

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

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、、、

イオン化 ソフトレーザー脱離(イオン化)法 のみ詳しく説明

2002年ノーベル化学賞受賞



分離 飛行時間型TOF-MS

検出 後段加速検出器PAD

測定 CFD・TDC法
高速積算ADC法

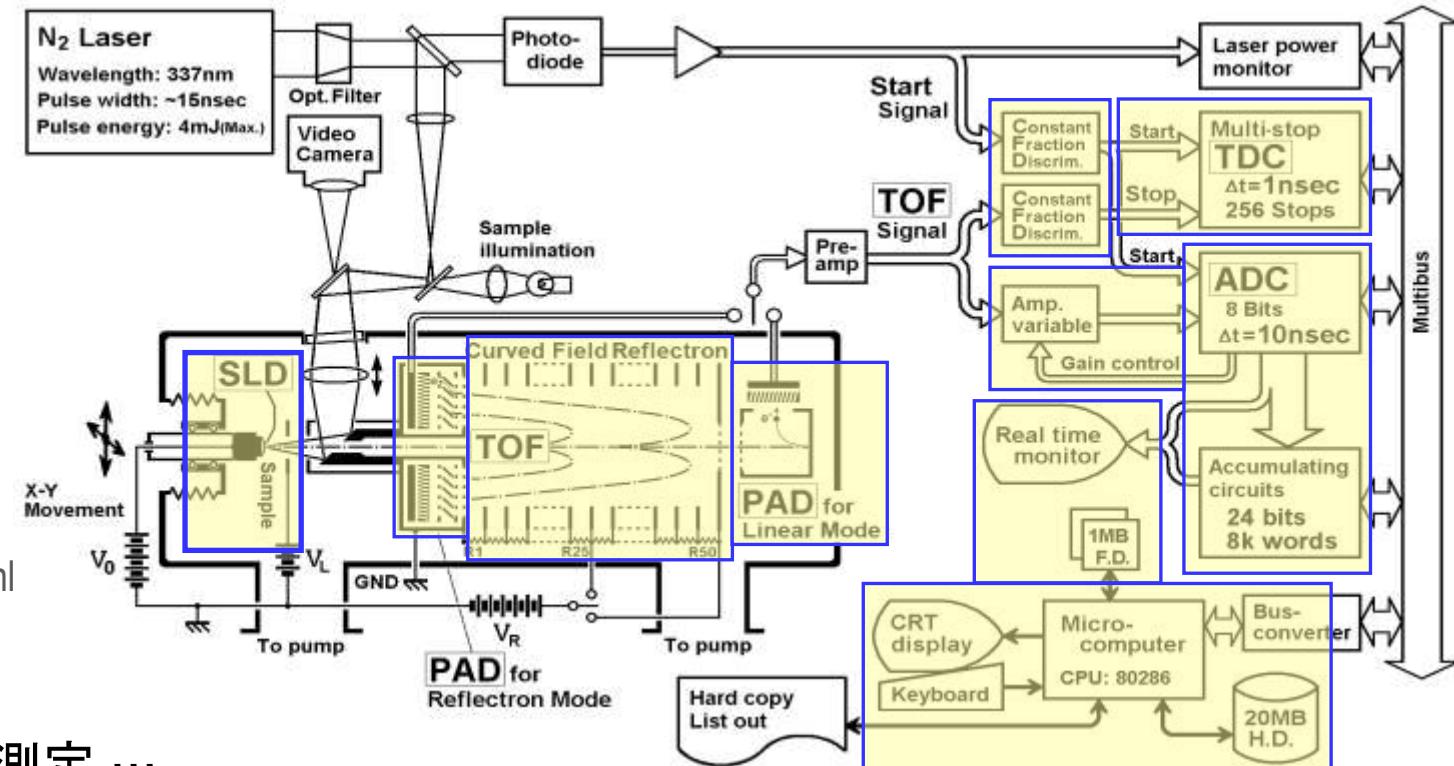
詳細説明は省略

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)



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

研究室長	事業部長	事業本部管理担当部門
技術部長	工場長	担当PM
担当課長	担当技術者	技術・工場・製造管理
	吉田多見男 吉田佳一 秋田智史 井戸豊 田中耕一	担当部門

研究番号 項目 研究区分号 新規計画
主題 高質量域TOF質量分析計の開発(1/2) 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な飛行時間型(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 (・レーザイオニ化法・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ー脱離イオン化法
(本日の話題の中心)

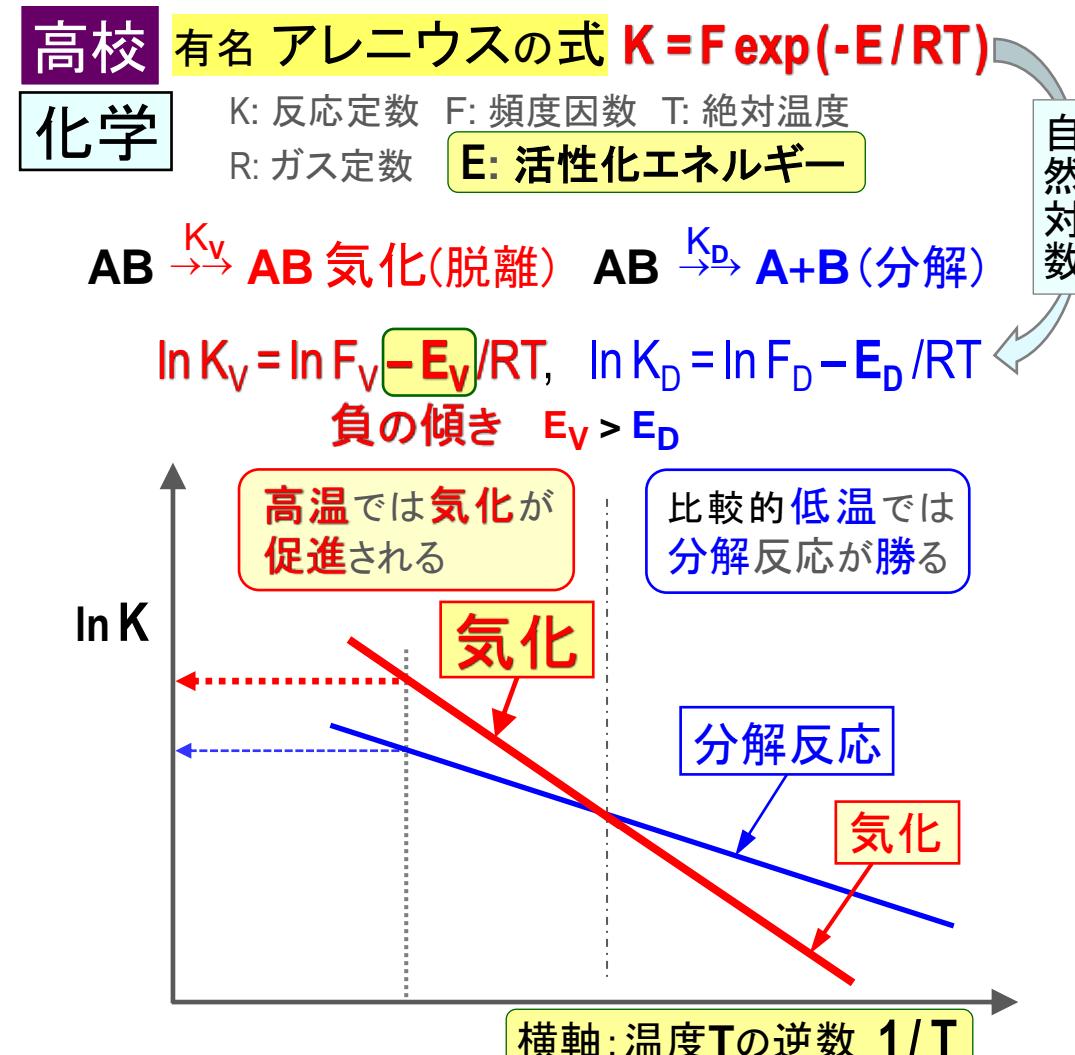
② 高感度TOFMS飛行時間型(質量分離)の製作

③ 高感度イオン検出器の研究(後段加速検出器)

