

オープンハウス 2010



テーマ展示

メディアとコミュニケーション

- | | |
|---|--|
| A1 音や映像から「部品」を取り出す -メディアシーン学習が切り拓く次世代メディア解析- | A2 ロバストメディア探索技術の最新展開 |
| A3 いつ誰が何を話したか?を即座に分析 -複数人会話のリアルタイムモニタリング & ブラウジング- | A4 会話の記録をさくさく作る -オンライン音声言語処理技術- |
| A5 音声をより聞き取りやすく、音楽をより豊かに! -収録音に含まれる残響を自在に制御する技術「Revtrina」- | A6 会話の中で一人一人の声を取り出します -オンライン発話抽出技術- |
| A7 頑健な対象追跡のためのメモリーベースパーティクルフィルタ | A8 ものの色を忠実に撮影・再現 |
| A9 ビスケットワークショップ -うごくカードをつくらう- | |

情報科学

- | | |
|--|-------------------------------------|
| B1 Topigraphy Project | B2 ウェアラブルセンサを用いたライフログングについて |
| B3 隠れマルコフモデルのための高速探索 | B4 データストリームのためのパターン検出 |
| B5 トピックモデルに基づくデータマイニング | B6 医療情報アクセスシステム |
| B7 匿名性・プライバシーの高精度検証に向かって -数理的技法と暗号理論の融合によるセキュリティ・プロトコルの高精度自動検証- | B8 量子コンピュータ -超高速計算を実現する量子回路- |

人間科学

- | | |
|---|----------------------------|
| C1 乳児の日本語音声の知覚発達過程 | C2 声を出す・聞く脳の仕組みの相補性 |
| C3 あるはずなのに見えない -錯視が明らかにする「知覚的気づき」のメカニズム- | C4 感情を測る |

人間科学

情報科学

メディアと
コミュニケーション

■ 5月27日(木) 12:00~17:30 ■ 5月28日(金) 9:30~16:00

会場 NTT京阪奈ビル

入場無料・事前登録不要



NTTコミュニケーション科学基礎研究所
所長 上田 修功



人間と情報への深い理解に基づくICTの新展開

未来の情報通信はどうあるべきでしょうか?携帯電話やインターネットによるICT革命は、多様なコミュニケーション手段を生み出しました。しかし、一方で我々は、人のコミュニケーション能力の低下や、情報格差など新たな社会的課題にも直面しています。合理性を追求する情報通信は、感情や情動といった非合理的な側面を持つ人のコミュニケーションとは必ずしも整合しないと考えられます。これからの情報通信には、高度な情報処理技術だけでなく、人間の豊かな Quality of Life を実現する深いコミュニケーションのための新たな技術が必要なのです。

NTTコミュニケーション科学基礎研究所では、次世代のコミュニケーション環境とそれを支える革新的ICT技術の創生をミッションとし、人間と情報の深い理解に基づくコミュニケーションの基礎研究を進めております。

オープンハウス2010では、メディアとコミュニケーション、情報科学、人間科学の各分野での私たちの最新先鋭の研究成果について、研究講演、ポスター展示、デモ実演を通して皆様にご紹介させていただきます。ご来場いただいた皆様に、私たちの熱い想いと、目指す未来の情報通信社会を感じて頂ければ幸甚です。

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	3
■ 講演スケジュール	3
■ 研究講演	
感情を測る	4
ことばが生まれるまでの道筋	6
ー乳児期の音声言語発達ー	
世界中のメディアを知り尽くす	8
ーメディア探索技術と展開ー	
大規模データを用いた半教師あり学習技術	10
ロスレス符号化技術と展開	12
量子情報処理の歴史と課題	14

■ テーマ展示

A メディアとコミュニケーション

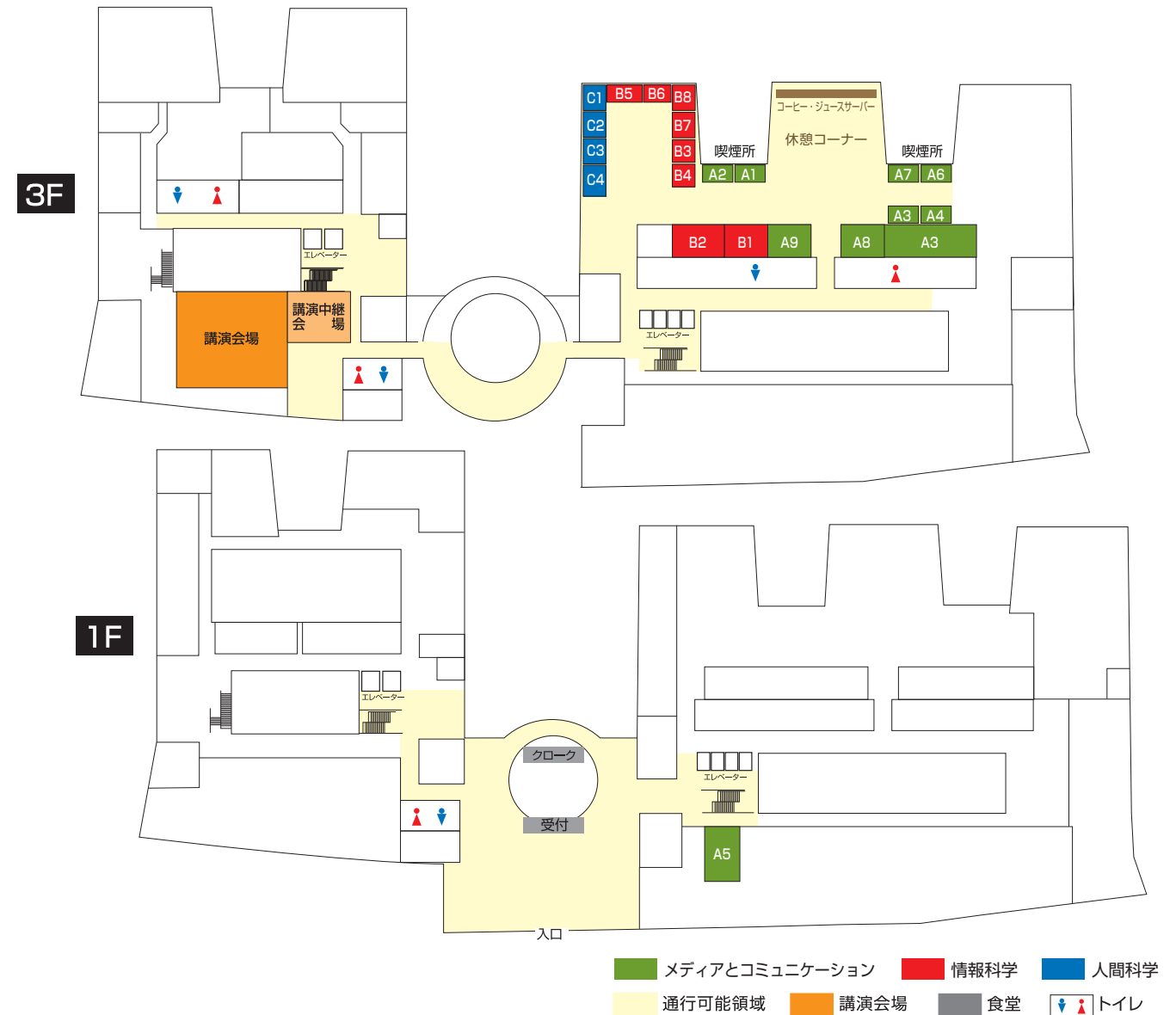
A1 音や映像から「部品」を取り出す ーメディアシーン学習が切り拓く次世代メディア解析ー	17
A2 ロバストメディア探索技術の最新展開	18
A3 いつ誰が何を話したか？を即座に分析 ー複数人会話のリアルタイムモニタリング & ブラウジングー	19
A4 会話の記録をさくさく作る ーオンライン音声言語処理技術ー	20
A5 音声をより聞き取りやすく、音楽をより豊かに！ ー収録音に含まれる残響を自在に制御する技術「Revtrina」ー	21
A6 会話の中で一人一人の声を取り出します ーオンライン発話抽出技術ー	22
A7 頑健な対象追跡のためのメモリーベースパーティクルフィルタ	23
A8 ものの色を忠実に撮影・再現	24
A9 ビスケットワークショップ ーうごくカードをつくらうー	25

B 情報科学

B1 Topigraphy Project	27
B2 ウェアラブルセンサを用いたライフログングについて	28
B3 隠れマルコフモデルのための高速探索	29
B4 データストリームのためのパターン検出	30
B5 トピックモデルに基づくデータマイニング	31
B6 医療情報アクセスシステム	32
B7 匿名性・プライバシーの高精度検証に向かって	
ー数理的技法と暗号理論の融合によるセキュリティ・プロトコルの高精度自動検証ー	33
B8 量子コンピュータ ー超高速計算を実現する量子回路ー	34

C 人間科学

C1 乳児の日本語音声の知覚発達過程	35
C2 声を出す・聞く脳の仕組みの相補性	36
C3 あるはずなのに見えない ー錯視が明らかにする「知覚的気づき」のメカニズムー	37
C4 感情を測る	38



講演スケジュール

●5月27日(木)

所長挨拶

(13:15~13:35)

人間と情報への深い理解に基づくICTの新展開

上田 修功 (NTTコミュニケーション科学基礎研究所所長)

研究講演

(14:00~14:30)

感情を測る

竹内 龍人 (人間情報研究部)

(14:30~15:00)

ことばが生まれるまでの道筋

ー乳児期の音声言語発達ー

麦谷 綾子 (協創情報研究部)

●5月28日(金)

研究講演

(10:30~11:00)

世界中のメディアを知り尽くす

ーメディア探索技術と展開ー

柏野 邦夫 (メディア情報研究部)

(11:00~11:30)

大規模データを用いた半教師あり学習技術

鈴木 潤 (協創情報研究部)

(13:30~14:00)

ロスレス符号化技術と展開

守谷 健弘 (守谷特別研究室)

(14:00~14:30)

量子情報処理の歴史と課題

加藤 豪 (協創情報研究部)



感情を測る

人間情報研究部 主幹研究員
竹内 龍人

なぜ感情を測るのか

「感情」はあたりまえの経験にも関わらず、いざ定義しようとするとなかなか難しいものです。とはいえ私たちは日頃、自分や他者の感情を自在に言語化し表現しています。対人コミュニケーションでは、他者の感情を推測し、自分の振る舞いを合わせ、それが相手にもたらす感情を推測する、といった一連の感情推測プロセスを働かせています。昨今では、「機能の数はいくつあるか」といった指標よりも、「使っていて楽しいどうか」という感情の指標が重要視される製品開発分野もあります（参考文献1）。そもそも日頃接する人々やモノ、状況などありとあらゆる事象に対して、私たちの気持ちが白紙であること、つまり「好きでも嫌いでもない」ことがあったでしょうか。それが強かれ弱かれ、必ず何かしらの感情を抱くのではないのでしょうか。

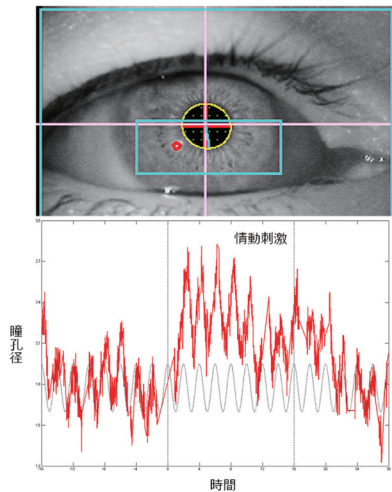
人の営みとは切っても切れない関係を持つ感情、それを「定量的に測りたい」、そういったニーズがあるのは臨床心理学や精神医学、あるいはQOLに関わる分野だけにとどまりません。感情を制御したい、適切な感情を喚起する商品を開発したい、顧客の真の感情が知りたい、そんな分野からも感情測定を求める声が聞こえてきます。

感情は多種多様であり、恐れ、怒り、嫌悪、驚き、悲しみ、喜び、あるいは不安といった基本的な感情に加えて、共感、感謝、賞賛、当惑、恥、罪悪感、プライド、嫉妬、羨望といった社会的な感情が複雑に絡み合った形として存在します。パーソナルであると同時に

ソーシャルで、時には意識にすら上らない感情、それをどのように測ればいいのでしょうか。

感情を測定する方法

感情はパーソナルな体験であることから、いろいろな質問を投げかけ、感情に関する側面を明らかにしていく心理テストは有効な手段です。また、感情研究でよく用いられているSAM（Self-Assessment Manikin）では、欲求と防衛という2つの基本的な行動を仮定した上で、「それは自分にとって快か不快か」「それは強いかわ弱いかわ」という二軸で外部刺激を評価します。



感情は身体の変化と切っても切れない関係にあります。「目を見開くような」体験をした時、実際に私達の瞳孔は拡大しているのです。ここで感情をより深く知るために、「情動」という概念を紹介しましょう。恐ろしい光景を目にした時、硬直したりどきどきするといった

身体の変化が無意識に生じます。これが情動反応です。情動反応に基づいて脳に特有の反応が生じ、そして感じる「怖い」という意識、これが感情です（参考文献2）。ウィリアム・ジェームスが100年以上前に指摘したように、「悲しいから泣く」のではなく「泣くから悲しい」のです。この仮説に基づけば、身体、そして脳に表れる情動反応と主観的に抱かれる感情との間がどのような関係にあるかを明らかにすることにより、感情の定量化への道が開けます。心拍や発汗、血圧、呼吸、表情（筋肉の動き）といった自律神経系や筋骨格系に司られる情動反応や、それを表象する脳の反応を調べることは、認知神経科学領域における感情研究の柱の一つです。

人と感情が不可分なのであれば、人が持つ認知機能と感情もまた不可分の関係にあるといえます。感情を揺さぶるような出来事の近辺で生じた記憶は長く残ります。強い負の感情を喚起する刺激を受けると副腎からストレスホルモンが血中に放出され、その働きが記憶を強めているのです。ホルモンを制御することにより、記憶だけでなく感情そのものが変容することが知られています。記憶や学習といった認知機能やホルモンの分泌に関わる内分泌系の理解は、感情の定量化には必須です。

情動反応が無意識に解釈された結果が感情なのだとすれば、その解釈はどのようになされるのでしょうか？薬物投与により、複数の人に同じ情動反応を生じさせたとしましょう。実は、同じ情動反応を経験した全員が同じ感情を抱く、というわけではありません。その

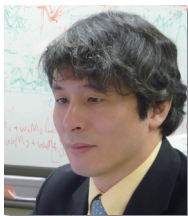
人が置かれた状況、今までの経験、あるいはその人の性格によっていただく感情は正にも負にもなりうるのです。その人の性格は遺伝子の型からわかることがあります。情動反応を脳が解釈する時に現れる個人間の違い、それを遺伝子のレベルで推測するための研究が進められています。

感情測定に必要なこと

感情は脳と身体の複雑なインタラクションからもたらされる、身近でそしてミステリアスな存在です。感情を測るためには、感覚系や自律神経系、筋骨格系、遺伝子やホルモンの働き、あるいは意識／無意識のしくみなど、人間全般に関する科学的な解明が必要なのです。感情の謎に迫るべく、私たちは多方面からの研究を進めています（参考文献3）。

【参考文献】

- 1) ヤコブ・ニールセン「ユーザビリティエンジニアリング原論」東京電機大学出版局（2002）
- 2) アントニオ・R・ダマシオ「感じる脳」ダイヤモンド社（2005）
- 3) NTTCS研オープンハウス2010 ポスター展示「感情を測る」（大石・北川・佐藤他）



竹内 龍人 (たけうち たつと)

NTTコミュニケーション科学基礎研究所 人間情報研究部 主幹研究員（博士（心理学））
1995年NTT基礎研究所。2007年より現職。専門は心理学。特に人間の視覚と情動。著書に「だまされる目～錯視のマジック～」[「だまし絵練習帖～基本の錯視図形からリパースペクティブまで～」など。ウェブサイト「錯視と錯聴を体験！イリュージョンフォーラム」運営（柏野・竹内・松下）。



ことばが生まれるまでの道筋

－乳児期の音声言語発達－

協創情報研究部 研究主任
麦谷 綾子

生まれたとき、泣くことでしか意思表示ができなかった赤ちゃんたちは、わずか数年のうちに、時には大人を言い負かすほど自由にことばを操るようになります。この驚異的なことばの発達の最初の一步は、赤ちゃんが自分の周囲にあふれる音声を分析し、その特徴を見出すことから始まります。やがて赤ちゃんはとめどない音の流れの中から単語を抜き出し、さらにその意味を学習できるようになります。ことばの獲得の根幹をなすこの一連の過程は、1980年代から盛んになった心理学的実験手法（図1）を用いた乳児研究によって、生後1年程度の非常に短い間に起こることが明らかになっています。



