

産学共創基礎基盤研究プログラム
技術テーマ「テラヘルツ波新時代を切り拓く革新的基盤技術の創出」
技術テーマ事後評価報告書

総合評価 S

1. 総合所見

プログラムオフィサーは『近い将来に大きな変革をもたらすような基礎の学術成果を、産業界が十分な関心が持てるレベルにしてきちんと橋渡しができる形に仕上げることが大切』と考えて、明確な主張を持つ研究課題 24 件を選定し、きめ細かい進捗管理と厳正な中間評価を進め、世界に誇る研究成果を挙げた。従来の多彩なテラヘルツ応用研究を単純に追従することなくテラヘルツでなければできない技術という観点でマネジメントがなされた点は高く評価できる。

特に従来実用化のボトルネックとされていた量産可能な高出力半導体アレイ発振器、高感度アレイセンサに関する複数の成果は世界をリードするものである。光注入パラメトリック発生に基づく高出力光源及び高感度検出はセンシング応用での企業連携に繋がるなど期待を持てる成果を上げている。応用技術としては細胞計測技術並びに高分子構造の解明と操作技術が優れている。それ以外にも将来の展開に期待が持てる多くの成果を得ており、全体として産業競争力の強化につながる技術は目標レベルに達していると判断する。

また個別研究の成果を産業展開につなげる糸口に貢献すべく、本プログラム特有の「産学共創の場」を活用して企業専門家との交流を図るばかりでなく、独自にテラヘルツテクノロジープラットフォーム (TTP) を提案・実施し、研究成果の半導体デバイス等に関連する企業・大学に提供したことは今後の展開に有益な種まきの役割を果たしたと考えられる。光源開発および検出器開発の成果は、検査装置を目指す企業との共同研究につながった。

本技術テーマ進行中にテラヘルツ波帯の通信への周波数割り当てが決まり、beyond 5G が産業的にも大きなテーマとなってきた。半導体発振器、検出器、光集積素子およびこれらを用いたテラヘルツ波高速ビームスキャン技術はテラヘルツ波通信の展開に今後大きく貢献すると期待できる。

テラヘルツ波帯センシング応用には光源の出力増大が課題である。本プログラムでは半導体テラヘルツ技術と光レーザー励起テラヘルツ技術の両者の進歩に貢献できた。前者については JST の ACCEL プログラム「半導体を基軸としたテラヘルツ光科学と応用展開」(研究代表者 京大 田中耕一郎氏) で非接触透視応用への適用が試みられる。計測の産業応用は多彩でありさらに産学共同が進むことを期待する。

全体として、限られたリソース、および限られた研究期間という制約の中でテラヘルツ波要素技術の分野で世界をリードし、今後の応用展開に強いインパクトを与える成果を生み出しており、想定を上回る運営であったと評価できる。

なお、現状は産業競争力強化・社会実装の観点で見ると未だ十分とは言えない。応用展開が花開くには継続した更なる努力が必要である。新開発の先端デ

バイスを試作できる国内企業は限られている。産業界には有望なシーズをビジネス展開するために資金調達も含め英知を結集してもらいたい。大学研究者には独自性の高い成果を守り、パートナー企業に引き継ぐべく知財戦略を周到に進めてもらいたい。研究支援機関には実用化展開開始期の技術について協力する大学および企業双方にファンディングできるシステム構築を望みたい。

2. 技術テーマのねらい（目標）と課題の選考

『産業形態が未成熟なテラヘルツ波産業において、普遍的な将来展開を図れるような斬新な提案を期待している。研究結果の直ぐなる応用展開を必須とはしないが、常にどのような展開が将来できるかをまず研究者自身が理解し、従来技術との比較や差別化を明確にしながら推進する。産業界と研究者との対話の場「産学共創の場」やアドバイザーの幅広い見識を活用することにより、産業界の基本的ニーズを共有し、世界をリードする基礎的な研究に反映させる』との技術テーマについての記述（事後評価用資料）は本プログラム開始時点におけるテラヘルツ研究および関連産業分野の実態を的確に示している。この視点に沿って明確な問題意識と研究手法を持つ研究提案、選考が求められた。

