



国立大学法人

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings

物体に取り付けて歪み計測が できる光ファイバ触覚システム

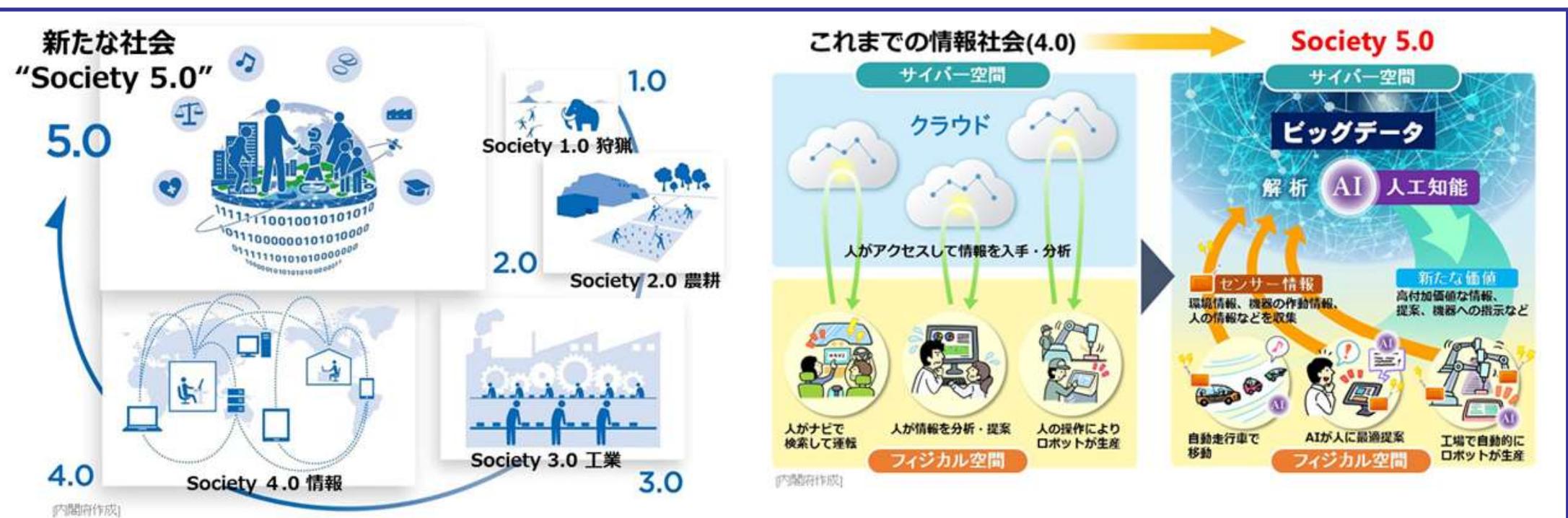
大学院工学研究院

先端電気電子部門

准教授 田中 洋介

背景

- Society 5.0 「超スマート社会」の幕開け
 - IoT、AI、ロボット、ドローンが生活に浸透
 - センサ情報をビッグデータに蓄積して活用
- 正確な一次情報を供給する計測技術の重要度が増大



https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html 内閣府ホームページより

光ファイバセンサの特徴と課題

■ 電氣的センサ

- 多種多様
- 電磁雑音による制限
- 給電の問題（メタル配線、電池寿命）



解決

■ 光ファイバセンサ

- 細径、軽量、柔軟、無給電の
高機能な「触覚」

- 計測の高速化や高精度化と
系の簡素化の両立が課題

The diagram is divided into two horizontal sections. The top section, labeled '医療' (Medical) on the right, shows two circular icons: one of a doctor examining a patient's vitals and another of a person using a wheelchair with a sensor. Below these icons is a blue bar with the text '予防検診・ロボット介護' (Preventive checkups・Robot nursing). The bottom section, labeled '生産現場' (Production site) on the right, shows two circular icons: one of a factory floor with sensors and another of a networked production line. Below these icons is a blue bar with the text '最適なバリューチェーン・自動生産' (Optimal value chain・Automated production). At the bottom of the diagram, there is a URL and a note: 'https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html 内閣府ホームページより' (From the Prime Minister's Office website).

光ファイバ型引っ張り歪みセンサ

■ 歪み分布の一括計測

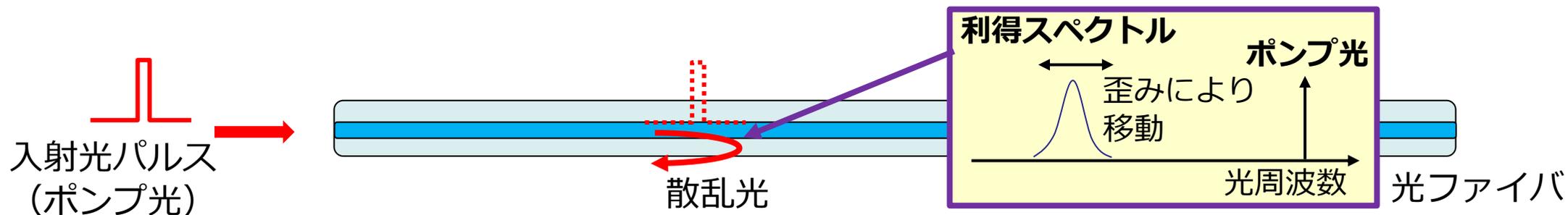
- 構造物(ビル、橋、トンネル、航空機…)の監視
- 製造・医療ロボットの触覚への活用



