

# FIRST横山プロジェクト 「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」

助成額: 47.8億円  
研究支援担当機関: 産業技術総合研究所

## ＜中心研究者＞

**横山直樹**: 産業技術総合研究所連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター連携研究体長(兼)(株)富士通研究所フェロー



1973年 大阪大学大学院基礎工学研究科修了  
(株)富士通研究所入社  
1984年 博士(工学)(大阪大学)  
1991年 同社機能デバイス研究部長  
2000年 同社フェロー(兼)ナノテクノロジー研究センター長  
2010年 現職

＜主な受賞歴＞ IEEE Morris N. Liebmann Memorial Award, IEEE Fellow

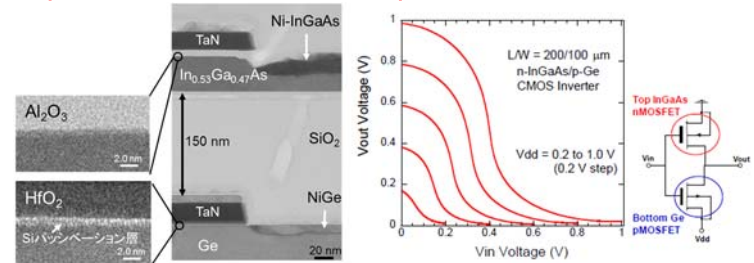
## ＜研究概要＞



IT機器の消費電力を1/10～1/100とする  
新しい電子材料とデバイス技術の開発

## ＜研究成果＞

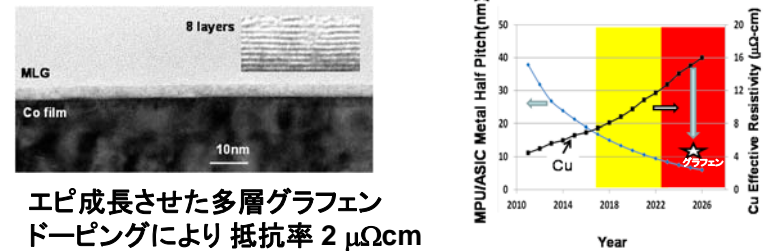
(1) Ge-pMOS/InGaAs-nMOS 積層CMOS 0.2 V動作確認(世界初)  
0.4V p/nMOS、1V動作45nmSi-p/nMOSと同等真性遅延達成



Ge-pMOSFET + InGaAs-OI 積層タイプCMOS

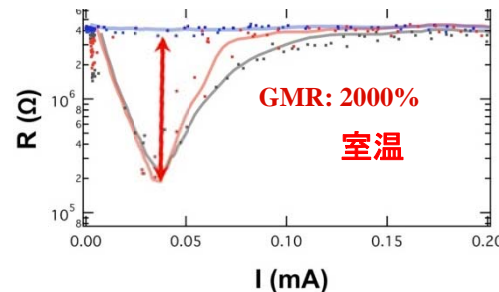
CMOS インバーター特性  
電源電圧 0.2 ~ 1.0 Vで動作

(2) サブ 10nm幅の多層グラフェン配線で、抵抗率  $2 \mu\Omega\text{cm}$  を実現  
Cu配線よりも抵抗率が低くなることを実証(世界初)



エピ成長させた多層グラフェン  
ドーピングにより 抵抗率  $2 \mu\Omega\text{cm}$

(3) 超格子相変化材料で従来材料の消費電力1/1500実証  
トポロジカル特性に起因する巨大磁気抵抗比発見(世界初)



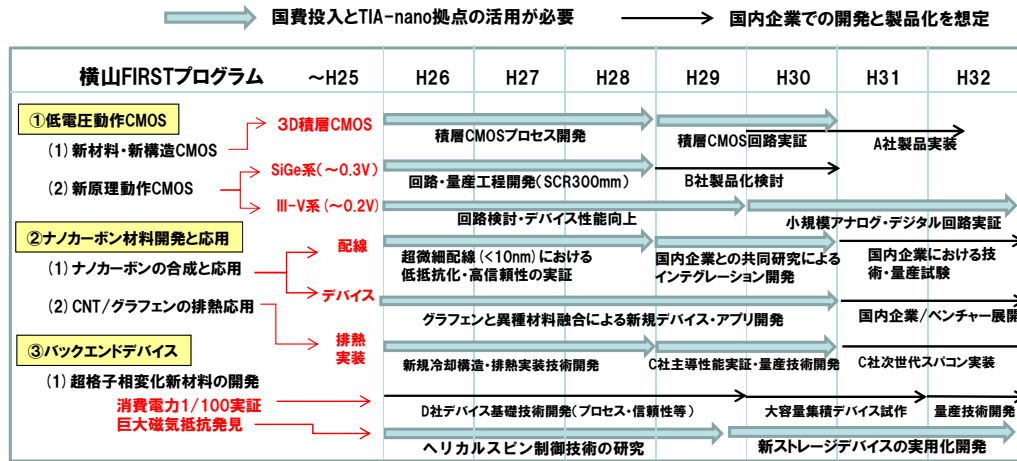
超格子相変化膜のメモリ動作  
赤、グレー線が磁場無  
青線が磁場があり 0.1T

