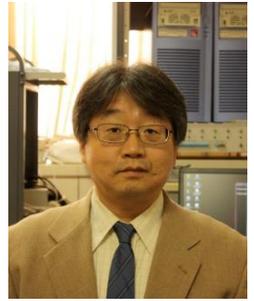


# 観測的宇宙論における 重力レンズ効果に関する研究

自然科学講座 物理学 吉田 宏 准教授



## [概要] (特徴・独自性・新規性)

遠方にある光源からの光が重い天体の近くを通ると、その道筋が曲がる、という現象はアインシュタインの一般相対性理論で明らかになりました。この現象に伴って光源が本来の姿とは見かけ上異なった姿として観測されることがあります(場所・明るさ・形が変わったり、分身が見えたりします)。この現象を「重力レンズ効果」といいます。現在までにこの現象は非常に多く報告されています。

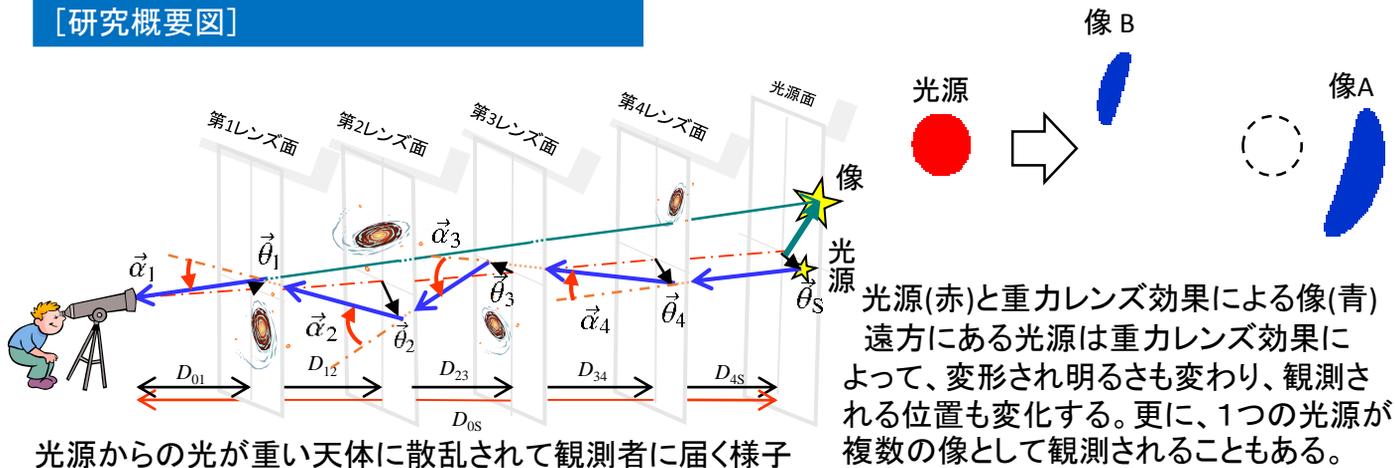
この現象は、宇宙にどれほどの重い天体がどう分布するかなどに大きく左右されます。私たちは、この現象を数値的に実現し、得られたデータを様々な観測条件を想定して1つ1つ疑似的に観測するシミュレーションコードを開発しています。このシミュレーションによって見かけの宇宙ではない、真の宇宙像に迫れるのではないかと考えています。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

