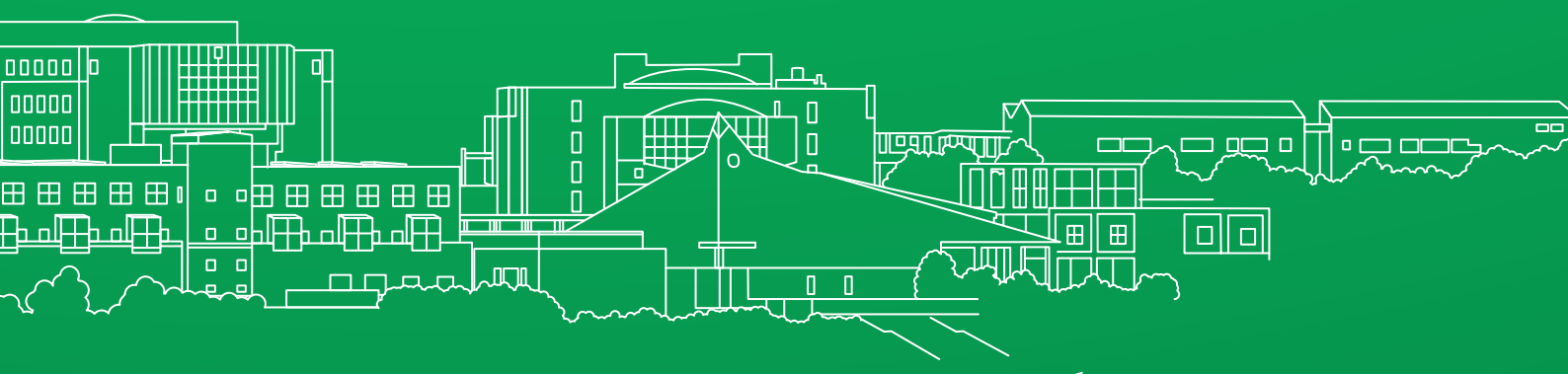
情報科学部　研究紹介
INFORMATION SCIENCES

RESEARCH BRIEF



3つのひかり　未来をつくる
広島市立大学
Hiroshima City University

3つのひかり　未来をつくる
広島市立大学
Hiroshima City University

情報科学部
研究・学生実験紹介一覧

◎の表題は，2024年8月4日（日）のオープンキャンパスにて，ツアー&自由訪問を実施します．
氏名の丸数字は教員の所属講座です．ページ番号をクリックすると各表題の紹介ページに移動します．

情報工学科　①コンピューティング講座／②コミュニケーション講座／③センシング講座

◎コンピュータだってサボりたい ーサボっても正解を出す次世代コンピュータを体験しようー
（①市原 英行，①井上 智生，①岩垣 剛）……1

〇論理的思考でIoT・AI・Security の課題に挑戦！
（①永山 忍，（学長）若林 真一，②上土井 陽子，①稲木 雅人）……2

◎できたらいいなを叶えるモノの設計・研究
（①弘中 哲夫，①川端 英之，①谷川 一哉，①窪田 昌史，①児島 彰）……3

◎もっと安心・安全で快適なネット生活を　（②石田 賢治，②小畑 博靖）……4

◎あなたの身近な機器が危ないかも!? ～ネットワーク・セキュリティ体験会～
（②高野 知佐，②稲村 勝樹）……6

◎自然界の仕組みを使ってもっと便利なネットワークをつくる研究
（②高野 知佐，②小畑 博靖）……7

〇新しいネットワークサービスを実現するソフトウェア　（③大田 知行）……9

◎電波の力でミライを創造する ～IoTモニタリングの実現～
（③西 正博，③新 浩一，③小林 真）……10

◎コンピュータとネットワークを自由に操ろう　（情報工学科　3年学生実験）……11

知能工学科　①データ科学講座／②人間情報学講座／③知能情報学講座

◎データに隠された知識をコンピュータで見つけよう
～木構造データからの機械学習とデータマイニング～（①鈴木 祐介，①内田 智之，①宮原 哲浩）……12

〇データから見える世界～ビッグデータ分析とその応用～　（①田村 慶一）……13

〇位置情報のビッグデータ解析　（①黒木 進）……14

〇自然に学ぶ情報処理　（②高濱 徹行，②原 章，②鎌田 真）……15

◎先進的ICTで学習を支えよう　（②松原 行宏，②毛利 考佑，②岡本 勝）……16

〇楽しく持続可能な教育学習支援を目指して　（②岩根 典之）……17

〇楽しみながら情報を探すには?　（②梶山 朋子）……18

◎人間の気持ちを理解してくれるコンピュータ　（③竹澤 寿幸，③目良 和也，③黒澤 義明）……19

◎来て！見て！聴いて!先端パターン認識工房　（③下川 丈明，③岩田 一貴，③三村 和史）……20

◎光の物理現象にもとづく画像処理　（③宮崎 大輔）……21

〇画像メディア・CG技術を体験　（③馬場 雅志）……22

〇コンピュテーショナルフォトグラフィの革新:画像取得の最適化と応用　（③王 超）……23

◎限りなく人間のように振る舞うコンピュータソフトウェアの開発をめざそう！
（知能工学科　3年学生実験）……24

システム工学科　①人間・ロボット共生講座／②数理システムデザイン講座／③インタフェースデザイン講座

◎日常生活を支える知能ロボットの紹介　（①池田 徹志）……25
◎最先端バーチャルリアリティ(VR)技術体験　（①脇田 航）……26
〇高齢者のための移動支援システムの開発
（①齊藤 充行，③髙橋 雄三，②小作 敏晴，②辻 勝弘）……27
◎先端自動車制御技術 ～安心・安全な自動車社会の実現を目指して～『人工知能と自動運転』
（①齊藤 充行）……28
◎組込みシステムの設計検証および最適化に関する研究　（②中田 明夫）……29
〇安全・安心な情報化社会を実現する情報セキュリティ　（②双紙 正和）……30
〇観光用パーソナルナビゲーションシステム　（②村田 佳洋）……31
〇印象を考慮した映画推薦システム　（②佐藤 康臣）……32
〇ナノ集積デバイスの特性測定　（②辻勝 弘）……33
◎サウンドデザイン研究グループ　（③石光 俊介）……34
◎ロボット・ビジョンと強化学習　（③李 仕剛，③神尾 武司，②小作 敏晴）……35
◎最先端のブラインド音声信号処理
ー音声や楽音に含まれる音響的な特徴を自動発見・自動解析するー（③中山 仁史）……37
〇“生理心理工学”への誘い　（③髙橋 雄三）……38
◎人を理解するためのコンピュータビジョン・インタフェース技術
（③カストナー マークアウレル，③原田 翔太）……39
◎ロボットをハードからソフトまで学ぼう　（システム工学科　3年学生実験）……40

医用情報科学科　①医用情報科学講座

◎マイクロマシン技術とその医療応用
（①式田 光宏，①長谷川 義大，①アル・ファリシイ ムハンマド・サルマン）……41
◎生命のしくみを理解し、つかう
（①鷹野 優，①中野 靖久，①釘宮 章光，①齋藤 徹，①香田次郎）……42
◎創意工夫で挑む光学顕微鏡計測　（①藤原 久志，①松本 圭一，①青山 正人）……44
◎生体信号の計測・解析を通してヒトの巧みさを解明しその応用を通して
人類の未来に貢献する（①常盤 達司）……45
◎生体情報の計測と処理を通してヘルスケアの基礎に触れよう
（医用情報科学科　3年学生実験）……46

数学系研究グループ　①知能工学科データ科学講座/②システム工学科数理システムデザイン講座

◎数学の世界をのぞいてみよう
（①齋藤 夏雄，①関根 光弘，①佐藤 倫治，②田中 輝雄，②廣門 正行，②岡山 友昭）……47

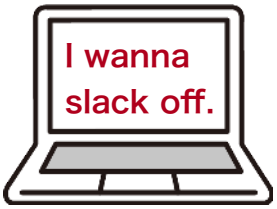
コンピュータだってサボりたい

ー サボっても正解を出す次世代コンピュータを体験しよう ー

情報工学科 コンピューティング講座　市原英行，井上智生，岩垣剛

ディペンダブル・コンピューティング研究グループ
http://www.cd.info.hiroshima-cu.ac.jp/

みなさんの生活にコンピュータは欠かせないものになりました．スマホ，自動車，飛行機．コンピュータが使われていないものを探す方が大変です．そんなコンピュータの，みなさんのイメージはどんなものでしょうか？　おそらく，「決して間違えない（誤差がない，まじめな）」奴ではないでしょうか．

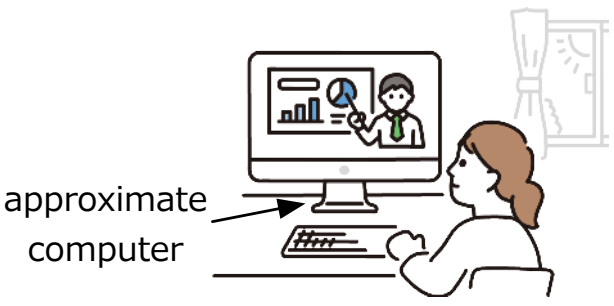


実はそんな「まじめな」コンピュータばかりではありません．「多少間違っても良いか」と考える，**サボりたいコンピュータ**も存在します．上手にサボることで，**小型化ができたり，消費電力が小さくなったり，故障に強くなったりします**．もちろんサボってもちゃんと正解は出しますよ！

研究紹介では，サボりたいコンピュータを２つ，デモを交えて原理から紹介します．

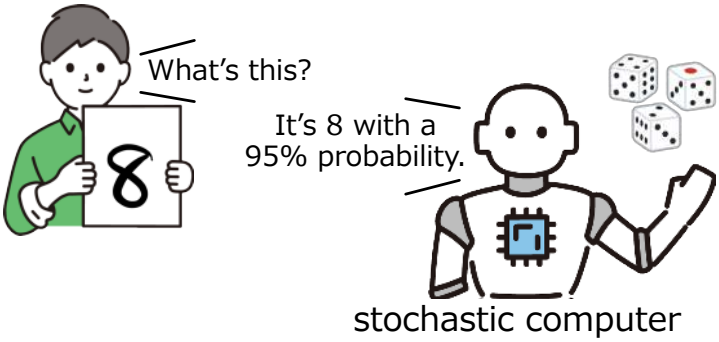
アプロキシメイト・コンピュータ

許される誤差の範囲内で，計算をサボるように設計されたコンピュータです．例えば，動画再生用のアプロキシメイト・コンピュータは，再生動画に人間が気づかない小さいノイズを含みますが，コンピュータのサイズはとても小さくなります．



ストカスティック・コンピュータ

乱数（サイコロ）を使って計算をサボるコンピュータです．そもそもの計算の原理を現在のコンピュータとは違うものにして，劇的にコンパクトにします．計算結果が確率的であるため，確率的にものごとを捕らえる人工知能と相性が良いです．



どちらのコンピュータもサボりすぎるとやりたいことができなくなります．大事なのは，**空気を読んで（使われる状況を考えて），やりすぎず，ちょうど良いバランス**をとること．そんなバランスの良いコンピュータを是非見に来てください！

3つのひかり 未来をつくる
広島市立大学
Hiroshima City University

論理的思考で IoT・AI・Security の課題に挑戦！

情報科学研究科 情報工学専攻 コンピューティング講座[1]、コミュニケーション講座[2] 論理回路システム研究グループ
永山 忍[1]，若林 真一（学長），上土井 陽子[2]，稲木 雅人[1]

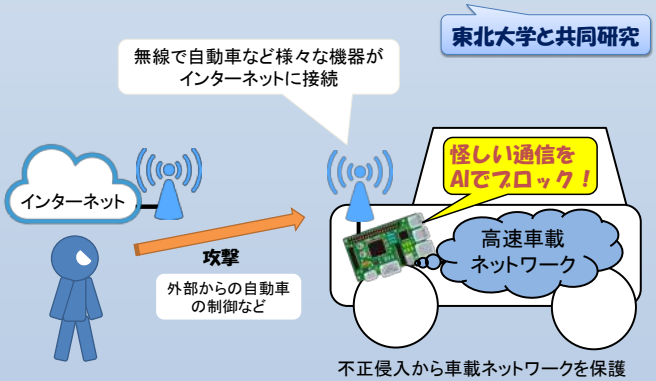
我々の研究グループでは情報科学の基礎力の一つである論理的な思考力を培い、その論理的思考力を使って情報科学に関連する課題の解決に挑戦しています。対象とする課題はもののインターネットIoT (Internet of Things) や人工知能 AI (Artificial Intelligence) や セキュリティ の課題など多岐にわたります。

新しい技術や機能が導入されると、従来にはなかった課題が発生することがあります。例えば、無線で自動車など様々な機器がインターネット接続できるようになり、従来ではなかった車載ネットワークに対する外部からの制御などの攻撃という課題が出現しています。本研究グループではこの課題を自ら発見し、いち早く対処方法を開発しています。他に暗号通貨の管理システムであるブロックチェーンに関する新しい課題発見、対処法開発もあります。

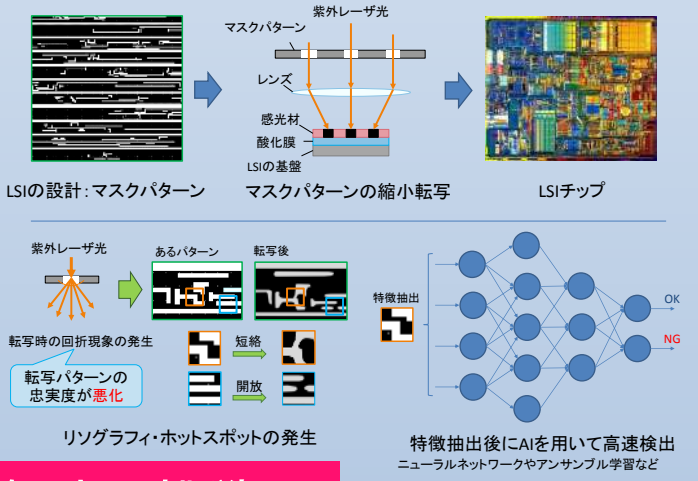
また、扱うデータの規模の増大、複雑化により従来の技術では手に負えなくなっています。例えば、LSIチップの製造において、不良品の数を減らすため設計の問題点を事前に検出することが重要ですが、回路の複雑化により従来の手法では自動化が難しくなっています。この課題に対しては、別の見地からAIなどの新しい解決方法の導入を試みています。また、データの一部だけを効率的に探索して類似データを検出する課題にも挑戦しています。

上記のように、境界を設けず、自由な発想で広い分野の課題を様々な視点から議論することで、固定概念にとらわれず、物事の本質を整理して手続き的に考える能力を培います。その能力を活かして、真の課題を見極め、手法を開発したり、他で利用されている方法を学び、新しい着想を得て、新技術を構築することに挑戦しています。

高速なネットワーク不正侵入検知 ～AIを用いて異常な通信をブロック～

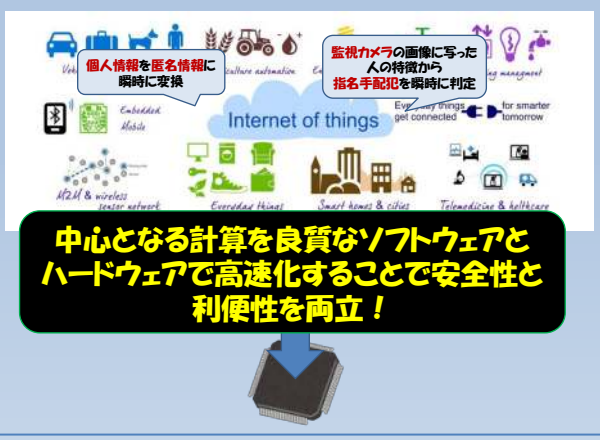


IoTに不可欠なLSIチップの製造 ～AIを用いて設計の問題点を検出～



論理的思考で解決に挑戦！

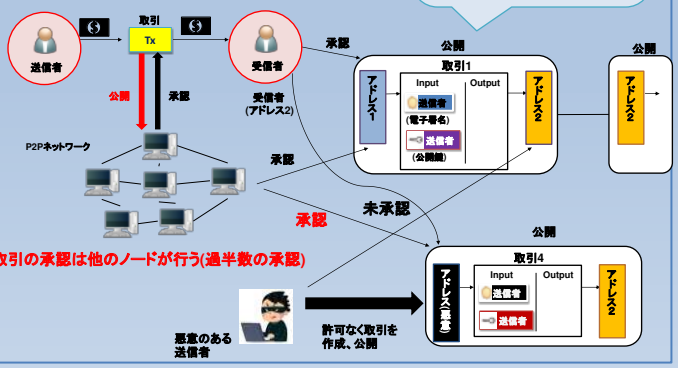
類似データ検索の高速化 ～SWとHWの両面からアプローチ～



ブロックチェーンでの 受領者未承認な取引防止

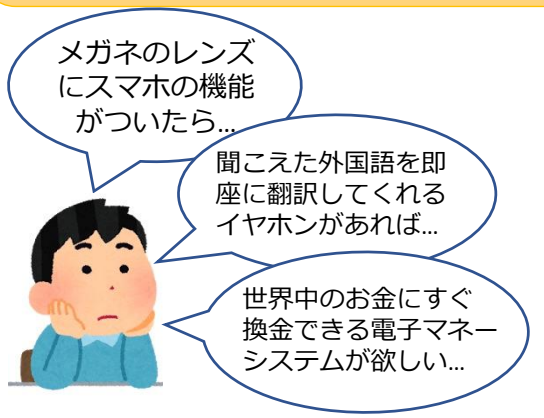
ブロックチェーンの公開性に起因した情報の悪用を防ぐための策をBitcoinやEthereumなどのプロトコルへ組み込む

- ブロックチェーンを用いた暗号通貨の決済法



できたらいいなを叶えるモノの設計・研究

情報工学科コンピューティング講座コンピュータアーキテクチャ研究グループ
弘中哲夫，川端英之，谷川一哉，窪田昌史，児島彰



研究グループのHPはこちら！

「コンピュータの小型化,高速化」
「高度なソフトウェア」
は世界を変える力がある！！！

私たちの研究室では

「小型化」「高速化」「高性能」の他にも**「省電力」「高信頼」「高精度」**などをキーワードに研究活動を行なっています。

学部４年生での体験学習の例

LSI設計はコンピュータの進歩においてより重要になっている

携帯電話の機能を例にすると…

通話のみ →
- 通話
- メール
- インターネットの利用etc…

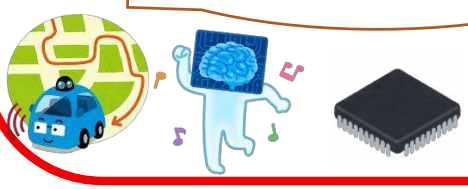
1つの機能から多機能になっている
⇒LSIの高性能化が理由の1つ

しかし、実際のLSI設計では

- 欲しい機能を実現するための回路は？
- どうすれば限られたスペースに収められる？
- 作った回路が期待通りに動かない…

仕様検討、回路設計、レイアウト設計などをLSI設計を通して体験することで<u>問題解決力を身に付けることができる</u>

LSI(大規模集積回路)
多数の電子素子から構成されている
電子回路を1つのチップにしたもの
自動運転やAIで使用されている



システム運営者,お店,客の３つのユーザを想定したシステムを製作

システム→サーバーや各アプリなどが影響しあって全体として機能するもの

<u>システム運営者</u>
取引情報,在庫情報などの
データベース管理
レジやスマホアプリとの通信

<u>お店</u>
レジアプリ
商品の登録や販売,
取引情報の確認

<u>客</u>
スマホアプリ
→残高の確認や
購入履歴の確認

各開発者が各アプリケーションの仕様を共有し、設計していかなければならない

発展
プログラミング言語処理系
ユーザ支援統合開発環境

もっと安心・安全で快適なネット生活を
情報工学科

コミュニケーション講座　石田　賢治，小畑 博靖

アシュアランスネットワーク制御技術

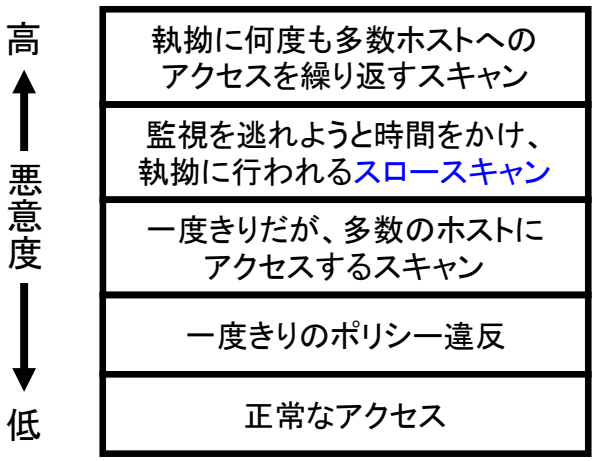
様々な環境変化に柔軟に対応可能なアシュアランスシステムに注目した研究を行っています。この技術を利用すると、スマートハウスの監視・管理や自動運転に役立つ車車間通信などの「つながる世界」での安心・安全を向上出来ます。本研究では、アシュアランスシステムの制御に離散構造ZDDと呼ばれる技術を利用しています。ZDDは膨大な個数の場合分けを圧縮して超高速に処理可能な技術です。ZDDの応用例として、YouTubeで「フカシギの数え方」と検索すると例を見ることができます。

自動運転をサポートするネットワーク制御

送電網のネットワーク監視・管理

悪意の度合いに基づくネットワーク偵察行為の検出

攻撃対象の情報ネットワークやネットワーク内のホストに対するネットワーク偵察行為は、ネットワーク攻撃に先立って行われます。そのため、ネットワーク偵察行為の検出は極めて重要です。悪意の度合いという新たな概念を導入することにより、優先的に対処すべき偵察行為を効率的に特定する方式について研究しています。



