

三重らせん対称性をもつスケラブルな電子スピンの量子ビット系の超分子化学的アプローチによる合成—1次元周期系スピン鎖Lloydモデルの構築—

スケラブルな量子ビット系の構築は、量子コンピューターの実現を目指すすべての量子ビット系が直面する共通の難題です。これを解決するアプローチとして、Seth Lloydはaddressableな莫大な数の量子ビットリソースを準備する代わりに、周期性をもつスピン量子ビット系の1次元鎖モデルを提案しました(S. Lloyd, *Science*, 261, 1569-1571 (1993); S. Lloyd, *Sci. Am.* 73, 140-145 (1995)).。本プロジェクトのサブテームグループ「スピン量子コンピューター」の北川らは、このLloydモデルを量子コンピューターに実装する量子回路を2005年に発表し、1次元鎖モデルである(ABC)nスピン系に対してはそれぞれのスピン量子ビットを操る16種類のパルス共鳴周波数を用意するだけで、計算時間がnの指数関数のオーダーでスピードアップすることを理論的に示しました(Y. Kawano, S. Yamashita, M. Kitagawa, *Phys. Rev. A* 72, 012301-13 (2005))。しかしながら、この有用なLloydモデルを検証するスピン量子ビット系が物質系(Matter Spin-Qubits)として具体的に提案されたこともなく、またどのような指針で構築すればよいのか、無論、物質系が合成されたことは、これまでありませんでした。

一方、分子の電子スピンを量子ビットとする実験な試みは、量子コンピューター／量子情報処理技術の研究分野では最も遅く登場しましたが、tailor-madeの設計技術を適用できる分子スピンの、上記の共通の課題を克服するアプローチとして注目され始めました。「スピン量子コンピューター」のサブテームグループ(大阪市大・院・理の工位ら、大阪大学・院・理の森田ら、同基礎工の北川)は、電子スピン量子ビット系のABCをaddressableに識別するには、A、B、Cに属する電子スピン量子ビッ

トのgテンソルが互いに異なるように設計することが不可欠であることをすでに示していました(g-tensor engineeringと命名)。今回、同サブテームグループは、三重らせん対称性を巧みに利用して超分子化学的に設計したmetallo-helicates(金属イオンを内包するヘリックス構造をもつオリゴイミダゾール錯体分子、図1参照)を初めて合成・単離し、金属イオンの電子スピン量子ビット間でg-tensor engineeringが実現していることを証明しました。

緑色で示す金属陽イオンは、電子スピン量子ビットをもつ開殻系でも、電子スピンのすべて打ち消しあった閉殻系でもよいだけでなく、溶液中でもこれらのhelicatesの右巻き・左巻きのらせん構造は解けることはない、極めて安定な大きな錯体分子であることも示しました。この安定な性質を使って、少量の開殻系helicate qubitを大量の閉殻系結晶格子中に自在に希釈することができるので、量子ビットのデコヒーレンス時間を延ばすことができます。

論文では、DNAバックボーンの利用にも言及して、高度な分子合成技術をもつ化学者や物質科学者にとって、量子コンピューターの研究領域が非在来型の思考では捉えきれない魅力ある、チャレンジングな物質開発の課題を提供していることを指摘しています。

この成果は、アメリカ化学誌、*J. Am. Chem. Soc.*, 132, 6944-6946 (2010)に掲載されました。

(Y. Morita, Y. Yakiyama, S. Nakazawa, T. Murata, T. Ise, D. Hashizume, D. Shiomi, K. Sato, M. Kitagawa, K. Nakasuji & T. Takui, "Triple - Stranded Metallo-Helicates Addressable as Lloyd's Electron Spin Qubits", *J. Am. Chem. Soc.*, 132, 6944 - 6946 (2010) : DOI : 10.1021/ja102030w)

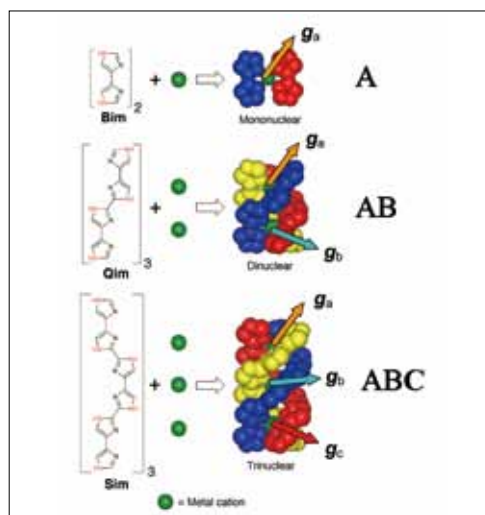


図1 オリゴイミダゾールを配位子(Bim, Qim, Sim)とする、三重らせん対称構造をもつ、Lloydモデルの電子スピン量子ビット版。3種のオリゴイミダゾールを左に示す。AB及びABCでは三重らせん対称性の起源によって、不對電子をもつ開殻系金属陽イオンのg-テンソルがすべて異なるだけでなく、らせんの巻く向き(chirality)によって、キララ量子ビットをもつ。