

社会にインパクトある研究

## D. 世界から敬愛される国づくり



D-3 超巨大情報量時代に向けた情報の質と価値の科学技術  
～情報質インフォマティクスの創造～

# 研究・実践集

# 最新デジタル技術を活用した古典文化資源研究



3Dデータ

画像データ

テキスト  
データ

データアーカイブスの研究利活用

歴史的な新発見  
伝統の再発見

## ■ 日本語の文字リテラシーと文化

- 国内保存約50万点の古典籍の画像データ化を推進
- 日本語リテラシー理論に基づき大量データを網羅的に分析。  
日本語の文字文化の伝承形態、経路を解明を目指す。

## ■ 3次元美術の立体形状認識による彫刻研究

- 古代彫刻約40体を3D計測しモデル化。精密な形状比較が可能に。
- 古代ローマ彫刻3Dモデル分析から、ギリシアのオリジナル作品の作成プロセスを解明。

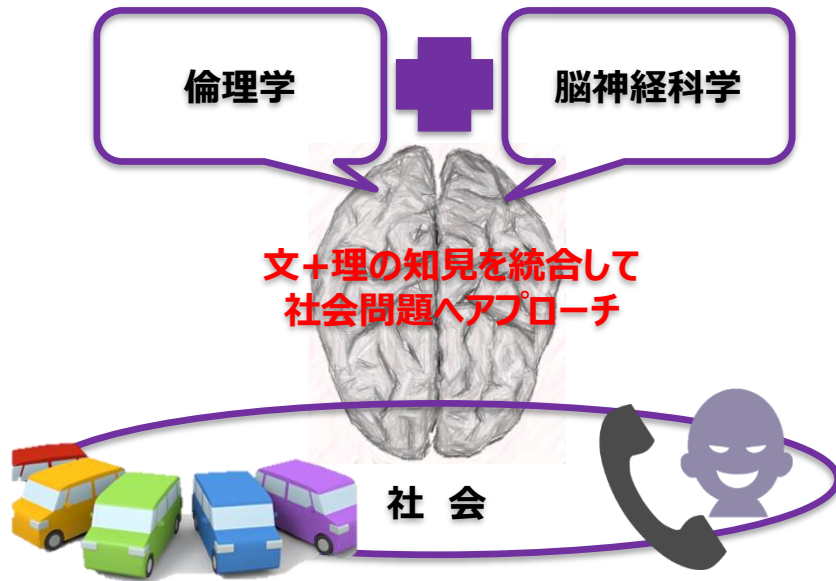
開発・推進

東北大学文学研究科 国文学研究室（佐倉教授） / 東北大学文学研究科 美学・西洋美術史研究室（芳賀教授）

参考資料等

科研費成果報告書「古代ローマの彫刻コピー工房の研究——3次元デジタルデータの取得と応用（研究代表者；芳賀京子）」

# 文理融合的視点からの人間理解と社会技術への展開



## ■ 脳神経倫理学による人間の認知と感情分析

- 社会的場面での脳神経科学的知見の活用法の考察 + 加齢に伴う意思決定機能の変化を脳神経科学により特定。  
→ 振込め詐欺から高齢者を保護する手法を提案

## ■ 人間的な倫理規範の論理的体系化。

- 倫理的判断の規則を機械可読な形態とするための論理体系を構築  
→ 自動運転時のAIによる道德判断へ実装

### 開発・推進

東北大学文学研究科 哲学・倫理学合同研究室 (原准教授、村上准教授)  
松山大学経済学部経済学科 (二瓶准教授)