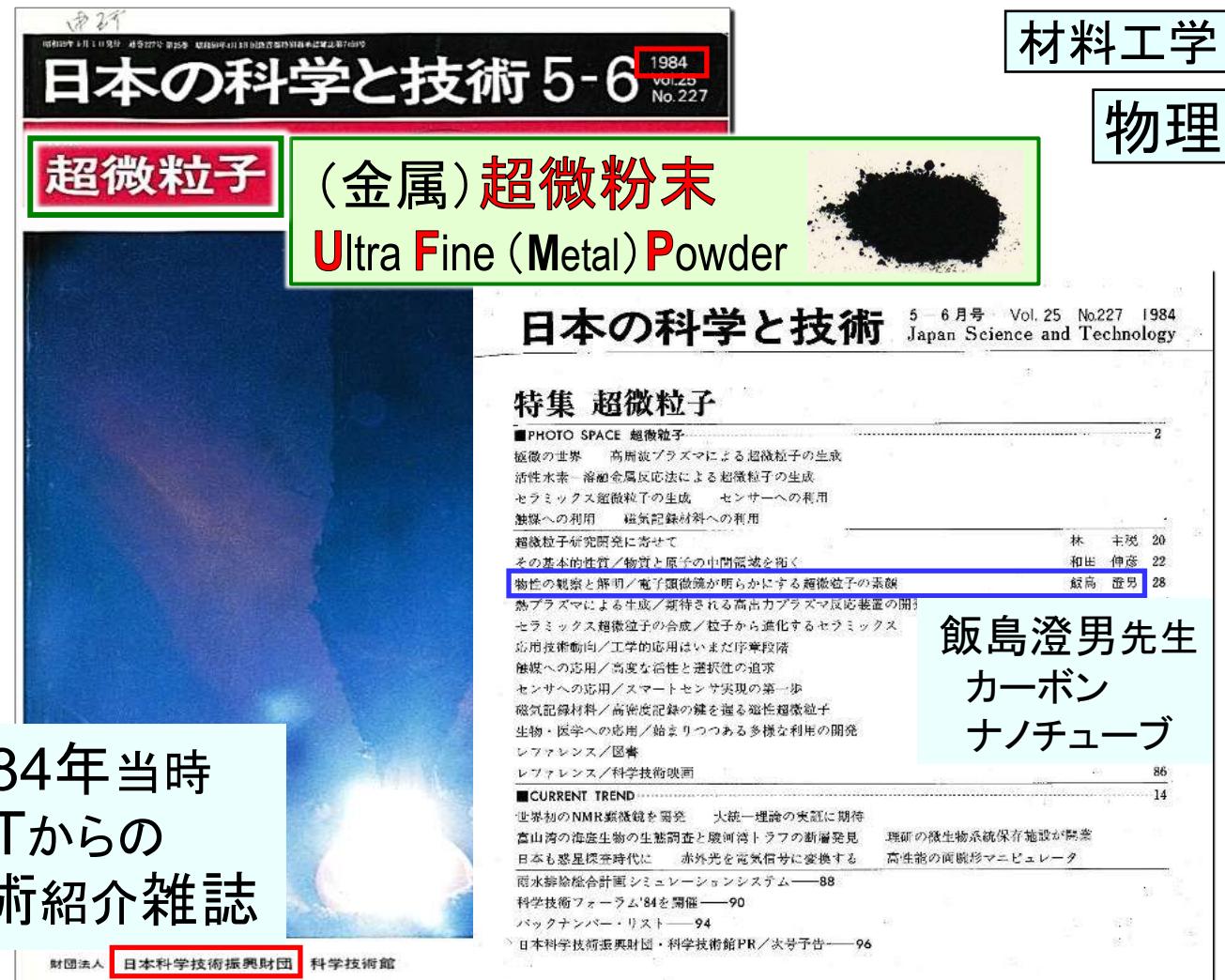
④ 高速・高精度データ処理法(測定回路)の研究



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



急速かつ高温に加熱 \Rightarrow 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



●表紙「水素プラズマ-溶融金属」反応法による金属超微粒子の誕生
水素を含む雰囲気内で金属をアーチ溶解すると、金属は燃えているかのように金属の煙を発生する。この煙が金属超微粒子である。超微粒子の発生量は金属の密度、昇温気水素濃度によって異なるが、鉄、クロム、白金、銀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表面積の水素濃度の大きいものはほど超微粒子の発生量が大きくなる特徴をもっている。
写真は、水素を50%含むアルゴン-水素混合ガスをアーチ溶解(電流150A、電圧30V)したときの超微粒子の発生状況を示す。写真中央のベニヤ板の裏面は燃えている。その下方にアーチの燃えた部分と半球状に舞った浴湯があり、浴湯の左端方に美しい炎のようものが見られる。これが超微粒子である。この超微粒子を始めたものはよく、ふわふわして、油煙と同じ形状のものである。
(写真提供:科学技術振興財団・科学技術館PR/次号予告—96)

急速かつ高温に加熱するため

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。特に高密度離乳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用し、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。新製品の開発に、また既存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超微粉は各方面で貢献されております。

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などの純、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の有機サンプルを提供し、御利口頂いております。

代表的な特性

1. 低温で焼結が進行する

超微粉化では200~400°Cで焼結が開始することがAg, Ni, Cu, Feなどで認められています。



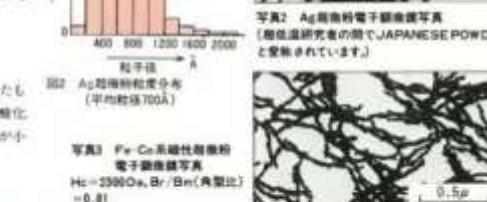
2. 比表面積が大きい

超微粉の大きさ(平均粒径)は100~1000 Å(0.01~0.1 μm)の範囲であり、比表面積は70~100 m²/gの範囲で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100 ÅのNi超微粉の例では約95%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の取り扱いが可能です。

