

マイクロ固体フォトンクス研究会

第11回 レーザー学会
「小型集積レーザー」専門委員会

の 皆さん …

こんにちは！

本日は、貴重な御時間をいただき 大変ありがとうございます

まずは 御挨拶代わりに

簡単な私の

自己紹介

自己紹介：山下昌哉（やました まさや）

2023年12月 現在



- 元 旭化成株式会社 グループフェロー（今年9月末で、旭化成を卒業しました）
 - 旭化成勤務 41年半の間、「新規事業」関連しか担当したことが無い
「新規事業の創出・拡大・撤退」という一連のフェーズを複数回経験
 - 1982年～1992年：MRI（J/V：「SAM」 Siemens-Asahi Meditech）
 - Siemensの世界戦略変更により、出向していた旭化成技術陣が撤収
 - 1992年～2000年：LIB（J/V：「ATB」 Asahi-Toshiba Battery）
 - 旭化成の経営判断により、電池製造事業から撤退
 - 2000年～2010年：e-Compass（「AKM」 Asahi Kasei Microdevices）
（新しいビジネスモデル：ハードとソフトの融合を創出）
 - 旭化成エレクトロニクス(株)で数百億円の事業に成長し、現在も事業継続中（21年目）
 - 2010年～2020年：高度専門職
 - Group Fellow → Senior Fellow（MY Lab：Masaya Yamashita Laboratory）
 - 2020年～2023年：「思考プロセスのデザイン」
 - Marketing & Innovation（myLab：me & you Laboratory）
-
- 「e-Compass LLC」を設立：CEO（2023年10月から活動開始）
 - イノベーションを生み出すように 新規事業をナビゲートする「羅針盤」

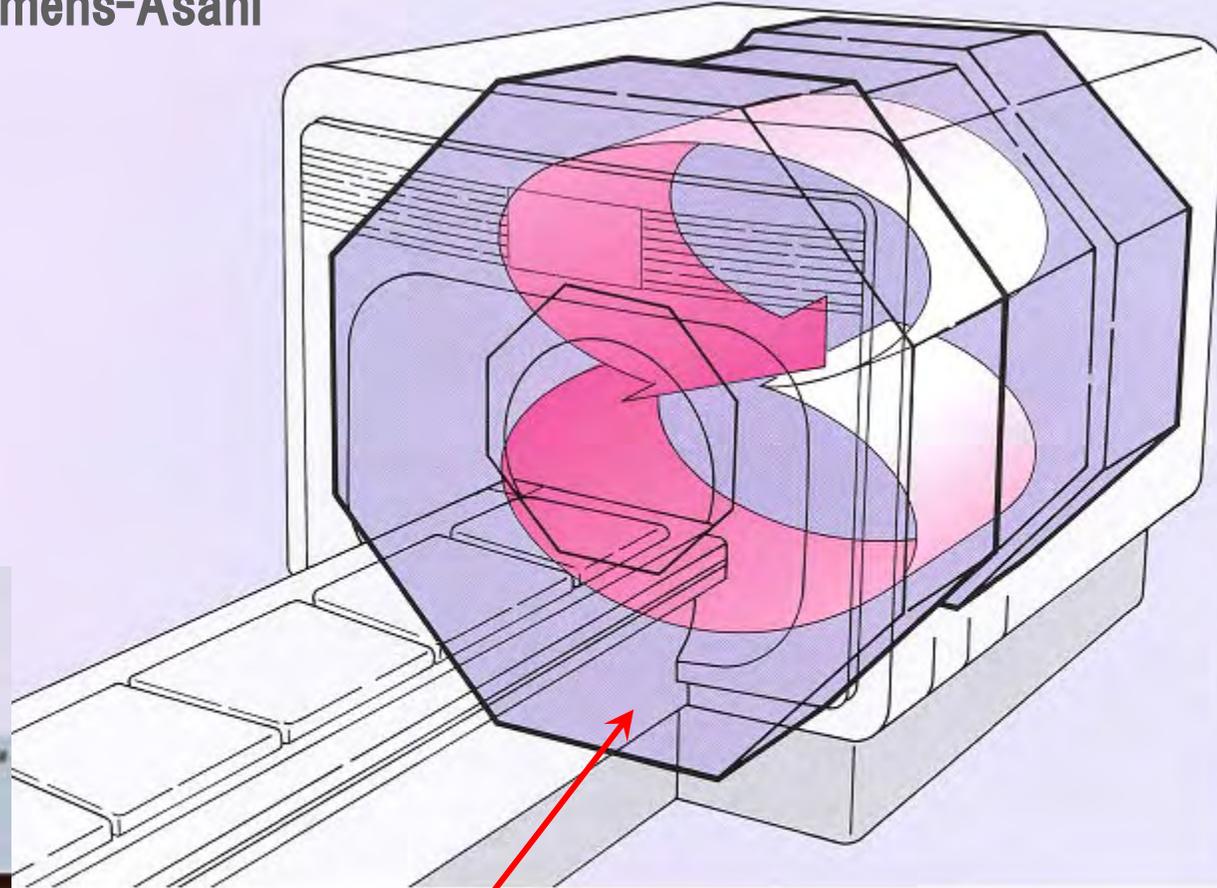


MRI : Siemens-Asahi Meditech (J/V)

Magnetom P8

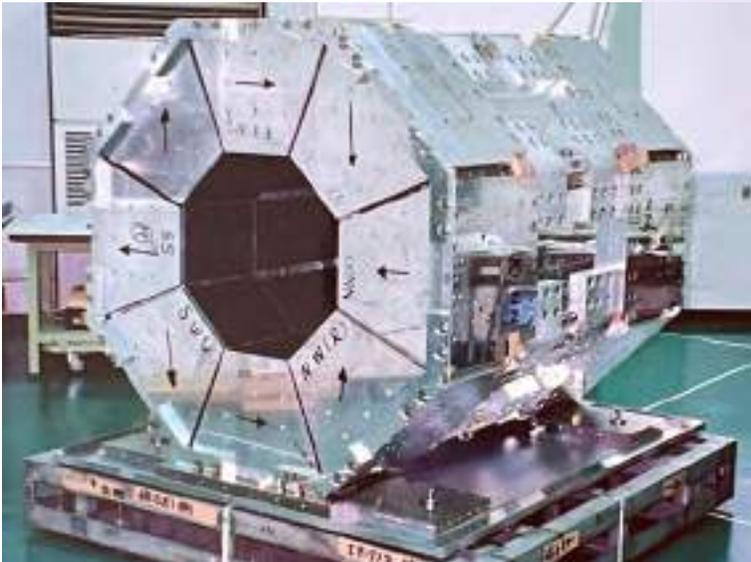
中心磁場強度
0.2 Tesla
(2000 Gauss)

Siemens-Asahi



リング式永久磁石(8角形)による
CROSS磁場方式

シーメンス旭メディテック株式会社 製 (1990年頃)



LIB : Asahi-Toshiba Battery (J/v)



世界初の **円筒型LIB** の規格が4.2V充電、Φ18mm(18650)になったのは、最初の採用製品ハンディカムコーダーを、2本で2時間駆動するためでした。

世界初の **角型LIB** は携帯電話用途向けにATB が独自開発し、**サイズ(形状)の規格**を決めませんでした。



ノーベル化学賞 (2019年)

吉野彰
旭化成名誉フェロー

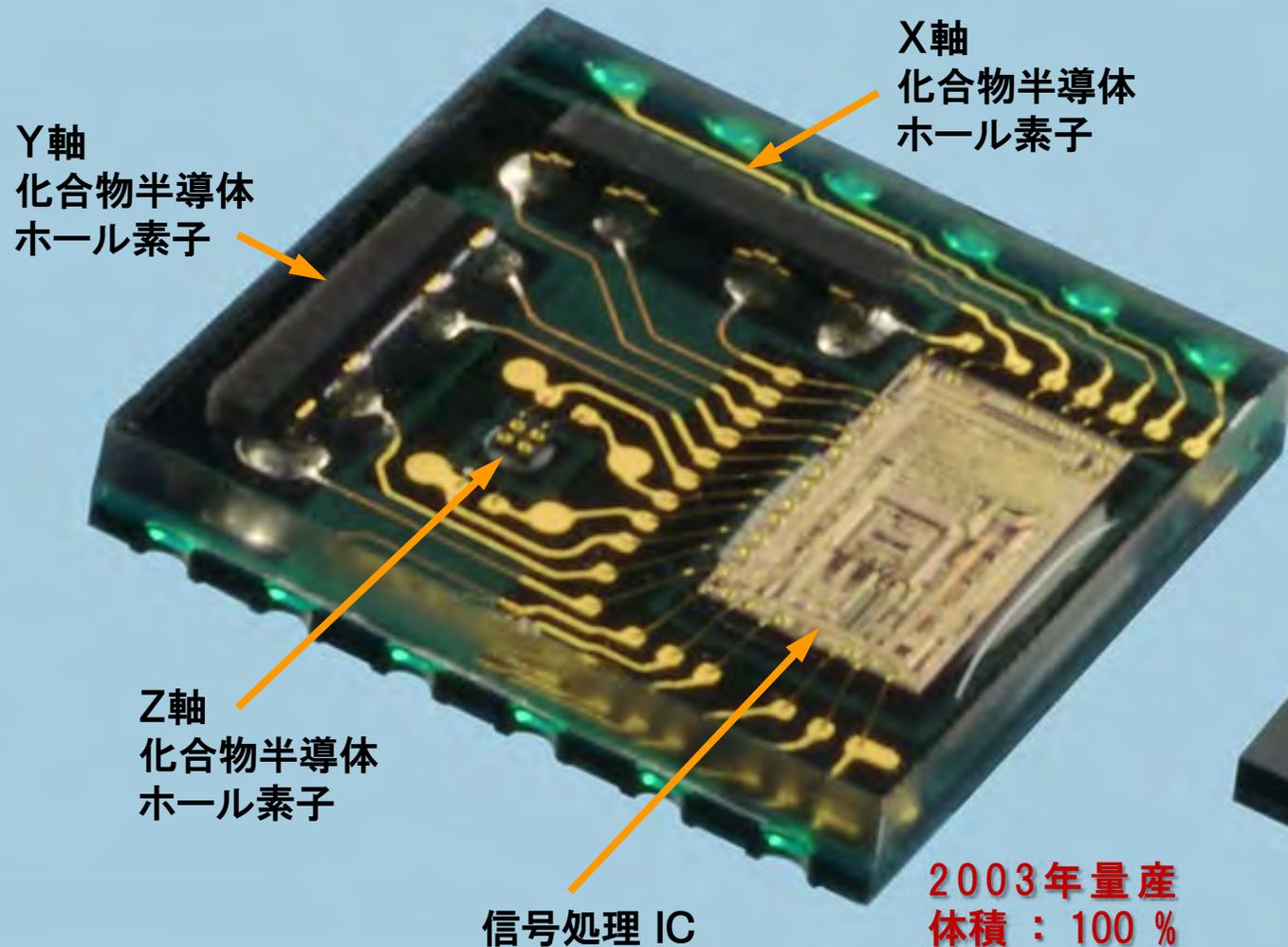


2023年03月17日

e-Compass : Asahi Kasei Microdevices



初代 4チップ モジュール型 立体構造



X軸
化合物半導体
ホール素子

Y軸
化合物半導体
ホール素子

Z軸
化合物半導体
ホール素子

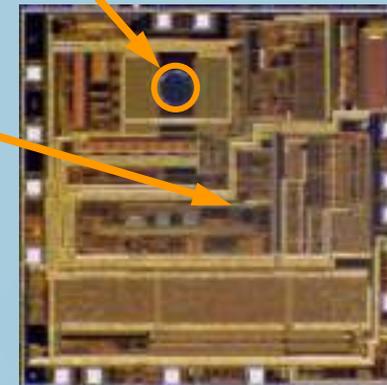
信号処理 IC

2003年量産
体積 : 100 %

次世代 1チップ 平面構造

磁気収束板 &
シリコンモノリシックホール素子

信号処理 IC

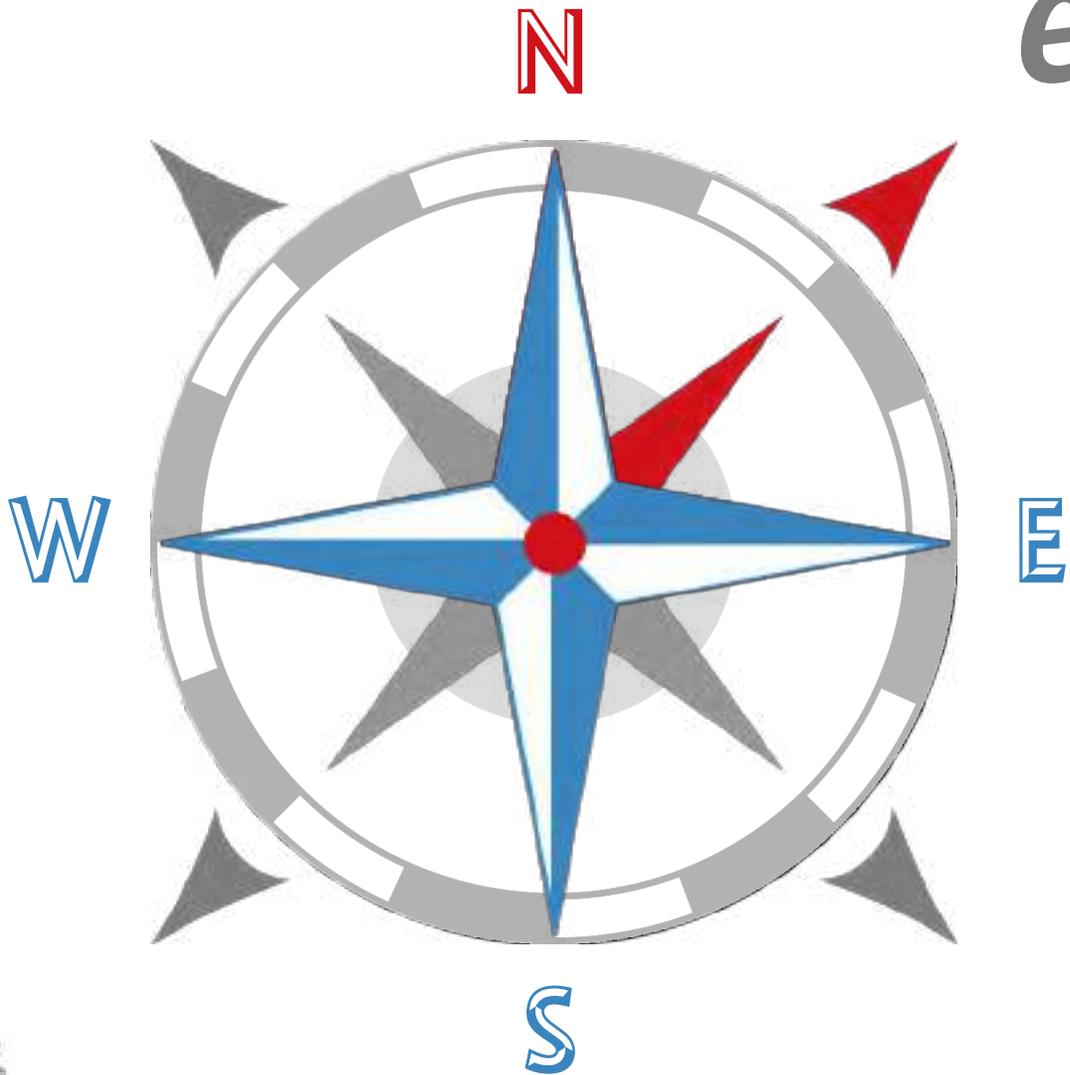


2009年量産
体積 : 8.4 %

2021年量産
体積 : 0.8 %



e-Compass LLC





「 どうする？ 日本企業 」

e-Compass

—— 日本企業復活への羅針盤 ——

『 電子コンパスビジネスの挑戦 』



e-Compass LLC, CEO
Innovation Architect

山下 昌哉

2023.12.20.