もっと安心・安全で快適なネット生活を
情報工学科

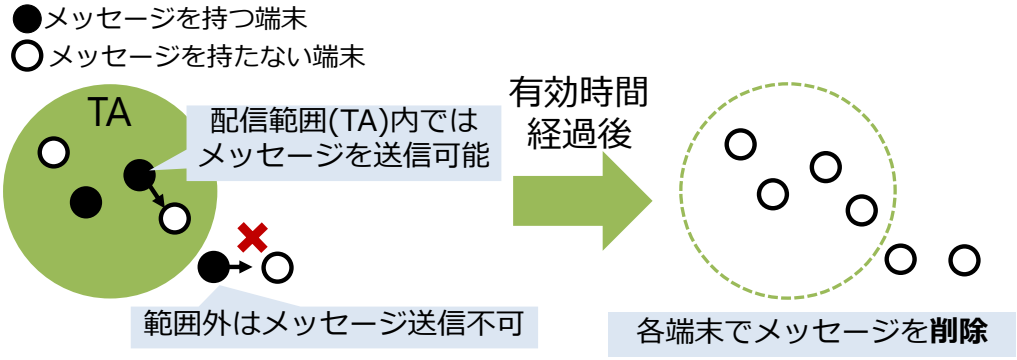
コミュニケーション講座　石田　賢治，小畑 博靖

通信インフラに頼らない重要情報の送信技術

大事故や大災害時に通信インフラが使えない場合においても、道路の渋滞や災害避難場所に関する重要な情報を、必要な地域にのみ必要なタイミングで提供する技術を情報フローティングと呼ばれる技術に基づいて検討しています。

情報フローティング技術

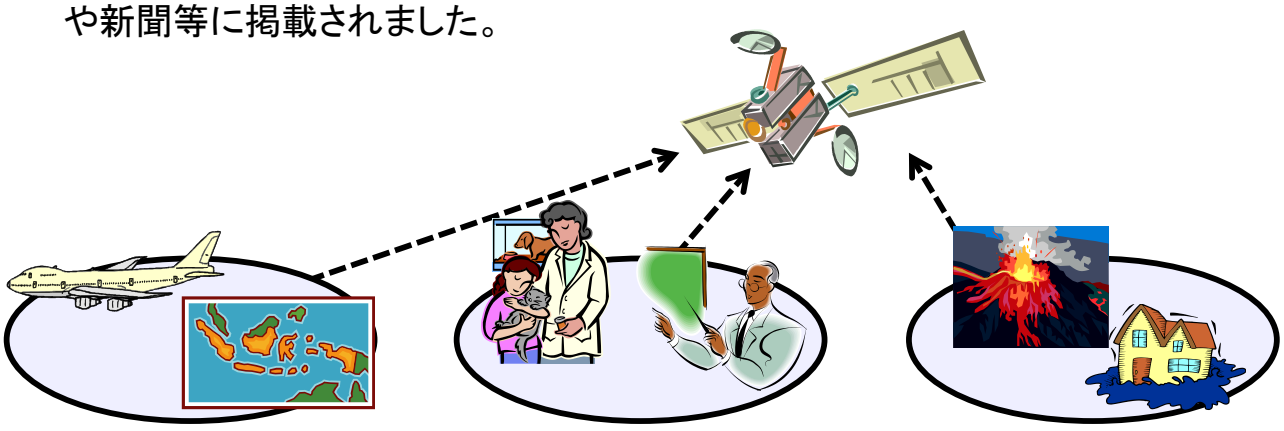
スマホのような移動端末だけでその場限りのネットワークを構成し、移動端末間でデータを無線回線経由でバケツリレーのように転送する技術の一種です。



地域でのみ有用な情報（例：近所の災害状況等）を特定の期限内のみ配信

衛星インターネット通信の高速化

きずな（WINDS）のような超高速インターネット衛星を使って、航空機内や山間部等の通常のブロードバンド回線が無い環境で高速インターネットを実現する技術（TCP-STAR）について、JAXA（宇宙航空研究開発機構）やNICT（情報通信研究機構）の協力のもとに研究しています。成果の一部は、大学ホームページや新聞等に掲載されました。



長距離通信・移動通信　　遠隔医療、教育　　災害時の緊急・重要通信

あなたの身近な機器が危ないかも！？
～ネットワーク・セキュリティ体験会～
情報工学科 コミュニケーション講座

教員：
高野知佐，稲村勝樹

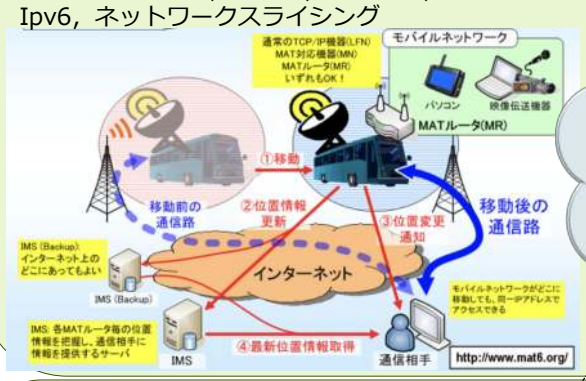
概要

情報通信の基盤となる**インターネット、モバイル通信、クラウド，仮想化技術**の最新技術は勿論のこと、情報通信によって生み出される**人同士のコミュニケーション**まで含めた新しい基盤技術に関する研究をしています．本グループでは，次世代ネットワーク技術だけでなく，誰もが安心してネットワークサービスを享受できる世界を目指し**セキュリティ技術分野**における研究も行っています．

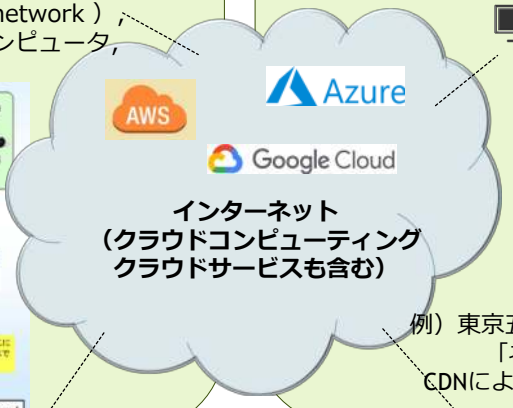
先端ネットワーク

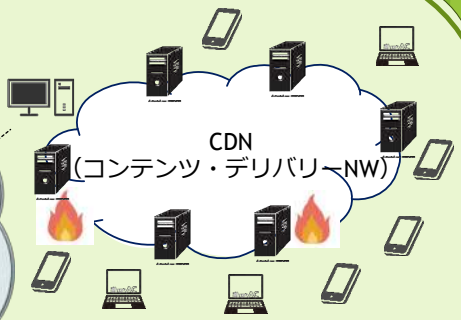
次世代NW基盤技術

いつでもどこでも高速，高信頼，低遅延，多接続を実現するネットワーク基盤を作る！
・Bluetooth MANET, VANET（ vehicle ad hoc network ），移動透過通信技術，仮想化，クラウド，エッジコンピュータ，Ipv6，ネットワークスライシング



Webサービス





Webサーバへのアクセス集中

例）東京五輪、チケット販売開始でアクセス集中
「ネットなのに1時間待ち」状態続く
CDNにより，サーバへの一極集中アクセスを回避

SNS関連

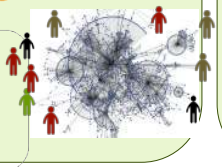
■ 情報ネットワーク（パソコンやサーバの繋がり）
→社会生活との結びつきが強い
□ 例：某映画が放送されると某SNSの処理が遅くなる

ユーザーの集団的な行動が
情報ネットワークの大規模な障害に繋がる！

ネット炎上，バズ事象の因果律の解明
↓
情報ネットワーク側からの制御

情報ネットワークと社会ネットワークを併せた
大規模で複雑であるネットワークの構造を分析

情報ネットワークの安定運用技術に応用しよう！



ストリーミング

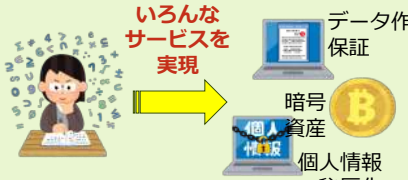
■ モバイルタイルドディスプレイ
□ 複数の端末（例えばAndroidやiPhoneなど）を用いて、1枚の画面を構成し、動画を再生する

複数人で動画を見たいとき、
一人一人の端末を用いて
大画面で見ることができる

ネットワーク・セキュリティ

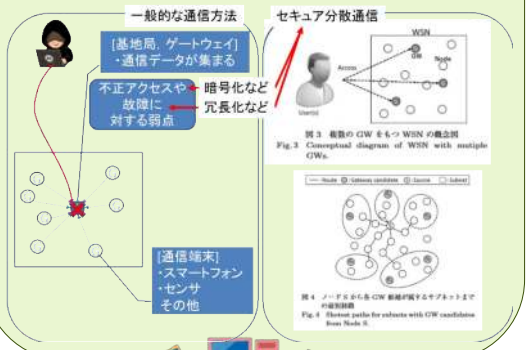
暗号アルゴリズム

数学の力で情報漏洩、データの改ざん、なりすまし被害などあらゆる脅威から身を守る
共通鍵/公開鍵暗号、電子署名、秘密計算、ブロックチェーン、耐量子計算機暗号、etc.



セキュア分散通信

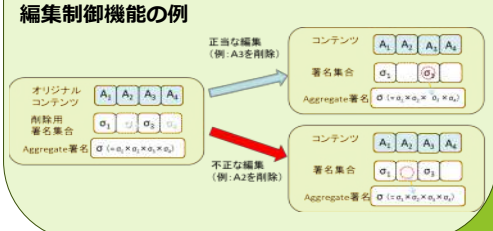
不正アクセスや故障に強いセキュアな分散通信技術を確立する



セキュリティシステム

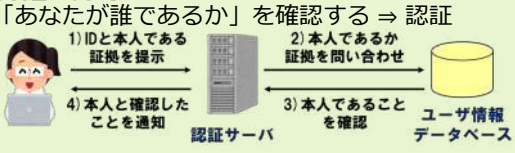
セキュリティの仕組みを導入した新しい情報処理技術の実現やICTサービスの提案を行う
公開鍵認証基盤、プライバシー保護、電子商取引、デジタル著作権管理、etc.

デジタルコンテンツの編集制御機能の例

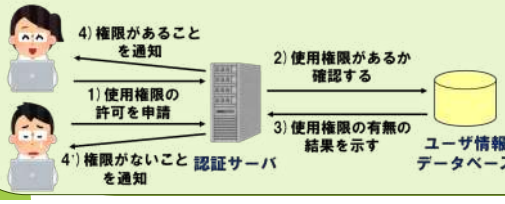


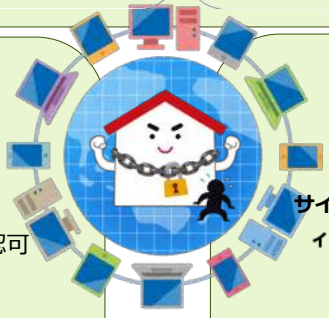
認証・認可

○「あなたが誰であるか」を確認する ⇒ 認証



○「あなたはそれを動かしてよい人か」を確認する ⇒ 認可



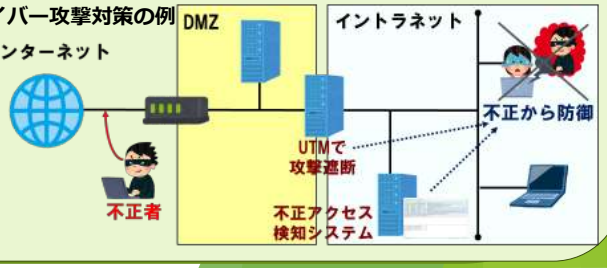


**安心安全な
ICT環境を実現**

サイバーテロ対策

ネットワークやコンピュータを監視し、不正な攻撃から情報や人を守る
IDS/IPS、ファイヤーウォール、DoS対策、アンチウイルス機能、etc.

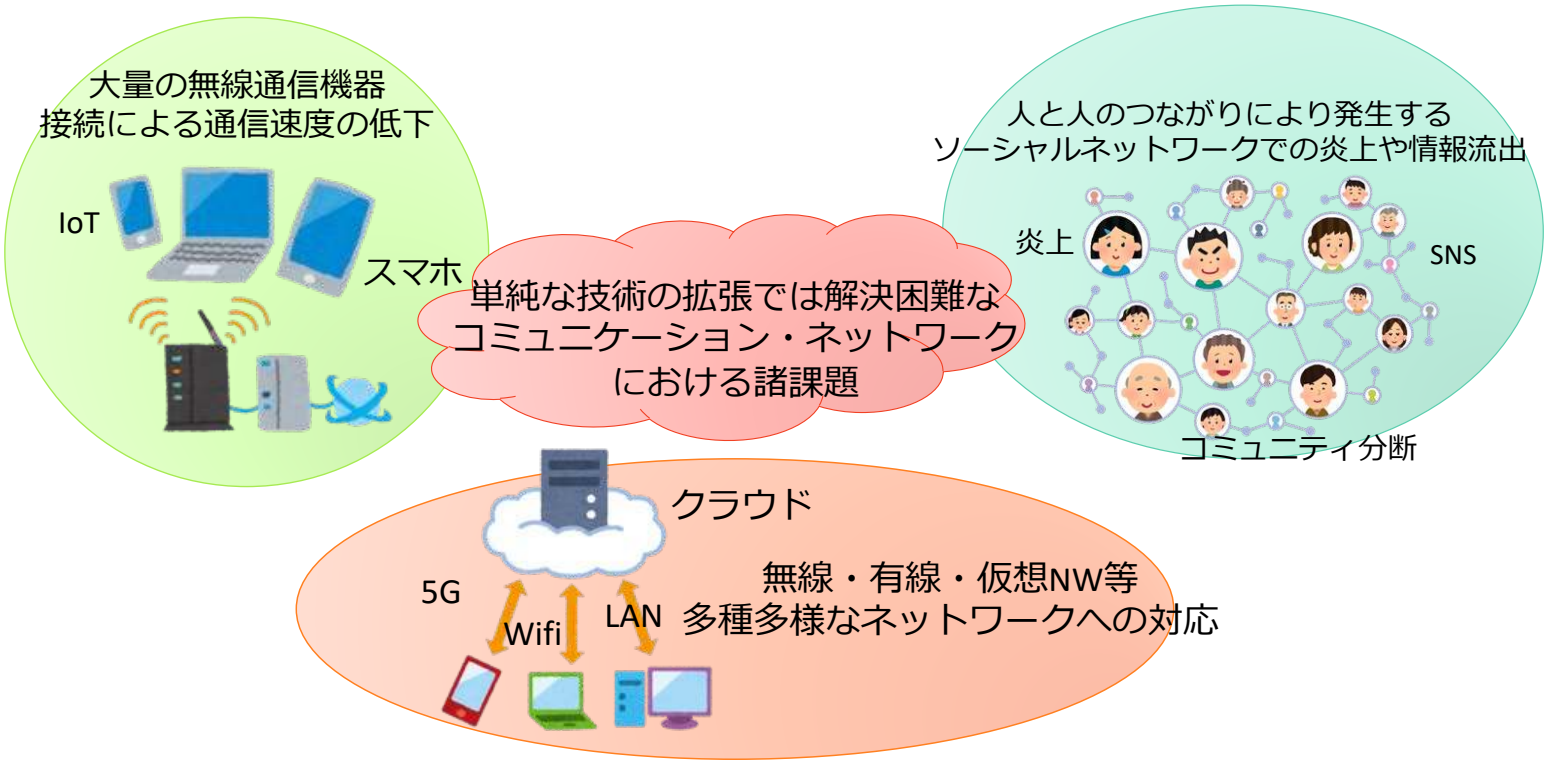
サイバー攻撃対策の例



自然界の仕組みを使って
もっと便利なネットワークをつくる研究

情報工学科 コミュニケーション講座　高野 知佐，小畑 博靖

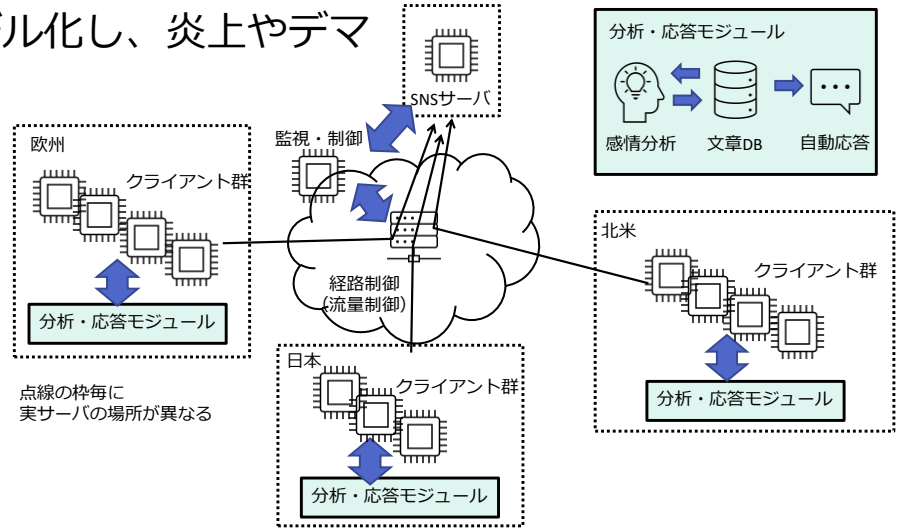
物理現象や生物システムを示す数理モデルを応用することで、単純な技術の拡張では解決困難なコミュニケーション・ネットワークにおける諸課題を解決し、飛躍的な通信技術の進歩を目指して研究を行っています。



研究例１：オンラインソーシャルネットワーク制御

- SNSなどのソーシャルネットワークにおける課題
  - 炎上やデマ情報の拡散
- ユーザの特性を数理的にモデル化し、炎上やデマ情報の拡散をAI技術で抑える

社会ネットワーク分析によりSNSの炎上の仕組みを明らかにすることで炎上を未然に防ぐシステムを検討



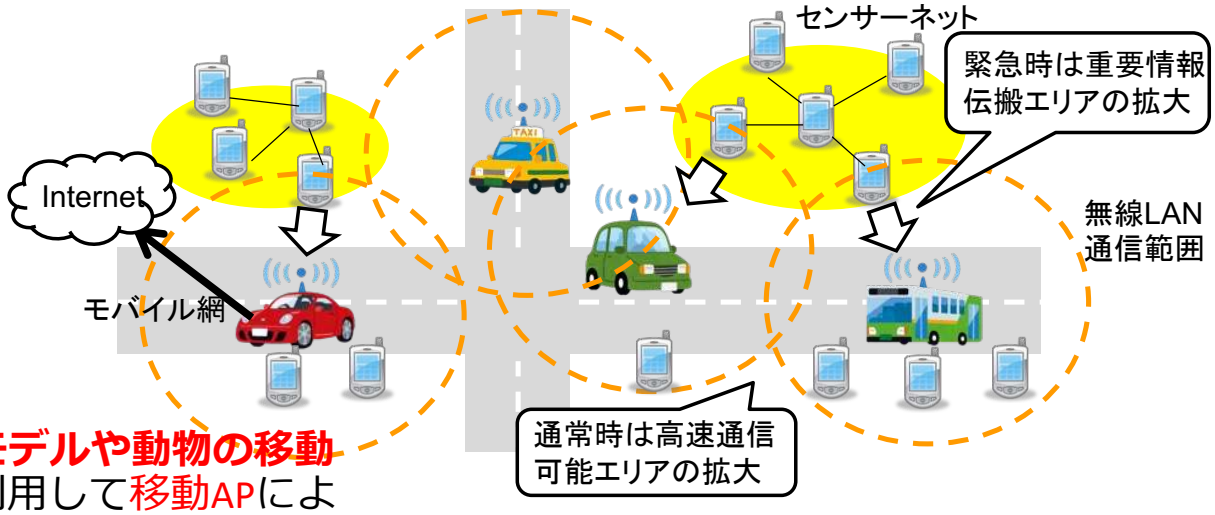
AI技術を利用した監視制御システムイメージ図

自然界の仕組みを使って
もっと便利なネットワークをつくる研究

情報工学科 コミュニケーション講座　高野 知佐，小畑 博靖

研究例２：モバイル無線LANを用いた現象数理学に基づく情報配信システム

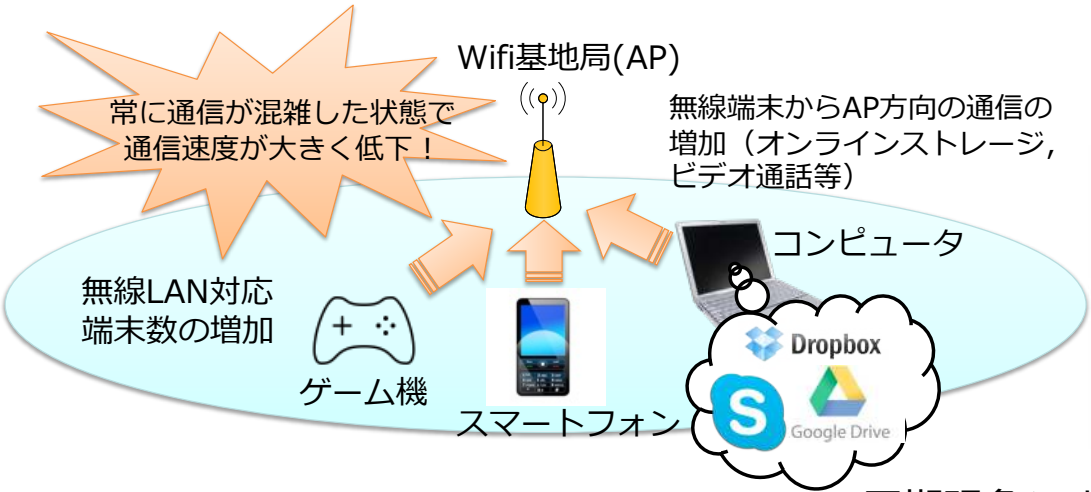
- 車載アクセスポイント（AP）
  - 端末が車に搭載された移動AP（車）に接続することで，高速WiFi通信エリアを拡大
  - 緊急時には移動APが孤立地域に情報を届ける役割



