

ISSN 2186-6945

**Proceedings of Tokai University**  
**Research Institute of Science and Technology**

**東海大学紀要**

**総合科学技術研究所**

**2015 Vol.36**



**RIST**

**Research Institute of Science and Technology**

# 東海大学 紀要 総合科学技術研究所

---

Proceedings of Tokai University  
Research Institute of Science and Technology

**2015 Vol. 36**



# RIST

Research Institute of Science and Technology



## ご挨拶

資源とエネルギーに乏しい日本は科学技術をもって国を立てていく必要があります。先端性のある優れた研究を融合させてイノベーションを起こし、それらの成果を教育に還元することが大切です。

東海大学総合科学技術研究所は、1948年に設置された産業科学研究所をその前身とし、本学創立者松前重義博士の科学技術立国の思想を脈々と受け継いでいる研究所であり、東海大学の付置研究所としては、最も歴史の古い研究所であります。

当研究所は、その名の示す通り幅広い研究分野を対象とし、総合的な立場から東海大学の先端性の高い研究活動を推進することをミッションとしております。今後も学術的な貢献はもちろん、さらに地域への貢献、産官学の連携を視野に入れた研究を展開することを目指し活動して参ります。

さらに、当研究所では、創始者の科学技術立国の思想を継承し、本学の優れた研究を融合させて新たに特色ある学際的研究、すなわち、“研究の峰”を形成することを推進します。さらにその中から、産官を巻き込んで、わが国発のイノベーションを起こせるようプロジェクト研究を推進し、本学を代表する国際的な研究拠点を形成して国際社会に貢献したいと考え準備を進めています。今後、東海大学総合科学技術研究所は、単なる産官学連携の研究拠点として活動するだけでなく、企業と対等に組織的な研究連携を進め、多くの研究開発人材の大学への還流から、知の好循環と人材の好循環を生むような施策を立ててまいります。

2015年度「東海大学紀要 総合科学技術研究所」として研究論文を掲載し、研究所の活動の一端をご紹介しますので、ご高覧頂ければ幸いです。今後の研究所の活動に対しご指導ご鞭撻のほどお願い申し上げます。

東海大学総合科学技術研究所

所長 山口 滋

## 目次—CONTENTS—

- 総合科学技術研究所 所長挨拶.....2
  
- 高速度ビデオでの運動解析プログラムの開発  
— 比較的最近の GPU を用いたトレース高速化—.....4  
    横 山 直 樹 (総合科学技術研究所)
  
- 雲による太陽 UV-B 放射の増強効果の初期観測結果.....8  
    竹 下 秀 (総合科学技術研究所)
  
- オルトエステルを反応促進剤とする  
    N- (フェニルエチル) -2- ((トリメチルシリル) オキシ) アクリルアミドと  
    アルデヒドの向山— アルドール反応.....14  
    渡 邊 幹 夫 (総合科学技術研究所、理学部化学科)  
    本 田 佳 子 (理学部化学科)
  
- 2015 年度総合科学技術研究所 活動記録.....20
  
- 2015 年度プロジェクト研究  
    (総合研究機構プロジェクト研究分) 課題紹介..... 22

# 高速度ビデオでの運動解析プログラムの開発 — 比較的最近の GPU を用いたトレース高速化 —

横山直樹（東海大学・総合科学技術研究所）

## Development of Versatile Motion Analysis Program(VMAP) – Even more parallel processing of correlation with GPGPU –

Naoki YOKOYAMA (Research Institute of Science and Technology, Tokai University)

キーワード：運動解析、相関計算、高速度ビデオグラフィ、GPGPU、高速化  
Keywords: Motion analysis, Template Matching, High-speed videography, Latest GPU

Motion analysis program for images acquired by high-speed videography was developed and tested so far. In the case of actual analysis scene, particle or object density can be very high. So some scheme of distributed computation will be required for practical use of this program. This time CUDA and OpenCL were adapted to perform cross-correlation calculation. Using GPU as calculation device, processing time can be reduced drastically. And using latest GPU and/or CUDA even more efficient parallel processing could be done.

### 1. はじめに

前報までで高速度ビデオシステムによって記録された動画を対象とし、対象物体の運動を自動解析するプログラムを開発し、その有効性を実験的に検証してきた。特に時間分解能を高めた高速度ビデオシステムにおいては、空間分解能に制限があり、各フレームにおける対象物体の位置の計測精度が低くなりがちであるが、画像相関値を評価関数とし、その極大値が得られる位置を物体位置として把握するアプローチでは、位置情報をサブピクセルの単位で求めることが可能であること示した。しかし正規化相関を用いたアプローチでは、その計算量が膨大になるために、実用的にはなんらかの計算負荷軽減が必要である。このために、CPUの多重コア利用による並列化、ネットワーク分散処理などを試みてきたが、最近多用されるようになってきた GPU を活用する方法が有効であることを示した。本論文では GPU の利用をさらに効率化する試みについて述べる。

### 2. VMAP(Versatile Motion Analysis Program for ultra high-speed videography)

物体の着目領域である ROI (Region of Interest) は、フレーム毎に相互相関値の極大点を探索することで追跡できる。この場合の相互相関値 (Zero-mean Normalized Cross-Correlation: ZNCC) は次の式で与えられる。

$$\frac{\sum (f_i - \bar{f}) \times (g_j - \bar{g})}{\sqrt{\sum (f_i - \bar{f})^2} \times \sqrt{\sum (g_i - \bar{g})^2}}$$

ここで  $f_i$  と  $g_i$  はそれぞれ ROI と探索対象画像上にとったその対応部分上の画素を示す。 $\bar{f}$  と



$\bar{g}$  は対象領域にわたって計算された画素の輝度の平均値である。対象物体の運動部位については、基本的に剛体運動を仮定している。ただし純粋な並進運動だけでなく、物体内部および外部の基準点のまわりの回転運動にも対応できる。干渉像における干渉縞の広がりのような場合には、対象の運動が剛体運動ではないが、この場合は手動で解析するなどの方法で対応できる。この式に従って計算する場合、まず平均値を求めるために、対象領域の全画素の輝度値を拾い、その総和を求め、それを画素数で割り、次にこの平均値との差の積和を求めるというように2回の全画素スキャンが必要とされるが、計算の工夫をすることでこの画素スキャンを1回に抑えることができる。

### 3. 実験 最新 GPU による相関計算高速化

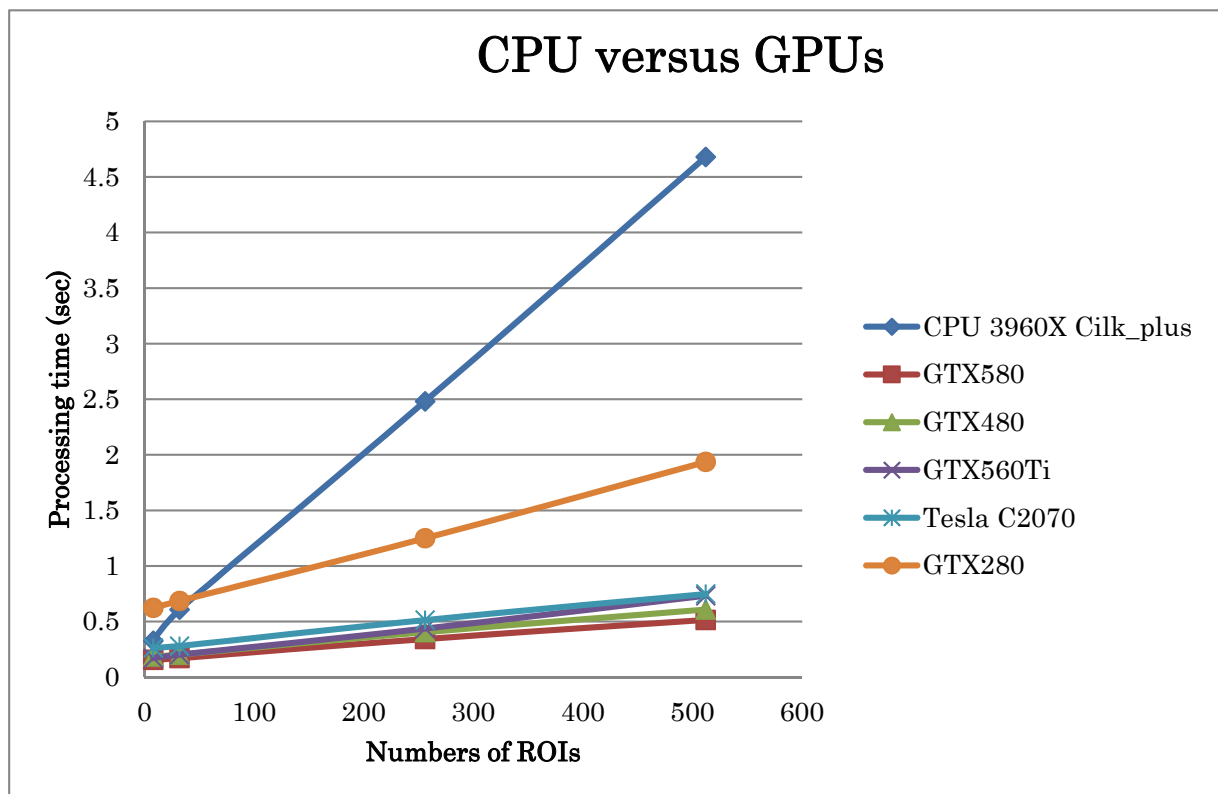


Fig. 1 CPU and Various GPUs comparison

種々の GPU や、CPU の多重利用による並列化の処理時間を Fig.1 に示す。ここで、比較的新しい GPU では処理時間の短縮化が達成できているが、この傾向はもっと新しい最近の GPU では頭打ちになっている。その状況を次の Fig.2 に示す。

