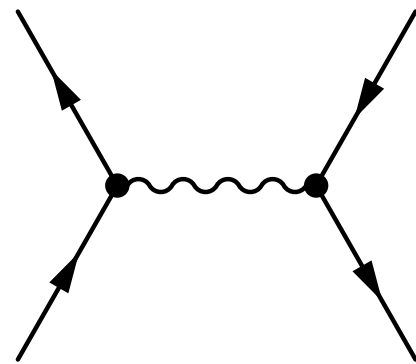


「素粒子理論（現象論）をやるのに何を勉強したらいいですか？」
と聞かれることがあるので、スライドを作ってみました。（学部生向け）

「素粒子理論（現象論）をやるのに何を勉強したらいいですか？」
と聞かれることがあるので、スライドを作ってみました。（学部生向け）

何はともあれ素粒子の関わる反応を計算できるようにならないといけない

（例）



$$= i[\bar{v}(p_2)\gamma^\mu u(p_1)]\frac{1}{q^2}[\bar{u}(p_3)\gamma_\mu v(p_4)]$$

そのためには「場の量子論」を勉強する必要がある

いきなり場の量子論について考えるのは大変

いきなり場の量子論について考えるのは大変

いったん「力学」について振り返り

「力学を学ぶのに必要なことはなんですか？」

という問いに答えてみることにする

いきなり場の量子論について考えるのは大変
いったん「力学」について振り返り
「力学を学ぶのに必要なことはなんですか？」
という問いに答えてみることにする

- ・「力学」を使えば次のような現象が理解できるのだった

現象

- ・ 質点の運動
 - ・ 振り子の振動
 - ・ 斜面を転がる球
 - ・ 小球の衝突と散乱
 - ・ 惑星の運動
- などなど

いきなり場の量子論について考えるのは大変
いったん「力学」について振り返り
「力学を学ぶのに必要なことはなんですか？」
という問いに答えてみることにする

- ・「力学」を使えば次のような現象が理解できるのだった
- ・そのとき次の物理量や法則があるのであった

現象

- ・質点の運動
 - ・振り子の振動
 - ・斜面を転がる球
 - ・小球の衝突と散乱
 - ・惑星の運動
- などなど

物理量

速度，加速度，力，運動量，
エネルギー，角運動量，…

法則

- ・運動方程式
 - ・運動量保存則
 - ・エネルギー保存則
 - ・角運動量保存則
- …

いきなり場の量子論について考えるのは大変
いったん「力学」について振り返り
「力学を学ぶのに必要なことはなんですか？」
という問いに答えてみることにする

