

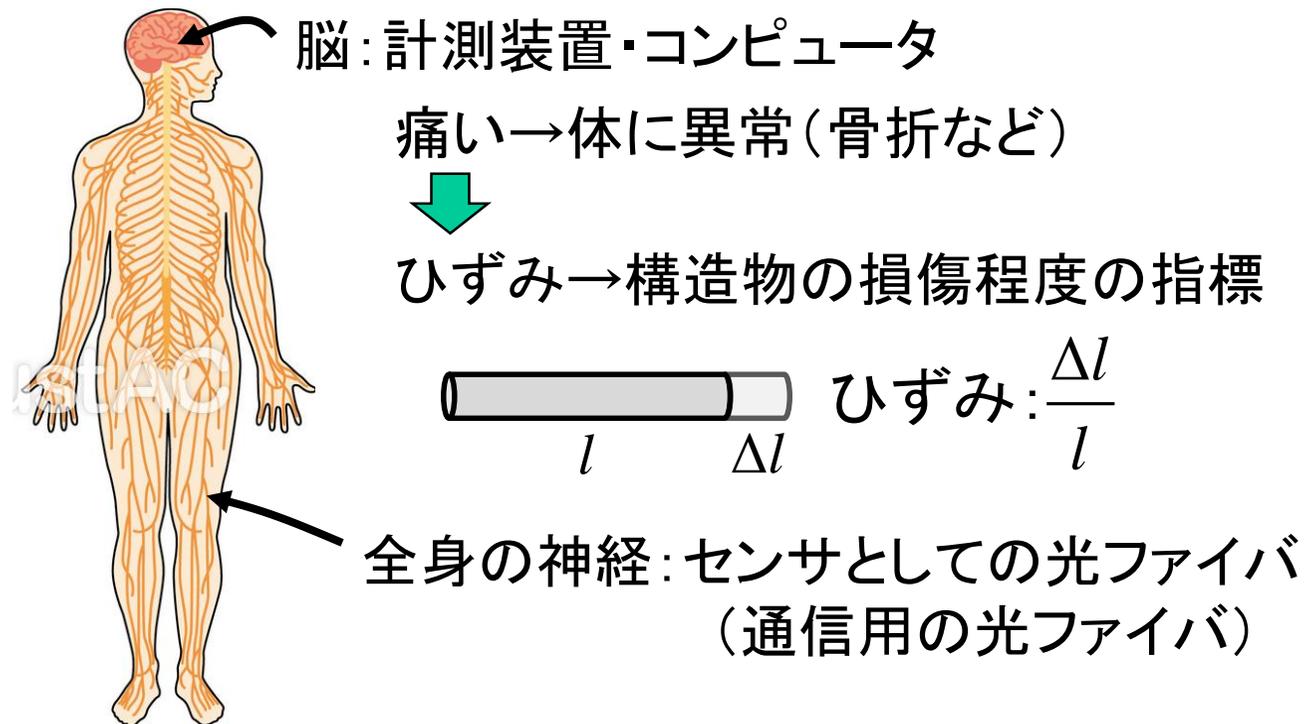
オープンキャンパス資料  
三重大学工学部情報工学コース  
ネットワークセンシング研究室  
(光ファイバセンシング)  
の紹介  
成瀬 央