# FIRST 横山プロジェクト

## 「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」

助成額: 47.8 億円  
 研究支援担当機関: 産業技術総合研究所

### ＜FIRST終了後の実用化への道筋＞



- ①低電圧動作CMOSについて、平成30年度末までに国内半導体メーカーA社がTIA設備を利用して積層CMOS集積回路技術を開発し、平成32年度までに製品化を目指す。さらなる低電圧動作化を狙った新原理動作CMOSについて、国内半導体メーカーB社と共同研究契約を更新、その上で平成28年度までにTIA設備を利用して~0.3V動作の回路アプリケーションと量産プロセスを開発し、実用化の可否を判断する。
- ②ナノカーボン材料の配線応用に関しては、線幅10nm以下のLSIでの適用を目標とし、平成28年までに、所望性能を実証、平成32年度までに製品への適用を目指す。排熱応用については、国内エレクトロニクスメーカーC社サーバ向けに平成28年度までに実用化の可否の判断を行う。その後、同社において性能実証と量産技術を開発し、平成32年度までに、次世代スパコン向け実装技術を開発する。デバイス応用については、TIA拠点において産学連携を推進し、単原子層膜やトポロジカル絶縁体を取り込んだ総合的な探索研究をつづけ、新規デバイス・アプリを平成30年度までに開発、その後国内企業/ベンチャー会社で実用化を目指す。
- ③バックエンドデバイスについては、消費電力1/100を達成した新材料相変化メモリ材料技術を国内電機メーカーD社に移管し、平成32年度までに大容量SSDを生産、市場投入を狙う。新しく発見したトポロジカル特性に起因する巨大磁気抵抗相変化材料については、外部資金を獲得し、TIA拠点において平成29年度までに新規ストレージデバイスを開発、平成32年度までの市場投入を狙う。

### ＜実用化に向けた制度上・規制上の課題＞

- ・国費を投入して得られた成果につき、海外資本の入った企業においても製品化量産できる制度の確立。(国内企業は本製品を活用したシステム・サービスレーヤーでビジネスを展開、利潤と雇用を確保する)
- ・TIA-nano拠点においてダイナミックに新製品や新ビジネスを創成できるよう特区として下記を許容する。
  - ①国費設備による製品開発(ES/CS出荷)と販売
  - ②設備早期導入のための随意契約容認
  - ③国費とともに、リスクマネーを含む外部資金をグローバルに調達するための新しい研究会社設立
  - ④本拠点からのスタートアップ会社に対する免税措置

### ＜資金手当の方向性＞

横山FIRSTプロジェクトで開発したコア技術につき、企業に持ち帰り自社資金・自社設備のみで製品化を狙うのは困難。

左上ロードマップ中⇒で示したように、コア技術を発展させ、市場に出せる製品とするためには、国費投入とTIA-nano拠点の活用が必須となっている。そのために、TIA-nano拠点の特にSCR設備を維持・運転するための安定的資金が必要であり国費負担が望まれる。産業界を中心に、産総研と関係省庁で検討中である。

研究予算については、JSTの競争的研究資金や、ポストFIRST資金を獲得すべく活動中である。

リスクマネーを導入する新しい枠組みも検討すべきと考えているが、進んでいない。

# FIRST合原プロジェクト 「複雑系数理モデル学の基礎理論構築と その分野横断的科学技术応用」

## ＜中心研究者＞

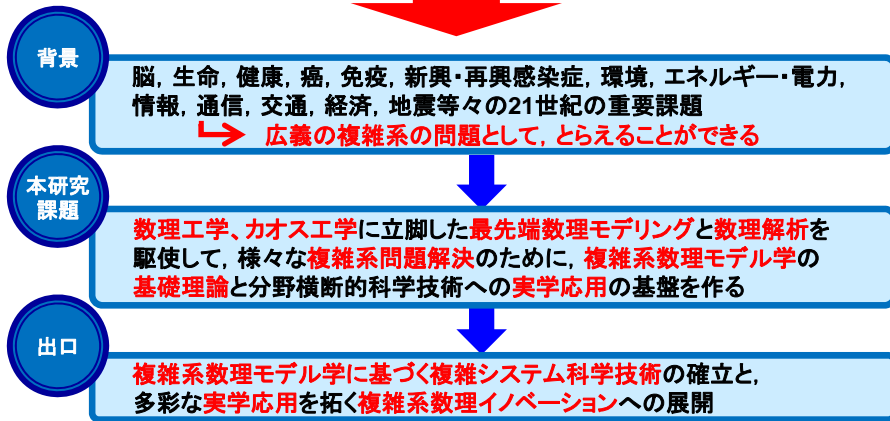
**合原一幸**：東京大学 生産技術研究所／教授  
同 最先端数理モデル連携研究センター／センター長



