

# 医用 3D 画像技術の普及に関する考察 －日、中の比較を通じて－

王 輝， 佐野 昌己

## A Study of Spreading 3D Image Technology in Medical Industry

Hui Wang Masami Sano

### 要旨

これまで、3D 技術は映画をはじめさまざまな分野において応用されている。しかし、近年、医療分野における活用が注目を浴びている。GIA (Global Industry Analysts, Inc.) が発表した業界分析報告 (November, 2011) によると、2017 年には世界の 3D 医療画像市場規模は約 60 億米ドルまで成長する。

3D 画像技術は医療分野において先進的かつ総合的なソリューションを提供するためのコア技術の一つで、3D 技術の応用によって、より高速、より正確な診断を実現でき、治療成功率を高めることができる。また、一定時間内の診療患者数を増加させ、医師など医療資源の利用効率を高めることができる。さらに、近年、特に話題を集めているのが 3D プリンターである。2013 年アメリカ一般教書演説では、オバマ大統領は 3D プリンターを製造業復活の切り札として言及し、国家戦略として 3D プリンター技術の位置づけをした。医療分野においては、3D プリンターは接骨治療、口腔治療、手術などでの利用はすでに大いに活用されており、大きなトレンドになっている。世界の大手のエレクトロニクス企業は医療 3D 事業を積極的に推し進めている。たとえば、GE、Siemens、Phillips、東芝、ソニー、パナソニックなどが挙げられる。

本稿では、3D 画像技術において、日本と比較しながら、中国の技術動向、市場状況を考察する。また、中国新医療改革に伴う大きなビジネス機会があることを指摘する。そのうえで、中国市場需要に従い、多くの患者に 3D を用いた画像機器の利点を享受する機会をもたすため、これまでの手法の延長線上の機器とは異なり、3D の利点を比較的安価に実現する機器を提案する。

### Abstract

3D technology has been used in various industries and fields. Especially in the medical industry, it attracts people's attention recent years. According to the report by GIA (Global Industry Analysts, Inc.) (November, 2011), the global market for 3D medical imaging is forecasted to reach about US\$ 6 billion by the year 2017. 3D imaging technology is a kind of core technology for supply advanced integrated solution in medical industry. It can make faster and accurate diagnosis possible. This in turn helps in achieving higher success rates through better treatment outcomes. In addition, it also increases the efficiency of medical resource by improving patient throughput.

3D printers have been a pretty hot topic in the past years. US President Obama said on 12, Feb. 2013 that the burgeoning field of 3D printing got a big boost highlighted it as something that could fuel

new high-tech jobs in the United States and emphasized the importance of 3D printing as a part of national strategy. 3D printing has become a hot trend because it can be broadly used in bone setting surgery, dental treatment, operation, etc. The large scale electronics companies, such as GE, Siemens, Phillips, Toshiba, Sony, Panasonic, have been actively promoting the 3D business in medical industry.

This paper tries to explore the market and technical trend of 3D imaging technology of China through comparing with it of Japan. It points out that the new medical reform of China created many business chances. It is hoped that this paper brings to light the importance of market environment and give suggestion that low cost 3D medical equipment will make more patient to benefit from the advantage of 3D technology in Chinese medical market.

## はじめに

本研究における 3D 画像とは、三次元コンピュータグラフィックス (3DCG : Three-dimension Computer Graphics) (注 1) 技術を利用し、実在の物体もしくは仮想の物体の三次元情報を元に立体物を構成し映像機器に表示するもの全般を対象とする。3D 画像では、狭義には、人間の両眼視差を利用して立体感を伴う映像を生成することを差す場合があるが、本研究では、立体感を醸成する映像技術も 3D 画像分野のひとつとして包括するものとして 3D 画像技術全般について考察する。

一般に、3D 映像を最新の技術と想像する人は多い。しかし、3D 映像は決して新しい技術ではない。1895 年にルミエール兄弟によって初の映画の商業上映が行われてからわずかな期間を置いた 1922 年には、赤と青の眼鏡を用いるアナグリフ方式による 3D 長編映画「The Power of Love」が公開されている。この作品を皮切りに、1920 年代にはいくつもの立体映画が公開された。さらに、1950 年代には今日でも広く使われている直線偏光フィルターを用いる「パッシブ・ステレオ式」による立体映像システムが確立され、立体映画ブームがおこっている。また、日本においても同時期に東宝や松竹が 3D 映画を制作公開している。さらに、1985 年に筑波で催された科学万博においては、全天球型の 3D 立体映像を富士通パビリオンにて「ザ・ユニバース」が公開され、人々に驚きをもたらした。

民生機器を生産する企業からも、定期的に 3D 映像機器の普及を試みようという動きがあり、1981 年には松下電器産業からブラウン管を利用した 3D テレビを公開している。特に、液晶テレビが普及して以後、付加価値を高める為に 3D 映像対応を謳う機器の販売に力がいれられてきた。しかし、各電機メーカーの期待叶わず、掛け声ばかりで家電として家庭に普及したとは言えない状況である

