

ツイートされる病気症状の地域別・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。既存の研究では、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ほとんどである。しかし、Twitter 上には、病気症状のみを含む有用なツイートも多数存在しているが、ノイズ判定が難しいため、うまく活用されていない。そこで、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について、概説する。

病気症状の事実性解析[1]

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て辛い」と「明日は試験で頭が痛い」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。本研究では、Bag of Words, 病名の有無, 体の部位の有無, 文長, 単語分散表現 (W2V), Latent Dirichlet Allocation (LDA) によるクラスタリング結果から抽出した重要語 (KW) などを素性として、Support Vector Machine (SVM), ロジスティック回帰 (LR), 多層パーセプトロン (MLP) の3種類の分類モデルを提案した。

頭痛, 腹痛, 発熱など, 一般的な14病気症状に対して, 2,863件の正例, 7,137件の負例からなるデータセットを利用し, 10分割交差検証で提案手法の性能を評価した。その結果, MLP に対して W2V と KW を素性に利用することで, Precision が 83.5%, Recall が 83.3%, F1 が 83.4%の性能で, 事実性解析できることを確認した。今後は, 対象とする病気症状を増やしてデータセットを構築する。また, さらなる解析性能の向上を目指す。

ツイート主の居住地推定[2]

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。本研究では, ツイート内の名詞, 場所に関する固有表現を素性に, eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) で推定する手法を提案した。

プロフィールに47都道府県のいずれかを居住地として明記している17,937ユーザの12,993,817ツイートをデータセットとして構築し, そのデータセットを利用して, 5分割交差検証で提案手法の性能を評価した。その結果, 固有表現を素性にしたXGBoostにより, Precision が 72.3%, Recall が 71.3%, F1 が 71.6%の性能で都道府県レベルの居住地を推定できることを確認した。図1には, 都道府県に, 完全一致, 同じ地方, 隣接地方をそれぞれ正解とした場合のPrecisionを示す。今後は, 東京や大阪など, 大都市に対する性能向上を目指す。

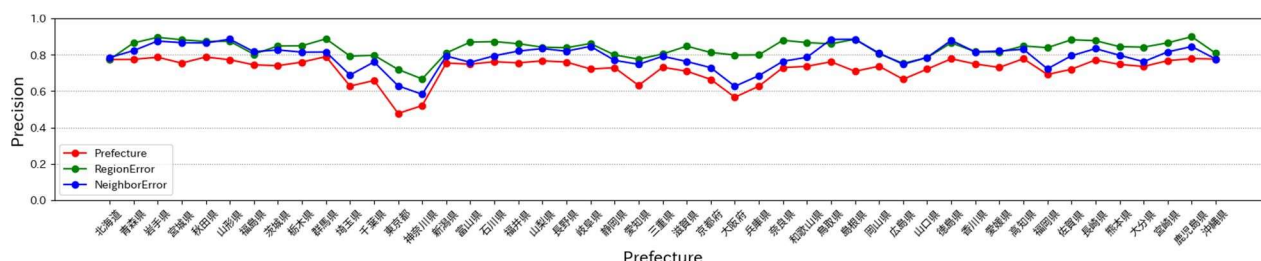


図1 都道府県別の推定結果

【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] 松原香太, 安藤一秋, “Twitter で発信される病気症状の可視化に向けた Tweet 内容を用いたユーザの居住地推定”, IPSJ2020, pp.1-393-7-394, 2020. 学生奨励賞受賞