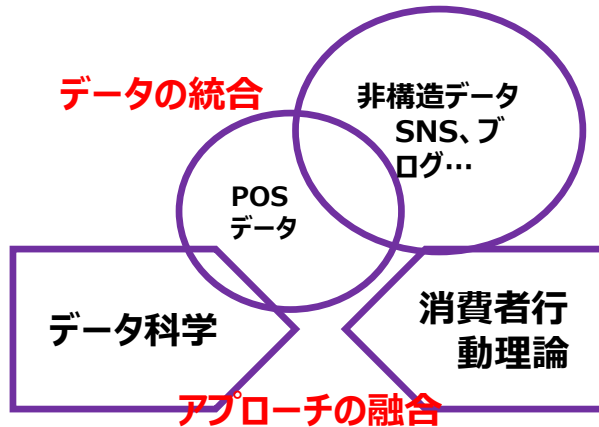
### 参考資料等

永岑光恵、原塑、信原幸弘 「振り込み詐欺への神経科学からのアプローチ」、社会技術研究論文集、Vol.6,177-186, Mar.2009

村上祐子、「自動道德判断概説」信学技報 115(119), 87-92, 2015-07

二瓶真理子、「情報量の巨大化と情報の質へのアプローチ」モラリア第23号, 18-33, 2016

# 大規模大量データを活用したサービス・イノベーション



## ■ データ科学（帰納的アプローチ）と、消費者行動理論（演繹的アプローチ）を融合。

- 現実の市場行動の結果からの分析と、消費者行動理論からの消費行動理解を融合。  
→より高精度の消費行動理解と予測が可能に。

## ■ 構造化データと非構造化データを統合。

- 構造化データ（POSデータ）に加えて、非構造化データ（SNS、ブログなどのテキストデータ）を取り入れたマーケティング理論の構築  
→大規模異種データ利用による潜在知の発見、パーソナライゼーション

開発・推進

東北大学経済学研究科（照井教授、松田教授、石垣 准教授）

参考資料等

科研費「大規模異種情報の統合によるCRMの理論構築と展開に関する組織的研究」  
<http://mkt-sci-crm.com/html/research.html>

# 3次元音空間情報センシング・合成技術



球状マイクロホンアレイ



球状スピーカアレイ

人間が両耳情報から3D音空間を知覚する過程の科学的知見に基づく高精細3D音空間情報センシングと3D聴覚ディスプレイ技術

## ■ センシング

- 2マイク入力から、3D音空間情報を損なわずに目的方向の音の抽出技術
- 多数のマイクから完全な全方位3次元音空間情報を記録する技術

## ■ 聴覚ディスプレイ

- ヘッドフォン・2スピーカにより精密な3次元音空間合成技術
- 多数スピーカによる音場の精密合成技術

開発・推進

東北大学電気通信研究所 先端音情報システム（鈴木・坂本）研究室

参考資料等

特許第4956722号 音空間再合成提示システム

# 五感を介した感性特性の様態分析と評価



図1 感性主要3次元

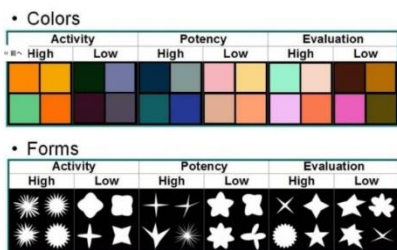


図2 感性主要3次元による色と形の印象分類

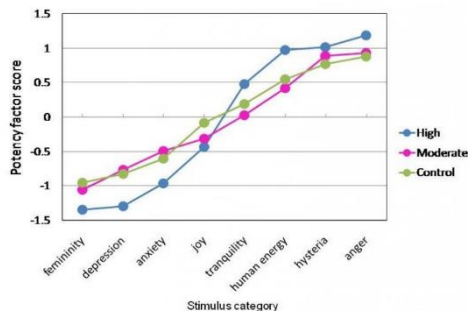


図3 感情同定困難傾向の高中低群における力量因子得点の違い

- 感性を構成する主要3次元（図1・2）とみなされている評価性（Evaluation）、活動性（Activity）、力量性（Potency）の働きに対応する脳内活動を解明
- 評価性因子は扁桃核、眼窩前頭前野、前部帯状回などと、活動性因子と力量性因子は体性感覚・運動関連領野、視覚・聴覚関連領野などの活動との関連の解明
- 感性印象を引き起こす対象イメージを視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚など五感との関連から分析する手法である感覚様相微分法（Modality Differential Method）の開発

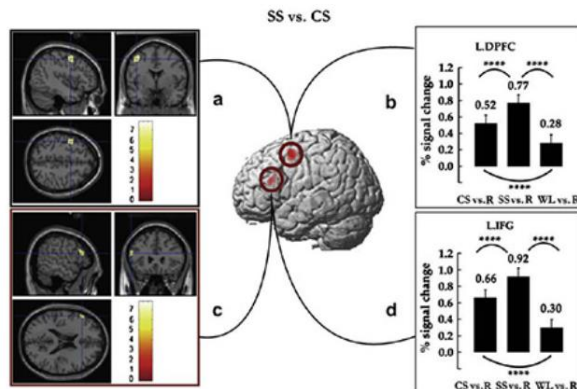
開発・推進

東北大学大学院文学研究科 心理学研究室（行場教授）

参考資料等

行場次郎 「感性次元の感覚関連性と脳活動」 『感性工学』, 8, 225-227, 2009.

# 言葉遣いのユニバーサルデザイン



## 「言語の語順」と「思考の順序」の関係の研究

- 語順が違ると言語処理の際の脳の使い方がどのように異なるのか
- 思考の順序はどの程度、言語の語順に影響されるのか
- 人間にとって最適な言語の語順や思考の順序というものは存在するのか



開発・推進

東北大学大学院文学研究科 言語学研究室 (小泉教授)

参考資料等

Koizumi, Masatoshi, Jungho Kim, 他5名 (2012) Left inferior frontal activations differentially modulated by scrambling in ditransitive sentences. The Open Medical Imaging Journal 6: 70-79..

