



## 令和 7 年度までの取組成果

# 1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

## ① 全体概要

### <① 解決すべき社会課題>

- SIPプロジェクトでは、微弱な生体磁場を検出可能な世界最高感度の量子スピセンサの実現と、それを利用した心磁計・脳磁計の実現を目指している。一方で、生体磁場検出用の量子スピセンサは、モジュールサイズが大きく、価格も高いため、広範な普及には不向きである。
- 現状の**量子スピセンサの感度を維持したまま小型化・低価格化が実現すれば、ユースケースが格段に広がる**。例えば、生体チップ、インフラ検査、エネルギーマネジメント、産業生産現場での様々な部材や装置管理など、応用可能な領域は極めて広く、市場規模も巨大である。
- また、上述のような産業用途で利用するためには、量子スピセンサの信頼性・耐久性を実証する必要がある。

### <② 実施施策>

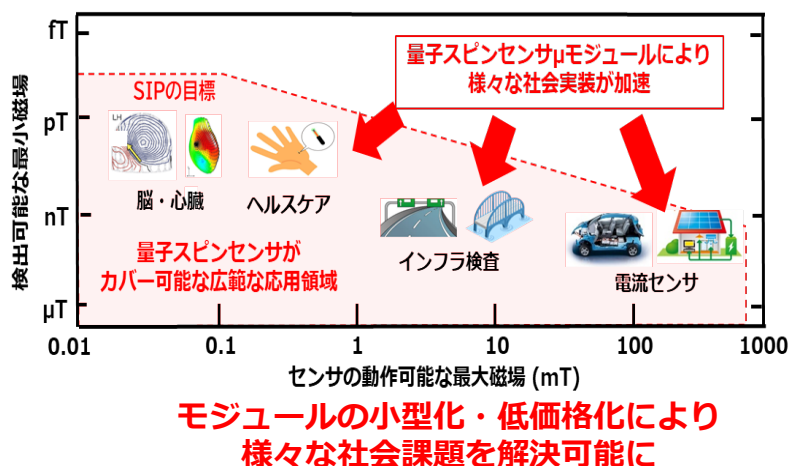
- これまでに、従来の**量子スピセンサモジュールを1/10程度に小型化（μモジュール化）した（最終目標達成）**。同時に、現在のセンサモジュールの**販売価格（数100万円）についても、1/10以下に低減可能になった**（モジュール原価で6-7万円）。
- 開発したμモジュールは従来と同等以上の性能を示すことを確認し、ユーザー企業に提供し、**種々のユースケースに対応可能であることを実証するための検証実験を開始した（R7目標達成見込み）**。モジュールを提供した企業はヘルスケア・インフラ・エネルギー・工作機械など広範な分野に跨り、**量子スピセンサの新規ユースケース創出**が見込まれる。

### <③ 成果の社会実装>

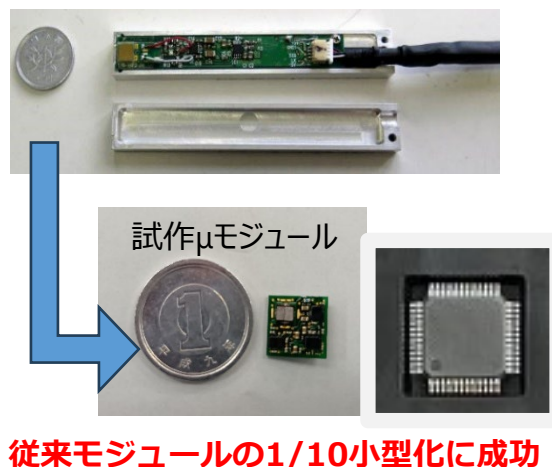
- インフラ非破壊検査装置への実装が進んでおり、**非破壊検査ビジネスのスタートが目前**である。
- ヘルスケア、部品検査、電流センサ応用に関しては、**ユーザー企業でのモジュール評価が進行中**である。

