

# Time!

学生がつくる東大工学部広報誌

Vol.55

2013.8

新領域創成科学研究科には、人類の課題に挑む  
多様な分野のスペシャリストがいる - その名も、

新領域創成戦隊

# フロンティヤー

学融合が世界を救う！  
新領域創成科学研究科特集

第1話 出撃！海底ロボット 海底写真を手に入れろ！

第2話 未来を作る、サステナビリティ学！

第3話 つなげ、分子のネックレス！

第4話 突撃！生研オープンキャンパス！

# 第1話 出撃！海中ロボット 海底写真を手に入れろ！



まき としひろ  
**巻 俊宏 準教授**  
環境学研究系海洋技術環境学専攻

## どのような研究をしているのですか？

人が操作しなくとも海底を自在に動き回れるロボットを開発しています。地球最後のフロンティアとも呼ばれる海底は資源や未知の生物の宝庫です。しかし、人が海底へとおもむくのは容易なことではありません。海底探査の多くは、船とケーブルでつながる ROV - 遠隔操縦型海中ロボットが用いられますが活動範囲に制限があります。そこで、船から独立し自身で考え自由に行動できる AUV - 自律型海中ロボットの出番です。私たちは、AUVを中心いて海底の長期間・広範囲・高精度な海底探査を行うシステムを開発しています。特に、海底の広範囲な画像を取得し海底の詳細な写真地図を作ることを目指しています。

## 海底の写真を撮るためににはどのような技術が必要なのでしょうか？

海底の写真を撮るためにには、海底に可能な限り近づく必要があります。すると、一度に小さな写真しか撮れないため、広範囲の画像を取得するのは多大な時間と労力が求められます。そこで、ロボットに任せようというわけです。そのためには、ロボットに海底の起伏や障害物を回避する能力が求められます。また、自分の位置を把握しどこで写真を撮ったのかを判断する能力も求められます。私たちが運用する AUV“Tri-ton”はカメラによる画像認識と音波を用いた障害物センサや速度センサなど様々なセンサを用いて自己位置の予測や障害物検知を行います。さらに海底ヘステーション（基地）

を設置しロボットを補佐するシステムを開発しています。海底には既知の目印がないので、ロボットは辺りを見渡しても自分がどこにいるのかわかりません。そこで、設置したステーションを目印に自己位置を把握するのです。さらにロボットがステーションとドッキングして充電などを行えるようにすることで、長期間自力での探査を可能になります。

## 実際の運用について教えてください

現在、鹿児島湾の熱水噴出地帯をフィールドに研究を行っています。鹿児島湾にはサツマハオリムシという世界的に大変珍しい生物のコロニーが存在します。ハオリムシとは海底熱水地帯から噴出する硫化物をエサに生息する生き物で、通常深海に存在します。しかし、サツマハオリムシは100mと世界で最も浅い海に生息しています。さらに、サツマハオリムシは熱水噴出地帯から少し離れ、かつ鹿児島湾奥という外海との干渉が少ない海域に生息しており、何故このようなところに生息しているのか、どこから来たのか謎に包まれています。私たちは AUV を用いて、このサツマハオリムシサイトの画像マッピングに成功しました。海底の複雑な形状に対応しながら海底に接近し写真をとれるロボットは例がなく、AUV による広範囲の面的な画