# 光ファイバセンシングシステムを人体に例えると

光ファイバセンシングシステムはスマート構造（センサ、アクチュエータ、コントローラ（神経、筋肉、頭脳）を備えている構造）を実現するための有力なセンサシステムの一つ

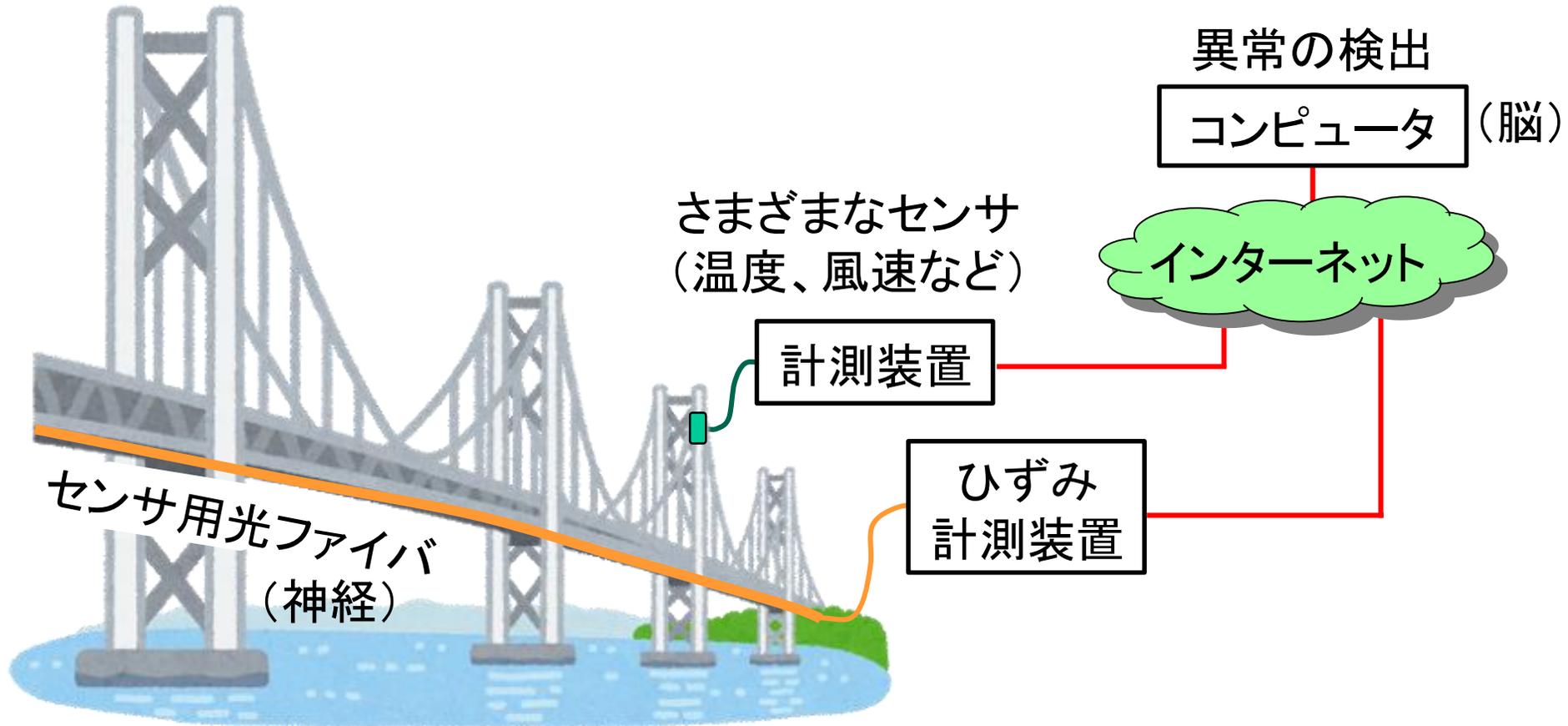
光ファイバセンシングシステムを人体に例えると



人体図の出典

<https://www.ac-illust.com/main/detail.php?id=826008&word=人体の神経系図>

# モニタリングシステムへの応用イメージ



## 光ファイバセンシングシステム

光ファイバをセンサに用いて構造物の伸縮(ひずみ)を計測

損傷検出モニタリングシステムを構成するセンサシステムの一つ

# 社会の状況と本研究の社会的意義・教育的観点

**社会的意義**: 安全安心な社会の実現に貢献

近年の社会的問題

- ・インフラ設備など構造物の老朽化に起因する事故や地震などによる災害の増加
- ・急速に進む少子高齢化による労働力の減少が、今後より必要とされる構造物の維持管理(安全性向上)を困難すると予測

