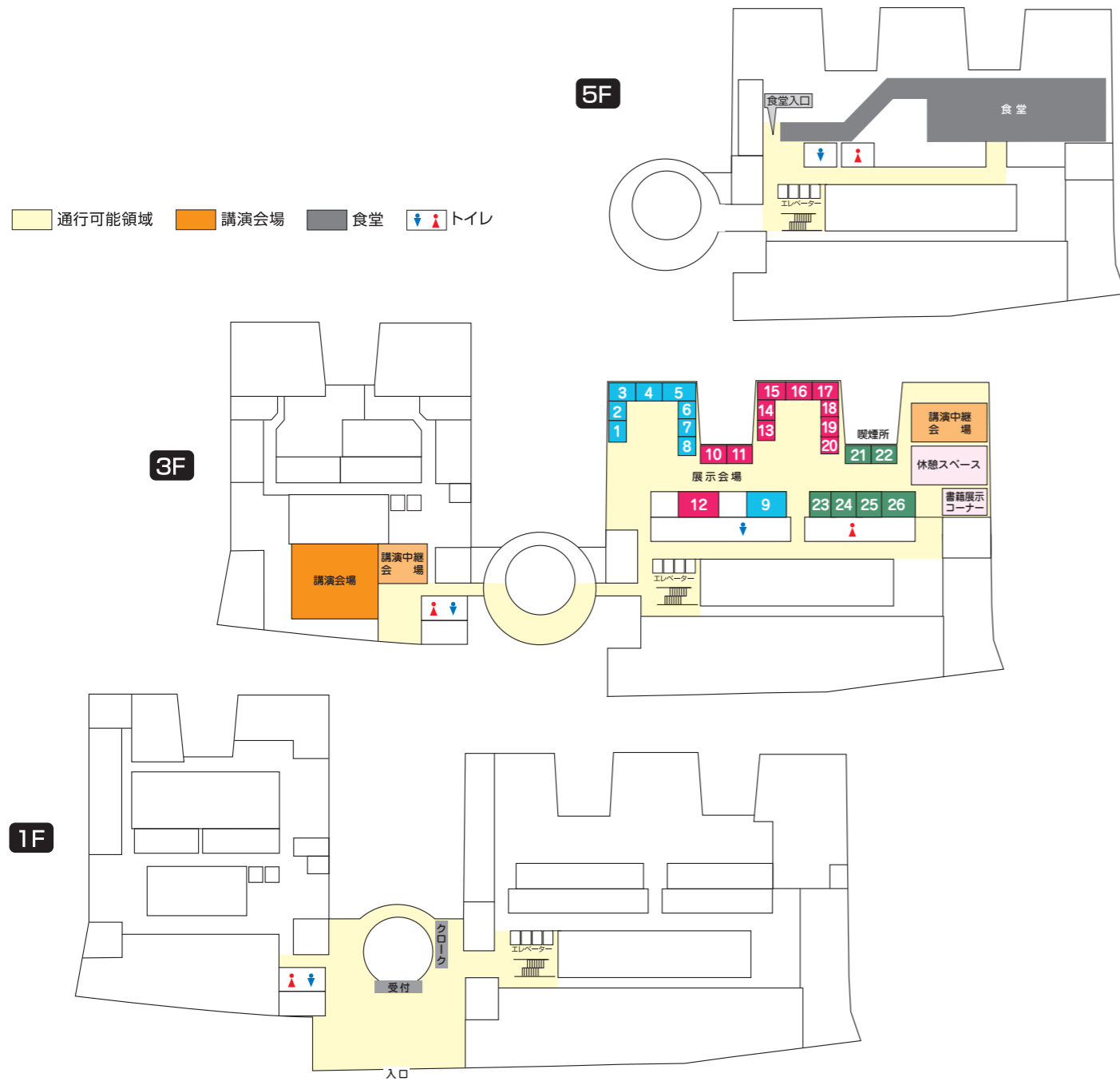


# オープンハウス 2012



研究展示

インフォメーション サイエンス

- 1 測れない光で秘密ができる -レーザの相関ランダム現象を利用した秘密鍵配送-
- 2 コンピュータが安全性を保障! 究極の暗号 -フォーマルソッドを用いた量子符号の安全性証明-
- 3 法律はあなたのプライバシーを守ってくれるか? -プライバシーの数理的定式化と法律への適用-
- 4 類題から賢く学べます -頑健な半教師あり学習法と自然言語処理への応用-
- 5 データのキモ、見つけます -特徴的な構造を抽出するデータマイニング技術-
- 6 よく似たデータを瞬時に発見 -近傍グラフを用いた高速類似探索-
- 7 生放送でも即座に特定 -追加型特徴DBによるリアルタイムメディア探索技術-
- 8 ノイジーな世界を見守る -センシングと符号化の協同現象と大偏差原理-
- 9 複数のカメラで物の色と形を正確に記録・再現 -2眼ステレオ式6バンド映像システムによるリアルタイム色再現-

インタフェース サイエンス

- 10 多数のセンサがあなたにあわせて情報を集めます -センサネットワークの動的な動作変更技術-
- 11 翻訳は語順が大切 -日本語風の英語を介した英日・日英統計翻訳-
- 12 動くディスプレイで会話が伝わる -頭部運動の動的補強表現に基づく会話場再構成-
- 13 昔の自分達に助けて貰おう! -時空間同室感 (t-Room) における蓄積情景処理とその応用-
- 14 あなたの歌い方を診断します! -歌声音高軌跡の確率モデルに基づく歌唱スタイルの特徴抽出-
- 15 いつ誰が何を話したか? -複数人会話シーン分析技術の進展と利用イメージ-
- 16 雑多な音の中からあなたの声だけ聞きます -時間・空間・周波数情報を統合した高精度音声強調技術-
- 17 会話中のあなたの話、何でも聞いて理解します -話し言葉音声認識のための高精度学習・適応・正規化技術-
- 18 音を付けると違って見える -視聴覚統合に基づく視覚時空間の変容-
- 19 見るより前に手が動く -潜在的な目と手の協調メカニズム-
- 20 質感を見る脳のしくみに迫る -画像から質感を取り出す視覚のメカニズム-

ライフ サイエンス

- 21 こどもが急にことばを覚えだすのはなぜ? -個人の時系列データ解析から解明された語彙爆発の謎-
- 22 この月齢の子にぴったりの「言葉たち」を探して -幼児語彙発達データに基づく成長に応じた言語資源の提示-
- 23 しゃべると空耳!? -発音動作と音声知覚の密接なつながり-
- 24 人のふり見て我がふり直せるネズミたち -適応的社会行動を支える神経基盤を探る-
- 25 聞きたい音を聞く脳のメカニズムを探る -心理物理、計算モデル、脳機能計測によるアプローチ-
- 26 「触れる感覚の物差し」としての言葉 -触覚の質感とその音声表象-

6/7 木 12:00~17:30

6/8 金 9:30~16:00

会場: NTT京阪奈ビル (京都府相楽郡精華町光台2-4)



NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
所長 上田 修功



近年、ソーシャルメディアの普及、スマートフォンの高機能化が進み、これまでに増して情報爆発が加速しています。まさしく「ビッグデータ」時代の到来と言えるでしょう。一方、情報の価値は個人や状況に応じて異なります。真に豊かなコミュニケーション環境の実現には、情報処理技術だけでなく、情報と人間、さらには情報と社会の関わり方にも目を向ける必要があると考えます。

NTT コミュニケーション科学基礎研究所では、創立当初より、人間と情報の深い理解に基づくコミュニケーションの実現を目指し、人間科学と情報科学の両面で研究を行っております。最近では、未来のコミュニケーション環境の構築、知能コンピューティング基礎技術の創出、人間の豊かなQuality of Lifeの実現、を研究の軸として各々の分野で世界トップレベルの研究を推進しています。我々所員一同は、情報通信の変革につながる新概念、新原理、革新技術の創造をミッションとして、NTTグループのサービス創造への貢献と共に、科学技術発展のための学術貢献、さらには、イノベーションによる新価値の創造による社会貢献を目指し、革新的研究に持続的にチャレンジしております。

恒例のオープンハウスの開催を通じて、できるだけ多くの方々に当研究所の活動と成果に接して頂きたいと考えております。私たちの最新の研究成果を研究展示および研究講演により、幅広くご紹介させていただきます。また、皆様とともに、これからの情報通信のあり方についても議論を深めたいと思います。活力あふれる基礎研究を進める上では、このような所外の研究者や技術者の皆様との交流が何よりも大切であります。お互いに有益な交流の場になることを祈念し、所員一同、皆様のご来場に心より感謝申し上げます。

- 所長あいさつ ..... 1
- 会場案内図／講演スケジュール ..... 3
- 所長講演 ..... 4
- 招待講演 ..... 5
- 研究講演
  - 心地よさと「やみつき」の神経科学 ..... 6
    - －動物の行動に情動の生物学的基盤を探る－
  - デジタルコンテンツ保存における標準化とその課題 ..... 8
    - －ISO/IECおよびその他の機関における標準化の取り組み－
  - 光から乱数をつくる ..... 10
    - －半導体レーザーカオスを利用した高速乱数生成－
  - センサネットワークを通して見えてくる世界 ..... 12
    - －多数かつ多様なセンサから情報を収集・解釈・提示する技術－
- 研究展示 ..... 15
  - インフォメーションサイエンス
    - 1 測れない光で秘密ができる－レーザーの相関ランダム現象を利用した秘密鍵配送－ ..... 16
    - 2 コンピュータが安全性を保障！究極の暗号－フォーマルメソッドを用いた量子暗号の安全性証明－ ..... 17
    - 3 法律はあなたのプライバシーを守ってくれるか？－プライバシーの数理的定式化と法律への適用－ ..... 18
    - 4 類題から賢く学べます－頑健な半教師あり学習法と自然言語処理への応用－ ..... 19
    - 5 データのキモ、見つけます－特徴的な構造を抽出するデータマイニング技術－ ..... 20
    - 6 よく似たデータを瞬時に発見－近傍グラフを用いた高速類似探索－ ..... 21
    - 7 生放送でも即座に特定－追加型特徴DBによるリアルタイムメディア探索技術－ ..... 22
    - 8 ノイジーな世界を見守る－センシングと符号化の協同現象と大偏差原理－ ..... 23
    - 9 複数のカメラで物の色と形を正確に記録・再現－2眼ステレオ式6バンド映像システムによるリアルタイム色再現－ ..... 24
  - インタフェースサイエンス
    - 10 多数のセンサがあなたにあわせて情報を集めます－センサネットワークの動的な動作変更技術－ ..... 25
    - 11 翻訳は語順が大切－日本語風の英語を介した英日・日英統計翻訳－ ..... 26
    - 12 動くディスプレイで会話が伝わる－頭部運動の動的補強表現に基づく会話場再構成－ ..... 27
    - 13 昔の自分達に助けて貰おう！－時空間同室感 (t-Room) における蓄積情景処理とその応用－ ..... 28
    - 14 あなたの歌い方を診断します！－歌声音高軌跡の確率モデルに基づく歌唱スタイルの特徴抽出－ ..... 29
    - 15 いつ誰が何を話したか？－複数人会話シーン分析技術の進展と利用イメージ－ ..... 30
    - 16 雑多な音の中からあなたの声だけ聞きとります－時間・空間・周波数情報を統合した高精度音声強調技術－ ..... 31
    - 17 会話中のあなたの話、何でも聞いて理解します－話し言葉音声認識のための高度な学習、適応、正規化技術－ ..... 32
    - 18 音を付けると違って見える－視聴覚統合に基づく視覚時空間の変容－ ..... 33
    - 19 見るより前に手が動く－潜在的な目と手の協調メカニズム－ ..... 34
    - 20 質感を見る脳のしくみに迫る－画像から質感を取り出す視覚のメカニズム－ ..... 35
  - ライフサイエンス
    - 21 こどもが急にことばを覚えだすのはなぜ？－個人の時系列データ解析から解明された語彙爆発の謎－ ..... 36
    - 22 この月齢の子にぴったりの「言葉たち」を探して－幼児語彙発達データに基づく成長に応じた言語資源の提示－ ..... 37
    - 23 しゃべると空耳！？－発音動作と音声知覚の密接なつながり－ ..... 38
    - 24 人のふり見て我がふり直せるネズミたち－適応的的社会行動を支える神経基盤を探る－ ..... 39
    - 25 聞きたい音を聞く脳のメカニズムを探る－心理物理、計算モデル、脳機能計測によるアプローチ－ ..... 40
    - 26 「触れる感覚の物差し」としての言葉－触覚の質感とその音声表象－ ..... 41



講演スケジュール	
<p>● 6月7日 (木)</p> <p><b>所長講演</b> (13:00~13:30) ・Big data時代のコミュニケーション科学 上田 修功 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所 所長)</p> <p><b>招待講演</b> (14:00~14:50) ・繋がり/社会/政治-若者のコミュニケーション態勢と社会性 北田 暁大 (東京大学情報学環 准教授)</p> <p><b>研究講演</b> (16:00~16:30) ・心地よさと「やみつき」の神経科学 －動物の行動に情動の生物学的基盤を探る－ 廣中 直行 (人間情報研究部)</p>	<p>● 6月8日 (金)</p> <p><b>研究講演</b> (11:00~11:30) ・デジタルコンテンツ保存における標準化とその課題 －ISO/IECおよびその他の機関における標準化の取り組み－ 原田 登 (守谷特別研究室)</p> <p>(14:00~14:30) ・光から乱数をつくる －半導体レーザーカオスを利用した高速乱数生成－ 吉村 和之 (メディア情報研究部)</p> <p>(14:30~15:00) ・センサネットワークを通して見えてくる世界 －多数かつ多様なセンサから情報を収集・解釈・提示する技術－ 須山 敬之 (協創情報研究部)</p>

## Big data 時代のコミュニケーション科学

Communication science for big data era

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 所長

**上田 修功**

(うえだ なおのり)

近年、インターネット、ソーシャルメディア、さらには携帯情報端末の爆発的な普及により、想像を超えるスピードでデジタルデータが生産・蓄積されつつあります。まさに「ビッグデータ時代」の到来です。これら多種多様なデータをサイバー空間上の計算資源を利用して高度な解析を行い、その結果を実世界のシステムに働きかけ、高効率な社会システムの構築を目指すサイバーフィジカルシステムがビッグデータ時代における次世代ICTインフラです。

サイバーフィジカルシステムでは、単に情報通信技術が高度化されるだけでなく、だれでもがその高度な技術の利便性を享受でき、安心・安全で、かつ、それにより心が豊かになる情報通信社会が実現されることが大切です。そのためには、情報通信技術の研究だけではなく、人間科学、社会科学側面も含めた「コミュニケーション科学」の研究が重要と考えます。偶然にも、当研究所は、設立時に「コミュニケーション科学基礎研究所」と命名され現在に至っておりますが、ビッグデータ時代到来のこの機会に、当研究所が何に取り組み、どのような視点で研究を行うかを再考したいと思います。

ビッグデータの解析技術として、近年、機械学習技術が注目されています。膨大で多様なデータに対しては、単純な統計分析では不十分で、膨大な観測データからそれらの背後にあるモデル（データ生成メカニズム）を学習し、そのモデルを用いて

将来の出来事の予測に結びつける「学習」能力が重要です。その観点で機械学習技術が期待されているものと思われます。しかし、現在の機械学習技術の大半は、単一種類のデータ、もしくは何らかの形で紐づいた複数種類のデータを対象とした要素技術です。ビッグデータ時代では、独立に観測される多様なデータをうまく融合させて、単一種類のデータでは見えてこなかった新しい「価値創造を実現する技術」が必要です。

すなわち、サイバーフィジカルシステム構築においては、異種情報を融合させ、どのような新価値をデザインするかが極めて重要なのです。研究者も個々の要素技術の高度化に取り組むだけでは不十分で、「風が吹けば桶屋が儲かる」といった一見無関係な情報群から新価値創造のシナリオを具体化するデザイン能力も要求されます。また、情報の価値向上にともない、その情報に基づく社会活動が行われるため、情報通信の安全性の保障、さらにはプライバシーの保護も必須要件となります。これからは、情報分野に閉じた研究ではなく、情報通信技術を水平展開させ、国民生活に密接に関連する保健医療分野、食糧確保の観点で農業分野、さらには経済、行政分野についても技術貢献することが、我々情報通信研究者に求められています。

講演では、機械学習技術が各分野にどのように貢献できるかについてより詳しくご説明させていただきます。

## 繋がり／社会／政治 —若者のコミュニケーション態勢と社会性

Connection, the social, and the political;  
The mode of communication and the sociality of the youth



東京大学情報学環 准教授

**北田 暁大**

(きただ あきひろ)

(経歴)

1971 年生まれ。

東京大学文学部卒業、同大人文社会系研究科博士課程退学、東京大学社会情報研究所助手、筑波大学専任講師等を経て、現在東京大学情報学環准教授。博士（社会情報学）。

『広告の誕生』『広告都市・東京』『責任と正義』

『＜意味＞への抗い』などの著書がある。

## 心地よさと「やみつき」の神経科学 —動物の行動に情動の生物学的基盤を探る—

Neuroscience of liking and wanting  
Exploring biological foundations of human emotion in animal behavior

人間情報研究部 廣中 直行

### 快情動の起源を求めて

心地よさや楽しさ、嬉しさといった快情動は、日常生活のさまざまな場面で私たちの心を豊かに彩っています。これからは多くのものに「使って楽しい」、「面白い」という性質が求められる時代であり、「快」を研究する重要性が高まってきたと言えます。

人間の脳は何億年という脊椎動物の進化の歴史を内蔵しています。私たちの情動は起源の古い脳の構造から生まれるのです。心地よさも例外ではありません。したがって、情動については人間以外の動物の研究から重要な手がかりが得られます。しかし、動物には笑顔のようにはっきりした快情動の表出がありませんから、快情動の基礎研究は遅れていました。近年の神経科学の発展によって、ようやく光が当たるようになったところです。今回はその一端をご紹介します。なお、すべての動物実験は厳格な倫理審査を受け、動物の命を大切に、動物に苦痛を与えないように万全の配慮をして行っていることを申し添えます。

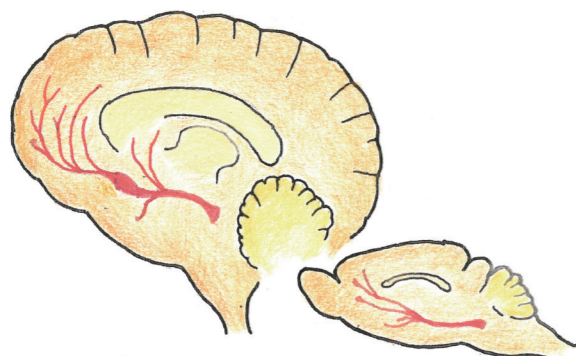


図1：ヒトとラットの報酬系（赤色の領域）

### 「好き」は記憶

動物は生きて行くために食物や繁殖相手を見つけて接近しなければなりません。接近を起こすような対象を「報酬」と言います。そして、脊椎動物の脳には、報酬が見つかったときに活動する神経系があります。それが中脳から大脳辺縁系に向かう神経で(図1)、「報酬系」と呼ばれています。私たちが感じる「心地よさ」は報酬系の活動の副産物です。なぜそんな副産物が必要なのかというと、報酬を獲得した経験をしっかり覚えるためです。そうすると次の機会に効率良く報酬を手にすることができます。ということは、報酬を得たときに経験した感覚情報と報酬系の活動を統合し、記憶として脳の中にたくわえるシステムがあるはずです。

私たちはネズミ(ラット)を使った実験で、記憶と関係の深い「海馬」から出ている規則正しいリズムを持った脳波( $\theta$ 波)がその鍵であることを見つけました。図2のように白い部屋と黒い部屋が繋がった箱を作り、どちらか一方の部屋で、報酬を得る体験をさせます。その後この中を自由に歩かせると、報酬体験をした部屋に体が寄って行

くのです。ところが、この体験の最中に海馬に微量の麻酔薬を入れて $\theta$ 波を止めると、体は寄って行きません。「ここは良い場所だった」という記憶ができないのです。また、体が寄って行くとき、つまり、記憶に基づいて脳の中で「良いことがあった場所にもう一度行ってみよう」という指令が出ているときにも $\theta$ 波が出ます。