■ 方法： Brillouin散乱光の利用

- 通信用光ファイバがそのままセンサに！任意箇所の測定！

■ 原理： 散乱光利得スペクトルの歪み依存性



光ファイバ歪みセンサ：従来技術

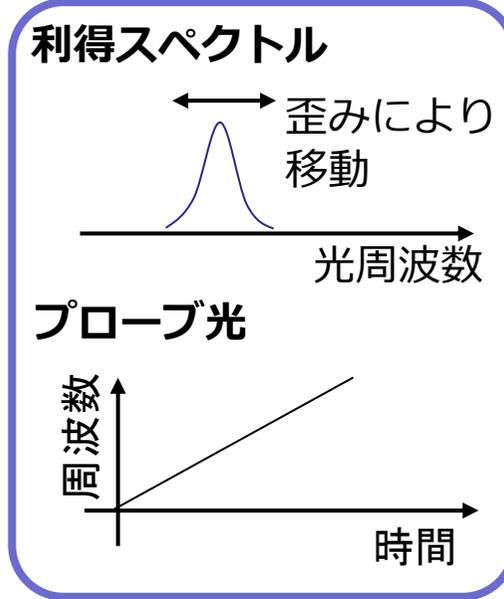
■従来技術①

—「プローブ光」の周波数掃引



スペクトル変化を測定

→ 計測時間・光源制御に課題



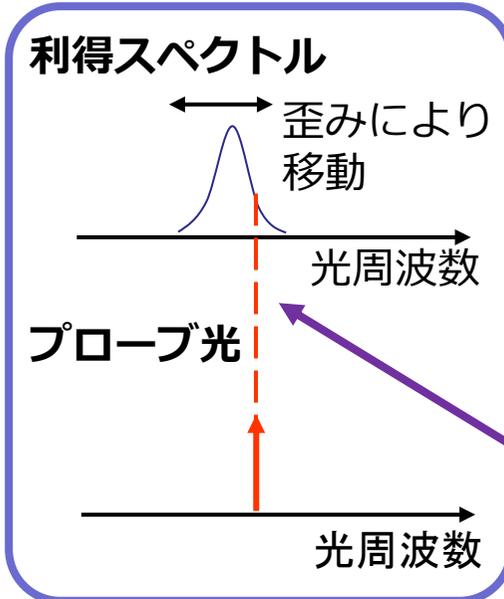
■従来技術②

—スペクトル移動に伴う散乱光

パワー変化を特定周波数で観測

—計測時間の短縮

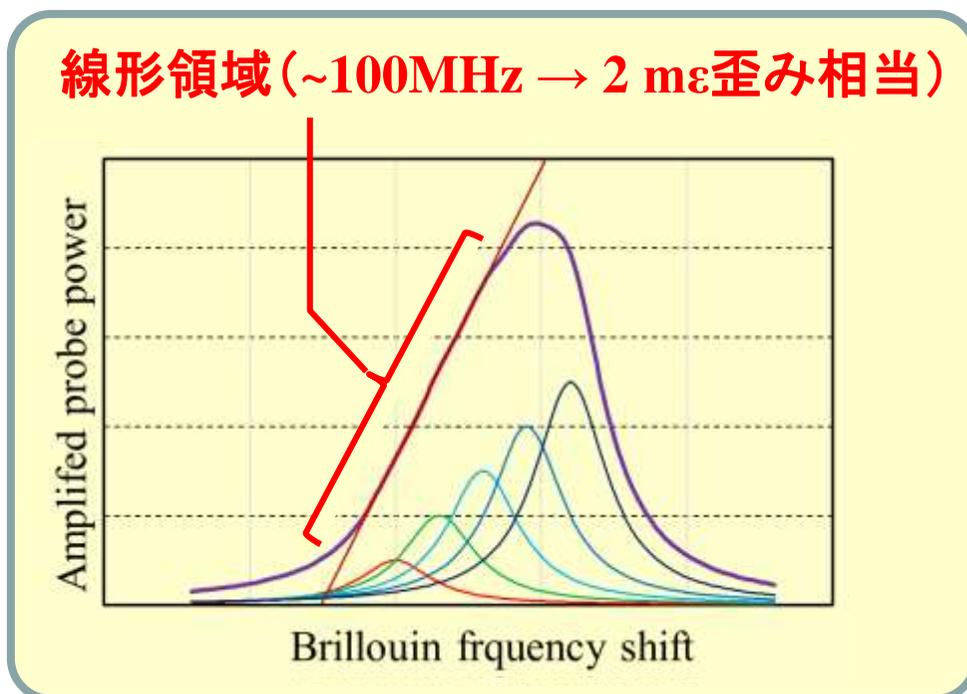
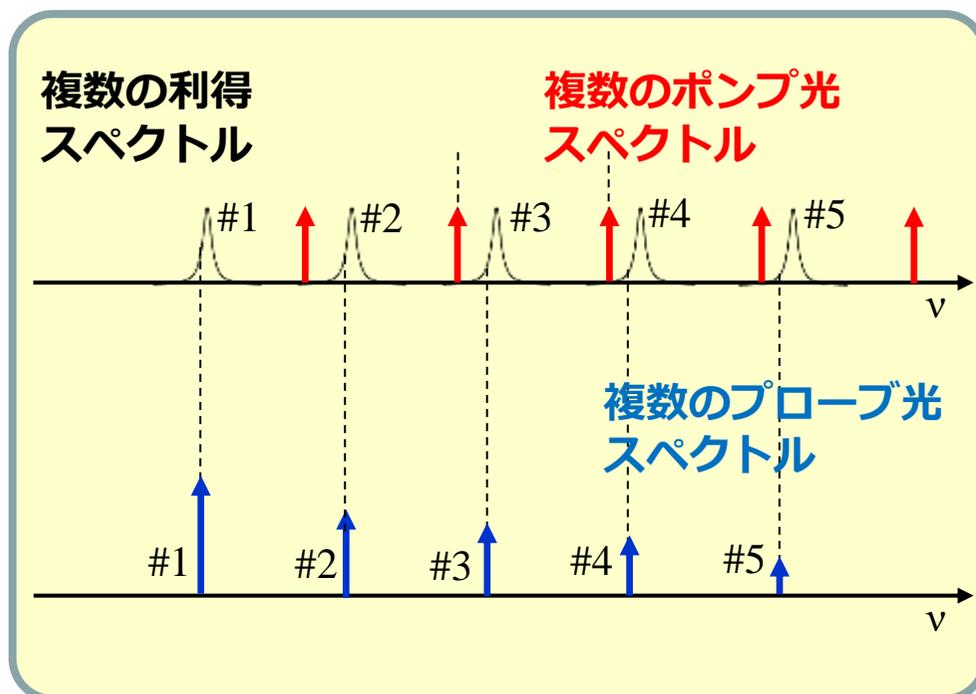
→ 出力の線形性に課題



