

# 小型で高速検出が可能な テラヘルツ分光装置

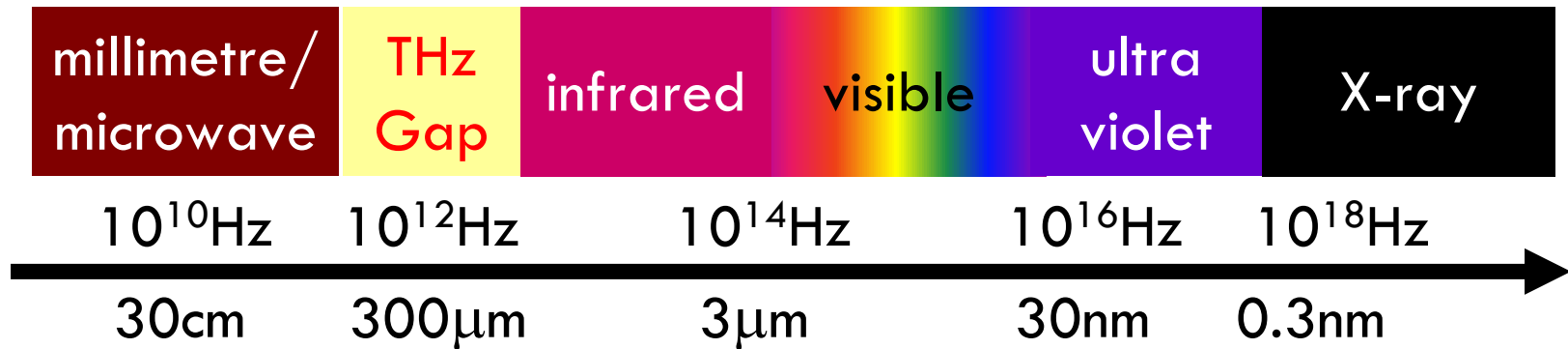
神戸大学 工学部 電気電子工学科  
准教授 小島 磨

2021年10月14日

# テラヘルツ電磁波

テラ:  $10^{12}$  + ヘルツ: Hz **周波数が  $10^{12}$  Hz の電磁波(光)**

## 電波と光の境界周波数



工学や物性物理の観点から、様々な応用を目指して研究が行われている。

- ・6G通信
- ・セキュリティ
- ・テラヘルツ分光

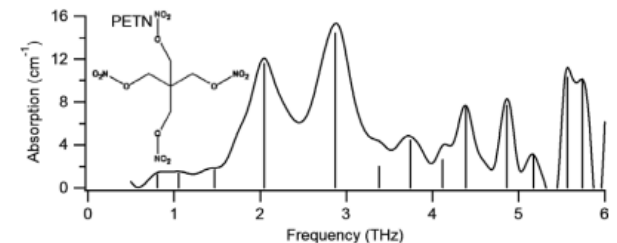
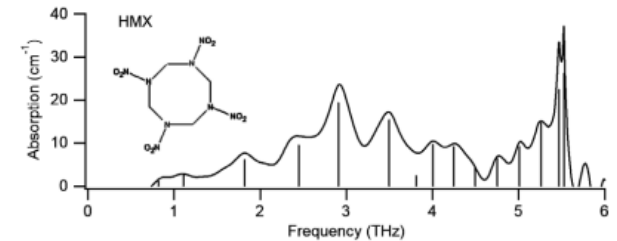
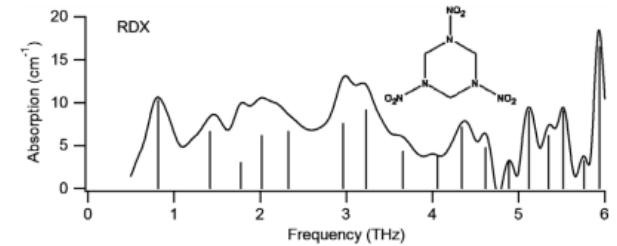
# テラヘルツ分光

