

「人に届ける」関大メディカルポリマー

# 機械工学科からの アプローチ

## 超音波エコーを用いた 「人にやさしい」肺高血圧症の 診断技術の開発

宇津野 秀夫

システム理工学部 機械工学科 教授

専門分野  
振動工学、機械力学・制御

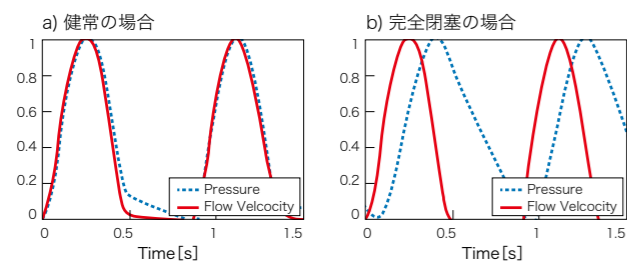


これまでの取組  
民間企業で騒音の軽減のための材料開発や分析

医療への応用  
心臓をポンプ、血管を配管と仮定し、血流を物理現象として捉える

私は肺高血圧症を診断するための手法を研究しています。肺高血圧症は、心臓から肺に血液を送る肺動脈の中の圧力が上がっている症状です。原因は様々ありますが、心臓の中の壁に穴が開いている心室中隔欠損症であること、肺動脈の内側が狭くなっていることの2つの原因が挙げられます。

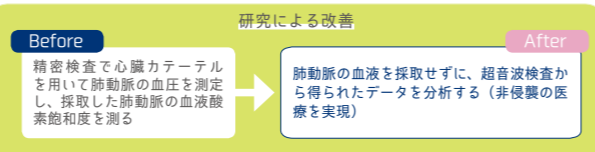
通常、心臓から送り出された血液は心臓の拍動に合わせて血管を巡って全身を巡りますが、肺高血圧症の場合は違います。肺動脈の中の圧力が高いため、心臓の拍動のタイミングと圧力の上昇のピークにずれ（位相差）が生じるのです（図）。これは、物理学的にも説明できる現象です。この位相差を検査で確認することができれば、その患者さんは肺高血圧症の原因が肺動脈の内側が狭くなっている状態である可能性が極めて高いといえます。最新の小型の血圧計は0.3mmと極めて小さく、カテーテルを使って血管内部の圧力を測ることができます。小さな傷



口で検査を済ませることが出来るため、患者さんの身体的負担も少なく済みます。

去年から取り組み始めているのが、超音波を使った診断方法です。心臓の拍動のタイミングと圧力の上昇のピークの位相差を見るという理屈はこれまでの研究と同じですが、カテーテルを入れずに超音波の検査結果（画像）から得たデータを使って診断をします。既存の医療機器では、血管の収縮のようすを測ったり血液の流れを確認することはできませんでした。それらを組み合わせると同時に確認するというのは、医療機器のメーカーの方も「やったことがない」ということでしたので、試行錯誤を重ねています。「理論上は可能である・位相差を測定できれば診断に利用できる」という確信があるので、大変ではありますが前向きに取り組んでいます。

超音波を用いた診断の長所は、やはり患者さんの体に傷をつけずに検査ができることです。実は、肺高血圧症の原因の1つである心室中隔欠損症は出生時に見つかることが多いため、新生児にも負担の軽い検査方法が必要です。もちろん、成人とて同様ですので、ぜひ、実現したいと思っております。



関西大学のKU-SMART プロジェクトでは、材料化学者（Materials Chemists）、機械工学者（Mechanical Engineers）および臨床医（Medical Doctors）の間の垣根を取り払い、同じ目標と問題意識を持って研究を進めています。では、実際にどのようなアプローチで課題解決に挑んでいるのでしょうか。