線形領域は狭い

複数スペクトル利用の発案

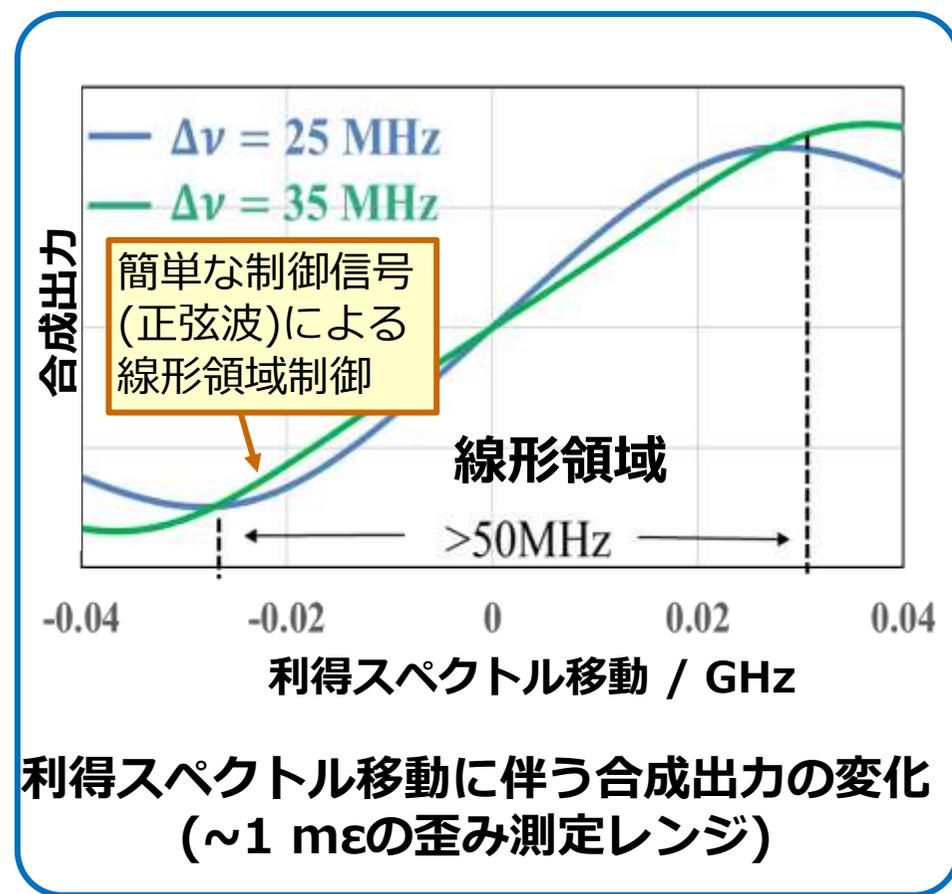
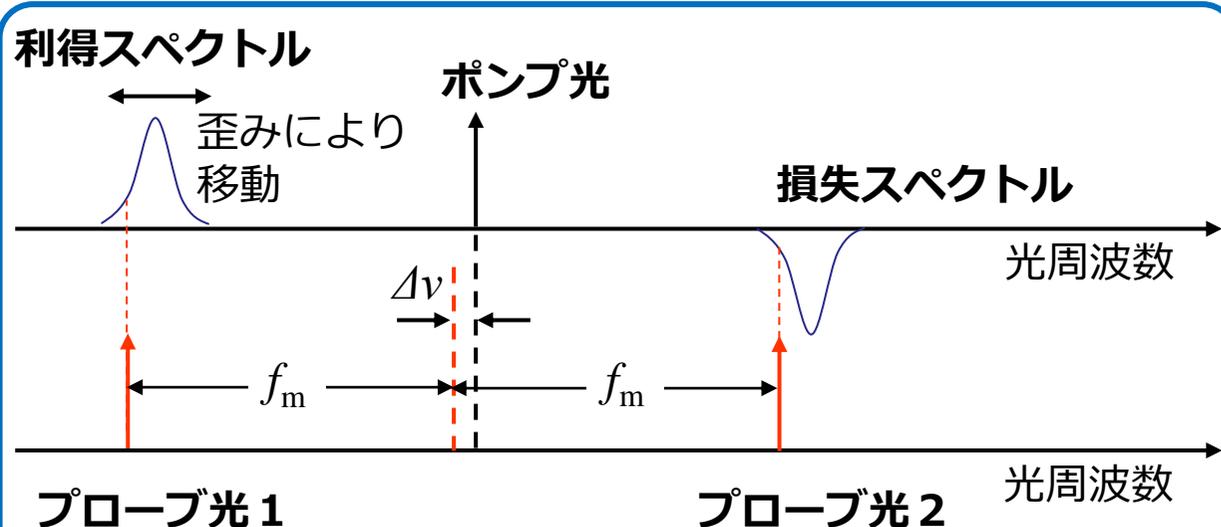
- 複数スペクトルのポンプ光、プローブ光を利用
- 時空間変換スペクトル整形技術でプローブ光整形
- 非常に広い線形領域がとれる
- リアルタイム測定



