

26aRF-10 ホロノミック量子計算の提案：ダイマー鎖モデル

近大理工, 近大総合理^A 坂東将光, 太田幸宏^A, 近藤康, 中原幹夫

A proposal of holonomin quantum computers in a dimer-chain model

Kinki Univ., Masamitsu Bando, Yukihiro Ota, Yasushi Kondo, Mikio Nakahara

量子計算機を実現する上で、ノイズに対して安定で誤りの少ないユニタリー変換の実行方法を確立させることは重要である。本講演では、ホロノミック量子計算について発表する。物理系での実装を念頭においた提案をしたい。

KarimipourとMajdはスピン鎖モデルにおいて万能量子ゲートをホロノミーを利用して構成した[1]。スピン間相互作用はHeisenbergモデルである。彼らは等スペクトル族を選ぶことをパラメーター空間内での閉曲線を選ぶことに対応させて、ホロノミーを解析的に計算した。しかし、その計算方法には不明瞭な部分があり、また物理系への実装方法に関する考察も十分ではなかった。

本講演ではダイマー鎖モデルを用いたホロノミック量子計算の提案を行ないたい。まず、1論理量子ビットの構成を示す。Hamiltonianとして、液体状態NMR系において弱結合近似では自然な相互作用であるIsing的な相互作用を行なっている2スピンを用いる。1論理量子ビットを構成し、その論理量子ビットに作用する量子ゲートをホロノミーを用いて実現する。ハミルトニアンは

$$H_0 = -\omega\sigma_{1z} \otimes I_2 - \omega I_1 \otimes \sigma_{2z} + J\sigma_{1z} \otimes \sigma_{2z}$$

ここで $\omega = J$ と置くと、基底状態は3重に縮退することがわかる。1量子ビットはこの基底状態で張られるHilbert空間 \mathcal{H} の2次元部分空間 \mathcal{C} によって表現される。時刻 t でのHamiltonianは H_0 と等スペクトルであるように生成する。このとき、適切な条件を課せば、 \mathcal{C} の状態はその補空間 $\mathcal{H} \setminus \mathcal{C}$ へ発展しない[図1]。こうして、Isingモデルでも量子ビットを適切に表現できる。我々は、 \mathcal{C} におけるホロノミーを解析的に求めることにより、1量子ビットゲートを構成する。さらに、2量子ビットゲートの構成についても議論したい。2量子ビット制御演算はそれぞれ核スピン2個からなる量子ビット(ダイマー鎖)が互いに相互作用することから実現される。

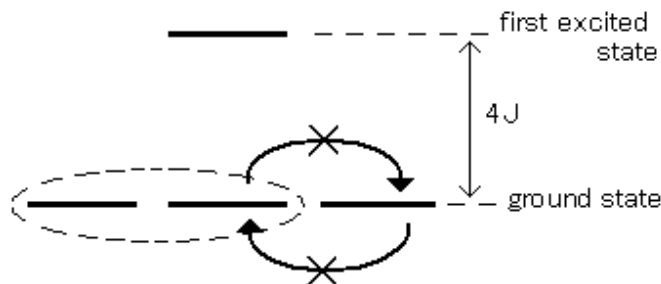


図1 エネルギースペクトルの構造

[1] V. Karimipour and N. Majd, Phys. Rev. A **72**, 052305 (2005).