本日の話は “4部構成 (2幕4場)” です



新規事業の創出には、ストーリーがある。
テーマ提案者がシナリオライターであり、
それをドラマとして実現していくために、
タレント(技術)を集めるプロデューサーと、
良い演技を引き出すディレクターが必要。

プロローグ

- 1 - 1) 第1幕 (Act-1) 第1場 (Scene-1) 「事業開発の視点」
- 2) 第1幕 (Act-1) 第2場 (Scene-2) 「開発手順の逆転」

- 2 - 1) 第2幕 (Act-2) 第1場 (Scene-1) 「技術革新の目的」
- 2) 第2幕 (Act-2) 第2場 (Scene-2) 「市場価値の創出」

エピローグ

事業の生涯は、	起	0.1	→	1	を生み出す	シナリオライター
新規事業	承	1	→	10	を考え出す	プロデューサー
	転	10	→	100	まで育てる	ディレクター
既存事業	結	100	→	?	事業を守る	マネージャー



—— 「研究・開発」の目的を考える ——

「電子コンパス」って、なに？





「地磁気」の向きから、方位角を計算する

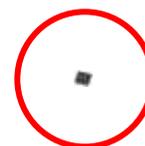
- 「電子コンパス」というのは、磁気センサを使って地磁気の方角を測り、向きを知るための半導体デバイスです
- 良く知られている「方位磁針」と同様の役割を果たします

方位磁針



同じ働きをする

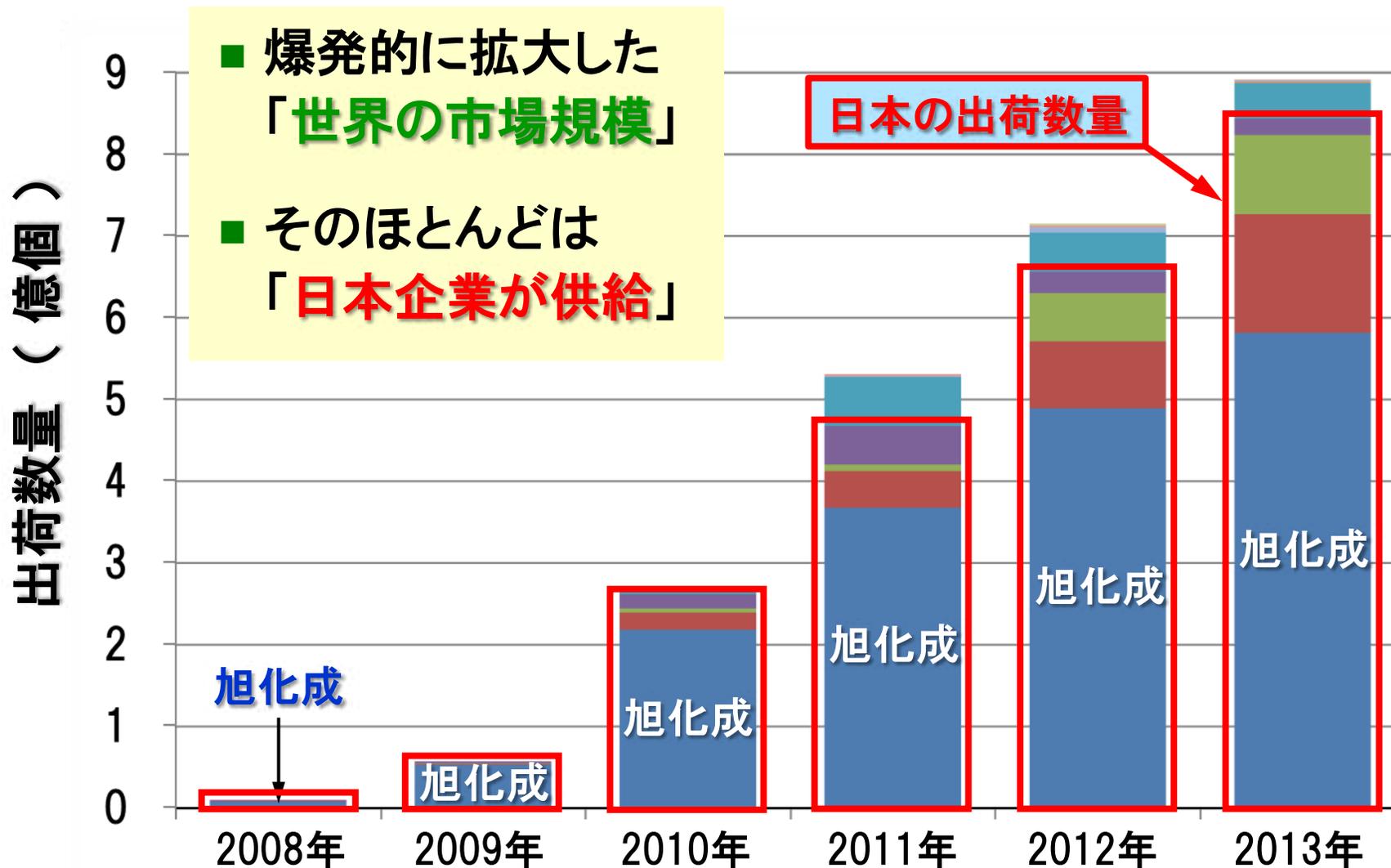
=



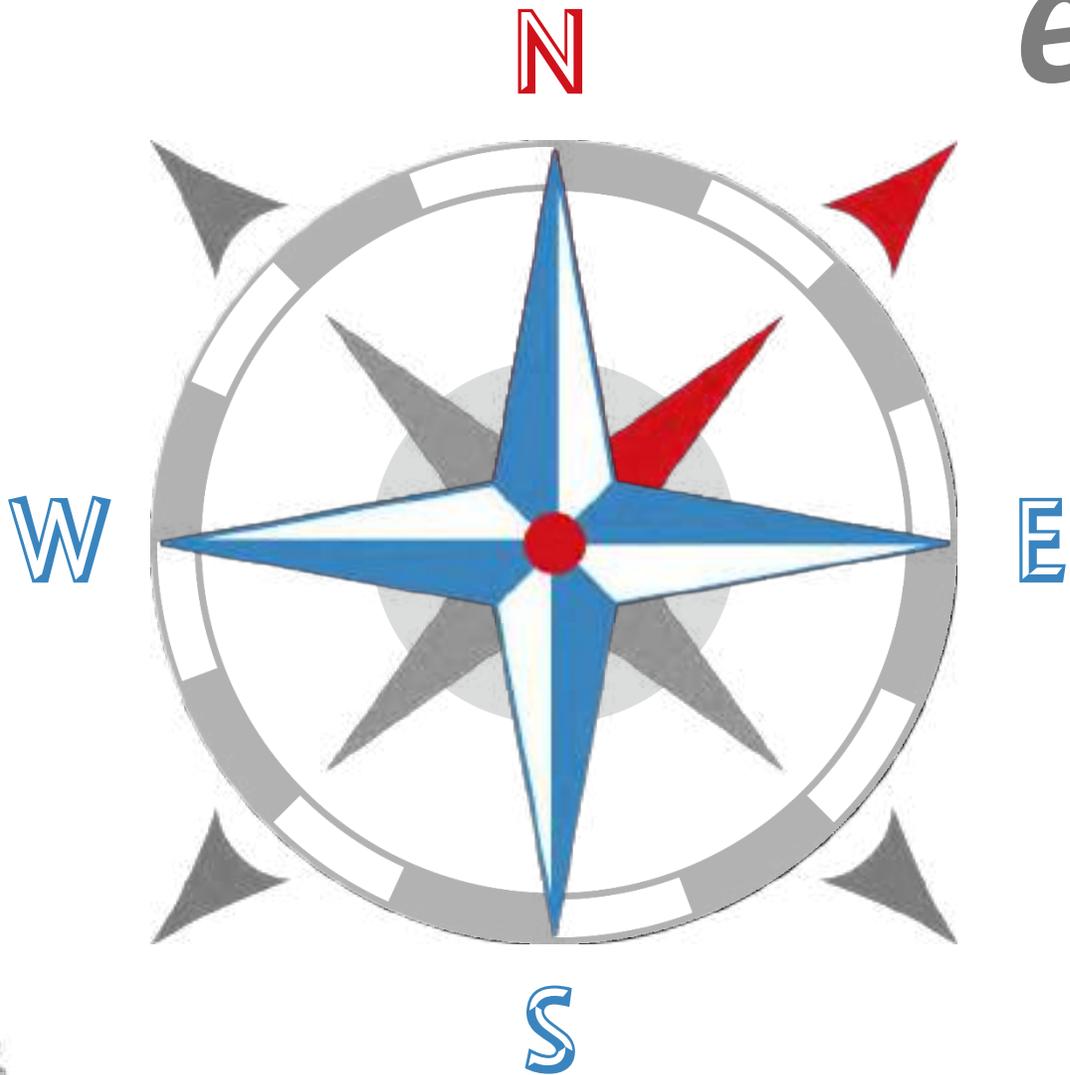
電子コンパス

- 旭化成は、センサと計測技術の常識を覆す「新しい発想」で、電子コンパス市場にイノベーションを起こしてきました

「電子コンパス ビジネス」の特徴



e-Compass LLC



第 1 幕

当「普



第1幕(Act-1) 第1場(Scene-1)

「事業開発の視点」

--- 新しい“**技術思想**”が生まれるまで ---





技術変化：携帯電話の普及

- 携帯電話の技術が進歩して、小型軽量化・コストダウンが急速に進み、一般個人にも普及し始めた！
 - 1999年：Feature phone（日本型高機能携帯電話）の発売
 - iモード等のインターネットサービス開始 …… 世界初
 - 携帯メール(電子メール) サービス開始 …… 世界初
 - 2000年：携帯電話の契約数が
 - 日本で 6000万台を突破 : 人口比 約50%
 - 中国で 8000万台を突破 : 人口比 約 6%
 - アメリカで 1億台を突破 : 人口比 約35%

新しい**技術プラットフォーム**が、新しい**事業開発**を促す



社会変化：携帯電話の“位置情報”

- 緊急通報の発信が、主に携帯電話から行われるようになったことで、緊急車両のレスポンスタイムが増加し、日米で社会問題になり始めた！
 - 1999年に、米で発信者位置情報の通知システム構築を求める法整備が始まり、Enhanced 911法が2001年10月から施行
緊急通報時に、通信事業者は2005年末までに、67%以上が誤差100m以内、95%が誤差300m以内で発信場所を特定することを義務づけた法律
 - 当初は、携帯に搭載できるGPS技術の開発は不可能と言われていたが、後に実現する
 - この開発成功を受けて、日本では 2006年1月の総務省令によって、2007年4月から第3世代携帯電話には、GPS搭載を義務づけた

新しい**社会要請** = **ニーズ**が、新しい**技術開発**を促す





—— 開発は、どのようにして始まるか ——

方位角センサを開発しよう と提案があったけど・・・

開発テーマ(課題)を設定した時点で、
結果(成否)の 70%が決まる！

「方位角センサなんて、使えるのか？」

社内状況の予備知識

■ 旭化成のエレクトロニクス事業

■ 旭化成電子（AKE）

- 磁気センサ メーカー（ホール素子 専業 に近い。）
- 民生用ホール素子 では 世界シェア 70% 以上の
ニッチリーダー カンパニー
- 主な市場は、モーターの回転数制御
（VTR、DVD、CDR、FD・・・）

■ 旭化成マイクロシステム（AKM）

- アナログ フロントエンド を得意とする半導体製造 メーカー
（デジタル 中心の大手電機メーカーとは 一線を画する。）
- ADC、DAC を代表とする アナデジ混載LSI の設計手法に
最大の特徴があり、カスタムLSI設計 も手がける。
- 主な市場は、オーディオ/ビジュアル・通信機器の信号処理

先ず社会変化を感じ取り、更に その先を読む



- **経営者**の指示で、ほとんど交流のなかった3組織「旭化成電子(AKE)」・「旭化成マイクロ(AKM)」・「中央技術研究所(R&D)」の**中堅技術者**が、毎月集まって情報交換会(**Ed会**)を始めた

2000/5

- 「携帯電話に“位置情報取得手段”が搭載される」という情報が話題に
 - 携帯電話の位置が分かるようになると、何ができるようになるかを議論
- ➡ この機能を使って **“歩行者ナビのサービス”**が生まれると予想
- ➡ カーナビと比べて **方位角を知るデバイスが必要になる**と判断

AKM 「AKEの磁気センサと、AKMの信号処理LSIを合わせれば、旭化成だけで方位角センサが開発できるのではないか？」

AKE 「AKEのホール素子は、モータの磁石磁場を測る磁気センサだ。地磁気の大さは、磁石磁場と比べて1/1000以下しかないので、ホール素子だと、感度が低過ぎて、地磁気なんか全く測れないよ！」

R&D 「超高感度で小型の磁気センサを知っているから、技術導入してはどうか」

- ほぼ満場一致で、その高感度磁気センサを調べることになった・・・



—— 他社の選択：磁気センサ専門家の常識 ——

『2軸地磁気センサ』の開発

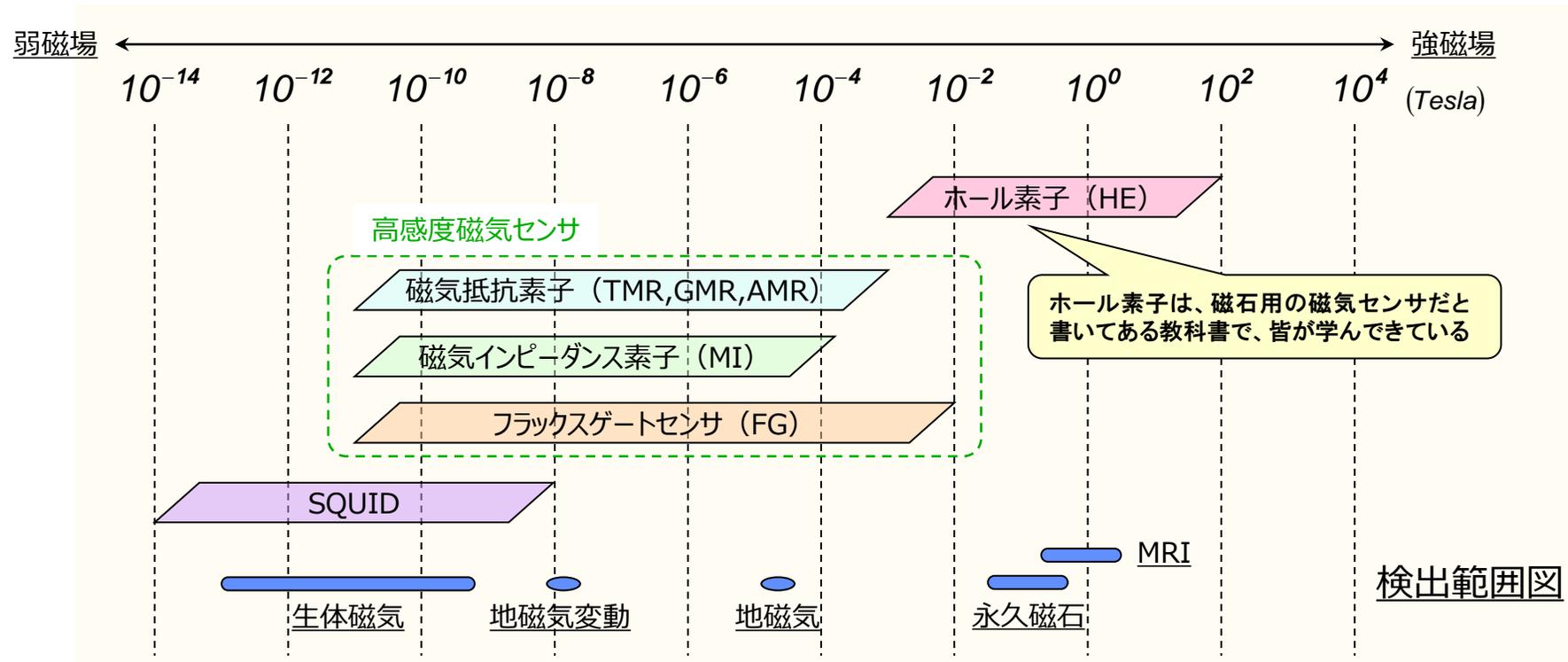
世界中の「磁気センサ」メーカーは、なぜ当然のように2軸でアナログ出力の「地磁気センサ」を開発したのか



■ センサの開発者にとって、“ 感度 ” は命 !

- “ 高感度センサ ” は、“ 良いセンサ ” だ … と信じて疑わない ?
- “ 測れる/測れない ” は、“ センサの感度 ” で決まる … と思い込んでいる ?

