

配布用

# Magnetics未来産業創出戦略とマグネ半島構想

20世紀はElectronicsの時代、21世紀はMagneticsの時代

- 1章 マグネデザインの紹介
- 2章 GSRセンサ事業
- 3章 デンタル磁石事業
- 4章 Magneticsによるエネルギー問題への挑戦
- 5章 21世紀MagneticsによるBig-Innovation
- 6章 マグネ半島構想の実現

2023年9月1日  
 本藤義信  
 工学博士  
 マグネデザイン(株)代表取締役社長  
 元日本磁気学会副会長

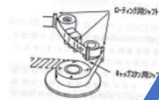
1

## 1章 自己紹介 Magneticsの専門家⇒日本磁気学会副会長

Magnetics要素技術のすべて(磁石・磁性材料・非磁性材料+磁気センサ)で世界初の開発を経験

### 1975年～非磁性ステンレス材料

MRI、トリスタン、真空装置など採用 マイクロシャフト  
 世界市場を独占



### 1985年～磁性ステンレス材料

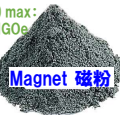
EFI用磁性ステンレス鋼AUM25を開発 トヨタ、Boschに採用  
 世界初 磁性アタッチメントを開発 1995年特許庁長官賞を受賞



### 1992年～ Dyフリーボンド磁石

2012年 山崎貞一賞を受賞  
 2005年 トヨタ技術開発賞を受賞

(BH) max:  
43MG0e



### 1997年～磁気センサ

世界1の電子コンパスを開発  
 2012年産官学連携功労文部科学大臣賞を受賞

小型コイル化



2

## マグネデザイン(株)の紹介 1 概要

### 【経営理念】

20世紀はElectronicsの時代、21世紀はMagneticsの時代

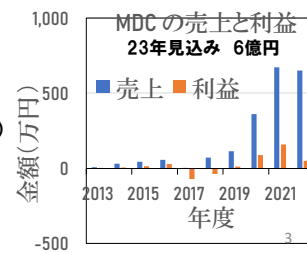


マグネデザイン美浜研究所



### 【沿革】

- ・ 12年 本蔵がMDCを設立
- ・ 15年 磁気センサのGSR原理を発見→NHK報道で紹介
- ・ 16年 名古屋市のナビ白金施設に移転（クリーンルームを建設）
- ・ 20年 GSRセンサ商品開発、サンプルをJAXAに販売
- ・ 22年 美浜町に研究所を設立
- ・ 23年 医療用GSRセンサ事業に着手



## マグネデザイン(株)の紹介2 美浜研究所 実験室

実験室1：クリーンルーム



実験室2：新素材研究



実験室3：センサ開発



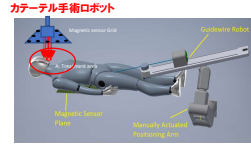
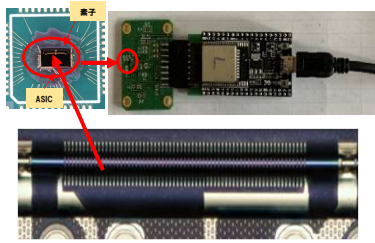
実験室4：デンタル磁石開発



## マグネデザイン(株)の紹介3 製品紹介

GSRセンサ 検出力: 1nT→0.1nT +小型:50mm→2mm

GSRセンサの応用



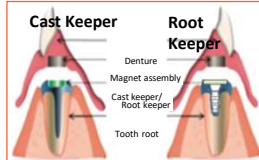
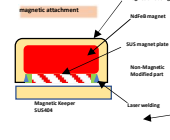
自動車やロボットの制御

VRデバイスの入力装置



デンタル磁石

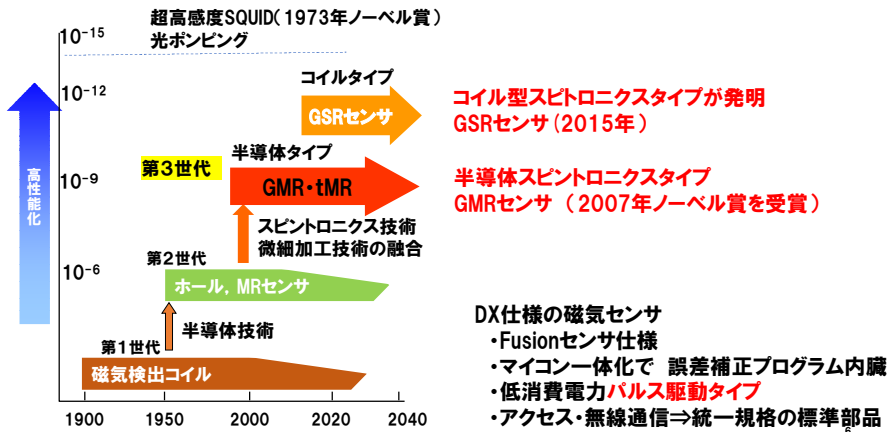
MagTeeth 700/900



## DX時代と磁気センサの進化

- ・磁気センサの位置づけ センサ市場全体 30%
- ・DX時代に磁気センサの新原理: スピントロニクス技術

磁気センサの技術進化 → 微細化・小型化・高速化・低消費電力化



## GSRセンサ紹介 15年GSRセンサ原理を発見

### 【GSR原理】

スピンのみを検出するコイル型の新原理センサ  
百万分の一の微小磁界を測定を可能にする

GHzパルス電流

アモルファス磁性ワイヤ (直径10 $\mu$ m)

マイクロコイル 3 $\mu$ mピッチ

素子のサイズ 1mm

①アモルファスワイヤの大きさ

髪の毛 100 $\mu$ m

アモルファスワイヤ 10 $\mu$ m

②半導体プロセス:マイクロコイルの製造

③ GSR用ASIC

### 【GSRセンサの3大技術要素】

①アモルファスワイヤ製造法  
②マイクロコイルの製造法  
③GHzパルス回路技術

幅 25 $\mu$ m  
深さ 6 $\mu$ m

(a) 異方性エッチング

コイルピッチ 5.5 $\mu$ m

(b) 下部コイルパターン

ワイヤ径 14 $\mu$ m  
(SiO<sub>2</sub>コートワイヤ)

(c) ワイヤ配置

樹脂モールド

(d) ワイヤモールドパターン

コイルピッチ 5.5 $\mu$ m

(e) 上部コイルパターン

## GSRセンサの開発 1) on-ASICタイプGSRセンサ 2) EVKタイプの nTセンサ

### 1) on-ASICタイプのGSRセンサを発表

|                   | Sensor Size<br>L×W(mm) | Sensitivity<br>mV/G | $\sigma$ Noise<br>mG@1KHz |
|-------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|
| GSRsensor<br>N=66 | 1.2×1.2                | 110mV/G             | 0.5mG<br>50nT             |
| M1sensor<br>N=16  | 2.0×2.0                | 10mV/G              | 7mG                       |