5. 断続性に優れている

いづれかの化学的方法(湿式法)で作られたものと比べて、表面がきれいで、もとで安定な離乳性に優れているため高品質化による影響が小さくなっています。

提供できる品種

現在、(左)に示す一般金属超微粉を標準品として販売品にて販売しています。

種類	Ni	Ag	Cu	Al	Fe	Co
平均粒径(Å)	300	700	400	1,000	300	300

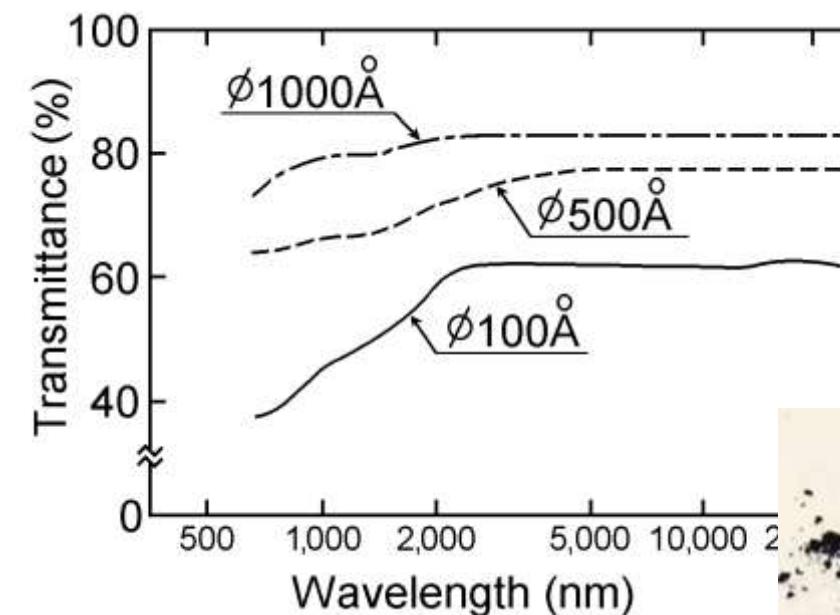
元日本真空冶金(ULVAC社)チラシより

Co粉末を用いた理由

- 最も粒径が小さい
- 比較的安価

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

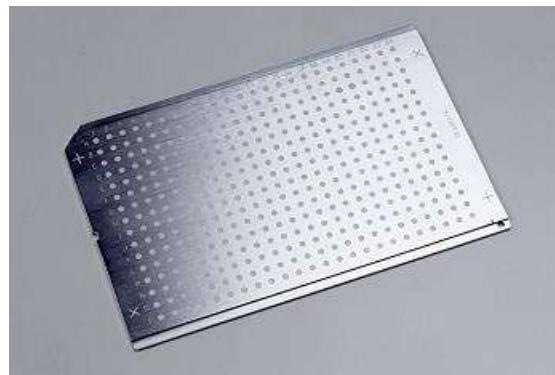


Ni 超微粒子膜の光吸收
筑波大学物理工学系 田川他

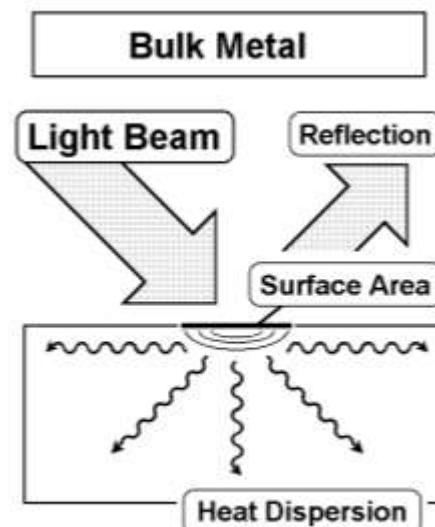


化学とは全く
異なる分野の
技術を活用

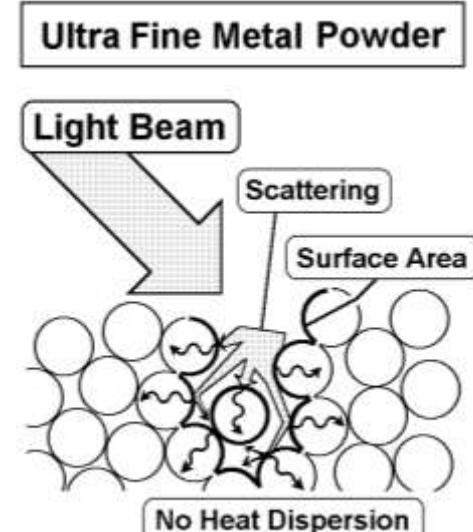
当時 日本でしか作れなかつたため
Japanese Powder とも呼ばれていた



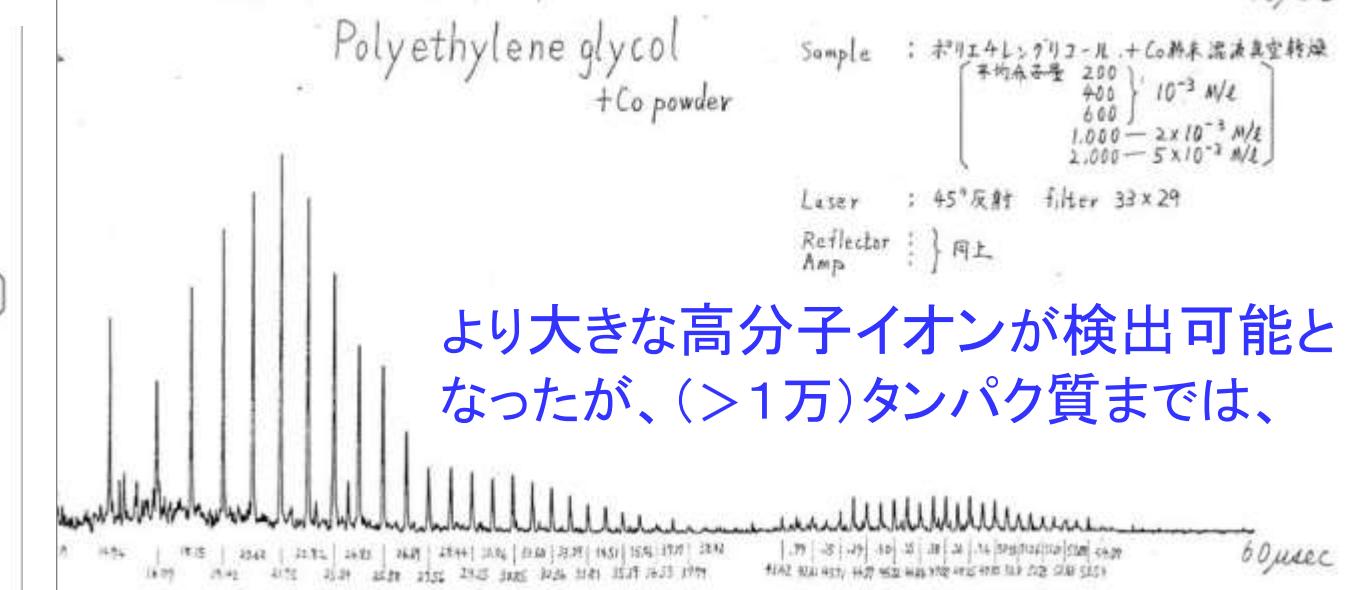
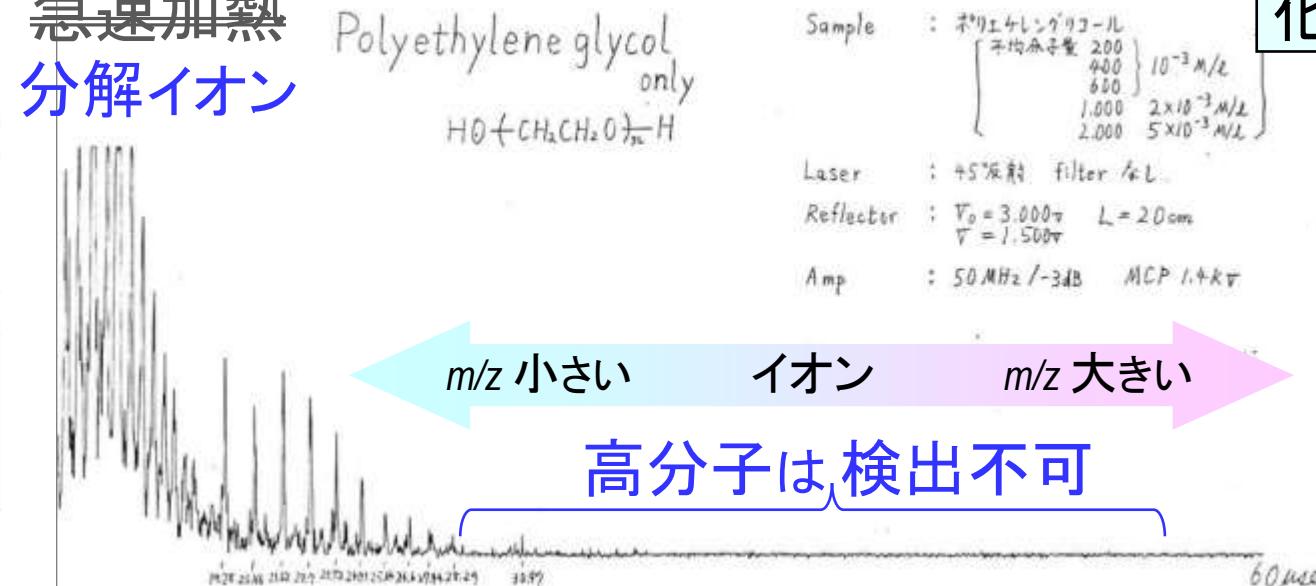
化合物を載せる金属表面(光沢有り)の板