それに対して、3D 映像が成功した分野としては、劇場用映画をあげることができる。初期に 3D を用いた映像として話題になった作品としては、ディズニーの「トロン」を挙げることができる。これは、立体映像ではなく、3DCG を作品内にふんだんに取り入れた作品として大きな話題となった。その後、映像制作技術として 3DCG を取り入れた映画作品は急速に拡大し、それまで人形等を使用して合成されていた作品は、スティーヴン・スピルバーグ監督により 1993 年に映画化された「ジュラシックパーク」にて、人形を使って合成する技術と 3DCG を使うことの地位が逆転したと言える。そして、1995 年のディズニー映画「トイ・ストーリー」では、作品すべてが 3D 技術によって長編映画作品が作られることが実現した。

立体映像としての劇場用映画も徐々に増えていった。これは、家庭用TVが大画面化し、DVDやBlu-rayの再生機器、5.1chサラウンドなどを家庭でも容易に導入できるようになり、大きな画面や音響による迫力や品質による差別化が難しくなっていることから、劇場が差別化のために、3D映像の上映施設を拡充していったことによる。そして、3D立体映像の利点を大きく一般に広めたのが2009年公開のジェームズ・キャメロン監督作品「アバター」であったことは間違いないだろう。この作品が全世界で約2385億円の興行収入を得たことをみても、認知度だけでなく商業的にも3D立体映像の地位を確立させたものであると言える。

しかし、3D立体映像の利点が一般に広く認知された状況にあっても、依然として人々の日常生活に急激に広まるという機運は生じていない。3D立体映像は、いまだに特別な体験であるにとどまっている。このように、3D技術を用いた映像の制作は映像産業に不可欠なものとして確立はしているが、立体映像としての3Dは、長きにわたって普及が試みられているにもかかわらず、劇場映画や遊戯施設の差別化としては成功しているものの、日常生活の中への普及という視点では依然として成功を遂げているとは言い難い。

ところが、近年3Dが急速に普及している分野がある。それは、3Dプリンター、および、医療用の3D画像である。3Dプリンターとは、これまでの紙等に二次元画像プリントすることに対して、実際に三次元の物体をコンピュータからの出力として二次元プリントと同じ感覚で立体製品を作成するものである。CADなどで作成した三次元データから実際に三次元製品を生成する機材はこれまでも存在したが、生成に使える素材の選択肢が少なかったり、本体価格が非常に高価であったため用途が限られていた。しかし、近年、使用可能な素材が多用化したことで、そのまま製品として使える場面が増えたことや、一般家庭でも購入可能な安価な製品が登場し始めたことで、活用が多様化すると同時に広く認知され始めている。これから、成長が見込まれる製品として、大きく注目されている。医療分野における3D画像は、立体視（注2）を実現するものと、検査データを立体化するものと両面から活用がすすんでいる。このように、3D技術を使ったテクノロジーは確実に我々の生活に浸透してきている。

## 1. 医用3D画像機器とは

三次元コンピュータグラフィックスは、コンピュータの高性能化の恩恵を強く受け、急速に発展して来た分野である。しかし、産業界の期待に反して、たび重なる働きかけにもかかわらず、一般家庭の日常生活に浸透しているとは言い難い状況にある。ところが、3DCGは着実に利用範囲を広げ、最近では医療現場で3D画像の活用が着実に伸びてきている。医療現場での3Dは立体視を用いた手術前検討や三次元内視鏡による手術、さらに、各種データから体内器官の立体像を構築することや、それを3Dプリンターを用いて実体化するなど多岐にわたり活用されは始めている。

現代医療において、診断、および、治療に画像の果たす役割は非常に大きなものであることは間違いない。中でも、1895年にレントゲンが発見したX線は、人体の表面からだけでは知りうることのできない内部の情報を画像として得ることを可能としたことで、医用画像技術はもちろん、医療そのものを飛躍的に発展させたと言える。そして、1971年にイギリスEMI社が世界初の頭部X線CTを打ち出したことにより、X線画像技術は、平面透過イメージングに加え断層撮影イメージングが加わった。ここで得られるひとつの断層撮影イメージは二次元画像であることは間違いない。しかし、複数枚の断層はそれによりひとつの次元を生むことになり、二次元イメージと合わせて三

次元の情報を入手することができるようになるのである（図 1）。

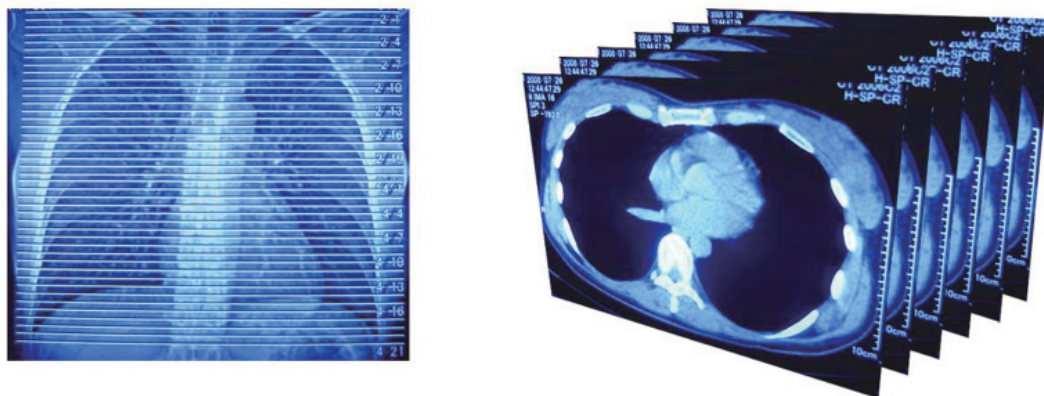


図 1 CT 画像と三次元化

医用 3D 分野においては CT（注 3）や MRI（注 4）の画像から生成される仮想化内視鏡の研究も進んでいる。中村らによれば、造影三次元腹部 X 線 CT 像からリンパ節を抽出し、大腸がん外科手術の術前診断を提案している [1]。深野らは三次元腹部 CT 像から大腸ひだ位置を算出することで、医師の負担を軽減する手法を提案している [2]。杉浦らは、CT 画像から気管支領域の芯線を三次元的に抽出し、磁気センサと合わせて気管支鏡の精度改善を提案している [3]。これらのように、三次元技術および、それを元にした 3D 画像は、医療支援や施術精度の向上に役立っている。

