

# BEANSプロジェクト成果の総括

東京大学生産技術研究所

藤田博之

(サブプロジェクトリーダー)



# 講演内容

- BEANSの中心課題は異分野融合
- BEANSプラットフォーム
  - 知識データベース：カテゴリー分類による体系化
  - 事例研究（融合プロセスの特質が見えた）
- 世界の研究潮流を先取りした
  - Transducers 2013に見る最新研究動向と合致
  - 類似研究例



# BEANSプロジェクトの概要

マイクロマシン  
MEMS技術

ナノ加工

製糸・紡績

印刷技術

バイオ材料

有機材料



プロセス融合  
スケール融合  
材料融合

安心・安全な生活  
進歩した健康医療  
に貢献



産業の再生

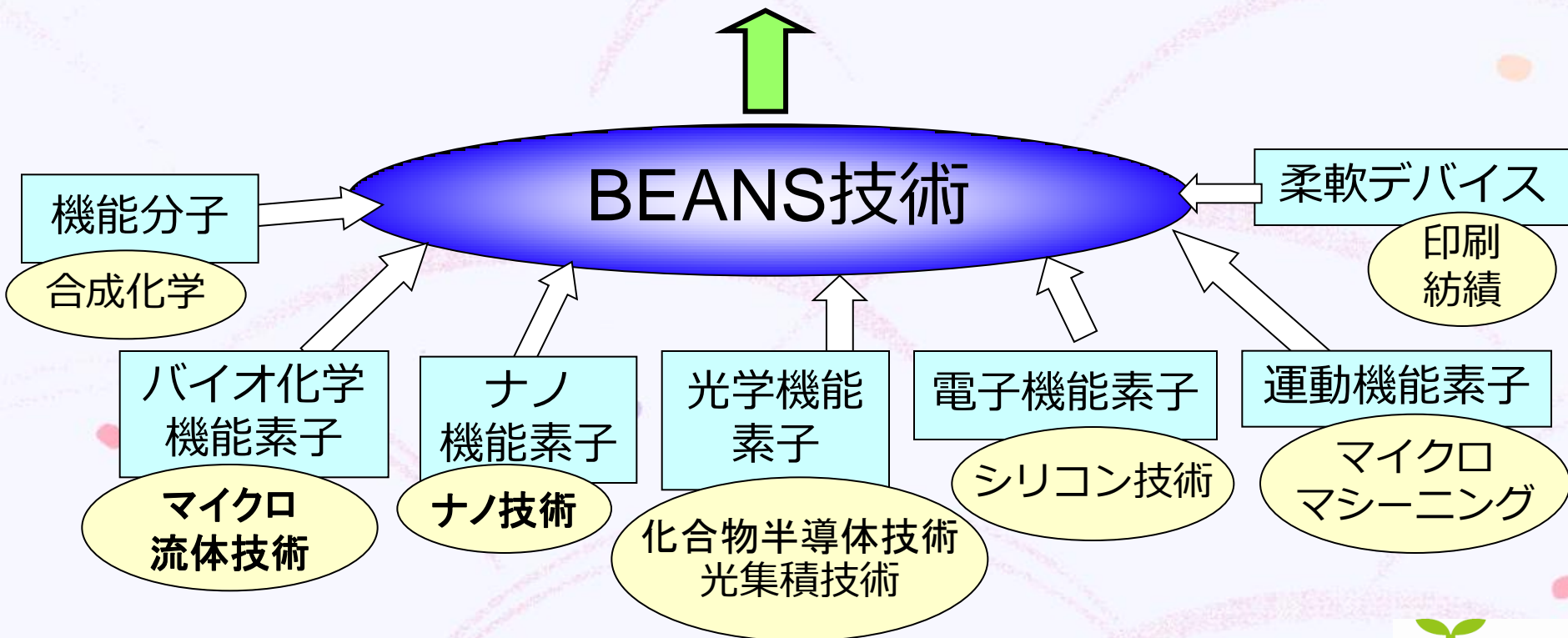
社会問題の解決

<http://www.beanspj.org/>



# 異機能集積化の主導コンセプト

## 異機能集積システム



# BEANSにおける異分野融合

- ナノからメートルまで異なったスケールを融合
- バイオから半導体まで異なった材料を融合
- ボトムアップからトップダウンまで異なったプロセスを融合
- Beansでは、三つの融合の概念に沿った研究を通じて、各個の具体的な研究成果を元に異分野融合プロセスの体系を示す



