

Ttime!

学生が作る工学部広報誌

Vol.49

2012.8

特集 精密工学科

精密イメージング

研究

見えない情報 「見る」技術
「3次元」画像でモノを見る
手術革命！画像で+α
サービス×工学？！

特集

精密 WORLD！
～精密工学科 五月祭学生企画展示取材～



図1 画像処理による視野明瞭化の例。異なるカメラで撮った複数枚の画像（左、中）の水滴のない部分を合成し、水滴のない画像（右）を作る

見えない情報 「見る」技術

2011年3月に事故を起こした福島第一原子力発電所の対応作業にロボットを導入しようというプロジェクトが現在進んでいます。しかし、施設内で作業するロボットのの前には「人間には見えるがコンピューターには見えにくい情報」という壁が立ちはだかります。それは一体どのような情報なのか、どのようにしてこの壁を乗り越えようとしているのか。ご自身もプロジェクトに参画し、画像処理技術を武器にこの課題に挑む山下先生にお話を伺いました。

研究内容について教えてください。

イメージしやすいように、まず「悪天候時の視野明瞭化」という研究例を紹介いたします。図1の左は、雨の日に窓越しに外を撮影した様子です。窓に水滴が付いて見えにくくなっていますね。この画像を処理し、右のように水滴がないきれいな画像を自動的に作り出しました。このように、人間の目の動きをコンピューターで実現する画像処理技術を、ロボットやマルチメディア、ヒューマンインターフェースに応用する研究をしています。



山下 淳 准教授
精密工学専攻

研究のきっかけは1995年の阪神・淡路大震災です。震災後にロボットの研究者が集結して、震災対応のロボット技術を開発しようというプロジェクトが立ち上がり、そこに参画したことから始まりました。そのため、震災など緊急時に使える技術の開発が研究の一つの目標となっています。現在は、例えば福島第一原子力発電所の事故対応にロボットを導入しようというプロジェクトでも視野明瞭化の研究に取り組んでいます。カメラの付いたロボットが施設の中に入る場合、中の水蒸気でカメラが曇ったり泥が付いたりしますが、放射線レベルが高い施設内では人の手で拭くことが難しく、画像処理技術で視野を確保することが必要になるわけです。ここで重要なのは、「人間には見えるがコンピューターには見えにくい情報」の存在です。例えば図1の左の画像は、人間が見るとビルを撮っていて、ここに車があって、と理解できますよね。しかしコンピューターに同じ画像を見せても、水滴のようなノイズが少し乗っているだけで正常に処理できなくなり、プログラムが動作しなくなってしまうのです。こうした情報をコンピューターでも見えるようにしたいという動機

で研究を行なっています。

視野明瞭化の原理は極めて簡単で、見えている複数の情報を合成するという基本的なアイデアに基づいています。例え

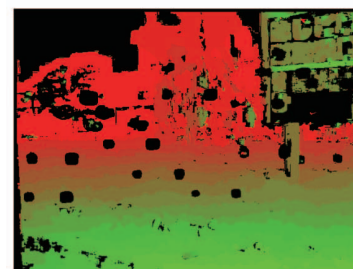


図2 水滴の付いた画像（上）と3次元計測の結果（中）から水滴の位置を推定（下）

ば眼鏡のレンズに水滴がついた場合を考えてください。左右のレンズの全く同じところに水滴がつくことはないでしょう。左で見えない部分は右で見えているから、左右の見えている部分のいいところ取りをすればきれいな画像を得られるわけです。つまり、カメラを複数使ったり、カメラが1台の場合は、カメラを動かして撮影方向をいろいろ変えたりして複数枚の画像を撮り、見えている部分を合成することで明瞭化しています。ここで、この技術をロボットへ応用することを考えると、ロボットが全自動で画像を複数枚撮り、見えていない部分を解析により求めてもらう必要があります。この課題は撮影と同時に撮影対象までの3次元計測を行うことでクリアしています。図2は、緑色が濃ければ近く、赤色になるほど遠いことを示しています。黒色は極端に遠かったり、つじつまが合わなかったりするところ。この黒い部分の中のどれが水滴かを、いろいろな情報を使い推定しています。