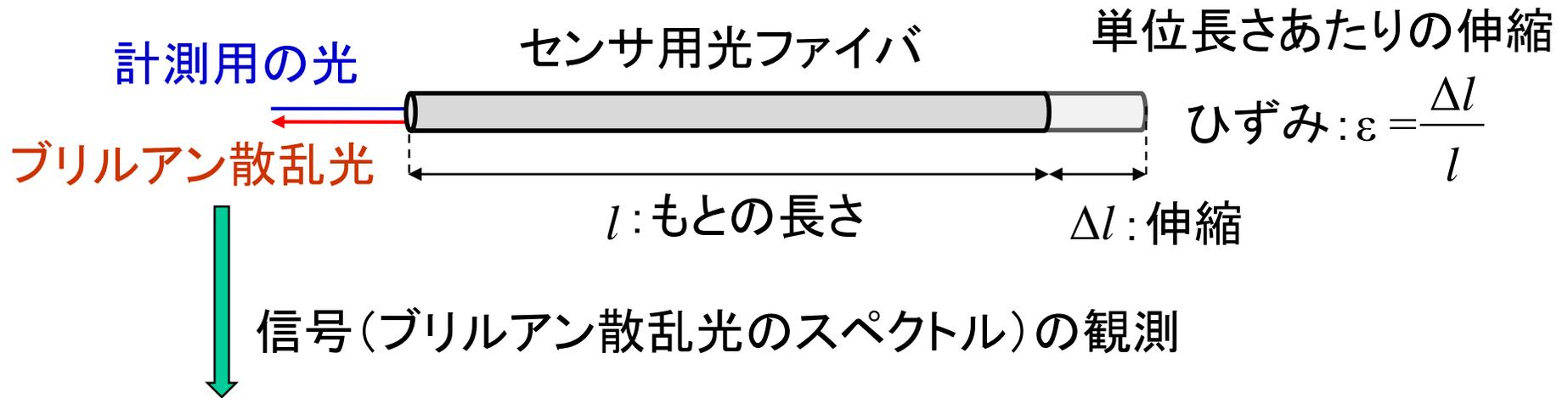


構造物の損傷検出や点検管理(モニタリング)の効率化に、光ファイバひずみセンシングを応用できるように、これまで以上の高信頼化・高速化を図るための研究開発が必要

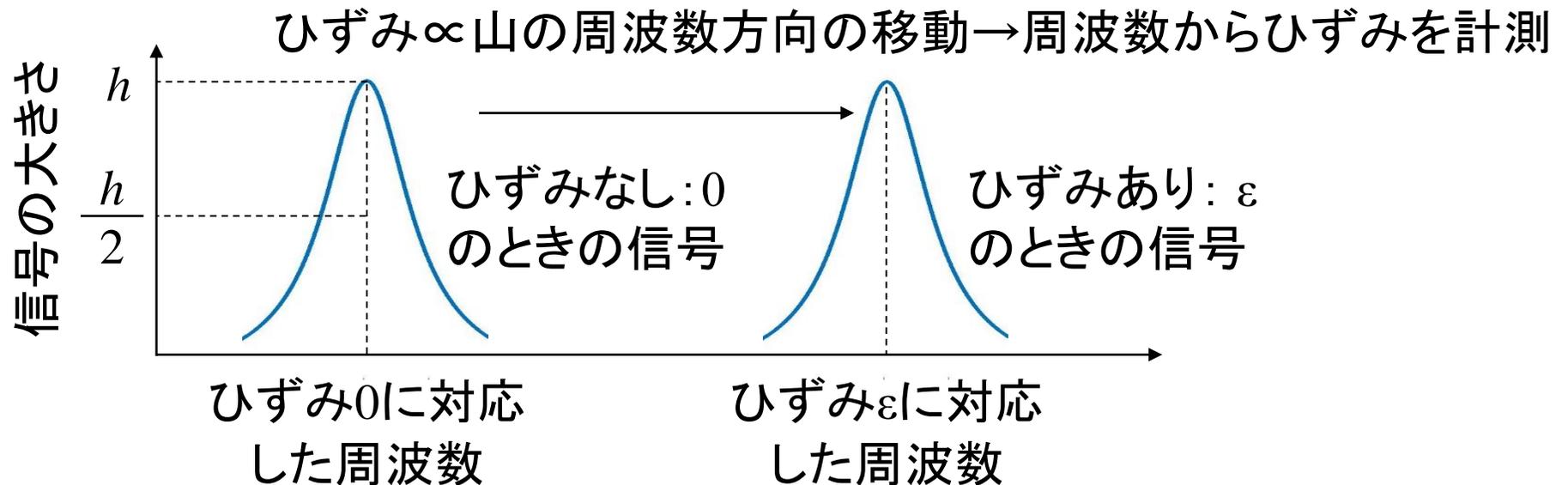
**教育的観点**: 卒業生の多くのモノづくり(自動車関連)企業就職希望への対応

- ・情報工学に加え、電気電子工学や機械工学など、また、ソフトからハードまで広範囲な分野の知識の獲得
- ・さまざまな機器とコンピュータと接続・制御する研究開発を通して、IoT社会に対応できる技術の獲得
- ・共同研究などをとおした社会との接点を経験

# ひずみの計測原理



山形の信号(スペクトル: 周波数ごとの光の強さ)の解析



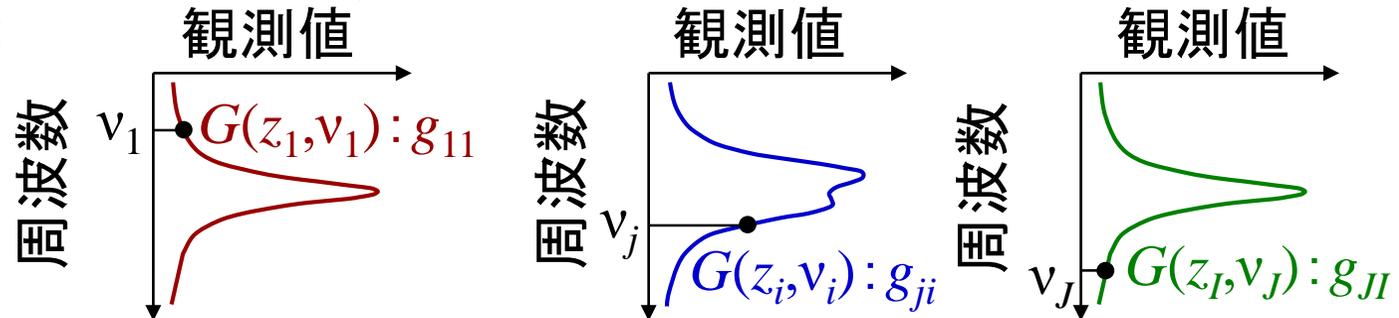
# 光ファイバ各位置での信号の観測



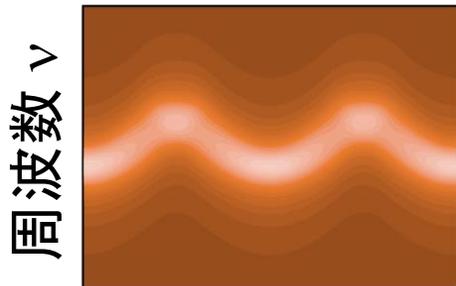
計測装置

計測用の光  
 散乱光 (信号)