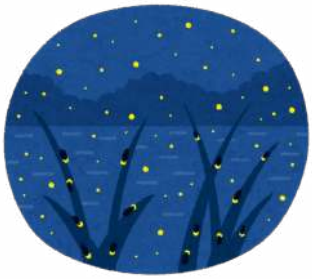
同期現象モデルや動物の移動モデルを利用して移動APによる広域な情報収集・配信

研究例３：同期現象モデルを利用した無線LANのアクセス制御

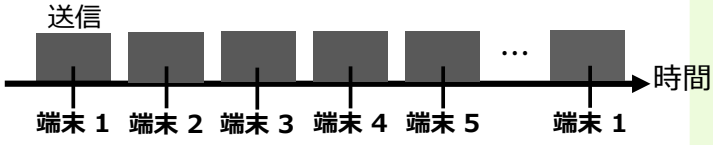
無線LAN（WiFi）の課題



同期現象の例：
蛍の集団発光



同期現象による送信イメージ



同期現象モデルで自動的に順番に送信させWiFi通信の効率を飛躍的に向上

新しいネットワークサービスを実現するソフトウェア

広島市立大学 Hiroshima City University
3つのひかり 未来をつくる

情報工学科　センシング講座　大田知行

モバイルネットワーク環境での，新しいネットワークサービスを実現するネットワークソフトウェアの研究開発を行っています．モバイルネットワークとして，みなさんがスマートフォンで日頃使用している携帯電話ネットワークがあります．スマートフォンを快適に使用できるのは，ネットワークサービスを提供するソフトウェアやネットワークを制御するソフトウェアなど，ネットワークシステムを支える様々なネットワークソフトウェアのおかげでもあります．

モバイルネットワークの一つの形態として，無線マルチホップネットワークというネットワークもあります．ご存知でしょうか？

無線マルチホップネットワークとは？

・スマートフォン等のモバイル端末が無線通信機能を使って相互に行う通信のみで構築されるネットワーク
・無線通信の届かないモバイル端末と通信をする場合には，途中にいるモバイル端末を経由することで，通信可能（バケツリレーで運ばれる水のように，データパケットが途中にいるモバイル端末をホップして通信）

身近な例では，マルチホップはしていませんが，最近の携帯ゲーム機にあるように，集まった場所で通信対戦をする際に構築されるネットワークがあります．

無線マルチホップネットワークの活用例（災害時ネットワーク，車車間ネットワーク）

基地局を経由することなく通信ができるため，災害などで基地局の機能が弱まった時などでも相互に通信ができる利点があるため，災害時ネットワークを構築することができます．また，自動車にもこのような通信機能を搭載することにより，車同士をつなぐ車車間ネットワークを構築することもできます．

新しいネットワークサービスを実現するネットワークソフトウェアの開発

これらのモバイルネットワークのためのネットワークソフトウェアを研究開発するために，新しいネットワークサービスを実現するネットワークアプリケーションやネットワークを制御するネットワークプロトコルの考案と設計を行い，ネットワークシミュレータを用いた評価をしています．

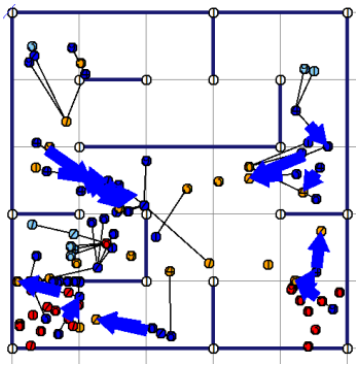


図1. ネットワークシミュレーションの様子．○が端末，○と○を結ぶ線が無線リンク，青矢印が端末間のメッセージの送信を表しています．

ネットワークシミュレータとは？

ネットワークソフトウェアの研究開発のためにネットワークシミュレータを使います．ネットワークシミュレータでは，数十台から数百・数千台のモバイル端末（人が持つ端末や自動車に搭載される端末）をコンピュータ上に実現することで，新しく考えたネットワークソフトウェア（アプリケーションやプロトコル）を評価するためのソフトウェアです．ネットワークシミュレータを用いた評価により，様々な観点から，考案したネットワークソフトウェアの性能評価を行います．

ネットワークシミュレータ，モバイル端末，仮想空間の連携によるネットワークソフトウェアの評価

スマートフォンなどのモバイル端末に，開発したネットワークソフトウェアを実装（インストール）することにより，ネットワークシミュレータとモバイル端末を連携させ，ネットワークソフトウェアの評価を行うこともあります．さらに，ゲームエンジンにより仮想空間を実現することで，現実に近い環境でネットワークソフトウェアを評価するためのシステムの開発も行っています．

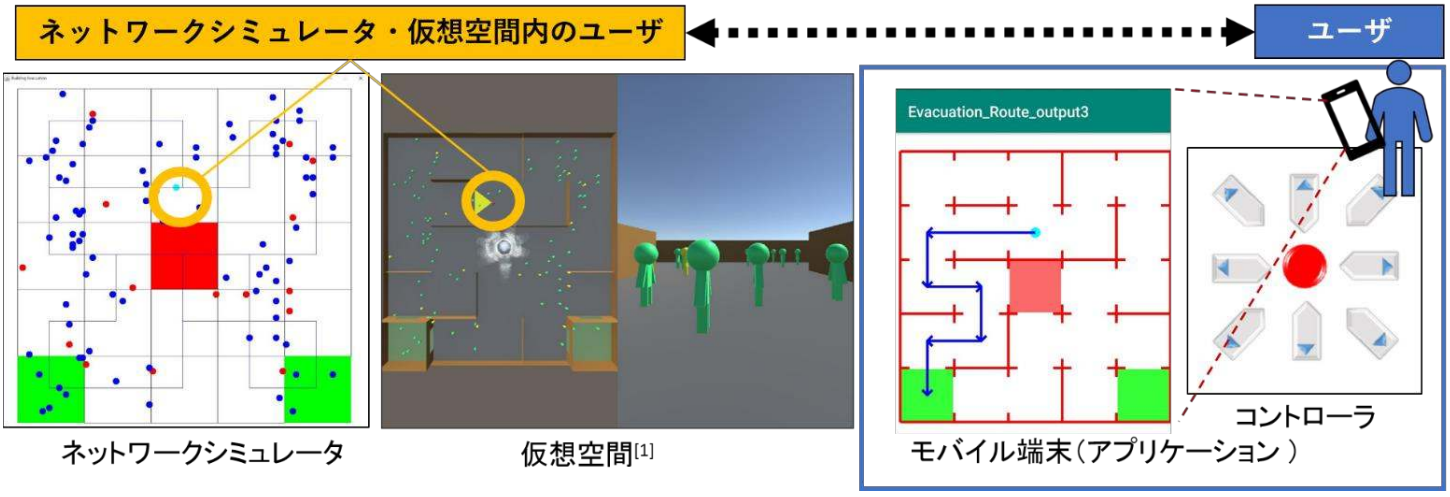


図2. ネットワークシミュレータ，仮想空間，モバイル端末の連携によるネットワークソフトウェアの評価の様子．アプリケーションが動作しているモバイル端末を持つユーザが，シミュレータと仮想空間内のユーザをコントローラで動かしている．シミュレータ内で受信したメッセージが，実際のモバイル端末に受信されることにより，ユーザは仮想空間内の一ユーザとなった状況で，アプリケーションの動作を確認することができます．

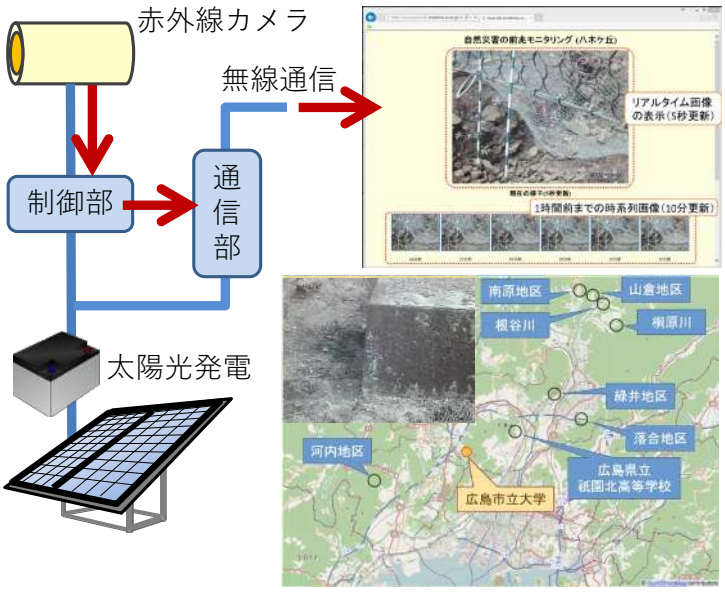
[1] Unity Technologies, “Unity-3D,” https://unity3d.com/jp, (accessed June 28, 2024).

電波の力でミライを創造する ～IoTモニタリングの実現～

情報科学研究科　情報工学専攻　センシング講座　西　正博，新　浩一，小林　真

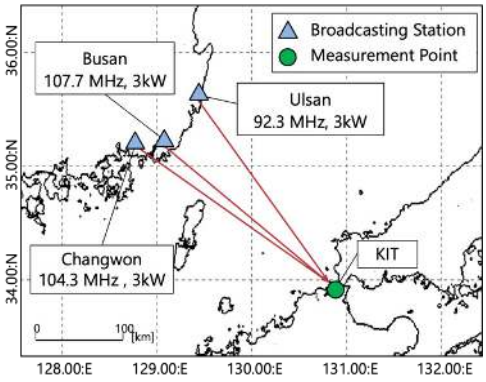
電波・無線の特徴を利用したIoTモニタリングの実現

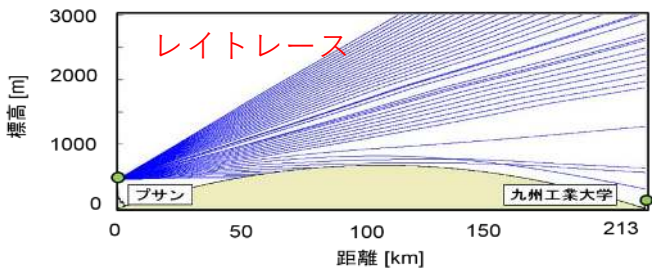
土砂災害モニタリング



- 地域住民へのリアルタイム情報提供
- AIによる画像からの危険度自動判定
- NTN（人工衛星）を用いたセンシング情報収集

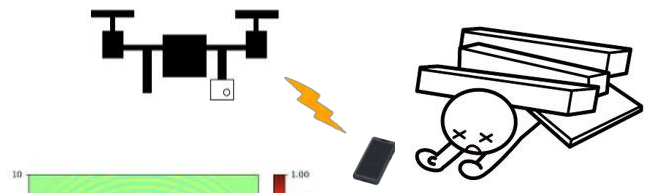
海外からのオーバーリーチ伝搬観測

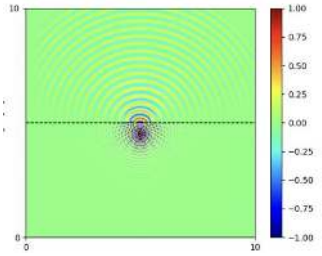




- 九州工業大学との共同研究による長期観測
- 高層気象データとの比較，ダクト伝搬の推定

ドローンによる被災者検知

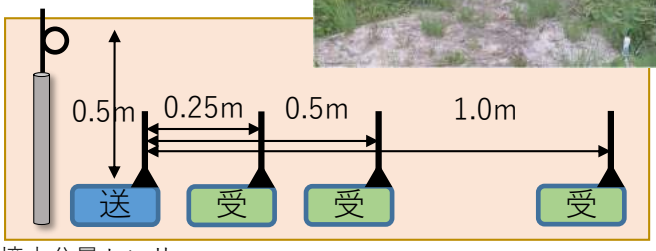




- シミュレーションと実測での伝搬特性の把握

電波による土壌水分量推定

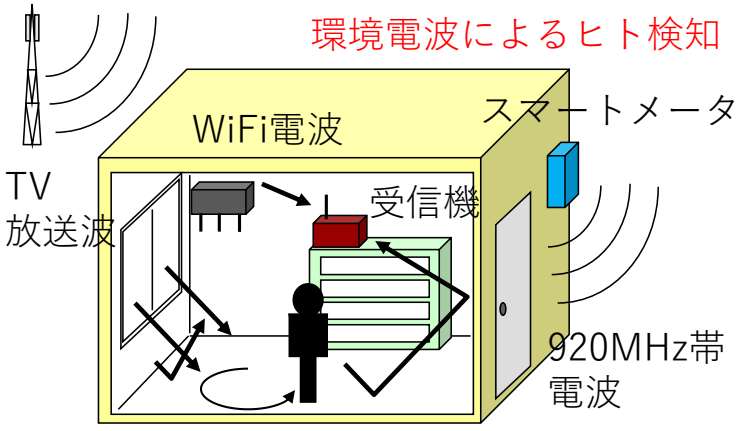
地中における
920MHz帯電波観測系



土壌水分量センサ

- 土壌水分の上昇による電波減衰の特徴を利用
- IoTに用いられる920MHz帯電波の活用

屋内環境でのヒト検知



- 防犯や高齢者見守りに応用
- マルチパスフェージングやシャドウイングの利用

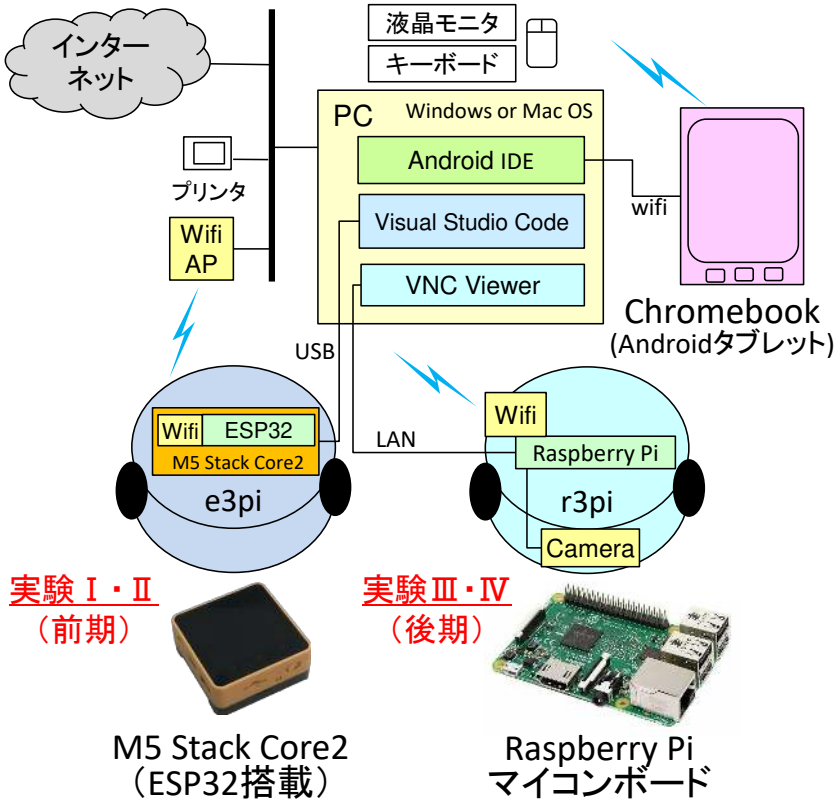
コンピュータとネットワークを自由に操ろう

（情報工学科 3年次 情報工学実験Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ）

情報工学実験では、ロボットカー とAndroidタブレット を自由にプログラミングして動かします。無線LAN経由でお互いに通信をさせて、センサ値、カメラ画像、動作の指示などをやりとりします。タブレット上でグラフや画像を表示したり、遠隔操作をします。これらを通じて、コンピュータのアーキテクチャ（構造）、そのプログラミング（ソフトウェア）、通信プロトコル（通信手順）などを具体的かつ体系的に理解できるようになっています。

ロボットカーのプログラムの例（ESP32）

```
#include <M5Core2.h>
#include "e3pi.h"    // e3piクラスの宣言
e3pi e3pi;    // インスタンス（オブジェクト）の生成
void setup() {
  M5.begin();
}

void loop() {
  e3pi.forward(0.3);      0.3の速度で、
  delay(2000);            2秒間前進せよ

  e3pi.backward(0.3);     0.3の速度で、
  delay(2000);            2秒間後退せよ

  e3pi.left(0.3);         0.3の速度で、
  delay(2000);            2秒間左に回れ

  e3pi.right(0.3);        0.3の速度で、
  delay(2000);            2秒間右に回れ

  e3pi.stop();            停止せよ
}
```



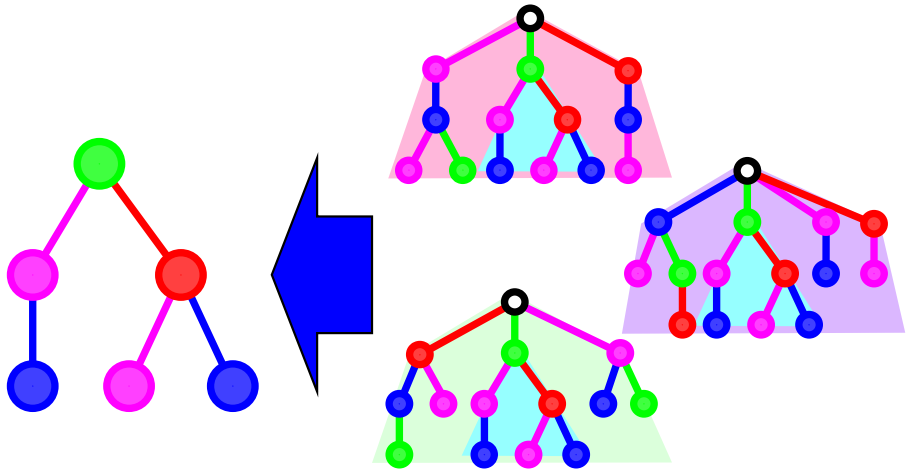
実験機材の構成（一人に1台）

データに隠された知識をコンピュータで見つけよう

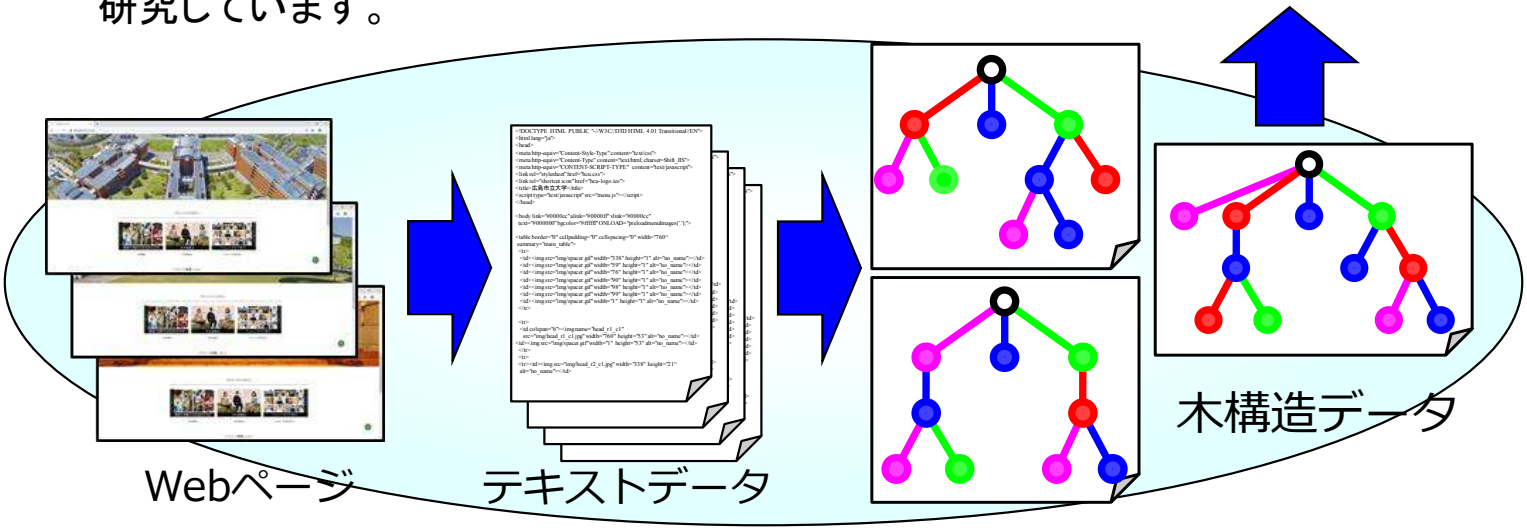
～木構造データからの機械学習とデータマイニング～

知能工学科 データ科学講座　鈴木祐介，内田智之，宮原哲浩

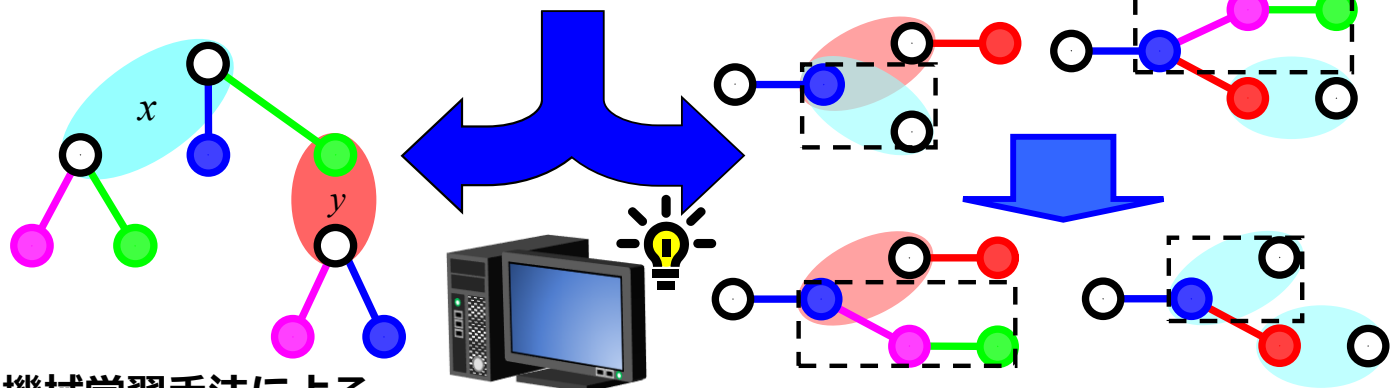
機械学習とは、人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現させるための技術・手法のことです。
機械学習手法を用いて木構造データに共通する木構造パターンを知識として発見する手法やデータマイニングへの応用について研究しています。



共通構造の抽出



ふだん私たちが見ているWebページは、実際にはHTML/XML形式のテキストデータです。これらのテキストデータは、上の図のような木構造データとして表現することができます。データを木で表現することによって、テキストデータのときは気がつかなかったパターンを知識として発見できるようになります。