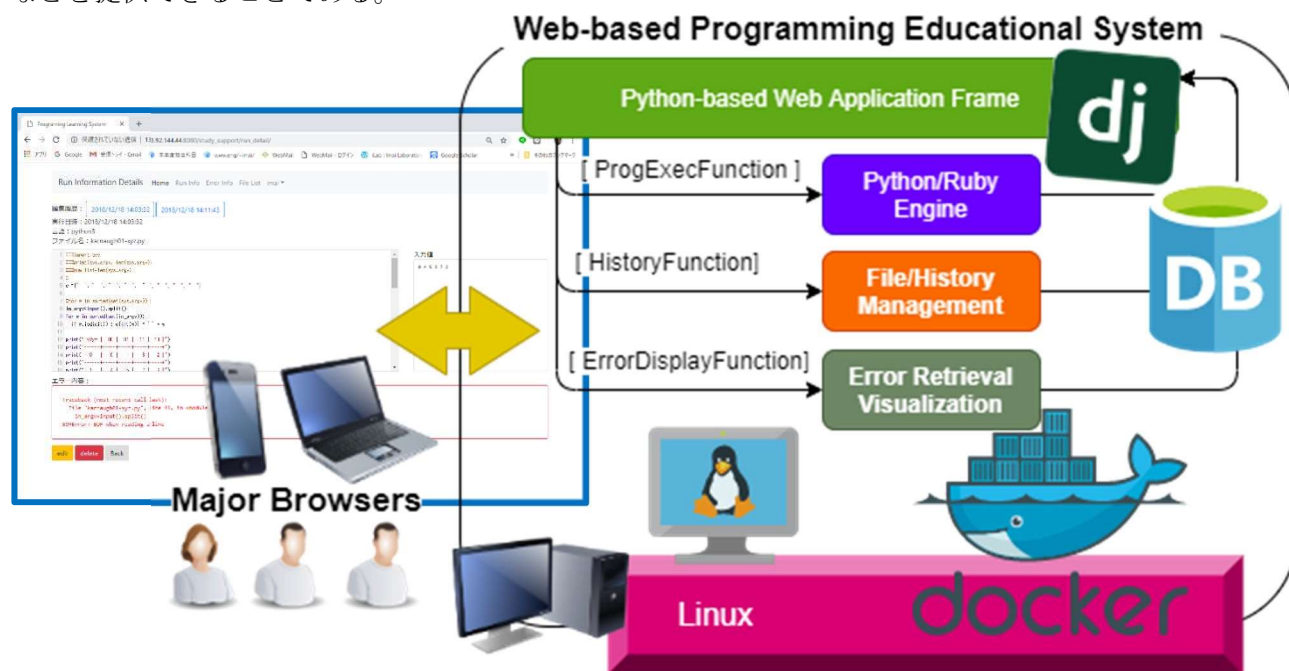
コンピュータ学習支援 e-Learning システムの開発（可視化その 3）

香川大学創造工学部電子情報工学領域 教授 今井慈郎

連絡先 imai@eng.kagawa-u.ac.jp



プログラミング教育は大学・短大・高専での理系教育のみならず、高等教育の専売特許のような位置づけでこれまで取り組んできたが、「初等教育でのプログラミング教育必修化」という時代となり高等教育でも新しいプログラミング教育や環境を検討することが求められている。「いつでも、どこでも」(Ubiquitous Computing)プログラミング環境を提供するための仕組みを研究するテーマを学生と共同でスタートし Web ベースのコンピュータ(プログラミング)学習支援 e-Learning システム(下の構成図を参照)の開発[1]を進めている。クラウド環境では様々なサービスが利用できるが、そのようなサービス提供手法の 1 つの事例となり、既に自前のプログラミング環境を有している利用者には不要であっても、ネットワーク環境を通じて比較的簡易にプログラミングを経験できる、自前で準備するより手厚い（フレンドリーな）支援が可能である、しかも「集中管理」することで多数に均一な専門的（高度な）機能を提供できる仕組みを提供でき、研究・開発にも資することが重要と考える。本システムの特徴は、(a) 個々のユーザ側ではブラウザ以外を準備することなく、ネットワークを介してプログラミング体験できる仕組み、(b) 過去履歴を閲覧でき、検索結果を容易に回復・再利用できる履歴管理連携の仕組み、および(c) プログラミングでのエラー情報を可視化することでプログラミングスキルの向上できる仕組み、などを提供できることである。



プログラミング能力の開発では従来、限られた範囲の個人の力量を個別の修練を通じて育成する手法が一般的であった。一騎当千のプロフェッショナル人材の育成には適している、裾野の広い、社会的ニーズへの対応（御幣を恐れずに言えば、促成栽培型教育）では、効率重視の手法も検討する必要が生じる。そこで、己を知り、周囲を知ることで、どのようなミスや誤りが回避可能かを視覚的にも確認でき、過去のプログラミング履歴を有効活用でき、クラス全体に均一なプログラミング学習環境[2]を提供できることが効果的であることを検証する教育システムの実装とその評価を行っている。

文献：[1] "Proposal and Development of Web-based Programming Educational System with Error Analysis and Visualization," Shunsuke Doi, Yoshiro Imai, Koji Kagawa, Asako Ohno, Primož Podržaj, Tetsuro Hattori: <https://doi.org/10.1541/ieejjeiss.139.1241> 電気学会論文誌 C Vol.139(2019), No.11, P1241-1247. [2] "Development of Web Application to Support Program Learning of Python and Ruby with Error Accumulation and Analysis Facility", Shunsuke Doi, Yoshiro Imai: Proceedings of the Fourth International Conference on Electronics and Software Science (ICESS2018), pp. 41-45, November 5-7, 2018.

Web サービス基盤および情報セキュリティに関する研究

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



Web サービス基盤の研究として、Web サーバとその代理となつ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。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。以下、Web サーバへの同時セッション数制御機構と情報セキュリティ対策システムについて紹介します。

1. Web サーバへの同時セッション数制御機構

本機構は、応答性を要求する Web サービスに対し、Web サーバへのアクセスをセッション単位での許可制にし、許可数を制限することにより、許可されたユーザに対する応答性を維持することを目的としています。本機構は図 1 に示すように、IPF サーバ（ファイアウォール）による IP アドレス単位でのアクセス制御と、UI サーバ（ユーザ識別サーバ）によるユーザ単位でのアクセス制御を行います。IPF サーバによって不特定多数の IP アドレスからのアクセスを禁止し、UI サーバによってブロードバンドルータやプロキシサーバ経由でのアクセスなど、IP アドレスは同一であるが許可していないユーザからのアクセスを禁止します。ユーザは Web サーバにアクセスする前に Auth サーバ（承認サーバ）にセッションの許可を要求し、Auth サーバは現在の許可セッション数が上限に達していなければ IPF サーバと UI サーバに対してそのセッションのアクセスを許可するように設定することで、許可したユーザのみが Web サーバにアクセスできるようになります。ユーザは許可を受け取ることで Web サーバへのアクセスを開始します。

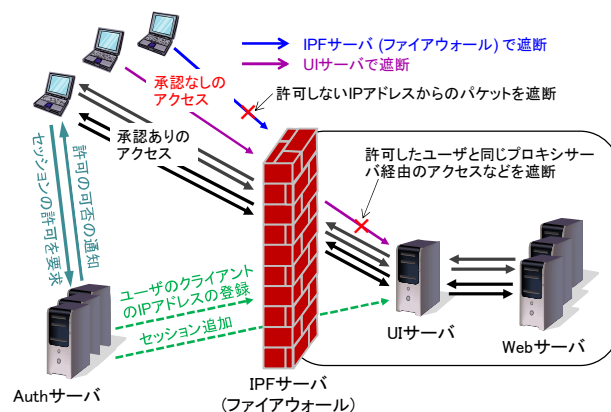


図 1 同時セッション数制御機構の概要

2. 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、インストールされ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）を行う事ができる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 2 に