- ・「力学」を使えば次のような現象が理解できるのだった
- ・そのとき次の物理量や法則があるのであった
- ・これらの計算に必要な道具は数学であった

現象

- ・質点の運動
- ・振り子の振動
- ・斜面を転がる球
- ・小球の衝突と散乱
- ・惑星の運動
- などなど

物理量

速度，加速度，力，運動量，
エネルギー，角運動量，…

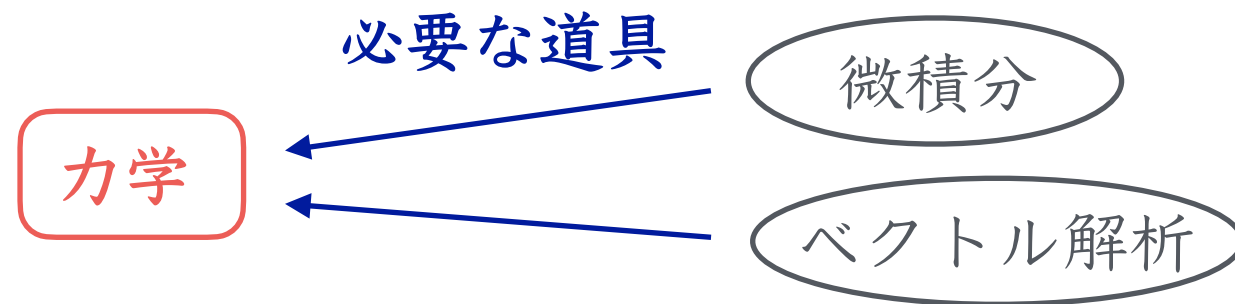
法則

- ・運動方程式
- ・運動量保存則
- ・エネルギー保存則
- ・角運動量保存則
- …

必要な道具

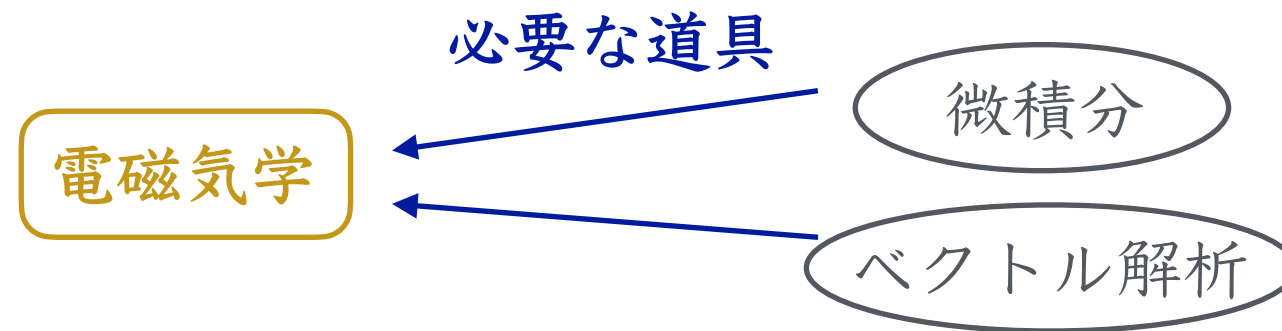
微積分
ベクトル解析

ということで「力学を勉強するのに何が必要ですか？」という問いに対する答えは数学（微積分とベクトル解析）ということになる



もちろん微積分とベクトル解析だけを勉強しても力学を学んだことにはならないが、微積分とベクトル解析は必要である

同じことを「電磁気学」に対して考えてみても同じような結果になる



力学と同じように、微積分とベクトル解析だけを勉強しても電磁気を学んだことにはならない。電場とか磁場とかMaxwell方程式などを学んだり、基本的な電磁気現象を学ぶ必要がある。微積分とベクトル解析はそのための道具。

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



(注意⚠) 力学や電磁気学と同様，場の量子論を勉強しただけでは素粒子論を勉強したことにはならない。あくまで素粒子の振る舞いを理解するための道具である。素粒子のことは別に勉強が必要。

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



「場の量子論」を学ぶには最低限「特殊相対論」と「量子力学」が必要

(素粒子論で必要な場の理論の場合)

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

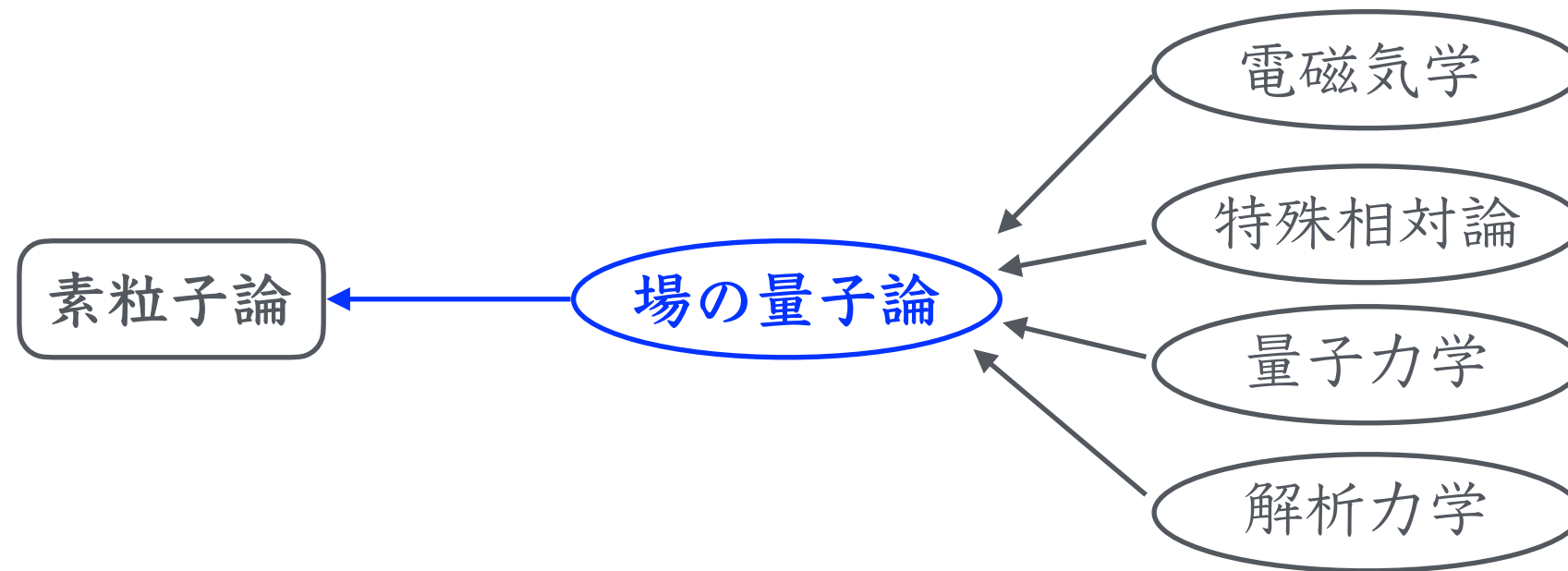
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



