



ImPACT Program Manager

佐橋 政司 Masashi SAHASHI

1974年 名古屋大学 大学院工学研究科 修士修了  
 1974年 株式会社東芝 総合研究所 入社  
 1999年 同社 研究開発センター・技監  
 2003年 東北大学大学院 工学研究科 教授  
 2014年～ImPACTプログラム・マネージャー

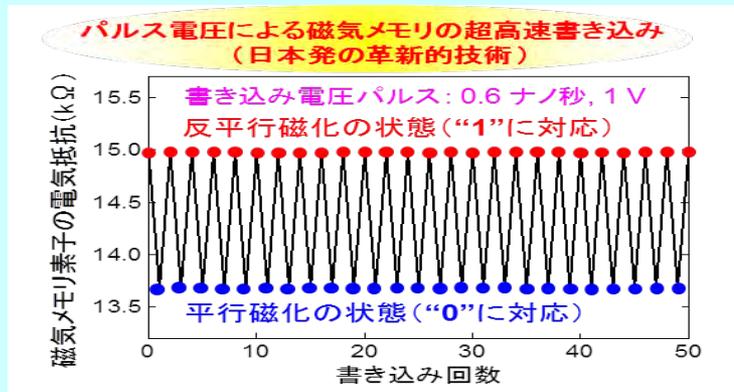
株式会社東芝では、全社プロジェクトマネージャーとして、世界初のGMRヘッド搭載HDDの開発とその製品化へと導き、一連の業績により、恩賜発明賞と紫綬褒章を受賞。東北大学に赴任後は、リスクが大きく企業では手がつけられない革新的な基礎研究を推進。NEDO、JST-ALCAなど数多くの国家プロジェクトを牽引し、企業に新規事業の芽を移植。博士・工学。

＜研究開発プログラムの概要＞

電圧で磁気メモリ素子に情報を記録する究極の不揮発性メモリと省電力スピントロニクス論理集積回路などを開発。IT機器の電力使用量を劇的に減らし、充電ストレスのないエコ社会を実現。

＜非連続イノベーションのポイント＞

情報を電圧で書き込んで長期間保存する究極の高速・大容量メモリの開発を中核にして、動作時と待機時の両方で電力消費を大幅に低減する。



＜期待される産業や社会へのインパクト＞

充電不要なモバイル機器でストレス無し、無充電でも動作する防災センサや災害時の緊急情報アクセス完備で圧倒的安全安心社会、我が国電子産業の再興を実現

●充電なしで1ヶ月使用できるモバイル機器

●コンセントに繋ぎっぱなしの充電器を一掃



# 背景と問題意識

- ・モバイルIT機器, クラウドコンピューティングの普及は, 我々の生活様式を大きく変える一方で, **増大する消費電力を根本から如何に低減するかが大きな課題**となっている. 特にモバイルIT機器では, **頻繁に行う必要がある充電が, その利便性を大幅に低下**させている.
- ・「**コンセントに繋ぎっぱなしの充電器(ACアダプター)**」の数が増え続け, 不便だけでなく, 充電器のエネルギー損失もエネルギーの浪費元となっている.
- ・充電の問題は, 大規模災害の**停電時に緊急情報にアクセスできなくなる恐れ**が高い.
- ・ビッグデータの分析・利活用, 実世界とサイバー空間との結合 (Cyber Physical System)などが新たに提唱され, 情報爆発は現実のものとなりつつある[2020年までには35ZB (ゼットバイト: EBの1000倍) に達するとの予測]. **データセンターの情報量と消費電力が爆発的に増大中**.

現状の問題点



頻繁な充電が必要なモバイル機器



コンセントに繋ぎっぱなしの充電器が増加

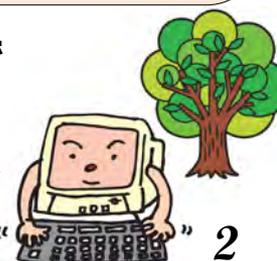


大規模災害・長期間停電時に緊急情報へのアクセスが困難の恐れ



あらゆるところに埋め込まれるユビキタスセンサー・IT機器のバッテリー交換問題

ホットコンピュータからコールドコンピュータへ: オールジャパン体制で非連続なイノベーションを実現するために, **電圧書込み型不揮発メモリ「電圧トルクMRAM」への非連続な転換と, CMOS中に直接スピンを注入する「スピンFET」による演算処理への不揮発機能の導入に産官学で挑戦**



## 解決すべき社会的課題等

モバイルIT機器, クラウドコンピューティングの普及は, 我々の生活様式を大きく変える一方で, 増大する消費電力を根本から如何に低減するかが大きな社会的課題となっている. 特にモバイルIT機器では, 頻繁に行う必要がある充電が, その利便性を大幅に低下させている. **この社会的課題の解決は生活様式を一変する可能性を秘めている(新たなビジネスモデル構築の好機).**

「コンセントに繋ぎっぱなしの充電器(ACアダプター)」の数が増え続け, 不便だけでなく, 充電器のエネルギー損失もエネルギーの浪費元となっている. 充電の問題は, 大規模災害の停電時に緊急情報にアクセスできなくなる恐れが高い.

