

博士人材が民間企業で活躍するための1つのアイデア

島津製作所 質量分析研究所 田中耕一

本日の要点

大学までの知識・経験が**企業**で別分野の研究開発に“**も**”貢献

2002年ノーベル化学賞受賞の発見に不可欠だったのは？

仮説？「**マンガ**文化が日本の**科学技術**発展に**貢献**」

(40年以上 従事している)質量分析MSは**異分野融合**の場

学術技術・文化を持ち寄ることで 今までにない進展が期待できる

参照：「博士人材の民間企業における活躍促進に向けた**ガイドブック**」 7ページ **博士の活躍の場の拡大**

イノベーションとは？

△ 技術革新 ○ 既知の物どうし**新**たに**結合**する

企業 1980年代当時 レーザーイオン化質量分析MS*装置開発プロジェクト

多種多様の最先端学術・技術を持ち寄らないと 装置は完成しなかったが 本日は、..



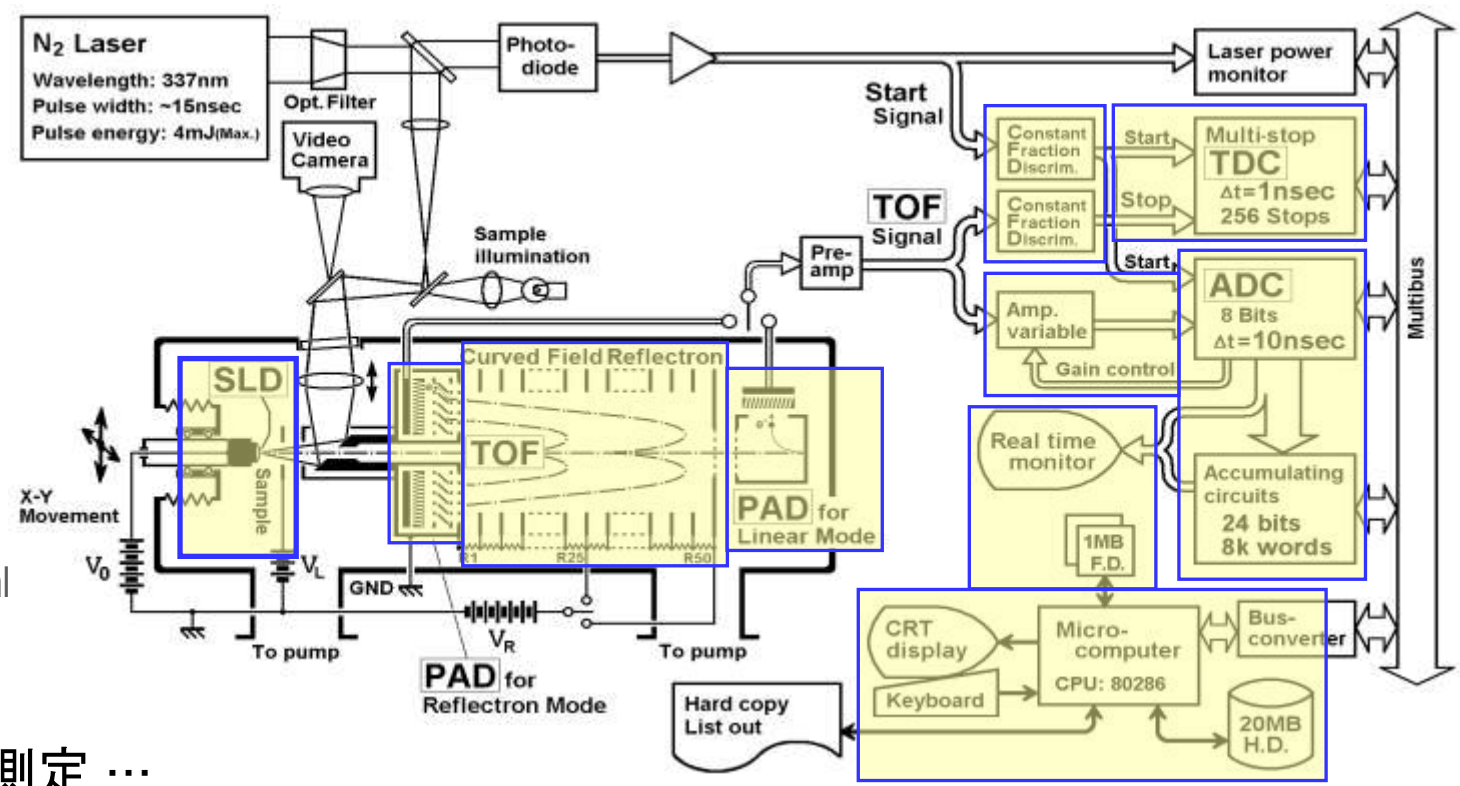
詳細説明は省略

1988年 製品化の右記 LAMS-50Kは
2024年5月 IEEE Milestoneに認定
<https://www.shimadzu.co.jp/mass-research/ldi-ms.html>

質量分析法 (Mass Spectrometry, 略称 **MS**) :

分子をイオン化、その m/z (質量電荷比)を測定 ...

... 分子の質量を測定する分析法 (Wikipediaより)



LAMS-50K 全体ブロック(模式)図

研究開発計画書

研究開発計画書

1984年8月

昭和59.8.8作成

事業本部長	事業部長	事業(本)部管理担当部門
技術部長	工場長	担当PM
製造部長	担当課長	担当技術者
		吉田多見男 吉田佳一
		秋田智史 井戸豊
		田中新一
研究番号	題目	研究区分
	高質量域TOF質量分析計の開発(1/2)	新規計画
主 題		計画変更
研究開発の目的	高分子量有機化合物の分子量決定や構造解析に有用となる高質量域で高感度を飛行時間型(TOF)質量分析計を開発する	
	その1; 装置の設計・製作を行ない、各部の特性を実験的に検討する	
研究開発項目		
① 高質量パルスイオン発生技術 (・レーザイオン化法・パルスFAB(SIMS)・試料作成法)		
② 高感度TOF-MSの製作 (・イオンリフレクタ・イオン光学系・ハウジング)		
③ 高感度イオン検出器の研究 (検出器の高質量域での高感度化)		
④ 高速・高精度データ処理法の研究 (・アナログ方式の高速化(高速ADCの製作)・デジタル方式による高精度化設計)		

① 高質量ソフトレーザ脱離イオン化法 (本日の話題の中心)

② 高感度TOFMS飛行時間型(質量分離)の製作

③ 高感度イオン検出器の研究(後段加速検出器)

④ 高速・高精度データ処理法(測定回路)の研究

吉田多見男
Grp長, 物理

吉田佳一
物理, 電気

田中耕一
化学実験

秋田智史
電気, ソフト

井戸豊
物理, 機械



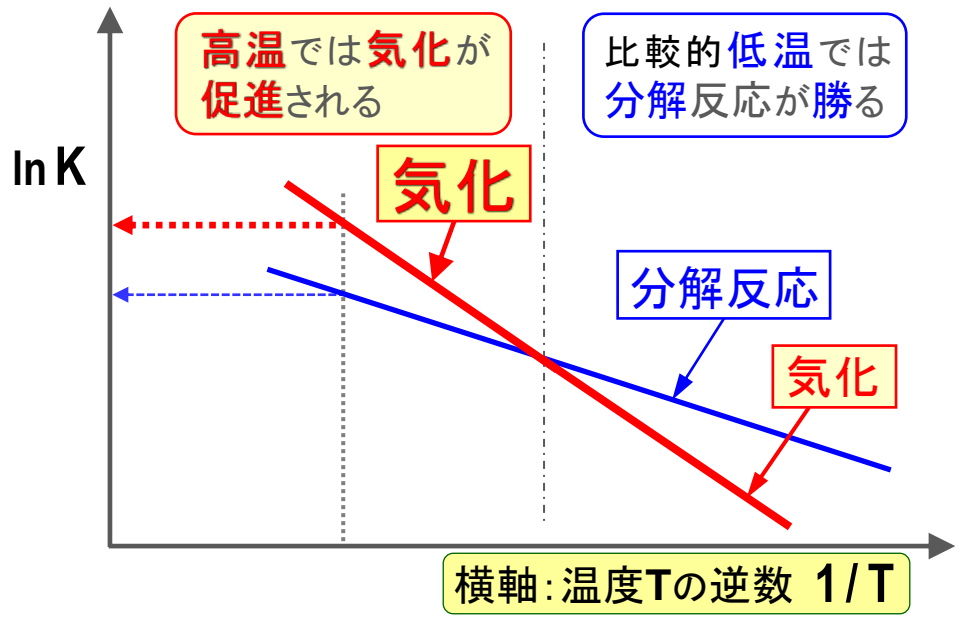
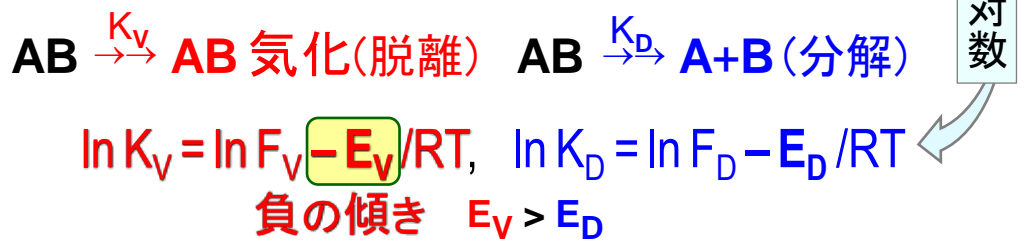
2002年12月ストックホルムにて
1980年代当時の5人組チーム
写真提供: 共同通信社