# 人間の視覚情報処理機能の解明とインターフェース技術への応用

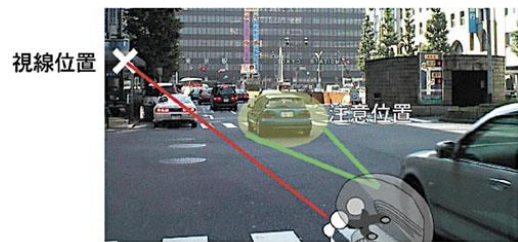


図1: 注意位置と視線位置の測定

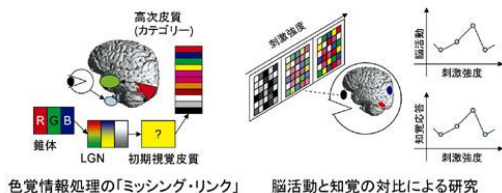


図2: 脳の初期段階における視覚情報処理メカニズム



図3: 運動知覚における視覚・触覚統合機構

心理物理学、脳活動計測、計算機モデルを用いた総合的研究

- 人間の視覚処理に関する運動視、立体視、色覚を中心とした受動的、初期レベルの機能
- 注意、視線制御など能動過程、触覚など他の感覚との関連機能
- 無意識学習の特性など連合的機能

開発・推進

東北大学電気通信研究所 高次視覚情報システム（塩入・栗木・松宮）研究室

参考資料等

Measuring attention using flash-lag effect. Journal of Vision, Vol. 10 (19) 10, pp.1-13 Shioiri, S., Yamamoto, K., Oshida, H., Matsubara, K., and Yaguchi, H.



# 生命システムのダイナミクスモデリングによる脳の高次機能や生体・生命システムの解明

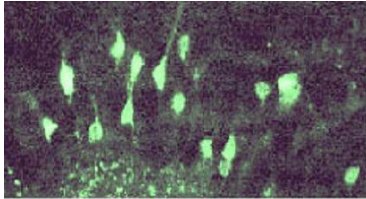


図1: 共焦点レーザー顕微鏡で得た海馬ニューロンの蛍光画像

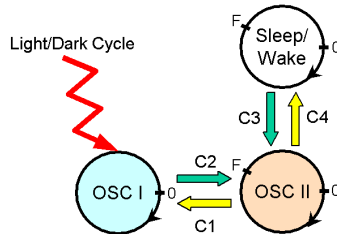


図2: ヒト日周性リズム機構の結合振動子モデルの構造

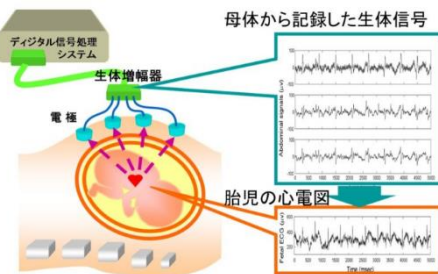


図3: 胎児心電図の抽出法開発と臨床応用

- 神経回路網ダイナミクスとその機能
  - 神経回路網ダイナミクスの、神経回路の発達・維持や、脳高次機能において果たす役割について実験的・モデル論的に研究する。
- 生体リズム機構のモデル化と応用
  - 交代勤務や時差飛行の就労スケジュールの最適設計に応用可能な研究。
- 生体システム制御機構のモデル化と応用
  - 心臓血管系の制御規範の解明  
→宇宙医学や臨床診断への応用
- 生体信号の解析と可視化
  - 子宮内胎児の心電図を高精度抽出するアルゴリズムや多種の生体信号の時間的關係  
→自律神経系等の状態推定及び可視化するアルゴリズム等の開発

開発・推進

東北大学大学院情報科学研究科 応用情報科学専攻 バイオモデリング論 (中尾・片山) 研究室

参考資料等

M. Sato, Y. Kimura, S. Chida, T. Ito, N. Katayama, K. Okamura, M. Nakao: A novel extraction method of fetal electrocardiogram from the composite abdominal signal. IEEE Trans BME, 54(1), (2007),49-58