また、低侵襲な医療として、内視鏡を使った手術が拡大している。内視鏡やカテーテルを用いることで、切開を必要最小限に止めることができ、傷の治りが早く入院数が大幅に短縮できるからである。また、傷が小さいために、手術の痕跡を小さくすることや手術に対する心理的な負担を軽減することができるなど多くの利点がある。脳外科手術のように、なるべく小さい範囲で施術することにより、脳の機能をなるべく残す技術が望まれる分野もある。しかし、施術を二次元画像を用いて行うことから、奥行きに関する情報は医師の経験と技術に依存するだけでなく、縫合操作などにおける困難が課題となる。このような分野では、内視鏡先端に 2 つのカメラを装着して内視鏡そのものを立体視を用いて 3D 化することがすすめられている。3D 内視鏡は、二次元画像に比べて奥行き感の把握が容易になることから、より迅速で正確な手術の実現が期待できる。ただし、3D を医用として利用する場合、特殊な眼鏡の装着が不要であること、同時多人数で観察が可能であること、カラー動画のリアルタイム表示など、求められる条件が多い。このようなことから、廖らは、複数のプロジェクタ、複数の CPU、CG アルゴリズムを用い、歪みのない三次元画像投影システムを利用した低侵襲手術支援システムを提案している [4]。

また、別途入手した患者データから三次元医用画像を生成して手術を支援するなど 3D の導入が活発に研究されている。このように、多くの研究者や従来より医療機器を開発してきた企業をはじめ、娯楽用途への需要拡大が進まない状況に新しい活路を模索していた民生機器企業が参入して、医用 3D 画像機器に対する活発な研究開発がおこなわれている。



## 2. 日本における医用 3D 画像機器拡大の背景

QOL (Quality Of Life) の向上を目的として低侵襲な医療外科に対するさまざまな取り組みがされている。また、低侵襲医療外科による手術は、医療経済上も利点が多いので、その需要は、今後さらに高まるだろう。低侵襲医療外科の代表的な手法としては、鏡視下手術があるが、内視鏡そのものを立体視を用いて 3D 化することだけでなく、三次元画像ディスプレイに誘導システムを導入するなどによる施術支援への取り組みも合わせておこなわれている。また、内視鏡画像をデータから生成したものとする仮想化内視鏡の研究もすすんでいる。これら三次元誘導システムや仮想化内視鏡のための患者データは CT や MRI の画像のデータから生成されるのが一般的である。そのため、日本の医療現場で 3D 画像の利用が広がっているのは、日本の医療現場に CT や MRI の機材が広く普及していることに関係があると言える。

日本の CT の普及率は、経済協力開発機構 (OECD) が参加 34 カ国に対し、2 年に 1 回実施している調査の結果によると、CT や MRI の導入状況は、米国や英国など、他の先進諸国より圧倒的に高いことがわかっている。全参加国の導入状況の平均をみると、人口 100 万人当たりの普及率は、CT は 22.6 台であるのに対して日本は 97.3 台、MRI は 12.5 台であるのに対して日本は 43.1 台となっている (図 2、3)。