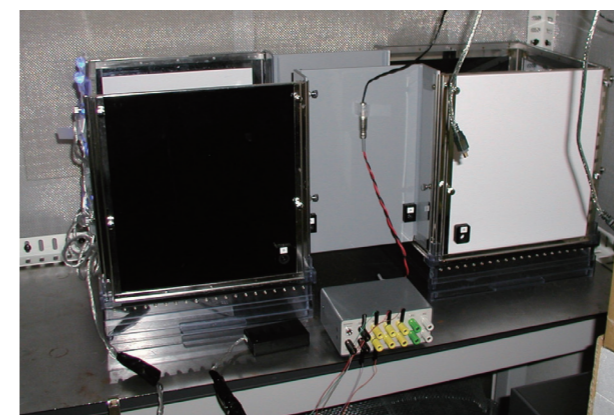


図2：選好行動実験装置

### 「好き」・「欲しい」・「やみつき」

好きなものは欲しくなると思いがちです。事実、どちらも報酬系の活動に関係しているのですが、近年の研究で「好き」と「欲しい」の違いがわかってきました。私たちは理化学研究所と共同で報酬系の調節機能が低下したマウスの行動を調べました。このマウスは、2種類の食べ物を並べて選ばせると、脂っこい食べ物を好みました。しかし、これらを1種類ずつ交互に与えると、脂っこい方はあまり食べなかったのです。つまり「好き」なものをいつも「欲しがる」とは限らないということです。脂っこいものは少量で十分な栄養になるか

らでしょう。「欲しい」は、「足りないものを満たす」気持ちから起こるのです。その気持ちは、何度でも同じことを繰り返す「やみつき」につながります。「やみつき」は報酬探索の原動力で、動物を生かす力として大事なものです。しかし、その力に歯止めがかからなくなると「依存症」という病気です。「やみつき」ではあっても困った状態にならないようにするためには？ 報酬系の働きを調節するメカニズムを詳しく研究することが大事です。

### 信号としての情動

どこでどのような報酬が得られるのか？ 群れを作って生活する動物は、その情報をひとりじめにはしません。何らかの方法で仲間に伝え、血縁をもつ一族が繁栄するように行動します。最近、動物の協力、協調、共感といったテーマの研究が飛躍的に増えてきました。しかし、こういう行動が見られるときに、お互いの間で何が信号になり、どういう情報がやりとりされているのかはまだよくわかっていません。私たちは、動物の持っている「報酬に関する情報を伝達する」神経機構が、「楽しい気持ちが伝わるコミュニケーション」の基礎であると考えて研究を進めています。

### 【参考文献】

- 1) 廣中直行・高野裕治・高橋伸彰・田中智子・板坂典郎・小泉美和子. 報酬探索の神経機構と快情動. 認知神経科学, 13: 96-102 (2011)
- 2) 帯木蓬生・村井俊哉・廣中直行・西村周三・谷岡一郎・船橋新太郎 『依存学ことはじめ』晃洋書房 (2011)



廣中 直行 (ひろなか なおゆき)

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 人間情報研究部 リサーチスペシャリスト。  
1984年、東京大学大学院人文科学研究科単位取得退学。博士(医学)。

(財)実験動物中央研究所研究員、理化学研究所脳科学総合研究センター研究員、(独)科学技術振興機構ERATO下條潜在脳機能プロジェクト研究員などを経て現職。専門は薬物依存の神経精神薬理学。

## デジタルコンテンツ保存における標準化とその課題

— ISO/IEC およびその他の機関における標準化の取り組み—

### Preservation of digital contents

Standardization activities and best practices for digital content preservation being discussed at ISO/IEC and other organizations

守谷特別研究室 原田 登

近年、様々な分野でアーカイブ、Preservation が検討され、あるいは実際に運用されています。例えば、図書館、美術館、博物館、映画・テレビ・ラジオ・音楽・医療などの各業界で用いられるコンテンツ・データのほか、行政資料、個人の写真・動画像・資料等をアーカイブ保存していく必要があります。また、編集中のドキュメントや作業中のプログラム等も、アーカイブにより管理される場合があります。

このようにアーカイブに関する要求が高まっているにもかかわらず、各運用主体に必ずしもアーカイブの専門家がない場合があります、また、専門家がいても自らの専門分野に特化された指針でアーカイブシステムの設計や運用がなされているために、分野をまたがった情報や資源の共有が非常に難しいという問題があります。同じアーカイブ・Preservation という単語を使って議論されているにもかかわらず、その意味する内容は各運用主体によって全く異なる場合が多いのが現状です。

本講演では、OAIS 参照モデルや MPEG-A アーカイブフォーマット PA-AF など、アーカイブのための標準化の動向を紹介し、いくつかの分野でのアーカイブ保存の現状、Preservation において標準化が果たすべき役割、およびその課題について考察します。

#### ・ OAIS 参照モデル (図1)

OAIS 参照モデルは、電子情報の長期保存に必要な概念を理解し適用するためのフレームワークです。ここで、“長期”とは、“技術の変化について考慮しなければならない程十分に長い期間”として定義されています。この参照モデルは、新規情報のアーカイブへの取り込みや記録保管方法、データの管理、利用・閲覧、配布など、情報のアーカイブ保存に関する広範囲な機能について述べており、OAIS 準拠のアーカイブ方法として満たすべき必要条件等を定義しています。

また、この標準は情報パッケージと呼ばれる概

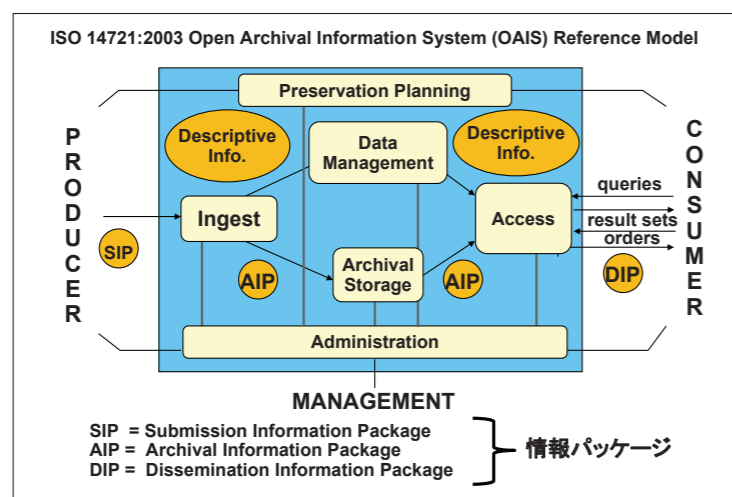


図1：OAIS 参照モデル

念を定義しています。情報パッケージは、新規情報の登録のための Submission Information Package (SIP)、保存に用いられる Archival Information Package (AIP)、配布に用いられる Dissemination Information Package (DIP) の3つに分類されます。この標準により概念定義の曖昧さが解消され、異なる分野でアーカイブに関して情報交換を行うことが容易になりました。

#### ・ MPEG-A アーカイブフォーマット PA-AF (図2)

MPEG-A アーカイブフォーマット PA-AF は、MPEG およびその他の標準を利用して特定の応用分野で利用可能なファイルフォーマットおよびメタデータ記述を定義する MPEG-A アプリケーションフォーマット標準シリーズの1つとして定義されています。

PA-AF は、複数のファイルを1つの情報パッケージとして保存するためのファイルフォーマット

ト国際標準であり、保存対象のファイルを、階層構造と文脈メタデータ情報とともに1つのファイルにアーカイブすることができます。この標準は OAIS 参照モデルに定義されている情報パッケージとして利用できます。

今後、上記のような標準を利用することで、分野をまたがった情報共有やシステム共有が容易になり、アーカイブシステムの設計や実装・維持管理に必要なコストが低減されることが期待されます。

#### 【参考文献】

- 1) ISO14721:2003, Space Data and Information Transfer Systems - Open Archival Information System - Reference model, ISO, 2003.
- 2) ISO/IEC 23000-6:2009, Information Technology - Multimedia Application Format (MPEG-A) - Part 6: Professional archival application format, ISO/IEC, April 2009.

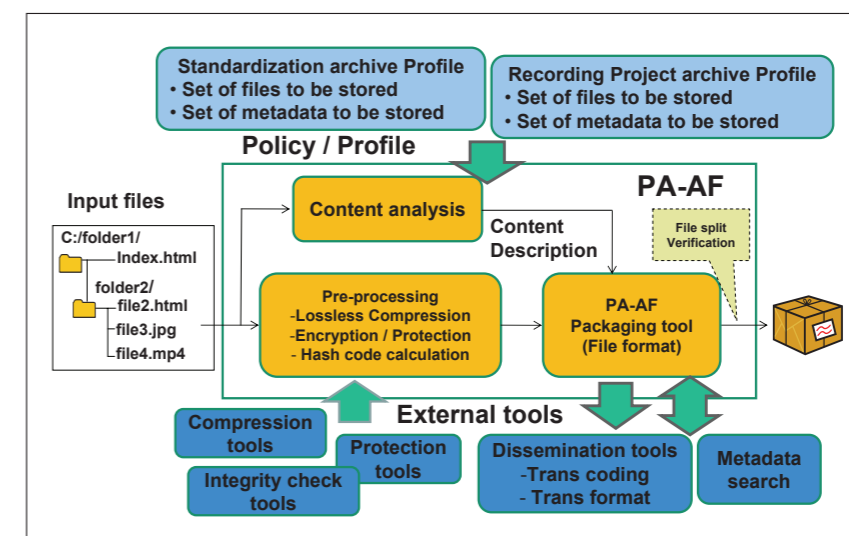
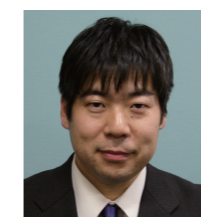


図2：MPEG-A アーカイブフォーマット PA-AF



原田 登 (はらだ のぼる)

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 守谷特別研究室 主任研究員。  
1997年、九州工業大学大学院情報工学研究科情報システム専攻終了。同年、日本電信電話株式会社入社。現在、NTT コミュニケーション科学基礎研究所において高効率音声音楽信号符号化の研究およびその標準化に従事。アーカイブ用フォーマットMPEG-A PA-AFの標準化では、MPEGアドホックグループ議長・エディタとして標準化の取りまとめを行った。

## 光から乱数をつくる

—半導体レーザーカオスを利用した高速乱数生成—

## Random number generation from light

Fast physical random number generation using chaos in semiconductor lasers

メディア情報研究部 吉村 和之

## なぜ乱数が必要なのか？

出現する値に規則性の無いランダムな数、もしくは、数列は、「乱数」と呼ばれます。さて、このような乱数に使い道はあるのでしょうか？ 実は、乱数は、我々の生活の身近な場面で使われています。例えば、各種ゲームで用いられるサイコロやルーレットの目、抽選の結果決まる宝くじの当選番号などは、身近な乱数の例です。また、科学技術計算や情報セキュリティ技術において不可欠な存在でもあります。物理学や工学では、乱数を利用するモンテカルロ法と呼ばれるコンピュータシミュレーション手法が広く利用されています。さらに、ネットワークで伝送される情報の漏洩や改ざんを防ぐために暗号や認証技術が使われていますが、これらにも乱数が利用されています。

乱数が備えるべき性質として、出現する値に統計的な偏りが無いこと（統計的均一性）、および、次の値を予測できないこと（予測不可能性）が挙げられます。特に、セキュリティ技術への利用に際して高い安全性を実現するためには、統計的均一性のみでは不十分であり、乱数が予測不可能性を備えていることが非常に重要です。一方で、いくつかのセキュリティ技術、例えば、秘密分散、次世代技術である量子鍵配送、我々のグループで研究を進めている相関乱数を利用した鍵配送などは大量の乱数を必要とします。そのため、乱数生成の方法には、高速に乱数生成できることも望まれます。

## 乱数の種類

乱数を生成する方法には、大別して2種類の方法があります。その一つは「擬似乱数」と呼ばれ、一定の算術式を用いた計算により数列を生成する方法です。シードと呼ばれる最初の値  $a_0$  を決めて、 $a_0$  から次の値  $a_1$  を計算し、さらに  $a_1$  から  $a_2$  を計算するというような手続きを繰り返して、一見ランダムな数列  $a_0, a_1, a_2, \dots$  を生成します。しかしながら、算術式に従って乱数列を計算するため、シードと算術式が判明してしまうと出力乱数を予測することが可能です。このため、擬似乱数は、セキュリティ用途において重要な予測不可能性を備えることができません。もう一つの方法は「物理乱数」と呼ばれ、ランダムに変化する物理現象を元に生成される乱数のことです。サイコロやルーレットによる乱数が典型的な例です。これら以外にも、電子回路の熱雑音や光量子効果を用いる方法が知られています。物理乱数は、概して生成速度が低いものの適切なランダム現象を利用することにより予測不可能性を実現できるという点で優れています。セキュリティ用途では、予測不可能が保証され、かつ、高速な物理乱数生成器を実現することが望まれています。



図1：戻り光のあるレーザー

## 半導体レーザーのカオスと乱数生成

通常の半導体レーザーは時間的に一定強度の光を出力します。一方、図1のように半導体レーザーにおいて出力光を反射鏡で再びレーザーに戻すと、本質的に不安定な状態となり、レーザーから出力される光の強度が時間的にランダムに変動することが知られています。この現象は戻り光レーザーカオスと呼ばれ、過去約30年間にわたり基礎的な研究が積み重ねられてきました。我々の研究グループでは、戻り光レーザーカオス現象がランダムであるのみならず、数ギガヘルツ（ギガヘルツは、毎秒10億回の振動）という高い周波数帯の振動成分を有する非常に高速な時間変動現象であることに着目し、この現象を利用した物理乱数生成の研究を進めています。ランダムに変動するレーザー出力光強度のアナログ信号を、0と1にデジタル化して2値乱数系列を高速に生成することができます。

2008年12月に、拓殖大学 内田研究室との共同研究により、戻り光を有する半導体レーザーにて毎秒1.7ギガビットの世界最高速の物理乱数生成レートを達成しました<sup>1)</sup>。2010年には、NTT フォトニクス研究所で培われた光集積回路技術を生かして、図1に示すような戻り光半導体レーザー系を1cm×0.3mmサイズにチップ化し、装置の大幅な小型化を実現しました<sup>2)</sup>。このチップは、図2に示すようなランダムな光強度信号を出力します。この信号をデジタル化することにより毎秒2.08ギガビットの乱数生成が可能となり

ます。さらに重要な点として、デジタル化によって得られるビット列の予測不可能性を示しました。講演では、生成ビット列が予測不可能である理由についても触れる予定です。

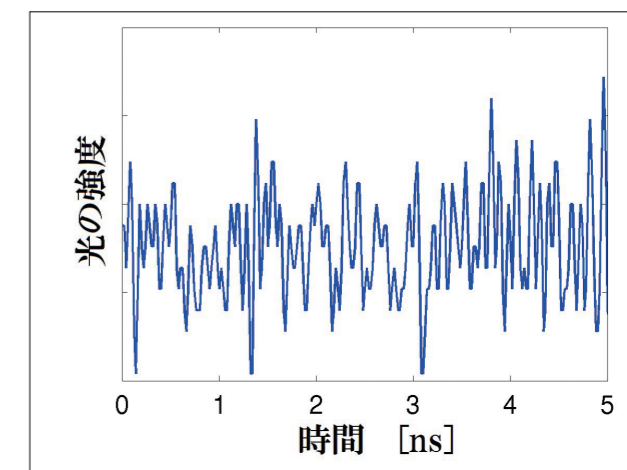


図2：戻り光レーザーの出力信号

## 今後の展開

装置の更なる高速化・小型化を目指すとともに、生成ビット列の予測不可能性を保証する理論をより精密に発展させる予定です。

## 【参考文献】

- 1) A. Uchida, K. Amano, M. Inoue, K. Hirano, S. Naito, H. Someya, I. Oowada, T. Karashige, M. Shiki, S. Yoshimori, K. Yoshimura, and P. Davis, "Fast physical bit generation with chaotic semiconductor lasers", *Nature Photonics* vol.2, pp.728-732 (2008).
- 2) T. Harayama, S. Sunada, K. Yoshimura, P. Davis, K. Tsuzuki, and A. Uchida, "Fast nondeterministic random-bit generation using on-chip chaos lasers", *Physical Review A* vol.83, 031803 (2011).



吉村 和之 (よしむら かずゆき)

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 メディア情報研究部 主幹研究員(特別研究員)。  
1997年、京都大学大学院工学研究科数理工学専攻博士課程修了。同年、日本電信電話株式会社 入社。博士(工学)。  
専門是非線形物理。現在は半導体レーザーの非線形ダイナミクスとその応用の研究に従事。

## センサネットワークを通して見えてくる世界 —多数かつ多様なセンサから情報を収集・解釈・提示する技術—

Real-world revealed through sensor networks  
Technologies for collecting, interpreting and presenting information from  
massive and heterogeneous sensor nodes

協創情報研究部 須山 敬之

今日、私達はたくさんのセンサに囲まれて生活しています。例えば、最近の携帯電話やゲーム機などでは入力デバイスやGPS等の位置情報の測定にセンサが使われていますし、天気予報の分野では各地で測定した気圧や温度情報などがネットワークで集められ、明日の天気を予報するための一つの情報として活用されています。

このようにセンサは様々な場面で利用されていますが、近年、半導体技術の進歩によるセンサの進化やセンサネットワーク技術の普及により、より簡単にセンサネットワークを利用することができるようになってきています。こうしたセンサネットワークの研究はセンサと無線通信機能を備えたセンサノードとそのネットワークを中心に進められています。

我々NTT コミュニケーション科学基礎研究所では、センサネットワーク上の情報処理の研究としてs-roomプロジェクトを進めてきました。s-roomプロジェクトは「実世界情報をコンテンツとし、人が利用しやすい情報にする」というコンセプトから始まりました。例えば実世界で起きた出来事をセンサで捉え、その現象を言語化することで、ネットを検索するように、実世界(例えば部屋の中)で起きた出来事を検索するシステムを開発しました。

この講演ではこれまでの研究成果を、センサから情報を「収集」すること、収集した情報を「解釈」すること、解釈情報を人に「提示」することの三つの観点で紹介致します。

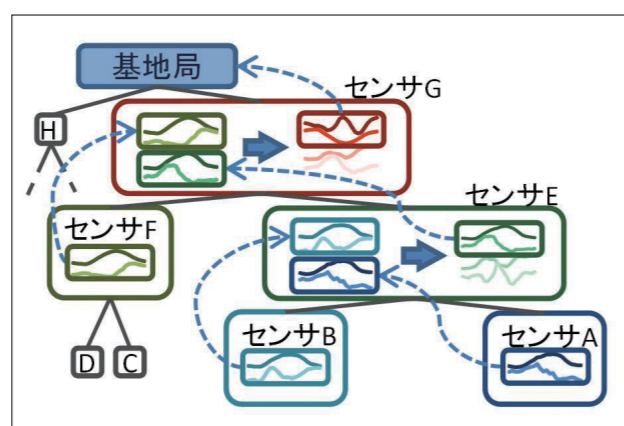


図1: 階層的センサネットワークにおける効率的な情報収集

### 多数のセンサから情報を「収集」

多数の無線センサノードから情報を収集し、実世界の状況を解析したり、状況に応じてサービスを提供するセンサネットワークを実現するためには、効率よくデータを収集する必要があります。図1は階層的なネットワーク構成となっているセンサノードが情報を圧縮しながら基地局に転送している様子を表しています。計算量と無線通信のデータ量の両方を減らすことにより、バッテリーの消費量が減り長時間効率よく計測し、より多くのセンサ情報を集めることができます<sup>1)</sup>。

### 集めた情報の「解釈」

センサから集められた情報を解釈し人間の行動を推定することができれば、例えばライフログ(日記)の自動作成や、遠くにすむ家族の見守り等のアプリケーションに応用できます。人の行動の多くは手を使って行われるということに着目し、人

の手首にセンサを取り付けるだけでその人がどのような行動を取ったかを推定できる技術を開発しました。図2は手首に取り付けるセンサデバイスのプロトタイプとセンサから得られた情報から行動を推定している概念図です<sup>2)</sup>。

### 解釈したセンサ情報の「提示」

最終的には集められたり、解釈されたセンサ情報は利用者に提示されます。ここでは物に付けられたセンサからの情報を自動的にブログに投稿することで情報提示の研究を行っています。物がブログに投稿するという擬人化を行うことでより分かりやすく自然に情報提供を行うことができます。

### 今後の展開

このように多くのセンサや様々な種類のセンサデータを収集し解釈することで人に様々な情報を

提供することができるようになります。しかし現状ではまだ全てのセンサ情報を統合して、利用者に役に立つ情報を提供できる状況には至っておらず、まだ研究開発を行わなければならない要素が多く残されています。また集めてきた情報をどのように取り扱うべきかといった個人情報・セキュリティの問題もあります。今後は現在の研究をより進めていくことで、人に分かりやすく使いやすいセンサネットワーク技術の実現を目指します。