On-ASICタイプGSRセンサ

ASIC size: 1.2 × 1.2 × 0.2mm  
Element: L=0.45mm

### 2) GSRセンサー-nTセンサ (=nT計測器)

・ $\sigma$ ノイズ: 0.25nT (N=600回)

電池

通信デジタル回路

GSR素子

信号処理アナログ回路

換BOX

PC

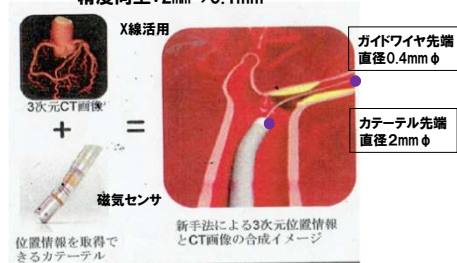
"Recent Advances in Magnetic GSR Sensor"

③Sensors誌に掲載論文は大好評

- ・アクセス1800件
- ・Sensors事務局が特集号を企画

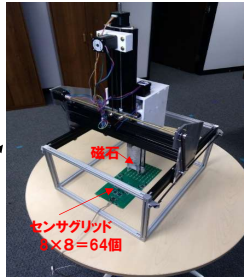
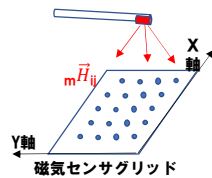
## 生体内ナビゲーションシステムの開発 朝日インテックと協業

(1) 背景 現行のナビゲーション治療技術 ⇒ (2) 目標: 血管内移動のCG画像表示  
 精度向上: 2mm ⇒ 0.1mm



(3) センサ内蔵式⇒磁石内蔵式に変更

ワイヤ先端ステンレス磁石  
 位置 (X,Y,Z)  
 方位 (θ, φ)  
 をセンサグリッドで求める



強力なミニ磁石のお開発  
 直径0.4mm φ × 長さ20mm  
 ⇒ステンレス磁石を発明(特許)

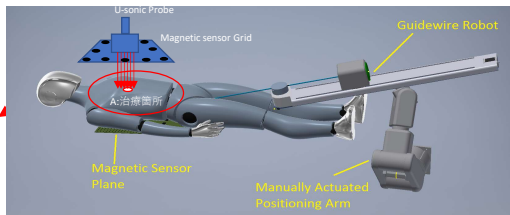
超小型の3次元nTセンサの開発  
 1nT@1KHz  
 3D素子 組み立て式



## GSRセンサの応用 手術ロボットのナビゲーション技術の開発

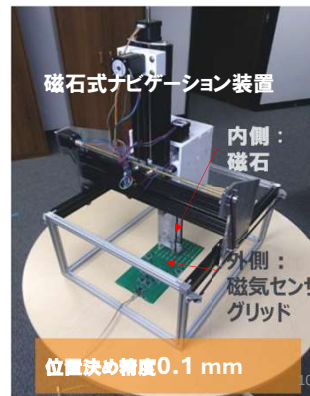
シリコンバレーを拠点に、Cloudnav社と共同開発中

先行メーカーのカテーテル治療ロボット  
 位置精度を10倍、リアルタイム性を改善



先行メーカーのインプラント治療ロボット  
 アシスト型から 全自動タイプ(磁気誘導システム)

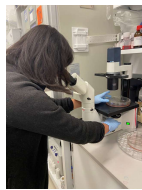
先行メーカーのインプラント治療ロボット



IPS細胞観察 スタンフォード大学医学部 訪問 2022年9月21日



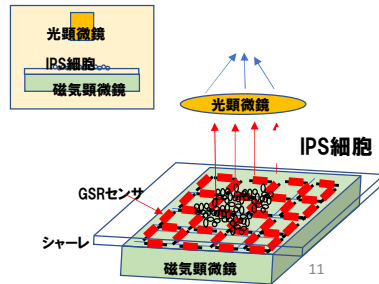
Dr. Zhao:主任研究員  
 専門:  
 iPS 細胞の臨床応用として:  
 患者の血液内の幹細胞で心筋幹細胞を  
 製作  
 ↓  
**IPS 細胞の成長を観察**  
 顕微鏡で形態・運動  
 磁気顕微鏡で細胞内の活力(元気度)  
 ↓  
 磁気顕微鏡を共同開発予定



IPS 細胞の観察



IPS 細胞の観察写真 (ビデオ)



