

○「单一磁束量子を担体とする極限情報処理機能の研究」

1. 研究概要

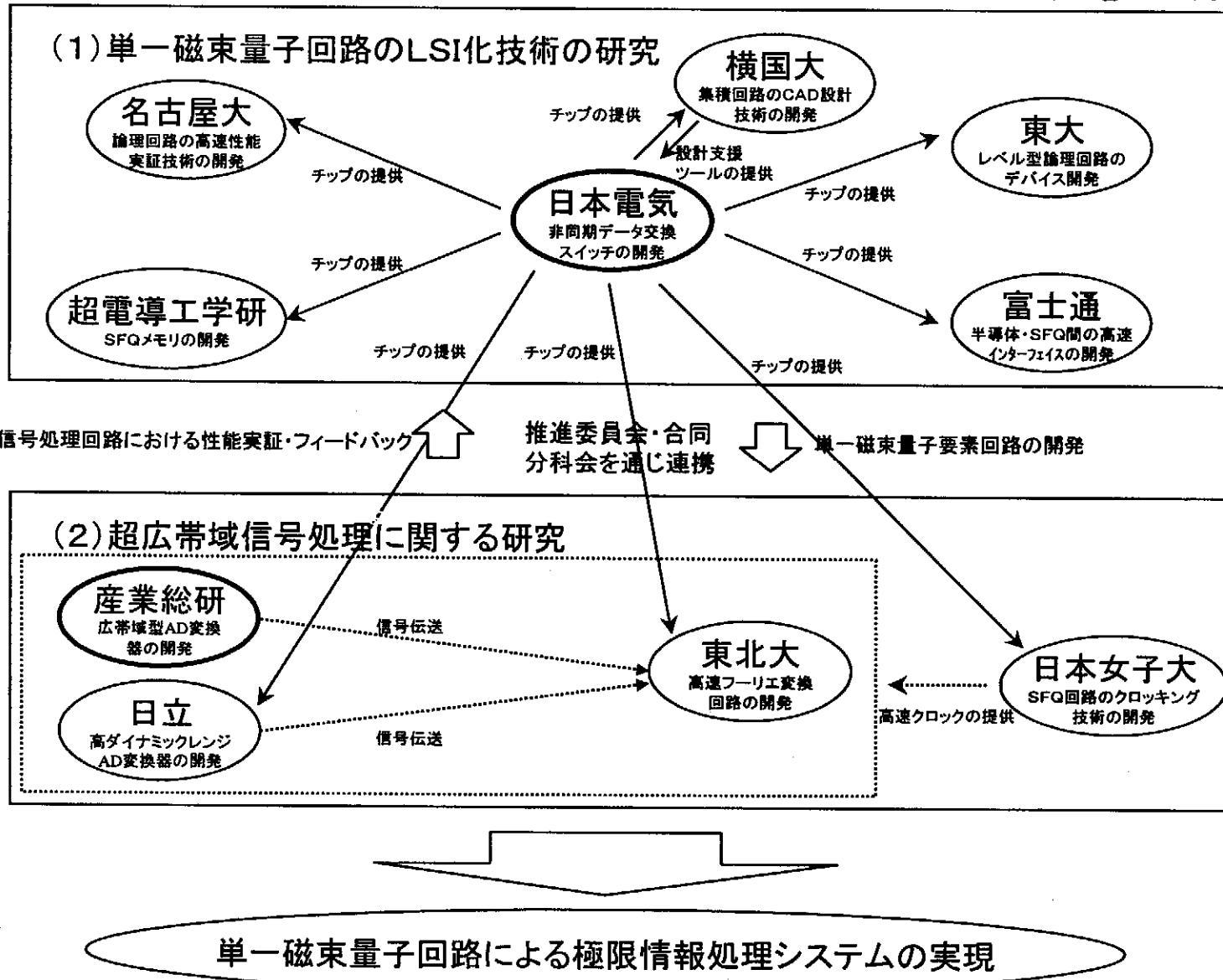
「单一磁束量子を担体とする極限情報処理機能の研究」

(平成12年度～13年度、第Ⅱ期)