各ひずみ計測位置で信号を観測  
 光ファイバ  $z_1 \dots z_i \dots z_I$

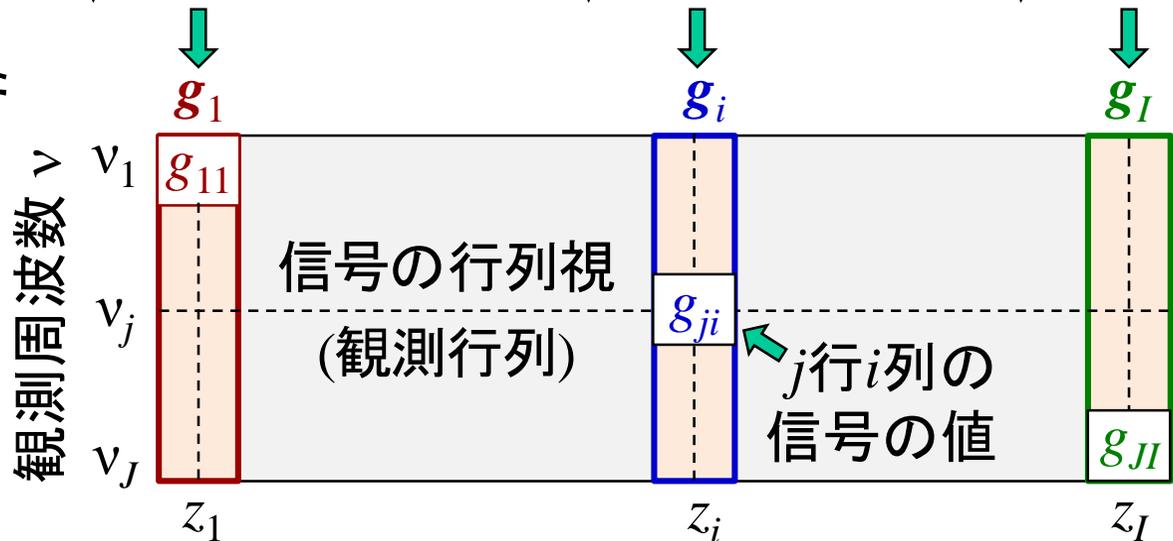


信号の大きさを  
 明るさで表現



位置  $z$

観測行列 (信号)



光ファイバ上の位置  $z$

信号の行列視  
 (観測行列)