高校

有名 アレニウスの式 $K = F \exp(-E/RT)$

化学

K: 反応定数 F: 頻度因数 T: 絶対温度
R: ガス定数 E: 活性化エネルギー



急速かつ高温に加熱 ⇒ 壊れやすい高質量化合物

(例: タンパク質)でも 分解より気化が勝る

日本の科学と技術 5-6 1984 Vol. 25 No. 227

超微粒子 (金属)超微粉末 Ultra Fine (Metal) Powder

日本の科学と技術 5-6月号 Vol. 25 No. 227 1984 Japan Science and Technology

特集 超微粒子

■PHOTO SPACE 超微粒子

超微の世界 高周波プラズマによる超微粒子の生成
活性酸素-溶融金属反応法による超微粒子の生成
セラミックス超微粒子の生成 センサーへの利用
触媒への利用 磁気記録材料への利用
超微粒子研究開発に寄せて 林 圭規 20
その基本的性質/物質と原子の中間領域を拓く 和世 伸彦 22
物性の観察と解明/電子顕微鏡が明らかにする超微粒子の素顔 飯島 澄男 28

■CURRENT TREND

世界初のNMR顕微鏡を開発 大統一理論の実証に期待
高山湖の産産物の生態調査と駿河湾トラフの新層発見 理研の線生物系統保存施設が開幕
日本も惑星探査時代に 赤外光を電気信号に変換する 高性能の面視形マニピュレータ
雨水除染総合計画 シミュレーションシステム——88
科学技術フォーラム'84を開催——90
バックナンバー・リスト——94
日本科学技術振興財団・科学技術館PR/次号予告——96

飯島澄男先生
カーボン
ナノチューブ

1984年当時
JSTからの
技術紹介雑誌

財団法人 日本科学技術振興財団 科学技術館

●特集「水素プラズマ-溶融金属」反応法による金属超微粒子の結晶
水素を含む昇温気中で金属をアーク溶融すると、金属に融えているかのように金属の塊を発生する。この塊が金属超微粒子である。超微粒子の発生率は金属の種類、溶融金属の量によって異なるが、鉄、クロム、白金、銅などは超微粒子化しやすい金属である。また同じ金属であれば溶融金属の量が多いものは超微粒子の発生量が多くなる特徴をもっている。
写真は、水素を80%含むアルゴン雰囲気中で溶融をアーク溶融(電圧150A、電圧30V)したときの超微粒子の発生状況を示す。写真中央のペンシル状の黒い部分が電極で、その下にアークの燃えた部分と半球状に輝いた溶融液があり、電極の左後方に赤い炎のようものが現れる。これが超微粒子である。この超微粒子を集めたものは黒く、ふたふたと、油煙と同じ状態のものとである。
(写真提供: 科学技術館全質材料科学研究所)

急速かつ高温に加熱するため

粉末冶金: 混合・成形・焼結の3工程で、金属材料を無駄なく使用可能 バルクより均一な合金

金属物理

VMC 金属超微粉

概要

上田昌二博士を中心とするグループでの“ガス中蒸発法”による超微粉の生成と物性的な研究。特に高表面積記録材料としての研究が進められていました。新技術開発事業団は、それらの優れた研究成果を採択し、真空冶金は同事業団より工業規模の生産技術についての開発を委託されました。約6年間の開発期間を経て、1977年11月に開発の成功認定を受けています。新製品の開発は、また既存の製品の製造プロセスの改善、性能の向上および用途の拡大にVMC超微粉は各方面で検討されています。

VMC超微粉は、サブマイクロン・サイズの粒径で代表的な種類としては、Ni, Ag, Cu, Al, Fe, Co, Auなどの他、Fe-Co, Fe-Ni系の磁性合金があり、それぞれkg単位で販売しています。また試験用として、0.1kgの有償サンプルを提供し、御利用頂いております。

代表的な特性

1. 低温で焼結が進行する

超微粉同士では250~400℃で焼結が開始することからAg, Ni, Cu, Feなどで認められています。

2. 比表面積が大きい

超微粉の大きさ(平均粒径)は100~1000Å(0.01~0.1μm)の範囲であり、比表面積は70~18m²/gの極めて大きい値が得られています。

3. 粒径が比較的よく揃っている

平均粒径100ÅのNi超微粉の場合では約80%の粒子が中心粒径の±50%の範囲に入っています。

4. 取り扱いが容易である

常温で安定ですので大気中での取り扱いが可能です。

5. 耐酸性に優れている

いくつかの化学的な方法(湿式法)で作られたものと比べ、表面がきれいで、非常に安定な酸化膜に包まれているため使用環境による影響が小さくなっています。

提供できる品種

現在、(表1)に示す一般金属超微粉を標準品として常時在庫につけています。

種類	Ni	Ag	Cu	Al	Fe	Co
平均粒径(Å)	300	700	500	1,000	300	300

Co粉末を用いた理由

- ・最も粒径が小さい
- ・比較的安価

化学とは全く異なる分野の技術を活用

Ni 超微粒子膜の光吸収
筑波大学物理工学系 田川他

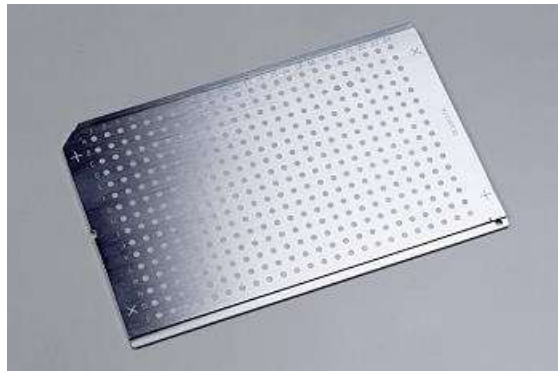
当時 日本でしか作れなかったため
Japanese Powder と呼ばれていた

元日本真空冶金(ULVAC社)チラシより

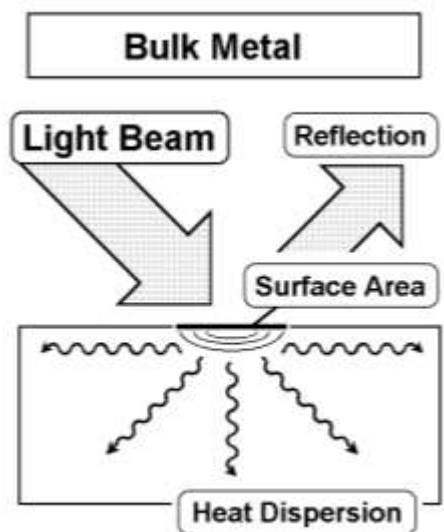
2025/3/26 第7回 博士人材の民間企業における活躍促進に向けた検討会

島津製作所 質量分析研究所 田中耕一

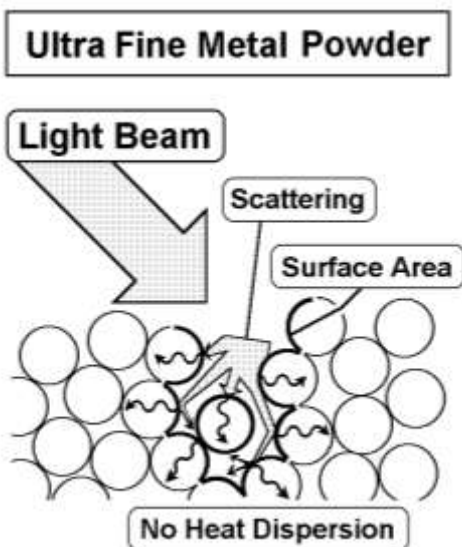
5/12



化合物を載せる**金属**
表面(**光沢**有り)の板



光を効率高く吸収できる
金属超微粉末
Ultra Fine Metal Powder
(Japanese Powder)