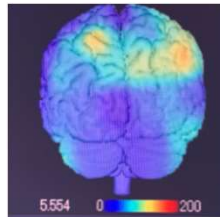
on-ASICタイプのGSRセンサの生体磁気診断装置への応用

【生体磁気】

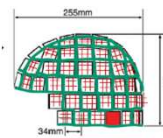
現在の脳磁図診断装置  
 10億円の巨大装置



脳の活性化を診断できる  
 MRIは、脳の組織構造の診断

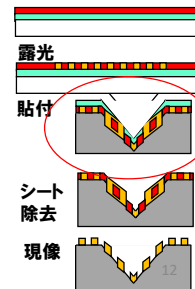


ウェアラブルタイプの  
 診断装置を目指す

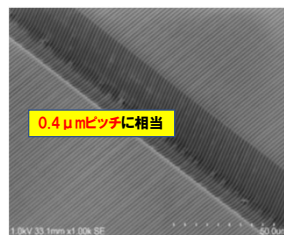


新プロセス

PVAシート付 レジストの作成



次世代プロセスの開発



課題  
 pTンサの開発 1pt@10Hz  
 現行品: 10~50pT

新技術  
 ・コイルピッチの微細化 1/10  
 ・差動素子 1/5  
 ・対応したASIC開発

## GSRセンサによる新市場の創出

**応用分野 1) 高速タイプGSRセンサ**  
自動車、ロボットなど機械制御用  
高速測定-10mG@1MHz ー測定レンジ:80G

**無人機械の運転状況をフォロー  
人間より100倍正確で100倍速い測定**

40 sensors used in one car  

- Angle sensor,
- speed sensor,
- Current sensor



**応用分野 2) 3次元タイプGSRセンサ**  
スマホ、ドローン、デジタルモバイル機器などVR対応  
地磁気測定 1mG@1KHz

**方位角度を1度の正確さで0.02秒で測定  
ドローン、ゴーグルなど ロボットの姿勢制御**



**応用分野 3) 超高感度 3次元タイプGSRセンサ**  
生体磁気検出  
-1pT@10Hz

**1pTの超微小磁界を測定、地磁気の1億分の1  
小型MRIで医療機器の革命**



**応用分野 4) 高感度 3次元タイプGSRセンサ**  
生体内ナビゲーション  
-1nT@1KHz(1nT=0.01mG)

**生体内内部のカテーテル位置を0.1mmの精度で測定  
手術用ロボット**

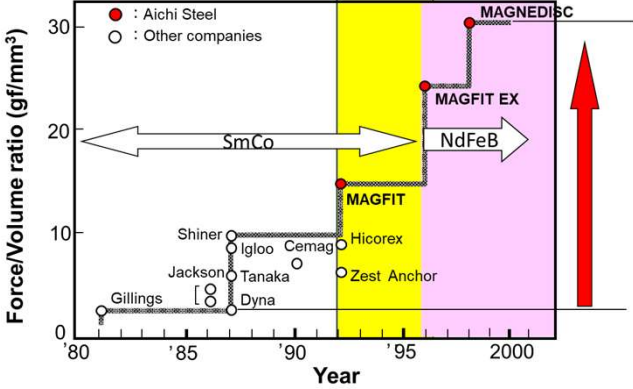


X ray view + Sensor inside = Navigation along blood


13

## デンタル磁石とは？

**92年 本蔵が世界初のデンタル磁石を発明  
⇒性能が10倍アップして、磁石式入れ歯が誕生  
特許庁長官賞を受賞  
NHKが全国放送**



| Year | Company     | Force/Volume ratio (gf/mm³) |
|------|-------------|-----------------------------|
| 1980 | Gillings    | ~2                          |
| 1985 | Jackson     | ~5                          |
| 1988 | Shiner      | ~10                         |
| 1988 | Igloo       | ~8                          |
| 1988 | Tanaka      | ~5                          |
| 1988 | Dyna        | ~3                          |
| 1990 | Cemag       | ~8                          |
| 1992 | Hicorex     | ~10                         |
| 1995 | MAGFIT      | ~15                         |
| 1995 | Zest Anchor | ~8                          |
| 1998 | MAGFIT EX   | ~25                         |
| 2000 | MAGNEDisc   | ~30                         |



14

### 磁石の吸着力をアップする方法 サイズ: 直径4mmφ × 高さ1.5mm

**磁石と鉄ヨークを組み合わせると 吸着力が4倍化**

磁石と磁石  
100 gf

磁石と鉄キーパ  
150 gf

**磁気回路**

サンドイッチ構造  
600 gf

キャップ構造  
600 gf

SUS 磁石採用 → 900 gfにアップ

- 鉄ヨーク (SUS434: Cr系ステンレス)
- フレート部品
- SUS磁性材料⇒SUS磁石に変更
- 非磁性 (SUS304: Ni系ステンレス)
- レーザー溶接
- 鉄キーパ (SUS434)

15

### 3) SUS 磁石とは

SUS磁石の発明 (特許取得)

Ni系ステンレス ⇒ 80%強加工 + 張力熱処理 (550°C 10kg/mm<sup>2</sup>)  
 非磁性 ⇒ 磁性と保磁力発生 残留磁化向上

**残留磁気**  
Br: 5.4 ⇒ 7.2KG  
33%アップ

**保磁力**  
Hc: 0 ⇒ 1000e

550°C  
885 N/mm<sup>2</sup>  
5 min

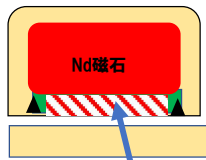
16



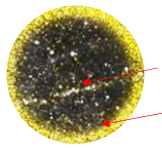
## プレート部品をSUS 磁石に変更

MagTeethの吸着力が 600 g f から900gfにアップ

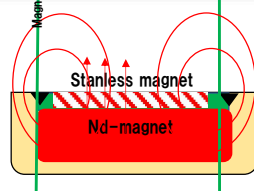
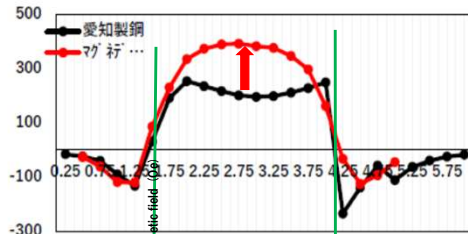
特許取得済み



SUS磁石プレート



SUS磁石  
非磁性



SUS磁石プレートは非磁性改質が可能  
特許取得済み

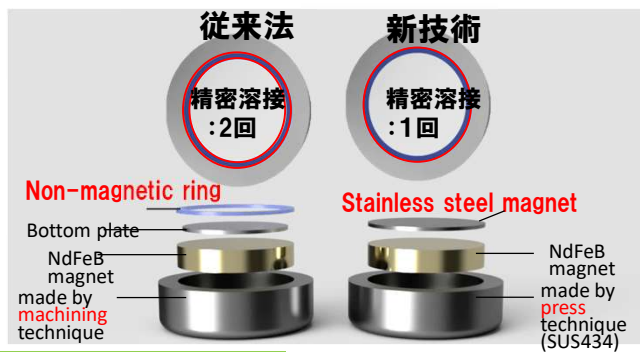
17

## SUS磁石プレートを使ったコスト大幅改善

コストダウン

レーザー溶接 1回  
組立簡単

↓  
プレス部品の採用  
200円→20円



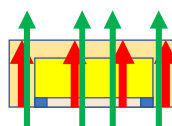
課題: 複合磁石の新着磁方法を考案

特許出願準備中

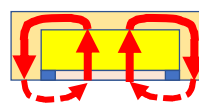
自然の状態  
(磁化がない状態)



着磁磁界3T ↑  
⇒ 全体を磁化 ↑



着磁磁界をゼロに戻すと  
⇒ 磁気回路を形成し  
⇒ 吸着力が発生



18

## 全自動ラインの建設

### 1) 部品と組み立てライン



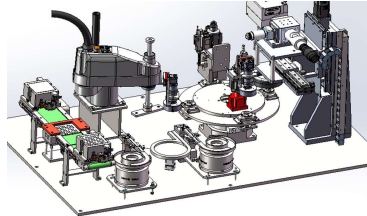
磁石：希土類



キャップ：SUS 4 4 4  
プレス成形



SUS磁石活用  
蓋：SUS304  
プレス打ち抜き



### 2) 全自動ライン 能力2万個/月

assembly ⇒ welding



特許出願準備中

polishing



特許出願準備中

magnetization



特許出願準備中

## 1) 入れ歯用 MagTeeth700/900のインドネシアで販売開始

磁石体



直径3.6mm  
高さ1.2mm  
吸着力700g



直径4.0mm  
高さ1.3mm  
吸着力900g

キーパ

| Cast Keeper | Root Keeper | MRI Keeper |
|-------------|-------------|------------|
|             |             |            |
|             |             |            |

特許取得済み 特許出願予定

MRI検査時  
取り外し可能

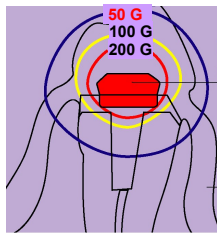
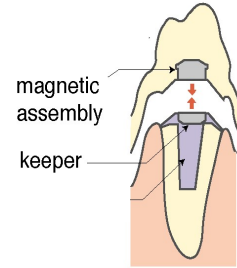
製品  
パッケージ



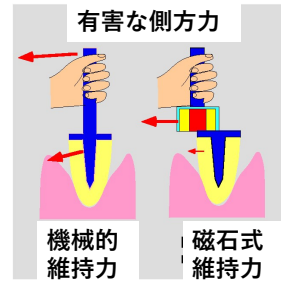
### 3. 磁石式入れ歯のメリット

デジタルデンチャーの維持装置として最高

- ①維持力が一定  
機械的維持装置は摩耗して減少する
- ②有害な力から歯を守る
- ③さびない
- ④磁気の影響はない  
(磁気は漏れていない)