- Y. Tanaka and T. Hasegawa, Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2020, paper SF3P.7, 2020.
- 遠藤、長谷川、田中、第81回応用物理学会秋季学術講演会、8p-Z16-14、2020年。

更なる新技術：利得&損失スペクトル利用

- 利得&損失スペクトルを利用
- 2つのプローブ光を利用
- 広い線形領域がとれる
- リアルタイム測定

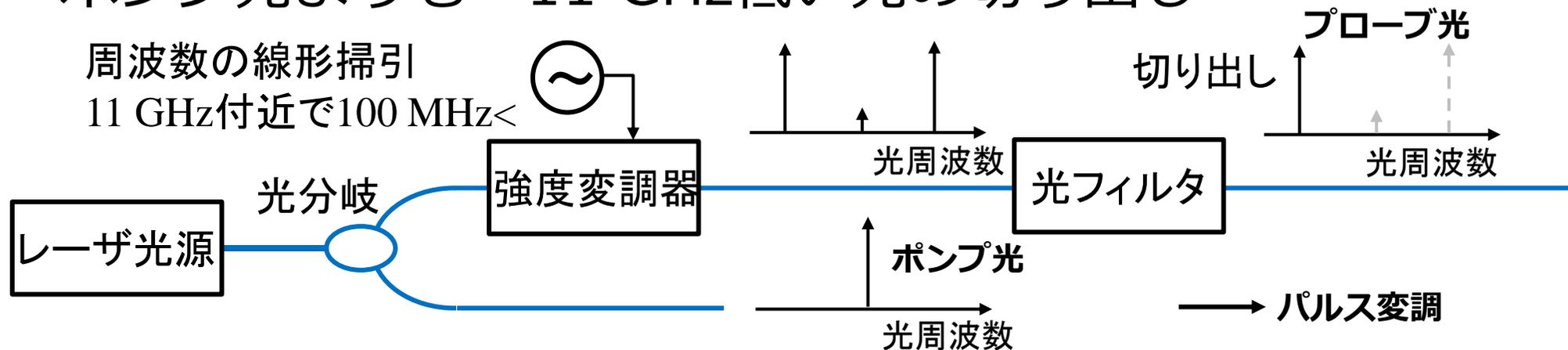


・D. Saito and Y. Tanaka, Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2021, ATh2S.4, May 13, 2021.

