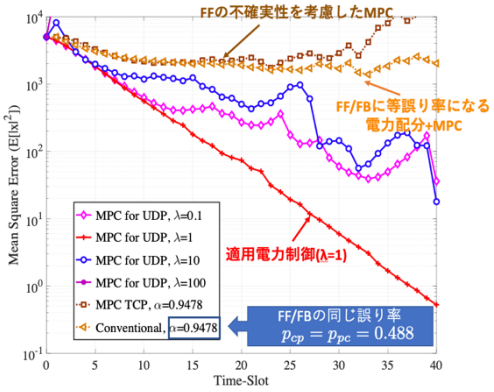


図 3 統合設計における効果

3. 複雑なネットワークにおける無線制御

現在は，さらに複雑なネットワークモデルを用いた無線制御の設計，また 1 台のコントローラが複数台を遠隔制御制御するモデルや，複数の制御ペアが同じ無線環境下で通信する場合の検討を進めている．複雑ネットワークでは，ネットワーク科学や機械学習などを応用した設計を現在行っている(図 4)．

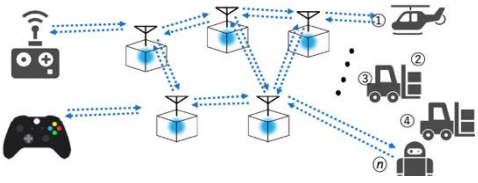


図 4　複雑ネットワークにおける制御

参考文献

[1]Koji Ishii, “MPC based power allocation for reliable wireless networked control systems,” IEEE Access, vol.9, pp.60913-60922, Mar. 2021.

海底 IoT の普及に先駆けた向けた光無線通信ネットワークの研究

香川大学創造工学部　電子・情報工学領域　准教授　小玉　崇宏
連絡先 kodama.takahiro@kagawa-u.ac.jp

海底資源探査や海底地形観測を目的とした情報通信端末の普及は今後のスマートな海底空間の実現に欠かせない．本研究室では，次世代海底光無線ネットワークについて端末配置を考慮したアーキテクチャについて提案している．提案する海底光無線ネットワークは，コアネットワークとアクセスネットワークの 2 階層で構成される．コアネットワークの研究では，複数の中継端末をバス型に接続した場合における中継端末の最適距離間隔に関する検討を進めている．一方で，アクセスネットワークの研究では，複数端末を想定した多重アクセス技術に焦点を当てた検討を進めている．

図 1 に，検討を進めている 2 つのネットワークで収容した通信トラヒックが光ファイバを経由し，データセンタまで送信されビッグデータとして処理される将来像を示す．図 2 に，多波長光源を用いた場合と同一波長光源を用いた場合のシステム構成をそれぞれ示す．本研究室が対象としている同一波長光源を用いたシステムでは，複数の光無線端末から送信された信号を 1 台の光検出器で同時に効率良く受信できる点が大きな特長である．表 1 にそれらの利点と欠点をまとめている．

以上のように, 廉価なトランシーバの構成を意識しながら, 未踏な通信ネットワークの開拓に努めている．

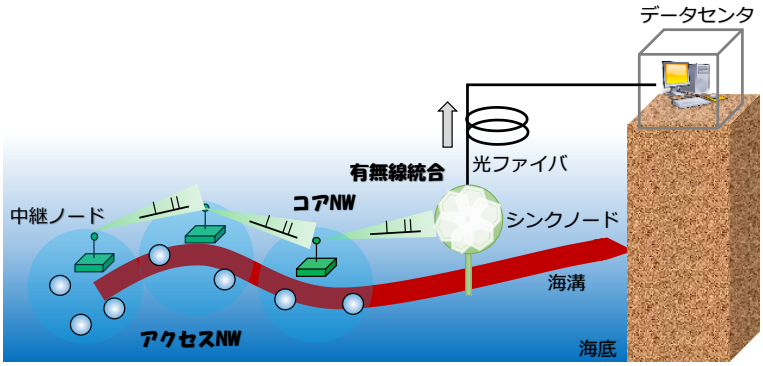
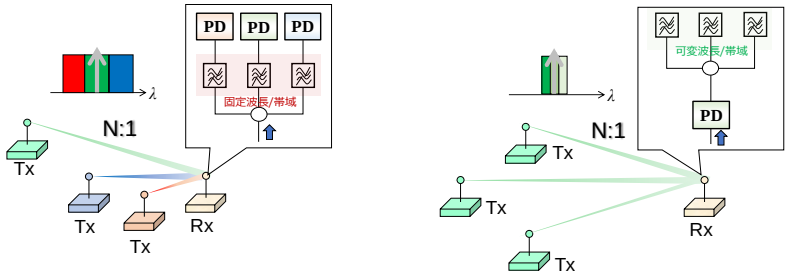


