

中の粒子の生成と消滅は真空容器の境界壁面に力が作用することを通して観測でき、カシミール効果と呼ばれる(図1)<sup>1)</sup>。この効果において境界を規定する壁は、これまで古典的なものとして扱われてきた。しかしながら、近年の実験技術の向上により、電子や原子よりもはるかに大きな物体の運動においても、量子力学的効果を観測することが可能となった。量子力学的描像に基づくならば、壁の位置もまた確率的に揺らいでおり、量子力学によって記述する必要がある。このような量子揺らぎを取り入れた境界が、カシミール効果にどのような変更をもたらすのかは自明ではなく、興味を持たれる。そこで本研究では、量子力学的真空境界が引き起こす量子効果を理論的に探索することを目的とする。

[方法]

これまでに、真空の静的な性質によって引き起こされる静的カシミール効果は、Lamoreauxらによって観測されている<sup>2)</sup>。その一方で、動的効果<sup>3)</sup>については境界壁を光速に近い速さで振動させる必要があるため、未だ観測されていない。そこで近年我々は、実際の真空容器の境界壁を運動させる代わりに、超伝導回路を用いた固体素子上において、動的カシミール効果に類似する現象を実現する方法を提案した<sup>4)</sup>。超伝導回路は、実際に境界壁を動かす従来の系に比べて容易に境界を制御することが可能であり、カシミール効果を検証する上で理想的な舞台となると期待される。

21) 量子力学的境界の実現法とカシミール効果の考察

研究代表者 藤井 敏之

[背景と目的]

物体の運動は、その物体のスケールによらず、古典力学によって厳密に記述できると信じられてきた。しかしながら、19世紀後半から、20世紀初頭にかけて発見された様々な実験事実により、特に電子や原子のような微視的物体の運動には古典力学では記述できない揺らぎを伴うことが明らかとなった。このような微視的な物体の運動を記述するために発展してきたのが量子力学である。量子力学を用いてはじめて記述できる運動の揺らぎは、量子揺らぎと呼ばれ、古典力学では予想されなかった様々な量子効果を引き起こすことが明らかにされてきた。この量子揺らぎの存在により、我々は微視的な物体の運動に対する理解のみならず、それまで何もない空間であると考えられてきた、真空に対する理解もまた変更を強いられることとなった。揺らぎを取り入れた量子力学的真空は、もはや何もない空間ではなく、絶えず生成と消滅を繰り返す様々な粒子で満たされた空間であると解釈される。この真空

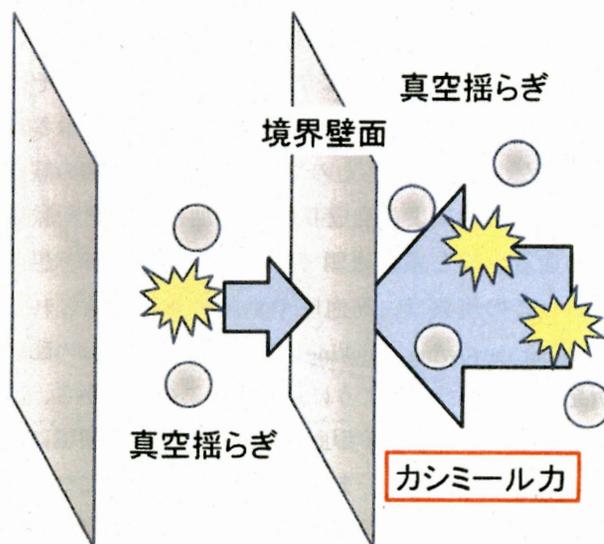


図1 カシミール効果

[結果と今後の展望]

本研究では、超電導回路を用いた固体素子上において、量子力学的に振る舞う仮想的な境界壁を持つ系を提案した。今後は更に、この方法を用いた量子力学的真空境界が引き起こす効果について研究を進めたい。

[引用文献]

- 1) H. B. G. Casimir, *Proc. K. Ned. Akad. Wet.* 51 (1948) 793.
- 2) S. K. Lamoreaux, *Phys. Rev. Lett.* 78 (1997) 5.
- 3) G. T. Moore, *J. Math. Phys.* 11 (1970) 2679.
- 4) T. Fujii, S. Matsuo, N. Hatakenaka, S. Kurihara, and A. Zeilinger, *Phys. Rev. B* 84 (2011) 174521.