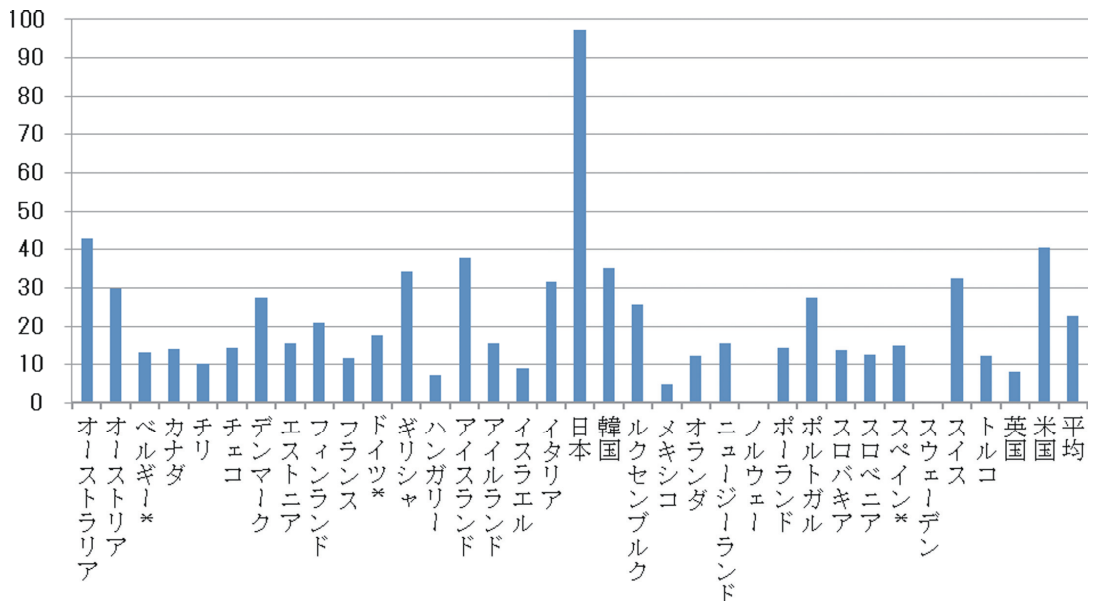


図 2 経済協力開発機構 (OECD) 参加国における、人口 100 万人あたりの CT 導入台数。2010 年 (または最近年) \* は、医療機関のみの数値。(OECD Health Data 2012)

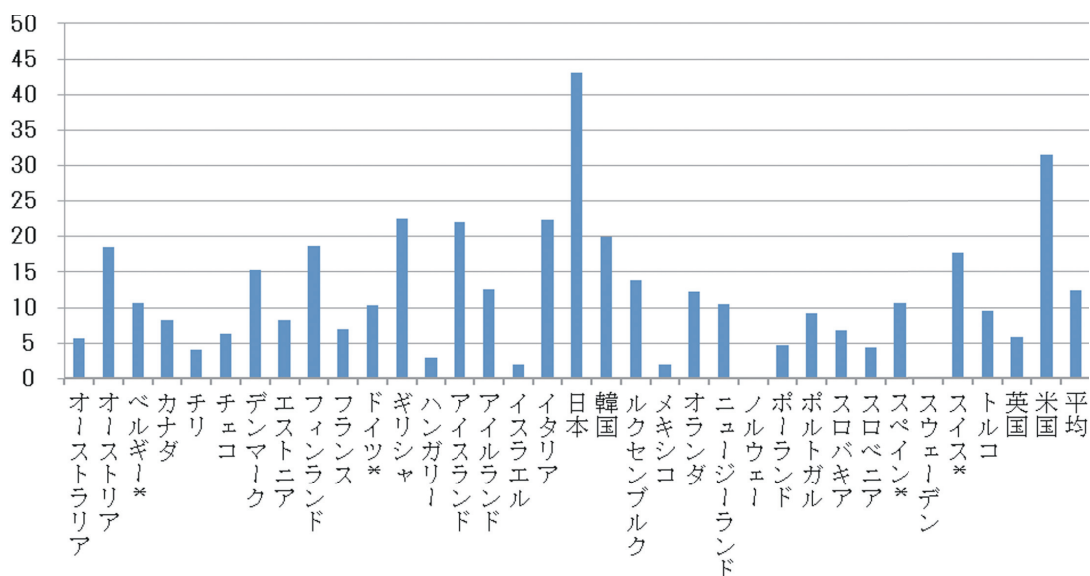


図3 経済協力開発機構（OECD）参加国における、人口 100 万人あたりの MRI 導入台数。2010 年（または最近年）\* は、医療機関のみの数値。（OECD Health Data 2012）

画像診断装置世界市場において、日本代表的なメーカーとして東芝と日立をあげられる。たとえば、CT 装置市場においては、東芝（25%）は GE の 32%、Siemens の 26% の次、3 位となっている。また、超音波診断装置市場においては、GE は 23% で 1 位、Phillips は 21% で 2 位、東芝と日立は同じ 11% で 3 位になっている（みずほコーポレート銀行産業調査部レポート, 2012）。市場シェアの分布からみると、欧米メーカーとの競争はかなり激化していることが窺われる。

さらに、CT の普及率の変化を時間軸で追ってみると、2010 年（または最近年）の普及率を 100 とした場合の伸び率を、2010 年度において 100 万人あたり 30 台以上の普及率の国と比較した場合に、日本の伸び率が低いことがわかる（図 4）。

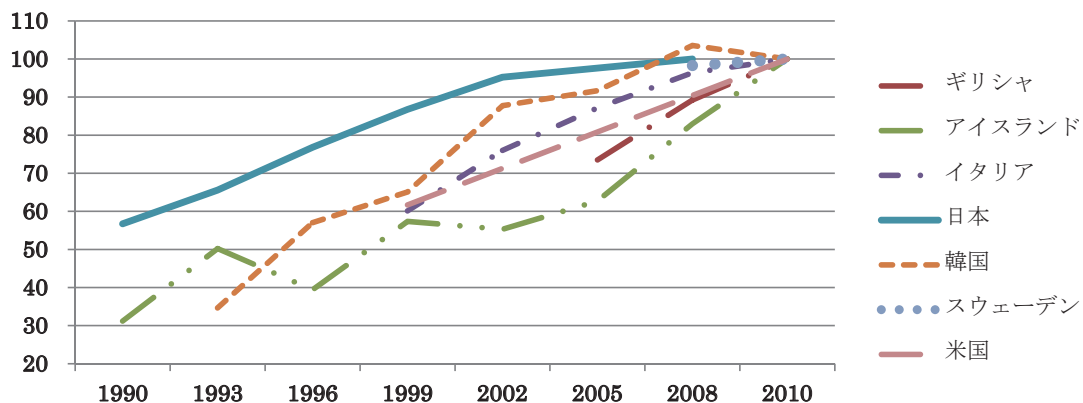


図4 人口 100 万人あたりの CT 普及率の 2010 年（または最近年）比（%）

医用3D画像の普及が、CTやMRIの普及率と相関関係があるとするならば、CTやMRI普及率の伸びの鈍化は、日本における医用3Dの普及の優位性を損なう要因になるという懸念がある。