図1：赤ちゃん実験風景

ことばの獲得のはじまり

生まれたての赤ちゃんは、胎内で聞いていたお母さんの声、お母さんが読んでくれた文章や歌などの音声に対して反応します。このことは、環境にある音声の学

習が、おなかの中にいるときからすでに始まっていることを示しています。

赤ちゃんはまた、ことばの学習を促進するような音声に注目する性質を備えて生まれてきます。私たち大人は赤ちゃんに語りかけるとき、専門的には「対乳児音声」と呼ばれる、特殊な声を出します。ゆっくりとした話速、抑揚豊かで明瞭、といった特徴を持つ対乳児音声は、ことばの学習の有効な手立てとなっていることが考えられます。生まれたての赤ちゃんは、この対乳児音声に対して選択的に注意を向けるのです。

音声知覚の発達

赤ちゃんは「万国語の話者」と呼ばれ、どのような言語でも母語として獲得できる状態で生まれてきます。そのため発達の初期には、世界の言語に登場するさまざまな音を聞き分ける能力があることが知られています。その後、母語音声を聞く経験が増すにつれて、赤ちゃんの音声知覚は次第に母語の音声システムを学習するのに最も効率よい形に最適化されていきます。

例えば、日本人にとって英語子音の/ra/と/la/はともに「ラ」に聞こえ、区別することが難しい音声です。しかし日本人であっても、生後6ヶ月程度までの間はこれらの音声を区別することができます。つまり、日本語の音声システムにさらされることによって、日本語の学習に都合が良い、/r/と/l/を区別しない形に知覚が

最適化されるのです。

最近では、さまざまな言語における知覚最適化の過程が詳しく調べられるようになり、最適化を引き起こすメカニズムも解明され始めています。当研究所でも、日本語の音声システムへの最適化過程の詳細な検証を行い、これまで主流だった欧米言語を対象とした研究では得られなかった新しい知見を見出しています（テーマ展示「乳児の日本語音声の知覚発達過程」を参照）。

音声から単語へ

音声知覚が母語に最適化される時期と前後して、赤ちゃんは音の連なりから単語を切り出せるようになります。このとき赤ちゃんは、単語のストレスパターンを切り出しの手がかりとして使うことが知られています。例えば英語の2音節単語の多くは、“KINGdom”のように強弱のストレスパターンを持ちます。赤ちゃんは、この強弱のストレスパターンのかたまりを単語として切り出すのです。

発達に伴い、赤ちゃんは単語切り出しの手がかりとなる要素を次々と増やしていきます。例えば、英語の場合、/vn/という音の連なりは“oven”，“seven”のよう

に単語内に、逆に/vt/という音の連なりは“cave tour”のように単語境界に多い、という違いがあります。生後9ヶ月の赤ちゃんは、音の連なりが単語のどの位置に起こりやすいのかを知っていて、単語切り出しの手がかりにしています。また、“Nitrates”という単一単語内の真ん中にある/t/と、“Night Rates”という単語句の単語末/t/は、同じ音でもわずかに異なる響きを持ちます。生後10ヶ月半を過ぎると、この微妙な音の響きの違いも、単語を切り出す手がかりとなります。

こうしたことばが生まれる前の音声知覚・単語切り出し能力の成熟を背景に、最初の誕生日を迎えるころに初めての意味のあることば（初語）を発し、その後、加速度的に言語発達がすすんでいくのです。

【参考文献】

- 1) 麦谷綾子 (in press) 「音声知覚と生成の発達」, 山口真実, 金沢創編『発達心理学』(大山正監修『心理学研究法』第4巻), 誠信書房.



麦谷 綾子 (むぎたに りょうこ)

NTTコミュニケーション科学基礎研究所協創情報研究部研究主任。
2004年東京大学大学院総合文化研究科を修了。博士(学術)。NTTコミュニケーション科学基礎研究所リサーチアソシエイト、日本学術振興会特別研究員などを経て、現職。専門は乳児期のことばの発達科学。



世界中のメディアを知り尽くす ーメディア探索技術と展開ー

メディア情報研究部 主幹研究員・特別研究員
柏野 邦夫

メディア情報爆発と検索

何をするにもまずはネットで検索，という時代です．ネット上には，ニュース，商品情報，口コミ，日記，つぶやきに至るまで，あらゆる情報が刻々とアップロードされ，情報爆発と言われています．その膨れあがる一方の情報を有益なものとして活用するために，検索技術は重要な鍵です．

文字情報に対する検索技術の源流は，1970年代に開発された高速文字列探索アルゴリズムに遡ります．これは，ある探したい文字列が別の長い文字列の中のどこに出現するかを高速に見つけることを目指したものでした．その後，「語」に着目した文書解析の手法が大きく発展してきました．例えば，文書内での語の出現を予め索引づけしたり，語の出現頻度によって文書の特徴づけたりするなど，高速に的確な文書を検索するための工夫が進展してきました．

現在，ネット上には，文字だけでなく音や映像の情報（これをメディア情報と呼びます）が盛んにアップロードされています．既に，主要な動画共有サイトへの投稿は1日に数十万件以上に及び，メディア情報爆発が生じています．現在それらは，人手で付加された文字情報や視聴ランキングといった外部の情報によって検索することができますが，膨大なメディア情報の活用を一層進めるために，内部的情報，つまりメディア情報の中身自体に着目した情報検索の研究が盛んになっています．

高速時系列探索:同じメディア情報を特定する

メディア情報検索の最も基本的な要素は，同じ情報の特定です．これを文字列探索に対比し時系列探索と呼んでいます（参考文献1）．

時系列探索は，メディア情報からの特徴抽出と，その特徴に基づく探索とから成り立ちます．特徴の一致を見つけること自体は自明な処理のようですが，正確に，頑健に，高速に，見つけることが課題となります．文字列とは異なり，メディア情報は，伝送や環境条件などによって様々に変形しますが，それらの違いを吸収しながら，微妙な違いも正確に見分ける工夫が必要になるのです．

私たちの研究グループは，早くから時系列探索に取り組んできました．従来の認識研究では音や画素の詳細な特徴を用いるのが通例でしたが，私たちは，音や映像の中の特に特徴的な部分だけを大胆に捨象しつつ，個々には粗い特徴を組合せることで，探索対象を正確かつ効率的に絞り込めることを見出しました．近似的探索を高速に行う手法の研究も進めています．

「語」単位のメディア解析へ:メディア情報からまとまりを抽出する

文字情報の処理では，語を単位とすることで，データ（文字の並び）から意味内容への橋渡しがなされてい

ます．これに対し，メディア情報の場合は，「語」つまり単位となる構成要素を抽出するというよりは，音声認識，文字認識，顔認識といったように，初めから対象に特化したパターン認識の手法が発展してきました．私たちの研究グループでも，音楽や楽器の知識を用いた音楽の情景分析などの研究を進めてきました．

これに加え，私たちが最近力を入れているのは，メディア情報からその単位となる「語」（メディア情報を構成する最小の単位）そのものを抽出するアプローチです．この方法は，必ずしも対象に特化した事前知識に頼らずに，データに内在する性質（出現頻度や顕著さなど）から単位を抽出しようとするところに特徴があり，このために適用範囲が広く学習が可能になるなどの利点が期待されます．これまでに，理論構築に加え，ピアノ演奏から演奏情報を取り出したり，映像中から物体らしい領域を抽出したりするなどの実験を行い，有望な結果を得ています（参考文献2，3）．

到達点と今後の展開

メディア情報の探索・検索技術は年々進歩し，その用途も広がっています．例えば，時系列探索の速度は最近の10年間に数千倍以上になりました．これを応用し

て，世界中の主要な動画共有サイトへの日々の新規投稿の大半をカバーする規模でコンテンツ特定サービスが行われ，対象の音楽・映像コンテンツの使用状況がほぼ全数チェックされるようになりました．「語」を単位としたメディア解析も，ここ数年のうちに実応用が開拓されると予想されます．パソコンのメディア再生ソフト，テレビ，携帯電話にメディア情報の探索・検索技術が搭載されるとき，世界中のメディアを知り尽くすための窓が開かれることになるでしょう．

【参考文献】

- 1) 柏野, 黒住, 向井: メディアコンテンツ特定技術の最新動向, 電子情報通信学会誌, Vol.93, No.4, pp.340-342 (2010) .
- 2) H. Kameoka, N. Ono, K. Kashino, and S. Sagayama: Complex NMF: A New Sparse Representation for Acoustic Signals, Proc. ICASSP2009, pp.3437-3440 (2009) .
- 3) 福地, 宮里, 赤嶺, 木村, 高木, 大和, 柏野: グラフコストの逐次更新を用いた映像顕著領域の自動抽出, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J93-D, No.8 掲載予定 (2010) .



柏野 邦夫 (かしの くにお)

1995年東大大学院工学系研究科博士課程了．博士(工学)．同年 NTTに入社，2006年より現職．国立情報学研究所客員教授．IEEE Trans. Multimedia 論文賞(2004)，文部科学大臣表彰若手科学者賞(2007)，前島賞(2010) など受賞．



大規模データを用いた半教師あり学習技術

協創情報研究部 研究主任（特別研究員）
鈴木 潤

計算機による学習とは？

今，毎日大量に送られてくるスパムメールに悩まされている人が多くいるので，スパムメールを自動的に判定し削除するシステムを作ろうとしているでしょう．このような時に，ある程度の数の事例集合（データ）から，課題を解くのに有用な規則，知識表現，判断基準などを，計算機を用いて自動的に学習する技術を総称して“機械学習”と呼びます．

機械学習技術は，例に挙げたスパムフィルタ以外にも，情報検索，金融市場の予測などの人間を補助する実用のシステムで既に利用されています．また，機械翻訳，音声認識，文字（画像）認識，自然言語の意味解析といった，人間が持つ能力の計算機上での実現を目指す研究でも要素技術として使われています．それ以外にも，動物の進化系統の分類，遺伝子配列の分析といった自然科学分野での分析手法の一つとしても用いられています．このように，機械学習技術は，情報処理の幅広い分野の基盤技術として密かに重要な役割を担っています．

データは機械学習の生命線

機械学習を用いてシステムを構築した後，システム稼動時に入力される未知データに対する予測性能の良し悪しを決める要因は何でしょうか？もちろん，用いた機械学習技術自体の性能と課題への適合性も重要な

要因ですが，実は，学習に使うデータも大変重要です．つまり，同じ機械学習技術を使ったシステムなら予測性能を上げるには，“網羅的”かつ“大量”に学習データを準備すること，が秘訣と言えます．

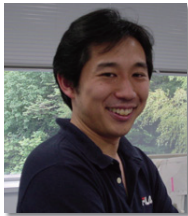
使えるもの（データ）はなんでも使う

先程のメールのスパムフィルタの例では，入力は“メール”，出力は“スパムかそうでないか（を示すラベル）”というように，課題に対する入力と出力の定義を計算機にわかりやすい形で表せる課題が多くあります．このような場合は，その課題の入力と正解出力のペアのデータ（正解データ）を準備し，そこから統計的に意味のある判断基準を学習する方法が有効と言われています．このように正解データを用いて学習する方法を総称して教師あり学習と呼びます．

ただし正解データは，課題を熟知した人や特別な装置が必要な場合があり，時間，労力，コスト面から網羅性とデータ量を十分に満たすのは難しいことが多いです．つまり教師あり学習では，研究者が頑張って学習技術をいくら向上させても，正解データを十分に用意できないが故にその効果を発揮できないということが起こり得ます．一方，正解がわからないデータ（システムの入力データだけ）でよければ，比較的簡単かつ大量に得られる場合があります．例えば，テキスト，画像，音声，映像などは，近年のインターネットやデジタル製品の普及等に伴って，電子化されたデータが

大量に存在します．この最近の状況から，正解がわからないデータをうまく利用して教師あり学習を用いたシステムの性能を向上させることができないか？という考えが自然に生まれてきます．このように，正解データだけでなく，正解がわからないデータも利用して学習する方法を総称して半教師あり学習と呼びます．

ただ実際には，正解がわからないデータは正解がわからないのだから，学習に使ってもシステムの予測性能向上に本当に役に立つのかは疑問があるところです．そこで，我々はこの疑問に対する一つの答えを実験によって示してみました．具体的には，新聞記事約5日分の正解データに対して，新聞記事約60年分の正解がわからないデータを準備し，係り受け解析等の自然言語解析問題に適用してみました．その結果は，正解がわからないデータを少量使った場合はほぼ効果は得られませんでした，全データを使うと，約5日分の正解データでの教師あり学習では到底到達できないほど大幅に予測性能が向上しました．また，ある一定量を超えるとデータを増やすほど予測性能が向上する傾向にあることがわかりました（参考文献1，2）．これは，言語現象は新聞記事5日分の正解データだけで網羅できるような簡単な問題ではないことが主な要因と考えられます．このような性質の課題では，正解がわからないデータでも，網羅的かつ大量に用いることで，獲得が困難な正解データの代替として役に立つことを示しています．



鈴木 潤（すずき じゅん）

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 協創情報研究部 研究主任（特別研究員）．
2001年よりNTTコミュニケーション科学基礎研究所（現職）．2005年，奈良先端大学院大学博士後期課程修了．
2008年～2009年 マサチューセッツ工科大学（米国）客員研究員．主として自然言語処理，機械学習に関する研究に従事．博士（工学）．

これまでの取り組みと今後の展望

半教師あり学習は，当研究所で近年重点的に取り組んできた研究の一つです．ここでは具体的な説明を省きますが，我々の開発技術は，扱うデータ量が多くなっても計算量が比較的低いという特徴があります．つまり開発技術は，情報爆発時代と呼ばれる近年の時代背景にうまく適合した方法となっています．また，半教師あり学習は，教師あり学習の自然な拡張の形であるため，ほぼ全ての教師あり学習によるシステムを半教師あり学習へと移行することができます．これにより，最初に挙げた様々な情報処理システムの性能の底上げが実現できます．今回の開発技術も今後様々なシステムへの適用が考えられています．

【参考文献】

- 1) Jun Suzuki, and Hideki Isozaki. Semi-Supervised Sequential Labeling and Segmentation using Giga-word Scale Unlabeled Data, In Proc. ACL-08:HLT, pp. 665--673, (2008) .
- 2) Jun Suzuki, Hideki Isozaki, Xavier, Carreras and Michael Collins, An Empirical Study of Semi-supervised Structured Conditional Models for Dependency Parsing, In Proc. of EMNLP, pp. 551--560, (2009) .