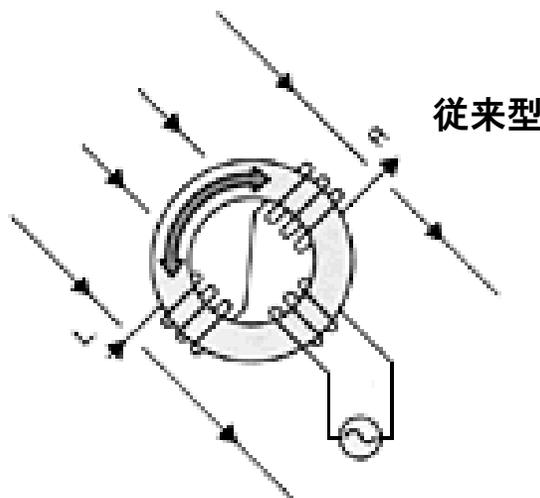
ホントなの？



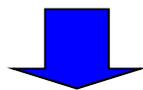
2000年 8月 新聞発表

「フラックスゲートセンサ」

エーピーワンシステム

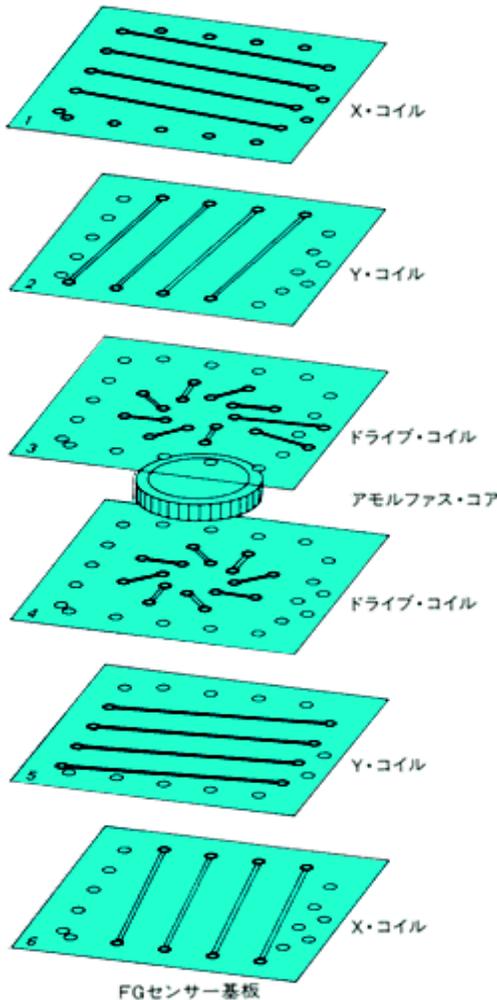


従来のフラックスゲートセンサーでは、コア材や巻線のムラにより安定した出力を得ることが難しく、一般に、オフセットやゲインをX、Y各コイル毎に調整

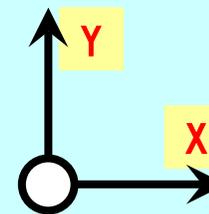


コア、巻線、両機構の製造方法に従来の巻線式とは異なるエッチング技術を採用し、その精度をマイクロオーダーで管理して量産性、精度の問題を解決

AP1社



2軸電子コンパス (アナログ出力)



- 次世代携帯電話
地図情報の配信 + GPS による
歩行者用ナビゲーションサービス
現在地を確認

- 進行方向を検出
フラックスゲート センサー
地磁気の 1/60 (0.005Gauss)
を検出
8.5mm x 8.5mm x 1.4 mm, 0.2 gr.

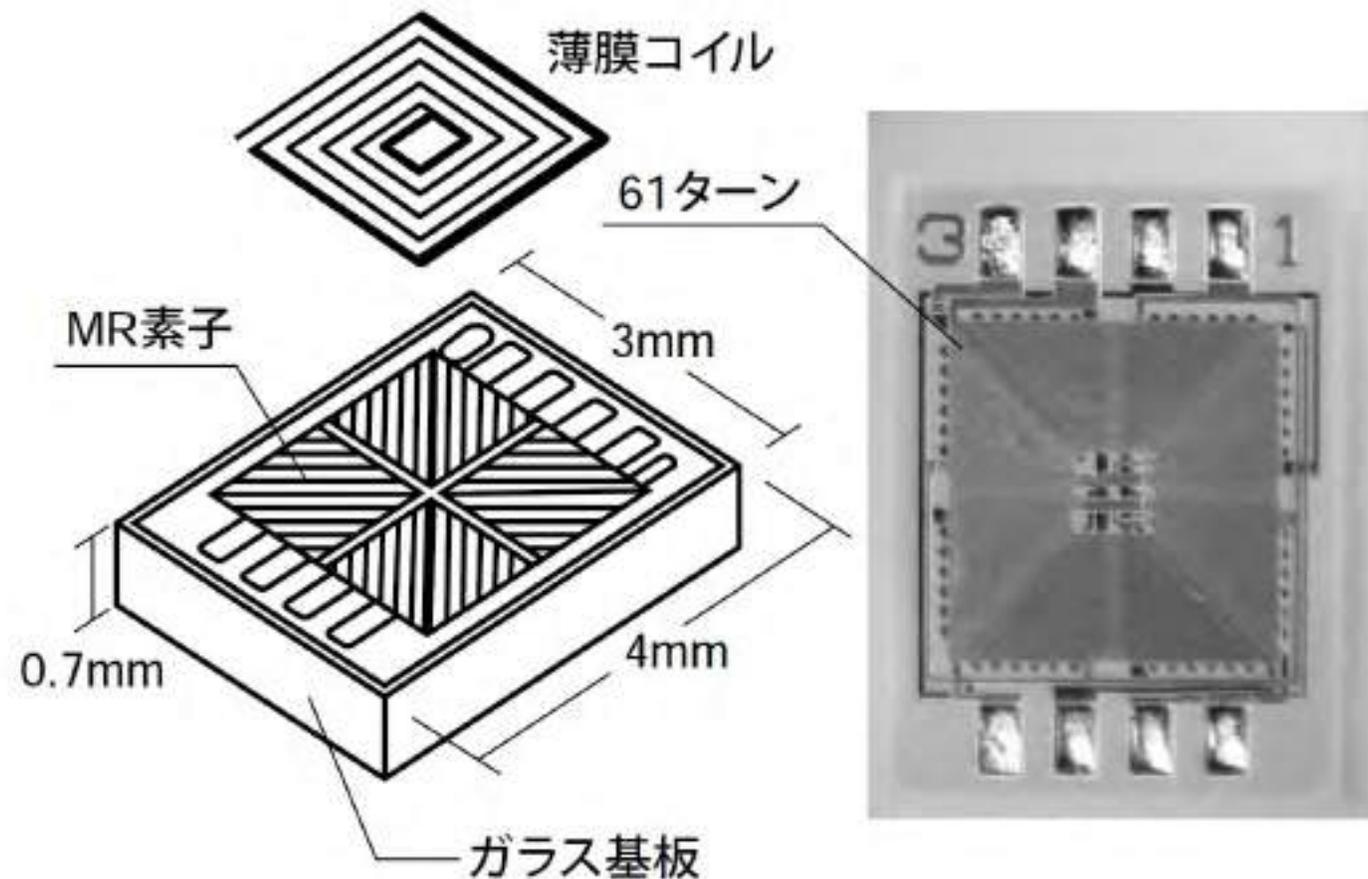
量産価格目標：400円以下
年間販売目標：200 万個

【参考文献】 公開特許公報 特開平10-185608： 田村 泰弘

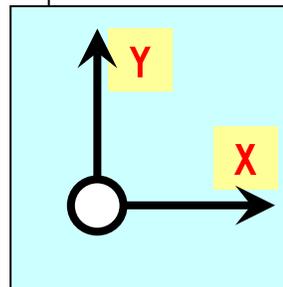
2001年 4月 の新聞発表で 変更

2002年 公開資料 「磁気抵抗効果(GMR)素子」

日立金属株式会社



2軸電子コンパス (アナログ出力)



資料中の「開発コンセプト」に関する記述

地磁気を利用して絶対方位を検出する磁気方位センサをモバイル端末機器で使用するためには、

- ①センサ外形寸法が小さいこと、
- ②地磁気を測定できる感度(μ Tオーダ)を持つこと、
- ③直交する2方向に対し感度を持つこと、
- ④安価であること、

が重要である。

図3 開発した方位センサの概観

【参考文献】 日立金属技法 Vol.18(2002) P37-42： 下江 治 他

本当の開発課題は何か？

目の前の**問題**解決に

飛びついてはいけない

『発想』の視野と視座を変えると
達成すべき**課題**が違って見える

ここから **逆転の発想** が生まれる



—— 「新規事業」の成功に必要な 主要因 ——

専門家(技術者)の

「常識から思考を解放する」

まだ転職して来たばかりだった私は、
「今行われている議論に、おかしいところが3つある」
と思いながら、黙って話を聞いていた。



2000/4

- 「MRI」「LIB」という全く異なる事業経験をした山下が異動して加わった

2000/5

- 私は聞きながら「このテーマ(課題)設定はおかしい」と否定的だった

■ 市街地の地磁気が北を指してるなんて 誰が確認した？

- 都市は、大量の人工構造物(ビル・橋の鉄骨)でできている
- 電車や地下鉄は、モータ電流が大きな磁気を発生して走る
- 自動車は、着磁した鉄の塊、それが歩道の直ぐ横を通る

➡ 都市部(市街地)の路上で、地磁気を測っても 無駄！

■ 携帯電話の中は、磁石と鉄で作られた部品で 一杯だ！！

- 「地磁気」より大きな磁気発生源がたくさん搭載されている
- スピーカ等、磁石から十分に離れた場所など見つからない
- 周辺部品の磁性材料(鉄)を、全て排除するなんて不可能

➡ 携帯電話の基板上で、地磁気を測ろうなんて 無謀！



私が、最初にしたこと（現場確認 と 評価）

■ 東急ハンズへ行って、SILVAのコンパスを買った



- 出勤途中や出張先で、地磁気が乱れている場所を探したのだ
- これを、約2ヶ月間続けた（2000年6月～7月）
 - 乱れているけど、思った程じゃないなあ

■ 結論！

- 街中の「地磁気」乱れは、±10～20度くらいが多い
- これなら、ナビゲーションにもなんとか使えるだろう



—— 「手段」ではなく「目的」から考える ——

開発テーマの『課題(創出価値)』を 技術ではなく、アプリ側から再設定する

高感度磁気センサ を開発して、高精度な方位角測定をする



製品の使い方(UX)を改善して、簡単に使える道案内をする



『携帯機器用電子コンパス』に求められるもの

- 電子コンパスは、センサ素子でなく情報デバイスである
 - 「センサ」と呼ばれるものには、2種類の概念がある
 - 磁気センサ、加速度センサ、温湿度センサ …
 - 物理量の変換器（変換効率＝“感度”？が重要）
 - 方位角センサ、傾斜角センサ、快適度センサ …
 - 情報取得の手段（情報の質＝“信頼性”が重要）
- 地磁気を測定して、**歩行者の進行方向**が知りたい
 - 「地磁気」という“微弱な磁場”を検知することが目的ではなく、「携帯機器の向き」を検知し、地図を回転表示するのが目的
 - 人の動きは遅いし、地図の回転表示も1回/秒で充分
 - ➡ 測定の帯域が狭いので、ノイズを小さく抑える信号処理が容易



計測に必要なのは、『感度』ではなく『S/N』

- そもそも「感度」とは、相対的な比較指標にすぎない
 - 異なる種類の「センサ」間で、感度を比較する意味は乏しい
 - 磁気センサの感度：mV/Gauss/V or mV/Gauss(定格)・・・?
→ 一定条件下におけるセンサ出力(Signal)を数値化したもの
- 電子コンパスの「感度」は、どう作っても同じになる？
 - 「地磁気(約50 μ T)」→「ADCの入力レンジ(約1V)」に変換
 - 「磁気センサ」の感度は、「LSIアンプ」の増幅率と同じ意味
 - ➡ 「感度」が低ければ、「アンプ」の増幅率が高くなるだけ
- 「感度」には、「帯域」の概念が含まれていない
 - ➡ 「感度」が低くても、「帯域」が狭くてNoiseが少なければ「S/N」は高い

“歩行者ナビゲーション”という『目的』に最適化する



■ “歩く人の道案内”に必要な、測定速度は？ 測定精度は？

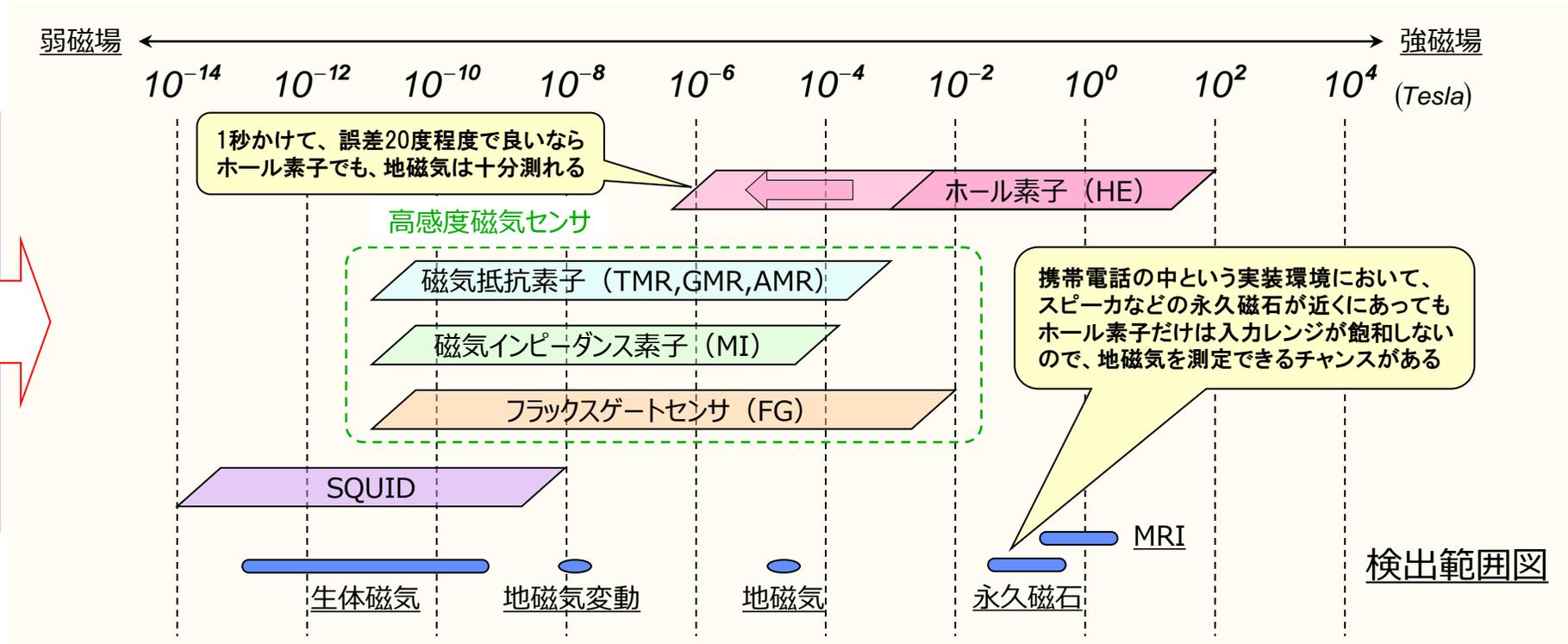
最初の製品では
0.03秒になった

- 測定に1秒かかっても、歩行者は待っていらられるだろう → 開発目標を 0.3秒に設定
- 測定に20度の誤差があっても、道は間違えないだろう → 開発目標を ±10度に設定

最初の製品では
±5度になった

この図には、
「測定の帯域」という
概念が抜けている！

なぜなら、
「測定の帯域」とは、
「センサの用途」を
先に考えなければ
決められない概念
だから！



開発目標数値を
「必要最小限に設定」
することこそが、
テーマリーダーの
果たすべき責任

「正式な開発テーマ」として認めてもらうには



「データ」で説得するのではなく、「体験」で納得してもらう

- ホール素子を3つ使って地磁気を測り、「方位角」を計算して、PCの画面に針のコンパスを回転表示する「**デモ機**」を作った
- このデモ機を、事業部門長の出席する会合で披露した（2001年4月）
 - 低感度のホール素子で、微弱な地磁気が測れることに一番驚いていたのは、旭化成電子(株)のホール素子開発技術者たち(磁気センサのプロ)だった
 - その場で、「(ホール素子を使う)電子コンパスの開発」は、正式な開発テーマとして関係部場全体で認められた
- 「**デモ機**」は最初、社内で開発の承認を得る「テーマアップ手段」だった