## ② 全体俯瞰図

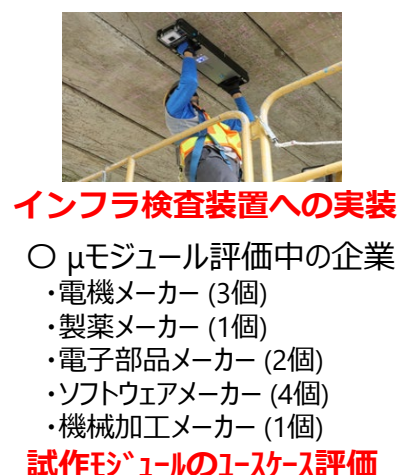
### <① 解決すべき社会課題>



### <② 実施施策>



### <③ 成果の社会実装>



## 2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（2年目）

テーマ 量子スピセンサのμモジュール化による新規ユースケースの創出

### ① 研究成果及び達成状況

- R6年度に試作した1stモジュールの評価結果を踏まえて最適化されたセンサ多層膜について、**高集積アレイに加工することで1.6 mm×2.0 mm角の微小センサチップに素子化**することに成功した（**目標の3mm角に対し、想定以上の成果**）。
- 性能歩留まりに対して最も重要なプロセスと考えられるArイオンエッチングプロセスの最適化に取り組み、**3インチウェハ内で95%以上の性能歩留まり**を達成した（**目標の90%以上に対し、想定以上の成果**）。
- R6年度の結果を踏まえ、**単極電源化による小型化、AD変換機能の追加が可能な回路設計を完了**した。また、ユースケース調査を行い、要求される**周波数帯域、磁場分解能等の性能を明確化して回路設計に反映**させた（**R7目標を達成**）。
- R8年度にさらなる小型化を実現するため、回路基板の多層配線化を検討し、**シリコン基板にスルーホールを形成するためのプロセス検討を実施**した（**R7目標を達成**）。
- 上述の小型化した量子スピセンサチップと、半導体回路を組み合わせた2ndモジュールを試作中（**年度内完了見込**）。
- 1stモジュールを**ユーザー企業に提供し、モジュールの有用性と課題を明確化するための評価**を進めた（**R7目標を達成**）。
- 試作したセンサチップやモジュールの信頼性（温度変化・温度耐性・電圧耐性）を評価するための**評価系を構築し、信頼性試験を開始**した（**R7目標を達成**）。

### ② 出口戦略・研究成果の波及

- 量子スピセンサを活用したインフラ非破壊検査は、配管・電柱などの早期実証型と、道路・橋梁などの中期実証型に分かれて展開する計画である。**令和8年度には検査ビジネスの立ち上げ（ベンチャー設立も検討中）を計画**している。
- 大手製薬メーカーと**生体内情報を検出する用途での実証実験を開始**した。来年度の臨床試験に向けて準備を進めている。
- 電流センサに関して、**海外企業との共同研究を開始し、また国内大手企業と共同研究に向けた議論を開始**した。2030年頃にスマートグリッドやバッテリー管理向けの用途での社会実装を目指している。
- 大手電気メーカ、工作機械メーカ、電子部品メーカ、車載部品メーカに試作した**μモジュールを提供し、製品化に向けた優位性と課題を明確化するための検証実験を進行中**である。
- JST Kプログラムにおいて**島津製作所と共同で海中での量子スピセンサの開発**を進めており、BRIDGE施策で得られたセンサの小型モジュール化に関する知見を活用できる。