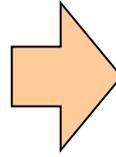
医療分野等でのビッグデータの分析・利活用, エネルギー分野での実世界とサイバー空間との結合(Cyber Physical System)などが新たに提唱され, 情報爆発は現実のものとなりつつある(2020年までには35ZB (ゼットバイト: EBの1000倍) に達するとの予測). データセンターの情報量と消費電力が爆発的に増大中. **この問題解決に集中系(演算処理部を含むメモリ/ストレージヒエラルキー)及び分散系(社会に分散する膨大な情報を柔軟に活用し, 状況変化に適切に対応する論理集積回路)ともに挑む必要がある. この問題解決は, 日本のエレクトロニクス産業の再興にもつながり, 日本の産業及び産業競争力強化の好機となる.**

## 解決のためのアイデア

書込みに大電流を要するメインメモリ(DRAM, STT-MRAM)から, 原理的にほとんど電流を要しない電圧書込み型不揮発メモリ「電圧トルクMRAM」への非連続な転換, さらにCMOS中に直接スピンを注入する「スピンFET」により, 演算処理に不揮発機能を導入する. また, 磁気記録・スピントロニクス分野で初めての単結晶化と3次元化により, メモリ・ストレージの微細化限界の打破を目指す. **これらの新技術をモバイルIT機器/クラウドの集中型ITシステム及びセンサーネットワーク等の分散型ITシステムに適用することで, エコで快適なライフスタイルの変革, 安全・安心なユビキタスIT社会の実現, 日本のエレクトロニクス産業の再興を目指す.**

# 無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

現在のエレクトロニクスは“**揮発性**”  
 (電源オフで、記憶情報が消失)  
**待機電力・動作電力ともに大きい**



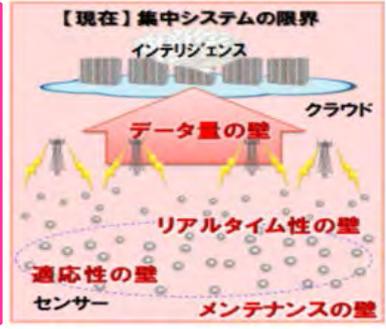
**ImPACTが目指す未来**  
 究極の“**不揮発性**”エコIT機器  
 (電源オフでも記憶を保持、動作時の消費電荷量1/100)  
**モバイルITは無充電で1ヶ月以上使用**  
**センサーネットワークの電池交換を一掃**