# 講演内容

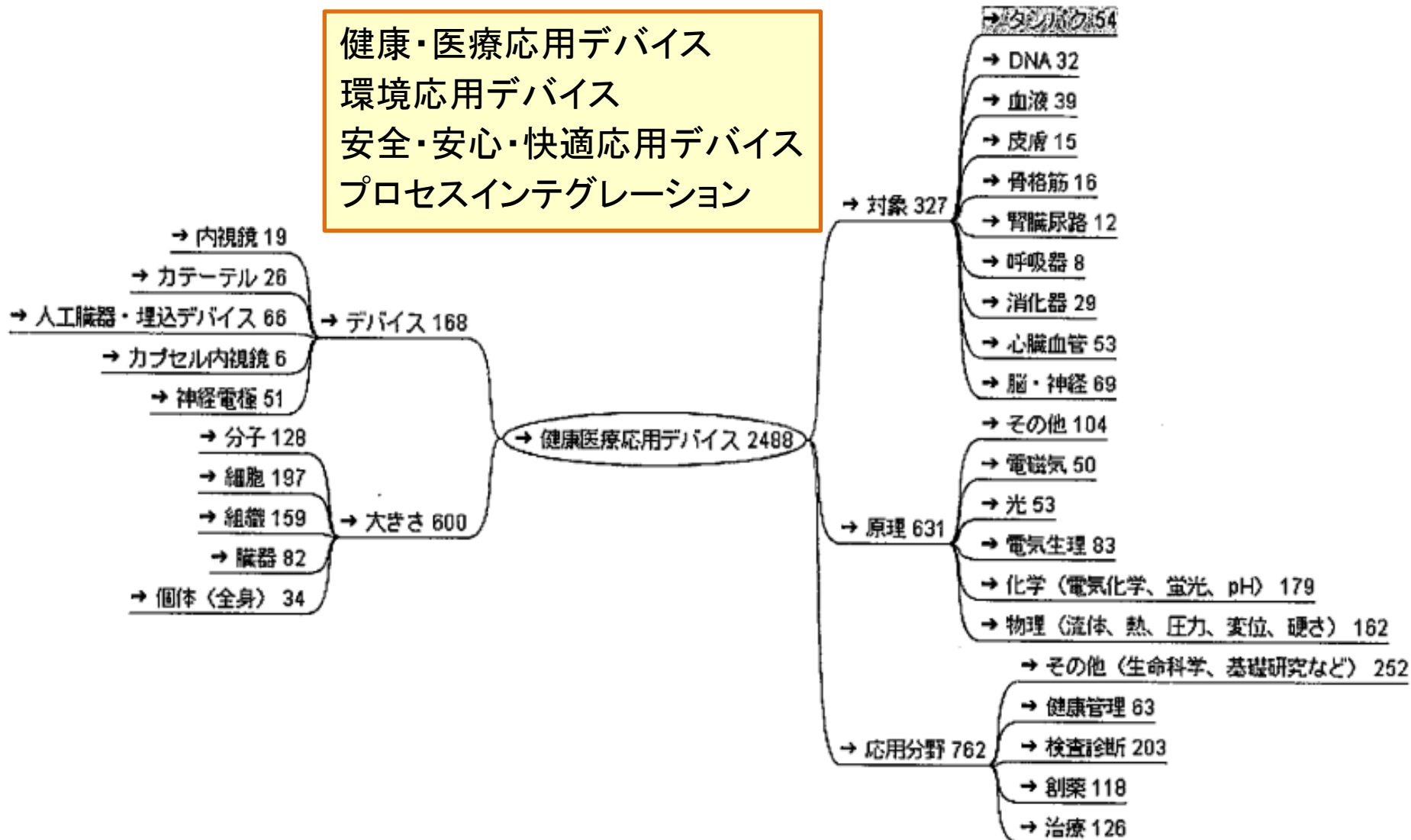
- BEANSの中心課題は異分野融合
- BEANSプラットフォーム
  - 知識データベース：カテゴリー分類による体系化
  - 事例研究（融合プロセスの特質が見えた）
- 世界の研究潮流を先取りした
  - Transducers 2013に見る最新研究動向と合致
  - 類似研究例



# BEANS知識DBのカテゴリの例

## ③健康医療応用デバイスカテゴリ

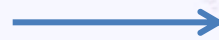
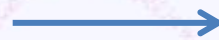
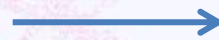
健康・医療応用デバイス  
環境応用デバイス  
安全・安心・快適応用デバイス  
プロセスインテグレーション



# 事例研究と実証デバイス

## 自己組織化

- ナノ粒子配列
- 鋳型の中で細胞培養
- ブロックコポリマー



- ガスセンサ
- 生体(肝臓)モデル
- 熱電発電デバイス

## 無損傷エッチング

- 振動子Q値向上
- トランジスタを側壁に作る



- FET検出シリコン振動子

## 微細要素組込ファイバー

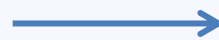
- $\mu$  加工ファイバーと紡織
- 細胞入りゲルファイバー
- 蛍光色素入りゲルファイバー