2001年6月頃に完成した、最初のデモンシステム



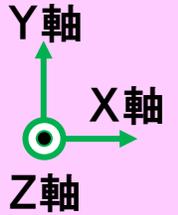
ノートPC
ソフトウェア
開発



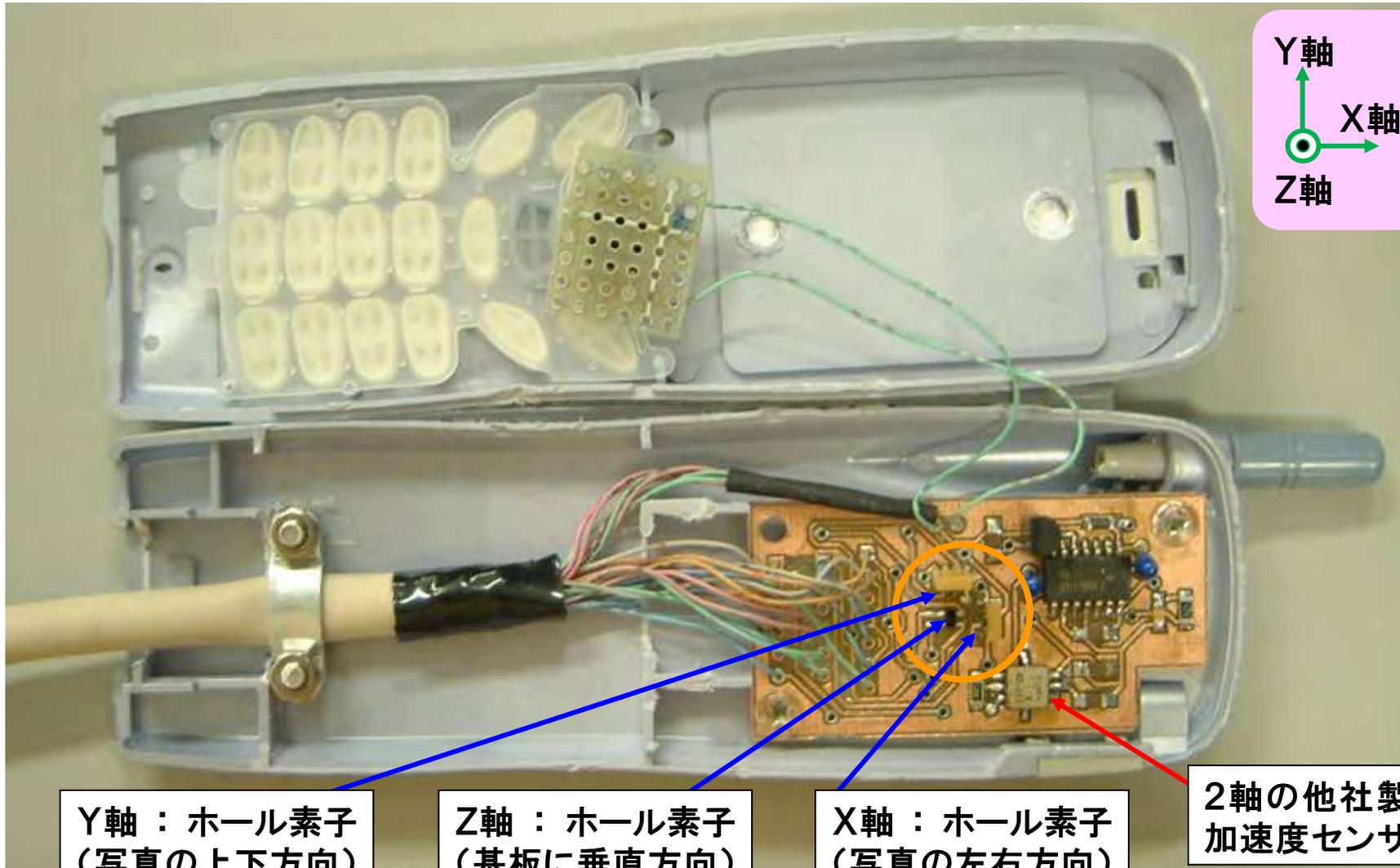
3個のホール素子を
基板上で立体的に
組み立てた

信号の積分増幅回路
(ディスクリート部品で
構成した手作り基板)

2001年6月頃に完成した、最初のデモンシステム MVP (Minimum Viable Product)



ディスクリート回路による積分増幅



Y軸：ホール素子
(写真の上下方向)
立てた基板だけが見える

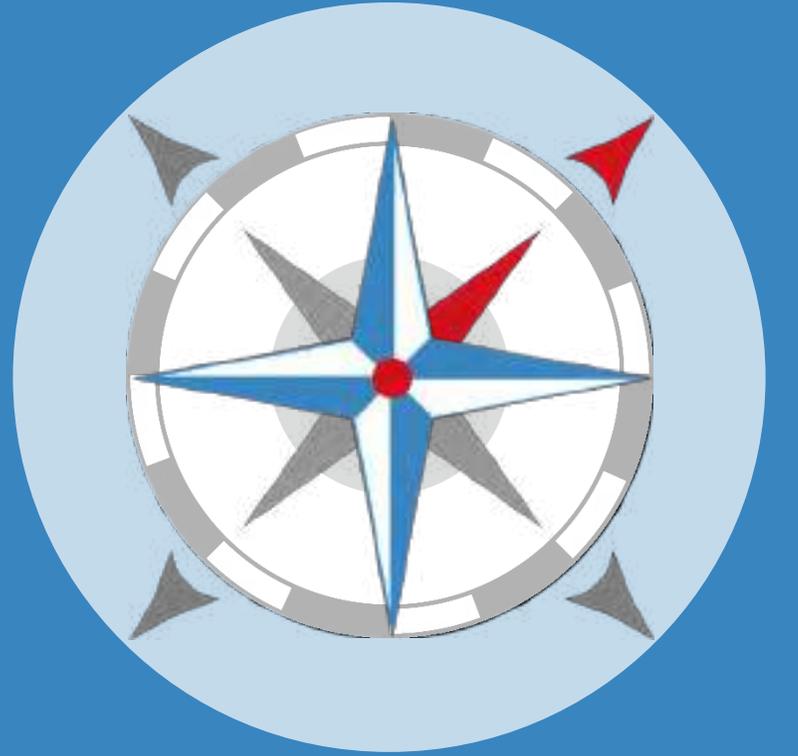
Z軸：ホール素子
(基板に垂直方向)
黒いパッケージが見える

X軸：ホール素子
(写真の左右方向)
立てた基板だけが見える

2軸の他社製
加速度センサ

課題設定の重要性

研究・開発（事業開発）において、
「**問題**をうまく解決すること」よりも
「**課題**を正しく設定すること」の方が
はるかに難しく、大切である！





第1幕(Act-1) 第2場(Scene-2)

「開発手順の逆転」

--- 後で使う“技術”を、先に開発する ---





テーマアップ後に、先ず始めたこと

- 「デモ機」だけ持って、顧客を次々に回った (2001年8月～)
 - 動いている「デモ」があると言えば、誰でも直ぐに会ってくれた
 - まだ使ったことがない新製品について、仕様書の良し悪しを聞いても、顧客が答える事は決まっている「高性能で、小さくて、安いもの」??
 - だから開発する新製品への要望を、顧客に聞くのは間違っている (特に、どんな仕様の製品が欲しいかと、数値スペックを聞くのは最悪)
- 自分の“製品コンセプト”を説明して、顧客の反応を探る！
 - 顧客もまだ気付いてない「新しい価値観」(SpecよりUX)を提案してみる
- その結果、旭化成の電子コンパスは“3軸でデジタルI/F”という過去に無い挑戦的仕様を選ぶことになった
- 「デモ機」は、技術(戦略)マーケティングの手段に進化した

「3軸」「ホール素子」&「デジタルインターフェイス」の理由



- 「電子コンパス」開発の目的：旭化成の課題設定は他社とは本質的に異なっていた
 - 「地磁気を高感度で測定して、方位角を高精度で計算できる」ことではなく、「携帯電話メーカーが容易に設計できて、ユーザーが、簡単に利用できる」こと
- 「ホール素子」の理由：スピーカー等の近くに配置しても、レイアウトの自由度が高い
- 「デジタルインターフェイス」の理由：CPU等の近くに配線しても、ノイズに強い
 - ➡ 携帯電話メーカーの基板設計が容易になる
- 「3軸」の理由：ユーザーが携帯電話を斜めに持って利用できる
 - ➡ 「磁気オフセットの自動調整」ソフトウェアが、ユーザーの利便性を実現
 - ➡ 1チップ 3軸電子コンパス の 開発を誘導 **3 axis in 1 plane**
 - ➡ MEMSの「加速度センサ」「角速度センサ」とのワンパッケージ化を誘導



—— 研究・開発をする 技術者 のための ——

『 市場開発（技術マーケティング） 』

マーケティング(≡ 市場開発)には、
技術マーケティング と
販売マーケティング がある



- “Marketing”という言葉は、あちこちで使われていますが、その内容には大きく2段階のフェーズがあり、それを意識して区別しなくてはなりません
 - 日本で従来(通常)「マーケティング」という言葉から一般の人がイメージすることは、「製品を、より一層たくさん売れるようにするための活動」です
これも大変重要な「マーケティング」ですが、研究・開発の初期(製品コンセプトすら決まっていない時期)にも、実は「マーケティング」活動が、必要なのです
- 前者は『**販売マーケティング**』、後者は『**技術マーケティング**』
 - 前者は、少しでも多く製品が売れるように「市場を広げていく活動」をしますが、後者は、少しでも確実に市場が受け入れる物のコンセプトを決めていく活動なので、「市場(顧客や製品機能)を絞っていく活動」になるため、前者とは逆の発想をします
 - この思考プロセスの違いを明確に認識していないと、この後で時間と費用をかけて開発する物が、市場に受け入れられない = つまり売れない！という結果を招きます



■ 「技術マーケティング」は、

- 開発を「始める」or「している」時期に、製品の質を磨くこと以上に大切なことです
 - そのテーマが将来良い事業になるかどうかは、この時期に、ほぼ70%が決まってしまうからです
- 未だ製品仕様が決まらない時期に行うので、**将来の技術開発動向**を想像できる人（≡ その開発に携わっている技術者）が得意であるはずのマーケティングです
- そこには**今後の市場動向**を予測して、**将来のプロダクト**と**将来のマーケット**を**マッチング**させる高度な能力が求められます

だから

■ 「技術マーケティング」は、市場・顧客を絞る、機能・性能を絞る・・・のです

- 自分たちは「何を目的としているのか = 市場にどんな価値を提供するのか」という**製品コンセプト**を意識しておかないと、開発課題の設定を誤り、問題解決の判断を誤って、途中で道に迷います・・・**目的**を忘れて**手段**だけを考えてはいけません

「**製品開発**（技術開発）」と

「**市場開発**（顧客開発）」は、

初期のフェーズから、**並列に実行する**

なぜなら、製品が量産可能になる時期と

ちょうど、市場が生まれる時期を、**同期させる**必要があるから

そのポイントが、“**技術マーケティング**”



新しい価値観を 提案する！

e-Compass

—— 電子部品における ソフトウェアの価値 ——

「妨害磁気の調整方法」が必要

携帯電話の中には、地磁気より大きくて
変化する妨害磁気を発する部品が一杯

これを調整しないと、「地磁気」は測れない！



2000/4

- 「MRI」「LIB」という全く異なる事業経験をした山下が異動して加わった

2000/5

- 私は聞きながら「このテーマ(課題)設定はおかしい」と否定的だった

■ 市街地の地磁気が北を指してるなんて 誰が確認した？

- 都市は、大量の人工構造物(ビル・橋の鉄骨)でできている
- 電車や地下鉄は、モータ電流が大きな磁気を発生して走る
- 自動車は、着磁した鉄の塊、それが歩道の直ぐ横を通る

➡ 都市部(市街地)の路上で、地磁気を測っても 無駄！

■ 携帯電話の中は、磁石と鉄で作られた部品で 一杯だ！！

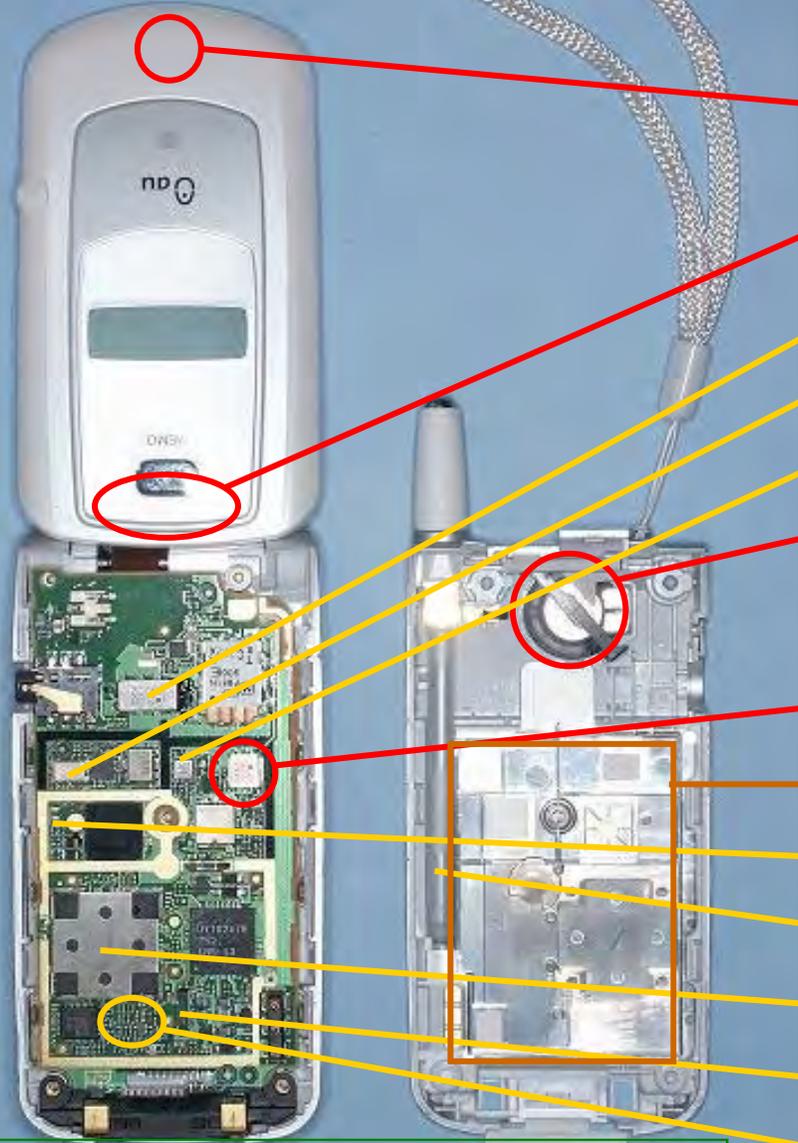
- 「地磁気」より大きな磁気発生源がたくさん搭載されている
- スピーカ等、磁石から十分に離れた場所など見つからない
- 周辺部品の磁性材料(鉄)を、全て排除するなんて不可能

➡ 携帯電話の基板上で、地磁気を測ろうなんて 無謀！

携帯電話の中には、スピーカやモータなど地磁気より大きな磁場を出す部品が一杯！

地磁気(Geomagnetism)

日本の水平成分 30 μT



通話用スピーカ(Speaker): 11,000 μT

バイブレータ(Vibrator): 11,000 μT

SAWフィルタ(SAW Filter): 500 μT

水晶発振器(TCXO): 300 μT

RF SAW: 100 μT

着信音スピーカ(Speaker): 24,000 μT

赤枠(Red Frame) 永久磁石(Magnet) を使った部品

高周波フィルタ(RF Filter): 3,500 μT

電池(Battery): 1,100 μT

Inductor or Capacitor: 300 μT

アンテナ(Antenna): 300 μT

シールド(Shield): 300 μT

クリスタル(Crystal): 200 μT

Inductor or Capacitor: 400 μT

- 磁石(携帯)の温度が変われば、妨害磁気(Offset)の大きさも変わります
- 電車に乗ると、駆動用モータに流れる電流によって、鉄の部分は着磁量が変わります
- 妨害磁気(Offset)は、いつどう変わるのか予想すらできません



大問題

- 妨害磁気(Offset)の影響をキャンセルする簡単な方法がないと、地磁気だけを区別して測定できないのです

開発初期の 2002年に作った資料



—— ユーザ目線で、気付いたこと ——

発明は一瞬のひらめき

2000年夏から電子コンパスの開発を始めて以来、
「何か簡単なオフセットの調整方法は無いものか」
という悩みが、もう2年近く頭の中で渦巻いていた





「磁石」の近くでも、「地磁気」だけを検出する

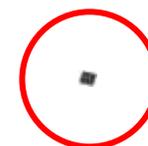
- 携帯電話の中には「地磁気」より大きな磁場を発生する磁石がある・・・という問題を解決しなくてはなりません！
- このオフセット調整は、「方位磁針」にできない働きです

方位磁針



≠

違う働きをする



電子コンパス

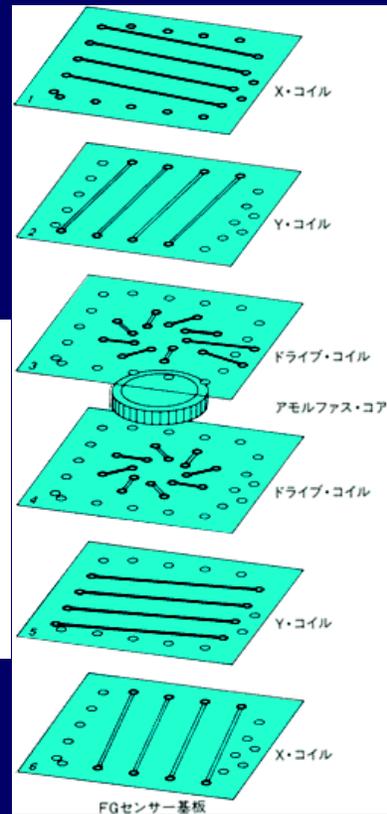
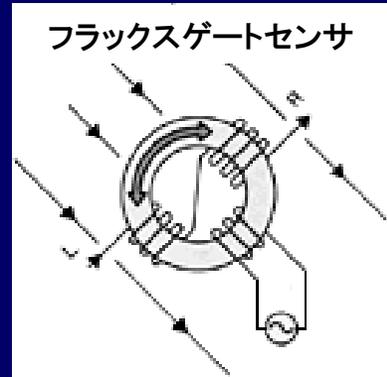
- 磁石(携帯)の温度が変われば、オフセット磁場も変わります
- 電車に乗ると、磁性体部品(鉄)の着磁状態が変化します
- オフセットは、いつどう変わるか予想すらできないのです