### 【参考文献】

- 1) 岸野泰恵, 櫻井保志, 亀井剛次, 前川卓也, 柳沢豊, 岡留剛: 階層的センサネットワークのための効率的なデータ収集手法, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.3, No.4, pp.82-93, (Dec. 2010)
- 2) T. Maekawa, Y. Kishino, Y. Sakurai, and T. Suyama: Recognizing the Use of Portable Electrical Devices with Hand-worn Magnetic Sensors, Proc. of International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2011), pp. 276-293

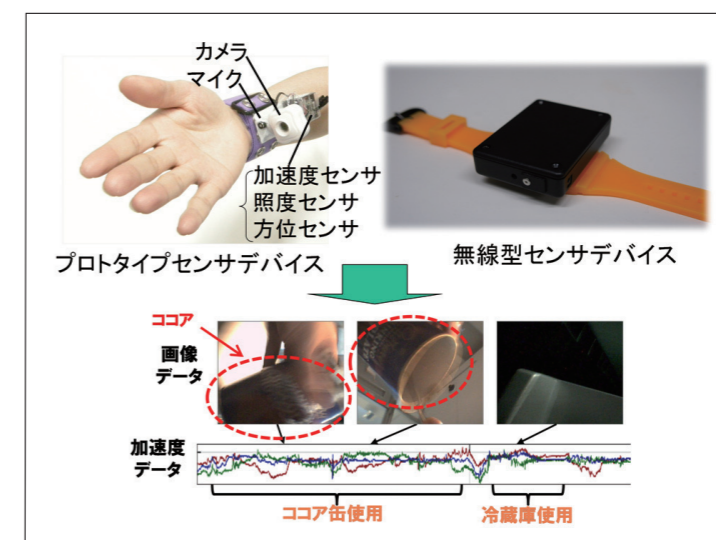


図2: 手首装着型センサによる人の行動推定



須山 敬之 (すやま たかゆき)

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 協創情報研究部 主幹研究員。  
1990年、大阪大学工学部電子制御機械工学科卒業。1992年、大阪大学大学院工学研究科修士課程修了。同年、日本電信電話株式会社入社。博士(情報学)。  
ユビキタスコンピューティング、センサネットワークに関する研究に従事。IEEE会員。





## 各研究展示の分類

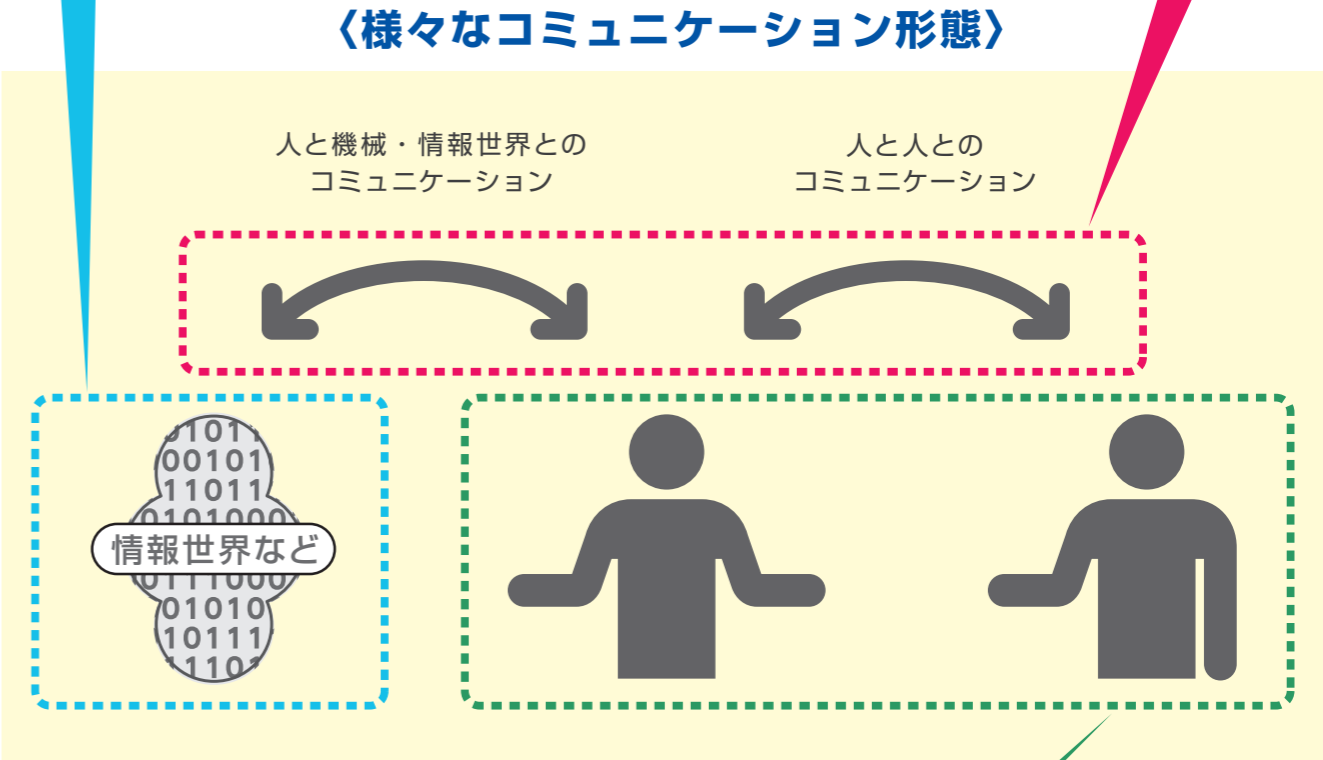
当研究所では、人間と情報の深い理解に基づくコミュニケーションの実現を目指した革新的な技術や原理の研究を行っています。  
 今回は、26の研究成果を「コミュニケーションの構成要素」に対応付けた3つのカテゴリに分類し、展示します。

**インフォメーション サイエンス**  
 ~情報世界をより賢く、安全に、効率的に~

多くのデータから効率的に情報を取り出し、臨場感のある通信を安全・便利に行いたい。こうしたニーズに賢く応えることを目指す技術の研究成果です。

**インタフェース サイエンス**  
 ~コミュニケーション環境を便利で快適に~

人と人、人と機械、あるいは人と情報世界のコミュニケーションを支えるインタフェースに関わる革新的技術や原理に関する研究成果です。



**ライフ サイエンス**  
 ~生活をより豊かに、健やかに~

コミュニケーションの主体である人間を突き詰めて検討した研究成果です。情報通信だけでなく、教育や医療等、私達の身近な課題の解決や、生活を豊かにする術にまで貢献することが期待されます。

## 測れない光で秘密ができる

～レーザの相関ランダム現象を利用した秘密鍵配送～

## どんな研究？

二人の正規ユーザ間で、盗聴者には推測できない秘密鍵を共有する方式の研究です。提案方式では、高速に変化するランダム光の完全測定が難しいことを利用します。共通ランダム光注入により同期するレーザを用いて実装されます。情報理論とレーザ物理の融合により実現できました。

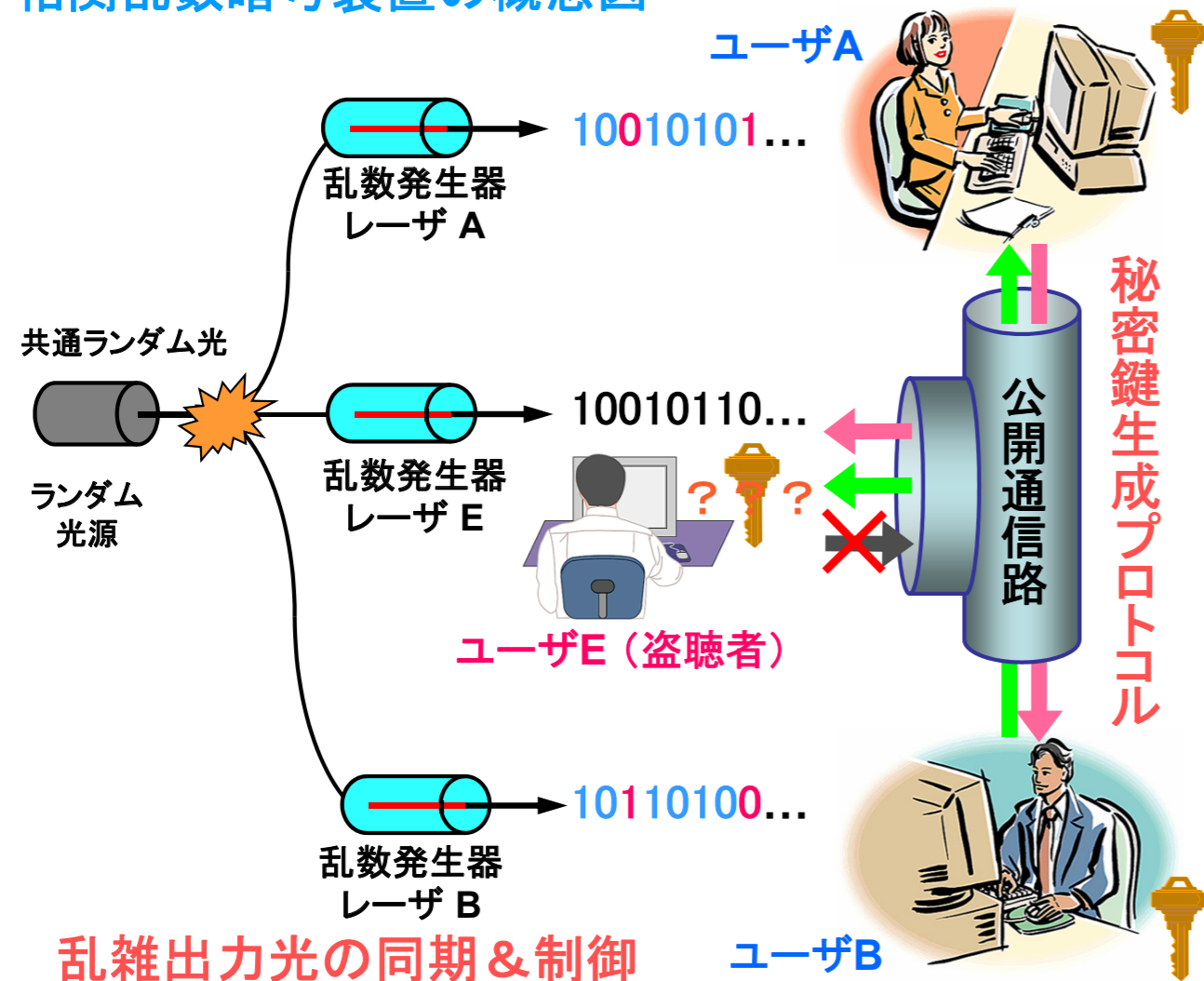
## どこが凄い？

公開鍵暗号は盗聴者の計算能力の限界を仮定しているため、暗号文が記録されれば将来に解読されてしまうかもしれません。また量子暗号では非常に弱い光を利用するため、長距離伝送には不向きでした。提案技術は、盗聴者の計算能力によらない安全性と長距離伝送を実現します。

## どんな風に役立つ？

- ・将来に解読される心配のないセキュア通信
- ・大陸を結び、大陸を横断する長距離セキュア通信
- ・既存の光ファイバ網をそのまま利用できるセキュア通信

## 相関乱数暗号装置の概念図



## 関連文献

- [1] J. Muramatsu, K. Yoshimura, and P. Davis, "Information theoretic security based on bounded observability," Lecture Notes on Computer Science (LNCS), vol. 5973, pp. 128-139, Springer, 2010.  
 [2] K. Yoshimura, J. Muramatsu, P. Davis, T. Harayama, H. Okumura, S. Morikatsu, H. Aida, and A. Uchida, "Secure key distribution using randomness in lasers driven by common random light," Physical Review Letters, vol. 108, 070602, Feb. 2012.

## 連絡先

村松純 (Jun Muramatsu) メディア情報研究部 信号処理研究グループ

## コンピュータが安全性を保障！究極の暗号

～フォーマルメソッドを用いた量子暗号の安全性証明～

## どんな研究？

暗号の安全性は、通信における要です。従来、暗号の安全性は手作業により証明されてきましたが、プロトコルの複雑化に伴い、コンピュータを用いた証明が主流になりつつあります。この展示では、私たちが行った、コンピュータによる量子暗号の安全性証明を紹介いたします。

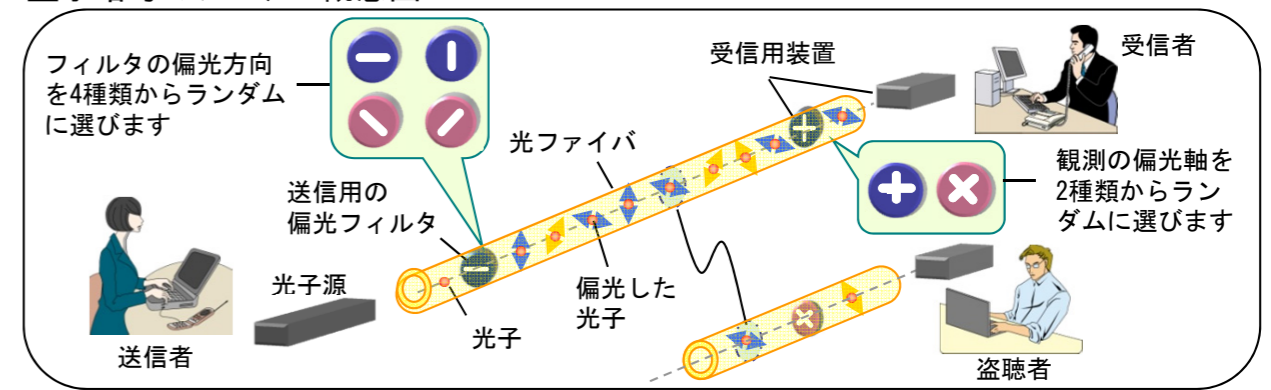
## どこが凄い？

量子暗号は、光子（光の粒子）の一つ一つに情報を載せて通信するプロトコルで、量子力学を使って記述されています。私たちは、量子暗号の安全性を、フォーマルメソッドで用いられる項書き換えの理論を応用し、世界で初めてコンピュータで証明する枠組みを提案しました。

## どんな風に役立つ？

量子暗号は盗聴者への情報漏洩をゼロにできる画期的な暗号です。本研究で、このことをコンピュータにより厳密に証明したことにより、量子暗号を安全性が極めて高い究極の暗号としてアピールできます。

## 1. 量子暗号のシステム概念図



送受信者間でランダムに選んだフィルタの向きと受信結果を照合し、一致率が高い場合、安全な秘密鍵が生成できます。情報を盗むために盗聴者が光子を観測すると、光子の状態が壊れ、盗聴が発覚します。

## 2. 量子暗号をプログラミング言語で表現

コンピュータで扱えるようにするために、量子暗号を量子プログラミング言語で表現します。

```

送信者: Rnd(da[1..'(4+d)n]);
送信者: for i := 1 to '(4+d)n do qb[i] := da[i]; end
送信者: Rnd(ba[1..'(4+d)n]);
送信者: for i := 1 to '(4+d)n do if ba[i] then qb[i] *= H; end
盗聴者: Eve_Attack(ke[], qe[], qb[]);
受信者: Rnd(bb[1..'(4+d)n]);
...

```

## 3. 項書き換え規則を用いて量子暗号を単純化／安全性証明

フォーマルメソッドで用いられる項書き換えの理論を用いて、安全性に関する等価性を保ちながら量子暗号を単純化し、得られた暗号の安全性をコンピュータで証明します。例えば「ランダムなキュービットを得るためには、エンタングル状態の片方を観測すればよい」という項書き換え規則は以下のように表現されます。

```

Rnd(da[i]);
qb[i]:=da[i];
書き換え
qbit qa[i];
EPR(qa[i], qb[i]);
da[i] := measure qa[i];
discard qa[i];

```

## 関連文献

- [1] Takahiro Kubota, Yoshihiko Kakutani, Go Kato and Yasuhito Kawano, "A formal approach to unconditional security proofs for quantum key distribution," The Proceedings of the 10th International Conference on Unconventional Computation, LNCS Volume 6714, pp. 125-137, 2011.

## 連絡先

河野泰人 (Yasuhito Kawano) 協創情報研究部 情報基礎理論研究グループ

# 法律はあなたのプライバシーを守ってくれるか？

～プライバシーの数理的定式化と法律への適用～

### どんな研究？

日本における法的なプライバシー権侵害の問題は、1960年代に示された判例にもとづいて処理されています。しかし高度情報通信社会では、この判例でうまく処理できない問題も起こりつつあります。数理的なアプローチで、これを解決するための研究を紹介します。

### どこが凄い？

プライバシー概念を数理的に厳密に定式化し、これとプライバシー権侵害による不法行為の成立要件と比較検討することで、法学者が従来指摘しなかった、同定可能性要件がかかえる問題を見出しました。また、これに代わる要件として、自己情報性を提案しました。

### どんな風に役立つ？

高度情報通信社会において私達のプライバシーを守るための、合理的なプライバシー概念を定式化するのに役立ちます。たとえば、生体センサーや街頭監視カメラなどがいたるところにある現代社会で、プライバシー概念を明確化し、将来の法令化につながります。

## 法的プライバシー (従来の社会通念)

最重要判例: 「宴のあと」事件判決

プライバシー権侵害による不法行為の成立要件

- 故意または過失
- 私事性
- 非公知性
- 公開性
- 感情侵害性
- 同定可能性

匿名性の否定(≒同定可能性)がプライバシー権侵害の前提

## 高度情報通信社会がもたらす、新たなプライバシー権侵害

ある人の属性情報が集積(バイOMETリック情報の収集、街頭カメラやセンサネットワークによる行動監視、インターネット上での仮名の名寄せ、など)

その人を同定することなく、属性情報を介してはたらきかけが可能(襲撃、誹謗中傷、など)

匿名性が保たれていても、**プライバシー権侵害**が起こり得る!

