

とやま科学講座

# 科学的に考えることの将来性

田中 耕一

(株) 島津製作所 田中 **最先端** 研究所



国プロ:最先端研究開発支援プログラム (FIRST)

「国民との科学・技術対話」推進のために

# 本日の内容

**1. 2002年ノーベル化学賞を振り返る**

**2. 最先端プロとは？**

**3. 最先端プロでの若手による発明**

**4. 科学的に考える 高校までにできる事**

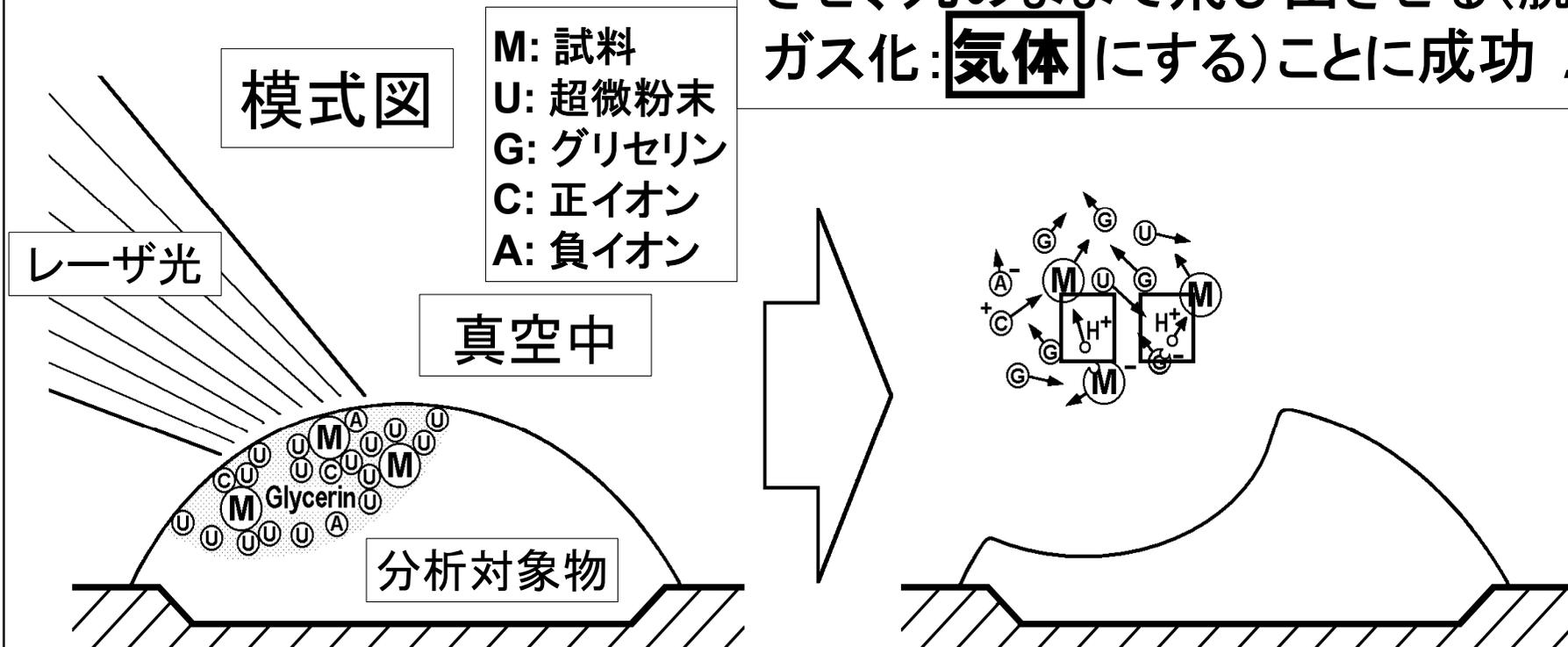
**5. 将来性のある日本になるために**

# ノーベル賞受賞：ソフトレーザ脱離法とは？

グリセリン **（液体）** / **金属** 超微粉末を用いたソフトレーザ脱離法

タンパク質を **イオン** 化（正（+プラス）・負（-マイナス）の電気を帯び）

させ、丸のままで飛び出させる（脱離  
ガス化：**気体** にする）ことに成功！



金属超微粉末UFMPだけではブレークスルー**独創**は起こせなかった

なぜ **間違**って混ぜてしまった物を **捨てず**に使ったのか？ **考察**（仮説）を...