分子: 原子と原子の結合で構成

構造に応じて異なる周波数のテラヘルツ  
電磁波を吸収

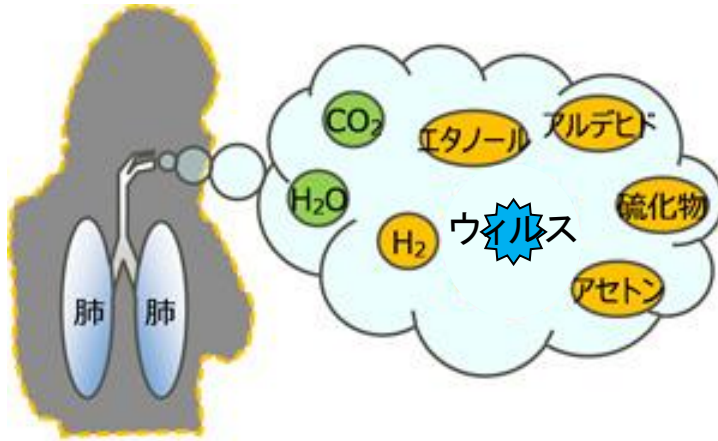
分子の指紋スペクトルの  
データベース化

違法薬物や毒劇物の検出

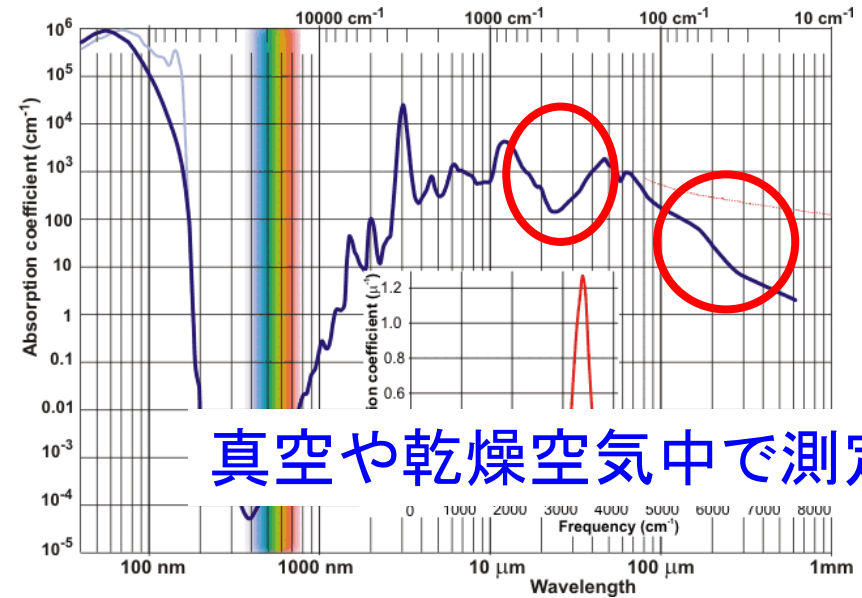


Chem. Phys. Lett.  
434, 227 (2007)

# テラヘルツ分光における課題

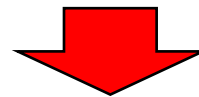


## 水の吸収スペクトル



真空や乾燥空气中で測定

多種多様な分子で構成される大気や呼気中から特定の分子の検出の可否



他の分子と吸収が重ならない、特徴的な単一周波数での測定が必要

# 一般的なテラヘルツ分光系

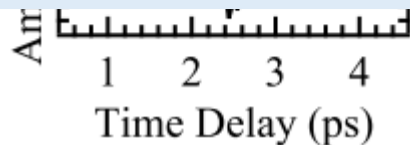
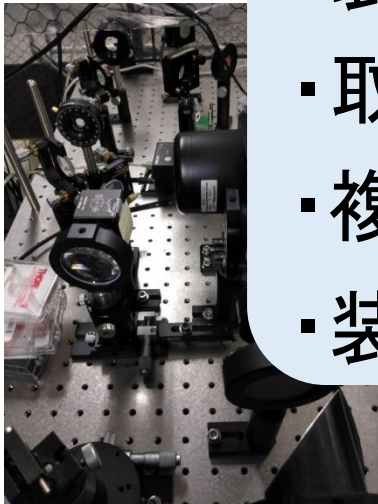