## 数理的プライバシーにもとづく新たな要件: 自己情報性

同定可能性: 他人から見て、公開された情報から当該個人が分かるかどうか

自己情報性: (他人からどう見えるかにかかわらず)それが自己に関することがらかどうか

→ **プライバシー概念の明確化、法令化**

## 数理的プライバシー (新たなとらえ方)

iさんがaという属性を持つ事実( $\theta(i, a)$ )に関する情報を、観測者jから隠す。

$$\text{プライバシー: 属性 } a \text{ を隠す}$$

$$\theta(i, a) \rightarrow \bigwedge_{a' \in A} P_j[\theta(i, a')]$$

⇔ 対称的(双対)

$$\text{匿名性: 個人 } i \text{ を隠す}$$

$$\theta(i, a) \rightarrow \bigwedge_{i' \in I} P_j[\theta(i', a)]$$

匿名性とプライバシーは互いに独立な概念(一般には、含意の関係はない)

### 関連文献

- [1] 真野健, "プライバシー侵害に係る定義の検討における数理的表現方法の利用 - 同定可能性の問題を中心として -", 情報ネットワークレビュー, Vol. 9, No. 2, pp.54-66, 2010
- [2] 真野健, "匿名性とプライバシーのためのフォーマルメソッド", 情報処理, Vol. 49, No.5, pp. 530-536, 2008

### 連絡先

真野健 (Ken Mano) 協創情報研究部 情報基礎理論研究グループ

# 類題から賢く学べます

～頑健な半教師あり学習法と自然言語処理への応用～

### どんな研究？

機械学習に基づく自動分類の性能は、学習に用いる正解ラベル付きデータの量と質に依存します。この展示では、正解ラベルが付いていないが分類対象と統計的特徴が類似するデータを同時に利用することで、分類性能を向上させる半教師あり学習法を紹介します。

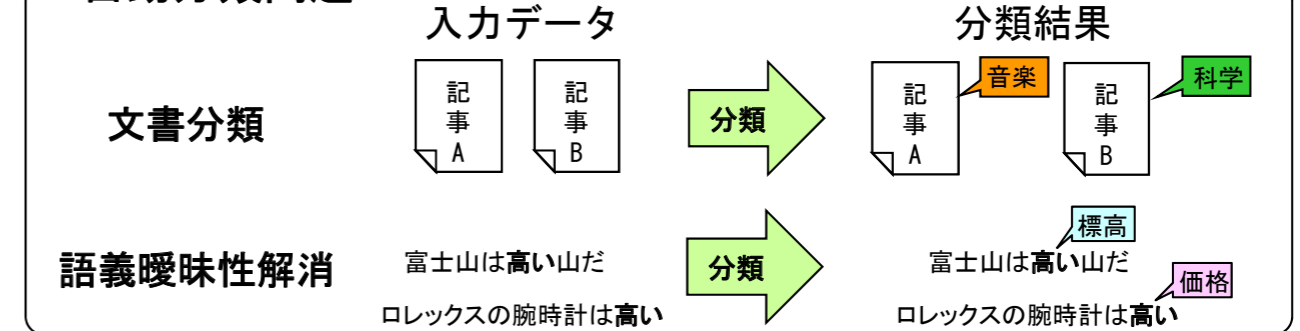
### どこが凄い？

大量の学習用データがないと、入力データがとり得るすべての領域をカバーできない問題に効果的な手法です。正解ラベル付きデータが分類対象に対して統計的に偏っている場合でも、この手法を用いることで従来法よりも分類精度を向上させることが期待できます。

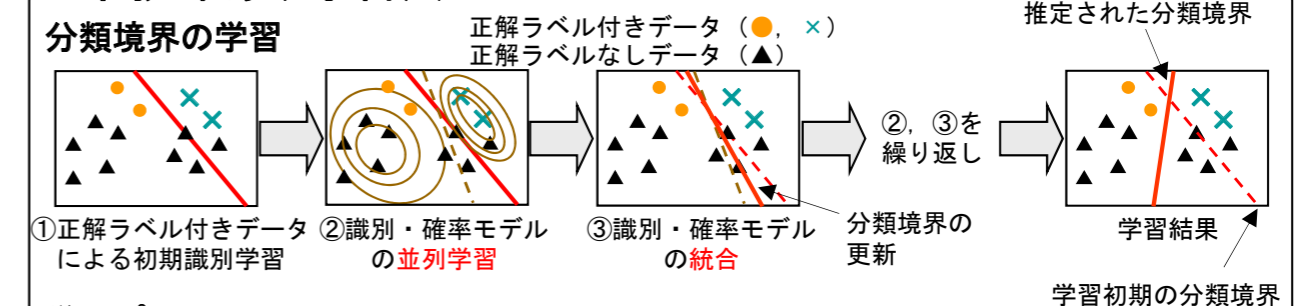
### どんな風に役立つ？

この手法は、例えば、正解ラベルが付けられた十年前の新聞記事をもとに大量の最新の新聞記事を自動分類するのに利用できます。また、各単語の全語義に対して十分な量の正解ラベル付きデータを準備するのが難しい語義曖昧性解消の問題にも有用な手法です。

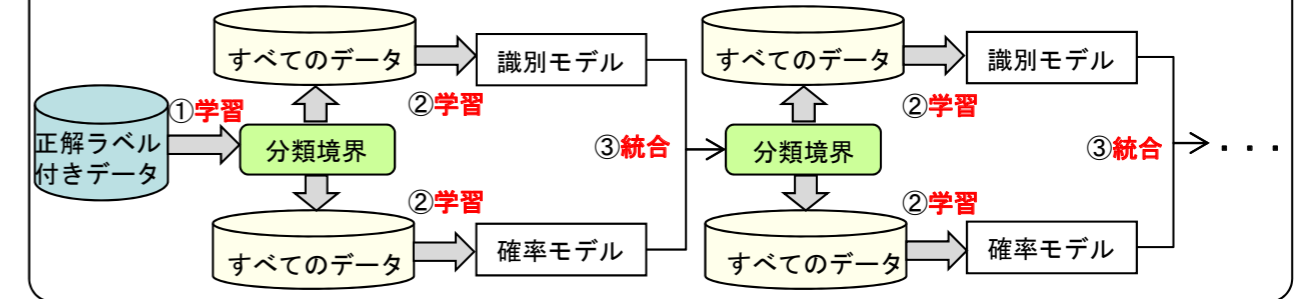
## 自動分類問題



## 半教師あり学習法



### 学習プロセス



### 関連文献

- [1] A. Fujino, N. Ueda, and M. Nagata, "A robust semi-supervised classification method for transfer learning," Proc. of the 19th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 2010), 379-388, 2010.
- [2] S. Fujita and A. Fujino, "Word sense disambiguation by combining labeled data expansion and semi-supervised learning method," Proc. of the 5th International Joint Conference on Natural Language Processing (IJCNLP-2011), 676-685, 2011.

### 連絡先

藤野昭典 (Akinori Fujino) 協創情報研究部 言語知能研究グループ

# データのキモ、見つけます ～特徴的な構造を抽出するデータマイニング技術～

### どんな研究?

近年のビッグデータ解析を語るうえで、統計的なデータマイニング手法の存在は無視できません。この展示では、統計的機械学習技術により、データに潜むパターンや関係性の中心となるコミュニティなど、少数の特別な要素の関係としてデータを構造化・説明する技術を紹介いたします。

### どこが凄い?

事前に人手によるルール設定なしで、統計的機械学習手法により自動的に複雑なデータを少数の重要な要素に分解して、ユーザーに分かり易い構造を抽出します。更に、必要なパターン数をデータの内容に合わせて推定したり、データの理解に不要なノイズ情報に惑わされない手法を開発しました。

### どんな風に役立つ?

人手による解析が困難な大量・大規模なデータ解析に利用することが出来ます。例えば顧客とアイテムの購買履歴から顧客のグループと好みの商品群を推定する、社内のメール履歴やツイートの履歴から社員の派閥や仲良しユーザーのコミュニティなどを抽出するなどが可能になります。

## 統計的機械学習による自動的なデータ構造解析

$$p(M|X) \propto p(X|M)p(M)$$

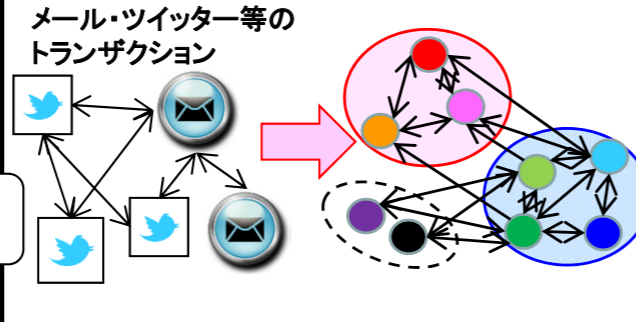
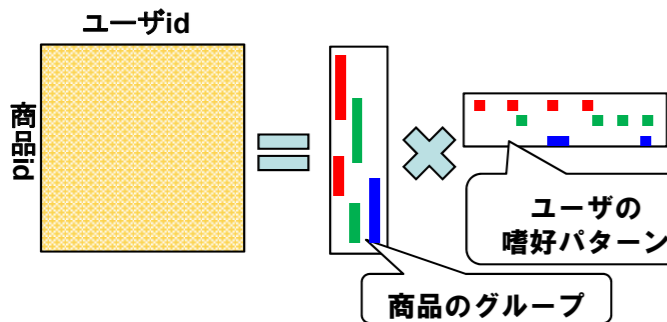
マイニングした構造の評価

データ適合度

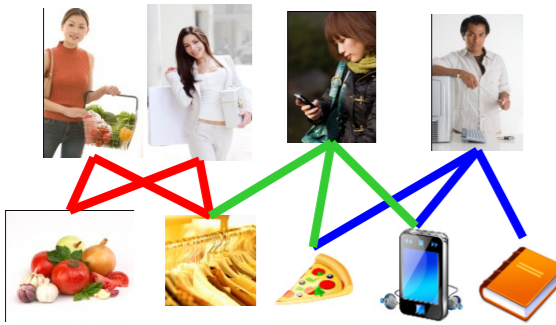
構造の“モデル”

### Matrix Factorization, トピックモデル: 「このパターンだと、この反応」

### 無限関係モデル: オブジェクトの「つながり・かたまり」



### 顧客グループと好みの商品群の同時推定



### 仲良しグループ等の関係コミュニティ抽出



### 関連文献

- [1] K. Ishiguro, N. Ueda and H. Sawada, "Subset Infinite Relational Models," Proc. AISTATS, 2012.
- [2] K. Ishiguro, T. Iwata, N. Ueda and J. Tenenbaum, "Dynamic Infinite Relational Model for Time-varying Relational Data Analysis", Proc. NIPS, 2010.
- [3] T. Iwata, T. Yamada, Y. Sakurai and N. Ueda, "Online Multiscale Dynamic Topic Models," Proc. KDD, 2010.

### 連絡先

石黒勝彦 (Katsuhiko Ishiguro) 協創情報研究部 知能創発環境研究グループ

# よく似たデータを瞬時に発見 ～近傍グラフを用いた高速類似探索～

### どんな研究?

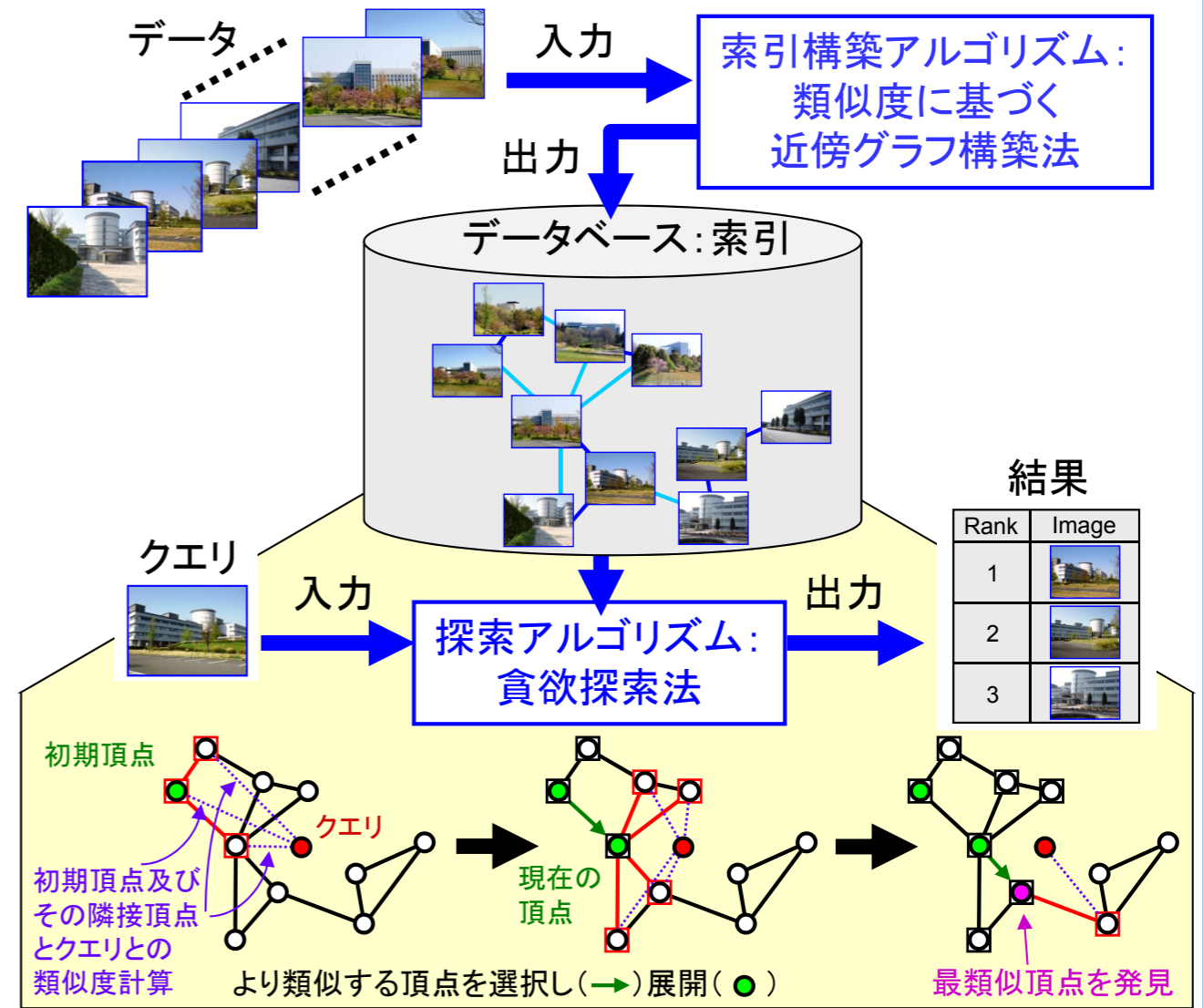
多様で大規模なデータから、似ているデータを瞬時に見つけることは困難な問題です。この展示では、文書、画像、音声のような様々な大規模データから、与えたデータに類似するものを高速に発見する技術を、データの構造化と探索法とに焦点を絞り、紹介します。

### どこが凄い?

データから構築した近傍グラフを索引とし、このグラフに貪欲探索法を適用した提案法は、高速、精度保証可能、多様なデータに適用可能、結果の可視化という特徴を有する方法です。100万文書データに、90%の成功率を設定した場合、僅か0.05%の500文書との類似比較で最類似文書を発見します。

### どんな風に役立つ?

複数種類のデータ（文書、画像、音声音響信号、記号列など）を組み合わせたマルチメディア・データや使用する方が自分で設定した類似度を利用した探索が可能になります。その他にも、データマイニング、パターン認識など様々な分野への波及効果が期待できます。



### 関連文献

- [1] K. Aoyama, S. Watanabe, H. Sawada, Y. Minami, N. Ueda, and K. Saito, "Fast similarity search on a large speech data set with neighborhood graph indexing," ICASSP2010
- [2] K. Aoyama, K. Saito, H. Sawada, and N. Ueda, "Fast approximate similarity search based on degree-reduced neighborhood graphs," KDD2011

### 連絡先

青山一生 (Kazuo Aoyama) 協創情報研究部 知能創発環境研究グループ

## 生放送でも即座に特定

～追加型特徴DBによるリアルタイムメディア探索技術～

## どんな研究？

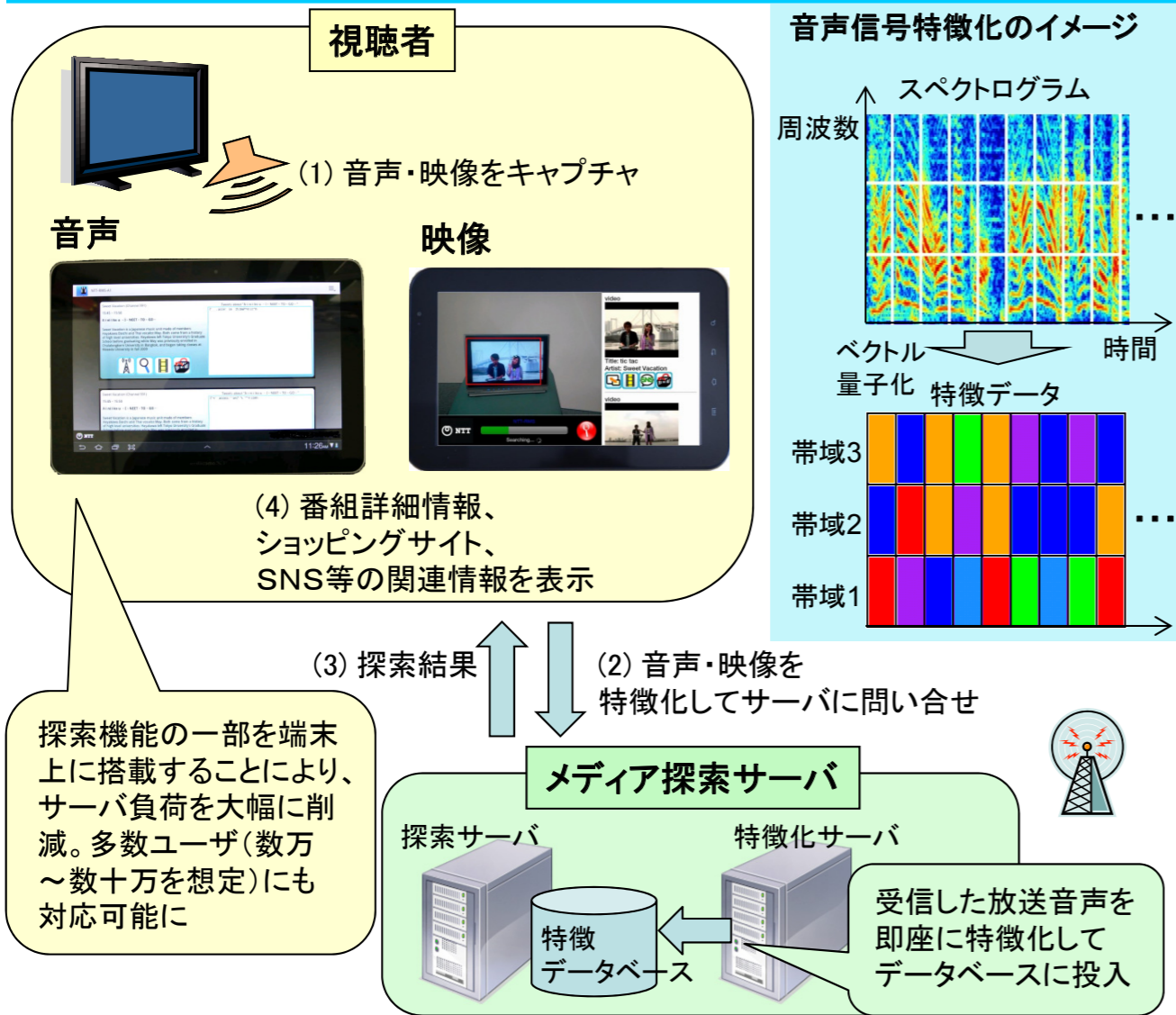
マイクやカメラで取得した音や映像の断片を、あらかじめ登録したコンテンツと高速に照合することで、それが何であるかを特定する技術です。照合には音や映像から抽出した特徴データを用いるため、コンテンツ自体に情報を埋め込んでおく必要はありません。

## どこが凄い？

これまでは、事前に準備されたコンテンツを番組や楽曲等の単位でデータベースに登録していましたが、追加型特徴DBにより、生放送やライブコンテンツでもその場で登録・探索ができるようになりました。また、探索機能の一部を端末上に搭載し、ユーザ数の増加にも対応可能になりました。

## どんな風に役立つ？

テレビを見ながら隣にスマートフォンを置いておくと、番組やCMの音に反応して自動的に関連する情報が提示されたり、関連サイトに誘導されるなど、放送とインターネットとを連携させた、タイムリーな情報を提供するサービスに応用できます。



## 関連文献

- [1] R. Mukai, T. Kurozumi, T. Kawanishi, H. Nagano, and K. Kashino, "NTT Communication Science Laboratories at TRECVID 2011 Content-Based Copy Detection," TRECVID 2011 Notebook Papers, pp.293-298, 2011.  
 [2] NTTデータ報道発表, "スマートフォンを用いた、テレビ放送とインターネットのコンテンツ連動サービスを提供," 2012年3月28日. <http://www.nttdata.co.jp/release/2012/032800.html>

## 連絡先

向井良 (Ryo Mukai) メディア情報研究部 メディア認識研究グループ

## ノイズな世界を見守る

～センシングと符号化の協同現象と大偏差原理～

## どんな研究？

次世代のインターネットには信頼性の低い計測機器も多数接続されるようになり、限られた通信資源による情報の集約が重要になります。この展示では、データ圧縮を駆使することで、計測ノイズにロバストで省資源性にも優れた符号化の原理を提唱します。

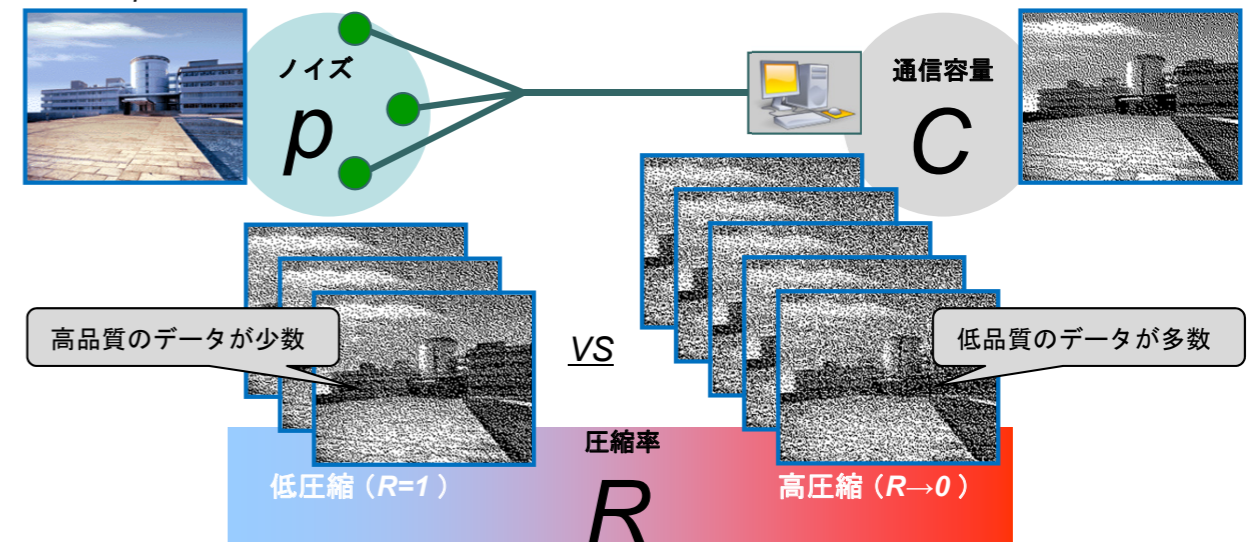
## どこが凄い？

システム全体で許容できる通信容量が有限だと仮定し、集約されるデータが個別に圧縮できるモデルを分析しました。すると、センシングによる情報推定の精度が最高になるデータの圧縮率の値が、ノイズの大きさに対して不連続に変化することが発見されました。