相互作用を理解するためにゲージ対称性が必要なので，その雛形である「電磁気学」のゲージ対称性も必要であろう

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

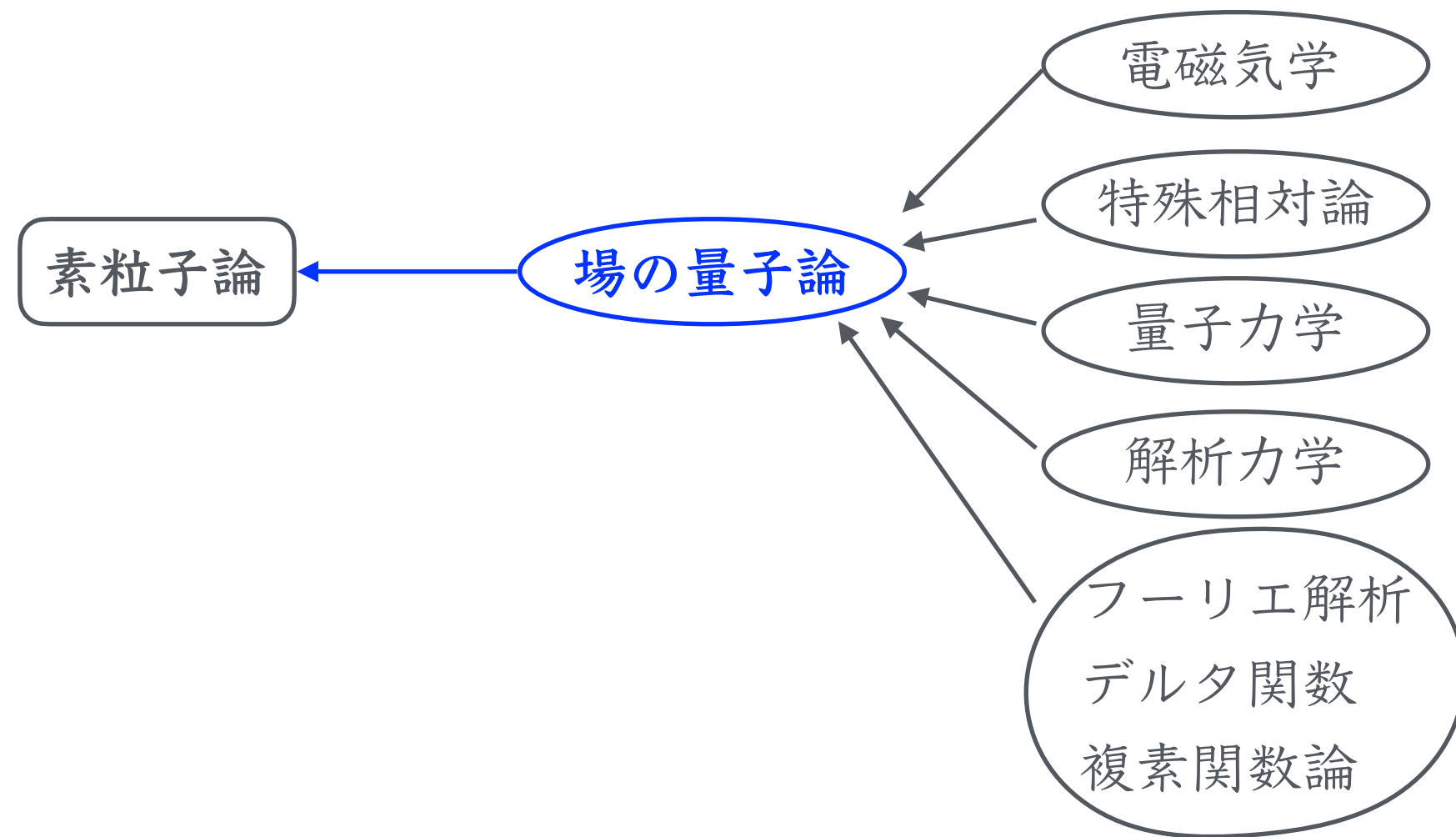
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



素粒子模型の記述にはラグランジアンを使うので「解析力学」も必要

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

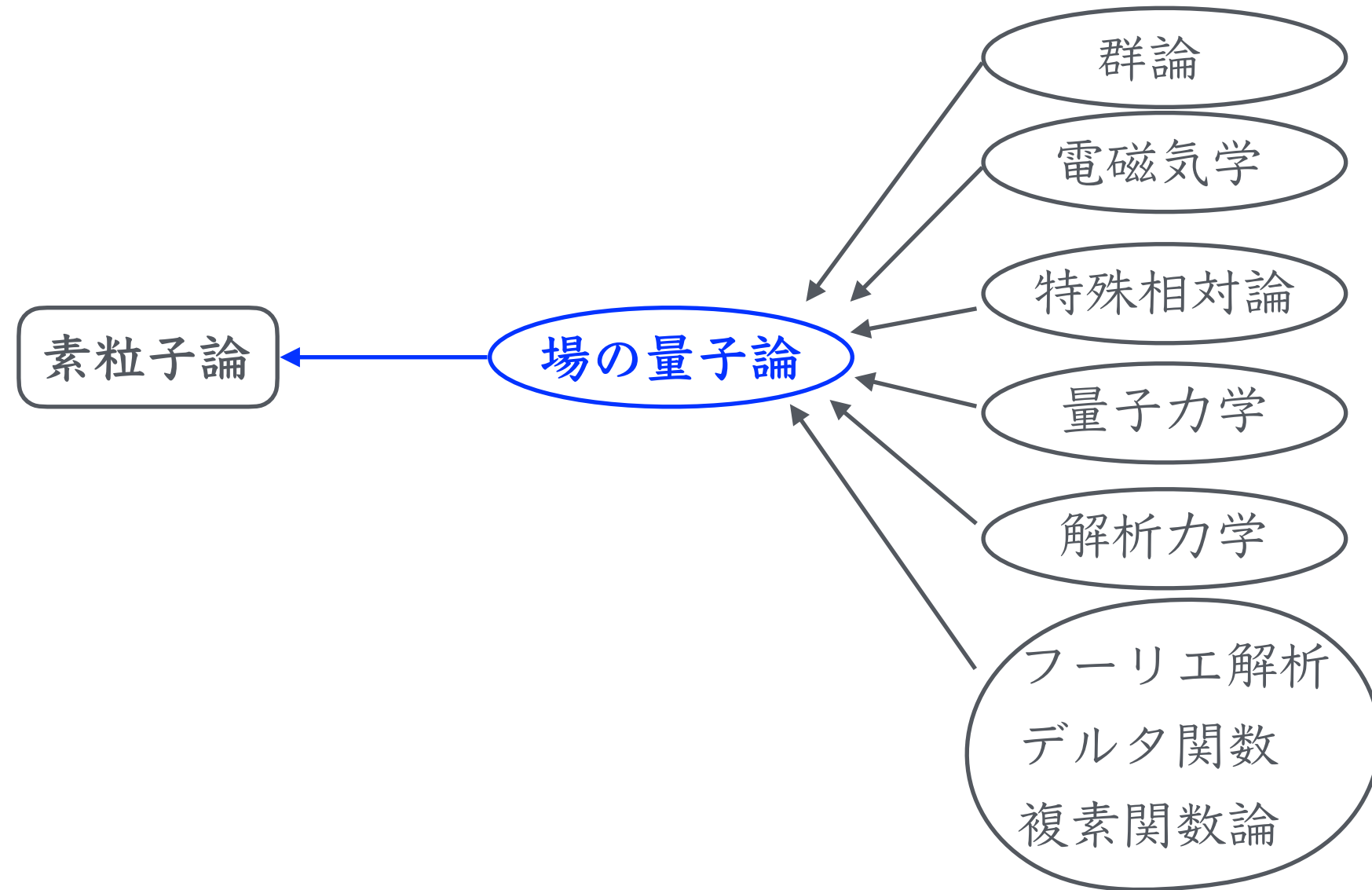
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