この研究で難しかった点はどこですか。

最も難しく、苦勞した点は、カメラの個差や複数カメラの撮影条件の違いによって生じる微妙な画像のズレを補正する必要があったことです。左右の画像を比べていいところ取りをするので、例えばカメラの角度が0.1度でもずれていると間違っただけで見えてしまいますし、同じカメラを買ってきても微妙な特性の違いでズレが生じてしまうのです。カメラの位置や特性を正確に調整することは不可能なので、カメラキャリブレーションという画像処理技術を用い、撮影後にソフトウェアで補正しています。

「福祉用ビジョンシステム」という研究もされていますが、これはどのような研究ですか。

実はこれは「コンピューターには見えるが人間には見えない情報」を積極的に人間に見せてあげようという、全く正反対の動機で行なっている研究です。例と



図3 目の不自由な人のためのタッチパネル操作支援技術。押したいボタンをマイクで伝えると、カメラが指先とボタンの位置関係を計算しヘッドホンからの音声で誘導してくれる

して、目の不自由な方のためのタッチパネル操作支援技術を紹介しましょう。タッチパネルは、パネル上にボタンなどを自由自在に出すことができ、柔軟なシステムを作れる点で優れているのですが、目が見えることを大前提としているという欠点があります。そこで視覚障がい者でもタッチパネルを操作できるような技術を開発しようと考えました。簡単に言うと、体に小さいカメラとヘッドホン、マイクを付け、やりたいことをマイクで伝えると、カメラが世の中を認識し、やりたいことをやるためにはどうすればいいかをヘッドホンで教えてくれる技術です。図3を見てください。カメラは指先と、タッチパネル上のすべてのボタンの3次元位置を同時に自動検出しています。ここで、例えば5とマイクで伝えると、5のボタンと指先の位置関係を自動的に計算して、この二つが近くなるように左右のヘッドホンから流れる音の強弱などを位置に応じて変えていきながら、うまく誘導するという仕組みです。今後は、銀行のATMなど、利用者が人

にあまり頼りたくないところを狙って技術開発したいと考えています。例えばマイクに向かって暗証番号をつぶやけばボタンまで誘導してくれるようなシステムを作りたいです。

全体としては、何か現実の問題に対して、さまざまな画像処理技術を組み合わせで対処していこうという趣旨で日々研究を行なっています。

最後に読者に向けてのメッセージをお願いします。

一つ、いつもしっかり考えるようにしてきたことがあります。それは、自分が世の中のどういった問題を扱いたいかということです。研究においても、まず目的を極めて明確化してからやるように心がけています。世の中でどういった技術が役に立つか、どんな技術が今求められていて、何をやるとみんなが喜んでくれるかということ。これを常に意識することが大切なのではないでしょうか。

(インタビューー 本田 信吾)

実物をバーチャルへ

～「3次元」画像をモノづくりに活かす～

近年、3Dという言葉をよく耳にするようになりました。3D技術は、CGなどに留まらず、様々な形で産業にも応用されています。今回は、3D技術をモノづくりに活かす研究をされている鈴木先生にお話を伺いました。

先生の研究内容について教えてください。

私は、3DスキャナやX線CT装置から得られたデータを、産業やCGへ応用するために必要なデータ処理の研究を行っています。

3Dスキャナで、多方向から立体表面を測ると、コンピュータの中に点の集合として立体の3Dデータができます。またCTを用いると、表面だけでなく見えない内部の情報を含む断面画像を撮ることができるので、それから3Dモデルを作成できます。CT装置では密度（単位体積当たりの質量）に関する情報も得られるので、異なる材質の識別も可能です。

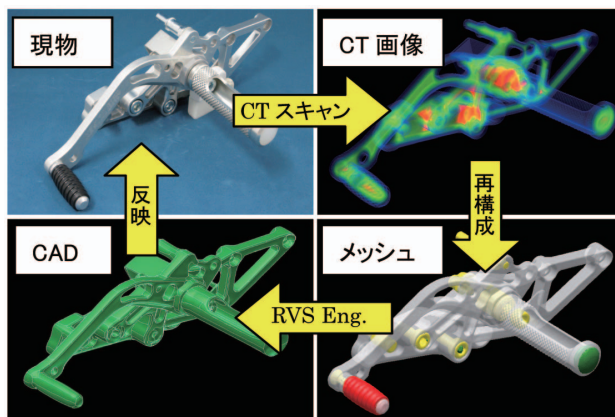
例えばCGアニメーションを作成する際に、モンスターなどの複雑な形を直接マウスでデザインすることは困難です。そこで、現在はまずデザイナーが粘土で形を作り、それをスキャンしてコンピュータの中に取り込むという手法がとられています。これと同様の手法が、リバースエンジニアリング（現物を解析してその設計図を起し、改良設計、寸法計測、性能予測などを行うこと）の形で、車の設計など産業分野でも古くから用いられています（図1）。