# 大学 卒業論文:アンテナ工学研究

東北大学電気工学科

昭和58年度電子通信学会総合全国大会

802

半無限損失性媒質中のインピーダンス負荷  
ダイポールアレイによる平面波の散乱

益子 拓徳 安達 三郎 田中 耕一  
(東北大学工学部)

1. はじめに 以前、筆者らは、損失性媒質上に、インピーダンスを装着した半波長ダイポールアンテナによって構成される無限平面アレイを置いた系による平面波の散乱について解析し、このアレイが媒質表面による反射波を大幅に低減する効果のあることを報告した。本報告では、上記の様なアレイを損失性媒質中に埋め込んだ場合について検討し、同様に反射波を低減する効果があることを示す。

2. 理論 図1(a),(b)に本報告で取り扱う無限平面アレイとその座標系を示した。これらの面で  $z \leq 0$  の領域は、電気定数  $\mu_0, \epsilon_0 \epsilon_r = \epsilon_0 (\epsilon_g - j\sigma/\omega\epsilon_0)$  の損失性媒質で一杯に満たされており、アレイは媒質表面下りに埋め込まれている。このアレイを構成しているアンテナは、 $\sigma$ 関数状の負荷インピーダンス  $Z_i$  が装着されており、 $x, y$  方向にそれぞれ、間隔  $a, b$  で格子状に配列されている。今、この様な系に、図1(a)に示した様な平面波が  $z$  軸に対して  $\theta$  の角度を成して入射したとする。この時、 $(m, n)$  番目のアンテナ上に誘起される電流を  $I_m$  とし、これを  $I_{00}$  と仮定する。

$$\begin{cases} J_{mx}(x, y) = \frac{I_{00}}{d} e^{j(k_x x + k_y y)} \frac{\sin[k_x(L - |x - ma|)]}{\sin(k_x a)} U_{mn}(x, y) \\ U_{mn}(x, y) = [U(x - ma + l) - U(x + am - l)] [U(y - nb + d/2) - U(y + nb - d/2)] \\ U(z) = \begin{cases} 0 & z < 0 \\ 1 & z \geq 0 \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $k_x$  は損失性媒質中の伝搬定数であり、 $I_{00}$  はアンテナ  $(0, 0)$  の総電流である。この  $I_{00}$  はアンテナ  $(0, 0)$  の総電流開放電圧  $V_0$  とインピーダンス  $Z_i$  を用いて、 $I_{00} = V_0 / (Z_i + Z_0)$  より求められる。アレイ面電流  $J(x, y) = \sum_{m,n} J_{mn}(x, y)$  は、 $x, y$  方向にそれぞれ、周期  $a, b$  の周期関数であるから、Floquet の定理より、これは次の様な等価面電流  $K(x, y)$  によって置き換えられる。

$$\begin{cases} K(x, y) = \sum_{p,q} A_{pq} e^{j(\alpha_p x + \beta_q y)} \\ A_{pq} = \frac{2 I_{00} k_z [\cos(k_x a) - \cos(\alpha_p a)] \sin(\alpha_p b/2)}{ab \sin(k_x a) (\alpha_p^2 - k_x^2)} \frac{\sin(\alpha_p b/2)}{\alpha_p} \end{cases} \quad (2)$$

この式で、 $\alpha_p = k_x \sin \theta + 2\pi p/a$ 、 $\beta_q = 2\pi q/b$  である。この面電流によって誘起されるヘルツポテンシャルは、媒質で満たされた半無限空間中に埋め込まれた、インピーダンス負荷ダイポールアレイによる平面波

