

戰略的情報通信研究開發推進事業

Strategic Information and Communications R&D Promotion Programme

成果展開事例集
2019



総務省

Ministry of Internal Affairs and Communications

戦略的情報通信研究開発推進事業

本研究開発成果展開事例集では、平成27年度から29年度までに得られた研究開発成果のうち、特に社会実装や実用化の段階に進んだ事例を紹介します。

成果事例集目次

テラヘルツ 平成28年度終了課題 若手ICT研究者育成型

▶ 高指向性アンテナ一体集積ワンチップテラヘルツ無線通信デバイスの研究 ……01

博士(工学) **鈴木 左文** 東京工業大学 工学院 准教授

テラヘルツ 平成29年度終了課題 電波有効利用促進型(先進的電波有効利用型)

▶ 高速マルチサンプリング超解像CMOSテラヘルツイメージングデバイスの研究開発 ……02

工学博士 **池辺 将之** 北海道大学 大学院情報科学院 教授

テラヘルツ 平成28年度終了課題 電波有効利用促進型(先進的電波有効利用型)

▶ 広帯域短パルスレーザーを用いたテラヘルツ電場検出技術の開発と応用 ……03

博士(理学) **片山 郁文** 横浜国立大学 大学院 工学研究院 教授

通 信 平成29年度終了課題 電波有効利用促進型(若手ワイヤレス研究者等育成型)

▶ UWB2次元通信によるWiFiの同時多チャンネル収容システムの研究開発 ……04

博士(情報理工学) **野田 聡人** 南山大学 理工学部 機械電子制御工学科 准教授

通 信 平成29年度終了課題 電波有効利用促進型(先進的電波有効利用型)

▶ 新たな周波数リソースを必要としない同時送受信システムの研究開発 ……05

博士(工学) **本間 尚樹** 岩手大学 理工学部 教授

通 信 平成27年度終了課題 電波有効利用促進型(先進的電波有効利用型)

▶ 高周波数帯を活用する端末連携信号処理技術の研究開発 ……06

博士(工学) **村田 英一** 京都大学 情報学研究科通信情報システム専攻 准教授

セキュリティ 平成29年度終了課題 若手ICT研究者等育成型(若手研究者枠)

▶ 車載制御ネットワークに対する集中型セキュリティ監視システムの研究開発 ……07

博士(情報科学) **倉地 亮** 名古屋大学 大学院 情報学研究科 特任准教授

セキュリティ 平成28年度終了課題 ICTイノベーション創出型(社会にパラダイムシフトをもたらす技術革新の推進)

▶ 設計工程に侵入したハードウェアトロイの検出と耐ハードウェアトロイ設計技術の研究開発 ……08

博士(工学) **戸川 望** 早稲田大学 大学院基幹理工学研究科 情報理工・情報通信専攻 基幹理工学部 情報通信学科 教授

ウェアラブル 平成29年度終了課題 地域ICT振興型

▶ 眼鏡産業の高付加価値化を目指すアイ・ウェア型レーザ・ディスプレイ超小型化技術の研究開発 ……09

工学博士 **勝山 俊夫** 福井大学 産学官連携本部 客員教授

ウェアラブル 平成27年度終了課題 若手ICT研究者等育成型

▶ 超薄型柔軟膜を用いた貼付け型ヒューマンインタフェースの研究開発 ……10

博士(工学) **平田 一郎** 兵庫県立工業技術センター 主任研究員

メディア 平成28年度終了課題 ICTイノベーション創出型(社会にパラダイムシフトをもたらす技術革新の推進)

▶ 漫画・イラストのマルチメディア処理に向けた基盤技術研究 ……11

工学博士 **相澤 清晴** 東京大学 大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻 工学部 電子情報工学科 教授

メディア 平成29年度終了課題 地域ICT振興型

▶ 多様な方言に対応した音声認識システムの開発 ……12

博士(工学) **樽松 理樹** 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ソフトウェア情報学科 准教授

高指向性アンテナ一体集積ワンチップ テラヘルツ無線通信デバイスの研究

機器の方向に依存しないRTDデバイスを開発
従来比約4倍の感度を持ったアンテナ一体型受信機を実現

[研究代表者]
博士(工学)

鈴木 左文 氏

東京工業大学 工学院
准教授



研究の背景

- ▶ テラヘルツ波の超高速通信性能を携帯端末で利用するためには、通信部分の小型化および姿勢無依存化が必要
- ▶ 従来から使用される半球状のシリコンレンズは、サイズおよび調整の面から携帯端末への実装に不利。レンズを不要化するアンテナ技術が必要

研究終了までの成果

▶ 大規模アレイアンテナの集積回路実装で高出力化

RTD(共鳴トンネルダイオード)発振器の上にアンテナを実装。単体では約9μW出力だが、これを1チップ上に89個集積し、同期動作させることで0.7mW@1THzを得た。

▶ 高指向性アンテナで姿勢無依存を達成

高指向性のラジアルラインスロットアンテナ(RLSA)をRTD発振器につないだデバイスを開発した。円偏波による姿勢無依存を実現し、指向性も15dBiとなり、シリコンレンズが不要な構造を実現した。

▶ 高感度なアンテナ一体型受信機を開発

高電子移動度トランジスタ(HEMT)にボウタイアンテナを一体集積した受信機を開発した。従来技術比4倍程度の高感度を実現し、300GHzにて1.5Gbps(出力280μW、距離10cm)を得た。

終了後の展開

▶ 実装容易なデバイスの普及

開発した技術は、従来のMMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)と異なり、構造は簡略化される。また、調整を要し、容積も大きなシリコンレンズが不要になる。実装が容易なため、テラヘルツ波利用機会を拡大する。

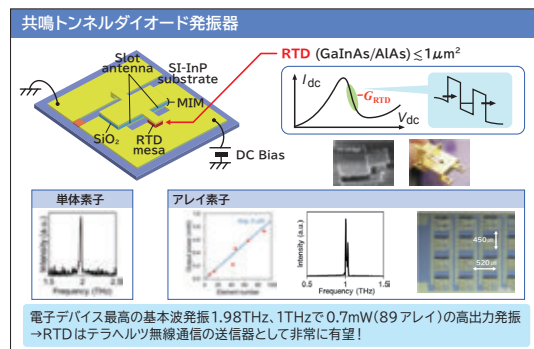
▶ レーダーへの応用

テラヘルツ波は、粉塵に強く、LiDARよりも拡散が少ない点が有利。この特長を生かしたレーダーをアンテナ一体型素子で開発する。

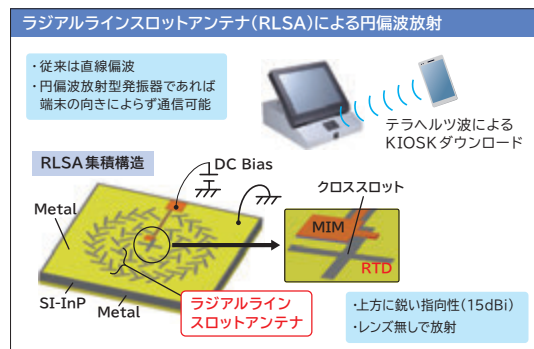
▶ ミリ波では不可能な1Tbpsに迫る通信の実現

小型アンテナがチップ上に集積可能であることを示せた。周波数多重、偏波多重に加えて、軌道角運動量の異なる電磁波を用いた多重(OAM多重)を組み合わせ、究極の通信速度を目指す。今後、ミリ波帯では通信容量が不足することが予測され、十分な伝送量の確保をテラヘルツ波にて行う。