新技術における制御の簡素化について

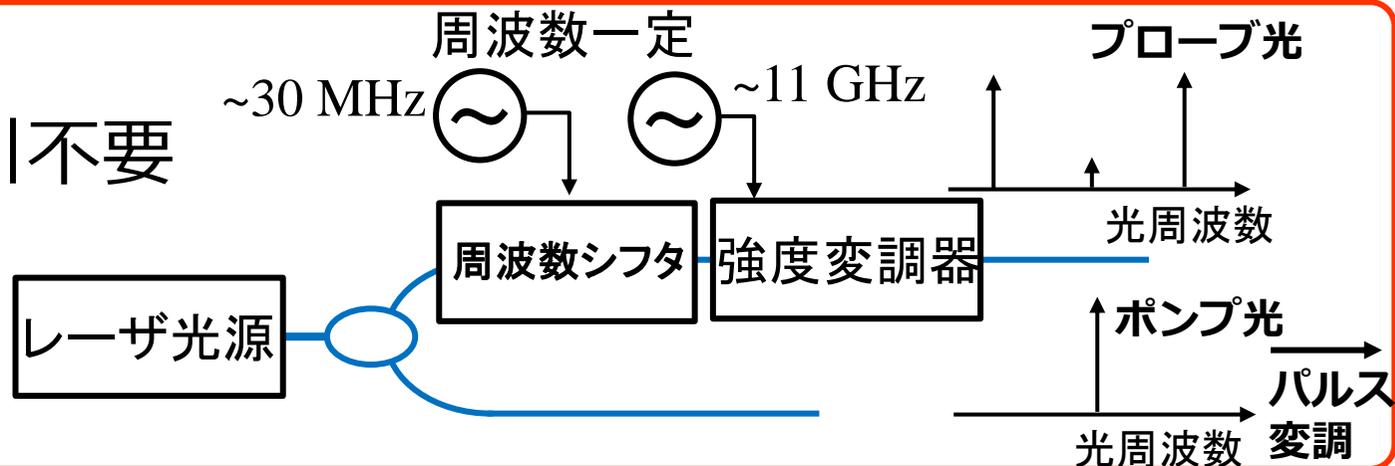
■ 従来技術

- プローブ光の周波数掃引が必要
- ポンプ光よりも ~ 11 GHz低い光の切り出し



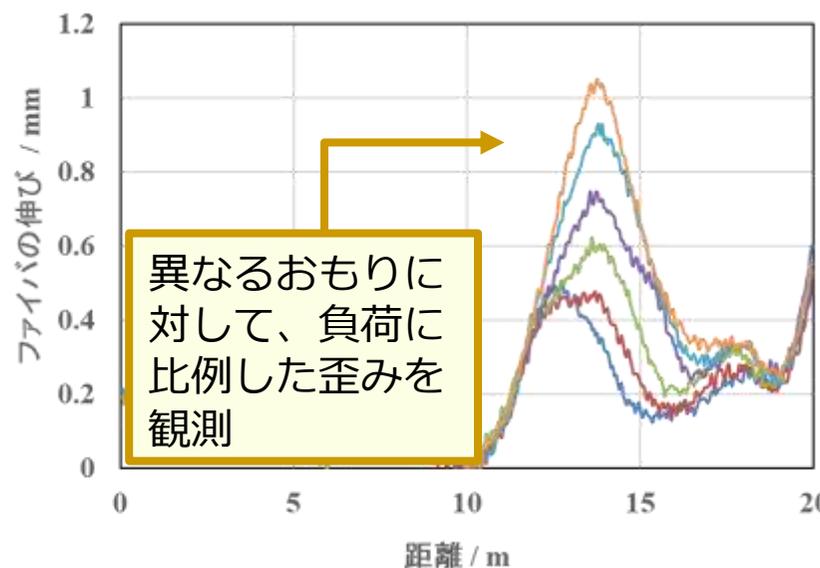
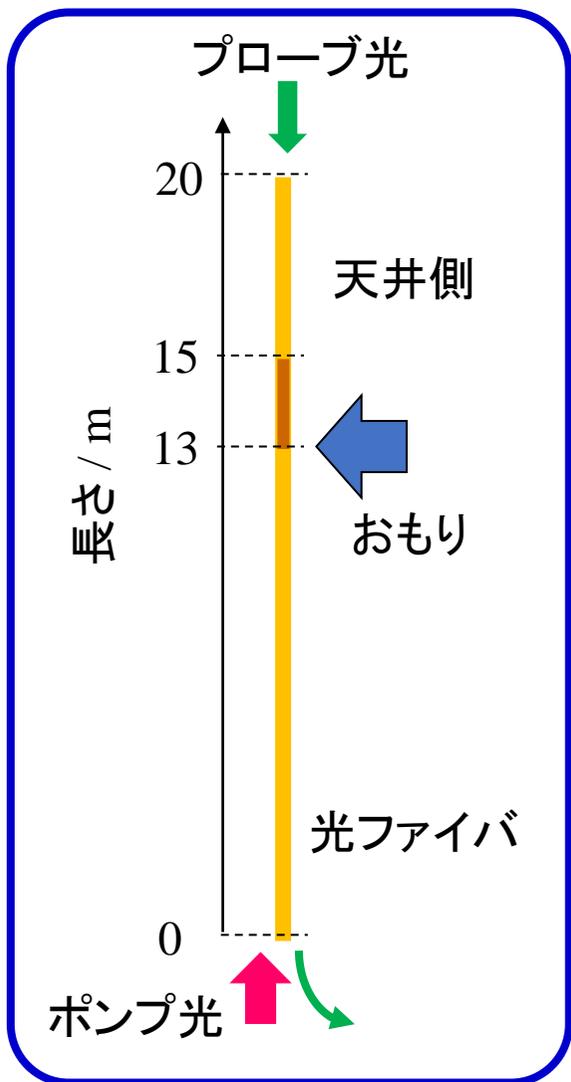
■ 新技術

