

医師の能力を拡張し、 医療への信頼を取り戻す

川崎和男「i-スフィア」「K-インターフェース」

Bringing trust back into medical care
by expanding physicians' abilities

i-Sphere and K-Interface by Kazuo Kawasaki

feature_Medicine and Design—The Future of Medical Treatment

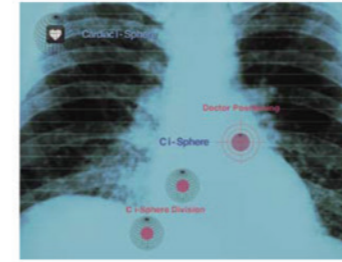
開腹・開頭手術より患者へのダメージが少ない内視鏡手術では、遠隔医療などの需要に加え、医師の不足や熟練度の低下といった背景から、手術をロボット化するシステムが導入され始めている。大阪大学大学院工学研究科の川崎和男先端デザイン研究室を訪ね、医学・工学・デザインの連携で発想された国家プロジェクトのプロトタイプについて、自身も医学博士である川崎教授に聞いた。

The introduction of a system to robotize surgery has begun in the domain of endoscopic surgery, a procedure that minimizes the burden placed on patients. I visited Professor Kazuo Kawasaki at his advanced design research lab at the Graduate School of Engineering, Osaka University, and talked to him about his prototypes in a government run project conceptualized through the collaboration of medicine, engineering and design. Professor Kazuo Kawasaki himself is also a Doctor of Medicine.

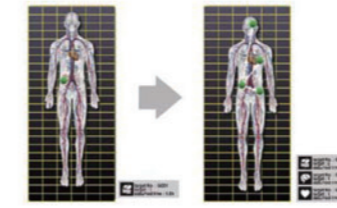
インテリジェント手術機器システムのプロトタイプ
「K-インターフェース」システム。
Intelligent surgical instruments system prototype
"K-Interface"



Photos by Shinya Murata



診断支援を行う「i-スフィア」のコンセプト図。3次元で撮られた患者データを2次元の画像で表現する。ボールの基本サイズは直径1インチ(=2.54cm)だが、患部サイズにより拡大縮小できるコンセプト。センサーとレーザーの役割を持ち、がん細胞などの患部を見つけて自動的に分裂する。
Concept diagram for "i-Sphere" that assists in making diagnoses. 3D patient data is expressed in 2D images. The basic diameter of the ball is one inch, but it can be enlarged or contracted. Each ball serves as a sensor and receiver.



日本の医療の精度が、他の先進国に比べて下がりつつある——川崎教授による指摘は、医療制度や社会構造の変化など、さまざまな要因が重なって引き起こされている現象だ。なかでも深刻なのが、医療過誤への訴訟の増加と、それを反映した若手医師に与えられる診断や手術経験の不足。彼らの熟練度を上げる機会が減少せざるを得ない状況にあり、負の循環に陥っているのだ。

経済産業省とNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)による「インテリジェント手術機器研究開発プロジェクト」は、医師による画像診断や外科手術を、機械の側で補助するシステムの実現を目指すもの。2007年から5カ年計画で始まり、東京大学、名古屋大学、大阪大学、九州大学、名古屋工業大学、東京慈恵会医科大学、東京女子医科大学、信州大学、慶應義塾大学といった大学に、産業技術総合研究所(産総研)と国内メーカー数社が加わって進んでいる。

阪大の川崎和男先端デザイン研究室では、参加大学の附属病院にある脳神経外科、循環器外科、消化器外科の3科における医療現場と連携して、診断と手術のための2種類のデザイン提案を行った。両者は一体的に運用されるものだが、それぞれに名称が与えられている。

仮想の球体が診断を支援

医師は診断の際に、以前ならレントゲン写真などに映る影を見て「読影」を行っていたが、近年は画像データであることが多い。加えて、人体を丸ごとスキャンして立体映像にすることも一般化し、精密な診断が可能になった半面、読み解くのにより専門的な知識が必要とされている。

川崎教授らが提唱する「シェイク・スフィア」プロジェクトは、三次元データとして読み取った診断画像を医師が診る際に、コンピュータが自動的にサポートする仕組みだ。

患者データの患部領域に「i-スフィア」と名付けたバーチャルなボールを配置すると、過去の症例データベースに照らし合わせ、ボールが治療や切除が必要な位置を判別したり、自動的に分裂して周辺の患部(がん細胞など)を発見したりして、医師の認識を手助けするというコンセプト。ベテラン医師による診断はログとして記録され、ナレッジシステムとするべく、蓄積されていく。