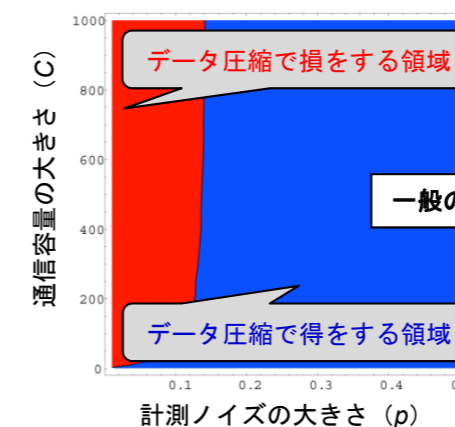
## どんな風に役立つ？

この研究では、集約する情報の品質に見合った資源の最適配分を主張しています。例えば、通信コストに比較して計測機器の製造・稼働コストが小さく、劣悪な条件下での調査を余儀なくされる環境センシングの分野等で有効な処方箋を提供しています。

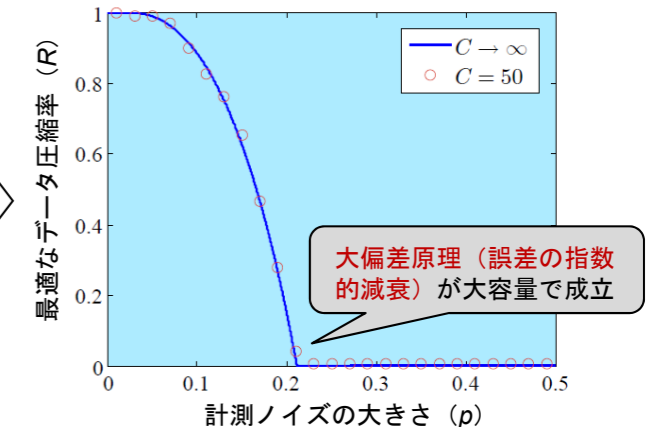
■ノイズ ( $p$ ) と通信容量 ( $C$ ) の大きさが同じ条件で、データの圧縮率 ( $R$ ) を変化させてみる。



■データ圧縮 ( $R \rightarrow 0$ ) することで情報をより正確に復元できる領域がある。



■容量無限大の極限では、最適圧縮率の値は計測ノイズの大きさに対して不連続に変化している。



## 関連文献

- [1] T. Murayama, P. Davis, "Universal behavior in large-scale aggregation of independent noisy observations," EPL, 87 (2009) 48003

## 連絡先

村山立人 (Tatsuto Murayama) メディア情報研究部 メディア認識研究グループ

## 複数のカメラで物の色と形を正確に記録・再現

～2眼ステレオ式6バンド映像システムによるリアルタイム色再現～

### どんな研究?

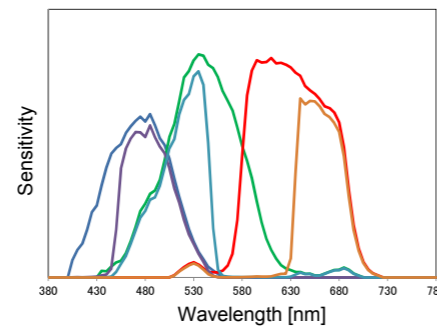
一般的に物体の色は、赤・緑・青 (RGB) の3原色で記録・表現されていますが、自然界や身の回りには3原色では正確に記録できない被写体も多く存在します。この問題を解決するため、我々は色を4色以上 (マルチバンド) で記録し正確に再現する技術の研究開発を進めています。

### どこが凄い?

これまでにも様々なマルチバンド画像システムは開発されていますが、動いている被写体や動画の撮影が困難でした。我々は立体映像の撮影に用いられているステレオカメラ・システムを応用した新しいマルチバンドカメラシステムを世界で初めて開発し、30fpsで撮影から色再現処理までを実現しました。

### どんな風に役立つ?

撮影しながらその場で正確な色の映像を確認することができ、またステレオ情報を利用しての立体映像表示・3D-CGの生成も可能です。この技術は、ファッションショー等のイベント配信、医療画像への応用、文化財・伝統芸能のデジタルアーカイブ等の分野への応用が期待されています。



撮影システムの外観とカメラの分光感度

片側のカメラレンズの前に特殊なカラーフィルタを装着することで左右のカメラの分光感度を異なるものにし6バンドでの色情報を記録しています

### 【処理の流れ】

- ① ステレオ画像間での対応点探索
- ② 対応点検出結果を用いて画像変形を行い6バンド画像を生成 (視差の無い2枚の3バンド画像を生成)
- ③ 6バンド画像から分光反射率 (スペクトル反射率) を推定
- ④ 照明環境・表示装置の特性に合わせたRGB画像を生成

以上の処理をGPU上に実装し、XGA (1024 x 768pixel) サイズで30fpsの処理速度を達成しました。  
※SXGA (1280x1024pixel) では15fps



色再現結果の例  
リアルタイムで色再現結果を確認できます

### 【その他の6バンド映像システムの特徴】

- ・ Adobe RGBよりも広い色域 (鮮やかな色) が記録可能
- ・ 撮影時とは異なる任意の照明光下での色も再現可能
- ・ 市販のデジタルカメラが利用可能なため導入が比較的容易 (注: RAW画像出力が必要)

< 3原色では色再現が難しい色 >  
金色、蛍光色、あずき色、よもぎ色、など

### 関連文献

- [1] M. Tsuchida, T. Takahashi, K. Ito, T. Kawanishi, J. Yamato, T. Aoki, "A stereo one-shot multi-band camera system for accurate color reproduction," Proc. ACM SIGGRAPH, Poster, 2010
- [2] 土田勝, 酒井修二, 伊藤康一, 川西隆仁, 柏野邦夫, 大和淳司, 青木孝文, "ステレオ式ワンショット型6バンド画像撮影システムによる3D物体の正確な色再現," MIRU2011. IS3-31

### 連絡先

土田勝 (Masaru Tsuchida) メディア情報研究部 メディア認識研究グループ

## 多数のセンサがあなたにあわせて情報を集めます

～センサネットワークの動的な動作変更技術～

### どんな研究?

多数のセンサで部屋の様子をきめ細かくセンシングした結果を可視化します。センサの数が多い状況ではセンサノードの設置やセンサノードのプログラム変更が困難ですが、この展示では可視化と共に多くのセンサノードの運用を容易にするための技術を紹介しします。

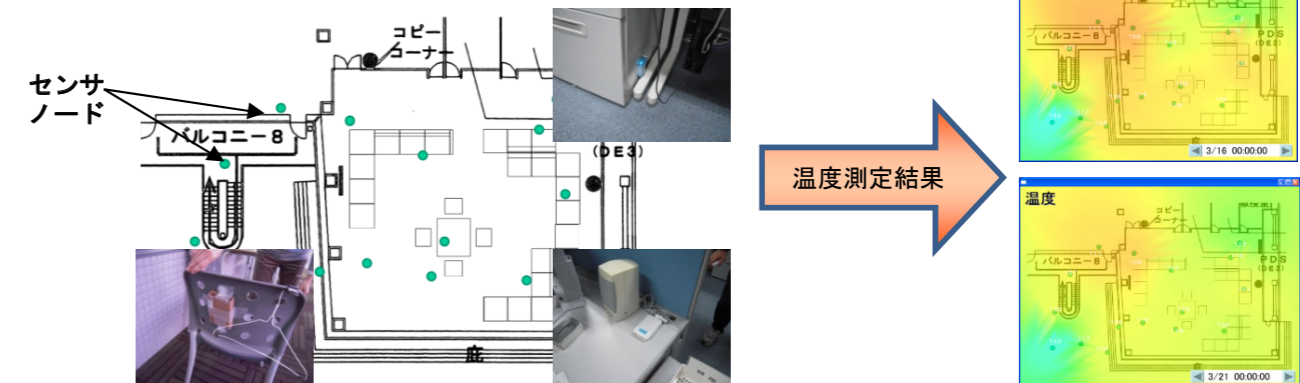
### どこが凄い?

数多くの無線センサノードの運用を容易に行うことができます。新たに開発したセンサノード用の仮想マシンにより、使用者がセンサノードの動作を変更したい時にもセンサノードを手元に回収することなく、センサノード上のプログラムを更新することができます。

### どんな風に役立つ?

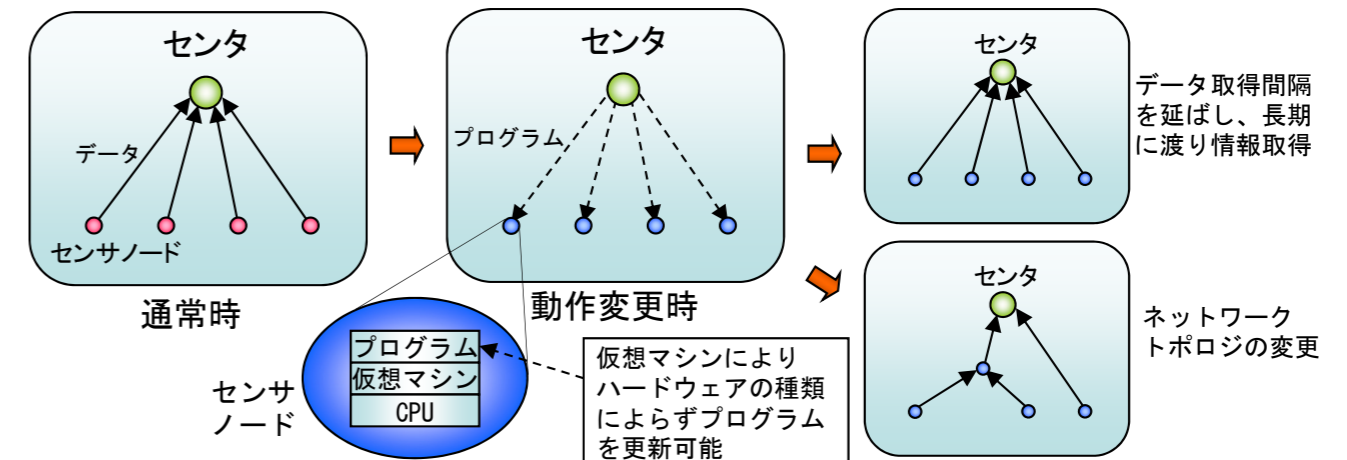
多くのセンサノードを環境に配置することで、これまで行うことが難しかった部屋の細かい温度分布などを簡単に測定することができるようになります。またセンサノードのプログラムを変更することで、使用者の要望にあわせてセンサ情報を収集し、分析することができるようになります。

### センサノードを多く配置することで詳細な状況を可視化 また新たなセンサノードの設置や撤去も容易



### センサノードの動作を複数の言語で記述でき、またワイヤレスで変更可能

通常、センサノードのプログラムは独自の言語かJavaを使用しているため、別のプラットフォーム(CPU)上で動作させるためにはプログラムを書き直す必要がある場合が多い。新たに開発した仮想マシンは共通中間言語(Common Intermediate Language, CIL)に準拠しているため、複数の言語(C++, C#等)でプログラム可能、また別のプラットフォームでも動作させることができる。



### 関連文献

- [1] 岸野泰恵, 柳沢豊, 寺田努(神戸大), 塚本昌彦(神戸大), 須山敬之, "小型無線デバイスのためのプログラム配布機能を備えたCIL仮想マシン" マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2010), pp1486 - 1494 (July, 2010)
- [2] Yasue Kishino, Yutaka Yanagisawa, Tsutomu Terada(Kobe Univ.), Masahiko Tsukamoto(Kobe Univ.), Takayuki Suyama, "CILIX: a Small CIL Virtual Machine for Wireless Sensor Devices", International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2010) Demo (May, 2010)

### 連絡先

須山敬之 (Takayuki Suyama) 協創情報研究部 知能創発環境研究グループ

# 翻訳は語順が大切

## ～日本語風の英語を介した英日・日英統計翻訳～



### どんな研究?

対訳例文を大量に使うことで翻訳の規則を確率的にモデル化し、機械翻訳を実現する「統計的機械翻訳」に関する研究です。これまで英語と日本語の間の翻訳では語順の違いが大きく、うまく翻訳できないことがありました。この展示では、英語と日本語の語順の違いを克服する技術を紹介いたします。

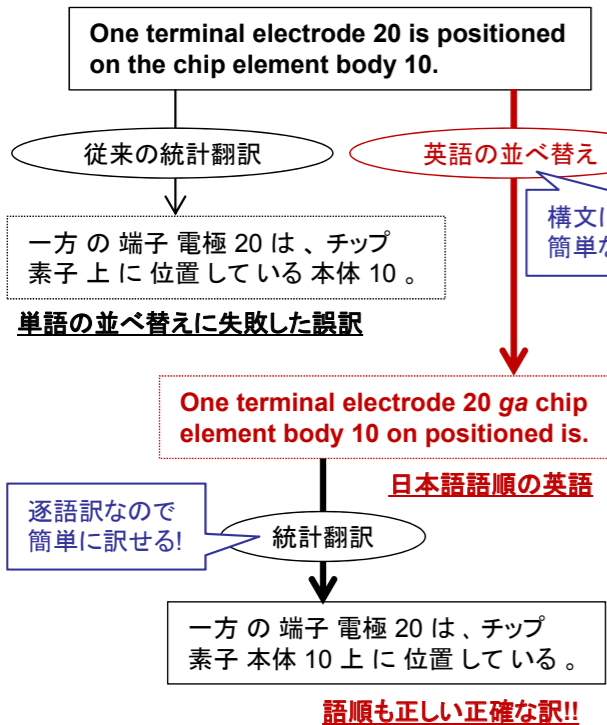
### どこが凄い?

日本語の特徴に着目し、英語を日本語に近い語順に並べ替えた「日本語風の」英語を介した翻訳技術を考案しました。特許文書の英日翻訳では、翻訳精度を従来最高性能の翻訳ソフトを上回る水準に向上させました。日英翻訳でも統計的機械翻訳の最先端の方法より約2倍高速な翻訳を可能にしました。

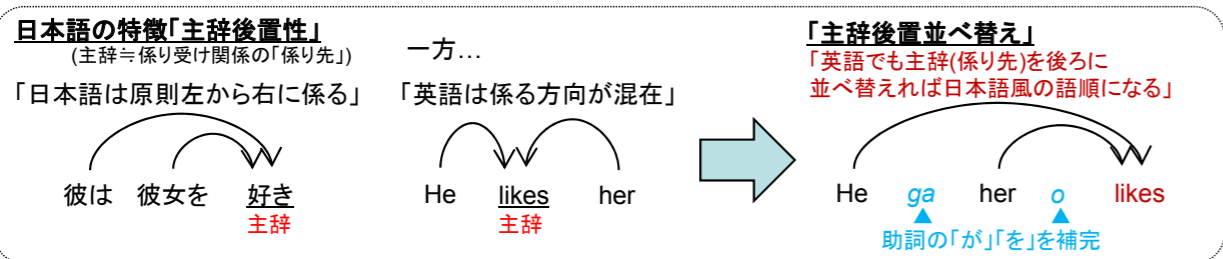
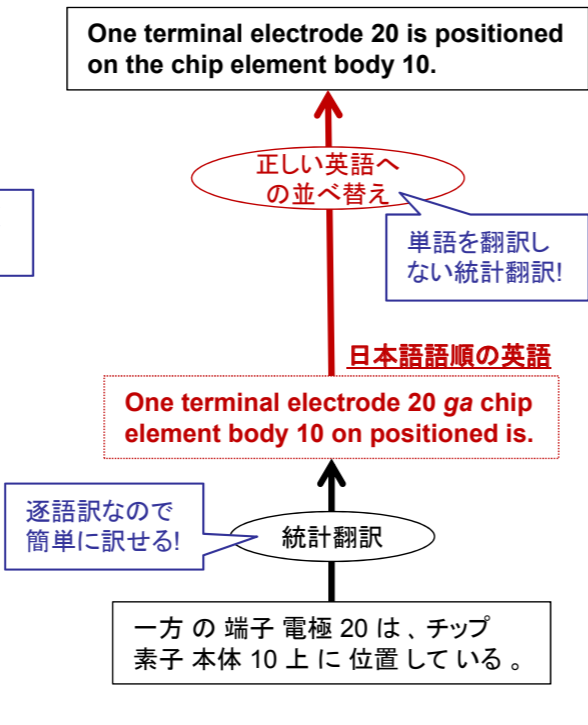
### どんな風に役立つ?

統計的機械翻訳は翻訳対象の対訳例文があれば学習できるので、例えば社内文書のような特定の分野の文をこの技術によって精度よく翻訳することができるようになります。言語の壁を越えたコミュニケーションを円滑に行えるようになります。将来的には中国語など他の言語への展開も目指しています。

### 英日翻訳



### 日英翻訳



### 関連文献

[1] H. Isozaki, K. Sudoh, H. Tsukada, M. Nagata, "Head Finalization: A Simple Reordering Rule for SOV Languages," Proc. of WMT-MetricsMATR. pp.244-251, 2010  
 [2] K. Sudoh, X. Wu, K. Duh, H. Tsukada, M. Nagata, "Post-ordering in Statistical Machine Translation," Proc. of MT Summit XIII. pp.316-323, 2011

### 連絡先

須藤克仁 (Katsuhito Sudoh) 協創情報研究部 言語知能研究グループ

# 動くディスプレイで会話が伝わる

## ～頭部運動の動的補強表現に基づく会話場再構成～



### どんな研究?

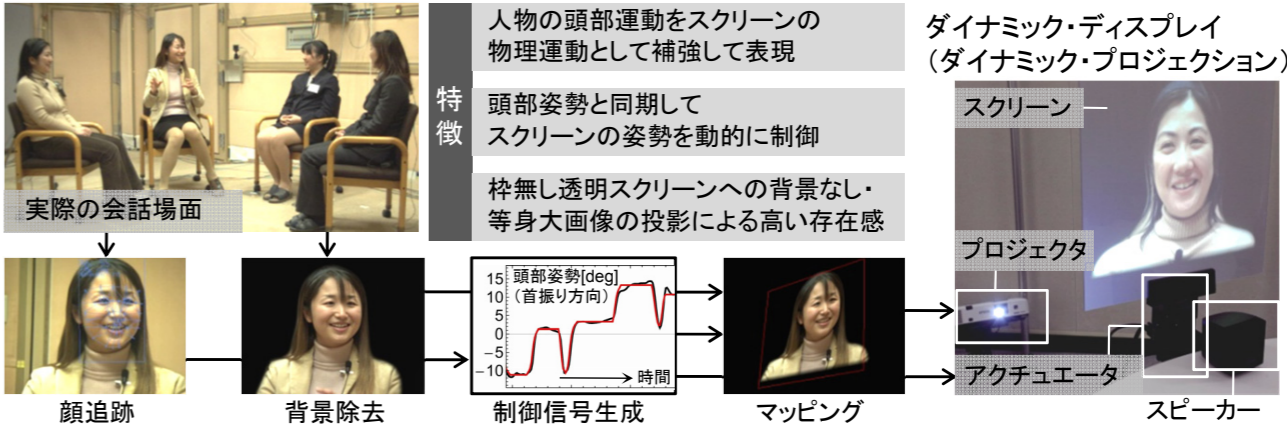
人と人とのコミュニケーションの仕組みを探り、それをコミュニケーションシステム的设计に活用するための研究を進めています。本展示では、遠隔映像通信の要素技術の一つとして、人の振る舞いや会話の様子をより分かりやすく伝えるための新しい表示方式・表示デバイスを紹介いたします。

### どこが凄い?

「ダイナミックディスプレイ」と呼ぶ、新しい会話場面の表示方式を提案しました。このディスプレイは、会話者の頭の動きに連動して動くよう制御され、人の頭の動きが強調されて表現されます。その結果、視線の方向や話し掛ける相手などが分かりやすく、また、存在感を高めることができます。

### どんな風に役立つ?

将来的には、遠隔にいる人があたかもその場にいるかのような存在感を感じながら話ができる遠隔会議システムの実現が期待できます。また、コミュニケーション科学の分野において、様々な人の行動の分析と表現を探るための研究プラットフォームとしても活用が期待されます。



**効果** スクリーンに映った画像上の人の動きと、スクリーン自体の物理的な運動との相乗作用により、見る者にとって  
 ■ 視線方向(注意の方向)がより分かりやすい ■ 話し手の話し掛ける相手(受け手)がより正確にわかる

### 関連文献

[1] Kazuhiro Otsuka, Shiro Kumano, Dan Mikami, Masafumi Matsuda, and Junji Yamato, "Reconstructing Multiparty Conversation Field by Augmenting Human Head Motions via Dynamic Displays," In Proceeding of ACM SIGCHI Extended Abstract (CHI2012), 2012  
 [2] 大塚和弘, 熊野史朗, 三上弾, 松田昌史, 大和淳司, "MM-Space:動的投影を用いた頭部運動の物理的補強表現に基づく会話場再構成," インタラクシオン2012, pp. 33-40, 2012

### 連絡先

大塚和弘 (Kazuhiro Otsuka) メディア情報研究部 コミュニケーション環境研究グループ

インタフェースサイエンス

インタフェースサイエンス

# 昔の自分達に助けて貰おう!

～時空間同室感(t-Room)における蓄積情景処理とその応用～

### どんな研究?

テレビ会議は普及しつつありますが、その録画をどうしたらよいか、また会議や共同作業の様子を録画したものをどうしたら有効活用できるのか、という課題が残されています。この展示では時空間同室感 (t-Room) 研究の一環として、過去情景を蓄積し、それを活用する技術を紹介いたします。

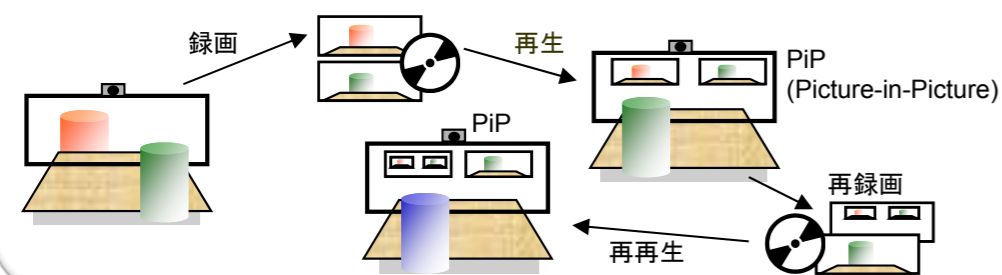
### どこが凄い?