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

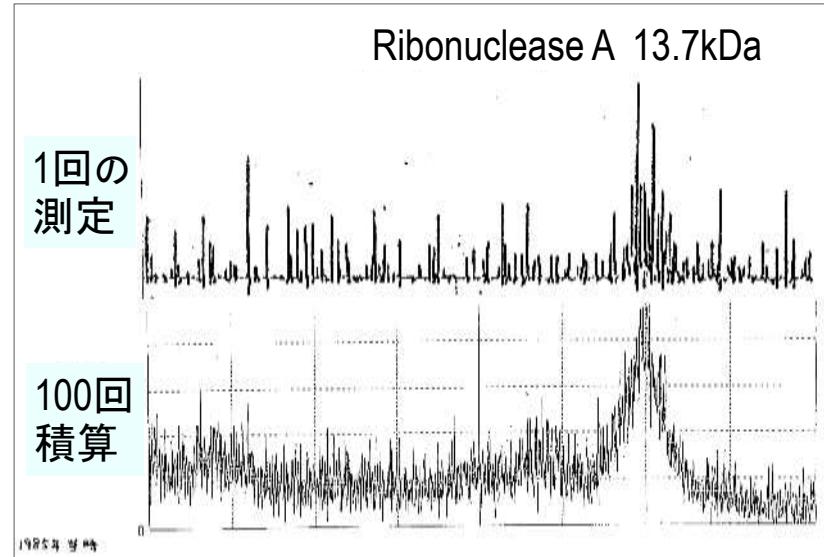
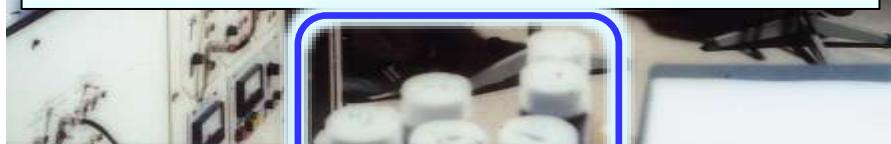


企業 1985~86 ①ソフトレーザー脱離用 イオン化 補助剤発明

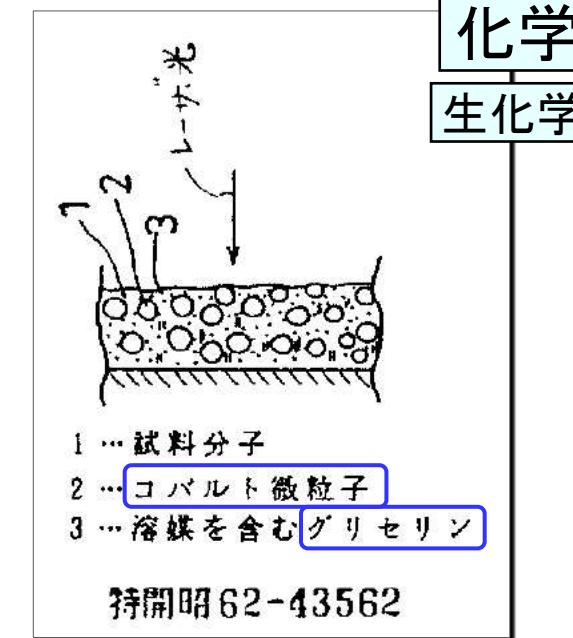
田中の担当: 化学実験・製品化



イオン化促進候補溶液・溶媒の
入ったボトルが10数個 雜然と



当時のタンパク質測定例



1985/8/21 特許申請文より

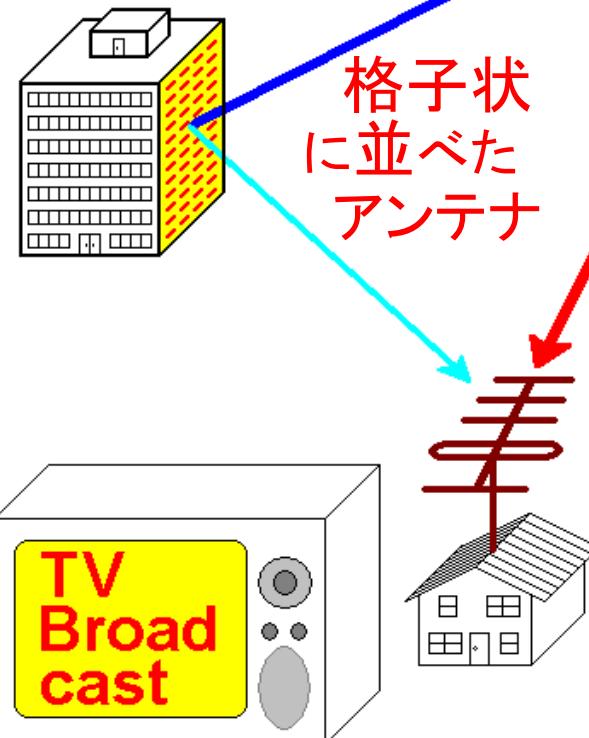
金属超微粉末の入った液を作ろうとして間違ってグリセリン入りアセトンと混ぜてしまった

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?