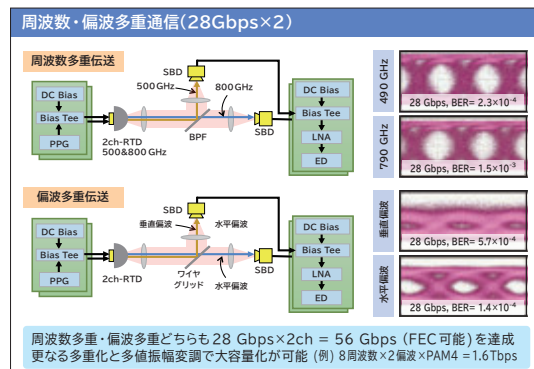
■ 0.7mW(@1THz, 89アレイ)の高出力



■ RLSA 集積構造により、姿勢無依存な通信を実現



■ 周波数多重、偏波多重を組み合わせ、1Tbpsに迫る通信実現へ



高速マルチサンプリング 超解像CMOS テラヘルツイメージングデバイスの 研究開発

テラヘルツ波を用いた高解像度撮像技術を開発
高感度・高フレームレートも同時に実現

〔研究代表者〕

工学博士

池辺 将之 氏

北海道大学

大学院情報科学院 教授



研究の背景

- ▶ テラヘルツ波は、X線のごとく透過すれども人体に無害。
物体毎に異なる吸収特性を利用した危険物種類同定に、公衆安全の観点から大きな期待あり
- ▶ 高解像度イメージング素子を一般的なシリコン半導体技術で製造できれば、
テラヘルツ波可視化装置を低コストで実現可能

研究終了までの成果

▶ グローバルシャッター付き高フレームレートの 受信(撮像)デバイスの開発

180nm CMOS 製造技術によるデバイスを開発。グローバルシャッター構造を持ち、1000fpsで全画素同時読み出しが可能。デバイス上にアンテナ・検波・増幅回路、AD変換器を集積し、必要な処理はデバイス上で完結した。

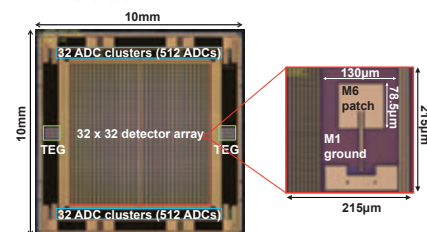
▶ 検波・増幅一体構造による高感度化を実現

受信部分は、テラヘルツ波に完全追従が不要な回路を考案した。増幅回路の構造を利用し包絡線検波を実施。さらに半導体への実装が難しいコンデンサを使用せずオフセット揺らぎを除去、量産時の高い感度を実現した。

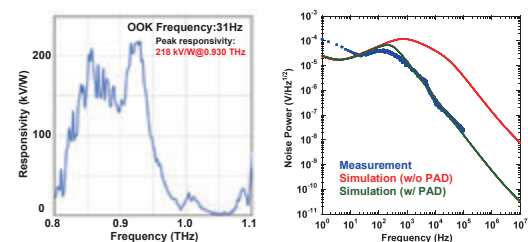
▶ 高フレームレートを活かして超解像による高解像化を可能に

デバイスの高速性が、圧電素子によるデバイス振動で計測点をずらす「画素ずらし」を可能に。素子の空間解像度は32×32だが、縦横5倍の超解像を実現した。

■ 32×32の検出器が並ぶイメージングチップ



■ 応答性は、後に200kV/W超を確認



終了後の展開

▶ 装置の小型化が可能へ

AD変換器も単一デバイス上に集積したことで、外部処理はすべてデジタル化できる。本デバイスは、安定性が高い小型テラヘルツ波受信・可視化装置の開発に貢献する。

▶ 生体応用への期待

高速読み出しにより、動画の生成が可能となる。超音波エコー装置よりも高い解像度で非侵襲に臓器の動きを観察するなど、医学・生物学方面への応用が期待できる。

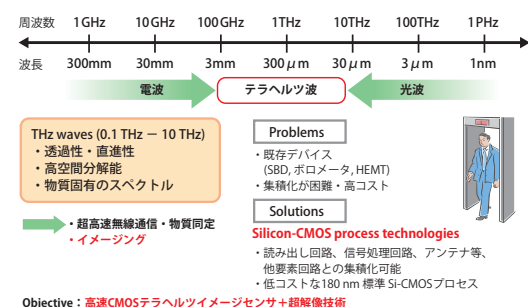
▶ 大量生産に適した構造

デバイスは、長期間使われている廉価なCMOS半導体技術で生産が可能。特殊な素子、製造技術が不要なため、既存の製造工程による大量生産を実現する。

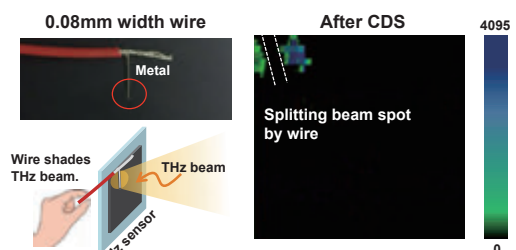
▶ 爆発物検出への応用

1~2THz帯の吸収特性観察による、物体種類の同定技術が進展中。本デバイスでテラヘルツ波を一瞬照射すれば検査が終了するため、迅速な検査が可能になる。

■ テラヘルツ波イメージングの実用化に前進



■ テラヘルツ波撮像例



金属糸(図中丸部分)が放射されたテラヘルツ波を遮る様子が撮像されている

広帯域短パルスレーザーを用いた テラヘルツ電場検出技術の開発と応用

テラヘルツ波の電場波形の観測システムを開発
テラヘルツ波の周波数を超高精度に検出

〔研究代表者〕
博士(理学)
片山 郁文氏
横浜国立大学
大学院 工学研究院 教授



研究の背景

- ▶ テラヘルツ技術の開発には、この帯域での波形観測が行えるオシロスコープや、周波数測定を行える測定器が必要
- ▶ レーザー技術による、通信・イメージングデバイスの開発支援可能性を探究

研究終了までの成果

▶ ギガヘルツ帯オシロスコープでの テラヘルツ帯波形観測技術の確立

電気光学 (EO) 結晶をテラヘルツ波電界中に置き、超短パルスレーザー照射で得た検出光を光ファイバーに通じ、時間伸長することで 10GHz 級オシロスコープにてテラヘルツ波観測を実現した。

▶ レーザー光による周波数測定技術の確立

EO 結晶にテラヘルツ波と超短パルスレーザーを照射し、変調された出力信号から、テラヘルツ波を 1Hz 単位で周波数測定することが可能となった。

▶ 超短パルスレーザーによる テラヘルツ波観測システムの試作と実証

市販のオシロスコープをそのまま用いる場合、周波数限界は 1THz 程度と見込まれる。パルス幅がフェムト秒級の超短パルスレーザーを組み合わせることによって、少なくとも 3THz 程度まで測定可能帯域を伸長できることを示した。

終了後の展開

▶ 導波路中の電場変化波形観測

現在は、空間中のテラヘルツ波が作り出す電場を観測しているが、将来は導波路中の電場変化の観測に拡張が見込まれる。電場の分散を可視化し、高周波デバイス等の開発を支援する。

▶ 通信帯域の光デバイスの活用

本研究では超短パルスレーザーを使用したため、装置類は高価である。量産が進んだ通信帯域のレーザーや周辺機器類に変更することで、コストを抑えた測定系を構築できる。

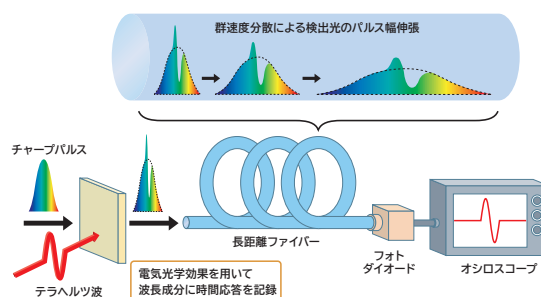
▶ EO結晶プローブによるテラヘルツオシロスコープ

ファイバーと結合させた EO 結晶プローブをテラヘルツオシロスコープに応用する。検出器を EO 結晶によるプローブを探针に応用する。検出器の位置を自由に動かし、発振デバイスに接続しての計測が可能となり、応用範囲が広がる。