- プローブ光の掃引不要
- 2周波を有効利用
- 制御系の簡素化



新技術：光ファイバひずみ触覚

- 一光ファイバを天井からつるしおもりをつけて歪み分布を測定



- 応用先の例

光ファイバ型曲げ歪みセンサ

■ 曲げによる歪み計測

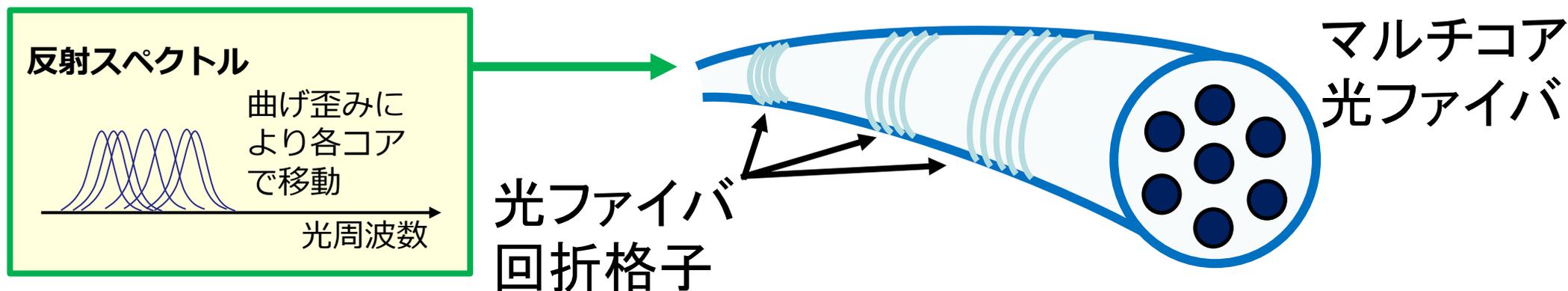
- 構造物(ビル、橋、トンネル、航空機…)の監視
- 製造・医療ロボットの触覚、カテーテルの曲げ計測



■ 方法：マルチコア光ファイバとファイバ回折格子(FBG)利用

- 曲げの大きさと向きが同時にわかる

■ 原理：FBG反射光スペクトルの曲げ歪み依存性



光ファイバ型曲げセンサ：従来技術

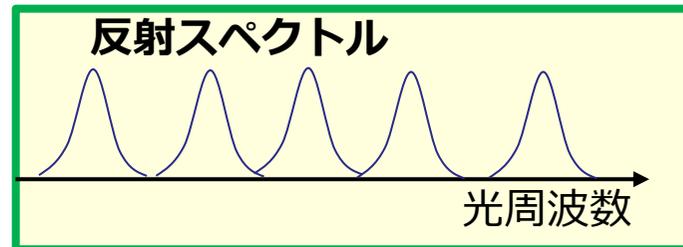
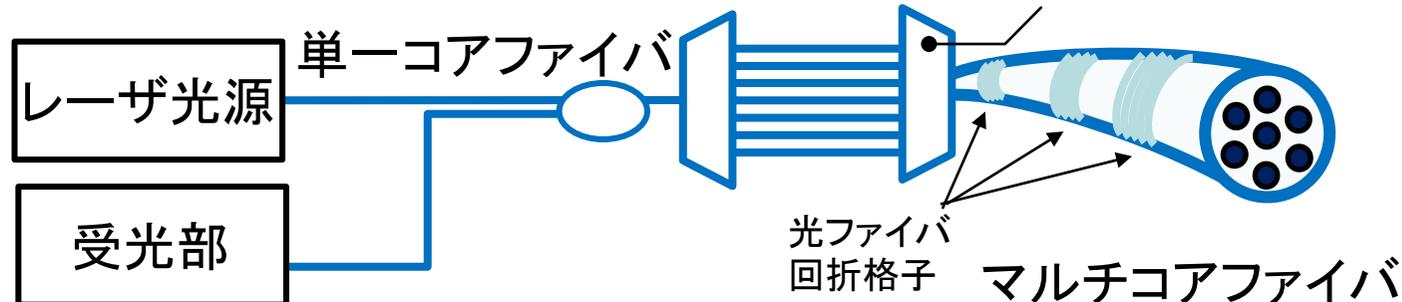
■ **課題**：複数の反射光スペクトルの識別