頻繁な充電が必要



コンセントに繋ぎっぱなしの充電器が増加中

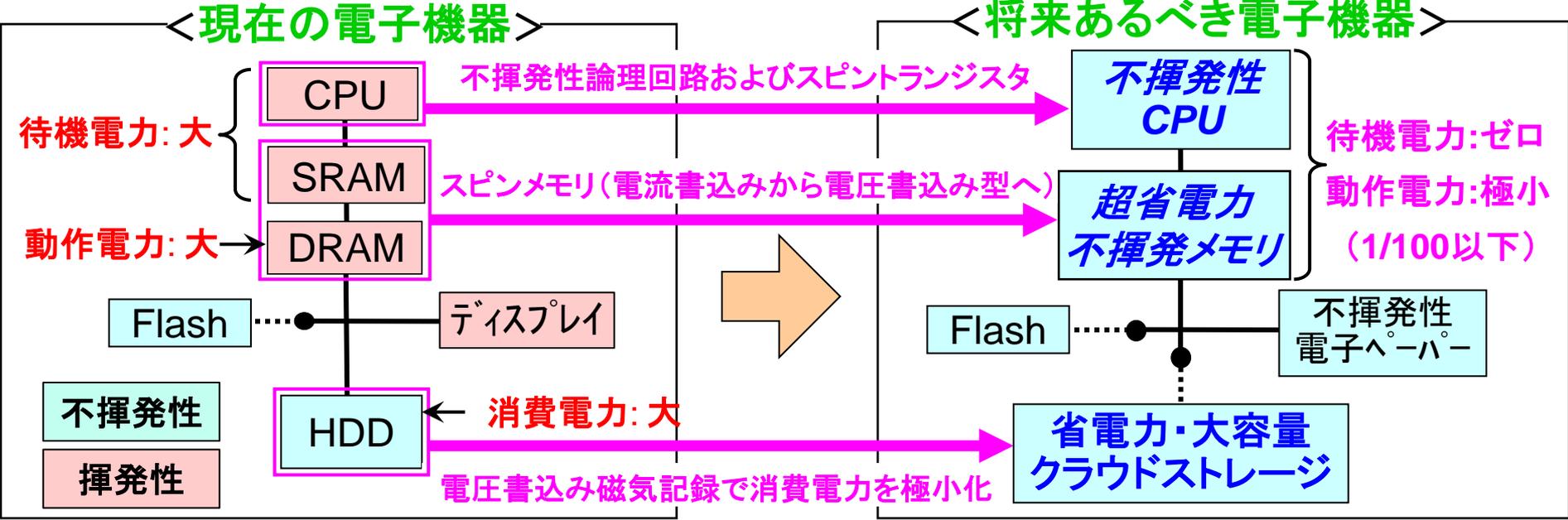


充電不要モバイル



分散インテリジェンス

- ・繋ぎっぱなしのコンセントを一掃
- ・大規模災害時でもアクセス可能な安全・安心な社会
- ・非連続イノベーションで日本の電子産業を再興



# 革新的研究開発推進プログラム ImPACT

## 佐橋プログラム

### 無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

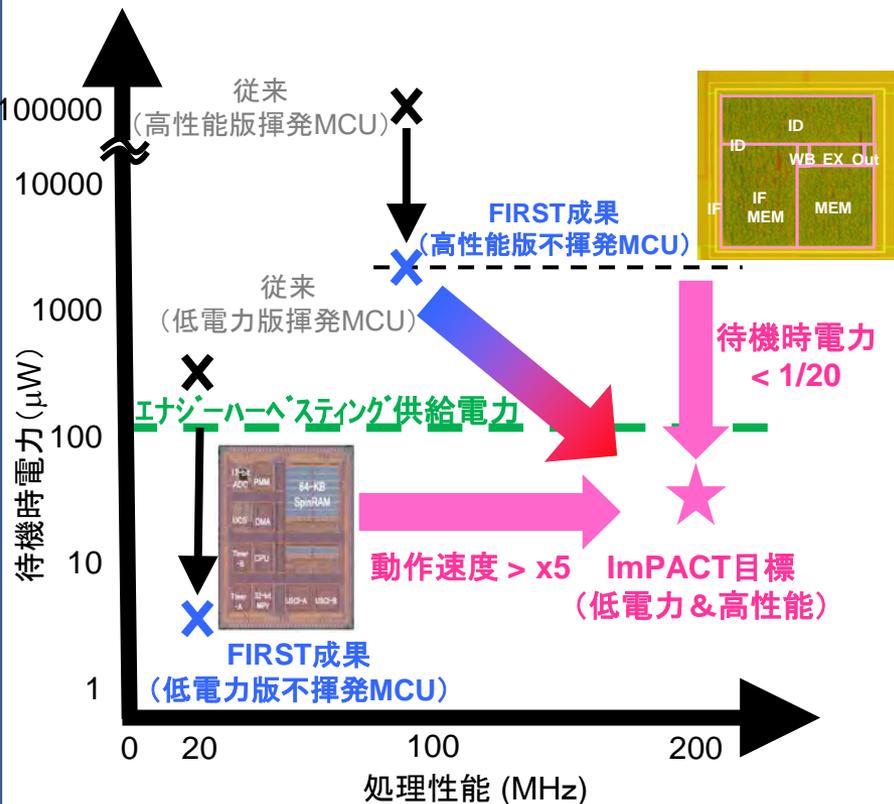
MRAM, 特にSTT-MRAMや電圧トルクMRAMは, 多方面への応用が期待される