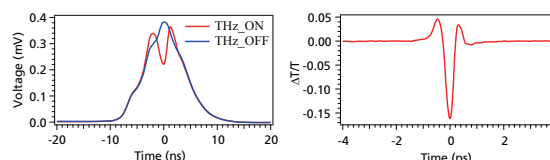
▶ 測定の高反復化で経時変化観測

高い繰り返し周波数を持つファイバーレーザーを使用すれば、シングルショットの電場波形観測を高反復化でき、時々刻々変化する現象をテラヘルツ波にて観測可能となる。

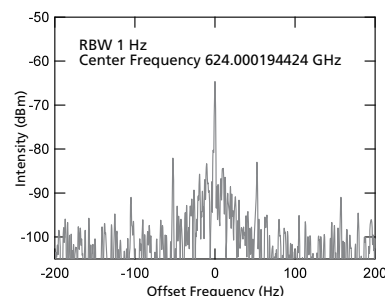
■ テラヘルツ帯オシロスコープ概念図



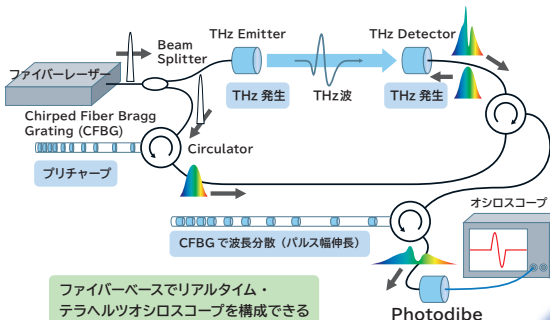
■ 観測したテラヘルツ波形



■ 連続波光源を用いて 600GHz 帯の発振を 1Hz 単位で計測した例



■ 光ファイバーのみで構成したテラヘルツ・オシロスコープ



UWB2次元通信による WiFiの同時多チャンネル収容システムの 研究開発

拡張性に優れた二次元通信タイルを通じて伝送
二次元通信技術をウェアラブル分野へ応用

〔研究代表者〕
博士(情報理工学)
野田 聡人氏
南山大学 理工学部
機械電子制御工学科 准教授



研究の背景

- ▶ 無線 LAN の利用端末が増加すると、空間の電波のチャンネルが混雑し、十分な速度と接続性の維持が困難
- ▶ ウェアラブル端末の普及・高度化に伴い、人体周辺の無線ネットワークの混雑回避は喫緊の技術課題

研究終了までの成果

▶ 設置箇所面積の大小に対応した アクティブ二次元通信タイルを開発

既存の二次元通信シートは、一枚の連続したシート媒体を前提としており、床全体など大面積化に難あり。連結による損失を補償できるタイル構造を考案し、自由なサイズの二次元導波路を実現した。

▶ 無線 LAN 電波を周波数変換し、 空間に放出せず二次元通信タイル経由で通信

無線 LAN の電波を別の帯域に変換し二次元通信タイルを経由させることで、無線 LAN 用帯域の混雑を回避。空間に放出される電波が減り、二次元通信を利用しない無線通端末も快適な通信を維持する。

▶ ウェアラブル通信に二次元通信タイル技術を拡張

人体装着機器間の通信増大に備え、衣服を通じて通信および給電を行う方法を考案し、試作。導電布を二次元通信媒体として個別の配線なしに複数チャンネルへの伝送を可能にした。

終了後の展開

▶ 通信範囲の拡大

本研究は、空間に代わる通信経路に床面を想定し、実現した。電波を伝搬する媒体を床に接触する構造物や什器へ拡張すれば、机上や棚に置かれた電子機器とも通信可能となり、空間の無線 LAN 輻輳を更に軽減できる。

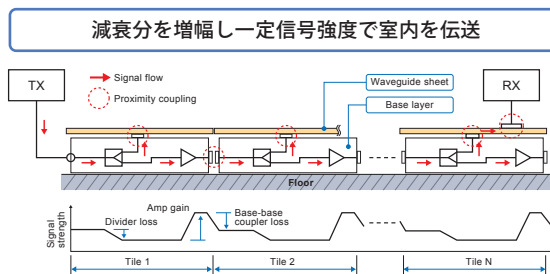
▶ 既存の近接通信方式における二次元通信タイル利用の検討

既存の近接通信方式の電波を二次元通信タイルに通す。既存の近接通信方式の中には、通信が高速で変調方式が二次元通信路に適した物がある。ただし既存の近接通信方式は1対1通信を想定しているため、二次元通信への応用には一部の改変が必要であり、検討を継続する。

▶ 衣服を用いた二次元通信

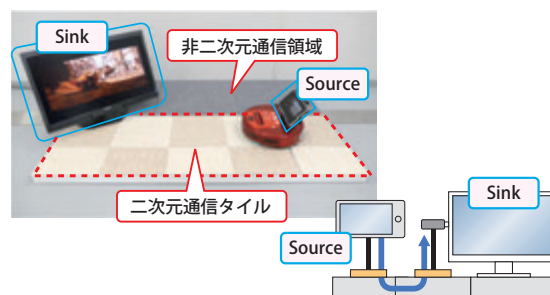
新たな導波路構造の応用例として、導電糸で形成した刺繍に関して研究を継続中。衣服上のセンサへの給電と通信が同時に行えるため、産業応用の可能性が高く、研究が進展している。

■ アクティブタイル二次元通信

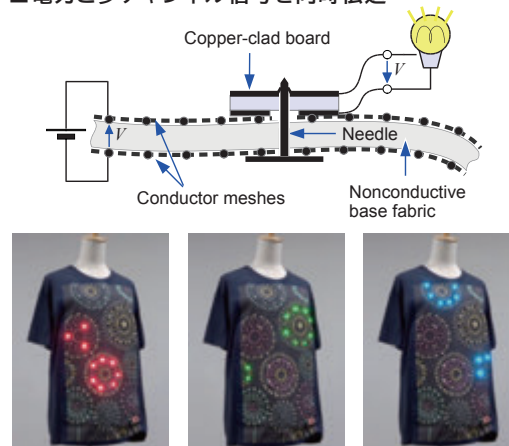


■ 二次元通信タイル上ならば配置自由

2DCタイルを介したディスプレイミラーリング



■ 電力と多チャンネル信号を同時伝送



新たな周波数リソースを必要としない 同時送受信システムの研究開発

同一周波数で同時送受信を実現する方式を開発
電波利用効率が2倍に向上し通信容量も倍増

〔研究代表者〕
博士(工学)
本間 尚樹 氏
岩手大学
理工学部 教授



研究の背景

- ▶ 同一周波数での同時送受信(Full-duplex)は、強力な送信信号が自己の受信機に回り込む(干渉する)ため、干渉抑圧技術が必須
- ▶ マルチユーザ環境では、端末間の干渉も発生。通信容量確保のためには、端末間干渉の対策も必要

研究終了までの成果

▶ MIMOに対応した同一周波数同時再送信方式を開発

従来のFull-duplexは、SISO(Single Input Single Output)を想定していた。MIMO(Multiple Input Multiple Output)でのFull-duplexに対応し、通常のMIMOと同規模のハードウェアで自己干渉抑圧の方式を開発。アナログとデジタルの両処理を組み合わせることで実現した。

▶ デモシステムを構築し、性能を評価

考案したアンテナ構造、指向性制御などの自己干渉抑圧技術を導入した基地局(8x8 MIMO)を試作。伝送性能を評価したところ、90 dB以上の抑圧効果を確認し、SISOでの干渉抑圧に迫る性能を実現した。

▶ マルチユーザ環境下での携帯局間干渉回避技術の開発

前記基地局に加えて端末を作成し、12.9GHz帯でのフィールド実験にてFull-duplex性能を計測した。チャネル情報を基に与干渉の大きな送信ビームを端末が抑え、10 dB以上の効果が得られることを検証した。

終了後の展開

▶ 広帯域化の研究

デモシステムは、2MHzの帯域幅用に試作した。現行の移動通信方式が使用する、より広い帯域幅でのFull-duplex実現を、アナログ、デジタルの両方の処理から探る。

