

# 非破壊検査方法及び非破壊検査装置

## 【発明者】

中曾根 祐司 東京理科大学工学部機械工学科

○岩崎 祥史 東京理科大学大学院

清水 徹 元東京理科大学大学院

## 発表内容

### 1. 技術内容の説明

従来の技術との相違／研究に至った経緯／実際の測定／実際の測定例

ピーク間距離 $2l$ とき裂長さ $2a$ の関係／漏洩磁束密度の極値 $B_{zmax}$ ,  $B_{zmin}$ と $\Delta K$ の関係  
／損傷の程度とは／測定から得られる情報

### 2. 特許の説明

基本情報／請求の範囲／先行特許調査結果

### 3. マーケット

従来の技術との相違／対象市場／産業への応用例／ライセンス条件／事業化の課題

2005年10月21日

東京理科大学科学技術交流センター

# 1. 技術内容の説明

## 従来の技術との相違

### 従来の検査方法

- ・浸透探傷検査
- ・超音波探傷検査
- ・磁粉探傷試験
- ・渦電流探傷検査



き裂の有無  
き裂のサイジング

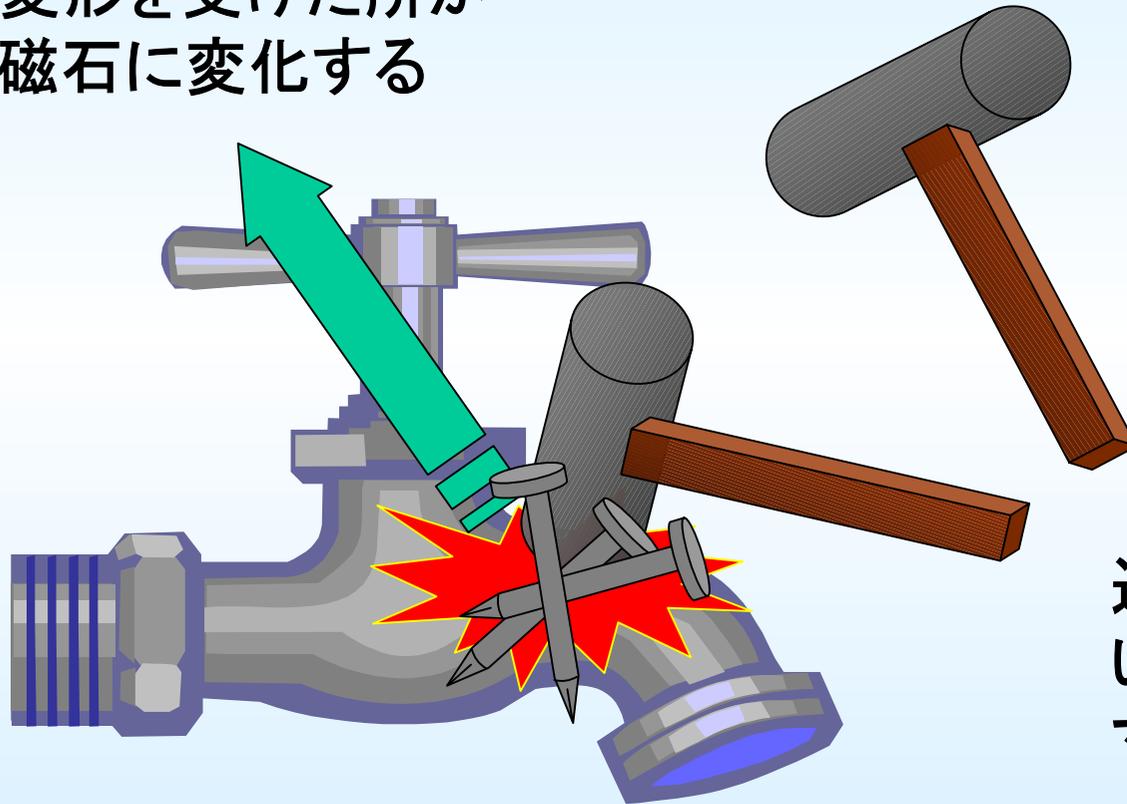
### 本発明の特徴

- 通常は非磁性体であるステンレス鋼に発生するき裂を検出し、それによる損傷度を推定する
  - ・き裂のサイジング
  - ・き裂進展方向の推定
  - ・損傷の程度(き裂の危険度)の推定

# 1. 技術内容の説明

## 研究に至った経緯

強変形を受けた所が  
磁石に変化する



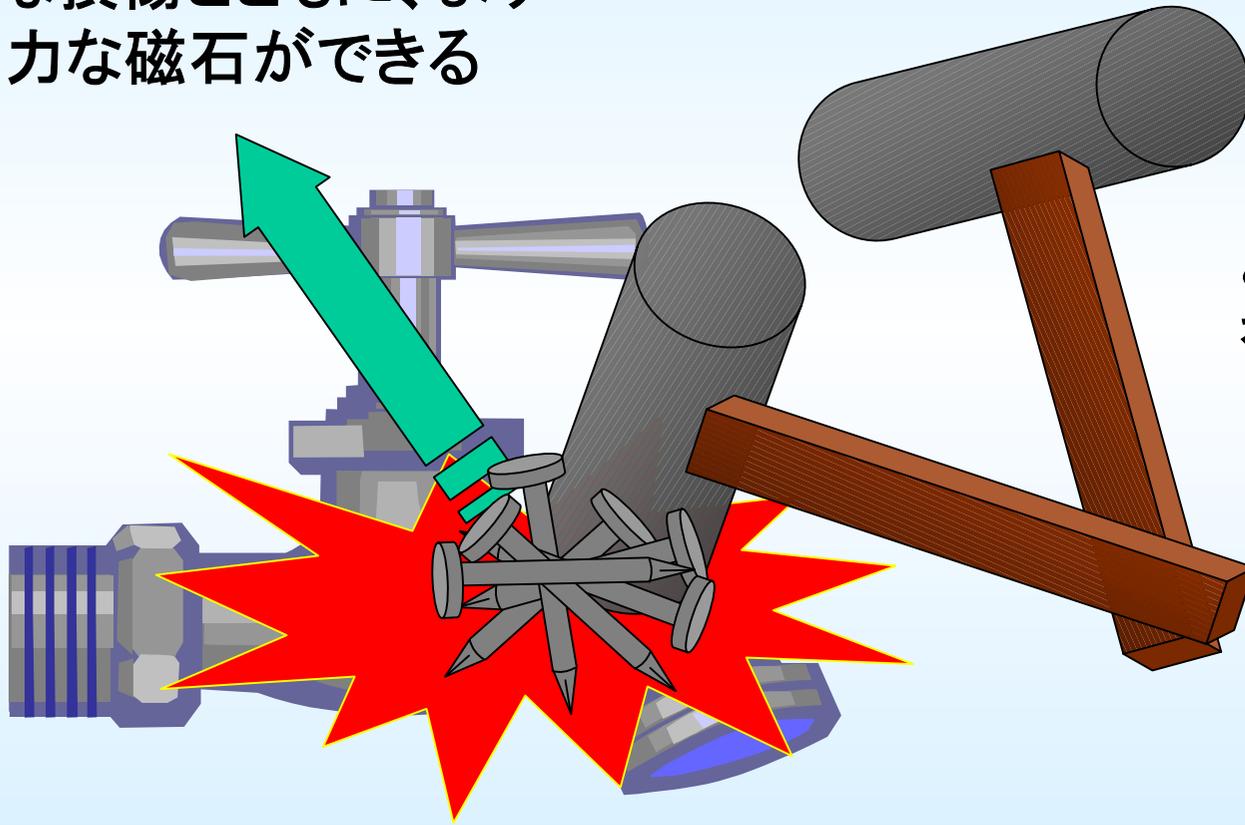
通常は磁性を帯びないステンレス鋼をハンマーで叩くと...