### ③ 目標達成状況等の特記事項

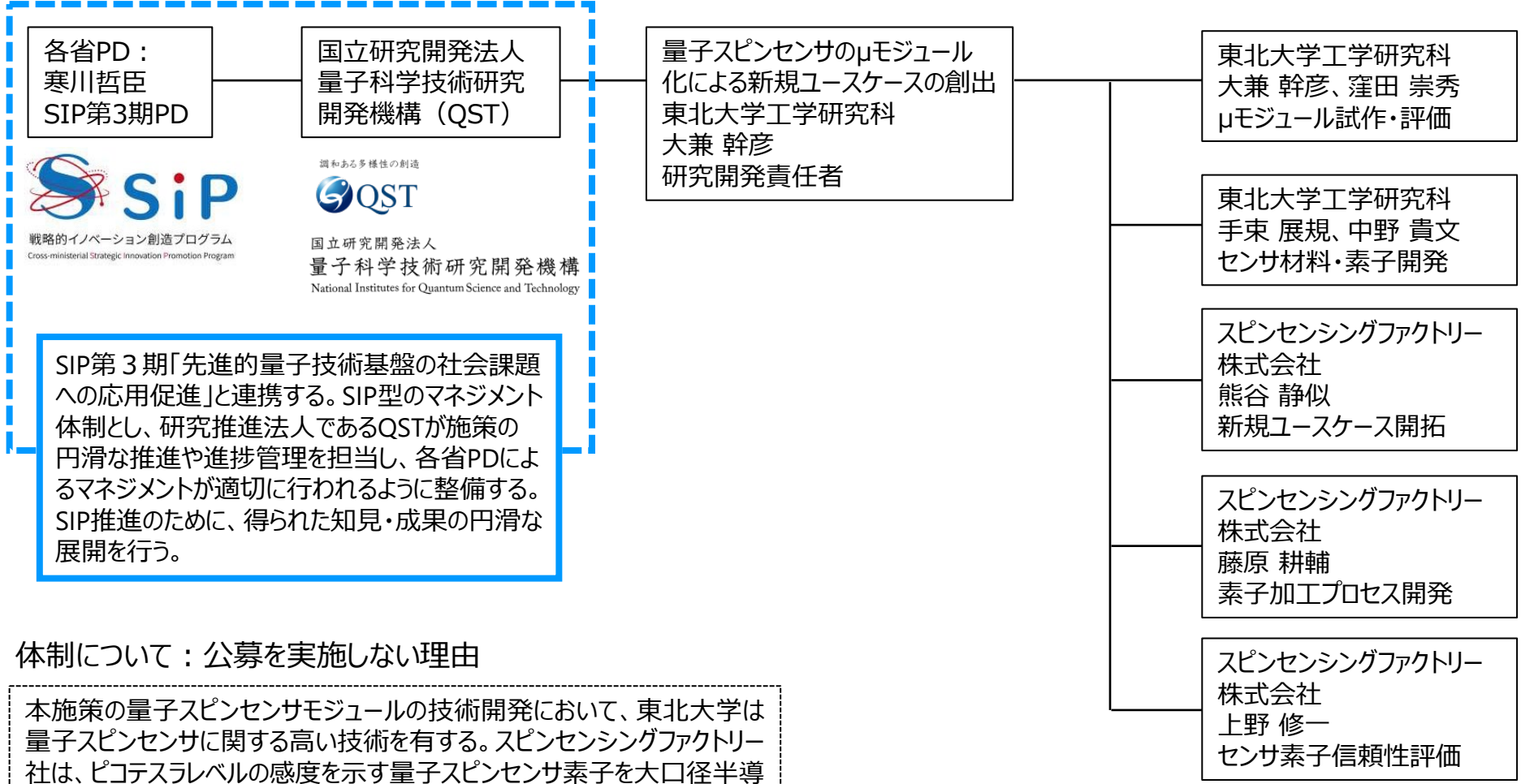
- インフラ・ヘルスケア・電流センシング・部品検査の各分野で、想定以上に社会実装が進行しており、**特にインフラ検査に関しては早期事業化の見通し**が得られている。

### 3. 実施内容・到達目標に対する実績

テーマ名	実施内容の概要 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達実績
量子スピンセンサのμモジュール化による新規ユースケースの創出	<p><b>目標TRL:7</b> 現状の1/10程度のサイズと価格の量子スピンセンサμモジュールを試作する。試作したμモジュールが、新規ユースケースに対して実環境下において有用であることを示す。加えて、製造工程の確立と生産計画の策定を行う。</p> <p><b>目標BRL:7</b> 有望な新規ユースケースに対して、想定顧客と綿密に連携し、要求仕様を決定する。また、実際に試作したμモジュールがユースケースに対して有用なことを実証する。さらに、期間内に事業計画の策定を完了する。</p>	<p><b>目標TRL:6</b> R6年度の結果をフィードバックしてμモジュールを試作する。実使用環境下において、試作したμモジュールが、要求仕様(耐温度・耐電圧)を満たすことを確認する。</p> <p><b>目標BRL:6</b> 想定する初期顧客に試作したμモジュールを提供して、評価を行う。評価結果から、事業モデルの成立性や高い顧客満足度を実証する。</p>	<p><b>目標TRL:6</b> 昨年度の結果を受けて、非破壊検査・電流センサ・生体信号計測・工作機械用のμモジュールを試作した。実使用環境下での試験を実施している段階であるが、要求仕様を満たす見込みである。</p> <p><b>目標BRL:6</b> ユーザー企業にμモジュールを提供して評価を行った。評価結果をもとに事業モデルの立案および顧客満足度が実証される見込みである。</p>