鈴木 宏正 教授

東京大学先端科学技術研究センター
精密工学専攻

図1：現物の分析画像に基づきリバースエンジニアリング (RVS Eng.) の流れ



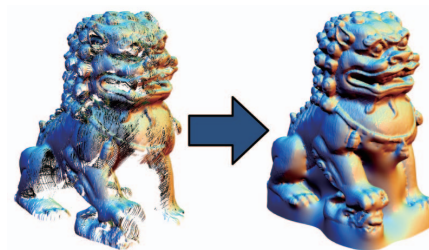
なぜ、この研究に着手されたのですか。

以前、自動車会社がエンジンを丸ごと撮れるような大型のCTを開発したことがありました。しかし、その画像をモノづくりに活かすためには、エンジン内部の異なる材質を正確に識別したり、測定誤差の生じやすい自動車ボディなどの薄い鋼板を解析できる画像処理の技術が必要でした。そこで、この研究室が共同研究を行うことになりました。

苦労されたのはどのような点ですか。

スキャナで撮った画像のままでは、どうしても発生してしまうアーチファクトやノイズの影響があります。またCT画像では、密度が大きく異なる二つの材質間に、それらの中間の密度を持つ材質が存在するように認識されてしまうという問題もあります。そこで、様々な数値的手法やアルゴリズムを用いて、産業に使えるきれいかつ正確な画像にし、さらに産業応用のためにポリゴンや曲面などのデータを生成していきます（図2）。

一方、過度なノイズ除去を行うと、本来でこぼこである表面が平らになるなどの問題があり、綺麗ならばよいというわけではありません。つまり、アニメーション用と異なり、モノづくりでは測定したデータの精度に気を使わなければなりません。いくら綺麗な画像でも、その精度が保証されていないと、設計や製造では使えないのです。そのため、より高精度な画像処理技術の開発には、実験室的ではない、本物のデータの積み重ねが重要です。そこで、実際の製造現場のデータを使い、元の設計データ (CAD) と比較して評価してもらうことなども



© 大竹豊准教授

図2：立体の3次元スキャン画像（左）と、ノイズ除去等の画像処理を行った画像（右）

行っています。

今後の展望を聞かせて下さい。

エンジンだけでなく、自動車1台の3D画像が丸ごと撮れるような巨大CTを作りたいと思っています。これにより、例えば衝突試験の解析が非常に効率的にできると期待されています。また、流体など動いている物を撮れる4次元CTにも注目しています。

最後に、読者へのメッセージがあればお願いします。

自分の直感を大事にし、パッと見て、興味を持ったもの、面白いと思ったものを突き詰めて欲しいと思います。3Dグラフィックスは、それ自体が楽しいものですが、この研究室では他にも、3Dデータ処理を軸として、プラスチックの表面に模様をつける技術や、複雑な立体からできるだけ折りやすい展開図を作る方法など、とにかく自分たちが面白いと思うことを研究しています。それが産業や社会の応用につながれば、もっとエキサイティングな世界が広がります。

(インタビューアール 岡 功)

手術革命！画像で+α

様々な技術が開発され、多くの情報があふれるこの時代。技術と情報をいかに活用できるかが今後の課題といえるでしょう。今回は、画像処理という技術に有益な情報を盛り込んで可視化し、「医療」に応用する研究を紹介します。外科手術を変えるための精密工学を研究されている佐久間先生にお話を伺いました。

どんな研究をなさっていますか？

外科手術の前にはX線CTなど2次元の画像をもとに診断を行います。この地図情報をもとにお医者さんが執刀するわけですが、自分がどこを触っているかが見えないため、正確な位置が把握出来ません。そこで、自分が触っている位置をリアルタイムで見るための研究を行っています。