18-8ステンレス鋼(SUS304)製蛇口

# 1. 技術内容の説明

## 研究に至った経緯

大きな損傷とともに、より強力な磁石ができる



より強い力や変形を与えると...

18-8ステンレス鋼(SUS304)製蛇口

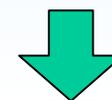
# 1. 技術内容の説明

## 研究に至った経緯

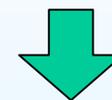
ステンレス鋼パイプにき裂が入る



き裂周囲に大きな力がかかる



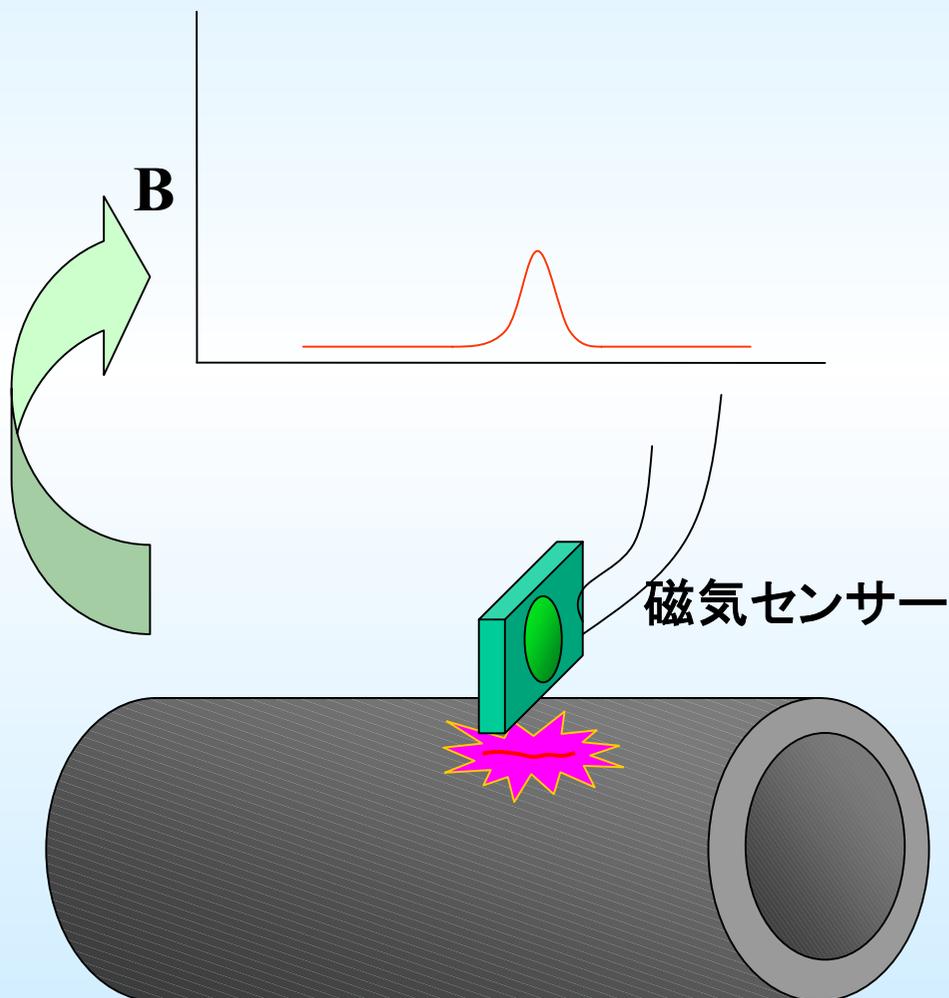
き裂周囲が強い磁石に変化



き裂上空で磁場の乱れができる

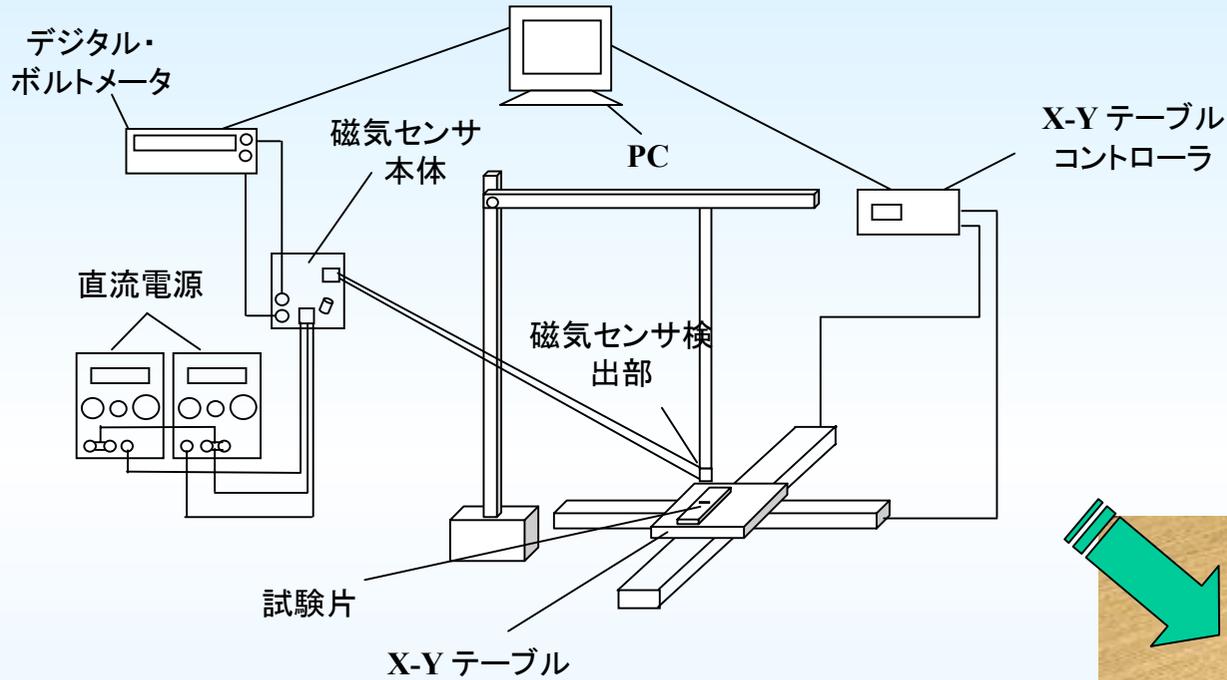


非破壊検査法への応用可能？

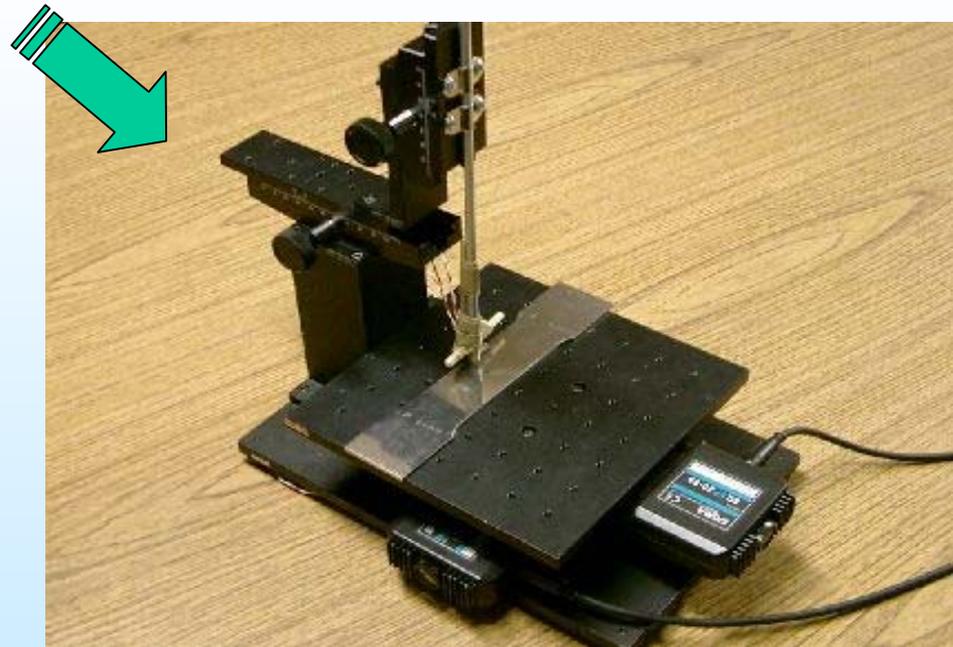


# 1. 技術内容の説明

## 実際の測定



本実施の形態の非破壊検査装置の概略構成図

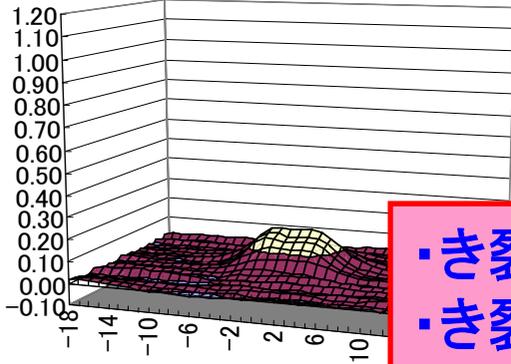
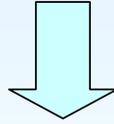