# 4. 実施体制及び実施者の役割分担（令和7年度）

## 実施体制



各省PD：  
寒川哲臣  
SIP第3期PD

国立研究開発法人  
量子科学技術研究  
開発機構（QST）

量子スピセンサのμモジュール  
化による新規ユースケースの創出  
東北大学工学研究科  
大兼 幹彦  
研究開発責任者

東北大学工学研究科  
大兼 幹彦、窪田 崇秀  
μモジュール試作・評価

東北大学工学研究科  
手束 展規、中野 貴文  
センサ材料・素子開発

スピセンシングファクトリー  
株式会社  
熊谷 静似  
新規ユースケース開拓

スピセンシングファクトリー  
株式会社  
藤原 耕輔  
素子加工プロセス開発

スピセンシングファクトリー  
株式会社  
上野 修一  
センサ素子信頼性評価



SIP第3期「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」と連携する。SIP型のマネジメント体制とし、研究推進法人であるQSTが施策の円滑な推進や進捗管理を担当し、各省PDによるマネジメントが適切に行われるように整備する。SIP推進のために、得られた知見・成果の円滑な展開を行う。

### 体制について：公募を実施しない理由

本施策の量子スピセンサモジュールの技術開発において、東北大学は量子スピセンサに関する高い技術を有する。スピセンシングファクトリー社は、ピコテスラレベルの感度を示す量子スピセンサ素子を大口径半導体ウェハ上に製造可能な世界で唯一の企業である。また、センサ素子・回路・システムに関する知財9件（内3件は国際）を有しており、かつ、その社会実装に向けた製品化ノウハウを数多く有することで、その推進に貢献できることから、右記体制での実施が必須であり公募は実施しない。

## 5. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンド（令和7年度）

### ① 民間研究開発投資誘発効果（財政支出の効率化）

量子スピセンサμモジュールを実現する事で、量子分野のみならず、様々な応用領域に広く波及することが期待できる。現時点で想定される市場のみでも、ヘルスケア・インフラ・エネルギー・セキュリティ分野と広範であるが、宇宙・海中での利用や、自動運転、防災、資源探査等にも応用展開が可能と考えられる。

このような幅広い分野に量子スピセンサμモジュールを社会実装することで、様々な企業が新しい概念の磁気センシングシステムの開発に参画することになる。このことで、民間企業各社の開発投資が活性化し、プロジェクト期間後に想定される市場規模は国内で少なくとも620億円（Li-ion電池検査装置：320億円、インフラ非破壊検査装置：300億円）が見込まれ、海外まで考えると4,000億円以上と非常に大きい。

令和7年度は、令和6年度に試作したμセンサモジュールをユーザー企業に提供して、種々のユースケースに対応可能であることを確認するための評価実験を進めている。このことによって、幅広い分野での新規のユースケースが創出され、新たな民間の研究開発投資が期待できる。

### ② 民間からの貢献度（マッチングファンド）

（単位：千円）

貢献費目	詳細	1年目		2年目	
			金額		金額
新規購入費・人件費	装置改修・材料		5,000		5,000
	試作費		5,000		5,000
保有品利用料	維持管理費		20,000		20,000
知的財産権	BIP維持費	21件	1,500		1,500
	FIP出願費	6件程度	3,000	3件程度	1,500
事業戦略策定・ルール形成・標準化に係る人件費		1人工	6,000		8,000
テーマに係る革新的技術のための人材育成費用	講習・研修		3,000		3,000
計			43,500		44,000