研究の背景および詳細について教えてください。

脳外科手術によって正確に全ての腫瘍を摘出することは、正常な組織と腫瘍とが近接していたため、非常に困難です。また、手術は術前のMRI画像を元に行いますが、実際に手術をする際には頭を開くので、内圧の変化や手術操作で脳の位置が微妙に変化します。そのため、現実には術前に取得した画像とは異なってしまいます。このようなリアルタイムの変化を手術に反映できれば、より高い精度で手術ができます。

術前に患者に蛍光性の薬品を経口摂取してもらいます。この薬品は腫瘍細胞内に選択的に取り込まれ、青い光（励起光）をあてると赤く光り、蛍光として検出できます（図1）。

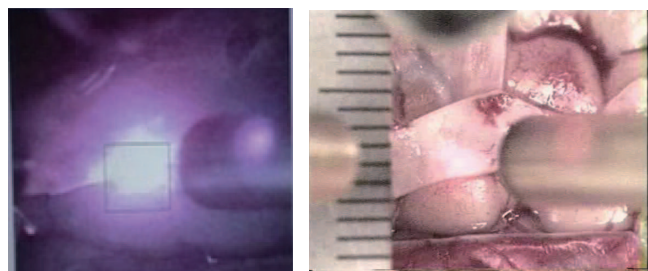


図1 脳外科手術の蛍光染色

左が蛍光で検出している様子で、右が術中の画像。右写真で示されているスケール1目盛りが1mmに対応する。

図2は、術後の患者から取り出した脳腫瘍組織のサンプルですが、青い斜線で示された腫瘍細胞（上）が、蛍光強度分布（下）とよく一致しました。術中に得た蛍光スペクトルが、たしかに患者の腫瘍の位置に対応していました。

また、私の研究においては、“低侵襲”を一つのキーワードとしています。内視鏡手術は、患者の痛みが少なく、大きな傷が残らず、術後の炎症も少ない良い手法です。術位を大きく切り開くよりも、患者には優しい手法ですが、執刀する外科医にとっては非常に難しい手術となります。“ここに血管がある”などの機能の情報があれば、手術がより安全に行いやすくなります。

心臓の手術では、術前はX線CTで透視するので詳細な画像が得られますが、手術する時には脂肪に隠れて患部が見えません。そこで、血液中に蛍光色素を入れて、特殊な赤外光をあてることで、血管を可視化することができました。（図3）。

このように、蛍光や、その他には例えば放射線ラベルなど、様々な分野の技術を画像に組み合わせることで、医師の意思決定に貢献できます。

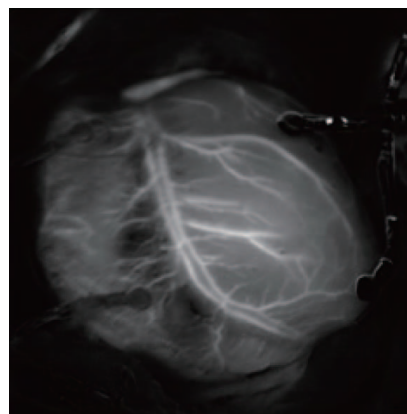


図3 血管の可視化

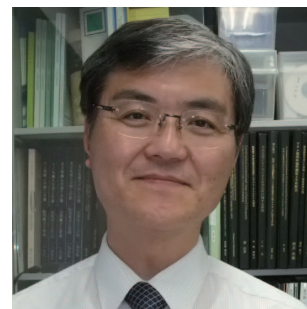
どんなところが難しいのでしょうか？

医師の先生の真意を理解することが非常に難しいです。外科医にとっての当たり前のことは、先生との会話では明確な言葉で表されないのが、自分で真意を汲み取る必要があるのです。工学部のエンジニアが分かる形で理解することは難しいですが、逆に面白いところもあります。

最後に読者へのメッセージをお願いします。

無駄な勉強は無いですね。大学院、博士課程は分析機器を扱っていました。その際にクロマトグラフィーやバイオセパレーションを勉強した経験が、今生きています。電子工学科で学んだ心臓の電気生理学が、今の心臓外科手術の先生との話で生きてくる。駒場の勉強も同じです。「専門でない。無駄だ!」と思わず、やってみることが重要です。十年、二十年たってみるとある種の強みになる。全然違うところにも好奇心を持って行動することが大事です。

（インタビューー 沼田 恵里）



佐久間 一郎 教授

精密工学専攻



サービス × 工学 ? !



