



戦略的創造研究推進事業 ALCA-Next

「半導体」領域 募集説明

2024年3月

「半導体」領域の概要

【領域の背景】

- 5G／6G、IoT、自動運転、ロボティクス、DX等の本格的な高度情報社会の進展に伴って、情報・通信インフラの消費電力は**指数関数的に増加**しており、カーボンニュートラル実現のためには、情報・通信インフラの基盤となる半導体デバイス・回路ハードウェアの抜本的な**省電力化**は必須である。
- 電力の伝送では、再生可能エネルギー／水素発電や蓄電池が接続された大規模かつ複雑な電力網の**省エネルギー化と高信頼化**が、カーボンニュートラル実現達成には極めて重要である。

「半導体」領域の概要

【領域の目的】

- 本技術領域では、情報・通信インフラ向けの半導体の抜本的な消費電力削減を目指す。
- 大規模で複雑な電力網の電力消費量を低減するために、高効率・高信頼な電力変換・制御回路、インバータ／コンバータ安定化技術等を開発する。

「半導体」領域の概要

課題・潮流

- ・ムーア則の終焉
- ・情報通信容量の爆発
- ・ビッグデータ・AI・IoT計算ニーズの高まり
- ・情報通信システムの抜本的低消費電力化によるCNの実現

Society5.0を支える半導体・コンピューティング基盤



本提案のアプローチ

① 革新的超低消費電力コンピューティング

- ・構造情報処理コンピューティング
- ・ニューロモルフィックエッジ処理
- ・協調エネルギー制御

② 超低消費電力半導体材料・デバイス

- ・低次元材料CMOS
- ・3Dチップレット
- ・高効率熱放散材料・実装
- ・低消費電力光デバイス/光配線



「半導体」領域の対象とする技術イメージ

(JST-CRDS 戦略プロポーザル (CRDS-FY2017-SP-02) をベースに改変)

提案を期待する技術要素

【提案を期待する技術要素】

カテゴリー	ボトルネック課題
a. 極低消費電力動作を可能とする次世代ロジック・メモリ技術	<ul style="list-style-type: none">サブnm CMOSを実現する革新的なチャンネル材料とそのデバイス化技術三次元構造デバイスおよび超高密度集積化技術次世代不揮発性メモリの開発ロジックとメモリの集積化を実現するデバイス技術
b. 1通信ビット当たりの消費電力を抜本的に低減する革新的伝送ハードウェア技術	<ul style="list-style-type: none">チップ間およびチップレット間をつなぐ極低消費電力・高密度・広帯域インターコネクト技術ボード/ラック間の大容量かつ省電力なデータ伝送を実現する次世代光トランシーバ技術OEO変換の削減による大幅な省電力化を可能とする革新的光スイッチデバイス技術高速ルータ機器の省電力化を実現する革新的メモリ・FPGA技術
c. チップやボードの高効率な放熱を実現する新規材料・デバイス・熱マネジメント技術	<ul style="list-style-type: none">ナノスケールの熱伝導や界面での熱伝導モデルの構築と検証、シミュレーションへの組み込みフォノンエンジニアリングなどによる高度な放熱技術の提案と実証パッケージ工程に適応可能な新規の高熱伝導材料の開発およびその製造技術BEOL工程に適応可能な放熱特性に優れた絶縁材料の低サーマルバジェット製造技術マテリアルズインフォマティクス(MI)手法などを取り入れた高放熱性新材料の追究
d. 大規模かつ複雑な電力網の高効率・高信頼化を実現する電力変換素子・回路・制御技術	<ul style="list-style-type: none">系統電力網から分散電力まで幅広く存在する電圧変換・交直変換回路の電力容量に対応した抜本的な高効率化技術系統電力網の不安定性やノイズに対処可能なインバータ/コンバータ回路技術高精度の電力制御を実現する高機能ゲートドライバー技術電力系統から家庭やビル内の機器の高信頼・低消費電力な連携動作を可能とするインテリジェントスマートインバータ技術
e. カーボンニュートラル実現に向けた半導体にかかわる新発想	

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

a. 極低消費電力動作を可能とする次世代ロジック・メモリ技術

- AIパラメータの爆発的増加に伴い、CPU/GPUの**処理能力の向上やメモリ容量の増大**が求められる。
- プロセッサ・メモリ・ストレージ間での**膨大なデータ転送**が大きなボトルネックになっている。
- メインメモリ（DRAM）は揮発性メモリであるため、ストレージとのデータ転送が頻繁に必要であり、**エネルギー消費の大きな要因**の一つとなっている。