### 3. 中国における医用3D画像機器拡大にむけた状況

中国におけるCTおよびMRIの導入の状況は花旗銀行（米シティバンク）の調査によれば、2011年末において、CTは人口100万人あたり8.4台、MRIは2.9台である。この値は、OECD参加国のCT導入台数の平均22.6台やMRIの平均12.5台に比べてかなり低いものであるが、人口が日本の10倍を超えることを考えると、中国国内における稼働台数がすでに日本に匹敵する段階にあることが容易に推計できる。また、2000年のMRI導入状況が人口100万人あたり0.3台、CTの場合は2001年には4.7台であったことを考えると、その伸びも著しい。同期間における、日本のCT導入台数の伸びが10%程度、MRI導入台数の伸びが20%程度であることに比較すると驚異的な伸び率である。

さらに、中国では医療機器の研究も積極的におこなっており、1979年には旧国家医薬管理局の元、北京清華大学等の機関と共同で頭部CTの研究開発を行い、1982年に実際の機器として完成している。また、1997年には、瀋陽東軟数字医療系統股份有限公司が汎用CTスキャン装置を市場に投入し輸出を開始するなど、医療用X線断層撮影装置の生産国としても認められるものとなっている。これらのことから、人口当たりの導入台数という統計的な視点からはCTおよびMRIの普及はあまり進んでいないように見えるが、台数としては、経済協力開発機構（OECD）が参加34カ国の中でも突出して導入台数の多い日本に匹敵する規模にすでにあると考えられる。

現在中国の画像診断装置市場において、日本メーカーはかなり大きい市場シェアを持っている。JETRO（2011）の調査によれば、中国では、CT装置の36%は日本より輸入したもので、その次は米国34%、ドイツ26%の順となっている。超音波診断装置は米国の37%より少なく2位の20%となっている。中国の医療機器市場は2010年の74億ドルより2015年の141億ドルへ成長すると予測されており、90%近くの増加率となる。今後もっとも注目される市場として、競争がさらに増すと推測できる。欧米、韓国メーカー、中国のローカルメーカーも積極的に参戦してくる中国市場において、日本メーカーはいかに現状の優位性を維持しながら、市場シェアを拡大していくかが問われている。また、近年の高い増加率からも、医用3D画像の普及に重要な役割を持つと考えられるCTやMRIの導入環境は、中国において医用3D画像の利用が広まるための素地としてすでに整っているだけでなく、今後、世界的にみても医用3D画像の利用が大きく発展していく地域であることは間違いないと言える。

このように、中国は最新の医用3D画像機器を用いた先進的な医療が発達していく素地があること、および、CTやMRIなどの医療機器導入の速度から見られるように医療に対する投資意欲が高いこと、さらに、国家と企業や教育機関が強く連携して開発を進めていることなどにより、医用3D画像機器の研究開発の場、あるいは、市場としてたいへん魅力あるものとなっている。

### 4. 中国における医用3D画像機器需要に関する考察

中国においてCTやMRI等の医用画像装置の導入が早い速度で進んでいるとしても、医用画像装置が高価であることはかわりない。また、画像は情報量も多いことから、医用画像装置を導入し

た病院ではひとつの医療機関で扱う情報の 80% を画像情報が占めると言われ、画像を得るための装置とそこから生み出される画像情報を管理する機材は、病院が投入する資金のうち大きな割合を占めるものとなる。その為、新たに医用画像装置を導入する医療機関においては大きな障壁となっている。

中国は、日本の 26 倍の面積と人口約 13 億人（注 5）を抱える巨大な国家であり、中国の医療機関は都市と医療機関のグレード（注 6）によって整備状況が異なることや市民の経済的状況が均質でないことを考慮した場合、

- 1 先進的医療の恩恵を容易に受けられる環境
- 2 基本的な医療環境の充実が優先される環境
- 3 1,2 の中間の環境

に大別することができる。

ここで、1 の環境については、日本や西欧諸国などの最新医療の研究開発、そして、販売を競い合う国々における医用 3D 機器がおかれる環境と同じに論じることができる。低侵襲な医療外科は、高い QOL（Quality Of Life）を求める患者から大きく期待されている。ここでは、患者が高い医療費を支出することに理解があることから、高額な医療機器を用いた最新技術を投入することが容易である。中国では、CT や MRI の導入率において OECD 参加国平均を大きく下回る現状がある。ところが、富裕層という言葉を生んでいるように、中国国内の経済発展進度に偏りがあることから、これら高度医療機器が豊富に導入された医療機関が存在すること、また、巨大な人口を抱える中国においては、導入率ではなく導入台数では OECD 参加國中突出している日本と並ぶこと、さらに、近年の著しい導入増加を合わせて考えた時、医用 3D 機器において大きなビジネス機会があることは明白である。このように、地域や経済の特徴から、先進的医療の恩恵を容易に受けられる環境においては、西欧諸国や日本と同様に 3D 内視鏡や CT や MRI を用いた医用 3D 画像機器の導入が積極的におこなわれることが、患者、医療機関双方から期待される。