■ 従来技術①

— 反射中心波長の異なる回折格子の加工

→ 加工コスト大

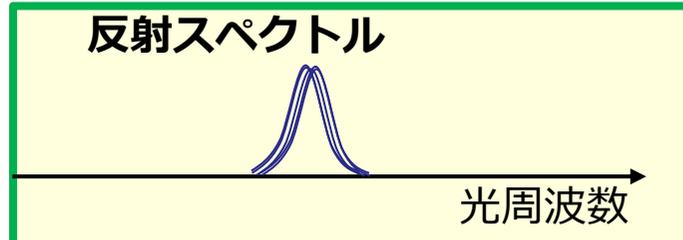
→ 多点化に難



■ 従来技術②

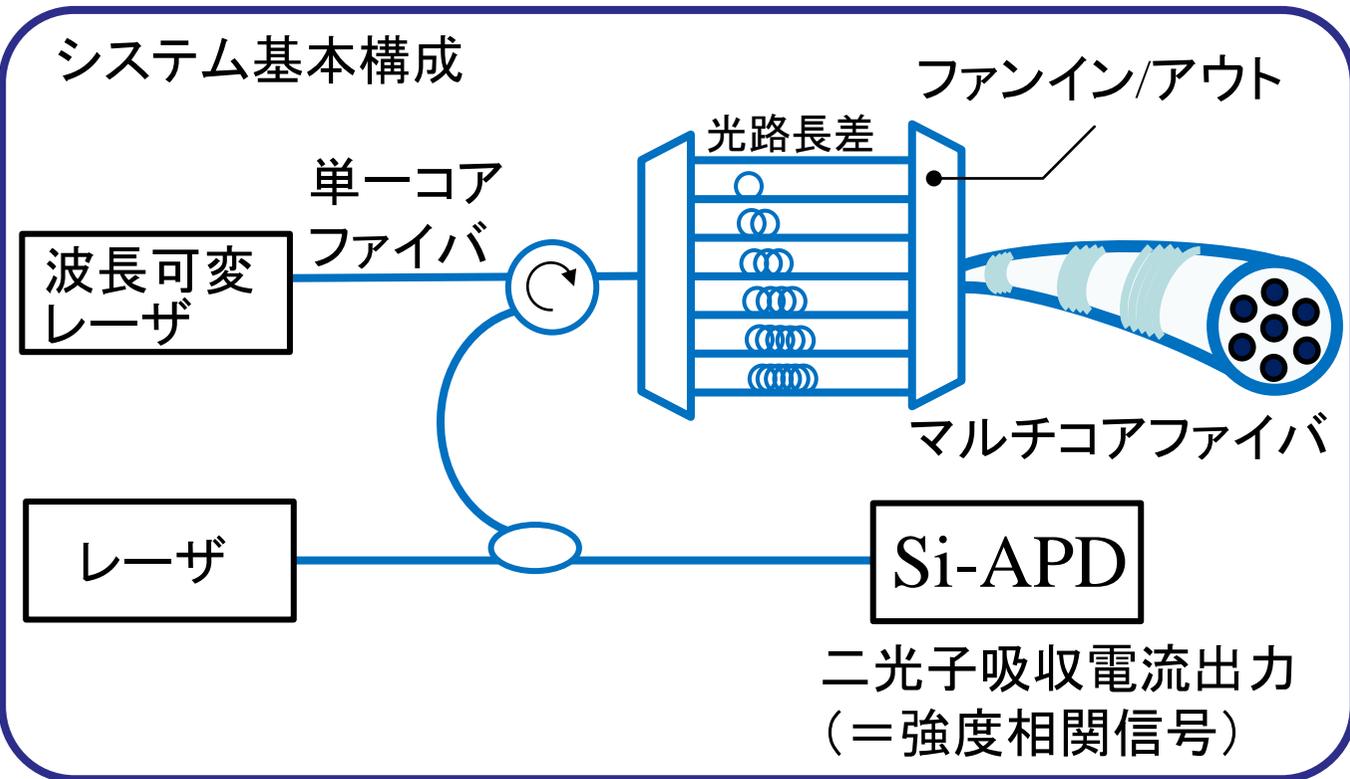
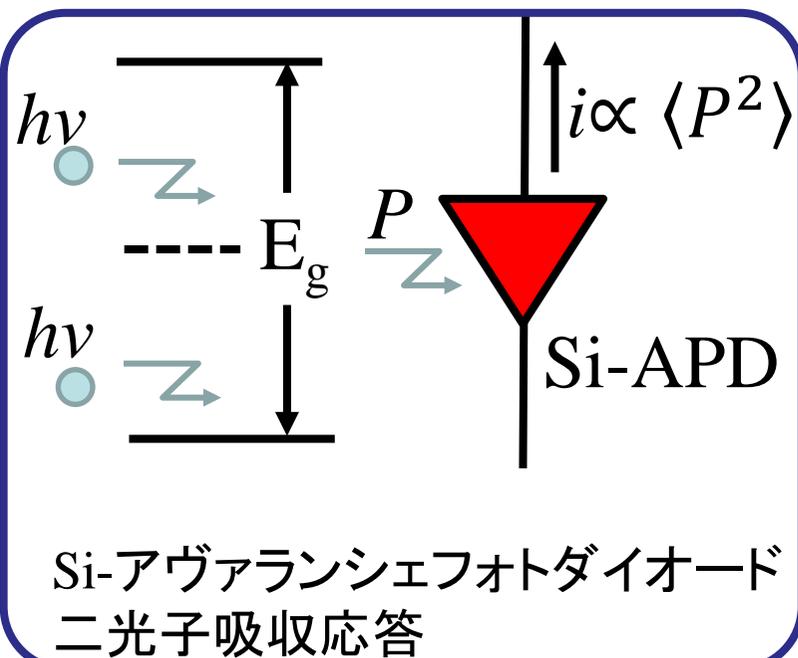
— 光路の切り替え