# 1. 技術内容の説明

## 実際の測定例

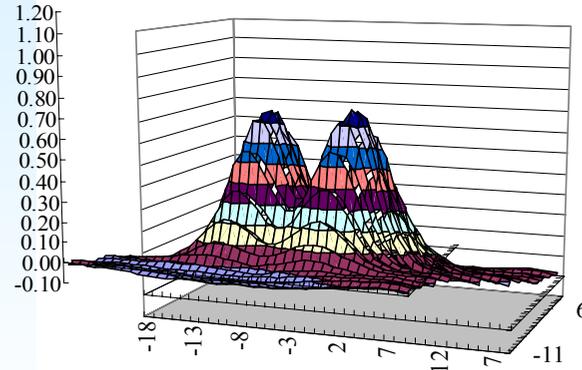


磁場分布



$2a=6.1\text{mm}$

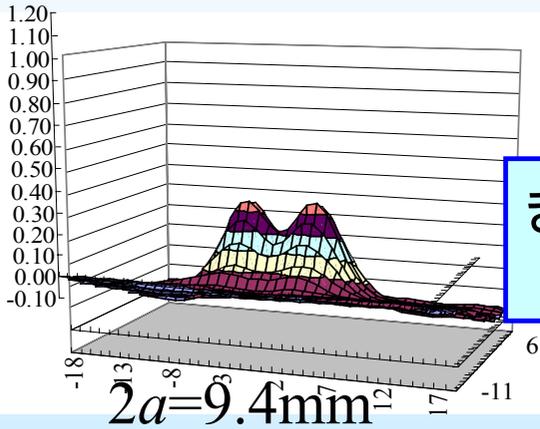
- ・き裂のサイジング
- ・き裂進展方向の推定
- ・損傷の程度の推定



$2a=11.6\text{mm}$



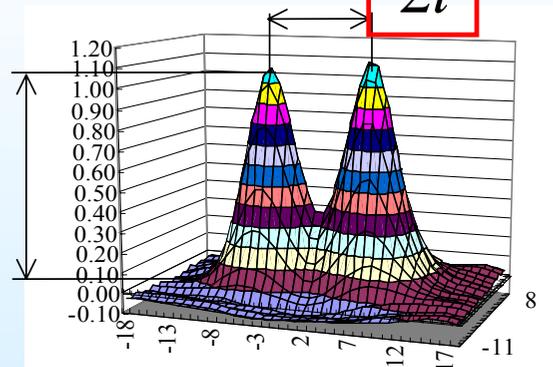
$2l$



$2a=9.4\text{mm}$

$B_z$

き裂の成長と共に  
大きくなる



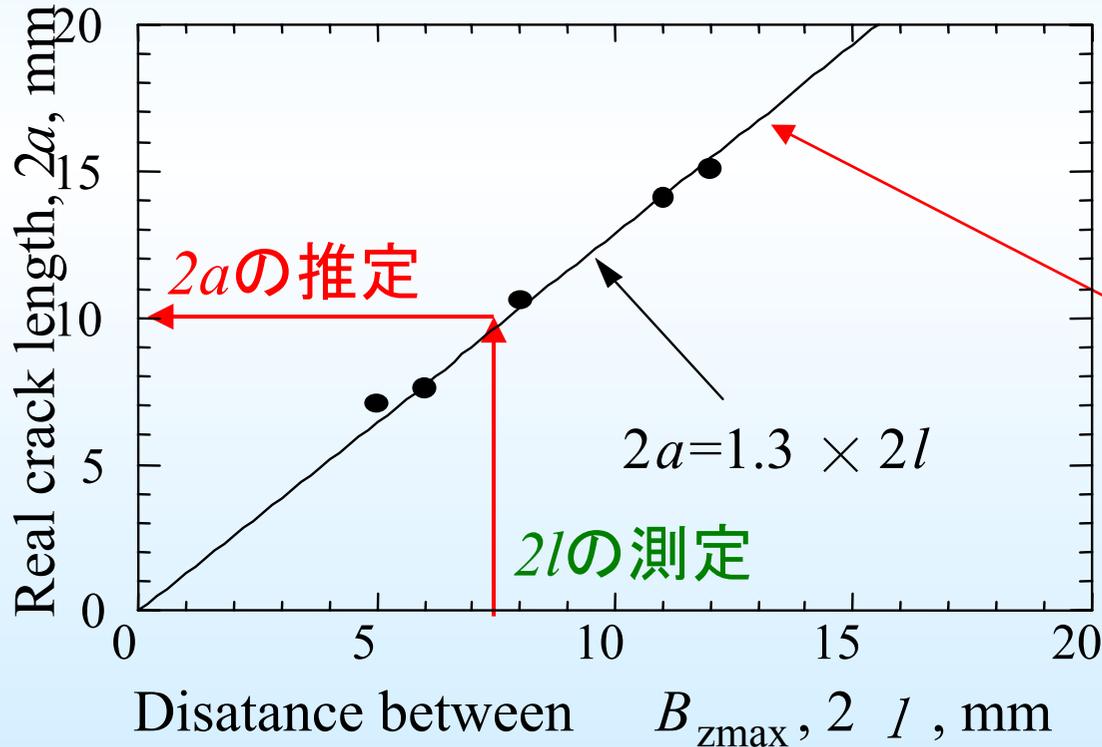