＜ボトルネック課題＞

- サブnm CMOSを実現する革新的なチャネル材料とそのデバイス化技術
- 三次元構造デバイスおよび超高密度集積化技術
- 次世代不揮発性メモリの開発
- ロジックとメモリの集積化を実現するデバイス技術

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

b. 1 通信ビット当たりの消費電力を抜本的に低減する革新的伝送ハードウェア技術

- 増大し続ける通信需要をまかない、かつ低炭素社会を実現するために、**1 通信ビット当たりの消費電力を数桁低減**する。
- データセンター内の高速ルータ機器の省電力化に加えて、従来の電気インターコネクトを**高効率な光インターコネクトに置き換え**、ネットワーク内で繰り返されるOEO変換を削除し**光スイッチネットワークへ変革**する。

<ボトルネック課題>

- チップ間およびチップレット間をつなぐ極低消費電力・高密度・広帯域インターコネクト技術
- ボード／ラック間の大容量かつ省電力なデータ伝送を実現する次世代光トランシーバ技術
- OEO変換の削減による大幅な省電力化を可能とする革新的光スイッチデバイス技術
- 高速ルータ機器の省電力化を実現する革新的メモリ・FPGA技術

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

c. チップやボードの高効率な放熱を実現する新規材料・デバイス・熱マネジメント技術

- 集積回路を搭載したチップからの放熱がチップの情報処理速度向上や消費電力低減への大きなボトルネック。
- 三次元化によって電力密度が増大し素子の接合温度が上昇すると、信頼性不良を引き起こすことが懸念される。
- システム、デバイス構造、材料、物理など様々な階層で革新的な放熱技術の開発が必要であるが、学術体系は未だない。

<ボトルネック課題>

- ナノスケールの熱伝導や界面での熱伝導モデルの構築と検証、シミュレーションへの組み込み
- フォノンエンジニアリングなどによる高度な放熱技術の提案と実証
- パッケージ工程に適応可能な新規の高熱伝導材料の開発およびその製造技術
- BEOL工程に適応可能な放熱特性に優れた絶縁材料の低サーマルバジェット製造技術
- マテリアルズインフォマティクス(MI)手法などを取り入れた高放熱性新材料の追究

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

d. 大規模かつ複雑な電力網の高効率・高信頼化を実現する電力変換素子・回路・制御技術

- 大規模かつ複雑なサプライチェーン全体の中で、電力消費量を低減する。
- 複雑な電力システム内に多数存在するインタフェース装置・回路などの高効率化および高度な制御・運用方法が求められる。
- 系統連系装置の高度な制御・運用技術やEMCなどの抑制の機能がボトルネックとなっている。

<ボトルネック課題>

- 系統電力網から分散電力まで幅広く存在する電圧変換・交直変換回路の電力容量に対応した抜本的な高効率化技術
- 系統電力網の不安定性やノイズに対処可能なインバータ／コンバータ回路技術
- 高精度の電力制御を実現する高機能ゲートドライバー技術
- 電力系統から家庭やビル内の機器の高信頼・低消費電力な連携動作を可能とするインテリジェントスマートインバータ技術

POメッセージ

- ALCA-Nextプロジェクトがまだアプローチできていない多くの研究者からの、特に若手研究者からの応募を期待します。
- ボトルネック課題解決へのアプローチは一本道ではない。様々な考え方と挑戦を歓迎します。
- 国際競争に伍するためには、複数のアプローチで取り組む方が良いこともある。2023年度に採択したボトルネック課題であっても、より多くの研究者に門戸を開きます。



戦略的創造研究推進事業 ALCA-Next 「グリーンコンピューティング・DX」領域 募集説明

2024年3月

「グリーンコンピューティング・DX」領域の概要

【領域の背景】

- 本格的な高度情報社会の進展に伴って、**通信量と電力消費量は指数関数的に増加**しており、抜本的に**省電力化する革新的なコンピューティングアーキテクチャの導入**が急務である。
- 人間社会の無駄を省き効率化するはずのAI技術等の発展が、逆に**通信量や電力消費量の爆発的な増加**という大きな**社会問題**となる。
- 電力の伝送の面でも、電力インフラハードウェアの省エネルギー化に加え、エネルギーの「生産」「輸送」「分配」「収集」から「供給」「利用」に至る複雑なサプライチェーン全体での**効率化・低損失化**が求められる。