電磁気学や量子力学と同様，「フーリエ解析」「デルタ関数」「複素関数論」といった大学で習う数学も必要

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

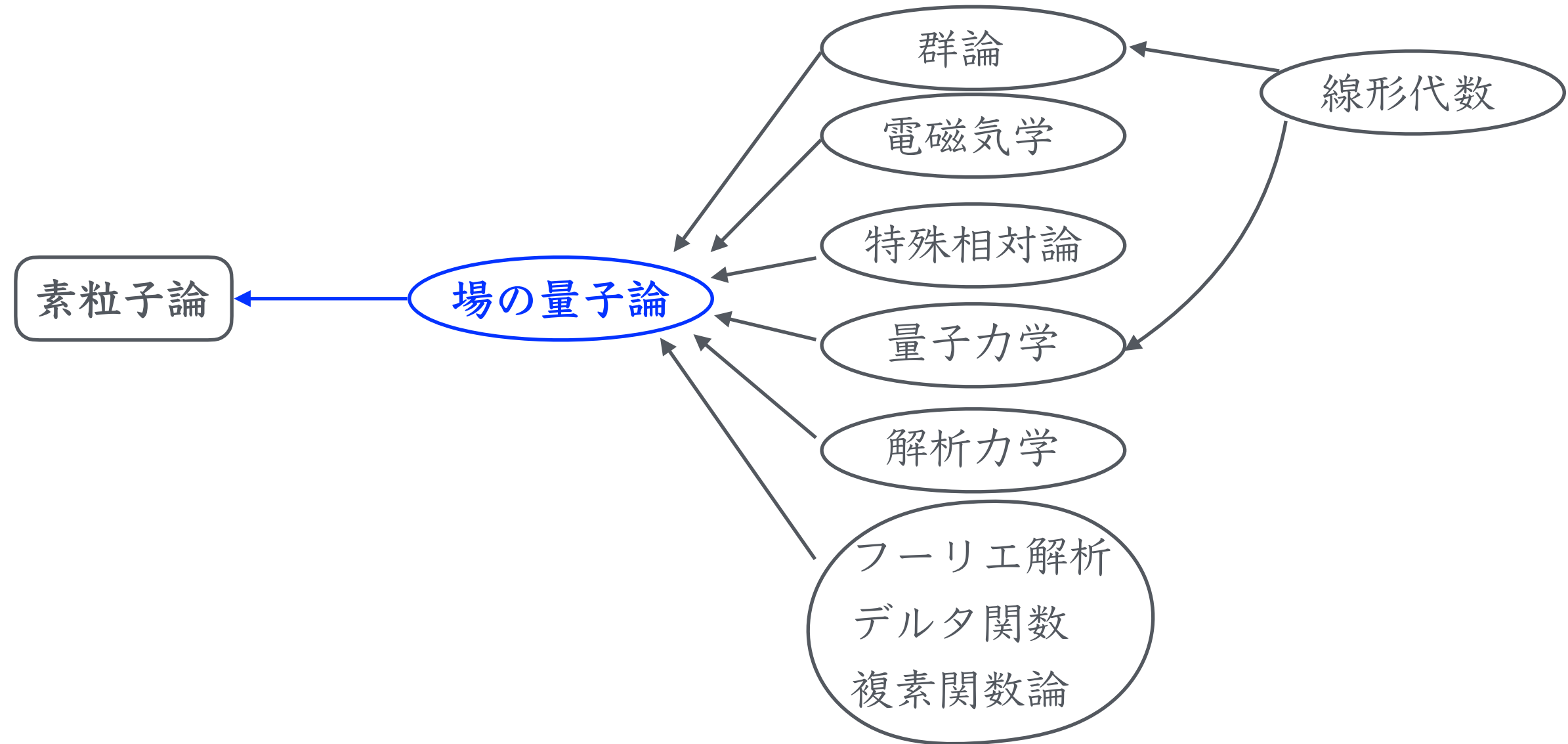
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