▶ ハード・ソフト両面の技術開発による実用化研究

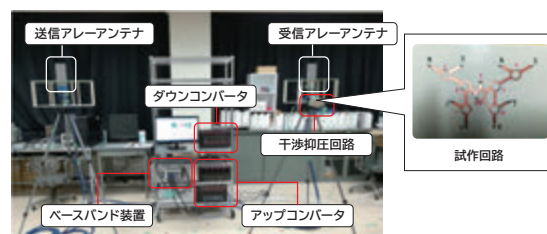
本方式の実用化のためには、デジタル信号処理用基幹部品の発達が求められる。また、端末間処理を実時間化するためには、演算方式の改良や演算器の開発も求められる。要素技術の発展を捉え実用化に向かう。

▶ 共同研究を通じた無線通信技術開発への貢献

帯域利用効率倍増の実現には、同一エリアおよびバンド内の全通信機がFull-duplexに対応が必要。学外組織との共同研究を通じFull-duplex方式の実用化と、規格化提案に貢献する。

■ 送信出力の回り込み抑圧を実証

● アレーアンテナ技術に応用したFull-duplexハードウェアの開発

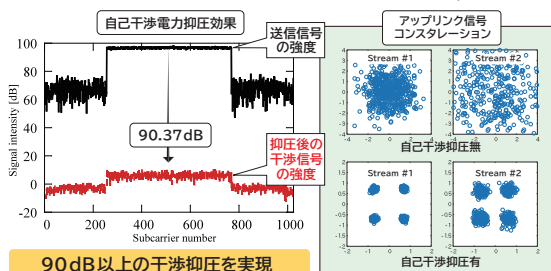


周波数利用効率向上効果の実証が可能となる

■ 自己干渉抑圧効果は90 dB以上

● 伝送性能評価(Full-duplex伝送の実現)

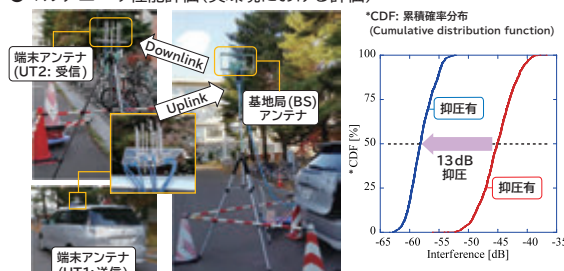
・アレーアンテナを利用し簡易ハードウェアでFull-duplexを実現



90 dB以上の干渉抑圧を実現

■ 10 dB以上の端末間干渉抑圧を確認

● マルチユーザ性能評価(実環境における評価)



ヌル数1個でも端末間干渉電力を13 dB抑圧

高周波数帯を活用する 端末連携信号処理技術の研究開発

端末間連携信号処理で、UHF 帯輻輳を軽減
実証システムにより提案手法による
特性向上を確認

〔研究代表者〕

博士(工学)

村田 英一 氏

京都大学

情報学研究科通信情報システム専攻
准教授



研究の背景

- ▶ MIMO 方式を有効利用するには、端末側のアンテナ数が多い方が良いが、形状の制約で増設困難
- ▶ 現行方式では、基地局セル内の端末が増えれば一台あたりのビットレートは低下。
端末台数が増大しても速度維持可能な方式への需要大

研究終了までの成果

▶ 連携端末の適応的選択方式の確立

端末連携数増大につれ、MIMO(Multiple Input Multiple Output) 受信特性が向上し高速化するが、端末間の通信量も増大する。連携効果が高い端末を適応的に選択し端末間通信量を抑制しても性能低下は10%未満を達成した。

▶ 過負荷 MIMO の性能向上

端末連携数が少なくても、MIMO による空間多重を活用し、高速伝送を実現する過負荷 MIMO 技術を改良した。既存方式は、演算量が指数関数的に増大するが、提案方式はこれを抑制した。

▶ デモシステムにより特性改善を確認

4アンテナ MIMO 信号を4端末で連携するデモシステムを構築し、実測した。端末連携したものは単独受信に比べてビット誤り率(BER)は有意に低く、端末連携の効果を確認できた。

終了後の展開

▶ 5G以降を見据え通信事業者と共同研究

本テーマで国内通信事業者と共同研究を実施中。セル内稼働端末増加時の通信速度維持の重要性は、今後ますます増大する。高周波帯を使い端末連携情報を交換する本方式は、貴重なUHF帯の輻輳を防止する。ミリ波帯の利用が発達する5G時代以降有効な手法で、規格化提案を含め活動する。

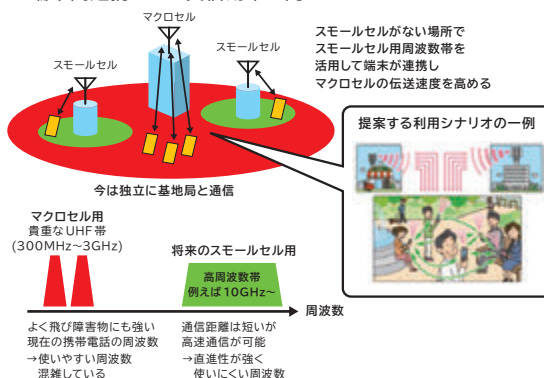
▶ 信号検出器の改良

信号検出器に用いる演算の改良が見込め、演算量を更に下げても特性を劣化させない見通しが付きつつある。過負荷 MIMO の性能向上に貢献する。

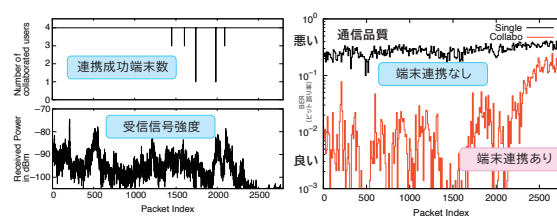
▶ SCOPE による研究の継続

「適応的に高周波数帯を選択する端末連携無線通信方式の研究開発」として平成28年度のSCOPEに採択された。UHF帯の周波数利用効率を格段に高めることを目指す。

■ 端末間連携により受信効率を向上



■ 端末連携で、ビット誤り率は顕著に低下



■ 信号検出器の改良を継続

線形信号検出器

■ 提案法

- 逐次干渉補償法に次元拡張した基底格子縮小
⇒ 線形信号処理でも協調端末数以上の信号検出
- 繰返しノイズ除去法
⇒ モデルミスマッチによる劣化補償
- 低演算量型ソフト信号出力
⇒ 軟判定復号を可能

■ 成果

- 6信号受信時に、2協調端末だけでフロア誤り解消
- 上記条件で、**硬判定MLDより優れた伝送特性**
- オーバーヘッドを6分の1程度に低減可能**、これにより周波数利用効率向上

提案繰返し復号 伝送特性

非線形信号検出器

■ 提案法

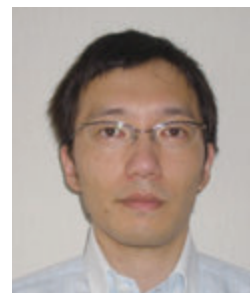
- 拡張回転行列
⇒ 検出器の演算量を制御可
- 拡張回転行列の適応選択
⇒ 伝送特性を約1.5dB改善
- 回転行列のプリレクション
⇒ 演算量低減

■ 成果

- MLDと同等の優れた伝送特性**
- 演算量を従来法より40%削減、**MLDの50分の1以下**
- オーバーヘッドを6分の1以下**にも低減可能、これによりさらに周波数利用効率を向上

演算量(乗算回数) 伝送特性

車載制御ネットワークに対する 集中型セキュリティ監視システムの研究開発



〔研究代表者〕

博士(情報科学)

倉地 亮氏

名古屋大学 大学院

情報学研究科 特任准教授

既存セキュリティ評価法の車載向け適用性を確認
車載電子機器の構成を大幅変更せずに安全確保

研究の背景

- ▶ CASE 化につれて、自動車制御システムを「乗っ取る」事例が出現しており、安全確保のための対応が急務
- ▶ 現行制御システムの全てに防御策を実装するには、システムの大幅な変更が必要で、完成までに時間を要す

研究終了までの成果

▶ 集中型セキュリティシステムにより攻撃を無力化

電子制御ユニット (ECU) 全てがセキュリティ機能を搭載するには時間を要する。情報が集中する交換装置のみに監視機能を搭載し、悪意ある機器が発するメッセージを無効化する防御方式を開発した。