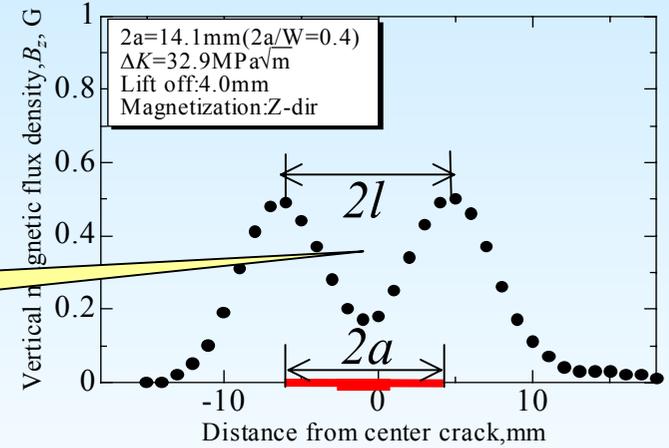
$2a=12.7\text{mm}$

# 1. 技術内容の説明

## ピーク間距離 $2l$ とき裂長さ $2a$ の関係

z軸方向着磁

$2l$ と $2a$ の関係

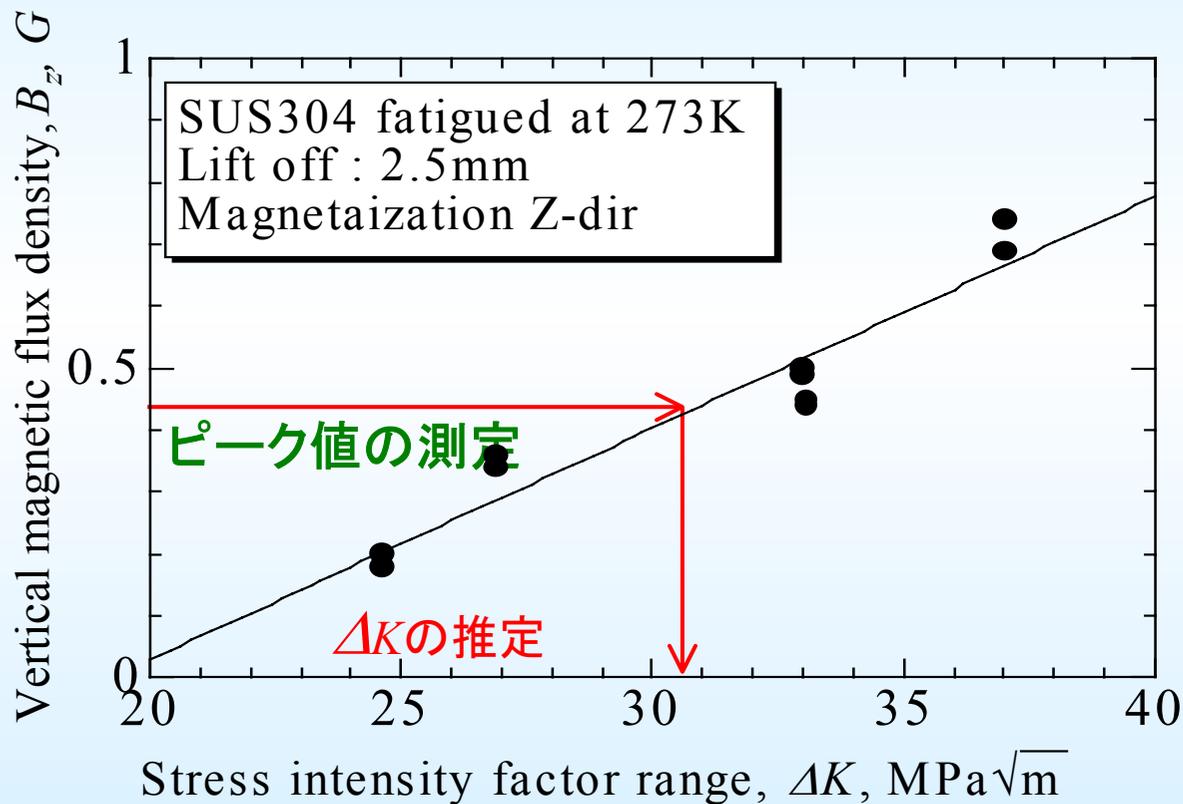


一本の直線で整理

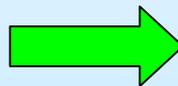
# 1. 技術内容の説明

## 漏洩磁束密度の極値 $B_{zmax}$ , $B_{zmin}$ と $\Delta K$ の関係

(z軸方向磁化)