対称性を扱うには「群論」を使うのが標準的である

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

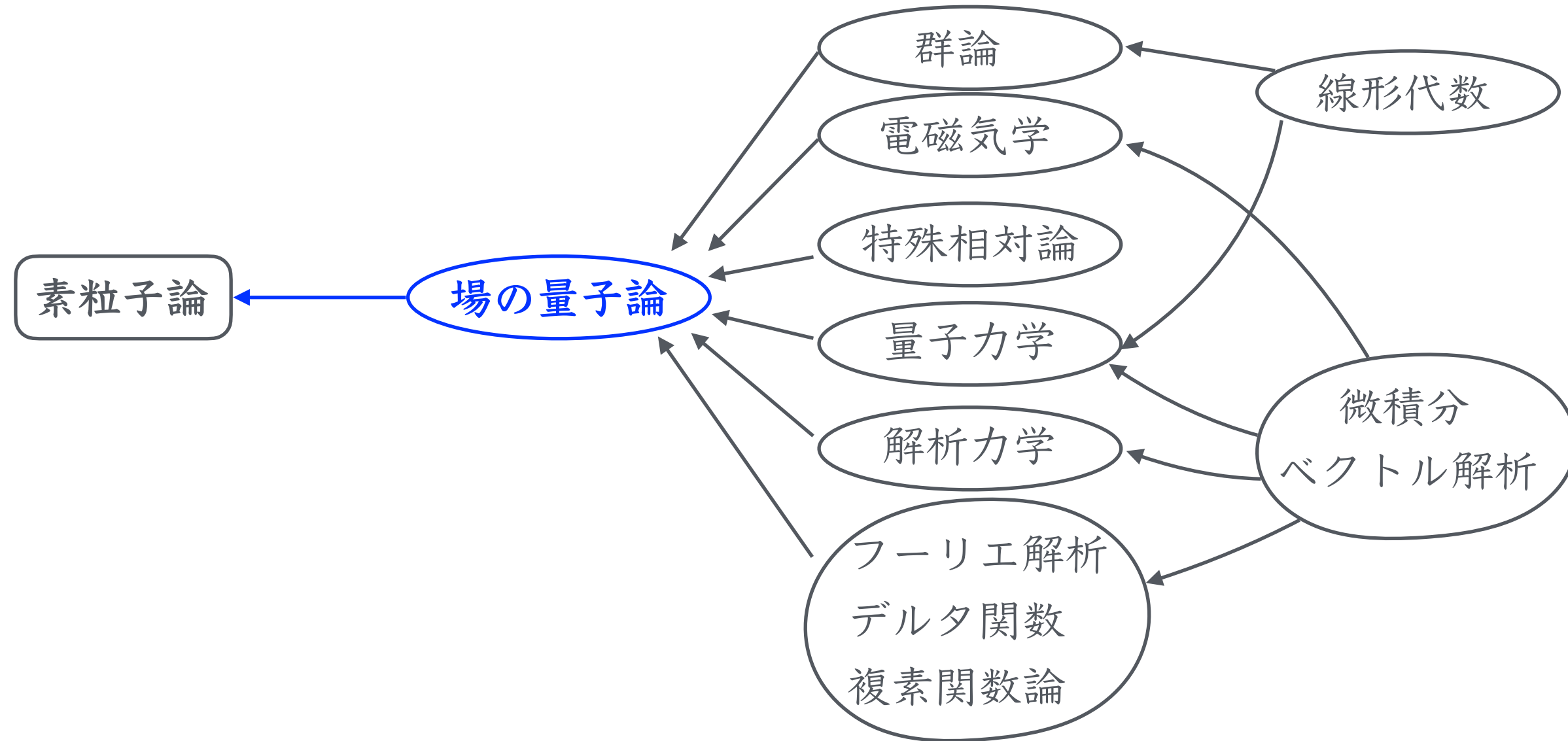
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