▶ 次世代車載プロトコルへの対応を確認

現行プロトコル (CAN) の後継方式 (CAN-FD) においても、提案方式が有効であることを、実験システムを構築し動作を確認。国際学会での発表・デモを通じ、海外企業からの接触を得た。

▶ セキュリティ機能の評価手法の検討

一般のコンピュータシステムで使用されるセキュリティ機能評価手法が、車載システムに適用可能であることを、モデルおよび実機で確認した。また効率のよいモデル構築手法、評価手法を提案した。

終了後の展開

▶ 提案手法の実機導入

学会発表により、集中型セキュリティが有効な方式であることを海外を含めて示せた。本技術に関わる共同研究依頼を多く受けており、実機導入に向けて進んでいる。

▶ 複数プロトコルへの対応

車載プロトコルはCAN系に限らず、今後も新たなプロトコルが登場する。提案方式が新プロトコルに対応するよう、適合性の検討を継続する。

▶ 業界と連携し、改良を継続

最少のハードウェアのコスト上昇でセキュリティを確保するべく、提案方式の改良を継続。自動車および半導体業界と連携して、実装状況に見合った低コスト方式の確立を目指す。

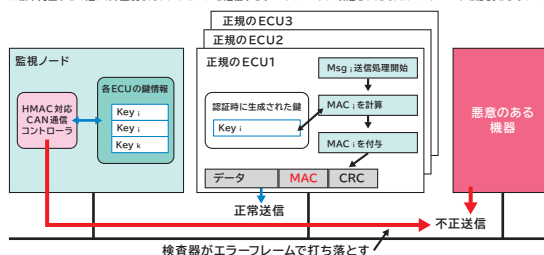
▶ 車載機器セキュリティ教育コンテンツの作成

自動車制御システムとコンピュータセキュリティの双方を理解する技術者を育成すべく、本研究および成果を活用した教育コンテンツを作成している。

■ ゲートウェイにのみ監視機能を搭載し防御を実現

我々の先行研究 - 集中型セキュリティ監視 (CaCAN*) -

- ・アイデア: 監視ノードがなりすましメッセージをエラーフレームで打ち落とす
 - ・手 段: 監視ノードが各 ECU を認証し鍵を交換
認証された ECU は MAC を付与し CAN メッセージを送信
- ※ 松本先生らとの違いは、監視したいメッセージを送信するすべてのノードに改造された CAN コントローラを必要としないこと

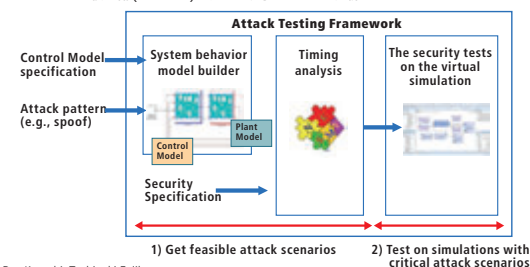


Kurachi, R., Matsubara, Y., Takada, H., Adachi, N., Miyashita, Y., and Horihata, S.,
"CaCAN: Centralized Authentication System in CAN",
Proceedings of the escar 2014 Europe Conference, Hamburg, Germany, Nov 2014

■ 車載システムのセキュリティ評価手法を複数提案

我々の提案

1. 仮想・HILS 環境を利用したセキュリティ評価
 2. 確実に攻撃が顕在化するシナリオに限定して評価
- ⇒ モデル検査器 (NuSMV) を用いて攻撃シナリオの分析



Ryo Kurachi, Toshiyuki Fujikura,
"Proposal of HILS-based in-vehicle network security verification environment", 2018
SAE World Congress 2018 (SAE WCX2018), pp.1-8, Detroit, Apr 2018.

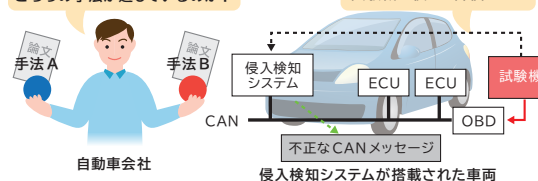
■ 車載機器防御のための様々な手法、支援策の開発を継続

侵入検知システムに対するデータセットの提案

- 研究背景:
・ CAN 向けに様々な侵入検知システムが提案されている
・ 一方で、評価指標やデータセットが統一あるいは公開されず、評価の信頼性が乏しい
- モチベーション
・ 自動車会社目線で調達する侵入検知システムの外的評価が行いたい

どちらの手法が適しているのか?

試験機を使って評価したい



倉地亮, 高田広章, 佐々木崇光, 前田宇, 安藤剛, 松島秀樹,
車載制御ネットワークの侵入検知システムに対するデータセットの提案,
2019 Symposium on Cryptography and Information Security (SCIS2019), Jan 2019.

設計工程に侵入したハードウェアトロイの検出と耐ハードウェアトロイ設計技術の研究開発

発見困難なハードウェアトロイを設計情報から検出
ハードウェアトロイ無効化回路を自動挿入

〔研究代表者〕

博士(工学)

戸川 望氏

早稲田大学

大学院基幹理工学研究所

情報理工・情報通信専攻

基幹理工学部 情報通信学科 教授



研究の背景

- ▶ 改竄された設計ツールが生成したり、悪意のある IP コアに含まれたりする不正回路(ハードウェアトロイ)を高い確度で発見する方法は未発達
- ▶ “怪しい”信号線(疑似トロイネット)を抱えた半導体に対して、正常動作は許容し不正動作のみを遮断する方法は不在

研究終了までの成果

▶ 精度の高いハードウェアトロイ検出手法の開発

従来のテストパターンによる不正回路発見法は、検出率に問題あり。不正動作に特徴的な回路を設計データから発見し、不正回路「らしい」ものから「確実に」不正回路であることを識別する。

▶ 不正回路標準ベンチマークに収蔵された全事例を世界に先駆けて完全発見

標準的なベンチマーク Trust-HUB に収められた全てのゲートレベルの回路に対して、世界に先駆けて不正回路の有無を誤りなく検出した。

▶ 疑似トロイネット不正動作時に、動作を無効化する回路の自動挿入方式開発

疑似トロイネットに認証回路を組み込み、認証されなかった信号の場合は疑似トロイネットの信号線を無効化し、不正動作のみを阻止。自動的回路挿入の方式を開発した。

終了後の展開

▶ 不正回路特徴発見の高性能化

本研究で、ハードウェアトロイの形態を体系化し、世界に先駆け完全分類を完了。この知見に基づき、機械学習による特徴検出を実施し、ハードウェアトロイ検出機構の高性能化が進んだ。

▶ 実機動作の解析による不正動作検出の実装

設計データ段階での不正回路発見を実現した。製造済みの集積回路の不正動作検知方法を新たに開発。動作状況を解析し、消費エネルギーと継続時間の関係から、不正動作検出を高精度に行う。

▶ 製品化による社会実装

本研究の成果は、半導体設計ツールの一部として、企業より製品化され社会実装が進んでいる。ツールの製品化により、実製品回路に対する本研究技術の適用が進行している。安全な半導体の設計を支援している。