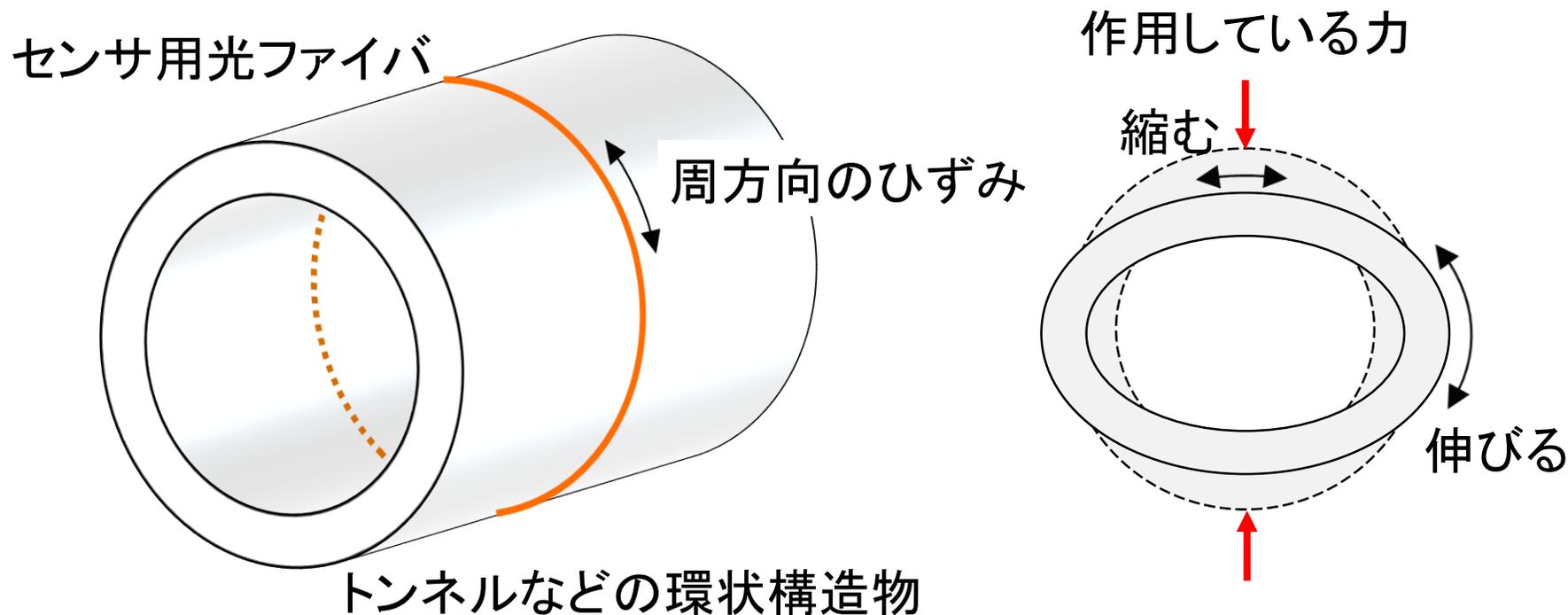
$j$ 行 $i$ 列の  
 信号の値

# 光ファイバセンシングについての最近の研究課題

1. ひずみ(温度)変化による山形信号形状の変形  
理論的解析、解析結果の実験による検証
  2. モデルに基づく環状構造物のひずみ計測<sup>①</sup>  
計測アルゴリズムの考案と、シミュレーションと実験による有効性検証
  3. 環状構造物内外周のひずみを用いた各部の変位計測  
計測アルゴリズムの考案と、シミュレーションと実験による有効性検証
  4. 機械学習を用いた信号解析(信号の類似性に基づく新しい研究の展開<sup>②</sup>)
