

セシウム原子を用いた電磁波測定技術の開発



木下 基

きのした もと
moto-kinoshita@aist.go.jp
産業技術総合研究所
計量標準総合センター
物理計測標準研究部門
高周波標準研究グループ
主任研究員

2005年3月に東京大学修士課程を修了し、同年4月に産業技術総合研究所へ入所した。入所後より、原子を用いた電磁波強度測定に関する研究開発に従事し、この成果によって、2014年9月に東京大学より博士(理学)の学位を受ける。現在、この他にも、熱によるマイクロ波・ミリ波電力の高精度測定およびテラヘルツ波に関する測定技術の研究などに携わる。

原子が電磁波を受けると、原子内部の状態が変化を繰り返すラビ振動と呼ばれる現象が生じます。ラビ振動の周波数(ラビ周波数)は、原子に照射した電磁波の強度に比例するため、ラビ周波数を測ることで電磁波の強度が測定可能であると言えます。我々は、ラビ周波数を利用した新しい電磁波の測定技術に関する研究開発を進めています。これによって、高速、安定、高分解能、小型、ワイヤレスなどの特徴を持つ新たな測定システムが実現できると期待しています。

電磁波は、瞬時に広範囲へと伝搬するため、古くから無線通信へと応用されてきました。特に、大容量の情報を伝送することが可能となるGHz帯の周波数の電磁波は、衛星放送、携帯電話、無線LAN、レーダーなどに用いられ、現代社会において必要不可欠な基盤技術を支えています。

しかし、広範囲に伝搬するという電磁波の特性は、長所である反面、不特定多数の機器や生体に不要な影響を与えかねないという恐れもあります。従って、電磁波を公共利用する場合、その強度を把握することが必要です。

従来、電磁波の強度は、回路内においては電力計など、空間中においてはアンテナなどを用いて測定されてきました。これに対して我々は、電磁波とセシウム原子の共鳴を利用した新しい測定方法の研究開発を進めています。

セシウム原子のエネルギー状態が、共鳴する電磁波によって遷移を繰り返すラビ振動という現象が、新たな電磁波測定の原理として期待されています。ラビ振動の周波数(ラビ周波数)は、セシウム原子に照射した電磁波の強度に比例することが知られているため、ラビ周波数を測定することで電磁波の強度が得られます。特定のエ

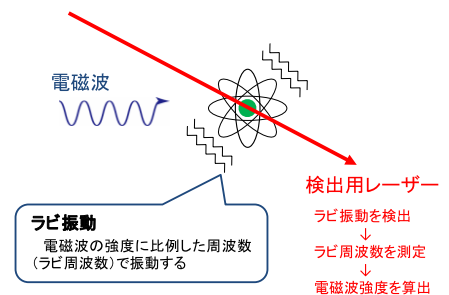


図1 測定の概要

ネルギー状態にあるセシウム原子をレーザーで検出することで、ラビ周波数は測定できます。

以上の測定の概要を図1にまとめました。本測定方式は気体のセシウム原子を封入したガラスセルとレーザーという単純な構成で実現できます。この方式は、従来の熱型の電力計と比べて測定が速く、さらに原子由来の普遍で安定な結果が得られることから、電磁波強度測定における新しい測定方法としての応用が期待されています。このための実証実験として、まず我々は、導波管の中を伝送する9.2GHzの周波数を持つ電磁波を対象として

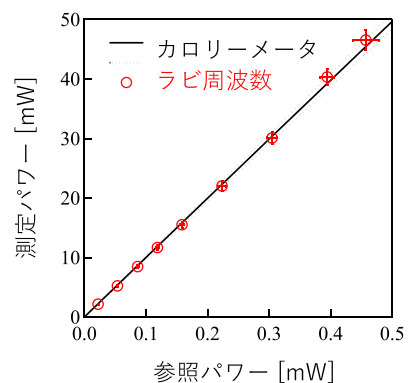


図2 導波管挿入用ガラスセル(左)とラビ周波数から測定した電磁波強度(右)