- ハイパーサーミアと抗癌剤放出の両機能を持つ不織布(NIMS)
- ゲル埋め込み式血糖測定器

## ナノ現象の利用

- fs レーザ加工ナノ流路
- プローブによるナノパターン描画
- 材料を認識するペプチド



- ナノ液滴製造デバイス
- ナノリソグラフィー装置





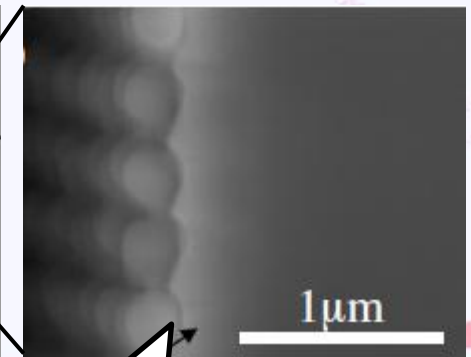
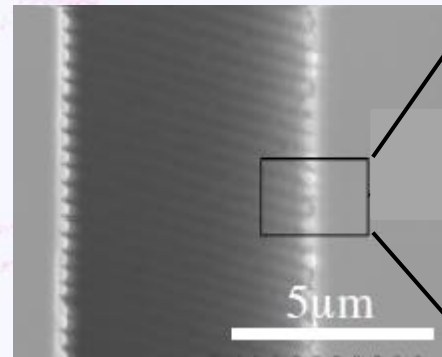
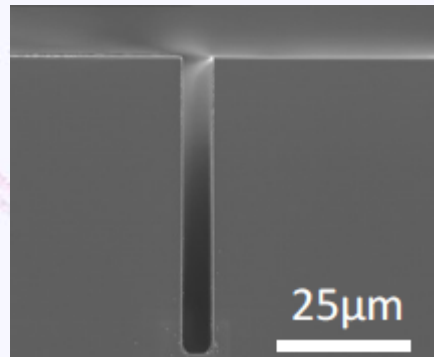
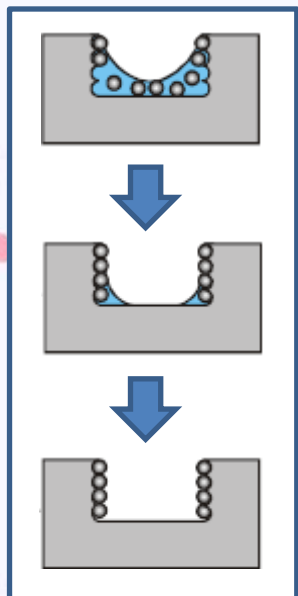
# 事例研究と実証デバイス

- 自己組織化
- 無損傷エッチング
- 微細要素組込ファイバー
- ナノ現象の利用



# 自己組織化を用いたDRIE深溝内へのナノ粒子整列

- ナノ粒子の自己組織化配列を用い、ミクロの深溝の側面に規則的かつ稠密な単層ナノ粒子膜を得た
  - 異スケール: ミクロ構造、サブミクロン粒子
  - 異プロセス: MEMS加工と自己組織化
  - 異材料: 金属酸化物ナノ粒子を取り込みガスセンサに応用



300nm  
シリカ粒子



# 整列ナノ粒子のガスセンサ応用

- 大きさのナノ粒子の自己組織化配列を用い、その空隙に酸化スズ粒子を充てんした後、粒子を除去して、逆オパール構造(ナノ多孔質構造)を作った。表面積が極端に大きいことを利用して高感度ガスセンサに利用(電気学会センサシンポ2012)