急速加熱
分解イオン

Polyethylene glycol
only
 $\text{HO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\text{H}$

Sample : ポリエチレングリコール
平均分子量 200 } 10^{-3} M/L
400 }
600 }
1,000 } $2 \times 10^{-3} \text{ M/L}$
2,000 } $5 \times 10^{-3} \text{ M/L}$

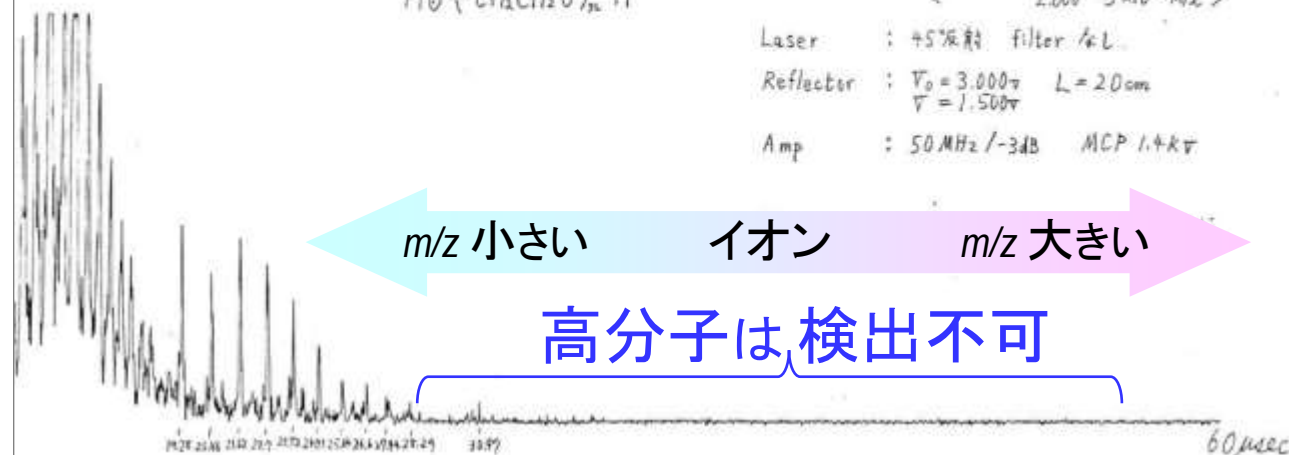
Laser : 45°反射 filter 4L

Reflector : $V_0 = 3.000 \text{ V}$ $L = 20 \text{ cm}$
 $V = 1.500 \text{ V}$

Amp : 50 MHz / -3dB MCP 1.4 kV

m/z 小さい イオン m/z 大きい

高分子は検出不可



Polyethylene glycol
+ Co powder

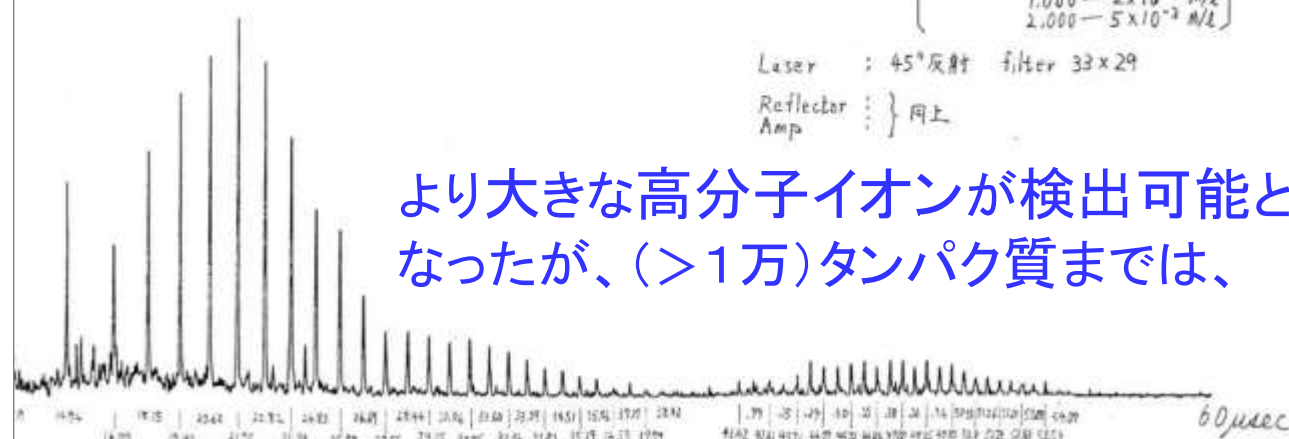
Sample : ポリエチレングリコール + Co粉末混液真空乾燥
平均分子量 200 } 10^{-3} M/L
400 }
600 }
1,000 } $2 \times 10^{-3} \text{ M/L}$
2,000 } $5 \times 10^{-3} \text{ M/L}$

Laser : 45°反射 filter 33x29

Reflector : } 同上

Amp : }

より大きな高分子イオンが検出可能と
なったが、(>1万)タンパク質までは、

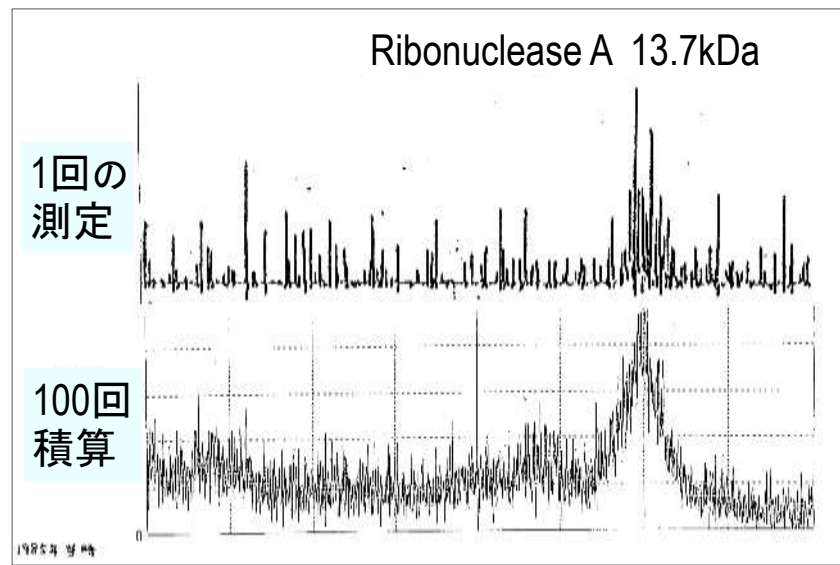


企業 1985~86 ① **ソフト**レーザー脱離用 **イオン化** 補助剤発明

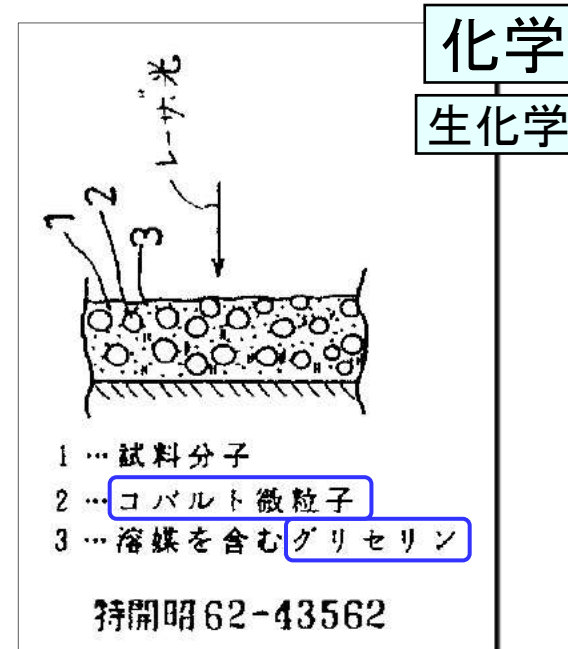
田中の担当：化学実験・製品化



イオン化促進候補溶液・溶媒の入ったボトルが10数個 雑然と



当時のタンパク質測定例



1985/8/21 特許申請文より

金属超微粉末の入った液を作ろうとして間違っ**てグリセリン**入りアセトンと混ぜてしまった

2002年ノーベル賞発表直後 マスコミから「何故そんな**失敗**作を実験に使ったのですか？」と何度も聞かれ、苦し紛れで「**もったいない**から」と答えてしまった

