

開発項目「エネルギー・環境新技術先導プログラム／究極の省エネを実現する「完全自動化」自動車に不可欠な革新認識システムの研究開発」

平成 26 年度～平成 28 年度のうち平成 27 年度分中間年報

委託先名 国立大学法人東京大学、一般財団法人マイクロマシンセンター、株式会社デンソー

[記載項目]

1. 研究開発の内容及び成果

究極のエネルギー効率により 30%の CO₂の削減が見込まれる未来交通システムを実現すべく、従来技術では到達不可能な「完全自動化」自動車を実現するための革新技術として、①分子慣性ジャイロ：自車位置を常に厳密に把握する技術、②分光イメージャ：周辺環境を常に正確に把握する技術、③高精度認識アルゴリズム技術、の三つの未踏認識技術の可能性を確保することを目的としている。先導研究としてそれぞれの技術の可能性について、自動車の実環境を見据えた視点で以下の分担で実施した。

(1) 原理検証：国立大学法人東京大学

(2) 実用化の見通し：一般財団法人マイクロマシンセンター

(3) 実環境の評価：株式会社デンソー

本年度の実施内容と成果は以下の通りである。

1-1. 分子慣性ジャイロ

1-1-1 ① 原理検証（国立大学法人東京大学）

分子慣性ジャイロの原理検証のために、慣性力検出センサとして MEMS フォースセンサチップを設計、試作し、分子慣性ジャイロラージスケールモデルを製作した。既製 MEMS ジャイロと分子慣性ジャイロラージスケールモデルの回転実験を行ったところ、両者ともに同じ角加速度の検出を確認した。また分子慣性ジャイロラージスケールモデルと、既製 MEMS ジャイロの静置実験を同時に行ったところ、ジャイロ評価指標として用いられるアラン分散として、分子慣性ジャイロの方が、時間条件によって自動走行に必要となるドリフト値に近い値を示すことを確認した。温度効果などを評価検討し、さらなる低ドリフトが可能となる設計指針を得た。

1-1-2 ② MEMS フォースセンサチップの試作ラインへの適用（一般財団法人マイクロマシンセンター）

MEMS フォースセンサチップの試作ラインへの適用について、以下を実施した。

高感度化に向けた最適形状を得るべくシミュレーションと試作により、極浅ピエゾ抵抗層の作製条件を得た。

原理検証の作製プロセスに基づいて 8 インチ試作ラインにおける工程フローを構築し、試作検証を実施した。その結果、試作ラインでのカンチレバーチップが得られ、原理検証用として東京大学に提供できた。

ジャイロ構造をカンチレバーと一体化した構造と、MEMS 基板接合加工法を検討し、要素加

工工程検証のための試作を実施した。

1-1-③ 実環境を想定した動作検証：暫定要求仕様の導出と評価（株式会社デンソー）

要求仕様の明確化、省エネ効果の見積り精度向上のため、以下を実施した。

ジャイロ単独での走行が必須となる GPS が途絶するシーンを抽出した。これらのシーンでの走行速度、距離を加味しジャイロの位置精度を算出した。

また、完全自動化による渋滞の激減、カーシェアによる交通量の削減の観点で省エネ効果を算出した。渋滞激減対応においては、最適経路選択、交通事故レスによる事故渋滞レス、高速道路での自然渋滞の緩和による効果を算出し、カーシェア対応においては、通勤、通学での自家用車利用を試算対象とした。前記による省エネ効果として合計約 30%が期待できることが分かった。

1-2. 分光イメージャ

1-2-① 原理検証（国立大学法人東京大学）

ナノアンテナによる光吸収効率の向上により、シリコン単体では吸収できない光を検出可能とする機能の原理検証として、以下を実施した。

ナノアンテナを試作した。アレイ化したナノアンテナに光を照射したときに、赤外光の吸収を確認し、本年度の目標を達成した。形状等の調整により、吸収波長は可変できるので、分光イメージングの波長選択要素として展開できる目処が立った。

障壁が低くなる構造を利用して、中・遠赤外光を検出が実現できる知見を得た。

特殊な複合構造で光検出器を試作し、近赤外領域での光検出特性を評価した。基準検出器の約 10 倍の光感度が得られたことから、アンテナ構造による光吸収の促進が、高感度光検出に有効であることが確認された。さらに赤外検出器のノイズ評価の指標として用いられる NETD（雑音等価温度差）を評価し、目標への道筋を得る結果を得た。以上の結果により、本年度の目標を全て達成した。以上の成果から、対外発表を 2 件（国内 1 件、海外 1 件）行った。

