

新方式精密計測による物理・工学的変革を目指す回路技術調査専門委員会

設置趣意書

電子回路技術委員会

1. 目的

「精密計測を元に科学技術に変革をもたらす回路技術調査専門委員会」では、時間・周波数精密計測を通じた物理量決定の基本となる回路技術、及びその基礎科学や技術面での応用研究に関する調査を行った。一方、その活動を通じて、これまでの原子時計では得られない情報をもたらす手段として、多価イオン、原子核、分子の遷移周波数などを用いた新しい方式の時間・周波数の関する調査・研究の必要性が認識された。そこで、令和4年度(2022年度)より「新方式精密計測による物理・工学的変革を目指す回路技術調査専門委員会」を設置することとしたい。新設委員会においては、そのような新方式の時間・周波数計測の確度向上を主目的に、様々な方面の精密計測の確度向上によってもたらされる物理学・工学面の発展、更に実際の社会生活への貢献についても調査検討を行う。

2. 背景および内外機関における調査活動

本委員会では、これまでとは異なる方式の時間・周波数などの精密計測が実際の社会生活や基礎物理学・工学の発展に貢献し得る回路技術の発展に寄与できるように情報交換・議論を行う。

1967年以来、国際単位系における時間の基本単位である「秒」は、セシウム原子の超微細構造間のマイクロ波領域の遷移周波数により定義されており、この定義を実現するのが「セシウム原子時計」である。電子回路技術委員会に所属する精密周波数に関する調査専門委員会では、1960年代から多数の調査専門委員会を設置し、情報通信研究機構・産業技術総合研究所・理化学研究所などの研究機関や、東京大学などの各大学で行われてきた原子・分子遷移周波数の精密計測手法の探求やその比較・供給、またそれを可能にする回路技術の発展について互いの研究成果を交換し活発な議論を行ってきた。一方、この約20年にわたる研究によって極低温の中性原子や、一価イオンの光領域にある遷移周波数を基準とする「光時計」が開発されてきており、セシウム原子時計を上回る周波数確度(18桁)が得られることが報告されてきている。現在では「秒の再定義」に向けた議論も進んでいる。

前委員会である「精密計測を元に科学技術に変革をもたらす回路技術調査専門委員会」では、時間・周波数の精密計測用回路の発展によって、質量等の物理量の確度向上に結びつく研究成果が報告された一方で、多価イオン・原子核・分子の遷移周波数の精密計測に関する研究成果が報告された。これら新方式の周波数精密計測は、まだ立ち上げの段階であり、今後の周波数精密計測の進展を調査する必要がある。今後、これら新方式の周波数精密計測は、従来の原子時計と同等以上の確度の達成が期待されるだけでなく、それ以上の物理的成果が得られる可能性がある。例えば、多価イオンや原子核遷移周波数は微細構造定数の変化に敏感であり、また分子遷移周波数は陽子・電子質量比の変化に敏感なため、基礎物理定数の変化の有無の検証に有用である。さらに、粒子・反粒子の対称性の破れについての謎を解明するために、極性分子遷移周波数の精密計測が有用であることも最近の理論研究で示されており、この観点からの議論も重要であり、今後の課題であると考えられる。

工学的な観点では、前委員会でGPSを用いない位置測定を可能にする加速度計やジャイロ스코ープの開発も報告されたが、これらは原子干渉を用いる事で大幅な精度向上が期待される。小型・省電力動作可能なチップスケール原子時計の開発は、GPSによる位置計測の精度向上(GPSは周波数精密計測による距離測定)をもたらすことから更なる発展が望まれる。前委員会では45°反射型チップスケール原子時計の報告があったが、光シフトなどの課題も明らかになった。

3. 調査検討事項

- 1) 多価イオン、原子核、分子遷移を含めた18桁以上の精度を目標とする新方式の周波数計測回路技術の調査
- 2) 周波数精密計測装置のコンパクト化、位置計測、物理学および工学分野発展への貢献について、新しい方式の調査

4. 予想される効果

多価イオン，原子核，分子遷移周波数等を用いた新しい方式の時間・周波数精密計測に関する最新の情報・議論を多くの研究者の間で共有することは，一般社会で直接使用できる超小型な精密周波数発生回路の開発のために有用と思われる。その結果，理学・工学分野に限らず社会全般への発展に大きな貢献することが期待される。

5. 調査期間

令和4年（2022年）4月から令和7年（2025年）3月

7. 活動予定

研究会 1回/年 委員会 3回/年

8. 成果報告の形態

研究会の形態をもって成果報告とする。