ロスレス符号化技術と展開

守谷特別研究室長
守谷 健弘

符号化技術の背景

NTTの研究所では40年以上前から音声の分析・合成・認識・符号化などの研究分野で世界を主導してきました。特に圧縮符号化技術はデジタル携帯電話、IP電話、音楽配信、携帯音楽プレーヤ等の大きな市場でのサービスに展開されています。これまでの符号化は限られた伝送容量、蓄積容量のもとで、できる限り品質を保つことを目標とする高圧縮符号化でした。図1のように信号の冗長性（無駄）を除くことと聴覚に鈍感な部分を省略することで低ビット化が実現されています。これに対し品質を犠牲にせず、信号の真に無駄な情報を除去するのがロスレス符号化で無歪または可逆符号化とも呼ばれます。ZIPは汎用の無歪符号化として広く使われていますが、音声や短いサンプル系列に対する圧縮性能は音声信号専用の符号化には遠く及びません。

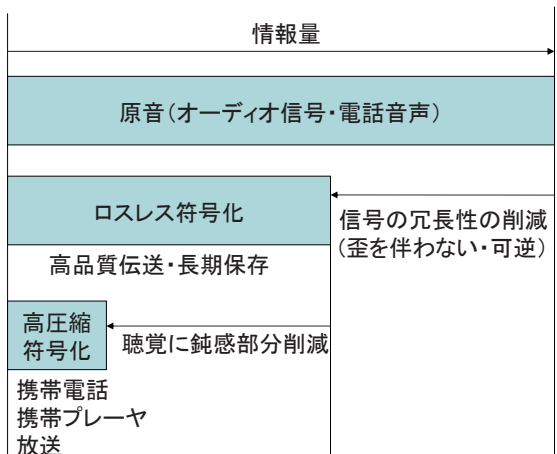


図1：ロスレス符号化と高圧縮符号化 MPEG * の国際標準化

MPEG *の国際標準化

ロスレス符号化は高品質志向の音楽編集、鑑賞、長期保存に重要です。NTT研究所はこの技術を研究しつつ、互換性や長期保守性を重視し、国際協力のもとに標準化を主導してきました。この結果MPEG-4 ALSとして制定することができました。この技術は圧縮性能（元の15～70％に圧縮）や処理速度（通常のPCのCPUで100倍速）で世界のトップレベルにあります。このため多くの用途に有効に使っていただけるよう普及活動を継続しています。なかでもオーディオ信号の長期保存は重要な用途の一つで、現在世界中で大きな課題となっています。この用途には圧縮符号化だけでなく、互換性と柔軟性を両立させたパッケージフォーマットが不可欠との認識で、これもNTT主導でMPEG-A PA-AF（professional Archival Application Format）として制定することができました。また日本のダウンロード放送用途のARIB（電波産業会）の規格やオーディオ機器間での直列伝送ができるフォーマットのIEC規格などALSを利用する規格の策定が進行中です。

ITU-T **の国際標準化

通信の標準化を行っているITU-Tでも、ひかり電話などのIP電話用対数PCMのロスレス符号化が課題となりました。NTTはALSの技術を生かし国際協力のもとに

この標準化を主導しました。この結果、G.711.0として制定され出版されるに至りました。この技術は64 kbit/sのIP電話信号を歪みなく低演算（携帯電話用符号化の1/10程度）で約50%の情報量に圧縮するもので、各種サービスの効率化への貢献が期待されます。

ISO/IEC 14496-3 ALS オーディオロスレス符号化 貢献: NTT, ベルリン工科大, LGE	2006.3出版
ISO/IEC 23000-6 PA-AF プロ用アーカイブフォーマット 貢献: NTT, KAIST	2009.4出版
IEC 61937-10 ALSのままで機器間直列伝送 貢献: NTT, LGE	2011年予定
ARIB STD-B32 2.3版 デジタル放送用映像、音声符号化。ALSを含む 貢献: NTT, NHK	2010年予定
ITU-T G.711.0 対数PCMのロスレス符号化 貢献: NTT, Cisco, Huawei, Texas Instruments	2010.5出版

表1：ロスレス符号化と関連標準規格

今後の展開

ロスレス符号化関連の標準化規格をまとめたものが表1です。また展開分野例を図2に示します。NTTグループは依然として電話通信で大きな収益を得ており、その技術の発展に大きな社会的責任を負っています。今後とも高品質サービスを志向し、国際標準化も視野にいたれた研究を継続し、永く広く使っていただけるよう



守谷 健弘 (もりや たけひろ)

昭55年東大院・工・計数修士課程了。同年日本電信電話公社入社。以来、音声音響信号の符号化の研究開発、標準化に従事。平成元年工博。同年AT&Tベル研究所客員研究員。現在、情報処理学科規格調査会SC29専門委員長、NTTフェロー。日本音響学会、電子情報通信学会、情報処理学会、AES、IEEE (Fellow) 各会員。著書「音声符号化」他。

努力したいと思います。さらに革新的な高品質サービスを開拓するために、多チャネル信号処理、生体とのインタフェース技術を軸に、隣接分野と連携した息の長い基礎研究にとりくみたいと思います。

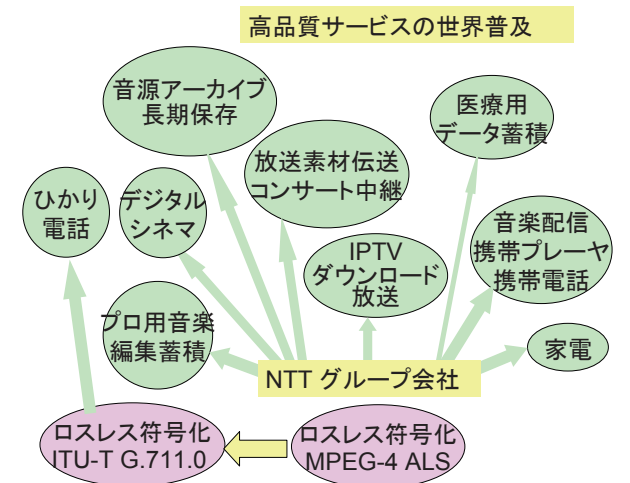


図2：ロスレス符号化の展開

* MPEG: Moving picture Expert Group
** ITU-T: International Telecommunication Union
Telecommunication Standardization Sector

【参考文献】

- 1) 守谷, 原田, 鎌本: “高品質音響信号処理と符号化の研究展望,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.2, pp.8-10, 2008.
- 2) 鎌本, 守谷, 原田・KOS: “ロスレス・オーディオ符号化MPEG-4 ALSの高性能化,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.2, pp.11-18, 2008.
- 3) 原田, 守谷, 鎌本: “MPEG-4 ALSの性能・応用と関連する標準化活動,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.2, pp.19-25, 2008.
- 4) Harada, Kamamoto, Moriya, Hiwasaki, 他: "Emerging ITU-T Standard G.711.0 - Lossless Compression of G.711 Pulse Code Modulation," ICASSP 2010, SP-P5.4.



量子情報処理の歴史と課題

協創情報研究部 研究員
加藤 豪

量子情報処理とは？

「情報処理」といえば、みなさんは容易に想像する事ができるでしょう。では、そこに「量子」というキーワードが付くと何になるのでしょうか？

現在の情報処理の道具である計算機はどんどん小型化・高速化していますが、そのまま極限まで小さくなる事はできません。なぜならば、非常に小さい世界は、我々の住む世界の常識が通じず「量子力学」という普通の世界とは異なる常識が支配する世界だからです。そして、この世界の上で動作する情報処理が「量子情報処理」です。量子力学の特徴の一つは、粒である電子が波のように干渉する点にあります。「量子情報処理」とは、通常の「情報処理」で扱われる状態（0と1の羅列である状態）が「干渉」する事を許容するものと捉える事ができます。

量子情報処理が注目される理由

量子情報処理という考え方は1980年代頃から語られだしました。しかし、本当に脚光を浴びるようになったのは1990年代に入ってからです。その一つのきっかけとなったのが、通常の計算機では非常に困難な問題を量子情報処理で比較的容易に解決する手法(量子計算機上のアルゴリズム)の発見です。具体的には、量子計算機上で非常に大きい整数の因数分解を容易に行うことのできるアルゴリズムが発見されたのです(参考文献1)。

インターネットにおいて安全に暗号化通信ができる根

拠として、大きな整数(2^{1024} 近くの整数)の因数分解が困難であるという事実を使っている事を御存じの方もいらっしゃるでしょう。つまり、量子計算機が実現すれば、安全であると現在考えられている暗号化通信は、ほぼ全て安全ではなくなるという事がわかったのです。

量子情報処理における理論研究

量子計算機が実現すれば、因数分解が容易になり、世の中に大きなインパクトを与えることでしょう。それは、短絡的には既存の通信の安全性が崩壊するという事実からのインパクトととらえられるでしょう。しかしそれ以上に、今までの計算機には無い本質的に新しい能力を持った物ができたという事実に対してのインパクトが、より大きいでしょう。この事実に関心する研究者達は非常に興奮し、量子計算機の能力に高い可能性を見出しています。

では、量子情報処理に関して現在どのような問題を抱えているのでしょうか？問題を大きく分けると二つあります。まず一つは、量子計算機の実現が困難であるという事です。というのも、量子力学が支配する世界を使うわけですから、必然的に、非常に小さくて繊細なシステムを構築する必要があり、結果として外部のノイズの影響を受けやすいという、原理的な困難を抱えています。二つ目の困難は、量子計算機だからこそできるというアルゴリズムの種が少ない点です。実は、因数分解を解くアルゴリズムを始めとして、現在知られている量子計算機の特長を生かしたすべてのアルゴリ

ズムは、問題の構造（例えば、因数分解においては、超長周期の数列の周期がわかりさえすればよいという単純な構造）を非常に巧みに使っています。この事実からも推測されるように、量子計算機で扱うのに適している問題・適していない問題という切り分けでさえも、今現在の知識では十分できていないというのが現状です。現在、世界中でおこなわれている量子情報処理の研究はこの二つの問題の解決を目指すものだと言っても過言ではありません。

我々は理論的な観点からこれらの問題に立ち向かうべく研究をおこなっています。一つ目の問題に対する我々のアプローチの一つとして、初等的量子回路の効率化という方向性があります。実は、量子計算機といえども多くの通常計算（四則演算）をおこないます。例えば、因数分解のアルゴリズムなどでも、ある種の四則演算を並列に行います。その後に量子計算機の特徴である「干渉」をさせるわけであり、この操作がアルゴリズムの肝であるとはいえ、その前処理として四則演算を行うことは必要不可欠であるとともに、演算としてはアルゴリズムの大部分を占めます。そのため、量子計算といえども、四則演算を効率的におこなう事はノイズを避け計算の成功確率を向上させるうえでは非常に重要です。しかし、この四則演算は量子計算機であるが故の制約をうけます。この制約ゆえに古典的な計算機で培われた知識では十分ではない部分があり、我々はこの量子力学的制約下での最適化された四則演算の量子回路の研究をおこなっています(参考文献2)。また、二つ

目の問題に対する我々のアプローチの一つとして、そもそも現在うまくいっているアルゴリズムが何故うまくいっているのかを調べるという方向があります。現在知られているアルゴリズムを量子力学的・数学的切り口で調べる事で、そもそもアルゴリズムが成り立つための必要十分な量子力学的な性質を顕在化し、高い能力を得ている本質的な理由にせまる研究をおこなっています(参考文献3)。長期的には、我々はこれらの成果を基に、量子計算機アルゴリズムの新しい種を探していきたいと考えています。

今後の展望

我々は、ここで紹介した方向性のみならず、新しい発想をどんどん加えていく事によって、役に立つ量子計算機が実現するために不可欠な成果をあげるべく研究を積み重ねていきたいと考えています。

【参考文献】

- 1) P. W. Shor, "Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring" 35th FOCS, pp. 124-134 (1994) .
- 2) Y. Takahashi & N. Kunihiro,"A fast quantum circuit for addition with few qubits", Quant. Inf. Comp. 8 636 (2008) .
- 3) G. Kato,"Grover-algorithm-like operator using only single-qubit gates" Phys. Rev. A 72 032319 (2005) .



加藤 豪 (かとう ごう)

NTTコミュニケーション科学基礎研究所協創情報研究部 研究員。
2004年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。博士(理学)。同年、日本電信電話(株) 入社。専門は数理物理。現在は量子アルゴリズム・量子通信プロトコルなどの量子情報処理を研究

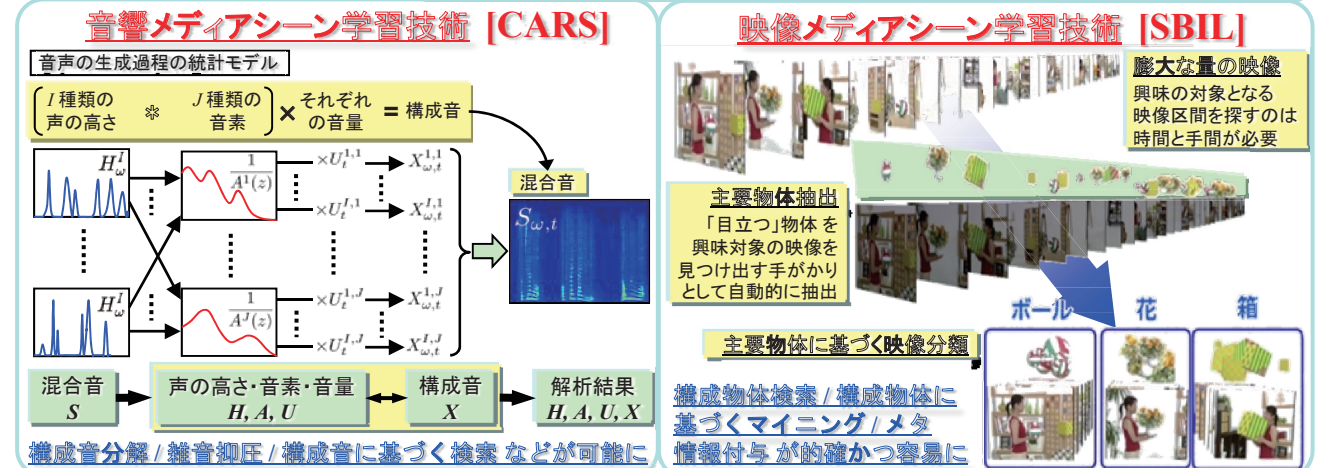
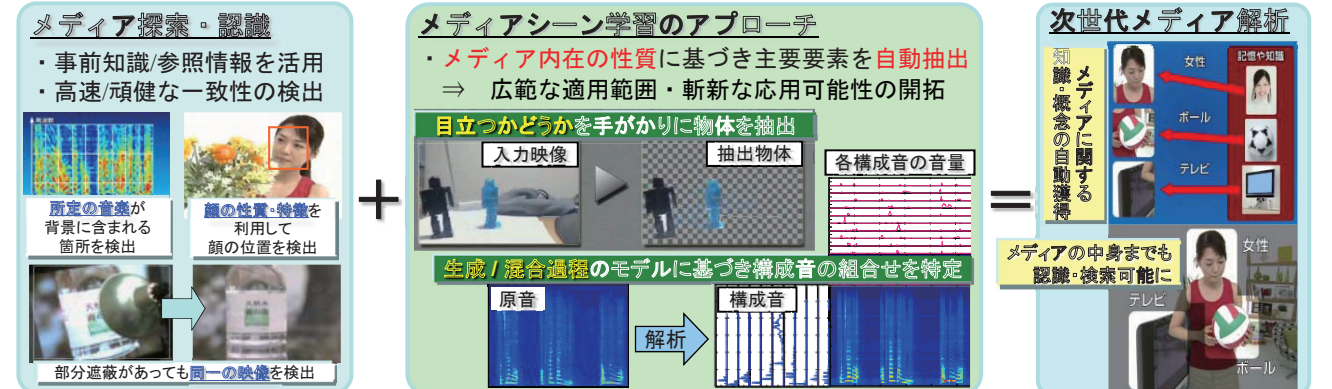


音や映像から「部品」を取り出す ーメディアシーン学習が切り拓く 次世代メディア解析ー

背景・課題：メディア情報処理の新しいパラダイムとして メディアの「中身」を自動解析する枠組を提案
メディアシーン学習 (Media Scene Learning, MSL)：複雑かつ多様な音・映像（メディアシーン）から、
事前知識や参照情報を用いずとも「聞こえる音・映っているもの」を自動的に取り出し学習する枠組

アプローチ：メディアデータに内在する性質に基づき メディアを構成する主要な要素を自動的に抽出
音響信号：個々の音の生成 / 混合過程を考慮して、所定の信号を最もよく表現する構成音の組合せを特定
映像信号：重要性の判断基準として「目立つかどうか」に着目し、映像中の主要な物体 / 建造物 等を特定

到達点：メディアの生成・観測機構を統計的にモデル化した新しいメディアシーン学習技術を考案
音響信号：音声の生成過程の統計モデルに基づく混合音声解析技術 **CARS (Composite Auto-Regressive System)** を考案
映像信号：初期視覚特性の統計モデルに基づく物体領域自動抽出技術 **SBIL (Saliency-Based Image Learning)** を考案



関連文献

1. Kameoka & Kashino, "Composite Autoregressive System for Sparse Source-Filter Representation of Speech," In Proc. ISCAS2009, pp. 2477-2480, 2009.
2. Kimura, Pang, Takeuchi, Miyazato, Yamato & Kashino "A Stochastic Model of Human Visual Attention with a Dynamic Bayesian Network," <http://arxiv.org/abs/1004.0085>
3. 福地, 宮里, 木村, 高木, 大和, 柏野 "グラフコストの逐次更新を用いた映像顕著領域の自動抽出", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2009) 予稿集, OS5-4, 2009年7月

連絡先

木村 昭悟 (Akisato Kimura), 亀岡 弘和 (Hirokazu Kameoka),
大石 康智, ルルー ジョナトン, 竹内 龍人*, 柏野 邦夫, 大和 淳司
メディア情報研究部 メディア認識研究グループ (* 人間情報研