今回は、システム理工学部機械工学科の先生方（機械工学者）の取組に迫ります。

## 緑内障の早期発見のための 小型視野計測装置の開発

小谷 賢太郎

システム理工学部 機械工学科 教授

専門分野  
人間工学、生体情報処理



これまでの取組  
眼球運動の計測や検知法を研究

医療への応用  
緑内障診療における新しい視野計を開発

私は、ヒトの運動と感覚のメカニズムを研究・応用しており、KUMP 事業では緑内障診療における新しい視野計の開発を行っております。日本緑内障学会が行った大規模な疫学調査（多治見スタディ）では、40歳以上の方のうち5%、つまり20人に1人の割合で緑内障患者がいることが分かりました。緑内障は初期の段階では自覚症状がほとんどないため発見が難しい病気で、症状が出て眼科を受診した時にはすでに中期から末期とかなり進行している場合が多く、失明に至る可能性もあります。

緑内障の代表的な症状として視野に見えない部分ができる“視野欠損”が挙げられます。精密検査を実施する前段階の健康診断レベルで視野欠損が判定できる検査装置を利用できれば、潜在的な患者を発見することができ、早期治療も可能になります。医療機関で多く使われている既存の視野計は、一般的に暗室内で顔を固定し、計測にも時間がかかるため、健

装置：大型 長時間一点注視 患者の負担 大

装置：小型 簡単な検査方法 患者の負担 低減

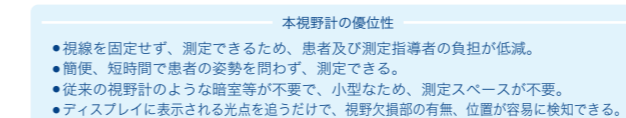
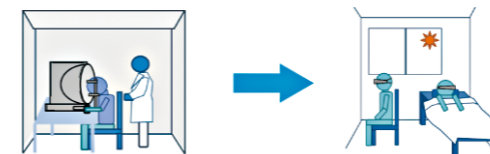


図. 既存の視野計との比較

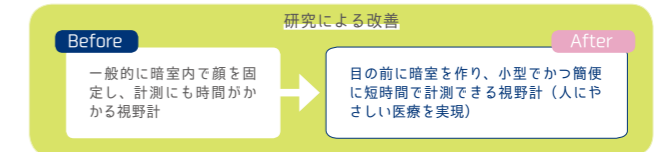
康診断など大勢の人を次々に検査しなければならない場合にはあまり適しません。そのため、場所を選ばず多くの人を短時間で検査できる視野検査装置が必要とされています。

これまで私は、眼球運動の計測や検知法の研究の産業応用を模索していましたが、関西大学が積極的に医工業連携を行うなかで医療応用を考え、視野異常を判定する新しい視野計測システムの開発を始めました。大阪医科大学の眼科学教室と共同で医工業連携での研究開発を行いました。「目の前だけに暗室を作る」という考え方でHMD型（ヘッドマウントディスプレイ型）を導入し、実現へ大きく進展しました。新しい視野計は、既存の視野計と同等の能力を持ちながら、簡便に短時間で測定できること、小型かつ軽量であることから被験者への身体的負担を軽減できること、既存の視野計よりも低価格にできるなどの利点があります（図）。

現在、製品化のために関係者とミーティングを重ねています。これまでは自分の研究を論文発表することで、間接的には社会貢献につながっていたかもしれませんが、国の機関から経済的な支援があり、企業と共同で製品化する今回のプロジェクトは、患者さんに対して直接的な貢献が可能であるため、強い意欲で取り組んでいます。