機械学習手法による共通パターンの発見

進化的計算手法による特徴的なパターンの生成

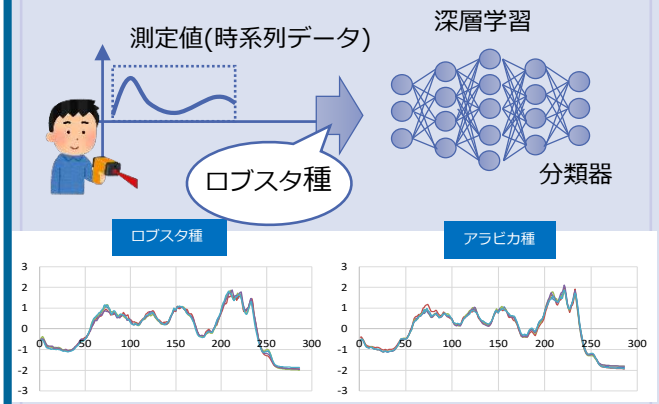
データから見える世界
～ビッグデータ分析とその応用～

知能工学科・データ科学講座・田村慶一

データを中心とした新しい社会を目指し、ビッグデータ分析に基づくAI技術の高度化と社会的課題を解決するための研究開発を行っています。

時系列データ分析とその応用

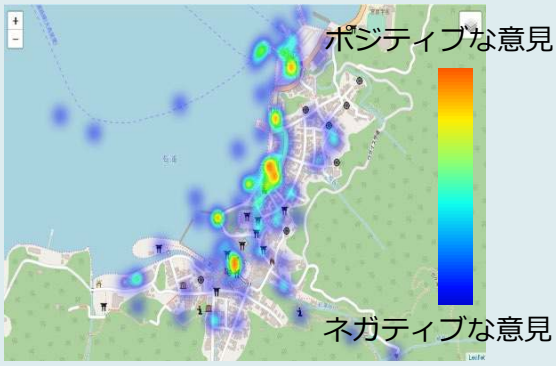
センサデバイスが観測したデータを私たちの生活を豊かにするICT技術に結びつけるシステム開発を行っています。



時系列データ分類による食品検査

ソーシャルデータを用いた社会情報分析

ソーシャルメディアの投稿データから世の中の動向やトレンドをつかむための社会情報分析に関する研究を行っています。



ツイートを用いた観光情報分析

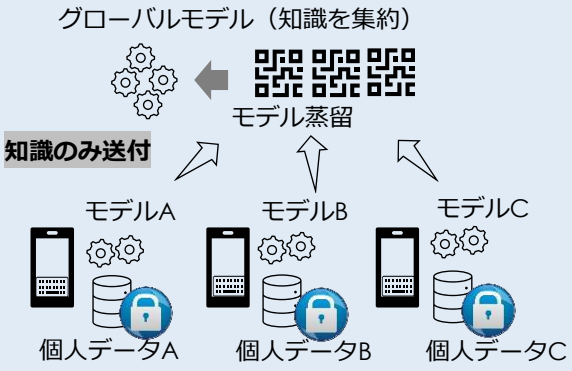
AIに対する悪意のある攻撃への防御

データに細工を施すことでAIを騙す攻撃からどうAIを守るかを考え、攻撃のパターンやその防御手法の開発を目指しています。

敵対的攻撃に対する防御手法

データプライバシを考慮した機械学習

個人情報（データ）を出さずに知識のみを集約することで機械学習を行う方法について研究を行っています。



モデル蒸留に基づく連合学習

AI × Data その先を目指して

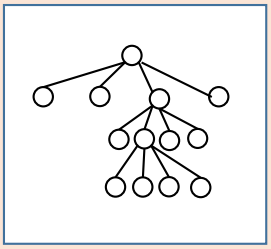
位置情報のビッグデータ解析

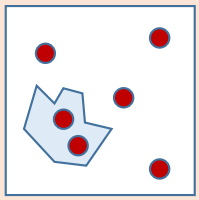
知能工学科　データ科学講座　黒木進

あらまし

地図や地球儀に示された点や線や面の位置や形、つながりを表すデータを位置情報といいます。これには時刻に関する情報が含まれることもあります。
これら位置情報に関するビッグデータを解析して、パターンや相関関係などの有用な知識を見つけることについて基礎から応用まで幅広く研究しています。

位置情報の索引と検索





位置情報を分類・整理する技術を索引といいます。索引を使って位置情報を効率よく見つける(検索)方法を研究しています。

体の動きの分析

ダンスやスポーツのフォームを分析しています。ダンスの振り付けや野球のバッティングを例に関節の動きを分析しています。

スポーツデータサイエンス

サッカーの試合中に行われるプレーの時刻と位置を分析してその後の展開を予測したり、スローインやコーナーキックを分析しています。

more to come

下記の2項目を含めて検討・準備しています。
(1) タクシーや自転車などの移動履歴の分析
(2) バスケットボールやe-sportsの分析

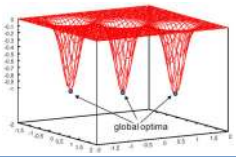
自然に学ぶ情報処理

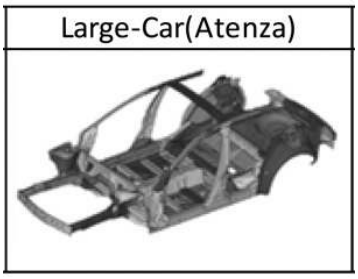
知能工学科　人間情報学講座
高濱徹行・原　章・鎌田真
http://www.ints.info.hiroshima-cu.ac.jp/

生物が持つ遺伝・進化による環境適応能力，ヒトの生体内における脳・神経系や免疫反応に見られる学習能力，鳥やアリなどの群れが発現する柔軟な問題解決能力などをモデル化し，情報処理に応用する研究を行っています．

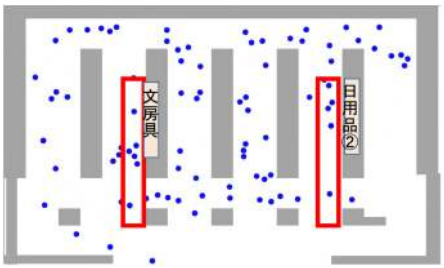
進化計算

個体集団が，
適者生存，世代交代を
繰り返し最適解を探索





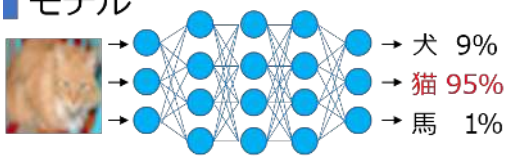
関数最適化による
車両の構造設計



組み合わせ最適化による
混雑防止のための
スーパーの商品配置の最適化

深層学習(ニューラルネットワーク)

モデル



入力　AIモデル(深層学習)　出力

脳の神経回路網(ニューロン)を
数理モデル化

応用例

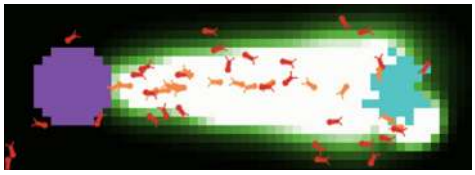
顔感情の分類

医療画像の
疾病検出

ドローンを用いたコンク
リートのひび割れ検出

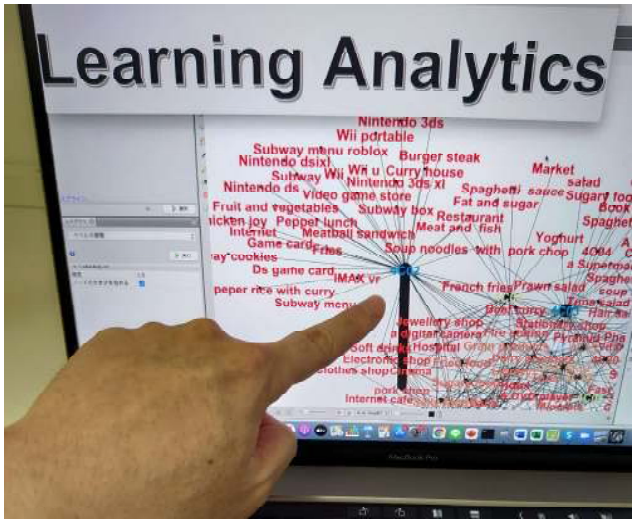
群知能

生物の群行動（アリのフェロモン
コミュニケーションなど）
をモデル化

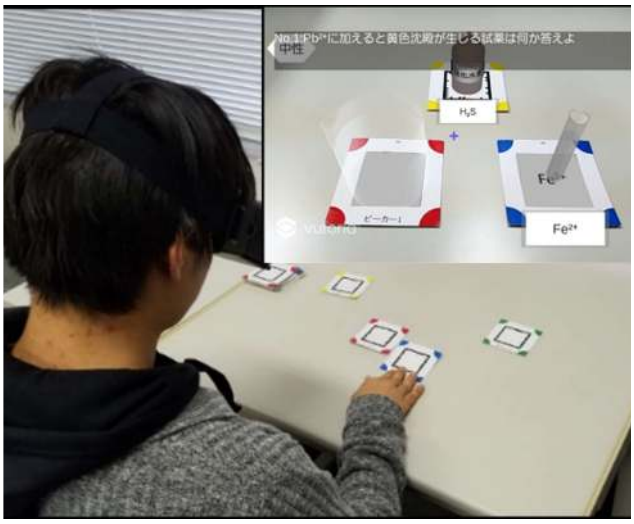


協調する群ロボット
による問題解決

人気や待ち時間を考慮した
テーマパークの最適順路生成



先進的ICTで学習を支えよう

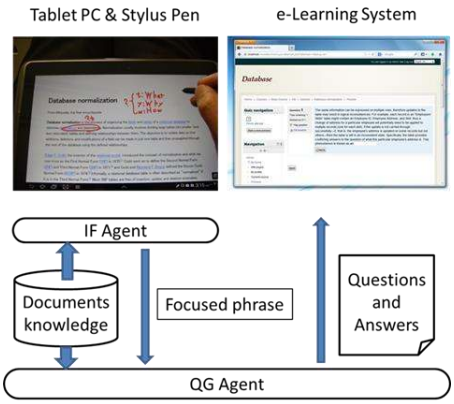


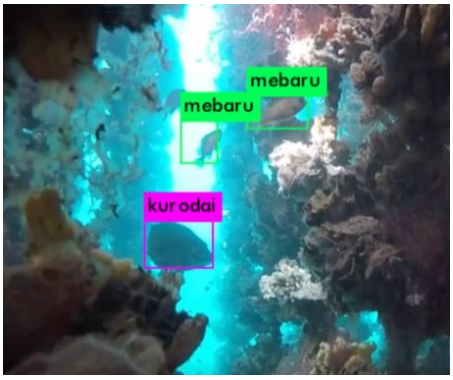
21世紀に普及する超分散・仮想情報社会の中で機能する、
知的で人に優しいシステムに関する研究を行っています.
バーチャルリアリティ技術を利用した知的学習支援システムや
感性情報処理など幅広く取り組んでいます.

広島市立大学大学院情報科学研究科
知能工学専攻　人間情報学講座
学習工学研究グループ
（松原行宏, 毛利考佑, 岡本勝）
http://www.lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

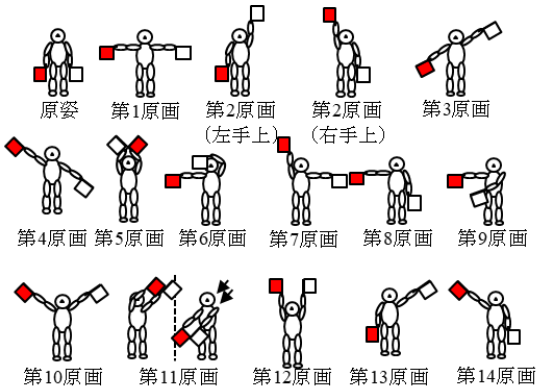
3つのひかり　未来をつくる
広島市立大学
Hiroshima City University

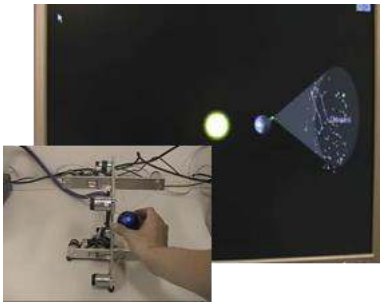
楽しく持続可能な教育学習支援を目指して

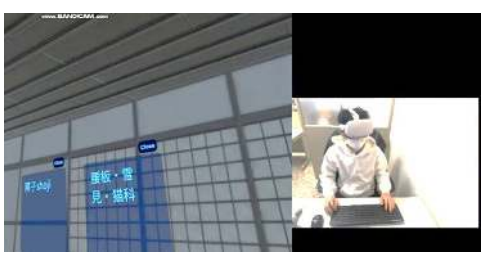




地域の課題や資源をデジタル化し、学びを通じて未来へつないでいくという観点から取り組んでいます。学びを支援するため、 eラーニングシステムを用いたLearner Centered Learningの実現を目指しています。これまでMR/VR/AR技術などを利用し、カキの食害、豪雨災害、伝統工芸などを題材に研究してきました。







知能工学科・人間情報学講座・岩根典之

楽しみながら情報を探すには？

知能工学科　人間情報学講座　梶山朋子
http://www.cm.info.hiroshima-cu.ac.jp

検索インタフェースと知識創造活動への応用

人と検索システムを直接つなぐ大きな役割を担っているのが，検索インタフェースです．探したい情報がぼんやりしている時，検索システムに自分の思いを伝えることができず，困った経験はありませんか？
人が文字を入力せずに，直観的に情報を探すことができる検索システムのデザインを目指しています．

リング図鑑＜植物＞（特許第 4441685 号の実用化）
検索の切り口を表すリングを組み合わせることで，植物を探します．

7 つの検索の切り口（花の色や季節，葉の形や付き方など）

↓ 検索の切り口を選択

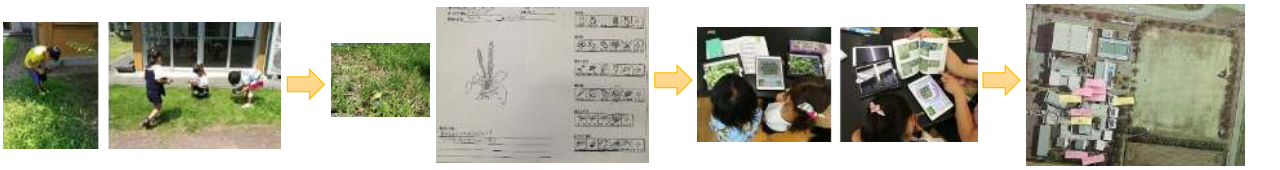
検索の切り口を表すリング（検索の切り口に対する検索条件の整列）

↕ リング回転による検索条件の調整

リングの「時計の 6 時の位置にある値」を検索条件とした検索結果

※左図は，花の色が「黄色」で，葉の形が「細長い」植物を探している様子

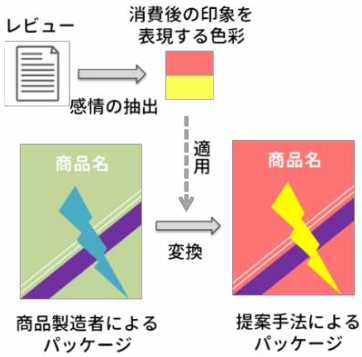
道端に咲いている花の名前を調べるなど，発見学習支援ツールとして，小学校の授業で活用されています．



校舎周辺で植物を撮影する　写真から特徴をとらえる　アプリや図鑑で調べる　見つけた場所に植物名を貼る

感情の色彩化・推定と購買活動への応用

購買行動において，商品に対する期待度と商品消費後の満足度には，相互関係があるといわれています．期待度が高すぎると満足度は低くなる傾向にあり，悪い口コミが広がる可能性が出てきます．一方，期待度が低すぎると，そもそも商品を購入してもらえなくなる可能性が出てくるため，機会損失につながります．
商品本来の価値で評価されるよう，期待度と満足度を近づけるために，消費者の感情を色彩化し，商品パッケージに適用する手法について研究しています．
また，色彩心理学の分野では，人が選択した色彩をもとに，その人の感情を推定できるといわれています．色彩と感情の関係性を表現したデータベースを活用し，潜在顧客をとりまく色彩情報から商品探索過程における感情を推定，視線情報から興味を推定し，商品を推薦する手法について研究しています．



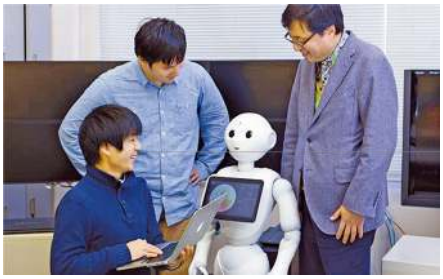
人間の気持ちを理解してくれるコンピュータ

知能工学科　知能情報学講座　竹澤寿幸，目良和也，黒澤義明
https://www.ls.info.hiroshima-cu.ac.jp/

人間の気持ちを理解し、心の通うコミュニケーションができるコンピュータの実現を目指し、音声とテキストを対象に幅広い研究に取り組んでいます。また、テキスト解析技術をインターネットから収集したデータに適用することで観光振興に役立てたり、各種 AI を利用してファッションコーディネートの提案をしたりする研究も行っています。

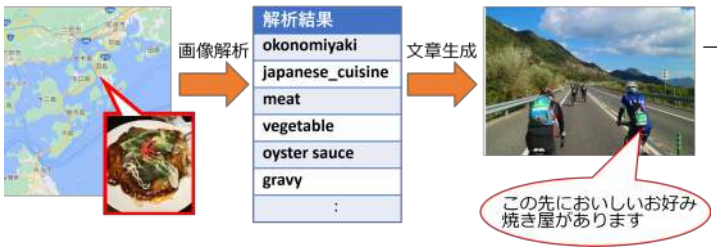
「音声から気持ちを察して対話するロボット」

「怒ってないよ」　「本当ですか？」



音声で対話するロボットを日常の場面で活用するには、字面だけではなく話者の気持ちまで理解することが重要です。そこで、声の高さや大きさなどの情報を手がかりに、話者の気持ちや感情を理解する技術に関する研究を進めています。さらに、話者の感情まで配慮したコミュニケーションができる音声対話システムを開発しています。

「おすすめ観光スポットを教えてくれるナビ」



「この先にお好み焼き屋があります」

ブログや SNS から収集した情報を解析して、現在地やユーザの好みに合った観光スポットを見つけて教えてくれるシステムの研究開発をしています。さらに画像解析技術と組み合わせて、観光スポットの説明文を自動で生成する研究も行っています。

「AI を利用したファッションアイテム生成器」

ここ数年で一気に AI の時代が来ました．画像生成 AI を利用することで，誰も見たことのないファッションアイテムに身を包み，その写真を SNS にアップすることもできるようになりました．さらに，画像生成 AI だけでなく，言語を含む各種 AI を組み合わせることで，自由に，そして思い通りのアイテム，コーディネートを作り出す研究開発をしています．

来て！　見て！　聴いて！

先端パターン認識工房

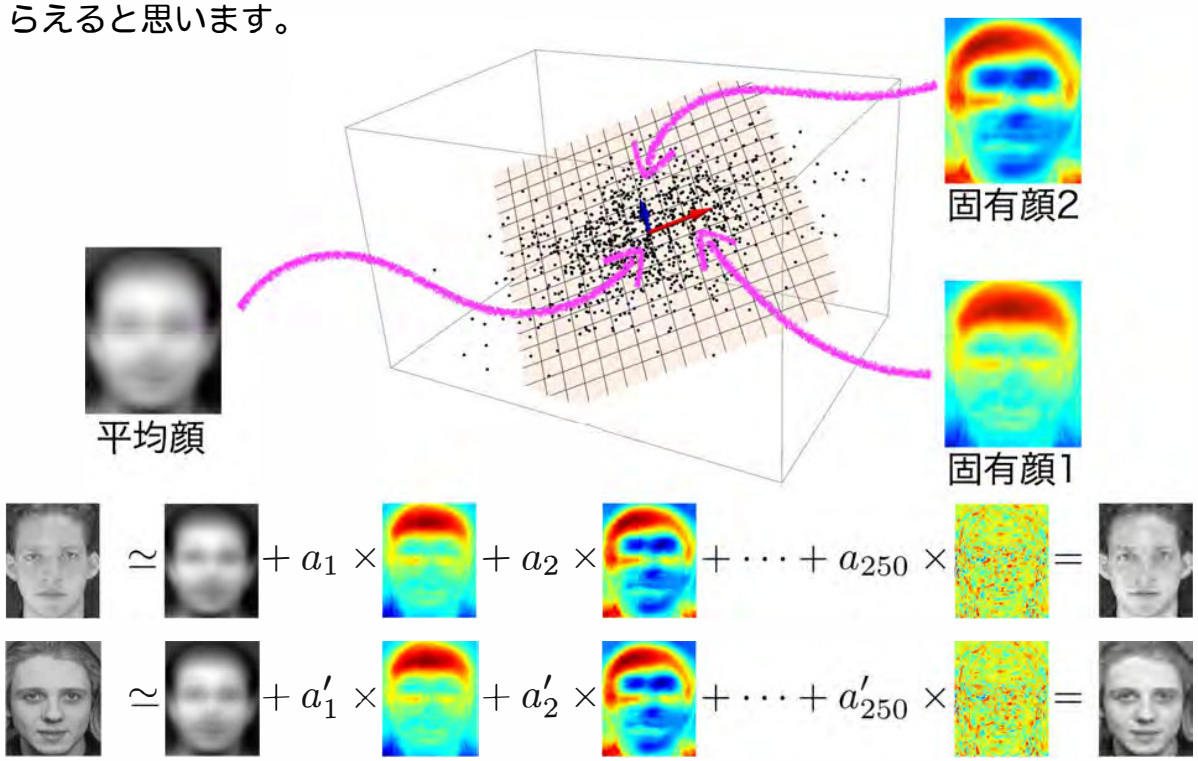
知能工学科知能情報学講座　下川丈明、岩田一貴、三村和史

パターン認識グループでは自宅のPCでも実験できる
画像処理・パターン認識ソフトウェアを使い、
身近にあるパターン認識技術を解説します。

先端のパターン認識技術を紹介

最近の PC はとても強力。そんな PC を使えば、一般に公開されている無料のソフトウェアを使って動画の中の顔を発見したり、新しい画像処理やパターン認識手法で遊ぶことができます。