$$(\nabla^2 + k_z^2) \Pi_z = 0 \quad (3)$$

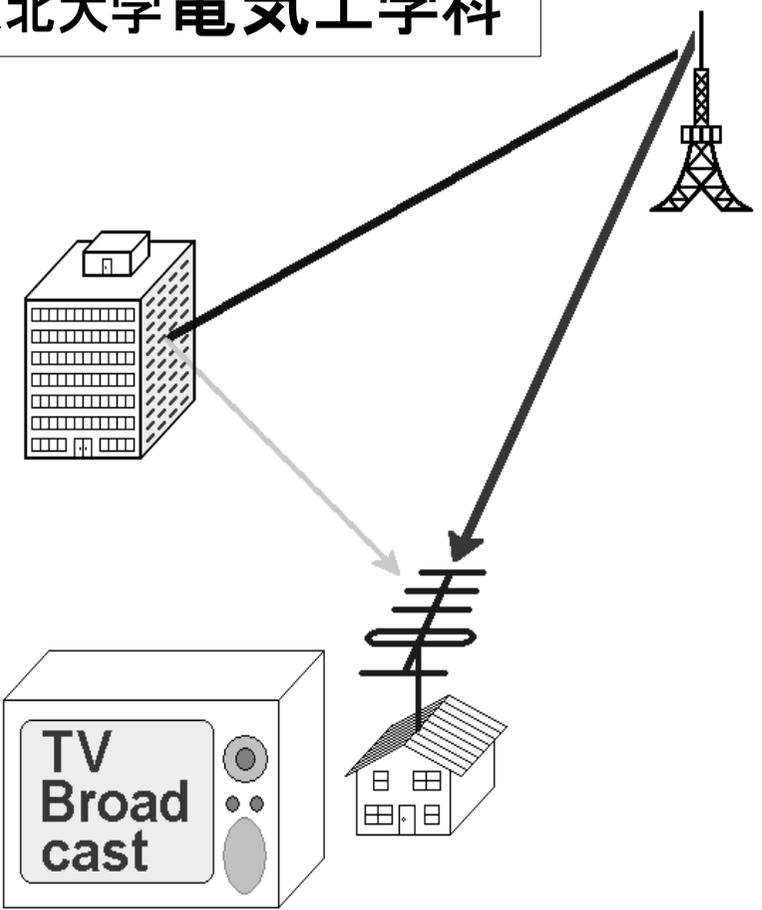
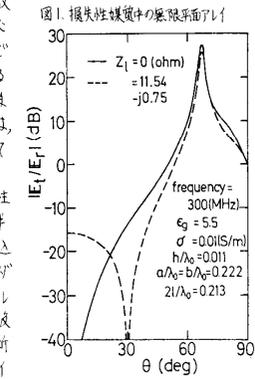
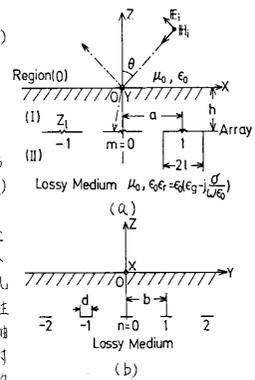
ここで、 $z$  は領域の番号を示し、 $z=0$  は領域(0)と(1)の境界面を示す。この方程式の解は、媒質表面

に  $\Pi_z = \frac{\omega \mu_0}{k_z} \sum_{p,q} A_{pq} e^{j(\alpha_p x + \beta_q y)} e^{j(k_z z)} \frac{e^{-j\gamma_{pq} z}}{\gamma_{pq} + j\sigma/\omega\epsilon_0} \quad (5)$   
 $\Pi_{0z} = \frac{\omega \mu_0}{k_z} \sum_{p,q} A_{pq} e^{j(\alpha_p x + \beta_q y)} e^{j(k_z z)} \frac{e^{-j\gamma_{pq} z}}{(\gamma_{pq} + j\sigma/\omega\epsilon_0)(\gamma_{pq} + j\sigma/\omega\epsilon_0)}$   
 これらの式で、 $\gamma_{pq} = (k_z^2 - \alpha_p^2 - \beta_q^2)^{1/2}$ 、 $\text{Im} \gamma_{pq} \leq 0$ 、 $\gamma_{pq} = (k_z^2 - \alpha_p^2 - \beta_q^2)^{1/2}$ 、 $\text{Im} \gamma_{pq} = 0$  である。このヘルツポテンシャルよりアレイからの再放射電界  $E_a$  は次式によって与えられる。

$E_a = (\nabla \Pi_z + \epsilon_0 \nabla \Pi_z)$   
 領域(0)での全散乱電界  $E_t$  は、この  $E_a$  に媒質表面からの反射電界  $E_r$  を加えて求められる。即ち  $E_t = E_a + E_r$  である。

3. 数値例 図2に媒質をコンクリートとした場合の全散乱電界の入射角依存性を示した。図の横軸は、媒質表面の反射波で規格化した全散乱電界である。また、 $\lambda$  は自由空間波長である。図から分かる様に、入射角があまり大きくなければ、反射波が抑圧されている。