■ 2002年4月に、世界初(2軸アナログ出力の)電子コンパスを搭載した 携帯電話(C3003P)が発売になった

- 早速購入して、使用テストのために出張へ持って行った
- この電子コンパスを使う前には、手のひらの上で電話を水平に持って、「コンパスの調整」ボタンを押し、2回素早く回転させる必要があった
- …これがオフセット調整、初めての人は十中八九この調整に失敗した
- こんなめんどくさいケータイアプリなんて、使いたくない？



(センサ技術開発のスタートアップ)
エーピーワン システム 社の
小型フラックスゲートセンサ
8.5mm×8.5mm×1.4mm
スルーホール38個の6層基板
2軸センサ の **アナログ出力**



電子コンパスの調整ボタン

従来技術の調整方法 《2軸電子コンパス》

2002年春 発売

世界初の電子コンパス搭載携帯電話

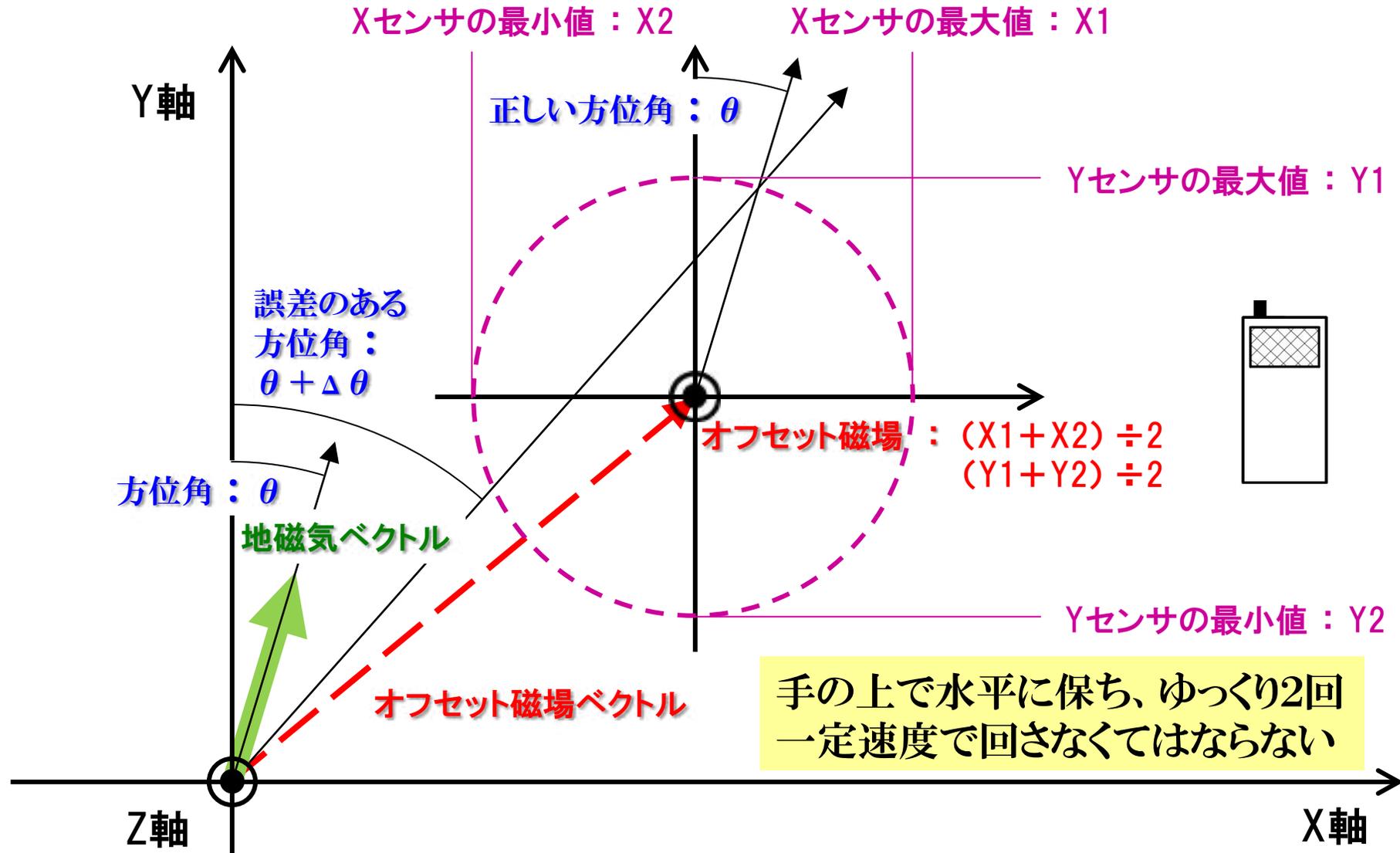
C3003P by au (松下通信工業製)



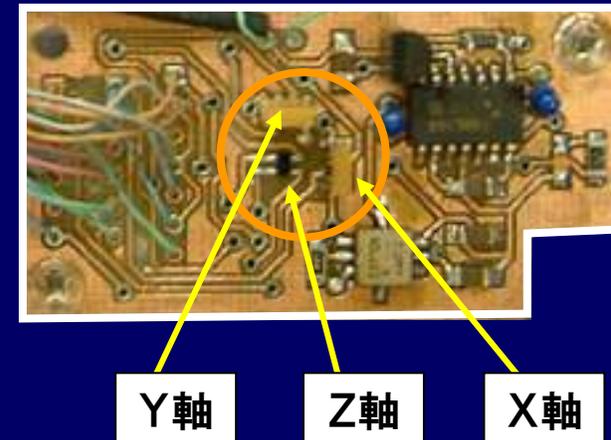
電子コンパスの調整ボタン

- 従来技術の場合は、先ずボタンを押して「調整のメニュー」を呼び出す
- 「電子コンパス調整」をクリックする
- すると画面上に、「携帯電話を水平に持ち、ゆっくり2回転させてください」と指示が表示される

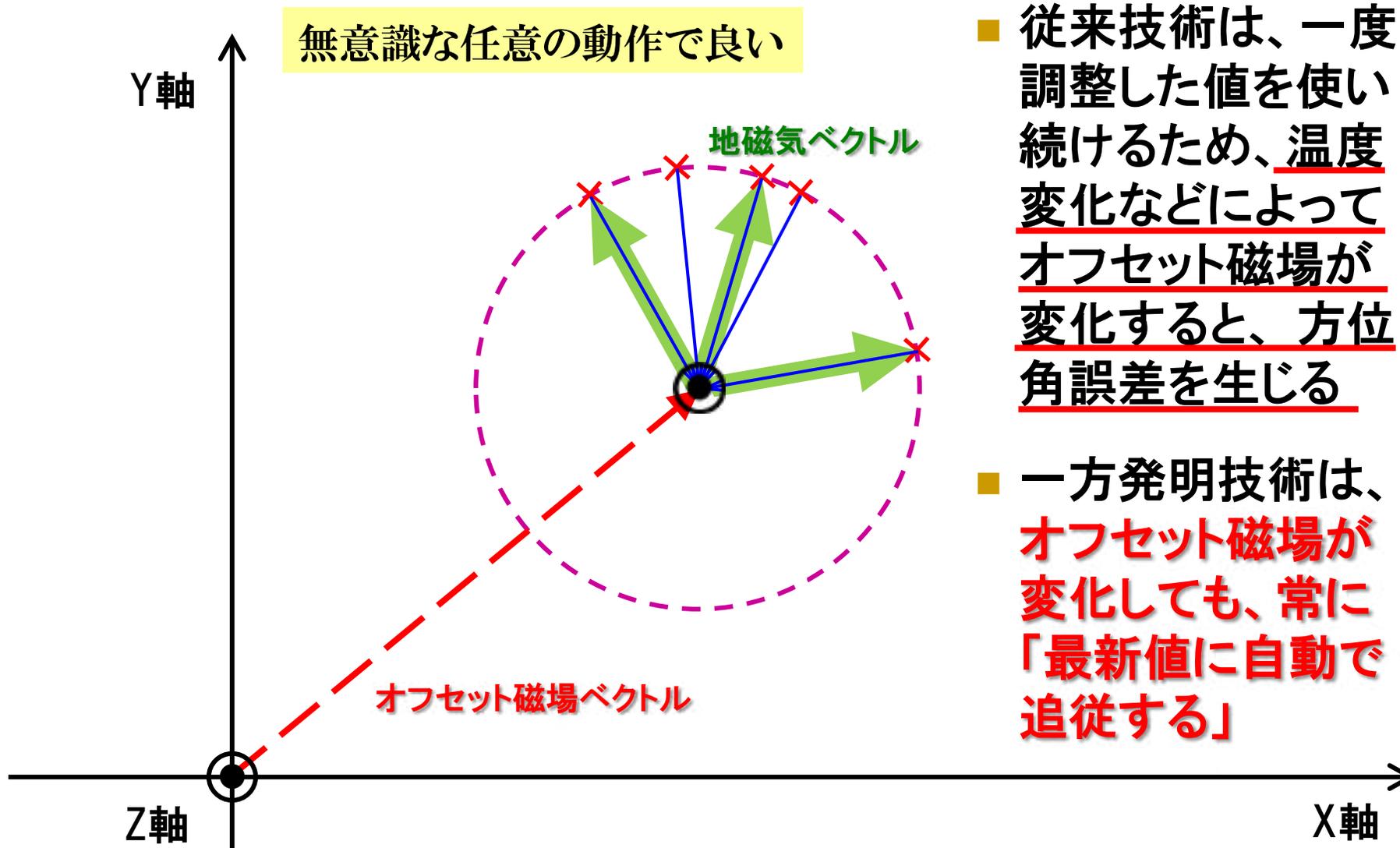
従来技術の 2次元説明図 (基本原理)



- 出張先の駅前で、この携帯電話を取り出して、一旦調整動作をした後で、いざ電子コンパスを使おうとした時、ふと自分の奇妙な行動に気がついた
 - 電子コンパスが正しく動いているかどうか確かめたくて、半ば無意識にケータイを水平に少し回転させて、画面上の地図が一緒に回転するのか試していたのだ！
- その瞬間、私には「電子コンパスの自動調整方法」が見えたような気がした
 - そうだ！ 我々の電子コンパスは、3軸センサにする予定だから、なにも無理やり水平にして、一定速度で回すような調整動作をユーザに求める必要なんかない
 - むしろ携帯電話なんだから、何も知らなくてもユーザは自然にケータイの向きを適当に変える動作をするのではないか？
- その時、向きの変化に追従して変化するのが地磁気成分で、変化しないのが妨害磁気成分として、区別できるはずだ！



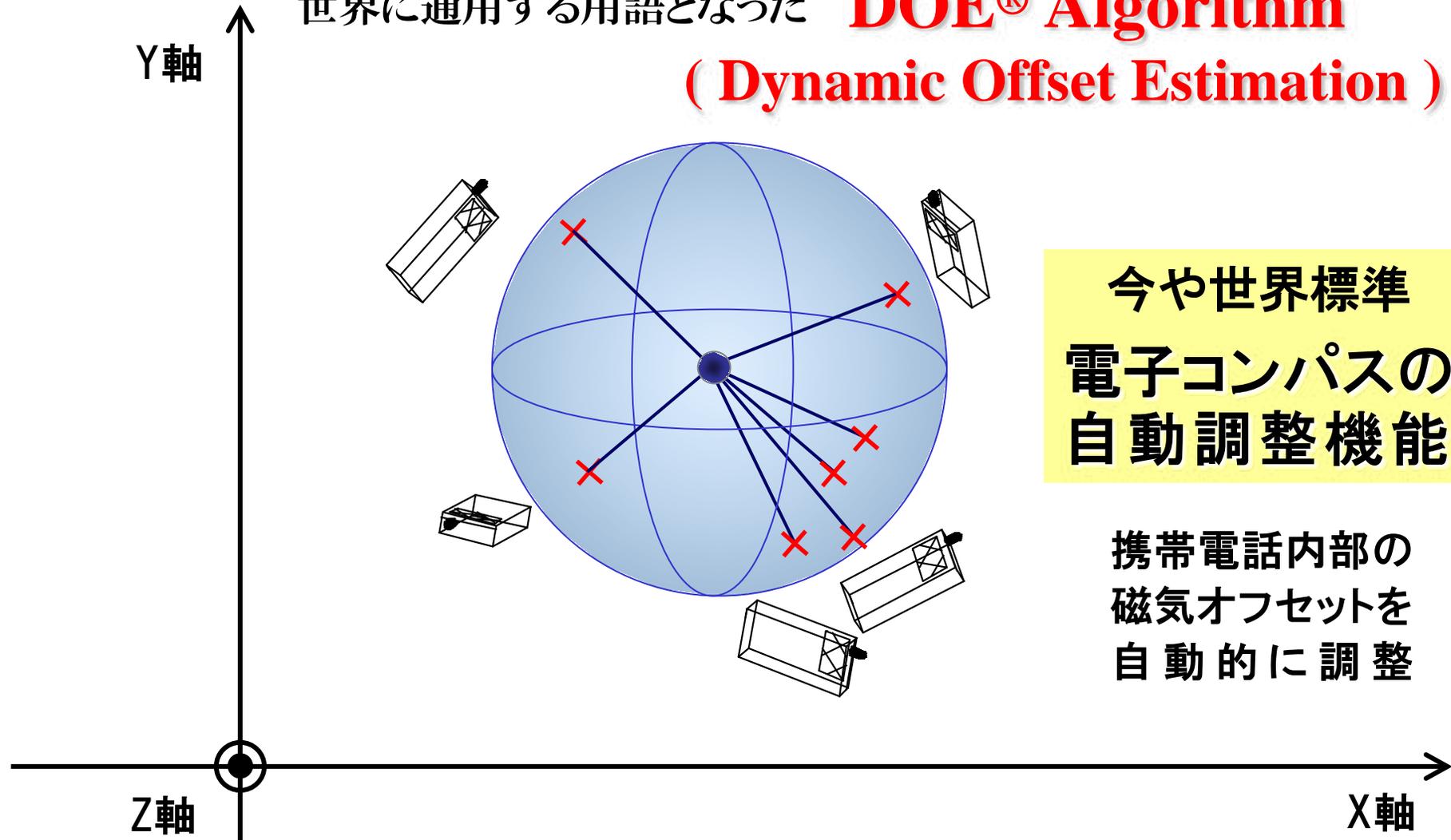
発明技術の 2次元説明図 (基本原理)



- 従来技術は、一度調整した値を使い続けるため、温度変化などによってオフセット磁場が変化すると、方位角誤差を生じる
- 一方発明技術は、オフセット磁場が変化しても、常に「最新値に自動で追従する」



世界に通用する用語となった **DOE[®] Algorithm**
(**Dynamic Offset Estimation**)