サービス工学と聞いて、どのような研究分野が想像できるでしょうか。今まで製造業を支えてきた工学ですが、新たなイノベーションの創出に向け、サービスを対象とした研究が近年発展しています。今回は、その第一線を定る原先生にお話を伺いました。

ーサービス工学って、どんな分野ですか？

工学といえば本来ものづくりを考える学問ですね。しかし、21世紀のイノベーションの中心はサービスであると言われてます。そこで、私たちはプロダクトとしてのサービスに着目し、より価値の高いサービスを設計することを目指して研究をしています。

ーどのような研究をされていますか？

私の主要な研究テーマの一つとして、訪日旅行者向けの観光サービスについての研究が挙げられます。

日本政府は、日本の豊富な観光資源を活かした観光立国を目指しており、15年間で訪日旅行者の数を3倍にしようとしています。しかし、観光については意外と体系化されていないことが多く、例えば統計が不十分だったり、旅行会社は「経験と勘」でツアー商品を作っていたりします。そこで、私たちはまず訪日旅行者がどのように行動してい

るのかデータを集めるため、GPS ロガーを使って観光客の行動を記録・分析しています。

ーそれって、「文系」ではないんですか？

人文系のいわゆる観光学では、「旅行者を知りたい」という動機で研究がなされることが多いですが、サービス工学では「何を生み出せるか」ということを常に考え、結果に結びつけます。例えば、私たちは土地勘のない個人旅行者が上手に観光地を回れるように、カスタマイズされた観光プランを提案する対話型の観光プラン作成システムを開発しました(下図)。また、旅行会社と協力して、ツアーラインナップを設計するシステムも開発しました。これらのシステムでは、工学分野における最適化問題の巡回セールスマン問題の解法や、機械製品等の設計におけるモジュール化といった概念を応用しているんですよ。

ー先生はなぜサービス研究者の道を選んだんですか？

実は私は学生の頃、学部を卒業したら就職しようと思っていました。しかし、私が研究室に配属された時というのは、ちょうどサービス工学が国内外で注目を集め始めた時で、このまま研究を進めればフロントランナーになれるかもしれないと感じました。これはチャンスだと思います。心機一転、研究者を志したんです。

先行例のない最先端の研究でしたから、最初は「工学部でサービスなんて研究して一体何ができるの?」と言われたこともありました。でも、今やGDPの7割をサービス産業が生み出す時代なんですよ。工学部の卒業生もおそらく半分くらいはサービス産業に従事することになるのではないのでしょうか。今まで工学部は製造業を支えてきましたが、社会の変化に伴って工学の対象もモノだけでなくサービスにまで広がってきているのです。

(インタビューア 木原 郁)

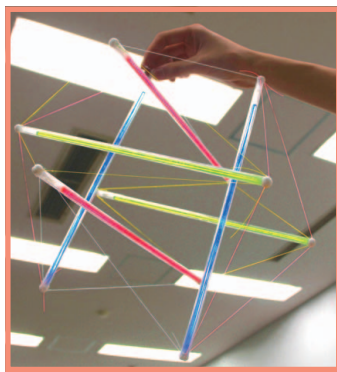
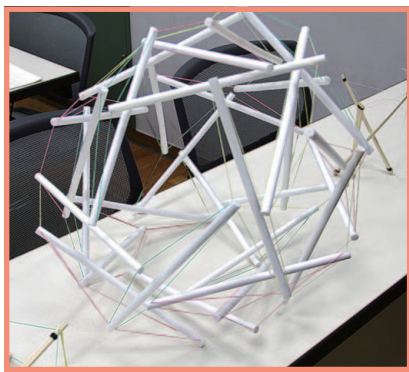


図：対話型の観光プラン作成システム CT-Planner

「横浜を3時間くらいで回りたい」「この博物館に行ってみよう」といった利用者個々の嗜好や制約に合わせて最適なプランを提案するシステム。利用者の嗜好を右側の5軸で入力すると、推薦ルートをマップ上に赤で表示する。首都大学東京の観光科学科と共同で開発を進めている。



精密工学専攻・人工物工学研究センターデジタル価値工学研究部門。専門はサービス工学・システム工学・設計工学。「皆さんもやる価値があると思ったことには積極的に飛び込んで下さい。」