    - (1) ニューラルネットワークを用いた信号解析の高速化<sup>③</sup>
    - (2) 非負値行列因子分解を用いた信号の解析<sup>④</sup>
    - (3) 辞書学習を用いた信号のノイズ除去<sup>⑤</sup>
- ①から⑤については、以下のページに概要があります



# ①モデルに基づく環状構造物のひずみ計測



環状構造物の内(外)周に設置されたセンサ用光ファイバで信号を観測



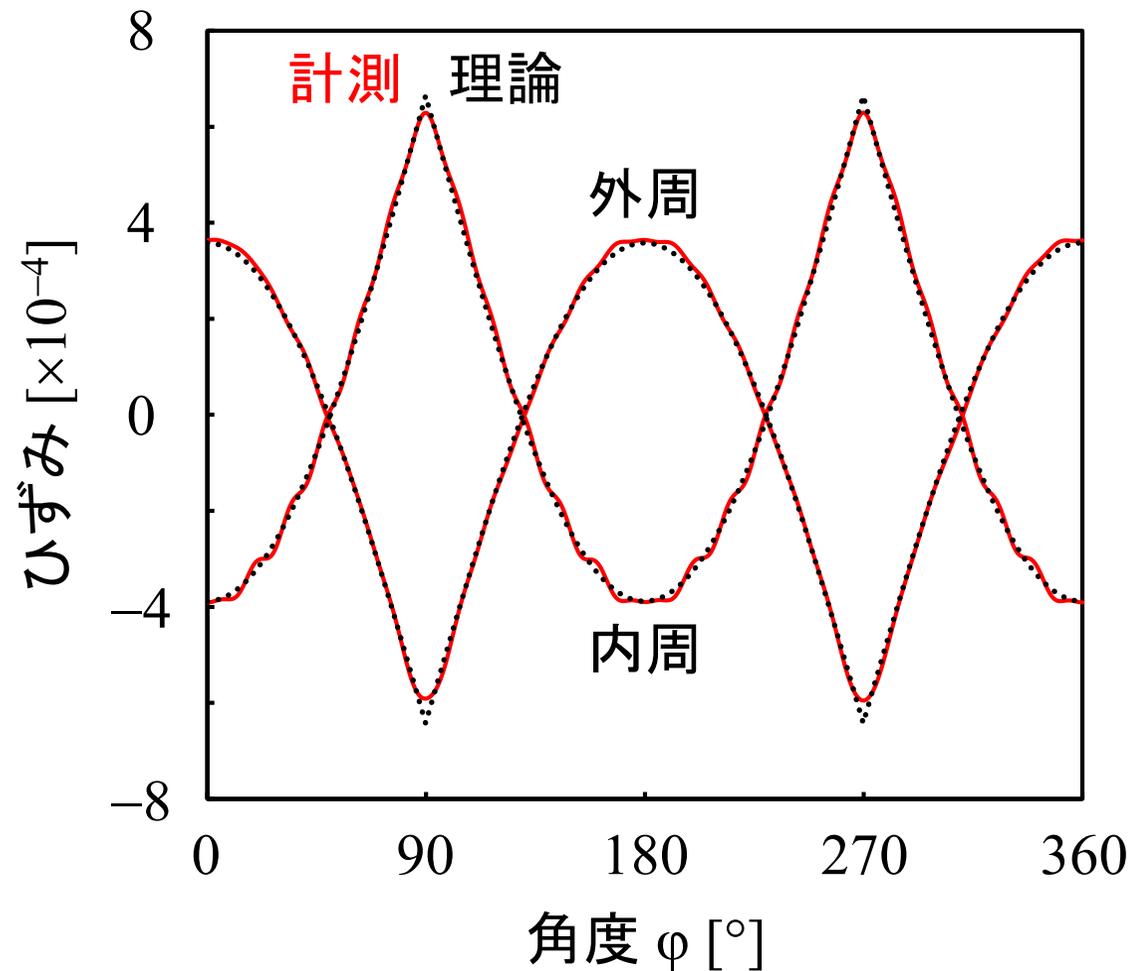
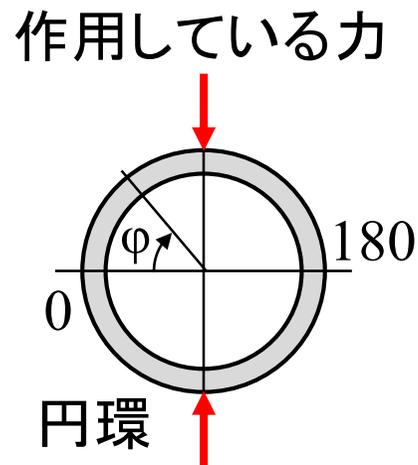
求めるひずみなどを含むモデルを観測された信号にあてはめる