図 1 海底水中光無線ネットワークの構想



(a)　　(b)

図 2 (a) 多波長光源を用いた多重システム, (b)同一波長光源を用いた多重システム

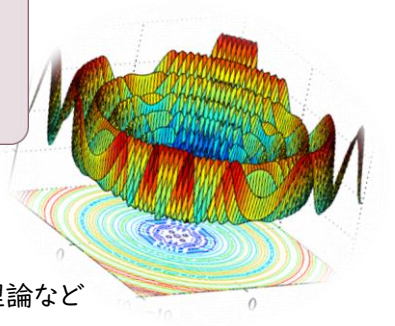
表 1 各システムの利点と欠点

多波長光源を用いた多重システム	同一波長光源を用いた多重システム
波長数に応じた大容量伝送可能	1 波長帯に伝送容量制限
各波長に対して最大伝送距離異	全波長に対して低損失波長利用可
受信器構成が複雑	受信器構成(PD1 台)が簡素

計算知能技術の開発および非線形工学への応用

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 准教授　松下春奈
連絡先 matsushita.haruna@kagawa-u.ac.jp

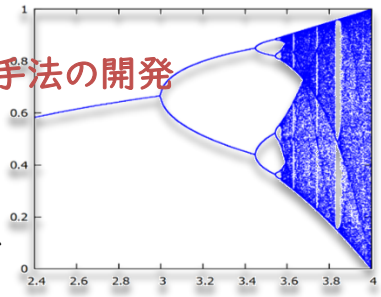
計算知能
Computational Intelligence
技術の開発や非線形工学への応用



● 計算知能とは？

- ✧ 人工知能(AI)研究の一分野
- ✧ 進化計算, 遺伝的アルゴリズム, ニューラルネットワーク, カオス理論など
- ✧ **自然界の現象**にインスパイアされたアルゴリズム
- ✧ 厳密解の代わりに**短い計算時間で実用的な近似解を求める**ことができる

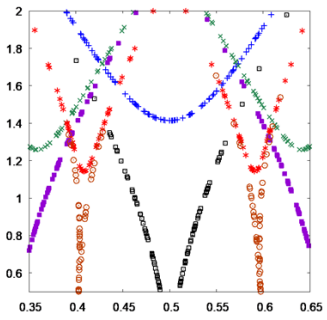
● 計算知能型最適化アルゴリズムの開発
および 様々な研究分野への応用新しい非線形最適化手法の開発



✧ 新しい計算知能型最適化アルゴリズムの開発

✧ 計算知能型最適化法を用いた新しい非線形解析手法の開発

- ✧ 我々の社会における諸問題、生体情報や気象現象、経済などは、時間とともに非線形的に状態が変化する。
  これらを**数理モデル**で表すことで、詳細に解析・理解・制御ができる。
- ✧ 分岐解析
  - ● システムパラメータを変化させたことによるシステムの振る舞いの急激な変化（分岐）を解析する、非線形解析手法の一つ。
  - ● 従来型分岐解析手法はニュートン法がベースとなっているため、**高度な知識**が必要
- ✧ **入れ子構造型粒子群最適化法（NLPSO）による分岐点導出法**を提案
  - ● 群知能型計算知能の一種
  - ● 最適化のための微分が不要
  - ● 注意深い初期値設定不要
  - ● アルゴリズムは簡素で実装が容易



[1] H. Matsushita et al., International Journal of Bifurcation and Chaos, vol. 27, no. 7, pp. 1750101-1-16, 2017.
[2] H. Matsushita et al., Chaos, Solitons & Fractals, vol. 119, pp. 126-134, 2019.
[3] H. Matsushita et al., Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol. E10-N, no. 3, pp. 289-302, 2019.
[4] H. Matsushita et al., Applied Soft Computing, 2019

✧ イメージセンサ型路車間可視光通信における信号復調への応用

- ✧ 送信機に LED 信号機、受信機に車載高速度カメラを想定した、可視光通信技術
- ✧ カメラによる受信機の問題点
  - ● 焦点ずれ、解像度不足による**撮影画像の劣化**
  - ● **劣化画像からの正確な信号復調が重要！**
- ✧ 計算知能による信号推定手法の提案
  - ● 従来型最適化手法よりも計算時間が短い
  - ● 認識精度をコントロールできる