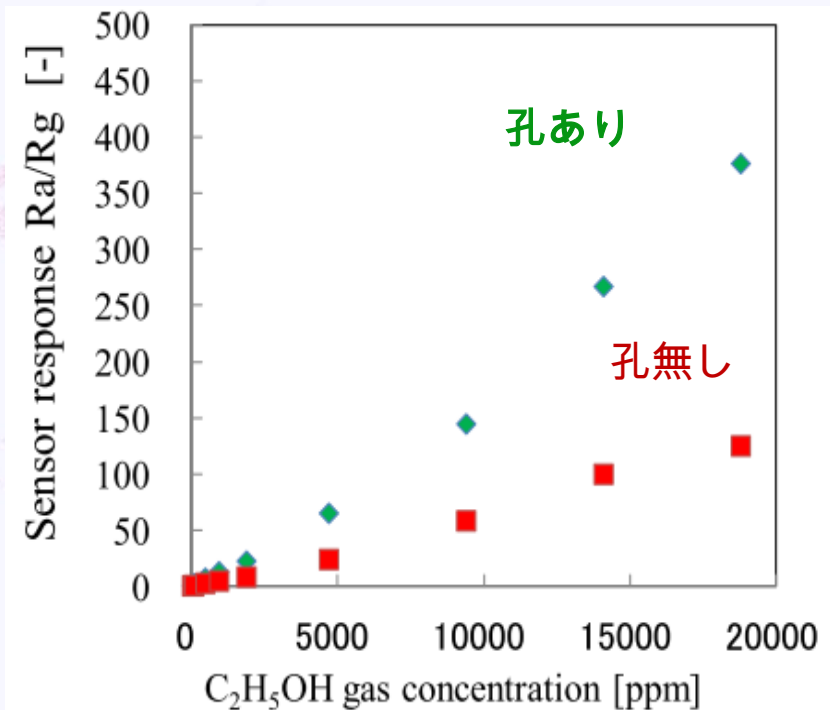
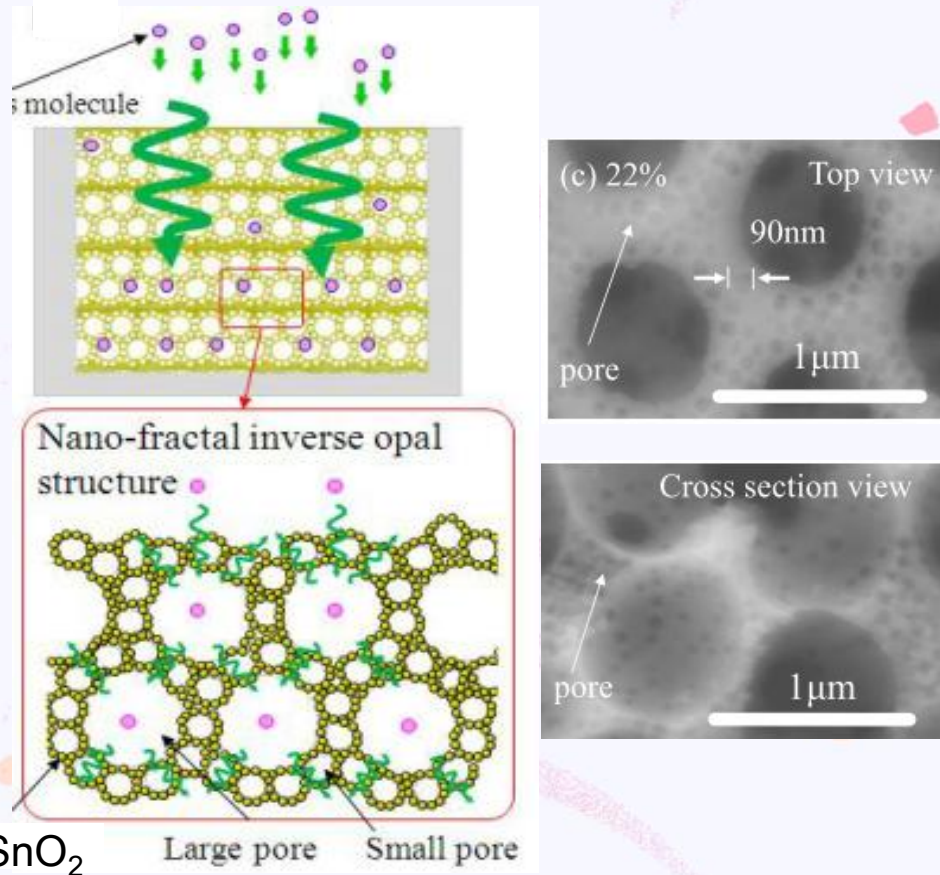


図7 エタノール濃度とガスセンサ出力

# ナノ多孔質ガスセンサの例

## BEANSとは何か？

(全体像、将来目標)

具体例  
ナノ構造  
応用センサ

位置づけ  
ナノ $\mu$ 融合  
自己組織化

## それは何を意味するか？

(応用、デバイスイメージ)