ロボストメディア探索技術の最新展開

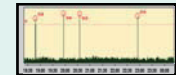
背景・課題：音楽や映像などのメディアデータをキーにした情報検索の用途が大きく広がっています。雑音や編集加工などがあっても正しく検出できること（頑健性）、微かな違いを正確に見分けること（判別性）の両方が要求されます。また、大量のデータを扱うためには探索の速さ（計算効率）も重要です。

アプローチ：信号全体を緻密に照合するのではなく、特に特徴的な部分のみの一致に着目して探索することで高い頑健性を実現し、また、時間整合性フィルタの導入により高い検出力を実現しました。さらに、探索空間を絞り込みながら詳細な探索を行う階層的探索により、判別性と計算効率を大幅に向上しました。

到達点：インターネットモニタリング・フィルタリング（主要動画投稿サイトの全数チェック）、放送番組使用楽曲報告（数百万曲規模に対応）、音楽配信業者向け利用曲目報告（高レスポンスタイム）、放送連動型広告（リアルタイム）など、大規模・高速・高精度が必要な商用サービス等に利用されています。

ロボストメディア探索技術(RMS)の発展

時系列アクティブ探索法(1998年)
6時間分を2秒で探索
→CM放送確認・統計調査(NTTソフト)



分割一致探索法(2004年)
背景音楽の高速探索
→放送使用楽曲報告(NTTデータ)



バイナリエリア照合法(2004年) →携帯楽曲認識(NTTレゾナント)
細量子化エリア照合法(2007年) →ネットコンテンツ特定(NTTデータ)
身の回りの音や映像で情報検索
世界中の主要23動画投稿サイトの全投稿(クロール不可部分を除く)を著作権チェック



変形したり隠れたりしても大丈夫
(=ロボバスト)
2000時間分のDBをリアルタイムの700倍の速さで探索(数十万件/日)



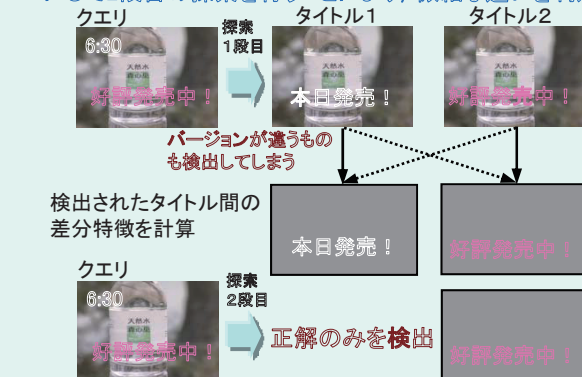
メディアの一致探索(～2000年)
NTTが世界に先駆け開始

大規模化・高速化・高精度化

最新プロダクト(RMS-2.0-2009C)の新機能とその効果

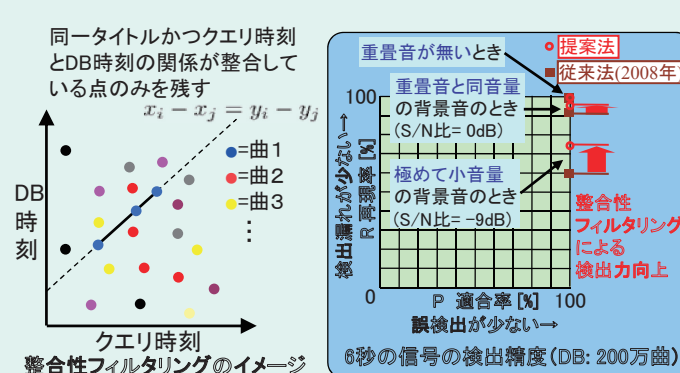
1. 差分特徴:判別性能向上

特徴の差分(一方だけに含まれる特徴)のみを探索空間にして2段階目の探索を行うことにより、微細な違いを判別



2. 時間整合性フィルタ:検出性能向上

大量(数千)の結果候補の時系列から、時間的整合性を用いて確実性の高い結果(1～数件)を抽出



関連文献

柏野邦夫, 黒住隆行, 向井良, “メディアコンテンツ特定技術の最新動向,” 電子情報通信学会誌 Vol. 93, No. 4, pp. 340-342, 2010.
柏野邦夫, “音響指紋技術とその応用,” 日本音響学会誌 Vol. 66, No. 2, pp. 71-76, 2010.

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

いつ誰が何を話したか？を即座に分析 —複数人会話のリアルタイムモニタリング&ブラウジング—

背景・課題：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。しかし、実環境での複数人の会話において、誰が誰に話しているかといった会話の状況やその発言内容を高精度で認識することは技術的に極めて難しい課題です。

アプローチ：複数人の会話の状況をカメラやマイクでセンシングし、「いつ、誰が、誰に、何を、どのように話したか」を高速かつ高精度に分析するためのモデリングや学習・認識技術を研究しています。また、種々の分析結果を即座に統合して可視化するモニタリングおよびブラウジングの方法も研究しています。

到達点：これまで「いつ、誰が、誰に話したか」のリアルタイム分析を実現してきました。今回は極めて難しい、実環境の複数人会話リアルタイム音声認識にも挑戦し「何を話したか」までを含む、会話状況のより豊富な情報を即座に提示するデモをお見せします。



関連文献

・大塚, 荒木, 石塚, 藤本, 大和:「多人数会話シーン分析に向けた実時間マルチモーダルシステムの構築」, 信学技報MVE2008-68, pp. 55-62, 2008
・大塚, 荒木:「会話シーン分析のための音声映像技術」, NTT技術ジャーナル, May. 2009, (特集:コミュニケーション科学の融合研究における新潮流)
・堀, 須藤, 塚田, 中村:「世界メディアブラウザ」, NTT技術ジャーナル, May. 2009, (特集:コミュニケーション科学の融合研究における新潮流)

連絡先

堀 貴明 (Takaaki Hori), 大塚和弘 (Kazuhiro Otsuka)

メディア情報研究部 信号処理研究グループ, メディア認識グループ

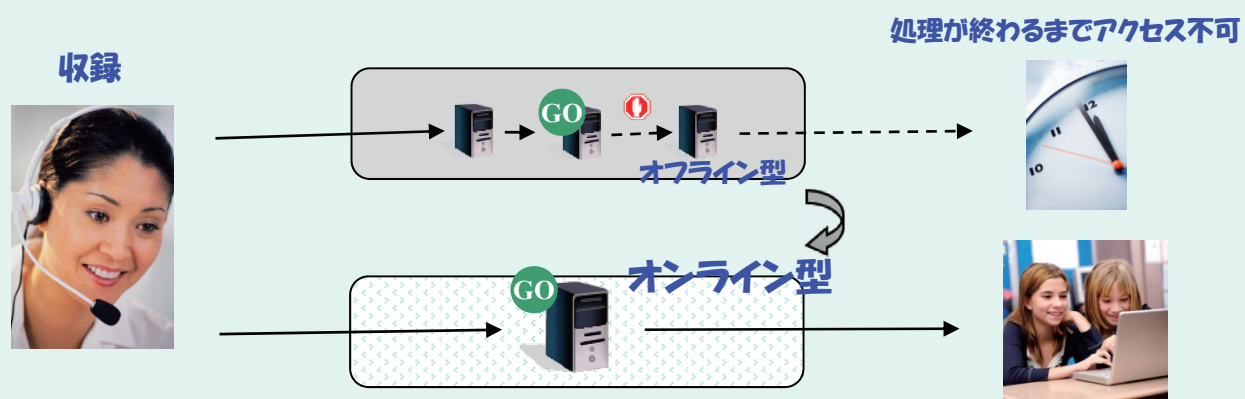
会話を記録をさくさく作る —オンライン音声言語処理技術—

背景・課題：音声認識などの多くの音声言語処理技術には、処理結果を入力と並行して逐次的に出力し、利用可能とするオンライン処理が求められます。しかし従来、オンライン処理においては、長い時間をかけた探索や、モデル適応/再認識アプローチ等が適用できないため、認識精度の確保は困難でした。

アプローチ：重み付き有限状態トランスデューサ(WFST)に基づく音声認識技術や、時間発展を考慮したモデリング手法、高度なモデル学習法、逐次同期処理などにより、高精度なオンライン音声言語解析を実現します。

到達点：「会話の中で一人一人の声を取り出します～オンライン発話抽出技術～」で紹介される技術と結合することで、複数人の会話をモニタリングし、音源分離・音声強調・発話検出・音声認識・メタ言語情報提示の一連の処理を全てオンラインで実現できるようになりました。

概要：オンラインでも高精度な音声言語処理を提供する要素技術・理論的背景を紹介



オンライン音声言語処理を支える要素技術

高精度音響モデル学習法dMMI ※1)

高精度言語モデル学習法WGCLM ※2)

高度なモデル学習技術により、オフライン型に匹敵する高精度なオンライン処理を提供します。

会話のモニタリング
テレビ会議支援システム
人の会話に参加するコンピュータ等
の実現をサポート！

音声検出技術DIVIDE ※3)

追従型モデリング

解析対象の時間変化をモデリングすることは、オンラインでの動作に加え、精度の向上にも繋がります。

※4) WFSTに基づく高速な
汎用音声言語処理系SOLON-GT ※5)

複数のモデルを柔軟に統合することで、高速な処理を実現します。

※1) differentiated Maximum Mutual Information ※2) Weighted Global Conditional Log-linear Model ※3) Dynamic Integration of Voice Identification and DE-noising
※4) Weighted Finite-State Transducer ※5) Spoken-language-processing Oriented Library based on Optimized transductive Networks with Generalized Transductions



関連文献

- T. Oba, et al., "A Comparative Study on Methods of Weighted Language Model Training for Reranking LVCSR N-best Hypotheses," Proc. ICASSP, 5126-5129, 2010.
- M. Erik, et al., "Discriminative Training based on an Integrated View of MPE and MMI Margin and Error Space," Proc. ICASSP, 4894-4897, 2010.
- S. Watanabe, et al., "Predictor-Corrector Adaptation by using Time Evolution System with Macroscopic Time Scale," IEEE trans., ASLP. vol. 18, issue 2, 395-406, 2010.

連絡先

大庭 隆伸 (Takanobu Oba)

メディア情報研究部 信号処理研究グループ
oba@cslab.kecl.ntt.co.jp

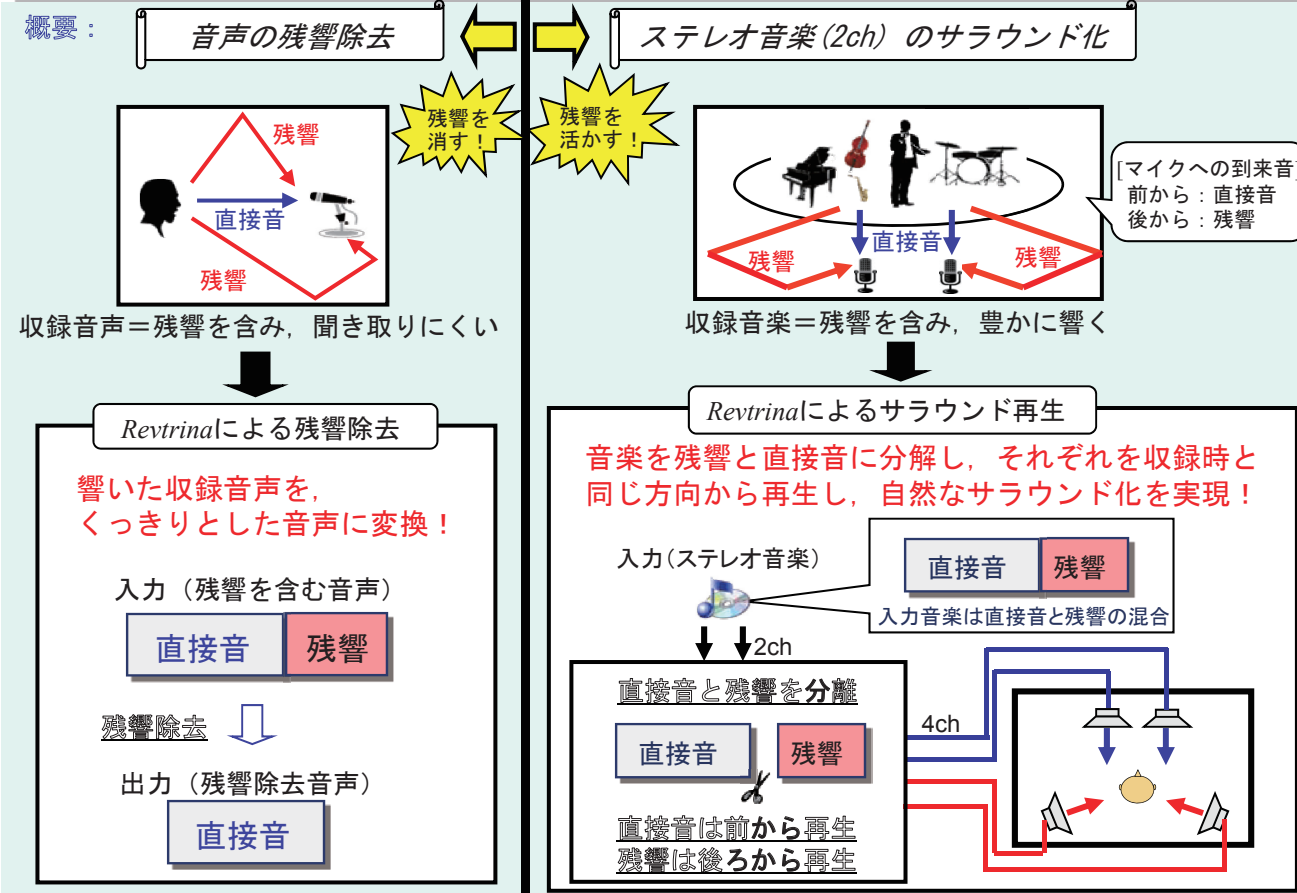
音声をより聞き取りやすく、 音楽をより豊かに！

—収録音に含まれる残響を自在に制御する技術 Revtrina —

背景・課題：収録音声に含まれる残響は、音声の明瞭性を低下させる要因になります。一方、残響は音楽を豊かに響かせるという、音楽鑑賞には欠かせない重要な役割を持ちます。これまで、音に含まれる直接音と残響を区別できなかったため、これらの残響の長所短所をコントロールすることは困難でした。

アプローチ：音に含まれる残響を高精度に推定できる独自技術を開発し、高性能な残響制御技術 Revtrina を実現しました。収録音声の残響を低減し聞き取りやすくしたり、CDなどの音楽の残響を抽出・分離して、あたかもその音楽を収録した環境で聞いているようなサラウンド感を作り出すことができます。

到達点：Revtrina を用いることで、プロ音響技術者が映画/TV/CMの制作現場でも使用できる高品質な音声の残響除去が実現できます。また、現在実用化されている最高水準の技術と比較して、忠実なサラウンド感を実現できることがプロ音響技術者による主観評価試験より確認されています。



関連文献

- K. Kinoshita et. al, "Suppression of late reverberation effect on speech signal using long-term multiple-step linear prediction," IEEE TASLP, 17(4), pp.534-545, 2009
- K. Kinoshita et. al, "Blind upmix of stereo music signal using multi-step linear prediction based reverberation extraction," ICASSP, pp.49-52, 2010

連絡先

木下 慶介 (Keisuke Kinoshita)