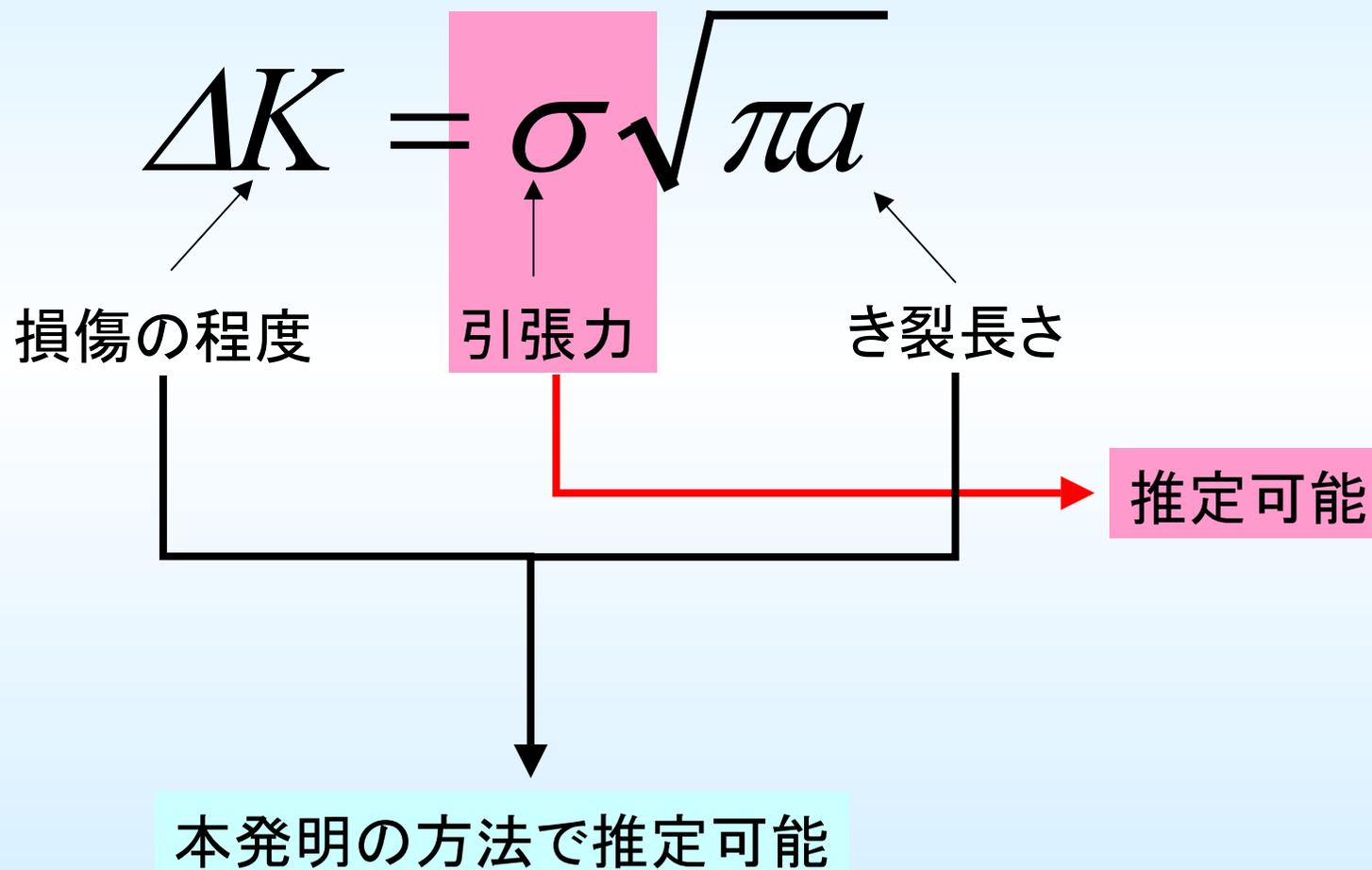
磁場分布からピーク値を測定



損傷の程度  $\Delta K$  の推定

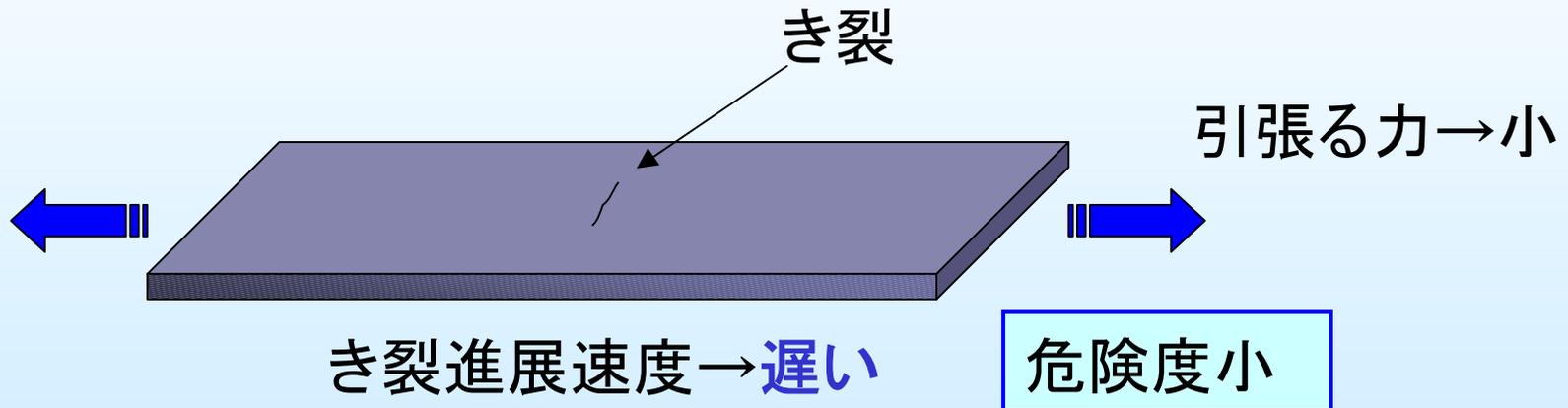
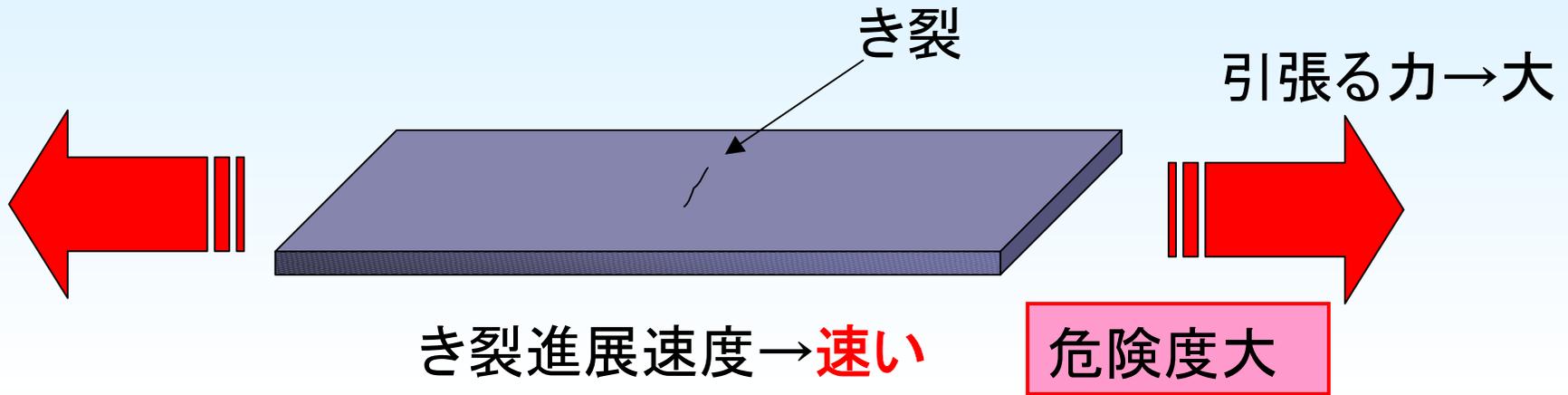
# 1. 技術内容の説明

損傷の程度とは



# 1. 技術内容の説明

## 損傷の程度とは



# 1. 技術内容の説明

## 測定から得られる情報

$$\Delta K = \sigma \sqrt{\pi a}$$

### 従来の発明

・き裂長さの推定

非破壊検査法としては不十分

・損傷程度“*K*”の推定

・原発、プラント配管におけるメンテナンスの指標になる

非破壊検査法として  
より有益な情報を得ることができる

### 本発明

## 2. 特許の説明

### 基本情報

発明の名称: 非破壊検査方法及び非破壊検査装置

出願番号(出願日): 2001-074672(2001.3.15)

公開番号(公開日): 2002-277442(2002.9.25)

状況: 審査未請求(期限 2008.3.15)

出願人: 東京理科大学

### 請求の範囲

下記の一連の検査方法及び該検査方法のための装置

被検査体を消磁処理



被検査体を複数方向から着磁処理



漏洩磁束分布を磁気センサで測定

① 損傷部の進展方向 ② 損傷程度 ③ 損傷長

## 2. 特許の説明

### 先行特許調査結果・・・先行特許なし

◆調査対象：日本国内

◆使用データベース：IPDL(特許電子図書館)

◆調査検索式(キーワードの検索範囲はすべて「請求の範囲+要約」)

①=FI=G01N27/72+G01B7/02+G01B7/24+G01B7/34