研究代表者：田原 修一（日本電気（株））他9機関

研究の概要・目標	諸外国の現状	研究進展がもたらす成果・利点
<p>1. 何を目指している 单一磁束量子（磁束の最小単位）の伝送を用いて、超高速・超低消費電力の情報処理を行う技術の開発を目指す。</p> <p>5年後の目標</p> <ul style="list-style-type: none">○次世代高度情報処理技術としての单一磁束量子要素回路の実現及び性能実証○单一磁束量子回路を用いた高速信号処理回路の実現及び性能実証 <p>2. 何を研究している</p> <ul style="list-style-type: none">○高速データ交換回路、单一磁束量子メモリ、インターフェイスなど超高速情報処理システムの要素技術○单一磁束量子回路の高性能の実証技術○单一磁束量子集積回路のCAD設計技術○アナログ-デジタル変換やフーリエ変換などの超広帯域信号処理技術○单一磁束量子回路をタイミング良く動作させる技術 <p>3. 何が新しいのか 従来の情報処理装置では電子を情報の担い手にしているが、超電導により单一磁束量子を情報担体とすることで高速（数百GHz）かつ低消費電力（半導体回路の千分の1以下）の極限情報処理が可能となる。</p>	<p>1. 現状 米国は設計手法等で我が国に先行して研究が始められた。 米国では单一磁束量子を用いた超高速コンピュータを実現するべく、ベタフロップスコンピューティングプロジェクトとして大規模な研究が進みつつある。</p> <p>2. 我国の水準 我が国は、半導体で培われた技術を基にして、集積化やプロセス技術等で他国を引き離している。 本プロジェクトでは第一期の研究で世界初、6.0GHzの動作実証（米国の報告例では2.0GHz）を行っている。</p>	<p>1. 世界との水準の関係 世界的な開発競争のなか、SFQを用いた超高速ハイエンドシステムの開発へと研究開発の中心が進んでいる。本プロジェクトはSFQシステムの構築に必要なプロセス技術、回路設計技術、評価技術、システム化技術などの基盤技術を網羅すると共に、LSIプロトタイプ、極限信号処理回路などの実証システムの研究までをカバーしている。このプロジェクトの遂行により、我が国が当該分野でトップを進むことができる。</p> <p>2. 波及効果 現在のコンピュータの主流であるシリコンデバイスでは近い将来、速度性能向上の限界を迎えることが予測されており、この限界を超える高速・低消費電力の次世代の情報処理技術が確立される。 また、爆発的なインターネット並びにネット対応携帯電話等の普及により、データ容量は数年前の予想を大幅に超えて増大している。单一磁束量子回路による伝送技術により、この急激なデータ量の増加に対応できるものと考えられる。 さらに、ソフトウェア無線など次世代の情報通信に革命をもたらすと言われている技術が実現可能となる。</p>

「単一磁束量子を担体とする極限情報処理機能の研究」の研究体制



2. 所要経費一覧

平成13年度科学技術振興調整費課題「単一磁束量子を担体とする極限情報処理機能の研究」の実施体制及び所要経費

研究項目	担当機関等	平成12年度 所用経費	(千円) 平成13年度 所要経費
1. 単一磁束量子回路のLSI化技術の研究			
(1) 単一磁束量子を用いた非同期データ交換に関する研究	文部科学省 研究振興局 日本電気株式会社(委託)	92,288	78,868
(2) 単一磁束量子集積回路の高速論理動作評価に関する研究	名古屋大学工学研究科	17,705	10,230
(3) 高速インターフェイス技術の研究	文部科学省 研究振興局 富士通株式会社(委託)	13,729	7,050
(4) 単一磁束量子メモリの高速化に関する研究	文部科学省 研究振興局 (財)国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所(委託)	13,326	11,271
(5) レベル型論理回路の高性能化の研究	東京大学先端科学技術研究センター	12,709	5,058
(6) 単一磁束量子集積回路の設計に関する研究	横浜国立大学工学部	8,757	9,614
2. 超広帯域信号処理に関する研究			
(1) 単一磁束量子回路を用いた広帯域型アナログーデジタル変換器の研究	経済産業省 産業技術環境局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託)	17,433	11,572
(2) 単一磁束量子回路を用いた高ダイナミックレンジアナログーデジタル変換器の研究	文部科学省 研究振興局 株式会社日立製作所(委託)	18,043	10,954
(3) 単一磁束量子回路のクロッキングに関する研究	文部科学省 研究振興局 株式会社日立製作所(委託) 日本女子大学(再委託)	8,837	3,473
(4) 位相モード論理回路を用いた高速フーリエ変換に関する研究	東北大学電気通信研究所	8,147	5,989
3. 研究の推進	文部科学省 研究振興局	260	389
所要経費(合計)		211,234	154,468

「単一磁束量子を担体とする極限情報処理機能の研究」の実施体制及び所要経費(第Ⅰ期)

研究項目	担当機関等	担当者	平成9年度 所用経費	平成10年度 所要経費	(千円) 平成11年度 所要経費
1. 単一磁束量子デバイスの研究					
(1) 単一磁束量子回路の集積化に関する研究	科学技術庁 研究開発局 日本電気株式会社 基礎研究所(委託)	田原 修一	119,999	135,219	59,112
(2) 非ラッチ型電圧モード論理回路の解析に関する研究	科学技術庁 研究開発局 日本電気株式会社(委託) 名古屋大学 工学研究科(再委託)	早川 尚夫	10,163	12,443	17,833
(3) 単一磁束量子回路の論理機能の解析に関する研究	科学技術庁 研究開発局 株式会社日立製作所(委託) 東京大学 先端科学技術研究センター(再委託)	北川 学	(内 9,679) 10,502	(内11,886) 10,464	16,511
(4) 単一磁束量子回路の高速性能の解析に関する研究	科学技術庁 研究開発局 株式会社日立製作所 基礎研究所(委託)	高木 一正	10,283	12,455	16,148
(5) 材料パラメータと単一磁束量子回路の高性能化に関する研究	科学技術庁 研究開発局 財団法人国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所(委託)	榎本 陽一	9,098	10,384	15,739
2. 単一磁束量子回路と外部回路とのインターフェイスの研究					
(1) 単一磁束量子回路と外部回路とのインターフェイス技術の研究	通商産業省 工業技術院 電子技術総合研究所	東海林 彰	25,316	47,010	15,582
(2) 単一磁束量子回路と外部回路を結合した系の高速性能の解析に関する研究	科学技術庁 研究開発局 富士通株式会社(委託)	横山 直樹	10,952	11,600	16,057
(3) 単一磁束量子回路と外部回路間の信号伝送モードに関する研究	科学技術庁 研究開発局 富士通株式会社(委託) 日本女子大学 理学部(再委託)	黒沢 格	8,402 (内 8,402)	10,406 (内10,406)	15,629
3. 研究推進	科学技術庁 研究開発局		299	300	388
3. 研究推進	科学技術庁 研究開発局		205,014	250,281	172,999