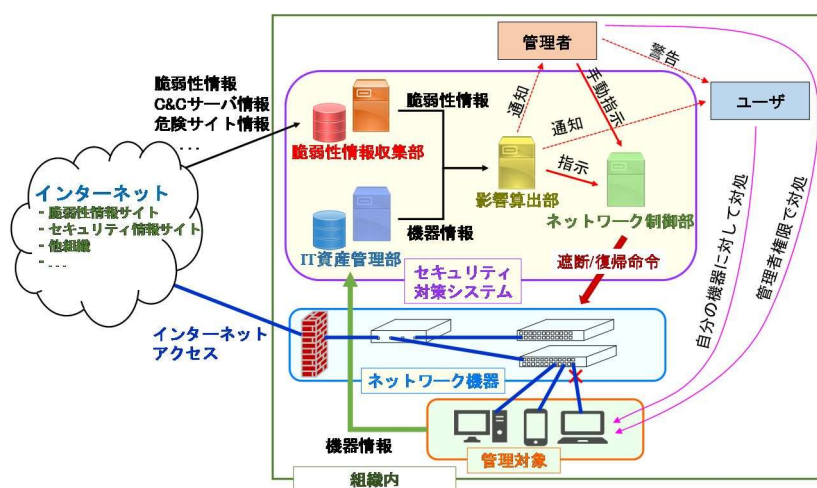


図 2 情報セキュリティ対策システムの概要

示します。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、影響算出部を除いて開発中で、影響算出部での判断基準当を検討中です。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。

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創造工学科 教授 八重樫 理人
連絡先 rihito@eng.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、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)。

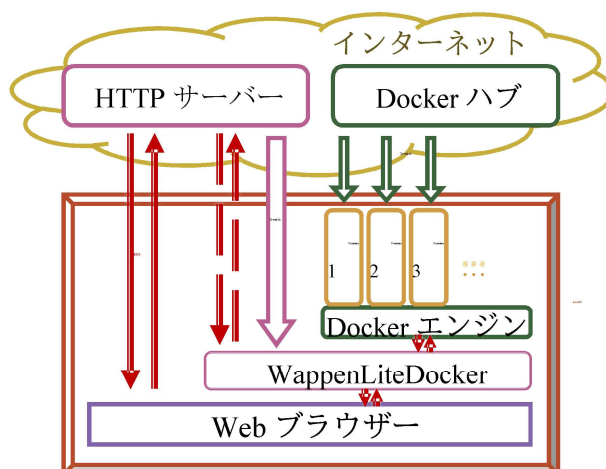


図 1 WappenLiteDocker の構成図

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、

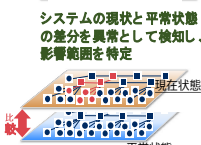
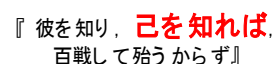
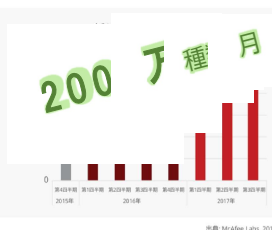
- ・ ユーザーインターフェイスは HTML + CSS + JavaScript で記述され、教師が容易にカスタマイズできる、
 - ・ クライアント PC 側でも言語処理系が実行可能なため、サーバーに負担をかけない、
- などの特徴がある。

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

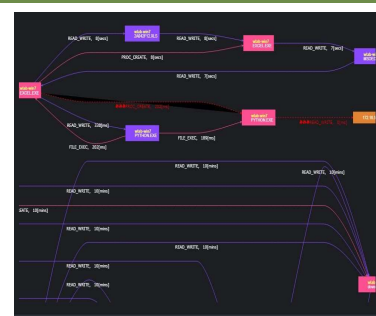
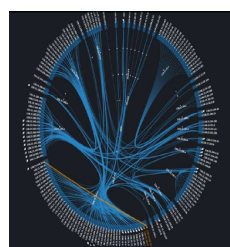
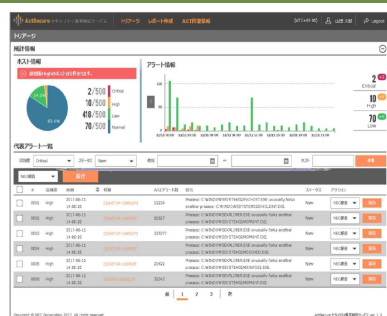
マイナーなプログラミング言語向けのブロックを、“入れ子”が深くなりすぎて画面が狭くなってしまうことのないように、設計している。



未知のマルウェア			従来型アンチウイルス		AIによるアンチウイルス	
ファイル名	拡張子	本方式	S社製品	T社製品	〇社製品	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%



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。



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

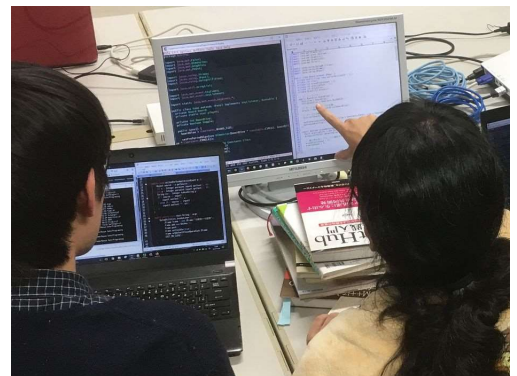
MBT において、テストケースは通常、テスト技術者によって指定されたテスト網羅基準を満足するように生成されます。拡張モデル、あるいはテストケースを効果的に生成するために拡張モデルから生成された中間モデルにおいて、指定条件に該当する実行可能な状態遷移の列やデータの組合せなどを網羅する基準、想定されるユーザの利用の分布を網羅する基準などを開発しています。さらに、深刻な欠陥、たとえば顕在化する可能性の高い欠陥や、顕在化した場合の影響が大きい欠陥などを早期に発見するために、各種メトリクスに基づくテストケースの優先順位評価手法を開発しています。