通常テレビ会議を録画し再生すると、会議録画時に誰がどこに座っていたかという空間配置の情報が失われます。実際の人間と画面上の映像とを“同じ部屋に置く”同室感技術は、現在そこに居る人間と録画した過去情景の再生像をも“同室化”し、空間配置整合性を保持した再生を可能にします。

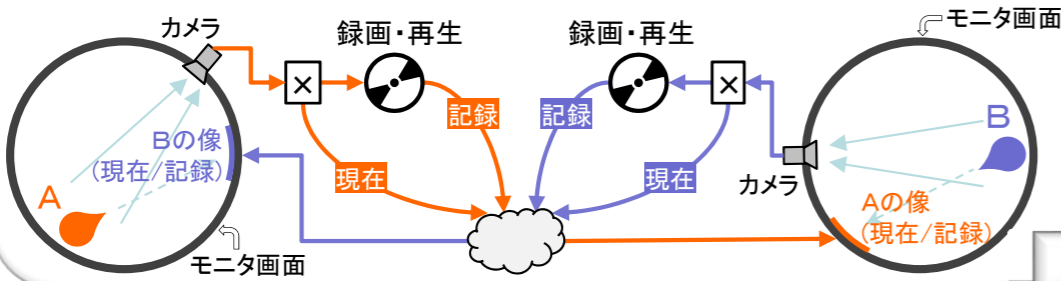
### どんな風に役立つ?

会話を記録しそれを再生しながら返答・質問を再記録する非同期コミュニケーションは、時差のあるグローバルな職場環境や多様な働き方を支援します。またチームやデスクでの作業を全記録し、困り事が生じた際に過去情景を再生することで、「過去の自分(達)に助けて貰える」環境を創ります。

課題: テレビ会議を録画再生すると会議の場にあった空間配置情報が失われる



技術: 人と画面上の映像との同室感技術を、現在と記録像との“同室化”に適用空間配置整合性を保持する(コヒーレントな)蓄積型ビデオ会議等を実現



活用: 録画とその再生を活用する蓄積型ビデオ会議/過去情景再生による作業支援

先週 昨日 今朝 昨日 先週 今朝 先週

← 会話や伝言を録画し、それを再生しながら質問・返答を再記録していく非同期蓄積型コミュニケーション環境

チームの会話やPC作業の途中でその空間の過去情景を再生することで作業支援を行う環境→

どのメニューだったか? これか

### 関連文献

- [1] 平田圭二, 高田敏弘, “超臨場感を達成するための同室感というアプローチ,” 電子情報通信学会誌 93(5), 410-414, 2010.
- [2] K. Hirata, Y. Harada, T. Takada, N. Yamashita, S. Aoyagi, Y. Shirai, K. Kaji, J. Yamato, K. Nakazawa, “Basic Design of Video Communication System Enabling Users to Move Around in Shared Space,” IEICE Trans. Electron., 92(11), 1387-1395, 2009.

### 連絡先

高田敏弘 (Toshihiro Takada)    メディア情報研究部 コミュニケーション環境研究グループ

# あなたの歌い方を診断します!

～歌声音高軌跡の確率モデルに基づく歌唱スタイルの特徴抽出～

### どんな研究?

歌声の音高( $F_0$ )軌跡に含まれる、ビブラートなどの歌唱スタイルを表す成分は、個性や熟練度に関係する有用な成分ですが、 $F_0$ 軌跡から精緻に取り出す技術がありませんでした。この展示では、 $F_0$ 軌跡からスタイル成分を楽譜成分と分離して抽出する技術を紹介いたします。

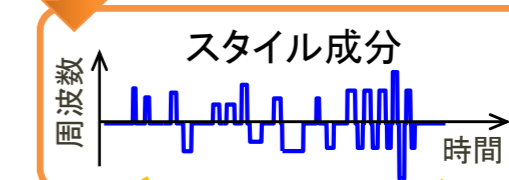
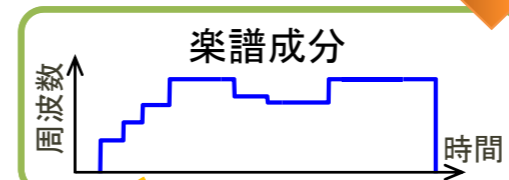
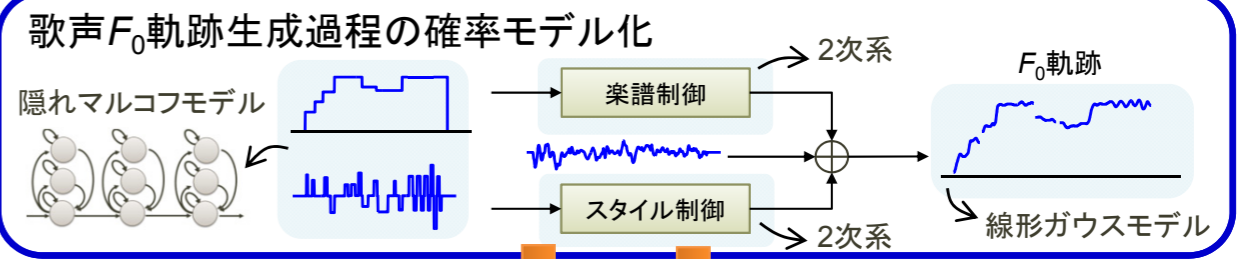
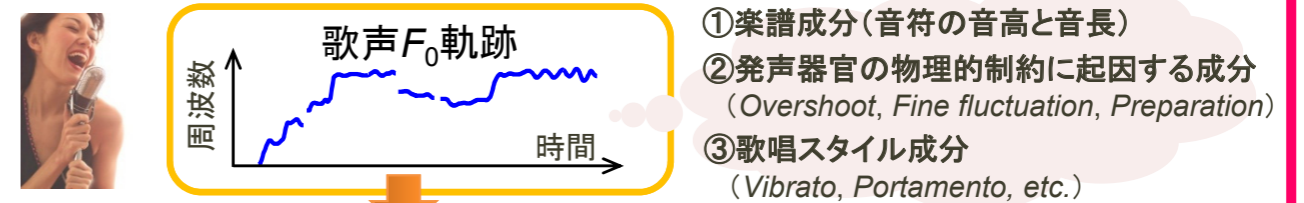
### どこが凄い?

人間は意図的な矩形指令を発声器官に伝達して音高を制御するという仮定の下で、音高制御過程を陽にモデル化し、パラメータの最適化アルゴリズムを提案しました。従来技術と異なり、楽譜が未知でも、 $F_0$ 軌跡から楽譜成分とスタイル成分を分離して抽出できます。

### どんな風に役立つ?

抽出された楽譜成分とスタイル成分を個別に扱えるので、楽曲検索や歌唱者識別の性能が改善されることを期待します。その他、スタイルの観点に基づく歌唱力評価や、多様なスタイルを自分の歌声に転写できる歌声合成システムなど、様々な分野への波及効果が期待されます。

## 歌声音高( $F_0$ )軌跡から楽譜成分と歌唱スタイル成分を分けて取り出す!



楽曲検索

照合

楽譜データベース

楽曲1

楽曲2

楽曲3

歌声合成

転写

スタイルデータベース

Vibrato

Portamento

Fall

歌唱力評価

照合

歌唱者データベース

歌唱者A

歌唱者B

歌唱者C

### 関連文献

- [1] Y. Ohishi, H. Kameoka, D. Mochihashi, H. Nagano, K. Kashino, “Statistical Modeling of  $F_0$  Dynamics in Singing Voices Based on Gaussian Processes with Multiple Oscillation Base,” In Proc. INTERSPEECH 2010, pp.2598-2601, 2010
- [2] 大石康智, 亀岡弘和, 持橋大地, 柏野邦夫, “歌唱における表現意図を考慮した歌声 $F_0$ 生成過程とその統計的モデリング,” 情報処理 2012-MUS-94-11, 2012

### 連絡先

大石康智 (Yasunori Ohishi)    メディア情報研究部 メディア認識研究グループ



# いつ誰が何を話したか？ ～複数人会話シーン分析技術の進展と利用イメージ～

### どんな研究？

人間同士の自然なコミュニケーションを認識し、状況を理解することでコミュニケーションを分析・支援する技術が求められています。私たちは、実際の複数人の会話から「いつ、誰が、誰に、何を話したか」を高い精度で認識する技術を研究しています。

### どこが凄い？

実環境下の会話における音声認識は、各話者の声が雑音や他の人の声などの影響を受け、とても困難です。これに対し、私たちが開発した雑音除去法や音声/言語モデル学習法などを用いることで、卓上マイク利用の場合にもヘッドセットマイク利用の場合に匹敵する高い音声認識精度を実現しました。

### どんな風に役立つ？

会話音声を高精度で認識できれば、過去の会議の検索や、議事録の作成が非常に容易になります。さらにリアルタイム版を利用すれば、参加者が知らない用語や聞き逃した内容を会話中に検索したり、遠隔地の傍聴者が高臨場感で会話に参加することも可能となります。

## 会話シーン分析技術の最近の進展についてご紹介

### 複数人の会話シーン

遠隔マイクで収録される自由会話音声 (残響・背景雑音・同時発話を含む)

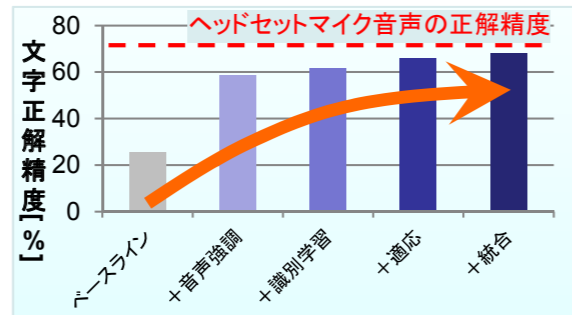
➡ 認識・理解・支援する技術



### ① 複数人による遠隔・自由発話音声の認識精度向上

独自技術:

- ◆ 音声モデルの識別学習・適応技術
- ◆ 各種マルチチャンネル音声強調処理の統合により、ヘッドセットマイク音声に匹敵する認識精度を達成



### ② 会話支援タブレットの進化

「いつ誰が何を話したか」を分析し、会話をモニタリング

- ◆ 発言へのメモ付与や用語の検索
- ◆ 過去の会話の検索・再生
- ◆ 日本語・英語に対応

会話の効率化・活性化、過去の会議情報の整理・活用を支援



#### 関連文献

[1] T. Hori, S. Araki, T. Yoshioka, M. Fujimoto, S. Watanabe, T. Oba, A. Ogawa, K. Otsuka, D. Mikami, K. Kinoshita, T. Nakatani, A. Nakamura, and J. Yamato, "Low-latency real-time meeting recognition and understanding using distant microphones and omnidirectional camera," IEEE Trans. ASLP, vol. 20, no. 2, pp. 499-513, Feb. 2012.  
 [2] 堀, 荒木, 小川, ソウデン, デルクロア, 吉岡, 大庭, 藤本, 木下, 久保, ハム, 渡部, 中谷, 中村, "会話分析タスクにおける複数人自由会話の遠隔発話音声認識の評価", 日本音響学会講演論文集, 3-P-5, March 2012.

#### 連絡先

堀貴明 (Takaaki Hori) メディア情報研究部 信号処理研究グループ

# 雑多な音の中からあなたの声だけ聞きとります ～時間・空間・周波数情報を統合した高精度音声強調技術～

### どんな研究？

収録音に目的話者以外の人の声や雑音が含まれている場合、目的話者の声のみを聞き取ることは、困難なことです。この展示では、このような音から目的話者の声のみを抽出 (音声強調) し、人や機械にとって聞き取りやすい音を作る技術を紹介いたします。

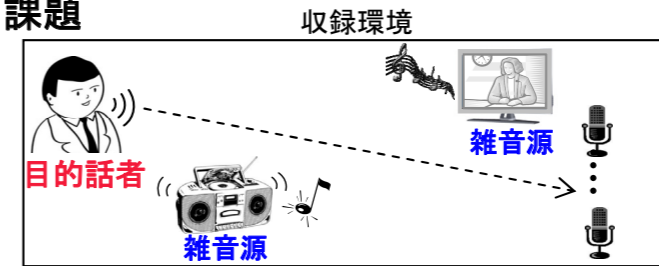
### どこが凄い？

話者・雑音に関する全情報 (時間・空間・周波数情報) を統合的に活用する音声強調方法を提案しました。この方法を用いることで、雑音下での音声認識に関する学会コンテストで世界トップの成績を収めました。

### どんな風に役立つ？

この研究を進展させることで、さまざまな収録環境で、目的話者の声を高品質に収録できるようになります。例えば、遠隔コミュニケーションシステムにおける音声品質の改善や、ロボットとの音声コミュニケーションの円滑化などに役立つことが期待されます。

### ■ 課題



### ■ 着眼点

観測音声信号は以下の3つの情報を含む

#### 周波数情報

音の周波数パターン

音声と雑音の周波数パターンは異なる  
→雑音に埋もれた音声を復元可能

#### 空間情報

話者や雑音の方向

話者の音声と雑音は到来方向が異なる  
→方向に基づき音声と雑音を区別可能

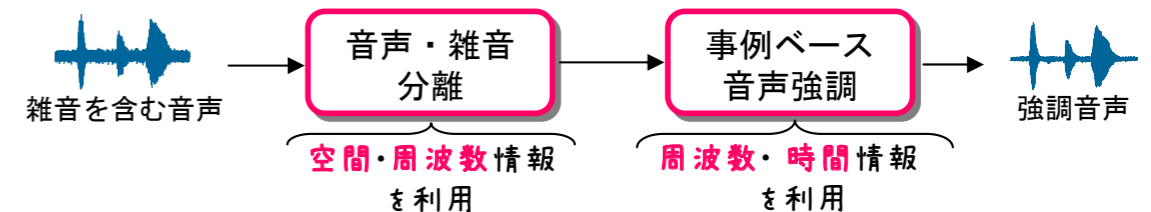
#### 時間情報

音の時間変化パターン

音声と雑音の時間変化パターンは異なる  
→音声らしい変化パターンを抽出可能

### ■ アプローチ

これらの情報を活用するため、以下の二つの音声強調を利用



#### 関連文献

[1] Delcroix, M., Kinoshita, K., Nakatani, T., Araki, S., Ogawa, A., Hori, T., Watanabe, S., Fujimoto, M., Yoshioka, T., Oba, T., Kubo, Y., Souden, M., Hahm, S.-J. and Nakamura, A., "Speech Recognition in the Presence of Highly Non-Stationary Noise Based on Spatial, Spectral and Temporal Speech/Noise Modeling Combined with Dynamic Variance Adaptation," Proc. of CHIME International Workshop on Machine Listening in Multisource Environments, pp. 12-17, 2011.

#### 連絡先

デルクロア・マーク (Marc Delcroix) メディア情報研究部 信号処理研究グループ

# 会話中のあなたの話、何でも聞いて理解します ～話し言葉音声認識のための高度な学習、適応、正規化技術～

### どんな研究?

現在、携帯電話やスマートフォンを用いた音声検索や音声翻訳等が普及しつつありますが、現行では単語や定型句等の音声発話を認識するに留まっています。本展示では、会議や雑談等における、くだけた話し言葉音声の高精度な認識方法について紹介いたします。

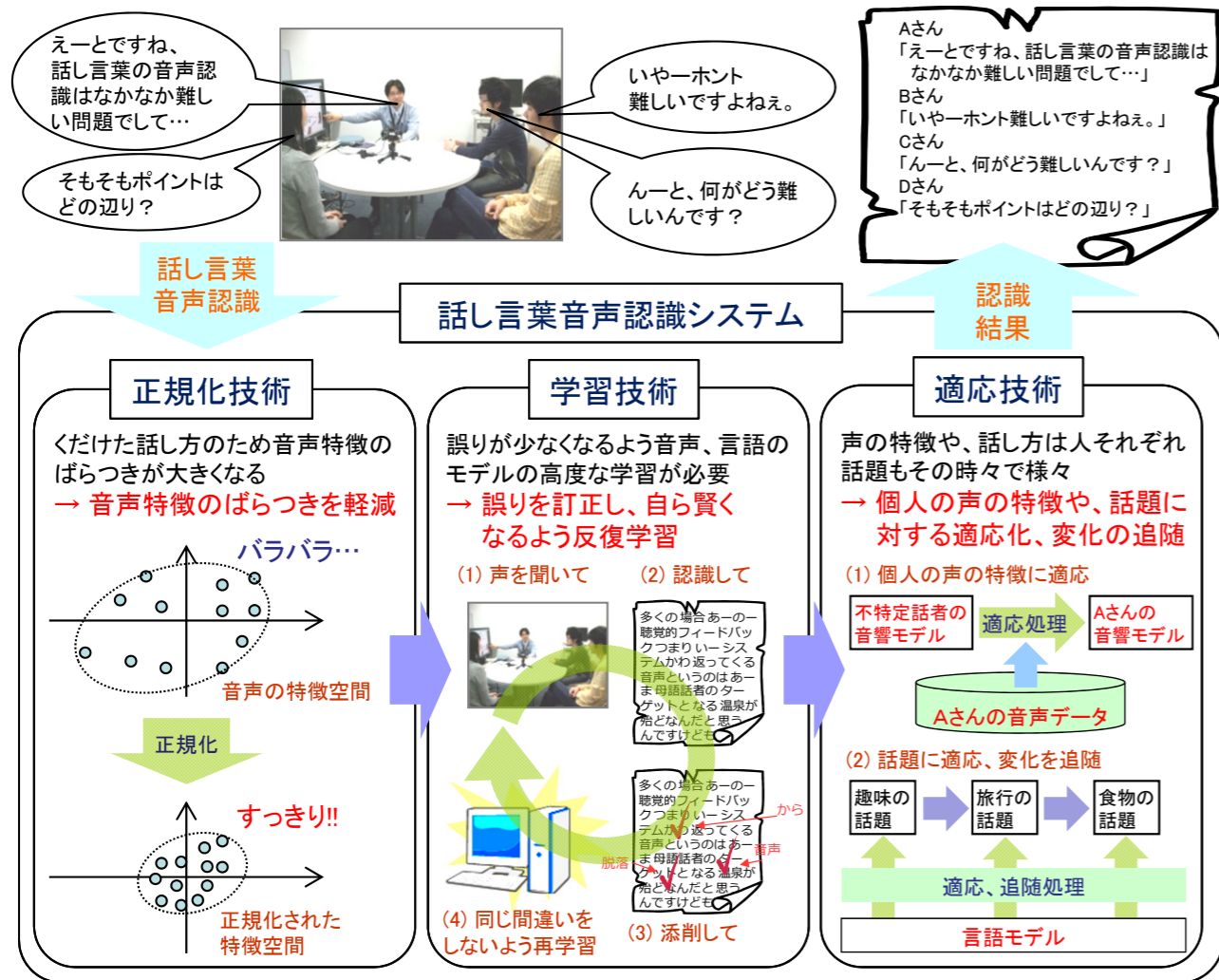
### どこが凄い?