4. まとめ 損失性の媒質で満たされた半無限空間中に埋め込まれた、インピーダンス負荷ダイポールアレイによる平面波の散乱について解析した。この様なアレイ

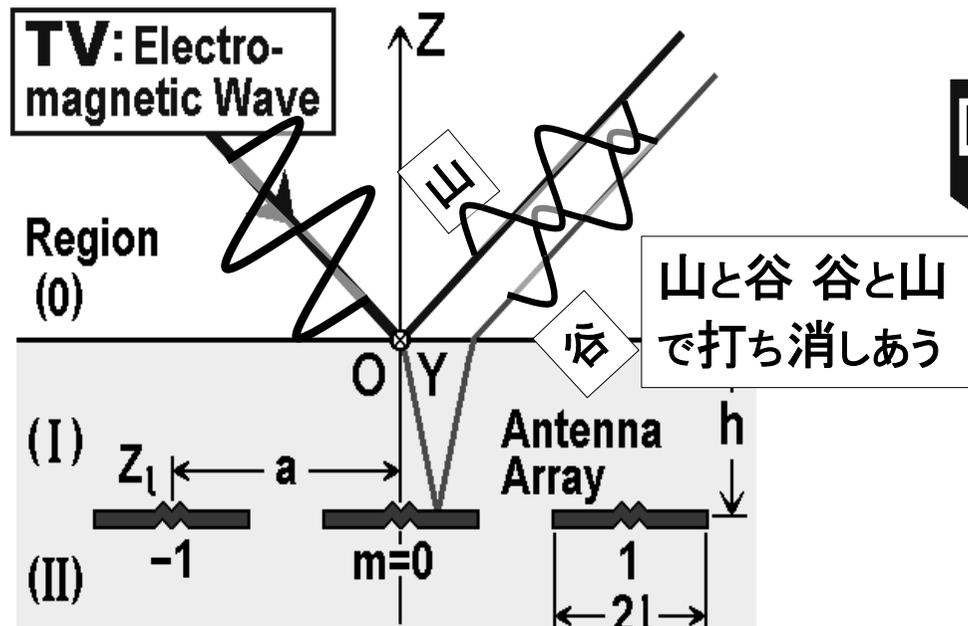


ビルの壁面から跳ね返ってくる 不要な電波を消去・吸収する手法を研究していた

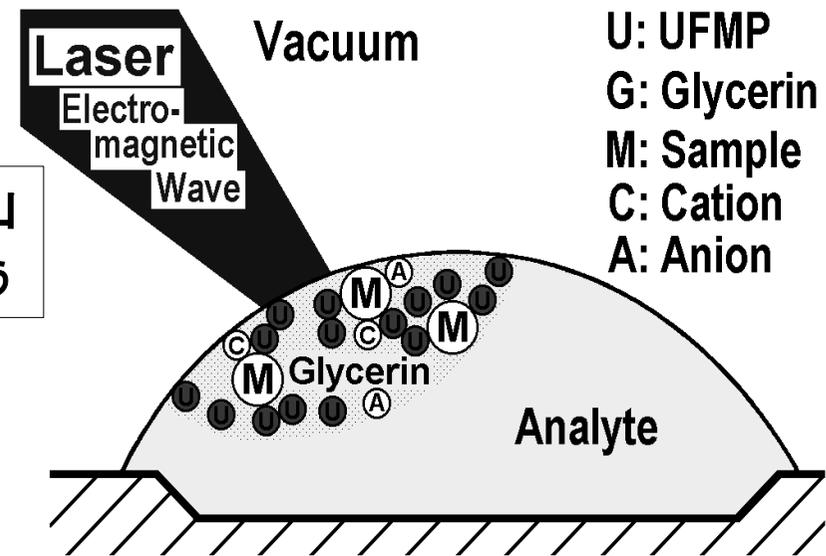
# 電気工学と化学発明の意外な関係？ 略図で分かる共通性

高校の教科書にも良く使われている模式図が 分野を超えた斬新な発想に役立つ

電子情報通信学会 2007年9月号「対談－アンテナを張る－」参照 <http://www.ieice.org/jpn/books/kaishikiji/index.html>



## ソフトレーザ脱離法



コンクリートにアンテナ(金属棒)を並べ 電磁波吸収

グリセリンに金属超微粉末UFMPを混ぜ レーザ(電磁波)吸収

全く異分野の知識・経験・発想を発明に活かした！

間違って混ぜてしまった失敗作を捨てなかったのは、このことが無意識の内にあったから！？

# 「次世代質量分析 システム開発と創薬・診断への 貢献」体制

## 島津グループ: 次世代質量分析システムの開発



田中 最先端研究所

A大学

C大学

....

δ企業

α企業

....

連携

## 京大グループ: 創薬・診断への 貢献

京大がん研究G

B大学

β企業

京大アルツハイマー研究G

D大学

....

**JST** (独立法人)  
科学技術振興機構  
(研究支援・政府  
への報告等)



医療・創薬の進展に役立つ質量分析システムを  
産学官連携で開発

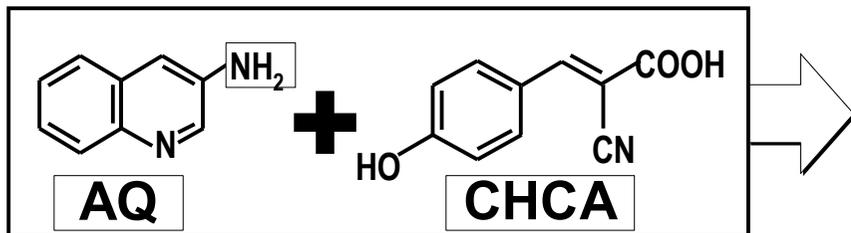
~4年のプロジェクト

Mass Spectrom. for  
Drug Discov. & Diagnos.

