電子情報工学科

使うのは数学のみ。
光子などがランダムに動く
「量子ウォーク」のスペクトルを解析。

【研究テーマ】量子ウォークのスペクトル解析

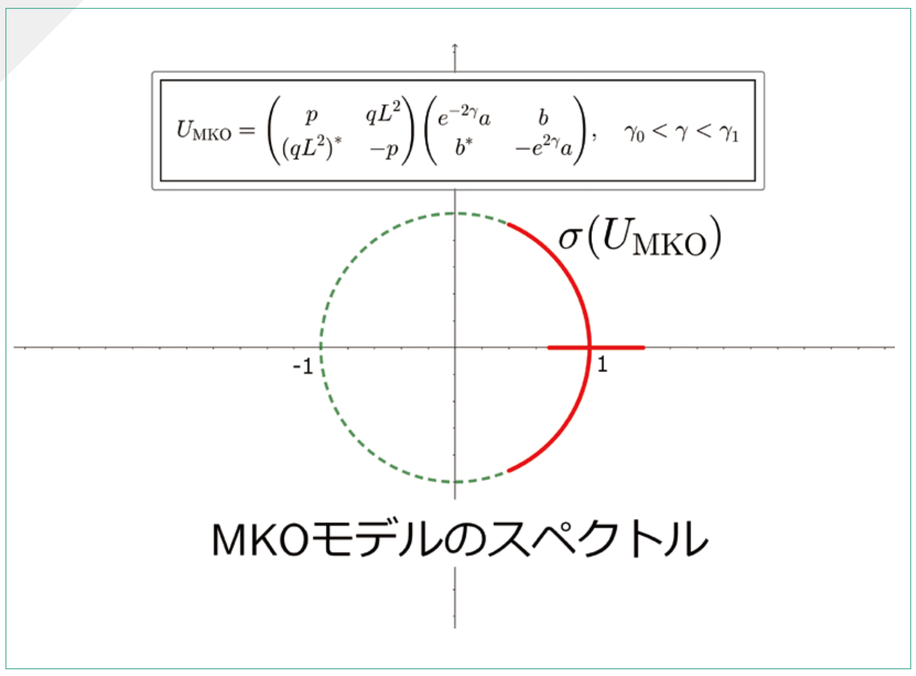
【キーワード】量子ウォーク

研究

コンピュータには不可能な
無限次元空間上の
作用素の解析に紙とペンで挑み
永遠に使える理論の構築へ。

量子コンピュータなどにも応用できる数理モデル

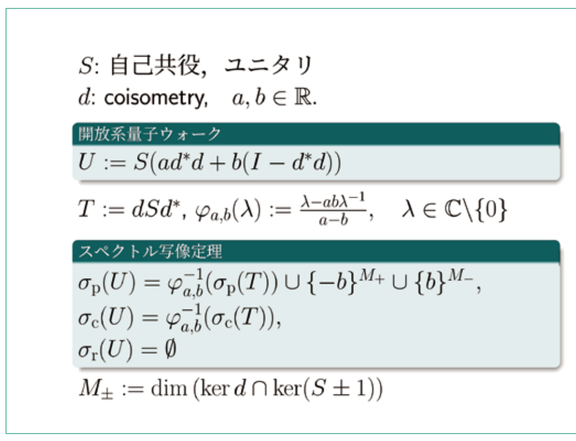
花粉がランダムに動くように、光子などの粒子がランダムに動く描像を「量子ウォーク」といいます。これは、例えばレーザーをさまざまなデバイスに透過させることで物理的に実装できるもので、量子コンピュータに必要な量子探索アルゴリズム、中身は絶縁体なのに表面にのみ電流が流れるトポロジカル絶縁体などに応用が可能な数理モデルです。私は、量子ウォークの持つエネルギーのようなもの(スペクトル)を解析し、「光子が十分ランダムに動いた後、どこにどのように留まるか」「ランダムに動いた光子の存在確率の計算」のほか、これらを解析する上で使われる「一般論の構築」などの研究を行っています。



MKOモデルのスペクトル

正確性と応用の広さは数学の強みであり魅力

私の研究では、数学のみを使って、無限次元空間上の線形作用素の解析を行います。無限次元なため、コンピュータによる計算は不可能で、紙とペンだけで考えに考えて、計算や理論構築を進めます。また、何かを計算する上でその計算対象が存在しなければ、計算が完了したところで何の意味も持ちません。そのため数学では、値などの計算をする前に、その計算対象が確かに存在することの証明を行います。このような厳密で細かい議論から、数学を手法とした研究は論理的な確かさが高いといえるのです。研究で得られた具体的な計算結果は、シミュレーションによって得られた結果と答え合わせができることも数学の研究の面白さです。シミュレーションと結果が一致していれば、そのシミュレーションは論理的にも正しいと保障できます。シミュレーションと結果が異なる場合は、そもそも前提が異なる場合が多いため、新たなシミュレーションの提案につながります。すなわち、数学の研究によって、物理学の研究が前進するということを意味しています。


S: 自己共役，ユニタリ
d: coisometry，　$a, b \in \mathbb{R}$.