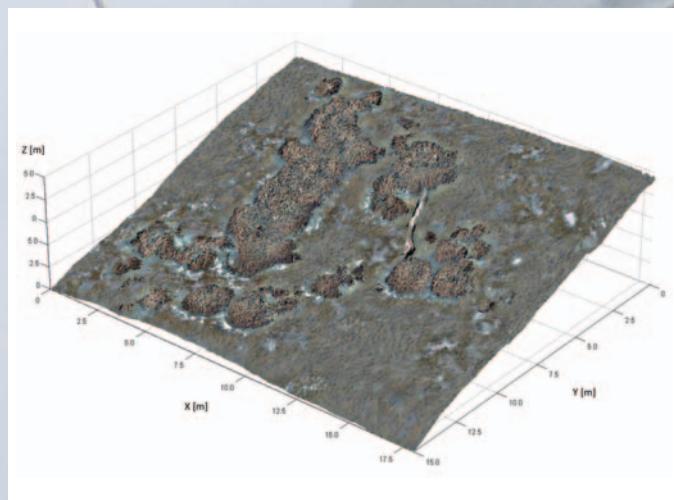
鹿児島湾で Tri-ton がとらえたサツマハオリムシの写真

像マッピングは世界初です。

作成したマップからは、サツマハオリムシの分布やサイズ、数などがわかります。こういった生物定量はある部分からサンプルを抽出し全体を推測するのが一般的ですが、データに偏りが生じる恐れがあります。画像マップを用いれば全体を一目で見ることができるので信頼性の高いデータが取得できます。今までほんの一部しかわからなかったサツマハオリムシの生態について、多くのことが海底写真の画像マップからわかりました。

### 別分野の研究室とも連携しているのですね

海底の生物学者や火山の研究者など様々な分野のサイエンティストが海底の詳細な写真を撮ってくるツールを手にすれば、今まで見たことがない写真を手に入れることができ、サツマハオリムシのように新たな発見が生まれます。また、AUVはセンサを海底に運ぶための機器なので、他の研究室が開発した新しいセンサを載せることで新たな探査手法などが生まれるかもしれません。



### サツマハオリムシサイトの3次元マッピング

ロボットが取得してきた1枚2m×2m程度の写真をはりあわせることで大きな写真にしている。ロボットは海底の地形形状も取得してきているので、立体的な海底写真地図を作ることができる。



AUV Tri-ton

大きさ 1.40m×0.76m×1.33m

重量 230kg (水中では浮力と釣り合って沈まない)

最大深度 800m 最大稼働時間 8 時間

海底の画像観測を行うために作られたAUV (Autonomous Underwater Vehicle)。前面と底部に備えられたカメラで海底を撮影する。各所に備えられた5基のスクリューにより水中を自在に動き回ることができる。

### 日本における海中ロボット開発について教えてください

実は日本の海中ロボット開発は活発ではありません。海中産業は石油探査や軍事産業が主であり日本には大きな市場ができにくいかからです。私たちはそういった数少ない海中ロボットの研究室の中でも、実海域においてロボットを運用することを大切にしています。新たな手法を開発した時、プールでも実験はできます。しかし、海で実際に運用しようとすると研究以外で数多くの困難にぶつかります。例えば、海底に投棄された漁網や釣り糸に引っかかってロボットが身動きをとれなくなり帰ってこられなくなる危険があります。リスクと向き合いながら、理論を実用可能な技術へ発展させることが大切です。

### 大学で研究する意義とは何でしょう？

企業や国の研究機関は、予算の規模は莫大でも利益を求められたり、使用する科学者の要望に応えたりとなかなか自由な発想でロボットの開発が行えません。また、損失が出せないのでリスクを冒すことがなかなかできません。一方、大学では純粋な学術的興味からロボットを開発することができます。そこに、大学における海中ロボット開発の魅力や意義があるのかもしれませんね。

### 最後に読者へのメッセージをお願いします。

海中ロボットは総合工学です。プログラムや材料力学や制御など様々な知識が必要とされます。海中ロボットに興味がある人は、どんなことにでも興味を持って積極的にわからないことを自分で調べること、またその方法を学ぶことを大切にしてください。わからないことに出会ったときに何ができるか、どう動くことができるかが大切だと思います。

ありがとうございました！

(インタビュー 藤澤 正憲)

# 第2話 未来を創る、 サステイナビリティ学！

みのたかし  
**味埜俊教授**

東京大学大学院新領域創成科学研究科  
社会文化環境学専攻教授  
サステイナビリティ学連携研究機構兼任教授

## サステイナビリティ学とは？

サステイナビリティとは、持続可能性と訳されます。エネルギー問題、食糧問題、貧困問題といった解決困難な問題があると、人類が明るい未来を描けない。だから、人類の直面するそうした問題を解消し持続可能な社会を考えようというのがサステイナビリティ学です。サステイナビリティ学のコアは、様々な視点や分野の特徴を“融合”して総合的に問題を扱うという『態度』であるといえます。例えば、地球温暖化という世界規模の問題を扱うとき、各地域で人も技術も制度も異なるので、理系・文系にとらわれず、様々な分野の専門家が協力し社会のあるべき姿を考える必要があります。それぞれの意見を聞いたうえで俯瞰的に判断を下す必要があります。