(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。



産学官連携によるデータ利活用人材育成プログラム「まちのデータ研究室」

香川大学創造工学部電子・情報工学領域 助教 米谷 雄介

連絡先 kometani.yusuke@kagawa-u.ac.jp



1. スマートシティを支えるデータ利活用人材の養成

スマートシティとは、一般に、中規模以上の都市において、センサデータ等の 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、快適な生活を実現しようとする試みである。具体的な事例として、スペインの基礎自治体サントアデルにおける「SmartSantader」では、空車 IoT センサ、ゴミ集積量 IoT センサ、公共バス位置情報、リアルタイム店舗情報等を利活用することによる交通渋滞の削減、人件費の削減、回遊性の向上などの効果が確かめられている。

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観点を組み入れ持続的な都市経営に資する方向へと動いている。分野横断型は交通、防災、観光などの異分野データを統合して活用する形態である。課題解決型は、解決手段によらず課題解決を第1義とする考え方を指す。進化型はサービスの利用実績に基づきサービスそのものが成長していく形態を指す。最後に市民中心設計とは、都市経営に市民が積極的に関与することを意味する。以上はデータを利活用した課題解決や都市サービスの進化に貢献できる市民（データ利活用人材と呼ぶ）の養成に対するニーズを意味する。

2. 産学官連携によるデータ利活用人材育成プログラム「まちのデータ研究室」の構築

ICT、IoT を活用して地域課題解決ができるデータ利活用人材を育成するため、情報通信交流館 e とぴあ・かがわと連携しデータ利活用人材育成プログラム「まちのデータ研究室」を共同主催の形で開講した。香川県高松市は欧州標準の IoT データ利活用プラットフォーム FIWARE を日本で初導入し、スマートシティを推進している。本プログラムは FIWARE を活用して行われる日本初の取組である。地域課題解決コミュニティ、デザイナー、エンジニアといった多様な背景を持つ市民の交流を通じて、地域課題解決を実際に目指したアプリ開発に取組みながら ICT、IoT のスキル向上を可能とする地域の学習プラットフォームとなっている。本講座は 2018 年度からスタートした。データ利活用人材の裾野を広げることを目的とし、ICT、IoT に精通していない市民をターゲットに、オープンデータを利活用したアプリのプロトタイピングを可能にした。「データを集める」「データを貯める」「データを使う」のプロセスを前提に、モノ・コトをデータに変換する技術 (IoT スキル)、集めたデータを情報に変換する技術 (ICT スキル) を補完した。

3. これまでの「まちのデータ研究室」の成果

本取組の成果は以下のとおりである：

- (1) NEC×香川大学×e とぴあ・かがわ（香川県の運営委託）の産学官連携体制を構築した。
- (2) 創造工学部情報システム・セキュリティコース、防災・危機管理コース、造形・メディアデザインコースの所属教員（リーダーは筆者；総合情報センター兼任教員）の連携体制を構築し教育コンテンツ開発を加速させた。
- (3) 2018 年度の受講者は 21 名、高校生、大学生、大学関係者、自治体関係者、地域課題解決コミュニティ、システムエンジニア、デザイナーなどの多様な参加者に対し教育および交流の場を提供した。2019 年度はより深い議論ができるような場の提供を意図して定員を若干絞り 18 名が参加した。
- (4) データ利活用による地域課題解決のコンテスト (COG2018) に、本プログラムの受講者がチームとして応募し、1 チームが入賞、本プログラムによる成果が対外的に評価された。

本取組は継続中であり、2020 年度に向けてさらなるプログラム改善を計画している。

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 kitaji@eng.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

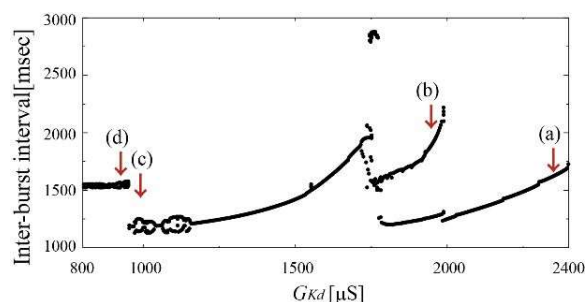


図1：コンダクタンス値を変化させた場合の細胞の膜電位の変化。

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、ペースメーカー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)

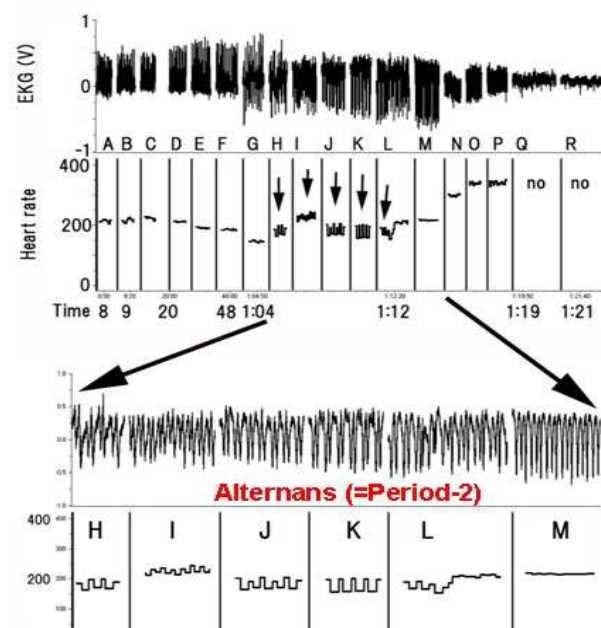


図2：生物実験結果(共同研究者提供)。

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)。



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バンドに光チャンネルを1チャン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ンネルに対しては、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あ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ンネルネットワーク(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フィッ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ンネル(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ンネル(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タ(SXC)とOChのルーティングを担う従来の波長クロスコネクタ(WXC)から構成される階層型光クロスコネクタ(HOXC)アーキテクチャを採用する[1]。

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ンネルを共有し、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タされる。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ンネルネットワーク(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.

