

アルファ振動子の時間依存くりこみとその QED への応用：ファインマンが指摘した量子力学のミステリーの解消

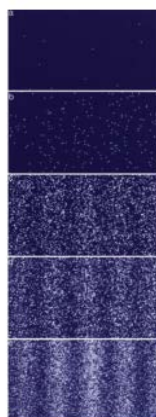
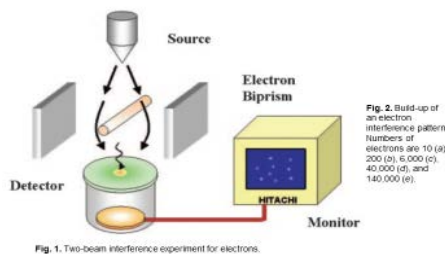
(京大院工) 立花 明知

Time-dependent renormalization of alpha-oscillators for QED: to resolve the mystery of quantum mechanics claimed by Feynman

(Kyoto Univ.) Akitomo TACHIBANA

【序】電子スピントルクの本質を QED に基づいて理論的に明らかにすることにより、化学結合を始めとする既知の化学現象を統一的に理論的に理解し、さらに進んで新しい化学現象を予言することができます[1-5]。本年度は昨年度報告したアルファ振動子理論を QED に応用し、ファインマンが彼の有名な教科書で指摘した二重スリット現象における量子力学のミステリーが解消されることを示します[6]。アルファ振動子を無限に重ね合わせて粒子描像(QED における光子, 電子, 陽電子)を表現できます。『非』保存系である QED 系に対してアルファ振動子の繰り込み定数は時々刻々 q -数として表現されます。超対称性を付与した超アルファ振動子代数は重力子を与えます。アルファ振動子は、宇宙の質量とエネルギーの約 70% を占め宇宙の加速膨張の原因とされるダークエネルギーの自然な候補を与えます。

【理論】まずは図 1 をご覧ください。(株) 日立製作所基礎研究所の外村 彰 (敬称略; 以下同様) に



よって行われた実験です。2002 年に IOP 英国物理学会の会員誌である Physics World 誌の読者による投票で、「最も美しい実験」に選ばれた量子力学の「二重スリット実験 : Double slit experiment」です。この図は 2005 年に ProNAS に掲載された外村の論文からコピーしました。実験自体は 1989 年に行われました。

図 1 外村実験 A. Tonomura, "Direct observation of thitherto unobservable quantum phenomena by using electrons," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 14952 (2005)

検出器に到達した電子が 10 個 (a)、200 個 (b)、6,000 個 (c)、40,000 個 (d)、140,000 個 (e) の時点で検出器と反応した電子のスポットの集積データを見ると、個数が少ないと離散的にランダムなスポットが観察されるだけですが、個数が多くなるにつれて徐々に量子力学の波動関数が予言するとされる二重スリット現象の確率分布が現れてきます。

この実験では電子をいきなり多数放出させても、同様な結果が得られます。すなわち、検出器には到達した電子によるスポットで、やはり同じような濃淡の縞模様の像が描かれます。この縞模様は波の干渉縞と似ており、電子は粒子ながら波動性をも示すとされています。

ただし、これらが波の干渉縞と寸分たがわぬ像であるかどうかはまだだれも確かめたことがありません。二重スリット現象の基礎的動力学過程、すなわち、電子や光子一粒ずつが検出器のどこにたどり着くかを量子力学により時々刻々予言することはできません。その意味するところとしては、量子力学の創始者のひとりであるボーアが主唱するコペンハーゲン解釈がひろく受け入れられています。