「グリーンコンピューティング・DX」領域の概要

【領域の目的】

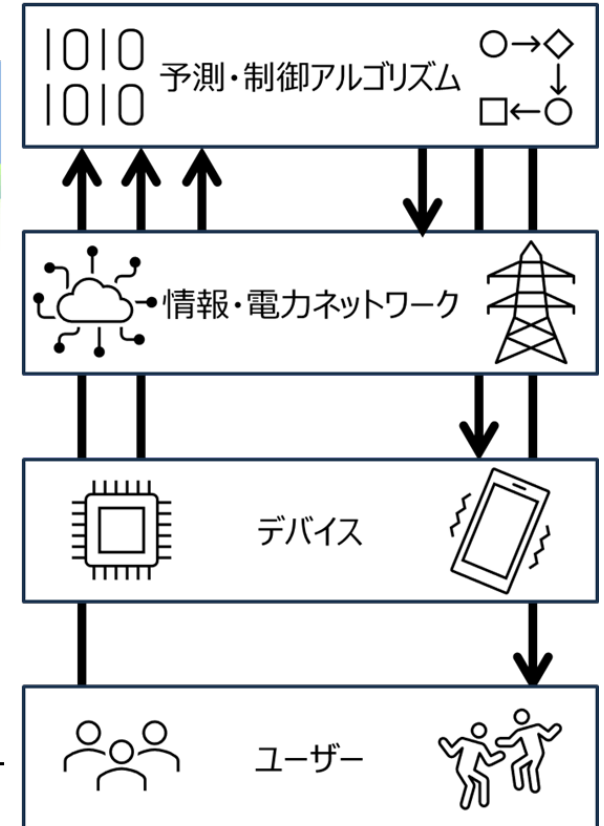
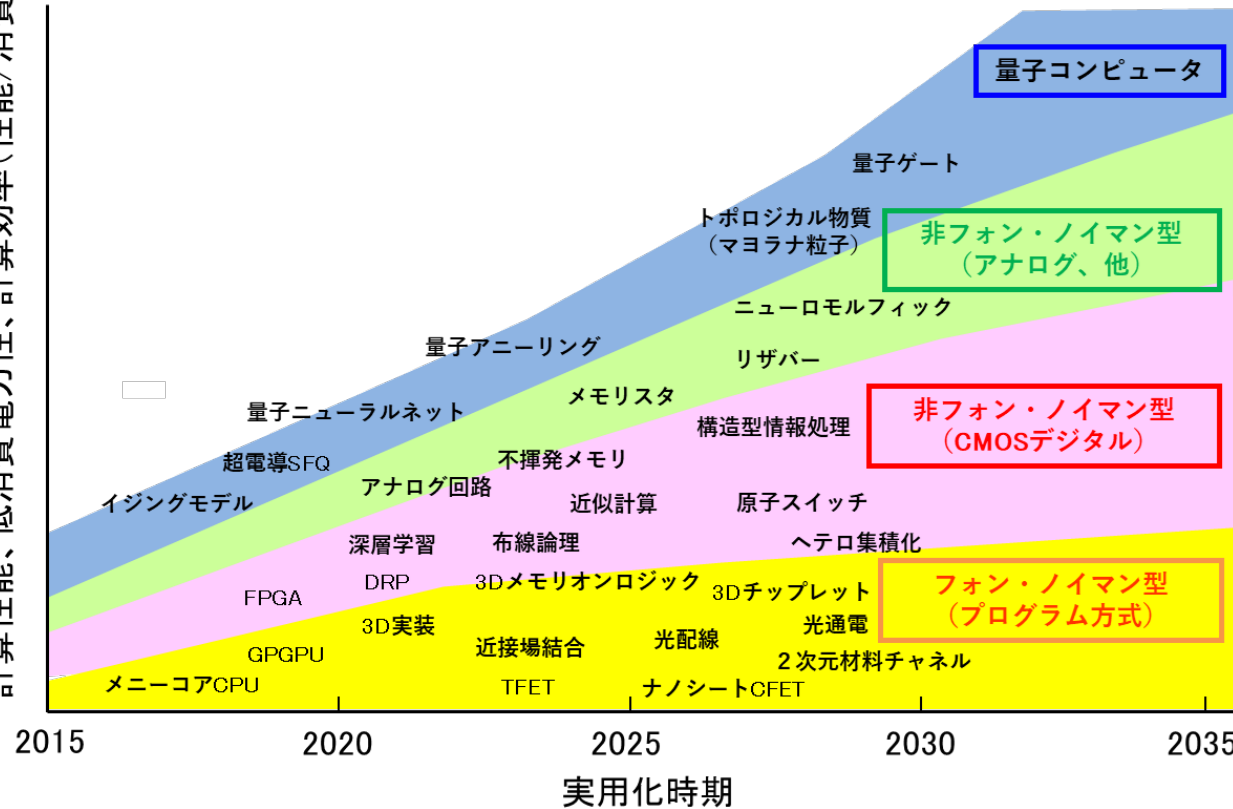
- 消費電力が大きい汎用コンピューティングから、応用領域を限定した**低消費電力のコンピューティングへのパラダイムシフト**を目指す。
 - 領域を限定した（Domain-Specificな）非フォンノイマン型の革新的コンピューティングアーキテクチャ。
 - エッジチップや、エッジクラウド間のデータ通信量爆発の問題に対処するための効率的なデータ制御技術。
- 電力システム全体の**高効率化・低損失化**に向け、IoTセンサによって収集したデータの分析により、**電力システムの構成要素の状況や、人の行動・意図などを推定・予測できる革新的アーキテクチャ**などの研究開発も推進する。