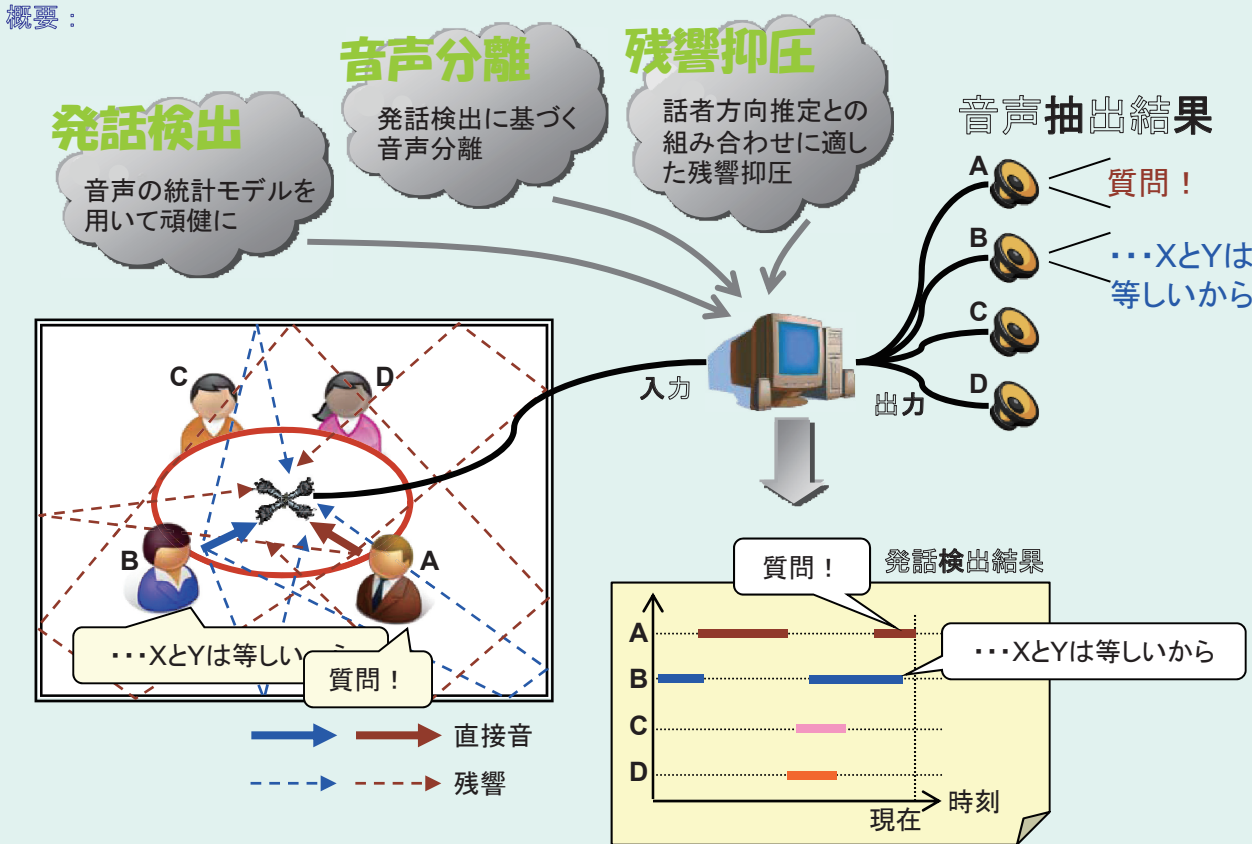
メディア情報研究部 信号処理研究グループ

会話の中で一人一人の声を取り出します ーオンライン発話抽出技術ー

背景・課題：マイクロホンアレイ技術などの進歩により、一人の音声を対象とした音声認識システムが実用化されてきています。しかし、こうしたシステムは、会話のように複数の人が発話する場面では性能が劣化してしまいます。そこで、会話の中で一人一人の音声を抽出する技術が必要とされています。

アプローチ：我々は、発話検出や雑音・残響抑圧などの要素技術のブラッシュアップと会話音声処理のための技術の構築の両方を体系的にすすめています。要素技術の研究では、会話音声処理を含めた様々な用途に応用可能な汎用性の高い技術の構築を目指しています。

到達点：発話検出や残響抑圧、会話音声分離などを組み合わせた処理をオンラインで実行することができるようになりました。しかし、現在の技術では一定の時間遅延が生じるため、さらに遅延を小さくすることが今後の課題です。



関連文献

- T. Yoshioka, et al., "Blind separation and dereverberation of speech mixtures by joint optimization," IEEE Trans. Audio, Speech, Lang. Process., available on IEEE Xplore, 2010.
- M. Fujimoto, et al., "Noise robust voice activity detection based on switching Kalman filter," IEICE Trans. Inf., Syst. E91-D(3), 467-477, 2008.
- K. Ishizuka, et al., "A speaker diarization method based on the probabilistic fusion of audio-visual location information," Proc. ICMI-MLMI, 55-62, 2009.

連絡先

吉岡 拓也 (Takuya Yoshioka)

メディア情報研究部 信号処理研究グループ

頑健な物体追跡のための メモリーベースパーティクルフィルタ

背景・課題：本展示では動画中の物体の位置と向き（姿勢）の頑健な追跡手法をご紹介します。物体姿勢追跡では、パーティクルフィルタが広く用いられてきました。しかし従来手法では、物体が激しく動いた場合にしばしば追跡を失敗してしまうという問題がありました。

アプローチ：パーティクルフィルタの枠組みによる物体追跡では、各時刻において物体の位置・姿勢の予測と検証を繰り返します。従来のPFでは、しばしば位置・姿勢の予測に失敗してしまい、追跡を継続できませんでした。この問題を解決するために提案手法では、類似した状態が繰り返し現れるという仮定の下、過去の長期の履歴を用いて将来の位置・姿勢の予測を行います。

到達点：本技術により、複雑な動きをする物体に対して頑健な位置・姿勢推定を実現しました。本技術は、マルチモーダル対話シーン分析[4]の要素技術のひとつとして、顔姿勢の推定に利用されています。この顔姿勢追跡により、「誰が誰を見ているか?」「誰が注目を浴びているか?」の基本情報を得ています。



関連文献

- [1] D. Mikami, K. Otsuka, J. Yamato, "Memory-based Particle Filter for face pose tracking robust under complex dynamics," in Proc. CVPR, pp.999-1006, 2009. (Oral presentation)
- [2] 三上, 大塚, 大和, "頑健な顔姿勢追跡のための状態履歴の記憶に基づくパーティクルフィルタ", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), OS3-1, 2009. (優秀論文賞受賞)
- [3] 三上, 大塚, 大和, "メモリーベースパーティクルフィルタ: 状態履歴に基づく事前分布予測を用いた頑健な対象追跡", 電子情報通信学会論文誌D, 採録決定.
- [4] 大塚, 荒木, 石塚, 藤本, 大和, "多人数会話シーン分析に向けた実時間マルチモーダルシステムの構築", MVE2008-68, 2008. (MVE賞受賞)

連絡先

三上 弾 (Dan MIKAMI)

メディア情報研究部 メディア認識研究グループ

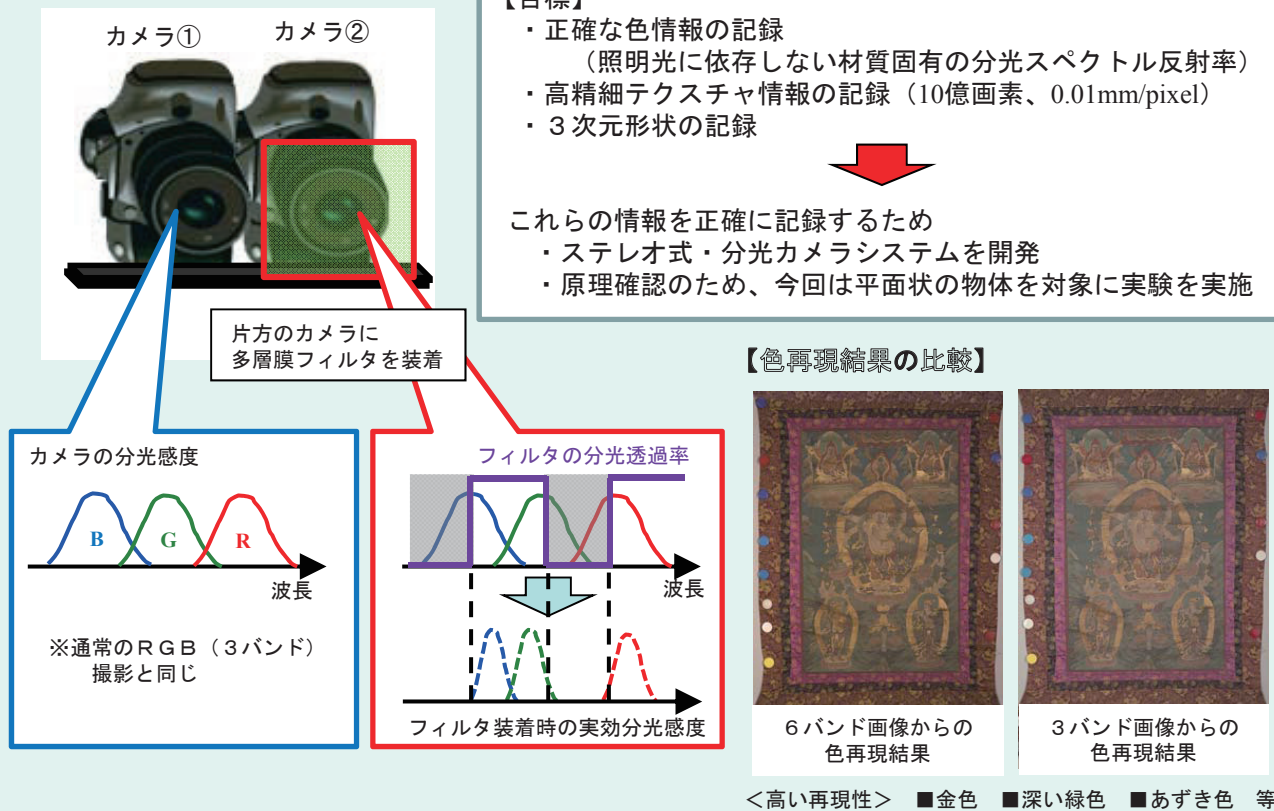
ものの色を忠実に撮影・再現

背景・課題：ものの色を忠実に記録するにはRGBの3色では色域や色の分解能が不足、更に多くの色情報が必要です。従来はものの色を忠実に取得するために1台のカメラに対し色特性を変えるフィルタを複数回使用して撮影していました。この方法では静止物体の静止画しか撮影できないという課題がありました。

アプローチ：本研究では、2台のカメラを用い、そのうち1台のカメラには多層膜フィルタを付け、色特性の異なる2枚の画像をワンショットで取得し、それらに対しステレオ対応点探索を行い統合することで、現実の色と遜色ない色再現画像を取得する技術を開発しました。

到達点：油絵や掛軸といった平面状（表面に若干の凹凸がある）の被写体に対し、上記のワンショット撮影で得られた2枚のステレオ画像を対応点探索の結果に基づき変形させて1枚の6バンド画像を生成し、色再現処理を行い、実物と比較して遜色のない正確な色再現をモニタ上で実現しました。

【ステレオ式・分光カメラシステム】



関連文献

- 橋本, 村田, 鳥居, 永野, 田中, 矢野, “超高精細分光撮影による祇園祭・山鉾懸装品のデジタルアーカイブ,” 人文科学とコンピュータシンポジウム(じんもんこん), 2009.
- 橋本, 田中, 矢野, “Development of a High-definition and Multispectral Image Capturing System for Digital Archiving of Early Modern Tapestries of the Kyoto Gion Festival”, ICPR2010に採録決定, 2010

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

ビスクエツワークショップ ーうごくカードをつくろうー

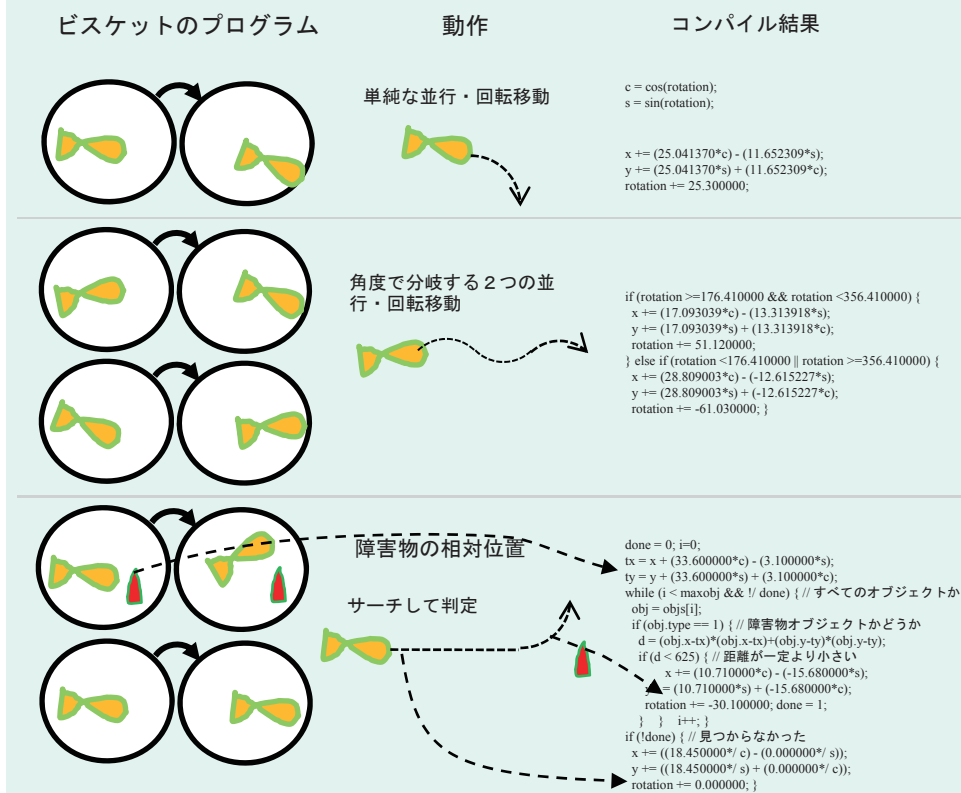
背景・課題：携帯電話向けコンテンツにもCGM(消費者生成メディア)の波が押し寄せています。従来のケイタイ小説や日記といったテキストによるコンテンツだけではなく、アニメーションや簡単なゲームのようなリッチでアート性の高いコンテンツを簡単に制作できることが求められています。

アプローチ：エンドユーザ向けビジュアルプログラミング言語ビスクエツで作られたアニメーションやゲームを、低性能なコンピュータでも動作できるようにするため、コンパイラ、部分計算の技術を導入して、小さなコードを生成します。

到達点：ビスクエツのプログラムに2つのオブジェクトまでの書き換えという制限を加え、プログラムが動的に追加されない仮定を利用して、簡単な式に変換する手法を開発しました。ワークショップの作品を手軽に持ち帰ることができるようになりました。

概要：

コンパイルの概要



Flash Player 9以上で動作

Windows 128MB のRAM以上必要

Flash Lite 1.1 (90li以降) で動作可能

関連文献

原田康徳, “体験型ワークショップ用ソフトウェアの開発”, 第50回プログラミングシンポジウム, 情報処理学会, 2009/1/13.