そんな手法の中から、顔の発見や認識の原理を簡単に紹介します。みなさんの勉強している内容が、最先端の技術にまでつながっていることが分かってもらえると思います。



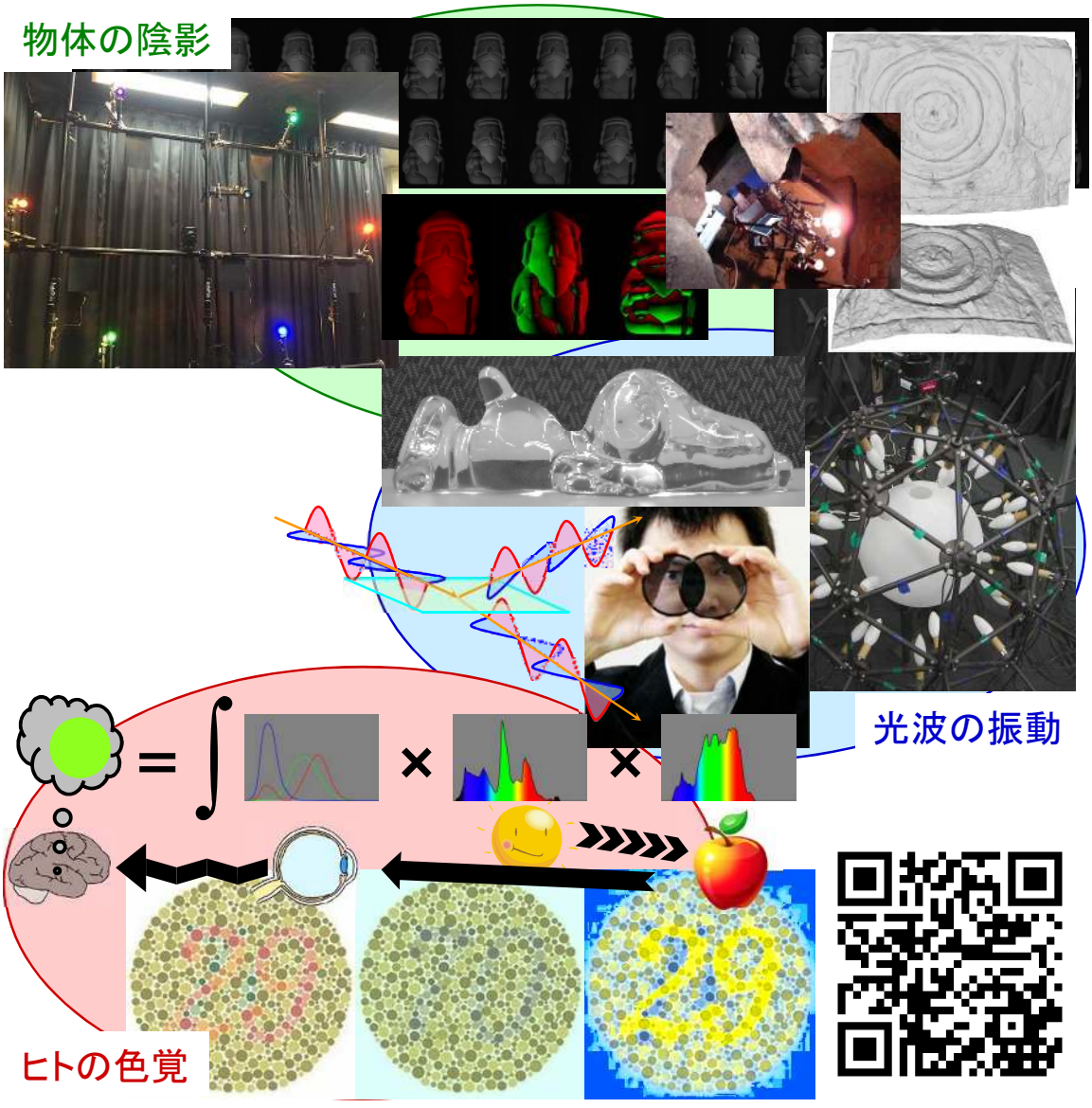
URL :: http://www.prl.info.hiroshima-cu.ac.jp

知能工学科　知能情報学講座　宮崎大輔

コンピュータビジョン研究グループ

「光の物理現象にもとづく画像処理」

画像技術は今やホットトピックスとなっている分野です．非接触で顔検出して体温をはかったり，自分の顔の動きに合わせて3Dアバターが動いたり，工場の製品検査に利用されたり，自動運転技術に使われたり．生活に欠かせない画像技術の研究に取り組み，エンタテインメント分野や工業分野の発展に貢献することがこの研究グループの目的です．特に光の物理学的解析を主要な研究テーマにしています．物理現象として発生した光がデジタル的に記録された情報が画像です．すなわち，物理学的な性質を解析することで，画像から多くの有益な情報を取得することができます．



知能工学科　知能情報学講座　馬場雅志

コンピュータグラフィックス（CG）研究グループ

「画像メディア・CG 技術を体験」

画像は、我々が暮らす実世界と、コンピュータ内の情報（仮想世界）、そして我々自身を結びつける重要なメディアです。私たちの研究グループでは、画像を用いて実世界の情報をコンピュータに取り込む**コンピュータビジョン**、コンピュータ内の様々な情報を人々に見やすく表示するための**コンピュータグラフィックス**、現実世界に仮想映像を重畳する**ミックストリアリティ**などに関する研究を行っています。

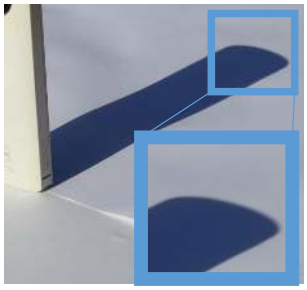
○芸術作品のフォトグラメトリによる３D モデル化

学内芸術作品の 3DCG モデル

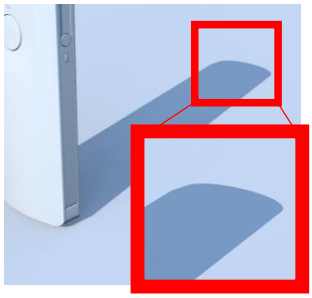
○戦艦大和の水中画像に対する色調補正

艦首部分の色補正結果

○イメージベーストライティングによる実写と CG の合成



実写画像



CG 画像

○深層学習による画像補完技術のお城画像への適用

対象画像

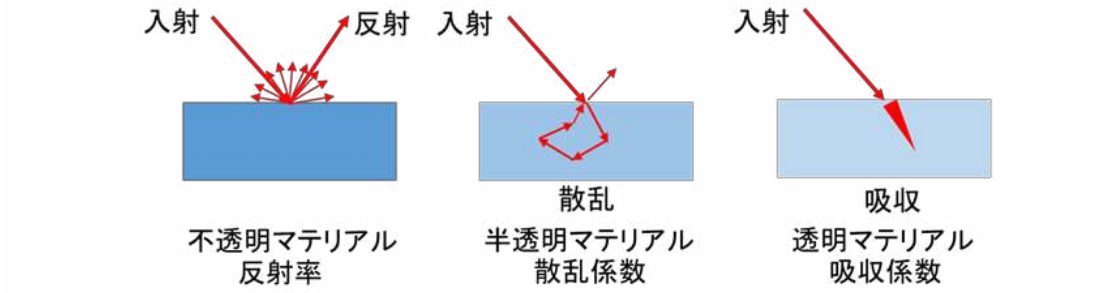
補完結果

知能工学科　知能情報学講座　王超

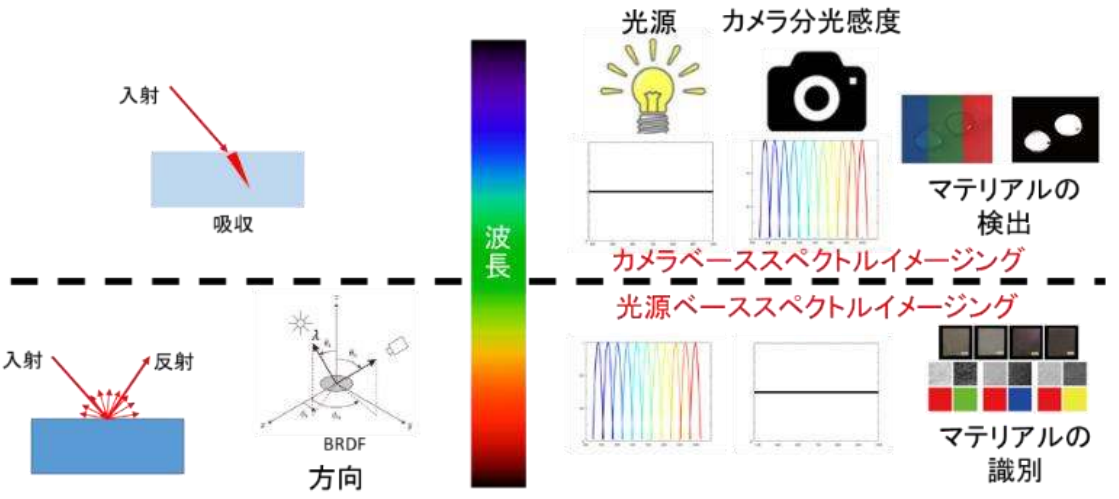
コンピューテーショナルフォトグラフィ研究グループ

「コンピューテーショナルフォトグラフィの革新：画像取得の最適化と応用」

画像処理は，デジタル画像の取得，処理，解析，理解，視覚化，圧縮，保存，伝送などを行う技術の一部であり，その中でもコンピュータビジョン（CV）は，画像から有用な情報を抽出し，それを利用して特定のタスクを達成するための技術です．具体的には，物体認識，顔認識，画像復元，ステレオビジョン，モーション推定などが含まれます．
一方，コンピューテーショナルフォトグラフィ（CP）は，CVの一部であり，画像取得のプロセス自体を改善・最適化することに焦点を当てた分野です．CPは，画像の取得，表示，および製造に関連する問題を解決するために，光学，画像処理，コンピュータグラフィックスなどの技術を統合すます．我々の研究は，特定のタスクに対して最適な装置を設計し，適切なデータを計測する方法を探求するものです．また，これらの方法に基づいて，どのような原理でどのような結果が得られるかを明らかにすることを目指しています．このような研究は，理論と実践の両方において重要な知見を提供し，画像処理技術の進展に寄与します．



光学現象は波長にも依存

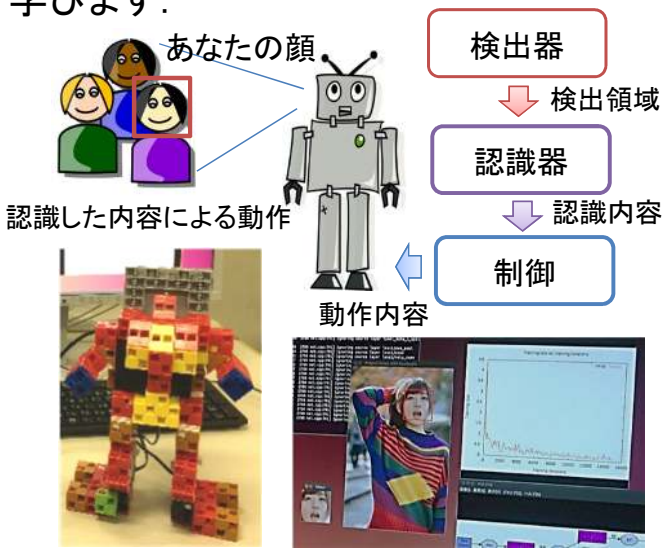


限りなく人間のように振る舞う
コンピュータソフトウェアの開発をめざそう！

（知能工学科 3年次 知能工学実験Ⅰ～Ⅳ）

実験I
メディア学習実験

ロボットがメディア（画像や映像など）を通して物体を検出／認識する仕組みを学びます．

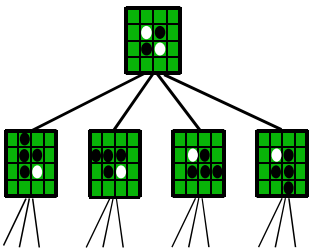


モータで動作するロボット　深層学習による認識

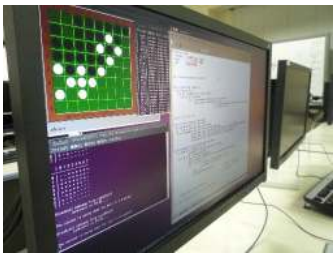
実験II
人工知能プログラミング実験

コンピュータにオセロの手を打たせるプログラムを人工知能技術を使って実現します．コンピュータは次の手をゲーム木探索により決定します．

受講生同士で作成したプログラムの強さを競い合います．



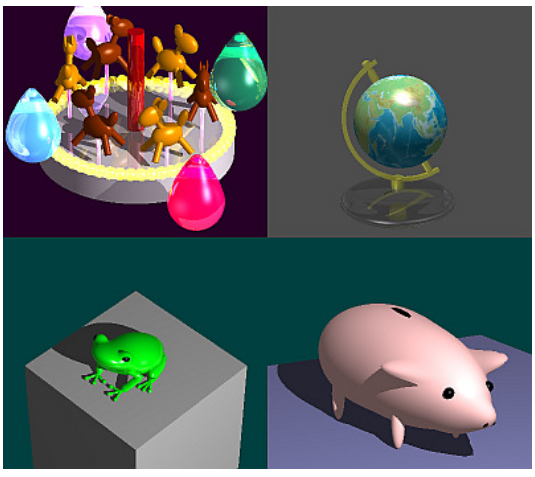
ゲーム木探索



オセロプログラムと実行の様子

実験III
コンピュータグラフィックス実験

CGについての基本原理を学びます．実際に動作するCGプログラムの作成やCG作品の制作を行うことで，CGで利用される描画手法や形状の表現手法などについての知識を深めていきます．



実験IV
データマイニング実験

文書やつぶやきを集めて，社会の気分や空気を読みます．

(例)　景気は回復？後退？

① 意見を集めて単語に分割

輸出　は　持ち直し　て　いる
設備　投資　は　緩やか　な　増加　基調　に　ある
住宅　投資　は　持ち直し　に　向け　た　動き　も　見　られ　て　いる

② 単語の出現回数を集計

は：3回、持ち直し：2回、投資：2回、て：2回、いる：2回、増加：1回、…

③ 重要語の決定

持ち直し、増加

④ 判別，分類

“持ち直し”や“増加”は景気回復期の特徴
→回復と判別

日常生活を支える知能ロボットの紹介

日常生活の中で，人の行動を理解して振る舞う知能ロボットの研究を進めています．運転シミュレータ，自動運転車いすロボット，投影ロボットのデモを紹介します．

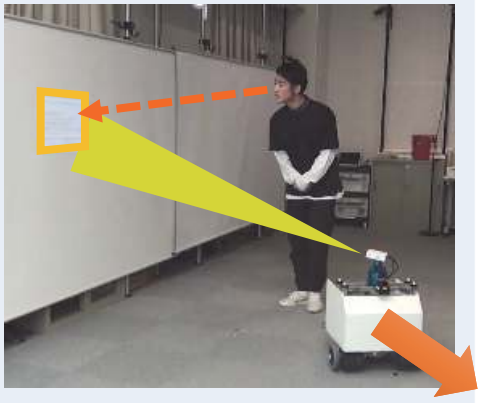
人とシステムの協調運転

機械に完全に運転を任せるのではなく，人と運転システムの両方が常に運転に関わり協調して運転を行う方法を研究しています

人の印象を推定する移動ロボット

日常環境で働くサービスロボットが，周囲の人の振る舞いを計測し，人が安心するように移動制御を行います

投影案内ロボット



プロジェクタの向きを制御し自由な位置に情報を映して人を上手に案内します

自動運転車いす

自動運転の技術を電動車いすに導入し，安心して利用できる電動車いすを実現します

VR環境でのロボット実験

VR環境中での人・ロボット相互作用の検証を行い，成果を実際のロボットに反映します

情報科学部 システム工学科 人間・ロボット共生講座
准教授 池田徹志
実験室 情報科学部棟別館609

最先端バーチャルリアリティ（VR）技術体験

本研究室では，いわゆる五感情報（モノの色，質感，触感，音，匂い等）を人工的に作り出すバーチャルリアリティ（VR: Virtual Reality）に関する研究を進めています．

近年，メタバースと呼ばれる並行世界（バーチャル空間）において，世界中のユーザがコミュニケーション可能な技術が注目されています．これはヘッドマウントディスプレイ（HMD）やトラッカーを介して現実世界の自身の動作をバーチャル空間に持ち込み，アバターと呼ばれる自分自身の化身を介して，身体，能力，時空間等の様々な制約から解放される技術ですが，このような人工世界をリアルに実現するには，アバターと脳（動作指令，認知，知覚）を違和感なく統合可能なプラットフォームを実現する必要があります．しかしながら，現状のVRにおいては，視覚，聴覚，力触覚，嗅覚，味覚といった多感覚情報をそれぞれ単体・組み合わせで呈示するにとどまっており，身体動作，認知，知覚を統合可能な（究極のVRに向けての）プラットフォームは未だブレイクスルーとなる手法が存在しません．そこで本研究室では，次の世代のメタバース（究極のVR）の実現に向けた新たなVRプラットフォームについて研究開発を進めています．

■研究テーマ
- 中間姿勢および半拘束状態における身体と脳に関する研究
- 歩行感覚呈示に関する研究
- 力触覚呈示に関する研究
- 搭乗感呈示に関する研究
- アバターの動作制御に関する研究
- 知・技の伝承に関する研究

Virtual Reality Laboratory

広島市立大学 情報科学部 システム工学科 人間・ロボット共生講座 准教授　脇田　航
E-mail: wakita[at]vr.info.hiroshima-cu.ac.jp
URL: http://www.vr.info.hiroshima-cu.ac.jp/

高齢者のための移動支援システムの開発

システム工学科
助教　齊藤充行［人間・ロボット共生講座］
助教　高橋雄三［インタフェースデザイン講座］
助教　小作敏晴［数理システムデザイン講座］
助教　辻　勝弘［数理システムデザイン講座］

高齢者向け電動カートの運転支援・転倒防止システムの開発

近年、高齢者用のパーソナルモビリティとして電動セニアカーが注目されています。電動セニアカーは、免許を必要とせず、歩行者と同じ歩道を走行することができます。しかし、歩道は自動車が走行する構造的な高速道路や一般道とは違い、街路樹が植えられるなどして、木の根っこが隆起していたり、大きな段差もあるなど形状・起伏が複雑であり、結果として必ずしも4輪が接地しておらず重心が不安定です。このような場合、筋力の弱った高齢者は転倒のリスクが高まる可能性があります。そこで本研究では、タイヤの接地性が低下した場合、転倒のリスクを回避するように運転をサポートする電動セニアカーの運転支援システムの構築をおこなっています。

車体重心の変動に対応可能な軽トラック運転支援システムの開発

近年、全国の中山間地域の農業や林業では高齢化が進んでいます。このような地域で暮らす人たちにとって軽トラックは生活必需品です。しかし、この地域特有の問題として農道・林道などの生活道路が落葉や雪等の影響で荒れた滑りやすい路面が挙げられます。また軽トラックには収穫した稲や野菜、果物等や農機具、生活家財等を積載するため、車体の重心は車両の利用機会や積載物と路面の組合せによって変化します。本研究では、滑りやすい路面と車体重心変化にリアルタイムに対応可能な車両モデルを提案し、この車両モデルとモデル予測制御を組み合わせた新しい制御システムを提案します。このシステムを軽トラックを模したハンドルコントローラで運転可能なロボットカーに実装し、検証実験をおこない、車体の重心変化が起きる状況下でも快適な乗り心地と安全走行を確実にする操作感が得られる運転支援システムの構築を行っています。

先端自動車制御技術

～安心・安全な自動車社会の実現を目指して～

『人工知能と自動運転』

AI（人工知能）とモデルベース設計を組み合わせた新しい自動車制御技術

道路形状や走行状況の変動に応じた車両走行モデリング

熟練ドライバのような『先読みする上手い運転』を実現することで、
初めて走行する道路でも事前学習することなく自動運転が可能となる
自動運転システム

車両情報の一部が観測できない場合の自動運転システム

自動運転中にセンサ故障やシステムエラー等が
原因で車両情報の一部が観測できない場合に、
観測可能なデータのみを使って車両（機体）制御を
実現する自動運転システム

衝突被害軽減のためのアクティブ傾斜制御シート

衝突を予測し、アクティブにシートを傾斜制御することで、
衝突するエネルギーをいなして、搭乗者の被害を軽減させる
アクティブ傾斜制御シート

スケールモデル
零号機
Student Safety Technology Design Competition 2019
日本代表選考会決勝進出
優秀賞受賞

スケールモデル
壱号機
Student Safety Technology Design Competition 2021
日本代表選考会予選敗退

スケールモデル
参号機

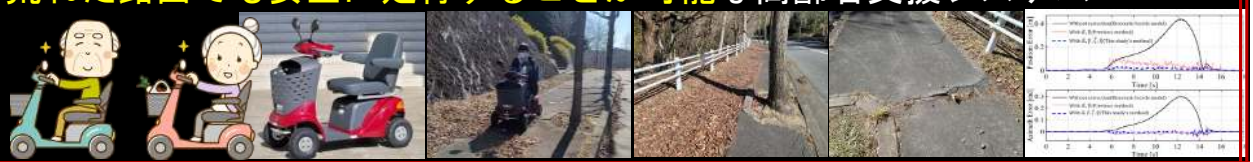
日本大会決勝戦の様子

学生安全技術デザインコンペティション2023
Student Safety Technology Design Competition 2023
日本代表選考会決勝進出　日本大会第3位

※学生安全技術デザインコンペティション応募テーマ

タイヤの接地性が低下した走行状況を表現可能な車両走行モデリング（電動セニアカーの自動運転）

電動セニアカーが走行する歩道は、自動車が走行する道路より荒れていて走行が難しい。走行状況をリアルタイムに推定することで、
荒れた路面でも安全に走行することが可能な高齢者支援システム