超短パルスレーザーの光を光伝導アンテナ等に照射

超短パルスレーザー: 大型、高額

+取り扱いが複雑

- 装置が小型である
- 取り扱いが簡単である
- 複雑なデータ解析が不要である
- 装置の使用者も安全である



電磁波の波形を観測

参照信号で割り算

1 THz付近に広い幅を有するパルス状のテラヘルツ電磁波

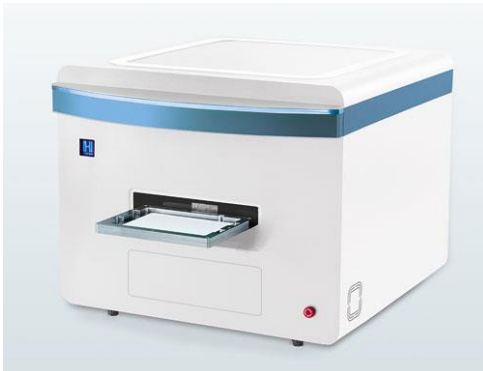
# 市販されているテラヘルツ分光システム



[http://www.pnp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2020/03/TeraPro\\_Catalog4P\\_J\\_Rev005.pdf](http://www.pnp.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2020/03/TeraPro_Catalog4P_J_Rev005.pdf)



<https://www.otsukael.jp/product/detail/productid/57>



[https://www.japanlaser.co.jp/product/hubner\\_t-spectralyzer/](https://www.japanlaser.co.jp/product/hubner_t-spectralyzer/)

光源：小型超短パルス  
レーザー

分岐した光の光路差を  
時間遅延として電磁波  
の振幅を観測

# 新技術の特徴・従来技術との比較

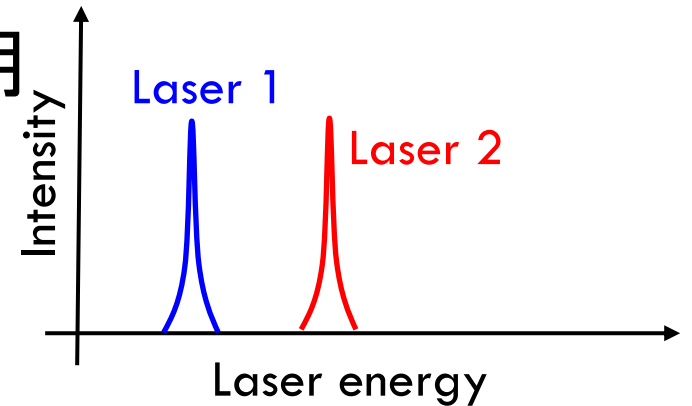
	新技術	A社	B社	C社
大きさ	◎ 30cm×30cm×30cm	× 72cm×66cm×44cm	○ 40cm×50cm×38cm	× 60cm×72cm×73cm
測定時間	◎ リアルタイム	×	×	△
自由度	◎ ダイオードの交換のみで 波長の変更可	×	×	×
高周波数域	◎	×	×	○