「量子力学」や「群論」には行列が登場するので「線形代数」も重要

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

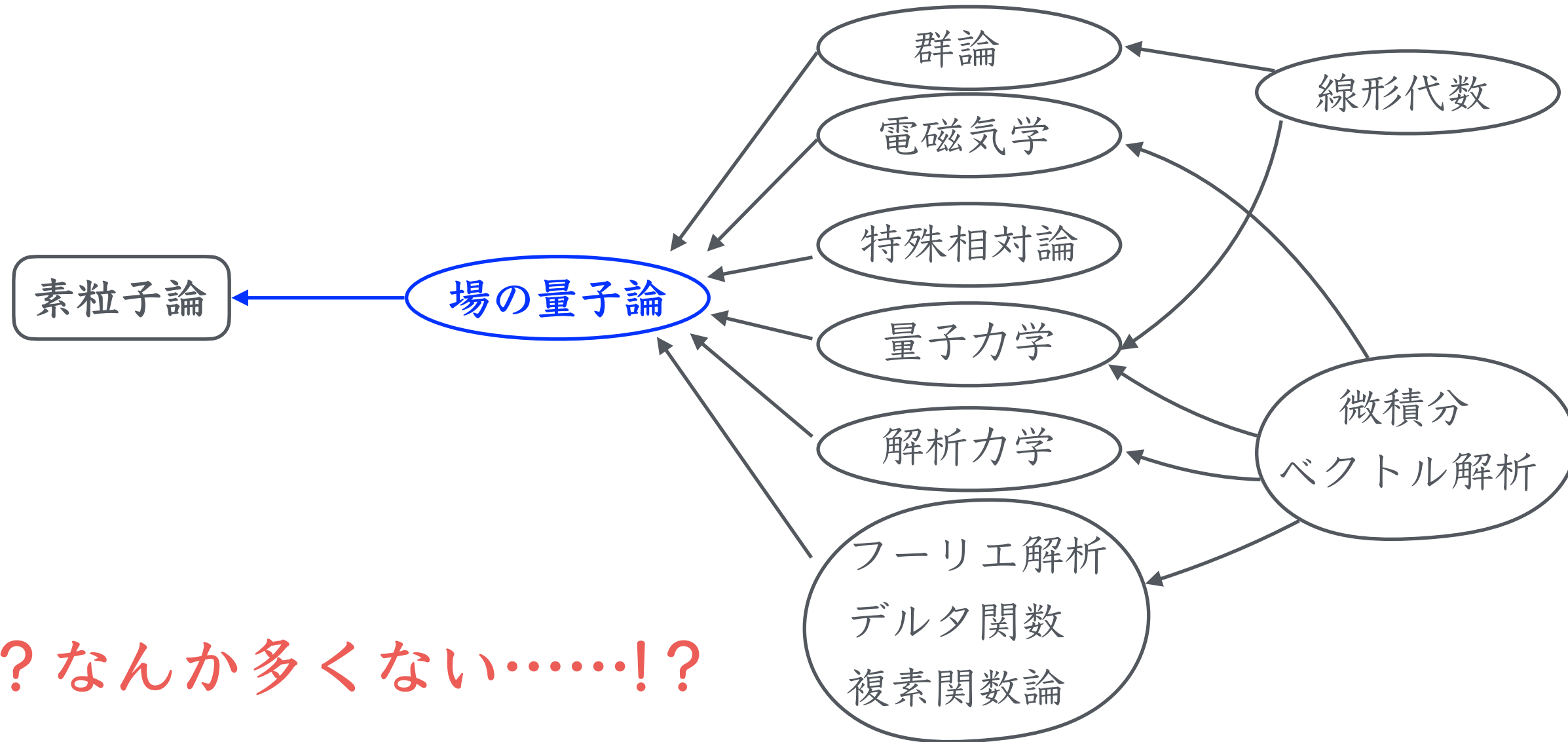
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



解析力学や電磁気学があることからわかるように，もちろん「微積分」や「ベクトル解析」も使う

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

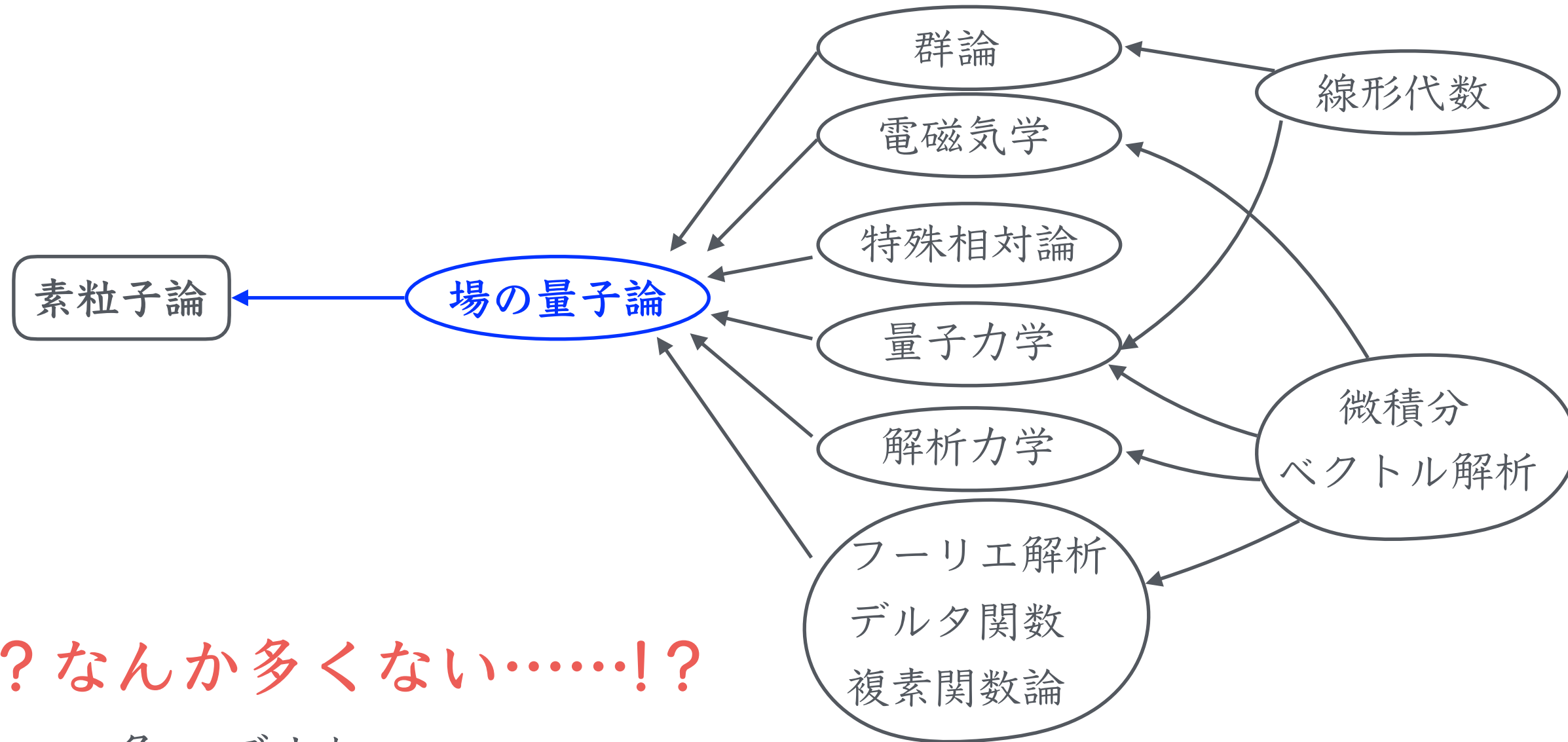
- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