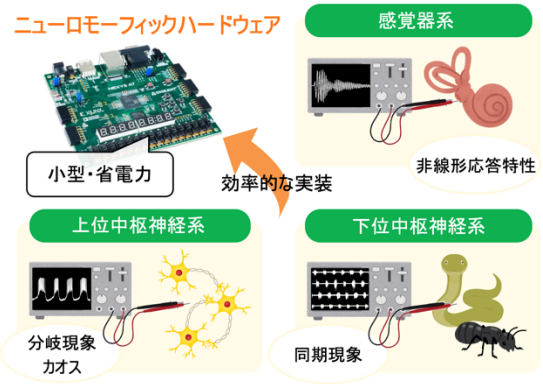
[1] S. Arai, H. Matsushita, Y. Ohira, T. Yendo, D. He, T. Yamazato,
"Maximum Likelihood Decoding Based on Pseudo-Captured Image Templates for Image Sensor Communication,"
Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol. E10-N, no. 2, pp. 173-189. 2019.
[2]松下 春奈, 荒井 伸太郎, "Nelder–Mead法を用いた可視光通信のための空間チャネル推定に関する一検討," 電子情報通信学会 非線形問題研究会 技術報告, no. NLP2019-59, pp. 123-127, 2019.

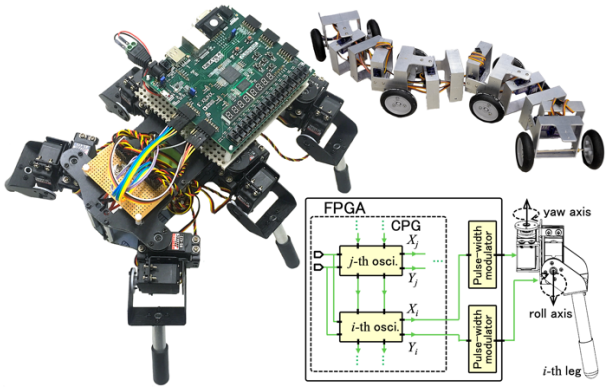
ニューロモーフィックハードウェアの小型・省電力回路設計

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 助教　武田　健太郎
連絡先 takeda.kentaro.j6@kagawa-u.ac.jp

（１）研究の背景・目的

感覚器系や中枢神経系などをはじめとする生体システムの振る舞いや特性を模倣する電子回路をニューロモーフィックハードウェアと呼びます。そのようなシステムは一般に非常に強い非線形性を有しており、数理モデルの解析や回路実装には困難を伴います。しかし、ヒトの脳のエネルギー効率は現在実用化されている AI 等に比べて遥かに高く、省エネであるということが知られています。そのため、小型・省電力な脳型ハードウェアや神経補綴装置、生物規範型ロボットを実現するための回路実装手法の検討が課題となっています。こうしたことを背景に、生体システムを模倣する非線形力学モデルの効率的な回路実装手法に関する研究に取り組んでいます。当研究室では、主に FPGA などを用いて以下のようなニューロモーフィックハードウェアに関する研究を行っています。





（２）生物の仕組みに学んだロボット歩行生成回路

生物の下位中枢には、歩行運動パターンを自発的に生成する役割を担う中枢パターン生成器と呼ばれる神経回路が局在していると考えられており、このしくみを 取り入れることによるロボット歩行制御の効率化が期待されています。このような生物の歩行メカニズムを積極 的に活用した制御手法は生物規範型制御と呼ばれており、これまでに様々な神経振動子の結合系による中枢パターン生成器モデルが提案されています。また、移動ロボットに組み込まれる歩行生成回路は小型・省電力であることが望ましいと考えられます。このような背景から、ロボット歩行生成回路の小型・省電力電子回路に関する研究に取り組んでいます[1]。

（３）ニューロンやそのネットワークの電子回路モデル

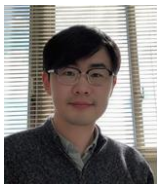
近年、深層学習を筆頭に人工ニューラルネットワーク(ANN)の研究が盛んに行われています。ANN は神経回路の巨視的なスケールでの振る舞い(=発火頻度)に着目したモデルですが、これに対し、神経回路の動的な振る舞いをより精緻に模倣した脳のモデルをスパイキングニューラルネットワーク(SNN)と言います。SNN は実際の脳と同じく細胞間の情報伝達をパルス的な信号(=活動電位)によって行うため、ANN に比べて電子回路の費電力化が期待できる一方、細胞自身が有する複雑な非線形ダイナミクスを表現するための計算コストが課題となります。このような背景から、神経細胞とそのネットワークの小型・省電力電子回路モデルに関する研究に取り組んでいます。

参考文献

[1] K. Takeda and H. Torikai, ``A Novel Hardware-Efficient Central Pattern Generator Model based on Asynchronous Cellular Automaton Dynamics for Controlling Hexapod Robot," IEEE Access, vol. 8, pp. 139609–139624, 2020