連絡先

原田康徳 (Yasunori Harada)
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



Topigraphy Project

#SL研ソメPとの共同研究テーマです

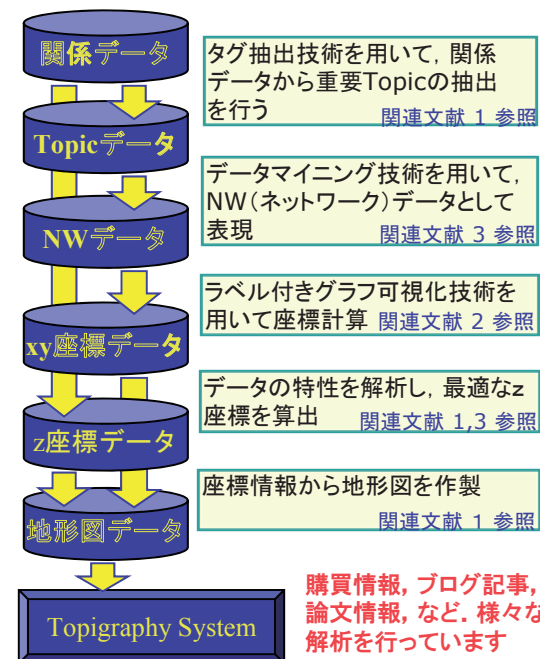
背景・課題：近年，世界的にも流行しているタグクラウドでは，限られた領域に，一次元的にタグを並べてゆく手法が主流であり，タグ間の関連を考慮した配置手法はごくわずかです．またいずれの手法も多くても数百のタグを対象にした描画しか行われて来ませんでした．

アプローチ：タグの形状を考慮した力学モデルを用いて，タグ同士が重ならない配置を行います，ラベル付きグラフ可視化の新しい技術を研究しています．また，巨大なタグクラウド地図を用いたTopigraphy 技術の研究を行い，視覚的にも抽象概念度を効果的に表現する技術の研究をしています．

到達点：これまでは，WEB上のサービスをターゲットに開発を行ってきました．現在では，3D描画システムへの実装を行い，地形図情報を俯瞰することが可能となりました．3Dモニタやスマートフォンへの実装も行い，展示では実際にデモをおこないます．

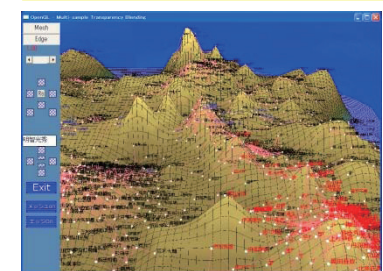
Topigraphyとは

Topigraphy (topic + topography) はトピック空間可視化技術を用いたグラフ可視化手法の一つであり，地形表示を用いた新しい手法．

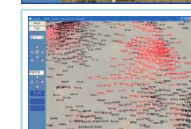


Topigraphy 3D Project

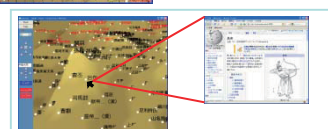
Topic空間の地図を，OpenGLを用いて3D描画．簡単Installで，デスクトップで利用可能．



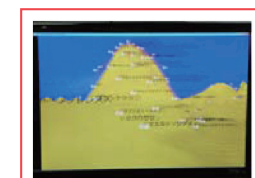
ヘルプの表示



背景の透過など



エッジとメッシュの消去とクリックによるハイパーリンク動作



3Dモニタ対応



スマートフォン対応



関連文献

1. K. Fujimura, S. Fujimura, T. Matsubayashi, T. Yamada and H. Okuda.: "Topigraphy: Visualization for Large-scale Tag Clouds", WWW2008
2. 松林達史, 山田武士, 藤村滋, 藤村考: "固有楕円ポテンシャルを用いたラベル付きグラフ可視化の座標計算", 情報処理学会, TOM21, Vol.1, No.1, pp.88--101, (2008)
3. 松林達史, 山田武士: "Topigraphy: Tag Mountains", 第5回ネットワーク生態学研究会

連絡先

松林 達史 (Tatsushi Matsubayashi)
協創情報研究部 知能創発環境研究グループ

ウェアラブルセンサを用いた ライフロギングについて

背景・課題：センサの小型化や価格の下落から、その普及が広がっています。環境や身体に装着したセンサにより日常生活を記録、認識することが現実的になってきました。

アプローチ：腕に取り付けたカメラやマイクや加速度計などの様々なセンサにより、人の日常生活の記録および、行動の認識を行います。特に本研究では、ユーザが使っているモノをカメラで捉えることにより、モノを用いた行動の認識を行います。

到達点：使われているモノの情報をを用いて行動を学習することで、これまでには不可能だった複雑な行動の認識ができるようになりました。行動を認識することで、その行動に応じたサービスの提供や人の行動の記録などができるようになります。

概要：

この研究の特徴

・カメラをセンサデバイスに装着し、使っているモノを撮影することで、モノを使った複雑な行動を認識できます。

・加速度センサやマイクのみでは、歩く、自転車に乗る、手を洗うなどの単純な行動しか認識できない。

・画像の大まかな色情報のみしか利用しないため、プライベートな画像を撮影してしまうため。



図1：想定する理想的なセンサデバイス



図2：実装したプロトタイプデバイス

どんな行動を認識できるの？

・掃除機がけをする、コーヒーを作る、サプリメントを飲む、水やりをする、パスタを作る、などの、15種類のモノを手で利用する行動を認識しました。

捉えられる行動の特徴

[カメラ]

・手で使っているモノの色合い

[マイク]

・使っているモノが発する音

・水流の音や掃除機の動作音など

[加速度センサ]

・モノを使うときの特徴的な手の動きや姿勢

・歯磨きの動きや掃除機を持つ姿勢など

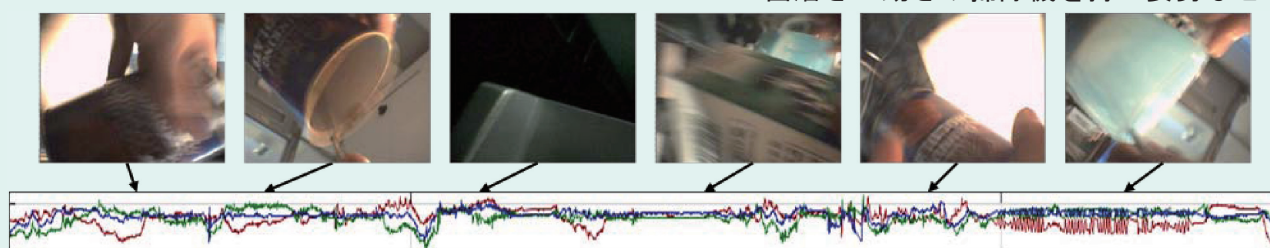


図3：ココアを作っているときのデバイスが取得したセンサデータの例
(上部：画像データ，下部：加速度データ)

関連文献

T. Maekawa, et al.: Object-based Activity Recognition with Heterogeneous Sensors on Wrist, Proc. of Pervasive 2010 (May 2010).

前川 卓也, et al.: ウェアラブルセンサによるモノを用いた行動の認識について, 第25回ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (2010UBI-25) (2010年3月).

T. Maekawa, et al.: Wristband Type Sensor Device for Recognizing Activities that Involve Object Use, Proc. European Conference on Ambient Intelligence, Poster, (Nov. 2009).

連絡先

前川 卓也 (Takuya Maekawa)

協創情報研究部 知能創発環境グループ

隠れマルコフモデルのための高速探索

背景・課題：隠れマルコフモデル (HMM; Hidden Markov Model) はシーケンスを確率に従った状態の遷移として表現するデータモデルです。音声認識、自然言語処理、遺伝子解析などの多くのアプリケーションにおいて使われています。

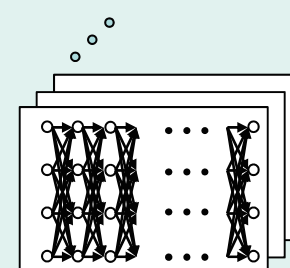
アプローチ：本研究では与えられた問い合わせシーケンスに対して、モデル集合の中から最適なモデルを探索する問題を対象とします。このような探索はモデルによって推定される尤度によって行われますが、多大な計算コストを必要とします。そこで尤度近似に基づく効率的な探索手法を提案します。

到達点：医療、遺伝子、交通量データを用いた実験により提案手法の有効性を確認しました。提案手法は探索漏れがないことを保証しながら、モデルの探索を高速に行うことができます。従来手法と比べ探索時間を大幅に低減化させ、最大で526倍の高速化を達成しました。

概要：

研究目的

問合せシーケンスについて、HMMの集合の中から尤度が高いモデルを探索。

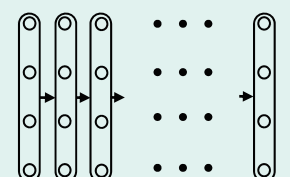


全てのモデルの尤度を求めるには高い計算コストがかかる。

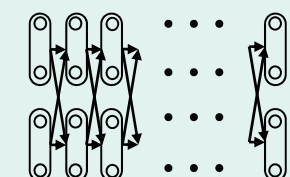
提案手法の特長

1. 高速探索
最適なモデルを効率的に探索。
2. 正確性
探索においては精度を犠牲にしない。
3. モデルタイプ
Ergodic HMM, Left-right HMMなどモデルタイプに依存しない。

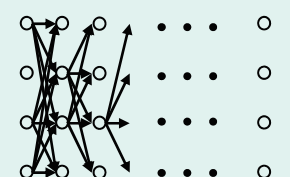
アプローチ



“類似した”モデルを統合することによりコンパクトなモデルを作成。



様々な粒度で近似尤度を計算。尤度の上限値を使ってモデルを絞り込み。



不必要なパスを取り除いて尤度計算をさらに高速化。

関連文献

Y. Fujiwara, Y. Sakurai, M. Yamamuro: “SPIRAL: Efficient and Exact Model Identification for Hidden Markov Models”, ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), pp. 247–255, Las Vegas, Nevada, August 2008 (Best Paper Awards).
Y. Fujiwara, Y. Sakurai, M. Kitsuregawa: “Fast Likelihood Search for Hidden Markov Models”, ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD), Vol. 3, No. 18, November 2009.

連絡先

櫻井 保志 (Yasushi Sakurai)

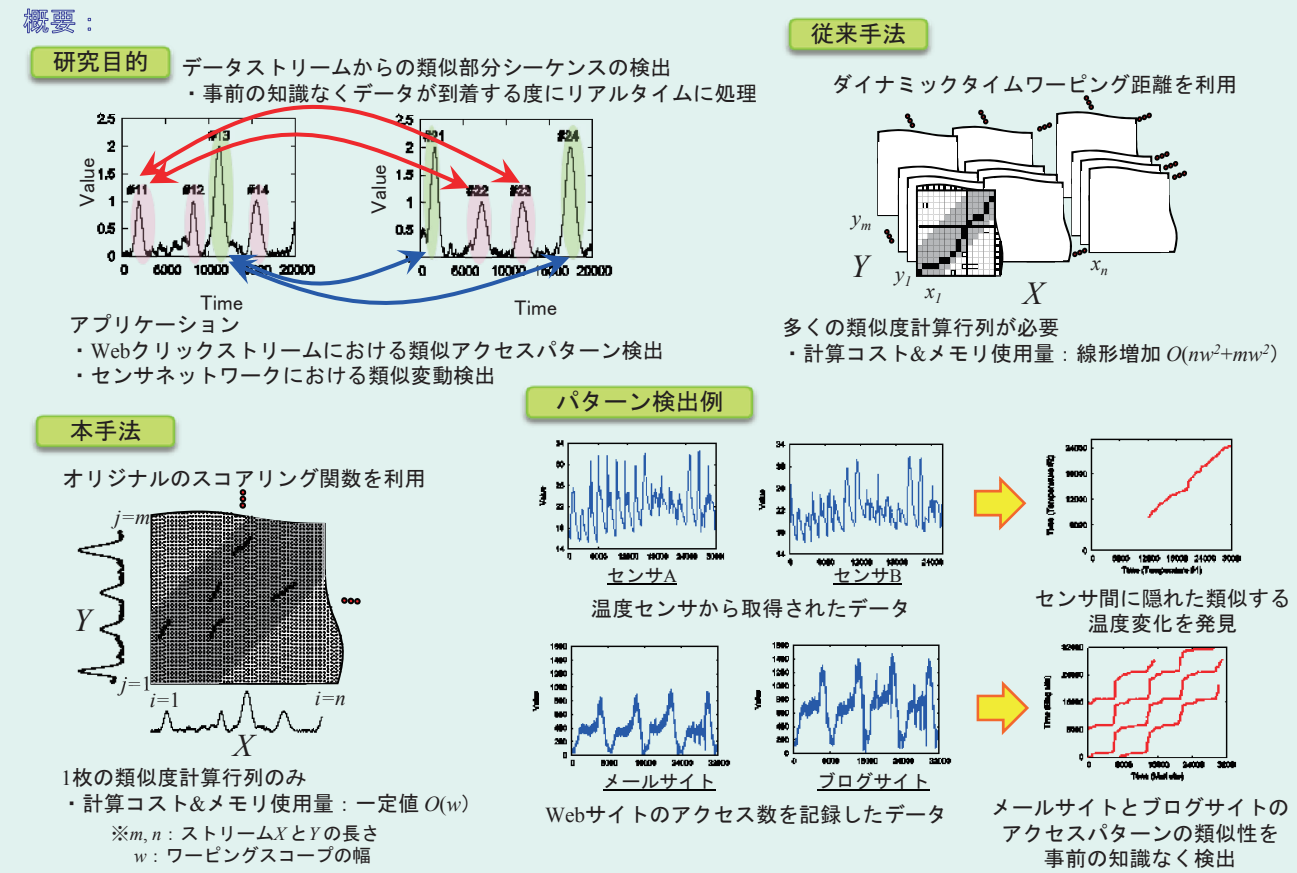
協創情報部 知能創発環境研究グループ

データストリームのためのパターン検出

背景・課題：大量の時系列データストリーム(Webアクセスログやセンサデータなど)からトレンド検出や分類、異常検出などのために共通するパターンをリアルタイムに検出する手法が求められています。しかし、従来の手法では計算コストがデータ長に比例して増大するため、リアルタイム検出が困難でした。

アプローチ：部分シーケンスパターン間の類似性を評価するために、従来ダイナミックタイムワーピング距離で行っていた類似判定をオリジナルのスコアリング関数に基づく類似判定に変更。類似度が高いほどスコアが上昇するという仕組みにより、似ていないパターンを効率的に排除することができました。

到達点：検出精度を犠牲にすることなく、計算時間とメモリ使用量を大幅に削減することに成功。データを蓄積することなく、到着と同時に一定の計算コストで処理を行います。蓄積されたデータセットに対しても、数千行のWebアクセスログ間の共通パターンを1秒未満で検出できるようになりました。



関連文献
Machiko Toyoda, Yasushi Sakurai, "Discovery of Cross-Similarity in Data Streams," Proc. IEEE Int. Conf. on Data Engineering (ICDE 2010) pp. 101-104, 2010.
豊田真智子, 櫻井保志, 市川俊一, "データストリームのための部分シーケンスマッチング", DEIMフォーラム2009, E8-7, 2010. (最優秀論文賞受賞)

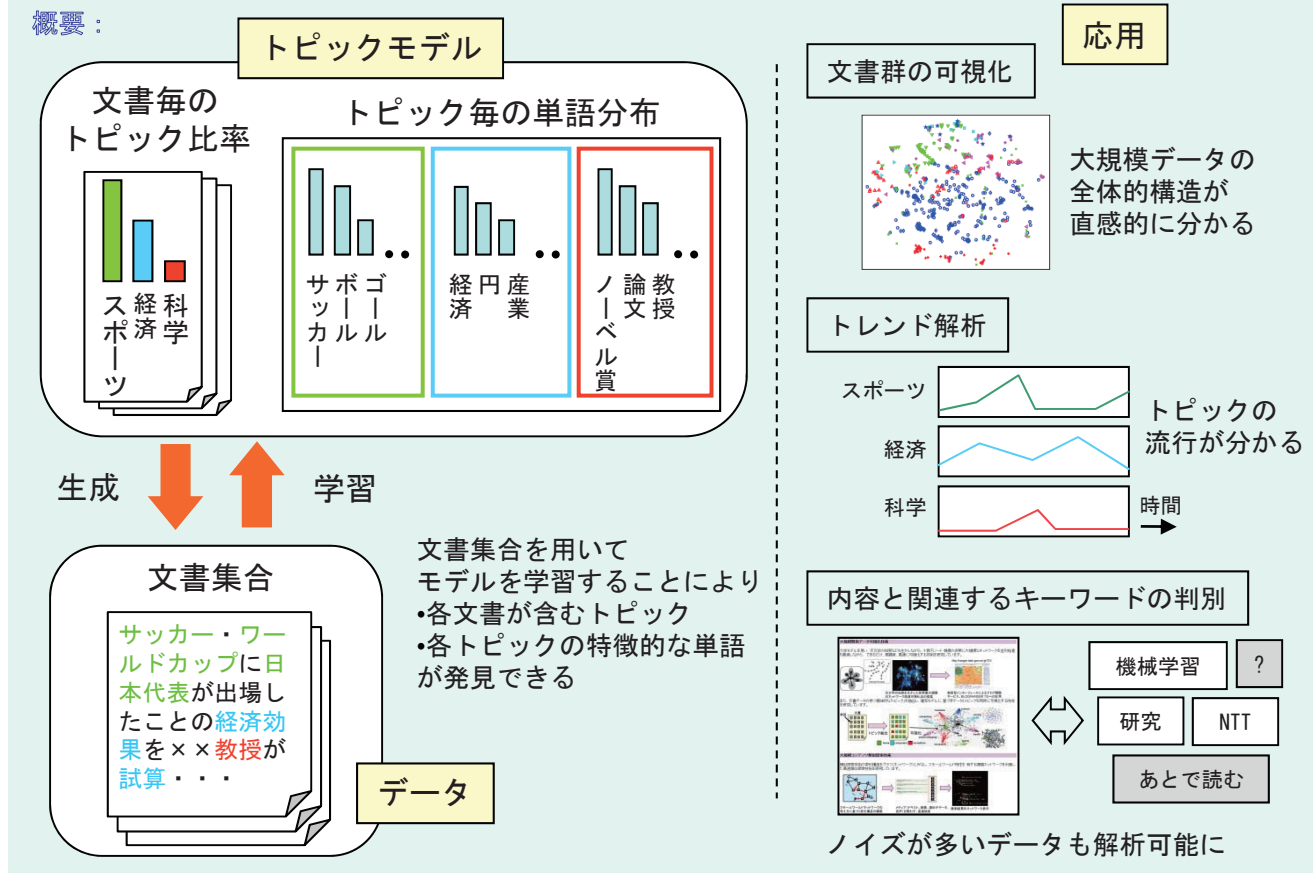
連絡先
豊田 真智子 (Machiko Toyoda), 櫻井 保志 (Yasushi Sakurai)
協創情報研究部 知能創発環境研究グループ