# 本研究で提案するテラヘルツ分光システム

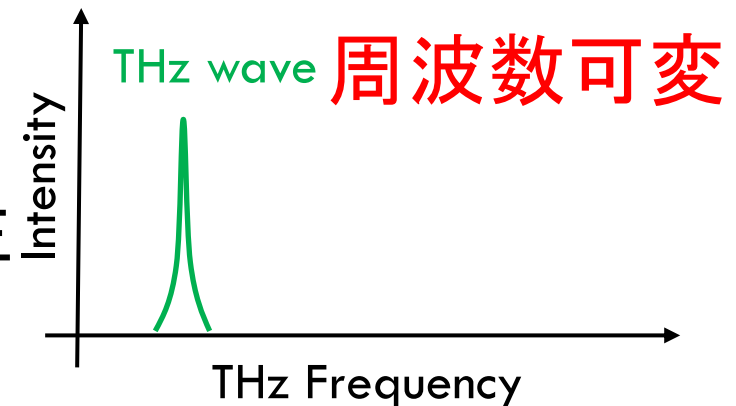
## 差周波混合: 非線形光学効果の一つ

二つの光の周波数(波長)の差に相当する周波数の電磁波を発生させる

二つの半導体レーザーを使用



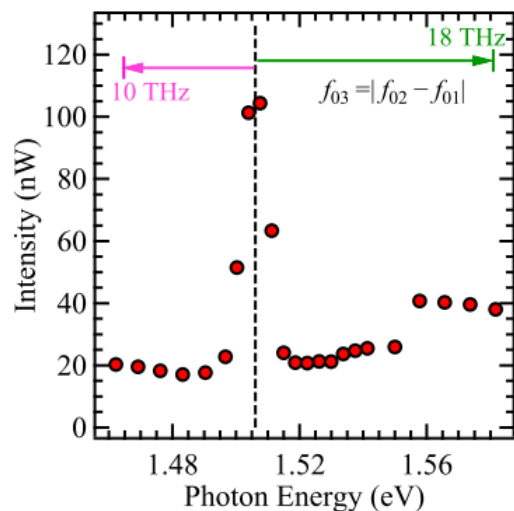
特定の周波数の電磁波を発生  
対象の変化に対応





# 差周波混合に関するこれまでの成果

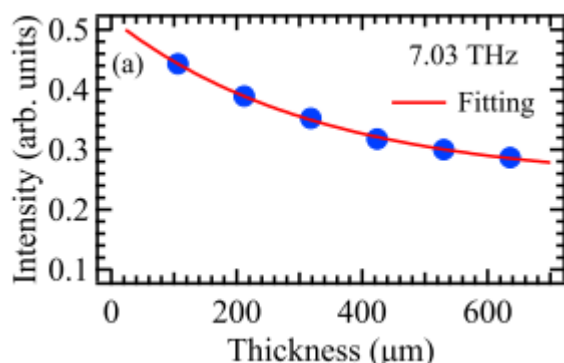
## 約20 THzに渡って、単一周波数の電磁波を発生



Wide frequency tuning of continuous terahertz wave generated by difference frequency mixing under exciton-excitation conditions in a GaAs/AlAs multiple quantum well

O. Kojima, Y. Tarui, H. Shimazu, T. Kita, A. Majeed, P. Ivanov, E. Clarke, R. Hogg  
 Physical Review Applied 10, 044035 (2018).

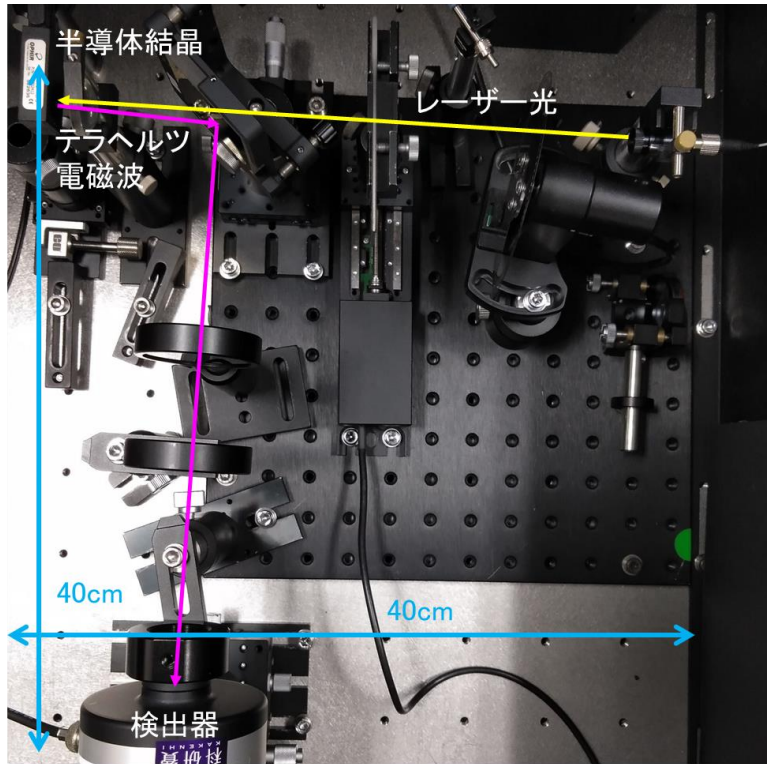
## 7.03 THzにおける吸収係数を評価



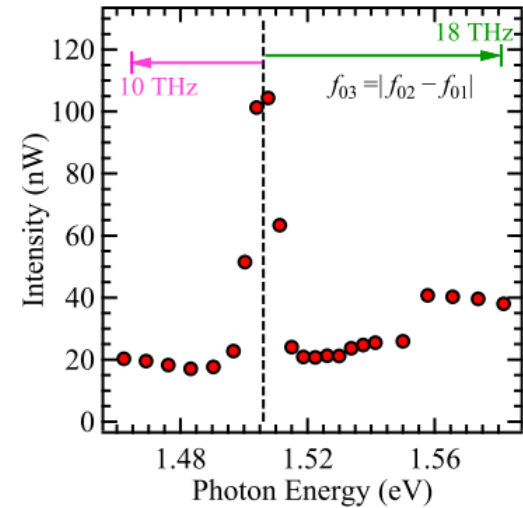
Increase in terahertz-wave generation by difference frequency mixing by the overlap of exciton states in different GaAs/AlAs quantum wells and spectroscopic measurements