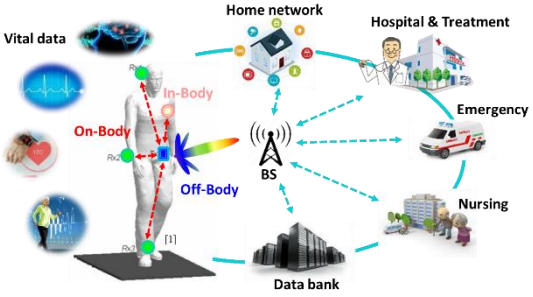
高信頼性医療 ICT 通信に応用する生体無線センサーの OTA 評価

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 助教　李　鯤
連絡先 li.kun@kagawa-u.ac.jp



高信頼性医療 ICT 通信

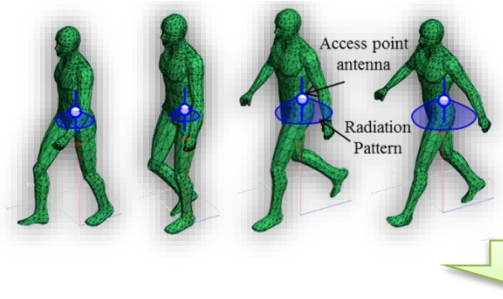
- 国民医療費の増加は大きな社会問題となっており，ICT を活用して社会全体で個人の健康・医療をサポートしていく仕組みが求められている
- Wireless Body Area Network (WBAN) System
  - 無線センサーで生体情報の取得
  - 健康管理・在宅医療の実現
  - 高齢者医療費の抑制



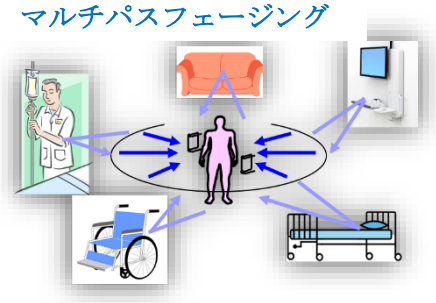
WBAN システムにおけるウェアラブル生体センサーの開発

1. **人体影響**：電磁特性による電波の吸収・遮断効果（動的特性）
2. **環境影響**：壁や家具などの散乱体による電波反射（マルチパス伝搬特性）

シャドウイング

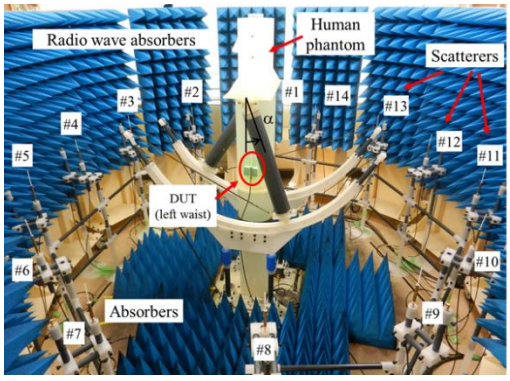


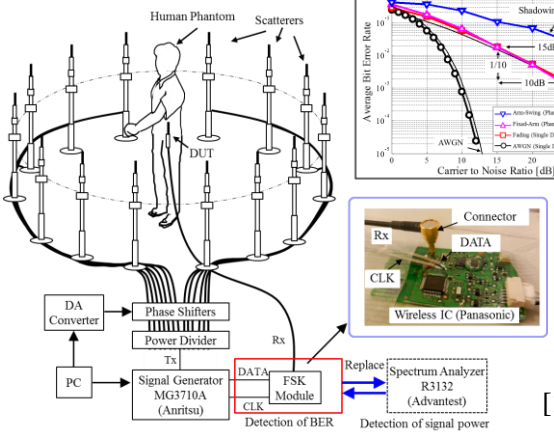
マルチパスフェージング

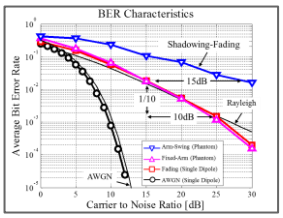


人体影響・電波伝搬環境を考慮した生体センサーの無線性能評価（信号ビット誤り率）

- フェージング環境を発生できる OTA(Over-The-Air Testing)評価装置の開発
- 人体・環境影響を考慮した BER(Bit-Error-Rate)の測定手順の開発







[1] [2]

主要な参考文献

[1] K. Li, K. Honda, and K. Ogawa, “Dual-Discrete Processing for Bit-Error-Rate OTA Testing in Shadowing-Fading BAN Channel”, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 16, pp. 1200-1204, Nov. 2016.

[2] K. Li, K. Honda, and K. Ogawa, “Rice Channel Realization for BAN Over-The-Air Testing Using a Fading Emulator with an Arm-Swinging Dynamic Phantom”, IEICE Transactions on Communications, Vol. E98-B, No. 4, pp. 543-553, Apr. 2015.