開発中のHMDを用いた視野検査システム



# マイクロ波を用いた「非侵襲、非接触」な心機能診断システムの開発

—「心不全患者の診断と常時モニタへの応用」—

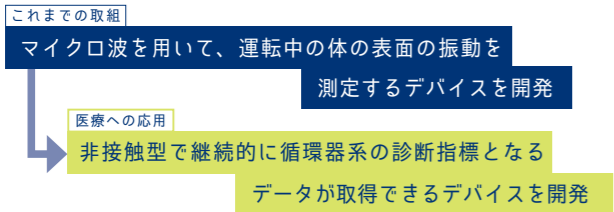


鈴木 哲

システム理工学部 機械工学科 准教授

専門分野

生体医用システム、人間工学



私は、人間工学という分野を専門としており、研究当初は、自動車メーカーの方々と一緒にドライバーの脳波や心電図といった生体信号から覚醒度の変化を推定する研究していました。生体信号を測るときは身体に電極を取り付けますが、自動車運転中に電極を取り付けるのは現実的ではありません。そこで、身体に直接電極や装置を取り付けずに生体信号を測る方法として、非接触式のデバイス開発に取り組みました。その結果、心臓の動きに伴ってわずかに動いている身体表面上の振動をマイクロ波レーダーを用いて計測する機器を開発し、15年程前にまずは人の心拍を取得することに成功し、さらには自律神経の変化を検出することに世界で初めて成功しました。

これを足掛かりに、現在は自動車運転中のストレスや覚醒度、さらに快適性といったドライバーの心身の状態変化が非接触で推定可能か検討しています。実際に、運転を模した実験では良好な結果を得ています。また、これらの状態推定の精

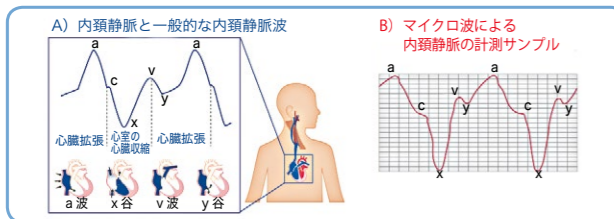


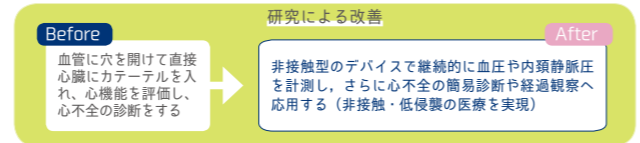
図. 内頸静脈モニターへの応用例

非接触計測と独自の信号処理方法により、内頸動脈の波形抽出に成功

度を向上させるためには、さらに多くの医療的な情報を取得して加味することが必要と考え、身体表面から体内の情報を取得することができるか調査しています。その一環として、心拍量といった指標についても非接触で推定する試みを行い、成果を出しつつあります。

KU-SMART プロジェクトでは、非接触計測の医療分野への応用として、医療診断に有用な情報取得を目指しています。いくつか有効性を確認できている指標のうちのひとつが大阪医科大学との共同で行っている内頸静脈圧変動の非接触計測です(図)。近年、心不全の診断で重要なのは右心機能の評価だとされています。この評価・診断には内頸静脈波が有効とされていますが、計測が難しく、また身体に傷をつける侵襲的な計測が患者さんの負担となることが課題です。身体の外側から非接触で評価ができれば、患者さんの心身の負担が激減するでしょう。私たちが開発しようとしているデバイスは、低侵襲や非接触に加えて、継続的にデータが取得できることも利点の一つです。測定した時点のみの結果ではなく、連続した計測値の変動を知ることで診断の仕方も変わってくるでしょうし、こうした診断方法の重要性はおそらく今後明らかになってくると考えています。

私たち工学分野でも、医学や心理学のような他学域、さらに企業の方々と一緒に研究することによって、社会や現場のニーズ、問題点などが分かり、私たちの研究の幅も広がると考えています。



開発中の試作デバイス

# 「簡単に検査できる」血球性状評価法の開発

—マイクロチャンネル法を用いた膠原病患者の赤血球変形能の定量評価—

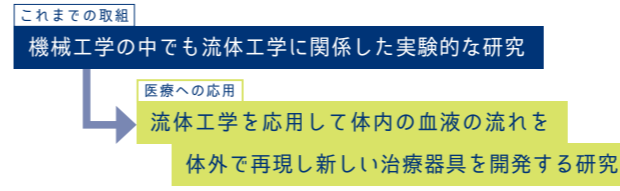


田地川 勉

システム理工学部 機械工学科 准教授

専門分野

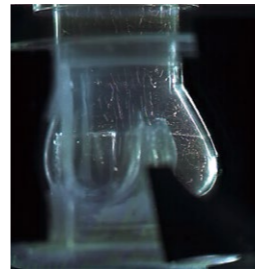
流体工学、バイオメカニクス



私の専門は、機械工学の中でも流体工学で、流体工学に関係した実験的な研究で博士号を取得しました。修了後も専門を生かして、血液の流れの中でも主に赤血球と心臓弁に関する研究などに取り組んでいます。