産業展開が未成熟である点を踏まえ、基盤的要素技術である課題を4分野（高性能テラヘルツ波光源およびテラヘルツ波検出、テラヘルツスペクトル情報の解明、テラヘルツ波計測法及びそのデバイス開発、新分野応用開拓）とし、プログラムの内容を共通基盤技術と応用技術という観点から分類したことは産業界から見てわかり易いものになっている。アドバイザーの構成は専門性を配慮し、幅広い分野から産・学バランスよく登用しており適切である。採択課題の構成はいずれも概ねこの狙いに沿ったものと判断する。

産学共創の場を積極的に活用するための諸方針は具体的であった。研究期間を3, 4, 5年のグループに分け、進捗状況に応じて予算配分を重点化したことは高く評価できる。これにより産業競争力に直結する3つの技術分野の研究課題へ集中できた。

3. 技術テーマのマネージメント

プログラムオフィサー（PO）はリーダーシップをもって研究課題の採択に臨み、きめ細かく進捗状況の把握と助言を行い、必要に応じて見直し、絞り込み、指導を行った。具体例として研究の進捗が懸念される研究課題について、アドバイザーとともに適切な助言を行い研究遂行したことは高く評価できる。また、リスクの高い挑戦的な研究課題も積極的に採択し、適切に進捗状況を把握することで一定の成果をあげられたことは有意義であった。

サイトビジットや中間評価等を通じて、各採択課題の進捗状況を見極めることにより、問題点の抽出と解決法の明確化を進め、各研究課題の継続/中止の判断および予算配分の再調整を実施し、緊張感のある研究遂行がなされたことを高く評価する。

産学連携を促進するために「産学共創の場」を有効活用して企業関係者との接点を広げ、さらに独自に設置したテラヘルツテクノロジープラットフォーム

(TTP) を使って研究成果であるデバイス提供を推進した。アウトリーチ活動も活発と認める。

全体として卓越したマネジメントと判断する。

4. 技術テーマとしての産業競争力強化につながる技術の確立状況

傑出した研究成果として、共鳴トンネルダイオード (RTD) アレイ開発とデバイス提供；低雑音FMB検出器開発とデバイス提供；マイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS) イメージセンサー開発とデバイス提供；半導体レーザー差周波混合による集積化テラヘルツ発振器；注入同期テラヘルツ波パラメトリック発振器の高出力動作と透視応用；テラヘルツ波時間分解ポラリメーターによるゴム母材／カーボンブラック系の相互作用解明；高強度テラヘルツ波による高分子高次構造再配列・結晶化率制御；国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築、を挙げることができる。これらは世界的に優れた成果であり、また応用展開への試みも積極的になされている。特に、半導体技術に基づく常温動作の光源や検出器の開発は非常に優れた成果が得られた。これらを集積化する技術と合わせ、高速無線通信などへの今後の応用展開が大いに期待できる。

半導体ベースの小型デバイスに関心ある研究者・企業に利用してもらい、そのフィードバックを研究に生かすため、新たにテラヘルツテクノロジープラットフォーム (TTP) を立ち上げた。24件の採択課題のうち、11 課題からTTPへの機器登録がなされ、光源技術、検出技術、検出装置技術とバイオ研究設備に関する5つの機器がTTPで利用された意義は大きい。新素子試用の機会提供が個別の産学共同研究への引き金として有効に機能したと考えられる。

半導体テラヘルツ技術と出力の大きなレーザー励起テラヘルツ技術を融合して産業利用に向けた技術確立を行う、JST ACCEL課題 (研究代表者 田中耕一郎氏、PM深澤亮一氏) が開始された。両人は本プログラムのアドバイザーであり、本産学共創プログラムの一部を引き継ぐとも言えよう。

ブレークスルーとなる有力な要素技術 (光源技術、検出技術および検出装置技術) を創出したことにより具体的な産業展開の基盤造りに成功したものと判断でき、最終目標は達成されたと言えるが、産業界として重要な応用技術の最終目標に関しては達成できていない。

なお、産業競争力には知財が欠かせないが、日本出願の件数32件は十分とは言えない。今後JSTにおいては知財化の工夫をお願いしたい。各研究者は成果としての論文数は十分であるが、産業競争力強化への貢献で重要な知的財産権の出願にも重点を置いてもらいたい。

以上