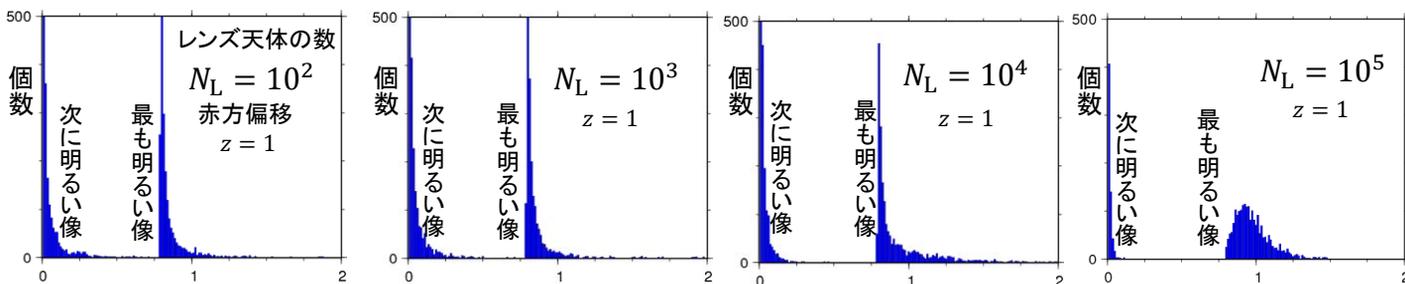
私たちの研究対象は宇宙であり、この研究が直接産学共同の研究につながるには考えづらいと思います。しかし、現在私たちが使用している、シミュレーションで得られた天体を1ずつ数えあげその天体の明るさを計算する手法は、浸透理論\*で個々の塊を認識しその数を数えあげ、大きさを解析するアルゴリズムを応用したものです。このように、研究は思いもよらぬ領域と接点を持つことがあります。その時こそ、研究の新たな道が開けるのではないかと思います。私たちが使用している研究手法や考え方は、宇宙物理学・天文学以外の分野にも貢献できるのではないかと考えています。

\* 浸透理論(パーコレーション)は森林火災や伝染病の感染等のシミュレーションに用いられている理論です。

## [研究概要図]

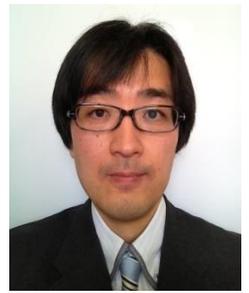


光源(赤)と重力レンズ効果による像(青)  
遠方にある光源は重力レンズ効果によって、変形され明るさも変わり、観測される位置も変化する。更に、1つの光源が複数の像として観測されることもある。



[キーワード] 宇宙物理学, 重力レンズ効果, 数値実験

# パワースペクトル密度と 傾きの大きさ度数分布を用いた 金属表面形状評価



自然科学講座 物理学 小澤 亮 講師

## [概要] (特徴・独自性・新規性)

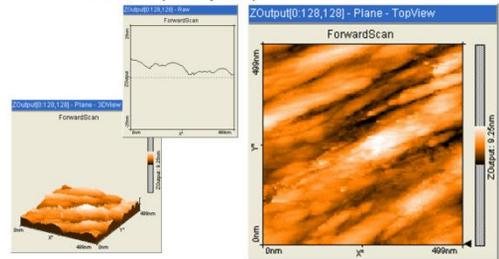
生産業の各分野では様々な材料が用いられますが、私は特に金属について試料のミクロな表面形状とその表面形状に起因する様々な性質との関係を簡便に見積もる研究を行っています。表面形状に起因する性質とは、例えば摩擦・摩耗などです。

試料の表面形状の測定には、近年普及している走査型プローブ顕微鏡を用いています。これは、従来からよく用いられる電子顕微鏡に比べ小型で大気中でも測定可能などの利点があります。加えて高さ方向の情報を正確に取得しやすいところが特徴です。取得したデータからパワースペクトル密度と傾きの大きさ度数分布を求め、その特徴を抽出し表面形状に起因する性質との関連を探っています。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

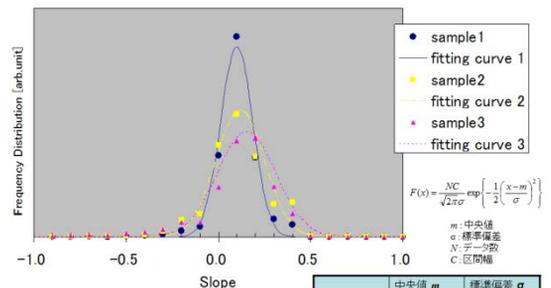
現在は基礎的な研究を行っており、今後様々な表面モロロジーに大きく依存した物性の評価にもこの手法が適用できることを示し、評価法を確立していきたいと考えています。興味を持たれましたらお声かけいただけると幸いです。

STM トポグラフィ (sample1)



Scan range : 500nm x 500nm (水平方向), 50nm (垂直方向)  
スキャンモード: constant height mode  
Gap Voltage: 0.05V  
スキャン速度: 0.24sec/line