今や世界標準
電子コンパスの
自動調整機能

携帯電話内部の
磁気オフセットを
自動的に調整

全国発明表彰 『恩賜発明賞』



常陸宮 正仁親王殿下と 華子妃殿下

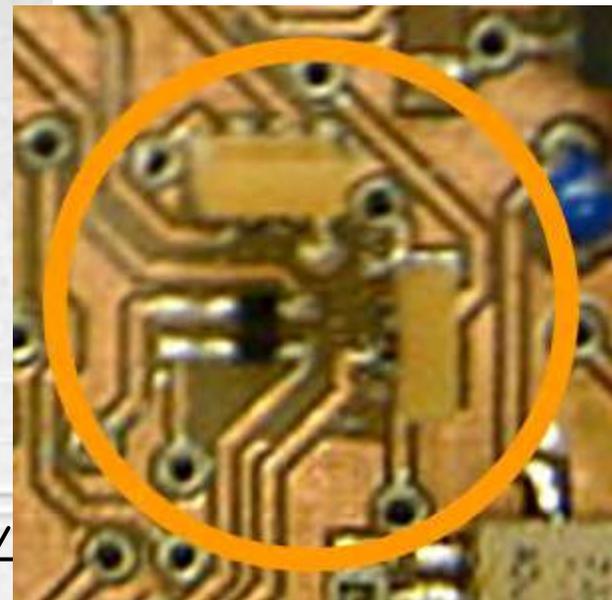
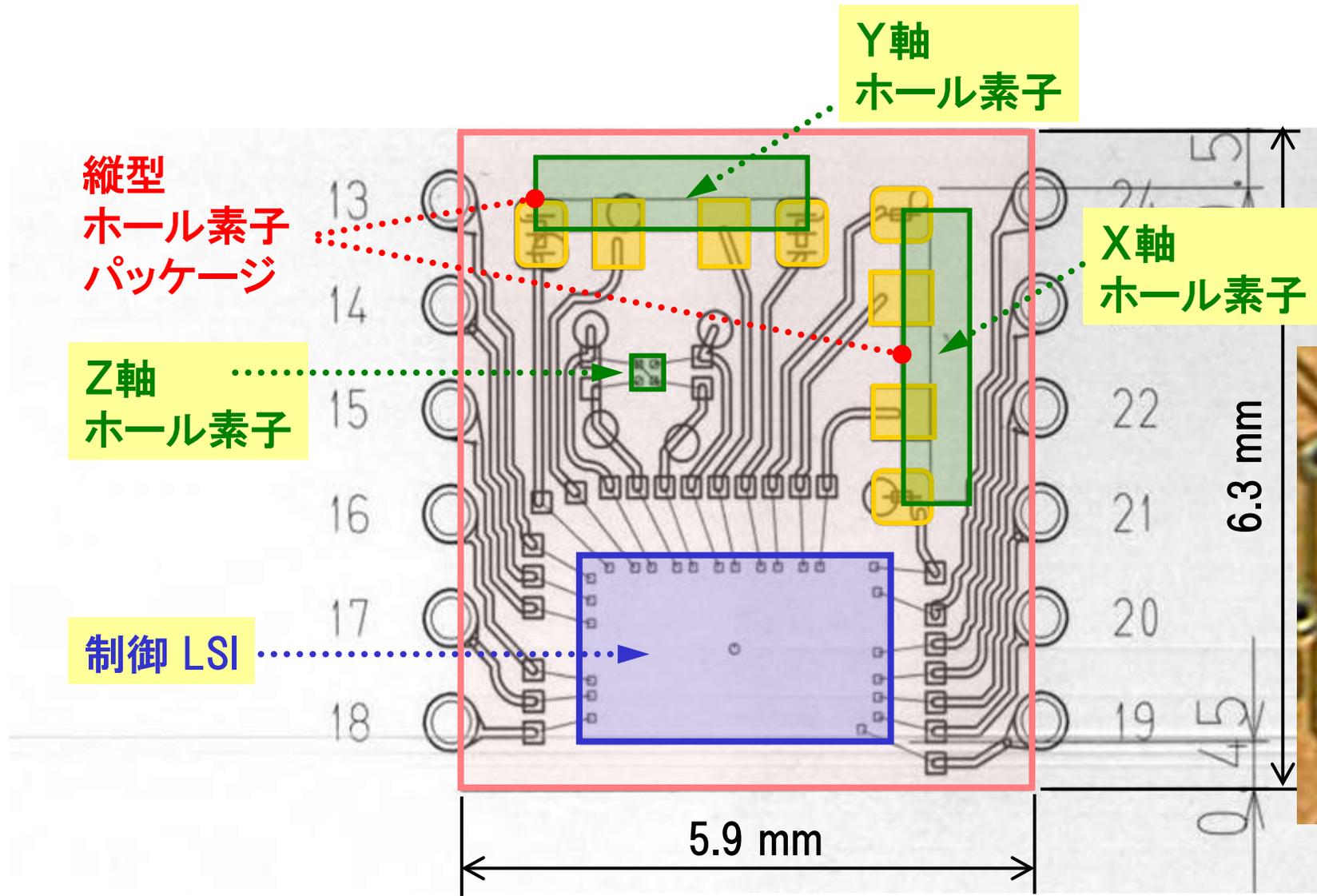
(メダル刻印：マテオ聖福音書より) われ、なお天国の鍵を汝に与えん、
… また、すべて汝が地上にて解かんところは 天にても解かるべし。



—— 事実上の「受注開発」になった 初代の量産製品 ——

「ソフトウェア」→「LSI」→「磁気センサ」
という通常と逆の順番で開発が進んだ

3つの「磁気センサ」を 3次元に組み立てるための
「新しいパッケージ」を採用し、そこに入る大きさの
「新しい磁気センサ」を最後に開発する という順番
で、**デモ機の構造を模したような製品の量産化が、
事業部を中心に 僅か10ヶ月間で実行された！**

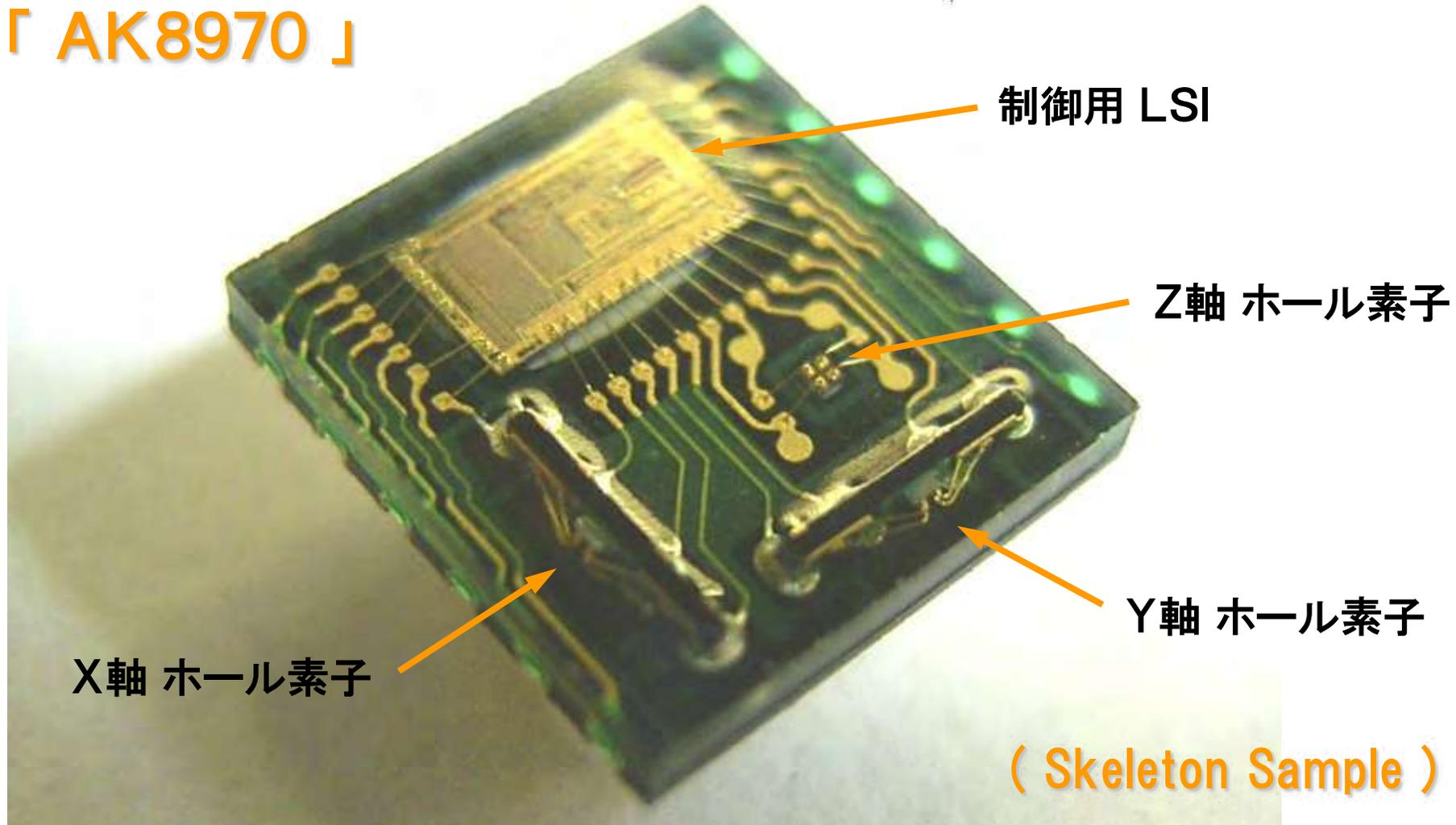


「AK8970」 これは 集積化モジュール です！

世界初 (量産出荷時) 携帯電話用 3軸電子コンパス モジュール

2003年7月 量産出荷開始

「AK8970」



5.9 × 6.3 × 1.0 mm³ : デジタル I/F で 世界最小 (量産出荷時)



量産設計開始から 10ヶ月後の出荷を実現した 事業部の凄さ！

- 手作りの「デモ機」が1台あっただけの状態で、重要顧客から事実上の発注を受けた各事業部は、そこから初めて！量産設計を開始したのだ
 - それまでは、全く異なる市場(顧客)に別々の事業を展開していた 旭化成電子(株)と旭化成マイクロシステム(株)が、まるで意気投合したペアのように、**同時並行で**量産製品の開発を進める有様は、研究開発本部から見ても**驚く程のスピード感**だった
 - しかも「**専用の小型磁気センサ**」を、製造プロセス変更までして実現するという離れ業
- 最初の気づきから3年、テーマアップから2年3ヶ月、事業化決定から10ヶ月、旭化成最初の「電子コンパス」は、実に華々しい新規事業を実現したのです
 - **もっとも、この後 どのようなドラマが待ち受けているのか、誰一人知る由もありませんでしたが …**



—— 新しいビジネスモデルの開発とは ——

ハードウェアとソフトウェアが融合した システムソリューション事業

この発想は、最近の言葉で言うと「**BMX**」ですね
(**ビジネスモデルトランスフォーメーション**)

23年前に、そんな言葉はありませんでしたが、
明らかに我々は、それを目指していたのです。

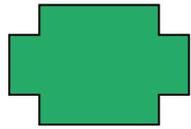


■ 従来のセンサビジネスモデル

LSIメーカー



センサ素子メーカー



センサデバイス



装置メーカー



仕様に基づく
カスタムLSI

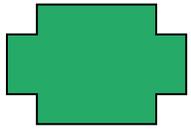


(2020年の追記説明)
研究所が、事業化前の
2002年に商標を登録。
ブランドのコンセプトを
定義した上で製品開発

性能最適でも、汎用性と高性能を優先し
携帯電話用に機能を絞り込めなかったため、
コスト高や使いにくさを招きやすい

■ S-cube のセンサビジネスモデル

センサ素子メーカー



LSIメーカー

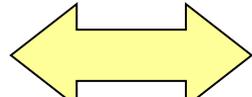


センサシステム

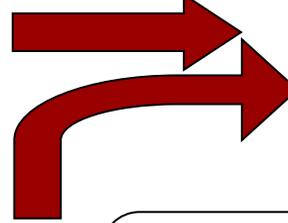


装置メーカー

エンドユーザー



共同開発を含む
相互協力と分担



ソフトウェアは、UI/UXとして
エンドユーザーまで届く

(2020年の追記説明)
電子コンパスの場合
自社技術(Hall素子)
だが、他社技術とも
このスキームで協力



ソフトウェア

(2020年の追記説明)
電子コンパスの場合
この中核技術特許が
2012年全国発明表彰
恩賜発明賞を受賞

センサとLSIの最適な機能分担は元より
ハードウェアとソフトウェアの機能分担も
考え、高度なCPUを持つ携帯電話用に
特化した、コストミニマムで使いやすい
目的最適のセンサシステムを実現する

「異業種の文化」を「ビジネスモデル」として使う



- 「ハードウェア」 製造業の製品は、**品質を保証**して **販売**する
 - 製品所有権を移転するので、契約上で定義された状態の「保証」を求められる
 - 万が一、保証外の製品があれば、無償交換をするだけでなく、損害補償までする「文化」である
 - 製品販売契約は、採用が決まって出荷する時に、始めて契約が結ばれる
- 「ソフトウェア」は、利用する権利を、**ライセンス(許諾)**する
 - 製品利用権を許諾するだけなので、契約時の状態(As-Is)以外の「保証」をしない
 - だから仮に不具合(バグ)等があっても、その修正は有償(契約外のVer.Up)という「文化」である
 - 使用許諾契約は、採用可否の検討を始める前に、契約を結ぶ必要がある



- 「ハードウェア」 **所有権**を顧客に**譲渡**するなら、データは顧客のもの
- 「ソフトウェア」 **使用権**の**許諾**に過ぎないなら、データを収集できる

「異業種の文化」を「ビジネスモデル」として使う



- 旭化成は顧客に、自動調整の技術を含む「ソフトウェア」ライブラリを先ず**無償ライセンス**する契約を結ぶ
- その契約は、**「旭化成の電子コンパスと一緒に使う」**ことを条件としている
- **「ソフトウェア」の無償ライセンス契約に基づいて、**
「ハードウェア」を有償販売する という、それまでの部品業界にはなかった**「新しいビジネスモデル」**を生み出した

【このビジネスモデルの メリット】

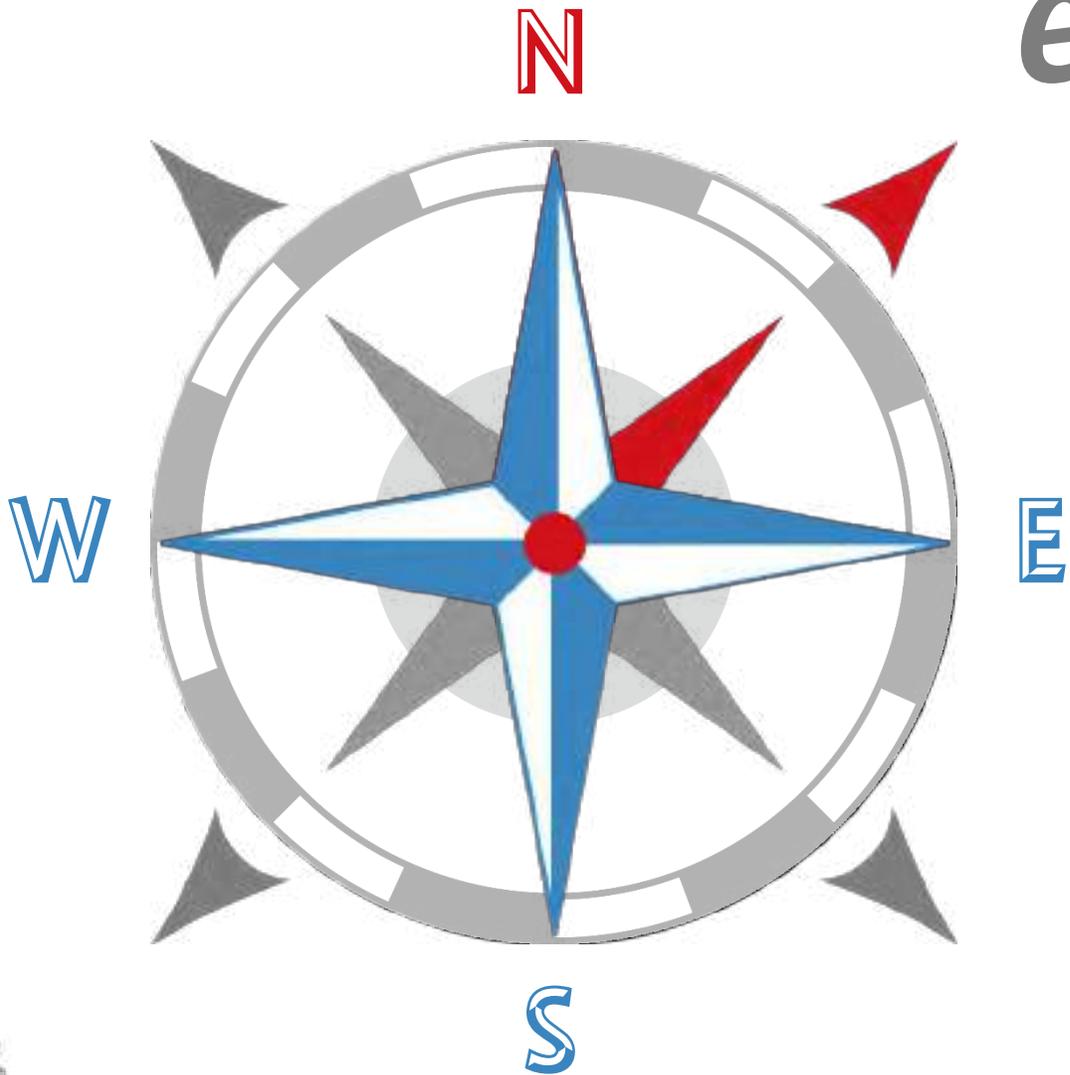
- 「ソフトウェア」は、**最初の採用検討期間(サンプル評価)の前**に契約をするので、**市場の動向(立ち上がり時期)を、半年～1年前に予知**して増産の準備ができた
- 「組込ソフトウェア(ミドルウェア)」は、他社製ソフトに**切り替えるテストコストが高い**ので、新機種への**採用継続性が高くなり、ハードウェアのシェアと価格が安定した**

事業競争力の生み出し方

特許（**新しい技術**）は、
「**独占権**（**他社排除手段**）」ではなく、
社会実装する＝**市場を生み出すための**
「**戦略**（**ビジネスモデル**）」として使う

市場の価値観を変えるような
新しい価値評価軸を提供する

e-Compass LLC



第 2 幕

第 5 卷



第2幕(Act-2) 第1場(Scene-1)

「技術革新の目的」

---- 複数の問題を一挙に解決する ----





—— 「市場開拓期」から「市場拡大期」への
コストと量産性を優先した 製造プロセスの大転換 ——

初代と次世代の製品開発

初代製品の量産に目処が付いたら、
即座に、次世代製品の開発を始める



自分が開発した技術は、自分で乗り越える

- 我々が量産を始めた世界初の「3軸電子コンパス」は、“旭化成独自のセンサ（化合物半導体ホール素子）”を“立体的に組み立てるパッケージ技術”が、大きな特徴
 - でも、その技術限界は、誰よりも早く自分が認識し、それを乗り越える新しい開発を、自分自身が始めなくてはならない
- 最初の製品が量産出荷される 2003年7月よりも一足早く、3月に発足した「電子部品研究所」で、独自の磁気センサとその組み立て技術を捨てる開発に着手した
 - 目指すのは、「Siモノリシックの1チップ3軸電子コンパス」
- それは、「ハードウェアの小型化とコストダウン」という飽くなき挑戦だった