…え？なんか多くない……!?

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

- ・最初に述べたように、素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要

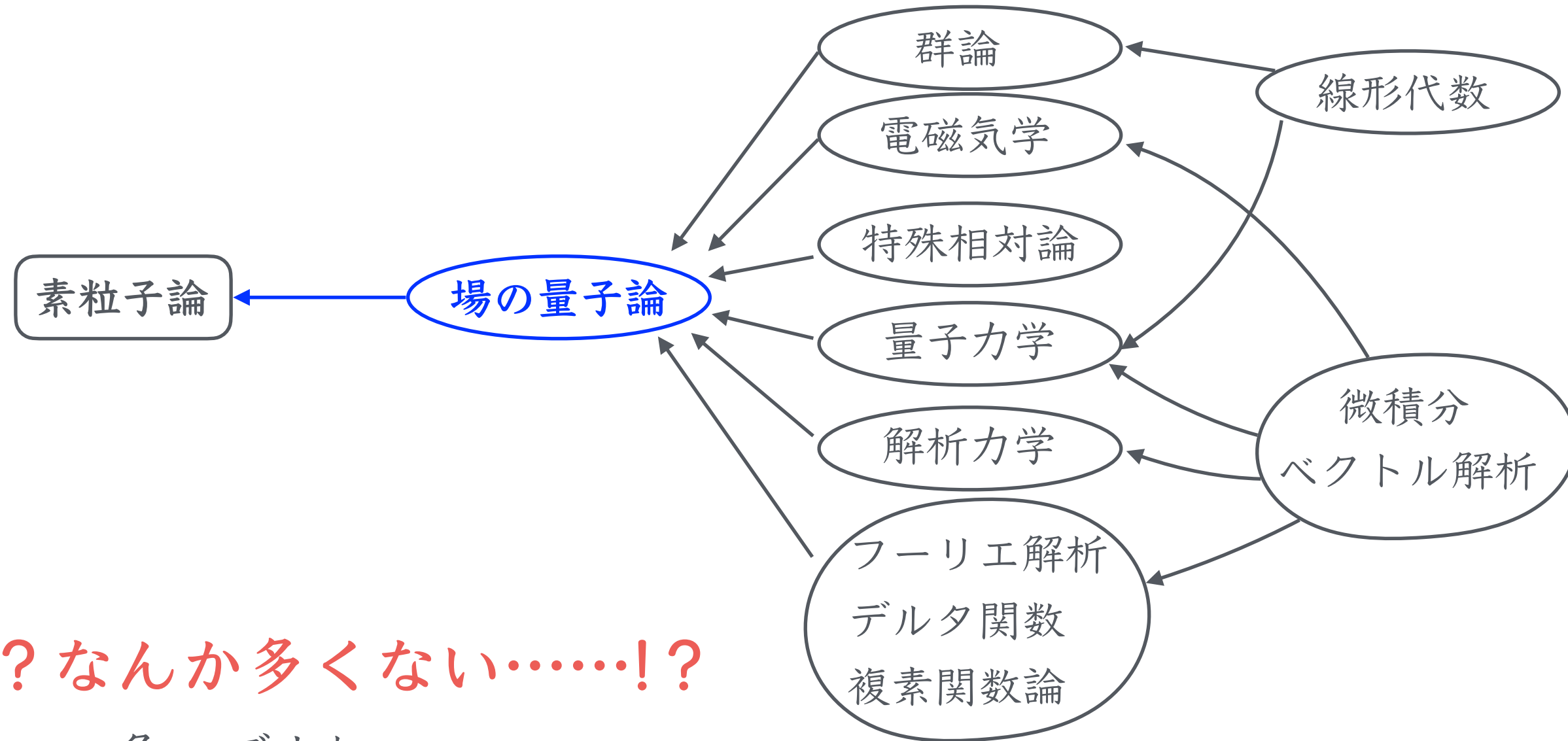


…え？なんか多くない……!?

多いですね。

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

- ・最初に述べたように、素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



…え？なんか多くない……!?

