

助成対象事業成果報告書（概要版）

助成対象事業名	次世代無線通信におけるアンテナ・伝播・回路システム統合技術に向けた基盤研究
助成対象事業者 (研究代表者名)	電気通信大学 (唐沢好男)
1 事業の概要 <p>送受信にアレーアンテナを用いて高スループットを実現する伝送システムの研究が盛んである。しかし端末のアレー搭載は、素子間結合による通信容量低下の問題も引き起こしている。多様な問題を抱える中、電波伝搬のみならず、アンテナや回路システムまでを含む総合的研究の必要性が高まっている。そこで本研究では、電波伝搬・伝送回路システム・アンテナを有機的に関連させるための要素技術開発を行ってゆく。その上で、ダイナミックな伝搬環境変化に対してスマートに適応変身するソフトウェアアンテナの理論・実験的研究、評価法確立への寄与を目指す。</p> <p>本研究期間における研究内容として、①MIMO 特性評価を目的とした電波環境シミュレータの構築法、②電波伝搬モデルの構築、③マルチパス環境における等価伝送路モデルの検証、④アレーアンテナで受信できる電波環境を直接記録するトータルレコーディング技術の確立、⑤アレー素子結合を考慮した MIMO 伝送特性の研究、⑥それらの応用としての ITS 車車間通信への適用、⑦アンテナ・伝搬の解析手法である CIP 法の開発、⑧超伝導回路基板を他層構造としたときのインダクタンス評価法の開発とその改善法に関する研究、⑨ジョセフソン接合を構成するための両面加工プロセスの検討とミリ波照射下での応答の研究、⑩マイクロ波帯からミリ波帯でのフィルタ技術、の要素技術開発を行い、アンテナ・電波伝搬・伝送回路システムの統合技術的観点から大幅に進めることができた。</p>	
2 共同研究体制と分担内容	
研究代表	
唐沢好男（電気通信大学）	
担当：研究統括、MIMO 特性評価を目的とした電波環境シミュレータの構築法、電波伝搬モデルの構築、マルチパス環境における等価伝送路モデルの検証、アレーアンテナで受信できる電波環境を直接記録するトータルレコーディング技術の確立、アレー素子結合を考慮した MIMO 伝送特性の研究	
陳健（南京大学）	
ジョセフソン接合を構成するための両面加工プロセスの検討とミリ波照射下での応答の研究、マイクロ波帯からミリ波帯でのフィルタ技術、超伝導回路基板を他層構造としたときのインダクタンス評価法の開発とその改善法に関する研究	
水柿義直（電気通信大学）	
超伝導回路基板を他層構造としたときのインダクタンス評価法の開発とその改善法に関する研究、ジョセフソン接合を構成するための両面加工プロセスの検討とミリ波照射下での応答の研究、マイクロ波帯からミリ波帯でのフィルタ技術	
和田光司（電気通信大学）	
マイクロ波帯からミリ波帯でのフィルタ技術、アンテナ・伝搬の解析手法である CIP 法の開発	
安藤芳晃（電気通信大学）	
アンテナ・伝搬の解析手法である CIP 法の開発、電波伝搬モデルの構築、マイクロ波帯からミリ波帯でのフィルタ技術	
3 事業の成果	
MIMO 端末特性評価のための電波環境構築法に関する検討	
MIMO 通信端末を実環境で評価するための環境の一つとして、簡易な構造でマルチパスリッチ環境を実現する電波反射箱を構成、その基本特性の評価を行った。ここで作成した電波反射箱は高さ 2m×幅 4m×奥行 2m のアルミニウム製の箱である（図 1）。測定周波数は 5.0GHz～5.2GHz、送受信アンテナは本研究で開発した小型 3 偏波アンテナを使用している。図 2 に、送受信共に同じ偏波にて測定したときの受信レベルの周波数特性を示す。電波反射箱の内部で周波数的にもマルチパスによる激しいフェージングが発生するマルチパスリッチ環境であることが分かる。また、他の測定により、空間的にも	