実用例  
高感度ガス  
センサ

応用分野の特定  
室内や車内の  
環境監視

個別テーマ

プロセス開発  
原理追求

新規機能  
ナノ多孔質構造

要求性能  
サブppm感度

応用デバイス



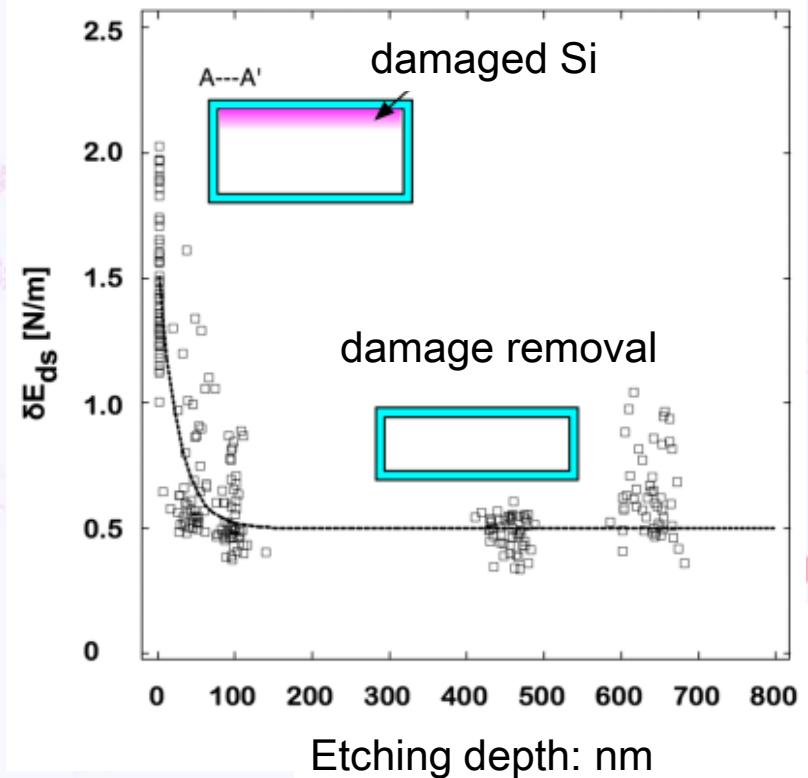
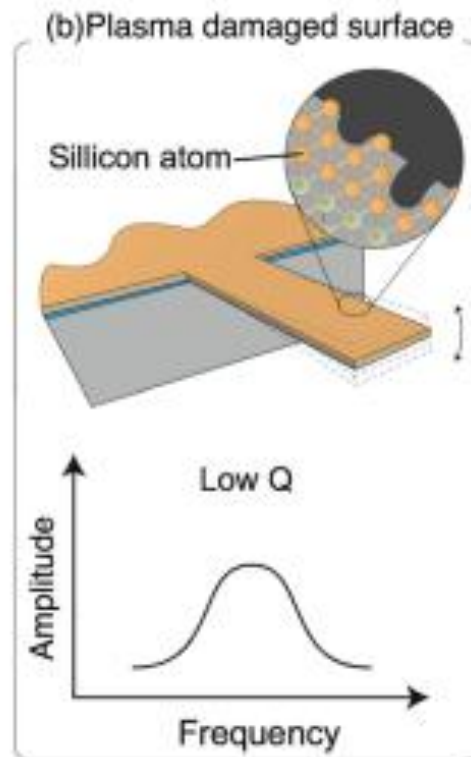
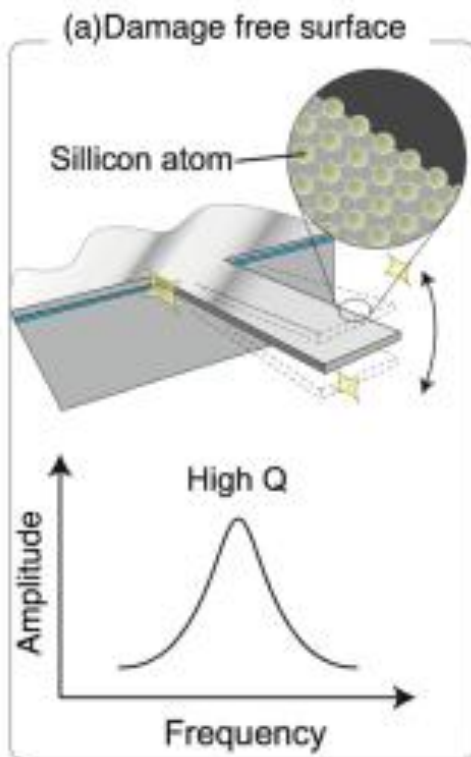
# 事例研究と実証デバイス

- 自己組織化
- **無損傷エッチング**
- 微細要素組込ファイバー
- ナノ現象の利用



# 中性粒子エッチングによる損傷層除去

- 通常のプラズマエッチングでMEMS構造を作ると、表面に損傷が入る。ナノ構造では損傷層の厚みが全体の厚みに対して無視できなくなる。例えば振動子ではQ値が低下する。この層を中性粒子エッチングで除去して表面機械損失を無くせた (J. Vac. Sci. Technol. B (2013))



# 高Q値振動子加工の例

## BEANSとは何か？

(全体像、将来目標)