## 興味をもたれたきっかけは？

1999年に東大、マサチューセッツ工科大学、スイス工科大学が集まり、Alliance for Global Sustainability という研究協力アソシエーションが作られました。当時はサステイナビリティが何たるかもよく分からなかったのですが、そこで実施したサマースクールの中で、サステイナビリティをテーマとして取り上げたことをきっかけに、サステイナビリティ学に取り組むようになりました。

## 先生の考えるサステイナビリティとは？

「サステイナブルな社会」という定常状態があり、エンドポイントとしてそこを目指すという考え方ではないと思います。社会は常に変化し続けるものです。その中でどのような方向に向かうことがサステイナブルなのかを考えつつ、全体として良い方向に向かうように小さな意思決定を積み重ねていくことがサステイナビリティの鍵だと思います。

## 東大ではどこで学べるのですか？

東大では2007年に新領域創成科学研究科に、サステイナビリティ学教育プログラムというコースを創設し、それが昨年グローバルリーダーシップイニシアチブという形に生まれ変わりました。本プログラムには、文理を問わず様々な専門性を持つ学生が集まっています。その名の通り、グローバルに活躍できるリーダーの育成を目指しており、講義はもちろん、入試も英語で行われます。

一番の特徴は、ケーススタディを重視し、アフリカの開発問題・中国乾燥地の水問題・東北の復興問題といった今まさに世界で起こっている問題に学生が主体的に取り組む演習をカリキュラムに取り入れている点です。大学で議論するだけではなく、実際に現地に赴き現場で何が

多くの人が社会生活を営むこの世界は、時々刻々と変化し続けている。良い方向に進むのか、悪い方向に進むのかは、人々の手に委ねられている。味埜先生は、そんな世界を持続的に発展させるために、サステイナビリティ学に取り組んでいます。サステイナビリティ学とは何なのか、そして、流動的なこの世界をいかにして持続させるのか、その秘密に迫る！

起こっているのか、何ができるのかについて、現地の学生と一緒に考えます。このような実践的な演習を通して、問題や課題に直面した時、社会のそれぞれの活躍の場で意思決定を下せる能力を養っていきます。

私はこのプログラムのコーディネーターとして、グローバルリーダーの育成を目指しています。



タイでの演習の様子。現地スタッフと協力しながら問題解決に取り組む。

## 学生へのメッセージをお願いします。

現代は容易に様々な情報が手に入る時代です。しかし、それに甘んじて課題を与えられたときすぐにWEBに情報を探しに行くのではなく、まず自分の頭で考えて判断を下す癖をつけてください。自ら意思決定を行った後、情報を探しに行く。この『態度』が大事なのです

(インタビューー 本山 央人)

# 第3話 つなげ、分子のネックレス!!

## 物理学者が挑む 高分子化学のフロンティア

傷がついても弾性力で元に戻る高分子材料があることを知っているだろうか。携帯電話の保護材として既に実用化されている「超分子ネットワーク」、開発者の伊藤先生は元々物理学者だそうだ。物理学者が見た高分子化学のフロンティア、君も今すぐのぞいてみよう！

### 「超分子ネットワーク」は、普通の高分子とどこが異なるのですか？

一般的な高分子はヒモ状の分子同士を結合させてつないでいますが、私たちの「超分子ネットワーク」は高分子のつなぎ方に特徴があります（図1）。分子で出来た「輪」の中にヒモ状の高分子を通して、いわば分子でネックレスのような構造を作つてから、輪同士だけを結合させているのです。

一般的な高分子は引っ張ると結合点が切れて壊れてしまいますが、私たちの材料はヒモが輪の中をスルスルと滑り、結合が切れにくくなっています。すると柔らかく、変形しても元に戻る力が大きいという特徴が出せます。

### どのように応用できるのでしょうか？

傷がついても元に戻る力が大きいという特性を活かし、携帯電話の保護材として既に実用化されています。

また高分子材料特有の軽さと、この材料特有の柔らかさを活かし、人工筋肉や介護ロボットに応用しようとしています。動作原理は非常に簡単で、材料を電

極で挟み、電圧をかけた時に電極間に働く力をを利用して材料を伸び縮みさせるというものです。従来の高分子材料は硬くて高電圧をかけないと変形できず、材料が耐えきれずに壊れてしまっていました。一方私たちの材料は数百倍程度柔らかく、低電圧でも伸び縮みできるので材料も壊れないのです。