②=ひび+ヒビ+罅+割+裂+傷+クラック+クラック+ギャップ+ギャップ

③=① \* ②=105件

④=非破壊検査

⑤=① \* ④=27件

⑥=着磁+磁化

⑦=方向 \* 測定

⑧=① \* ⑥ \* ⑦=46件

⑨=③+⑤+⑧=163件

検索結果(ヒット件数):163件(その中で最も高い類似性を示した次の特許2件の類似性も高くはなかった)

類似特許	内容	コメント
特開 2005-55341 高感度磁気センサを用いた 金属の劣化の検査方法及び 装置	構造物の経年使用によって繰返し加わる応力に伴う金属の疲労、損傷等の劣化を初期段階に非破壊的に検出し、さらに、非日常的に加わる弾性限界を超える応力の付加に伴う損傷の非破壊的検査を可能にする。	マルテンサイト変態を利用した非破壊検査を示唆する内容を含み、構成が類似しているが、方向性を持った着磁処理が示されておらず、目的が損傷・劣化の初期段階での検出であり本発明と異なっている。
特開 2004-325246 欠陥検査装置	検査対象構造物の表面に検出された欠陥の局部的範囲を走査し、欠陥の種別に応じた例えばき裂の結晶粒界との一致度のような特徴的な特性量を計測し、この計測された検出信号をデータベースのデータを比較し欠陥種別を判定する。	マルテンサイト変態を利用した非破壊検査を示唆する内容を含み、構成が類似しているが、測定対象が表面で、方向性を持った着磁処理を開示しておらず、本発明と異なっている。

### 3. マーケット

## 従来の技術との相違

装置名	表面欠陥	内部欠陥	非接触での検出	強磁性/非磁性の制限	損傷の程度の検出	コスト
放射線探傷	○	○	○	無し	×	高
超音波探傷	○	○	×	無し	×	高
磁粉探傷	○	×	×	磁性体のみ	×	中
渦流探傷	○	×	○	磁性体のみ	×	中
浸透探傷	○	×	×	無し	×	低
本発明	○	○	○	SUS304,316ステンレス鋼 および一部の磁性体	○	低