具体例  
中性粒子  
エッチング

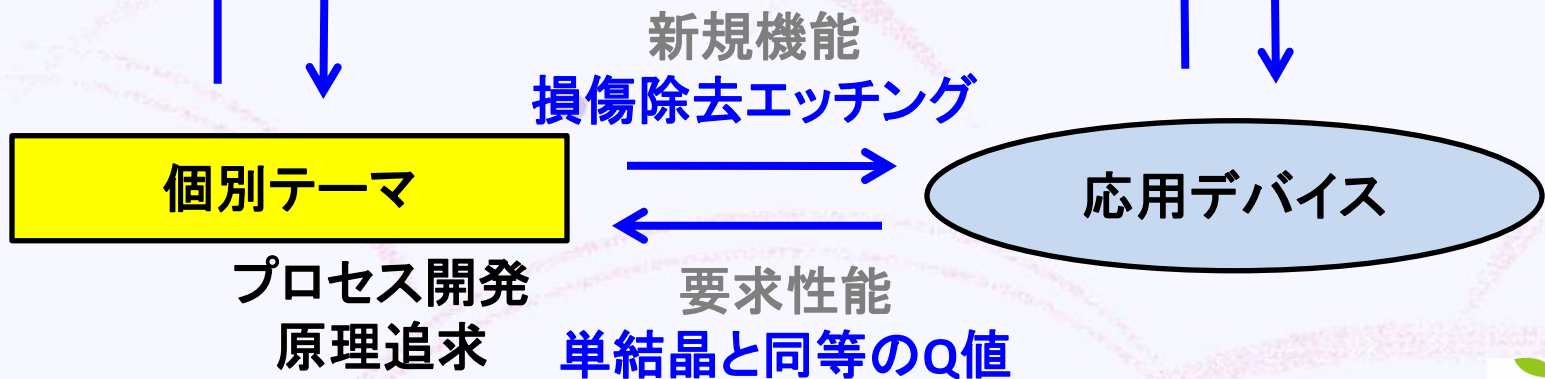
位置づけ  
無損傷加工プ  
ロセス

## それは何を意味するか？

(応用、デバイスイメージ)

実用例  
高Q値の  
振動子

応用分野の特定  
RFデバイス



# 事例研究と実証デバイス

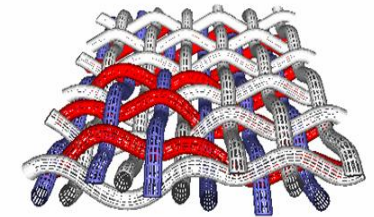
- 自己組織化
- 無損傷エッチング
- 微細要素組込ファイバー
- ナノ現象の利用



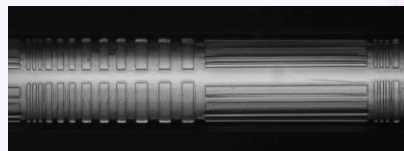


# 線状基材マイクロ加工と織布

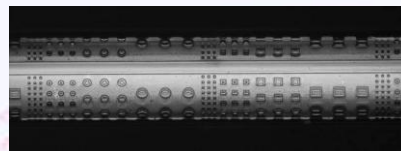
- 線の表面にマイクロ加工してそれを織ることで布地のように柔らかい、広い面積のデバイスを作る
  - 異スケール: ミクロの構造を持ったm級の大面積デバイス
  - 異プロセス: 繊維上への型押し、紡織
  - 異材料: 高分子繊維 + 導電性高分子



