



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

2025年3月

発表内容

1. 半導体領域の説明
 - ・概要
 - ・提案を期待する技術要素
2. グリーンコンピューティング・DX領域の説明
 - ・概要
 - ・提案を期待する技術要素
3. 過去2年の領域ポートフォリオ
4. 領域マネジメント：ハンズオン育成
5. POメッセージ
6. 研究セキュリティ確保の取組について

1.「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。

【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。

1.「半導体」領域の提案を期待する技術要素

【提案を期待する技術要素】

赤字は今年度追加

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	- 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 ・サブnm CMOSに向けたシミュレーション・設計技術 ・サブnm CMOSを実現する新配線材料設計・要素技術
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	- 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	- 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 ・放熱を意識した配線材料・構造設計・配線レイアウト技術
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	- 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	
半導体製造におけるカーボンニュートラルに貢献する革新的プロセス技術	

1.「半導体」領域の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】

赤字は今年度追加

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
- **サブnm CMOSに向けたシミュレーション・設計技術**
- **サブnm CMOSを実現する新配線材料設計・要素技術**

1.「半導体」領域の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

1.「半導体」領域の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】

赤字は今年度追加

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
- 放熱を意識した配線材料・構造設計・配線レイアウト技術**

1.「半導体」領域の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

1.「半導体」領域の提案を期待する技術要素

赤字は今年度追加

【カテゴリーとボトルネック課題の説明】

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

例：半導体製造におけるカーボンニュートラルに貢献する革新的プロセス技術

2.「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。

2.「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。

2.「グリーンコンピューティング・DX」領域の提案を期待する技術要素

【提案を期待する技術要素】

赤字は今年度追加

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	・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	・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	・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	・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システム構築 ・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システム構築 ・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	

2.「グリーンコンピューティング・DX」領域の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

2.「グリーンコンピューティング・DX」領域の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

2.「グリーンコンピューティング・DX」領域の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

2.「グリーンコンピューティング・DX」領域の提案を期待する技術要素

赤字は今年度追加

【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**システム構築**
- 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**システム構築**
- 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

これらに限定することなく、革新的エネルギー・マネジメントシステムの構築に貢献する構成要素の省エネルギー化技術、変換器技術等に関する提案も募集する。

3.過去2年の領域ポートフォリオ

領域	カテゴリー	2023年度 採択数	2024年度 採択数 (日英共同募集含む)
半導体	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	1(前田)	0
	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	1(村山)	1(西山)
	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	1(野村)	1(長野)
	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	2(伊東、高宮)	2(宇治原、木本)
	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	0	0
グリーン コンピューティング・DX	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	3(中島、夏井、鈴木)	0
	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	1(田中)	1(本村)
	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	0	1(栗野)
	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	0	0
	e. カーボンニュートラル実現に向けたグリーンコンピューティング・DX にかかわる新発想	1(桐谷)	1(田中)

過去2年の採択結果から幅広く領域をカバーする提案が採用されてきた。
但し、グリーンコンピューティング・DX領域の**エネルギーマネジメント技術**に関する提案の採択がなく、今年度は、この分野の積極的な提案を期待する。

4. 領域マネジメント：ハンズオン育成

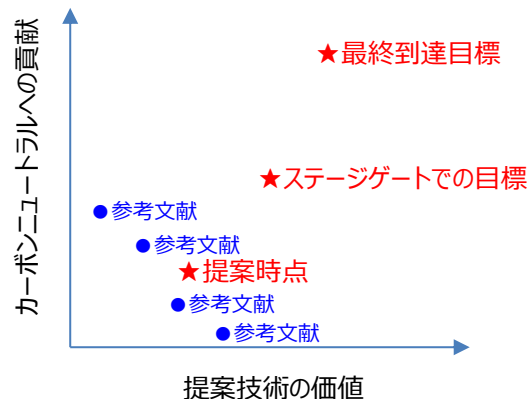
【研究開発マネジメント】

ハンズオン指導： 各課題に3人のアドバイザーをアサインし専門的見地からアドバイス
多様（基礎～応用、若手～シニア）な課題特性に合わせ
個性を伸ばす指導（画一的指標を使わない）を行う

リーダー育成： 国際頭脳循環網につなげる

領域イベント： サイトビジット、領域会議、研究開発計画書のレビュー

技術マネジメント：2軸のベンチマークによる評価を導入
世界の中での研究の立ち位置、研究開発戦略の可視化



y軸は、「1.研究開発の全体構想について」のうち、特に「カーボンニュートラル実現に大きく貢献可能な技術の創出が見込まれるか」を評価する。

x軸は、「2.提案の優位性・独自性について」を中心に、国際的なベンチマークで研究レベルを見る。内容は、各研究のステージに応じて（基礎か応用かも踏まえ）研究者自身が提示する。

5.POメッセージ

赤字は今年度追加

- 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。過去2年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。
- **エネルギーマネジメント技術に関連する提案に関して、積極的な応募を期待します。**

6.研究セキュリティ確保の取組について

半導体／グリーンコンピューティング・DX領域は、JSTの研究セキュリティ確保に向けた取組の試行対象事業となります。

具体的な取組は、募集要項「4.3 研究活動の国際化、オープン化に伴う新たなリスクに対する研究インテグリティ及び研究セキュリティの確保」および事務局説明資料をご参照ください。