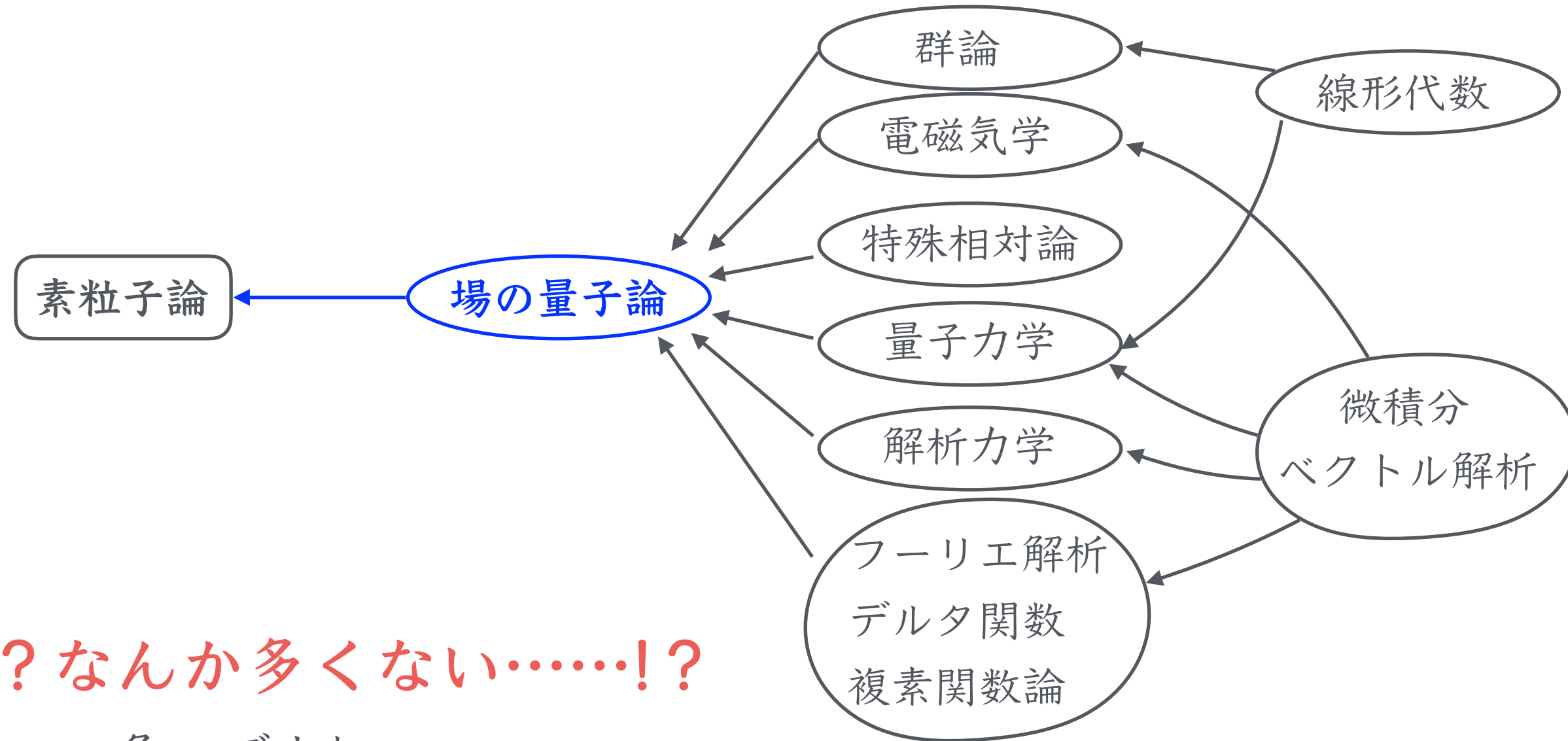
多いですね。

でも場の量子論に必要なことは4年生になるまでに習うことばかりです

(群論はうちの学科では講義はないけれど4年生のときに同級生とでも勉強すれば大丈夫)

さて同様にして素粒子論を学ぶのに必要なことを考えてみる

- ・最初に述べたように，素粒子の関わる反応の計算には「場の量子論」が必要



…え？なんか多くない……!?

多いですね。

でも場の量子論に必要なことは4年生になるまでに習うことばかりです

(群論はうちの学科では講義はないけれど4年生のときに同級生とでも勉強すれば大丈夫)

宇宙に関係すること（暗黒物質など）をやりたい場合は初期宇宙を理解するための基礎として
「一般相対論」と「統計力学」も必要です。

ということで冒頭の質問

「素粒子理論（現象論）をやるのに何を勉強したらいいですか？」

への回答は

「学部3年生までに習う科目全部」

となります

ということで冒頭の質問

「素粒子理論（現象論）をやるのに何を勉強したらいいですか？」

への回答は

「学部3年生までに習う科目全部」

となります

学部3年生までに習う科目は十分に学習しましょう

- ・ 難問を解けるようになることは必ずしも必要とは限りません
- ・ 基礎を確実に身につけて必要な時に使いこなせるようになってください
- ・ そのためには反復練習が有効です(スポーツや楽器の練習などと同じです)
- ・ 人に説明できるレベルまで理解するよう努めてください
- ・ 場の量子論を勉強し始めてからも必要に応じて復習しましょう