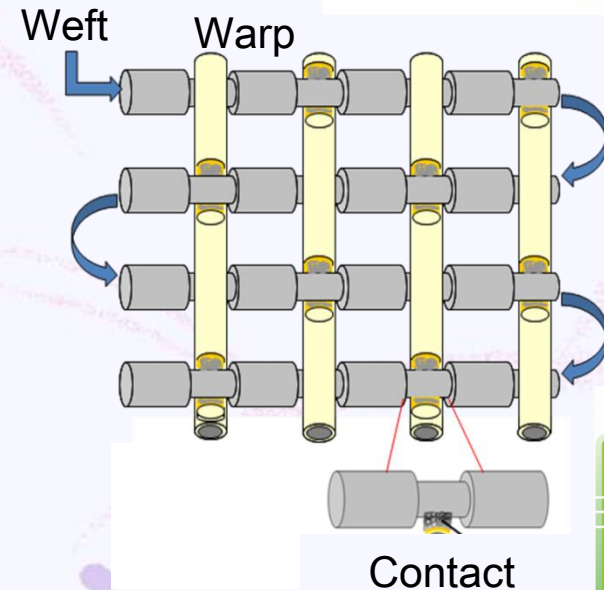
MICROMACHINE



Lines / spaces

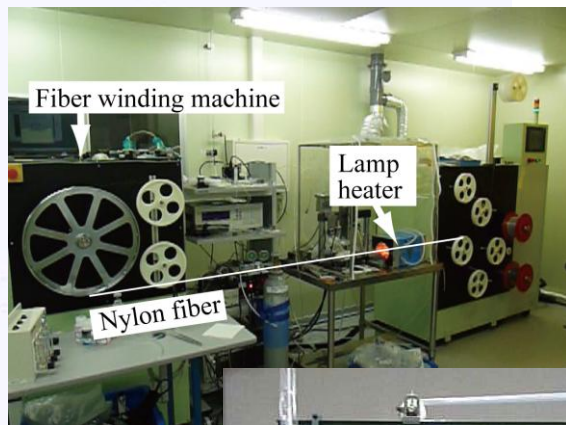
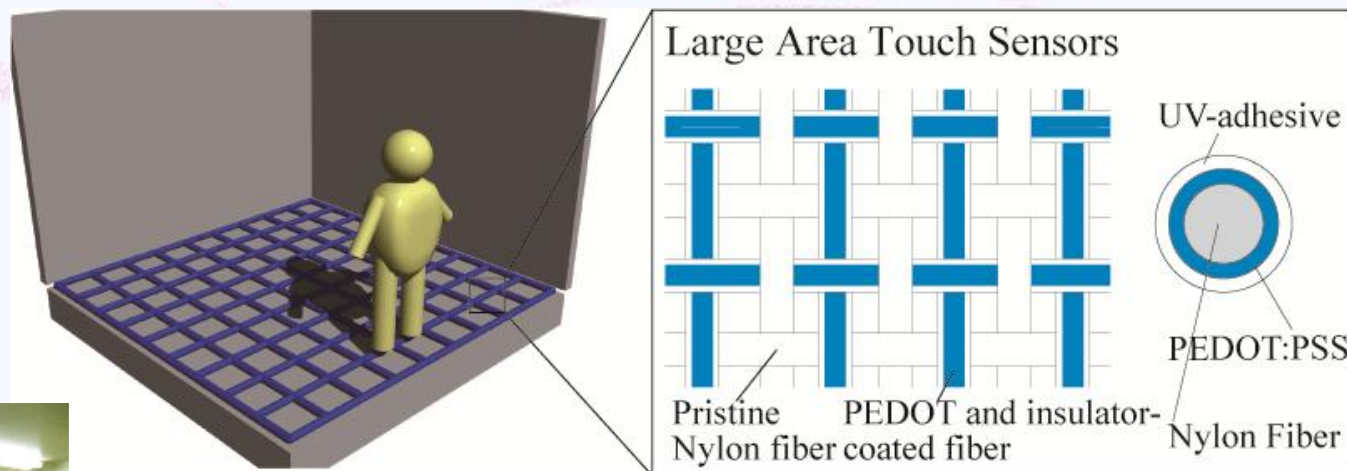


Dots





# MEMS感圧シートを織り上げた



1.2 m



S.Takamatsu, T. Itoh, et al: DTIP-2011

# MEMS感圧シートの例

## BEANSとは何か？

(全体像、将来目標)

具体例  
織物MEMS

位置づけ  
大面積柔軟

## それは何を意味するか？

(応用、デバイスイメージ)