「**日本の**もったいない**精神**が発明に**役立った**!/?」

そんな発想だけで発明？

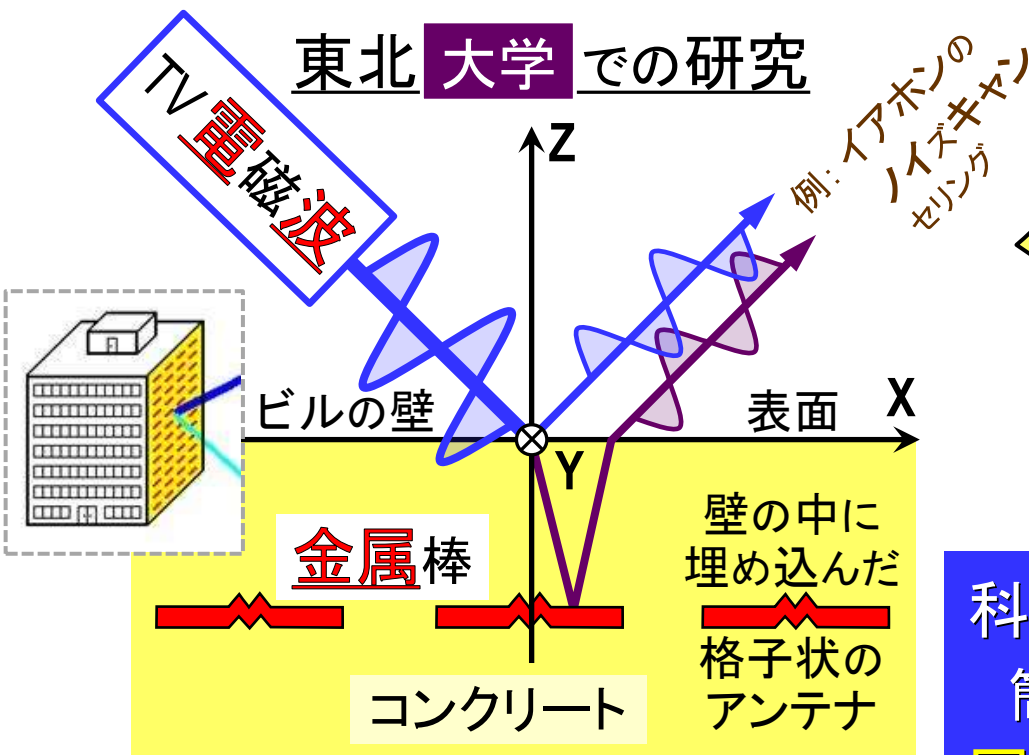
簡略化した模式図

卒業論文: ビル壁面から反射する不要な電(磁)波を吸収・抑制する方法の研究

大学での電気の研究・発想が、、

企業での化学の発明に繋がったのでは？

東北大学での研究



コンクリート中のアンテナ
(金属棒)が電磁波吸収

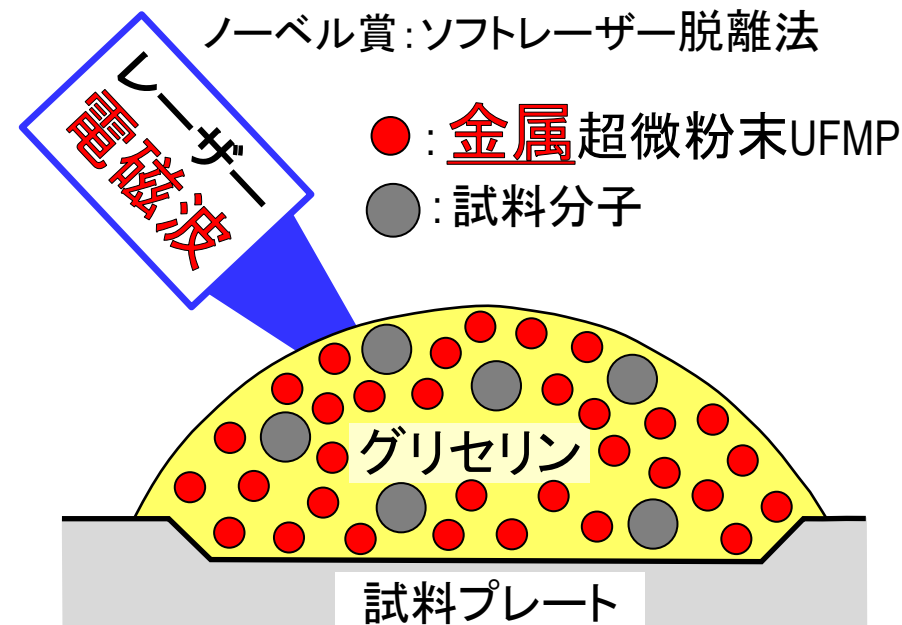
電気・通信

マンガを使って異分野を繋げる

物理・化学

2.5年後の企業島津での発明

ノーベル賞: ソフトラザー脱離法



金属超微粉末とグリセリン
を混ぜレーザー電磁波吸収

仮説 他分野の知識・経験・アイデアを活用・融合した一例では？

鳥獣戯画 800 年前



浮世絵 300 年前



鉄腕アトム
Astro-boy

ガンダム
Gundam

ナルト
NARUTO

ドラゴンボール
Dragon Ball

ワンピース
ONE PIECE

ポケモン
Pokémon

スーパーマリオ
Super Mario

⋮
⋮
⋮
⋮

日本では 大人が「マンガが好き」と言っても 恥ずかしくない 思考・表現の自由
物理現象、化学反応、、、 世界には「偶像は禁止」文化もある

科学は世界共通 だから **発想・発見**に至る**過程**も**世界共通??**

科学・技術では 模式図・図面 ≡ マンガ (抽象化, 必要な部分のみ詳細) を多用

様々な言葉・文化・学術が 多種多様な独創を生み出す

そこから生まれる科学(技術)を共有する事で 世界に貢献できる

質量分析Mass Spectrometry(MS)は 応用範囲 何を狙っている？ これからは？

医療, 創薬, ライフサイエンス

医学

(分子)生物学・生化学

薬学

医学検査、法医学、薬剤検査、ドーピング・毒物検査、遺伝子・タンパク質・糖鎖・代謝物・天然物分析、微生物同定、薬物効果確認、安全性確認、等

化成品, 工業製品, 新素材

看護学

歯学

化学

物理学

材料工学

ポリマー・金属・無機化合物・香料分析、ナノテク材分析、合成品最適化、添加物・不純物確認、触媒分析、プロセスモニタリング、等

保健, 公衆衛生学

考古学

環境分析, その他

農学

環境学

地学

美術

大気・上下水・土壌・室内環境分析、環境ホルモン分析、年代分析、美術品鑑定、地球外生命探索等

地球惑星科学

四重極型 MS

「リュウグウにアミノ酸」にも様々なMSが活躍

Proc. Jpn Acad. Ser.B (2022) 227-282



火星探査機 試料分析

質量分析 MS :

