



図2 ウォークスルー映像の例

れた(図2)。この技術はスタジオや競技場などの広い空間に適用可能であり、幅広い応用が見込まれる。また、両眼視差を踏まえた映像合成によってステレオ立体視映像も容易に作成することができ、更にこれをウォークスルーと組み合わせることも可能である。

本技術により、今後視聴者に対して新しい映像体験を

提供する超臨場感映像サービスの実現が期待される。

(平成19年10月12日受付 平成19年10月25日最終受付)

[関連記事] 朝日新聞夕刊, 2007.8.14, 電波新聞, 2007.9.27.

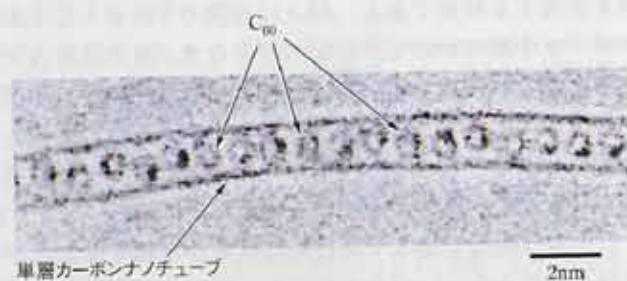
[取材協力] 石川彰夫 正員 (株)KDDI 研究所映像通信グループ (担当委員 西村公佐)

## カーボンナノピーポッド量子ドットへの 単一電子注入

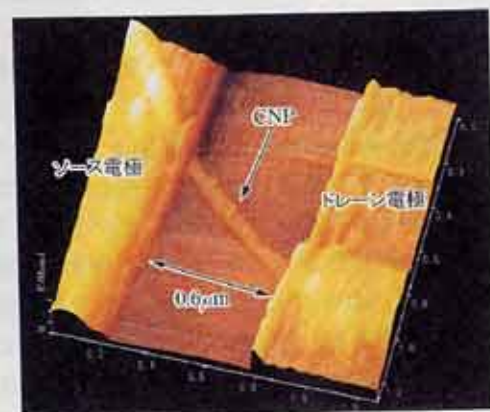
—分子スピントロニクス素子への期待—

青山学院大学理工学部春山純志准教授のグループは名古屋大学篠原久典教授のグループ、富士通ナノテクノロジー研究所栗野祐二主席研究員のグループ、科学技術振興機構との共同研究で、カーボンナノピーポッド(Carbon Nano-peapod, 以下CNP)量子ドットへの単一電子注入とそのゲート電圧による制御に成功した。

カーボンナノチューブ(Carbon Nanotube, 以下CNT)は発見以来、その特異な構造と電子状態、多様な量子物性現象、ナノ電子素子応用の観点から高い注目を集めてきた。CNPは、単層CNTの内部空間にフラーレンなどの分子を内包した更に特異な構造を持つ。図1(a)にその断面高分解能透過電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope, 以下TEM)像を示すが、正に炭素でできたサヤエンドウ(Peapod)のように見える。現在ではC<sub>60</sub>、C<sub>70</sub>、C<sub>84</sub>などのフラーレンやDNA分子などの内包、また、内包フラーレンへのGd原子などの内包も可能であり、CNT内部空間の持つナノ物質内包の魅力はますます広がっている。



(a) 高分解能断面TEM像



(b) FETのソース・ドレイン電極間のCNPバンドルのAFM像

図1 CNPとCNPを利用したFET (a) CNPの高分解能断面TEM像。(b) FETのソース・ドレイン電極間のCNPバンドルAFM像。量子ドットに相当する。

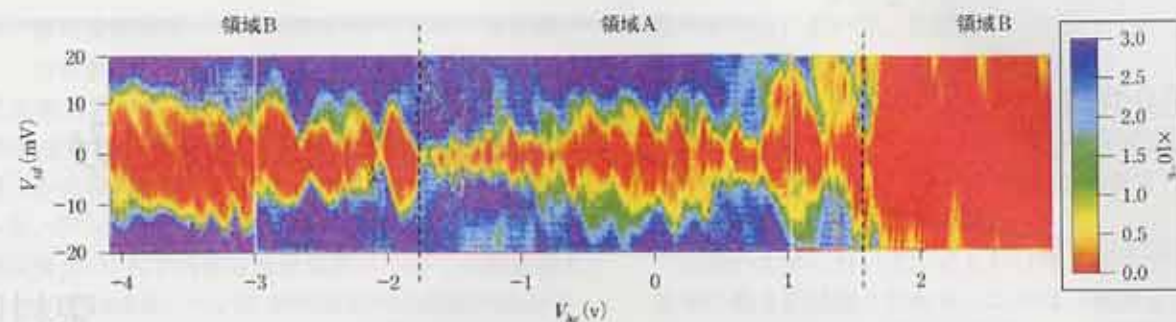


図2 FET(図1(b))に単一電子を注入した結果出現したクーロンダイヤモンド例。縦軸がソース電圧、横軸はバックゲート電圧を示し、伝導度をカラースケールで表示してある。赤色部がいずれもひし形をしており、クーロンダイヤモンドと呼ばれる。この赤色部が電子一個ずつが存在する低伝導度電圧領域を意味する。ダイヤモンドの大きさと振幅が領域AとBで劇的に変化し、単一電子の注入領域が異なることが分かる。

しかしその一方で、内包フラーレン分子が単層CNTの電子状態や電気伝導、量子物性に与える影響は残念ながらいまだにほとんど解明されていない。

青学大グループは図1(b)の原子間力顕微鏡(Atomie Force Microscope, 以下AFM)像に示すように名大グループで生成されたC<sub>60</sub>分子を内包した約20本のCNPからなるバンドル(束)をチャンネルとしたFETを富士通グループと共同作製し、ソース・ドレイン電極間を約600nmにすることで量子ドットを形成することに成功した。更にこの基板裏面にバックゲート電極を形成し、印加バックゲート電圧(V<sub>bg</sub>)で制御しながらCNPによる量子ドットへ電子を一個ずつ注入する実験にも世界で初めて成功した。その結果、図2に示すように低V<sub>bg</sub>領域(領域A)では単一電子は単層CNTのみに注入され、高V<sub>bg</sub>領域(領域B)では内包した個々のC<sub>60</sub>分子に電子一個ずつが注入されることを発見した。

この発見は、単一電子注入のしきい値電圧がV<sub>bg</sub>により設定可能で、かつ内包するフラーレン分子数によりその大きさが制御できることを示唆するため、単一電子

回路への適用が期待できる。また、内包した個々のフラーレン分子に単一スピンの持った一電子を注入可能なこと、及び注入制御が可能になったことにより、磁気スピンメモリ素子への展開が期待される。更に、一個のフラーレンの直径は約1nmなので約600nmの長さのCNPによる量子ドットには約600個のスピンを閉込め可能であり、CNP数百本からなるバンドル構造にすることで大容量の分子スピンメモリ素子への展開もあり得る。

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業のチーム型研究「高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用」の一部で行われている。なお本実験成果には、名大グループが欠陥の少ないCNPの合成、富士通グループが低ダメージナノチューブFETの形成、そして青学大グループが低温単一電子測定と解析を行った。

(平成19年10月15日受付 平成19年10月29日最終受付)

[関連記事] 日経産業新聞, 2007.7.20.

[取材協力] 春山純志 青山学院大学理工学部電気電子工学科 (担当委員 西海聡子)