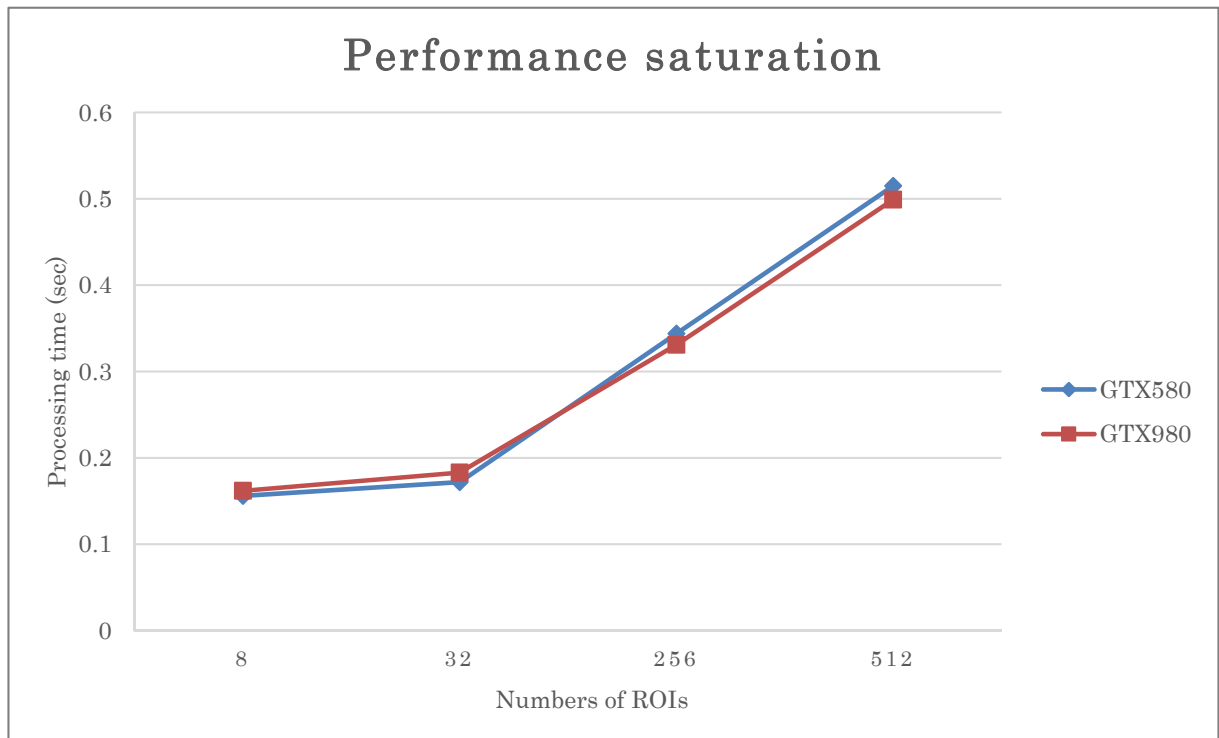


Fig.2 Performance saturation of GTX980 GPU

上図において、比較的新しい GPU である GTX980 を用いてもパフォーマンスの向上はわずか 2% 程度であった。これには様々な原因があると考えられるが、GPU をサポートする Nvidia が供給するライブラリである CUDA のバージョンが古く、新しい GPU の効率的な演算を十分に利用できていないことが考えられる。上図で使用した CUDA のバージョンが当時の最新の 5.5 であったが、今では 8.0 が使用可能である。また GPU のアーキテクチャーも年々進歩してきており、新しい GPU とそれをサポートしている CUDA の新しいバージョンを用いることことで、全く同一のコードでも再ビルドするだけで数%以上のパフォーマンスの向上が期待できる。そこで上図の GTX580 および GTX980 に加えて、最新の GTX1080 を CUDA5.5 と 8.0 でビルドしたプログラムを作成し、パフォーマンスを計測した。その結果を次の Fig. 3 に示す。ここでプログラムは一行も変更しておらず、GTX1080 の新しい”PASCAL”アーキテクチャーを全く活用していない。しかし基本的な GPU-CPU 間のメモリー転送効率の向上などにより、図のように GTX980->GTX1080 の変更で、ROI512 個の場合の処理時間が、0.499 秒から 0.422 秒と 15%程度の処理時間の短縮が達成できた。CUDA5.0->8.0 の変更により GTX980 の場合で、0.49 秒から 0.459 秒へと 6%短縮、GTX1080 の場合で、0.422 秒から 0.409 秒へと 4%の短縮が達成できた。GTX1080 アーキテクチャーを活用して、CUDA コードを書き換えれば、さらに短縮化が可能ははずである。

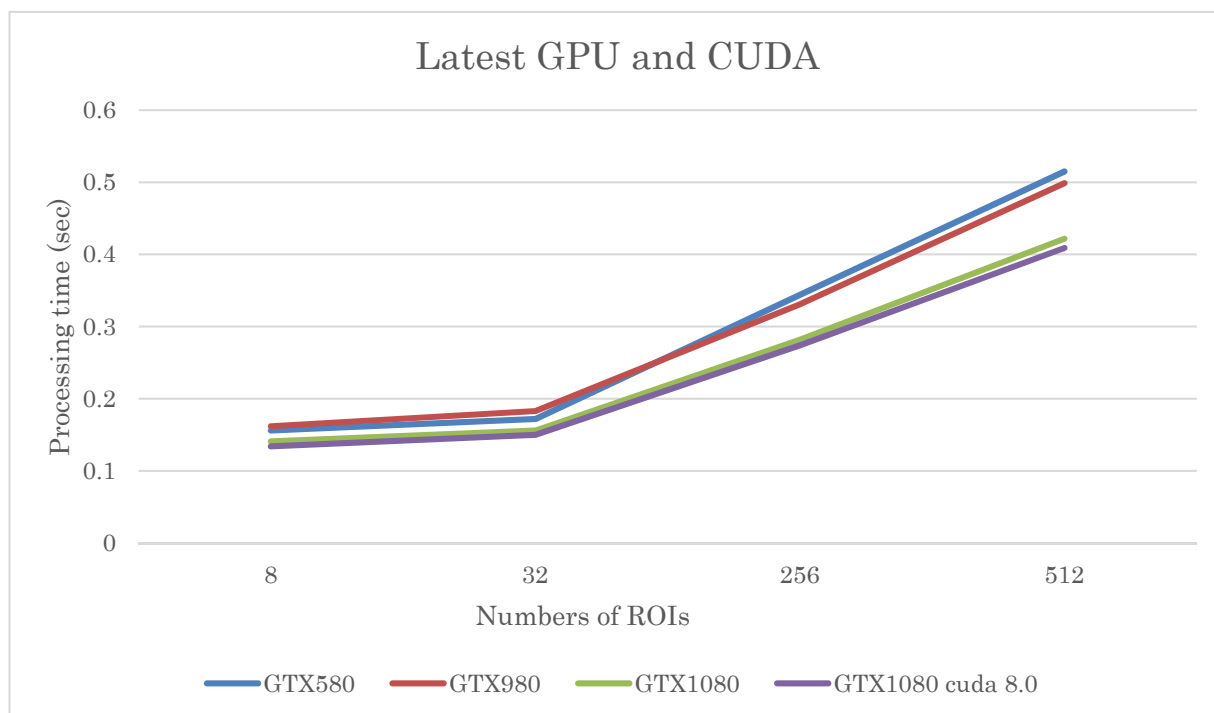


Fig.3 Performance of relatively recent GPU and/or CUDA

#### 4. 結論

比較的新しいGPUとCUDAライブラリを利用することで、元のコードを一行も変更することなく、パフォーマンスを数%程度向上させることができた。よりあたらしいGPUの新しく取り入れられたアーキテクチャーを積極的に活用するためには、GPU側のコードを一から書き直すことが必要となり、かなり困難な作業となる。そのためOpenACC等の半自動化高速化ツールを利用することが、使用者側には推奨される。OpenACC等のツールは現在検証している。

#### 参考文献

- [1] 東海大学 紀要 総合科学技術研究所 Vol.32 2011 pp.4-9
- [2] OpenMP <http://openmp.org/>
- [3] CUDA <http://developer.nvidia.com/category/zone/cuda-zone>
- [4] OpenACC <http://www.openacc.org/>



# 雲による太陽 UV-B 放射の増強効果の初期観測結果

竹下 秀（東海大学 総合科学技術研究所）

Preliminary results of evaluation on the enhancement of solar ultraviolet-B irradiance reaching the Earth's surface by clouds

Shu TAKESHITA (Research Institute of Science and Technology, Tokai University)

キーワード：雲, 増強, 太陽 UV-B 放射

Keywords: clouds, enhancement, solar UV-B radiation

## Abstract

In order to quantitatively analysis of the enhancement effect on the solar UV-B radiation (280 – 315 nm) reaching the Earth's by clouds, an all-sky cloud camera was installed at the Shonan Campus of Tokai University. Clouds are observed and analyzed combination with solar global and diffuse radiation. As preliminary results of this research, if there is no cloud in the front of the sun and low clouds or middle clouds exist around the sun, the amount of global solar UV-B radiation is increased than in cloudless sunny condition. Also, comparing the degree of enhancement, global total solar radiation (300 – 3000 nm) was more enhanced than that of solar UV-B radiation. The proportion of direct radiation of total solar radiation is larger than that of the UV-B radiation. According to results, this enhancement was caused by mutual reflection of direct radiation between the ground and the clouds.