「グリーンコンピューティング・DX」領域の概要

計算性能、低消費電力性、計算効率(性能/消費電力)

情報処理の電力消費量を削減する

情報処理で電力システムを
高効率化・低損失化する



「グリーンコンピューティング・DX」領域の対象とする技術イメージ
(JST-CRDS 戦略プロポーザル (CRDS-FY2017-SP-02) をベースに改変)

提案を期待する技術要素

【提案を期待する技術要素】

カテゴリー	ボトルネック課題
a. Domain-Specific な応用を目指した非フォンノイマン型革新的デジタルコンピューティングアーキテクチャ	<ul style="list-style-type: none">自動運転、ロボティクス等の領域を限定した（Domain-Specificな）非フォンノイマン型コンピューティング等の革新的アーキテクチャ構造型情報処理等のメモリを介さず演算器のスイッチングで計算を行う新規なコンピューティングアーキテクチャ間欠的コンピューティング等必要な時のみ電力を使用して演算を行う新規なエッジコンピューティングアーキテクチャ確率的コンピューティング等不確実性を利用した超低消費電力コンピューティングメモリの中ないしは近くで情報処理を行うことで消費電力を低減するインメモリ／ニアメモリコンピューティングアーキテクチャ
b. AI処理の省電力化を実現する革新的コンピューティングシステム	<ul style="list-style-type: none">生成系AIの抜本的な省電力化を実現するAIモデル、および、それに最適なコンピューティングアーキテクチャ脳型AIアーキテクチャなど、革新的AIアーキテクチャに基づく超低消費電力な回路とそれを応用したチップの開発クラウドで大規模な学習を行う必要がない、オンデバイス、オンサイトにおける学習技術とそれに基づくエッジチップの開発生体情報処理の知見に基づく、情報処理の新たなモデル・アルゴリズム・コンピューティングアーキテクチャロボット等の領域を限定した（Domain-Specificな）省電力AIアクセラレータの開発
c. エッジで収集された膨大な情報をエッジ⇔クラウド間で適切に制御する新しいアーキテクチャ	<ul style="list-style-type: none">マルチアクセスエッジコンピューティングを利用した超低消費電力エッジクラウド情報転送・処理アーキテクチャスマートロボット、自動運転等の領域を限定した（Domain-Specificな）エッジクラウド協調情報処理アーキテクチャエッジAIとクラウドAIの協調に基づく超低消費電力AI制御技術連合学習などのAIモデルを分散学習する処理を効率的に行うチップアーキテクチャおよびシステム
d. 省電力化のためのデータ収集・共有・流通アーキテクチャとそれを用いたエネルギーマネジメント技術	<ul style="list-style-type: none">電力データから需要家の行動・意図を推定・予測・誘導して電力消費を極小化する統合アルゴリズム電力利用や人・モノの動きの合成的データの作成技術および流通方式の開発階層的IoTデバイスからセキュアにデータを収集・管理・共有する方式および電力ネットワーク全体で効率的にデータが流通することを可能にする革新的アルゴリズム時間／空間的なマルチスケールのエネルギー需要予測技術
e.カーボンニュートラル実現に向けた半導体にかかわる新発想	