2 の環境については、医用 3D 画像機器の拡大に先んじて取り組むべき課題がある。そこで、3 の環境に対して、医用 3D 画像機器の拡大の方策を検討する。中国において、中間層は人口面から大きなビジネス機会があると考えて間違いない。

総務省平成 24 年度版情報通信白書によれば、世界の携帯電話台数に占めるスマートフォン比率は 2011 年で 27%、2015 年度には 5 割を超える見通しである。販売台数でみると 2011 年度は 4 億 7 千万台である。そして、中国市場は、2011 年の出荷台数が 7000 万台を超える一大普及地域である。そして、市民の日常生活にインターネット利用の拡大、テレビや映画で 3D 上映の増加、さらに、スマートフォン等で映像が手軽に利用できる環境が広まるにつれて、医療の現場でも医療サービスの一環として画像の利用が患者から求められるケースが増えている。さらに、利用者の利益だけでなく、医療事故や、それに伴う訴訟に備えるという面からも画像を残すことが積極的に行われるようになってきている。そのため、医療機関には、CT や MRI 等の高度医療機器を導入することがなくても医用画像の取り扱いと管理が求められるのである。

ところが、医用画像装置を導入して画像管理の為の機材を揃えれば画像を利用した医療サービスが開始できるわけではなく、画像の取り扱いや管理に精通した担当者を配置しなければならないのが一般的だ。このことは小規模な医療機関では大きな負担となる。医師の業務および医療機関に人



材や金銭的な負担にならない簡便な機材であり、なおかつ、画像情報が溢れる日常生活に慣れた患者を満足させながら医療サービスを向上可能な画像機器が求められている。CTやMRI等の高度医療機器の導入や低侵襲手術の実施に至らないような医療機関においても、近年のスマートフォン等において画像を自在に操作し閲覧することを当然と思う患者に対して、3Dを利用した画像の提示は今後ますます必要なものとなるであろう。

## 5. 3D技術を取り入れた普及用医用画像機器の提案

### 5.1 歯科用機器の提案

高度医療機器の導入は少ないが、画像を用いた医療サービスの向上が求められる分野として歯科を取り上げ、検討をおこなった。歯科においても、X線撮影やCTの撮影が行われる。また、歯科は、入れ歯やクラウンといった立体物を取り扱うことから、すでに欧米諸国では3Dプリンターの導入と普及が進んでいるなど、3D技術と親密性が高い分野である。しかし、中国の中間層を対象とした数多くの医療機関においてまず必要とされる画像は、患者の口腔内写真であろう。

口腔内写真は、一般にカメラに直接取り付け可能な照明などの周辺機材の豊富な一眼レフカメラを用いておこなわれることが多い。その為、カメラを用いて撮影をし、撮影データをPCに取り込み、必要に応じた加工を施したうえでデータベースに保存する作業が必要となる。この一連の作業を医師が自らおこなうことは負担であるばかりか、医療資源の浪費となる。もちろん、これまで他の業務に関わってきた職員にとっても新たな業務の負担は、これまで行ってきた業務の妨げになるだけでなく、高齢な職員には、新しい電子機器の取り扱いそのものが難しい場合もある。しかし、専用の職員を雇用することは医療機関にとって負担となる。そこで、医師が自ら行っても負担にならない、もしくは、職員の作業の一部として簡単に行うことができる機材が求められる。また、現在は資料として保存されている画像データも、患者への医療サービスの一環として提供することができるのであれば、サービスの向上へとつながる。

口腔内写真の撮影と管理を困難なものとする要因には次のものが考えられる。

1. 撮影の困難
2. 写真管理の困難
3. 患者提示の困難

これらを解消する方法を検討する。

### 5.2 撮影の簡易化と立体画像化

一般に、口腔内写真は、歯の外側を3枚、咬合面観として上顎と下顎の5枚を撮影する（図5）。口腔内写真撮影を複雑な作業とする要因は、患者に触れることなく外部から撮影することができないことにある。また、X線や超音波ではなく可視光を用いた一般の写真撮影と同等の行為であることから、照明が必要となることも特別な道具および機材を必要とする要因である。安価なコンパクトカメラの場合、撮影用レンズと離れたところにフラッシュが取り付けられているため、口腔内写真撮影のような近距離撮影では影を生じる、画面左右で明度に差が出る、さらに、何かに遮られて奥まで光が届かないなどの不都合がある。そこで、レンズ先端に左右、あるいはリング状にフラッ

シュを取り付けることで影の発生や明度の差を押さえ、なおかつ、奥まで光を届ける工夫がされる。しかし、このような装備は本来、プロカメラマンが特殊用途に用いる為のものであることから、一眼レフカメラにさらに装置を取り付ける大がかりな撮影になる。



図5 口腔内写真（5枚法）

そこで、まず歯の外側の画像を得るために携帯電話用のカメラモジュールと照明用 LED を複数並べた装置を提案する（図 6）。撮影範囲の異なる複数の写真を同時に得ることで、これを連続的に見ることで動画のような効果を得ることができる。また、タブレット画面を指で操作することで複数の画像を次々と閲覧するインターフェイスとも相性がいい。さらに、隣り合う画像から立体視用画像を生成することも可能だ。側面の画像を十分に得るためには、器具を用いて頬を引っ張る必要があることから、1 回の操作で完結することはできないが、作業を大幅に簡素化できると同時に、多くの角度の画像得ることで、角度を変えながら連続的に見ることや立体視が可能となる。

