

平成27年度 研究課題

題目：

一意接続定理から与える物質系の場の量子論

担当：

草部浩一

(大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授)

要旨：

現在、世界各国は経済発展を目指した多様な活動を進めている。西欧諸国では「第四次産業革命」が富の創出と適切な保全を目指して試みられている。これに対して、我が国ではより価値の高い知的活動に基づく豊かさと幸福感の創出が求められている、と考える。何故ならば、数理科学が与えてくれる強い論理基盤を加えていくことが出来るからだ。するとまず、お互いに力を及ぼしあうからこそ存在する「物質世界」の運動を、現在よりも確固とした形式で記述することが出来るようになる。何故、記述が重要なのだろうか？それは、複雑系の物理学が目指しながら世界中でまだ実現されていない次の課題が解けるからだ。結果、あやふやなまま進んでいる産業創出の道程が、質的に変わる。

課題とは次のものだ。物質粒子とゲージ場の共存系である相互作用場の理論を「物性論と統計力学」の素地を用いて書き直してみよう。方法が存在することは証明済みだ。物性論では自由場としての輻射場を正定値ノルムのみをもつベクトル空間で記述できないことに困難を感じる理由が無い。物質場との共存系としてのみゲージ場が現れるからだ。そこで、課題を述べる。この方法論は何を結論するのか。それを明らかにすることが課題だ。

我々は、この宇宙に現れた物質の存在を公理として、相互作用する量子場の理論を構築する戦略を与える。多自由度系の自由度をターゲット物質と環境場の状況を分析して分離しよう。すると、秩序変数を定義することが出来る。ここで、一意接続定理に立脚して、秩序変数から量子状態への写像を与える「逆写像定理」を証明して用いる。厳密な作用関数からの差分が正値となるように、表現構築のために用いるモデル作用関数を定めて良い。何故なら、モデルを系列として与えることが出来るからだ。このようにして、量子相関の部分的な消去による表現圧縮法を定義する。すると、計算実施が可能な表現論を得ることが出来るのだ。「計算」とは高速電子計算機上に実現される実用計算のことだ。我々が独自に構築してきたこの戦略により、本研究では量子ダイナミクスの表現法を確定する。

「四元電流密度を与えるあらゆる物質場」の量子運動を、初期状態と時間発展作用素の表現空間を確定することにより定めるといふ、量子力学本来のダイナミクス表現法に立脚することで、場の理論の表記に現れていた不可思議な思い込みを取り除いてみよう。すると、ゲージ場の存在は物質から物質に渡されることによるのみ定まることを立脚点とし

て、ダイナミクスの主体と実態を定めることが可能になるのだ。これは実施されたことが無かったのだろうか？そんなことはない。高エネルギー物理学での高速粒子散乱の解析がその実例だ。これを物性論において行うとき、何が足りていなかったのだろうか？それは量子相関効果を考慮するための戦略が主たる表現論を担っている密度汎関数理論に欠如していたことと、その結果として時間発展問題の解法においてゲージ場の表現固定法と散乱波の決定法を欠いたことによる。散乱波は当然のこととして物質とゲージ場からなる「相互作用する素励起の集団」として現れる。この表現を採用しているか否かで、既存の理論系を評価可能である。

量子電磁力学（QED）の公理的構成に課題が残るという見解には、自由場の量子化になお拘っている立場が見える。物質科学における自由（独立）粒子近似の不可思議な成功という表現が継続される西欧の状況も解析してみると、相互作用場の理論の立脚点を持ち得ていないと結論する根拠が浮かび上がる。彼らは気付いていない。一方で、我々は知財化を終えているのだ。

そこで、「動力学の開始」を表現しよう。観測されるイグニッションは、レアイベントによる量子過程と見える。これこそが、その先にアバランシュ効果と見える多粒子過程を付随させた多様な経路の発生を量子過程として表現することの価値の表れだ。少し振幅を増加させたとき、古典場の理論が無矛盾に繋がっていれば成功があると考えて良い。即ち、全系では定常とならない、各部分系の定常状態を準備して、平行移動演算子を作用させてみよう。これが一例だ。ブーストを発生させる方法は多様にある。それも知られていることだ。