■ハードウェアトロイは設計時に挿入される

研究背景：ハードウェアトロイとは？

●集積回路に悪意のある回路(ハードウェアトロイ)が侵入？

・背景：第三者への設計・製造

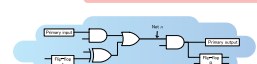
外部委託の増加

→ 意図しない改変のリスク

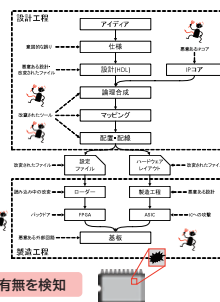
・タイミング：設計工程は危険性が高い

ネットワークを経由した情報の改変で感染

→ 設計工程に着目したハードウェアトロイ検出



これに着目！→回路図中のハードウェアトロイの有無を検知

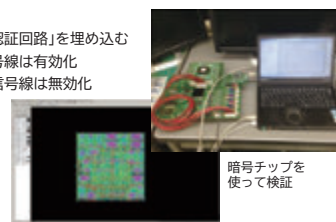


■疑似トロイネットの無効化手法を開発

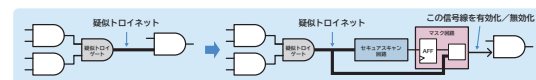
研究開発成果：耐ハードウェアトロイ回路設計

●アプローチ

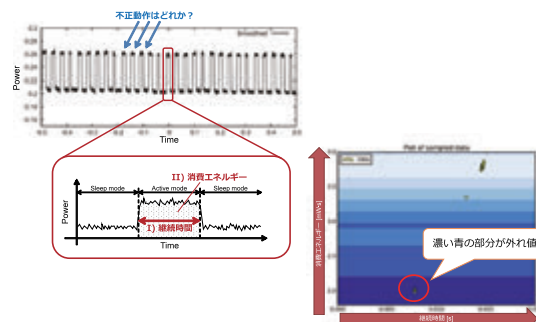
- ① 疑似トロイネットに「認証回路」を埋め込む
- ② 認証されると、その信号線は有効化
- ③ 認証されないと、その信号線は無効化



暗号チップを使って検証



■電力波形情報から異常動作の検知を行う



眼鏡産業の高付加価値化を目指す アイ・ウェア型レーザ・ディスプレイ 超小型化技術の研究開発

従来比 1/100（容積）の超小型光学エンジンを開発
メガネのつると一体化し違和感ゼロのサイズを達成

〔研究代表者〕
工学博士
勝山 俊夫 氏
福井大学
産学官連携本部
客員教授



研究の背景

- ▶ 国内眼鏡産業の高付加価値化を促進する要素技術として、眼鏡装着型ディスプレイ装置が有望
- ▶ 従来のディスプレイ装置は主要部品が大きく、通常の眼鏡フレームへの装着は事実上不可能。
部品小型化は必達事項

研究終了までの成果

▶ 超小型三原色合波光源の開発

考案した三原色用合波器は、鏡、レンズ等光学部品を用いた従来技術に比べ大幅な小型化と高い合波効率(96%)を達成した。減衰フィルターを用いないため、フィルター破損による事故は発生しない。

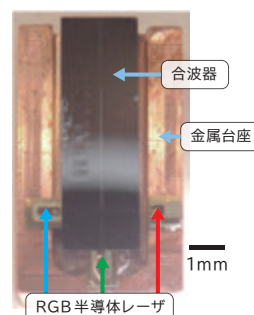
▶ 超小型 MEMS ミラーの開発

2軸のMEMSミラーを電磁駆動する。ミラーは磁化されており、その下部にコイルを一個配する。コイルには高速、低速の信号を重畳した交流を注入する。1個のコイルで2軸制御を実現した。

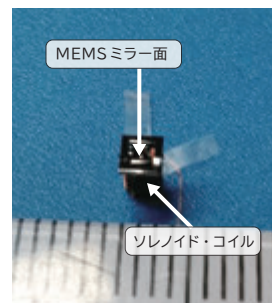
▶ 三原色合波光源とミラーの集積化による 光学エンジンの開発

レーザ光源、合波器、MEMSミラーを集積した光学エンジンを製作した。第2世代機は小型化を徹底し、12×4.5×3.6mm(0.19cc)を実現。眼鏡フレームに実装可能なサイズとなった。

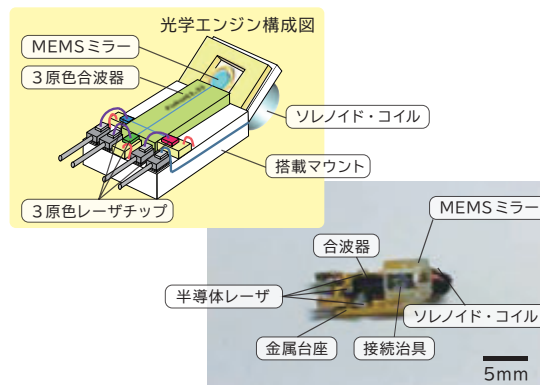
■合波光源



■MEMSミラー



■光学エンジンプロトタイプ



終了後の展開

▶ 技術移転を積極推進

大学発ベンチャーより企業等にライセンス供与する体制を構築した。大学は基本技術の確立、企業は周辺技術の開拓、と分業による開発加速が期待できる。

▶ 実用化に向けた各部品の性能向上を検討

試作した光学エンジンを眼鏡に組み込み、必要な性能を検討する段階に入った。実用化に向けて、要素技術の更なる高度化を推進する。

▶ ビジョン・非ビジョン両市場への展開

ビジョン分野では、MR(複合現実)を中心とする産業利用や消費者利用の双方が期待できる。産業用に、プラント保守を指向した装置開発を開始した。消費者用には、超小型プロジェクタやヘッドアップディスプレイに応用可能。非ビジョン領域としては、生体認証センサーやマルチ波長計測システムへの応用を探索。

■波及効果創出への取り組み



超薄型柔軟膜を用いた 貼付け型ヒューマンインタフェースの 研究開発

衣服等へ貼り付け可能な柔軟膜伸長センサを開発
ヒューマンインタフェースとして新たな入力を開拓

〔研究代表者〕
博士(工学)

平田 一郎 氏

兵庫県立工業技術センター
主任研究員



研究の背景

- ▶ 柔軟膜に電極貼付した場合の特性条件は、未判明。
小さな容量変化のため計測方法が確立されておらず、計測装置も不在
- ▶ 伸長センサを用いたヒューマンインタフェースは先行例が無く、適用性自体が未解明

研究終了までの成果

▶ 薄膜伸長センサの電極パターン条件抽出

薄膜伸長センサは、伸長により数十から数百 pF の間で静電容量が変化する。微小変化を計測するプラットフォームを開発し、伸長の方向にかかわらず容量変化が面積の2乗に比例することを確認した。

▶ ヒューマンインタフェースとしての適用性を確認

被験者の関節部分に貼り付けたセンサの出力と、モーションキャプチャによる観測を比較し、両者の一致を確認した。関節角度の変化を容易に観測する機器への発展が期待できる。

▶ 新たな柔軟インタフェースの創出

本センサは身体、衣服に貼り付けて伸長を検出する他、スイッチやレバー等の機械的位置変化を用いた入力方式にも応用できる。バネ作用と情報出力を同時に扱える機能部品となる。

終了後の展開

▶ 柔軟面での入力装置を実現

従来のキー入力装置は、硬い平面上に置かれるか、作られてきた。本センサを用いれば、柔軟面上にも同様なキー入力機能を展開でき、制約を大幅に緩和する。

▶ 衣服への組み込み応用

衣類の陰で光学的には取得できない情報や、変位が微妙で光学的観測に掛からない情報も取得可能。関節角度や身体の変位変化をセンサを貼り付けた衣服が検出できるため、機動性が画期的に向上する。