実用例  
感圧シート

応用分野の特定  
不審者監視  
歩行リハビリ支援

新規構造  
絶縁電極膜付き  
ファイバー

個別テーマ

プロセス開発  
原理追求

応用デバイス

要求性能  
面的な圧力検出



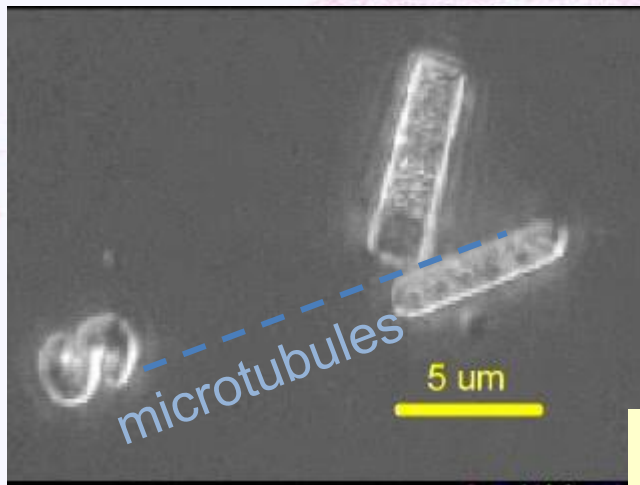
# 事例研究と実証デバイス

- 自己組織化
- 無損傷エッチング
- 微細要素組込ファイバー
- ナノ現象の利用



# MEMSに生体分子モータを組み込むナノ搬送

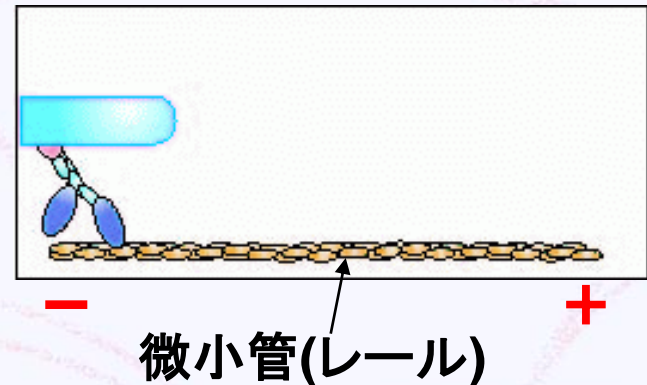
- ガラスの表面に微小管を付加し、その上でSiマイクロ構造をキネシン分子の力で動かした
  - 異スケール: ミクロの構造とナノのモータ分子
  - 異プロセス: 半導体加工、バイオアッセイ
  - 異材料: シリコン、ガラス、タンパク質



x 10 速

MEMS

キネシン  
(モータ)



これは、藤田博之研究室オリジナル  
(将来はアルツハイマー病の診断に利用したい)

R.Yokogawa, H. Fujita, et al: Nano Lett. 2006

M.C.Tarhan, H. Fujita, et al: Lab-on-Chip 2012

# 生体分子モータを組み込むナノ搬送の例

## BEANSとは何か？

(全体像、将来目標)

具体例  
生体分子  
モータの  
チップ組込  
プロセス

位置づけ  
バイオ機能  
分子組込

## それは何を意味するか？

(応用、デバイスイメージ)

実用例  
痴呆症  
診断チップ

応用分野の特定  
高齢者向け  
健康管理

新規構造  
再構成分子モータ系

個別テーマ

プロセス開発  
原理追求

応用デバイス

要求性能  
微小管結合タンパク  
の結合機能の測定



# 講演内容

- BEANSの中心課題は異分野融合
- BEANSプラットフォーム
  - 知識データベース： カテゴリー分類による体系化
  - 事例研究（融合プロセスの特質が見えた）
- **世界の研究潮流を先取りした**
  - **Transducers 2013に見る最新研究動向と合致**
  - **類似研究例（NIMSの癌治療用ファイバーメッシュ）**



The 17th International Conference  
on Solid-State Sensors,  
Actuators and Microsystems



International Convention Center,  
Barcelona, Spain  
June 16-20, 2013





# 出席者と発表論文

- 46カ国から約1200名の参加者
  - 米 22%, アジア 35%【日本 15%】, 欧州 43%
- 投稿アブストラクト数: 1635
- 採択数 675 (42.2 %) : 口頭発表 236, ポスター 439
- 国別の分布 ( )内は採択率
- 米 176 (59%), アジア 269 (46%), 欧州 213 (34%)
  - 米 176←217←198, 日本 111←106←110 (東大 34←24), 台湾 51←69←53, 独 48←51, 韓国 40, 中国 37←74←26 (凡例 2013←2012←2011)



# Transducers 2013 キーワードの分布

ファインMEMS

CMOS 集積

物理センサ

発電

無線

グリーンセンサネット

バイオ流体

圧電材料

BEANS

ナノテク

Flexible- \*\* (22)

CMOS MEMS (14)

Accelerometer

Tactile Sensor

Gyro

Press. sensor

RF MEMS

Wireless

Oscillator

Resonator (24)

Energy harvest (25)

bio fluid

Microfluidics (52)

Bio sensor

Gas sensor (20)

Electret

Piezo electric (24)

AlN

Cell- \*\* (24)

PZT

ZnO

Parylene (20)

Other carbon (20)

CNT

Nano particl

SiC

Parylene (20)

Other carbon (20)

CNT

Nano particl

SiC

Graphene

NEMS, Nano- \*\* (55)



# BEANSプロジェクトの 狙いと達成度

- ◎ 異分野融合プロセス → 新プロセス、装置の製品化
- ◎ 実証デバイス作製 → 特許のライセンス供与
- ☆ 実用化 ←
- BEANS技術の体系化・普及 → データベース、学界、本
- ◎ 大学と企業の融合 ←
- ◎ 人材育成 ←



# 結論

- BEANSは、種々の異分野融合を達成した
  - 異スケール、異プロセス、異材料
- 個々のテーマを知識DBのカテゴリー（複数）に当てはめてみることで、異分野融合技術の特質、利点、発展可能性、などが具体的に理解できる
- Transducers 2013に見る最新の研究動向を先取りした。類似の発想に基づく研究も出てきた
- 人材の育成、産官学のネットワーク形成にも貢献
- 実用化へ向けた取組や支援が必要である
  - (共同)研究継続、特許活用、プロジェクト獲得