\* クラウド・ストレージ用のキャッシュメモリ \* マイクロプロセッサ(MCU)のロジック・インメモリ \* DRAM/SRAM代替

#### 大野英男プロジェクト

スピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステム

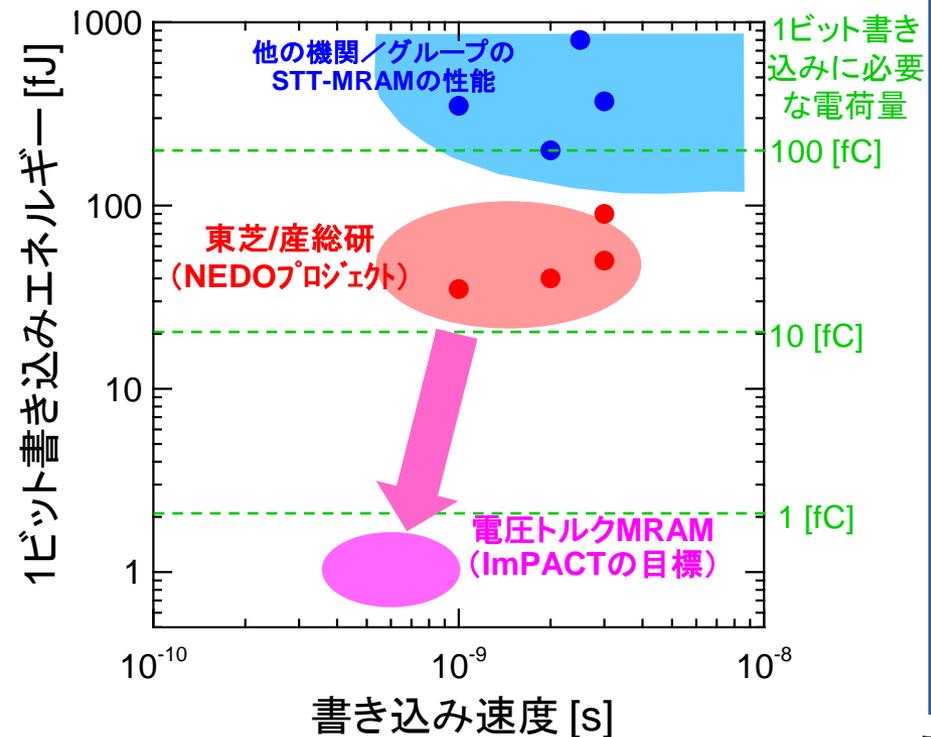
エネルギーハーベスティング供給電力を下回る  
低電力と高速処理性能を実現



#### 鈴木 義茂 / 湯浅 新治 プロジェクト

DRAM/SRAM代替狙いの究極のメモリ開発

SRAM並みの高速動作と超省電力書き込みが可能な  
究極の不揮発メモリにより、無充電で長期間使用可能  
なモバイルIT機器の基盤技術を実現する



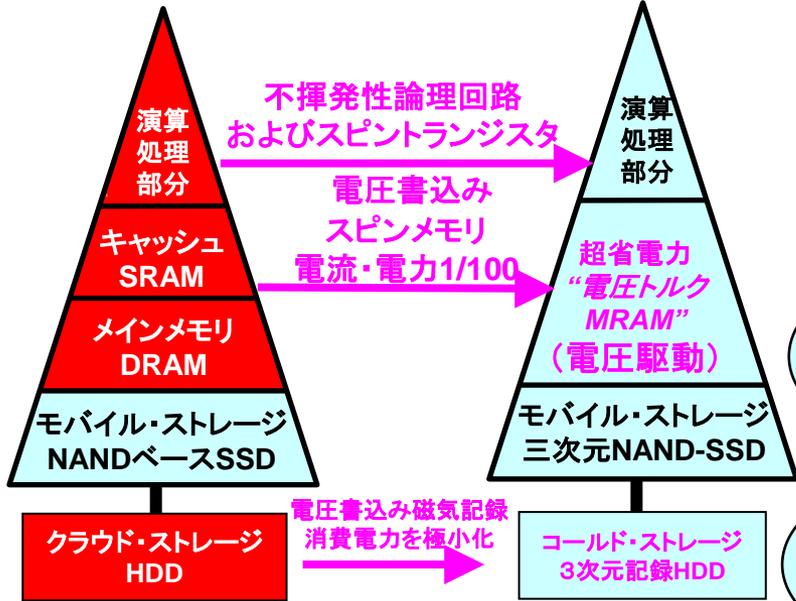
# 佐橋ImPACTプログラムが目指す未来

2014

2025~2030

現在のコンピュータ

ImPACTが  
目指す未来



充電なしで1ヶ月  
使用できる  
モバイルIT

「コンセントに繋ぎ  
っぱなしの充電器」  
を一掃

超省電力の分散型  
高度ITシステム  
による安全安心  
な社会の構築

省電力スピンスイッチと  
3次元コールド・ストレージ  
による省電力化  
データセンター

Jansenスピンスイッチプロジェクト

鈴木電圧トルクMRAMプロジェクト

湯浅単結晶化・高集積化・  
3次元化プロジェクト

大野スピントロニクス集積回路  
・分散ITシステムプロジェクト

佐橋交差相関電圧書き込み  
磁気記録プロジェクト

超省電力不揮発性メモリ「電圧トルクMRAM」

スピンスイッチ

省電力不揮発性論理回路・分散型ITシステム

東芝

産業技術総合研究所

東北大・工

東北大・通研

大阪大

富士通

物質・材料研究機構

東北大・金研

東北大・国際集積エレクトロニクス

ルネサス

東北大・工

省電力・大容量  
クラウドストレージ

筑波大

大阪大

名工大

# 達成目標

## 達成目標（プログラム終了時の具体的アウトプット）

本研究開発プログラムでのImPACT達成目標は、メモリ事業やマイコン事業など各プロジェクトが指向するマーケットで、**先導的かつ圧倒的差別化技術の創製により市場を席卷し、生活様式を一変し得る起爆剤的研究成果を創出し、その組み合わせで究極のエコIT機器実現への道筋をつけることである。**不揮発性トランジスタの実現に挑むスピンドットFETでは、プロトタイプ素子による省電力効果の定量的実証を達成する。電圧トルクMRAMでは、既存技術であるDRAMやSTT-MRAMに対して桁違いの低消費電力を達成し、参画企業が研究成果の事業化開発に踏み出すことを目指す。単結晶化・高集積化・3次元化では、スケーリング限界を打破して10 nm世代のキャッシュ・メモリ (MRAM) の要求性能を達成する。交差相関電圧書込み磁気記録 (3次元ストレージ) では、電気磁気効果を用いた新たな磁気記録原理を実証し、3次元化による5 Tビット/(インチ)<sup>2</sup>の記録密度の設計指針を確立、企業への技術移転を完了する。スピントロニクス論理集積回路を用いた分散型ITシステムでは、モバイル端末並の演算処理能力を有し、かつエネルギーハーベスティングで駆動する超低消費電力マイコンを開発、その応用展開しての分散型ITシステムの基盤技術を確立する。