話し言葉の高精度な認識には、音声特徴の正規化（揺らぎの軽減）、音声と言語のモデル学習、個人の音声や話題への適応が必要不可欠です。本技術では、高度な学習理論に基づきこれらを構成し、世界でも稀にみる高精度な話し言葉音声認識を実現しました。

### どんな風に役立つ?

本技術を用いることにより、会議における議事録の自動生成、映像コンテンツに対する実時間自動字幕作成等が実現されます。また、スマートフォンの音声アプリケーションにおいても定型句ではなく、話し言葉による、より自然で複雑な情報入力が可能となります。

会話シーン分析技術に導入した最先端の音声認識技術をピックアップしてご紹介  
会議や雑談における、くだけた話し言葉音声を高精度に認識！！



### 関連文献

- [1] T. Hori, S. Araki, T. Yoshioka, M. Fujimoto, S. Watanabe, T. Oba, A. Ogawa, K. Otsuka, D. Mikami, K. Kinoshita, T. Nakatani, A. Nakamura, and J. Yamato, "Low-latency real-time meeting recognition and understanding using distant microphones and omnidirectional camera," IEEE Trans. ASLP, vol. 20, no. 2, pp. 499-513, Feb. 2012.
- [2] 大庭隆伸, 渡部晋治, 藤本雅清, 小川厚徳, 堀貴明, 中村篤, "いつ誰が何を話したかを即座に認識するオンライン会話分析システム - (3) 音声認識・イベント検出・トピック抽出 -," 日本音響学会講演論文集, 2-9-8, Sept. 2010.

### 連絡先

藤本雅清 (Masakiyo Fujimoto) メディア情報研究部 信号処理研究グループ

# 音を付けると違って見える ～視聴覚統合に基づく視覚時空間の変容～

### どんな研究?

人間は「見て」「聞いて」世界を体験していますが、見る・聞くを巧妙に組み合わせる脳の複雑な仕組みは解明されていません。この展示では、音を付けると違って見える錯覚現象を紹介し、その現象をうまく説明する視聴覚統合の情報処理メカニズムの仮説を提案します。

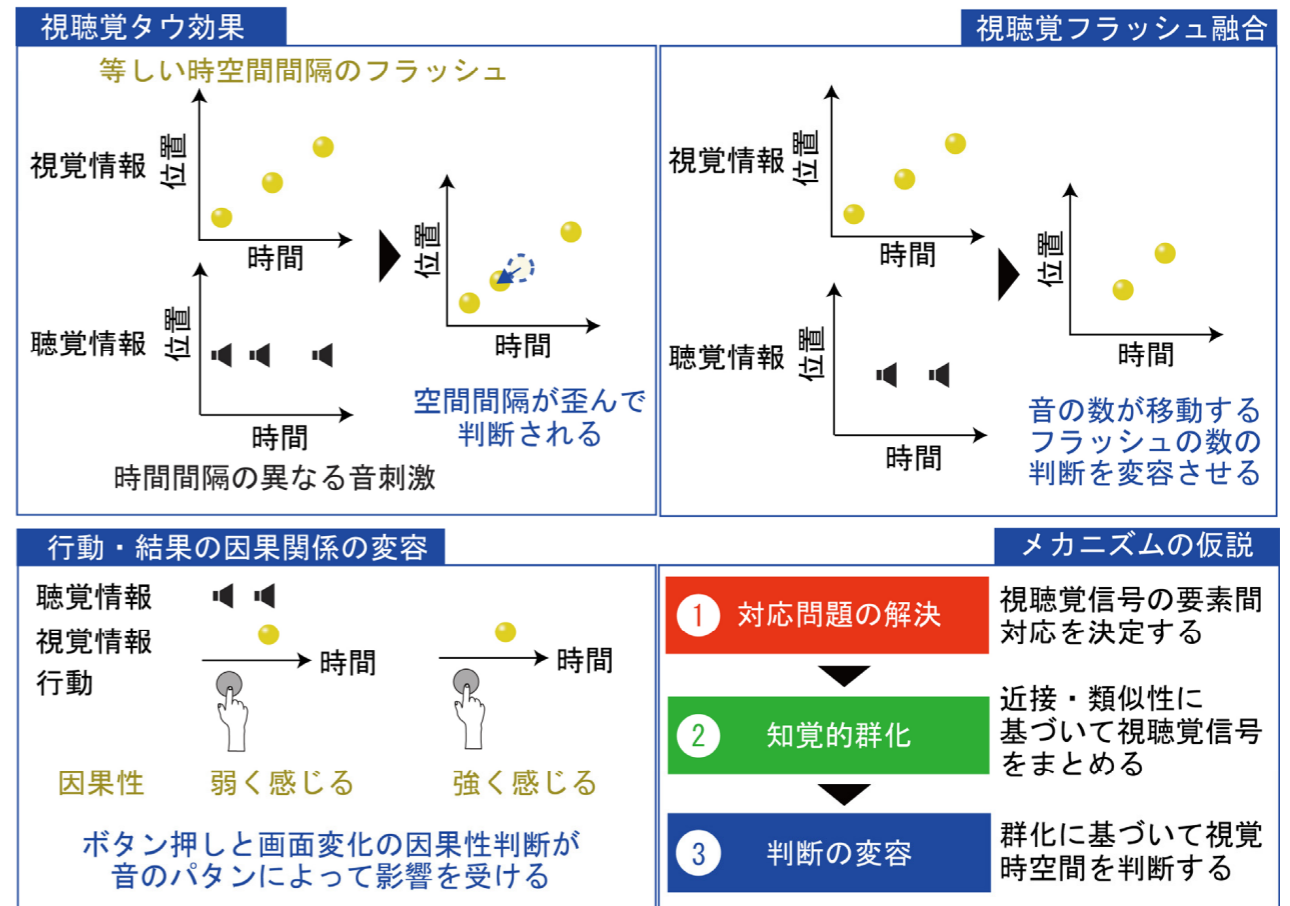
### どこが凄い?

「聞く」ことが「見る」体験を大きく変える新しい現象を発見しました。移動する光の見える位置を音のタイミングが変える「視聴覚タウ効果」、光の提示数の見え方を音の提示数を変える「視聴覚フラッシュ融合」、ボタン押しの手応えを音が弱める現象、の3つを紹介いたします。

### どんな風に役立つ?

異種感覚信号を統合する脳内情報処理メカニズムの研究をさらに発展させることにより、五感情報提示技術への応用が可能となります。例えば、情報遅延に対する人間の寛容さを活かした設計指針の提案や、視聴覚信号の時間ずれを利用した視覚時空間の微細な表現手法の実現につながります。

## 音によって見え方の変わる錯覚現象とメカニズムの仮説



### 関連文献

- [1] T. Kawabe "Audiovisual temporal capture underlies flash fusion." Experimental Brain Research, 198, pp.195-208, 2009.
- [2] T. Kawabe & S. Nishida "Mislocalization of a visual flash in the direction of subsequent auditory motion." i-Perception, 2(8), p. 907, 2011.

### 連絡先

河邊隆寛(Takahiro Kawabe) 人間情報研究部 感覚情動研究グループ

# 見るより前が動く ～潜在的な目と手の協調メカニズム～

### どんな研究?

目標物への運動に目と手の協調動作は不可欠です。何気ない行動であるため簡単なことに思えますが、脳の計算機構については未解明な点が多く残っています。本展示では、遂行中の運動を素早く修正する際の協調動作を観察することで明らかとなった、新しい目と手の協調機構について紹介します。

### どこが凄い?

高速な運動修正が必要な状況での目と手の運動を観察した結果、従来の協調とは異なり、手の動きが目の動きに先行することが分かりました。また、目が実際に動く前段階（運動準備）から目と手の協調関係が始まることを実験的に初めて明らかにしました。

### どんな風に役立つ?

動的目標を捉える素早い目と手の協調運動は、我々の基本かつ優れた運動機能の一面です。この機構の本質的解明は、スポーツ選手、高齢者、運動系疾患などの評価、トレーニングにつながる可能性があります。また、高速で柔軟なロボットの設計など、工学的な応用も考えられます。

### 従来研究



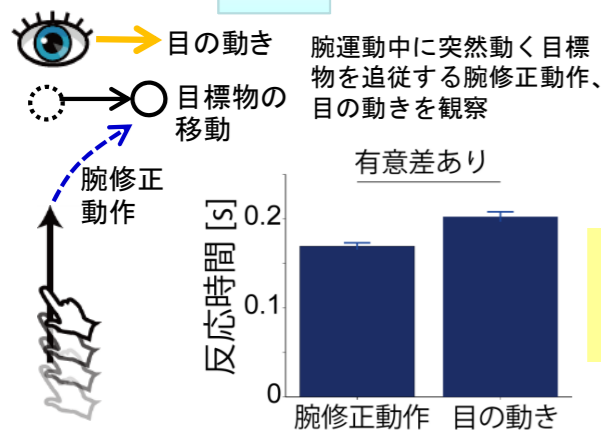
従来研究では、目標物に向かう目と手の「動き始め」を観察していました。この場合、目は手よりも先に動くことが一般に知られています。

### 我々の問題意識



日常生活やスポーツ場面において、手が目標に向かって動き始めた後でも、目標が動けば「素早い修正動作」が必要となります。この時、目と手はどのように運動し、協調するのでしょうか？

### 実験



- 従来報告とは異なり、腕の修正動作は、目の動きよりも早く始まりました。
- また、腕修正動作は、未来(約20ミリ秒先)の目の運動状況に応じて影響を受けました。

これらの現象より、運動中の素早い修正時には、運動の開始時とは異なる「目と手の協調メカニズム」が働いていることが示唆されました。

### 関連文献

[1] Abekawa, N., Gomi, H. "Eye-hand coupling for on-line visuomotor adjustments," The Society for Neuroscience 41th Annual Meeting, 2011  
 [2] 安部川 直稔, 五味裕章, "Eye-hand coupling before saccadic eye movement," 日本神経回路学会第21回全国大会, 2011

### 連絡先

安部川直稔 (Naotoshi Abekawa) 人間情報研究部 感覚運動グループ

# 質感を見る脳のしくみに迫る ～画像から質感を取り出す視覚のメカニズム～

### どんな研究?

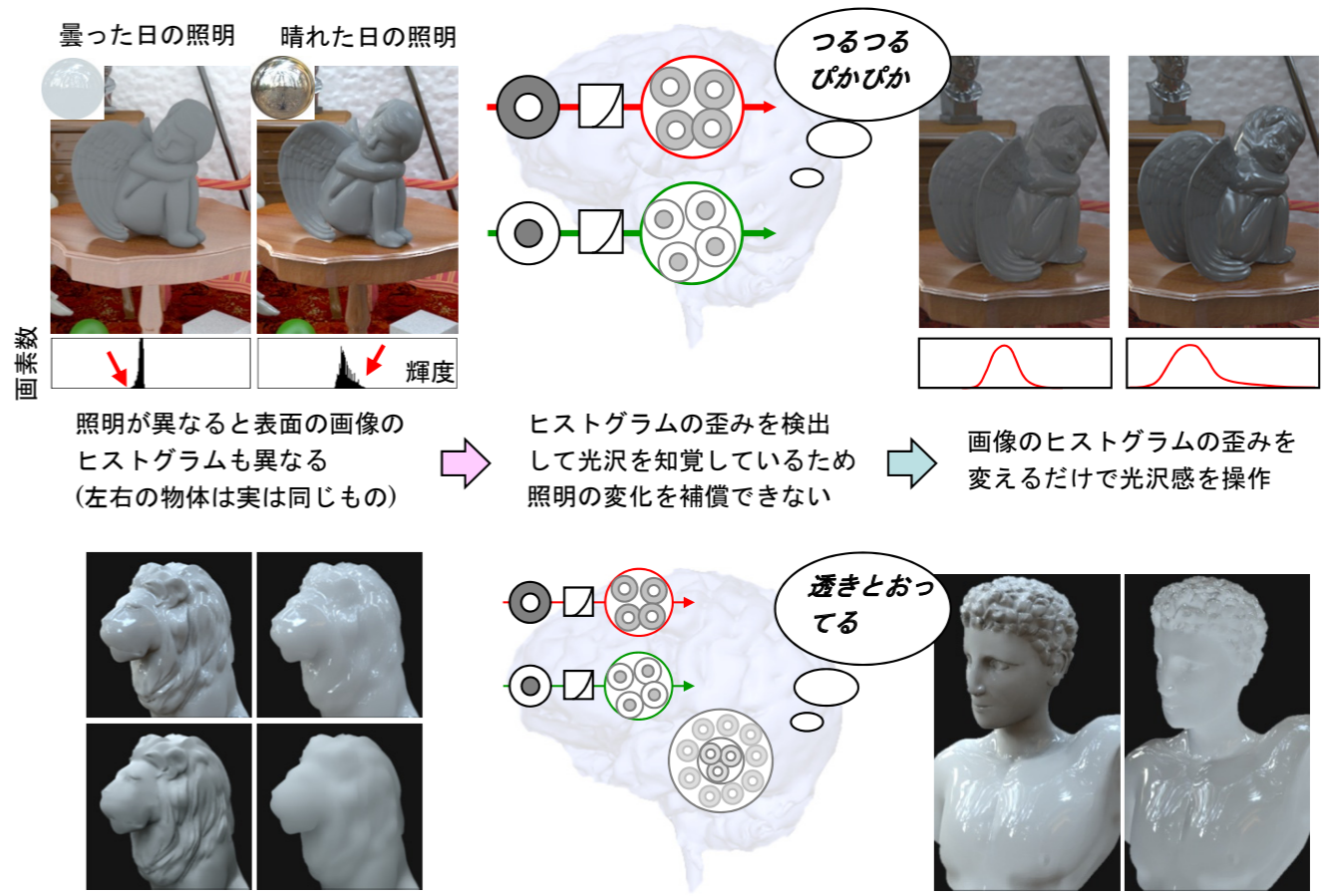
人間はモノの表面の光沢感や透明感を簡単に見分けことができます。私たちは、この質感知覚の能力が脳のどのような情報処理に支えられているかを理解し、その仕組みを画像の伝送や合成の技術につなげるための研究を進めています。

### どこが凄い?

従来の研究では、質感を見るには物体の三次元の形や照明の方向を画像から推定しなければならぬと考えられてきました。しかし私たちは、脳は二次元の画像のなかにある単純な特徴を手がかりとして、極めて効率的に質感を推定していることを明らかにしました。

### どんな風に役立つ?

「画像特徴に基づく質感の知覚」という新しい発想に基づき、安価かつ高速な画像処理で質感を評価したり探索できるようになります。また決め手となる特徴を操作するだけで質感を自在にコントロールすることも可能になります。



照明が異なると表面の画像のヒストグラムも異なる (左右の物体は実は同じもの)

ヒストグラムの歪みを検出して光沢を知覚しているため 照明の変化を補償できない

画像のヒストグラムの歪みを変えるだけで光沢感を操作

透明な表面の陰影パターンはぼけたりコントラストが低下・反転する(ハイライトはそのまま)

陰影とハイライトのミスマッチを手がかりに透明感を知覚

陰影パターンのコントラストを変えるだけで表面が透明に

### 関連文献

[1] I. Motoyoshi, "Highlight-shading relationship as a cue for the perception of translucent and transparent materials." Journal of Vision, 10(9): 6, pp. 1-11, 2010  
 [2] I. Motoyoshi & H. Matoba, "Variability in constancy of the perceived surface reflectance across different illumination statistics." Vision Research, 53, pp. 30-39, 2012

### 連絡先

本吉勇 (Isamu Motoyoshi) 人間情報研究部 感覚情動研究グループ

# こどもが急にことばを覚えだすのはなぜ ～個人の時系列データ解析から解明された語彙爆発の謎～

### どんな研究?

幼児は1歳頃から初語を発し始め、1歳半を過ぎると語彙を学習する速度が急に速くなります。心理学ではこの現象を「語彙爆発」と呼び、その仕組みに注目してきました。今回、日誌法による時系列データを取得/解析した結果、語彙爆発の長年の謎をついに突き止めました。

### どこが凄い?

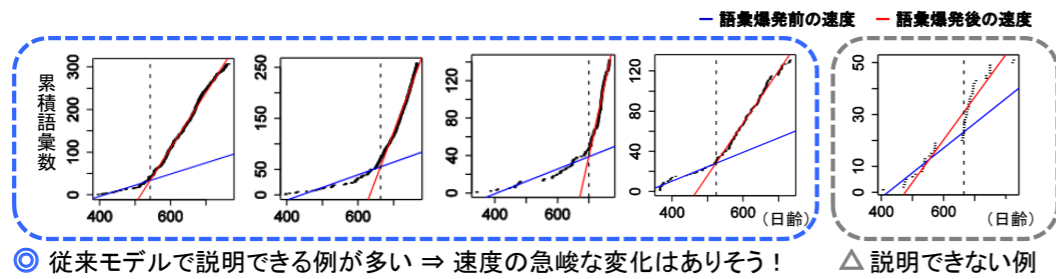
従来、語彙爆発は心的機構の質的变化を示す指標と考えられてきましたが、本研究から語彙爆発が「線形関数」と「プラトー割込」によるモデルで説明できることがわかり、心的機構の質的变化はなく、発達初期から一定速度で学習する機構の存在を示唆する結果を得ました。

### どんな風に役立つ?

語彙爆発の研究から語彙学習速度を規定する要因が明らかになりつつあり、ことばの成長を後押しする教育/育児法や、言語発達が緩やかな子どもの早期発見や療育の方法などを提案できます。また乳幼児健診などで利用可能な語彙発達検査の作成にも応用できます。

## 語彙爆発を従来モデルで検証

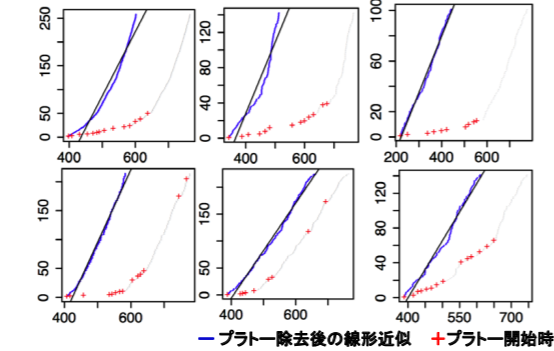
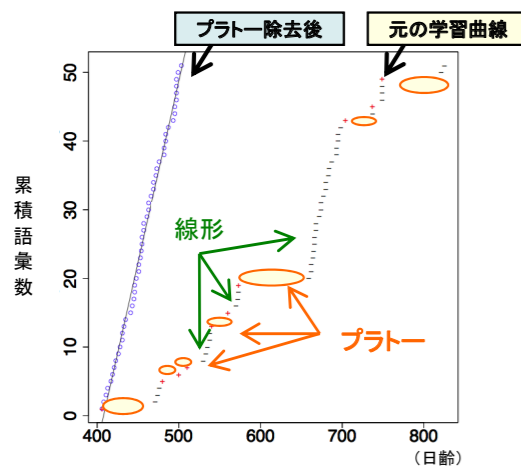
・日誌法により個人の時系列データ(17名)を取得 ⇒ 折れ線近似で語彙学習速度の変化点を特定



## 新モデルを検証

・詳細に見ると、線形関数とプラトー(学習の空白期間)の連なりに見える

・6日以上空白期間を除去し、線形関数で近似 ⇒ 17名全員のデータでほぼ当てはまる!