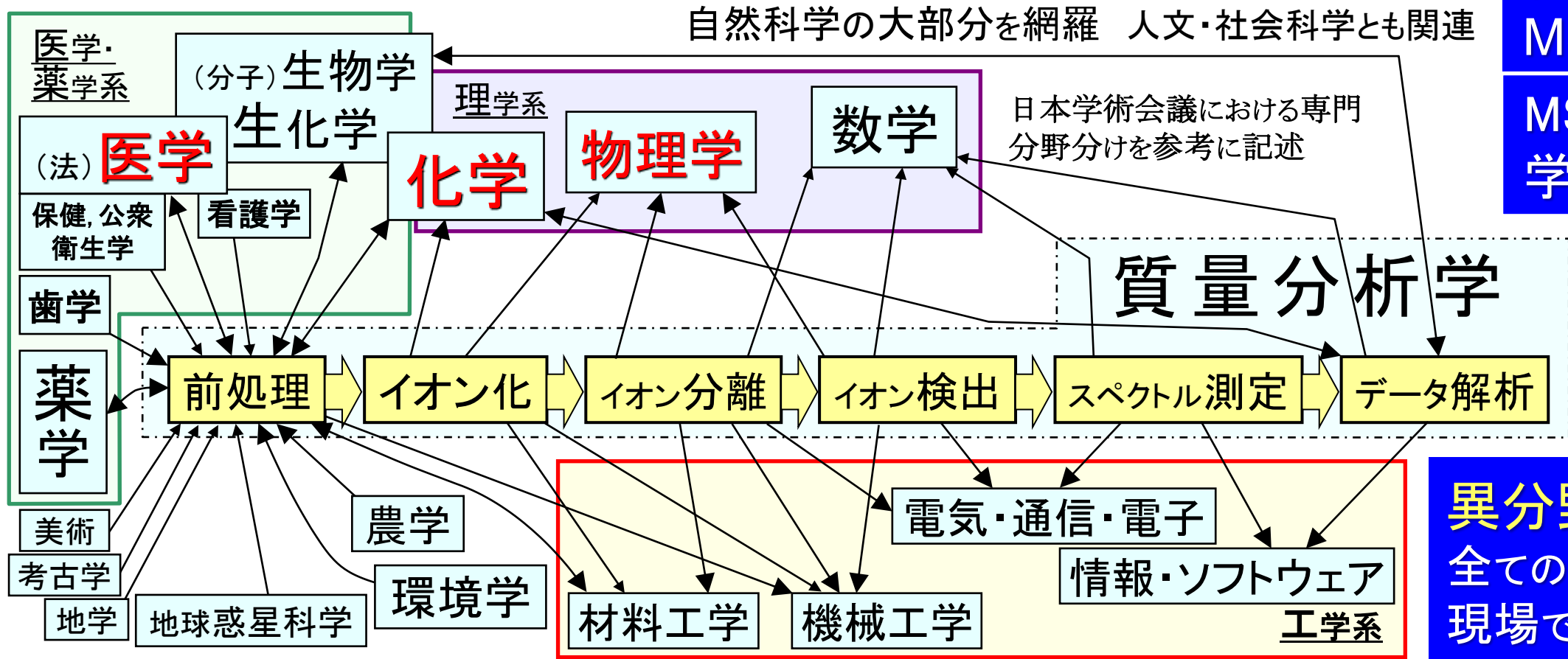
<http://ssed.gsfc.nasa.gov/sam/samiam.html>

化合物分子の重さを量る 極めて基礎的な物理量を測る

Courtesy of NASA/JPL-Caltech

質量分析MSとは？ 必要な学問分野は？ 全体図

様々な学術が
MSを育て、
MSが様々な
学術を育てた



異分野融合は
全ての学術・技術
現場で期待できる

Innovation イノベーション = 技術革新？

経済学者：シュンペーター Wikipediaより

物事の「**新結合**」「新機軸」「**新しい切り口**」「新しい**捉え方**」「新しい**活用法**」(を創造する行為)
新しいアイデアから . . . 新たな価値を創造 . . . 社会的に大きな変化をもたらす自発的な人・組織・
社会の幅広い変革を意味 . . .

博士能力の新結合：他分野での活躍・イノベーション創出

<2025年3月26日 参考(補足)資料>

博士人材が民間企業で活躍するための1つのアイデア

島津製作所 質量分析研究所 田中耕一

IEEE Milestone認定 / IEEE Japan Council
https://ieee-jp.org/activity/jchc/milestone_jusho.html

IEEE Milestone認定「レーザーイオン化質量分析計」の解説
<https://www.shimadzu.co.jp/mass-research/ldi-ms.html>

「IEEE Milestone認定はノーベル賞よりうれしい」、田中耕一氏
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00134/072500397/>

東北大学“広報誌”「まなびの杜」
<https://web.tohoku.ac.jp/manabi/>

後日 動画公開が予定されていることもあり、本日 専門分野の説明(Ref. 2～8/8)は 省略させていただきます

質量分析MSとは？

分析対象：気相(真空)でイオン化できる化合物なら**全て**

質量分析法 (Mass Spectrometry, 略称: MS) とは、分子を**イオン化**し、その m/z (質量**電荷比**)を**測定**することによって イオンや分子の質量を測定する分析法

(Wikipediaより)

前処理 Sample Preparation

試料(検体)を**イオン化容易**な状態に and/or 分析**対象**化合物のみ**選出**

イオン化 Ionization

試料が固相や液相の場合、効率高く気相に**脱離**かつ**イオン化**させる

イオン分離 Separation

イオンを**大きさ**(m/z : 質量電荷比)の違いで**分ける**

イオン検出 Detection

電気信号に変換(主に電子に変換・測定回路で検知できる量まで増倍)