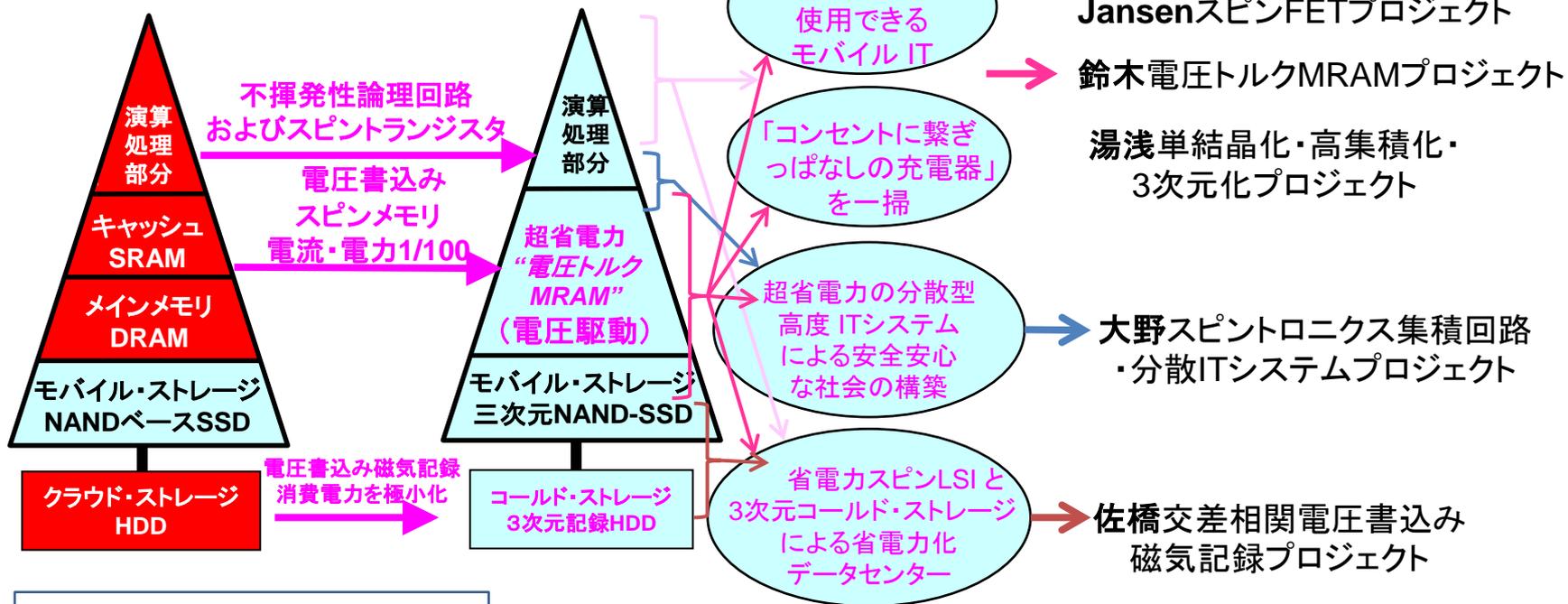
## 具体的達成目標の実現に向けた戦略・シナリオ

- ✓ 先導的かつ圧倒的差別化技術の創製により市場を席卷し、生活様式を一変し得る起爆剤的研究成果を創出し、その組み合わせで究極のエコIT機器実現への道筋をつけるべく、**難易度が高くハイリスクな各プロジェクトがステップを踏んで着実に事業化検討が可能な基礎(要素)技術を創出して行く仕組みとして、平成27年度末の中間発表会、平成28年度末のステージゲートを設定する。**
- ✓ 中間発表会に向けての競争とステージゲートでの研究開発の進捗度、研究成果のレベルにより、次期ステップに進むプロジェクト、研究開発課題の絞り込みを行うとともに、早期事業化展開のための卒業プロジェクトの選定と事業化展開への施策立案の後押しを行なう。
- ✓ 世界的な技術開発競争が繰り広げられている本研究開発プログラムでは、**知財力を含めた技術競争力の確保・強化が不可欠であり、PM及びPM補佐などのPMチームによる「競合技術を含めた関連分野の特許調査、技術動向調査」、「海外の競合他機関の動向調査」、「参画研究開発機関のBackground IPも含めた知財力調査」なども加味した技術競争力もステージゲートでの判断基準とする。**

# 研究開発プログラム全体構成

## 現在のコンピュータ

## ImPACTが 目指す未来



### 各克服すべき課題の実施時期



# 課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方1

## 研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

### プロジェクト1 (スピントランジスタプロジェクト)

従来のMOSTランジスタに対して、低消費電力や回路面積の大幅な低減などの優位性を実証するための秀でたブレークスルーアイデアを持ち、競争的かつ拠点形成的に行う本プロジェクトに参加可能であること。

### プロジェクト2 (電圧トルクMRAMプロジェクト)

界面磁気異方性の電圧効果を利用する本プロジェクトの目標達成のための戦略である制御された界面を持つ物質・材料の探索、大きなスピン軌道相互作用の利用、界面キャパシタンスの利用、高誘電率(high-k)材料の利用、3端子素子の開発に秀でたアイデアを持ち、競争的かつ拠点形成的に行う本プロジェクトに参加可能であること。

### プロジェクト3

#### (単結晶化・高集積化・3次元化 プロジェクト)

20nmを切る世代の磁気トンネル接合素子には更なる低抵抗と高磁気抵抗比が求められており、これまでの多結晶では結晶粒による特性ばらつきに加えて、材料の選択幅が小さく、要求される性能を満たすのは困難である。したがって、本プロジェクトではエピタキシャル成長を用いた単結晶トンネル接合の材料開発を行なうことができること、200 nm~300 nmウェハの接合と3次元積層ができることに加えて、材料のブレークスルーに秀でたアイデアを持ち、協業かつ拠点形成的に行う本プロジェクトに参加可能であること。