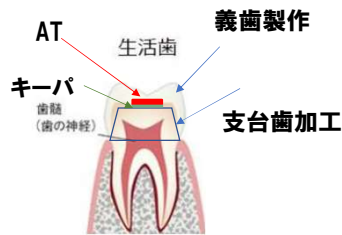
ヒップエレキバン:1000G



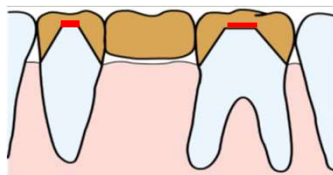
21

### 薄型ATの開発 愛知県開発補助金対象

Clinical application  
(pulp tooth specification)



Removal Bridge



薄型タイプ(特許出願中)

円形磁石AT

リング磁石AT



リング磁石

円形磁石

厚さ 1.3mm  
直径 4mm

厚さ 0.6mm  
直径 4mm



## まとめ デジタルデンチャー時代への対応

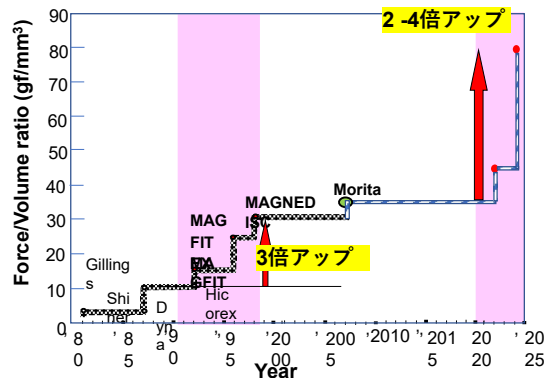
### 1) 技術が大幅にアップ

- ・吸着力2倍
- ・大幅なコストダウン

### 2) 未来の磁石式入れ歯

- ・型取り式⇒デジタル化
- 3D形状計測+3Dプリンタ
- ・8020運動への対応
- 入れ歯⇒健全歯活用

市場規模 2億個/年  
入れ歯:20兆円 磁石:1兆円



### 2) デジタルデンチャー産業の創出を目指してDental-Magnetics-Projectを結成

- ・6/30 東京医科歯科大学でKick-Off-Meeting 22名参加→ 第2回はバリ島10/15
- ・日本の歯科大学(11大学)、海外歯科(インドネシア・韓国・台湾)
- ・メーカー:ナカニシ・MDC・マグネア・Cloudnav +工学(トヨタ工大・名大・Charlie)
- ・目標:フルスペックのデジタルデンチャー事業の創出

23

## 第3回 岩崎コンファレンス(2014年)

岩崎先生:垂直磁気記録発明者で、B.Franklin賞を初めて受賞

### 磁気理工学のエネルギー分野への革新的展開

基調報告  
本蔵義信

Energy Magneticsの研究開発課題

#### The Progress and challenges of Energy Magnetics to Improve Energy Efficiency

- 1) 背景と緊急課題
- 2) Magnetics技術の進展状況
  - ・磁石 ・磁性材料 ・モータデザイン ・デバイス設計
- 3) 将来に向けての戦略的取り組みと提案
- 4) Magneticsフロンティア分野
- 5) まとめ

2014年12月3日

本蔵義信

日本磁気学会 副会長  
マグネデザイン(株) 社長

24

## 背景 21世紀の世界経済とエネルギー使用量の拡大

- 1) 世界経済の拡大 8億人→80億人、自動車、家電 2倍に急増+ロボット産業
- 2) **モータ**応用の拡大と技術革新
  - ・モバイル用モータの拡大 (EV自動車、農機具、ドローンなど)⇒軽量・高効率化
  - ・大出力モータの拡大 (リニア、工場自動化、ビル空調など)⇒高効率96%
- 4) **発電**の資源問題 (化石燃料、原子力)⇒再生エネ対応の発電機、新送電システム
- 5) **高効率**装置のフロンティア(磁気冷凍、磁気アクチュエータ、磁気浮上など)

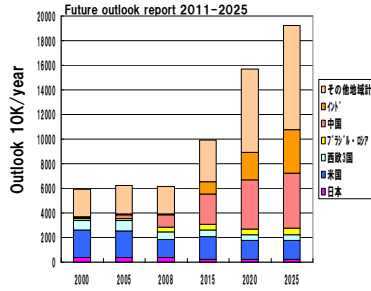


Fig.1 Market trend of automotive use

図1-1) 20年後には**自動車の生産量**が2倍に増大  
 ・開発途上国で大増に拡大  
 ・先進国は現状レベル

①手動→Small motor 30-300W級

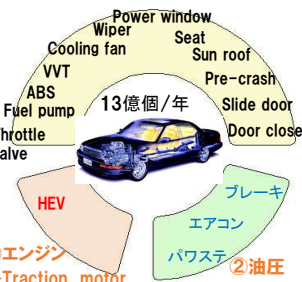


図1-2) **モータ応用用途の拡大** 3分野  
 ⇒すべてのモバイル装置で増大

## 目標 Energy Magnetics によるモータ効率改善

- ・ 総合効率: 30%ロス→5%に改善
- ・ モータの軽量化で磁石の希土類元素使用量低減  
 Nd:50%減(世界生産)、Dy:フリー(中国に偏在)

⇒ 高周波駆動に対応した  
 新磁石・磁性材料の開発  
 それを活用したデバイス設計

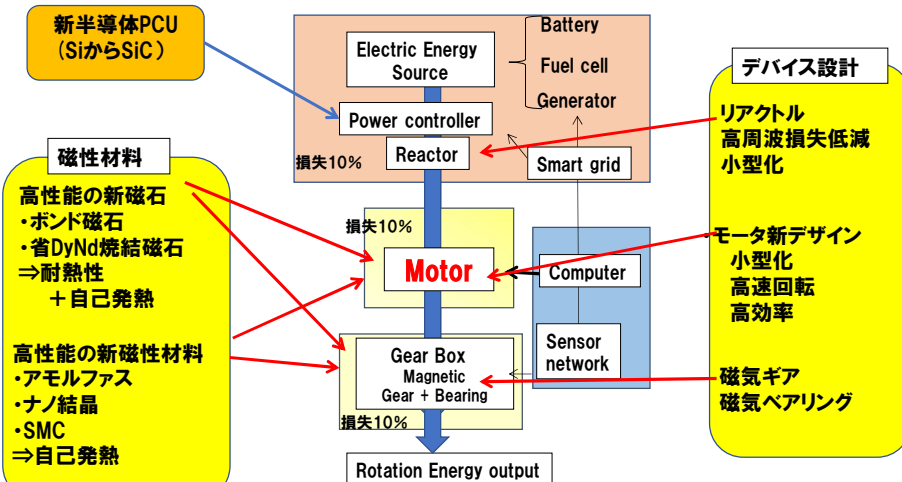
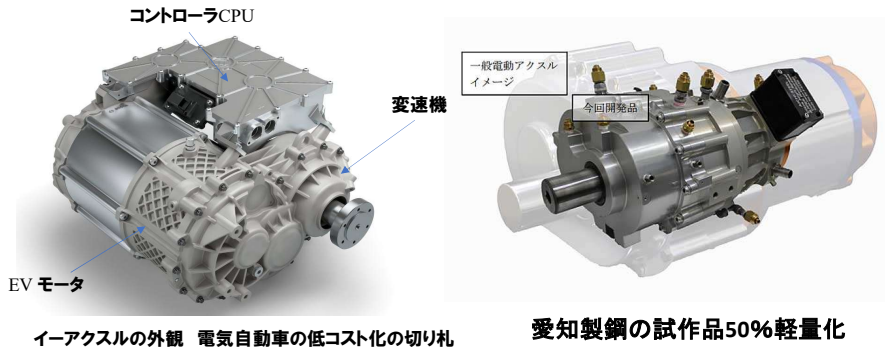