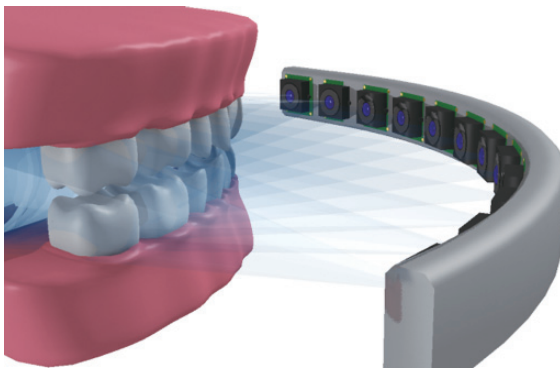


図6 外側撮影装置

次に、咬合面観の撮影の簡素化について検討する。咬合面観は、口腔内部から撮影する必要があるが、物理的な制約によって実際には不可能である。そこで鏡を用いて口腔外部から撮影を行う。

ただし、カメラから対象物までの距離を確保することで歪みの少ない画像を得ることができるので、鏡を用いて外部から撮影することにも利点がある。しかし、先にも述べたとおり、プロ用の機材を用いた口腔撮影は大がかりになることから、鏡を操作しながらの撮影は容易ではない。そこで、軽量で鏡と一体化した装置を提案する（図7）。



図7 咬合面観撮影装置

さらに、歯の裏面の撮影を可能にする装置を提案する（図8）。超広角レンズを備えた小型のカメラモジュールと照明用LEDを一体化し、歯の裏側を口腔内から撮影することで、5枚法では確認の難しかった歯の裏側についての画像を取得する。超広角レンズによる歪みはソフトウェアで平面画像として閲覧する際に不自然に感じないように三次元的に補正したうえで複数角度に別れた画像に分割することで、複数カメラで撮影した歯の外側画像を閲覧するのと同じ効果を得ると同時に、画面上の操作で、外側、咬合面、内側を連続的に閲覧できるようにする。



図8 内側撮影装置

### 5.3 写真管理の簡素化

一眼レフカメラを用いた撮影の場合、撮影した写真をパソコン等にコピーしなければならない。また、撮影した写真を管理の為にデータベースに登録する作業が必要となる。この作業を医師がその場で行うとすれば医療行為を中断することになる。また、診療時間後にまとめておこなうとするならば、写真の取り違いなどが起こる可能性がある。そこで、専門の要員を用意することになるが、人員を確保することは、医療機関の経営としては負担である。本システムの場合は、撮影と同時に患者カルテと連動するデータベースに登録される為、撮影後の登録作業が不要となるだけでなく、その為の人員を必要としないことで、写真管理を大幅に簡素化することができる。

### 5.4 医療サービスの向上

口腔内写真を患者に提示することは、治療前に治療内容を説明することや、治療の成果の説明を効果的にする。しかし、従来の方法では、撮影そのものが患者の負担であるだけでなく、画像の取得から提示まで複数の工程が必要であり、容易に導入できるものではなかった。しかし、本システムを用いることで、画像を簡便に取得することができ、患者に素早く画像を提示することができる。また、一般に広まっているスマートフォンやタブレット端末で馴染んでいるインターフェイスによって、患者の歯を疑似三次元的に表示したものを指のタッチで操作することができることから、患者が自ら治療の必要性の理解を助けることになる。

## 6. まとめ

本研究では、3D 画像技術において、欧米、日本と比較しながら、中国の技術動向、市場状況を考察した。また、中国新医療改革に伴う大きなビジネス機会があることを指摘した。

近年、医用 3D 画像機器は、QOL を向上させる為に欠かせない機器となっている。その為、低侵襲な医療として利用が広まっている内視鏡を用いた手術を容易にする 3D 内視鏡や、CT や MRI などの高度医療機器と連携した手術支援システムなどで研究、および、実用化が進んでいる。

これまで、CT や MRI の導入実績は、日本が突出しており、続いて米国など欧米諸国が続いていた。この状況は、日本や欧米諸国で医用 3D 機器の導入を進める原動力となったと言える。それに対して中国は、導入率において OECD 参加国平均を大きく下回るのが現状である。ところが、富裕層という言葉を生んでいるように、中国国内の経済発展進度に偏りがあることから、高度医療機器が豊富に導入された機関が存在することが考えられる。また、巨大な人口を抱える中国においては、導入率ではなく導入台数では OECD 参加國中突出している日本と並んでいる。さらに、近年の著しい CT や MRI の導入増を考えた時、医用 3D 機器において大きなビジネス機会があることは明白である。

さらに、大きな中間層の多くの患者に 3D を用いた画像機器の利点を享受する機会をもたらすことも大きなビジネス機会である。そのため、これまでの手法の延長線上の機器とは異なり、3D の利点を比較的安価に実現する機器を提案する必要がある。そこで、歯科用に 3D 技術を活用した医用画像機器を提案した。医用 3D 画像機器では、立体視を用いた内視鏡や、CT や MRI 装置から得たデータから 3D 画像を生成する最先端の機器がある。ただし、これらの機器はたいへん高額であることから、CT や MRI などの高価な医療機器を導入できない、または、必要としない医療機関において医用 3D 機器の活用は広まらない可能性がある。しかし、スマートフォンやタブレット端末