開放系量子ウォーク

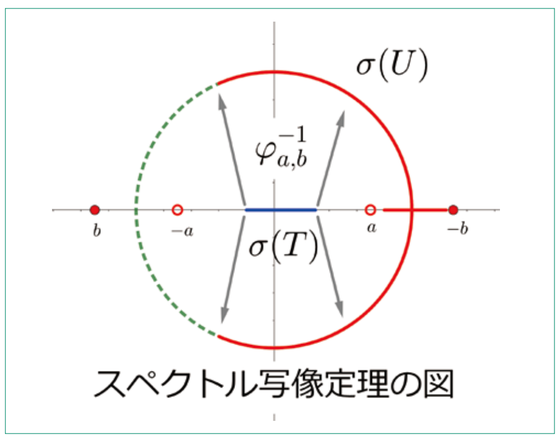
$U := S(ad^*d + b(I - d^*d))$

$T := dSd^*$, $\varphi_{a,b}(\lambda) := \frac{\lambda - ab\lambda^{-1}}{a-b}$,　$\lambda \in \mathbb{C}\backslash\{0\}$

スペクトル写像定理

$\sigma_{\mathrm{p}}(U) = \varphi_{a,b}^{-1}(\sigma_{\mathrm{p}}(T)) \cup \{-b\}^{M_+} \cup \{b\}^{M_-}$,
$\sigma_{\mathrm{c}}(U) = \varphi_{a,b}^{-1}(\sigma_{\mathrm{c}}(T))$,
$\sigma_{\mathrm{r}}(U) = \emptyset$

$M_\pm := \dim(\ker d \cap \ker(S \pm 1))$

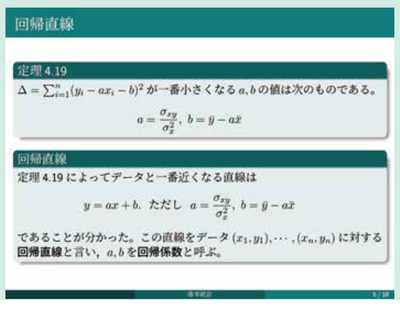


スペクトル写像定理の図

授業

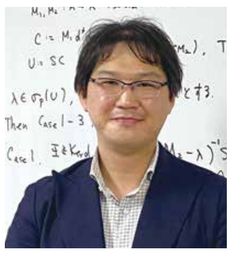
確率統計

さまざまな確率や統計量の
求め方を身につけます。



計算方法を覚えるだけでなく「考え方」の理解を

確率の計算方法、平均値や分散などの統計量の求め方を習う工学部1年次対象の授業です。高校ではサイコロやコイン、くじなどの離散的な確率変数を主に扱いましたが、この授業では離散型のほかに、時間や面積などを題材とした連続的な確率変数も扱います。離散的な確率変数に対する平均値などの計算は足し算で行いますが、連続的な場合の計算は積分によって行われます。つまり、確率論は微分積分学の応用例の一つといえます。さまざまな確率や統計量の計算を身につけるほか、他の数学とのつながりや期待値計算などの実生活への活用なども視野に入れてほしいと思います。授業内容に関する具体的な例は分かりやすさを重視し、サイコロや100m走のタイムなど身近なものを取り上げて説明します。



工学部電子情報工学科
准教授
ふなかわ　だいじゅ
船川 大樹

数学の研究は、論理的に間違いがない上、一般論はさまざまな状況に応用できるのが強み。私は量子ウォークに関する一般論も構築していますが、これは量子ウォーク以外の題材に応用されることもあります。正確性と応用の広さから、数学の論文の寿命は永遠です。自分で「考える」数学を通して、考えることの楽しさや重要性を伝えたいと思います。

〈専門分野〉
数学(関数解析学)

〈主な担当科目〉
コンピュータ科学、
確率統計、数理統計学、
微分積分学Ⅰ、数学演習