川崎教授は「高度に分業化された今の医師は、読影術をなかなか身に付けられない。たとえ同じ心臓でも、大人と子供の心臓では専門が異なってくる」と解説する。個人情報である患者の診断情報は、現在のところ病院内で共有することにハードルがあるが「インターネットを使い、いちばん画像の患部が読める先生のところ映像が届けば、患者の救命確率は格段上がる」といった将来像を描く。

画像診断のインターフェースに仮想球体を使うという発想は、医工連携だけでは出なかつたらしく、川崎教授は続ける。医師やエンジニアと連携して「仮説にスケッチを与えられるのがデザイナーの職能」と語る彼らが制作したもう1つのモデルが、ハードウェアのプロトタイプだ。

医療行為の観察から導く形状

身体へのダメージが少ない低侵襲性の手術として、内視鏡手術は先端医療を受け持つ多くの病院で行われている。「胃ガんで腹部に4カ所の穴を空け、照明、カメラ、



フォトニクス(光子工学)を応用した先端医療機器のデザインについても、大阪大学フォトニクスセンターで取り組む川崎和男教授。研究室からは「宇宙医学とデザイン」のテーマでJAXA(宇宙航空研究開発機構)に卒業生を送り出す。「世界初の外科手術を行った華岡青洲に因んで、日本独自の手術システム「SEISYU」を開発すべき」と語る。At Osaka University, Professor Kazuo Kawasaki is also designing advanced medical instruments employing Photonics. He says, "In honor of Seishu Hanaoka who performed the world's first surgery, we should develop a surgical system named 'SEISYU' that is unique to Japan."

2本のアームを差し込んで施術します。術後の身体の回復も早く、従来なら2カ月以上かかっていた入院期間も、1週間から10日ほどで退院が可能。ここ数年は、鼻や口から管を通し入れ、身体の表面を全く傷つけない「NOTES」^(*)1)という最新方式も注目されています(川崎教授)。

内視鏡手術は遠隔操作で手術できるというロボット化の利点を持つ。医師が別室にいるため術者自身の消毒は全く不要、医師が赴けない遠隔地での手術ができる、手術中の情報を複数者で共有可能、といったメリットが挙げられる。経済産業省・NEDOのプロジェクトで取り組まれたのは、ロボットアームで外科手術を行う「ダ・ビンチ・サージカルシステム」^(*)2)への新規インターフェース開発だった。

ダ・ビンチはすでに世界で普及しているシステムだが、高度な訓練が求められる操作性や、画像を見続ける医師の操作環境について、改良を求める声が多いという。「脳神経外科の手術では、術者が途中で変わると成功率がかなり下がってしまう。名工大の脳外科医に『10時間の手術ができる環境をつくる』と説明したときには『18時間でないダメだ』と返されたように、過酷な環境です(川崎教授)。

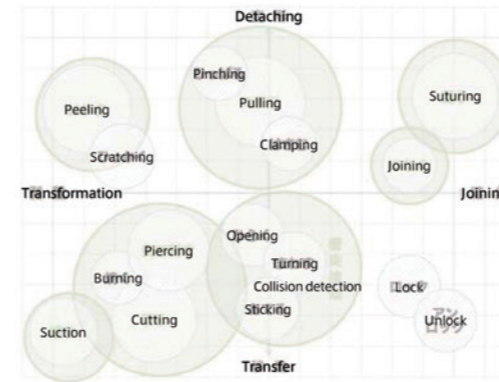
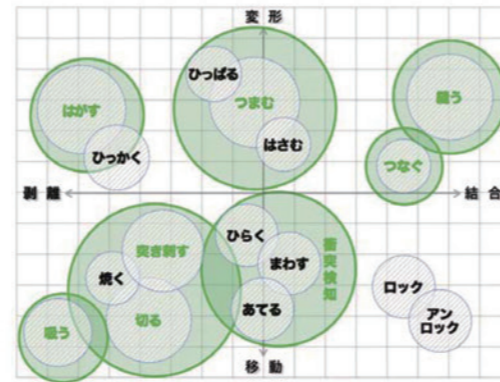
*1: 経管腔内視鏡手術。口、鼻、肛門、膈、尿道など、人体にある自然孔を経由して患部に到達、手術を行うというもの。体内で内視鏡が通るルートに小さな穴を空けるだけで済み、体表面に傷が残らないため、低侵襲の手術とされる。九州大学や大阪大学で臨床手術が始まっている。