当時建ち始めた 超高層ビル



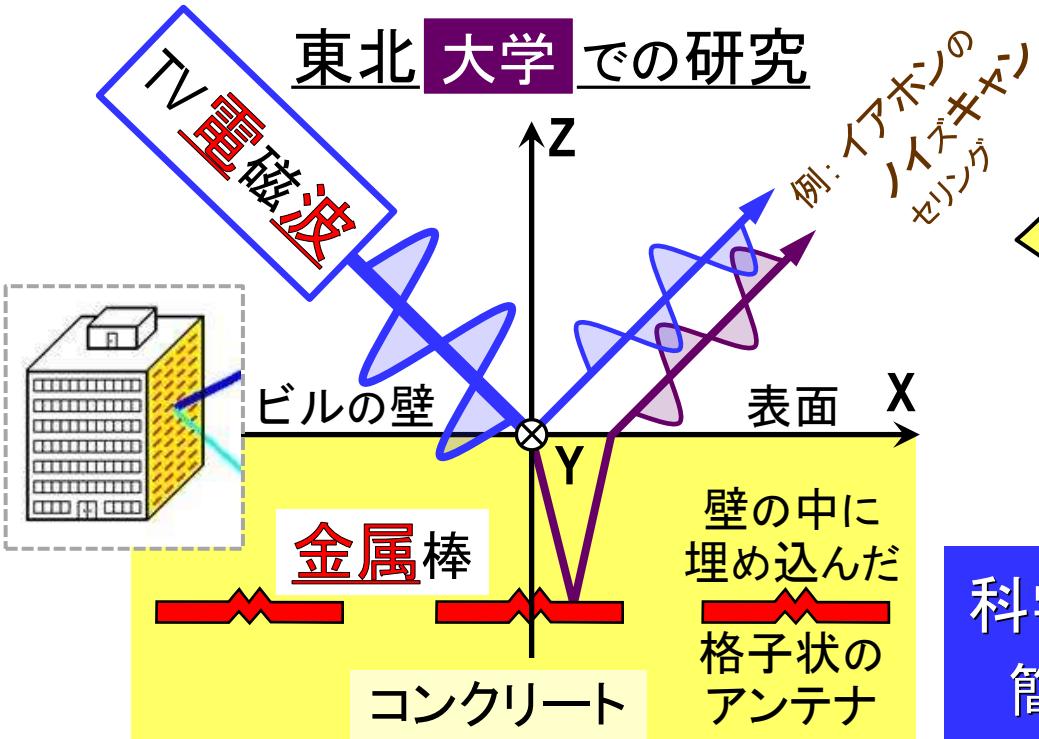
格子状 に並べた アンテナ

八木・宇田アンテナ 東北大学の世界的発明

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

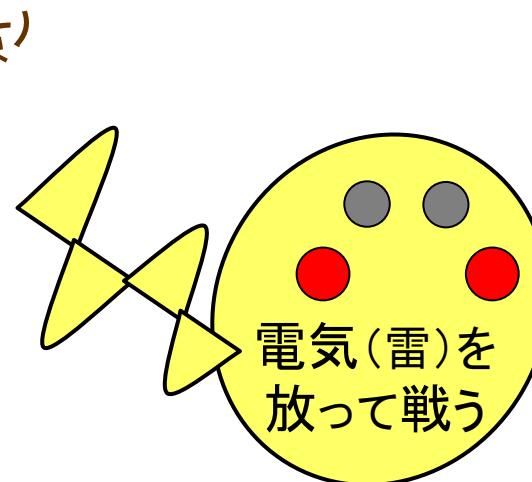
東北大学での研究



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

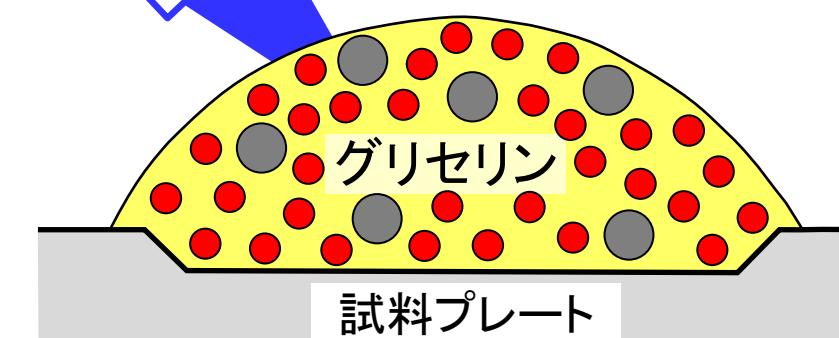
科学・技術:
簡略化した模式図・
図面を用いれば、人々
の理解を深められる
アイデアを出し合える



2.5年後の企業島津での発明

ノーベル賞:ソフトレーザー脱離法

●: 金属超微粉末UFMP
●: 試料分子



金属超微粉末とグリセリン
を混ぜレーザー電磁波吸収

物理・化学

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?

鳥獸戯画 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「偶像是禁止」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** 何を目指している？ 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・土壤・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

質量分析 MS :

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

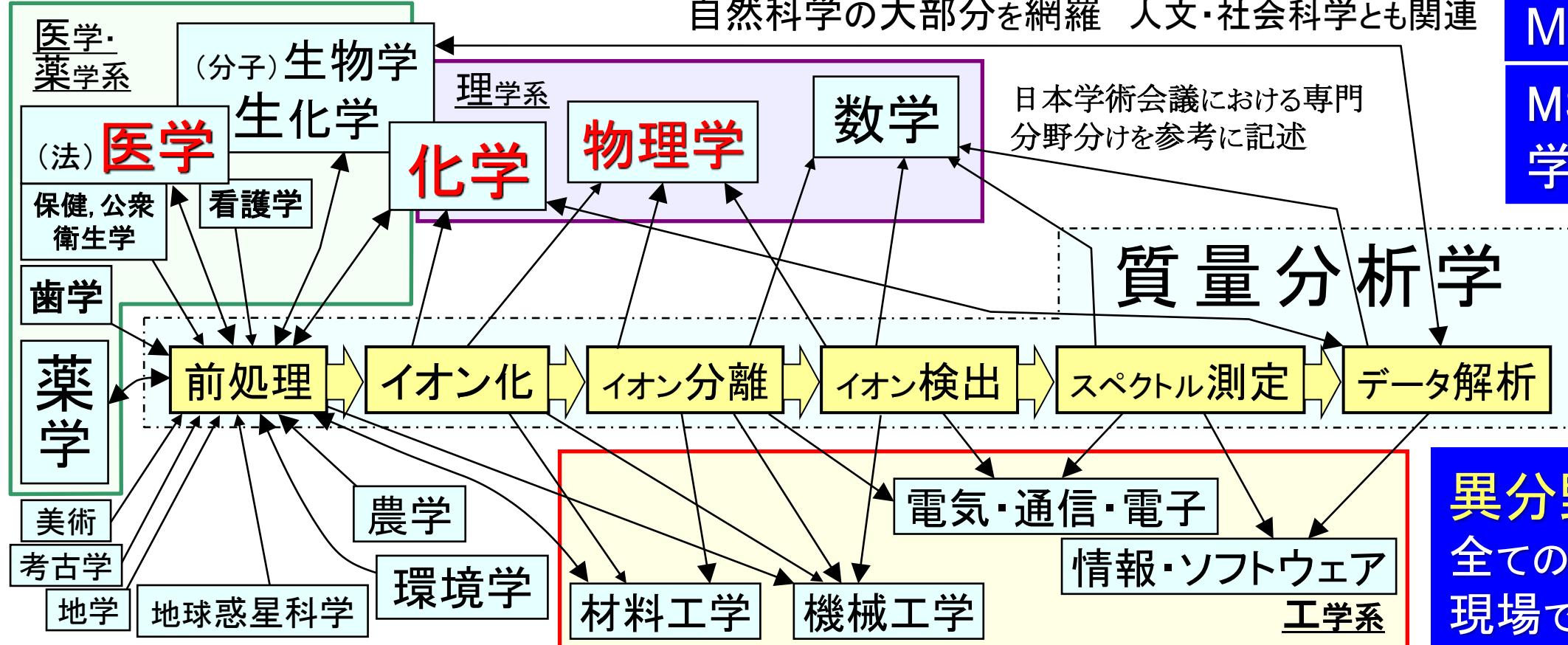
化合物分子の重さを量る 極めて基礎的な物理量を測る

火星探査機 試料分析

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/>

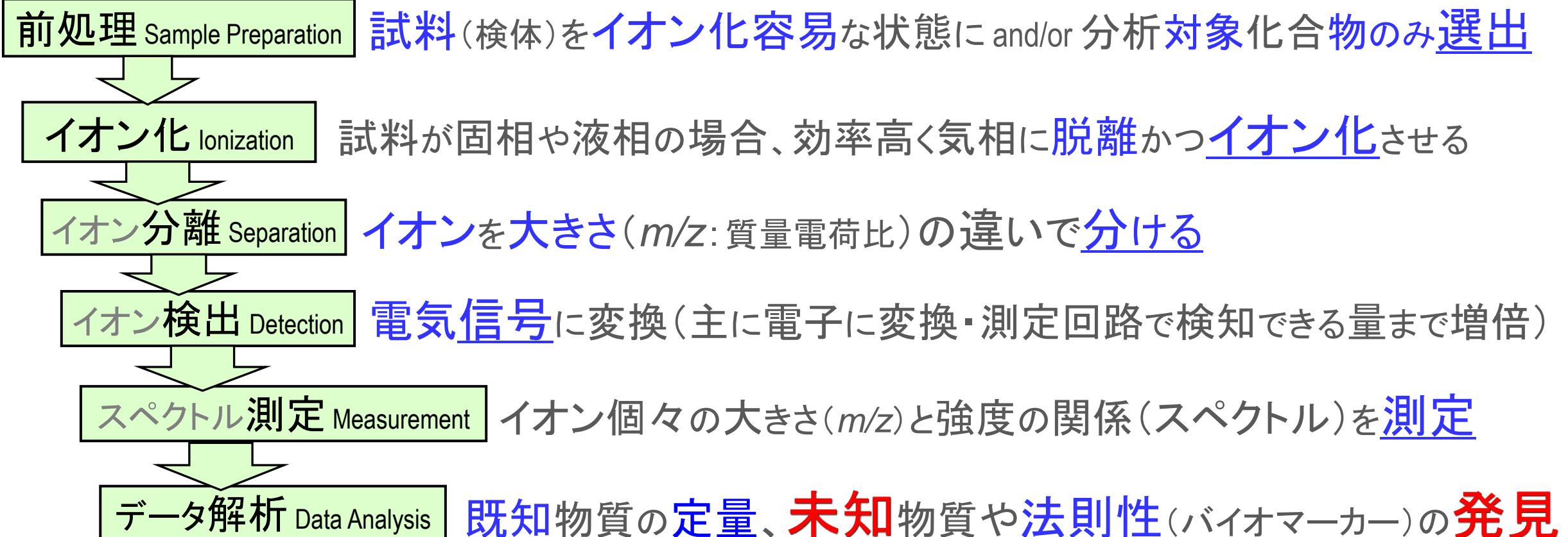
後日 動画公開が予定されていることもあり、本日 専門分野の説明(Ref. 2～8/8)は 省略させていただきます

