

新方式および超小型化による精密計測の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

「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」では、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・周波数精密計測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、多価イオン、原子核、分子の遷移周波数の研究は、目覚ましい発展が報告されており、超小型原子時計も CPT ラムゼー方式の様々な発展が報告され、新方式および超小型の時間・周波数の調査・研究の必要性が認識された。そこで、2025 年度（令和 7 年度）より「新方式および超小型化による精密計測の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、そのような新方式と超小型化による時間・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。

セシウム原子のマイクロ波領域の遷移周波数で定義されている時間の基本単位「秒」は、セシウム原子時計で実現される。電子回路技術委員会傘下の関連委員会では、1960 年代から原子・分子の遷移周波数の精密計測手法やその比較・供給技術、またそのための回路技術について活発な議論を行ってきた。一方、中性原子や一価イオンの光領域の遷移周波数を基準とする「光時計」の研究が近年進展し、セシウム原子時計を上回る周波数確度(18 桁)の光時計も報告されている。この状況を受けて、2030 年頃に秒の定義を改訂することが現実味を帯びてきている。

前委員会である「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」では、新方式の多価イオン・原子核・分子の時間・周波数の精密計測用回路が報告され、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目覚ましい研究成果が報告された。これら新方式の周波数精密計測が、新しい時代の標準となる可能性があり、時代の転回点を迎えるため、今後の周波数精密計測の進展を調査する必要がある。特に、従来の光時計で実現された 18 桁までは、新方式ではまだ実現していないことが今後の課題である。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。

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、前委員会でも、高い安定度を得るため、光シフトやコーティングの研究、実用化のために複数の時計やフィルタに関する報告があったが、系統誤差の改善や複数台の応用についての課題も明らかになった。物理学応用として、ダークマターの探索、重力波、素粒子やエキゾチック原子など基礎物理の研究の報告があったが、これらダークマターなど素粒子・宇宙分野では、最先端の周波数技術や精密計測技術が重要であることが明らかになり、更なる発展が期待できる。工学的な観点では、前委員会でも、ジャイロによる位置計測、センサへの周波数技術や精密計測技術の応用など、実際の社会生活へ貢献する多くの報告がなされたが、特に機械学習の応用が重要になっており、更なる発展が望まれる。

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) 通信分野や宇宙分野などで利用される小型周波数標準技術および複数台の周波数標準の制御システムについての調査
- 3) 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、新しい方式と機械学習の応用についての調査

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

2025年（令和7年）4月から2028年（令和10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。