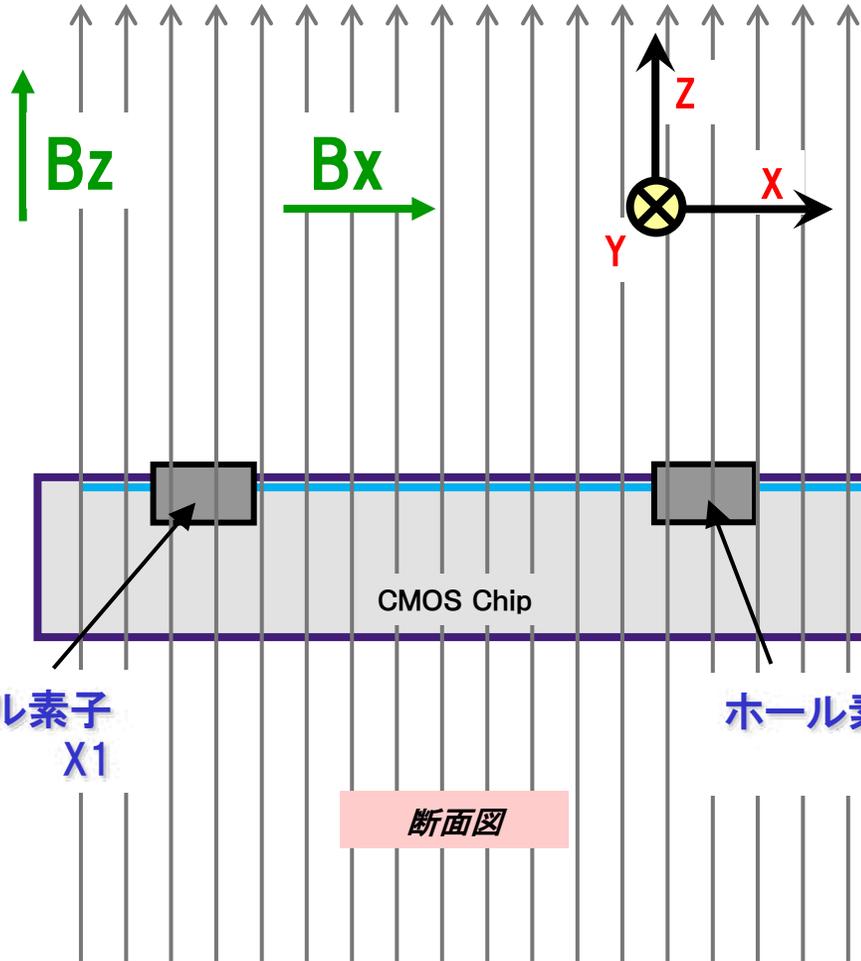
— Si モノリシック 3軸電子コンパス —

磁気収束板の働き

3axis in **1**plane を実現した **Magnetic Concentrator**

3軸地磁気センサの原理

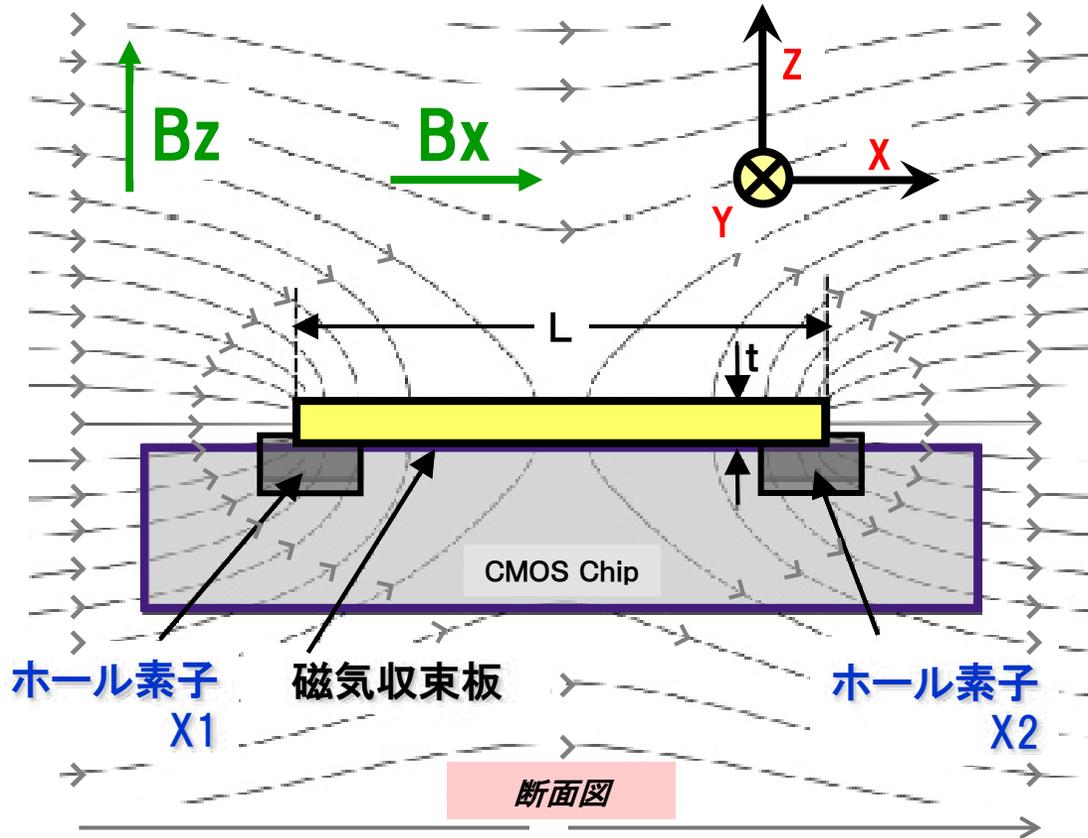
3 axis in 1 plane



Si モノリシック ホール素子は、シリコン基板の上に、信号処理 LSI の回路と一緒に形成する

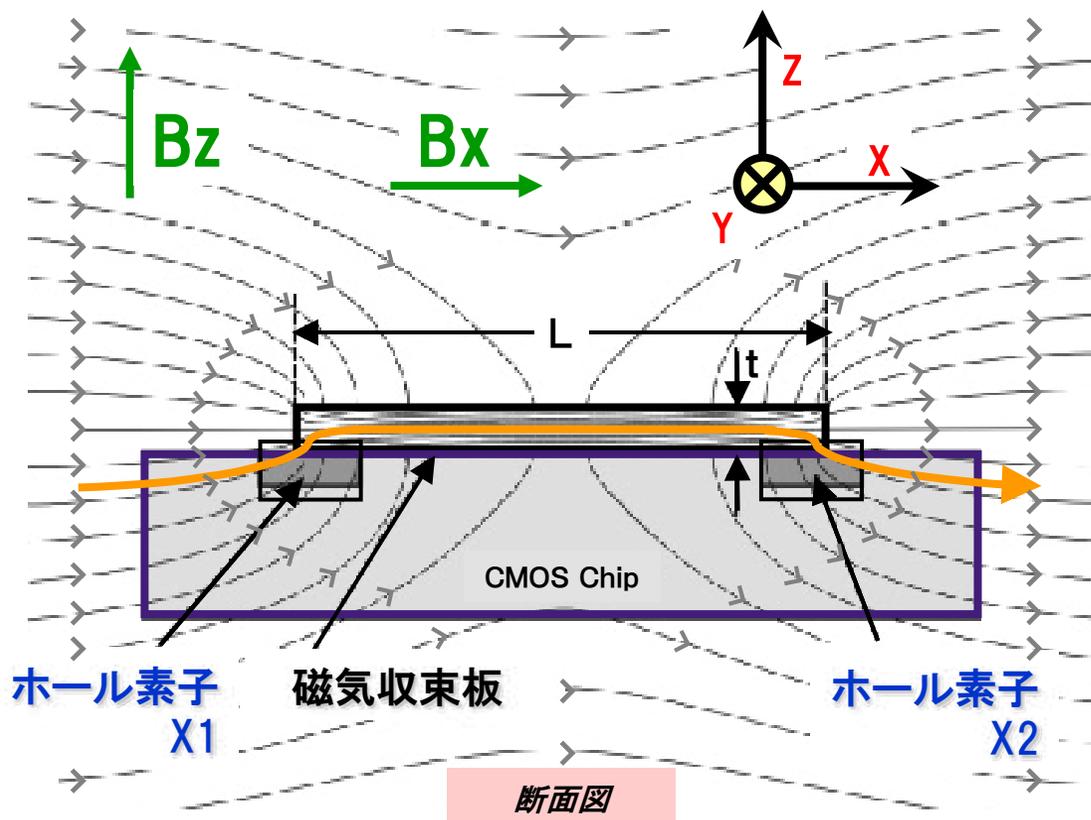
ホール素子 X1 と X2 は元々垂直成分 B_z だけを検出する磁気センサであるため、水平成分 B_x (B_y) に対しては、まったく感度を持たない

ホール素子は、数ある磁気センサの中で唯一、表面に垂直な磁気成分を検出する



磁気収束板(磁性薄膜)によって、磁場を意識的に歪ませることができるので、ホール素子近傍の磁力線は水平成分を垂直成分に変化させる

結果的に、
ホール素子 X1 と X2 で、
水平成分が垂直成分として検出されるようになるため、
Bx成分とBy成分に対しても感度を持つようになる



言い換えると、
 ホール素子 X1 と X2 が、
 元々検知していた垂直成分
 Bz に加えて、磁気収束板で
 一部垂直成分に変換された
 水平成分 Bx、By も検出する
 ようになるので、
 2つのホール素子出力から
 Bx(By)と Bz を計算できる

$$X1 = a \cdot Bx + c \cdot Bz$$

$$X2 = -a \cdot Bx + c \cdot Bz$$

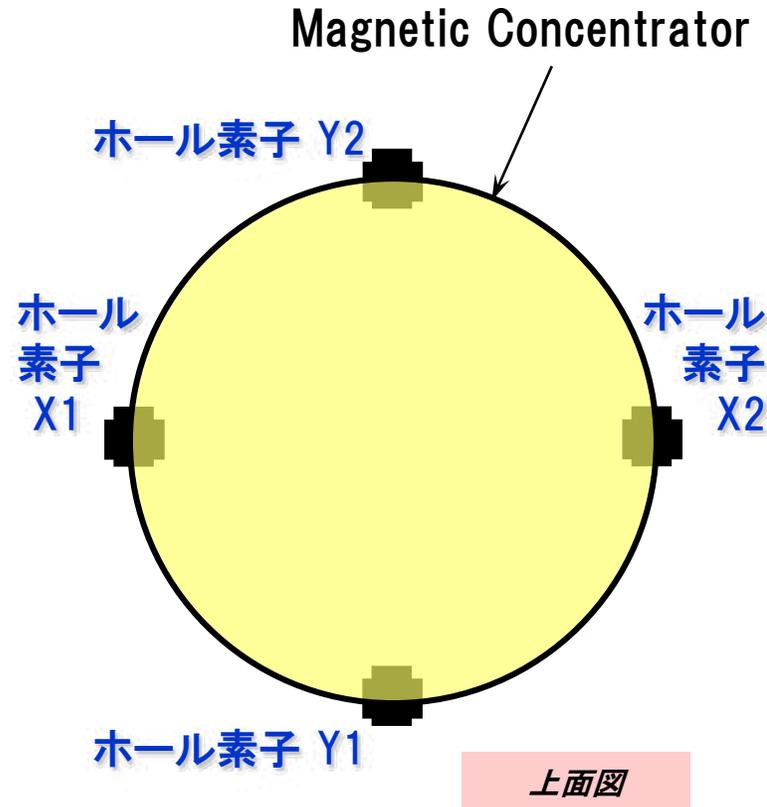
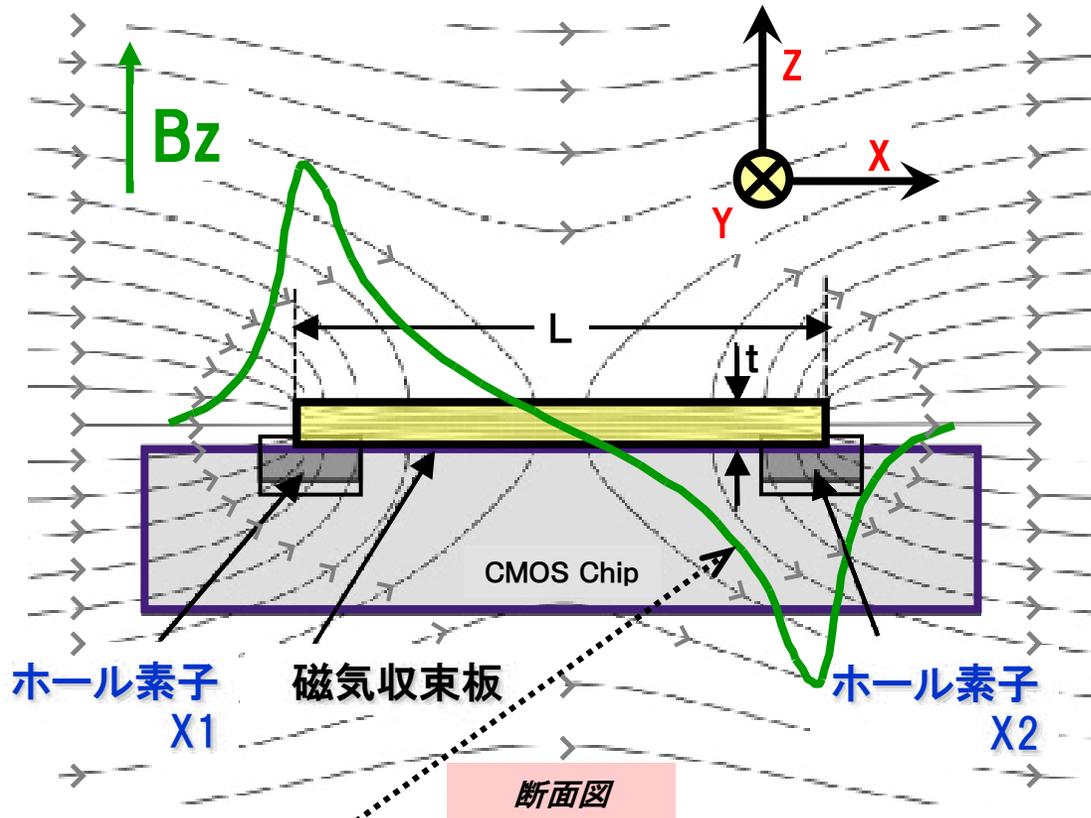


$$X1 - X2 = 2a \cdot Bx$$

$$X1 + X2 = 2c \cdot Bz$$

3軸地磁気センサの原理

3 axis in 1 plane



磁気収束板に残る着磁量が、測定のおフセットになる。これもソフトウェアが自動調整するので、実用化できた技術。

水平成分 B_x が、垂直成分 B_z に変換される効率

円形の磁気収束板(磁性薄膜)を作成して、90度おきに4カ所、ホール素子を配置すれば B_x 、 B_y 、 B_z の3軸測定が可能になる



—— 集積化センサ ——

『6軸電子コンパス』の開発

期待以上に大好評だった「製品コンセプト」





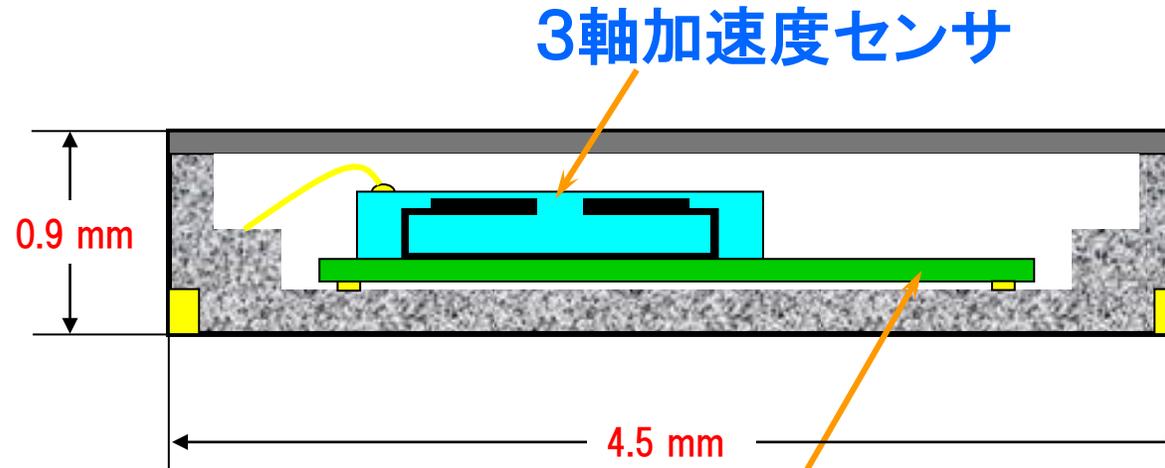
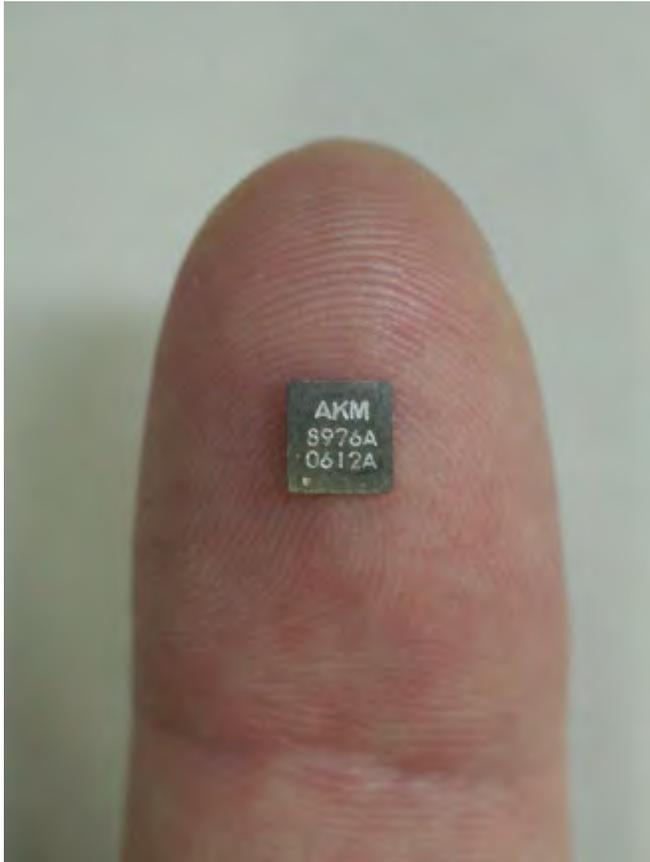
3軸地磁気センサ + 3軸加速度センサ