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

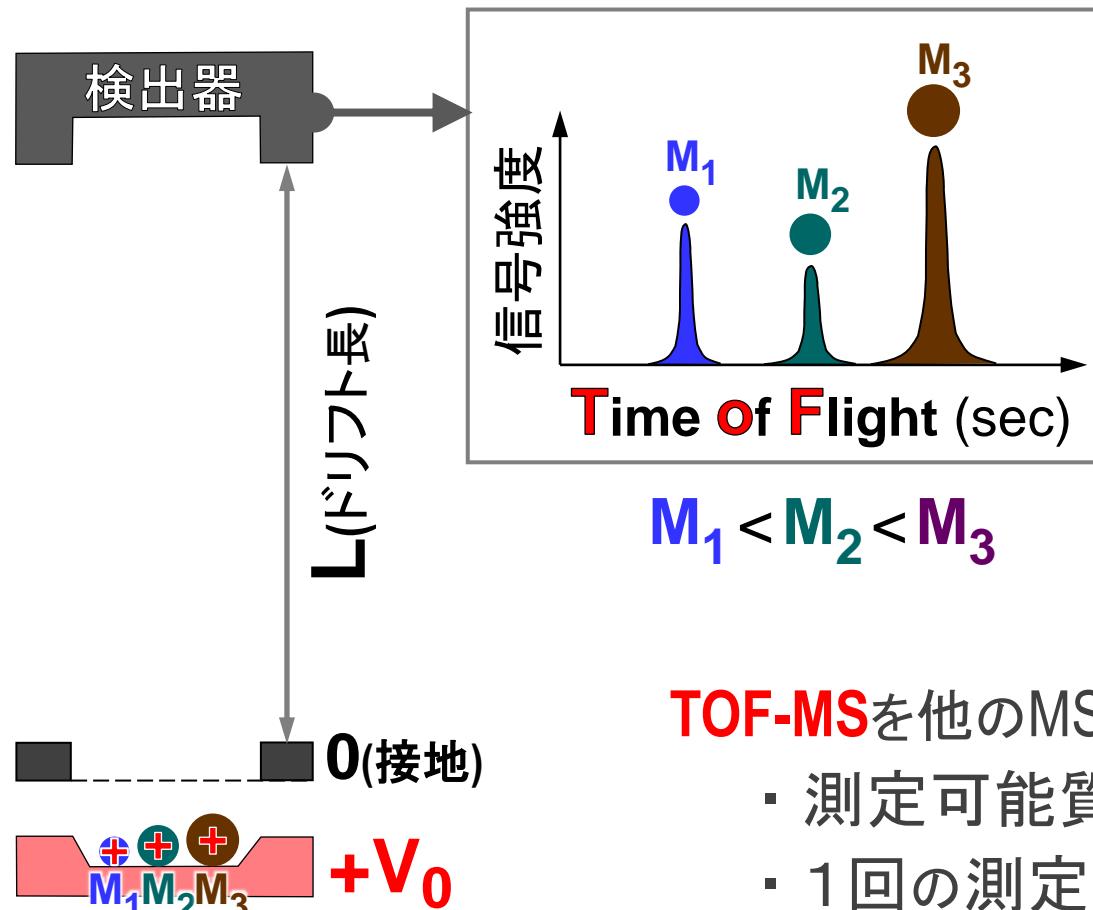
(Wikipediaより)



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

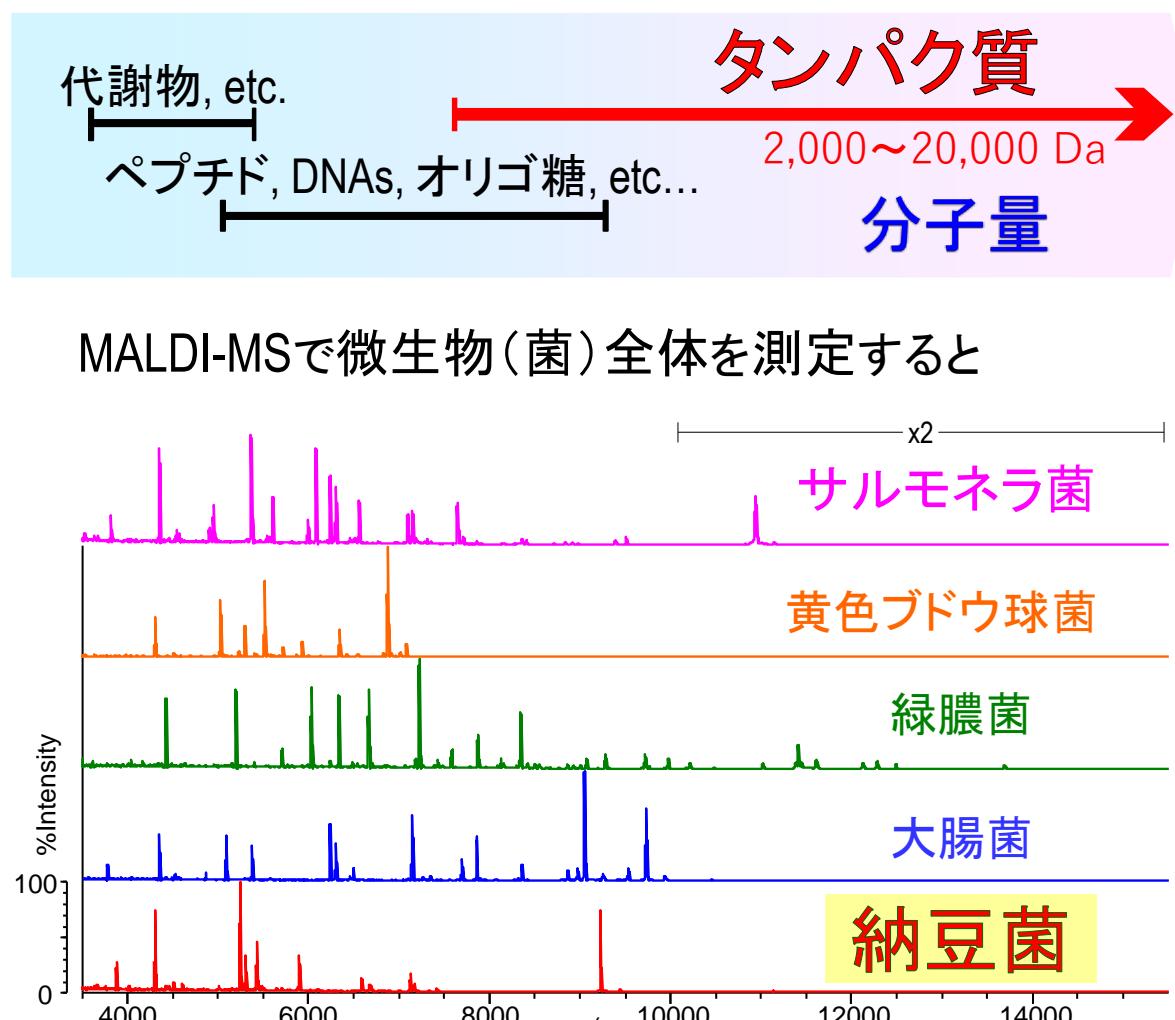
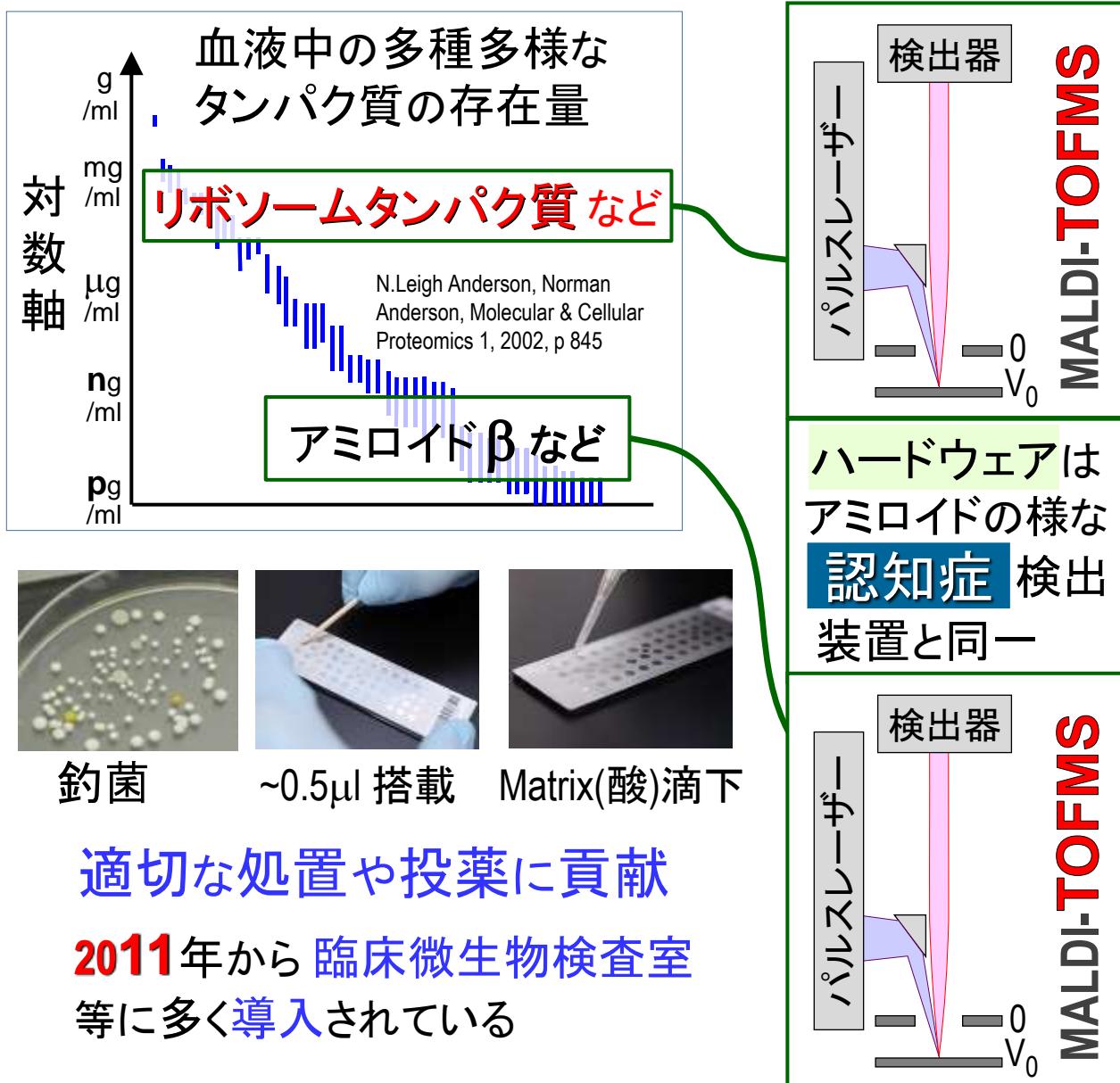
$$\text{位置エネルギー } qV_0 = \frac{1}{2} M v^2 \text{ 運動エネルギー}$$