機械工学の発展を歴史的にみると、例えば飛行機や自動車の開発には必ずモデル実験が行われてきました。これは実物を模した模型(モデル)を使うことで、実機で試験することなく、より性能や信頼性が高い形状やメカニズムを探るという手法です。その発展過程のなかで様々な力学法則が定式化され、現代では力学的な分野の多くの現象が、微分方程式でモデル化されています。その一方で、生体に関わる力学現象は非常に複雑なため、コンピュータシミュレーションだけに頼ることはできず、生体を模したモデル実験が欠かせません。

我々の研究室では、心臓弁を模した模型を作り、それを心臓に見立てた装置に入れて実際の心臓の動きや血液の流れを再現し、心臓弁の負荷を測る実験をしています。その際、影響していると予想される因子を系統的に変えていき、影響の現れ方の法則性や論理性を見出します。最終的に

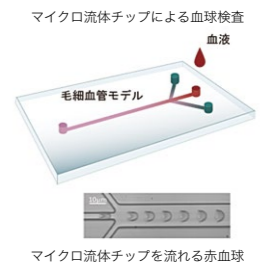
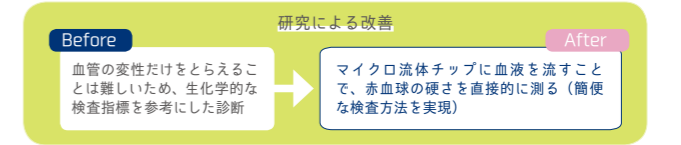


心臓弁の模型とそれを使った流れの再現

は、将来実機で起こり得ることを予測し、それが良くない出来事であればその回避方法を考えたり、最も良い状況にするためのデザインを提案したりします。

こうして得た評価や予測は、人工心臓弁などの機能を評価したり、新しい治療器具の開発に役立っています。その1つの例として、血液の循環特性を左右する赤血球の変性による硬さの変化を直接的に測る方法を開発しました。この方法では、毛細血管と同じ大きさのマイクロ流体チップに血液を流すことで、従来の生化学検査では測ることが出来なかった赤血球の硬さを直接的に測ることができます。わずかな血液があれば短時間で検査することが可能なため、患者さんへの負担も軽減されます。これを、薬剤などによる治療効果の見える化などへの応用を進めています。

機械工学は非常に守備範囲が広く、バイオメカニクスもその一領域に過ぎないのですが、この分野の研究は基礎となる学問領域が多岐にわたっており、様々な人と一緒に仕事をする機会に恵まれています。こうした方々と協力しながら、ひとつでも多くのデバイスがこの関大メディカルポリマーから世の中に出たら嬉しいと思っています。



マイクロ流体チップによる血球検査

## 総括

KU-SMART プロジェクトでは、4名の機械工学者が未来医療への貢献に取り組んでいます。それぞれの研究者が機械工学の分野での経験を活かし、日々、関係者とともに医療における問題の課題解決を目指し研究・開発を重ねています。

このように、本プロジェクトでは、9名の材料化学者を含む関西大学の研究者13名と大阪医科大学の先生方との

医工連携体制により、現場の臨床医からのニーズを受けて研究を進めています。3つのM(Materials, Mechanics, Medicine)で「人(患者と臨床医)に届く」医療器材を開発し、低侵襲・非侵襲の医療を目指します。さらに、大学院では本プロジェクトの集中講義を開講するなど、若手の人材育成にも力を入れています。多様な人材から創出される多様な研究プロジェクトに、今後もぜひご注目ください。