*2: 米国インテュイティブ・サージカル社製のロボット内視鏡手術システム。手術台から離れたコンソールに設置される高精細3D画像モニターと、術者の指や手首の動きから鉗子や内視鏡を操る4本のロボットアームで構成される。2010年より日本国内での販売も開始された。
<http://www.intuitivesurgical.com>



すり鉢状の「K-クレター」の上に各種インターフェースを重ねて設置する。2枚の皿を擦り合わせるようにスライド移動でき、3次元空間内の動作を再現。
Various interfaces are arranged to overlap each other on the "K-Crater." The slides can be moved like rubbing two plates and the movement within the 3D space can be reproduced.

術中アクションマッピング。これらの動作を検証してインターフェースの形状を5つに絞り込んだ。
Intraoperative action mapping. Verifying these movements, the interface was narrowed down to five forms.



こうして設計されたのが、「K-インターフェース」と呼ばれる操作環境のシステムだ。一連のインターフェース形状を検討するため研究室で行ったのが、3つの科にまたがる外科手術の観察だった。その結果から「術中アクションマッピング」(図参照)が作成され、「つまむ」「突き刺す・切る」「はがす」「吸う」「縫う」「つなぐ」という5グループのアクションに対応する専用インターフェースを新たに考案。それらのデバイスは両手位置に配置され、術式に応じて着脱できる設定とした。

技術の伝承とトレーニングも狙う

これらは、従来の道具をそのまま真似たものではない。例えば「縫う」という複雑なインタラクションのためにつくられたのが「K-ボール」。指先のレバーと手首を捻るような動作によってアームを操作する。ダビンチの従来方式よりもシンプルな操作方法だが、ベテラン医師には「縫っているイメージをうまく再現している」という評価を得た。彼らがK-インターフェースを使うことで外科手術の高度な技能が保存・伝承され、いずれはトレーニングの用途を担うことも狙っているようだ。

このプロジェクトでは視覚情報だけでなく、リアルタイムの触覚情報もセンシングし、術者に伝える構想が控えている。「脳腫瘍がどれくらい硬いか、または柔らかいか」というハプティックな情報が戻ってこなくてはいけない」と語る川崎教授は、フォースフィードバックの技術を慶大、名工大、産総研と共同開発し、術者が受け取る“感触”について検討を重ねる。K-ボールでのアプローチ同様、硬さや柔らかさをその

まま再現しない予定で、次の段階から実装されていく計画だ。

いずれのデザインも人間工学の考えではなく、解剖学的な視点から決定したと言う川崎教授。取材を通じて氏から受けた印象は、デザインや機械工学よりも、はるかに長い歴史を持つ「医学」と、「医師」という職能への信頼だ。ロボット化という言葉から連想される“冷たい機械化”というイメージが誤りであり、あくまで人間である医師のサポートを行い、その能力を拡張する未来像を描くのが、ここでのデザインの役割だった。

現在はヒトに組織構成の近い豚で実験を行っている段階の本プロジェクトは、今後、がん治療に特化して各種技術とデザインの実証を行い、実現を目指していく。(文/編集部・神吉弘邦) †



「K-ボール」インターフェース K-Ball Interface

脳神経外科の手術では画面に寄ったほうがいいのか、遠くエラストもあり、それぞれの術式で配置や奥行きを変えられる。
For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.



脳神経外科の手術では画面に寄ったほうがいいのか、遠くエラストもあり、それぞれの術式で配置や奥行きを変えられる。

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

For neurosurgery, the placement and depth can be changed, such as getting closer to the screen, depending on the surgical method.

neurosurgery, cardiovascular pediatric surgery and digestive surgery at the participating universities.

Diagnosis assisted by a virtual sphere

In order to make a diagnosis, doctors have conventionally used such aids as X-ray images. In recent years, however, we are seeing increasing use of various types of image data and 3D images obtained by scanning the entire body. The Shake Sphere project by Kawasaki and others is a system in which the computer automatically supports the doctor in 3D diagnostic imaging. The concept is as follows. When a virtual ball called the i-Sphere is placed in the affected area of the patient, it supports the doctor in such ways as determining the location that needs to be treated or removed in reference to a past database, or the ball automatically splits up and searches for cancer cells nearby. The diagnosis by the veteran physician is recorded as a log.