図1-6) パワーエレクトロニクス時代のモータシステム (高周波駆動)

## EVモータの開発 eAXle 3つの部品の融合装置

ポッシュの電気自動車向け "新発想" パワートレイン「eAxle」

eAxleの特徴は、**モーター、パワーエレクトロニクス、トランスミッション**という3つのパワートレインコンポーネントを1つのコンパクトなユニットに統合し、車軸をダイレクトに駆動させる点だ。これにより、パワートレインの効率が一層向上するだけでなく、低コスト化も実現できる。



イーアクスルの外観 電気自動車の低コスト化の切り札

愛知製鋼の試作品50%軽量化

27

## Dyフリーのボンド磁石発明 12年山崎貞一賞を受賞

HDDR法によりNd系異方性ボンド磁石の開発 (2000年)と量産工場建設生産開始(2010年)  
\*商品名はMAGFINE

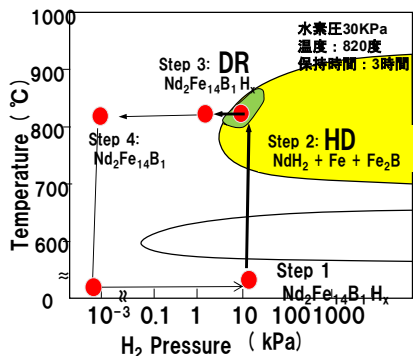
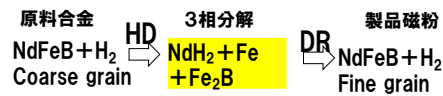


図2-5) d-HDDRの原理と水素熱処理の工程  
⇒ HDDR反応域で異方性発現領域を発見



(BH) max: 43MGOe

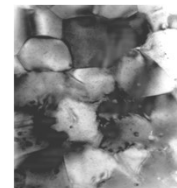


図2-7) HDDR後の微細組織  
Br=1.38T Hc=14KOe  
BHmax=43MGOe



図2-8) 愛知製鋼(株) HDDR磁粉量産工場

## トヨタ技術開発賞 ボンド磁石を使った軽量モータ開発

(1)自動車・家電用ブラシ小型DCモータ  
(30~300W) 300円/個

重量:1/4 軽量化  
高速回転:3000回転→6000回転/分  
磁石極数:2極→4極



(2)ロボット用の小型モータ市場(3万円/個)  
スイスのMaxson社が独占  
⇒1/4サイズのブラシレス小型DCモータ  
を開発中

(3)1Kw級の軽量モータ

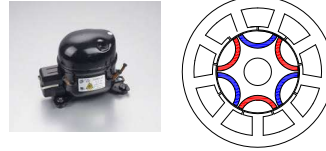


図2-15) エアコン用モータ (1Kw級)

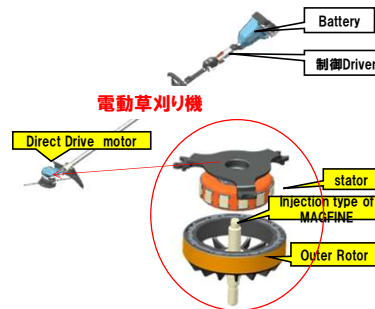


図2-16) 電動草刈機用モータ(1Kw級)

## モータの性能改善

①高効率30%⇒90%拡大 ②軽量化 1/4化の設計

(1)高効率 希土類磁石+電子制御 ⇒ 効率90%以上が実現⇒省エネに貢献

(2)軽量・小型化 高速回転と多極タイプ⇒サイズ1/4が実現⇒省資源に貢献

原理 ・高速回転(2倍)すると、サイズを1/2にできる  
・2極から4極磁石を採用すると、トルクを2倍

課題 ・高速化⇒渦電流による磁石の発熱⇒ボンド磁石で解決  
・多極化⇒反磁界による磁石劣化

## 成功事例

- 1) Dyson の1Kw級 掃除機(12万RPM回転)、  
扇風機、エアブロー(20万回転)
- 3) 火星探査機ソジャーナのモータ 12万回転
- 3) Maxsonのロボット用小型モータ 4-6万回転
- 4) ドローン 6万回転
- 5) EVモータ:6千回転⇒1.2万回転⇒将来3万回転



## 2-3) モーターデザインの革新 EVモータの基本デザインの戦国時代

本命デザインは？ 対応する磁石は？ Nd焼結磁石、Nd異方性ボンド磁石、フェライト

①Nd焼結磁石+1層



③スポークタイプの構造 (GE)  
磁極の鉄を飽和させる構造

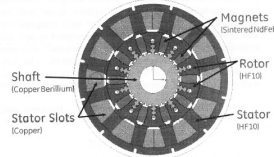


Fig 2. Cross-section of the full motor

②ボンド磁石+2層or4層

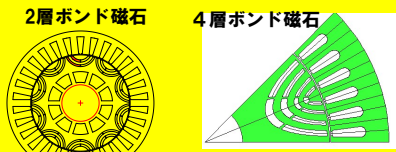


図2-27) IPMモータと 磁石の多層化・多極化  
⇒高速回転化

④3次元デザイン (Nova Torque 北大)

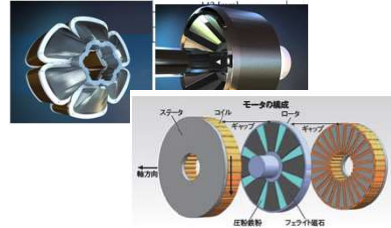
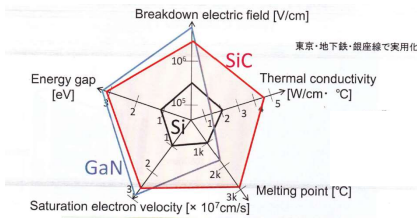


図12 ● アキシヤル・ギャップ・モータの構造

## パワーコントローラPCUの開発 Siから SiC/GaNへ



- 高周波(5kHz→500kHz)
- 高耐圧化(高電圧)(440V → 6600V)
- 高温化(30℃ → 300℃)