## 選定に至る考え方・理由

- ◆ 選定方法: 非公募指名, 研究機関: 産業技術総合研究所, 東北大学工学研究科, 東芝研究開発センター, 大阪大学基礎工学研究科
- ◆ デュアルゲートの設計・作製が可能なインフラを有する機関と高スピン偏極ソース/ドレイン電極の開発およびスピン操作ゲート電極の開発に意欲的な研究者が所属する機関を指名
- ◆ スピントランジスタの実現に向けて、秀でたブレークスルーアイデアを持ち寄る本プロジェクトの特徴を考慮して、しかるべき時期に公募によりさらにアイデアを募り、取組みを強化する。

- ◆ 選定方法: 非公募指名, 研究機関: 大阪大学基礎工学研究科, 産業技術総合研究所, 東芝, 富士通, 物質・材料研究機構, 東北大学金属材料研究所, 東北大学WPI-AIMR, 京都大学化学研究所, 千葉大学融合科学研究科, JASRI Spring8
- ◆ 電圧トルク磁化制御に世界で初めて成功した大阪大学 鈴木教授, 産業技術総合研究所 湯浅センター長を中核に、材料物性・磁性に強く、課題のブレークスルーに期待が持てる研究者、縦型3端子デバイスの開発に意欲的な技術者、機構解明と高性能化に対するポテンシャルを有する研究者が所属する機関を指名

- ◆ 選定方法: 非公募指名, 研究機関: 産業技術総合研究所, 物質・材料研究機構, 東北大学金属材料研究所, 東芝
- ◆ MgOトンネルバリアの発明者であり、エピタキシャル成長を用いた単結晶磁気トンネル接合素子の研究開発実績を持つ産業技術総合研究所の湯浅センター長を中核に、拠点形成型のプロジェクトに参加し、秀でたアイデアと研究実績で単結晶磁気トンネル接合材料のブレークスルーに期待が持てる機関と大口径ウェハの接合と3次元積層インフラを持ち、開発実績のある機関を指名

# 課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方2

## 研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

### プロジェクト4

#### (交差相関電圧書込み磁気記録プロジェクト)

従来の電磁石型磁界書込みヘッドと微粒子磁石機構を用いた磁気記録は限界に近くつき、より電力を消費するエネルギーアシストに隘路を見出そうとしている。本プロジェクトは、省電力化に優位な電圧による磁化反転機構を、バルク効果を用いたアプローチである電気磁気効果(交差相関)を示す反強磁性酸化物薄膜と強磁性薄膜との交換結合を用いて確立し、新たな磁気記録原理の創製を狙うものであることから、代表的な電気磁気効果材料である $\text{Cr}_2\text{O}_3$ の交差相関係数の増大、結晶磁気異方性の増大、反強磁性転移温度の高温化などの課題に、材料物性からのブレークスルーアイデアを持っていること、多彩な酸化物薄膜の作製インフラと研究実績があること、物性解明の道具立てが揃っていることと新たな磁気記録原理の創製目標に向かって協業する本プロジェクトに参加可能であることに加え、3次元記録およびメモリへの展開も模索出来るポテンシャルを持っていること。