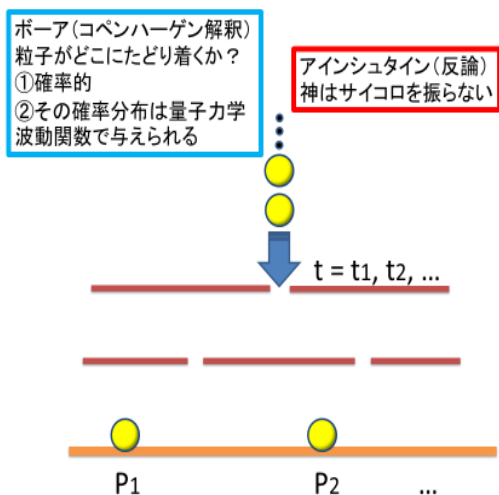


図2 ファインマン曰く『量子力学のミステリー』

私は最近、うえに示すように予知不能な『量子力学のミステリー (ファインマン曰く)』として知られる二重スリット現象は QED により時々刻々予言できる、そのカギは双対コーシー問題を解くことにあり、そのアルゴリズムがアルファ振動子理論により与えられることを発見しました。

図3に示すように、本研究の特徴、従来研究との相違等をまとめると以下ようになります。

- ・素粒子代数の数学的下部構造を与えるアルファ振動子理論を発見し、それを相対論的場の量子論のひとつである QED に応用し、QED の漸近場によらない定式化を与えた。

- ・相対論的場の量子論を採用することで量子力学ではありえなかった双対コーシー問題を解く(場と波動関数の時間発展を同時に解く)ことにより、『量子力学のミステリー』を解消した。

- ・その結果、『量子力学では予知不能とされてきた二重スリット現象は時々刻々予言できる』ことを証明した。

詳細を当日発表します。

参考文献

- [1] A. Tachibana, "General relativistic symmetry of electron spin torque," Journal of Mathematical Chemistry **50**, 669-688 (2012).
- [2] A. Tachibana, "Electronic Stress with Spin Vorticity," In Concepts and Methods in Modern Theoretical Chemistry: Electronic Structure and Reactivity, Ghosh S K & Chattaraj P K, Eds., (Taylor & Francis / CRC Press, New York, U.S.A.) 2013, Chapter 12, pp. 235-251.
- [3] A. Tachibana, "Stress Tensor of Electron as Energy Density with Spin Vorticity," J. Comput. Chem. Jpn., **13**, 18-31 (2014).
- [4] A. Tachibana, "Electronic stress tensor of chemical bond," Indian Journal of Chemistry A **53**, 1031-1035 (2014).
- [5] A. Tachibana, "General relativistic symmetry of electron spin vorticity," Journal of Mathematical Chemistry **53**, 1943-1965 (2015).
- [6] A. Tachibana, "Time-dependent renormalization of alpha-oscillators for QED," Journal of Mathematical Chemistry **54**, 661-681 (2016) ; to be published.

コペンハーゲン解釈によれば、量子力学の波動関数は確率的な現象の記述に使われる、ということになります。それに対してエヴェレットによる多世界解釈もありますが、いずれも解釈問題であり、量子力学による現象の記述の不可解さは現代においても残された課題であり続けています。

図2に示すように、アインシュタインは『神はサイコロを振らない』と主張し、うえに紹介したような量子力学の基礎的動力学過程にひそむ不完全さを指摘しました。ファインマンは彼の有名な量子力学の教科書で、これを『量子力学のミステリー』と表現しました。

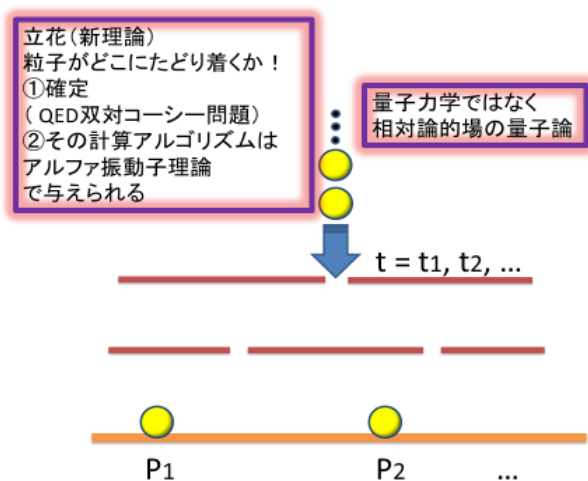


図3 二重スリット現象の量子力学ミステリーは解消