### 語彙爆発: 線形関数+プラトー割込

- ・前半速度が遅く見える理由 ⇒ プラトーの頻発
- ・発達初期から一定速度で働く心的機構の存在を示唆

### 関連文献

- [1] Minami, Y., Kobayashi, T., & Sugiyama, H. "Plateaus and linearity of early vocabulary growth" ISSBD, 2012.
- [2] 南泰浩, 小林哲生, 杉山弘晃 "線形関数とプラトー割込による幼児語彙発達モデル化" 言語処理学会. pp.50-53, 2012.
- [3] 南泰浩, 小林哲生, 杉山弘晃 "折れ線近似による語彙爆発開始時期の推定" 信学技報SP2011-159. pp.25-30, 2012.

### 連絡先

小林哲生 (Tessei Kobayashi) 協創情報研究部 言語知能研究グループ

# この月齢の子にぴったりの「言葉たち」を探して ～幼児語彙発達データに基づく成長に応じた言語資源の提示～

### どんな研究?

幼児はどのぐらいの月齢になったら、どんな言葉を話すのでしょうか? この展示では、この疑問に答えて、ピッタリ当てはまる単語に関連するコンテンツ情報と一緒に紹介します。この研究では、様々な幼児の言語発達データから、月齢と特徴に当てはまる単語を検索します。

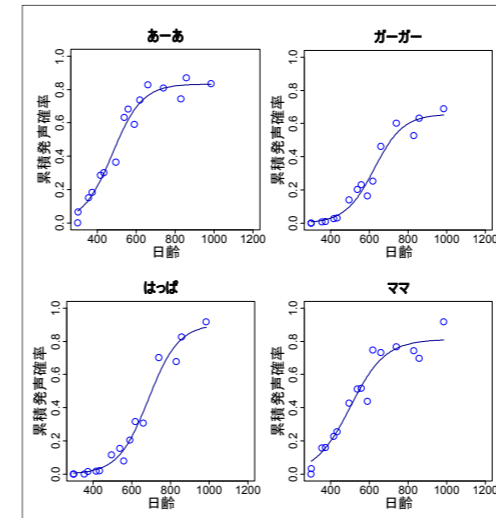
### どこが凄い?

1000人以上の幼児からオンラインで収集したデータ(横断データ)と700人以上の幼児から長期に渡ってWebで収集したデータ(縦断データ)から、今まで誰も気がつかなかった単語の発達の特徴を取り出し、適切なコンテンツ情報と一緒に利用しやすい形で提示します。

### どんな風に役立つ?

この研究が最も役に立つ領域は、幼児のためのコンテンツ作成だと考えています。コンテンツが対象とする月齢を指定するだけで、その時期に幼児が理解したり、話したりする単語を検索できます。また、検索した単語をどのように幼児が発声しているかも調べることが出来ます。

## 横断データ(大規模個別)



## 単語特徴

ジーパン、ストーブ、台所、ダンス、**はと**、ひきだし

発声: あと、はと、はとさん、ぽっぽちゃん

## 検索

## 縦断データ(中規模継続)

- ・発声リスト
- ・絵本コーパスなど

# しゃべると空耳!?

～発音動作と音声知覚の密接なつながり～

### どんな研究?

音声の知覚は聴覚情報のみで生じるものとは限らず、視覚など他の感覚情報の影響を受けることが知られています。本研究ではこうした感覚情報間の干渉だけでなく、聴き手自身の発話器官（舌や唇）の運動状態も音声知覚に影響することを、実験を通じて明らかにしました。

### どこが凄い?

発音動作をしながら他人の音声を聴き取る実験を行なった結果、舌を使う発音動作をしているときには、舌で発音された音の知覚だけが変化し、唇で発音された音の知覚は変化しませんでした。発音動作を制御する処理系が、知覚過程に直接的な働きかけを行っている可能性が初めて示唆されました。

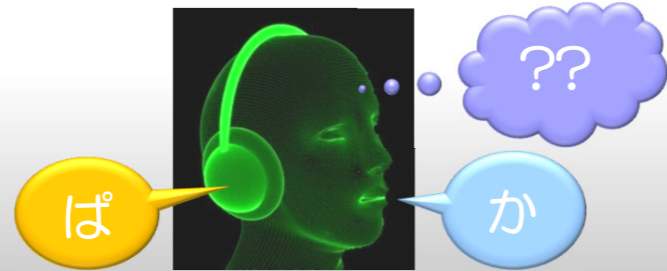
### どんな風に役立つ?

発音動作と音声知覚の関連性を解明することは、外国語の発音と聴き取りの効率的な学習法の開発につながります。また本研究で得られた知見は、音声知覚過程の理解にとどまらず、他者の様々な身体動作を知覚する脳情報処理メカニズムの解明にもつながると期待されます。

音声を聴くときに別の発音をしている口の映像を同時に見ると、違った音声に知覚されることがあります(例: マガーク効果)。このような聴覚情報(音響信号)と視覚情報(口の動き)の混信が生じる一因として、音声知覚過程で、入力情報に対応する**発音動作のシミュレーション**を行なうメカニズムが脳内で働いていることが予想されます。(関連文献[1])



こうした脳内での**発音動作のシミュレーション**が音声知覚に関与しているならば、音声を聴きながら別の発音動作を聴き手自身が行なう状況においても、知覚は変化すると予想されます。そこで本研究では、発音動作をしながら音声を聴く場合の知覚変化を調べました。また口の映像を見ながら音声を聴く場合の知覚変化との比較も行いました。



舌で発音動作をしながら音声を聴いた場合には、舌で発音された音の聴き取り正答率が低下し、唇で発音された音の聴き取りは影響を受けませんでした。これは聴き手の舌の動作が、知覚過程における舌の**発音動作シミュレーション**と干渉した結果と考えられます。一方、発音動作をする代わりに映像を見た場合には、異なる結果が得られました。したがって音声知覚過程における**運動-聴覚情報の統合様式**は、従来知られていた視-聴覚情報間の干渉とは異なるメカニズムに支えられていると考えられます。(関連文献[2])

		→ 影響なし 正答率低下		
		発音動作		
		ぱ	た	か
聴く音	ぱ	→	→	→
	た	→	→	→
	か	→	→	→
発音時の口の断面				
		唇	舌	

### 関連文献

- [1] S. Hiroya, F.H. Guenther, Effects of speech sound naturalness on the neural basis of formant frequency discrimination, Society for Neuroscience annual meeting, 2010.
- [2] T. Mochida, T. Kimura, S. Hiroya, N. Kitagawa, H. Gomi, T. Kondo, Effects of temporal asynchrony between sensory and articulatory events on speech perception during speech articulation, Society for Neuroscience annual meeting, 2011.

### 連絡先

持田岳美 (Takemi Mochida) 人間情報研究部 感覚運動研究グループ

# 人のふり見て我がふり直せるネズミたち

～適応的社会行動を支える神経基盤を探る～

### どんな研究?

実験動物のラットは本来群居性の動物であり、さまざまな社会行動を観察することが可能です。本研究では、複数のラット間の円滑で適応的な社会行動を定量化し、脳神経信号を解析することを通じて、神経基盤を探ることを目的としています。

### どこが凄い?

従来の社会行動の研究は霊長類の行動観察が主流でありましたが、本研究では、ラットの生態に根ざした実験場面を設定し、脳構造においてラットとヒトとで共通性の高い皮質下の脳領域に着目することで、ラットを用いた社会神経科学研究をスタートさせました。

### どんな風に役立つ?

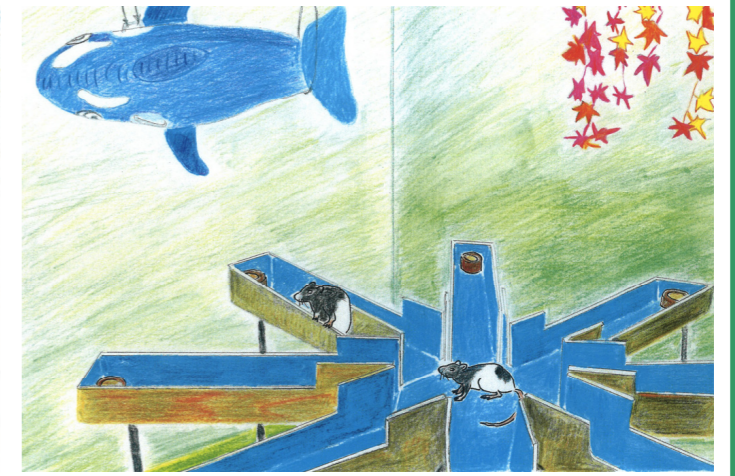
さまざまな精神疾患が存在いたしますが、適応的な社会生活の困難さを抱えているという点で共通性があります。適応的な社会行動の神経基盤が解明されれば、精神疾患の理解が深まり、さらには医療や創薬への応用に向けた基礎的知見を提供することができます。

### 野生のラットの群れ



実験室 → 条件統制のため個別飼育  
→ 社会行動観察困難  
野生 → 群れの中での多様な社会行動

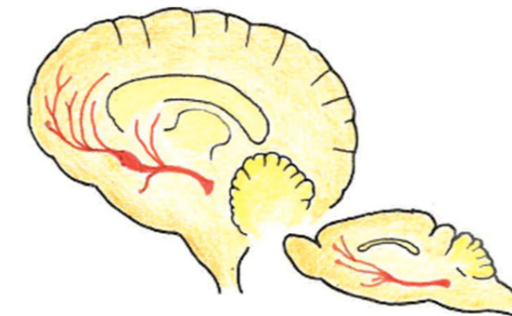
### 生態的に妥当な社会行動実験の開発



放射状迷路 → 8方向放射状迷路内のアーム先端にある餌皿内の4箇所へ食物報酬  
社会場面へ改良 → 装置中央から他個体の探索を観察可能に変更

☆ 巣穴から出て食物探索をする個体とその様子を観察する個体という場面設定  
→ 他個体を観察することで、より効率的な食物探索方略を獲得することを発見

### ヒトの脳とラットの脳



皮質下にある感情、記憶、報酬の情報処理に注目し、**適応的コミュニケーションの神経基盤を解明**  
→ ラットとヒト、皮質下は機能的にも解剖的にも共通性高  
→ 例: 報酬情報は左図の脳深部赤色領域で処理

### 関連文献

- [1] Yuji Takano, Tomoko Tanaka, Haruka Takano, Naoyuki Hironaka Hippocampal theta rhythm and drug-related reward-seeking behavior: an analysis of cocaine-induced conditioned place preferences in rats. Brain Research, 1342, 94-103, 2010.

### 連絡先

高野裕治 (Yuji Takano) 人間情報研究部 感覚情動研究グループ

# 聞きたい音を聞く脳のメカニズムを探る

～心理物理、計算モデル、脳機能計測によるアプローチ～

### どんな研究?

混在する音源のなかから聞きたい音を聞き取る「選択的聴取」は、日常生活での聞き取りに必須です。情報処理として難しいこの選択的聴取を、脳はどのような手掛かり、仕組みを使って達成しているのでしょうか? この展示では、その問題に対する私たちの様々な取り組みと成果をご紹介します。

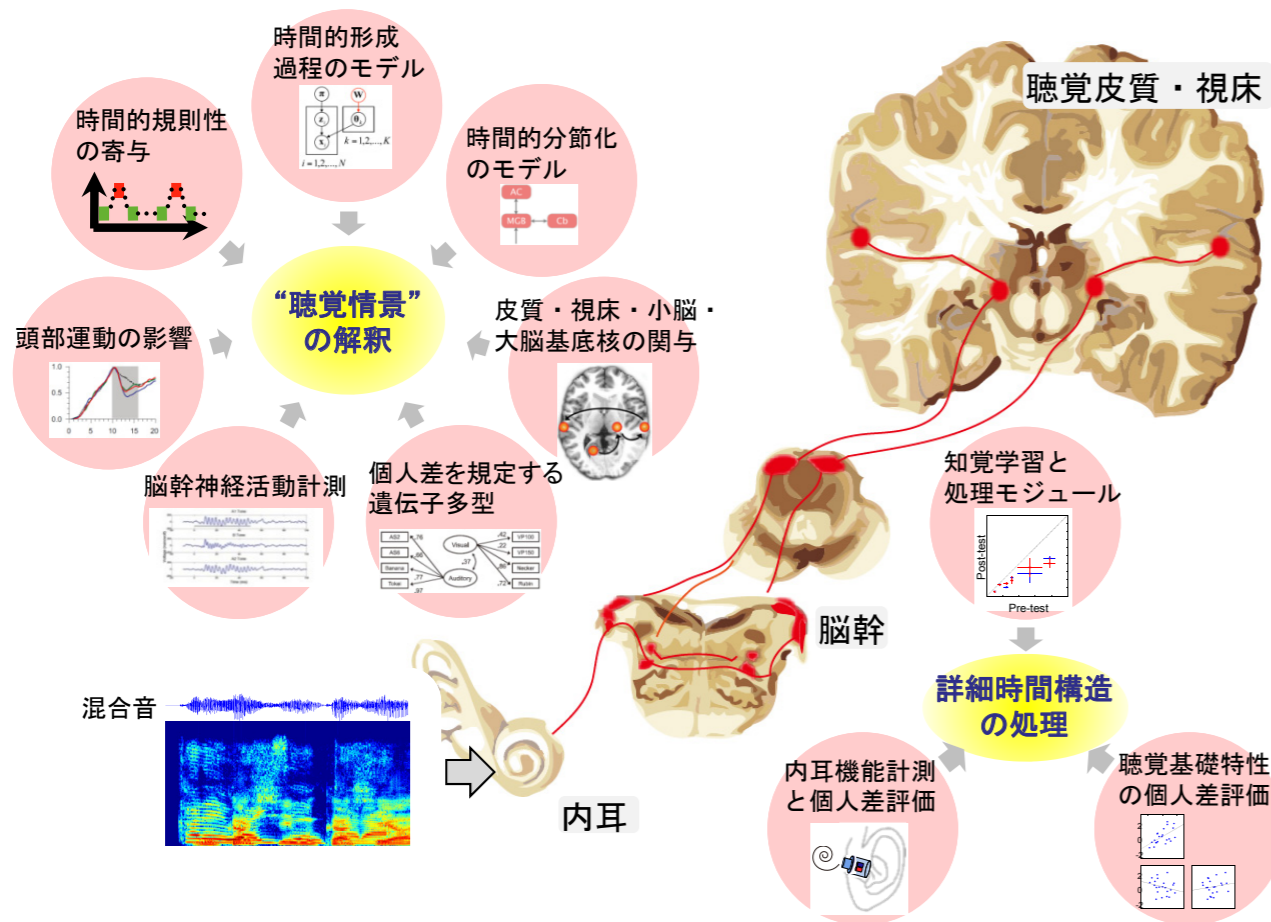
### どこが凄い?

脳内の情報処理は複雑です。私たちは、多角的なアプローチを用いることにより、選択的聴取に関わるメカニズムを解明してきました。例えば、同じ音であっても聞こえ方が変わる知覚現象を、世界に先駆けて定量化し、その知覚に関与する脳内回路を同定し、計算モデルを提案しました。

### どんな風に役立つ?

研究成果は、聞き取りやすい音の設計、言語や音楽の聞き取り能力の訓練方法の開発につながります。機械の耳(補聴器、音声認識機、ロボット聴覚)の性能向上へも貢献します。さらに、日常生活で聞こえの困難を訴える方々の診断や治療といった医療分野への波及効果が期待されます。

選択的聴取は、脳内の多段階かつ並列的な処理によって成立します。例えば、背景音から目的音を分離するためには、音の詳細時間構造などの手掛かりを使った処理が行われていると考えられています。また、断片的で多義的な音響情報に基づいて、「聴覚情景」を解釈する処理も行われています。私たちは、多角的なアプローチを用いて、さまざまな処理レベルにおけるメカニズムを解明してきました。



**関連文献**  
 [1] Furukawa, S., Washizawa, S., Ochi, A., Kashino, M., "How independent are the pitch and the interaural-time-difference mechanisms that rely on temporal fine structure information?," 16th Int. Symp. on Hearing, Cambridge, July 2012.  
 [2] Kashino, M., Kondo, H.M., "Functional brain networks underlying perceptual switching: auditory streaming and verbal transformations.," Phil. Trans. R. Soc. B., 367(1591), 977-987, 2012.

**連絡先**  
 古川茂人 (Shigeto Furukawa) 人間情報研究部 感覚情動研究グループ

# 「触れる感覚の物差し」としての言葉

～触覚の質感とその音声表象～

### どんな研究?

気持ちの良いものから嫌なものまで、世の中には多彩な質感を持つ手触りが存在します。しかし、これまで複雑な質感を評価する手法がありませんでした。本研究ではオノマトペ(擬音語・擬態語の総称)に着目し、触覚の質感の関係をオノマトペの二次元分布図として可視化しました。

### どこが凄い?

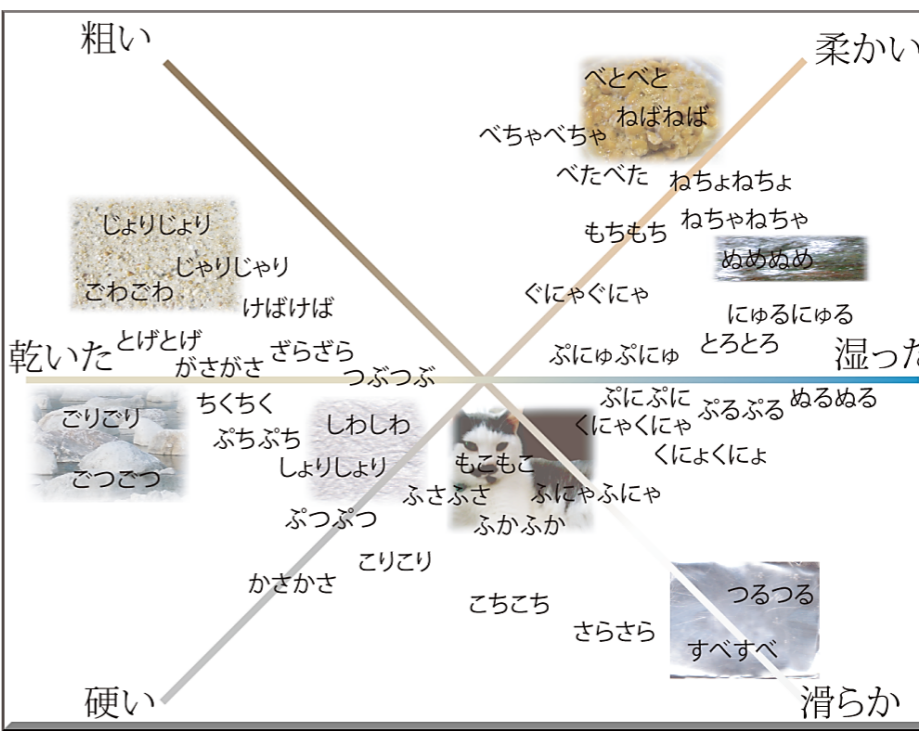
オノマトペの分布図は、日本語がどのように触覚の質感を分類しているのか、その関係性を空間的に表した質感の地図といえます。この地図を利用することで、手触りをより繊細に人に伝えたり、複数の質感の関係を触覚の軸に沿って考えたりすることができます。

### どんな風に役立つ?

触覚の質感やそれに対する快不快は個人によって大きく異なりますがそれを空間の関係性としてわかりやすく議論することができます。また、将来的には質感を正確に伝えるための枠組み作りや、質感を組み合わせる設計理論の構築に貢献できると考えています。



人間は、言葉によって感覚入力を分類しており、その分類を考える上で言葉は一つの重要な指標となります。特に、オノマトペ(擬音語・擬態語)はマンガや文学だけでなく、日常生活における感覚伝達手段(感覚の物差し)として広く使用されています。そこで、オノマトペを手掛かりに触覚の質感の分類を調べ、触覚を伝達・組み合わせる枠組みを構築していきます。



語の持つ印象に合わせてオノマトペを空間的に配置した図とそれぞれのオノマトペの印象に対応する素材例

**関連文献**  
 [1] 渡邊淳司, 加納有梨紗, 清水祐一郎, 坂本真樹 "触覚の快・不快とその手触りを表象するオノマトペの音韻の関係性" VR論16(3), pp. 367-370, 2011.  
 [2] 早川智彦, 松井茂, 渡邊淳司 "オノマトペを利用した触り心地の分類手法" VR論 15(3), pp. 487-490, 2010.

**連絡先**  
 渡邊淳司 (Junji Watanabe) 人間情報研究部 感覚情動グループ



Horizontal dashed lines for writing.

NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
 オープンハウス 2012 実行委員会

(委員 長) 笠原 要  
 (副委員長) 谷 誠一郎  
 (委 員) 麦谷 綾子/木下 慶介/服部 正嗣