環状構造物の周方向のひずみを計測

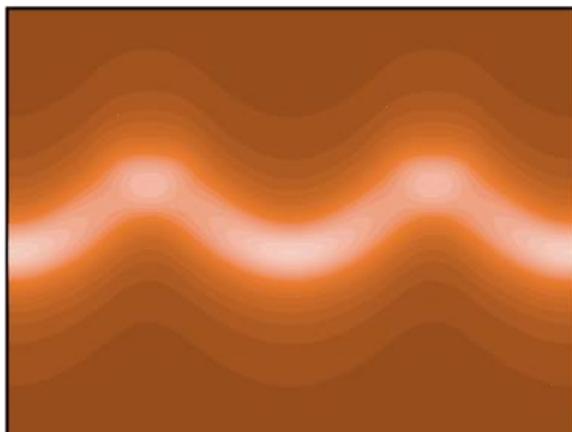
# ①モデルに基づく環状構造物のひずみ計測

実際に観測された信号からの円環の円周方向ひずみの計測結果



## ②信号の類似性に基づく新しい研究の展開

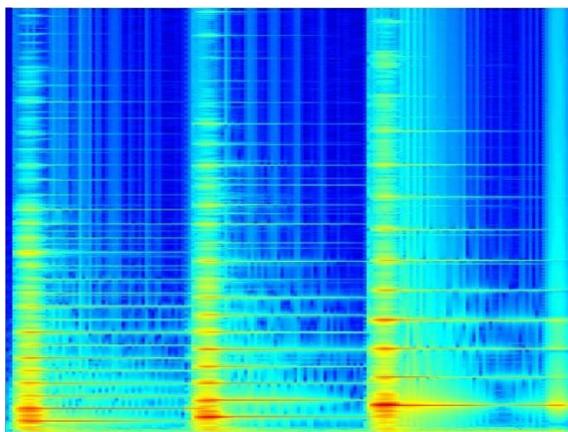
周波数  $\nu$



位置  $z$

(a) 信号  $G(z, \nu)$

周波数  $\nu$



時刻  $t$

(b) 音響信号  $G(t, \nu)$

位置  $\nu$



位置  $u$

(c) 画像信号  $G(u, \nu)$

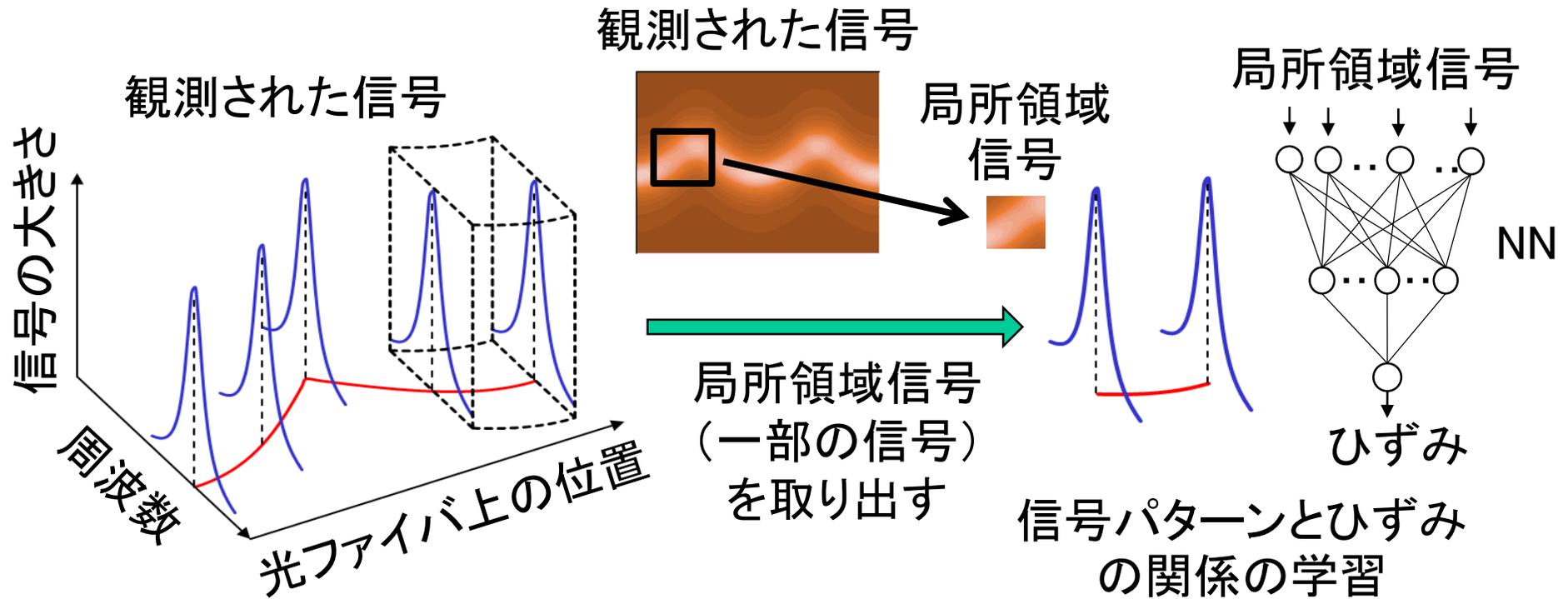
観測される信号は、画像、音声の信号と同様な行列  
(信号が2つの変数で与えられる)構造



機械学習など画像・音声解析方法の、光信号解析への展開による  
これまでにない解析方法の開拓

(各信号が持っている異なる物理的特性や生成過程を考慮)