図1-7) Si とSiC製PCUの性能比較

**新半導体HV燃費10%向上**

トヨタ自動車は14日、と共同で、ハイブリッド車(HV)に使う新型の半導体を開発したと発表した。700V駆動を制御する基幹部品「パワーコントローラユニット(PCU)」に搭載し、電気利用の効率を高める。一年以内の公道実用を目指す。二〇二〇年を目標とする方針だ。

新型の半導体はシリコンと炭素の化合物を新素材として使用。現在のシリコン製と比べ、電流を流す時に熱にならなくなるという特徴がある。電流を流す時に熱が少なくなることで、電力が「こぼれ」なくなり、電流を流したり止める際の動作時間が短くなるため、高周波での駆動が可能。電気を一時的に蓄える量が減ることから、PCUを五分の一に小型化し、「四手」に載るサイズを目指す。HV特有の走行時の「キーン」という音をなくせる可能性もある。

新型は、電気をより多く使う電気自動車にも導入でき、燃料電池車の場合には水素消費量を減らす効果も期待される。現行の十数近い製造コストが課題で、昨年十一月には広瀬工場、愛知県豊田市)に専用開発拠点を整備した。開発担当の川井文彰氏は「量産に適した生産性の高い技術を開発していく」と話した。

2019.5.21 朝刊

トヨタ自動車が開発中の「HV」PCUを開発中の部品

図1-8) 新聞記事 14年自動車技術展



## 昇圧リアクトルの新デザイン

- HEV自動車
- ・モータ回転数 6000RPM→15000RPM
  - ・電源:リアクトルで200V →600Vに昇圧
  - ・リアクトル材料:電磁鋼板→FeSi粉SMC
  - ・小型化:キャリア周波数のアップ
- 高周波特性に優れた磁性材料



図2-31) プリウスのリアクトル

**コア材の開発活発化**  
高周波ロス抑制などへ

**リアクトル**

HEV自動車用リアクトルは、従来の電磁鋼板製リアクトルよりも高周波特性に優れた磁性材料である。高周波特性に優れた磁性材料は、高周波損失を抑制し、リアクトルを小型化できる。また、高周波特性に優れた磁性材料は、高周波損失を抑制し、リアクトルを小型化できる。また、高周波特性に優れた磁性材料は、高周波損失を抑制し、リアクトルを小型化できる。

コアの材質が多様化する小型、高効率リアクトル  
—概要(写真部)で約60×60×10(高3)mm—

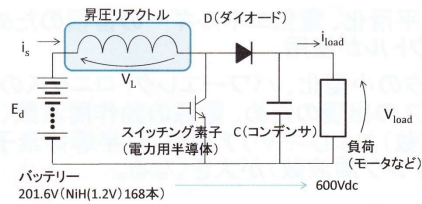


図2-32) 昇圧チョッパーの動作原理

33

## 2-6) 磁気ギア の発明

- 2001年 伝達能力が機械式ギアボックス同等の磁気ギアが発明
- 2006年 **Magnomatics** (英ベンチャー企業)設立、米国、日本で開発・事業化が活発化
- 2011年 **NEOMAX**エンジニア社が 商品化

損失: 10%→3%以下

課題 : 高Bs+高周波損失の少ない 磁石+ **SMC(高抵抗磁性材料)** の開発

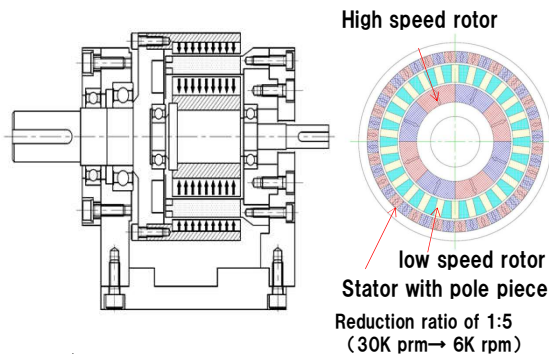


図2-33) New design magnetic gear

伝達効率 95%  
出力: 750W



高トルク伝達密度磁気ギア「ビートマックス® (Beat-Max®)」

図2-34) NEOMAXエンジニアリングが開発した磁気ギア

34

## 2-7) 磁気ベアリングの開発

**構造**  
ベアリングレスモータは磁気力で回転軸を支持する磁気軸受機能と、モータの機能を一体化した電磁機械であり、

- 特徴**
- 1) 機械的な摩擦がない高効率、
  - 2) メンテナンスが容易で寿命が長い
  - 3) 高速・高出力化が可能

**用途**  
メンテナンスが困難な環境(宇宙空間、原子炉内など)や潤滑剤による汚損が問題になる環境(真空中、液体中など)のドライブ装置に適しています。

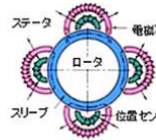


図2-35) 電磁磁石式 Active Magnetic Bearing

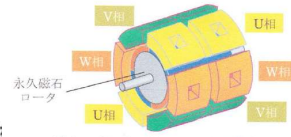


図1) ベアリングレスモータの構成

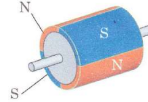


図2) 永久磁石ロータ

図2-36) 電磁誘導原理 制御システム不要



将来の高速回転モータにおいて、安価な電磁誘導原理を利用したベアリングレスモータの開発が期待される



図2-37) Synchrony 社のActive Magnetic Bearing

## 戦略的取組み 産官学連携Projectを提案

**目標:**次世代高効率(損失30%→5%)・小型・軽量モータ (50%)を実証  
**方策:**すべての新技術を融合して実機評価 + 3万回転 + 新コンピュータ解析

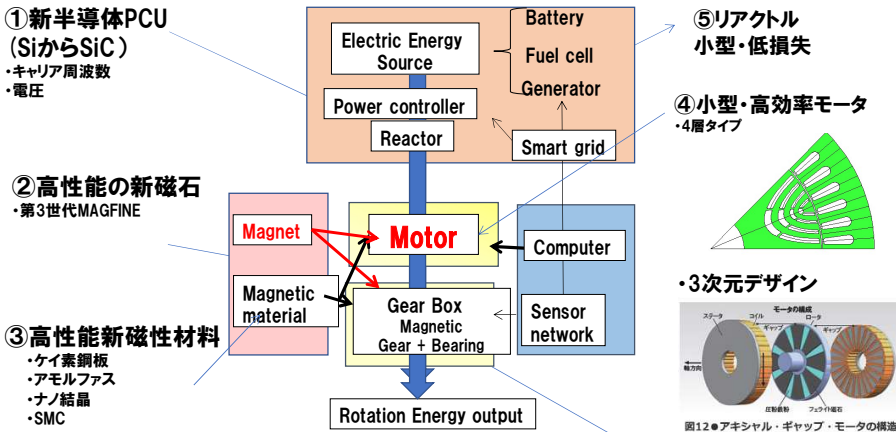


図3-4) 実証システム構成  
他に、⑧冷却、⑨センサ制御の精度

## Li電池 交換式か充電方式か？

### (1) 交換式のメリット

- EV価格が40%減
- Li電池の品質保証 発火の防止
- 電気料が低下(再生エネ活用)
- \*充電式は、火力発電+送電を利用

### (2) 電池メーカーが付加価値を主導

- Li電池の品質保証(新品の品質)
    - GSRセンサで検査システム開発
  - 高寿命なLi電池の開発
    - 45℃以下の温度管理
  - 太陽電池・風力の再生エネ活用
    - 電気の缶詰→安価な電気を提供
  - 電池交換ステーション事業
  - バッテリーの標準化→大量生産・低価格
- 
- 劣化電池は 住宅用に転用
  - 廃電池から Li・Au・Coなど希少金属を回収
  - ロボット用・ドローン用など 小型電池へ展開