1982年 東京大学大学院博士課程修了  
1982年 日本学術振興会奨励研究員  
1988年 東京電機大学 助教授  
1993年 東京大学 助教授  
1998年 同大学 教授  
2010年 東京大学 最先端数理モデル連携研究センター・センター長兼任  
＜主な受賞歴＞  
(財)国際AI財団・AI学術研究賞(1992)、東京テクノフォーラム21・ゴールドメダル賞(2000)、Daiwa Adrian Prize(2010) 他

## ＜研究概要＞

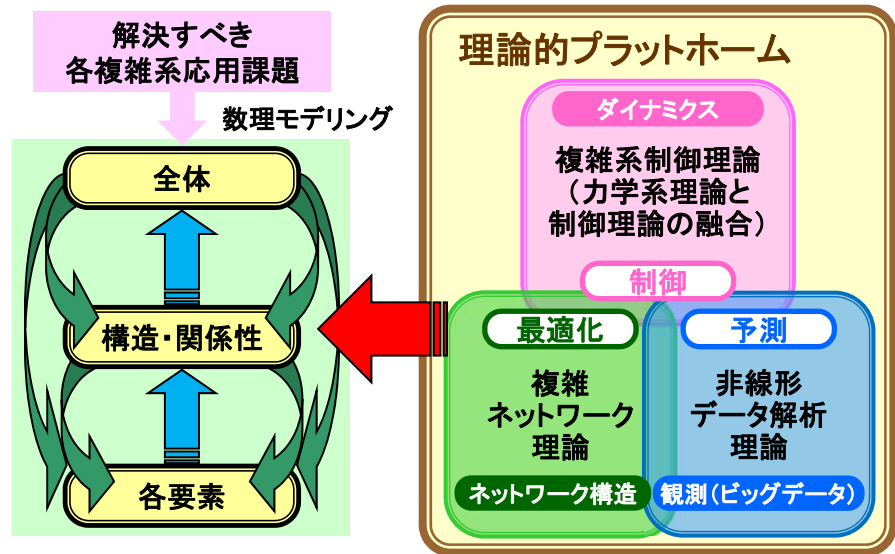
### 数理工学で実世界の複雑系に挑む！



助成額: 19.4 億円  
研究支援担当機関: 科学技術振興機構

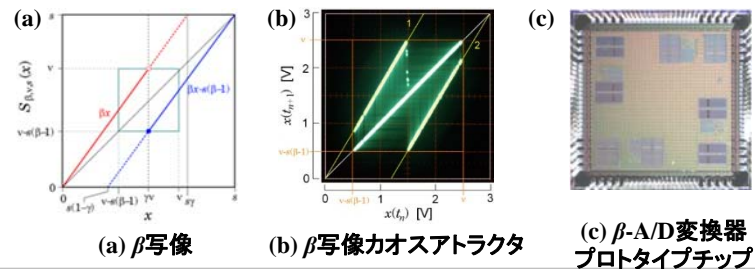
## ＜研究成果＞

### (I) 複雑系数理モデル学の基礎理論構築



### (II) 複雑系数理モデル学の科学技术応用

- (例1) 数理モデルに基づく前立腺癌のテララーメード内分泌療法の開発
- (例2) 動的ネットワークバイオマーカーによる疾病の革新的早期診断法の提案
- (例3)  $\beta$ 写像の基礎理論と $\beta$ -A/D変換器の設計・集積化
- (例4) 高精度余震予測のための数理統計学的手法の確立