# ③ニューラルネットワークを用いた信号解析の高速化



観測されたすべての信号を用いた最適値計算には時間がかかる



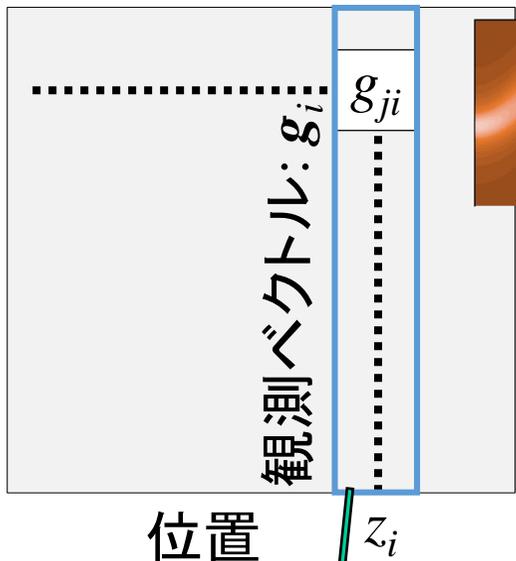
ニューラルネットワーク(NN)を用いて局所的な信号からひずみを解析



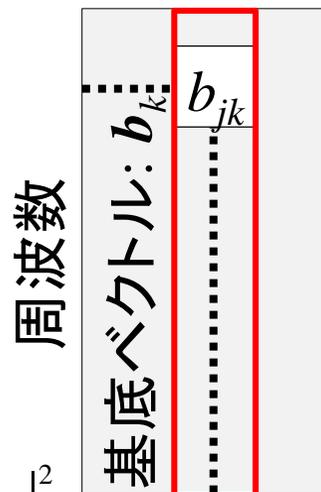
計測(計算)時間の短縮

# ④非負値行列因子分解を用いた信号の解析

観測行列(信号) :  $G$



基底行列 :  $B$



係数行列 :  $A$

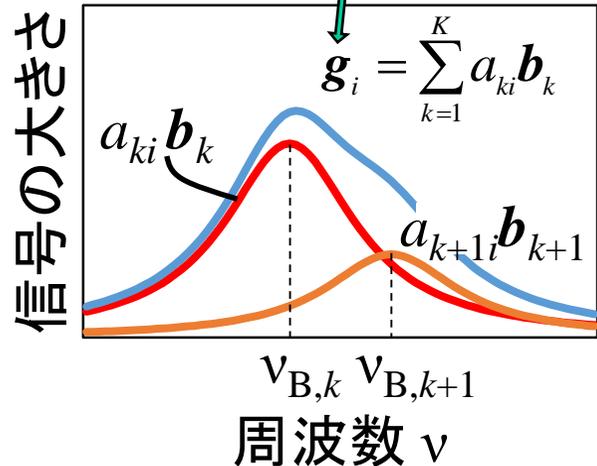


信号を2つの  
行列に分解

$$E = \|G - BA\|_{Fr}^2 = \sum_j \sum_i |g_{ji} - \sum_k b_{jk} a_{ki}|^2$$

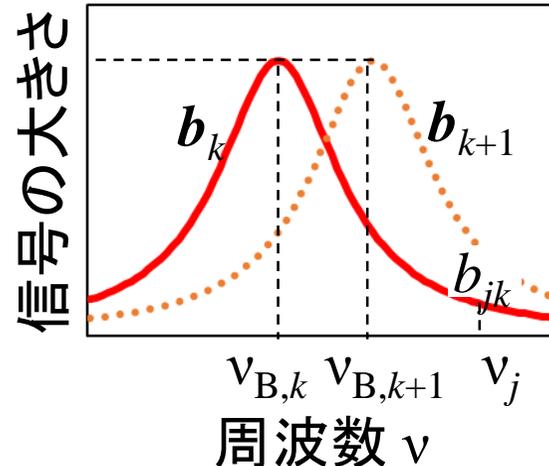
位置  $z_i$   
**Aのみ最適化**

観測行列に含まれる  
典型的パターン



信号の再合成  
(観測ベクトル  
の基底ベクトル  
による近似)

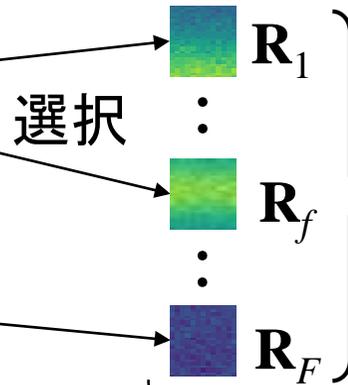
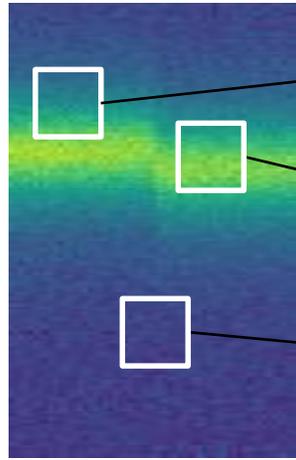
$$g_i = \sum_j a_{ki} b_{kj}$$



# ⑤辞書学習を用いた信号のノイズ除去

観測行列(信号): $G$  学習用領域 基底: $d_1 \sim d_M$ (辞書)

STEP1  
ノイズ除去  
に用いる  
辞書作成



学習による  
辞書の作成

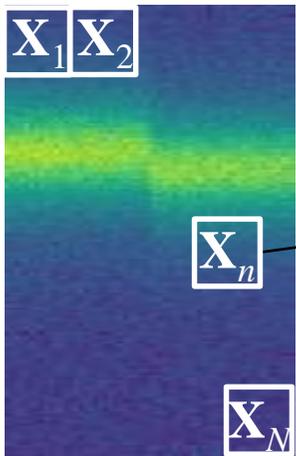


辞書の単語に相当する基底は、学習用領域に共通に含まれる典型的パターン

辞書学習

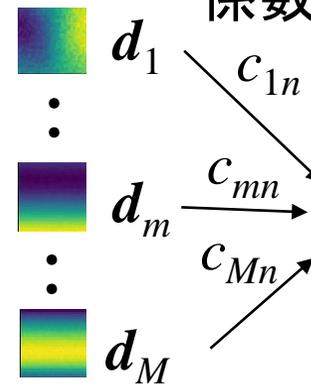
観測行列(信号): $G$

STEP2  
作成辞書  
による  
ノイズ除去



ノイズ除去  
対象領域  
( $X_1 \sim X_N$ )

順番に  
抽出し



係数

$c_{1n}$

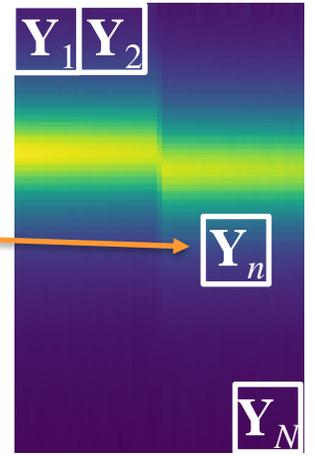
$c_{mn}$

$c_{Mn}$



もとの  
位置に  
書込み

ノイズ除去  
された信号



少数の基底(大半の係数が0)で再合成

# ⑤辞書学習を用いた信号のノイズ除去