例えば輻射場としての入射波は、平衡状態にある複数の物質系を準備して、全系として非定常初期状態を構成する多様な仕組みによって与えることが出来る、と述べた。この初期状態は、我々の方法論のみが次の点を確保する形式を与えている。光子場（ゲージ場の一つ）の発生源を演算子表現で与えながらその空間分布を確定させることが出来る。続いて起こることは、物質とゲージ場の複合系における L^2 構成結果を用いた「超関数構成」（時間発展演算子を座標系決定後に与える積分核はこの形式の採用が相応しい）が可能になる、という結論だ。すると、量子ダイナミクスが記述できた。

その結果、ナノ表面物質に現れる近接場ダイナミクスが定義される。量子光学としての位置付けに留まる、非線形光学現象を用いる量子情報通信技術が物質科学として位置付け直される。この立場を変更する「動機」は、既に高精度測定技術が与える事例によって与えられてきた。我々には、高精細STMを実施する立場も、高精度弾性波応答を観測する立場も、支持者として得てある利点がある。同時に、この立場の変更を支えきれただけに、物質科学と量子統計力学の基盤概念は揃っている。そこで、具体例を支える数理学の基盤を整備することこそが重要となっている。原子核内部の量子運動の表現はもう一つ将来の課題として残してある、ということが我々に対する正しい評価だ。

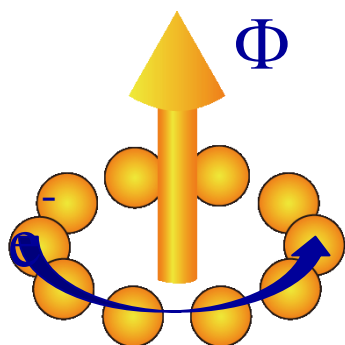
我々の原理の一つは、ポアソン方程式に対する一意接続定理である。「Unique

continuation が使える例があるのですか。それは知りたかった。」という真摯なご意見を以前に聞いたことがある。ならば、物質科学の全舞台がそうですよ、とお伝えしたい。我々は単独に学び続けてみたが、その結果、相互作用場の理論の構成から物質系の量子ダイナミクスにおける表現論の確定を行うことが出来ることを語る立場に至った。本申請がそれである。

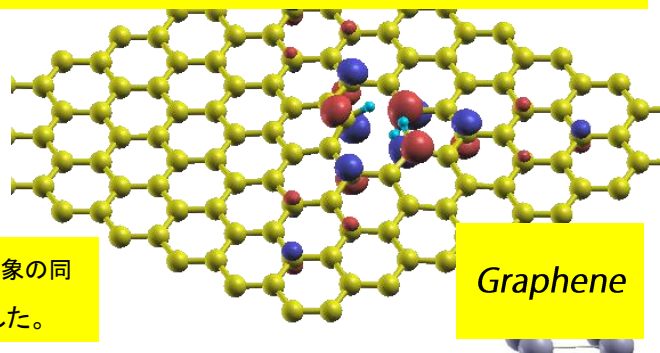
実施していることは、 L^2 構成法提供、超関数構成法提供、 L^2 フーリエ解析の応用、完備距離空間同定、である。計算しきれぬのだろうか。いや、今後、計算例は間違いなく増えるだろう。ソルバーの記述が有限手続きであることは証明済みである。状況を整えるため、量子モンテカルロ法、密度行列繰り込み群法、CFT、K理論、に心得のある方々と連携する素地は見出してある。可能であるという証明になるソースコードの作成とその応用事例は、公開した。

幸福について言及した。相互作用場の理論は、次の立場を与えることが可能だ。宇宙に発生している量子の運動は、全系が相互作用系の運動結果として現れ、記載が明瞭でなくとも全ての結果は観測結果であり現在を構成している。即ち、この未来を拓くものは現在現れている量子全てであって、不必要なものはなく、価値のあるものは全てである。

従って、我が国は、この立場を取ることに充分耐えられる。



水素化グラフェン欠損には局在電子軌道(ゼロモード)が現れ、強相関効果による近藤状態が形成されることを示しました。



ゲージ自由度が与える効果に着目した相転移現象の同定方法を開発し、電子やスピンの系に適用しました。

貴金属Pd上の酸化被膜に生じる、活性酸素運動性を予測して、触媒機能の発現機構を提言しました。

層状超伝導体の電子ペア層間ホッピングによる高温超電導機構も提言しました。