傾きヒストグラム



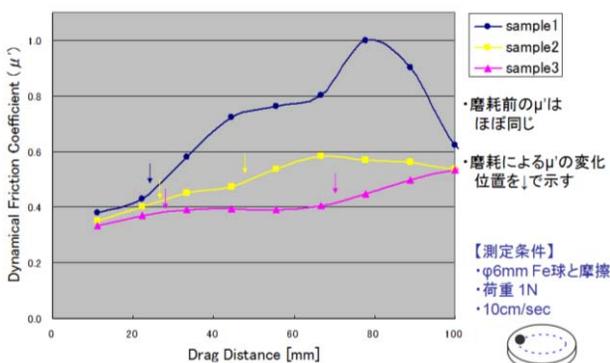
ヒストグラムは正規分布で  
フィッティングされた。

	中央値 m	標準偏差 σ
sample1	0.099	0.087
sample2	0.114	0.134
sample3	0.152	0.158

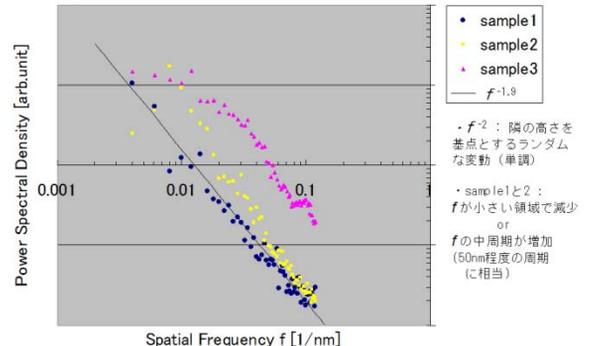
## [研究概要図]

表面の粗さが異なる3種類の金属試料(ニッケル)の動摩擦係数変化と、傾きヒストグラムおよびパワースペクトル密度(PSD)との関連。

動摩擦係数変化



PSD





## [概要] (特徴・独自性・新規性)

1. 多項測度と呼ばれる確率測度をモデルとして、マルチフラクタルの数学的な理論の整備を試みている。同時に、この研究で構成したフラクタル関数を用いて、デジタル和の種々の量を具体的な関数で表し、評価している。

測度論とデジタル和問題を関連付け、これまで個別の方法で解析されてきた種々のデジタル和関数をフラクタル測度を用いて統一的に扱うことが出来るようになった。

2. 確率制御理論と確率的ゲーム理論を用いて、色々なタイプの金融派生商品の価格付けと複製について解析を行っている。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

サンプリング方法、データ処理、統計解析についての助言を行います。

## [研究概要図]

3の倍数を2進展開すると、表のようにビット「1」の個数の偶奇には偏りが観察される。

3の倍数	3	6	9	12	15	18	21	24	27
2進展開	11	110	1001	1100	1111	10010	10101	11000	11011
1の個数	偶	偶	偶	偶	偶	偶	奇	偶	偶

この偏りを評価するために、自然数  $N$  の関数  $\sum_{n=0}^{N-1} (-1)^{s(3n)}$

を考える。ただし、 $s(3n)$  は自然数  $3n$  を2進展開したときに表れるビット「1」の個数を表す。

「デジタル和問題」は、このような数表記における様々な問題を扱い、整数論の方面では多くの研究がある。我々は自然数を  $[0,1]$  区間にマッピングして、その上のマルチフラクタルな確率測度  $\mu_r$  を  $s(n)$  に関連付けた。

図1は  $r=0.75$  の場合であるが、 $r$  が複素数になると  $L(r,x)$  は複素平面上的様々なフラクタル図形になる。ちなみに、上に述べたデジタル和関数はコッホ曲線(図2)を用いて次のように表現される。

**定理** 自然数  $N$  に対して  $\tilde{t} = \log_4 3N$  とする。また、 $[\tilde{t}]$  を  $\tilde{t}$  の整数部分、 $\{\tilde{t}\}$  を  $\tilde{t}$  の小数部分とする。

$$\sum_{n=0}^{N-1} (-1)^{s(3n)} = \eta + \frac{2}{3} 3^{[\tilde{t}]+1} \operatorname{Re} L\left(r, \frac{1}{4^{1-\{\tilde{t}\}}}\right),$$

ただし、 $r = \left(\frac{1}{3}, -\frac{w}{3}, -\frac{w^2}{3}\right)$  ( $w$  は1の立方根) であり、 $\eta$  はある定数である。