# 3. マーケット

## 対象市場

### 想定している産業応用分野

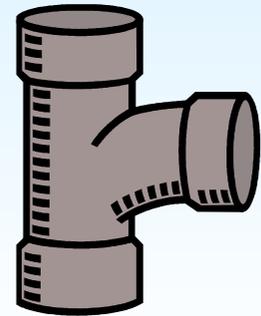
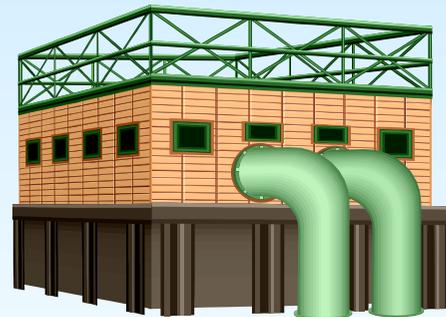
#### (1) 非破壊検査

- ・ ステンレス製パイプ
- ・ ステンレス製構造物
- ・ 深絞り、プレス成型品

#### (2) 供用中検査

#### (3) メンテナンス等

#### (4) 品質検査



### 想定している実施企業

#### (1) プラント・メーカー

#### (2) メンテナンス業界

#### (3) 電力業界

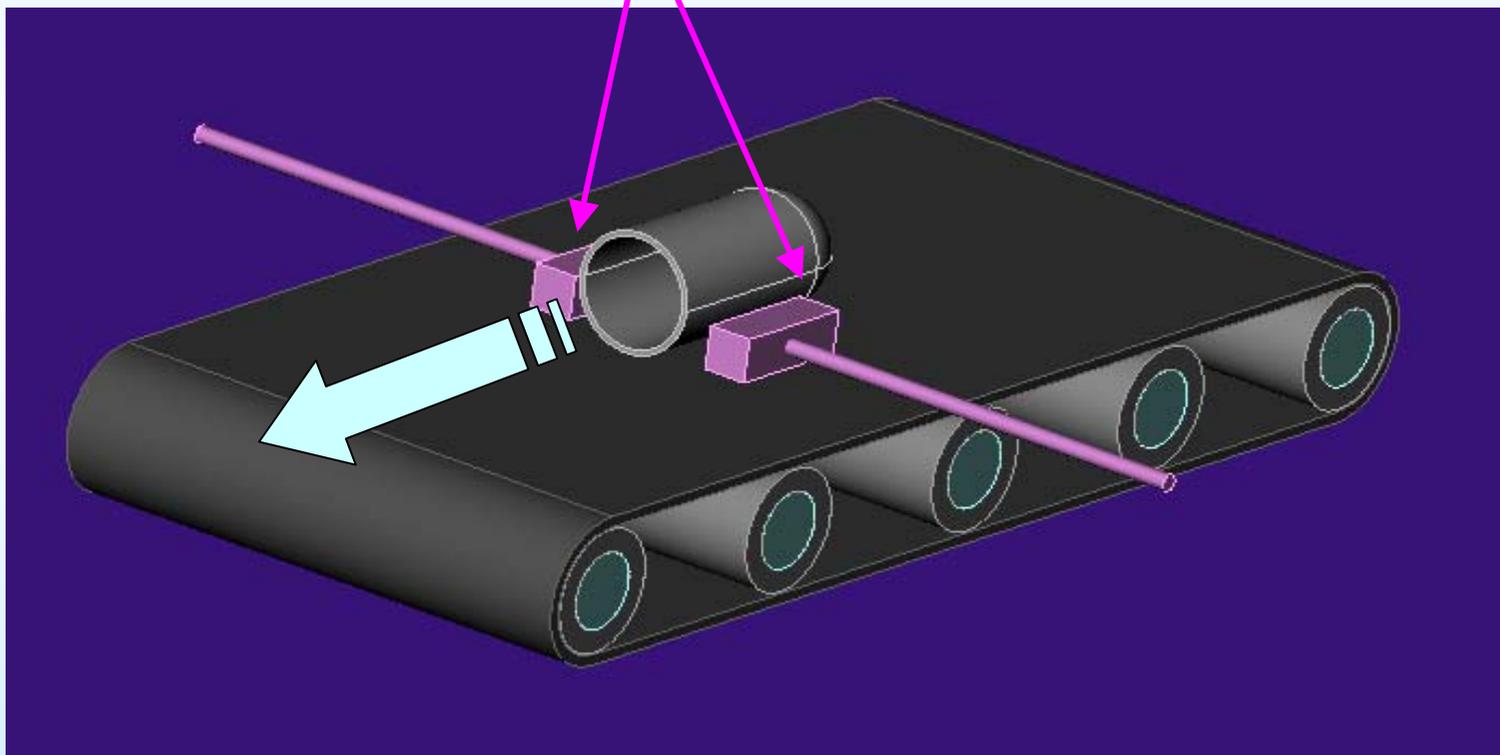
#### (4) 建設業界等

#### (5) 自動車部品メーカー

### 3. マーケット

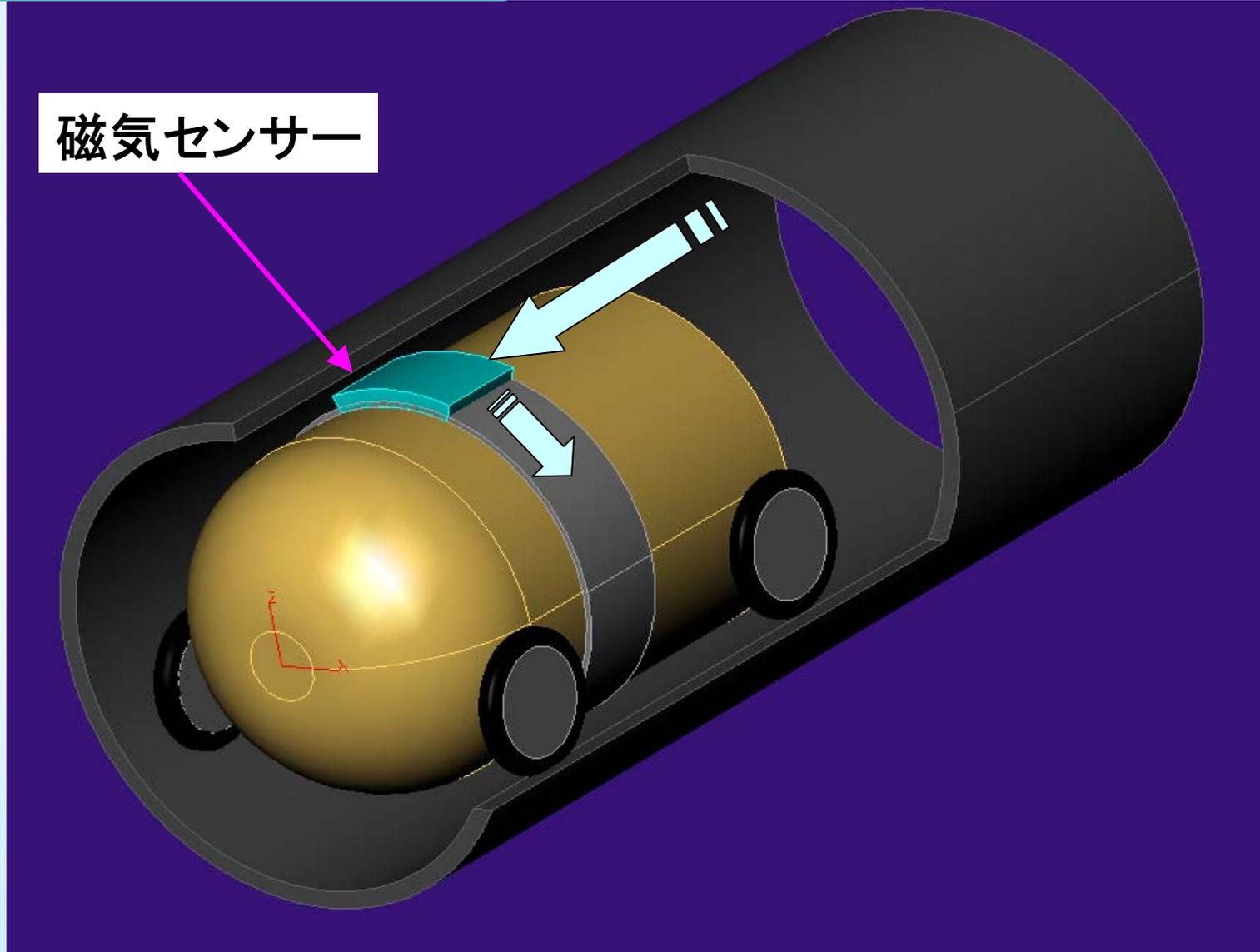