R7年度マッチングファンド率は  
44百万円/84百万円 ≒ 52%であり、  
事業期間を通じて計131.5百万円の  
マッチングファンドを計上している。

## 令和8年度 研究開発等計画

## 6. 研究開発等の具体的な内容・社会実装の目標（令和8年度）

### ① 研究開発・社会実装の目標

- R7年度の2ndモジュールの評価結果をもとに、回路基板の多層配線化やスルーホール形成プロセスの検討を通じて、R8年度末までにさらなる集積度向上、多機能化および信頼性確保を図る。
- R8年度上期に各ユースケースにおける要求仕様を明確化し、3rdモジュールの設計・実装に反映させる。R8年度末までにインフラ検査、ヘルスケア、電流センシング等の分野における新たなユースケースの創出と事業化に向けた計画の策定を行う。
- これらの成果をもとに、以下の社会実装に向けた取り組みを進める：
  - インフラ検査分野では、BRIDGE終了後速やかに橋梁・配管・電柱等の老朽化診断の事業化（300億円程度の市場見込み）
  - ヘルスケア分野では、大手製薬企業と連携した生体磁場センシングの臨床応用を展開（BRIDGE期間中に臨床研究開始）
  - 電流センシング分野では、スマートグリッドやバッテリー管理用途に向けた国内外企業との共同開発を進め、2030年頃を目途に製品化（2030年代前半に国内外で約3,200億円の市場見込み）

### ② 研究開発等の具体的な内容

#### 量子スピンセンサチップの小型化

- R8年度は、これまでのセンサチップ加工プロセスのさらなる最適化を図り、3インチウェハ内で95%以上の歩留まりで安定にセンサチップを試作できる環境を整備する。このことによって、プロジェクト後にスピンセンシングファクトリー社から安定に高性能かつ小型の量子スピンセンサチップを供給可能になる。

#### 種々のユースケースに対応可能な半導体回路の開発

- ユーザー企業との連携を通じて、インフラ検査・ヘルスケア・電流センシング等の各ユースケースにおける明確化した要求仕様（周波数帯域、磁場分解能、耐環境性など）をもとに、3rdモジュールに搭載する回路を設計する。
- 多軸センシングやAD変換機能の統合に向けた回路構成の最適化を行い、また、高密度かつ電流ノイズを抑制する高密度配置で構成部品を基板に実装する。