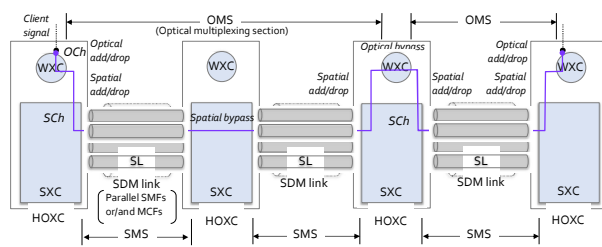


図1 空間チャンネルネットワーク(SCN)アーキテクチャ

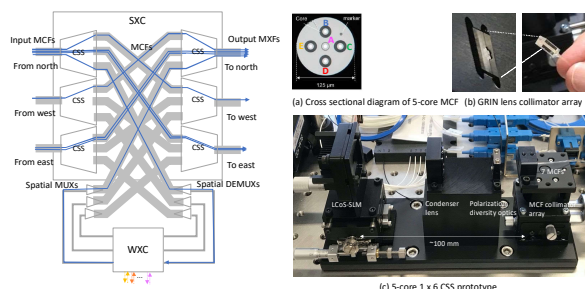


図2 HOXCアーキテクチャ

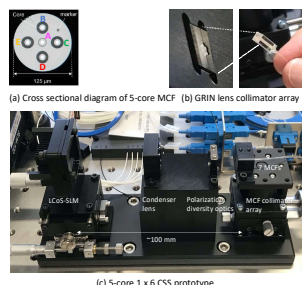


図3 CSSプロトタイプ

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

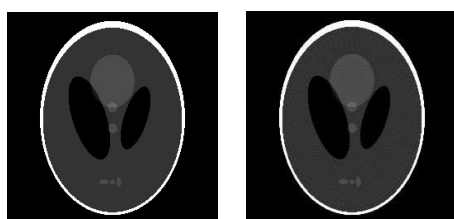
連絡先 tanji.yuichi@kagawa-u.ac.jp



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、国内メーカーが開発している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

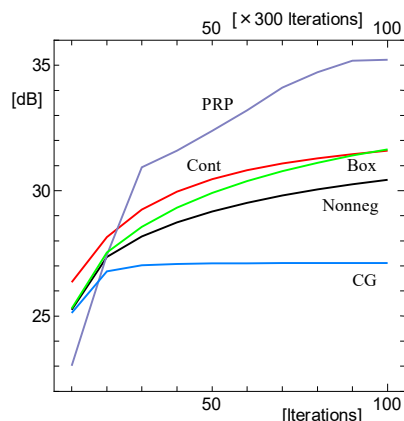


図2 再構成画像の品質



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。

動的準安定遷移過程に関する研究

香川大学工学部 電子情報領域 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。

$$dx_n/dt = -x_n + f(gx_{n-1}), \quad f(x) = \tanh(x) \quad (1 \leq n \leq N, \quad x_{n \pm N} = x_n, \quad g > 1) \quad (1)$$

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($x_n = f(x_n)$, $1 \leq n \leq N$)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。

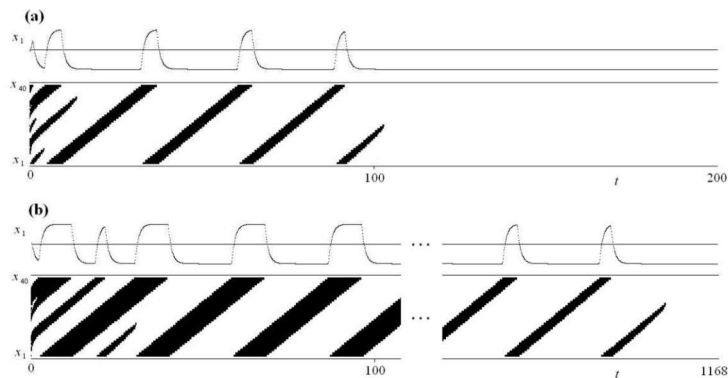


図1 過渡回転波の伝播パターン (初期値:ランダム)

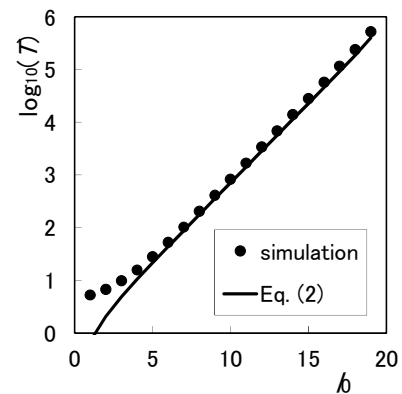


図2 過渡回転波の持続時間 T vs 初期パルス幅 l_0

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。

$$dl/dt = \beta \{ \exp[-\alpha(L-l)] - \exp(-\alpha l) \} \quad (\alpha > 0, \quad \beta > 0, \quad 0 < l < L) \quad (2)$$

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@eng.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ラサイン変調し、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ラサ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。

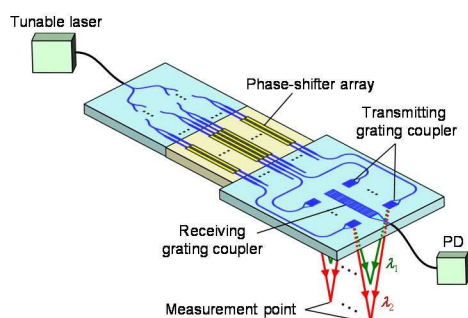


図1 速度分布計測用集積プローブ

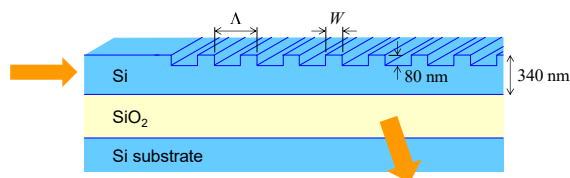


図2 グレーティングカプラのモデル

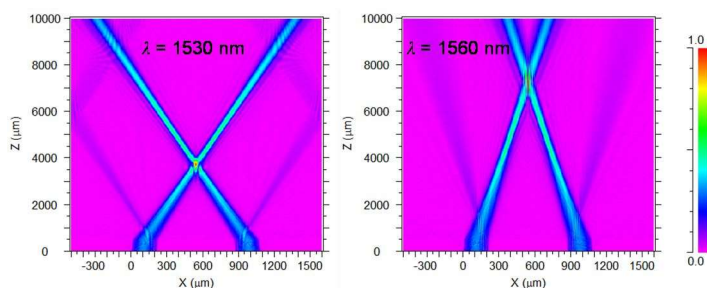


図3 出射光電界振幅分布の計算例

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，面的なカバレー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。