### この材料は柔らかいのに、なぜ変形しても元に戻る力が大きいのでしょうか？

この特性は弾性力で説明できます。

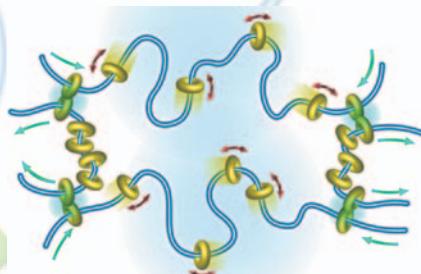
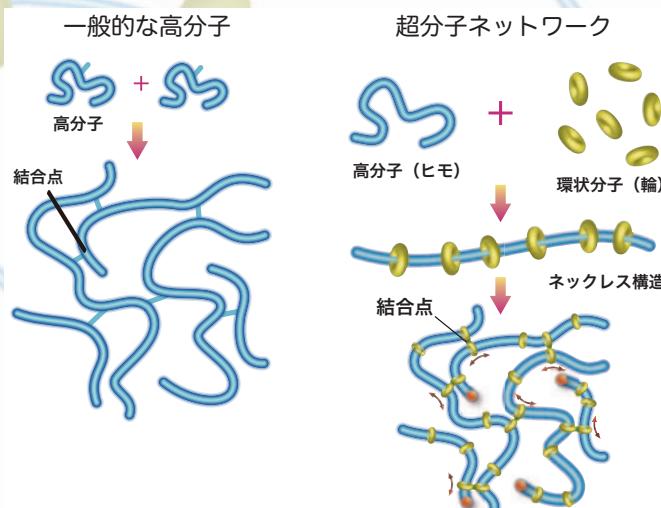


図2：引っ張り変形時の超分子ネットワーク。輪が無理やり寄せられるため、元に戻ろうとする力が働く。

高分子はヒモ状をしていて、引っ張っ

図1：一般的な高分子（左）はヒモ状の高分子同士を直接共有結合させている。超分子ネットワーク（右）はまず分子でネックレスのような構造を作り、輪だけを結合させている。こうすることでヒモが輪の中を滑ることができ、材料に柔軟性が生まれる。



いとう こうぞう  
伊藤 耕三 教授

工学部応用化学科  
新領域創成科学研究科物質系専攻

ても元に戻る力（弾性力）が働きます。ところが超分子ネットワークはヒモだけでなく輪にも弾性力が働きます。材料を引っ張ると元々分散していた輪が無理やり寄せられるので、元に戻ろうとするのが輪の弾性です。輪の弾性力とヒモの弾性力が組み合わさることで、従来の高分子材料にはない柔軟性が得られます。

### 物理学者として高分子化学の研究をされて、良かったことは何ですか？

超分子ネットワークは、異分野に飛び込んだからこそその発見だったと思っています。当時、分子のネックレス構造を研究していたのはほとんど化学者でしたが、私たちの研究室は物理学的なアプローチで研究を始めました。他の研究者が使わないような長いヒモを使って、ネックレス構造の輪がヒモの上を動く速度を測定していました。つまり輪がヒモ上を自由に滑る素材で実験していたからこそ、高分子をつないだ際に柔軟な性質を発見することが出来たのでしょう。

### 先生にとって「新領域らしさ」とは？

研究をしているとどうしても自分の専門分野に閉じこもりがちになりますが、伝統的な学問体系にとどまらず新しい分野を切り開いていくことこそが、新領域の特徴であると思います。異分野に飛び込むと他の研究者とは違うアプローチが出来て、もちろん全部が成功するわけではないけれど、その中の偶然の成功がブレイクスルーにつながるのだと思います。