AK8976A

4.5 × 4.5 × 0.9 mm (Max 1.0 mm)

世界最小・最薄

2006年3月プレスリリース時



3軸地磁気センサを含む
信号処理LSI

2006年の製品発表時には、あえて、内部構造を秘密にしていた。

そのため、これ程まで小さく作れる理由に興味生まれ、その技術内容を重要な顧客候補だけに説明することで、出荷までのマーケティング活動を行い、大きな成功を招いた。

その代表例が、au の新しいサービス「**Smart Sports**」で、2008年春に AK8976A の「**歩数計機能**」を利用した新モデル 3機種が同時発売。

更に、これが **Android 標準搭載の引き金** になった。

AK8976A の基本アプリケーション



■ 歩数計

- ➔ 待ち受け中も低消費電流で歩数計測し、カウンタレジスタに記録
- ➔ 一日の歩数を自立計測可能！（AK8976Aだけが間欠動作）
- ➔ 歩数の検知感度が可変で、ホストCPUから設定可能（プログラム機能）

■ 自由落下検知

- ➔ 自由落下の検知感度と応答時間を、ホストCPUから設定可能（プログラム機能）
- ➔ **ホストCPUの処理応答時間にかかわらず**AK8976Aだけで自立動作

■ ウェイクアップ機能

- ➔ 振動を検知してウェイクアップ
- ➔ **特定姿勢を検知してウェイクアップ**
例えば ➔ 端末を45度に傾げるだけで**自動的に**バックライト点灯

これら全ての機能を、**超低消費電流～100 μ A** のロジックで実現
専用マイコン搭載より効率的で、ホストCPUの待ち受け中にも動作可能

■ ソフトサポート

- ➔ モーション入力、縦横判別のプログラムを提供

「加速度センサ」を利用する機能としては、既に一般的なものだったが、

それまでは、ソフトウェアで実行していた機能を全て、ハードウェア（ロジック回路）だけで実行できるようにしたことによって、CPUがスリープしても、単独で動作し、消費電力が大幅に減少することが大きな特徴になっていた。

これが実用上のボトルネックだった電池持ち時間を延長したことが、サービス提供者に高く評価された。



— 9軸 IMU と PDR —

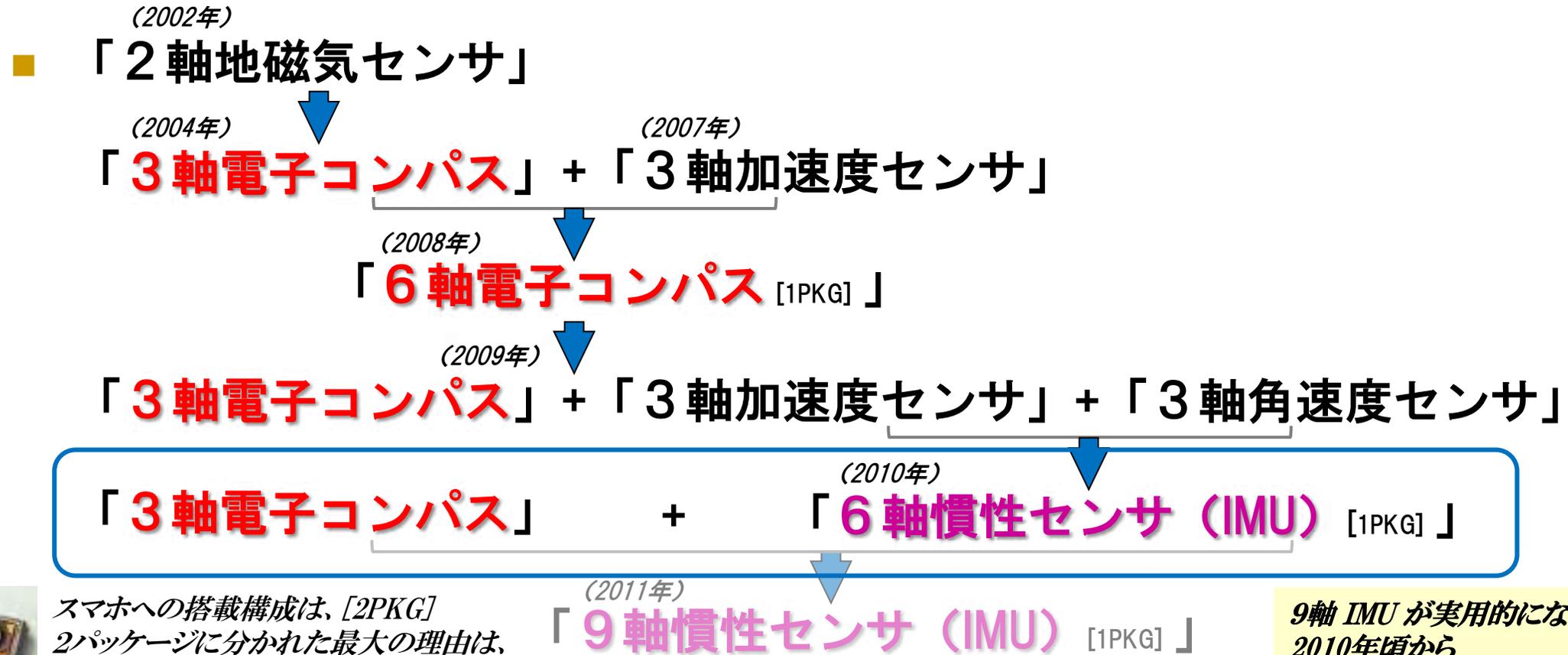
『9軸電子コンパス(IMU)』の開発



Sensor Fusion は、「3軸」から「6軸」、そして「9軸」へ



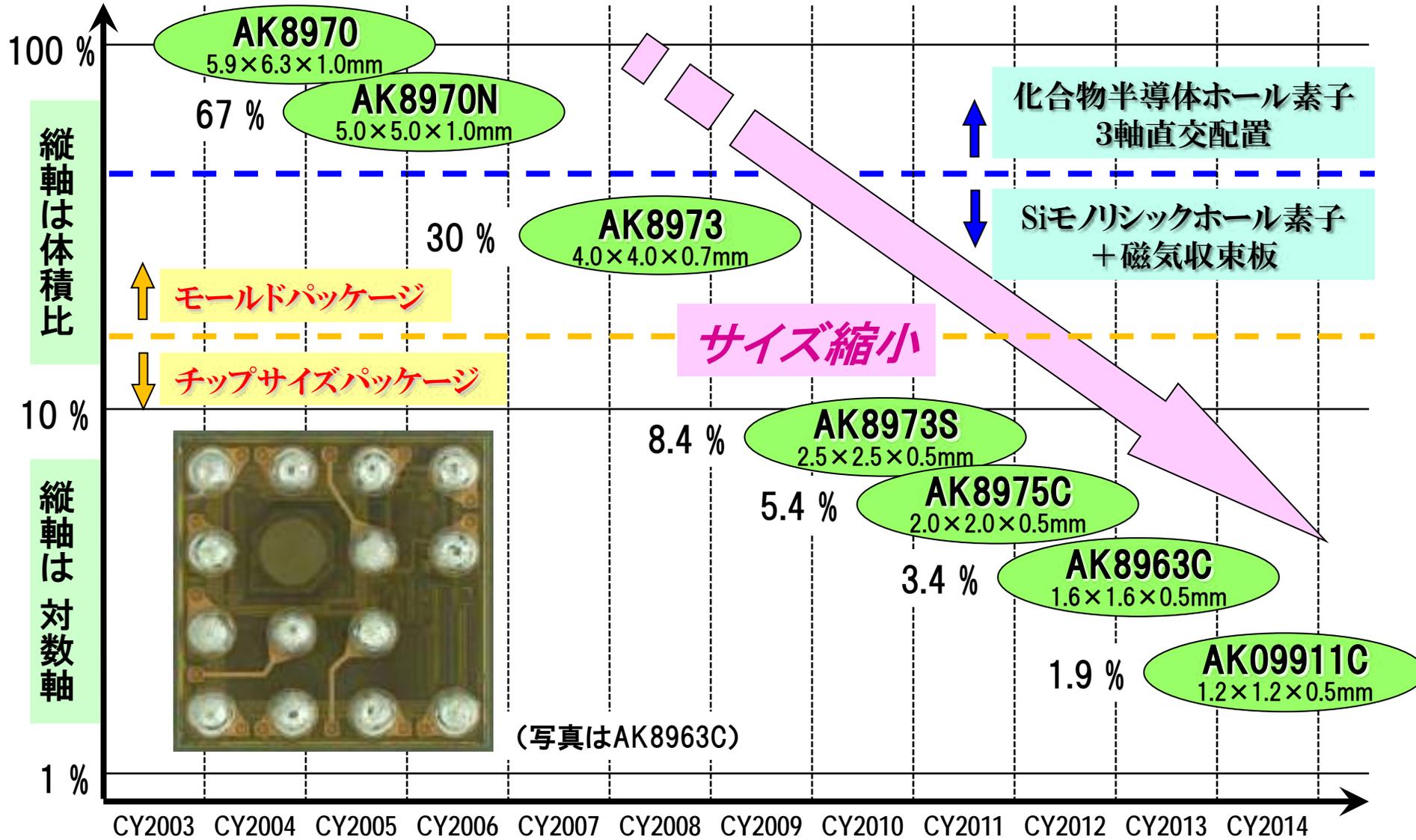
■ 多軸センサ(集積化センサ)が実用化されていく順番：



スマホへの搭載構成は、[2PKG]
2パッケージに分かれた最大の理由は、
3軸電子コンパスのレイアウト自由度
(超小型化)

9軸 IMU が実用的になったことで
2010年頃から
PDR の 開発・応用検討が本格化

3軸電子コンパス 製品縮小の歴史



旭化成の電子コンパスは、基本コンセプトを変えずに、18年間で **体積が、1/128以下に縮小。** 旭化成の **生産量は、500倍以上に拡大。**



0.78 %
AK09919C
0.76 × 0.76 × 0.5mm





第2幕(Act-2) 第2場(Scene-2)

「市場価値の創出」

--- 新しい“市場”は自ら産み出す ---



アプリケーションのデモ が 果たした役割



旭化成の電子コンパスが、 Google Android に採用された背景にあるもの

- Android 1号機(Google Brand) は、発売直前まで超極秘扱いだった
 - つまり、電子部品メーカーは誰も、Googleが電話機を作ること知らず、自社部品を Googleに紹介する理由がなかったのだ！
 - では、旭化成の電子コンパスは、なぜ Googleに採用されたのだろうか？



Google Phone 1号機
2008年10月発売



旭化成の
6軸電子コンパス
AK8976A搭載



Google Phone 2号機
2009年 7月発売

6軸電子コンパスによる

“ ちょっと先の ケータイナビ ”

【2005年4月提案】


 歩行者ナビゲーション
 [未来予想図]

そろそろ、109の店に到着しました。
 ここで手にしているケータイの傾きを起こすと、「3軸加速度センサ」の働きで、画面表示は自動的に平面地図から立体地図へと切り替わります。



(C)株式会社 ソフトウェア研究所
 (C)住友電気工業(株)システム株式会社
 (C)株式会社 センサー
 (C)日本2004株式会社


 歩行者ナビゲーション
 [未来予想図]

このように見下ろす角度だけでなく、見上げる角度も正しく認識できるところが「6軸ナビゲーションセンサ」ならではの特長です。
 立体地図だから目印になる建物の形も確認できますし、実際の道と同じ道に矢印が表示されるので、もう道を迷ってルートから外れる心配もありませんね。



(C)株式会社 ソフトウェア研究所
 (C)住友電気工業(株)システム株式会社
 (C)株式会社 センサー
 (C)日本2004株式会社

au「EZナビウォーク」における「3Dナビ」



powered by

NAVITIME

従来

平面地図



標準表示

地図：昭文社 / 住友電工

2006年4月下旬より

立体地図

音声案内開始時、
ガイダンス時
(右左折案内)、
目的地到着時に、
周辺の風景を
立体的に表示する
3Dナビサービス



目線表示

3Dデータ：ゼンリン / ジオ技術研究所
Z06A-第2137号

次の提案 “ クリックابل ナビサービス TM ”



■ 6軸電子コンパス と ポインティングデバイス による 次世代歩行者ナビゲーション



【2006年4月提案】

- 携帯電話の画面上で **立体地図の建物をクリック**するだけで、インターネット上から様々なコンテンツを入手することが可能になります
- アナログポインティングデバイスは、携帯電話の画面上で、**カーソルを自由自在に移動**する、マウスと同じ操作性を提供します

Click on the real world®

携帯電話用「3D空間検索技術」



3D空間検索



携帯電話の位置・向き
とバーチャル3D視点
の同期を実現

携帯電話の画面上に表示された3次元
地図画像上で対象物をクリックするだけ
で情報を得ることができます。



現在地の現実空間が3D画像として携帯画面上に表示されます。携帯の向いている方向を左右に回すと、その方位に合わせて携帯画面の3Dアングルが同期しながら変化します。



ユーザーは携帯電話を向けている方向で検索した、現在地付近の店舗情報を、3D画像上で分かりやすく見ることができます。表示された対象物をクリックすると3D視点で情報を表示します。



特定の店舗をクリックすることでリンクしている詳細情報を表示します。例えば、店舗の電話番号やURLを表示することもできます。



NECマグナスコミュニケーションズ

“ 3D-Panorama View ”

【2005年4月提案】



まるで、2008年秋の
Smart Phone 登場と
3次元空間のナビを
予想していたかような
PDAのデモ機

結果的に、このデモが
**電子コンパス市場の
爆発的な拡大を促す
トリガー**になった



Google Street View の登場

【2007年サービス開始】

Google Phone には 6軸電子コンパスが必須？

- PCよりインパクトが大きい、Smart Phoneの Street View
 - GPSで捉えた現在地の3D-Panorama 写真が、6軸電子コンパスと連動して、携帯機器の画面上で動く機能を実現
 - 歩行者の目前に広がるAR(拡張現実)の世界とモバイル新サービス
 - ※ AR : Augmented Reality





open handset alliance

(47 Members as of 2008)



ANDROID

Semiconductor Companies (13)



Mobile Operators (9)



Handset Manufacturers (9)



Software Companies (10)



Commercialization Companies (6)







電子コンパスが 指し示す
『日本(製造業)の 将来』





- 「電子コンパス」は、製造業という「ハードウェア」の業界に、「ソフトウェア」の文化を持ち込み、「デモ(プロトタイピング) と ライセンス契約」が先行するマーケティングをしたことで、イノベーション(スマートフォンの世界)を産み出す一翼を担ったのです
- 単に「部品」を売るのではなく、「情報センシング」の機能を提供することによって、「IoT」の先駆けにもなりました
- 日本が得意とする物作りは、仕様と価格に縛られた技術の袋小路に差しかかっており、今後新しい評価軸を産み出して、新しい価値を創出する道筋を描き直すためには、【技術開発力でビジネスモデルを変える】という、「電子コンパス」の成功事例が、良き「羅針盤」になっているだろうと思います

新規事業創出のナビゲーション！



何の事業を創るか という手段でなく
何のために創るか という目的をまず
考えて

製品 と 市場 の懸け橋となるように
新事業アイデアをナビゲートします



e-Compass LLC