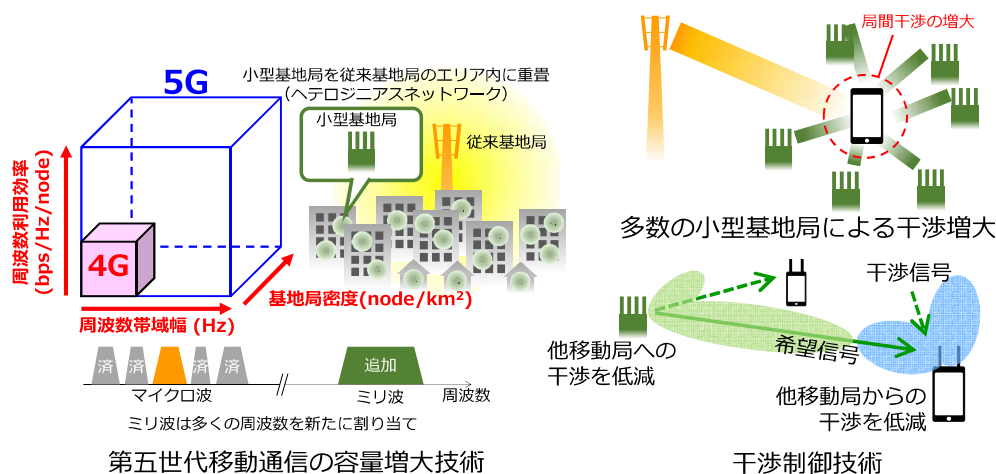
小型基地局の多数の導入により，下りリンク（基地局から移動局への通信）において移動局で受信する干渉局数が増大する問題がある。これを回避するための技術として，干渉制御技術がある。これは，基地局干渉制御と移動局干渉除去の2種類の大別される。

- **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。





私の研究室では、生体情報工学を主軸として安全運転支援システムや医療福祉支援システムについて研究しています。本稿では、スマートオフィスへの応用を目的としたオフィスワーカーの眠気の検出に関する研究について紹介します。近年のオフィスワーカーの睡眠時間の少なさは深刻な状況で、2010年から2018年の間にアメリカで働く成人の短い睡眠時間の有病率は約5%も増加しています。仕事中の眠気は作業者の健康と安全に重大な影響をもたらします。特に、過度の眠気は有病率が増加するといわれています。私の研究室では、従来研究のように複数の指標を使わず、作業者の皮膚温度だけで瞬間的な眠気を検出する新しいフレームワークを提案しています。皮膚温度は、計測部位を適切に選択することで、作業者の感情、運転者の眠気、疲労、ストレスの評価に有用であることがこれまでの研究から示されています。皮膚温度は、サーカディアンリズムや環境温度の影響を受ける可能性があります。室温環境が整っており、サーカディアンリズムの影響を受けにくい時間帯であれば、作業者の眠気の検出が有効に機能する可能性があります。本稿では、オフィスワーカーの眠気検出システムのフレームワークとその実装に関する詳細および達成された結果について一部紹介します。図1は実験スケジュール、図2は実験結果となります。眠気の検出モデルは5つの機械学習アルゴリズムを用いて構築しています。本研究の条件下（Nasal skin temperature, Cervical skin temperature and both）において、最良のパフォーマンスはCNNとSVMによって達成されました。3種類のデータセットを用いて実施した5分割交差検証の精度は、0.993, 0.994, 0.997でした。達成された結果は、当該モデルがスマートオフィスで働く従業員の眠気に関わる健康被害や事故予防に寄与する可能性を示しています。