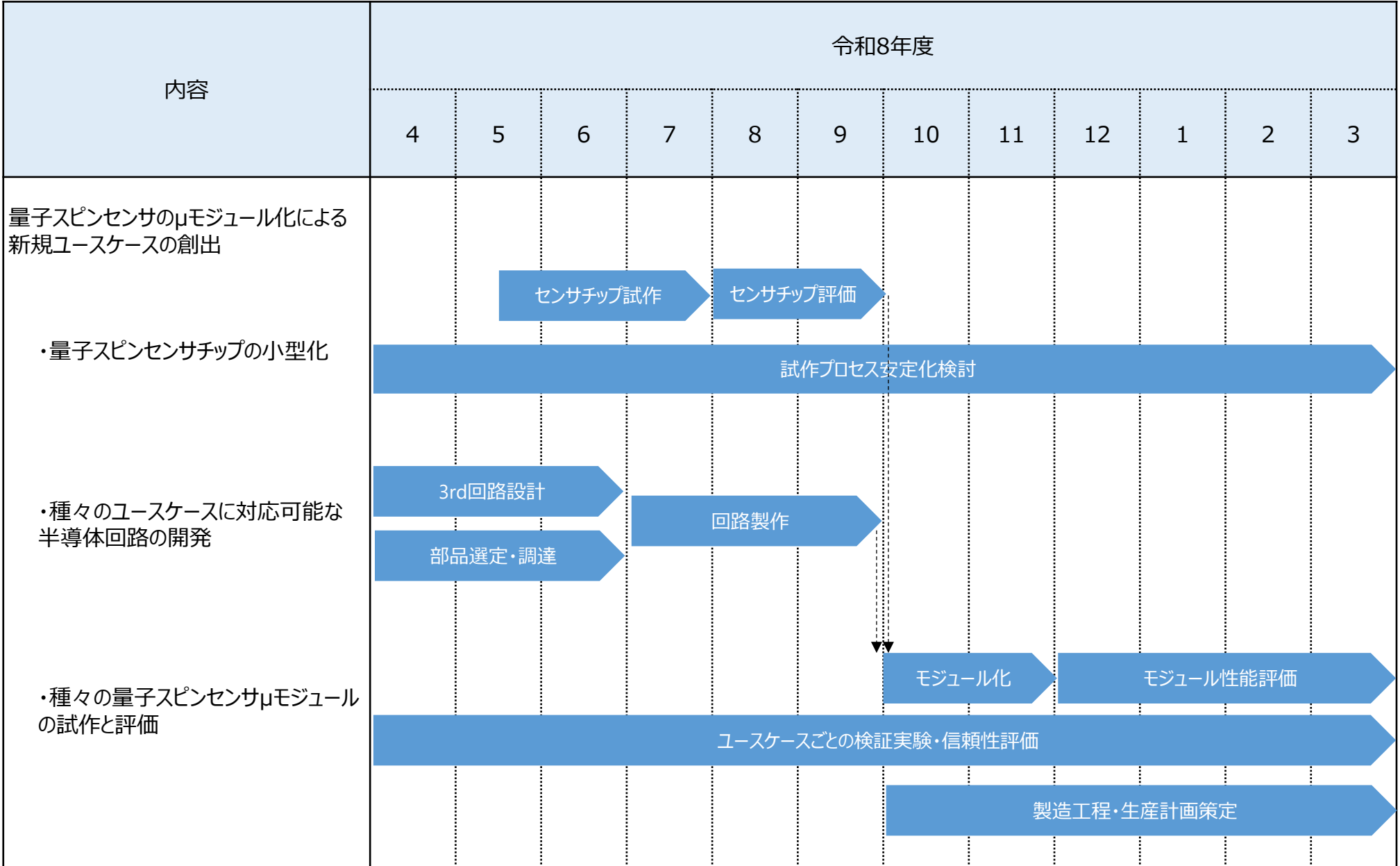
#### 種々の量子スピンセンサμモジュールの試作と評価

- 開発した高密度・低ノイズ半導体回路を用いて、微小量子スピンセンサチップと統合した3rdモジュールを設計し、多軸センシングおよびAD変換機能を搭載した高集積モジュールを試作して、電流ノイズの抑制と信号品質の向上を実現する。
- 各ユースケースに対応した性能試験を実施し、ユーザー企業と連携して実環境下での動作確認と要求仕様との整合性を評価することで、試作μモジュールの有用性を明らかにする。
- 温度変化・電圧変動・長期安定性などに対する信頼性試験を実施し、製品化に向けた課題を抽出する。
- 試作工程の標準化と歩留まり向上に向けたプロセス最適化を進め、生産計画の策定に向けて、製造スケール・コスト・品質管理体制の検討を行う。

