

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13629 号
------	---------------

氏 名 舟山 啓太

### 論 文 題 目

A study on carbon nanotube based nano-mechanical signal receiver  
(カーボンナノチューブ機械振動子を利用したナノスケールアンテナ)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	大野 雄高
委員	名古屋大学	教授	五十嵐 信行
委員	名古屋大学	教授	西澤 典彦
委員	大阪府立大学	教授	秋田 成司

## 論文審査の結果の要旨

舟山啓太君提出の論文「A study on carbon nanotube based nano-mechanical signal receiver (カーボンナノチューブ機械振動子を利用したナノスケールアンテナ)」の概要は以下の通りである。

IoTの発展において、ミクロスケールの極微細センサを多様な場所に分布させ、センサーネットワークを構築することが提案されている。一方、センサデバイスにおいて、無線通信技術の実装は必須であるが、そのアンテナがセンサデバイスの小型化を制限している。本論文は、CNTを用いたナノ電気機械デバイスと電子電解放出を用いてナノスケールの受信機を実現することを目的とし、デバイス作成プロセスの確立、CNTの電子電界放出における雑音特性の評価やデバイス構造の最適化、さらには画像のようなデジタルデータ伝送の実証まで実現し、加えて、アンテナのアレイ化による高感度化や将来の量産化を見据え、機械学習を用いたCNTナノ電気機械デバイスの半自動的な作製プロセス技術の開発を行った結果をまとめたものである。

論文は次のような7章構成である。

第1章は序論であり、本研究の位置づけが明快に述べられている。

第2章では、CNT NEMSにおいて、CNTの先端からの電子放出において対抗電極の形状の影響を調べ、電解増強効果に着目した低電圧での放出を実現している。

第3章では、電子放出のノイズを実験的に評価するとともに、ノイズをモデル化し、通信におけるBit error rateの予測を行っている。

第4章では、CNT NEMSレシーバーを用いてデジタルデータの受信が可能であることを実証するとともに、エラー訂正技術を導入し、比較的高品質の通信を実現している。

第5章では、CNT NEMSレシーバーについて、高調波成分を用いることにより、線形性の改善に成功している。

第6章では、機械学習を用い、電子顕微鏡画像からCNTを検出し、配線パターンを自動で生成する手法を構築している。

第7章では、まとめと将来展望が述べられている。

以上のように本論文ではナノスケールのレシーバーを実現すべく、CNT NEMS作製プロセス技術の開発、NEMSにおける電子放出の評価・解析、それらが通信品質に及ぼす影響、比較的大きなデジタルデータの伝送の実証を行ったものであるが、実験のみならず理論的考察やモデリングも丁寧に行われ、わかりやすくまとめられている。これらの成果は、ナノスケールのNEMS技術と通信技術と、分野を横断して、高いレベルで組み合わせたことにより初めて得られたものであり、極めて質の高い研究が実施されており、ナノスケールの通信デバイスの実現につながるものと期待される。また、公聴会においては、困難な実験における工夫を含め、成果に至った過程が丁寧に説明され、本研究を起点として将来的に期待されるナノ技術の展望について、有意義な議論がなされた。よって、本論文の提出者である舟山啓太君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。