# 言葉から人の「知」に迫る研究

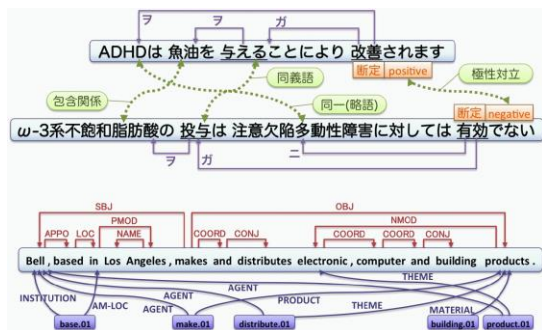


図1: 構文解析・意味解析

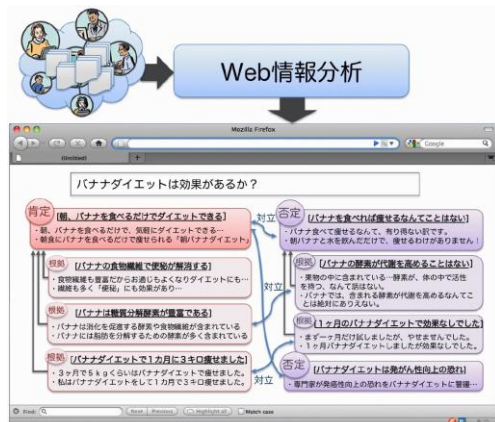


図2: 言論マップの自動生成

■ 情報伝達の仕組みを解明しモデル化する理論的研究

■ 言語で表現され、伝達され、蓄積される情報や知識を自動処理するソフトウェアを構築する言語情報処理研究

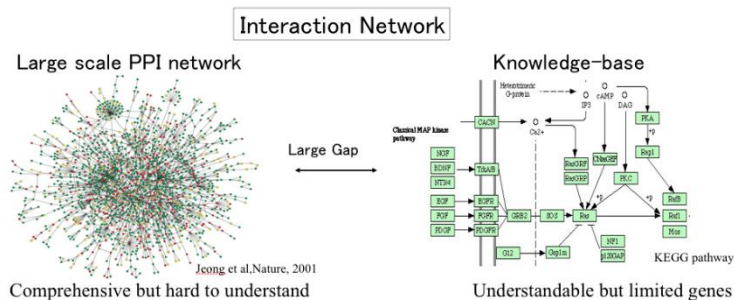
■ 人間社会の知的な情報伝達や情報分析の支援をねらう応用指向研究

開発・推進

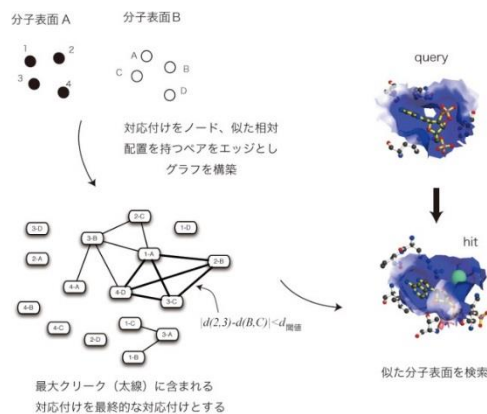
東北大学大学院情報科学研究科 システム情報科学専攻 情報伝達学(乾)研究室

参考資料等

Yotaro Watanabe, Junta Mizuno, Eric Nichols, Katsuma Narisawa, Keita Nabeshima, Naoaki Okazaki and Kentaro Inui. Leveraging Diverse Lexical Resources for Textual Entailment Recognition. ACM Transactions on Asian Language Information Processing, Vol. 11, No. 4, pp.39:1-39:21, 2012.



実験データをそのまま使って得られるネットワークと知識ベースで書かれるネットワークの間には大きなギャップがある



クリーク検索アルゴリズムを利用した類似性検索

## 生命情報を上手に解析するアルゴリズムの研究開発

### ■ 大量データの処理

- 大量データをディスク上にどのように配置するのか、どのように効率よくDBMSに納めるか

### ■ データの可視化の必要性

- 可視化することで、全体の特徴を捉える  
→直感的に生物学的現象に迫る知見を得る

### ■ 大量データに対する検索

- 例：似ている遺伝子をいかに早く検索するかという重要な課題  
→類似性検索法の高速度化

### ■ 実験を行う研究者が使えるwebデータベースの構築

- 実験家の使いやすい、役に立つデータベースの構築  
→生物学の理解を進める

開発・推進

東北大学大学院情報科学研究科 応用情報科学専攻 生命情報システム科学（木下・大林）研究室

参考資料等

Nagasaki M, Yasuda J, Katsuoka F, Nariyai N, Kojima K, Kawai Y, Yamaguchi-Kabata Y, Yokozawa J, Danjoh I, Saito S, Sato Y, Mimori T, Tsuda K, Saito R, Pan X, Nishikawa S, Ito S, Kuroki Y, Tanabe O, Fuse N, Kuriyama S, Kiyomoto H, Hozawa A, Minegishi N, Douglas Engel J, Kinoshita K, Kure S, Yaegashi N, ToMMo Japanese Reference Panel Project and Yamamoto M. Rare variant discovery by deep whole-genome sequencing of 1,070 Japanese individuals. Nat Commun, 2015 Aug 21;6:8018 PubMed Journal