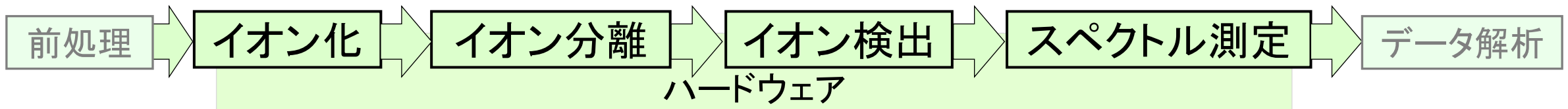
スペクトル測定 Measurement

イオン個々の大きさ(m/z)と強度の関係(スペクトル)を**測定**

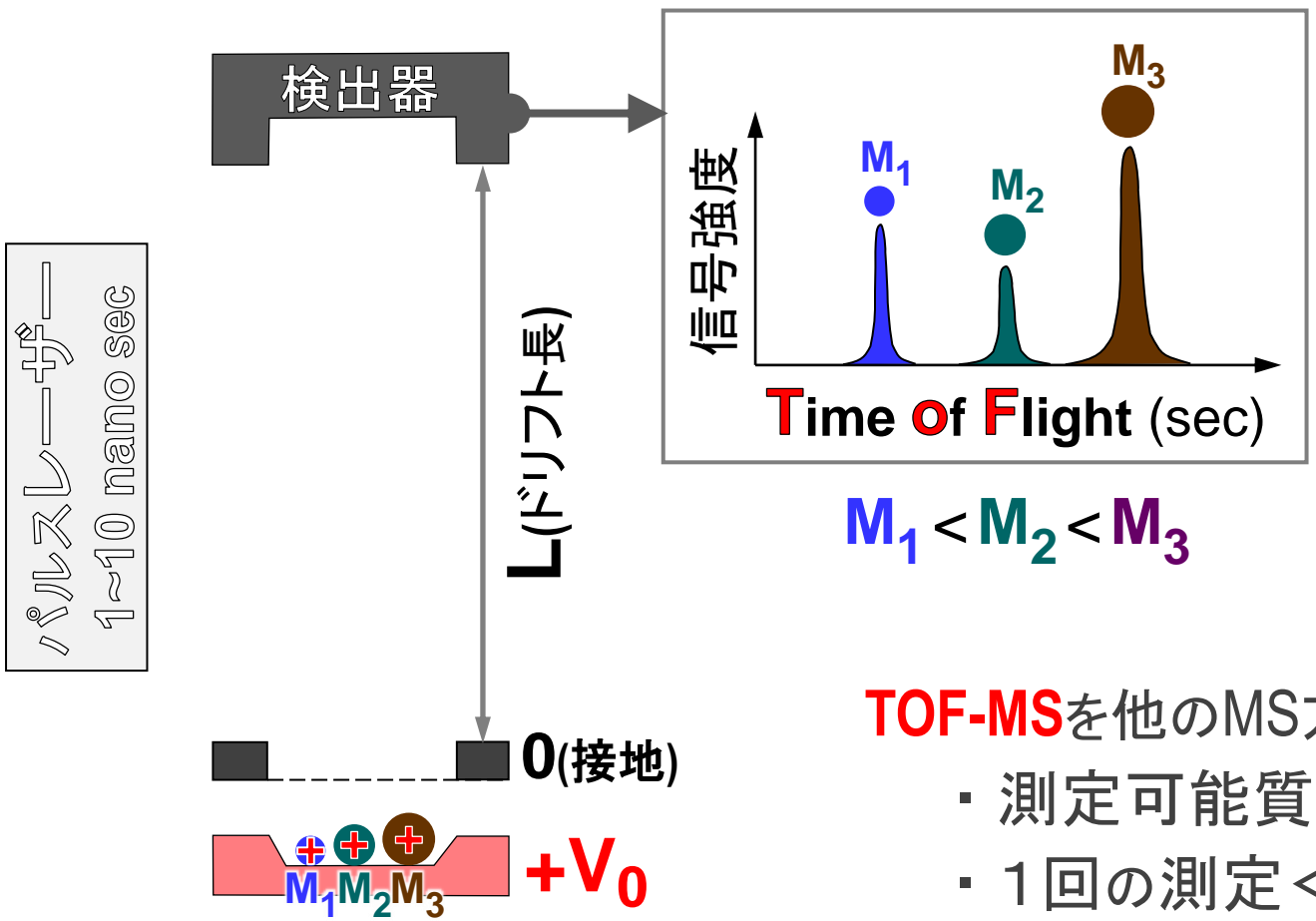
データ解析 Data Analysis

既知物質の**定量**、**未知**物質や**法則性**(バイオマーカー)の**発見**

質量分析MS 基本的な流れ



Time-Of-Flight 飛行時間型 MS (TOF-MS)



エネルギー保存の法則

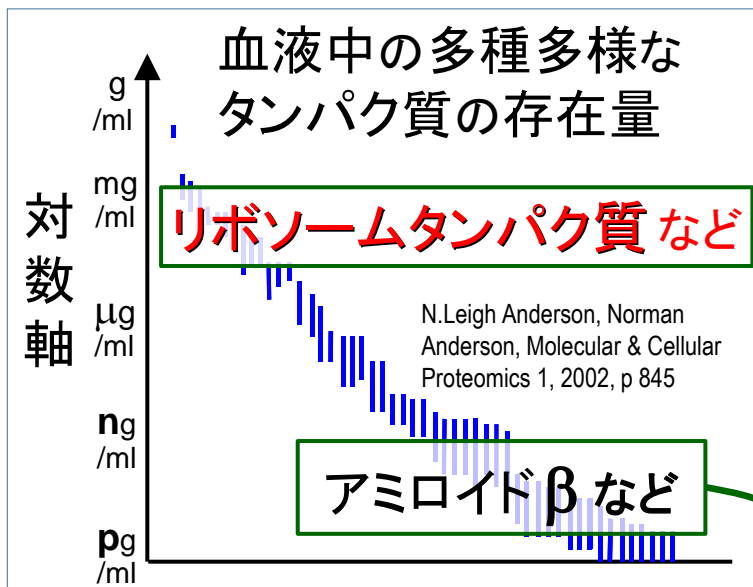
位置エネルギー $qV_0 = \frac{1}{2} Mv^2$ 運動エネルギー

q : イオン電荷 V_0 : 電氣的ポテンシャル
 M : **イオン質量** v : イオン速度 L : ドリフト長

$$v = \sqrt{\frac{2qV_0}{M}} \quad \therefore \text{ToF} = \frac{L}{v} = L \cdot \sqrt{\frac{M}{2qV_0}}$$

TOF-MSを他のMS方法と比較すると 原理的に

- ・ 測定可能質量範囲が**無限**
- ・ 全イオン測定: **高感度**
- ・ 1回の測定 < **1/1,000秒**



釣菌



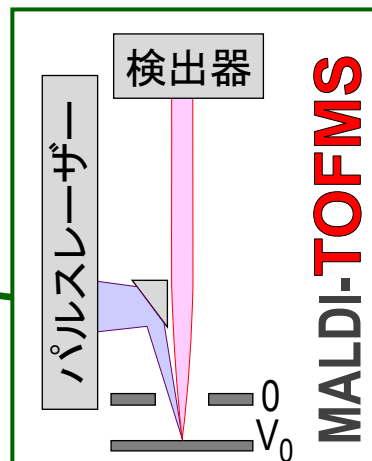
~0.5μl 搭載



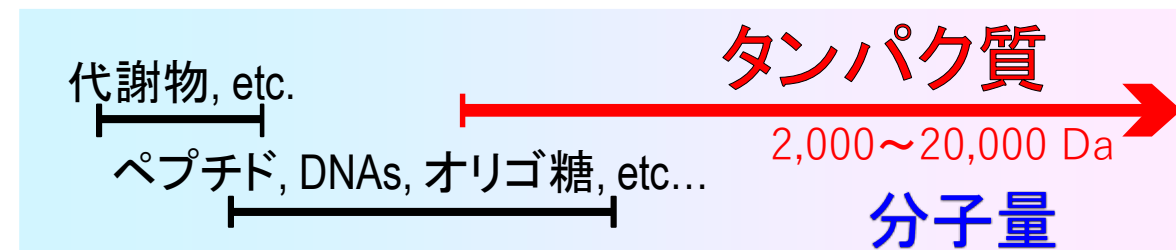
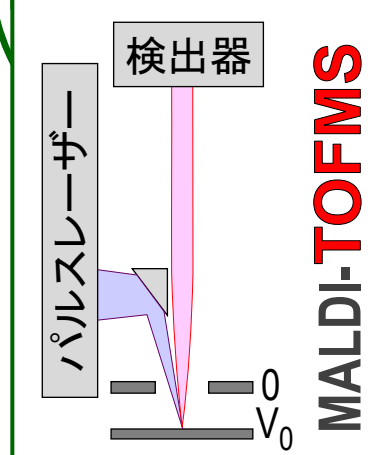
Matrix(酸)滴下