q : イオン電荷 V_0 : 電気的ポテンシャル
 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

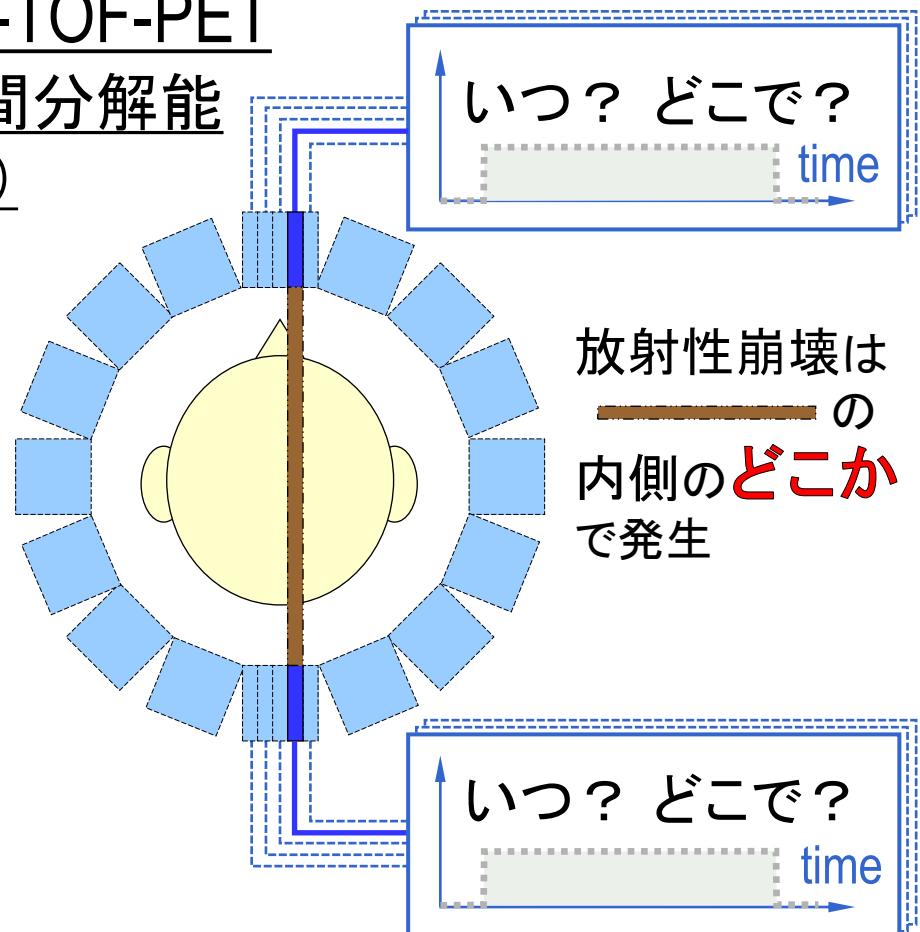
- ・測定可能質量範囲が無限
- ・1回の測定 < 1/1,000秒
- ・全イオン測定: 高感度



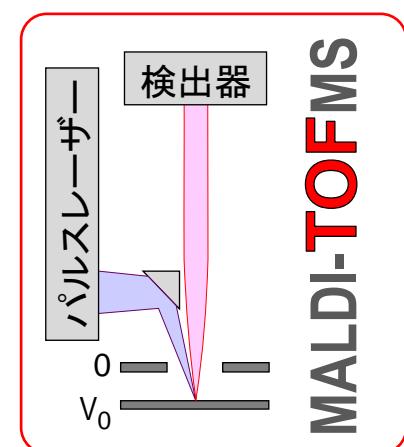
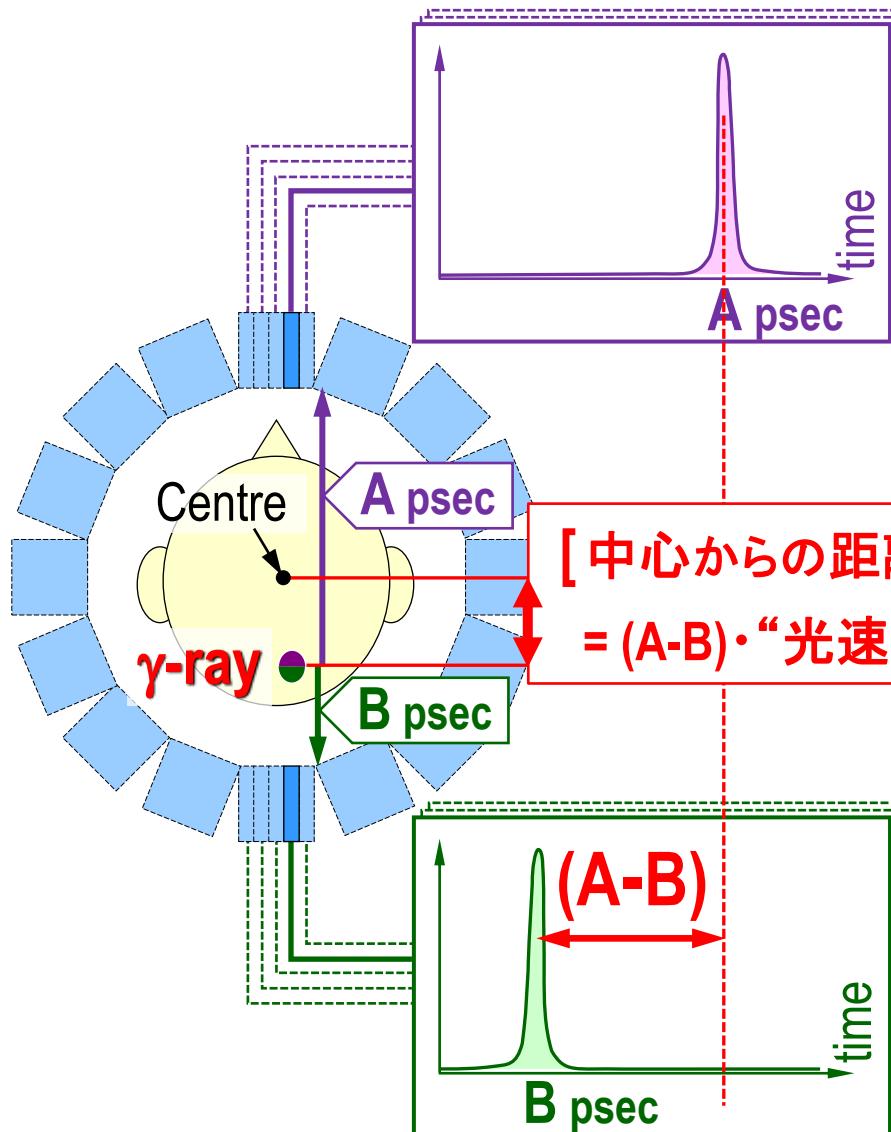
MALDI-TOFMSは、
極めて幅広い用途に使われ(始め)ている