目標: 従来よりも  
**1万倍**高性能に

# 本プロジェクトの隠れた目的 若手・女性研究者の可能性を引き出す

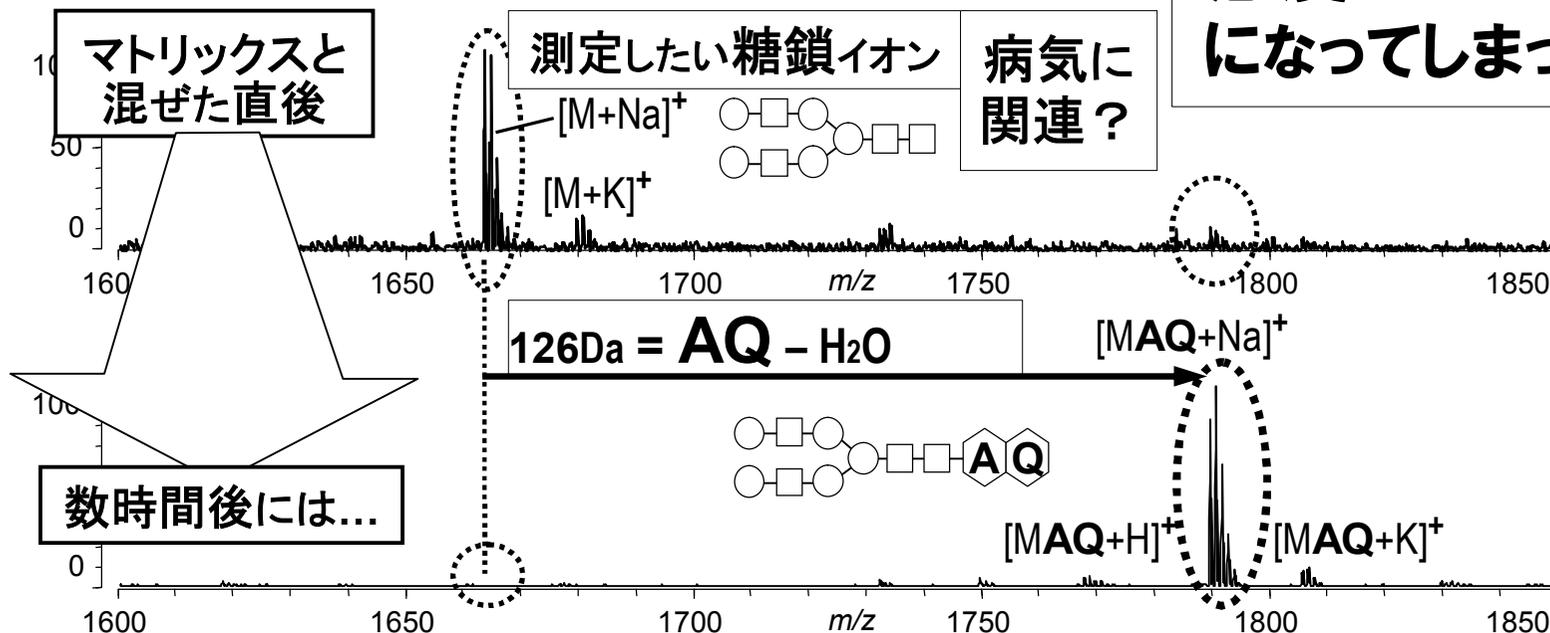
<http://www.first-ms3d.jp/topics/researches>



液体になる

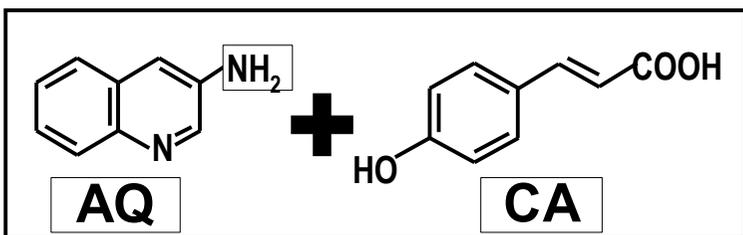
イオン化支援マトリックス: AQ/CHCA (イオン 液体)

化学反応の場合: 失敗  
を作ってしまった! が  
感度が 500~1万倍  
になってしまった!