3. 研究成果の概要

【研究目標の概要】

単一磁束量子を担体とする单一磁束量子回路は100GHz級のクロック周波数で動作可能な回路であり、毎秒テラビットレベルの情報通信装置、ペタフロップスレベルの情報処理装置などの基本コンポーネントとして期待される。しかしながら、本分野はまだ技術的に完成されていない分野であり、回路技術、アーキテクチャ技術、LSI技術、インターフェース技術などにおいて解決すべき問題が山積している。第Ⅰ期においては单一磁束量子を用いた情報処理機能の極限を追及するために要素回路方式の検討から、その集積化技術、インターフェース技術などの研究を行い、新たな情報処理体系の構築を目指して多くの成果を上げてきた。第Ⅱ期の研究では第Ⅰ期に得られた成果を元に集積化技術を発展させ複雑な論理回路の設計技術を確立するとともに、システム的な見地に立ってSFQ集積回路の性能実証を行う研究、ならびに第Ⅰ期の探索的研究で見出されてきたSFQ回路の新しい可能性を追求し、超高速信号処理技術の更なる高度化を目指す研究を実施する。

【研究成果の概要】

本研究課題第Ⅱ期にはSFQを用いた極限情報処理機能が必要とされるシステムを想定し、そのプロトタイプチップを研究開発することで、SFQ技術の実用化への道筋を明らかにする。そこで第Ⅱ期においては、1)大規模デジタルシステムにおけるコア技術としての展望を明らかにし、そのために必要な基盤技術の確立を目指す基礎的研究、2) SFQ技術の極限的なデバイス性能を生かすための比較的小規模の応用を目指す研究、の2点に焦点を絞り研究開発をおこなった。この目的を達成するために本課題はLSI化技術分科会、超広帯域信号処理分科会、の二つの分科会を構成し研究を遂行した。

LSI化技術分科会においては、IPルータに代表されるデータ交換システムへの展開を提案しシステムモデルの考案や性能評価がおこなわれた。そのプロトタイプチップとして 2×2 スイッチの完全動作を実証した。これと並行して、このような大規模システムの構築を前提としたメモリ技術、SFQ回路モデル構築、設計技術、集積化技術、回路試験技術、外部システムとのインターフェースシステム技術などの基盤技術開発がおこなわれた。この研究開発により、SFQトップダウンセルベース設計環境の整備が進み、セルライブラリが構築され、大規模集積回路設計への道筋が明らかになった。また、回路動作性能、インターフェースの性能実証が進められ、SFQ技術が他の情報処理技術に比べ大きな優位性を持っていることが明らかになった。超広帯域信号処理分科会においては、ADコンバータへの応用を念頭においた要素回路の高速動作実証や、高速信号処理回路、クロック発生と分配の研究がなされた。超広帯域フロントエンドにおけるSFQ技術の優位性が実証的に明らかにされた。

以上の研究開発を通じ、基盤技術、信号処理回路モデル、大規模デジタルシステムモデルの構築に道筋をつけ、SFQデバイスの持つ極限情報処理性能と、将来のデジタルシステムとの間に現実的な掛け橋をつくることが出来た。

4. 研究成果公表等の状況

【研究成果発表等】

第Ⅰ期

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	4 件	12 件	40 件	56 件
国外	15 件	3 件	20 件	38 件
合計	19 件	15 件	60 件	94 件

第Ⅱ期

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	14(1) 件	18 件	113(2) 件	145(3) 件
国外	28(9) 件	9 件	33 件	70(9) 件
合計	52(10) 件	27 件	146(2) 件	225(12) 件

(注:既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと)

【特許出願等】 7 件 (国内 7件、国外 1件)

【受賞等】 1 件 (国内 1件、国外 1件)

・超伝導科学技術賞 (平成12年5月) 名古屋大 早川尚夫

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	サブテーマ1	サブテーマ2	サブテーマ3	合計
Japan Journal of Applied Physics	1.249	2	0		2
IEEE Transactions on Applied Superconductivity	1.278	14	4		18
IEICE Transactions on Electronics	0.529	8	2		10
Physica C	0.806	9	1		10
Superconducting Science and Technology	1.511	3	2		5
主要雑誌小計		36	9		45
発表論文合計		51	11		62

※本表は第Ⅱ期について集計