トピックモデルに基づくデータマイニング

背景・課題：インターネットをはじめとして、私たちの周りには膨大な情報があふれており、その中から不要な情報を捨て、有益な知識を取り出すことは、重要な研究課題となっています。トピックモデルを用いたデータマイニングはこの課題の解決法として近年注目されています。

アプローチ：トピックモデルとは、文書が潜在意味(トピック)に基づいて生成される過程を確率的に表現したモデルです。データを用いてモデルを学習することで自動的にトピックを抽出できます。トピックモデルは、文書、画像、購買データなど様々なデータでその有効性が確認されています。

到達点：トピックモデルに基づく3つの技術を開発しました。1) 大規模データの直感的な理解を可能にする可視化技術, 2) ユーザ行動履歴データを用いたトレンド解析技術, 3) 内容と関連するキーワードの自動判別技術。それぞれ従来技術と比較し優位性を示しました。



関連文献
Tomoharu Iwata, Takeshi Yamada, Naonori Ueda, "Probabilistic Latent Semantic Visualization: Topic Model for Visualizing Documents," KDD2008
Tomoharu Iwata, Shinji Watanabe, Takeshi Yamada, Naonori Ueda, "Topic Tracking Model for Analyzing Consumer Purchase Behavior," IJCAI2009
Tomoharu Iwata, Takeshi Yamada, Naonori Ueda, "Modeling Social Annotation Data with Content Relevance using a Topic Model," NIPS2009

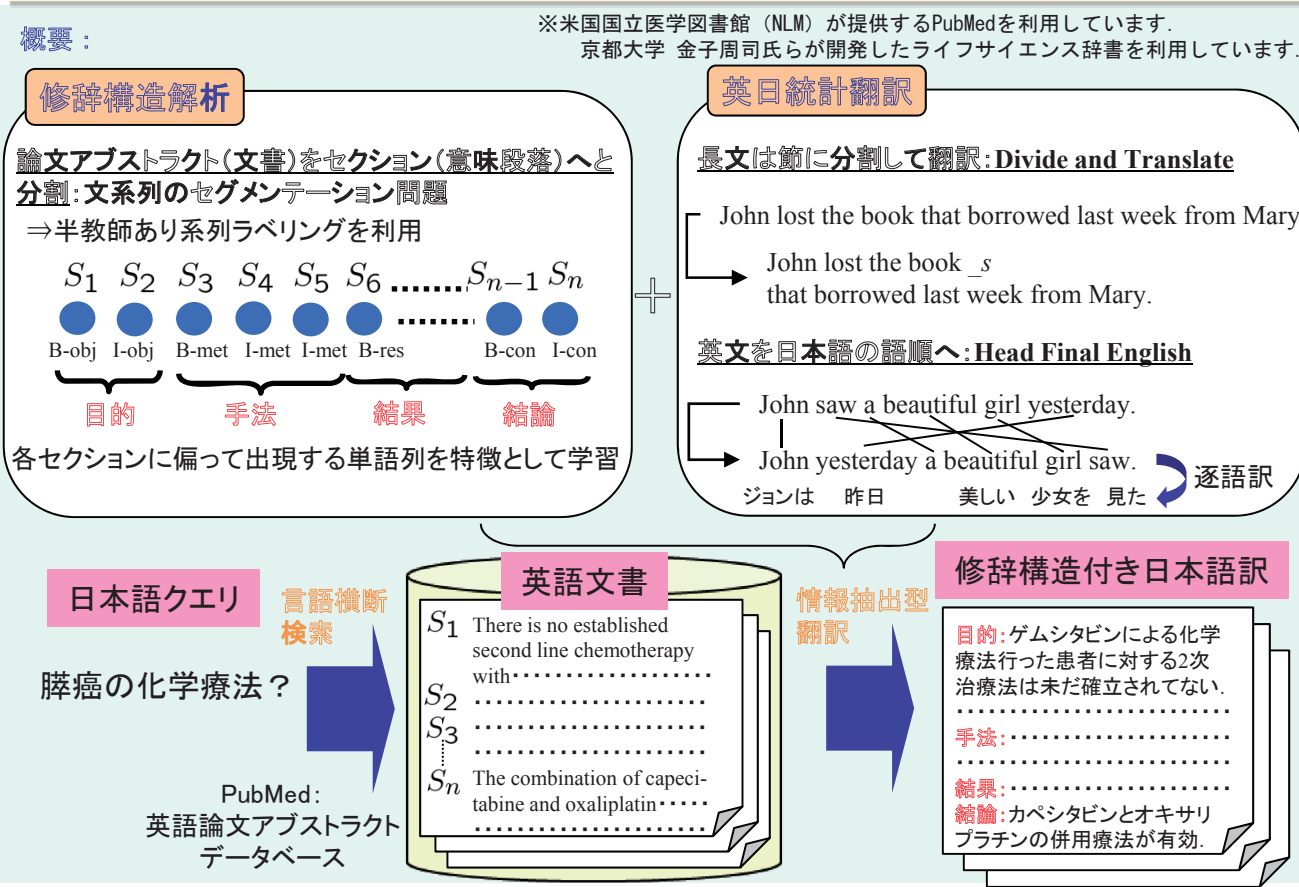
連絡先
岩田 具治 (Tomoharu Iwata)
協創情報研究部 知能創発環境研究グループ

医療情報アクセスシステム

背景・課題：最新の医療情報を知ることは人々の切実な願望です。しかし、その多くは英語で記述されており、難解な長文も数多くあります。こうした文を日本語で読めるようにすることは大きな技術課題です。また、内容理解のためには、単なる翻訳だけではなく、文書の意味構造を明らかにすることも必要です。

アプローチ：英日統計翻訳の高精度化のため、文を節に分割し、それらを個別に翻訳した後、統合する手法、英文を日本語の語順に並び替える手法を導入しました。内容理解に関しては、文書の意味構造解析、つまり修辞構造解析を利用し、半教師あり学習と効率的な特徴抽出手法を導入しました。

到達点：高精度な英日翻訳と修辞構造解析器を実現し、医療情報アクセスシステムを作成しました。その第一ステップとして医学生物学分野の英語論文アブストラクトのデータベースである PubMed に対し、日本語で検索し、その結果も日本語で提示、さらに情報の取捨選択も容易にできるシステムを作成しました。





塚田 永田 磯崎
藤野 平尾 鈴木
進藤 須藤

関連文献

磯崎秀樹, “英日翻訳における語順について”, 言語処理学会第16回年次大会, pp.884-887, 2010.

平尾 努, 鈴木潤, 磯崎秀樹, 永田 昌明, “半教師あり系列ラベリングによるアブストラクトのセクション分割”, 言語処理学会第16回年次大会, pp.98-100, 2010

J. Suzuki, H. Isozaki: “Semi-Supervised Sequential Labeling and Segmentation using Giga-word Scale Unlabeled Data”, Proc. ACL-08:HLT, 2008

連絡先

平尾 努 (Tutomu Hirao)

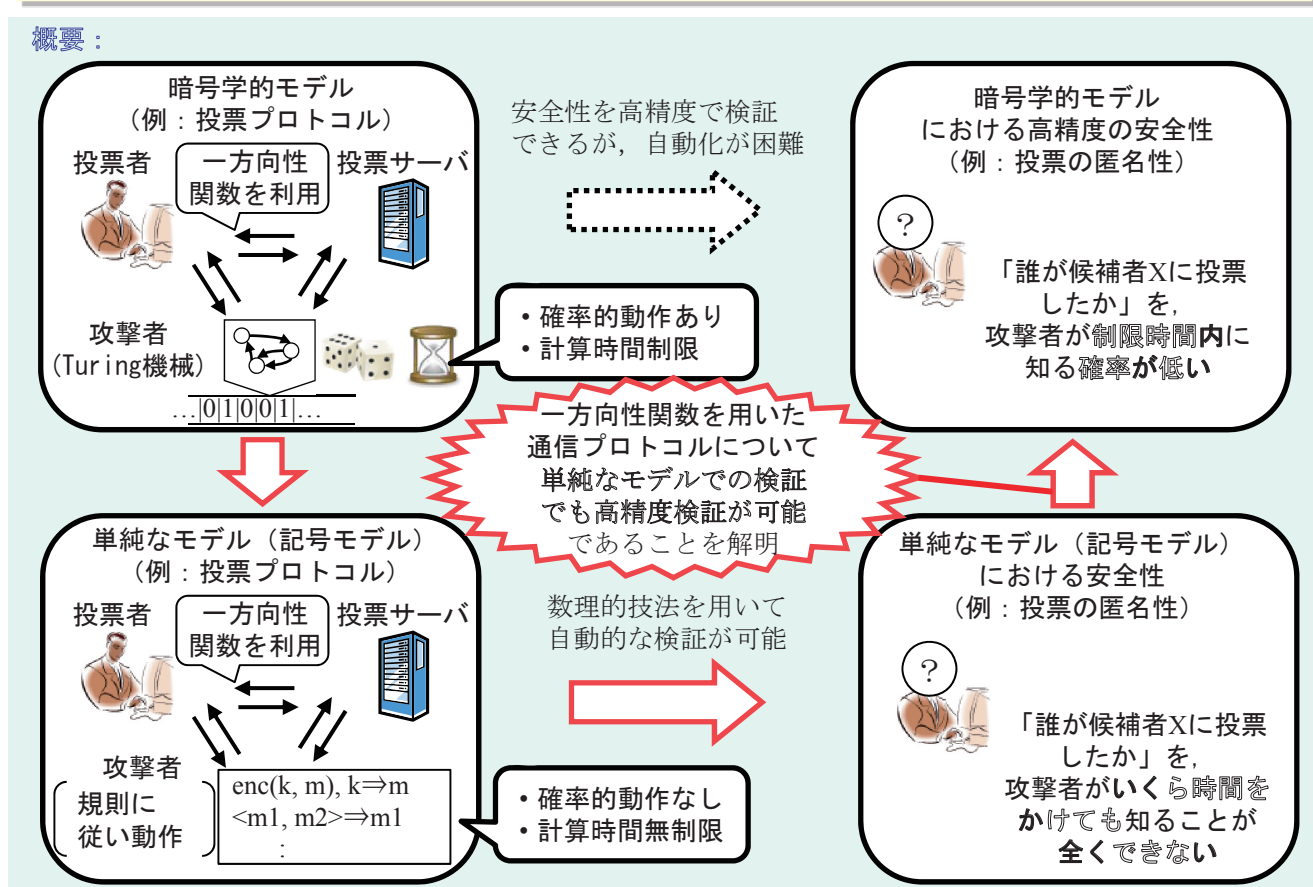
協創情報研究部 言語知能研究グループ

匿名性・プライバシーの高精度検証に向かって —数理的技法と暗号理論の融合による セキュリティ・プロトコルの高精度自動検証—

背景・課題：電子投票や医療に関わる通信などでは、通信プロトコル（通信の仕組み）により匿名性・プライバシーなどの安全性が担保される必要があります。通信プロトコルの安全性を人手で正確に検査することは困難であるため、自動的に検証する方法が必要です。

アプローチ：通信プロトコルの安全性は暗号理論の枠組み（暗号学的モデル）を用いて定義されます。この枠組では安全性を高精度で検証できますが自動化が困難です。そこでより単純なモデル（記号モデル）を用いて自動検証を行い、単純なモデルでも高精度検証ができることを暗号理論に基づいて示します。

到達点：未解決問題の、一方向性関数を用いた通信プロトコルの匿名性・プライバシーの高精度自動検証を可能にしました。一方向性関数は、パスワードの暗号化などのために非常に多くの通信プロトコルで用いられていますので、従来より多くの通信プロトコルを検証できるようになりました。





真野 櫟 藤田 塚田
櫻田

関連文献

H. Comon-Lundh, Y. Kawamoto, and H. Sakurada. Computational and Symbolic Anonymity in an Unbounded Network. JSIAM Letters, Vol.1 (2009), pp.28-31, 2009

H. Comon-Lundh, M. Hagiya, Y. Kawamoto, and H. Sakurada. Computational and Symbolic Anonymity in an Unbounded Network. In Proc. of FCC2009., pp.5-6, 2009

連絡先

櫻田 英樹 (Hideki Sakurada)

協創情報研究部 情報基礎理論研究グループ

E

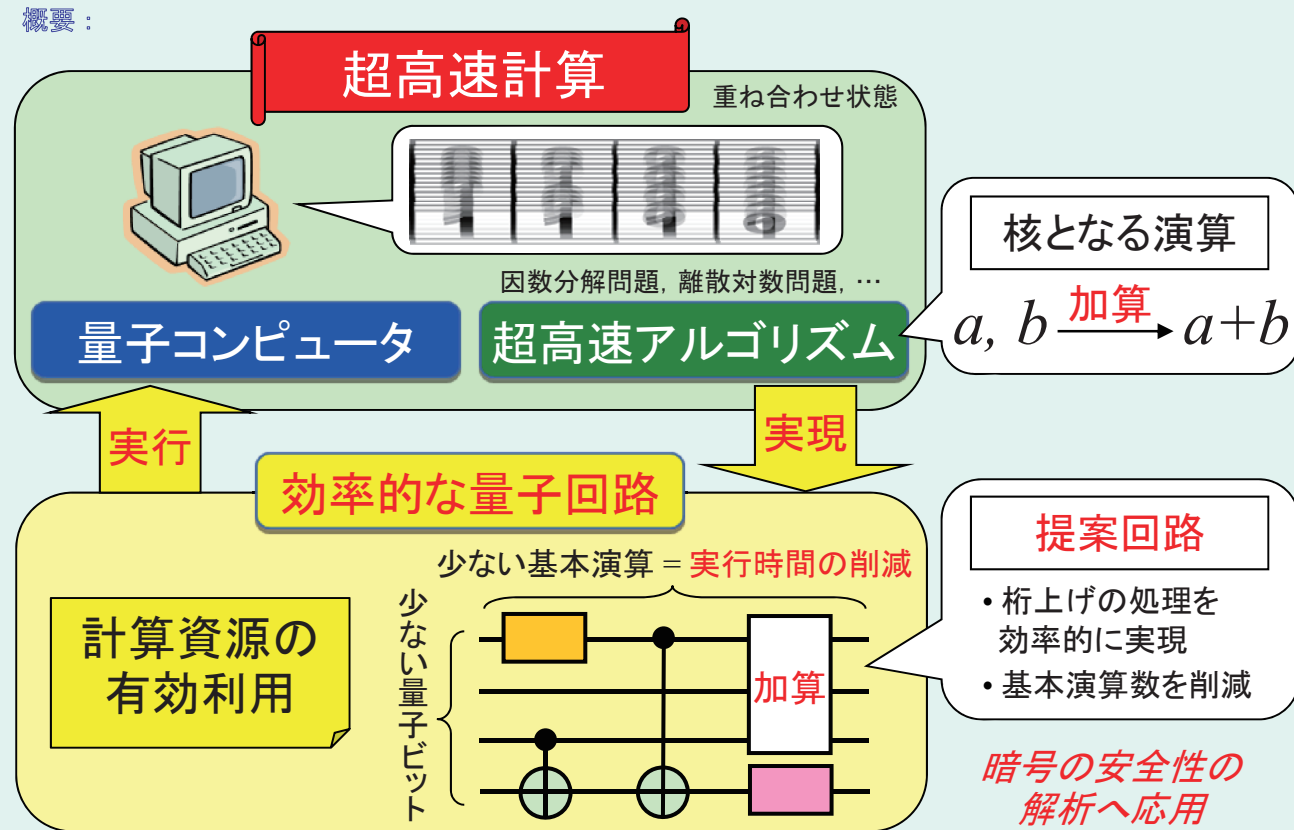


量子コンピュータ —超高速計算を実現する量子回路—

背景・課題：次世代の超高速コンピュータとして期待される量子コンピュータの実現に向け、広く研究が進められています。しかし、情報を表現する基本単位である量子ビット等の計算資源には限りがあります。そこで計算資源を有効に利用し、超高速アルゴリズムを効率的に実行する方法（量子回路）が不可欠です。

アプローチ：2つの自然数の加算は因数分解問題や離散対数問題を解く超高速アルゴリズムの核となります。そこで、加算を実行する効率的な量子回路を提案します。量子ビット数を増やさずに実行時間に対応する基本演算数を節約するため、現在のコンピュータ上のアルゴリズムである桁上げ伝搬法を利用します。

到達点：桁上げの処理を量子回路として効率的に実現することに成功し、従来と同数の量子ビットで基本演算数を大きく節約した加算回路を構成しました。これを超高速アルゴリズムに応用し、従来と同数の量子ビットからなる量子コンピュータにより楕円曲線暗号が高速に破られてしまうことを明らかにしました。



高橋 康博 (Yasuhiro Takahashi)
河野 泰人 (Tetsuya Kono)
加藤 豪 (Takao Katoh)

関連文献

Yasuhiro Takahashi, Seiichiro Tani, and Noboru Kunihiro, "Quantum addition circuits and unbounded fan-out," Asian Conference on Quantum Information Science, pp. 45–46, 2009.