Prof. Kawasaki explains, "In the highly specialized field of medicine today, it is difficult for doctors to acquire image reading skills." He envisions a future in which "the survival rate of the patient will increase dra-

matically if the images are sent to a doctor who is best skilled in reading images of the affected area. The designer can provide hypothetical sketches in collaboration with doctors and engineers."

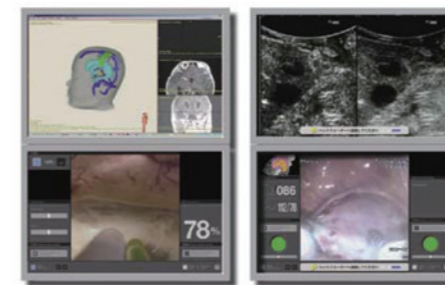
Forms derived from observing medical activity

Endoscopic surgery is being performed in many hospitals. "For stomach cancer, four holes are made in the abdomen area and the surgery is done by inserting a light, camera, and two arms. The patient can be released from the hospital in 7 to 10 days. Another method called NOTES¹ is also attracting attention these days," Prof. Kawasaki says.

A remote controlled (robotic) endoscopic surgery can be performed from a remote location without the surgeon having to be disinfected, and intraoperative information can be shared by multiple people. What they tackled in this project was the development of a new interface for the "da Vinci Surgical System."² Since there have been calls to improve da Vinci's controllability, which required advanced training, and the control environment of the doctor who has to keep watching the image, Prof. Kawasaki et al. de-



上下2台の22インチの液晶モニターがメイン画面とサブ画面を担う(左右配置も可能)。メイン画面は下段にあり、内視鏡画像を中心に重要な情報(ヘッドクォーター)による指示、患者のバイタルサインなど)中央に置かれる。Two 22-inch LCD monitors installed vertically act as the surgery screens (horizontal arrangement is also possible). The main screen is the lower monitor, and important information (such as the patient's vital sign) is shown in the middle.



脳神経外科手術(左)と消化器外科手術のモニター画面。1つのシステムですべてを揃えれば、複数の科や検査にまたがる場合も無理に患者を動かすことがなくなる。
A neurosurgery monitor screen (left) and digestive surgery monitor screen. The need to move the patient can be eliminated by a single system covering all the procedures.

signed a control environment called the "K-Interface."

They observed surgeries in order to design the interface. From the results, they made an "intraoperative action map" (see figure) and came up with a dedicated interface that handles five groups of actions: "pinch," "pierce/cut," "peel," "suction," "suture" and "join." The devices are arranged in a two hand position, and can be held or released in keeping with the surgical method.

Training and passing down skills

The K-Ball, for example, that was developed for the complicated interaction of "suturing," is controlled by a finger-tip lever and an arm that's controlled by a twisting movement of the wrist. Although it's simpler than the "da Vinci" method, veteran doctors gave it high marks, saying, "It nicely recreates a realistic feeling of suturing." Another aim is to use the K-Interface for training purposes and to preserve and pass down the highly advanced surgical skills of veteran surgeons.

Also on the list is an idea to convey haptic information in real time to the surgeon. In collaboration with Keio University, Nagoya Institute of Technology and the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Prof. Kawasaki is extensively studying haptic responses received by the surgeon, as he says, "It is necessary for the surgeon to receive feedback on haptic information such as the hardness of the tumor." As with the concept of the K-Ball, they are not planning to reproduce the feeling of stiffness or softness "as is."

I could sense Prof. Kawasaki's great trust in both "medicine" and the profession of the "doctor," fields that possess a much longer history than either design or mechanical engineering. The role of design here was solely to assist eminently human doctors and illustrate an image for the future in which their capacities are expanded. This project, which is presently experimenting with pigs, is planned to specialize in cancer and aims to verify various technologies and designs for future realization. †

1: Natural Orifice Translumenal Endoscopic Surgery. The endoscope is inserted into such natural bodily openings as the mouth, nostrils, anus, vagina and urethra to perform the surgery. It is a minimally invasive surgical procedure since only a small hole for the endoscope is necessary inside the body.

2: A robotic endoscopic surgery system by Intuitive Surgical in the US. Comprises a high-resolution 3D image monitor on the console remotely located from the operation table and four robotic arms that control the forceps and endoscope according to the movement of the surgeon's finger and wrist. <http://www.intuitivesurgical.com>