→ 制御系の複雑化



新技術：受光素子の二光子吸収応答の利用

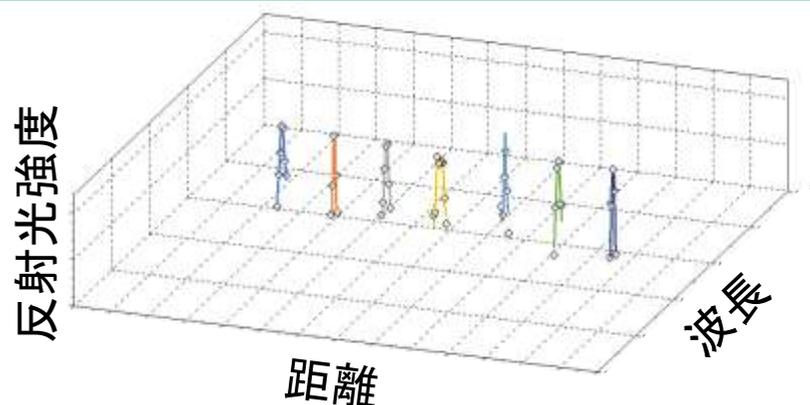
- 光信号の強度相関を複雑な回路なしに計測
- 光路長の違い→強度相関信号の違い
→回折格子の識別
- 同一反射スペクトルの回折格子を利用可能



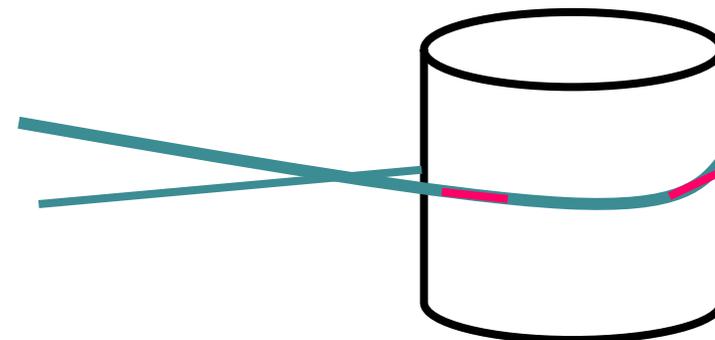
・Y. Tanaka, N. Sonoda, and T. Abe, Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2021, paper ATh1S.8, May 13, 2021.

新技術：光ファイバ曲げ触覚

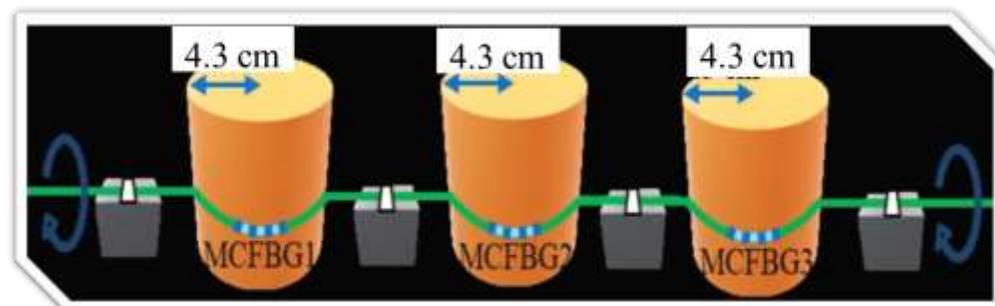
■ 波長軸上で重なるスペクトルの分離



■ 多点曲げ情報を利用した形状計測への応用も確認 (論文投稿中)



■ 曲げ3ヶ所の向きを含めた計測に成功



■ 応用例



・園田、高木、齋藤、阿部、趙、田中、光波センシング技術研究会LST65-9, pp.44-51、2021年7月.

まとめ

- 新技術により、高速計測や測定系の簡素化と高精度計測との両立に成功。
- 制御系の簡素化によるコスト削減、安定化、小型化が期待できる。

実用化に向けた課題

■ 光信号制御・処理システムの小型化

ー現在は汎用機器でシステムを構築。専用モジュールによる小型化や更なる高速化。

■ 設置方法の検討

ー応用にあわせたセンシング用ファイバの最適な設置手法の確立。

■ データ処理の最適化

ーユーザインタフェースを含めたデータ処理の確立。

企業への期待

- 構造物、医療機器、ロボット等へ本技術を導入し触覚機能を付与することに関心のある企業との共同研究を希望。
- 光デバイスや高周波部品の開発を進めていて、センシングシステム開発への展開を考えている企業との共同研究による新たな展開も考えられる。
- 構造ヘルスマモニタリングにおいて、電磁雑音等により電氣的センサでは困難な計測の問題を抱えている企業にとって、本技術は有効な解決手段になると思われる。

本技術に関する知的財産権（1）

- 発明の名称 : マルチコア光ファイバセンシングシステム
- 出願番号 : 特願2019-46091
- 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
- 発明者 : 田中 洋介

- 発明の名称 : ブリルアン周波数シフト測定装置及び
ブリルアン周波数シフト測定方法
- 出願番号 : 特願2020-24536
- 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
- 発明者 : 田中 洋介、長谷川 貴大

本技術に関する知的財産権（２）

- 発明の名称 : 測定装置、測定装置の調整方法及び測定方法
- 出願番号 : 出願済み、未公開
- 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
- 発明者 : 田中 洋介、齋藤 大樹

東京農工大学 先端産学連携研究推進センター

T E L 042 – 388 – 7550

F A X 042 – 388 – 7553

e-mail suishin@ml.tuat.ac.jp



SHRINKS
MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology