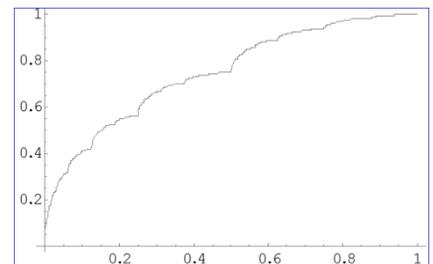


図1:  $\mu$  の分布関数  $L(r,x)$  ( $r=0.75$ )  
(連続でほとんどいたるところ微分ができ、その値が1である狭義単調増加関数)

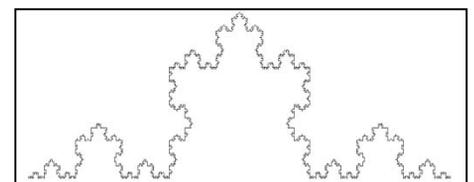
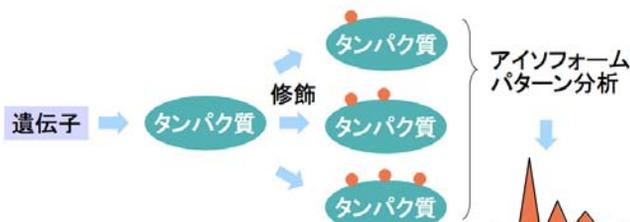


図2:  $L(r,x)$   $r = \left(\frac{1}{3}, -\frac{w}{3}, -\frac{w^2}{3}\right)$   
(The Koch curve on the lower half-plane on  $C$ )



## [概要] (特徴・独自性・新規性)

同じタンパク質でありながら、翻訳後修飾の結果、少しずつ違うアイソフォームが生じます。



アイソフォームのパターン分析から、生理的状态についての重要な情報が得られますが、このパターンを短時間かつ容易に分析する方法は、今のところありません。独自の方法である APCE 法(アフィニティープロブキャピラリー電気泳動法)を用いて、10分以内に分析を完了する方法を開発しています。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

APCE法は実用化に向けて、現在、最終段階に入りました。測定を効率よく、自動的に行うには、専用装置が必要です。小型装置の自動化の技術を持ち、タンパク質分析に興味をもっていただける企業との連携を希望しています。

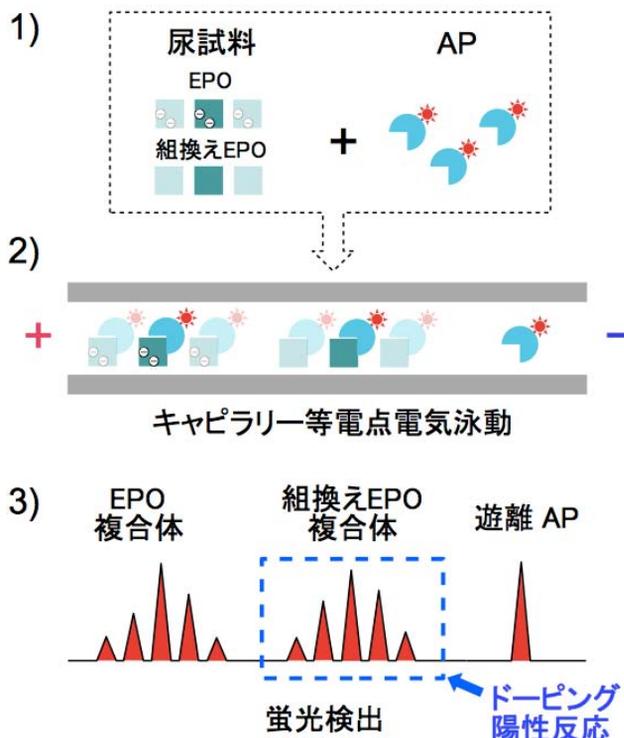
本装置は今までは簡単に調べることができなかったタンパク質のアイソフォームパターンを容易に明らかにできるため、医学生物学の基礎研究から、診断マーカーの測定など、極めて広い範囲での利用が期待されます。

低コストで十分な性能を実現することが重要です。知恵を出し合いながら、工夫を凝らして、ユニークな装置の開発を一緒に進めて行きたいと思っています。

## [研究概要図]

現在は造血ホルモンであるエリスロポイエチン(EPO)のアイソフォームパターン分析に焦点を絞って研究を進めています。EPOは貧血の治療薬として組換え体が作られていますが、持久力アップのためのドーピングにも使われています。組換え体はアイソフォームパターンの違いで、天然型と区別できます。現在行われている方法は丸一日以上の時間と手間がかかるものですが、APCEでは10分以内に結果を出すことを目指します。

右図 APCE法 1) 蛍光標識したアフィニティープロブ(AP)を尿試料に加えて、EPOとの複合体を作ります。2) 内径50 μm のキャピラリー(毛細管)内で電気泳動を行って複合体を分離します。3) 蛍光検出によって、アイソフォームパターンを読み取ります。





## [概要] (特徴・独自性・新規性)

私たちの身体を、細菌やウイルスなどの病原体から守るしくみを**免疫系**とよびます。免疫系の重要な構成員に**補体**とよばれるタンパク質があります。補体は病原体が身体に侵入すると活性化し、病原体に結合します。すると、補体は病原体を処理する食細胞への目印となって速やかに処理されるようになり、さらに補体はMACを形成して病原体を破壊します(図1)。

ところが、補体が無秩序に活性化すると、自分の身体を攻撃し、さまざまな臓器に障害をひきおこしてしまいます。補体の代表選手を勤める**C3**を活性化するしくみは、レクチン経路・古典経路・第二経路の3つ(図2)がありますが、第二経路の暴走が臓器障害の原因となるケースが多いことがわかってきました。

当研究室では、第二経路の活性化に**MASP(MASP)-1/3**という補体因子が必須であることを突き止め、MASP-1/3を全身性エリテマトーデス(SLE)という膠原病のモデル動物で取り除くと、臓器障害が抑えられることを見つけました(図3,4)。現在、MASP-1/3を標的とする新しい薬剤の開発に取り組んでいます(図5)。

## [研究概要図]



図1, 病原体に対する補体の役割

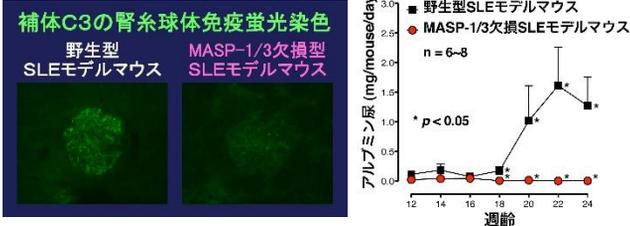


図3, SLEモデルマウスの腎臓への補体C3の沈着(左図)

図4, アルブミン尿(右図):MASP-1/3の遺伝子を人工的に欠損させた全身性エリテマトーデス(SLE)のモデルマウスでは、C3の腎糸球体への沈着量が減少し(左図:緑色の蛍光色)、腎障害の指標となるアルブミン尿が改善します(右図)。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

補体・第二経路の活性化が臓器障害に大きく関わってくる疾患として、関節リウマチやSLEといった膠原病や、クローン病や潰瘍性大腸炎といった炎症性腸疾患があります。また、脳梗塞や心筋梗塞のように、血流が遮断された臓器に血流が再開されると、第二経路が活性化され、臓器障害がかえってひどくなる現象(虚血・再還流障害)があります。近年、臓器移植法が改正され、これから臓器移植などで虚血・再還流障害が問題となるケースが増えてくることが予想されます。

当研究室で開発中の、MASP-1/3に特異的に結合して第二経路の活性化を抑える**抗MASP-1/3-モノクローナル抗体**とよばれる薬剤は、生物学的製剤ともよばれます。本研究が成功すると、補体の過剰な活性化が引き起こす、さまざまな炎症性の疾患への応用が期待でき、その中には現在治療が困難な難病も含まれます。そのためには産学でしっかりと連携し、開発に取り組むことが重要です。本研究にご興味のある方は、どうぞ遠慮なくご相談下さい。

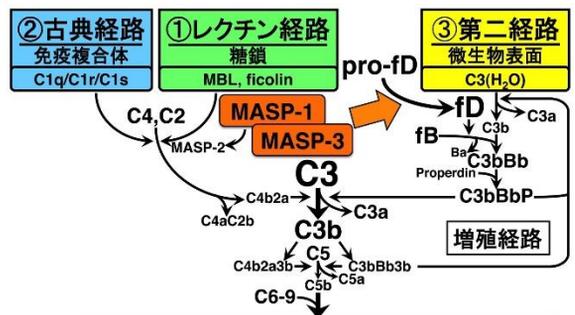


図2, C3を活性化3つの補体活性化経路とMASP-1/3の役割  
MASP-1/3は、未活性化型D因子(pro-fD)を活性化型D因子(fD)に変換することで、第二経路を活性化します。

**抗MASP-1/3-モノクローナル抗体**

MASP-1, MASP-3 → 抑制 → pro-fD → fD

**【おもな治療対象疾患】**

- ・ 膠原病 (SLE、関節リウマチ)
- ・ 炎症性腸疾患 (潰瘍性大腸炎)
- ・ 臓器の虚血・再還流傷害
- ・ 膜性増殖性糸球体腎炎
- ・ 加齢黄斑変性 など

図5, MASP-1/3を標的とする治療戦略(抗MASP-1/3-モノクローナル抗体の開発):

当研究室では、第二経路の活性化を抑える抗MASP-1/3-モノクローナル抗体の開発を目指しています。この開発が成功すると、難病にも指定されているさまざまな炎症性疾患の治療への応用が期待できます。



## [概要] (特徴・独自性・新規性)

### 染色体解析による線量評価

二動原体染色体は不安定型染色体であり、この染色体異常を持つ細胞は長期間生存することはなく細胞死に至るといわれていますが、一方で慢性的低線量被ばくにおいても検出可能であり生物学的線量評価に有用との報告もあります。また転座型染色体は安定型染色体異常であり、この染色体異常は放射線障害による確率的影響(悪性腫瘍の発症)と関係します。

我々の講座では、まずCT検査前後の末梢血リンパ球を用いて、二動原体染色体や転座型染色体を指標としたギムザ法やFISH法による染色体解析を行い生物学的線量評価方法の確立を目指しています。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

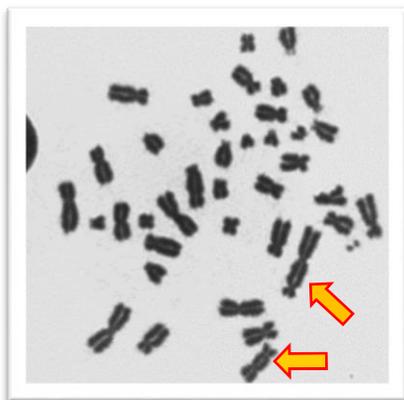
染色体解析の精度を上げるためには1サンプル当たりの解析細胞数を1000個以上にする必要があります。人による目視で解析するには熟練を必要とします。したがってギムザ法やFISH法を用いた短時間に解析可能なソフトの開発が必要と考えます。

本研究に関して興味のある企業/団体への学術指導や共同研究を希望します。

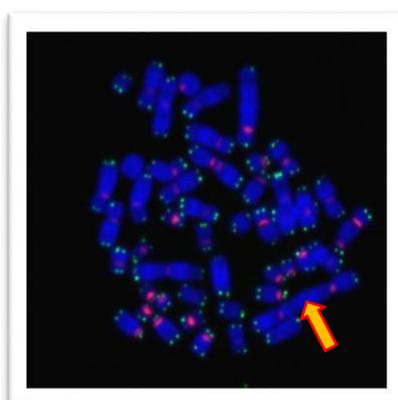
## [研究概要図]

### 染色体解析による線量評価

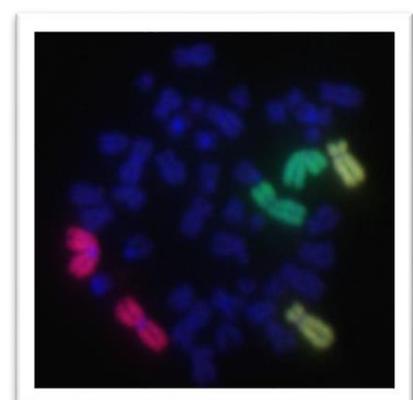
二動原体染色体及び転座による線量評価。矢印(→)は二動原体染色体を示す。



Giemsa法



FISH法



ペインティング法



## [概要] (特徴・独自性・新規性)

私たちの講座では疾患の原因となるものを中心に細菌・真菌・ウイルスの研究を行っています。解析の中心となるのは実際に様々な病原微生物を培養して解析する技術、次世代シーケンサーなど最新の方法を使ってDNA解析から菌種同定や常在菌叢の解析を行う技術、そして宿主動物の免疫を解析する技術です。

現在、我々の健康と腸内細菌との関係が注目されていますが、必ずしも腸内にかかわらず、外界に接する体表面には多数の細菌が棲息し、健康に重要な役割を果たしています。我々の研究室では最新の研究法を駆使しながら、動物実験や人での実験も行うことが可能で、総合的に微生物と我々の健康との関係を解析しています。

## 産学連携の可能性と研究室からのメッセージ

これまで様々な食品関連の企業と食材の持つ抗菌・抗ウイルス活性の測定や腸内細菌叢に及ぼす作用の解析など産学共同研究として行ってきました。

ただ、微生物の解析が必要なのは食品関連の企業には限りません。同定が困難な微生物の同定や感染予防対策のための資材の開発など微生物が関与する多くの分野に貢献できるものと考えています。

これまで健康食品に関する研究は7社と、環境・衛生関連の微生物に関する研究は3社と、そして感染症に関する研究は10病院と共同研究を行ってきました。医学関連の微生物にご興味のある方はご遠慮なくご相談ください。

## [研究概要図]

### ・カシスによる抗ウイルス・細菌効果

上気道感染原因ウイルスへの感染阻止効果(%)



ジュースの希釈	インフルエンザ		RSV	アデノ	単純ヘルペス
	A	B			
10倍	99.0 ±1.0	100 ±0	95.1 ±1.1	72.9 ±3.4	99.8 ±0.1
200倍	17.2 ±0.9	37.3 ±8.5	96.4 ±0.7	27.5 ±6.6	93.2 ±2.1

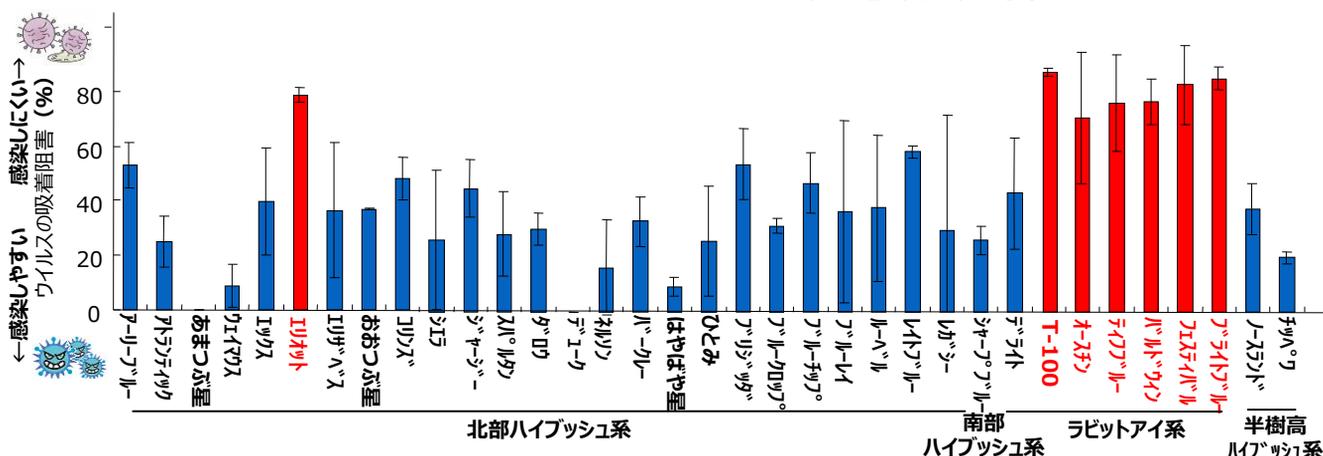
ジュースを5分間共存させた時の細胞株への吸着抑制試験

口腔内常在細菌への殺菌効果(%)

ジュースの希釈	インフルエンザ菌	ミュータンス菌
10倍	99.8	0
200倍	84.0	0

5分間細菌を処理した殺菌試験

### ・ブルーベリー(33倍希釈果汁)によるインフルエンザウイルス(H1N1pdm)感染阻害効果



[キーワード] 菌種同定、抗菌・抗ウイルス活性、正常細菌叢、健康食品、感染対策