（インタビュー 花村 奈未）

# 第4話 突撃！生研オープンキャンパス！



世界を救うヒーローは、駒場にあり！

5/31~6/1に、駒場IIキャンパス公開の一環として、生産技術研究所(生研)のキャンパス公開が行われました。

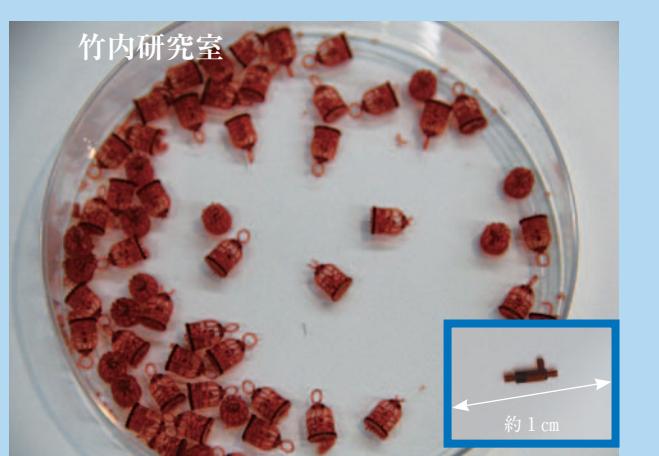
生研は、東京大学附置の研究所では最大の規模を持ち、大学院としては工学系・理学系に分属しています。ここでは複数の分野の、千人の研究者がグループを作り協力・刺激し合い、日々新たな研究・技術開発をする場となっています。

最先端の技術を武器に、環境・医療・社会など幅広い領域で戦う生研のヒーローたちに会える2日間、その様子を取材してきました。

あなたも一緒に、この広大な知のフロンティアを冒険してみませんか？

A photograph of three people in a wind tunnel. One person is standing in the center, leaning forward, while two others are on either side. A blue circle highlights a small model of a city street scene. A speech bubble points to it with the text "普段はこの、街の模型が置かれます。" (Usually, models of cities are placed here). Below the image, text reads "加藤研究室 & 大岡研究室".

巨大風洞にて、20m/sの強風と対決！



光造形×ナノテク×細胞技術で、切り拓く未来。

大人でも飛ばされてしまいそうな風。入る前には「一応ですが、ジャンプしないでくださいね（笑）」との注意を受けました。

高さ1cmにも満たない小さな鳥かごの中には、リアルな小鳥が入っています！普通では作れない超小型装置（右）は、新たな生体技術にも貢献しています。



プラスチック？いえいえ、実は紙なんです！

普段はプラスチックに使われる射出成形技術ですが、パルプに使うことで、プラスチックに劣らず丈夫で軽い、しかもエコな製品ができます！



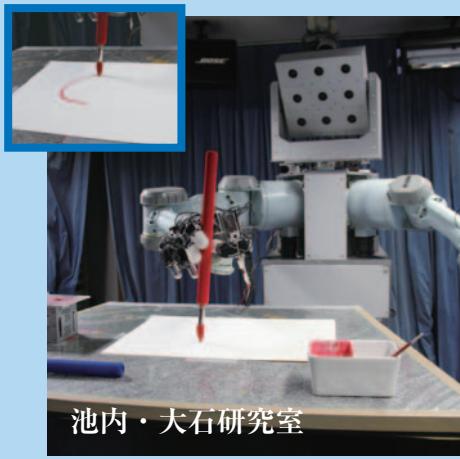
「レンジでチン」で鉄ができる？！

少しきらめの電子レンジで、灼熱の高炉を再現。あなたの家でも製鉄できるかも？ですがミニ高炉が火を噴くのでご注意を！



須田研究室

さあ、ここからどこへ冒険してみよう？



池内・大石研究室

未来を描く、お絵かきロボット！

実際の映像を用いたリアルな風景と、回転・傾き自在なターンテーブルを用いた、臨場感あふれるドライビングシミュレーターです。

単にプログラムされた線を描くのではなく、自ら修正を加えながら描いています。描くときに気の抜けた声で喋るのがどこか愛らしいです。

ここではほんの一部しか紹介できませんでしたが、人工イクラのような定番実験から水中ロボットまで、小さな子供から大人までわくわくするような展示がたくさんありました。1日で全て見て回るのは到底無理かもしれません、どの研究室も一見の価値はあります。

研究員の方もとても丁寧に説明してくださるので、うっかりするともう回る時間が無い……！なんてことも。また嬉しいことに、多くの展示、体験企画でおみやげを貰ったり作ることもできます。

あらゆる分野の最新・最先端技術が百花繚乱の生産研キャンパス公開。文理を問わず楽しんで学べる知のこつた煮世界に、あなたも冒険してみませんか？

(インタビュー 諸隈 夕子)

## 柏の学生ライフを楽しもう！！

意外と知らない人が多い柏の学生生活。今回はその疑問にこたえるために、新領域の同窓会である創域会の学生部の代表である繪上涼さんに柏での学生の交流についてお話を伺いました。

### Q. 柏ではどんな学生交流があるのですか？

比較的規模が小さくて人を集めやすい柏の利点を生かして積極的に学生の交流を深める企画を行っています。4月の新領域の全新入生を対象にしたBBQ大会。月に1回程度、学生食堂でお酒を交えながら、学生同士の交流を深めるHappy Hour。そのほか、新年の餅つき大会やテニス大会などのイベント。そして、毎年9月には柏の葉公園のグラウンドを貸し切って運動会を行っています。運動会には新領域の教職員を含めた200人程度の人が参加してみんなで盛り上がっています。こうしたイベント以外にサークル活動も盛んです。バスケ、柔道などの運動部だけでなく、茶道などの文化系も含めて15のサークルが新領域にあります。サークル設立の敷居が低いので、自分の興味次第でサークルを簡単に設立することもできます。

### Q. 柏の生活の特色は？

研究室に配属されてしまうと、普通は異分野の学生や留学生と交流する機会が減少しがちです。しかし、新領域では様々な分野の研究に取り組む学生や留学生が身近にいるので、いろいろなバックグラウンドの友人ができる点が非常にいいと私は考えています。友人の交流を通して、専門分野以外の新たな発見ができます。また、地域を巻き込んだ取り組みが多いことも特徴の一つです。例えば、柏の一般公開では地域の方との交流する機会があります。また、先に述べたBBQ大会は地域のお店や柏市と連携をとりながら開催しています。ほかにも、柔道部や剣道部は地域の小学校の体育館を使って練習するなど地域を巻き込んだ取り組みが多いことも特徴の一つだと考えています。



← 写真  
9月に行われる運動会の様子。  
200人もの教職員・学生が参加して、いろいろな競技に取り組む。

(インタビュー 松浦 慧介)

Ttime!記者による

**柏キャンパス散策レポート**

新領域創成科学研究科の多くの研究室が集まる  
柏キャンパスを散策してみました。広く、先進的な  
キャンパスでのびのびと研究できるでしょう。



もっと柏キャンパス♪

P.7で紹介した  
創域会のHPはこちら

本号では、様々な学問領域が集い、学術的な課題に挑んでいく新領域創成科学研究科の先生方を、「新領域創成戦隊 フロンティヤー」になぞらえて特集を組むという企画に挑戦しました。高校生や駒場生の皆さんにとって、大学院のみ設置されている新領域創成科学研究科は、研究内容をイメージしにくいのではないかでしょうか。しかし、その正体は分野にとらわれない「学融合」の場なのです。本号表紙の3つの手はそれぞれ機械系・化学系・情報系の異なる学問領域が力を合わせる様子を表しています。もちろん、新領域ではこれら以外の分野の学生の活躍の機会もたくさんあります。皆さんも、「フロンティヤー」の一員になってみませんか。（表紙・裏表紙作成 木原 郁）

**編集後記**

## &lt;広報アシスタント&gt;

企画担当：逢澤 正憲、木原 郁、松浦 慧介  
朝倉 彰洋、伊藤 秀剛、伊與木健太、上田 優久、上野美希子、  
岡 功、岡田 彰利、小川 灯、大原 寛司、兼古 寛之、  
黒川 大地、柴山翔二郎、清水 裕介、白畠 春来、須原 宜史、  
龍田 誠、土屋 美樹、富永 華子、沼田 恵里、長谷川拓人、  
花村 奈未、星野彰太郎、間部 悟、本山 央人、森西 亨太、  
諸隈 夕子、柳本 史教、柳光 孝紀

## &lt;広報室&gt;

堀 洋一（新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻）  
佐久間一郎（広報室長・医療福祉工学開発評価研究センター）  
大澤 幸生（副広報室長・システム創成学専攻）  
川瀬 珠江、永合由美子

Twitter、Facebookでも情報を配信しています。

@UTtime  
Follow me

工学部広報誌 Ttime!

**WebでTtime!が読めます！**<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/t-pr/ttime/>**ブログはこちらから**<http://d.hatena.ne.jp/ttime/>