Li電池の交換装置



### (3) EVの販売 中国の動き

- EV販売台数が急拡大 22年1020万台
- 中国 590万台(80%増) 新車の29%
- 交換式

37

## 自動車産業の未来像 自動車会社の役割が低下

### (1) デジタルカーへと変化

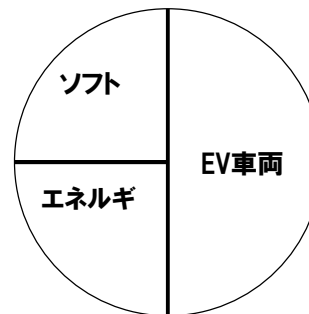
- ① 運転
  - 無人運転とナビゲーション
  - 道路事情・交通環境・渋滞への対応
  - 車両運転の最適化(名ドライバー並み)
    - 加減速・カーブ対応
- ② 車両管理
  - 車両状態・走行状態・異常の管理
  - エネルギー管理/エネルギーの回収
    - EVが必要
- ③ 運転手
  - IT対応
  - TV・音楽・飲料水ほか
  - 社内環境と運転手との対話

↓

利便性は デジタル技術で決まる

### (2) 未来の車の付加価値

- ソフト:機能を左右
- エネルギー:使用コストを左右
- EV車両:低価格化の競争
  - 部品点数の削減
  - 標準部品の組立



38

古川元久衆議員 意見交換会

## Magnetics開発戦略とマグネ半島構想

20世紀はElectronicsの時代、21世紀はMagneticsの時代

- 1章 マグネデザインの紹介
- 2章 GSRセンサ事業
- 3章 デンタル磁石事業
- 4章 Magneticsによるエネルギー問題への挑戦
- 5章 **21世紀MagneticsによるBig-Innovation**
- 6章 マグネ半島構想の実現

2023年7月9日

本藤義信

工学博士

マグネデザイン(株)代表取締役社長

元日本磁気学会副会長

39

## Magnetics技術 による 21世紀ビッグイノベーション

- |       |   |
|-------|---|
| 情報    | 1) Spintronics <b>次世代スーパーコンピュータ</b> Google/Nvidea<br>ナノ磁気ロジックは消費エネルギー1/100 **量子コンピュータ |
|       | 2) <b>MRAM(磁気メモリ)</b> Vazquez教授(マドリード)<br>DRAMの消費エネルギー1/1000 ナノドット磁気記録(電流⇒電圧)         |
| エネルギー | 3) <b>超伝導磁石と輸送システム革命</b> Schrutz教授/IFW<br>磁気浮上、磁気ガイド、磁気ベアリング、磁気ギアなど                   |
|       | 4) <b>磁気冷凍</b> Oliver教授(ダルムシュタット大)<br>冷凍効率10倍   |
| センサ   | 5) <b>EV モータ・小型モータの高効率・軽量化</b><br>効率95%、重量1/4 *用途:EVカー、ロボット、ドローン                      |
|       | 6) <b>発電機、トランス(電圧変換・周波数変換)</b><br>小型化・効率化(損失30%⇒5%)                                   |
|       | 7) <b>生体磁気診断装置</b><br>磁気顕微鏡、小型MRI、脳・心磁図診断   |
|       | 8) <b>MEMS発電機と自律センサ</b> Vazquez教授(マドリード)<br>モバイル機器用センサのワイヤレス化                         |

日本・EU・米国IEEEが3大学術パワー 毎年のInterMAG国際会議で動向を調査

40

## 次世代の量子コンピュータ 半導体技術と磁気技術の融合

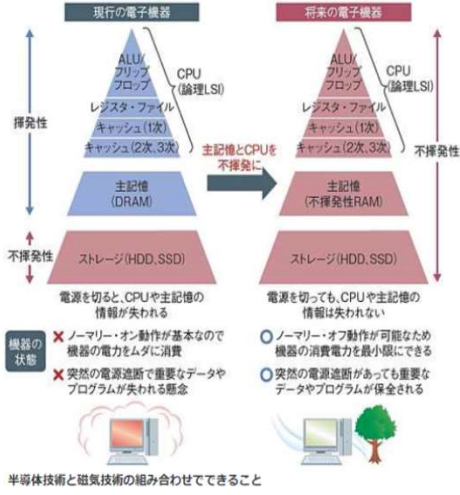
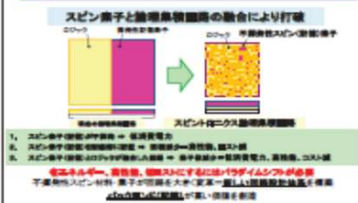
- 1) 論理量子演算で 計算速度が1000倍
- 2) CPUとメモリの不揮発性による消費電力の大幅低減

### 磁気デジタル回路



強磁性半導体FET  
半導体で、かつ電圧on/offで磁化N/S反転

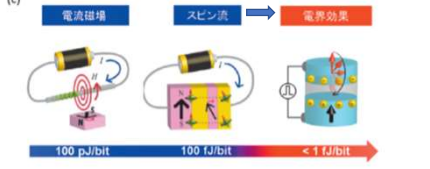
### スピン磁気記録素子+磁気デジタル回路の融合



## 次世代メモリ技術は、DRAMからmRAMになる

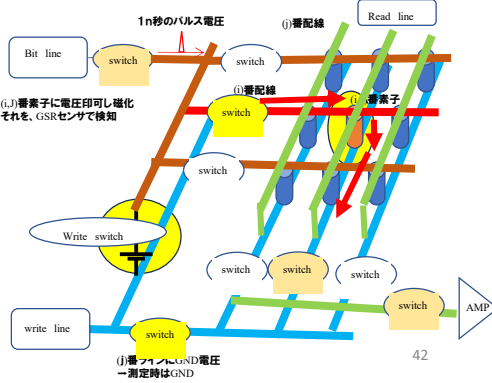
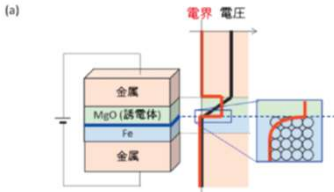
mRAM方式: 現行品の電流書き込み: 電流+呼び出し: TMRセンサ  
⇒ 将来は書き込み: 電圧+呼び出し: GSRセンサ 消費電力1/1000減少  
mRAM技術で世界1になれば、日本の半導体産業は復活する