25年前の田中の発明も、失敗を新発見に... 若手の田中は「先人に育てて頂いた」  
(これからの)先人の役割: 若手が挑戦し 失敗を乗り越え 伸びられる「場」を作ること

# 最先端MSプロの成果 1つだけを先行してご紹介します



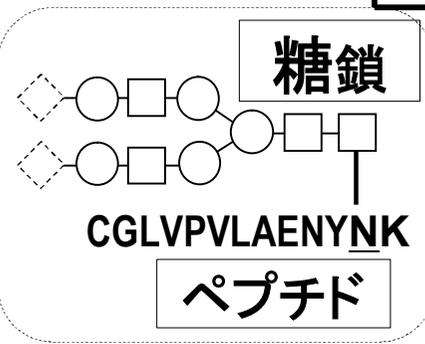
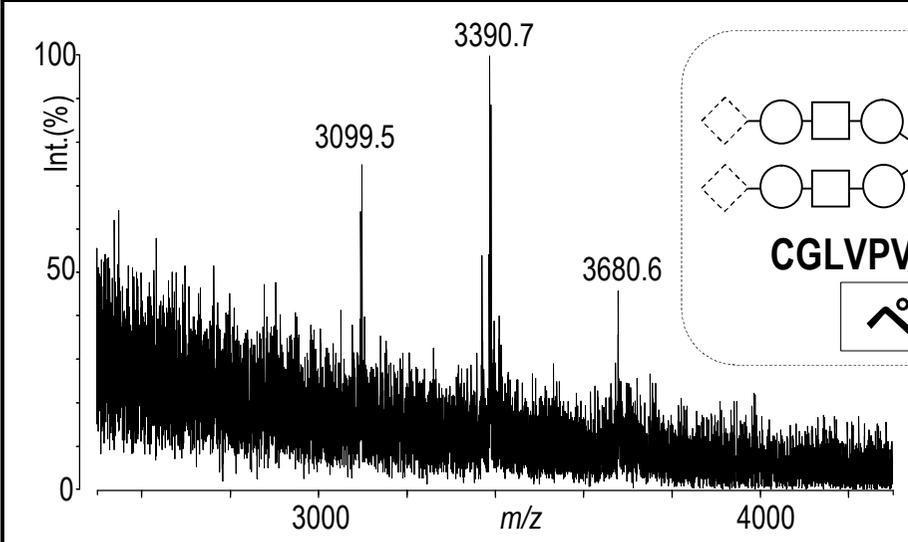
**液体**