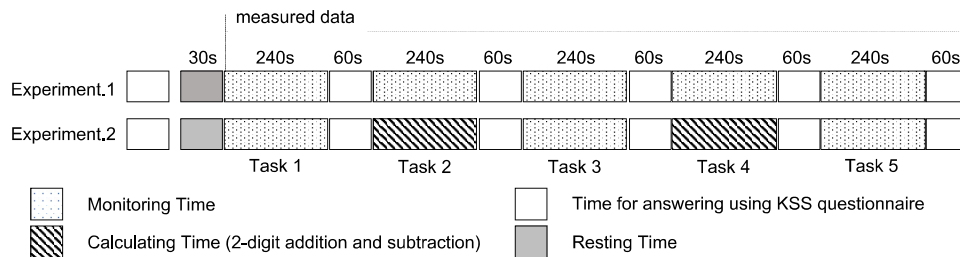


図1 実験スケジュール

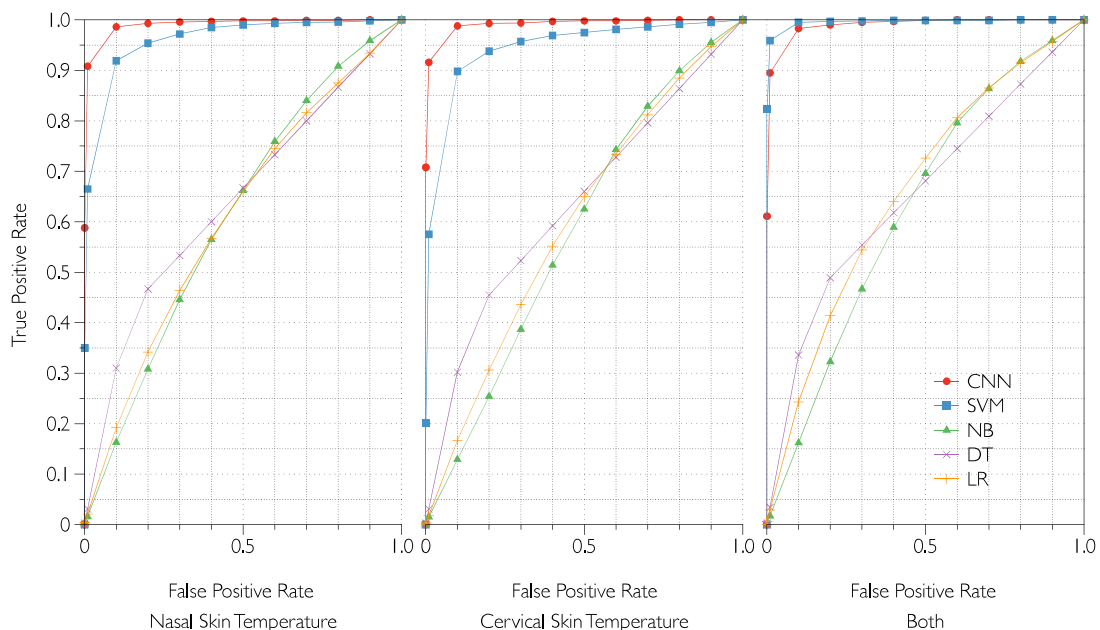


図2 ROC 曲線

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 准教授 藤本 憲市

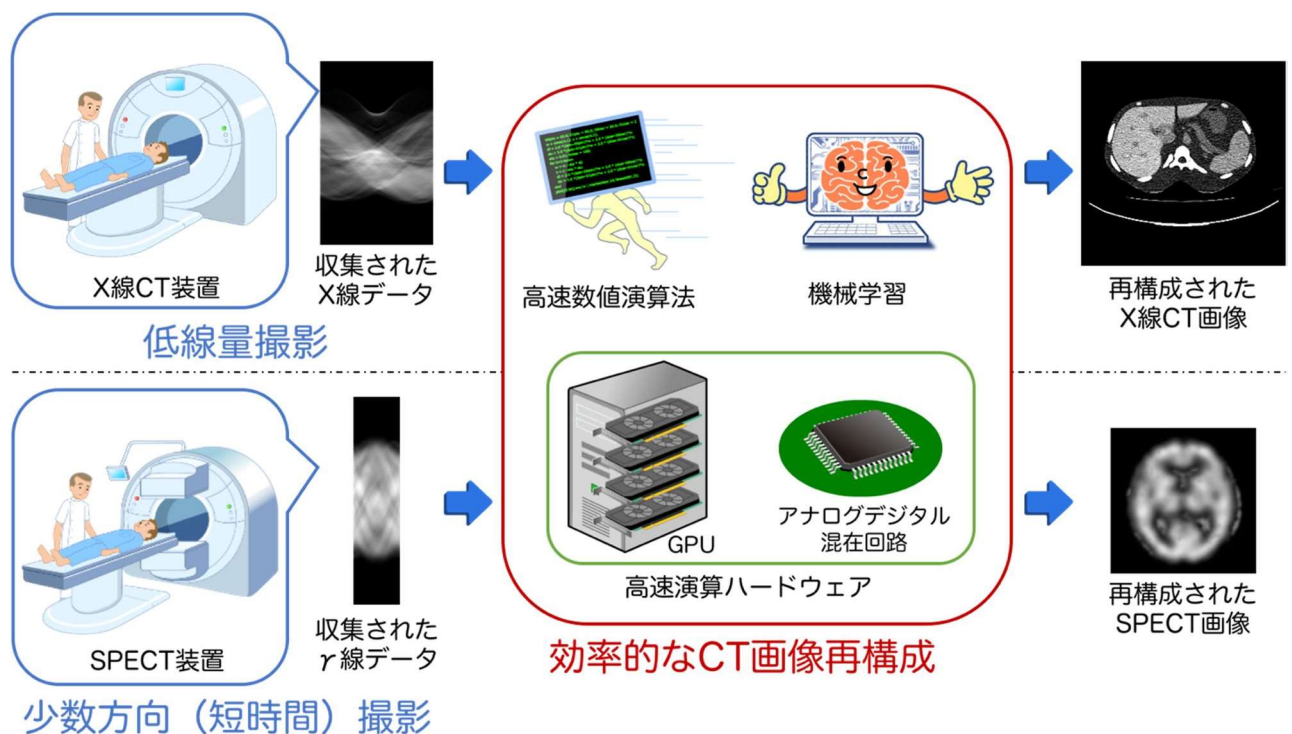
連絡先 fujimoto.kenichi@kagawa-u.ac.jp



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。



計算知能技術の開発および非線形工学への応用

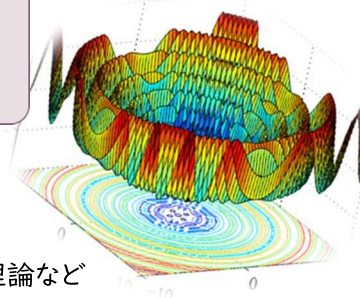
香川大学創造工学部電子・情報工学領域 准教授 松下春奈

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

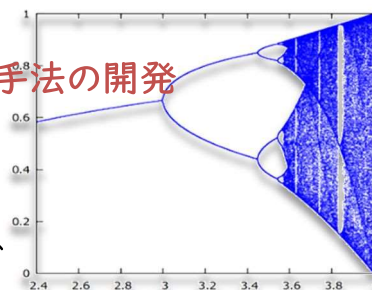
● 計算知能型最適化アルゴリズムの開発

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。



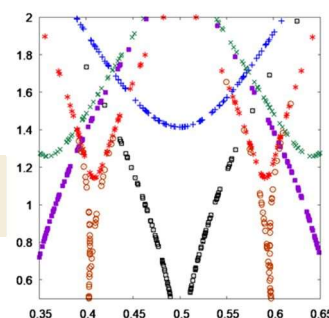
◇ 分岐解析

- 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(NLPPO)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.