図 1. 電波反射箱の外観

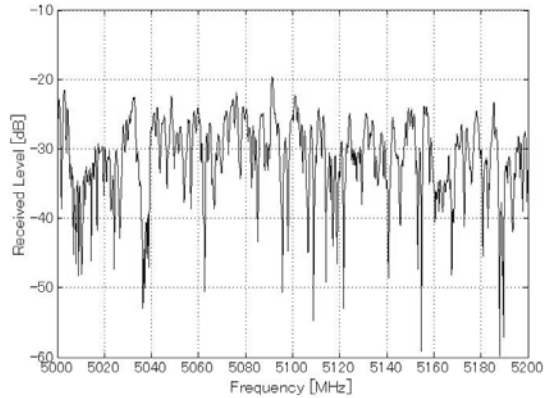


図 2. 受信レベルの周波数特性

フェージングが発生していることがわかった。

この電波反射箱が MIMO 端末特性評価環境として持つべき機能を考慮すると、振幅変動の確率分布、基地局側・移動極側の空間相関特性が実現されている。交差偏波特性については制御が難しいものの、市街地レベルの特性が得られていることが分かった。遅延スプレッドも、床に一辺 60 cm の電波吸収材を置くことで $0.3 \cdot s - 0.6 \cdot s$ が可変とすることが可能である。しかしながら時間変動が得られないので、エミュレータ手法とのハイブリッドによる電波環境構築を検討している。

超伝導多層回路設計のための両面加工プロセスの検討

固有ジョセフソン接合 (IJJ) は THz 発振器や量子コンピュータへの応用が期待されている。そこで、両面加工プロセスを用いて $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ (BSCCO) 単結晶上における IJJ 作製について検討した。結晶劈開と両面アルゴン・イオン・ミリングを用いて、200 nm 以下の単結晶スライスの厚さで極めて均一な IJJ を作製することが可能となった。準光学システムを用いて、IJJ のミリ波放射応答を調べた。a-b 面に垂直な磁場を印加することで、ミリ波放射下で Shapiro ステップを観測でき、また各接合のジョセフソン発振が位相同期した。試作デバイスの顕微鏡写真を図 3 に示す。また、試作デバイスの I - V 曲線を図 4 に示す。ここから、試作デバイスが 20 程度の接合からできていることが分かり、本研究で検討したデバイス作製プロセスが妥当であることを示している。

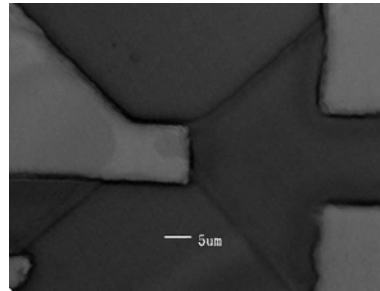


図 3. 試料の顕微鏡写真

有極型マイクロストリップ線路ダイプレクサの検討

高速無線通信技術のためのダイプレクサとして、UWB と Bluetooth の周波数帯に対応したフィルタを組み合わせ、整合回路を介して入力部を共有したものの検討を行った。帯域通過フィルタには結合線路と共振器を組み合わせたものを用いる。整合回路として、短絡となる周波数がお互いの通過帯域に重ならないようチップ素子で調節した。

以上の設計法から構成したダイプレクサの S_{21} , S_{31} 特性を測定したところ、各フィルタの動作が確認でき、フィルタ特性を保ちながらダイプレクサとしての特性が得られていることが分かった。以上より、本提案手法が有効であることが示された。

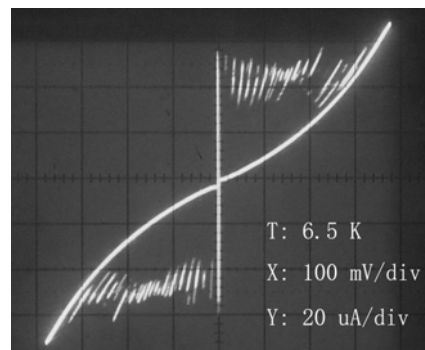


図 4. 試料の I-V 特性(6.5 K)

まとめ

本研究期間を通して、アンテナ・伝搬・回路システムの統合技術を視野に入れた要素技術開発の成果が得られたと言える。今後はこれらの成果から各技術を統合した研究推進を行う予定である。