- (1) mRAM方式の進化
- (3) mRAM開発のアイデア



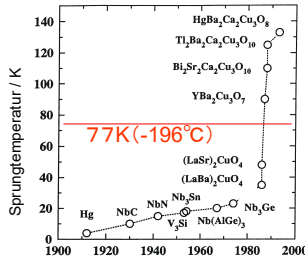
- ・ナドットのメモリグリッド
- ・電圧書き込み磁性材の開発
- ・2nmの配線とスイッチ制御
- ・微小GSRセンサの開発

- (2) 将来の本命技術の原理的構造 2007年発見



## 未来の乗り物 磁界の上を走る 磁気浮上と磁気ガイド

(1) 超伝導材料  
液体窒素の冷却で使用

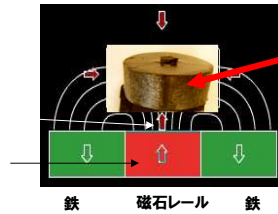


INTERMAG 08  
Madrid, May 7, 2008

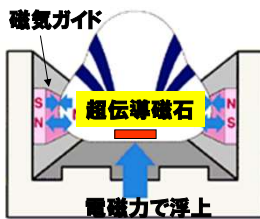
Ludwig Schultz 特別講演  
IFW Dresden 所長

(2) 未来の乗り物が提唱

磁気ガイド+磁気浮上



超伝導バルク材  
SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>



現行リニア  
・磁気浮上は 反発力  
・ガイドは両側磁石の反発力

超伝導バルク材料  
を使った  
磁気浮上と磁気ガイド  
システム

43

## 常温磁気冷凍の開発の進展 冷凍効率10倍

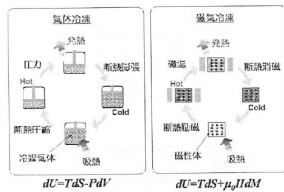


図2 気体冷凍と磁気冷凍の熱サイクル

図4-3) 磁気冷凍の原理  
・極低温では一般的方法  
・気体冷凍式の冷凍効率より10倍高い  
・相転移点近傍で磁気冷凍能力は最大

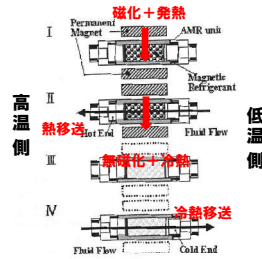


図4-5) 82年AMR方式 (常温磁気冷凍の原理)  
・磁化サイクルと同期して熱移送方向反転

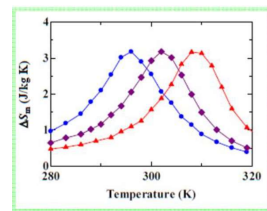


図4-6) 冷凍材料の開発: La(FeSi)  
常温で磁気冷凍能力の高い材料の開発

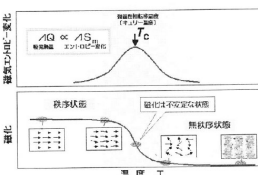


図4-4) 磁気エントロピー変化の模式図

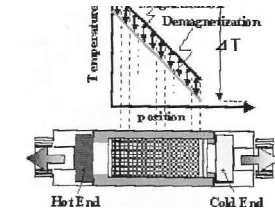


図4-7) 磁気冷凍作業室内部の温度勾配  
永久磁石を使用

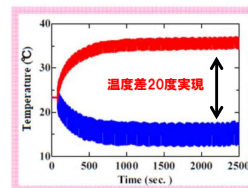
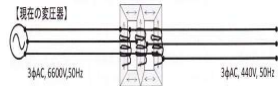


図4-8) 試験結果  
温度差20°Cを実現

## 将来の変圧器構造 solid state transformer サイズ1/100

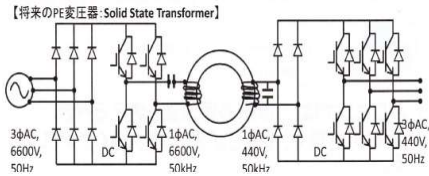
アナログ式  
低周波対応の磁性材料



200kW/60Hz, 660V-3φ/100V-3φ,  
Conventional Si-Fe Transformer in TTI(1993)  
1050mmH × 700mmW × 1100mmL

図4-1) 現行のトランス構造

デジタル式  
高周波対応の磁性材料



既存変圧器とPE変圧器  
(体積で95分の1)



図4-2) Solid state 型のトランス構造  
大きさ 1/100化

45

## まとめ 21世紀 デジタル革命とMagnetics戦略の融合

20世紀はElectronicsにより、サービスが拡大・便利になった

→ 環境・温暖化問題が深刻化

21世紀はMagneticsにより、エネルギー効率・省資源化が飛躍的に改善する時代

デジタル革命 全産業で知を結集したSocial-Brainが誕生 (AIとビッグデータ)  
屋台骨のハードは、ElectronicsとMagnetics(=Spintronics)の融合製品となる

Magnetics技術は、Electronicsに比べて 大幅に立ち遅れている

→ 日本は、Magnetics技術では 世界をリードしている

→ 日本経済の競争力強化の武器とする

緊急ターゲット

- ロボット、EV、ドローンなど: モーター
- 情報産業: 磁気センサと医療機器応用
- 半導体産業: mRAM
- エネルギー産業: 電気の缶詰(Li電池)

46

## 6章 マグネ半島を目指して 1)構想

21世紀はMagneticsの時代  
拠点としてマグネ半島を創出  
⇒DGI社を設立



### 立地条件

+国際飛行場  
+名古屋近郊(労働力)+交通便利  
+緑地帯(土地)+愛知用水  
+気候温暖 +観光地+海鮮料理

(1)マグネ社がMagnetics開発を先導

マグネ半島の開発ステップ

1期 23年～ 美浜町に研究所建設

2期 25年 Magneticsベンチャー10社を集積

3期 ～30年 100社を集積

⇒**マグネ半島 Magnetics 企業を集積**

(2)デジタルグリーン都市開発の実験場

デジタルとMagnetics 融合技術を活用した

・先端産業(医療機器革命・ロボットほか)

・地産地消のエネルギー 電力の缶詰販売

・スマート農業 有機肥料・飼料の生産とロボット活用

スーパー安売りから、味でブランド化・高価格販売

・高齢者の住める街 無人運転・介護・医療ロボット

⇒日本福祉大に福祉ロボット科⇒人材提供

(3) 政策提言

・町の再開発とインフラ整備(道路/シリコンバレー直行便)

・高齢者 太極拳など普及健康長寿の町→財政負担軽減

・愛知県の政策化:**マグネ半島建設投資 1000億円**

⇒自動車・ロボット産業と医療産業

・政府へ要請:**経済特別区指定**

デジタルMagnetics融合製品を日本経済再生の起爆剤

47

Thank you for your kind attention!