米国MS学会ASMS(6月初旬開催)で公開済み

糖ペプチドGP1 検出限界

**液体マトリックス AQ/CA開発により、糖ペプチドGP1検出限界10amol (従来法の100倍感度向上)を確認**

	従来DHB	AQ/CA
正イオン	1000 amol	<b>10 amol</b>
負イオン	1000 amol	<b>10 amol</b>



**100倍 微量まで測れる**  
**糖ペプチドにイオンH<sup>+</sup>を100倍(安定して)付けられるようになった**

実際の成果を発表する前に、成果をもたらした**秘訣**を明かす

# 最先端の発明と 高校までの学習のつながりは ...

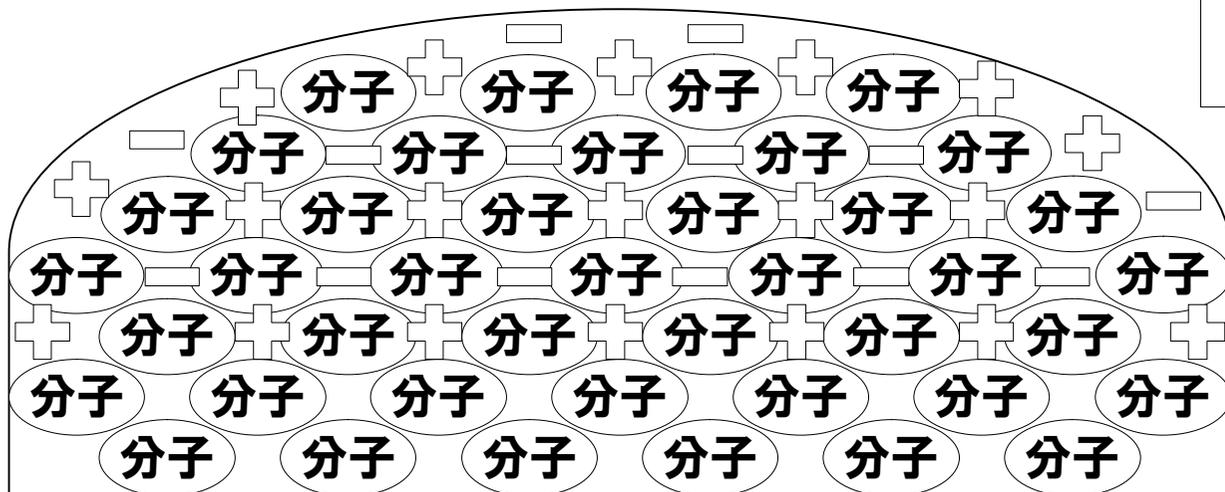
## ソフトレーザ脱離法・マトリックス支援レーザ脱離イオン化法

レーザ光を用い、**マトリックス** と呼ばれる化合物の助け(支援)を受け、  
固体・液体分子を壊さず(ソフト)に、気体(ガス状態)にする(脱離させる)  
と同時に イオン化(+プラスまたは-マイナス 電気を付ける)を行う

課題1: 「沢山の分子をガス化(気体に)しなければならない」

課題2: 「イオン化の支援を受けるためには、マトリックスと  
イオン化したい試料を 良く混ぜなければならない」

課題3: 「沢山の試料分子をイオン化しなければならない」



3つの課題を解決し

多数のイオン  
を発生できた

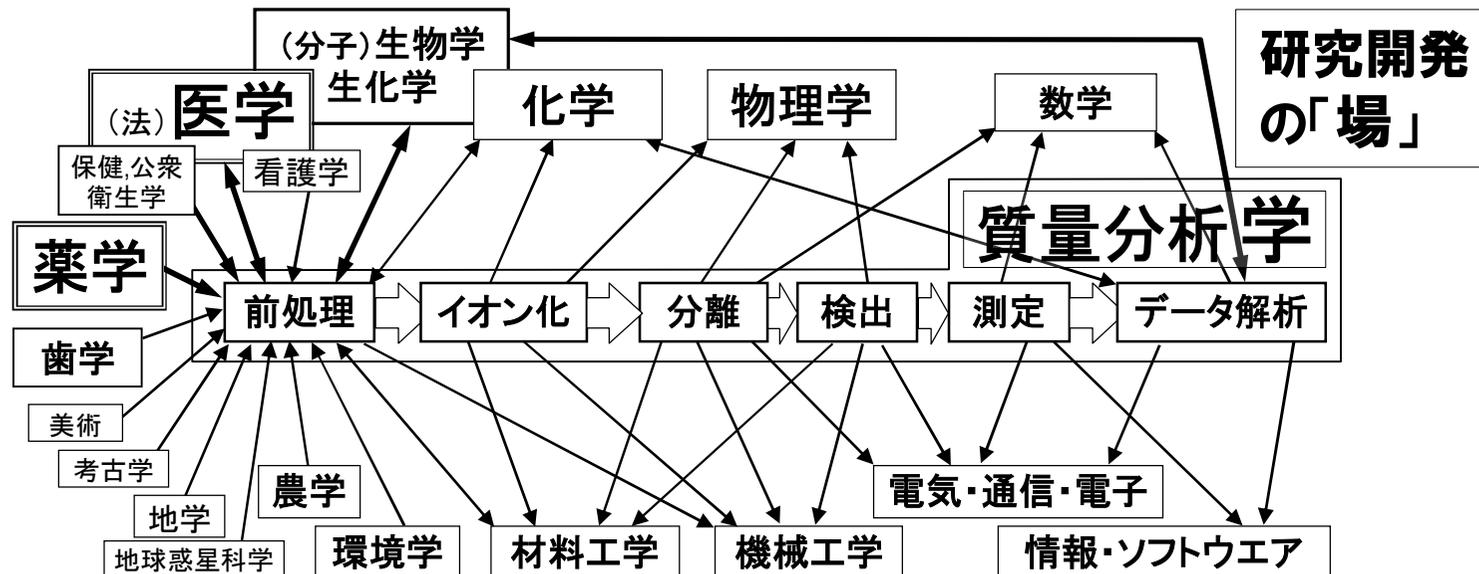
しっかりと基礎を  
学び 活かせば ...