### プロジェクト5

#### (スピントロニクス集積回路を用いた分散型ITシステムプロジェクト)

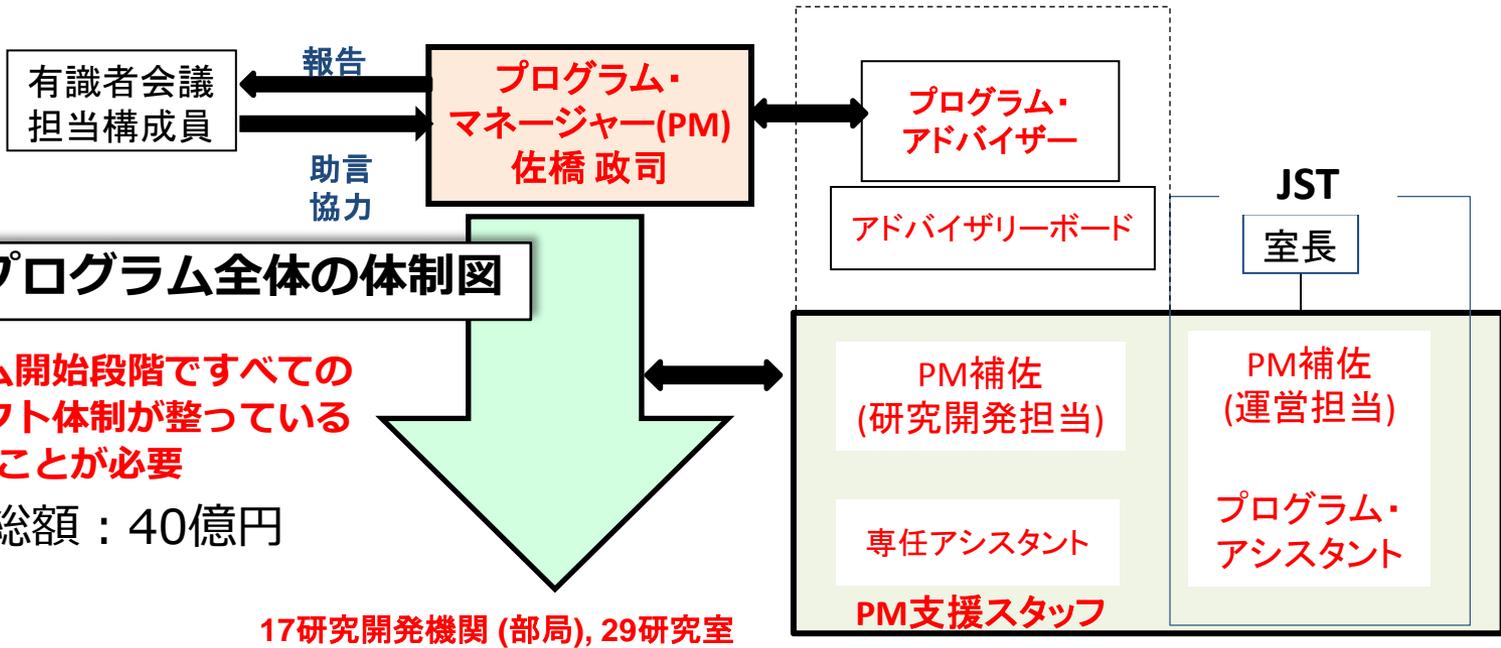
革新的材料・素子技術と世界最先端の300mm集積プロセスとの高度な技術統合による、従来比で5倍以上の動作速度、ならびに1/20以下の待機時電力の達成を目指し、50万素子規模の超低消費電力マイコン等の開発を行なう本プロジェクトでは、論理集積回路を含めた最先端の革新的スピントロニクス技術を持ち、さらにそれを発展させて携帯電話などのモバイル端末並の演算処理能力を有し、かつエネルギーハーベスティングで駆動する超低消費電力マイコン等の開発、ならびに当該研究成果の応用出口としての分散型ITシステムの基盤技術の構築が出来るポテンシャルとインフラを持ち、システム実証までを実施できること。



## 選定に至る考え方・理由

- ◆ 選定方法: 非公募指名, 研究機関: 東北大学工学研究科, 産業技術総合研究所, 名古屋工業大学, 大阪大学基礎工学研究科, 大阪大学工学研究科, 筑波大学数理物質系
- ◆  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 反強磁性薄膜の電気磁気効果の世界で初めて観測することに成功した東北大学 佐橋教授を中核に、強磁性薄膜との交換結合に高い研究実績を持ち、材料物性からのブレークスルーに期待が持てる研究者、メスbauer分光など物性評価インフラを持ち、本プロジェクトの目標実現に意欲的な研究者、スピンドYNAMIXシミュレーションなど理論シミュレーションから本研究プロジェクトの眼目である磁気記録原理の検証に意欲的に取り組む理論研究者、交差相関(電気磁気効果)の物理に造詣が深く、交差相関係数の増大への示唆に富む研究成果が期待できる研究者、強磁性・反強磁性・フェリ磁性など多彩な酸化物薄膜の研究実績があり、本プロジェクトに意欲的に取り組む研究者が所属する機関を指名。

- ◆ 選定方法: 非公募指名, 研究機関: 東北大学電気通信研究所, 東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター, ルネサスエレクトロニクス
- ◆ 最先端研究開発支援プログラム(FIRST)で世界的に高く評価されるスピントロニクス集積回路の研究実績を誇る東北大学の野教授を中核に、日本で有数のマイコン技術を有する技術者、論理集積回路・アーキテクチャーに秀でた研究実績を持つ研究者、スピントロニクス材料開発に意欲的に取り組み、高い研究実績を持つ研究者、世界最先端の集積プロセスインフラと開発実績を持つ研究者、技術者が所属する機関を指名。加えて分散ITシステム実証が出来ることを選定・指名の理由とした。