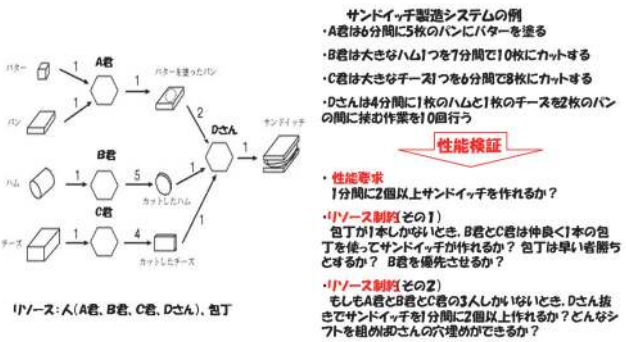
システム工学科　人間・ロボット共生講座　助教　齊藤充行

組込みシステムの設計検証および最適化に関する研究

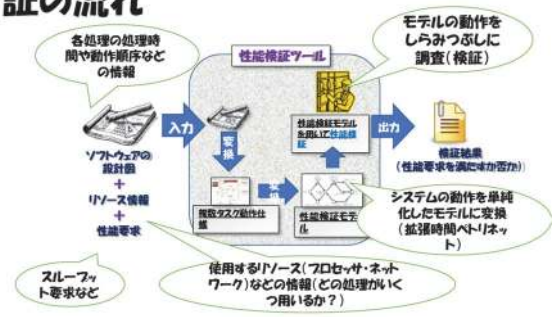
システム工学科/専攻　数理システムデザイン講座
組込みデザイン研究グループ　教授　中田 明夫

各種の機械や機器に組み込まれて,その制御を行うコンピュータシステムを「組込みシステム」と呼びます。組込みシステムには通常のコンピュータシステムよりも高い信頼性、コスト・消費電力などの削減、時間通りの動作(実時間性)や性能などの厳しい要求が課されます。そのような組込みシステムをいかにうまく設計し、実時間性や性能などの正しさを検証し、コストや消費電力を削減するか、に関する研究を行っています。

ソフトウェア仕様からの性能検証



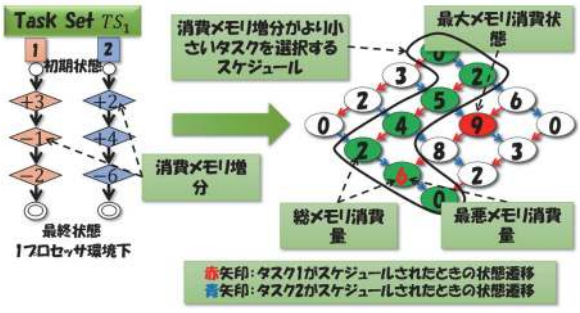
ソフトウェア仕様からの性能検証の流れ



マルチタスク組込みソフトウェアメモリ削減スケジューリング

- 多くの組込みシステム 複数の外界からの入力に対して素早く反応する必要あり
- → 複数のプログラムを同時並行に走らせ(マルチタスク実行)、各々のメモ切時間(デッドライン)に間に合うように、うまく実行を切り替えること(リアルタイムスケジューリング)が有効
- マルチタスク実行では、よりメモリ消費量が大きくなる傾向
  - メモリを確保したまま他のタスクに切り変わる→ 同時により多くのメモリが確保されたままになる
- 組込みシステムの多くは利用できる メモリ量に制限 あり
  - コストや消費電力の制約あり
- 同時には使用しないメモリを共有化し、メモリ消費量を節約
- →アプリケーションのメモリ使用量メモリ消費が増えないようにうまくタスクをスケジューリング、変化を予測し、かつ、できるだけ性能を維持

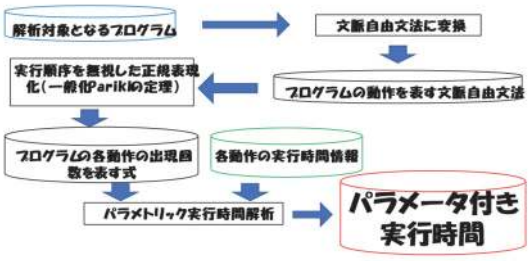
メモリ削減スケジューリングの動作例



実時間ソフトウェア再利用

- ソフトウェア開発期間短縮のためには、似た機能を実現するソフトウェアを再利用することが有効
- 実時間性が要求されるソフトウェアの再利用は困難
  - 同じソフトウェアでもハードウェア環境が変わると実行時間が変化
- 別の実行環境でソフトウェアを再利用する場合
  - プログラムの設計パラメータ(ループ回数)で実行時間を調整可能な場合がある
    - 小さくすることで時間制約を充足可能だが，処理の品質は一般に低下
    - → 最適な値に決定したい
- → プログラムの実行時間を設計パラメータの関数の形で導出(パラメトリック実行時間解析)
  - パラメータの最適な値を決定可能
- ロボットカーGoPiGoの例題で有用性を検証

パラメトリック実行時間解析の流れ



安全・安心な情報化社会を実現する情報セキュリティ

システム工学科　数理システムデザイン講座　組込みデザイン研究グループ
准教授　**双紙　正和**　（そうし　まさかず）

情報セキュリティは、安全・安心な情報化社会を作るための基盤です。特に、暗号を始めとした情報セキュリティ技術は、奥深く、わくわくするような研究テーマに満ちた分野でもあります。そのような情報セキュリティについて研究を進めていますが、そのいくつかを紹介します。

1. ハッシュ関数とハッシュ連鎖を応用したプロトコル

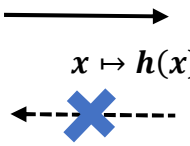


図 1. ハッシュ関数の一方向性

ハッシュ関数は、関数の計算は容易だが逆関数の計算が困難という性質を持ちます（図 1 参照）。ハッシュ関数は、量子コンピュータが実現されたとしても安全と言われています。そのハッシュ関数を複数回適用して作成されたハッシュ値の列を**ハッシュ連鎖**と呼びます。こうした特徴を持つハッシュ関数を使ったセキュリティプロトコルを研究しています。

2. IoT (Internet of Things) セキュリティ

IoT (Internet of Things) は、「物のインターネット」と呼ばれ、さまざまなデバイスをインターネットに接続して処理を行うものです。その IoT 環境に適したセキュリティを研究しています。その一つの手法として、ハッシュ連鎖を高度に構成した鍵共有プロトコルを提案しています（図 2）。

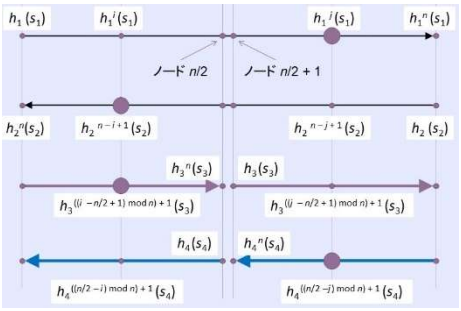


図 2. ハッシュ連鎖アグリゲーション

3. 軽量認証法

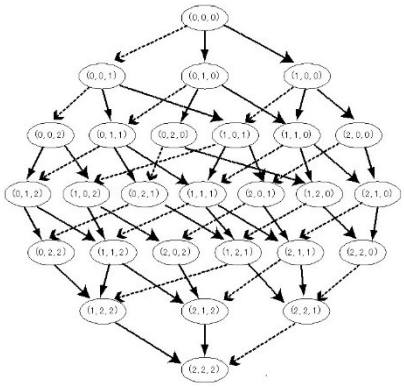


図 3. One-Way Cross Networks

IoT などの環境では、デバイスの計算能力が貧弱で、より軽量な認証プロトコルが求められます。そのため軽量認証プロトコルについて研究を行っています。中でも、デジタル署名に頼らずハッシュ連鎖を利用して経路認証を行う、軽量認証プロトコルを提案し、研究しています（図 3）。

4. DDoS 攻撃対策

多くの bot が、攻撃対象となるサーバに大量のパケットを送り付け、そのサーバをダウンさせてしまう攻撃を Distributed Denial of Service (DDoS) 攻撃と呼び、大きな問題になっています。その対策として、IP トレースバックなどを研究しています（図 4）。

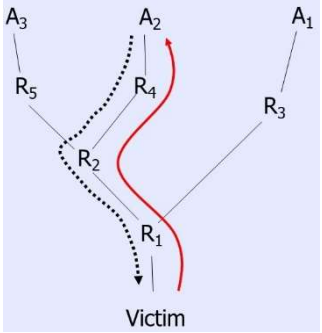


図 4. IP トレースバック

システム工学専攻　　数理システムデザイン講座
組込みデザイン研究グループ　准教授　村田佳洋

観光用パーソナルナビゲーションシステム

「神社を巡りたい」「昼にはお好み焼きが食べたい」「坂道は避けたい」など，観光には様々な要求があります．これら要求をすべてを同時に満たすことは難しく，複雑な組み合わせ最適化問題となります．

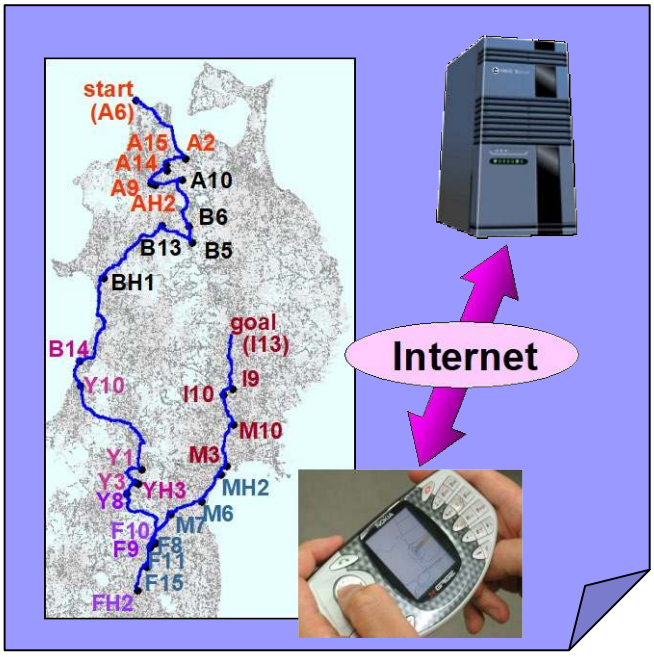
これらの現実世界の状況や要求を数値的に表し，組合せ最適化問題として「デザイン」します．そして，この問題を効率的に解くための研究を行っています．

遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは生物の進化を模した組合せ最適化アルゴリズムのひとつです．

解（観光ナビなら観光スケジュール）を個体（生き物）と見なし，より良い個体同士を組合せて解を「進化」させていきます．

観光ナビ問題のような複雑な組合せ最適化問題に適しています．



印象を考慮した映画推薦システム

システム工学科数理システムデザイン講座
組込みデザイン研究グループ　助教佐藤康臣

好みの映画を見つけたい

- 好みが似たユーザは共通の映画を好む傾向
- 好みが似たユーザを見つけ，片方が高評価していて，もう片方が観ていない映画を推薦
- 好みが似たユーザを見つけるために，ユーザが映画に対して抱く印象を利用

印象を考慮する仕組み

1. 多くのユーザの映画への印象をもとに，推薦対象となるユーザと好みの似たユーザを発見
2. 好みの近いユーザが評価している映画の評価値を元に，その映画に対する推薦対象ユーザの評価値を予測
3. 予測評価値の高い映画を推薦

作品名	君の名を。			カラスの戸締り			過去のカコ		
印象	泣ける	笑える	かわいい	泣ける	笑える	かわいい	泣ける	笑える	かわいい
新井	○	○	×				×	○	○
森下	○	○	×	○	×	×	×	○	○
栗林	×	×	×				○	○	○

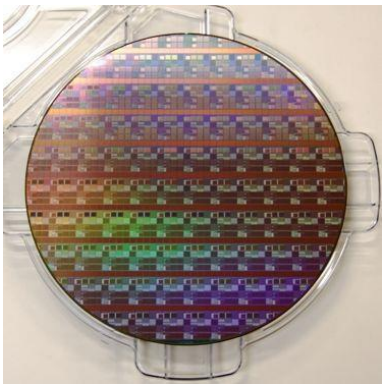
新井は森下と高い類似度

ナノ集積デバイスの特性測定

システム工学科　数理システムデザイン講座　辻 勝弘

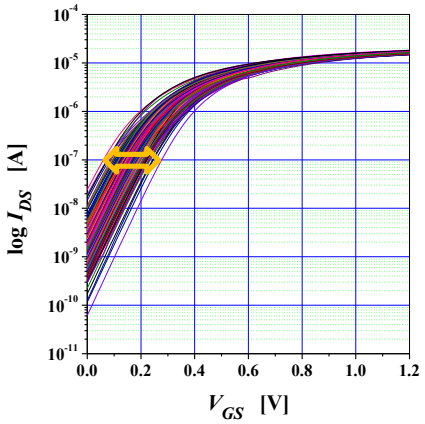
情報科学は安価で高信頼、高機能の半導体製品に支えられています。本研究では電子計測技術、コンピュータによる計測制御・自動化、ならびに電子工学、物理学を駆使して、ICTを支えるための研究をしています。

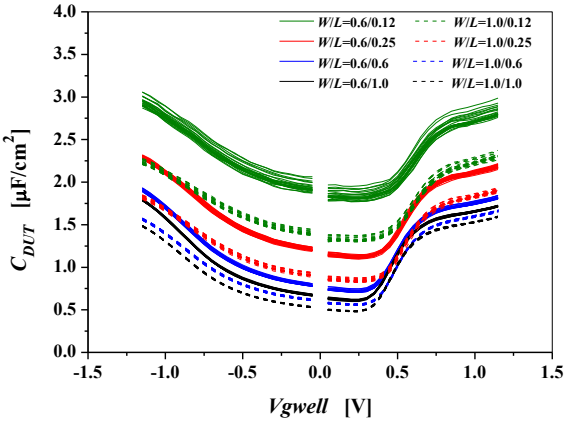
容量特性自動測定システム



300mm wafer

コンピュータの心臓部である集積回路、その構成要素である半導体デバイスを大量に測定して、そのばらつきの評価・原因解明について研究しています。





ばらつきの測定結果

左：電流特性ばらつき（192素子：L ＝ 60 nm, W = 140 nm）

右：容量特性ばらつき（L = 0.12～1.0 μm, W = 0.6, 1.0 μm）

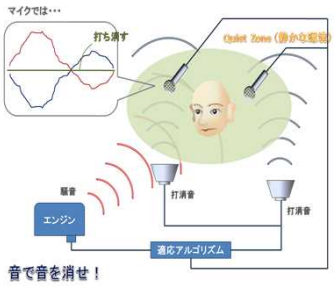
L, W：MOSFETのチャネル長, 幅

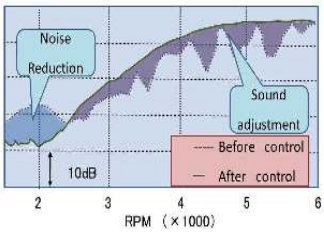
MOSFET ： ICT社会を支える最も重要なトランジスタ

創る

アクティブサウンドコントロール

音を音で打ち消す技術（ANCチェアー）



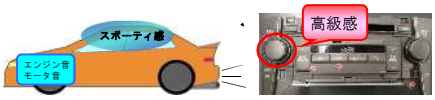


快適な環境づくりに貢献

サウンドデザイン

製品イメージに合った”音”の実現

良い音ってどんな音？



人の認知に基づく音環境創成

良い音がどのような音か分かれば

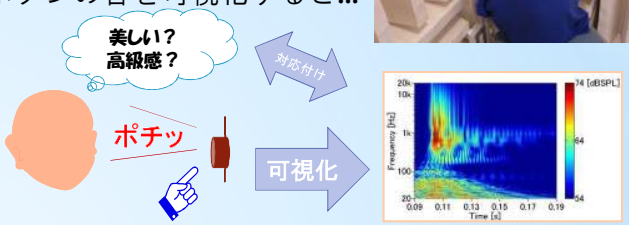
- 製品の付加価値を高めるような音のデザインが容易にできる

測る

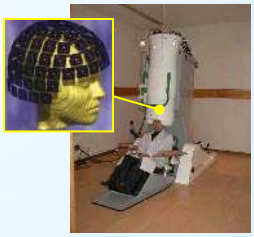
音の可視化技術

反射のない部屋：無響室

ボタンの音を可視化すると…

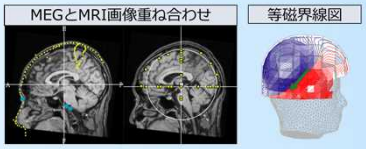


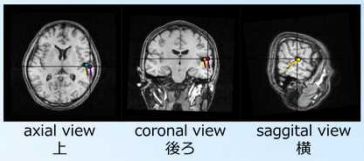
良い音を聞いている時の脳の反応



MEG (Magnetoencephalography)

神経細胞の脳活動によって発生する微弱な磁界を測定する装置





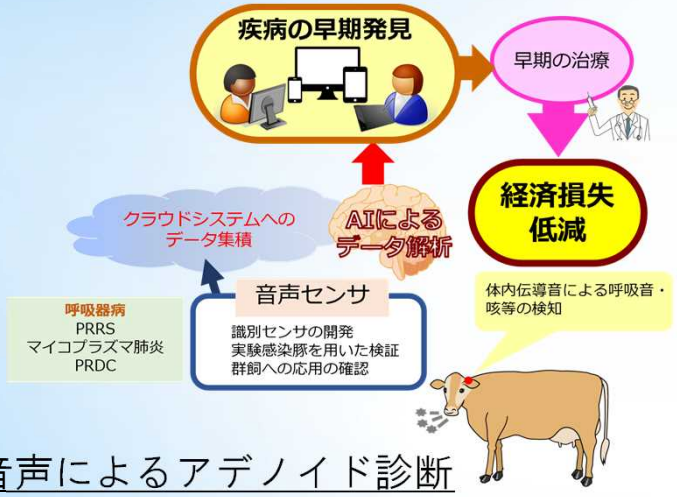
システム工学科

インタフェースデザイン講座
サウンドデザイン研究G
教授　石光俊介

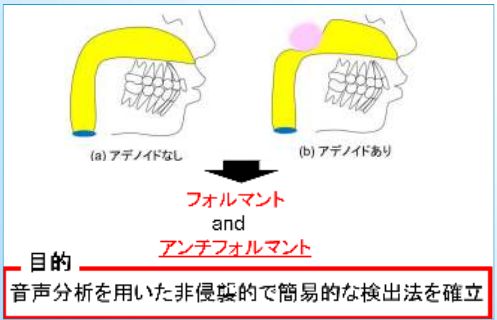
診る

音情報でAI活用

ワンヘルス・アプローチによる感染症対策

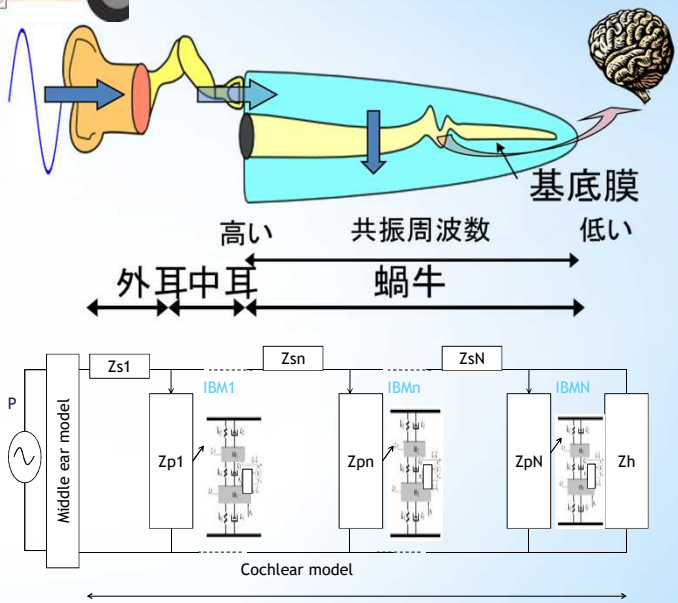


音声によるアデノイド診断



ディジタルツイン

聴覚をモデル化



蝸牛をディジタルツイン化できると…

- 聴覚の仕組みがわかる
- 蝸牛内で発生する音(結合音)の利用

ロボット・ビジョンと強化学習①
ー 全方位視覚の獲得・活用技術 ー

李仕剛・神尾武司・小作敏晴グループ
情報科学部システム工学科
インタフェースデザイン講座（李・神尾）・数理システムデザイン講座（小作）

Hiroshima City University

研究概要

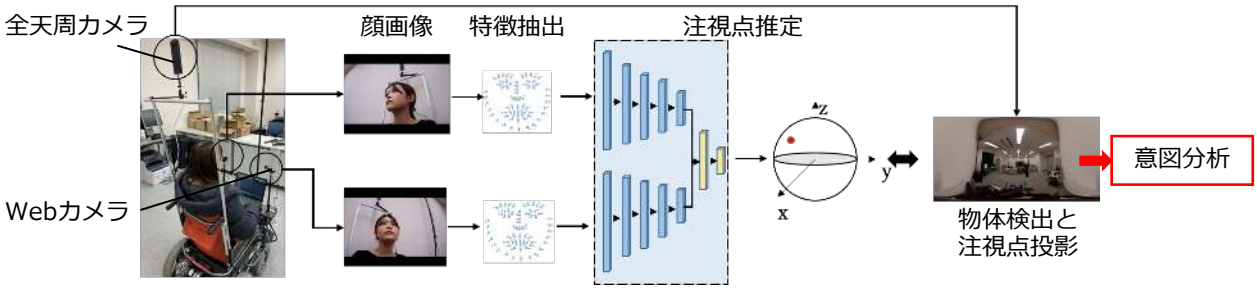
ロボットや機械などに人間と同等さらには人間を超える視覚機能を持たせるロボット・ビジョンに関する研究を行っています。特に、あらゆる方向（全方位）の写真や動画が撮影できる全天周カメラ（360度カメラ）を用いた全方位視覚の獲得と活用技術が主な研究対象です。

球面画像の解析

全天周カメラの撮影結果は、球表面に投影された画像（球面画像）として得られます。これを世界地図のように平面上に表現する方法や球面カメラモデルに基づいて画像処理する方法など、全方位視覚の獲得に必要な球面画像の解析を行っています。