# 人間のような高精度な認識システムと高速な演算処理

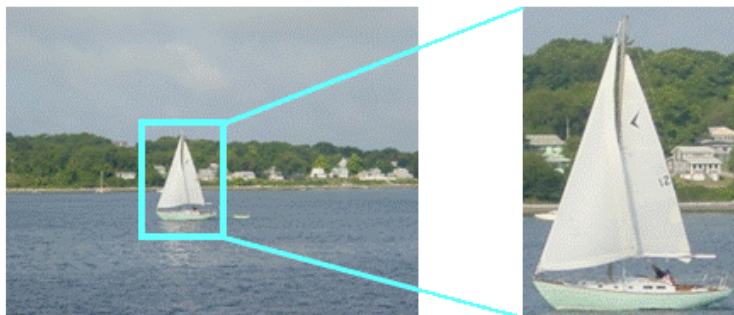


図1: 画像認識

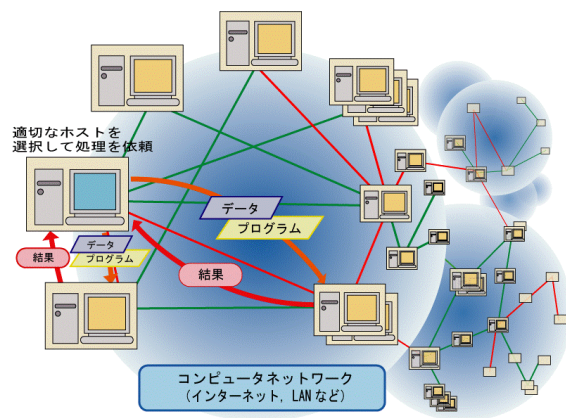


図2: 広域並列分散システム

## ■ 画像処理・画像認識

- 顔画像認識、映像中の物体認識、物体の追跡、映像処理、画像圧縮手法等の研究

## ■ パターン認識

- パターン認識原理の理論的追究から実際の認識システムの構築  
→文書認識、文字認識、音声認識

## ■ 並列・分散処理

- 大量の情報や計算資源を効率よく管理する分散システムの研究開発
- 計算資源管理や負荷分散に利用するための負荷・実行時間予測に関する研究
- 具体的な問題をクラスタやグリッド上で効率よく処理するための並列アルゴリズムの研究

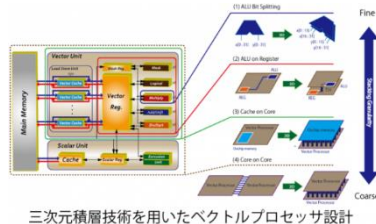
開発・推進

東北大学大学院工学研究科 通信工学専攻 画像情報通信工学（大町・菅谷）研究室

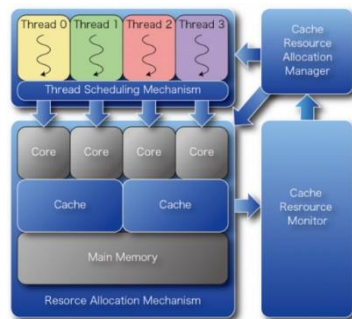
参考資料等

"Efficient Coding for Video Including Text Using Image Generation" Journal of Information Processing, 24, 2, pp.330-338 (2016-3)  
Yosuke Nozue, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi

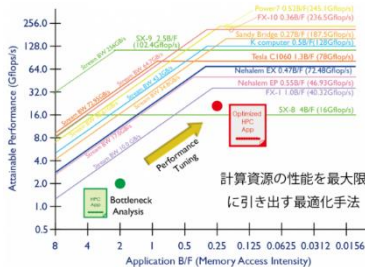
# スーパーコンピュータシステム設計とその応用に関する研究



三次元積層技術を用いたベクトルプロセッサ設計



高エネルギー効率キャッシュ管理機構



革新的大規模科学技術アプリケーションの開発

- 次世代超高性能スーパーコンピュータシステムを実現するハードウェアおよびシステムソフトウェアの要素技術の確立
- スーパーコンピュータシステムの卓越した情報処理能力を最大限に引き出せる高性能シミュレーション技術
- 3次元デバイスや不揮発メモリなど先進デバイス 技術を活用した低消費電力、高メモリバンド幅スーパーコンピュータシステム設計とその利用技術の開発