# FIRST 合原プロジェクト

## 「複雑系数理モデル学の基礎理論構築とその分野横断的科学技术応用」

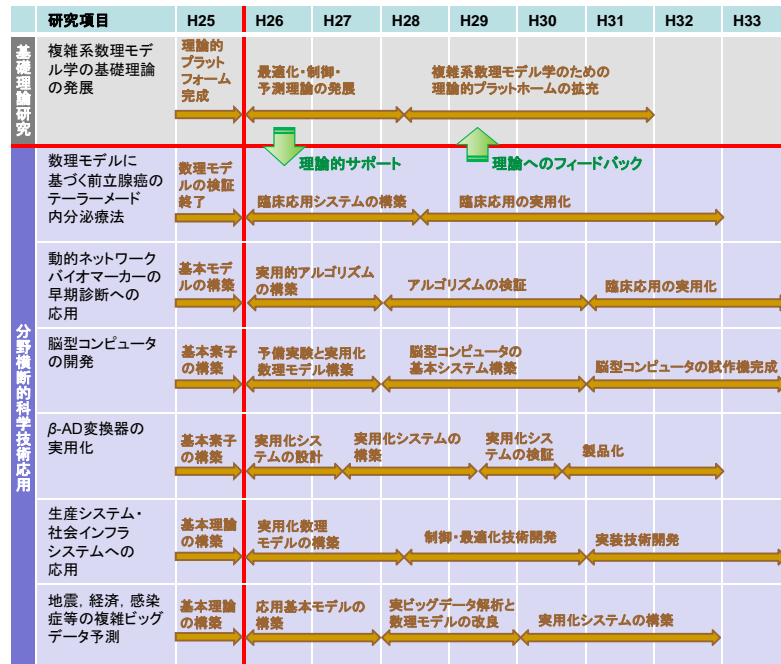
助成額: 19.4 億円

257

研究支援担当機関: 科学技術振興機構

### <FIRST終了後の道筋>

本プロジェクトは、**数学に基づく理論研究**が主であるため、そのカバーするテーマは分野を横断して多岐にわたる。本プロジェクトで構築した**複雑系数理モデリングのための理論的プラットフォーム**を駆使することにより、今後も**様々な複雑系科学技術**を切り拓くことが可能である。



複雑系数理モデル学に基づく複雑システム科学技術の確立とその複雑系数理イノベーションへの展開

- 基礎理論研究に関しては、本プロジェクトにより、(1)複雑系の**ダイナミクス**を対象に**制御**を行う**複雑系制御理論**、(2)複雑系の**ネットワーク構造**を考慮して**最適化**を行う**複雑ネットワーク理論**、そして(3)複雑系から**観測されるビッグデータ**を基に**予測**を行う**非線形データ解析理論**を3つの理論的柱とする、**複雑系数理モデル学のための理論的プラットフォーム**を構築した。今後数年でこれらの理論を**諸複雑系科学技術**へ応用するとともに、その成果を理論へフィードバックして、7年以内にこの理論的プラットフォームを**さらに拡充**する。
- 上記の理論的プラットフォームを基に様々な**複雑系科学技術応用研究**を展開する。まず、前立腺癌のテララーメード内分泌療法、動的ネットワークバイオマーカー、β-A/D変換器、余震予測手法などについては、必要な特許を出願済みで、3年から9年で**実用化可能**である。さらに、**脳型コンピュータ開発**、**生産システム・社会インフラシステム**の**数学に基づくイノベーション**、**諸複雑ビッグデータ解析**に関して、企業との連携研究を企画中である。

### <制度上・規制上の課題>

- 数理モデル**に基づく前立腺癌の**テララーメード内分泌療法**や**動的ネットワークバイオマーカー**による**早期診断法**は、**最先端の数学理論**に基づく治療法・診断法であるため、実際の臨床応用においては、その**理論内容**の理解を得ることが重要であると思われる。
- 提案した**高精度余震予測手法**の一部は、**米国・カリフォルニア新地震予測計画**で採択されようとしているが、我が国での本格的実用化のためには、**計測地震データのリアルタイム活用**や**予測公開**等に関して、**公的な体制作り**等が必要である。
- 本プロジェクトは、**数学を中心とする理論研究**が主であるため、その助成額の多くを**ポスドク(博士号を持つ研究員)**等の**若手・女性研究者**等の**雇用**に支出した。本プロジェクトに限る話ではないが、現在我が国では15000人以上の**ポスドク**が任期付きの非正規雇用下で研究しており、さらに大学における常勤ポストの減少もあって、極めて**不安定な状況**下におかれている。その一方で、我が国の人口減少により、企業で高度な**科学技術分野**を担う人材は**不足**しつつある。これらの諸事情を考慮しながら、**このポスドク問題を抜本的に解決**することが**火急の問題**である。現在そのための**具体的対策の検討**を始めているが、**公的な支援**が望まれる。

### <資金手当の方向性>

- 本プロジェクトの一部のテーマに関しては、JST・「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」の3つの**CREST研究**、研究開発施設共用等促進費補助金／生命動態システム科学推進拠点事業の**複雑生命システム動態研究教育拠点**、および**STARC**などにおいて、**継続・発展**させる予定である。
- 他方で、これらだけでは**本プロジェクトの広いスコープ**をカバーできないため、いくつかの競争的資金に応募中である。