の普及によって、人々の3D体験の機会が増えている実情においては、医療サービスの向上と医療の場における3D画像の利用は切り離せないものになる。そこで、歯科における口腔内写真の利用を容易にすると同時に、3D技術を利用することによって、スマートフォンやタブレット端末で3D体験をするのと同じ感覚で口腔内写真を閲覧可能にすることにより、医療サービスの印象を高める方策を提案した。本システムは、立体視や高度医療機器で得るデータから立体像を作成するといった3Dの活用ではなく、3D技術による画像の最適化や、患者が立体を扱うのと同じ操作で口腔内画像を扱うインターフェイスに3D技術を利用することで、画像の利用促進の一助となっている。また、本装置によって、これまで得られなかった、歯の裏側の写真が閲覧可能になることから、医療サービスの向上だけでなく、治療の面でも利益があると考えられる。

## おわりに

三次元映像の歴史はとても長いですが、近年ようやく映画やゲームなどの娯楽を通して日常生活の中の特別な体験として広まってきた。しかし、ここまでの道のりは決して平坦ではなかったと言える。けれども、長い道のりのなかで蓄えられた数多くの技術が、ようやく医用3Dを活躍の場として、人々の生活に欠かせないものとなろうとしている。しかし、日本市場を見た時、医用3Dにおいて重要な役割を果たすCTやMRI機器は、1990年代には導入率において世界から突出していたが、現在は導入率の増加は他国に劣るものとなっており、導入台数においては中国に肩を並べられている。同じような状況は日本の他の産業で数多くみられており、ビジネス機会としては中国市場がより魅力的であるといえる。

中国市場においては、人口13億を抱える巨大さ故に市場として均質とは言えず、高度医療機器を潤沢に利用できる環境と、それ以外を分けて考える必要がある。しかし、現在は、高度医療機器が利用できないとしても、中間層に該当する人口の多さを考えると、将来の高度な医用3Dの潜在的患者として簡易な医用3Dから啓蒙することは有意である。

そこで、本研究では、歯科用機器について、3Dを利用した装置を導入することで、医療サービスの向上を実現する方策を提案した。これまで長い時間を費やしても、三次元映像が多くの人々の日常生活に入り込むことはできなかったが、医療分野によって、人々の生活に3Dが欠かせないものとなろうとしている。本研究によって、幅広い層の多くの人々に3Dの恩恵が広まることを願う。

## 注

- 1 三次元コンピュータグラフィックス(3DCG: Three-dimension Computer Graphics)は、仮想三次元空間に作成した三次元形状情報をコンピュータ内で計算し、モニタ画面上等に表現する作画手法のことである。
- 2 立体視とは、立体的な視覚を得る方法のことで、ヒトの場合、二つの眼を用いて二次元の視覚に奥行き情報を追加することで三次元的な知覚を得たうえで、その他の情報や記憶などの情報を総合的に利用して立体を認識している。人為的には両眼視差を利用して、右目と左目に異なる画像を見せることで、脳に立体として認識させる。
- 3 CTとは、コンピュータ断層撮影法(Computed Tomography)の略で、身体にX線を照射し、通過したX線量の差のデータから身体の内部を画像化する検査のこと。イギリスで開発され日本に

は 1975 年に初めて輸入された。元来の CT は平面画像であるが、X 線検出器を複数配列することで高速化し、なおかつ、1mm 以下の幅で画像を多数積み重ねることで立体的な情報を得ることが可能となっている。

4 MRI とは磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging) の略称で、核磁気共鳴技術を利用し、磁場と電波を用いて体内における水素原子の情報を得て身体の内부를画像化する装置のこと。放射線を使用しないため、放射線被爆がないのが特徴である。MRI を用いた検査のことを指す場合もある。

5 2013 年 4 月。日本外務省資料より。

6 中国の医療機関は「1 級」から「3 級」の等級別に分類・管理される。グレードは「3 級」が最も高いが「級なし」の医療機関も多数存在する為、実施的には 4 グレードである。さらに、等級内にも分類があり、満たす基準や管轄機関が異なる。

## 参考文献

- [1] 中村嘉彦『局所濃淡構造解析を用いた 3 次元腹部 X 線 CT 像からのリンパ節抽出手法の改良』電子情報通信学会、技術研究報告：信学技報 109-63、2009、69-74
- [2] 深野瑛一郎『大腸ひだと特徴点を用いた三次元腹部 CT 像の大腸領域における位置合わせ手法の開発』電子情報通信学会、技術研究報告：信学技報 110-27、2010、29-24
- [3] 杉浦貴優『気管支鏡カメラ動き追跡のための気管支構造情報を利用した呼吸動補正に関する検討』電子情報通信学会、技術研究報告：信学技報 109-407、2010、309-314
- [4] 廖洪恩『高画質 Integral Videography の高速画像処理システムの開発』日本コンピュータ外科学会、第 10 回日本コンピュータ外科学会大会福岡、2001、57-58
- [5] 北坂孝幸『医用画像を処理してみませんか?』情報処理学会、情報処理 51-4、2010
- [6] 楊国忠『中国における医用画像技術産業の発展について』科学技術振興機構、中国科学技術月報 第 49 号、2010
- [7] 松尾未亜『中国新医療改革にともなう医療機器ビジネスの投資機会』野村総合研究所、知的資産想像 2010 年 7 月号 82-99、2010