開発・推進

サイバーサイエンスセンター スーパーコンピューティング研究部門教授  
超高速情報処理論 (小林 教授)

参考資料等

US7437513 Cache Memory with the Number of Operated Ways Being Changed According to Access Pattern

# 高密度大容量情報ストレージシステム技術

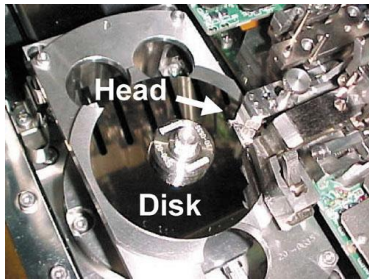


図1: 単磁極型記録ヘッドと垂直ディスクを用いた記録再生特性の測定

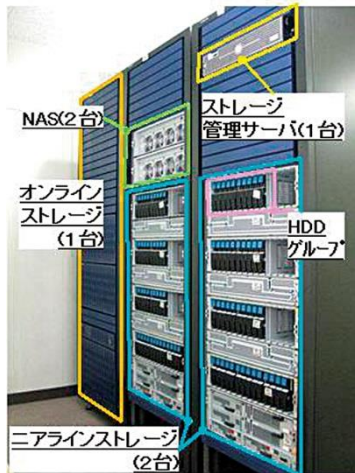


図2: 多数のHDDで構成されるRAIDシステム

- 次世代超高密度ハードディスクドライブに関する研究
- 磁気ストレージに用いるヘッドディスクの研究
- 高密度ストレージのためのデジタル信号処理に関する研究
- 高密度記録再生機構のコンピュータシミュレーションによる研究
- 大容量並列ストレージシステムに関する研究

開発・推進

東北大学電気通信研究所 情報ストレージシステム (村岡・グリーブス) 研究室

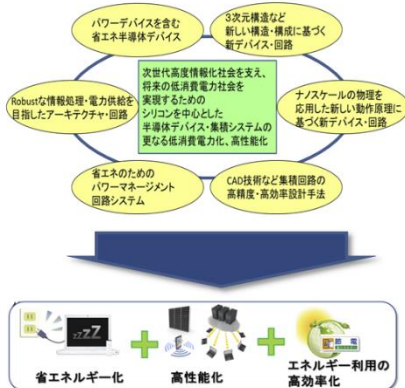
参考資料等

Hiroaki Muraoka, Simon Greaves, "Statistical Modeling of Write Error Rates in Bit Patterned Media for 10 Tbit/inch<sup>2</sup> Recording," IEEE Trans. Magn., vol. 47, no. 1, pp. 26-34, January 2011.

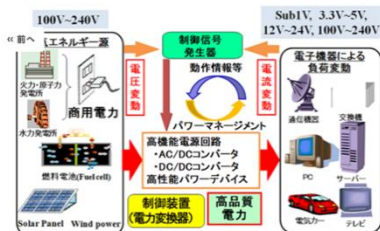
# パワー集積システムが切り開く賢い省エネ社会



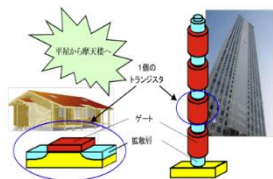
TOHOKU UNIVERSITY



半導体デバイスと半導体集積システムの更なる低消費電力化と高性能化を目指した、アーキテクチャ、回路、デバイス、CAD (Computer Aided Design) までの研究・開発



高効率エネルギー利用のための  
パワーデバイス&回路技術 & パワーマネージメント技術



3次元縦型構造を低消費電力社会を実現する  
集積システムのプラットフォームに！！

- 高効率エネルギー利用のためのパワーデバイス&マネージメント回路技術
- 3次元縦型構造デバイス・回路技術によるパワー集積システムのプラットフォーム構築
- 低消費電力化のための不揮発性半導体集積回路・システム技術

開発・推進

東北大学大学院工学研究科 電気エネルギーシステム専攻  
グリーンパワーエレクトロニクス (遠藤 (哲)・村口) 研究室

参考資料等

Tetsuo Endoh, Hiroki Koike, Shoji Ikeda, Takahiro Hanyu, and Hideo Ohno, "An Overview of Nonvolatile Emerging Memories-Spintronics for Working Memories", IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuit and Systems (JESCAS), 11pages, accepted, March 2016.