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

a. Domain-Specificな応用を目指した非フォンノイマン型革新的デジタルコンピューティングアーキテクチャ

- プロセッサとメモリ間のデータ転送に多大なエネルギーを消費するフォンノイマン型アーキテクチャを刷新する領域を限定した（Domain-Specificな）新規の非フォンノイマン型次世代コンピューティング技術の導入によるAデータ処理技術。

<ボトルネック課題>

- 自動運転、ロボティクス等の領域を限定した（Domain-Specificな）非フォンノイマン型コンピューティング等の革新的アーキテクチャ
- 構造型情報処理等のメモリを介さず演算器のスイッチングで計算を行う新規なコンピューティングアーキテクチャ
- 間欠的コンピューティング等必要な時のみ電力を使用して演算を行う新規なエッジコンピューティングアーキテクチャ
- 確率的コンピューティング等不確実性を利用した超低消費電力コンピューティング
- メモリの中ないしは近くで情報処理を行うことで消費電力を低減するインメモリ／ニアメモリコンピューティングアーキテクチャ

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

b. AI処理の省電力化を実現する革新的コンピューティングシステム

- クラウドでの電力消費の爆発的な増加を防ぐために、**軽量な学習でも用途に応じて必要な性能を実現できる**新しいコンピューティングアーキテクチャ。
- クラウドの学習処理における省電力化と共に、**エッジで独立して学習を行う**省電力なモデル、アーキテクチャ、実装技術。

<ボトルネック課題>

- 生成系AIの抜本的な省電力化を実現するAIモデル、および、それに最適なコンピューティングアーキテクチャ
- 脳型AIアーキテクチャなど、革新的AIアーキテクチャに基づく超低消費電力な回路とそれを応用したチップの開発
- クラウドで大規模な学習を行う必要がない、オンデバイス、オンサイトにおける学習技術とそれに基づくエッジチップの開発
- 生体情報処理の知見に基づく、情報処理の新たなモデル・アルゴリズム・コンピューティングアーキテクチャ
- ロボット等の領域を限定した（Domain-Specificな）省電力AIアクセラレータの開発

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

c. エッジで収集された膨大な情報をエッジ⇔クラウド間で適切に制御する新しいアーキテクチャ

- 物理的なフィジカル空間とデータや情報からなるサイバー空間とが融合したCPS (Cyber-Physical System) により、安全で快適な生活や活力ある社会を目指す。
- センサデバイスのデータをクラウドで情報処理するには、莫大な通信エネルギーがかかり、遅延によりリアルタイム性が損なわれる。

<ボトルネック課題>

- マルチアクセスエッジコンピューティングを利用した超低消費電力エッジクラウド情報転送・処理アーキテクチャ
- スマートロボット、自動運転等の領域を限定した (Domain-Specificな) エッジクラウド協調情報処理アーキテクチャ
- エッジAIとクラウドAIの協調に基づく超低消費電力AI制御技術
- 連合学習などのAIモデルを分散学習する処理を効率的に行うチップアーキテクチャおよびシステム

提案を期待する技術要素

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

d. 省電力化のためのデータ収集・共有・流通アーキテクチャとそれを用いたエネルギーマネジメント技術

- エネルギーの「生産」「輸送」「分配」「収集」から「供給」「利用」に至る複雑なサプライチェーン全体での高効率化・低損失化を目指す。
- センサ情報・機器動作情報・周辺環境情報に加え、システム内の人の行動、選好、心理に関するデータをリアルタイムに収集・分析し、工学だけではなく、社会科学も導入した新しい分野融合によりエネルギー供給と需要の関係を最適化する。

<ボトルネック課題>

- 電力データから需要家の行動・意図を推定・予測・誘導して電力消費を極小化する統合アルゴリズム
- 電力利用や人・モノの動きの合成的データの作成技術および流通方式の開発
- 階層的IoTデバイスからセキュアにデータを収集・管理・共有する方式および電力ネットワーク全体で効率的にデータが流通することを可能にする革新的アルゴリズム
- 時間／空間的なマルチスケールのエネルギー需要予測技術

POメッセージ

- ALCA-Nextプロジェクトがまだアプローチできていない多くの研究者からの、特に若手研究者からの応募を期待します。
- ボトルネック課題解決へのアプローチは一本道ではない。様々な考え方と挑戦を歓迎します。
- 国際競争に伍するためには、複数のアプローチで取り組む方が良いこともある。2023年度に採択したボトルネック課題であっても、より多くの研究者に門戸を開きます。