#### 産業への応用例

磁気センサー



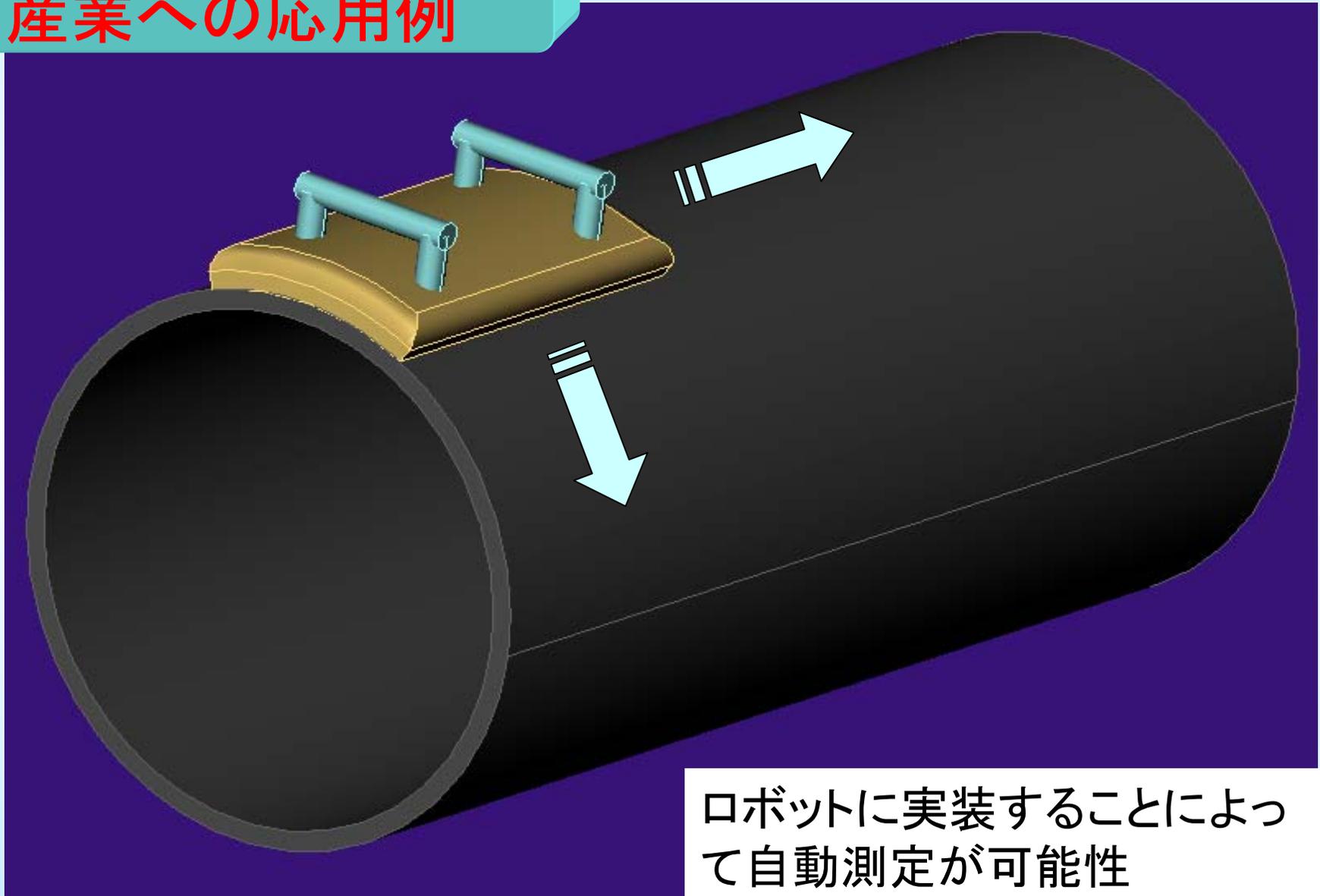
### 3. マーケット

## 産業への応用例



### 3. マーケット

#### 産業への応用例



ロボットに実装することによって自動測定が可能性

### 3. マーケット

#### ライセンス条件

- ◆通常実施権許諾(条件等は別途相談)
- ◆共同研究・技術指導について対応可能
- ◆関連特許を現在、出願準備中

#### 事業化の課題

- ◆使途・使用環境等に適した検査装置(ハード)の開発が必要

【例】

水道管:従来の材料からステンレス鋼管に置き換える動き  
(ステンレス鋼管生産量のうち約5%が水道管に使用されつつある)

水道管の検査に本発明の非破壊検査装置を使用する場合

- ①埋設させた水道管に着磁する装置の開発が必要
- ②埋設された水道管からの漏洩磁束分布を地上から測定する装置の開発が必要

- ◆実機データの蓄積が必要