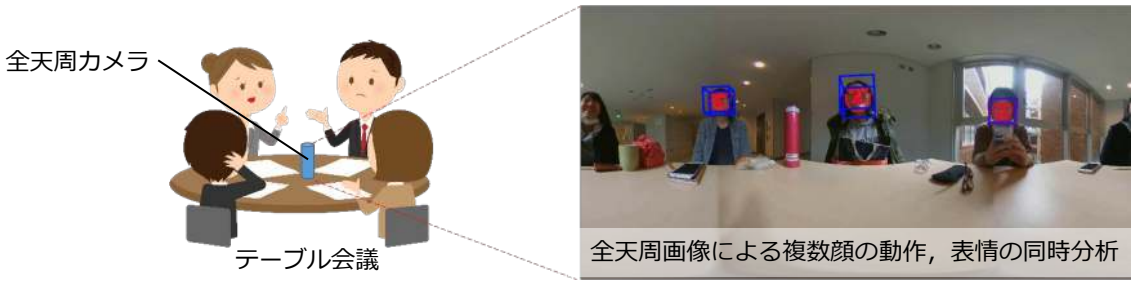
車椅子ロボットの視覚インターフェース

車椅子ロボットに取り付けたカメラから使用者の顔の動きを計測し、その「意図」を読み取って車椅子を自動操縦する研究を行っています。



テーブル・ミーティングのコミュニケーション解析

テーブルを囲んでミーティングを行う参加者を、全天周カメラ1台で撮影し、参加者の顔情報からコミュニケーション過程を推測するシステムの開発を行っています。



ロボット・ビジョンと強化学習②
― 多船航路探索用マルチエージェント強化学習 ―

李仕剛・神尾武司・小作敏晴グループ
情報科学部システム工学科
インタフェースデザイン講座（李・神尾）・数理システムデザイン講座（小作）

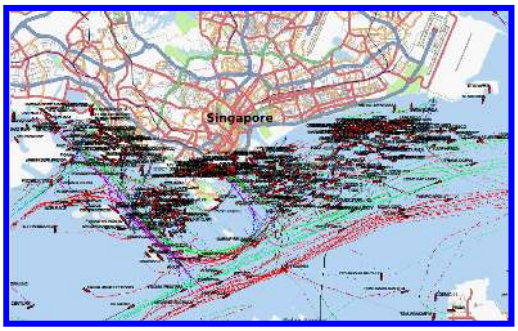
Hiroshima City University

研究概要

AI技術の１つである強化学習を利用して安全かつ効率的な多船航路を探索するための研究を行っています。特に、海上交通評価ツールの実現を目指し、実航路の修正、衝突／ニアミス航路の原因究明、航法上の問題解決などに取り組んでいます。

多船航路探索問題

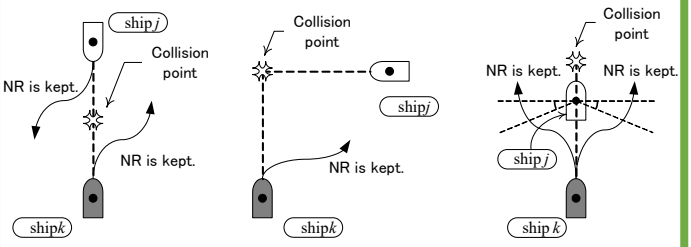
他船や障害物との衝突を航法を遵守しつつ安全に回避し、可能な限り短時間で目的地に到着する航路を探索する。



シンガポール沖のAIS情報

航法

操船者たちが長い歴史の中で獲得した経験的知識をもとに、海上衝突予防のための国際規則としてまとめたもの。

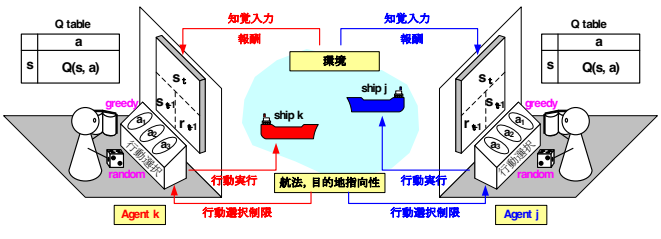


(a) 行会い　(b) 横切り　(c) 追越し

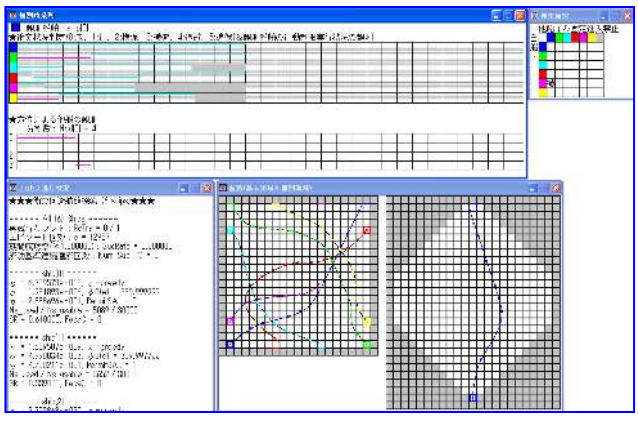
代表的な３衝突状況に対する航法

多船航路探索用マルチエージェント強化学習システム (Basic MARLS)

本研究で提案するBasic MARLSでは、衝突判定状況に基づいてエージェントの行動が制限される。これにより、航法の遵守と学習の効率化を両立する。



Basic MARLSの概念図



Basic MARLSに基づく多船航路評価ツール

最先端のブラインド音声信号処理

―音声や楽音に含まれる音響的な特徴を自動発見・自動解析する技術―

大学院情報科学研究科　システム工学専攻　インタフェースデザイン講座
音声信号処理研究グループ　中山仁史

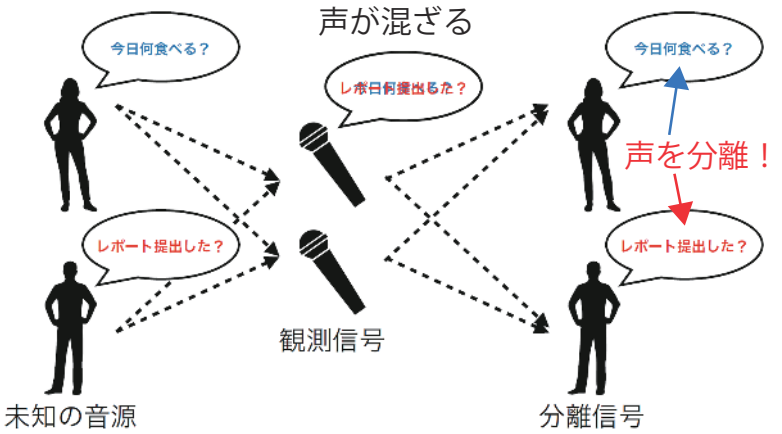
我々は音声や楽音などの音に含まれる様々な情報を数理的なアプローチを用いて，新たな音声信号処理（分析，解析，分離，認識また合成）手法を生み出す研究を行っています．特に，「事前学習をしない機械学習」という難易度の高い最先端の機械学習や AI を作っています．

一般的な機械学習や AI は多量データを用いて十分に事前学習した後に試験や仕事に取組みます．一方，我々は No 勉強で試験や仕事が可能な最強の AI を作るので，分析対象の音声や楽音を準備してボタンを押すだけで自動的に音声や音響的特徴を発見・分析します．例えば，楽音であればその音に含まれている音韻や音色のパターン，重複回数，強弱を自動的に発見・分析して楽譜のようなものを自動で生成できます．

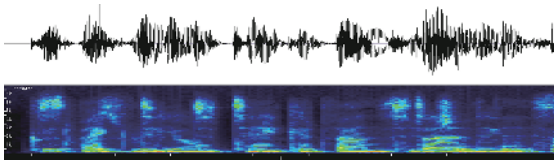
キーワード：音声信号処理，音響信号処理，音声言語処理，感情認識，機械学習，人工知能（AI）

展示内容１：ブラインド音源分離

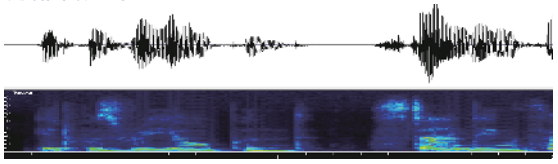
→複数人の混合音声を自動解析して各話者ごと音声へ自動的に分離！



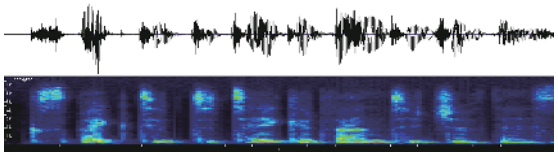
・混合音声①+②　各話者の音声が混在している



・分離音声①



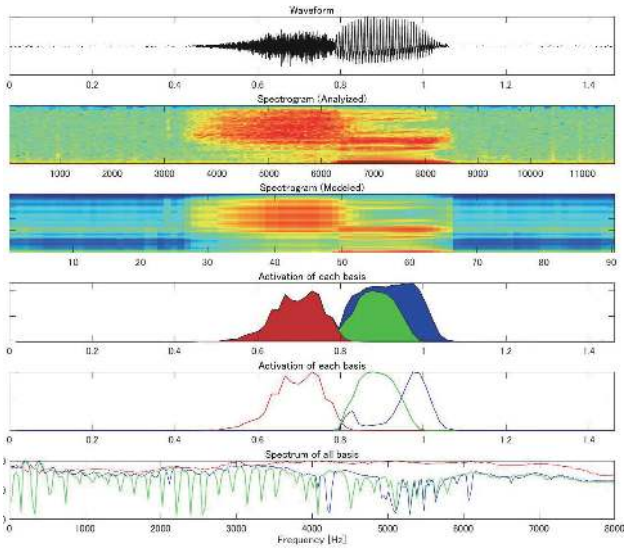
・分離音声②



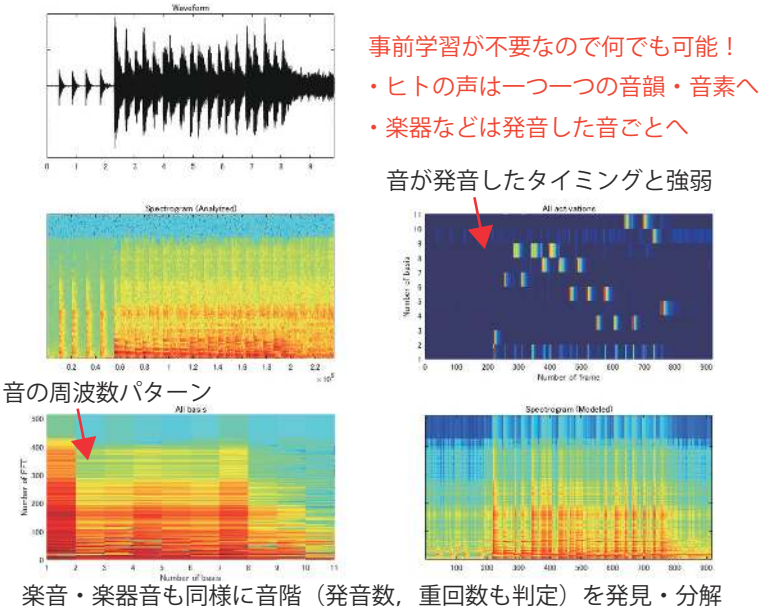
展示内容２：ブラインド音声信号処理

→音声や楽音を自動解析して音韻（音素）のパターンとその各音の強弱へ行列分解！声の楽譜を自動的に生成！

※音のピッチ・高さではなく，音韻や音のかたまり（ピッチや音色を含めた周波数全体）を一つの音として発見・分析しています



音節 /shi/（子音，定常母音及び母音変化）を発見・分解



事前学習が不要なので何でも可能！
・ヒトの声は一つ一つの音韻・音素へ
・楽器などは発音した音ごとへ

音が発音したタイミングと強弱

音の周波数パターン

楽音・楽器音も同様に音階（発音数，重回数も判定）を発見・分解

問合先：大学院情報科学研究科 中山仁史，E-mail: masashi@hiroshima-cu.ac.jp

“生理心理工学” への誘い（いざな）

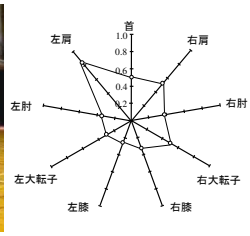
Welcome to the “engineering Psychophysiology” in Ergonomics

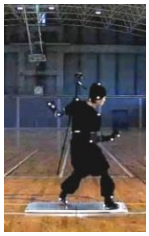
システム工学専攻 インタフェースデザイン講座
髙橋雄三

ICT技術を駆使した，「ココロとカラダを幸せにする工学」の研究を行ってます

高度の動作スキル獲得を支援するシステムの構築を目指し，まずはヒップホップダンスの技の伝承を研究しています．

部位ごとに異なる動きを必要とするヒップホップダンスを高速度カメラで撮影します．



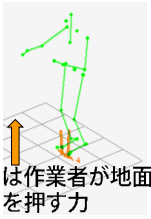


ダンス動作を３次元動作解析し，楽曲が持つテンポをどのような動作（軌跡）で表現するのか？を研究しています．

for your **Health（健康）**

座面がなくても，低負担で正確に，且つ，難しい組み付け作業ができる立位作業用補助椅子の研究をしています．

実際の人間の動きを，3次元座標で表現し，仮想空間内のデジタル・ヒューマンに変換．



動作による生体負担を可視化し，高精度な作業ができる環境条件を研究しています．

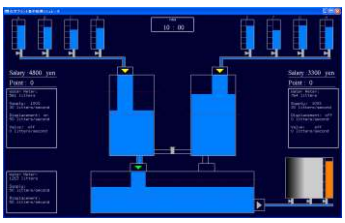
engineering Psychophysiology in Ergonomics

が目指すものそれは・・・

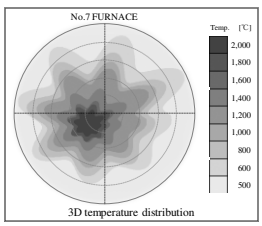
Well-being ！

for your **Ease of Use（安心）**

複雑な情報を一瞬で，確実に理解できるインターフェースのデザイン要素に関する基礎研究をしています．



ネットワーク上での協調作業を模した実験課題

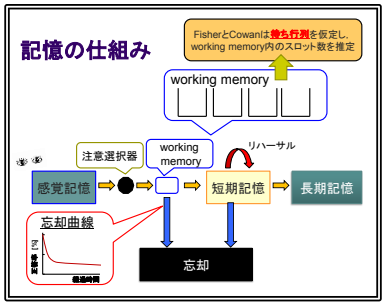


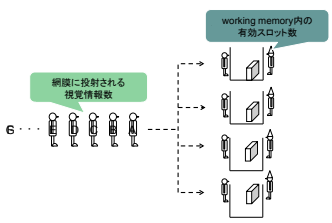
３次元レベルメータのプロトタイプ

私達は多くの人と協調しながら生活しています．この協調関係は「どうやって」生まれるのか？を機器操作のメンタルモデルの側面から研究しています．

for your **Quality Life（豊かな生活）**

言葉で表現することができない「印象」を記憶する仕組みについての数理モデルを構築しています．





待ち行列モデルを用いて“印象”の記憶特性を解析

我々は「言葉」で表すことができないコトやモノの印象を「どのように記憶しているのか？」について数理モデルの構築を通じて研究しています．

※ engineering Psychophysiology；生理心理工学，Ergonomics；人間工学

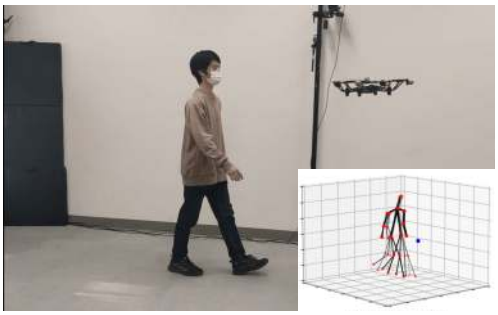
人を理解するための
コンピュータビジョン・インタフェース技術

インタフェースデザイン講座　カストナー助教・原田助教

動作・視線・印象など、人を理解する研究をしています

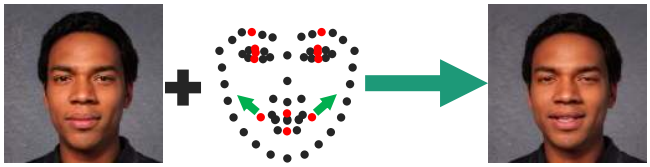
→ 画像認識，AI，VRなどを駆使して人の動作や視線を計測・分析

→人が色々なものから受ける印象をCV技術で分析



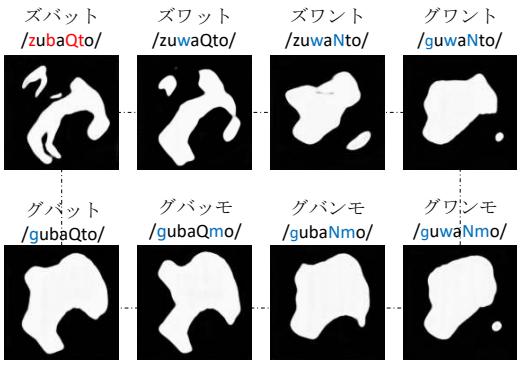
人の進行方向を予測する
人物自動追従ドローン

豚の挙動把握のための豚追跡システム



顔ランドマーク点を利用した直感的な表情制御

単語のイメージしやすさの推定及びその応用



未知語の発音が持つイメージの分析
（例えば、名前からそれっぽい
モンスターの画像生成）

お問合わせ先：

広島市立大学 情報科学大学 システム工学科
インタフェースデザイン講座
助教 カストナー マークアウレル
mkastner@hiroshima-cu.ac.jp
https://www.marc-kastner.com/ja/

システム工学科　3年学生実験紹介

ロボットをハードからソフトまで学ぼう

実験目的・・・

- メカナム駆動ロボットの遠隔制御および自立制御を行うシステムを構築
- 実験を通じて，システムを構成するハードウェアとソフトウェアに関する要素技術，および，システムが最適化されるように要素技術を統合するシステム化技術の習得を目指す
- 情報処理システム開発におけるノウハウやチームで課題に取り組む際のコミュニケーション能力や協調性を身に付ける

システム構成・・・

- コンピュータやステレオカメラ、センサ等を搭載したメカナムホイールロボット
- ロボットの三次元位置や姿勢を捕らえるトラッキングシステムと無線LAN
- ボタン操作、発話、ジェスチャ等でロボットの行動を決定し指示を与えるコンピュータ
- VRによる時空間を超えた実ロボットベースのリアルタイムインタラクション

実験内容・・・

主として，

- ロボットのモーター制御プログラムの作成と速度制御
- クライアント／サーバモデルによるプロセス間通信によるロボット制御
- ジェスチャ、音声指示によるロボット操作
- ステレオカメラによる周辺物体認識とロボットナビゲーション
- 仮想GPSによる測位システム
- ロボットの位置・姿勢制御とVR対戦コンテンツ

を製作する．これらを所望どおりに機能させ，十分な性能を発揮させることが目標である．
後期後半ではコンテストを行い，ロボットの機能と性能の優秀さをグループ間で競う．

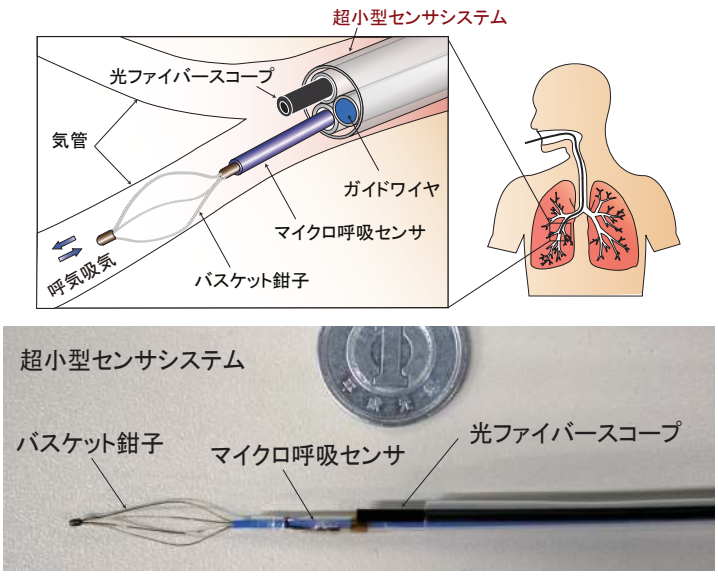
医用情報科学科 医用情報科学講座 医用ロボット研究グループ
教授/式田 光宏　　准教授/長谷川 義大
講師/アル・ファリシィ ムハンマド・サルマン

マイクロマシン技術とその医療応用

マイクロ・ナノメートルサイズで機能する「マイクロマシン」の開発と，それの医療応用などに関する研究を行っています．
マイクロマシン（MEMS: Micro-Electro-Mechanical Systems）の分野は電子・情報・機械・材料・物理など様々な学問領域から成り立っています．研究グループでは，マイクロマシンの歴史的経緯から最新の研究成果を学ぶとともに，これを医療応用した先端的な研究をします．マイクロマシンを操ることで体内の謎解きに挑むとともに，健康で豊かな社会基盤の構築を目指します．

肺内部での呼吸計測を実現する超小型センサシステム(1)

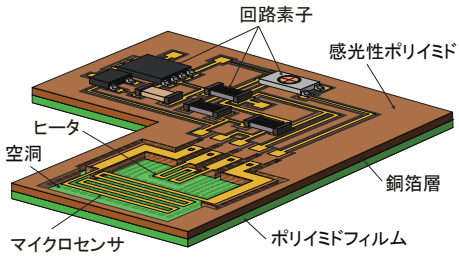
名古屋大学医学系研究科川部教授との共同研究

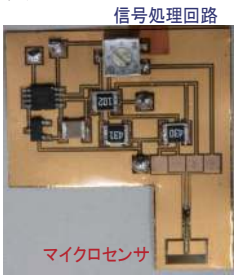


経気管支的に肺内部での呼吸機能評価を可能にするセンサシステムを開発し，病気に対する最適診断・治療法を提供します．

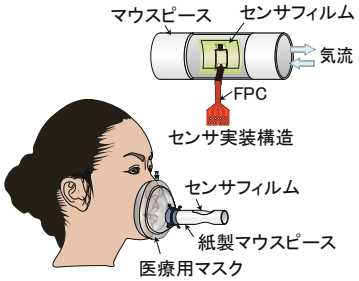
フレキシブル・ウエアラブル化センサ技術(2,3)

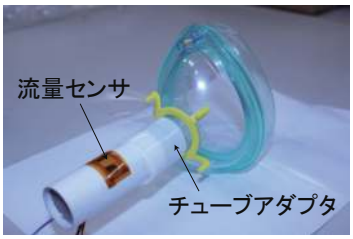
＜銅張積層板を用いたフレキシブル集積化センサ＞





＜ウエアラブルセンサによるマルチバイタルサイン計測＞



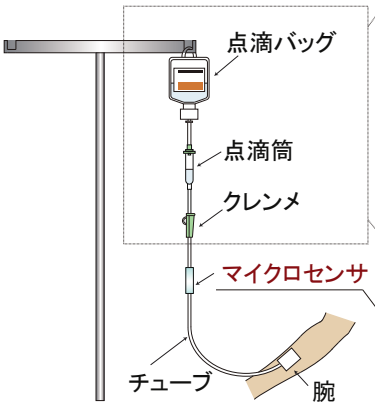


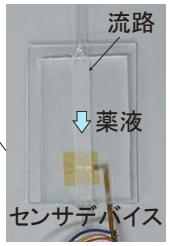
世の中の有りと有らゆるシステムへのセンサの搭載・高知能化を目指します．

点滴投与量の高精度制御システム(4)

名古屋大学医学系研究科川部教授との共同研究

＜マイクロセンサを用いた投与量制御＞

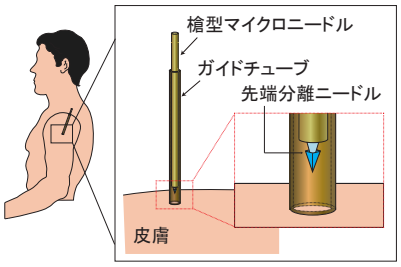


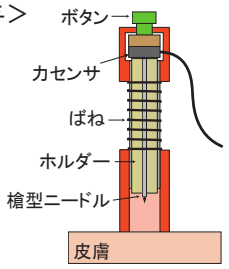


マイクロセンサを点滴システムに導入し，点滴投与量の高精度化を目指します．

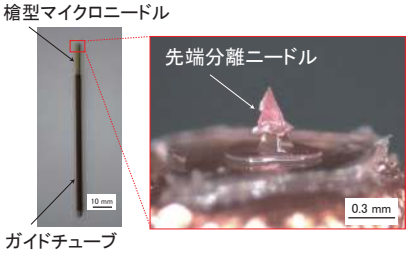
無痛でのワクチン投与が可能なマイクロニードルシステム(5)

＜マイクロニードルを用いた無痛薬剤投与＞





槍型ニードル穿刺システム



薬剤成分を含んだ生分解性マイクロニードル（高さ：0.2～0.6 mm）による無痛ワクチン投与及び発途上国でのワクチン接種普及を目指します．

引用資料

(1) Y. Maeda, et al., Microsystem Technologies, 26, 12, pp. 3715-3724, (2020).
(2) A. Kato, et al., Microsystem Technologies, 26, 9, pp. 2839-2846, (2020).
(3) Y. Hasegawa, et al., Transducers'2021, B2-209b.
(4) C. Shimohira, et al., Microsystem Technologies, 26, 12, pp. 3677-3683, (2020).
(5) M. Sakamoto, et al., Microsystem Technologies, 27, 10, pp. 3907-3916, (2021).