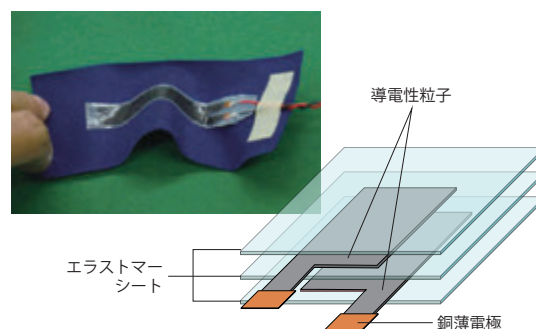
▶ 健康管理や非言語的コミュニケーションへの応用

衣服組み込みにより、運動の強度や量を連続的に計測でき、健康管理や運動計測に応用できる。仕草、ジェスチャー等の検出により非言語的な情報伝達を実現へ。

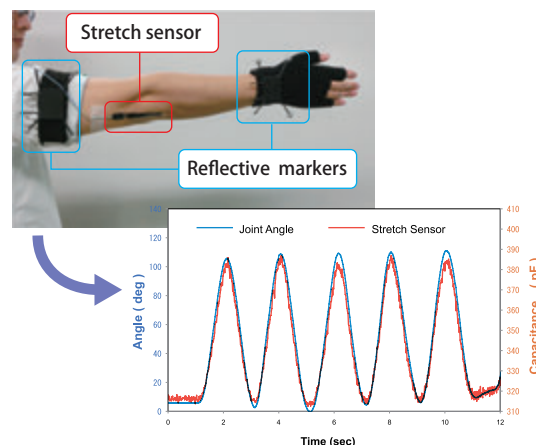
▶ 触覚センサとしてのロボットへの適用

ロボットの手指や辺縁に本センサを取り付ければ、触覚センサとして利用できる。マトリックス型にセンサを形成すれば、接触位置と強度を同時に取得できる。

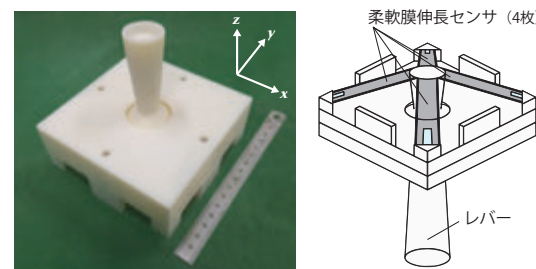
■ センサの貼付例(上)と構造(下)



■ モーションキャプチャを使用した 関節角度の計測実験



■ 回転式レバー型インタフェース



レバーの傾きを伸びで検出、同時にセンサがバネとして働く

漫画・イラストのマルチメディア処理に向けた基盤技術研究

〔研究代表者〕

工学博士

相澤 清晴 氏

東京大学

大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻

工学部 電子情報工学科 教授



漫画のメディア処理技術基盤を確立

学術研究用の漫画データセットを構築し公開

研究の背景

- ▶ 漫画コンテンツを対象としたメディア処理(検索・編集・検出・認識等)技術の研究はほとんど手つかず
- ▶ 漫画画像のデータベースが構築されておらず、研究用素材自体が未整備

研究終了までの成果

▶ 学術データセットの整備と活用

漫画書籍109冊(21,142ページ)からなる世界最大の漫画データベース「Manga109」を構築。全ての内容にアノテーションが施されており、研究利用に向く。作者、出版社の許諾を取得済。

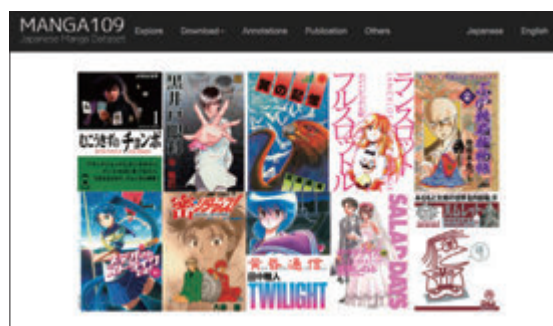
▶ スケッチに基づく検索技術の開発

スケッチを“検索語”として、画像データベース中から類似部分を抽出。自然画像の検索とは異なる技術が求められた。深層特徴の利用による高精度なスケッチからの検索。

▶ セリフ領域の検出など、漫画に特化した画像処理技術の開発

セリフ、キャラクタなどの要素抽出技術やスクリーントーン分離技術を開発した。スケッチから「お手本」画像を検索する技術も誕生しており、漫画に対応した多彩な画像処理基盤技術が揃った。

■ MANGA109 データセットHP



■ 深層特徴の利用による高精度化



左：スケッチ

中：EOH 特徴

右：深層特徴

終了後の展開

▶ データセットの公開

許諾取得済のものとしては世界最大の漫画データセットManga109を内外に公開し、許諾条件に合致する用途についてはデータを提供している。Manga109は学術利用のみが許可されているため、産業利用に向けての許諾拡大を行った。

▶ 漫画画像処理の基盤技術の実用化

開発した検索、検出、認識等の技術の一部は、実用化されている。従来の自然画用の処理では適切な解を得ない画像も、漫画用処理技術の応用で結果を得られるものがある。着色、トーン付与等も研究対象とした。

▶ 漫画制作の省力化を模索

現在、人手に頼る漫画制作作業の一部を、計算機が支援し省力化できる可能性が見えてきた。学外組織と共同研究を開始しており、産業利用につながると期待できる。

■ 漫画処理基盤技術の一例

セリフ、コマ、キャラクタの検出。左が正解、右が検出結果



© 内田 美奈子

多様な方言に対応した 音声認識システムの開発

言語研究者の知見を得て方言音声資源を収集
有望な音韻モデル構築手法を選定

〔研究代表者〕

博士(工学)

樽松 理樹 氏

岩手県立大学

ソフトウェア情報学部

ソフトウェア情報学科 准教授



研究の背景

- ▶ 音声認識の普及と共に、方言の認識が求められる局面が増大。
東北地区は方言話者が多く、大きな需要あり
- ▶ 現在の音声認識は、標準語中心の技術構築。方言に含まれる標準語とは異なる音素は、これまで未収集

研究終了までの成果

▶ 専門的知見により方言音声資源を収集

方言音声認識では、従来の音韻ではなく、異音に着目し、異音パターンを抽出。異音を含む単語を列挙し、これを地元住民が読み上げる形式により宮古地域で13時間、能代地域で9時間の音声を集めた。
(異音とは、音声学的に発音記号は異なるが、音韻として一致する音のこと)

▶ 音声ラベル付け支援システムを開発

収集音声は、人が聴取し、ラベル付け作業を行う。音素の区切り位置検出には複数の特徴量による判断を支援システムに採り入れ、効率と精度の向上を図った。

▶ 自己組織化マップ(SOM)が有望手法

音韻モデルの構築手法として、機械学習を含む6つの代表的な方式を比較した。6方式中最も高い認識率を示したのは、ニューラルネットの一種である自己組織化マップと判明した。

終了後の展開

▶ 方言音声収集手法の確立

方言の音声認識において、モデル構築のためにいかなる情報を収集すべきかの基本方針および収集手法が確立できた。この方針、手法は、他の方言にも応用できる。

▶ 音韻モデル構築手法開発を継続

収集した音声データや開発した支援システムを活用し、音韻モデル構築手法の開発を続け、より高い認識率を目指す。

▶ 機械装置の異常検出への応用

方言の音素を異常音として処理することで、振動データ波形の処理に応用可能と判明した。機械装置の故障を予測したり、異常を発見する方式開発への道筋を開いた。

▶ 方言音声の公開

研究者の新たな手法開拓に資するべく、収集した音声データ(音源)の公開を計画している。関係各方面との折衝を継続している。

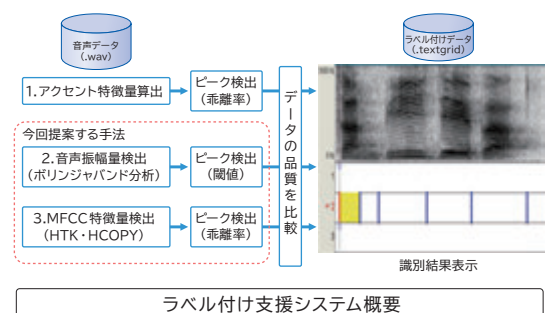
■ 単語票は方言固有の異音パターンを含むものを構築

	a	i	u	e	ε	o
ア	アサマ (朝間)	イチゴ (苺)	ウサギ (兎)	エンズー (違和感)	エアーダック (間)	オメサン (アナタ)
カ	カモシカ (カモ鹿)	キモノ (着物)	クジラ (鯨)	クバライチ (花原市)	ケアル (帰ル)	コメ (米)
サ	サドー (砂糖)	ジマ (島)	スマッコ (間)	セントク (千徳)	セアータ (咲イタ)	ソゴ (其処)
タ	タナバタ (七夕)	チカナイ (近内)	ツエダ (着イタ)	テッテ (手)	テアコ (太鼓)	トッソ (絡マリ)
ナ	ナガグツ (長靴)	ニシマチ (西町)	ヌマ (沼)	ネイチ (根市)	ネア (ナイ)	ノサッテ (乗ッテ)
ク	クラ (蔵)	クリ (栗)	クルス (苦シイ)	クレネア (クレナイ)	クレア (暗イ, 黒イ)	クロ (黒)