## 7. 年度別の実施内容・到達目標 (KPI) (令和8年度)

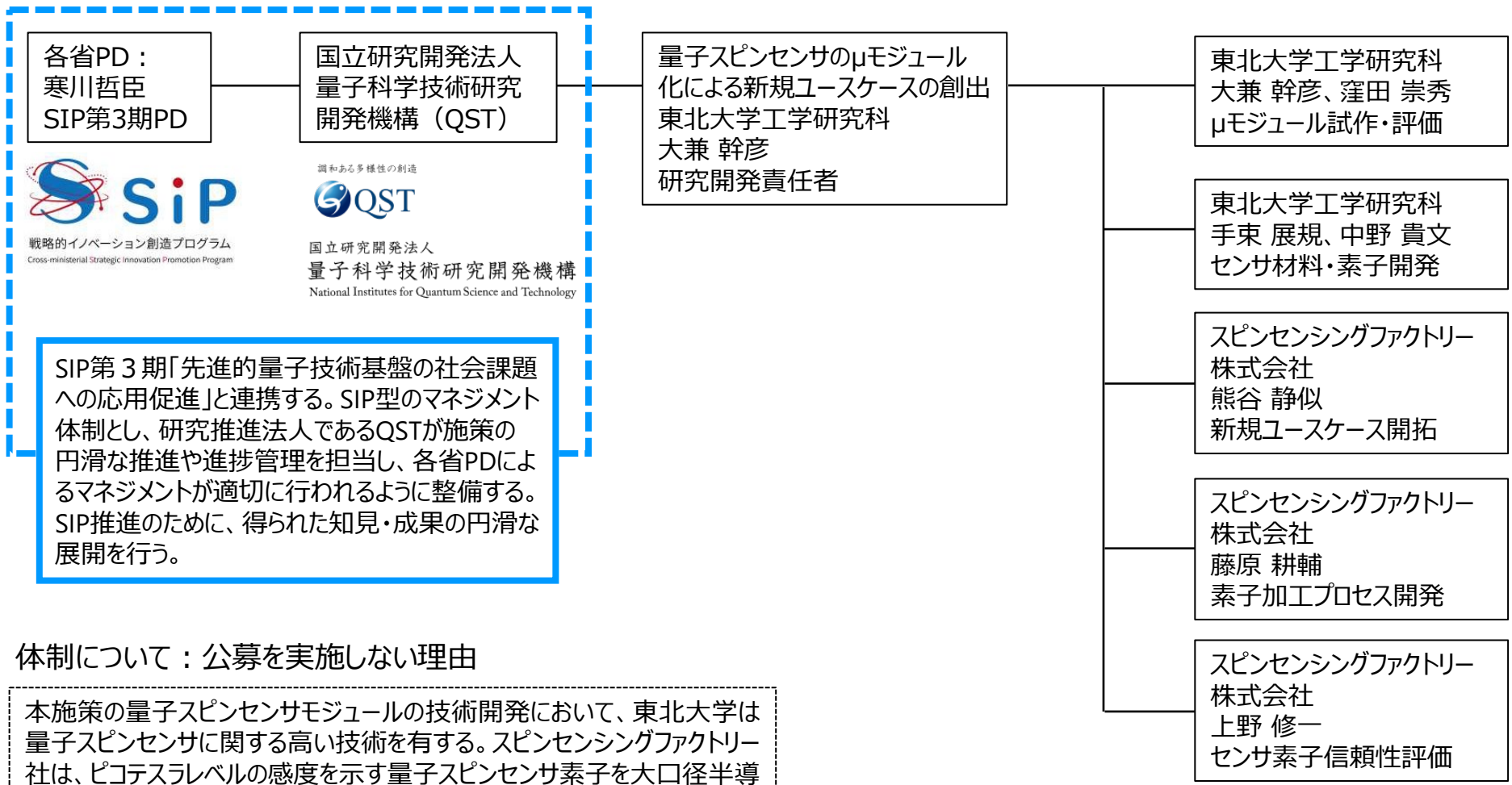
テーマ名	実施内容の概要 到達目標 (KPI)	R8年度実施内容 到達目標 (KPI)
量子スピセンサのμモジュール化による新規ユースケースの創出	<p><b>目標TRL:7</b> 現状の1/10程度のサイズと価格の量子スピセンサμモジュールを試作する。試作したμモジュールが、新規ユースケースに対して実環境下において有用であることを示す。加えて、製造工程の確立と生産計画の策定を行う。</p> <p><b>目標BRL:7</b> 有望な新規ユースケースに対して、想定顧客と綿密に連携し、要求仕様を決定する。また、実際に試作したμモジュールがユースケースに対して有用なことを実証する。さらに、期間内に事業計画の策定を完了する。</p>	<p><b>目標TRL:7</b> 前年度までに試作した1/10程度に小型化したμモジュールについて、性能・信頼性評価結果を行う。その評価結果を反映し、信頼性の高いμモジュールを安定に製造する工程を確立する、また、μモジュールの実環境下での性能評価による有用性実証と並行して生産計画を策定する。</p> <p><b>目標BRL:7</b> 前年度までに試作したμモジュールについて、想定ユーザー企業（電機・製薬・電子部品・機械加工メーカー等）がユースケース評価し、その有用性を実証するとともに最終製品仕様を確定する。また、事業モデルを基にして、事業ロードマップ、投資計画、収益予測等を含む事業計画を策定する。</p>