海底 IoT の普及に先駆けたに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 講師 小玉 崇宏

連絡先 tkodama@eng.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フィ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。

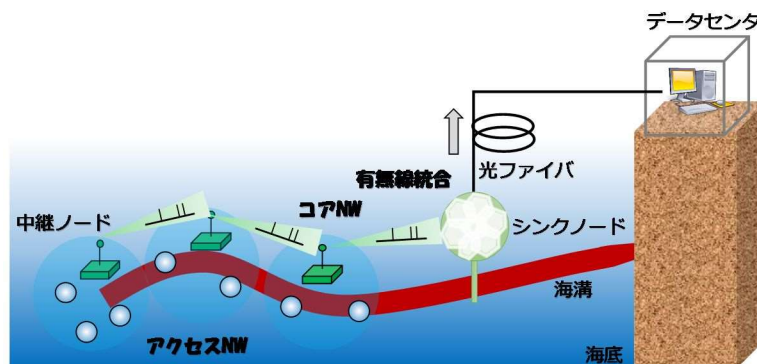


図 1 海底水中光無線ネットワークの構想

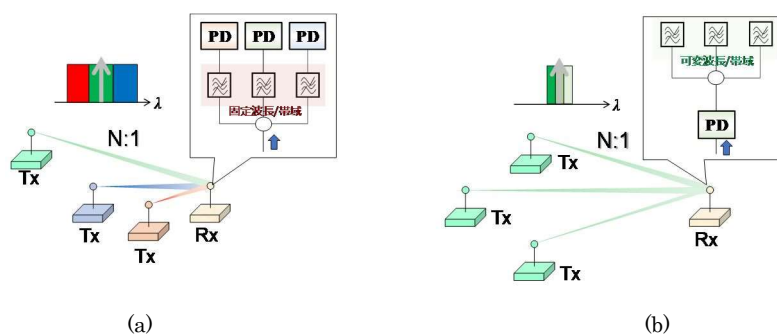


図 2 (a) 多波長光源を用いた多重システム, (b)同一波長光源を用いた多重システム

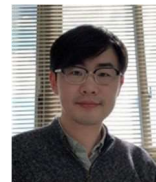
表 1 各システムの利点と欠点

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

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

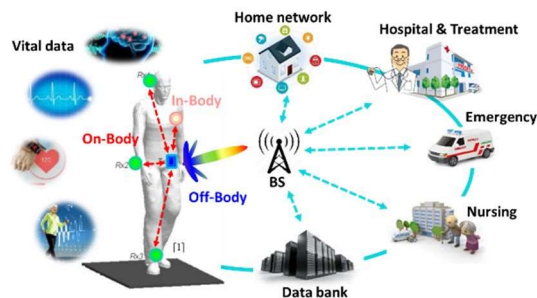


高信頼性医療 ICT 通信

- 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

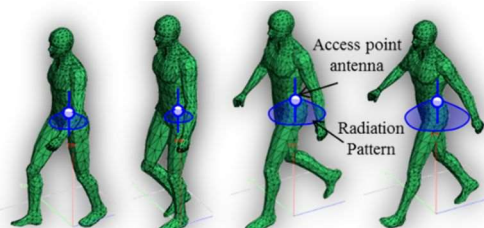
- ・ 無線センサーで生体情報の取得
- ・ 健康管理・在宅医療の実現
- ・ 高齢者医療費の抑制



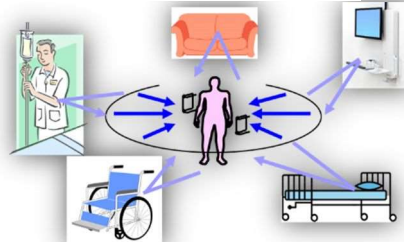
WBAN システムにおけるウェアラブル生体センサーの開発

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

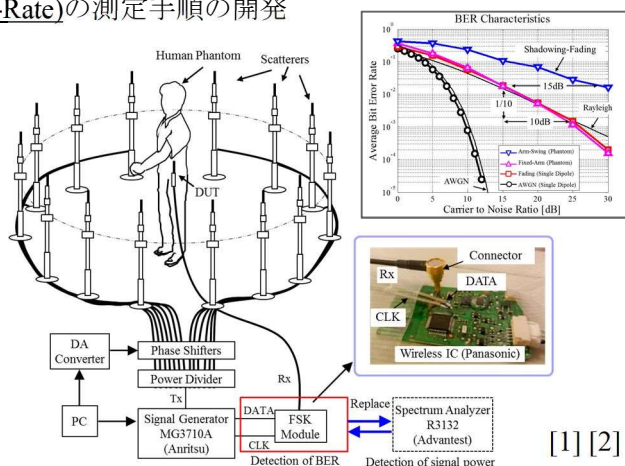
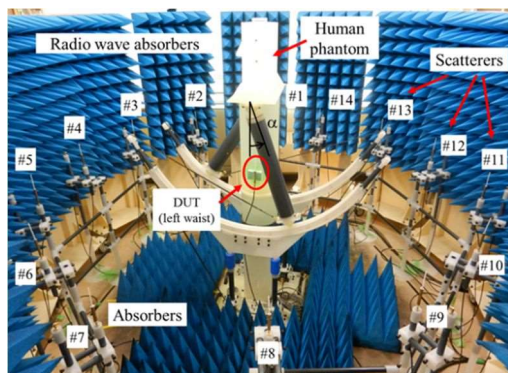


マルチパスフェージング



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.