## 1. はじめに

成層圏オゾン破壊によって増加が危惧されている太陽紫外 UV-B 放射（以後太陽 UV-B 放射と略記。波長 280 – 315 nm）は皮膚ガン、白内障、免疫力低下による感染症の増加をもたらすと報告されている。我が国の太陽 UV-B 放射観測は、筆者らが開発した太陽 UV-B 放射照度計（以後、太陽 UV-B 放射計）<sup>1)</sup>によって東海大学湘南校舎（北緯 35 度 21 分、東経 139 度 16 分、以後湘南校舎と略）において 1990 年に開始された。そして、太陽 UV-B 放射の量とその変動の特徴を世界で初めて明らかにした<sup>2) 3)</sup>。成層圏オゾン破壊問題は成層圏オゾンが破壊以前の状態に戻ると予測されている 2050 年頃まで計測と評価が必要な長期的な全地球規模の環境問題であり、様々な地域に展開して長期的に計測・解析することに意義がある。そこで、開発技術研究所は、東海大学の全国ネットワークを活用した地上観測網の整備を開始した。1996 年 6 月に東海大学宇宙情報センター（熊本、北緯 32 度 50 分、東経 130 度 52 分）に全天放射観測に限定したシステムを設置し、日射（波長 300 – 3000 nm）、太陽紫外 UV-A 放射（以後太陽 UV-A 放射と略記。波長 315 – 400 nm）、太陽 UV-B 放射の観測を開始した。1998 年 7 月には東海大学沖縄地域研究センター網取施設（西表島、北緯 24 度 20 分、東経 123 度 41 分）において、東海大学宇宙情報センターと全く同じ構成のシステムでの観測を開始した。沖縄地域研究センターでの観測は、2001 年 10 月の沖縄地域研究センター浦内施設（西表島、北緯 24 度 25 分、東経 123 度 47 分）開設にあわせて、2002 年 3 月に観測システムを浦内施設に移設し、現在に至っている。2000 年 9 月には、通信総合研究機構（現情報通信研究機構）稚内超高層大気観測施設（北緯 45 度 21 分、東経 141 度 49 分）にも同様の観測システムを設置し、日本列島を東西南北にカバーする観測体制が整った<sup>4)</sup>。太陽放射の観測網を Figure 1 に示す。

湘南校舎における観測では、導入当時の制御コンピュータの性能によって、20秒毎に観測し、5分毎の瞬時値と5分間の平均値を記録していた。コンピュータ技術は1990年代に飛躍的に向上した。ネットワーク観測点では10秒毎に観測し、これを全て記録する方式に変更した。この変更によって、太陽の全エネルギーである全天日射量の観測値が大気圏外における鉛直面での太陽放射照度である太陽定数 ( $1.366 \text{ kW/m}^2$ ) を超す時があることに気が付いた。しかし、1990年代当時はフィルムカメラの時代であり、フィルム交換が必須であった。このため、ネットワーク観測点では観測中の天候の記録は不可能であった。また、湘南校舎の観測システムの変更は、データの連続性に影響し、長期変動解析結果に影響を与える恐れがあったためできなかった。これらの理由のため、太陽定数を超える理由は長らく不明であった。2011年に本学情報理工学部の中島孝教授らによって雲カメラと一般気象観測装置が沖縄地域研究センターに設置された<sup>5)</sup>。この雲カメラによる観測時点での天候の状態と太陽放射の観測結果を組み合わせると明らかになった結果を Figure 2 に示す。

Figure 2 は 2014 年 4 月の快晴日 (24 日)、晴天日 (25 日)、曇天日 (17 日) の一日の太陽 UV-B 放射の変動と、同日の時々々の雲カメラの画像である。曇天日は全天が雲に覆われているため太陽 UV-B 放射量は最も小さい。一方、快晴日と晴天日を比較すると、25 日は 12 時前までは雲がなく快晴の状態であり、終日快晴であった前日 24 日と太陽 UV-B 放射量はほぼ同じであった。しかし、12 時過ぎより雲がかかり始めた。太陽の前面は雲がなく、太陽の周辺に雲が存在する時は、前日の快晴時よりも太陽 UV-B 放射量が増強されている。

これまで太陽 UV-B 放射の地上到達量は、上空のオゾンの量によって決定されると考えられてきた。しかし、この結果から、雲の影響も無視できないことが明らかになった。現在、地球の温暖化が課題となっている。この温暖化の影響で気候が変化し、その結果、発生する雲の種類と発生頻度に変化し、最終的には地上に到達する太陽 UV-B 放射量が増加する恐れがある。そこで、太陽放射の観測項目が充実している湘南校舎にも雲カメラを設置し、太陽放射の雲による増強効果をより定量的に解析して明らかにすることを目的に、本研究は開始された。

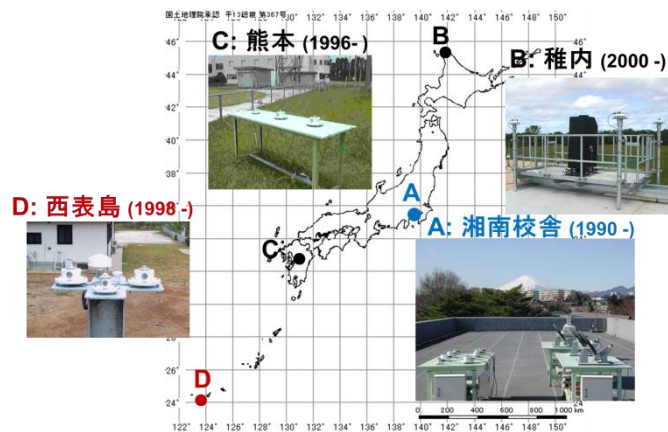


Figure 1 Solar radiation monitoring network of Research Institute of Science & Technology, Tokai University in Japan

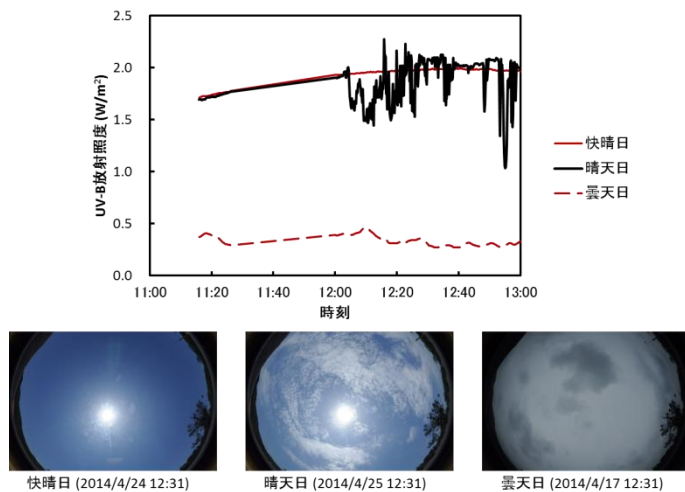


Figure 2 Enhancement of global Solar UV-B irradiance observed at Okinawa Region Research Center, Tokai University in Iriomote Island.

## 2. 湘南校舎における雲カメラと太陽放射観測システム

湘南校舎に雲カメラシステムを導入するにあたり、次の点を考慮した。

第1は安価であることである。筆者はオーロラ/大気光観測用の全天カメラシステムを開発し、運用した実績がある<sup>6)</sup>。しかし、このシステムは CCD カメラを除いて全て特注品であり極めて高価である。予算の制約上、安価なシステム構築を目指した。第2は全天空を記録することである。沖縄地域研究センターの雲カメラは、APS-C サイズの撮像素子を有する一眼レフカメラに、フルサイズ一眼レフカメラ用の全周魚眼レンズを取り付けたものである。このため全天空を記録することはできず、画像の一部がけられている。第3

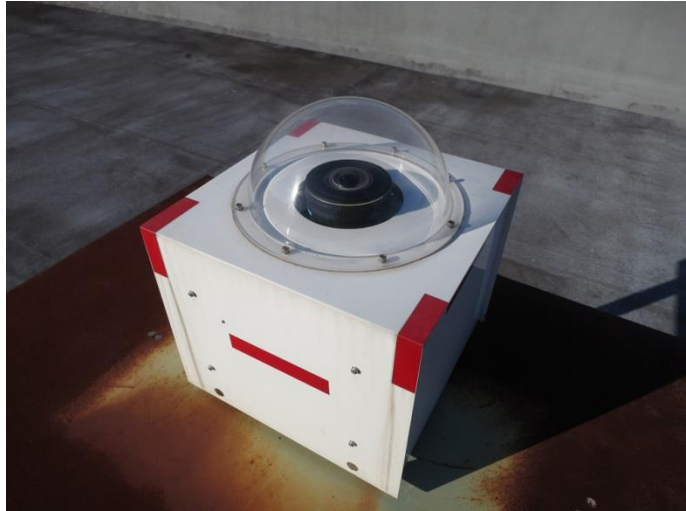


Figure 3 All-sky cloud camera installed at Shonan Campus, Tokai University.

は記録間隔である。Figure 2 に示す通り、雲の出入りに応じて放射量は鋭敏に応答していることがわかる。このために記録間隔は解析の際に重要である。記録間隔を例えば、1 秒間に 30 コマとすれば雲の動きを詳細に解析できるが、記録データ量が膨大になり、データ管理と解析に難がある。一方、沖縄地域研究センターでの観測のように 5 分毎に 1 枚では雲の動きが全く分からない。

これらの3点を考慮し、APS-C サイズの撮像素子を有する一眼レフカメラ (D5300、Nikon) に、APS-C サイズの一眼レフカメラ用全周魚眼レンズ (4.5 mm F2.8 EX DC Circular Fisheye、SIGMA) を取り付け、パーソナルコンピュータ制御でほぼ 60 秒毎に撮影・記録するシステムとした。全周魚眼レンズにはいくつかの射影方式があるが、この全周魚眼レンズは等立体角射影方式を採用している。このため雲量算出が容易である。カメラ本体は防水ケースに入れ、太陽放射観測システムの横に設置している。屋上に設置したカメラの写真を Figure 3 に示す。

制御用のパーソナルコンピュータは同じ建物の2階に設置している。一眼レフカメラはパーソナルコンピュータとの USB 接続により制御するが、USB の最大伝送距離は 5 m である。屋上に設置したカメラとは 30 m 離れているため、USB エキステンダー (UD-3/UR-3、ラウンド) を一眼レフカメラとパーソナルコンピュータ間に挿入している。一眼レフカメラの制御ソフトウェアには、フリーソフトウェアの digiCamControl (Duka István 氏作) を利用している。絞りは f11 に、感度は ISO100 に固定している。シャッター速度はその時々々の明るさによって自動的に調整される。このため、撮影間隔は常に 60 秒間隔ではなく、撮影が完了してから 60 秒後に次の撮影が開始される。撮影条件と撮影時間を正確に記録するために、一眼レフカメラ内蔵の GPS 機能を利用している。一眼レフカメラの時刻は、GPS により電源投入時とある一定の間隔で修正される。しかし、修正間隔は企業秘密のため開示されなかった。そこで、一眼レフカメラの電源をビデオタイマーで制御し、朝 6 時に電源を投入し、夜 7 時に電源を落とすこととした。撮影時間と撮影条件は Exif 情報として画像に記録されている。なお、この一眼レフカメラのシャッター寿命は 10 万回である。さらに太陽高度が低い場合は、太陽周辺の雲の状況が判別しにくい。そこで、撮影時間は 9 時から 14 時としている。

湘南校舎における観測項目は、1990 年の観測開始当初の項目に全天紫外分光放射量 (波長 295 - 400 nm) を追加しただけである。全天/散乱日射量、全天/散乱 UV-A 放射量、全天 DNA 放射量、全天/散乱 UV-B 放射量、全天紫外分光放射量、気温、相対湿度を観測している。日射量は日射計

(MS-801、英弘)、UV-A 放射量は UV-A 放射計 (MS-212A/MS-210A/MS-140、英弘)、UV-B 放射量は UV-B 放射計 (MS-212W/MS-210W、英弘) で観測している。それぞれの散乱放射量は、これらの計測器に遮蔽バンド (MB-11、英弘) を取り付けて観測している。日射計、UV-A 放射計、紫外分光放射計は製造会社による校正を実施し、UV-B 放射計は独自に開発した校正装置<sup>7)</sup>によって校正している。

各計測器の観測データは 20 秒毎にデータロガー (Cadac3、江藤) によって計測され、制御用のパーソナルコンピュータに記録される。制御用パーソナルコンピュータの時刻は NTP サーバーと同期するようにし、制御用パーソナルコンピュータからデータロガーに対してデータ取得命令を出すようにしている。この計測システムは 2001 年 4 月に更新したものである。

### 3. 初期観測結果と考察

雲カメラによる観測体制を整えた直後の 2015 年 7 月 15 日の日射の観測結果を Figure 4 に示す。この日の最大値は 9 時 33 分 00 秒 (太陽高度 : 57.4 度、大気光路長 : 1.19) に  $1.253 \text{ kW/m}^2$  を記録している。この日の南中時刻は 11 時 49 分 (太陽高度 : 76.2 度、大気光路長 : 1.03) であり全天日射量は  $0.960 \text{ kW/m}^2$  であった。快晴時に大気による吸収と散乱による減衰だけを考えた場合、9 時 33 分に最大値を記録することは理論上ありえない。Exif 情報より判断した 9 時 33 分 04 秒と 11 時 49 分 03 秒に撮影された天空写真を Figure 5 に示す。Figure 5 において、画像の上が北、左が東である。写真に写し込まれている時刻とファイルに記録されている Exif 情報とで時刻にずれが生じている。この原因は今後確認する必要がある。この日の南中時刻である 11 時 49 分は快晴であるが、9 時 33 分は太陽の周囲の広範囲に低層雲か中層雲がかかっていることが分かる。11 時 49 分の写真で、太陽のすぐ西側に南北方向に細長い雲のように見える白い像はドームの傷である。9 時 33 分前後の雲の動きを確認すると、この雲は南東から北西の方向に移動しており、雲と雲の間にはわずかであるが隙間がある。

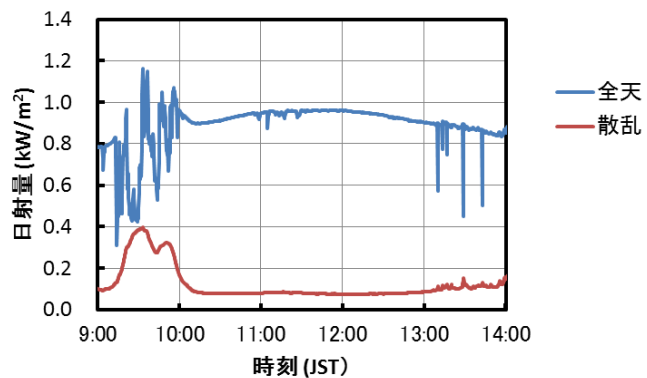


Figure 4 Global and diffuse total irradiances measured at Shonan Campus, Tokai University (2015/07/15).

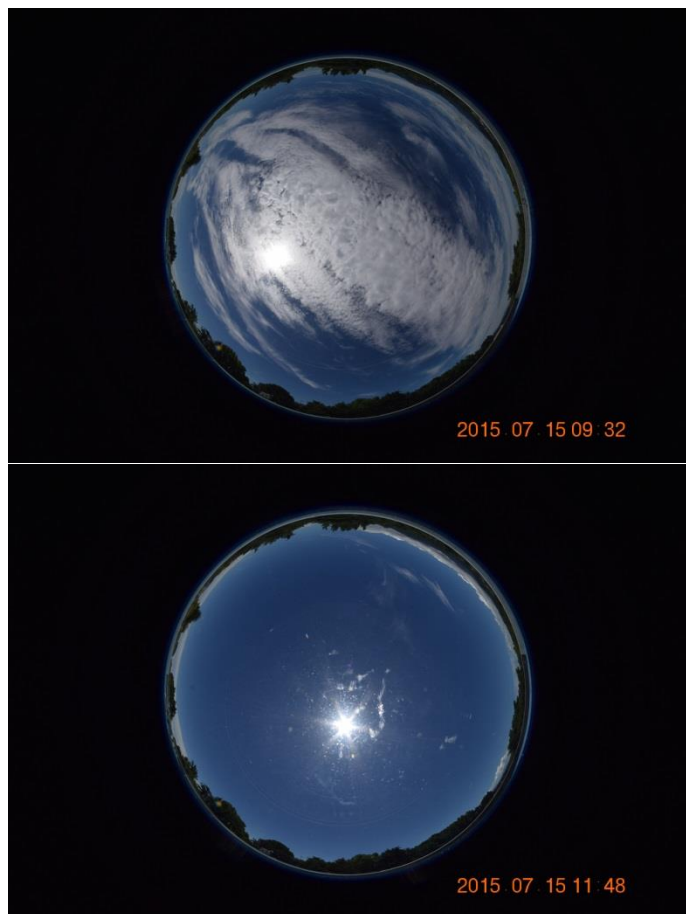


Figure 5 All-sky photographs at 9:33:03 JST (upper panel) and 11:49:03 JST (lower panel)



次に、散乱日射量を解析する。全天日射が最大値を記録した 9 時 33 分 00 秒には、散乱日射量もこの前後の時間帯における最大値である  $0.396 \text{ kW/m}^2$  を記録している。一方、快晴であった南中時である 11 時 49 分 00 秒では、 $0.075 \text{ kW/m}^2$  である。全天日射量は全天空からの日射の量であり、散乱日射量は太陽方向以外からの日射の量である。これらの結果から、全天日射量に占める散乱日射量の割合を計算すると、9 時 33 分 : 34 %、11 時 49 分 : 7.8 % となる。すなわち、最大値を記録した 9 時 33 分 00 秒は、快晴の南中時に比較して散乱日射の成分が明らかに多く、全天日射量が増加した原因は、散乱日射量が増加したためであることが判明した。

全天 UV-B 放射量及び散乱放射量の観測結果を Figure 6 に示す。UV-B 放射量は、9 時 33 分 00 秒に全天 :  $1.947 \text{ W/m}^2$ 、散乱 :  $0.944 \text{ W/m}^2$ 、11 時 49 分 00 秒に全天 :  $2.242 \text{ W/m}^2$ 、散乱 :  $0.846 \text{ W/m}^2$  を記録している。全天日射量の観測結果 (Figure 4) と比較すると、全天 UV-B 放射量も、9 時 33 分前後に放射量が増強されているが、日射と比較すると増強の割合は小さいことが分かる。また、散乱 UV-B 放射量も、散乱日射量同様に、この 9 時 33 分前後に多くなっていることが分かる。散乱放射量が全天放射量に占める割合を計算すると、9 時 33 分 : 48.5 %、11 時 49 分 : 37.7 % となる。すなわち、全天 UV-B 放射量が増加した原因は、全天日射が同時刻に増加した理由と同様、散乱 UV-B 放射量が増加したためであると判明した。ここで雲による増強効果の原因を考察する。

雲が太陽の前面にかかっているときは、雲によって遮蔽されるため日射、UV-B 共に大きく減少する。一方、雲が太陽の前面にかかっておらず、太陽の周囲に低層から中層の存在する場合は、直達放射 (全天放射量から散乱放射量を差し引いた量) は、減衰せずに地上に到達する。地上に到達した直達放射のうち、地上の状態にもよるが 5 % から 20 % は上空に反射される。上空に反射した直達放射は、上空を覆う雲により雲の種類によるが 20 % から 80 % 程度は再度反射<sup>8)</sup>されて散乱放射として地上に戻る。この結果、増強が発生したと考えることができる。UV-B 放射のほうに雲による増強効果が小さい理由は、UV-B 放射は、増強効果に寄与する直達放射として地上に到達している量が少ないため、増強効果が現れにくいと考察される。

雲がかかっていた 9 時 33 分前後の散乱放射の短時間の変化の様子を、全天放射量の短時間の変化の様子を比較する。日射及び UV-B 放射ともに、全天放射は時刻の変化に伴い細かく変動しているが、散乱放射は変化の仕方が緩やかである。この理由は、太陽への雲のかかり方や、雲の厚さなどによると考えられるが、今後の検討課題の一つである。

#### 4. 結論

太陽 UV-B 放射の地上到達量は、上空のオゾンの量によって決定されると考えられてきた。しかし、雲カメラとの連携した観測の結果、雲は太陽光を遮蔽する効果もあるが、太陽に雲がかかっておらず、太陽の周辺に低層か中層の雲がある条件下では地上に到達する太陽光を増強することが明らかになった。この増強効果の程度は、日射が大きく、太陽 UV-B 放射は小さい。これは、増強に寄与する直達放射量の割合が日射のほうが UV-B 放射よりも多いためと考察された。現在、地球の

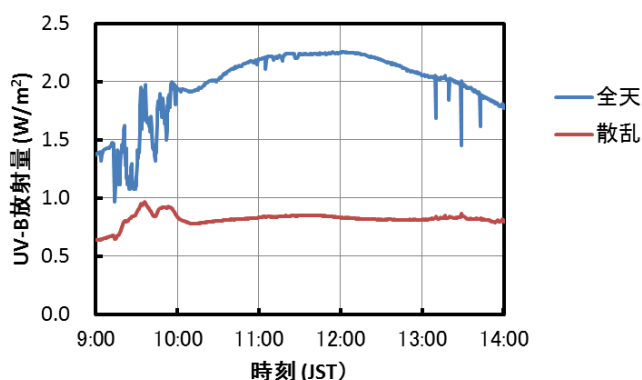


Figure 6 Global and diffuse UV-B irradiances measured at Shonan Campus, Tokai University (2015/07/15).

温暖化が課題となっている。この初期測定結果は、温暖化の影響で気候が変化し、その結果、発生する雲の種類と発生頻度が変化し、最終的には地上に到達する太陽 UV-B 放射量が変化する恐れがあることを意味する。太陽放射量の長期的な観測を継続するとともに、雲による増強効果量の定量的な解析と発生頻度の解析を、推進する必要がある。また、地上に到達する太陽 UV-B 放射量は、本論文で取り上げた雲以外にも、大気の流れの影響を受けることが明らかになりつつある<sup>9)</sup>。これらについても測定と解析を進め、広い視点で太陽 UV-B 環境と地球環境の変動を観測・解析する必要があると考える。

最後に、本研究の実施にあたり、有用な一眼レフカメラの制御ソフトウェアを開発した Duka István 氏と、カメラ用の防水ケースを貸与して頂いた本学情報理工学部の中島孝教授に謝意を表します。

## 5. 参考文献

- [1] 竹下秀, 坂田俊文, 佐々木政子: 太陽紫外 UVB 放射計の開発と諸特性の評価, 照明学会誌, **78** (10), 537-544 (1994).
- [2] Sasaki, M., S. Takeshita, M. Sugiura, Y. Miyake, Y. Furusawa and T. Sakata: Ground-based observation of biologically active solar ultraviolet-B irradiance at 35°N latitude in Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, **45**, 473-485 (1993).
- [3] Sasaki, M., S. Takeshita, M. Sugiura and T. Sakata: An increase in the global solar ultraviolet-B irradiance at 35°N in Japan since 1990, *J. Geomag. Geoelectr.*, **46**, 827-834 (1994).
- [4] Takeshita, S. and M. Sasaki: Solar radiation monitoring network of Tokai University, Japan. *Proc. SPIE*, **5156**, 303 – 310 (2003).
- [5] 中島孝, 竹下秀他: 沖縄西表島における気象観測と雲観測の意義, 西表島研究 2010, p. 64 – 69 (2011).
- [6] 岡田雅樹, 竹下秀他: 南極点全天撮像装置の概要と初期データ解析, 南極資料 **41**(3), 613-630 (1997).
- [7] 竹下秀: 南極点全天撮像装置の概要と初期データ解析, 東海大学紀要総合科学技術研究所 **35**, 28-33 (2016).
- [8] 早坂忠裕: 雲の放射特性の基礎, 低温科学 **72**, 145-150 (2014).
- [9] Takeshita, S. and S. Matsumoto: The influence of weather conditions to the UV irradiance on the earth's surface. *Photomed. Photobiol.*, **36**, 73-74 (2014).

オルトエステルを反応促進剤とする  
N-（フェニルエチル）-2-（（トリメチルシリル）オキシ）アクリル  
アミドとアルデヒドの向山-アルドール反応

渡邊 幹夫（東海大学 総合科学技術研究所、理学部化学科）  
本田 佳子（東海大学理学部化学科）

The Mukaiyama-aldol Reaction of N-(1-Phenylethyl)-2-((trimethylsilyl)oxy)acrylamide  
with Aldehydes in the Presence of Orthoester as a Reaction Accelerator

Mikio WATANABE (Tokai University Research Institute of Science and Technology,  
Tokai University Department of Chemistry, School of Science)  
Yoshiko HONDA (Tokai University Department of Chemistry, School of Science)

キーワード：向山-アルドール反応、N-（フェニルエチル）-2-（（トリメチルシリル）オキシ）アクリルアミド、オルトエステル、三フッ化ホウ素

Keywords: Mukaiyama- aldol reaction, Reaction Accelerator,  
2-(Trimethylsiloxy)acrylate, Orthoester

Abstract

We have found that the Lewis acid sensitive 2-(trimethylsiloxy)acrylate reacted with aldehydes to afford corresponding Mukaiyama-aldol adducts in good yield by using boron trifluoride as a catalyst in the presence of orthoester as a reaction accelerator.<sup>1)</sup>

We described here that the N-(1-phenylethyl)-2-((trimethylsilyl)oxy)acrylamide also react with aldehydes in a similar manner to give Mukaiyama-aldol adducts in good yields.

1. はじめに

ピルビン酸エステルのシリルエノールエーテルである 2-(トリメチルシロキシ)アクリル酸エチル (**2**)<sup>(1),(5)</sup>は、向山-アルドール反応に用において、通常よく用いられる四塩化チタンを触媒とした場合は、**2** が分解してしまいアルドール付加物を得ることができない。このような場合、比較的温和なルイス酸である三フッ化ホウ素・ジエチルエーテルを触媒として用い、さらにメタノールなどのアルコールを共存させることにより向山-アルドール反応がスムーズに進行することを見出し報告している。<sup>3)</sup> 一方、昨年度、東海大学紀要総合科学技術研究所 紀要において、オルトエステル類が酸に不安定なシリルエノールエーテルの向山-アルドール反応におい

て、アルコールよりさらに優れた反応促進効果を示すことを見出し報告している。<sup>(6)</sup>

今回、同様に四塩化チタンなどの強いルイス酸に対して不安定なシリルエノールエテルで、分子内にアミド結合を有する N-(フェニルエチル)-2-((トリメチルシリル)オキシ)アクリルアミド (**3**) も三フッ化ホウ素・ジエチルエーテル触媒下、オルトギ酸トリメチルを反応促進剤として共存させることにより、アルデヒド類との向山-アルドール反応がスムーズに進行することを見出した。

## 2. 結果と考察

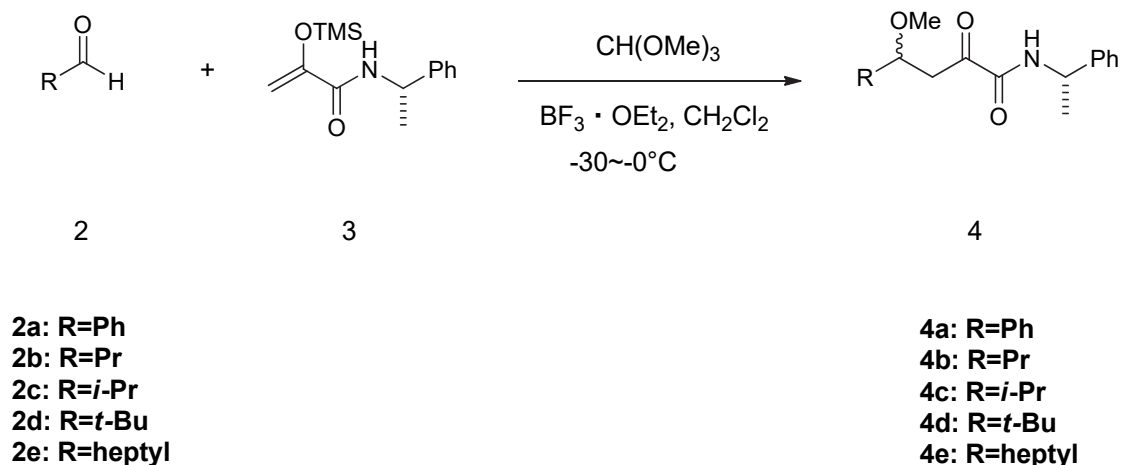
$\gamma$ -ヒドロキシ- $\alpha$ -ケトアミドは、昨年度報告した  $\gamma$ -ヒドロキシ- $\alpha$ -ケト酸誘導体<sup>(4)</sup>の一つで、合成化学上重要な構成要素の一つであり注目を集めている化合物である。この骨格を合成するために、昨年度報告した 2-(トリメチルシリルオキシ)アクリル酸エチル (**1**) とアルデヒド類との反応を応用し、N-(フェニルエチル)-2-((トリメチルシリル)オキシ)アクリルアミド (**3**) を用い同様にアルデヒド類との反応を行えば、容易に合成できるものと考えた。

まず、通常の向山-アルドール反応に用いられる四塩化チタンを触媒に用い **3** とベンズアルデヒドとの反応について検討したが、反応は全く進行しなかった。さらに、三フッ化ホウ素・ジエチルエーテル触媒下 **1** とアルデヒドとの反応において有効であったメタノールを反応促進剤と用いてもアルドール反応は進行せず、 $\gamma$ -ヒドロキシ- $\alpha$ -ケトアミドは得られなかった。

そこで、**1** を用いるアルドール反応において有効であったオルトエステル的一种であるオルトギ酸メチルを反応促進剤<sup>(6)</sup>として用い、三フッ化ホウ素・ジエチルエーテル触媒下、アルデヒド類と **3** との反応を行ったところ反応はスムーズに進行し対応する  $\gamma$ -ヒドロキシ- $\alpha$ -ケトアミドのヒドロキシル基がエーテル化された  $\gamma$ -メトキシ- $\alpha$ -ケトアミド誘導体が見出された。

すなわち、ジクロロメタン溶媒中-30~0℃で三フッ化ホウ素・ジエチルエーテルを触媒とし、オルトギ酸トリメチルを共存させ、ベンズアルデヒドと **3** の反応を行ったところ反応はスムーズに進行し対応するアルドール付加物 4-メトキシ-2-オキシ-4-フェニルブタン酸エチル (**4a**) を 55% (ジアステレオ比 1 : 1.6) の収率で得た。





Scheme 1

次に、他のアルデヒドとしてプロピオンアルデヒド、イソブチルアルデヒド、ピバルアルデヒド、オクタナールを用い同様に反応を行ったところ、プロピオンアルデヒドを用いた場合 43% (ジアステレオ比 1 : 1)、イソブチルアルデヒドの場合 54% (ジアステレオ比 1 : 1)、ピバルアルデヒドの場合 34% (1 : 1.3)、オクタナールの場合 45% (ジアステレオ比 1 : 2.5) で各々対応するアルドール付加物 **4b~e** を得た。その結果を、Table 1 にまとめた。

Table 1. The reaction of **2** with **aldehydes** in the presense of **trimethyl orthoformate**

entry	aldehyde	temp.(°C)	time(h)	product <b>4</b>	diastereo ratio	yield(%)
1	PhCHO	-30~0	1	<b>4a</b>	1 : 3	55
2	PrCHO	-30~0	1	<b>4b</b>	1 : 1	43
3	<i>i</i> -PrCHO	-30~0	1	<b>4c</b>	1 : 1	54
4	<i>t</i> -BuCHO	-30~0	1	<b>4d</b>	1 : 1.3	34
5	heptylCHO	-30~0	1	<b>4e</b>	1 : 2.5	45

### 3. 実験

#### N-(フェニルエチル)-2-((トリメチルシリル)オキシ)アクリルアミド (**3**)

窒素雰囲気下、(S)-2-オキシ-N-(1-フェニルエチル)プロパナミド 0.286g (1.5 mmol) の 5mL THF 溶液に塩化トリメチルシラン 0.173 g (1.6mmol) の 5mLTHF 溶液を加えた後、攪拌しながらトリエチルアミン 0.760 g (7.5mmol) の 5mLTHF 溶液をゆっくり滴下し、室温で 4 時間攪拌し反

応させた。反応終了後、石油エーテル 30mL を加え、20 分攪拌した後、セライトをろ過補助剤として用い沈殿物をろ過した。ろ液をエバポレータで減圧濃縮し、溶媒を除去した後、得られた **3** を単離精製することなくそのまま次の反応に用いた。

#### オルトギ酸トリメチル存在下でのアルデヒド類と(S)-2-オキシ-N-(1-フェニルエチル)プロパナミド (**3**) との向山-アルドール反応

窒素雰囲気下、-30°においてベンズアルデヒド0.106 g (1.0mmol) の4 mLジクロロメタン溶液に、オルトギ酸トリメチル0.106g(1 mmol)の 4 mLジクロロメタン溶液および(S)-2-オキシ-N-(1-フェニルエチル)プロパナミド0.263g(1.0 mmol)の4 mLジクロロメタン溶液を加えた後、三フッ化ホウ素エーテラート0.125mL (1.0mmol) をゆっくり滴下し、攪拌しながら反応温度を-30~0°まで1時間かけてゆっくり昇温し反応させた。反応終了後飽和炭酸水素ナトリウム水溶液10mL 加え処理し、ジクロロメタン (20mL×3) で抽出した。有機層を飽和食塩水で洗浄した後、無水硫酸マグネシウムで乾燥した。生成物をシリカゲルクロマトグラフィー (溶出溶媒 エーテル:石油エーテル=1:2) を用い単離精製したところ、4-メトキシ-2-オキシ-4-フェニル-N-((S)-1-フェニルエチル)ブタナミドを0.223 g、収率72% (ジアステレオ比1:1.6) で得た。

アルデヒドとしてプロピオンアルデヒド、イソブチルアルデヒド、ピバルアルデヒド、オクタナールを用い同様に反応を行った。収率およびジアステレオ比はTable 1ににまとめた。

**4a~e**のスペクトルデータを以下に示す。

#### **4-methoxy-2-oxo-4-phenyl-N-((S)-1-phenylethyl)butanamide (4a) :**

IR 2950, 1730, 1695, 760, 695cm<sup>-1</sup>; MS (70ev):311 (M<sup>+</sup>) ; a <sup>1</sup>H NMR (300 MHz,CDCl<sub>3</sub>) data : δ= 1.55 (d, 3H, J=6.9 Hz),3.08 (dd, 1H, J=16.5, 4.5 Hz), 3.17 (s, 3H),3.47 (dd, 1H, J=16.5, 9.0 Hz), 4.76 (dd, 1H, J=9.0, 4.5 Hz),5.07 (quint,1H, J=6.9 Hz), 7.14 (bd, 1H) 7.27-7.40 (m, 10H); <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data :δ=22.29, 46.28, 57.34, 79.80, 126.86, 127.38, 128.78, 129.31, 142.82, 159.72, 197.17; b <sup>1</sup>H NMR (300 MHz,CDCl<sub>3</sub>) data : δ=1.15 (d, 3H, J=6.9 Hz), 3.21 (dd, 1H, J=16.5, 4.5 Hz), 3.19 (s,3H), 3.45 (dd, 1H, J=16.5, 9.0 Hz),4.79 (dd, 1H, J=9.0, 4.5 Hz), 5.07 (quint, 1H, J=6.9 Hz), 7.14 (1H, bd), 7.27-7.40 (m, 10H); <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=22.26, 46.33, 49.71, 79.83, 126.83, 127.38, 128.41, 128.78, 129.49, 142.75, 159.72, 197.17

#### **4-methoxy-2-oxo-N-((S)-1-phenylethyl)heptanamide (4b) :**

IR 2950, 1720, 1680, 750, 690cm<sup>-1</sup>; MS (70ev): 277 (M<sup>+</sup>) ; a <sup>1</sup>H NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ= 0.93 (t, 3H, J=7.2 Hz),1.30-1.51 (m, 4H), 1.54 (d, 3H, J=6.9 Hz), 2.99 (dd, 1H, J=16.5, 5.1 Hz), 3.17 (dd, 1H, J=16.5, 7.8 Hz),3.31 (s, 3H), 3.72-3.79 (m, 1H), 5.06 (quint, 1H, J=6.9 Hz), 7.18-7.20 (bd, 1H) 7.26-7.38 (m, 5H); <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ= 18.95, 25.05, 42.32, 49.69, 57.39, 77.37, 126.81, 128.31, 129.44, 142.82, 159.92, 198.46; b <sup>1</sup>H NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=0.92 (t, 3H, J=7.2 Hz), 1.30-1.51 (m, 4H), 1.54 (d, 3H, J=6.9 Hz), 2.95 (dd, 1H, J=16.5, 5.1 Hz), 3.15 (dd, 1H, J=16.5, 7.8 Hz),

3.30 (s,3H), 3.72-3.79 (m, 1H), 5.07 (quint, 1H, J=6.9 Hz), 7.18-7.20 (1H, bd), 7.26-7.38 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=14.45, 22.23, 36.80, 49.69, 57.44, 77.37, 126.84, 128.36, 129.44, 142.90, 159.92, 198.46

**4-methoxy-5-methyl-2-oxo-N-((S)-1-phenylethyl)hexanamide(4c) :**

IR 2980, 1740, 1680, 770, 700cm<sup>-1</sup>; MS (70ev):277 (M<sup>+</sup>) ; a <sup>1</sup>H NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ= 0.90 (d, 3H, J=6.6 Hz),0.92 (d, 3H, J=6.6 Hz), 1.55 (d, 3H, J=7.2 Hz), 1.94 (doctet, 1H, J=6.6, 2.1 Hz), 2.90 (dd, 1H, J=13.5, 3.9 Hz), 3.11 (dd, 1H, J=13.5, 8.4 Hz),3.30 (s, 3H), 3.56-3.65 (m, 1H), 5.07 (quint, 1H, J=7.2 Hz), 7.18 (bd, 1H) 7.26-7.38 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=17.87, 18.69, 22.26, 31.25, 49.69, 58.24, 82.20, 126.84, 128.33, 129.44, 142.80, 159.93, 198.80; b <sup>1</sup>H NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=0.90 (d, 3H, J=6.6 Hz), 0.91 (d, 3H, J=6.6 Hz), 1.57 (d, 3H, J=7.2 Hz), 1.93 (doctet, 1H, J=6.6, 2.1 Hz), 2.97 (dd, 1H, J=13.5, 3.9 Hz), 3.06 (dd, 1H, J=13.5, 8.4 Hz), 3.30 (s,3H), 3.56-3.65 (m, 1H), 5.07 (quint, 1H, J=6.9 Hz), 7.18 (1H, bd), 7.26-7.38 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=17.81, 18.69, 22.20, 31.19, 39.05, 58.27, 82.11, 126.81, 128.33, 129.44, 142.92, 159.93, 198.80

**4-methoxy-5,5-dimethyl-2-oxo-N-((S)-1-phenylethyl)hexanamide(4d):**

IR2960 1720 1680 760 690cm<sup>-1</sup>; MS (70ev): 291 (M<sup>+</sup>) ; a <sup>1</sup>H NMR (300 MHz,CDCl<sub>3</sub>) data : δ=0.92 (s, 9H, ),1.56 (d, 3H, J=7.2 Hz), 3.05 (d, 1H, J=7.2 Hz), 3.06 (d, 1H, J=4.8 Hz), 3.34 (s, 3H), 3.45 (dd, 1H, J=7.2, 4.8 Hz),5.08 (quint, 1H, J=7.2 Hz), 7.21 (bd, 1H) 7.25-7.40 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=17.87, 18.69, 22.26, 31.25, 49.69, 58.24, 82.20, 126.84, 126.81, 128.28, 129.40 ; b <sup>1</sup>H NMR (300 MHz,CDCl<sub>3</sub>) data : δ=0.90 (s, 9H), 1.56 (d, 3H, J=6.6 Hz), 3.07 (d, 1H, J=3.9 Hz), 3.18 (d, 1H, J=7.5 Hz), 3.34 (s, 3H), 3.44 (dd, 1H, J=7.5, 3.9 Hz), 5.08 (quint, 1H, J=6.6 Hz), 7.21 (1H, bd), 7.25-7.40 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=14.75, 23.26, 25.03, 30.26, 32.43, 42.33, 49.67, 57.38, 126.84, 128.31, 129.40

**4-methoxy-2-oxo-N-((S)-1-phenylethyl)undecanamide(4e):**

IR 2950, 1720, 1680, 750, 690cm<sup>-1</sup>; MS (70ev):291 (M<sup>+</sup>) ; a <sup>1</sup>H NMR (300 MHz,CDCl<sub>3</sub>) data : δ= 0.88 (t, 3H, J=6.3 Hz),1.28 (bs, 12H), 1.55 (d, 3H, J=7.2 Hz), 2.95 (dd, 1H, J=16.5, 4.8 Hz), 3.14 (dd, 1H, J=16.5, 7.5 Hz),3.31 (s, 3H), 3.71-3.79 (m, 1H), 5.07 (quint, 1H, J=7.2 Hz), 7.20 (bd, 1H) 7.25-7.40 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data :δ= 14.75, 22.26, 25.70, 29.88, 34.58, 57.43, 77.64, 126.83, 129.47, 142.75, 159.85, 198.46; b <sup>1</sup>H NMR (300 MHz,CDCl<sub>3</sub>) data : δ=0.88 (t, 3H, J=6.3 Hz), 1.28 (m, 12H), 1.56 (d, 3H, J=6.6 Hz), 2.99 (dd, 1H, J=16.5, 4.8 Hz), 3.13 (dd, 1H, J=16.5, 7.5 Hz), 3.30 (s,3H), 3.71-3.79 (m, 1H), 5.07 (quint, 1H, J=6.6 Hz), 7.20 (1H, bd), 7.25-7.40 (m, 5H): <sup>13</sup>C NMR (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>) data : δ=14.75, 23.31, 30.27, 32.44, 42.23, 49.71, 77.64, 128.39, 129.47, 142.83, 159.85, 198.46

#### 4. 参考文献

- (1) M. Sekine, T. Futatsugi, K. Yamada, and T. Hata, *J. Chem. Soc., Perkin Trans I*, **1982**, 2509.
- (2) T. Mukaiyama and M. Murakami, *Synthesis*, **1987**, 1043.
- (3) M. Watanabe, Hideki Kobayashi, and Yukihiro Yoneda, *Chemistry Lett.*, **1995**, 163.
- (4) R. Metternich and W. Ludi; *Tetrahedron Lett.*, **1988**, 3823.
- (5) H. Sugimura, Y. Shigekawa, and M. Uematsu, *Synlett*, **1991**, 153.
- (6) M. Watanabe and Y. Honda, Proceedings of Tokai University Research Institute of Science and Technology, Vol.35, 34-39(2016)



## 2015 年度プロジェクト研究（総合研究機構プロジェクト研究分）課題紹介

所属・資格については 2015 年度当時にて掲載

### 高齢者におけるいわゆる隠れ肥満が健康障害を惹起するメカニズムの解析とその具体的改善策の探索

研究代表者：	西崎 泰弘	医学部 医学科 基盤診療学系 教授
研究分担者：	石井 直明	医学部 医学科 基礎医学系 教授
	荳口 隆重	医学部 医学科 基礎医学系 特任教授
	山田 千積	医学部 医学科 基盤診療学系 講師
	池内 眞弓	健康科学部 看護学科 講師
	三田 信孝	体育学部 生涯スポーツ学科 教授
	岸本 憲明	医学部 医学科 基盤診療学系 講師

研究期間： 2013 年度～2015 年度

#### 研究概要：

現在本邦では、予防医学の推進が国策として取り上げられているが、これは医療費抑制と国民の健康増進、そして生産力向上を筆頭とする国力減退の抑止を目的としている。本プロジェクトは、加齢と共に進行する筋肉量減少と体脂肪の増加、すなわち「隠れ肥満」が、生活習慣病やメタボリック症候群などの健康被害に及ぼす影響について解析するとともに、その具体的改善策について、運動と食事を中心に学部横断的連携を以て探索する取り組みである。

### 重症心不全に対する新規ハイブリッド治療の確立へ向けた、対象患者における心臓幹細胞の機能解析

研究代表者：	長 泰則	医学部 医学科 外科学系 教授
研究分担者：	細田 徹	創造科学技術研究機構 特任准教授
	田中 千陽	医学部 医学科 外科学系 医員

研究期間： 2013 年度～2015 年度

#### 研究概要：

東海大学を中心として、心臓幹細胞の自家移植による心不全治療の第 I 相臨床試験が、間もなく開始される見込みである。一方で、ヒト幹細胞を用いる臨床試験の実施に対する審査・承認制度については、2014 年末に関連法規が改定された。本研究を通じ、重症心不全患者、とりわけ左室形成手術を受ける患者に由来する心臓幹細胞による再生治療の可能性を明らかにし、臨床試験実施の承認を得ると共に、大型競争的研究資金の獲得を目指している。

## 東海大学所蔵古代エジプト・パピルス文書の修復保存・解読・出版にかかわる国際プロジェクト

研究代表者：	北條 芳隆	文学部 歴史学科 教授
研究分担者：	山花 京子	文学部 アジア文明学科 准教授
	恵多谷 雅弘	東海大学情報技術センター 事務長・主任技師
	葛巻 徹	工学部 材料科学科 准教授

研究期間： 2013年度～2015年度

### 研究概要：

2015年度は本プロジェクトの最終年度にあたることから、総括を意識し以下の作成及び刊行を行った。

- 1) プロジェクト紹介ムービー (13分) (日本語・英語) と、主に受験生を意識したプロモーション (3分) (日本語・英語) を作成した (DVDを同封)。
- 2) 「パピルス文書 修復保存マニュアル」を上梓した。日本で唯一本学だけがパピルス修復を行っていることアピールし、実践的な修復に役立てるためのマニュアル本。
- 3) 東海大学所蔵古代エジプト及び中近東コレクション (AENET) 収藏品オンラインカタログを作成した。 <http://aenet.pr.tokai.ac.jp/>
- 4) 東海大学のパピルス・プロジェクトの紹介HP (ムービー付) を作成した。日本語版と英語版を準備し、日本国内だけでなく、全世界に向かってアピールしている。

<http://papyrus.pr.tokai.ac.jp>

<http://papyrus.pr.tokai.ac.jp/english.html>

## 血液接触性医療材料における血栓付着メカニズムの解明

### — 血小板活性化微細構造可視モデルの構築と新規材料の創生 —

研究代表者：	長谷部 光泉	医学部 医学科 専門診療学系 教授
	後藤 信哉	医学部 医学科 内科学系 教授
	長瀬 裕	工学部 応用化学科 教授
	松本 知博	医学部 医学科 専門診療学系 講師
	岡村 陽介	創造科学技術研究機構 特任講師
	田村 典子	医学部 医学科 内科学系 臨時職員 (前・特任助教)
	嶺 貴彦	医学部 医学科 専門診療学系 講師

研究期間： 2014年度～2016年度

### 研究概要：

血液接触性医療材料の血栓付着メカニズムを体系的かつ明確に画像化し、ナノテクノロジー技術による材料開発にまで発展させる研究は未だ報告がない。本研究では、血栓付着の重要な因子である血小板について、材料上活性化状態での血漿・膜タンパク、内部微細構造のナノレベルの変化の可視化システムを構築する。血栓付着現象の根本的解明を目指す本研究は、今後の生体材料開発の方向性を提示し、世界をリードする材料開発に繋がる萌芽的研究と考える。

## 高プロトン伝導性無機-有機ハイブリッド材料を用いた次世代型燃料電池の創製

研究代表者：	伊藤 建	理学部 化学科 准教授
研究分担者：	長瀬 裕	工学部 応用化学科 教授
	小口 真一	理学部 化学科 専任講師
	樋口 昌史	工学部 応用化学科 教授
	岡村 陽介	工学部 応用化学科 准教授

研究期間： 2014年度～2016年度

### 研究概要：

環境負荷低減の観点から有望な燃料電池の性能の向上には、100℃以上の中温領域・無加湿条件下で作動するプロトン伝導体が必要だが、現在主流の高分子系プロトン伝導体は伝導性が十分ではない。本研究では、世界的にも類例のないイオン液体-無機クラスターハイブリッド材料を利用したプロトン含有型ハイブリッドポリマーを創製し、高プロトン伝導性を発現させ、次世代型燃料電池用電解質を創製し、燃料電池セルの構築へ展開することを目的とする。

## 多剤耐性菌に対する次世代型薬剤の開発

研究代表者：	笹川 昇	工学部 生命化学科 教授
研究分担者：	良原 栄策	工学部 生命化学科 客員准教授
	橘 裕司	医学部 医学科 基礎医学系 教授
	高橋 哲夫	工学部 生命化学科 准教授

研究期間： 2014年度～2016年度

### 研究概要：

多剤耐性菌とは多くの抗生剤に耐性化した細菌であり、化学療法が困難で臨床上大きな問題となっている。従って多剤耐性菌に有効な新規抗菌薬の開発が望まれている。我々はこの課題を解決することにチャレンジし、既存の抗生剤の作用機構と異なる新規抗菌薬の候補物質の発見に成功している。このような発見を製薬にまで結びつけるには、さらに本プロジェクト研究援助を活用して精力的かつ総合的な研究を推進する必要があると考えている。

## イルカから学ぶ抵抗・騒音低減技術～流体力学と生物学の接点～

**研究代表者：** 稲田 喜信 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻 教授

**研究分担者：** 森阪 匡通 創造科学技術研究機構 特任講師

高橋 俊 工学部 動力機械工学科 講師

大泉 宏 海洋学部 海洋生物学科 教授

吉田 弥生 海洋学部 海洋生物学科 特定研究員

**研究期間：** 2014年度～2016年度

### 研究概要：

海に住むイルカは、生きる上で必要な抵抗や音の軽減のための独特の機構を進化させている。本研究ではネズミイルカ科のイルカの背鰭やその周囲に見られる細かな突起構造に注目し、音や抵抗の軽減等の流体力学的な効果を分析する。また、2個体のイルカが並泳する際に個体間に働く流体力学的な相互作用に注目し、相互作用を利用した抵抗の軽減効果を分析する。これらの機構は国際的にも研究例が少なく、生物学的に高い学術価値を持つとともに、工学的な応用（航空機や船舶における抵抗や騒音軽減など）の可能性も高く、成功した場合の社会的意義も大きい。

## 運動を行う物体の非定常流体特性を予測する革新的流体・構造連成シミュレーション手法と実証試験装置の開発

**研究代表者：** 高橋 俊 工学部 動力機械工学科 講師

**研究分担者：** 福田 紘大 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻 准教授

山本 憲司 工学部 建築学科 准教授

**研究期間：** 2014年度～2016年度

### 研究概要：

多分野連携により革新的流体構造連成シミュレーション技術を開発し、これまで予測しえなかった連成現象を予測し、高精度な設計技術を開発する。またその設計性能を実証する試験装置を開発し、非定常流体構造連成研究の拠点としての明確な位置付けを築く。本研究の対象は、流体構造連成現象としてエンジン燃焼室内におけるオイル液膜の相変化を含む挙動解析、大振幅で振動する液体内包タンクの流体構造連成振動、高アスペクト比機体の高高度飛行型時のフラッタ現象抑制等を予定している。

## 膵癌・胃癌における細胞間接着分子 Nectin/Necl の発現と microRNA による制御機構の解析：新たなバイオマーカーの開発と創薬を目指した国際共同研究

<b>研究代表者：</b>	平林 健一	医学部	医学科	基盤診療学系	講師
<b>研究分担者：</b>	中村 直哉	医学部	医学科	基盤診療学系	教授
	峯 徹哉	医学部	医学科	内科学系	教授
	中郡 聡夫	医学部	医学科	外科学系	教授
	川口 義明	医学部	医学科	内科学系	准教授
	鈴木 孝良	医学部	医学科	内科学系	准教授
	竹腰 進	医学部	医学科	基礎医学系	准教授
	和泉 秀樹	医学部	医学科	外科学系	助教
<b>研究期間：</b>	2014 年度～2016 年度				

### 研究概要：

本研究の目的は、「膵癌及び胃癌での細胞間接着分子 Nectin/Necl の発現とそれを制御する miRNA を明らかにする」ことである。以下の4点を主眼とする。

- 1) 膵癌・胃癌における Nectin/Necl の発現と機能の解明
- 2) Nectin/Necl を制御する miRNA の探索とその制御機構の解明
- 3) Nectin/Necl および miRNA に関連した新規バイオマーカーや治療法の探索
- 4) 異人種間での Nectin/Necl および miRNA の発現の違いを明らかにする

## ヒト HLA に特異的に結合する新規低分子免疫抑制剤の開発

<b>研究代表者：</b>	井上 茂亮	医学部	医学科	外科学系	准教授
<b>研究分担者：</b>	平山 令明	糖鎖科学研究所 教授			
	渡辺 伸央	医学部	医学科	奨励研究員	
<b>研究期間：</b>	2014 年度～2016 年度				

### 研究概要：

関節リウマチなどの自己免疫疾患の一部では、Human Leukocyte antigen class II (HLA II) 上に自己タンパク質由来のペプチドが提示され、その結果、自己抗原に対する T 細胞増殖が誘導される。したがって、自己免疫疾患に関わる遺伝子型の HLA と、そこに提示される抗原ペプチドとの結合を阻害する低分子化合物は、疾患特異的な自己免疫疾患治療薬となる。ビリルビンには抗炎症効果があるが、近年 HLA に結合する可能性が示唆されている。本研究ではビリルビン誘導体の HLA と T 細胞受容体(TCR)との相互作用に対する阻害効果を、混合リンパ球反応(Mixed Lymphocyte Reaction, MLR)によって調べた。また、自己免疫疾患のリスクとなっている HLA とその抗原ペプチドの結合に特異的な阻害能を有する化合物選択のための評価系の構築を試みた。

## 医療応用を目的とした霊長類におけるアロの認識と拒絶・受容機構の解明

**研究代表者：** 亀谷 美恵 医学部 医学科 基礎医学系 准教授

**研究分担者：** 秦野 伸二 医学部 医学科 基礎医学系 教授

平山 令明 糖鎖科学研究所 教授

大友 麻子 医学部 医学科 基礎医学系 助教

**研究期間：** 2015年度～2017年度

### 研究概要：

本研究では、ヒト妊娠免疫モデルとしてヒト末梢血単核球を移植したヒト化NOGマウスを用い、胎盤に発現する主要組織的合成抗原(MHC)関連分子の発現動態と胎児のMHC(アロ抗原)に対する母体の抗体産生・免疫応答制御機構を解明する。アロ抗原特異的モノクローナル抗体とこれを模倣する化合物を新規に確立する。iPS細胞とそれから誘導した神経幹細胞を坐骨神経損傷モデルに移植後、上記の抗体や化合物を投与して副作用の低いアロ抗原特異的免疫抑制に基づく世界初の治療法開発に供する。

## ヒト iPS 細胞由来肝組織を用いた肝疾患治療法の確立

**研究代表者：** 紙谷 聡英 医学部 医学科 基礎医学系 准教授

**研究分担者：** 加川 建弘 医学部 医学科 内科学系 准教授

住吉 秀明 医学部 医学科 基盤診療系 講師

木村 啓志 工学部 機械工学科 准教授

**研究期間：** 2015年度～2017年度

### 研究概要：

肝臓は生体の代謝維持の中心臓器であり、再生医療の重要なターゲットである。ヒト iPS 細胞からミニ肝臓を試験管内で再構成する方法が開発され注目されているが、生体肝臓に必須な胆管等の構造を持たない欠点がある。

本研究では、マトリックス生物学、生体材料工学、デバイス工学などに加え臨床肝臓病学の視点を融合することで、目的細胞への分化を誘導する新規因子探索系や3次元構造の人工的再現系の構築を通じて、移植療法等に資する高機能な肝組織を誘導する。



## ニューロンCMOSインバータを用いた連想メモリに関する研究

<b>研究代表者：</b>	藤本 邦昭	基盤工学部 電気電子情報工学科 教授
<b>研究分担者：</b>	松本 欣也	基盤工学部 電気電子情報工学科 准教授
	福原 雅朗	情報通信学部 組込みソフトウェア工学科 講師
	吉田 正廣	情報通信学部 組込みソフトウェア工学科 教授

**研究期間：** 2015年度～2017年度

### 研究概要：

連想メモリは、入力データと記憶した参照データを比較し、一致または類似する参照データを検索して出力するメモリであり、文字認識や指紋認証など様々な領域での応用が期待されている。その記憶方式はアドレスを使用せず人間の記憶方式に類似している。そこで、我々は神経細胞に似た特性を持つニューロン CMOS インバータを用いることで、簡単な構成の連想メモリを実現できるのではないかと考え本研究に着手した。

なお、ニューロン CMOS インバータを集積化する技術を有する研究グループは国内外で数グループあるが、ニューロン CMOS インバータを用いた連想メモリに関する研究を行っているのは国内外を探しても我々のグループのみである。

## セレンの反応性を利用した病原性タンパク質の化学的・生化学的手法による制御

<b>研究代表者：</b>	金森 審子	工学部 生命化学科 教授
<b>研究分担者：</b>	小島 直也	工学部 生命化学科 教授
	岩岡 道夫	理学部 化学科 教授
	荒井 堅太	理学部 化学科 助教

**研究期間：** 2015年度～2017年度

### 研究概要：

アルツハイマー病などの原因となる病原性タンパク質の生成を抑える生体内システムにおいて、硫黄やセレンを活性部位に含む酵素や小分子が機能している。本研究では、それら機能性分子の作用機構を解明すると共に、セレンの強い求核性を利用したモデル物質の創製を目的とする。すなわち、抗酸化力に富み、生体内でのミスフォールドなタンパク質の修復や機能回復に有効な、反応性と安全性を兼ね備えたセレン含有化合物を開発し、アルツハイマー病をはじめとする変性タンパク質の蓄積が要因の疾病の予防薬や治療薬開発への応用を目標とする。

## 医療用コンプトンガンマ線カメラの実用化への基礎開発

**研究代表者：** 株木 重人 医学部 医学科 専門診療学系 講師

**研究分担者：** 西嶋 恭司 理学部 物理学科 教授

櫛田 淳子 理学部 物理学科 准教授

國枝 悦夫 医学部 医学科 専門診療学系 教授

**研究期間：** 2015年度～2017年度

### 研究概要：

広範囲なエネルギーを持つ核種を画像化可能な全く新しい医療用ガンマ線カメラがあれば、劇的に医療分野が発展することが期待される。そこで我々は京大で宇宙用に開発されている電子飛跡検出型コンプトンガンマ線カメラの医療応用開発を推進している。本カメラは核医学カメラの持つエネルギー領域の数倍に渡る範囲を撮像でき、今後多くの患者を救える可能性がある。本申請では実用化へ向けて高感度化、高分解能化、コンパクト化、の基礎的研究を進め、カメラの性能向上を目指す。

## 沖縄の水中文化遺産と「海底遺跡ミュージアム」総合プロジェクト

**研究代表者：** 小野 林太郎 海洋学部 海洋文明学科 准教授

**研究分担者：** 川崎 一平 海洋学部 海洋文明学科 教授

山田 吉彦 海洋学部 海洋文明学科 教授

仁木 将人 海洋学部 環境社会学科 准教授

木村 淳 海洋学部 海洋文明学科 特任講師

**研究期間：** 2015年度～2017年度

### 研究概要：

水中文化遺産を海洋資源の一つとして保全・活用していく動きは近年、ユネスコを中心に国際的規模で活発化しつつあるが、本研究は近い将来、日本でも活発化することが予想される水中文化遺産を対象とする本格的な「海底遺跡ミュージアム化」の実現に向けた国内でも初となる大学を基盤とした学術的研究である。さらに本研究では、沖縄の石垣島や宮古島を対象に、水中文化遺産が地域社会や教育の活性化にも繋がるプログラム開発も視野に入れた新たな分野の開拓も目指す。

---

# 東海大学 総合科学技術研究所 紀要編集委員会

---

委員長 山口 滋 総合科学技術研究所 所長  
理学部物理学科 教授

委員 横山 直樹 総合科学技術研究所 教授

事務局 志賀 桂子 研究推進部研究支援課  
(総合科学技術研究所担当)

本紀要の全ての掲載情報は、著作権者の許諾なしに、著作物の全部または一部を無断で複写複製（コピー）することは、著作権法上での例外を除き、禁じられています。



Research Institute of Science and Technology

---

## 東海大学紀要 総合科学技術研究所

発行日 2017年3月31日

発行人 山口 滋 (東海大学総合科学技術研究所 所長)

発行 東海大学総合科学技術研究所

住所 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号

電話 0463-58-1211 (代表)

---





Research Institute of Science and Technology

東海大学総合科学技術研究所

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1

TEL. 0463-58-1211



TOKAI UNIVERSITY