絶妙バランス！ Tensegrity Structure

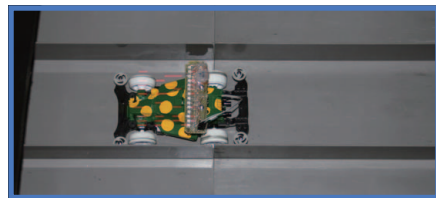
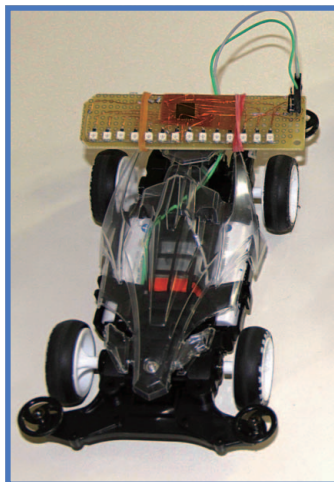
一見すると棒がまるで宙に浮いてるかのように見える物体が展示してありました。これはテンセグリティと呼ばれる構造体で、よく見ると棒の端が糸でつながれていることが分かります。この糸にかかる張力が絶妙なバランスで釣り合い、棒同士が触れることなく安定しています。机上で解く力学の問題ならば理解できそうですが、現物として見るとどこか不可思議な印象を受けます。

精密 WORLD !

～精密工学科 五月祭学生企画展示取材～

五月祭で行われた精密工学科学生企画「精密WORLD!」の取材へと行ってきました。この企画は、精密工学科の3年生が授業などから得た知識・経験を活かし、毎年とてもユニークな作品を手掛け展示しています。それでは、今年の4つの展示をそれぞれ簡単に紹介していきます。

(レポーター 逢澤 正憲)



↓ 走り出すと・・・？



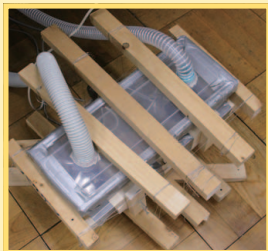
錯覚のメッセージ！？ LED Mini 4WD

ミニ四駆の後部にLEDが横一列に装着してあります。これらのLEDはとあるパターンで点滅しています。そこでミニ四駆が走っているところを視線を動かさずにじっと見てみると、「精密工学」の文字が浮かび上がってきました。これは、目の錯覚の一つ、残像効果を用いているのです。「子供の頃には思いもよらない改造」という触れ込みを裏切らない、メカトロニクスを学んだ学生ならではの発想です。



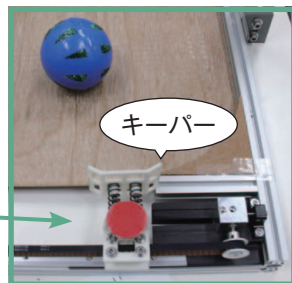
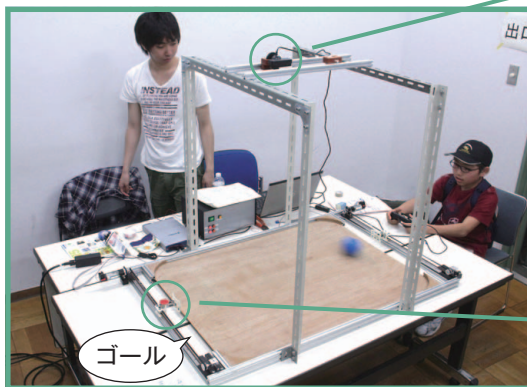
光る設計センス！ Handmade Air Hockey

ゲームセンターで見かけるエアホッケーを本物さながらに手作りし、展示してありました。会場では実際に遊ぶこともできました。アクリル天板にあけられた3000個もの穴から、手作りの圧縮機を用いて空気を流し込みパックを浮かせています。各所、手作りの工作でエアホッケーを作り上げるための工夫がみられ、学生たちの工学的な設計センスを感じます。



←掃除機を流用した圧縮機を用いて空気を流し込んでいる

ロボットのカメラを拡大



キーパーは精密機械！？ Robo-Soccer

ロボットとサッカーの対戦をすることが出来ます。ロボットは上部に備えられたカメラを用い、ボールの青色・自身が操作するキーパーに付けられた赤いマーカーを認識することでボールとキーパーの位置を把握します。そして、ボールがロボット側のゴールに入りそうになったと判断するやいなやロボットはキーパーを操作し、ゴールを守ります。精密に制御されたロボットからゴールを奪うのはなかなかの難易度です。