1-2-② 分光検出器の試作ラインへの適用（一般財団法人マイクロマシンセンター）

試作ラインの i 線ステップを用いて、原理検証の電子線描画法によるナノアンテナの同等構造の作成に成功し、目的を達成した。

8 インチ試作ラインで試作し、赤外光応答を確認した。更に、この参照ダイオードと i 線ステップによるナノアンテナ構造体を組み合わせたデバイス（統合デバイス）を作製し、光電流の向上（感度の向上）を確認し、目標を達成した。

1-2-③ 実環境を想定した動作検証：暫定要求仕様の導出と評価（株式会社デンソー）

物体の識別、人検知の観点から波長域は可視～遠赤と設定した。これは物体の識別に必要な赤外域における光吸収領域が近赤～中赤に集中している点と、人検知においては熱画像（＝遠赤）の使用が有効であることを反映したものである。また、イメージャの画素間ばらつきの指標である NETD を精度指標として、既存技術の開発動向を加味し目標値を設定した。

評価用の光源として、赤外域での分光特性が調査できる分光器付の黒体炉を新設した。波長分解能は $0.1 \mu\text{m}$ 以下で分光器の設計仕様に反映し実現した。必要な光量及び光量分布を既存の赤

外線検知器で評価し、NETD の評価が可能であることを確認し、評価系構築を完了した。

1-3. 認識アルゴリズム

1-3-① アルゴリズム基礎検討・分光イメージャへの適用検討（国立大学法人東京大学）

疑似同軸光学カメラの作成を用いて、可視画像と遠赤外画像からなる、人を撮影対象としたデータセットを構築した。上記データセットを用いてディープラーニングによる人識別を行い、遠赤外画像の有効性を確認した。さらに、可視画像と遠赤外画像を組み合わせた多波長データを入力としてディープラーニングを行い、人識別に適用することで、識別率が向上することを示した。

夜間に撮影した画像における人検出結果の比較により、夜間は人の姿を目視で確認しづらいため、マルチスペクトル画像の利用が特に効果的である。

1-3-② 想定実環境の明確化（株式会社デンソー）

車載を想定して実環境抽出を行い、カメラでの認識に重要性があると思われる障害物検知、車の陰に隠れた人、逆光の人の3つの実環境に絞り込んだ。障害物検知に関しては、可視（色）による識別が困難な状況でも物体の光吸収帯がある中赤、近赤と組み合わせることで識別の可能性を確認した。また人認識に関しては上述の通りである。

1-4. ステージゲート審査

本研究の取り組みは、H27.12 に実施されたエネ環ステージゲート審査を受審し、中間目標について十分達成しており当初の想定通り2年目の研究に進めるという審査結果を得た。

2. 成果（当該年度分についてのみ記載）

（1）研究発表・講演

- 1) 下山勲（東京大学教授） 「完全自動運転に向けた最先端モニタリング技術」
第21回国際マイクロマシン・ナノテクシンポジウム、2015年4月22日、パシフィコ横浜
- 2) 東大/MMC/デンソー パネル展示「完全自動運転に向けた最先端モニタリング技術」
ナノ・マイクロビジネス展2015、2015年4月22日-24日、パシフィコ横浜
- 3) 下山勲（東京大学教授）取材「完全自動運転に向けて東大とデンソーが新センサ」
2015年6月1日、日経エレクトロニクス6月号、パシフィコ横浜
- 4) 菅哲朗（東京大学）「ロボット周辺認識力向上のためのMEMS 分光イメージャ」、
2015年10月22日（木）、第25回MEMS講習会、兵庫県立工業技術センター
- 5) T. Kan, et al. “SI PROCESS COMPATIBLE NEAR-INFRARED PHOTODETECTOR USING AU/SI NANO-PILLAR ARRAY”, IEEE MEMS 2016, Shanghai, Jan. 24, 2016

（2）特許

なし

3. 成果の普及

2015年4月22日-24日、パシフィコ横浜で行われた、ナノ・マイクロビジネス展のマイクロマ

シンセンターブースで、本研究取り組み概要に関するパネル展示を行った。

契約管理番号	1 4 1 0 3 0 2 4 - 0
契約管理番号	1 4 1 0 3 0 2 2 - 0
契約管理番号	1 4 1 0 3 0 2 3 - 0