適切な処置や投薬に貢献

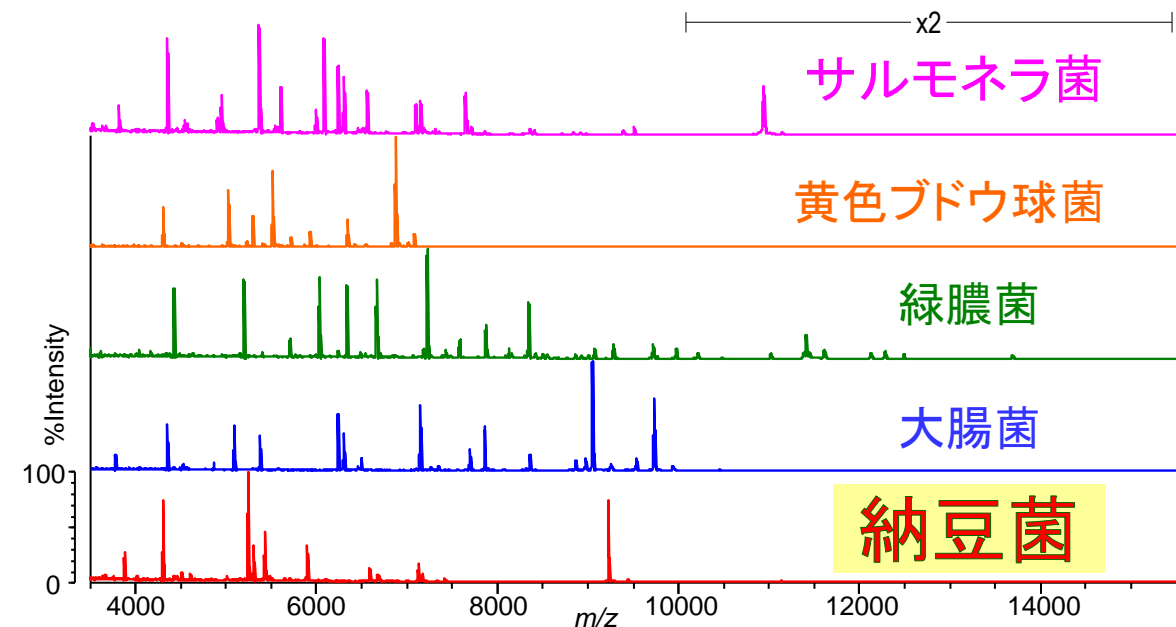
2011年から臨床微生物検査室等に多く導入されている



ハードウェアはアミロイドの様な認知症検出装置と同一



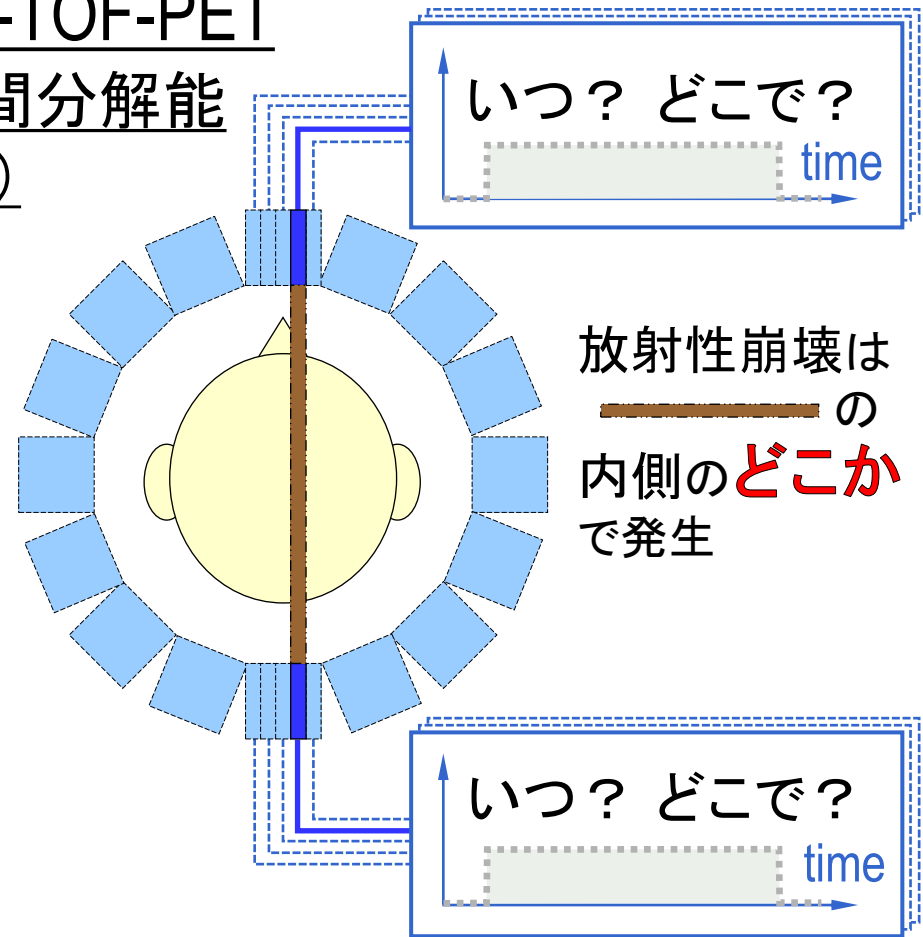
MALDI-MSで微生物(菌)全体を測定すると



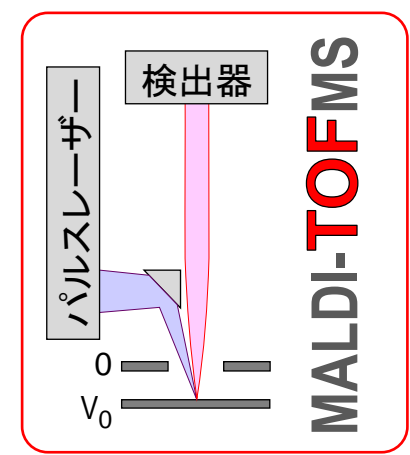
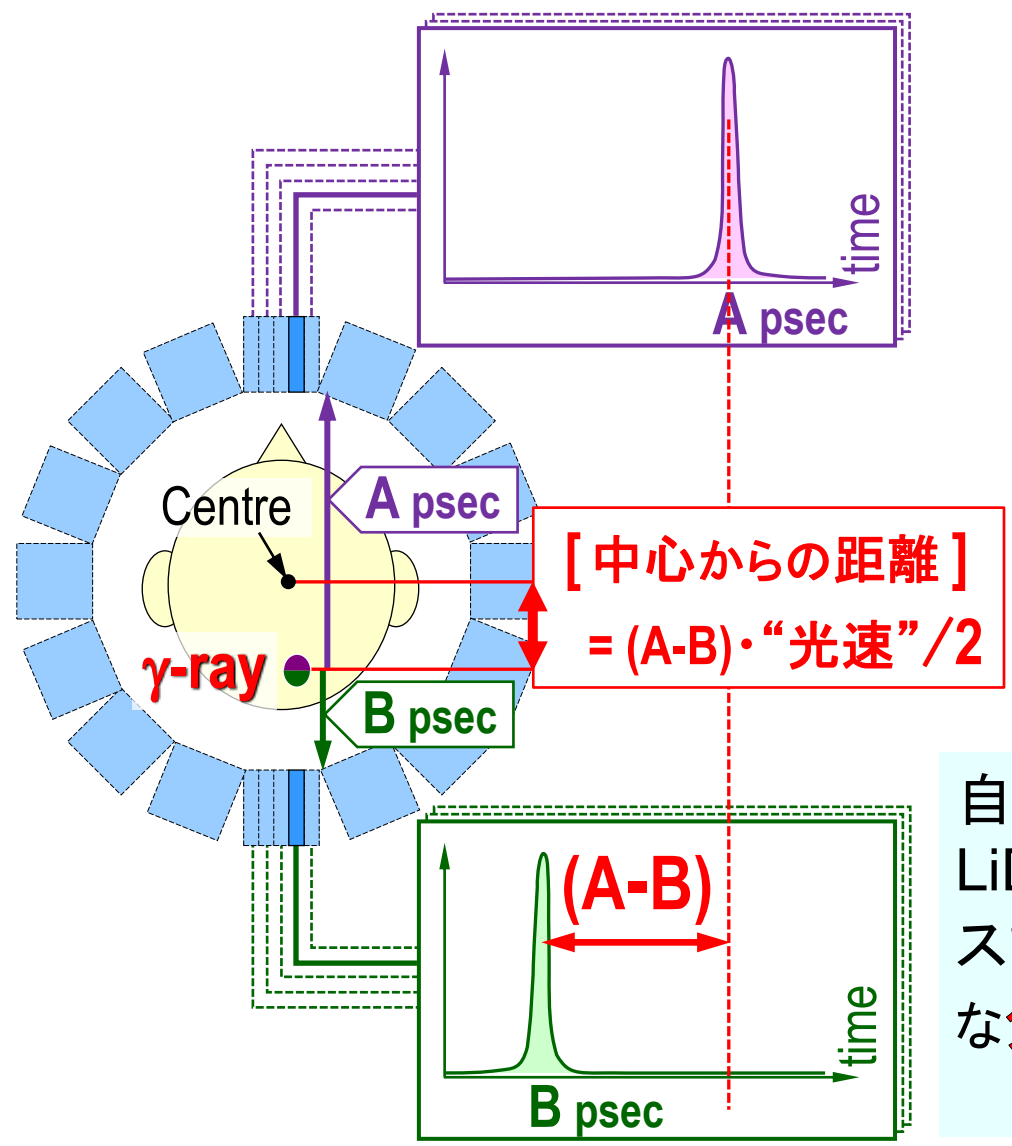
MALDI-TOFMSは、極めて幅広い用途に使われ(始め)ている

γ -ray γ -ray
ほぼ真反対に光速で

Non-TOF-PET
(時間分解能
低い)

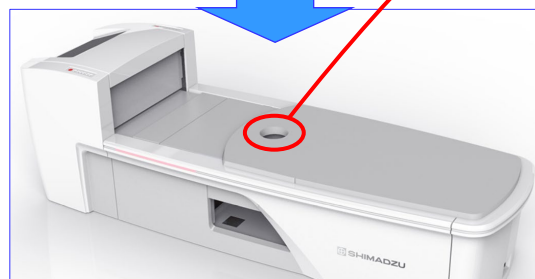
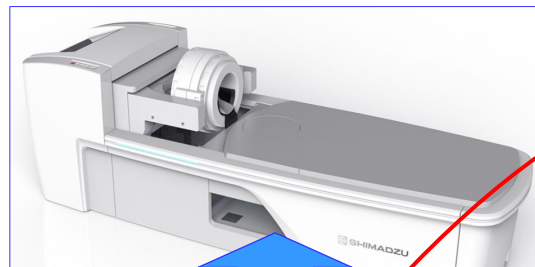


TOF(Time-Of-Flight) PET



自動車自動運転:
LiDARやドローン・
スマホ, etc. 様々
な分野にTOFが
(水平展開)