γ -ray γ -ray
ほぼ真反対に光速で

Non-TOF-PET
(時間分解能
低い)

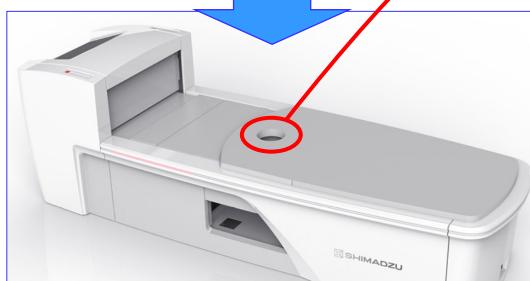
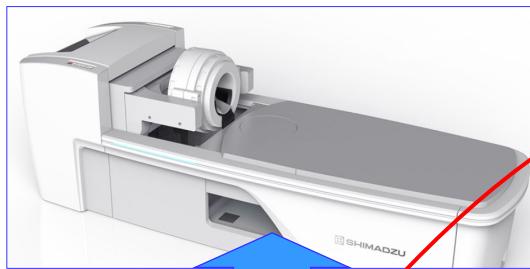


TOF(Time-Of-Flight) PET



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



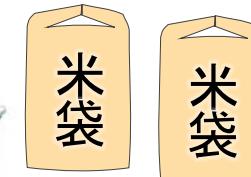
経産省NEDO「悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器の開発」(2006~2009)

--- 2014年 遅れて製品化

その時々の新たな課題を
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”的科学・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

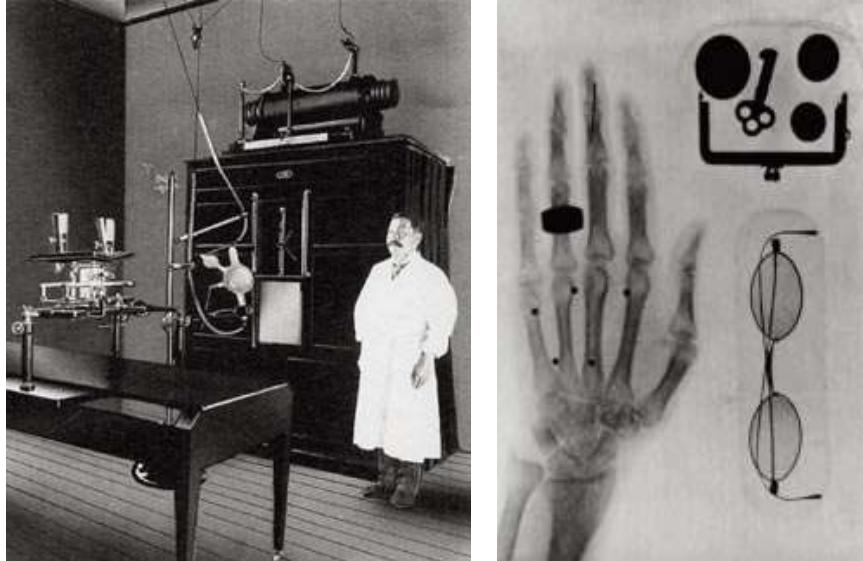
<https://www.qst.go.jp/site/qms/1695.html>

統合失調症関連

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

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

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)

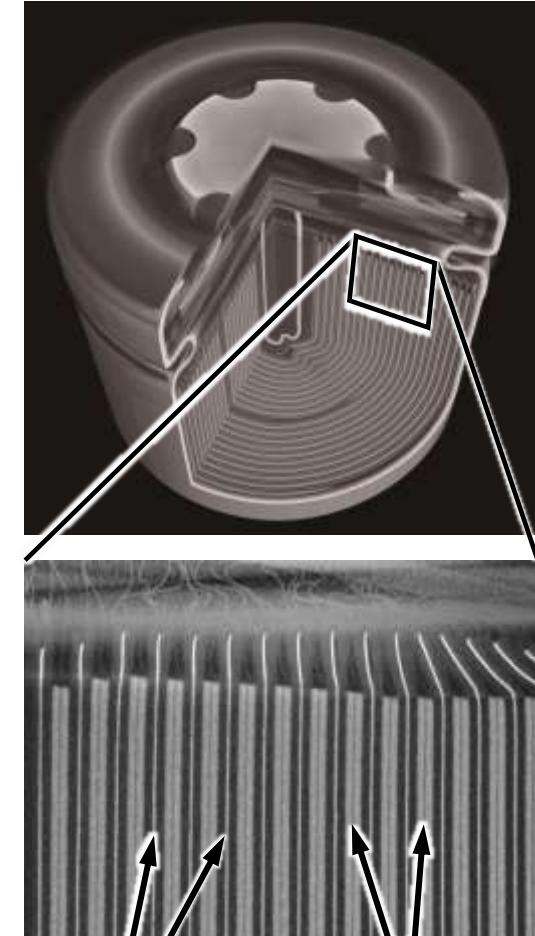
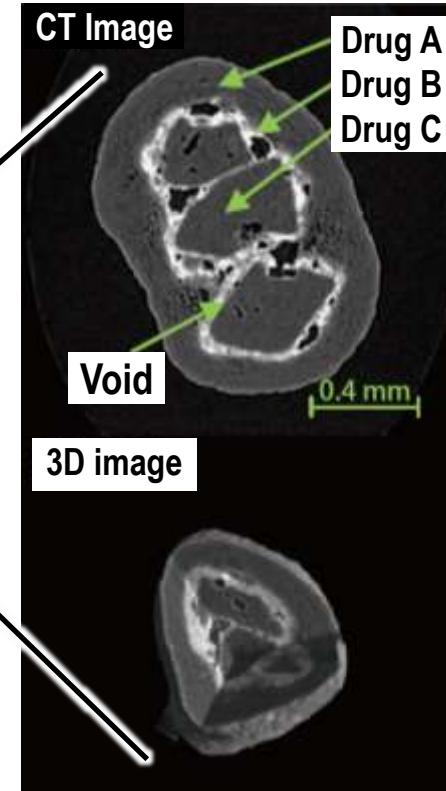
カプセル錠剤



3次元X線イメージ



マイクロフォーカス
X線CT画像



セパレーター 電極

IEEE Milestone 認定 代表例

1924年 指向性短波(ハム)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



田中耕一:

東北大学 電気学科
アンテナ工学卒業

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



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



全て日本関連
(世界初)

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