生命のしくみを理解し、つかう

医用情報科学科　医用情報科学講座　バイオ情報学研究グループ
鷹野 優・中野 靖久・釘宮 章光・齋藤 徹・香田 次郎

LED植物工場

医療技術の進展

“治す”
治療法，手術支援ロボットなど

（日本ロボット外科学会HPより）
（テルモHPより）

“見つける” “はかる”
診断，検査，解析など

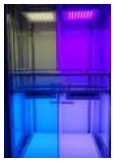
“防ぐ”
ワクチンなど

（北里第一三共ワクチンHPより）

日本人の死因：悪性新生物（がん），心疾患，脳血管疾患
医療技術の進展　⇒　一命を取りとめることが可能
⇔　長期間の入院加療が必要，後遺症などによる生活の質の低下
生活習慣病の低年齢化・高齢者の免疫力の低下
生活習慣病を防ぐことが大事
⇒　生活習慣，特に食習慣の改善　⇒　機能性食品に注目
“見つけて” “治療する” から “予防する” への転換

完全制御型植物工場とは？

太陽光を一切使わずLEDや蛍光灯などの
人工光のみによって栽培する植物工場



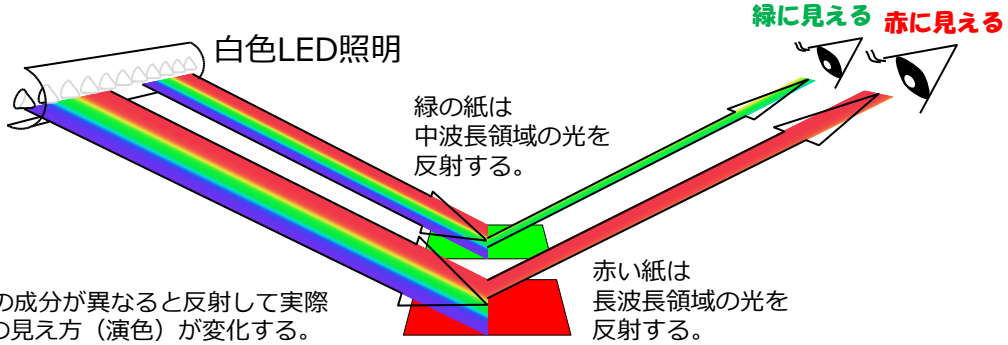
完全制御型植物工場の利点
・耕作環境，天候に左右されず，安定供給可能
・品質の差が小さい
・無農薬，細菌数が極端に少なく，洗浄不要

LEDの利点
・配色，光強度，間欠照射などの制御が容易
・発光効率が高く，長寿命
・露地物に比べて，ビタミンCなどの栄養価が高くなる

植物工場では光や栄養源などの環境を制御できる
植物のもつポテンシャルをさらに引き出すことが可能！
機能性野菜や薬草のLED植物工場による栽培
⇒　予防医学，薬効成分の高効率生産

LED照明　～手術や診断に適した演色～

日本人による青色LEDの発明により白色LEDが作れるようになり，コンパクトな照明装置として医用への応用も期待されている。LED照明の特徴であるスペクトルを容易に制御できる点を応用し、患部を強調するなど手術や診断に適した照明の開発を行う。

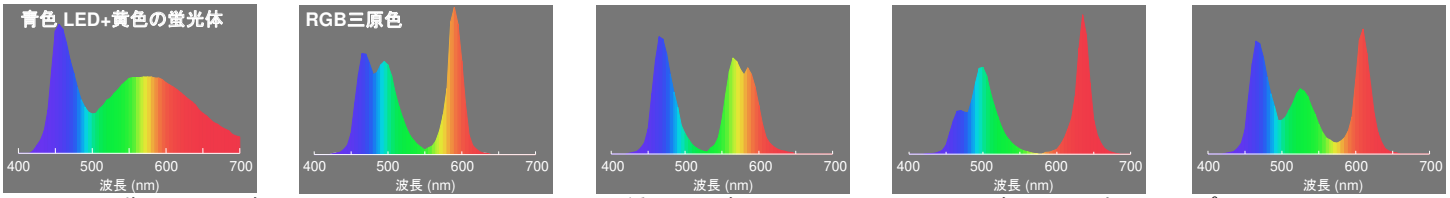


演色とは？

照明の色はまったく同じでも，スペクトルの成分が異なると反射して実際に眼に入る光のスペクトルが異なるので，色の見え方（演色）が変化する。

白色LEDの分光放射スペクトル

特定の色を強調することが可能！



下の５つの画像は同じ白色でもスペクトルの異なる上の５種類の白色LEDで照明したときの色の見え方をコンピュータで再現したもの。

病気の診断に用いるアミノ酸計測装置の開発

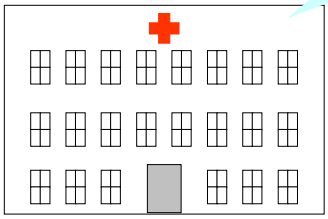
血液中の20種類のアミノ酸濃度のバランス（アミノグラム）が肝臓病や糖尿病、各種がん、アルツハイマー、メタボリックシンドロームなどの病態において、健常な状態とは異なってくることが知られています。

現在、アミノ酸の分析は数千万円程度の高価で大型の装置で計測されています。本研究は、このようなアミノ酸分析を迅速、簡便、安価に行うことができる小型の装置を開発し、病気の早期発見・治療に役立てることを目的としています。

【装置の仕組み】

アミノアシルtRNA合成酵素という20種類のアミノ酸に対して20種類存在する酵素を使うことで、20種類のアミノ酸が正確に識別することが可能、つまりそれぞれの濃度を計測することが可能となります。

将来の医療の姿



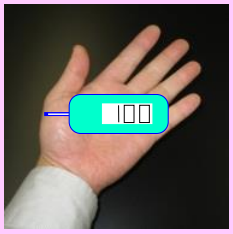
100～3,000万円

複数の高価な装置を用いる各種病気の分析

・お金がかかる
・時間がかかる
・場所を選ぶ

現在

装置の小型化



家庭での健康診断

家庭での栄養・鮮度・味の評価

20種アミノ酸分析による複数の病態の一括診断
- 低価格な小型分析装置
- どこでもその場で迅速簡単検査
- 家庭での健康診断により未病の内に直す

将来

コンピューターでタンパク質のしくみを解き明かす！

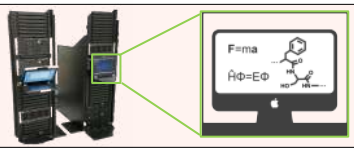
タンパク質 ＝ 生物が「生きる」ために必要なはたらきをする生物の部品

- からだをうごかす**筋肉**
- からだの機能を調節する**ホルモン**
- 免疫にかかわる**抗体**
- 光・におい・味などの刺激をうけとる**レセプター**
- 食べ物の消化など生命維持に欠かせない化学反応を触媒する**酵素**

（数千万年かかる反応がわずか数ミリ秒で！）

コンピュータによるアプローチ

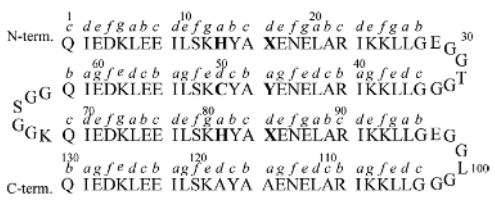
- **生体分子シミュレーション** → タンパク質のはたらく姿を「**見る**」
- **バイオインフォマティクス** → いろいろな生物の特徴を「**集める**」



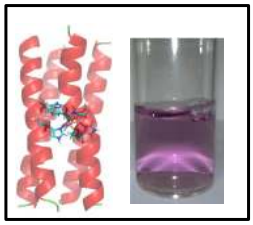
タンパク質のはたらくしくみを明らかにする！

どのようにしてはたらくのか(How)
優れたはたらきがなぜできるのか(why)
優れたはたらきをするのに何が必要なのか(what)

オーダーメイドのタンパク質・分子・薬のデザイン



アミノ酸配列の設計



人工タンパク質の作製

くわしくはこちら　URL: http://www.bio.info.hiroshima-cu.ac.jp/　または

創意工夫で挑む光学顕微鏡計測

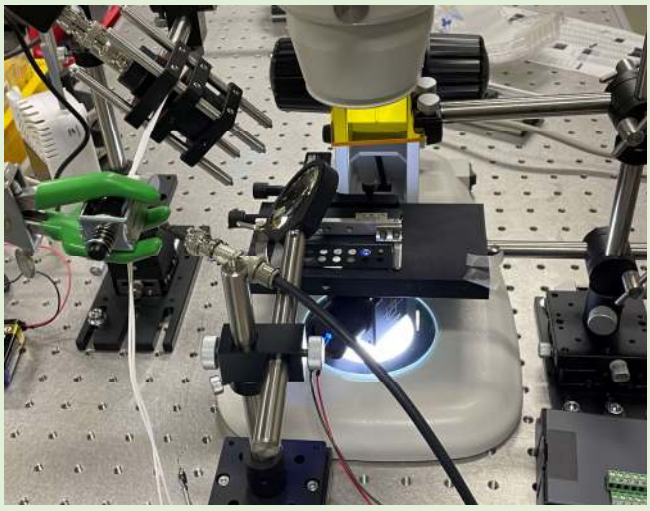
医用情報科学科　医用情報科学講座
医用画像工学研究グループ
藤原 久志・松本 圭一・青山 正人

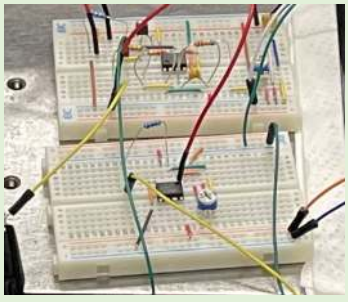
医用情報科学の基礎（情報、自然科学、工学）を活かして、
画像を作る技術と**画像を役立てる技術**を武器に、
医学・薬学を含む生命科学における様々な分野
（顕微鏡計測、放射線科学、画像診断支援等）に対して、
挑んでいます。

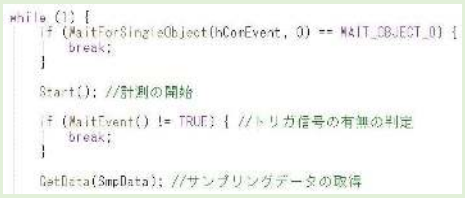
グループHP：http://www.medimg.info.hiroshima-cu.ac.jp/

光学顕微鏡によるタンパク質溶液の観測（事例紹介）

タンパク質は、ヒトを含めた生物の構造と機能を支える重要な生体分子です。タンパク質の基礎研究や応用では、タンパク質溶液の状態を適切に把握して調節することが大切です。そのために必要となる「タンパク質溶液の観測」に対して、独自のシステム（光学顕微鏡、産業用カメラ、コンピュータ、各種計測機器、自作電子回路等で構成）を構築し、計測・解析ソフトウェアを開発することで取り組んでいます。







生体信号の計測・解析を通してヒトの巧みさを解明し その応用を通して人類の未来に貢献する

医用情報科学科　脳情報科学研究グループ　常盤 達司

音を聞くだけで 姿勢制御が簡単に?!

ホワイトノイズや軟骨伝導音などの様々な音が
ヒトの立位姿勢に与える効果を紹介!
音はバランス維持に効果あり?

歌唱中の 手の動きは歌声に 効果あり!?

歌唱中に手を使う人が多いですよね?
手の動きは歌声を良くするのでしょうか?!

コード進行を用いた 楽曲推薦技術

Spotifyなどを用いて気軽に音楽を
楽しむ時代.コード進行を用いた
楽曲推薦システムを考えてみました

新しい 脳外科治療機器

「てんかん」という脳の病気を治療する
新しい外科治療機器を紹介
脳を切り取らず凍結させる新技術

565教室まで

メガネのいらない VRゴーグルとは?!

視力が低下する理由を説明できますか?
視力に依存しない視覚呈示方法とは?
新たな視覚呈示システムを紹介!

筋電から ふらつき診断

筋肉を制御する筋電信号から
めまい・ふらつきを診断する研究を紹介

頭を冷やす?!

「頭を冷やして考える」って表現あるけど
実際に脳を冷やすとどうなると思いますか?

研究グループ
最新情報

体験会実施中!

脳波と瞑想

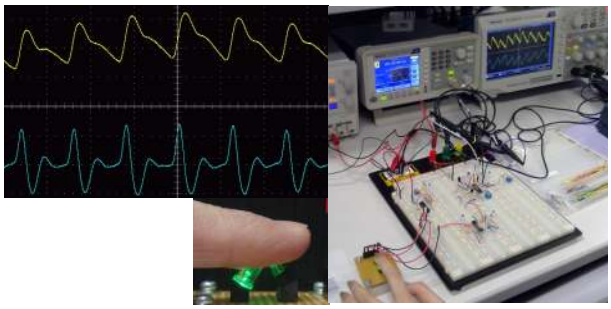
計測された生体信号をヒトに戻す技術である
「バイオフィードバック技術」を用いて
ヒトは集中力を高めることができるのでしょうか?

生体情報の計測と処理を通して ヘルスケアの基礎に触れよう

医療機器やスマートヘルスケアの分野で活用されているIoTに関する
ソフトウェア技術とハードウェア技術を実践的に学びます。

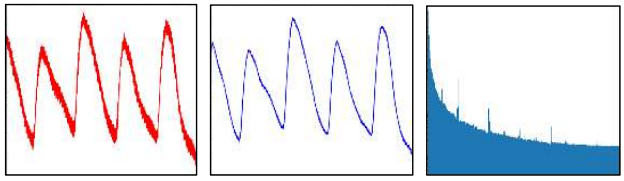
Ⅰ 光電式脈波計の作製

生体システムが有する情報を計測するための電気・電子技術を習得するために、光電式脈波計の作製を通して、ノイズに埋もれた微弱な生体信号を検出する回路について学びます。



Ⅱ A/D変換プログラミング・ディジタル信号処理プログラミング

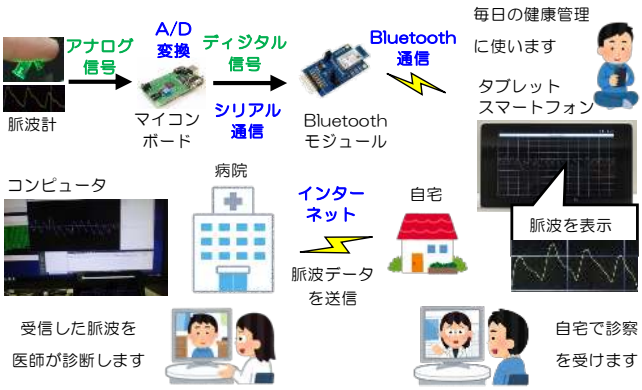
生体信号データを計測・解析する能力の向上を目的として、データの基本的な取り扱いと共にA/D（アナログ/ディジタル）変換の基礎を学び、続いてディジタル信号処理ソフトウェアを作成・活用する技術を学びます。



（左） A/D変換でコンピュータに取り込んだ脈波信号
（中）ディジタルフィルタでノイズ除去した脈波
（右）離散フーリエ変換で抽出した脈波信号の周波数成分

Ⅲ 遠隔医療システムの構築

実験I・IIで身につけた知識、技能を活用しつつ、近距離無線通信、モバイルプログラミング、ネットワークプログラミング、GUIプログラミングなどの新たな知識、技術を学び、遠隔医療に必要な基礎的な知識、技能を身につけます。



Ⅳ プロジェクト実験

課題発見から成果発表までをグループに分かれて行うことにより、医用情報科学実験IからIIIで身につけた知識、技能を活用しつつ、他者と協働的に課題解決に取り組む能力を身につけます。

2023年度課題例　アルコールおよびベンジン値の計測　ストレス判定とカレンダーへの表示

数学の世界をのぞいてみよう

知能工学科　データ科学講座

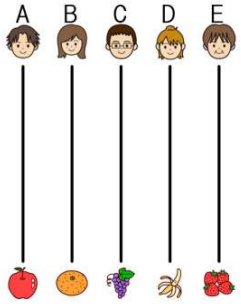
齋藤夏雄・関根光弘・佐藤倫治

システム工学科　数理システムデザイン講座

田中輝雄・廣門正行・岡山友昭

数学系研究グループの教員は、所属している学科・講座は違いますが、ともに情報科学分野の基礎である数学を研究しています。情報科学のどの分野であっても、その一番の土台には数学があります。ここでは、身の回りにある題材にも奥深い数学の世界が隠されている例を紹介します。

あみだくじからルービックキューブへ ―群論の世界―

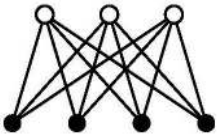


あみだくじは役割分担を決めるときなどによく利用されていますが、あみだの行き先と横線の本数にはある関係が存在します。例えば右の図。A～E さんがそれぞれバナナ、ブドウ、リンゴ、イチゴ、ミカンをもらうにはどう線を引けばいいでしょうか？　実は、どう引いても線の本数は常に偶数になります。線の本数が偶数か奇数かは、線の引き方によらず常に決まってしまうのです。これは、数学の理論の一つである「群論」を使うことで分かります。

この偶奇性の話を応用すると、15 パズル（4×4 の枠内で 15 枚のパネルをスライドして遊ぶ）が解けるかどうかを判定したり、ルービックキューブで可能な配置がどれくらいあるかを数え上げたりすることもできます。奥深い群論の世界を、ちょっとのぞいてみませんか？

グラフ理論と遊ぼう

地図において隣り合う地域を異なる色で塗り分けることにすると、いくつの色を用意すればよいでしょうか？実はどんな地図でも 4 色あれば塗り分けができることが知られています。このような問題を扱う分野を「グラフ理論」と言います。地図の塗り分けの問題は、出席者に重なりがないように多くの会議の時間帯を設定する際に利用できます。「グラフ理論」には他にも多くの興味深い問題があります。



簡単な操作の反復で答えを求めよう

多くの電卓にはルート機能があり、2 を押した後に「√ボタンを押す」という操作で$\sqrt{2}$が計算できます。しかし、$\sqrt[3]{2}$（3 乗したら 2 になる数）を求めようと思っても、普通の電卓には立方根を計算する機能はありません。でもなんとかこの電卓で$\sqrt[3]{2}$を計算したい場合、どうすればよいでしょうか？

実は 2 を押した後、「2 をかける」「√ボタンを押す」「再度√ボタンを押す」という三つの操作を繰り返すと、だんだん$\sqrt[3]{2}$の正しい数字 1.259921…に近づいていきます。このように、正しい答えを一発で求めるのは無理でも、操作を繰り返して正しい答えに近づけていく方法があります。この考え方は「数値解析」という分野でとても重要なものです。

3つのひかり　未来をつくる

広島市立大学

Hiroshima City University

情報科学部

https://www2.info.hiroshima-cu.ac.jp/

事務局情報科学部分室

〒731-3194 広島市安佐南区大塚東三丁目４番１号

☎: 082-830-1506

✉: info-jimu@m.hiroshima-cu.ac.jp

発行：2024年7月