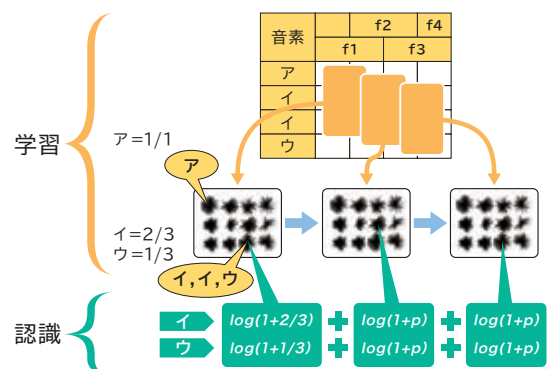
方言固有

音声収集時に用いた単語票の一部

■ 複数の特徴量を使用するラベル付け支援システムを開発



■ SOMを用いた音声認識手法



戦略的情報通信研究開発推進事業 概要

優れた研究成果を生み出す研究開発システムの構築には、競争的な研究環境の醸成が必要です。そのため、第5期科学技術基本計画(平成28年1月閣議決定)^{※1}においては、競争的資金について、研究力及び研究成果の最大化、一層効果的・効率的な資金の活用を目指す方針が示されています。

戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)は、情報通信技術(ICT)分野において新規性に富む研究開発課題を大学・国立研究開発法人・企業・地方公共団体の研究機関等から広く公募し、外部有識者による選考評価の上、研究開発を委託する競争的資金^{※2}で、平成14年度から実施しています。

SCOPEでは、未来社会における新たな価値創造、若手ICT研究者の育成、中小企業の斬新な技術の発掘、ICTの利活用による地域の活性化、国際標準獲得等を推進するため、目的に合わせ右記のプログラムを用意しています。

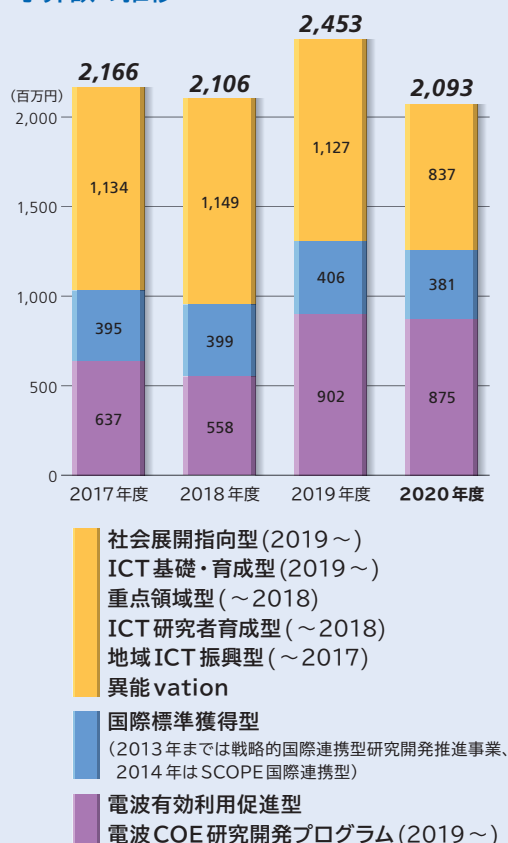
※1 : <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>

※2 : 競争的資金：資源配分主体が広く研究開発課題を募り、提案された課題の中から、専門家を含む複数の者による科学的・技術的な観点を中心とした評価に基づいて実施すべき課題を採択し、研究者等に配分する研究開発資金。

- ① 社会展開指向型研究開発
- ② ICT基礎・育成型研究開発
- ③ 電波有効利用促進型研究開発
- ④ 電波COE研究開発プログラム
- ⑤ 国際標準獲得型研究開発
- ⑥ 独創的な人向け特別枠
～異能(inno)vation～

事業の実施規模

予算額の推移



応募状況と採択件数(令和2年1月現在)

プログラム名	2017年度			2018年度			2019年度		
	提案件数	採択件数	採択倍率	提案件数	採択件数	採択倍率	提案件数	採択件数	採択倍率
社会展開指向型	36	6	6.0	93	33	2.8	101	26	3.9
3年枠	36	6	6.0	19	6	3.2	76	21	3.6
2年枠	—	—	—	74	27	2.7	25	5	5.0
ICT基礎・育成型研究開発	57	11	5.2	50	12	4.2	59	19	3.1
3年枠	40	5	8.0	35	6	5.8	38	8	4.8
1年枠	17	6	2.8	15	6	2.5	21	11	1.9
地域ICT振興型研究開発	68	25	2.7	—	—	—	—	—	—
国際標準獲得型研究開発	1	0	—	8	3	2.7	—	—	—
電波有効利用促進型研究開発	64	20	3.2	39	12	3.3	27	19	1.4
先進的電波有効利用型	47	15	3.1	34	8	4.3	27	19	1.4
フェーズⅠ	19	6	3.2	22	5	4.4	23	17	1.4
フェーズⅡ	3	2	1.5	4	1	4.0	1	1	1.0
フェーズⅡ(社会展開促進型)	25	7	3.6	8	2	4.0	3	1	3.0
若手ワイヤレス研究者等育成型	17	5	3.4	5	4	1.3	—	—	—
電波COE研究開発プログラム	—	—	—	—	—	—	5	1	5.0
合計	226	62	3.6	190	60	3.2	192	65	3.0

お問い合わせ先

● 社会展開指向型研究開発、ICT基礎・育成型研究開発について

研究機関所在地(都道府県)

北海道	北海道総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 011-709-2311 [内線 4764] e-mail: shien-hokkaido@soumu.go.jp
青森県・岩手県・宮城県・秋田県 山形県・福島県	東北総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 022-221-9578 e-mail: scope-toh@ml.soumu.go.jp
茨城県・栃木県・群馬県・埼玉県 千葉県・東京都・神奈川県・山梨県	関東総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 03-6238-1683 e-mail: gishin@soumu.go.jp
新潟県・長野県	信越総合通信局 情報通信部 情報通信振興室 電話： 076-233-4421 e-mail: shinetsu-renkei@soumu.go.jp
富山県・石川県・福井県	北陸総合通信局 情報通信部 電気通信事業課 電話： 076-233-4421 e-mail: hokuriku-jigyo_seisaku@soumu.go.jp
岐阜県・静岡県・愛知県・三重県	東海総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 052-971-9316 e-mail: tokai-renkei-kenkyu@soumu.go.jp
滋賀県・京都府・大阪府・兵庫県 奈良県・和歌山県	近畿総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 06-6942-8546 e-mail: renkei-k@soumu.go.jp
鳥取県・島根県・岡山県・広島県・山口県	中国総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 082-222-3481 e-mail: renkei-chugoku@soumu.go.jp
徳島県・香川県・愛媛県・高知県	四国総合通信局 情報通信部 電気通信事業課 電話： 089-936-5043 e-mail: shikoku-seisaku@soumu.go.jp
福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県 大分県・宮崎県・鹿児島県	九州総合通信局 情報通信部 情報通信連携推進課 電話： 096-326-7319 e-mail: renk@ml.soumu.go.jp
沖縄県	沖縄総合通信事務所 情報通信課 電話： 098-865-2320 e-mail: okinawa-renkei@ml.soumu.go.jp

● 電波有効利用促進型研究開発、 電波COE研究開発プログラムについて

総務省 総合通信基盤局 電波部 電波政策課
電話： **03-5253-5876**
e-mail: wireless-rd@ml.soumu.go.jp

● 国際標準獲得型研究開発について

総務省 国際戦略局 通信規格課
電話： **03-5253-5763**
e-mail: international_standardization@soumu.go.jp

● 本事例集及び事業全般に関する問い合わせ先



総務省 国際戦略局 技術政策課
電話： **03-5253-5725**
e-mail: scope@soumu.go.jp

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/scope/

本冊子掲載内容の無断転載、複製を禁じます。