「**頭部**」・「**乳房**」
に特化したPET



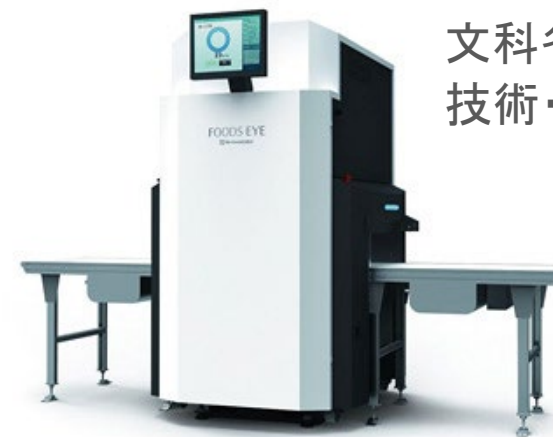
「**乳房**」に特化したPET



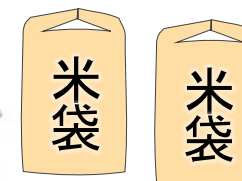
経産省NEDO「悪性腫瘍等治療
支援分子イメージング機器の
開発」(2006～2009)

--- 2014年 遅れて製品化

その時々新たな**課題**を
どう**解決**して行くか？



文科省 JST 先端計測分析
技術・機器開発プログラム



半年で製品化

福島 **食品放射能**(米全量全袋)検査装置
(2012) **PET**検出器を放射線検出に応用
PETの $\geq 1/6$ 万の放射線を正確に測る

全く**異分野**での応用

核となる“要素”の科学・技術は同じでも **異分野**に活かすと、全く新規の貢献が

PET(一般論) 脳疾患関連で行われている臨床**研究**例

アルツハイマー病関連 タウ-PET

https://www.amed.go.jp/news/release_20201030-02.html

うつ病 (セロトニン)PET

<https://www.qst.go.jp/site/qms/1695.html>

統合失調症関連

日薬理誌 (Folia Pharmacol. Jpn.) 130, 464～468 (2007)

医療機器 及び 分析計測機器
医療 他分野へ

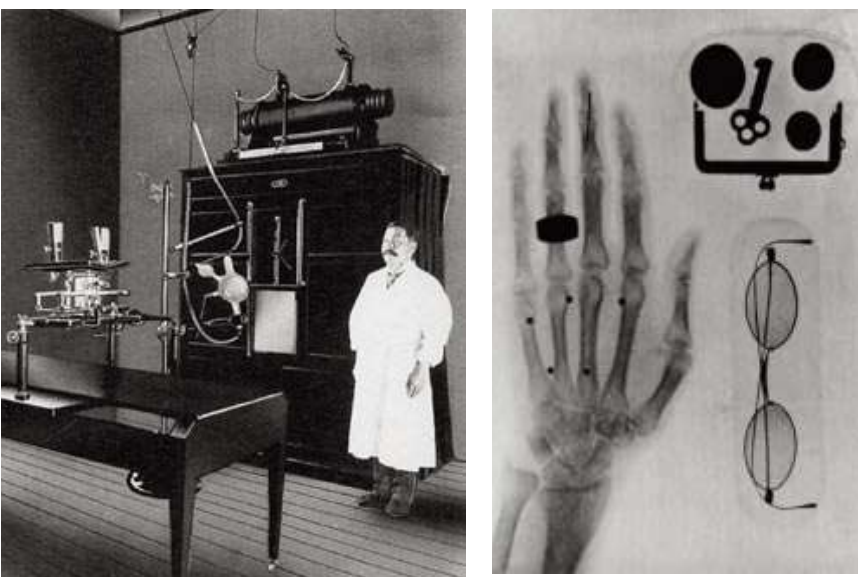
創薬・製薬

さらに他の分野へ

例えば、
リチウムイオン電池
(旭化成 吉野彰先生/
2019年ノーベル化学賞)

旧三高(現京都大学)と島津が
共同し、レントゲン博士の発見
から**11ヶ月後にX線**画像(**1896**)
を撮影

日本初の産学共同と考えられる



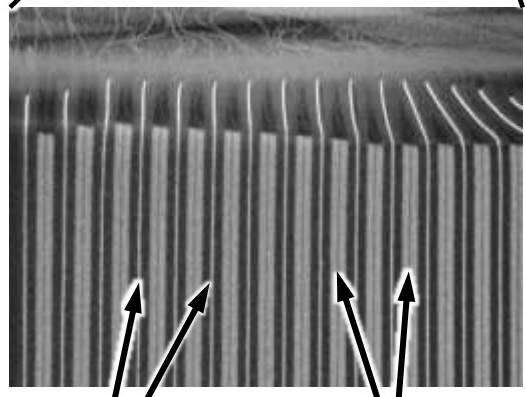
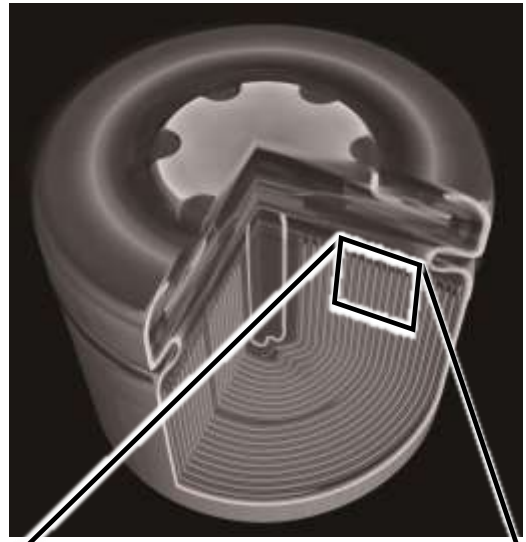
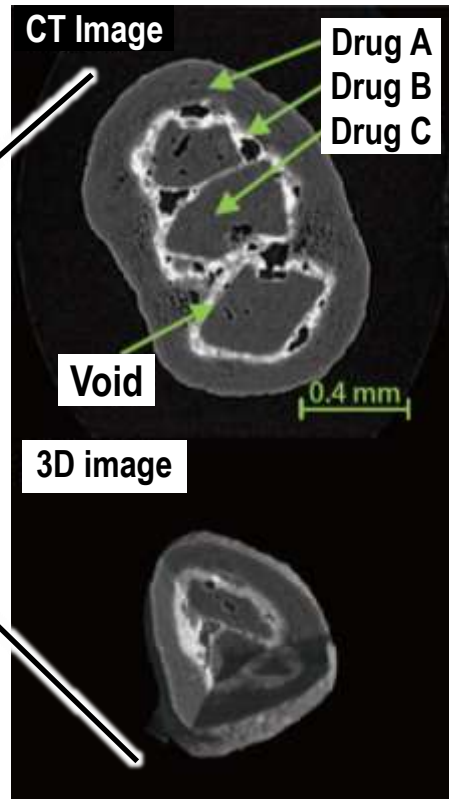
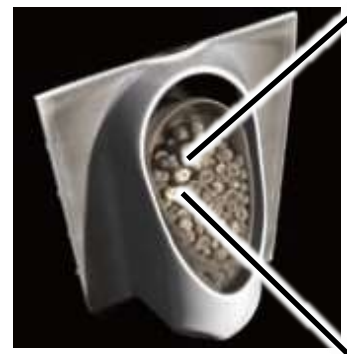
当時のX線装置とレントゲン写真

カプセル錠剤



マイクロフォーカス
X線CT画像

3次元X線イメージ



セパレーター 電極

IEEE Milestone 認定 代表例

1924年 指向性短波(**八木**)アンテナ

1956年 **黒**部川第**四**発電所(黒四ダム)

1959年 **太陽電池**の商業化・産業化

1964年 **東海道新幹線**

1964年 **電卓**の先駆開発

1965年 鉄道用**自動改札**システム

1981年 自動車用**ナビ**ゲーションシステム

1982年 **指紋照合**システム

1984年 **衛星放送**サービス

1994年 **QR**コード

IEEE Japan Council

https://ieee-jp.org/activity/jchc/milestone_jusho.html 参照



全世界の
地上波
TV アンテナ
の基礎

田中耕一:
東北大学 **電気**学科
アンテナ工学卒業

全て日本関連
(世界初)

2024/5/23 IEEE Milestone 認定

1997年 量産Hybrid Car **プリウス**

1988年発売 質量分析計 **LAMS-50K**
Laser Ionization TOFMS



<https://www.shimadzu.co.jp/mass-research/ldi-ms.html>