連絡先

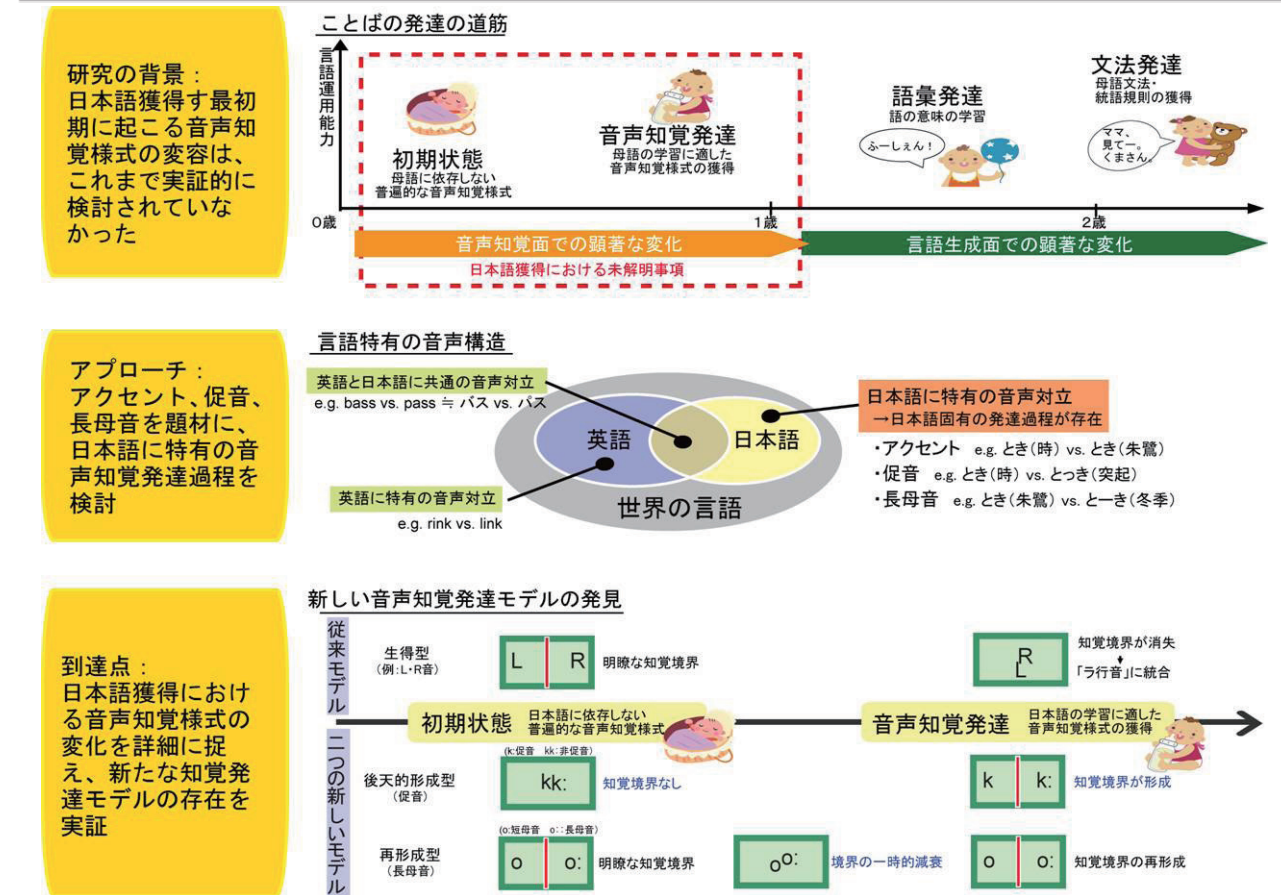
高橋 康博 (Yasuhiro Takahashi)
協創情報研究部 情報基礎理論研究グループ

乳児の日本語音声の知覚発達過程

背景・課題：ことばの獲得の第一歩は、赤ちゃんが自分を取り巻くことばの音声の特徴を分析し、その特徴に合わせて知覚様式を変化させることに始まります。しかし、日本語に対するこのような知覚様式の適応化が、いつ、どのようにして起こるのかはまだわかっていません。

アプローチ：日本語に特有の音声構造には、促音・長母音・アクセントといったものがあります。これらの音声構造を日本人の赤ちゃんがどのように知覚しているのか、また月齢によって知覚の精度がどのように変化するのかを行動実験によって客観的に捉えることで、日本語に固有の知覚変化過程を検証しました。

到達点：対象とした各音声構造について知覚様式に変化が起こる時期を同定しました。さらに、こうした知覚変化過程において、これまで実証されていなかった新しい知覚発達モデル（促音＝後天的形成型・長母音＝再形成型）を見出しました。



関連文献

1. Mugitani, R., Kobayashi, T., & Amano, S. (2006). Perception and lexical acquisition of Japanese pitch accent in infants. BUCLD31, [Abstract], 65, Boston, USA.
2. Mugitani, R., Pons, F., Fais, L., Dietrich, C., Werker, J., and Amano, S. (2009). Perception of vowel length by Japanese- and English-learning infants. Developmental Psychology, 45(1), 236-247.
3. 麦谷綾子, 乳児期の母語音声・音韻知覚の発達過程, ベビーサイエンス, vol.8, 38-49.

連絡先

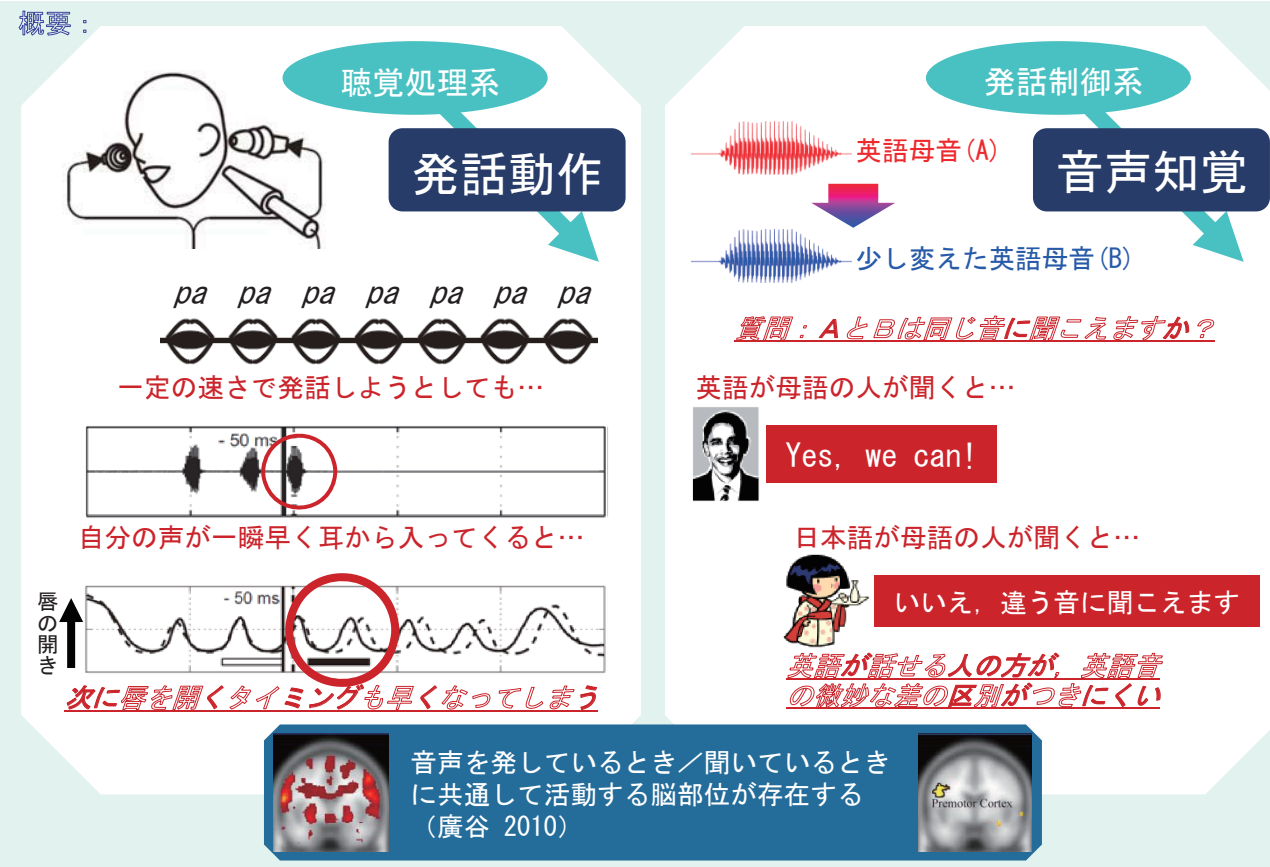
麦谷 綾子 (Ryoko Mugitani) 小林 哲生 (Tessei Kobayashi)
協創情報研究部 言語知能研究グループ

声を出す・聞く脳の仕組みの相補性

背景・課題：私たちは日常会話の中で、言葉を発する／聞くことを繰り返し自然に行なっていますが、その行為を支える神経基盤は複雑で、未だに解明されていません。近年、脳活動観測技術の発達により、言葉を発するとき／聞くときに共通して活動する神経系が存在することがわかってきました。

アプローチ：共通神経基盤に関わる発話と知覚の機能特性を調べるため、2つの実験を行ないました。
 1) 自分の発した音声与实际と異なるタイミングで耳から入ってきたら、発話動作は変化するか
 2) 喋り慣れている母語とそうでない非母語を聞くときで、音声の音響的な特徴を捉える能力は変わるか

到達点：実験により、発話制御・音声聴取メカニズムの密接なリンクを示唆する次の結果が得られました。
 1) 自分の発した音声与实际より少し早く耳から入ってくると、直後の発話動作も早くなる
 2) 母語よりも非母語の方が、音声の音響的な特徴の差をより細かく聞き分けることができる



関連文献

Sadao Hiroya, Takemi Mochida, and Makio Kashino, “Japanese native speakers discriminate English vowel formant frequency better than English native speakers”, Proceedings of the 7th International Seminar on Speech Production, pp. 143–150, 2006.

廣谷 定男, “調音と脳活動の計測による音声知覚の運動理論の検証,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 109, no. 451, SP2009–162, pp. 81–86, 2010.

連絡先 持田 岳美 (Takemi Mochida), 廣谷 定男 (Sadao Hiroya)

五味 裕章 (Hiroaki Gomi)

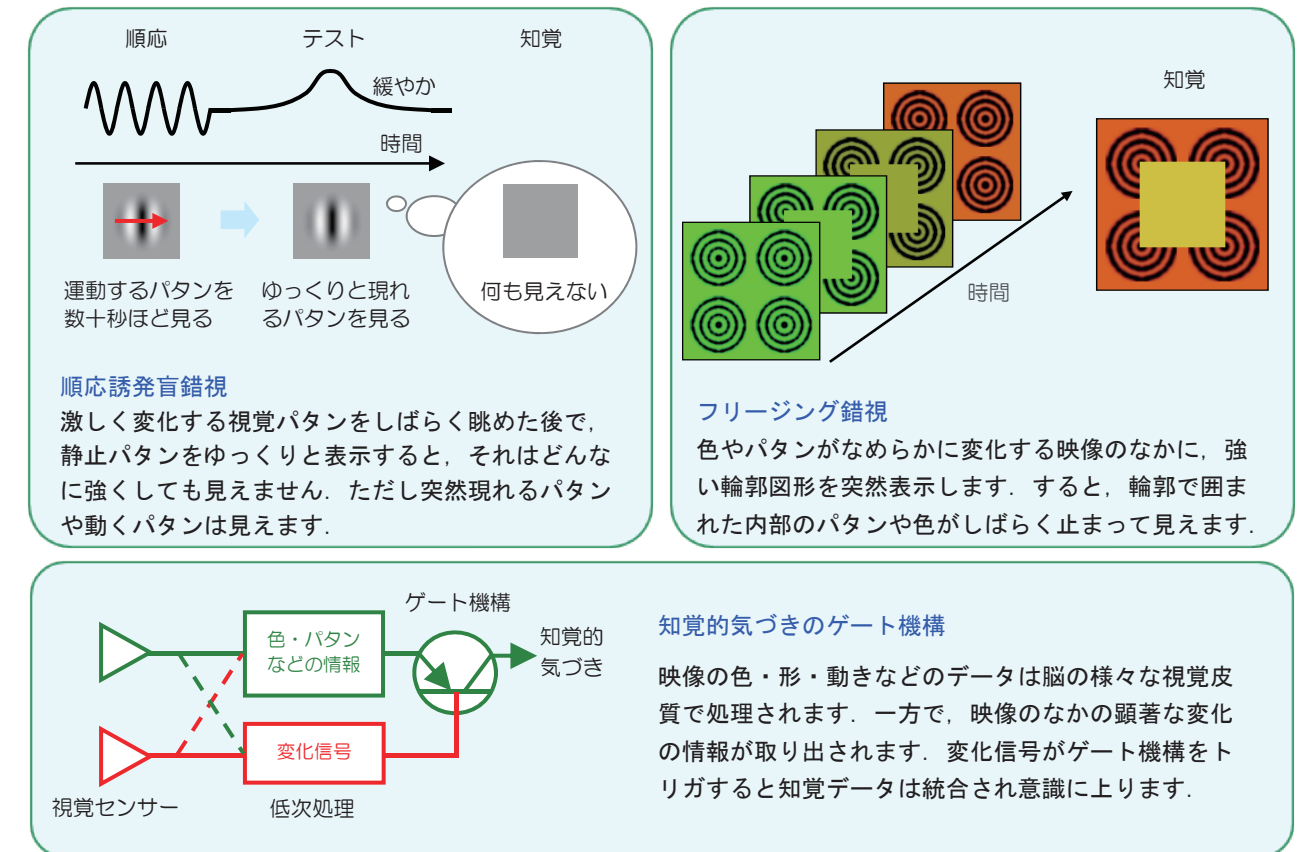
人間情報研究部 感覚運動研究グループ

あるはずなのに見えない —錯視が明らかにする「知覚的気づき」のメカニズム—

背景・課題：網膜の視覚センサーが光に反応しただけでモノが見えるわけではありません。その信号が脳に伝わっただけでモノが見えるわけでもありません。「見える」という意識体験(意識的気づき)は、どのような情報処理に支えられているのでしょうか？

アプローチ：激しく変化する図形をじっと見続けると緩やかに変化する図形が全く見えなくなるという錯視(順応誘発盲)を発見しました。また、輪郭図形が突然現れると、その図形の内部で変化している映像がピタッと止まって見える錯視(フリージング錯視)を発見しました。

到達点：これらの錯視は、「見える」という体験にとって「時間変化」の信号がとても重要な条件であることを示しています。知覚的気づきは変化信号の強さやタイミングによって大きく変わるからです。脳には顕著な変化の信号を引き金として知覚的気づきを決定しているメカニズムがあると考えられます。



関連文献

Motoyoshi, I. & Hayakawa, S. (2010). Adaptation-induced blindness to sluggish stimuli. Journal of Vision, 10(2):16, 1–8.

Motoyoshi, I. (2007). Temporal freezing of visual features. Current Biology, 17, R404–406.

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

NTT コミュニケーション科学基礎研究所
オープンハウス 2010 実行委員会

(実行委員長) 吉村 和之

(副委員長) 櫻井 保志

(委員) 河野 泰人／戸嶋 巖樹／三上 弾／山下 直美