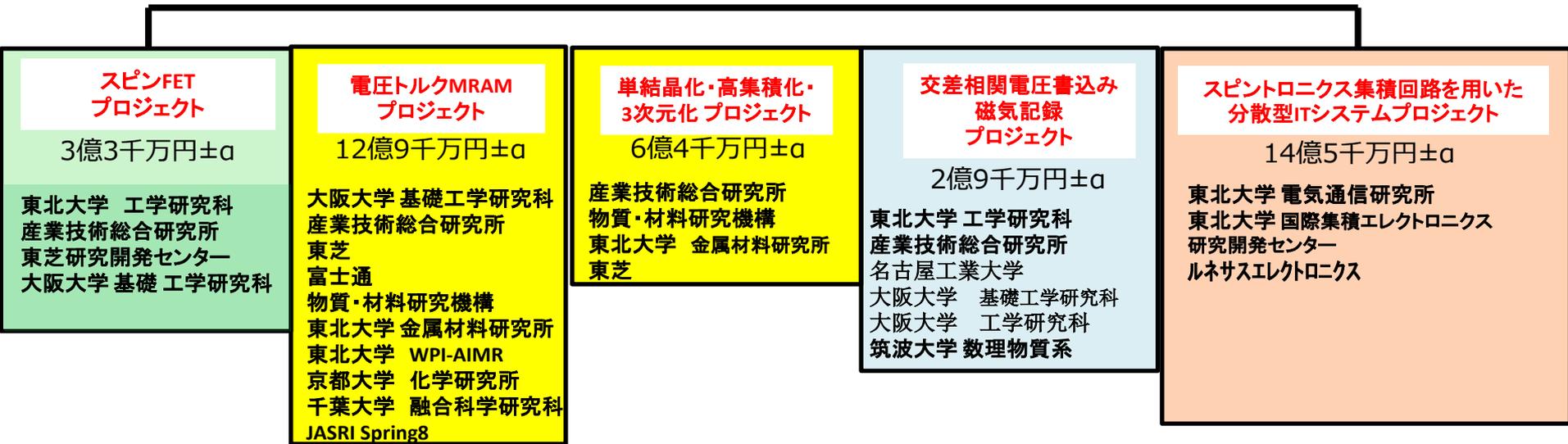


## 研究開発プログラム全体の体制図

プログラム開始段階ですべてのプロジェクト体制が整っていることが必要

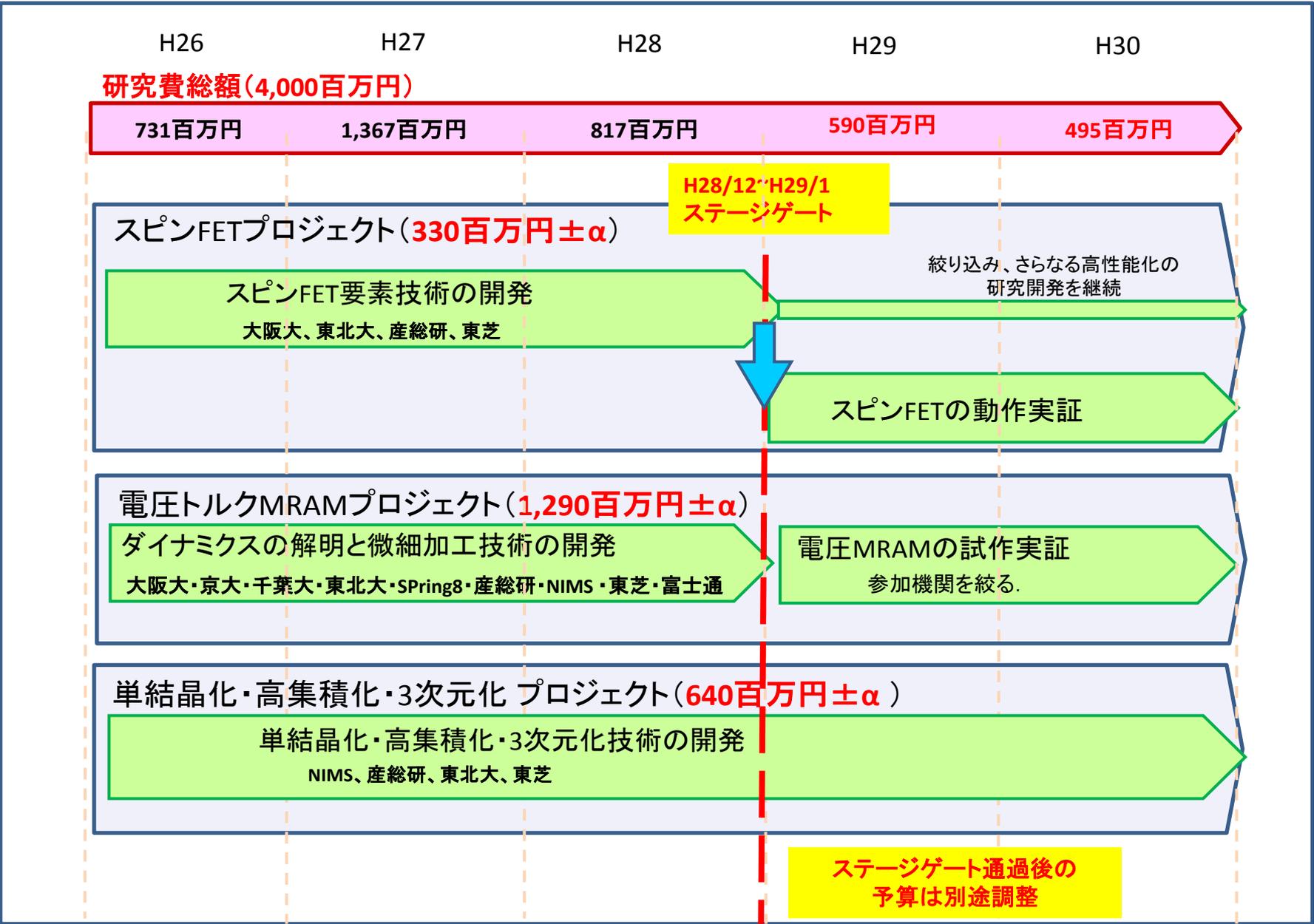
予算総額：40億円

17研究開発機関 (部局), 29研究室



±aはステージゲート評価で裁定

# 研究開発プログラム予算(予定)



# 研究開発プログラム予算(予定)