# 新しい考え方に基づく 超大規模半導体集積回路設計技術

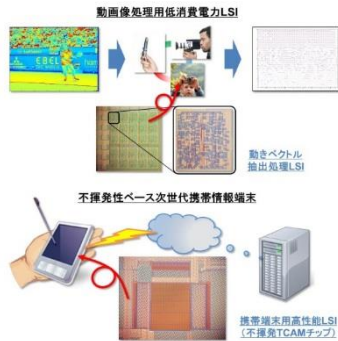


図1: 新機能・多機能デバイスを活用した  
新概念VLSI



図2: 脳の柔軟な情報処理を模倣する新型VLSI  
(脳型LSI)

## ■ 不揮発性FPGA

- 超低消費電力性を実現する再校正可能論理集積回路

## ■ 多値論理回路技術

- 0,1,2,3の多いレベルの情報を重畳し、1つのトランジスタで多ビット情報を同時に処理  
→配線の複雑化の解消

## ■ 高速双方向非同期データ転送

- クロックを不使用による、高速・低消費電力・高環境適応・低ノイズの実現

## ■ PVTバラつき補正技術

- 不揮発性デバイスを用い、高信頼性、高性能性、低消費電力性を目指す

開発・推進

東北大学電気通信研究所 新概念VLSIシステム(羽生・夏井)研究室

参考資料等

M. Natsui, et al, "Nonvolatile Logic-in-Memory Array Processor in 90nm MTJ/MOS Achieving 75% Leakage Reduction Using Cycle-Based Power Gating," IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech. Papers, pp.194-195, 2013.





TOHOKU  
UNIVERSITY

# 人にやさしい『計算』システム



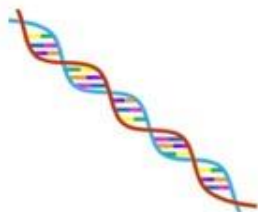
外科手術支援システム



スポーツ画像処理



ホビーロボット



バイオインフォマティクス  
のための高性能計算



高安全自動車

人と社会を陰ながらサポートしてくれているスーパーコンピューティングについての研究を展開

- 医療情報処理，知能ロボットなどの知能システム応用
- FPGA（再構成可能集積回路）ビッグデータ処理・大規模計算のための専用アクセラレータ
- 専用アクセラレータのための高位合成理論
- 自律的知的制御に基づく次世代VLSIプロセッサ

開発・推進

東北大学大学院情報科学研究科 情報基礎科学専攻 知能集積システム学講座（張山教授）

参考資料等

Hasitha Muthumala Waidyasooriya, Masanori Hariyama and Kota Kasahara, "An FPGA Accelerator for Molecular Dynamics Simulation Using OpenCL," International Journal of Networked and Distributed Computing, Vol. 5, No. 1, pp.52-61(2017).

# 最適な情報通信ネットワークの実現



図1: “スマホdeリレー”のフィールド実験

- Running two more complicated simulations (133 APs)
  - Using one channel 5GHz for all GW-AP connections
  - Using 7 orthogonal 5GHz channels for GW-AP connections

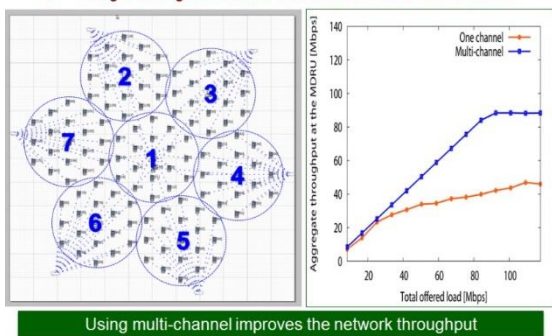


図2: 無線ネットワークの性能解析

## ■ 衛星航空通信ネットワーク

- 衛星携帯電話、(SRSS: Satellite-Routed Sensor System)、階層型衛星ネットワーク (MLSN: Multi-Layered Satellite Networks)、無人航空機、等

## ■ 端末間ネットワーク

- Machine-to-Machine (M2M)、モバイルアドホックネットワーク (MANET)、スマホ de リレー、等

## ■ ネットワークとサービス

- ネットワークアーキテクチャ、Software Defined Networking (SDN)、データセンターネットワーク、データ分散・複製制御、ビッグデータ解析、セキュリティ・マネジメント、等

## ■ 無線と光のネットワーク

- Radio and Fiber (R&F)、無線メッシュネットワーク、携帯電話網、Heterogeneous Network (HetNet)、

## ■ ネットワークとエネルギー

- グリーンネットワーク、グリーン基地局、環境発電、再生可能エネルギー、スマートグリッド、スマートメータ

開発・推進

東北大学大学院情報科学研究科 応用情報科学専攻 情報通信技術論 (加藤・西山) 研究室

参考資料等

西山大樹, 加藤寧, 被災地のモバイル端末を利用した瞬間自律再生ネットワーク, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2013年3月.