K. Sakaue, O. Kojima, T. Kita, M. J. Steer, R. A. Hogg  
 Optics Express 29, 24387 (2021).

# 現在のテラヘルツ分光系



実際の応用では  
 30cm × 30cm以下



## 電磁波の強度を観測

## フーリエ変換不要



強度が下がる様子を  
 観測すればよい

# 分光とは？



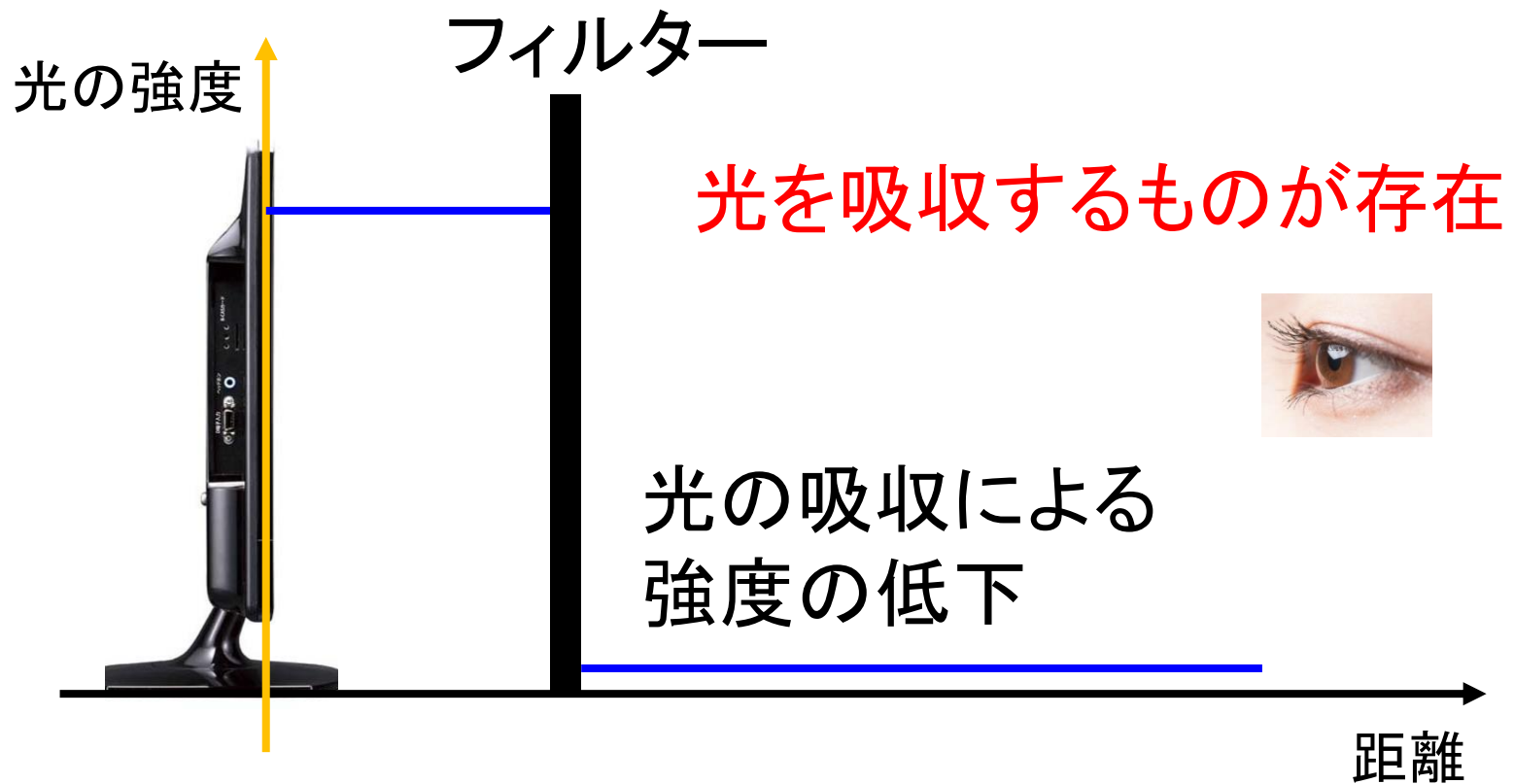
光の強度

強度が距離によって変化しない  
＝光を吸収するものが間にない

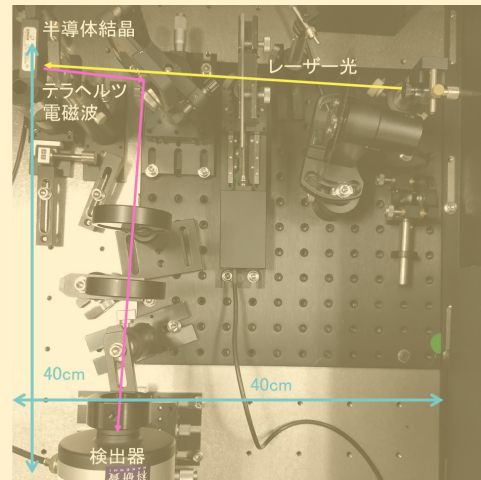


距離

# 分光とは？



# 想定される用途1

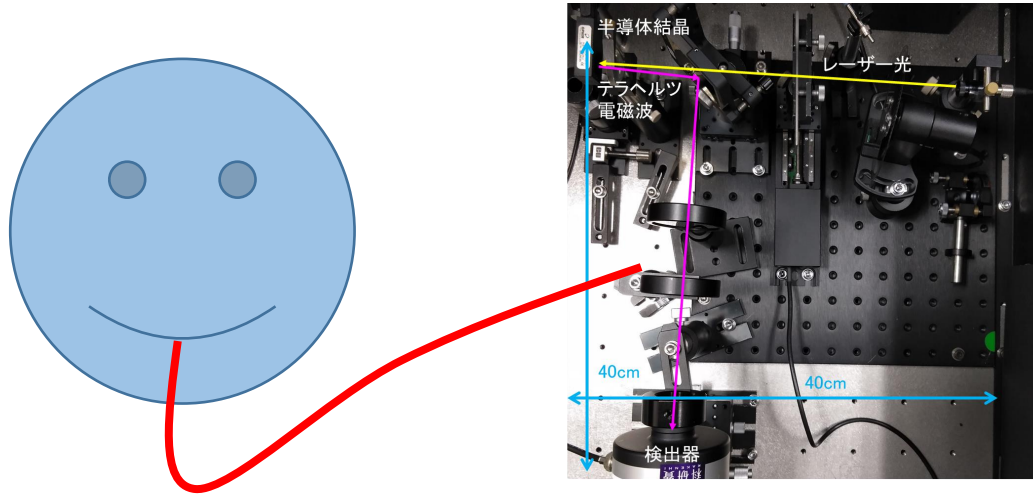


大気中の有害成分の検出

工業地帯

火災等の災害現場

# 想定される用途2



## 呼吸を使った診断

糖尿病患者の呼気中のアセトン等  
ウィルスのリアルタイム検出  
(一度に大量の人数の判定が可能)

電磁波の高強度化

検出の高速化、効率化

高分解能化

分析等に必要アルゴリズムの開発

テラヘルツ電磁波で検出しているのは原子の結合

➡ 何か測れたら面白いもの

光通信に関連した技術の利用

ソフトウェアの開発



発明の名称: 連続波テラヘルツ分光装置、連続波  
テラヘルツ分光法、物質検知装置および方法

出願番号: 特願2021-118342

出願人: 神戸大学

発明者: 小島 磨

# お問い合わせ先

神戸大学

産官学連携本部 産学連携・知財部門

TEL 078 - 803 - 5945

FAX 078 - 803 - 5389

e-mail: [oacis-sodan@office.kobe-u.ac.jp](mailto:oacis-sodan@office.kobe-u.ac.jp)