# 将来性？ 実は日本の中に素地は出来ている

MSは 先端的基礎研究・産業の進展に幅広く貢献している

MSで扱う分析対象物・カテゴリーは、タンパク質・糖質・脂質・核酸・ビタミン・代謝物等の生体関連化合物・疾患診断・天然物や合成薬品の薬効/不純物確認(ライフサイエンス)、検死・薬物乱用/ドーピング確認・テロ防止(国民の安全)、バイオ燃料解析(エネルギー)、金属・セラミック・無機化合物・プラスチック・半導体・ナノテクノロジーを含めた新素材等の化成品検査(もの作り)、隕石(フロンティア)・化石・文化財等の年代・由来・真贋測定、土壌・上下水道・大気の汚染度合い診断(環境診断)、等々、極めて広範囲に渡っている。 **はやぶさが持ち帰った微粒子の分析にも**

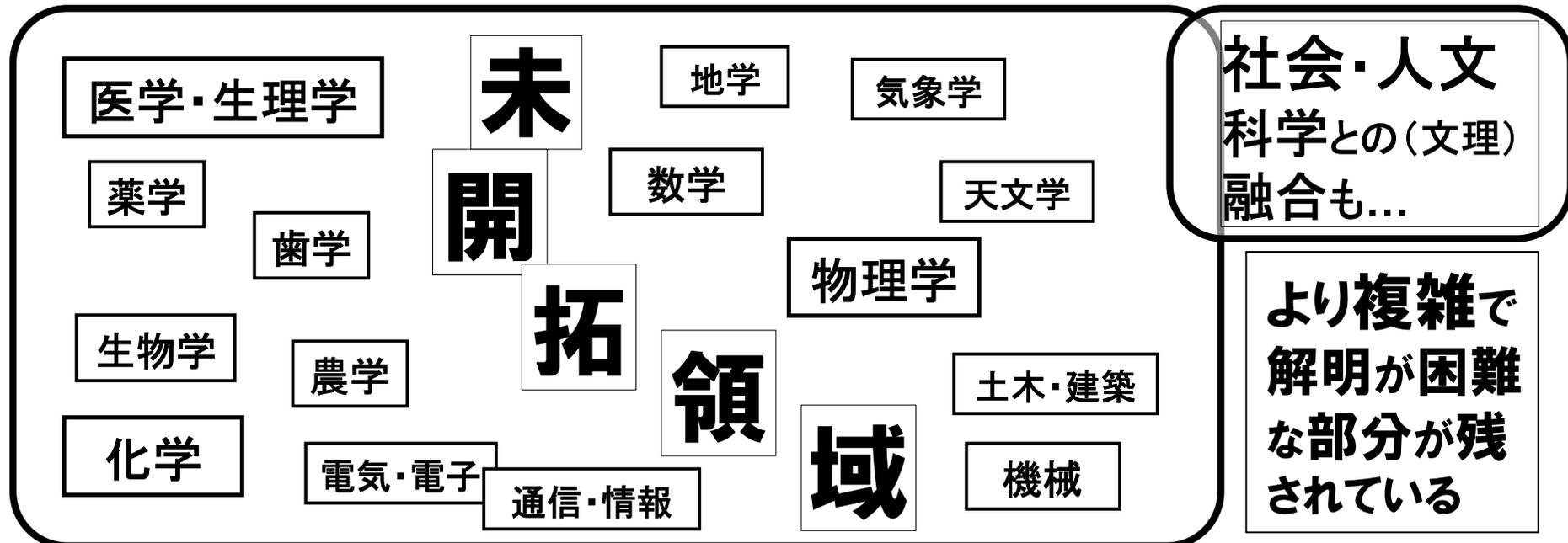
液体マトリックス(イオン液体)は、別分野から取り入れた

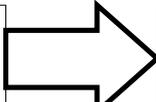


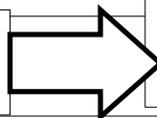
例えば 原子力だけで 閉じた社会 → 異分野から学ぶ

# 理系：自然科学・技術とは 社会・人文科学

人類が思考する前から存在した「自然の摂理」を解明し利用する



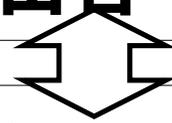
絶対安全？  分からないこと(未開拓領域)が膨大にある

科学に行き詰まりが？  基礎を活かすと最先端のことまで

欧米的手法にも限界が... 解明する切り口は沢山ある  
異分野のチームワークで未開拓領域を開拓できる

日本が世界一得意な方法

富山は、東北(地方)は？ 田舎・刺激が少ない・自然が豊富



都会は？ 刺激が多い・クリエイティブ・人工物で囲まれている

理系(物理,化学,生物,数学,...): 自然科学(技術) <=> 社会・人文科学  
人類が思考するよりも前から存在した「自然の摂理」を解明し利用する

自然が身近にあると.....

自然は 好奇心を育てる

自然は 自主性を育てる --- 自ら考えて行動する

分からないことがまだまだ沢山ある！  
自然は 奥深い 全体を見渡す目を養う

自然は 調和・チームワークで動いている

自然は .....

写真:富山県庁 広報より