# 8. 工程表（令和8年度の詳細）



# 9. 実施体制及び実施者の役割分担（令和8年度）

## 実施体制



各省PD：  
寒川哲臣  
SIP第3期PD

国立研究開発法人  
量子科学技術研究  
開発機構（QST）

量子スピセンサのμモジュール  
化による新規ユースケースの創出  
東北大学工学研究科  
大兼 幹彦  
研究開発責任者

東北大学工学研究科  
大兼 幹彦、窪田 崇秀  
μモジュール試作・評価

東北大学工学研究科  
手束 展規、中野 貴文  
センサ材料・素子開発

スピセンシングファクトリー  
株式会社  
熊谷 静似  
新規ユースケース開拓

スピセンシングファクトリー  
株式会社  
藤原 耕輔  
素子加工プロセス開発

スピセンシングファクトリー  
株式会社  
上野 修一  
センサ素子信頼性評価



SIP第3期「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」と連携する。SIP型のマネジメント体制とし、研究推進法人であるQSTが施策の円滑な推進や進捗管理を担当し、各省PDによるマネジメントが適切に行われるように整備する。SIP推進のために、得られた知見・成果の円滑な展開を行う。

### 体制について：公募を実施しない理由

本施策の量子スピセンサモジュールの技術開発において、東北大学は量子スピセンサに関する高い技術を有する。スピセンシングファクトリー社は、ピコテスラレベルの感度を示す量子スピセンサ素子を大口径半導体ウェハ上に製造可能な世界で唯一の企業である。また、センサ素子・回路・システムに関する知財9件（内3件は国際）を有しており、かつ、その社会実装に向けた製品化ノウハウを数多く有することで、その推進に貢献できることから、右記体制での実施が必須であり公募は実施しない。

# 10. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンドの見込み（令和8年度）

## ① 民間研究開発投資誘発効果（財政支出の効率化）の見込み

### ① 関連施策の拡大・加速化

本施策の成果は、SIP第3期「量子スピンセンサの開発とユースケースの開拓・実証」や、JST Kプログラム「量子スピンセンサを利用した海中における革新的磁気センシング技術の開発」で推進している量子センシング技術の社会実装を加速させる。また、宇宙利用に対する期待も大きく、**宇宙基金に採択がなされた**。インフラ非破壊検査に関しては、公共性が高く、地方自治体との連携による検査装置の実証導入が進めば、自治体予算による導入支援や制度整備が促進されると考えられる。

### ② 民間投資の拡大

本施策により創出される国内新市場は、Li-ion電池検査装置（約320億円）、インフラ非破壊検査装置（約300億円）が見込まれ、電流センサ応用や海外展開を含めると、2030年代前半に4,000億円以上の市場規模が想定される。**μモジュールのユーザー企業は現時点で6社であり、R8年度にさらに増加する予定**であり、今後の製品化・事業化に向けた投資意欲の高まりが顕在化しつつある。

### ③ 社会的波及効果

インフラ検査分野では、**老朽化インフラの予防保全に貢献**し、自治体・国土交通省の維持管理コストの削減に大きく寄与できると考えられる。また、ヘルスケア分野では、非侵襲・高精度な生体磁場センシングにより、**早期診断・個別化医療の推進が期待**され、医療費の抑制に結びつくと考えられる。さらに、電流センシング分野では、スマートグリッド・EV・蓄電池管理の高度化により、**エネルギー効率の向上と脱炭素化に貢献**できる。このように、量子スピンセンサμモジュールは様々な分野で大きな波及効果が期待される。

## ② 民間からの貢献度（マッチングファンド）の見込み

【民間からの貢献額（マッチングファンド）】		*単位：千円				
貢献費目	詳細	1年目		2年目		計
		金額	金額	金額	金額	
新規購入費・人件費	装置改修・材料	5,000	5,000	5,000	30,000	
	試作費	5,000	5,000	5,000		
保有品利用料	維持管理費	20,000	20,000	20,000	60,000	
知的財産権	BIP維持費	2 1件 1,500	1,500	1,500	10,500	
	FIP出願費	6 件程度 3,000	3 件程度 1,500	3 件程度 1,500		
事業戦略策定・ルール形成・標準化に係る人件費	1 人工	6,000	8,000	8,000	22,000	
テーマに係る革新的技術のための人材育成費用	講習・研修	3,000	3,000	3,000	9,000	
計		43,500	44,000	44,000	131,500	
合計						

本施策参画企業の貢献額として  
事業期間を通じ、  
合計131.5百万円を予定している。