# 先端ワイヤレス通信技術 (Wireless IT) に関する研究 ～ ネットワーク・システムから、回路・デバイス・プロセスまで～

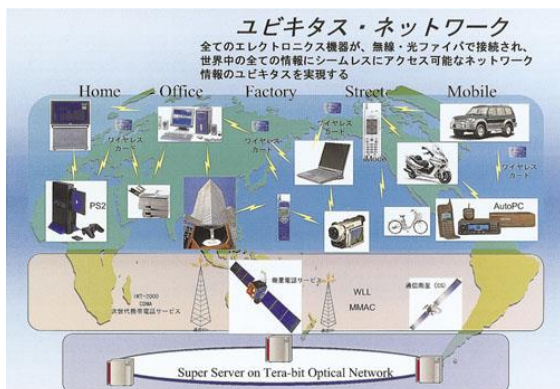


図1: 世界中どこにいても、高速にすべての情報を手に入れることが可能となるユビキタスネットワーク

## ■ ネットワーク・システムの研究

- 高速移動時にも高速ネットワークアクセスを可能とする次世代広域モバイルブロードバンドワイヤレスアクセス
- オフィス・家電デジタル機器をネットワーク接続可能とするような、高信頼・高速ワイヤレス LAN やワイヤレス PAN)

## ■ 回路・デバイス・プロセスの研究

- シリコン CMOS 技術を用いた超高周波帯 RF パワーアンプ・シンセサイザ・ミキサの設計・開発
- 超小型アンテナモジュールの開発
- これらのシリコン RF デバイス、アンテナモジュールなどをシームレスに実装する超小型三次元実装技術

## ■ ディペンダブルワイヤレス NGN 端末の設計・開発

- ユーザが意識することなく常に最適なワイヤレス通信ネットワークへアクセス可能とするワイヤレス通信方式

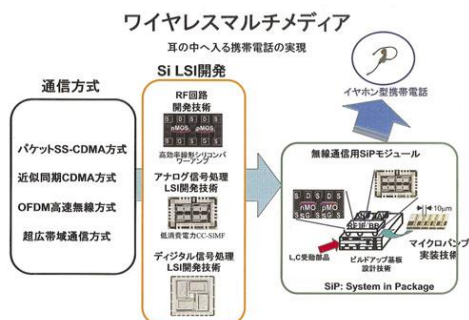


図2: 超小型・低消費電力ワイヤレス通信モデムの開発

開発・推進

東北大学電気通信研究所 先端ワイヤレス通信技術 (末松・亀田) 研究室

参考資料等

T. T.Ta, S. Tanifuji, A. Taira, S. Kameda, N. Suematsu, T. Takagi, K. Tsubouchi, "A Millimeter-Wave WPAN Adaptive Phased Array Control Method Using Low-Frequency Part of Signal for Self-Directed System," IEEE Trans. MTT, vol.63, no.8, pp.2682-2691, 2015.

# グローバルネットワークを支える光通信技術



図1: 超高速光通信実験の様子

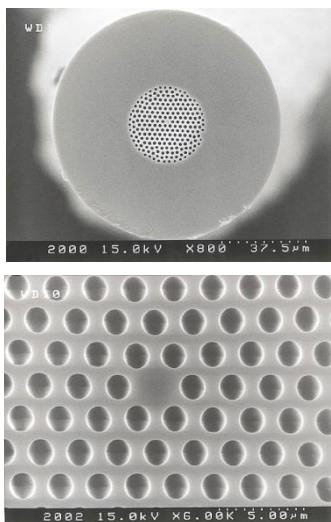


図2: フォトニック結晶ファイバのSEM写真  
上側: ファイバ全体  
下側: コアの周りを拡大した様子

- 超高速光ソリトン伝送および非線形光学効果に関する研究
  - ファイバ伝送路に分散マネージメント
  - 1チャンネル当りの伝送速度の高速化 (100 Gbit/s以上)
  - 高速光信号処理への積極的応用
- フェムト秒光パルスを用いた光時分割多重超高速伝送に関する研究
  - 最近新型のモード同期ファイバレーザと光ソリトンパルス圧縮技術とを組み合わせによるパルス列の発生
  - 時間領域での光フーリエ変換を利用した新たな超高速無歪み伝送の研究開発
- 超短パルスモード同期レーザと周波数標準・光マイクロ波領域への応用
  - 新たな周波数標準への応用
- フォトニック結晶ファイバならびに新機能性光ファイバの研究と新たな光通信の開拓
  - 光ファイバの断面内に空孔を沢山もつけたフォトニック結晶ファイバの開発とその光通信への応用

開発・推進

東北大学電気通信研究所 超高速光通信 (中沢・廣岡・吉田) 研究室

参考資料等

特許第4956749号 超高精度光位相同期システム