

益 一哉

東京工業大学 フロンティア研究機構
教授

ナノ慣性計測デバイス・システム技術とその応用創出

§ 1. 研究実施体制

(1) 「慣性センサ」グループ

- ① 研究代表者: 益 一哉 (東京工業大学科学技術創成研究院未来産業技術研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・市販モジュール評価
 - ・慣性センサ開発・評価
 - ・信頼性に関するデバイス・材料検討

(2) 「材料」グループ

- ① 主たる共同研究者: 曾根 正人 (東京工業大学科学技術創成研究院 フロンティア材料研究所、准教授)
- ② 研究項目
 - ・剛性に関するデバイス・材料検討
 - ・高硬度および高降伏強度の金合金開発

(3) 「診断」グループ

- ① 主たる共同研究者: 三宅 美博 (東京工業大学情報理工学院、教授)
- ② 研究項目
 - ・市販モジュールを用いた身体運動解析と理解
 - ・パーキンソン病の診断への適用と有効性評価

§ 2. 研究実施の概要

研究のねらい

本提案では「ナノ G*計測」が産み出す新機能実現を目的とする。広く民生用に利用されている慣性センサは検出範囲±数 G、分解能(検出感度)は 0.1G 程度である。本研究では、目標性能として mG(10^{-3} G) から μ G(10^{-6} G) オーダーの加速度を測定可能な新たな慣性計測デバイス・システム技術を開発し、その応用分野を創出する。 *G: 重力加速度 $1G = 9.8 \text{ m/s}^2$

研究手法

本研究では、研究代表者がこれまでに開発してきたプロセス、機械系—電気系 統合解析・設計環境技術による慣性センサの超高感度化と小型化研究を核として、材料レイヤと応用レイヤの研究者と連携して、ナノ G 計測の実現と応用展開を目指す。

平成 27年度のチーム全体の研究実施概要

【慣性センサグループ】

A-1: 市販の慣性センサモジュールを用いた基礎実験

診断グループと協力して、開発環境の確立とパーキンソン病(以下、PD)患者に対する準備的な計測整備を行い、実際に人体の振動や姿勢などを計測できた。したがって、本年度の目標「H26年度に準備した計測環境を用いて、人体の振動・姿勢などを計測すること」に到達し、予定通りの成果が得られた。

A-2: 0.1G センサの設計・試作・評価

慣性センサデバイス(文献 1)の設計・試作・評価と、CMOS センサ回路チップの設計・試作を行った。また、0.18- μ m CMOS LSI 上に慣性センサデバイスを作製し、ワンチップ集積化の実現見通しを得た。試作デバイスのノイズ評価値とセンサ回路のノイズ設計値は目標性能に到達した。したがって、当初予定通りの成果が得られた。

A-3: 信頼性に関するデバイス・材料検討

デバイス構造体に関する信頼性の検討として、材料グループと連携して有限要素法(以下、FEM)シミュレーションとピラー／カンチレバー Test Element Group(以下、TEG)評価を行った。本研究項目は H30 年度までの達成目標である「材料特性を含めたデバイス設計環境の構築」達成に向けて次年度も継続する。

A-4: 1mG センサの設計・試作

慣性センサデバイスの設計と試作を行った。試作デバイスのノイズ設計値は目標性能に到達したため、当初予定通りの成果が得られた。

【材料グループ】

B-1: 金合金開発

ナノ G センサに用いる金構造部材開発として、機能性金めっき液開発メーカーと議論し、更にパルスめっき法および超臨界めっき法を用いることにより、純金で降伏強度 800Hv を超える純金めっき材料を試作した。同時に金合金めっき液を試作した。

B-2: 信頼性に関するデバイス・材料検討

デバイス構造体に関する信頼性の検討として、慣性センサグループと連携して FEM シミュレーションと微小機械バネの試作と基本評価を行い、金/チタン材料が高感度重力加速度センサに利用可能であることを見出した。

【診断グループ】

C-1: 市販モジュールによる運動計測システム

身体運動計測に用いるセンサの種類、装着部位や装着方法、感度や周波数特性などを検討し、その結果に基づいて、市販モジュールを用いた運動計測システムを構築した。

C-2: 運動解析システムと意味理解システム

上記計測データから 3 次元の身体運動軌道として再構成するためのアルゴリズムを開発し、その軌道データに基づいて自動的にパターン判別を行う意味理解システムを構築した。

C-3: パーキンソン病への適用と有効性評価

上記の運動解析・意味理解システムをパーキンソン病患者に適用し、歩行軌道データを運動障害のヘンヤール指標と対応付けることでパターン判別することに成功した。

○代表的な論文

1. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Hiroshi Toshiyoshi, Kazuya Masu, and Katsuyuki Machida, "A 0.1G-to-20G Integrated MEMS Inertial Sensor," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 54, no. 8, pp. 087202.1-087202.4, 2015.
2. Minami Teranishi, Tso-Fu Mark Chang, Chun-Yi Chen, Toshifumi Konishi, Katsuyuki Machida, Hiroshi Toshiyoshi, Daisuke Yamane, Kazuya Masu, Masato Sone, "Structure Stability of High Aspect Ratio Ti/Au Two-Layer Cantilevers for Applications in MEMS Accelerometers", Microelectronics Engineering, vol. 159, pp 90-93, 2016.
3. Ota, L., Hashiguchi, H., Uchitomi, H., Ogawa, K., Orimo, S., Miyake, Y., "Rhythm-fluctuation-based evaluation platform for gait training of Parkinson's disease patients," Proc. of the 2015 IEEE/SICE Int. Symp. on System Integration (SII2015), Nagoya, Japan, pp.726-731 (2015)